

การปรับปรุงผลผลิตงานก่อสร้างด้วยการประยุกต์ วิธีการผลิตแบบโตโยต้า (Toyota Production System: TPS) Improving Construction Productivity by Applying the Toyota Production System (TPS)

นายพริษฐ์ ผดุงพัฒน์¹ และ สันติ เจริญพรพัฒนา²

^{1,2} สาขาวิชาวิศวกรรมและการบริหารการก่อสร้าง ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี จ.กรุงเทพมหานคร
E-mail address: parist.kai@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มุ่งศึกษาแนวทางการเพิ่มผลผลิตและแก้ปัญหาขาดแคลนแรงงานในงานก่อสร้าง ด้วยการประยุกต์ใช้วิธีการผลิตแบบโตโยต้า (Toyota Production System: TPS) เพื่อปรับปรุงผลผลิตในงานก่อสร้างเดิม ซึ่งต้องเผชิญกับความท้าทายหลายด้าน เช่น การขาดแคลนช่างฝีมือ ข้อจำกัดด้านงบประมาณ และเวลา รวมถึงการบริหารจัดการทรัพยากรอย่างวัสดุ อุปกรณ์ และแรงงาน การศึกษาเริ่มต้นจากการเก็บข้อมูลผ่านการสังเกตและสัมภาษณ์ผู้จัดการและพนักงาน พร้อมรวบรวมเอกสารที่เกี่ยวข้อง จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแผนผังสายธารแห่งคุณค่า (Value Stream Mapping: VSM) เพื่อตรวจหาจุดที่เกิดการสูญเสียหรือไม่เกิดคุณค่า และสามารถมองเห็นภาพรวมผ่านตัวเลขที่ระบุ พร้อมออกแบบและทดสอบกระบวนการใหม่โดยใช้เครื่องมือของ TPS ซึ่งเดิมมาจากอุตสาหกรรมการผลิตรถยนต์ในโตโยต้า นำมาปรับให้เข้ากับบริบทของงานก่อสร้าง แม้ทั้งสองภาคส่วนจะมีลักษณะงานและข้อจำกัดที่แตกต่างกัน แต่แนวทางนี้สามารถสร้างความเป็นระบบ ลดการสูญเสีย เพิ่มผลผลิต และประสิทธิภาพในการจัดการทรัพยากร ผลการศึกษาพบว่า กิจกรรมงานฐานรากสามารถลดระยะเวลาจาก 16 ชั่วโมง เหลือ 9.2 ชั่วโมง (ลดลงร้อยละ 42.5) ขณะที่งานปูกระเบื้องลดจาก 28 ชั่วโมง เหลือ 16.5 ชั่วโมง (ลดลงร้อยละ 41.07) โดยทั้งสองกิจกรรมมี Takt time ลดลงกว่าร้อยละ 40 และอัตราความผิดพลาดทั้งสองกิจกรรมลดลงกว่าร้อยละ 70 สะท้อนถึงการจัดการทรัพยากรที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

คำสำคัญ: การขาดแคลนแรงงาน, การปรับปรุงกระบวนการ, การเพิ่มผลผลิต, ประสิทธิภาพการทำงาน, วิธีการผลิตแบบโตโยต้า, สายธารแห่งคุณค่า

Abstract

This research aims to enhance productivity and address labor shortages in construction by applying the Toyota Production System (TPS) to improve existing processes. The construction industry faces various challenges, such as

a lack of skilled workers, budget and time constraints, and resource management issues, including materials, equipment, and labor. The study began with data collection through observation, interviews with managers and employees, and the review of relevant documents. The collected data were then analyzed using Value Stream Mapping (VSM) to identify areas of waste. The overall improvements are made visible through the numerical outcomes specified.

A new process was subsequently designed and tested, utilizing TPS tools originally developed for Toyota's automotive manufacturing but adapted to the context of construction projects. Despite differences between the two industries, the adapted approach fosters systemization, reduces waste, improves productivities and resource management efficiency. The study found that the foundation pouring activity reduced its duration from 16 hours to 9.2 hours (a 42.5% reduction), while tiling decreased from 28 hours to 16.5 hours (a 41.07% reduction). Both activities showed a decrease in Takt time of over 40% and a reduction in error rates of over 70%, reflecting significantly improved resource management efficiency.

Keywords: Labor shortage, Process improvement, Productivity enhancement, Work efficiency, Toyota Production System, Value Stream Mapping

1. บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

ในปัจจุบัน งานก่อสร้างขนาดเล็กและงานต่อเติมในต่างจังหวัด โดยเฉพาะกลุ่มช่างท้องถิ่น ยังคงประสบปัญหาเรื่องคุณภาพที่ไม่สม่ำเสมอ ปัญหาเหล่านี้อาจนำไปสู่ การแก้ไขงานซ้ำ (Rework) ความล่าช้าในการส่ง

มอแบน และต้นทุนแฝงที่เพิ่มขึ้นโดยไม่จำเป็น เนื่องจากอาศัยความเคยชิน และประสบการณ์ส่วนตัวเป็นหลัก โดยไม่มีแนวทางการทำงานมาตรฐาน ส่งผลให้การควบคุมผลผลิตและพัฒนาประสิทธิภาพเป็นไปได้ยาก รวมถึงปัจจัยแวดล้อม เช่น สภาพแวดล้อม วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือทำงาน อาจขาดตกบกพร่อง นำไปสู่ต้นเหตุของความสูญเสียในกระบวนการก่อสร้าง และอาจทำให้ลดประสิทธิภาพของงานในภาพรวมได้

แนวคิด “Toyota Production System” (TPS) ซึ่งพัฒนาขึ้นจากอุตสาหกรรมการผลิตของบริษัทโตโยต้า ได้รับการยอมรับทั่วโลกว่าเป็นหนึ่งในระบบที่สามารถลดความสูญเสียและเพิ่มประสิทธิภาพได้อย่างเป็นรูปธรรม แม้จะกำเนิดขึ้นในภาคอุตสาหกรรมการผลิต แต่หลักการของ TPS อาทิ Just - In - Time (JIT), Kaizen, และ Standard Work ฯลฯ สามารถประยุกต์ใช้ได้กับหลากหลายบริบท หากได้รับการปรับให้เหมาะสมกับลักษณะงานเฉพาะ

งานวิจัยนี้จึงมีเป้าหมายเพื่อศึกษาความเป็นไปได้และผลลัพธ์ของการนำหลักการของระบบ TPS มาปรับใช้กับกิจกรรมก่อสร้าง โดยเฉพาะในงานต่อเติมของกลุ่มช่างท้องถิ่น ยังคงเป็นเรื่องที่ใหม่และท้าทายอย่างยิ่ง แม้ว่าระบบ TPS จะได้รับการพัฒนาขึ้นจากอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ในการผลิตรถยนต์ งานวิจัยนี้จึงตั้งต้นจากคำถามสำคัญว่า “เป็นไปได้หรือไม่ ที่ระบบ TPS จะถูกนำมาใช้ในบริบทเช่นนี้” เพื่อจะสามารถเปลี่ยนรูปแบบการทำงานเดิม ๆ ให้กลายเป็นกระบวนการที่มีประสิทธิภาพ วัดผลได้ และลดความสูญเสียอย่างเป็นระบบ โดยไม่ลืมหือเท็จจริงว่า นี่คือการทดลองกับระบบงานระดับท้องถิ่น ซึ่งอาจกลายเป็นก้าวแรกของการเปลี่ยนแปลงที่มีความหมายในภาคก่อสร้างไทยในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1) ระบุและลดการสูญเสียที่ไม่จำเป็นที่เกิดขึ้นในงานก่อสร้าง
- 2) ศึกษาและทดลองการปรับปรุงกระบวนการก่อสร้างใหม่ด้วยระบบ TPS เพื่อเพิ่มผลผลิต ประสิทธิภาพ และลดเวลาที่ใช้ในงานก่อสร้าง

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

- 1) การวิจัยนี้ทำการศึกษางานก่อสร้างในรูปแบบการต่อเติมพื้นที่ใช้สอยด้านหลังบ้านพักราชการ ในพื้นที่จังหวัดลพบุรี
- 2) การวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษางานต่อเติมพื้นที่ใช้สอย ซึ่งรวมถึงการปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐาน การเพิ่มพื้นที่ใช้งาน และการปรับปรุงระบบสาธารณูปโภค
- 3) การวิจัยนี้ศึกษาการทำงานของกลุ่มช่างท้องถิ่นขนาดเล็ก ผ่านการประยุกต์ใช้หลักการผลิตของโตโยต้า (Toyota Production System: TPS)



รูปที่ 1 ภาพก่อนเริ่มโครงการปรับปรุง (ซ้าย)
และภาพเมื่อโครงการแล้วเสร็จ (ขวา)

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวกับการผลิตแบบโตโยต้า (Toyota Production System: TPS)

Nuri Ozgur Dogan & Burcu Simsek Yagli (2020) [1] ได้กล่าวถึงการผลิตแบบลีน Lean production (LP) ว่าแนวคิดการผลิตแบบลีนได้รับการปฏิบัติขึ้นในบริษัทโตโยต้า และถูกนำมาประยุกต์ใช้ ในกระบวนการผลิตเป็นแห่งแรก อย่างไรก็ตาม ณ วินาทีนี้แนวคิดนี้ได้ขยายขอบเขตออกไปสู่ภาคบริการด้วย พัฒนาจากการผลิตแบบลีนสู่แนวคิดการคิดแบบลีน หลักการสำคัญของแนวคิดลีน คือการลดของเสีย และใช้ทรัพยากรให้น้อยลงเพื่อสร้างผลตอบแทนที่เพิ่มขึ้น โดยมุ่งเน้นไปที่การตัดกิจกรรมที่ไร้คุณค่าออกไป และให้ความสำคัญกับกิจกรรมที่เพิ่มมูลค่า ในการคิดแบบลีน มูลค่าถูกกำหนดโดยลูกค้า มีเป้าหมายเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าอย่างมีคุณภาพสูงสุด องค์กรธุรกิจจำนวนมากนำหลักการลีนมาใช้ เพื่อเพิ่มศักยภาพการแข่งขันและมุ่งสู่คุณภาพที่สูงขึ้น กระบวนการเปลี่ยนแปลงสู่ลีนนั้นมีความละเอียดอ่อนและต้องได้รับการบริหารจัดการอย่างรอบคอบ การวาดแผนที่ทางคุณค่า (Value Stream Mapping: VSM) ถือเป็นเครื่องมือสำคัญในการเริ่มต้น

อัศม์เดช วานิชชินชัย (2564) [2] ได้กล่าวว่า “ระบบการผลิตแบบโตโยต้า (Toyota Production System: TPS) ได้รับการยกย่องว่าเป็นหนึ่งในปรัชญาการจัดการปฏิบัติการและระบบปฏิบัติการที่ดีที่สุดในโลก เนื่องจากเป็นการผสมผสานกันอย่างกลมกลืนระหว่างวิถีคิดและวิถีปฏิบัติในการสร้างคุณค่า โดยค้นหาและขจัดความสูญเปล่าอย่างต่อเนื่อง จนทำให้สามารถผลิตสินค้าและส่งมอบให้กับลูกค้าได้อย่างรวดเร็ว มีความยืดหยุ่นสูงด้วยต้นทุนต่ำ ระบบการผลิตแบบโตโยต้าถูกพัฒนาและปฏิบัติอย่างจริงจังโดยบริษัทโตโยต้า จนช่วยให้บริษัทโตโยต้าเป็นหนึ่งในผู้ผลิตรายแรกที่ประสบความสำเร็จมากที่สุดในโลก ปัจจุบันคำว่า ระบบการผลิตแบบโตโยต้า ไม่ได้หมายถึงระบบการผลิตที่ใช้ภายในบริษัทโตโยต้าเท่านั้น แต่ยังเป็นปรัชญาของระบบปฏิบัติการที่ผ่านการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง และพิสูจน์อย่างเป็นรูปธรรมในองค์กรต่าง ๆ ทั่วโลกมาอย่างยาวนาน”

Jeffrey Liker (2004) [3] ได้นำเสนอไว้ในหนังสือวิถีแห่งโตโยต้า (The Toyota way) เกี่ยวกับแนวคิดแบบลีน (Lean Thinking) ซึ่งจะเน้นการขจัดความสูญเปล่า (Wastes) โดยสามารถระบุได้ 8 ประการ ได้แก่ 1) งานที่ต้องแก้ไข (Defect) 2) การผลิตสินค้ามากเกินไป (Overproduction) 3) การรอคอย (Waiting) 4) ความคิดสร้างสรรค์ของทีมงานที่ไม่ได้นำมาใช้ประโยชน์ (Non - utilized Talent) 5) การขนย้ายบ่อยๆ

(Transportation) 6) สินค้าคงคลังมากเกินไป (Inventory) 7) การเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็น (Motion) และ 8) ขั้นตอนซ้ำซ้อนไม่ถูกต้อง (Excess Processing)

Nuri Ozgur Dogan (2019) [4] ได้กล่าวถึงเทคนิคแนวคิด Lean ซึ่งมีหลากหลายวิธีที่ใช้ในการบรรลุเป้าหมายและลดของเสีย ได้แก่ 1) Value Stream Mapping (VSM): การทำแผนผังสายธารแห่งคุณค่า 2) Single Minute Exchange of Dies (SMED): การเปลี่ยนแม่พิมพ์ในเวลาไม่กี่นาที 3) 5S System: ระบบ 5S 4) One Piece Flow: การไหลแบบชิ้นเดียว 5) Just in Time (JIT): การผลิตแบบทันเวลา 6) Pull System (Kanban): ระบบดึง (คัมบัง) 7) Poka - Yoke: การป้องกันความผิดพลาด 8) Total Productive Maintenance (TPM): การบำรุงรักษาผลิตภาพรวม 9) Kaizen: การปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง 10) Visual Controls/Management: การควบคุม/การจัดการด้วยภาพ 11) 5 Whys (5N): การถามทำไม 5 ครั้ง 12) Standardized Work: งานมาตรฐาน 13) Spaghetti Diagram: แผนภาพเส้นก๋วยเตี๋ยว 14) DMAIC: การกำหนด วัด วิเคราะห์ ปรับปรุงและควบคุม และ 15) PDCA: วางแผน ทำ ตรวจสอบ และปรับปรุง เป็นต้น

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ TPS

Nurlaelah (2022) [5] ได้ทำการวิจัยโดยประยุกต์ใช้ Value Stream Mapping (VSM) ในการวิเคราะห์กระบวนการก่อสร้างบ้านต้นทุนต่ำ (กรณีศึกษา XYZ Housing) เพื่อตรวจสอบและลดความสูญเสีย (Waste) ที่เกิดขึ้น เช่น การรอคอยวัสดุและความล่าช้า ซึ่งเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการก่อสร้าง โดยใช้ข้อมูล Cycle Time และการสัมภาษณ์ผู้ควบคุมงาน นำมาวิเคราะห์ผ่าน Current State Map และแผนภาพ I - Graph เพื่อระบุจุดที่ไม่สร้างมูลค่าและเสนอแนวทางปรับปรุงกระบวนการทำให้เกิดการเพิ่มประสิทธิภาพและลดเวลาในการก่อสร้าง เพื่อให้ตอบโจทย์การก่อสร้างบ้านสำหรับกลุ่มผู้มีรายได้น้อย

Khopade, M. A และ Desale, S. V. (2022) [6] กล่าวถึงระบบการผลิตของโตโยต้า (TPS) มีอิทธิพลต่ออุตสาหกรรมการก่อสร้าง โดยเน้นการหลีกเลี่ยงของเสียซึ่งเป็นหลักการหลักของการจัดการแบบลีน การมุ่งเน้นไปที่การลดของเสียเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการปรับปรุงประสิทธิภาพ และผลผลิตในโครงการก่อสร้างคล้ายกับการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมยานยนต์ การก่อสร้างแบบลีนปรับเครื่องมือและวิธีการจากอุตสาหกรรมต่าง ๆ รวมถึงเครื่องมือที่ออกแบบมาโดยเฉพาะสำหรับการก่อสร้างเพื่อสนับสนุนการนำหลักการลีน ไปใช้เครื่องมือเหล่านี้ช่วยอำนวยความสะดวกในการประยุกต์ใช้การผลิต Just - in - Time และ Jim Jidoka (ระบบอัตโนมัติ) ซึ่งเป็นส่วนสำคัญของ TPS ซึ่งจะช่วยให้การส่งมอบโครงการและประสิทธิภาพในภาคการก่อสร้าง

N. Sudhakar, K. Vishnuvardhan (2027) [7] ใช้ Value Stream Mapping (VSM) เพื่อวิเคราะห์และปรับปรุงประสิทธิภาพในกระบวนการก่อสร้าง โดยเน้นลดความสูญเสียในขั้นตอนสำคัญ เช่น การติดตั้งเหล็กเสริม การติดตั้งแบบหล่อ และการเทคอนกรีต งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการสร้างแผนที่สถานะปัจจุบัน (Current State Map) เพื่อระบุปัญหาที่ไม่สร้างมูลค่าและนำเสนอแนวทางแก้ไขโดยการวิเคราะห์ข้อมูลจากการสังเกตและสัมภาษณ์ผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง ผลลัพธ์ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานและลดความสูญเสีย

ในกระบวนการก่อสร้าง แต่มีข้อจำกัดในการประยุกต์ใช้กับโครงการอื่น เนื่องจากข้อจำกัดด้านข้อมูล และบริบทของการศึกษาในประเทศอินเดีย

M.A. Khopade และ S.V. Desale (2022) [8] ศึกษากรณีตัวอย่างในโครงการก่อสร้างอาคารพักอาศัยสองแห่งในเมือง Dhule ประเทศอินเดีย โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโครงการที่มีและไม่มีการจัดการแบบ Lean อย่างเป็นระบบ โดยเฉพาะในกิจกรรมก่ออิฐและฉาบปูน (B.B. Masonry and Plastering) ซึ่งเป็นกิจกรรมที่ใช้แรงงานจำนวนมาก และมีลักษณะการทำงานซ้ำซ้อนสูง การศึกษาใช้การเก็บข้อมูลจากหน้างานจริง ทั้งด้านจำนวนแรงงาน เวลาทำงานสะสม และเวลาที่สูญเสียไป โดยคำนวณสัดส่วนของ “เวลาเกินแผน (Time Overrun)” และ “วันทำงานที่ไม่มีประสิทธิภาพ (Ineffective Days)” เทียบกับระยะเวลาทั้งหมดของกิจกรรม ผลการศึกษาพบว่า ในโครงการที่ขาดการบริหารจัดการแบบ Lean มีอัตราการใช้เวลาทำงานอย่างไม่มีประสิทธิภาพ และระยะเวลาเกินแผนรวมสูงถึงร้อยละ 42.86 หรือเกือบครึ่งหนึ่งของระยะเวลาก่อสร้างทั้งหมด ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงผลกระทบของระบบการจัดการวัสดุและลำดับงานต่อความสูญเสียที่เกิดขึ้นในภาคสนาม

Douglas C. Montgomery และ George C. Runger (2018) [9] ได้นำเสนอหลักการของการทดสอบ t-test แบบจับคู่ (Paired t-test) ซึ่งใช้ในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่วัดจากกลุ่มตัวอย่างเดียวกันในสองช่วงเวลา เช่น ก่อนและหลังการปรับปรุง โดยใช้สูตรดังแสดงในสมการที่ (1) เพื่อคำนวณค่าทางสถิติที่นำไปเปรียบเทียบกับค่า tcritical จากตารางการแจกแจง t ภายใต้ระดับนัยสำคัญที่กำหนด หากค่าที่คำนวณได้มีค่าสัมบูรณ์มากกว่าค่า t - critical จะถือว่าผลต่างนั้นมีนัยสำคัญทางสถิติ

$$t_0 = \frac{\bar{D}}{S_D/\sqrt{n}} \quad (1)$$

จักรพงษ์ สายหงษ์ (2006) [10] ได้สรุปการทดสอบ Fisher's Exact Test ดังนี้ Fisher's Exact Test เป็นเทคนิคทางสถิติที่ใช้ทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรจำแนก (เช่น เพศ, การตอบสนอง, เหตุการณ์เกิด/ไม่เกิด) ในกรณีที่ข้อมูลอยู่ในรูปแบบ ตาราง 2x2 และจำนวนตัวอย่างในแต่ละช่องมีค่าน้อยจนไม่เหมาะกับการใช้ Chi - square test โดยเฉพาะเมื่อค่าที่คาดหวังน้อยกว่า 5 ใช้คำนวณความน่าจะเป็นของการได้ตารางที่สังเกตได้ ภายใต้สมมติฐานว่า ไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างแถวกับคอลัมน์ หากผลลัพธ์ของ p - value มีค่าน้อยกว่า 0.05 จะถือว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดย A B C และ D คือ จำนวนหน่วยที่อยู่ในแต่ละช่องของตาราง 2x2 และ N = ผลรวมของทุกช่องในตาราง โดยใช้สูตรดังแสดงในสมการที่ (2)

$$p = \frac{(A+B)! \cdot (C+D)! \cdot (A+C)! \cdot (B+D)!}{N! \cdot A! \cdot B! \cdot C! \cdot D!} \quad (2)$$

3. วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 การกำหนดแนวทางการวิจัย

ในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้แนวทางวิจัยเชิงคุณภาพ โดยเลือกโครงการก่อสร้างจริง คือ “งานต่อเติมพื้นที่ใช้สอยด้านหลังบ้านพักราชการ” ซึ่งมีขนาด 35 x 4.5 เมตร รวมพื้นที่ 157.5 ตารางเมตร เป็นงานที่ต้องเร่งดำเนินการให้แล้วเสร็จก่อนสิ้นปีงบประมาณ มีลักษณะเป็นงานที่ทำซ้ำได้ (Repetitive Process) และให้ช่างท้องถิ่นที่เคยดำเนินการมาแล้ว ในโซนอื่นของพื้นที่ก่อสร้างเดียวกันมารับงาน เพื่อกระจายรายได้สู่ท้องถิ่น จึงทำให้กิจกรรมต่าง ๆ ในงานนี้ มีลักษณะใกล้เคียงกับสายการผลิตในภาคอุตสาหกรรมซึ่งเป็นแต่ละสถานี เหมาะสมต่อการนำแนวคิดระบบการผลิตแบบโตโยต้า (TPS) มาศึกษาและประยุกต์ใช้ ประชากรที่ศึกษา ได้แก่ ทีมผู้รับเหมาทีม A ซึ่งมีจำนวนสมาชิกทั้งหมด 9 คน ประกอบด้วย หัวหน้าช่าง 1 คน ผู้ช่วยหัวหน้าช่าง 2 คน และลูกมือ 6 คน มีเวลาทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน (08:00 - 17:00 น. รวมพักกลางวัน) เนื่องจากจำนวนทีมงานที่มีอย่างจำกัด จึงต้องพึ่งการทำงานแบบ “Finish to Start” หมายความว่าแต่ละกิจกรรม ต้องดำเนินการให้เสร็จสิ้นก่อน จึงสามารถเริ่มกิจกรรมถัดไปได้ แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ลำดับกิจกรรมหลักของโครงการต่อเติมพื้นที่ใช้สอย
ด้านหลังบ้านพักราชการ

งานต่อเติมพื้นที่ใช้สอยฯ แบ่งออกเป็น 11 งานหลัก ประกอบด้วย 1) งานขุดหลุมฐานราก 2) งานเทฐานราก 3) งานกลบดิน 4) งานวางท่อสุขาภิบาล 5) งานเทคานคอดิน 6) งานปรับระดับทรายเพื่อวางตะแกรงเหล็ก (Wire Mesh) 7) งานเทพื้น 8) งานเสา 9) งานติดตั้งถังบำบัด 10) งานหลังคา และ 11) งานปูกระเบื้อง ผู้วิจัยดำเนินการหน้างานจริง ใช้วิธีการสังเกตแบบ

มีส่วนร่วม ร่วมกับการจับเวลาอย่างเป็นระบบ และบันทึกข้อมูลกิจกรรมที่เกิดขึ้นในทุกขั้นตอน

ผู้วิจัยได้กำหนดตัวชี้วัดหลัก (Key Performance Indicators: KPIs) สำหรับใช้ในการวิเคราะห์กระบวนการปรับปรุงผลผลิต และประสิทธิภาพการทำงาน โดยแต่ละตัวชี้วัดมีรายละเอียด ดังนี้

1) รอบเวลาการปฏิบัติงาน (Cycle Time: C/T) ในงานวิจัยนี้ หมายถึง ระยะเวลาที่แรงงานใช้ในการดำเนินงานของกิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่งให้เสร็จสิ้น เช่น การปรับพื้น การเทพื้น การปูกระเบื้อง เป็นต้น โดยไม่รวมเวลาที่ใช้ในการรอคอยหรือเปลี่ยนขั้นตอน ส่วนในภาคอุตสาหกรรมการผลิต Cycle Time หมายถึง เวลาที่ต้องใช้ในการผลิตในสถานนั้น ๆ ซึ่งเป็นเวลาที่สร้างคุณค่าให้กับสินค้า

2) ระยะเวลาที่ใช้ในการเตรียมอุปกรณ์เพื่อรองรับกระบวนการใหม่ (Changeover Time: C/O) ในงานวิจัยนี้ หมายถึง เวลาที่ใช้ในการเตรียมเครื่องมือ อุปกรณ์ หรือพื้นที่ทำงาน ก่อนเริ่มกิจกรรมหลัก เช่น การเคลื่อนย้ายเครื่องจักร การจัดวางวัสดุ หรือการเชื่อมต่ออุปกรณ์ ส่วนในภาคอุตสาหกรรมการผลิต Changeover Time หมายถึง เวลาที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรหรือเปลี่ยนแม่พิมพ์ก่อนจะเริ่มกระบวนการหลัก ซึ่งอาจไม่ได้ก่อให้เกิดมูลค่าโดยตรง แต่จำเป็นต้องทำ

3) ระยะเวลาการรอคอยระหว่างกระบวนการ (Waiting Time) ในงานวิจัยนี้ หมายถึง ช่วงเวลาที่แรงงาน วัสดุ หรือทรัพยากรต่าง ๆ ต้องรอระหว่างกิจกรรม เช่น การรอวิศวกรตรวจงาน หรือรอทีมถัดไป หลังกิจกรรมหลักแล้วเสร็จสิ้นแล้ว ส่วนในภาคอุตสาหกรรมการผลิต Waiting Time หมายถึง เวลาที่ชิ้นงานหรือวัตถุดิบถูกเก็บไว้ในคลัง (Stock) หรือจุดพักคอยก่อนเข้าสู่กระบวนการถัดไป ซึ่งเป็นเวลาที่ระบบ TPS พยายามลดให้เหลือน้อยที่สุด เนื่องจากถือว่าไม่ก่อให้เกิดคุณค่า และเพิ่มต้นทุนโดยไม่จำเป็น

4) Takt Time ในงานวิจัยนี้ หมายถึง เวลาที่ต้องการในการผลิตงาน 1 หน่วย เป็นค่าที่ได้จากการคำนวณ “เวลาทำงานรวมทั้งหมด” หารด้วย “จำนวนหน่วยงานที่ต้องดำเนินการ” ส่วนในภาคอุตสาหกรรมการผลิต หมายถึง เวลาที่ต้องการในการผลิตสินค้า 1 ชิ้น เพื่อให้สามารถดำเนินงานทั้งหมดได้ทันตามกรอบเวลาที่กำหนด ทั้งนี้ Cycle Time (C/T) คือ “เวลาที่ใช้จริง” ในการทำงานแต่ละหน่วย ที่วัดจากการดำเนินงานของทีมหน้างาน ส่วน Takt Time เป็น “จังหวะที่ต้องการ” ซึ่งระบบ TPS ถือว่า Cycle Time เป็น “เวลาที่ใช้จริง” ซึ่งต้องควบคุมให้ไม่เกิน Takt Time

5) ความถี่ของข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น (Error Frequency) ในงานวิจัยนี้ หมายถึง จำนวนครั้งที่เกิดข้อผิดพลาดในกระบวนการ เช่น การวางเหล็กผิดตำแหน่ง หรือระดับพื้นไม่ถูกต้อง ส่วนในภาคอุตสาหกรรมการผลิต Error Frequency คือ จำนวนของสินค้าที่ไม่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพ (Defect) ซึ่งบ่งชี้ถึงปัญหาในกระบวนการผลิตที่ต้องได้รับการปรับปรุง

ผู้วิจัยได้คัดเลือกกิจกรรมย่อยจำนวน 2 กิจกรรมหลัก ได้แก่ 1) งานฐานราก เป็นกระบวนการช่วงต้นที่สะท้อนการประสานงานระหว่างคน วัสดุ เครื่องจักรและการเตรียมพื้นที่อย่างชัดเจน 2) งานปูกระเบื้อง เป็นกิจกรรมช่วงท้ายของโครงการที่เกี่ยวข้องกับความประณีตและการประสานงานที่ต่อเนื่อง โดยเฉพาะความพร้อมของวัสดุและการจัดลำดับ

การทำงาน เพื่อให้การวิจัยสามารถวัดผลลัพธ์ของการปรับปรุง และเปรียบเทียบผลได้อย่างเป็นระบบ

ตารางที่ 1 สรุป Cycle Time และสัดส่วนเวลาของแต่ละกิจกรรม

กิจกรรมระดับที่ 2	จำนวนงาน	C/T (ชั่วโมง)	C/T (วัน)	เปอร์เซ็นต์ (%)
1. งานชุดหลุมฐานราก	10 หลุม	24 ชม.	3 วัน	11.65%
2. งานเทฐานราก	10 ฐาน	16 ชม.	2 วัน	7.77%
3. งานกลบดิน	10 หลุม	10 ชม.	1.25 วัน	4.85%
4. งานวางท่อสุขาภิบาล	10 ชุด	12 ชม.	1.5 วัน	5.83%
5. งานเทคานคอดิน	157.5 ตร.ม.	24 ชม.	3 วัน	11.65%
6. งานปรับระดับทราย	157.5 ตร.ม.	16 ชม.	2 วัน	7.77%
7. งานเทพื้น	157.5 ตร.ม.	24 ชม.	3 วัน	11.65%
8. งานเสา	11 ต้น	16 ชม.	2 วัน	7.77%
9. งานติดตั้งถังบำบัด	10 ถัง	12 ชม.	1.5 วัน	5.83%
10. งานหลังคา	157.5 ตร.ม.	24 ชม.	3 วัน	11.65%
11. งานปูกระเบื้อง	157.5 ตร.ม.	28 ชม.	3.5 วัน	13.59%
รวม		206 ชม.	25.75 วัน	100%

จากตารางที่ 1 ซึ่งแสดงสัดส่วนของเวลาที่ใช้ในกิจกรรมหลักทั้ง 11 กิจกรรม ซึ่งโครงการประกอบด้วยบ้านแถว จำนวน 10 คูหา มีพื้นที่หลังบ้านรวม 157.5 ตร.ม. จะเห็นได้ว่ากระบวนการโดยรวมยังไม่มีการลดความสูญเปล่าอย่างเป็นระบบ ทำให้ใช้เวลาทั้งสิ้น 206 ชั่วโมง หรือประมาณ 25.75 วัน (โดยอิงจากวันทำงานละ 8 ชั่วโมง) จากผลการศึกษาของ Khopade และ Desale (2022) [8] ซึ่งรายงานว่ โครงการก่อสร้างที่ขาดการจัดการแบบ Lean มีสัดส่วนของเวลาที่สูญเปล่า (รวมทั้งวันทำงานที่ไม่มีประสิทธิภาพและเวลาเกินแผน) สูงถึง ร้อยละ 42.86 ของระยะเวลาก่อสร้างทั้งหมด หากมีการจัดการอย่างเหมาะสมตามแนวทาง Lean จะสามารถลดระยะเวลาได้อย่างมีนัยสำคัญ งานวิจัยฉบับนี้จึงตั้งสมมุติฐานว่าจะสามารถตั้งเป้าหมายเพื่อลดระยะเวลาก่อสร้างจาก 25.75 วัน เหลือ 14 วันได้ (112 ชั่วโมง) ซึ่งคิดเป็นการลดลงร้อยละ 45.6 หากมีการบริหารที่ดี และสามารถจัดสิ่งที่ไม่ทำให้เกิดคุณค่าในงาน (Waste, Muda, ความสูญเปล่า)

เพื่อให้การปรับปรุงกระบวนการเป็นไปอย่างมีเป้าหมาย จึงมีการคำนวณ Cycle Time สำหรับแต่ละกิจกรรม โดยอ้างอิงจาก “สัดส่วนเวลาเดิม” ที่แต่ละกิจกรรมใช้จากการเก็บข้อมูลหน้างานจริง เช่น กิจกรรม “งานเทฐานราก” มีสัดส่วนเวลาคิดเป็น 7.77% ของเวลาทั้งหมด เมื่อเทียบกับเวลาทำงานตอนแรก หากตั้งเป้าหมายที่ 112 ชั่วโมง จะได้ Cycle Time เท่ากับ $112 \times 0.0777 = 8.7$ ชั่วโมง ในการผลิตฐานราก 10 ฐาน (จากเดิม 16 ชั่วโมง) ในทำนองเดียวกัน “งานปูกระเบื้อง” ซึ่งใช้เวลา 13.59% ของเวลารวม จะมี Cycle Time เป้าหมาย เท่ากับ $112 \times 0.1359 = 15.2$ ชั่วโมง ในการปูกระเบื้อง 157.5 ตร.ม. (จากเดิม 28 ชั่วโมง)

ค่าที่ได้จากการคำนวณดังกล่าวจึงถูกใช้เป็นแนวทางในการออกแบบ “แผนที่สถานะอนาคต” (Future State Map) ในสองกิจกรรมหลัก ได้แก่ งานเทฐานราก และงานปูกระเบื้อง เพื่อกำหนดเป้าหมายในการลด

Cycle Time ของทั้ง 2 กิจกรรม โดยจัดความสูญเปล่า และจัดกระบวนการทำงานให้สอดคล้องกับจังหวะเวลาที่ควรเป็นอย่างมีประสิทธิภาพ

3.2 การวิเคราะห์กระบวนการด้วย Value Stream Mapping (VSM)

หลังจากที่ได้กำหนดกรอบของโครงการและเป้าหมายการปรับปรุงแล้ว ผู้วิจัยจึงดำเนินการวิเคราะห์กระบวนการ โดยอาศัยเครื่องมือสำคัญของระบบการผลิตแบบโตโยต้า (Toyota Production System: TPS) ได้แก่ ผังสายธารแห่งคุณค่า (Value Stream Mapping: VSM) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้แสดงให้เห็นถึงกระแสของกิจกรรมในกระบวนการอย่างเป็นลำดับ ตั้งแต่ต้นทางจนถึงปลายทาง โดยมีจุดประสงค์หลักคือการระบุขั้นตอนที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่า (Non - Value - Added) และสามารถลดทอนลงได้ เพื่อลด Cycle Time เพิ่มผลผลิต และเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานโดยรวม การสร้างแผนที่สถานะปัจจุบัน (Current State Map) ไม่เพียงแต่บันทึกเวลาทำงานของแต่ละกิจกรรมเท่านั้น แต่ยังใช้แนวทางของ TPS ในการวิเคราะห์หองค์ประกอบต่าง ๆ ที่สะท้อนความไม่สมบูรณ์ของระบบการทำงาน ได้แก่ 1) Muda (ความสูญเปล่า/Waste): วิเคราะห์ทุกขั้นตอนเพื่อค้นหากิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่า เช่น การรอวัสดุ รอแรงงาน หรือการเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็น 2) Mura (ความไม่สม่ำเสมอ): ตรวจสอบความแปรปรวนของระยะเวลาและความไม่แน่นอนของงานในแต่ละวัน 3) Muri (งานเกินกำลัง): ประเมินระดับภาระของแรงงาน เพื่อไม่ให้เกิดความเหนื่อยล้าเกินความเหมาะสม



รูปที่ 3 Current State Map ของกระบวนการในงานเทฐานราก 10 ฐาน ซึ่งใช้เวลา 16 ชั่วโมง



รูปที่ 4 Current State Map ของกระบวนการในงานปูกระเบื้อง 157.5 ตร.ม. ซึ่งใช้เวลา 28 ชั่วโมง

การวิเคราะห์ตามหลักการข้างต้นจะช่วยให้ผู้วิจัยสามารถมองเห็นต้นตอของปัญหาที่ซ่อนอยู่ในแต่ละกระบวนการ เช่น การปรับตั้งเครื่องมือที่ใช้เวลานานเกินไปทำให้เกิด Changeover Time (C/O) ซึ่งตรงกับแนวทางของ Single Minute Exchange of Die (SMED) ที่ TPS ใช้ในการลดเวลาโดยเตรียมงานให้ใช้เวลาสั้นที่สุด เป็นต้น

ในภาคอุตสาหกรรมการผลิต Waiting Time มักเกิดจากการพักสินค้าระหว่างสถานีงาน (Stock) ซึ่งเป็นสิ่งที่ระบบ TPS ต้องการหลีกเลี่ยง เพราะการสต็อกถือเป็นต้นทุนที่ไม่สร้างคุณค่า ส่วนในงานต่อเติมพื้นที่ใช้สอยยากกับ Waiting Time ในลักษณะคล้ายกัน เช่น การรอพื้นแห้ง การรอคอนกรีตเซ็ดตัว การใช้ VSM ช่วยให้มองเห็นเวลารอเหล่านี้ชัดเจนขึ้น และสามารถนำแนวคิด Just - In - Time (ตรงเวลา) กับ Heijunka (ปรับสมดุล) มาใช้ลดความล่าช้า ให้กระบวนการทำงานต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

จุดแข็งของ VSM คือ ช่วยให้มองเห็นภาพรวมที่ชัดเจน ไม่ใช่เพียงการดูค่าเฉลี่ยของแต่ละกิจกรรม แต่สามารถแยกแยะความล่าช้าเฉพาะจุด และระบุขั้นตอนที่ควรปรับปรุงได้อย่างเฉพาะเจาะจง โดยแนวคิด “การทำให้มองเห็น” (Visual Management) โดยจัดทำ Current State Map และบันทึกเวลาจริงของแต่ละขั้นตอน พร้อมสัญลักษณ์มาตรฐานของ TPS เพื่อให้ทีมงานและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องสามารถวิเคราะห์ร่วมกันได้อย่างเข้าใจตรงกัน

ทั้งนี้ แนวทางดังกล่าวไม่ได้มุ่งเน้นเพียงการลดเวลาหรือเพิ่มประสิทธิภาพเท่านั้น แต่ยังต้องการให้สอดคล้องกับหลักการของโตโยต้าที่เรียกว่า “การปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง” (Kaizen) โดยเปิดโอกาสให้ทีมงานและแรงงานในโครงการเสนอแนวทางปรับปรุงด้วยตนเอง ซึ่งเป็นการเสริมสร้างการมีส่วนร่วม และเพิ่มโอกาสในการค้นพบวิธีการทำงานใหม่ ๆ ที่เหมาะสมกับบริบทของงานก่อสร้างมากขึ้น

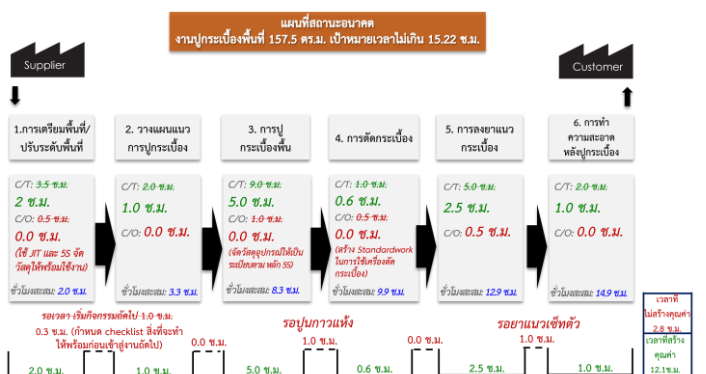
การประยุกต์ใช้ VSM ในงานก่อสร้างจึงไม่ใช่เพียงการคัดลอกจากภาคอุตสาหกรรมการผลิตมาใช้โดยตรง แต่เป็นการดัดแปลงอย่างสร้างสรรค์ด้วยหลักคิดที่ไม่ต้องทำให้เหมือนโตโยต้า แต่ให้คิดแบบโตโยต้า เพื่อสร้างกระบวนการที่เหมาะสมกับงานต่อเติมพื้นที่ใช้สอยๆ ที่มีลักษณะเฉพาะและไม่เหมือนระบบสายพานการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมอีกด้วย

3.3 การดำเนินการเพื่อปรับปรุงจริง

ภายหลังจากที่ผู้วิจัยได้จัดทำ Current State Map และวิเคราะห์จุดที่ก่อให้เกิดความสูญเสียในแต่ละกิจกรรมโดยละเอียดแล้ว ขั้นตอนต่อมาคือการออกแบบแนวทางการปรับปรุงในรูปแบบของ “แผนที่สถานะอนาคต” (Future State Map) เพื่อเป็นแผนงานเป้าหมายในการลดเวลา ลดขั้นตอนที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่า (Muda/Waste) และเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการทำงาน



รูปที่ 5 Future State Map ในการปรับกระบวนการงานฐานราก 10 ฐาน ให้เหลือไม่เกิน 8.7 ชั่วโมง



รูปที่ 6 Future State Map ในการปรับกระบวนการงานปูกระเบื้อง 157.5 ตร.ม. ให้เหลือไม่เกิน 15.22 ชั่วโมง

ในการออกแบบ Future State Map ผู้วิจัยได้กำหนด C/T, C/O รวมถึง Waiting time ใหม่ของขั้นตอนย่อย ๆ ที่เป็นไปได้ เพื่อชี้แจงเป้าหมายให้แต่ละกิจกรรมสอดคล้องกับความสามารถในการส่งมอบงานให้ทันกำหนด โดย C/T, C/O รวมถึง Waiting time ต่าง ๆ นี้จะกลายเป็นกรอบในการประเมินความเพียงพอของทรัพยากร เวลา ของทีมงานในแต่ละกระบวนการ

แนวทางในการปรับปรุงกระบวนการถูกออกแบบโดยอิงจากเครื่องมือหลักของระบบการผลิตแบบโตโยต้า (TPS) ได้แก่ 1) Just - in - Time (JIT): วางแผนให้งานในแต่ละขั้นตอนดำเนินต่อกันโดยไม่สะดุด ลดการรอคอยที่ไม่จำเป็น 2) Kanban: ใช้ระบบสัญญาณหรือเครื่องมือควบคุมการเบิกวัสดุและการส่งต่องาน เพื่อป้องกันการดำเนินงานเกินจำเป็นหรือขาดช่วง 3) Heijunka: กระจ่ายภาระงานอย่างสมดุล เพื่อลดความแปรปรวนในการปฏิบัติงานและลดความตึงเครียดของแรงงาน 4) 5S: จัดระเบียบพื้นที่ทำงานให้สะอาด มีประสิทธิภาพ และปลอดภัย 5) Visual Management: ใช้สัญลักษณ์ เครื่องหมาย หรือแผนผังที่มองเห็นได้ง่าย เพื่อสื่อสารสถานะของงานให้เข้าใจตรงกันในทีม และ 6) Poka - Yoke: นำแนวคิดป้องกันความผิดพลาดมาใช้ เช่น การกำหนดจุดตรวจสอบชิ้นกลาง หรือป้ายป้องกันการตกลงไปในหลุม เป็นต้น

เป้าหมายหลักของการออกแบบ Future State Map ไม่ได้จำกัดอยู่แค่การลดเวลาเท่านั้น แต่ยังรวมถึงการจัดระเบียบ Flow ของงานให้เหมาะสมกับบริบทของไซต์งาน และสร้างสภาพแวดล้อมการทำงานที่เอื้อต่อการควบคุมคุณภาพอย่างต่อเนื่อง โดยผลลัพธ์ของการดำเนินการจริงจะถูกนำเสนออย่างเป็นระบบในบทถัดไป

4. ผลการวิจัย

4.1 กรณีศึกษาโรงงานฐานราก

4.1.1 ผลความแตกต่าง ก่อน - หลัง ในการปรับปรุงด้านเวลา

ตารางที่ 2 ตารางเปรียบเทียบเวลาทำงาน (C/T, C/O, Waiting Time) งานฐานราก ก่อนและหลังปรับปรุง

กิจกรรม	ประเภทเวลา	ก่อนปรับปรุง (ชม.)	หลังปรับปรุง (ชม.)
1. การปรับพื้นที่และเตรียมหลุมฯ	C/T (Value)	2.5	1.4
	C/O (Non - Value)	0.5	0.2
	Waiting Time (Non - Value)	0.5	0.1
	รวมกิจกรรมนี้	3.5	1.7
2. การวางเหล็กเสริมฐานราก	C/T (Value)	1.5	1.0
	C/O (Non - Value)	0.0	0.0
	Waiting Time (Non - Value)	1.0	0.3
	รวมกิจกรรมนี้	2.5	1.3
3. การเทปูน	C/T (Value)	7.0	4.9
	C/O (Non - Value)	0.5	0.1
	Waiting Time (Non - Value)	0.0	0.0
	รวมกิจกรรมนี้	7.5	5.0
4. การเช็กระดับปูน	C/T (Value)	1.0	0.6
	C/O (Non - Value)	1.0	0.2
	Waiting Time (Non - Value)	0.0	0.0
	รวมกิจกรรมนี้	2.0	0.8
5. การบ่มปูน	C/T (Value)	0.5	0.4
	C/O (Non - Value)	0.0	0.0
	Waiting Time (Non - Value)	0.0	0.0
	รวมกิจกรรมนี้	0.5	0.4
รวมทั้งหมด		16.0	9.2

1) การปรับพื้นที่และเตรียมหลุมฐานราก

ปัญหาที่พบ: ก่อนการปรับปรุง พบว่ากระบวนการเตรียมพื้นที่และหลุมฐานรากมีความล่าช้าเนื่องจากแรงงานต้องเดินกลับไปกลับมาเพื่อจัดหาเครื่องมือที่ไม่ได้อยู่ใกล้หน้างาน นอกจากนี้ เครื่องจักรขนาดเล็ก เช่น เครื่องตบดินหรืออุปกรณ์ปรับหน้าดิน ยังไม่ได้รับการจัดเตรียมไว้อย่างเป็นระบบ ทำให้

ต้องเสียเวลารอหรือตั้งค่างานก่อนเริ่มงานจริง อีกทั้งยังต้องหยุดรอการตรวจสอบหน้างานโดยหัวหน้าช่างก่อนเริ่มกิจกรรมถัดไป

ประเภทความสูญเสีย (จาก 8 ประการของ TPS): สอดคล้องกับความสูญเสียจากการเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็น (Motion), การรอคอย (Waiting) และขั้นตอนซ้ำซ้อนไม่ถูกต้อง (Excess Processing) โดยเฉพาะการเดินทางอุปกรณ์ซ้ำซ้อน การรออุปกรณ์ และการหยุดรอคำสั่ง

Cycle Time (C/T) ลดลงจาก 2.5 ชั่วโมง เหลือ 1.4 ชั่วโมง โดยอาศัยแนวทาง Standard Work ในการกำหนดลำดับขั้นตอนการทำงานให้ชัดเจน ได้แก่ การขุดหลุม → ปรับระดับพื้น → ตรวจระดับ และแนวทาง 5S ในการเตรียมเครื่องมือให้อยู่ในจุดที่ใช้งานจริง เช่น การวางเครื่องตบดินและอุปกรณ์วัดระดับไว้ใกล้จุดขุดหลุม ลดเวลาการเคลื่อนย้าย อย่างไรก็ตาม แม้จะวางระบบแล้ว เวลาทำงานจริงยังไม่สามารถลดลงมากไปกว่านี้ เนื่องจากการปรับระดับพื้นยังต้องอาศัยการทำงานประสานระหว่างแรงงานและเครื่องจักร เช่น การส่งดินเครื่องรถโกยตัก หรือการปรับความแน่นของดินซ้ำหลายรอบ ซึ่งใช้เวลาตามสภาพของแต่ละหลุม

Changeover Time (C/O) ลดลงจาก 0.5 ชั่วโมง เหลือ 0.2 ชั่วโมงด้วยการเตรียมเครื่องจักรล่วงหน้า โดยนำรถเข็น เครื่องตบดิน และเครื่องมือต่าง ๆ มาวางไว้ใกล้พื้นที่ก่อสร้างก่อนเริ่มงานจริง ตามแนวคิด Just - In - Time (JIT) ทำให้ไม่ต้องเสียเวลาในการตามหาอุปกรณ์หรือรอเครื่องจักรมาถึง อย่างไรก็ตาม เวลานี้ยังไม่สามารถลดลงเป็นศูนย์ได้ เนื่องจากยังต้องเผื่อเวลาสำหรับการตั้งค่างาน เช่น การติดตั้งหรือสตาร์ทเครื่องมือในแต่ละรอบใหม่ และแรงงานที่จำกัดยังต้องผลัดกันใช้อุปกรณ์ ทำให้เกิดช่วงเวลาดำเนินการบางส่วน

Waiting Time ลดลงจาก 0.5 ชั่วโมง เหลือเพียง 0.1 ชั่วโมง การลดลงนี้เกิดจากการบริหารจัดการเวลาได้แม่นยำขึ้น โดยใช้ Checklists และตารางงานชัดเจนทำให้รู้ว่าต้องเตรียมสิ่งใดให้เสร็จเมื่อใด แม้จะไม่มีทีมงานถัดไปที่แตกต่างกัน ผู้ปฏิบัติงานก็สามารถสลับขั้นตอนได้อย่างต่อเนื่องภายในทีมเดียวกัน อย่างไรก็ตาม ยังคงต้องเผื่อระยะเวลาล้น ๆ สำหรับรอการตรวจสอบพื้นหลุมโดยหัวหน้าช่างก่อนดำเนินการวางเหล็ก ซึ่งเป็นข้อจำกัดสำคัญในงานก่อสร้างระดับช่างท้องถิ่น

การนำเครื่องมือของ TPS มาใช้ ได้แก่ Standard Work, 5S และ JIT สามารถลดเวลารวมของกิจกรรมนี้จาก 3.5 ชั่วโมง เหลือเพียง 1.7 ชั่วโมง คิดเป็นการลดลงประมาณ 51%

2) การวางเหล็กเสริมฐานราก

ปัญหาที่พบ: ก่อนการปรับปรุง ทีมงานใช้เวลาในการวางเหล็กเนื่องจากไม่มีอุปกรณ์ช่วยจัดตำแหน่ง หรือแม่แบบกำหนดระยะ ทำให้ต้องวัดระยะด้วยสายตาหรือเครื่องมือพื้นฐานซ้ำหลายรอบ นอกจากนี้ยังเกิดข้อผิดพลาด เช่น เหล็กวางผิดแนวหรือตอกยากเกินไป ส่งผลให้กระบวนการขาดความแม่นยำและใช้เวลาเกินความเป็นจริง อีกทั้งในบางครั้งยังต้องหยุดรอความชัดเจนจากหัวหน้าช่างก่อนเริ่มขั้นตอนถัดไป

ประเภทความสูญเสีย (จาก 8 ประการของ TPS): สอดคล้องกับความสูญเสียจากขั้นตอนซ้ำซ้อนไม่ถูกต้อง (Excess Processing), ความเคลื่อนไหว

ที่ไม่จำเป็น (Motion) และการรอคอย (Waiting) เนื่องจากการขาดเครื่องมือช่วยวางตำแหน่งที่ชัดเจนและการรอคำสั่งพนักงาน

Cycle Time (C/T) ลดลงจาก 1.5 ชั่วโมง เหลือ 1.0 ชั่วโมง เนื่องจากการนำแนวคิด Poka - Yoke มาใช้โดยจัดเตรียม Jig Template หรือแม่แบบกำหนดแนววางเหล็กให้แม่นยำ ช่วยลดขั้นตอนการวัดระยะซ้ำซ้อนและลดโอกาสวางผิดตำแหน่ง รวมถึงการใช้ Laser Level ในการจัดตำแหน่งแนวเหล็ก ทำให้กระบวนการรวดเร็วขึ้นโดยไม่ต้องแก้งาน รวมถึงหลักการ Heijunka ทำให้สามารถกระจายแรงงานไปยังหลุมที่พร้อมก่อน ลดเวลาการรอโดยไม่จำเป็น ทั้งนี้ การลดลงเหลือ 1.0 ชั่วโมงถือว่าเหมาะสมตามขีดจำกัดของแรงงานและขนาดฐานรากที่ต้องทำให้ได้ตามมาตรฐาน

Changeover Time (C/O) คงที่ที่ 0.0 ชั่วโมง การวางเหล็กเสริมต้องมีการสานเหล็กตะกร้อสำหรับฐานรากรอไว้ล่วงหน้าแล้ว และใช้แรงงานคนเป็นหลักและไม่ต้องใช้เครื่องจักรหรืออุปกรณ์พิเศษเพิ่มเติม ดังนั้นจึงไม่มีขั้นตอนที่ต้องเตรียมเครื่องมือใหม่จึงไม่เกิด C/O อย่างมีนัยสำคัญ

Waiting Time ลดลงจาก 1.0 ชั่วโมง เหลือ 0.3 ชั่วโมง การรอคอยในกิจกรรมนี้เดิมเกิดจากการที่ทีมวางเหล็กต้องรอให้พื้นฐานรากถูกตรวจสอบหรืออนุมัติโดยหัวหน้าช่างก่อนจึงจะสามารถดำเนินการต่อได้ หลังจากการปรับปรุง ได้มีการใช้ Visual Management ในการแจ้งสถานะของฐานรากแต่ละจุดให้ชัดเจน เช่น การติดป้าย “พร้อมวางเหล็ก” และการใช้สีสเปรย์ระบุฐานที่ผ่านการตรวจแล้ว หรือเกิดข้อผิดพลาดเล็กน้อย จึงยังคงมี Waiting Time เหลืออยู่บางส่วน เนื่องจากหลุมบางจุดอาจยังไม่ผ่านการตรวจสอบ

กิจกรรมนี้สามารถลดเวลารวมจาก 2.5 ชั่วโมง เหลือ 1.3 ชั่วโมง คิดเป็นการลดลงประมาณ 48% โดยเน้นการใช้เครื่องมือช่วยลดการทำซ้ำและวางแผนการรอกอย่างมีประสิทธิภาพ

3) การเทปูน

ปัญหาที่พบ: ก่อนการปรับปรุง พบว่าการเทปูนมีความล่าช้าและสะดุดเป็นระยะ จากการขาดแผนการจัดส่งรถปูนที่แน่นอน อุปกรณ์บางรายการ เช่น ท่อส่งปูน, เครื่องสั่นคอนกรีต หรือแบบหล่อ ยังไม่ถูกจัดเตรียมไว้ใกล้หน้างานอย่างเหมาะสม ทำให้แรงงานต้องหยุดรอ หรือต้องตั้งค่าอุปกรณ์หน้างานใหม่ทุกครั้งที่เริ่มงาน รวมถึงปัญหาการประสานกับทีมส่งปูนที่ล่าช้าทำให้เกิด Cold Joint หรือการเทปูนไม่ต่อเนื่อง

ประเภทความสูญเสีย (จาก 8 ประการของ TPS): สอดคล้องกับความสูญเสียจากการรอคอย (Waiting), การขนย้ายที่ไม่จำเป็น (Transportation) และขั้นตอนซ้ำซ้อนไม่ถูกต้อง (Excess Processing)

Cycle Time (C/T) ลดลงจาก 7.0 ชั่วโมง เหลือ 4.9 ชั่วโมง เนื่องจากการวางแผนล่วงหน้าอย่างเป็นระบบมากขึ้น โดยใช้แนวทาง Just - In - Time (JIT) กำหนดคิวรถปูนให้เข้าสอดคล้องกับแผนงานลดเวลารอรถ และจัดเตรียมอุปกรณ์ให้พร้อม เช่น ท่อส่งปูน, เครื่องสั่น และอุปกรณ์ประกอบกรเทปูน ซึ่งช่วยให้การดำเนินงานต่อเนื่อง ไม่สะดุด พร้อม ๆ กับการส่งปูนทันที เพื่อไม่ต้องหยุดตรวจสอบซ้ำ ขณะเดียวกันก็ได้วางจุดพักรถให้ใกล้หน้างาน เพื่อลดการเดิน และยกย้ายวัสดุซ้ำซ้อน

Changeover Time (C/O) ลดลงจาก 0.5 ชั่วโมง เหลือ 0.1 ชั่วโมงด้วยการเตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือสำคัญไว้ล่วงหน้า โดยเฉพาะแบบหล่อและอุปกรณ์เครื่องกลที่ใช้สำหรับการเท โดยปรับขั้นตอนการจัดอุปกรณ์ให้สอดคล้องกับมาตรฐานการทำงานตามแนวทาง Standard Work รวมถึงลดขั้นตอนการเปลี่ยนอุปกรณ์ในแต่ละรอบ อย่างไรก็ตาม ยังคงมีการตั้งค่างเบื้องต้นบางอย่าง เช่น การทดสอบเครื่องสั่น หรือการวางแนวเทปูนที่ไม่สามารถข้ามได้ในแต่ละฐาน

Waiting Time คงที่ที่ 0.0 ชั่วโมงเพราะกิจกรรมนี้ เมื่อเทปูนเสร็จเรียบร้อย ให้ใช้เครื่องสั่นคอนกรีต (Concrete Vibrator) เพื่อให้ปูนแสดงระดับที่แท้จริง เพื่อสู่กระบวนการการเช็กระดับปูนได้ต่อไป ทำให้ไม่มีช่วงรอคอยในขั้นตอนนี้

ลดเวลาทำงานจาก 7.5 ชั่วโมง เหลือเพียง 5.0 ชั่วโมง คิดเป็นการลดลงประมาณ 33.3% เพราะต้องรักษาคุณภาพงานเทปูน และความปลอดภัยควบคู่กันไป ถือว่าใกล้เคียงประสิทธิภาพสูงสุดในสภาพงานก่อสร้างจริง

4) การเช็กระดับปูน

ปัญหาที่พบ: ก่อนการปรับปรุง ขั้นตอนการเช็กระดับปูนต้องอาศัยการวัดด้วยตาเปล่าหรือใช้ระดับน้ำแบบธรรมดา ซึ่งทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนและต้องวัดซ้ำหลายครั้ง นอกจากนี้ ในครั้งก่อนแรงงานยังต้องรอให้คอนกรีตเซตตัวในระดับหนึ่งก่อนจึงจะสามารถตรวจวัดระดับได้ อีกทั้งต้องรอหัวหน้าช่างมาตรวจสอบและยืนยันก่อนดำเนินการต่อ ทำให้กระบวนการนี้มีทั้งความล่าช้า และการรอคอยซ้อนกันหลายจุด

ประเภทความสูญเสีย (จาก 8 ประการของ TPS): ตรงกับประเภทความสูญเสียจากการรอคอย (Waiting) และขั้นตอนซ้ำซ้อนไม่ถูกต้อง (Excess Processing) โดยเฉพาะการวัดซ้ำและการหยุดรอให้ปูนได้ระดับ และเซตตัวเพื่อสามารถวัดได้อย่างแม่นยำ รวมถึงความซ้ำซ้อนในการขออนุมัติและตรวจสอบงานจากหัวหน้าช่าง

Cycle Time (C/T) ลดลงจาก 1.0 ชั่วโมง เหลือ 0.6 ชั่วโมง การลดลงนี้เป็นผลจากการนำ เครื่องมือวัดระดับแบบ Laser Level และไม้ฉากมาตรฐาน มาใช้แทนวิธีเดิม ซึ่งช่วยให้สามารถตรวจวัดระดับได้อย่างแม่นยำตั้งแต่ครั้งแรก ลดการวัดซ้ำ และลดระยะเวลาในการแก้ไขงาน อีกทั้งมีการกำหนดจุดตรวจวัดไว้ล่วงหน้าในแบบแปลน และ Checklists ทำให้แรงงานทำงานตามตำแหน่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Changeover Time (C/O) ลดลงจาก 1.0 ชั่วโมง เหลือ 0.2 ชั่วโมง การลดลงนี้เกิดจากการประสานงานอย่างเป็นระบบ ให้หัวหน้าช่างเตรียมเข้าสู่จุดตรวจทันทีเมื่อการเทปูนเสร็จสิ้น ยังคงต้องเผื่อเวลาเล็กน้อยเพื่อให้พื้นผิวคอนกรีตเซตตัวในระดับที่สามารถวัดได้อย่างแม่นยำ โดยใช้เครื่องสั่นคอนกรีตก่อนหน้าเพื่อให้สามารถเช็กระดับได้เลย

Waiting Time คงที่ที่ 0.0 ชั่วโมงเพราะกิจกรรมนี้ไม่ได้มีการใช้เครื่องจักรขนาดใหญ่ หรือเป็นอุปกรณ์เฉพาะที่ต้องตั้งค่างก่อนใช้งาน จึงสามารถข้ามไปขั้นตอนบ่มปูนได้ทันที เมื่อเช็กระดับปูนเสร็จ

ภาพรวมของกิจกรรมนี้สามารถลดระยะเวลาจาก 2.0 ชั่วโมง เหลือเพียง 0.8 ชั่วโมง คิดเป็นการลดลงถึง 60% โดยไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพ

ของงานในการตรวจเช็คระดับ และยังช่วยให้การส่งมอบงานในขั้นตอนถัดไปทำได้รวดเร็วและมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

5) การบ่มปูน

ปัญหาที่พบ: ในขั้นตอนการบ่มปูน แม้จะเป็นกิจกรรมที่ใช้เวลาน้อยและไม่ซับซ้อน แต่ก่อนการปรับปรุงพบว่าการจัดหาอุปกรณ์ เช่น พลาสติกคลุมปูนหรืออุปกรณ์รดน้ำปูน มักไม่พร้อมใช้งาน ทำให้แรงงานต้องไปหาหรือไปปรับอุปกรณ์จากจุดอื่น ส่งผลให้การเริ่มงานล่าช้า และเกิดการทำให้ซ้ำ เช่น การกลับมาเติมน้ำซ้ำหรือเปลี่ยนแผ่นคลุมใหม่ เนื่องจากการเตรียมงานไม่รัดกุม

ประเภทความสูญเสีย (จาก 8 ประการของ TPS): ตรงกับประเภทความสูญเสียจากการเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็น (Motion) และการรอคอย (Waiting) โดยเฉพาะช่วงที่แรงงานต้องเดินกลับไปกลับมาเพื่อจัดหาอุปกรณ์ที่ควรจัดเตรียมไว้ล่วงหน้า รวมถึงการรอให้อุปกรณ์ว่าง หรือรอการสั่งงานจากหัวหน้าช่าง

Cycle Time (C/T) ลดลงจาก 0.5 ชั่วโมง เหลือ 0.4 ชั่วโมงโดยมีการวางแผนล่วงหน้าให้มีแผ่นพลาสติก, สเปรย์น้ำ หรือเครื่องรดน้ำเตรียมไว้ใกล้พื้นที่ทำงานทันทีที่กิจกรรมก่อนหน้าสิ้นสุดลง การกำหนดพื้นที่เก็บเฉพาะสำหรับอุปกรณ์บ่มปูน และการใช้ 5S เพื่อจัดวางอุปกรณ์ให้หยิบใช้ได้ทันที ช่วยลดเวลาในการดำเนินงาน อย่างไรก็ตาม เวลา C/T ไม่สามารถลดลงมากกว่านี้ได้ เนื่องจากกิจกรรมบ่มปูนต้องใช้ระยะเวลาตามธรรมชาติของวัสดุ เช่น การปล่อยให้ปูนชุ่มน้ำอย่างต่อเนื่องเพื่อป้องกันการแตกร้าว

Changeover Time (C/O) คงที่ที่ 0.0 ชั่วโมง เนื่องจากไม่มีเครื่องจักรที่ต้องตั้งค่าหรือเปลี่ยนอุปกรณ์ที่ซับซ้อน งานนี้ใช้แรงงานและอุปกรณ์พื้นฐานที่สามารถใช้งานได้ทันที

Waiting Time คงที่ที่ 0.0 ชั่วโมงเพราะเป็นกิจกรรมสุดท้ายของกระบวนการ และสามารถเริ่มต้นได้ทันทีหลังจากเสร็จสิ้นการเช็คระดับปูนโดยไม่ต้องรอกกระบวนการใดก่อนหน้า

กิจกรรมการบ่มปูนสามารถลดเวลารวมจาก 0.5 ชั่วโมง เหลือเพียง 0.4 ชั่วโมง คิดเป็นการลดลง 20% แม้การลดเวลาจะไม่มากเท่ากิจกรรมอื่น แต่ก็แสดงให้เห็นว่าการวางแผนการเตรียมอุปกรณ์ และการใช้แนวทาง 5S อย่างเหมาะสมสามารถลดเวลาที่ไม่จำเป็นได้ในกระบวนการเล็ก ๆ เช่นนี้

4.1.2 ผลของ Takt Time งานฐานราก

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบ Takt Time งานฐานราก

หัวข้อ	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
จำนวนฐานราก (ฐาน)	10.0	10.0
เวลาทำงานรวม (ชม.)	16.0	9.2
Takt Time (ชม./ฐาน)	1.6	0.92
Takt Time ลดลง (%)	-	42.5%

Takt Time คือระยะเวลาที่ควรใช้ในการผลิตงานแต่ละชิ้นเพื่อให้สามารถส่งมอบงานทั้งหมดได้ตามเวลาที่กำหนด โดยคำนวณจากเวลาทำงานรวมทั้งหมดหารด้วยจำนวนหน่วยงานที่ต้องทำ ในกรณีนี้คือจำนวนฐานราก 10 ฐาน จากการเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง พบว่า Takt Time ลดลงจาก 1.6 ชั่วโมงต่อฐาน เหลือเพียง 0.92 ชั่วโมงต่อฐาน

หรือคิดเป็นการลดลงประมาณ 42.5% ซึ่งหมายความว่า หลังการปรับปรุงทีมงานสามารถดำเนินงานแต่ละฐานได้รวดเร็วขึ้นเกือบครึ่งหนึ่ง ภายในเวลาที่มีอยู่เท่าเดิม สะท้อนให้เห็นถึงการจัดระบบไหลของงานที่ดีขึ้น และลดจุดรอคอย

4.1.3 ผลการเปรียบเทียบอัตราการเกิดข้อผิดพลาดของงานฐานราก

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบอัตราความผิดพลาด (Defect Rate) ก่อนและหลังการปรับปรุง งานฐานราก จำนวน 10 ฐาน

ลำดับ	กิจกรรม	ประเภทข้อผิดพลาด	ก่อนปรับปรุง (ครั้ง/10 ฐาน)	หลังปรับปรุง (ครั้ง/10 ฐาน)	ลดลง (%)
1	การปรับพื้นและเตรียมหลุมฯ	- ระดับพื้นไม่ตรงตามแบบ	2	1	50%
2	การปรับพื้นและเตรียมหลุมฯ	- ปูนรั่วจากแบบหล่อ	1	0	100%
3	การวางเหล็กเสริมฐานราก	- เหล็กวางผิดตำแหน่ง	3	0	100%
4	การเทปูน	- การเทไม่ต่อเนื่อง (Cold Joint)	1	0	100%
		รวมข้อผิดพลาดทั้งหมด	7	1	85.7%

จากการเปรียบเทียบอัตราการเกิดข้อผิดพลาดของงานฐานรากก่อนและหลังการปรับปรุง พบว่าจำนวนข้อผิดพลาดรวมลดลงจาก 7 ครั้ง เหลือเพียง 1 ครั้ง จากงานทั้งหมด 10 ฐาน คิดเป็นอัตราการลดลงร้อยละ 85.7 โดยข้อผิดพลาดที่ลดลงได้ชัดเจน ได้แก่ การวางเหล็กผิดตำแหน่ง ซึ่งก่อนปรับปรุงเกิดขึ้นถึง 3 ครั้ง และสามารถลดเหลือศูนย์ได้ภายหลังจากการนำระบบ Heijunka และ Poka-Yoke ช่วยกำหนดระยะมาตรฐานเข้ามาใช้

นอกจากนี้ยังพบว่าอัตราการเกิด Cold Joint จากการเทปูนไม่ต่อเนื่องและปูนรั่วจากแบบหล่อก็ลดลงเหลือศูนย์ได้เช่นกัน การจัดการขั้นตอนการเตรียมแบบ การวางแผนรดสปูน และการควบคุมคุณภาพหน้างาน

ข้อผิดพลาดที่ยังคงเหลือเล็กน้อยคือ ระดับพื้นไม่ตรงตามแบบในขั้นตอนการเตรียมหลุม แม้จะมีการใช้เครื่องมือช่วยวัดระดับมากขึ้น แต่ยังมีโอกาสคลาดเคลื่อนในบางจุด ซึ่งควรได้รับการปรับปรุงเพิ่มเติม

4.2 กรณีศึกษาการปูกระเบื้อง

4.2.1 ผลความแตกต่าง ก่อน - หลัง ในการปรับปรุงด้านเวลา

ตารางที่ 5 ตารางเปรียบเทียบเวลาทำงาน (C/T, C/O, Waiting Time) งานปูกระเบื้อง
พื้นที่รวม 157.5 ตร.ม. ก่อนและหลังปรับปรุง

กิจกรรม	ประเภทเวลา	ก่อนปรับปรุง (ชม.)	หลัง ปรับปรุง (ชม.)
1. การเตรียมพื้นที่ และปรับระดับพื้นที่	C/T (Value)	3.5	1.9
	C/O (Non - Value)	0.5	0.2
	Waiting Time (Non - Value)	1.0	0.0
	รวมกิจกรรมนี้	5.0	2.1
2. วางผังแนวการปู กระเบื้อง	C/T (Value)	2.0	1.1
	C/O (Non - Value)	0.0	0.0
	Waiting Time (Non - Value)	0.0	0.0
	รวมกิจกรรมนี้	2.0	1.1
3. การปูกระเบื้อง พื้น	C/T (Value)	9.0	5.3
	C/O (Non - Value)	1.0	0.4
	Waiting Time (Non-Value)	1.0	1.0
	รวมกิจกรรมนี้	11.0	6.7
4. การตัดกระเบื้อง	C/T (Value)	1.0	0.9
	C/O (Non - Value)	0.5	0.3
	Waiting Time (Non - Value)	0.0	0.0
	รวมกิจกรรมนี้	1.5	1.2
5. การลงยาแนว กระเบื้อง	C/T (Value)	5.0	3.4
	C/O (Non-Value)	0.5	0.3
	Waiting Time (Non - Value)	1.0	1.0
	รวมกิจกรรมนี้	6.5	4.7
6. การทำความสะอาด หลัง กระเบื้อง	C/T (Value)	2.0	0.7
	C/O (Non - Value)	0.0	0.0
	Waiting Time (Non - Value)	0.0	0.0
	รวมกิจกรรมนี้	2.0	0.7
รวมทั้งหมด		28.0	16.5

1) การเตรียมพื้นที่และปรับระดับพื้นที่

ปัญหาที่พบ: ก่อนการปรับปรุง พบว่าการดำเนินงานในขั้นตอนนี้ใช้เวลานานกว่าที่ควร เนื่องจากแรงงานต้องเดินไปกลับเพื่อหอบวัสดุและอุปกรณ์ เช่น ทราย, ปูนขาว, เครื่องมือตรวจระดับพื้นที่ ซึ่งมักไม่ได้อยู่ใกล้

พื้นที่หน้างาน นอกจากนี้ยังไม่ได้มีการกำหนดขั้นตอนการทำงานที่ชัดเจน ทำให้เกิดการซ้ำซ้อน หรือย้อนกลับบางขั้นตอน และในบางครั้งยังต้องหยุดรอการประเมินพื้นที่โดยหัวหน้าช่างก่อนเข้าสู่ขั้นตอนถัดไป

ประเภทความสูญเสีย (จาก 8 ประการของ TPS): การเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็น (Motion) เช่น การเดินกลับไปกลับมาเพื่อจัดหาเครื่องมือ การรอคอย (Waiting) รอวัสดุ รออุปกรณ์ หรือรอการตรวจพื้นที่ขั้นตอนซ้ำซ้อนไม่ถูกต้อง (Excess Processing) เช่น การปรับระดับซ้ำ เพราะขาดแนวทางมาตรฐาน

Cycle Time (C/T): ลดลงจาก 3.5 ชั่วโมง เหลือ 1.9 ชั่วโมงด้วยการนำ Poka - Yoke (หลักการความผิดพลาด) โดยกำหนดขั้นตอนที่ถูกต้องตั้งแต่แรกและแนวทาง Standard Work มากำหนดขั้นตอนการทำงานให้มีลำดับชัดเจน เช่น การเตรียมพื้นที่ → ปรับระดับพื้นที่ → ตรวจระดับ ก่อนปูกระเบื้อง พร้อมทั้งใช้หลัก 5S ในการจัดเก็บและเตรียมอุปกรณ์ให้อยู่ใกล้จุดใช้งาน เช่น ปูนปรับระดับ เครื่องมือตรวจระดับ เช่น Laser Level ช่วยลดการเคลื่อนไหวโดยไม่จำเป็น อย่างไรก็ตาม การลดลงนี้ ยังมีข้อจำกัดจากลักษณะงานที่ต้องใช้ทั้งแรงงานและวัสดุ เช่น ปูนปรับระดับ ซึ่งยังคงต้องใช้เวลาเฉพาะตามลักษณะพื้นที่และสภาพพื้นที่

Changeover Time (C/O): ลดลงจาก 0.5 ชั่วโมง เหลือ 0.2 ชั่วโมง สืบเนื่องจากการใช้แนวคิด Just - In - Time (JIT) ในการเตรียมวัสดุและอุปกรณ์ล่วงหน้า โดยเฉพาะการกำหนดจุดวางรถเข็น และเครื่องมืออื่น ๆ ให้ใกล้พื้นที่ทำงานทันทีก่อนเริ่มกิจกรรม อย่างไรก็ตาม ไม่สามารถลดให้เป็นศูนย์ได้ เนื่องจากยังมีเวลาที่ต้องใช้สำหรับการผสมปูนปรับระดับหน้างาน และการแบ่งใช้อุปกรณ์บางรายการร่วมกันระหว่างแรงงาน

Waiting Time: ลดลงจาก 1.0 ชั่วโมง เหลือ 0.0 ชั่วโมง เนื่องจากการวางแผนล่วงหน้า ประสานพื่อรับการตรวจพื้นที่ และการใช้ Checklists สำหรับเตรียมอุปกรณ์ ให้พร้อม ทำให้สามารถเข้าสู่ขั้นตอนถัดไปคือ วางผังแนวการปูกระเบื้อง

การเตรียมพื้นที่และปรับระดับพื้นที่ สามารถลดเวลารวมจาก 5.0 ชั่วโมง เหลือเพียง 2.1 ชั่วโมง คิดเป็นการลดลงประมาณ 58% โดยใช้เครื่องมือ TPS ได้แก่ Standard Work, 5S และ JIT อย่างสอดคล้องกับลักษณะหน้างาน ช่วยลดทั้งเวลาในกระบวนการหลักและเวลาแฝงที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่าได้อย่างมีนัยสำคัญ

2) วางผังแนวการปูกระเบื้อง

ปัญหาที่พบ: ในช่วงก่อนการปรับปรุง การวางแผนกระเบื้องมักอาศัยการกะระยะด้วยสายตา หรือวัดซ้ำหลายครั้งเนื่องจากไม่มีเครื่องมือช่วยกำหนดแนวที่แม่นยำ ส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนและต้องเสียเวลาปรับแก้บ่อยครั้ง อีกทั้งยังไม่มีมาตรฐานแนวทางการวางแผน

ประเภทความสูญเสีย (จาก 8 ประการของ TPS): ขั้นตอนซ้ำซ้อนไม่ถูกต้อง (Excess Processing) ได้แก่ วัดแนวหลายรอบ หรือวางแผนผิดพลาดก่อให้เกิดข้อผิดพลาด (Defects) แนวเบี้ยว กระเบื้องไม่เรียงตรง ต้องรื้อหรือปรับ

Cycle Time (C/T): ลดลงจาก 2.0 ชั่วโมง เหลือ 1.1 ชั่วโมง เป็นผลจากการนำเครื่องมือช่วยวัดแนว เช่น Laser Guide และ Chalk Line มาใช้ร่วมกันสำหรับวางแผนแรก ทำให้ไม่ต้องวัดซ้ำหรือปรับแนวระหว่างการดำเนินงาน นอกจากนี้ยังมีการนำ Tile Spacer (อุปกรณ์จัดแนวกระเบื้อง) มาใช้

ตั้งแต่ขั้นตอนการวางแผน เพื่อให้ช่องว่างระหว่างแผ่นกระเบื้องสม่ำเสมอ ลดเวลาแก้ไข แนวทางดังกล่าวช่วยลดการทำงานซ้ำซ้อนได้อย่างเป็นรูปธรรม

Changeover Time (C/O): คงที่ที่ 0.0 ชั่วโมง เนื่องจากกิจกรรมนี้ใช้เพียงเครื่องมือเบาและอุปกรณ์ที่ไม่ต้องมีการติดตั้งหรือตั้งค่าเพิ่มเติม อุปกรณ์ เช่น Laser Guide, Chalk Line และ Tile Spacer (อุปกรณ์จัดแนวกระเบื้อง) สามารถใช้งานได้ทันทีเมื่อเริ่มงาน

Waiting Time: คงที่ที่ 0.0 ชั่วโมง เนื่องจากเป็นกิจกรรมที่ไม่ต้องรอขั้นตอนอื่น และสามารถเริ่มกิจกรรมถัดไปนั้นคือการปูกระเบื้องได้เลย

วางแผนการปูกระเบื้อง สามารถลดเวลารวมจาก 2.0 ชั่วโมง เหลือเพียง 1.1 ชั่วโมง คิดเป็นการลดลงประมาณ 45% ด้วยการใช้เครื่องมือช่วยวัดแนวและแม่แบบการวางแผนที่สอดคล้องกับแนวคิด TPS โดยเฉพาะในด้าน Poka - Yoke (หลีกเลี่ยงความผิดพลาด) และ Standardization (งานมาตรฐาน) ช่วยให้แรงงานทำงานได้ตรงแนวตั้งแต่ต้น มีมาตรฐานลดการแก้งาน และเพิ่มความแม่นยำของกระบวนการได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3) การปูกระเบื้องพื้น

ปัญหาที่พบ: ก่อนการปรับปรุง กระบวนการปูกระเบื้องพื้นมีปัญหาหลักคือการเตรียมวัสดุและอุปกรณ์ไม่พร้อม เช่น แรงงานต้องเดินไปหยิบปูนกวาดหรือกระเบื้องจากจุดที่อยู่ไกล ทำให้เสียเวลาซ้ำซ้อน อีกทั้งในบางครั้งกระเบื้องไม่พอใช้ในรอบการทำงาน หรือมีความผิดพลาดจากการกะปริมาณไม่แม่นยำ ส่งผลให้เกิดทั้งความล่าช้าและไปเบิกซ้ำ นอกจากนี้ยังไม่มีแนวทางการจัดระเบียบพื้นที่ที่ชัดเจน จึงเกิดการเดินทับพื้นที่ที่ปูแล้ว หรือการขัดจังหวะกันเองภายในทีม

ประเภทความสูญเสีย (จาก 8 ประการของ TPS): การเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็น (Motion) เช่น เดินไปหยิบวัสดุซ้ำ การรอคอย (Waiting) หยุดทำงานเพื่อรอวัสดุ การขนย้ายที่ไม่จำเป็น (Transportation) และข้อผิดพลาด (Defects) กระเบื้องเปียหรือใช้วัสดุไม่พอดี

Cycle Time (C/T): ลดลงจาก 9.0 ชั่วโมง เหลือ 5.3 ชั่วโมง จากการใช้แนวทาง Standard Work คือการทำตามมาตรฐาน ที่ได้กำหนดไว้ และ Kanban ช่วยควบคุมการใช้วัสดุให้มีปริมาณเพียงพอและอยู่ในตำแหน่งใกล้จุดใช้งาน การนำ 5S มาจัดระเบียบในการทำงาน รวมถึงการนำ Tile Spacer และแม่แบบการปู มาใช้ทำให้แรงงานสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง โดยไม่ต้องคอยวัดใหม่หรือหยุดรอวัสดุ นอกจากนี้การแบ่งพื้นที่ทำงานเป็นโซน (Visual Management) ทำให้เห็นโซนแต่ละคนรับผิดชอบอย่างชัดเจน ช่วยให้แรงงานไม่รบกวนกันเอง และทำงานต่อหน้าได้อย่างเป็นระบบมากขึ้น

Changeover Time (C/O): ลดลงจาก 1.0 ชั่วโมง เหลือ 0.4 ชั่วโมง เป็นผลจากการเตรียมเครื่องมือและวัสดุล่วงหน้าตามแนวคิด JIT โดยเฉพาะการแบ่งปูนกวาดเป็นชุดย่อย ที่พร้อมใช้งานทันที ไม่ต้องผสมใหม่กลางงาน และกำหนดจุดเก็บอุปกรณ์ให้อยู่ใกล้จุดใช้งาน ลดเวลาการหยิบ - ส่ง และไม่ต้องตั้งค่าน้ำงานเพิ่มเติม

Waiting Time: คงที่ที่ 1.0 ชั่วโมง แม้จะมีการปรับปรุงกระบวนการโดยรวม แต่ยังคงมีการรอให้ปูนกวาดเซตตัวชนิดแห้งเร็ว หลังการปูในแต่ละโซน ซึ่งเป็นเวลาทางกายภาพที่ไม่สามารถลดลงได้มากนัก เนื่องจาก

ต้องรอวัสดุแห้งก่อนจึงจะสามารถเข้าสู่ขั้นตอนถัดไป เช่น การลงยาแนวหรือการตรวจสอบผิวหน้ากระเบื้อง

การปูกระเบื้องพื้น ลดเวลารวมจาก 11.0 ชั่วโมง เหลือ 6.7 ชั่วโมง คิดเป็นการลดลงประมาณ 39.1% โดยใช้เครื่องมือของ TPS ได้แก่ Standard Work, Kanban, Visual Management, JIT และ 5S ซึ่งช่วยลดขั้นตอนซ้ำซ้อน ป้องกันข้อผิดพลาด และจัดระเบียบพื้นที่ทำงานให้ไหลลื่นอย่างมีประสิทธิภาพ ยังมีข้อจำกัดในส่วน Waiting Time ที่ยังไม่สามารถตัดออกได้เนื่องจากขึ้นอยู่กับลักษณะวัสดุและกระบวนการทางกายภาพของปูนกวาดที่ต้องใช้เวลาเซตตัวอย่างเหมาะสม

4) การตัดกระเบื้อง

ปัญหาที่พบ: ก่อนการปรับปรุง กระบวนการตัดกระเบื้องมีปัญหาหลักคือการขาดมาตรฐานในการวัดขนาด ส่งผลให้แรงงานต้องวัดและตัดซ้ำหลายครั้งและสิ้นเปลืองกระเบื้องที่เสีย เนื่องจากกระเบื้องที่ตัดแล้วอาจไม่พอดีกับช่องว่างที่ต้องการปู อีกทั้งพื้นที่ตัดกระเบื้องมักไม่มีการจัดระเบียบทำให้แรงงานต้องเสียเวลาเดินหาเครื่องมือ เช่น เครื่องตัดกระเบื้องหรืออุปกรณ์วัดขนาด นอกจากนี้ยังมีการสะสมเศษวัสดุจำนวนมาก ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อความปลอดภัยในการทำงาน

ประเภทความสูญเสีย (จาก 8 ประการของ TPS): ขั้นตอนซ้ำซ้อนไม่ถูกต้อง (Excess Processing) วัดและตัดกระเบื้องซ้ำ การเดินหาเครื่องมือหรือวัสดุ (Motion) การมีข้อผิดพลาด (Defects) ตัดผิดพลาดต้องทำใหม่ เศษกระเบื้องสะสม (Inventory)

Cycle Time (C/T): ลดลงจาก 1.0 ชั่วโมง เหลือ 0.9 ชั่วโมง แม้จะไม่สามารถลดลงได้มากนักเนื่องจากการตัดกระเบื้องเป็นงานที่ต้องใช้ความละเอียด อาจเกิดอันตราย แต่ก็สามารถลดเวลาการวัดซ้ำได้ด้วยการใช้แม่แบบ (Template) สำหรับขนาดที่ตัดซ้ำบ่อย ๆ และ เครื่องตัดกระเบื้องแบบมีเลเซอร์กำหนดแนวตัด ช่วยให้ตัดได้แม่นยำตั้งแต่ครั้งแรก นอกจากนี้การใช้ระบบ 5S ทำให้เครื่องมือต่าง ๆ อยู่ในจุดที่หยิบใช้งานได้ทันที

Changeover Time (C/O): ลดลงจาก 0.5 ชั่วโมง เหลือ 0.3 ชั่วโมง ด้วยการเตรียมอุปกรณ์ให้พร้อมก่อนเริ่มงาน เช่น ตั้งเครื่องตัดไว้ล่วงหน้า และเตรียมแม่แบบไว้หลายขนาด เพื่อลดเวลาการตั้งเครื่องหรือสลับเครื่องมือในระหว่างการตัด

Waiting Time: คงที่ที่ 0.0 ชั่วโมง เนื่องจากเป็นกิจกรรมที่ทำควบคู่กับการปูกระเบื้อง ทีมตัดกระเบื้องสามารถทำงานได้ต่อเนื่องตามลำดับที่ปูกระเบื้องคืบหน้า โดยไม่ต้องรอกระบวนการอื่นหรือทีมอื่นก่อนเริ่มงาน

การตัดกระเบื้อง ลดเวลารวมจาก 1.5 ชั่วโมง เหลือ 1.2 ชั่วโมง คิดเป็นการลดลงประมาณ 20% แม้จะไม่ใช้กิจกรรมที่ใช้เวลามาก แต่การปรับปรุงให้กระบวนการมีความแม่นยำและเป็นระเบียบมากขึ้นช่วยลดโอกาสผิดพลาด และเพิ่มความต่อเนื่องในการทำงาน โดยใช้เครื่องมือ TPS เช่น Poka - Yoke (หลีกเลี่ยงความผิดพลาด โดยกำหนดแม่แบบให้ถูกต้อง), 5S (จัดระเบียบพื้นที่) และ Standard Work (สร้างมาตรฐานการใช้เครื่องตัดกระเบื้อง) อย่างเหมาะสมกับลักษณะงานที่ต้องการความละเอียดและความปลอดภัย

5) การลงยาแนวกระเบื้อง

ปัญหาที่พบ: ในกระบวนการลงยาแนวกระเบื้องก่อนการปรับปรุงทีมงานต้องเผชิญกับปัญหาเรื่องการรอคอยหลายประการ เช่น ต้องรอให้ปูนกาวเซ็ทตัวอย่างสมบูรณ์ก่อนจึงจะสามารถลงยาแนวได้ ทำให้เกิด Waiting Time สูง นอกจากนี้การเตรียมอุปกรณ์ เช่น ยาแนว น้ำ อุปกรณ์ฉาบ หรืออุปกรณ์ผสมยาแนว มักไม่ได้จัดเตรียมไว้อย่างเป็นระบบ ทำให้ต้องเสียเวลาในการจัดหาหรือผสมใหม่เมื่อเริ่มงาน รวมถึงไม่มีมาตรฐานที่ชัดเจนในการลงยาแนว ทำให้เกิดความผิดพลาดซ้ำและคุณภาพไม่สม่ำเสมอ

ประเภทความสูญเสีย (จาก 8 ประการของ TPS): รอกการเซตตัวของปูนก่อนลงยาแนว (Waiting) ฉาบยาแนวซ้ำหลายรอบเนื่องจากไม่เรียบ (Excess Processing) ค้นหาอุปกรณ์หรือผสมวัสดุใหม่ระหว่างงาน (Motion) งานยาแนวไม่เรียบร้อย ต้องเก็บซ้ำ (Defects)

Cycle Time (C/T): ลดลงจาก 5.0 ชั่วโมง เหลือ 3.4 ชั่วโมง ด้วยการใช้แนวทาง Standard Work ในการกำหนดขั้นตอนการผสมและลงยาแนวให้เป็นมาตรฐาน ลดความซ้ำซ้อนในการทำงาน อีกทั้งยังจัดเตรียมอุปกรณ์ให้ครบถ้วนตามแนวทาง 5S เช่น การเตรียมอุปกรณ์ฉาบไว้ใกล้พื้นที่ทำงาน และการแบ่งยาแนวเป็นหน่วยย่อยสำหรับแต่ละโซน เพื่อลดการเดินไปมาและการผสมใหม่บ่อย ๆ

Changeover Time (C/O): ลดลงจาก 0.5 ชั่วโมง เหลือ 0.3 ชั่วโมง เนื่องจากสามารถเตรียมอุปกรณ์ที่จำเป็นไว้ล่วงหน้า เช่น ชุดผสมยาแนว ถังน้ำ และอุปกรณ์ฉาบ โดยไม่ต้องจัดหาใหม่ระหว่างการเปลี่ยนจากงานปูกระเบื้องไปสู่การลงยาแนว ส่งผลให้ช่วงเปลี่ยนผ่านสามารถทำได้เร็วขึ้น

Waiting Time: คงที่ที่ 1.0 ชั่วโมงแม้จะมีการปรับปรุงกระบวนการโดยใช้วัสดุที่เซตตัวเร็วขึ้น และจัดการลำดับงานให้เหมาะสม แต่ยังคงต้องรอให้ยาแนวแห้งก่อนเริ่มกระบวนการถัดไป เพื่อป้องกันการกลับมาแก้งาน

การลงยาแนวกระเบื้อง ลดเวลารวมจาก 6.5 ชั่วโมง เหลือ 4.7 ชั่วโมง คิดเป็นการลดลงประมาณ 27.7% โดยใช้เครื่องมือ TPS ได้แก่ Standard Work, 5S, และ JIT เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเตรียมงานและลดเวลาสูญเสียเปล่าในขั้นตอนที่สามารถควบคุมได้ อย่างไรก็ตาม ยังมีข้อจำกัดด้าน Waiting Time ที่ไม่สามารถลดลงได้มาก เนื่องจากต้องรอระยะเวลาที่เหมาะสมเพื่อความมั่นคงของกระเบื้องก่อนลงยาแนว

6) การทำความสะอาดหลังกระเบื้อง

ปัญหาที่พบ: ก่อนการปรับปรุง ทีมงานต้องเสียเวลาทำความสะอาดพื้นที่หน้างานเป็นเวลานาน เนื่องจากไม่มีการแยกเศษวัสดุออกจากพื้นที่ในระหว่างทำงาน เช่น เศษยาแนว เศษกระเบื้อง หรือฝุ่นที่สะสมอยู่ นอกจากนี้ อุปกรณ์สำหรับทำความสะอาด เช่น ไม้กวาด ผ้า ถังน้ำ หรือเครื่องดูดฝุ่น มักจะจัดกระจายหรืออยู่ห่างจากพื้นที่ใช้งาน ทำให้ต้องใช้เวลาค้นหาและเคลื่อนย้ายเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เกิดความล่าช้าในขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการ

ประเภทความสูญเสีย (จาก 8 ประการของ TPS): ค้นหาอุปกรณ์ทำความสะอาด (Motion) การหยุดรออุปกรณ์หรือคนช่วยทำความสะอาด (Waiting) การทำความสะอาดซ้ำเพราะไม่มีการรักษาความสะอาดระหว่างกระบวนการ (Excess Processing)

Cycle Time (C/T): ลดลงจาก 2.0 ชั่วโมง เหลือ 0.7 ชั่วโมง ด้วยการใช้แนวทาง 5S โดยเฉพาะ Seiri (สะสาง) และ Seiton (สะดวก) ทำให้สามารถคัดแยกของเสีย และจัดเก็บอุปกรณ์ทำความสะอาดให้อยู่ใกล้พื้นที่ทำงาน อีกทั้งมีการกำหนด Seiketsu (มาตรฐานการทำความสะอาด เช่น ทำความสะอาดระหว่างงานในแต่ละโซน ไม่ปล่อยให้สะสมจนถึงขั้นตอนสุดท้าย ซึ่งช่วยให้การทำความสะอาดเมื่อจบงานใช้เวลาอันน้อยลงอย่างชัดเจน

Changeover Time (C/O): คงที่ที่ 0.0 ชั่วโมง เนื่องจากกิจกรรมทำความสะอาดไม่ต้องใช้เครื่องจักรหรือการตั้งค่าใหม่ อุปกรณ์ทั้งหมดสามารถใช้งานได้ทันที จึงไม่มีช่วงเวลาสำหรับเปลี่ยนกระบวนการ

Waiting Time: คงที่ที่ 0.0 ชั่วโมง เพราะเป็นกิจกรรมสุดท้ายในลำดับงาน และไม่มีกระบวนการรอคอยทีมงานอื่นหรืออุปกรณ์เพิ่มเติม ทีมสามารถเริ่มทำความสะอาดได้ทันทีหลังจบการลงยาแนว

การทำความสะอาดหลังกระเบื้อง ลดเวลาทำงานจาก 2.0 ชั่วโมง เหลือ 0.7 ชั่วโมง หรือคิดเป็นการลดลงถึง 65% โดยการจัดพื้นที่ให้เป็นระเบียบตามแนวทาง 5S และการแยกขั้นตอนการทำความสะอาดให้สอดคล้องกับการไหลของงาน ส่งผลให้สามารถลดงานซ้ำซ้อน ลดการเคลื่อนย้ายและย่นระยะเวลาการทำความสะอาดในภาพรวมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.2.2 ผลของ Takt Time งานปูกระเบื้อง

ตารางที่ 6 ผลการเปรียบเทียบ Takt Time งานปูกระเบื้อง

หัวข้อ	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
พื้นที่ปูกระเบื้อง (ตร.ม.)	157.5	157.5
เวลาทำงานรวม (ชม.)	28.0	16.5
Takt Time (ชม./ตร.ม.)	0.18	0.11
Takt Time ลดลง (%)	-	39.9%

Takt Time คือระยะเวลาที่ควรใช้ในการผลิตงานแต่ละหน่วย เพื่อให้สามารถดำเนินงานทั้งหมดได้ทันตามเวลาที่กำหนด สำหรับงานปูกระเบื้องในครั้งนี้ พื้นที่รวมทั้งหมดคือ 157.5 ตารางเมตร จากการเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง พบว่า Takt Time ลดลงจาก 0.18 ชั่วโมงต่อตารางเมตร เหลือเพียง 0.11 ชั่วโมงต่อตารางเมตร หรือคิดเป็นการลดลง 39.9% ซึ่งหมายความว่า ทีมงานสามารถปูกระเบื้องได้เร็วขึ้นในแต่ละหน่วยพื้นที่ภายใต้เวลารวมที่มีอยู่เท่าเดิม การลดลงของ Takt Time สะท้อนให้เห็นถึงการจัดลำดับการทำงานที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยเฉพาะการมองหาสิ่งที่จะช่วยลดเวลาโดยรวมได้ เช่น Change Over Time, Waiting Time ระหว่างขั้นตอน การเตรียมวัสดุให้อยู่ใกล้จุดใช้งาน และการประสานงานอย่างเป็นระบบ ซึ่งสอดคล้องกับหลักการของ TPS ที่เน้นความไหลลื่นของกระบวนการและการจัดการความสูญเปล่าในทุกขั้นตอน

4.2.3 ผลการเปรียบเทียบอัตราการเกิดข้อผิดพลาดของงานปูกระเบื้อง

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบอัตราความผิดพลาด (Defect Rate) ก่อนและหลังการปรับปรุง งานปูกระเบื้อง

ลำดับ	กิจกรรม	ประเภทข้อผิดพลาด	ก่อนปรับปรุง (ครั้ง/157.5 ตร.ม.)	หลังปรับปรุง (ครั้ง/157.5 ตร.ม.)	ลดลง (%)
1	วางผังแนวกระเบื้อง	วางแนวไม่ตรง/แนวเบี้ยว	2	0	100%
2	การปูกระเบื้องพื้น	เว้นร่องไม่สม่ำเสมอ/กระเบื้องไม่เสมอนแนว	3	1	66.7%
3	การตัดกระเบื้อง	ขนาดไม่แม่นยำ/ตัดผิด	2	0	100%
4	การลงยาแนวกระเบื้อง	ยาแนวแตกร้าว/ยาแนวไม่เต็ม/ขอบป็น	2	1	50%
	รวมข้อผิดพลาดทั้งหมด		9	2	77.8%

จากการเปรียบเทียบอัตราการเกิดข้อผิดพลาดของงานปูกระเบื้องก่อนและหลังการปรับปรุง พบว่าจำนวนข้อผิดพลาดรวมลดลงจาก 9 ครั้ง เหลือเพียง 2 ครั้ง จากพื้นที่ทั้งหมด 157.5 ตารางเมตร คิดเป็นอัตราการลดลงร้อยละ 77.8 โดยข้อผิดพลาดที่ลดลงอย่างชัดเจน ได้แก่ การวางแนวกระเบื้องไม่ตรงแนว ซึ่งเดิมพบ 2 ครั้ง และสามารถลดเหลือศูนย์ได้ภายหลังการนำเครื่องมือ Poka - Yoke และ Visual Management เข้ามาใช้ เช่น การใช้ Laser Guide, Chalk Line และแม่แบบในการกำหนดแนว

ข้อผิดพลาดที่สามารถลดเหลือศูนย์ได้อีกประเภทหนึ่ง คือ การตัดกระเบื้องผิดขนาด ซึ่งเดิมพบ 2 ครั้ง โดยเกิดจากการกระชากด้วยสายตัดและอุปกรณ์ไม่แม่นยำ หลังการปรับปรุงมีการใช้เครื่องตัดกระเบื้องที่มีแนวเลเซอร์ และเตรียมแม่แบบตัดไว้ล่วงหน้า ช่วยปรับปรุงให้มีความแม่นยำ

ส่วนข้อผิดพลาดที่ยังคงเหลือเล็กน้อย ได้แก่ การเว้นร่องไม่สม่ำเสมอและกระเบื้องวางไม่ตรง ซึ่งเดิมพบ 3 ครั้ง ลดลงเหลือ 1 ครั้ง แม้จะมีการใช้ Tile Spacer และแม่แบบกำหนดจุดเริ่มต้นแนว แต่ยังคงมีความคลาดเคลื่อนในบางตำแหน่ง โดยเฉพาะพื้นที่แคบหรือจุดมุม

อีกกรณีหนึ่งคือ ข้อผิดพลาดจากการลงยาแนว เช่น ยาแนวแตกร้าวหรือยาแนวเลอะขอบกระเบื้อง ซึ่งเดิมเกิดขึ้น 2 ครั้ง ลดลงเหลือ 1 ครั้ง แม้จะมีการใช้เครื่องมือเฉพาะและปรับปรุงกระบวนการผสมยาแนวแล้ว แต่อาจยังมีปัญหาจากการเร่งงานหรือการควบคุมปริมาณไม่สม่ำเสมอ

โดยสรุป การปรับปรุงกระบวนการด้วยแนวคิด TPS โดยเฉพาะการใช้ Poka - Yoke, 5S และ Visual Management ช่วยจัดการและลดข้อผิดพลาดในกระบวนการปูกระเบื้องได้ ทั้งในเชิงคุณภาพงาน และความเรียบร้อย

4.3 การเปรียบเทียบผลการวิจัยกับงานวิจัยอื่น

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบผลการวิจัยกับงานวิจัยต่างประเทศที่นำหลัก TPS/Lean มาใช้

ลักษณะการศึกษา	สิ่งที่ศึกษา	วิธีการ	ผลการปรับปรุง	หมายเหตุ
กรณีศึกษา “บ้านแถวต่อเติม” 10 คูหา - ทรัพย์สิน (2567)	งานเพ็ชรฐาน, ปูกระเบื้อง	ใช้ VSM, Takt Time, JIT, Poka-Yoke	ลดเวลาทำงานรวมลง ~41% ลด Defect Rate ลง ~80%	มีการวัด C/T, C/O, Waiting Time และ Defect แบบแยกรายกิจกรรม
โรงงานเฟอร์นิเจอร์ (ผลิต Model A) - Dogan (2019)	การผลิตโซฟา	VSM + FSM (Future State Map)	Processing Time ลดลง ~30% Quality Error ลดลง ~36%	ใช้ VSM ทั้งใน Service และ Production Sector อย่างชัดเจน
โครงการบ้านจัดสรร 164 หลัง - Nurlaelah (2022)	งานก่อสร้างบ้านทั้งหลัง	ใช้ VSM วิเคราะห์ Delay และ Inventory	Lead Time ลดลง ~20%	วิเคราะห์แรงงาน, Takt Time ต่อยูนิต, ปรับโฟลว์ซัพพลาย
การเปรียบเทียบ 2 โครงการก่อสร้าง - Khopade & Desale (2022)	Productivity งานก่อสร้างและฉาบปูน	Productivity Tracking + Lean Tools	Work-Hour ลดลง ~30% Productivity เพิ่มขึ้น ~36-50%	โฟกัสเรื่อง Material Manage และ Layout Site
กรณีศึกษาในไซต์ก่อสร้างอินเดีย - Sudhakar et al. (2017)	งานคอนกรีตเสา-พื้น	ใช้ VSM และ Productivity = Output/ Input	Productivity เพิ่มขึ้น ~19-22%	วิเคราะห์ PCE (Process Cycle Efficiency), ลด NVA ได้ดี

ในการเปรียบเทียบผลการวิจัยกับงานต่างประเทศ พบว่าทุกกรณีศึกษามีการประยุกต์ใช้แนวคิด Lean และ TPS เพื่อลดความสูญเปล่าและเพิ่มประสิทธิภาพในรูปแบบที่เหมาะสมกับบริบทของตนเอง

โดยงานวิจัยนี้ ทรัพย์สิน (2567) ได้วิเคราะห์เชิงลึกจากรายกิจกรรม โดยศึกษาจากโครงการบ้านแถวต่อเติม 10 คูหา โดยใช้ VSM, Takt Time, JIT และ Poka-Yoke ฯลฯ พบว่าสามารถลดเวลาทำงานรวมได้ประมาณ 41%

และลดอัตราความผิดพลาด (Defect Rate) ได้ถึง 80% พร้อมทั้งวัดค่า C/T, C/O และ Waiting Time แยกรายกิจกรรมอย่างละเอียด

Dogan (2019) ศึกษาในโรงงานเฟอร์นิเจอร์ Model A โดยใช้ VSM และ Future State Map พบว่า Processing Time ลดลงประมาณ 30% และอัตราความผิดพลาดของสินค้า (Quality Error Rate) ลดลงถึง 36% เมื่อเปรียบเทียบระหว่าง Current State กับ Future State Map

ขณะที่ Nurtaelah (2022) จากอินโดนีเซีย ศึกษาโครงการบ้านจัดสรร 164 ยูนิต โดยใช้ VSM วิเคราะห์ความล่าช้าและปัญหาสินค้าคงคลัง (Inventory) ทำให้ Lead Time ลดลง ~20%

ส่วน Khopade & Desale (2022) ใช้วิธี Productivity Tracking และ Lean Tools เปรียบเทียบสองโครงการก่อสร้างและฉาบปูน พบว่าช่วยลด Work - Hour ได้ประมาณ 30% และเพิ่ม Productivity ได้ถึง 36 - 50% โดยเน้นการบริหารวัสดุและพื้นที่จัดเก็บ

และ งานของ Sudhakar, N. (2017) ใช้ VSM ร่วมกับการคำนวณ Productivity (Output/Input) ในงานเสาและพื้นคอนกรีต พบว่า Productivity เพิ่มขึ้นประมาณ 19 - 22% โดยเน้นการวิเคราะห์ Process Cycle Efficiency และการลด NVA (Non-Value Added) อย่างเป็นระบบ

4.4 การทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติของผลการดำเนินการ

4.4.1 การวิเคราะห์ค่าระยะเวลาการทำงานด้วย Paired t - test

จากการเก็บข้อมูลระยะเวลาการทำงานของแต่ละกิจกรรมก่อนและหลังการปรับปรุง พบว่า ค่าเฉลี่ยของ C/T ลดลงในทุกกิจกรรม ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการนำ TPS มาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพงานก่อสร้าง

เพื่อยืนยันความมีนัยสำคัญของผลการเปลี่ยนแปลง จึงได้ดำเนินการทดสอบ t - test แบบจับคู่ โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์ t - test ของกิจกรรมงานฐานรากและงานปูกระเบื้อง

กลุ่มกิจกรรม	n	ผลต่างเฉลี่ย (ชม.)	SD ของผลต่าง	Standard Error	ค่า t-statistic	t-critical (0.05, 2-tailed)
งานฐานราก	5	0.84	0.792	0.354	2.37	2.776
งานปูกระเบื้อง	6	1.53	1.201	0.490	3.13	2.571

เมื่อทำการทดสอบ t - test [9] แบบจับคู่กับค่าระยะเวลาการทำงาน (C/T) พบว่า งานฐานรากมีค่า $|t| = 2.370$ ซึ่งต่ำกว่าค่า t - critical ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($t = 2.776$, $df = 4$) จึงไม่สามารถสรุปว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติได้

ในขณะที่งานปูกระเบื้องมีค่า $|t| = 3.127$ ซึ่งสูงกว่าค่า t - critical ($t = 2.571$, $df = 5$) แสดงว่าผลต่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 95%

ทั้งนี้ การเก็บข้อมูลของการศึกษานี้ขึ้นอยู่กับรูปแบบการเปรียบเทียบแบบก่อน - หลัง ซึ่งเหมาะสมกับบริบทของงานก่อสร้างภาคสนามที่ไม่สามารถทดลองซ้ำหรือควบคุมเงื่อนไขได้ทั้งหมด

ผลการวิเคราะห์จึงสะท้อนให้เห็นว่า การประยุกต์ใช้ TPS สามารถลดระยะเวลาการทำงานได้ในภาพรวม โดยเฉพาะในกิจกรรมที่มีลักษณะซ้ำและควบคุมได้ชัดเจน แม้บางกิจกรรมจะยังไม่ปรากฏความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่แนวโน้มที่พบก็เป็นสัญญาณเชิงบวกที่แสดงถึงความเป็นไปได้ในการยกระดับประสิทธิภาพงานก่อสร้างในสภาพจริง

4.4.2 การวิเคราะห์ข้อผิดพลาด (Defect Rate) ด้วย Fisher's Exact Test

การวิเคราะห์อัตราความผิดพลาดก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการด้วยหลักการของระบบการผลิตแบบโตโยต้า (TPS) จำเป็นต้องใช้วิธีการทางสถิติที่เหมาะสมกับขนาดกลุ่มตัวอย่างในแต่ละกิจกรรมที่ค่อนข้างจำกัด การใช้ Fisher's Exact Test จึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสม เนื่องจากเป็นการทดสอบความแตกต่างระหว่างสัดส่วนในตารางจำแนก 2x2 ที่ให้ความแม่นยำสูงแม้จำนวนข้อมูลจะน้อยกว่าที่ใช้ใน Chi - square Test ที่จำนวนจุดเก็บข้อมูลมีจำกัดและไม่สามารถสุ่มตัวอย่างในเชิงสถิติได้อย่างสมบูรณ์

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์ โดย ตาราง 2 x 2 สำหรับ Fisher's Exact Test

ข้อมูลจำนวนข้อผิดพลาดก่อน และหลังการปรับปรุงงานฐานราก และงานปูกระเบื้อง

กลุ่มกิจกรรม	ก่อนปรับปรุง ผิดพลาด	ก่อนปรับปรุง ไม่ผิดพลาด	หลังปรับปรุง ผิดพลาด	หลังปรับปรุง ไม่ผิดพลาด	รวม
งานฐานราก	7	3	1	9	20
งานปูกระเบื้อง	9	1	2	8	20

เมื่อทำการทดสอบ Fisher's Exact Test [10] กับข้อมูลข้อผิดพลาด (Defect Rate) พบว่า งานฐานรากมีค่า p - value = 0.0198 และงานปูกระเบื้องมีค่า p - value = 0.0055 ซึ่งทั้งสองค่านี้ต่ำกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนดไว้ที่ 0.05 จึงสามารถสรุปได้ว่าความแตกต่างดังกล่าวมีนัยสำคัญทางสถิติ

โดยค่าทั้งสองได้จากการรวมความน่าจะเป็นของทุกตาราง 2x2 ที่มีโอกาสเกิดขึ้นน้อยกว่าหรือเท่ากับตารางที่สังเกตได้จริง ตามหลักการของ Fisher's Exact Test แบบ two - tailed ซึ่งใช้การแจกแจงแบบ Hypergeometric ในการคำนวณ ด้วยเหตุนี้จึงสามารถสรุปได้ว่าการลดลงของข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นหลังการปรับปรุงไม่ได้เกิดจากความบังเอิญ แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และสะท้อนถึงประสิทธิภาพของการนำแนวคิด TPS มาปรับใช้ในงานก่อสร้างจริงภายใต้ข้อจำกัดของหน้างาน

5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ผลการดำเนินการปรับปรุงตามแนวทาง TPS พบว่า เวลาทำงานรวมของงานฐานรากลดลงจาก 16.0 เหลือ 9.2 ชั่วโมง ลดลงคิดเป็น 42.5% และ Takt Time ลดลงในอัตราเดียวกัน ในขณะที่อัตราข้อผิดพลาดลดลงจาก 7 เป็น 1 ครั้ง หรือลดลงประมาณ 85.7%

สำหรับงานปูกระเบื้อง เวลาทำงานรวมลดลงจาก 28.0 เหลือ 16.5 ชั่วโมง หรือลดลงคิดเป็น 41.1% และ Takt Time ลดลงคิดเป็น 39.9% โดยข้อผิดพลาดจาก 9 เหลือเพียง 2 ครั้ง คิดเป็นการลดลงคิดเป็น 77.8% แสดงถึงประสิทธิภาพของการใช้เครื่องมือ จากกระบวนการผลิตแบบ TPS ในสภาพแวดล้อมจริง

กรณีศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า แนวคิดระบบการผลิตแบบโตโยต้า (TPS) ซึ่งพัฒนาขึ้นในอุตสาหกรรมการผลิต มีศักยภาพที่จะนำมาประยุกต์ใช้กับงานก่อสร้างได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะใช้ในงานที่มีลักษณะซ้ำ และสามารถวิเคราะห์เชิงกระบวนการเพื่อลดเวลาที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่าเพิ่มผลผลิตแม้มีแรงงานที่จำกัด

ผลลัพธ์สำคัญคือการเปลี่ยนวิธีคิดของทีมงาน จากการ “ทำไปตามลำดับ” เป็น “การทำอย่างมีเป้าหมายและวางแผนร่วมกัน” ด้วยการมองงานเป็นระบบที่ไหลอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้ ความสำเร็จที่เกิดขึ้นไม่ได้อยู่ที่การลดระยะเวลาทำงาน หรือการลดข้อผิดพลาดเพียงเท่านั้น แต่ยังรวมถึงการสร้างสภาพแวดล้อมการทำงานที่ทุกคนรู้หน้าที่ เห็นเป้าหมายและทำงานสอดคล้องกันมากขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะในงานวิจัย

แม้งานวิจัยนี้จะสามารถแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการประยุกต์ใช้แนวคิด TPS ในการลดระยะเวลาและข้อผิดพลาดในกระบวนการก่อสร้างได้อย่างชัดเจน แต่ยังมีข้อจำกัดและประเด็นที่ควรศึกษาเพิ่มเติมในอนาคตดังนี้

1) การวิเคราะห์ผลในระยะยาว (Long - term Effects) งานวิจัยนี้มุ่งเน้นผลลัพธ์ในรูปของการลดระยะเวลาและการลดข้อผิดพลาดซึ่งเห็นผลทันที แต่การดำเนินงานในลักษณะนี้จะต้องมีปัจจัยสำคัญที่เป็นองค์ประกอบหลายประการ เช่น การมีผู้ควบคุมงานที่เข้าใจระบบ TPS และสามารถวางแผนและควบคุมการทำงานให้เป็นไปตามระบบได้ การมีแรงงานที่มีฝีมือและมีวินัย พร้อมทำงานตามระยะเวลาของกระบวนการที่กำหนดไว้อย่างต่อเนื่อง การมีเครื่องมืออุปกรณ์ที่เพียงพอ

2) การวิเคราะห์ต้นทุน (Cost Analysis) งานวิจัยนี้เน้นวิเคราะห์ในมิติของเวลาและคุณภาพเป็นหลัก ยังขาดการเปรียบเทียบด้านต้นทุนก่อนและหลังการปรับปรุง เช่น ต้นทุนการจัดหาวัสดุแบบ JIT ต้นทุนการใช้เทคโนโลยีหรือค่าบำรุงรักษาเครื่องมือที่ใช้ในการลด C/T และ C/O ซึ่งเป็นประเด็นสำคัญสำหรับผู้บริหารโครงการที่ต้องตัดสินใจบนพื้นฐานทางเศรษฐศาสตร์

3) การเปรียบเทียบในกลุ่มงานก่อสร้างที่หลากหลายขึ้น งานวิจัยนี้ศึกษาทั้งงานฐานรากและงานปูกระเบื้องซึ่งมีลักษณะค่อนข้างคงที่ไม่ซับซ้อนมาก งานวิจัยในอนาคตควรขยายไปยังกลุ่มงานที่มีความซับซ้อน

และมีการเปลี่ยนแปลงระหว่างทาง อาทิ งานสถาปัตยกรรม งานระบบไฟฟ้า/ประปา หรืองานปรับปรุงโครงสร้างเดิม เพื่อประเมินว่า TPS ยังสามารถประยุกต์ได้อย่างมีประสิทธิภาพหรือไม่ เมื่อมีปัจจัยที่ซับซ้อนมากขึ้น

4) การพัฒนาเครื่องมือวิเคราะห์ความสูญเสียเปล่า ที่เหมาะสมกับไซต์ก่อสร้างไทย TPS มีเครื่องมือมากมาย เช่น Value Stream Mapping, Heijunka, Jidoka ฯลฯ แต่งานวิจัยนี้เน้นเพียงบางเครื่องมือเท่านั้น งานวิจัยในอนาคตอาจพัฒนา เครื่องมือวิเคราะห์ความสูญเสียเปล่า ที่ออกแบบมาเฉพาะสำหรับงานก่อสร้างไทย” เพื่อให้เหมาะสมกับบริบทของโครงการที่ไม่มีสายพานผลิตเข้าแบบอุตสาหกรรมการผลิตแบบโรงงาน

5) การศึกษาเชิงเปรียบเทียบระหว่างภาครัฐและเอกชน เนื่องจากสภาพแวดล้อมในการทำงานและข้อจำกัดในการบริหารจัดการของทั้งสองภาคส่วนต่างกัน การศึกษาว่า TPS ประสบความสำเร็จมากน้อยเพียงใดในแต่ละบริบท จะช่วยให้สามารถออกแบบแนวทางการประยุกต์ที่เฉพาะเจาะจงมากขึ้น

6) แม้การลดระยะเวลาจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของโครงการ แต่หากปรับลดมากเกินไป อาจส่งผลกระทบต่อแรงจูงใจและคุณภาพชีวิตของแรงงานจากความเหนื่อยล้าสะสม งานวิจัยในอนาคตควรให้ความสำคัญกับจุดสมดุลระหว่าง “ความเร็ว” และ “ชีวิตที่ดีของแรงงาน” เพื่อให้ระบบ TPS สามารถนำไปใช้ได้อย่างยั่งยืนและเอื้อต่อความสุขของผู้ปฏิบัติงานในระยะยาว

5.3 ข้อจำกัดของงานวิจัย

1) งานวิจัยนี้เป็นกรณีศึกษา ซึ่งงานก่อสร้างมักไม่เป็นมาตรฐานตายตัว (Non - standardized work) มีปัจจัยและบริบทแวดล้อมเฉพาะ ซึ่งในสายการผลิต รถยนต์ หรือสินค้าอุตสาหกรรมจะมีขั้นตอนตายตัวและควบคุมได้ทุกจุด แต่ในงานก่อสร้างนั้น สภาพไซต์, ข้อจำกัดทางพื้นที่, สภาพอากาศ และรูปแบบโครงการมักเปลี่ยนแปลงเสมอ ทำให้การกำหนด Standard Work แบบใน TPS ทำได้ยาก หรือไม่อาจคงไว้ได้ในระยะยาวโดยไม่ต้องปรับเปลี่ยน ๑

2) ระบบการทำงานแบบสลิทไหล (Flow) อาจแตกต่างจากการเปลี่ยนแปลงหน้างาน แนวคิดหลัก ของ TPS เช่น Just - In - Time หรือการลด Waiting Time ต้องอาศัยความแม่นยำของแผนงานและการประสานทีมที่แน่นอน แต่ในงานก่อสร้างจริง มักมีปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ เช่น การตรวจรับล่าช้า, ทีมงานอื่นใช้พื้นที่ร่วม, วัสดุมาส่งไม่ตรงเวลา ระเบียบวินัยของแรงงาน สิ่งเหล่านี้ทำให้ Flow ขาดตอนได้ง่าย

3) ความพร้อมของแรงงานในการปรับตัวอาจไม่เพียงพอ TPS ต้องอาศัยการมีวินัยในงานและความเข้าใจหลักการ เช่น 5S, Kanban, Poka - Yoke ซึ่งแรงงานก่อสร้างบางส่วนอาจไม่คุ้นชินกับระบบที่ต้องใช้ความร่วมมือและทำตามขั้นตอนมากขึ้น จึงต้องมีการฝึกอบรมอย่างต่อเนื่องและอาจใช้เวลานานกว่าจะเห็นผล ที่แท้จริง

4) การนำเทคโนโลยีช่วยลดข้อผิดพลาดอาจมีต้นทุนเพิ่ม แม้ TPS จะเน้นการลด Waste แต่การใช้เครื่องมือ เช่น Laser Guide, Template, หรืออุปกรณ์ Visual Management อาจต้องมีการลงทุนเริ่มต้นสำหรับหน้างานที่ยังไม่มีระบบมาก่อน ซึ่งถ้าโครงการมีขนาดเล็กหรืองบจำกัด อาจมองว่าไม่คุ้มค่าในระยะสั้น

5) การสื่อสารระหว่างทีมยังเป็นจุดเปราะบางในโซ่ทำงานก่อสร้าง TPS ต้องการการประสานงานแบบ Real - Time เช่น การส่งต่อสถานะงานระหว่างทีม หรือการใช้ Checklists เพื่อให้กิจกรรมถัดไปเริ่มต้นที่ตื้นในหน้างานจริง มักพบว่าการสื่อสารยังใช้การตะโกนหรือโทรศัพท์ ซึ่งเสี่ยงต่อความเข้าใจคลาดเคลื่อน และทำให้ Waiting Time ไม่สามารถลดลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สันติ เจริญพรพัฒนา อาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งได้กรุณาให้คำแนะนำอย่างใกล้ชิด ทั้งในด้านวิชาการ และกระบวนการวิจัย ตลอดจนมอบข้อเสนอแนะที่มีคุณค่าอย่างยิ่ง จนทำให้งานวิจัยฉบับนี้สามารถดำเนินไปอย่างมีทิศทางและสำเร็จลุล่วงตามเป้าหมาย

ข้าพเจ้าขอแสดงความขอบคุณอย่างสูงต่อ คณาจารย์ทุกท่าน และเจ้าหน้าที่จากสาขาวิชาวิศวกรรมและการบริหารการก่อสร้าง ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ได้ถ่ายทอดองค์ความรู้ และให้การสนับสนุนตลอดระยะเวลาของการศึกษาในระดับมหาบัณฑิต ซึ่งมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนาทักษะและวิสัยทัศน์ทางวิชาชีพของข้าพเจ้า รวมถึงผู้ทรงคุณวุฒิจากงานประชุมวิชาการ วิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 30 ที่ได้กรุณาให้ข้อเสนอแนะอันทรงคุณค่า อันเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยเสริมให้งานวิจัยนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ข้าพเจ้าขอแสดงความซาบซึ้งและขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Nuri Ozgur Dogan and Burcu Simsek Yagli (2020). *Value Stream Mapping: A Method That Makes the Waste in the Process Visible*, pp. 1.
- [2] อัศม์เดช วานิชชินชัย (2564). *เรียนรู้สู่ระบบการผลิตแบบโตโยตา TPS: เข้าใจง่าย ใช้ได้จริง*. นครปฐม: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหิดล, หน้า 1.
- [3] Liker, J.K. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. New York: McGraw-Hill.
- [4] Nuri Ozgur Dogan (2019). *Value Stream Mapping: A Method That Makes the Waste in the Process Visible*. IntechOpen, pp. 4.
- [5] Nurlaelah (2022). *Value Stream Mapping for Waste Identification in the Low-Cost House Construction Process (Case Study: XYZ Housing)*. International Journal of Civil Engineering and Infrastructure, Civil Engineering Program, Muhammadiyah Jakarta University, pp 38.
- [6] Khopade, M.A. and Desale, S.V. (2022). *Lean Technology in Construction*. International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET), Year 10th, Issue 5th, pp. 1509-1515.
- [7] Sudhakar, N., Vishnuvardhan, K. and Ganesh Babu, K.T. (2017). *Value Stream Mapping in Construction for Improving Productivity*. International Journal of Scientific Research in Civil Engineering, Department of Civil Engineering, Kongu Engineering College, Tamil Nadu, India, pp.5.
- [8] Khopade, M.A. and Desale, S.V. (2022). *Lean Technology in Construction*. International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET), Volume 10, Issue 5, pp. 1516 - 1517.
- [9] Montgomery, D.C. and Runger, G.C. (2018). *Applied Statistics and Probability for Engineers*. 7th ed., Wiley, pp. 264–266.
- [10] จักรพงษ์ สายหงษ์, 2006, *บทที่ 3 การวัดความสัมพันธ์ (Measure of association)* สืบค้นเมื่อ 24 เมษายน 2568. [Online], Available: <https://project.astyleplus.net/lesson3.html>