การวิเคราะห์ทางเลือกการก่อสร้างถนนระดับดินแบบชิ้นส่วนสำเร็จด้วยวิธี ELECTRE II

Analysis of alternative options for constructing precast concrete roads using ELECTRE II.

คมกฤษณ์ เวฤดิตถ์[1,*] และ ผศ.ดร.วัชระ สัตยาประเสริฐ[2]

[1,2] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา สถาบันวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร จ.กรุงเทพมหานคร

**Corresponding author; E-mail address: werudit.m.komkrit@gmail.com*

บทคัดย่อ

การสร้างถนนระดับดินโดยหล่อคอนกรีตในที่นั้น มีลักษณะที่กิจกรรมก่อนหน้าจะต้องทำให้เสร็จก่อนจึงจะสามารถเริ่มกิจกรรมต่อไปได้ แต่สำหรับผิวทาง หากแยกขึ้นรูปเป็นชิ้นส่วนสำเร็จรูป(Precast Concrete Pavement system, PCPs) แล้วนำไปติดตั้งบนผิวชั้นรองพื้นทาง จะช่วยลดเวลาทั้งหมดของโครงการลง วิธีนี้ยังสามารถควบคุมคุณภาพของชั้นผิวทางได้ดีกว่าการหล่อแบบอยู่กับที่ ทั้งนี้ เพื่อทราบความแตกต่างของผลลัพธ์โดยรวมของโครงการจำเป็นต้องวิเคราะห์การก่อสร้างโดยใช้ชิ้นส่วนสำเร็จรูปเข้าร่วมและเปรียบเทียบภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน ทั้งในด้านเวลา ต้นทุน และคุณภาพของวิธีการก่อสร้างทั้งสองรูปแบบภายใต้เงื่อนไขของปัจจัยหลายอย่างพร้อมกัน โดยงานวิจัยนี้มีเป้าหมายเพื่อเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของการก่อสร้างทั้ง 2 วิธี ด้วย ELECTRE II และนำผลที่ได้มาสร้างเป็นแนวทางในการตัดสินใจเลือกวิธีการก่อสร้างสำหรับสร้างถนนที่จะเกิดขึ้นในอนาคตซึ่งมีสภาพแวดล้อมและข้อจำกัดที่แตกต่างกัน เงื่อนไขทั้งหมดจะถูกกำหนดภายใต้หลักการของวิศวกรรมถนนและจราจร รวมถึงหลักการบริหารโครงการ จากเส้นทางตัวอย่างที่ศึกษา พบว่าสามารถเลือกใช้ PCPs โดยวิธีนี้อาจใช้ในรูปแบบของการหล่อคอนกรีตแบบผสมผสานที่มีการติดตั้งส่วนโค้งด้วยการหล่อในที่ และทำแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูปเฉพาะในแนวเส้นตรง และอาจใช้การก่อสร้างหลายช่วงควบคู่กันไปด้วย หากสามารถนำวิธีการดังกล่าวไปปฏิบัติใช้ในการก่อสร้างได้ ระยะเวลารวมของโครงการจะลดลงและคุณภาพในงานก่อสร้างจะมีประสิทธิภาพสูงขึ้น อย่างไรก็ตาม ความเห็นที่ได้มาจากการพิจารณาโดยผู้เชี่ยวชาญแล้ว ความเห็นในการเลือกใช้ชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปในแง่ของความคุ้มค่าสำหรับโครงการเดียวอาจยังทำได้ยาก เนื่องจากเงินลงทุนเริ่มต้นค่อนข้างสูงเพื่อผลิตแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูปและติดตั้ง นอกจากนี้ความรู้และความชำนาญสำหรับผู้ปฏิบัติงานก็มีความสำคัญ และจะต้องมีการลงทุนและจัดการในเรื่องนี้ร่วมด้วย อีกทั้งปัจจัยทางอ้อมที่ไม่ได้คำนึงถึง เช่น การฝึกอบรมและการจัดสรรบุคลากรเพื่อทำงานในการผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป

คำสำคัญ: ถนนระดับดิน, พื้นทางชิ้นส่วนสำเร็จรูป, โครงการก่อสร้างถนน, วิธีพิจารณาข้อได้เปรียบของทางเลือกแบบ ELECTRE II

Abstract

Constructing an at-grade road by the cast-in-place method requires that each activity must be completed before the next can begin. However, using a precast concrete pavement system (PCPs) and installing precast parts onto road sub-base layers can reduce project duration and improve pavement quality compared to concrete cast-in-place pavement. To determine the overall differences in project results, a comparison must be made under the same conditions, both in terms of time, cost, and quality of both construction methods under the condition of many factors simultaneously. This research aims to analyze the advantages and disadvantages of both construction methods to provide a guideline for future road-building decisions under different environmental conditions and limitations by using ELECTRE II. The principles of road and traffic engineering and project management are considered in the study. The results show that PCPs can be used as an alternative to stationary casting, with the option of using integrated concrete casting with cast-in-place arch installation, producing precast concrete only in a straight line, and utilizing several construction periods concurrently. If implemented, this method can reduce project duration and improve construction quality. However, expert opinions suggest that the cost-effectiveness of precast concrete for a single project may still be difficult to determine due to the high initial investment in production and installation, the importance of knowledge and expertise for operators, and the need for investment and management in training and personnel allocation for precast concrete production. Indirect factors, such as training and personnel allocation for precast concrete production, must also be considered.

Keywords: At-grade pavement, Precast concrete pavement, Road construction project, ELECTRE II method.

1. บทนำ

การสร้างถนนระดับดินประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอนหลัก คือ สำรวจและวางแนวเส้นทาง ตามด้วยตัดขึ้นรูปคันทาง ทำชั้นรองพื้นทาง และทำชั้นพื้นทาง [1] ซึ่งแต่ละขั้นตอนมีความสัมพันธ์ในลักษณะที่แบบ finish to start (FS) กล่าวคือ จะขึ้นรูปทางได้ต่อเมื่อทำแนวเส้นทางแล้วเสร็จ แต่ถ้าแยกชั้นพื้นทางออกมาสร้างก่อนที่โรงผลิต ในระหว่างที่แนวเส้นทางแล้วเสร็จเพียงบางส่วน ในรูปแบบของพื้นทางคอนกรีตสำเร็จรูป Precast concrete pavement system (PCPs) แล้วจึงนำมาติดตั้งบนชั้นรองพื้นทางที่ ปรับระดับชั้นรองพื้นทางเสร็จแล้ว อาจช่วยลดข้อจำกัดของการรอคอยชั้นรองพื้นทางแล้วเสร็จ และย่นระยะเวลาในการก่อสร้างที่หน้างาน และยังสามารถควบคุมคุณภาพของคอนกรีตชั้นพื้นทางได้สูงกว่าวิธีการหล่อในที่ โดย PCPs เป็นการทำชั้นพื้นทางด้วยการหล่อพื้นทางคอนกรีตที่โรงงานผลิตที่อาจตั้งอยู่ใกล้แนวเส้นทาง หรือนอกพื้นที่การก่อสร้าง แล้วนำมาติดตั้งบนแนวเส้นทางที่ทำชั้นรองพื้นทางแล้วเสร็จ หากทว่าในปัจจุบัน PCPs ถูกใช้งานเพียงซ่อมแซมเฉพาะจุดหรือในถนนที่มีความจุทางไม่มาก ไม่มีรถขนาดใหญ่สัญจร [2] การจะนำมาใช้เป็นส่วนหลักของการก่อสร้างตลอดทั้งแนวเส้นทาง ยังไม่ได้รับความสนใจมากนัก และยังไม่มีการวิเคราะห์เชิงรายละเอียด ดังนั้นเพื่อทราบถึงความต่าง และผลลัพธ์โดยรวมของโครงการนอกจากการทำความเข้าใจแต่ละรายละเอียดของการก่อสร้างที่ใช้อยู่ในปัจจุบันแล้วนั้น ยังต้องวิเคราะห์การก่อสร้างโดยใช้ชิ้นส่วนสำเร็จรูปเข้ามาร่วมเปรียบเทียบภายใต้องค์ประกอบเดียวกัน ทั้งในด้านเวลา ค่าใช้จ่าย และคุณภาพของทั้งสองรูปแบบวิธีการก่อสร้างภายใต้สภาพของหลายปัจจัยไปพร้อมกัน

งานวิจัยได้เปรียบเทียบหาข้อแตกต่างด้านข้อดี และข้อด้อยกว่าของสองวิธีการก่อสร้างด้วยวิธีการวิเคราะห์หาความเหนือกว่าและด้อยกว่าโดยวิธี Élimination Et Choix Traduisant la Realité (ELECTRE) [3] เพื่อเป็นแนวทางประกอบการตัดสินใจเลือกรูปแบบวิธี หรือวางโครงการสำหรับสร้างถนน อันมีสภาพแวดล้อมและข้อจำกัดที่แตกต่างกัน โดยกำหนดเงื่อนไขทั้งหมดภายใต้หลักวิศวกรรมการทางและการจราจร รวมถึงหลักการบริหารจัดการโครงการมาวิเคราะห์หาข้อสรุป เพื่อเป็นแนวทางประกอบการตัดสินใจ และเป็นตัวอย่างสำหรับการนำเอาวิธี ELECTRE II มาใช้เป็นทางเลือกวิธีวิเคราะห์หลายปัจจัย

1.1 วัตถุประสงค์

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษาหาแนวทางและความเหมาะสมสำหรับก่อสร้างทางด้วยวิธีชิ้นส่วนสำเร็จรูป เทียบกับวิธีก่อสร้างแบบหล่อในที่ แล้วจึงสรุปแนวทางทั้งสองแบบ โดยเปรียบเทียบใน ด้านมูลค่า คุณภาพ ระยะเวลาที่ใช้ก่อสร้าง โดยสามารถแบ่งวัตถุประสงค์หลักในการศึกษาออกเป็นสาระสำคัญได้ ดังนี้

1.) เพื่อศึกษาถึงความแตกต่าง และความเปลี่ยนของระยะเวลา ลำดับและกิจกรรมที่ใช้ก่อสร้างของถนนแบบหล่อในที่ และถนนแบบประกอบพื้นทางสำเร็จ

2.) เพื่อประเมิน และเปรียบเทียบถึงค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการก่อสร้างทั้งแบบหล่อในที่ และแบบใช้ระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปในการก่อสร้าง

3.) เพื่อทำแผนวิเคราะห์ และชี้ให้เห็นถึงคุณภาพ ข้อเด่นและข้อด้อยกว่า ในปัจจัยต่างๆ ของการจัดการโครงการก่อสร้างถนนโดยวิธีเดิม และโครงการก่อสร้างถนนโดยวิธีชิ้นส่วนสำเร็จ

1.2 ขอบเขตในการศึกษาวิจัย

1.) ขอบเขตด้านเนื้อหา ศึกษาขั้นตอนการสร้างถนนแบบหล่อในที่จากโครงการที่แล้วเสร็จ และศึกษาขั้นตอนการสร้างชิ้นส่วนสำเร็จรูปจากวิธีการก่อสร้าง คอนกรีตสำเร็จรูป และวิธีการซ่อมแซมพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป

2.) ขอบเขตด้านตัวอย่าง ใช้โครงการทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 3064 หลักกิโลเมตรที่ [1+155.150] ถึง หลักกิโลเมตรที่ [12+738.180] ระยะทาง 12.098 กม. เป็นตัวอย่างของโครงการ

3.) ขอบเขตด้านเวลาประเมินโดยใช้วิธีแผนงานแบบแท่ง (Gantt Chart) และทำ S-curve ของโครงการทั้งสองวิธีแล้วนำมาเปรียบเทียบพร้อมกัน เพื่อใช้วิเคราะห์หาความต่างในแต่ละช่วงเวลา ที่โครงการกำลังดำเนินไป รวมถึงใช้เป็นแบบสำหรับโครงการก่อสร้างที่จะใช้วิธีชิ้นส่วนสำเร็จเป็นวิธีหลัก

4.) ขอบเขตด้านวิธีวิเคราะห์ ใช้ข้อมูลจากขอบเขตด้านตัวอย่างมาหาข้อสรุปด้วยวิธีเดลไฟ (Delphi) จนได้ข้อสรุปแล้วจึงจัดทำผลการศึกษาออกมาในรูปแบบของการวิเคราะห์ความเหนือกว่า และด้อยกว่าของแต่ละปัจจัย (ELECTRE II)

2. วิธีวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) ดำเนินงานโดย เริ่มต้นศึกษาการบริหารจัดการโครงการก่อสร้างถนนระดับดิน แล้วสร้างแผนร่างโครงการก่อสร้างถนนระดับดินด้วยวิธี PCPs ขึ้นมา และวิเคราะห์ความแตกต่าง โดยยืนยันความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของข้อมูลด้วยวิธีเดลไฟ (Delphi) แล้วจึงวิเคราะห์ทางเลือกการก่อสร้างถนนระดับดินแบบชิ้นส่วนสำเร็จด้วยวิธี ELECTRE II โดยมีรายละเอียด อันประกอบไปด้วย

2.1 ทบทวนวรรณกรรม

กระบวนการวิเคราะห์หลายปัจจัยนั้น ถูกนำมาใช้ศึกษาและพิจารณาตัดสินใจในศาลหลายแขนง ไม่ว่าจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการก่อสร้างและบริหารจัดการทางหลวงได้รับการศึกษา มีนักวิจัยหลายท่านที่วิเคราะห์ลำดับความสำคัญของโครงการการวางแผนงานโครงการย่อยระยะเวลา 10 ปีรวมถึงการกำหนดเกณฑ์และปัจจัยในการตัดสินใจให้สอดคล้องกันกับยุทธศาสตร์และหน่วยงานเชิงพื้นที่ โดยการใช้วิธีวิเคราะห์ความด้อยกว่าและเหนือกว่าของปัจจัยเข้ามาศึกษา [4] ผลการศึกษาพบว่าการตัดสินใจแบบหลายกฎเกณฑ์สำหรับพัฒนาแนวการจัดลำดับความสำคัญของโครงการย่อยของกรมทางหลวง สามารถจัดสรรงบประมาณที่มีอยู่อย่างจำกัดให้มีประสิทธิภาพและเป็นไปตามระเบียบแบบแผนในทิศทางเดียวกัน มีความชัดเจนในการใช้งบประมาณในแต่ละกิจกรรม บนพื้นฐานของข้อมูลและ

เหตุผลที่ถูกต้องและครบถ้วน ทั้งนี้สำหรับการวิเคราะห์หลายปัจจัยเพื่อแจ้งความด้อยกว่าและเหนือกว่าของแต่ละปัจจัยนั้น ยังถูกนำไปศึกษาเพื่อวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนในการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าในอาคาร โดยผลลัพธ์ที่ได้สามารถช่วยในการวิเคราะห์ลำดับความสำคัญโดยเปรียบเทียบทีละคู่จากผลต่างของดัชนีความสอดคล้อง รวมถึงความไม่สอดคล้องของแต่ละปัจจัยที่เหนือกว่ากันอย่างหนักแน่น และเหนือกว่ากันอย่างไม่หนักแน่น 3 ารถสรุประดับความสัมพันธ์ของทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดได้ โดยการวิเคราะห์ดังกล่าวเป็นการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตไฟฟ้า จากการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของต้นทุนและผลตอบแทนของโครงการที่ตัดสินใจลงทุนพบว่าอัตราผลตอบแทนภายในระยะเวลาคืนทุน 6 ปี มีผลอยู่ที่ 22.39% [5] โดยสำหรับการซ่อมแซมถนนคอนกรีตนั้น

ยุทธนา ปัญจธนศักดิ์ ได้วิจัยนี้ได้เปรียบเทียบความคุ้มค่าระหว่างถนนสองประเภทคือ ถนนยางมะตอยคอนกรีต และถนนคอนกรีตโดยวิธีวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน โดยอ้างอิงข้อมูลประวัติการก่อสร้าง การบำรุงรักษา และปริมาณการจราจรจากสายทาง ของกรมทางหลวง และอ้างอิงราคากลางการก่อสร้างและบำรุงรักษา ณ ปี พ.ศ. 2556 แสดงผลเป็นมูลค่าปัจจุบันสุทธิในรูป ค่าใช้จ่ายเทียบเท่ารายปี (EUAC) ร่วมกับค่าปริมาณเพลามาตรฐาน (NESA) เป็นตัวแทนของปริมาณการจราจรที่เกิดขึ้นในแต่ละปี ผลการเปรียบเทียบระหว่างสายทางทั้งสองประเภทที่อยู่ในระดับมาตรฐานชั้นทางพิเศษเหมือนกันพบว่ามีค่า EUAC ใกล้เคียงกัน เพราะค่าใช้จ่ายหลักของการสร้างถนนยางมะตอย คือ ราคายางมะตอยซึ่งสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่ราคาปูนซีเมนต์ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายหลักของถนนคอนกรีตกลับค่อนข้างคงที่ จึงทำให้ผลการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานโดย ใช้ราคากลาง ณ ปี พ.ศ. 2556 ไม่มีความแตกต่างกันมากนักแต่หากพิจารณาค่า EUAC/NESA หรือประสิทธิภาพของ ค่าใช้จ่ายต่อการรองรับการจราจรของผิวทางทั้งสองชนิดโดยเฉลี่ยพบว่า ผิวทางคอนกรีตมีค่าใช้จ่ายต่ำกว่ามาก แสดงถึงความ คุ้มค่าในการใช้จ่ายของถนนคอนกรีตที่มากกว่า และการวิเคราะห์เปรียบเทียบครั้งนี้ใช้ระยะเวลา 15 ปี ถึง 17 ปี ซึ่งโดยปกติถนนคอนกรีตจะมีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่าถนนแอสฟัลต์ประมาณ 10 ปีขึ้นไป จึงถือเป็นข้อได้เปรียบหนึ่งของถนนคอนกรีต

เพื่อศึกษาปัญหาและ ข้อจำกัดในการก่อสร้าง ถนนคอนกรีตเสริมเหล็ก มีการศึกษาพฤติกรรมการถ่ายแรงของคอนกรีต และค่ามอดุลัสยืดหยุ่นเมื่อใช้มวลรวมหยาบ 3 ประเภท ได้แก่ กรวดแม่น้ำ หินบะซอลต์ และ หินปูน นำมาทดแทนเหล็กเสริมปกติ ทั้งนี้ผู้อ่านสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในการก่อสร้าง ถนนคอนกรีตไร้เหล็กเสริม และแนวทางการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นขณะดำเนินการก่อสร้าง เพื่อได้ทราบถึงความเหมาะสมในการเลือกใช้วัสดุมวลรวมหยาบที่นำมาทดแทนการใช้เหล็กเสริม จากผลการศึกษาสรุปได้ การก่อสร้างถนนคอนกรีตไร้เหล็กเสริมของถนนสายทาง บ้านสุ่มเส้า หมู่ 1 ตำบลสุ่มเส้า อำเภอเพ็ญ จังหวัดอุดรธานี ระยะทาง 0.765 km. เปรียบเทียบ คุณสมบัติและพฤติกรรมการใช้งานของถนนคอนกรีต ที่ใช้ กรวดแม่น้ำ หินบะซอลต์ และหินปูน มาใช้ก่อสร้างถนนคอนกรีต ไม่ทำให้พฤติกรรมคอนกรีตแตกต่างกัน การถ่ายแรงผ่านรอยต่อของถนนคอนกรีตที่ทดสอบทั้งหมดยังอยู่ในสภาพดี และระยะทางระหว่างรอยต่อตามยาวที่เหมาะสมพบว่าที่ระยะ 4 เมตร เป็นระยะที่เหมาะสมที่จะควบคุมขนาดของรอยแตกได้ และราคาค่าก่อสร้างถนนคอนกรีตไร้เหล็กเสริมมีราคาถูกกว่าถนนคอนกรีตเสริมเหล็กทั่วไป [7]

2.2 ข้อมูลที่ศึกษาเพื่อวิเคราะห์

วิธีสร้างถนนระดับดินแบบหล่อในที่ ใช้โครงการที่ก่อสร้างเสร็จแล้วมาพิจารณามูลค่าของโครงการ แนวเส้นทางการก่อสร้าง แผนงาน ลำดับขั้นตอน และโครงสร้างของต้นทุนที่เกิดขึ้นจริงทั้งหมดในงาน

วิธีสร้างถนนสำเร็จรูป ใช้การสร้างชิ้นงานหล่อสำเร็จรูปของอาคาร และการสร้างแผ่นพื้นทางคอนกรีตสำเร็จรูปเพื่อการซ่อมแซมเฉพาะจุดมาพิจารณาโครงสร้างระบบการจัดการ แนวทางการกำหนดรูปแบบชิ้นส่วนหล่อสำเร็จ แผนงาน ลำดับขั้นตอน และต้นทุนที่เกิดขึ้นจริงทั้งหมดในงาน แล้วจึงแปลงออกเป็นโครงการการก่อสร้างถนนระดับดินด้วยระบบ PCPs ทั้งโครงการ จากวิธีการก่อสร้างถนนทั้งสองรูปแบบ นำมาตั้งเป็นแม่แบบขนาดโครงการก่อสร้างถนนระดับดิน 5 รูปแบบ คือ 1.) ก่อสร้างโดยหล่อในที่ทั้งหมด 2.) ก่อสร้างโดยชิ้นส่วนหล่อสำเร็จทั้งหมด 3.) ก่อสร้างแบบผสมโดยใช้ชิ้นส่วนสำเร็จรูปเฉพาะแนวเส้นทางตรง ผสมกับการหล่อคอนกรีตในที่เฉพาะส่วนที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปทรงของถนนหรือทางโค้ง 4.) เงื่อนไขก่อสร้างแบบผสมโดยวิธีหล่อในที่ ผสมกับวิธีชิ้นส่วนหล่อสำเร็จครั้งละหลายช่วงพร้อมกัน และ 5.)วิธีก่อสร้างแบบผสม โดยสร้างชิ้นส่วนสำเร็จรูปในทางโค้งที่โค้งดิ่งทั้งหมด โดยจะหล่อในที่สำหรับโค้งทางราบทั้งหมด ทั้ง 5 เงื่อนไขนี้จะวิเคราะห์สรุปข้อมูลทำแบบประเมินราคาโครงการ แผนงานก่อสร้าง ข้อกำหนดเฉพาะของแต่ละรูปแบบ ทั้งด้านคุณภาพ ด้านงบประมาณ และด้านระยะเวลาโดยรวมของโครงการ

2.3 การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูล

2.2.1 การทำแบบสอบถาม - สัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทาง

สร้างแบบสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านงานก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐาน งานถนนทางราบ และงานชิ้นส่วนสำเร็จรูป โดยสอบถาม และเก็บข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องจำนวน 2 ครั้ง โดยที่การสัมภาษณ์ครั้งที่ 1 เพื่อยืนยันความถูกต้องของผลลัพธ์ รวบรวมข้อมูลประเด็นที่น่าสนใจ หรือตกหล่นจากผลลัพธ์ ขอข้อเสนอแนะเพิ่มเติมจากผู้เชี่ยวชาญ และการสัมภาษณ์ครั้งที่ 2 เพื่อตอบประเด็นเพิ่มเติม เกลาคำตอบให้มีความแม่นยำ และหาข้อสรุปที่เป็นฉันทามติสำหรับหัวข้อปัจจัย

ปรียา มีบุญ และ พงษ์ชัย อธิคมรัตนกุล (2560) ได้ศึกษาการพัฒนาระบบขนส่งชายฝั่งในอ่าวไทยโดยเทคนิคเดลไฟ โดยกล่าวว่า การแบ่งประเภทผู้เชี่ยวชาญจากภาคส่วนต่างๆ จะทำให้ฉันทามติที่ได้เป็นระหว่างกลุ่ม ประกอบกับ ทำสำรวจมากกว่า 1 รอบ ทำให้คำตอบที่ได้มีความน่าเชื่อถือ ประการที่ 3 ข้อสรุปที่ได้จาก งานวิจัย ที่ใช้เทคนิคเดลไฟที่ผ่านมาได้รับการยอมรับและพิสูจน์แล้วว่ามีความถูกต้องแม่นยำสูง (Hsu และ Sandford, 2007) เมื่อเปรียบเทียบกับการสัมภาษณ์เชิงลึกจากผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่าน ที่ใช้ ระยะเวลาและค่าใช้จ่ายมากกว่า แต่อาจให้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกับเทคนิคเดลไฟ (สุทิติ ขัตติยะ, 2550)

2.2.2 กลุ่มผู้เชี่ยวชาญ

ผู้เชี่ยวชาญที่กำหนดเพื่อทำการสัมภาษณ์เก็บข้อมูลสำหรับทำเดลไฟ ประกอบไปด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านงานก่อสร้างถนนและโครงสร้างพื้นฐาน จำนวน 5 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านงานชิ้นส่วนสำเร็จรูปจำนวน 2 ท่าน โดยเป็นผู้เชี่ยวชาญที่มีคุณวุฒิพื้นฐานตั้งแต่ระดับปริญญาตรีขึ้นไป หรือสูงกว่า และปฏิบัติงานโดยตรงในกลุ่มงานสายอาชีพดังกล่าวอย่างต่อเนื่องไม่น้อยกว่า 10 ปี เพื่อทำการปรับปรุงและทำการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญซ้ำจนกว่าทิศทางของผลลัพธ์จะชัดเจนและเป็นที่ยอมรับในที่สุด

2.4 การวิเคราะห์ด้วยวิธี ELECTRE II

ELECTRE เป็นวิธีการคัดออกและคัดเลือกทางเลือกในการตัดสินใจโดยพิจารณาปัจจัยรอบด้าน ซึ่งยังมีทางเลือกของวิธีการดำเนินการที่มีความแตกต่างกันในรายละเอียดอยู่หลายวิธี แต่ในงานวิจัยนี้ จะกล่าวถึงเพียง ELECTRE II ซึ่งกล่าวโดยรวมคือ วิธีการในการเลือกทางเลือกที่ดีที่สุดหรือดีกว่า และบางทีสามารถจัดลำดับความสำคัญของทางเลือกได้ สำหรับการวิเคราะห์ด้วยวิธี ELECTRE นั้น ผลการวิเคราะห์โดยรวมจะถูกนำมาใช้บ่งชี้ข้อสรุปได้ 4 รูปแบบสำหรับการพิจารณาทางเลือก a และ b คือ

1.) a ได้เปรียบ b และ a ไม่เสียเปรียบ b ซึ่งแทนด้วยสัญลักษณ์ว่า aPb

2.) b ได้เปรียบ a และ b ไม่เสียเปรียบ a ซึ่งแทนด้วยสัญลักษณ์ว่า bPa

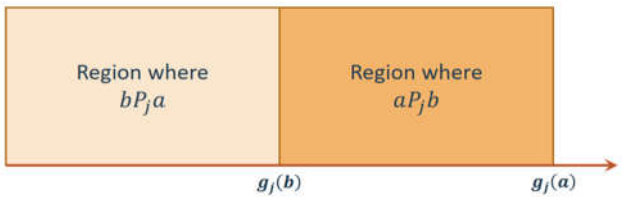
3.) a ไม่แตกต่างกับ b กล่าวคือไม่มีทางเลือกใดได้เปรียบและเสียเปรียบกัน ซึ่งแทนด้วยสัญลักษณ์ว่า aIb

4.) a นั้นไม่สามารถเปรียบเทียบกับ b ได้ ซึ่งแทนด้วยสัญลักษณ์ว่า aRb

การวิเคราะห์แบบ ELECTRE I มีหลักการและแนวคิดที่ค่อนข้างง่ายต่อการทำความเข้าใจ และเป็นไปตาม ทฤษฎีพื้นฐานที่ผู้คนส่วนใหญ่เข้าใจได้โดยง่ายอยู่แล้ว เพราะวิธีการนี้เป็นการรวมการวิเคราะห์ปัจจัยด้วย วิธีเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพเข้าด้วยกันโดยสอดคล้อง กับแนวคิดพื้นฐานในการจัดการกับปัญหาในความเป็นจริง โดยค่าเชิงตัวเลขที่แสดงคุณลักษณะของปัจจัยอาจเป็นค่าเชิงตัวเลขจริง (ratio numerical scale) หรือ ค่าแทนปริมาณ (ordinal scale) ก็ได้ซึ่งผลการวิเคราะห์สามารถวิเคราะห์พิจารณารวมถึง ค่าความผิดพลาด ค่าความไม่แน่นอน และค่าที่ไม่สามารถสรุปผลได้อย่างชัดเจน ไปพร้อมๆกันได้

แต่เนื่องจาก ELECTRE I นั้น มีข้อจำกัดในการเรียงลำดับความเหนือกว่าของทางเลือกโดยตรง ซึ่งในการจะทำความเข้าใจกับข้อได้เปรียบของทางเลือกในกลุ่มได้อย่าง ชัดเจนนั้น จำเป็นจะต้องทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) ด้วยการปรับขอบเขต การตรวจสอบค่าความสอดคล้อง และความไม่สอดคล้อง (Concordance and Discordance Threshold) หลายๆ ค่าเพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างทางเลือกในกลุ่มที่พิจารณา โดยหลักแล้ววิธี ELECTRE II ได้ปรับปรุงจาก ELECTRE I โดยการเพิ่มการกำหนดขอบเขตการตรวจสอบ ความสอดคล้อง (Concordance Threshold) ให้มีหลายขอบเขตในการวิเคราะห์ในครั้งเดียวเพื่อทดแทนการที่จะต้องทำการปรับขอบเขตการตรวจสอบหลายๆ ครั้งเพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์

พื้นฐานการวิเคราะห์ทางเลือกด้วยวิธี ELECTRE II นั้น ขอบเขตการตรวจสอบในการวิเคราะห์ด้วยวิธี ELECTRE II ถูกกำหนดให้มี 3 ระดับ และขอบเขตการตรวจสอบความไม่สอดคล้อง (Discordance Threshold) ให้มี 2 ระดับ เพื่อการตรวจสอบความเหนือกว่า (Dominance) ได้อย่างละเอียดและแม่นยำมากขึ้น นอกจากนั้น การวิเคราะห์แบบ ELECTRE II เป็นวิธีการวิเคราะห์เปรียบเทียบทางเลือกที่พัฒนาขีดความสามารถในการวิเคราะห์ด้วยวิธี ELECTRE I ที่ไม่สามารถใช้ในการจัดลำดับความสำคัญของทางเลือกให้สามารถจัดลำดับทางเลือกได้โดยตรง ELECTRE II ได้เพิ่มกรอบวิธีในการพิจารณาความได้เปรียบของทางเลือกเพื่อใช้ในการจัดลำดับ ทางเลือกโดยกำหนด ให้วิเคราะห์ด้วยการเลือกทางเลือกที่ได้เปรียบที่สุด ไปยังด้อยที่สุด เรียกว่า การวิเคราะห์ขาลง (Rank Descending) และการเลือกทางเลือกที่ด้อยที่สุดไปยังทางเลือกที่ได้เปรียบที่สุด ซึ่งเรียกว่าการวิเคราะห์ขาขึ้น (Rank Ascending)



รูปที่ 1 ขอบเขตเงื่อนไขพิจารณาของ ELECTRE II

$$aI_jb \leftrightarrow g_j(a) = g_j(b) \quad (1)$$

$$aP_jb \leftrightarrow g_j(a) > g_j(b) \quad (2)$$

$$bP_ja \leftrightarrow g_j(a) > g_j(a) \quad (3)$$

เมื่อ I คือ ความสัมพันธ์แบบไม่แตกต่างกัน (Equivalent)
และ P คือ ความสัมพันธ์แบบเหนือกว่า (Preference)

ตารางที่ 1 ตัวแปรในการวิเคราะห์ ELECTRE II

ตัวแปร	ความหมาย
a_i	ทางเลือก I
g_j	ปัจจัย j
$g_i(a_i)$	คะแนนของทางเลือก i ภายใต้ปัจจัย j
$Ng_i(a_i)$	คะแนนของทางเลือก i ภายใต้ปัจจัย j ที่ผ่านการ normalize แล้ว (Normalized Score)
w_j	ค่าถ่วงน้ำหนักของปัจจัย j ที่ผ่านการ normalize แล้ว (Normalized Weight)
Nw_j	ลำดับทางเลือกจากการประเมิน : เหนือกว่า ⟶ ด้อยกว่า
$C_{lk}(a_l,a_k)$	ค่าความสอดคล้องกับความพึงใจ ของทางเลือก l เทียบกับ k
$d_{lk}(a_l,a_k)$	ค่าความไม่สอดคล้องกับความพึงใจ ของทางเลือก l เทียบกับ k
$S_{lk}(a_l,a_k)$	ค่าบ่งชี้ความเหนือกว่า (Credibility) ของทางเลือก l เทียบกับ k
$F(a_l,a_k)$	ค่าบ่งชี้ว่าทางเลือก l เหนือกว่าทางเลือก k อย่างหนักแน่น (Strongly Dominate)
$f(a_l,a_k)$	ค่าบ่งชี้ว่าทางเลือก l เหนือกว่าทางเลือก k อย่างไม่หนักแน่น (Weakly Dominate)
p^-, p^0 และ p^+	ค่าขอบเขตการตรวจสอบความสอดคล้อง (Concordance) มีความสัมพันธ์คือ $0.5 \le p^- \le p^0 \le p^+ \le 1.0$
q^- และ q^+	ค่าขอบเขตการตรวจสอบความไม่สอดคล้อง (discordance) มีความสัมพันธ์คือ $0 \le q^- \le q^+ \le 1.0$

ลักษณะของ เมทริกซ์ประสิทธิภาพ (Performance Matrix) ที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ด้วยวิธี ELECTRE II นั้นไม่แตกต่างกับ ELECTRE I และยังคงควรจะทำการปรับค่าให้เป็นค่าปกติ (Normalized Value) ก่อนทำการวิเคราะห์เช่นเดียวกัน และการสร้างเมทริกซ์ความสอดคล้อง (Concordance Matrix) และ เมทริกซ์ความไม่สอดคล้อง (Discordance Matrix) เพื่อนำมาพิจารณาเปรียบเทียบ จะทำเหมือนวิธี ELECTRE I ทุกประการ โดย ความแตกต่างจะอยู่ ที่ขั้นตอนการสร้าง เมทริกซ์ความเชื่อถือ (Credibility Matrix) ซึ่งในการคำนวณเพื่อสร้าง Credibility Matrix นั้น การบ่งชี้ว่าทางเลือก a เหนือกว่าทางเลือก *b* อย่างหนักแน่น (หรือแทนด้วย aP_jFb) ให้พิจารณาว่า ค่าความสอดคล้อง (Concordance) ≥ p^+ และค่าความไม่สอดคล้อง (Discordance) ≤ q^- หรือพิจารณาว่า ค่าความสอดคล้อง (Concordance) ≥ p^0 และค่าความไม่สอดคล้อง (Discordance) ≤ q^+ และ ค่าความสอดคล้อง (Concordance) (a,b) ≥ ค่าความสอดคล้อง (Concordance) (b,a)

และการบ่งชี้ว่าทางเลือก a เหนือกว่าทางเลือก b อย่างไม่หนักแน่น (หรือแทนด้วย aP_jfb) ให้พิจารณาว่า ค่าความสอดคล้อง (Concordance) ≥ p^- และค่าความไม่สอดคล้อง (Discordance) ≤ q^+ และ ค่าความสอดคล้อง (Concordance) (a,b) ≥ ค่าความสอดคล้อง (Concordance) (b,d)

เมทริกซ์ความเชื่อถือ (Credibility Matrix) สำหรับพิจารณาสรุปทางเลือกที่ได้เปรียบในการวิเคราะห์ประเมินด้วยวิธี ELECTRE II นั้นจะต้องระบุว่าความสัมพันธ์ระหว่างทางเลือกนั้นเป็นการ เหนือกว่ากันอย่างหนักแน่น (Strong Dominance) หรือ เหนือกว่ากันอย่างไม่หนักแน่น (Weak Dominance) ด้วย เพื่อการสรุปวิเคราะห์ลำดับความสำคัญของทางเลือกได้อย่างละเอียดถูกต้องและง่ายมากขึ้น ซึ่งการวิเคราะห์เพื่อสรุปทางเลือกที่ได้เปรียบ จะวิเคราะห์ลำดับทางเลือกขาลง (Descending) ซึ่งพิจารณาตามหลักในแนวตั้งของเมทริกซ์ และการวิเคราะห์ลำดับทางเลือกขาขึ้น (Ascending) จะพิจารณาตามแถวในแนวนอนของเมทริกซ์ ซึ่งวิธีพิจารณาสรุปทางเลือกที่ได้เปรียบด้วยวิธี ELECTRE II จะต้องวิเคราะห์ 2 ครั้ง (2 ทิศทางการวิเคราะห์) เพื่อเปรียบเทียบกันด้วยวิธีการวิเคราะห์จากปัจจัย เหนือกว่า ⟶ ด้อยกว่า และการวิเคราะห์จากปัจจัย ด้อยกว่า ⟶ เหนือกว่า สามารถทำได้ดังอธิบายในตาราง

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ลำดับทางเลือกขาลง (**Descending**)

N	ขั้นที่
A	กลุ่มทางเลือกที่ยังไม่ได้ถูกประเมิน
D	กลุ่มทางเลือกที่ไม่ได้ถูกบ่งชี้ว่ามีความสัมพันธ์อย่างหนักแน่นกับทางเลือกใดๆ
E	ทางเลือกจากกลุ่ม D ที่มีความสัมพันธ์อย่างไม่หนักแน่นกับทางเลือกในกลุ่ม
G	ทางเลือกจากกลุ่ม E ที่ไม่ด้อยกว่าทางเลือกใดๆ ในกลุ่มอย่างไม่หนักแน่น
L	(D – E) + G
R	ลำดับทางเลือกจากการประเมิน : เหนือกว่า ⟶ ด้อยกว่า

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์ลำดับทางเลือกขาขึ้น (**Ascending**)

N	ขั้นที่
A	กลุ่มทางเลือกที่ยังไม่ได้ถูกประเมิน
D	กลุ่มทางเลือกที่ไม่ได้ถูกบ่งชี้ว่ามีความสัมพันธ์อย่างหนักแน่นกับทางเลือกใดๆ
E	ทางเลือกจากกลุ่ม D ที่มีความสัมพันธ์อย่างไม่หนักแน่นกับทางเลือกในกลุ่ม
G	ทางเลือกจากกลุ่ม E ที่ไม่ด้อยกว่าทางเลือกใดๆ ในกลุ่มอย่างไม่หนักแน่น
L	(D – E) + G
R’	ลำดับทางเลือกจากการประเมิน : ด้อยกว่า ⟶ เหนือกว่า

2.5 เงื่อนไขในการก่อสร้างที่นำมาพิจารณา

สำหรับการพิจารณาการก่อสร้างจากถนนที่ก่อสร้างแล้ว จะใช้เส้นทางของถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 3064 มาเป็นแนวเส้นทางที่ก่อสร้างแล้วเสร็จเพื่อใช้ในการวิเคราะห์เงื่อนไข เส้นทางเป็นถนน 2 way – 4 lane โดยใช้ตั้งแต่ช่วงสถานีหลักกิโลเมตรที่ [1+155.150] ถึง หลักกิโลเมตรที่ [12+738.180] รวมระยะทางที่นำมาพิจารณาทั้งสิ้น 12,098.156 เมตร มีส่วนที่เป็นทางโค้งทั้งสิ้นเจ็ดจุด และมีโค้งที่มีค่ารัศมีความโค้งน้อยกว่าห้าร้อยเมตรหกจุด ข้อมูลสำหรับแนวเส้นทาง สามารถสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 4 แนวเส้นทางที่ใช้เป็นข้อมูลวิเคราะห์

Start Station	End Station	Length, m	PI Station	Radius, m.
[1+155.15]	[1+547.35]	392.203	-	-
[1+547.35]	[1+876.35]	328.999	[1+729.130]	311.000
[1+876.35]	[3+810.49]	1,934.135	-	-
[3+810.49]	[4+212.86]	402.369	[4+027.020]	439.414
[4+212.86]	[7+363.24]	3,150.384	-	-
[7+363.24]	[8+589.84]	1,226.599	[7+981.470]	3,968.079
[8+589.84]	[9+060.04]	470.202	[8+826.030]	1,997.220
[9+060.04]	[9+996.49]	936.445	-	-
[9+996.49]	[10+317.24]	320.748	[10+168.290]	361.435
[10+317.24]	[11+873.04]	1,555.807	-	-
[11+873.04]	[12+313.01]	439.965	[12+094.000]	1,915.607
[12+313.01]	[12+738.18]	425.176	[12+529.220]	949.055
[12+738.18]	[13+253.31]	515.124	-	-

จากลักษณะของแนวเส้นทางที่ได้กล่าวมาตามตารางข้างต้น จะทำการพิจารณาลงรายละเอียดในเรื่องของเวลาการก่อสร้าง ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นที่มีความแตกต่างกันในแต่ละรายละเอียดวิธี รวมถึงขีดความสามารถในการก่อสร้างและความคุ้มค่าในการลงทุน ซึ่งจะพิจารณาการก่อสร้าง โดยการก่อสร้าง ที่ทำขึ้นในโครงการที่มีลักษณะเดียวกันซ้ำสองครั้ง หมายความว่าสร้างโครงการขึ้นมาใหม่ตั้งแต่ต้น จนแล้วเสร็จ แล้วจึงสร้างโครงการในลักษณะเดียวกัน ขึ้นมาใหม่อีกครั้งจนแล้วเสร็จ โดยกำหนดแบ่งเงื่อนไขในการพิจารณาออกเป็นห้าหัวข้อย่อย ของลักษณะการก่อสร้างดังนี้

1. การก่อสร้างถนนคอนกรีตด้วยวิธีการหล่อในที่ทั้งหมด วิธีนี้จะเป็นวิธีการก่อสร้างถนนที่หล่อในที่จากโครงการที่ได้ทำแล้ว เป็นโครงการตัวอย่างสำหรับนำมาสร้าง เงื่อนไข 2 – 5 หรือ JRCP 100%

2. วิธีการชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปทั้งหมด วิธีการนี้จะใช้การแปลงการก่อสร้างถนนแบบหล่อในที่ทั้งหมด ให้มาอยู่ในรูปแบบของ การก่อสร้างด้วยวิธีชิ้นส่วนพื้นฐานสำเร็จรูป หรือ PCPs 100%

3. วิธีการก่อสร้างแบบผสม วิธีนี้จะใช้การก่อสร้างคอนกรีตในแนวเส้นตรงด้วยวิธีการชิ้นส่วนสำเร็จรูป และใช้วิธีการหล่อในที่ในแนวเส้นทางที่เป็นทางโค้ง ทั้งโค้งราบและโค้งดิ่ง หรือ Straight PCPs

4. วิธีการชิ้นส่วนสำเร็จรูป โดยการสร้างชิ้นส่วนสำเร็จรูปในทางโค้งที่มีลักษณะมี รัศมีความโค้งไม่เกิน 500 เมตร และโค้งดิ่งก่อสร้างด้วยวิธีการแบบหล่อในที่ทั้งหมด หรือ Curve<500 PCPs

5. วิธีก่อสร้างแบบผสม โดยสร้างชิ้นส่วนสำเร็จรูปในทางโค้งที่โค้งดิ่งทั้งหมด และหล่อในที่สำหรับโค้งทางราบทั้งหมด หรือ Vertical PCPs

โดยเงื่อนไขทั้ง 5 รูปแบบสรุปปริมาณงานที่แตกต่างกันได้ดังตารางที่ 5 ซึ่งแสดงสัดส่วนของแต่ละเงื่อนต้องทำชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป

ตารางที่ 5 ระยะทางรูปแบบการก่อสร้างแต่ละเงื่อนไข

ประเภท	PCPs	หล่อในที่	สัดส่วน PCPs
CASE 1 JRCP 100%	0.000	12,098.156	0.00%
CASE 2 PCPs 100%	12,098.156	0.000	100.00%
CASE 3 STRAIGHT PCPs	8,484.098	3,614.058	70.13%
CASE 4 CURVE R<500 PCPs	9,536.214	2,561.942	78.82%
CASE 5 VERTICAL PCPs	10,082.211	2,015.945	83.34%

2.6 เงื่อนไขสำหรับการพิจารณาทางเลือก

เพื่อกำหนดวิธีการก่อสร้างที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการก่อสร้างถนนในระดับดินโดยระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป หลังการรวบรวมข้อมูลจากโครงการก่อสร้างที่แล้วเสร็จทั้งวิธีหล่อในที่และวิธีปูผิวทางด้วยคอนกรีตสำเร็จรูป สามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อหาประสิทธิภาพของแต่ละวิธีตามเกณฑ์ที่กล่าวไว้ก่อนหน้านี้ เช่น ต้นทุนโครงการ, ระยะเวลาก่อสร้างที่สั้นลง, คุณภาพของการก่อสร้าง, ระยะเวลาก่อสร้างทั้งหมด, ปัญหาและข้อจำกัดทางเทคนิค, มูลค่าเครื่องจักรที่ลงทุนและใช้ในการก่อสร้าง, ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและบำรุงรักษารายปี และต้นทุนการก่อสร้างเมื่อดำเนินการก่อสร้างโครงการซ้ำ

หลังจากวิเคราะห์ข้อมูลแล้ว สามารถสร้างเมทริกซ์ประสิทธิภาพ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของทั้งวิธีก่อสร้างผิวทางแบบหล่อในที่และแบบคอนกรีตสำเร็จรูปโดย ELECTRE II โดยเงื่อนไขปัจจัยสำหรับพิจารณาสามารถอธิบายดังนี้

1.) ต้นทุนโครงการสำหรับการดำเนินการครั้งแรก: ปัจจัยนี้ประเมินต้นทุนรวมของโครงการก่อสร้างตั้งแต่เริ่มต้นโครงการจนถึงการก่อสร้างซ้ำครั้งที่สองเสร็จสิ้น ทั้งต้นทุนทางตรงและทางอ้อมจะถูกพิจารณาเพื่อสรุปต้นทุนโดยรวมของโครงการ

2.) ระยะเวลาการก่อสร้างที่สั้นลง: คือความสามารถในการลดระยะเวลาการก่อสร้างโดยรวมของโครงการ โดยจะประเมินศักยภาพในการประหยัดต้นทุนหากระยะเวลาก่อสร้างโครงการลดลง คิดเป็นสัดส่วนโดยเปรียบเทียบจากค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นที่จะต้องจ่าย ส่วนด้วยวันที่ลดลงทั้งหมดของโครงการ

3.) คุณภาพการก่อสร้าง: จะชี้ให้เห็นถึงประสิทธิภาพของงานก่อสร้างที่ทำได้โดยการวัดความสม่ำเสมอของชิ้นงานที่ผลิตได้ ปริมาณวัสดุที่ใช้ และปริมาณวัสดุที่เหลือจากการใช้งาน และความสามารถในการจัดสรรวัสดุหลังการใช้งานแล้ว ซึ่งปัจจัยนี้วัดได้จากการประเมินคุณภาพของโครงการที่เสร็จสมบูรณ์ โดยคำนึงถึงประสิทธิภาพของฝ่ายบริหารและการจัดสรรพื้นที่ทำงาน

4.) ระยะเวลาการก่อสร้างทั้งหมด: ปัจจัยนี้วัดระยะเวลาทั้งหมดของโครงการตั้งแต่เริ่มต้นจนเสร็จสิ้น หน่วยการวัดที่ใช้ในปัจจัยนี้คือวัน และจะมีการประเมินเพื่อพิจารณาว่าวิธีการก่อสร้างแบบใดที่สามารถส่งมอบโครงการได้ภายในระยะเวลาที่สั้นที่สุด ในขณะที่ยังคงรักษาผลลัพธ์ที่มีคุณภาพสูง

5.) ปัญหาทางเทคนิคและข้อจำกัด: ปัจจัยนี้ประเมินความสามารถในการจัดการกิจกรรม ของผู้ปฏิบัติงานในการใช้วิธีก่อสร้างแบบต่างๆ เปรียบเทียบความเชี่ยวชาญของพวกเขาในด้านความถนัดทางวิธีการก่อสร้างแบบดั้งเดิมและการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูป ระดับความยากของงานก่อสร้างได้รับการประเมินเพื่อระบุการฝึกอบรมที่จำเป็นแก่ผู้ปฏิบัติให้ได้รับมาตรฐานที่กำหนด รวมถึงความยากในการจัดสรรแรงงานทดแทนที่จะมาสับเปลี่ยนเพื่อให้สามารถปฏิบัติงานต่อไปได้ ปัจจัยนี้จะตัดสินโดยใช้วิธีการวิเคราะห์จากผู้เชี่ยวชาญ

6.) มูลค่าเครื่องจักรที่ลงทุนและใช้ในการก่อสร้าง: เกณฑ์นี้พิจารณาเฉพาะเครื่องจักรที่ไม่เหมือนกันในแต่ละโครงการ และต้องลงทุนเพิ่มเติมที่แตกต่างจากก่อสร้างถนนคอนกรีตแบบหล่อในที่ ซึ่งก่อสร้างถนนแบบหล่อในที่หรือวิธีการแบบดั้งเดิมปัจจุบัน ปัจจัยนี้จะมีค่าสูงที่สุด เนื่องจากไม่มีความจำเป็นต้องลงทุนเพิ่มเติม

7.) ต้นทุนการดำเนินงานและการบำรุงรักษาประจำปี: เกณฑ์นี้พิจารณาต้นทุนของการบำรุงรักษาสายงานที่สร้างขึ้น ระดับความยากในการบำรุงรักษาจะประเมินตามจำนวนการซ่อมแซมที่จำเป็นและความถี่ของเวลาซ่อมสำหรับแต่ละรอบการบำรุงรักษา

8.) ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างซ้ำสำหรับโครงการในลักษณะเดียวกัน: ปัจจัยนี้ พิจารณาโดยเงื่อนไขที่ว่า เงื่อนไขโครงการที่นำมาพิจารณานั้นจะพิจารณาตั้งแต่การก่อสร้างครั้งแรกจนแล้วเสร็จที่การก่อสร้างซ้ำในครั้งที่สองโดยใช้โครงการที่มีลักษณะเดียวกันทุกประการเป็นเครื่องพิจารณา หรือกล่าวคือ ส่วนต่างของต้นทุนหากโครงการทำซ้ำในลักษณะเดียวกันทุกประการ มูลค่าส่วนต่างจะคำนวณโดยการหักต้นทุนของวัสดุที่นำกลับมาใช้ซ้ำได้ ในกรณีของการก่อสร้างแบบหล่อในที่ 100 เปอร์เซ็นต์ จะไม่มีวัสดุใดที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ จะสามารถนำมาใช้ได้เพียงอุปกรณ์บางส่วนเท่านั้น ส่งผลให้ต้นทุนสูงขึ้น ปัจจัยนี้จะเป็นตัวสำคัญสำหรับชี้วัด ความแตกต่างด้านราคาของการก่อสร้างซ้ำในครั้งที่สอง

3. ผลวิจัย

ผลการวิจัยนี้ จะละส่วนการก่อสร้างถนนไปที่ช่วงขั้นตอน การเตรียมแนวเส้นทาง และการตัดขึ้นรูปคันทางแล้วเสร็จ โดยจะเน้นพิจารณาตั้งแต่การทำชั้นรองพื้นทาง และการทำชั้นพื้นทาง เนื่องจากผลของแต่ละวิธีมีลักษณะแบบเดียวกันเพราะไม่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น ดังนั้นจะเน้นหนัก

ไปในการพิจารณาในส่วนของ การจัดเตรียมสถานที่ และการตั้งโรงผลิตสำหรับผลิตชิ้นงานคอนกรีตสำเร็จรูป ในส่วนที่ใกล้กับโครงการ และค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการใช้สำหรับการเช่าพื้นที่และการจัดสรร งานทั่วไปภายในโรงผลิต และค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นสำหรับการจัดสรรงานทั่วไปสำหรับหน่วยผลิตคอนกรีตสด ค่าใช้จ่ายของโครงการแต่ละเงื่อนไข

ผลการวิจัยนี้ จะละส่วนการก่อสร้างถนนไปที่ช่วงขั้นตอน การเตรียมแนวเส้นทาง และการตัดขึ้นรูปคันทางแล้วเสร็จ โดยจะเน้นพิจารณาตั้งแต่การทำชั้นรองพื้นทาง และการทำชั้นพื้นทาง เนื่องจากผลของแต่ละวิธีมีลักษณะแบบเดียวกันเพราะไม่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น ดังนั้นจะเน้นหนักไปในการพิจารณาในส่วนของ การจัดเตรียมสถานที่ และการตั้งโรงผลิตสำหรับผลิตชิ้นงานคอนกรีตสำเร็จรูป ในส่วนที่ใกล้กับโครงการ และค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการใช้สำหรับการเช่าพื้นที่และการจัดสรร งานทั่วไปภายในโรงผลิต และค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นสำหรับการจัดสรรงานทั่วไปสำหรับหน่วยผลิตคอนกรีตสด ค่าใช้จ่ายของโครงการแต่ละเงื่อนไข

โดยในสาระสำคัญของกิจกรรมที่จะนำมาพิจารณา จะประกอบไปด้วยงานทำผิวทางด้วยชิ้นส่วนสำเร็จรูป ตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมแผ่นในโรงผลิต การจัดสรรพื้นที่จัดเก็บภายในโรงผลิต การจัดส่งเข้าพื้นที่ก่อสร้างและติดตั้งไปจนถึงการทำร่องรอยต่อ และประกอบแผ่นจนแล้วเสร็จ เทียบกับงานทำผิวทางคอนกรีตหล่อในที่ ที่จะพิจารณาตั้งแต่ งานเตรียมชั้นรองผิวทาง งานทำพื้นทางหล่อในที่ งานทำร่องรอยต่อและงานอื่นๆ จนถึงการติดตั้งอุปกรณ์อำนวยความสะดวก และการตรวจสอบความพร้อมของเส้นทาง เพื่อเปิดใช้งานแนวเส้นทาง โดยปริมาณงาน ครับและค่าใช้จ่ายสำหรับการก่อสร้างรูปแบบการหล่อในที่ทั้งหมด (CASE I JRCP100%) แสดงอยู่ในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่าใช้จ่ายของการก่อสร้างแบบหล่อในที่ CASE I

NO.	DESCRIBTION	Unit	CASE I		
			QT'Y	TOTAL	%
Total	งานทั่วไป	ตร.ม.	368,993.76	83,515,587.50	23.2%
Total	งานผิวทางคอนกรีต	ตร.ม.	169,374.18	217,753,452.60	60.4%
Total	รอยต่อเพื่อการขยายตัว (TRANSVERSE JOIINT)	ม.	16,937.42	5,690,125.71	1.6%
Total	ทำร่องรอยต่อ (LONGITUDINAL JOIINT)	ตร.ม.	24,196.31	1,300,551.77	0.4%
Total	ทำร่องรอยต่อ (LONGITUDINAL (EDGE) JOIINT)	ตร.ม.	48,392.62	14,112,434.72	3.9%
Total	งานผิวทางคอนกรีตหล่อในที่	ตร.ม.	169,374.18	238,856,564.80	66.3%
Total	งานอื่นๆ	ตร.ม.	29,035.57	37,974,695.55	10.5%
SUM			-	360,346,847.85	100%

จากตารางเงื่อนไขการก่อสร้างแบบหล่อในที่ สัดส่วนของงานผิวทางคอนกรีตมีปริมาณถึง 66.3% ของมูลค่างานทั้งหมด และงานทั่วไปที่ 23.2% ซึ่งงานผิวทางหล่อในที่นี้ รวมไปถึงการเตรียม ประกอบแบบเพื่อหล่อคอนกรีตในที่ รวมถึงการบ่มคอนกรีต จนแล้วเสร็จ และในส่วนของงานอื่นๆ อีก 16.4% อยู่ในส่วนของงานเตรียมการด้านการเบี่ยงการจราจรและงานทำรอยต่อ ซึ่งปริมาณงานดังกล่าวจะใช้เป็นตัวอย่างเปรียบเทียบเพื่อจำลองและสร้างวิธีการหล่อคอนกรีตแบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปทั้งหมด ดังแสดงในตารางที่ 7 ค่าใช้จ่ายของการก่อสร้างแบบคอนกรีตสำเร็จรูปทั้งหมด CASE II ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับ รูปแบบการก่อสร้างเงื่อนไขที่ 2 จะพบว่า หากเปรียบเทียบกันที่ราคา ของงานผิวทางอย่างเดียวจะพบว่ามูลค่าโดยรวมของงานผิวทางแบบหล่อสำเร็จรูปนั้น ถูกกว่า

ตารางที่ 7 ค่าใช้จ่ายของการก่อสร้างแบบคอนกรีตสำเร็จรูปทั้งหมด CASE II

NO.	DESCRIBTION	Unit	CASE II		
			QT'Y	TOTAL	%
Total	งานทั่วไป	ตร.ม.	368,993.76	83,515,587.50	21.81%
Total	งานหน่วยผลิตและส่วนหน้างาน PCPs		168,000.00	233,090,500.00	60.87%
Total	PRECAST TRANSVERSE JOIINT	ม.	16,800.00	21,658,334.40	5.66%
Total	PRECAST LONGITUDINAL JOIINT	ม.	24,000.00	13,795,224.00	3.60%
Total	PRECAST LONGITUDINAL (EDGE) JOIINT	ม.	48,000.00	4,137,600.00	1.08%
Total	งานผิวทางคอนกรีต แบบหล่อสำเร็จ PCPs	ตร.ม.	168,000.00	272,681,658.40	71.21%
Total	งานผิวทางคอนกรีตหล่อในที่	ตร.ม.	-	-	0.00%
Total	งานอื่นๆ	ตร.ม.	29,035.57	26,754,695.55	6.99%
SUM			-	382,951,941.45	100.00%

แต่หากพิจารณาถึงงานรอยต่อที่เกิดขึ้นของคอนกรีตสำเร็จรูปจะพบว่าราคางานของรอยต่อนั้นมีสูงกว่า ซึ่งในจุดนี้ หากเปรียบเทียบกันต่อที่ด้านระยะเวลาโดยรวมของโครงการ (รูปที่ X) จะพบว่า มูลค่างานที่เพิ่มขึ้น 22,605,093.60 บาท ลดระยะเวลารวมของโครงการได้ 70 วัน แสดงว่าค่าใช้จ่ายในการลดราคาต่อวันคือ 322,929.91 บาทต่อวัน แต่ในด้านค่าใช้จ่ายของรอยต่อนั้นกลับมีมูลค่าสูงมากกว่าถึง 18,488,046.20 บาท หรือคิดเป็น สอง เท่าของราคารอยต่อ งานก่อสร้างแบบหล่อในที่ทั้งหมด

ในส่วนต่อไปจะเป็นการเปรียบเทียบ ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นระหว่างกรณีของการก่อสร้างแบบหล่อสำเร็จรูป ทั้งหมด โดยเปรียบเทียบกับการหล่อแบบผสมอีก 3 แบบ ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ค่าใช้จ่ายของการก่อสร้างแบบผสม CASE III

NO.	DESCRIBTION	Unit	CASE III		
			QT'Y	TOTAL	%
Total	งานทั่วไป	ตร.ม.	368,993.76	83,515,587.50	22.00%
Total	งานหน่วยผลิตและส่วนหน้างาน PCPs		116,200.00	166,566,900.00	40.39%
Total	PRECAST TRANSVERSE JOIINT	ม.	11,620.00	14,980,347.96	3.95%
Total	PRECAST LONGITUDINAL JOIINT	ม.	16,600.00	9,541,696.60	2.51%
Total	PRECAST LONGITUDINAL (EDGE) JOIINT	ม.	33,200.00	2,861,840.00	0.75%
Total	งานผิวทางคอนกรีต แบบหล่อสำเร็จ PCPs	ตร.ม.	116,200.00	193,950,784.56	51.10%
Total	งานผิวทางคอนกรีต	ตร.ม.	53,174.18	70,356,779.59	18.54%
Total	รอยต่อเพื่อการขยายตัว (TRANSVERSE JOIINT)	ม.	5,317.42	1,786,386.71	0.47%
Total	ทำร่องรอยต่อ (LONGITUDINAL JOIINT)	ตร.ม.	1,519.26	81,660.35	0.02%
Total	ทำร่องรอยต่อ (LONGITUDINAL (EDGE) JOIINT)	ตร.ม.	6,077.05	1,815,518.57	0.48%
Total	งานผิวทางคอนกรีตหล่อในที่	ตร.ม.	53,174.18	74,040,345.22	19.51%
Total	งานอื่นๆ	ตร.ม.	29,035.57	23,244,695.55	7.39%
SUM			-	379,561,412.83	100%

จากตารางค่าใช้จ่ายของการก่อสร้างเงื่อนไขแบบผสมรูปแบบที่ 3 นั้นจะเห็นว่ามูลค่าโดยรวมของโครงการนั้นถูกกว่าเงื่อนไขที่ สอง และมีสัดส่วนมูลค่าการทำ แผ่นชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป ที่ถูกกว่าเนื่องจาก ในส่วนที่เป็นทางโค้งไม่มีความจำเป็นที่จะต้อง ทำแบบขึ้นมา และไม่มีความจำเป็นสำหรับการจัดหาแบบหล่อคอนกรีตรูปแบบพิเศษที่มีราคาสูงกว่ามาก จึงทำ

ให้ราคาโดยรวมของโครงการนั้นต่ำกว่า รูปแบบที่ สอง แต่ก็ยังสูงกว่าค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างแบบหล่อในที่ ทั้งหมด สำหรับอีก สอง เงื่อนไขที่เหลือแสดงได้ในตารางที่ 9 และตารางที่ 10 ตามลำดับ

ตารางที่ 9 ค่าใช้จ่ายของการก่อสร้างแบบผสม CASE IV

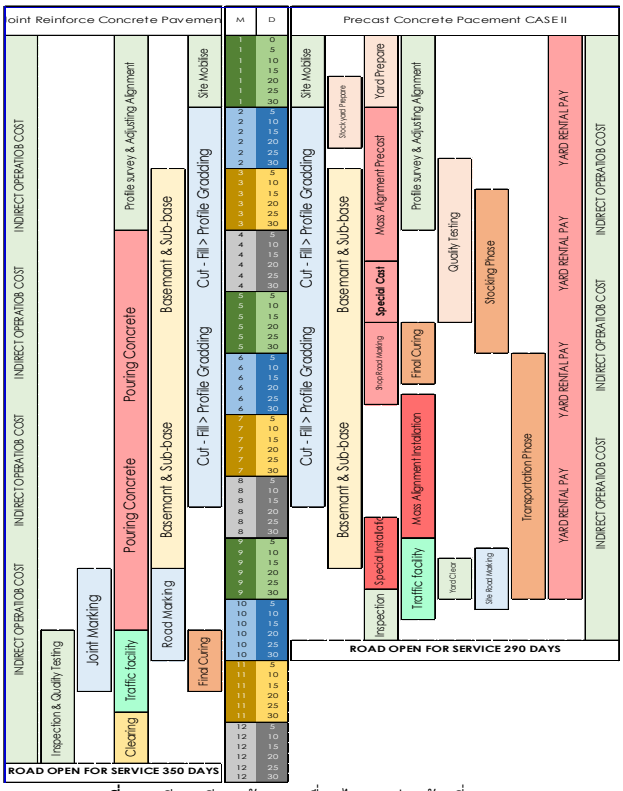
NO.	DESCRIBTION	Unit	CASE IV		
			QTY	TOTAL	%
Total	งานทั่วไป	ตร.ม.	368,993.76	83,515,587.50	21.76%
Total	งานหน่วยผลิตและส่วนหน้างาน PCPs		130,900.00	182,731,300.00	43.70%
Total	PRECAST TRANSVERSE JOIINT	ม.	13,090.00	16,875,452.22	4.40%
Total	PRECAST LONGITUDINAL JOIINT	ม.	18,700.00	10,748,778.70	2.80%
Total	PRECAST LONGITUDINAL (EDGE) JOIINT	ม.	37,400.00	3,223,880.00	0.84%
Total	งานผิวทางคอนกรีต แบบหล่อสำเร็จ PCPs	ตร.ม.	130,900.00	213,579,410.92	55.64%
Total	งานผิวทางคอนกรีต	ตร.ม.	38,474.18	50,906,705.59	13.26%
Total	รอยต่อเพื่อการขยายตัว (TRANSVERSE JOINT)	ม.	3,847.42	1,292,540.21	0.34%
Total	ทำร่องรอยต่อ (LONGITUDINAL JOIINT)	ตร.ม.	4,397.05	61,146.47	0.02%
Total	ทำร่องรอยต่อ (LONGITUDINAL (EDGE) JOIINT)	ตร.ม.	4,397.05	6,291,628.35	1.64%
Total	งานผิวทางคอนกรีตหล่อในที่	ตร.ม.	38,474.18	58,552,020.62	15.25%
Total	งานอื่นๆ	ตร.ม.	29,035.57	23,244,695.55	7.36%
SUM			-	383,881,714.59	100%

ตารางที่ 10 ค่าใช้จ่ายของการก่อสร้างแบบผสม CASE V

NO.	DESCRIBTION	Unit	CASE V		
			QTY	TOTAL	%
Total	งานทั่วไป	ตร.ม.	368,993.76	83,515,587.50	22.11%
Total	งานหน่วยผลิตและส่วนหน้างาน PCPs		137,200.00	184,820,900.00	44.78%
Total	PRECAST TRANSVERSE JOIINT	ม.	13,720.00	17,687,639.76	4.68%
Total	PRECAST LONGITUDINAL JOIINT	ม.	19,600.00	11,266,099.60	2.98%
Total	PRECAST LONGITUDINAL (EDGE) JOIINT	ม.	39,200.00	3,379,040.00	0.89%
Total	งานผิวทางคอนกรีต แบบหล่อสำเร็จ PCPs	ตร.ม.	137,200.00	217,153,679.36	57.50%
Total	งานผิวทางคอนกรีต	ตร.ม.	32,174.18	42,570,959.59	11.27%
Total	รอยต่อเพื่อการขยายตัว (TRANSVERSE JOIINT)	ม.	3,217.42	1,080,891.71	0.29%
Total	ทำร่องรอยต่อ (LONGITUDINAL JOIINT)	ตร.ม.	3,677.05	51,133.97	0.01%
Total	ทำร่องรอยต่อ (LONGITUDINAL (EDGE) JOIINT)	ตร.ม.	3,677.05	5,261,398.35	1.39%
Total	งานผิวทางคอนกรีตหล่อในที่	ตร.ม.	32,174.18	48,964,383.62	12.96%
Total	งานอื่นๆ	ตร.ม.	29,035.57	23,244,695.55	7.43%
SUM			-	377,688,346.03	100%

เทียบจากตารางค่าใช้จ่ายการก่อสร้างแบบผสมที่ 3 และ 4 และ 5 พบว่า ค่าใช้จ่ายสำหรับวิธีการก่อสร้าง แบบผสมที่ทำเฉพาะทางราบด้วยวิธีชิ้นส่วนสำเร็จรูป จะมีมูลค่าของงานถูกที่สุด อย่างไรก็ตามในกรณี CASE III เทียบกับ CASE V นั้น แม้จะมีราคาที่ใกล้เคียงกันมากแต่หากมองแค่สัดส่วนของการก่อสร้างด้วยชิ้นส่วนสำเร็จรูปนั้นจะพบว่า CASE V มีสัดส่วนในการก่อสร้างด้วยชิ้นส่วนสำเร็จรูปมากกว่า CASE III ถึงร้อยละ 13 และในกรณีของ CASE IV มูลค่ารวมของโครงการนั้นกลับสูงกว่าวิธีการก่อสร้างแบบคอนกรีตสำเร็จรูปทั้งหมด 3 รถสรุปเบื้องต้นได้ว่า วิธีการก่อสร้างเฉพาะส่วนที่เป็นทางโค้งที่มีรัศมีน้อยกว่า 500 เมตรนั้น อ่านไม่เหมาะสมสำหรับการพิจารณาเลือกวิธีการก่อสร้างสำหรับแนวเส้นทางที่กำหนดไว้ เพื่อให้เข้าใจมากขึ้น จะแสดงตารางลำดับเวลาและกิจกรรมของแต่ละรูปแบบการก่อสร้างเพื่อเปรียบเทียบให้เห็นถึงความแตกต่าง และความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้น

จากตารางสรุปเงื่อนไข ทั้งหมด จะเห็นได้ว่า ราคาที่เปลี่ยนไป ในทิศทางที่เพิ่มขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงวิธีก่อสร้าง ที่เป็นการก่อสร้างแบบหล่อในที่มาเป็นการใช้วิธีการผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปในโรงผลิตนั้นจะมีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นมา ในแต่ละเงื่อนไข อย่างน้อยเป็นสัดส่วนร้อยละสิบ โดยส่วนที่เพิ่มขึ้นมานั้น จะเป็นมูลค่าสำหรับการจัดเตรียม จัดสรร และจัดหาอุปกรณ์พิเศษเพิ่มเติมเพื่อรองรับการหล่อชิ้นงาน การจัดเก็บชิ้นงาน การจัดส่งชิ้นงานและติดตั้ง รวมไปถึง ค่าจ้างของแรงงานที่มีฝีมือมากขึ้น ที่ส่งผลโดยตรงให้ราคาต่อหน่วยของชิ้นงานที่ผลิตด้วยวิธีการหล่อสำเร็จจากโรงผลิตนั้นจะมีต้นทุนที่สูงกว่า แต่หากเปรียบเทียบด้านระยะเวลาแล้ว จะพบว่าวิธีการทำชิ้นส่วนสำเร็จรูปสามารถทำไปพร้อมกับกิจกรรมอื่นๆที่กำลังเกิดขึ้นในแนวเส้นทางได้ และจะทำให้ระยะเวลารวมของโครงการสั้นลง โดยสามารถแสดงแนวเส้นเวลาของแต่ละกิจกรรมที่เกิดขึ้นได้ ดังแสดงในรูปที่ 2

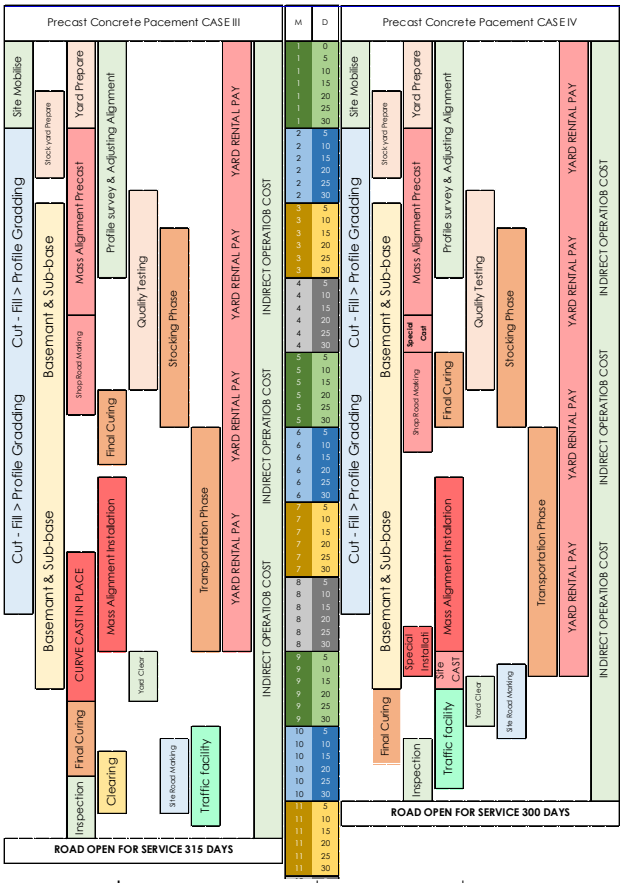


รูปที่ 2 เปรียบเทียบเส้นเวลาเงื่อนไขการก่อสร้างที่ 1 และ 2

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบรูปแบบการก่อสร้างแบบหล่อคอนกรีตในที่ทั้งหมด กับวิธีการชิ้นส่วนสำเร็จรูปทั้งหมดนั้น ข้อสังเกตแรกที่พบคือ ระยะเวลาการก่อสร้างรวมลดลง 70 วันถึงแม้ว่า หากย้อนกลับไปพิจารณาที่มูลค่าที่เพิ่มขึ้น 22,605,093.60 บาท ลดระยะเวลารวมของโครงการได้ 70 วัน แสดงว่าค่าใช้จ่ายในการลดราคาต่อวันคือ 322,929.91 อาจอธิบายได้อีกนัยนึงว่า หากต้องการ ประสิทธิภาพด้านการลดระยะเวลาโดยรวมของโครงการมากที่สุดเท่าที่จะทำได้แล้ว โดยไม่สนใจปัจจัยด้านอื่นๆเลย การก่อสร้างด้วยวิธีคอนกรีตหล่อสำเร็จทั้งหมดจะเป็นวิธีการก่อสร้างที่ทำได้เร็วที่สุดและดีที่สุด

และหากพิจารณาเฉพาะเงื่อนไขการก่อสร้างแบบผสม ที่ทำชิ้นส่วนสำเร็จรูปเฉพาะแนวเส้นทางตรง และชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่ทำให้ทั้งเส้นทางตรง

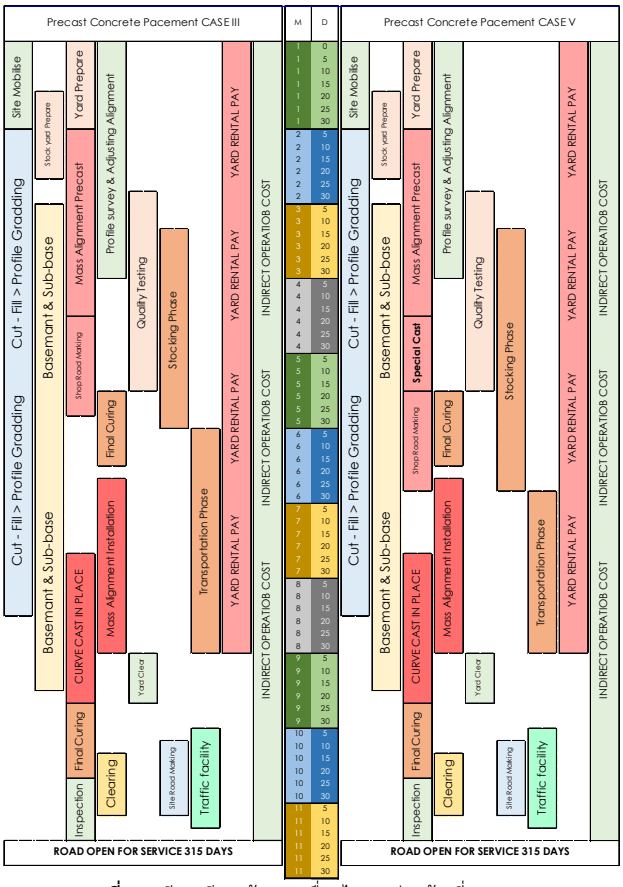
และร่วมแนวเส้นทางโค้งที่มีรัศมีความโค้งน้อยกว่า 500 เมตรเข้าด้วยกันนั้น หากพิจารณาเส้นเวลาของโครงการที่เกิดขึ้นแล้ว ระยะเวลาโดยรวมของโครงการรถไปไม่มากนัก แต่ข้อสังเกตที่เห็นได้ชัดคือค่าใช้จ่ายทางอ้อมลดลง และกิจกรรมมีระยะเวลาทิ้งห่างกันค่อนข้างมาก ทำต้นทุนบางส่วนที่ไม่จำเป็นในระยะเวลาที่ไม่ได้ต้องการจะใช้ทรัพยากรนั้นลดลงได้ หากพิจารณาด้านดังกล่าวเพิ่มเติมจะทำให้มูลค่าโดยรวมลดลงได้ เพิ่มขึ้น แต่เมื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นนั้น พบว่าทางเลือกที่ 4 มีมูลค่าที่เพิ่มขึ้นมากกว่าทางเลือกที่ 3 ถึง 5 ล้านบาทเศษ นั่นหมายความว่าเวลาที่รถได้ อาจไม่คุ้มค่ามากนัก แต่ในกรณีเนี่ยเส้นทางที่มี แนวเส้นทางโค้งรัศมีสั้นมากๆ การเลือกใช้เงื่อนไขนี้อาจให้ความคุ้มค่าที่มากกว่า



รูปที่ 3 เปรียบเทียบเส้นเวลาเงื่อนไขการก่อสร้างที่ 3 และ 4

สำหรับรูปที่ 4 จะเป็นการเปรียบเทียบเส้นเวลาเงื่อนไขของการก่อสร้างที่ 3 และ 5 เตรียมบริเวณที่มีมูลค่ารวมของโครงการใกล้เคียงกัน เพื่อพิจารณาเส้นเวลาและชี้ให้เห็นว่า ทั้ง สอง วิธี มีความคุ้มค่าในระดับที่ใกล้เคียงกัน สำหรับกรณีตัวอย่างของแนวเส้นทางที่เดิมมาพิจารณา

ถึงแม้เงื่อนไขทั้ง สอง รูปแบบ แนวเส้นเวลาของการก่อสร้างจะมีความคล้ายคลึงกันมากก็ตามแต่จะ 3 ารถสังเกตเห็นได้ว่าจุดที่แตกต่างกันก็คือ เงื่อนไขที่ 5 จะมีการทำชิ้นส่วนหล่อสำเร็จรูปแบบพิเศษในโรงผลิต และยังมีระยะเวลาช่วงการเก็บสะสมชิ้นงานที่นานกว่า หมายความว่าค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในโรงผลิต จะสูงกว่ารูปแบบที่ 3 นั่นเอง แต่เมื่อพิจารณาที่เวลาโดยรวมแล้วกลับพบว่าทั้ง สอง รูปแบบนั้นทำให้โครงการจบในระยะเวลาเท่ากัน ไปว่าทั้ง สอง รูปแบบนี้ ในกรณีที่ให้ความสำคัญกับการทำงานภายนอกก่อน กรณีที่ 5 จะดีกว่า แต่ถ้าต้องการลดค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นสำหรับแรงงานคุณภาพที่สูงกว่า กรณีที่ 3 ก็จะดีกว่า



รูปที่ 4 เปรียบเทียบเส้นเวลาเงื่อนไขการก่อสร้างที่ 3 และ 5

3.1 วิเคราะห์ผลวิจัย

จากข้อมูลปริมาณงาน ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นของแต่ละเงื่อนไขการก่อสร้างและแผนภาพเส้นเวลาของโครงการก่อสร้างในแต่ละรูปแบบนั้นจะที่ได้สรุปข้อมูลและทำการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญแล้ว จึงกำหนดเมทริกซ์ประสิทธิผล ที่ใช้เพื่อวิเคราะห์ความด้อยกว่าและเหนือกว่าของปัจจัยใด เป็นเมทริกซ์ประสิทธิผลสำหรับจัดลำดับการก่อสร้าง โดยให้น้ำหนักไปทางระยะเวลาการก่อสร้างมากที่สุดตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ เนื่องจากต้องการพิจารณาประเด็นที่ตั้งไว้ว่า การเปลี่ยนวิธีการก่อสร้างเป็นชิ้นส่วนสำเร็จรูปทั้งหมดนั้นจะลดระยะเวลารวมของโครงการลงได้ และมีความเหนือกว่าปัจจัยอื่นๆ และหากพิจารณาเลือกการลดระยะเวลาเป็นสำคัญ เงื่อนไขในการเลือกวิธีการก่อสร้างโดยให้น้ำหนักไปยัง ปัจจัยที่ทำให้ระยะเวลาลดลงสูงที่สุดนั้นมีค่ามากที่สุด สำหรับให้น้ำหนักต้นทุนของโครงการ คุณภาพงานก่อสร้าง มูลค่าที่ต้องเพิ่มของโครงการก่อสร้าง มีน้ำหนักรองลงมา

สามารถแสดงน้ำหนักข้องข้อมูลตั้งต้นของสัดส่วนการพิจารณาในทิศทางเดียวกันที่จะใช้จัดลำดับของแต่ละเงื่อนไขได้ดังตารางที่ 7 เมทริกซ์ประสิทธิผล สำหรับจัดลำดับวิธีการก่อสร้าง ซึ่งเมทริกซ์ดังกล่าวเป็นข้อมูลตั้งต้นที่ได้จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญและสรุปผลให้อยู่ในรูปแบบตาราง

ตารางที่ 11 เมทริกซ์ประสิทธิผล สำหรับจัดลำดับวิธีการก่อสร้าง

ปัจจัย	ต้นทุนโครงการ (ล้านบาท)	ค่าใช้จ่ายระยะเวลาที่ลดลง (ล้านบาท/วัน)	คุณภาพงานก่อสร้าง	เวลาก่อสร้าง (วัน)	ข้อจำกัดทางเทคนิค	มูลค่าที่ต้องเพิ่ม (ล้านบาท)	ต้นทุนค่าบำรุงรักษา/ปี (ล้านบาท)	ค่าใช้จ่ายที่ลดในครั้งต่อไป (ล้านบาท)
น้ำหนัก	3	2	3	4	2	3	1	3
CASE1	360.3	0.00	80.0	350	0.0	0.0	3.91	0.0
CASE2	383.0	0.38	100.0	290	100.0	22.6	4.40	65.4
CASE3	379.6	0.55	94.0	315	70.1	19.2	4.15	49.2
CASE4	383.9	0.47	84.2	300	78.8	23.5	4.07	51.2
CASE5	377.7	0.50	83.3	315	83.3	17.3	4.05	49.3

เพื่อให้สามารถพิจารณาเงื่อนไขในแต่ละปัจจัยไปพร้อมกันได้นั้น ในแต่ละเงื่อนไขต้องมีการจัดลำดับ ให้มีคะแนน เป็นค่าปกติเสียก่อน รวมถึงการจัดทิศทางของลำดับคะแนน ต้องเป็นไปในทิศทางเดียวกันหรือก็คือ ต้องจัดให้คะแนนที่มีค่ามากกว่าดี เป็นชุดคะแนน ลักษณะเดียวกันทั้งหมด เพื่อให้สามารถวิเคราะห์และทำความเข้าใจกับตัวเลขได้ง่ายขึ้น ดังนั้นจึงต้องปรับให้เป็น ค่าปกติ (Normalize value)

ตารางที่ 12 เมทริกซ์ตั้งต้นที่ปรับเป็นค่าปกติแล้ว

ปัจจัย	ต้นทุนโครงการ (ล้านบาท)	ค่าใช้จ่ายระยะเวลาที่ลดลง (ล้านบาท/วัน)	คุณภาพงานก่อสร้าง	เวลาก่อสร้าง (วัน)	ข้อจำกัดทางเทคนิค	มูลค่าที่ต้องเพิ่ม (ล้านบาท)	ต้นทุนค่าบำรุงรักษา/ปี (ล้านบาท)	ค่าใช้จ่ายที่ลดในครั้งต่อไป (ล้านบาท)
น้ำหนัก	0.1429	0.0952	0.1429	0.1905	0.0952	0.1429	0.0476	0.1429
CASE1	1.0000	1.0000	0.0000	0.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.0000
CASE2	0.0395	0.0395	1.0000	1.0000	0.0000	0.0395	0.0000	1.0000
CASE3	0.1836	0.1836	0.7013	0.5833	0.2987	0.1836	0.5000	0.7521
CASE4	0.0000	0.0000	0.2118	0.8333	0.2118	0.0000	0.6802	0.7836
CASE5	0.2632	0.2632	0.1666	0.5833	0.1666	0.2632	0.7211	0.7537

น้ำหนักในการพิจารณา จัดลำดับ ความด้อยกว่าและเหนือกว่าของเงื่อนไขวิธีการก่อสร้างนั้น กำหนดให้ น้ำหนักของระยะเวลาการก่อสร้างมีค่ามากที่สุด และค่าบำรุงรักษามีค่าน้อยที่สุดเนื่องจาก การพิจารณาดังกล่าวเป็นการพิจารณาว่า หากเปลี่ยนเป็นการใช้วิธีการคอนกรีตหล่อสำเร็จแล้วจะสามารถทำให้เวลาการก่อสร้างลดลงได้มากหรือน้อยเพียงใด และในส่วนของต้นทุนของโครงการและคุณภาพของงานก่อสร้างรวมถึงมูลค่าค่าใช้จ่ายที่ต้องเพิ่มขึ้นมาในกรณีที่เปลี่ยนแปลงวิธีก่อสร้าง ให้น้ำหนัก เท่ากับสาม เนื่องจากมีความสำคัญรองลงมาจากเวลาการก่อสร้างที่สามารถลดได้ โดยกำหนดค่าขอบเขตการตรวจสอบความสอดคล้อง (Concordance) มีความสัมพันธ์คือ $0.5 \le p^- \le p^0 \le p^+ \le 0.8$ และขอบเขตการตรวจสอบความไม่สอดคล้อง (discordance) มี ความสัมพันธ์คือ $0.25 \le q^- \le q^+ \le 0.5$

ตารางที่ 13 เมทริกซ์ความสอดคล้องและ เมทริกซ์ความไม่สอดคล้อง

Concordance	a1	a2	a3	a4	a5
a1	-	0.5237	0.5237	0.5237	0.5237
a2	0.4763	-	0.5714	0.8572	0.5714
a3	0.4763	0.4286	-	0.5238	0.4286
a4	0.4763	0.1428	0.4762	-	0.6666
a5	0.4763	0.4286	0.7619	0.3334	-
Discordance	**a1**	**a2**	**a3**	**a4**	**a5**
a1	-	1.0000	0.7521	0.8333	0.7537
a2	1.0000	-	0.5000	0.6802	0.7211
a3	1.0000	0.4167	-	0.2500	0.2211
a4	1.0000	0.7882	0.4895	-	0.2632
a5	0.9025	0.8334	0.5347	0.2500	-

จากขอบเขตการตรวจสอบความสอดคล้องของความสัมพันธ์และความไม่สอดคล้องของความสัมพันธ์ ขอเงื่อนไข ทั้งห้าเงื่อนไขแล้ว สามารถจัดลำดับ เพื่อหาความเหนือกว่าอย่างหนักแน่นและความเหนือกว่าอย่างไม่หนักแน่น ของเงื่อนไขปัจจัย โดยใช้เมทริกซ์ความเชื่อถือ โดยพิจารณาจากค่าขอบเขตการตรวจสอบ Concordance มีความสัมพันธ์คือ $0.5 \le p^- \le p^0 \le p^+ \le 0.8$ และขอบเขตการตรวจสอบความไม่สอดคล้อง discordance มี ความสัมพันธ์คือ $0.25 \le q^- \le q^+ \le 0.5$

ตารางที่ 14 เมทริกซ์ความเชื่อถือ

Credibility	a1	a2	a3	a4	a5
a1	-	0	0	0	0
a2	0	-	f	0	0
a3	0	0	-	f	0
a4	0	0	0	-	f
a5	0	0	0	0	-

จากเมทริกซ์ความเชื่อถือ ไม่มีเงื่อนไขใด เหนือกว่าเงื่อนไขอื่นอย่างหนักแน่นมีเพียงความเหนือกว่าอย่างไม่หนักแน่นเท่านั้น ซึ่งตารางเมทริกซ์ความเชื่อถือนี้ จะใช้สำหรับการจัดลำดับการวิเคราะห์ทั้งการวิเคราะห์ค่าลงและการวิเคราะห์ค่าขึ้นเพื่อจัดอันดับความด้อยกว่าและเหนือกว่าของแต่ละเงื่อนไขทางเลือก ที่วิเคราะห์ ตามตารางที่ 15 การวิเคราะห์ขาลง

ตารางที่ 15 การวิเคราะห์ขาลง

N	A	D	E	(D-E)	G	L	R
0	a1;a2;a3;a4;a5	a1;a2	0	a1;a2	0	0	1
1	a3;a4;a5	a3	0	a3	0	0	2
2	a4;a5	a5	0	a4	0	0	3
3	a4	a4	0	a5	0	0	4

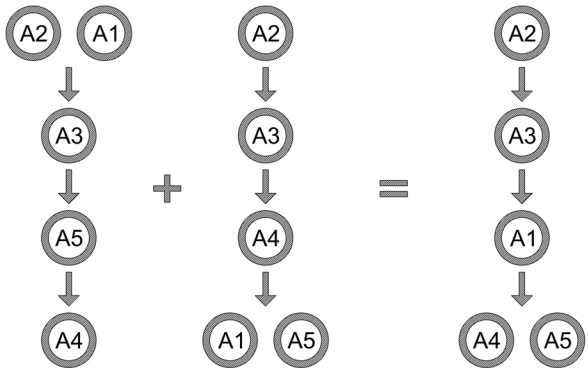
จากตารางที่ 15 การวิเคราะห์ขาลง เป็นการวิเคราะห์ในแนวตั้ง โดยตัดตัวที่ไม่มีความสัมพันธ์กับตัวอื่นอย่างหนักแน่นในแนวตั้งออกก่อน โดยจัดให้

เป็นตัวที่มีระดับสูงสุด จัดลำดับ ตัวอื่นๆต่อมาตามการตัดในลักษณะเดียวกัน โดย ให้ระดับ แบบเหนือกว่าไปยังด้อยกว่า และเงื่อนไขที่ 1 และ เงื่อนไขที่ 2 นั้น ต่างก็เป็นกลุ่มที่ไม่มีทางเลือกได้เหนือกว่าอย่างหนักแน่น ทั้งคู่จึงอยู่ในลำดับเดียวกัน เพื่อจัดลำดับให้ชัดเจนยิ่งขึ้นต้องทำการวิเคราะห์ค่าขึ้นสำหรับพิจารณาร่วมด้วย ดังแสดงในตารางที่ 16

ตารางที่ 16 การวิเคราะห์ขาขึ้น

N	A	D	E	(D-E)	G	L	R'
0	a1;a2;a3;a4;a5	a1;a5	0	a1;a5	0	0	1
1	a2;a3;a4	a4	0	a4	0	0	2
2	a2;a3	a3	0	a3	0	0	3
4	a2	a2	0	a2	0	0	4

สำหรับการวิเคราะห์ค่าขึ้น จะเป็นการวิเคราะห์เรียงลำดับทางเลือกแบบย้อนกลับ การวิเคราะห์ในแนวนอนของเมทริกซ์ โดยหลังจากที่จัดลำดับเสร็จแล้วต้องมีการกลับค่า จากด้อยกว่าไปเหนือกว่า ให้เป็นเหนือกว่าไปยังด้อยกว่า และหลังจากที่วิเคราะห์ทั้งขาขึ้นและขาลงแล้ว ก็จะจัดลำดับ ของแต่ละเงื่อนไขโดยให้ลำดับที่อยู่เหนือสุด เป็นปัจจัยทางเลือกที่มีความเหนือกว่าปัจจัยอื่นมากที่สุด โดยอันดับของแต่ละเงื่อนไขนั้น เรียงลำดับได้ คือ เงื่อนไขที่ 2 ⟶ เงื่อนไขที่ 3 ⟶ เงื่อนไขที่ 1 ⟶ เงื่อนไขที่ 4 และ 5 ตามลำดับ ซึ่ง 3 ารถอธิบายได้ดังรูปที่ 5 การจัดอันดับของเงื่อนไขพิจารณา



รูปที่ 5 การจัดอันดับของเงื่อนไขพิจารณา

ทั้งนี้จากการจัดลำดับพิจารณาปัจจัยโดยใช้ขอบเขตเมทริกซ์ความเชื่อถือ ที่พิจารณาจากค่าขอบเขตการตรวจสอบ Concordance โดยกำหนดความสัมพันธ์ที่ $0.5 \le p^- \le p^0 \le p^+ \le 0.8$ และขอบเขตการตรวจสอบความไม่สอดคล้อง discordance ที่กำหนดความสัมพันธ์คือ $0.25 \le q^- \le q^+ \le 0.5$ นั้น ในกรณีที่เปลี่ยนค่าขอบเขตความสอดคร้องและความไม่สอดคล้องอย่างหนักแน่น ให้มีกรอบขอบเขตพิจารณาที่แคบขึ้นจะพบว่าเงื่อนไขที่ 2 นั้นจะเหนือกว่าเงื่อนไขอื่นๆอย่างชัดเจน แต่ในกรณีนี้จะขึ้นกับว่า ยังใช้ขาน้ำหนักตั้งต้นสำหรับการวิเคราะห์ปัจจัยเป็นน้ำหนักที่แสดงไว้ในตารางข้างต้น ซึ่งจากน้ำหนักของปัจจัยที่กำหนดให้ระยะเวลาในการก่อสร้างของโครงการโดยรวมเป็นปัจจัยที่มีน้ำหนักมากที่สุด และให้น้ำหนัก กับราคาต้นทุน มูลค่าของการลงทุนเพิ่มเติมค่าใช้จ่ายที่จะทำซ้ำ เป็นน้ำหนักรองลงมา พบว่า เงื่อนไขตั้งต้นดังกล่าว การทำถนนคอนกรีตแบบแผ่นพื้นสำเร็จรูปทั้งหมดนั้น จะมีความเหนือกว่าปัจจัยอื่นๆ

การวิเคราะห์ด้วยวิธีการเหนือกว่าและด้อยกว่าของแต่ละปัจจัยในการก่อสร้างถนนคอนกรีต พบว่าการเทคอนกรีตแบบหล่อในที่จะเหนือกว่า แต่ถ้าพิจารณาราคาและโอกาสที่จะเปิดโครงการซ้ำกันในลักษณะเดียวกันปัจจัยที่เหนือกว่าก็จะเป็นการใช้เทคนิคหล่อคอนกรีตแบบแผ่นชิ้นส่วนสำเร็จ โดยหากเป็นการผลิตโครงการในครั้งแรก การใช้วิธีการหล่อคอนกรีตในที่จะมีการลงทุนที่น้อยที่สุด แต่คุณภาพโดยทั่วไปอาจจะควบคุมไม่ได้อย่างสมบูรณ์ ส่วนการเลือกทำชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปจะสามารถควบคุมต้นทุนได้อย่างแน่นอนกว่าการเทคอนกรีตแบบหล่อในที่ และการเลือกช่วงโค้งในแต่ละประเภทของถนนคอนกรีตสามารถใช้วิธีการผลิตแบบหล่อในเวลาที่สั้นกว่า แต่ความยากทางเทคนิคและความชำนาญของผู้ปฏิบัติงานยังคงเป็นปัญหาที่ต้องพิจารณาด้วย ในกรณีที่ให้ความสำคัญ มากที่สุดไปยังต้นทุนของโครงการนั้น จะทำให้ปัจจัยการเลือกเทถนนคอนกรีตแบบหล่อในที่ เป็นตัวเลือกที่ดีที่สุดของการตัดสินใจนั้น

อภิปรายผลการศึกษา

โดยสรุปแล้ว การใช้วิธี ELECTRE เพื่อเลือกระหว่างวิธีการก่อสร้างถนนคอนกรีตหล่อในที่และคอนกรีตสำเร็จรูปขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ต้นทุน มูลค่าการลงทุน การควบคุมคุณภาพ และความยากทางเทคนิค แม้ว่าการเทคอนกรีตในแบบหล่ออาจดีกว่าในบางแง่มุม การใช้แผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปมีข้อได้เปรียบมากกว่าในด้านต้นทุนและความสามารถในการเปิดโครงการที่ซ้ำกัน อย่างไรก็ตาม การตัดสินใจขึ้นอยู่กับเงื่อนไขเฉพาะของแต่ละโครงการและความสำคัญของปัจจัยต่างๆ เช่น ต้นทุน เวลา และคุณภาพ เมื่อใช้วิธีการนี้ จะสามารถวิเคราะห์และเปรียบเทียบวิธีการก่อสร้างที่แตกต่างกันได้อย่างครอบคลุม และกำหนดตัวเลือกที่ดีที่สุดสำหรับโครงการที่อยู่ในมือ ท้ายที่สุดแล้ว เป้าหมายคือการเลือกวิธีการก่อสร้างที่ได้คุณภาพสูงสุด ประหยัดเวลา และคุ้มค่าสูงสุด

ในด้านของน้ำหนักของแต่ละปัจจัยนั้น หากเปลี่ยนแปลงค่าน้ำหนักที่พิจารณา ยกตัวอย่างในกรณีที่เปลี่ยนน้ำหนักที่สูงที่สุด เป็นด้านอื่นที่ไม่ใช่เวลารวมของโครงการในการก่อสร้างนั้น ผลลัพธ์ที่ได้ อาจพบว่าวิธีการก่อสร้างแบบผสมอาจไม่ใช่คำตอบที่มีเงื่อนไขเหนือกว่าเงื่อนไขอื่นๆ ทั้งนี้ในการกำหนด น้ำหนักของแต่ละปัจจัยนั้น ขึ้นกับบริบทของแต่ละโครงการว่าเราให้ความสำคัญกับส่วนใดมากกว่ากัน โดยอาจใช้การหารือร่วมกับทีมวางโครงการก่อสร้างนั้นๆ หรืออาจใช้วิธีการศึกษาจากคนในชุมชนพื้นที่หรือรับฟังจากการทำประชาพิจารณ์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับกำหนดน้ำหนักของแต่ละปัจจัย

การใช้วิธี ELECTRE ในการเลือกระหว่างวิธีการก่อสร้างถนนคอนกรีตหล่อในที่และคอนกรีตสำเร็จรูปขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ต้นทุน มูลค่าการลงทุน การควบคุมคุณภาพ และความยากทางเทคนิค แม้ว่าการเทคอนกรีตในแบบหล่ออาจดีกว่าในบางประการ แต่การใช้แผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปมีข้อได้เปรียบมากกว่าในแง่ของต้นทุนและความสามารถในการเปิดโครงการที่ซ้ำกัน อย่างไรก็ตาม การตัดสินใจขึ้นอยู่กับเงื่อนไขเฉพาะของแต่ละโครงการและความสำคัญของปัจจัยต่างๆ เช่น ต้นทุน เวลา และคุณภาพ

ดังนั้นจึงเป็นเรื่องสำคัญที่จะต้องวิเคราะห์อย่างครอบคลุมและเปรียบเทียบวิธีการก่อสร้างต่างๆ เพื่อกำหนดทางเลือกที่ดีที่สุดสำหรับโครงการที่อยู่ในมือ ซึ่งควรให้ความสำคัญกับคุณภาพสูง การประหยัดเวลา และความคุ้มค่า

ทั้งนี้ในระหว่างดำเนินการก่อสร้างนั้น อาจต้องมีการนำ ค่าใช้จ่ายทางอ้อมจากผลกระทบ ที่โครงการก่อสร้างกระทำต่อผู้สัญจรไปมาบนท้องถนนและผู้อาศัยข้างเคียงหรือใกล้กับโครงการก่อสร้าง หากว่า ลดระยะเวลาก่อสร้างทั้งหมดลงได้ ก็จะช่วย ให้ผู้ที่ใช้ทาง ได้เข้าถึงเส้นทางที่จะอำนวยความสะดวกให้ได้เร็วยิ่งขึ้น และยังช่วย ลดปัญหาด้านชุมชนในระหว่างการก่อสร้าง แต่เนื่องจากการก่อสร้างด้วยวิธีการชิ้นส่วนสำเร็จรูปนั้น มีโครงสร้างต้นทุนที่สูงกว่าการก่อสร้างแบบหล่อในที่ ปัจจัยด้านชุมชนอาจเป็นตัวช่วยในการพิจารณาเพิ่มเติม หรือแสดงให้เห็นความคุ้มค่าในการเลือกที่จะใช้วิธีการหล่อคอนกรีตจากโรงงานผลิต เมื่อพิจารณาถึงค่าใช้จ่ายทางอ้อมที่เกิดขึ้นได้ อีกทั้งเพื่อให้ความคุ้มค่ามีประสิทธิภาพสูงขึ้นนั้น ในช่วงที่ผลักดันศึกษาโครงการควรศึกษารายละเอียดข้อจำกัดด้านการขนส่งของแต่ละพื้นที่ และจัดลำดับปัจจัยในการคัดเลือกสถานที่ตั้งโรงผลิต ที่แสดงให้เห็นว่าถ้าผสมผสานวิธีการก่อสร้างชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป เข้ากับการหล่อคอนกรีตในที่ และผลักดันให้ทำงานหลายจุดพร้อมกัน ในระยะเวลาเดียวกันได้ จะลดระยะเวลารวม ของการก่อสร้างลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4. สรุป

จากแนวเส้นทางที่นำมาศึกษา และนำมาพิจารณาถึงขีดความสามารถในการเลือกใช้วิธีก่อสร้างแบบคอนกรีตสำเร็จรูปนั้น แนวเส้นทางดังกล่าวสามารถนำวิธีการก่อสร้างถนนแบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปลงไปใช้ในการก่อสร้างได้ ซึ่งอาจสามารถใช้ได้ทั้งในรูปแบบของการผสมผสานระหว่าง การหล่อคอนกรีตในช่วงที่เป็นทางโค้งไหนที่ และเลิกใช้การติดตั้งแผ่นคอนกรีตสำเร็จรูปในแนวเส้นทางตรง โดยใช้การก่อสร้างหลายช่วงพร้อมกันเข้ามาควบคุม หากสามารถพิจารณาเลือกวิธีการดังกล่าวเข้ามาใช้ในการก่อสร้างได้ จะทำให้โครงการสามารถทำได้อย่างเร็วยิ่งขึ้น ทั้งนี้ในแง่มุมของการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ ความเห็นด้านการเลือกใช้วิธีการชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปนั้น ในด้านของความคุ้มค่าสำหรับโครงการเดียว อาจยังเป็นไปได้ยาก เนื่องจากการลงทุนในครั้งแรกนั้นค่อนข้างสูงเพื่อที่จะผลิตแผ่นชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปออกมาและทำการติดตั้ง อีกทั้งความรู้ความเข้าใจและความชำนาญสำหรับผู้ปฏิบัติการนั้นเป็นสิ่งสำคัญ ปัจจัยทางอ้อมที่ไม่ได้นำมาพิจารณา อาทิเช่น การฝึกอบรมและการจัดสรรบุคลากรเพื่อเข้ามาปฏิบัติงานในส่วนของการผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป รวมถึงบุคลากรผู้มีความชำนาญในการติดตั้งหรือจัดการ กับชิ้นส่วนสำเร็จรูป ต้องมีระยะเวลาในการฝึกอบรมที่มากกว่าการหล่อคอนกรีตในที่ซึ่งส่วนนี้จะทำให้เป็นค่าใช้จ่ายส่วนเสีย

โดยสรุป วิธี ELECTRE เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสำหรับการตัดสินใจที่สามารถช่วยให้ผู้ตัดสินใจเลือกทางเลือกที่ดีที่สุดจากตัวเลือกต่างๆ ตามเกณฑ์ต่างๆ จุดแข็งอยู่ที่ความสามารถในการจัดการกับเกณฑ์ที่ขัดแย้งกัน ข้อมูลที่ไม่ชัดเจน และความชอบของผู้มีอำนาจตัดสินใจ ในขณะที่ให้กระบวนการตัดสินใจที่โปร่งใสและเป็นระบบ วิธีการนี้สามารถปรับแต่งให้เหมาะกับความต้องการเฉพาะและข้อจำกัดของปัญหาการตัดสินใจที่กำหนดได้ โดยรวมแล้ว วิธีการของ ELECTRE สามารถให้แนวทางที่มีโครงสร้างและมีข้อมูลประกอบการตัดสินใจแก่ผู้มีตัดสินใจ ซึ่งนำไปสู่ผลลัพธ์ที่ดีขึ้นและวิธีแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

ข้อเสนอแนะ

เพื่อทราบถึงรายละเอียดด้านข้อจำกัดในการขนส่งของแต่ละพื้นที่นั้นในการว่าโครงการเพื่อก่อสร้างจริงขึ้นไหมในแต่ละครั้งของโครงการ ควรจะมีการศึกษาและจัดลำดับรายละเอียดความสำคัญของ ปัจจัยที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์เพื่อใช้สำหรับการเลือกหาสถานที่ที่จะเป็นส่วนของโรงผลิต ในกรณีที่มีการเลือกใช้วิธีการก่อสร้างแบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปผสมกับวิธีการหล่อคอนกรีตในที่ ซึ่งขีดความสามารถในการจัดหาพื้นที่สำหรับการผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป จะเป็นตัวชี้วัดข้อจำกัดและมูลค่าที่เกิดขึ้นที่สำคัญ ของการวางแผนดังกล่าว หากสามารถจัดหาได้น้อยกว่ามูลค่าประเมิน ราคารวมของโครงการจะมีมูลค่าที่ลดลงอย่างชัดเจน แต่ถ้าหากว่าไม่ สามารถหาได้ในพื้นที่ใกล้เคียง หรือ ต้นทุนในการบริหารจัดการพื้นที่สำหรับทำโรงผลิตสูงกว่า ราคาโดยรวมจะมีความเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนไปในทิศทางที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้สำหรับการศึกษาเพิ่มเติม อาจต้องมีการศึกษาวิธีการผลิตชิ้นส่วนในคณะต่างๆ รวมถึงการลงรายละเอียดด้าน การออกแบบชิ้นส่วน สำหรับการจัดขนส่ง เนื่องจากการจัดการขนส่งนั้นชิ้นส่วนจะมีลักษณะในการรับแรงที่แตกต่างจากการใช้งาน ในรายละเอียดดังกล่าวอาจต้องมีการลงศึกษาเพิ่มเติม เพื่อให้สามารถผลิตแผ่นชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปที่นำไปใช้ก่อสร้าง ได้โดยมีต้นทุนที่ลดลง และสามารถผลิตซ้ำได้ในราคาที่ถูกขึ้นและใช้ความสามารถของผู้ปฏิบัติงานน้อยลง จะทำให้ลดต้นทุนในส่วนของโรงผลิตได้มากขึ้น

ในกรณีที่พิจารณาด้านผลกระทบที่เกิดขึ้นและข้อจำกัดในการก่อสร้างคอนกรีตแบบหล่อในที่ ในบางพื้นที่มีข้อจำกัดด้านคอนกรีต ในพื้นที่ก่อสร้างควรเพิ่มเติมการพิจารณาปัจจัยข้างเคียงเข้ามาประกอบ อาทิเช่น ในกรณีที่เราต้องการลดผลกระทบที่เกิดขึ้น ต่อชุมชนข้างเคียงของโครงการก่อสร้างถนน หรือต้องการให้ระยะเวลารวมของโครงการสั้นลง ควรเพิ่มปัจจัยในการพิจารณา ด้านนี้เข้ามาและทำการเก็บข้อมูลในพื้นที่ ในช่วงขั้นตอนออกแบบและวางแผนการก่อสร้าง เพื่อนำมาวิเคราะห์ความเป็นไปได้และใช้ผลักดันโครงการในช่วงวางโครงการก่อสร้าง ทั้งนี้ประเด็นด้าน ต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการขนส่ง ยังต้องพิจารณาถึง ระยะห่างของสถานที่ที่ใช้ทำโรงงานผลิตชิ้นส่วน ซึ่งปัจจัยดังกล่าวต้องพิจารณาเป็นโครงการไป ในกรณีที่ทรัพยากรมากพอที่จะควบคุมให้พื้นที่หน่วยผลิตและหน่วยงานก่อสร้าง อยู่ห่างกันไม่มากนักได้ ก็จะลดค่าใช้จ่ายส่วนนี้ลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สำหรับการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการเลือกใช้วิธีก่อสร้างโครงการอื่นๆ ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต โครงการนี้จะเป็นตัวอย่างในการกำหนดปัจจัยและเป็นข้อเปรียบเทียบที่จะนำไปใช้ได้ในอนาคต สำหรับเป็นแม่แบบตั้งต้นในการพิจารณาเลือกวิธีก่อสร้างของแต่ละโครงการ

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยการพิจารณาข้อได้เปรียบของทางเลือกนี่นั่น มิอาจสำเร็จลุล่วงได้ หาปราศจากความกรุณาเป็นอย่างสูงจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วัชระ สัตยาประเสริฐ ผู้เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และควบคุม ที่กรุณาให้คำแนะนำเป็นที่ปรึกษา ทำให้การศึกษาค้นคว้าสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญจากหน่วยงานรัฐ และหน่วยงานเอกชน ในการพิจารณาตรวจสอบ ให้ข้อเสนอแนะ รวมถึงยังชี้ให้เห็นข้อบกพร่องของแต่ละขั้นตอน ที่ตกหล่นรวมถึงข้อเสนอแนะ จากประสบการณ์ด้านการทำงานโดยตรง

และขอกราบขอบพระคุณ ผู้บริหาร คณะคณาจารย์ เจ้าหน้าที่สาขาวิชาวิศวกรรมบริหารงานก่อสร้าง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ที่เกี่ยวข้องในงานวิจัยนี้ทุกท่าน

เอกสารอ้างอิง

[1] สถาพร โภคา (2563). *วิศวกรรมทาง*. อุบลกิจออฟเซตการพิมพ์, หน้า 663-664.

[2] Peter Smith, Mark B. Snyder, Ph.D., P.E. (2021). Manual for Jointed Precast Concrete Pavement Third Edition, NATIONAL PRECAST CONCRETE ASSOCIATION. pp.21-27.

[3] Valdecy Pereira, Universidade Federal Fluminense, “Disciplina: Auxílio Multicritério à Decisão, ELECTRE I & II & III”, 2017

[4] วิทยา ศรีสมบูรณ์, ณรงค์ฤทธิ์ ว่องไว, ศุภวุฒิ มาลัยกฤษณะชลี, และโสภณ วีระวัฒนยิ่งยง (2564). การเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารโครงการย่อยของทางหลวง. วิศวสารลาดกระบัง, ปีที่ 38, ฉบับที่ 3, หน้า 11 - 23

[5] กระจ่าง ปลื้มกมล, วัชระ สัตยาประเสริฐ, การวิเคราะห์ การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนในการติดตั้งกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าประเภทสำนักงานด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ระบบออนกรีดและไฮบริด เปรียบเทียบทางเลือกปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจลงทุน กรณีศึกษาอาคารพาณิชย์คณะ 1,600 ตารางเมตร (2564). การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 27, หน้า CEM21-1-CEM21-9

[6] ยุทธนา ปัญจธนศักดิ์. การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่า ใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานระหว่างถนนแอสฟัลต์ และถนนคอนกรีต. Diss. จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.

[7] กิจวงษ์ สุภัททธรรม1 มัณฑนา ผลิเจริญผล2 สินิทธ์ เนาวรัตน์3 2557 : ถนนคอนกรีตไร้เหล็กเสริม ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต (วิศวกรรมโยธา) ประธานโครงงาน : รศ.ดร.วิชัย กิจวัทวรเวทย์, M.Eng.115 หน้า 2557

[8] Embacher, R. A., & Snyder, M. B. (2001). Life-Cycle Cost Comparison of Asphalt and Concrete Pavements on Low-Volume Roads: Case Study Comparisons.

[9] Luciana Hazin Alencar et al., “A Multicriteria Group Decision Model Aggregating the Preferences of Decision-makers based on ELECTRE Methods”, 2010

[10] AASHTO. (1993). Guide for Design of Pavement Structures. Washington, D.C.: American Association of State Highway and Transportation Officials.

[11] สำนักบริหารบำรุงทาง. ตุลาคม 2549 คู่มือซ่อมบำรุงทางหลวง(Road Maintenance Manual) วิธีซ่อมผิวทางคอนกรีต. 105-125น.

[12] วัชระ สัตยาประเสริฐ (2563), ELECTRE ll การตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ โดยดูจากความสอดคล้อง และไม่สอดคล้องกันของหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์เพื่อการตัดสินใจได้ถูกกำหนดอย่างชัดเจน โดยไม่ได้ใช้ความเห็นของผู้ตัดสินใจ