ผลิตภาพงานติดตั้งงานระบบ โครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าสายสีชมพู ช่วงแคราย-มีนบุรี
Productivity of System Works of Pink Line Monorail Construction Project

ศุภลักษณ์ พรรณนา[1,*] วรรณวิทย์ แต้มทอง[2]

[1] *นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ จ.กรุงเทพมหานคร*

[2] *ศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ จ.กรุงเทพมหานคร*

**Corresponding author; E-mail address: s6401082856083@email.kmutnb.ac.th*

บทคัดย่อ

การก่อสร้างรถไฟฟ้าสายสีชมพู ช่วงแคราย-มีนบุรี เป็นโครงการหนึ่งในแผนแม่บทระบบขนส่งมวลชนทางรางในกรุงเทพมหานคร เพื่ออำนวยความสะดวกให้กับประชาชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณที่มีปัญหาจราจรและย่านที่อยู่อาศัยหนาแน่น โครงการก่อสร้างจะสำเร็จนั้นต้องพบปัญหาและอุปสรรคทั้งปัจจัยภายนอกและภายในโครงการ งานวิจัยนี้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อผลิตภาพและแนวทางการเพิ่มผลิตภาพของงานติดตั้งงานระบบรถไฟฟ้า โดยศึกษา2 ระบบคือ ระบบจ่ายไฟฟ้าในกิจกรรมการติดตั้งรางเดินสายไฟและระบบประตูกั้นชานชาลาในกิจกรรมการติดตั้งกลไกและส่วนประกอบของประตูกั้นชานชาลา ทำการบันทึกผลและเวลาที่ใช้ทำงานของแต่ละกิจกรรมด้วยวิธีประเมินราย 5 นาที (5-Minute Ratings) และนำผลผลิตภาพที่ได้ไปวิเคราะห์ข้อมูลและนำเสนอในรูปของ Flow-Diagram, Process Chart และ Crew Balance Chart และนำเสนอแนวทางการเพิ่มผลิตภาพของงานดังกล่าว ผลการศึกษาพบงานติดตั้งรางเดินสายไฟมีผลิตภาพเฉลี่ย 0.78 เมตร/คน/ชั่วโมง การติดตั้งกลไกและส่วนประกอบของประตูกั้นชานชาลามีผลิตภาพเฉลี่ยในงานเจาะพื้นฝังน็อต 6.87 รู/คน/ชั่วโมง, งานเจาะพื้นคอนกรีตมีค่าผลิตภาพรวมเฉลี่ยสำหรับขนาดกระบอก 3.5 และ 7.0 เซนติเมตร คือ 0.86 และ 0.61 รู/คน/ชั่วโมง ตามลำดับ, งานติดตั้งเหล็กฉากมีค่าผลิตภาพเฉลี่ย 2.08 เมตร/คน/ชั่วโมง, งานติดตั้งเสา Post ค่าผลิตภาพเฉลี่ย 1.28 ต้น/คน/ชั่วโมง, และงานติดตั้งประตูกั้นชานชาลา ค่าผลิตภาพเฉลี่ย 0.49 บาน/คน/ชั่วโมง พบปัจจัยที่มีผลต่อผลิตภาพได้แก่ พื้นที่ทำงาน, วัสดุอุปกรณ์การทำงาน, การคัดเลือกและจัดชุดคนงาน, ระยะทางของวัสดุและแรงงาน และความยากของงานติดตั้ง ส่วนแนวทางการเพิ่มผลิตภาพคือ จัดหาอุปกรณ์ให้พร้อมสำหรับการทำงาน, จัดจำนวนคนงานให้เหมาะสมกับกิจกรรม, การพิจารณาคัดเลือกผู้รับเหมามาปฏิบัติงานที่มีความสามรถ, กำหนดผู้ประสานงานในแต่ละสถานีให้ชัดเจน, และพิจารณาชั่วโมงการทำงานที่เหมาะสม

คำสำคัญ: การประเมินราย 5 นาที, งานระบบ, ผลิตภาพ, รถไฟฟ้า, รถไฟฟ้าสายสีชมพู

Abstract

The Pink Line mass transit system (Khae Rai - Min Buri) is one of the mass transits planned in Mass Rapid Transit Master Plan in Bangkok Metropolitan Region. The Pink Line network has been planned to accommodate travel demand in northern Bangkok areas. A successful construction project must overcome problems and obstacles from both external and internal factors. This research studies factors affecting productivity and propose the improvement of the system work of a monorail construction project. Two systems were studied. They are power supply system in activity of a cable containment installation and platform screen door system in activity a mechanic installation of the platform screen door. Data collection were done through the Five-Minute Rating Method. Data were analyzed and represented in flow diagrams, process charts, and crew balance charts. Average productivity rates are 0.78 meter/person/hour for the cable containment installation, 8.24 hole/person/hour for concrete drilling, 0.86 and 0.51 hole/person/hour for concrete coring size 3.5 and 7.0 centimeter respectively, 2.08 meter/person/hour for gap filler mounting plate installation, 1.28 pole/person/hour for intermediate post installation and 0.49 door/person/hour for the platform screen door installation. Factors that affect productivity are working area, equipment, manpower, distance of material and worker, and difficulty in installation. Productivity improvement plan can be listed as providing workers with work skills for less support work and equipment, identifying conditions for subcontractor registration in the project, assigning a coordinator for each station to solve construction site issues, and consideration of working hours in

case of continuously working for a long time to increase productivity.

Keywords: Five-Minute Rating, Monorail, Monorail Pink Line, Productivity, System work.

1. ที่มาและความสำคัญ

โครงการก่อสร้างโครงการรถไฟฟ้าสายสีชมพูประกอบไปด้วยงาน 2 ส่วนหลักคืองานโยธาและงานระบบรถไฟฟ้า ซึ่งต้องใช้เวลาทำงานที่สอดคล้องกัน การทำงานจำเป็นต้องใช้พื้นที่ร่วมกัน ดังนั้นปัญหาส่วนใหญ่มักจะอยู่ในพื้นที่ก่อสร้าง เช่น การจัดการพื้นที่ทำงานของผู้รับเหมาหลายชุดและพื้นที่วางวัสดุอุปกรณ์ ซึ่งอาจส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำงานลดลง รองลงมาจะเป็นปัจจัยอื่น เช่น คนทำงานขาดทักษะและความรู้ วัสดุอุปกรณ์ไม่ได้มาตรฐาน และการสื่อสารระหว่างทีมงาน ส่งผลให้ใช้เวลาทำงานมากขึ้น ผลิตภาพลดลง งานระบบรถไฟฟ้าประกอบไปด้วยหลายระบบย่อยทำงานร่วมกันเพื่อให้รถไฟฟ้าสามารถวิ่งได้ ทั้งนี้จะศึกษาผลิตภาพและปัจจัยที่เกี่ยวข้องในงาน 2ระบบ ได้แก่ ระบบจ่ายไฟฟ้าเนื่องจากเป็นระบบหลักที่สำคัญ หากไม่มีการจ่ายไฟแล้ว ตัวขบวนรถไฟก็ไม่สามารถวิ่งไปตามรางได้ และระบบประตูกั้นชานชาลา ที่มีลักษณะการทำงานร่วมกันระหว่างงานโครงสร้างและงานติดตั้งระบบรถไฟฟ้า หากปัญหาและปัจจัยที่จะส่งผลให้เกิดความล่าช้าต่อการเปิดให้บริการได้รับการศึกษาสาเหตุ การแก้ไขและแนวทางการป้องกันแล้ว จะส่งผลให้โครงการสามารถเปิดให้บริการแก่ประชาชนได้ตามแผน ลดปัญหาการจราจรตามเส้นทางแนวรถไฟฟ้าและส่งเสริมเศรษฐกิจของชุมชนในบริเวณโดยรอบตามลำดับ จึงเป็นที่มาของงานวิจัยฉบับนี้เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อผลิตภาพงานติดตั้งงานระบบของโครงการรถไฟฟ้าและศึกษาแนวทางการเพิ่มผลิตภาพของงานติดตั้งงานระบบ โดยศึกษาโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าสายสีชมพู ช่วงแคราย-มีนบุรี ระบบจ่ายไฟฟ้า (Power Supply) ในงานติดตั้งรางเดินสายไฟ สถานี PK02 และ PK04 ระบบประตูกั้นชานชาลา ในงานติดตั้งประตูกั้นชานชาลา สถานี PK04 และ PK05 เพื่อเพิ่มผลิตภาพงานติดตั้งงานระบบโครงการรถไฟฟ้าสายสีชมพู ช่วงแคราย-มีนบุรี และเพื่อนำแนวทางการเพิ่มผลิตภาพงานติดตั้งงานระบบไปประยุกต์ใช้กับงานติดตั้งงานระบบโครงการเดิมหรืองานระบบโครงการประเภทอื่นในอนาคต

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การให้บริการรถไฟฟ้าในประเทศไทย

ในปัจจุบันโครงข่ายระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนในกรุงเทพมหานครและปริมณฑลที่เปิดให้บริการแก่ประชาชน ได้แก่ รถไฟฟ้าสายสีเขียว (BTS) รถไฟฟ้ามหานครสายเฉลิมรัชมงคล (สายสีน้ำเงิน) รถไฟฟ้ามหานครสายฉลองรัชธรรม (สายสีม่วง) รถไฟฟ้าแอร์พอต เรล ลิงก์ และรถไฟชานเมือง (สายสีแดง) ทุกโครงข่ายที่ได้กล่าวมาก่อสร้างด้วยระบบรางรถไฟแบบ *Track* คือประกอบไปด้วยรางสองราง ทำมาจากเหล็ก วางบนวัตถุที่ตั้งฉากกับตัวราง ดังนั้นแล้วรถไฟฟ้าสายสีชมพูจึงเป็นรถไฟฟ้ารางเดี่ยวแบบคล่อมราง (Straddle Monorail) โครงการแรกในประเทศไทย

2.2 รถไฟรางเดี่ยว (Monorail)

รถไฟรางเดี่ยว (Monorail) เป็นระบบขนส่งมวลชนทางรางที่ตัวรถวิ่งด้วยล้อยางบนเขตทางเฉพาะ (Private Right of Way : PROW) โดยถือเป็นรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนระบบเบารูปแบบหนึ่ง (Light Rail Transit) ในปัจจุบันมีความสามารถในการรองรับผู้โดยสารได้สูงสุดประมาณ 48,000 คนต่อชั่วโมงต่อทิศทาง ลักษณะตัวรถและโครงสร้างรางเดี่ยวที่เป็นทางวิ่งมีขนาดเล็กและเบา ทำให้ก่อสร้างได้ง่าย รวดเร็ว และราคาถูกกว่าโครงสร้างทางวิ่งยกระดับของระบบขนส่งมวลชนแบบรางชนิดอื่น และใช้ล้อยางทำให้มีเสียงดังน้อยกว่าระบบขนส่งมวลชนที่ใช้รางและล้อเหล็ก ในปัจจุบันรถไฟฟ้ารางเดี่ยวมี 2 ประเภท ได้แก่ รถไฟฟ้ารางเดี่ยวแบบวิ่งคร่อมบนรางเดี่ยว (Straddle Monorail) และรถไฟรางเดี่ยวแบบแขวน (Suspension Monorail) [1]

ระบบรถไฟฟ้ารางเดี่ยวมีล้อยางวิ่งอยู่บนทางวิ่งหรือคานรางเดี่ยว (Guide Way) ซึ่งเป็นคอนกรีตหรือเหล็ก โดยทั่วไปมีขนาดประมาณ 1 ใน 4 ของตัวรถเพื่อความสมดุล ตัวรถจะมีล้อ 2 ชุด คือล้อขับเคลื่อน (Driving Wheels) อยู่บนทางวิ่ง ซึ่งเป็นล้อรับน้ำหนักตัวรถและล้อนำทาง (Guide Wheels) อยู่ด้านข้างซึ่งจะเป็นตัววิ่งไปตามทางด้วยลักษณะที่ตัวรถคล่อมบนทางวิ่ง โครงสร้างทางวิ่ง (Track Beam) ของระบบรถไฟฟ้ารางเดี่ยวจะเป็นคานคอนกรีตอัดแรง (Prestress Concrete Girder) หรือคานเหล็กรูปพรรณ โดยโครงการรถไฟฟ้าสายสีชมพูจะใช้ขบวนรถไฟฟ้ารุ่น Bombardier INNOVIA Monorail 300 วิ่งด้วยความเร็วเฉลี่ย 35 กิโลเมตร/ชั่วโมง ความเร็วสูงสุด 80 กิโลเมตร/ชั่วโมง รองรับผู้โดยสาร 28,000 คน/ชั่วโมง/ทิศทาง

2.3 ความเป็นมาของรถไฟฟ้าสายสีชมพู ช่วงแคราย-มีนบุรี

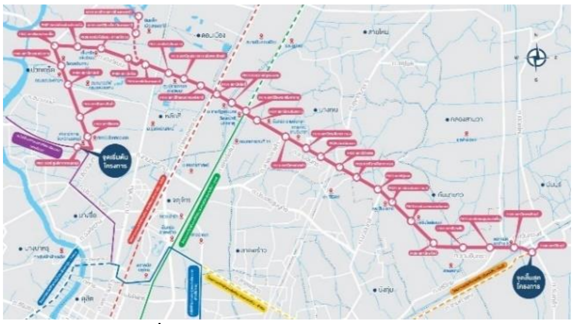
เป็นโครงการตามแผนแม่บทระบบขนส่งมวลชนทางรางในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล โดยกำหนดให้เป็นระบบขนส่งมวลชนสายรองประเภทรถไฟฟ้ารางเดี่ยวแบบคล่อมราง (Straddle Monorail) สายแรกของประเทศไทย ก่อสร้างเป็นทางยกระดับตลอดเส้นทาง รวมระยะทางประมาณ 34.5 กิโลเมตร จำนวน 30 สถานี [2]

คณะรัฐมนตรีมีมติ เมื่อวันที่ 29 มีนาคม 2559 ให้ การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย (รฟม.) ดำเนินงานรถไฟฟ้าสายสีชมพูในรูปแบบ PPP Net Cost กล่าวคือ ภาครัฐจะเป็นผู้ลงทุนค่าจัดสรรกรรมสิทธิ์ที่ดินและภาคเอกชนลงทุนค่างานโยธา ค่างานระบบรถไฟฟ้า ขบวนรถไฟฟ้าและค่าจ้างที่ปรึกษาโครงการ รวมทั้งบริหารเดินรถและซ่อมบำรุงโครงการวงเงินลงทุน 53,490.00 ล้านบาท โดยให้เอกชนร่วมลงทุนเป็นเวลา 33 ปี 3 เดือน (ระยะเวลาการก่อสร้าง 3 ปี 3 เดือน และระยะเวลาเดินรถ 30 ปี) โดยมีบริษัท อีสเทิร์น บางกอกโมโนเรล จำกัด (NBM) เป็นผู้รับสัมปทาน

2.4 สถานีให้บริการของโครงการรถไฟฟ้าสายสีชมพู

โครงการรถไฟฟ้าสายสีชมพูมีจุดประสงค์เพื่อเชื่อมต่อการเดินทางระหว่างเขตมีนบุรีและจังหวัดนนทบุรี โดยแนวเส้นทางเริ่มต้นบนถนนรัตนาธิเบศร์บริเวณระหว่าง ศูนย์ราชการนนทบุรีและแยกแคราย ซึ่ง

สามารถเชื่อมต่อกับแนวเส้นทางรถไฟฟ้าสายสีม่วง (บางใหญ่ – บางซื่อ) บริเวณสถานีศูนย์ราชการนนทบุรี จากนั้นจะวิ่งเลี้ยวซ้ายบริเวณแยกแคราย เข้าถนนติวานนท์ วิ่งตามถนนติวานนท์จนถึงแยกปากเกร็ด เลี้ยวขวาเข้าถนนแจ้งวัฒนะผ่านเมืองทองธานี เชื่อมต่อระบบรถไฟฟ้าชานเมืองสายสีแดงที่สถานีหลักสี่ ลอดใต้ทางยกระดับอุตราภิมุข (ดอนเมืองโทลเวย์) มีสถานีวัดพระศรีมหาธาตุเป็นสถานีเชื่อมต่อ (Interchange Station) ระหว่างรถไฟฟ้าสายสีเขียว ช่วงหมอชิต-สะพานใหม่ จากนั้นจะวิ่งตามถนนรามอินทรา ยกระดับข้ามทางพิเศษฉลองรัชบริเวณแยกวัชรพลจนถึงแยกมีนบุรีแล้ววิ่งเข้าเมืองมีนบุรีตามถนนสีหบุรานุกิจ จากนั้นข้ามคลองสามวาและเลี้ยวขวาข้ามคลองแสนแสบผ่านพื้นที่ว่างและข้ามเข้าถนนรามคำแหง (สุขาภิบาล 3) จนสิ้นสุดบริเวณทางแยกร่มเกล้า ซึ่งสามารถเชื่อมต่อกับรถไฟฟ้าสายสีส้ม ช่วงตลิ่งชัน–มีนบุรี ที่สถานีมีนบุรี [3]



รูปที่ 1 เส้นทางการเดินรถไฟฟ้าสายสีชมพู

รูปที่ 2 ที่ตั้งสถานี PK02 PK04 และ PK05

2.5 *ระบบจ่ายไฟฟ้า (Power Supply System)*

โครงการรถไฟฟ้าสีชมพูรับไฟฟ้าจากการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) ผ่านสถานีไฟฟ้าย่อย (Bulk Substation) 2 แห่ง คือ Bulk Substation 1 อยู่บริเวณศูนย์ซ่อมบำรุง สถานีมีนบุรี (PK30) โดยรับไฟฟ้าจากสถานีต้นทางหนองจอก และ Bulk Substation 2 อยู่บริเวณใกล้สถานีปากเกร็ด (PK06) และห้าแยกปากเกร็ดโดยรับไฟฟ้าจากสถานีต้นทางแจ้งวัฒนะ รับไฟฟ้าจากการไฟฟ้านครหลวงผ่านสายส่งระดับแรงดัน 115 kV จากนั้นลดระดับแรงดันเหลือ 24 kV ผ่านหม้อแปลง (Transformer) ภายในห้อง Service Sub Station (SSS) ที่อยู่ตามสถานีและศูนย์ซ่อมบำรุงเพื่อจ่ายไฟฟ้าให้กับตัวสถานี และแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นกระแสตรงผ่านอุปกรณ์ในห้อง Traction (TSS) เพื่อจ่ายไฟให้กับรถไฟฟ้าด้วยระดับแรงดัน 750 VDC ผ่านรางจ่ายไฟที่ติดตั้งแนบขนานไปกับ Guideway Beam

2.6 *ระบบประตูกั้นชานชาลา (Platform Screen Door)*

ลักษณะของชั้นชานชาลามีทั้ง 2 รูปแบบ ได้แก่ รูปแบบ Lateral คือขบวนรถไฟฟ้าวิ่งผ่านกลางสถานี และชานชาลาลักษณะ Central คือขบวนรถไฟฟ้าวิ่งขนาบข้างชานชาลา ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขพื้นที่ก่อสร้าง ประตูกั้นชานชาลาจะได้รับการติดตั้งตลอดแนวของชานชาลา เพื่อป้องกันอันตรายที่จะเกิดแก่ตัวขบวนและยังป้องกันไม่ให้ผู้ใช้บริการตกลงไปยังด้านล่าง ประตูกั้นชานชาลามีส่วนประกอบ ได้แก่ Local Control Panel เป็นอุปกรณ์สำหรับควบคุมการเปิด-ปิดประตู ในกรณีที่ระบบอาณัติสัญญาณสั่งเปิดประตูแล้วประตูกั้นชานชาลาไม่สามารถทำงานได้, Fixed Driving Panel เป็นอุปกรณ์มีไว้สำหรับติดตั้งรางและมอเตอร์ รวมถึงอุปกรณ์ควบคุมการเคลื่อนที่ของประตูบานเลื่อน, Sliding Doors ประตูบานเลื่อนสำหรับขึ้น-ลงรถไฟฟ้า, Emergency Doors ประตูอพยพฉุกเฉิน ในกรณีที่รถไฟฟ้าจอดไม่ตรงบานประตู, Fixed Panel เป็นกระจกที่ติดตั้งตรงช่องว่างที่ไม่ได้ติดตั้งประตูบานเลื่อน, Emergency walkway Doors หรือ Platform End Door ติดตั้งไว้สำหรับการซ่อมบำรุงเนื่องจาก walkway บริเวณ Guideway Beam นั้นจะเชื่อมเข้าที่ชั้นออกบัตรโดยสาร

2.7 *ผลิตภาพในงานก่อสร้าง*

ผลิตภาพ (Productivity) ของงานก่อสร้างคือ ผลผลิตที่ได้จากการที่ผู้รับเหมาทำงานโดยใช้ทรัพยากรในการก่อสร้าง หรือผลผลิต/ต้นทุนการผลิต (Output / Input) ในการที่จะเพิ่มผลิตภาพนั้น Output จะต้องเพิ่มขึ้น ส่วน Input จะคงที่หรือลดลงก็ได้ ดังแสดงในสมการที่ (1) Productivity จะมีประสิทธิภาพ (Effectiveness) ต้องมีการบริหารที่ดี, ทักษะของคนงานที่ดี, วัสดุมีคุณภาพ, เครื่องมือเครื่องจักรรวดเร็วและปลอดภัย

$$\text{ผลิตภาพ (Productivity)} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} \qquad (1)$$

ผลผลิต (Output) คืองานที่ได้ออกมาจากการทำงาน เช่น ความยาวของรางสายไฟที่ติดตั้ง จำนวนรูที่เจาะได้ จำนวนประตูที่ติดตั้งได้ เป็นต้น

ต้นทุนการผลิต (Input) คือทรัพยากรที่ใช้ไปเพื่อให้ได้มาซึ่งงานที่ต้องการ ได้แก่ทรัพยากรทั้งห้า คือ คนงาน เงินทุน เวลาที่ใช้ทำงาน เครื่องจักรและวัสดุ ซึ่งรวมไปถึงการวางแผนและการบริหารจัดการด้วย

ผลิตภาพคือต้นทุน ดังนั้นหากมีการศึกษาปัจจัยที่จะสามารถเพิ่มผลิตภาพของงานนั้นแล้วจะสามารถลดต้นทุนได้ [4]

2.8 *งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง*

การศึกษาผลกระทบของจำนวนคนงานและลำดับขั้นตอนการทำงานต่อผลิตภาพในงานก่อสร้างบ้านพักอาศัย 2 ชั้น ด้วยวิธีการเก็บข้อมูล

ประเมินผลิตภาพแบบ 5 นาทีและเทคนิคการวิเคราะห์วิธีแผนภูมิสมดุลคนงาน ผลการศึกษาพบปัจจัยที่ทำงานความถี่ในการทำงานคลาดเคลื่อน เช่น ทักษะความชำนาญของคนงานแต่ละคน ระยะทางไปยังหน้างาน ลักษณะความยากง่ายในการทำงาน ขนาดของพื้นที่ และพบว่าการจัดจำนวนคนงานหรือแบ่งงานและจัดลำดับการทำงานให้มีคนงานที่มีหน้าที่เหมือนกันมากเกินไปทำการรอคอยงานส่งผลให้ผลิตภาพลดลง หลังจากทำการปรับปรุงการจัดจำนวนคนงานและลำดับการทำงานแล้ว พบว่าผลิตภาพเพิ่มขึ้น 7%-45% [5]

ศึกษาการประเมินค่าผลิตภาพในงานก่อสร้างโครงการก่อสร้างอาคารเรียน 3 ชั้น โดยนำเสนอแนวทางการเพิ่มผลิตภาพสำหรับกิจกรรมที่มีค่าสัดส่วนการใช้คนงานที่เป็นประโยชน์ (Labor Utilization Factor (LUF)) ต่ำกว่า 45.05% ผลจากวิจัยพบว่า งานทาสีมี LUF สูงสุด 70.06% และได้ประสิทธิผลสูงสุด 68.33% ซึ่งเป็นผลจากการจัดการคนที่ดีและมีการเตรียมความพร้อมก่อนทำงาน งานติดตั้งแผ่นฝ้าทีบาร์มี LUF ต่ำสุด 34.56% และได้ประสิทธิผลต่ำสุด 29.11% กิจกรรมปูกระเบื้องเซรามิคมีค่างานสนับสนุนที่จำเป็นมากที่สุด 49.11% และงานทาสีมีค่างานสนับสนุนที่จำเป็นต่ำสุด 6.90% แสดงให้เห็นว่างานที่มีประสิทธิผลจะมีงานสนับสนุนน้อย ทั้งนี้งานปูกระเบื้องเป็นงานที่ต้องอาศัยความละเอียด ค่าของงานไร้ประสิทธิผลสูงสุดคือ งานติดตั้งแผ่นทีบาร์ 49.11% และงานปูกระเบื้องพื้นเซรามิคต่ำสุด 22.38% กิจกรรมปูกระเบื้องมีการทำงานต่อเนื่องตลอดเวลา ส่วนงานติดตั้งแผ่นฝ้ามีลักษณะการไม่ทำงานสูงเนื่องจากจำนวนคนงานมีมากกว่างาน [6]

ศึกษาผลกระทบต่อผลิตภาพในงานก่อสร้างเนื่องมาจากความยากที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง ผลการศึกษาพบปัจจัยที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดความยากของงานคือ ความสูงของอาคาร หรือระยะทางในการเดินทางของวัสดุและแรงงาน โดยรูปแบบความยากแบ่งออกเป็น 1.ความยากโดยรวม (Global difficulty) คือ ปัจจัยที่ส่งผลกระทบให้ระยะเวลาในการทำงานต่อหนึ่งหน่วยเพิ่มขึ้นหรือลดลง เช่น ความยากของการติดตั้งกระจกที่จะเพิ่มขึ้นตามความสูง ความยากของการฉาบปูนที่จะลดลงตามความสูงของการทำงาน 2.ความยากเฉพาะที่ (Local Difficulty) คือ ปัจจัยที่ส่งผลกระทบให้การทำงานยากขึ้นที่ ตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งของหนึ่งหน่วยการทำงาน เช่น การเทปูนบริเวณช่องลิฟต์ที่มีพื้นที่แคบทำให้ทำงานลำบากต้องใช้รางเทคอนกรีตแทนการเทด้วย Bucket สรุปได้ว่าสภาพพื้นที่การทำงานแปรผันตามระยะทางหรือสภาพพื้นที่ทำงานคับแคบจะส่งผลต่อผลิตภาพแรงงานทั้งสิ้น [7]

มีหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อผลิตภาพทั้งในทางบวกและทางลบ รวมไปถึงส่งผลต่อความสำเร็จของโครงการ เช่น ความชำนาญของชุดช่าง ระยะทางการขนส่งวัสดุ ขนาดพื้นที่ ความยากง่ายของงาน การจัดลำดับการทำงาน ที่ตั้งของสถานที่ก่อสร้าง ความล่าช้าของแบบ เป็นต้น เครื่องมือในการเก็บข้อมูลผลิตภาพที่นิยม ได้แก่ การประเมินหน้างานและการใช้แบบสัมภาษณ์ การศึกษาผลิตภาพส่วนใหญ่จะทำในอุตสาหกรรมก่อสร้างโดยตรง จึงเป็นส่วนหนึ่งของที่มาของการค้นคว้าอิสระนี้ ที่ต้องการนำการศึกษาผลิตภาพมาประยุกต์การงานที่ไม่ใช่การก่อสร้างโดยตรงคือการติดตั้งระบบรถไฟฟ้า โดยเฉพาะเมื่อเป็นโครงการรถไฟฟ้า Monorail โครงการแรกในประเทศไทย เพื่อเป็นข้อมูลแก่ผู้ที่สนใจและต้องการศึกษาเพิ่มเติมสำหรับโครงการในอนาคต

3. วิธีการดำเนินวิจัย

3.1 ขั้นตอนการทำวิจัย

ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้อง และข้อมูลของโครงการรถไฟฟ้าสายสีชมพูทั้งจากวารสาร เว็ปไซต์ที่เกี่ยวข้อง แหล่งข้อมูลเกี่ยวกับรถไฟฟ้าและสอบถามผู้ที่เกี่ยวข้องในโครงการทั้งฝ่ายเจ้าของงาน ที่ปรึกษาและฝ่ายผู้รับเหมา,กำหนดกลุ่มเป้าหมายในการเก็บข้อมูลผลิตภาพ เช่น กลุ่มระบบงาน ลักษณะงานที่สามารถเก็บข้อมูลแบบการประเมินราย 5 นาที (Five-minute Rating), เก็บข้อมูลผลิตภาพ ด้วยวิธีการประเมินราย 5 นาที และแบบสอบถาม, นำข้อมูลผลิตภาพมาทำการวิเคราะห์ถึงสาเหตุและปัจจัยที่ส่งผลต่องานติดตั้งระบบรถไฟฟ้าสายสีชมพู, หาแนวทางการเพิ่มผลิตภาพ, และสรุปผลการวิจัย

3.2 การประเมินราย 5 นาที (Five-Minute Rating)

การประเมินประสิทธิภาพของคนงานภายในกลุ่มซึ่งประกอบไปด้วยการทำงานที่มีประสิทธิภาพและไม่มีประสิทธิภาพ จุดประสงค์ของการเลือกใช้วิธีนี้เพื่อให้ทราบถึงสาเหตุของความล่าช้าหรือปัญหาที่เกิดขึ้น การแก้ไขที่สามารถทำได้ในแผนงานเดียว แต่มีประสิทธิผลสำหรับทุกรอบของการทำงานที่ซ้ำ โดยกิจกรรมที่สามารถใช้วิธีนี้ประเมินได้ต้องเป็นกิจกรรมที่มีระยะเวลาทำงานเริ่มต้นและสิ้นสุดที่ชัดเจน ควรเป็นกิจกรรมที่ทำซ้ำกันเป็นวงรอบ (Cycle) ผลลัพธ์คือการเพิ่มประสิทธิภาพของงานใน 1 รอบให้สูงขึ้น [4]

3.3 แผนภูมิสมดุลคนงาน (Crew Balance Chart)

เพื่อแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ในการทำงานระหว่างคนงานแต่ละคนกับงานที่ทำในแต่ละช่วงเวลาในอุตสาหกรรมก่อสร้างได้นำวิธี Crew Balance Chart มาเก็บข้อมูลจากการทำงานแสดงอยู่ในรูปกราฟ กราฟแกน X แสดงถึงคนงานแต่ละคน และกราฟแกน Y แสดงถึงช่วงระยะเวลาที่ทำการก็บข้อมูล เมื่อทราบถึงความสัมพันธ์แล้วก็ทำให้สามารถทำการปรับปรุงขั้นตอนการทำงานหรือปรับจำนวนคนงานให้เหมาะสมเพื่อเพิ่มผลิตภาพในการทำงาน [5]

3.4 แบบสอบถามและแบบสัมภาษณ์

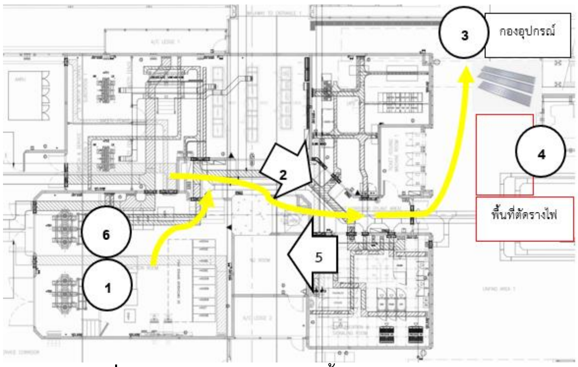
เพื่อให้การเก็บข้อมูลผลิตภาพครบถ้วน สามารถเข้าใจและแก้ไขปัญหาได้รวดเร็ว จึงมีการสอบถามปัญหาที่เกิดขึ้นจากมุมมองของผู้ปฏิบัติงาน ค้นหาจุดที่ขาดประสิทธิภาพนอกเหนือไปจากการสังเกตของผู้วิจัย เป็นการลงลึกในรายละเอียดของประเด็นที่เป็นปัญหาที่พบบ่อย หรือสาเหตุที่ทำให้เกิดความไม่ต่อเนื่องของการทำงาน การทำแบบสอบถามจะเกิดขึ้นหลังจากการสังเกตและเก็บข้อมูลผลิตภาพ เพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นและเป็นการเตรียมความพร้อมในการดำเนินกิจกรรมในครั้งถัดไป

3.5 การวิเคราะห์และนำเสนอข้อมูล

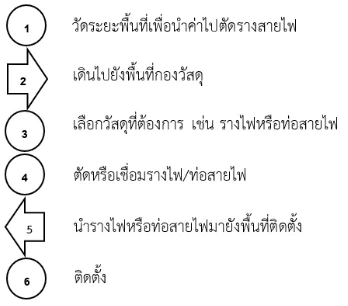
จัดทำตารางสรุปผลิตภาพที่มีการคำนวณ Effectiveness เพื่อแยกให้เห็นประสิทธิผลการทำงานของช่างแต่ละคนในแต่ละชุด จากนั้นวิเคราะห์และนำเสนอด้วย Flow – Diagram และ Process Chart เพื่อแสดงให้เห็นขอบเขตพื้นที่การทำงานและลำดับของกิจกรรมที่เกิดขึ้น รวมไปถึง Crew – Balance Chart เพื่อแสดงให้เห็นลักษณะการทำงานว่าเป็นงานที่ได้ประสิทธิผล งานสนับสนุน หรืองานไร้ประสิทธิผล/การรอคอย

เวลา	คนงาน			กิจกรรมของคนงานแต่ละคน		
เริ่ม	1	2	3	1.สนาม	2.เกรียงศักดิ์	3.อุทิศ
11:35	/	/	/	ติดตั้งรางสายไฟ	เจาะข้อต่อรางไฟ	ติดตั้งรางสายไฟ
11:40	/	/	/	ติดตั้งรางสายไฟ	เจาะข้อต่อรางไฟ	ติดตั้งรางสายไฟ
11:45	/	/	/	สั่งงาน	เจาะข้อต่อรางไฟ	ติดตั้งรางสายไฟ
11:50	/		/	ใส่น็อตล็อครางไฟ	พัก	ใส่น็อตล็อครางไฟ
11:55	/		/	สั่งงาน	พัก	ใส่น็อตล็อครางไฟ
12:00	/		/	ติดตั้งรางสายไฟ	พัก	ใส่น็อตล็อครางไฟ
รวม	6	3	6			
เวลา	**คนงาน**			**กิจกรรมของคนงานแต่ละคน**		
เริ่ม	4	5	6	4.วิชาญ	5.น้ำอ้อย	6.ดรุโณทัย
11:35		/	/	พัก	ทาสีข้อต่อราง	ติดตั้งรางสายไฟ
11:40			/	พัก	พัก	ติดตั้งรางสายไฟ
11:45		/	/	พัก	ทาสีข้อต่อราง	เตรียมอุปกรณ์
11:50				พัก	พัก	พัก
11:55		/	/	พัก	ใส่น็อตล็อครางไฟ	ใส่น็อตล็อครางไฟ
12:00				พัก	พัก	พัก
รวม	0	3	4			

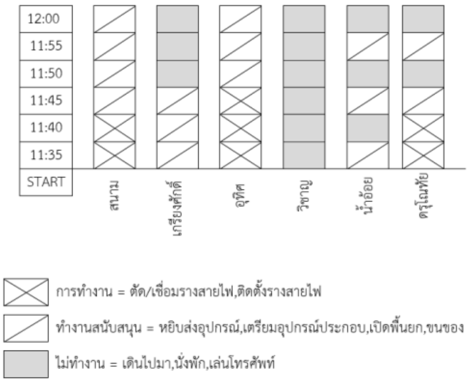
รูปที่ 3 บันทึกผลิตภาพ ระบบจ่ายไฟฟ้า PK02 วันที่ 8 ธันวาคม 2565 ด้วยวิธีการประเมินราย 5นาที



รูปที่ 4 Flow Diagram การติดตั้งรางเดินสายไป PK02



รูปที่ 5 Process Chart การติดตั้งรางเดินสายไป PK02



รูปที่ 6 Crew Balance Chart ระบบจ่ายไฟฟ้า PK02 วันที่ 8 ธันวาคม 2565

$$\text{Total Man Unit} = \textit{คาบเวลา} \times \textit{จำนวนคนงาน} \quad (2)$$

$$\text{Effectiveness} = \frac{\text{Effective}}{\text{Total Man Unit}} \times 100\% \quad (3)$$

จากสมการที่ (2) และ (3) คำนวณ Total Man Unit ได้คือ 36 เมื่อคาบเวลาคือ 6 ช่วงและจำนวนคนงานคือ 6 คน Effective คือผลรวมของช่วงเวลาที่คนงานทำงาน คำนวณได้ คือ 6+3+6+0+3+4 = 22 คำนวณ Effectiveness ได้ 61%

3.6 การติดตั้งรางเดินสายไฟของระบบจ่ายไฟฟ้า

ในศึกษาค้นคว้านี้จะเป็นการเก็บข้อมูลผลิตภาพในส่วนของการติดตั้งรางเดินสายไฟชนิดเคเบิ้ลเทรย์ (Cable Tray) เคเบิ้ลแลดเดอร์ (Cable Ladder) และท่อเหล็กร้อยสายไฟ (IMC Conduit) รวมไปถึงข้อต่อและอุปกรณ์ประกอบ มีขั้นตอนการติดตั้งดังนี้ 1.กำหนดตำแหน่งและแนวของรางเดินสายไฟที่ต้องการติดตั้ง 2.ติดตั้งอุปกรณ์ยึด/แขวนรางเดินสายไฟหรือท่อร้อยสายไฟ 3.ตัด/เชื่อมประกอบรางเดินสายไฟหรือท่อร้อยสายไฟให้ได้ความยาวที่ต้องการ 4.ติดตั้งรางเดินสายไฟหรือท่อร้อยสายไฟกับอุปกรณ์ยึด/แขวน 5.ปิดฝารางเดินสายไฟชนิดเคเบิ้ลเทรย์ โดยค่าผลิตภาพคือ ความยาวของรางเดินสายไฟที่ติดตั้งได้หน่วยเป็นเมตรต่อคนทำงานหนึ่งคนต่อระยะเวลาหน่วยเป็นชั่วโมง หรือ เมตร/คน/ชั่วโมง

3.7 การติดตั้งประตูกั้นชานชาลาและส่วนประกอบ

การติดตั้งกลไกและประตูกั้นชานชาลาจะเก็บข้อมูลผลิตภาพตามขั้นตอนการติดตั้ง คือ 1. เจาะพื้นเพื่อฝังน็อตล็อคและตำแหน่งประตู (Drilling hole) 2.ติดตั้งเหล็กฉากรองรับประตูกั้นชานชาลา 3.เจาะพื้นคอนกรีตสำหรับท่อร้อยสายไฟ (Coring) 4.ติดตั้งประตูกั้นชานชาลาและติดตั้งเสาเพื่อยึดกระจกกั้นชานชาลา 5.ติดตั้งกระจกกั้นชานชาลา 6.ปรับระดับของประตูและกระจกกั้นชานชาลา โดยอธิบายรายละเอียดเพิ่มเติมในบางขั้นตอน ดังนี้

1) การเจาะพื้นเพื่อฝังน็อตล็อคและตำแหน่งประตู (Drilling hole) คือการเจาะพื้นคอนกรีตด้วยสว่านเพื่อฝังน็อตขนาด M10 และใช้น้ำยาเคมีเจาะเสียบเหล็กยี่ห้อ Hilti รุ่น HIT-RE 500 V3 เป็นตัวประสาน

2) การติดตั้งเหล็กฉากรองรับประตูกั้นชานชาลา คือ การติดตั้งเหล็กฉากรองรับประตูกั้นชานชาลา (Gap Filler Mounting Plate Installation) มีด้วยกัน 2 ขนาด คือ ASD มีขนาดความยาว 2.10 เมตร และ EED มีขนาดความยาว 0.90 เมตร

3) การเจาะพื้นคอนกรีตสำหรับท่อร้อยสายไฟ (Coring) คือการเจาะพื้นคอนกรีตด้วยเครื่องเจาะ ขนาดกระบอกเจาะเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 และ 3.5 เซนติเมตร สำหรับท่อร้อยสายไฟที่จะเชื่อมต่อระหว่างแผงควบคุมภายในบานประตูกั้นชานชาลาและตู้ควบคุมภายในห้องเครื่องชั้นออกบัตรโดยสาร

3.7.1 การขนย้ายบานประตูกั้นชานชาลา

นำเครนยกเครื่องยนต์มาใช้ในการติดตั้งเพื่อลดเวลาและจำนวนคนงาน โดยจะใช้เป็นรุ่น HPC-1T ตัวเครนได้รับการทดสอบให้สามารถยกน้ำหนักได้มากสุดที่ 2 ตัน การใช้จริงจะมีการนำแผ่นเหล็กมาวางเพื่อถ่วงน้ำหนักจำนวน 5 แผ่น น้ำหนักแผ่นละ 50 กิโลกรัม น้ำหนักบานประตูกั้นชานชาลา 250 กิโลกรัม การเคลื่อนย้ายเครนยกเครื่องยนต์ไปยังชั้นชานชาลาของสถานีใช้วิธีการถอดประกอบ

3.8 ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลิตภาพของโครงการรถไฟฟ้าสีชมพู

การศึกษาผลิตภาพในกิจกรรมติดตั้งรางเดินสายไฟ ระบบจ่ายไฟ เป็นการติดตั้งภายในห้องที่มีอุปกรณ์และตู้ควบคุมไฟฟ้า ถือเป็นพื้นที่ควบคุมสำหรับโครงการ มีการกำหนดผู้เข้า-ออกชัดเจน ดังนั้นจึงมีการควบคุมประตูให้ผู้ปฏิบัติงานไม่สามารถเปิดหรือปิดประตูได้หากไม่ได้รับอนุญาต พื้นที่ควบคุมได้แก่ ห้อง Low-volt and Service Sub-station, ห้อง UPS-Batt และห้อง Traction ที่เป็นพื้นที่ปิด ห้อง AARU เป็นพื้นที่เปิด อากาศถ่ายเทสะดวก ดังนั้นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อผลิตภาพคือ ลักษณะของพื้นที่ทำงานและสภาพอากาศ หากอากาศร้อนอบอ้าวและอากาศในพื้นที่ไม่ถ่ายเท ผู้ปฏิบัติงานจำเป็นต้องหยุดพักชั่วคราว รวมไปถึงความยากในงานติดตั้ง กล่าวคือ ตำแหน่งของการติดตั้งรางเดินสายไฟ เช่น การติดตั้งในตำแหน่งใต้พื้นยกและตำแหน่งเหนือระดับฝ้าที่มีข้อจำกัดของพื้นที่ทำงานที่ส่งผลให้ใช้เวลาทำงานมากขึ้น

การศึกษาผลิตภาพในกิจกรรมติดตั้งบานประตูและส่วนประกอบ การทำงานเกิดขึ้นชั้นแพลตฟอร์ม เป็นพื้นที่เปิดโล่งและเป็นพื้นที่ทำงานของผู้รับเหมาหลายชุด ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลิตภาพคือพื้นที่ทำงานที่มีการทำงานร่วมกันมากกว่าผู้รับเหมา 1 ชุด และรวมไปถึงความพร้อมของพื้นที่ติดตั้ง เนื่องแผนการติดตั้งบานประตูจะเกิดขึ้นหลังจากที่งานโยธาทำงานบริเวณขอบชานชาลาแล้วเสร็จจึงจะสามารถเข้าติดตั้งบานประตูได้

การคัดเลือกและจัดชุดคนงานเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อผลิตภาพ เช่น สัดส่วนคนงานที่มีฝีมือต่อคนงานที่ทำงานสนับสนุนทั่วไป กล่าวคือหากคนที่มีทักษะการทำงานต้องมาคอยสั่งงานคนในทีมจะส่งผลให้เกิดระยะเวลารอคอยทำให้ผลิตภาพลดลง ดังนั้นผู้ปฏิบัติงานควรมีทักษะและรู้หน้าที่ของตนเองเพื่อช่วยระยะเวลารอคอยในการทำงาน การศึกษาผลิตภาพนี้เกิดขึ้นในช่วงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2565 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2566 อาจจะมีปัจจัยสภาพอากาศเข้ามาเกี่ยวข้อง จากปัจจัยที่ได้กล่าวไป จึงรวบรวมและแยกประเภทปัจจัยที่มีผลกระทบต่อผลิตภาพ ดังนี้คือ 1.พื้นที่ทำงาน ได้แก่ ห้องติดตั้งรางเดินสายไฟและการใช้พื้นที่ทำงานร่วมกันระหว่างผู้รับเหมามากกว่า 1 ชุด พื้นที่ติดตั้งไม่พร้อม/ต้องรอการแก้ไข 2.อุปกรณ์และวัสดุ ได้แก่ อุปกรณ์ชำรุดหรือเสียหายจากการทำงาน การจัดเตรียมวัสดุ 3.การคัดเลือกและจัดชุดคนงาน ได้แก่ คนงานขาดทักษะ เกิดกิจกรรมที่ไม่นับว่าเป็นการทำงานตลอดการสังเกต เกิดระยะเวลารอคอยจากการทำงานก่อนหน้าหรือไม่มีคนสั่งงาน 4.ระยะทางของวัสดุและแรงงาน 5.ความยากของงาน ได้แก่ ระยะความสูงของการติดตั้งรางเดินสายไฟ การติดตั้งใต้พื้นยกหรือเหนือระดับฝ้า

4. ผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษากิจกรรมติดตั้งงานระบบ 2 กิจกรรมหลักคือ การติดตั้งรางเดินสายไฟของระบบจ่ายไฟฟ้าและการติดตั้งประตูกั้นชานชาลาของระบบประตูกั้นชานชาลา โดยกำหนดให้พื้นคอนกรีตเป็นระดับอ้างอิงที่ 0.0 เมตร ในกรณีที่ไม่มีพื้นยก หากมีพื้นยกให้ระดับพื้นยกเป็นระดับอ้างอิงที่ 0.0 เมตร ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลิตภาพจะนำเสนอด้วยตัวเลขมีรายละเอียดดังนี้ หมายเลข 1 คือ พื้นที่ทำงาน, หมายเลข 2 คือ วัสดุและอุปกรณ์ทำงาน, หมายเลข 3 คือ การคัดเลือกและจัดชุดคนงาน, หมายเลข 4 คือ ระยะทางของวัสดุและแรงงาน และหมายเลข 5 คือ ความยากของงานติดตั้ง

4.1 ผลการศึกษากิจกรรมการติดตั้งรางเดินสายไฟ สถานี PK02

ตารางที่ 1 สรุปข้อมูลผลิตภาพงานติดตั้งรางไฟ PK02

วันที่	จำนวนคนงาน	ความยาวรางที่ได้ (เมตร)	เวลาที่ใช้	ผลิตภาพ (เมตร/คน/ชั่วโมง)	Effectiveness (%)	ระยะติดตั้งสูง (เมตร)	ปัจจัยส่งผลต่อผลิตภาพ				
							1	2	3	4	5
8/12/65	6	0.50	25 นาที	0.20	61.11	ใต้พื้นยก			/		/
9/12/65	6	3.30	35 นาที	0.94	77.08	0.50			/		
13/12/65	6	19.2	5 ชั่วโมง 40 นาที	0.56	80.95	0.50/ใต้พื้นยก					/
12/1/66	6	2.0	30 นาที	0.17	76.19	4.0/เหนือฝ้า			/		/
14/1/66	4	4.0	35 นาที	0.58	71.88	0.0-4.0			/		/
17/1/66	6	3.5	40 นาที	0.38	57.41	3.0					/
20/1/66	6	9.0	30 นาที	0.75	64.29	0.0-2.0		/			
27/1/66	6	3.0	35 นาที	0.85	83.33	4.0					/
15/2/66	4	6.0	60 นาที	1.50	78.85	0.0-4.0			/		/
						รวม	-	1	5	-	7

พบว่าการติดตั้งรางไฟมีค่าผลิตภาพสูงสุด ต่ำสุดและเฉลี่ยรวมคือ 1.50, 0.17, 0.66 เมตร/คน/ชั่วโมง ตามลำดับ พบ Effectiveness สูงสุด ต่ำสุดและเฉลี่ยรวมคือ 83.33%, 57.41%, และ 72.34% ตามลำดับ ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลิตภาพมากที่สุดคือ ความยากของงานติดตั้ง

4.2 วิเคราะห์ผลิตภาพงานติดตั้งรางไฟ สถานี PK02

พบว่าวันที่ 12/1/2566 มีค่าผลิตภาพต่ำสุด 0.17 เมตร/คน/ชั่วโมง ชุดคนงานทำงานในห้อง Low-volt and Service Substation ซึ่งเป็นพื้นที่ปิด ไม่มีอากาศถ่ายเท ระยะห่างของพื้นที่ติดตั้งและพื้นที่วางวัสดุประมาณ 25 เมตร กิจกรรมที่ทำส่วนใหญ่เป็นการติดตั้ง อุปกรณ์ยึดรางไฟ ส่งผลให้การคำนวณค่าผลิตภาพมีค่าต่ำ บริเวณที่ติดตั้งคือที่ระดับฝ้าและระดับเหนือฝ้า กล่าวคือการติดตั้งในพื้นที่สูงย่อมยากกว่าการติดตั้งในพื้นที่ต่ำ จำนวนคนงานทั้งหมด 6 คน ทำงานหลัก 4 คนและทำงานสนับสนุน 2 คน โดยหนึ่งในผู้ทำงานสนับสนุน ทำงานเพียง 14.29% ของช่วงเวลาที่เก็บข้อมูล วันที่ 15/2/2566 มีค่าผลิตภาพสูงสุด 1.50 เมตร/คน/ชั่วโมง ชุดคนงานทำงานในห้อง AARU ซึ่งเป็นพื้นที่เปิด มีอากาศถ่ายเท ระยะห่างของพื้นที่ติดตั้งและพื้นที่วางวัสดุประมาณ 30 เมตร กิจกรรมที่ทำส่วนใหญ่เป็นการติดตั้งรางไฟ ส่งผลให้การคำนวณค่าผลิตภาพมีค่าสูงขึ้น บริเวณที่ติดตั้งคือที่ผนังระยะความสูง 0-3 เมตร จำนวนคนงานทั้งหมด 4 คน ทำงานหลัก 3 คนและทำงานสนับสนุน 1 คน โดยคิดเป็น 53.85% ของช่วงเวลาที่เก็บข้อมูล เนื่องจากต้องรอช่วยคนที่ทำงานหลัก เกิดระยะรอคอยรวม 25 นาที วันที่ 17/1/2566 มี Effectiveness ต่ำสุด 57.41% เนื่องจากคนงานทั้งชุดหยุดทำงานเป็นระยะเวลา 10 นาทีเพื่อให้เจ้าหน้าที่เซฟตี้ตรวจสอบบัตรพนักงานและเอกสารขอเข้าพื้นที่และวันที่ 27/1/2566 มี Effectiveness สูงสุด 83.33% คนงานทั้งชุดช่วยกันทำงาน มีระยะเวลาช่วงพักหรือช่วงรอคอยที่น้อยเมื่อเทียบกับช่วงทำงาน

4.3 ผลการศึกษากิจกรรมการติดตั้งรางเดินสายไฟ สถานี PK04

ตารางที่ 2 สรุปข้อมูลผลิตภาพงานติดตั้งรางไฟ PK04

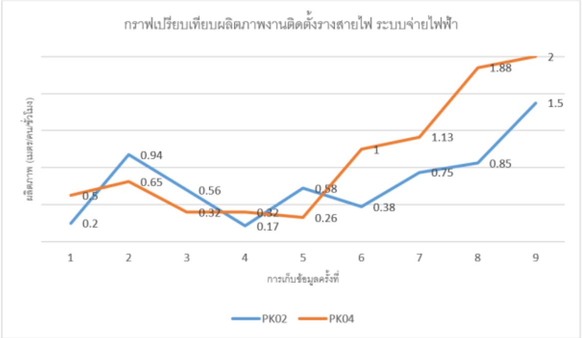
วันที่	จำนวนคนงาน	ความยาวรางที่ได้ (เมตร)	เวลาที่ใช้	ผลิตภาพ (เมตร/คน/ชั่วโมง)	Effectiveness (%)	ระยะติดตั้ง (เมตร)	ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลิตภาพ				
							1	2	3	4	5
13/12/65	4	6.00	20 นาที	0.50	60.0	เหนือฝ้า			/		/
15/12/65	4	11.0	4 ชั่วโมง 15 นาที	0.65	50.0	0.0-3.0			/		/
17/12/65	4	6.00	4 ชั่วโมง 38 นาที	0.32	85.0	3.0					/
12/1/66	4	7.00	3 ชั่วโมง 30 นาที	0.32	89.29	0.0-1.0			/		
13/1/66	4	6.30	6 ชั่วโมง 10 นาที	0.26	78.57	0.0	-	-	-	-	-
16/1/66	6	29.1	4 ชั่วโมง 50 นาที	1.00	88.09	ใต้พื้นยก					/
17/1/66	4	17.0	3 ชั่วโมง 45 นาที	1.13	67.86	0.0/ใต้พื้นยก			/		/
18/1/66	4	2.50	20 นาที	1.88	75.0	0.0-3.0	-	-	-	-	-
21/1/66	3	2.50	25 นาที	2.00	61.11	4.0			/		
						รวม	-	-	5	-	5

พบว่าการติดตั้งรางสายไฟมีค่าผลิตภาพสูงสุด ต่ำสุด และเฉลี่ยรวมคือ 2.0, 0.26, และ 0.90 เมตร/คน/ชั่วโมง ตามลำดับ Effectiveness สูงสุด ต่ำสุด และเฉลี่ยรวมคือ 88.09%, 50.0%, และ 69.44% ตามลำดับ ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลิตภาพมากที่สุดคือ การคัดเลือกจัดชุดคนงานและความยากของงานติดตั้ง

4.4 วิเคราะห์ผลิตภาพงานติดตั้งรางไฟ สถานี PK04

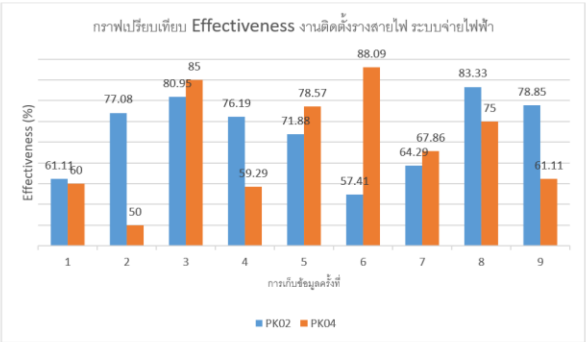
พบว่าวันที่ 13/1/2566 มีค่าผลิตภาพต่ำสุด 0.26 เมตร/คน/ชั่วโมง ชุดคนงานทำงานในห้อง Traction เป็นพื้นที่ปิด ไม่มีอากาศถ่ายเท ระยะห่างของพื้นที่ติดตั้งและพื้นที่วางวัสดุประมาณ 30 เมตร กิจกรรมที่ทำคือการติดตั้งอุปกรณ์ยึดรางไฟและติดตั้งท่อร้อยสายไฟขนาด 2 นิ้ว บริเวณที่ติดตั้งคือที่ใต้พื้นยกชนิดตะแกรงเหล็กชุบกัลวาไนซ์สูง 0.60 เมตร ต้องใช้วิธีการมุดและก้มตัวลง จำนวนคนงานทั้งหมด 4 คน ทำงานหลัก 2 คนและทำงานสนับสนุน 2 คน

วันที่ 21/1/2566 มีค่าผลิตภาพสูงสุด 2.00 เมตร/คน/ชั่วโมง ชุดคนงานทำงานในห้อง Low-volt Service Substation มีการเปิดประตูหลังห้องเพื่อให้อากาศถ่ายเท ระยะห่างของพื้นที่ติดตั้งและพื้นที่วางวัสดุประมาณ 25 เมตร กิจกรรมที่ทำคือการติดตั้งรางไฟ บริเวณที่ติดตั้งคือระดับฝ้า จำนวนคนงานทั้งหมด 3 คน ทำงานหลัก 2 คนและทำงานสนับสนุน 1 คน โดยคนที่ทำงานสนับสนุนทำงานโดยคิดเป็น 16.67% ของช่วงเวลาที่เก็บข้อมูล



รูปที่ 7 การเปรียบเทียบค่าผลิตภาพงานติดตั้งรางสายไฟ ระบบจ่ายไฟฟ้า

จากการเก็บข้อมูลผลิตภาพทั้งหมด 9 ครั้ง พบว่าในช่วงครั้งที่ 1-5 มีค่าผลิตภาพอยู่ระหว่าง 0.17-0.73 เมตร/คน/ชั่วโมง ในช่วงครั้งที่ 6-9 ค่าผลิตภาพมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น สูงสุดที่ 1.50 เมตร/คน/ชั่วโมง สำหรับสถานี PK02 และสูงสุดที่ 2.00 เมตร/คน/ชั่วโมง สำหรับสถานี PK04 และค่าผลิตภาพเฉลี่ยรวม 0.78 เมตร/คน/ชั่วโมง



รูปที่ 8 การเปรียบเทียบ Effectiveness งานติดตั้งรางสายไฟ ระบบจ่ายไฟฟ้า

Effectiveness มีค่าอยู่ในช่วง 55-85% สำหรับสถานี PK02 และ 50-87% สำหรับสถานี PK04 Effectiveness เฉลี่ย 70.89%

4.5 ผลการศึกษากิจกรรมติดตั้งประตูกั้นชานชาลาและส่วนประกอบ ระบบประตูกั้นชานชาลา สถานี PK04

ตารางที่ 3 ข้อมูลผลิตภาพงานเจาะพื้นคอนกรีต ระบบประตูกั้นชานชาลา PK04

วันที่	จำนวนคนงาน	เวลาที่ใช้	Diameter 7.0 cm.		Effectiveness (%)
			จำนวน Coring (รู)	ผลิตภาพ (รู/คน/ชั่วโมง)	
17/12/2565	4	5 ชั่วโมง 15 นาที	10	0.48	-
17/12/2565	4	17 นาที	1	0.88	87.5
วันที่	จำนวนคนงาน	เวลาที่ใช้	Diameter 3.5 cm.		Effectiveness (%)
			จำนวน Coring (รู)	ผลิตภาพ (รู/คน/ชั่วโมง)	
17/12/2565	4	5 ชั่วโมง 10 นาที	7	0.34	-
17/12/2565	4	27 นาที	1	0.56	87.5

งานเจาะพื้นคอนกรีต (Coring) ขนาด 7.0 และ 3.5 เซนติเมตร มีค่าผลิตภาพเฉลี่ยคือ 0.68 และ 0.45 รู/คน/ชั่วโมง ตามลำดับ

ตารางที่ 4 ข้อมูลผลิตภาพงานเจาะฝังน็อต ระบบประตูกั้นชานชาลา PK04

วันที่	จำนวนคนงาน	เวลาที่ใช้	จำนวนที่เจาะ Drilling (รู)	ผลิตภาพ (รู/คน/ชั่วโมง)	Effectiveness (%)
26/12/2565	3	35 นาที	11	6.29	79.17

การเจาะพื้นฝังน็อต ระบบประตูกั้นชานชาลา PK04 มีผลิตภาพ 6.29 รู/คน/ชั่วโมง

ตารางที่ 5 ข้อมูลผลิตภาพงานติดตั้งเสา Post ระบบประตูกั้นชานชาลา PK04

วันที่	จำนวนคนงาน	เวลาที่ใช้	จำนวนติดตั้ง (ต้น)	ผลิตภาพ (ต้น/คน/ชั่วโมง)	Effectiveness (%)
11/2/2566	4	60 นาที	6	1.5	-
11/2/2566	4	30 นาที	2	1.0	82.14
11/2/2566	4	3 ชั่วโมง 40 นาที	23	1.57	-
13/2/2566	7	2 ชั่วโมง 17 นาที	17	1.06	87.14

การติดตั้งเสา Post ระบบประตูกั้นชานชาลา PK04 มีค่าผลิตภาพเฉลี่ยคือ 1.28 ต้น/คน/ชั่วโมง

ตารางที่ 6 ข้อมูลผลิตภาพงานติดตั้งประตู ระบบประตูกั้นชานชาลา PK04

วันที่	จำนวนคนงาน	จำนวนติดตั้ง (บาน)	เวลาที่ใช้	ผลิตภาพ (บาน/คน/ชั่วโมง)	Effectiveness (%)
13/2/2566	12	3	35 นาที	0.43	-
14/2/2566	6	2	30 นาที	0.67	91.67
14/2/2566	6	4	1 ชั่วโมง 15 นาที	0.53	84.95
25/2/2566	6	1	30 นาที	0.33	64.10

การติดตั้งประตูกั้นชานชาลา ระบบประตูกั้นชานชาลา PK04 มีค่าผลิตภาพเฉลี่ยคือ 0.49 บาน/คน/ชั่วโมง

ตารางที่ 7 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่องานติดตั้งประตูกั้นชานชาลา PK04

วันที่	ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อผลิตภาพ				
	1	2	3	4	5
13/12/2565		/	/		
17/12/2565	-	-	-	-	-
26/12/2565			/		
11/2/2566	/				
13/2/2566	/		/		
14/2/2566	-	-	-	-	-
25/2/2566			/		
รวม	2	1	4		

ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อผลิตภาพในงานติดตั้งประตูกั้นชานชาลาและส่วนประกอบ สถานี PK04 มากที่สุดคือ การเลือกและจัดชุดคนงาน ปัจจัยรองลงมาคือ พื้นที่ทำงานและวัสดุอุปกรณ์การทำงาน

4.6 วิเคราะห์ผลิตภาพงานติดตั้งประตูกั้นชานชาลาและส่วนประกอบ สถานี PK04

พบปัญหาการ Coring ไม่เต็มหน้าปูนทำให้เครื่องเกิดการสั่นมากกว่าปกติ และ STUD ที่ทำหน้าที่ยึดเครื่องไว้ไม่ให้เคลื่อนที่นั้นชำรุด ส่งผลให้ไม่สามารถทำงานได้ จากการตรวจสอบและสอบถามผู้ปฏิบัติงานพบว่าเป็นทีมใหม่ยังไม่มีความชำนาญในการทำงาน กิจกรรมติดตั้งเสา Post พบการใช้พื้นที่ร่วมกันของคนงานมากกว่า 1 ชุด ทำให้ทีมติดตั้งเสาต้องหยุดการทำงานเพื่อหลบให้อีกทีมเคลื่อนนั่งร้านผ่านบริเวณที่ติดตั้งและพื้นที่ไม่สามารถติดตั้งเสา Post ได้เนื่องจากพื้นแกรนิตไม่ได้ตัดให้มีขนาดพอดีกับขนาดของฐานเสา ควรประสานงานไปยังผู้รับเหมางานโยธาให้เข้าแก้ไขทันทีเพื่อลดระยะเวลารอคอย การติดตั้งบานประตูกั้นชานชาลาพบคนงานทั้งหมด 12 คน แต่ทำการติดตั้งจริงเพียง 3 คนเท่านั้น เนื่องจากกิจกรรมก่อนหน้าคือการถอดประกอบเครนยกเครื่องยนต์ขึ้นมาบนสถานีจำเป็นต้องใช้คนงานจำนวนมาก ทำให้การติดตั้งประตูดังกล่าวมีจำนวนคนงานมากเกินความจำเป็น

4.7 ผลการศึกษากิจกรรมติดตั้งประตูกั้นชานชาลาและส่วนประกอบ ระบบประตูกั้นชานชาลา สถานี PK05

ตารางที่ 8 ข้อมูลผลิตภาพงานเจาะพื้นคอนกรีต ระบบประตูกั้นชานชาลา PK05

วันที่	จำนวนคนงาน	เวลาที่ใช้	Diameter 7.0 cm.		Effectiveness (%)
			จำนวน Coring (รู)	ผลิตภาพ (รู/คน/ชั่วโมง)	
19/1/2566	4	1 ชั่วโมง	2	0.5	81.67
23/2/2566	3	45 นาที	1	0.44	90.00
27/1/2566	4	1 ชั่วโมง	1	0.25	78.85
วันที่	จำนวนคนงาน	เวลาที่ใช้	Diameter 3.5 cm.		Effectiveness (%)
			จำนวน Coring (รู)	ผลิตภาพ (รู/คน/ชั่วโมง)	
19/1/2566	4	1 ชั่วโมง	3	0.75	81.67
23/2/2566	3	45 นาที	1	0.44	90.00
24/1/2566	3	18 นาที	2	2.22	90.48

งานเจาะพื้นคอนกรีต (Coring) ขนาด 7.0 และ 3.5 เซนติเมตร มีค่าผลิตภาพเฉลี่ยคือ 0.40และ 1.14 รู/คน/ชั่วโมง ตามลำดับ

ตารางที่ 9 ข้อมูลผลิตภาพงานเจาะพื้นฝังน็อต ระบบประตูกั้นชานชาลา PK05

วันที่	จำนวนคนงาน	เวลาที่ใช้	จำนวนที่เจาะ Drilling (รู)	ผลิตภาพ (รู/คน/ชั่วโมง)	Effectiveness (%)
14/1/2566	3	10	35 นาที	5.71	81.81
14/1/2566	3	14	22 นาที	12.73	81.81

จากตารางที่ 8 งานเจาะพื้นฝังน็อต ระบบประตูกั้นชานชาลา PK05 ผลิตภาพเฉลี่ย 9.22 รู/คน/ชั่วโมง

ตารางที่ 10 สรุปผลิตภาพงานติดตั้งเหล็กฉาก ระบบประตูกั้นชานชาลา PK05

วันที่	จำนวนคนงาน	จำนวนที่ติดตั้ง (locations)		เวลาที่ใช้	ผลิตภาพ (เมตร/คน/ชั่วโมง)	Effectiveness (%)
		ASD	EED			
10/1/2566	4	10	4	3 ชั่วโมง 38 นาที	1.69	-
10/1/2566	4	1	1	20 นาที	2.25	60.00
12/1/2566	4	4	3	1 ชั่วโมง 10 นาที	2.38	-
12/1/2566	4	1	0	12 นาที	2.65	77.78
13/1/2566	4	7	3	1 ชั่วโมง	4.35	69.23
14/1/2566	5	3	2	2 ชั่วโมง 30 นาที	0.65	-
14/1/2566	5	1	0	45 นาที	0.56	64.44

งานติดตั้งเหล็กฉาก ระบบประตูกั้นชานชาลา PK05 ผลิตภาพเฉลี่ย 2.08 เมตร/คน/ชั่วโมง

ตารางที่ 11 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่องานติดตั้งประตูกั้นชานชาลา PK05

วันที่	ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อผลิตภาพ				
	1	2	3	4	5
10/1/2566	/				
12/1/2566			/		
13/1/2566	/		/		
14/1/2566			/		
17/1/2566	/		/		
19/1/2566				/	
23/1/2566				/	
24/1/2566				/	
27/1/2566	/				
23/2/2566	-	-	-	-	-
รวม	4		4	3	

ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อผลิตภาพในงานติดตั้งประตูกั้นชานชาลาและส่วนประกอบ สถานี PK05 มากที่สุดคือ การเลือกและจัดชุดคนงานและพื้นที่ทำงาน ปัจจัยรองลงมาคือ ระยะทางของวัสดุและแรงงาน

4.8 วิเคราะห์ผลิตภาพงานติดตั้งประตูกั้นชานชาลาและส่วนประกอบ สถานี PK05

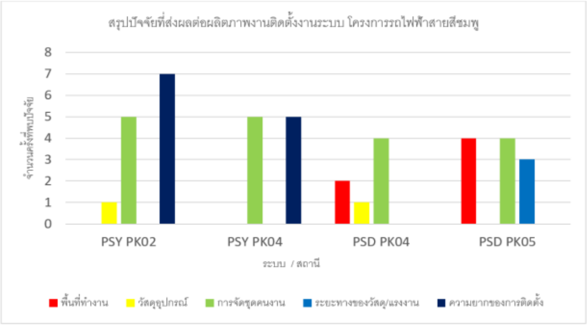
เวลาที่ใช้ในการทำงานคือหนึ่งในทรัพยากรที่ใส่เข้าไปในกระบวนการทำงาน พบว่า การเจาะพื้นคอนกรีตมีผลิตภาพสูงสุดและต่ำสุดคือ 2.22 และ 0.25 รู/คน/ชั่วโมง ตามลำดับ ปัญหาในการทำงานคือ กระบอกเจาะได้รับความเสียหายจากเหล็กเสริมในพื้นคอนกรีต และยังพบว่าคนงานจะต้องลงจากสถานีไปนำน้ำประปามาใช้ในการเจาะเพื่อลดฝุ่น ระยะทางจากจุดทำงานถึงถังเก็บน้ำประมาณ 300 เมตร เนื่องจากชั้นชานชาลาไม่สามารถใช้น้ำประปาได้ เกิดระยะเวลารอคอยรวม 20 นาที การติดตั้งเหล็กฉากพบชุดคนงานมีการทำงานกะกลางคืนของวันก่อนหน้าที่สถานีอื่นก่อนจะมาทำงานกะเช้าที่สถานี PK05 การทำงานต่อเนื่องมากกว่า 8 ชั่วโมง ส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำงานลดลง ปัญหาเรื่องพื้นที่ที่พบในงานติดตั้งเหล็กฉากคือ พื้นที่ติดตั้งไม่เรียบ ทำให้ไม่สามารถติดตั้งได้ ต้องทำการขัดพื้นคอนกรีตบริเวณดังกล่าว โดยควรประสานงานไปยังผู้รับเหมางานโยธาให้เข้าแก้ไขทันทีเพื่อลดระยะเวลารอคอย

5. สรุปผลการวิจัย

5.1 สรุปผลิตภาพ

กิจกรรมติดตั้งรางเดินสายไฟสถานี PK02 และ PK04 มีลักษณะการทำงานเดียวกัน ค่าผลิตภาพเฉลี่ยของงานติดตั้งรางเดินสายไฟ คือ 0.78 เมตร/คน/ชั่วโมง กิจกรรมเจาะพื้นคอนกรีต (Coring) ค่าผลิตภาพรวมเฉลี่ย PK04 และ PK05 สำหรับขนาดกระบอก 3.5 และ 7.0 เซนติเมตร คือ 0.86 และ 0.51 รู/คน/ชั่วโมง ตามลำดับ กิจกรรมเจาะพื้นฝังน็อต(Drilling) สถานี PK04 และ PK05 มีลักษณะการทำงานเดียวกัน ค่าผลิตภาพเฉลี่ยคือ 8.24 รู/คน/ชั่วโมง กิจกรรมติดตั้งเสา Post PK04 มีค่าผลิตภาพเฉลี่ย 1.28 ต้น/คน/ชั่วโมง กิจกรรมติดตั้งประตูกั้นชานชาลา PK04 มีค่าผลิตภาพเฉลี่ย 0.49 บาน/คน/ชั่วโมง และกิจกรรมติดตั้งเหล็กฉาก PK05 มีค่าผลิตภาพเฉลี่ย 2.08 เมตร/คน/ชั่วโมง

5.2 ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลิตภาพ



รูปที่ 9 ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลิตภาพงานติดตั้งงานระบบ โครงการรถไฟฟ้าสายสีชมพู

เมื่อรวบรวมข้อมูลจากการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อผลิตภาพ สิ่งที่เห็นได้ชัดเจนว่าในระบบจ่ายไฟฟ้า ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลิตภาพและมีความแตกต่างจากระบบประตูกั้นชานชาลาคือ ความยากของการติดตั้งรางไฟ ที่มีระยะ

ความสูงหรือพื้นที่แคบในการติดตั้งเข้ามาเกี่ยวข้อง ในระบบประตูกั้นชานชาลา ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลิตภาพและมีความแตกต่างจากระบบจ่ายไฟฟ้าคือพื้นที่ทำงาน ประเด็นของการใช้พื้นที่ทำงานร่วมกันและความพร้อมของพื้นที่ที่จะต้องได้รับการเตรียมหรือแก้ไขให้จากงานโยธา ส่วนปัจจัยที่ส่งผลต่อผลิตภาพที่พบเจอทั้งสองระบบและทั้งสี่สถานีที่ทำการศึกษาคือ การคัดเลือกและจัดชุดคนงานให้เหมาะสมกับกิจกรรมที่ทำ

5.3 แนวทางการเพิ่มผลิตภาพ

เพิ่มอุปกรณ์ส่องสว่างและพัดลมระบายอากาศ ในกรณีที่ต้องทำงานในพื้นที่อากาศไม่ถ่ายเท, จัดหาอุปกรณ์ให้พร้อมสำหรับการทำงานที่สูง, จัดจำนวนคนงานให้เหมาะสมกับกิจกรรมและจัดคนงานที่มีความสามารถในการปฏิบัติงานเพื่อลดระยะเวลารอคอยที่อาจเกิดขึ้น การเพิ่มช่างฝีมือเข้าไปในชุดหรือการลดคนทำงานสนับสนุนรวมไปถึงการอบรมให้พนักงานมีความใส่ใจและรู้หน้าที่จะส่งผลให้ผลิตภาพเพิ่มขึ้น, การพิจารณาคัดเลือกผู้รับเหมามาปฏิบัติงานต้องมีการประเมินความสามารถและทักษะการทำงานเบื้องต้นเพื่อลดความเสี่ยงของงานไม่ได้คุณภาพและการแก้งาน, กำหนดพื้นที่เข้าทำงานในแผนงานและแจ้งผู้เกี่ยวข้องและกำหนดช่องทางหรือผู้ประสานงานในแต่ละสถานีให้ชัดเจน เพื่อลดระยะเวลาการรอคอยหากเกิดปัญหาระหว่างชุดผู้รับเหมา, เตรียมอุปกรณ์การทำงานให้พร้อมมีการเช็คสภาพอยู่เสมอหรือก่อนการทำงานทุกครั้ง หากอุปกรณ์มีความเสี่ยงที่จะชำรุด ควรพิจารณาเตรียมอุปกรณ์สำรอง, พิจารณาชั่วโมงการทำงานที่เหมาะสมหากต้องมีการทำงานต่อเนื่องเป็นเวลานาน

5.4 ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลิตภาพของงานติดตั้งงานระบบของโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าสายสีชมพู จากการศึกษาและค้นคว้าตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ พบขอบเขตที่จำกัด ซึ่งมีข้อเสนอแนะ คือการศึกษาค้นคว้านี้เลือกโครงการที่ไม่เคยมีมาก่อนในประเทศ (โครงการรถไฟฟ้าชนิดรถไฟรางเดี่ยวแบบคล่อมราง) ดังนั้นผู้ที่สนใจสามารถนำองค์ความรู้หรือข้อมูลที่เกี่ยวข้องไปพัฒนาเพื่อเพิ่มศักยภาพและใช้ข้อมูลเบื้องต้นสำหรับโครงการลักษณะเดียวกัน การศึกษาค้นคว้าใช้ระยะเวลาประมาณ 6 เดือน จึงทำให้ไม่ทราบข้อมูลเชิงลึกในด้านอื่นที่ไม่ใช่ด้านผลิตภาพหรืออาจเป็นข้อมูลผลิตภาพในระบบย่อยอื่น ผู้ที่สนใจสามารถนำข้อมูลไปเป็นพื้นฐานเพื่อพัฒนาให้ได้ข้อมูลเชิงลึกด้านอื่น และการศึกษาค้นคว้านี้ใช้ระยะเวลาอย่างจำกัด ยังขาดการค้นคว้าด้านอื่น เช่น รายละเอียดของสัญญาโครงการ การทำสัญญาระหว่างผู้รับเหมาหลักและผู้รับเหมาย่อย การจัดทำแผนงาน การติดตามความก้าวหน้าของงาน และการแก้ไขงาน

เอกสารอ้างอิง

[1] การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย. (2559). [ออนไลน์]. Monorail โครงการสายสีชมพู. จาก https://www.mrta-pinkline.com/learning_center/

[2] การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย. (2559). [ออนไลน์]. โครงการรถไฟฟ้าสายสีชมพู. จาก https://www.mrta-pinkline.com/project_detail/ความเป็นมาของโครงการ/

[3] การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย. (2559). [ออนไลน์]. เส้นทางเดินรถสายสีชมพู. จาก https://www.mrta-pinkline.com/project_detail/เส้นทางสายสีชมพู/

[4] วรรณวิทย์ แต้มทอง. (2562). การเพิ่มผลิตภาพในงานก่อสร้าง. ศูนย์ผลิตตำราเรียน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, หน้า 1-49.

[5] ธีรวัฒน์ เกตุหอม. (2550). ผลกระทบของจำนวนคนงานและลำดับขั้นตอนการทำงานต่อผลิตภาพในงานก่อสร้างบ้านพักอาศัย 2 ชั้น. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[6] ชูเกียรติ ชูสกุล. (2549). การประเมินค่าผลิตภาพของคนงานในงานก่อสร้าง. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

[7] ธิติรัตน์ อึ้งนภารัตน์. (2548). ผลกระทบต่อผลิตภาพในงานก่อสร้างเนื่องมาจากความยากที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.