การตรวจสอบแนวทางการประยุกต์ใช้วิธีการจัดระดับขั้นความละเอียดของข้อมูลสำหรับแบบจำลองสารสนเทศอาคารของสถาบันสถาปนิกอเมริกัน กับวิธีการหาปริมาณงานสถาปัตยกรรมในอุตสาหกรรมการก่อสร้างของไทย

นายชวนนท์ โฆษกิจจาเลิศ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2556
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

VERIFICATION ON APPLICABILITY OF AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS' LEVEL OF DETAIL GUIDELINE FOR BUILDING INFORMATION MODELING TO ARCHITECTURAL QUANTITY TAKEOFF METHODS IN THAI CONSTRUCTION INDUSTRY

Mr. Chavanont Khosakitchalert

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Architecture Program in Architecture
Department of Architecture
Faculty of Architecture
Chulalongkorn University
Academic Year 2013

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การตรวจสอบแนวทางการประยุกต์ใช้วิธีการจัดระดับขั้นความละเอียดของข้อมูลสำหรับแบบจำลองสารสนเทศอาคารของสถาบันสถาปนิกอเมริกัน กับวิธีการหาปริมาณงานสถาปัตยกรรมในอุตสาหกรรมการก่อสร้างของไทย
โดย	นายชวนนท์ โฆษกิจจาเลิศ
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ นาวาโท ไตรวัฒน์ วิรยศิริ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ กวีไกร ศรีหิรัญ

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พงศ์ศักดิ์ วัฒนสินธุ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ฐานิศวร์ เจริญพงศ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ นาวาโท ไตรวัฒน์ วิรยศิริ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ กวีไกร ศรีหิรัญ)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ชลธี อิ่มอุดม)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ วิวัฒน์ อุดมปิติทรัพย์)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ชวนนท์ โฆษกิจจาเลิศ : การตรวจสอบแนวทางการประยุกต์ใช้วิธีการจัดระดับขั้นความละเอียดของข้อมูลสำหรับแบบจำลองสารสนเทศอาคารของสถาบันสถาปนิกอเมริกันกับวิธีการหาปริมาณงานสถาปัตยกรรมในอุตสาหกรรมการก่อสร้างของไทย. (VERIFICATION ON APPLICABILITY OF AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS' LEVEL OF DETAIL GUIDELINE FOR BUILDING INFORMATION MODELING TO ARCHITECTURAL QUANTITY TAKEOFF METHODS IN THAI CONSTRUCTION INDUSTRY) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. นท.ไตรวัฒน์ วิรยศิริ ร.น., อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: ผศ.กวีไกร ศรีหิรัญ, 209 หน้า.

แบบจำลองสารสนเทศอาคาร (Building Information Modeling, BIM) เป็นแนวคิดและเทคโนโลยีทางคอมพิวเตอร์ ในการจำลองลักษณะทางกายภาพ และข้อมูลทั้งหมดของอาคาร ประโยชน์ประการหนึ่งของแบบจำลองสารสนเทศอาคารคือ การถอดปริมาณขององค์ประกอบอาคารเพื่อใช้ในการประมาณราคาค่าก่อสร้าง โดยในการสร้างแบบจำลองสารสนเทศอาคาร สถาบันสถาปนิกอเมริกัน (American Institute of Architects, AIA) ได้เสนอแนวทางเกี่ยวกับระดับขั้นความละเอียดของข้อมูล (Level of Detail, LOD) ไว้ เพื่อลดปัญหาในการสร้างแบบจำลองที่มีรายละเอียดของข้อมูลน้อย หรือมากเกินไป โดยแบ่ง LOD ออกเป็น 6 ระดับคือ LOD 100, LOD 200, LOD 300, LOD 350, LOD 400 และ LOD 500 ในการศึกษานี้มุ่งเน้นที่จะตรวจสอบการประยุกต์ใช้ แนวทางของสถาบันสถาปนิกอเมริกัน (AIA) ดังกล่าว กับวิธีการหาปริมาณงานเพื่อการประมาณราคาค่าก่อสร้างอย่างละเอียดของประเทศไทย โดยพิจารณาจากความแม่นยำและความครบถ้วนของปริมาณงานที่เกิดขึ้น ทั้งนี้การศึกษาจำกัดขอบเขตเฉพาะการหาปริมาณงานในส่วนของเปลือกอาคารและส่วนต่อเนื่องของเปลือกอาคาร ประกอบไปด้วย ผนังก่ออิฐฉาบปูน ผนังเบา ผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จ และผนังรอบ (Curtain Wall)

การศึกษาครั้งนี้ได้เลือกใช้โปรแกรม Autodesk Revit เป็นเครื่องมือในการสร้างแบบจำลองของอาคารตัวอย่างที่ใช้เปลือกอาคารแต่ละประเภท จากนั้นทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณวัสดุที่เกิดขึ้นจากโปรแกรม Autodesk Revit กับปริมาณงานจากการคำนวณทางเอกสาร ตามหลักการหาปริมาณงานเพื่อการประมาณราคาค่าก่อสร้างของประเทศไทย

ผลการศึกษาพบว่า ความครบถ้วนของข้อมูล ขึ้นอยู่กับการกำหนดระดับขั้นความละเอียดของข้อมูล และความแม่นยำของปริมาณวัสดุเกิดจากปัจจัย 3 ประการ ได้แก่ การกำหนดระดับขั้นความละเอียดของข้อมูล วิธีการสร้างแบบจำลอง และวิธีการคำนวณของโปรแกรม ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า แนวทางการจัดระดับขั้นความละเอียดของข้อมูล ของสถาบันสถาปนิกอเมริกัน (AIA) สามารถประยุกต์ใช้ในการสร้างแบบจำลองสารสนเทศอาคารของเปลือกอาคาร ในอุตสาหกรรมการก่อสร้างของไทยได้ โดยปริมาณวัสดุที่ได้จะมีความน่าเชื่อถือ หากใช้ระดับขั้นความละเอียดของข้อมูลที่ LOD 300 เป็นต้นไป และใช้วิธีการสร้างแบบจำลองที่เหมาะสม

ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา สถาปัตยกรรม ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

ปีการศึกษา 2556 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

5673311125 : MAJOR ARCHITECTURE
KEYWORDS: BUILDING INFORMATION MODELING / QUANTITY TAKE-OFF

CHAVANONT KHOSAKITCHALERT: VERIFICATION ON APPLICABILITY OF AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS' LEVEL OF DETAIL GUIDELINE FOR BUILDING INFORMATION MODELING TO ARCHITECTURAL QUANTITY TAKEOFF METHODS IN THAI CONSTRUCTION INDUSTRY. ADVISOR: ASSOC. PROF. CDR. TRAIWAT VIRYASIRI, R.T.N., CO-ADVISOR: ASST. PROF. KAWEEKRAI SRIHIRAN, 209 pp.

Building Information Modeling (BIM) is a concept and computer technology that represents physical characteristics and all information of a building. One of the several benefits of BIM is quantity take-off for cost estimation. For working with the BIM model, the American Institute of Architects (AIA) introduces a level of detail (LOD) guidelines to reduce problems when making a BIM model with more or less information. The guidelines divide the LOD into 6 levels – LOD 100, LOD 200, LOD 300, LOD 350, LOD 400, and LOD 500. This research aims to verify an applicability of the American Institute of Architects' level of detail guidelines to architectural quantity takeoff methods in Thailand by consideration of the accuracy and completeness of the quantity from the BIM. However, the scope of this research is limited to only the building enclosure and the relative elements of the building enclosure such as masonry walls, metal framed walls, precast concrete walls, and curtain walls.

This research utilizes the Autodesk Revit program as a tool for creating building models that use several building enclosures. It then compares and analyses the results of the material quantities from Autodesk Revit to the material quantities from quantity takeoff methods in Thailand.

The findings revealed that the completeness of the information is according to the specification of the level of detail and the accuracy of the quantity come from 3 factors which are the specification of the level of detail, the method to make the BIM model, and the calculation method of the program. In conclusion, The American Institute of Architects' level of detail guidelines is applicable for making the BIM building enclosure models in the Thai construction industry. The quantity of materials is reliable if using LOD 300 or above and using an appropriate model making method.

Department:	Architecture	Student's Signature	.....
Field of Study:	Architecture	Advisor's Signature	.....
Academic Year:	2013	Co-Advisor's Signature	.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รศ. นาวาโท ไตรวัฒน์ วิรยศิริ และ ผศ.กวีไกร ศรีหิรัญ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ทั้งสองท่าน ซึ่งเป็นผู้สั่งสอน ถ่ายทอดวิชาความรู้ตั้งแต่เริ่มต้นเข้าศึกษาจนกระทั่งวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จ รวมถึงให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ ทั้งการเรียน การทำงาน และการทำวิทยานิพนธ์ตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา

ขอบกราบขอบพระคุณ รศ. ดร.ฐานิศวร์ เจริญพงศ์ ที่ช่วยให้คำแนะนำเพิ่มเติมเกี่ยวกับการทำวิทยานิพนธ์ และกรุณาให้เกียรติมาเป็นประธานในการสอบวิทยานิพนธ์ และขอบกราบขอบพระคุณ รศ.ชลธี อิ่มอุดม และ รศ.วิวัฒน์ อุดมปิติทรัพย์ ที่กรุณาให้เกียรติมาเป็นกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ คุณชัยวัฒน์ ทีปะนาวิน เจ้าของบริษัท วอเทค อาคิเทค จำกัด ที่เอื้อเพื้อให้ข้อมูลในเรื่องของการประมาณราคาค่าก่อสร้างของประเทศไทย

สุดท้ายนี้ขอบขอบพระคุณ คุณพ่อ และคุณแม่ ที่ให้การสนับสนุนด้านเงินทุนที่ใช้ในการศึกษา และการทำวิทยานิพนธ์ รวมทั้งให้กำลังใจในการศึกษา จนทำวิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบคุณเพื่อน พี่ และน้องทุกคนที่คอยช่วยเหลือให้การสนับสนุน ให้คำแนะนำ และคำปรึกษาในด้านต่างๆ รวมทั้งขอบขอบคุณผู้ที่ให้ความช่วยเหลือท่านอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องทุกท่าน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ฐ
สารบัญภาพ ..... ด
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 3
1.4 ระเบียบวิธีการวิจัย 4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4
บทที่ 2 แนวความคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 5
2.1 แนวคิดเกี่ยวกับแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) 5
2.2 ประโยชน์ของเทคโนโลยีแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) 6
2.3 โปรแกรมแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) สำหรับงานออกแบบสถาปัตยกรรม 8
2.3.1 Revit 8
2.3.2 Bentley Systems 9
2.3.4 ArchiCAD 9
2.3.5 Digital Project 10
2.3.6 Vectorworks 11
2.4 ระดับขั้นความละเอียดของข้อมูล (Level of Detail หรือ Level of Development) 13
2.4.1 ประวัติของ LOD 13
2.4.2 ความแตกต่างระหว่าง Level of Development และ Level of Detail 13
2.4.3 ตาราง LOD 14
2.4.4 ระดับขั้นความละเอียดของข้อมูลสำหรับแบบจำลองสารสนเทศอาคารของสถาบันสถาปนิกอเมริกัน (American Institute of Architect, AIA) 15

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

2.5 วงจรชีวิตโครงการก่อสร้างทางสถาปัตยกรรม 22
2.5.1 ขั้นตอนเตรียมการก่อการออกแบบ (Pre-design Stage) 22
2.5.2 ขั้นตอนออกแบบ (Design Stage) 22
2.5.3 ขั้นตอนเตรียมการก่อนการก่อสร้าง (Pre-Construction Stage) 23
2.5.4 ขั้นตอนการดำเนินงานก่อสร้าง (Construction Stage) 23
2.5.5 ขั้นตอนภายหลังการก่อสร้างเสร็จ (Post-Construction Stage) 23
2.5.6 ขั้นตอนการบริหารทรัพยากรกายภาพ (Facility Management) 23
2.6 การประมาณราคาค่าก่อสร้างของไทย 24
2.6.1 วัตถุประสงค์ของการประมาณราคาค่าก่อสร้าง 24
2.6.2 วิธีการประมาณราคาค่าก่อสร้าง 24
2.6.2.1 การประมาณราคาขั้นต้น (Preliminary Estimating) 25
2.6.2.1.1 การประมาณราคาโดยราคาต่อหน่วยการใช้ 25
2.6.2.1.2 การประมาณราคาโดยราคาต่อหน่วยพื้นที่ หรือหน่วยปริมาตร 25
2.6.2.1.3 การประมาณราคาโดยราคาประกอบต่อหน่วย 25
2.6.2.2 การประมาณราคาอย่างละเอียด (Detailed Estimating) 26
2.6.3 บัญชีปริมาณงาน หรือ ระเบียนปริมาณวัสดุ (Bill of Quantity, BOQ) 27
2.6.3.1 การจัดหัวข้องานก่อสร้างแบบ CI/SfB 27
2.6.3.2 การจัดหัวข้องานก่อสร้างแบบ CSI MasterFormat 27
2.6.3.3 การจัดหัวข้องานก่อสร้างตามแนวทางวัดปริมาณของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย 28
2.6.3.4 การจัดหัวข้องานก่อสร้างโดยเทคนิคโครงสร้างรายการงาน (Work Breakdown Schedule, WBS) 28
2.6.4 การคำนวณปริมาณงาน 28
2.6.5 การวัดปริมาณงานสถาปัตยกรรมในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย 29
2.6.5.1 งานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก 29
2.6.5.1.1 คอนกรีตหล่อสำเร็จ 30
2.6.5.2 งานก่อและงานฉาบ 30
2.6.5.2.1 งานก่อ 31

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

2.6.5.2.2 งานฉาบ 34
2.6.5.3 งานประตูหน้าต่าง และงานผนังรอบ (Curtain Wall) 37
2.6.5.3.1 งานผนังรอบ 37
2.6.5.4 งานตกแต่งผิวผนัง พื้น และฝ้าเพดาน 39
2.6.5.4.1 งานวัสดุปูพื้น บุผนัง กระเบื้อง และงานหินขัด 39
2.6.6 ต้นทุนต่อหน่วย 41
2.6.6.1 ค่าแรงต่อหน่วย 41
2.6.6.2 ต้นทุนเครื่องจักรต่อหน่วย 41
2.6.6.3 ค่าวัสดุต่อหน่วย 42
2.7 การหาปริมาณงานด้วยแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) 42
2.8 องค์ประกอบของโปรแกรม Autodesk Revit (Revit Elements) 44
2.8.1 Model Elements 44
2.8.2 Datum Elements 44
2.8.3 View-specific Elements 44
2.8.4 Category 45
2.8.5 Family 45
2.8.6 Types 45
2.8.7 Instance 45
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 46
3.1 การศึกษาแนวความคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 46
3.2 การจัดความสัมพันธ์ของแนวความคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 46
3.3 การกำหนดตัวอย่างในการศึกษา 49
3.3.1 ชนิดของตัวอย่างผนังภายนอกที่ใช้ในการศึกษา 49
3.3.2 ระดับขั้นความละเอียดของข้อมูลของตัวอย่างผนังภายนอกที่ใช้ในการศึกษา 50
3.3.2.1 ผนังก่ออิฐฉาบปูน 50
3.3.2.2 ผนังเบา 51
3.3.2.3 ผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จ 52

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

3.3.2.4 ผนังรอบ (Curtain Wall) 53
3.4 การตรวจสอบความสามารถ และข้อจำกัดของเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาวิจัย 54
3.4.1 เครื่องมือในการสร้างผนังของโปรแกรม Autodesk Revit 54
3.4.2 การตรวจสอบความสามารถ และข้อจำกัดของโปรแกรม Autodesk Revit 57
3.4.2.1 การกำหนด Family ที่จะทำการทดลองเพื่อวิเคราะห์ถึงหลักการคำนวณ และข้อจำกัดของโปรแกรม 57
3.4.2.2 การทดลองเพื่อวิเคราะห์ถึงหลักการคำนวณ และข้อจำกัดของผนัง 57
3.4.2.2.1 ทดลองการเขียนผนัง Basic Wall ด้วย Location Line ต่างๆ . 58
3.4.2.2.2 ทดลองการ Join ผนัง Basic Wall กับคาน 61
3.4.2.2.3 ทดลองการ Join ผนัง Basic Wall กับเสางานโครงสร้าง 65
3.4.2.2.4 ทดลองการ Join ผนัง Basic Wall กับเสาเอ็นและทับหลัง 69
3.4.2.2.5 ทดลองการใส่ผนัง Basic Wall กับเสางานสถาปัตยกรรม..... 71
3.4.2.2.6 ทดลองการใส่ประตู และหน้าต่าง ที่ผนัง Basic Wall..... 75
3.4.2.2.7 ทดลองการหาพื้นที่ของผนัง Curtain Wall 77
3.4.2.2.8 ทดลองการหาพื้นที่ของผนัง Curtain Wall ที่ใช้ Curtain Wall Panel แบบ Basic Wall 79
3.4.2.3 การทดลองเพื่อวิเคราะห์ถึงหลักการคำนวณ และข้อจำกัดของเสา..... 83
3.4.2.3.1 ทดลองการหาพื้นที่วัสดุเสางานสถาปัตยกรรม และเสางานโครงสร้าง..... 83
3.4.2.3.2 ทดลองการใส่เสางานสถาปัตยกรรมที่ยังไม่ตั้งค่าวัสดุ กับผนัง Basic Wall..... 85
3.4.2.3.3 ทดลองการใส่เสางานสถาปัตยกรรมที่ตั้งค่าวัสดุ กับผนัง Basic Wall 90
3.4.2.3.4 ทดลองการซ้อนเสางานโครงสร้างในเสางานสถาปัตยกรรม 97
3.4.2.3.5 ทดลองการซ้อนเสางานโครงสร้างในเสางานสถาปัตยกรรม และสร้างผนังตัดผ่าน..... 102
3.4.2.4 การทดลองเพื่อวิเคราะห์ถึงหลักการคำนวณ และข้อจำกัดของคาน 112
3.4.2.4.1 ทดลองการใส่คานกับเสางานโครงสร้าง..... 112
3.4.2.4.2 ทดลองการใส่คานกับเสางานสถาปัตยกรรม..... 114

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

3.5 การออกแบบการทดลอง และดำเนินการทดลอง 116
3.5.1 การทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูน 116
3.5.2 การทดลองผนังเบา 121
3.5.3 การทดลองผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จ 126
3.5.4 การทดลองผนังรอบ (Curtain Wall) 129
3.6 การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทดลองแต่ละกรณี 132
3.7 สรุปผลการวิจัย 132
บทที่ 4 ผลการวิจัย 133
4.1 ผลการทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูน 133
4.1.1 ปริมาณวัสดุจากโปรแกรม Autodesk Revit 135
4.1.2 ปริมาณงานจากการคำนวณทางเอกสาร 136
4.1.3 การเปรียบเทียบปริมาณวัสดุจากโปรแกรม Autodesk Revit กับปริมาณงานจากการคำนวณทางเอกสาร 140
4.1.4 การวิเคราะห์ผลการทดลอง 147
4.2 ผลการทดลองผนังเบา 158
4.2.1 ปริมาณวัสดุจากโปรแกรม Autodesk Revit 159
4.2.2 ปริมาณงานจากการคำนวณทางเอกสาร 159
4.2.3 การเปรียบเทียบปริมาณวัสดุจากโปรแกรม Autodesk Revit กับปริมาณงานจากการคำนวณทางเอกสาร 160
4.2.4 การวิเคราะห์ผลการทดลอง 165
4.3 การทดลองผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จ 170
4.3.1 ปริมาณวัสดุจากโปรแกรม Autodesk Revit 170
4.3.2 ปริมาณงานจากการคำนวณทางเอกสาร 170
4.3.3 การเปรียบเทียบปริมาณวัสดุจากโปรแกรม Autodesk Revit กับปริมาณงานจากการคำนวณทางเอกสาร 171
4.3.4 การวิเคราะห์ผลการทดลอง 173
4.4 การทดลองผนังรอบ (Curtain Wall) 176
4.4.1 ปริมาณวัสดุจากโปรแกรม Autodesk Revit 176

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

4.4.2 ปริมาณงานจากการคำนวณทางเอกสาร 176
4.4.3 การเปรียบเทียบปริมาณวัสดุจากโปรแกรม Autodesk Revit กับปริมาณงานจากการคำนวณทางเอกสาร 177
4.4.4 การวิเคราะห์ผลการทดลอง 178
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ 182
5.1 สรุปผลการวิจัย 182
5.1.1 สรุปผลการทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูน 182
5.1.2 สรุปผลการทดลองผนังเบา 185
5.1.3 สรุปผลการทดลองผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จ 186
5.1.4 สรุปผลการทดลองผนังรอบ (Curtain Wall) 187
5.1.5 สรุปผลการทดลองโดยรวม 189
5.1.6 แนวทางในการสร้างแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) 191
5.1.7 แนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาโปรแกรม Autodesk Revit 191
5.2 ข้อเสนอแนะ 192
รายการอ้างอิง 193
ภาคผนวก 195
Level of Development Specification Version: 2013 196
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 209

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบโปรแกรมแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) สำหรับงานออกแบบสถาปัตยกรรม 12
ตารางที่ 2.2 B20 เปลือกอาคารแนวดิ่งภายนอก (Exterior Vertical Enclosures) 17
ตารางที่ 2.3 B2010 ผนังภายนอก (Exterior Walls) 18
ตารางที่ 2.4 B2010.10 ผนังวีเนียร์ภายนอก (Exterior Wall Veneer) 19
ตารางที่ 2.5 B2010.20 ผนังโครงสร้างภายนอก (Exterior Wall Construction) 20
ตารางที่ 2.6 B2010.30 ผิวภายในของผนังภายนอก (Exterior Wall Interior Skin) 21
ตารางที่ 2.7 B2020.30 ผนังหน้าต่างภายนอก (Exterior Window Wall) 21
ตารางที่ 3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างวงจรชีวิตโครงการสถาปัตยกรรม กับการประมาณราคาค่าก่อสร้าง ระดับขั้นความละเอียดของข้อมูล และการหาปริมาณเปลือกอาคารด้วย BIM 48
ตารางที่ 3.2 ผลการทดลองการเขียนผนัง Basic Wall ด้วย Location Line ต่างๆ 60
ตารางที่ 3.3 กรณีที่ 1 ชั้นผิวสำเร็จภายนอกของผนังอยู่แนวเดียวกับผิวคาน 63
ตารางที่ 3.4 กรณีที่ 2 ชั้นก่ออิฐด้านที่อยู่ภายนอกอยู่แนวเดียวกับผิวคาน 63
ตารางที่ 3.5 กรณีที่ 3 ชั้นก่ออิฐด้านที่อยู่ภายในอยู่แนวเดียวกับผิวคาน 64
ตารางที่ 3.6 กรณีที่ 1 ไม่ Join ผนังกับเสา โดยผนังผ่านกึ่งกลางเสา 66
ตารางที่ 3.7 กรณีที่ 2 Join ผนังกับเสา โดยผนังผ่านกึ่งกลางเสา 67
ตารางที่ 3.8 กรณีที่ 3 ชั้นก่ออิฐด้านที่อยู่ภายนอกอยู่แนวเดียวกับผิวเสา 67
ตารางที่ 3.9 กรณีที่ 4 ชั้นก่ออิฐด้านที่อยู่ภายในอยู่แนวเดียวกับผิวเสา 68
ตารางที่ 3.10 ผลการทดลองการ Join ผนังกับเสาเอ็นและทับหลัง 70
ตารางที่ 3.11 กรณีที่ 1 สร้างผนังผ่านกึ่งกลางเสา (Join อัตโนมัติ) 72
ตารางที่ 3.12 กรณีที่ 2 Switch Join Order ผนังกับเสา โดยผนังผ่านกึ่งกลางเสา 73
ตารางที่ 3.13 กรณีที่ 3 ชั้นก่ออิฐด้านที่อยู่ภายนอกอยู่แนวเดียวกับผิวเสา 73
ตารางที่ 3.14 กรณีที่ 4 ชั้นก่ออิฐด้านที่อยู่ภายในอยู่แนวเดียวกับผิวเสา 74
ตารางที่ 3.15 ผลการทดลองการใส่ประตู และหน้าต่าง ที่ผนัง Basic Wall 76
ตารางที่ 3.16 ผลการทดลองหาพื้นที่ของผนัง Curtain Wall 78
ตารางที่ 3.17 ผลทดลองการหาพื้นที่ของผนัง Curtain Wall ที่ใช้ Curtain Wall Panel แบบ Basic Wall 81
ตารางที่ 3.18 พื้นที่ และวัสดุ ในเสางานสถาปัตยกรรม และเสางานโครงสร้าง 84
ตารางที่ 3.19 ผลการทดลองการใส่เสางานสถาปัตยกรรมที่ยังไม่ตั้งค่าวัสดุ กับผนัง Basic Wall 87

หน้า

ตารางที่ 3.20 เปรียบเทียบพื้นที่วัสดุเสางานสถาปัตยกรรมที่ยังไม่ตั้งค่าวัสดุ จากโปรแกรม Autodesk Revit กับการคำนวณพื้นที่ตามความเป็นจริง 89
ตารางที่ 3.21 ผลการทดลองการใส่เสางานสถาปัตยกรรมที่ตั้งค่าวัสดุ กับผนัง Basic Wall 93
ตารางที่ 3.22 เปรียบเทียบพื้นที่วัสดุเสางานสถาปัตยกรรมที่ตั้งค่าวัสดุ จากโปรแกรม Autodesk Revit กับการคำนวณพื้นที่ตามความเป็นจริง 95
ตารางที่ 3.23 กรณีที่ 1 การ Join เสางานสถาปัตยกรรมที่ยังไม่ตั้งค่าวัสดุกับเสางานโครงสร้าง 98
ตารางที่ 3.24 กรณีที่ 2 การ Join เสางานสถาปัตยกรรมที่ตั้งค่าวัสดุกับเสางานโครงสร้าง 98
ตารางที่ 3.25 กรณีที่ 3 การ Join เสางานโครงสร้างกับเสางานสถาปัตยกรรมที่ยังไม่ตั้งค่าวัสดุ 99
ตารางที่ 3.26 กรณีที่ 4 การ Join เสางานโครงสร้างกับเสางานสถาปัตยกรรมที่ตั้งค่าวัสดุ 99
ตารางที่ 3.27 กรณีที่ 1 วางเสางานโครงสร้างซ้อนในเสางานสถาปัตยกรรม และสร้างผนังตัดผ่านเสาทั้งสอง 103
ตารางที่ 3.28 กรณีที่ 2 Switch Join Order เสางานสถาปัตยกรรมกับผนัง 104
ตารางที่ 3.29 กรณีที่ 4 Switch Join Order เสางานสถาปัตยกรรมกับผนัง และ Join เสางานโครงสร้างกับเสางานสถาปัตยกรรม 105
ตารางที่ 3.30 กรณีที่ 5 Switch Join Order เสางานสถาปัตยกรรมกับผนัง และ Join เสางานสถาปัตยกรรมกับเสางานโครงสร้าง 106
ตารางที่ 3.31 กรณีที่ 6 Join เสางานโครงสร้างกับผนัง 107
ตารางที่ 3.32 กรณีที่ 7 Join เสางานโครงสร้างกับผนัง และ Join เสางานสถาปัตยกรรมกับเสางานโครงสร้าง 107
ตารางที่ 3.33 กรณีที่ 8 Join เสางานโครงสร้างกับผนัง และ Join เสางานโครงสร้างกับเสางานสถาปัตยกรรม 108
ตารางที่ 3.34 กรณีที่ 9 Join เสางานโครงสร้างกับผนัง และ Join เสางานโครงสร้างกับเสางานสถาปัตยกรรม โดยให้ตั้งค่าวัสดุในเสางานสถาปัตยกรรม 110
ตารางที่ 3.35 ผลการทดลองการใส่คานกับเสางานโครงสร้าง 113
ตารางที่ 3.36 ผลการทดลองการใส่คานกับเสางานสถาปัตยกรรม 115
ตารางที่ 3.37 ความสัมพันธ์ระหว่างผนัง กับ เสางานสถาปัตยกรรม (เสา AR) เสางานโครงสร้าง (เสา ST) และคาน กรณีต่างๆ ในการทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูน 119
ตารางที่ 3.38 ความสัมพันธ์ระหว่างผนัง กับ เสางานสถาปัตยกรรม (เสา AR) เสางานโครงสร้าง (เสา ST) และคาน กรณีต่างๆ ในการทดลองผนังเบา 124
ตารางที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างผนัง กับ เสา AR เสา ST และคาน กรณีต่างๆ ในการทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูน 133
ตารางที่ 4.2 ปริมาณวัสดุจากการทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูน 135

หน้า

ตารางที่ 4.3 ปริมาณงานก่อผนัง 136
ตารางที่ 4.4 ปริมาณงานฉาบผนังภายนอก (รวมเสาและคาน) 137
ตารางที่ 4.5 ปริมาณงานฉาบผนังภายใน 138
ตารางที่ 4.6 ปริมาณงานฉาบเสาภายใน 138
ตารางที่ 4.7 ปริมาณงานกรุกระเบื้องผนังภายใน 139
ตารางที่ 4.8 ปริมาณงานกรุกระเบื้องเสาภายใน 139
ตารางที่ 4.9 ปริมาณงานเสาเอ็น และทับหลัง 140
ตารางที่ 4.10 เปรียบเทียบปริมาณพื้นที่ก่ออิฐ จากโปรแกรม Autodesk Revit กับการคำนวณทางเอกสาร 141
ตารางที่ 4.11 เปรียบเทียบปริมาณพื้นที่ปูนฉาบภายนอก จากโปรแกรม Autodesk Revit กับการคำนวณทางเอกสาร 142
ตารางที่ 4.12 เปรียบเทียบปริมาณพื้นที่ปูนฉาบภายใน จากโปรแกรม Autodesk Revit กับการคำนวณทางเอกสาร 143
ตารางที่ 4.13 เปรียบเทียบปริมาณพื้นที่กระเบื้อง จากโปรแกรม Autodesk Revit กับการคำนวณทางเอกสาร 144
ตารางที่ 4.14 เปรียบเทียบปริมาณเสาเอ็น จากโปรแกรม Autodesk Revit กับการคำนวณทางเอกสาร 145
ตารางที่ 4.15 เปรียบเทียบปริมาณทับหลัง จากโปรแกรม Autodesk Revit กับการคำนวณทางเอกสาร 145
ตารางที่ 4.16 สรุปผลการทดลอง ผนังก่ออิฐฉาบปูน (ไม่รวมปริมาณเสาเอ็น และทับหลัง) 146
ตารางที่ 4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างผนัง กับ เสา AR เสา ST และคาน กรณีต่างๆ ในการทดลอง ผนังเบา 158
ตารางที่ 4.18 ปริมาณวัสดุจากการทดลองผนังเบา 159
ตารางที่ 4.19 ปริมาณงานโครงคร่าว แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ภายนอก และแผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ภายใน 160
ตารางที่ 4.20 เปรียบเทียบปริมาณพื้นที่โครงคร่าว จากโปรแกรม Autodesk Revit กับการคำนวณทางเอกสาร 161
ตารางที่ 4.21 เปรียบเทียบปริมาณพื้นที่แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ภายนอก จากโปรแกรม Autodesk Revit กับการคำนวณทางเอกสาร 162
ตารางที่ 4.22 เปรียบเทียบปริมาณพื้นที่แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ภายใน จากโปรแกรม Autodesk Revit กับการคำนวณทางเอกสาร 163
ตารางที่ 4.23 สรุปผลการทดลอง ผนังเบา 164

หน้า

ตารางที่ 4.24 เปรียบเทียบปริมาณโครงคร่าว จาก Autodesk Revit Extenstion กับ
การแก้ไขโครงคร่าวให้ตรงตามความเป็นจริง 165
ตารางที่ 4.25 ปริมาณวัสดุจากการทดลองผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จ 170
ตารางที่ 4.26 ปริมาณงานคอนกรีตหล่อสำเร็จ 171
ตารางที่ 4.27 ปริมาณงาน Sealants 171
ตารางที่ 4.28 เปรียบเทียบปริมาณพื้นที่คอนกรีตหล่อสำเร็จ จากโปรแกรม Autodesk Revit
กับการคำนวณทางเอกสาร 172
ตารางที่ 4.29 เปรียบเทียบปริมาณจำนวนแผ่นคอนกรีตหล่อสำเร็จ จากโปรแกรม
Autodesk Revit กับการคำนวณทางเอกสาร 172
ตารางที่ 4.30 เปรียบเทียบปริมาณความยาวของ Sealants จากโปรแกรม Autodesk Revit
กับการคำนวณทางเอกสาร 172
ตารางที่ 4.31 สรุปผลการทดลอง ผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จ 173
ตารางที่ 4.32 ปริมาณวัสดุจากการทดลองผนังรอบ (Curtain Wall) 176
ตารางที่ 4.33 ปริมาณงานผนังรอบ (Curtain Wall) 177
ตารางที่ 4.34 เปรียบเทียบปริมาณพื้นที่ผนังรอบ (Curtain Wall) จากโปรแกรม
Autodesk Revit กับการคำนวณทางเอกสาร 177
ตารางที่ 4.35 เปรียบเทียบปริมาณพื้นที่กระจก จากโปรแกรม Autodesk Revit กับ
การคำนวณทางเอกสาร 178
ตารางที่ 4.36 เปรียบเทียบปริมาณจำนวนแผ่นกระจก จากโปรแกรม Autodesk Revit กับ
การคำนวณทางเอกสาร 178
ตารางที่ 4.37 สรุปผลการทดลอง ผนังรอบ (Curtain Wall) 178

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 2.1 การใช้ BIM ในทุกช่วงชีวิตของโครงการก่อสร้างทางสถาปัตยกรรม 7
ภาพที่ 2.2 แสดงการวัดความยาวในผังพื้นของผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จ 30
ภาพที่ 2.3 แสดงการวัดความยาวในผังพื้นของผนังก่อชนมุม 33
ภาพที่ 2.4 แสดงการวัดความยาวในผังพื้นของผนังก่อชนด้าน 33
ภาพที่ 2.5 แสดงการวัดความยาวในผังพื้นของพื้นที่ฉาบภายนอก 36
ภาพที่ 2.6 แสดงการวัดความยาวในผังพื้นของพื้นที่ฉาบภายภายใน 36
ภาพที่ 2.7 แสดงการวัดความยาวในผังพื้นของผนังเบาหนา 9.7 ซม. 37
ภาพที่ 2.8 แสดงการวัดความยาวในผังพื้นของผนังรอบ (Curtain Wall) 38
ภาพที่ 3.1 ตัวอย่าง ผนังก่ออิฐฉาบปูน ผนังเบา ผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จ และผนังรอบ (Curtain Wall) 50
ภาพที่ 3.2 ตัวอย่างผนังก่ออิฐฉาบปูนที่ LOD 200, LOD 300, และ LOD 350 51
ภาพที่ 3.3 ตัวอย่างผนังเบาที่ LOD 200, LOD 300, และ LOD 350 52
ภาพที่ 3.4 ตัวอย่างผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จที่ LOD 200, LOD 300, LOD 350, และ LOD 400 53
ภาพที่ 3.5 ตัวอย่างผนังรอบ (Curtain Wall) ที่ LOD 200, LOD 300, และ LOD 350 54
ภาพที่ 3.6 Basic Wall, Curtain Wall และ Stacked Wall 55
ภาพที่ 3.7 Location Line ประเภทต่างๆ มีผลต่อตำแหน่งของการสร้างผนัง 58
ภาพที่ 3.8 การเขียนผนังด้วย Location Line แบบ Wall Centerline ที่ LOD 200 เมื่อเปลี่ยนเป็น LOD 300 ผนังซึ่งมีความหนาที่เปลี่ยนไป ส่งผลให้ระยะของผนังเปลี่ยนไป 59
ภาพที่ 3.9 แสดงการวัดความยาวของผนังโดยโปรแกรม Autodesk Revit เพื่อทำการหาพื้นที่ของผนัง 61
ภาพที่ 3.10 รูปตัด กรณีที่ 1 ชั้นผิวสำเร็จภายนอกของผนังอยู่แนวเดียวกับผิวคาน 63
ภาพที่ 3.11 รูปตัด กรณีที่ 2 ชั้นก่ออิฐด้านที่อยู่ภายนอกอยู่แนวเดียวกับ ผิวคาน 64
ภาพที่ 3.12 รูปตัด กรณีที่ 3 ชั้นก่ออิฐด้านที่อยู่ภายในอยู่แนวเดียวกับ ผิวคาน 64
ภาพที่ 3.13 กรณีที่ 1 ไม่ Join ผนังกับเสา โดยผนังผ่านกึ่งกลางเสา 67
ภาพที่ 3.14 ผังพื้น กรณีที่ 2 Join ผนังกับเสา โดยผนังผ่านกึ่งกลางเสา 67
ภาพที่ 3.15 ผังพื้น กรณีที่ 3 ชั้นก่ออิฐด้านที่อยู่ภายนอกอยู่แนวเดียวกับ ผิวเสา 68
ภาพที่ 3.16 ผังพื้น กรณีที่ 4 ชั้นก่ออิฐด้านที่อยู่ภายในอยู่แนวเดียวกับ ผิวเสา 68
ภาพที่ 3.17 ผังพื้น การทดลองการ Join ผนังกับเสาเอ็นและทับหลัง 70
ภาพที่ 3.18 ผังพื้น กรณีที่ 1 สร้างผนังผ่านกึ่งกลางเสา (Join อัตโนมัติ) 72
ภาพที่ 3.19 ผนังพื้น กรณีที่ 2 Switch Join Order ผนังกับเสา โดยผนังผ่านกึ่งกลางเสา 73
ภาพที่ 3.20 ผังพื้น กรณีที่ 3 ชั้นก่ออิฐด้านที่อยู่ภายนอกอยู่แนวเดียวกับ ผิวเสา 74

หน้า

ภาพที่ 3.21 ผนังพื้น กรณีที่ 4 ชั้นก่ออิฐด้านที่อยู่ภายในอยู่แนวเดียวกับ ผิวเสา 74
ภาพที่ 3.22 รูปด้าน การทดลองการใส่ประตู และหน้าต่าง ที่ผนัง Basic Wall 77
ภาพที่ 3.23 รูปด้าน การทดลองการหาพื้นที่ของผนัง Curtain Wall 78
ภาพที่ 3.24 ผังพื้น การทดลองการหาพื้นที่ของผนัง Curtain Wall ที่ใช้ Curtain Wall Panel แบบ Basic Wall หนา 10 ซม. และ 20 ซม. 80
ภาพที่ 3.25 ซ้าย การวัดความยาวของ Panel ในการหาพื้นที่ของ Panel แต่ละแผ่น ขวา การวัดความยาวของ Panel เพื่อแสดงขนาดของ Panel ใน Schedules 82
ภาพที่ 3.26 เสางานโครงสร้าง (ซ้าย) และเสางานสถาปัตยกรรม (ขวา) 84
ภาพที่ 3.27 ผนังพื้น การทดลองการใส่เสางานสถาปัตยกรรมที่ยังไม่ตั้งค่าวัสดุ กับผนัง Basic Wall ทั้ง 10 กรณี 86
ภาพที่ 3.28 เสางานสถาปัตยกรรมที่ไม่ได้ตั้งค่าวัสดุ เมื่อมีผนังตัดผ่านเสา เสาจะเกิดวัสดุจากผิวนอกสุดของผนังทั้งสองฝั่ง โดยเสาแต่ละฝั่งจะแยกคิดพื้นที่วัสดุจากผิวทั้ง 6 ด้าน 88
ภาพที่ 3.29 ผนังพื้น การทดลองการใส่เสางานสถาปัตยกรรมที่ตั้งค่าวัสดุ กับผนัง Basic Wall ทั้ง 10 กรณี 92
ภาพที่ 3.30 เสางานสถาปัตยกรรมที่ตั้งค่าวัสดุ เมื่อมีผนังตัดผ่านเสา เสาจะเกิดพื้นที่ของวัสดุจากผนัง เฉพาะด้านที่ซ้อนทับกับผนังเท่านั้น ส่วนผิวด้านอื่นๆ จะเป็นพื้นที่ของวัสดุที่ตั้งค่าไว้ 94
ภาพที่ 3.31 กรณีที่ 1 และ 2 การ Join เสางานสถาปัตยกรรม กับเสางานโครงสร้าง 100
ภาพที่ 3.32 กรณีที่ 3 และ 4 การ Join เสางานโครงสร้าง กับเสางานสถาปัตยกรรม 100
ภาพที่ 3.33 แสดงพื้นผิวที่คิดพื้นที่วัสดุของเสางานสถาปัตยกรรมในกรณี ที่ 3 (ซ้าย) และกรณีที่ 4 (ขวา) สีเหลืองคือพื้นที่ของวัสดุจากเสางานโครงสร้าง สีส้มคือพื้นที่ของวัสดุที่ตั้งค่าให้เสางานสถาปัตยกรรม 101
ภาพที่ 3.34 กรณีที่ 1 วางเสางานโครงสร้างซ้อนในเสางานสถาปัตยกรรม และสร้างผนังตัดผ่านเสาทั้งสอง 104
ภาพที่ 3.35 กรณีที่ 2 Switch Join Order เสางานสถาปัตยกรรมกับผนัง 104
ภาพที่ 3.36 กรณีที่ 4 Switch Join Order เสางานสถาปัตยกรรมกับผนัง และ Joinเสางานโครงสร้างกับเสางานสถาปัตยกรรม 105
ภาพที่ 3.37 กรณีที่ 5 Switch Join Order เสางานสถาปัตยกรรมกับผนัง และ Join เสางานสถาปัตยกรรมกับเสางานโครงสร้าง 106
ภาพที่ 3.38 กรณีที่ 6 Join เสางานโครงสร้างกับผนัง 107
ภาพที่ 3.39 กรณีที่ 7 Join เสางานโครงสร้างกับผนัง และ Join เสางานสถาปัตยกรรมกับเสางานโครงสร้าง 108

หน้า

ภาพที่ 3.40 กรณีที่ 8 Join เสางานโครงสร้างกับผนัง และ Join เสางานโครงสร้างกับเสางานสถาปัตยกรรม 109
ภาพที่ 3.41 เส้นสีแดงแสดงระยะในผังพื้นที่ใช้สำหรับคำนวณพื้นที่วัสดุที่เกิดจากเสางานโครงสร้าง 109
ภาพที่ 3.42 เส้นสีน้ำเงินแสดงระยะในผังพื้นที่ใช้สำหรับคำนวณพื้นที่ วัสดุที่เกิดจากผนัง 110
ภาพที่ 3.43 เส้นสีแดงแสดงระยะในผังพื้นที่ใช้สำหรับคำนวณพื้นที่วัสดุที่เกิดจากผนัง 111
ภาพที่ 3.44 เส้นสีน้ำเงินแสดงระยะในผังพื้นที่ใช้สำหรับคำนวณพื้นที่วัสดุของเสางานสถาปัตยกรรมด้านข้างเสา และส่วนที่แรเงาสีน้ำเงินคือส่วนที่ใช้คำนวณพื้นที่หน้าตัดบน และล่าง 111
ภาพที่ 3.45 การคิดพื้นที่ผิวของคานในกรณีที่ Join และ Switch Join Order กับเสางานโครงสร้าง หรือเสางานสถาปัตยกรรม 114
ภาพที่ 3.46 แบบอาคารตัวอย่างสำหรับการทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูน 118
ภาพที่ 3.47 ความสัมพันธ์ระหว่างผนังกับเสารูปแบบต่างๆ ในการทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูน 119
ภาพที่ 3.48 ความสัมพันธ์ระหว่างผนังกับคานรูปแบบต่างๆ ในการทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูน 120
ภาพที่ 3.49 การสร้างแบบจำลองทั้ง 12 กรณี ของการทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูน 120
ภาพที่ 3.50 แบบอาคารตัวอย่างสำหรับการทดลองผนังเบา 123
ภาพที่ 3.51 ความสัมพันธ์ระหว่างผนังกับเสารูปแบบต่างๆ ในการทดลองผนังเบา 124
ภาพที่ 3.52 ความสัมพันธ์ระหว่างผนังกับคานรูปแบบต่างๆ ในการทดลองผนังเบา 125
ภาพที่ 3.53 การสร้างแบบจำลองทั้ง 6 กรณี ของการทดลองผนังเบา 125
ภาพที่ 3.54 แบบอาคารตัวอย่างสำหรับการทดลองผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จ 128
ภาพที่ 3.55 แบบอาคารตัวอย่างสำหรับการทดลองผนังรอบ (Curtain Wall) 131
ภาพที่ 4.1 การสร้างแบบจำลองทั้ง 12 กรณี ของการทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูน 134
ภาพที่ 4.2 แสดงการวัดความยาวในผังพื้นของผนังก่อชนมุม 136
ภาพที่ 4.3 แสดงการวัดความยาวในผังพื้นของพื้นที่ฉาบภายนอก 137
ภาพที่ 4.4 แสดงการวัดความยาวในผังพื้นของพื้นที่ฉาบภายภายใน 138
ภาพที่ 4.5 ที่ LOD 200 เมื่อสร้างผนังทับเสางานสถาปัตยกรรม จะเกิดปริมาณวัสดุอิฐจากผนังขึ้นในเสา 147
ภาพที่ 4.6 ผนังที่ LOD 200 มีความหนา 10 ซม. ส่วนผนังที่ LOD 300 และ LOD 350 มีความหนา 11 ซม. 148
ภาพที่ 4.7 ซ้าย ผนังซ้อนทับในเสาและคาน ขวา ผนังที่ไม่ซ้อนทับในเสาและคาน 148
ภาพที่ 4.8 การสร้างแบบจำลองทั้ง 12 กรณี ของการทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูน 149

หน้า

ภาพที่ 4.9 ซ้าย การวัดความยาวพื้นที่ก่ออิฐในการคำนวณทางเอกสาร
ขวา การวัดความยาวพื้นที่ก่ออิฐของโปรแกรม Autodesk Revit 150
ภาพที่ 4.10 เรียงจากซ้ายไปขวา ผนังถูกคานตัดแต่เหลือแต่ชั้นปูนฉาบ ผนังถูกคานตัดทุกชั้น
ผนังถูกเสาตัดแต่เหลือชั้นปูนฉาบ ผนังถูกเสาตัดทุกชั้น 151
ภาพที่ 4.11 ซ้าย การวัดความยาวพื้นที่ปูนฉาบภายนอกในการคำนวณทางเอกสาร
ขวา การวัดความยาวพื้นที่ปูนฉาบภายนอกของโปรแกรม Autodesk Revit..... 152
ภาพที่ 4.12 ระดับความสูงของชั้นปูนฉาบภายในที่ LOD 300 จะสูงเท่ากับความสูงของผนัง
ส่วนระดับความสูงของชั้นปูนฉาบภายในที่ LOD 350 จะสูงตามที่กำหนดไว้
ซึ่งจะได้ปริมาณวัสดุที่แม่นยำมากกว่า 153
ภาพที่ 4.13 ซ้าย ชั้นของผนังในการก่อสร้างจริง
ขวา ชั้นของผนังที่สร้างด้วยโปรแกรม Autodesk Revit..... 153
ภาพที่ 4.14 ซ้าย การวัดความยาวพื้นที่ปูนฉาบภายในในการคำนวณทางเอกสาร
ขวา การวัดความยาวพื้นที่ปูนฉาบภายในของโปรแกรม Autodesk Revit..... 154
ภาพที่ 4.15 ระดับความสูงของชั้นกระเบื้องที่ LOD 300 จะสูงเท่ากับความสูงของผนัง
ส่วนระดับความสูงของกระเบื้องที่ LOD 350 จะสูงตามที่กำหนดไว้ ซึ่งจะได้
ปริมาณวัสดุที่แม่นยำมากกว่า..... 155
ภาพที่ 4.16 ที่ LOD 350 และ LOD 350 เมื่อสร้างผนังทับเสางานสถาปัตยกรรม จะเกิด
ปริมาณวัสดุกระเบื้องจากผนังขึ้นในเสา..... 156
ภาพที่ 4.17 ซ้าย การวัดความยาวพื้นที่ปูนฉาบภายในในการคำนวณทางเอกสาร
ขวา การวัดความยาวพื้นที่ปูนฉาบภายในของโปรแกรม Autodesk Revit..... 157
ภาพที่ 4.18 การสร้างแบบจำลองทั้ง 6 กรณี ของการทดลองผนังเบา..... 158
ภาพที่ 4.19 แสดงการวัดความยาวในผังพื้นของผนังเบา 160
ภาพที่ 4.20 ที่ LOD 200 เมื่อสร้างผนังทับเสางานสถาปัตยกรรม จะเกิดปริมาณวัสดุ
โครงคร่าวจากผนังขึ้นในเสา 165
ภาพที่ 4.21 ผนังที่ LOD 200 มีความหนา 10 ซม. ส่วนผนังที่ LOD 300 และ LOD 350
มีความหนา 9.7 ซม. 166
ภาพที่ 4.22 การสร้างแบบจำลองทั้ง 6 กรณี ของการทดลองผนังเบา..... 167
ภาพที่ 4.23 ซ้าย การวัดความยาวพื้นที่โครงคร่าว และวัสดุแผ่นในการคำนวณทางเอกสาร
ขวา การวัดความยาวพื้นที่โครงคร่าว และวัสดุแผ่นของโปรแกรม Autodesk Revit. 167
ภาพที่ 4.24 ตัวอย่างโครงคร่าวที่ซ้อนทับในเสาหรือคานในกรณีที่ 1 และ 5 169
ภาพที่ 4.25 แสดงการวัดความยาวในผังพื้นของผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จ..... 171

หน้า

ภาพที่ 4.26 ซ้าย การวัดความยาวพื้นที่ผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จในการคำนวณทางเอกสาร ขวา การวัดความยาวพื้นที่ผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จของโปรแกรม Autodesk Revit . 174
ภาพที่ 4.27 ซ้าย การวัดความยาวพื้นที่ผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จในการคำนวณทางเอกสาร ขวา การวัดความยาวพื้นที่ผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จของโปรแกรม Autodesk Revit ที่ LOD 400 จะมีการเว้นระยะของ Sealants 174
ภาพที่ 4.28 การนับจำนวนแผ่นผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จบริเวณมุม ของโปรแกรม Autodesk Revit ไม่สามารถนับเป็นชิ้นเดียวได้ 175
ภาพที่ 4.29 การวัดความยาว Sealants ของโปรแกรม Autodesk Revit 175
ภาพที่ 4.30 แสดงการวัดความยาวในผังพื้นของผนังรอบ (Curtain Wall) 177
ภาพที่ 4.31 เรียงจากซ้ายไปขวา เส้น Location Line ที่ LOD 200 เส้น Location Line ที่ LOD 300 เส้น Location Line ที่ LOD 350 เปรียบเทียบกับ การวัดความยาวพื้นที่ผนังรอบ (Curtain Wall) ในการคำนวณทางเอกสาร 179
ภาพที่ 4.32 ปริมาณพื้นที่กระจกที่ LOD ต่างๆ 180
ภาพที่ 5.1 การสร้างผนังทุกชั้นแยกจากกันอย่างอิสระจะมีปริมาณวัสดุที่แม่นยำกว่า แต่จะเพิ่มความยุ่งยากให้การทำงานมากขึ้น 183
ภาพที่ 5.2 เปรียบเทียบการวัดความยาวของผนังชั้นต่างๆ ในการคำนวณทางเอกสาร กับการวัดความยาวของผนังของโปรแกรม Autodesk Revit ในการคำนวณพื้นที่ของวัสดุผนังแต่ละชั้น 184
ภาพที่ 5.3 เปรียบเทียบการวัดความยาวพื้นที่โครงคร่าว และวัสดุแผ่นในการคำนวณทางเอกสาร กับการวัดความยาวพื้นที่โครงคร่าว และวัสดุแผ่นของโปรแกรม Autodesk Revit 185
ภาพที่ 5.4 เปรียบเทียบการวัดความยาวพื้นที่ผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จในการคำนวณทางเอกสาร กับการวัดความยาวพื้นที่ผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จของโปรแกรม Autodesk Revit 186
ภาพที่ 5.5 เปรียบเทียบการวัดความยาวของผนังรอบ (Curtain Wall) ในการคำนวณทางเอกสาร กับตำแหน่งในการวัดความยาวของผนังรอบ (Curtain Wall) ที่ LOD ต่างๆ ของโปรแกรม Autodesk Revit ในการคำนวณพื้นที่ของผนังรอบ (Curtain Wall) 189

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

แบบจำลองสารสนเทศอาคาร (Building Information Modeling หรือย่อว่า BIM) เป็นแนวคิดและเทคโนโลยีทางคอมพิวเตอร์ ที่เข้ามามีส่วนช่วยในทุกขั้นตอนของกระบวนการออกแบบและการก่อสร้างอาคาร โดยการจำลองวัตถุจริงเป็นแบบจำลองในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งการจำลองนอกจากแบบจำลองจะมีรูปทรง 3 มิติ หรือรูปร่าง 2 มิติแล้ว แบบจำลองยังประกอบด้วยคุณสมบัติ ตัวแปร และความสัมพันธ์กับวัตถุอื่นอีกด้วย การเปลี่ยนแปลงค่าต่างๆ จะส่งผลกระทบต่อวัตถุนั้นๆ และวัตถุอื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์กับตัวมัน และเนื่องจากแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) ประกอบด้วยข้อมูลของวัตถุทุกชิ้น การสร้างแบบ 2 มิติ จะเกิดจากการการประมวลผลของโปรแกรมโดยอัตโนมัติ นอกจากนี้ข้อมูลต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น ความยาว พื้นที่ ปริมาตร ปริมาณวัตถุ ล้วนแล้วแต่สามารถเรียกออกมาได้จากแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) ทั้งสิ้น

ปัจจุบันเทคโนโลยีแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) เริ่มเข้ามามีบทบาทแทนที่ CAD ในกระบวนการออกแบบไปจนถึงการก่อสร้างอาคารมากขึ้น โดยจากรายงาน The Business Value of BIM in North America ของ McGraw-Hill Construction (2012) ได้ทำการสำรวจบริษัทที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและก่อสร้างในอเมริกาเหนือจำนวน 582 บริษัท พบว่าบริษัทเหล่านี้เปลี่ยนมาใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 28 ในปี 2007 เป็น ร้อยละ 49 ในปี 2009 และ ร้อยละ 71 ในปี 2012 (McGraw-Hill Construction, 2012)

สำหรับโปรแกรมประเภทแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) มีด้วยกันหลายโปรแกรมในท้องตลาด ซึ่งในส่วนของโปรแกรมสำหรับงานสถาปัตยกรรม มีโปรแกรมหลักๆ อาทิ Autodesk Revit, ArchiCAD, Bentley Architecture, Vectorworks, และ Digial Project เป็นต้น (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2011)

โดยการวิจัยนี้ได้เลือกโปรแกรม Autodesk Revit เพื่อใช้ทำการศึกษาวิจัย เนื่องจากเป็นโปรแกรมที่พัฒนาโดยบริษัท Autodesk ซึ่งเป็นบริษัทใหญ่ ที่มีโปรแกรมตัวอื่นๆ เป็นจำนวนมากซึ่งสามารถใช้ร่วมกับ Autodesk Revit ได้ เช่น AutoCAD, 3ds Max, Navisworks, Ecotect, และ Robot Structural Analysis เป็นต้น นอกจากนี้ Autodesk Revit ยังเป็นที่นิยมมากที่สุดในตลาดปัจจุบัน อ้างอิงข้อมูลจาก Stephen Hamil (2013) ผู้อำนวยการของ National BIM Library ซึ่งเป็นเว็บไซต์ที่ให้บริการดาวน์โหลดวัตถุต่างๆ ที่ใช้กับแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) จากสถิติมีผู้ดาวน์โหลดวัตถุมากกว่า 50,000 วัตถุไปใช้ในโปรแกรมต่างๆ ทำให้ Stephen Hamil สามารถวัดส่วนแบ่งทางการตลาดสำหรับโปรแกรมแบบจำลองสารสนเทศอาคารได้ โดยโปรแกรม Autodesk Revit มีส่วนแบ่งร้อยละ 49 ตามมาด้วย ArchiCAD ร้อยละ 18 ส่วนโปรแกรมอื่นๆที่ใช้มาตรฐานไฟล์กลาง

IFC ร้อยละ 13 และ Bentley Architecture กับ Vectorworks มีส่วนแบ่งร้อยละ 10 (Hamil, 2013)

ประโยชน์ของการใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) นอกจากจะขจัดปัญหาความขัดแย้งจากการไม่ตรงกันของแบบแล้ว แบบจำลองสารสนเทศอาคารยังสามารถส่งต่อข้อมูลของอาคารเพื่อไปใช้ประมวลผลในด้านต่างๆ ต่อได้ทันที เช่น การตรวจสอบการชนกันของวัตถุจำลองต่างๆ (Clash Detection) เช่น การชนกันระหว่างงานระบบกับงานโครงสร้าง การส่งข้อมูลของอาคารไปใช้ในโปรแกรมจำลอง (Simulation) ต่างๆ เช่น การคำนวณพลังงาน การคำนวณแสงสว่าง และการคำนวณแรง และการนำข้อมูลไปใช้ในการวางแผนงานก่อสร้าง การหาปริมาณงานเพื่อการประมาณราคา ตลอดจนใช้ในการบริหารอาคารหลังจากอาคารสร้างเสร็จ ซึ่งทั้งหมดประโยชน์กับทั้ง สถาปนิก วิศวกร ผู้ควบคุมงาน ผู้รับเหมา และเจ้าของโครงการ

ในการวิจัยนี้ จะทำการศึกษาในส่วนของการหาปริมาณงาน เพื่อการประมาณราคาค่าก่อสร้าง โดยใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM)

การประมาณราคาค่าก่อสร้าง เป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งในงานออกแบบสถาปัตยกรรม เนื่องจากงบประมาณเป็นตัวกำหนดความเป็นไปได้ของการออกแบบสถาปัตยกรรมนั้นๆ ว่าจะสามารถนำไปก่อสร้างได้หรือไม่ การประมาณราคาค่าก่อสร้าง จึงเข้าไปเกี่ยวข้องในกระบวนการตั้งแต่เริ่มต้นโครงการไปจนถึงขั้นตอนการก่อสร้าง ซึ่งในแต่ละขั้นของการออกแบบและก่อสร้างจะใช้วิธีการประมาณราคาค่าก่อสร้างที่แตกต่างกัน เช่น ในช่วงการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ (Feasibility Study) จะใช้การประมาณราคาค่าก่อสร้างขั้นต้น และในช่วงก่อนการก่อสร้าง จะมีการทำงบประมาณค่าก่อสร้าง (Project Budgeting) โดยผู้ออกแบบเพื่อใช้เป็นราคากลางสำหรับค่าก่อสร้างในโครงการ และมีการจัดทำเอกสารเสนอราคาก่อสร้างในการประมูลงานของผู้รับเหมา (Bill of Quantity for Competition Bidding) ซึ่งจะใช้การประมาณราคาค่าก่อสร้างอย่างละเอียด

ปัจจุบันการประมาณราคาค่าก่อสร้างเป็นการคำนวณทางเอกสารซึ่งต้องใช้เวลานาน เทคโนโลยีแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) เข้ามามีส่วนช่วยในการหาปริมาณงานได้อย่างมาก เนื่องจากแบบจำลองสารสนเทศอาคารประกอบด้วยข้อมูลทางเรขาคณิตและข้อมูลที่เป็นตัวอักษร ซึ่งสามารถเรียกข้อมูลออกมาได้ทันที โดยการหาปริมาณงาน ด้วยแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) จะเป็นการหาปริมาณวัสดุที่เกิดขึ้นในแบบจำลอง แต่ปัญหาที่เกิดจากการใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) เพื่อการหาปริมาณวัสดุนั้นคือ การสร้างแบบจำลองที่มีรายละเอียดน้อยเกินไป หรือมากเกินไป ซึ่งทางสถาบันสถาปนิกอเมริกัน (American Institute of Architects, AIA) ได้ออกเอกสารเป็นแนวทางเกี่ยวกับระดับขั้นความละเอียดของข้อมูล (Level of Detail) สำหรับแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) อยู่หลายฉบับ โดยฉบับล่าสุดคือเอกสาร Level of Development Specification for Building Information Models Version: 2013 อธิบายถึงระดับขั้นความละเอียดของข้อมูลในวัตถุองค์ประกอบต่างๆของอาคาร ที่ใช้ในระดับขั้นของกระบวนการออกแบบและการก่อสร้างอาคารที่แตกต่างกัน

ถึงแม้ว่าวิธีการประมาณราคาค่าก่อสร้างของประเทศไทยจะมีการกำหนดแนวทางการวัดปริมาณงานก่อสร้างอาคาร ในส่วนของงานโครงสร้างและงานสถาปัตยกรรม โดยวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย แต่ในทางปฏิบัติ บริษัทต่างๆ ก็มีวิธีการวัดปริมาณในแบบของตัวเองซึ่งพัฒนามาจากประสบการณ์และความเชี่ยวชาญเฉพาะของแต่ละบริษัท ในขณะที่การหาปริมาณวัสดุด้วยแบบจำลองสารสนเทศอาคาร ต้องอาศัยขั้นตอนและระดับขั้นความละเอียดของข้อมูลที่ถูกต้องในการสร้างแบบจำลอง ซึ่งทางสถาบันสถาปนิกอเมริกัน (AIA) ได้มีการกำหนดแนวทางดังกล่าวไว้แล้ว แต่ยังไม่มีผู้ศึกษาว่า ปริมาณวัสดุที่หาได้จากแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) ที่สร้างตามแนวทางของสถาบันสถาปนิกอเมริกัน (AIA) นี้ จะสามารถนำมาใช้กับวิธีการหาปริมาณงานเพื่อการประมาณราคาค่าก่อสร้างของประเทศไทย โดยจะมีความแม่นยำและครบถ้วนมากน้อยเพียงใด

อย่างไรก็ตามเนื่องด้วยข้อจำกัดด้านเวลาและการเข้าถึงข้อมูล ผู้ทำการศึกษาจึงจำกัดขอบเขตการศึกษา เฉพาะการหาปริมาณงานเพื่อการประมาณราคาค่าก่อสร้างอย่างละเอียด ในหมวดงานสถาปัตยกรรมของประเทศไทย เฉพาะในส่วนของเปลือกอาคารและส่วนต่อเนื่องของเปลือกอาคารนั้น เนื่องจากผู้ทำการศึกษาเล็งเห็นว่าในส่วนของงานเปลือกอาคารนี้มีความยุ่งยากและซับซ้อนในการหาปริมาณงานมากกว่าส่วนอื่นๆ ซึ่งวิธีการศึกษาและผลจากการศึกษานี้จะสามารถใช้เป็นแนวทางในการศึกษา ในส่วนงานอื่นๆ ในอนาคตได้ และสามารถใช้เป็นแนวทางในการสร้างแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) สำหรับใช้ในการประมาณราคาค่าก่อสร้างของประเทศไทยต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อตรวจสอบถึงความแม่นยำและความครบถ้วนของปริมาณวัสดุ ที่ได้จากการสร้างแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) ซึ่งสร้างตามแนวทางการจัดระดับขั้นความละเอียดของข้อมูล (Level of Detail) สำหรับแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) ของสถาบันสถาปนิกอเมริกัน (AIA) เทียบกับการหาปริมาณงานเพื่อการประมาณราคาค่าก่อสร้างอย่างละเอียดของประเทศไทย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ศึกษาตามแนวทางการจัดระดับขั้นความละเอียดของข้อมูล (Level of Detail) สำหรับแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) ของสถาบันสถาปนิกอเมริกัน (AIA)

1.3.2 ศึกษาเฉพาะการหาปริมาณงานเพื่อการประมาณราคาค่าก่อสร้างอย่างละเอียด ในหมวดงานสถาปัตยกรรมของประเทศไทย เฉพาะในส่วนของเปลือกอาคารและส่วนต่อเนื่องของเปลือกอาคารนั้น ซึ่งประกอบไปด้วย ผนังก่ออิฐฉาบปูน ผนังเบา ผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จ และผนังรอบ (Curtain Wall) ไม่รวมการคิดปริมาณงานทาสี

1.3.3 ศึกษาเปรียบเทียบปริมาณวัสดุจากแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) กับปริมาณงานจากวิธีการคำนวณทางเอกสาร โดยถือว่า ปริมาณงานที่ได้จากวิธีการคำนวณทางเอกสารเป็นปริมาณงานที่ได้รับการยอมรับโดยทั่วไปในอุตสาหกรรมการก่อสร้างของไทย

1.3.4 ศึกษาโดยใช้โปรแกรม Autodesk Revit

1.4 ระเบียบวิธีการวิจัย

1.4.1 ศึกษาแนวความคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง โดยเน้นในเรื่องของ การจัดระดับขั้นความละเอียดของข้อมูล (Level of Detail) สำหรับแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) หลักเกณฑ์และวิธีการหาปริมาณงานเพื่อการประมาณราคาค่าก่อสร้างอย่างละเอียดในหมวดงานสถาปัตยกรรมของประเทศไทย และการหาปริมาณงานด้วยแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) โดยเน้นไปที่โปรแกรม Autodesk Revit

1.4.2 จัดความสัมพันธ์ของแนวความคิดและทฤษฎีที่ศึกษามา เพื่อหากรอบความคิดในการวิจัย

1.4.3 กำหนดตัวอย่างในการศึกษา โดยกำหนดตัวอย่าง รูปแบบของเปลือกอาคาร ซึ่งประกอบไปด้วย ผนังก่ออิฐฉาบปูน ผนังเบา ผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จ และผนังรอบ (Curtain Wall) และกำหนดระดับขั้นความละเอียดของข้อมูล (Level of Detail) ของเปลือกอาคารตัวอย่าง โดยเทียบเคียงกับ แนวทางการจัดระดับขั้นความละเอียดของข้อมูลสำหรับแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) ของสถาบันสถาปนิกอเมริกัน (AIA)

1.4.4 ตรวจสอบความสามารถและข้อจำกัดของโปรแกรม Autodesk Revit ในการสร้างแบบจำลองอาคาร และการหาปริมาณวัสดุ

1.4.5 ออกแบบการทดลอง โดยออกแบบอาคารตัวอย่าง สำหรับเปลือกอาคารทั้ง 4 ประเภท

1.4.6 ดำเนินการสร้างแบบจำลองของอาคาร ด้วยตัวอย่างเปลือกอาคารแต่ละประเภท ที่ระดับขั้นความละเอียดของข้อมูล (Level of Detail) ระดับต่างๆ

1.4.7 หาปริมาณวัสดุของเปลือกอาคารแบบต่างๆ จากแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) ที่ระดับความละเอียดของข้อมูล (Level of Detail) ต่างๆ และหาปริมาณงานของเปลือกอาคารแบบต่างๆ ด้วยวิธีการคำนวณปริมาณงานของประเทศไทย

1.4.8 วิเคราะห์เปรียบเทียบข้อมูล จากการหาปริมาณวัสดุ จากแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) ที่ระดับความละเอียดของข้อมูล (Level of Detail) ต่างๆ กับปริมาณงานที่หาได้จากการคำนวณปริมาณงานของประเทศไทย

1.4.9 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 สามารถนำไปใช้ต่อยอดในการศึกษาเรื่องการหาปริมาณวัสดุเพื่อการประมาณราคาค่าก่อสร้างโดยใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคาร ในส่วนของงานหรือองค์ประกอบของอาคารอื่นๆ ได้

1.5.2 ได้แนวทางในการกำหนดมาตรฐานในการทำงานกับแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) สำหรับการหาปริมาณวัสดุเพื่อการประมาณราคาค่าก่อสร้างอย่างละเอียดในงานสถาปัตยกรรมของประเทศไทย

1.5.3 ได้แนวทางในการพัฒนาโปรแกรมแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) ในอนาคต ให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น และสามารถหาปริมาณวัสดุเพื่อการประมาณราคาค่าก่อสร้างได้แม่นยำมากยิ่งขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
แนวความคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาแนวความคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง สำหรับงานวิจัยนี้ จะเกี่ยวข้องกับเนื้อหาหลักๆ 2 เรื่องคือ เนื้อหาในเรื่องของแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) และ การประมาณราคาค่าก่อสร้างในงานสถาปัตยกรรมของไทย ซึ่งสามารถสรุปข้อมูลเป็นหัวข้อได้ดังนี้

2.1 แนวคิดเกี่ยวกับแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM)

2.2 ประโยชน์ของเทคโนโลยีแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM)

2.3 โปรแกรมแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) สำหรับงานออกแบบสถาปัตยกรรม

2.4 ระดับขั้นความละเอียดของข้อมูล (Level of Detail หรือ Level of Development)

2.5 วงจรชีวิตโครงการก่อสร้างทางสถาปัตยกรรม

2.6 การประมาณราคาค่าก่อสร้างของไทย

2.7 การหาปริมาณงานด้วยแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM)

2.8 องค์ประกอบของโปรแกรม Autodesk Revit (Revit Elements)

2.1 แนวคิดเกี่ยวกับแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM)

ตั้งแต่อดีตจวบจนถึงปัจจุบัน ในการออกแบบและการก่อสร้างอาคาร สถาปนิก และวิศวกรจะใช้การเขียนแบบ 2 มิติ ในมุมมองต่างๆ หลายๆ มุม หรือที่เรียกว่าการฉายภาพ (Projection) ไม่ว่าจะเป็นผังพื้น รูปตัด รูปด้าน และแบบขยายรายละเอียดต่างๆ เพื่ออธิบายวัตถุ 3 มิติ ซึ่งก็คืออาคารหรือสิ่งก่อสร้างต่างๆ ทั้งนี้วิธีการดังกล่าว เมื่อแบบมีความซับซ้อนมากขึ้นหรือมีการแก้ไขเปลี่ยนแปลงก็อาจจะทำให้เกิดข้อผิดพลาดจากการไม่ตรงกันของแบบในแต่ละมุมมองได้ อีกทั้งอาคารหลังหนึ่งๆ ประกอบด้วยแบบจำนวนหลายแผ่น การตรวจสอบความถูกต้อง ต้องอาศัยทั้งเวลาและความชำนาญอย่างมาก

เมื่อมีการคิดประดิษฐ์เครื่องคอมพิวเตอร์ขึ้น ก็เกิดการพัฒนาโปรแกรมช่วยในการเขียนแบบทั้ง 2 มิติ และ 3 มิติ หรือที่เรียกว่า CAD (Computer Aided Design) อย่างต่อเนื่อง ช่วยเพิ่มความสะดวกสบายในการผลิตแบบมากขึ้น แต่แนวคิดในการเขียนมุมมอง 2 มิติ หลายๆ มุม เพื่ออธิบายวัตถุ 3 มิติ ยังคงเหมือนเดิม จนกระทั่งในปัจจุบัน เกิดเทคโนโลยีแนวคิดใหม่ที่เรียกว่า แบบจำลองสารสนเทศอาคาร หรือที่เรียกว่า BIM ขึ้น

แบบจำลองสารสนเทศอาคาร (Building Information Modeling หรือย่อว่า BIM) เป็นเทคโนโลยีทางคอมพิวเตอร์ชนิดหนึ่งที่เข้ามาช่วยในการออกแบบและก่อสร้าง ซึ่งได้มีผู้ให้ความหมายของแบบจำลองสารสนเทศอาคารไว้หลายคนดังนี้

Jason Underwood และ Umit Isikdag ได้ให้ความหมายของ แบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) ว่า เป็นแบบจำลองของข้อมูลเกี่ยวกับอาคารหรือโครงการก่อสร้าง ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลที่สมบูรณ์และเพียงพอสำหรับสนับสนุนกระบวนการออกแบบและก่อสร้างทั้งหมด และข้อมูลสามารถนำไปวิเคราะห์ผลโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้โดยตรง แบบจำลองสารสนเทศอาคาร

ประกอบด้วย ข้อมูลของอาคารและส่วนประกอบต่างๆ ของอาคาร ข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติ เช่น ประโยชน์ใช้สอย รูปทรง วัสดุ และกระบวนการสำหรับวัฏจักรของอาคาร (Underwood & Isikdag, 2010)

Eddy Krygiel และ Bradley Nies อธิบายแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) ว่า เป็นการเปลี่ยนกระบวนการออกแบบและการทำเอกสารในอุตสาหกรรมการออกแบบและก่อสร้าง แบบจำลองสารสนเทศอาคาร คือข้อมูลของอาคารทั้งหลังและเอกสารการออกแบบที่สมบูรณ์ ที่ถูกเก็บไว้ในฐานข้อมูลร่วมเดียวกัน ข้อมูลทั้งหมดสามารถปรับเปลี่ยนค่าได้ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กันหมด การเปลี่ยนแปลงวัตถุใดๆ ในแบบจำลองจะส่งผลกระทบต่อโครงการทั้งหมด แบบจำลองสารสนเทศอาคาร ยังบรรจุข้อมูลการก่อสร้างและการผลิตมากกว่าการแสดงผลในรูปแบบ 2 มิติซึ่งจะพบได้ในการเขียนแบบด้วย CAD (Krygiel & Nies, 2008)

Willem Kymmell ได้ให้คำนิยามเกี่ยวกับแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) ว่า คือ การจำลองโครงการที่ประกอบไปด้วยแบบจำลอง 3 มิติของส่วนประกอบต่างๆ ในโครงการซึ่งเชื่อมโยงกับข้อมูลเกี่ยวกับการวางแผนงานการก่อสร้าง หรือการดำเนินงานและการเลิกดำเนินงาน (Kymmell, 2008)

โดยสรุปแล้ว แบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) เป็นเทคโนโลยีสามารถเข้ามามีส่วนช่วยในทุกขั้นตอนของกระบวนการออกแบบและการก่อสร้างอาคาร โดยการจำลองวัตถุจริงเป็นแบบจำลองในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ การจำลองนอกจากแบบจำลองจะมีรูปทรง 3 มิติ หรือรูปร่าง 2 มิติแล้ว แบบจำลองยังประกอบด้วยคุณสมบัติ ตัวแปร และความสัมพันธ์กับวัตถุอื่น อีกด้วย ตัวอย่างเช่น วัตถุทรงกระบอก มีคุณสมบัติเป็น เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก มีตัวแปร คือ ขนาดรัศมีของหน้าตัด และความสูง มีความสัมพันธ์กับวัตถุอื่นคือ ติดอยู่กับวัตถุ 2 มิติที่มีคุณสมบัติเป็น เส้นกริดเสา เมื่อเส้นกริดเสามีการขยับ เสาจะขยับไปตามเส้นกริดเสานั้นๆ การเปลี่ยนแปลงค่าต่างๆ จะส่งผลกระทบต่อวัตถุนั้นๆ และวัตถุอื่นที่มีความสัมพันธ์กับมัน

และเนื่องจากแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) ประกอบด้วยข้อมูลของวัตถุทุกชิ้น การสร้างแบบ 2 มิติจะเกิดจากการประมวลผลของโปรแกรมโดยอัตโนมัติ เช่น หากต้องการผังพื้น โปรแกรมจะสร้างแบบผังพื้นขึ้นจากข้อมูลในแบบจำลอง เสาทรงกระบอก จะถูกแสดงผลในมุมมองผังพื้นเป็นรูปวงกลม ผนังจะถูกแสดงด้วยเส้นคู่ ถมดำ หรือตีโทนตามคุณสมบัติที่ตั้งไว้ เป็นต้น นอกจากนี้ข้อมูลต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น ความยาว พื้นที่ ปริมาตร ปริมาณวัตถุ ล้วนแล้วแต่สามารถเรียกดูข้อมูลได้จากแบบจำลองทั้งสิ้น ผู้ออกแบบจึงมีหน้าที่สร้างแบบจำลองของอาคารรวมทั้งใส่ข้อมูลต่างๆ เข้าไปในโปรแกรม แทนการเขียนแบบในมุมมองต่างๆ อย่างแยกส่วน โดยมุมมองต่างๆ จะถูกสร้างขึ้นจากแบบจำลองเพียงหนึ่งเดียว

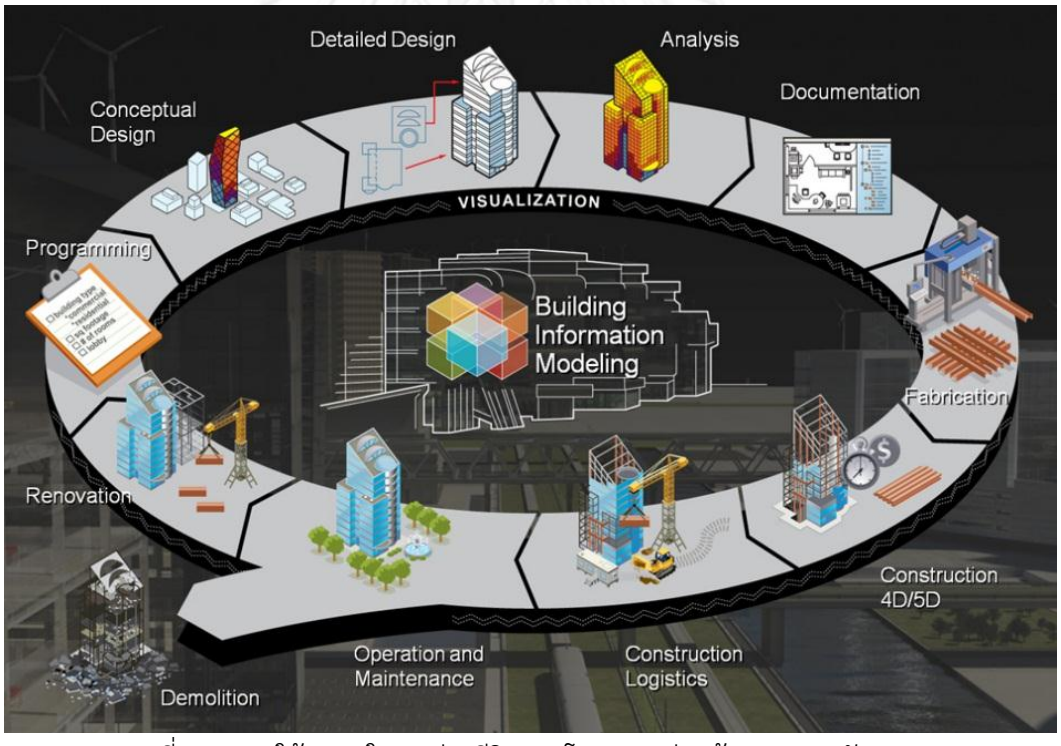
2.2 ประโยชน์ของเทคโนโลยีแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM)

ประโยชน์ของเทคโนโลยีแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) สามารถใช้ได้อย่างครอบคลุมในทุกกระบวนการของการออกแบบและก่อสร้างอาคาร ตั้งแต่ขั้นตอนของการศึกษาโปรแกรมในการออกแบบ การออกแบบร่าง การทำแบบรายละเอียด การทำแบบก่อสร้าง การประมาณราคาค่าก่อสร้าง การวางแผนการก่อสร้าง ไปจนถึงการบริหารอาคารหลังการก่อสร้าง และการปรับปรุง

อาคาร เนื่องจากแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) สามารถส่งต่อข้อมูลในแต่ละขั้นตอนไปยังขั้นตอนอื่นๆ ได้ โดยการเพิ่มเติมข้อมูลลงไปในฐานข้อมูลให้มากขึ้น ดังนั้น การทำงานในขั้นตอนต่อๆ ไปก็จะใช้ข้อมูลพื้นฐานเดียวกัน ลดเวลาในการทำข้อมูลใหม่ (Eastman et al., 2011)

ในส่วนของประโยชน์ในด้านการทำแบบ คือ ไม่เกิดความขัดแย้งจากการไม่ตรงกันของแบบในมุมมองต่างๆ เช่น ผังพื้น รูปด้าน รูปตัด เนื่องจากแบบทั้งหมดถูกสร้างขึ้นจากฐานข้อมูลเดียวกัน การทำแบบเปลี่ยนจากการวาดเส้น เป็นการสร้างแบบจำลอง 3 มิติ โดยโปรแกรมจะสร้างแบบ 2 มิติในมุมมองต่างๆ ตามที่ต้องการ ลดเวลาและความผิดพลาดในการทำงานได้อย่างมาก

นอกจากนี้ข้อมูลของอาคารสามารถส่งไปประมวลผลในด้านต่างๆ ต่อได้ทันที เช่น การตรวจสอบการชนกัน (Clash Detection) เช่น การชนกันระหว่างงานระบบกับงานโครงสร้าง ส่งข้อมูลของอาคารไปใช้ในโปรแกรมจำลอง (Simulation) ต่างๆ เช่น การคำนวณพลังงาน การคำนวณแสงสว่าง และการคำนวณแรง และการนำข้อมูลไปใช้ในการวางแผนงานก่อสร้าง การหาปริมาณงานและการประมาณราคาค่าก่อสร้าง ไปจนถึงใช้ในการบริหารอาคารหลังจากอาคารสร้างเสร็จแล้ว ซึ่งเป็นประโยชน์กับทั้ง สถาปนิก วิศวกร ผู้ควบคุมงาน ผู้รับเหมา และเจ้าของโครงการ (Eastman et al., 2011)



ภาพที่ 2.1 การใช้ BIM ในทุกช่วงชีวิตของโครงการก่อสร้างทางสถาปัตยกรรม

ที่มา: http://buildipedia.com/aec-pros/design-news/the-daily-life-of-building-information-modeling-bim

2.3 โปรแกรมแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) สำหรับงานออกแบบสถาปัตยกรรม

โปรแกรมแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) มีใช้ด้วยกันในหลายส่วนของกระบวนการออกแบบและก่อสร้างอาคาร ทั้งสำหรับสถาปนิกในการออกแบบและเขียนแบบ สำหรับวิศวกรในการคำนวณโครงสร้างและงานระบบ และสำหรับผู้รับเหมาสำหรับการบริหารงานก่อสร้าง ดังนั้นโปรแกรมจึงมีตลาดที่แบ่งออกเป็นกลุ่มลูกค้าต่างๆ กัน ซึ่งตัวโปรแกรมก็จะมีฟังก์ชั่นการใช้งานที่แตกต่างกันไป ซึ่งในส่วนของโปรแกรมสำหรับงานสถาปัตยกรรมมีโปรแกรมหลักๆ อาทิ Autodesk Revit, ArchiCAD, Bentley Architecture, Vectorworks, และ Digial Project เป็นต้น (Eastman et al., 2011)

2.3.1 Revit

Chuck Eastman ได้อธิบายถึงโปรแกรม Revit Architecture ว่า เป็นที่รู้จักกันว่าเป็นผู้นำในตลาดของโปรแกรมแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) ในสาขาการออกแบบสถาปัตยกรรม ออกวางจำหน่ายโดยบริษัท Autodesk ในปี 2002 ซึ่งแยกพัฒนาออกจากโปรแกรม AutoCAD โดยสิ้นเชิง มีระบบโครงสร้างไฟล์เป็นของตัวเอง โดยโปรแกรม Revit ประกอบไปด้วย โปรแกรม Revit Architecture, Revit Structure, และ Revit MEP ใช้บนระบบปฏิบัติการ Windows ทั้งแบบ 32 บิต และ 64 บิต (Eastman et al., 2011)

ในด้านการใช้งาน Revit มีส่วนติดต่อผู้ใช้ที่ใช้งานง่าย เมนูมีการจัดระเบียบตามขั้นตอนการทำงานออกแบบ การแก้ไขแบบสามารถทำได้จากทั้งแบบ 2 มิติ และจากแบบจำลอง โปรแกรม Revit สามารถสร้างวัตถุที่ประกอบด้วยตัวแปร (Parametric) ซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนค่าต่างๆ และสร้างกฎความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ได้

Revit มีแหล่งดาวน์โหลดแบบจำลองวัตถุเป็นของตัวเองคือเว็บไซต์ Autodesk SEEK ซึ่งสามารถดาวน์โหลดได้ทั้งนามสกุลไฟล์ RVA, DWG, DWF, DGN, GSM, SKP, IES, และ TXT

Revit สามารถทำงานร่วมกับโปรแกรมอื่นได้อย่างหลากหลาย เช่น

- งานโครงสร้าง: Revit Structure (Dir), ROBOT (Dir) และ RISA Structural analysis (IFC)
- งานเครื่องกล: Revit MEP (Dir), HydraCAD (fire sprinklers), MagiCAD (mechanical design), QuantaCAD, และ TOKMO
- งานด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม: Ecotect, EnergyPlus, IES all indirect, และ Green Building Studio
- งาน Visualization: Mental Ray (Dir), 3D Max (Dir) และ Piranasi
- งานด้าน Facility Management: Autodesk FMDesktop (Dwf) และ Archibus (IFC)

Revit รองรับนามสกุลไฟล์ DWG, DXF, DGN, SAT, DWF/DWFx, ADSK, FBX, gbXML, IFC, และ ODBC

จุดแข็งของ Revit: เรียนรู้ได้ง่าย จากการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ (Interface) ที่เข้าใจง่าย มีแหล่งให้ดาวน์โหลดวัตถุต่างๆ มากมาย เนื่องจาก Revit เป็นผู้นำในตลาด และการแก้ไขเปลี่ยนแปลงข้อมูลในแบบจำลองสามารถทำได้ทั้งจาก มุมมอง 2 มิติ และมุมมอง 3 มิติ

จุดอ่อนของ Revit: Revit จะทำงานช้าลงสำหรับไฟล์ที่ใหญ่เกิน 300 MB และ Revit มีข้อจำกัดในการสร้างกฎของตัวแปร (Parametric) อยู่บ้าง นอกจากนี้ Revit ยังมีข้อจำกัดในการสร้างพื้นผิวที่ซับซ้อนมากๆ

2.3.2 Bentley Systems

Chuck Eastman ได้อธิบายถึงโปรแกรม Bentley Systems ว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่ครอบคลุมทั้งในส่วนงานสถาปัตยกรรม งานวิศวกรรม งานโครงสร้างพื้นฐาน (Infrastructure) และงานก่อสร้าง สำหรับในส่วนงานสถาปัตยกรรม คือโปรแกรม Bentley Architecture เริ่มวางจำหน่ายในปี 2004 บนระบบปฏิบัติการทั้ง 32 บิต และ 64 บิต (Eastman et al., 2011)

ในด้านการใช้งาน Bentley มีความสามารถในการทำแบบจำลองวัตถุแบบปรับตัวแปรได้ (Parametric objects) สามารถทำรูปทรงอิสระได้ดี สามารถเขียนแบบรายละเอียด 2 มิติและสัญลักษณ์ลงบนรูปตัดแบบจำลอง 3 มิติได้ การแก้ไขแบบสามารถทำได้จากทั้งมุมมองแบบจำลอง 3 มิติและแบบ 2 มิติ

โปรแกรม Bentley เป็นระบบ File-based หมายความว่า การทำงานต่างๆ จะถูกเขียนลงในไฟล์ทันที ดังนั้นจึงใช้หน่วยความจำ RAM น้อย และโปรแกรม Bentley Architecture รองรับนามสกุลไฟล์ DWG, DXF, PDF, U3D, 3DS, Rhino 3DM, IGES, Parasolid, ACIS SAT, CGM, STEP AP203/AP214, STL, OBJ, VRML, Goolge Earth KML, SketchUp, Collada, ESRI SHP, IFC, CIS/2 STEP, และ SDNF

จุดแข็งของ Bentley Systems: Bentley มีผลิตภัณฑ์ที่ครอบคลุมทั้งกระบวนการออกแบบและก่อสร้าง การสร้างแบบจำลองที่มีพื้นผิวโค้งสามารถทำได้ดี และสามารถสร้างวัตถุที่ปรับตัวแปรได้ (Parametric objects)

จุดอ่อนของ Bentley Systems: ผลิตภัณฑ์ต่างๆของ Bentley มีจำนวนมากและในการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ (Interface) มีความแตกต่างกัน ทำให้ต้องใช้เวลาศึกษาการใช้งานนาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.3.4 ArchiCAD

Chuck Eastman ได้อธิบายถึงโปรแกรม ArchiCAD ว่าเป็นโปรแกรมที่เก่าแก่ที่สุดในตลาด BIM ของการออกแบบสถาปัตยกรรม ออกวางจำหน่ายโดยบริษัท Graphisoft ในทศวรรษที่ 1980 ปัจจุบัน ArchiCAD เป็นโปรแกรม 32 บิต ที่ใช้ได้กับทั้งระบบปฏิบัติการ Mac และ Windows 32 บิต และ 64 บิต (Eastman et al., 2011)

ในด้านการใช้งาน ArchiCAD มีการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ (Interface) อย่างดี การสร้างแบบจำลองทำได้อย่างสะดวก การแก้ไขแบบจำลองจะแก้ไขแบบ 2 มิติทันที และมีความสามารถในการสร้างวัตถุที่ปรับค่าตัวแปรได้ (Parametric modeling)

โปรแกรม ArchiCAD เชื่อมโยงกับโปรแกรมอื่นๆโดยบางโปรแกรมผ่านทาง GDL (Geometric Description Language) และบางโปรแกรมผ่านทางไฟล์ IFC เช่น

- งานโครงสร้าง: Tekla (If), Revit Structure (If), Scia Engineer (Dir), SAP & ETABS (IFC), Fem-Design (IFC), AxisVM (IFC)
- งานเครื่องกล: Graphisoft MEP Modeler (IFC), AutoCAD MEP (IFC), Revit MEP (IFC)
- งานด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม: Graphisoft EcoDesigner (GDL), ARCHiPHISIK (IFC), RIUSKA (IFC), Green Building Studio, Ecotect, EnergyPlus, IES
- งาน Visualization: Artlanstis และ LightWork Design สำหรับงาน rendering, Maxon Cinema 4D สำหรับงาน animation และ freeform modeling
- งานด้าน Facility Management: OneTools, และ ArchiFM

จุดแข็งของ ArchiCAD: ส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ (Interface) ที่ใช้งานง่าย มีวัตถุให้เลือกใช้มากทั้งจากในโปรแกรมเองและมีให้ดาวน์โหลดจากเว็บไซต์ มีโปรแกรมที่ช่วยสนับสนุนมาก ทั้งด้านการออกแบบ ระบบอาคาร และการบริหารจัดการอาคาร และสามารถใช้กับระบบปฏิบัติการ Mac ได้

จุดอ่อนของ ArchiCAD: ยังมีข้อจำกัดในการปรับเปลี่ยนค่าตัวแปรในการสร้างแบบจำลองอยู่บ้าง และ ArchiCAD เป็นโปรแกรมระบบ In-memory ซึ่งจะใช้หน่วยความจำ RAM มากในโครงการที่ใหญ่

2.3.5 Digital Project

Chuck Eastman ได้อธิบายถึงโปรแกรม Digital Project ว่าพัฒนาโดยบริษัท Gegry Technologies พัฒนามาจากโปรแกรม CATIA ซึ่งเป็นโปรแกรม parametric modeling ในงานประเภทเครื่องบินและรถยนต์ ซึ่งโปรแกรม Digital Project ทำงานบนระบบปฏิบัติการ Windows ทั้ง 32 บิต และ 64 บิต (Eastman et al., 2011)

ในด้านการใช้งาน โปรแกรม Digital Project มีเครื่องมือที่ซับซ้อน สามารถสร้างแบบจำลองที่สามารถปรับค่าตัวแปรที่ซับซ้อนได้อย่างดี การทำพื้นผิวโค้งทำได้อย่างยอดเยี่ยม

โปรแกรม Digital Project เป็นระบบ File-based รองรับนามสกุลไฟล์ CIS/2.IFC Version 2x3, SDNF, STEP AP203 และ AP214, DWG, DXF, VRML, TP, STL, CGR, 3DMAP, SAT, 3DXML, IGES, STL และ HCG

จุดแข็งของ Digital Project: สามารถสร้างแบบจำลองที่ปรับตัวแปรต่างๆ ได้อย่างสมบูรณ์ สามารถสร้างแบบจำลองที่มีขนาดใหญ่ มีส่วนประกอบที่ซับซ้อนได้อย่างดี

จุดอ่อนของ Digital Project: มีส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ (Interface) ที่ซับซ้อน ต้องใช้เวลาในการเรียนรู้มาก โปรแกรมมีราคาสูง และต้องการประสิทธิภาพเครื่องคอมพิวเตอร์ที่สูง และวัตถุต่างๆ ให้ดาวน์โหลดยังมีน้อย

2.3.6 Vectorworks

Chuck Eastman ได้อธิบายถึงโปรแกรม Vectorworks ว่าเริ่มต้นชื่อโปรแกรม MiniCad พัฒนาโดยบริษัท Diehl Graphsoft ในปี 1985 ซึ่ง MiniCad เน้นตลาดประเภทการออกแบบแสงในโรงละคร การออกแบบฉาก และการออกแบบนิทรรศการ โดยเริ่มแรกใช้งานบนระบบปฏิบัติการ Mac ต่อมาสามารถใช้บนระบบปฏิบัติการ Windows ได้ในปี 1996 และในปี 2000 บริษัท Diehl Graphsoft ถูกซื้อโดยบริษัท Graphisoft และได้เปลี่ยนชื่อโปรแกรมจาก MiniCad เป็น Vectorworks (Eastman et al., 2011)

Vectorworks มีเครื่องมือที่หลากหลายโดยแยกออกเป็นโปรแกรมย่อยๆ ต่างๆ ซึ่งประกอบไปด้วย

- Architect – สำหรับงานสถาปัตยกรรม และ BIM
- Designer – สำหรับการออกแบบผลิตภัณฑ์ และสถาปัตยกรรมภายใน
- Landmark – สำหรับงานออกแบบภูมิสถาปัตยกรรม
- Spotlight – สำหรับการออกแบบแสงสว่าง
- Machine design – สำหรับการออกแบบเครื่องจักร
- Renderworks – สำหรับการเรนเดอร์ภาพ

Vectorworks เป็นโปรแกรมระบบ In-memory ใช้ได้กับทั้งระบบปฏิบัติการ Mac และ Windows 32 บิต และ 64 บิต ในด้านการส่งต่อไปยังโปรแกรมอื่นๆ บางโปรแกรมสามารถส่งไปได้โดยตรงและบางโปรแกรมส่งผ่านไฟล์ IFC เช่น

- งานโครงสร้าง: Revit Structure (IFC), Scia Engineer (IFC), Tekla (IFC), Nemetschek Allplan
- งานเครื่องกล: MagiCad (IFC)
- งานด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม: ส่งต่อโดยตรงไปยังโปรแกรม IES และโปรแกรมอื่นๆ ผ่าน IFC
- งาน Visualization: Renderworks (IFC), Artlantis, Maxon Cinema 4D

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบโปรแกรมแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) สำหรับงานออกแบบสถาปัตยกรรม

(Eastman et al., 2011)

	Revit Architecture	Bentley Architecture	ArchiCAD	Digital Project	Vectorworks
System	In-memory	File-based	In-memory	File-based	In-memory
OS	Windows 32 bits and 64 bits	Windows 32 bits and 64 bits	Windows 32 bits and 64 bits Mac OS 32 bits and 64 bits	Windows 32 bits and 64 bits	Windows 32 bits and 64 bits Mac OS 32 bits and 64 bits
Site model	Topo surface and site objects	Contoured model	Mesh tool, site objects	Surface model	In Landmark product
Space definition	Automatic	Manual	Manual	Automatic	Manual
Wall	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Column	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Roof	Yes	Yes	Yes	No	Yes
Stair	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Slab	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Zone	Area	Zone	Zone	-	Area
Beam	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Unique Objects for Each Platform	Area, component, ceiling, curtain system, curtain grid, mullion, truss, beam system, foundation items, ramp, railing	Curtain walls, truss, plumbing, toilet accessories, handrails, shelving, shaft	Cast-in-place, precast concrete, steel, masonry, thermal & moisture, furnishings, equipment, conveying systems, plumbing, HVAC, electrical, site	Pipe, duct, mech. equipment, railings, opening, opening profile construction equipment	Window wall, mech. equipment, kitchen cabinet, railing, elevator, escalator, rail, pipe fittings, duct fittings, mechanical equipment

โดยการวิจัยนี้ได้เลือกโปรแกรม Autodesk Revit เพื่อใช้ทำการศึกษาวิจัย เนื่องจากเป็นโปรแกรมที่พัฒนาโดยบริษัท Autodesk ซึ่งเป็นบริษัทใหญ่ มีโปรแกรมตัวอื่นๆ เป็นจำนวนมากที่สามารถใช้ร่วมกับ Autodesk Revit ได้ เช่น AutoCAD, 3ds Max, Navisworks, Ecotect, และ Robot Structural Analysis เป็นต้น นอกจากนี้ Autodesk Revit ยังเป็นที่นิยมมากที่สุดในตลาดตอนนี้ อ้างอิงจากข้อมูลของ Stephen Hamil (2013) ผู้อำนวยการของ National BIM Library ซึ่งเป็นเว็บไซต์ที่ให้บริการดาวน์โหลดวัตถุต่างๆ ที่ใช้กับแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) จากสถิติมีผู้ดาวน์โหลดวัตถุมากกว่า 50,000 วัตถุไปใช้ในโปรแกรมต่างๆ ทำให้ Stephen Hamil สามารถวัดส่วนแบ่งทางการตลาดสำหรับโปรแกรมแบบจำลองสารสนเทศอาคารได้ โดยโปรแกรม Autodesk Revit มีส่วนแบ่งร้อยละ 49 ตามมาด้วย ArchiCAD ร้อยละ 18 ส่วนโปรแกรมอื่นๆที่ใช้มาตรฐานไฟล์กลาง IFC ร้อยละ 13 และ Bentley Architecture กับ Vectorworks มีส่วนแบ่งร้อยละ 10

2.4 ระดับขั้นความละเอียดของข้อมูล (Level of Detail หรือ Level of Development)

ระดับขั้นความละเอียดของข้อมูล หรือ Level of Detail เป็นการวัดปริมาณข้อมูลของแบบจำลอง 3 มิติในคอมพิวเตอร์ แบบจำลองที่ละเอียดมากขึ้นจะมีระดับขั้นความละเอียดของข้อมูลมากขึ้น ระดับขั้นความละเอียดของข้อมูลสามารถเรียกย่อๆ ได้ว่า LOD

2.4.1 ประวัติของ LOD

Level of Detail (LOD) เริ่มต้นพัฒนาโดยบริษัท Vicosoftware ซึ่งเป็นบริษัทผลิตซอฟต์แวร์เกี่ยวกับการประมาณราคาค่าก่อสร้าง ซึ่งเห็นประโยชน์จากแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) แต่ปัญหาที่พบคือเรื่องของความแม่นยำและน่าเชื่อถือของแบบจำลอง ซึ่งการประมาณราคาค่าก่อสร้างแบบเดิมใช้ความสามารถของผู้ประมาณราคาในการวัดและแปลผลข้อมูล แต่การใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) เป็นไปอย่างอัตโนมัติ

ดังนั้นจึงมีการพัฒนาแนวคิดที่เรียกว่า Level of Detail เพื่อวัดว่าวัตถุต่างๆ มีระดับขั้นความละเอียดของข้อมูลในการหาราคาอย่างไร LOD 100 เป็นระดับความละเอียดที่มีเพียงพื้นที่หรือปริมาตร LOD 200 เป็นระดับความละเอียดที่สามารถประมาณจำนวนชิ้นส่วนของวัตถุในแบบจำลองได้ LOD 300 เป็นระดับความละเอียดที่สามารถระบุวัตถุทุกชิ้น LOD 400 เป็นระดับความละเอียดที่สามารถระบุถึงผู้ผลิตวัสดุ ในวัตถุแต่ละชิ้น

หลังจากนั้นทางสถาบันสถาปนิกอเมริกัน (American Institute of Architects, AIA) นำแนวคิดนี้มาพัฒนาต่อโดยเปลี่ยนชื่อจาก Level of Detail เป็น Level of Development (McPhee, 2013)

2.4.2 ความแตกต่างระหว่าง Level of Development และ Level of Detail

LOD ในความหมายของ Level of Development ไม่ใช่การวัดความละเอียดทางด้านกราฟิกของแบบจำลอง แต่เป็นการวัดความละเอียดของข้อมูลที่เหมาะสมไปตามระดับขั้นของการ

ออกแบบ ตัวอย่างเช่น ผู้รับเหมาไม่ต้องการแบบจำลองโต๊ะที่มีหน้าตาเหมือนจริง เพียงแต่ต้องการทราบถึงผู้ผลิต และรุ่นของโต๊ะ รวมถึงระยะต่างๆ ที่จำเป็น

ระดับขั้นความละเอียดของข้อมูลอาจแบ่งได้ดังนี้
LOD 100 = แบบจำลองของวัตถุ
LOD 200 = แบบจำลองของวัตถุที่มีขนาดแน่นอนตามจริง
LOD 300 = แบบจำลองของวัตถุที่มีรายละเอียดอื่นๆ เช่น Function และ Option ตามจริง
LOD 400 = แบบจำลองของวัตถุที่มีข้อมูลต่างๆ เช่น ผู้ผลิต และรุ่น
LOD 500 = แบบจำลองของวัตถุที่มีข้อมูลต่างๆ เช่น ผู้ผลิต และรุ่น รวมถึงวันที่ซื้อ หรือผู้สั่งซื้อ

ตัวอย่าง LOD ของโต๊ะ
LOD 100 = แบบจำลองโต๊ะทั่วไป
LOD 200 = แบบจำลองโต๊ะที่มีขนาดแน่นอนตามจริง
LOD 300 = แบบจำลองโต๊ะที่มีขนาดและรูปลักษณ์ที่เหมือนจริง เช่น วัสดุเป็นไม้ ขาเป็นสเตนเลส
LOD 400 = แบบจำลองโต๊ะที่มีข้อมูลผู้ผลิตและรุ่น
LOD 500 = แบบจำลองโต๊ะที่มีข้อมูลผู้ผลิต รุ่น และวันที่ซื้อ

โดยสรุป Level of Detail และ Level of Development มีความหมายใกล้เคียงกัน Level of Detail อธิบายถึงระดับความละเอียดของแบบจำลองวัตถุ ส่วน Level of Development อธิบายถึงระดับความละเอียดของแบบจำลองวัตถุและข้อมูลในแต่ละขั้นของการก่อสร้างซึ่งมาประกอบกับแบบจำลอง การใช้กราฟิกแบบจำลองที่มีความละเอียดสูง แต่ไม่มีการใส่ข้อมูลต่างๆ เช่นผู้ผลิต หรือรุ่น ก็จะไม่มีประโยชน์ใดๆ การใช้แบบจำลองที่มีความละเอียดของกราฟิกสูงในช่วงต้นของการออกแบบจึงทำสำหรับการนำเสนอทัศนียภาพแก่ลูกค้าเท่านั้น และในทางกลับกันเราอาจลดความละเอียดของกราฟิกลงแต่เพิ่มในส่วนของข้อมูลให้ละเอียดมากขึ้นเมื่อมาถึงช่วงของการทำแบบก่อสร้างเพื่อช่วยลดภาระของเครื่องคอมพิวเตอร์ลงได้ (McPhee, 2013)

2.4.3 ตาราง LOD

ตาราง LOD เป็นตาราง 2 มิติ ตารางแนวตั้งด้านซ้ายสุดเป็นรายชื่อของวัตถุต่างๆ ในแบบจำลอง ตารางในแนวนอนด้านบนสุดเป็นระยะต่างๆ ในกระบวนการออกแบบและก่อสร้าง เช่น แบบร่าง แบบรายละเอียด แบบก่อสร้าง เป็นต้น ในแต่ละระยะต่างๆ จะมีช่องของ LOD และมาตรวัดอื่นๆ เช่น MEA (Model Element Author) หรือ Grade (Level of Detail)

MEA (Model Element Author) คือชื่อของผู้ที่สร้างชิ้นส่วนแบบจำลองนั้นๆ เช่น วิศวกรโครงสร้างสำหรับชิ้นส่วนโครงสร้าง วิศวกรงานระบบสำหรับงานท่อ ซึ่ง MEA ไม่เกี่ยวข้องกับ LOD

แต่เป็นข้อมูลที่ช่วยให้ทราบว่าใครเป็นผู้รับผิดชอบในชิ้นส่วนไหนของแบบจำลอง (Antony McPhee, 2013)

อย่างไรก็ตาม ตาราง LOD ก็มีชื่อเรียกตามมาตรฐานต่างๆ แตกต่างกันออกไป เช่น

Vicosoftware	- "Model Progression Specification"
AIA (US)	- "Model Element Table"
USAC	- "Minimum Modelling Matrix" or "M"3
Veteran affairs (US)	- "VA Object Element Matrix"
NatSpec	- "BIM Object Element Matrix"

วัตถุประสงค์ของตาราง LOD คือการบอกว่าที่ LOD ใดต้องใส่ข้อมูลอะไรบ้าง หรืออาจกล่าวได้ว่า LOD เป็นการวัดถึงความก้าวหน้าในการทำงาน เช่น LOD 500 = 100% LOD 400 = 80% LOD 300 = 60% LOD 200 = 40% LOD 100 = 20% (McPhee, 2013)

2.4.4 ระดับขั้นความละเอียดของข้อมูลสำหรับแบบจำลองสารสนเทศอาคารของสถาบันสถาปนิกอเมริกัน (American Institute of Architect, AIA)

American Institute of Architects (AIA) ได้ออกเอกสารเกี่ยวกับ Level of Development ของแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) อยู่หลายฉบับ โดยครั้งแรกสุดคือเอกสาร E202 Building Information Modeling Protocol Exhibit ในปี 2008 ตามมาด้วยเอกสาร E203 Building Information Modeling and Digital Data Exhibit ในปี 2013 เอกสาร G201 Project Digital Data Protocol Form ในปี 2013 เอกสาร G202 Project Building Information Modeling Protocol Form ในปี 2013 และล่าสุดออกเอกสาร Level of Development Specification for Building Information Models Version: 2013 โดยพัฒนาเอกสาร G202 เรียบเรียงให้เข้ากับมาตรฐาน CSI UniFormat 2010

ในเอกสาร Level of Development Specification for Building Information Models Version: 2013 ทาง AIA ได้แบ่ง Level of Development ในแต่ละขั้นของโครงการออกเป็น 6 ขั้น คือ LOD 100, LOD 200, LOD 300, LOD 350, LOD 400 และ LOD 500 (American Institute of Architects, 2013) โดยมีรายละเอียดอยู่ใน คำจำกัดความพื้นฐานของ LOD (Fundamental LOD Definitions) ดังนี้

LOD 100

แบบจำลองวัตถุอาจนำเสนอในรูปของสัญลักษณ์ 2 มิติ หรือแบบจำลองที่แสดงรูปทรงทั่วๆไป ใช้กับการออกแบบในขั้นแบบร่างขั้นต้น การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ และการประมาณราคาขั้นต้น โดยสามารถหาพื้นที่รวมของโครงการได้แบบคร่าวๆ (American Institute of Architects, 2013)

LOD 200

แบบจำลองยังเป็นแบบทั่วไป มีปริมาณ ขนาด รูปร่าง ตำแหน่ง ทิศทาง แบบคร่าวๆ และข้อมูลคุณสมบัติอื่นๆที่ไม่ใช่กราฟิกอาจเพิ่มเติมเข้าไปในแบบจำลอง เช่น กำแพง พื้น ฝ้าเพดาน หลังคา และช่องเปิด จะมีขนาดที่แน่นอน มีความหนาโดยประมาณ แต่ยังไม่มีวัสดุที่แน่นอน ซึ่งวัตถุประสงค์ของ LOD 200 ก็เพื่อการกำหนดพื้นที่ที่แม่นยำขึ้น เพื่อให้ได้ขนาดของโครงการที่แม่นยำขึ้น การประมาณราคาค่าก่อสร้างทำได้โดยใช้ข้อมูล พื้นที่และปริมาตร และปริมาณของวัตถุบางชิ้น เช่น จำนวนประตู หน้าต่าง เป็นต้น (American Institute of Architects, 2013)

LOD 300

แบบจำลองมีความละเอียดแม่นยำในด้านปริมาณ ขนาด รูปร่าง ตำแหน่ง และทิศทาง มากขึ้น แต่อาจจะยังไม่กำหนดถึงขั้นวัสดุ โดยข้อมูลคุณสมบัติอื่นๆ ที่ไม่ใช่กราฟิกจะมีการใส่เพิ่มเติมเข้าไป เช่น ประสิทธิภาพ ข้อจำกัด และ ข้อกำหนดงานก่อสร้าง (Specifications) เพื่อเป็นรายละเอียดในขั้นของการทำแบบก่อสร้าง เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ และสามารถใช้แบบจำลองในระดับนี้เป็นพื้นฐานในการประมาณราคาค่าก่อสร้างแบบละเอียด (American Institute of Architects, 2013)

โดยส่วนใหญ่ผู้ใช้ BIM จะทำงานที่ระดับประมาณ LOD 300 ที่ระดับนี้จึงกลายเป็นเหมือนจุดอ้างอิงหลักในการพัฒนาวัตถุต่างๆ เนื่องจาก วัตถุเริ่มมีรายละเอียดและมีความเฉพาะตัว แต่ยังไม่มีรายละเอียดในด้านการติดตั้งและการบำรุงรักษา (Weygant, 2011)

LOD 350

เป็นขั้นที่อยู่ระหว่าง LOD 300 และ LOD 400 โดยเป็นระดับขั้นที่เพิ่มเติมเข้ามาในเอกสาร Level of Development Specification for Building Information Models Version: 2013 โดยเป็นแบบจำลองมีความละเอียดเฉพาะเจาะจงในด้านปริมาณ ขนาด รูปร่าง ตำแหน่ง และทิศทาง เช่นเดียวกับ LOD 300 แต่เพิ่มการต่อประสานระหว่างงานระบบอื่นๆ (American Institute of Architects, 2013)

LOD 400

แบบจำลองมีความละเอียดแม่นยำในด้านปริมาณ ขนาด รูปร่าง ตำแหน่ง และทิศทาง โดยมีรายละเอียดการผลิต การก่อสร้าง และการติดตั้ง ข้อมูลคุณสมบัติอื่นๆ ที่ไม่ใช่กราฟิกจะมีการใส่เพิ่มเติมเข้าไป ถึงขั้นที่สามารถเป็นแบบก่อสร้างได้ สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ที่แม่นยำได้ และสามารถนำไปใช้หาปริมาณสำหรับการประมาณราคาค่าก่อสร้างแบบละเอียดได้ (American Institute of Architects, 2013)

ความแตกต่างระหว่าง LOD 300 และ LOD 400 อยู่ที่ปริมาณข้อมูลในวัตถุ และรายละเอียด 2มิติต่างๆ ที่ถูกผังเข้าไปในวัตถุ หรือมีความสัมพันธ์กับวัตถุ (Weygant, 2011)

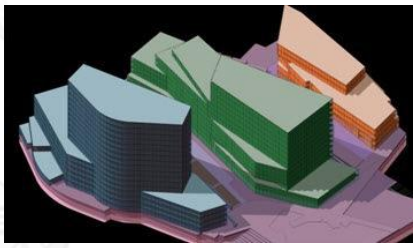
LOD 500

แบบจำลองมีความละเอียดแม่นยำมากที่สุดในด้านปริมาณ ขนาด รูปร่าง ตำแหน่ง และทิศทาง โดยมีรายละเอียดการผลิต การก่อสร้าง การติดตั้ง และการใส่คุณสมบัติอื่นๆ ที่ไม่ใช่กราฟิกเข้าไป เช่น วันที่เสร็จสมบูรณ์ หรือวันที่ซื้อ โดยแบบจำลองที่ระดับนี้ใช้สำหรับการบำรุงรักษาอาคาร และการนำเสนอภาพเสมือนจริงคุณภาพสูงที่มีการขยายในรายละเอียดใกล้ๆ (American Institute of Architects, 2013)

ในเอกสาร Level of Development Specification Version: 2013 (American Institute of Architects, 2013) ได้แบ่งระดับขั้นความละเอียดของข้อมูล (LOD) ออกเป็นหมวดหมู่ต่างๆ ตามมาตรฐาน CSI UniFormat 2010 ซึ่งเป็นการแบ่งตามลักษณะขององค์ประกอบต่างๆ ในอาคาร

โดยในการวิจัยนี้จะทำการศึกษาเฉพาะงานในส่วนเปลือกอาคาร และส่วนต่อเนื่องภายในของเปลืองอาคารนั้น ซึ่งตรงกับหัวข้อ B20 เปลือกอาคารแนวดิ่งภายนอก (Exterior Vertical Enclosures) ของเอกสารฉบับนี้ โดยได้ทำการคัดเลือกตารางที่เกี่ยวข้องกับตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ และได้ทำการแปล ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 2.2 B20 เปลือกอาคารแนวดิ่งภายนอก (Exterior Vertical Enclosures)

100	- แบบจำลองที่แสดงรูปทรงและปริมาตรของอาคาร หรือผนังที่ยังไม่กำหนดประเภทและวัสดุ ความหนาและตำแหน่งยังไม่ชัดเจน	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2.3 B2010 ผนังภายนอก (Exterior Walls)

คำอธิบาย: ผนังที่ประกอบด้วยชั้นของวัสดุต่างๆ

100	ดู B20	
200	- ผนังทั่วไป ซึ่งแบ่งตามประเภทของวัสดุ (เช่น ผนังก่ออิฐ ผนังกรุกระเบื้องดินเผา) - ความหนาโดยรวมเป็นแบบประมาณ แสดงด้วยชิ้นส่วนเดียว - แปลน และตำแหน่งสามารถปรับเปลี่ยนได้	
300	- มีชั้นของวัสดุแยกอย่างชัดเจน เช่น วัสดุปิดผิว โครงสร้าง ฉนวน ช่องว่างอากาศ และผนังภายใน โดยได้ความหนาโดยรวมทั้งหมดของผนัง (อ้างอิงถึง LOD350 และ LOD400 สำหรับการสร้างแบบจำลองขององค์ประกอบที่แยกเป็นเอกเทศ) - มีการเปิดช่องเปิดที่ผนังสำหรับประตู หน้าต่าง หรือระบบเครื่องกลขนาดใหญ่ โดยมีขนาดโดยประมาณ - ข้อมูลที่ไม่ใช่กราฟิกประกอบกับแบบจำลองประกอบด้วย - ชนิดของผนัง - วัสดุ	
350	- ผนังที่ LOD 350 นี้ จะใช้เมื่อประตูหรือหน้าต่างที่ติดกับผนังมี LOD ขั้นต่ำที่ LOD 350 - มีการใส่โครงสร้าง เสาเอ็น และทับหลัง บริเวณช่องเปิด	

Chulalongkorn Univ

ตารางที่ 2.4 B2010.10 ผนังวีเนียร์ภายนอก (Exterior Wall Veneer)

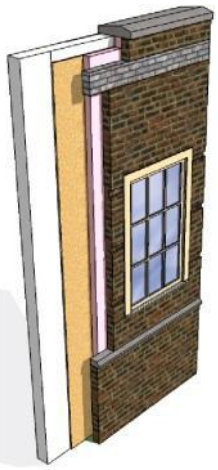
คำอธิบาย: ผนังซึ่งส่วนที่ไม่ใช่โครงสร้างหันออกภายนอก รวมถึง ผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จ ผนังก่ออิฐ ผนัง EIFS ผนังเบาแบบสำเร็จรูป และผนังฉาบ

100	ดู B20	
200	ดู B2010	
300	ดู B2010	
350	- ผนังวีเนียร์ภายนอกถูกสร้างโดยแยกองค์ประกอบ - ช่องเปิดทั้งหมดมีระยะแบบหยาบๆ - ผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จถูกสร้างแยกออกเป็นชิ้นๆ จุดเชื่อมต่อมีความเฉพาะเจาะจง	
400	มีการสร้างองค์ประกอบดังต่อไปนี้ - ก้อนอิฐ - เหล็กเสริม - Flashing กันน้ำและ Sealants - พุก และสิ่งที่ฝังในกำแพง	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2.5 B2010.20 ผนังโครงสร้างภายนอก (Exterior Wall Construction)

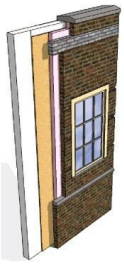
คำอธิบาย: ประกอบไปด้วยโครงสร้างสนับสนุนสำหรับผนังวีเนียร์ เช่น การรับแรงในแนวตั้ง รวมถึง ผนังคอนกรีตหล่อในที่ ผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จ ผนังก่ออิฐ ผนังเบาซึ่งประกอบด้วยโครงคร่าวไม้ หรือ เหล็ก

100	ดู B20	
200	ดู B2010	
300	ดู B2010	
350	- ผนังโครงสร้างภายนอกถูกสร้างโดยแยกองค์ประกอบ - ช่องเปิดทั้งหมดมีระยะแบบหยาบๆ - มีการใส่ เสาเอ็น ทับหลัง หรือโครงคร่าว	
400	มีการสร้างองค์ประกอบดังต่อไปนี้ - โครงคร่าว - ก้อนอิฐ - เหล็กเสริม - วัสดุแผ่น (Sheathing) - ฉนวน	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2.6 B2010.30 ผิวภายในของผนังภายนอก (Exterior Wall Interior Skin)

คำอธิบาย: วัสดุปิดผิวด้านในของผนังภายนอก อาจรวมถึง ฉนวน และแผ่นกันชื้น

100	ดู B20	
200	ดู B2010	
300	ดู B2010	
350	- ผิวภายในของผนังภายนอกถูกสร้างโดยแยกองค์ประกอบ - ช่องเปิดทั้งหมดมีระยะแบบหยาบๆ	
400	มีการสร้างองค์ประกอบดังต่อไปนี้ - โครงคร่าว - ก้อนอิฐ - เหล็กเสริม - แผ่นปิดผิว - ฉนวน	

ตารางที่ 2.7 B2020.30 ผนังหน้าต่างภายนอก (Exterior Window Wall)

100	ดู B20	
200	- ใช้ผนังทั่วไปแทนผนังหน้าต่าง - ความหนาถูกแสดงโดยวัตถุชิ้นเดียว - แปลน และตำแหน่งสามารถปรับเปลี่ยนได้	
300	- ตำแหน่งและทิศทางของการหันกระจกมีความเฉพาะเจาะจง - ขนาดและความหนาของกระจกโดยประมาณ - โครงสร้างภายในผนัง - ระยะห่าง ตำแหน่ง ขนาด และทิศทางของวงกบ - มีชิ้นส่วนเช่น หน้าต่าง ประตู และบานเกล็ด	
350	- ระบุรูปร่างและรูปทรงของวงกบชัดเจน - ระบุตำแหน่งและชนิดของบานพับ - ขนาดของบานตามจริง	
400	- รูปร่างหน้าตัดของวงกบแบบสมบูรณ์ - รายละเอียดต่างๆ เช่น sealants ขอบคิ้ว บัวหยดน้ำ ตัวจบมุม แผ่นกันความชื้น ฯลฯ	

2.5 วงจรชีวิตโครงการก่อสร้างทางสถาปัตยกรรม

พรพรหม แม้นนนทรัตน์ อธิบายถึงวงจรชีวิตโครงการก่อสร้างทางสถาปัตยกรรมไว้ว่า ในโครงการก่อสร้างทางสถาปัตยกรรมใดๆ จะมีวงจรหรือขั้นตอนของงานดังนี้ (พรพรหม แม้นนนทรัตน์, 2554)

2.5.1 ขั้นตอนเตรียมการก่อการออกแบบ (Pre-Design Stage)
2.5.2 ขั้นตอนออกแบบ (Design Stage)
2.5.3 ขั้นตอนเตรียมการก่อนการก่อสร้าง (Pre-Construction Stage)
2.5.4 ขั้นตอนการดำเนินงานก่อสร้าง (Construction Stage)
2.5.5 ขั้นตอนภายหลังการก่อสร้างเสร็จ (Post-Construction Stage)
2.5.6 ขั้นตอนการบริหารทรัพยากรกายภาพ (Facility Management)

2.5.1 ขั้นตอนเตรียมการก่อการออกแบบ (Pre-design Stage)

เป็นช่วงของการเริ่มต้นโครงการ เป็นการกำหนดขอบเขตของงาน จัดทำแผนงาน และจัดตั้งทีมงาน โดยสามารถแบ่งเป็นขั้นตอนย่อยๆ ได้ดังนี้

1. การเก็บรวมรวมข้อมูลเพื่อนำเสนอโปรแกรมการออกแบบ (Project Programming) และสรุปความต้องการของโครงการ
2. การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ (Feasibility Study)
3. การออกแบบแนวความคิด (Conceptual Design)

2.5.2 ขั้นตอนออกแบบ (Design Stage)

เป็นช่วงของการออกแบบ ซึ่งแบ่งเป็นขั้นตอนย่อยๆ ได้ดังนี้

1. การออกแบบขั้นต้น (Preliminary Design)
   เป็นการค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อกำหนดรายละเอียดของโปรแกรม
2. การออกแบบร่างทางเลือกขั้นต้น (Schematic Design)
   เป็นการออกแบบทางเลือกในขั้นต้น อาจจะมีได้หลายทางเลือก
3. การประเมินรูปแบบทางเลือก และการตัดสินใจเลือกรูปแบบทางเลือกที่เหมาะสม (Evaluation and Design Selection)
   เป็นการเลือกแบบร่างขั้นต้นเพื่อนำมาพัฒนาต่อ
4. การพัฒนาแบบร่าง (Design Development)
   เป็นการเพิ่มเติมรายละเอียดในส่วนของงานโครงสร้างและงานระบบที่เกี่ยวข้อง และมีการประมาณราคาค่าก่อสร้างขั้นต้น
5. การออกแบบขั้นตอนสุดท้ายอย่างครบถ้วน (Detail Design)
   เป็นการพิจารณารายละเอียดในเรื่องโครงสร้าง งานระบบ และวัสดุก่อสร้างที่สำคัญและมีการประมาณราคาค่าก่อสร้างในรายละเอียดที่เพิ่มขึ้น

2.5.3 ขั้นตอนเตรียมการก่อนการก่อสร้าง (Pre-Construction Stage)

เป็นขั้นตอนก่อนที่จะเข้าสู่การก่อสร้าง ซึ่งแบ่งเป็นขั้นตอนย่อยๆ ได้ดังนี้

1. การเขียนแบบก่อสร้างและรายการประกอบแบบ (Working Drawing and Construction Documents)

   แบ่งเป็นการเขียนแบบก่อสร้างเพื่อยื่นขออนุญาตก่อสร้างจากทางราชการ และการเขียนแบบก่อสร้างเพื่อใช้ในการประกวดราคาและก่อสร้าง
2. การจัดทำราคากลาง และรายการบัญชีปริมาณงาน (Bill of Quantities, BOQ)
3. การขออนุญาตปลูกสร้างอาคาร (Permission for Construction Stage)
4. การตรวจสอบคุณสมบัติผู้เข้าร่วมการคัดเลือกประกวดราคาหรือการประมูล (Pre-qualification)
5. การจัดการประกวดราคา การประมูล และการคัดเลือกผู้รับเหมาก่อสร้าง (Bidding)
6. การทำสัญญาก่อสร้าง (Contracting)

2.5.4 ขั้นตอนการดำเนินงานก่อสร้าง (Construction Stage)

ระหว่างการดำเนินงานก่อสร้าง จะมีขั้นตอนย่อยๆ ดังนี้

1. การวางแผนงานก่อสร้าง (Construction Planning)
2. การให้คำแนะนำระหว่างการก่อสร้าง (Construction Consultant)
3. การควบคุมและการดำเนินการก่อสร้าง (Construction Supervisor)

2.5.5 ขั้นตอนภายหลังการก่อสร้างเสร็จ (Post-Construction Stage)

เมื่อทำการก่อสร้างอาคารเสร็จแล้วจะมีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1. จัดทำ As-built Records และ As-built Drawings

   เป็นการส่งมอบแบบ As-built Drawings และเอกสารต่างๆ แก่เจ้าของโครงการ
2. การตรวจสอบอาคารและแก้ไขข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น

2.5.6 ขั้นตอนการบริหารทรัพยากรกายภาพ (Facility Management)

ภายหลังที่อาคารเปิดใช้งานแล้ว ต้องมีการบริหารจัดการทรัพยากรกายภาพ (Facility Management) ต่างๆ เช่น บริหารการใช้พลังงานในอาคาร การใช้น้ำ การดูแลบำรุงรักษาอุปกรณ์ต่างๆ เช่นการเปลี่ยนหลอดไฟ การตรวจสอบสภาพลิฟต์เมื่อถึงกำหนด และเมื่ออาคารมีการใช้งานมานานจะมีสภาพเก่าทรุดโทรมก็จะมีการวางแผนการปรับปรุงอาคารใหม่ หรือการทุบทำลายอาคารเดิมเพื่อสร้างอาคารใหม่ต่อไป

2.6 การประมาณราคาค่าก่อสร้างของไทย

การประมาณราคาค่าก่อสร้าง เป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งในงานออกแบบสถาปัตยกรรม ผู้เกี่ยวข้องกับโครงการในช่วงต่างๆ จำเป็นที่ต้องทำการประมาณราคาค่าก่อสร้างซึ่งในแต่ละช่วงของการออกแบบและก่อสร้างจะมีวัตถุประสงค์ของการประมาณราคาที่ต่างกัน แต่วัตถุประสงค์หลักของการประมาณราคาค่าก่อสร้างคือ การควบคุมงบประมาณของโครงการซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่จะกำหนดความเป็นไปได้ของการออกแบบและก่อสร้างสถาปัตยกรรมนั้นๆ

2.6.1 วัตถุประสงค์ของการประมาณราคาค่าก่อสร้าง

การประมาณราคาค่าก่อสร้างเข้าไปเกี่ยวข้องในทุกกระบวนการของการออกแบบก่อสร้างตั้งแต่ขั้นตอนของการเริ่มต้นโครงการ ไปจนถึงขั้นตอนการก่อสร้าง ซึ่ง วิสูตร จิระดำเกิง ได้กล่าวถึงวัตถุประสงค์ของการประมาณราคาค่าก่อสร้าง สามารถสรุปได้ดังนี้ (วิสูตร จิระดำเกิง, 2556)

1. การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ (Feasibility Study) เพื่อใช้วิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการ โดยในขั้นนี้จะเป็นการประมาณราคาขั้นต้น อาจมีเพียงแบบร่างที่ยังไม่ลงรายละเอียด โดยใช้วิธีคำนวณราคาต่อพื้นที่ใช้สอย (บาท/ตารางเมตร)
2. การทำงบประมาณค่าก่อสร้าง (Project Budgeting) เป็นการทำราคากลางที่จัดทำโดยผู้ออกแบบ เพื่อใช้เป็นมาตรฐานในการประเมินราคาในการประมูลงานก่อสร้างของผู้รับเหมา
3. การจัดทำเอกสารเสนอราคาค่าก่อสร้างในการประมูลงานของผู้รับเหมา (Bill of Quantity for Competitive Bidding) เป็นการประมาณราคาอย่างละเอียดโดยผู้รับเหมาเพื่อการเสนอราคาในการประมูลงานก่อสร้าง
4. การกำหนดค่างวดในงานก่อสร้าง (Construction Progress Payment) เป็นการประมาณราคาอย่างละเอียดโดยผู้ควบคุมงานก่อสร้าง หรือตัวแทนส่วนเจ้าของโครงการ เพื่อกำหนดค่างวดงานในการเบิกจ่ายค่างานในแต่ละงวด หรือในบางกรณีที่จำต้องคำนวณเพื่อหาปริมาณงานที่ทำได้จริง ซึ่งจะต้องทำการสำรวจหน้างาน และทำงานประเมินราคา
5. การคิดค่างานเพิ่มหรือลดจากสัญญาในงานก่อสร้าง (Change Order and Extra Work Payment) ในกรณีที่เจ้าของโครงการหรือตัวแทนกำหนดให้ผู้รับเหมาทำงานเพิ่มเติม จากที่กำหนดในแบบและข้อกำหนดประกอบสัญญาจ้าง ซึ่งจะต้องทำการประมาณราคาจากแบบที่เปลี่ยนแปลงเพิ่มเติม

2.6.2 วิธีการประมาณราคาค่าก่อสร้าง

วิสูตร จิระดำเกิง แบ่งวิธีการประมาณราคาค่าก่อสร้าง ตามขั้นตอนต่างๆ ในกระบวนการก่อสร้างแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ การประมาณราคาขั้นต้น (Preliminary Estimating) และการประมาณราคาอย่างละเอียด (Detailed Estimating) (วิสูตร จิระดำเกิง, 2556)

2.6.2.1 การประมาณราคาขั้นต้น (Preliminary Estimating)

การประมาณราคาขั้นต้น สามารถแบ่งตามวิธีการ และความละเอียดของการประมาณราคา ได้ดังนี้

2.6.2.1.1 การประมาณราคาโดยราคาต่อหน่วยการใช้

เป็นวิธีการใช้การนับหน่วยการใช้ของอาคาร เช่น งานโรงแรมนับจำนวนห้องพัก โรงพยาบาลนับจำนวนเตียงคนไข้ แล้วคำนวณงบประมาณค่าก่อสร้างจากข้อมูลโครงการเดิมที่มีอยู่ ทั้งนี้เป็นการประมาณที่ให้ผลค่อนข้างหยาบ มีความคลาดเคลื่อนของผลลัพธ์มากกว่า 20%-30% แต่สามารถทำได้ตั้งแต่มีเพียงความคิดริเริ่มของโครงการ ผู้ประมาณการต้องมีข้อมูลในอดีตเพียงพอสำหรับใช้เป็นพื้นฐานในการประยุกต์ใช้ และควรคำนึงถึงอัตราเงินเฟ้อ และจำนวนหรือขนาดของโครงการที่ต่างกัน (วิสูตร จิระดำเกิง, 2556)

2.6.2.1.2 การประมาณราคาโดยราคาต่อหน่วยพื้นที่ หรือหน่วยปริมาตร

เป็นการประมาณราคาที่มีความถูกต้องมากกว่าการประมาณราคาโดยราคาต่อหน่วยการใช้ มีความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง 15%-20% โดยเป็นการประมาณราคาเมื่องานออกแบบดำเนินการจนได้แบบร่างแล้ว โดยยังไม่ต้องทำแบบรายละเอียด มีเพียงผังพื้น รูปด้าน รูปตัดทางสถาปัตยกรรม และข้อกำหนดงานก่อสร้าง (Specifications) ขั้นต้นก็เพียงพอ โดยวิธีการคำนวณใช้การหาพื้นที่ใช้สอยในแต่ละชั้น และหาพื้นที่รวมทั้งหมด จากนั้นจึงเลือกข้อมูลต้นทุนก่อสร้างอาคารที่มีอยู่เดิม โดยเลือกใช้อาคารที่มีลักษณะใกล้เคียงกับโครงการที่กำลังประมาณราคาค่าก่อสร้างอยู่ เมื่อได้ราคาต่อหน่วยเดิมแล้ว ให้ปรับปรุงต้นทุนตามสภาพแวดล้อมปัจจุบัน เช่น ใช้ดัชนีราคาค่าก่อสร้างมาปรับปรุงข้อมูล จากนั้นจึงคำนวณราคาโดยคูณต้นทุนต่อตารางเมตรกับพื้นที่ใช้สอยทั้งหมด แล้วจึงปรับปรุงราคาเพิ่มลดส่วนประกอบของอาคารในโครงการใหม่ (วิสูตร จิระดำเกิง, 2556)

สำหรับการประมาณราคาโดยใช้ราคาต่อหน่วยปริมาตร จะใช้หลักการเดียวกัน เพียงแต่ข้อมูลสถิติเดิมถูกเก็บอยู่ในรูปของราคาต่อปริมาตร (บาท/ลบ.ม.) (วิสูตร จิระดำเกิง, 2556)

2.6.2.1.3 การประมาณราคาโดยราคาประกอบต่อหน่วย

ราคาประกอบต่อหน่วย (Assemblies Estimates) หมายถึง “ราคาต่อหน่วยต่อส่วนของงานก่อสร้าง ซึ่งโดยทั่วไปจะแจกแจงตามหัวข้องานตามระบบต่างๆ ของงานก่อสร้าง (UniFormat) ตามขั้นตอนงานก่อสร้าง” (วิสูตร จิระดำเกิง, 2556)

ตัวอย่าง UniFormat ได้แก่

หมวด 01	งานฐานราก	(Foundations)
หมวด 02	งานโครงสร้างใต้ดิน	(Substructures)
หมวด 03	งานโครงสร้างบนดิน	(Super Structures)
หมวด 04	งานผนังรอบนอกอาคาร	(Exterior Closure)
หมวด 05	งานหลังคา	(Roofing)
หมวด 06	งานก่อสร้างภายในอาคาร	(Interior Construction)
หมวด 07	งานระบบขนส่ง	(Conveying)
หมวด 08	งานระบบเครื่องกลและสุขาภิบาล	(Mechanical)
หมวด 09	งานระบบไฟฟ้าสื่อสาร	(Electrical)
หมวด 10	งานตามเงื่อนไขทั่วไป	(General Condition)
หมวด 11	งานพิเศษ	(Special)
หมวด 12	งานผังบริเวณ	(Site Work)

โดยงานในแต่ละหมวดข้างต้นจะแยกย่อยออกไปเป็นราคาประกอบต่อหน่วยของแต่ละส่วน “เช่น งานฐานรากคอนกรีตเสริมเหล็กแบบฐานแผ่ (Spread Footing) จะประกอบด้วยงานขุดดิน งานคอนกรีต ไม้แบบ เหล็กเสริม งานถมดินกลับ และอื่นๆ เป็นต้น” (วิสูตร จิระดำเกิง, 2556)

ซึ่งวิธีการนี้จะทำให้ทราบต้นทุนของงานแต่ละระบบ ทำให้การบริหารงบประมาณเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามวิธีการนี้ผู้ประมาณราคาต้องมีข้อมูลราคาวัสดุ และค่าแรงต่อหน่วย ซึ่งจะต้องปรับปรุงข้อมูลให้ทันสมัยอยู่เสมอ (วิสูตร จิระดำเกิง, 2556)

2.6.2.2 การประมาณราคาอย่างละเอียด (Detailed Estimating)

การประมาณราคาอย่างละเอียด จัดทำโดย วิศวกร สถาปนิก และที่ปรึกษา เพื่อกำหนดราคากลางค่าก่อสร้าง กำหนดงวดงานในสัญญาก่อสร้าง และการคิดงานลดหรืองานเพิ่ม และจัดทำโดยผู้รับเหมาก่อสร้าง เพื่อเข้าร่วมประกวดราคาค่าก่อสร้าง เพื่อการคิดงานลดหรืองานเพิ่ม และเพื่อคำนวณหาปริมาณวัสดุและอุปกรณ์ที่จะต้องใช้ในการก่อสร้าง โดยการประมาณราคาอย่างละเอียดนี้จะสามารถทำได้เมื่อมีแบบก่อสร้าง และข้อกำหนดงานก่อสร้าง (Specifications) เรียบร้อยแล้ว จึงจะสามารถคำนวณปริมาณงานและราคาค่าก่อสร้างได้ โดยมีเกณฑ์ค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ระหว่าง 5%-10% และต้องใช้เวลาในการประมาณราคาหลายสัปดาห์ (วิสูตร จิระดำเกิง, 2552)

วิสูตร จิระดำเกิง ได้อธิบายขั้นตอนและวิธีในการประมาณราคาอย่างละเอียด โดยสามารถสรุปได้ดังนี้

ก่อนทำการประมาณราคา ต้องเริ่มจาก การตรวจสอบความถูกต้องของเอกสารการศึกษาแบบละข้อกำหนดงานอย่างละเอียด เมื่อพบความขัดแย้งระหว่างเอกสารต้องทำการสอบถามเป็นลายลักษณ์อักษร หลังจากศึกษาเอกสารจนเข้าใจหมดแล้ว ต้องไปศึกษาสถานที่ก่อสร้าง เงื่อนไขสัญญา รายละเอียดด้านเทคนิคของวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ มาตรฐานของงานก่อสร้าง ความต้องการของเข้าของ ระยะเวลาของสัญญา และการจ่ายงวดงาน (วิสูตร จิระดำเกิง, 2552)

ขั้นตอนการประมาณราคาคือการเตรียมเอกสารบัญชีปริมาณงาน (Bill of Quantity, BOQ) โดยทั่วไปผู้ออกแบบจะกำหนดรูปแบบของบัญชีปริมาณงานมาให้ และให้ผู้รับเหมากรอกปริมาณงาน ราคาต่อหน่วย และราคารวมของแต่ละรายการ (วิสูตร จิระดำเกิง, 2552)

ขั้นตอนสุดท้ายเมื่อทำการประมาณราคาเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้ตรวจสอบความถูกต้อง เช่นตรวจสอบเปรียบเทียบกับราคามาตรฐานที่ผู้ประมาณราคามีอยู่ เช่น ราคาต่อตารางเมตร แล้วจึงจัดทำเอกสารเสนอราคา (Bid Form or Proposal Form) แก่เจ้าของโครงการ (วิสูตร จิระดำเกิง, 2552)

2.6.3 บัญชีปริมาณงาน หรือ ระเบียนปริมาณวัสดุ (Bill of Quantity, BOQ)

บัญชีปริมาณงาน หรือ ระเบียบปริมาณวัสดุ (Bill of Quantity, BOQ) จะจัดจำแนกตามลักษณะของงาน ซึ่งมีหลายมาตรฐานดังนี้

2.6.3.1 การจัดหัวข้องานก่อสร้างแบบ CI/SfB

เป็นมาตรฐานการจัดหมวดหมู่ของยุโรป โดยแบ่งแยกเป็นงานแต่ละประเภท และจะแยกรายการย่อยลงไปอีก เพื่อให้ครอบคลุมงานทุกอย่าง และเพื่อใช้เป็นรหัสเรียกชื่องานและใช้ในการสื่อสารรวมกันทั้งระบบของการบริหารงานก่อสร้างด้วย (วิสูตร จิระดำเกิง, 2552)

2.6.3.2 การจัดหัวข้องานก่อสร้างแบบ CSI MasterFormat

เป็นมาตรฐานการจัดหมวดหมู่ที่ใช้ในประเทศสหรัฐอเมริกา และแคนาดา โดยมีการจัดแบ่งหัวข้อรายการงานก่อสร้างออกเป็น 16 หมวด (CSI MasterFormat, 1995) และในปัจจุบันได้มีการปรับปรุงการจัดหมวดหมู่ใหม่พร้อมกับเพิ่มเติมรายการงานก่อสร้างให้ครอบคลุมงานที่พัฒนาเพิ่มขึ้นเป็น CSI/CSC MasterFormat 2004 โดยแบ่งเป็นหมวดหมู่ทั้งหมด 49 หมวด (วิสูตร จิระดำเกิง, 2552)

2.6.3.3 การจัดหัวข้องานก่อสร้างตามแนวทางวัดปริมาณของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย

สำหรับในประเทศไทย รูปแบบทั่วไปที่นิยมจัดกัน มักจะเขียนหัวข้อปริมาณงานตามขั้นตอนของงานก่อสร้าง เช่น งานฐานราก งานโครงสร้าง ค.ส.ล. งานหลังคา งานฝ้าเพดาน งานผนังและฝา งานตกแต่งผิวพื้น และผนัง งานประตู หน้าต่าง งานลูกกรง และราวกันตก และงานสี เป็นต้น (วิสูตร จิระดำเกิง, 2552)

ภายหลัง วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ ได้จัดทำแนวทางการวัดปริมาณงานก่อสร้างอาคาร ในส่วนของงานโครงสร้างและงานสถาปัตยกรรมให้อยู่ในรูปแบบสากลมากขึ้น โดยได้พิมพ์ออกเผยแพร่ครั้งแรก ในเดือน มกราคม พ.ศ. 2540 และได้ทำการปรับปรุงครั้งที่ 1 เมื่อ พ.ศ. 2545 และปรับปรุงครั้งที่ 2 เมื่อ พ.ศ. 2548 (วิสูตร จิระดำเกิง, 2552)

2.6.3.4 การจัดหัวข้องานก่อสร้างโดยเทคนิคโครงสร้างรายการงาน (Work Breakdown Schedule, WBS)

การทำรายงานก่อสร้างโดย โครงสร้างรายการงาน (Work Breakdown Schedule) หรือเรียกย่อว่า WBS นั้น ทำได้โดยการแตกโครงการก่อสร้างออกเป็นกลุ่มงานใหญ่ๆ ก่อน และจึงแตกกลุ่มงานเหล่านั้นออกเป็นกลุ่มย่อยลงไปเรื่อยๆ จนถึงความละเอียดในระดับที่ต้องใช้ในการประมาณราคา (วิสูตร จิระดำเกิง, 2556)

การแตกโครงการก่อสร้างออกเป็นกลุ่มงาน มีหลักการในการแบ่งได้ 3 แบบ ได้แก่ ตามลำดับของการทำงาน (Chronological) ตามระบบงานย่อย (Sub-system) ตามหน้าที่การทำงาน (Functional) (วิสูตร จิระดำเกิง, 2556)

2.6.4 การคำนวณปริมาณงาน

หลังจากจัดเตรียมบัญชีปริมาณงานเรียบร้อยแล้ว จึงเริ่มทำการคำนวณปริมาณงานตามรายการในบัญชีปริมาณงาน ซึ่ง วิสูตร จิระดำเกิง ได้อธิบายถึงหลักการคำนวณปริมาณงานก่อสร้างที่ทำกันในประเทศไทยว่า อาจจะมีความแตกต่างกันในวิธีการวัด และการบวกเผื่อปริมาณงานตามประสบการณ์ในการทำงานของแต่ละองค์กร (วิสูตร จิระดำเกิง, 2552)

อย่างไรก็ตามสำหรับมาตรฐานในการวัดปริมาณงาน ทางวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยฯ (2545) ได้จัดทำ แนวทางการวัดปริมาณงานก่อสร้าง ในส่วนของงานโครงสร้างและงานสถาปัตยกรรม เพื่อให้ผู้เกี่ยวข้องในการประมาณราคาค่าก่อสร้างได้มีแนวทางการวัดเป็นลักษณะเดียวกัน

แนวทางการวัดปริมาณงานก่อสร้าง ของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยฯ (2545) ที่ได้กำหนดขึ้นจะอ้างอิงแนวทางที่สากลปฏิบัติยกเว้นบางรายการที่ยังมีข้อโต้แย้งกันอยู่ โดยสามารถสรุปหลักการได้ดังนี้ (วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยฯ, 2545)

1. การวัดปริมาณให้คำนวณเป็นปริมาณสุทธิตามแบบ หมายความว่าคำนวณจากแบบแล้วไม่ต้องเผื่อ และไม่มีการคิดซ้อนทับกัน โดยการเผื่อใดๆ ให้บวกเข้าไว้ในราคาต่อหน่วยกิจกรรมนั้นๆ แทน
2. หน่วยในการวัด วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยฯ (2545) ได้กำหนดหน่วยในการวัดที่เหมาะสมไว้ให้ รวมถึงระดับความละเอียดของการวัดเอาไว้

2.6.5 การวัดปริมาณงานสถาปัตยกรรมในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยฯ (2545) ได้อธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับการวัดปริมาณงานก่อสร้าง ไว้ในหนังสือ แนวทางการวัดปริมาณงานก่อสร้าง ในส่วนของงานโครงสร้างและงานสถาปัตยกรรม และกรมบัญชีกลาง (2550) ได้อธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับการวัดปริมาณงานก่อสร้างไว้ในหนังสือ หลักเกณฑ์การคำนวณราคากลางงานก่อสร้างอาคาร และวิสูตร จิระดำเกิง (2556) ได้อธิบายเสริมในรายละเอียด ซึ่งหากยึดตามวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยฯ (2545) จะแบ่งหมวดหมู่การวัดปริมาณงานก่อสร้างอาคารไว้ดังนี้

1. งานทั่วไป
2. งานสนามและงานเสาเข็ม
3. งานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก
4. งานก่อและงานฉาบ
5. งานโครงสร้างเหล็กและโลหะอื่นๆ
6. งานโครงสร้างไม้
7. งานป้องกันน้ำ อุณหภูมิ และความชื้น
8. งานประตูหน้าต่าง และงานผนังรอบ (Curtain Wall)
9. งานตกแต่งผิวผนัง พื้น และฝ้าเพดาน

สำหรับการวิจัยนี้จำกัดขอบเขตการศึกษาอยู่ที่การหาปริมาณงานเพื่อการประมาณราคาค่าก่อสร้างอย่างละเอียด ในหมวดงานสถาปัตยกรรมของประเทศไทย เฉพาะงานในส่วนเปลือกอาคารและส่วนต่อเนื่องภายในของเปลืองอาคารนั้น ซึ่งประกอบไปด้วย ผนังก่อ ผนังเบา ผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จ และผนังรอบ (Curtain Wall) ซึ่งจะเกี่ยวข้องในหัวข้อ งานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก (สำหรับแผ่นผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จ) งานก่อและงานฉาบ งานประตูหน้าต่างและงานผนังรอบ (Curtain Wall) และ งานตกแต่งผิวผนัง พื้น และฝ้าเพดาน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.6.5.1 งานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

งานคอนกรีต เป็นงานที่อยู่ในหมวดของโครงสร้าง สามารถแยกได้ตามวิธีการก่อสร้างต่างๆ คือ คอนกรีตหล่อในที่ (Cast-in-Place Concrete) คอนกรีตหล่อสำเร็จ (Precast Concrete) และคอนกรีตอัดแรง (Prestressed Concrete) โดยในการวิจัยนี้จะกล่าวถึงเพียง ผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จเท่านั้น

2.6.5.1.1 คอนกรีตหล่อสำเร็จ

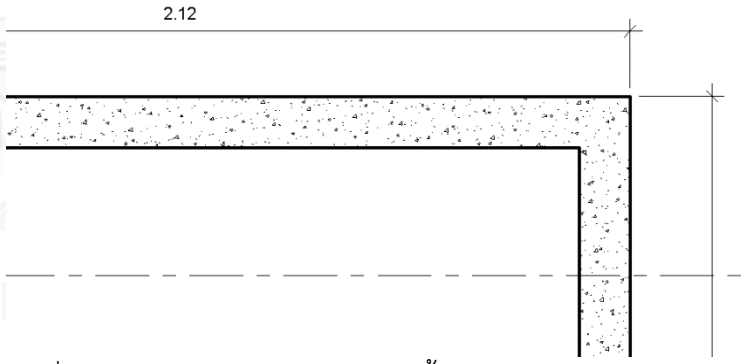
วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยฯ ได้อธิบายไว้ว่า หมายถึง ส่วนของงานคอนกรีตซึ่งหล่อจากตำแหน่งอื่น แล้วจึงนำมาประกอบเข้าในตำแหน่งที่ต้องการภายหลัง (วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยฯ, 2545)

1. วิธีการวัดและหน่วยของการวัด

แผ่นพื้นคอนกรีต และกำแพง (Wall Panel) วัดปริมาณในหน่วยของพื้นที่เป็นตารางเมตร โดยใช้ระยะตามที่แสดงในแบบ

จากการสอบถาม คุณชัยวัฒน์ ทีปะนาวิน เจ้าของบริษัท วอเทค อาคิเทค จำกัด ซึ่งเป็น ผู้เชี่ยวชาญด้านการประมาณราคาค่าก่อสร้าง ได้ให้คำอธิบายเพิ่มเติมในเรื่องของวิธีการวัดปริมาณผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จดังนี้ (ชัยวัฒน์ ทีปะนาวิน, 2557)

1. การคิดพื้นที่ผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จ ให้วัดความยาวในแปลนโดยใช้เส้นนอกสุดของผนัง คูณด้วยความสูงของผนัง หากมีช่องเปิดให้หักลบด้วยพื้นที่ของช่องเปิด
2. ในกรณีที่ต้องคิดปริมาณ Sealants ของผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จในส่วนของรอยต่อ (Expansion Joint) ให้คิดความยาวตามรอยต่อของแผ่นผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จ หน่วยเป็นเมตร



ภาพที่ 2.2 แสดงการวัดความยาวในผังพื้นของผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จ

2.6.5.2 งานก่อและงานฉาบ

งานก่อ หมายรวมถึง งานก่ออิฐมอญ คอนกรีตบล็อก และบล็อกอื่นๆ ส่วนงานฉาบ หมายรวมถึง งานฉาบปูนผิวหน้างานก่ออิฐ ผิวงานคอนกรีต งานฉาบแผ่นยิปซั่ม โดยไม่รวมงานบัว คิ้ว ปูนปั้น ซึ่งให้วัดแยกออกไปต่างหาก

2.6.5.2.1 งานก่อ

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยฯ ได้อธิบายถึง วิธีการวัด หน่วยของการวัด และขอบเขตงานในราคาต่อหน่วย ไว้ดังนี้ (วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยฯ, 2545)

วิธีการวัด

งานอิฐและงานบล็อก จะต้องวัดปริมาณงานโดยจะไม่มีการหักปริมาณอันเนื่องจากรายการต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. ช่องเปิดที่มีขนาดพื้นที่ไม่เกิน 0.10 ตารางเมตร
2. รอยต่อ
3. ร่อง คิ้ว และลักษณะพื้นผิวอื่นๆ ที่มีพื้นที่หน้าตัดไม่เกิน 0.05 ตารางเมตร
4. วัตถุอื่นที่ผ่านหรือฝังในงานอิฐและงานบล็อก ที่มีพื้นที่หน้าตัดไม่เกิน 0.01 ตารางเมตร
5. กรอบล่าง (Sill) ทับหลัง เสาเอ็น
6. งานในแนวโค้ง (Curved Work) จะต้องระบุถึงรัศมีเฉลี่ย
7. การตัดร่อง (Chase) และการเจาะ สำหรับท่อหรือท่อร้อยสายไฟจะรวมอยู่ในรายละเอียดของงานท่อหรือท่อร้อยสายไฟ หรือ ระบบสาธารณูปโภคนั้นๆ

หน่วยของการวัด

1. งานอิฐและงานบล็อกทั่วไป วัดเป็นพื้นที่ ใช้หน่วย ตารางเมตร
2. เสาอิฐต่างๆ วัดเป็นความยาว ใช้หน่วย เมตร
3. งานอิฐในแนวโค้งตั้ง (Arches) วัดเป็นพื้นที่ ใช้หน่วย ตารางเมตร
4. รอยต่อเผื่อขยาย (Expansion Joint) การอุดช่อง (Caulking) วัดเป็นความยาว ใช้หน่วย เมตร
5. การกรอกคอนกรีต การอัดปูนเหลวในโพรงว่างระหว่างพื้นผิว 2 ด้าน วัดเป็นพื้นที่ โดยระบุความกว้างในช่อง ใช้หน่วย ตารางเมตร
6. ส่วนที่ยื่นออกมา (Projection) วัดเป็นความยาว โดยระบุขนาด ใช้หน่วย เมตร

ขอบเขตงานในราคาต่อหน่วย

ในการประมาณราคางานอิฐและงานบล็อกจะต้องรวมถึงรายการต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. จัดหา ติดตั้งงานอิฐและงานบล็อก รวมทั้ง ปูนทราย และอุปกรณ์ต่างๆ ที่จำเป็น ในการเสริมความแข็งแรง
2. อุปกรณ์ที่ช่วยในการติดตั้ง เช่น นั่งร้าน ไม้แบบ และอื่นๆ

3. การเตรียมช่องเปิดสำหรับงานท่อและระบบสาธารณูปโภคต่างๆ
4. การทำเสาเอ็นและคานทับหลัง นอกจากระบุให้วัดแยก
5. ยาแนวและทำความสะอาดผิว
6. สำหรับกำแพงก่อเป็นโพรง (Cavity Walls) จะรวมถึงการทำความสะอาดในโพรง
7. เศษวัสดุที่เสียเปล่าเนื่องจากการทำงาน

วิสูตร จิระดำเกิง ได้อธิบายเพิ่มเติมว่า “ควรแยกผนังรอบนอกอาคารออกจากผนังที่ก่อและฉาบภายในอาคาร เพื่อความสะดวกในการคำนวณ พื้นที่ฉาบภายนอก หรือกรณีจะเปลี่ยนแปลงชนิดผนังรอบนอก ก็จะคำนวณได้ง่ายขึ้น ผนังก่ออิฐรอบนอก หรือภายในอาคาร ให้แยกเป็นประเภทฉาบปูนด้านเดียว หรือฉาบปูนสองด้าน เพื่อความสะดวกในการคำนวณพื้นที่งานฉาบปูนต่อไป” (วิสูตร จิระดำเกิง, 2556)

ปริมาณงานก่ออิฐคิดเป็นพื้นที่สุทธิ โดย
พื้นที่งานก่ออิฐ = (ความกว้างผนังสุทธิ x ความสูงสุทธิ) – พื้นที่ช่องประตูหน้าต่าง (วิสูตร จิระดำเกิง, 2556)

ความกว้างสุทธิผนัง คิดจากระยะหน้าเสาถึงหน้าเสา ความสูงสุทธิคิดจากพื้นถึงท้องคานหรือท้องพื้นในกรณีก่อชนพื้นชั้นถัดไป ส่วนพื้นที่ช่องประตูหน้าต่างให้คิดขนาดพื้นที่รวมวงกบของประตูหน้าต่างนั้นๆ (วิสูตร จิระดำเกิง, 2556)

สำหรับเสาเอ็นและคานทับหลัง ได้มีข้อกำหนดว่า เสาเอ็นและคานทับหลังจะต้องมีทุกระยะความสูงหรือความกว้างไม่เกิน 3 เมตร และจุดที่ผนังก่ออิฐมาชนกันเป็นมุมโดยไม่มีเสาโครงสร้างอยู่ และต้องมีเสาเอ็นและคานทับหลังโดยรอบช่องเปิด เช่น ประตู หน้าต่าง (วิสูตร จิระดำเกิง, 2556)

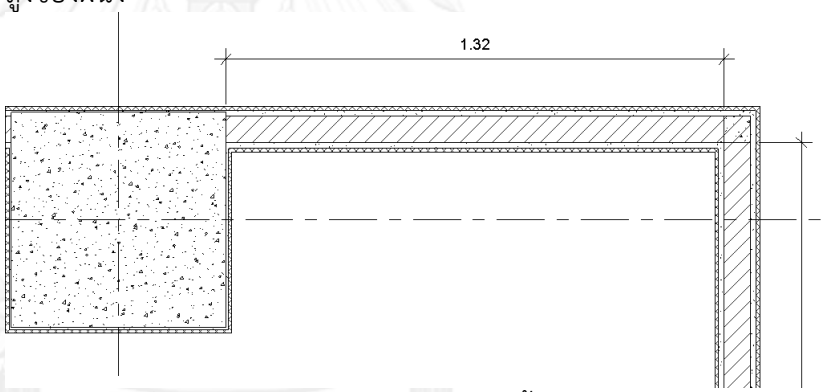
การคำนวณปริมาณเสาเอ็นและคานทับหลังหากไม่มีแบบรายละเอียดอาจประมาณได้ดังนี้
ความยาวคานทับหลังและเสาเอ็น = ความยาวตามแนวผนังก่อ + เสาเอ็นและคานทับหลังรอบวงกบประตูหน้าต่าง + เสาเอ็นมุมก่อชนกันของผนัง (วิสูตร จิระดำเกิง, 2556)

กรมบัญชีกลาง ได้กำหนดมาตรฐานการวัดปริมาณงานก่อผนัง โดย งานก่อผนัง คิดปริมาณงานเป็นเมตร วิธีการวัดคือ เอาขนาดความยาวช่วงที่จะก่ออิฐวัดริมเสาด้านหนึ่งไปถึงริมเสาอีกด้านหนึ่ง คูณ ความสูงจากพื้นหรือหลังคานถึงท้องคานชั้นบนหรือใต้ระดับวงกบหน้าค่างหรือระบายลมหรือช่องแสง แล้วแต่รูปแบบ โดยแยกวัสดุก่อผนังแต่ละชนิด คูณ จำนวนของงานก่อผนังชนิดนั้นๆ (กรมบัญชีกลาง, 2550)

งานเสาเอ็นและทับหลัง คิดปริมาณงานเป็นเมตร วิธีการวัดคือ เสาเอ็นและทับหลัง ค.ส.ล. ของงานก่อผนังทั่วไปจะมีขนาดหน้าตัดประมาณ 0.10 x 0.10 ม. วัดความยาวตามแนวนอน และแนวตั้ง คือ วงกบประตู หน้าต่าง ช่องระบายลม ช่องแสง ส่วนที่ต้องทำและผนังซึ่งก่อสูงเกิน 3.00 ม. และความกว้างของช่วงเสาเกิน 5.00 ม. ต้องมีเสาเอ็นคั่นกลาง (กรมบัญชีกลาง, 2550)

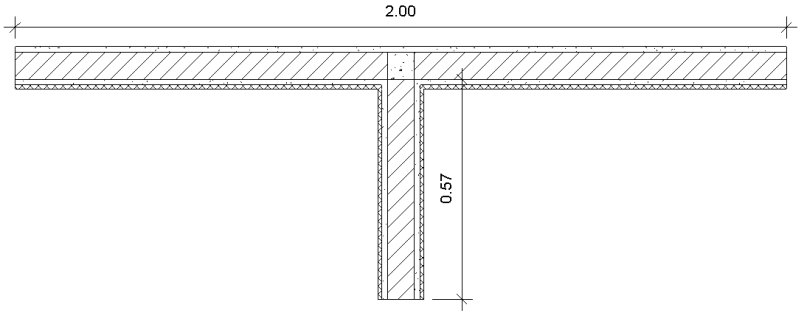
จากการสอบถาม คุณชัยวัฒน์ ทีปะนาวิน เจ้าของบริษัท วอเทค อาคิเทค จำกัด ซึ่งเป็น ผู้เชี่ยวชาญด้านการประมาณราคาค่าก่อสร้าง ได้ให้คำอธิบายเพิ่มเติมในเรื่องของวิธีการวัดงานผนังก่อดังนี้ (ชัยวัฒน์ ทีปะนาวิน, 2557)

1. กรณีผนังก่อชนเสา หรือคาน การคิดพื้นที่ ให้วัดความยาวของผนังในผังพื้นถึงจุดที่ผนังก่อชนเสา คูณด้วยความสูงที่ผนังไปชนท้องคาน หากมีประตู หน้าต่าง หรือช่องเปิด ให้คิดพื้นที่แยกไว้เพื่อมาหักลบทีหลัง
2. กรณีผนังก่อชนมุมกัน ให้ถือว่ามีเสาเอ็นสี่เหลี่ยมบริเวณมุมนั้น และวัดความยาวในผังพื้นของผนังทั้งสองด้านมาถึงจุดที่เป็นเสาเอ็น คูณด้วยความสูงของผนัง



ภาพที่ 2.3 แสดงการวัดความยาวในผังพื้นของผนังก่อชนมุม

3. กรณีผนังก่อมีผนังก่ออีกผนังมาชนด้าน ถึงแม้จะมีเสาเอ็นบริเวณที่ผนังชนกัน การวัดความยาวในผังพื้นให้วัดตลอดความยาวของผนัง โดยไม่ต้องเว้นระยะของเสาเอ็นบริเวณที่ผนังชนด้านกัน



ภาพที่ 2.4 แสดงการวัดความยาวในผังพื้นของผนังก่อชนด้าน

4. เสาเอ็น และทับหลัง หากมีจำนวนผนังไม่มากให้ใช้การวัดความยาวเป็นเมตรตามจุดที่ต้องมีเสาเอ็น และทับหลัง หากผนังมีจำนวนมากอาจใช้การประมาณจากสถิติ เช่น เสาเอ็นทับหลัง 1.25 เมตร ต่อ ผนัง 1 ตารางเมตร

2.6.5.2.2 งานฉาบ

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยฯ ได้อธิบายถึง วิธีการวัด หน่วยของการวัด และขอบเขตงานในราคาต่อหน่วย ไว้ดังนี้ (วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยฯ, 2545)

วิธีการวัด

1. งานฉาบ งานพ่น การติดตั้งแผ่นยิบซั่ม ฯลฯ ให้วัดปริมาณในหน่วยของพื้นที่เต็มผนัง ฝ้าเพดาน ฯลฯ รวมทั้งส่วนที่อยู่ภายใต้ผิวงานบัว หรือปูนปั้นอื่นๆ ตามระยะที่ระบุในแบบ
2. ไม่หักช่องเปิดที่มีขนาดเล็กกว่า 0.10 ตารางเมตร
3. งานฉาบที่มีความกว้างไม่เกิน 30 ซม. จะวัดรวมในงานฉาบทั่วไป
4. งานซ่อมผิวเดิม หรืองานฉาบช่องเปิดที่มีการก่อปิดให้วัดความกว้างเผื่อออกโดยรอบอีก 50 ซม. จากพื้นที่ที่ทำงานจริง
5. ตะแกรงกรงไก่ (Patent Lath) ให้รวมอยู่ในหัวข้องานฉาบโดยไม่มีการวัดแยกต่างหาก

หน่วยของการวัด

1. งานฉาบ วัดเป็นพื้นที่ ใช้หน่วย ตารางเมตร
2. งานพ่นเคลือบผิว วัดเป็นพื้นที่ ใช้หน่วย ตารางเมตร
3. งานแผ่นยิปซั่ม วัดเป็นพื้นที่ ใช้หน่วย ตารางเมตร
4. งานบัว ปูนปั้น คิ้ว วัดเป็นความยาว ใช้หน่วย เมตร
5. งานขอบมุมพลาสติกหรือโลหะ (Metal Angle) ร่องราง (ในกรณีวัดแยกต่างหาก) วัดเป็นความยาว ใช้หน่วย เมตร

ขอบเขตงานในราคาต่อหน่วย

ในการประมาณราคางานฉาบ จะต้องรวมถึงรายการต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. การจัดหาวัสดุและแรงงาน
2. สำหรับงานฉาบผิวคอนกรีต ผนังก่ออิฐหรือบล็อก
    2.1 งานฉาบในแต่ละชั้นให้รวมถึงการจับเซี้ยม (Angle) ชักร่อง การเก็บงาน ความเรียบร้อยรอบท่อในระบบสาธารณูปโภคและอุปกรณ์ประปา

2.2 กรณีงานฉาบผิวเดิมที่เป็นคอนกรีต ให้รวมถึงการเตรียมผิวก่อนการฉาบ

3. สำหรับงานแผ่นยิปซั่ม
   3.1 งานโครงคร่าว (นอกจากจะระบุให้วัดแยก)
   3.2 การติดตั้งแผ่น การฉาบแต่งเรียบผิวรอยต่อของแผ่น รวมทั้งวัสดุอื่นๆ ที่จำเป็นในการแต่งผิวรอยต่อ
   3.3 การเตรียมช่องเปิดและเก็บความเรียบร้อยรอบท่อในระบบสาธารณูปโภค
   3.4 ส่วนของการเสียเปล่าเนื่องจากการตัด
4. งานบัว ปูนปั้น คิ้ว ซึ่งมีการวัดแยกต่างหาก
   4.1 อุปกรณ์ และ การติดตั้งและแต่งรอยต่อ
   4.2 ส่วนของการเสียเปล่าเนื่องจากการตัด
5. วัสดุผสมหรือเสริมเพื่อความแข็งแรง เช่น ลวดตะแกรง น้ำยาผสม ฯลฯ

วิสูตร จิระดำเกิง ได้อธิบายเพิ่มเติมว่า การคำนวณปริมาณงานฉาบปูนจะใช้ตัวเลขที่ได้จากงานก่ออิฐ และงานโครงสร้างมาคำนวณ โดยงานฉาบปูนควรแยกพื้นที่ฉาบปูนออกเป็น งานฉาบปูนภายนอกอาคาร (ผนังก่ออิฐและโครงสร้าง) และงานฉาบปูนภายในอาคาร (ผนังก่ออิฐและโครงสร้าง) เพื่อเป็นประโยชน์ในการจัดทำบัญชีปริมาณงานและราคา เนื่องจากงานแต่ละประเภทจะมีความยากง่ายแตกต่างกัน เช่น งานฉาบปูนภายนอกในอาคารสูง จะต้องมีระบบนั่งร้าน หรืองานฉาบโครงสร้างจะต้องมีการจับเฟี้ยม ซึ่งจะให้เวลาในการทำงานมากกว่า จึงมีความแตกต่างกันในด้านต้นทุน (วิสูตร จิระดำเกิง, 2556)

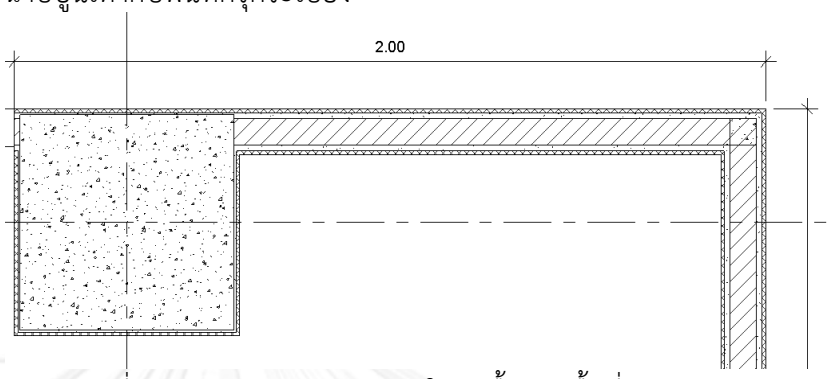
กรมบัญชีกลาง ได้กำหนดมาตรฐานการวัดปริมาณงานฉาบ โดยงานฉาบผิวโครงสร้าง คิดปริมาณงานเป็นตารางเมตร วิธีการวัดคือ เอาพื้นที่ผิวของงานโครงสร้าง เช่น เสา คาน ครีบ แผงบังแดด รวมกัน เป็นงานฉาบผิวโครงสร้าง โดยไม่ต้องแยกงานจับเฟี้ยม (เว้นแต่งานปั้นบัวแต่งปูน) เฉพาะในส่วนที่จะต้องฉาบผิวทั้งหมด (กรมบัญชีกลาง, 2550)

งานฉาบผิวผนัง คิดปริมาณงานเป็นตารางเมตร วิธีการวัดคือ เอาพื้นที่ผิวของงานก่อสร้างผนังด้านเดียว หรือสองด้านในส่วนที่จะต้องฉาบผิวทั้งหมดรวมกัน (เว้นแต่งานปั้นบัวแต่งปูน) (กรมบัญชีกลาง, 2550)

จากการสอบถาม คุณชัยวัฒน์ ทีปะนาวิน เจ้าของบริษัท วอเทค อาคิเทค จำกัด ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการประมาณราคาค่าก่อสร้าง ได้ให้คำอธิบายเพิ่มเติมในเรื่องของวิธีการวัดงานฉาบดังนี้ (ชัยวัฒน์ ทีปะนาวิน, 2557)

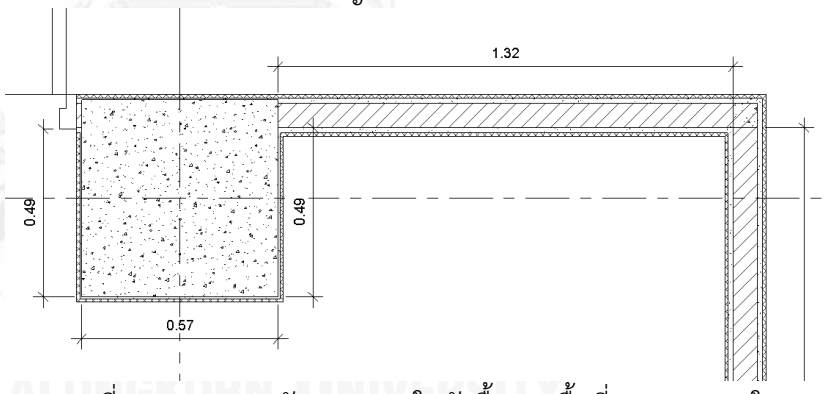
1. การวัดปริมาณงานฉาบผนังให้วัดแยกจากงานก่อผนัง

2. พื้นที่ฉาบภายนอก ให้คิดรวมพื้นที่โครงสร้างเสา และคาน กรณีผนังชนมุมกันให้วัดความยาวในผังพื้นที่เส้นขอบนอกสุดของชั้นผนังทั้งสองฝั่งที่มาชนกัน หากมีชั้นกระเบื้องก็ให้วัดที่เส้นขอบนอกสุดของชั้นกระเบื้องนั้น คูณกับความสูงของผนังฉาบ เช่นสูงถึงระดับพื้นชั้นบน (แล้วแต่แบบ) โดยให้พื้นที่ฉาบปูนเท่ากับพื้นที่กรุกระเบื้อง



ภาพที่ 2.5 แสดงการวัดความยาวในผังพื้นของพื้นที่ฉาบภายนอก

3. พื้นที่ฉาบภายใน การคิดพื้นที่ให้คิดความสูงตามแบบ เช่น สูงเหนือฝ้าเพดาน 10 ซม. คูณความยาวในผังพื้น โดยวัดที่ผิวของชั้นผนังก่อ หรือชั้นของโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก กรณีผนังชนมุมกันจะมีส่วนฉาบที่ทับซ้อนเล็กน้อย ไม่ถือเป็นนัยสำคัญ

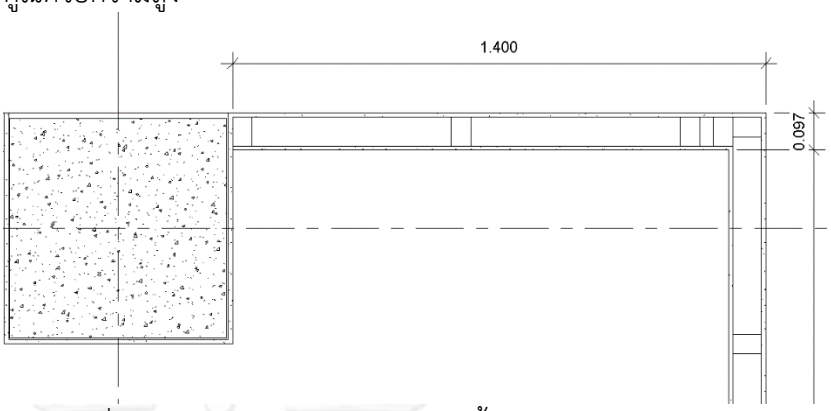


ภาพที่ 2.6 แสดงการวัดความยาวในผังพื้นของพื้นที่ฉาบภายภายใน

ในส่วนของผนังเบา เช่น ผนังยิปซั่มหรือผนังไฟเบอร์ซีเมนต์ เป็นต้น จะมีวิธีการวัดที่แตกต่างจากผนังก่ออิฐฉาบปูนดังนี้

1. การวัดปริมาณไม่วัดแยกชั้นวัสดุ โดยจะถือว่าพื้นที่ของโครงคร่าว และพื้นที่ของแผ่นที่มาติดตั้งมีพื้นที่เท่ากัน
2. กรณีที่ชนิดของแผ่นทั้งสองด้านไม่เหมือนกัน ให้แยกหัวข้อไว้
3. กรณีที่ผนังมาชนมุมกัน พื้นที่ผนังทั้งโครงคร่าวและชั้นของแผ่นทั้งด้านนอกและด้านในมีวิธีคิด คือ ด้านหนึ่งให้วัดความยาวของผนังในผังพื้นถึงขอบนอกสุดของผนัง แล้วคูณด้วยความสูง ส่วนผนังอีกด้านหนึ่งให้วัดความยาว

ของผนังในผังพื้น หักลบด้วยความหนาของผนังอีกด้านที่เข้ามาชนมุม แล้วคูณด้วยความสูง



ภาพที่ 2.7 แสดงการวัดความยาวในผังพื้นของผนังเบาหนา 9.7 ซม.

2.6.5.3 งานประตูหน้าต่าง และงานผนังรอบ (Curtain Wall)

งานในหมวดนี้ประกอบไปด้วย งานประตูหน้าต่าง งานกระจก และงานผนังรอบ ส่วนงานสีที่เกี่ยวกับงานประตู หน้าต่าง อาจแยกไปรวมอยู่ในรายการงานสี โดยในการวิจัยนี้จะกล่าวถึงเพียง งานผนังรอบเท่านั้น

2.6.5.3.1 งานผนังรอบ

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยฯ ได้อธิบายถึง วิธีการวัด หน่วยของการวัด และขอบเขตงานในราคาต่อหน่วย ไว้ดังนี้ (วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยฯ, 2545)

วิธีการวัด

1. การวัดเฟรม ให้วัดตามพื้นที่ของวัสดุที่ใช้มุง
2. การวัดวัสดุมุง ให้วัดตามพื้นที่ผิวจริง โดยไม่มีการหักเฟรม หรือรอยต่อระหว่างวัสดุ โดยให้ทำการวัดในส่วนที่อยู่เหลือฝ้าเพดานด้วย
3. ในกรณีกระจกฉนวน (Insulated Glass) ให้วัดพื้นที่กระจกเพียงชั้นเดียว
4. งานฉนวนต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานผนังรอบ ให้วัดแยกเป็นพื้นที่ตามที่ระบุในแบบ

หน่วยของการวัด

1. งานโครงหรือเฟรม วัดเป็นพื้นที่สุทธิตามแบบ เท่ากับขนาดวัสดุมุง ใช้หน่วยตารางเมตร
2. วัสดุมุง วัดเป็นพื้นที่สุทธิตามแบบ โดยไม่หักเฟรม ใช้หน่วยตารางเมตร
3. ฉนวนต่างๆ วัดเป็นพื้นที่สุทธิตามแบบ ใช้หน่วยตารางเมตร

4. งานกระจกฉนวน (Insulated Glass) วัดเป็นพื้นที่สุทธิตามแบบ โดยคิดงานชั้นเดียวและระบุรายละเอียดกระจกฉนวนด้วย ใช้หน่วยตารางเมตร
5. งานหน้าต่างในกรณีระบุให้วัดแยก วัดเป็นปริมาณสุทธิเป็นจำนวนหน่วย โดยระบุรายละเอียดขนาดรวมถึงลักษณะอื่นๆ ใช้หน่วยเป็นชุด

ขอบเขตงานในราคาต่อหน่วย

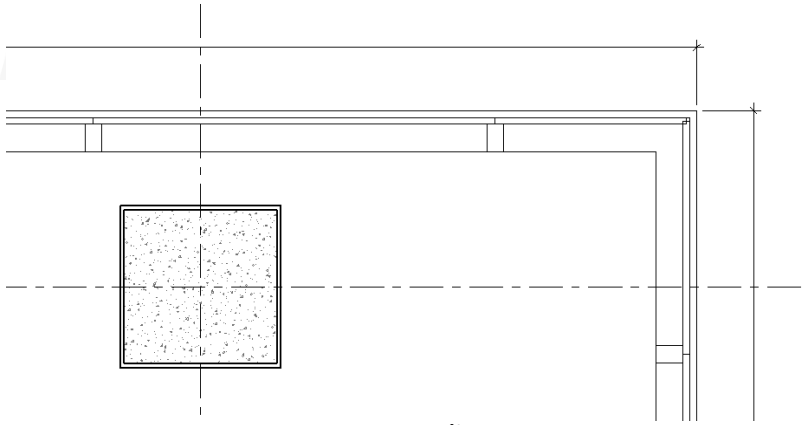
ในการประมาณราคางานผนังรอบ จะต้องรวมถึงรายการต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. การออกแบบรายละเอียด เช่น การรับน้ำหนัก รับแรงลม ป้องกันน้ำรั่วซึม การลามไฟ และอื่นๆ ที่จำเป็น
2. การทดสอบคุณสมบัติตามข้อกำหนด
3. การจัดหา และติดตั้ง

วิสูตร จิระดำเกิง ได้อธิบายเพิ่มเติมว่า การแบ่งรายการงานผนังรอบสามารถแบ่งตามชนิดของโครงหรือระบบของเฟรม เช่น แบบ Stick Wall แบบ 2-Sided แบบ 4-Sided หรือแบ่งตามวัสดุที่ใช้มุง เช่น กระจก หรือ อลูมิเนียม เป็นต้น (วิสูตร จิระดำเกิง, 2556)

จากการสอบถาม คุณชัยวัฒน์ ทีปะนาวิน เจ้าของบริษัท วอเทค อาคิเทค จำกัด ซึ่งเป็น ผู้เชี่ยวชาญด้านการประมาณราคาค่าก่อสร้าง ได้ให้คำอธิบายเพิ่มเติมในเรื่องของวิธีการวัดงานผนังรอบ (Curtain Wall) ดังนี้ (ชัยวัฒน์ ทีปะนาวิน, 2557)

1. การคิดพื้นที่ผนังรอบ ให้วัดความยาวในแปลนโดยใช้เส้นนอกสุดของผนังคูณด้วยความสูงของผนัง โดยไม่หักพื้นที่ส่วนที่เป็นโครงหรือเฟรม
2. หากมีหน้าต่างที่ผนังรอบอาจคิดรวมอยู่ในพื้นที่ของผนังรอบไปเลย โดยคิดเป็นร้อยละ ว่ามีหน้าต่างอยู่ร้อยละเท่าไรของพื้นที่ผนังรอบทั้งหมด



ภาพที่ 2.8 แสดงการวัดความยาวในผังพื้นของผนังรอบ (Curtain Wall)

2.6.5.4 งานตกแต่งผิวผนัง พื้น และฝ้าเพดาน

งานตกแต่งผิวประกอบไปด้วย งานสี งานปูทับหน้าผิวผนัง หรือพื้นด้วยวัสดุต่างๆ เช่น หินอ่อน หินแกรนิต กระเบื้องเซรามิค หินขัด ทรายล้าง เป็นต้น ส่วนงานฝ้าเพดาน หมายถึงงานตกแต่งส่วนเพดานโดยใช้วัสดุประกอบเป็นรูปแบบต่างๆ เช่น ฝ้าระแนงไม้ ฝ้ายิปซั่ม เป็นต้น โดยในการวิจัยนี้จะกล่าวถึงเพียง งานวัสดุปูพื้น บุผนัง กระเบื้อง และงานหินขัด เท่านั้น

2.6.5.4.1 งานวัสดุปูพื้น บุผนัง กระเบื้อง และงานหินขัด

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยฯ ได้อธิบายถึง วิธีการวัด หน่วยของการวัด และขอบเขตงานในราคาต่อหน่วย ไว้ดังนี้ (วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยฯ, 2545)

วิธีการวัด

1. งานปูพื้นและบุผนังทั่วไป วัดจากพื้นผิวเป็นพื้นที่ตามระยะที่ระบุในแบบ
2. จะไม่มีการหักช่องเปิดที่ต่ำกว่า 0.10 ตารางเมตร
3. งานปูพื้น และบุผนังที่กว้างไม่เกิน 30 เซนติเมตร หรือพื้นที่ที่แยกต่างหากจะรวมอยู่ในการวัดงานหลัก
4. แผ่นวัสดุหรือกระเบื้องที่อยู่ในแนวเอียง ให้วัดตามระยะเอียง และให้คิดรวมอยู่ในงานหลัก

หน่วยของการวัด

1. งานพรม ไวนิล คอร์ก ยาง และแผ่นไลโนเลี่ยม วัดเป็นพื้นที่สุทธิตามแบบ โดยระบุรายละเอียดวัสดุ ใช้หน่วยตารางเมตร
2. งานกระเบื้อง เซรามิค และ โมเสด วัดเป็นพื้นที่สุทธิตามแบบ โดยระบุรายละเอียดวัสดุ ใช้หน่วยตารางเมตร
3. งานแผ่นทองเหลืองแบ่งแนวที่ใช้ในงานหินขัด กรณีวัดแยก วัดเป็นความยาว ใช้หน่วยเมตร
4. งานแผ่นหินขัดสำเร็จรูปทั่วไป วัดเป็นพื้นที่สุทธิตามแบบ โดยระบุรายละเอียดวัสดุ ใช้หน่วยตารางเมตร
5. งานแผ่นหินขัดสำเร็จรูปขนาดหรือรูปแบบพิเศษ วัดเป็นจำนวน โดยให้ระบุขนาดและรายละเอียด ใช้หน่วยเป็นแผ่น

ขอบเขตงานในราคาต่อหน่วย

ในการประมาณราคางานวัสดุปูพื้น กระเบื้อง และงานหินขัด จะต้องรวมถึงรายการต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. ราคาวัสดุ และค่าแรง
2. วัสดุรองพื้น วัสดุยึดติดกับพื้นที่รองรับ
3. การลบขอบ
4. การทำความสะอาด บ่ม และขัดที่จำเป็น
5. การเสียเปล่า เนื่องจากการตัด
6. วัสดุที่ใช้ยึดกระเบื้องหิวขัดสำเร็จรูป
7. บัวพื้น นอกจากจะระบุให้วัดแยก
8. วัสดุที่ใช้ในการยาแนวหรือแบ่งแนว

วิสูตร จิระดำเกิง ได้อธิบายเพิ่มเติมว่า “งานตกแต่งพื้นผิวนี้จะไม่รวมงานแต่งผิวคอนกรีตที่เป็นเนื้อเดียวกับงานคอนกรีตซึ่งจะรวมอยู่ในหมวดงานคอนกรีต งานในหมวดนี้ได้แก่การตกแต่งพื้นผิว ซึ่งการหาปริมาณงานจะต้องแยกตามชนิดของวัสดุที่ใช้ในการตกแต่งและประเภทของงาน เช่น พื้น ผนัง เป็นต้น โดยมีแนวทางการแบ่งรายการดังนี้” (วิสูตร จิระดำเกิง, 2556)

1. แบ่งตามชนิดของวัสดุที่ใช้
2. แบ่งตามลักษณะการใช้งาน เช่น พื้น ผนัง บันได และพื้นผิวที่ต่างกัน

กรมบัญชีกลาง ได้กำหนดมาตรฐานการวัดปริมาณงานปูพื้นหรืองานบุผนัง โดย งานปูพื้น คิดปริมาณงานเป็นตารางเมตร วิธีการวัดคือ วัดขนาดพื้นที่ที่จะปูผิวตามรูปแบบ ให้วัดระยะจากริมผนังด้านหนึ่งไป ถึงริมผนังอีกด้านหนึ่ง แบ่งงานเป็นปูวัสดุพื้นผิวแต่ละชนิด (ไม่ต้องเผื่อเนื้องาน) (กรมบัญชีกลาง, 2550)

งานบุผนัง คิดปริมาณงานเป็นตารางเมตร วิธีการวัดคือ วัดขนาดพื้นที่ผิวที่จะบุตามรูปแบบ ให้วัดระยะจากริมผนังด้านหนึ่งไปถึงริมผนังอีกด้านหนึ่ง คูณ ความสูงของผนังส่วนที่จะบุผิว แบ่งเป็นงานบุวัสดุผิวผนังแต่ละชนิด (ไม่ต้องเผื่อเนื้องาน) (กรมบัญชีกลาง, 2550)

จากการสอบถาม คุณชัยวัฒน์ ทีปะนาวิน เจ้าของบริษัท วอเทค อาคิเทค จำกัด ซึ่งเป็น ผู้เชี่ยวชาญด้านการประมาณราคาค่าก่อสร้าง ได้ให้คำอธิบายเพิ่มเติมในเรื่องของวิธีการวัดงานบุผนัง ดังนี้ (ชัยวัฒน์ ทีปะนาวิน, 2557)

1. การวัดระยะในผังพื้น ใช้หลักการเช่นเดียวกับการวัดระยะในผังพื้นของงานฉาบ ทั้งการฉาบภายนอกและฉาบภายใน (ภาพที่ 2.5 และ 2.6)
2. ความสูงวัดความสูงของผนังส่วนที่จะบุผิวจากแบบ
3. พื้นที่หาได้โดยการนำระยะในผังพื้นคูณด้วยความสูง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.6.6 ต้นทุนต่อหน่วย

เมื่อได้ปริมาณงานออกมาครบถ้วนแล้ว การหาราคาก่อสร้างรวมต้องทำการหาราคาต้นทุนต่อหน่วยของงานต่างๆ และนำมาคูณเข้ากับปริมาณงานที่หามาได้ อย่างไรก็ตามในการวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่การหาปริมาณงานจากแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) ในส่วนการหาราคาต้นทุนต่อหน่วยที่จะนำมาคูณกับปริมาณงานนั้น อยู่นอกขอบเขตของการวิจัย จึงมีเพียงเรื่องที่ควรทราบว่า ต้นทุนต่อหน่วยประกอบไปด้วยอะไรบ้าง

ในการประมาณราคาค่าก่อสร้างนั้น วิสูตร จิระดำเกิง ได้อธิบายไว้ว่า เมื่อผู้ประมาณราคาได้ทำการหาปริมาณงานก่อสร้างจากแบบออกมาได้ตามรายละเอียดประเภทงานที่ระบุในบัญชีปริมาณงานแล้ว ในขั้นต่อไปผู้ประมาณราคาจะต้องวิเคราะห์หาราคาต้นทุนต่อหน่วย ทั้งค่าแรงและวัสดุ ซึ่งจะนำมาคำนวณค่างานรวมต่อไป (วิสูตร จิระดำเกิง, 2556)

การวิเคราะห์ต้นทุนต่อหน่วย จะประกอบไปด้วย ค่าแรงต่อหน่วย ต้นทุนเครื่องจักรต่อหน่วย และค่าวัสดุต่อหน่วย

2.6.6.1 ค่าแรงต่อหน่วย

วิสูตร จิระดำเกิง ได้อธิบายว่า “ค่าแรงต่อหน่วยจะมีความสัมพันธ์กับผลิตภาพ (Productivity) ของการทำงาน และค่าแรงช่างแต่ละประเภท โดยสามารถคำนวณต้นทุนแรงงานต่อหน่วยดังนี้

ต้นทุนค่าแรงต่อหน่วย = ค่าแรงช่าง (บาท/วัน) / ผลิตภาพของช่าง (หน่วย/วัน)

= ค่าแรงต่อหน่วย (บาท/หน่วย)

ค่าแรงช่างในที่นี้อาจแตกต่างกันไปตามประเภทของงานแต่ละราย โดยทั่วไปถืออัตราค่าแรงที่จ้างกันอยู่จริงในแต่ละพื้นที่ของประเทศ

ผลิตภาพ คือ ตัวเลขที่ได้มาโดยการเก็บสถิติของผู้ก่อสร้างแต่ละราย โดยการเก็บจะอยู่ในรูปของ ปริมาณงานที่ทำได้ ต่อ หนึ่งแรง (ช่าง 1 คน ทำงาน 1 วันหรือ 8 ชั่วโมง เท่ากับ 1 คน-วัน หรือ 8 คน-ชั่วโมง) หรืออาจจะเป็นแบบสากลที่เก็บข้อมูลเป็นชั่วโมงรวมของช่างที่ใช้ต่องานที่ทำได้หนึ่งหน่วย

ในการวิเคราะห์ต้นทุนค่าแรงต่อหน่วยจะต้องบวกค่าดำเนินการเพิ่มเติม เนื่องจากค่าแรงที่จ่ายให้กับคนงาน โดยทั่วไปนายจ้างจะต้องมีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติม ตามนโยบายด้านสวัสดิการของแต่ละบริษัทฯ เช่น เงินสมทบกองทุนประกันสังคม เงินสมทบกองทุนทดแทน กรมแรงงาน สวัสดิการพิเศษสำหรับคนงาน เป็นต้น” (วิสูตร จิระดำเกิง, 2556)

2.6.6.2 ต้นทุนเครื่องจักรต่อหน่วย

วิสูตร จิระดำเกิง ได้อธิบายว่า “งานก่อสร้างบางประเภทต้องใช้ เครื่องมือเครื่องจักร ช่วยในการทำงาน เช่น งานขุดดิน อาจต้องใช้รถขุดดินแบบ Back Hoe ช่วย หรืองานเทคอนกรีตในอาคารสูง จะต้องใช้ Tower Crane หรือ Concrete Pump ช่วยในการเท เป็นต้น ดังนั้นการคิดต้นทุนทำงาน จึงต้องคำนึงถึงค่าเครื่องจักรด้วย

หลักการคำนวณต้นทุนเครื่องจักรในงานก่อสร้าง จะเป็นไปในทำนองเดียวกับการคิดต้นทุนค่าแรง คือ

ต้นทุนเครื่องจักรต่อหน่วย = ต้นทุนการใช้เครื่องจักร (บาท/ชั่วโมง) / ผลิตภาพเครื่องจักร (หน่วย/ชั่วโมง)

= ต้นทุนเครื่องจักรต่อหน่วย (บาท/หน่วย)

ทั้งนี้ต้นทุนการใช้เครื่องจักร ต่อชั่วโมง อาจใช้อัตราค่าเช่าเครื่องจักร ซึ่งผู้ประมาณราคาต้องเก็บข้อมูลจากผู้ให้เช่าบริการเช่าเครื่องจักร โดยควรตรวจสอบค่าเช่าสำหรับแต่ละโครงการด้วย เพราะที่ตั้งหน่วยงานอาจมีผลต่ออัตราค่าเช่าด้วย

ในกรณีที่บริษัท ลงทุนซื้อเครื่องจักรเพื่อมาใช้งานเอง การคิดต้นทุนจะทำโดยคำนวณต้นทุนการเป็นเจ้าของและต้นทุนการใช้งาน (Owning and Operating Cost)

ในการวิเคราะห์ต้นทุนค่าเครื่องจักรต่อหน่วย จะต้องบวกค่าดำเนินการเพิ่มเติม เนื่องจากจะต้องมีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติม ในการขนส่ง การจัดเก็บ เป็นต้น” (วิสูตร จิระดำเกิง, 2556)

2.6.6.3 ค่าวัสดุต่อหน่วย

วิสูตร จิระดำเกิง ได้อธิบายว่า “การคำนวณค่าวัสดุต่อหน่วย ผู้ประมาณการจะต้องสามารถแยกรายละเอียดวัสดุที่ใช้ในงานนั้นๆ ได้ ทั้งนี้จะต้องเข้าใจถึงขั้นตอนการทำงานตลอดจนมีความรู้พื้นฐานในด้านวัสดุวิศวกรรมในการก่อสร้าง

ค่าวัสดุต่อหน่วย = ปริมาณวัสดุประกอบต่างๆ x ราคาต่อหน่วยของวัสดุเหล่านั้น

ราคาต่อหน่วยของวัสดุต่างๆ จะหาได้จากข้อมูลฝ่ายบัญชี หรือฝ่ายจัดซื้อของบริษัท ในกรณีทั่วไปอาจใช้ราคาวัสดุก่อสร้างที่จัดทำโดย กองดัชนีเศรษฐกิจการค้า กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์ กระทรวงพาณิชย์ ซึ่งจะจัดทำออกเผยแพร่กับประชาชนทั่วไปโดยไม่คิดค่าใช้จ่าย

ในการวิเคราะห์ต้นทุนค่าวัสดุต่อหน่วย จะต้องบวกค่าความสูญเสียของวัสดุอุปกรณ์ ซึ่งในทางปฏิบัติจะมีความสูญเสียเกิดขึ้น โดยจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับลักษณะของงานก่อสร้าง สภาพหน้างาน รวมถึงทีมช่างที่ทำงานนั้นๆ” (วิสูตร จิระดำเกิง, 2556)

2.7 การหาปริมาณงานด้วยแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM)

การประมาณราคาค่าก่อสร้างมีตั้งแต่การประมาณราคาขั้นต้น (Preliminary Estimating) ในช่วงของการเริ่มต้นโครงการและการออกแบบ ไปจนถึงการประมาณราคาอย่างละเอียด (Detailed Estimating) เมื่อแบบเสร็จแล้ว ซึ่งแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) สามารถเข้ามามีส่วนช่วยในการหาปริมาณงานทั้งหมดของอาคารได้เป็นอย่างดี เนื่องจากแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) ประกอบไปด้วย รูปทรง 3 มิติ และข้อมูลคุณสมบัติและตัวแปรต่างๆ เช่น พื้นที่ ปริมาตร เส้นรอบรูป ความยาว จำนวน ฯลฯ ซึ่งสามารถรายงานผลออกมาในรูปของตารางรายการ (Schedule) รูปแบบต่างๆ ได้

แบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) สามารถให้ข้อมูลในด้านปริมาณที่แม่นยำ เช่น พื้นที่ หรือปริมาตร อย่างไรก็ตามสำหรับการประมาณราคาอย่างละเอียด มักจะมีปัญหากับข้อมูลที่เป็นส่วนประกอบของวัตถุเนื่องจากไม่ได้มีการกำหนดลงไปในแบบจำลองสารสนเทศอาคาร ตัวอย่างเช่น แบบจำลองสารสนเทศอาคารสามารถให้ข้อมูลปริมาตรของเสาคอนกรีตได้ แต่ไม่สามารถให้ข้อมูลของเหล็กเสริมในคอนกรีต หรือผนังเบาสามารถบอกข้อมูลพื้นที่ของผนังได้แต่ไม่สามารถให้ปริมาณโครงคร่าวในผนังได้ หากไม่มีการใส่ข้อมูลอย่างละเอียดเข้าไป

ในการประมาณราคาค่าก่อสร้างโดยใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) ในการหาปริมาณงานนั้น สามารถทำได้ 3 วิธีคือ (Eastman et al., 2011)

1. **ส่งออกข้อมูลปริมาณงานจากโปรแกรมแบบจำลองสารสนเทศอาคารไปยังโปรแกรมสำหรับประมาณราคา**

   โดยมากแล้วโปรแกรมแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) มักจะมีความสามารถในการส่งออกข้อมูลขององค์ประกอบต่างๆ ในแบบจำลอง ออกไปในรูปแบบของตาราง ที่สามารถนำไปใช้ต่อในโปรแกรมอื่นๆ ที่ใช้ในการประมาณราคา เช่น MS Excel

2. **เชื่อมต่อข้อมูลแบบจำลองสารสนเทศอาคารกับโปรแกรมสำหรับประมาณราคาโดยตรง**

   ทางเลือกที่ 2 คือการเชื่อมต่อข้อมูลในแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) กับโปรแกรมประมาณราคาโดยตรงผ่าน Plug-in หรือเครื่องมือเสริม ตัวอย่างโปรแกรมที่สามารถเชื่อมต่อกับแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) เช่น Sage Timberline via Innovaya (Innovaya 2010), U.S. Cost (Success Design Exchange 2010, Success Estimator 2010), Nomitech (CostOS v3.6 BIM Estimating 2010) และ Vico Estimator (Vico 2010) เป็นต้น ซึ่งโปรแกรมต่างๆ เหล่านี้เป็นเครื่องมือที่ทำให้ผู้ประมาณราคาสามารถเชื่อมข้อมูลและราคาของชิ้นส่วนต่างๆ เข้ากับชิ้นส่วนในแบบจำลองสารสนเทศอาคาร เช่น ค่าแรง ค่าอุปกรณ์ ค่าวัสดุ ฯลฯ

3. **ใช้โปรแกรมสำหรับหาปริมาณงานและประมาณราคาโดยเฉพาะ**

   คือการใช้โปรแกรมโดยเฉพาะที่สามารถนำเข้าแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) มายังโปรแกรมเพื่อทำการหาปริมาณงานและประมาณราคา เช่นโปรแกรม Autodesk QTO (ปัจจุบันหยุดการพัฒนาแล้วและเข้ามารวมกับโปรแกรม Autodesk Navisworks 2014), Exactal CostX, Innovaya และ Vico Takeoff Manager โดยเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงแก้ไขแบบจำลองอาคารจำเป็นที่จะต้องนำเข้าข้อมูลใหม่โดยโปรแกรมจะสามารถตรวจหาความเปลี่ยนแปลงของข้อมูลและจะแสดงผลแจ้งเตือนออกมาได้

โดยในการวิจัยนี้จะมุ่งเน้นไปที่การหาปริมาณงานจากโปรแกรมแบบจำลองสารสนเทศอาคารโดยใช้โปรแกรม Autodesk Revit เป็นกรณีศึกษา เพื่อส่งต่อข้อมูลปริมาณงานไปยังโปรแกรมสำหรับประมาณราคาอื่นๆ ต่อไป

2.8 องค์ประกอบของโปรแกรม Autodesk Revit (Revit Elements)

โปรแกรม Autodesk Revit มีความสามารถในการสร้างรายการข้อมูลโดยใช้คำสั่ง Schedules ซึ่งสามารถสร้าง รายการปริมาณงาน (Schedules/Quantities) และรายการปริมาณวัสดุ (Material Takeoff) จากวัตถุต่างๆ ในแบบจำลองได้ โดยในการสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม Autodesk Revit จะต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับ โครงสร้างขององค์ประกอบต่างๆ ภายในโปรแกรม Autodesk Revit ซึ่งเรียกว่า Revit Elements

โปรแกรม Autodesk Revit แบ่งโครงสร้างในการจัดการแบบจำลองอาคาร ออกเป็นองค์ประกอบ ส่วนหลักๆ คือ Model Elements, Datum Elements และ View-specific Elements (Autodesk, 2010)

2.8.1 Model Elements

คือส่วนที่เป็นรูปทรง 3 มิติของแบบจำลองอาคาร ซึ่งแสดงในทุกมุมมองของโปรแกรม (Pandey, 2013) โดย Model Elements แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

1. Host Elements เป็นองค์ประกอบที่เป็นส่วนหลักของอาคาร หรือเป็นองค์ประกอบที่สร้างขึ้นในสถานที่ก่อสร้าง ประกอบไปด้วย ผนัง พื้น หลังคา ฝ้าเพดาน เป็นต้น
2. Components เป็นองค์ประกอบที่ขึ้นอยู่กับ Host Elements หรือติดตั้งภายหลังการสร้างส่วนหลักของอาคารเรียบร้อยแล้ว ตัวอย่างเช่น ประตู หน้าต่าง บันได เครื่องเรือน เป็นต้น

2.8.2 Datum Elements

เป็นองค์ประกอบที่ใช้อ้างอิงตำแหน่งต่างๆ ประกอบด้วย Grids, Levels และ Reference Planes (Pandey, 2013)

2.8.3 View-specific Elements

เป็นองค์ประกอบที่แสดงเฉพาะภายในมุมมองที่วางองค์ประกอบนั้นๆ ลงไป โดยองค์ประกอบเหล่านี้ มีไว้เพื่อช่วยอธิบายหรือให้รายละเอียดแก่แบบ (Pandey, 2013) ซึ่งแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ

1. Annotations เป็น Components 2 มิติ ที่ให้รายละเอียดแก่แบบ Drawing เช่น Dimensions, Tags และตัวอักษร เป็นต้น
2. Details เป็นองค์ประกอบที่ใช้ในการแสดงรายละเอียดต่างๆ เช่น Detail Lines, Filled Regions (Hatch) เป็นต้น

โดยองค์ประกอบแต่ละชนิด โปรแกรม Autodesk Revit ได้แบ่งเป็นประเภทย่อยๆ คือ Categories, Families, Types และ Instances (Pandey, 2013)

2.8.4 Category

คือกลุ่มของ Elements ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง เช่น ผนัง คาน เสา และเฟอร์นิเจอร์ เป็นต้น (Pandey, 2013)

2.8.5 Family

เป็นระดับขั้นย่อยของ Category โดย Family ประกอบไปด้วยกลุ่มของ Parameters หรือคุณสมบัติตัวแปรเหมือนกัน มีการใช้งานแบบเดียวกัน และการแสดงผลทางกราฟิกที่คล้ายกัน เช่น Colonial Door เป็น Family ที่อยู่ใน Category ของ Doors หรือ Structural Walls เป็น Family ที่อยู่ใน Category ของ Wall เป็นต้น (Pandey, 2013)

Revit แบ่ง Family ออกเป็น 3 ประเภทคือ (Autodesk, 2010)

1. **System Family**

   หรือ Host Elements เป็นองค์ประกอบพื้นฐานในการสร้างแบบจำลอง เช่น ผนัง พื้น หลังคา ฝ้าเพดาน ราวกันตก ทางลาด บันได และ Site (Pad) เป็นต้น นอกจากนี้ Datum Elements และ View-specific Elements เช่น Grids, Levels, Drawing Sheets, และ Viewport ก็เป็น System Family เช่นกัน

   System Family เป็นสิ่งที่มีมาให้ตั้งแต่เริ่มต้นสร้าง Project โดยไม่จำเป็นที่จะต้องโหลดเพิ่มจากไฟล์อื่น ผู้ใช้ไม่สามารถ สร้าง เปลี่ยนแปลง หรือลบ System Family ได้ แต่สามารถ Duplicate และแก้ไข Types ได้

2. **Loadable Family**

   หรือ Component เป็นองค์ประกอบที่นำมาติดตั้งในที่ก่อสร้าง หรือองค์ประกอบที่โปรแกรมอนุญาตให้สร้าง และแก้ไขได้ เช่น เสา ประตู หน้าต่าง สุขภัณฑ์ เครื่องเรือน ต้นไม้ Generic Models, Mass เป็นต้น รวมถึง Annotation Elements บางอย่าง ที่สามารถปรับเปลี่ยนได้ เช่น Symbols และ Title Blocks

   Loadable Family เป็น Family ที่ถูกสร้าง และแก้ไข โดยแยกเป็นไฟล์นามสกุล .RFA และโหลดเข้ามายัง Project

3. **In-place Family**

   เป็นองค์ประกอบพิเศษที่สร้างขึ้นใน Project

2.8.6 Types

แต่ละ Family จะประกอบด้วยชนิด (Type) ต่างๆ เช่น Colonial Door อาจจะมีหลายขนาด แต่อยู่ใน Family Colonial Door เดียวกัน (Pandey, 2013)

2.8.7 Instance

คือวัตถุที่มีลักษณะเฉพาะ มีตำแหน่งที่เฉพาะเจาะจงในแบบจำลองอาคาร Instance เป็นส่วนหนึ่งของ Family ที่มีความเฉพาะตัวในแต่ละชิ้น (Pandey, 2013)

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการทดลอง เพื่อตรวจสอบแนวทางการประยุกต์ใช้วิธีการจัดระดับขั้นความละเอียดของข้อมูลสำหรับแบบจำลองสารสนเทศอาคารของสถาบันสถาปนิกอเมริกัน กับวิธีการหาปริมาณงานสถาปัตยกรรมในอุตสาหกรรมการก่อสร้างของไทย ในส่วนของเปลือกอาคารและส่วนต่อเนื่องภายในของเปลือกอาคารนั้น ซึ่งประกอบไปด้วย ผนังก่อ ผนังเบา ผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จ และผนังรอบ (Curtain Wall) โดยมีขั้นตอนรายละเอียดในการดำเนินการวิจัยดังนี้

3.1 การศึกษาแนวความคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
3.2 การจัดความสัมพันธ์ของแนวความคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
3.3 การกำหนดตัวอย่างในการศึกษา
3.4 การตรวจสอบความสามารถและข้อจำกัดของเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาวิจัย
3.5 การออกแบบการทดลอง และดำเนินการทดลอง
3.6 การวิเคราะห์เปรียบเทียบการทดลองแต่ละกรณี
3.7 สรุปผลการวิจัย

3.1 การศึกษาแนวความคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

เป็นการศึกษาถึงแนวความคิดและทฤษฎี เพื่อที่จะนำความรู้ที่ได้มาเป็นแนวทางในการออกแบบและดำเนินการทดลองในขั้นต่อไป ซึ่งเนื้อหาจะประกอบไปด้วย เรื่องแรกคือ แนวความคิดเกี่ยวกับแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) ว่ามีแนวคิดพื้นฐานอย่างไร มีประโยชน์อย่างไร และมีโปรแกรมประเภทแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) สำหรับงานออกแบบสถาปัตยกรรม ใดบ้างในท้องตลาด และเหตุใดจึงเลือกโปรแกรม Autodesk Revit มาเป็นเครื่องมือในการทำการศึกษาวิจัย เรื่องที่สองคือ แนวความคิดของระดับขั้นความละเอียดของข้อมูล โดยเฉพาะแนวทางของสถาบันสถาปนิกอเมริกัน (American Institute of Architects, AIA) ซึ่งเป็นแนวทางที่มีความละเอียดชัดเจนที่สุดในปัจจุบัน เรื่องที่สามคือ วงจรชีวิตโครงการก่อสร้างทางสถาปัตยกรรม เรื่องที่สี่คือ หลักเกณฑ์และวิธีการหาปริมาณงานเพื่อการประมาณราคาค่าก่อสร้างอย่างละเอียดในหมวดงานสถาปัตยกรรมของประเทศไทย โดยเฉพาะในส่วนของเปลือกอาคาร และเรื่องสุดท้ายคือการหาปริมาณงานด้วยแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) โดยเน้นไปที่โปรแกรม Autodesk Revit

3.2 การจัดความสัมพันธ์ของแนวความคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาแนวความคิดและทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง จะพบว่า การจัดระดับขั้นความละเอียดของข้อมูลสำหรับแบบจำลองสารสนเทศอาคาร และการประมาณราคาค่าก่อสร้าง มีการแบ่งระดับขั้นตามวงจรชีวิตของโครงการก่อสร้างทางสถาปัตยกรรม ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

ในขั้นเตรียมการก่อนการออกแบบ (Pre-design Stage) จะมีการทำการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ ซึ่งจะใช้การประมาณราคาขั้นต้น โดยใช้ราคาต่อหน่วยการใช้ เช่น โรงแรมนับจำนวน

ห้องพัก โรงพยาบาลนับจำนวนเตียงคนไข้ แล้วคำนวณงบประมาณจากข้อมูลโครงการเดิมที่มีอยู่ หรืออาจทำการคิดพื้นที่ใช้สอยของโครงการแล้วคูณด้วยราคาต่อหน่วยพื้นที่ ซึ่งในขั้นนี้จะตรงกับระดับขั้นความละเอียดของข้อมูลที่ LOD 100

ในขั้นตอนการออกแบบ (Design Stage) แบ่งเป็น 4 ขั้นตอนย่อยคือ การออกแบบขั้นต้น (Preliminary design) การออกแบบร่างทางเลือกขั้นต้น (Schematic Design) การพัฒนาแบบร่าง (Design Development) และ การออกแบบขั้นตอนสุดท้ายอย่างครบถ้วน (Detail Design) ซึ่งการประมาณราคาค่าก่อสร้างในขั้นนี้จะมีการประมาณราคาในช่วง การออกแบบขั้นต้น และการออกแบบร่างทางเลือกขั้นต้น เพื่อดูงบประมาณและความเป็นไปได้ของโครงการ โดยจะใช้การประมาณราคาขั้นต้น เช่น ราคาต่อหน่วยพื้นที่ หรือราคาประกอบต่อหน่วย เมื่อถึงขั้นการพัฒนาแบบร่าง และ การออกแบบขั้นตอนสุดท้ายอย่างครบถ้วน มักจะไม่มีการประมาณราคา อาจจะมีบ้างเพื่อการตรวจสอบงบประมาณเมื่อแบบมีการเปลี่ยนแปลงไปมาก เช่น เพิ่มหรือลดที่ใช้สอย ซึ่งจะใช้การประมาณราคาขั้นต้น เช่น ราคาต่อหน่วยพื้นที่ หรือราคาประกอบต่อหน่วย เนื่องจากทำได้ง่ายและรวดเร็วกว่าการประมาณราคาอย่างละเอียด ในขั้นตอนนี้จะตรงกับระดับขั้นความละเอียดของข้อมูลที่ LOD 100 200 300 และ 350 ตามลำดับ

ในชั้นตอนเตรียมการก่อนการก่อสร้าง (Pre-Construction Stage) จะมีการทำแบบขออนุญาตก่อสร้าง แบบก่อสร้าง และบัญชีปริมาณงาน (BOQ) ซึ่งสถาปนิกจะต้องทำการประมาณราคาอย่างละเอียดเพื่อใช้ทำราคากลาง และผู้รับเหมาก่อสร้างจะต้องทำการประมาณราคาอย่างละเอียดเพื่อทำการประกวดราคาคัดเลือกผู้รับเหมาก่อสร้าง โดยในขั้นตอนนี้จะตรงกับระดับขั้นความละเอียดของข้อมูลที่ LOD 350 และจุดที่ต้องการรายละเอียดเป็นพิเศษจะใช้ LOD 400

ในขั้นตอนการดำเนินงานก่อสร้าง (Construction Stage) จะเป็นการวางแผนงานก่อสร้างและการควบคุมงานก่อสร้าง ซึ่งผู้ควบคุมงานก่อสร้างจะใช้การประมาณราคาอย่างละเอียดโดยเพื่อกำหนดค่างวดในงานก่อสร้าง และการคิดงานเพิ่มหรือลดจากสัญญาในงานก่อสร้าง กรณีมีการแก้ไขแบบ โดยในขั้นตอนนี้จะตรงกับระดับขั้นความละเอียดของข้อมูลที่ LOD 350 และจุดที่ต้องการรายละเอียดเป็นพิเศษจะใช้ LOD 400

ขั้นตอนภายหลังการก่อสร้างเสร็จ จะมีการจัดทำ As-built Drawings ในขั้นนี้จะไม่มีการประมาณราคาค่าก่อสร้าง ส่วนระดับขั้นความละเอียดของข้อมูลจะอยู่ที่ LOD 400 และจุดที่ต้องการรายละเอียดเป็นพิเศษจะใช้ LOD 500

ขั้นตอนการบริหารทรัพยากรกายภาพ (Facility Management) ในขั้นนี้จะไม่มีการประมาณราคาค่าก่อสร้าง ส่วนระดับขั้นความละเอียดของข้อมูลจะอยู่ที่ LOD 500

สำหรับการหาปริมาณงานด้วยแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) ที่ LOD 100 นั้นเป็นเพียงแบบจำลองที่แสดงรูปทรงของอาคารคร่าวๆ ยังไม่มีองค์ประกอบของอาคารจริงๆ จึงสามารถหาได้เพียงพื้นที่ของพื้นในแต่ละชั้น และพื้นที่ผิว เท่านั้น สำหรับแบบจำลอง ที่ LOD 200 – 500 จะสามารถเรียกข้อมูลขององค์ประกอบอาคาร ได้อย่างละเอียดตามระดับขั้นความละเอียดของข้อมูลที่ใส่ลงไป

ตารางที่ 3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างวงจรชีวิตโครงการสถาปัตยกรรม กับการประมาณราคาค่าก่อสร้าง ระดับขั้นความละเอียดของข้อมูล และการหาปริมาณเปลือกอาคารด้วย BIM

วงจรชีวิตโครงการสถาปัตยกรรม		การประมาณราคาค่าก่อสร้าง		วัตถุประสงค์ของการประมาณราคา	LOD	การหาปริมาณเปลือกอาคารด้วย BIM
Pre-design Stage	Project Programming	การประมาณราคาขั้นต้น	ราคาต่อหน่วยการใช้	ศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ	LOD 100	พื้นที่ของ Mass เช่น Mass Floor Area, Exterior Surface Area
	Feasibility Study		ราคาต่อหน่วยพื้นที่ หรือหน่วยปริมาตร			
	Conceptual Design					
Design Stage	Preliminary Design	การประมาณราคาขั้นต้น	ราคาต่อหน่วยพื้นที่ หรือหน่วยปริมาตร	ศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ	LOD 100	พื้นที่ของ Mass เช่น Mass Floor Area, Exterior Surface Area
	Schematic Design		ราคาประกอบต่อหน่วย		LOD 200	พื้นที่ของผนัง และช่องเปิด
	Design Development		ราคาต่อหน่วยพื้นที่ หรือหน่วยปริมาตร	ตรวจเช็คให้อยู่ในงบประมาณ	LOD 300	พื้นที่ของผนัง ช่องเปิด และวัสดุฉาบ/ปิดผิว
	Detail Design		ราคาประกอบต่อหน่วย		LOD 350	พื้นที่ของผนัง ช่องเปิด วัสดุฉาบ/ปิดผิว และโครงสร้างภายใน
Pre-Construction Stage	แบบขออนุญาตก่อสร้าง	การประมาณราคาอย่างละเอียด		ทำงบประมาณค่าก่อสร้าง (ราคากลาง)	LOD 350-400	พื้นที่ของผนัง ช่องเปิด วัสดุฉาบ/ปิดผิว และโครงสร้างภายใน
	Construction Drawings					
	BOQ			จัดทำเอกสารเสนอราคาของผู้รับเหมา		
Construction Stage	การวางแผนงานการก่อสร้าง	การประมาณราคาอย่างละเอียด		กำหนดค่างวดในงานก่อสร้าง	LOD 350-400	พื้นที่ของผนัง ช่องเปิด วัสดุฉาบ/ปิดผิว และโครงสร้างภายใน
	การควบคุมการก่อสร้าง			การคิดงานเพิ่มหรือลด		
Post-Construction Stage	As-built Drawings	-		-	LOD 400-500	พื้นที่ของผนัง ช่องเปิด วัสดุฉาบ/ปิดผิว และโครงสร้างภายใน
Facility Management	การบริหารทรัพยากรกายภาพ	-		-	LOD 500	พื้นที่ของผนัง ช่องเปิด วัสดุฉาบ/ปิดผิว และโครงสร้างภายใน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โดยระดับความละเอียดของข้อมูลที่ LOD 100 ยังไม่มีสิ่งที่เป็นองค์ประกอบของอาคาร มีเพียงข้อมูลพื้นที่ในแต่ละชั้นเท่านั้น และที่ LOD 500 เป็นการสร้างแบบจำลองที่ใช้เพื่อการนำเสนอภาพจำลอง และการบริหารทรัพยากรกายภาพเท่านั้น ไม่ได้ใช้เพื่อการประมาณราคาค่าก่อสร้าง เมื่อพิจารณาจากการประมาณราคาค่าก่อสร้างจะตรงกับ LOD 200 – 400 ดังนั้นกรอบความคิดในการวิจัยนี้ จะทำการทดลองเปรียบเทียบปริมาณวัสดุจากแบบจำลองสารสนเทศอาคาร กับปริมาณงานเพื่อประมาณราคาค่าก่อสร้างอย่างละเอียดจากการคำนวณทางเอกสาร ที่ LOD 200 – 400 ทั้งนี้เปลือกอาคารบางประเภทอาจจะใช้ถึงเพียง LOD 350

3.3 การกำหนดตัวอย่างในการศึกษา

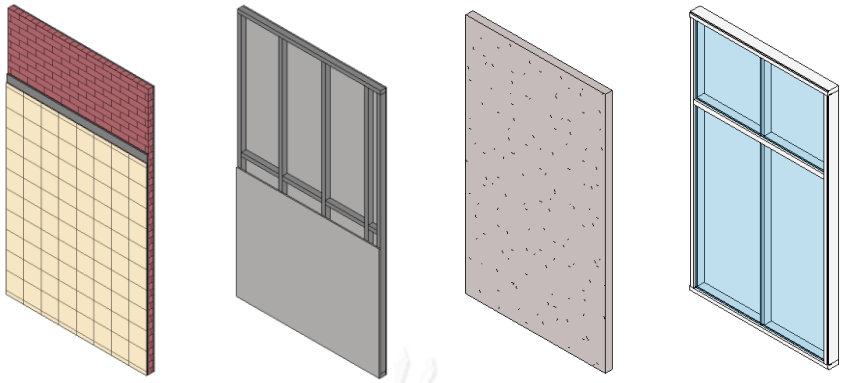
เนื่องจากข้อจำกัดด้านเวลา และการเข้าถึงข้อมูล การวิจัยนี้จึงเลือกจำกัดขอบเขตการศึกษาเฉพาะการหาปริมาณงานเพื่อการประมาณราคาค่าก่อสร้างอย่างละเอียด ในหมวดงานสถาปัตยกรรมของประเทศไทย เฉพาะในส่วนของเปลือกอาคารและส่วนต่อเนื่องภายในของเปลืองอาคารนั้น ซึ่งเป็นส่วนที่มีความยุ่งยากและซับซ้อนในการหาปริมาณงาน และสามารถนำวิธีการศึกษาและผลการศึกษาไปใช้เป็นแนวทางในการศึกษา ในส่วนงานอื่นๆ ต่อได้ เช่น งานพื้น งานหลังคา งานฝ้าเพดาน ซึ่งมีลักษณะเป็นการหาพื้นที่คล้ายกับเปลือกอาคาร

3.3.1 ชนิดของตัวอย่างผนังภายนอกที่ใช้ในการศึกษา

การกำหนดตัวอย่างเปลือกอาคารที่จะใช้ในการศึกษานั้น เลือกจากเปลือกอาคารที่เป็นพื้นฐานของเปลือกอาคารที่มีในประเทศไทย ซึ่งการก่อสร้างเปลือกอาคารหรือผนังภายนอกในประเทศไทยนั้น หากแบ่งตามการรับแรงจะแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ ผนังที่วางบนโครงสร้างคาน หรือพื้น เช่น ผนังก่ออิฐฉาบปูน และ ผนังเบา (ผนังยิปซั่มบอร์ด ผนังไฟเบอร์ซีเมนต์) และผนังที่แขวนอยู่ด้านข้างโครงสร้างคานหรือพื้น เช่น ผนังรอบ (Curtain Wall) และ ผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จเป็นต้น

ดังนั้นในการวิจัยนี้ จึงเลือกตัวอย่างผนังภายนอก 4 ชนิดมาทำการทดลอง ซึ่งประกอบไปด้วย ผนังก่ออิฐฉาบปูน ผนังเบา ผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จ และผนังรอบ (Curtain Wall) โดยผนังแต่ละชนิดมีรายละเอียดดังนี้

1. **ผนังก่ออิฐฉาบปูน:** ผนังก่ออิฐครึ่งแผ่น ชั้นก่ออิฐหนา 7 ซม. ชั้นปูนฉาบภายนอกหนา 1.5 ซม. ฉาบสูงถึงระดับชั้นถัดไป ชั้นปูนฉาบภายในหนา 1.5 ซม. ฉาบสูงเลยฝ้า 10 ซม. ชั้นกรุกระเบื้องภายในถัดจากชั้นปูนฉาบหนา 1 ซม. สูง 2.6 เมตร ผนังรวมหนา 11 ซม.
2. **ผนังเบา:** ชั้นโครงคร่าวเหล็กขนาด 75 มม. ระยะโครง 60 x 120 ซม. วัสดุแผ่นด้านนอกเป็นแผ่น ไฟเบอร์ซีเมนต์ หนา 12 มม. วัสดุแผ่นภายในเป็นแผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ หนา 10 มม. ผนังรวมหนา 9.7 ซม.
3. **ผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จ:** หนา 10 ซม.
4. **ผนังรอบ (Curtain Wall):** ชนิด 2 Sided Structural Silicone Glazing System ติดตั้งแบบ Stick System โครงแนวตั้ง (Mullion) ขนาด 63.5 x 101.6 มม. โครงแนวนอน (Transom) ขนาด 63.5 x 152.4 มม. ผนังรวมหนา 15.24 ซม.



ภาพที่ 3.1 ตัวอย่าง ผนังก่ออิฐฉาบปูน ผนังเบา ผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จ และผนังรอบ (Curtain Wall)

3.3.2 ระดับขั้นความละเอียดของข้อมูลของตัวอย่างผนังภายนอกที่ใช้ในการศึกษา

ในการวิจัยนี้ ต้องทำการกำหนดระดับขั้นความละเอียดของข้อมูลของผนังตัวอย่างตามแนวทางของสถาบันสถาปนิกอเมริกัน เพื่อให้สามารถนำไปสร้างแบบจำลองในโปรแกรม Autodesk Revit โดย ผนังตัวอย่างทั้ง 4 ชนิด สามารเทียบเคียงกับ แนวทางระดับขั้นความละเอียดของข้อมูลสำหรับแบบจำลองสารสนเทศอาคารของสถาบันสถาปนิกอเมริกัน ได้ดังนี้

3.3.2.1 ผนังก่ออิฐฉาบปูน

เทียบได้กับ ตารางที่ 2.3 B2010 ผนังภายนอก (Exterior Walls) รวมถึงหมวดย่อย ตารางที่ 2.4 B2010.10 ผนังวีเนียร์ภายนอก (Exterior Wall Veneer) และตารางที่ 2.5 B2010.20 ผนังโครงสร้างภายนอก (Exterior Wall Construction) โดยสามารถ สรุประดับขั้นความละเอียดของข้อมูลสำหรับผนังก่ออิฐฉาบปูนได้ดังนี้

LOD 100: ผนังถูกแสดงเป็นพื้นผิวที่ไม่มีความหนา เพื่อแสดงแบบจำลองรูปทรงและปริมาตรของอาคาร

LOD 200: ผนังก่ออิฐ ไม่มีการแบ่งชั้นของวัสดุฉาบและปิดผิว ตั้งค่าวัสดุผนังเป็นอิฐ ความหนาโดยรวมแบบมาตรฐาน คือ ผนังก่ออิฐครึ่งแผ่น หนา 10 ซม.

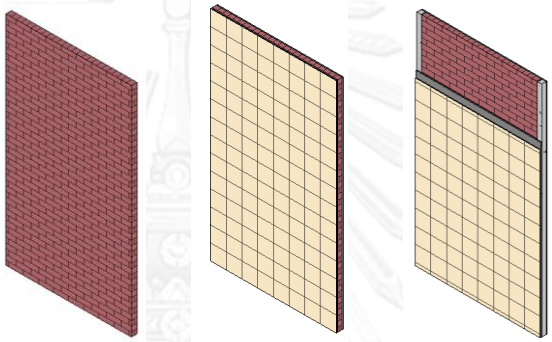
LOD 300: มีการแยกชั้นของวัสดุ ประกอบไปด้วย ชั้นแกนกลางเป็นวัสดุอิฐ หนา 7 ซม. ปิดผิวด้านนอกด้วยชั้นวัสดุปูนฉาบ หนา 1.5 ซม. ปิดผิวด้านในด้วยชั้นวัสดุปูนฉาบหนา 1.5 ซม. และชั้นวัสดุกระเบื้อง หนา 1 ซม.

LOD 350: มีการใส่โครงสร้างเสาเอ็น และทับหลัง บริเวณช่องเปิด ทุกระยะผนังไม่เกิน 3 x 3 เมตร และบริเวณมุมที่ผนังมาเจอกัน ในแนวทางของสถาบันสถาปนิกอเมริกันไม่ได้ระบุถึงเรื่องระดับความสูงของชั้นวัสดุ แต่ในการทดลองนี้กำหนดให้มีการใส่ระดับ

ความสูงของชั้นวัสดุต่างๆ ที่ LOD 350 เพื่อข้อมูลที่ละเอียดกว่า LOD 300

LOD 400: มีการใส่อิฐเป็นก้อน

ในการทดลอง ผนังก่ออิฐฉาบปูน จะทำการทดลองที่ระดับขั้น LOD 200 – LOD 350 เพื่อหาปริมาณงานเทียบกับการหาปริมาณงานเพื่อการประมาณราคาค่าก่อสร้างอย่างละเอียดด้วยวิธีการทางการคำนวณ โดยตัดระดับขั้น LOD 100 ออกเนื่องจากไม่มีวัตถุที่เป็นผนัง และตัดระดับขั้น LOD 400 ออกเนื่องจากในการหาปริมาณงานด้วยการคำนวณทางเอกสาร (อ้างอิงจากการศึกษาในหัวข้อ 2.6.5.2) ไม่มีการคิดจำนวนก้อนอิฐ จำนวนก้อนอิฐจะถูกคิดอยู่ในต้นทุนต่อหน่วยแทน



ภาพที่ 3.2 ตัวอย่างผนังก่ออิฐฉาบปูนที่ LOD 200, LOD 300, และ LOD 350

3.3.2.2 ผนังเบา

เทียบได้กับ ตารางที่ 2.3 B2010 ผนังภายนอก (Exterior Walls) รวมถึงหมวดย่อย ตารางที่ 2.4 B2010.10 ผนังวีเนียร์ภายนอก (Exterior Wall Veneer) ตารางที่ 2.5 B2010.20 ผนังโครงสร้างภายนอก (Exterior Wall Construction) และตารางที่ 2.6 B2010.30 ผิวภายในของผนังภายนอก (Exterior Wall Interior Skin) โดยสามารถ สรุประดับขั้นความละเอียดของข้อมูลสำหรับผนังเบาได้ดังนี้

LOD 100: ผนังถูกแสดงเป็นพื้นผิวที่ไม่มีความหนา เพื่อแสดงแบบจำลองรูปทรงและปริมาตรของอาคาร

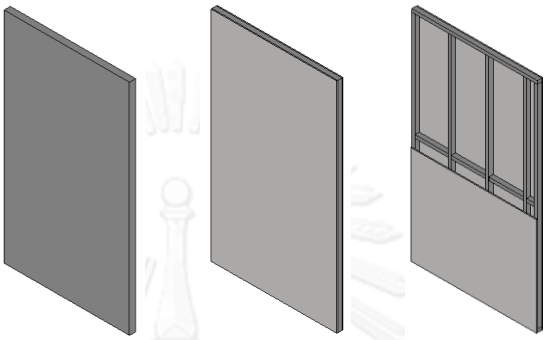
LOD 200: ผนังเบา ไม่มีการแบ่งชั้นของโครงคร่าวและวัสดุปิดผิว ตั้งค่าวัสดุผนังเป็นไฟเบอร์ซีเมนต์ ความหนาโดยรวมแบบมาตรฐาน หนา 10 ซม.

LOD 300: มีการแยกชั้นของวัสดุ ประกอบไปด้วย ชั้นแกนกลายเป็นวัสดุโครงคร่าว หนา 7.5 ซม. ปิดผิวด้านนอกด้วยชั้นวัสดุไฟเบอร์ซีเมนต์ หนา 1.2 ซม. ปิดผิวด้านในด้วยชั้นวัสดุไฟเบอร์ซีเมนต์ หนา 1 ซม.

LOD 350: มีการใส่โครงคร่าวที่ชั้นแกนกลางของผนัง

LOD 400: มีการแบ่งวัสดุเป็นแผ่นๆ

ในการทดลอง ผนังเบา จะทำการทดลองที่ระดับขั้น LOD 200 – LOD 350 เพื่อหาปริมาณงานเทียบกับการหาปริมาณงานเพื่อการประมาณราคาค่าก่อสร้างอย่างละเอียดด้วยวิธีการทางการคำนวณ โดยตัดระดับขั้น LOD 100 ออกเนื่องจากไม่มีวัตถุที่เป็นผนัง และตัดระดับขั้น LOD 400 ออกเนื่องจากในการหาปริมาณงานด้วยการคำนวณทางเอกสาร (อ้างอิงจากการศึกษาในหัวข้อ 2.6.5.2.2) ไม่มีการหาจำนวนแผ่นวัสดุ จำนวนแผ่นวัสดุจะถูกคิดอยู่ในต้นทุนต่อหน่วยแทน



ภาพที่ 3.3 ตัวอย่างผนังเบาที่ LOD 200, LOD 300, และ LOD 350

3.3.2.3 ผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จ

เทียบได้กับ ตารางที่ 2.4 B2010.10 ผนังวีเนียร์ภายนอก (Exterior Wall Veneer) และตารางที่ 2.5 B2010.20 ผนังโครงสร้างภายนอก (Exterior Wall Construction) โดยสามารถ สรุประดับขั้นความละเอียดของข้อมูลสำหรับผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จได้ดังนี้

LOD 100: ผนังถูกแสดงเป็นพื้นผิวที่ไม่มีความหนา เพื่อแสดงแบบจำลองรูปทรงและปริมาตรของอาคาร

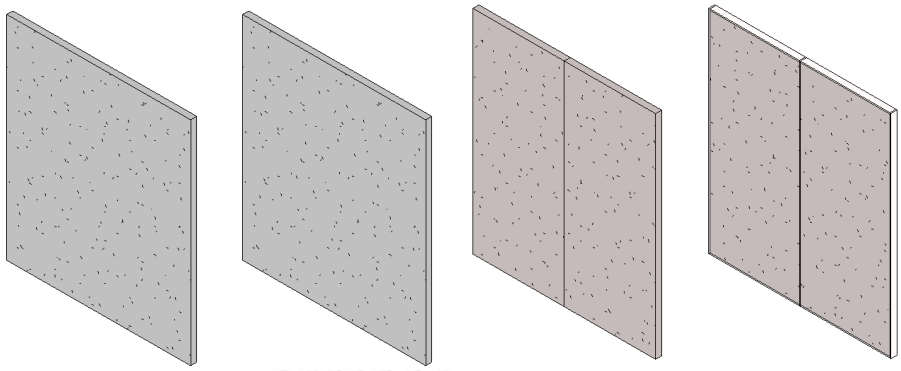
LOD 200: ผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จ ไม่มีการแบ่งชั้นของวัสดุ ตั้งค่าวัสดุผนังเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก ความหนาผนังหนา 10 ซม.

LOD 300: ผนังมีการแยกชั้นของวัสดุ แต่ ผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จมีชั้นวัสดุชั้นเดียวคือ ชั้นวัสดุคอนกรีตเสริมเหล็ก ความหนา 10 ซม.

LOD 350: มีการแยกผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จออกเป็นชิ้นๆ

LOD 400: มีการใส่ Sealants ตามแนวรอยต่อ

ในการทดลอง ผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จ จะทำการทดลองที่ระดับขั้น LOD 200 – LOD 400 เพื่อหาปริมาณงานเทียบกับการหาปริมาณงานเพื่อการประมาณราคาค่าก่อสร้างอย่างละเอียดด้วยวิธีการทางการคำนวณ โดยตัดระดับขั้น LOD 100 ออกเนื่องจากไม่มีวัตถุที่เป็นผนัง



ภาพที่ 3.4 ตัวอย่างผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จที่ LOD 200, LOD 300, LOD 350, และ LOD 400

3.3.2.4 ผนังรอบ (Curtain Wall)

เทียบได้กับ ตารางที่ 2.7 B2020.30 ผนังหน้าต่างภายนอก (Exterior Window Wall) โดยสามารถ สรุประดับขั้นความละเอียดของข้อมูลสำหรับผนังรอบ (Curtain Wall) ได้ดังนี้

LOD 100: ผนังถูกแสดงเป็นพื้นผิวที่ไม่มีความหนา เพื่อแสดงแบบจำลองรูปทรงและปริมาตรของอาคาร

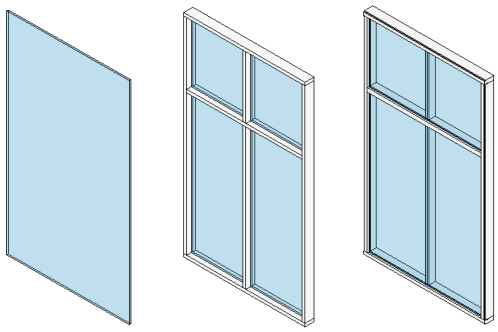
LOD 200: ผนังทั่วไป ตั้งค่าวัสดุเป็นกระจก ไม่มีการแบ่งส่วนโครงและตัวแผ่นกระจก

LOD 300: มีการแบ่งผนังเป็นส่วนโครงและตัวแผ่นกระจก โดยมีขนาดของโครงโดยประมาณ เช่น 50 x 150 มม.

LOD 350: มีการกำหนดขนาดของแผ่นกระจก และขนาดของโครงตามการก่อสร้างจริง เช่น ผนังรอบ ชนิด 2 Sided Structural Silicone Glazing System โครงแนวตั้ง (Mullion) ขนาด 63.5 x 101.6 มม. โครงแนวนอน (Transom) ขนาด 63.5 x 152.4 มม.

LOD 400: รูปร่างหน้าตัดของโครงเหมือนจริง และมีรายละเอียดต่างๆ เช่น Sealants ขอบคิ้ว บัวหยดน้ำ และตัวยึดต่างๆ เป็นต้น

ในการทดลอง ผนังรอบ จะทำการทดลองที่ระดับขั้น LOD 200 – LOD 350 เพื่อหาปริมาณงานเทียบกับการหาปริมาณงานเพื่อการประมาณราคาค่าก่อสร้างอย่างละเอียดด้วยวิธีการทางการคำนวณ โดยตัดระดับขั้น LOD 100 ออกเนื่องจากไม่มีวัตถุที่เป็นผนัง และตัดระดับขั้น LOD 400 ออกเนื่องจากในการหาปริมาณงานด้วยการคำนวณทางเอกสาร (อ้างอิงจากการศึกษาในหัวข้อ 2.6.5.3.1) จะหาเพียงปริมาณพื้นที่ของผนังเท่านั้น ส่วนปริมาณขององค์ประกอบย่อยอื่นๆ จะอยู่ในต้นทุนต่อหน่วย ซึ่งขึ้นอยู่กับบริษัทผู้ผลิตผนังรอบ ในแต่ละบริษัท



ภาพที่ 3.5 ตัวอย่างผนังรอบ (Curtain Wall) ที่ LOD 200, LOD 300, และ LOD 350

3.4 การตรวจสอบความสามารถ และข้อจำกัดของเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ โปรแกรมแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) สำหรับงานสถาปัตยกรรม ซึ่งได้เลือกใช้โปรแกรม Autodesk Revit เพื่อทำการทดลอง

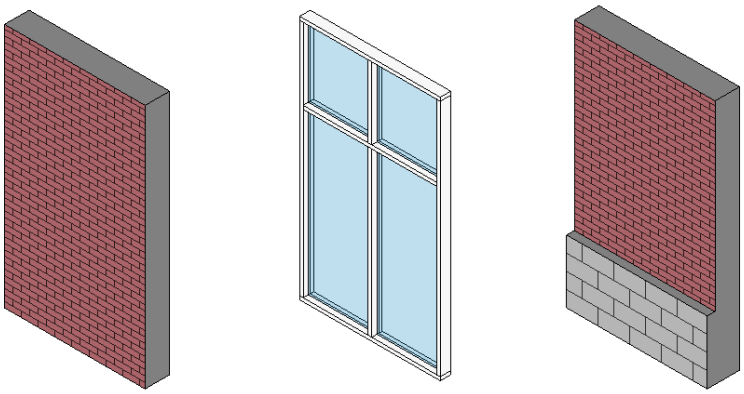
ในการสร้างแบบจำลองของตัวอย่างผนังภายนอกที่ใช้ในการศึกษา ตามระดับขั้นความละเอียดของข้อมูล ด้วยโปรแกรม Autodesk Revit นั้นมีรายละเอียดดังนี้

3.4.1 เครื่องมือในการสร้างผนังของโปรแกรม Autodesk Revit

การสร้างผนังในโปรแกรม Autodesk Revit จะใช้คำสั่ง Wall ในการสร้าง โดย Wall เป็นวัตถุที่เป็น System Family นั่นคือไม่สามารถ สร้าง เปลี่ยนแปลง หรือลบ ได้ ทำได้เพียงคัดลอกและแก้ไข Types ของ Wall เท่านั้น

Types ของ Wall แบ่งออกเป็น 3 ชนิดใหญ่ๆ คือ Basic Wall, Curtain Wall, และ Stacked Wall ซึ่งมีลักษณะดังนี้

1. **Basic Wall** คือ ผนังทั่วๆ ไป ที่ประกอบไปด้วย ชั้นแกนกลาง (Core Structure) และชั้นของผิวสำเร็จ (Finishing) ซึ่งโปรแกรมอนุญาตให้ผู้ใช้สามารถ เพิ่ม ลด จำนวนชั้นของวัสดุ รวมถึง กำหนดความหนา และชนิดของวัสดุได้ ผนังชนิดนี้จะเป็นผนังพื้นฐาน ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ได้หลากหลาย
2. **Curtain Wall** คือ ผนังที่ประกอบด้วย Curtain Wall Panel, Curtain Grid และ Curtain Wall Mullion โดยที่ Curtain Wall Panel คือส่วนที่เป็นแผ่นของผนังรอบ เช่น แผ่นกระจก หรือแผ่นทึบอื่นๆ เช่น Aluminum Composite ซึ่งสามารถสร้าง Family และโหลดเข้ามาใช้ได้ หรือสามารถกำหนด Wall Type ต่างๆ ให้เป็น Curtain Wall Panel ได้เช่นกัน สำหรับ Curtain Grid คือเส้นอ้างอิงที่ใช้แบ่งแผ่นผนังรอบเป็นแผ่นเล็กๆ และ Curtain Wall Mullion คือ โครงของผนังรอบ ที่จะใส่ไปตาม Curtain Grid ที่วางไว้
3. **Stacked Wall** คือ ผนังที่สามารถนำเอา Basic Wall หลายๆ Types มาวางต่อกันในแนวตั้ง โดยที่สามารถกำหนดความสูงของแต่ละชั้นได้



ภาพที่ 3.6 Basic Wall, Curtain Wall และ Stacked Wall

โดยในการวิจัยนี้ ต้องทำการสร้างแบบจำลองตัวอย่างผนังภายนอก ตามระดับขั้นความละเอียดของข้อมูลต่างๆ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ผนังก่ออิฐฉาบปูน

LOD 200: ใช้คำสั่ง Wall ในการสร้างโดยเลือก Types แบบ Basic Wall กำหนดจำนวนชั้นของวัสดุ 1 ชั้น ความหนา 10 ซม. ชนิดของวัสดุเป็นอิฐ

LOD 300: ใช้คำสั่ง Wall ในการสร้างโดยเลือก Types แบบ Basic Wall กำหนดจำนวนชั้นของวัสดุ 4 ชั้น คือ ชั้นแกนกลาง กำหนดวัสดุเป็นอิฐ ความหนา 7 ซม. ชั้นผิวภายนอก กำหนดวัสดุเป็นปูนฉาบภายนอก ความหนา 1.5 ซม. ชั้นผิวภายใน กำหนดวัสดุเป็นปูนฉาบภายใน ความหนา 1.5 ซม. และ วัสดุกระเบื้องความหนา 1 ซม.

LOD 350: ใช้ผนัง Basic Wall ที่กำหนดจำนวนชั้นของวัสดุ 4 ชั้น เช่นเดียวกับ LOD 300 แต่กำหนดระดับความสูงของของชั้นต่างๆ ดังนี้ ชั้นปูนฉาบภายใน สูง 2.7 เมตร ชั้นกระเบื้อง สูง 2.6 เมตร ส่วนชั้นปูนฉาบภายนอก และชั้นก่ออิฐ สูงถึงระดับพื้นชั้นถัดไปตามปกติ และเพิ่ม เสาเอ็น และทับหลัง ที่สร้างจาก Structural Column และ Structural Framing: Beam ขนาดหน้าตัดเท่ากับความหนาชั้นก่ออิฐ คือ 7 x 7 ซม.

2. ผนังเบา

LOD 200: ใช้คำสั่ง Wall ในการสร้างโดยเลือก Types แบบ Basic Wall กำหนดจำนวนชั้นของวัสดุ 1 ชั้น ความหนา 10 ซม. ชนิดของวัสดุเป็นไฟเบอร์ซีเมนต์

LOD 300: ใช้คำสั่ง Wall ในการสร้างโดยเลือก Types แบบ Basic Wall กำหนดจำนวนชั้นของวัสดุ 3 ชั้น คือ ชั้นแกนกลาง กำหนดวัสดุเป็นโครงคร่าวเหล็ก ความหนา 7.5 ซม. ชั้นผิวภายนอก กำหนดวัสดุเป็นไฟเบอร์ซีเมนต์ภายนอก ความหนา 1.2 ซม. ชั้นผิวภายใน กำหนดวัสดุเป็นไฟเบอร์ซีเมนต์ภายใน ความหนา 1 ซม.

LOD 350: เหมือน LOD 300 และเพิ่มโครงคร่าว ที่สร้างจาก Structural Framing ใช้ Autodesk Revit Extensions: Wood Framing Walls ในการช่วยใส่โครงคร่าว

3. ผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จ

LOD 200: ใช้คำสั่ง Wall ในการสร้างโดยเลือก Types แบบ Basic Wall กำหนดจำนวนชั้นของวัสดุ 1 ชั้น ความหนา 10 ซม. ชนิดของวัสดุเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก

LOD 300: ใช้ผนังเดียวกับ LOD 200 เนื่องจากผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จไม่มีชั้นของวัสดุเพิ่มเติม

LOD 350: ใช้คำสั่ง Wall ในการสร้างโดยเลือก Types แบบ Curtain Wall โดยตั้ง Curtain Wall Panel เป็นผนัง Basic Wall ที่มีจำนวนชั้นของวัสดุ 1 ชั้น ความหนา 10 ซม. ชนิดของวัสดุเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก และตั้งค่า Curtain Grid แนวตั้งกว้างไม่เกิน 2.5 เมตร แนวนอนสูง 3.5 เมตร

LOD 400: เหมือน LOD 350 แต่เพิ่มการใส่ Sealants ซึ่งการสร้าง Sealants ไม่มี คำสั่งโดยตรงในโปรแกรม Autodesk Revit แต่สามารถใช้ Curtain Wall Mullion ที่กำหนดความหนาหน้าตัด 2 x 10 ซม. และกำหนดวัสดุเป็น Sealants แทนได้

4. ผนังรอบ (Curtain Wall)

LOD 200: ใช้คำสั่ง Wall ในการสร้างโดยเลือก Types แบบ Curtain Wall โดยไม่มีการกำหนด ระยะของ Curtain Grid และไม่มีการใส่ Curtain Wall Mullion ใดๆ

LOD 300: ใช้คำสั่ง Wall ในการสร้างโดยเลือก Types แบบ Curtain Wall ประเภทของ Curtain Wall Panel เป็น System Panel: Glazed โดยกำหนดระยะของ Curtain Grid แนวตั้ง 1.5 เมตร และแนวนอน 2.4 เมตร และใส่ Curtain Wall Mullion ขนาดหน้าตัด 50 x 150 มม. ซึ่งเป็นขนาดมาตรฐานของโปรแกรม โดย Duplicate Curtain Wall Mullion แยกเป็น 2 Types สำหรับโครงแนวตั้ง และโครงแนวนอน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

LOD 350: ใช้คำสั่ง Wall ในการสร้างโดยเลือก Types แบบ Curtain Wall ประเภทของ Curtain Wall Panel เป็น System Panel: 1” Glass โดยกำหนดระยะของ Curtain Grid แนวตั้ง 1.5 เมตร และแนวนอน 2.4 เมตร และใส่ Curtain Wall Mullion โดยสร้าง Mullion จาก Profile ที่โหลดเข้ามา โดย Mullion แนวตั้ง มีขนาด 63.5 x 101.6 มม. และ Mullion แนวนอน (Transom) มีขนาด 63.5 x 152.4 มม.

3.4.2 การตรวจสอบความสามารถ และข้อจำกัดของโปรแกรม Autodesk Revit

โปรแกรม Autodesk Revit สามารถทำการเรียกดูรายการของวัตถุต่างๆ ได้ โดยใช้คำสั่ง Schedules ซึ่งจะมีคำสั่งย่อยคือ Schedule/Quantities และ Material Takeoff โดยที่ Schedule/Quantities จะเป็นรายการของวัตถุหรือ Family แต่ละชนิด เช่น ผนัง สามารถบอกข้อมูล ความยาว พื้นที่ ปริมาตร จำนวน เป็นต้น ส่วน Material Takeoff เป็นรายการของวัสดุใน Family แต่ละชนิด เช่น ผนัง สามารถบอกข้อมูลของวัสดุในแต่ละชั้นได้ เช่น ข้อมูล ชนิดวัสดุ พื้นที่ ความยาว ปริมาตร เป็นต้น ซึ่งในการวิจัยนี้ จะมุ่งเน้นไปที่การหาค่าพื้นที่ของวัสดุต่างๆ ของผนัง เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับ การหาปริมาณโดยใช้วิธีการคำนวณทางเอกสาร ต่อไป

อย่างไรก็ตามโปรแกรม Autodesk Revit ไม่มีการอธิบายถึงวิธีการคำนวณเบื้องหลังของ Schedules ต่างๆ ดังนั้นก่อนทำการทดลองเปรียบเทียบกับการหาปริมาณโดยใช้วิธีการคำนวณทางเอกสาร จึงต้องทำการทดลองเพื่อวิเคราะห์ถึงหลักการคำนวณ และข้อจำกัดของโปรแกรม ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

3.4.2.1 การกำหนด Family ที่จะทำการทดลองเพื่อวิเคราะห์ถึงหลักการคำนวณ และข้อจำกัดของโปรแกรม

เนื่องจากการวิจัยนี้ทำการศึกษาเฉพาะในส่วนของเปลือกอาคารและส่วนต่อเนื่องภายในของเปลือกอาคารนั้น ซึ่ง Family ของโปรแกรม Autodesk Revit ที่เกี่ยวข้องในการวิจัย จะประกอบไปด้วย ผนัง (Wall) เสางานสถาปัตยกรรม (Architectural Column) เสางานโครงสร้าง (Structural Column) คาน (Structural Framing: Beam) ประตู (Door) และ หน้าต่าง (Window) โดยจะทำการศึกษาถึงค่าตัวเลขต่างๆ ที่เกิดขึ้นใน Schedule เมื่อวัตถุต่างๆ ถูกสร้างด้วยวิธีการต่างๆ กัน

3.4.2.2 การทดลองเพื่อวิเคราะห์ถึงหลักการคำนวณ และข้อจำกัดของผนัง

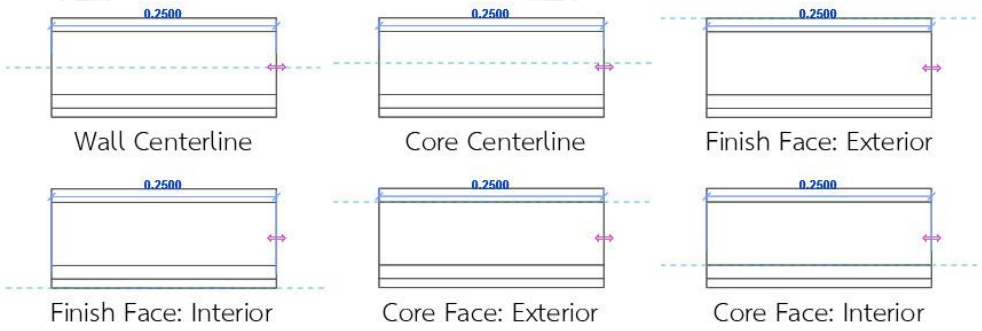
โปรแกรม Autodesk Revit แบ่งผนังออกเป็น 3 ประเภท คือ Basic Wall, Curtain Wall, และ Stacked Wall ซึ่งได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 3.4.1 แล้ว โดยผนังที่แตกต่างกันอย่างชัดเจนคือผนัง Basic Wall และ Curtain Wall ส่วน Stacked Wall เป็นการนำเอา Basic Wall มาซ้อนกันในแนวตั้ง

การทดลองในหัวข้อนี้ เป็นการศึกษาถึงปริมาณพื้นที่ของวัสดุในชั้นต่างๆ ของผนัง Basic Wall และ Curtain Wall ในกรณีต่างๆ เพื่อศึกษาถึงหลักการ และข้อจำกัดของโปรแกรม Autodesk Revit ในการคำนวณหาพื้นที่ของผนัง โดยแบ่งการทดลองออกเป็นกรณีต่างๆ ดังนี้

3.4.2.2.1 ทดลองการเขียนผนัง Basic Wall ด้วย Location Line ต่างๆ

การเขียนผนังด้วยโปรแกรม Autodesk Revit ทำได้โดยการลากเส้นซึ่งเรียกว่า Location Line เพียงเส้นเดียว ผนังจะถูกสร้างขึ้นตามเส้นนั้น โดย Basic Wall และ Stacked Wall สามารถกำหนดประเภทของ Location Line ได้ดังนี้

- Wall Centerline ผนังจะอยู่กึ่งกลางระหว่าง Location Line
- Core Centerline แกนกลางของผนังจะอยู่กึ่งกลางระหว่าง Location Line
- Finish Face: Exterior ผิวนอกสุดของด้านภายนอก จะอยู่ที่ Location Line
- Finish Face: Interior ผิวนอกสุดของด้าน ภายใน จะอยู่ที่ Location Line
- Core Face: Exterior ผิวของแกนกลางที่อยู่ฝั่งภายนอก จะอยู่ที่ Location Line
- Core Face: Interior ผิวของแกนกลางที่อยู่ฝั่งภายใน จะอยู่ที่ Location Line



ภาพที่ 3.7 Location Line ประเภทต่างๆ มีผลต่อตำแหน่งของการสร้างผนัง

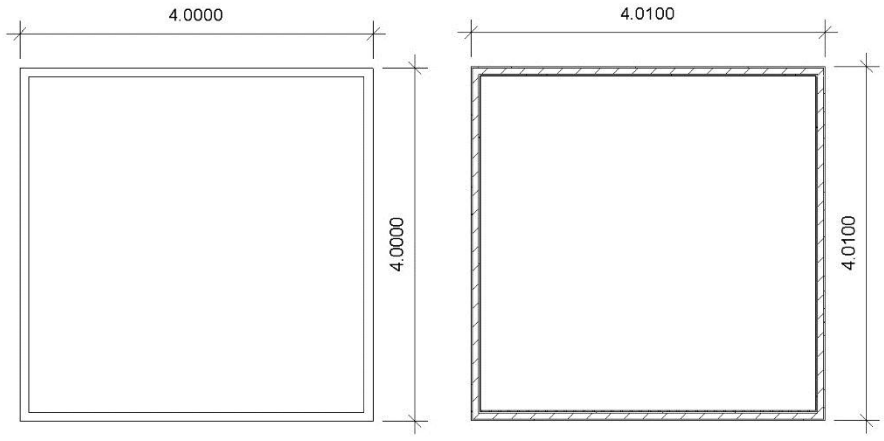
ส่วน Curtain Wall จะไม่สามารถเลือกประเภทของ Location Line ได้ ระยะต่างๆ จะเกิดจากการตั้งค่า Offset ของ Panel จาก Location Line

การทดลองนี้เป็นการทดลองเพื่อศึกษา การเขียนผนังด้วย Location Line ประเภทต่างๆ ว่ามีผลต่อพื้นที่และตำแหน่งของผนังอย่างไร โดยการทดลองมีขั้นตอนดังนี้

3.4.2.2.1.1 ขั้นตอนการทดลองการเขียนผนัง Basic Wall ด้วย Location Line ต่างๆ

ทำการทดลองที่ระดับขั้นความละเอียดของข้อมูลที่ LOD 200 และ LOD 300 โดย กำหนดชั้นของผนัง Basic Wall ที่ LOD 200 1 ชั้นเป็นอิฐ หนา 10 ซม. และ LOD 300 4 ชั้น ประกอบไปด้วยแกนกลางเป็นอิฐ หนา 7 ซม. ชั้นผิวสำเร็จภายนอกเป็นปูนฉาบหนา 1.5 ซม. และชั้นผิวสำเร็จภายในเป็นปูนฉาบ หนา 1.5 ซม. และชั้นกระเบื้องหนา 1 ซม.

1. กำหนดขอบเขตพื้น 4 x 4 เมตร
2. เลือกผนังก่ออิฐฉาบปูน LOD 200 นำมาเขียนเป็นห้องสี่เหลี่ยม ความสูง 3.5 เมตร ด้วย Location Line ทีละประเภท
3. ทำการ Align ให้ผิวนอกสุดของผนังอยู่ที่เส้นขอบพื้น
4. ทำการสร้าง Schedules Wall Material Takeoff เพื่อดูพื้นที่ของวัสดุผนัง และทำการจดบันทึกวัสดุผนังทุกชั้น
5. เปลี่ยน Types ผนังเป็นก่ออิฐฉาบปูน LOD 300 สังเกตตำแหน่งผนังและพื้นที่วัสดุผนังที่เปลี่ยนแปลงไป แล้วจึงบันทึกไว้
6. เริ่มเขียนผนังใหม่ด้วย Location Line ประเภทถัดไป ทำซ้ำกระบวนการเดิมจนครบ Location Line ทั้ง 6 ประเภท
7. วิเคราะห์ และสรุปผลการทดลอง



ภาพที่ 3.8 การเขียนผนังด้วย Location Line แบบ Wall Centerline ที่ LOD 200 เมื่อเปลี่ยนเป็น LOD 300 ผนังซึ่งมีความหนาที่เปลี่ยนไป ส่งผลให้ระยะของผนังเปลี่ยนไป

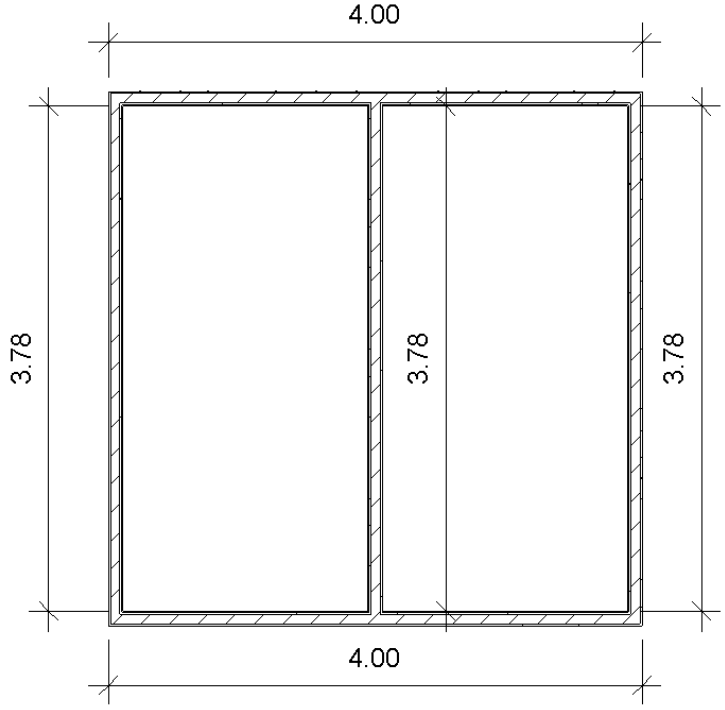
3.4.2.2.1.2 ผลการทดลองการเขียนผนัง Basic Wall ด้วย Location Line ต่างๆ

ตารางที่ 3.2 ผลการทดลองการเขียนผนัง Basic Wall ด้วย Location Line ต่างๆ

Location Line	วัสดุผนัง	พื้นที่ผนัง (ตร.ม.) LOD 200 (ความหนาผนัง 10 ซม.)	พื้นที่ผนัง (ตร.ม.) LOD 300 (ความหนาผนัง 11 ซม.)	ตำแหน่งผนังเมื่อเปลี่ยนจาก LOD 200 เป็น LOD 300	เหตุผล
Wall centerline	อิฐ	54.60	54.60	ผนังเกินขอบพื้นออกไป 5 มม.	ระยะกึ่งกลางจากผนังโดยรวมถึงริมนอกสุดเพิ่มขึ้น คือ ผนังรวมหนา 11 ซม .ครึ่งหนึ่งคือ 5.5 ซม .เพิ่มขึ้น 5 มม.
	ปูนฉาบภายนอก	54.60	54.60		
	ปูนฉาบภายใน	54.60	54.60		
	กระเบื้อง	54.60	54.60		
Core Centerline	อิฐ	54.60	54.46	ผนังพอดีกับขอบพื้น	ระยะกึ่งกลางจากแกนผนังถึงริมนอกสุดเท่าเดิม คือ ชั้นก่ออิฐ 7 ซม. ครึ่งหนึ่งคือ 3.5 ซม .บวกกับชั้นปูนฉาบภายนอก 1.5 ซม . เท่ากับ 5 ซม.
	ปูนฉาบภายนอก	54.60	54.46		
	ปูนฉาบภายใน	54.60	54.46		
	กระเบื้อง	54.60	54.46		
Finish Face Exterior	อิฐ	54.60	54.46	ผนังพอดีกับขอบพื้น	Location Line อ้างอิงที่ขอบนอกสุด
	ปูนฉาบภายนอก	54.60	54.46		
	ปูนฉาบภายใน	54.60	54.46		
	กระเบื้อง	54.60	54.46		
Finish Face Interior	อิฐ	54.60	54.74	ผนังเกินขอบพื้นออกไป 1 ซม.	ความหนารวมของผนังเพิ่มขึ้น 1 ซม.
	ปูนฉาบภายนอก	54.60	54.74		
	ปูนฉาบภายใน	54.60	54.74		
	กระเบื้อง	54.60	54.74		
Core Face Exterior	อิฐ	54.60	54.88	ผนังเกินขอบพื้นออกไป 1.5 ซม.	Location Line เริ่มที่ผิวแกนกลางฝั่งภายนอก ผิวปูนฉาบภายนอก 1.5 ซม . จึงเกินออกไป
	ปูนฉาบภายนอก	54.60	54.88		
	ปูนฉาบภายใน	54.60	54.88		
	กระเบื้อง	54.60	54.88		
Core Face Interior	อิฐ	54.60	54.04	ผนังหดสั้นกว่าขอบพื้น 1.5 ซม.	Location Line เริ่มที่ผิวแกนกลางฝั่งภายใน วัดความหนาผิวก่ออิฐและผิวปูนฉาบภายนอก หนารวม 8.5 ซม .น้อยกว่าเดิม 1.5 ซม
	ปูนฉาบภายนอก	54.60	54.04		
	ปูนฉาบภายใน	54.60	54.04		
	กระเบื้อง	54.60	54.04		

3.4.2.2.1.3 สรุปผลการทดลองการเขียนผนัง Basic Wall ด้วย Location Line ต่างๆ

1. การเลือก Location Line มีผลต่อตำแหน่งของผนังเมื่อทำการเปลี่ยน Type ของผนังที่มีความหนาต่างจากเดิม
2. พื้นที่ของชั้นวัสดุต่างๆ มีพื้นที่เท่ากัน แม้ว่าผนังจะหักเลี้ยวหรือชนมุมกัน แต่ไม่ส่งผลให้พื้นที่วัสดุชั้นภายในน้อยกว่าพื้นที่วัสดุชั้นภายนอก แสดงว่าพื้นที่วัสดุชั้นต่างๆ เกิดจากวิธีการคำนวณพื้นที่ของผนังแบบเดียวกัน
3. การคำนวณพื้นที่ของผนังในโปรแกรม Autodesk Revit คิดจากความยาวของผนังคูณด้วยความสูงของผนัง กรณีที่ผนังชนมุม หรือชนด้านกัน การวัดความยาวของผนังด้านแรกจะวัดจนสุดริมผนัง ส่วนผนังด้านที่เข้ามาชนให้หักลบกับความหนาของผนังอีกด้าน ดังภาพที่ 3.9



ภาพที่ 3.9 แสดงการวัดความยาวของผนังโดยโปรแกรม Autodesk Revit เพื่อทำการหาพื้นที่ของผนัง

3.4.2.2.2 ทดลองการ Join ผนัง Basic Wall กับคาน

ในการก่อสร้างผนังภายนอกที่มีการชนกับคานหรือพื้นชั้นถัดไป ผนังที่มีหลายชั้นวัสดุ อาจจะมีระดับความสูงที่ไม่เท่ากัน เช่น ผนังก่ออิฐฉาบปูน จะมีชั้นอิฐและปูนฉาบภายในที่สูงถึงระดับท้องคานหรือท้องพื้น ส่วนชั้นปูนฉาบภายนอกจะฉาบด้านข้างของคานไปด้วย ซึ่งในโปรแกรม Autodesk Revit สามารถทำได้โดย

การ Join ผนังกับส่วนคานหรือพื้นชั้นถัดไป ซึ่งการทดลองนี้จะเป็นการทดลองว่าตัวเลขพื้นที่ของวัสดุผนังแต่ละชั้นจะออกมาเป็นอย่างไร โดยจะมีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

3.4.2.2.2.1 ขั้นตอนการทดลองการ Join ผนัง Basic Wall กับคาน

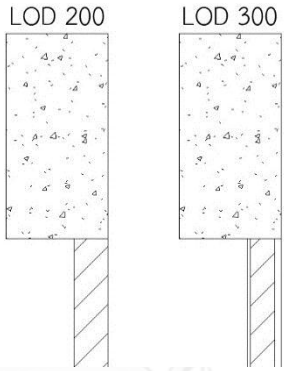
1. ทำการทดลองที่ระดับขั้นความละเอียดของข้อมูลที่ LOD 200 และ LOD 300 โดย กำหนดชั้นของผนัง Basic Wall ที่ LOD 200 1 ชั้น เป็นอิฐ หนา 10 ซม. และ LOD 300 3 ชั้น ประกอบไปด้วยแกนกลางเป็นอิฐ หนา 7 ซม. ชั้นผิวสำเร็จภายนอกเป็นปูนฉาบหนา 2 ซม. และชั้นผิวสำเร็จภายในเป็นปูนฉาบ หนา 1 ซม.
2. เขียนผนัง LOD 300 ความยาว 10 เมตร สูง 4 เมตร
3. เขียนคานขนาด กว้าง 30 ซม. ลึก 60 ซม. ระดับหลังคานอยู่ที่ระดับ 4 เมตร ยาว 10 เมตร ตลอดแนวผนัง
4. กรณีที่ 1 เลื่อนตำแหน่งผนังโดยให้ ชั้นผิวสำเร็จภายนอกของผนังอยู่แนวเดียวกับผิวคานพอดี จากนั้นจึงทำการ Join คานกับผนัง
5. ทำการสร้าง Schedules Wall Material Takeoff เพื่อดูพื้นที่ของวัสดุผนัง
6. จดบันทึกพื้นที่วัสดุที่เกิดขึ้น
7. เปลี่ยน Types ผนังเป็น LOD 200 โดยที่ไม่ขยับตำแหน่งผนัง ทำการจดบันทึกพื้นที่วัสดุที่เกิดขึ้นจาก Wall Material Takeoff
8. เปลี่ยน Types ของผนังกลับเป็น LOD 300
9. กรณีที่ 2 เลื่อนตำแหน่งของผนัง โดยให้ชั้นก่ออิฐด้านที่อยู่ภายนอกอยู่แนวเดียวกับผิวคาน จะได้ลักษณะผนังที่มีผิวฉาบปิดด้านข้างของคาน
10. ทำซ้ำข้อ 6 – 8
11. กรณีที่ 3 เลื่อนตำแหน่งของผนัง โดยให้ชั้นก่ออิฐด้านที่อยู่ภายในอยู่แนวเดียวกับผิวคานอีกฝั่ง จะได้ลักษณะผนังที่มีผิวฉาบปิดด้านข้างของคานฝั่งตรงข้าม
12. ทำซ้ำข้อ 6 – 8
13. ศึกษาความสัมพันธ์ของพื้นที่ที่เกิดขึ้น และสรุปผลการทดลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.4.2.2.2.2 ผลการทดลองการ Join ผนัง Basic Wall กับคาน

ตารางที่ 3.3 กรณีที่ 1 ชั้นผิวสำเร็จภายนอกของผนังอยู่แนวเดียวกับผิวคาน

วัสดุ	LOD 200		LOD 300	
	ความหนา (ซม.)	พื้นที่ (ตร.ม.)	ความหนา (ซม.)	พื้นที่ (ตร.ม.)
ปูนฉาบภายนอก	-		2	34
อิฐ	10	34	7	34
ปูนฉาบภายใน	-		1	34

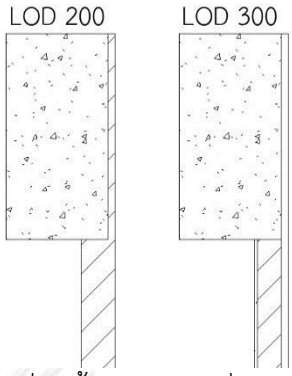


ภาพที่ 3.10 รูปตัด กรณีที่ 1 ชั้นผิวสำเร็จภายนอกของผนังอยู่แนวเดียวกับผิวคาน

ตารางที่ 3.4 กรณีที่ 2 ชั้นก่ออิฐด้านที่อยู่ภายนอกอยู่แนวเดียวกับผิวคาน

วัสดุ	LOD 200		LOD 300	
	ความหนา (ซม.)	พื้นที่ (ตร.ม.)	ความหนา (ซม.)	พื้นที่ (ตร.ม.)
ปูนฉาบภายนอก	-		2	40
อิฐ	10	40	7	38.8
ปูนฉาบภายใน	-		1	34.6

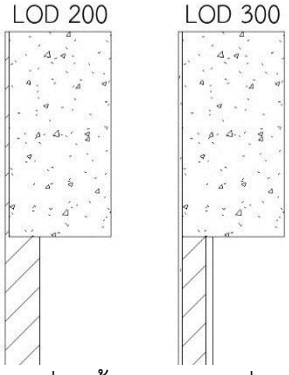
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 3.11 รูปตัด กรณีที่ 2 ชั้นก่ออิฐด้านที่อยู่ภายนอกอยู่แนวเดียวกับผิวคาน

ตารางที่ 3.5 กรณีที่ 3 ชั้นก่ออิฐด้านที่อยู่ภายในอยู่แนวเดียวกับผิวคาน

วัสดุ	LOD 200		LOD 300	
	ความหนา (ซม.)	พื้นที่ (ตร.ม.)	ความหนา (ซม.)	พื้นที่ (ตร.ม.)
ปูนฉาบภายนอก	-		2	35.2
อิฐ	10	40	7	39.4
ปูนฉาบภายใน	-		1	40



ภาพที่ 3.12 รูปตัด กรณีที่ 3 ชั้นก่ออิฐด้านที่อยู่ภายในอยู่แนวเดียวกับผิวคาน

ในความเป็นจริง ผนังยาว 10 เมตร สูง 4 เมตร จะมีพื้นที่ 40 ตารางเมตร และในส่วนที่ตัดกับคานลึก 60 ซม. จะมีพื้นที่ 34 ตารางเมตร แต่จากตารางผลการทดลอง จะสังเกตได้ว่า ที่ LOD 200 พื้นที่ของผนังกรณีที่ 1 เท่านั้นที่มีพื้นที่ 34 ตารางเมตร ส่วนผนังในกรณีที่ 2 และ 3 ผนังจะมีพื้นที่ 40 ตารางเมตร และที่ LOD

300 ผนังในกรณีที่ 1 วัสดุทุกชั้นมีพื้นที่ 34 ตารางเมตร แต่ผนังในกรณีที่ 2 และ 3 วัสดุในชั้นที่ไม่ถูกคานตัดออกมีพื้นที่ 40 ตารางเมตร แต่ชั้นอื่นๆ ซึ่งควรจะมีพื้นที่ 34 ตารางเมตร กลับมีพื้นที่ไม่เท่ากับความเป็นจริง

3.4.2.2.2.3 สรุปผลการทดลองการ Join ผนัง Basic Wall กับคาน

1. พื้นที่ของวัสดุผนังที่ Join กับโครงสร้างคาน อย่างสมบูรณ์ คือทุกชั้นวัสดุของผนังถูกคานตัดออกหมด จะแสดงพื้นที่ตามความเป็นจริง
2. กรณีที่ผนังมีชั้นวัสดุเดียว Join กับโครงสร้างคาน เป็นบางส่วน พื้นที่ผนังจะคิดเต็มความส่วนสูงของผนัง
3. กรณีที่ผนังมีหลายชั้นวัสดุ Join กับโครงสร้างคาน เป็นบางส่วน โปรแกรมจะคำนวณพื้นที่ผนังจากสูตร ดังนี้

   พื้นที่ของชั้นวัสดุผนัง = ความยาวผนัง x (ความสูงผนัง – (ความยาวของคานหรือพื้นด้านที่ขนานกับผนัง x (ความหนารวมของชั้นวัสดุก่อนหน้า/ความหนาของผนังรวม)))

   ซึ่งในกรณีนี้ การคำนวณของโปรแกรมจะผิดจากความเป็นจริง โดยในความเป็นจริง พื้นที่ของวัสดุผนังในแต่ละชั้นคำนวณจากความยาวของวัสดุผนังในชั้นนั้นๆ คูณด้วยความสูงของวัสดุผนังในชั้นนั้นๆ

3.4.2.2.3 ทดลองการ Join ผนัง Basic Wall กับเสางานโครงสร้าง

ในการก่อสร้างผนังภายนอกที่อยู่ระหว่างเสานั้น ผนังที่มีหลายชั้นวัสดุอาจจะมีชั้นวัสดุบางส่วนที่หุ้มผ่านเสาไป เช่น ผนังก่ออิฐฉาบปูน จะมีชั้นปูนฉาบที่ฉาบผ่านหน้าเสาไป ซึ่งในโปรแกรม Autodesk Revit จะมีเสา 2 ประเภทคือ เสางานสถาปัตยกรรม และเสางานโครงสร้าง ซึ่งเสางานสถาปัตยกรรมจะอธิบายในหัวข้อ 3.4.2.2.5 ต่อไป

ในส่วนเสางานโครงสร้าง เมื่อสร้างผนังตัดผ่านเสา โปรแกรมจะแสดงผลโดยตัดผนังส่วนที่ทับกับเสาออก แต่หากทดลองเลือกผนังดูจะพบกว่าผนังไม่ได้ถูกเสาตัดออกไปจริงๆ ซึ่งการตัดผนังส่วนที่ทับกับเสาออก ทำได้โดยการ Join ผนังกับเสางานโครงสร้างนั้นๆ ซึ่งการทดลองนี้จะเป็นการทดลองว่าตัวเลขพื้นที่ของวัสดุผนังแต่ละชั้นจะออกมาเป็นอย่างไร โดยจะมีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

3.4.2.2.3.1 ขั้นตอนการทดลองการ Join ผนัง Basic Wall กับเสางานโครงสร้าง

1. ทำการทดลองที่ระดับขั้นความละเอียดของข้อมูลที่ LOD 200 และ LOD 300 โดย กำหนดชั้นของผนัง Basic Wall ที่ LOD 200 1 ชั้น เป็นอิฐ หนา 10 ซม. และ LOD 300 3 ชั้น ประกอบไปด้วยแกนกลาง

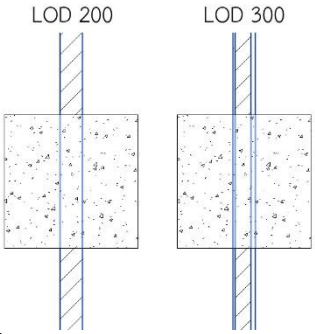
เป็นอิฐ หนา 7 ซม. ชั้นผิวสำเร็จภายนอกเป็นปูนฉาบหนา 2 ซม. และชั้นผิวสำเร็จภายในเป็นปูนฉาบ หนา 1 ซม.

2. สร้างเสางานโครงสร้างขนาด 60 x 60 ซม. สูง 4 เมตร
3. กรณีที่ 1 เขียนผนัง LOD 300 ความยาว 10 เมตร สูง 4 เมตร ตัดผ่านกึ่งกลางเสา
4. ทำการสร้าง Schedules Wall Material Takeoff เพื่อดูพื้นที่ของวัสดุผนัง
5. จดบันทึกพื้นที่วัสดุที่เกิดขึ้น
6. เปลี่ยน Types ผนังเป็น LOD 200 โดยที่ไม่ขยับตำแหน่งผนัง ทำการจดบันทึกพื้นที่วัสดุที่เกิดขึ้นจาก Wall Material Takeoff
7. เปลี่ยน Types ของผนังกลับเป็น LOD 300
8. กรณีที่ 2 ทำการ Join เสากับผนัง และจดบันทึกพื้นที่วัสดุที่เกิดขึ้น
9. กรณีที่ 3 เลื่อนตำแหน่งของผนัง โดยให้ชั้นก่ออิฐด้านที่อยู่ภายนอกอยู่แนวเดียวกับผิวเสา จะได้ลักษณะผนังที่มีผิวฉาบปิดด้านข้างของเสา
10. ทำซ้ำข้อ 5-7
11. กรณีที่ 4 เลื่อนตำแหน่งของผนัง โดยให้ชั้นก่ออิฐด้านที่อยู่ภายในอยู่แนวเดียวกับผิวเสาอีกฝั่ง จะได้ลักษณะผนังที่มีผิวฉาบปิดด้านข้างของเสาฝั่งตรงข้าม
12. ทำซ้ำข้อ 5-7
13. ศึกษาความสัมพันธ์ของพื้นที่ที่เกิดขึ้น และสรุปผลการทดลอง

3.4.2.2.3.2 ผลการทดลองการ Join ผนัง Basic Wall กับเสางานโครงสร้าง

ตารางที่ 3.6 กรณีที่ 1 ไม่ Join ผนังกับเสา โดยผนังผ่านกึ่งกลางเสา

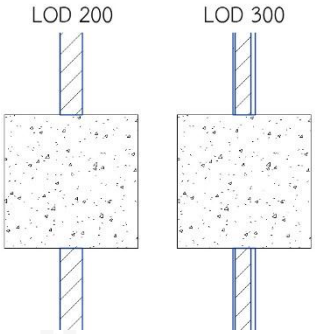
วัสดุ	LOD 200		LOD 300	
	ความหนา (ซม.)	พื้นที่ (ตร.ม.)	ความหนา (ซม.)	พื้นที่ (ตร.ม.)
ปูนฉาบภายนอก	-		2	40
อิฐ	10	40	7	40
ปูนฉาบภายใน	-		1	40



ภาพที่ 3.13 กรณีที่ 1 ไม่ Join ผนังกับเสา โดยผนังผ่านกึ่งกลางเสา

ตารางที่ 3.7 กรณีที่ 2 Join ผนังกับเสา โดยผนังผ่านกึ่งกลางเสา

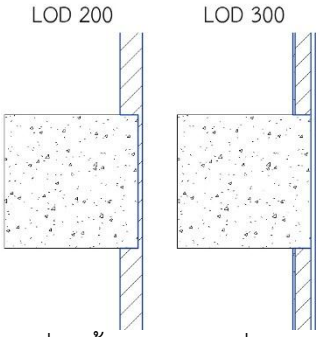
วัสดุ	LOD 200		LOD 300	
	ความหนา (ซม.)	พื้นที่ (ตร.ม.)	ความหนา (ซม.)	พื้นที่ (ตร.ม.)
ปูนฉาบภายนอก	-		2	37.6
อิฐ	10	37.6	7	37.6
ปูนฉาบภายใน	-		1	37.6



ภาพที่ 3.14 ผังพื้น กรณีที่ 2 Join ผนังกับเสา โดยผนังผ่านกึ่งกลางเสา

ตารางที่ 3.8 กรณีที่ 3 ชั้นก่ออิฐด้านที่อยู่ภายนอกอยู่แนวเดียวกับผิวเสา

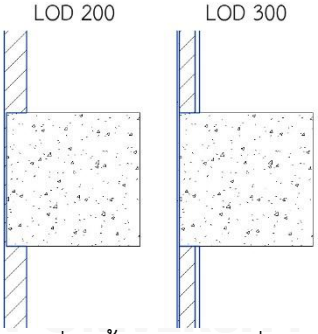
วัสดุ	LOD 200		LOD 300	
	ความหนา (ซม.)	พื้นที่ (ตร.ม.)	ความหนา (ซม.)	พื้นที่ (ตร.ม.)
ปูนฉาบภายนอก	-		2	40
อิฐ	10	40	7	39.52
ปูนฉาบภายใน	-		1	37.84



ภาพที่ 3.15 ผังพื้น กรณีที่ 3 ชั้นก่ออิฐด้านที่อยู่ภายนอกอยู่แนวเดียวกับผิวเสา

ตารางที่ 3.9 กรณีที่ 4 ชั้นก่ออิฐด้านที่อยู่ภายในอยู่แนวเดียวกับผิวเสา

วัสดุ	LOD 200		LOD 300	
	ความหนา (ซม.)	พื้นที่ (ตร.ม.)	ความหนา (ซม.)	พื้นที่ (ตร.ม.)
ปูนฉาบภายนอก	-		2	38.08
อิฐ	10	40	7	39.76
ปูนฉาบภายใน	-		1	40



ภาพที่ 3.16 ผังพื้น กรณีที่ 4 ชั้นก่ออิฐด้านที่อยู่ภายในอยู่แนวเดียวกับผิวเสา

ในความเป็นจริง ผนังยาว 10 เมตร สูง 4 เมตร จะมีพื้นที่ 40 ตารางเมตร และในส่วนที่ตัดกับเสาขนาด 60 x 60 ซม. จะมีพื้นที่ 37.6 ตารางเมตร แต่จากตารางผลการทดลอง จะสังเกตได้ว่า ก่อน Join ผนังกับเสา ผนังจะยังคงมีพื้นที่ 40 ตารางเมตรเท่าเดิม แม้ว่าโปรแกรมจะแสดงผลว่าตัดผนังในส่วนที่มีเสาทับออกไปแล้วก็ตาม เมื่อ Join ผนังกับเสา ในกรณีที่ 2 วัสดุผนังทุกชั้นจะมีพื้นที่ 37.6 ตารางเมตร ทั้ง LOD 200 และ LOD 300 แต่ในกรณีที่ 3 และ 4 วัสดุผนัง ที่ LOD 200 จะมีพื้นที่ 40 ตารางเมตร และที่ LOD 300 วัสดุในชั้นที่ไม่ถูกเสาตัดออกมีพื้นที่ 40

ตารางเมตร แต่ชั้นอื่นๆ ซึ่งควรจะมีพื้นที่ 37.6 ตารางเมตร กลับมีพื้นที่ไม่เท่ากับความเป็นจริง

3.4.2.2.3.3 สรุปผลการทดลองการ Join ผนัง Basic Wall กับเสางานโครงสร้าง

1. การเขียนผนังตัดผ่านเสางานโครงสร้าง แม้ว่าโปรแกรมจะแสดงผลว่าตัดผนังในส่วนที่ทับกับเสาออกไปแล้ว แต่ยังโปรแกรมยังคงคิดพื้นที่ผนังในส่วนที่อยู่ในเสาด้วย
2. พื้นที่ของวัสดุผนังที่ Join กับเสางานโครงสร้าง โดยวัสดุทุกชั้นของผนังถูกเสาตัดออกหมด จะแสดงพื้นที่ตามความเป็นจริง
3. กรณีที่ผนังมีชั้นวัสดุเดียว Join กับเสางานโครงสร้างเป็นบางส่วน พื้นที่ผนังจะคิดเต็มความยาวของผนัง
4. กรณีที่ผนังมีหลายชั้นวัสดุ Join กับเสางานโครงสร้างเป็นบางส่วน โปรแกรมจะคำนวณพื้นที่ผนังจากสูตร ดังนี้

   พื้นที่ของชั้นวัสดุผนัง = ความสูงผนัง x (ความยาวผนัง – (ความยาวของ เสาด้านที่ขนานกับผนัง x (ความหนารวมของชั้นวัสดุก่อนหน้า/ความหนาของผนังรวม)))

   ซึ่งในกรณีนี้ การคำนวณของโปรแกรมจะผิดจากความเป็นจริง โดยในความเป็นจริง พื้นที่ของวัสดุผนังในแต่ละชั้นคำนวณจากความยาวของวัสดุผนังในชั้นนั้นๆ คูณด้วยความสูงของวัสดุผนังในชั้นนั้นๆ

3.4.2.2.4 ทดลองการ Join ผนัง Basic Wall กับเสาเอ็นและทับหลัง

ผนังก่ออิฐฉาบปูนที่ระดับขั้นความละเอียดของข้อมูลที่ LOD 350 จะมีการใส่เสาเอ็น และทับหลัง ที่ผนัง โดยในโปรแกรม Autodesk Revit เสาเอ็นสามารถสร้างได้จาก เสางานโครงสร้างที่มีขนาดเท่าหน้าตัดเท่ากับความหนาของชั้นก่ออิฐ และทับหลังสามารถสร้างได้จาก คานที่มีขนาดหน้าตัดเท่ากับความหนาของชั้นก่ออิฐเช่นกัน

การทดลองนี้จะเป็นการทดลองว่าตัวเลขพื้นที่ของวัสดุผนังแต่ละชั้นจะออกมาเป็นอย่างไร เมื่อทำการใส่เสาเอ็นและทับหลังที่ผนัง และทำการ Join เสาเอ็นและทับหลังกับผนัง โดยจะมีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

3.4.2.2.4.1 ขั้นตอนการทดลองการ Join ผนัง Basic Wall กับเสาเอ็นและทับหลัง

1. ทำการทดลองที่ระดับขั้นความละเอียดของข้อมูลที่ LOD 350 โดยกำหนดชั้นของผนัง Basic Wall 3 ชั้น ประกอบไปด้วยแกนกลางเป็น

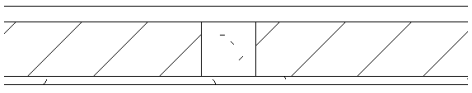
อิฐ หนา 7 ซม. ชั้นผิวสำเร็จภายนอกเป็นปูนฉาบหนา 2 ซม. และชั้นผิวสำเร็จภายในเป็นปูนฉาบ หนา 1 ซม.

2. กำหนดขนาดเสางานโครงสร้าง 7 x 7 ซม. สำหรับเสาเอ็น และ คาน ขนาด 7 x 7 ซม. สำหรับทับหลัง
3. เขียนผนัง LOD 350 ความยาว 10 เมตร สูง 4 เมตร
4. ใส่เสาเอ็น 3 ต้น สูง 4 เมตรที่ปลายทั้งสองข้าง และกึ่งกลางของผนัง โดยจัดให้อยู่ที่ชั้นก่ออิฐให้เรียบร้อย
5. ใส่ทับหลังยาวตลอดตั้งแต่เสาต้นที่ 1 ถึง 3 โดยให้สูงจากระดับพื้น 1 เมตร
6. ทำการสร้าง Schedules Wall Material Takeoff เพื่อดูพื้นที่ของวัสดุผนัง
7. จดบันทึกพื้นที่วัสดุที่เกิดขึ้น
8. ทำการ Join เสาเอ็น และทับหลังกับผนัง
9. จดบันทึกพื้นที่วัสดุที่เกิดขึ้น
10. วิเคราะห์ และสรุปผลการทดลอง

3.4.2.2.4.2 ผลการทดลองการ Join ผนัง Basic Wall กับเสาเอ็นและทับหลัง

ตารางที่ 3.10 ผลการทดลองการ Join ผนังกับเสาเอ็นและทับหลัง

วัสดุ	ความหนา (ซม.)	พื้นที่ผนังก่อน Join กับเสาเอ็น ทับหลัง (ตร.ม.)	พื้นที่ผนังหลัง Join กับเสาเอ็น ทับหลัง (ตร.ม.)
ปูนฉาบภายนอก	2	40	40
อิฐ	7	40	40
ปูนฉาบภายใน	1	40	40



ภาพที่ 3.17 ผังพื้น การทดลองการ Join ผนังกับเสาเอ็นและทับหลัง

จะสังเกตเห็นว่าพื้นที่ผนังไม่มีการเปลี่ยนแปลง ทั้งก่อนและหลังการ Join ผนังกับเสาเอ็นและทับหลัง ซึ่งในความเป็นจริงพื้นที่ของชั้นก่ออิฐควรจะลดลงเพราะถูกแทนที่ด้วยเสาเอ็นและทับหลัง

3.4.2.2.4.3 สรุปผลการทดลองการ Join ผนัง Basic Wall กับเสาเอ็นและทับหลัง

การ Join ผนังกับเสาเอ็นและทับหลัง หรือ เสาโครงสร้างและคาน ที่มีขนาดหน้าตัดเล็กกว่าความหนาของผนัง จะไม่ส่งผลต่อพื้นที่ของวัสดุชั้นใดๆ

3.4.2.2.5 ทดลองการใส่ผนัง Basic Wall กับเสางานสถาปัตยกรรม

เสาในโปรแกรม Autodesk Revit มี 2 ประเภท คือ เสางานโครงสร้าง (Structural Column) และเสางานสถาปัตยกรรม (Architectural Column) ซึ่งในหัวข้อ 3.4.2.2.3 ได้ทำการทดลองการสร้างผนังตัดผ่านเสางานโครงสร้าง และทำการ Join ผนังกับเสางานโครงสร้าง แล้ว ในหัวข้อนี้จะเป็นการทดลองการสร้างผนังตัดผ่านเสางานสถาปัตยกรรม

เมื่อสร้างผนังตัดผ่านเสางานสถาปัตยกรรม เสาประเภทนี้จะทำการ Join กับผนังโดยอัตโนมัติ และจะแสดงผลเป็นเนื้อเดียวกับผนัง คือจะมีการแสดงผลชั้นวัสดุต่างๆ ของผนังที่เสางานสถาปัตยกรรม ผู้ใช้สามารถใช้คำสั่ง Switch Join Order เพื่อทำการสลับลำดับการ Join ของผนังกับเสาได้ ซึ่งเมื่อ Switch Join Order แล้ว เสางานสถาปัตยกรรมจะแสดงผลแบบเสาตัดผนัง เหมือนกับการ Join เสางานโครงสร้างกับผนัง

การทดลองนี้จะเป็นการทดลองว่าตัวเลขพื้นที่ของวัสดุผนังแต่ละชั้นจะออกมาเป็นอย่างไร เมื่อผนังตัดผ่านเสางานสถาปัตยกรรม และมีการใช้คำสั่ง Switch Join Order โดยจะมีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

3.4.2.2.5.1 ขั้นตอนการทดลองการใส่ผนัง Basic Wall กับเสางานสถาปัตยกรรม

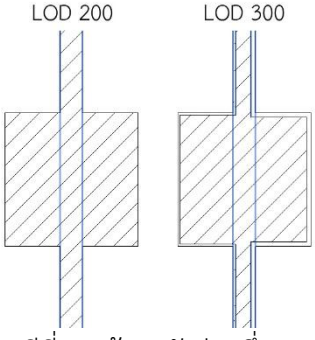
1. ทำการทดลองที่ระดับขั้นความละเอียดของข้อมูลที่ LOD 200 และ LOD 300 โดย กำหนดชั้นของผนัง Basic Wall ที่ LOD 200 1 ชั้น เป็นอิฐ หนา 10 ซม. และ LOD 300 3 ชั้น ประกอบไปด้วยแกนกลางเป็นอิฐ หนา 7 ซม. ชั้นผิวสำเร็จภายนอกเป็นปูนฉาบหนา 2 ซม. และชั้นผิวสำเร็จภายในเป็นปูนฉาบ หนา 1 ซม.
2. สร้างเสางานสถาปัตยกรรมขนาด 60 x 60 ซม. สูง 4 เมตร
3. กรณีที่ 1 เขียนผนัง LOD 300 ความยาว 10 เมตร สูง 4 เมตร ตัดผ่านกึ่งกลางเสา
4. ทำการสร้าง Schedules Wall Material Takeoff เพื่อดูพื้นที่ของวัสดุผนัง
5. จดบันทึกพื้นที่วัสดุที่เกิดขึ้น
6. เปลี่ยน Types ผนังเป็น LOD 200 โดยที่ไม่ขยับตำแหน่งผนัง ทำการจดบันทึกพื้นที่วัสดุที่เกิดขึ้นจาก Wall Material Takeoff

7. เปลี่ยน Types ของผนังกลับเป็น LOD 300
8. กรณีที่ 2 ทำการ Switch Join Order เสากับผนัง และจดบันทึกพื้นที่วัสดุที่เกิดขึ้น
9. กรณีที่ 3 เลื่อนตำแหน่งของผนัง โดยให้ชั้นก่ออิฐด้านที่อยู่ภายนอกอยู่แนวเดียวกับผิวเสา จะได้ลักษณะผนังที่มีผิวฉาบปิดด้านข้างของเสา
10. ทำซ้ำข้อ 5-7
11. กรณีที่ 4 เลื่อนตำแหน่งของผนัง โดยให้ชั้นก่ออิฐด้านที่อยู่ภายในอยู่แนวเดียวกับผิวเสาอีกฝั่ง จะได้ลักษณะผนังที่มีผิวฉาบปิดด้านข้างของเสาฝั่งตรงข้าม
12. ทำซ้ำข้อ 5-7
13. ศึกษาความสัมพันธ์ของพื้นที่ที่เกิดขึ้น และสรุปผลการทดลอง

3.4.2.2.5.2 ผลการทดลองการใส่ผนัง Basic Wall กับเสางานสถาปัตยกรรม

ตารางที่ 3.11 กรณีที่ 1 สร้างผนังผ่านกึ่งกลางเสา (Join อัตโนมัติ)

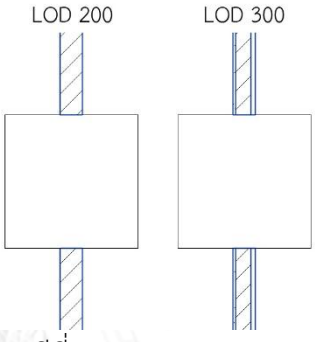
วัสดุ	LOD 200		LOD 300	
	ความหนา (ซม.)	พื้นที่ (ตร.ม.)	ความหนา (ซม.)	พื้นที่ (ตร.ม.)
ปูนฉาบภายนอก	-		2	40
อิฐ	10	40	7	40
ปูนฉาบภายใน	-		1	40



ภาพที่ 3.18 ผังพื้น กรณีที่ 1 สร้างผนังผ่านกึ่งกลางเสา (Join อัตโนมัติ)

ตารางที่ 3.12 กรณีที่ 2 Switch Join Order ผนังกับเสา โดยผนังผ่านกึ่งกลางเสา

วัสดุ	LOD 200		LOD 300	
	ความหนา (ซม.)	พื้นที่ (ตร.ม.)	ความหนา (ซม.)	พื้นที่ (ตร.ม.)
ปูนฉาบภายนอก	-		2	37.6
อิฐ	10	37.6	7	37.6
ปูนฉาบภายใน	-		1	37.6

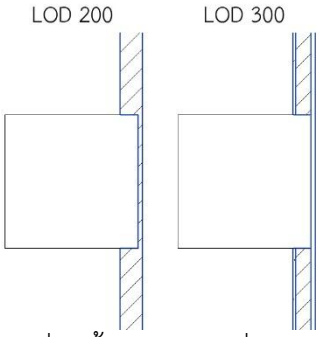


ภาพที่ 3.19 ผนังพื้น กรณีที่ 2 Switch Join Order ผนังกับเสา โดยผนังผ่านกึ่งกลางเสา

ตารางที่ 3.13 กรณีที่ 3 ชั้นก่ออิฐด้านที่อยู่ภายนอกอยู่แนวเดียวกับผิวเสา

วัสดุ	LOD 200		LOD 300	
	ความหนา (ซม.)	พื้นที่ (ตร.ม.)	ความหนา (ซม.)	พื้นที่ (ตร.ม.)
ปูนฉาบภายนอก	-		2	40
อิฐ	10	40	7	39.52
ปูนฉาบภายใน	-		1	37.84

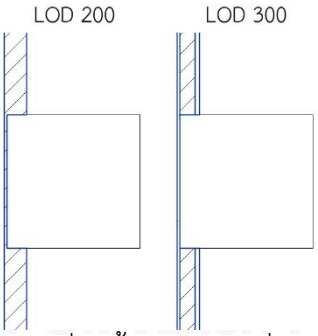
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 3.20 ผังพื้น กรณีที่ 3 ชั้นก่ออิฐด้านที่อยู่ภายนอกอยู่แนวเดียวกับผิวเสา

ตารางที่ 3.14 กรณีที่ 4 ชั้นก่ออิฐด้านที่อยู่ภายในอยู่แนวเดียวกับผิวเสา

วัสดุ	LOD 200		LOD 300	
	ความหนา (ซม.)	พื้นที่ (ตร.ม.)	ความหนา (ซม.)	พื้นที่ (ตร.ม.)
ปูนฉาบภายนอก	-		2	38.08
อิฐ	10	40	7	39.76
ปูนฉาบภายใน	-		1	40



ภาพที่ 3.21 ผนังพื้น กรณีที่ 4 ชั้นก่ออิฐด้านที่อยู่ภายในอยู่แนวเดียวกับผิวเสา

การทดลองนี้จะสังเกตได้ว่า ให้ผลเช่นเดียวกับการทดลองการ Join ผนัง Basic Wall กับเสางานโครงสร้าง ในหัวข้อ 3.4.2.2.3 โดยในความเป็นจริง ผนังยาว 10 เมตร สูง 4 เมตร จะมีพื้นที่ 40 ตารางเมตร และในส่วนที่ตัดกับเสาขนาด 60 x 60 ซม. จะมีพื้นที่ 37.6 ตารางเมตร แต่จากตารางผลการทดลอง จะสังเกตได้ว่า ผนังที่ตัดผ่านเสางานสถาปัตยกรรม ผนังจะยังคงมีพื้นที่ 40 ตารางเมตรเท่าเดิม และเมื่อ Switch Join Order ระหว่างเสางานสถาปัตยกรรมกับผนังแล้ว ในกรณีที่ 2 วัสดุผนังทุกชั้นจะมีพื้นที่ 37.6 ตารางเมตร ทั้ง LOD 200 และ LOD 300 แต่ใน

กรณีที่ 3 และ 4 วัสดุผนัง ที่ LOD 200 จะมีพื้นที่ 40 ตารางเมตร และที่ LOD 300 วัสดุในชั้นที่ไม่ถูกเสาตัดออกมีพื้นที่ 40 ตารางเมตร แต่ชั้นอื่นๆ ซึ่งควรจะมีพื้นที่ 37.6 ตารางเมตร กลับมีพื้นที่ไม่เท่ากับความเป็นจริง

3.4.2.2.5.3 สรุปผลการทดลองการ Join ผนัง Basic Wall กับเสางานสถาปัตยกรรม

1. การเขียนผนังตัดผ่านเสางานสถาปัตยกรรม โปรแกรมจะทำการเชื่อมเสากับผนังเข้าด้วยกัน แต่โปรแกรมยังคงคิดพื้นที่ผนังในส่วนที่อยู่ในเสาด้วย
2. การ Switch Join Order เสางานสถาปัตยกรรมกับผนัง ให้ผลเหมือนกับการ Join เสางานโครงสร้างกับผนัง
3. พื้นที่ของวัสดุผนังที่ Switch Join Order กับเสางานสถาปัตยกรรม โดยวัสดุทุกชั้นของผนังถูกเสาตัดออกหมด จะแสดงพื้นที่ตามความเป็นจริง
4. กรณีที่ผนังมีชั้นวัสดุเดียว Switch Join Order กับเสางานสถาปัตยกรรมเป็นบางส่วน พื้นที่ผนังจะคิดเต็มความยาวของผนัง
5. กรณีที่ผนังมีหลายชั้นวัสดุ Switch Join Order กับเสางานสถาปัตยกรรมเป็นบางส่วน โปรแกรมจะคำนวณพื้นที่ผนังจากสูตรดังนี้

   พื้นที่ของชั้นวัสดุผนัง = ความสูงผนัง x (ความยาวผนัง – (ความยาวของเสาด้านที่ขนานกับผนัง x (ความหนารวมของชั้นวัสดุก่อนหน้า/ความหนาของผนังรวม)))

   ซึ่งในกรณีนี้ การคำนวณของโปรแกรมจะผิดจากความเป็นจริง โดยในความเป็นจริง พื้นที่ของวัสดุผนังในแต่ละชั้นคำนวณจากความยาวของวัสดุผนังในชั้นนั้นๆ คูณด้วยความสูงของวัสดุผนังในชั้นนั้นๆ

3.4.2.2.6 ทดลองการใส่ประตู และหน้าต่าง ที่ผนัง Basic Wall

การใส่ประตู และหน้าต่างในโปรแกรม Autodesk Revit จะต้องใส่ที่ผนังเท่านั้น ซึ่งผนังที่สามารถใส่ประตู และหน้าต่างได้คือ ผนังประเภท Basic Wall และ Stacked Wall ส่วนผนัง Curtain Wall จะต้องใช้ประตู และหน้าต่างสำหรับ Curtain Wall โดยเฉพาะ นอกจากว่า Curtain Wall Panel ของ Curtain Wall จะใช้ Basic Wall หรือ Stacked Wall จึงจะสามารถใส่ประตู หรือหน้าต่างแบบปกติได้

การทดลองนี้จะเป็นการทดลองว่า เมื่อใส่ประตู และหน้าต่าง ที่ผนังแบบ Basic Wall แล้ว พื้นที่ของผนังจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร โดยมีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

3.4.2.2.6.1 ขั้นตอนการทดลองการใส่ประตู และหน้าต่าง ที่ผนัง Basic Wall

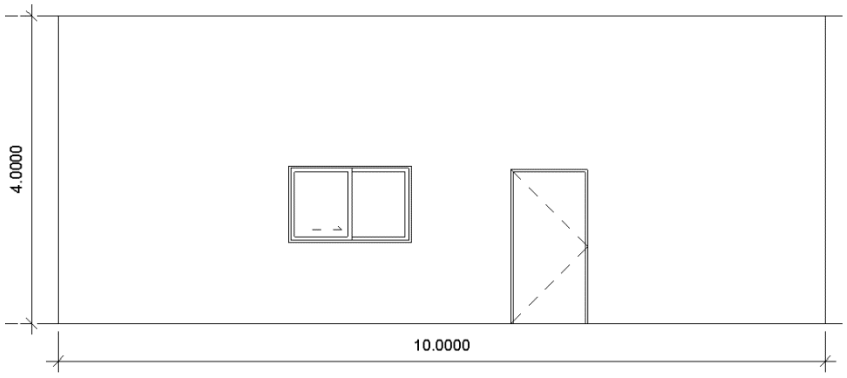
1. ทำการทดลองที่ระดับขั้นความละเอียดของข้อมูลที่ LOD 300 โดยกำหนดชั้นของผนัง Basic Wall 4 ชั้น ประกอบไปด้วยแกนกลางเป็นอิฐ หนา 7 ซม. ชั้นผิวสำเร็จภายนอกเป็นปูนฉาบหนา 1.5 ซม. ชั้นผิวสำเร็จภายในเป็นปูนฉาบ หนา 1.5 ซม. และชั้นกระเบื้องภายใน หนา 1 ซม.
2. สร้างประตูขนาดกว้าง 1 เมตร สูง 2 เมตร (รวมวงกบ) และสร้างหน้าต่างขนาด กว้าง 1.6 เมตร สูง 1 เมตร (รวมวงกบ)
3. เขียนผนัง ความยาว 10 เมตร สูง 4 เมตร
4. ทำการสร้าง Schedules Wall Material Takeoff เพื่อดูพื้นที่ของวัสดุผนัง
5. จดบันทึกพื้นที่วัสดุที่เกิดขึ้น
6. ใส่ประตู และหน้าต่าง ที่ผนังที่สร้างอย่างละ 1 บาน
7. ดูพื้นที่ของวัสดุที่เปลี่ยนไปและจดบันทึก
8. วิเคราะห์ และสรุปผลการทดลอง

3.4.2.2.6.2 ผลการทดลองการใส่ประตู และหน้าต่าง ที่ผนัง Basic Wall

ตารางที่ 3.15 ผลการทดลองการใส่ประตู และหน้าต่าง ที่ผนัง Basic Wall

วัสดุ	ความหนา (ซม.)	พื้นที่วัสดุ ก่อนใส่ประตู หน้าต่าง (ตร.ม.)	พื้นที่วัสดุ หลังใส่ประตู หน้าต่าง (ตร.ม.)
ปูนฉาบภายนอก	1.5	40	36.4
อิฐ	7	40	36.4
ปูนฉาบภายใน	1.5	40	36.4
กระเบื้อง	1	40	36.4

พื้นที่ของประตูคือ 1 x 2 = 2 ตารางเมตร และพื้นที่ของหน้าต่างคือ 1.6 x 1 = 1.6 ตารางเมตร เมื่อนำมาลบกับพื้นที่ของผนัง 10 x 4 = 40 ตารางเมตร จะได้พื้นที่ผนังที่เหลือคือ 36.4 ตารางเมตร



ภาพที่ 3.22 รูปด้าน การทดลองการใส่ประตู และหน้าต่าง ที่ผนัง Basic Wall

3.4.2.2.6.3 สรุปผลการทดลองการใส่ประตู และหน้าต่าง ที่ผนัง Basic Wall

การใส่ประตู หรือหน้าต่างลงในผนังประเภท Basic Wall สามารถให้ผลพื้นที่ของผนังได้ตรงตามความเป็นจริง คือ มีการหักลบพื้นที่ของประตู หรือหน้าต่างที่ใส่ไป

3.4.2.2.7 ทดลองการหาพื้นที่ของผนัง Curtain Wall

ในโปรแกรม Autodesk Revit ผนังประเภท Curtain Wall ประกอบด้วย Curtain Wall Panel, Curtain Grid และ Curtain Wall Mullion โดยการทดลองนี้จะเป็นการทดลองว่า ปริมาณพื้นที่วัสดุ ที่เกิดจากการสร้างผนัง Curtain Wall ด้วยโปรแกรม Autodesk Revit มีหลักการคิดอย่างไร โดยมีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

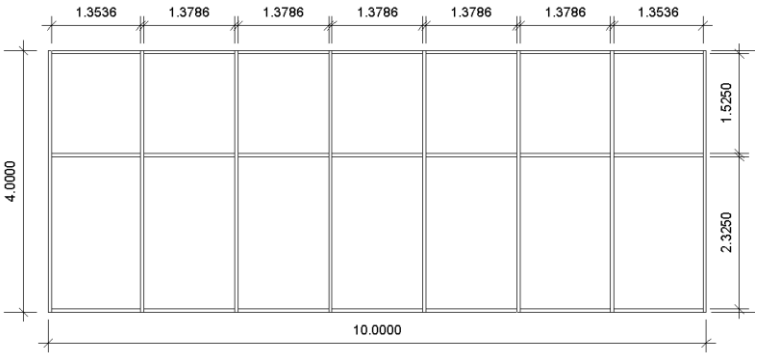
3.4.2.2.7.1 ขั้นตอนการทดลองการหาพื้นที่ของผนัง Curtain Wall

1. กำหนด Types ของผนังเป็น Curtain Wall ประเภทของ Curtain Wall Panel เป็น System Panel: Glazed โดยกำหนดระยะของ Curtain Grid แนวตั้งห่างมากสุดไม่เกิน 1.5 เมตร และแนวนอนห่าง 2.4 เมตรและใส่ Curtain Wall Mullion ขนาดหน้าตัด 50 x 150 มม.
2. เขียนผนัง Curtain Wall ยาว 10 เมตร สูง 4 เมตร
3. ทำการสร้าง Schedules Curtain Panel Material Takeoff เพื่อดูพื้นที่ของกระจก
4. จดบันทึกพื้นที่วัสดุที่เกิดขึ้น
5. คลิกที่ Curtain Wall และ ดู Area ของ Curtain Wall ที่หน้าต่าง Properties
6. จดบันทึกพื้นที่ของ Curtain Wall ที่เกิดขึ้น
7. วิเคราะห์ และสรุปผลการทดลอง

3.4.2.2.7.2 ผลการทดลองการหาพื้นที่ของผนัง Curtain Wall

ตารางที่ 3.16 ผลการทดลองหาพื้นที่ของผนัง Curtain Wall

วัสดุ	ความกว้าง (เมตร)	ความสูง (เมตร)	พื้นที่ (ตร.ม.)
กระจก	1.3536	1.5250	2.0642
กระจก	1.3536	1.5250	2.0642
กระจก	1.3786	1.5250	2.1023
กระจก	1.3786	1.5250	2.1023
กระจก	1.3786	1.5250	2.1023
กระจก	1.3786	1.5250	2.1023
กระจก	1.3786	1.5250	2.1023
กระจก	1.3536	2.3250	3.1471
กระจก	1.3536	2.3250	3.1471
กระจก	1.3786	2.3250	3.2052
กระจก	1.3786	2.3250	3.2052
กระจก	1.3786	2.3250	3.2052
กระจก	1.3786	2.3250	3.2052
กระจก	1.3786	2.3250	3.2052
		รวมพื้นที่กระจก	36.9600
		พื้นที่ผนัง	40.0000



ภาพที่ 3.23 รูปด้าน การทดลองการหาพื้นที่ของผนัง Curtain Wall

โปรแกรม Autodesk Revit อนุญาตให้ผู้ใช้สร้าง Schedules ของ Curtain Wall Panel, Curtain Wall Mullion และ Curtain Panel Material Takeoff เท่านั้น โดย Schedules ของ Curtain Wall Panel เป็นการหาปริมาณพื้นที่ของ

Curtain Wall Panel และ Curtain Panel Material Takeoff เป็นการหาปริมาณพื้นที่วัสดุของ Curtain Wall Panel ซึ่งอาจจะมีวัสดุหลายชั้นในแต่ละ Panel ส่วน Schedule ของ Curtain Wall Mullion เป็นการหาความยาวของ Curtain Wall Mullion

ปริมาณพื้นที่ของ Curtain Panel คำนวณจากการคูณความกว้าง และความสูงของแต่ละ Panel อย่างไรก็ตาม Schedules ไม่สามารถหาพื้นที่โดยรวมของผนังได้ ต้องอาศัยการดูจากหน้าต่าง Properties ของผนังเท่านั้น

3.4.2.2.7.3 สรุปผลการทดลองการหาพื้นที่ของผนัง Curtain Wall

1. Schedules ของผนัง Curtain Wall สามารถหาพื้นที่ของแต่ละ Panel ได้ ตามขนาดของ Panel จริง ซึ่งพื้นที่จะน้อยกว่าพื้นที่รวมของผนัง ซึ่งเกิดจากการไม่คิดรวมพื้นที่ของ Mullion เข้าไป
2. พื้นที่รวมของผนัง Curtain Wall คำนวณจาก ความยาวของเส้น Location Line คูณกับความสูงของผนัง
3. ขนาดของแต่ละ Panel ที่แสดงใน Schedules คือระยะจากขอบของ Curtain Wall Mullion ฝั่งหนึ่งถึงอีกฝั่งหนึ่ง

3.4.2.2.8 ทดลองการหาพื้นที่ของผนัง Curtain Wall ที่ใช้ Curtain Wall Panel แบบ Basic Wall

ผนังประเภท Curtain Wall สามารถตั้งให้ Curtain Wall Panel เป็น Basic Wall ได้ ซึ่งสามารถใช้เป็นผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จได้ โดยให้ Basic Wall เป็นผนังคอนกรีตเสริมเหล็ก และใช้ Curtain Grid แบ่งผนังออกเป็นแผ่นๆ โดยการทดลองนี้จะเป็นการทดลองว่าการสร้างผนัง Curtain Wall ที่ใช้ Curtain Wall Panel แบบ Basic Wall มีหลักการคิดพื้นที่ของผนังอย่างไร โดยมีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

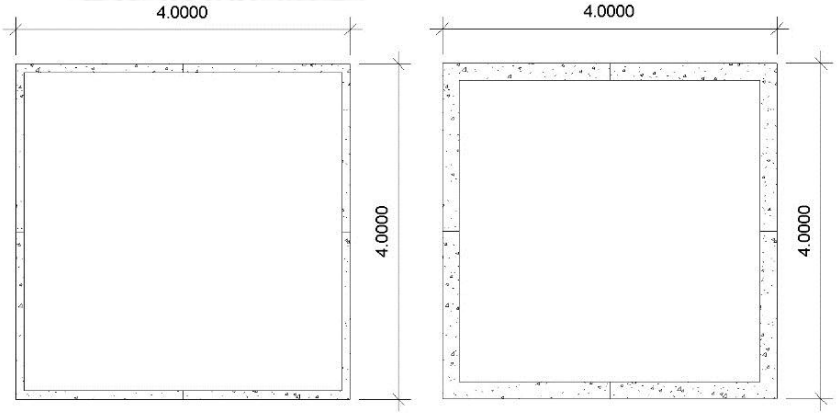
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.4.2.2.8.1 ขั้นตอนการทดลองการหาพื้นที่ของผนัง Curtain Wall ที่ใช้ Curtain Wall Panel แบบ Basic Wall

1. Duplicate ผนัง Basic Wall ตั้งชื่อเป็น Precast Concrete – 100mm และตั้งค่าชั้นของวัสดุ 1 ชั้น เป็น Concrete, Precast ความหนา 10 ซม.
2. Duplicate ผนัง Basic Wall ตั้งชื่อเป็น Precast Concrete – 200mm และตั้งค่าชั้นของวัสดุ 1 ชั้น เป็น Concrete, Precast ความหนา 20 ซม.
3. Duplicate ผนัง Curtain Wall ตั้งชื่อเป็น Curtain Precast – 100mm กำหนดประเภทของ Curtain Wall Panel เป็น Basic Wall:

Precast Concrete – 100mm และตั้งค่า Curtain Grid แนวตั้งกว้างไม่เกิน 2.5 เมตร

4. Duplicate ผนัง Curtain Wall ตั้งชื่อเป็น Curtain Precast – 200mm กำหนดประเภทของ Curtain Wall Panel เป็น Basic Wall: Precast Concrete – 200mm และตั้งค่า Curtain Grid แนวตั้งกว้างไม่เกิน 2.5 เมตร
5. กำหนดขอบเขตพื้น 4 x 4 เมตร
6. เขียนผนัง Curtain Wall ที่ชื่อ Curtain Precast – 100mm เป็นห้องสี่เหลี่ยม ความสูง 4 เมตร
7. ทำการเลื่อนตำแหน่งผนัง ให้ผิวด้านนอกของผนัง อยู่ตรงแนวกับขอบเขตพื้นพอดี
8. ทำการสร้าง Schedules Curtain Panels Material Takeoff เพื่อดูพื้นที่ของกระจก และ จดบันทึกพื้นที่วัสดุที่เกิดขึ้น
9. ทำการเปลี่ยน Type ของผนังเป็น Curtain Precast – 200mm
10. จะสังเกตว่าผนังมีความหนาขึ้นจากกึ่งกลาง ทำให้ผนังเลยขอบเขตพื้น ซึ่งเป็นตัวแปรควบคุมออกไป จึงต้องทำการเลื่อนตำแหน่งให้ผิวด้านนอกของผนัง อยู่ตรงแนวกับขอบเขตพื้นพอดี จากนั้นจดบันทึกพื้นที่วัสดุที่เกิดขึ้น
11. วิเคราะห์ และสรุปผลการทดลอง



ภาพที่ 3.24 ผังพื้น การทดลองการหาพื้นที่ของผนัง Curtain Wall ที่ใช้ Curtain Wall Panel แบบ Basic Wall หนา 10 ซม. และ 20 ซม.

3.4.2.2.8.2 ผลทดลองการหาพื้นที่ของผนัง Curtain Wall ที่ใช้ Curtain Wall Panel แบบ Basic Wall

ตารางที่ 3.17 ผลทดลองการหาพื้นที่ของผนัง Curtain Wall ที่ใช้ Curtain Wall Panel แบบ Basic Wall

วัสดุ	Precast Concrete หนา 10 ซม.			Precast Concrete หนา 20 ซม.		
	ความกว้าง (เมตร)	ความสูง (เมตร)	พื้นที่ (ตร.ม.)	ความกว้าง (เมตร)	ความสูง (เมตร)	พื้นที่ (ตร.ม.)
Concrete, Precast	1.95	4.00	8.00	1.90	4.00	8.00
Concrete, Precast	1.95	4.00	7.60	1.90	4.00	7.20
Concrete, Precast	1.95	4.00	8.00	1.90	4.00	8.00
Concrete, Precast	1.95	4.00	8.00	1.90	4.00	8.00
Concrete, Precast	1.95	4.00	7.60	1.90	4.00	7.20
Concrete, Precast	1.95	4.00	7.60	1.90	4.00	7.20
Concrete, Precast	1.95	4.00	8.00	1.90	4.00	8.00
Concrete, Precast	1.95	4.00	7.60	1.90	4.00	7.20
	รวม		62.40	รวม		60.8

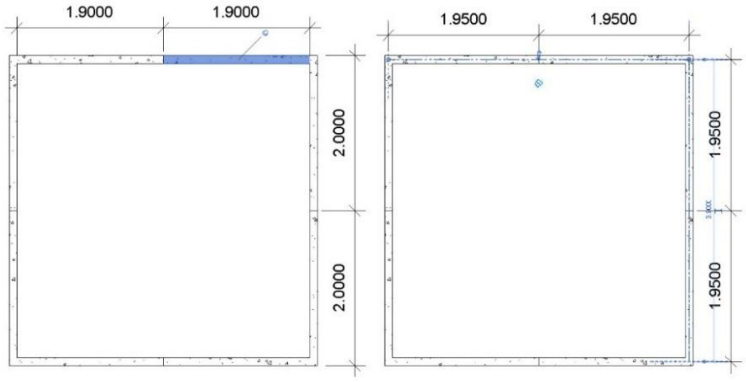
จะสังเกตเห็นว่า ตัวเลขขนาดความกว้างและความยาวของ Panel เมื่อคูณกันแล้วจะไม่เท่ากับพื้นที่ที่ได้จากโปรแกรม Autodesk Revit แต่พื้นที่โดยรวมจะเท่ากัน เช่น ผนัง Precast Concrete หนา 10 ซม. หากคำนวณพื้นที่ Panel แต่ละแผ่นจะเท่ากับ 1.95 x 4.00 = 7.80 ตารางเมตร เมื่อคูณจำนวนแผ่นทั้งหมด 8 แผ่น จะมีพื้นที่รวมเท่ากับ 7.8 x 8 = 62.40 ตารางเมตร

ทั้งนี้เกิดจากขนาดความกว้าง Panel แต่ละแผ่นจะวัดจากเส้น Location Line ซึ่งเป็นเส้นกึ่งกลางของผนัง แต่ Panel ที่เป็น Basic Wall เมื่อเข้ามุมกันจะมี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขนาดที่เกินเส้น Location Line ออกไปข้างละครึ่งหนึ่งของความหนาผนัง ดังนั้นหาความหนาของผนัง 10 ซม.ความกว้างของ Panel 1.95 เมตร จะกลายเป็น 2.00 เมตร และผนังอีกฝั่ง จากความกว้าง 1.95 เมตร จะกลายเป็น 1.90 เมตร เมื่อรวมพื้นที่กันจะได้พื้นที่เท่าเดิม

เมื่อเปลี่ยนให้ผนังมีความหนามากขึ้น แต่บังคับให้อยู่ในเส้นรอบรูปเท่าเดิม ผลก็คือ Location Line จะต้องขยับเข้ามาสั้นลง ขนาดความกว้างของ Panel จึงลดลง และพื้นที่ของ Panel ก็ใช้หลักการวัดแบบเดิมคือ ส่วนที่เข้ามุมจะมีขนาดที่เกินเส้น Location Line ออกไปข้างละครึ่งหนึ่งของความหนาผนัง ดังนั้นหาความหนาของผนัง 20 ซม.ความกว้างของ Panel 1.90 เมตร จะกลายเป็น 2.00 เมตร และผนังอีกฝั่ง จากความกว้าง 1.90 เมตร จะกลายเป็น 1.80 เมตร พื้นที่ผนังโดยรวมจึงลดลงจากผนังที่มีความหนา 10 ซม.



ภาพที่ 3.25 ซ้าย การวัดความยาวของ Panel ในการหาพื้นที่ของ Panel แต่ละแผ่น ขวา การวัดความยาวของ Panel เพื่อแสดงขนาดของ Panel ใน Schedules

3.4.2.2.8.3 สรุปผลทดลองการหาพื้นที่ของผนัง Curtain Wall ที่ใช้ Curtain Wall Panel แบบ Basic Wall

1. พื้นที่ของ Panel ที่เป็น Basic Wall ใช้หลักการคิดพื้นที่แบบเดียวกับ Basic Wall ทั่วไป คือ คิดจากความยาวของผนังคูณด้วยความสูงของผนัง กรณีที่ผนังชนมุม หรือชนด้านกัน การวัดความยาวของผนังด้านแรกให้วัดจนสุดริมผนัง ส่วนผนังด้านที่เข้ามาชนให้หักลบกับความหนาของผนังอีกด้าน
2. ขนาดของ Panel ที่เป็น Basic Wall จะแสดงตามระยะของ Curtain Grid หรือหากมี Curtain Wall Mullion จะแสดงตามระยะขอบของ Curtain Wall Mullion สำหรับบริเวณมุมผนังที่ชนกัน จะแสดงตามระยะของ Curtain Grid หรือ Curtain Wall Mullion จนถึงตำแหน่งเส้น Location Line เท่านั้น
3. Curtain Wall Panel สามารถนับจำนวนผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จที่ถูกแบ่งเป็นชิ้นย่อยๆ ได้

3.4.2.3 การทดลองเพื่อวิเคราะห์ถึงหลักการคำนวณ และข้อจำกัดของเสา

โปรแกรม Autodesk Revit แบ่งเสาออกเป็น 2 ประเภท คือ เสางานสถาปัตยกรรม และเสางานโครงสร้าง โดยที่เสาแต่ละประเภทมีความแตกต่างกัน เช่น เสางานโครงสร้าง สามารถใส่เหล็กเสริม และคำนวณแรงได้ ส่วนเสางานสถาปัตยกรรมเป็นเสาที่ไม่รับแรง อาจเป็นเสาสำหรับการตกแต่ง หรือหุ้มทับเสางานโครงสร้างอีกทีหนึ่ง ซึ่งในการวิจัยนี้จะใช้เสางานสถาปัตยกรรมแทนปูนฉาบที่ฉาบเสางานโครงสร้าง โดยเสาประเภทนี้เมื่อวางทับกับผนังจะเชื่อมเป็นเนื้อเดียวกับผนัง

การทดลองในหัวข้อนี้ เป็นการศึกษาถึงปริมาณพื้นที่ของวัสดุในเสาประเภทต่างๆ ในกรณีต่างๆ เพื่อศึกษาถึงหลักการ และข้อจำกัดของโปรแกรม Autodesk Revit ในการคำนวณหาพื้นที่ของเสา โดยแบ่งการทดลองออกเป็นกรณีต่างๆ ดังนี้

3.4.2.3.1 ทดลองการหาพื้นที่วัสดุเสางานสถาปัตยกรรม และเสางานโครงสร้าง

เสางานโครงสร้างจะมีวัสดุเบื้องต้นเป็น Concrete, Cast-in-Place gray ส่วนเสางานสถาปัตยกรรมจะมีวัสดุเบื้องต้นเป็น By Category หรือก็คือยังไม่มีค่าวัสดุ ซึ่งเมื่อมีผนังมาตัดผ่านเสางานสถาปัตยกรรม ค่าวัสดุจะเปลี่ยนตามผนัง ซึ่งเสาทั้งสองประเภทสามารถหาปริมาณวัสดุ เช่น พื้นที่ และปริมาตร ได้จาก Schedules Material Takeoff

การทดลองนี้จะเป็นการทดลองเพื่อศึกษาว่าค่าพื้นที่วัสดุที่โปรแกรมแสดงออกมานั้น เกิดจากการคำนวณอย่างไร โดยมีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

3.4.2.3.1.1 ขั้นตอนการทดลองการหาพื้นที่วัสดุเสางานสถาปัตยกรรม และเสางานโครงสร้าง

1. สร้างเสางานโครงสร้าง ขนาดหน้าตัด 60 x 60 ซม. สูง 4 เมตร
2. สร้าง Schedules Structural Column Material Takeoff เพื่อดูปริมาณพื้นที่ของวัสดุเสางานโครงสร้าง
3. จดบันทึกผลที่ได้
4. สร้างเสางานสถาปัตยกรรม ขนาดหน้าตัด 60 x 60 ซม. สูง 4 เมตร
5. สร้าง Schedules Column Material Takeoff เพื่อดูปริมาณพื้นที่ของวัสดุเสางานสถาปัตยกรรม
6. จดบันทึกผลที่ได้
7. เปลี่ยนวัสดุเสางานสถาปัตยกรรมจาก By Category เป็นวัสดุอื่น เช่น Plaster Wall
8. ดูปริมาณพื้นที่ของวัสดุเสางานสถาปัตยกรรม และจดบันทึกผลที่ได้
9. หาความสัมพันธ์ของพื้นที่ที่เกิดขึ้นกับการคำนวณจากระยะที่วัดได้
10. วิเคราะห์ และสรุปผลการทดลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

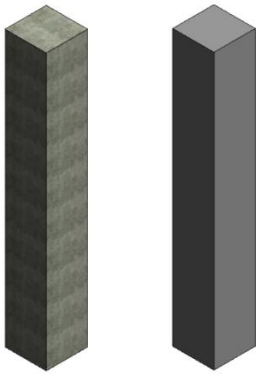
3.4.2.3.1.2 ผลการทดลองการหาพื้นที่วัสดุเสางานสถาปัตยกรรม และเสางานโครงสร้าง

ตารางที่ 3.18 พื้นที่ และวัสดุ ในเสางานสถาปัตยกรรม และเสางานโครงสร้าง

ประเภทเสา	วัสดุ	พื้นที่ (ตร.ม.)
เสางานโครงสร้าง	Concrete, Cast-in-Place gray	10.32
เสางานสถาปัตยกรรม	By Category	-
เสางานสถาปัตยกรรม	Plaster Wall	10.32

จะสังเกตได้ว่า เสางานสถาปัตยกรรมที่ไม่มีการตั้งค่าวัสดุ หรือมีค่าวัสดุเป็น By Category จะไม่มีพื้นที่วัสดุเกิดขึ้น ส่วนเสางานโครงสร้าง และเสางานสถาปัตยกรรมที่มีวัสดุแล้ว จะมีพื้นที่ของวัสดุเกิดขึ้น

พื้นที่ของวัสดุเกิดจากการคำนวณพื้นที่ผิวทั้ง 6 ด้านของเสา โดยพื้นที่หน้าตัดขนาด 0.6 x 0.6 = 0.36 ตารางเมตร มีด้านบนกับด้านล่างจึงเป็น 0.36 x 2 = 0.72 ตารางเมตร ส่วนพื้นที่ผิวด้านข้างคือ 0.6 x 4 = 2.4 ตารางเมตร มี 4 ด้าน คือ 2.4 x 4 = 9.6 ตารางเมตร เมื่อรวมทุกด้านจึงเท่ากับ 9.6 + 0.72 = 10.32 ตารางเมตร



ภาพที่ 3.26 เสางานโครงสร้าง (ซ้าย) และเสางานสถาปัตยกรรม (ขวา)

3.4.2.3.1.3 สรุปผลการทดลองการหาพื้นที่วัสดุเสางานสถาปัตยกรรมและเสางานโครงสร้าง

1. การคิดพื้นที่ของวัสดุในเสางานสถาปัตยกรรมและเสางานโครงสร้างคิดจากพื้นที่ผิวทั้ง 6 ด้าน
2. เสางานสถาปัตยกรรมและเสางานโครงสร้าง ต้องมีการกำหนดวัสดุ จึงจะสามารถแสดงค่าพื้นที่ของวัสดุได้

3.4.2.3.2 ทดลองการใส่เสางานสถาปัตยกรรมที่ยังไม่ตั้งค่าวัสดุ กับผนัง Basic Wall

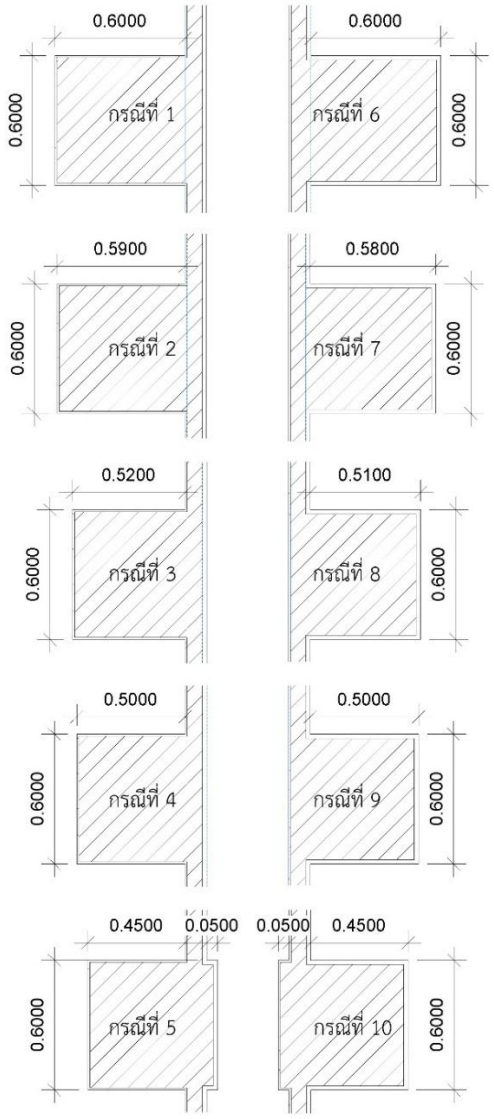
เสางานสถาปัตยกรรมเมื่อสัมผัสกับผนัง Basic Wall เสาจะแสดงผลเชื่อมเป็นเนื้อเดียวกับผนัง และวัสดุจากผนังจะมาปรากฏที่เสาด้วย การทดลองนี้จะเป็นการทดลองเพื่อศึกษาว่า เมื่อนำเสามาสัมผัสกับผนังจากด้านต่างๆ ที่ระยะต่างๆ ชนิดและปริมาณของวัสดุที่เกิดขึ้นใน Schedules ของเสางานสถาปัตยกรรม จะมีค่าเป็นเท่าใด และเกิดจากการคำนวณอย่างไร รวมถึงในความเป็นจริงปริมาณวัสดุควรมีค่าเท่าใด โดยการทดลองมีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

3.4.2.3.2.1 ขั้นตอนการทดลองการใส่เสางานสถาปัตยกรรมที่ยังไม่ตั้งค่าวัสดุ กับผนัง Basic Wall

1. สร้างเสางานสถาปัตยกรรม ขนาดหน้าตัด 60 x 60 ซม. สูง 4 เมตร
2. กำหนดผนัง Basic Wall มีชั้นของวัสดุ 3 ชั้น ประกอบไปด้วย แกนกลางเป็นอิฐ หนา 7 ซม. ชั้นผิวสำเร็จภายนอกเป็นปูนฉาบภายนอกหนา 2 ซม. และชั้นผิวสำเร็จภายในเป็นปูนฉาบภายใน หนา 1 ซม.
3. เขียนผนัง ยาว 10 เมตร สูง 4 เมตร
4. สร้าง Schedules Column Material Takeoff เพื่อดูปริมาณพื้นที่ของวัสดุเสางานสถาปัตยกรรม
5. การทดลองแบ่งออกเป็น 10 กรณี
6. กรณีที่ 1 เลื่อนตำแหน่งเสาให้ผิวของเสาสัมผัสกับขอบนอกสุดของชั้นปูนฉาบภายใน สังเกตและบันทึก ชนิดวัสดุ และพื้นที่ที่เกิดขึ้น
7. กรณีที่ 2 เลื่อนตำแหน่งเสาให้ผิวของเสาสัมผัสกับชั้นก่ออิฐ จากด้านปูนฉาบภายใน สังเกตและบันทึก ชนิดวัสดุ และพื้นที่ที่เกิดขึ้น
8. กรณีที่ 3 เลื่อนตำแหน่งเสาให้ผิวของเสาสัมผัสกับขอบชั้นปูนฉาบภายนอก จากด้านปูนฉาบภายใน สังเกตและบันทึก ชนิดวัสดุ และพื้นที่ที่เกิดขึ้น
9. กรณีที่ 4 เลื่อนตำแหน่งเสาให้ผิวของเสาสัมผัสกับขอบนอกสุดของชั้นปูนฉาบภายนอก จากด้านปูนฉาบภายใน สังเกตและบันทึก ชนิดวัสดุ และพื้นที่ที่เกิดขึ้น
10. กรณีที่ 5 เลื่อนตำแหน่งเสาออกมาจากชั้นปูนฉาบภายนอก 5 ซม. จากด้านปูนฉาบภายใน สังเกตและบันทึก ชนิดวัสดุ และพื้นที่ที่เกิดขึ้น
11. กรณีที่ 6 กลับฝั่ง โดยเลื่อนตำแหน่งเสาให้สัมผัสกับขอบนอกสุดของชั้นปูนฉาบภายนอก สังเกตและบันทึก ชนิดวัสดุ และพื้นที่ที่เกิดขึ้น
12. กรณีที่ 7 เลื่อนตำแหน่งเสาให้ผิวของเสาสัมผัสกับชั้นก่ออิฐ จากด้านปูนฉาบภายนอก สังเกตและบันทึก ชนิดวัสดุ และพื้นที่ที่เกิดขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

13. กรณีที่ 8 เลื่อนตำแหน่งเสาให้ผิวของเสาสัมผัสกับขอบชั้นปูนฉาบภายใน จากด้านปูนฉาบภายนอก สังเกตและบันทึก ชนิดวัสดุ และพื้นที่ที่เกิดขึ้น
14. กรณีที่ 9 เลื่อนตำแหน่งเสาให้ผิวของเสาสัมผัสกับขอบนอกสุดของชั้นปูนฉาบภายใน จากด้านปูนฉาบภายนอก สังเกตและบันทึก ชนิดวัสดุ และพื้นที่ที่เกิดขึ้น
15. กรณีที่ 10 เลื่อนตำแหน่งเสาออกมาจากชั้นปูนฉาบภายใน 5 ซม. จากด้านปูนฉาบภายนอก สังเกตและบันทึก ชนิดวัสดุ และพื้นที่ที่เกิดขึ้น
16. หาความสัมพันธ์ของพื้นที่ที่เกิดขึ้นกับการคำนวณจากระยะที่วัดได้
17. คำนวณพื้นที่ตามความเป็นจริง ซึ่งจะคิดพื้นที่ส่วนที่ต้องฉาบผิวเท่านั้น
18. เปรียบเทียบ วิเคราะห์ และสรุปผลการทดลอง



ภาพที่ 3.27 ผนังพื้น การทดลองการใส่เสางานสถาปัตยกรรมที่ยังไม่ตั้งค่าวัสดุ กับผนัง Basic Wall ทั้ง 10 กรณี

3.4.2.3.2.2 ผลการทดลองการใส่เสางานสถาปัตยกรรมที่ยังไม่ตั้งค่าวัสดุ กับผนัง Basic Wall

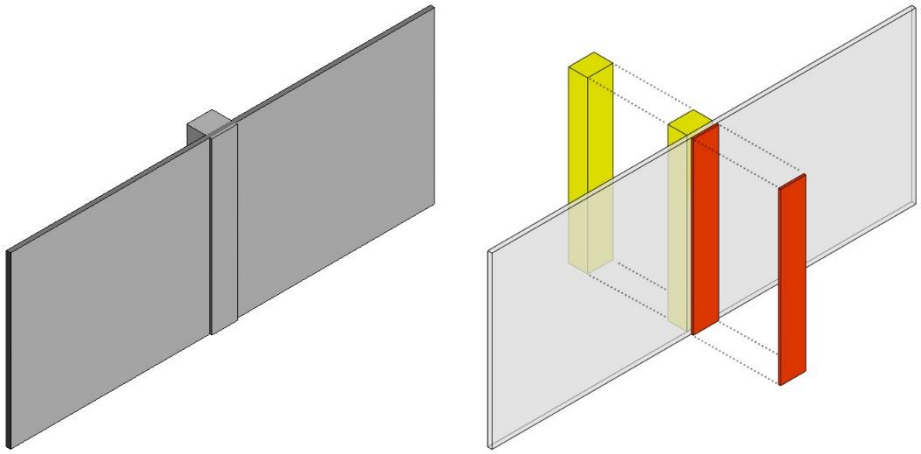
ตารางที่ 3.19 ผลการทดลองการใส่เสางานสถาปัตยกรรมที่ยังไม่ตั้งค่าวัสดุกับผนัง Basic Wall

กรณีที่	วัสดุที่เกิดขึ้น	พื้นที่ (ตร.ม.)
1. เสาสัมผัสกับขอบนอกสุดของชั้นปูนฉาบภายใน	ปูนฉาบภายใน	10.32
2. เสาสัมผัสกับขอบชั้นก่ออิฐ จากด้านปูนฉาบภายใน	ปูนฉาบภายใน	10.228
3. เสาสัมผัสกับขอบชั้นปูนฉาบภายนอก จากด้านปูนฉาบภายใน	ปูนฉาบภายใน	9.584
4. เสาสัมผัสกับขอบนอกสุดของชั้นปูนฉาบภายนอก จากด้านปูนฉาบภายใน	ปูนฉาบภายใน	9.4
5. เสาทะลุออกมาจากชั้นปูนฉาบภายนอก จากด้านปูนฉาบภายใน	ปูนฉาบภายใน	8.94
	ปูนฉาบภายนอก	5.26
6. เสาสัมผัสกับขอบนอกสุดของชั้นปูนฉาบภายนอก	ปูนฉาบภายนอก	10.32
7. เสาสัมผัสกับขอบชั้นก่ออิฐ จากด้านปูนฉาบภายนอก	ปูนฉาบภายนอก	10.136
8. เสาสัมผัสกับขอบชั้นปูนฉาบภายในจากด้านปูนฉาบภายนอก	ปูนฉาบภายนอก	9.492
9. เสาสัมผัสกับขอบนอกสุดของชั้นปูนฉาบภายใน จากด้านปูนฉาบภายนอก	ปูนฉาบภายนอก	9.4
10. เสาทะลุออกมาจากชั้นปูนฉาบภายใน จากด้านปูนฉาบภายนอก	ปูนฉาบภายนอก	8.94
	ปูนฉาบภายใน	5.26

จะสังเกตเห็นว่า วัสดุที่ปรากฏในเสางานสถาปัตยกรรมจะเป็นไปตามวัสดุชั้นนอกสุดของผนัง ด้านที่เสาเข้าไปสัมผัส และพื้นที่วัสดุของเสาจะน้อยลง เมื่อเสาขยับเข้าไปในผนังมากขึ้น และเมื่อเสาทะลุออกมาจากอีกฝั่งของผนัง วัสดุที่เกิดขึ้นในเสางานสถาปัตยกรรมจะเพิ่มเป็นวัสดุชั้นนอกสุดของผนังทั้งสองฝั่ง

จากการศึกษาพื้นที่ของวัสดุที่เกิดขึ้น ทำให้ได้ข้อสรุปถึงวิธีการคำนวณพื้นที่ของโปรแกรม Autodesk Revit ว่าเกิดจาก การคิดพื้นของผิวทั้ง 6 ด้าน โดยแจกแจงได้ดังนี้

1. พื้นที่หน้าตัด บน และล่าง คิดจาก ความกว้างของเสาสองด้านคูณกัน โดยด้านที่ทับเข้าไปในผนังให้หักลบระยะที่ทับเข้าไปในผนัง
2. พื้นที่ด้านข้าง 4 ด้าน แยกคิดเป็น 2 ด้านที่ขนานกับผนัง และ 2 ด้านที่ตั้งฉากกับผนัง โดยด้านที่ขนานกับผนัง คิดพื้นที่จากความกว้างของเสาคูณความสูงของเสา ส่วนด้านที่ตั้งฉากกับผนังซึ่งทับเข้าไปในผนัง ความกว้างของเสาให้หักลบระยะที่ทับเข้าไปในผนังก่อนแล้วจึงคูณด้วยความสูงของเสา
3. กรณีที่เสาทะลุไปอีกฝั่งของผนัง ให้คิดแยกฝั่ง ซึ่งจะเป็นคนละวัสดุกัน แต่ละฝั่งคิดพื้นที่หน้าตัด บนและล่าง และพื้นที่ด้านข้าง 4 ด้าน ตามหลักการข้อ 1 และ 2



ภาพที่ 3.28 เสางานสถาปัตยกรรมที่ไม่ได้ตั้งค่าวัสดุ เมื่อมีผนังตัดผ่านเสา เสาจะเกิดวัสดุจากผิวนอกสุดของผนังทั้งสองฝั่ง โดยเสาแต่ละฝั่งจะแยกคิดพื้นที่วัสดุจากผิวทั้ง 6 ด้าน

การคิดพื้นที่ผิววัสดุของเสางานสถาปัตยกรรมตามความเป็นจริง เช่น การฉาบเสา จะคิดพื้นที่ด้านข้างของเสาเพียง 3 ด้าน ซึ่งจะมีพื้นที่น้อยกว่าพื้นที่ที่โปรแกรมคำนวณ โดยเมื่อทดลองคำนวณพื้นที่ของเสา ทั้ง 10 กรณี ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 3.20 เปรียบเทียบพื้นที่วัสดุเสางานสถาปัตยกรรมที่ยังไม่ตั้งค่าวัสดุ จากโปรแกรม Autodesk Revit กับการคำนวณพื้นที่ตามความเป็นจริง

กรณีที่	วัสดุที่เกิดขึ้น	พื้นที่ (ตร.ม.)	วัสดุที่ควรจะเป็น	ความกว้างด้านขนานกับกำแพง (เมตร)	ความกว้างด้านตั้งฉากกับกำแพง (เมตร)	ความสูง (เมตร)	พื้นที่ (ตร.ม.)	ผลต่าง (ตร.ม.)	% ความคลาดเคลื่อน
1. เสาสัมผัสกับขอบนอกสุดของชั้นปูนฉาบภายใน	ปูนฉาบภายใน	10.320	ปูนฉาบภายใน	0.600	0.600	4.000	7.200	-3.120	-30.233
2. เสาสัมผัสกับขอบชั้นก่ออิฐ จากด้านปูนฉาบภายใน	ปูนฉาบภายใน	10.228	ปูนฉาบภายใน	0.600	0.590	4.000	7.120	-3.108	-30.387
3. เสาสัมผัสกับขอบชั้นปูนฉาบภายนอกจากด้านปูนฉาบภายใน	ปูนฉาบภายใน	9.584	ปูนฉาบภายใน	0.600	0.520	4.000	6.560	-3.024	-31.553
4. เสาสัมผัสกับขอบนอกสุดของชั้นปูนฉาบภายนอก จากด้านปูนฉาบภายใน	ปูนฉาบภายใน	9.400	ปูนฉาบภายใน	0.600	0.500	4.000	6.400	-3.000	-31.915
			ปูนฉาบภายนอก	0.600		4.000	2.400	2.400	
5. เสาทะลุออกมาจากชั้นปูนฉาบภายนอกจากด้านปูนฉาบภายใน	ปูนฉาบภายใน	8.940	ปูนฉาบภายใน	0.600	0.450	4.000	6.000	-2.940	-32.886
	ปูนฉาบภายนอก	5.260	ปูนฉาบภายนอก	0.600	0.050	4.000	2.800	-2.460	-46.768
6. เสาสัมผัสกับขอบนอกสุดของชั้นปูนฉาบภายนอก	ปูนฉาบภายนอก	10.320	ปูนฉาบภายนอก	0.600	0.600	4.000	7.200	-3.120	-30.233
7. เสาสัมผัสกับขอบชั้นก่ออิฐ จากด้านปูนฉาบภายนอก	ปูนฉาบภายนอก	10.136	ปูนฉาบภายนอก	0.600	0.580	4.000	7.040	-3.096	-30.545
8. เสาสัมผัสกับขอบชั้นปูนฉาบภายใน จากด้านปูนฉาบภายนอก	ปูนฉาบภายนอก	9.492	ปูนฉาบภายนอก	0.600	0.510	4.000	6.480	-3.012	-31.732
9. เสาสัมผัสกับขอบนอกสุดของชั้นปูนฉาบภายใน จากด้านปูนฉาบภายนอก	ปูนฉาบภายนอก	9.400	ปูนฉาบภายนอก	0.600	0.500	4.000	6.400	-3.000	-31.915
			ปูนฉาบภายใน	0.600		4.000	2.400	2.400	
10. เสาทะลุออกมาจากชั้นปูนฉาบภายในจากด้านปูนฉาบภายนอก	ปูนฉาบภายนอก	8.940	ปูนฉาบภายนอก	0.600	0.450	4.000	6.000	-2.940	-32.886
	ปูนฉาบภายใน	5.260	ปูนฉาบภายใน	0.600	0.050	4.000	2.800	-2.460	-46.768

ในการเปรียบเทียบนี้จะสังเกตได้ว่า พื้นที่วัสดุของเสางานสถาปัตยกรรม ที่เกิดจากการคำนวณโดยโปรแกรม Autodesk Revit จะมากกว่าพื้นที่วัสดุของเสาตามความเป็นจริง

ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของพื้นที่วัสดุเสาจากโปรแกรม Autodesk Revit จากการทดลองนี้ จะอยู่ที่ 30.233 – 46.768 % ซึ่งมีความสัมพันธ์กับระยะที่เหลืออยู่นอกผนังของเสา คือ ยิ่งเสาซ้อนทับอยู่ภายในผนังมากเท่าไร ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนจะยิ่งเพิ่มมากขึ้น โดยค่าที่น้อยที่สุดจะอยู่ที่ 30.233 % เมื่อเสาสัมผัสกับผิวนอกสุดของผนังเท่านั้น

และเมื่อทดลองเปลี่ยนขนาดของเสาเป็น 40 x 40 ซม. โดยตัวแปรอื่นๆ เหมือนเดิม ผลที่ได้คือ ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของพื้นที่วัสดุเสาจากโปรแกรม Autodesk Revit จะอยู่ที่ 28.571 – 45.055 %

3.4.2.3.2.3 สรุปผลการทดลองการใส่เสางานสถาปัตยกรรมที่ยังไม่ตั้งค่าวัสดุ กับผนัง Basic Wall

1. วัสดุที่ปรากฏในเสางานสถาปัตยกรรมจะเป็นไปตามวัสดุชั้นนอกสุดของผนัง ด้านที่เสาเข้าไปสัมผัส
2. โปรแกรม Autodesk Revit คิดพื้นที่วัสดุของเสางานสถาปัตยกรรมจากระยะของเสาที่ไม่ได้ทับเข้าไปในผนัง โดยคิดพื้นที่ผิวทั้ง 6 ด้านของเสา
3. ในกรณีที่เสางานสถาปัตยกรรมสัมผัสพอดีกับขอบชั้นนอกสุดของผนังอีกฝั่ง จะไม่ปรากฏวัสดุของผนังฝั่งนั้นที่เสา เช่น กรณีที่ 4 และ 9
4. ในกรณีที่เสางานสถาปัตยกรรมทะลุผนังไปอีกฝั่ง จะปรากฏวัสดุผิวนอกสุดของผนังทั้งสองฝั่งที่เสา โดยแยกคิดพื้นที่วัสดุกันคนละฝั่ง
5. ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของพื้นที่วัสดุเสาจากโปรแกรม Autodesk Revit ขึ้นอยู่กับขนาดหน้าตัดของเสา เสาที่มีขนาดหน้าตัดเล็กกว่าจะมีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า และระยะที่เสาซ้อนทับกับผนัง ยิ่งผนังเข้าไปทับในเสามากเท่าใด ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของพื้นที่วัสดุจะยิ่งมากขึ้น

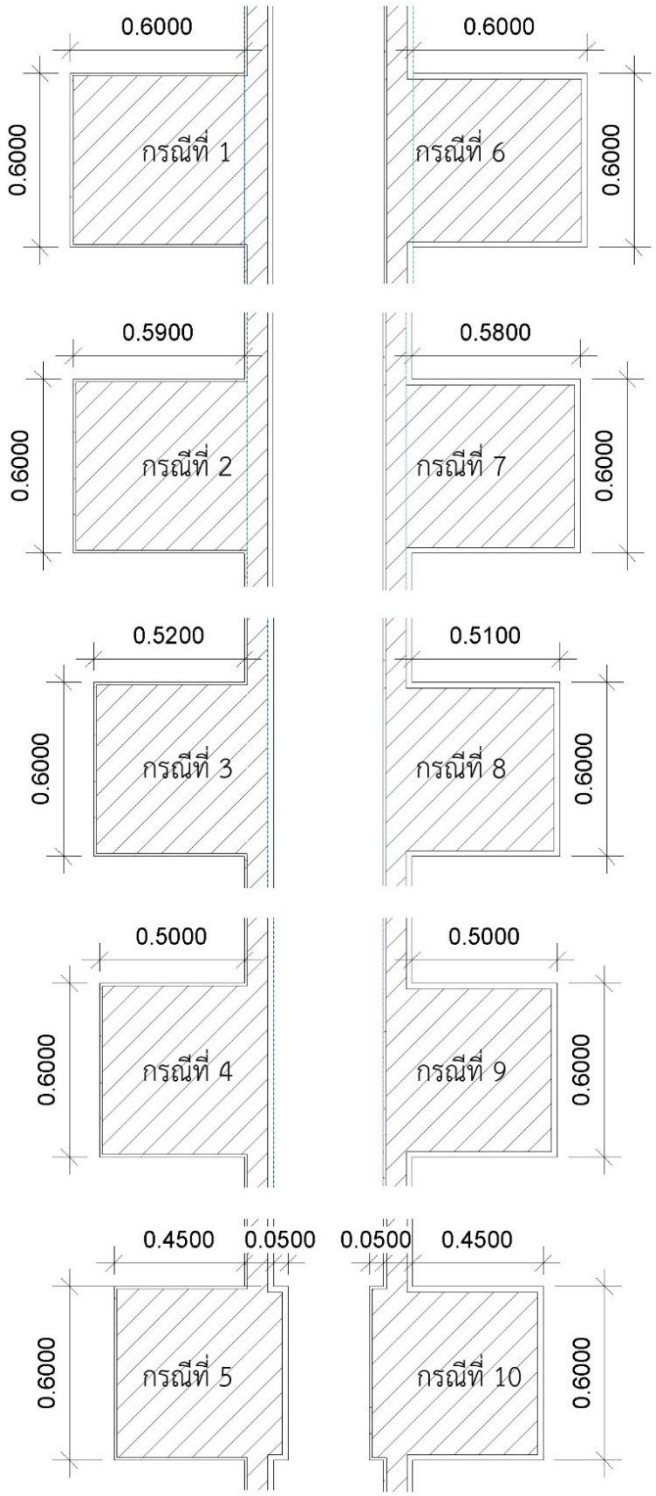
3.4.2.3.3 ทดลองการใส่เสางานสถาปัตยกรรมที่ตั้งค่าวัสดุ กับผนัง Basic Wall

การทดลองนี้เป็นการทดลองต่อเนื่องจากการทดลองในหัวข้อ 3.4.2.3.2 โดยในการทดลองนี้จะตั้งค่าวัสดุให้เสางานสถาปัตยกรรม และทดลองว่าเมื่อเสาสัมผัสกับผนังจากด้านต่างๆ ที่ระยะต่างๆ ชนิดและปริมาณของวัสดุที่เกิดขึ้นใน Schedules ของเสางานสถาปัตยกรรม จะมีค่าเป็นเท่าใด และเกิดจากการคำนวณอย่างไร รวมถึงในความเป็นจริงปริมาณวัสดุควรมีค่าเท่าใด โดยการทดลองมีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

3.4.2.3.3.1 ขั้นตอนการทดลองการใส่เสางานสถาปัตยกรรมที่ตั้งค่าวัสดุกับผนัง Basic Wall

1. สร้างเสางานสถาปัตยกรรม ขนาดหน้าตัด 60 x 60 ซม. สูง 4 เมตร กำหนดวัสดุของเสาเป็น Plywood
2. กำหนดผนัง Basic Wall มีชั้นของวัสดุ 3 ชั้น ประกอบไปด้วย แกนกลางเป็นอิฐ หนา 7 ซม. ชั้นผิวสำเร็จภายนอกเป็นปูนฉาบภายนอกหนา 2 ซม. และชั้นผิวสำเร็จภายในเป็นปูนฉาบภายใน หนา 1 ซม.
3. เขียนผนัง ยาว 10 เมตร สูง 4 เมตร
4. สร้าง Schedules Column Material Takeoff เพื่อดูปริมาณพื้นที่ของวัสดุเสางานสถาปัตยกรรม
5. การทดลองแบ่งออกเป็น 10 กรณี
6. กรณีที่ 1 เลื่อนตำแหน่งเสาให้ผิวของเสาสัมผัสกับขอบนอกสุดของชั้นปูนฉาบภายใน สังเกตและบันทึก ชนิดวัสดุ และพื้นที่ที่เกิดขึ้น
7. กรณีที่ 2 เลื่อนตำแหน่งเสาให้ผิวของเสาสัมผัสกับชั้นก่ออิฐ จากด้านปูนฉาบภายใน สังเกตและบันทึก ชนิดวัสดุ และพื้นที่ที่เกิดขึ้น
8. กรณีที่ 3 เลื่อนตำแหน่งเสาให้ผิวของเสาสัมผัสกับขอบชั้นปูนฉาบภายนอก จากด้านปูนฉาบภายใน สังเกตและบันทึก ชนิดวัสดุ และพื้นที่ที่เกิดขึ้น
9. กรณีที่ 4 เลื่อนตำแหน่งเสาให้ผิวของเสาสัมผัสกับขอบนอกสุดของชั้นปูนฉาบภายนอก จากด้านปูนฉาบภายใน สังเกตและบันทึก ชนิดวัสดุ และพื้นที่ที่เกิดขึ้น
10. กรณีที่ 5 เลื่อนตำแหน่งเสาออกมาจากชั้นปูนฉาบภายนอก 5 ซม. จากด้านปูนฉาบภายใน สังเกตและบันทึก ชนิดวัสดุ และพื้นที่ที่เกิดขึ้น
11. กรณีที่ 6 กลับฝั่ง โดยเลื่อนตำแหน่งเสาให้สัมผัสกับขอบนอกสุดของชั้นปูนฉาบภายนอก สังเกตและบันทึก ชนิดวัสดุ และพื้นที่ที่เกิดขึ้น
12. กรณีที่ 7 เลื่อนตำแหน่งเสาให้ผิวของเสาสัมผัสกับชั้นก่ออิฐ จากด้านปูนฉาบภายนอก สังเกตและบันทึก ชนิดวัสดุ และพื้นที่ที่เกิดขึ้น
13. กรณีที่ 8 เลื่อนตำแหน่งเสาให้ผิวของเสาสัมผัสกับขอบชั้นปูนฉาบภายใน จากด้านปูนฉาบภายนอก สังเกตและบันทึก ชนิดวัสดุ และพื้นที่ที่เกิดขึ้น
14. กรณีที่ 9 เลื่อนตำแหน่งเสาให้ผิวของเสาสัมผัสกับขอบนอกสุดของชั้นปูนฉาบภายใน จากด้านปูนฉาบภายนอก สังเกตและบันทึก ชนิดวัสดุ และพื้นที่ที่เกิดขึ้น
15. กรณีที่ 10 เลื่อนตำแหน่งเสาออกมาจากชั้นปูนฉาบภายใน 5 ซม. จากด้านปูนฉาบภายนอก สังเกตและบันทึก ชนิดวัสดุ และพื้นที่ที่เกิดขึ้น

16. หาความสัมพันธ์ของพื้นที่ที่เกิดขึ้นกับการคำนวณจากระยะที่วัดได้
17. คำนวณพื้นที่ตามความเป็นจริง ซึ่งจะคิดพื้นที่ส่วนที่ต้องฉาบผิวเท่านั้น
18. เปรียบเทียบ วิเคราะห์ และสรุปผลการทดลอง



ภาพที่ 3.29 ผนังพื้น การทดลองการใส่เสางานสถาปัตยกรรมที่ตั้งค่าวัสดุกับผนัง Basic Wall ทั้ง 10 กรณี

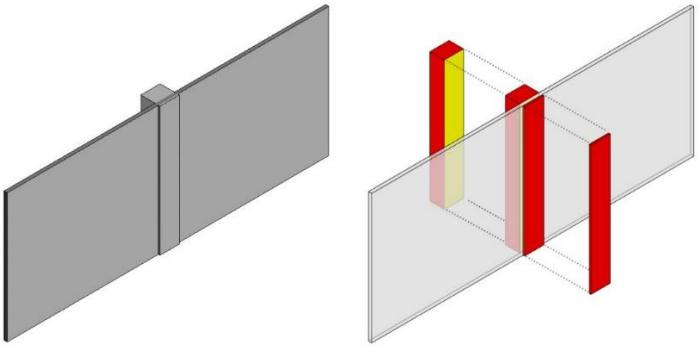
3.4.2.3.3.2 ผลการทดลองการใส่เสางานสถาปัตยกรรมที่ตั้งค่าวัสดุ กับผนัง Basic Wall

ตารางที่ 3.21 ผลการทดลองการใส่เสางานสถาปัตยกรรมที่ตั้งค่าวัสดุ กับผนัง Basic Wall

กรณีที่	วัสดุที่เกิดขึ้น	พื้นที่ (ตร.ม.)
1. เสาสัมผัสกับขอบนอกสุดของชั้นปูนฉาบภายใน	Plywood	10.320
2. เสาสัมผัสกับขอบชั้นก่ออิฐ จากด้านปูนฉาบภายใน	Plywood	7.828
	ปูนฉาบภายใน	2.400
3. เสาสัมผัสกับขอบชั้นปูนฉาบภายนอก จากด้านปูนฉาบภายใน	Plywood	7.184
	ปูนฉาบภายใน	2.400
4. เสาสัมผัสกับขอบนอกสุดของชั้นปูนฉาบภายนอก จากด้านปูนฉาบภายใน	Plywood	7.000
	ปูนฉาบภายใน	2.400
5. เสาทะลุออกมาจากชั้นปูนฉาบภายนอก จากด้านปูนฉาบภายใน	Plywood	9.400
	ปูนฉาบภายใน	2.400
	ปูนฉาบภายนอก	2.400
6. เสาสัมผัสกับขอบนอกสุดของชั้นปูนฉาบภายนอก	Plywood	10.320
7. เสาสัมผัสกับขอบชั้นก่ออิฐ จากด้านปูนฉาบภายนอก	Plywood	7.736
	ปูนฉาบภายนอก	2.400
8. เสาสัมผัสกับขอบชั้นปูนฉาบภายในจากด้านปูนฉาบภายนอก	Plywood	7.092
	ปูนฉาบภายนอก	2.400
9. เสาสัมผัสกับขอบนอกสุดของชั้นปูนฉาบภายใน จากด้านปูนฉาบภายนอก	Plywood	7.000
	ปูนฉาบภายนอก	2.400
10. เสาทะลุออกมาจากชั้นปูนฉาบภายใน จากด้านปูนฉาบภายนอก	Plywood	9.400
	ปูนฉาบภายใน	2.400
	ปูนฉาบภายนอก	2.400

จะสังเกตเห็นว่า วัสดุที่ปรากฏในเสางานสถาปัตยกรรมจะเป็นไปตามค่าวัสดุที่ตั้งไว้ และ เสาจะเริ่มปรากฏวัสดุจากผนังเมื่อเสาเข้าไปซ้อนทับกับผนัง ซึ่งวัสดุจากผนังนั้นจะเป็นวัสดุชั้นนอกสุดของผนัง ด้านที่เสาเข้าไปซ้อนทับ โดยพื้นที่ของวัสดุของผนังที่เพิ่มเข้ามาในเสาจะเป็นในส่วนของด้านข้างของเสาที่ซ้อนทับอยู่ในผนังนั้นๆ โดยโปรแกรม Autodesk Revit มีการคำนวณดังนี้

1. กรณีที่ผิวของเสาสัมผัสกับผิวนอกสุดของผนัง วัสดุของผนังจะยังไม่ปรากฏที่เสา การคิดพื้นที่วัสดุของเสาที่ตั้งค่าไว้ ให้คิดจากพื้นที่ผิวทั้ง 6 ด้านของเสา
2. กรณีที่เสาซ้อนทับกับผนัง การคิดพื้นที่วัสดุจากผนังที่ปรากฏที่เสา จะคิดจากพื้นที่ในส่วนด้านข้างของเสาที่ซ้อนทับในผนัง โดนคิดจากความกว้างของเสาด้านที่ขนานกับผนัง คูณกับความสูงของเสา
3. พื้นที่วัสดุของเสาที่ตั้งค่าไว้ คิดจากพื้นที่ผิวด้านข้าง 3 ด้านที่ไม่ได้ซ้อนทับในผนัง และพื้นที่หน้าตัดบน และล่าง โดย พื้นที่หน้าตัด บน และล่าง คิดจากความกว้างของเสาสองด้านคูณกัน โดยด้านที่ทับเข้าไปในผนังให้หักลบระยะที่ทับเข้าไปในผนัง ส่วนพื้นที่ผิวด้านข้างแยกคิดเป็น 1 ด้านที่ขนานกับผนัง และ 2 ด้านที่ตั้งฉากกับผนัง โดยด้านที่ขนานกับผนัง คิดพื้นที่จากความกว้างของเสาคูณความสูงของเสา ส่วนด้านที่ตั้งฉากกับผนังซึ่งทับเข้าไปในผนัง ความกว้างของเสาให้หักลบระยะที่ทับเข้าไปในผนังก่อนแล้วจึงคูณด้วยความสูงของเสา
4. ในกรณีที่เสาทะลุไปอีกฝั่งของผนัง ให้คิดแยกฝั่ง โดยจะมีวัสดุจากผนังที่ปรากฏที่เสา จากวัสดุผิวนอกสุดของผนังทั้งสองฝั่ง และวัสดุของเสาเองที่ตั้งค่าไว้ โดยใช้หลักการคิดตามข้อ 1 – 3



ภาพที่ 3.30 เสางานสถาปัตยกรรมที่ตั้งค่าวัสดุ เมื่อมีผนังตัดผ่านเสา เสาจะเกิดพื้นที่ของวัสดุจากผนัง เฉพาะด้านที่ซ้อนทับกับผนังเท่านั้น ส่วนผิวด้านอื่นๆ จะเป็นพื้นที่ของวัสดุที่ตั้งค่าไว้

การคิดพื้นที่ผิววัสดุของเสางานสถาปัตยกรรมตามความเป็นจริง ในกรณีนี้เสาจะต้องมีเพียงวัสดุที่เลือกไว้ ไม่มีวัสดุจากผนังเข้ามาปน ซึ่งการคิดพื้นที่จะคิดพื้นที่ด้านข้างของเสาเพียง 3 ด้าน ซึ่งจะมีพื้นที่น้อยกว่าพื้นที่ที่โปรแกรมคำนวณ เนื่องจากโปรแกรมมีการคิดพื้นที่หน้าตัดบน และล่างด้วย โดยเมื่อทดลองคำนวณพื้นที่ของเสา ทั้ง 10 กรณี ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 3.22 เปรียบเทียบพื้นที่วัสดุเสางานสถาปัตยกรรมที่ตั้งค่าวัสดุ จากโปรแกรม Autodesk Revit กับการคำนวณพื้นที่ตามความเป็นจริง

กรณีที่	วัสดุที่เกิดขึ้น	พื้นที่ (ตร.ม.)	วัสดุที่ควรจะเป็น	ความกว้างด้านขนานกับกำแพง (เมตร)	ความกว้างด้านตั้งฉากกับกำแพง (เมตร)	ความสูง (เมตร)	พื้นที่ (ตร.ม.)	ผลต่าง (ตร.ม.)	% ความคลาดเคลื่อน
1. เสาสัมผัสกับขอบนอกสุดของชั้นปูนฉาบภายใน	Plywood	10.320	Plywood	0.600	0.600	4.000	7.200	-3.120	-30.233
2. เสาสัมผัสกับขอบชั้นก่ออิฐ จากด้านปูนฉาบภายใน	Plywood	7.828	Plywood	0.600	0.590	4.000	7.120	-0.708	-9.044
	ปูนฉาบภายใน	2.400	-					-2.400	-100.000
3. เสาสัมผัสกับขอบชั้นปูนฉาบภายนอก จากด้านปูนฉาบภายใน	Plywood	7.184	Plywood	0.600	0.520	4.000	6.560	-0.624	-8.686
	ปูนฉาบภายใน	2.400	-					-2.400	-100.000
4. เสาสัมผัสกับขอบนอกสุดของชั้นปูนฉาบภายนอก จากด้านปูนฉาบภายใน	Plywood	7.000	Plywood	0.600	0.500	4.000	6.400	-0.600	-8.571
	ปูนฉาบภายใน	2.400	ปูนฉาบภายนอก	0.600		4.000	2.400	0.000	0.000
5. เสาทะลุออกมาจากชั้นปูนฉาบภายนอก จากด้านปูนฉาบภายใน	Plywood	9.400	Plywood	0.600	0.450	4.000	6.000	-0.600	-6.383
			Plywood	0.600	0.050	4.000	2.800		
	ปูนฉาบภายใน	2.400	-					-2.400	-100.000
	ปูนฉาบภายนอก	2.400	-					-2.400	-100.000
6. เสาสัมผัสกับขอบนอกสุดของชั้นปูนฉาบภายนอก	Plywood	10.320	Plywood	0.600	0.600	4.000	7.200	-3.120	-30.233
7. เสาสัมผัสกับขอบชั้นก่ออิฐ จากด้านปูนฉาบภายนอก	Plywood	7.736	Plywood	0.600	0.580	4.000	7.040	-0.696	-8.997
	ปูนฉาบภายนอก	2.400	-					-2.400	-100.000
8. เสาสัมผัสกับขอบชั้นปูนฉาบภายใน จากด้านปูนฉาบภายนอก	Plywood	7.092	Plywood	0.600	0.510	4.000	6.480	-0.612	-8.629
	ปูนฉาบภายนอก	2.400	-					-2.400	-100.000
9. เสาสัมผัสกับขอบนอกสุดของชั้นปูนฉาบภายในจากด้านปูนฉาบภายนอก	Plywood	7.000	Plywood	0.600	0.500	4.000	6.400	-0.600	-8.571
	ปูนฉาบภายนอก	2.400	ปูนฉาบภายใน	0.600		4.000	2.400	0.000	0.000
10. เสาทะลุออกมาจากชั้นปูนฉาบภายใน จากด้านปูนฉาบภายนอก	Plywood	9.400	Plywood	0.600	0.450	4.000	6.000	-0.600	-6.383
			Plywood	0.600	0.050	4.000	2.800		
	ปูนฉาบภายใน	2.400	-					-2.400	-100.000
	ปูนฉาบภายนอก	2.400	-					-2.400	-100.000

ในการเปรียบเทียบนี้จะสังเกตได้ว่า พื้นที่วัสดุของเสางานสถาปัตยกรรม ที่เกิดจากการคำนวณโดยโปรแกรม Autodesk Revit จะมีชนิดของวัสดุ และพื้นที่มากกว่าเสาตามความเป็นจริง

หากดูเฉพาะวัสดุของเสาที่ตั้งค่าไว้ กรณีที่เสาซ้อนทับอยู่ในผนัง ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของพื้นที่วัสดุเสาจากโปรแกรม Autodesk Revit จากการทดลองนี้ จะอยู่ที่ 6.383 – 9.044 % ซึ่งมีความสัมพันธ์กับระยะที่เหลืออยู่นอกผนังของเสา คือ ยิ่งเสาซ้อนทับอยู่ภายในผนังมากเท่าไร ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนจะยิ่งลดลง

สำหรับเสาที่สัมผัสกับผนังแต่ยังไม่ซ้อนทับนั่น จะมีผนัง ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของพื้นที่วัสดุเสา อยู่ที่ 30.233 % เช่นเดียวกับการทดลองในหัวข้อ 3.4.2.3.2

และเมื่อทดลองเปลี่ยนขนาดของเสาเป็น 40 x 40 ซม. โดยตัวแปรอื่นๆ เหมือนเดิม ผลที่ได้คือ ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของพื้นที่วัสดุเสาที่ซ้อนทับในผนัง จากโปรแกรม Autodesk Revit จะอยู่ที่ 4.110 – 6.200 %

3.4.2.3.3.3 สรุปผลการทดลองการใส่เสางานสถาปัตยกรรมที่ตั้งค่าวัสดุกับผนัง Basic Wall

1. เมื่อมีการตั้งค่าวัสดุให้เสางานสถาปัตยกรรม โปรแกรมจะแสดงวัสดุที่ตั้งไว้ และเมื่อเสามีการซ้อนทับกับผนัง เสาจะปรากฏวัสดุจากผิวชั้นนอกสุดของผนังด้านที่เสาเข้าไปสัมผัส
2. วัสดุของผนังซึ่งปรากฏที่เสาจะอยู่ที่พื้นที่ด้านข้างของเสา ด้านที่ซ้อนทับอยู่ในผนังนั้นๆ
3. โปรแกรม Autodesk Revit จะคิดพื้นที่วัสดุที่ตั้งค่าไว้ของเสางานสถาปัตยกรรมจากระยะของเสาที่ไม่ได้ทับเข้าไปในผนัง โดยคิดพื้นที่ผิวทั้ง 5 ด้านของเสา ไม่รวมพื้นที่ส่วนที่เป็นวัสดุจากผนัง 1 ด้าน
4. ในกรณีที่เสางานสถาปัตยกรรมสัมผัสพอดีกับขอบชั้นนอกสุดของผนังอีกฝั่ง จะไม่ปรากฏวัสดุของผนังฝั่งนั้นที่เสา เช่น กรณีที่ 4 และ 9
5. ในกรณีที่เสางานสถาปัตยกรรมทะลุผนังไปอีกฝั่ง จะปรากฏวัสดุผิวนอกสุดของผนังทั้งสองฝั่งที่เสา โดยแยกคิดพื้นที่วัสดุกันคนละฝั่ง
6. ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของพื้นที่วัสดุเสาจากโปรแกรม Autodesk Revit ขึ้นอยู่กับขนาดหน้าตัดของเสา เสาที่มีขนาดหน้าตัดเล็กกว่าจะมีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า และระยะที่เสาซ้อนทับกับผนัง ยิ่งผนังเข้าไปทับในเสามากเท่าใด ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของพื้นที่วัสดุจะยิ่งน้อยลง

3.4.2.3.4 ทดลองการซ้อนเสางานโครงสร้างในเสางานสถาปัตยกรรม

โปรแกรม Autodesk Revit ถูกออกแบบมาแยกเสาออกเป็น เสางานโครงสร้างสำหรับวิศวกร และเสางานสถาปัตยกรรมสำหรับสถาปนิก ซึ่งโปรแกรมอนุญาตให้ทำการซ้อนเสางานโครงสร้างลงไปในเสางานสถาปัตยกรรมได้ โดยที่เสาทั้งสองประเภทสามารถเรียกดูพื้นที่วัสดุได้

การทดลองนี้จะเป็นการทดลองเพื่อศึกษาว่า เมื่อทำการ Join เสางานสถาปัตยกรรมเข้ากับเสางานโครงสร้าง หรือสลับลำดับการ Join เป็นเสางานโครงสร้างเข้ากับเสางานสถาปัตยกรรม จะเกิดความเปลี่ยนแปลงของปริมาณวัสดุในแต่ละเสาอย่างไร รวมถึงเสางานสถาปัตยกรรมที่ตั้งค่าวัสดุไว้ กับไม่ได้ตั้งค่าวัสดุ จะมีความเปลี่ยนแปลงของปริมาณวัสดุในเสาอย่างไร เมื่อถูก Join เข้ากับเสางานโครงสร้าง ซึ่งการทดลองมีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

3.4.2.3.4.1 ขั้นตอนการทดลองการซ้อนเสางานโครงสร้างในเสางานสถาปัตยกรรม

1. สร้างเสางานสถาปัตยกรรมขนาด 60 x 60 ซม. สูง 4 เมตร
2. สร้างเสางานโครงสร้างขนาด 57 x 57 ซม. สูง 4 เมตรซ้อนที่ศูนย์กลางของเสางานสถาปัตยกรรม
3. สร้าง Schedules Column Material Takeoff เพื่อดูปริมาณพื้นที่ของวัสดุเสางานสถาปัตยกรรม และสร้าง Schedules Structural Column Material Takeoff เพื่อดูปริมาณพื้นที่ของวัสดุเสางานโครงสร้าง
4. การทดลองแบ่งเป็น 4 กรณี
5. กรณีที่ 1 การ Join เสางานสถาปัตยกรรมที่ยังไม่ตั้งค่าวัสดุกับเสางานโครงสร้าง ให้ทำการบันทึกพื้นที่และวัสดุที่เกิดขึ้น ก่อนและหลังการ Join เสางานสถาปัตยกรรมที่ยังไม่ตั้งค่าวัสดุ กับเสางานโครงสร้าง
6. กรณีที่ 2 การ Join เสางานสถาปัตยกรรมที่ตั้งค่าวัสดุกับเสางานโครงสร้าง ให้ทำการตั้งค่าวัสดุเสางานสถาปัตยกรรมเป็น Plywood และทำการบันทึกพื้นที่และวัสดุที่เกิดขึ้น ก่อนและหลังการ Join เสางานสถาปัตยกรรมที่กำหนดวัสดุแล้ว กับเสางานโครงสร้าง
7. กรณีที่ 3 การ Join เสางานโครงสร้างกับเสางานสถาปัตยกรรมที่ยังไม่ตั้งค่าวัสดุ ให้ทำการบันทึกพื้นที่และวัสดุที่เกิดขึ้น ก่อนและหลังการ Join เสางานโครงสร้าง กับเสางานสถาปัตยกรรมที่ยังไม่ตั้งค่าวัสดุ
8. กรณีที่ 4 การ Join เสางานโครงสร้างกับเสางานสถาปัตยกรรมที่ตั้งค่าวัสดุ ให้ทำการตั้งค่าวัสดุเสางานสถาปัตยกรรมเป็น Plywood และทำการบันทึกพื้นที่และวัสดุที่เกิดขึ้น ก่อนและหลังการ Join เสางานโครงสร้าง กับเสางานสถาปัตยกรรมที่ตั้งค่าวัสดุแล้ว

9. วิเคราะห์ และสรุปผลการทดลอง

3.4.2.3.4.2 ผลการทดลองการซ้อนเสางานโครงสร้างในเสางาน สถาปัตยกรรม

ตารางที่ 3.23 กรณีที่ 1 การ Join เสางานสถาปัตยกรรมที่ยังไม่ตั้งค่าวัสดุ กับเสางานโครงสร้าง

การ Join	เสา	วัสดุ	พื้นที่ (ตร.ม.)	การแสดงผลของเสา
1. ก่อน Join	เสางาน สถาปัตยกรรม	-	-	
	เสางาน โครงสร้าง	Concrete, Cast-in-place gray	9.7698	
2. หลัง Join	เสางาน สถาปัตยกรรม	-	-	เสารวมเป็นเสาเดียว มีวัสดุเป็นเสางาน สถาปัตยกรรม (ภาพที่ 3.26)
	เสางาน โครงสร้าง	Concrete, Cast-in-place gray	0.0000	

ตารางที่ 3.24 กรณีที่ 2 การ Join เสางานสถาปัตยกรรมที่ตั้งค่าวัสดุกับเสางานโครงสร้าง

การ Join	เสา	วัสดุ	พื้นที่ (ตร.ม.)	การแสดงผลของเสา
1. ก่อน Join	เสางาน สถาปัตยกรรม	Plywood	10.3200	
	เสางาน โครงสร้าง	Concrete, Cast-in-place gray	9.7698	
2. หลัง Join	เสางาน สถาปัตยกรรม	Plywood	10.3200	เสารวมเป็นเสาเดียว มีวัสดุเป็นเสางาน สถาปัตยกรรม (ภาพที่ 3.26)
	เสางาน โครงสร้าง	Concrete, Cast-in-place gray	0.0000	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

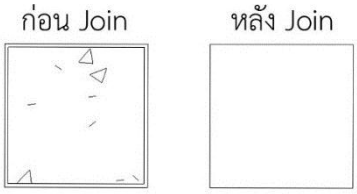
ตารางที่ 3.25 กรณีที่ 3 การ Join เสางานโครงสร้างกับเสางาน
สถาปัตยกรรมที่ยังไม่ตั้งค่าวัสดุ

กรณีที่	เสา	วัสดุ	พื้นที่ (ตร.ม.)	การแสดงผลของเสา
1. ก่อน Join	เสางานสถาปัตยกรรม	-	-	
	เสางานโครงสร้าง	Concrete, Cast-in-place gray	9.7698	
2. หลัง Join	เสางานสถาปัตยกรรม	Concrete, Cast-in-place gray	18.7902	เสารวมเป็นเสาเดียว มีวัสดุเป็นเสางานโครงสร้าง (ภาพที่ 3.27)
	เสางานโครงสร้าง	Concrete, Cast-in-place gray	9.7698	

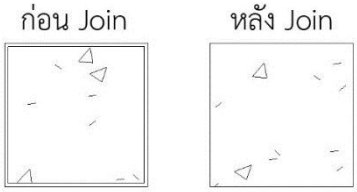
ตารางที่ 3.26 กรณีที่ 4 การ Join เสางานโครงสร้างกับเสางาน
สถาปัตยกรรมที่ตั้งค่าวัสดุ

กรณีที่	เสา	วัสดุ	พื้นที่ (ตร.ม.)	การแสดงผลของเสา
1. ก่อน Join	เสางานสถาปัตยกรรม	Plywood	10.3200	
	เสางานโครงสร้าง	Concrete, Cast-in-place gray	9.7698	
2. หลัง Join	เสางานสถาปัตยกรรม	Plywood	9.6702	เสารวมเป็นเสาเดียว มีวัสดุเป็นเสางานโครงสร้าง (ภาพที่ 3.27)
		Concrete, Cast-in-place gray	9.1200	
	เสางานโครงสร้าง	Concrete, Cast-in-place gray	9.7698	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 3.31 กรณีที่ 1 และ 2 การ Join เสางานสถาปัตยกรรม กับเสางานโครงสร้าง



ภาพที่ 3.32 กรณีที่ 3 และ 4 การ Join เสางานโครงสร้าง กับเสางานสถาปัตยกรรม

จะสังเกตได้ว่า ในกรณีที่ 1 และ 2 เมื่อ Join เสางานสถาปัตยกรรมกับเสางานโครงสร้าง เสางานสถาปัตยกรรม จะทำการรวมเสางานโครงสร้างเข้าไปเป็นเนื้อเดียวกัน ดังนั้นการแสดงผลจึงเห็นเพียงเสางานสถาปัตยกรรม ส่วนกรณีที่ 3 และ 4 เมื่อ Join เสางานโครงสร้างกับเสางานสถาปัตยกรรม การแสดงผลจะเห็นเพียงเสางานสถาปัตยกรรมซึ่งมีขนาดใหญ่กว่า แต่วัสดุจะแสดงเป็นลายคอนกรีตของเสางานโครงสร้าง

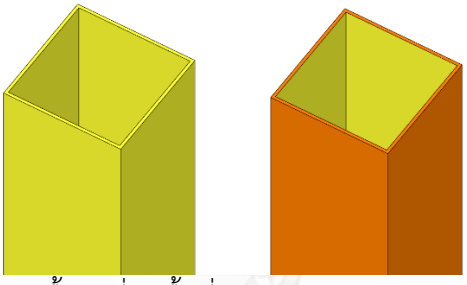
ในเรื่องของพื้นที่วัสดุ ในกรณีที่ 1 เสางานสถาปัตยกรรมที่ไม่ได้ตั้งค่าวัสดุ จะไม่แสดงชนิดและปริมาณวัสดุ ส่วนเสางานโครงสร้างจะแสดงชนิดและปริมาณวัสดุโดยคิดพื้นที่ผิวทั้ง 6 ด้านตามปกติ เมื่อ Join เสางานสถาปัตยกรรม กับเสางานโครงสร้าง พื้นที่ของวัสดุเสางานโครงสร้างจะกลายเป็น 0

ในกรณีที่ 2 เมื่อมีการตั้งค่าวัสดุให้เสางานสถาปัตยกรรม พื้นที่ของวัสดุเสางานสถาปัตยกรรมจะแสดงโดยคิดพื้นที่ผิวทั้ง 6 ด้าน และเมื่อ Join เสางานสถาปัตยกรรม กับเสางานโครงสร้าง พื้นที่ของวัสดุเสางานโครงสร้างจะกลายเป็น 0 ส่วนพื้นที่ของวัสดุเสางานสถาปัตยกรรมจะมีค่าเท่าเดิม

ในกรณีที่ 3 เสางานสถาปัตยกรรมที่ไม่ได้ตั้งค่าวัสดุ จะไม่แสดงชนิดและปริมาณวัสดุ ส่วนเสางานโครงสร้างจะแสดงชนิดและปริมาณวัสดุโดยคิดพื้นที่ผิวทั้ง 6 ด้านตามปกติ เมื่อ Join เสางานโครงสร้าง กับเสางานสถาปัตยกรรม พื้นที่ของเสางานโครงสร้างจะมีค่าเท่าเดิม ส่วนเสางานสถาปัตยกรรมจะมีวัสดุจากเสางานโครงสร้าง และมีพื้นที่เกิดขึ้น ซึ่งพื้นที่คำนวณจาก พื้นที่ผิวรอบนอกของเสางานสถาปัตยกรรมทั้ง 4 ด้าน (กว้าง

0.6 x สูง 4 เมตร x 4 ด้าน) บวกกับพื้นที่ผิวภายในของเสางานสถาปัตยกรรมซึ่งถูกเสางานโครงสร้างตัด (กว้าง 0.57 x สูง 4 เมตร x 4 ด้าน) และบวกกับพื้นที่หน้าตัดบนล่าง ซึ่งเท่ากับพื้นที่ หน้าตัดเสางานสถาปัตยกรรม ลบกับ พื้นที่หน้าตัดเสางานโครงสร้าง

ในกรณีที่ 4 เมื่อมีการตั้งค่าวัสดุให้เสางานสถาปัตยกรรม พื้นที่ของวัสดุของเสางานสถาปัตยกรรมจะแสดงโดยคิดพื้นที่ผิวทั้ง 6 ด้าน และเมื่อ Join เสางานโครงสร้าง กับเสางานสถาปัตยกรรม พื้นที่ของเสางานโครงสร้างจะมีค่าเท่าเดิม ส่วนเสางานสถาปัตยกรรมจะมีวัสดุของเสาเองและวัสดุจากเสางานโครงสร้าง เกิดขึ้น โดยพื้นที่วัสดุจากเสางานโครงสร้างจะคิดจากพื้นที่ผิวภายในของเสางานสถาปัตยกรรมซึ่งถูกเสางานโครงสร้างตัด (กว้าง 0.57 x สูง 4 เมตร x 4 ด้าน) ส่วนพื้นที่วัสดุของเสางานสถาปัตยกรรมที่ตั้งค่าไว้จะคิดจาก พื้นที่ผิวรอบนอกของเสางานสถาปัตยกรรมทั้ง 4 ด้าน (กว้าง 0.6 x สูง 4 เมตร x 4 ด้าน) บวกกับพื้นที่หน้าตัดบนล่าง ซึ่งเท่ากับพื้นที่ หน้าตัดเสางานสถาปัตยกรรม ลบกับพื้นที่หน้าตัดเสางานโครงสร้าง



ภาพที่ 3.33 แสดงพื้นผิวที่คิดพื้นที่วัสดุของเสางานสถาปัตยกรรมในกรณีที่ 3 (ซ้าย) และกรณีที่ 4 (ขวา) สีเหลืองคือพื้นที่ของวัสดุจากเสางานโครงสร้าง สีส้มคือพื้นที่ของวัสดุที่ตั้งค่าให้เสางานสถาปัตยกรรม

3.4.2.3.4.3 สรุปผลการทดลองการซ้อนเสางานโครงสร้างในเสางานสถาปัตยกรรม

1. ก่อนการ Join เสางานโครงสร้างและเสางานสถาปัตยกรรม จะมีการคิดพื้นที่วัสดุแยกจากกัน
2. ลำดับการ Join เสางานโครงสร้างและเสางานสถาปัตยกรรม มีผลต่อปริมาณวัสดุที่เกิดขึ้นในเสาทั้งสอง
3. การ Join เสางานสถาปัตยกรรมกับเสางานโครงสร้าง ทำให้พื้นที่วัสดุเสางานโครงสร้างเป็น 0 ส่วนพื้นที่วัสดุเสางานสถาปัตยกรรมจะเท่าเดิม
4. การ Join เสางานโครงสร้างกับเสางานสถาปัตยกรรม ทำให้พื้นที่และชนิดของวัสดุในเสางานสถาปัตยกรรมเปลี่ยนไป โดยพื้นที่จะคิดพื้นที่

ผิวของเสาทั้งด้านนอก ด้านใน และหน้าตัดบน ล่าง เหมือนเสาถูกตัดด้วยเสางานโครงสร้าง ส่วนพื้นที่วัสดุเสางานโครงสร้างจะเท่าเดิม

3.4.2.3.5 ทดลองการซ้อนเสางานโครงสร้างในเสางานสถาปัตยกรรม และสร้างผนังตัดผ่าน

การทดลองนี้เป็นการทดลองที่รวมกันระหว่างการซ้อนเสางานโครงสร้างในเสางานสถาปัตยกรรม และเสาทั้งสองมีการซ้อนทับกับผนัง ซึ่งจะเกิดขึ้นได้บ่อยในการเขียนแบบ โดยในการทดลองนี้ จะมีทั้งการ Join และ Switch Join ระหว่างเสางานโครงสร้าง เสางานสถาปัตยกรรม และผนัง ซึ่งจะแยกเป็นกรณีต่างๆ ซึ่งมีขั้นตอนการทดลองดังนี้

3.4.2.3.5.1 ขั้นตอนการทดลองการซ้อนเสางานโครงสร้างในเสางานสถาปัตยกรรม และสร้างผนังตัดผ่าน

1. สร้างเสางานสถาปัตยกรรมขนาด 60 x 60 ซม. สูง 4 เมตร
2. สร้างเสางานโครงสร้างขนาด 57 x 57 ซม. สูง 4 เมตรซ้อนที่ศูนย์กลางของเสางานสถาปัตยกรรม
3. กำหนดผนัง Basic Wall มีชั้นของวัสดุ 3 ชั้น ประกอบไปด้วยแกนกลางเป็นอิฐ หนา 7 ซม. ชั้นผิวสำเร็จภายนอกเป็นปูนฉาบภายนอกหนา 2 ซม. และชั้นผิวสำเร็จภายในเป็นปูนฉาบภายใน หนา 1 ซม.
4. เขียนผนัง ยาว 10 เมตร สูง 4 เมตร ตัดผ่านกึ่งกลางเสาทั้งสอง
5. สร้าง Schedules Column Material Takeoff เพื่อดูปริมาณพื้นที่ของวัสดุเสางานสถาปัตยกรรม สร้าง Schedules Structural Column Material Takeoff เพื่อดูปริมาณพื้นที่ของวัสดุเสางานโครงสร้าง และสร้าง Schedules Wall Material Takeoff เพื่อดูปริมาณพื้นที่ของวัสดุผนัง
6. การทดลองแบ่งเป็น 9 กรณี
7. กรณีที่ 1 วางเสางานโครงสร้างซ้อนในเสางานสถาปัตยกรรม และสร้างผนังตัดผ่านเสาทั้งสอง โดยเสางานสถาปัตยกรรมจะเชื่อมเป็นเนื้อเดียวกับผนัง (Join อัตโนมัติ) บันทึกผลวัสดุและปริมาณพื้นที่ที่เกิดขึ้นในองค์ประกอบทั้ง 3
8. กรณีที่ 2 Switch Join Order เสางานสถาปัตยกรรมกับผนัง บันทึกผลวัสดุและปริมาณพื้นที่ที่เกิดขึ้นในองค์ประกอบทั้ง 3
9. กรณีที่ 3 Switch Join Order เสางานสถาปัตยกรรมกับผนัง และ Join เสางานโครงสร้างกับผนัง บันทึกผลวัสดุและปริมาณพื้นที่ที่เกิดขึ้นในองค์ประกอบทั้ง 3

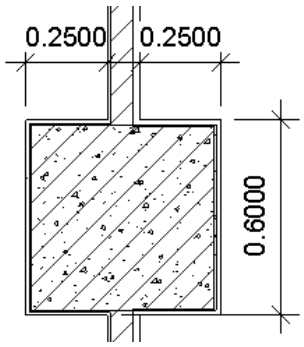
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

10. กรณีที่ 4 Switch Join Order เสางานสถาปัตยกรรมกับผนัง และ Join เสางานโครงสร้างกับเสางานสถาปัตยกรรม บันทึกผลวัสดุและปริมาณพื้นที่ที่เกิดขึ้นในองค์ประกอบทั้ง 3
11. กรณีที่ 5 Switch Join Order เสางานสถาปัตยกรรมกับผนัง และ Join เสางานสถาปัตยกรรมกับเสางานโครงสร้าง บันทึกผลวัสดุและปริมาณพื้นที่ที่เกิดขึ้นในองค์ประกอบทั้ง 3
12. กรณีที่ 6 Join เสางานโครงสร้างกับผนัง บันทึกผลวัสดุและปริมาณพื้นที่ที่เกิดขึ้นในองค์ประกอบทั้ง 3
13. กรณีที่ 7 Join เสางานโครงสร้างกับผนัง และ Join เสางานสถาปัตยกรรมกับเสางานโครงสร้าง บันทึกผลวัสดุและปริมาณพื้นที่ที่เกิดขึ้นในองค์ประกอบทั้ง 3
14. กรณีที่ 8 Join เสางานโครงสร้างกับผนัง และ Join เสางานโครงสร้างกับเสางานสถาปัตยกรรม บันทึกผลวัสดุและปริมาณพื้นที่ที่เกิดขึ้นในองค์ประกอบทั้ง 3
15. กรณีที่ 9 Join เสางานโครงสร้างกับผนัง และ Join เสางานโครงสร้างกับเสางานสถาปัตยกรรม โดยให้ตั้งค่าวัสดุในเสางานสถาปัตยกรรมเป็น Plywood บันทึกผลวัสดุและปริมาณพื้นที่ที่เกิดขึ้นในองค์ประกอบทั้ง 3
16. วิเคราะห์ และสรุปผลการทดลอง

3.4.2.3.5.2 ผลการทดลองการซ้อนเสางานโครงสร้างในเสางานสถาปัตยกรรม และสร้างผนังตัดผ่าน

ตารางที่ 3.27 กรณีที่ 1 วางเสางานโครงสร้างซ้อนในเสางานสถาปัตยกรรมและสร้างผนังตัดผ่านเสาทั้งสอง

องค์ประกอบ	วัสดุ	พื้นที่ (ตร.ม.)
ผนัง	ปูนฉาบภายนอก	40.0000
	อิฐ	40.0000
	ปูนฉาบภายใน	40.0000
เสางานสถาปัตยกรรม	ปูนฉาบภายนอก	7.1000
	ปูนฉาบภายใน	7.1000
เสางานโครงสร้าง	Concrete, Cast-in-place gray	9.7698

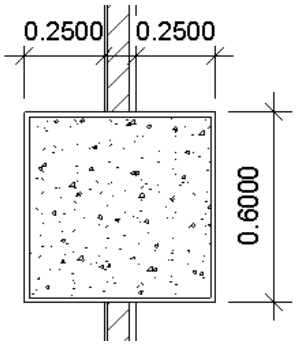


ภาพที่ 3.34 กรณีที่ 1 วางเสางานโครงสร้างซ้อนในเสางานสถาปัตยกรรม และสร้างผนังตัดผ่านเสาทั้งสอง

พื้นที่ของทุกองค์ประกอบแยกคิดอย่างอิสระ ผนังคิดพื้นที่เต็มความยาวโดยไม่มีการตัดส่วนที่ซ้อนทับกับเสา เสางานโครงสร้างคิดพื้นที่ผิวทั้ง 6 ด้านตามปกติ และเสางานสถาปัตยกรรมที่ไม่ได้ตั้งค่าวัสดุจะปรากฏวัสดุจากผนัง โดยวิธีคิดจะใช้วิธีเดียวกับที่สรุปในหัวข้อ 3.4.2.3.2 ทดลองการใส่เสางานสถาปัตยกรรมที่ยังไม่ตั้งค่าวัสดุ กับผนัง Basic Wall

ตารางที่ 3.28 กรณีที่ 2 Switch Join Order เสางานสถาปัตยกรรมกับผนัง

องค์ประกอบ	วัสดุ	พื้นที่ (ตร.ม.)
ผนัง	ปูนฉาบภายนอก	37.6000
	อิฐ	37.6000
	ปูนฉาบภายใน	37.6000
เสางานสถาปัตยกรรม	-	-
	-	-
เสางานโครงสร้าง	Concrete, Cast-in-place gray	9.7698



ภาพที่ 3.35 กรณีที่ 2 Switch Join Order เสางานสถาปัตยกรรมกับผนัง

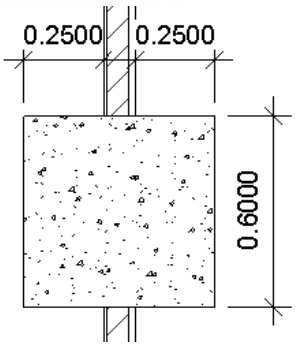
เมื่อ Switch Join เสางานสถาปัตยกรรมกับผนัง ความยาวผนังจะถูกเสางานสถาปัตยกรรมตัดออก พื้นที่จึงลดลง เสางานสถาปัตยกรรมจะไม่มีวัสดุจากผนังปรากฏ เพราะผนังไม่ได้ซ้อนทับในเสาแล้ว หากมีการกำหนดค่าวัสดุให้เสางานสถาปัตยกรรม จึงจะปรากฏพื้นที่จากผิวทั้ง 6 ด้าน ส่วนเสางานโครงสร้างคิดพื้นที่ผิวทั้ง 6 ด้านตามปกติ

กรณีที่ 3 Switch Join Order เสางานสถาปัตยกรรมกับผนัง และ Join เสางานโครงสร้างกับผนัง

สำหรับกรณีที่ 3 ไม่สามารถ Join เสางานโครงสร้างกับผนังได้ เนื่องจากเสางานสถาปัตยกรรมซึ่งใหญ่กว่าได้ตัดผนังที่ซ้อนทับอยู่ในเสาออกไปแล้ว

ตารางที่ 3.29 กรณีที่ 4 Switch Join Order เสางานสถาปัตยกรรมกับผนัง และ Join เสางานโครงสร้างกับเสางานสถาปัตยกรรม

องค์ประกอบ	วัสดุ	พื้นที่ (ตร.ม.)
ผนัง	ปูนฉาบภายนอก	37.6000
	อิฐ	37.6000
	ปูนฉาบภายใน	37.6000
เสางานสถาปัตยกรรม	Concrete, Cast-in-place gray	18.7902
เสางานโครงสร้าง	Concrete, Cast-in-place gray	9.7698



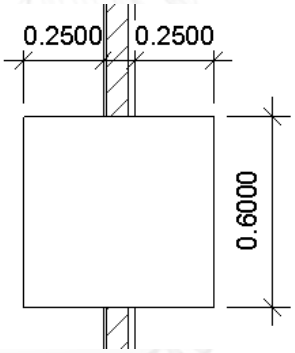
ภาพที่ 3.36 กรณีที่ 4 Switch Join Order เสางานสถาปัตยกรรมกับผนัง และ Joinเสางานโครงสร้างกับเสางานสถาปัตยกรรม

เมื่อ Switch Join เสางานสถาปัตยกรรมกับผนัง ความยาวผนังจะถูกเสางานสถาปัตยกรรมตัดออก พื้นที่จึงลดลง ส่วนการ Join เสางาน

โครงสร้าง กับเสางานสถาปัตยกรรม จะทำให้เสาสถาปัตยกรรมมีวัสดุจากเสางานโครงสร้าง และมีพื้นที่เกิดขึ้น ซึ่งวิธีคิดเป็นไปตามกรณีที่ 3 ในหัวข้อ 3.4.2.3.4 ทดลองการซ้อนเสางานโครงสร้างในเสางานสถาปัตยกรรม

ตารางที่ 3.30 กรณีที่ 5 Switch Join Order เสางานสถาปัตยกรรมกับผนัง และ Join เสางานสถาปัตยกรรมกับเสางานโครงสร้าง

องค์ประกอบ	วัสดุ	พื้นที่ (ตร.ม.)
ผนัง	ปูนฉาบภายนอก	37.6000
	อิฐ	37.6000
	ปูนฉาบภายใน	37.6000
เสางานสถาปัตยกรรม	-	-
เสางานโครงสร้าง	Concrete, Cast-in-place gray	0.0000



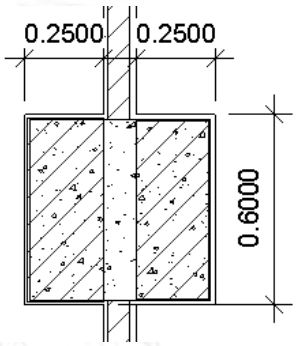
ภาพที่ 3.37 กรณีที่ 5 Switch Join Order เสางานสถาปัตยกรรมกับผนัง และ Join เสางานสถาปัตยกรรมกับเสางานโครงสร้าง

เมื่อ Switch Join เสางานสถาปัตยกรรมกับผนัง ความยาวผนังจะถูกเสางานสถาปัตยกรรมตัดออก พื้นที่จึงลดลง ส่วนการ Join เสางานสถาปัตยกรรม กับเสางานโครงสร้าง จะทำให้เสางานโครงสร้างมีพื้นที่เหลือ 0 ซึ่งวิธีคิดเป็นไปตามกรณีที่ 1 ของหัวข้อ 3.4.2.3.4 ทดลองการซ้อนเสางานโครงสร้างในเสางานสถาปัตยกรรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.31 กรณีที่ 6 Join เสางานโครงสร้างกับผนัง

องค์ประกอบ	วัสดุ	พื้นที่ (ตร.ม.)
ผนัง	ปูนฉาบภายนอก	37.7200
	อิฐ	37.7200
	ปูนฉาบภายใน	37.7200
เสางานสถาปัตยกรรม	ปูนฉาบภายนอก	7.1000
	ปูนฉาบภายใน	7.1000
เสางานโครงสร้าง	Concrete, Cast-in-place gray	9.7698

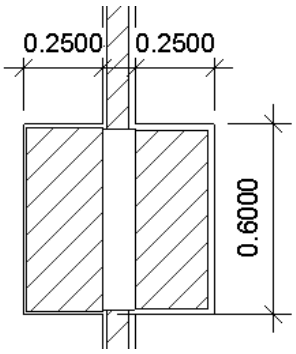


ภาพที่ 3.38 กรณีที่ 6 Join เสางานโครงสร้างกับผนัง

เมื่อ Join เสางานโครงสร้างกับผนัง ความยาวผนังจะถูกเสางานโครงสร้างตัดออก (57 ซม.) พื้นที่จึงลดลง ส่วนเสางานสถาปัตยกรรมที่ไม่ได้ตั้งค่าวัสดุจะปรากฏวัสดุจากผนัง โดยวิธีคิดจะใช้วิธีเดียวกับที่สรุปในหัวข้อ 3.4.2.3.2 ทดลองการใส่เสางานสถาปัตยกรรมที่ยังไม่ตั้งค่าวัสดุ กับผนัง Basic Wall

ตารางที่ 3.32 กรณีที่ 7 Join เสางานโครงสร้างกับผนัง และ Join เสางานสถาปัตยกรรมกับเสางานโครงสร้าง

องค์ประกอบ	วัสดุ	พื้นที่ (ตร.ม.)
ผนัง	ปูนฉาบภายนอก	37.7200
	อิฐ	37.7200
	ปูนฉาบภายใน	37.7200
เสางานสถาปัตยกรรม	ปูนฉาบภายนอก	7.1000
	ปูนฉาบภายใน	7.1000
เสางานโครงสร้าง	Concrete, Cast-in-place gray	0.0000



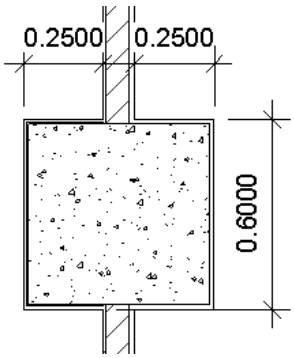
ภาพที่ 3.39 กรณีที่ 7 Join เสางานโครงสร้างกับผนัง และ Join เสางานสถาปัตยกรรมกับเสางานโครงสร้าง

เมื่อ Join เสางานโครงสร้างกับผนัง ความยาวผนังจะถูกเสางานโครงสร้างตัดออก (57 ซม.) พื้นที่จึงลดลง ส่วนการ Join เสางานสถาปัตยกรรม กับเสางานโครงสร้าง จะทำให้เสางานโครงสร้างมีพื้นที่เหลือ 0 ซึ่งวิธีคิดเป็นไปตามกรณีที่ 1 ของหัวข้อ 3.4.2.3.4 ทดลองการซ้อนเสางานโครงสร้างในเสางานสถาปัตยกรรม

ตารางที่ 3.33 กรณีที่ 8 Join เสางานโครงสร้างกับผนัง และ Join เสางานโครงสร้างกับเสางานสถาปัตยกรรม

องค์ประกอบ	วัสดุ	พื้นที่ (ตร.ม.)
ผนัง	ปูนฉาบภายนอก	37.7200
	อิฐ	37.7200
	ปูนฉาบภายใน	37.7200
เสางานสถาปัตยกรรม	ปูนฉาบภายนอก	4.5200
	ปูนฉาบภายใน	4.5200
	Concrete, Cast-in-place gray	8.3200
เสางานโครงสร้าง	Concrete, Cast-in-place gray	9.7698

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

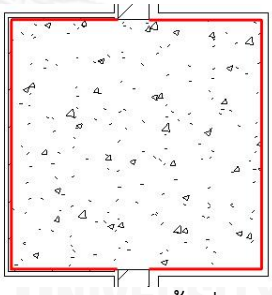


ภาพที่ 3.40 กรณีที่ 8 Join เสางานโครงสร้างกับผนัง และ Join เสางานโครงสร้างกับเสางานสถาปัตยกรรม

เมื่อ Join เสางานโครงสร้างกับผนัง ความยาวผนังจะถูกเสางานโครงสร้างตัดออก (57 ซม.) พื้นที่จึงลดลง ส่วนการ Join เสางานโครงสร้างกับเสางานสถาปัตยกรรม จะทำให้เสางานสถาปัตยกรรมมีวัสดุจากเสางานโครงสร้าง นอกจากนี้เสางานสถาปัตยกรรมยังซ้อนทับกับผนังอยู่ ทำให้เสาปรากฏวัสดุจากผิวนอกสุดของผนังทั้งสองด้านด้วย

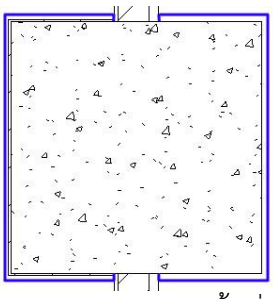
การคิดพื้นที่วัสดุในเสางานสถาปัตยกรรม แยกเป็น

1. พื้นที่ที่เกิดจากวัสดุของเสางานโครงสร้าง จะคิดจากพื้นที่ผิวด้านข้างของเสางานโครงสร้าง โดยไม่คิดระยะที่ซ้อนทับอยู่ในผนัง และไม่คิดพื้นที่หน้าตัดบน และล่าง ดังที่แสดงในภาพที่ 3.41



ภาพที่ 3.41 เส้นสีแดงแสดงระยะในผังพื้นที่ใช้สำหรับคำนวณพื้นที่วัสดุที่เกิดจากเสางานโครงสร้าง

2. พื้นที่ที่เกิดจากวัสดุของผนัง จะคิดจากพื้นที่ผิวด้านข้างของเสางานสถาปัตยกรรมในแต่ละฝั่ง โดยแต่ละฝั่งจะมีพื้นที่ผิวด้านข้าง 3 ด้าน และพื้นที่ด้านข้างที่แนบกับผนัง ซึ่งจะมีระยะเท่ากับระยะห่างจากเสางานสถาปัตยกรรมถึงเสางานโครงสร้าง โดยจะไม่คิดพื้นที่หน้าตัดบนและล่าง ดังที่แสดงในภาพที่ 3.42



ภาพที่ 3.42 เส้นสีน้ำเงินแสดงระยะในผังพื้นที่ใช้สำหรับคำนวณพื้นที่วัสดุที่เกิดจากผนัง

ตารางที่ 3.34 กรณีที่ 9 Join เสางานโครงสร้างกับผนัง และ Join เสางานโครงสร้างกับเสางานสถาปัตยกรรม โดยให้ตั้งค่าวัสดุในเสางานสถาปัตยกรรม

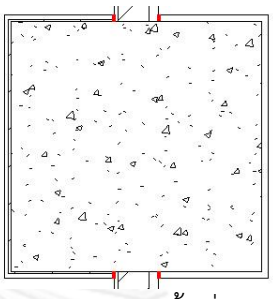
องค์ประกอบ	วัสดุ	พื้นที่ (ตร.ม.)
ผนัง	ปูนฉาบภายนอก	37.7200
	อิฐ	37.7200
	ปูนฉาบภายใน	37.7200
เสางานสถาปัตยกรรม	Plywood	8.8642
	ปูนฉาบภายนอก	0.1200
	ปูนฉาบภายใน	0.1200
	Concrete, Cast-in-place gray	8.3200
เสางานโครงสร้าง	Concrete, Cast-in-place gray	9.7698

ในกรณีนี้จะให้ผลใกล้เคียงกับกรณีที่ 8 คือ เมื่อ Join เสางานโครงสร้างกับผนัง ความยาวผนังจะถูกเสางานโครงสร้างตัดออก (57 ซม.) พื้นที่จึงลดลง ส่วนการ Join เสางานโครงสร้าง กับเสางานสถาปัตยกรรมที่ตั้งค่าวัสดุไว้แล้ว จะทำให้เสางานสถาปัตยกรรมมีวัสดุที่เกิดจากการตั้งค่าวัสดุของเสาเอง วัสดุจากเสางานโครงสร้าง และวัสดุจากผิวนอกสุดของผนังทั้งสองด้านด้วย

การคิดพื้นที่วัสดุในเสางานสถาปัตยกรรม แยกเป็น

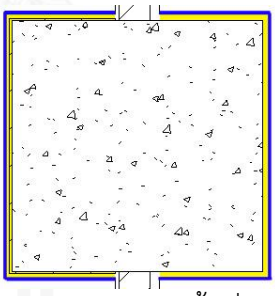
1. พื้นที่ที่เกิดจากวัสดุของเสางานโครงสร้าง จะคิดจากพื้นที่ผิวด้านข้างของเสางานโครงสร้าง โดยไม่คิดระยะที่ซ้อนทับอยู่ในผนัง และไม่คิดพื้นที่หน้าตัดบน และล่าง ดังที่แสดงในภาพที่ 3.41

2. พื้นที่ที่เกิดจากวัสดุของผนังจะแยกฝั่งคิดตามวัสดุทั้งสองด้านของผนัง โดยคิดจาก พื้นที่ด้านข้างของเสาด้านที่แนบกับผนังซึ่งจะมีระยะเท่ากับระยะห่างจากเสางานสถาปัตยกรรมถึงเสางานโครงสร้าง ดังที่แสดงในภาพที่ 3.43



ภาพที่ 3.43 เส้นสีแดงแสดงระยะในผังพื้นที่ใช้สำหรับคำนวณพื้นที่วัสดุที่เกิดจากผนัง

3. พื้นที่ที่เกิดจากการตั้งค่าวัสดุของเสางานสถาปัตยกรรม จะคิดจากพื้นที่ผิวด้านข้างของเสางานสถาปัตยกรรมในแต่ละฝั่ง โดยแต่ละฝั่งจะมีพื้นที่ผิวด้านข้าง 3 ด้าน และคิดพื้นที่หน้าตัดบน และล่าง โดยพื้นที่หน้าตัดจะคิดเฉพาะส่วนที่หักลบพื้นที่หน้าตัดของเสางานโครงสร้างออก ดังที่แสดงในภาพที่ 3.44



ภาพที่ 3.44 เส้นสีน้ำเงินแสดงระยะในผังพื้นที่ใช้สำหรับคำนวณพื้นที่วัสดุของเสางานสถาปัตยกรรมด้านข้างเสา และส่วนที่แรเงาสีน้ำเงินคือส่วนที่ใช้คำนวณพื้นที่หน้าตัดบน และล่าง

3.4.2.3.5.3 สรุปผลการทดลองการซ้อนเสางานโครงสร้างในเสางานสถาปัตยกรรม และสร้างผนังตัดผ่าน

1. เสางานโครงสร้าง เสางานสถาปัตยกรรม และผนัง สามารถ Join ในลำดับต่างๆ กันซึ่งจะให้ผลของพื้นที่และวัสดุแตกต่างกัน โดยการพิจารณาใช้การแยกพิจารณาจากการ Join วัตถุทีละคู่

2. การตัดพื้นที่ของผนังที่ซ้อนทับอยู่ในเสาทำได้ 2 วิธีคือ การ Switch Join Order ระหว่างเสางานสถาปัตยกรรมกับผนัง และ การ Join เสางานโครงสร้างกับผนัง
3. เมื่อพิจารณาจากการแสดงผลทางกราฟิกที่ถูกต้อง กรณีที่เหมาะแก่การนำไปใช้งานคือ กรณีที่ 1, 2, 8, และ 9 ซึ่ง กรณีที่ 1 คือ การวางเสางานโครงสร้างซ้อนในเสางานสถาปัตยกรรม และสร้างผนังตัดผ่านเสาทั้งสอง กรณีที่ 2 คือ การ Switch Join Order เสางานสถาปัตยกรรมกับผนัง กรณีที่ 8 คือ การ Join เสางานโครงสร้างกับผนัง และ Join เสางานโครงสร้างกับเสางานสถาปัตยกรรม และกรณีที่ 9 คือ การ Join เสางานโครงสร้างกับผนัง และ Join เสางานโครงสร้างกับเสางานสถาปัตยกรรม โดยให้ตั้งค่าวัสดุในเสางานสถาปัตยกรรม

3.4.2.4 การทดลองเพื่อวิเคราะห์ถึงหลักการคำนวณ และข้อจำกัดของคาน

โปรแกรม Autodesk Revit จัดหมวดหมู่ของคานอยู่ใน หมวดงานวิศวกรรมโครงสร้าง โดยคานจะถือว่าเป็น Structural Framing ชนิดหนึ่ง โดยวัตถุที่อยู่ในหมวดงานโครงสร้างจะทำการ Join กันโดยอัตโนมัติเมื่อมาสัมผัสกัน เช่น เมื่อคานวางบนพื้นโครงสร้างจะเชื่อมเป็นเนื้อเดียวกับพื้นโครงสร้าง หรือการวางคานระหว่างเสางานโครงสร้าง คานและเสาจะเชื่อมเป็นเนื้อเดียวกัน

การทดลองในหัวข้อนี้ เป็นการศึกษาถึงปริมาณพื้นที่ของวัสดุในคาน ในกรณีต่างๆ เพื่อศึกษาถึงหลักการ และข้อจำกัดของโปรแกรม Autodesk Revit ในการคำนวณหาพื้นที่ของคาน โดยแบ่งการทดลองออกเป็นกรณีต่างๆ ดังนี้

3.4.2.4.1 ทดลองการใส่คานกับเสางานโครงสร้าง

การทดลองนี้จะเป็นการทดลองสร้างคานและใส่เสางานโครงสร้างสูงชนถึงหลังคาน เพื่อดูพื้นที่ของวัสดุในคาน และเสางานโครงสร้าง และทดลอง Switch Join Order เพื่อดูพื้นที่ของวัสดุที่เปลี่ยนแปลงไป รวมถึงหาว่าพื้นที่วัสดุในคานเกิดจากการคำนวณอย่างไร โดยการทดลองมีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

3.4.2.4.1.1 ขั้นตอนการทดลองการใส่คานกับเสางานโครงสร้าง

1. สร้างคานขนาดหน้าตัด กว้าง 30 ซม. ลึก 60 ซม. ยาว 10 เมตร ระดับหลังคาน อยู่ที่ระดับ 4 เมตร
2. สร้าง Schedules Structural Framing Material Takeoff เพื่อดูปริมาณวัสดุที่เกิดขึ้นในคาน และสร้าง Schedules Structural Column Material Takeoff เพื่อดูปริมาณวัสดุที่เกิดขึ้นในเสางานโครงสร้าง สังเกตและบันทึกผล

3. สร้างเสางานโครงสร้าง ขนาดหน้าตัด 60 x 60 ซม. สูง 4 เมตร วางตำแหน่งหน้าตัดที่กึ่งกลางคาน
4. สังเกตปริมาณวัสดุที่เกิดขึ้น และบันทึกผล
5. Switch Join Order ระหว่างเสางานโครงสร้าง และคาน สังเกตปริมาณวัสดุที่เกิดขึ้น และบันทึกผล
6. วิเคราะห์ และสรุปผลการทดลอง

3.4.2.4.1.2 ผลการทดลองการใส่คานกับเสางานโครงสร้าง

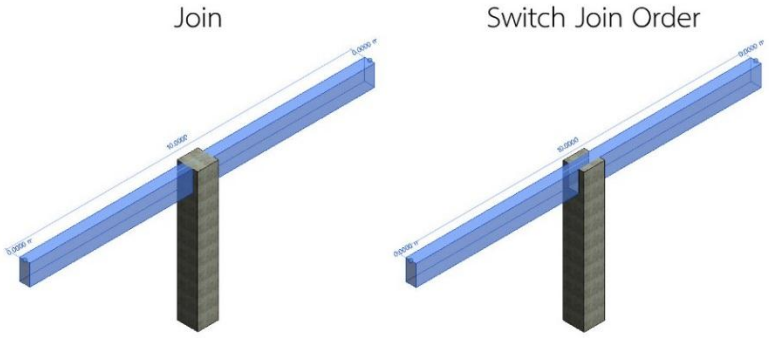
ตารางที่ 3.35 ผลการทดลองการใส่คานกับเสางานโครงสร้าง

	การ Join	องค์ประกอบ	วัสดุ	พื้นที่ (ตร.ม.)
ก่อนมีเสา	-	คาน	Concrete, Cast-in-place gray	18.36
หลังมีเสา	Join	คาน	Concrete, Cast-in-place gray	17.64
		เสางานโครงสร้าง	Concrete, Cast-in-place gray	10.32
	Switch Join Order	คาน	Concrete, Cast-in-place gray	18.36
		เสางานโครงสร้าง	Concrete, Cast-in-place gray	10.68

3.4.2.4.1.3 สรุปผลการทดลองการใส่คานกับเสางานโครงสร้าง

1. การคิดพื้นที่ผิวของวัสดุในคานจะคิดจากพื้นที่ผิวทั้ง 6 ด้านของคาน คือพื้นที่ผิวด้านข้างของคาน 4 ด้าน และพื้นที่หน้าตัดหัว และท้าย
2. คานจะ Join กับเสางานโครงสร้างโดยอัตโนมัติ โดยพื้นที่ผิวของวัสดุในคานจะลดลง ซึ่งเกิดจากคานถูกเสาแบ่งออกเป็น 2 ช่วง ความยาวของคานจะหักลบกับความกว้างของเสา การคำนวณพื้นที่ผิวจะคิดแยกช่วงเหมือนเป็นคานคนละท่อน โดยแต่ละท่อนจะคิดพื้นที่ผิวโดยรอบทั้ง 6 ด้าน
3. เมื่อ Switch Join Order ระหว่างเสางานโครงสร้างกับคาน คานจะกลับมาเป็นชิ้นเดียว พื้นที่ของคานจึงเท่ากับพื้นที่ก่อนที่จะมีเสาเข้ามา Join ส่วนเสาจะถูกตัดเป็นร่องขนาดเท่าหน้าตัดคาน ทำให้พื้นที่วัสดุ

ของเสาเปลี่ยนแปลงไป การคิดพื้นที่วัสดุของเสาคิดจากพื้นที่ผิวทั้งหมดในเสา ซึ่งจะรวมถึงพื้นที่ที่คานตัดเสาเป็นร่องไปด้วย



ภาพที่ 3.45 การคิดพื้นที่ผิวของคานในกรณีที่ Join และ Switch Join Order กับเสางานโครงสร้าง หรือเสางานสถาปัตยกรรม

3.4.2.4.2 ทดลองการใส่คานกับเสางานสถาปัตยกรรม

การทดลองนี้จะเป็นการทดลองสร้างคานและใส่เสางานสถาปัตยกรรมสูงชนถึงหลังคาน เพื่อดูพื้นที่ของวัสดุในคาน และเสางานสถาปัตยกรรม และทดลอง Join เสางานสถาปัตยกรรมกับคาน เพื่อดูพื้นที่ของวัสดุที่เปลี่ยนแปลงไป รวมถึงหาว่าพื้นที่วัสดุในคานเกิดจากการคำนวณอย่างไร โดยการทดลองมีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

3.4.2.4.2.1 ขั้นตอนการทดลองการใส่คานกับเสางานสถาปัตยกรรม

1. สร้างคานขนาดหน้าตัด กว้าง 30 ซม. ลึก 60 ซม. ยาว 10 เมตร ระดับหลังคาน อยู่ที่ระดับ 4 เมตร
2. สร้าง Schedules Structural Framing Material Takeoff เพื่อดูปริมาณวัสดุที่เกิดขึ้นในคาน และสร้าง Schedules Column Material Takeoff เพื่อดูปริมาณวัสดุที่เกิดขึ้นในเสางานสถาปัตยกรรม สังเกตและบันทึกผล
3. สร้างเสางานสถาปัตยกรรม ขนาดหน้าตัด 60 x 60 ซม. สูง 4 เมตร กำหนดวัสดุให้เสางานสถาปัตยกรรมเป็น Concrete, Cast-in-place gray วางตำแหน่งหน้าตัดที่กึ่งกลางคาน
4. สังเกตปริมาณวัสดุที่เกิดขึ้น และบันทึกผล
5. Join เสางานสถาปัตยกรรม กับคาน สังเกตปริมาณวัสดุที่เกิดขึ้น และบันทึกผล
6. Switch Join Order ระหว่างเสางานสถาปัตยกรรม กับคาน สังเกตปริมาณวัสดุที่เกิดขึ้น และบันทึกผล
7. วิเคราะห์ และสรุปผลการทดลอง

3.4.2.4.2.2 ผลการทดลองการใส่คานกับเสางานโครงสร้าง

ตารางที่ 3.36 ผลการทดลองการใส่คานกับเสางานสถาปัตยกรรม

	การ Join	องค์ประกอบ	วัสดุ	พื้นที่ (ตร.ม.)
ก่อนมีเสา	-	คาน	Concrete, Cast-in-place gray	18.36
หลังมีเสา	ก่อน Join	คาน	Concrete, Cast-in-place gray	18.36
		เสางานสถาปัตยกรรม	Concrete, Cast-in-place gray	10.32
	หลัง Join	คาน	Concrete, Cast-in-place gray	17.64
		เสางานสถาปัตยกรรม	Concrete, Cast-in-place gray	10.32
	Switch Join	คาน	Concrete, Cast-in-place gray	18.36
		เสางานสถาปัตยกรรม	Concrete, Cast-in-place gray	10.68

3.4.2.4.2.3 สรุปผลการทดลองการใส่คานกับเสางานสถาปัตยกรรม

1. การคิดพื้นที่ผิวของวัสดุในคานจะคิดจากพื้นที่ผิวทั้ง 6 ด้านของคาน คือพื้นที่ผิวด้านข้างของคาน 4 ด้าน และพื้นที่หน้าตัดหัว และท้าย
2. คานจะไม่ Join กับเสางานสถาปัตยกรรมโดยอัตโนมัติ พื้นที่ผิวของวัสดุในคานยังคงเท่าเดิม
3. เมื่อ Join เสางานสถาปัตยกรรมกับคาน จะให้ผลเช่นเดียวกับการที่คาน Join กับเสางานโครงสร้างโดยอัตโนมัติ คือ พื้นที่ผิวของวัสดุในคานจะลดลง ซึ่งเกิดจากคานถูกเสาแบ่งออกเป็น 2 ช่วง (ภาพ 3.40)
4. เมื่อ Switch Join Order ระหว่างเสางานสถาปัตยกรรมกับคาน จะให้ผลเช่นเดียวกับการ Switch Join Order ระหว่างเสางานโครงสร้างกับคาน (ภาพที่ 3.45)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.5 การออกแบบการทดลอง และดำเนินการทดลอง

จากการตรวจสอบความสามารถ และข้อจำกัดของโปรแกรม Autodesk Revit ในการสร้างแบบจำลองของเปลือกอาคารภายนอก เรียบร้อยแล้ว ทำให้ทราบถึงหลักการคำนวณปริมาณวัสดุของโปรแกรม Autodesk Revit และได้ข้อสังเกตว่า วิธีการสร้างแบบจำลองจะมีผลต่อชนิด และปริมาณของวัสดุที่เกิดขึ้น

วิธีการสร้างแบบจำลอง ได้แก่ การกำหนดคุณสมบัติของวัตถุ การกำหนดประเภทของ Location Line ในการสร้างผนัง การสร้างผนังชนมุมกัน การสร้างผนังตัดผ่านเสางานสถาปัตยกรรม และเสางานโครงสร้าง การ Join หรือ Switch Join Order ระหว่าง ผนัง กับ เสางานสถาปัตยกรรม เสางานโครงสร้าง และคาน ล้วนแล้วแต่ส่งผลต่อปริมาณวัสดุที่เกิดขึ้น

จากข้อมูลดังกล่าว นำไปสู่การออกแบบการทดลอง ซึ่งการทดลองจะ แบ่งเป็น 4 การทดลองหลักตามเปลือกอาคารที่กำหนดไว้ 4 รูปแบบ คือ ผนังก่ออิฐฉาบปูน ผนังเบา ผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จ และผนังรอบ (Curtain Wall)

ในการทดลองทั้ง 4 การทดลองจะเป็นการสร้างอาคารตัวอย่างขนาดเล็ก ที่ออกแบบให้มีกรณีของเปลือกอาคาร และส่วนต่อเนื่องของเปลือกอาคารอย่างครบถ้วน ได้แก่กรณี ผนังชนมุมกัน ผนังภายในชนกับผนังภายนอก ผนังตัดผ่านเสาริมอาคาร ผนังเจอกับเสาบริเวณมุมอาคาร และผนังที่เจาะช่องใส่ประตู และหน้าต่าง โดยสร้างผนังที่ LOD ต่างๆ เพื่อดูปริมาณวัสดุของผนังภายนอกที่เกิดขึ้น นำมาเปรียบเทียบกับปริมาณวัสดุที่หาได้จากการคำนวณทางเอกสาร ซึ่งใช้วิธีในการหาปริมาณงานสำหรับการประมาณราคาค่าก่อสร้างอย่างละเอียดตามที่ได้ศึกษา และสอบถามผู้เชี่ยวชาญ โดยการทดลองเปลือกอาคารแต่ละชนิดมีรายละเอียดดังนี้

3.5.1 การทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูน

ในการทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูน จะใช้ตัวอย่างผนังก่ออิฐฉาบปูนตามที่ได้กำหนดไว้ในหัวข้อ 3.3.1 โดยมีรายละเอียดคือ ผนังก่ออิฐครึ่งแผ่น ชั้นก่ออิฐหนา 7 ซม. ชั้นปูนฉาบภายนอกหนา 1.5 ซม. ฉาบสูงถึงระดับชั้นถัดไป ชั้นปูนฉาบภายในหนา 1.5 ซม. ฉาบสูงเลยฝ้า 10 ซม. ชั้นกรุกระเบื้องภายในถัดจากชั้นปูนฉาบหนา 1 ซม. สูง 2.6 เมตร ผนังรวมหนา 11 ซม.

การทดลองจะทำที่ระดับขั้นความละเอียดของข้อมูล ที่ LOD 200 – LOD 350 ตามรายละเอียดที่ได้กำหนดไว้ในหัวข้อ 3.3.2 และได้กำหนดวิธีการสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม Autodesk Revit ไว้ใน หัวข้อ 3.4.1 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

LOD 200: ใช้คำสั่ง Wall ในการสร้างโดยเลือก Types แบบ Basic Wall กำหนดจำนวนชั้นของวัสดุ 1 ชั้น ความหนา 10 ซม. ชนิดของวัสดุเป็นอิฐ

LOD 300: ใช้คำสั่ง Wall ในการสร้างโดยเลือก Types แบบ Basic Wall กำหนดจำนวนชั้นของวัสดุ 4 ชั้น คือ ชั้นแกนกลาง กำหนดวัสดุเป็นอิฐ ความหนา 7 ซม. ชั้นผิวภายนอก กำหนดวัสดุเป็นปูนฉาบภายนอก ความหนา 1.5 ซม. ชั้นผิวภายใน กำหนดวัสดุเป็นปูนฉาบภายใน ความหนา 1.5 ซม. และ วัสดุกระเบื้อง ความหนา 1 ซม.

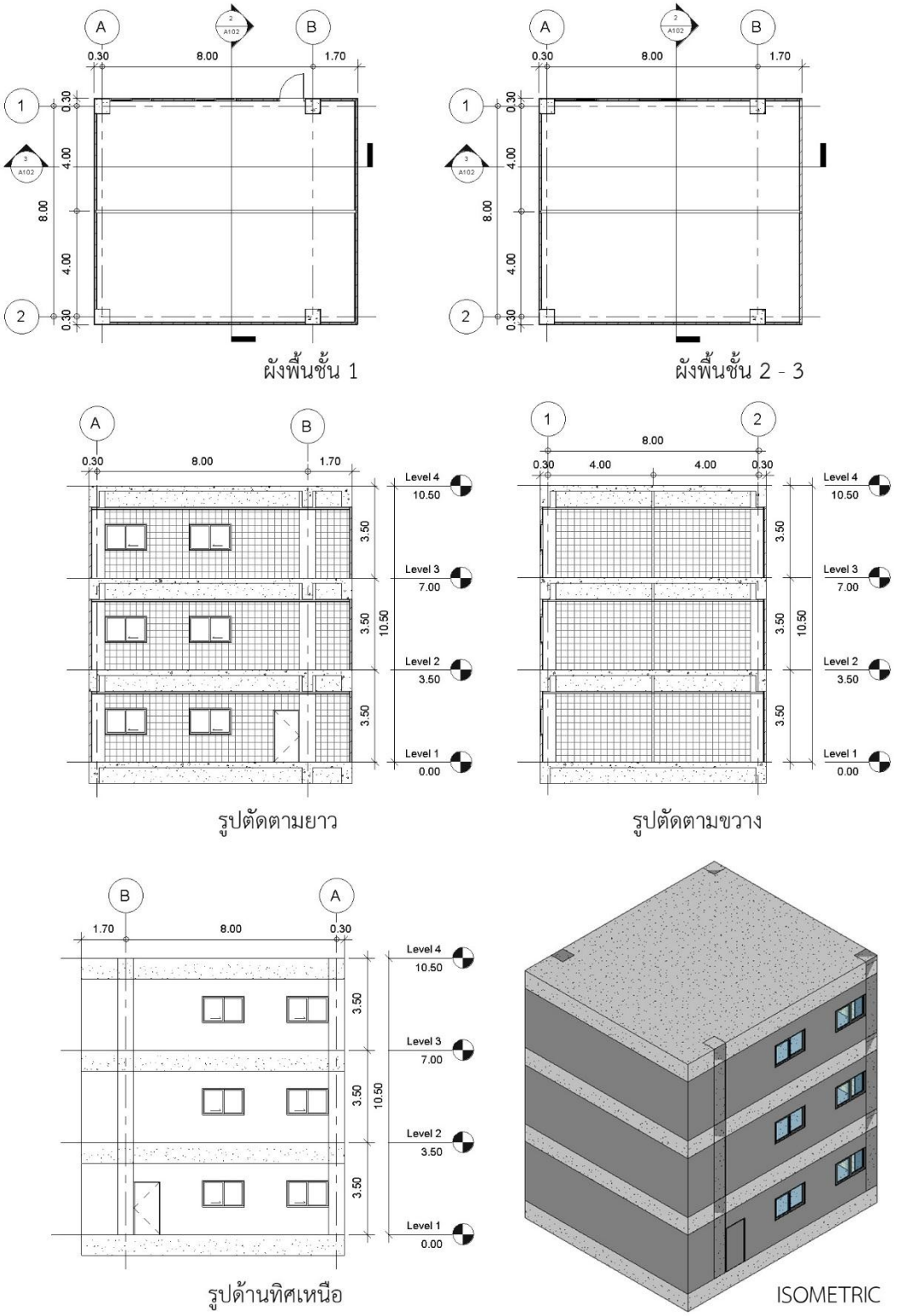
LOD 350: ใช้ผนัง Basic Wall ที่กำหนดจำนวนชั้นของวัสดุ 4 ชั้น เช่นเดียวกับ LOD 300 แต่กำหนดระดับความสูงของของชั้นต่างๆ ดังนี้ ชั้นปูนฉาบภายใน สูง 2.7 เมตร ชั้นกระเบื้อง สูง 2.6 เมตร ส่วนชั้นปูนฉาบภายนอก และชั้นก่ออิฐ สูงถึงระดับพื้นชั้นถัดไปตามปกติ และเพิ่ม เสาเอ็น และทับหลัง ที่สร้างจาก Structural Column และ Structural Framing: Beam ขนาดหน้าตัดเท่ากับความหนาชั้นก่ออิฐ คือ 7 x 7 ซม.

ในส่วนขององค์ประกอบอื่นๆ เช่น เสางานสถาปัตยกรรม เสางานโครงสร้าง คาน พื้น ประตู หน้าต่าง และผนังภายใน จะไม่มีการกำหนดระดับขั้นความละเอียดของข้อมูล และวัสดุใดๆ นอกเหนือจากค่าพื้นฐานของโปรแกรม เช่น เสางานโครงสร้าง และคานจะมีค่าวัสดุเป็น Concrete, Cast-in-Place gray เสางานสถาปัตยกรรมจะมีค่าวัสดุเป็น By Category หรือไม่มีวัสดุ เป็นต้น ทั้งนี้เนื่องจากการทดลองนี้สนใจเฉพาะเปลือกอาคารที่เป็นผนังก่ออิฐฉาบปูน ดังนั้นในการสร้างแบบจำลอง จึงจำเป็นที่จะต้องควบคุมตัวแปรอื่นๆ ที่จะมีผลต่อปริมาณวัสดุ ซึ่งได้พิสูจน์มาแล้วในหัวข้อ 3.4.2 การตรวจสอบความสามารถ และ ข้อจำกัดของโปรแกรม Autodesk Revit ว่า การตั้งค่าวัสดุให้เสางานสถาปัตยกรรม จะทำให้เกิดปริมาณพื้นที่ของวัสดุที่ตั้งค่าไว้ และปริมาณพื้นที่ของวัสดุที่เกิดจากผิวของผนังที่ซ้อนทับกับเสา ทำให้การทดลองมีตัวแปรที่เพิ่มมากขึ้น สร้างความยุ่งยากในการวิเคราะห์ผลที่มากขึ้น

ในส่วนของอาคารตัวอย่าง ที่จะทำการสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม Autodesk Revit ในการทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูนนี้ มีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้ (ดูภาพประกอบที่ 3.46)

1. ระยะกริดเสา 8 x 8 เมตร ระยะจากพื้นถึงพื้นชั้นถัดไป 3.5 เมตร จำนวน 4 ระดับชั้น
2. เสางานสถาปัตยกรรมขนาด 60 x 60 ซม. จำนวน 4 ต้นต่อ 1 ชั้น สร้างจากระดับพื้นถึงพื้นชั้นถัดไป จำนวนทั้งหมด 3 ชั้น
3. เสางานโครงสร้างขนาด 57 x 57 ซม. จำนวน 4 ต้นต่อ 1 ชั้น สร้างจากระดับพื้นถึงพื้นชั้นถัดไป ซ้อนในเสางานสถาปัตยกรรม จำนวนทั้งหมด 3 ชั้น
4. พื้นหนา 20 ซม. มีระยะขอบเขต ชิดขอบเสาทั้ง 4 ต้น โดยมีด้านหนึ่งยื่นออกมาจากกริดเสา 1.7 เมตร โดยสร้างพื้นไว้ทั้งหมด 4 ชั้น
5. คานขนาดกว้าง 40 ซม. ลึก 80 ซม. ตามช่วงเสา และพื้นยื่น
6. ผนังก่ออิฐฉาบปูน สร้างจากระดับพื้นถึงพื้นชั้นถัดไป โดยเลือกใช้ Location Line แบบ Finish Face: Exterior เขียนเกาะที่ผิวนอกของเสางานสถาปัตยกรรม ในส่วนด้านที่มีพื้นยื่น ให้เขียนเส้น Location Line ห่างจากกริดเสา 1.7 เมตร จำนวนทั้งหมด 3 ชั้น
7. ผนังภายใน ใช้ผนังแบบ Basic Wall กำหนดจำนวนชั้นของวัสดุ 1 ชั้น ความหนา 10 ซม. ชนิดของวัสดุเป็น By Category โดยสร้างผนังภายในไปชนกึ่งกลางของผนังก่ออิฐฉาบปูนทั้งสองฝั่ง จำนวนทั้งหมด 3 ชั้น
8. ฝ้าฉาบเรียบ หนา 5.2 ซม มีระยะขอบเขตตามขอบภายในของผนัง สูงจากระดับพื้น 2.6 เมตร จำนวนทั้งหมด 3 ชั้น

9. ประตูขนาด กว้าง 1 เมตร สูง 2 เมตร จำนวน 1 บาน ใส่ที่ชั้น 1
10. หน้าต่างขนาด กว้าง 1.6 เมตร สูง 1 เมตร จำนวน 6 บาน ใส่ที่ชั้น 1 – 3 ชั้นละ 2 บาน



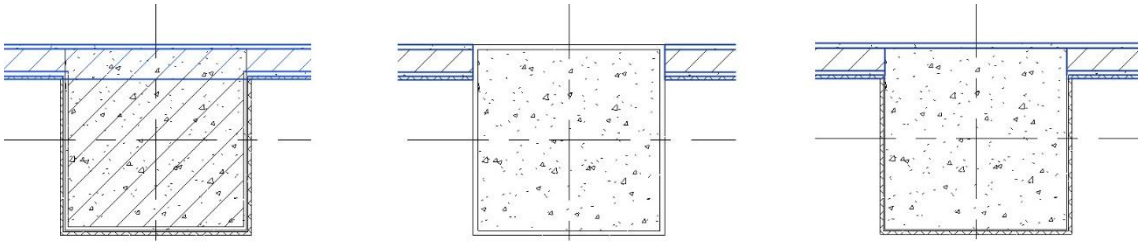
ภาพที่ 3.46 แบบอาคารตัวอย่างสำหรับการทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูน

และเนื่องจากผนังก่ออิฐฉาบปูนมีส่วนของชั้นปูนฉาบที่ซ้อนทับกับเสา และคาน ซึ่งในโปรแกรม Autodesk Revit จะใช้ผนังประเภท Basic Wall ในการสร้าง ซึ่งจะมีวิธีการสร้างแบบจำลองได้หลายวิธี เช่น การสร้างคานและพื้นให้ขอบนอกอยู่ในแนวเดียวกับเสางานสถาปัตยกรรม เมื่อทำการ Join ผนังกับคาน ผนังทุกชั้นจะถูกตัดออกจนสุดที่ใต้ท้องคาน แต่ถ้าสร้างคานและพื้นให้ขอบนอกอยู่แนวเดียวกับเสางานโครงสร้าง เมื่อทำการ Join ผนังกับคาน ผนังจะเหลือชั้นของปูนฉาบที่ฉาบปิดหน้าคาน เป็นต้น โดยสามารถแบ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างผนังกับเสางานสถาปัตยกรรมและเสางานโครงสร้างได้ 3 รูปแบบ และความสัมพันธ์ระหว่างผนังกับคานได้ 4 รูปแบบ ดังที่แสดงในภาพที่ 3.47 และ 3.48

เมื่อพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างผนังก่ออิฐฉาบปูน กับเสางานสถาปัตยกรรม เสางานโครงสร้าง และคาน สามารถแบ่งวิธีในการสร้างแบบจำลองออกเป็น 12 กรณี ตามตารางที่ 3.37 และภาพที่ 3.49

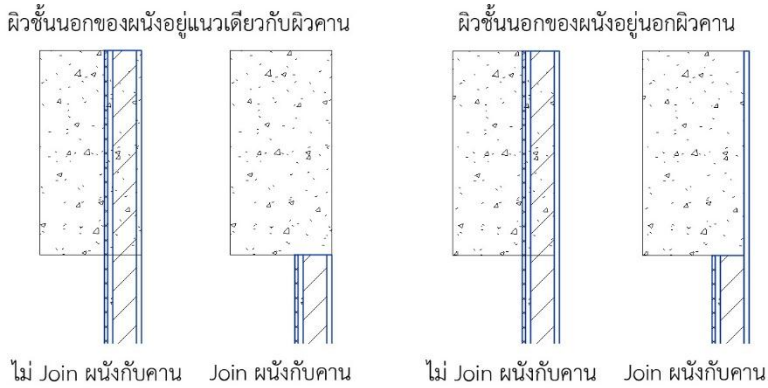
ตารางที่ 3.37 ความสัมพันธ์ระหว่างผนัง กับ เสางานสถาปัตยกรรม (เสา AR) เสางานโครงสร้าง (เสา ST) และคาน กรณีต่างๆ ในการทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูน

กรณีที่	ความสัมพันธ์ระหว่างผนัง กับ เสา AR เสา ST และคาน			
	เสา AR	เสา ST	คาน	ตำแหน่งคานและพื้น
1	Join (Auto)	ไม่ Join	ไม่ Join	ขอบนอกชิดเสา AR
2	Switch Join	ไม่ Join	ไม่ Join	ขอบนอกชิดเสา AR
3	Join (Auto)	Join กับผนัง และเสา AR	ไม่ Join	ขอบนอกชิดเสา AR
4	Join (Auto)	ไม่ Join	Join	ขอบนอกชิดเสา AR
5	Switch Join	ไม่ Join	Join	ขอบนอกชิดเสา AR
6	Join (Auto)	Join กับผนัง และเสา AR	Join	ขอบนอกชิดเสา AR
7	Join (Auto)	ไม่ Join	ไม่ Join	ขอบนอกชิดเสา ST
8	Switch Join	ไม่ Join	ไม่ Join	ขอบนอกชิดเสา ST
9	Join (Auto)	Join กับผนัง และเสา AR	ไม่ Join	ขอบนอกชิดเสา ST
10	Join (Auto)	ไม่ Join	Join	ขอบนอกชิดเสา ST
11	Switch Join	ไม่ Join	Join	ขอบนอกชิดเสา ST
12	Join (Auto)	Join กับผนัง และเสา AR	Join	ขอบนอกชิดเสา ST

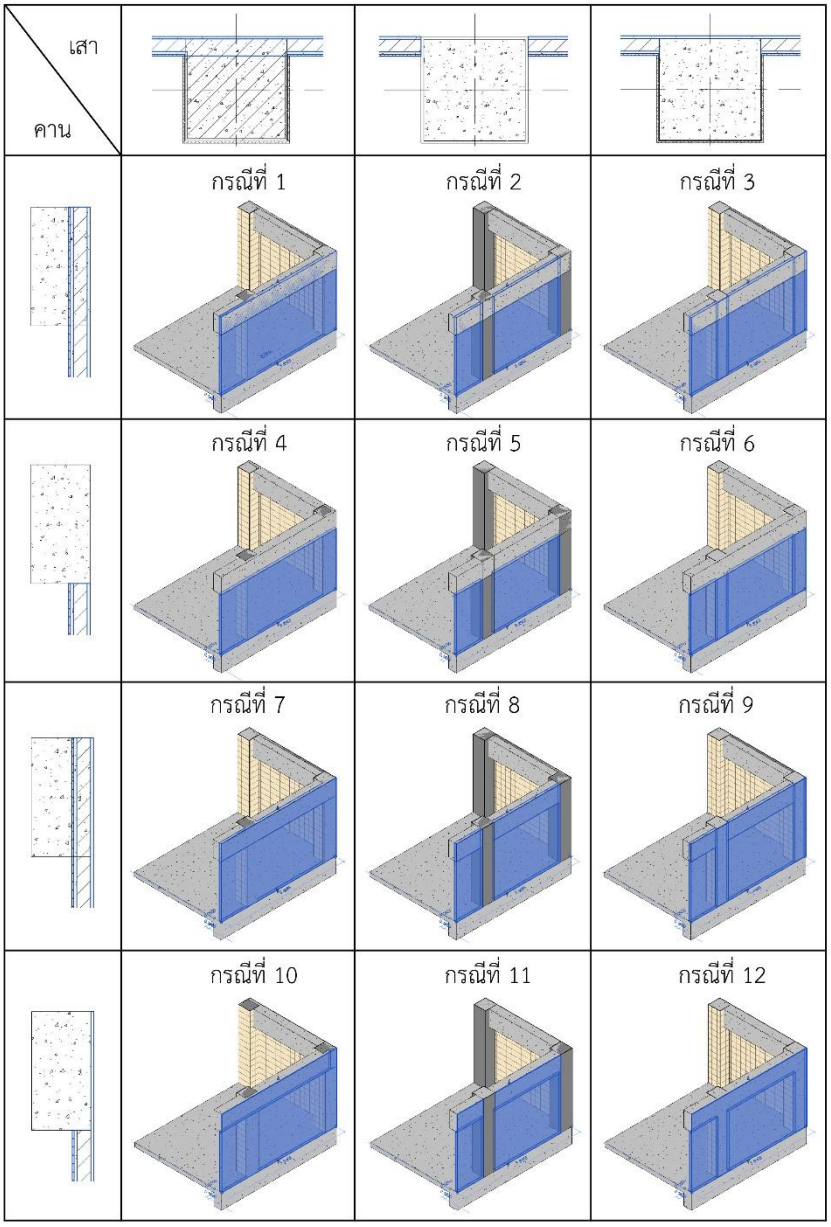


ผนัง Join กับเสา AR / ไม่ Join กับเสา ST | ผนัง Switch Join Order กับเสา AR / ไม่ Join กับเสา ST | Join เสา ST กับผนัง / Join เสา ST กับเสา AR

ภาพที่ 3.47 ความสัมพันธ์ระหว่างผนังกับเสารูปแบบต่างๆ ในการทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูน



ภาพที่ 3.48 ความสัมพันธ์ระหว่างผนังกับคานรูปแบบต่างๆ ในการทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูน



ภาพที่ 3.49 การสร้างแบบจำลองทั้ง 12 กรณี ของการทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูน

ในการทดลอง ทำการสร้างแบบจำลองของอาคารตัวอย่าง โดยใช้ผนังก่ออิฐฉาบปูน ที่ระดับขั้นความละเอียดของข้อมูล LOD 200, LOD 300 และ LOD 350 ซึ่งในแต่ละระดับขั้นความละเอียดของข้อมูล จะทำการสร้างแบบจำลองอาคารตัวอย่างด้วยวิธีการทั้ง 12 กรณี ดังนั้นจะได้แบบจำลองอาคารตัวอย่างในการศึกษาทั้งหมด 36 กรณี

ในแบบจำลองอาคารตัวอย่างแต่ละกรณี ให้ทำการสร้าง Schedules Material Takeoff เพื่อดูปริมาณของวัสดุ จากองค์ประกอบต่างๆ โดยเลือกเอาเฉพาะปริมาณวัสดุที่เกี่ยวข้องกับผนังก่ออิฐฉาบปูน ประกอบไปด้วย พื้นที่ก่ออิฐ พื้นที่ปูนฉาบภายนอก พื้นที่ปูนฉาบภายใน และพื้นที่กระเบื้อง โดยรวมเอา ปริมาณวัสดุที่เกิดจากผนัง และปริมาณวัสดุเกิดขึ้นในองค์ประกอบของอาคารอื่นๆ เช่น เสางานสถาปัตยกรรม เข้าด้วยกัน จากนั้นทำการจดบันทึก ชื่อวัสดุ ปริมาณวัสดุ และองค์ประกอบที่มีวัสดุนั้นๆ

ทำการหาปริมาณงานในส่วนของผนังก่ออิฐฉาบปูนของอาคารตัวอย่าง ด้วยวิธีการทางเอกสาร ตามวิธีการหาปริมาณงานเพื่อการประมาณราคาค่าก่อสร้างอย่างละเอียด (อ้างอิงจากการศึกษาในหัวข้อ 2.6.5.2) เพื่อนำปริมาณงานที่ได้มาเปรียบเทียบกับปริมาณวัสดุจากโปรแกรม Autodesk Revit เพื่อทำการวิเคราะห์และอภิปรายผลต่อไป

3.5.2 การทดลองผนังเบา

ในการทดลองผนังเบา จะใช้ตัวอย่างผนังเบา ตามที่ได้กำหนดไว้ในหัวข้อ 3.3.1 โดยมีรายละเอียดคือ ชั้นโครงคร่าวเหล็กขนาด 75 มม. ระยะโครง 60 x 120 ซม. วัสดุแผ่นด้านนอกเป็นแผ่น ไฟเบอร์ซีเมนต์ หนา 12 มม. วัสดุแผ่นภายในเป็นแผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ หนา 10 มม. ผนังรวมหนา 9.7 ซม.

การทดลองจะทำที่ระดับขั้นความละเอียดของข้อมูล ที่ LOD 200 – LOD 350 ตามรายละเอียดที่ได้กำหนดไว้ในหัวข้อ 3.3.2 และได้กำหนดวิธีการสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม Autodesk Revit ไว้ใน หัวข้อ 3.4.1 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

LOD 200: ใช้คำสั่ง Wall ในการสร้างโดยเลือก Types แบบ Basic Wall กำหนดจำนวนชั้นของวัสดุ 1 ชั้น ความหนา 10 ซม. ชนิดของวัสดุเป็นไฟเบอร์ซีเมนต์

LOD 300: ใช้คำสั่ง Wall ในการสร้างโดยเลือก Types แบบ Basic Wall กำหนดจำนวนชั้นของวัสดุ 3 ชั้น คือ ชั้นแกนกลาง กำหนดวัสดุเป็นโครงคร่าวเหล็ก ความหนา 7.5 ซม. ชั้นผิวภายนอก กำหนดวัสดุเป็นไฟเบอร์ซีเมนต์ภายนอกความหนา 1.2 ซม. ชั้นผิวภายใน กำหนดวัสดุเป็นไฟเบอร์ซีเมนต์ภายใน ความหนา 1 ซม.

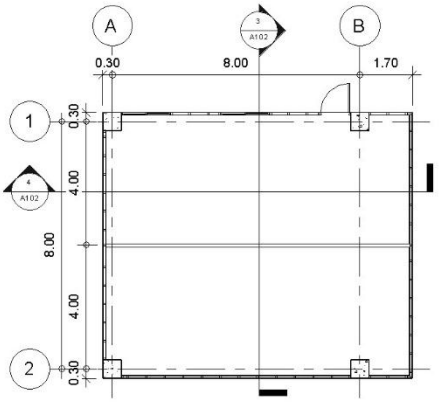
LOD 350: เหมือน LOD 300 และเพิ่มโครงคร่าว ที่สร้างจาก Structural Framing โดยใช้ Autodesk Revit Extensions: Wood Framing Walls ในการช่วยใส่โครงคร่าว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

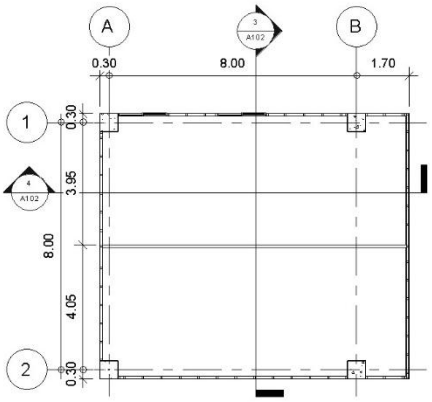
ในส่วนขององค์ประกอบอื่นๆ เช่น เสางานสถาปัตยกรรม เสางานโครงสร้าง คาน พื้น ประตู หน้าต่าง และผนังภายใน จะไม่มีการกำหนดระดับขั้นความละเอียดของข้อมูล และวัสดุใดๆ นอกเหนือจากค่าพื้นฐานของโปรแกรม เช่นเดียวกับการทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูน โดยอาคารตัวอย่างที่จะทำการสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม Autodesk Revit ในการทดลองผนังเบา มีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้ (ดูภาพประกอบที่ 3.50)

1. ระยะกริดเสา 8 x 8 เมตร ระยะจากพื้นถึงพื้นชั้นถัดไป 3.5 เมตร จำนวน 4 ระดับชั้น
2. เสางานสถาปัตยกรรมขนาด 60 x 60 ซม. จำนวน 4 ต้นต่อ 1 ชั้น สร้างจากระดับพื้นถึงพื้นชั้นถัดไป จำนวนทั้งหมด 3 ชั้น
3. เสางานโครงสร้างขนาด 57 x 57 ซม. จำนวน 4 ต้นต่อ 1 ชั้น สร้างจากระดับพื้นถึงพื้นชั้นถัดไป ซ้อนในเสางานสถาปัตยกรรม จำนวนทั้งหมด 3 ชั้น
4. พื้นหนา 20 ซม. มีระยะขอบเขต ชิดขอบเสาทั้ง 4 ต้น โดยมีด้านหนึ่งยื่นออกมาจากกริดเสา 1.7 เมตร โดยสร้างพื้นไว้ทั้งหมด 4 ชั้น
5. คานขนาดกว้าง 40 ซม. ลึก 80 ซม. ตามช่วงเสา และพื้นยื่น
6. ผนังเบา สร้างจากระดับพื้นถึงพื้นชั้นถัดไป โดยเลือกใช้ Location Line แบบ Finish Face: Exterior เขียนเกาะที่ผิวนอกของเสางานสถาปัตยกรรม ในส่วนด้านที่มีพื้นยื่น ให้เขียนเส้น Location Line ห่างจากกริดเสา 1.7 เมตร จำนวนทั้งหมด 3 ชั้น
7. ผนังภายใน ใช้ผนังแบบ Basic Wall กำหนดจำนวนชั้นของวัสดุ 1 ชั้น ความหนา 10 ซม. ชนิดของวัสดุเป็น By Category โดยสร้างผนังภายในไปชนกึ่งกลางของผนังเบาทั้งสองฝั่ง จำนวนทั้งหมด 3 ชั้น
8. ฝ้าฉาบเรียบ หนา 5.2 ซม มีระยะขอบเขตตามขอบภายในของผนัง สูงจากระดับพื้น 2.6 เมตร จำนวนทั้งหมด 3 ชั้น
9. ประตูขนาด กว้าง 1 เมตร สูง 2 เมตร จำนวน 1 บาน ใส่ที่ชั้น 1
10. หน้าต่างขนาด กว้าง 1.6 เมตร สูง 1 เมตร จำนวน 6 บาน ใส่ที่ชั้น 1 – 3 ชั้นละ 2 บาน

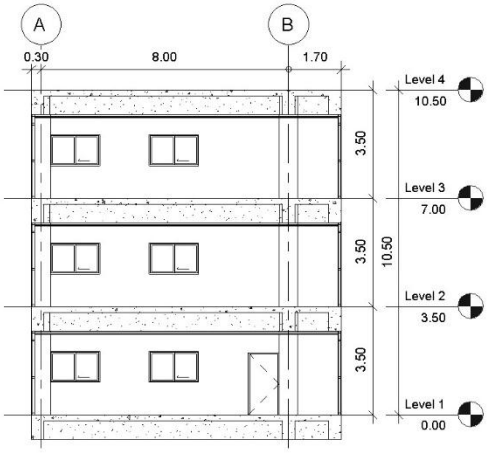
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



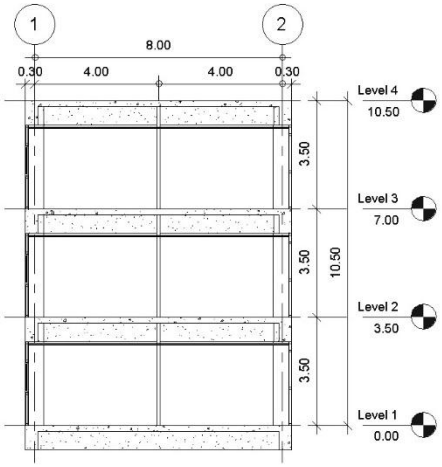
ผังพื้นชั้น 1



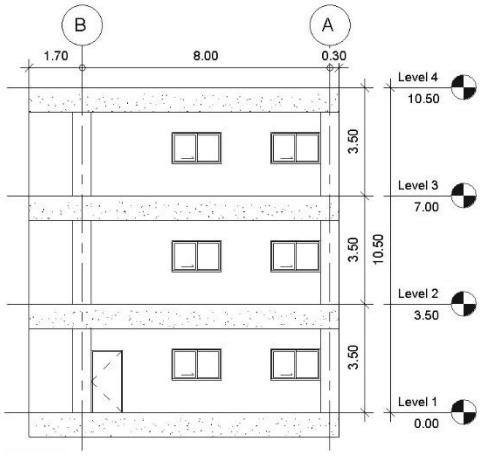
ผังพื้นชั้น 2 - 3



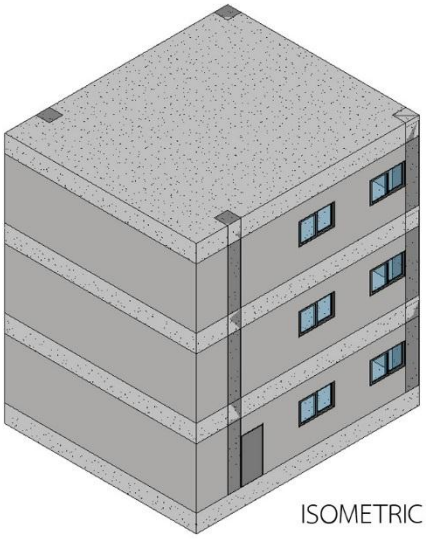
รูปตัดตามยาว



รูปตัดตามขวาง



รูปด้านทิศเหนือ



ISOMETRIC

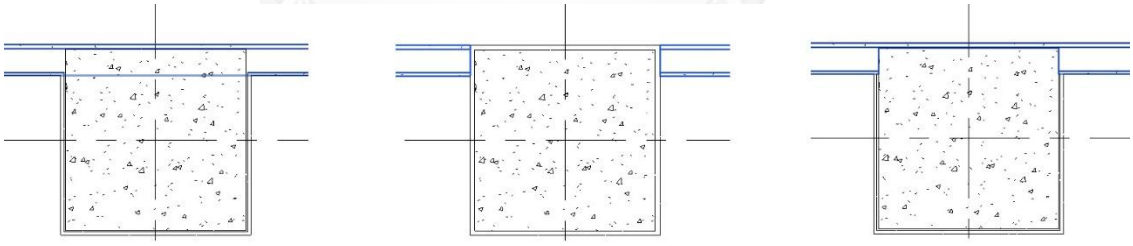
ภาพที่ 3.50 แบบอาคารตัวอย่างสำหรับการทดลองผนังเบา

และเนื่องจากผนังเบา จะใช้ผนังประเภท Basic Wall ในโปรแกรม Autodesk Revit ในการสร้างแบบจำลอง เช่นเดียวกับ การทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูน ซึ่งมีวิธีการสร้างแบบจำลองได้หลายวิธี โดยสามารถแบ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างผนังกับเสางานสถาปัตยกรรมและเสางานโครงสร้างได้ 3 รูปแบบ และความสัมพันธ์ระหว่างผนังกับคานได้ 2 รูปแบบ ดังที่แสดงในภาพที่ 3.51 และ 3.52

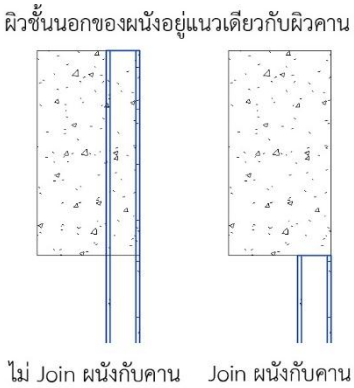
เมื่อพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างผนังก่ออิฐฉาบปูน กับเสางานสถาปัตยกรรม เสางานโครงสร้าง และคาน สามารถแบ่งวิธีในการสร้างแบบจำลองออกเป็น 6 กรณี ตามตารางที่ 3.38 และภาพที่ 3.53 โดยวิธีในการสร้างแบบจำลองจะน้อยกว่าการทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูน 6 กรณี เนื่องจากผนังเบา ไม่มีชั้นของวัสดุที่ต้องปิดหน้าคานเหมือนปูนฉาบ ดังนั้นจึงไม่มีกรณีที่ตำแหน่งของคานและพื้น อยู่แนวเดียวกับเสางานโครงสร้าง เพื่อให้ชั้นของผิวสำเร็จของผนังปิดหน้าคาน

ตารางที่ 3.38 ความสัมพันธ์ระหว่างผนัง กับ เสางานสถาปัตยกรรม (เสา AR) เสางานโครงสร้าง (เสา ST) และคาน กรณีต่างๆ ในการทดลองผนังเบา

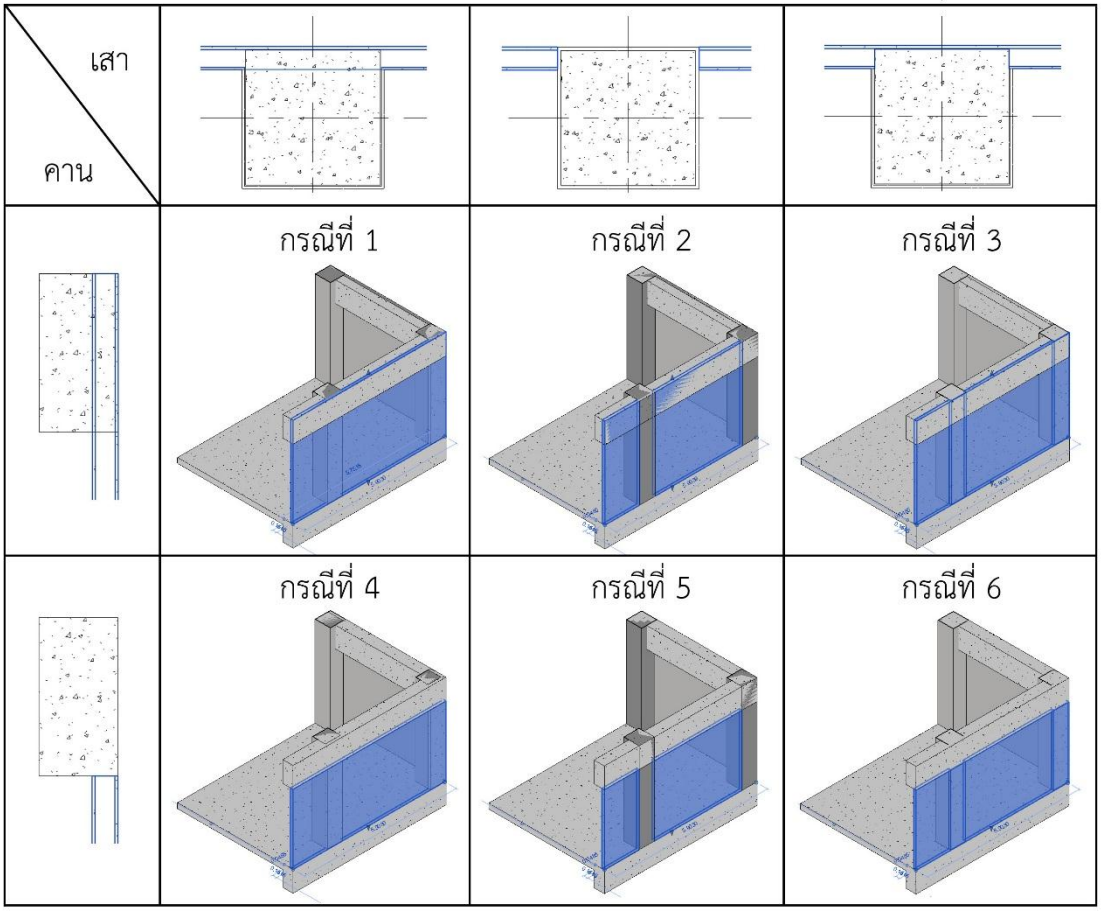
กรณีที่	ความสัมพันธ์ระหว่างผนัง กับ เสา AR เสา ST และคาน			
	เสา AR	เสา ST	คาน	ตำแหน่งคานและพื้น
1	Join (Auto)	ไม่ Join	ไม่ Join	ขอบนอกชิดเสา AR
2	Switch Join	ไม่ Join	ไม่ Join	ขอบนอกชิดเสา AR
3	Join (Auto)	Join กับผนัง และเสา AR	ไม่ Join	ขอบนอกชิดเสา AR
4	Join (Auto)	ไม่ Join	Join	ขอบนอกชิดเสา AR
5	Switch Join	ไม่ Join	Join	ขอบนอกชิดเสา AR
6	Join (Auto)	Join กับผนัง และเสา AR	Join	ขอบนอกชิดเสา AR



ภาพที่ 3.51 ความสัมพันธ์ระหว่างผนังกับเสารูปแบบต่างๆ ในการทดลองผนังเบา



ภาพที่ 3.52 ความสัมพันธ์ระหว่างผนังกับคานรูปแบบต่างๆ ในการทดลองผนังเบา



ภาพที่ 3.53 การสร้างแบบจำลองทั้ง 6 กรณี ของการทดลองผนังเบา

ในการทดลอง ทำการสร้างแบบจำลองของอาคารตัวอย่าง โดยใช้ผนังเบา ที่ระดับขั้นความละเอียดของข้อมูล LOD 200, LOD 300 และ LOD 350 ซึ่งในแต่ละระดับขั้นความละเอียดของข้อมูลจะทำการสร้างแบบจำลองอาคารตัวอย่างด้วยวิธีการทั้ง 6 กรณี ดังนั้นจะได้แบบจำลองอาคารตัวอย่างในการศึกษาทั้งหมด 18 กรณี

ในแบบจำลองอาคารตัวอย่างแต่ละกรณี ให้ทำการสร้าง Schedules Material Takeoff เพื่อดูปริมาณของวัสดุ จากองค์ประกอบต่างๆ โดยเลือกเอาเฉพาะปริมาณวัสดุที่เกี่ยวข้องกับผนังเบา ประกอบไปด้วย พื้นที่โครงคร่าว พื้นที่แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ภายนอก และพื้นที่แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ภายใน โดยรวมเอา ปริมาณวัสดุที่เกิดจากผนัง และปริมาณวัสดุเกิดขึ้นในองค์ประกอบของอาคารอื่นๆ เช่น เสางานสถาปัตยกรรม เข้าด้วยกัน จากนั้นทำการจดบันทึก ชื่อวัสดุ ปริมาณวัสดุ และองค์ประกอบที่มีวัสดุนั้นๆ

ทำการหาปริมาณงานในส่วนของผนังเบาของอาคารตัวอย่าง ด้วยวิธีการทางเอกสาร ตามวิธีการหาปริมาณงานเพื่อการประมาณราคาค่าก่อสร้างอย่างละเอียด (อ้างอิงจากการศึกษาในหัวข้อ 2.6.5.2.2) เพื่อนำปริมาณงานที่ได้มาเปรียบเทียบกับปริมาณวัสดุจากโปรแกรม Autodesk Revit เพื่อทำการวิเคราะห์และอภิปรายผลต่อไป

3.5.3 การทดลองผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จ

ในการทดลองผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จ จะใช้ตัวอย่างผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จ ตามที่ได้กำหนดไว้ในหัวข้อ 3.3.1 โดยมีรายละเอียดคือ เป็นผนังคอนกรีตหนา 10 ซม.

การทดลองจะทำที่ระดับขั้นความละเอียดของข้อมูล ที่ LOD 200 – LOD 400 ตามรายละเอียดที่ได้กำหนดไว้ในหัวข้อ 3.3.2 และได้กำหนดวิธีการสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม Autodesk Revit ไว้ใน หัวข้อ 3.4.1 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

LOD 200: ใช้คำสั่ง Wall ในการสร้างโดยเลือก Types แบบ Basic Wall กำหนดจำนวนชั้นของวัสดุ 1 ชั้น ความหนา 10 ซม. ชนิดของวัสดุเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก

LOD 300: ใช้ผนังเดียวกับ LOD 200 เนื่องจากผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จไม่มีชั้นของวัสดุเพิ่มเติม

LOD 350: ใช้คำสั่ง Wall ในการสร้างโดยเลือก Types แบบ Curtain Wall โดยตั้ง Curtain Wall Panel เป็นผนัง Basic Wall ที่มีจำนวนชั้นของวัสดุ 1 ชั้น ความหนา 10 ซม. ชนิดของวัสดุเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก และตั้งค่าCurtain Grid แนวตั้งกว้างไม่เกิน 2.5 เมตร แนวนอนสูง 3.5 เมตร

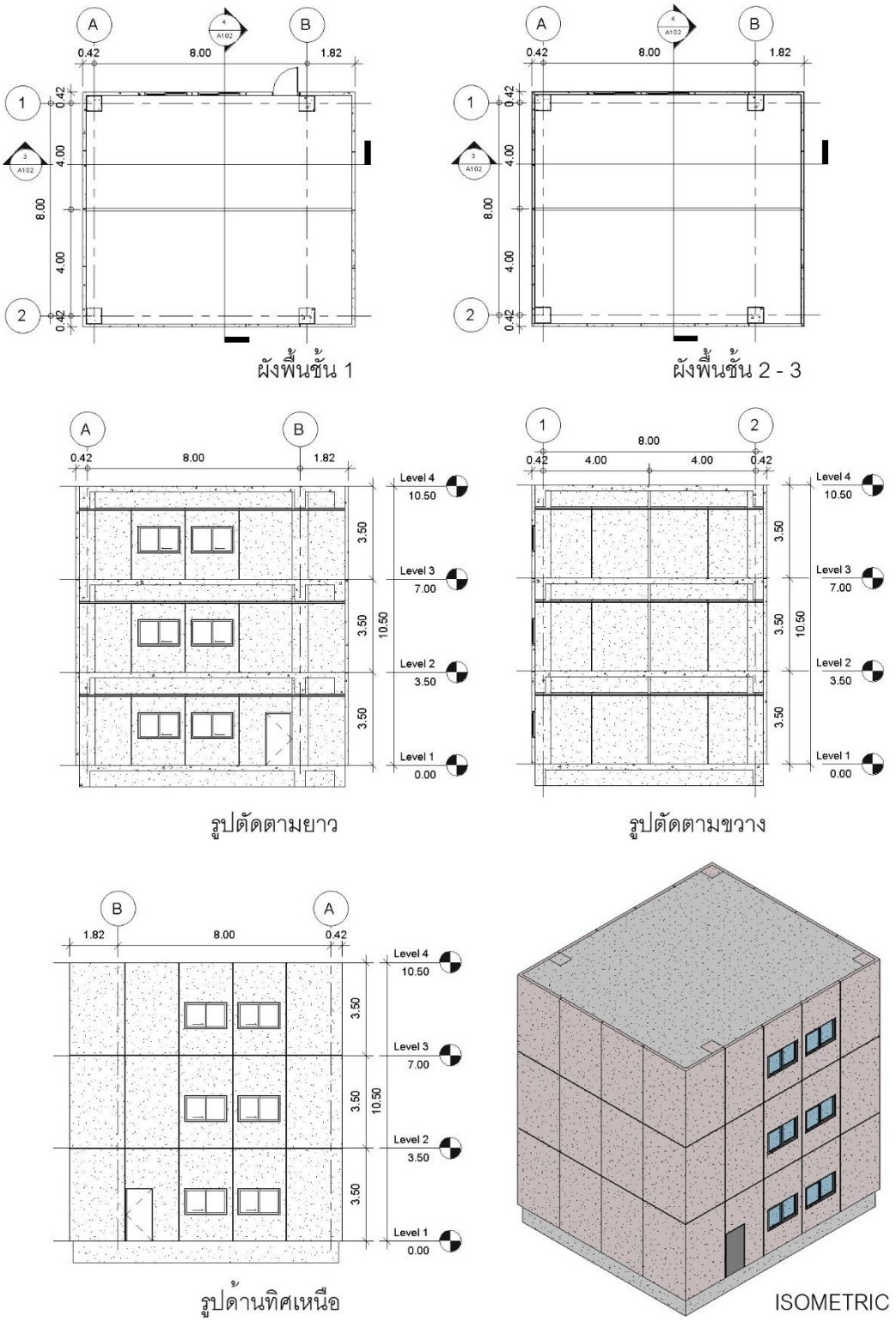
LOD 400: เหมือน LOD 350 แต่เพิ่มการใส่ Sealants ซึ่งการสร้าง Sealants ไม่มีคำสั่งโดยตรงในโปรแกรม Autodesk Revit แต่สามารถใช้ Curtain Wall Mullion ที่กำหนดความหนาหน้าตัด 2 x 10 ซม. และกำหนดวัสดุเป็น Sealants แทนได้

ในส่วนขององค์ประกอบอื่นๆ เช่น เสางานสถาปัตยกรรม เสางานโครงสร้าง คาน พื้น ประตู หน้าต่าง และผนังภายใน จะไม่มีการกำหนดระดับขั้นความละเอียดของข้อมูล และวัสดุใดๆ นอกเหนือจากค่าพื้นฐานของโปรแกรม เช่นเดียวกับการทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูน และการทดลอง

ผนังเบา โดยอาคารตัวอย่าง ที่จะทำการสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม Autodesk Revit ในการทดลองผนังเบา มีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้ (ดูภาพประกอบที่ 3.54)

1. ระยะกริดเสา 8 x 8 เมตร ระยะจากพื้นถึงพื้นชั้นถัดไป 3.5 เมตร จำนวน 4 ระดับชั้น
2. เสางานสถาปัตยกรรมขนาด 60 x 60 ซม. จำนวน 4 ต้นต่อ 1 ชั้น สร้างจากระดับพื้นถึงพื้นชั้นถัดไป จำนวนทั้งหมด 3 ชั้น
3. เสางานโครงสร้างขนาด 57 x 57 ซม. จำนวน 4 ต้นต่อ 1 ชั้น สร้างจากระดับพื้นถึงพื้นชั้นถัดไป ซ้อนในเสางานสถาปัตยกรรม จำนวนทั้งหมด 3 ชั้น
4. พื้นหนา 20 ซม. มีระยะขอบเขต ชิดขอบเสาทั้ง 4 ต้น โดยมีด้านหนึ่งยื่นออกมาจากกริดเสา 1.7 เมตร โดยสร้างพื้นไว้ทั้งหมด 4 ชั้น
5. คานขนาดกว้าง 40 ซม. ลึก 80 ซม. ตามช่วงเสา และพื้นยื่น
6. ผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จ ที่ LOD 200 และ LOD 300 สร้างจากระดับพื้นถึงพื้นชั้นถัดไป โดยเลือกใช้ Location Line แบบ Finish Face: Interior เขียนเกาะที่ผิวนอกของเสางานสถาปัตยกรรม ในส่วนด้านที่มีพื้นยื่น ให้เขียนเส้น Location Line ห่างจากกริดเสา 1.7 เมตร จำนวนทั้งหมด 3 ชั้น สำหรับ LOD 350 และ LOD 400 ซึ่งใช้ผนังแบบ Curtain Wall สร้างจากระดับพื้นชั้น 1 ถึงระดับพื้นชั้น 4 โดยขยับตำแหน่งของผนังให้ผิวด้านในของผนังสัมผัสกับขอบของพื้น
7. ผนังภายใน ใช้ผนังแบบ Basic Wall กำหนดจำนวนชั้นของวัสดุ 1 ชั้น ความหนา 10 ซม. ชนิดของวัสดุเป็น By Category โดยสร้างผนังภายในไปชนกึ่งกลางของผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จทั้งสองฝั่ง จำนวนทั้งหมด 3 ชั้น
8. ฝ้าฉาบเรียบ หนา 5.2 ซม มีระยะขอบเขตตามขอบภายในของผนัง สูงจากระดับพื้น 2.6 เมตร จำนวนทั้งหมด 3 ชั้น
9. ประตูขนาด กว้าง 1 เมตร สูง 2 เมตร จำนวน 1 บาน ใส่ที่ชั้น 1
10. หน้าต่างขนาด กว้าง 1.6 เมตร สูง 1 เมตร จำนวน 6 บาน ใส่ที่ชั้น 1 – 3 ชั้นละ 2 บาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 3.54 แบบอาคารตัวอย่างสำหรับการทดลองผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จ

สำหรับผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จ ผนังจะไม่มีส่วนซ้อนทับกับเสา และคาน เนื่องจากผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จจะติดตั้งโดยหิ้วไว้ด้านหน้าคาน และพื้น ดังนั้นวิธีการสร้างแบบจำลองจึงมีวิธีเดียว คือสร้างผนังให้อยู่ด้านหน้าของคาน และพื้น โดยในการทดลอง ทำการสร้างแบบจำลองของอาคารตัวอย่าง โดยใช้ผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จ ที่ระดับขั้นความละเอียดของข้อมูล LOD 200, LOD 300, LOD 350 และ LOD 400 ดังนั้นจะได้แบบจำลองอาคารตัวอย่างในการศึกษาทั้งหมด 4 กรณี

ในแบบจำลองอาคารตัวอย่างแต่ละกรณี ให้ทำการสร้าง Schedules Material Takeoff เพื่อดูปริมาณของวัสดุ จากองค์ประกอบต่างๆ โดยเลือกเอาเฉพาะปริมาณวัสดุที่เกี่ยวข้องกับผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จ ประกอบไปด้วย พื้นที่คอนกรีตหล่อสำเร็จ จำนวนแผ่นคอนกรีตหล่อสำเร็จ (เกิดจากการแบ่ง Curtain Grid) และความยาวของ Sealants (เกิดจาก Curtain Wall Mullion) จากนั้นทำการจดบันทึก ชื่อวัสดุ ปริมาณวัสดุ และองค์ประกอบที่มีวัสดุนั้นๆ

ทำการหาปริมาณงานในส่วนของผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จของอาคารตัวอย่าง ด้วยวิธีการทางเอกสาร ตามวิธีการหาปริมาณงานเพื่อการประมาณราคาค่าก่อสร้างอย่างละเอียด (อ้างอิงจากการ) ปริมาณงานที่ได้มาเปรียบเทียบกับปริมาณวัสดุจากโปรแกรม Autodesk Revit เพื่อทำการวิเคราะห์และอภิปรายผลต่อไป

3.5.4 การทดลองผนังรอบ (Curtain Wall)

ในการทดลองผนังรอบ (Curtain Wall) จะใช้ตัวอย่างผนังรอบ (Curtain Wall) ตามที่ได้กำหนดไว้ในหัวข้อ 3.3.1 โดยมีรายละเอียดคือ ผนังรอบ (Curtain Wall) ชนิด 2 Sided Structural Silicone Glazing System ติดตั้งแบบ Stick System โครงแนวตั้ง (Mullion) ขนาด 63.5 x 101.6 มม. โครงแนวนอน (Transom) ขนาด 63.5 x 152.4 มม. ผนังรวมหนา 15.24 ซม.

การทดลองจะทำที่ระดับขั้นความละเอียดของข้อมูล ที่ LOD 200 – LOD 350 ตามรายละเอียดที่ได้กำหนดไว้ในหัวข้อ 3.3.2 และได้กำหนดวิธีการสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม Autodesk Revit ไว้ใน หัวข้อ 3.4.1 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

LOD 200: ใช้คำสั่ง Wall ในการสร้างโดยเลือก Types แบบ Curtain Wall โดยไม่มีการกำหนด ระยะของ Curtain Grid และไม่มีการใส่ Curtain Wall Mullion ใดๆ

LOD 300: ใช้คำสั่ง Wall ในการสร้างโดยเลือก Types แบบ Curtain Wall ประเภทของ Curtain Wall Panel เป็น System Panel: Glazed โดยกำหนดระยะของ Curtain Grid แนวตั้ง 1.5 เมตร และแนวนอน 2.4 เมตร และใส่ Curtain Wall Mullion ขนาดหน้าตัด 50 x 150 มม. ซึ่งเป็นขนาดมาตรฐานของโปรแกรม โดย Duplicate Curtain Wall Mullion แยกเป็น 2 Types สำหรับ โครงแนวตั้ง และโครงแนวนอน

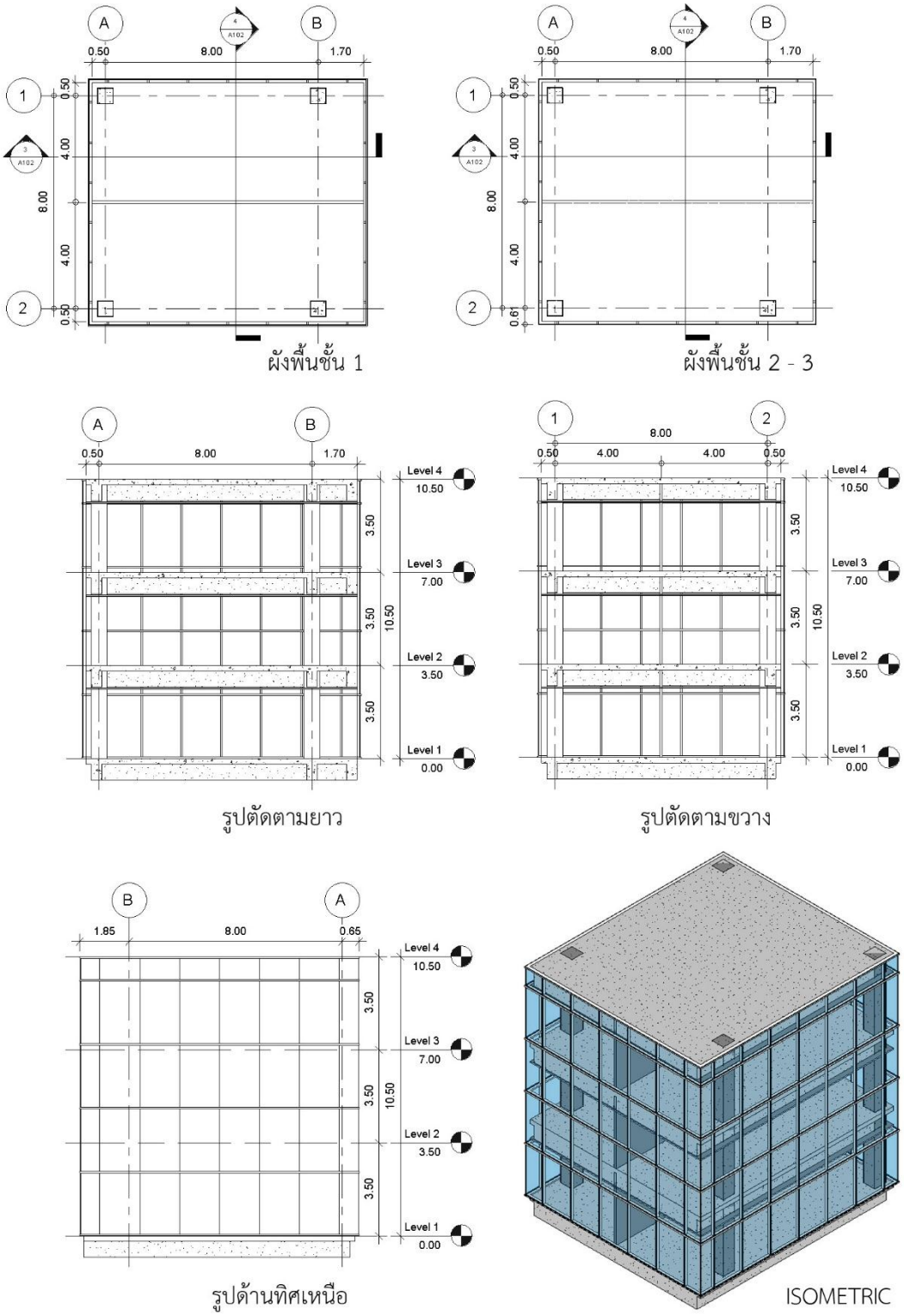
LOD 350: ใช้คำสั่ง Wall ในการสร้างโดยเลือก Types แบบ Curtain Wall ประเภทของ Curtain Wall Panel เป็น System Panel: 1” Glass โดยกำหนดระยะ ของ Curtain Grid แนวตั้ง 1.5 เมตร และแนวนอน 2.4 เมตร และ

ใส่Curtain Wall Mullion โดยสร้าง Mullion จาก Profile ที่โหลดเข้ามา โดย Mullion แนวตั้ง มีขนาด 63.5 x 101.6 มม. และ Mullion แนวนอน (Transom) มีขนาด 63.5 x 152.4 มม.

ในส่วนขององค์ประกอบอื่นๆ เช่น เสางานสถาปัตยกรรม เสางานโครงสร้าง คาน พื้น ประตู หน้าต่าง และผนังภายใน จะไม่มีการกำหนดระดับขั้นความละเอียดของข้อมูล และวัสดุใดๆ นอกเหนือจากค่าพื้นฐานของโปรแกรม เช่นเดียวกับการทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูน การทดลองผนังเบา และการทดลองผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จ โดยอาคารตัวอย่าง ที่จะทำการสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม Autodesk Revit ในการทดลองผนังเบา มีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้ (ดูภาพประกอบที่ 3.55)

1. ระยะกริดเสา 8 x 8 เมตร ระยะจากพื้นถึงพื้นชั้นถัดไป 3.5 เมตร จำนวน 4 ระดับชั้น
2. เสางานสถาปัตยกรรมขนาด 60 x 60 ซม. จำนวน 4 ต้นต่อ 1 ชั้น สร้างจากระดับพื้นถึงพื้นชั้นถัดไป จำนวนทั้งหมด 3 ชั้น
3. เสางานโครงสร้างขนาด 57 x 57 ซม. จำนวน 4 ต้นต่อ 1 ชั้น สร้างจากระดับพื้นถึงพื้นชั้นถัดไป ซ้อนในเสางานสถาปัตยกรรม จำนวนทั้งหมด 3 ชั้น
4. พื้นหนา 20 ซม. มีระยะขอบเขต เว้นจากขอบเสาข้างละ 20 ซม. ทั้ง 4 ต้น โดยมีด้านหนึ่งยื่นออกมาจากกริดเสา 1.7 เมตร โดยสร้างพื้นไว้ทั้งหมด 4 ชั้น
5. คานขนาดกว้าง 40 ซม. ลึก 80 ซม. ตามช่วงเสา และพื้นยื่น
6. ผนังรอบ (Curtain Wall) สร้างจากระดับพื้นชั้น 1 ถึงระดับพื้นชั้น 4 โดยขยับตำแหน่งของผนังให้ขอบของโครงด้านในของผนังสัมผัสกับขอบของพื้น
7. ผนังภายใน ใช้ผนังแบบ Basic Wall กำหนดจำนวนชั้นของวัสดุ 1 ชั้น ความหนา 10 ซม. ชนิดของวัสดุเป็น By Category โดยสร้างผนังภายในไปชนกึ่งกลางของผนังรอบ (Curtain Wall) ทั้งสองฝั่ง จำนวนทั้งหมด 3 ชั้น
8. ฝ้าฉาบเรียบ หนา 5.2 ซม มีระยะขอบเขตตามขอบภายในของผนัง สูงจากระดับพื้น 2.6 เมตร จำนวนทั้งหมด 3 ชั้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 3.55 แบบอาคารตัวอย่างสำหรับการทดลองผนังรอบ (Curtain Wall)

สำหรับผนังรอบ (Curtain Wall) ผนังจะไม่มีส่วนซ้อนทับกับเสา และคาน เนื่องจากผนังรอบ (Curtain Wall) จะติดตั้งโดยหิ้วไว้ด้านหน้าคาน และพื้น เช่นเดียวกับผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จ ดังนั้น วิธีการสร้างแบบจำลองจึงมีวิธีเดียว คือสร้างผนังให้อยู่ด้านหน้าของคาน และพื้น โดยในการทดลองทำการสร้างแบบจำลองของอาคารตัวอย่าง โดยใช้ผนังรอบ (Curtain Wall) ที่ระดับขั้นความละเอียดของข้อมูล LOD 200, LOD 300 และ LOD 350 ดังนั้นจะได้แบบจำลองอาคารตัวอย่างในการศึกษาทั้งหมด 3 กรณี

ในแบบจำลองอาคารตัวอย่างแต่ละกรณี ให้ทำการสร้าง Schedules Material Takeoff เพื่อดูปริมาณของวัสดุ จากองค์ประกอบต่างๆ โดยเลือกเอาเฉพาะปริมาณวัสดุที่เกี่ยวข้องกับผนังรอบ (Curtain Wall) ประกอบไปด้วย พื้นที่ของผนัง พื้นที่และจำนวนของกระจก (Curtain Wall Panel) ความยาวและจำนวนของโครง (Curtain Wall Mullion) ซึ่งโครงสามารถแยกเป็นโครงแนวตั้ง (Mullion) และโครงแนวนอน (Transom) ได้ จากนั้นทำการจดบันทึก ชื่อวัสดุ ปริมาณวัสดุ และองค์ประกอบที่มีวัสดุนั้นๆ

ทำการหาปริมาณงานในส่วนของผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จของอาคารตัวอย่าง ด้วยวิธีการทางเอกสาร ตามวิธีการหาปริมาณงานเพื่อการประมาณราคาค่าก่อสร้างอย่างละเอียด (อ้างอิงจากการศึกษาในหัวข้อ 2.6.5.1.1) เพื่อนำปริมาณงานที่ได้มาเปรียบเทียบกับปริมาณวัสดุจากโปรแกรม Autodesk Revit เพื่อทำการวิเคราะห์และอภิปรายผลต่อไป

3.6 การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทดลองแต่ละกรณี

การวิเคราะห์ผลการทดลองสามารถทำได้โดยเปรียบเทียบปริมาณวัสดุที่เกิดขึ้นจากการทดลองสร้างแบบจำลองของผนังตัวอย่างในกรณีต่างๆ ที่ระดับขั้นความละเอียดของข้อมูลต่างๆ กับปริมาณวัสดุที่คิดจากได้จากคำนวณทางเอกสาร ตามวิธีการหาปริมาณสำหรับการประมาณราคาค่าก่อสร้างอย่างละเอียดของประเทศไทย โดยหาผลต่างระหว่างปริมาณวัสดุที่เกิดขึ้น และค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของวัสดุ ซึ่งปริมาณวัสดุจากโปรแกรม Autodesk Revit อาจจะมีทั้งมากกว่าหรือน้อยกว่าปริมาณวัสดุที่คิดจากการคำนวณทางเอกสาร จากนั้นทำการวิเคราะห์ถึงสาเหตุของผลต่างและความคลาดเคลื่อนของวัสดุ โดยอาศัยข้อมูลจากข้อจำกัด และวิธีการคำนวณของโปรแกรม Autodesk Revit ในหัวข้อ 3.4.2 และการวัดปริมาณงานสถาปัตยกรรมในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยในหัวข้อ 2.6.5

3.7 สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทดลองในแต่ละกรณี นำไปสู่การสรุปผลการวิจัย ซึ่งแบ่งเป็นเรื่องของความครบถ้วนของข้อมูล และความแม่นยำของข้อมูล ที่ระดับขั้นความละเอียดของข้อมูลต่างๆ ในการสร้างแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) เมื่อเทียบกับวิธีการหาปริมาณงานสถาปัตยกรรมในอุตสาหกรรมการก่อสร้างของไทย

บทที่ 4
ผลการวิจัย

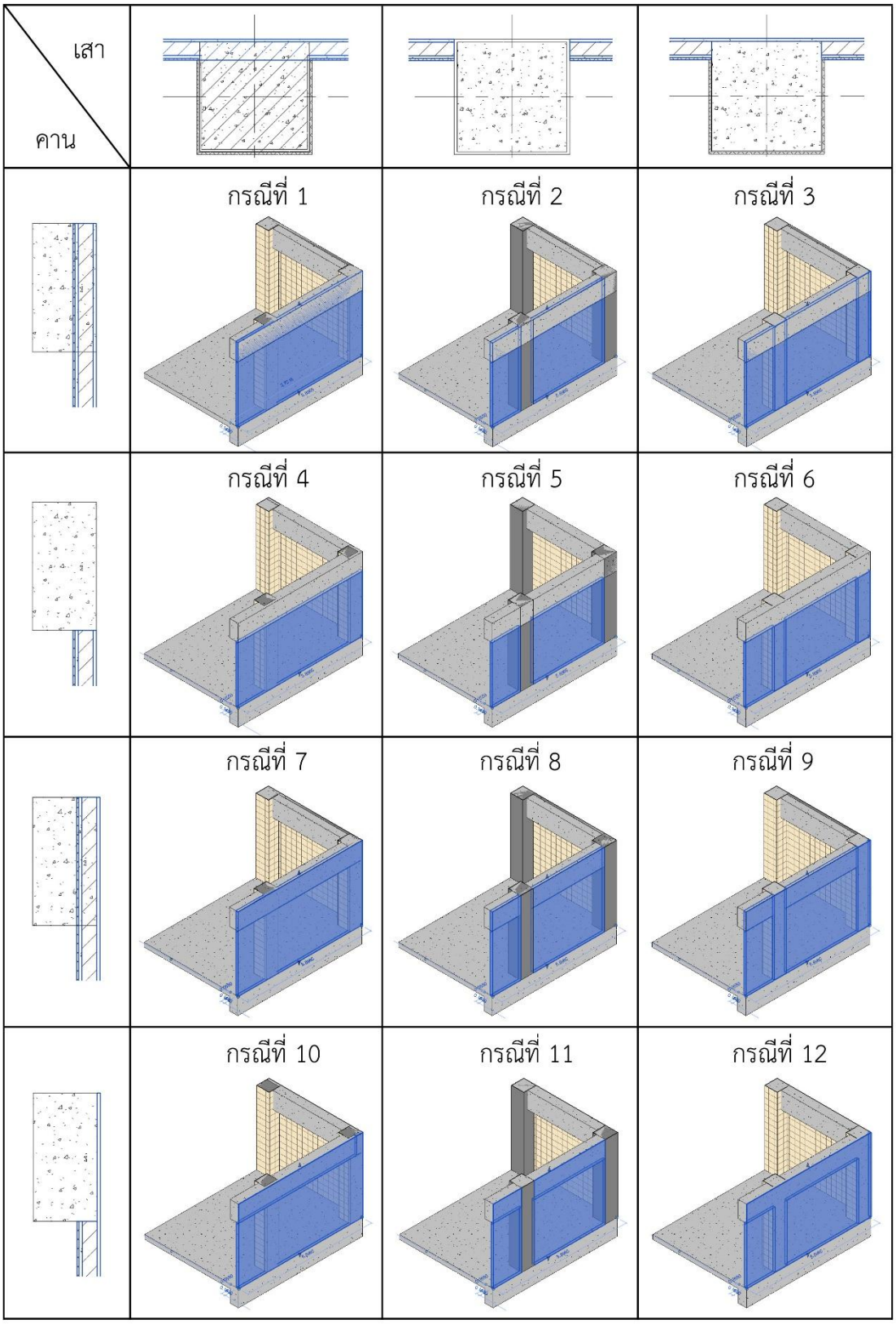
การทดลองเปรียบเทียบปริมาณวัสดุจากแบบจำลองสารสนเทศอาคาร กับปริมาณงานจากวิธีการคำนวณทางเอกสาร แบ่งการทดลองออกเป็น 4 การทดลองหลัก คือ การทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูน การทดลองผนังเบา การทดลองผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จ และการทดลองผนังรอบ (Curtain Wall) ซึ่งแต่ละการทดลองมีผลการทดลอง และการวิเคราะห์ผลการทดลองดังนี้

4.1 ผลการทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูน

ในการทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูน เนื่องจากผนังมีส่วนของชั้นปูนฉาบที่ซ้อนทับกับเสา และคาน ซึ่งในโปรแกรม Autodesk Revit จะใช้ผนังประเภท Basic Wall ในการสร้าง ซึ่งจะมีวิธีการสร้างแบบจำลองได้หลายวิธี โดยในการทดลองได้จำแนกวิธีการสร้างแบบจำลองออกเป็น 12 กรณี ดังที่ได้อธิบายไว้ในหัวข้อ 3.5 การออกแบบการทดลอง และดำเนินการทดลอง ซึ่งสามารถสรุปทั้ง 12 กรณี ได้ตามตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างผนัง กับ เสา AR เสา ST และคาน กรณีต่างๆ ในการทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูน

กรณีที่	ความสัมพันธ์ระหว่างผนัง กับ เสา AR เสา ST และคาน			
	เสา AR	เสา ST	คาน	ตำแหน่งคานและพื้น
1	Join (Auto)	ไม่ Join	ไม่ Join	ขอบนอกชิดเสา AR
2	Switch Join	ไม่ Join	ไม่ Join	ขอบนอกชิดเสา AR
3	Join (Auto)	Join กับผนัง และเสา AR	ไม่ Join	ขอบนอกชิดเสา AR
4	Join (Auto)	ไม่ Join	Join	ขอบนอกชิดเสา AR
5	Switch Join	ไม่ Join	Join	ขอบนอกชิดเสา AR
6	Join (Auto)	Join กับผนัง และเสา AR	Join	ขอบนอกชิดเสา AR
7	Join (Auto)	ไม่ Join	ไม่ Join	ขอบนอกชิดเสา ST
8	Switch Join	ไม่ Join	ไม่ Join	ขอบนอกชิดเสา ST
9	Join (Auto)	Join กับผนัง และเสา AR	ไม่ Join	ขอบนอกชิดเสา ST
10	Join (Auto)	ไม่ Join	Join	ขอบนอกชิดเสา ST
11	Switch Join	ไม่ Join	Join	ขอบนอกชิดเสา ST
12	Join (Auto)	Join กับผนัง และเสา AR	Join	ขอบนอกชิดเสา ST



ภาพที่ 4.1 การสร้างแบบจำลองทั้ง 12 กรณี ของการทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูน

4.1.1 ปริมาณวัสดุจากโปรแกรม Autodesk Revit

ปริมาณวัสดุที่เกี่ยวข้องกับผนังก่ออิฐฉาบปูน ประกอบไปด้วย พื้นที่ก่ออิฐ พื้นที่ปูนฉาบภายนอก พื้นที่ปูนฉาบภายใน และพื้นที่กระเบื้อง ซึ่งจากการทำการทดลองทั้ง 12 กรณี มีปริมาณวัสดุ ตามตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ปริมาณวัสดุจากการทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูน

LOD	กรณีที่	พื้นที่ก่ออิฐ (ตร.ม.)	พื้นที่ปูนฉาบภายนอก (ตร.ม.)	พื้นที่ปูนฉาบภายใน (ตร.ม.)	พื้นที่กระเบื้อง (ตร.ม.)	ความยาวเสาเอ็น (เมตร)	จำนวนเสาเอ็น (ต้น)	ความยาวทับหลัง (เมตร)	จำนวนทับหลัง (ท่อน)
200	1	469.6000	-	-	-	-	-	-	-
	2	339.1000	-	-	-	-	-	-	-
	3	431.1199	-	-	-	-	-	-	-
	4	381.2800	-	-	-	-	-	-	-
	5	258.9400	-	-	-	-	-	-	-
	6	342.7999	-	-	-	-	-	-	-
	7	469.6000	-	-	-	-	-	-	-
	8	339.1000	-	-	-	-	-	-	-
	9	431.1199	-	-	-	-	-	-	-
	10	469.6000	-	-	-	-	-	-	-
	11	339.1000	-	-	-	-	-	-	-
	12	431.1199	-	-	-	-	-	-	-
300	1	374.3800	374.3800	374.3800	467.7292	-	-	-	-
	2	338.8900	338.8900	338.8900	338.8900	-	-	-	-
	3	369.7552	374.3800	348.1730	398.5682	-	-	-	-
	4	286.1560	286.1560	286.1560	379.5052	-	-	-	-
	5	258.7780	258.7780	258.7780	258.7780	-	-	-	-
	6	282.5883	286.1560	265.9391	317.3915	-	-	-	-
	7	374.3800	374.3800	374.3800	467.7292	-	-	-	-
	8	338.8900	338.8900	338.8900	338.8900	-	-	-	-
	9	369.7552	374.3800	348.1730	398.5682	-	-	-	-
	10	362.6800	374.3800	308.0800	389.7292	-	-	-	-
	11	327.9755	338.8900	277.0409	266.1264	-	-	-	-
	12	358.8014	374.3800	286.1013	325.5427	-	-	-	-
350	1	374.3800	374.3800	286.1560	368.4772	67.5	25	20.97	13
	2	338.8900	338.8900	258.7780	248.7640	67.5	25	20.97	13
	3	369.7552	374.3800	265.9391	307.2444	67.5	25	20.97	13
	4	286.1560	286.1560	286.1560	368.4772	67.5	25	20.97	13
	5	258.7780	258.7780	258.7780	248.7640	67.5	25	20.97	13
	6	282.5883	286.1560	265.9391	307.2444	67.5	25	20.97	13
	7	374.3800	374.3800	286.1560	368.4772	67.5	25	20.97	13
	8	338.8900	338.8900	258.7780	248.7640	67.5	25	20.97	13
	9	369.7552	374.3800	265.9391	307.2444	67.5	25	20.97	13
	10	362.6800	374.3800	286.1560	368.4772	67.5	25	20.97	13
	11	327.9755	338.8900	258.7780	248.7640	67.5	25	20.97	13
	12	358.8014	374.3800	265.9391	302.2444	67.5	25	20.97	13

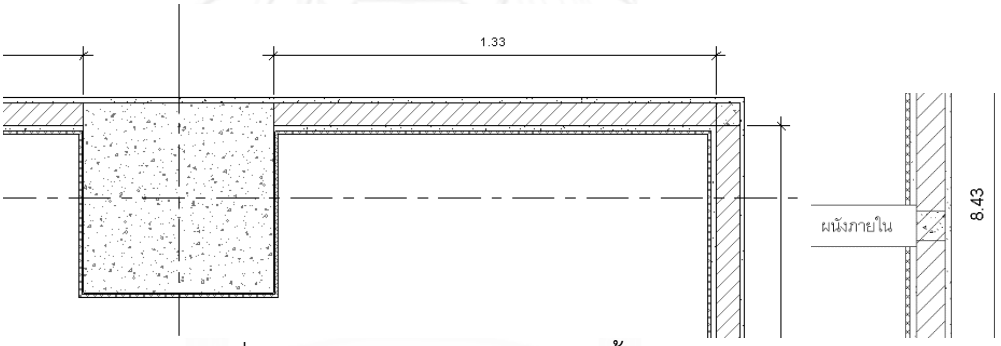
4.1.2 ปริมาณงานจากการคำนวณทางเอกสาร

สำหรับปริมาณงานจากการคำนวณทางเอกสารของผนังก่ออิฐฉาบปูน จะประกอบไปด้วย ปริมาณงานก่อ ปริมาณงานฉาบ และปริมาณงานตกแต่งผิว (กระเบื้อง) ซึ่งจะวัดปริมาณเป็นตารางเมตร และปริมาณเสาเอ็น และทับหลัง ซึ่งจะวัดปริมาณเป็นเมตร โดยปริมาณงานแต่ละประเภทมีวิธีการคำนวณดังนี้

1. ปริมาณงานก่อผนัง

พื้นที่งานก่อผนัง หาได้จาก การวัดความยาวของผนังในผังพื้น ซึ่งหักลบส่วนเสาออก คูณกับความสูงของผนังถึงท้องคาน ลบด้วยพื้นที่ของประตู และหน้าต่าง สำหรับในส่วนของผนังที่ก่อชนมุมกัน การวัดความยาวของผนังให้วัดถึงจุดที่เป็นเสาเอ็น (ภาพที่ 4.2) และในส่วนของผนังที่มีผนังภายในก่อมาชน ไม่ต้องหักลบส่วนที่เป็นเสาเอ็นออก โดยจะได้พื้นที่ของงานก่อผนัง ตามตารางที่ 4.3 (อ้างอิงจากการศึกษาในหัวข้อ 2.6.5.2.1 การวัดปริมาณงานก่อ)

สำหรับพื้นที่ประตู และหน้าต่าง หาได้จาก ประตู ขนาด กว้าง 1 เมตร สูง 2 เมตร 1 บาน มีพื้นที่ 2 ตร.ม. และหน้าต่าง ขนาดกว้าง 1.6 เมตร สูง 1 เมตร 6 บาน มีพื้นที่ 9.6 ตร.ม. รวมทั้งหมดเป็น 11.6 ตร.ม.



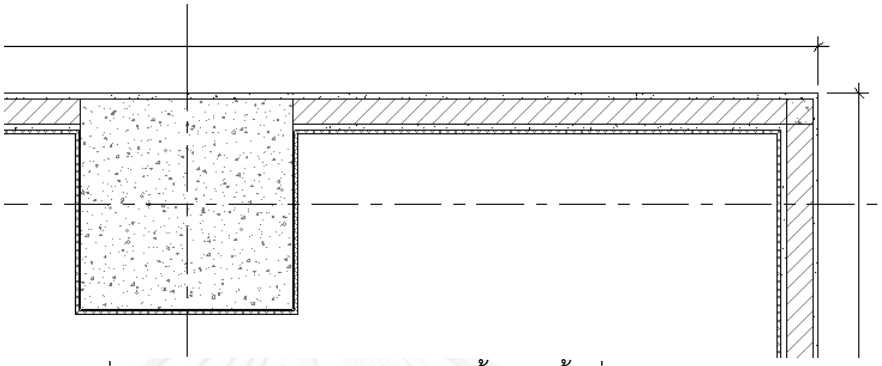
ภาพที่ 4.2 แสดงการวัดความยาวในผังพื้นของผนังก่อชนมุม

ตารางที่ 4.3 ปริมาณงานก่อผนัง

ความยาวในแปลน (เมตร)	ความสูง (เมตร)	พื้นที่ (ตร.ม.)
8.760	2.700	23.652
8.430	2.700	22.761
8.760	2.700	23.652
7.430	2.700	20.061
	รวมพื้นที่ 1 ชั้น	90.126
	รวมพื้นที่ 3 ชั้น	270.378
	พื้นที่ประตู หน้าต่าง	11.600
	รวมพื้นที่งานก่อผนังสุทธิ	258.778

2. ปริมาณงานฉาบภายนอก

พื้นที่ของงานฉาบผนังภายนอก หาได้จากการวัดความยาวเส้นขอบนอกสุดของชั้นผนังภายนอก (ภาพที่ 4.3) คูณกับความสูงของผนังถึงระดับพื้นชั้นถัดไป ลบด้วยพื้นที่ของประตู และหน้าต่าง โดยจะได้พื้นที่งานฉาบผนังภายนอก ตามตารางที่ 4.4 (อ้างอิงจากการศึกษาในหัวข้อ 2.6.5.2.2 การวัดปริมาณงานฉาบ)



ภาพที่ 4.3 แสดงการวัดความยาวในผังพื้นของพื้นที่ฉาบภายนอก

ตารางที่ 4.4 ปริมาณงานฉาบผนังภายนอก (รวมเสาและคาน)

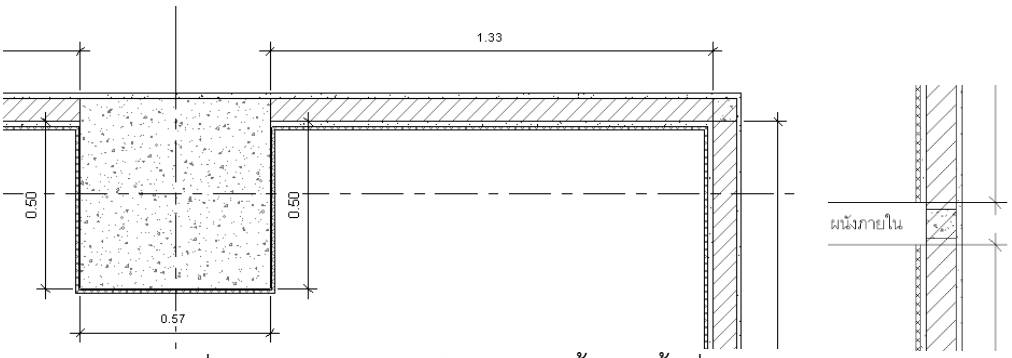
ความยาวในแปลน (เมตร)	ความสูง (เมตร)	พื้นที่ (ตร.ม.)
10.000	3.500	35.000
8.600	3.500	30.100
10.000	3.500	35.000
8.600	3.500	30.100
	รวมพื้นที่ 1 ชั้น	130.200
	รวมพื้นที่ 3 ชั้น	390.600
	พื้นที่ประตู หน้าต่าง	11.600
	รวมพื้นที่งานฉาบผนังภายนอกสุทธิ	379.000

3. ปริมาณงานฉาบภายใน

พื้นที่ของงานฉาบผนังภายใน หาได้จากการวัดความยาวของผนังที่ผิวของชั้นผนังก่อหรือชั้นของโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก (ภาพที่ 4.4) คูณด้วยความสูงที่ฉาบภายใน ลบด้วยพื้นที่ของประตู และหน้าต่าง และในส่วนของผนังที่มีผนังภายในมาชน ให้หักลบระยะที่ผนังภายในมาชนออก (อ้างอิงจากการศึกษาในหัวข้อ 2.6.5.2.2 การวัดปริมาณงานฉาบ) โดยในการทดลองนี้จะไม่คิดปริมาณงานฉาบของผนังภายใน

เพื่อความสะดวกและไม่สับสนสามารถแยกคิดเป็นพื้นที่ฉาบผนังภายใน ตามตารางที่ 4.5 และพื้นที่ฉาบเสาภายใน ตามตารางที่ 4.6 แล้วจึงนำพื้นที่ทั้งสองส่วนมารวมกัน

Chulalongkorn University



ภาพที่ 4.4 แสดงการวัดความยาวในผังพื้นของพื้นที่ฉาบภายภายใน

ตารางที่ 4.5 ปริมาณงานฉาบผนังภายใน

ความยาวในแปลน (เมตร)	ความสูง (เมตร)	พื้นที่ (ตร.ม.)
8.760	2.700	23.652
8.330	2.700	22.491
8.760	2.700	23.652
7.330	2.700	19.791
รวมพื้นที่ 1 ชั้น		89.586
รวมพื้นที่ 3 ชั้น		268.758
พื้นที่ประตู หน้าต่าง		11.600
รวมพื้นที่งานฉาบผนังภายในสุทธิ		257.158

ตารางที่ 4.6 ปริมาณงานฉาบเสาภายใน

ตำแหน่งเสา	ความยาวในแปลน (เมตร)	ความสูง (เมตร)	จำนวนด้านที่มี	จำนวนเสาที่มี	พื้นที่ (ตร.ม.)
ต้นมุม	0.500	2.700	2	2	5.400
ต้นกลาง	0.500	2.700	2	2	5.400
	0.570	2.700	1	2	3.078
รวมพื้นที่งานฉาบเสาภายใน 1 ชั้น					13.878
รวมพื้นที่งานฉาบเสาภายใน 3 ชั้น					41.634

พื้นที่งานฉาบภายในทั้งหมด คือ 257.158 + 41.634 = 298.792 ตร.ม.

4. ปริมาณงานกรุกระเบื้องภายใน

พื้นที่ของงานกรุกระเบื้องภายใน หาได้จากการวัดความยาวของผนังที่ผิวของชั้นผนังก่อ หรือชั้นของโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก (ตำแหน่งเดียวกับการหาปริมาณงานฉาบภายใน) คูณด้วยความสูงที่กรุกระเบื้อง ลบด้วยพื้นที่ของประตู และหน้าต่าง และในส่วนของผนังที่มีผนังภายในมาชน ให้หักลบระยะที่ผนังภายในมาชนออก (อ้างอิงจากการศึกษาในหัวข้อ 2.6.5.4.1 การวัดปริมาณงานบุผนัง) โดยในการทดลองนี้จะไม่คิดปริมาณงานกรุกระเบื้องของผนังภายใน

เพื่อความสะดวกและไม่สับสนสามารถแยกคิดเป็นพื้นที่กรุกระเบื้องผนังภายใน ตามตารางที่ 4.7 และพื้นที่กรุกระเบื้องเสาภายใน ตามตารางที่ 4.8 แล้วจึงนำพื้นที่ทั้งสองส่วนมารวมกัน

ตารางที่ 4.7 ปริมาณงานกรุกระเบื้องผนังภายใน

ความยาวในแปลน (เมตร)	ความสูง (เมตร)	พื้นที่ (ตร.ม.)
8.760	2.600	22.776
8.330	2.600	21.658
8.760	2.600	22.776
7.330	2.600	19.058
	รวมพื้นที่ 1 ชั้น	86.268
	รวมพื้นที่ 3 ชั้น	258.804
	พื้นที่ประตู หน้าต่าง	11.600
	รวมพื้นที่งานฉาบผนังภายในสุทธิ	247.204

ตารางที่ 4.8 ปริมาณงานกรุกระเบื้องเสาภายใน

ตำแหน่งเสา	ความยาวในแปลน (เมตร)	ความสูง (เมตร)	จำนวนด้านที่มี	จำนวนเสาที่มี	พื้นที่ (ตร.ม.)
ต้นมุม	0.500	2.600	2	2	5.200
ต้นกลาง	0.500	2.600	2	2	5.200
	0.570	2.600	1	2	2.964
				รวมพื้นที่งานฉาบเสาภายใน 1 ชั้น	13.364
				รวมพื้นที่งานฉาบเสาภายใน 3 ชั้น	40.092

พื้นที่งานกรุกระเบื้องภายในทั้งหมด คือ 247.204 + 40.092 = 287.296 ตร.ม.

5. ปริมาณงานเสาเอ็น และทับหลัง

ปริมาณงานของเสาเอ็น และทับหลัง หากมีจำนวนผนังไม่มากให้ใช้การวัดความยาวเป็นเมตรตามจุดที่ต้องมีเสาเอ็น และทับหลัง หากผนังมีจำนวนมากอาจใช้การประมาณจากสถิติ เช่น เสาเอ็นทับหลัง 1.25 เมตร ต่อ ผนัง 1 ตารางเมตร (อ้างอิงจากการศึกษาในหัวข้อ 2.6.5.2.1 การวัดปริมาณงานก่อ) โดยในการทดลองนี้จะใช้วิธีการวัดความยาวเป็นเมตรตามจุดที่ต้องมีเสาเอ็น และทับหลัง ตามตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ปริมาณงานเสาเอ็น และทับหลัง

ตำแหน่ง	ความยาว (เมตร)	จำนวน	ความยาวรวม (เมตร)
เสาเอ็นบริเวณผนังชนมุมกัน	2.7	6	16.2
เสาเอ็นบริเวณประตู และหน้าต่าง	2.7	10	27
เสาเอ็นบริเวณกลางผนัง	2.7	9	24.3
	รวม	25	67.5
ทับหลังบริเวณประตู	1	1	1
ทับหลังบริเวณหน้าต่าง	1.6	12	19.2
	รวม	13	20.2

4.1.3 การเปรียบเทียบปริมาณวัสดุจากโปรแกรม Autodesk Revit กับปริมาณงานจากการคำนวณทางเอกสาร

เป็นการหาผลต่าง และเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของปริมาณวัสดุจากโปรแกรม Autodesk Revit เมื่อเทียบกับการหาปริมาณงานจากการคำนวณทางเอกสาร โดยปริมาณวัสดุจากโปรแกรม Autodesk Revit อาจเกิดจากองค์ประกอบมากกว่า 1 ประเภท เช่น เกิดจากผนัง และเสารวมกัน

ในการคำนวณเปรียบเทียบ หากผลต่าง และเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนมีค่าเป็นลบ (-) หมายความว่าปริมาณวัสดุที่ได้จากแบบจำลองสารสนเทศอาคารมีปริมาณมากกว่าปริมาณงานจากการคำนวณทางเอกสาร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 4.10 เปรียบเทียบปริมาณพื้นที่ก่ออิฐ จากโปรแกรม Autodesk Revit กับการคำนวณทางเอกสาร

LOD	กรณีที่	พื้นที่ก่ออิฐ (ตร.ม.)			% ความคลาดเคลื่อน	หมายเหตุ : องค์ประกอบที่มีวัสดุนี้
		ผลจาก Autodesk Revit	ผลการคำนวณทางเอกสาร	ผลต่าง		
200	1	469.6000	258.7780	-210.8220	-44.8940	พื้นที่จากผนัง 374.8 + เสา AR 94.8 ตร.ม.
	2	339.1000	258.7780	-80.3220	-23.6868	พื้นที่จากผนัง
	3	431.1199	258.7780	-172.3419	-39.9754	พื้นที่จากผนัง 374.8 + เสา AR 56.3199 ตร.ม.
	4	381.2800	258.7780	-122.5020	-32.1291	พื้นที่จากผนัง 286.48 + เสา AR 94.8 ตร.ม.
	5	258.9400	258.7780	-0.1620	-0.0626	พื้นที่จากผนัง
	6	342.7999	258.7780	-84.0219	-24.5105	พื้นที่จากผนัง 286.48 + เสา AR 56.3199 ตร.ม.
	7	469.6000	258.7780	-210.8220	-44.8940	พื้นที่จากผนัง 374.8 + เสา AR 94.8 ตร.ม.
	8	339.1000	258.7780	-80.3220	-23.6868	พื้นที่จากผนัง
	9	431.1199	258.7780	-172.3419	-39.9754	พื้นที่จากผนัง 374.8 + เสา AR 56.3199 ตร.ม.
	10	469.6000	258.7780	-210.8220	-44.8940	พื้นที่จากผนัง 374.8 + เสา AR 94.8 ตร.ม.
	11	339.1000	258.7780	-80.3220	-23.6868	พื้นที่จากผนัง
	12	431.1199	258.7780	-172.3419	-39.9754	พื้นที่จากผนัง 374.8 + เสา AR 56.3199 ตร.ม.
300	1	374.3800	258.7780	-115.6020	-30.8783	พื้นที่จากผนัง
	2	338.8900	258.7780	-80.1120	-23.6395	พื้นที่จากผนัง
	3	369.7552	258.7780	-110.9772	-30.0137	พื้นที่จากผนัง
	4	286.1560	258.7780	-27.3780	-9.5675	พื้นที่จากผนัง
	5	258.7780	258.7780	0.0000	0.0000	พื้นที่จากผนัง
	6	282.5883	258.7780	-23.8103	-8.4258	พื้นที่จากผนัง
	7	374.3800	258.7780	-115.6020	-30.8783	พื้นที่จากผนัง
	8	338.8900	258.7780	-80.1120	-23.6395	พื้นที่จากผนัง
	9	369.7552	258.7780	-110.9772	-30.0137	พื้นที่จากผนัง
	10	362.6800	258.7780	-103.9020	-28.6484	พื้นที่จากผนัง
	11	327.9755	258.7780	-69.1975	-21.0984	พื้นที่จากผนัง
	12	358.8014	258.7780	-100.0234	-27.8771	พื้นที่จากผนัง
350	1	374.3800	258.7780	-115.6020	-30.8783	พื้นที่จากผนัง
	2	338.8900	258.7780	-80.1120	-23.6395	พื้นที่จากผนัง
	3	369.7552	258.7780	-110.9772	-30.0137	พื้นที่จากผนัง
	4	286.1560	258.7780	-27.3780	-9.5675	พื้นที่จากผนัง
	5	258.7780	258.7780	0.0000	0.0000	พื้นที่จากผนัง
	6	282.5883	258.7780	-23.8103	-8.4258	พื้นที่จากผนัง
	7	374.3800	258.7780	-115.6020	-30.8783	พื้นที่จากผนัง
	8	338.8900	258.7780	-80.1120	-23.6395	พื้นที่จากผนัง
	9	369.7552	258.7780	-110.9772	-30.0137	พื้นที่จากผนัง
	10	362.6800	258.7780	-103.9020	-28.6484	พื้นที่จากผนัง
	11	327.9755	258.7780	-69.1975	-21.0984	พื้นที่จากผนัง
	12	358.8014	258.7780	-100.0234	-27.8771	พื้นที่จากผนัง

ตารางที่ 4.11 เปรียบเทียบปริมาณพื้นที่ปูนฉาบภายนอก จากโปรแกรม Autodesk Revit กับการคำนวณทางเอกสาร

LOD	กรณีที่	พื้นที่ปูนฉาบภายนอก (ตร.ม.)			% ความคลาดเคลื่อน	หมายเหตุ : องค์ประกอบที่มีวัสดุนี้
		ผลจาก Autodesk Revit	ผลการคำนวณทางเอกสาร	ผลต่าง		
200	1	-	379.0000	379.0000	-	-
	2	-	379.0000	379.0000	-	-
	3	-	379.0000	379.0000	-	-
	4	-	379.0000	379.0000	-	-
	5	-	379.0000	379.0000	-	-
	6	-	379.0000	379.0000	-	-
	7	-	379.0000	379.0000	-	-
	8	-	379.0000	379.0000	-	-
	9	-	379.0000	379.0000	-	-
	10	-	379.0000	379.0000	-	-
	11	-	379.0000	379.0000	-	-
	12	-	379.0000	379.0000	-	-
300	1	374.3800	379.0000	4.6200	1.2340	พื้นที่จากผนัง
	2	338.8900	379.0000	40.1100	11.8357	พื้นที่จากผนัง
	3	374.3800	379.0000	4.6200	1.2340	พื้นที่จากผนัง
	4	286.1560	379.0000	92.8440	32.4452	พื้นที่จากผนัง
	5	258.7780	379.0000	120.2220	46.4576	พื้นที่จากผนัง
	6	286.1560	379.0000	92.8440	32.4452	พื้นที่จากผนัง
	7	374.3800	379.0000	4.6200	1.2340	พื้นที่จากผนัง
	8	338.8900	379.0000	40.1100	11.8357	พื้นที่จากผนัง
	9	374.3800	379.0000	4.6200	1.2340	พื้นที่จากผนัง
	10	374.3800	379.0000	4.6200	1.2340	พื้นที่จากผนัง
	11	338.8900	379.0000	40.1100	11.8357	พื้นที่จากผนัง
	12	374.3800	379.0000	4.6200	1.2340	พื้นที่จากผนัง
350	1	374.3800	379.0000	4.6200	1.2340	พื้นที่จากผนัง
	2	338.8900	379.0000	40.1100	11.8357	พื้นที่จากผนัง
	3	374.3800	379.0000	4.6200	1.2340	พื้นที่จากผนัง
	4	286.1560	379.0000	92.8440	32.4452	พื้นที่จากผนัง
	5	258.7780	379.0000	120.2220	46.4576	พื้นที่จากผนัง
	6	286.1560	379.0000	92.8440	32.4452	พื้นที่จากผนัง
	7	374.3800	379.0000	4.6200	1.2340	พื้นที่จากผนัง
	8	338.8900	379.0000	40.1100	11.8357	พื้นที่จากผนัง
	9	374.3800	379.0000	4.6200	1.2340	พื้นที่จากผนัง
	10	374.3800	379.0000	4.6200	1.2340	พื้นที่จากผนัง
	11	338.8900	379.0000	40.1100	11.8357	พื้นที่จากผนัง
	12	374.3800	379.0000	4.6200	1.2340	พื้นที่จากผนัง

ตารางที่ 4.12 เปรียบเทียบปริมาณพื้นที่ปูนฉาบภายใน จากโปรแกรม Autodesk Revit กับการคำนวณทางเอกสาร

LOD	กรณีที่	พื้นที่ปูนฉาบภายใน (ตร.ม.)			% ความคลาดเคลื่อน	หมายเหตุ : องค์ประกอบที่มีวัสดุนี้
		ผลจาก Autodesk Revit	ผลการคำนวณทางเอกสาร	ผลต่าง		
200	1	-	298.7920	298.7920	-	-
	2	-	298.7920	298.7920	-	-
	3	-	298.7920	298.7920	-	-
	4	-	298.7920	298.7920	-	-
	5	-	298.7920	298.7920	-	-
	6	-	298.7920	298.7920	-	-
	7	-	298.7920	298.7920	-	-
	8	-	298.7920	298.7920	-	-
	9	-	298.7920	298.7920	-	-
	10	-	298.7920	298.7920	-	-
	11	-	298.7920	298.7920	-	-
	12	-	298.7920	298.7920	-	-
300	1	374.3800	298.7920	-75.5880	-20.1902	พื้นที่จากผนัง
	2	338.8900	298.7920	-40.0980	-11.8322	พื้นที่จากผนัง
	3	348.1730	298.7920	-49.3810	-14.1829	พื้นที่จากผนัง
	4	286.1560	298.7920	12.6360	4.4158	พื้นที่จากผนัง
	5	258.7780	298.7920	40.0140	15.4627	พื้นที่จากผนัง
	6	265.9391	298.7920	32.8529	12.3535	พื้นที่จากผนัง
	7	374.3800	298.7920	-75.5880	-20.1902	พื้นที่จากผนัง
	8	338.8900	298.7920	-40.0980	-11.8322	พื้นที่จากผนัง
	9	348.1730	298.7920	-49.3810	-14.1829	พื้นที่จากผนัง
	10	308.0800	298.7920	-9.2880	-3.0148	พื้นที่จากผนัง
	11	277.0409	298.7920	21.7511	7.8512	พื้นที่จากผนัง
	12	286.1013	298.7920	12.6907	4.4357	พื้นที่จากผนัง
350	1	286.1560	298.7920	12.6360	4.4158	พื้นที่จากผนัง
	2	258.7780	298.7920	40.0140	15.4627	พื้นที่จากผนัง
	3	265.9391	298.7920	32.8529	12.3535	พื้นที่จากผนัง
	4	286.1560	298.7920	12.6360	4.4158	พื้นที่จากผนัง
	5	258.7780	298.7920	40.0140	15.4627	พื้นที่จากผนัง
	6	265.9391	298.7920	32.8529	12.3535	พื้นที่จากผนัง
	7	286.1560	298.7920	12.6360	4.4158	พื้นที่จากผนัง
	8	258.7780	298.7920	40.0140	15.4627	พื้นที่จากผนัง
	9	265.9391	298.7920	32.8529	12.3535	พื้นที่จากผนัง
	10	286.1560	298.7920	12.6360	4.4158	พื้นที่จากผนัง
	11	258.7780	298.7920	40.0140	15.4627	พื้นที่จากผนัง
	12	265.9391	298.7920	32.8529	12.3535	พื้นที่จากผนัง

ตารางที่ 4.13 เปรียบเทียบปริมาณพื้นที่กระเบื้อง จากโปรแกรม Autodesk Revit กับการคำนวณทางเอกสาร

LOD	กรณีที่	พื้นที่กระเบื้อง (ตร.ม.)			% ความคลาดเคลื่อน	หมายเหตุ : องค์ประกอบที่มีวัสดุนี้
		ผลจาก Autodesk Revit	ผลการคำนวณทางเอกสาร	ผลต่าง		
200	1	-	287.2960	287.2960	-	-
	2	-	287.2960	287.2960	-	-
	3	-	287.2960	287.2960	-	-
	4	-	287.2960	287.2960	-	-
	5	-	287.2960	287.2960	-	-
	6	-	287.2960	287.2960	-	-
	7	-	287.2960	287.2960	-	-
	8	-	287.2960	287.2960	-	-
	9	-	287.2960	287.2960	-	-
	10	-	287.2960	287.2960	-	-
	11	-	287.2960	287.2960	-	-
	12	-	287.2960	287.2960	-	-
300	1	467.7292	287.2960	-180.4332	-38.5764	พื้นที่จากผนัง 374.38 + เสา AR 93.3492 ตร.ม.
	2	338.8900	287.2960	-51.5940	-15.2244	พื้นที่จากผนัง
	3	398.5682	287.2960	-111.2722	-27.9180	พื้นที่จากผนัง 343.5482 + เสา AR 55.02 ตร.ม.
	4	379.5052	287.2960	-92.2092	-24.2972	พื้นที่จากผนัง 286.156 + เสา AR 93.3492 ตร.ม.
	5	258.7780	287.2960	28.5180	11.0203	พื้นที่จากผนัง
	6	317.3915	287.2960	-30.0955	-9.4821	พื้นที่จากผนัง 262.3715 + เสา AR 55.02 ตร.ม.
	7	467.7292	287.2960	-180.4332	-38.5764	พื้นที่จากผนัง 374.38 + เสา AR 93.3492 ตร.ม.
	8	338.8900	287.2960	-51.5940	-15.2244	พื้นที่จากผนัง
	9	398.5682	287.2960	-111.2722	-27.9180	พื้นที่จากผนัง 343.5482 + เสา AR 55.02 ตร.ม.
	10	389.7292	287.2960	-102.4332	-26.2832	พื้นที่จากผนัง 296.38 + เสา AR 93.3492 ตร.ม.
	11	266.1264	287.2960	21.1696	7.9547	พื้นที่จากผนัง
	12	325.5427	287.2960	-38.2467	-11.7486	พื้นที่จากผนัง 270.5227 + เสา AR 55.02 ตร.ม.
350	1	368.4772	287.2960	-81.1812	-22.0315	พื้นที่จากผนัง 275.128 + เสา AR 93.3492 ตร.ม.
	2	248.7640	287.2960	38.5320	15.4894	พื้นที่จากผนัง
	3	307.2444	287.2960	-19.9484	-6.4927	พื้นที่จากผนัง 252.2244 + เสา AR 55.02 ตร.ม.
	4	368.4772	287.2960	-81.1812	-22.0315	พื้นที่จากผนัง 275.128 + เสา AR 93.3492 ตร.ม.
	5	248.7640	287.2960	38.5320	15.4894	พื้นที่จากผนัง
	6	307.2444	287.2960	-19.9484	-6.4927	พื้นที่จากผนัง 252.2244 + เสา AR 55.02 ตร.ม.
	7	368.4772	287.2960	-81.1812	-22.0315	พื้นที่จากผนัง 275.128 + เสา AR 93.3492 ตร.ม.
	8	248.7640	287.2960	38.5320	15.4894	พื้นที่จากผนัง
	9	307.2444	287.2960	-19.9484	-6.4927	พื้นที่จากผนัง 252.2244 + เสา AR 55.02 ตร.ม.
	10	368.4772	287.2960	-81.1812	-22.0315	พื้นที่จากผนัง 275.128 + เสา AR 93.3492 ตร.ม.
	11	248.7640	287.2960	38.5320	15.4894	พื้นที่จากผนัง
	12	302.2444	287.2960	-14.9484	-4.9458	พื้นที่จากผนัง 252.2244 + เสา AR 55.02 ตร.ม.

ตารางที่ 4.14 เปรียบเทียบปริมาณเสาเอ็น จากโปรแกรม Autodesk Revit กับการคำนวณทางเอกสาร

LOD	กรณีที่	ความยาวเสาเอ็น (เมตร)			% ความคลาดเคลื่อน	จำนวนเสาเอ็น (ต้น)			% ความคลาดเคลื่อน
		ผลจาก Autodesk Revit	ผลการคำนวณทางเอกสาร	ผลต่าง		ผลจาก Autodesk Revit	ผลการคำนวณทางเอกสาร	ผลต่าง	
350	1	67.5	67.5	0.0000	0.0000	25	25	0.0000	0.0000
	2	67.5	67.5	0.0000	0.0000	25	25	0.0000	0.0000
	3	67.5	67.5	0.0000	0.0000	25	25	0.0000	0.0000
	4	67.5	67.5	0.0000	0.0000	25	25	0.0000	0.0000
	5	67.5	67.5	0.0000	0.0000	25	25	0.0000	0.0000
	6	67.5	67.5	0.0000	0.0000	25	25	0.0000	0.0000
	7	67.5	67.5	0.0000	0.0000	25	25	0.0000	0.0000
	8	67.5	67.5	0.0000	0.0000	25	25	0.0000	0.0000
	9	67.5	67.5	0.0000	0.0000	25	25	0.0000	0.0000
	10	67.5	67.5	0.0000	0.0000	25	25	0.0000	0.0000
	11	67.5	67.5	0.0000	0.0000	25	25	0.0000	0.0000
	12	67.5	67.5	0.0000	0.0000	25	25	0.0000	0.0000

ตารางที่ 4.15 เปรียบเทียบปริมาณทับหลัง จากโปรแกรม Autodesk Revit กับการคำนวณทางเอกสาร

LOD	กรณีที่	ความยาวทับหลัง (เมตร)			% ความคลาดเคลื่อน	จำนวนทับหลัง (ท่อน)			% ความคลาดเคลื่อน
		ผลจาก Autodesk Revit	ผลการคำนวณทางเอกสาร	ผลต่าง		ผลจาก Autodesk Revit	ผลการคำนวณทางเอกสาร	ผลต่าง	
350	1	20.97	20.2	-0.7700	-3.6719	13	13	0.0000	0.0000
	2	20.97	20.2	-0.7700	-3.6719	13	13	0.0000	0.0000
	3	20.97	20.2	-0.7700	-3.6719	13	13	0.0000	0.0000
	4	20.97	20.2	-0.7700	-3.6719	13	13	0.0000	0.0000
	5	20.97	20.2	-0.7700	-3.6719	13	13	0.0000	0.0000
	6	20.97	20.2	-0.7700	-3.6719	13	13	0.0000	0.0000
	7	20.97	20.2	-0.7700	-3.6719	13	13	0.0000	0.0000
	8	20.97	20.2	-0.7700	-3.6719	13	13	0.0000	0.0000
	9	20.97	20.2	-0.7700	-3.6719	13	13	0.0000	0.0000
	10	20.97	20.2	-0.7700	-3.6719	13	13	0.0000	0.0000
	11	20.97	20.2	-0.7700	-3.6719	13	13	0.0000	0.0000
	12	20.97	20.2	-0.7700	-3.6719	13	13	0.0000	0.0000

ตารางที่ 4.16 สรุปผลการทดลอง ผนังก่ออิฐฉาบปูน (ไม่รวมปริมาณเสาเอ็น และทับหลัง)

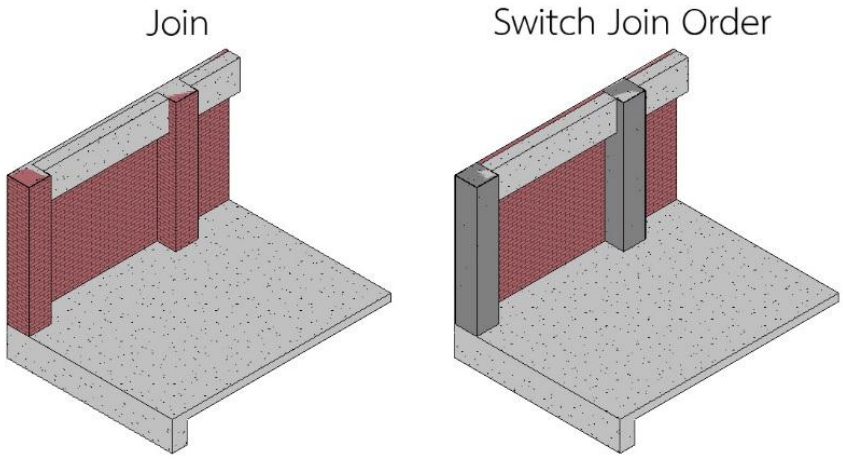
LOD	กรณีที่	ก่ออิฐ		ปูนฉาบภายนอก		ปูนฉาบภายใน		กระเบื้อง	
		พื้นที่ (ตร.ม.)	% ความคลาดเคลื่อน	พื้นที่ (ตร.ม.)	% ความคลาดเคลื่อน	พื้นที่ (ตร.ม.)	% ความคลาดเคลื่อน	พื้นที่ (ตร.ม.)	%ความคลาดเคลื่อน
200	1	469.6000	-44.8940	-	-	-	-	-	-
	2	339.1000	-23.6868	-	-	-	-	-	-
	3	431.1199	-39.9754	-	-	-	-	-	-
	4	381.2800	-32.1291	-	-	-	-	-	-
	5	258.9400	-0.0626	-	-	-	-	-	-
	6	342.7999	-24.5105	-	-	-	-	-	-
	7	469.6000	-44.8940	-	-	-	-	-	-
	8	339.1000	-23.6868	-	-	-	-	-	-
	9	431.1199	-39.9754	-	-	-	-	-	-
	10	469.6000	-44.8940	-	-	-	-	-	-
	11	339.1000	-23.6868	-	-	-	-	-	-
	12	431.1199	-39.9754	-	-	-	-	-	-
300	1	374.3800	-30.8783	374.3800	1.2340	374.3800	-20.1902	467.7292	-38.5764
	2	338.8900	-23.6395	338.8900	11.8357	338.8900	-11.8322	338.8900	-15.2244
	3	369.7552	-30.0137	374.3800	1.2340	348.1730	-14.1829	398.5682	-27.9180
	4	286.1560	-9.5675	286.1560	32.4452	286.1560	4.4158	379.5052	-24.2972
	5	258.7780	0.0000	258.7780	46.4576	258.7780	15.4627	258.7780	11.0203
	6	282.5883	-8.4258	286.1560	32.4452	265.9391	12.3535	317.3915	-9.4821
	7	374.3800	-30.8783	374.3800	1.2340	374.3800	-20.1902	467.7292	-38.5764
	8	338.8900	-23.6395	338.8900	11.8357	338.8900	-11.8322	338.8900	-15.2244
	9	369.7552	-30.0137	374.3800	1.2340	348.1730	-14.1829	398.5682	-27.9180
	10	362.6800	-28.6484	374.3800	1.2340	308.0800	-3.0148	389.7292	-26.2832
	11	327.9755	-21.0984	338.8900	11.8357	277.0409	7.8512	266.1264	7.9547
	12	358.8014	-27.8771	374.3800	1.2340	286.1013	4.4357	325.5427	-11.7486
350	1	374.3800	-30.8783	374.3800	1.2340	286.1560	4.4158	368.4772	-22.0315
	2	338.8900	-23.6395	338.8900	11.8357	258.7780	15.4627	248.7640	15.4894
	3	369.7552	-30.0137	374.3800	1.2340	265.9391	12.3535	307.2444	-6.4927
	4	286.1560	-9.5675	286.1560	32.4452	286.1560	4.4158	368.4772	-22.0315
	5	258.7780	0.0000	258.7780	46.4576	258.7780	15.4627	248.7640	15.4894
	6	282.5883	-8.4258	286.1560	32.4452	265.9391	12.3535	307.2444	-6.4927
	7	374.3800	-30.8783	374.3800	1.2340	286.1560	4.4158	368.4772	-22.0315
	8	338.8900	-23.6395	338.8900	11.8357	258.7780	15.4627	248.7640	15.4894
	9	369.7552	-30.0137	374.3800	1.2340	265.9391	12.3535	307.2444	-6.4927
	10	362.6800	-28.6484	374.3800	1.2340	286.1560	4.4158	368.4772	-22.0315
	11	327.9755	-21.0984	338.8900	11.8357	258.7780	15.4627	248.7640	15.4894
	12	358.8014	-27.8771	374.3800	1.2340	265.9391	12.3535	302.2444	-4.9458

4.1.4 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลอง สามารถแบ่งการวิเคราะห์ผลตามปริมาณวัสดุที่เกิดขึ้นได้ดังนี้

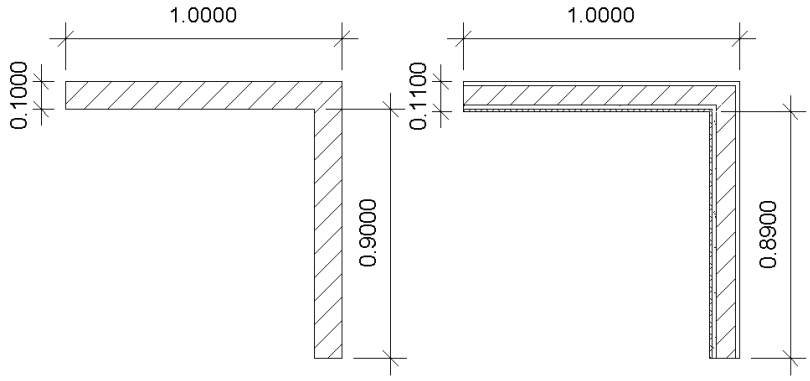
1. ปริมาณพื้นที่ก่ออิฐ

จากตารางที่ 4.10 เปรียบเทียบปริมาณพื้นที่ก่ออิฐ จากโปรแกรม Autodesk Revit กับการคำนวณทางเอกสาร หากพิจารณาระหว่างระดับขั้นความละเอียดของข้อมูลต่างๆ จะพบว่า ที่ LOD 300 และ LOD 350 ในแต่ละกรณีย่อยทั้ง 12 กรณี มีปริมาณพื้นที่ก่ออิฐเท่ากัน ส่วนที่ LOD 200 มีปริมาณพื้นที่ก่ออิฐที่มากกว่า LOD 300 และ LOD 350 เนื่องจากที่ LOD 200 มีปริมาณพื้นที่ก่ออิฐจากเสา ซึ่งเกิดจากผนังที่มีชั้นของอิฐเพียงชั้นเดียว เมื่อผนังกับทับเสางานสถาปัตยกรรม ผนังจะ Join กับเสางานสถาปัตยกรรม และทำให้เกิดปริมาณพื้นที่ก่ออิฐส่วนเกินขึ้นในเสา การ Switch Join Order ระหว่างผนังกับเสางานสถาปัตยกรรม จะทำให้ปริมาณพื้นที่ก่ออิฐจากเสาหายไป



ภาพที่ 4.5 ที่ LOD 200 เมื่อสร้างผนังทับเสางานสถาปัตยกรรม จะเกิดปริมาณวัสดุอิฐจากผนังขึ้นในเสา

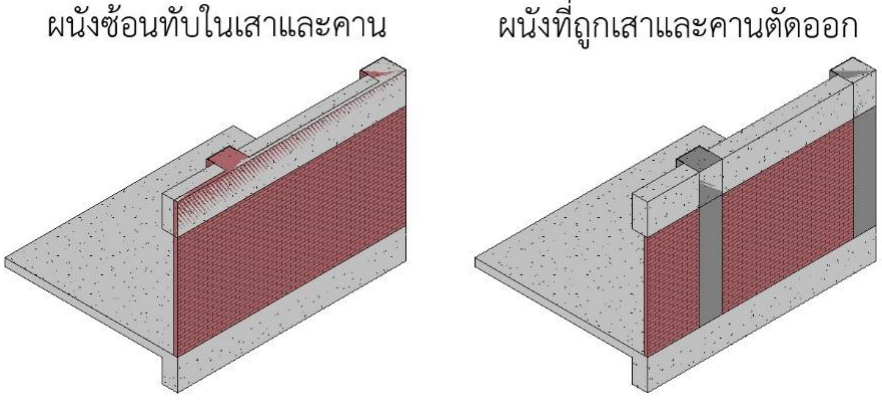
เมื่อเปรียบเทียบปริมาณพื้นที่ก่ออิฐที่ LOD 200 กับ LOD 300 หรือ LOD 350 โดยตัดปริมาณพื้นที่ก่ออิฐจากเสางานสถาปัตยกรรมออก พบว่าปริมาณพื้นที่ก่ออิฐที่ LOD 200 มากกว่า LOD 300 หรือ LOD 350 อยู่เล็กน้อย เนื่องจากผนังที่ LOD 200 มีความหนา 10 ซม. ส่วนผนังที่ LOD 300 และ LOD 350 มีความหนา 11 ซม. ตามขนาดของผนังจริง ซึ่งหากเปรียบเทียบ กับปริมาณงานก่อจากการคำนวณทางเอกสาร จะพบว่าปริมาณพื้นที่ก่ออิฐที่ LOD 300 และ LOD 350 มีปริมาณใกล้เคียงกับปริมาณงานจากการคำนวณทางเอกสารมากกว่า LOD 200 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ วิธีการสร้างแบบจำลองในแต่ละกรณี



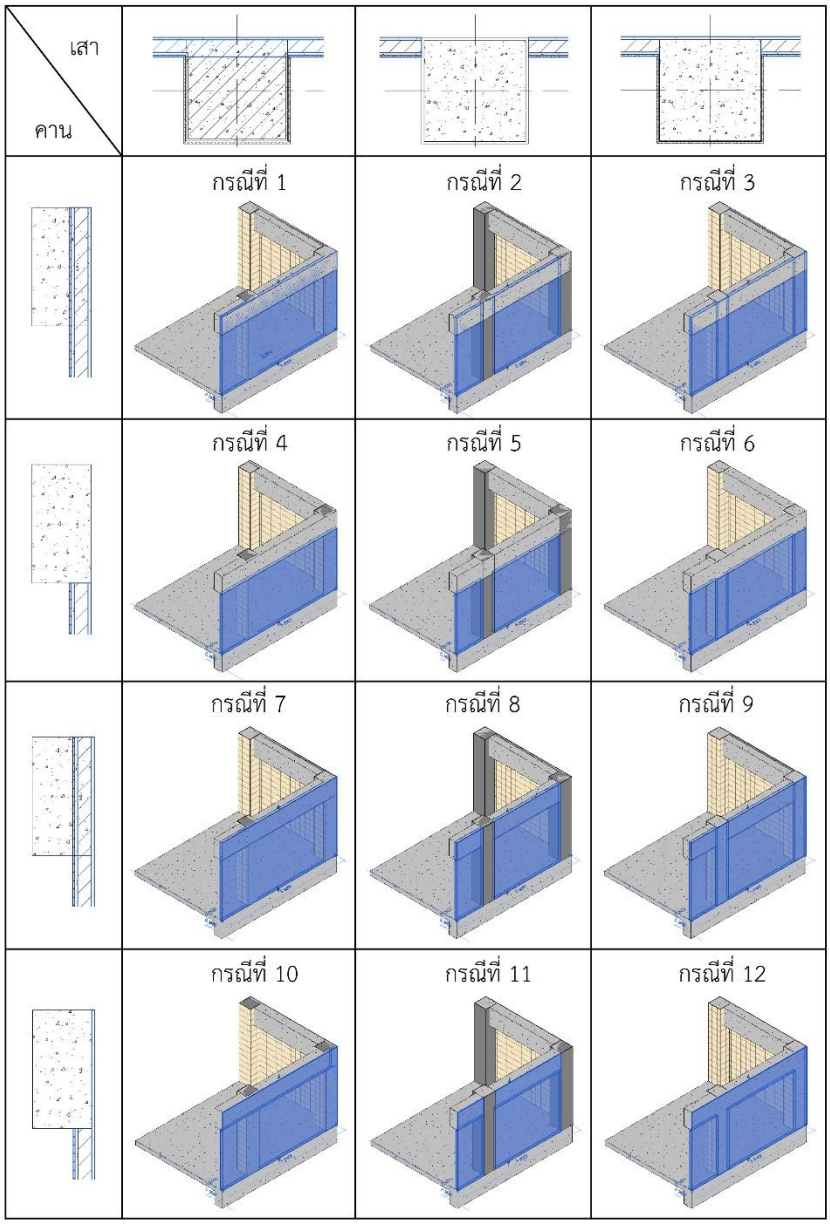
ภาพที่ 4.6 ผนังที่ LOD 200 มีความหนา 10 ซม. ส่วนผนังที่ LOD 300 และ LOD 350 มีความหนา 11 ซม.

ในการสร้างแบบจำลอง ความคลาดเคลื่อนของปริมาณพื้นที่ก่ออิฐเกิดจาก ปัจจัย 2 ประการ คือ ส่วนของผนังที่ซ้อนทับในเสา และคาน และวิธีการคำนวณพื้นที่วัสดุผนังของโปรแกรม Autodesk Revit

ประการแรก ปริมาณพื้นที่ก่ออิฐที่มากกว่าปริมาณงานจากการคำนวณทางเอกสาร เกิดจากพื้นที่ก่ออิฐส่วนที่เกินจากผนังที่ซ้อนทับในเสา และคาน เช่น ในกรณีที่ 1 4 7 และ 10 จะมีส่วนของผนังที่ซ้อนทับอยู่ในเสา แม้ว่าผนังจะแสดงผลเหมือนถูกเสาตัดออกไป แต่ในการคำนวณพื้นที่ของโปรแกรม Autodesk Revit จะยังคิดพื้นที่ผนังในส่วนที่ซ้อนทับในเสาอยู่ ซึ่งหากต้องการให้ผนังถูกเสาตัดออก ต้องทำการ Join ผนังกับเสางานโครงสร้าง หรือ Switch Join Order ผนังกับเสางานสถาปัตยกรรม และในกรณีที่ 1 2 3 7 8 และ 9 จะมีส่วนของผนังที่ซ้อนทับอยู่ในคาน ซึ่งหากต้องการให้ผนังถูกคานตัดออกต้องทำการ Join ผนังกับคาน (ดูภาพประกอบกรณีต่างๆ ที่ภาพ 4.8)



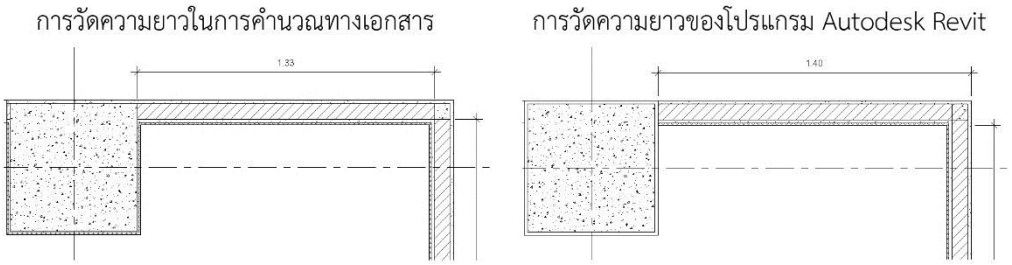
ภาพที่ 4.7 ซ้าย ผนังซ้อนทับในเสาและคาน ขวา ผนังที่ไม่ซ้อนทับในเสาและคาน



ภาพที่ 4.8 การสร้างแบบจำลองทั้ง 12 กรณี ของการทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูน

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ประการที่สอง วิธีการคำนวณพื้นที่ก่ออิฐของโปรแกรม Autodesk Revit ต่างจากวิธีการคำนวณปริมาณทางเอกสาร โดยวิธีการคำนวณปริมาณพื้นที่ก่ออิฐด้วยวิธีการทางเอกสาร (อ้างอิงจากการศึกษาในหัวข้อ 2.6.5.2.1 การวัดปริมาณงานก่อ) ในส่วนของผนังที่ก่อชนมุมกัน การวัดความยาวของผนังจะวัดถึงจุดที่เป็นเสาเอ็น และในส่วนของผนังที่ก่อชนเสา การวัดความยาวของผนังจะวัดถึงผิวของเสาโครงสร้าง ส่วนการคำนวณพื้นที่ก่ออิฐของโปรแกรม Autodesk Revit (อ้างอิงจากการทดลองในหัวข้อ 3.4.2.2.1 ทดลองการเขียนผนัง Basic Wall ด้วย Location Line ต่างๆ) กรณีที่ผนังชนมุม หรือชนด้านกัน การวัดความยาวของผนังด้านแรกจะวัดจนสุดริมผนัง ส่วนผนังด้านที่เข้ามาชนให้หักลบกับความหนาของผนังอีกด้าน



ภาพที่ 4.9 ซ้าย การวัดความยาวพื้นที่ก่ออิฐในการคำนวณทางเอกสาร
ขวา การวัดความยาวพื้นที่ก่ออิฐของโปรแกรม Autodesk Revit

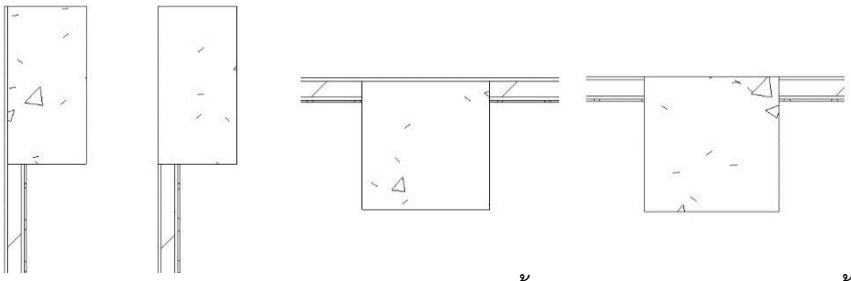
ทั้งนี้ในกรณีที่ 5 ที่ LOD 300 และ LOD 350 มีค่าความคลาดเคลื่อนของปริมาณพื้นที่ก่ออิฐ 0% เนื่องจาก ผนังในกรณีที่ 5 ถูกเสางานสถาปัตยกรรมตัดส่วนที่ซ้อนทับในเสาออก การวัดความยาวผนังจึงวัดจากผิวของเสางานสถาปัตยกรรม ไปจนสุดความยาวผนังที่มุม ในขณะที่การคำนวณทางเอกสารจะวัดจากผิวของเสางานโครงสร้าง ไปจนสุดที่เสาเอ็นบริเวณมุมผนัง ซึ่งระยะระหว่างผิวของเสางานสถาปัตยกรรมถึงผิวของเสางานโครงสร้างบังเอิญไปหักล้างกับระยะของเสาเอ็นบริเวณมุมผนังพอดี เมื่อรวมความยาวของผนังทั้ง 4 ด้านจากวิธีการวัดของโปรแกรม Autodesk Revit จึงเท่ากับวิธีการวัดจากการคำนวณทางเอกสารพอดี

นอกจากนี้ในกรณีที่ผนัง Join กับเสางานโครงสร้าง หรือคาน โดยที่ผนังไม่ได้ถูกเสาหรือคานตัดวัสดุทุกชั้นออก เช่นในกรณีที่ 3 6 และ 9 มีการ Join ผนังกับเสางานโครงสร้างโดยเหลือชั้นปูนฉาบภายนอกของผนังไว้ และในกรณีที่ 10 11 และ 12 มีการ Join ผนังกับคานโดยเหลือชั้นปูนฉาบภายนอกของผนังไว้ (ภาพที่ 4.10) ซึ่งการ Join ผนังกับเสางานโครงสร้าง หรือคาน ในลักษณะนี้ ทำให้ปริมาณพื้นที่ก่ออิฐผิดจากความเป็นจริง ซึ่งเกิดจากวิธีการคำนวณพื้นที่วัสดุผนังของโปรแกรม Autodesk Revit ตามที่สรุปในหัวข้อ 3.4.2.2.2 ทดลองการ Join ผนัง Basic Wall กับคาน ได้สูตรคำนวณพื้นที่ของชั้นวัสดุผนังที่ Join กับคานคือ

พื้นที่ของชั้นวัสดุผนัง = ความยาวผนัง x (ความสูงผนัง – (ความยาวของคานหรือพื้นด้านที่ขนานกับผนัง x (ความหนารวมของชั้นวัสดุก่อนหน้า/ความหนาของผนังรวม)))

และหัวข้อ 3.4.2.2.3 ทดลองการ Join ผนัง Basic Wall กับเสางานโครงสร้าง ได้สูตรคำนวณพื้นที่ของชั้นวัสดุผนังที่ Join กับเสางานโครงสร้างคือ

พื้นที่ของชั้นวัสดุผนัง = ความสูงผนัง x (ความยาวผนัง – (ความยาวของเสาด้านที่ขนานกับผนัง x (ความหนารวมของชั้นวัสดุก่อนหน้า/ความหนาของผนังรวม)))



ภาพที่ 4.10 เรียงจากซ้ายไปขวา ผนังถูกคานตัดแต่เหลือแต่ชั้นปูนฉาบ ผนังถูกคานตัดทุกชั้น ผนังถูกเสาตัดแต่เหลือชั้นปูนฉาบ ผนังถูกเสาตัดทุกชั้น

สำหรับวิธีการสร้างแบบจำลองที่มีความแม่นยำของพื้นที่ก่ออิฐมากที่สุด เมื่อเทียบกับการหาปริมาณงานด้วยวิธีทางเอกสาร คือ กรณีที่ 5 โดยที่ LOD 300 และ LOD 350 มีค่าความคลาดเคลื่อน 0% และ ที่ LOD 200 มีค่าความคลาดเคลื่อน -0.0626% ทั้งนี้เนื่องจากผนังในกรณีที่ 5 ถูกเสางานสถาปัตยกรรม และคาน ตัดพื้นที่ผนังส่วนที่ซ้อนทับในเสางานสถาปัตยกรรม และคานออกแล้ว

2. ปริมาณพื้นที่ปูนฉาบภายนอก

จากตารางที่ 4.11 เปรียบเทียบปริมาณพื้นที่ปูนฉาบภายนอก จากโปรแกรม Autodesk Revit กับการคำนวณทางเอกสาร หากพิจารณาระหว่างระดับขั้นความละเอียดของข้อมูลต่างๆ จะพบว่า ที่ LOD 200 ไม่มีปริมาณพื้นที่ปูนฉาบภายนอก ส่วนที่ LOD 300 และ LOD 350 ในแต่ละกรณีย่อยทั้ง 12 กรณี มีปริมาณพื้นที่ปูนฉาบภายนอกเท่ากัน

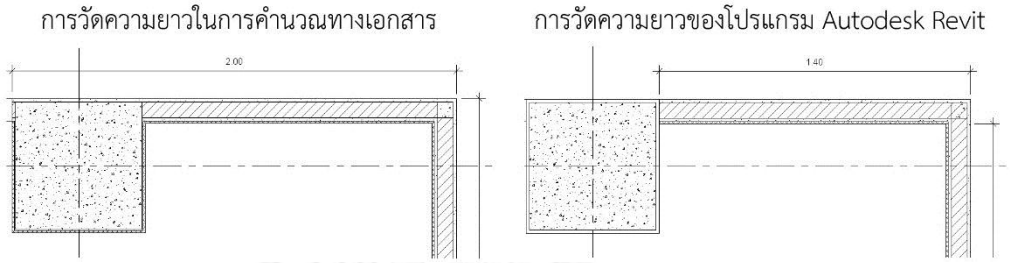
ในการสร้างแบบจำลอง ความคลาดเคลื่อนของปริมาณพื้นที่ปูนฉาบภายนอกเกิดจากปัจจัย 2 ประการ คือ พื้นที่ปูนฉาบบริเวณเสา และคาน และวิธีการคำนวณพื้นที่วัสดุผนังของโปรแกรม Autodesk Revit

ประการแรก พื้นที่ปูนฉาบบริเวณเสา และคาน เนื่องจากในการก่อสร้างจริง ปูนฉาบภายนอกจะฉาบส่วนที่เป็นเสา และคาน ด้านที่ติดภายนอกอาคารด้วย ดังนั้นวิธีการสร้างแบบจำลองผนังที่ไม่ได้ตัดพื้นที่ที่ซ้อนทับในเสา และคานออก เช่น กรณีที่ 1 และ 7 หรือวิธีการสร้างแบบจำลองผนังที่เสา และคานตัดชั้นของวัสดุอื่นๆ ยกเว้นชั้นปูนฉาบภายนอกของผนัง เช่น กรณีที่ 3 9 10 และ 12 จะทำให้ปริมาณวัสดุปูนฉาบภายนอกใกล้เคียงกับการคำนวณปริมาณงานด้วยวิธีการทางเอกสาร โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 1.234% (ดูภาพประกอบกรณีต่างๆ ที่ภาพ 4.8)

ซึ่งจะเห็นได้ว่าในกรณีที่ 5 ซึ่งให้ปริมาณวัสดุก่ออิฐใกล้เคียงกับการหาปริมาณงานด้วยวิธีการทางเอกสารมากที่สุดนั้น กลับมีความคลาดเคลื่อนของปริมาณวัสดุปูนฉาบภายนอกมากที่สุด ถึง 46.4576% ซึ่งเกิดจากการที่ผนังถูกเสาและคานตัดพื้นที่ผนังที่ซ้อนทับในเสา และคานออกจนหมด

ประการที่สอง วิธีการคำนวณพื้นที่ปูนฉาบภายนอกของโปรแกรม Autodesk Revit ต่างจากวิธีการคำนวณปริมาณทางเอกสาร โดยวิธีการคำนวณปริมาณพื้นที่ปูนฉาบภายนอก

ด้วยวิธีการทางเอกสาร (อ้างอิงจากการศึกษาในหัวข้อ 2.6.5.2.2 การวัดปริมาณงานฉาบ) ในส่วนของผนังที่ก่อชนมุมกัน จะวัดความยาวเส้นขอบนอกสุดของชั้นผนังภายนอกทั้งสองฝั่ง ส่วนการคำนวณพื้นที่ปูนฉาบภายนอกของโปรแกรม Autodesk Revit (อ้างอิงจากการทดลองในหัวข้อ 3.4.2.2.1 ทดลองการเขียนผนัง Basic Wall ด้วย Location Line ต่างๆ) กรณีที่ผนังชนมุม หรือชนด้านกัน การวัดความยาวของผนังด้านแรกจะวัดจนสุดริมผนัง ส่วนผนังด้านที่เข้ามาชนให้หักลบกับความหนาของผนังอีกด้าน



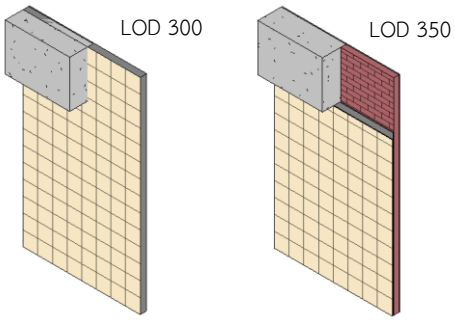
ภาพที่ 4.11 ซ้าย การวัดความยาวพื้นที่ปูนฉาบภายนอกในการคำนวณทางเอกสาร
ขวา การวัดความยาวพื้นที่ปูนฉาบภายนอกของโปรแกรม Autodesk Revit

3. ปริมาณพื้นที่ปูนฉาบภายใน

จากตารางที่ 4.12 เปรียบเทียบปริมาณพื้นที่ปูนฉาบภายใน จากโปรแกรม Autodesk Revit กับการคำนวณทางเอกสาร หากพิจารณาระหว่างระดับขั้นความละเอียดของข้อมูลต่างๆ จะพบว่า ที่ LOD 200 จะไม่มีปริมาณพื้นที่ปูนฉาบภายใน ส่วนที่ LOD 300 และ LOD 350 มีปริมาณวัสดุไม่เท่ากัน ทั้งนี้เนื่องจาก ที่ LOD 350 มีการตั้งค่าความสูงของชั้นปูนฉาบภายในให้สูง 2.7 เมตร ส่วนที่ LOD 300 ไม่มีการกำหนดความสูงของชั้นปูนฉาบภายใน ชั้นปูนฉาบภายในจึงมีความสูงขึ้นอยู่กับผนังในแต่ละกรณีย่อยทั้ง 12 กรณี

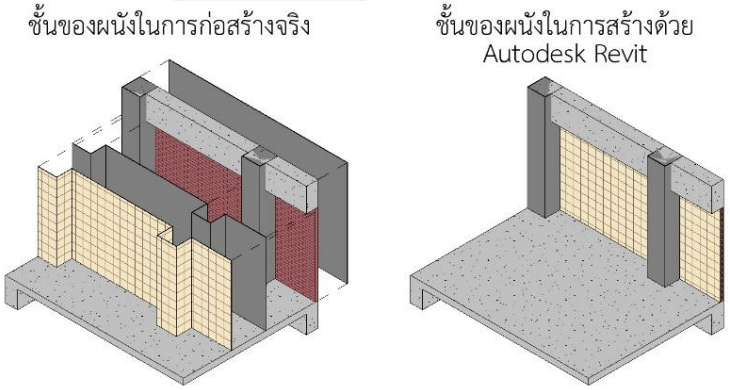
ในการสร้างแบบจำลอง ความคลาดเคลื่อนของปริมาณพื้นที่ปูนฉาบภายในเกิดจากปัจจัย 3 ประการ คือ การไม่กำหนดระดับความสูงของชั้นปูนฉาบ พื้นที่ปูนฉาบบริเวณเสา และวิธีการคำนวณพื้นที่วัสดุผนังของโปรแกรม Autodesk Revit

ประการแรก ในส่วนความสูงของชั้นปูนฉาบภายใน เนื่องจากในการก่อสร้างจริง ปูนฉาบภายในจะฉาบเลยระดับฝ้าเพดานประมาณ 10 ซม. ในการทดลองนี้ระดับฝ้าเพดานอยู่ที่ 2.6 เมตร จากระดับพื้น ระดับปูนฉาบภายในจึงอยู่ที่ 2.7 เมตร จากระดับพื้น ซึ่งสูงชนท้องคานพอดี ดังนั้นวิธีการสร้างแบบจำลองผนังที่มีการ Join ผนังกับคาน จะมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า กรณีที่ไม่ได้ Join ผนังกับคาน เช่น ที่ LOD 300 กรณีที่ 4 มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่ากรณีที่ 1 สำหรับที่ LOD 350 ผนังมีการกำหนดระดับความสูงของชั้นปูนฉาบภายใน ดังนั้น การ Join ผนังกับคานหรือไม่ จะไม่ส่งผลต่อความสูงของชั้นปูนฉาบภายใน โดยจะเห็นว่า กรณีที่ 1 และกรณีที่ 4 ที่ LOD 350 จะมีปริมาณพื้นที่ปูนฉาบภายในเท่ากัน



ภาพที่ 4.12 ระดับความสูงของชั้นปูนฉาบภายในที่ LOD 300 จะสูงเท่ากับความสูงของผนัง ส่วนระดับความสูงของชั้นปูนฉาบภายในที่ LOD 350 จะสูงตามที่กำหนดไว้ ซึ่งจะได้ปริมาณวัสดุที่แม่นยำมากกว่า

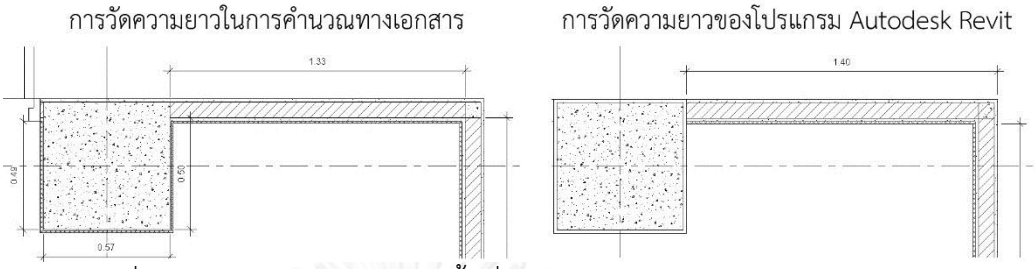
ประการที่สอง พื้นที่ปูนฉาบบริเวณเสา เนื่องจากในการทดลองนี้กำหนดให้ ในการก่อสร้างจริงต้องฉาบปูนฉาบส่วนผนังด้านใน และฉาบเสาที่ติดกับผนัง ซึ่งในการสร้างแบบจำลองจะไม่มีส่วนของปูนฉาบภายในที่ฉาบรอบเสา จึงไม่มีกรณีใดที่เหมือนกันการก่อสร้างจริง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่มีการ Join ผนังกับเสางานโครงสร้าง หรือ Switch Join Order ผนังกับเสางานสถาปัตยกรรม ยิ่งทำให้พื้นที่ปูนฉาบภายในที่ซ้อนทับอยู่ในเสาหายไป กรณีที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดคือกรณีที่ 1 4 7 และ 10 ซึ่งผนังไม่ถูกเสาตัดส่วนของผนังที่ซ้อนทับในเสาออก ทำให้ยังมีพื้นที่ปูนฉาบภายในในส่วนที่ซ้อนทับกับเสาอยู่ (ดูภาพประกอบกรณีต่างๆ ที่ภาพ 4.8)



ภาพที่ 4.13 ซ้าย ชั้นของผนังในการก่อสร้างจริง
ขวา ชั้นของผนังที่สร้างด้วยโปรแกรม Autodesk Revit

ประการที่สาม วิธีการคำนวณพื้นที่วัสดุผนังของโปรแกรม Autodesk Revit ต่างจากวิธีการคำนวณปริมาณทางเอกสาร โดยวิธีการคำนวณปริมาณพื้นที่ปูนฉาบภายในด้วยวิธีการทางเอกสาร (อ้างอิงจากการศึกษาในหัวข้อ 2.6.5.2.2 การวัดปริมาณงานฉาบ) ในส่วนของผนังที่ก่อชนมุมกัน จะวัดความยาวของผนังที่ผิวของชั้นผนังก่อภายใน ส่วนการคำนวณพื้นที่ปูนฉาบภายในของโปรแกรม Autodesk Revit (อ้างอิงจากการทดลองในหัวข้อ 3.4.2.2.1 ทดลองการเขียนผนัง Basic Wall ด้วย Location Line ต่างๆ) กรณีที่ผนังชนมุม

หรือชนด้านกัน การวัดความยาวของผนังด้านแรกจะวัดจนสุดริมผนัง ส่วนผนังด้านที่เข้ามาชนให้หักลบกับความหนาของผนังอีกด้าน



ภาพที่ 4.14 ซ้าย การวัดความยาวพื้นที่ปูนฉาบภายในในการคำนวณทางเอกสาร
ขวา การวัดความยาวพื้นที่ปูนฉาบภายในของโปรแกรม Autodesk Revit

นอกจากนี้ในกรณีที่ผนัง Join กับเสางานโครงสร้าง หรือคาน โดยที่ผนังไม่ได้ถูกเสาหรือคานตัดวัสดุทุกชั้นออก เช่นในกรณีที่ 3 6 และ 9 มีการ Join ผนังกับเสางานโครงสร้างโดยเหลือชั้นปูนฉาบภายนอกของผนังไว้ และในกรณีที่ 10 11 และ 12 มีการ Join ผนังกับคานโดยเหลือชั้นปูนฉาบภายนอกของผนังไว้ (ภาพที่ 4.10) ซึ่งการ Join ผนังกับเสางานโครงสร้าง หรือคาน ในลักษณะนี้ ทำให้ปริมาณพื้นที่ปูนฉาบภายในผิดจากความเป็นจริง ซึ่งเกิดจากการสูตรคำนวณของโปรแกรม Autodesk Revit ตามที่สรุปในหัวข้อ 3.4.2.2.2 ทดลองการ Join ผนัง Basic Wall กับคาน ได้สูตรคำนวณพื้นที่ของชั้นวัสดุผนังที่ Join กับคานคือ

พื้นที่ของชั้นวัสดุผนัง = ความยาวผนัง x (ความสูงผนัง – (ความยาวของคานหรือพื้นด้านที่ขนานกับผนัง x (ความหนารวมของชั้นวัสดุก่อนหน้า/ความหนาของผนังรวม)))

และหัวข้อ 3.4.2.2.3 ทดลองการ Join ผนัง Basic Wall กับเสางานโครงสร้าง ได้สูตรคำนวณพื้นที่ของชั้นวัสดุผนังที่ Join กับเสางานโครงสร้างคือ

พื้นที่ของชั้นวัสดุผนัง = ความสูงผนัง x (ความยาวผนัง – (ความยาวของเสาด้านที่ขนานกับผนัง x (ความหนารวมของชั้นวัสดุก่อนหน้า/ความหนาของผนังรวม)))

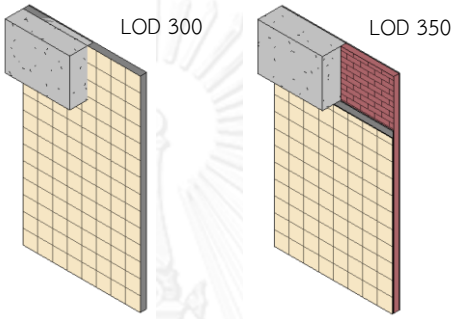
Chulalongkorn University

4. ปริมาณพื้นที่กระเบื้อง

จากตารางที่ 4.13 เปรียบเทียบปริมาณพื้นที่กระเบื้อง จากโปรแกรม Autodesk Revit กับการคำนวณทางเอกสาร หากพิจารณาระหว่างระดับขั้นความละเอียดของข้อมูลต่างๆ จะพบว่า ที่ LOD 200 จะไม่มีปริมาณพื้นที่กระเบื้อง ส่วนที่ LOD 300 และ LOD 350 มีปริมาณวัสดุไม่เท่ากัน ทั้งนี้เนื่องจาก ที่ LOD 350 มีการตั้งค่าความสูงของชั้นกระเบื้องให้สูง 2.6 เมตร ส่วนที่ LOD 300 ไม่มีการกำหนดความสูงของชั้นกระเบื้อง ชั้นกระเบื้องจึงมีความสูงขึ้นอยู่กับผนังในแต่ละกรณีย่อยทั้ง 12 กรณี

ในการสร้างแบบจำลอง ความคลาดเคลื่อนของปริมาณพื้นที่กระเบื้องเกิดจากปัจจัย 3 ประการ คือ การไม่กำหนดความสูงของชั้นกระเบื้อง พื้นที่กระเบื้องบริเวณเสา และวิธีการคำนวณพื้นที่วัสดุผนังของโปรแกรม Autodesk Revit

ประการแรก ในส่วนของความสูงของกระเบื้อง เนื่องจากในการทดลองนี้กำหนดให้กระเบื้องสูงถึงระดับฝ้าเพดาน คือ 2.6 เมตร จากระดับพื้น ดังนั้นวิธีการสร้างแบบจำลองที่ผนังมีการ Join กับคาน ซึ่งจะได้ผนังสูง 2.7 เมตร จะมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า กรณีที่ไม่ได้ Join ผนังกับคาน เช่น ที่ LOD 300 กรณีที่ 4 มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่ากรณีที่ 1 สำหรับที่ LOD 350 ผนังมีการกำหนดระดับความสูงของชั้นกระเบื้อง ดังนั้น การ Join ผนังกับคานหรือไม่ จะไม่ส่งผลต่อความสูงของชั้นกระเบื้อง โดยจะเห็นว่า กรณีที่ 1 และกรณีที่ 4 ที่ LOD 350 จะมีปริมาณพื้นที่กระเบื้องเท่ากัน



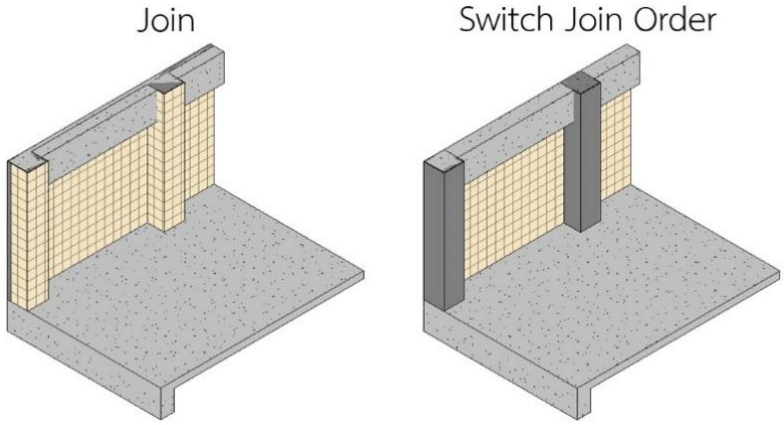
ภาพที่ 4.15 ระดับความสูงของชั้นกระเบื้องที่ LOD 300 จะสูงเท่ากับความสูงของผนัง ส่วนระดับความสูงของกระเบื้องที่ LOD 350 จะสูงตามที่กำหนดไว้ ซึ่งจะได้ปริมาณวัสดุที่แม่นยำมากกว่า

ประการที่สอง พื้นที่กระเบื้องบริเวณเสา เนื่องจากการทดลองนี้กำหนดให้ ในการก่อสร้างจริงต้องกรุกระเบื้องบริเวณผนังด้านใน และบริเวณเสาที่ติดกับผนัง แต่ในการสร้างแบบจำลองจะสร้างผนังตัดผ่านเสางานสถาปัตยกรรม และเสางานโครงสร้างเท่านั้น โดยในกรณีที่ 1 4 7 และ 10 ผนัง Join กับเสางานสถาปัตยกรรมอย่างอัตโนมัติ และไม่ได้ Join ผนังกับเสางานโครงสร้าง (ดูภาพประกอบกรณีต่างๆ ที่ภาพ 4.8) ผลก็คือ เสางานสถาปัตยกรรมมีพื้นที่ของกระเบื้องเกิดขึ้น แต่การคำนวณพื้นที่วัสดุกระเบื้องที่เสางานสถาปัตยกรรมนั้น โปรแกรม Autodesk Revit จะคำนวณจากพื้นที่ผิวทั้ง 6 ด้านของเสา (อ้างอิงจากการทดลองในหัวข้อ 3.4.2.3.2 ทดลองการใส่เสางานสถาปัตยกรรมที่ยังไม่ตั้งค่าวัสดุ กับผนัง Basic Wall และการทดลองในกรณีที่ 1 ในหัวข้อ 3.4.2.3.5 ทดลองการซ้อนเสางานโครงสร้างในเสางานสถาปัตยกรรม และสร้างผนังตัดผ่าน) นอกจากนี้ยังมีปริมาณพื้นที่กระเบื้องจากผนังในส่วนที่ซ้อนทับกับเสา ทำให้เกิดปริมาณพื้นที่กระเบื้องเกินไปมากเมื่อเทียบกับการหาปริมาณงานด้วยวิธีการทางเอกสาร

ในกรณีที่ 3 6 9 และ 12 มีการ Join เสางานโครงสร้างกับผนัง และ Join เสางานโครงสร้างกับเสางานสถาปัตยกรรม (ดูภาพประกอบกรณีต่างๆ ที่ภาพ 4.8) จะทำให้ปริมาณพื้นที่กระเบื้องจากผนังในส่วนที่ซ้อนทับกับเสา ถูกเสางานโครงสร้างตัดออก และเสางานสถาปัตยกรรมมีพื้นที่ของกระเบื้องจากผนัง และพื้นที่คอนกรีตจากเสางานโครงสร้างเกิดขึ้น โดยในส่วนของพื้นที่กระเบื้องโปรแกรม Autodesk Revit จะคิดปริมาณพื้นที่จากผิวด้านที่อยู่ภายในของเสางานสถาปัตยกรรม และพื้นที่ด้านข้างที่แนบกับผนัง ซึ่งจะมีระยะเท่ากับ

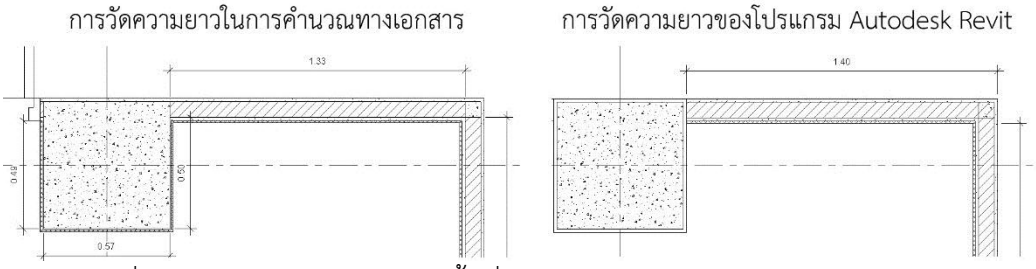
ระยะห่างจากเสางานสถาปัตยกรรมถึงเสางานโครงสร้าง (ภาพที่ 3.37) (อ้างอิงจากการทดลองในกรณีที่ 8 ในหัวข้อ 3.4.2.3.5 ทดลองการซ้อนเสางานโครงสร้างในเสางานสถาปัตยกรรม และสร้างผนังตัดผ่าน) ซึ่งจะได้ปริมาณที่ใกล้เคียงกับการหาปริมาณงานด้วยวิธีการทางเอกสารมากที่สุด เช่น ที่ LOD 350 ในกรณีที่ 3 6 และ 9 มีค่าความคลาดเคลื่อนของปริมาณวัสดุอยู่ที่ -6.4927%

ในกรณีที่ 2 5 8 และ 11 ผนังมีการ Switch Join Order กับเสางานสถาปัตยกรรม (ดูภาพประกอบกรณีต่างๆ ที่ภาพ 4.8) จะทำให้ปริมาณพื้นที่กระเบื้องจากผนังในส่วนที่ซ้อนทับกับเสา ถูกเสางานสถาปัตยกรรมตัดออก และไม่มีพื้นที่กระเบื้องเกิดขึ้นที่เสางานสถาปัตยกรรม ทำให้ปริมาณพื้นที่ของกระเบื้องน้อยกว่าความเป็นจริง



ภาพที่ 4.16 ที่ LOD 350 และ LOD 350 เมื่อสร้างผนังทับเสางานสถาปัตยกรรม จะเกิดปริมาณวัสดุกระเบื้องจากผนังขึ้นในเสา

ประการที่สาม วิธีการคำนวณพื้นที่วัสดุผนังของโปรแกรม Autodesk Revit ต่างจากวิธีการคำนวณปริมาณทางเอกสาร โดยวิธีการคำนวณปริมาณพื้นที่กระเบื้องด้วยวิธีการทางเอกสาร (อ้างอิงจากการศึกษาในหัวข้อ 2.6.5.4.1 การวัดปริมาณงานบุผนัง) ในส่วนของผนังที่ก่อชนมุมกัน จะวัดความยาวของผนังที่ผิวของชั้นผนังก่อภายใน (ตำแหน่งเดียวกับการวัดความยาวของชั้นปูนฉาบภายใน) ส่วนการคำนวณพื้นที่กระเบื้องของโปรแกรม Autodesk Revit (อ้างอิงจากการทดลองในหัวข้อ 3.4.2.2.1 ทดลองการเขียนผนัง Basic Wall ด้วย Location Line ต่างๆ) กรณีที่ผนังชนมุม หรือชนด้านกัน การวัดความยาวของผนังด้านแรกจะวัดจนสุดริมผนัง ส่วนผนังด้านที่เข้ามาชนให้หักลบกับความหนาของผนังอีกด้าน



ภาพที่ 4.17 ซ้าย การวัดความยาวพื้นที่ปูนฉาบภายในในการคำนวณทางเอกสาร
ขวา การวัดความยาวพื้นที่ปูนฉาบภายในของโปรแกรม Autodesk Revit

นอกจากนี้ในกรณีที่ผนัง Join กับเสางานโครงสร้าง หรือคาน โดยที่ผนังไม่ได้ถูกเสาหรือคานตัดวัสดุทุกชั้นออก เช่น ในกรณีที่ 3 6 และ 9 มีการ Join ผนังกับเสางานโครงสร้างโดยเหลือชั้นปูนฉาบภายนอกของผนังไว้ และในกรณีที่ 10 11 และ 12 มีการ Join ผนังกับคานโดยเหลือชั้นปูนฉาบภายนอกของผนังไว้ (ภาพที่ 4.10) ซึ่งการ Join ผนังกับเสางานโครงสร้าง หรือคาน ในลักษณะนี้ ทำให้ปริมาณพื้นที่กระเบื้องผิดจากความเป็นจริง ซึ่งเกิดจากการสูตรคำนวณของโปรแกรม Autodesk Revit ตามที่สรุปในหัวข้อ 3.4.2.2.2 ทดลองการ Join ผนัง Basic Wall กับคาน ได้สูตรคำนวณพื้นที่ของชั้นวัสดุผนังที่ Join กับคานคือ

พื้นที่ของชั้นวัสดุผนัง = ความยาวผนัง x (ความสูงผนัง – (ความยาวของคานหรือพื้นด้านที่ขนานกับผนัง x (ความหนารวมของชั้นวัสดุก่อนหน้า/ความหนาของผนังรวม)))

และหัวข้อ 3.4.2.2.3 ทดลองการ Join ผนัง Basic Wall กับเสางานโครงสร้าง ได้สูตรคำนวณพื้นที่ของชั้นวัสดุผนังที่ Join กับเสางานโครงสร้างคือ

พื้นที่ของชั้นวัสดุผนัง = ความสูงผนัง x (ความยาวผนัง – (ความยาวของเสาด้านที่ขนานกับผนัง x (ความหนารวมของชั้นวัสดุก่อนหน้า/ความหนาของผนังรวม)))

5. ปริมาณเสาเอ็น และทับหลัง

จากตารางที่ 4.14 และ 4.15 ปริมาณเสาเอ็น และทับหลัง สามารถหาได้ที่ระดับขั้นความละเอียดของข้อมูล ที่ LOD 350 เท่านั้น เนื่องจากมีการกำหนดให้ใส่เสาเอ็น และทับหลังในแบบจำลองด้วย โดยปริมาณเสาเอ็น และทับหลังนี้ หากใส่เสาเอ็น และทับหลังอย่างครบถ้วน จะสามารถบอกปริมาณความยาว และจำนวน ได้อย่างแม่นยำกว่าการหาปริมาณงานด้วยวิธีการคำนวณทางเอกสาร เนื่องจาก การหาปริมาณงานด้วยวิธีการคำนวณทางเอกสาร หากมีผนังจำนวนมากมักจะใช้การประมาณค่าจากสถิติ (อ้างอิงจากการศึกษาในหัวข้อ 2.6.5.2.1 การวัดปริมาณงานก่อ)

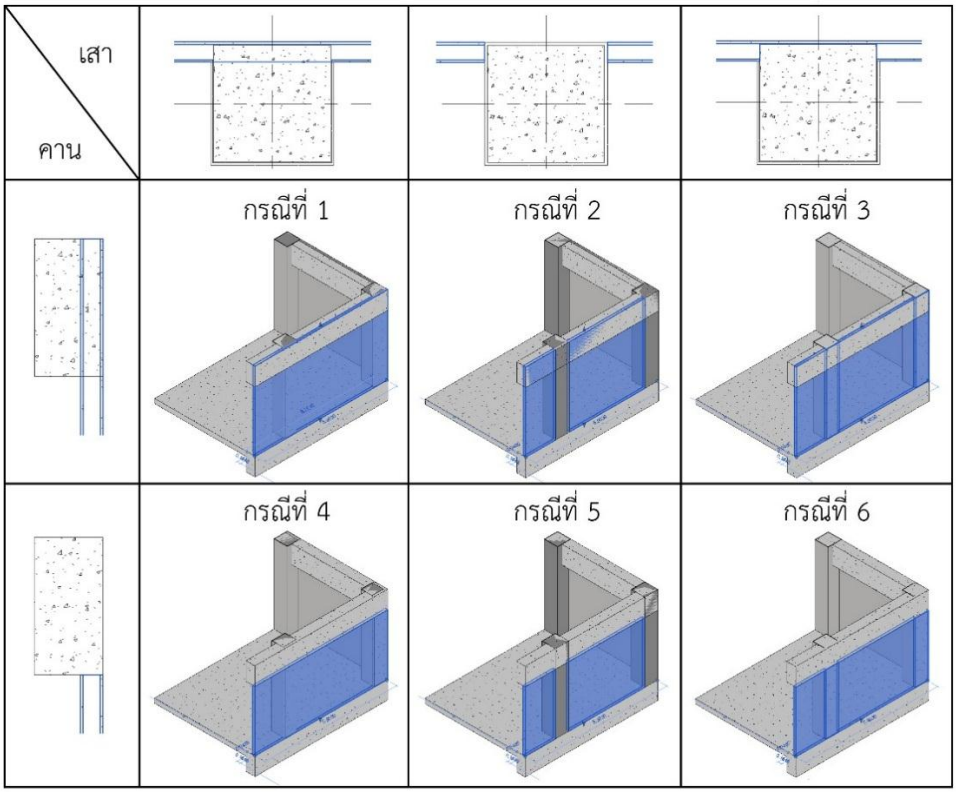
สำหรับปริมาณความยาวทับหลังในตารางที่ 4.15 จะยาวกว่าผลการคำนวณทางเอกสาร เนื่องจากการคำนวณทางเอกสารจะคิดความยาวทับหลังจากความกว้างของหน้าต่างส่วนความยาวทับหลังที่สร้างในแบบจำลองจะสร้างจากกึ่งกลางของเสาเอ็นถึงกึ่งกลางของเสาเอ็นอีกฝั่ง

4.2 ผลการทดลองผนังเบา

ในการทดลองผนังเบา จะใช้ผนังประเภท Basic Wall ในโปรแกรม Autodesk Revit ในการสร้างแบบจำลอง เช่นเดียวกับ การทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูน ซึ่งมีวิธีการสร้างแบบจำลองได้หลายวิธี โดยในการทดลองได้จำแนกวิธีการสร้างแบบจำลองออกเป็น 6 กรณี ดังที่ได้อธิบายไว้ในหัวข้อ 3.5 การออกแบบการทดลอง และดำเนินการทดลอง ซึ่งสามารถสรุปทั้ง 6 กรณี ได้ตามตารางที่ 4.17 และภาพที่ 4.18

ตารางที่ 4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างผนัง กับ เสา AR เสา ST และคาน กรณีต่างๆ ในการทดลองผนังเบา

กรณีที่	ความสัมพันธ์ระหว่างผนัง กับ เสา AR เสา ST และคาน			
	เสา AR	เสา ST	คาน	ตำแหน่งคานและพื้น
1	Join (Auto)	ไม่ Join	ไม่ Join	ขอบนอกชิดเสา AR
2	Switch Join	ไม่ Join	ไม่ Join	ขอบนอกชิดเสา AR
3	Join (Auto)	Join กับผนัง และเสา AR	ไม่ Join	ขอบนอกชิดเสา AR
4	Join (Auto)	ไม่ Join	Join	ขอบนอกชิดเสา AR
5	Switch Join	ไม่ Join	Join	ขอบนอกชิดเสา AR
6	Join (Auto)	Join กับผนัง และเสา AR	Join	ขอบนอกชิดเสา AR



ภาพที่ 4.18 การสร้างแบบจำลองทั้ง 6 กรณี ของการทดลองผนังเบา

4.2.1 ปริมาณวัสดุจากโปรแกรม Autodesk Revit

ปริมาณวัสดุที่เกี่ยวข้องกับผนังเบา ประกอบไปด้วย พื้นที่โครงคร่าว พื้นที่แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ภายนอก และพื้นที่แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ภายใน ซึ่งจากการทำการทดลองทั้ง 6 กรณี มีปริมาณวัสดุตามตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 ปริมาณวัสดุจากการทดลองผนังเบา

LOD	กรณีที่	พื้นที่โครงคร่าว (ตร.ม.)	พื้นที่แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ภายนอก (ตร.ม.)	พื้นที่แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ภายใน (ตร.ม.)	ความยาวโครงคร่าว (เมตร)	จำนวนโครงคร่าว (ชิ้น)
200	1	469.6000	-	-	-	-
	2	339.1000	-	-	-	-
	3	431.1199	-	-	-	-
	4	381.2800	-	-	-	-
	5	258.9400	-	-	-	-
	6	342.7999	-	-	-	-
300	1	374.9260	374.9260	470.1617	-	-
	2	339.1630	339.1630	339.1630	-	-
	3	370.6966	374.9260	400.3745	-	-
	4	286.5772	286.5772	381.8129	-	-
	5	258.9886	258.9886	258.9886	-	-
	6	283.3145	286.5772	319.0345	-	-
350	1	374.9260	374.9260	470.1617	1132.497	635
	2	339.1630	339.1630	339.1630	1057.761	596
	3	370.6966	374.9260	400.3745	1133.822	635
	4	286.5772	286.5772	381.8129	965.2887	635
	5	258.9886	258.9886	258.9886	903.3529	596
	6	283.3145	286.5772	319.0345	965.3213	635

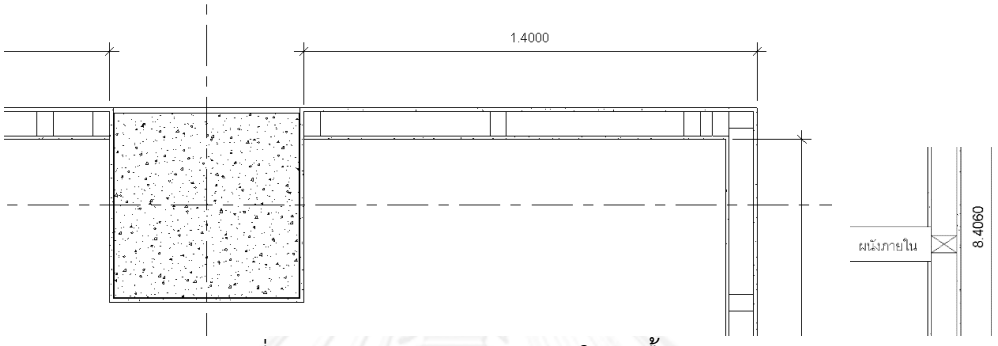
4.2.2 ปริมาณงานจากการคำนวณทางเอกสาร

สำหรับปริมาณงานจากการคำนวณทางเอกสารของผนังเบา จะประกอบไปด้วยพื้นที่ของโครงคร่าว และพื้นที่ของแผ่นที่มาติดตั้งทั้งด้านหน้าและด้านหลัง โดยในการคำนวณปริมาณงานจะถือว่าพื้นที่ของชั้นวัสดุทุกชั้นมีพื้นที่เท่ากัน สำหรับความยาวของโครงคร่าวจะไม่มีการคำนวณเพราะอยู่ในส่วนของต้นทุนต่อหน่วย

พื้นที่ของโครงคร่าว พื้นที่ของแผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ภายนอก และพื้นที่ของแผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ภายใน หาได้จาก การวัดความยาวของผนังในผังพื้น ซึ่งหักลบส่วนเสาออก คูณกับความสูงของผนังถึงท้องคาน ลบด้วยพื้นที่ของประตู และหน้าต่าง สำหรับในส่วนของผนังที่ชนมุมกัน ผนังด้านหนึ่งให้วัด

ความยาวของผนังถึงขอบนอกสุดของผนัง ส่วนผนังอีกด้านให้วัดความยาวของผนังที่หักลบด้วยความหนาของผนังด้านที่เข้ามาชนมุม และในส่วนของผนังที่มีผนังภายในมาชน ไม่ต้องหักลบระยะของผนังภายใน (ภาพที่ 4.19) ซึ่งได้ผลการคำนวณตามตารางที่ 4.19 (อ้างอิงจากการศึกษาในหัวข้อ 2.6.5.2.2 การวัดปริมาณงานฉาบ (หัวข้อย่อย ผนังเบา))

สำหรับพื้นที่ประตู และหน้าต่าง หาได้จาก ประตู ขนาด กว้าง 1 เมตร สูง 2 เมตร 1 บาน มีพื้นที่ 2 ตร.ม. และหน้าต่าง ขนาดกว้าง 1.6 เมตร สูง 1 เมตร 6 บาน มีพื้นที่ 9.6 ตร.ม. รวมทั้งหมดเป็น 11.6 ตร.ม.



ภาพที่ 4.19 แสดงการวัดความยาวในผังพื้นของผนังเบา

ตารางที่ 4.19 ปริมาณงานโครงคร่าว แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ภายนอก และแผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ภายใน

ความยาวในแปลน (เมตร)	ความสูง (เมตร)	พื้นที่ (ตร.ม.)
8.8000	2.700	23.7600
8.4060	2.700	22.6962
8.8000	2.700	23.7600
7.4000	2.700	19.9800
	รวมพื้นที่ 1 ชั้น	90.1962
	รวมพื้นที่ 3 ชั้น	270.5886
	พื้นที่ประตู หน้าต่าง	11.600
	รวมพื้นที่ผนังเบาสุทธิ	258.9886

ในส่วนของปูนฉาบบริเวณเสา และคาน ถือว่าเป็นส่วนของงานฉาบ อยู่คนละหมวดกับผนังเบา ในการทดลองนี้จึงไม่นำมาเกี่ยวข้อง

4.2.3 การเปรียบเทียบปริมาณวัสดุจากโปรแกรม Autodesk Revit กับปริมาณงานจากการคำนวณทางเอกสาร

เป็นการหาผลต่าง และเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของปริมาณวัสดุจากโปรแกรม Autodesk Revit เมื่อเทียบกับการหาปริมาณงานจากการคำนวณทางเอกสาร โดยปริมาณวัสดุจาก

โปรแกรม Autodesk Revit อาจเกิดจากองค์ประกอบมากกว่า 1 ประเภท เช่น เกิดจากผนัง และเสา รวมกัน

ในการคำนวณเปรียบเทียบ หากผลต่าง และเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนมีค่าเป็นลบ (-) หมายความว่าปริมาณวัสดุที่ได้จากแบบจำลองสารสนเทศอาคารมีปริมาณมากกว่าปริมาณงานจากการคำนวณทางเอกสาร

ตารางที่ 4.20 เปรียบเทียบปริมาณพื้นที่โครงคร่าว จากโปรแกรม Autodesk Revit กับการคำนวณทางเอกสาร

LOD	กรณีที่	พื้นที่โครงคร่าว (ตร.ม.)			% ความคลาดเคลื่อน	หมายเหตุ : องค์ประกอบที่มีวัสดุนี้
		ผลจาก Autodesk Revit	ผลการคำนวณทางเอกสาร	ผลต่าง		
200	1	469.6000	258.9886	-210.6114	-44.8491	พื้นที่จากผนัง 374.8 + เสา AR 94.8 ตร.ม.
	2	339.1000	258.9886	-80.1114	-23.6247	พื้นที่จากผนัง
	3	431.1199	258.9886	-172.1313	-39.9265	พื้นที่จากผนัง 374.8 + เสา AR 56.3199 ตร.ม.
	4	381.2800	258.9886	-122.2914	-32.0739	พื้นที่จากผนัง 286.48 + เสา AR 94.8 ตร.ม.
	5	258.9400	258.9886	0.0486	0.0188	พื้นที่จากผนัง
	6	342.7999	258.9886	-83.8113	-24.4490	พื้นที่จากผนัง 286.48 + เสา AR 56.3199 ตร.ม.
300	1	374.9260	258.9886	-115.9374	-30.9227	พื้นที่จากผนัง
	2	339.1630	258.9886	-80.1744	-23.6389	พื้นที่จากผนัง
	3	370.6966	258.9886	-111.7080	-30.1346	พื้นที่จากผนัง
	4	286.5772	258.9886	-27.5886	-9.6269	พื้นที่จากผนัง
	5	258.9886	258.9886	0.0000	0.0000	พื้นที่จากผนัง
	6	283.3145	258.9886	-24.3259	-8.5862	พื้นที่จากผนัง
350	1	374.9260	258.9886	-115.9374	-30.9227	พื้นที่จากผนัง
	2	339.1630	258.9886	-80.1744	-23.6389	พื้นที่จากผนัง
	3	370.6966	258.9886	-111.7080	-30.1346	พื้นที่จากผนัง
	4	286.5772	258.9886	-27.5886	-9.6269	พื้นที่จากผนัง
	5	258.9886	258.9886	0.0000	0.0000	พื้นที่จากผนัง
	6	283.3145	258.9886	-24.3259	-8.5862	พื้นที่จากผนัง

ตารางที่ 4.21 เปรียบเทียบปริมาณพื้นที่แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ภายนอก จากโปรแกรม Autodesk Revit กับการคำนวณทางเอกสาร

LOD	กรณีที่	พื้นที่แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ภายนอก (ตร.ม.)			% ความคลาดเคลื่อน	องค์ประกอบที่มีวัสดุนี้
		ผลจาก Autodesk Revit	ผลการคำนวณทางเอกสาร	ผลต่าง		
200	1	-	258.9886	258.9886	-	-
	2	-	258.9886	258.9886	-	-
	3	-	258.9886	258.9886	-	-
	4	-	258.9886	258.9886	-	-
	5	-	258.9886	258.9886	-	-
	6	-	258.9886	258.9886	-	-
300	1	374.9260	258.9886	-115.9374	-30.9227	พื้นที่จากผนัง
	2	339.1630	258.9886	-80.1744	-23.6389	พื้นที่จากผนัง
	3	374.9260	258.9886	-115.9374	-30.9227	พื้นที่จากผนัง
	4	286.5772	258.9886	-27.5886	-9.6269	พื้นที่จากผนัง
	5	258.9886	258.9886	0.0000	0.0000	พื้นที่จากผนัง
	6	286.5772	258.9886	-27.5886	-9.6269	พื้นที่จากผนัง
350	1	374.9260	258.9886	-115.9374	-30.9227	พื้นที่จากผนัง
	2	339.1630	258.9886	-80.1744	-23.6389	พื้นที่จากผนัง
	3	374.9260	258.9886	-115.9374	-30.9227	พื้นที่จากผนัง
	4	286.5772	258.9886	-27.5886	-9.6269	พื้นที่จากผนัง
	5	258.9886	258.9886	0.0000	0.0000	พื้นที่จากผนัง
	6	286.5772	258.9886	-27.5886	-9.6269	พื้นที่จากผนัง

ตารางที่ 4.22 เปรียบเทียบปริมาณพื้นที่แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ภายใน จากโปรแกรม Autodesk Revit กับการคำนวณทางเอกสาร

LOD	กรณีที่	พื้นที่แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ภายใน (ตร.ม.)			% ความคลาดเคลื่อน	องค์ประกอบที่มีวัสดุนี้
		ผลจาก Autodesk Revit	ผลการคำนวณทางเอกสาร	ผลต่าง		
200	1	-	258.9886	258.9886	-	-
	2	-	258.9886	258.9886	-	-
	3	-	258.9886	258.9886	-	-
	4	-	258.9886	258.9886	-	-
	5	-	258.9886	258.9886	-	-
	6	-	258.9886	258.9886	-	-
300	1	470.1617	258.9886	-211.1731	-44.9150	พื้นที่จากผนัง 374.926 + เสา AR 95.2357 ตร.ม.
	2	339.1630	258.9886	-80.1744	-23.6389	พื้นที่จากผนัง
	3	400.3745	258.9886	-141.3859	-35.3134	พื้นที่จากผนัง 344.2625 + เสา AR 56.112 ตร.ม.
	4	381.8129	258.9886	-122.8243	-32.1687	พื้นที่จากผนัง 286.5772 + เสา AR 95.2357 ตร.ม.
	5	258.9886	258.9886	0.0000	0.0000	พื้นที่จากผนัง
	6	319.0345	258.9886	-60.0459	-18.8211	พื้นที่จากผนัง 262.9225 + เสา AR 56.112 ตร.ม.
350	1	470.1617	258.9886	-211.1731	-44.9150	พื้นที่จากผนัง 374.926 + เสา AR 95.2357 ตร.ม.
	2	339.1630	258.9886	-80.1744	-23.6389	พื้นที่จากผนัง
	3	400.3745	258.9886	-141.3859	-35.3134	พื้นที่จากผนัง 344.2625 + เสา AR 56.112 ตร.ม.
	4	381.8129	258.9886	-122.8243	-32.1687	พื้นที่จากผนัง 286.5772 + เสา AR 95.2357 ตร.ม.
	5	258.9886	258.9886	0.0000	0.0000	พื้นที่จากผนัง
	6	319.0345	258.9886	-60.0459	-18.8211	พื้นที่จากผนัง 262.9225 + เสา AR 56.112 ตร.ม.

ตารางที่ 4.23 สรุปผลการทดลอง ผนังเบา

LOD	กรณีที่	โครงคร่าว		แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ภายนอก		แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ภายใน	
		พื้นที่ (ตร.ม.)	% ความคลาดเคลื่อน	พื้นที่ (ตร.ม.)	% ความคลาดเคลื่อน	พื้นที่ (ตร.ม.)	% ความคลาดเคลื่อน
200	1	469.6000	-44.8491	-	-	-	-
	2	339.1000	-23.6247	-	-	-	-
	3	431.1199	-39.9265	-	-	-	-
	4	381.2800	-32.0739	-	-	-	-
	5	258.9400	0.0188	-	-	-	-
	6	342.7999	-24.4490	-	-	-	-
300	1	374.9260	-30.9227	374.9260	-30.9227	470.1617	-44.9150
	2	339.1630	-23.6389	339.1630	-23.6389	339.1630	-23.6389
	3	370.6966	-30.1346	374.9260	-30.9227	400.3745	-35.3134
	4	286.5772	-9.6269	286.5772	-9.6269	381.8129	-32.1687
	5	258.9886	0.0000	258.9886	0.0000	258.9886	0.0000
	6	283.3145	-8.5862	286.5772	-9.6269	319.0345	-18.8211
350	1	374.9260	-30.9227	374.9260	-30.9227	470.1617	-44.9150
	2	339.1630	-23.6389	339.1630	-23.6389	339.1630	-23.6389
	3	370.6966	-30.1346	374.9260	-30.9227	400.3745	-35.3134
	4	286.5772	-9.6269	286.5772	-9.6269	381.8129	-32.1687
	5	258.9886	0.0000	258.9886	0.0000	258.9886	0.0000
	6	283.3145	-8.5862	286.5772	-9.6269	319.0345	-18.8211

นอกจากนี้ ที่ LOD 350 กำหนดไว้ว่า ผนังเบา ให้มีการใส่โครงคร่าวตามความเป็นจริง ซึ่งในโปรแกรม Autodesk Revit สามารถใส่โดยการใช้คำสั่ง Structural Column, Structural Framing: Beam, และ Structural Beam System แต่ต้องใช้เวลานาน จึงมี Autodesk Revit Extenstions เป็น Plug-in เสริม สำหรับช่วยใส่โครงคร่าวในผนัง ชื่อ Wood Framing Walls

อย่างไรก็ตาม Autodesk Revit Extenstions นี้ยังมีจุดบกพร่อง เช่น เกิดการใส่โครงคร่าวทับกับบริเวณที่เป็นเสา และมีโครงคร่าวซ้อนอยู่ตามมุมที่ผนังชนกัน เป็นต้น ซึ่งในการทดลองเสริมจะทำการเปรียบเทียบปริมาณโครงคร่าวที่เกิดจาก Autodesk Revit Extenstions ที่สร้างโดยอัตโนมัติ กับปริมาณโครงคร่าวที่ทำการแก้ไขจำนวนและตำแหน่งให้ตรงตามความเป็นจริง

ในการทดลองนี้จะไม่เปรียบเทียบกับปริมาณจากการคำนวณทางเอกสาร เพราะไม่มีการคำนวณปริมาณโครงคร่าวในการหาปริมาณเพื่อการประมาณราคาค่าก่อสร้าง ซึ่งปริมาณโครงคร่าวจะอยู่ในการคิดต้นทุนต่อหน่วยแทน

ตารางที่ 4.24 เปรียบเทียบปริมาณโครงคร่าว จาก Autodesk Revit Extenstion กับการแก้ไขโครงคร่าวให้ตรงตามความเป็นจริง

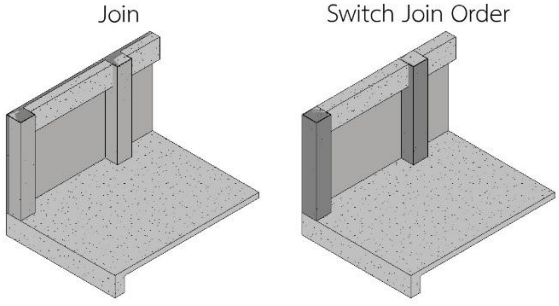
LOD	กรณีที่	โครงคร่าว (เมตร)			% ความคลาดเคลื่อน	จำนวนโครงคร่าว (ท่อน)			% ความคลาดเคลื่อน
		ผลจาก Autodesk Revit Extensions	ผลจากการแก้ไขโครงคร่าวให้ตรงตามความเป็นจริง	ผลต่าง		ผลจาก Autodesk Revit Extensions	ผลจากการแก้ไขโครงคร่าวให้ตรงตามความเป็นจริง	ผลต่าง	
350	1	1132.4973	892.1700	-240.3273	-21.2210	635	590	-45	-7.08661
	2	1057.7613	892.1700	-165.5913	-15.6549	596	590	-6	-1.00671
	3	1133.8218	892.1700	-241.6518	-21.3130	635	590	-45	-7.08661
	4	965.2887	892.1700	-73.1187	-7.5748	635	590	-45	-7.08661
	5	903.3529	892.1700	-11.1829	-1.2379	596	590	-6	-1.00671
	6	965.3213	892.1700	-73.1513	-7.5779	635	590	-45	-7.08661

4.2.4 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลอง สามารถแบ่งการวิเคราะห์ผลตามปริมาณวัสดุที่เกิดขึ้นได้ดังนี้

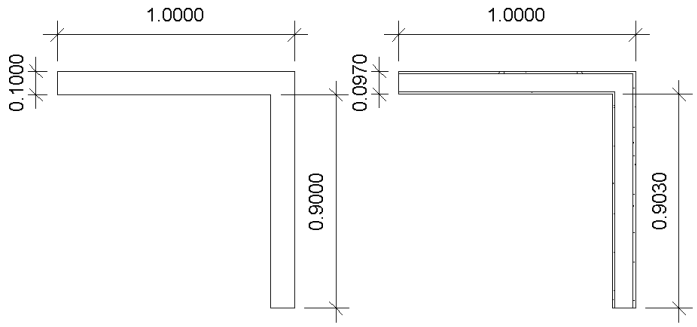
1. ปริมาณพื้นที่โครงคร่าว

จากตารางที่ 4.20 เปรียบเทียบปริมาณพื้นที่โครงคร่าว จากโปรแกรม Autodesk Revit กับการคำนวณทางเอกสาร หากพิจารณาระหว่างระดับขั้นความละเอียดของข้อมูลต่างๆ จะพบว่า ที่ LOD 300 และ LOD 350 ในแต่ละกรณีย่อยทั้ง 6 กรณี มีปริมาณพื้นที่โครงคร่าวที่เท่ากัน ส่วนที่ LOD 200 มีปริมาณพื้นที่โครงคร่าวที่มากกว่า LOD 300 และ LOD 350 เนื่องจากที่ LOD 200 มีปริมาณพื้นที่โครงคร่าวจากเสา ซึ่งเกิดจากผนังที่มีชั้นของวัสดุโครงคร่าวเพียงชั้นเดียว เมื่อผนังทับกับเสางานสถาปัตยกรรม ผนังจะ Join กับเสางานสถาปัตยกรรม และทำให้เกิดปริมาณพื้นที่โครงคร่าวส่วนเกินขึ้นในเสา การ Switch Join Order ระหว่างผนังกับเสางานสถาปัตยกรรม จะทำให้ปริมาณพื้นที่โครงคร่าวจากเสาหายไป



ภาพที่ 4.20 ที่ LOD 200 เมื่อสร้างผนังทับเสางานสถาปัตยกรรม จะเกิดปริมาณวัสดุโครงคร่าวจากผนังขึ้นในเสา

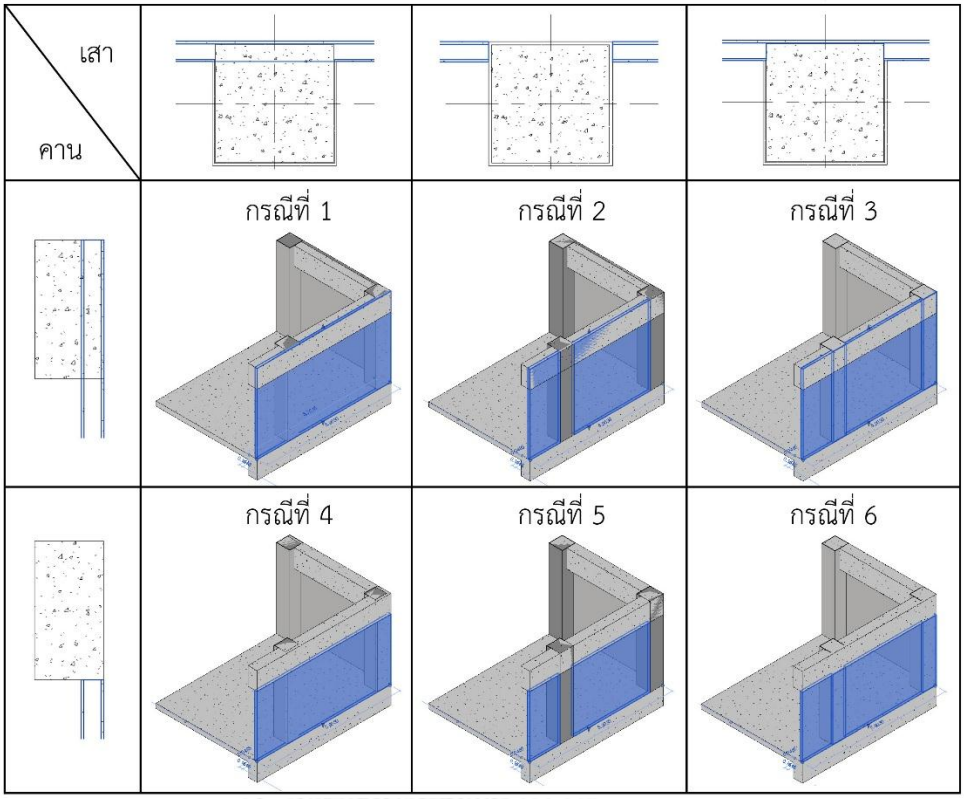
เมื่อเปรียบเทียบปริมาณพื้นที่โครงคร่าว ที่ LOD 200 กับ LOD 300 หรือ LOD 350 โดยตัดปริมาณพื้นที่โครงคร่าวจากเสางานสถาปัตยกรรมออก จะพบว่าปริมาณพื้นที่โครงคร่าวที่ LOD 200 น้อยกว่า LOD 300 หรือ LOD 350 อยู่เล็กน้อย เนื่องจากผนังที่ LOD 200 มีความหนา 10 ซม. ส่วนผนังที่ LOD 300 และ LOD 350 มีความหนา 9.7 ซม. ตามขนาดของผนังจริง ซึ่งหากเปรียบเทียบ กับปริมาณพื้นที่โครงคร่าวจากการคำนวณทางเอกสาร จะพบว่าปริมาณพื้นที่โครงคร่าว ที่ LOD 300 และ LOD 350 จะมีปริมาณใกล้เคียงกับปริมาณงานจากการคำนวณทางเอกสาร มากกว่า LOD 200 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ วิธีการสร้างแบบจำลองในแต่ละกรณี



ภาพที่ 4.21 ผนังที่ LOD 200 มีความหนา 10 ซม. ส่วนผนังที่ LOD 300 และ LOD 350 มีความหนา 9.7 ซม.

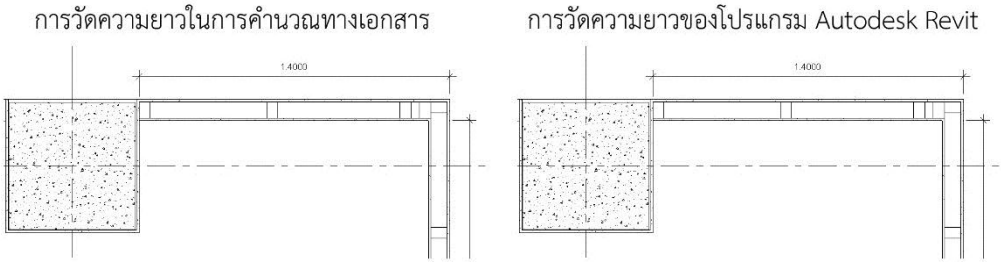
ในการสร้างแบบจำลอง ความคลาดเคลื่อนของปริมาณพื้นที่โครงคร่าวเกิดจาก ส่วนของผนังที่ซ้อนทับในเสา และคาน เช่นในกรณีที่ 1 และ 4 จะมีส่วนของผนังที่ซ้อนทับอยู่ในเสา แม้ว่าผนังจะแสดงผลเหมือนถูกเสาตัดออกไป แต่ในการคำนวณพื้นที่ของโปรแกรม Autodesk Revit จะยังคิดพื้นที่ผนังในส่วนที่ซ้อนทับในเสาอยู่ ซึ่งหากต้องการให้ผนังถูกเสาตัดออก ต้องทำการ Join ผนังกับเสางานโครงสร้าง หรือ Switch Join Order ผนังกับเสางานสถาปัตยกรรม และในกรณีที่ 1 2 และ 3 จะมีส่วนของผนังที่ซ้อนทับอยู่ในคาน ซึ่งหากต้องการให้ผนังถูกคานตัดออกต้องทำการ Join ผนังกับคาน (ดูภาพประกอบกรณีต่างๆ ที่ภาพ 4.22)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 4.22 การสร้างแบบจำลองทั้ง 6 กรณี ของการทดลองผนังเบา

สำหรับวิธีการคำนวณพื้นที่โครงคร่าวของโปรแกรม Autodesk Revit เหมือนกับวิธีการคำนวณปริมาณทางเอกสาร โดยการคำนวณปริมาณพื้นที่โครงคร่าวด้วยวิธีการทางเอกสาร (อ้างอิงจากการศึกษาในหัวข้อ 2.6.5.2.2 การวัดปริมาณงานฉาบ (หัวข้อย่อย ผนังเบา)) ในส่วนของผนังที่ชนมุมกัน การวัดความยาวของผนังด้านแรกให้วัดจนสุดริมผนัง ส่วนผนังด้านที่เข้ามาชนให้หักลบกับความหนาของผนังอีกด้าน ซึ่งเหมือนกับการคำนวณพื้นที่โครงคร่าวของโปรแกรม Autodesk Revit (อ้างอิงจากการทดลองในหัวข้อ 3.4.2.2.1 ทดลองการเขียนผนัง Basic Wall ด้วย Location Line ต่างๆ)



ภาพที่ 4.23 ซ้าย การวัดความยาวพื้นที่โครงคร่าว และวัสดุแผ่นในการคำนวณทางเอกสาร
ขวา การวัดความยาวพื้นที่โครงคร่าว และวัสดุแผ่นของโปรแกรม Autodesk Revit

วิธีการสร้างแบบจำลองที่มีความแม่นยำของพื้นที่โครงคร่าวมากที่สุด เมื่อเทียบกับการหาปริมาณงานด้วยวิธีทางเอกสาร คือ กรณีที่ 5 โดยที่ LOD 300 และ LOD 350 มีค่าความคลาดเคลื่อน 0% และ ที่ LOD 200 มีค่าความคลาดเคลื่อน 0.0188% ทั้งนี้เนื่องจากผนังในกรณีที่ 5 ถูกเสางานสถาปัตยกรรม และคาน ตัดพื้นที่ผนังส่วนที่ซ้อนทับในเสางานสถาปัตยกรรม และคานออกแล้ว

2. ปริมาณพื้นที่แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ภายนอก

จากตารางที่ 4.21 เปรียบเทียบปริมาณพื้นที่แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ภายนอก จากโปรแกรม Autodesk Revit กับการคำนวณทางเอกสาร หากพิจารณาระหว่างระดับขั้นความละเอียดของข้อมูลต่างๆ จะพบว่า ที่ LOD 200 ไม่มีปริมาณพื้นที่แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ภายนอก ส่วนที่ LOD 300 และ LOD 350 ในแต่ละกรณีย่อยทั้ง 6 กรณี มีปริมาณพื้นที่แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ภายนอกเท่ากัน

เช่นเดียวกับพื้นที่โครงคร่าว ความคลาดเคลื่อนของปริมาณพื้นที่แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ภายนอกเกิดจากส่วนของผนังที่ซ้อนทับในเสา และคาน โดยวิธีการสร้างแบบจำลองที่มีความแม่นยำของพื้นที่แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ภายนอกมากที่สุด เมื่อเทียบกับการหาปริมาณงานด้วยวิธีทางเอกสาร คือ กรณีที่ 5 โดยที่ LOD 300 และ LOD 350 มีค่าความคลาดเคลื่อน 0% ทั้งนี้เนื่องจากผนังในกรณีที่ 5 ถูกเสางานสถาปัตยกรรม และคาน ตัดพื้นที่ผนังส่วนที่ซ้อนทับในเสางานสถาปัตยกรรม และคานออกแล้ว และวิธีการคำนวณพื้นที่แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ภายนอกของโปรแกรม Autodesk Revit ก็เหมือนกับวิธีการคำนวณปริมาณทางเอกสารเช่นเดียวกับการคำนวณพื้นที่โครงคร่าว (ภาพที่ 4.23)

3. ปริมาณพื้นที่แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ภายใน

จากตารางที่ 4.22 เปรียบเทียบปริมาณพื้นที่แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ภายใน จากโปรแกรม Autodesk Revit กับการคำนวณทางเอกสาร หากพิจารณาระหว่างระดับขั้นความละเอียดของข้อมูลต่างๆ จะพบว่า ที่ LOD 200 ไม่มีปริมาณพื้นที่แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ภายใน ส่วนที่ LOD 300 และ LOD 350 ในแต่ละกรณีย่อยทั้ง 6 กรณี มีปริมาณพื้นที่แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ภายในเท่ากัน

ในการสร้างแบบจำลอง ความคลาดเคลื่อนของปริมาณพื้นที่แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ภายในเกิดจากปัจจัย 2 ประการ คือ ปริมาณพื้นที่แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ภายในที่เสางานสถาปัตยกรรม และ ปริมาณพื้นที่แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ภายในจากส่วนของผนังที่ซ้อนทับในเสา และคาน

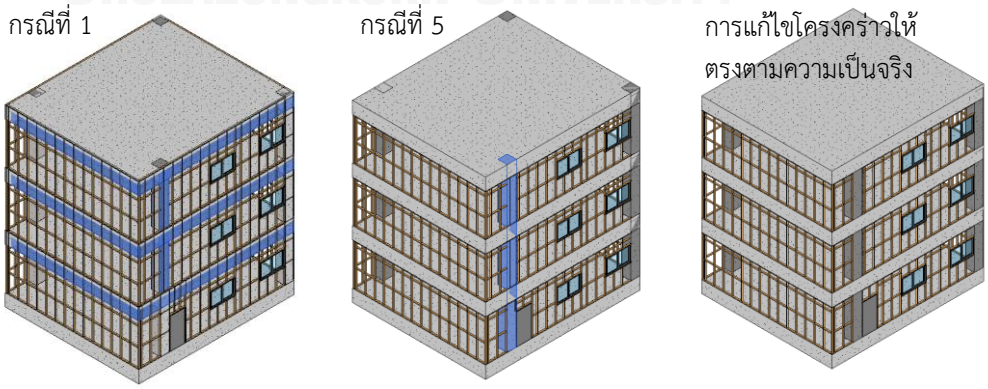
ประการแรก ปริมาณพื้นที่แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ภายในที่เสางานสถาปัตยกรรม เนื่องจากชั้นของแผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ภายในเป็นชั้นนอกสุดของผนังด้านใน เมื่อผนังตัดผ่านเสางานสถาปัตยกรรม เสางานสถาปัตยกรรมจะมีพื้นที่ของวัสดุไฟเบอร์ซีเมนต์ภายในเกิดขึ้น ซึ่งเป็นส่วนที่เกินมา ต้องทำการ Switch Join Order ผนังกับเสางานสถาปัตยกรรม เช่นใน

กรณีที่ 2 และ 5 จึงจะไม่เกิดปริมาณพื้นที่แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ภายในขึ้นในเสา (ดูภาพประกอบกรณีต่างๆ ที่ภาพ 4.22)

ประการที่สอง ปริมาณพื้นที่แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ภายในจากส่วนของผนังที่ซ้อนทับในเสา และคาน เกิดจากส่วนของผนังที่ซ้อนทับอยู่ในเสา เช่น ในกรณีที่ 1 และ 4 หรือ เกิดจากส่วนของผนังที่ซ้อนทับอยู่ในคาน เช่น ในกรณีที่ 1 2 และ 3 โดยวิธีการสร้างแบบจำลองที่มีความแม่นยำของพื้นที่แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ภายในมากที่สุด เมื่อเทียบกับการหาปริมาณงานด้วยวิธีทางเอกสาร คือ กรณีที่ 5 โดยที่ LOD 300 และ LOD 350 มีค่าความคลาดเคลื่อน 0% ทั้งนี้เนื่องจากผนังในกรณีที่ 5 ถูกเสางานสถาปัตยกรรม และคาน ตัดพื้นที่ผนังส่วนที่ซ้อนทับในเสางานสถาปัตยกรรม และคานออกแล้ว และวิธีการคำนวณพื้นที่แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ภายในของโปรแกรม Autodesk Revit ก็เหมือนกับวิธีการคำนวณปริมาณทางเอกสาร เช่นเดียวกับการคำนวณพื้นที่โครงคร่าว (ภาพที่ 4.23)

4. ปริมาณโครงคร่าว

เนื่องจากการหาปริมาณงานด้วยวิธีการคำนวณทางเอกสารไม่มีการหาปริมาณโครงคร่าว โดยปริมาณโครงคร่าวจะอยู่ในการคิดต้นทุนต่อหน่วย แต่แบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) สามารถใส่โครงคร่าว และถอดปริมาณโครงคร่าวออกมาได้ โดยแบบจำลองผนังเบาที่ LOD 350 กำหนดให้มีการใส่โครงคร่าวในผนัง ซึ่งโปรแกรม Autodesk Revit มี Extensions ซึ่งเป็น Plug-in เสริม สำหรับช่วยใส่โครงคร่าวในผนัง คือ Wood Framing Walls ซึ่งในการใส่โครงคร่าวกับผนังในกรณีต่างๆ ทั้ง 6 กรณีของ Extensions นี้ มีจุดบกพร่องของโปรแกรมบ้าง เช่น เกิดการใส่โครงคร่าวทับกับบริเวณที่เป็นเสา และมีโครงคร่าวซ้อนอยู่ตามมุมที่ผนังชนกัน เป็นต้น ซึ่งเมื่อทำการแก้ไขโครงคร่าวให้ตรงตามการก่อสร้างจริงแล้ว นำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับก่อนการแก้ไข จากตาราง 4.24 เปรียบเทียบปริมาณโครงคร่าว จาก Autodesk Revit Extension กับการแก้ไขโครงคร่าวให้ตรงตามความเป็นจริง พบว่า ในกรณีที่ 5 มีความคลาดเคลื่อนของความยาวโครงคร่าวน้อยที่สุด โดยมีความคลาดเคลื่อนที่ -1.2379% เนื่องจาก ผนังในกรณีที่ 5 ไม่มีส่วนที่ซ้อนทับในเสางานสถาปัตยกรรม และคาน ทำให้ไม่มีโครงคร่าวซ้อนทับอยู่ในเสา หรือคาน



ภาพที่ 4.24 ตัวอย่างโครงคร่าวที่ซ้อนทับในเสาหรือคานในกรณีที่ 1 และ 5

4.3 การทดลองผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จ

ในการทดลองผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จ จะทำการสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม Autodesk Revit โดยจะใช้ผนังประเภท Basic Wall ที่ LOD 200 – 300 และผนังประเภท Curtain Wall ที่ LOD 350 – 400 โดยกำหนด Curtain Wall Panel เป็นผนังคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยในการทดลองเนื่องจากผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จ ไม่มีส่วนที่ซ้อนทับกับเสา และคาน การสร้างแบบจำลองจึงมีวิธีเดียว คือสร้างผนังผ่านด้านหน้าเสา และคาน สูงจากระดับพื้นถึงระดับพื้นชั้นถัดไป

4.3.1 ปริมาณวัสดุจากโปรแกรม Autodesk Revit

ปริมาณวัสดุที่เกี่ยวข้องกับผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จ ประกอบไปด้วย พื้นที่คอนกรีตหล่อสำเร็จ จำนวนแผ่นคอนกรีตหล่อสำเร็จ (เกิดจากการแบ่ง Curtain Grid) และความยาวของ Sealants (เกิดจาก Curtain Wall Mullion) ซึ่งมีปริมาณวัสดุ ตามตารางที่ 4.25

ตารางที่ 4.25 ปริมาณวัสดุจากการทดลองผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จ

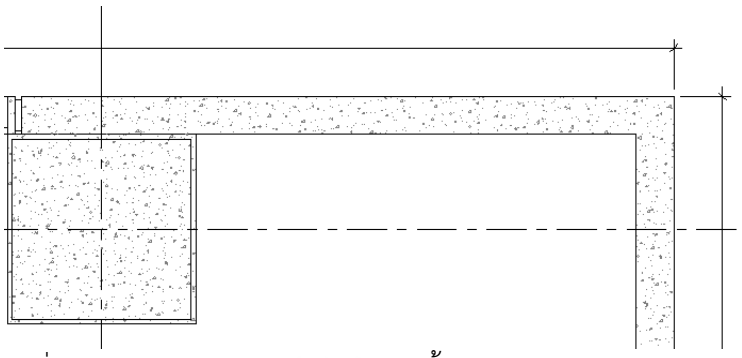
LOD	พื้นที่คอนกรีตหล่อสำเร็จ (ตร.ม.)	จำนวนแผ่น	ความยาวของ Sealants (เมตร)
200	383.2000	-	-
300	383.2000	-	-
350	383.2000	54	-
400	378.7672	54	222.2600

4.3.2 ปริมาณงานจากการคำนวณทางเอกสาร

สำหรับปริมาณงานจากการคำนวณทางเอกสารของผนังเบา โดยทั่วไปจะคิดเฉพาะปริมาณพื้นที่ของผนัง หรือในกรณีที่ต้องการความละเอียด ก็อาจคิดในส่วนของปริมาณความยาวของ Sealants บริเวณรอยต่อแต่ละแผ่น และจำนวนของแผ่นคอนกรีตหล่อสำเร็จ

พื้นที่ของผนัง หรือพื้นที่ของคอนกรีตหล่อสำเร็จ หาได้จาก การวัดความยาวเส้นผิวนอกสุดของผนัง หรือเส้นรอบรูปของผนัง คูณด้วยความสูงของผนัง ลบด้วยพื้นที่ของประตู และหน้าต่าง (ภาพที่ 4.25) สำหรับในส่วนของปริมาณความยาวของ Sealants จะคิดจากการวัดความยาวของรอยต่อในรูปด้าน ทั้งแนวตั้งและแนวนอน ซึ่งได้ผลการคำนวณตามตาราง 4.26 และตาราง 4.27 (อ้างอิงจากการศึกษาในหัวข้อ 2.6.5.1.1 การวัดปริมาณงานคอนกรีตหล่อสำเร็จ)

สำหรับพื้นที่ประตู และหน้าต่าง หาได้จาก ประตู ขนาด กว้าง 1 เมตร สูง 2 เมตร 1 บาน มีพื้นที่ 2 ตร.ม. และหน้าต่าง ขนาดกว้าง 1.6 เมตร สูง 1 เมตร 6 บาน มีพื้นที่ 9.6 ตร.ม. รวมทั้งหมดเป็น 11.6 ตร.ม.



ภาพที่ 4.25 แสดงการวัดความยาวในผังพื้นของผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จ

ตารางที่ 4.26 ปริมาณงานคอนกรีตหล่อสำเร็จ

เส้นรอบรูปผนัง (เมตร)	ความสูงผนัง (เมตร)	พื้นที่คอนกรีตหล่อสำเร็จ (ตร.ม.)
38	10.5	399
	พื้นที่ประตูหน้าต่าง	11.6
	พื้นที่สุทธิ	387.4

ตารางที่ 4.27 ปริมาณงาน Sealants

	ความยาว (เมตร)	จำนวน	ความยาวรวม (เมตร)
เส้นแนวนอน	38	2	76
เส้นแนวตั้ง	10.5	14	147
	รวมปริมาณ Sealants		223

สำหรับในส่วนของจำนวนแผ่นคอนกรีตหล่อสำเร็จ นับได้ตามแบบ จำนวน 42 แผ่น (แผ่นมุมตัว L นับเป็น 1 แผ่น)

4.3.3 การเปรียบเทียบปริมาณวัสดุจากโปรแกรม Autodesk Revit กับปริมาณงานจากการคำนวณทางเอกสาร

เป็นการหาผลต่าง และเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของปริมาณวัสดุจากโปรแกรม Autodesk Revit เมื่อเทียบกับการหาปริมาณงานจากการคำนวณทางเอกสาร

ในการคำนวณเปรียบเทียบ หากผลต่าง และเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนมีค่าเป็นลบ (-) หมายความว่าปริมาณวัสดุที่ได้จากแบบจำลองสารสนเทศอาคารมีปริมาณมากกว่าปริมาณงานจากการคำนวณทางเอกสาร

Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.28 เปรียบเทียบปริมาณพื้นที่คอนกรีตหล่อสำเร็จ จากโปรแกรม Autodesk Revit กับการคำนวณทางเอกสาร

LOD	พื้นที่คอนกรีตหล่อสำเร็จ (ตร.ม.)			% ความคลาดเคลื่อน
	ผลจาก Autodesk Revit	ผลการคำนวณทางเอกสาร	ผลต่าง	
200	383.2000	387.4000	4.2000	1.0960
300	383.2000	387.4000	4.2000	1.0960
350	383.2000	387.4000	4.2000	1.0960
400	378.7672	387.4000	8.6328	2.2792

ตารางที่ 4.29 เปรียบเทียบปริมาณจำนวนแผ่นคอนกรีตหล่อสำเร็จ จากโปรแกรม Autodesk Revit กับการคำนวณทางเอกสาร

LOD	จำนวนคอนกรีตหล่อสำเร็จ (แผ่น)			% ความคลาดเคลื่อน	หมายเหตุ
	ผลจาก Autodesk Revit	ผลการคำนวณทางเอกสาร	ผลต่าง		
200	-	-	-	-	-
300	-	-	-	-	-
350	54	42	-12	-22.2222	แผ่นมุม Revit นับแยกเป็น 2 แผ่น
400	54	42	-12	-22.2222	แผ่นมุม Revit นับแยกเป็น 2 แผ่น

ตารางที่ 4.30 เปรียบเทียบปริมาณความยาวของ Sealants จากโปรแกรม Autodesk Revit กับการคำนวณทางเอกสาร

LOD	ความยาวของ Sealants (เมตร)			%ความคลาดเคลื่อน
	ผลจาก Autodesk Revit	ผลการคำนวณทางเอกสาร	ผลต่าง	
200	-	-	-	-
300	-	-	-	-
350	-	-	-	-
400	222.26	223	0.74	0.3329

ตารางที่ 4.31 สรุปผลการทดลอง ผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จ

LOD	คอนกรีต				ความยาวรอยต่อ	
	พื้นที่ (ตร.ม.)	% ความคลาดเคลื่อน	จำนวน	%ความคลาดเคลื่อน	ความยาว (เมตร)	% ความคลาดเคลื่อน
200	383.2000	1.0960	-	-	-	-
300	383.2000	1.0960	-	-	-	-
350	383.2000	1.0960	54.0000	-22.2222	-	-
400	378.7672	2.2792	54.0000	-22.2222	222.2600	0.3329

4.3.4 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

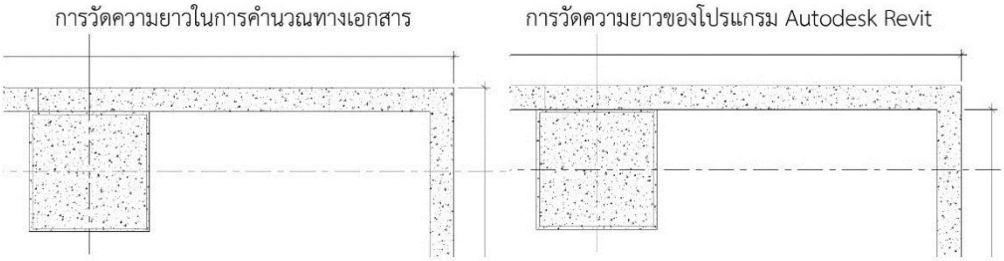
จากผลการทดลอง สามารถแบ่งการวิเคราะห์ผลตามปริมาณวัสดุที่เกิดขึ้นได้ดังนี้

1. ปริมาณพื้นที่คอนกรีตหล่อสำเร็จ

จากตารางที่ 4.28 เปรียบเทียบปริมาณพื้นที่คอนกรีตหล่อสำเร็จ จากโปรแกรม Autodesk Revit กับการคำนวณทางเอกสาร หากพิจารณาระหว่างระดับขั้นความละเอียดของข้อมูลต่างๆ จะพบว่า ที่ LOD 200 LOD 300 และ LOD 350 มีปริมาณพื้นที่คอนกรีตหล่อสำเร็จเท่ากัน ส่วนที่ LOD 400 มีปริมาณพื้นที่คอนกรีตหล่อสำเร็จน้อยกว่าเล็กน้อย

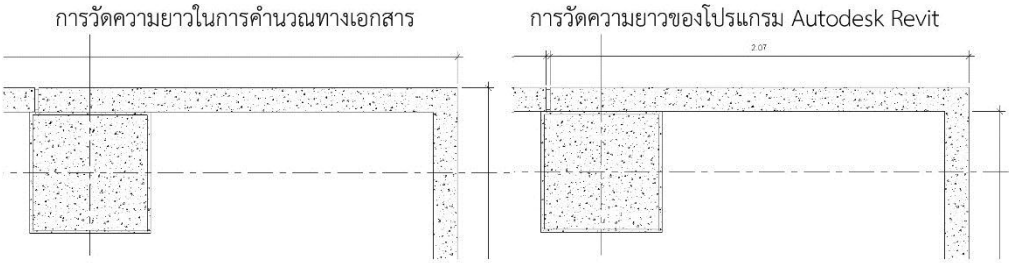
ความคลาดเคลื่อนของปริมาณพื้นที่คอนกรีตหล่อสำเร็จ เกิดจากวิธีการคำนวณพื้นที่ผนังของโปรแกรม Autodesk Revit ซึ่งมีความต่างจากวิธีการคำนวณทางเอกสาร โดยมีรายละเอียดดังนี้

การคำนวณปริมาณพื้นที่คอนกรีตหล่อสำเร็จด้วยวิธีการทางเอกสาร (อ้างอิงจากการศึกษาในหัวข้อ 2.6.5.1.1 การวัดปริมาณงานคอนกรีตหล่อสำเร็จ) จะคิดจากการวัดความยาวเส้นผิวนอกสุดของผนัง หรือเส้นรอบรูปของผนัง คูณด้วยความสูงของผนัง ส่วนการคำนวณพื้นที่คอนกรีตหล่อสำเร็จของโปรแกรม Autodesk Revit (อ้างอิงจากการทดลองในหัวข้อ 3.4.2.2.8 ทดลองการหาพื้นที่ของผนัง Curtain Wall ที่ใช้ Curtain Wall Panel แบบ Basic Wall) สามารถสรุปหลักการคิดพื้นที่ผนังได้ว่า การคำนวณใช้หลักการคิดพื้นที่แบบเดียวกับผนัง Basic Wall ทั่วไป คือ คิดจากความยาวของผนังคูณด้วยความสูงของผนัง กรณีที่ผนังชนมุม หรือชนด้านกัน การวัดความยาวของผนังด้านแรกให้วัดจนสุดริมผนัง ส่วนผนังด้านที่เข้ามาชนให้หักลบกับความหนาของผนังอีกด้าน ซึ่งทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของปริมาณพื้นที่คอนกรีตหล่อสำเร็จที่ 1.096%



ภาพที่ 4.26 ซ้าย การวัดความยาวพื้นที่ผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จในการคำนวณทางเอกสาร ขวา การวัดความยาวพื้นที่ผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จของโปรแกรม Autodesk Revit

สำหรับที่ LOD 400 ผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จแต่ละแผ่นมีการเว้นระยะสำหรับการใส่ Sealants จึงทำให้พื้นที่ของผนังจากโปรแกรม Autodesk Revit น้อยกว่าที่ LOD 200 LOD 300 และ LOD 350 และน้อยกว่าการคำนวณทางเอกสารซึ่งไม่มีการหักลบพื้นที่ส่วนที่เป็นรอยต่อระหว่างแผ่นออก โดยมีความคลาดเคลื่อนของปริมาณพื้นที่คอนกรีตหล่อสำเร็จที่ 2.2792%



ภาพที่ 4.27 ซ้าย การวัดความยาวพื้นที่ผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จในการคำนวณทางเอกสาร ขวา การวัดความยาวพื้นที่ผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จของโปรแกรม Autodesk Revit ที่ LOD 400 จะมีการเว้นระยะของ Sealants

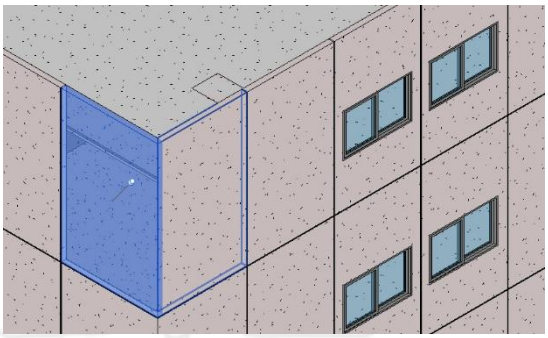
2. ปริมาณจำนวนแผ่นคอนกรีตหล่อสำเร็จ

จากตารางที่ 4.29 เปรียบเทียบปริมาณจำนวนแผ่นคอนกรีตหล่อสำเร็จ จากโปรแกรม Autodesk Revit กับการคำนวณทางเอกสาร หากพิจารณาระหว่างระดับขั้นความละเอียดของข้อมูลต่างๆ จะพบว่า ที่ LOD 200 และ LOD 300 ไม่มีปริมาณแผ่นคอนกรีตหล่อสำเร็จ เนื่องจากไม่มีการแบ่งผนังเป็นแผ่นย่อยๆ ส่วนที่ LOD 350 และ LOD 400 มีปริมาณแผ่นคอนกรีตหล่อสำเร็จเท่ากัน

ความคลาดเคลื่อนของปริมาณจำนวนแผ่นคอนกรีตหล่อสำเร็จ เกิดจากวิธีการนับแผ่น Curtain Wall Panel ของโปรแกรม Autodesk Revit ซึ่งมีความต่างจากวิธีการคำนวณทางเอกสาร โดยมีรายละเอียดดังนี้

เนื่องจากการก่อสร้างผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จ ในบางกรณีแผ่นผนังบริเวณมุมจะทำการหล่อเป็นชิ้นมุมรูปตัว L ซึ่งในการคำนวณทางเอกสารจะนับเป็น 1 แผ่น แต่การนับ Curtain Wall Panel ซึ่งกำหนดให้เป็นผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จนั้น โปรแกรม Autodesk

Revit จะนับแยกแผ่นกัน ไม่สามารถเชื่อมแผ่นคอนกรีตหล่อสำเร็จบริเวณมุมให้เป็นแผ่นเดียวกันได้ ซึ่งในการทดลองนี้กำหนดให้ผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จบริเวณแต่ละมุมนับเป็น 1 แผ่น ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของปริมาณจำนวนแผ่นคอนกรีตหล่อสำเร็จขึ้น



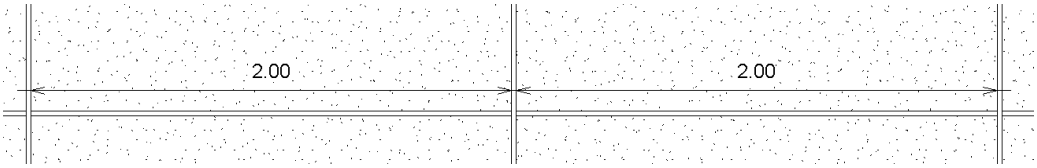
ภาพที่ 4.28 การนับจำนวนแผ่นผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จบริเวณมุม ของโปรแกรม Autodesk Revit ไม่สามารถนับเป็นชิ้นเดียวได้

3. ปริมาณความยาวของ Sealants

จากตารางที่ 4.30 เปรียบเทียบปริมาณความยาวของ Sealants จากโปรแกรม Autodesk Revit กับการคำนวณทางเอกสาร หากพิจารณาระหว่างระดับขั้นความละเอียดของข้อมูลต่างๆ จะพบว่ามีเพียง LOD 400 เท่านั้นที่มีปริมาณความยาวของ Sealants เนื่องจากที่ LOD 400 มีการกำหนดให้ใส่ Sealants ในแบบจำลองผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จ

ความคลาดเคลื่อนของความยาว Sealants มีเพียงเล็กน้อยที่ 0.3329% ซึ่งเกิดจากวิธีการคำนวณปริมาณของโปรแกรม Autodesk Revit มีความแตกต่างจากวิธีการคำนวณทางเอกสาร โดยมีรายละเอียดดังนี้

ในการคำนวณทางเอกสาร (อ้างอิงจากการศึกษาในหัวข้อ 2.6.5.1.1 การวัดปริมาณงานคอนกรีตหล่อสำเร็จ) จะวัดความยาวของ Sealants จากความยาวของรอยต่อในรูปด้านทั้งแนวตั้งและแนวนอน ส่วนการคำนวณความยาวของ Sealants ในโปรแกรม Autodesk Revit ซึ่งใช้ Curtain Wall Mullion ที่กำหนดขนาดและวัสดุให้เป็น Sealants นั้น จะวัดความยาวจากวัตถุที่มีความหนา ดังนั้นในจุดที่เส้นแนวตั้งตัดกับแนวนอน เส้นแนวนอนจะมีการเว้นระยะเท่ากับความหนาของเส้นแนวตั้ง เพื่อให้เส้นแนวตั้งวิ่งผ่าน (สามารถตั้งค่าให้สลับแนวตั้งหรือแนวนอนได้) ซึ่งความยาวของ Sealants ที่หายไปเล็กน้อยเมื่อเทียบกับการคำนวณทางเอกสารนั้นเกิดจากความยาวในส่วนจุดตัดของเส้นแนวตั้งและแนวนอนเหล่านี้



ภาพที่ 4.29 การวัดความยาว Sealants ของโปรแกรม Autodesk Revit

4.4 การทดลองผนังรอบ (Curtain Wall)

ในการทดลองผนังรอบ (Curtain Wall) จะใช้เครื่องมือ Curtain Wall ในโปรแกรม Autodesk Revit ในการสร้างแบบจำลอง โดยในการทดลอง เนื่องจากผนังรอบ (Curtain Wall) จะแขวนอยู่ด้านข้างโครงสร้างคาน และพื้น การสร้างแบบจำลองจึงมีวิธีเดียว คือสร้างผนังด้านหน้าคานสูงจากระดับพื้นชั้นล่างจนถึงระดับพื้นชั้นบนสุด

4.4.1 ปริมาณวัสดุจากโปรแกรม Autodesk Revit

ปริมาณวัสดุที่เกี่ยวข้องกับผนังรอบ (Curtain Wall) ประกอบไปด้วย พื้นที่และจำนวนของกระจก (Curtain Wall Panel) ความยาวและจำนวนของโครง (Curtain Wall Mullion) ซึ่งโครงสามารถแยกเป็นโครงแนวตั้ง (Mullion) และโครงแนวนอน (Transom) ได้ สำหรับพื้นที่ของผนังแม้ว่าจะไม่สามารถดูรายงานใน Schedules ได้โดยตรง แต่ก็สามารถดูจาก Properties ของผนังแต่ละผืนได้ ซึ่งมีปริมาณวัสดุตามตารางที่ 4.32

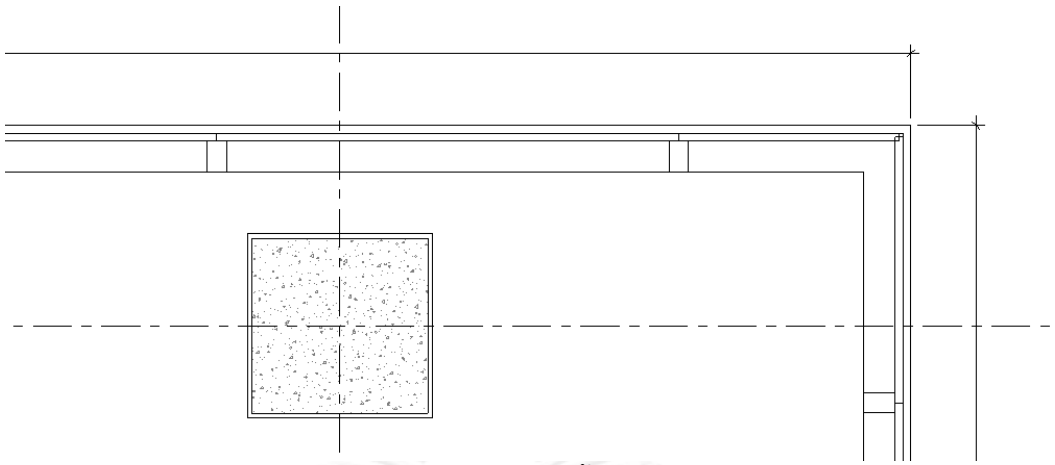
ตารางที่ 4.32 ปริมาณวัสดุจากการทดลองผนังรอบ (Curtain Wall)

LOD	พื้นที่ Curtain Wall (ตร.ม.)	พื้นที่กระจก (ตร.ม.)	จำนวนกระจก (แผ่น)	ความยาว Mullion (เมตร)	จำนวน Mullion (ท่อน)	ความยาว Transom (เมตร)	จำนวน Transom (ท่อน)
200	403.2000	403.2000	4.0000	-	-	-	-
300	409.5000	384.5400	150.0000	265.2000	130.0000	237.6000	180.0000
350	412.8012	402.8153	150.0000	263.2591	130.0000	237.7152	180.0000

4.4.2 ปริมาณงานจากการคำนวณทางเอกสาร

สำหรับปริมาณงานจากการคำนวณทางเอกสารของผนังรอบ (Curtain Wall) โดยทั่วไปจะคิดเฉพาะปริมาณพื้นที่ของผนัง โดยในส่วนขององค์ประกอบย่อยอื่นๆ เช่น พื้นที่กระจก ความยาวของโครง จะอยู่ในการคิดต้นทุนต่อหน่วยของบริษัทผู้ผลิตผนังรอบ (Curtain Wall)

พื้นที่ของผนังรอบ (Curtain Wall) หาได้จาก การวัดความยาวเส้นผิวนอกสุดของผนัง หรือเส้นรอบรูปของผนัง คูณด้วยความสูงของผนัง (ภาพที่ 4.30) (อ้างอิงจากการศึกษาในหัวข้อ 2.6.5.3.1 การวัดปริมาณงานผนังรอบ) ซึ่งได้ผลการคำนวณตามตารางที่ 4.33



ภาพที่ 4.30 แสดงการวัดความยาวในผังพื้นของผนังรอบ (Curtain Wall)

ตารางที่ 4.33 ปริมาณงานผนังรอบ (Curtain Wall)

เส้นรอบรูปผนัง (เมตร)	ความสูงผนัง (เมตร)	พื้นที่ผนังรอบ (ตร.ม.)
39.6192	10.5	416.0016

สำหรับในส่วนของจำนวนแผ่นกระจก นับได้ตามแบบ จำนวน 150 แผ่น

4.4.3 การเปรียบเทียบปริมาณวัสดุจากโปรแกรม Autodesk Revit กับปริมาณงานจากการคำนวณทางเอกสาร

เป็นการหาผลต่าง และเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของปริมาณวัสดุจากโปรแกรม Autodesk Revit เมื่อเทียบกับการหาปริมาณงานจากการคำนวณทางเอกสาร

ในการคำนวณเปรียบเทียบ หากผลต่าง และเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนมีค่าเป็นลบ (-) หมายความว่าปริมาณวัสดุที่ได้จากแบบจำลองสารสนเทศอาคารมีปริมาณมากกว่าปริมาณงานจากการคำนวณทางเอกสาร

ตารางที่ 4.34 เปรียบเทียบปริมาณพื้นที่ผนังรอบ (Curtain Wall) จากโปรแกรม Autodesk Revit กับการคำนวณทางเอกสาร

LOD	พื้นที่ Curtain Wall (ตร.ม.)			% ความคลาดเคลื่อน
	ผลจาก Autodesk Revit	ผลการคำนวณทางเอกสาร	ผลต่าง	
200	403.2000	416.0016	12.8016	3.1750
300	409.5000	416.0016	6.5016	1.5877
350	412.8012	416.0016	3.2004	0.7753

ตารางที่ 4.35 เปรียบเทียบปริมาณพื้นที่กระจก จากโปรแกรม Autodesk Revit กับการคำนวณทางเอกสาร

LOD	พื้นที่กระจก (ตร.ม.)			% ความคลาดเคลื่อน
	ผลจาก Autodesk Revit	ผลการคำนวณทางเอกสาร	ผลต่าง	
200	403.2000	416.0016	12.8016	3.1750
300	384.5400	416.0016	31.4616	8.1816
350	402.8153	416.0016	13.1863	3.2735

หมายเหตุ : เนื่องจากการหาปริมาณงานด้วยวิธีการคำนวณทางเอกสารไม่มีการแยกคิดเฉพาะพื้นที่กระจก จึงใช้พื้นที่ของผนังรอบ (Curtain Wall) มาเปรียบเทียบ ซึ่งพื้นที่กระจกจะน้อยกว่าพื้นที่ผนังโดยรวม เนื่องจากได้ตัดพื้นที่ส่วนที่เป็นโครงออกไปแล้ว

ตารางที่ 4.36 เปรียบเทียบปริมาณจำนวนแผ่นกระจก จากโปรแกรม Autodesk Revit กับการคำนวณทางเอกสาร

LOD	จำนวนแผ่นกระจก (แผ่น)			% ความคลาดเคลื่อน
	ผลจาก Autodesk Revit	ผลการคำนวณทางเอกสาร	ผลต่าง	
200	4.0000	150.0000	146.0000	3650.0000
300	150.0000	150.0000	0.0000	0.0000
350	150.0000	150.0000	0.0000	0.0000

ตารางที่ 4.37 สรุปผลการทดลอง ผนังรอบ (Curtain Wall)

LOD	Curtain Wall		กระจก				Mullion		Transom	
	พื้นที่ (ตร.ม.)	% ความคลาดเคลื่อน	พื้นที่ (ตร.ม.)	% ความคลาดเคลื่อน	จำนวนแผ่น	% ความคลาดเคลื่อน	ความยาว (เมตร)	จำนวน	ความยาว (เมตร)	จำนวน
200	403.20	3.18	403.20	3.18	4.00	3650.00	-	-	-	-
300	409.50	1.59	384.54	8.18	150.00	0.00	265.20	130.00	237.60	180.00
350	412.80	0.78	402.82	3.27	150.00	0.00	263.26	130.00	237.72	180.00

4.4.4 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

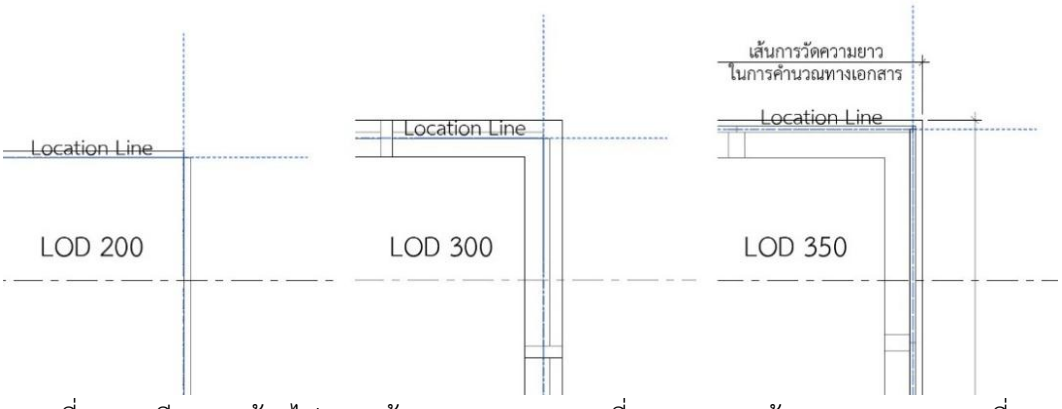
จากผลการทดลอง สามารถแบ่งการวิเคราะห์ผลตามปริมาณวัสดุที่เกิดขึ้นได้ดังนี้

1. ปริมาณพื้นที่ Curtain Wall

จากตารางที่ 4.34 เปรียบเทียบปริมาณพื้นที่ผนังรอบ (Curtain Wall) จากโปรแกรม Autodesk Revit กับการคำนวณทางเอกสาร หากพิจารณาระหว่างระดับขั้นความละเอียดของข้อมูลต่างๆ จะพบว่า ที่ LOD 200 มีปริมาณพื้นที่ผนังรอบ (Curtain Wall) น้อยที่สุด และมีค่าความคลาดเคลื่อนมากที่สุด ที่ 3.175% ที่ LOD 300 มีปริมาณพื้นที่ผนังรอบ (Curtain Wall) มากกว่า LOD 200 และมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยลง ที่ 1.5877% ส่วนที่ LOD 350 มีปริมาณพื้นที่ผนังรอบ (Curtain Wall) มากที่สุด และมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด ที่ 0.7753% แสดงให้เห็นว่า ยิ่งแบบจำลองมีระดับขั้นความละเอียดของข้อมูลมากขึ้น ความคลาดเคลื่อนของปริมาณพื้นที่ผนังรอบ (Curtain Wall) เมื่อเทียบกับการคำนวณทางเอกสาร ยิ่งน้อยลง

ความคลาดเคลื่อนของปริมาณพื้นที่ผนังรอบ (Curtain Wall) เกิดจากวิธีการคำนวณพื้นที่ผนังของโปรแกรม Autodesk Revit ซึ่งมีความต่างจากวิธีการคำนวณทางเอกสาร โดยมีรายละเอียดดังนี้

การคำนวณปริมาณพื้นที่ผนังรอบ (Curtain Wall) ด้วยวิธีการทางเอกสาร (อ้างอิงจากการศึกษาในหัวข้อ 2.6.5.3.1 การวัดปริมาณงานผนังรอบ) จะคิดจากการวัดความยาวเส้นผิวนอกสุดของผนัง หรือเส้นรอบรูปของผนัง คูณด้วยความสูงของผนัง ส่วนการคำนวณพื้นที่ผนังรอบ (Curtain Wall) ของโปรแกรม Autodesk Revit (อ้างอิงจากการทดลองในหัวข้อ 3.4.2.2.7 ทดลองการหาพื้นที่ของผนัง Curtain Wall) สามารถสรุปหลักการคิดพื้นที่ผนังได้ว่า พื้นที่รวมของผนัง Curtain Wall คำนวณจาก ความยาวของเส้น Location Line คูณกับความสูงของผนัง ซึ่งตำแหน่งของ Location Line ในการสร้างผนังรอบ (Curtain Wall) มักจะอยู่ที่กึ่งกลางของ Curtain Wall Panel (สามารถตั้ง offset ได้) ทำให้ระยะของผนังที่โปรแกรม Autodesk Revit ใช้ในการคำนวณพื้นที่สั้นกว่าระยะจากการวัดเส้นรอบรูปที่ใช้ในวิธีการคำนวณทางเอกสาร



ภาพที่ 4.31 เรียงจากซ้ายไปขวา เส้น Location Line ที่ LOD 200 เส้น Location Line ที่ LOD 300 เส้น Location Line ที่ LOD 350 เปรียบเทียบกับ การวัดความยาวพื้นที่ผนังรอบ (Curtain Wall) ในการคำนวณทางเอกสาร

2. ปริมาณพื้นที่กระจก

เนื่องจากพื้นที่โดยรวมของผนังรอบ (Curtain Wall) ไม่สามารถดูรายงานใน Schedules ได้โดยตรง ต้องดูจาก Properties ของผนังแต่ละผืน แต่ปริมาณพื้นที่กระจกสามารถดูได้จาก Schedules Curtain Panel หรือ Schedules Curtain Panel Material Takeoff ซึ่งจะสะดวกกว่าการดูพื้นที่ผนังโดยรวมจาก Properties ของผนังแต่ละผืน ในการเปรียบเทียบจึงทดลองเปรียบเทียบปริมาณพื้นที่กระจก กับปริมาณพื้นที่ผนังรอบ (Curtain Wall) จากวิธีการคำนวณทางเอกสาร เพื่อศึกษาว่าพื้นที่กระจกสามารถใช้ทดแทนพื้นที่ผนังรอบ (Curtain Wall) จากโปรแกรม Autodesk Revit โดยมีความคลาดเคลื่อนมากน้อยเพียงใด

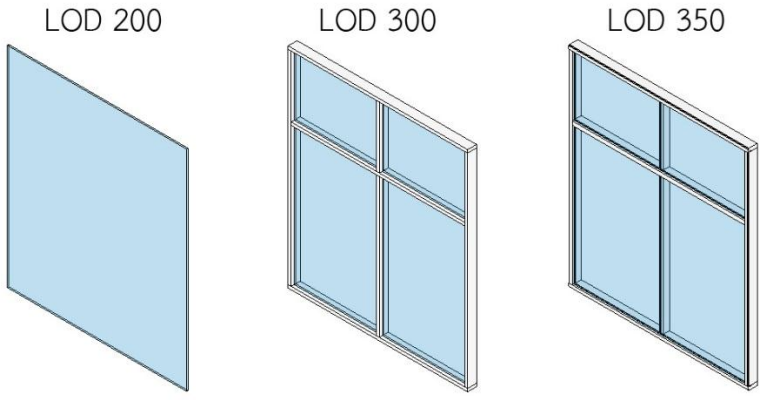
จากตารางที่ 4.34 และ 4.35 จะเห็นได้ว่าที่ LOD 200 พื้นที่กระจกจากโปรแกรม Autodesk Revit เท่ากับพื้นที่ผนังรอบ (Curtain Wall) จากโปรแกรม Autodesk Revit เนื่องจากไม่มีการใส่โครงที่ผนัง ดังนั้นค่าความคลาดเคลื่อนของพื้นที่กระจก และพื้นที่ผนังรอบ (Curtain Wall) ในตารางที่ 4.34 และ 4.35 จึงเท่ากัน

ที่ LOD 300 มีการใส่โครงให้กับผนังรอบ (Curtain Wall) พื้นที่ของกระจกจากโปรแกรม Autodesk Revit จึงน้อยลง ทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 8.1816% ในขณะที่พื้นที่ผนังรอบ (Curtain Wall) จากโปรแกรม Autodesk Revit ที่ LOD 300 มีค่าความคลาดเคลื่อนเพียง 1.5877%

ที่ LOD 350 มีการกำหนดโครงให้เป็นแบบ 2 Sided Structural Silicone Glazing System ซึ่งทำให้พื้นที่กระจกมีมากขึ้น เพราะโครงแนวนอนหลบไปอยู่หลังกระจก โดยพื้นที่กระจกจากโปรแกรม Autodesk Revit มีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 3.2735% ในขณะที่พื้นที่ผนังรอบ (Curtain Wall) จากโปรแกรม Autodesk Revit ที่ LOD 350 มีค่าความคลาดเคลื่อนเพียง 0.7753%

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า การใช้พื้นที่กระจกแทนการใช้พื้นที่ผนังรอบ (Curtain Wall) จากโปรแกรม Autodesk Revit เมื่อเปรียบเทียบกับการคำนวณพื้นที่ผนังรอบ (Curtain Wall) ด้วยวิธีการทางเอกสาร จะมีความคลาดเคลื่อนมากกว่า โดยเฉพาะในกรณีที่โครงของผนังรอบ (Curtain Wall) มีขนาดใหญ่ หรือโครงทำให้พื้นที่กระจกน้อยลง

CHULALONGKORN UNIVERSITY



ภาพที่ 4.32 ปริมาณพื้นที่กระจกที่ LOD ต่างๆ

3. ปริมาณจำนวนแผ่นกระจก

จากตารางที่ 4.36 เปรียบเทียบปริมาณจำนวนแผ่นกระจก จากโปรแกรม Autodesk Revit กับการคำนวณทางเอกสาร หากพิจารณาระหว่างระดับขั้นความละเอียดของข้อมูลต่างๆ จะพบว่า ที่ LOD 200 มีจำนวนแผ่นกระจกน้อยที่สุดเนื่องจาก ไม่มีการแบ่งกระจกเป็นแผ่นย่อยๆ โปรแกรม Autodesk Revit จึงนับกระจกได้ 4 แผ่น ตามระนาบผนังทั้ง 4 ด้าน ส่วนที่ LOD 300 และ LOD 350 ผนังมีการแบ่งกระจกเป็นแผ่นย่อยๆ ซึ่งในการนับจำนวนมีความแม่นยำเทียบเท่ากับวิธีการคำนวณทางเอกสาร โดยไม่มีความคลาดเคลื่อนใดๆ

4. ปริมาณโครงแนวตั้ง (Mullion) และโครงแนวนอน (Transom)

เนื่องจากการหาปริมาณด้วยวิธีการคำนวณทางเอกสารไม่มีการหาปริมาณของโครงผนังรอบ (Curtain Wall) โดยปริมาณโครงจะอยู่ในการคิดต้นทุนต่อหน่วยของบริษัทผู้ผลิตผนังรอบ (Curtain Wall) แต่ละราย ดังนั้นจึงไม่มีการเปรียบเทียบปริมาณของโครงผนังรอบ (Curtain Wall) จากโปรแกรม Autodesk Revit กับการหาปริมาณด้วยวิธีการคำนวณทางเอกสาร แต่แบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) สามารถใส่โครงของผนังรอบ (Curtain Wall) และถอดปริมาณของโครงออกมาได้ ทั้งขนาด ความยาว และจำนวน ซึ่งจะเป็นประโยชน์สำหรับบริษัทผู้ผลิตผนังรอบ (Curtain Wall)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองเปรียบเทียบปริมาณวัสดุจากแบบจำลองสารสนเทศอาคารกับปริมาณงานจากวิธีการคำนวณทางเอกสาร สามารถนำมาสรุปผลการวิจัยได้ ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองเปลือกอาคารทั้ง 4 ประเภท ได้แก่ การทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูน การทดลองผนังเบา การทดลองผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จ และการทดลองผนังรอบ (Curtain Wall) สามารถสรุปผลการทดลองในแต่ละประเภทของเปลือกอาคารได้ดังนี้

5.1.1 สรุปผลการทดลองผนังก่ออิฐฉาบปูน

ที่ LOD 200 ผนังมีข้อมูลและปริมาณวัสดุเพียงชั้นเดียวคือชั้นของอิฐ ดังนั้นการนำไปใช้เพื่อการประมาณราคาค่าก่อสร้าง จะขาดข้อมูลของชั้นผิวสำเร็จอื่นๆ จึงต้องคำนวณปริมาณพื้นที่ของชั้นวัสดุผิวสำเร็จอื่นๆ เพิ่มเติมเอง โดยใช้ข้อมูลปริมาณพื้นที่ของอิฐเป็นพื้นฐาน

สำหรับความคลาดเคลื่อนของปริมาณพื้นที่ก่ออิฐที่ LOD 200 เกิดจากวิธีการสร้างแบบจำลอง การกำหนดความหนาโดยรวมของผนัง และวิธีการคำนวณพื้นที่วัสดุผนังของโปรแกรม Autodesk Revit โดยการสร้างแบบจำลองผนังที่มีส่วนซ้อนทับในเสาและคาน จะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของปริมาณพื้นที่ก่ออิฐมากถึง -44.894% (เครื่องหมาย - หมายความว่าปริมาณวัสดุที่ได้จากแบบจำลองสารสนเทศอาคารมีปริมาณมากกว่าปริมาณงานจากการคำนวณทางเอกสาร) ส่วนการสร้างแบบจำลองผนังที่ไม่มีส่วนซ้อนทับในเสาและคานจะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของปริมาณพื้นที่ก่ออิฐ เหลือเพียง -0.0626% เท่านั้น ซึ่งความคลาดเคลื่อน 0.0626% เกิดจากการกำหนดความหนาโดยรวมของผนังน้อยกว่าความหนาในการก่อสร้างจริง 1 ซม. นอกจากนี้ความคลาดเคลื่อนของปริมาณพื้นที่ก่ออิฐยังเกิดจากวิธีการวัดระยะเพื่อคำนวณพื้นที่วัสดุผนังของโปรแกรม Autodesk Revit มีความแตกต่างจากการวิธีการวัดระยะเพื่อคำนวณปริมาณงานก่อด้วยวิธีการทางเอกสาร

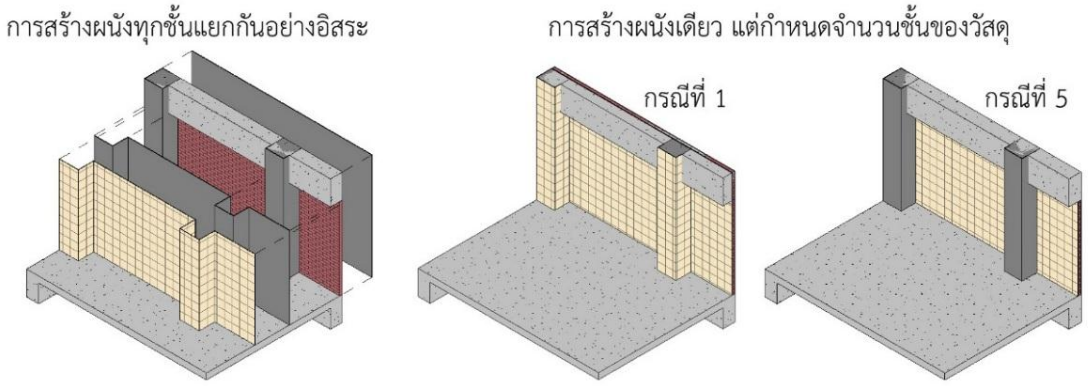
ที่ LOD 300 ผนังมีข้อมูลและปริมาณวัสดุครบทุกชั้น สามารถใช้เพื่อการประมาณราคาค่าก่อสร้างได้ แต่จะไม่มีปริมาณของเสาเอ็นและทับหลัง ซึ่งหากต้องการนำไปใช้จะต้องคำนวณเพิ่มเติมเอง

สำหรับความคลาดเคลื่อนของปริมาณพื้นที่วัสดุชั้นต่างๆ เกิดจากวิธีการสร้างแบบจำลองและวิธีการคำนวณพื้นที่วัสดุผนังของโปรแกรม Autodesk Revit

ในเรื่องของวิธีการสร้างแบบจำลอง เนื่องจากชั้นของวัสดุเกิดจากการกำหนดชั้นต่างๆ ให้ผนัง ดังนั้น ชั้นของวัสดุต่างๆ จึงอยู่ติดกัน ไม่สามารถแยกอย่างอิสระได้ การตัดผนังส่วนที่ซ้อนทับในเสาและคานออก ทำให้ความคลาดเคลื่อนของปริมาณพื้นที่ก่ออิฐอยู่ที่ 0% แต่จะทำให้ปริมาณพื้นที่ปูนฉาบ และพื้นที่กรุกระเบื้องหายไป โดยทำให้ความคลาดเคลื่อนของปริมาณพื้นที่ปูนฉาบภายนอกอยู่ที่ 46.4576% ปูนฉาบภายในอยู่ที่ 15.4627% และกระเบื้องอยู่ที่ 11.0203% ส่วนการสร้างแบบจำลอง

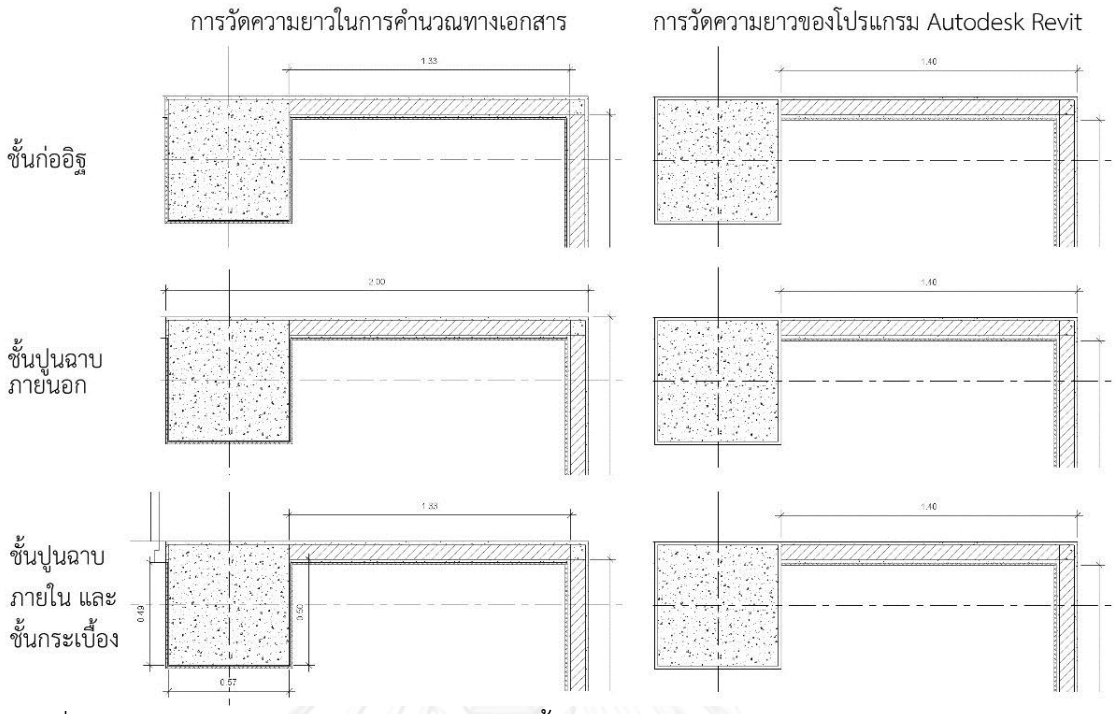
ผนังซ้อนทับในเสาและคาน ก็จะทำให้ปริมาณพื้นที่ก่ออิฐเกินมา โดยทำให้ความคลาดเคลื่อนของปริมาณพื้นที่ก่ออิฐอยู่ที่ -30.8783% ปูนฉาบภายในอยู่ที่ -20.1902% และกระเบื้องอยู่ที่ -38.5764% แต่ปริมาณพื้นที่ปูนฉาบภายนอกจะมีความคลาดเคลื่อนเพียง 1.234%

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการจะทำให้ปริมาณของวัสดุทุกชั้นมีความแม่นยำ จะต้องทำการสร้างชั้นของวัสดุแยกจากกันอย่างอิสระ ซึ่งจะมีความยุ่งยากและใช้เวลาในการสร้างแบบจำลองที่นานขึ้น



ภาพที่ 5.1 การสร้างผนังทุกชั้นแยกจากกันอย่างอิสระจะมีปริมาณวัสดุที่แม่นยำกว่า แต่จะเพิ่มความยุ่งยากให้การทำงานมากขึ้น

ในเรื่องของวิธีการคำนวณพื้นที่วัสดุผนังของโปรแกรม Autodesk Revit จะมีความแตกต่างจากการคำนวณปริมาณงานด้วยวิธีการทางเอกสาร โดยวิธีการคำนวณพื้นที่วัสดุผนังของโปรแกรม Autodesk Revit จะมีวิธีการวัดความยาวของผนังเพื่อคำนวณพื้นที่วัสดุชั้นต่างๆ เหมือนกัน (อ้างอิงจากการทดลองในหัวข้อ 3.4.2.2.1) ในขณะที่การคำนวณปริมาณงานด้วยวิธีการทางเอกสาร จะมีวิธีการวัดความยาวของผนังเพื่อคำนวณปริมาณงานต่างๆ แตกต่างกันตามประเภทของงาน เช่น งานก่อ งานฉาบ และงานกรุกระเบื้อง จะใช้ตำแหน่งในการวัดความยาวที่แตกต่างกัน เป็นต้น (อ้างอิงจากการศึกษาในหัวข้อ 2.6.5.2 และ 2.6.5.4) และในกรณีที่ผนังถูกเสาหรือคานตัดชั้นวัสดุบางชั้นออก เช่นเหลือชั้นปูนฉาบภายนอกไว้ ปริมาณวัสดุของชั้นที่ถูกตัดออกจะผิดจากความเป็นจริง เนื่องจากโปรแกรม Autodesk Revit มีสูตรคำนวณพื้นที่วัสดุผนังเฉพาะตัว (อ้างอิงจากการทดลองในหัวข้อ 3.4.2.2.2 และ 3.4.2.2.3)



ภาพที่ 5.2 เปรียบเทียบการวัดความยาวของผนังชั้นต่างๆ ในการคำนวณทางเอกสาร กับการวัดความยาวของผนังของโปรแกรม Autodesk Revit ในการคำนวณพื้นที่ของวัสดุผนังแต่ละชั้น

ที่ LOD 350 ผนังมีข้อมูลและปริมาณวัสดุครบทุกชั้น สามารถใช้เพื่อการประมาณราคาค่าก่อสร้างได้ โดยปัจจัยที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของปริมาณวัสดุผนังจะเหมือนกับ LOD 300 แต่ที่ LOD 350 มีการเพิ่มความแม่นยำของปริมาณพื้นที่วัสดุให้มากขึ้น เนื่องจากมีการกำหนดระดับความสูงของวัสดุในแต่ละชั้น ซึ่งจะทำให้ชั้นของวัสดุที่ไม่สูงจนสุดกำแพง เช่น การกรุกระเบื้องสูงเพียง 2 เมตร มีปริมาณที่ใกล้เคียงกับการหาปริมาณงานด้วยวิธีการทางเอกสารมากยิ่งขึ้น

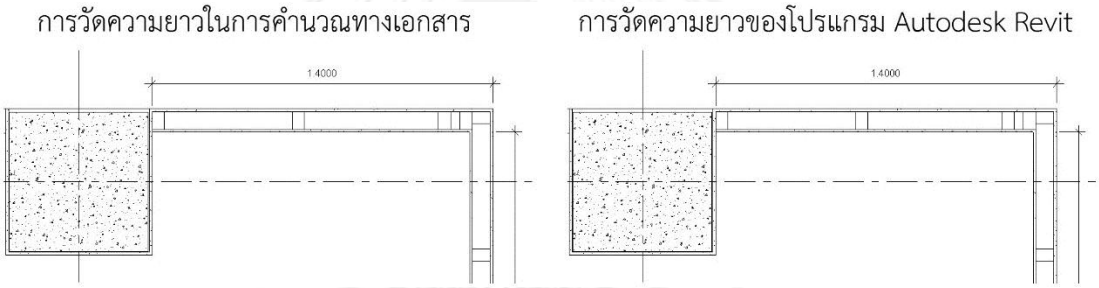
นอกจากนี้ที่ LOD 350 ยังมีข้อมูลของปริมาณเสาเอ็น และทับหลัง ซึ่งประกอบไปด้วยความยาว และจำนวน โดยปริมาณเสาเอ็น และทับหลังนี้ มีความแม่นยำมากกว่าการหาปริมาณงานเสาเอ็นและทับหลังด้วยวิธีการทางเอกสาร เนื่องจากในกรณีที่ผนังมีจำนวนมาก การหาปริมาณงานเสาเอ็นและทับหลังด้วยวิธีการทางเอกสาร มักจะใช้การประมาณค่าจากสถิติ

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า ระดับขั้นความละเอียดของข้อมูลที่เหมาะสมสำหรับการหาปริมาณวัสดุของผนังก่ออิฐฉาบปูนเพื่อประมาณราคาค่าก่อสร้างจะอยู่ที่ LOD 350 เนื่องจากมีปริมาณของชั้นวัสดุต่างๆ ครบและมีปริมาณของเสาเอ็นและทับหลังด้วย โดยควรสร้างแบบจำลองของผนังที่ไม่มีส่วนซ้อนทับในเสาและคาน จะได้ปริมาณพื้นที่ก่ออิฐที่แม่นยำเทียบเท่าวิธีการคำนวณทางเอกสาร ในส่วนปริมาณพื้นที่ปูนฉาบภายนอกจะน้อยกว่าวิธีการคำนวณทางเอกสารประมาณ 46% ส่วนปริมาณพื้นที่ปูนฉาบภายในและกระเบื้องภายในจะน้อยกว่าวิธีการคำนวณทางเอกสารประมาณ 15% ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแบบอาคาร ซึ่งความคลาดเคลื่อนดังกล่าวสามารถนำมาคำนวณกลับเพื่อให้ได้ปริมาณวัสดุที่ใกล้เคียงกับวิธีการคำนวณทางเอกสารได้

5.1.2 สรุปผลการทดลองผนังเบา

ที่ LOD 200 ผนังมีข้อมูลและปริมาณวัสดุเพียงชั้นเดียวคือชั้นของโครงคร่าว ดังนั้นการนำไปใช้เพื่อการประมาณราคาค่าก่อสร้าง จะขาดข้อมูลของชั้นวัสดุปิดผิวอื่นๆ จึงต้องคำนวณปริมาณพื้นที่ของชั้นวัสดุปิดผิวอื่นๆ เพิ่มเติม โดยในการคำนวณทางเอกสารของผนังเบาจะถือว่าพื้นที่ของชั้นวัสดุปิดผิวเท่ากับพื้นที่ของชั้นโครงคร่าว ดังนั้นเมื่อทราบข้อมูลพื้นที่ของชั้นโครงคร่าว ก็สามารถทราบพื้นที่ของชั้นวัสดุปิดผิว ได้ทันที

สำหรับความคลาดเคลื่อนของปริมาณพื้นที่โครงคร่าวเกิดจากวิธีการสร้างแบบจำลอง และการกำหนดความหนาโดยรวมของผนัง ซึ่งหากสร้างแบบจำลองผนังโดยไม่มีส่วนซ้อนทับในเสา และคาน และมีการกำหนดความหนาโดยรวมของผนังเท่ากับความหนาในการก่อสร้างจริง ปริมาณพื้นที่โครงคร่าวที่ได้ก็จะมีความแม่นยำเทียบเท่ากับการหาปริมาณงานด้วยวิธีการทางเอกสาร เนื่องจากวิธีการวัดระยะเพื่อคำนวณพื้นที่วัสดุผนังเบาของโปรแกรม Autodesk Revit เหมือนกับวิธีการวัดระยะเพื่อคำนวณปริมาณงานผนังเบาด้วยวิธีการทางเอกสาร (อ้างอิงจากการศึกษาในหัวข้อ 2.6.5.2.2 และการทดลองในหัวข้อ 3.4.2.2.1)



ภาพที่ 5.3 เปรียบเทียบการวัดความยาวพื้นที่โครงคร่าว และวัสดุแผ่นในการคำนวณทางเอกสาร กับการวัดความยาวพื้นที่โครงคร่าว และวัสดุแผ่นของโปรแกรม Autodesk Revit

ที่ LOD 300 ผนังมีข้อมูลและปริมาณวัสดุครบทุกชั้น สามารถใช้เพื่อการประมาณราคาค่าก่อสร้างได้ โดยความคลาดเคลื่อนของปริมาณพื้นที่วัสดุชั้นต่างๆ เกิดจากวิธีการสร้างแบบจำลองเช่นเดียวกับผนังที่ LOD 200 ซึ่งหากสร้างแบบจำลองผนังที่ไม่ส่วนของผนังซ้อนทับในเสาและคาน จะได้ปริมาณวัสดุทุกชั้นที่มีความแม่นยำเท่ากับการหาปริมาณงานด้วยวิธีการทางเอกสาร

ที่ LOD 350 ผนังมีข้อมูลและปริมาณวัสดุครบทุกชั้น เหมือน LOD 300 และมีปริมาณของโครงคร่าว ซึ่งประกอบไปด้วยความยาว และจำนวนโครงคร่าวเพิ่มเข้ามา โดยข้อมูลปริมาณของโครงคร่าว เป็นข้อมูลที่ไม่มีความจำเป็นสำหรับการหาปริมาณงานเพื่อการประมาณราคาค่าก่อสร้างอย่างละเอียด เนื่องจากปริมาณของโครงคร่าวจะอยู่ในการคิดต้นทุนต่อหน่วยแทน ดังนั้นที่ LOD 350 จึงเหมาะแก่การใช้เขียนแบบที่ต้องการแสดงรายละเอียดของโครงคร่าวเท่านั้น

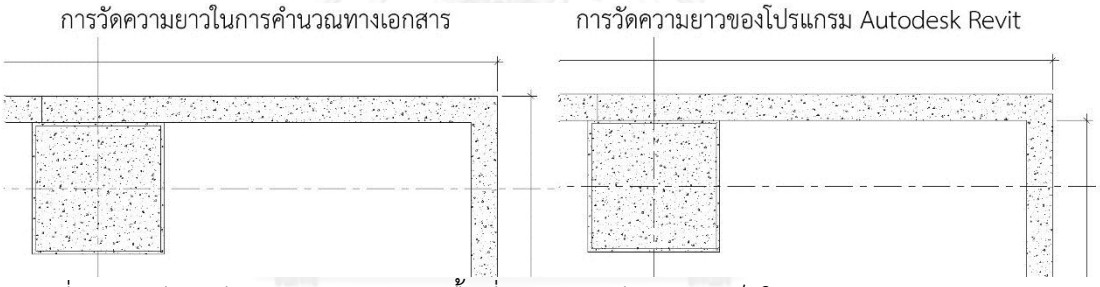
ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า ระดับขั้นความละเอียดของข้อมูลที่เหมาะสมสำหรับการหาปริมาณวัสดุของผนังเบาเพื่อประมาณราคาค่าก่อสร้างจะอยู่ที่ LOD 300 เนื่องจากมีปริมาณของชั้นวัสดุต่างๆ ครบ โดยควรสร้างแบบจำลองของผนังที่ไม่มีส่วนซ้อนทับในเสาและคาน จะได้ปริมาณพื้นที่ของชั้น

วัสดุทุกชั้น ที่แม่นยำเทียบเท่าวิธีการคำนวณทางเอกสาร หรือมีความคลาดเคลื่อนของปริมาณวัสดุ 0%

5.1.3 สรุปผลการทดลองผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จ

ที่ LOD 200 และ LOD 300 ผนังมีข้อมูลและปริมาณวัสดุเพียงชั้นเดียวคือชั้นของคอนกรีตหล่อสำเร็จ ซึ่งสามารถใช้เพื่อการประมาณราคาค่าก่อสร้างได้ เนื่องจากผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จมีเพียงชั้นของคอนกรีตหล่อสำเร็จเท่านั้น

สำหรับความคลาดเคลื่อนของปริมาณพื้นที่คอนกรีตหล่อสำเร็จเกิดจากวิธีการคำนวณพื้นที่วัสดุผนังของโปรแกรม Autodesk Revit มีความแตกต่างจากการคำนวณปริมาณงานด้วยวิธีการทางเอกสาร โดยการคำนวณพื้นที่คอนกรีตหล่อสำเร็จของโปรแกรม Autodesk Revit จะมีวิธีการวัดระยะเพื่อคำนวณพื้นที่วัสดุชั้นต่างๆ เหมือนผนัง Basic Wall อื่นๆ เช่น ผนังก่ออิฐฉาบปูน และผนังเบา เป็นต้น (อ้างอิงจากการทดลองในหัวข้อ 3.4.2.2.8) ในขณะที่การคำนวณปริมาณงานด้วยวิธีการทางเอกสารของผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จ จะวัดระยะจากเส้นรอบรูปที่ผิวนอกสุดของผนัง เพื่อคำนวณพื้นที่ของผนัง (อ้างอิงจากการศึกษาในหัวข้อ 2.6.5.1.1) ดังนั้นปริมาณพื้นที่คอนกรีตหล่อสำเร็จจากโปรแกรม Autodesk Revit สำหรับผนังหนา 10 ซม. จะน้อยกว่าวิธีการคำนวณทางเอกสารอยู่ 1.096%



ภาพที่ 5.4 เปรียบเทียบการวัดความยาวพื้นที่ผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จในการคำนวณทางเอกสาร กับการวัดความยาวพื้นที่ผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จของโปรแกรม Autodesk Revit

ที่ LOD 350 ผนังมีข้อมูลและปริมาณวัสดุ เหมือน LOD 200 และ LOD 300 ซึ่งสามารถใช้เพื่อการประมาณราคาค่าก่อสร้างได้ โดยความคลาดเคลื่อนของปริมาณพื้นที่คอนกรีตหล่อสำเร็จเกิดจากวิธีการคำนวณพื้นที่วัสดุผนังของโปรแกรม Autodesk Revit มีความแตกต่างจากการคำนวณปริมาณงานด้วยวิธีการทางเอกสาร เช่นเดียวกับที่ LOD 200 และ LOD 300 ทำให้ปริมาณพื้นที่คอนกรีตหล่อสำเร็จจากโปรแกรม Autodesk Revit สำหรับผนังหนา 10 ซม. จะน้อยกว่าวิธีการคำนวณทางเอกสารอยู่ 1.096% เช่นเดียวกับ LOD 200 และ LOD 300

นอกจากนี้ที่ LOD 350 ยังมีปริมาณจำนวนแผ่นคอนกรีตหล่อสำเร็จเพิ่มเข้ามา ซึ่งในการประมาณราคาค่าก่อสร้างอาจจะไม่จำเป็นต้องใช้ แต่จะมีประโยชน์สำหรับบริษัทผู้ผลิตผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จ ซึ่งจะต้องออกแบบและนับจำนวนแผ่นที่จะต้องผลิต โดยความคลาดเคลื่อนของปริมาณ

จำนวนแผ่นคอนกรีตหล่อสำเร็จ เกิดจากวิธีการนับแผ่นของโปรแกรม Autodesk Revit ซึ่งไม่สามารถนับแผ่นมุมตัว L เป็น 1 แผ่นได้ โดยจะนับเป็น 2 แผ่น เนื่องจากผนังที่ชนมุมกัน อยู่คนละระนาบกัน

ที่ LOD 400 ผนังมีข้อมูลและปริมาณวัสดุ เหมือน LOD 200, LOD 300 และ LOD 350 ซึ่งสามารถใช้เพื่อการประมาณราคาค่าก่อสร้างได้ โดยความคลาดเคลื่อนของปริมาณพื้นที่คอนกรีตหล่อสำเร็จเกิดจากวิธีการคำนวณพื้นที่วัสดุผนังของโปรแกรม Autodesk Revit มีความแตกต่างจากการคำนวณปริมาณงานด้วยวิธีการทางเอกสาร โดยที่ LOD 400 จะมีการเว้นพื้นที่ในส่วนของ Sealants ด้วย ทำให้ปริมาณพื้นที่คอนกรีตหล่อสำเร็จจากโปรแกรม Autodesk Revit สำหรับผนังหนา 10 ซม. จะน้อยกว่าวิธีการคำนวณทางเอกสารอยู่ 2.2792%

นอกจากนี้ที่ LOD 400 ยังมีปริมาณจำนวนแผ่นคอนกรีตหล่อสำเร็จ และปริมาณความยาวของ Sealants เพิ่มเข้ามา ซึ่งสามารถใช้เพื่อการประมาณราคาในกรณีที่คิดแยกราคา Sealants ออกจากพื้นที่ผนัง โดยความคลาดเคลื่อนของปริมาณ Sealants เกิดจากวิธีการวัดความยาวของโปรแกรม Autodesk Revit จะวัดความยาวจากวัตถุที่มีความหนา ดังนั้นในจุดที่เส้นแนวตั้งตัดกับแนวนอน เส้นแนวตั้งจะมีการเว้นระยะเท่ากับความหนาของเส้นแนวนอน ในขณะที่การคำนวณปริมาณงานด้วยวิธีการทางเอกสารของความยาว Sealants จะวัดความยาวของรอยต่อ ทั้งแนวตั้งและแนวนอน โดยไม่เว้นระยะจุดตัด ทำให้ปริมาณความยาวของ Sealants จากโปรแกรม Autodesk Revit สำหรับรอยต่อกว้าง 2 ซม. จะน้อยกว่าวิธีการคำนวณทางเอกสารอยู่ 0.3329%

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า ระดับขั้นความละเอียดของข้อมูลที่เหมาะสมสำหรับการหาปริมาณวัสดุของผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จเพื่อประมาณราคาค่าก่อสร้างจะอยู่ที่ LOD 300 เป็นต้นไป (ในกรณีที่ LOD 300 มีชั้นวัสดุชั้นเดียวจะเท่ากับ LOD 200) เนื่องจากมีปริมาณวัสดุครบ โดยหากต้องการนับจำนวนแผ่นคอนกรีตหล่อสำเร็จ ให้ใช้ระดับขั้นความละเอียดของข้อมูลที่ LOD 350 และหากต้องการนับปริมาณความยาวของ Sealants ให้ใช้ระดับขั้นความละเอียดของข้อมูลที่ LOD 400 โดยปริมาณพื้นที่คอนกรีตหล่อสำเร็จจากโปรแกรม Autodesk Revit สำหรับผนังหนา 10 ซม. จะน้อยกว่าวิธีการคำนวณทางเอกสารอยู่ 1.096% สำหรับ LOD 200, LOD 300 และ LOD 350 และ 2.2792% สำหรับ LOD 400

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

5.1.4 สรุปผลการทดลองผนังรอบ (Curtain Wall)

ที่ LOD 200 ผนังรอบ (Curtain Wall) ประกอบไปด้วย Curtain Wall Panel วัสดุกระจก ไม่มีการแบ่ง Curtain Grid และไม่มีการใส่ Curtain Wall Mullion ดังนั้น ผนังจึงมีข้อมูลเฉพาะปริมาณพื้นที่ผนัง และปริมาณพื้นที่วัสดุกระจก โดยข้อมูลทั้งสองมีพื้นที่เท่ากัน

ที่ LOD 300 ผนังรอบ (Curtain Wall) ประกอบไปด้วย Curtain Wall Panel วัสดุกระจก มีการแบ่ง Curtain Grid และมีการใส่ Curtain Wall Mullion ดังนั้น ผนังจึงมีข้อมูล ปริมาณพื้นที่ผนัง ปริมาณพื้นที่แผ่นกระจก ปริมาณความยาว และจำนวนของโครงผนัง โดยปริมาณพื้นที่แผ่นกระจกจะน้อยกว่าปริมาณพื้นที่ผนัง เนื่องจากปริมาณพื้นที่ผนังรวมเอาพื้นที่กระจกและพื้นที่โครงผนังเข้าไว้ด้วยกัน

ที่ LOD 350 ผนังรอบ (Curtain Wall) ประกอบไปด้วย Curtain Wall Panel วัสดุกระจก มีการแบ่ง Curtain Grid และมีการใส่ Curtain Wall Mullion ที่มีตำแหน่งและขนาดหน้าตัดเหมือน

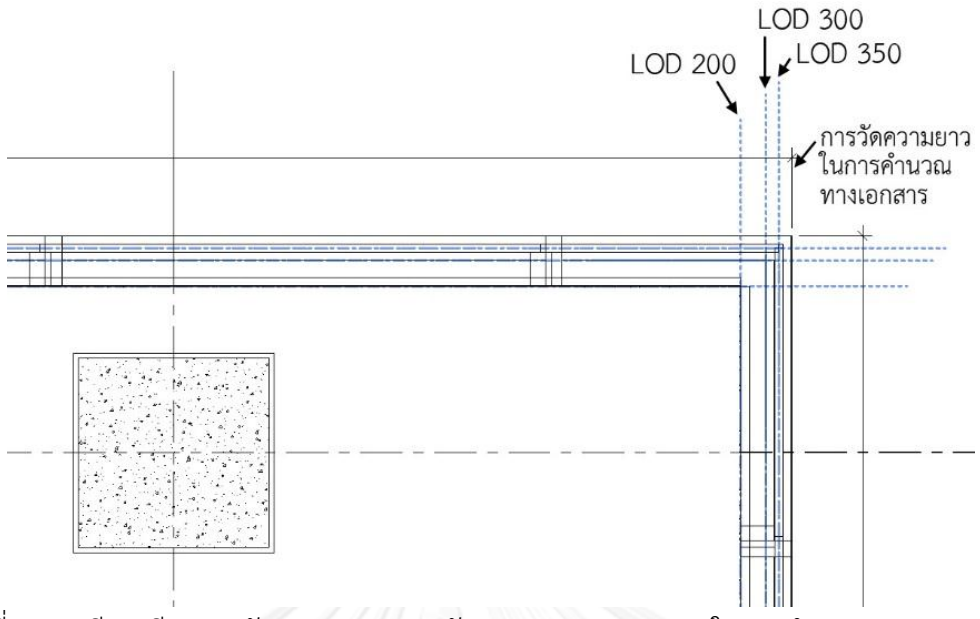
การก่อสร้างจริง คือเป็นโครงแบบ 2 Sided Structural Silicone Glazing System ผนังจึงมีข้อมูลปริมาณพื้นที่ผนัง ปริมาณพื้นที่แผ่นกระจก ปริมาณความยาว และจำนวนของโครงผนัง โดยปริมาณพื้นที่แผ่นกระจกจะมีมากขึ้นจาก LOD 300 เนื่องจากโครงแนวนอนของผนังจะอยู่หลังกระจก ตามลักษณะของโครงแบบ 2 Sided Structural Silicone Glazing System

ปริมาณงานที่จำเป็นสำหรับการประมาณราคาค่าก่อสร้างของผนังรอบ (Curtain wall) คือพื้นที่ของผนัง ดังนั้นระดับขั้นความละเอียดของข้อมูลที่ LOD 200 เป็นต้นไปสามารถนำไปใช้ประมาณราคาค่าก่อสร้างได้ ส่วนปริมาณงานขององค์ประกอบย่อยอื่นๆ เช่น พื้นที่กระจก ความยาว และจำนวนของโครง จะอยู่ในการคิดต้นทุนต่อหน่วยของบริษัทผู้ผลิตผนังรอบ (Curtain Wall)

อย่างไรก็ตามจากผลการทดลอง ผนังรอบ (Curtain Wall) ที่ LOD 200 มีความคลาดเคลื่อนของพื้นที่ผนังมากที่สุด โดยมีปริมาณพื้นที่ผนังจากโปรแกรม Autodesk Revit น้อยกว่าวิธีการคำนวณทางเอกสารอยู่ 3.175% ในขณะที่ LOD 300 มีปริมาณพื้นที่ผนังจากโปรแกรม Autodesk Revit น้อยกว่าวิธีการคำนวณทางเอกสารอยู่ 1.5877% และที่ LOD 350 มีความคลาดเคลื่อนของพื้นที่ผนังน้อยที่สุด โดยมีปริมาณพื้นที่ผนังจากโปรแกรม Autodesk Revit น้อยกว่าวิธีการคำนวณทางเอกสารอยู่ 0.7753%

สาเหตุเกิดจากวิธีการคำนวณพื้นที่ผนังรอบ (Curtain Wall) ของโปรแกรม Autodesk Revit มีความแตกต่างจากวิธีการคำนวณปริมาณผนังรอบด้วยวิธีการทางเอกสาร โดยวิธีการคำนวณปริมาณผนังรอบด้วยวิธีการทางเอกสาร จะวัดระยะจากเส้นรอบรูปที่ผิวนอกสุดของผนัง เพื่อคำนวณพื้นที่ของผนัง (อ้างอิงจากการศึกษาในหัวข้อ 2.6.5.3.1) ในขณะที่การคำนวณพื้นที่ผนังรอบ (Curtain Wall) ของโปรแกรม Autodesk Revit จะวัดระยะจากเส้น Location Line ของผนัง เพื่อคำนวณพื้นที่ของผนัง (อ้างอิงจากการทดลองในหัวข้อ 3.4.2.2.7) ซึ่งตำแหน่งของเส้น Location Line จะอยู่ที่กึ่งกลางของ Curtain Wall Panel ดังนั้น ผนังรอบ (Curtain Wall) ที่ LOD 200 ซึ่งผนังไม่มีการใส่โครง Curtain Wall Panel จึงอยู่ชิดกับขอบพื้นมากที่สุด ระยะของเส้น Location Line จึงอยู่ชิดกับขอบพื้นมากกว่าผนังที่ LOD 300 ซึ่งผนังมีโครง และ Curtain Wall Panel อยู่ที่กึ่งกลางของโครง ส่วนผนังที่ LOD 350 Curtain Wall Panel อยู่ด้านหน้าโครง ทำให้เส้น Location Line อยู่ในตำแหน่งที่ใกล้เคียงกับเส้นผิวนอกสุดของผนังมากที่สุด ผนังจึงมีปริมาณพื้นที่ใกล้เคียงกับวิธีการคำนวณปริมาณผนังรอบด้วยวิธีการทางเอกสารมากที่สุด

CHULALONGKORN UNIVERSITY



ภาพที่ 5.5 เปรียบเทียบการวัดความยาวของผนังรอบ (Curtain Wall) ในการคำนวณทางเอกสาร กับตำแหน่งในการวัดความยาวของผนังรอบ (Curtain Wall) ที่ LOD ต่างๆ ของโปรแกรม Autodesk Revit ในการคำนวณพื้นที่ของผนังรอบ (Curtain Wall)

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า ระดับขั้นความละเอียดของข้อมูลที่เหมาะสมสำหรับการหาปริมาณวัสดุของผนังรอบ (Curtain Wall) เพื่อประมาณราคาค่าก่อสร้างจะอยู่ที่ LOD 300 หรือ LOD 350 เนื่องจากผนังรอบ (Curtain Wall) มีการแบ่งแผ่นกระจก และมีการใส่โครงครบถ้วน โดยความคลาดเคลื่อนของปริมาณพื้นที่ผนังจะอยู่ที่ประมาณ 0.8 – 1.6% ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของเส้น Location Line ของผนัง

5.1.5 สรุปผลการทดลองโดยรวม

จากการสรุปผลการทดลองในเปลือกอาคารทั้ง 4 ประเภท สามารถสรุปประเด็นจากผลการทดลองออกเป็น 2 เรื่องหลักๆ คือ เรื่องของความครบถ้วนข้อข้อมูล และความแม่นยำในการหาปริมาณวัสดุ เมื่อเปรียบเทียบกับการหาปริมาณงานด้วยวิธีการคำนวณทางเอกสาร

ในเรื่องของความครบถ้วนของข้อมูล สามารถสรุปได้ว่า ความครบถ้วนของข้อมูลขึ้นอยู่กับการกำหนดระดับขั้นความละเอียดข้อข้อมูล ซึ่งตามแนวทางการจัดระดับขั้นความละเอียดของข้อมูลสำหรับแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) ของสถาบันสถาปนิกอเมริกัน (AIA) ระดับขั้นความละเอียดของข้อมูล ที่ LOD 300 เป็นต้นไป สามารถให้ข้อมูลที่ครบถ้วนเพียงพอสำหรับหาปริมาณวัสดุเพื่อการประมาณราคาค่าก่อสร้างอย่างละเอียดในส่วนของเปลือกอาคาร ในขณะที่ LOD 200 สามารถให้ข้อมูลได้เพียงปริมาณของชั้นวัสดุแกนกลางของผนัง หรือพื้นที่ของผนังเท่านั้น ดังนั้นจึงควรใช้ LOD ตั้งแต่ 300 เป็นต้นไป สำหรับการหาปริมาณวัสดุเพื่อการประมาณราคาค่าก่อสร้างอย่างละเอียดในส่วนของเปลือกอาคาร

อย่างไรก็ตาม ที่ LOD 350 หรือ LOD 400 ในเปลือกอาคารบางประเภท จะมีข้อมูลส่วนที่เกินความจำเป็นสำหรับการหาปริมาณเพื่อการประมาณราคาค่าก่อสร้างอย่างละเอียด เช่น ข้อมูลปริมาณโครงคร่าวของผนังเบา หรือข้อมูลโครงของผนังรอบ (Curtain Wall) ซึ่งในการประมาณราคาค่าก่อสร้างอย่างละเอียด จะคิดปริมาณส่วนนี้อยู่ในต้นทุนต่อหน่วย

ในเรื่องของความแม่นยำในการหาปริมาณวัสดุ จากการวิเคราะห์ผลการทดลองเปลือกอาคารทั้ง 4 ประเภท สามารถสรุปปัจจัยที่ทำให้เกิดความแม่นยำได้ 3 ปัจจัยคือ การกำหนดระดับขั้นความละเอียดของข้อมูล วิธีในการสร้างแบบจำลอง และวิธีการคำนวณปริมาณของโปรแกรมที่ใช้

1. การกำหนดระดับขั้นความละเอียดของข้อมูล

การกำหนดระดับขั้นความละเอียดของข้อมูล เช่น จำนวนชั้นของวัสดุ ความหนาผนัง และความสูงของแต่ละชั้นวัสดุ ที่ละเอียดมากยิ่งขึ้น จะทำให้ปริมาณวัสดุที่ได้ใกล้เคียงความเป็นจริงมากขึ้น ทั้งนี้การใส่ข้อมูลให้ละเอียดมากขึ้น ย่อมต้องใช้ระยะเวลาในการสร้างแบบจำลองเพิ่มขึ้น และใช้เนื้อที่ในการเก็บข้อมูลที่มากขึ้น ซึ่งการใส่ข้อมูลที่เกินจำเป็นก็จะเป็นการสิ้นเปลืองทรัพยากรของเครื่องคอมพิวเตอร์ในการประมวลผล และการจัดเก็บข้อมูล ดังนั้นจึงควรที่จะใช้ระดับขั้นความละเอียดของข้อมูลที่เหมาะสมกับผนังแต่ละประเภท เช่น LOD 350 สำหรับผนังก่ออิฐฉาบปูน LOD 300 สำหรับผนังเบา และ LOD 300 เป็นต้นไปสำหรับผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จ และผนังรอบ (Curtain Wall)

2. วิธีการสร้างแบบจำลอง

จากการวิจัยพบว่า ผนังที่ต้องแยกนับปริมาณของชั้นวัสดุต่างๆ เช่น ผนังก่ออิฐฉาบปูน หากสร้างแบบจำลองผนังโดยตัดส่วนที่ซ้อนทับในเสาและคานออกแล้ว ชั้นแกนกลางของผนัง หรือชั้นของอิฐ จะมีความแม่นยำเทียบเท่าวิธีการหาปริมาณงานด้วยวิธีการทางเอกสาร แต่ในส่วนของชั้นวัสดุผิวสำเร็จจะมีความคลาดเคลื่อนของปริมาณวัสดุอยู่ที่ประมาณ 11.02 – 46.46% ขึ้นอยู่กับรายละเอียดของแต่ละวัสดุและแบบของอาคาร สำหรับผนังที่นับปริมาณพื้นที่ของผนังโดยรวม เช่น ผนังเบา ผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จ และผนังรอบ จะมีความคลาดเคลื่อนของปริมาณวัสดุอยู่ที่ประมาณ 0.78 – 3.18%

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า วิธีการสร้างแบบจำลองที่ใกล้เคียงกับการก่อสร้างจริงมากยิ่งขึ้น จะทำให้ปริมาณวัสดุที่ได้ใกล้เคียงความเป็นจริงมากขึ้น เช่น การสร้างผนังก่ออิฐฉาบปูนโดยแยกชั้นของปูนฉาบเป็นอีกผนัง เพื่อสร้างปูนฉาบบริเวณเสาหรือคาน จะมีความแม่นยำของปริมาณวัสดุมากกว่าการกำหนดชั้นวัสดุในผนังผืนเดียว ทั้งนี้การสร้างแบบจำลองที่ละเอียดมากขึ้น ต้องใช้ระยะเวลาในการสร้างแบบจำลองนานขึ้น และใช้เนื้อที่ในการเก็บข้อมูลที่มากขึ้น ซึ่งจะส่งผลประสิทธิภาพโดยรวมในการทำงาน

3. วิธีการคำนวณปริมาณวัสดุของโปรแกรม

วิธีการคำนวณปริมาณวัสดุของโปรแกรม Autodesk Revit มีบางกรณีที่ใช้วิธีการคำนวณที่แตกต่างจากวิธีการหาปริมาณงานด้วยวิธีการคำนวณทางเอกสารของประเทศไทย

ทั้งนี้ปริมาณพื้นที่ที่ได้จากการคำนวณทางเอกสารอาจจะไม่ตรงกับปริมาณพื้นที่ในความเป็นจริง เช่น การคิดพื้นที่ผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จจากเส้นรอบรูป ทำให้บริเวณมุมของผนังมีพื้นที่ส่วนเกินที่ซ้อนทับกัน ในขณะที่วิธีการคำนวณพื้นที่ผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จของโปรแกรม Autodesk Revit จะคำนวณพื้นที่ของผนังแยกแผ่นกัน ซึ่งจะได้ปริมาณพื้นที่ที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากกว่า แต่เนื่องจากในการวิจัยนี้ทำการทดลองอยู่ในขอบเขตที่ว่าปริมาณงานที่ได้จากการคำนวณทางเอกสารเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปในอุตสาหกรรมการก่อสร้างของไทย จึงต้องยึดถือปริมาณงานที่ได้จากการคำนวณทางเอกสารเป็นหลัก ในส่วนปริมาณพื้นที่วัสดุในความเป็นจริงจะอยู่นอกเหนือขอบเขตในการวิจัย

โดยจากการทดลองพบว่าหากเป็นการนับจำนวนชิ้น และการวัดความยาว การคำนวณโดยโปรแกรมจะมีความแม่นยำเทียบเท่าหรือมากกว่าการคำนวณด้วยวิธีการทางเอกสาร แต่หากเป็นการคำนวณพื้นที่ของวัสดุของผนัง การคำนวณโดยโปรแกรมจะมีความคลาดเคลื่อนจากการคำนวณด้วยวิธีการทางเอกสาร ทั้งนี้ต้องเข้าใจพื้นฐานในการคำนวณปริมาณวัสดุของโปรแกรมจึงจะสามารถเผื่อปริมาณที่ขาดหายหรือเกินออกมาได้

5.1.6 แนวทางในการสร้างแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM)

จากการวิจัย สามารถสรุปได้ว่า แนวทางการจัดระดับขั้นความละเอียดของข้อมูลสำหรับแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) ของสถาบันสถาปนิกอเมริกัน (AIA) สามารถประยุกต์ใช้ในการสร้างแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) ของเปลือกอาคาร สำหรับการหาปริมาณงานเพื่อการประมาณราคาค่าก่อสร้างอย่างละเอียด ในอุตสาหกรรมการก่อสร้างของไทยได้ โดยปริมาณวัสดุที่ได้มีความน่าเชื่อถือ หากใช้ระดับขั้นความละเอียดของข้อมูลที่ LOD 300 เป็นต้นไป และใช้วิธีการสร้างแบบจำลองที่เหมาะสม เช่น การตัดส่วนของผนังที่ซ้อนทับในเสาและคานออก เป็นต้น

อย่างไรก็ตาม ในการสร้างแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) มีวิธีการสร้างที่หลากหลาย ซึ่งแต่ละวิธีก็มีความคลาดเคลื่อนของปริมาณวัสดุที่แตกต่างกัน วิธีการสร้างแบบจำลองที่ใกล้เคียงกับการก่อสร้างจริงมากที่สุด จะมีความคลาดเคลื่อนของปริมาณวัสดุน้อยที่สุด ทั้งนี้วิธีการสร้างแบบจำลองที่ใกล้เคียงกับการก่อสร้างจริง อาจส่งผลต่อประสิทธิภาพในการทำงาน ทั้งทางด้านระยะเวลา และความสามารถของเครื่องคอมพิวเตอร์ ดังนั้นในการเลือกใช้วิธีในการสร้างแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) อาจจะเลือกใช้วิธีที่ทำให้ทำงานได้สะดวก มีขั้นตอนไม่ซับซ้อนมากนัก โดยในส่วนปริมาณวัสดุที่มีความคลาดเคลื่อน จึงค่อยบวกค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเข้าไป ซึ่งค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนในแต่ละงานอาจจะมีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับแบบ ดังนั้นจึงควรทำการทดลองเพิ่มเติมในงานแต่ละประเภทก่อนการนำไปใช้

5.1.7 แนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาโปรแกรม Autodesk Revit

แนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาโปรแกรม Autodesk Revit ในอนาคตได้แก่

1. ควรเพิ่มความสามารถในการใส่ชั้นของวัสดุ ที่เสา และคานคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยสามารถกำหนดวัสดุแยกด้านได้อย่างละเอียด

2. ควรมีการปรับปรุงวิธีการคำนวณพื้นที่ของชั้นวัสดุต่างๆ ให้มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น เช่น ควรลบพื้นที่ของผนังที่ซ้อนทับในเสางานโครงสร้างออก โดยที่ไม่ต้องใช้คำสั่ง Join ผนังกับเสา เป็นต้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากในการวิจัย ได้ทำการศึกษาเฉพาะส่วนของเปลือกอาคารภายนอก หรือผนังภายนอก ซึ่งจากผลการวิจัย ผู้วิจัยได้เล็งเห็นว่า ยังมีองค์ประกอบของอาคารอื่นๆ ที่อาจจะมีความคลาดเคลื่อนของปริมาณวัสดุได้ เช่น พื้น ฝ้าเพดาน หลังคา ซึ่งควรที่จะทำการศึกษาต่อไปในอนาคต
2. สำหรับในส่วนของเปลือกอาคารภายนอก เนื่องจากข้อจำกัดด้านเวลา จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในลักษณะของเปลือกอาคารแบบพิเศษอื่นๆ เพิ่มเติมต่อไป เช่น เปลือกอาคารพื้นผิวโค้ง และเปลือกอาคารที่ไม่ตั้งฉากกัน เป็นต้น
3. ในการศึกษาครั้งนี้ยังไม่ได้ทำการศึกษาในเรื่องของประสิทธิภาพในด้านต่างๆ ของการสร้างแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) ที่ระดับขั้นความละเอียดของข้อมูลต่างๆ เช่น ประสิทธิภาพในด้านระยะเวลาในการทำงาน ความยากง่ายในการทำงาน และขนาดที่ใช้ในการจัดเก็บไฟล์ เป็นต้น ซึ่งควรที่จะทำการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป
4. เนื่องจากแต่ละบริษัทมีวิธีการเขียนแบบ และการประมาณราคาค่าก่อสร้างที่แตกต่างกัน การนำผลการทดลองที่ได้ไปปรับใช้กับการทำงานจริง จึงควรทำการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อให้เข้ากับวิธีการทำงานของแต่ละสำนักงาน
5. ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของปริมาณวัสดุที่เกิดขึ้น ขึ้นอยู่กับแบบของอาคารในแต่ละหลัง ซึ่งมีตัวแปรต่างๆ ไม่เหมือนกัน เช่น ขนาดหน้าตัดของเสา ขนาดหน้าตัดของคาน ความหนาของผนัง เป็นต้น จึงควรมีการศึกษาในเรื่องของค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของปริมาณวัสดุสำหรับอาคารแต่ละประเภทอย่างละเอียดต่อไป
6. ในการศึกษานี้ใช้โปรแกรม Autodesk Revit เป็นเครื่องมือในการศึกษา ซึ่งโปรแกรมแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) ยังมีโปรแกรมอื่นๆ อีกมาก ดังนั้นเพื่อให้การศึกษามีความครอบคลุมเครื่องมืออื่นๆ มากขึ้น จึงควรมีการศึกษาด้วยโปรแกรมอื่นๆ เพิ่มเติมในอนาคต

สถาบันวิทยบริการ
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รายการอ้างอิง

American Institute of Architects. (2013). Level of Development Specification Version: 2013. Retrieved December 10, 2013, from http://bimforum.org/wp-content/uploads/2013/08/2013-LOD-Specification.pdf

Autodesk. (2010). Revit Architecture 2010 User's Guide. Retrieved December 14, 2013, from http://docs.autodesk.com/REVIT/2010/ENU/Revit%20Architecture%202010%20Users%20Guide/RAC/

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). BIM Handbook A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors (2nd ed.). New Jersey: John Wiley & Sons.

Hamil, S. (2013). BIM Objects from Manufacturers. Retrieved September 24, 2013, from http://constructioncode.blogspot.co.uk/2013/01/bim-objects-from-manufacturers.html

Krygiel, E., & Nies, B. (2008). Green BIM: Successful Sustainable Design with Building Information Modeling. Indiana: Wiley Publishing.

Kymmell, W. (2008). Building Information Modeling Planning and Managing Construction Projects with 4D CAD and Simulations. New York: McGraw Hill Professional.

McGraw-Hill Construction. (2012). The Business Value of BIM in North America: Multi-Year Trend Analysis and User Ratings (2007-2012). Retrieved September 24, 2013, from http://bimforum.org/wp-content/uploads/2012/12/MHC-Business-Value-of-BIM-in-North-America-2007-2012-SMR.pdf

McPhee, A. (2013). What is this thing called LOD. Retrieved December 14, 2013, from Available from: http://practicalbim.blogspot.com/2013/03/what-is-this-thing-called-lod.html

Pandey, B. (2013). Understanding Revit Elements. Retrieved December 12, 2013, from http://www.onlinerevit.com/home/training-course-for-beginners/getting-started/13-understanding-revit-elements

Underwood, J., & Isikdag, U. (2010). Handbook of Research on Building Information Modeling and Construction Informatics: Concepts and Technologies. New York: IGI Global Snippet.

Weygant, R. S. (2011). BIM Content Development: Standards, Strategies, and Best Practices. New Jersey: John Wiley & Sons.

กรมบัญชีกลาง. (2550). หลักเกณฑ์การคำนวณราคากลางงานก่อสร้างอาคาร. กรุงเทพฯ: กรมบัญชีกลาง.

ชัยวัฒน์ ทีปะนาวิน. 22 มกราคม 2557. เจ้าของบริษัท วอเทค อาคิเทค จำกัด. สัมภาษณ์.

พรพรหม แม้นนนทรัตน์. (2554). การให้บริการวิชาชีพสถาปัตยกรรม (สไลด์ประกอบการบรรยาย). คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยฯ. (2545). แนวทางการวัดปริมาณงานก่อสร้าง ในส่วนของงานโครงสร้างและงานสถาปัตยกรรม (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย.

วิสูตร จิระดำเกิง. (2552). ต้นทุนงานก่อสร้าง 2552. กรุงเทพฯ: วรรณกวี.

วิสูตร จิระดำเกิง. (2556). การประมาณราคาก่อสร้าง ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: วรรณกวี.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Level of Development Specification Version: 2013

ในภาคผนวกนี้ได้ยกเอาข้อความในช่วงต้นของเอกสาร Level of Development Specification Version: 2013 ของทางสถาบันสถาปนิกอเมริกัน (AIA) และตารางในส่วนที่เกี่ยวข้องกับตัวอย่างในการวิจัย มาใส่ไว้ เพื่อผู้ที่สนใจจะได้ศึกษาถึงแนวความคิดการจัดระดับขั้นความละเอียดของข้อมูล (LOD) ของสถาบันสถาปนิกอเมริกัน (AIA) อย่างละเอียด

Level of Development (LOD) Specification Introduction

1. Overview

The *Level of Development (LOD) Specification* is a reference that enables practitioners in the AEC Industry to specify and articulate with a high level of clarity the content and reliability of Building Information Models (BIMs) at various stages in the design and construction process. The *LOD Specification* utilizes the basic LOD definitions developed by the AIA for the *AIA G202-2013 Building Information Modeling Protocol Form*[1] and is organized by CSI Uniformat 2010[22]. It defines and illustrates characteristics of model elements of different building systems at different Levels of Development. This clear articulation allows model authors to define what their models can be relied on for, and allows downstream users to clearly understand the usability and the limitations of models they are receiving.

The intent of this Specification is to help explain the LOD framework and standardize its use so that it becomes more useful as a communication tool. It does not prescribe what Levels of Development are to be reached at what point in a project but leaves the specification of the model progression to the user of this document. To accomplish the document's intent, its primary objectives are:

---

[1] AIA Contract Document *G202-2013, Building Information Modeling Protocol Form* is part of a new series of digital practice documents the AIA published in June 2013. The AIA's updated digital practice documents consist of *AIA E203™–2013, Building Information Modeling and Digital Data Exhibit*, *AIA G201™–2013, Project Digital Data Protocol Form*, and *AIA G202™–2013, Project Building Information Modeling Protocol Form*. For general information on the documents and downloadable samples see www.aia.org/digitaldocs. For executable versions of the documents see http://www.aia.org/contractdocs.

[2] UniFormatTM Numbers and Titles used in this publication are from UniFormatTM, published by CSI and Construction Specifications Canada (CSC), and are used with permission from CSI. For a more in-depth explanation of UniFormatTM and its use in the construction industry visit http://www.csinet.org or contact CSI, 110 South Union Street, Suite 100, Alexandria, VA 22314. (800) 689-2900.

- To help teams, including owners, to specify BIM deliverables and to get a clear picture of what will be included in a BIM deliverable
- To help design managers explain to their teams the information and detail that needs to be provided at various points in the design process
- To provide a standard that can be referenced by contracts and BIM execution plans.

It should be noted that this Specification does not replace a project BIM Execution Plan (BIMXP), but rather is intended to be used in conjunction with such a plan, providing a means of defining models for specific information exchanges, milestones in a design work plan, and deliverables for specific functions.

2. Background

In 2011 the BIMForum initiated the development of this LOD Specification and formed a working group comprising contributors from both the design and construction sides of the major disciplines. The working group first interpreted the AIA's basic LOD definitions for each building system, and then compiled examples to illustrate the interpretations. Because BIM is being put to an ever increasing number of uses, the group decided that it was beyond the initial scope to address all of them. Instead, the definitions were developed to address model element geometry, with three of the most common uses in mind – quantity take-off, 3D coordination and 3D control and planning. The group felt that in taking this approach the interpretations would be complete enough to support other uses.

3. Levels of Development

The Level of Development (LOD) framework addresses several issues that arise when a BIM is used as a communication or collaboration tool, i.e., when someone other than the author extracts information from it:

- During the design process, building systems and components progress from a vague conceptual idea to a precise description. In the past there has been no simple way to designate where a model element is along this path. The author knows, but others often don't.
- It's easy to misinterpret the precision at which an element is modeled. Hand drawings range from pen strokes on a napkin to hard lines with dimensions called out, and it's easy to infer the precision of the drawing from its appearance. In a model though, a generic component placed approximately

can look exactly the same as a specific component located precisely, so we need something besides appearance to tell the difference.

- It is possible to infer information from a BIM that the author doesn't intend – unstated dimensions can be measured with precision, assembly information often exists before it's been finalized, etc. In the past, this issue has been sidestepped with all-encompassing disclaimers that basically say, "Since some of the information in the model is unreliable, you may not rely on any of it." The LOD framework allows model authors to clearly state the reliability of given model elements, so the concept becomes "Since some of the information in the model is unreliable, you may only rely on it for what I specifically say you can."
- In a collaborative environment, where people other than the model author are depending on information from the model in order to move their own work forward, the design work plan takes on high importance – it is necessary for the model users to know when information will be available in order to plan their work. The LOD framework facilitates this.

The LOD Framework addresses these issues by providing an industry-developed standard to describe the state of development of various systems within a BIM. This standard enables consistency in communication and execution by facilitating the detailed definition of BIM milestones and deliverables.

3.1 Level of Development vs. Level of Detail

LOD is sometimes interpreted as Level of *Detail* rather than Level of *Development*. This Specification uses the concept of Levels of *Development*. There are important differences. Level of *Detail* is essentially how *much* detail is included in the model element. Level of *Development* is the degree to which the element's geometry and attached information has been thought through – the degree to which project team members may rely on the information when using the model. In essence, Level of Detail can be thought of as input to the element, while Level of Development is reliable output.

4. LOD Definitions

In 2008, the AIA developed its first set of Level of Development definitions in AIA Document *E202™-2008 Building Information Modeling Protocol*. Due to the rapidly evolving nature of the use of BIM, the AIA evaluated the AIA E202–2008, including the

LOD definitions. The result is the updated and reconfigured Digital Practice documents, *AIA E203™–2013, Building Information Modeling and Digital Data Exhibit*, *AIA G201™–2013, Project Digital Data Protocol Form*, and *AIA G202™–2013, Project Building Information Modeling Protocol Form*, which are accompanied by a detailed guide document entitled *Guide and Instructions to the AIA Digital Practice Documents*. The AIA's updated Digital Practice documents include revised LOD definitions.

To help further the standardization and consistent use of the LOD concept, and to increase its usefulness as a foundation for collaboration, the AIA agreed to allow the BIMForum to utilize its latest LOD definitions in this Specification. The LOD definitions that are used in this Specification are identical to those published in the AIA's updated Digital Practice Documents, with two exceptions.

First, the working group identified the need for an LOD that would define model elements sufficiently developed to enable coordination between disciplines – e.g. clash detection/avoidance, layout, etc. The requirements for this level are higher than those for 300, but not as high as those for 400, thus it was designated LOD 350. The AIA documents do not include LOD 350, but the associated *Guide and Instructions* references it.

Second, while LOD 500 is included in the AIA's LOD definitions, the working group did not feel it was necessary to further define and
illustrate LOD 500 in this Specification because it relates to field verification. Accordingly the expanded descriptions and graphic illustrations in this Specification are limited to LOD 100-400.

4.1 Fundamental LOD Definitions [3]

LOD 100 The Model Element may be graphically represented in the Model with a symbol or other generic representation, but does not satisfy the requirements for LOD 200. Information related to the Model Element (i.e. cost per square foot, tonnage of HVAC, etc.) can be derived from other Model Elements.

[3] The definitions for LOD 100, 200, 300, 400, and 500 included in this Specification represent the updated language that appears in the AIA's most recent BIM protocol document, *G202–2013, Building Information Modeling Protocol Form*. The LOD 100, 200, 300, 400 and 500 definitions are produced by the AIA and have been used by permission. Copyright © 2013. The American Institute of Architects. All rights reserved. LOD 350 was developed by the BIMForum working group. Copyright © 2013. The BIMForum and the American Institute of Architects. All rights reserved.

LOD 200 The Model Element is graphically represented within the Model as a generic system, object, or assembly with approximate quantities, size, shape, location, and orientation. Non-graphic information may also be attached to the Model Element.

LOD 300 The Model Element is graphically represented within the Model as a specific system, object or assembly in terms of quantity, size, shape, location, and orientation. Non-graphic information may also be attached to the Model Element.

LOD 350 The Model Element is graphically represented within the Model as a specific system, object, or assembly in terms of quantity, size, shape, orientation, and interfaces with other building systems. Non-graphic information may also be attached to the Model Element.

LOD 400 The Model Element is graphically represented within the Model as a specific system, object or assembly in terms of size, shape, location, quantity, and orientation with detailing, fabrication, assembly, and installation information. Non-graphic information may also be attached to the Model Element.

LOD 500 The Model Element is a field verified representation in terms of size, shape, location, quantity, and orientation. Non-graphic information may also be attached to the Model Elements.

Example – light fixture:

- 100 cost/sf attached to floor slabs
- 200 light fixture, generic/approximate size/shape/location
- 300 Design specified 2x4 troffer, specific size/shape/location
- 350 Actual model, Lightolier DPA2G12LS232, specific size/shape/location
- 400 As 350, plus special mounting details, as in a decorative soffit

Glossary

The expanded definitions use the following interpretations of these terms:

- **Specific**: The quantity, size, shape, location, and orientation of the element as designed can be measured directly from the model without referring to non-modeled information such as notes or dimension call-outs.
- **Actual**: The model element includes all the qualities of a specific element and is representative of the manufacturer's model to be installed or the construction intent of an assembly.

Order of Precedence

The body of this Specification expands on these Fundamental Definitions as they apply to specific building systems and sub-systems. In the event of any conflict, more specific expansions take precedence over less specific expansions and Fundamental Definitions, e.g. the expanded definitions for C1010 take precedence over those for C10, which in turn take precedence over the Fundamental Definitions.

LOD Definitions as Minimum Requirements

The LODs provide five snapshots of the progression of an element from conceptual to specified –there are many steps in this progression between the defined LODs. The LOD definitions, then, should be considered minimum requirements – i.e. an element has progressed to a given LOD only when all the requirements stated in the definition have been met. It should also be noted that the requirements are cumulative – for a given element each LOD definition includes the requirements of all previous LODs. Thus for an element to qualify for LOD 300 it must meet all the requirements for 200 and 100 as well as those stated in the LOD 300 definition.

Model Element Author

This document does not prescribe who the author of a particular component at a certain LOD should be – the sequence of responsibility for modeling various systems will vary from one project to another. To accommodate this variation this document defers to the concept of Model Element Author (MEA) as defined in the *AIA E203-2013*: "The Model Element Author is the entity (or individual) responsible for managing and coordinating the development of a specific Model Element to the LOD required for an identified Project milestone, regardless of who is responsible for providing the content in the Model Element." [4]

2D Supplementary Drawings

In current practice models are often supplemented with 2D information such as detail drawings. This Specification does not address this supplementation, but rather deals only with what is actually modeled in 3D and any non-graphic information associated with the modeled elements.

[4] AIA Document *E203-2013 Building Information Modeling and Digital Data Exhibit*. Copyright © American Institute of Architects 2013. All rights reserved. Definition quoted here by permission.

4.2 Caveats

There is no strict correspondence between LODs and design phases. Building systems are developed at different rates through the design process – for example, design of the structural system is usually well ahead of the design of interior construction. At completion of the schematic design phase, for example, the model will include many elements at LOD 200, but will also include many at LOD 100, as well as some at LOD 300, and possibly even LOD 400.

Similarly, there is no such thing as an "LOD ___ model". As previously stated, project models at any stage of delivery will invariably contain elements and assemblies at various levels of development. As an example, it is not logical to require an "LOD 200 model" at the completion of the schematic design phase. Instead, the "schematic design model deliverable" may contain modeled elements at various levels of development.

4.3 Project-Specific Information

As mentioned in the Overview above, this Specification is intended to be used in conjunction with a project BIMXP. Many information needs will vary from project to project, even for identical elements. This kind of information is therefore not included in the LOD definitions specified here, but rather is left to be addressed in individual BIMXPs. The following are some notable examples.

Size Thresholds

In most projects a determination is made to model certain elements only if they are over a specified size – e.g. conduit less than 1/2" (10 mm) diameter is not modeled. These size thresholds do not consistently correspond to certain LODs, and they vary from project to project. Thus they are not specified in the LOD definitions but rather in the project's BIMXP, for example through the "Notes" cells in the Model Element Table of the *AIA G202-2013*.

Clearances

Clearances such as door swings, maintenance access zones, and accessibility requirements can be critical design issues and in many cases are geometrically modeled to reserve the space. The implementation of this type of spatial coordination can be accomplished in various ways; therefore it is neither practical nor useful for this Specification to dictate particular requirements, for example, *all door swings to be modeled as quarter-cylinder solids*. Implementation of required clearances is to be established with individual BIMXPs.

5. Updates of This Document

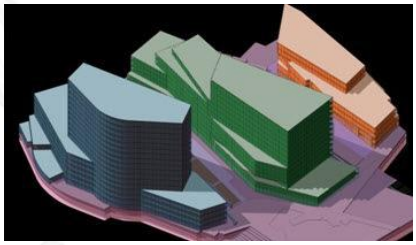
While this document is intended as a reference that can be cited in agreements such as contracts and BIM execution plans, it is recognized that the use of BIM in design and construction is evolving. To accommodate this evolution this document will be updated periodically in clearly identifiable versions. Initially the target frequency is annually, but that may change in the future. In addition, interim updates may be issued if needed.

Revision History

- 4/24/13 Initial draft for public review
- 8/22/13 Level of Development Specification 2013

B: SHELL

B20 Exterior Vertical Enclosures

100	Solid mass model representing overall building volume; or, schematic wall elements that are not distinguishable by type or material. Assembly depth/thickness and locations still flexible.	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

B2010 – Exterior Walls

Solid wall construction that is composite in nature; in other words, multiple layers of materials to form an overall assembly.

100	See B20	
200	Generic wall objects separated by type of material (e.g. brick wall vs. terracotta). Approximate overall wall thickness represented by a single assembly. Layouts and locations still flexible.	
300	Composite model assembly with specific overall thickness that accounts for veneer, structure, insulation, air space, and interior skin specified for the wall system. (Refer to LOD350 and LOD400 for individually modeled elements) Penetrations are modeled to nominal dimensions for major wall openings such as windows, doors, and large mechanical elements. Required non-graphic information associated with model elements includes: - Wall type - Materials	
350	A composite wall assembly may be considered for LOD350 only if hosted objects such as windows and doors are provided at a minimum of LOD350. Main structural members such as headers and jambs at openings are modeled within the composite assembly.	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

B2010.10 – Exterior Wall Veneer

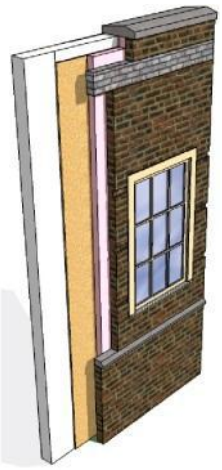
Description: Nonstructural outside face elements of exterior walls. Includes precast concrete, unit masonry, EIFS, manufactured siding, and stucco.

100	See B20	
200	See B2010	
300	See B2010	
350	Exterior wall veneer modeled as a separate element. All openings modeled to rough dimensions. Precast concrete panels are individually modeled. Connection points are specified.	
400	Element modeling to include: - Individual masonry units - Reinforcing - Flashing and sealants - Anchors and embeds	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

B2010.20 – Exterior Wall Construction

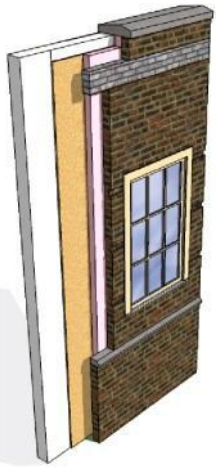
Description: Exterior wall construction including backup systems for wall veneer. May be vertical load bearing. Includes cast-in-place concrete walls, precast concrete walls, unit masonry walls, metal framed wall systems, and wood framed wall systems.

100	See B20	
200	See B2010	
300	See B2010	
350	Exterior wall construction modeled as a separate element. All openings modeled to rough dimensions. Headers and jamb framing are modeled.	
400	Element modeling to include: - Studs and tracks - Individual masonry units - Reinforcing - Sheathing - Insulation	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

B2010.30 – Exterior Wall Interior Skin

Description: Materials to provide finish or protective covering on inside of face of exterior walls. May include insulation and vapor retarder.

100	See B20	
200	See B2010	
300	See B2010	
350	Exterior wall interior skin modeled as a separate element. All openings modeled to rough dimensions.	
400	Element modeling to include: - Studs and tracks - Individual masonry units - Reinforcing - Wall board - Insulation	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

B2020.30 – Exterior Window Wall

100	See B20	
200	Generic wall objects representing major types of proposed window wall assemblies. Overall window wall assembly depth represented by a single model object. Layouts and locations still flexible.	
300	Specified location and orientation of face of glass. Nominal face dimensions and thickness of glazing. Structural support systems of wall to be modeled. Spacing, location, size and orientation of mullions. Operable components defined (windows, louvers and doors) and included in model.	
350	Mullion shapes and geometry defined. Actual anchorage layouts and types defined. Actual panel dimensions (including seating).	
400	Complete mullion extrusion profiles. Interface details between wall systems (within) and wall and support systems including sealants, end dams, flashings and membranes.	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายชวนนท์ โฆษกิจจาเลิศ เกิดเมื่อวันที่ 2 มกราคม พ.ศ. 2532 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2555 เข้ารับการศึกษาต่อในหลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2556

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University