



วารสารวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม Journal of Engineering and Innovation

บทความวิจัย

การประยุกต์ใช้ DMAIC เพื่อลดความคลาดเคลื่อนของปริมาณคอนกรีตในงานโครงสร้างบ้านเดี่ยว

Application of DMAIC for reducing concrete quantity variability in reinforced concrete structural work of single-detached house construction

ตะวัน บุญสงค์¹ นลิน เพียรทอง^{2*}

¹ บจก. เอเคซี 81 จังหวัดอุบลราชธานี 34000

² ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี 34190

Tawan Boonsong¹ Nalin Pianthong^{2*}

¹ AKC 81 CO.,LTD., Ubon Ratchathani 34000

² Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani 34190

* Corresponding author.

E-mail: Nalin.p@ubu.ac.th

วันที่รับบทความ 6 เมษายน 2569; วันที่แก้ไขบทความ ครั้งที่ 1 13 พฤษภาคม 2569; วันที่แก้ไขบทความ ครั้งที่ 2 26 พฤษภาคม 2569

วันที่ตอบรับบทความ -31 พฤษภาคม 2569

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงความแม่นยำของกระบวนการประมาณปริมาณคอนกรีตในงานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กของการก่อสร้างบ้านเดี่ยว โดยประยุกต์ใช้ DMAIC เพื่อวิเคราะห์สาเหตุของความคลาดเคลื่อนและลดความคลาดเคลื่อนของปริมาณคอนกรีต โดยเริ่มจากการวิเคราะห์ข้อมูลต้นทุนของโครงการก่อสร้างบ้านเดี่ยวพื้นที่ใช้สอย 96 ตารางเมตร พบว่างานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กมีสัดส่วนต้นทุนรวมสูงสุด คิดเป็นร้อยละ 17.4 ของต้นทุนโครงการทั้งหมด จึงถูกเลือกเป็นกระบวนการเป้าหมายสำหรับการปรับปรุง แนวทางการปรับปรุงประกอบด้วยการจัดทำแบบฟอร์มคำนวณปริมาณคอนกรีตมาตรฐาน การกำหนดใบตรวจสอบสำหรับตรวจสอบแบบก่อสร้าง การจัดทำคู่มือการปฏิบัติงาน สำหรับการคำนวณปริมาณคอนกรีต และการกำหนดค่า tolerance สำหรับการสั่งคอนกรีต ผลการปรับปรุงพบว่าความคลาดเคลื่อนของปริมาณคอนกรีตลดลงจากร้อยละ 8.3 เหลือร้อยละ 1.4 และปริมาณคอนกรีตที่คลาดเคลื่อนลดลงจาก 1.96 ลูกบาศก์เมตร เหลือ 0.33 ลูกบาศก์เมตร แสดงให้เห็นว่าแนวทาง DMAIC สามารถช่วยลดความคลาดเคลื่อนของปริมาณคอนกรีตและเพิ่มความแม่นยำของการประมาณปริมาณคอนกรีตในกรณีศึกษาได้อย่างเป็นระบบ

คำสำคัญ

การประมาณปริมาณคอนกรีต ชีกซ์ชิกมา DMAIC งานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก การปรับปรุงกระบวนการก่อสร้าง ความสูญเสีย

Abstract

This research aims to improve the accuracy of concrete quantity estimation in reinforced concrete structural work of single-detached house construction by applying the DMAIC framework to analyze the causes of concrete quantity deviation. The study began with an analysis of construction cost data for a single-detached house with a usable area of 96 square meters. The results indicated that reinforced concrete structural work accounted for the highest proportion of total construction cost, representing 17.4% of the overall project cost. Therefore, this activity was selected as the target

process for improvement. Improvement measures included the development of a standardized concrete quantity calculation form, the establishment of a checklist for reviewing construction drawings, the preparation of a work instruction for concrete quantity estimation, and the determination of an appropriate tolerance level for ordering concrete. The results showed that the deviation in concrete quantity decreased from 8.3% to 1.4%, while the concrete quantity deviation was reduced from 1.96 m³ to 0.33 m³. The findings indicate that the DMAIC-based improvement measures effectively reduced concrete quantity deviation and enhanced estimation accuracy in the case study project.

Keywords

concrete quantity estimation; six sigma; DMAIC; reinforced concrete structural work; construction process improvement; material waste

1. บทนำ

อุตสาหกรรมการก่อสร้างมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและโครงสร้างพื้นฐานของประเทศ อย่างไรก็ตามโครงการก่อสร้างจำนวนมากยังประสบปัญหาด้านประสิทธิภาพ เนื่องจากงานก่อสร้างมีความซับซ้อน ความไม่แน่นอนสูง และเกี่ยวข้องกับหลายฝ่าย ส่งผลให้เกิดความแปรปรวนและความสูญเสียในกระบวนการ เช่น ความล่าช้า ต้นทุนเกินงบประมาณ และการใช้ทรัพยากรอย่างไม่มีประสิทธิภาพ ซึ่งกระทบต่อคุณภาพของโครงการและความสามารถในการแข่งขันขององค์กร

ซิกซ์ซิกมา (Six Sigma) เป็นแนวทางการปรับปรุงกระบวนการที่มุ่งลดความแปรปรวนและข้อบกพร่อง โดยใช้ข้อมูลเชิงสถิติในการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาอย่างเป็นระบบ แนวคิดดังกล่าวได้รับการประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายในภาคการผลิตเพื่อเพิ่มคุณภาพ ลดต้นทุน และเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการ [1, 2] และเริ่มได้รับความนิยมในอุตสาหกรรมก่อสร้างเพื่อปรับปรุงคุณภาพและลดความผิดพลาดของกระบวนการ [3-5]

งานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กเป็นกิจกรรมหลักของโครงการก่อสร้างบ้านเดี่ยว ประกอบด้วยงานฐานราก เสา คาน และพื้น ซึ่งมีสัดส่วนต้นทุนวัสดุและค่าแรงสูง จากข้อมูลโครงการก่อสร้างบ้านเดี่ยวพื้นที่ใช้สอย 96 ตารางเมตร พบว่างานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กมีสัดส่วนต้นทุนรวมสูงที่สุดคิดเป็นร้อยละ 17.4 ของต้นทุนโครงการทั้งหมด ในทางปฏิบัติพบว่าปริมาณคอนกรีตที่ใช้จริงมักคลาดเคลื่อนจากปริมาณที่คำนวณจากแบบก่อสร้าง ส่งผลให้เกิดวัสดุเหลือทิ้ง การหยุดชะงักของงาน และต้นทุนที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่าเพิ่ม

ภายใต้แนวคิดซิกซ์ซิกมา ความคลาดเคลื่อนของปริมาณคอนกรีตสะท้อนถึงความแปรปรวนของกระบวนการประมาณวัสดุ ซึ่งอาจเกิดจากข้อมูลแบบก่อสร้างที่ไม่สมบูรณ์ วิธีการคำนวณที่ไม่เป็นมาตรฐาน และการขาดระบบตรวจสอบก่อนการสั่งวัสดุ ดังนั้น การปรับปรุงกระบวนการประมาณและควบคุมปริมาณคอนกรีตจึงมีศักยภาพในการลดความสูญเสียวัสดุและเพิ่มความแม่นยำของกระบวนการก่อสร้าง

แม้ว่างานวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่าซิกซ์ซิกมาสามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพและลดความสูญเสียในอุตสาหกรรมก่อสร้างได้ [3-5] แต่งานวิจัยส่วนใหญ่ยังมุ่งเน้นในระดับองค์กรหรือโครงการขนาดใหญ่ ขณะที่การประยุกต์ใช้ซิกซ์ซิกมาในระดับกิจกรรมย่อยของงานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยเฉพาะกระบวนการประมาณและควบคุมปริมาณคอนกรีตในโครงการบ้านเดี่ยว ยังมีอยู่อย่างจำกัด นอกจากนี้ งานวิจัยที่ผ่านมาให้ความสำคัญกับผลลัพธ์ด้านคุณภาพ ต้นทุน และประสิทธิภาพของโครงการเป็นหลัก แต่ยังขาดการศึกษาที่มุ่งวิเคราะห์ “ความคลาดเคลื่อนของปริมาณคอนกรีต” ในฐานะปัจจัยสำคัญของความสูญเสียในกระบวนการก่อสร้าง

งานวิจัยนี้จึงเลือกใช้แนวคิดซิกซ์ซิกมาภายใต้กรอบ DMAIC เนื่องจากเป็นแนวทางที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์และปรับปรุงกระบวนการที่มีความแปรปรวนสูง โดยสามารถดำเนินการอย่างเป็นระบบตั้งแต่การระบุปัญหา การวัดและวิเคราะห์สาเหตุ ไปจนถึงการพัฒนาและควบคุมแนวทางการปรับปรุง นอกจากนี้ ยังสามารถบูรณาการร่วมกับเครื่องมือคุณภาพอื่น เช่น Fishbone Diagram, Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) และ Impact-Effort Matrix เพื่อช่วยวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา จัดลำดับความสำคัญของความ

เสี่ยง และคัดเลือกแนวทางการปรับปรุงที่เหมาะสมกับบริบทของโครงการก่อสร้าง

อีกทั้ง งานวิจัยที่ผ่านมา ยังพบข้อจำกัดในการบูรณาการ FMEA และ Impact–Effort Matrix ร่วมกับ DMAIC เพื่อวิเคราะห์และควบคุมความคลาดเคลื่อนของปริมาณคอนกรีตในระดับปฏิบัติการของงานก่อสร้างบ้านเดี่ยว ทำให้ยังขาดแนวทางการปรับปรุงกระบวนการที่ชัดเจนและสามารถประยุกต์ใช้ได้จริงในบริบทดังกล่าว

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งตอบคำถามวิจัยสำคัญ ได้แก่

1. ปัจจัยใดเป็นสาเหตุหลักของความคลาดเคลื่อนของปริมาณคอนกรีตในงานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กของการก่อสร้างบ้านเดี่ยว

2. การประยุกต์ใช้ DMAIC สามารถช่วยลดความคลาดเคลื่อนของปริมาณคอนกรีตได้หรือไม่

3. แนวทางการปรับปรุงใดเหมาะสมและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริงในงานก่อสร้าง

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์สาเหตุของความคลาดเคลื่อนของปริมาณคอนกรีตในงานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กของการก่อสร้างบ้านเดี่ยว โดยประยุกต์ใช้แนวคิดซิกซ์ซิกมาภายใต้กรอบ DMAIC ร่วมกับ FMEA และ Impact–Effort Matrix เพื่อพัฒนาแนวทางการประมาณและควบคุมปริมาณคอนกรีตอย่างเป็นระบบ ลดความสูญเสียวัสดุ และเพิ่มความแม่นยำของกระบวนการก่อสร้าง

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ประสิทธิภาพในงานก่อสร้าง

ประสิทธิภาพในงานก่อสร้างเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความสำเร็จของโครงการ โดยสามารถพิจารณาได้จากตัวชี้วัด เช่น ต้นทุน ระยะเวลาดำเนินงาน ผลิตภาพแรงงาน และคุณภาพของงานก่อสร้าง อุตสาหกรรมก่อสร้างมีลักษณะเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับหลายปัจจัย เช่น แรงงาน วัสดุ เครื่องจักร และสภาพแวดล้อม ซึ่งส่งผลให้กระบวนการทำงานมีความแปรปรวนและเกิดความสูญเสียเปล่าได้ง่าย

ความสูญเสียเปล่าในงานก่อสร้างอาจอยู่ในรูปของการใช้วัสดุเกินความจำเป็น การแก้ไขงาน การรอคอย และการใช้ทรัพยากรไม่เต็มประสิทธิภาพ ซึ่งส่งผลให้ต้นทุนสูงขึ้นและ

ระยะเวลาดำเนินโครงการยาวนานขึ้น โดยเฉพาะงานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งเป็นกิจกรรมหลักของโครงการก่อสร้างอาคารและมีสัดส่วนต้นทุนสูง ความคลาดเคลื่อนของปริมาณวัสดุ เช่น ปริมาณคอนกรีตที่ใช้จริงแตกต่างจากปริมาณที่ออกแบบ อาจก่อให้เกิดความสูญเสียของวัสดุและเพิ่มต้นทุนของโครงการ ดังนั้น การปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการก่อสร้างจึงจำเป็นต้องอาศัยแนวทางที่สามารถลดความแปรปรวนของกระบวนการ และเพิ่มความแม่นยำของการใช้ทรัพยากรได้อย่างเป็นระบบ

2.2 แนวคิด Six Sigma

ซิกซ์ซิกมา เป็นแนวคิดด้านการปรับปรุงกระบวนการที่มุ่งเน้นการพัฒนากระบวนการให้มีคุณภาพสูง โดยมีระดับข้อบกพร่องไม่เกิน 3.4 ข้อบกพร่องต่อหนึ่งล้านโอกาส (Defects per Million Opportunities: DPMO) [6]

กระบวนการปรับปรุงตามแนวคิดซิกซ์ซิกมา นิยมใช้กรอบ DMAIC ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ การระบุปัญหา (Define), การวัด (Measure), การวิเคราะห์ (Analyze), การปรับปรุง (Improve) และ การควบคุม (Control) โดยแต่ละขั้นตอนช่วยให้องค์กรสามารถระบุปัญหา วิเคราะห์สาเหตุ และพัฒนาแนวทางปรับปรุงกระบวนการอย่างเป็นระบบ

นอกจากการประยุกต์ใช้ในภาคการผลิตซิกซ์ซิกมา ยังถูกนำมาใช้ในกระบวนการที่มีความแปรปรวนสูงและมีหลายปัจจัยเกี่ยวข้อง เช่น งานบริการ โลจิสติกส์ และอุตสาหกรรมก่อสร้าง เนื่องจากแนวคิดดังกล่าวช่วยให้สามารถระบุสาเหตุของปัญหาและลดความสูญเสียของกระบวนการได้อย่างเป็นระบบ [7, 8] โดยเฉพาะกรอบ DMAIC ซึ่งได้รับการยอมรับว่าเป็นเครื่องมือสำคัญสำหรับการปรับปรุงกระบวนการที่ต้องการควบคุมความแปรปรวน ลดข้อบกพร่อง และเพิ่มความสม่ำเสมอของผลลัพธ์ [9]

งานวิจัยหลายฉบับรายงานว่า DMAIC สามารถช่วยปรับปรุงกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการใช้ทรัพยากร การควบคุมคุณภาพ และการลดต้นทุนได้อย่างมีประสิทธิภาพ [10, 11] ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะของปัญหาความคลาดเคลื่อนของปริมาณคอนกรีตในงานก่อสร้างที่มีความเกี่ยวข้องกับความแปรปรวนของกระบวนการประมาณวัสดุและการดำเนินงาน

ซิกซ์ซิกมา ใช้เครื่องมือทางสถิติและเครื่องมือคุณภาพ เช่น แผนภูมิพาเรโต (Pareto chart) แผนผังก้างปลา (Fishbone diagram) เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจโดยอาศัยข้อมูลเชิงประจักษ์ แนวคิดดังกล่าวได้รับการประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมการผลิตและบริการ เพื่อเพิ่มคุณภาพ ลดต้นทุน และเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการ [1,2]

2.3 การประยุกต์ใช้ Six Sigma ในอุตสาหกรรมก่อสร้าง

ซิกซ์ซิกมา ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมก่อสร้าง เพื่อปรับปรุงคุณภาพและลดความสูญเปล่าของกระบวนการทำงาน Pheng และ Hui (2004) ได้นำซิกซ์ซิกมา ไปใช้จริงในองค์กรด้านก่อสร้าง ผลการศึกษาพบว่า การสนับสนุนจากผู้บริหาร การฝึกอบรมที่เหมาะสม การเลือกโครงการนำร่อง และความมุ่งมั่นของทีม เป็นปัจจัยสำคัญสู่ความสำเร็จ ขณะที่ Tchidi et al. (2012) พบว่าการใช้ DMAIC ช่วยให้สามารถระบุสาเหตุของปัญหาและปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการก่อสร้างได้อย่างเป็นระบบ

Lee และ Su (2013) แสดงให้เห็นว่าซิกซ์ซิกมา สามารถช่วยลดข้อบกพร่องในงานก่อสร้างและเพิ่มคุณภาพของผลงาน โดยเฉพาะในกระบวนการที่มีความซับซ้อนและมีความแปรปรวนสูง นอกจากนี้ แนวคิด Lean Six Sigma ซึ่งเป็นการบูรณาการระหว่างการลดความสูญเปล่าและการลดความแปรปรวนของกระบวนการ ยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของโครงการก่อสร้างได้อย่างมีนัยสำคัญ [1,2]

ในประเทศไทย งานวิจัยเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ซิกซ์ซิกมา ในอุตสาหกรรมก่อสร้างยังมีจำนวนจำกัดเมื่อเทียบกับอุตสาหกรรมการผลิต อย่างไรก็ตาม งานวิจัยที่มีอยู่แสดงให้เห็นว่าซิกซ์ซิกมา สามารถช่วยลดอุบัติเหตุ [12] ช่วยลดความสูญเสียและเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการได้ งานวิจัยบางส่วนได้ประยุกต์ใช้ซิกซ์ซิกมา เพื่อลดข้อเสียในกระบวนการผลิตวัสดุก่อสร้าง เช่น คอนกรีตสำเร็จรูป และพบว่าสามารถลดข้อบกพร่องของกระบวนการและเพิ่มระดับซิกมาได้อย่างมีนัยสำคัญ [13]

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยส่วนใหญ่ยังมุ่งเน้นในระดับองค์กรหรือโครงการขนาดใหญ่ ขณะที่การศึกษาการประยุกต์ใช้ซิกซ์ซิกมา ในระดับกิจกรรมย่อยของงานโครงสร้างคอนกรีตเสริม

เหล็ก โดยเฉพาะในโครงการก่อสร้างบ้านเดี่ยว ยังมีอยู่อย่างจำกัด

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งประยุกต์ใช้แนวคิดซิกซ์ซิกมา เพื่อวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของปริมาณคอนกรีตในงานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก และพัฒนาแนวทางลดความแปรปรวนของกระบวนการ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพด้านต้นทุน เวลา และการใช้ทรัพยากรในโครงการก่อสร้างบ้านเดี่ยว

นอกจากนี้ เครื่องมือวิเคราะห์ความเสี่ยงและการตัดสินใจ เช่น Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) ยังถูกนำมาใช้ร่วมกับซิกซ์ซิกมา เพื่อจัดลำดับความสำคัญของปัญหา และเลือกแนวทางการปรับปรุงที่เหมาะสม [14,15] โดย FMEA ช่วยประเมินผลกระทบ ความถี่ และความสามารถในการตรวจพบของปัญหา ทำให้สามารถระบุประเด็นที่ควรได้รับการแก้ไขก่อน ขณะที่ Impact–Effort Matrix เป็นเครื่องมือที่ช่วยสนับสนุนการตัดสินใจเชิงปฏิบัติ โดยพิจารณาความสมดุลระหว่างผลกระทบของแนวทางการปรับปรุงและทรัพยากรที่ต้องใช้ [16]

ดังนั้น การบูรณาการ DMAIC ร่วมกับ FMEA และ Impact–Effort Matrix จึงมีความเหมาะสมกับปัญหาความคลาดเคลื่อนของปริมาณคอนกรีตในงานก่อสร้าง ซึ่งเป็นปัญหาที่มีหลายปัจจัยเกี่ยวข้องและต้องอาศัยทั้งการวิเคราะห์เชิงระบบและการตัดสินใจเชิงปฏิบัติในการเลือกแนวทางการปรับปรุง

การวิจัยครั้งนี้ใช้กรณีศึกษาโครงการก่อสร้างบ้านเดี่ยวจำนวน 1 โครงการ เพื่อศึกษาปัญหาความคลาดเคลื่อนของปริมาณคอนกรีตและวิเคราะห์กระบวนการทำงานจริงในระดับปฏิบัติการ โดยแนวทางกรณีศึกษาเหมาะสมกับการวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการก่อสร้างที่มีความซับซ้อนภายใต้บริบทงานจริง โครงการที่ศึกษาเป็นโครงการก่อสร้างทั่วไปที่ประกอบด้วยงานฐานราก เสา คาน และพื้น ซึ่งสะท้อนปัญหาความคลาดเคลื่อนของปริมาณคอนกรีตที่พบได้บ่อย ทำให้แนวทางการปรับปรุงที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้เป็นแนวทางเบื้องต้นสำหรับโครงการก่อสร้างลักษณะใกล้เคียงกัน

3. ผลการวิจัย

ผลการวิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์และปรับปรุงกระบวนการทำงานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กของโครงการก่อสร้างบ้านเดี่ยว โดยประยุกต์ใช้แนวคิดซิกซ์ซิกมา ภายใต้กรอบ DMAIC เริ่มจากการระบุงานที่มีผลกระทบสูงต่อประสิทธิภาพ

3.1 การระบุปัญหา (Define)

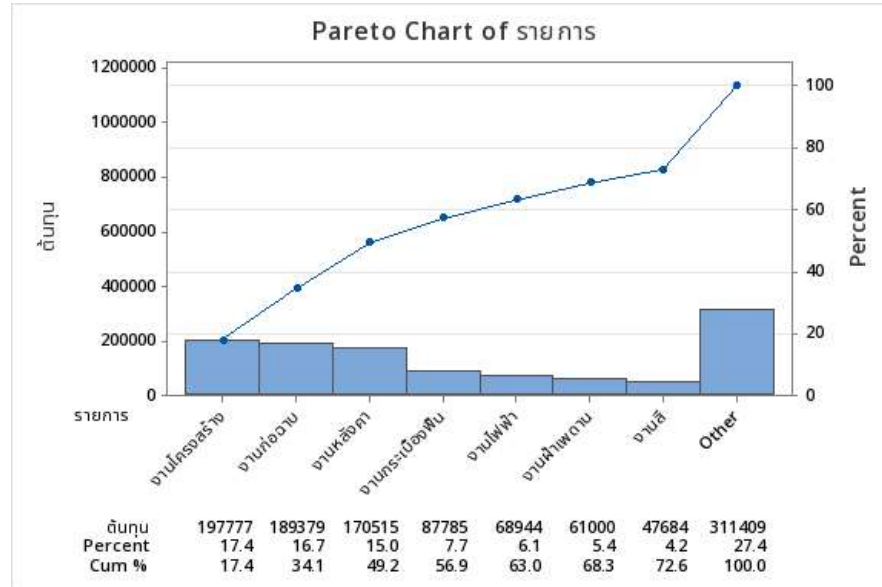
งานวิจัยนี้ใช้แนวทางกรณีศึกษา (case study approach) โดยเก็บข้อมูลจากโครงการก่อสร้างบ้านเดี่ยวจำนวน 1 โครงการ พื้นที่ใช้สอย 96 ตารางเมตร ซึ่งดำเนินการก่อสร้างในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนธันวาคม 2568 ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ประกอบด้วยปริมาณคอนกรีตจากแบบก่อสร้าง ปริมาณคอนกรีตที่ใช้จริง ข้อมูลต้นทุนวัสดุ และข้อมูลกระบวนการทำงานที่เกี่ยวข้องกับงานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

การเก็บข้อมูลดำเนินการร่วมกับทีมวิศวกรควบคุมงาน ผู้ควบคุมหน้างาน และผู้ปฏิบัติงานในโครงการ เพื่อวิเคราะห์

ปัจจัยที่ส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนของปริมาณคอนกรีต และใช้เป็นข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ในขั้นตอน DMAIC โดยพิจารณาสัดส่วนต้นทุนค่าวัสดุและค่าแรงของแต่ละกิจกรรมก่อสร้างดังแสดงในตารางที่ 1 และรูปที่ 1

ตารางที่ 1 สัดส่วนต้นทุนรวมของงานก่อสร้างบ้านเดี่ยว (พื้นที่ใช้สอย 96 ตารางเมตร)

ลำดับ	ประเภทงาน	ร้อยละ	ร้อยละสะสม
1	งานโครงสร้าง	17.4	17.4
2	งานก่อฉาบ	16.7	34.1
3	งานหลังคา	15.0	49.1
4	งานกระเบื้องพื้น	7.7	56.8
5	งานไฟฟ้า	6.1	62.9
6	งานฝ้าเพดาน	5.4	68.3
7	งานสี	4.2	72.5
8	อื่น ๆ	27.5	100.0



รูปที่ 1 แผนภาพพารेटอของต้นทุนรวม

จะเห็นว่างานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก เป็นกิจกรรมที่มีผลกระทบต่อต้นทุนรวมของโครงการสูงที่สุด โดยมีสัดส่วน 17.4% ของต้นทุนหลัก ซึ่งสอดคล้องกับหลักพารेटอที่ระบุว่าสาเหตุส่วนใหญ่ของปัญหาเกิดจากปัจจัยเพียงบางส่วน ดังนั้น

งานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กจึงถูกเลือกเป็นกระบวนการเป้าหมายสำหรับการปรับปรุงตามแนวคิดซิกซ์ซิกมา

3.2 การวัด (Measure)

การเก็บข้อมูลก่อนการปรับปรุงดำเนินการจากกิจกรรมหาคอนกรีตจำนวน 4 กิจกรรม ได้แก่ งานฐานราก เสา คาน และพื้น ของโครงการกรณีศึกษา ส่วนการเก็บข้อมูลหลังการปรับปรุงดำเนินการภายหลังการนำแนวทางปรับปรุงไปใช้งานจริงในกิจกรรมลักษณะเดียวกัน โดยเปรียบเทียบปริมาณคอนกรีตตามแบบก่อสร้างกับปริมาณคอนกรีตที่ใช้จริงจากใบส่งคอนกรีตและข้อมูลหน้างาน

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลก่อนการปรับปรุง โดยบันทึกปริมาณคอนกรีตตามแบบก่อสร้างและปริมาณคอนกรีตที่ใช้จริงจากใบส่งคอนกรีต (delivery order) และข้อมูลการใช้งานหน้างานจริงดังแสดงในตารางที่ 2

ความคลาดเคลื่อนของปริมาณคอนกรีตคำนวณดังสมการ

$$Deviation = Q_{actual} - Q_{design} \quad (1)$$

$$Deviation(\%) = (Q_{actual} - Q_{design}) / Q_{design} \times 100 \quad (2)$$

จากผลการวิเคราะห์พบว่าปริมาณคอนกรีตที่ใช้จริงมีความแตกต่างจากปริมาณที่ออกแบบ 1.96 m³ หรือ 8.3% ซึ่งส่งผลให้เกิดปัญหาคอนกรีตเกิน อันนำไปสู่ความสูญเสียวัสดุต้นทุนที่เพิ่มขึ้น และความล่าช้าในการดำเนินโครงการ

ตารางที่ 2 แสดงผลการเปรียบเทียบปริมาณคอนกรีต

ลำดับ	ประเภทงาน	ปริมาณตามแบบ (m ³)	ปริมาณจริง (m ³)	ความคลาดเคลื่อน (m ³)	Deviation (%)
1	ฐานราก	4.735	4.75	0.015	0.317
2	เสา	1.788	1.815	0.027	1.51
3	คาน	7.08	8.5	1.420	20.056
4	พื้น	10.004	10.5	0.496	4.958
รวม		23.61	25.6	1.96	8.3

3.3 การวิเคราะห์สาเหตุ (Analyze)

จากปัญหาความคลาดเคลื่อนของปริมาณคอนกรีตในงานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก เพื่อระบุสาเหตุของปัญหาอย่างเป็นระบบ ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์โดยใช้แผนผังก้างปลา

(Fishbone Diagram) หรือแผนภาพแสดงเหตุและผล โดยจำแนกปัจจัยที่ส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนของปริมาณคอนกรีตออกเป็น 6 กลุ่มหลัก ได้แก่ วิธีการทำงาน (Method) วัสดุ (Material) คนงาน (Man) เครื่องจักรและอุปกรณ์ (Machine) การวัดและการคำนวณ (Measurement) และสภาพแวดล้อม (Environment) ดังแสดงในรูปที่ 2

1) ด้านวิธีการทำงาน (Method)

ปัญหาที่เกิดจากวิธีการทำงาน พบว่ากระบวนการประมาณปริมาณคอนกรีตยังไม่ขึ้นตอนมาตรฐานที่ชัดเจน การใช้แบบก่อสร้างที่ไม่สอดคล้องกับสภาพหน้างาน รวมถึงการขาดขั้นตอนการตรวจสอบความถูกต้องของแบบก่อนการส่งคอนกรีต ส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนของปริมาณวัสดุ

2) ด้านวัสดุ (Material)

ปัจจัยด้านวัสดุเกี่ยวข้องกับคุณสมบัติของคอนกรีตและวัสดุประกอบ เช่น ความสูญเสียของคอนกรีตระหว่างการขนส่ง การสูญเสียคอนกรีตจากการเทในพื้นที่จำกัด และการสูญเสียจากการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน

3) ด้านคนงาน (Man)

ปัจจัยด้านแรงงานเกี่ยวข้องกับประสบการณ์และ

ความชำนาญของผู้ปฏิบัติงาน เช่น ความเข้าใจในการอ่านแบบก่อสร้าง ความสามารถในการคำนวณปริมาณวัสดุ และการสื่อสารระหว่างทีมงาน หากผู้ปฏิบัติงานขาดความชำนาญหรือไม่มีความเข้าใจในขั้นตอนการทำงาน อาจทำให้เกิดข้อผิดพลาดในการประมาณปริมาณคอนกรีต

4) ด้านเครื่องจักรและอุปกรณ์ (Machine)

ปัจจัยด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ เช่น ความเหมาะสมของแบบหล่อ อุปกรณ์ในการเทคอนกรีต และอุปกรณ์ในการวัดระดับ หากเครื่องมือไม่มีความพร้อมหรือไม่มีความแม่นยำ อาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของปริมาณคอนกรีตที่ใช้จริง นอกจากนี้ อุปกรณ์ที่ไม่ได้มาตรฐานอาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพของงานโครงสร้าง

5) ด้านการวัดและการคำนวณ (Measurement)

ปัจจัยด้านการวัดเกี่ยวข้องกับความต้องการของข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณปริมาณคอนกรีต เช่น การวัดขนาดพื้นที่หน้างาน การคำนวณปริมาตรคอนกรีต และการกำหนดค่า tolerance ของปริมาณวัสดุ หากข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณมี

ความคลาดเคลื่อน อาจส่งผลให้ปริมาณคอนกรีตที่สั่งไม่สอดคล้องกับความต้องการจริง

6) ด้านสภาพแวดล้อม (Environment)

ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม เช่น พื้นที่ทำงานจำกัด สภาพอากาศ และข้อจำกัดของพื้นที่ก่อสร้าง อาจส่งผลต่อการทำงานของผู้ปฏิบัติงานและประสิทธิภาพของกระบวนการเทคอนกรีต เช่น การสูญเสียคอนกรีตระหว่างการขนส่ง หรือความยากลำบากในการควบคุมระดับของคอนกรีต

จากการวิเคราะห์สาเหตุของความคลาดเคลื่อนของปริมาณคอนกรีตด้วยแผนผังก้างปลา พบว่าปัจจัยสำคัญ ได้แก่ ความไม่แม่นยำของการคำนวณปริมาณวัสดุ การขาดมาตรฐานในการประมาณปริมาณคอนกรีต ความสูญเสียระหว่างการปฏิบัติงาน ความคลาดเคลื่อนของแบบก่อสร้าง และข้อจำกัดของสภาพหน้างาน โดยปัจจัยที่ส่งผลกระทบมากที่สุดคือด้านการวัด

และการคำนวณ (Measurement) และด้านวิธีการทำงาน (Method) เนื่องจากยังไม่มีรูปแบบการคำนวณและขั้นตอนตรวจสอบข้อมูลก่อนการสั่งคอนกรีตที่เป็นมาตรฐาน ส่งผลให้ปริมาณคอนกรีตที่ใช้จริงคลาดเคลื่อนจากปริมาณที่ออกแบบไว้

ดังนั้น ในขั้น Improve ผู้วิจัยได้ระดมสมองกับวิศวกรควบคุมงาน ผู้ควบคุมหน้างาน และผู้ปฏิบัติงานในโครงการเพื่อกำหนดแนวทางการปรับปรุงกระบวนการทำงาน โดยแนวทางการปรับปรุงประกอบด้วยการพัฒนาแบบฟอร์มมาตรฐานสำหรับการคำนวณปริมาณคอนกรีต การกำหนดขั้นตอนการตรวจสอบแบบก่อสร้างก่อนการสั่งวัสดุ การกำหนดวิธีปฏิบัติงานมาตรฐานสำหรับการประมาณปริมาณคอนกรีต และการกำหนดค่าความเผื่อ (tolerance) ที่เหมาะสมสำหรับการสั่งคอนกรีต



รูปที่ 2 แผนผังก้างปลาวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาความสูญเสียในงานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

นอกจากนี้ ได้มีการปรับปรุงการสื่อสารระหว่างผู้ออกแบบ ผู้ควบคุมงาน และผู้ปฏิบัติงาน เพื่อให้ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณปริมาณคอนกรีตมีความถูกต้องและสอดคล้องกับสภาพหน้างานจริง ซึ่งช่วยลดความคลาดเคลื่อนของข้อมูลและลดความสูญเสียของวัสดุที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่าเพิ่ม ความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุของปัญหาและแนวทางการปรับปรุงแสดงดังตาราง 3

3.4 การปรับปรุงกระบวนการทำงาน (Improve)

เพื่อให้การตัดสินใจเลือกแนวทางการปรับปรุงมีความเป็นระบบ งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้ FMEA เพื่อจัดลำดับความสำคัญของสาเหตุของปัญหาตามระดับความเสี่ยง และใช้ Impact–Effort Matrix เพื่อประเมินความเหมาะสมในการนำแนวทางไปปฏิบัติจริง

งานวิจัยนี้เลือกใช้ FMEA ร่วมกับ Impact–Effort Matrix เนื่องจากปัญหาความคลาดเคลื่อนของปริมาณคอนกรีตมีหลายสาเหตุที่เชื่อมโยงกัน และแต่ละแนวทางการปรับปรุงมีระดับผลกระทบและทรัพยากรที่ต้องใช้แตกต่างกัน FMEA ช่วยให้สามารถประเมินระดับความเสี่ยงของสาเหตุของปัญหาในเชิงระบบ โดยพิจารณาทั้งความรุนแรง ความถี่ในการเกิด และความสามารถในการตรวจพบปัญหา ขณะที่ Impact–Effort Matrix ช่วยประเมินความเหมาะสมเชิงปฏิบัติของแนวทางการปรับปรุง ทำให้สามารถคัดเลือกมาตรการที่ให้ผลลัพธ์สูงและสามารถดำเนินการได้จริงภายใต้ข้อจำกัดของโครงการก่อสร้าง การบูรณาการเครื่องมือทั้งสองร่วมกันช่วยให้การตัดสินใจเลือก

แนวทางการปรับปรุงมีความชัดเจน และสามารถอธิบายเชิงวิชาการได้ดียิ่งขึ้น

การวิเคราะห์ FMEA และ Impact–Effort Matrix ในงานวิจัยนี้ดำเนินการโดยผู้ประเมินจำนวน 5 คน ซึ่งประกอบด้วยวิศวกรโครงการ วิศวกรควบคุมงาน และผู้ควบคุมงานก่อสร้างที่มีประสบการณ์ด้านงานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กและการบริหารงานก่อสร้างไม่น้อยกว่า 5 ปี ผู้ประเมินทั้งหมดมีส่วนร่วมเกี่ยวข้องโดยตรงกับการวางแผน ควบคุม และตรวจสอบงานก่อสร้างในโครงการกรณีศึกษา ทำให้สามารถประเมินความเสี่ยงและความเป็นไปได้ของปัญหาได้สอดคล้องกับสภาพการปฏิบัติงานจริง โดยใช้การประเมินร่วมกัน (consensus-based evaluation)

ตาราง 3 การเชื่อมโยงสาเหตุของปัญหาและแนวทางปรับปรุงกระบวนการจากการระดมสมองของทีมงาน

หมวดปัจจัย	สาเหตุของปัญหา	แนวทางปรับปรุง	ผลที่คาดหวัง
Method	ไม่มีมาตรฐานการคำนวณปริมาณคอนกรีต	จัดทำแบบฟอร์มคำนวณปริมาณคอนกรีตมาตรฐาน	ลดความคลาดเคลื่อนของปริมาณคอนกรีต
Method	ไม่มีขั้นตอนตรวจสอบแบบก่อนสั่งคอนกรีต	กำหนด checklist สำหรับตรวจสอบแบบ	ลดข้อผิดพลาดจากแบบก่อสร้าง
Method	ขั้นตอนการทำงานไม่เป็นมาตรฐาน	จัดทำ work instruction สำหรับงานคอนกรีต	ลดความแปรปรวนของกระบวนการ
Material	การสูญเสียคอนกรีตระหว่างการเท	กำหนดค่าเผื่อ (tolerance) สำหรับการสั่งคอนกรีต	ลดปริมาณคอนกรีตเกิน
Material	ปริมาณคอนกรีตไม่เหมาะสมกับหน้างาน	ปรับปรุงวิธีการประมาณปริมาณคอนกรีต โดยการเทียบจากแบบก่อสร้าง และคำนวณจริงหน้างาน	ลดการสูญเสียวัสดุ
Man	ผู้ปฏิบัติงานขาดประสบการณ์	จัดอบรมการอ่านแบบและคำนวณปริมาณวัสดุ	เพิ่มความถูกต้องของข้อมูล
Man	การสื่อสารระหว่างทีมงานไม่ชัดเจน	จัดประชุมชี้แจงแบบก่อนเริ่มงาน	ลดความผิดพลาดจากความเข้าใจไม่ตรงกัน
Machine	แบบหล่อไม่ได้มาตรฐาน	ตรวจสอบแบบหล่อก่อนใช้งาน	ลดการสูญเสียคอนกรีต
Machine	เครื่องมือวัดระดับไม่แม่นยำ	ตรวจสอบและสอบเทียบเครื่องมือ และใช้เครื่องมือที่ได้มาตรฐาน	เพิ่มความแม่นยำของงาน
Measurement	การวัดพื้นที่หน้างานคลาดเคลื่อน	ตรวจสอบขนาดหน้างาน ก่อนคำนวณ	ลดความคลาดเคลื่อนในการคำนวณ
Measurement	ไม่มีค่าความเผื่อที่เหมาะสม	กำหนด tolerance ของปริมาณคอนกรีต	ลด variation ของ กระบวนการ
Environment	พื้นที่หน้างานจำกัด	วางแผนการเทคอนกรีตล่วงหน้า	ลดการสูญเสียวัสดุ
Environment	สภาพอากาศมีผลต่อการทำงาน	วางแผนเวลาเทคอนกรีต ให้เหมาะสม	ลด defect จาก สภาพแวดล้อม

การให้คะแนน Severity (S), Occurrence (O) และ Detection (D) ใช้มาตราส่วน 1–10 ตามแนวทางมาตรฐานของ FMEA โดย:

Severity (S) หมายถึง ระดับความรุนแรงของผลกระทบจากปัญหา

Occurrence (O) หมายถึง ความถี่ในการเกิดปัญหา

Detection (D) หมายถึง ความสามารถในการตรวจพบปัญหาก่อนเกิดผลกระทบ

จากนั้นคำนวณค่า Risk Priority Number (RPN) ตามสมการ

$$RPN = S \times O \times D \quad (3)$$

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์ความเสี่ยงของสาเหตุของปัญหาด้วย FMEA

ลำดับ	หมวดปัจจัย	สาเหตุของปัญหา (Failure mode)	ผลกระทบ	S	O	D	RPN
1	Method	ไม่มีมาตรฐานการคำนวณปริมาณคอนกรีต	ปริมาณคอนกรีตคลาดเคลื่อน	8	7	6	336
2	Method	ไม่มีขั้นตอนตรวจสอบแบบก่อนสั่งคอนกรีต	เกิดข้อผิดพลาดจากแบบก่อสร้าง	8	6	6	288
3	Material	การสูญเสียคอนกรีตระหว่างการเท	วัสดุสูญเสีย ต้นทุนเพิ่ม	7	7	5	245
4	Material	ปริมาณคอนกรีตไม่เหมาะสมกับหน้างาน	ใช้วัสดุเกินความจำเป็น	8	6	5	240
5	Method	ขั้นตอนการทำงานไม่เป็นมาตรฐาน	กระบวนการแปรปรวน	7	6	5	210
6	Man	ผู้ปฏิบัติงานขาดประสบการณ์	คำนวณผิด อ่านแบบผิด	7	6	5	210
7	Man	การสื่อสารไม่ชัดเจน	ความเข้าใจคลาดเคลื่อน	7	5	6	210
8	Measurement	ไม่มีค่าความเผื่อที่เหมาะสม	variation สูง	7	6	5	210
9	Measurement	การวัดพื้นที่หน้างานคลาดเคลื่อน	คำนวณปริมาณผิด	8	5	5	200
10	Machine	แบบหล่อไม่ได้มาตรฐาน	ปริมาณคอนกรีตคลาดเคลื่อน	7	5	5	175
11	Machine	เครื่องมือวัดไม่แม่นยำ	ระดับงานคลาดเคลื่อน	6	4	6	144
12	Environment	พื้นที่หน้างานจำกัด	ทำงานยาก สูญเสียวัสดุ	6	5	4	120
13	Environment	สภาพอากาศมีผลต่อการทำงาน	เกิด defect	6	4	5	120

หมายเหตุ: RPN = Severity × Occurrence × Detection (ใช้ระดับคะแนน 1–10)

อย่างไรก็ตาม การตัดสินใจเลือกแนวทางการปรับปรุงไม่ควรพิจารณาเฉพาะระดับความเสี่ยงเท่านั้น แต่ควรพิจารณาความเป็นไปได้ในการนำไปใช้จริงร่วมด้วย ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงนำแนวทางการปรับปรุงที่เกี่ยวข้องกับสาเหตุที่มีค่า RPN สูงมาประเมินเพิ่มเติมด้วย Impact–Effort Matrix

สำหรับการวิเคราะห์ Impact–Effort Matrix ผู้ประเมินได้ร่วมกันประเมินระดับผลกระทบของแนวทางการปรับปรุงต่อการลดความคลาดเคลื่อนของปริมาณคอนกรีต และระดับ

ในการวิเคราะห์ FMEA ผู้ประเมินร่วมกันกำหนดคะแนน Severity (S), Occurrence (O) และ Detection (D) ในช่วงคะแนน 1–10 โดยอาศัยการพิจารณาร่วมกัน จากประสบการณ์หน้างาน ข้อมูลความผิดพลาดที่ผ่านมา และผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นต่อกระบวนการก่อสร้าง จากนั้นจึงคำนวณค่า Risk Priority Number (RPN) เพื่อใช้จัดลำดับความสำคัญของสาเหตุของปัญหาได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4

จากตารางที่ 4 พบว่า สาเหตุที่มีค่า RPN สูง ได้แก่ การไม่มีมาตรฐานการคำนวณปริมาณคอนกรีต การไม่มีขั้นตอนตรวจสอบแบบก่อนสั่งคอนกรีต และการสูญเสียคอนกรีตระหว่างการเท ซึ่งแสดงถึงปัจจัยสำคัญที่ควรได้รับการปรับปรุงเป็นลำดับแรก

ความยากหรือทรัพยากรที่ต้องใช้ในการดำเนินการ เพื่อคัดเลือกแนวทางที่มีความเหมาะสมและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริงในบริบทของโครงการก่อสร้างบ้านเดี่ยวโดยกำหนดเกณฑ์การประเมินดังนี้

Effort หมายถึง ระดับทรัพยากร เวลา ต้นทุน และความยากในการดำเนินการ

การประเมินใช้มาตราส่วน 1–5 และจัดกลุ่มแนวทางการปรับปรุงออกเป็น Quick wins, High-impact projects และ

Secondary projects ตามระดับผลกระทบและความพยายามในการดำเนินการ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 5

ผลการพิจารณาพบว่า แนวทางที่จัดอยู่ในกลุ่ม Quick win เช่น การจัดทำ checklist ตรวจสอบแบบ การกำหนด tolerance สำหรับการส่งคอนกรีต และการประชุมชี้แจงแบบก่อนเริ่มงาน สามารถดำเนินการได้ทันที เนื่องจากให้ผลกระทบสูงและใช้ทรัพยากรต่ำ ขณะที่แนวทางในกลุ่ม Project เช่น การจัดทำมาตรฐานการคำนวณปริมาณคอนกรีต การจัดทำคู่มือการปฏิบัติงาน และการฝึกอบรมผู้ปฏิบัติงาน ควรถูกดำเนินการเป็นโครงการปรับปรุงหลักในระยะถัดไป

การใช้ FMEA ร่วมกับ Impact-Effort Matrix ช่วยให้การคัดเลือกแนวทางการปรับปรุงมีความเป็นระบบ สามารถอธิบายเหตุผลในการตัดสินใจได้อย่างชัดเจน และช่วยให้ทีมวิจัยสามารถเลือกมาตรการที่ให้ผลลัพธ์สูงในระยะสั้นควบคู่กับการพัฒนากระบวนการในระยะยาว ซึ่งส่งผลให้ความสูญเสียของคอนกรีตลดลง ความคลาดเคลื่อนของการคำนวณปริมาณวัสดุลดลง และความแปรปรวนของกระบวนการก่อสร้างลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 5 การคัดเลือกแนวทางการปรับปรุงโดยใช้ FMEA ร่วมกับ Impact-Effort Matrix

ลำดับ	สาเหตุของปัญหา	RPN	แนวทางปรับปรุง	Impact	Effort	กลุ่ม
1	ไม่มีขั้นตอนตรวจสอบแบบก่อนส่งคอนกรีต	288	checklist ตรวจสอบแบบ	สูง	ต่ำ	Quick win
2	การสูญเสียคอนกรีตระหว่างการเท	245	กำหนด tolerance การส่งคอนกรีต	สูง	ต่ำ	Quick win
3	การสื่อสารไม่ชัดเจน	210	ประชุมชี้แจงแบบก่อนเริ่มงาน	สูง	ต่ำ	Quick win
4	การวัดพื้นที่คลาดเคลื่อน	200	ตรวจสอบหน้างานก่อนคำนวณ	ปานกลาง-สูง	ต่ำ	Quick win
5	เครื่องมือวัดไม่แม่นยำ	144	สอบเทียบเครื่องมือ	ปานกลาง	ต่ำ	Quick win
6	ไม่มีมาตรฐานการคำนวณคอนกรีต	336	แบบฟอร์มคำนวณมาตรฐาน	สูง	ปานกลาง	Project
7	ขั้นตอนการทำงานไม่เป็นมาตรฐาน	210	work instruction งานคอนกรีต	สูง	ปานกลาง	Project
8	ผู้ปฏิบัติงานขาดประสบการณ์	210	อบรมการอ่านแบบ	สูง	ปานกลาง	Project
9	ปริมาณคอนกรีตไม่เหมาะสม	240	ปรับปรุงวิธีประมาณคอนกรีต	สูง	ปานกลาง	Project
10	พื้นที่หน้างานจำกัด	120	วางแผนการเทคอนกรีต	ปานกลาง	ปานกลาง	Secondary
11	สภาพอากาศมีผล	120	วางแผนเวลาเทคอนกรีต	ปานกลาง	ต่ำ	Secondary

3.5 การควบคุมกระบวนการ (Control)

ในขั้นตอน Control ได้กำหนดแนวทางควบคุมกระบวนการเพื่อรักษาระดับประสิทธิภาพของกระบวนการประมาณปริมาณคอนกรีตหลังการปรับปรุง และป้องกันไม่ให้เกิดปัญหากลับมาเกิดซ้ำ โดยมุ่งเน้นการสร้างมาตรฐานการทำงาน (standardization) การติดตามผลการดำเนินงาน (performance monitoring) และการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง (continuous improvement) ตามหลักการของซีจีซีซีมา

จากผลการวิเคราะห์ในขั้น Improve ได้กำหนดแนวทางปรับปรุงที่สำคัญ ได้แก่ การจัดทำแบบฟอร์มคำนวณปริมาณคอนกรีตมาตรฐาน การกำหนด checklist สำหรับตรวจสอบแบบก่อนการส่งคอนกรีต การจัดทำคู่มือการปฏิบัติงาน

สำหรับการคำนวณปริมาณคอนกรีต และการกำหนดค่า tolerance ที่เหมาะสมสำหรับการส่งคอนกรีต ดังนั้น ในขั้น Control จึงได้กำหนดมาตรการควบคุมเพื่อให้แนวทางดังกล่าวถูกนำไปใช้อย่างต่อเนื่องและมีความสม่ำเสมอในโครงการก่อสร้าง

มาตรการควบคุมกระบวนการประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ได้แก่

1) การกำหนดมาตรฐานการทำงาน (Standardization) ได้จัดทำเอกสารมาตรฐานเพื่อใช้ควบคุมกระบวนการประมาณปริมาณคอนกรีต ประกอบด้วย

- แบบฟอร์มมาตรฐานสำหรับการคำนวณปริมาณคอนกรีต

- checklist สำหรับตรวจสอบความถูกต้องของแบบก่อสร้างก่อนการสั่งวัสดุ
- work instruction สำหรับขั้นตอนการคำนวณปริมาณคอนกรีต
- แนวทางการกำหนดค่า tolerance สำหรับการสั่งคอนกรีต

เอกสารดังกล่าวช่วยให้กระบวนการทำงานมีรูปแบบที่ชัดเจน ลดความคลาดเคลื่อนจากการตัดสินใจของผู้ปฏิบัติงาน และช่วยให้ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณมีความสอดคล้องกันในแต่ละโครงการ

2) การติดตามและประเมินผลกระบวนการ (Process monitoring)

ได้กำหนดตัวชี้วัดเพื่อใช้ติดตามผลของกระบวนการ ได้แก่

- ความคลาดเคลื่อนของปริมาณคอนกรีต (error %)
- ปริมาณคอนกรีตสูญเสีย (Material waste)

โดยมีการติดตามผลอย่างต่อเนื่องดังแผนการควบคุมในตารางที่ 6 ซึ่งช่วยให้สามารถตรวจพบความผิดปกติของกระบวนการได้ในระยะเริ่มต้น และลดความเสี่ยงของการเกิดความสูญเสียในกระบวนการก่อสร้าง

ตารางที่ 6 แผนการควบคุมกระบวนการประมาณปริมาณคอนกรีต (Control Plan)

กระบวนการ	ปัญหาที่ควบคุม	ตัวชี้วัด (KPI)	เป้าหมาย	วิธีติดตาม	ความถี่	ผู้รับผิดชอบ	แนวทางแก้ไขเมื่อผิดปกติ
การคำนวณปริมาณคอนกรีต	ความคลาดเคลื่อนของปริมาณคอนกรีต	Concrete quantity deviation (%)	≤ 2%	เปรียบเทียบปริมาณคำนวณกับปริมาณใช้จริง	ทุกกิจกรรมเทคอนกรีต	วิศวกรควบคุมงาน	ตรวจสอบแบบก่อสร้างและคำนวณใหม่
การตรวจสอบแบบก่อสร้าง	ความผิดพลาดของข้อมูลแบบ	จำนวนข้อผิดพลาดจากแบบก่อสร้าง	0 ข้อผิดพลาดสำคัญ	ใช้ checklist ตรวจสอบแบบ	ก่อนสั่งคอนกรีตทุกครั้ง	วิศวกรโครงการ	ทบทวนแบบร่วมกับผู้ออกแบบ
การสั่งคอนกรีต	ปริมาณคอนกรีตเกินความจำเป็น	ปริมาณคอนกรีตส่วนเกิน (m³)	≤ 0.5 m³	ตรวจสอบใบสั่งและใบส่งคอนกรีต	ทุกครั้งที่สั่งคอนกรีต	Site Engineer	ปรับค่า tolerance และทบทวนข้อมูลหน้างาน
การปฏิบัติงานหน้างาน	การสูญเสียคอนกรีตระหว่างเท	Material waste (%)	ลดลงจากค่าก่อนปรับปรุง	ตรวจสอบปริมาณคอนกรีตคงเหลือหลังเท	รายสัปดาห์	ผู้ควบคุมหน้างาน	ปรับวิธีการเทและวางแผนการทำงาน
การใช้เครื่องมือวัด	ความคลาดเคลื่อนของการวัด	ความถูกต้องของเครื่องมือวัด	เครื่องมือผ่านการสอบเทียบ	ตรวจสอบและสอบเทียบเครื่องมือ	รายเดือน	ช่างควบคุมเครื่องมือ	เปลี่ยนหรือสอบเทียบเครื่องมือใหม่
การปฏิบัติตามมาตรฐาน	การไม่ปฏิบัติตาม work instruction	อัตราการปฏิบัติตามมาตรฐาน (%)	≥ 95%	ตรวจติดตามหน้างาน	รายเดือน	วิศวกรควบคุมคุณภาพ	อบรมและทบทวนขั้นตอนการทำงาน

3) การจัดการความรู้และการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง (Continuous improvement)

เพื่อให้การปรับปรุงกระบวนการมีความยั่งยืน ได้มีการจัดประชุมสรุปผลการดำเนินงานและแลกเปลี่ยนประสบการณ์ระหว่างทีมงาน เพื่อพัฒนาความรู้และปรับปรุงแนวทางการทำงานให้เหมาะสมกับสภาพหน้างานจริง นอกจากนี้ ยังมีการปรับปรุงเอกสารมาตรฐานและคู่มือการปฏิบัติงานอย่างต่อเนื่องตามข้อเสนอแนะของผู้ปฏิบัติงาน

แนวทางดังกล่าวช่วยสนับสนุนการสร้างวัฒนธรรมการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง และช่วยให้กระบวนการทำงานมีเสถียรภาพในระยะยาว

ตารางที่ 6 แสดงแผนการควบคุมกระบวนการ (Control Plan) ที่กำหนดขึ้นเพื่อรักษาประสิทธิภาพของกระบวนการประมาณปริมาณคอนกรีตหลังการปรับปรุง โดยครอบคลุมตัวชี้วัด เป้าหมาย วิธีติดตาม ความถี่ในการตรวจสอบ และแนวทางแก้ไขเมื่อเกิดความผิดปกติ ซึ่งช่วยสนับสนุนการ

ควบคุมกระบวนการอย่างต่อเนื่องและลดโอกาสการเกิดซ้ำของปัญหาความคลาดเคลื่อนของปริมาณคอนกรีตในงานก่อสร้าง

ผลจากการนำมาตรการควบคุมกระบวนการไปใช้ พบว่าความคลาดเคลื่อนของปริมาณคอนกรีตมีแนวโน้มลดลง และค่าความแปรปรวนของกระบวนการอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ แสดงให้เห็นว่ากระบวนการมีเสถียรภาพและสามารถควบคุมได้ตามหลักการของซิกซ์ซิกมา ซึ่งช่วยลดความสูญเสียวัสดุ ลดต้นทุน และเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการก่อสร้างโดยรวม

4. ผลการปรับปรุงหลังดำเนินการ

จากผลการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา ได้กำหนดแนวทางปรับปรุงกระบวนการ โดยมุ่งเน้นการพัฒนามาตรฐานการทำงานและเพิ่มความแม่นยำของข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ หลังจากการนำไปประยุกต์ใช้ ได้มีการติดตามและเก็บข้อมูลผลการดำเนินงานของงานเทคอนกรีตของบ้านเดี่ยวจำนวน 2 หลัง เพื่อเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนของปริมาณคอนกรีตก่อนและหลังการปรับปรุง และประเมินเสถียรภาพของกระบวนการภายใต้แนวทางใหม่

ผลการปรับปรุงแสดงให้เห็นว่าความคลาดเคลื่อนของปริมาณคอนกรีตมีแนวโน้มลดลงจาก 1.96 m^3 (8.3%) เหลือ 0.33 m^3 (1.4%) ดังตารางที่ 7 และ 8

ผลการปรับปรุงแสดงให้เห็นว่าปริมาณคอนกรีตที่คลาดเคลื่อนลดลงจาก 1.96 m^3 เหลือ 0.33 m^3 สะท้อนถึงการลดความคลาดเคลื่อนของกระบวนการประมาณปริมาณคอนกรีต

ตารางที่ 7 ผลการเปรียบเทียบปริมาณคอนกรีตก่อนและหลังการปรับปรุง

รายการ	ปริมาณตามแบบ (m^3)	ปริมาณใช้จริงก่อนปรับปรุง (m^3)	Error ก่อน (%)	ปริมาณใช้จริงหลังปรับปรุง (m^3)	Error หลัง (%)
ฐานราก	4.735	4.75	0.317	4.74	0.11
เสา	1.788	1.815	1.51	1.82	1.79
คาน	7.08	8.5	20.056	7.18	1.41
พื้น	10.004	10.5	4.958	10.2	1.96
รวม	23.61	25.6	8.30	23.94	1.40

ตารางที่ 8 แสดงผลการเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง

ตัวชี้วัด	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
ปริมาณคอนกรีตที่คลาดเคลื่อน (m^3)	1.96	0.33
error (%)	8.3	1.4

5. การอภิปรายผล

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า การประยุกต์ใช้ DMAIC สามารถช่วยลดความคลาดเคลื่อนของปริมาณคอนกรีตในงานโครงสร้างบ้านเดี่ยวได้อย่างเป็นระบบ โดยเฉพาะในด้านการเพิ่มความแม่นยำของการประมาณปริมาณคอนกรีตและการลดความสูญเสียวัสดุ จากขั้น Define พบว่างานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กมีสัดส่วนต้นทุนสูงที่สุด คิดเป็นร้อยละ 17.4 ของต้นทุนโครงการทั้งหมด ซึ่งสะท้อนถึงความสำคัญของกระบวนการดังกล่าวต่อประสิทธิภาพด้านต้นทุนของโครงการก่อสร้าง และสอดคล้องกับแนวคิดของการวิเคราะห์ตามหลักพาเรโตที่มุ่งเน้นการปรับปรุงกิจกรรมที่ส่งผลกระทบสูงต่อระบบโดยรวม

ในขั้น Measure พบว่าปริมาณคอนกรีตที่ใช้จริงมีความแตกต่างจากปริมาณที่คำนวณจากแบบก่อสร้าง โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยก่อนการปรับปรุงเท่ากับร้อยละ 8.3 ซึ่งสะท้อนถึงความแปรปรวนของกระบวนการประมาณปริมาณวัสดุ ขณะที่ในขั้น Analyze พบว่าสาเหตุสำคัญของปัญหาเกี่ยวข้องกับการไม่มีมาตรฐานการคำนวณปริมาณคอนกรีต การไม่มีขั้นตอนตรวจสอบแบบก่อนสั่งวัสดุ และความคลาดเคลื่อนของข้อมูลหน้างาน ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของซิกซ์ซิกมา ที่มุ่งลดความแปรปรวนของกระบวนการและลดข้อบกพร่องของการดำเนินงาน [6,9]

ผลการศึกษาในขั้น Improve แสดงให้เห็นว่าการจัดทำแบบฟอร์มมาตรฐาน การกำหนด checklist ตรวจสอบแบบ และการจัดทำคู่มือการปฏิบัติงาน สามารถช่วยลดความคลาดเคลื่อนของปริมาณคอนกรีตจากร้อยละ 8.3 เหลือร้อยละ 1.4 และลดปริมาณคอนกรีตที่คลาดเคลื่อนจาก 1.96 m^3 เหลือ 0.33 m^3 ซึ่งสะท้อนถึงการลดความแปรปรวนของกระบวนการอย่างชัดเจน ผลลัพธ์ดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ Pheng and Hui ที่รายงานว่าการประยุกต์ใช้

ชิกซ์ซิกมา สามารถช่วยเพิ่มคุณภาพของกระบวนการก่อสร้างและลดข้อบกพร่องของงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงสอดคล้องกับงานของ Tchidi et al. และ Lee and Su ที่พบว่า DMAIC เป็นกรอบที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์และปรับปรุงกระบวนการก่อสร้างที่มีความซับซ้อนและเกี่ยวข้องกับหลายปัจจัย

นอกจากนี้ การประยุกต์ใช้ FMEA ร่วมกับ Impact-Effort Matrix ยังช่วยให้การคัดเลือกแนวทางการปรับปรุงมีความเป็นระบบมากขึ้น โดยสามารถจัดลำดับความสำคัญของปัญหาและเลือกแนวทางที่ให้ผลกระทบสูงและสามารถดำเนินการได้จริง ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Stamatis และ Liu et al. ที่เสนอว่า FMEA เป็นเครื่องมือสำคัญสำหรับการวิเคราะห์ความเสี่ยงและสนับสนุนการตัดสินใจในการปรับปรุงกระบวนการ

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้ยังมีข้อจำกัดบางประการที่ควรพิจารณา ประการแรก งานวิจัยนี้ใช้กรณีศึกษาเพียง 1 โครงการ จึงอาจยังไม่ครอบคลุมความหลากหลายของบริษัทในอุตสาหกรรมก่อสร้าง เช่น ขนาดโครงการ รูปแบบอาคาร และระบบการบริหารจัดการที่แตกต่างกัน ดังนั้น ผลการศึกษาจึงเหมาะสำหรับการอธิบายในเชิงลึกของกระบวนการมากกว่าการอ้างอิงเชิงสถิติในภาพรวม ประการที่สอง ข้อมูลหลังการปรับปรุงยังอยู่ในระดับจำกัดและเป็นการติดตามผลในระยะสั้น จึงยังไม่สามารถยืนยันเสถียรภาพของกระบวนการในระยะยาวได้อย่างสมบูรณ์

นอกจากนี้ แม้งานวิจัยนี้จะใช้แนวคิดชิกซ์ซิกมา และกรอบ DMAIC ในการปรับปรุงกระบวนการ แต่การประเมินผลยังมุ่งเน้นการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนก่อนและหลังการปรับปรุงเป็นหลัก และยังไม่ได้นำตัวชี้วัดทางสถิติของชิกซ์ซิกมา เช่น Process Capability ในเชิงลึก เนื่องจากข้อจำกัดด้านจำนวนข้อมูลและลักษณะของกรณีศึกษาในระดับโครงการก่อสร้างบ้านเดี่ยว ดังนั้น การประเมินผลในงานวิจัยนี้จึงมุ่งสะท้อนแนวโน้มของการปรับปรุงกระบวนการในเชิงปฏิบัติ มากกว่าการประเมินสมรรถนะของกระบวนการในเชิงสถิติสำหรับการผลิตขนาดใหญ่

แม้ว่างานวิจัยนี้จะใช้กรณีศึกษาเพียง 1 โครงการ แต่แนวทางการวิเคราะห์และปรับปรุงกระบวนการภายใต้กรอบ DMAIC รวมถึงเครื่องมือที่ใช้ เช่น Fishbone Diagram, FMEA

และ Impact-Effort Matrix มีลักษณะเป็นเครื่องมือมาตรฐานด้านการปรับปรุงกระบวนการ ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้กับโครงการก่อสร้างประเภทอื่นที่มีลักษณะปัญหาใกล้เคียงกันได้ เช่น งานโครงสร้างอาคารพักอาศัย อาคารพาณิชย์ หรือโครงการก่อสร้างที่มีปัญหาความคลาดเคลื่อนของปริมาณวัสดุและความสูญเสียในกระบวนการทำงาน

6. สรุปผลการศึกษา

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงความแม่นยำของกระบวนการประมาณปริมาณคอนกรีต โดยประยุกต์ใช้แนวคิดชิกซ์ซิกมาภายใต้กรอบ DMAIC เพื่อวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาและกำหนดแนวทางการปรับปรุงอย่างเป็นระบบ ผลการศึกษาพบว่าความคลาดเคลื่อนของปริมาณคอนกรีตก่อนการปรับปรุงเท่ากับ 8.3% โดยในขั้น Analyze ได้ใช้แผนผังก้างปลา FMEA และ Impact-Effort Matrix เพื่อระบุสาเหตุหลักของปัญหาและคัดเลือกแนวทางการปรับปรุงที่เหมาะสม

ผลการดำเนินการในขั้น Improve พบว่าความคลาดเคลื่อนของปริมาณคอนกรีตลดลงเหลือ 1.4% แสดงให้เห็นว่าแนวทาง DMAIC สามารถช่วยลดความคลาดเคลื่อนของปริมาณคอนกรีตได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในขั้น Control ได้กำหนดมาตรฐานการทำงานและตัวชี้วัดกระบวนการเพื่อควบคุมความแปรปรวนและสนับสนุนการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง

แม้ว่างานวิจัยนี้จะใช้กรณีศึกษาเพียง 1 โครงการ และยังไม่ได้ประเมินตัวชี้วัดเชิงสถิติของชิกซ์ซิกมา เช่น Sigma level หรือ Process Capability โดยตรง เนื่องจากข้อจำกัดด้านจำนวนข้อมูลและระยะเวลาการเก็บข้อมูล แต่ผลการศึกษา ยังสะท้อนให้เห็นถึงศักยภาพของ DMAIC ในการปรับปรุงกระบวนการก่อสร้างในเชิงปฏิบัติได้อย่างชัดเจน นอกจากนี้ แนวทางและเครื่องมือที่ใช้ยังสามารถประยุกต์ใช้กับโครงการก่อสร้างลักษณะใกล้เคียงกันได้ โดยเฉพาะงานโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กของโครงการก่อสร้างบ้านเดี่ยว

สำหรับการศึกษาในอนาคต ควรขยายจำนวนกรณีศึกษาให้ครอบคลุมโครงการหลายประเภท รวมทั้งประยุกต์ใช้ตัวชี้วัดเชิงสถิติของชิกซ์ซิกมา และติดตามผลระยะยาว เพื่อเพิ่ม

ความสามารถในการอธิบายทั่วไปและความเข้มแข็งทางวิชาการของงานวิจัยมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ บจก. เอเคซี 81 ที่ให้การสนับสนุนด้านข้อมูลเชิงเทคนิค ข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาแนวทางการวิเคราะห์ การปรับปรุงกระบวนการ และอำนวยความสะดวกในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Antony J, Snee R, Hoerl R. Lean Six Sigma: yesterday, today and tomorrow. *International Journal of Quality and Reliability Management*. 2017;34(7):1073–1093.
- [2] Pepper MPJ, Spedding TA. The evolution of Lean Six Sigma. *International Journal of Quality and Reliability Management*. 2010;27(2):138–155.
- [3] Pheng LS, Hui MS. Implementing Six Sigma in construction. *Journal of Construction Engineering and Management*. 2004;130(4):482–489.
- [4] Tchidi MF, He Z, Li Z. Process improvement in construction using Six Sigma. *Journal of Civil Engineering and Management*. 2012;18(2):158–172.
- [5] Lee KL, Su Y. Applying Six Sigma to improve construction quality. *Journal of Management in Engineering*. 2013;29(4):450–455.
- [6] Pande PS, Neuman RP, Cavanagh RR. *The Six Sigma way: how GE, Motorola, and other top companies are honing their performance*. New York (NY): McGraw-Hill; 2000.
- [7] Kumar S, Sosnoski M. Using DMAIC Six Sigma to systematically improve shop floor production quality and costs. *International Journal of Productivity and Performance Management*. 2009;58(3):254–273.
- [8] Desai DA, Patel MB. Impact of Six Sigma in a developing economy: analysis on benefits drawn by Indian industries. *Journal of Industrial Engineering and Management*. 2009;2(3):517–538.
- [9] Pyzdek T, Keller P. *The Six Sigma handbook*. 4th ed. New York (NY): McGraw-Hill; 2014.
- [10] George ML. *Lean Six Sigma for service*. New York (NY): McGraw-Hill; 2003.
- [11] Antony J. Six Sigma in the UK service organizations: results from a pilot survey. *Managerial Auditing Journal*. 2004;19(8):1006–1013.
- [12] เฉลิมชาติ ชีระวิริยะ. การประยุกต์ใช้ซิกส์ซิกมาเพื่อป้องกันอุบัติเหตุในกระบวนการผลิต กรณีศึกษาโรงงานผลิตเซรามิก. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม*. 2568;18(4):13–25.
- [13] รามาวดี นัยวรรณ, ชนิกานต์ ทองทรง, ไยฟ้า ตระกูลสันติ. การประยุกต์ใช้ซิกส์ซิกมาเพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิตแผ่นผนังคอนกรีตสำเร็จรูป: กรณีศึกษาบริษัท A. *วารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี*. 2567;14(1):53–64.
- [14] Stamatis DH. *Failure mode and effect analysis: FMEA from theory to execution*. 2nd ed. Milwaukee (WI): ASQ Quality Press; 2003.
- [15] Liu HC, Liu L, Liu N. Risk evaluation approaches in failure mode and effects analysis: a literature review. *Expert Systems with Applications*. 2013;40(2):828–838.
- [16] Gray D, Brown S, Macanuso J. *Gamestorming: a playbook for innovators, rulebreakers, and changemakers*. Sebastopol (CA): O'Reilly Media; 2010.