

ปัญหาด้านคุณภาพและแนวทางการควบคุมคุณภาพในขั้นตอนของงานติดตั้งโครงสร้างของงานก่อสร้าง อาคารด้วยระบบการก่อสร้างแบบสำเร็จรูป Pre-Engineered Building System (PEB) Quality Issues and Quality Control Approaches in the Installation Process of Structural Components in Building Construction Using the Pre-Engineered Building System (PEB)

ก้องณที ธีรวัฒน์^{1*} และ สุชัยญา โปษะนันท์²

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพมหานคร
ภาควิชาครุศาสตร์โยธา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพมหานคร
**Corresponding author; E-mail address: s6601082856031@email.kmutnb.ac.th*

บทคัดย่อ

ระบบโครงสร้างสำเร็จรูป (Pre-Engineered Building System: PEB) เป็นระบบที่ได้รับความนิยมในอุตสาหกรรมก่อสร้าง เนื่องจากสามารถลดระยะเวลาการก่อสร้าง ลดข้อเสีย และเพิ่มประสิทธิภาพเชิงโครงสร้าง ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตาม การควบคุมคุณภาพในกระบวนการติดตั้งโครงสร้าง PEB ยังคงเป็นประเด็นสำคัญที่ต้องได้รับการดำเนินการอย่างเป็นระบบ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของการติดตั้งโครงสร้าง PEB และแนวทางการควบคุมคุณภาพที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริง โดยใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงคุณภาพ ผ่านการสัมภาษณ์เชิงลึกผู้เชี่ยวชาญ การสังเกตการณ์ภาคสนาม และการวิเคราะห์เอกสารที่เกี่ยวข้อง ผลการศึกษพบว่า ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพการติดตั้ง ได้แก่ การจัดการก่อนติดตั้ง การขนส่ง การเก็บรักษา การบริหารแรงงาน และการตรวจสอบคุณภาพหน้างาน

ผลการวิเคราะห์พบว่า ปัจจัยด้านบุคลากร การขาดความรู้ความเข้าใจในแบบก่อสร้างและขั้นตอนการติดตั้ง เป็นสาเหตุสำคัญที่นำไปสู่การประกอบโครงสร้างผิดพลาดจากตำแหน่งที่กำหนด ขณะที่ในด้านขั้นตอนการติดตั้ง การไม่ปฏิบัติตามลำดับขั้นตอนตามแผนงาน ส่งผลให้โครงสร้างเกิดความคลาดเคลื่อน และต้องดำเนินการแก้ไขหน้างาน ส่งผลต่อระยะเวลาและต้นทุนโครงการอย่างมีนัยสำคัญ

นอกจากนี้ ยังเสนอแนวทางการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ อาทิ Building Information Modeling (BIM), Internet of Things (IoT) และการสแกนด้วยเลเซอร์ 3 มิติ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมคุณภาพอย่างแม่นยำ

ผลการศึกษานำไปสู่ข้อเสนอแนะในการพัฒนามาตรฐานการควบคุมคุณภาพงานติดตั้งโครงสร้าง PEB อย่างยั่งยืน ครอบคลุมทั้งด้านเทคนิค กระบวนการ และการพัฒนาศักยภาพบุคลากร เพื่อเสริมสร้างความปลอดภัย ความมั่นคงของโครงสร้าง และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาว

คำสำคัญ: โครงสร้างสำเร็จรูป (PEB), การควบคุมคุณภาพ, วิศวกรรมโครงสร้างพื้นฐาน, ความยั่งยืน, เทคโนโลยีในงานก่อสร้าง

Abstract

The Pre-Engineered Building System (PEB) has gained widespread popularity in the construction industry due to its

ability to reduce construction time, minimize waste, and enhance structural efficiency, aligning with the development of sustainable and environmentally friendly infrastructure. However, quality control during the PEB installation process remains a critical issue that requires systematic management.

This study aims to investigate the factors affecting the quality of PEB structural installations and to identify practical quality control approaches. A qualitative research methodology was employed, including in-depth interviews with experts, field observations, and document analysis. The findings indicate that major factors influencing installation quality include pre-installation management, transportation, storage, labor management, and on-site quality inspection.

The analysis revealed that, in terms of personnel, a significant issue was the insufficient understanding of construction drawings and installation procedures, leading to incorrect assembly positions. Regarding installation processes, failure to follow the prescribed sequence resulted in structural misalignments and frequent rework, significantly impacting project timelines and costs.

Moreover, the study proposes the application of modern technologies, such as Building Information Modeling (BIM), Internet of Things (IoT), and 3D laser scanning, to enhance precision and efficiency in quality control.

The results contribute to the development of sustainable quality control standards for PEB installation, covering technical practices, procedural management, and workforce competency development, thereby promoting structural safety, stability, and minimizing environmental impacts in the long term.

Keywords: Pre-Engineered Building (PEB), Quality Control, Infrastructure Engineering, Sustainability, Construction Technology

1. บทนำ

การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานในปัจจุบันมิได้มุ่งเน้นเพียงด้านความแข็งแรงและประสิทธิภาพเชิงวิศวกรรมเท่านั้น หากแต่ยังให้ความสำคัญกับ

แนวทางการก่อสร้างที่ส่งเสริมความยั่งยืนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมอย่างแท้จริง ระบบโครงสร้างสำเร็จรูป หรือ Pre-Engineered Building System (PEB) ถือเป็นแนวทางการก่อสร้างสมัยใหม่ที่สามารถตอบสนองต่อเป้าหมายดังกล่าวได้อย่างเหมาะสม ด้วยคุณสมบัติที่สามารถลดระยะเวลาก่อสร้าง ลดของเสียหน้างาน และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากร ส่งผลให้ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมก่อสร้างเชิงพาณิชย์และอุตสาหกรรม

อย่างไรก็ตาม แม้ระบบ PEB จะมีข้อได้เปรียบในด้านการผลิตชิ้นส่วนที่แม่นยำและควบคุมคุณภาพได้จากโรงงาน แต่ขั้นตอนการติดตั้งโครงสร้าง ณ หน้างานยังคงเป็นจุดสำคัญที่มีกบปัญหาด้านคุณภาพ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อความมั่นคงของอาคาร ความปลอดภัยของผู้ใช้งาน และภาพลักษณ์ของระบบก่อสร้างรูปแบบนี้ในระยะยาว Goswami และ Shende [1] พบว่า ปัญหาที่พบบ่อยในงานติดตั้ง PEB ได้แก่ ความคลาดเคลื่อนของข้อต่อ โครงสร้างและการวางตำแหน่งผิดพลาดเนื่องจากการติดตั้งที่ไม่ได้มาตรฐาน นอกจากนี้ Sharma และคณะ [2] รายงานว่าความบกพร่องในการตรวจสอบคุณภาพวัสดุและการบริหารแรงงานที่ไม่เหมาะสมระหว่างการติดตั้งส่งผลโดยตรงต่อการเกิดความเสียหายของโครงสร้าง ทั้งยังมีการศึกษาโดย Upadhyay และ Pendharkar [3] ที่ชี้ให้เห็นว่า การละเลยการตรวจสอบคุณภาพระหว่างการเชื่อมและการติดตั้งสลักเกลียวเป็นสาเหตุสำคัญของความล้มเหลวของโครงสร้างในระยะยาว

จากบริบทดังกล่าว งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัญหาด้านคุณภาพที่พบบ่อยในขั้นตอนของการติดตั้งโครงสร้าง PEB และนำไปสู่การพัฒนาแนวทางการควบคุมคุณภาพที่เหมาะสมและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในภาคสนามได้จริง โดยมุ่งเน้นให้สอดคล้องกับหลักการวิศวกรรมที่ยั่งยืนและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การวิจัยดำเนินการในลักษณะเชิงคุณภาพ โดยใช้การสัมภาษณ์เชิงลึกผู้เชี่ยวชาญในอุตสาหกรรมก่อสร้าง ร่วมกับการสังเกตการณ์ภาคสนามและการวิเคราะห์เอกสารที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ปัญหาอย่างเป็นระบบ และเสนอแนวทางการควบคุมคุณภาพในกระบวนการติดตั้งที่มีประสิทธิภาพ ชัดเจน และส่งเสริมการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีและมาตรฐานใหม่ในการก่อสร้างอย่างยั่งยืน

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความหมายและวงจรชีวิตของโครงการก่อสร้าง

โครงการก่อสร้างเป็นกระบวนการที่ประกอบด้วยกิจกรรมหลากหลายที่มีความเกี่ยวข้องกันอย่างเป็นระบบ โดยมีจุดมุ่งหมายในการสร้างผลงานทางกายภาพที่เฉพาะเจาะจง เช่น อาคาร โรงงาน สะพาน หรือโครงสร้างพื้นฐานประเภทอื่น ๆ ตามข้อกำหนดด้านเทคนิค งบประมาณ และระยะเวลาโครงการ ทั้งนี้โครงการก่อสร้างมักมีลักษณะเฉพาะ (Unique) และดำเนินการภายใต้ข้อจำกัดหลายประการ

ตามแนวทางของ Project Management Institute (PMI) [4] กล่าวว่า โครงการประกอบด้วยวงจรชีวิต (Project Life Cycle) ที่แบ่งออกเป็น 5 กระบวนการหลัก ได้แก่ การเริ่มต้นโครงการ (Initiating), การวางแผน (Planning), การดำเนินงาน (Executing), การติดตามและควบคุม (Monitoring and Controlling) และการปิดโครงการ (Closing) ซึ่งแต่ละขั้นตอนมีความสำคัญต่อการบรรลุเป้าหมายของโครงการ และมีความเชื่อมโยงอย่างใกล้ชิดกับการควบคุมคุณภาพ (Quality Control) และการบริหารความเสี่ยง (Risk Management) รูปที่ 1

Five Phases of Project Management Life Cycle

Following slide outlines 5 phases of project management life cycle that a project manager can use. Initiation, planning, execution, monitoring, and closing are the core phases which will assist managers in completing projects successfully.



รูปที่ 1 วงจรชีวิตของโครงการก่อสร้าง

ที่มา : <https://www.projectengineer.net/the-pmboks-five-project-phases/>

ในบริบทของโครงการก่อสร้างที่ใช้ระบบ Pre-Engineered Building (PEB) วงจรชีวิตโครงการมีความโดดเด่นตรงที่การผลิตชิ้นส่วนโครงสร้างดำเนินการในโรงงานล่วงหน้าก่อนเข้าสู่หน้างานจริง ส่งผลให้ความสำเร็จของโครงการขึ้นอยู่กับความแม่นยำในการวางแผน การบริหารเวลา และการควบคุมคุณภาพในแต่ละเฟส โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงของการติดตั้งโครงสร้าง ซึ่งเป็นจุดวิกฤตที่อาจเกิดความคลาดเคลื่อนได้ง่าย หากขาดการบูรณาการข้อมูลและการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพระหว่างฝ่ายที่เกี่ยวข้อง

การเข้าใจวงจรชีวิตของโครงการจึงเป็นพื้นฐานสำคัญในการวางแผนทางการควบคุมคุณภาพที่เหมาะสม และช่วยให้สามารถจัดการทรัพยากรต้นทุน และเวลาได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

2.2 แนวคิดคุณภาพและการบริหารจัดการคุณภาพ

ศุภชัย นาทะพันธ์ [5] แนวคิดคุณภาพ หมายถึง การมุ่งมั่นที่จะสร้างสรรค์สินค้าหรือบริการที่ตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้อย่างสมบูรณ์แบบ โดยคำนึงถึงคุณลักษณะต่างๆ เช่น ความทนทาน ความสวยงาม ความปลอดภัย และความคุ้มค่า ซึ่งแนวคิดนี้ไม่ได้จำกัดอยู่เพียงแค่ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป แต่รวมถึงกระบวนการผลิตและการให้บริการด้วย

ณัฐชา ทวีแสงสกุลไทย [6] กล่าวว่า การบริหารจัดการคุณภาพ หรือ วิศวกรรมคุณภาพและการจัดการ มีเป้าหมายเพื่อสร้างความพึงพอใจสูงสุดให้กับลูกค้าและผู้มีส่วนได้เสีย ดังนั้น บทบาทหน้าที่ จากการระบุคุณภาพนั้นเกี่ยวข้องกับทั้งการออกแบบผลิตภัณฑ์ หรือบริการให้สอดคล้องกับความคาดหวังและสร้างคุณค่าที่ก่อให้เกิดความประทับใจให้แก่ลูกค้า ซึ่งครอบคลุมถึงการออกแบบ ควบคุม ปรับปรุงและสร้างนวัตกรรมกระบวนการสร้างคุณค่า (Value chain) และประกันคุณภาพให้ลูกค้ามีความเชื่อมั่นในผลิตภัณฑ์หรือบริการและองค์กร ซึ่งปัญหาที่สำคัญทางคุณภาพ ได้แก่ ความแปรปรวน (Variations) หรือความไม่สอดคล้องกับข้อกำหนด (Specification) ดังนั้น วิศวกรรมคุณภาพ แสวงหาและสร้างความสมบูรณ์แบบทั้งในผลิตภัณฑ์ บริการ กระบวนการและระบบบริหารคุณภาพขององค์กร

2.3 ระบบก่อสร้างอาคารโครงสร้างเหล็กที่ใช้ในการวิจัยศึกษา

Ms. Snehal Mali, Prof Gaurav Vispute [7] ได้กล่าวไว้ว่า เทคโนโลยีการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป สร้างขยะในไซต์งานน้อยลง เนื่องจากองค์ประกอบของอาคารถูกผลิตในโรงงานแล้วจึงขนส่งไปยังไซต์งานเพื่อทำการติดตั้ง ส่งเสริมในด้านความยั่งยืน ได้แก่ สังคม เศรษฐกิจ และ

สิ่งแวดล้อม อาจส่งเสริมเทคโนโลยีสำเร็จรูปให้เป็นทางเลือกที่มีแนวโน้มในอุตสาหกรรมก่อสร้าง

ระบบโครงสร้างแบบสำเร็จรูป หรือ Pre-Engineered Building (PEB) เป็นระบบก่อสร้างที่มีการพัฒนาให้สามารถผลิตและประกอบขึ้นส่วนโครงสร้างหลักได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยมีจุดเด่นคือ การออกแบบและผลิตชิ้นส่วนโครงสร้างต่าง ๆ ภายในโรงงานที่ควบคุมคุณภาพได้อย่างเข้มงวด ก่อนจะนำไปประกอบและติดตั้งในหน้างานจริง ลักษณะการทำงานของระบบ PEB จึงมีลักษณะ “กึ่งอุตสาหกรรม” ซึ่งช่วยลดปริมาณแรงงานในหน้างาน ลดข้อผิดพลาดจากการก่อสร้างแบบดั้งเดิม และลดระยะเวลาการดำเนินงานโดยรวมอย่างมีนัยสำคัญ

ระบบ PEB ยังส่งผลดีต่อสิ่งแวดล้อมในเชิงโครงสร้างพื้นฐาน เนื่องจากช่วยลดของเสียจากการตัดวัสดุ ลดการใช้พลังงานในหน้างาน และลดผลกระทบด้านมลพิษทางเสียง ฝุ่น และเศษวัสดุ เมื่อเปรียบเทียบกับระบบก่อสร้างแบบดั้งเดิมที่ต้องดำเนินการทุกอย่างในพื้นที่ก่อสร้างทั้งหมดและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอันเป็นรากฐานของการพัฒนาที่ยั่งยืน

2.3.1 ขั้นตอนการดำเนินการของระบบ PEB

ศิวาภรณ์ กุลทิพย์ [8] กล่าวว่ากระบวนการทำงานของระบบ PEB สามารถแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

1) การออกแบบ (Design Phase) เป็นขั้นตอนเริ่มต้นที่วิศวกรโครงสร้างและทีมออกแบบจะทำการวิเคราะห์น้ำหนักบรรทุก พฤติกรรมของโครงสร้าง และรูปแบบการใช้งาน เพื่อออกแบบชิ้นส่วนโครงสร้างให้เหมาะสม โดยใช้ซอฟต์แวร์เฉพาะทาง เช่น AutoCAD, Tekla หรือ STAAD Pro ในการจำลองแบบโครงสร้าง 3 มิติ ซึ่งช่วยลดข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นจากการสื่อสารระหว่างแบบกับการผลิต

2) การผลิตในโรงงาน (Fabrication Phase) ชิ้นส่วนโครงสร้าง เช่น เสา คาน โครงหลังคา และแป จะถูกตัด เจาะ เชื่อม และประกอบล่วงหน้าภายในโรงงานภายใต้สภาพแวดล้อมที่มีการควบคุมคุณภาพอย่างเคร่งครัด ส่งผลให้ได้ชิ้นส่วนที่มีขนาดแม่นยำตามแบบ ลดปัญหาการปรับแก้หน้างาน อีกทั้งยังสามารถติดตั้งระบบป้องกันสนิม เช่น พ่นสีรองพื้นหรือกลวไนซ์ในขั้นตอนนี้ได้ทันที

3) การขนส่ง (Transportation Phase) ชิ้นส่วนที่ผลิตแล้วจะถูกจัดเรียงและบรรจุลงรถบรรทุกโดยมีการควบคุมตำแหน่งและวิธีการจัดวางเพื่อลดความเสียหายระหว่างการขนส่ง โดยมากจะมาพร้อมฉลากหรือป้ายระบุหมายเลขชิ้นส่วน เพื่อให้ง่ายต่อการระบุตำแหน่งเมื่อติดตั้งในหน้างาน

4) การติดตั้งหน้างาน (Erection Phase) เป็นขั้นตอนสุดท้ายที่นำชิ้นส่วนที่ผลิตไว้ล่วงหน้ามาประกอบติดตั้งในพื้นที่ก่อสร้างจริง โดยใช้อุปกรณ์ยก เช่น เครน รถบูม และเครื่องมือวัดระดับต่าง ๆ ซึ่งช่วยลดการใช้แรงงานคน ลดเวลาในการทำงาน และลดของเสียจากการประกอบผิดพลาด การติดตั้งในระบบนี้ต้องดำเนินการภายใต้การควบคุมของวิศวกรโครงสร้างและเจ้าหน้าที่ควบคุมคุณภาพอย่างใกล้ชิด เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ตรงตามแบบและปลอดภัยตามมาตรฐาน

การดำเนินงานในแต่ละขั้นตอนของระบบ PEB จำเป็นต้องมีแผนการจัดการที่รัดกุมและสอดคล้องกันในทุกส่วน เพื่อให้กระบวนการทั้งหมดเชื่อมโยงกันอย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถสนับสนุนเป้าหมายการลดของเสีย ลดต้นทุน และยกระดับคุณภาพของงานก่อสร้างให้มีความยั่งยืนได้อย่างแท้จริง

2.4 การบริหารงานก่อสร้าง และกลยุทธ์ในการบริหารโครงการ

การบริหารงานก่อสร้างเป็นกระบวนการที่ซับซ้อน ซึ่งต้องอาศัยการจัดการที่ครอบคลุมทั้งด้านทรัพยากร เวลา ต้นทุน และคุณภาพ เพื่อให้

โครงการบรรลุเป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในงานก่อสร้างที่ใช้ระบบสำเร็จรูป Pre-Engineered Building (PEB) ซึ่งมีลักษณะเฉพาะที่แตกต่างจากระบบดั้งเดิม การจัดการต้องมีความแม่นยำเป็นพิเศษในขั้นตอนการติดตั้งโครงสร้าง เพื่อหลีกเลี่ยงความล่าช้า ความคลาดเคลื่อน และผลกระทบด้านความปลอดภัย

หนึ่งในเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ปัญหาและวางแผนการควบคุมคุณภาพ คือ แผนผังก้างปลา (Fishbone Diagram) หรือที่รู้จักในชื่อ แผนภาพอิชิกาวะ (Ishikawa Diagram) ซึ่งช่วยระบุและจัดกลุ่มปัจจัยที่อาจเป็นต้นเหตุของปัญหาในกระบวนการติดตั้งโครงสร้าง โดยใช้หลักการ 4M1E ซึ่งประกอบด้วย

- 1) Man (คน) บุคลากรที่เกี่ยวข้อง เช่น ช่างติดตั้ง วิศวกรควบคุมงาน เจ้าหน้าที่ QC ซึ่งอาจมีปัญหาในด้านความชำนาญ ประสบการณ์ หรือการสื่อสาร หากไม่มีการอบรมอย่างเพียงพอ อาจนำไปสู่ข้อผิดพลาดในหน้างาน
- 2) Machine (เครื่องมือ) เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานติดตั้ง เช่น กล้องวัดมุม เครื่องเชื่อม หรือเครน หากไม่มีการสอบเทียบหรือชำรุด จะส่งผลต่อความแม่นยำในการทำงาน
- 3) Material (วัสดุ) ชิ้นส่วนโครงสร้างที่ผลิตจากโรงงาน แม้จะมีคุณภาพดีแต่หากมีการจัดเก็บหรือขนส่งที่ไม่เหมาะสม อาจเกิดความเสียหายหรือการบิดงอ ทำให้การติดตั้งไม่เป็นไปตามแบบ
- 4) Method (วิธีการ) ขั้นตอนการติดตั้ง เช่น การวางตำแหน่ง จุดเชื่อม การยึดโบลต์ และการตรวจสอบคุณภาพ หากขาดแนวทางปฏิบัติที่ชัดเจนหรือไม่ได้มาตรฐาน จะส่งผลต่อความแข็งแรงของโครงสร้าง
- 5) Environment (สิ่งแวดล้อม) สภาพแวดล้อมหน้างาน เช่น พื้นที่คับแคบ พื้นไม่เรียบ อากาศร้อน ฝนตก หรือการรบกวนจากงานอื่น ๆ ที่อยู่ใกล้เคียง สิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพการติดตั้ง

จากงานวิจัยของ Al-Zwainy et al. [9] ที่ศึกษาเกี่ยวกับความล้มเหลวในโครงการก่อสร้าง โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์สาเหตุรากเหง้า (Root Cause Analysis) ร่วมกับแผนผังก้างปลา พบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อความล้มเหลวในโครงการส่วนใหญ่มาจากการขาดการวางแผนล่วงหน้า การสื่อสารที่ไม่มีประสิทธิภาพ และการไม่กำหนดมาตรการควบคุมในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการก่อสร้าง โดยเฉพาะในกลุ่มปัจจัยด้าน “วิธีการ” และ “บุคลากร” ซึ่งมีความเชื่อมโยงโดยตรงกับปัญหาคุณภาพและความล่าช้าในหน้างาน

การศึกษาข้างกล่าวสนับสนุนแนวคิดที่ว่า การวิเคราะห์ปัจจัยเชิงระบบโดยใช้ 4M1E ไม่เพียงช่วยให้สามารถวินิจฉัยสาเหตุของปัญหาได้อย่างชัดเจน แต่ยังช่วยในการวางแผนกลยุทธ์เพื่อแก้ไขปัญหาได้อย่างตรงจุด ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญในการพัฒนาระบบบริหารงานก่อสร้างที่มีความยั่งยืนและตอบสนองต่อเป้าหมายด้านความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อมในระยะยาว

2.5 ปัญหาคุณภาพที่เกิดขึ้นในระหว่างก่อสร้าง

การก่อสร้างด้วยระบบโครงสร้างสำเร็จรูป Pre-Engineered Building (PEB) แม้จะมีข้อดีในด้านความเร็วและประสิทธิภาพในการควบคุมคุณภาพจากกระบวนการผลิตล่วงหน้าในโรงงาน แต่ในทางปฏิบัติกลับพบว่า ยังมีปัญหาคุณภาพหลายประการที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการติดตั้ง ซึ่งสะท้อนถึงข้อจำกัดทั้งในด้านระบบการตรวจสอบ การจัดการทรัพยากร และความพร้อมของบุคลากร

วัชรพล แซ่โกว [10] จากการศึกษาพบว่า ปัญหาหลักมักเกิดจากการนำเข้าโครงสร้างหลักที่ไม่ได้รับการตรวจสอบคุณภาพอย่างเข้มงวด โดยเฉพาะในกรณีที่ขาดการควบคุมจากหน่วยงานภายนอกหรือ Third-party Inspection ส่งผลให้โครงสร้างบางชุดมีคุณสมบัติทางกลศาสตร์ไม่ตรงตามข้อกำหนด หรือมีข้อบกพร่องจากการเชื่อม เช่น รอยร้าว

(Porosity), รอยบาก (Undercut) และแนวเชื่อมที่ซ้อนทับกัน (Overlap) นอกจากนี้ยังพบว่าสลักเกลียวบางชุดมีเกลียวยื่นพื้นนอตไม่เพียงพอ หรือ สลักเกลียวกันสนิมมีความหนาต่ำกว่ามาตรฐาน ทำให้โครงสร้างขาดความ มั่นคงและเสี่ยงต่อการเกิดสนิมในระยะยาว

อีกหนึ่งปัญหาสำคัญคือการขาดทักษะเฉพาะทางของช่างติดตั้ง ซึ่งการ ที่ผู้ปฏิบัติงานขาดประสบการณ์หรือไม่ได้รับการรับรองตามมาตรฐาน ทำให้ เกิดข้อผิดพลาดในการประกอบชิ้นส่วนและการเชื่อมงาน เช่น การเชื่อม ไม่เต็มหน้าตัดหรือใช้เทคนิคที่ไม่เหมาะสมกับวัสดุโครงสร้าง ส่งผลต่อความ แข็งแรงโดยรวมของอาคาร

นอกจากนี้ สภาพแวดล้อมของหน้างาน เช่น พื้นที่คับแคบ ลมแรง หรือ ฝนตก ยังเป็นอีกปัจจัยที่ก่อให้เกิดอุปสรรคต่อการติดตั้ง หากไม่มีการ วางแผนจัดการพื้นที่และตารางเวลาดำเนินการอย่างเหมาะสม ก็อาจทำให้ เกิดความเสียหายกับวัสดุ หรือเพิ่มความเสี่ยงด้านความปลอดภัยแก่ ผู้ปฏิบัติงาน

จากข้อเท็จจริงข้างต้น จึงสามารถสรุปได้ว่า แม้ระบบ PEB จะเป็น แนวทางที่ทันสมัยในการยกระดับอุตสาหกรรมก่อสร้างให้ก้าวเข้าสู่ความ ยั่งยืน แต่การควบคุมคุณภาพในขั้นตอนของการติดตั้งยังต้องการแนวทาง และมาตรการที่เข้มงวดและเป็นระบบมากยิ่งขึ้น เพื่อให้สามารถตอบสนอง ต่อข้อกำหนดด้านโครงสร้าง ความปลอดภัย และสิ่งแวดล้อมได้อย่าง แท้จริง

2.6 มาตรฐานงานเหล็กที่เกี่ยวข้อง

คณะทำงานมาตรฐานฯ [11] ในงานติดตั้งโครงสร้างเหล็กสำเร็จรูป จำเป็นต้องอ้างอิงและปฏิบัติตามมาตรฐานที่เกี่ยวข้องอย่างเคร่งครัด อาทิ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) มาตรฐานการตรวจสอบรอยเชื่อม แบบไม่ทำลาย (Non-Destructive Testing: NDT) และมาตรฐานความ ปลอดภัยของแรงงานในงานก่อสร้าง การปฏิบัติตามมาตรฐานเหล่านี้จะ ช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุ เพิ่มความมั่นใจในความแข็งแรงของ โครงสร้าง และยกระดับภาพลักษณ์ของอุตสาหกรรมก่อสร้างไทยให้ก้าวสู่ ระดับสากลอย่างยั่งยืน

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Pratik M. Londhe, et al. [12] ได้ศึกษาการเปรียบเทียบระหว่าง อาคารโครงสร้างเหล็กแบบดั้งเดิมกับระบบโครงสร้างสำเร็จรูป (PEB) โดยใช้กรณีศึกษาเฉพาะ เพื่อวิเคราะห์ด้านต้นทุน ประสิทธิภาพ และคุณภาพ โครงสร้าง งานวิจัยชี้ให้เห็นว่า PEB มีข้อได้เปรียบทั้งในด้านความเร็วในการ ก่อสร้าง (เร็วกว่าระบบก่ออิฐถึง 30–40%) ประสิทธิภาพเชิงโครงสร้าง และความสามารถในการประหยัดต้นทุนรวมได้มากถึง 40% โดยอาศัยการ ผลิตแบบสำเร็จจากโรงงาน และการประกอบที่หน้างานด้วยชิ้นส่วนที่ ออกแบบล่วงหน้า งานวิจัยนี้จึงสนับสนุนศักยภาพของระบบ PEB ในฐานะ ทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนและประหยัดพลังงาน

Anisha Goswami และ Dr. Tushar Shende [13] ได้ ศึกษาการ ออกแบบและเปรียบเทียบโครงสร้างอาคารอุตสาหกรรมประเภทโกดัง ระหว่างระบบโครงสร้างสำเร็จรูป (PEB) และอาคารเหล็กแบบดั้งเดิม (CSB) โดยใช้โปรแกรม STAAD Pro ในการวิเคราะห์ พบว่า PEB มีน้ำหนัก โครงสร้างน้อยกว่า CSB ถึง 27–45% ส่งผลให้ลดภาระบนฐานรากและ ประหยัดต้นทุนวัสดุได้อย่างชัดเจน นอกจากนี้ยังมีข้อได้เปรียบด้านความ ยืดหยุ่นในการติดตั้ง ความต้านทานแรงลม และการสูญเสียวัสดุน้อยกว่า CSB จึงเหมาะสำหรับอาคารอุตสาหกรรมที่ต้องการความรวดเร็วและ ประหยัดในการก่อสร้าง

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) ที่มุ่งเน้น การศึกษาปัญหาด้านคุณภาพในขั้นตอนการติดตั้งโครงสร้างของอาคารที่ใช้ ระบบก่อสร้างแบบสำเร็จรูป Pre-Engineered Building System (PEB) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อระบุปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพของงานติดตั้ง และ พัฒนาแนวทางการควบคุมคุณภาพที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริงใน ภาคอุตสาหกรรม โดยเน้นให้สอดคล้องกับหลักการของการพัฒนา โครงสร้างพื้นฐานอย่างยั่งยืนที่คำนึงถึงประสิทธิภาพ ความปลอดภัย และ ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างรอบด้าน

3.1 รูปแบบงานวิจัย

การวิจัยเชิงคุณภาพเหมาะสำหรับการศึกษาที่ต้องการทำความเข้าใจปรากฏการณ์ในเชิงลึก โดยเฉพาะในประเด็นที่มีความซับซ้อนหรือ เกี่ยวข้องกับพฤติกรรม มนุษย์สัมพันธ์ และกระบวนการในสถานการณ์จริง การวิจัยนี้จึงเลือกใช้วิธีการเก็บข้อมูลจากแหล่งข้อมูลปฐมภูมิผ่านการ สัมภาษณ์เชิงลึกและการสังเกตการณ์ในหน้างานจริง เพื่อให้สามารถระบุ ปัญหาและความเชื่อมโยงของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อคุณภาพของงานติดตั้ง PEB ได้อย่างครอบคลุม

3.2 แหล่งข้อมูลและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยเป็นผู้เชี่ยวชาญและผู้มีประสบการณ์ตรงในงาน ติดตั้งระบบ PEB ที่ได้รับการคัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) จำนวน 5 ราย ซึ่งประกอบด้วย

- 1) ผู้จัดการโครงการ / Project Manager
- 2) วิศวกรโครงการ / Project Engineer
- 3) เจ้าหน้าที่ความปลอดภัย / Safety Officer
- 4) เจ้าหน้าที่ควบคุมคุณภาพ / Quality Control Officer
- 5) ผู้รับเหมาช่วง / Subcontractor

บุคคลเหล่านี้มีบทบาทสำคัญในการควบคุมและจัดการกระบวนการ ติดตั้งในแต่ละขั้นตอน จึงสามารถให้ข้อมูลเชิงลึกที่เกี่ยวข้องกับปัญหาและ แนวทางปฏิบัติได้อย่างถูกต้องและเป็นประโยชน์ต่อการวิเคราะห์

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือหลักที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ แบบสอบถามที่ออกแบบขึ้น โดยเฉพาะสำหรับศึกษาปัญหาและแนวทางการควบคุมคุณภาพในขั้นตอน ของการติดตั้งโครงสร้างอาคารระบบสำเร็จรูป PEB ซึ่งได้รับการออกแบบ ตามกรอบแนวคิด 4M1E (Man, Machine, Material, Method, Environment) โดยมีวัตถุประสงค์ในการประเมินระดับปัญหาในแต่ละด้าน พร้อมทั้งรวบรวมข้อเสนอแนะจากผู้มีประสบการณ์ในหน้างานก่อสร้างจริง

แบบสอบถามแบ่งออกเป็น 4 ส่วนหลัก ได้แก่

ส่วนที่ 1: ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ประกอบด้วยคำถามเกี่ยวกับตำแหน่งหน้าที่ของผู้ตอบ ประสบการณ์ ในงานติดตั้ง PEB และบทบาทที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการก่อสร้าง เพื่อใช้ ในการวิเคราะห์เชิงบริบท และจัดกลุ่มข้อมูลตามประสบการณ์หรือระดับ ความรับผิดชอบของแต่ละบุคคล

ส่วนที่ 2: การประเมินปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพ (4M1E)

โครงสร้างของคำถามในส่วนนี้ใช้การวัดแบบ Likert Scale ระดับ 1–5 เพื่อประเมินระดับความรุนแรงหรือความสำคัญของปัญหา และ Ranking (จัดอันดับ 1–3) เพื่อจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยที่ผู้ตอบเห็นว่าส่งผล กระทบต่อคุณภาพมากที่สุด

รายละเอียดแยกเป็น 5 หมวด ตามกรอบ 4M1E มีรายละเอียดดังนี้

- 1) Man (บุคลากร) การประเมินทักษะ ความชำนาญ ความเข้าใจในแบบ ความปลอดภัย และการสื่อสารของแรงงาน
- 2) Machine (เครื่องจักร/อุปกรณ์): ความเหมาะสมของเครื่อง การบำรุงรักษาเครื่องมือ และความแม่นยำในการวัด
- 3) Material (วัสดุ): คุณภาพของชิ้นส่วน การป้องกันสนิม การตรวจสอบความตรงของรอยเจาะ ฯลฯ
- 4) Method (วิธีการ): ความชัดเจนของขั้นตอนติดตั้ง ความครบถ้วนของเอกสาร คู่มือ และการตรวจสอบหลังติดตั้ง
- 5) Environment (สิ่งแวดล้อม): สภาพอากาศ พื้นที่ติดตั้ง ความปลอดภัย และการจัดการบริเวณก่อสร้าง

แต่ละหมวดจะมีคำถามตรวจสอบแบบ Yes/No เพื่อระบุว่ามีกรดำเนินการควบคุมหรือไม่ และมีคำถามปลายเปิดให้ผู้ตอบเสนอแนะแนวทางป้องกันหรือแก้ไขปัญหาในมุมมองของตนเอง

ส่วนที่ 3: การใช้เทคโนโลยีในการควบคุมคุณภาพ

ผู้ตอบจะระบุว่าหน่วยงานของตนมีการนำเทคโนโลยีใดมาใช้ในการตรวจสอบคุณภาพ ได้แก่

- BIM (Building Information Modeling)
- Laser Scanning
- Drone Inspection
- Time Lapse Camera
- อื่น ๆ

ข้อมูลในส่วนนี้ช่วยให้วิเคราะห์ได้ว่าโครงการมีการบูรณาการเทคโนโลยีเพื่อสนับสนุนความยั่งยืนและลดข้อผิดพลาดในหน้างานหรือไม่

ส่วนที่ 4: ปัญหาและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

ผู้ตอบสามารถระบุปัญหาที่เคยมพบ และแสดงความคิดเห็นหรือเสนอแนะวิธีการปรับปรุงกระบวนการควบคุมคุณภาพอย่างอิสระ เพื่อเปิดโอกาสให้เกิดการสังเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ และเสริมสร้างแนวทางที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในหน้างานจริง

โดยแบบสัมภาษณ์ถูกออกแบบให้ยืดหยุ่น เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้ให้ข้อมูลสามารถแบ่งปันประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องอย่างเป็นธรรมชาติและครอบคลุมทุกมิติของประเด็นวิจัย

3.4 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ใช้การรวบรวมข้อมูลจากทั้งวิธีการเชิงคุณภาพ (Qualitative Approach) และ การวิเคราะห์เชิงสำรวจ (Exploratory Survey) เพื่อให้ได้ข้อมูลที่หลากหลาย ครอบคลุม และสะท้อนภาพรวมของปัญหาด้านคุณภาพในกระบวนการติดตั้งโครงสร้างระบบ PEB อย่างแท้จริง โดยอิงจากบริบทของหน้างานก่อสร้างจริง

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลผ่าน 2 แนวทางหลัก ได้แก่

- 1) การสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview) และการสังเกตการณ์ภาคสนาม การสัมภาษณ์ดำเนินการในรูปแบบกึ่งมีโครงสร้าง (Semi-structured Interview) กับบุคลากรผู้มีประสบการณ์ตรงในกระบวนการติดตั้งโครงสร้าง PEB จำนวน 5 ราย ซึ่งประกอบด้วยวิศวกรควบคุมงานช่างเทคนิค เจ้าหน้าที่ควบคุมคุณภาพ และผู้ปฏิบัติงานในหน้างาน โดยเน้นการตั้งคำถามเกี่ยวกับประสบการณ์ ปัญหาที่พบ ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพ และแนวทางการควบคุมที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังได้ลงพื้นที่สังเกตการณ์ในโครงการจริง เพื่อบันทึกพฤติกรรม กระบวนการทำงาน และสภาพแวดล้อมในการติดตั้งโครงสร้าง โดยเน้นการวิเคราะห์ปัจจัยที่อาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพ เช่น วิธีการติดตั้ง ลำดับขั้นตอน การใช้เครื่องมือ การจัดเก็บวัสดุ และความปลอดภัยในพื้นที่ก่อสร้าง

- 2) การแจกแบบสอบถามเพื่อการวิเคราะห์ปัจจัยเชิงระบบ (Structured Questionnaire Based on 4M1E) แบบสอบถามได้รับการออกแบบโดยอิงจากกรอบแนวคิด 4M1E (Man, Machine, Material, Method, Environment) เพื่อใช้วิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพในแต่ละด้านอย่างเป็นระบบ โดยแบ่งออกเป็น 4 ส่วนหลัก ได้แก่

- ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบ เช่น ตำแหน่ง หน้าที่ ประสบการณ์ และบทบาทในงานติดตั้ง PEB
- ส่วนที่ 2 การประเมินระดับของปัญหาในแต่ละหมวด (4M1E) โดยใช้ทั้ง Likert Scale และ Ranking Scale ควบคุมคำถาม Yes/No และคำถามปลายเปิด เพื่อเปิดโอกาสให้เสนอแนะแนวทางแก้ไข
- ส่วนที่ 3 การใช้เทคโนโลยีในการควบคุมคุณภาพ เช่น BIM, Drone, Laser Scanning ฯลฯ ซึ่งเป็นแนวโน้มสำคัญของการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานอย่างยั่งยืน
- ส่วนที่ 4 ปัญหาและข้อเสนอแนะจากผู้ตอบแบบสอบถาม เพื่อเก็บข้อมูลเชิงลึกจากประสบการณ์จริง

การแจกแบบสอบถามดำเนินการในโครงการก่อสร้างจริงที่ใช้ระบบ PEB โดยเน้นผู้ที่มีบทบาทในกระบวนการติดตั้ง เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สามารถสะท้อนสภาพปัญหาและแนวทางที่ปฏิบัติกันจริงในภาคสนาม โดยผู้วิจัยได้อธิบายวัตถุประสงค์ของการวิจัยแก่ผู้ตอบแบบสอบถาม และให้ความสำคัญกับจริยธรรมในการวิจัย เช่น การเก็บรักษาข้อมูลเป็นความลับ และการขอความยินยอมก่อนสัมภาษณ์หรือตอบแบบสอบถาม

การใช้ทั้งการสัมภาษณ์ สังเกตการณ์ และแบบสอบถามในครั้งนี้ ทำให้ผู้วิจัยสามารถวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพได้ทั้งในเชิงลึกและเชิงระบบ ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญในการพัฒนาแนวทางการควบคุมคุณภาพที่มีประสิทธิภาพ และสามารถส่งเสริมการก่อสร้างที่ยั่งยืนได้ในระยะยาว

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ดำเนินการโดยใช้แนวทางเชิงคุณภาพควบคู่กับการวิเคราะห์เชิงพรรณนา เพื่อสังเคราะห์ประเด็นปัญหา และแนวทางการควบคุมคุณภาพในกระบวนการติดตั้งโครงสร้างระบบ PEB อย่างเป็นระบบ

ข้อมูลจาก การสัมภาษณ์เชิงลึก และ การสังเกตการณ์ภาคสนาม ได้รับการวิเคราะห์ด้วยวิธีวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) โดยแยกหน่วยข้อมูลตามหัวข้อที่สอดคล้องกับกรอบแนวคิด 4M1E ได้แก่ บุคลากร เครื่องมือ วัสดุ วิธีการ และสิ่งแวดล้อม เพื่อระบุปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพ และจัดลำดับความสำคัญของปัญหา

ข้อมูลจาก แบบสอบถาม ได้รับการวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ การแจกแจงความถี่ ค่าร้อยละ และค่าเฉลี่ย เพื่อสะท้อนระดับของปัญหาและความสำคัญของแต่ละปัจจัยตามการประเมินของผู้ตอบแบบสอบถาม พร้อมนำคำตอบปลายเปิดมาสังเคราะห์ เพื่อเสริมข้อเสนอแนะเชิงคุณภาพ

ข้อมูลทั้งหมดจะถูกจัดกลุ่มตามหมวด 4M1E และนำเสนอในรูปของแผนผังก้างปลา (Fishbone Diagram) เพื่อแสดงความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของงานติดตั้ง และใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาแนวทางการควบคุมคุณภาพที่เหมาะสมกับบริบทของงานก่อสร้างระบบ PEB อย่างยั่งยืน

3.6 การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูล

ในการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูล ผู้วิจัยใช้วิธีการตรวจสอบแบบสามเส้า (Triangulation) โดยเปรียบเทียบข้อมูลจากการสัมภาษณ์เชิงลึก การสังเกตการณ์หน้างาน และข้อมูลจากแบบสอบถามที่ออกแบบตาม

กรอบแนวคิด 4M1E เพื่อวิเคราะห์ความสอดคล้องของประเด็นปัญหาและแนวทางควบคุมคุณภาพในแต่ละด้าน กระบวนการนี้ช่วยให้สามารถยืนยันข้อมูลจากหลายมุมมอง ลดอคติ และสะท้อนภาพรวมของสถานการณ์ได้อย่างถูกต้องมากขึ้น

นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์เบื้องต้นต่อผู้เชี่ยวชาญในสาขาวิศวกรรมโยธาและการบริหารงานก่อสร้าง เพื่อทบทวนความเหมาะสมของเนื้อหา ตลอดจนแนวทางที่เสนอในบริบทของการก่อสร้างด้วยระบบ PEB ทั้งนี้ เพื่อให้ผลการวิจัยมีความถูกต้องในเชิงวิชาการ สามารถประยุกต์ใช้ได้จริงในภาคสนาม และสอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนในระยะยาว

4. ผลการศึกษา

ผลการศึกษาในครั้งนี้ได้จากการรวบรวมข้อมูลในโครงการก่อสร้างจริงที่ใช้ระบบโครงสร้างแบบสำเร็จรูป Pre-Engineered Building (PEB) จำนวน 3 แห่ง ภายในนิคมอุตสาหกรรมปิ่นทอง จังหวัดชลบุรี โดยประกอบด้วยการเก็บข้อมูลภาคสนามผ่านการสังเกตการณ์โดยตรง และการวิเคราะห์ผลแบบสอบถามจำนวน 30 ชุด ซึ่งออกแบบขึ้นตามกรอบแนวคิด 4M1E ได้แก่ บุคลากร (Man) เครื่องมือและอุปกรณ์ (Machine) วัสดุ (Material) วิธีการ (Method) และสิ่งแวดล้อม (Environment)

จากการสังเกตการณ์ในพื้นที่จริง พบว่า ปัญหาด้านคุณภาพในการติดตั้งโครงสร้าง PEB เกิดขึ้นได้ตั้งแต่กระบวนการต้นทาง ได้แก่ การตีความแบบก่อสร้างของแรงงานที่ยังขาดความเข้าใจ การเตรียมพื้นที่ติดตั้งที่ไม่เหมาะสม การจัดการอุปกรณ์เครื่องมือที่ไม่พร้อมใช้งาน และการบริหารหน้างานที่ขาดระบบควบคุมคุณภาพอย่างเป็นขั้นตอน ซึ่งล้วนส่งผลกระทบต่อความแม่นยำ ความปลอดภัย และความคืบหน้าของงานก่อสร้าง

ผลจากการวิเคราะห์แบบสอบถามรายละเอียดแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่า ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพมากที่สุดคือ “วิธีการ (Method)” โดยเฉพาะในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการขาดขั้นตอนการตรวจสอบหลังติดตั้ง การไม่ปฏิบัติตามแนวทางมาตรฐาน และการขาดระบบควบคุมคุณภาพเฉพาะสำหรับงานติดตั้งโครงสร้างสำเร็จรูป รองลงมาคือปัจจัยด้าน “บุคลากร (Man)” ซึ่งพบว่าผู้ปฏิบัติงานจำนวนมากยังขาดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแบบ Shop Drawing เทคนิคการติดตั้งเฉพาะระบบ PEB และขาดทักษะในการใช้อุปกรณ์วัดระดับและแนวโครงสร้างอย่างแม่นยำ

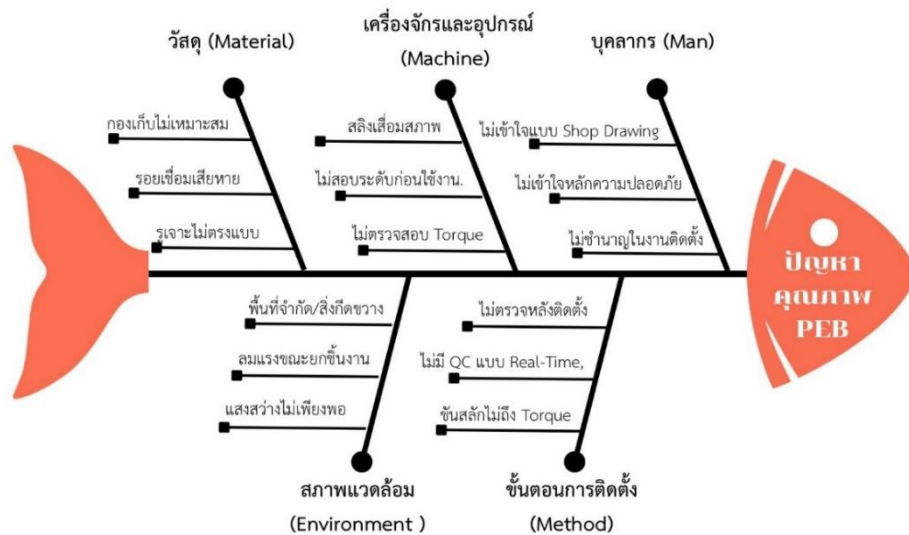
ในส่วนของ ปัจจัยด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ (Machine) พบข้อจำกัดด้านความพร้อมของเครน เครื่องมือที่ไม่ผ่านการสอบเทียบ และไม่มีมีการบำรุงรักษาอย่างต่อเนื่อง ขณะที่ ปัจจัยด้านวัสดุ (Material) พบปัญหาการจัดเก็บวัสดุในพื้นที่ที่ไม่เหมาะสม เช่น บริเวณที่มีความชื้นสูง หรือพื้นลาดเอียง ซึ่งอาจส่งผลให้ชิ้นส่วนเสียรูปหรือเกิดสนิมก่อนการติดตั้ง และไม่มี การตรวจสอบความถูกต้องของวัสดุก่อนเริ่มงาน

สำหรับ ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม (Environment) แม้จะมีผลกระทบในเชิงทางอ้อม แต่ก็มีนัยสำคัญต่อประสิทธิภาพของการติดตั้ง เช่น สภาพอากาศที่แปรปรวน พื้นที่ทำงานจำกัด การจัดระบบจราจรในพื้นที่ก่อสร้างที่ไม่เหมาะสม ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการดำเนินงานของเครื่องจักรและส่งผลต่อความปลอดภัยของแรงงาน

ข้อมูลจากทั้งภาคสนามและแบบสอบถามได้รับการวิเคราะห์และจัดกลุ่มตามกรอบ 4M1E และนำเสนอในรูปของ แผนผังก้างปลา (Fishbone Diagram) ตามรูปที่ 2 เพื่อแสดงความเชื่อมโยงระหว่างปัจจัยต่าง ๆ ที่เป็นต้นเหตุของปัญหาเชิงคุณภาพในการติดตั้งโครงสร้าง PEB โดยมีเป้าหมายเพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำหนดมาตรการควบคุมคุณภาพอย่างเป็นระบบ ซึ่งจะช่วยสนับสนุนการยกระดับมาตรฐานงานติดตั้งให้สอดคล้องกับหลักวิศวกรรมที่ยั่งยืน มีประสิทธิภาพ และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

ตารางที่ 1 ผลการศึกษาจากแบบสอบถามที่เชื่อมโยงการวิเคราะห์

ปัจจัย	สาเหตุ (จากแบบสอบถาม)	ผลกระทบที่เกิดขึ้น	แนวทางควบคุมคุณภาพ
Man (บุคลากร)	- ไม่เข้าใจแบบ Shop Drawing	- ติดตั้งผิดพลาด	- จัดอบรมเชิงเทคนิคก่อนเริ่มงาน
	- ไม่เข้าใจหลักความปลอดภัย	- เกิดอุบัติเหตุหน้างาน	- ฝึกอบรมความปลอดภัยเป็นประจำ
	- ขาดทักษะและไม่ได้รับการอบรม	- งานไม่เป็นไปตามมาตรฐาน	- ประเมินสมรรถนะก่อนมอบหมายงาน
Machine (เครื่องจักร/อุปกรณ์)	- สลิงเสื่อมสภาพ	- การติดตั้งคลาดเคลื่อน	- จัดทำแผน PM (Preventive Maintenance)
	- เครื่องมือตรวจวัดไม่สอบเทียบ	- จุดยึดไม่มั่นคง	- สอบเทียบเครื่องมือวัดตามระยะ
	- ไม่บำรุงรักษาเครื่องมือ	- เครื่องมือขัดข้องกลางงาน	- ตรวจสอบอุปกรณ์ก่อนใช้งานทุกวัน
Material (วัสดุ)	- รอยเชื่อมเสียหาย	- โครงสร้างไม่แข็งแรง	- ตรวจสอบคุณภาพวัสดุก่อนส่งเข้าหน้างาน (Incoming Inspection)
	- รูเจาะไม่ตรงแบบ	- ต้องแก้งานหน้างาน	- ควบคุมการขนส่งและการจัดเก็บให้อยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม
	- สีหลุร้อน/วัสดุเกิดสนิม	- อายุการใช้งานลดลง	
Method (ขั้นตอนการติดตั้ง)	- ไม่ตรวจสอบหลังติดตั้ง	- งานไม่ได้มาตรฐาน	- จัดทำแผนควบคุมคุณภาพ (Inspection & Test Plan)
	- ขาดการ QC แบบ Real-time	- ต้องรื้อถอนหรือแก้ไขภายหลัง	- มีเจ้าหน้าที่ QC ตรวจสอบระหว่างงาน
	- ขั้นตอนไม่ตรง Torque	- โครงสร้างขาดความปลอดภัย	- บันทึกผลตรวจสอบ Torque ทุกจุด
Environment (สภาพแวดล้อม)	- พื้นที่คับแคบ/มีสิ่งกีดขวาง	- ติดตั้งลำบาก/ใช้เวลาเพิ่ม	- เตรียมพื้นที่ให้เหมาะสมก่อนเริ่มงาน
	- ลมแรง/ฝนตก	- เพิ่มความเสี่ยงอุบัติเหตุ	- ตรวจสอบสภาพอากาศล่วงหน้า
	- แสงสว่างไม่เพียงพอ	- ความแม่นยำลดลง	- ติดตั้งแสงสว่างเสริมในพื้นที่ปฏิบัติงาน



รูปที่ 2 แผนผังกังปลาแสดงปัญหาคุณภาพงานติดตั้ง PEB

5. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาปัญหาด้านคุณภาพในขั้นตอนการติดตั้งโครงสร้างของระบบ Pre-Engineered Building (PEB) พบว่า ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพมีความหลากหลายและซับซ้อน ครอบคลุมทั้งด้านบุคลากร เครื่องมือ วัสดุ วิธีการ และสิ่งแวดล้อม ซึ่งล้วนมีบทบาทร่วมกันในการกำหนดประสิทธิภาพ ความปลอดภัย และความยั่งยืนของงานติดตั้ง โดยเฉพาะการขาดระบบควบคุมคุณภาพที่ชัดเจนในขั้นตอนการทำงาน ถือเป็นจุดอ่อนสำคัญที่ควรได้รับการปรับปรุง

5.1 สรุปผล

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปัญหาด้านคุณภาพและหาแนวทางควบคุมคุณภาพในขั้นตอนการติดตั้งโครงสร้างของระบบ Pre-Engineered Building (PEB) โดยอาศัยข้อมูลจากแบบสอบถาม การสัมภาษณ์เชิงลึก และการสังเกตการณ์ในโครงการก่อสร้างจริง ผลการศึกษาจากการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า “วิธีการปฏิบัติงาน” และ “บุคลากร” เป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลกระทบต่อความถูกต้อง ความปลอดภัย และประสิทธิภาพของการติดตั้งโครงสร้าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่ไม่มีแนวทางควบคุมคุณภาพที่เป็นลำดับขั้น ไม่มีแบบฟอร์มหรือเอกสารตรวจสอบที่สามารถติดตามย้อนหลังได้ อีกทั้งยังพบข้อจำกัดในด้านความรู้ ความเข้าใจ และทักษะของผู้ปฏิบัติงานในระบบ PEB ที่แตกต่างจากระบบก่อสร้างทั่วไป

นอกจากนี้ยังพบว่าปัจจัยด้านเครื่องมือ วัสดุ และสิ่งแวดล้อม มีบทบาทสำคัญในฐานะเงื่อนไขสนับสนุน (supporting factors) ที่สามารถเพิ่มหรือลดความเสี่ยงของข้อผิดพลาดในกระบวนการติดตั้ง หากไม่มีการจัดการที่ดี ย่อมส่งผลกระทบต่อความมั่นคงของโครงสร้าง และอาจเพิ่มผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งทางตรงและทางอ้อม ข้อมูลทั้งหมดได้รับการวิเคราะห์และจัดกลุ่มตามกรอบแนวคิด 4M1E และสังเคราะห์ในรูปแบบแผนผังกังปลา เพื่อแสดงให้เห็นถึงความเชื่อมโยงของสาเหตุเชิงระบบที่นำไปสู่ปัญหาคุณภาพในกระบวนการติดตั้ง PEB

ผลการศึกษาจึงนำไปสู่ข้อเสนอแนะเพื่อพัฒนาแนวทางการควบคุมคุณภาพในระบบ PEB ที่มีความยั่งยืนและสามารถใช้ได้จริงในภาคสนาม

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษา ผู้วิจัยขอเสนอแนวทางเพื่อใช้ในการควบคุมและพัฒนาคุณภาพของงานติดตั้งโครงสร้างระบบ PEB ดังนี้

- 1) กำหนดแนวทางควบคุมคุณภาพที่มีความเป็นระบบและสามารถตรวจสอบย้อนกลับได้ โดยครอบคลุมตั้งแต่การตรวจสอบวัสดุก่อนติดตั้ง การควบคุมลำดับขั้นของการทำงาน การตรวจสอบความถูกต้องในแต่ละจุด และการจัดทำแบบฟอร์มควบคุมคุณภาพในรูปแบบที่เป็นมาตรฐาน
- 2) ส่งเสริมการพัฒนาศักยภาพของบุคลากร ผ่านการฝึกอบรมเฉพาะทางเกี่ยวกับการติดตั้งโครงสร้าง PEB ทั้งในด้านการอ่านแบบ การใช้เครื่องมือวัดระดับ การควบคุมความปลอดภัย และความเข้าใจในมาตรฐานการทำงาน เพื่อให้สามารถลดข้อผิดพลาดและยกระดับคุณภาพได้อย่างยั่งยืน
- 3) พัฒนาแนวทางด้านเทคนิคและการใช้เทคโนโลยีสนับสนุน เช่น การใช้ระบบ BIM เพื่อช่วยในการตรวจสอบความถูกต้องของแบบก่อนติดตั้ง การใช้กล้องวัดมิติหรือเลเซอร์สแกนเพื่อลดความคลาดเคลื่อน และระบบบันทึกข้อมูลคุณภาพแบบดิจิทัลที่สามารถติดตามและรายงานผลแบบเรียลไทม์
- 4) ออกแบบการจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมในหน้างานอย่างเป็นระบบ เช่น การจัดเก็บวัสดุให้อยู่ในสภาพแวดล้อมที่ปลอดภัย การบริหารพื้นที่ติดตั้งให้เหมาะสมกับอุปกรณ์ยกและแรงงาน รวมถึงการวางแผนเพื่อเหตุการณ์ไม่คาดฝันที่อาจเกิดจากสภาพอากาศ เพื่อส่งเสริมความปลอดภัยและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
- 5) สนับสนุนการยกระดับมาตรฐานการควบคุมคุณภาพในระดับองค์กรและอุตสาหกรรม เพื่อให้เกิดการปรับใช้แนวทางที่มีความยั่งยืนทั้งในด้านเทคนิค กระบวนการ และการบริหารจัดการ โดยมีเป้าหมายร่วมกันในการยกระดับคุณภาพโครงสร้างพื้นฐานให้มีความปลอดภัย แข็งแรง และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาว

แนวทางข้างต้นมีศักยภาพในการนำไปพัฒนาเป็นมาตรฐานกลางสำหรับการควบคุมคุณภาพในระบบ PEB ซึ่งไม่เพียงตอบสนองต่อข้อกำหนดทางวิศวกรรม แต่ยังส่งเสริมเป้าหมายของการสร้างโครงสร้างพื้นฐานที่ยั่งยืนในทุกมิติ

เอกสารอ้างอิง

- [1] Goswami, A., & Shende, T. (2018). *Design and comparison of Pre-Engineered and Conventional Steel Buildings for Industrial Warehouses*. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), 7(9), 15–20.
- [2] Sharma, P., Aggarwal, M., & Gupta, P. (2020). *Study on Pre-Engineered Buildings and Quality Challenges During Erection*. International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE), 8(5), 2596–2600.
- [3] Upadhyay, A., & Pendharkar, S. (2023). *Challenges and Quality Control Measures in Pre-Engineered Building Construction*. Journal of Structural Engineering Research, 14(1), 45–54.
- [4] Project Management Institute. (2017). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)* (6th ed.). Newtown Square, PA: PMI.
- [5] ศุภชัย นาทะพันธ์. (2566) การควบคุมคุณภาพ = Quality Control กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดดูเคชั่น
- [6] ณัฐชา ทวีแสงสกุลไทย (2562) วิศวกรรมคุณภาพและการจัดการ : เข้มทิศการปรับปรุงและสร้างนวัตกรรมอย่างต่อเนื่อง กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- [7] Ms. Snehal Mali, Prof Gaurav Vispute (2022) COST COMPARISON BETWEEN CONVENTIONAL BUILDING AND PRE-ENGINEERING BUILDING Open access international journal of science & engineering Volume 7 Issue 02 February 2022 ISSN (Online) 2456-3293
- [8] ศิมาภรณ์ กุลทิพย์ (2559) การศึกษาเปรียบเทียบการก่อสร้างอาคารคลังสินค้าโครงสร้างเหล็กด้วยระบบก่อสร้างแบบดั้งเดิมและระบบก่อสร้างแบบสำเร็จรูป การค้นคว้าอิสระวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์และการจัดการเชิงธุรกิจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
- [9] Al-Zwainy, F. M. S., Mohammed, I. A., & Varouqa, I. (2018). Diagnosing the Causes of Failure in the Construction Sector Using Root Cause Analysis Technique. Journal of Engineering.
- [10] วชิรพล แซ่โกว (2561) Problems and countermeasures of the quality of fabricated steelwork in Thailand building projects ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี) คณะวิศวกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีนานาชาติสิรินธร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
- [11] คณะทำงานมาตรฐานการออกแบบสำหรับอาคารโครงสร้างเหล็กรูปพรรณ ในคณะกรรมการสาขาโครงสร้างเหล็ก คณะกรรมการสาขาวิศวกรรมโยธา วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ มาตรฐานการออกแบบสำหรับอาคารโครงสร้างเหล็กรูปพรรณ พ.ศ. 2565 (Design Specification for Structural Steel Buildings) กรุงเทพฯ : สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์
- [12] Pratik M. Londhe, et al. (2024) A Comparative Analysis of Conventional Steel Building and Pre-Engineered Building Systems: a case study Approach E3S Web of Conferences 559, 04030 (2024) (Online)
- [13] Anisha Goswami and Dr. Tushar Shende (2018) Pre-Engineered Building Design of an Industrial Warehouse International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET) Volume: 05 Issue: 06 | June-2018