

## แนวทางประยุกต์ใช้แบบจำลอง BIM ของเหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อน สำหรับโครงการก่อสร้างอาคารเหล็กโมดูลาร์ซึ่งใช้การออกแบบเพื่อการผลิตและประกอบ

### BIM application framework of hot rolled structural steel for modular steel construction projects using design for manufacturing and assembly (DfMA)

ฉัตรภัส แสงรัตนรัฐ และ อาจารย์ที่ปรึกษาวิระศักดิ์ ลิขิตเรืองศิลป์

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

#### บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการศึกษาแนวทางการประยุกต์ใช้แบบจำลอง Building Information Modeling (BIM) สำหรับโครงการก่อสร้างอาคารเหล็กโมดูลาร์ที่ใช้แนวคิด Design for Manufacture and Assembly (DfMA) ในบริบทประเทศไทย เพื่อวิเคราะห์และสรุปแนวทางการประยุกต์ใช้แบบจำลอง BIM สำหรับโครงการก่อสร้างอาคารเหล็กโมดูลาร์ที่ใช้ DfMA โดยเฉพาะที่เหมาะสมกับบริบทของประเทศไทย โดยเลือกใช้โครงสร้างเหล็กรูปพรรณรีดร้อน (Hot-Rolled Steel) เป็นกรณีศึกษา เนื่องจากมีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับการผลิตในโรงงาน ประกอบง่าย และควบคุมคุณภาพได้ดี งานวิจัยมุ่งหวังให้ได้แนวทางที่สามารถนำไปใช้จริงกับอุตสาหกรรมก่อสร้างในประเทศ โดยอิงจากมาตรฐานสากลที่ได้รับการยอมรับของประเทศไทย และสหราชอาณาจักร มุ่งเน้นที่การศึกษาเฉพาะโครงสร้างหลักของอาคารโมดูลาร์แบบ 3D volumetric ที่ใช้เหล็กรูปพรรณรีดร้อน จากการศึกษาพบว่า ขั้นตอนแรกควรมีวงรอบแนวคิดของโครงการใช้แนวคิด Design for Manufacture and Assembly และมีกระบวนการประยุกต์ใช้ BIM Model สำหรับโครงการก่อสร้างเหล็กโมดูลาร์ซึ่งใช้ DfMA ขั้นตอน ได้แก่ การวางแผนโครงการและกำหนดแนวทาง DfMA, การออกแบบเบื้องต้นในระดับแนวคิด, การพัฒนาแบบจำลองสำหรับการผลิตจริง, การเชื่อมโยงแบบจำลองกับห่วงโซ่อุปทานและการผลิต, การจัดซื้อจัดจ้างและการติดตั้ง และการส่งมอบข้อมูลและการใช้ในงานบริหารอาคาร ทั้งนี้ใช้กรณีศึกษาโครงการจริงจากบริษัท Modern Modular Co., Ltd. พร้อมจัดทำแบบสอบถามและบทสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญในอุตสาหกรรมเพื่อประเมินแนวทางที่พัฒนา โดยสรุปแนวทางที่พัฒนาขึ้นสามารถช่วยส่งเสริมการวางแผนและจัดการข้อมูลในงานออกแบบ การผลิต และการประกอบในระบบโมดูลาร์ได้อย่างมีลำดับขั้นตอนมากขึ้น โดยเฉพาะในโครงสร้างเหล็กรูปพรรณรีดร้อน ซึ่งเหมาะสมกับการผลิตซ้ำในโรงงาน และสามารถนำแบบจำลอง BIM ไปประยุกต์ใช้เพื่อสนับสนุนการสื่อสารและประสานงานในโครงการได้ดีขึ้น

**คำสำคัญ:** BIM, เหล็กรูปพรรณรีดร้อน, Modular Construction, DfMA, การประยุกต์ใช้, ประเทศไทย

#### Abstract

This study investigates the BIM application framework of hot rolled structural steel for modular steel construction projects using design for manufacturing and assembly (DfMA) in the context of Thailand. The objective is to analyze and establish an appropriate framework for applying Building Information Modeling (BIM) to modular construction that utilizes hot rolled structural steel, suitable for prefabrication, ease of assembly, and quality control. The study aims to propose a framework applicable to Thailand's construction industry based on internationally recognized standards from Singapore and the United Kingdom, focusing on the structural system of 3D volumetric modular buildings. The BIM application process comprises six steps: (1) project planning and defining the DfMA direction, (2) conceptual design development, (3) development of production-ready BIM models, (4) integration of BIM models with the supply chain and manufacturing process, (5) procurement and on-site installation, and (6) data delivery and facility management. A real-world case study of a modular single-detached house project by Modern Modular Co., Ltd. was selected, and the proposed framework was evaluated through expert interviews and questionnaires. In conclusion, the developed framework supports structured planning and information management across design, production, and assembly, and highlights the potential of BIM to improve communication and coordination among stakeholders.

**Keywords:** BIM, Hot Rolled Structural Steel, Modular Construction, DfMA, BIM Application Framework, Thailand

## 1 บทนำ

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมก่อสร้างของไทยได้นำเทคโนโลยีสมัยใหม่ต่าง ๆ มาใช้ในแต่ละขั้นตอนตลอดวงจรชีวิตของโครงการ (project life cycle) ตั้งแต่ระยะวางแผนและออกแบบ ระยะก่อสร้าง รวมถึงระยะดำเนินการและบำรุงรักษา เทคโนโลยีเหล่านี้มีส่วนช่วยเพิ่มผลผลิตภาพงานก่อสร้าง (construction productivity) และช่วยขจัดปัญหาอุปสรรคต่าง ๆ ระหว่างการทำงานเป็นอย่างมาก กว่าการสร้างที่ผ่านมาการจำลองสารสนเทศอาคาร (Building Information Modeling, BIM) เป็นเทคโนโลยีดิจิทัลหนึ่งซึ่งถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมก่อสร้างของไทย แบบจำลอง BIM (BIM model) ซึ่งเป็นผลผลิต (product) ที่สำคัญของ BIM มีส่วนช่วยให้กระบวนการออกแบบ ก่อสร้าง และดำเนินการเป็นไปอย่างราบรื่น อีกทั้งยังช่วยให้ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในโครงการ (project stakeholders) สามารถนำข้อมูลสารสนเทศที่เกี่ยวข้องมาใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ สำหรับประเทศไทย BIM มักจะถูกนำไปใช้ (implement) ในโครงการก่อสร้างอาคารขนาดใหญ่เป็นส่วนใหญ่ อย่างไรก็ตามในประเทศที่มีความก้าวหน้าด้าน BIM เช่น ประเทศสิงคโปร์ BIM ยังถูกนำไปใช้ในโครงการก่อสร้างนอกสถานที่ก่อสร้าง (off-site construction) เป็นอย่างมาก กระบวนการในโครงการก่อสร้างประเภทนี้จะถูกดำเนินการในโรงงานเป็นหลัก ตัวอย่างเช่น ในโครงการก่อสร้างเหล็กมอดูลาร์ (modular steel) การผลิต (manufacturing) และการประกอบ (fabrication and assembly) เหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อนจะดำเนินการในโรงงานแล้วจึงนำชิ้นส่วน (module) ไปติดตั้งที่หน้างาน การออกแบบโครงสร้างของโครงการประเภทนี้จำเป็นต้องพิจารณากระบวนการต่าง ๆ ซึ่งดำเนินการนอกสถานที่ก่อสร้างด้วย ซึ่งมักจะเรียกกันโดยทั่วไปว่าการออกแบบเพื่อการผลิตและการประกอบ (design for manufacturing and assembly, DfMA)

จากข้างต้นจะเห็นได้ว่าการพัฒนาโครงการก่อสร้างเหล็กมอดูลาร์แตกต่างจากการพัฒนาโครงการก่อสร้างทั่วไปซึ่งกิจกรรมส่วนใหญ่ถูกดำเนินการ ณ สถานที่ก่อสร้าง (on-site construction) เป็นอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นการดำเนินการส่วนใหญ่จะเกิดที่โรงงาน ภายหลังจากชิ้นส่วนต่าง ๆ ถูกประกอบเข้าด้วยกันแล้วจึงขนส่งมาติดตั้ง ณ สถานที่ก่อสร้างโดยใช้เวลาไม่นานนัก โครงการก่อสร้างเหล็กมอดูลาร์จึงเกี่ยวข้องกับฝ่ายต่าง ๆ เป็นจำนวนมาก กระบวนการก่อสร้างทั้งหมดจะดำเนินการในสถานที่ต่าง ๆ ดังนั้นการทำงานร่วมกัน (collaboration) และการแลกเปลี่ยนสารสนเทศ (information exchange) ที่มีประสิทธิภาพจึงเป็นปัจจัยสำคัญซึ่งจะทำให้โครงการประเภทนี้ประสบความสำเร็จ แบบจำลอง BIM เป็นแบบจำลองสามมิติเสมือนจริงซึ่งสามารถบรรจุข้อมูลสารสนเทศที่จำเป็น ถือเป็นเครื่องมือที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพสำหรับสนับสนุนการพัฒนาเหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อนสำหรับโครงการก่อสร้างเหล็กมอดูลาร์ซึ่งใช้แนวทาง DfMA อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนผ่านการก่อสร้างแบบทั่วไปที่หน้างานไปสู่การออกแบบเพื่อการผลิตและการประกอบ ไม่สามารถทำได้โดยง่ายด้วยปัจจัยต่าง ๆ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีความเหมาะสมกับแนวทางประยุกต์ใช้แบบจำลอง BIM ของเหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อนสำหรับโครงการก่อสร้างเหล็กมอดูลาร์ซึ่งใช้แนวทาง DfMA ในประเทศไทยโดยเฉพาะ

## 2 การทบทวนวรรณกรรม

### 2.1 เหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อน

เหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อน (Hot-Rolled Structural Steel) เป็นวัสดุโครงสร้างหลักที่ผลิตด้วยกระบวนการรีดร้อน ทำให้ได้ชิ้นงานที่มีความแข็งแรงสูงและรูปร่างมาตรฐานตามข้อกำหนด ASTM และ JIS เหล็กประเภทนี้มีคุณสมบัติทางกลที่โดดเด่นทั้งในด้านความทนทานและความยืดหยุ่น จึงเหมาะสำหรับใช้งานในโครงสร้างอาคารและงานวิศวกรรมที่ต้องการรับน้ำหนักมาก

### 2.2 Design for Manufacturing and Assembly (DfMA)

DfMA (Design for Manufacturing and Assembly) เป็นแนวทางการออกแบบที่มุ่งลดความซับซ้อนของโครงสร้าง ลดต้นทุนการผลิตและประกอบชิ้นส่วน โดยกำหนดความสูญเสียไปในการกระบวนการออกแบบ ซึ่งสอดคล้องกับหลักการ Lean Manufacturing นอกจากนี้ DfMA ยังใช้เป็นเครื่องมือ benchmarking และการเจรจาต่อรองกับซัพพลายเออร์

ในอุตสาหกรรมก่อสร้าง DfMA ถูกนำมาใช้เพื่อเปลี่ยนแนวทางการออกแบบโดยเน้นการผลิตชิ้นส่วนนอกไซต์งาน (Off-site construction) และการวางแผนการขนส่ง-ประกอบอย่างมีประสิทธิภาพ การใช้ BIM (Building Information Modeling) ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานแบบ DfMA โดยสร้างแบบจำลองดิจิทัลที่เชื่อมโยงข้อมูลตั้งแต่ขั้นตอนออกแบบจนถึงการปฏิบัติงานจริง ทั้งในส่วนต้นน้ำ (แนวคิดออกแบบ) และปลายน้ำ (การจัดซื้อการผลิต และการติดตั้ง) [1]

### 2.3 การบูรณาการ BIM และการก่อสร้างแบบโมดูลาร์

#### 2.3.1 ข้อดีของการบูรณาการ BIM และการก่อสร้างแบบโมดูลาร์

BIM มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาและบริหารจัดการโครงการก่อสร้างแบบโมดูลาร์ สามารถสร้างแบบจำลองสามมิติที่มีข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับองค์ประกอบต่าง ๆ ของอาคาร รวมถึงการคำนวณปริมาณวัสดุและต้นทุนที่แม่นยำ ช่วยให้กระบวนการออกแบบและการผลิตโมดูลเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น นอกจากนี้ BIM ยังช่วยให้เกิดการทำงานร่วมกันระหว่างวิศวกร สถาปนิก และผู้รับเหมาลดข้อผิดพลาดในการออกแบบ และช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพในกระบวนการก่อสร้างโดยรวม

#### 2.3.2 อุปสรรคในการนำ BIM มาใช้กับการก่อสร้างแบบโมดูลาร์

อุปสรรคสำคัญได้แก่ ต้นทุนเริ่มต้นที่สูงสำหรับการพัฒนาและใช้งานระบบ BIM ซึ่งรวมถึงการลงทุนในซอฟต์แวร์ ฮาร์ดแวร์ และการฝึกอบรมบุคลากร นอกจากนี้ยังมีความท้าทายด้านมาตรฐานและการทำงานร่วมกัน เนื่องจากการก่อสร้างแบบโมดูลาร์ต้องอาศัยการประสานงานที่แม่นยำระหว่างหลายฝ่าย และหากไม่มีมาตรฐานกลางที่เป็นที่ยอมรับ อาจเกิดปัญหาในการแลกเปลี่ยนข้อมูลและการสื่อสารในโครงการได้ อีกปัจจัยหนึ่งที่เป็นอุปสรรคคือ การต่อต้านการเปลี่ยนแปลง (Resistance to Change) ในอุตสาหกรรมก่อสร้างที่ยังคงใช้วิธีดั้งเดิมเป็นหลัก การเปลี่ยนไปใช้ BIM และโมดูลาร์ต้องอาศัยการเปลี่ยนแปลงทางวัฒนธรรมองค์กรและกระบวนการทำงาน ซึ่งอาจเผชิญกับความท้าทายในการปรับตัวของบุคลากร [1]

## 2.4 A BIM-based approach for DfMA in building construction

การนำเสนอความสำคัญของการผสาน BIM (Building Information Modeling) กับ DfMA (Design for Manufacture and Assembly) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการก่อสร้าง โดยเฉพาะในบริบทของการก่อสร้างแบบออฟไซต์ (off-site construction) โดยมีการอ้างอิงถึงการใช้งาน DfMA ในสหราชอาณาจักรและสิงคโปร์ ซึ่งเป็นตัวอย่างของการนำแนวคิดนี้มาใช้ในระดับสากล

### 2.4.1 แผนผังการดำเนินงาน (Process Matrix)

มีลำดับขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

- 1) Client Brief & Feasibility กำหนดความต้องการของผู้ว่าจ้าง (Functional + Performance Requirements), ศึกษาความเป็นไปได้เชิงเทคนิคและเศรษฐกิจ, พิจารณาว่าโครงการเหมาะกับ DfMA หรือไม่
- 2) Concept Design (แนวคิด + โมดูล) ออกแบบโมดูล (Modular Thinking), ใช้ BIM เพื่อจำลอง massing, รูปแบบ layout และ spatial coordination รวมถึงพิจารณาการผลิตนอกไซต์ตั้งแต่วิธีดำเนินการ
- 3) Design Development (แบบพัฒนา + BIM Coordination) เชื่อมโยงแบบโมดูลกับมาตรฐานการผลิต, ตรวจสอบ clash detection และใช้ BIM เป็นตัวกลางในการสื่อสารข้อมูล, ประเมินงบประมาณและตารางเวลาเบื้องต้น
- 4) Technical Design (แบบเทคนิคเพื่อการผลิต) สร้างแบบจำลองรายละเอียดสูง (LOD สูง), รวมข้อมูล: สเปควัสดุ, วิธีการเชื่อมต่อ, รายละเอียดสำหรับการผลิต (fabrication-ready model), เริ่มประสานงานกับผู้ผลิตหรือผู้รับเหมา (Supply Chain)
- 5) Procurement & Contracting จัดเตรียมข้อมูลเชิงเทคนิคจาก BIM เพื่อออก TOR หรือข้อกำหนดการจัดซื้อ, พิจารณารูปแบบสัญญาที่เหมาะสมกับ DfMA (เช่น supply+install), คัดเลือกผู้ผลิต/ผู้รับเหมาที่มีความเชี่ยวชาญ DfMA
- 6) Manufacturing (การผลิตนอกไซต์) ผู้ผลิตใช้แบบจำลอง BIM เพื่อควบคุมการผลิต (e.g. CNC, Prefab) และตรวจสอบคุณภาพก่อนส่งมอบ (Quality Check)
- 7) Logistics (ขนส่ง) วางแผนการขนส่งตามลำดับการติดตั้งจริง และพิจารณาการจัดการพื้นที่ไซต์และการเข้าถึง
- 8) On-site Assembly (ติดตั้ง) ติดตั้งโมดูลหรือองค์ประกอบสำเร็จรูปตามลำดับ, ใช้ BIM เพื่อควบคุมตำแหน่งและลำดับลดการตัดปรับหรือการทำงานซ้ำ
- 9) Handover & Lessons Learned สร้าง Digital Handover ผ่าน BIM (As-built) และสรุปบทเรียนจากกระบวนการสำหรับการปรับใช้ในโครงการถัดไป [2]

## 2.5 แนวคิดการดำเนินงาน

มุ่งเน้นการพัฒนาแนวทางการประยุกต์ใช้แบบจำลองข้อมูลอาคาร (Building Information Modeling: BIM) ร่วมกับแนวคิดการออกแบบเพื่อการผลิตและประกอบ (Design for Manufacture and Assembly: DfMA) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการออกแบบและก่อสร้างสำหรับระบบอาคารเหล็กโมดูลาร์ในบริบทของ

ประเทศไทย โดยเริ่มจากการศึกษาทฤษฎีและแนวปฏิบัติจากคู่มือมาตรฐานของประเทศที่มีการประยุกต์ใช้ DfMA อย่างกว้างขวาง เช่น ประเทศสิงคโปร์และสหราชอาณาจักร จากนั้นจึงนำแนวคิดดังกล่าวมาวิเคราะห์ เพื่อสรุปแนวทางการประยุกต์ใช้แบบจำลอง BIM ของเหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อน

## 3 ระเบียบวิธีวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยเรื่องแนวทางประยุกต์ใช้แบบจำลอง BIM ของเหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อนสำหรับโครงการก่อสร้างอาคารเหล็กโมดูลาร์ ซึ่งใช้การออกแบบเพื่อการผลิตและประกอบ มีขั้นตอนโดยสังเขปดังนี้

### 3.1 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี ข้อจำกัด และแนวทางการใช้แบบจำลอง BIM

#### 3.1.1 Singapore BIM Guide (Version 2) [3]

- การวางแผนการปฏิบัติงานด้วย BIM (BIM Execution Plan)
- ผลผลิตของ BIM ที่ควรจะได้ (BIM Deliverables)
- องค์ประกอบของแบบจำลอง (BIM Elements)
- ตารางวัตถุประสงค์และความรับผิดชอบของ BIM (BIM Objective & Responsibility Matrix)
- การคิดค่าบริการการสร้างแบบจำลอง (BIM Modelling)
- กระบวนการทำงานร่วมกัน (Collaboration)
- การผลิตเอกสาร (Documentation Production)
- การเก็บรักษาข้อมูล
- การควบคุมคุณภาพ และวิชาชีพ BIM

#### 3.1.2 Information management according to BS EN ISO 19650

Guidance Part 1: Concepts กำหนดหลักการและข้อกำหนดของการจัดการข้อมูล ภายใต้บริบทของการเปลี่ยนผ่านสู่ระบบดิจิทัล (Digital transformation) ซึ่งแกนกลางของการเปลี่ยนแปลงนี้คือการใช้ Building Information Modelling (BIM) เป็นรากฐานของ Digital Built Britain (DBB) แนวคิดการบริหารสินทรัพย์แบบดิจิทัลทั้งระบบ (ออกแบบ – สร้าง – ใช้ – บำรุงรักษา) BIM [4]

Guidance Part 2: Processes for project Delivery อธิบายกระบวนการที่สำคัญสำหรับการส่งมอบโครงการ (Project Delivery) เพื่อให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์และสามารถนำไปปฏิบัติได้จริง โดยเน้นขั้นตอน วิธีการ และเครื่องมือที่ใช้ในการบริหารโครงการ

1. Role and the team context การทำความเข้าใจบทบาทของคุณและบริบทของทีม
2. เอกสารการแต่งตั้ง (Appointment Documents)
3. Information Management Process กระบวนการบริหารจัดการข้อมูล [5]

### 3.2 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี ข้อจำกัด แนวทางการประยุกต์ใช้แบบจำลอง BIM สำหรับโครงการก่อสร้างแบบ DfMA

### 3.2.1 BIM for DfMA (Design for Manufacturing and Assembly Essential Guide) [6]

การผสานแนวทาง DfMA กับ BIM สามารถเพิ่มการบูรณาการและประสิทธิภาพในทุกขั้นตอนของการส่งมอบโครงการ ตั้งแต่การออกแบบไปจนถึงการก่อสร้างและการใช้งาน

- ขั้นตอนและแนวทางการใช้ BIM สำหรับ DfMA รูปแบบแบบจำลอง
- กลยุทธ์โครงการ (Project Construction)
- การเปลี่ยนแปลงกระบวนการผ่าน BIM
- การพัฒนาแบบจำลอง BIM และข้อมูลที่จำเป็นในแต่ละระยะเวลาโครงการ
- กระบวนการในการดำเนินการ BIM สำหรับ DfMA

### 3.2.2 DfMA Overlay to the RIBA Plan of Work (2nd Edition) [7]

- Offsite construction / Modern Methods of Construction (MMC)
- RIBA Plan of Work
- การวางแผนการแต่งตั้งทีมงานตามประเภท MMC และขั้นตอน RIBA
- ข้อมูลสำคัญและการจัดการโครงการ
- Early collaboration และ Design Freeze
- ข้อควรคำนึงด้านการออกแบบที่สำคัญ (Critical Design Considerations)
- BIM Workflow

### 3.3 วิเคราะห์ รวบรวมข้อมูล และสรุปแนวทางการประยุกต์ใช้แบบจำลอง BIM ของเหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อนสำหรับโครงการก่อสร้างอาคารเหล็กโมดูลาร์ ซึ่งใช้การออกแบบเพื่อการผลิตและประกอบ

วิเคราะห์ รวบรวมข้อมูลจากแหล่งอ้างอิงที่เกี่ยวข้องโดยเน้นการศึกษาที่เชื่อมโยงกับแนวคิด Design for Manufacture and Assembly (DfMA) ซึ่งเป็นแนวคิดที่ออกแบบเพื่อให้สามารถผลิตและประกอบล่วงหน้าได้อย่างมีประสิทธิภาพและสรุปแนวทางการประยุกต์ใช้แบบจำลอง BIM

### 3.4 ประยุกต์ใช้กับโครงการก่อสร้างอาคารเหล็กโมดูลาร์

นำแนวทางการพัฒนาแบบจำลอง BIM ที่ได้สังเคราะห์จากมาตรฐานและแนวปฏิบัติสากลของประเทศสิงคโปร์ และประเทศสหราชอาณาจักร มาทำการวิเคราะห์เชิงประยุกต์กับกรณีศึกษาแบบก่อสร้างจริง

### 3.5 จัดทำแบบสอบถาม และบทสัมภาษณ์เพื่อประเมินแนวทางการประยุกต์ใช้แบบจำลอง BIM ของเหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อนสำหรับโครงการก่อสร้างอาคารเหล็กโมดูลาร์ ซึ่งใช้การออกแบบเพื่อการผลิตและประกอบ

เพื่อสนับสนุนการประเมินความเหมาะสมของแนวทางพัฒนา BIM ที่ได้จากการศึกษา จัดทำแบบสอบถามเชิงคุณภาพ (Qualitative Interview) เพื่อรับความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญและบุคลากรที่เกี่ยวข้องกับงานก่อสร้างและระบบ BIM

## 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการวิเคราะห์เอกสาร BIM Guide และ DfMA Guide จากประเทศสิงคโปร์และสหราชอาณาจักร พบว่า BIM มีบทบาทสำคัญในการเชื่อมโยงกระบวนการวางแผน ออกแบบ และประกอบชิ้นส่วนโครงสร้างสำเร็จรูป โดยเฉพาะในระบบโมดูลาร์ที่ใช้เหล็กรูปพรรณรีดร้อนเป็นวัสดุหลัก ซึ่งมีคุณสมบัติเหมาะสมในการผลิตซ้ำ ประกอบง่าย และควบคุมคุณภาพได้ดีในโรงงาน

### 4.1 วิเคราะห์และสรุปแนวทางประยุกต์ใช้แบบจำลอง BIM ของเหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อนสำหรับโครงการก่อสร้างเหล็กโมดูลาร์ซึ่งใช้ DfMA ที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย

แนวทางประยุกต์ใช้แบบจำลอง BIM สำหรับโครงสร้างเหล็กรูปพรรณรีดร้อนในระบบโมดูลาร์ที่ใช้แนวคิด DfMA บริบทประเทศไทย

#### 4.1.1 วางกรอบแนวคิด: Hot-Rolled Steel + DfMA + Modular Construction

เหล็กรูปพรรณรีดร้อนเป็นวัสดุที่มีความแข็งแรงสูง รับแรงได้ดีในโครงสร้างหลัก ผลิตได้ในประเทศไทย มีมาตรฐาน (JIS / TIS / ASTM) รองรับ เหมาะกับการผลิตซ้ำเป็นโมดูล และรองรับการออกแบบด้วยระบบมาตรฐาน DfMA ช่วยให้อาจผลิตชิ้นส่วนในโรงงาน ลดระยะเวลาก่อสร้าง onsite สามารถประกอบได้เร็วหน้างาน ควบคุมคุณภาพได้ดี เพราะผลิตในโรงงาน (factory-controlled) และลดแรงงานฝีมือหน้างาน สามารถใช้แรงงานทั่วไปประกอบแทนได้

Modular system ที่สอดคล้องกับไทย ได้แก่

1. 3D steel volumetric modules: ยกทั้งห้องสำเร็จรูปจากโรงงานมาติดตั้ง onsite

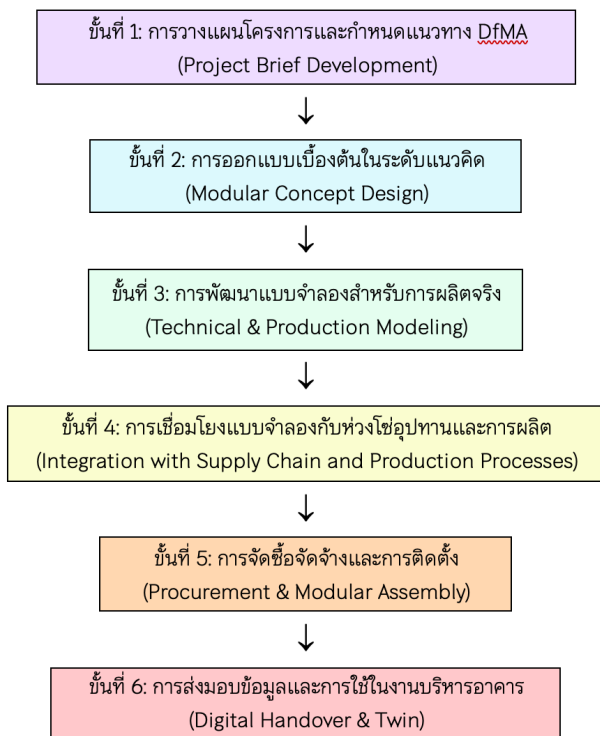
ควบคุมคุณภาพดี แต่มีข้อจำกัดด้านขนส่ง (กว้างไม่เกิน 3.2 ม.) ต้องใช้รถเครนขนาดใหญ่และพื้นที่ไซต์กว้าง เหมาะกับโรงงาน prefab ที่มีมาตรฐานสูง ซึ่งยังไม่แพร่หลายมากในไทย และต้นทุนสูงกว่าระบบอื่น

2. Hybrid modules: โครงสร้างเหล็กประกอบ onsite แล้วติดตั้งสำเร็จรูป

ยืดหยุ่นกับไซต์ขนาดเล็ก พื้นที่จำกัด เช่น ในเมือง ใช้แรงงานทั่วไป onsite ได้ (ไม่จำเป็นต้องเชื่อมทั้งหมด) โรงงานผลิต มีหลายแห่งในไทย ควบคุมต้นทุนได้ง่าย เหมาะกับอาคารพักอาศัย พื้นที่แออัด

3. Panelized (Semi-Modular): สร้างโครง onsite แล้วติดตั้งแผ่นผนัง/พื้นจากโรงงาน เหมาะกับบ้านแนวราบ/โครงการขนาดใหญ่ที่ต้องการความยืดหยุ่น แรงงาน onsite ต้องมีทักษะระดับปานกลาง จะไม่ลดระยะเวลาก่อสร้างได้เท่าระบบอื่น แต่ควบคุมคุณภาพดีกว่าก่อสร้างเดิม

#### 4.1.2 กระบวนการประยุกต์ใช้ BIM Model สำหรับโครงการก่อสร้างเหล็กโมดูลาร์ซึ่งใช้ DfMA



### รูปที่ 1 ขั้นตอนประยุกต์ใช้ BIM Model สำหรับ โครงการก่อสร้างเหล็กโมดูลาร์ซึ่งใช้ DfMA

ขั้นที่ 1: การวางแผนโครงการและกำหนดแนวทาง DfMA (Project Brief Development)

- จัดทำ Project Brief ระบุวัตถุประสงค์ของการใช้ DfMA
- กำหนดประเภทโมดูล เช่น Hybrid Modular หรือ Volumetric Module
- จัดทำ BIM Execution Plan (BEP) ที่ครอบคลุม CDE, LOIN, มาตรฐานโมเดล
- กำหนดข้อจำกัดหน้างาน เช่น ความกว้างในการขนส่ง, crane capacity, การใช้แรงงาน

ขั้นที่ 2: การออกแบบเบื้องต้นในระดับแนวคิด (Modular Concept Design)

- พัฒนาโมเดล LOD 300 พร้อมกำหนด Grid, Span, Load Path
- คำนวณการรับแรงเบื้องต้นในโมดูล (Structural Massing)
- ตรวจสอบ Clash ด้วย Navisworks หรือ Solibri
- กำหนดขนาดโมดูลตามข้อจำกัดด้านขนส่ง (กว้างไม่เกิน 3.2 ม.)

ขั้นที่ 3: การพัฒนาแบบจำลองสำหรับการผลิตจริง (Technical & Production Modeling)

- ยกระดับโมเดลเป็น LOD 350–400 พร้อมระบุจุดเชื่อมต่อ, รายละเอียดการประกอบ
- จัดหมวดหมู่ด้วย Classification เช่น Uniclass 2015, BCA Code
- ระบุ LOIN เช่น Cut List, Assembly Plan, CNC-ready files
- Export โมเดลเป็น IFC เพื่อใช้ในกระบวนการผลิต

ขั้นที่ 4: การเชื่อมโยงแบบจำลองกับห่วงโซ่อุปทานและการผลิต (Integration with Supply Chain and Production Processes)

- ส่งข้อมูลจาก BIM ไปยังโรงงาน prefab และระบบ CNC
- ผูกโมเดลกับ 4D Schedule เพื่อวางแผนการผลิตและขนส่ง
- วางแผน logistics เช่น ตำแหน่งการวางโมดูล, ทางเข้าหน้างาน, ลำดับการประกอบ
- ติด QR Code หรือ Tag เพื่อใช้งานควบคุม onsite

ขั้นที่ 5: การจัดซื้อจัดจ้างและการติดตั้ง (Procurement & Modular Assembly)

- ดำเนินการจัดซื้อแบบ Supply + Install โดยอ้างอิงจากโมเดล BIM
- มีการ Freeze Design (RIBA Stage 4) ก่อนลงผลิต
- วางลำดับการติดตั้งตามโมเดล BIM โดยประสานกับทีม onsite

ขั้นที่ 6: การส่งมอบข้อมูลและการใช้งานบริหารอาคาร (Digital Handover & Twin)

- สร้าง As-Built Model ระดับ LOD 500 พร้อม Metadata
- จัดทำ Digital Handover Package (Drawing + Manual + QR/IoT)
- ใช้ BIM เป็นฐานข้อมูล Digital Twin เพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมอาคาร และการดูแลรักษาในอนาคต

## 4.2 ประยุกต์ใช้กับโครงการก่อสร้างอาคารเหล็กโมดูลาร์

ใช้แบบก่อสร้างแบบบ้านเดี่ยวเหล็กโมดูลาร์

บริบท: อาคารพักอาศัยแบบโมดูลาร์ 2 ชั้น ใช้โครงสร้าง Hybrid Modular

ระบบโครงสร้าง: โครงเหล็กค้ำ (H-beam) + ผนัง Sandwich Panel

ผู้ผลิต prefab: โรงงานในจังหวัดปทุมธานี

การใช้งาน BIM: ตั้งแต่การออกแบบ → ผลิต → ประกอบ → ส่งมอบ

ขั้นที่ 1: การวางแผนโครงการและกำหนดแนวทาง DfMA ดำเนินการดังนี้

- 1) จัดประชุมร่วมระหว่างสถาปนิก, วิศวกร, BIM Manager และผู้ผลิต
- 2) สร้างเอกสาร Project Brief ระบุว่า: ใช้โมดูลแบบ 3.0 × 6.0 เมตร, ใช้ระบบ bolt connection เพื่อให้ประกอบ onsite ได้ง่าย
- 3) จัดทำ BEP ที่กำหนดว่า: โมเดลจะใช้ LOD 300 → 400 → 500, ใช้ Autodesk Revit เป็น BIM Authoring, ใช้ BIM 360 เป็น CDE

ขั้นที่ 2: การออกแบบเบื้องต้น (Modular Concept Design) ทำลงใน revit

- 1) สร้างโมเดล LOD 300 โดยกำหนด: Grid Line 6 × 3 m, เสา H-Beam 200x200 mm, คาน 300x150 mm, ตำแหน่งผนัง, ช่องเปิด, จุดยึด lifting
- 2) ทำ Clash Detection กับระบบ MEP
- 3) ทดสอบขนาดโมดูลกับเงื่อนไขรถขนส่ง → ผ่านไม่ต้องขอ Oversize Permit

ขั้นที่ 3: การพัฒนาแบบจำลองสำหรับการผลิตจริง โดยทีม BIM และวิศวกรโครงสร้าง

- 1) เพิ่มจุดเชื่อมต่อ Base Plate, Anchor Bolt, Gusset
- 2) ใส่ Part ID และรายละเอียดใน Metadata เช่น STF-BEAM-A001, PLATE-6mm, M20-BOLT
- 3) แยกโมเดลเป็น Assembly Units (Frame + Wall)
- 4) Export ไฟล์ .IFC และ .DWG ให้โรงงาน prefab ใช้ขึ้นรูป

ขั้นที่ 4: การเชื่อมโยงกับห่วงโซ่อุปทาน สิ่งที่เกิดขึ้นในโรงงานและไซต์งาน

- 1) โรงงานใช้ Cut List และ Assembly Drawing จากโมเดลในการตัดโครงเหล็ก
- 2) ผูก BIM กับ 4D Schedule (ใน Navisworks TimeLiner) เพื่อแสดงลำดับการผลิต → ขนส่ง → ติดตั้ง
- 3) จัดทำโมเดล Logistics เพื่อจำลองตำแหน่ง Crane และการยกโมดูล
- 4) ติด QR Code หรือ Tag เพื่อใช้ในงานควบคุม onsite

ขั้นที่ 5: การจัดซื้อจัดจ้างและการติดตั้ง

- 1) จัดซื้อระบบแบบจัดซื้อ และติดตั้ง จากโรงงาน prefab
- 2) Freeze Design หลัง LOD 400 ก่อนส่งผลิตจริง
- 3) ทีม onsite ดู Sequence การประกอบโมดูล และประกอบในไซต์ โดยไม่ต้องเชื่อมต่อ

ขั้นที่ 6: การส่งมอบข้อมูล และการใช้ในการปฏิบัติการ, บำรุงรักษา

- 1) โมเดลถูกอัปเดตเป็น As-Built → ปรับตำแหน่ง, ใส่วันติดตั้ง
- 2) สร้าง ชุดข้อมูลดิจิทัล(Digital Handover Package) ใน BIM 360: Drawing PDF, IFC As-built, Manual .pdf และตารางบำรุงรักษาใน Excel

#### 4.2.1 ประเมินผลการประยุกต์ใช้แบบจำลอง BIM

ความชัดเจน และความเพียงพอของแบบจำลอง BIM สำหรับการผลิตและประกอบ: ควบคุมพิจารณาแนวโน้มที่จะนำไปผลิตได้จริงตั้งแต่ในขั้น LOD100-200 ด้วยเพื่อป้องกันการพัฒนาแบบที่ผิดพลาดในระดับทิศทางการ Optimization

ความเป็นไปได้ในการนำแนวทางไปใช้จริงในประเทศไทย: สามารถนำไปใช้ได้จริงโดยพิจารณาเป็นเฉพาะบางส่วนของระบบการก่อสร้าง ความคุ้มค่าในด้านเวลา ต้นทุน และประสิทธิภาพการดำเนินโครงการ : จะคุ้มค่าต่อเมื่อเน้นไปที่วัสดุ-องค์ประกอบอาคารที่มีความซับซ้อน และมีมูลค่าสูง เช่น เหล็กเส้น/ท่อน้ำ/ผนังภายนอก

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมต่อการปรับปรุงแนวทาง: ในแนวคิดนี้เริ่มต้นจากการออกแบบ อาจจะมีแนวทางที่เริ่มต้นจากทางผู้ผลิตด้วย

#### 4.2.2 ข้อจำกัดและความท้าทายในการนำ BIM มาประยุกต์ใช้กับ

โครงการ DfMA ในประเทศไทย

1. ขาดความเชื่อมโยงระหว่างทีมออกแบบ ทีมผลิต และทีมก่อสร้าง ข้อมูลจากแบบจำลองมักไม่ถูกถ่ายทอดต่อระหว่างแต่ละฝ่าย ทำให้การประสานงานขาดตอน และไม่สามารถใช้โมเดลร่วมกันได้ตลอดวงจรโครงการ

2. ความไม่พร้อมของบุคลากรและแรงงาน

ผู้ใช้งานหลายกลุ่มยังขาดความเข้าใจในกระบวนการทำงานด้วย BIM และ DfMA อย่างครบวงจร ทั้งในด้านการออกแบบ การควบคุมคุณภาพ และการใช้งานข้อมูลในภาคสนาม

3. ความไม่พร้อมด้านเทคโนโลยีของโรงงานผลิต

โรงงานผลิตส่วนใหญ่ยังใช้ระบบแบบดั้งเดิม ไม่สามารถรับไฟล์โมเดลจาก BIM หรือเชื่อมโยงกับระบบ CNC และ ERP ได้โดยตรง

4. การกำหนดข้อมูลในโมเดลไม่สอดคล้องกับการใช้งานจริง

โมเดลบางโครงการมีข้อมูลมากเกินไปจนเกิดความจำเป็น หรือขาดข้อมูลสำคัญ ทำให้ไม่สามารถนำไปใช้ต่อไปในการผลิตหรืองานซ่อมบำรุงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5. ขาดมาตรฐานกลางและการนำไปใช้ในโครงการอย่างต่อเนื่อง

โครงการจำนวนมากไม่มีมาตรฐานการใช้ BIM ที่ชัดเจน และแบบจำลองมักถูกใช้เฉพาะช่วงออกแบบเท่านั้น ไม่ได้ต่อยอดไปยังการก่อสร้างหรือการส่งมอบ

### 5 สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาการประยุกต์ใช้แบบจำลอง BIM ของเหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อนสำหรับโครงการก่อสร้างอาคารเหล็กโมดูลาร์ที่ใช้แนวคิด Design for Manufacture and Assembly (DfMA) เพื่อสร้างแนวทางการประยุกต์ใช้แบบจำลองที่เหมาะสมกับโครงการก่อสร้างอาคารเหล็กโมดูลาร์ในบริบทของประเทศไทย โดยเน้นการใช้เหล็กรูปพรรณรีดร้อนพบว่า การประยุกต์ใช้ BIM สามารถตอบสนองต่อการปรับเปลี่ยนกระบวนการออกแบบ การผลิต การประกอบ และการส่งมอบงานในรูปแบบดิจิทัลได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อนำมาใช้ร่วมกับระบบโมดูลาร์ที่เน้นการผลิตชิ้นส่วนในโรงงานและลดขั้นตอนการทำงานหน้างาน

แนวทางที่พัฒนาขึ้นมีการอ้างอิงจากแนวปฏิบัติของประเทศสิงคโปร์และสหราชอาณาจักร เช่น Singapore BIM Guide, ISO 19650 และ DfMA Overlay to the RIBA Plan of Work ซึ่งถูกนำมาปรับใช้ผ่านแนวทางการดำเนินงาน 6 ขั้นตอน ได้แก่

1. การวางแผนโครงการและกำหนดแนวทาง DfMA
2. การออกแบบเบื้องต้นในระดับแนวคิด
3. การพัฒนาแบบจำลองสำหรับการผลิตจริง
4. การเชื่อมโยงแบบจำลองกับห่วงโซ่อุปทานและการผลิต
5. การจัดซื้อจัดจ้างและการติดตั้ง
6. การส่งมอบข้อมูลและการใช้งานบริหารอาคาร

### 6 ข้อเสนอแนะ

เพื่อให้แนวทางที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้ได้จริงอย่างมีประสิทธิภาพในประเทศไทย ผู้วิจัยขอเสนอแนะประเด็นสำคัญดังนี้

1. จัดทำมาตรฐานกลางด้าน BIM และ DfMA สำหรับประเทศไทย เช่น ระดับความละเอียดของแบบจำลอง (LOD), รูปแบบการจัดเก็บข้อมูล (CDE), โครงสร้างการมอบหมายงาน และแบบฟอร์ม BEP
2. ส่งเสริมการพัฒนาโรงงานและเทคโนโลยีการผลิตให้สามารถรองรับแบบจำลอง BIM และเชื่อมโยงกับระบบ CAD ได้โดยตรง
3. จัดทำคู่มือแนวทางการใช้ BIM สำหรับระบบโมดูลาร์ ที่สามารถใช้ได้ทั้งในภาครัฐและเอกชน พร้อมตัวอย่างโครงการนำร่อง

4. พัฒนาและอบรมบุคลากรในสายวิชาชีพ โดยเฉพาะในระดับปฏิบัติ เช่น ผู้เขียนแบบ ผู้ควบคุมงาน และผู้ผลิต ให้เข้าใจ BIM และสามารถประยุกต์ใช้ร่วมกับกระบวนการผลิตจริงได้
5. สนับสนุนโครงการนำร่องภาครัฐ เพื่อเป็นต้นแบบในการพัฒนาอุตสาหกรรมก่อสร้างของไทยในระยะยาว โดยเฉพาะในโครงการที่เน้นความเร็ว คุณภาพ และการบริหารระยะยาว

### กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรระดับปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผู้จัดทำขอแสดงความขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.วีระศักดิ์ ลิขิตเรืองศิลป์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่ให้คำแนะนำและสนับสนุนอย่างต่อเนื่อง รวมถึง รองศาสตราจารย์ ดร.นคร กกแก้ว และ รองศาสตราจารย์ ดร.ฉัตรพันธ์ จินตนาภักดี คณะกรรมการสอบโครงการ ที่ให้ข้อเสนอแนะอันมีคุณค่า ขอบขอบคุณคุณชาญ โชคชัย ผู้เชี่ยวชาญด้าน BIM สำหรับคำแนะนำในการประเมินแนวทางประยุกต์ใช้แบบจำลอง BIM รวมถึงภาควิชาวิศวกรรมโยธาและบุคลากรที่ให้ความร่วมมือ ตลอดจน บริษัท เหล็กสยามยามาโตะ จำกัด (SYS) ที่สนับสนุนทุนการศึกษา SYS Senior Project ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมนวัตกรรมโครงสร้างเหล็กในไทย

### เอกสารอ้างอิง

- [1] Burcu Atakul. (2024). Integration of BIM and Modular Construction: Advantages, Barriers, and Implementation strategies. Retrieved from <https://open.metu.edu.tr/handle/11511/109553>
- [2] Alfieri, F., Ceria, A., Dell'Osso, G. R., Montacchini, E., & Tedesco, S. (2020). A BIM-based approach for DfMA in building construction: Framework and first results on an Italian case study. Advanced Engineering Informatics. [Preprint]. Retrieved from [https://iris.unito.it/bitstream/2318/2040433/1/AEDM\\_DFMA\\_PREPRINT.pdf](https://iris.unito.it/bitstream/2318/2040433/1/AEDM_DFMA_PREPRINT.pdf)
- [3] Building and Construction Authority. (2013). Singapore BIM Guide (Version 2). Singapore: BCA. Retrieved from [https://www.corenet.gov.sg/media/586456/bimguide\\_v2.pdf](https://www.corenet.gov.sg/media/586456/bimguide_v2.pdf)
- [4] BSI. (2019). Information management according to BS EN ISO 19650, Guidance Part 1: Concepts, UK BIM Alliance. [https://ukbimframework.org/wp-content/uploads/2019/10/Information-Management-according-to-BS-EN-ISO-19650\\_Guidance-Part-1\\_Concepts\\_2ndEdition.pdf](https://ukbimframework.org/wp-content/uploads/2019/10/Information-Management-according-to-BS-EN-ISO-19650_Guidance-Part-1_Concepts_2ndEdition.pdf)
- [5] BSI. (2019). Information management according to BS EN ISO 19650 – Guidance Part 2: Processes for Project Delivery. UK BIM Alliance and BSI. Retrieved from <https://www.ukbimalliance.org/wp-content/uploads/2020/2020/03/Guidance-Part-2-Processes-for-Project-Delivery.pdf>
- [6] Building and Construction Authority & Bryden Wood. (2016). Design for Manufacturing and Assembly (DfMA) – Essential Guide. Singapore: BCA. Retrieved from <https://www1.bca.gov.sg/docs/default-source/docs-corp-buildsg/productivity/design-for-manufacturing-and-assembly-dfma/essential-guide-dfma.pdf>
- [7] RIBA. (2021). DfMA Overlay to the RIBA Plan of Work (2nd Edition). Royal Institute of British Architects. Retrieved from <https://www.architecture.com/-/media/GatherContent/Test-resources-page/Additional-Documents/2021DfMAOverlaypdf.pdf>