ปัญหาการวางแผนการจัดการแบบหล่อให้เหมาะสมกับข้อจำกัดโครงการ

Formwork management planning issues to suit project constraints.

ศรดิส ธงชัยระวีวัฒน์[1] ศุภกันต์ วุฒิศาสตร์[2] ศุภณัฐ รอดอำพันธ์[3] และ รศ.ดร.วัชระ เพียรสุภาพ[4]
[1,2,3] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จ.กรุงเทพฯ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะนำเทคโนโลยี Building Information Modeling (BIM) มาช่วยในการออกแบบโครงการ การคำนวณปริมาณงาน และการวางแผนงานก่อสร้าง โดยการวางแผนงานก่อสร้างแบบหล่อเป็นงานที่สำคัญโดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับโครงการอาคารสูง เนื่องจากการวางแผนการจัดการงานแบบหล่อส่งผลกระทบต่อต้นทุนและระยะเวลาในการก่อสร้างของโครงการในหลากหลายรูปแบบ นอกจากนี้งานไม้แบบเป็นงานที่ไม่มีโมเดลสามมิติของโครงการซึ่งทำให้ไม่สามารถถอดปริมาณงานได้โดยตรง งานวิจัยนี้จึงนำเสนอแนวคิดเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ BIM เพื่อสนับสนุนการวางแผนงานแบบหล่อ โดยงานวิจัยจะแบ่งขั้นตอนการดำเนินงานออกเป็นสองส่วนคือ 1) การคำนวณข้อมูลปริมาณแบบหล่อจากโมเดล 2) การวิเคราะห์การวางแผนงานแบบหล่อ ซึ่งผู้ทำงานวิจัยจะทำการเก็บข้อมูลจากการสัมภาษณ์วิศวกรที่หน่วยงาน และนำเอาองค์ความรู้มาพัฒนาระบบ โดยงานวิจัยส่วนแรกจะเป็นการพัฒนาโปรแกรมด้วยภาษา Dynamo ที่ดึงข้อมูลออกจากโมเดลที่เกี่ยวของเพื่อคำนวณปริมาณแบบหล่อ และงานวิจัยส่วนที่สองเป็นการวิเคราะห์การวางแผนงานไม้แบบที่ทำให้ต้นทุนของงานแบบหล่อมีค่าต่ำที่สุด ผลการศึกษาพบว่าระบบสามารถคำนวณปริมาณงานแบบหล่อได้ตามพื้นที่ผิวของวัสดุและสามารถแบ่งพื้นที่การคำนวณได้ โดยผลลัพธ์ที่ได้ไม่ต่างกับการคำนวณแบบปกติ ในขณะที่ผลการวิเคราะห์ปริมาณแบบหล่อแสดงระยะเวลาการก่อสร้างและต้นทุนเพื่อให้ผู้รับเหมาสามารถเลือกการวางแผนแบบหล่อของโครงการก่อสร้าง

คำสำคัญ: แบบหล่อ, ภาษาไดนาโม , Building Information Modeling,

Abstracts

The objective of this research is to utilize Building Information Modeling technology or BIM to aid in project design. Workload calculation And construction planning Planning the construction of formwork is an important task, especially for high-rise building projects. This is because planning and management of formwork affects the cost and duration of the construction of the project in many ways. In addition, the formwork is a project that does not have a 3D model of the project, which makes it impossible to calculate the workload directly. This research presents the concept of the application of BIM to support the planning of the formwork. The researcher collected data from interviews with engineers at the agency. And bring knowledge to develop the system. The first part of the research developed a program in the dynamo language that extracted data from the related model to calculate the mold quantity. And the second part of the research is the analysis of the wood planning that resulted in the lowest cost of formwork. The results of the study revealed that the system can calculate the amount of formwork according to the surface area of the material and can divide the calculation area. Which the results obtained are not different from normal calculation While the formwork quantity analysis results show the construction duration and cost so that contractors can choose the formwork planning of the construction project.

Keyword: Formwork, Dynamo, Building Information Modelling

1.บทนำ

ในอุตสาหกรรมการก่อสร้าง แบบหล่อ (Formwork) มีหน้าที่สำคัญในการก่อสร้างและเป็นส่วนประกอบหลักของต้นทุนการก่อสร้าง โดยแบบหล่อมีหน้าที่จำกัดขอบเขตของคอนกรีตให้ขึ้นรูปตามแบบที่ต้องการ และรับน้ำหนักของคอนกรีตสด (Fresh concrete) จนทำให้คอนกรีตนั้นมีกำลังมากพอที่สามารถรับน้ำหนักของตัวคอนกรีตเองได้ ใช้สำหรับโครงสร้างของอาคาร

ปัจจุบันหลักการประมาณปริมาณแบบหล่อที่ใช้ในโครงการ มีจุดประสงค์เพื่อประเมินความเป็นไปได้และแสดงงบประมาณโดยคร่าวของโครงการ ในขณะที่ในมุมมองของผู้รับเหมานั้น การคำนวณต้นทุนในรูปแบบราคาต่อหน่วยนั้นไม่ได้ช่วยในการวางแผนงานและการกำหนดจำนวนชุดของแบบหล่อที่ใช้ในการก่อสร้าง รวมถึงยังไม่มีเครื่องมือใดที่ช่วยในการเลือกจำนวนปริมาณของแบบหล่อให้เหมาะสม ด้วยเหตุนี้ผู้ทำ

งานวิจัยจึงนำเสนองานวิจัยที่จะพัฒนาระบบที่สนับสนุนการทำงานของกระบวนการBIM ให้สามารถคำนวณปริมาณแบบหล่อ โดยการดึงข้อมูลจากBIM Model ออกมาด้วยโปรแกรมภาษา Dynamo ซึ่งจะคำนวณปริมาณพื้นที่แบบหล่อ ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ต่างๆ เพื่อให้ผู้รับเหมาสามารถวางแผนการทำงานและควบคุมงบประมาณได้ง่ายขึ้นโดยนำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์ว่าจำนวนชุดของแบบหล่อที่แตกต่างกันส่งผลต่อระยะเวลาและต้นทุนในการก่อสร้างอย่างไรบ้างเพื่อสะท้อนสภาพความเป็นจริงที่เหมาะสมของโครงการและช่วยในการนำไปใช้ในการตัดสินใจเลือกจำนวนชุดของแบบหล่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงที่สุด และในหน้างานจริงนั้นอาจเกิดปัญหาขึ้นกับแผนงานที่วางไว้ได้ตลอดเวลาโครงงานนี้จึงเป็นอีกหนึ่งตัวช่วยที่จะทำให้ผู้รับเหมาสามารถดำเนินการก่อสร้างได้ตามแผนงานและเวลาที่กำหนด

2.ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 BIM (Building Information Modeling)

นพพล อ่อนจาปี (2561) BIM คือ Building Information Modeling เป็นเทคโนโลยีใหม่ที่ถูกพัฒนาขึ้นสำหรับวงการงานสถาปัตยกรรม และการก่อสร้างที่เริ่มตั้งแต่การออกแบบอาคารไปจนถึงการก่อสร้างBIMจะเป็นการใช้ระบบคอมพิวเตอร์มาควบคุกระบวนการต่างๆระบบจะสร้างแบบจำลองเสมือนของอาคารที่แม่นยำ แบบจำลองแบบดิจิทัล อย่างการออกแบบ การเขียนแบบ การคำนวณโครงสร้าง การประมาณราคา การจัดซื้อ รวมไปถึงการวางแผนงานต่างๆ ของอาคาร

2.2 Dynamo

MICHAEL KILKELLY (2018) Dynamo เป็นเครื่องมือเขียนโปรแกรมภาพที่ทำงานร่วมกับ Revit Dynamo ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของ Revit โดยให้การเข้าถึง Revit API (Application Programming Interface) ในลักษณะที่เข้าถึงได้ง่ายขึ้น แทนที่จะพิมพ์โค้ดด้วย Dynamo โดยสามารถสร้างโปรแกรมโดยจัดการกับองค์ประกอบกราฟิกที่เรียกว่า "Node"เป็นแนวทางในการเขียนโปรแกรมที่เหมาะกับงานประเภทที่เน้นการมองเห็น เช่น สถาปนิกนักออกแบบและวิศวกร ในไดนาโมแต่ละ Node จะทำงานเฉพาะ Node มีอินพุตและเอาต์พุต เอาต์พุตจาก Node จะหนึ่งเชื่อมต่อกับอินพุตบนอีก Node หนึ่งโดยใช้ "wires" โปรแกรมหรือ "graph" ไหลจาก Node ไปยัง Node ผ่าน wires เพื่อให้ได้ผลลัพธ์การแสดงกราฟิกตามขั้นตอนที่เขียนขึ้นในโปรแกรม

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยปัจจุบันที่เกี่ยวข้องกับการใช้งาน โมเดล BIM 3 มิติ แล้วนำมาประยุกต์ใช้กับแบบหล่อในมิติต่างๆ ที่ผ่านมามีการศึกษาหลายครั้งที่นำBIM มาประยุกต์ใช้กับการออกเบบแบบหล่อ Changtaek Hyun, Chengquan Jin ,Zhenhua Shen และ Hyunjoo Kim (2016) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาระบบการออกแบบแบบหล่ออัตโนมัติ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการออกแบบแบบหล่อโดยการดึงคุณสมบัติ และ ข้อมูลจาก BIM ออกมาอัตโนมัติ โดยใช้วิเคราะห์ผ่านขั้นตอนที่พัฒนาขึ้น เพื่อเปรียบเทียบการออกแบบที่เหมาะสมที่สุดรวมถึงการเปรียบเทียบวัสดุและต้นทุนที่แตกต่างกัน จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการออกแบบแบบหล่อที่เสนอสามารถปรับปรุงความถูกต้องในการออกแบบและการประมาณต้นทุน

สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวกับการใช้ Dynamo ในการนำออกข้อมูล Chavanont khosakitchalert, Nobuyoshi Yabuki และ Tomohiro Fukuda (2019) ได้ศึกษาวิธีการปรับปรุงความแม่นยำของการนำออกของข้อมูลขององค์ประกอบที่มาจากBIM เพื่อที่จะลดการเกิดปริมาณส่วนเกินหรือปริมาณที่ขาดหายไปโดยใช้วิธีการตรวจสอบความถูกต้องผ่านกรณีที่นำเสนอเรียกว่าวิธี “BIM based compound element quantity takeoff improvement” ซึ่งมีการใช้ ภาษา Python ในการเขียน Dynamo เพื่อเปลี่ยนลักษณะพื้นผิวให้ถูกต้องในการปรับปรุงความแม่นยำ

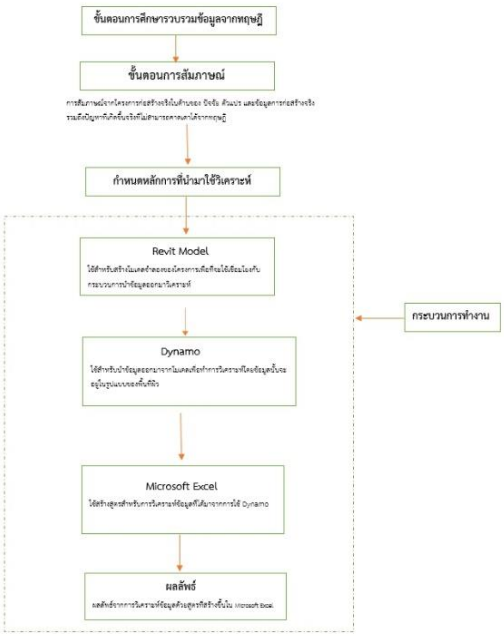
3.ระเบียบวิธีการวิจัย

3.1ลักษณะงานวิจัย

งานวิจัยเรื่องนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาหาแนวทางในการพัฒนาระบบการวางแผนในการติดตั้งงานไม้แบบให้เกิดความคุ้มค่าและมีประสิทธิภาพสูงที่สุด รวมไปถึงวิธีการช่วยลดต้นทุนของไม้แบบที่เกินความต้องการของโครงการ ซึ่งในการศึกษานั้นจะมีการใช้กระบวนการทำงาน Building Information Modeling (BIM) และ Dynamo เข้ามาช่วยในการขึ้นแบบจำลองสามมิติ และนำข้อมูลออกมาทำการวิเคราะห์และใช้งานต่อไปตามลำดับ โดยหลักการที่ใช้ในการวิเคราะห์นั้นจะมาจากการเก็บข้อมูลจากการก่อสร้างจริงโดยจะทำการเก็บข้อมูลในส่วนของวิธีการทำงานและปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในงานก่อสร้าง

3.2 แนวทางในการดำเนินงานวิจัย

ในการที่จะให้งานวิจัยนั้นประสบความสำเร็จได้จำเป็นจะต้องมีการกำหนดแบบแผนในการทำงานดังนั้นจึงเกิดการวางแผนตามแผนภาพ Flow Chart ด้านล่างนี้



รูปที่ 1 แผนผังการดำเนินงานวิจัย

3.3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1. ขั้นตอนการศึกษาค้นคว้าข้อมูลและทฤษฎีต่างๆ

ทำการสืบค้นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจากทางอินเทอร์เน็ตอาทิเช่น งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำกระบวนการBIM เข้ามาประยุกต์ใช้กับการก่อสร้าง รวมถึงทฤษฎีหรือหนังสือจากอินเทอร์เน็ต อาทิเช่น ขั้นตอนการก่อสร้างตึกสูง เพื่อที่จะใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่สามารถนำไปใช้ในงานวิจัยได้

2. ขั้นตอนการรวบรวมข้อมูลและศึกษาปัญหา

ทำการค้นหาโครงการก่อสร้างที่เป็นประเภทตึกสูงที่กำลังดำเนินการก่อสร้างอยู่ หลังจากนั้นทำการขออนุญาตเข้าไปสอบถามและสำรวจข้อมูลของโครงการนั้นเพื่อนำข้อมูลและปัญหาที่พบจริงในโครงการนั้นมาทำการวิเคราะห์ในรูปแบบของโมเดล โดยโครงการที่จะเข้าไปนั้นจะเป็นโครงการประเภทอาคารสูง หรือ High-Rise และผู้ให้สัมภาษณ์คือ Project Manager (PM) ของโครงการนั้น

3. สร้างโมเดลอาคารจำลองและนำออกข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์

- การสร้างโมเดลอาคารจำลองนั้นเพื่อที่จะใช้เชื่อมโยงกับกระบวนการนำข้อมูลออกมาวิเคราะห์และเนื่องจากการนำข้อมูลออกมานั้นจะต้องใช้ตัวโปรแกรม Dynamo ซึ่งจะทำงานร่วมกับตัวโมเดลจำลอง ดังนั้นเพื่อที่จะสามารถทำงานได้นั้นจะต้องมีแบบจำลองโมเดลก่อนและในงานวิจัยนี้เลือกสร้างโมเดลจำลองจากโปรแกรม Autodesk Revitเนื่องจาก โดยการสร้างแบบจำลองเป็นการทดลองงานแบบหล่อดังนั้นการสร้างแบบจำลองจะสร้างเฉพาะส่วนโครงสร้างและตรงตามข้อกำหนดของตึกสูง

- ขั้นตอนการนำข้อมูลออกจาก Autodesk Revit เพื่อนำมาวิเคราะห์ศึกษาการเขียนโปรแกรมDynamo เพื่อที่จะใช้ในการนำข้อมูลออกมาจากโมเดลเพื่อทำการวิเคราะห์โดยข้อมูลนั้นจะอยู่ในรูปแบบของพื้นที่ผิวของพื้นและเสาของโมเดลที่ใช้ในโครงการ และตรวจสอบความถูกต้องโดยเปรียบเทียบกับวิธีการคิดแบบปกติซึ่งจะไม่ใช้เครื่องมือเข้ามาช่วย หลังจากนั้นทำการปรับปรุงแก้ไขให้ข้อมูลมีความถูกต้องเหมาะสมกับความเป็นจริง

4. ขั้นตอนการวิเคราะห์ผล

นำข้อมูลที่ได้จากการสืบค้นและการสัมภาษณ์มาใช้ในการสร้างสูตรสำหรับใช้วิเคราะห์ด้วยโปรแกรมExcel ประกอบกับการใช้โมเดลจำลองที่สร้างขึ้นเข้ามาวิเคราะห์ร่วมกับการวิเคราะห์ที่สร้างขึ้นจากนั้นนำผลลัพธ์ที่ได้มาวิเคราะห์ว่าปริมาณไม้แบบส่งผลต่อราคาและเวลาการก่อสร้างอย่างไร

5. ขั้นตอนการสรุปผลงานวิจัย

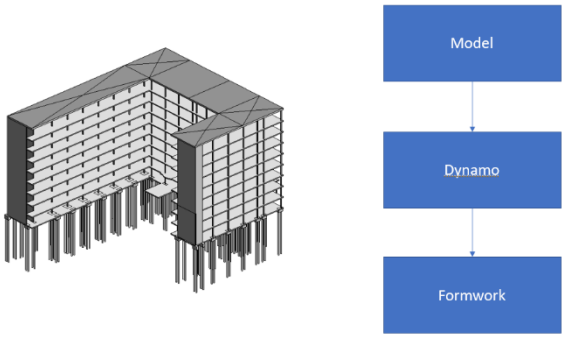
สรุปผลลัพธ์ที่ได้จากการนำโมเดลไปวิเคราะห์ร่วมกับการวิเคราะห์ที่สร้างขึ้นและเลือกการใช้งานไม้แบบที่เหมาะสมที่สุดในแง่ของเวลาและต้นทุน

4.การพัฒนาระบบงานวิจัย

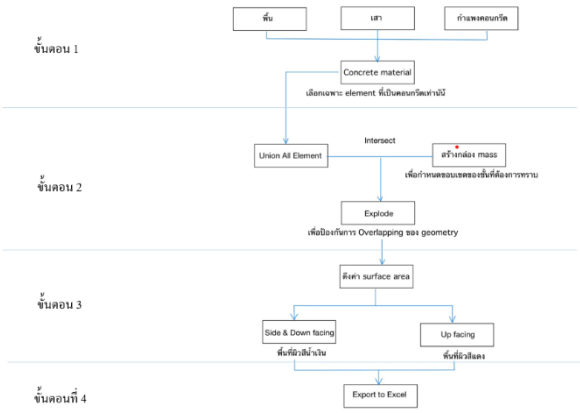
4.1การนำข้อมูลที่ต้องการออกด้วยโปรแกรม Dynamo

เนื่องจาก Dynamo เป็นเครื่องมือเขียนโปรแกรมแบบ Visual Programming ที่มีการทำงานร่วมกับโปรแกรม Revit ทำให้ผู้วิจัยสามารถใช้ Dynamo ในการคำนวณพื้นที่แบบหล่อในพื้นที่แต่ละZone ได้ดังที่ต้องการ โดยสิ่งที่ทางผู้วิจัยตองการจะเป็นพื้นที่ผิวสัมผัสที่ใช้ในการติดตั้งแบบหล่อ ซึ่งไม่สามารถถอดโดยตรงจากโปรแกรม Revit ได้จึงต้องมีการเขียน Dynamo เพื่อนำข้อมูลออกมาคำนวนในหัวข้อถัดไป

จาก Dynamo ที่ได้ทำขึ้นมี เพื่อที่จะหาพื้นที่ผิวสัมผัสของ Geometry ต่างๆ และนำไปแปลงเป็นพื้นที่ผิวสัมผัสของแบบหล่อ โดยหลักการคือ ให้โปรแกรม Dynamo ดึงข้อมูลของ Geometry ในโมเดล ได้แก่ Structural Floor, Structural Column ที่มี Material เป็นคอนกรีตแล้วเก็บไว้ในรูปของ List หลักจากนั้น โดยจะต้องหาทีละชั้นเพื่อป้องกันค่าคลาดเคลื่อนจากการ overlapping ของ Geometry ของโมเดล โดยใช้ Mass ที่จะต้องสร้างขึ้นมาเป็นตัวกำหนดขอบเขตของแต่ละชั้น หลังจากนั้นจึงระบุระนาบของผิวสัมผัสด้วยเวคเตอร์ เพื่อที่จะบอก Side Facing, Down Facing และ Up Facing เพื่อในไปคำนวณหาพื้นที่ผิวสัมผัสของแบบหล่อพื้น และแบบหล่อเสา



รูปที่ 2 หลักการทำงานของโปรแกรม

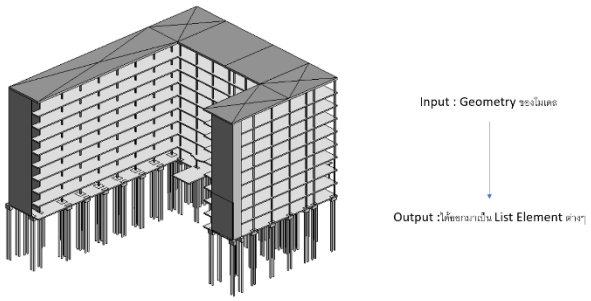


รูปที่ 3 หลักการทำงานของโปรแกรม Dynamo

โดยหลักการของตัวโปรแกรมจะแบ่งออกเป็นส่วนหลัก 4 ส่วน

1. *ส่วนที่ดึงข้อมูลพื้นที่ผิวสัมผัสสำหรับ Structural Floor และ Structural Column*

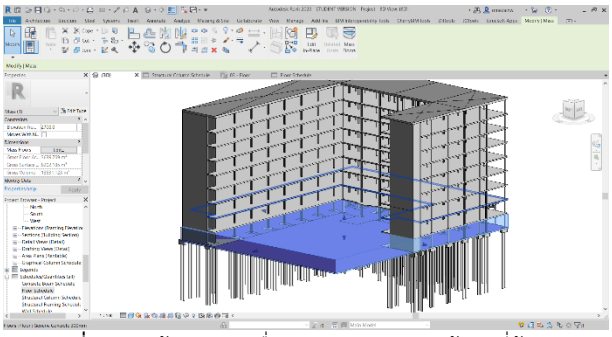
โดยหลักการในส่วนนี้คือจะดึงให้ Dynamo ดึงข้อมูลในส่วนของ Structural Floor และ Structural Column เพื่อเปลี่ยนเป็น List



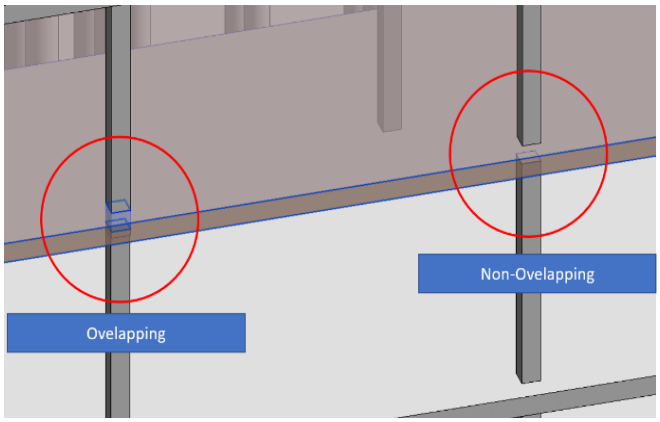
รูปที่ 4 Input และ Output ที่ได้จาก Dynamo ในขั้นตอนที่ 1

2. กำหนดขอบเขตข้อมูลของ Geometry ในแต่ละชั้นเพื่อป้องกันการ Overlapping ผ่าน Mass

เนื่องจากในขั้นตอนที่ 1 การดึงข้อมูลออกมาเป็นการดึงออกมาทุกชั้นของโมเดล ซึ่งในขั้นตอนที่ 2 นี่จะเป็นการกำหนดขอบเขตเพื่อดึงข้อมูลของแต่ละชั้นออกมีซึ่งวิธีนี่จะแก้ปัญหาในเรื่องของการคำนวนคลาดเคลื่อนจากการที่ Geometry ในโมเดลมีการ Overlapping หรือการซ้อนทับกัน ซึ่งจะให้ค่าที่มีความแม่นยำมากขึ้น



รูปที่ 5 การสร้าง Mass เพื่อกำหนดขอบเขตของข้อมูลที่ต้องการ

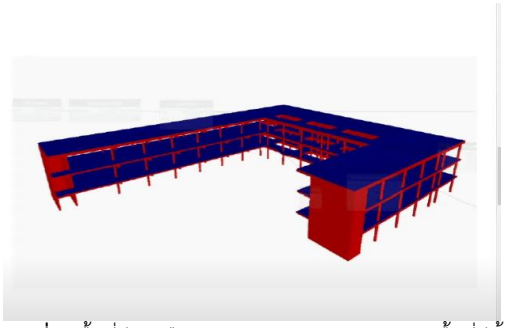


รูปที่ 6 ตัวอย่างการเกิด Overlapping

3. การระบุระนาบของผิวสัมผัสของ Geometry เพื่อจะเปลี่ยนเป็นพื้นที่ผิวสัมผัสแบบหล่อ ด้วย Vector

ขั้นตอนนี้คือการระบบระนาบของตัว Geometry ด้วย Vector เพื่อที่จะระบุ Side Facing, Down Facing และ Up Facing เพื่อในไปคำนวณหาพื้นที่ผิวสัมของแบบหล่อพื้น และ แบบหล่อเสา โดยจะกำหนด Vector U,V ให้เป็นจุดศูนย์กลางของ Geometry ต่างๆ เพื่อเป็นจุดอ้างอิง

หลังจากทราบระนาบของ Geometry แล้วรวมผลรวมของพื้นที่ผิวสัมผัสที่มีสีน้ำเงินซึ่งเป็นผิวสัมผัสของแบบหล่อแล้วเตรียมส่งข้อมูลออกไปยัง Spreadsheet



รูปที่ 7 พื้นที่สีแดงคือ Side & Down Facing และ พื้นที่สีน้ำเงินคือ Up facing

4.การนำออกข้อมูลจากโปรแกรม Dynamo ไปยัง Spreadsheet ผ่านโปรแกรม Excel

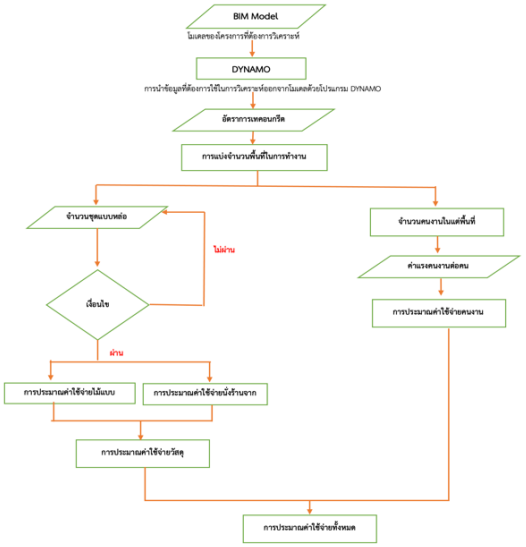
ข้อจากข้อมูลที่ได้มาจากขั้นตอนที่ 3 เป็นข้อมูลพื้นที่ผิวสัมผัสแล้ว จึงนำออกเพื่อไปทำเป็น Spreadsheet และวิเคราะห์ต่อในหัวข้อที่ 4.4 ผ่านโปรแกรม Excel โดยข้อมูลที่ได้รับในขั้นตอนสุดท้ายจะเป็น Floor Formwork Area และ Column Formwork Area

เปรียบเทียบผลลัพท์ที่ได้จากการคำนวนของโปรแกรม Dynamo กับการคำนวนปกติ จาก Floor Formwork Area ที่ได้จาก Dynamo มีค่า 1726.200165 ตารางเมตร จากการคำนวนปกติมีค่า 1726.3 ตารางเมตร

ซึ่ง 2 วิธีมีความคลาดเคลื่อนน้อยมากกว่า 0.001% และจาก Column Formwork Area ที่ได้จาก Dynamo มีค่า 270.72 ตารางเมตร จากการคำนวนปกติมีค่า 264.4 ตารางเมตร ซึ่ง 2 วิธีมีความคลาดเคลื่อนต่างกันประมาณ 2.3903%

4.2 การวิเคราะห์ความเหมาะสมของจำนวณชุดแบบหล่อที่ใช้ในโครงการก่อสร้าง

หลักการวิเคราะห์ต้นทุนเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณแบบหล่อที่เหมาะสมกับโครงการ สามารถอธิบายโดยใช้แผนภาพในการอธิบายและแสดงขั้นตอนวิธีการทำงานเพื่อให้ได้ข้อแตกต่างที่จะใช้ในการวิเคราะห์หาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด ดังนี้



รูปที่ 8 แผนผังวิเคราะห์ความเหมาะสมของจำนวณชุดแบบหล่อ

1. ข้อมูลพื้นฐานสำหรับวิเคราะห์ต้นทุนแบบหล่อ

ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการวิเคราะห์ต้นทุนแบบหล่อ มีลักษณะตามรูปแบบอาคารและทรัพยากรของผู้รับเหมาที่ดำเนินการก่อสร้าง โดยแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. ประเภทข้อมูลที่มาจากโมเดลสามมิติ ซึ่งเป็นผลลัพธ์การจากพัฒนาโปรแกรมด้วยภาษา Dynamo ได้แก่ ข้อมูลพื้นที่โครงการ จำนวนชั้น พื้นที่ของแบบหล่อชนิดพื้นและเสา เป็นต้น

2. ประเภทข้อมูลพื้นฐานจากผู้ใช้งานด้านขีดจำกัดของโครงการเช่น เวลาการทำงานสูงสุดของโครงสร้าง หรือ อัตราส่วนปริมาณแบบหล่อที่ต้องการวิเคราะห์

2. การกำหนดจำนวนชุดแบบหล่อ

การกำหนดตัวเลือกของปริมาณแบบหล่อโดยมีตัวเลือกเปอร์เซ็นต์ของจำนวนแบบหล่อพื้นและเสาดังนี้ ปริมาณแบบหล่อพื้น 100%, 150%, 200% ปริมาณแบบหล่อเสา 50%, 100% ซึ่งเปอร์เซ็นต์ของแบบหล่อจะมีความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการทำงาน จำนวนคนงาน และ ราคาวัสดุของแบบหล่อที่ใช้ในโครงการ เช่น แบบหล่อเสามีตัวเลือกระหว่าง 100% และ 50 % โดยการลดเปอร์เซ็นต์เป็นการลดราคาวัสดุในขณะที่ต้องเพิ่มเวลาการก่อสร้างต่อชั้นขึ้น

3. การประมาณราคาวัสดุ

หลังจากกำหนดจำนวนชุดแบบหล่อโมเดลการวิเคราะห์จะคำนวณค่าใช้จ่ายในส่วนของแบบหล่อทั้งในส่วนของค่าวัสดุแบบหล่อ และ ค่าวัสดุนั่งร้าน โดยการประมาณค่าวัสดุนั่งร้านประมาณปริมาณจำนวนนั่งร้านประมาณจาก ความกว้าง ความยาว ความสูง และ พื้นที่โครงการ ส่วนจำนวนชุดแบบหล่อประมาณจากจำนวนชุดแบบหล่อที่เลือกโดยผู้ใช้งานตามหัวข้อการกำหนดจำนวนชุดแบบหล่อ

4. การประมาณต้นทุนที่เกิดจากแรงงาน

การประมาณจำนวนแรงงานสามารถประมาณได้จากพื้นที่การทำงานโดยการแบ่งจำนวณพื้นที่การทำงาน ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย สำหรับงานวิจัยนี้ได้ใช้ปริมาณในการเทคอนกรีตในการกำหนดพื้นที่โดยถ้าปริมาณคอนกรีตในการใช้ต่อวันมากสุดไม่เกินปริมาณคอนกรีตที่สามารถเทได้ต่อวันสามารถแบ่งเป็นพื้นที่เดียวทั้งโครงการได้แต่หากปริมาณคอนกรีตที่ใช้ต่อวันมากกว่าความสามารถในการเทได้ต่อวันต้องแบ่งพื้นที่ให้แต่ละพื้นที่ใช้ปริมาณคอนกรีตไม่เกินความสามารถปริมาณคอนกรีตที่เทได้ต่อวันการแบ่งพื้นที่เพื่อประมาณจำนวนคนงานสามารถใช้การประมาณจากการเก็บข้อมูลหรือผู้ใช้งานสามารถกำหนดจำนวนคนงานที่ต้องการในโครงการได้ รวมถึงสามารถคำนวณค่าแรงงานได้

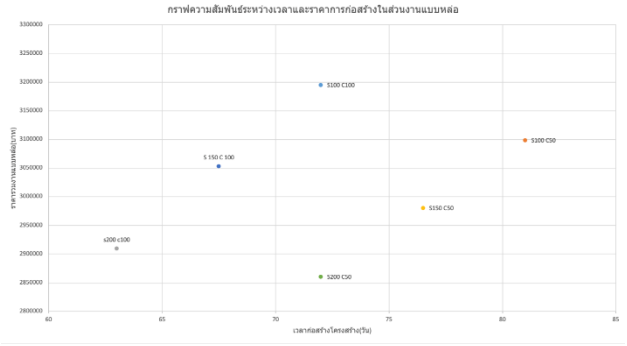
5. เงื่อนไขการทำงาน

นอกจากนี้โมเดลจะทำการตรวจสอบเงื่อนไขการทำงานโดยจะแบ่งเงื่อนไขในการตรวจสอบเป็น 2เงื่อนไข คือเงื่อนไขเวลาในการก่อสร้างส่วนของโครงสร้างและเงื่อนไขตรวจสอบจำนวนคนงาเพียงพอต่อการทำงานติดตั้งและรื้อถอนแบบหล่อหรือไม่โดยในส่วนของการตรวจสอบเวลาในการก่อสร้างจะคำนวนจากเวลาที่ใช้ในการทำงานต่อชั้นของโครงสร้างซึ่งจะแปรผันกับเปอร์เซ็นต์ของแบบหล่อและคนงานที่ใช้ในการก่อสร้าง โดยจะตรวจสอบว่าเวลาที่ใช้ในการก่อสร้างเกินเวลาที่กำหนดใน แผนการทำงานหรือไม่ และเงื่อนที่สองคือการตรวจสอบจำนวนคนงานเมื่อคำนวนอัตราการติดตั้ง และรื้อถอนจากการเก็บข้อมูล และว่าเพียงพอต่อเวลาที่ใช้หรือไม่

%Slabs	%Column	ค่าใช้จ่ายรวม	ค่าแรงคนงาน	ค่าวัสดุ	เวลาต่อชั้น	เวลารวมโครงการ
100	100	3194842.2	1706400	1488442.2	8	72
100	50	3098262.23	1919700	1178562.23	9	81
150	100	3052785.29	1599750	1453035.29	7.5	67.5
150	50	2979969.33	1813050	1166919.33	8.5	76.5
200	100	2909302.36	1493100	1416202.36	7	63
200	50	2860250.41	1706400	1153850.41	8	72

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบจากโมเดลสามมิติตัวอย่าง

4.3 ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผล

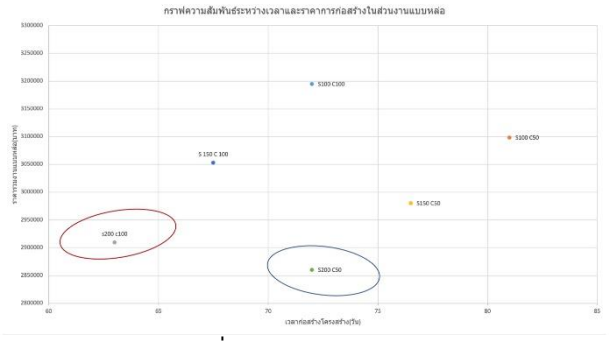


รูปที่ 9 การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการก่อสร้างและราคาการก่อสร้างในงานแบบหล่อ

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการก่อสร้างและต้นทุนของโครงการ การก่อสร้างในส่วนโครงสร้างจะเป็นการรวมกันของราคาค่าวัสดุและราคาแรงงาน จะเห็นได้ว่า ระยะเวลาในการก่อสร้างเรียงลำดับจากมากไปน้อยเป็น S200 c100 < s150 c100 < s200 c50 = s100 c100 < s150 c50 < s100 c50 และเรียงลำดับจากราคาตลอดการก่อสร้างเป็น s200 c50 < s200 c100 < s150 c50 < s150 c100 < s100 c50 < s100 c100

ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ สังเกตุได้ว่าราคาการใช้แบบหล่อพื้น 200 เปอร์เซ็นต์ จะมีราคาถูกที่สุด ตามด้วย แบบหล่อพื้น 150เปอร์เซ็นต์ และแบบหล่อพื้น 100เปอร์เซ็นต์ เหตุผลที่ปริมาณแบบหล่อที่เพิ่มขึ้นแต่ราคางานในส่วนแบบหล่อกลับลดลงเนื่องการเพิ่มปริมาณแบบหล่อทำให้ประหยัดการเวลาการทำงานทำให้เวลาการทำงานลดลงส่งผลต่อค่าใช้จ่ายที่แปรผันตรงต่อเวลาการทำงานลดลงเช่นกันหมายความว่าโครงการนี้มีความคุ้มค่าที่จะเพิ่มปริมาณแบบหล่อพื้นเป็น 200 เปอร์เซ็นต์เพื่อประหยัดเวลาการทำงานและราคาค่าก่อสร้างสำหรับงานในส่วนแบบหล่อ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลจากกราฟ ทางผู้วิจัยจึงได้สรุปว่าการใช้แบบหล่อพื้น 200เปอร์เซ็นต์ มีความคุ้มค่าที่สุด ส่วนในเรื่องของแบบหล่อเสา ระหว่าง 100 เปอร์เซ็นต์ กับ 50 เปอร์เซ็นต์ เป็นทางเลือกสำหรับผู้ใช้งานว่าต้องการว่าต้องการเลือกกรณีที่ต้นทุนต่ำกว่า หรือ ระยะเวลาการก่อสร้างน้อยกว่า ในกรณีที่ระยะการก่อสร้างมีจำกัด จะเห็นว่ากรณีแบบหล่อเสา 100 เปอร์เซ็นต์จะมีต้นทุนที่แพงกว่าแบบหล่อเสา 50 เปอร์เซ็นต์ ประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ แต่ระยะเวลาการทำงานจะน้อยกว่าประมาณ 12.5 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 10 กราฟสรุปผลงานวิจัย

5. บทสรุป

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษา พัฒนาระบบการคำนวณข้อมูลปริมาณแบบหล่อจากโมเดล BIM และดึงข้อมูลที่จำเป็นในการใช้วิเคราะห์การวางแผนงานแบบหล่อ เพื่อนำมาใช้พัฒนาระบบที่ใช้วิเคราะห์การววางแผนแบบหล่อให้สอดคล้องกับทรัพยากรที่มีของโครงการพบว่า

การคำนวณข้อมูลปริมาณแบบหล่อและนำข้อมูลที่จำเป็นออกด้วยการใช้ โปรแกรม Dynamo ผลลัพธ์จากการพัฒนาระบบ สามารถคำนวนพื้นที่แบบหล่อโดยสามารถแยกพื้นที่เสา และ พื้น โดยสามารถกำหนดให้คำนวณพื้นที่เฉพาะส่วนในพื้นที่ที่กำหนดไว้ได้ รวมถึง ดึงข้อมูลที่นำมาใช้วิเคราะห์ต่อได้สะดวกยิ่งขึ้น นอกจากนี้ความแม่นยำในการคำนวนพื้นที่แบบหล่อของพื้น และ เสาได้ค่าที่ใกล้เคียงกับการคำนวณที่ใช้เพื่อการตรวจสอบ

การวิเคราะห์ปริมาณแบบหล่อเพื่อวางแผนงานแบบหล่อด้วยการใช้โปรแกรม Microsoft Excel ได้ผลลัพธ์คือเวลาการทำงานในส่วนของโครงสร้าง และ ราคา โดยสามารถนำผลลัพธ์ที่ได้มาพล็อตกราฟเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณแบบหล่อที่เหมาะสมสำหรับโครงการที่สุด

เนื่องจากรูปแบบของทรัพยากรและความเหมาะของโครงการแต่ละโครงการมีความแต่ต่างกันหรือมีความจำเพาะของโครงการเองการพัฒนาระบบที่ใช้วิเคราะห์สามารถช่วยในการตัดสินใจวางแผนแบบหล่อให้เหมาะสมแตกต่างกันไปขึ้นกับข้อกำหนดของโครงการที่มี

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปริญญานิพนธ์เล่มนี้ได้รับความกรุณาเป็นอย่างสูงจาก รศ.ดร.วัชระ เพียรสุภาพ ในการให้คำแนะนำในด้านความรู้และข้อบกพร่องต่างๆ รวมถึงคอยดูแลให้คำปรึกษาตลอดระยะเวลาที่ดำเนินการจัดทำโครงงานจนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับแหล่งข้อมูลและแหล่งการเรียนรู้สำหรับศึกษาค้นคว้าข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการดำเนินงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] วชรภมิ เบญจโอฬาร. (2554). ปัจจัยที่มีผลต่อการจัดการงานก่อสร้างยั่งยืนของผู้รีบเหมาในจังหวัดตราด. นครราชสีมา. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

[2] Kaveh, A., & Behnam, A. F. (2012). Cost optimization of a composite floor system, one-way waffle slab, and concrete slab formwork using a charged system search algorithm. Scientia Iranica, 19(3), 410-416.

[3] Rajeshkumar, V., Anandaraj, S., Kavinkumar, V., & Elango, K. S. (2021). Analysis of factors influencing formwork material selection in construction buildings. Materials Today: Proceedings, 37, 880-885.