

การประยุกต์ใช้วิธีการวางแผนงานที่มีลักษณะซ้ำกันร่วมกับการแลกเปลี่ยนระหว่างเวลา กับต้นทุนสำหรับโครงการก่อสร้างถนน

ธนิตเชษฐ์ ดวงโสม^{1*}, ไพจิตร ผาวัน²

¹กองวิชาวิศวกรรมโยธา ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า

²ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

Received: 26 September 2022

Revised: 2 February 2023

Accepted: 19 September 2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและประยุกต์ใช้วิธีการวางแผนงานที่มีลักษณะซ้ำกัน (Repetitive Scheduling Method: RSM) ร่วมกับวิธีการแลกเปลี่ยนระหว่างเวลากับต้นทุน (Time-Cost Trade-Off) และเพื่อกำหนดการวางแผนงานให้มีความเหมาะสมทั้งทางด้านระยะเวลาและต้นทุนของโครงการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็ก จำนวน 2 โครงการ ทำการเก็บข้อมูลระยะเวลาและค่าใช้จ่ายของกลุ่มคนงานที่ใช้ในแต่ละกิจกรรม นำข้อมูลมาวิเคราะห์ด้วยวิธี RSM และ Time-Cost Trade-Off โดยการเพิ่มจำนวนกลุ่มคนงานและเครื่องมือหรือเครื่องจักรในกิจกรรมที่อยู่ในสายงานควบคุม ผลการศึกษาพบว่า ค่าความเหมาะสมของโครงการก่อสร้างช่วงที่ 1 อยู่ที่ระยะเวลาดำเนินงานโครงการเท่ากับ 40 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับวิธี CPM ทำให้ระยะเวลาที่ใช้ดำเนินงานโครงการลดลงร้อยละ 39.39 ค่าใช้จ่ายทั้งหมดของโครงการลดลงร้อยละ 5.11 ส่วนค่าความเหมาะสมของโครงการก่อสร้างช่วงที่ 2 อยู่ที่ระยะเวลาดำเนินงานโครงการเท่ากับ 82 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับวิธี CPM ทำให้ระยะเวลาที่ใช้ดำเนินงานโครงการลดลงร้อยละ 35.94 ค่าใช้จ่ายทั้งหมดของโครงการลดลงร้อยละ 4.74 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการวางแผนงานด้วยวิธี RSM และ Time-Cost Trade-Off สามารถช่วยลดระยะเวลาและต้นทุนในการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็กได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: การวางแผนงานที่มีลักษณะซ้ำกัน การแลกเปลี่ยนระหว่างเวลากับต้นทุน การก่อสร้างถนน

* ผู้ประสานงานหลัก; อีเมล: tanitchet.do@crma.ac.th

Application of Repetitive Scheduling Method and Time-Cost Trade-Off for Road Construction Projects

Tanitchet Doungsoma^{1,*}, Pajit Pawan²

¹Department of Civil Engineering, Academic Division,
Chulachomklao Royal Military Academy

²Department of Civil Engineering, School of Engineering, Sripatum university

Received: 26 September 2022

Revised: 2 February 2023

Accepted: 19 September 2023

Abstract

This research aims to study and apply the Repetitive Scheduling Method (RSM) integrated with the Time-Cost Trade-Off method to generate a project planning that is suitable for both duration and cost for two road construction projects. The information on the duration and costs of each activity were collected and analyzed using the RSM and Time-Cost Trade-Off methods by increasing the number of group workers and equipment or machines in the Controlling Sequence. The results showed that the suitability of the first project was at the project duration of 40 days, compared to the CPM method, reducing the project duration by 39.39%, and reducing the total cost of the project by 5.11%. For the second project, the suitability was at the project duration of 82 days, compared to the CPM method, reducing the project duration by 35.94%, and reducing the total cost of the project by 4.74%. Therefore, this research illustrates the application of the Repetitive Scheduling Method (RSM) integrated with the Time-Cost Trade-Off method that can be applied to projects. The proposed method can effectively reduce the duration and cost of road construction projects.

Keywords: Repetitive Scheduling Method (RSM), Time-Cost Trade-Off, Road Construction

* Corresponding Author; E-mail: tanitchet.do@crma.ac.th

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การวางแผนงานโครงการก่อสร้าง เป็นขั้นตอนเริ่มแรกและมีบทบาทสำคัญในการที่จะกำหนดทิศทางของโครงการก่อสร้างให้สำเร็จลุล่วงตามแผนงานที่ได้วางเอาไว้ การกำหนดระยะเวลาของกิจกรรมและการวางแผนในการใช้ทรัพยากร จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อที่จะทำให้การทำงานมีความราบรื่นและสอดคล้องกัน ในปัจจุบันรูปแบบของการวางแผนงาน (Scheduling) ที่นิยมใช้ คือ วิธีการกำหนดสายงานวิกฤติ (Critical Path Method: CPM) เนื่องจากเป็นรูปแบบที่เข้าใจง่ายและสามารถนำไปใช้กับซอฟต์แวร์ได้หลายชนิด (Pawan and Lorterapong, 2016) แต่อย่างไรก็ตาม การวางแผนงานด้วยวิธี CPM อาจเป็นวิธีที่ไม่เหมาะสมเมื่อนำมาใช้ในโครงการก่อสร้างที่มีลักษณะซ้ำกัน (Repetitive project) เช่น โครงการก่อสร้างถนน โครงการก่อสร้างบ้านจัดสรร หรืองานก่อสร้างแต่ละชั้นของอาคารสูง เป็นต้น Harris and Ioannou (1998) ได้มีการพัฒนาแนวคิดวิธีการวางแผนงานที่มีลักษณะซ้ำกัน (Repetitive Scheduling Method: RSM) เพื่อใช้ในการกำหนดระยะเวลาของงานที่มีลักษณะซ้ำกัน สามารถวางแผนการใช้ทรัพยากรได้อย่างต่อเนื่องและสามารถแสดงเส้นทางวิกฤติของโครงการได้อย่างชัดเจน (Ioannou and Yang, 2016) รวมทั้งช่วยแก้ไขข้อจำกัดของวิธี CPM เมื่อถูกนำมาใช้ในโครงการที่มีลักษณะซ้ำกัน เช่น การดำเนินงานของกลุ่มคนงานขาดความต่อเนื่องหรือเกิดการขาดช่วง ทำให้ผู้ประกอบการต้องเสียค่าใช้จ่ายในช่วงเวลาที่กลุ่มคนงานต้องหยุดรอ นอกจากนี้การวางแผนทรัพยากรที่จะนำมาใช้ในวิธี CPM นั้น บางครั้งจะถูกวางแผนคนละส่วนกับแผนงานก่อสร้าง ซึ่งมักก่อให้เกิดความขัดแย้งของข้อมูลในการทำงาน อีกทั้งยังส่งผลถึงการจัดสรรทรัพยากรให้เกิดประสิทธิภาพได้ไม่เต็มที่ (Ammar, 2013; Saad et al., 2021; Hegazy and Kamarah, 2022)

ในการศึกษาครั้งนี้ ได้นำเสนอแนวทางการประยุกต์ใช้วิธีการวางแผนงานแบบ RSM ร่วมกับ วิธีการแลกเปลี่ยนระหว่างเวลากับต้นทุน (Time-Cost Trade-Off) ของโครงการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็ก เพื่อนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการวางแผนงานให้มีความเหมาะสมทั้งทางด้านระยะเวลาและต้นทุนของโครงการก่อสร้าง ตลอดจนการบริหารจัดการทรัพยากรให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

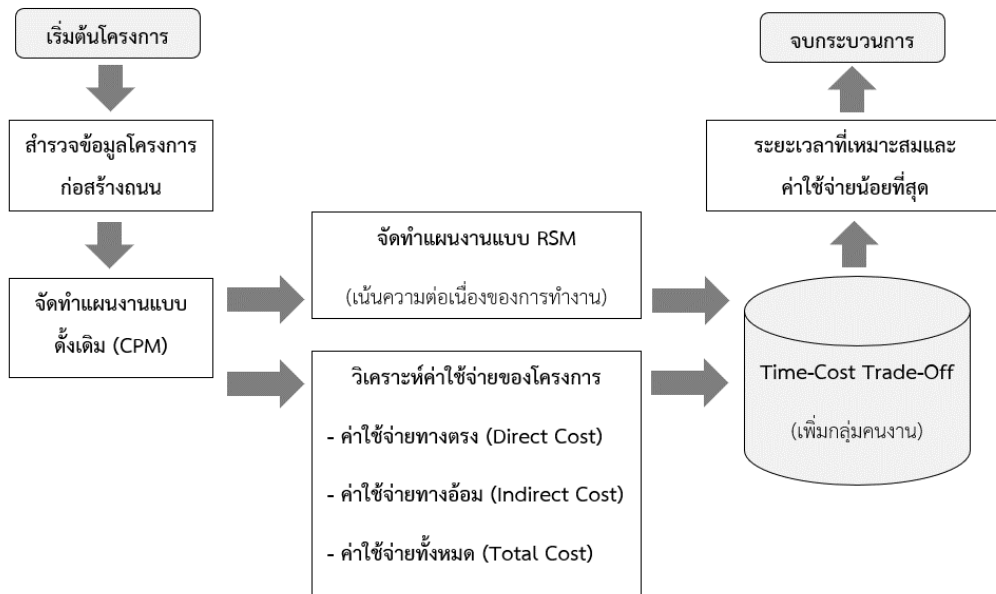
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาและกำหนดกรอบแนวทางปฏิบัติ (Framework) การวางแผนงานด้วยวิธี RSM และ Time-Cost Trade-Off ของโครงการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็ก
2. เพื่อศึกษาและวิเคราะห์หาระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับต้นทุนที่ต่ำที่สุดของโครงการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็ก ถนนสาย นย. 2011 จังหวัดนครนายก โดยการประยุกต์ใช้วิธีการวางแผนงานแบบ RSM ร่วมกับวิธี Time-Cost Trade-Off

กรอบแนวคิดในการวิจัย

ผู้วิจัยได้กำหนดกรอบแนวคิดในการวิจัย ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลัก คือ ขั้นที่หนึ่ง การสำรวจและเก็บข้อมูลโครงการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็ก และจัดทำแผนงานโครงการก่อสร้างแบบดั้งเดิม (CPM) ขั้นที่สอง การปรับรูปแบบแผนงานจากวิธี CPM เป็นแผนงานโครงการแบบ RSM และทำการวิเคราะห์หาค่าใช้จ่ายของโครงการซึ่งประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายทางตรง ค่าใช้จ่ายทางอ้อม และค่าใช้จ่ายทั้งหมด ขั้นที่สาม การวิเคราะห์การแลกเปลี่ยน

ระหว่างเวลากับต้นทุน (Time-Cost Trade-Off) เพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสมและค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุดของโครงการก่อสร้าง ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัยของการวางแผนงานด้วยวิธี RSM และ Time-Cost Trade-Off

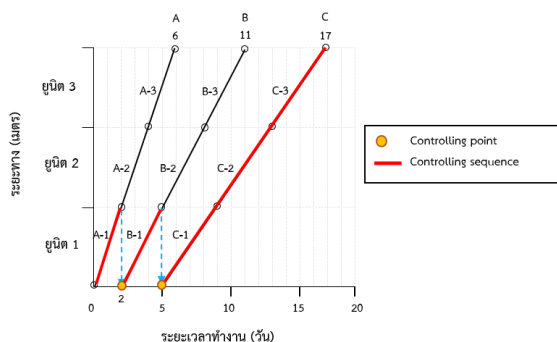
แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. วิธีการวางแผนงานที่มีลักษณะซ้ำกัน (Repetitive Scheduling Method: RSM) หมายถึง การวางแผนงานโครงการที่มีรูปแบบของการทำงานย่อยแต่ละชนิดที่มีลักษณะของการทำงานแบบทำซ้ำ ถูกพัฒนาขึ้นในปี ค.ศ. 1998 โดย Harris and Ioannou (1998) ซึ่งวิธีการแบบเก่าที่นิยมใช้หรือ CPM มีข้อจำกัดคือ อาจทำให้เกิดความไม่ต่อเนื่องของการทำงานขึ้น แต่สำหรับวิธีแบบ RSM จะสามารถจัดการทรัพยากรให้ทำงานได้อย่างต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพมากขึ้น (Ioannou and Yang, 2016) สำหรับประเภทของงานก่อสร้างที่มีลักษณะซ้ำกัน อาจแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ประเภทที่หนึ่ง คือ ลักษณะงานซ้ำแบบหน่วยการทำงานถูกแบ่งอย่างชัดเจน (Discrete project) เช่น โครงการบ้านจัดสรร งานก่อสร้างแต่ละชั้นของอาคารสูง เป็นต้น ประเภทที่สอง คือ ลักษณะงานซ้ำแบบหน่วยการทำงานต่อเนื่อง (Continuous project) เช่น งานก่อสร้างถนน งานก่อสร้างทางรถไฟ งานวางท่อ เป็นต้น (Kusalasai, 2018)

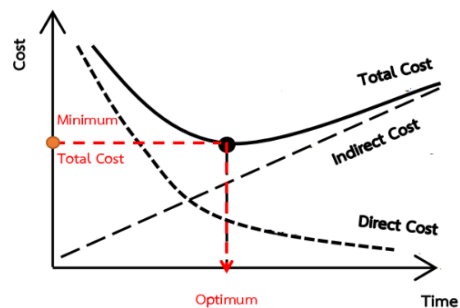
สำหรับงานก่อสร้างที่มีลักษณะซ้ำกัน ได้มีผู้วิจัยหลายท่านได้นำเสนอวิธีการวิเคราะห์ที่หลากหลายวิธี เช่น Line of Balance (LOB), Linear Scheduling Method (LSM), Location-based Scheduling และ Repetitive Scheduling Method (RSM) เป็นต้น (Ioannou and Yang, 2016) โดยวิธีเหล่านี้จะอาศัยหลักการพื้นฐานที่คล้ายกัน คือ ใช้แผนภาพในการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรม แต่จะมีความแตกต่างกันในเรื่องการแสดงผลด้วยรูปแบบกราฟที่ไม่เหมือนกัน โดยที่วิธี RSM เป็นเพียงวิธีเดียวที่สามารถระบุกิจกรรมวิกฤติได้ (Jamnongnart and Kusalasai, 2019) โดยแนวความคิดที่สำคัญที่ใช้ในการวางแผนงานด้วยวิธี RSM คือ การกำหนดจุดควบคุม (Control Point, CP) และลำดับควบคุม (Controlling Sequence) เพื่อให้การดำเนินงานมีความต่อเนื่องเป็นไปตามแผนที่ได้วาง

ไว้ (Dolabi et al., 2014) ซึ่งตามหลักการของ RSM กิจกรรมที่อยู่บนสายของลำดับควบคุมจะถูกพิจารณาว่าเป็นกิจกรรมวิกฤติและมีผลกระทบต่อระยะเวลาในการก่อสร้าง (Kusalasai, 2018)

ภาพที่ 2 แสดงตัวอย่างของการวางแผนงานที่มีลักษณะซ้ำกันของ กิจกรรม A B และ C ซึ่งแต่ละกิจกรรมจะแบ่งออกเป็น 3 ยูนิตย่อย คือ A-1, A-2, A-3, B-1, B-2, B-3, C-1, C-2 และ C-3 โดยกราฟในแนวดิ่งจะแสดงระยะทางหรือลำดับยูนิตการทำงาน ส่วนกราฟในแนวนอนจะแสดงระยะเวลาการทำงาน จากภาพเมื่อกิจกรรม A-1 ดำเนินการแล้วเสร็จ กิจกรรม B-1 ก็สามารถเริ่มงานต่อจาก A-1 ได้เลย โดยที่ไม่ต้องรอให้กิจกรรม A-3 ดำเนินการเสร็จ และเมื่อกิจกรรม B-1 แล้วเสร็จ กิจกรรม C-1 ก็สามารถเริ่มงานต่อได้เลย โดยที่ไม่ต้องรอให้กิจกรรม B-3 ดำเนินการเสร็จ สำหรับกิจกรรมสายของลำดับควบคุม (Controlling Sequence) ของตัวอย่างนี้จะแสดงด้วยเส้นสีแดง ประกอบไปด้วยกิจกรรม C-3, C-2, C-1, B-1 และ A-1 โดยกิจกรรมที่อยู่ในลำดับควบคุมนี้จะถูกกำหนดด้วยจุดควบคุม (Control Point) หรือจุด CP ซึ่งแสดงด้วยจุดสีเหลือง ดังปรากฏในตัวอย่างในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แสดงตัวอย่างการวางแผนงานด้วยวิธี RSM ของกิจกรรม A B และ C



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับค่าใช้จ่ายต่ำสุด (Albayrak, 2020)

2. การแลกเปลี่ยนระหว่างเวลากับต้นทุน (Time-Cost Trade-Off) คือ หลักการการกำหนดหาต้นทุนของโครงการที่ต่ำที่สุดสำหรับค่าระยะเวลาหนึ่งของโครงการ โดยดำเนินการเร่งรัดกิจกรรมที่อยู่บนสายงานวิกฤติและเลือกกิจกรรมที่มีต้นทุนในการเร่งรัดต่ำที่สุด (Zou et al., 2017) โดยต้นทุนของโครงการก่อสร้างอาจแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ ต้นทุนทางตรง (Direct Cost) และต้นทุนทางอ้อม (Indirect Cost) ต้นทุนทางตรงมีลักษณะที่แปรผันตามกับปริมาณงานที่ทำได้และทรัพยากรที่ใช้ไป ในขณะที่ต้นทุนทางอ้อมหมายถึงค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ที่ช่วยในการสนับสนุนโครงการก่อสร้างและไม่แปรผันตามปริมาณงานที่ทำได้ แต่จะแปรผันตามระยะเวลาของโครงการ ส่วนต้นทุนทั้งหมด (Total Cost) หมายถึง ผลรวมของต้นทุนทางตรงและต้นทุนทางอ้อม (Huang et al., 2016) หากมีการเร่งงานในกิจกรรมสายงานวิกฤติจะส่งผลให้ระยะเวลารวมของโครงการลดลงและต้นทุนเปลี่ยนไป โดยต้นทุนทางตรงจะเพิ่มขึ้นและต้นทุนทางอ้อมจะลดลงเมื่อมีการเร่งรัดระยะเวลาของโครงการให้สั้นลง (Bakry et al., 2014; Agdas et al., 2018) ซึ่งในงานวิจัยนี้จะพิจารณาหาระยะเวลาเหมาะสมที่สุดของโครงการ (Optimum Project Duration) คือ ระยะเวลาของโครงการที่มีค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนต่ำที่สุด ดังกราฟแสดงความสัมพันธ์ในภาพที่ 3 (Albayrak, 2020) รวมถึงการแนะนำแนวทางวิธีการลดระยะเวลาการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็ก ด้วยวิธีการเพิ่มจำนวนกลุ่มคนงานและเครื่องจักรในกิจกรรมที่อยู่บนสายงานควบคุม เพื่อนำมาประกอบเป็นตัวอย่างในการประยุกต์ใช้

วิธีดำเนินการวิจัย

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บข้อมูลโครงการซ่อมสร้างผิวทางลาดยางและปรับปรุงผิวทางลาดยางเดิม (Hot mix inplace recycling แบบ Re - Paving) ถนนสาย นย. 2011 อำเภอเมืองนครนายก จังหวัดนครนายก ดำเนินการก่อสร้างและควบคุมงานโดยกรมทางหลวงชนบท โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญที่ควบคุมงานของโครงการที่มีความรู้ ความชำนาญ และมีประสบการณ์ในงานก่อสร้างถนน จำนวน 5 ท่าน

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในงานวิจัยนี้ใช้แบบบันทึกการสนทนากลุ่ม (Focus Group) เพื่อเก็บและรวบรวมข้อมูลขั้นตอนและเทคนิคการก่อสร้าง ระยะเวลาดำเนินการและค่าใช้จ่ายของโครงการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็กจำนวน 2 ช่วงคือ โครงการช่วงที่ 1 ตั้งแต่ กม.ที่ 9+180 ถึง กม.ที่ 10+000 ระยะทาง 820 เมตร โครงการช่วงที่ 2 ตั้งแต่ กม.ที่ 0+130 ถึง กม.ที่ 1+970 ระยะทาง 1,840 เมตร โดยมีลำดับและลักษณะการทำงานของกิจกรรม ดังภาพที่ 4 จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาเขียนกิจกรรมหลักได้ทั้งหมดจำนวน 9 กิจกรรม ดังตารางที่ 1 เพื่อที่จะทำการเพิ่มจำนวนกลุ่มคนงานและเครื่องจักรลงในกิจกรรมหลักนี้ โดยระยะเวลาที่ใช้ในแต่ละกิจกรรมคิดจากการทำงานของกลุ่มคนงานหรือเครื่องจักร 1 กลุ่ม



ภาพที่ 4 ขั้นตอนการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็ก ถนนสาย นย. 2011

ตารางที่ 1 ขั้นตอนการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็ก ถนนสาย นย. 2011

ลำดับ	กิจกรรม	รายละเอียดกิจกรรม	จำนวนวันทำงาน (วัน)		กิจกรรม ก่อนหน้า
			โครงการช่วงที่ 1	โครงการช่วงที่ 2	
1	A	งานเตรียมพื้นที่	4	8	
2	B	งานขุดรื้อผิวทางเดิม	12	24	A
3	C	งานปรับเกลี่ยแต่งและบดอัด	8	12	B
4	D	งานปรับระดับทรายรองผิวทาง	4	8	C
5	E	งานเทคอนกรีตเสริมเหล็ก	36	80	D

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ลำดับ	กิจกรรม	รายละเอียดกิจกรรม	จำนวนวันทำงาน (วัน)		กิจกรรม ก่อนหน้า
			โครงการช่วงที่ 1	โครงการช่วงที่ 2	
6	F	งานตัดรอยต่อคอนกรีต	8	16	E
7	G	งานยาแนวรอยต่อคอนกรีต	12	20	F
8	H	งานปรับปรุงคันหิน	12	20	E
9	I	งานเก็บรายละเอียด	4	8	G, H

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายของโครงการ

ค่าใช้จ่ายในการจ้างแรงงานและค่าเช่าเครื่องมือ/เครื่องจักรในการดำเนินการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็กทั้ง 2 ช่วง ได้มาจากการเก็บข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญของโครงการและราคากลางที่ใช้ในการว่าจ้างผู้รับเหมา ของกิจกรรมหลัก 9 กิจกรรม ซึ่งการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับค่าใช้จ่ายที่ต่ำสุด ส่วนนี้จะมีค่าใช้จ่ายทางตรง (Direct Cost) คือ ค่าจ้างแรงงานและค่าเช่าเครื่องมือ/เครื่องจักร ดังแสดงในตารางที่ 2 (คิดค่าเคลื่อนย้ายเครื่องมือ/เครื่องจักรรวมทุกกิจกรรมเท่ากับ 56,000 บาท) และค่าใช้จ่ายทางอ้อม (Indirect Cost) ได้แก่ เงินเดือนพนักงาน ค่าจ้างวิศวกร ค่าจ้างโพรแมน ค่าที่พักของคณงาน ค่าน้ำ ค่าไฟฟ้า และอื่น ๆ ซึ่งจากการเก็บข้อมูลมีค่าใช้จ่ายทางอ้อมเท่ากับ 8,350 บาทต่อวัน

ตารางที่ 2 ค่าใช้จ่ายทางตรง (Direct Cost) ของกิจกรรมงานก่อสร้าง

ลำดับ	รายละเอียดกิจกรรม	เครื่องมือ/เครื่องจักร	กำลังคน/วัน	ค่าแรง/ค่าเช่าต่อวัน	ค่าใช้จ่ายต่อกิจกรรม (บาท)	
					โครงการที่ 1	โครงการที่ 2
1	A. งานเตรียมพื้นที่	- รถบรรทุกติดเครน 1 คัน	- คนขับรถบรรทุกติดเครน 1 คน - คนงาน 5 คน	8,000	32,000	64,000
2	B. งานขุดร่องผิวทางเดิม	- รถขุดไฮดรอลิก 1 คัน - รถเกรด 1 คัน - รถบรรทุก 2 คัน - รถบรรทุกน้ำ 1 คัน	- คนขับรถขุดไฮดรอลิก 1 คน - คนขับรถเกรด 1 คน - คนขับรถบรรทุก 2 คน - คนขับรถบรรทุกน้ำ 1 คน - คนงาน 5 คน	55,000	660,000	1,320,000
3	C. งานปรับเกลี่ยแต่งและบดอัด	- รถเกรด 1 คัน - รถบดสันสะเทือน 1 คัน - รถบดล้อยาง 1 คัน - รถบรรทุก 2 คัน - รถบรรทุกน้ำ 1 คัน	- คนขับรถเกรด 1 คน - คนขับรถบดสันสะเทือน 1 คน - คนขับรถบดล้อยาง 1 คน - คนขับรถบรรทุก 2 คน - คนขับรถบรรทุกน้ำ 1 คน - คนงาน 5 คน	52,000	416,000	624,000

ตารางที่ 2 (ต่อ)

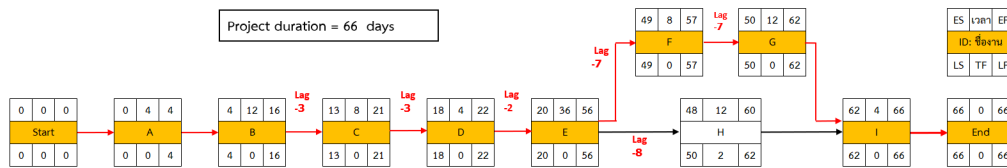
ลำดับ	รายละเอียดกิจกรรม	เครื่องมือ/เครื่องจักร	กำลังคน/วัน	ค่าแรง/ค่าเช่าต่อวัน	ค่าใช้จ่ายต่อกิจกรรม (บาท)	
					โครงการที่ 1	โครงการที่ 2
4	D. งานปรับระดับทรายรองผิวทาง	- รถแบคโฮ 1 คัน - รถเกรด 1 คัน	- คนขับรถแบคโฮ 1 คน - คนขับรถเกรด 1 คน - คนงาน 5 คน	31,000	124,000	248,000
5	E. งานเทคอนกรีตเสริมเหล็ก	- รถบรรทุกติดเครน 1 คัน - อุปกรณ์เทคอนกรีต	- คนขับรถบรรทุกติดเครน 1 คน - คนงาน 15 คน	12,000	432,000	960,000
6	F. งานตัดรอยต่อคอนกรีต	- อุปกรณ์ตัดคอนกรีต	- คนงาน 5 คน	2,000	16,000	32,000
7	G. งานยาแนวรอยต่อคอนกรีต	- อุปกรณ์ยาแนวรอยต่อ	- คนงาน 5 คน	2,000	24,000	40,000
8	H. งานปรับปรุงคันหิน	- อุปกรณ์เทคอนกรีต	- คนงาน 10 คน	4,000	48,000	80,000
9	I. งานเก็บรายละเอียด	- รถบรรทุกติดเครน 1 คัน	- คนขับรถบรรทุกติดเครน 1 คน - คนงาน 5 คน	8,000	32,000	64,000

2. การจัดทำแผนงานแบบวิธีทั่วไปหรือวิธีสายงานวิกฤต (CPM)

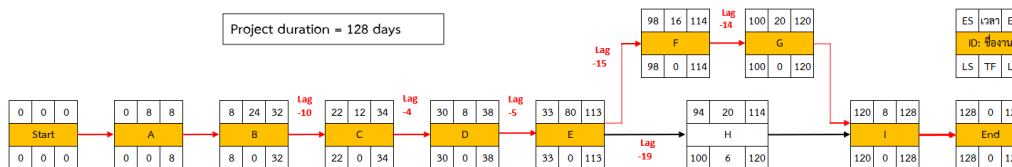
ผู้วิจัยได้จัดทำแผนงานแบบวิธีสายงานวิกฤต (Critical Path Method: CPM) ซึ่งเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย สามารถบอกเวลาเริ่มต้นและสิ้นสุดของโครงการ รวมถึงแสดงสายงานวิกฤติของโครงการได้ (Olivieri et al., 2019) โดยผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้ CPM ร่วมกับวิธีแผนผังเครือข่าย (Precedence Network Diagram) แบบ Activity on Node หรือ AON โดยใช้รูปแบบ Finish to Start (FS) เนื่องจากเป็นรูปแบบที่เข้าใจง่าย (Promsiri and Pawan, 2018) นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้เพิ่มเวลารอคอย (Lag time) ระหว่างกิจกรรม (Doungsoma, 2021) ซึ่งมีทั้งแบบที่เป็นค่าบวก คือ ระยะเวลาเริ่มต้นที่ช้าลงของกิจกรรมถัดไป และแบบที่เป็นค่าลบ คือ ระยะเวลาเริ่มต้นที่เร็วขึ้นของกิจกรรมถัดไป ยกตัวอย่างเช่น ถ้า Lag time ระหว่างงานเทคอนกรีตเสริมเหล็กและงานตัดรอยต่อคอนกรีตเท่ากับ “-7” หมายความว่า “งานตัดรอยต่อคอนกรีต” สามารถเริ่มก่อน “งานเทคอนกรีตเสริมเหล็ก” จะแล้วเสร็จได้ 7 วัน โดยที่ไม่ต้องรอให้งานเทคอนกรีตเสริมเหล็กแล้วเสร็จทั้งหมด และไม่ก่อให้เกิดอันตรายในการทำงาน ดังนั้น ผลจากการวางแผนงานแบบ CPM ทำให้ระยะเวลาของโครงการช่วงที่ 1 เท่ากับ 66 วัน ระยะเวลาของโครงการช่วงที่ 2 เท่ากับ 128 วัน ดังภาพที่ 5 และภาพที่ 6 ตามลำดับ

จากการวางแผนงานแบบ CPM และข้อมูลที่คำนวณจากตารางที่ 2 ค่าใช้จ่ายของโครงการช่วงที่ 1 มีค่าใช้จ่ายทางตรง 1,840,000 บาท ค่าใช้จ่ายทางอ้อม 551,100 บาท และค่าใช้จ่ายทั้งหมด 2,391,100 บาท ส่วน

โครงการช่วงที่ 2 มีค่าใช้จ่ายทางตรง 3,488,000 บาท ค่าใช้จ่ายทางอ้อม 1,068,800 บาท และค่าใช้จ่ายทั้งหมด 4,556,800 บาท



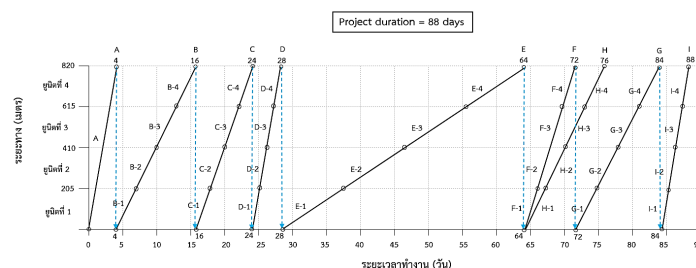
ภาพที่ 5 แผนงานแบบวิธีสายงานวิกฤต (CPM) ของโครงการช่วงที่ 1



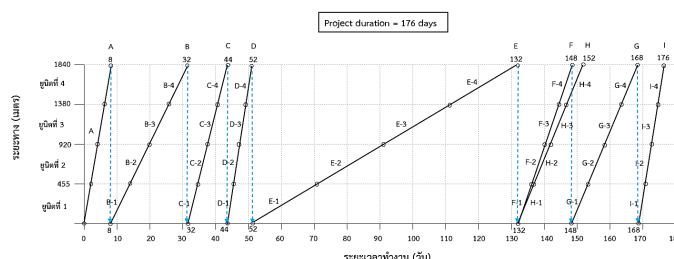
ภาพที่ 6 แผนงานแบบวิธีสายงานวิกฤต (CPM) ของโครงการช่วงที่ 2

3. จัดทำแผนงานแบบ RSM (ยังไม่ปรับเปลี่ยนกิจกรรมให้มีความต่อเนื่อง)

จากนั้นผู้วิจัยได้จัดทำแผนงานแบบ RSM โดยที่ยังไม่ปรับเปลี่ยนกิจกรรมให้มีความต่อเนื่อง และมีหลักการในการวิเคราะห์ คือ การใช้กราฟเพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยงานก่อสร้าง โดยแต่ละโครงการจะแบ่งกิจกรรมต่าง ๆ ออกเป็น 4 ยุ닛ย่อย (ยกเว้น กิจกรรม A งานเตรียมพื้นที่) เช่น กิจกรรม B จะแบ่งเป็น B-1, B-2, B-3, และ B-4 เป็นต้น ผลการแบ่งกิจกรรมย่อยของทั้ง 2 โครงการ ทำให้ระยะเวลาของโครงการช่วงที่ 1 เท่ากับ 88 วัน และโครงการช่วงที่ 2 เท่ากับ 176 วัน ดังภาพที่ 7 และภาพที่ 8 ตามลำดับ และจากข้อมูลที่คำนวณจากตารางที่ 2 ของโครงการช่วงที่ 1 มีค่าใช้จ่ายทางตรง 1,840,000 บาท ค่าใช้จ่ายทางอ้อม 734,800 บาท และค่าใช้จ่ายทั้งหมด 2,574,800 บาท ส่วนโครงการช่วงที่ 2 มีค่าใช้จ่ายทางตรง 3,488,000 บาท ค่าใช้จ่ายทางอ้อม 1,469,600 บาท และค่าใช้จ่ายทั้งหมด 4,957,600 บาท



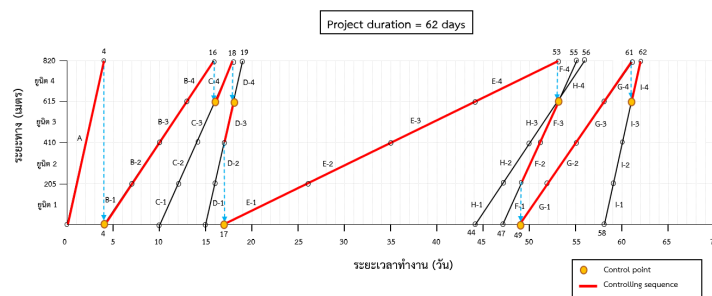
ภาพที่ 7 แผนงานแบบ RSM ตามตารางสรุปกิจกรรม ของโครงการช่วงที่ 1



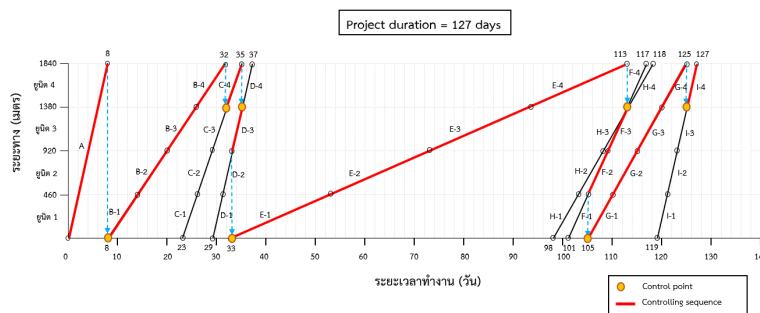
ภาพที่ 8 แผนงานแบบ RSM ตามตารางสรุปกิจกรรม ของโครงการช่วงที่ 2

4. ปรับเปลี่ยนกิจกรรมให้มีความต่อเนื่องและการหาสายงานควบคุม (Controlling Sequence)

ทำการปรับเปลี่ยนกิจกรรมให้มีความต่อเนื่อง หากกิจกรรมย่อยใดสามารถดำเนินงานก่อนได้ ก็ให้กิจกรรมถัดมาดำเนินงานต่อไปได้โดยไม่ต้องรอให้กิจกรรมนั้นดำเนินงานจนเสร็จสิ้นทั้งหมด และไม่ก่อให้เกิดความไม่ปลอดภัยในการทำงาน โดยได้จัดทำแผนงานแบบ RSM ดังภาพที่ 9 และภาพที่ 10 เมื่อทำการเปลี่ยนกิจกรรมแล้วทำให้ระยะเวลาของโครงการช่วงที่ 1 ลดลงเหลือ 62 วัน โครงการช่วงที่ 2 ลดลงเหลือ 127 วัน และมีค่าใช้จ่ายที่คำนวณจากตารางที่ 2 ของโครงการช่วงที่ 1 ซึ่งมีค่าใช้จ่ายทางตรง 1,840,000 บาท ค่าใช้จ่ายทางอ้อม 517,700 บาท และค่าใช้จ่ายทั้งหมด 2,357,700 บาท ส่วนโครงการช่วงที่ 2 มีค่าใช้จ่ายทางตรง 3,488,000 บาท ค่าใช้จ่ายทางอ้อม 1,060,450 บาท และค่าใช้จ่ายทั้งหมด 4,548,450 บาท



ภาพที่ 9 แผนงานแบบ RSM ที่ปรับเปลี่ยนกิจกรรมให้มีความต่อเนื่อง ของโครงการช่วงที่ 1



ภาพที่ 10 แผนงานแบบ RSM ที่ปรับเปลี่ยนกิจกรรมให้มีความต่อเนื่อง ของโครงการช่วงที่ 2

5. การเพิ่มจำนวนกลุ่มคนงานในกิจกรรมที่อยู่บนสายงานควบคุมในแผนงานแบบ RSM

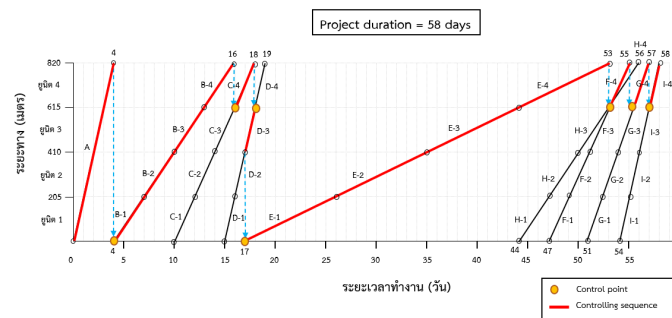
ในขั้นตอนต่อไปจะทำการเพิ่มจำนวนของกลุ่มคนงานและเครื่องจักรในกิจกรรมที่อยู่บนสายงานควบคุม โดยหลักการทั่วไป การเพิ่มจำนวนกลุ่มคนงานสามารถช่วยลดระยะเวลาการทำงานได้ (Kusalasai, 2018) และตามหลักการของ Time-Cost Trade-Off จะเริ่มจากกิจกรรมที่มีค่าใช้จ่ายจากน้อยไปหามาก (Bakry et al., 2014) จำนวนของกลุ่มคนงานที่สามารถเพิ่มได้มากที่สุด มีค่าเท่ากับจำนวนครั้งที่กลุ่มคนงาน 1 กลุ่มทำกิจกรรมนั้น เช่น ในกิจกรรมงานปรับปรุงคันหิน กลุ่มคนงาน 1 กลุ่มทำกิจกรรมนั้น 4 ครั้ง ใช้เวลาทำงาน 12 วัน ถ้าใช้จำนวนกลุ่มคนงาน 2 กลุ่ม จะใช้เวลาทำงาน 6 วัน แต่ถ้าใช้จำนวนกลุ่มคนงาน 4 กลุ่ม จะใช้เวลาทำงานเพียง 3 วันเท่านั้น

ผลการวิจัย

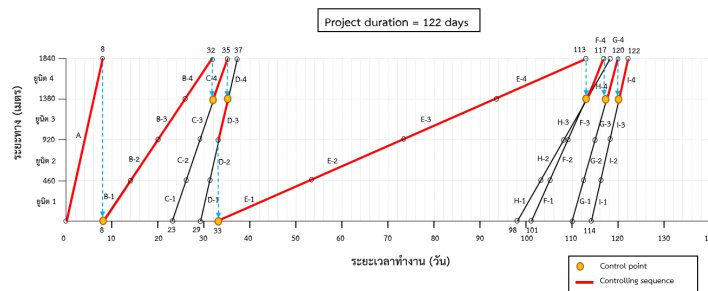
1. ดำเนินการด้วยวิธี RSM และ Time-Cost Trade-Off โดยการเพิ่มจำนวนกลุ่มคนงาน

การวิจัยครั้งนี้ได้ประยุกต์ใช้วิธีการวางแผนงานแบบ RSM ร่วมกับวิธี Time-Cost Trade-Off โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและวิเคราะห์หาระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับต้นทุนที่ต่ำที่สุดของโครงการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็ก สามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

เมื่อทำการเพิ่มจำนวนกลุ่มคนงานอีก 1 กลุ่มในกิจกรรมงานยาแนวรอยต่อคอนกรีต รวมเป็นจำนวน 2 กลุ่ม ในแผนงาน RSM ที่มีการปรับเปลี่ยนกิจกรรมให้มีความต่อเนื่องแล้ว จะสามารถลดระยะเวลาการดำเนินงานของโครงการช่วงที่ 1 เหลือจำนวน 58 วัน โครงการช่วงที่ 2 เหลือจำนวน 122 วัน ดังภาพที่ 11 และภาพที่ 12 มีค่าใช้จ่ายที่คำนวณจากตารางที่ 2 ของโครงการช่วงที่ 1 ซึ่งมีค่าใช้จ่ายทางตรง 1,868,000 บาท ค่าใช้จ่ายทางอ้อม 484,300 บาท และค่าใช้จ่ายทั้งหมด 2,352,300 บาท ส่วนโครงการช่วงที่ 2 ค่าใช้จ่ายทางตรง 3,528,000 บาท ค่าใช้จ่ายทางอ้อม 1,018,700 บาท และค่าใช้จ่ายทั้งหมด 4,546,700 บาท



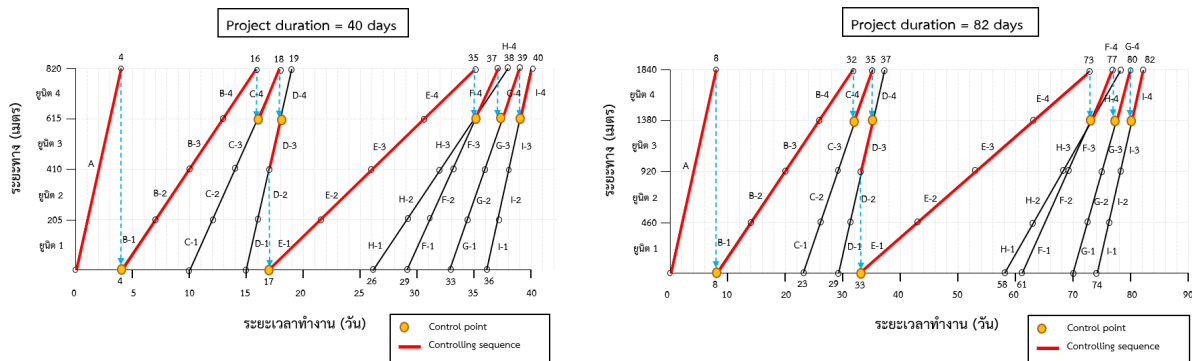
ภาพที่ 11 แผนงาน RSM ที่เพิ่มคนงาน 1 กลุ่มในกิจกรรมงานยาแนวรอยต่อคอนกรีต ของโครงการช่วงที่ 1



ภาพที่ 12 แผนงาน RSM ที่เพิ่มคนงาน 1 กลุ่มในกิจกรรมงานยาแนวรอยต่อคอนกรีต ของโครงการช่วงที่ 2

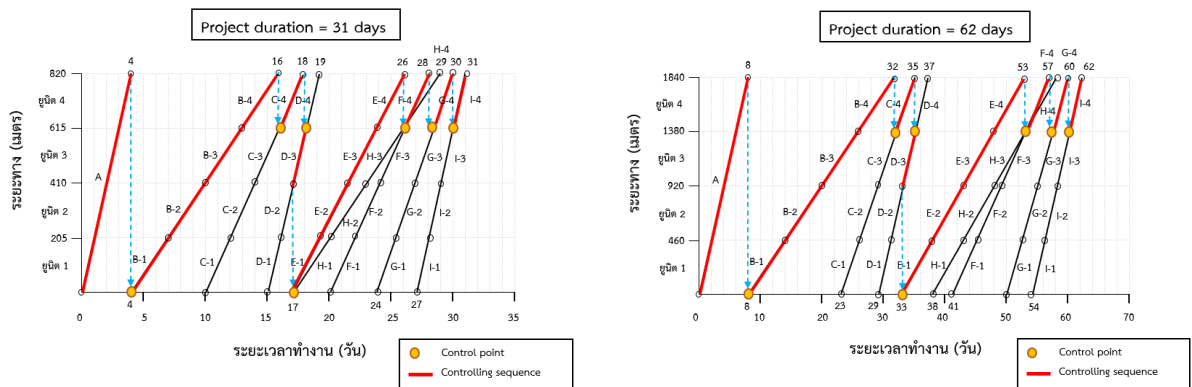
เมื่อทำการเพิ่มจำนวนกลุ่มคนงานและเครื่องจักรอีก 1 กลุ่มในกิจกรรมงานเทคอนกรีตเสริมเหล็ก รวมเป็นจำนวน 2 กลุ่มในแผนงาน RSM ทั้ง 2 โครงการ จะสามารถลดระยะเวลาการดำเนินงานของโครงการช่วงที่ 1 เหลือจำนวน 40 วัน โครงการช่วงที่ 2 เหลือจำนวน 82 วัน ดังภาพที่ 13 และมีค่าใช้จ่ายที่คำนวณจากตารางที่ 2 ของโครงการช่วงที่ 1 ซึ่งมีค่าใช้จ่ายทางตรง 1,935,000 บาท ค่าใช้จ่ายทางอ้อม 334,000 บาท และค่าใช้จ่ายทั้งหมด

2,269,000 บาท ส่วนโครงการช่วงที่ 2 ค่าใช้จ่ายทางตรง 3,656,000 บาท ค่าใช้จ่ายทางอ้อม 684,700 บาท และค่าใช้จ่ายทั้งหมด 4,340,700 บาท



ภาพที่ 13 แผนงาน RSM ที่เพิ่มคนงาน 1 กลุ่มในกิจกรรมงานเทคอนกรีตเสริมเหล็กของโครงการ
ช่วงที่ 1 (ด้านซ้าย) และช่วงที่ 2 (ด้านขวา)

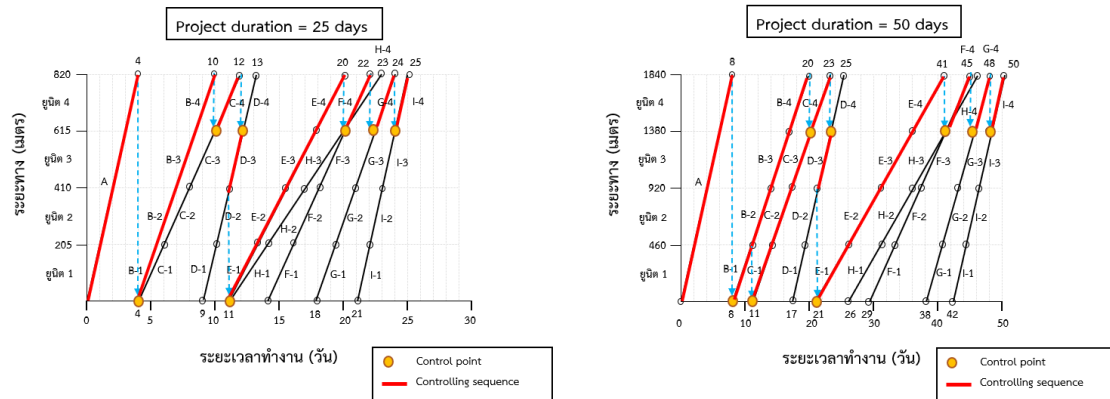
เมื่อทำการเพิ่มจำนวนกลุ่มคนงานและเครื่องจักรเพิ่มอีก 2 กลุ่มในกิจกรรมงานเทคอนกรีตเสริมเหล็ก รวมเป็นจำนวน 4 กลุ่ม ในแผนงาน RSM ทั้ง 2 โครงการ จะสามารถลดระยะเวลาการดำเนินงานของโครงการช่วงที่ 1 เหลือจำนวน 31 วัน โครงการช่วงที่ 2 เหลือจำนวน 62 วัน ดังภาพที่ 14 และมีค่าใช้จ่ายที่คำนวณจากตารางที่ 2 ของโครงการช่วงที่ 1 ซึ่งมีค่าใช้จ่ายทางตรง 2,018,500 บาท ค่าใช้จ่ายทางอ้อม 258,850 บาท และค่าใช้จ่ายทั้งหมด 2,277,350 บาท ส่วนโครงการช่วงที่ 2 ค่าใช้จ่ายทางตรง 3,836,000 บาท ค่าใช้จ่ายทางอ้อม 517,700 บาท และค่าใช้จ่ายทั้งหมด 4,353,700 บาท



ภาพที่ 14 แผนงาน RSM ที่เพิ่มคนงานอีก 2 กลุ่ม (รวมเป็น 4 กลุ่ม) ในกิจกรรมงานเทคอนกรีตเสริมเหล็ก
ของโครงการช่วงที่ 1 (ด้านซ้าย) และช่วงที่ 2 (ด้านขวา)

เมื่อทำการเพิ่มจำนวนกลุ่มคนงานและเครื่องจักรอีก 1 กลุ่มในกิจกรรมงานชุดรีดผิวทางเดิม รวมเป็นจำนวน 2 กลุ่มในแผนงาน RSM ทั้ง 2 โครงการ จะสามารถลดระยะเวลาการดำเนินงานของโครงการช่วงที่ 1 เหลือจำนวน 25 วัน โครงการช่วงที่ 2 เหลือจำนวน 50 วัน ดังภาพที่ 15 และมีค่าใช้จ่ายที่คำนวณจากตารางที่ 2 ของโครงการช่วงที่ 1 ซึ่งมีค่าใช้จ่ายทางตรง 2,087,500 บาท ค่าใช้จ่ายทางอ้อม 208,750 บาท และค่าใช้จ่ายทั้งหมด 2,296,250

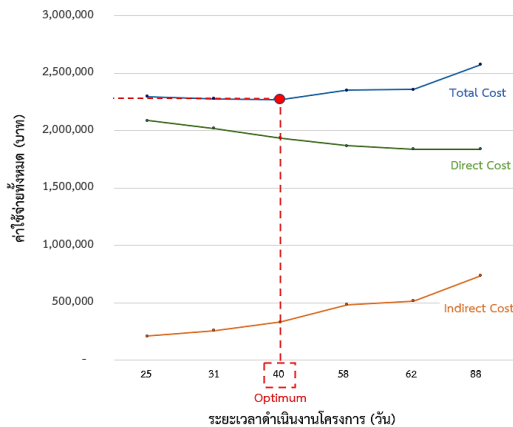
บาท ส่วนโครงการช่วงที่ 2 ค่าใช้จ่ายทางตรง 3,948,000 บาท ค่าใช้จ่ายทางอ้อม 417,500 บาท และค่าใช้จ่าย
ทั้งหมด 4,365,500 บาท



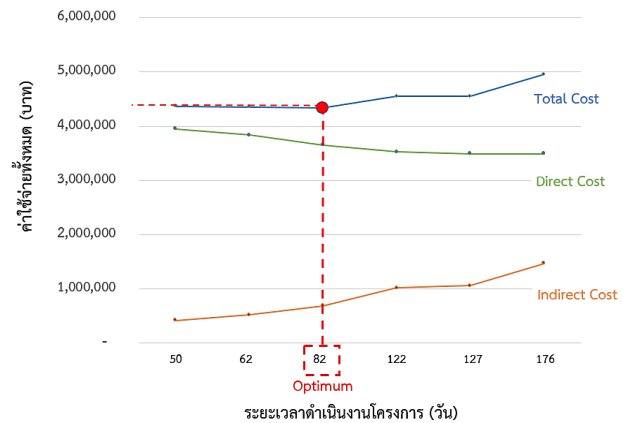
ภาพที่ 15 แผนงาน RSM ที่เพิ่มคนงาน 1 กลุ่มในกิจกรรมงานชุดเรือผิวน้ำทางเดิม ของโครงการ
ช่วงที่ 1 (ด้านซ้าย) และช่วงที่ 2 (ด้านขวา)

ตารางที่ 3 สรุปข้อมูลระยะเวลาดำเนินงานและค่าใช้จ่ายของการเพิ่มจำนวนกลุ่มคนงานในแต่ละขั้นตอน

รูปแบบการดำเนินงาน	แผนงาน	ระยะเวลา (วัน)		ค่าใช้จ่าย (บาท)					
		โครงการ ที่ 1	โครงการ ที่ 2	โครงการที่ 1			โครงการที่ 2		
				ทางตรง	ทางอ้อม	ทั้งหมด	ทางตรง	ทางอ้อม	ทั้งหมด
1. แผนการดำเนินงานปกติ หรือแบบวิธีสายงานวิกฤติ	CPM	66	128	1,840,000	551,100	2,391,100	3,488,000	1,068,800	4,556,800
2. แผนงาน RSM ที่ยังไม่ ปรับเปลี่ยนกิจกรรมให้ ต่อเนื่อง	RSM	88	176	1,840,000	734,800	2,574,800	3,488,000	1,469,600	4,957,600
3. แผนงาน RSM ที่ปรับ เปลี่ยนกิจกรรมให้ต่อเนื่อง	RSM	62	127	1,840,000	517,700	2,357,700	3,488,000	1,060,450	4,548,450
4. เพิ่มกลุ่มคนงาน กิจกรรม งานยานวอร์รอยต่อ คอนกรีตรวมเป็น 2 กลุ่ม	RSM	58	122	1,868,000	484,300	2,352,300	3,528,000	1,018,700	4,546,700
5. เพิ่มกลุ่มคนงาน กิจกรรม งานเทคอนกรีตเสริมเหล็ก รวมเป็น 2 กลุ่ม	RSM	40	82	1,935,000	334,000	2,269,000	3,656,000	684,700	4,340,700
6. เพิ่มกลุ่มคนงาน กิจกรรม งานเทคอนกรีตเสริมเหล็ก รวมเป็น 4 กลุ่ม	RSM	31	62	2,018,500	258,850	2,277,350	3,836,000	517,700	4,353,700
7. เพิ่มกลุ่มคนงาน กิจกรรม งานชุดเรือผิวน้ำทางเดิมรวม เป็น 2 กลุ่ม	RSM	25	50	2,087,500	208,750	2,296,250	3,948,000	417,500	4,365,500



ภาพที่ 16 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลา
กับค่าใช้จ่ายต่ำสุด ของโครงการช่วงที่ 1



ภาพที่ 17 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลา
กับค่าใช้จ่ายต่ำสุด ของโครงการช่วงที่ 2

2. การวิเคราะห์หาระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับต้นทุนที่ต่ำที่สุดของโครงการ

ดำเนินการสรุปข้อมูลระยะเวลาดำเนินงานและค่าใช้จ่ายของการเพิ่มจำนวนกลุ่มคนงานในแต่ละขั้นตอนของทั้ง 2 โครงการ ดังแสดงในตารางที่ 3 จากนั้นนำข้อมูลมาแสดงในรูปแบบของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาดำเนินงานกับค่าใช้จ่ายของโครงการ ผลการศึกษาพบว่า ค่าความเหมาะสมของโครงการช่วงที่ 1 อยู่ที่ระยะเวลาดำเนินงานโครงการเท่ากับ 40 วัน ดังภาพที่ 16 เมื่อเปรียบเทียบกับวิธี CPM ทำให้ระยะเวลาที่ใช้ดำเนินงานโครงการลดลงร้อยละ 39.39 ค่าใช้จ่ายทั้งหมดของโครงการลดลงร้อยละ 5.11 ส่วนค่าความเหมาะสมของโครงการช่วงที่ 2 อยู่ที่ระยะเวลาดำเนินงานโครงการเท่ากับ 82 วัน ดังภาพที่ 17 เมื่อเปรียบเทียบกับวิธี CPM ทำให้ระยะเวลาที่ใช้ดำเนินงานโครงการลดลงร้อยละ 35.94 ค่าใช้จ่ายทั้งหมดของโครงการลดลงร้อยละ 4.74

อภิปรายผล

จากผลการศึกษาและการวิเคราะห์การวางแผนงานด้วยวิธี RSM ร่วมกับวิธี Time-Cost Trade-Off โดยการเพิ่มจำนวนกลุ่มคนงานและเครื่องจักร พบว่าส่งผลให้ระยะเวลาดำเนินงานของโครงการลดลงและส่งผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายของโครงการคือ ค่าใช้จ่ายทางตรง (Direct Cost) ของโครงการเพิ่มขึ้น เนื่องจากต้องเสียค่าจ้างแรงงาน ค่าเช่าเครื่องมือ/เครื่องจักรและค่าใช้จ่ายด้านอื่น ๆ เพิ่มมากขึ้นเพื่อเร่งให้งานเสร็จเร็วกว่าปกติ รวมถึงการเพิ่มขึ้นของค่าเคลื่อนย้ายแรงงานหรือเครื่องมือ/เครื่องจักร ในส่วนของค่าใช้จ่ายทางอ้อม (Indirect Cost) การเพิ่มจำนวนกลุ่มคนงานและเครื่องจักร ส่งผลให้ระยะเวลาดำเนินงานของโครงการลดลงและทำให้ค่าใช้จ่ายทางอ้อมของโครงการลดลง เนื่องจาก ค่าใช้จ่ายทางอ้อม ได้แก่ เงินเดือนพนักงาน ค่าวัสดุ ค่าที่พัก ค่าน้ำ ค่าไฟฟ้า และอื่น ๆ คิดคำนวณเป็นค่าเฉลี่ยต่อวัน ดังนั้นเมื่อจำนวนวันทำงานของโครงการลดลงอันเนื่องมาจากการเพิ่มจำนวนกลุ่มคนงานและเครื่องจักร จึงส่งผลให้ค่าใช้จ่ายทางอ้อมลดลงด้วย โดยผลการวิจัยครั้งนี้มีความสอดคล้องกับหลักการพื้นฐานของวิธี Time-Cost Trade-Off ที่กล่าวถึงความสัมพันธ์ของต้นทุนทางตรงและต้นทุนทางอ้อมว่า หากมีการเร่งงานของกิจกรรมในสายงานวิกฤติจะส่งผลให้ระยะเวลารวมของโครงการลดลงและต้นทุนเปลี่ยนไป โดยต้นทุนทางตรงจะเพิ่มขึ้นและต้นทุนทางอ้อมจะลดลงเมื่อมีการเร่งรัดระยะเวลาของโครงการให้สั้นลง ดังนั้น การศึกษาในครั้งนี้ได้นำเสนอแนวทางในการวางแผนงานแบบ RSM มาประยุกต์ใช้ร่วมกับวิธี Time-Cost Trade-Off ทำให้สามารถวางแผนการใช้ทรัพยากร

ให้มีความสอดคล้องและต่อเนื่องกันได้ รวมถึงช่วยลดระยะเวลาและลดต้นทุนในการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็กได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

การวิเคราะห์คำนวณและผลที่ได้จากงานวิจัยนี้เป็นกรณีศึกษา เพื่อเป็นการศึกษาแนวทางการนำวิธี RSM มาประยุกต์ใช้กับงานก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็ก เพื่อลดระยะเวลาและค่าใช้จ่ายตามหลักการของ Time-Cost Trade-Off การที่จะช่วยลดระยะเวลาหรือค่าใช้จ่ายได้มากหรือน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับปัจจัยและเทคนิคในด้านต่าง ๆ ที่ผู้วางแผนงานได้นำมาใช้ ซึ่งอาจจะส่งผลต่อการลดระยะเวลาดำเนินงานและค่าใช้จ่ายได้แตกต่างกัน

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

โครงการก่อสร้างโดยส่วนใหญ่อาจจะเผชิญกับปัญหาและอุปสรรคในด้านต่าง ๆ ในระหว่างการก่อสร้าง ซึ่งสิ่งเหล่านี้อาจจะส่งผลกระทบต่อการทำงานด้วยวิธี RSM ทำให้ไม่สามารถใช้ทรัพยากรได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ สำหรับการวิจัยในอนาคต ควรที่จะเพิ่มเติมข้อมูลในเรื่องของการพิจารณาความเสี่ยงด้านต่าง ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นกับโครงการก่อสร้าง เพื่อให้ผู้วางแผนงานสามารถประเมินระยะเวลาและค่าใช้จ่ายของโครงการได้ครอบคลุมและใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

- Agdas, D., Warne, D. J., Norgaard, J. O., and Masters, F. J. (2018). Utility of Genetic Algorithms for Solving Large-Scale Construction Time-Cost Trade-Off Problems. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 32(1), 1-10. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CP.1943-5487.0000718](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000718).
- Albayrak, G. (2020). Novel Hybrid Method in Time–Cost Trade-Off for Resource-Constrained Construction Projects. *Iranian Journal of Science and Technology*, 44(1), 1295-1307.
- Ammar, M. A. (2013). LOB and CPM Integrated Method for Scheduling Repetitive Projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 139(1), 44-50.
- Bakry, I., Moselhi, O., and Zayed, T. (2014). Optimized Acceleration of Repetitive Construction Projects. *Automation in Construction*, 39(1), 145-151
- Dolabi, H. R. Z., Afshar, A., and Abbasnia, R. (2014). CPM/LOB Scheduling Method for Project Deadline Constraint Satisfaction. *Automation in Construction*, 48(1), 107-118
- Doungsoma, T. (2021). Application of Adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems for Evaluating Time Contingency in Tunnel Construction Project. *Sripatum Review of Science and Technology*, 13(1), 22-37. (in Thai)
- Harris, R. B., and Ioannou, P. G. (1998). Scheduling Projects with Repetitive Activities. *Journal of Construction Engineering and Management*, 124(4), 269-278.

- Hegazy, T., and Kamarah, E. (2022). Schedule Optimization for Scattered Repetitive Projects. *Automation in Construction*, 133(1), 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.104042>.
- Huang, Y., Zou, X., and Zhang, L. (2016). Genetic Algorithm-Based Method for the Deadline Problem in Repetitive Construction Projects Considering Soft Logic. *Journal of Management in Engineering*, 32(4), 1-9. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000426](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000426).
- Ioannou, P. G., and Yang, I. T. (2016). Repetitive scheduling method: Requirements, modeling, and implementation. *Journal of Construction Engineering and Management*, 142(5), 1-13. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001107](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001107).
- Jamnongnart, K., and Kusalasai, S. (2019). The Construction of a Housing Project with Repetitive Working Patterns Part 1 Working with Different Schedules Between CPM and RSM. *Engineering Journal of Research and Development*, 30(4), 45-57. (in Thai)
- Kusalasai, S. (2018). *Planning Repetitive Construction*. Nonthaburi: Matichon Pak Kret. (in Thai)
- Olivieri, H., Seppänen, O., Alves, T. D. C. L., Scala, N. M., Schiavone, V., and Liu, M. (2019). Survey Comparing Critical Path Method, Last Planner System, and Location-Based Techniques. *Journal of Construction Engineering and Management*, 145(12), 1-12. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001644](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001644).
- Pawan, P., and Lorterapong, P. (2016). A Fuzzy-Based Integrated Framework for Assessing Time Contingency in Construction Projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 142(3), 1-9. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001073](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001073).
- Promsiri, A., and Pawan, P. (2018). Lag Time in Project Scheduling Network with respect to Risk Event of Weir Construction. *Sripatum Review of Science and Technology*, 10(1), 198-210. (in Thai)
- Saad, D. A., Masoud, M., and Osman, H. (2021). Multi-Objective Optimization of Lean-based Repetitive Scheduling using Batch and Pull Production. *Automation in Construction*, 127(1), 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103696>.
- Zou, X., Fang, S. C., Huang, Y. S., and Zhang, L. H. (2017). Mixed-Integer Linear Programming Approach for Scheduling Repetitive Projects with Time-Cost Trade-Off Consideration. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 31(3), 1-6.