แนวทางการทำแบบจำลองสารสนเทศอาคารเพื่อให้เกิดความแม่นยำในการถอดปริมาณงานผนังอาคาร: กรณีศึกษาของบ้านพักอาศัยชั้นเดียว

BIM Modeling Guideline to Enhance the Accuracy of Architectural Walls Quantity Takeoff: Case Study of One Story Residence

เอกพิสิษฐ์ บรรจงเกลี้ยง

หลักสูตรวิศวกรรมบริหารงานก่อสร้าง คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

E-mail: eakphisit@hotmail.com

บทคัดย่อ

การประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคารหรือ BIM ช่วยให้เกิดความรวดเร็วและความน่าเชื่อถือในการถอดปริมาณงาน อย่างไรก็ตามผลลัพธ์ดังกล่าวไม่ได้เกิดขึ้นโดยอัตโนมัติ ปริมาณงานบางส่วนอาจขาดหายเพราะการทำแบบจำลองไม่ครบถ้วน และปริมาณงานบางส่วนอาจมากเกินเพราะการทับซ้อน งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางในการทำแบบจำลองสนเทศอาคารเพื่อเพิ่มความแม่นยำในการถอดปริมาณงานผนังอาคาร ในกรณีของบ้านพักอาศัยชั้นเดียว โดยทำแบบจำลองสารสนเทศอาคารด้วยโปรแกรม Revit2019 แล้วพิจารณาผลการถอดปริมาณงานของโปรแกรมจากการจำลององค์ประกอบในลักษณะต่างๆ เปรียบเทียบกับการผลการคำนวณมือ ผลการศึกษาพบว่าแนวทางการจำลององค์ประกอบอาคารส่งผลต่อความแม่นยำในการถอดปริมาณงาน แนวทางการจำลองที่ไม่เหมาะสม เช่น มีการทับซ้อน การไม่ศึกษาความสัมพันธ์ของคำสั่งในโปรแกรมกับปริมาณงานที่ถอดได้ การอ่านปริมาณงานที่ถอดได้ขาดหายไปหรือนับซ้ำ ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการถอดปริมาณงานผนังและผิวผนัง ร้อยละ -23.46 ถึง 30.65 คิดเป็นความคลาดเคลื่อนของการกำหนดราคากลางร้อยละ -5.08 ถึง 24.01 หรือ -4,188 ถึง 19,787 บาท การเลือกใช้แนวทางการจำลององค์ประกอบที่เหมาะสม เช่น สร้างขอบเขตของผนังในแนวดิ่งตามจริง การปรับขอบเขตของผิวผนังภายนอก การใช้คำสั่ง join geometry กับเสาโครงสร้าง การเลือกอ่านค่าปริมาณงานที่ถูกต้อง จะได้ปริมาณงานที่ถอดด้วยโปรแกรมใกล้เคียงกับการถอดปริมาณด้วยมือ มีความแตกต่างในการถอดปริมาณงานผนังแต่ละส่วนร้อยละ -2.12 ถึง 4.70 หรือคิดเป็นความแตกต่างในการคิดราคากลางร้อยละ 0.76 หรือ 966 บาท เทียบกับการถอดปริมาณด้วยมือครั้งที่ 2 ที่มีราคากลาง 126,898 บาท โดยพบว่าการถอดปริมาณงานด้วยมือในครั้งแรกมีความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการอ่านแบบ 2 มิติคลาดเคลื่อน

คำสำคัญ: แบบจำลองสารสนเทศอาคาร การถอดปริมาณงาน ความแม่นยำ ผนัง แนวทางการจำลอง

Abstract

The quantity takeoff method using the BIM tool is proven to be faster and reliable than the traditional 2D-based method. However, this is not an automatic process. Some data can be underestimated due to incomplete modeling, while some data can be overestimated due to overlap modeling. The research objective is to propose BIM modeling guideline for enhancing the accuracy of architectural walls quantity Takeoff with the case study of one story residence. REVIT 2019 was used in this study. BIM based quantity takeoff results with difference modeling method were compared with

*Corresponding author, e-mail: eakphisit@hotmail.com

manual quantity takeoff. The results showed that the ways to model the components (walls, structural columns, structural beams and floors) affected the accuracy of BIM-based quantity takeoff. Inappropriate component modeling, such as no considering of object overlapping, and double count in a material takeoff report can make the error about -23.46 to 30.65% in quantity takeoff, or -5.08 to 24.01%, or -4,188 to 19,787 Baht in cost estimation, comparing with actual construction. While, the accuracy of BIM-based quantity takeoff came with appropriate component modeling, such as consistence wall height modeling with real construction, using the join geometry command, and careful considering in a material takeoff report. Finally, the results showed that BIM-based quantity takeoff with this BIM modeling guideline give the accuracy architectural wall quantity takeoff with only -2.12 to 4.70% error in quantity and 0.76% or 966 Baht errors in cost estimation, comparing with 126,898 Baht of second manual quantity takeoff. While, first manual quantity takeoff had a mistake from incomplete count.

Keywords: BIM, Quantity Takeoff, Accuracy, Walls, Modeling Guildeline

1. ที่มาและความสำคัญ

BIM (Building Information Modeling) หรือ แบบจำลองสารสนเทศอาคาร เป็นแนวคิดที่ถูกพัฒนาขึ้น เพื่อใช้ในกระบวนการออกแบบและก่อสร้างอาคาร โดยการสร้างแบบจำลองอาคาร (Building Model) พร้อมข้อมูลหรือสารสนเทศ (Information) ในองค์ประกอบของแบบจำลองนั้นๆ จำลองการก่อสร้างของอาคารจริง แนวคิดของ BIM ได้ถูกนำเสนอครั้งแรกโดย Charles M. Eastman ตีพิมพ์ในวารสารเอไอเอ (AIA Journal) เมื่อปี ค.ศ. 1975 ในครั้งนั้นใช้ชื่อว่า “Building Description System” จน ค.ศ. 1986 จึงเปลี่ยนมาใช้คำว่า “Building Information Modeling” ที่นำเสนอโดย Robert Aish ในปัจจุบัน BIM ถูกนำมาใช้กับงานออกแบบสถาปัตยกรรมมากขึ้น เนื่องจากความสามารถในการผนวกการทำงานออกแบบสถาปัตยกรรม ทั้ง 2 มิติ และ 3 มิติ เข้าด้วยกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังสามารถนำแบบจำลองและข้อมูลต่างๆ ในแบบจำลองอาคาร ไปใช้ในขั้นต่อๆไป รวมถึงงานในสาขาวิชาชีพด้านอื่นที่เกี่ยวข้อง เช่น งานด้านวิศวกรรม งานก่อสร้างและบริหารโครงการก่อสร้าง งานบำรุงรักษาและบริหารจัดการอาคาร และงานวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคาร เป็นต้น (สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์, 2558) ผลการสำรวจร้อยละความคิดเห็นของผู้ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมก่อสร้าง จำนวน 200 ตัวอย่างในประเทศไทย แสดงให้เห็นประโยชน์ในการทำงานของ BIM 5 ลำดับแรก คือ 1.ลดปัญหาความขัดแย้งจากแบบก่อสร้าง ร้อยละ 88 2.การก่อสร้างมีประสิทธิภาพและรวดเร็วขึ้น ร้อยละ 85 3.แบบก่อสร้างมีคุณภาพดีขึ้น ร้อยละ 80 4.ควบคุมมูลค่าโครงการได้ง่าย ร้อยละ 72 และ 5.ประมาณราคาได้ถูกต้องแม่นยำ ร้อยละ 70 (สุพฤทธิ์ ตั้งพฤทธิ์กุล และณัฐวุฒิ สวัสดิ์สุข, 2558)

แม้ว่าการประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคารหรือ BIM พิสูจน์ให้เห็นว่าช่วยให้เกิดความรวดเร็วและความน่าเชื่อถือในการถอดปริมาณงาน อย่างไรก็ตามผลลัพธ์ดังกล่าวนั้นไม่ได้เกิดขึ้นโดยอัตโนมัติ เพราะปริมาณงานบางส่วนอาจลดต่ำลงหรือขาดหายไปเพราะการทำแบบจำลอง (BIM Modeling) ไม่ครบถ้วน และปริมาณงานบางส่วนอาจมากเกินเพราะการทับซ้อนขององค์ประกอบในแบบจำลอง (Khosakitchalert, et al., 2018)

2. วัตถุประสงค์

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางในการทำแบบจำลองสนเทศอาคารเพื่อเพิ่มความแม่นยำในการถอดปริมาณงานผนังอาคาร ในกรณีของบ้านพักอาศัยชั้นเดียว

3. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การทำงานของ BIM เป็นการสร้างแบบจำลองอาคารขึ้นด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยแบบจำลองอาคารนี้ประกอบขึ้นจากองค์ประกอบต่างๆของอาคาร เช่น เสา ผนัง พื้น หลังคา ประตู หน้าต่าง ซึ่งองค์ประกอบต่างๆ จะประกอบไปด้วยข้อมูลกราฟิก (Graphics) ทั้ง 2 มิติและ 3 มิติ เช่น ขนาด ระยะ สี วัสดุ เป็นต้น และข้อมูลที่ไม่ใช่กราฟิก (Non-Graphics) เช่น ข้อมูลผู้ผลิต รุ่น ราคา เป็นต้น ซึ่ง BIM จะทำการเก็บแบบจำลองอาคารพร้อมข้อมูลสารสนเทศทั้งหมดรวมไว้ที่ฐานข้อมูลกลางของระบบ (สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์, 2558)

ในการทำงานด้วย BIM โดยเฉพาะการสร้างแบบจำลอง และการบันทึกข้อมูลลงบนแบบจำลองนั้น ในมาตรฐานของต่างประเทศ มักจะมีการกำหนดสิ่งที่เรียกว่า ระดับขั้นในการพัฒนา หรือ LOD (Level of Development) ไว้ โดย LOD เป็นตัวกำหนดข้อมูลในการสร้างแบบจำลองว่าจำเป็นจะต้องสร้างแบบจำลองที่มีความละเอียดในระดับใด โดยจะอิงกับกระบวนการหรือขั้นตอนของการทำงานของวิชาชีพ และกำหนด LOD ออกมาเป็นระดับขั้นต่างๆ ในขั้นตอนการทำราคากลาง จะทำการถอดปริมาณงานจากแบบก่อสร้าง ซึ่งจะใช้ LOD ในระดับ Construction Documents ที่กำหนดโดยสมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์ (2558)

4. วิธีการดำเนินการวิจัย

4.1 กำหนดวิธีการสร้างแบบจำลองอาคารที่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 1 และนำไปใช้สร้างแบบจำลองอาคารห้องพักอาศัยชั้นเดียวอย่างง่าย ด้วยโปรแกรม Autodesk REVIT 2019 (Student license) โดยประยุกต์ใช้แนวทางของวันพิชิต แก้วทอง (2558) และสุพฤทธิ์ ตั้งพฤทธิ์กุล และณัฐวุฒิ สวัสดิ์สุข (2558) ประกอบด้วยเสาโครงสร้าง คานรับพื้นชั้นล่าง คานอะเส พื้น และผนัง ดังแสดงในรูปที่ 1 และ 2 โดยเลือกใช้ FAMILY ต่อไปนี้ คือ Family: Structure column สำหรับเสาโครงสร้าง Family: Structure beam สำหรับคาน และอะเส Family: Architecture floor สำหรับพื้น และ Family: BASIC WALL สำหรับผนัง

4.2 ศึกษาและวิเคราะห์ผลของวิธีการสร้างแบบจำลองอาคารต่างๆ ที่มีต่อการถอดปริมาณงานผนังและผิวผนังภายนอกและภายในด้วย BIM และเปรียบเทียบกับปริมาณงานผนังที่คำนวณด้วยมือตามแนวทางการวัดปริมาณงานก่อสร้างอาคารในส่วนงานของโครงสร้างและงานสถาปัตยกรรม (วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, 2550)

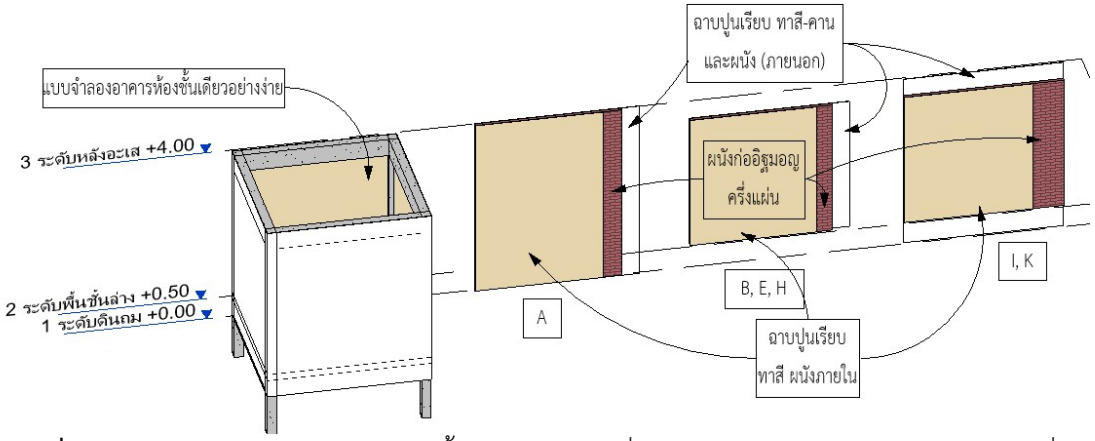
4.3 เลือกวิธีการสร้างแบบจำลองที่ให้ความแม่นยำในการถอดปริมาณงานผนังและผิวผนังมากที่สุดจากข้อ 4.2 รวมถึงการประยุกต์ใช้ BIM อื่นๆ ในการสร้างแบบจำลองอาคารบ้านพักอาศัยชั้นเดียว ใช้ LOD ในระดับ Construction Documents โดยเลือกใช้แบบบ้านแก้วกล้า จากโครงการแบบบ้านยิ้มเพื่อประชาชนระยะที่ 3 สำนักการโยธา กรุงเทพมหานคร มีลักษณะเป็นบ้านชั้นเดียว เนื้อที่ 75 ตารางเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3 และทำการถอดปริมาณงานผนังและผิวผนังภายนอกและภายในด้วยโปรแกรม Autodesk REVIT2019 เปรียบเทียบกับการถอดปริมาณงานด้วยมือตามแนว

ทางการวัดปริมาณงานก่อสร้างอาคารในส่วนงานของโครงสร้างและงานสถาปัตยกรรมของสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (2550)

4.4 สรุปผลการวิจัย

ตารางที่ 1 วิธีการสร้างแบบจำลองอาคารในงานวิจัยและสัญลักษณ์ที่ใช้

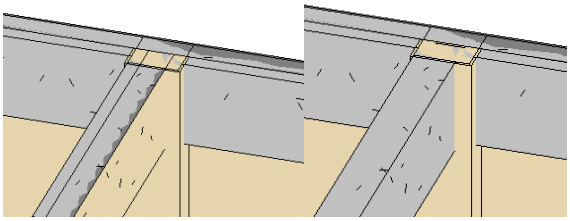
วิธีการจำลอง	สัญลักษณ์
เมื่อโมเดลความสูงผนังจากท้องคานล่างถึงหลังคานอะเส เพื่อให้ครอบคลุมงานฉาบโครงสร้างคาน พื้น	
1.ไม่ใช้คำสั่ง Join Geometry ระหว่างโครงสร้างคาน พื้น และผนัง	A
2.แนวผิวผนังเสมอกับเสาโครงสร้าง และใช้คำสั่ง Join Geometry ระหว่างโครงสร้างคาน พื้น และผนัง	B
3.แนวผิวผนังเกินเสาโครงสร้าง และใช้คำสั่ง Join Geometry ระหว่างโครงสร้างคาน พื้น และผนัง	C
เมื่อโมเดลความสูงผนังจากระดับพื้นถึงหลังอะเส แล้วยืดผิวผนังไปคลุมโครงสร้างคานรับพื้น และคานอะเส	
4.ไม่ใช้คำสั่ง Join Geometry ระหว่างโครงสร้างคาน พื้น และผนัง	D
5.แนวผิวผนังเสมอกับเสาโครงสร้าง และใช้คำสั่ง Join Geometry ระหว่างโครงสร้างคาน พื้น และผนัง	E
6.แนวผิวผนังเกินเสาโครงสร้าง และใช้คำสั่ง Join Geometry ระหว่างโครงสร้างคาน พื้น และผนัง	F
เมื่อโมเดลความสูงผนังจากระดับพื้นถึงใต้อะเส แล้วยืดผิวผนังไปคลุมโครงสร้างคานรับพื้น และคานอะเส	
7.ไม่ใช้คำสั่ง Join Geometry ระหว่างโครงสร้างคาน พื้น และผนัง	G
8.แนวผิวผนังเสมอกับเสาโครงสร้าง และใช้คำสั่ง Join Geometry ระหว่างโครงสร้างคาน พื้น และผนัง	H
9.แนวผิวผนังเกินเสาโครงสร้าง และใช้คำสั่ง Join Geometry ระหว่างโครงสร้างคาน พื้น และผนัง	I
เมื่อโมเดลความสูงผนังจากระดับพื้นถึงใต้อะเส และโมเดลความกว้างผนังจากริมนอกเสาถึงริมนอกเสา แนวก่ออิฐเสมอแนวเสาโครงสร้าง แนวผิวผนังเกินแนวเสาโครงสร้าง	
10. ไม่ใช้คำสั่ง Join Geometry ระหว่างเสาโครงสร้าง และผนัง	J
11.ใช้คำสั่ง Join Geometry ระหว่างเสาโครงสร้าง และผนัง	K



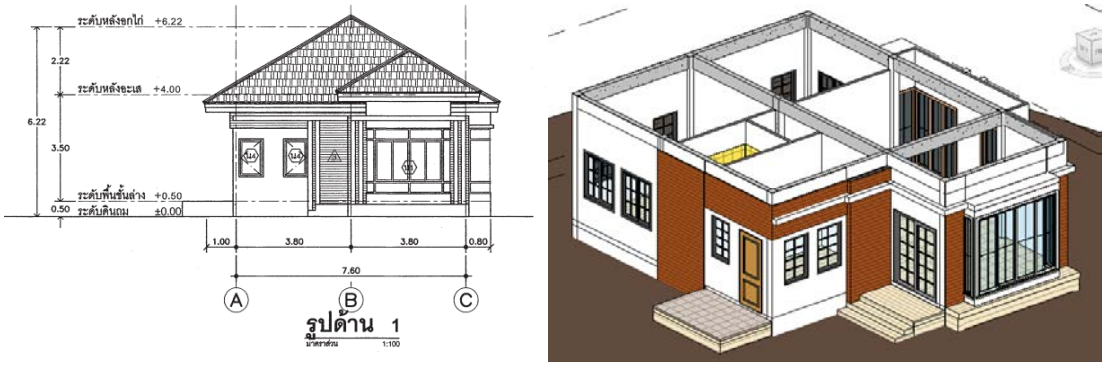
รูปที่ 1 ตัวอย่างแบบจำลองห้องพักอาศัยชั้นเดียวอย่างง่ายที่สร้างด้วยวิธีการสร้างแบบจำลองอาคารที่แตกต่างกัน แบบ A, B, E, H, I และ K

5. ผลและวิจารณ์

ผลการศึกษาวิธีการสร้างแบบจำลองอาคารต่างๆ ที่มีต่อการถอดปริมาณงานผนังและผิวผนังภายนอกและภายในด้วย BIM โดยเปรียบเทียบกับการถอดปริมาณงานผนังคำนวณด้วยมือ ตามแนวทางการวัดปริมาณงานก่อสร้างอาคารในส่วนงานของโครงสร้างและงานสถาปัตยกรรม (วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, 2550) ดังรูปที่ 4 พบว่าแนวทางการจำลององค์ประกอบอาคารส่งผลต่อความแม่นยำในการถอดปริมาณงาน แนวทางการจำลองที่ไม่เหมาะสม ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการถอดปริมาณงานผนังและผิวผนัง ร้อยละ -23.46 ถึง 30.65 คิดเป็นความคลาดเคลื่อนของการกำหนดราคากลางร้อยละ -5.08 ถึง 24.01 หรือ -4,188 ถึง 19,787 บาท เช่น ความไม่สมจริงในการจำลองผนัง มีการทับซ้อนของผนังกับคานหรืออะเสหรือเสา ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการถอดปริมาณงานผนังก่อ ร้อยละ 30.65, 12.90 และ 13.00 ในกรณีของการจำลองผนังซ้อนทับกับคานและอะเส (A) กรณีของการจำลองผนังซ้อนทับกับอะเส (D) และกรณีของการจำลองผนังซ้อนทับกับเสา (J) ตามลำดับ การไม่ศึกษาความสัมพันธ์ของคำสั่ง Join geometry ในโปรแกรมกับปริมาณงานที่ถอดได้ ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการถอดปริมาณงานผนังก่อ ร้อยละ 27.61 และ 11.57 ในกรณีของการจำลองผนังซ้อนทับกับคาน และอะเส (C) และกรณีของการจำลองผนังซ้อนทับกับอะเส (F) ตามลำดับ และเกิดความคลาดเคลื่อนในปริมาณผิวผนังภายนอก ร้อยละ -23.46 ในกรณี B, E และ H นอกจากนี้ยังพบว่าการอ่านปริมาณงานที่ถอดจากโปรแกรมขาดหายไปหรือนับซ้ำก็เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อน ส่วนแนวทางการจำลององค์ประกอบที่เหมาะสมที่ทำให้เกิดความแม่นยำในการถอดปริมาณงานผนัง ได้แก่ สร้างขอบเขตของผนังในแนวดิ่งตามจริง การปรับขอบเขตของผิวผนังภายนอกการใช้คำสั่ง join geometry เสาโครงสร้างกับผนัง การเลือกอ่านค่าปริมาณงานที่ถูกต้อง ไม่นับซ้ำ ดังวิธี G, I และ K ไม่มีความคลาดเคลื่อนในการถอดปริมาณงานผนังและผิวผนังภายนอกและภายใน

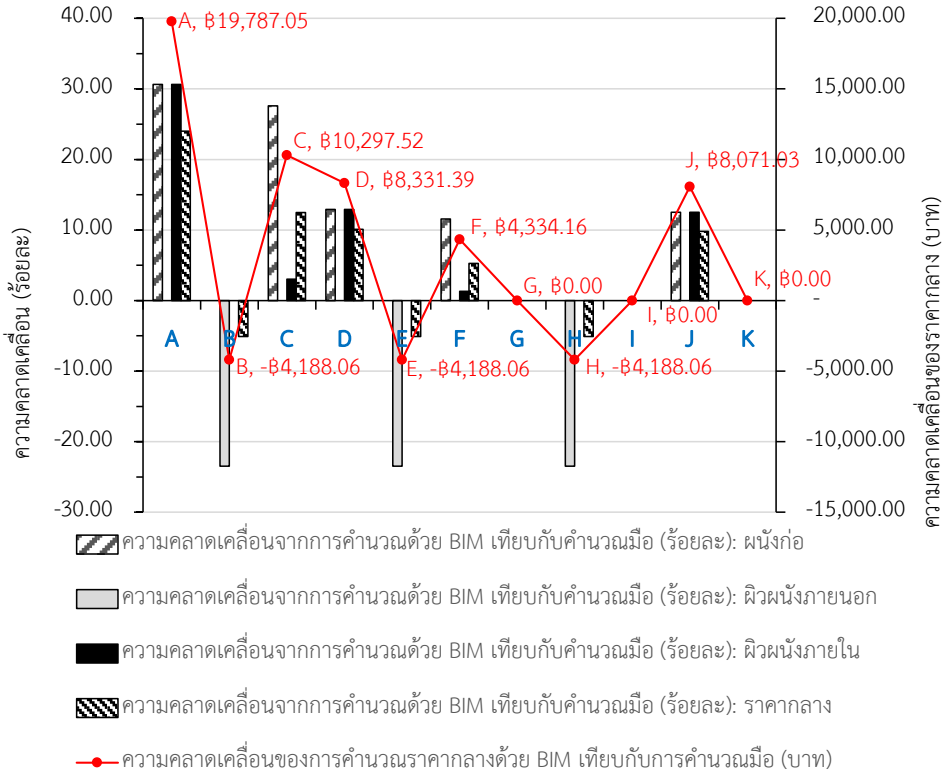


รูปที่ 2 การพิจารณาการทับซ้อนระหว่างคานอะเสคอนกรีตเสริมเหล็กรับโครงหลังคาและผนัง (ซ้าย) ก่อนการ joint คานอะเสกับผนัง (ขวา) หลังการ join คานอะเสกับผนัง



รูปที่ 3 ตัวอย่างรูปด้าน 1 และแบบจำลอง 3 มิติ บ้านแก้วกล้า

ผลการวิจัยพบว่าในการสร้างแบบจำลองอาคารบ้านพักอาศัยชั้นเดียว (แบบบ้านแก้วกล้า) โดยเลือกใช้แนวทางการจำลององค์ประกอบที่เหมาะสม วิธี G และ K จากผลการวิเคราะห์ในขั้นแรก ได้แก่ การสร้างขอบเขตของผนังในแนวดิ่งตามจริง การปรับขอบเขตของผิวผนังภายนอกให้ครอบคลุมงานฉาบคานและอะเสโครงสร้าง การใช้คำสั่ง join geometry เสาโครงสร้างกับผนัง การเลือกอ่านค่าปริมาณงานที่ถูกต้อง จะได้ปริมาณงานที่ถอดด้วย BIM ใกล้เคียงกับการถอดปริมาณด้วยมือ มีความแตกต่างในการถอดปริมาณงานผนังแต่ละส่วนเพียงร้อยละ -2.12 ถึง 4.70 ดังแสดงในรูปที่ 5 หรือคิดเป็นความแตกต่างในการคิดราคากลางร้อยละ 0.76 หรือ 966 บาท (ราคากลาง 127,864 บาท) เทียบกับการถอดปริมาณด้วยมือครั้งที่ 2 ที่มีราคากลาง 126,898 บาท ดังแสดงในรูปที่ 6 นอกจากยังพบว่าการถอดปริมาณงานด้วยมือในครั้งแรกมีความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการอ่านแบบ 2 มิติคลาดเคลื่อน แสดงให้เห็นว่าการถอดปริมาณงานด้วย BIM โดยใช้วิธีการจำลองอาคารที่เหมาะสมและเลือกอ่านค่าอย่างระมัดระวัง ช่วยให้เกิดความแม่นยำในการถอดปริมาณงานผนังและผิวผนัง สอดคล้องกับงานวิจัยของสุพฤทธิ์ ตั้งพฤทธิ์กุล และณัฐวุฒิ สวัสดิ์สุข (2558) และ Khosakitchalert และคณะ (2018)

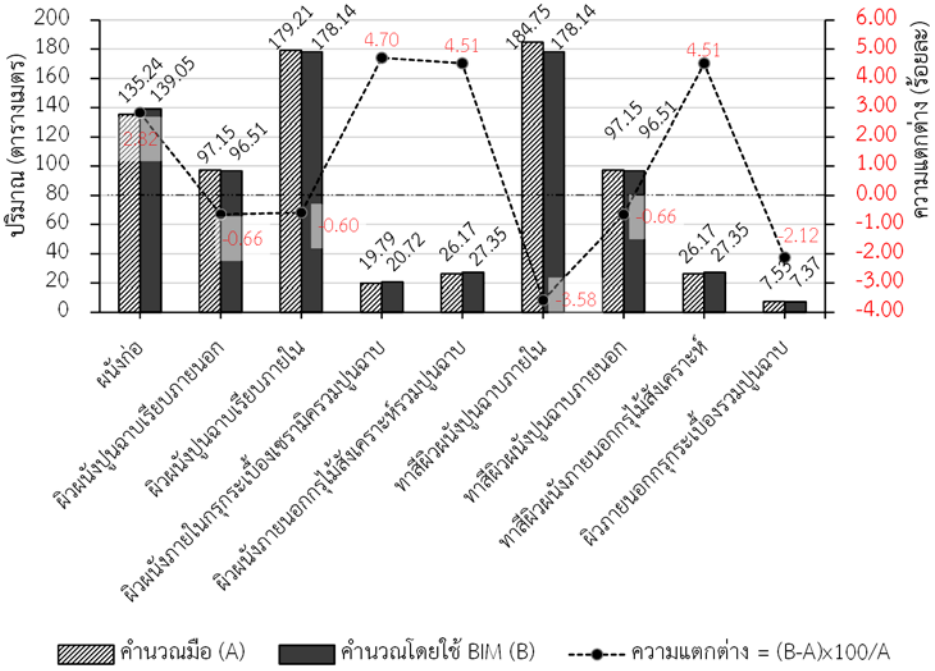


รูปที่ 4 ผลของวิธีการจำลองอาคารแบบต่างๆ ที่มีต่อความคลาดเคลื่อนของปริมาณงานผนังที่ถอดด้วย BIM เปรียบเทียบกับปริมาณงานผนังที่สอดคล้องกับงานก่อสร้างจริงที่คำนวณด้วยมือ

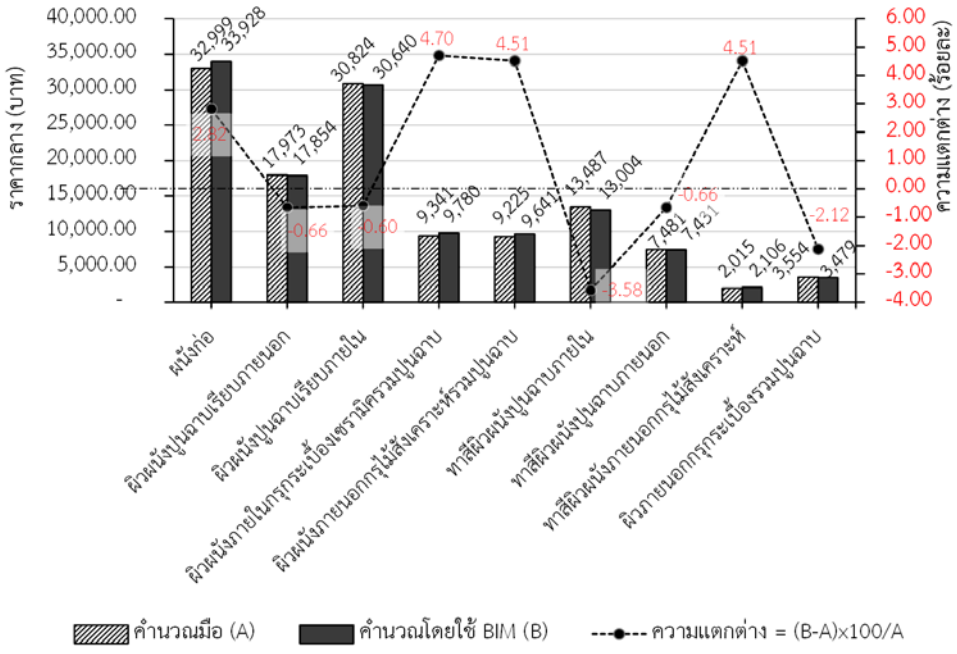
6.สรุปผล

ความแม่นยำของการถอดปริมาณงานโดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคารหรือ BIM ไม่ได้เกิดขึ้นโดยอัตโนมัติ การถอดปริมาณงานโดยประยุกต์ใช้ BIM ต้องทำความเข้าใจและเลือกใช้วิธีการจำลองอาคารที่เหมาะสมพร้อมกับเลือกอ่านค่าอย่างระมัดระวัง ซึ่งจะช่วยให้เกิดความแม่นยำในการถอดปริมาณงานผนังและผิวผนัง แนวทางการจำลองอาคารที่ไม่เหมาะสม เช่น มีการทับซ้อน การไม่ศึกษาความสัมพันธ์ของคำสั่งในโปรแกรม (เช่น Join Geometry) กับปริมาณงานที่ถอดได้ การอ่านปริมาณงานที่ถอดได้ขาดหายไปหรือนับซ้ำ ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการถอดปริมาณงานผนังและผิว

ผนังได้สูงถึง ร้อยละ -23.46 ถึง 30.65 ในระหว่างที่การเลือกใช้แนวทางการจำลององค์ประกอบที่เหมาะสม เช่น สร้างขอบเขตของผนังในแนวดิ่งตามจริง การปรับขอบเขตของผิวผนังภายนอก การใช้คำสั่ง join geometry กับเสาโครงสร้าง การเลือกอ่านค่าปริมาณงานที่ถูกต้อง จะได้ปริมาณงานที่ถอดด้วยโปรแกรมใกล้เคียงกับการถอดปริมาณด้วยมือ มีความแตกต่างในการถอดปริมาณงานผนังแต่ละส่วนเพียงร้อยละ -2.12 ถึง 4.70 หรือคิดเป็นความแตกต่างในการคิดราคากลางร้อยละ 0.76 หรือ 966 บาท เทียบกับการถอดปริมาณด้วยมือครั้งที่ 2 ที่มีราคากลาง 126,898 บาท



รูปที่ 5 ผลของการเลือกใช้แนวทางจำลองอาคารด้วยวิธีที่เหมาะสมที่มีต่อปริมาณงานผนังที่ถอดได้เปรียบเทียบกับการถอดปริมาณด้วยมือ



รูปที่ 6 ผลของการเลือกใช้แนวทางจำลองอาคารด้วยวิธีที่เหมาะสมที่มีต่อการคำนวณราคากลางเปรียบเทียบกับการคำนวณราคากลางจากการถอดปริมาณด้วยมือ

7.บรรณานุกรม

วันพิชิต แก้วทอง. 2558. **คู่มือการใช้งานโปรแกรม Revit Architecture ภายใต้แนวคิด BIM (Building Information Modeling).** https://www.scribd.com/document/380706621/Revit-Architecture-2015-by-Wanpichk-แจกนักศึกษา (ธันวาคม 2558)

สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย. 2550. **แนวทางการวัดปริมาณงานก่อสร้างอาคารในส่วนงานของโครงสร้างและงานสถาปัตยกรรม.** กรุงเทพฯ: ว.ส.ท.

สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมป์. 2558. **คู่มือปฏิบัติวิชาชีพ แนวทางการใช้งานแบบจำลองสารสนเทศอาคารสำหรับประเทศไทย (Thailand BIM Guideline) ฉบับปี พ.ศ. 2558.** กรุงเทพมหานคร.

สุพฤทธิ์ ตั้งพฤทธิ์กุล และณัฐวุฒิ สวัสดิ์สุข. 2558. การใช้งานและแนวทางการผลักดัน Building Information Modeling (BIM) ในประเทศไทย. **การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 20.** วันที่ 8-10 กรกฎาคม 2558 จ.บุรีรัมย์

ศุภกิจ กิตติพงศ์ธร. 2557. **คู่มือการใช้โปรแกรม Autodesk Revit Architecture.** กรุงเทพมหานคร: :ซินเนอร์จี้ซอฟต์โซลูชั่น.

Bečvarovská, R., Matějka, P. 2014. Comparative Analysis of Creating Traditional Quantity Takeoff Method and Using A BIM Tool. **Construction Maeconomics Conference**.

Khosakitchalerta, C., Yabukib, N., and Fukudac, T. 2018. The Accuracy Enhancement of Architectural Walls Quantity Takeoff for Schematic BIM Models. **Proceedings of the 35th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC 2018),** Berlin, Germany. 777-784.

Yun, S., and Kim, S. 2013. Basic Research on BIM-Based Quantity Take-off Guidelines. **ARCHITECTURAL RESEARCH**, 15(2), 103-109.