การประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคารที่ระดับการพัฒนาต่างกันเพื่อเพิ่มความแม่นยำในการคำนวณปริมาณวัสดุสำหรับผนังก่ออิฐฉาบปูน

ไพจิตร ผาวัน[1], วริสรา เลิศไพฑูรย์พันธ์[2]
[1,2]คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
Email: warisara.le@spu.ac.th[2]

Received: Jun 13, 2024
Revised: Jun 19, 2024
Accepted: Jun 20,2024

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและเปรียบเทียบแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) ที่ระดับการพัฒนา (Level of Development: LOD) LOD300 และ LOD400 ของอาคารพักอาศัยกึ่งสำนักงาน 7 ชั้น โดยใช้โปรแกรม Autodesk Revit และถอดปริมาณวัสดุของผนังก่ออิฐฉาบปูน เพื่อเปรียบเทียบกับปริมาณวัสดุที่ถอดจากแบบก่อสร้าง 2 มิติ ที่ผู้รับเหมาได้คำนวณไว้ ผลการวิจัยพบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนของปริมาณวัสดุจาก BOQ (Bill of Quantities) กับแบบจำลอง LOD300 ของปริมาณงานก่อผนังหนา 100 มม. เท่ากับ 3.98% ปริมาณงานก่อผนังหนา 200 มม. เท่ากับ 11.24% ปริมาณงานฉาบผนัง เท่ากับ 38.85% และที่ระดับ LOD400 ของปริมาณงานก่อผนังหนา 100 มม. เท่ากับ 10.54% ปริมาณงานก่อผนังหนา 200 มม. เท่ากับ 19.18% ปริมาณงานฉาบผนัง เท่ากับ 38.85% และปริมาณงานเสาเอ็น-คานทับหลัง เท่ากับ 0.95% นอกจากนี้ยังพบว่าสมการถดถอยเชิงเส้นที่สร้างขึ้นสามารถทำนายปริมาณวัสดุได้อย่างแม่นยำ โดยมี R^2 อยู่ระหว่าง 0.9942 ถึง 1 ซึ่งจะช่วยลดความคลาดเคลื่อนในการคำนวณปริมาณวัสดุได้อย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ : แบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM), การถอดปริมาณวัสดุ, สมการถดถอยเชิงเส้น

Applying Building Information Modeling (BIM) at Different Levels of Development (LOD) to Enhance Material Quantity Accuracy for Block Masonry Walls

Paijit Pawan[1], Warisara Lertpaitoonpan[2]
[1,2]School of Engineering, Sripatum University
Email : warisara.le@spu.ac.th[2]

Received: Jun 13, 2024
Revised: Jun 19, 2024
Accepted: Jun 20,2024

Abstract

This research aims to create and compare Building Information Modeling (BIM) at Level of Development (LOD) 300 and LOD400 for a 7-story residential and office building using Autodesk Revit. The study involves quantifying block masonry materials and comparing these quantities to those derived from 2D construction drawings calculated by contractors. The results show that the deviation of material quantities between the Bill of Quantities (BOQ) and LOD300 models are 3.98% for 100-mm thick wall masonry, 11.24% for 200-mm thick wall masonry, and 38.85% for wall plastering. At LOD400, the deviations are 10.54% for 100-mm thick wall masonry, 19.18% for 200-mm thick wall masonry, 38.85% for wall plastering, and 0.95% for lintel and beam work. Additionally, it was found that the developed linear regression equations can accurately predict material quantities, with R^2 values ranging from 0.9942 to 1, which significantly reduces deviations in material quantity calculations.

Keywords : Building Information Modeling (BIM), Quantity Take-off, Linear Regression Equation.

บทนำ

การก่อสร้างเป็นภาคส่วนที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงเป็น 1 ใน 5 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั่วโลก โดยเฉพาะปี 2565 การก่อสร้างอาคารต้องการใช้พลังงานโลกกว่า 34% และมีการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์กว่า 37% [1] นอกจากนี้ การใช้ทรัพยากรที่ไม่มีประสิทธิภาพในกระบวนการก่อสร้าง ยังส่งผลให้เกิดของเสียจำนวนมาก ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองทรัพยากรและพลังงานโดยไม่จำเป็น [2, 3]

แบบจำลองสารสนเทศอาคาร (Building Information Modeling: BIM) เป็นเทคโนโลยีที่ได้รับความสนใจอย่างมากในอุตสาหกรรมการก่อสร้าง เนื่องจากช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการออกแบบ การวางแผน และการบริหารจัดการโครงการ การใช้ BIM ทำให้มีข้อมูลที่ละเอียดและแม่นยำช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดข้อผิดพลาดในการก่อสร้าง เพราะสามารถตรวจสอบและปรับปรุงแบบจำลองได้ก่อนที่จะนำไปใช้จริง สามารถลดการรื้อถอนหรือการปรับเปลี่ยนแก้ไขงานก่อสร้างที่เกิดจากข้อผิดพลาดได้ ทำให้กระบวนการก่อสร้างดำเนินไปได้อย่างราบรื่นและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และลดการสูญเสียวัสดุที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างการก่อสร้าง [4-6] นอกจากนี้ BIM ยังช่วยให้สามารถประมาณการใช้วัสดุได้อย่างแม่นยำ ซึ่งเป็นประโยชน์ในการวางแผนและควบคุมปริมาณการใช้วัสดุ [7, 8] ทำให้สามารถลดปริมาณวัสดุเหลือทิ้งหรือการสั่งวัสดุเกินจำเป็น ซึ่งเป็นการลดต้นทุน ลดปริมาณของเสีย ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคการก่อสร้าง [9, 10] ด้วยความแม่นยำของข้อมูลและแบบจำลองที่สร้างขึ้น

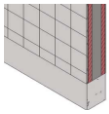
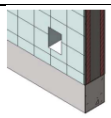
อย่างไรก็ตาม การนำกระบวนการ BIM ไปใช้จะต้องเข้าใจระดับการพัฒนา (Level of Development: LOD) ของแบบจำลอง 3 มิติ เพื่อที่จะสามารถสื่อสาร และรับส่งข้อมูลให้กับทุกฝ่ายในการทำงานร่วมกัน สำหรับประเทศไทยมี 2 องค์กรวิชาชีพ ที่ได้กำหนดแนวทางในการใช้ LOD ได้แก่ 1) สมาคมสถาปนิกสยาม ในพระบรมราชูปถัมภ์ ได้จัดทำคู่มือปฏิบัติวิชาชีพ แนวทางการใช้งานแบบจำลองสารสนเทศอาคาร สำหรับประเทศไทย ฉบับปี พ.ศ.2558 [11] กำหนด LOD ตามขั้นตอนการทำงาน แต่ไม่ได้ใช้ค่าตัวเลข 2) วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ ได้จัดทำมาตรฐานการใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคาร ตามแนวทางสภาวิชาชีพ ฉบับปี พ.ศ. 2563 [12] กำหนด LOD เป็นค่าตัวเลขตั้งแต่ LOD100 ถึง LOD400

ระดับการพัฒนาที่จะนำมาใช้ในการก่อสร้างนั้น จะใช้ตั้งแต่ LOD300 ขึ้นไป ซึ่งในตารางที่ 1 ได้แสดงตัวอย่างของระดับการพัฒนาสำหรับงานผนัง ในระดับ LOD300 และ LOD400

ในการถอดปริมาณวัสดุ เพื่อการประมาณราคาค่าก่อสร้าง (Quantity Take-off for Cost Estimation) สำหรับการประกวดราคา โครงการขนาดเล็ก มักใช้การถอดปริมาณจากแบบก่อสร้าง 2 มิติ ซึ่งปริมาณที่ได้จากแบบ 2 มิติ ยังมีความคลาดเคลื่อนจากปริมาณจริง เนื่องจากแบบก่อสร้างยังไม่ละเอียดพอ และวิธีการคิดที่แตกต่างกัน จึงจำเป็นต้องเผื่อปริมาณวัสดุเพิ่มเติม ซึ่งโดยทั่วไปผู้ถอดปริมาณจะเผื่อปริมาณวัสดุตามเกณฑ์มาตรฐาน เช่น ของกรมบัญชีกลาง หรือวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยฯ

ในโครงการก่อสร้างขนาดใหญ่ การใช้ BIM ในการสร้างแบบจำลองอาคารและถอดปริมาณงานจะรวดเร็วกว่ามาก โดยทั่วไปจะใช้แบบจำลองระดับ LOD300 ในการถอดปริมาณวัสดุ เนื่องจากมีรายละเอียดเพียงพอสำหรับการถอดปริมาณวัสดุหลัก ๆ ที่ต้องใช้ แม้ว่าปริมาณวัสดุที่ได้ยังมีความคลาดเคลื่อนจากปริมาณจริง เนื่องจากแบบจำลองยังไม่ละเอียดเพียงพอ

ตารางที่ 1 ระดับการพัฒนาสำหรับงานผนัง

LOD	Graphic	Non-Graphics
[1]Construction Documents ([2]LOD300)		- ความหนา / แยกวัสดุ / ตำแหน่ง - ระบุชนิด / ความยาว / ความกว้าง / ความสูง - วัสดุที่ใช้ / รุ่น / สี
As-built Drawing ([2]LOD400)		- ความหนา / แยกวัสดุ / ตำแหน่ง - ระบุชนิด / ความยาว / ความกว้าง / ความสูง - พื้นที่ / ปริมาตร (ตามแบบก่อสร้าง) - วัสดุที่ใช้ / รุ่น / สี / การติดตั้ง - ผู้ขาย / โรงงานผู้ผลิต / ประกัน

[1]สมาคมสถาปนิกสยามฯ

[2]วิศวกรรมสถานฯ

การคำนวณปริมาณวัสดุได้อย่างแม่นยำตั้งแต่ขั้นตอนประมาณราคาเพื่อประกวดราคาจะช่วยให้ผู้รับเหมาประเมินต้นทุนค่าก่อสร้างได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากขึ้น และหลีกเลี่ยงการเพิ่มเปอร์เซ็นต์เผื่อที่มากเกินไป ซึ่งอาจทำให้การประเมินกำไร-ขาดทุนคลาดเคลื่อนได้ มีงานวิจัยหลายชิ้น [13–15] ได้ระบุว่าการใช้ BIM ช่วยเพิ่มความแม่นยำในการประมาณราคาและการถอดปริมาณวัสดุ เนื่องจากสามารถวิเคราะห์และตรวจสอบปริมาณวัสดุได้อย่างละเอียดและแม่นยำมากขึ้นเมื่อเทียบกับการใช้แบบ 2 มิติ

การใช้แบบจำลองระดับการพัฒนา LOD400 มีรายละเอียดสูงจะช่วยให้การถอดปริมาณวัสดุและการคำนวณค่าใช้จ่ายมีความแม่นยำมากขึ้น ลดความเสี่ยงจากข้อผิดพลาดต่างๆ แต่การสร้างแบบจำลอง LOD400 นั้นต้องใช้ทรัพยากร ระยะเวลา และความพยายามมากกว่า LOD ระดับต่ำกว่า [16] รวมถึงต้องมีการจัดการและตรวจสอบข้อมูลอย่างละเอียด เพื่อรักษาความถูกต้อง และทันสมัย ดังนั้นจึงยังไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในขั้นตอนการประมาณราคาก่อสร้าง

ในการวิจัยนี้ จึงได้สร้างแบบจำลองระดับ LOD300 และ LOD400 ของอาคารพักอาศัยกึ่งสำนักงาน 7 ชั้น ด้วยโปรแกรม Autodesk Revit และถอดปริมาณวัสดุของผนังก่ออิฐฉาบปูน เพื่อเปรียบเทียบกับปริมาณวัสดุที่ถอดจากแบบก่อสร้าง 2 มิติ ที่ผู้รับเหมาได้คำนวณไว้ การวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนระหว่าง BOQ (Bill of Quantities) ที่ถอดจากแบบก่อสร้าง 2 มิติ เทียบกับแบบ LOD300 และ LOD400 รวมทั้งการสร้างสมการถดถอยเชิงเส้นเพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณวัสดุจาก BOQ กับปริมาณวัสดุจากแบบ LOD300 และ LOD400 สมการความสัมพันธ์ที่ได้นี้จะช่วยให้สามารถคาดการณ์ปริมาณวัสดุและต้นทุนสำหรับโครงการในอนาคตได้อย่างแม่นยำมากขึ้นทำให้สามารถลดความเสี่ยงและปรับปรุงการวางแผนโครงการได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การเลือกใช้ระดับ LOD300 และ LOD400 ในการวิจัยนี้ เนื่องจาก LOD300 มีรายละเอียดเพียงพอสำหรับการถอดปริมาณวัสดุที่ต้องการในขั้นตอนการออกแบบและการวางแผน ส่วน LOD400 แม้จะสามารถลดความคลาดเคลื่อนได้มากกว่า แต่มีความซับซ้อนและต้องใช้ทรัพยากรมากกว่า จึงไม่เหมาะสมที่จะใช้ในขั้นตอนการประมาณราคา แต่การศึกษาและเปรียบเทียบ LOD400 จะช่วยให้ทราบถึงปริมาณวัสดุที่ประมาณไว้กับวัสดุที่ใช้จริงว่าต่างกันอย่างไร ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญสำหรับการวางแผนและการพัฒนาการคำนวณปริมาณและราคาของวัสดุที่จะใช้ของโครงการในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

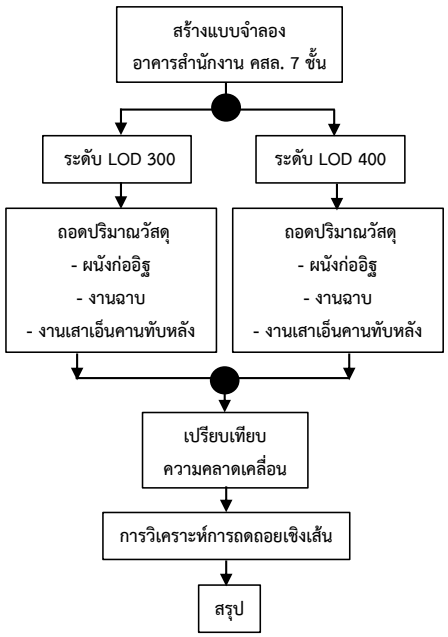
1. สร้างแบบจำลองระดับ LOD300 และ LOD400 ของอาคารพักอาศัยกึ่งสำนักงาน 7 ชั้น ด้วยโปรแกรม Autodesk Revit และถอดปริมาณวัสดุของผนังก่ออิฐฉาบปูน

2. เปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของปริมาณวัสดุที่ถอดจากแบบก่อสร้าง 2 มิติ ที่ผู้รับเหมาได้คำนวณไว้ กับปริมาณวัสดุที่ถอดจากแบบจำลอง LOD300 และ LOD400

3. สร้างสมการถดถอยเชิงเส้น เพื่อคาดการณ์ปริมาณวัสดุที่ใช้จริง เมื่อทราบปริมาณวัสดุจาก BOQ

ระเบียบวิธีวิจัย

ขั้นตอนการวิจัย แสดงดังรูปที่ 1 เริ่มจากจัดทำแบบก่อสร้าง (construction document) ด้วยแบบจำลองสารสนเทศอาคาร 3 มิติ ที่ระดับ LOD300 ของอาคารพักอาศัยกึ่งสำนักงาน 7 ชั้น ด้วยซอฟท์แวร์ Autodesk Revit

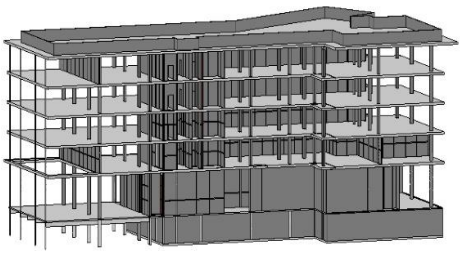


รูปที่ 1 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

จากนั้นพิจารณาเฉพาะระบบผนังก่ออิฐฉาบปูน (บล็อกประสาน) ที่ระดับ LOD300 และ LOD400 และถอดปริมาณงานจากแบบจำลองดังกล่าว ที่ประกอบไปด้วย ผนังก่ออิฐ งานฉาบปูน และ งานเสาเอ็นคานทับหลัง แล้วเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณงานที่ถอดจากแบบจำลอง LOD300 และ LOD400 เทียบกับ BOQ จากผู้รับเหมาที่คำนวณไว้แล้ว และวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณวัสดุที่ถอดจากแบบจำลอง กับ BOQ ด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลถดถอยเชิงเส้น เพื่อจะนำไปใช้เป็นแนวทางในการประมาณปริมาณวัสดุในโครงการอื่นในอนาคต

ผลการวิจัย

แบบก่อสร้าง 3 มิติ ที่พัฒนาด้วยระดับ LOD300 ของอาคารพักอาศัยกึ่งสำนักงาน 7 ชั้น แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แบบจำลองสารสนเทศอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก พักอาศัยกึ่งสำนักงาน 7 ชั้น

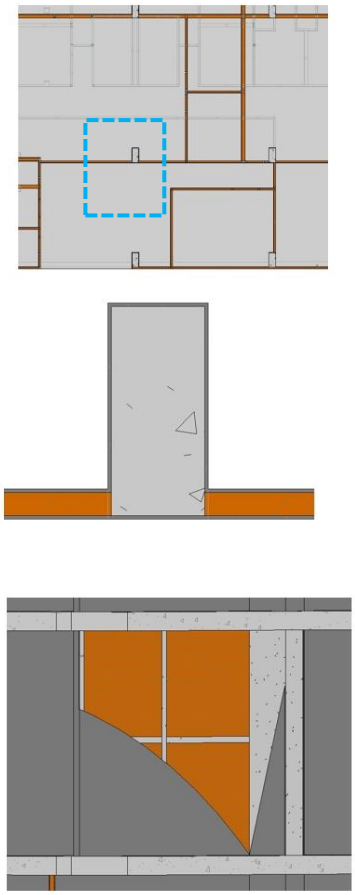
เมื่อพิจารณาเฉพาะแบบจำลองของระบบผนังที่ระดับ LOD300 จะได้ดังรูปที่ 3

รูปที่ 3 แบบจำลองผนังก่ออิฐฉาบปูนของทั้งอาคาร ที่ระดับ LOD300

โดยตัวอย่างแบบขยายของผนังก่ออิฐฉาบปูน LOD400 แสดงดังรูปที่ 4 ซึ่งเมื่อถอดปริมาณวัสดุจะได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปริมาณวัสดุจากแบบจำลอง LOD400

ผนังก่อหนา 100มม. (ตร.ม.)	ผนังก่อหนา 200 มม. (ตร.ม.)	ผนังฉาบปูน (ตร.ม.)	เสาเอ็นคานทับหลัง (ม.)
3,437	1,247	1,812	3,470



รูปที่ 4 ตัวอย่างแบบขยายผนังก่ออิฐฉาบปูนติดกับส่วนของเสาคอนกรีต (LOD400)

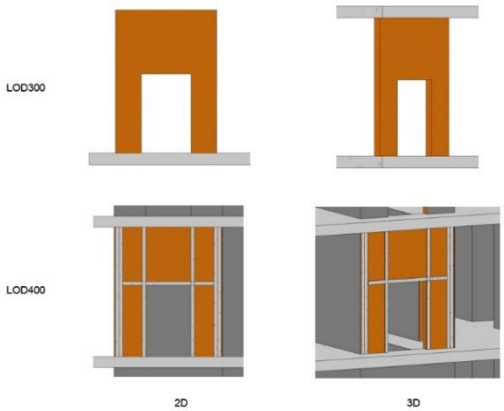
การเปรียบเทียบปริมาณวัสดุผนังก่ออิฐฉาบปูนจากการสร้างแบบจำลองสารสนเทศอาคารที่ระดับ LOD300 และ LOD400 เพื่อหาค่าความคลาดเคลื่อนของปริมาณวัสดุจากแบบก่อสร้างอาคารสำนักงาน 7 ชั้น ในส่วนงานสถาปัตยกรรมซึ่งประกอบด้วยผนังก่อ ผนังฉาบ และเสาเอ็น-คานทับหลัง โดยแสดงความคลาดเคลื่อนด้วยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD) ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความแตกต่างของปริมาณงานผนังก่ออิฐฉาบปูน (อิฐบล็อกประสาน) ที่ได้จากแบบจำลอง LOD300 และ LOD400 เทียบกับ BOQ ที่ผู้รับเหมาได้คำนวณจากแบบก่อสร้าง 2 มิติ

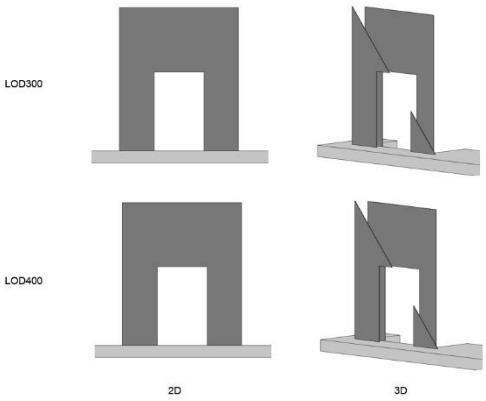
รายการ	หน่วย	BOQ	LOD300	[1]SD (%)	LOD400	[2]SD (%)
ผนังก่อ หนา 100 มม.	ตร.ม.	3,840	3,693	3.98	3,438	10.54
ผนังก่อ หนา 200 มม.	ลบ.ม.	1,486	1,336	11.24	1,247	19.18
ผนังฉาบปูน	ลบ.ม.	2,516	1,812	38.85	1,812	38.85
เสาเอ็น-คานทับหลัง	ม.	3,511	-	-	3,478	0.95

[1]SD คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เปรียบเทียบระหว่างปริมาณที่ได้จาก BOQ และ ที่ได้จากแบบจำลอง LOD300
[2]SD คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เปรียบเทียบระหว่างปริมาณที่ได้จาก BOQ และ ที่ได้จากแบบจำลอง LOD400

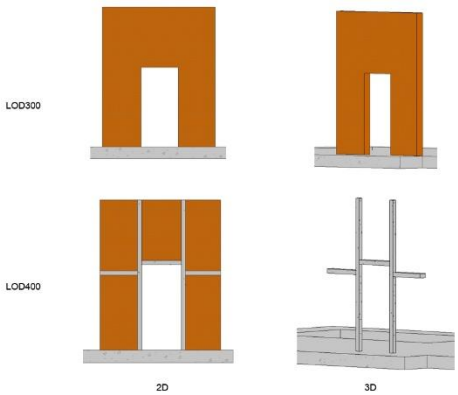
ภาพเปรียบเทียบแบบจำลองผนังก่ออิฐบล็อกประสาน LOD300/LOD400 ผนังฉาบปูน LOD300/LOD400 และ เสาเอ็น-คานทับหลัง LOD300/LOD400 แสดงดังรูปที่ 5 – รูปที่ 7 ตามลำดับ และปริมาณวัสดุที่ถอดจากแบบจำลอง LOD300/LOD400 ของผนังก่ออิฐบล็อกประสาน ผนังฉาบปูน และ เสาเอ็น-คานทับหลัง แสดงในตารางที่ 4 – ตารางที่ 6 ตามลำดับ



รูปที่ 5 ตัวอย่างแบบจำลองผนังก่ออิฐบล็อกประสานที่ระดับ LOD300 และ LOD400



รูปที่ 6 ตัวอย่างแบบจำลองผนังฉาบปูนที่ระดับ LOD300 และ LOD400



รูปที่ 7 ตัวอย่างแบบจำลองเสาเอ็น-คานทับหลังที่ระดับ LOD300 และ LOD400

ตารางที่ 4 ตัวอย่างเปรียบเทียบปริมาณผนังก่ออิฐบล็อกประสาน ที่ระดับ LOD300/LOD400

รายการ	พื้นพี่ผนัง (ตร.ม.)		[1]บล็อกประสาน(ก้อน)	
	LOD300	LOD400	LOD300	LOD400
ผนังก่อ	6.695	5.72	267.8	228.8

[1]อิฐบล็อกประสาน ขนาด 12.5 ซม. x 25 ซม. x 10 ซม.
[2]ผนังก่ออิฐหนา 100 มม.

ตารางที่ 5 ตัวอย่างเปรียบเทียบปริมาณผนังฉาบปูน ที่ระดับ LOD300/LOD400

รายการ	พื้นพี่ผนังฉาบปูน (ตร.ม.)	
	LOD300	LOD400
ผนังฉาบปูน (ฉาบหนา 15 มม.)	14.74	14.74

ปริมาณวัสดุของเสาเอ็น-คานทับหลัง ในตารางที่ 6 แสดงในแบบจำลอง LOD400 เท่านั้น ข้อมูลนี้ไม่มีใน LOD300 เนื่องจาก LOD300 มีรายละเอียดน้อยกว่า LOD400 จึงไม่สามารถแสดงเสาเอ็น-คานทับหลังได้ แต่การไม่มีเสาเอ็น-คานทับหลัง ใน LOD300 ไม่ส่งผลต่อปริมาณอิฐก่อผนัง

ตารางที่ 6 ตัวอย่างเปรียบเทียบปริมาณเสาเอ็น-คานทับหลัง ที่ระดับ LOD300/LOD400

ความยาวรวม (ม.)		ปริมาณคอนกรีต (ลบ.ม.)	
LOD300	LOD400	LOD300	LOD400
-	5.45	-	0.0545

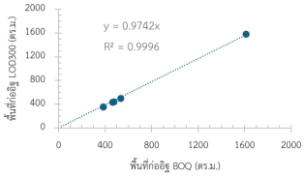
ผลที่ได้จากการสร้างแบบจำลองสารสนเทศอาคารสำนักงาน 7 ชั้น ด้วยซอฟต์แวร์ Autodesk Revit เพื่อถอดปริมาณวัสดุ ในส่วนงานผนังก่ออิฐฉาบปูน อิฐบล็อกประสาน ที่ระดับขั้นแบบก่อสร้าง (Construction Document) และขั้นตอนการจัดทำแบบเพื่อทำงานจริงตามที่ได้ก่อสร้างไปแล้ว (As-built Drawing) นำมาหาความสัมพันธ์ ด้วยวิธีการถดถอยเชิงเส้น แสดงดังตารางที่ 7 - ตารางที่ 12

สรุปและอภิปรายผล

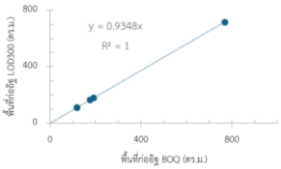
การศึกษาวิจัยนี้ มุ่งพัฒนาและเปรียบเทียบแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) ที่ระดับการพัฒนา (LOD) 300 และ 400 สำหรับอาคารพักอาศัยกึ่งสำนักงาน 7 ชั้น โดยใช้ซอฟท์แวร์ Autodesk Revit เพื่อถอดปริมาณวัสดุผนังก่ออิฐฉาบปูนและเปรียบเทียบกับปริมาณวัสดุจากแบบก่อสร้าง 2 มิติ ผลการวิจัยพบว่า แบบจำลอง LOD400 มีความแม่นยำสูงกว่าแบบ LOD300 และแบบก่อสร้าง 2 มิติ แต่ต้องใช้ทรัพยากรและความพยายามมากกว่า

การเลือกใช้ LOD300 เหมาะสำหรับการออกแบบและวางแผนเบื้องต้น ส่วน LOD400 เหมาะสำหรับการใช้งานจริง แม้ต้องจัดการทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ ผลการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการเลือกใช้ระดับ LOD ที่เหมาะสม และเสนอสมการถดถอยเชิงเส้นช่วยในการคาดการณ์ปริมาณวัสดุที่จะใช้จริง ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการเพิ่มความแม่นยำ ลดของเสีย และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในภาคการก่อสร้าง

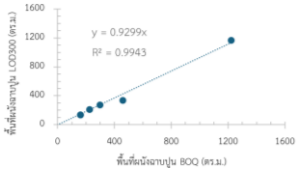
ตารางที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผนังก่ออิฐ หนา 100 มม. ที่ได้จาก BOQ กับ BIM ที่ระดับ LOD300

ลำดับ	ชั้นที่	หน่วย	BOQ	LOD300	SD (%)	สมการถดถอยเชิงเส้น
1	ชั้นใต้ดิน	ตร.ม.	472.69	447.36	5.66	ความสัมพันธ์ระหว่าง BIM (y) กับ BOQ (x) $y = 0.9742\ x$; $R^2 = 0.9996$ 
2	ชั้น 1	ตร.ม.	1,609.14	1,586.22	1.44	
3	ชั้น 2	ตร.ม.	530.42	501.82	5.67	
4	ชั้น 3	ตร.ม.	383.12	358.79	6.78	
5	ชั้น 4	ตร.ม.	383.12	358.79	6.78	
6	ชั้น 5	ตร.ม.	461.51	439.08	5.11	
7	ชั้นหลังคา	ตร.ม.	-	-	-	

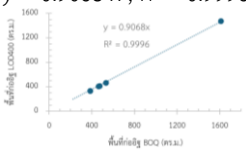
ตารางที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผนังก่ออิฐ หนา 200 มม. ที่ได้จาก BOQ กับ BIM ที่ระดับ LOD300

ลำดับ	ชั้นที่	หน่วย	BOQ	LOD300	SD (%)	สมการถดถอยเชิงเส้น
1	ชั้นใต้ดิน	ตร.ม.	191.08	179.30	6.57	ความสัมพันธ์ระหว่าง BIM (y) กับ BOQ (x) $y = 0.9348\ x$; $R^2 = 1$ 
2	ชั้น 1	ตร.ม.	767.84	716.82	7.12	
3	ชั้น 2	ตร.ม.	175.05	164.76	6.24	
4	ชั้น 3	ตร.ม.	117.44	110.97	6.31	
5	ชั้น 4	ตร.ม.	117.44	110.97	6.31	
6	ชั้น 5	ตร.ม.	117.44	110.97	6.31	

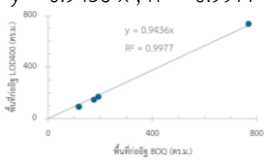
ตารางที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผนังฉาบปูน ที่ได้จาก BOQ กับ BIM ที่ระดับ LOD300

ลำดับ	ชั้นที่	หน่วย	BOQ	LOD300	SD (%)	สมการถดถอยเชิงเส้น
1	ชั้นใต้ดิน	ตร.ม.	458.63	338.40	35.53	ความสัมพันธ์ระหว่าง BIM (y) กับ BOQ (x) $y = 0.9299\ x$; $R^2 = 0.9943$ 
2	ชั้น 1	ตร.ม.	1,218.74	1,167.7	4.37	
3	ชั้น 2	ตร.ม.	223.59	216.22	3.41	
4	ชั้น 3	ตร.ม.	159.35	136.32	16.89	
5	ชั้น 4	ตร.ม.	159.35	136.34	16.88	
6	ชั้น 5	ตร.ม.	296.34	276.63	7.13	

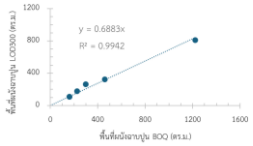
ตารางที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผนังก่ออิฐ หนา 100 มม. ที่ได้จาก BOQ กับ BIM ที่ระดับ LOD400

ลำดับ	ชั้นที่	หน่วย	BOQ	LOD400	SD (%)	สมการถดถอยเชิงเส้น
1	ชั้นใต้ดิน	ตร.ม.	472.69	416.46	13.50	ความสัมพันธ์ระหว่าง BIM (y) กับ BOQ (x) $y = 0.9068\ x$; $R^2 = 0.9996$ 
2	ชั้น 1	ตร.ม.	1,609.14	1,476.59	8.98	
3	ชั้น 2	ตร.ม.	530.42	467.14	13.55	
4	ชั้น 3	ตร.ม.	383.12	333.98	14.71	
5	ชั้น 4	ตร.ม.	383.12	333.98	14.71	
6	ชั้น 5	ตร.ม.	461.51	408.74	12.91	

ตารางที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผนังก่ออิฐ หนา 200 มม. ที่ได้จาก BOQ กับ BIM ที่ระดับ LOD400

ลำดับ	ชั้นที่	หน่วย	BOQ	LOD400	SD (%)	สมการถดถอยเชิงเส้น
1	ชั้นใต้ดิน	ตร.ม.	191.08	170.72	11.93	ความสัมพันธ์ระหว่าง BIM (y) กับ BOQ (x)
2	ชั้น 1	ตร.ม.	767.84	738.44	3.98	$y = 0.9436\ x$; $R^2 = 0.9977$
3	ชั้น 2	ตร.ม.	175.05	148.9	17.56	
4	ชั้น 3	ตร.ม.	117.44	93.7	25.34	
5	ชั้น 4	ตร.ม.	117.44	93.7	25.34	
6	ชั้น 5	ตร.ม.	117.44	93.7	25.34	

ตารางที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผนังฉาบปูน ที่ได้จาก BOQ กับ BIM ที่ระดับ LOD400

ลำดับ	ชั้นที่	หน่วย	BOQ	LOD400	SD (%)	สมการถดถอยเชิงเส้น
1	ชั้นใต้ดิน	ตร.ม.	458.63	327.87	39.88	ความสัมพันธ์ระหว่าง BIM (y) กับ BOQ (x)
2	ชั้น 1	ตร.ม.	1,218.74	813.87	33.22	$y = 0.6883\ x$; $R^2 = 0.9942$
3	ชั้น 2	ตร.ม.	223.59	180.84	23.63	
4	ชั้น 3	ตร.ม.	159.35	112.24	41.97	
5	ชั้น 4	ตร.ม.	159.35	112.24	41.97	
6	ชั้น 5	ตร.ม.	296.34	264.89	11.87	

References

[1] United Nations Environment Programme, “Global Status Report for Buildings and Construction,” May. 28, 2024. [Online]. Available: https://www.unep.org/resources/report/global-status-report-buildings-and-construction

[2] C. Luangcharoenrat, S. Intrachooto, V. Peansupap and W. Sutthinarakorn, “Factors influencing construction waste generation in building construction: Thailand’s perspective,” *Sustainability*, vol. 11, no. 13, p. 3638, Jul. 2019.

[3] W. Lertpaitoopan and S. Santiyanon, “Factors influencing construction waste generation in building construction project: A path analysis approach,” *Proceedings of NIVCMR (The 5th National and International Virtual Conference on Multidisciplinary Research),* Buriram, April. 25, 2022, pp. 404–414.

[4] K. N. Ali, H. H. Alhajlah and M. A. Kassem, “Collaboration and risk in building information modelling (BIM): A systematic literature review,” *Buildings*, vol. 12, no. 5, pp. 571, Apr. 2022.

[5] Z. Liu, Y. Lu, and L.C. Peh, “A review and scientometric analysis of global Building Information Modeling (BIM) research in the architecture, engineering and construction (AEC) industry,” *Buildings*, vol. 9, no. 10, pp. 210, Sep. 2019.

[6] C. Khosakitchalert, N. Yabuki, and T. Fukuda, “Improving the accuracy of BIM-based quantity takeoff for compound elements,” *Automation in Construction*, vol. 106, pp. 102891, Oct.2019. doi:10.1016/j.autcon.2019.102891

[7] P. Pawan and P. Mekarkart, "Application of regression model to develop quantity take-off processes for reinforce concrete building using BIM Software," *Proceedings of the 7th RMUTP Conference on Engineering and Technology,* Bangkok, 19 May. 2023, pp. 337–342.

[8] M. N. Uddin, H. H. Wei, H. L. Chi, M. Ni, and P. Elumalai, "Building Information Modeling (BIM) incorporated green building analysis: An application of local construction materials and sustainable practice in the built environment," *Journal of Building Pathology and Rehabilitation*, vol. 6, no. 1, Mar. 2021.

[9] L. P. Khant, D. D. Widjaja, K. Kwon, and S. Kim, "A BIM-based bar bending schedule generation algorithm with enhanced accuracy," *Buildings*, vol. 14, no. 5, pp. 1207, Apr. 2024.

[10] P. Pawan and W. Lertpaitoonpan, "Minimizing gable roofing materials in proactive design phase by using a genetic algorithm to estimate the purlin spacings," *Proceedings of the 28th National Convention on Civil Engineering,* Phuket, pp. BIM02-1–BIM02-6, May. 2023.

[11] The association of Siamese architects under royal patronage, "institute of Siamese architects," Bangkok: Plus Press, 2015.

[12] Committee to establish standards for the use of building information modeling, "According to the professional council guidelines for the year 2020-2022," Bangkok: The engineering institute of Thailand under H.M. the King's patronage, 2020.

[13] M. Y. Mahendra, N. Kartika, and Tahadjuddin. "Calculation of cost estimation based on building information modeling in construction projects," *International Journal of Natural Science and Engineering*, vol. 7, no.1, pp. 71–83, Apr. 2023.

[14] Z. Xu, X. Gao, Z. Song, X. Tian and X. Jiang, "Research on the application of BIM technology in construction cost management," *2022 International Conference on Wireless Communications, Electrical Engineering and Automation (WCEEA)*, Indianapolis, IN, USA, 2022, pp. 214–217.

[15] A. Wahab and J. Wang, "Factors-driven comparison between BIM-based and traditional 2D quantity takeoff in construction cost estimation," *Engineering, Construction and Architectural Management*, Vol. 29 No. 2, pp. 702–715, Mar. 2022.

[16] S. E. Purba, N. Diandra, and C.W. Feng, "Employing the bim-based approach to analyze and improve the quality of detail construction cost estimation according to NRM 2 and SMPI," *Jurnal Teknik Sipil,* vol. 22, no. 2, pp.75–83, Dec. 2022.