การสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ จากการเก็บข้อมูลงานก่อสร้างระบบระบายน้ำ เพื่อวิเคราะห์หาขั้นตอนการทำงานที่มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

Improvement of construction stage efficiency using computer simulation for water drainage system

ผศ.อิทธิพงศ์ พันธ์นิกุล[1,*] ผศ.ดร.นท แสงเทียน[2] และ ผศ.ดร.ธนภร ทวีวุฒิ[3]

[1,2,3] สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จ.อุบลราชธานี

**Corresponding author; E-mail address: ittiphong.p@ubu.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้น การเพิ่มประสิทธิภาพการก่อสร้างระบบระบายน้ำ จากการนำข้อมูลภาคสนาม มาทำแบบจำลอง และจำลองสถานการณ์ก่อสร้างในคอมพิวเตอร์ โดยเก็บข้อมูลจากโครงการ หมู่บ้านจัดสรรที่มีพื้นที่ 174 ไร่ ใน อ.เมือง จ.อุบลราชธานี ข้อมูลภาคสนาม แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ การผลิตบ่อพัก ค.ส.ล. เพื่อเตรียมไว้ใช้ในการก่อสร้าง ในระบบระบายน้ำ และ การดำเนินการก่อสร้างระบบระบายน้ำ ผลจากข้อมูลภาคสนามที่นำมากำหนดเป็นแบบจำลอง และทำการสอบทานจากชุดข้อมูลภาคสนามในการจำลองสถานการณ์เพื่อให้ได้ผลที่แม่นตรงกับภาคสนามที่สุด ก่อนนำแบบจำบลองนั้นไปหาแนวทางเพิ่มประสิทธิภาพการก่อสร้างระบบระบายน้ำ ทั้งนี้ตั้งบนสมมุติฐานคือ ไม่เพิ่มจำนวน แรงงาน หรือ เครื่องจักร แต่จะเพิ่มประสิทธิภาพงาน จากการปรับใช้แรงงานให้ได้ประสิทธิภาพงานเพิ่มขึ้น รวมถึงการปรับปรุงลำดับขั้นตอนการดำเนินงานต่างๆ

ผลการวิจัยพบว่า ส่วนที่ 1 การผลิตบ่อพัก ค.ส.ล. สามารถ เพิ่มประสิทธิภาพได้ร้อยละ 10 โดยการผลิตบ่อพัก ค.ส.ล. จำนวน 140 บ่อ เดิมต้องใช้เวลา 40 วัน ลดเหลือ 36 วัน สำหรับส่วนที่ 2 การก่อสร้างระบบระบายน้ำทั้งโครงการ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้ร้อยละ 7.62 โดยการก่อสร้างระบบระบายน้ำ เดิมต้องใช้เวลา 105 วัน ลดเหลือ 97 วัน

คำสำคัญ: การสร้างแบบจำลองงานก่อสร้าง, การจำลองสถานการณ์งานก่อสร้าง, การผลิตบ่อพัก ค.ส.ล., การก่อสร้างระบบระบายน้ำ

Abstract

The present research aims to improve the efficiency of road drainage system construction. The research consists of onsite data collection from a housing estate with a total area of 174 rai in Ubonratchathani and computer modelling simulation. The onsite data comprises two main parts, which are 1) manhole production and 2) drainage system construction. Computer models are then generated and calibrated using a simulation program with the onsite data. After calibration, the computer models are then used to simulate and analyze various drainage system construction situations to improve the construction's efficiency eventually. It should be noted that the computer modelling is based on the assumption that increment of human resources and construction equipment is not applied. With the mentioned assumption, the computer simulation demonstrates the method to improve construction efficiencies, such as higher productivity with the same construction resource or less construction resource usage in the entire construction process. It was found from the computer simulation that, in producing 140 manholes, 10% of the working period, from 40 days to 36 days, can be reduced. In drainage system construction, the working period can be reduced from 105 days to 97 days, or 7.62% of working day reduction can be obtained.

Keywords: modeling, simulation, manhole production, drainage system construction

1. ความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันการบริหารจัดการทรัพยากรด้านงานก่อสร้างถือเป็นปัจจัยสำคัญที่บ่งชี้ ถึงผลประกอบการที่คุ้มค่าหรือไม่ ของแต่ละหน่วยงานหรือบริษัทที่ประกอบกิจการด้านการดำเนินงานการก่อสร้าง ทรัพยากรด้านงานก่อสร้างในที่นี้คือ กล่าวรวมทุกอย่างที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานก่อสร้าง ไม่ว่าจะเป็น จำนวนแรงงาน จำนวนเครื่องจักร วิธีการใช้อุปกรณ์เครื่องมือ หรือแม้แต่ขั้นตอนการดำเนินงาน ซึ่งจะสะท้อนออกมาในแง่ เวลาที่ใช้ในการทำแต่ละกิจกรรม(งานย่อย) และค่าใช้จ่ายที่ต้องใช้ในแต่ละช่วงกิจกรรม

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่ งานวางระบบระบายน้ำของโครงการหมู่บ้านจัดสรร โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจาก การดำเนินการจริงของการก่อสร้างระบบระบายน้ำในโครงการหมู่บ้านจัดสรร เพื่อนำมาสร้างแบบจำลองการก่อสร้าง และหาแนวทางการปรับปรุงเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินการ

ผลการวิจัยของงานวิจัยนี้ จะเกิดประโยชน์แก่ผู้ให้ข้อมูลการดำเนินงานก่อสร้างโดยตรง เพราะเป็นการนำแบบจำลองจากข้อมูลของผู้ประกอบการดังกล่าว มาจำลองสถานการณ์งานก่อสร้างแบบต่างๆ เช่นการปรับเพิ่มลดทรัพยากรที่ใช้ในแต่ละกิจกรรม รวมถึงหาแนวทางการดำเนินงานที่เพิ่มประสิทธิภาพงานให้ดีขึ้น ทั้งนี้ขั้นตอนการก่อสร้างระบบระบายน้ำ มีรูปแบบที่เป็นขั้นตอนมาตรฐานอยู่พอสมควร แตกต่างกันบ้างเพียงเล็กน้อยตามขนาดองค์กรของผู้ประกอบการ ดังนั้น ผู้วิจัยหวังว่า งานวิจัยนี้ยังคงมีประโยชน์แก่ผู้ประกอบการงานก่อสร้างรายอื่น และผู้สนใจศึกษาการดำเนินการก่อสร้างระบบระบายน้ำทั่วไป

2. ทฤษฎีหรือสิ่งที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

2.1 การก่อสร้างระบบระบายน้ำ

2.1.1 การขุดร่องดินสำหรับวางแนวท่อและทางระบายน้ำ

ขอบข่ายของงานส่วนนี้ครอบคลุมถึงการขุดดินทั้งหมดสำหรับวางแนวท่อ ทางระบายน้ำ คอนกรีตและโครงสร้างคอนกรีต ร่องขุดจะต้องขุดให้ได้แนวระดับและความลาดเอียงตามที่ระบุไว้ในแบบก่อสร้าง งานทั้งหมดจะต้องดำเนินการก่อสร้างด้วยวิธีปฏิบัติที่ถูกต้องสอดคล้องกับกฎหมายและข้อกำหนดที่เกี่ยวข้อง

2.1.2 ฐานรองรับท่อ

วัสดุซึ่งใช้สำหรับก่อสร้างฐานรองรับท่อจะต้องเป็นไปตามที่ระบุในแบบก่อสร้าง และปราศจากวัสดุ เม็ดหยาบซึ่งมีขนาดค้างบนตะแกรงเบอร์ 4 ฐานรองรับท่อต้องได้รูปพอดีกับท่อ และถูกบดอัดให้ได้ความหนาแน่นไม่น้อยกว่า 95% ของความหนาแน่นแห้งสูงสุด

2.1.3 การวางท่อ

การวางท่อแต่ละท่อนจะต้องให้ปลายเสียบหันไปตามทิศทางการไหลของน้ำและปลายสวมหันไปใน ทิศตรงข้าม และวางให้ต่อเชื่อมได้ถูกต้องตามแนว ความลาดเอียงและระดับซึ่งแสดงในแบบก่อสร้าง

2.1.4 การเชื่อมท่อ

ปลายท่อแต่ละท่อนจะต้องต่อกันอย่างสนิท สะอาด ส่วนการเชื่อมต่อซึ่งมีการ เสริมเหล็กดังแสดงในแบบก่อสร้างจะใช้กับรอยเชื่อมต่อซึ่งอยู่ใต้ผิวจราจร รอยต่อที่ใช้ปูนทรายเมื่อปาดได้รูปเรียบร้อย แล้วจะต้องป้องกันรอยต่อไม่ให้ถูกแสงแดด และให้ชุ่มด้วยความชื้น โดยปิดคลุมด้วยกระสอบชุ่มน้ำเพื่อป้องกันการระเหยจากปูนฉาบ

2.1.5 การตรวจสอบก่อนถมกลบ การถมกลบ

ไม่ปรากฏรอยแตกร้าวของ ท่อ รวมทั้งรอยต่อเชื่อมไม่เกิดการรั่วซึมปรากฏให้เห็นหรือทำให้มีปริมาณน้ำซึมเข้ามาในท่อเป็นเหตุให้ลดขีดความสามารถในการระบายน้ำของท่อนั้น

2.1.6 การถมกลบ

คอนกรีตหุ้มท่อจะต้องบ่มเป็นเวลา 3 วัน ก่อนทำการถมกลับและบดอัด วัสดุที่นำมาใช้ถมจะถูกบดอัดเป็นชั้นๆ ความหนาของชั้นก่อนบดอัดต้องไม่มากกว่า 20 ซม. รอบๆท่อและตลอดความกว้างของร่อง แล้วบดอัดด้วยความระมัดระวังจนกระทั่งได้ชั้นดินถมกลบสูง 30 ซม. เหนือ หลังท่อ

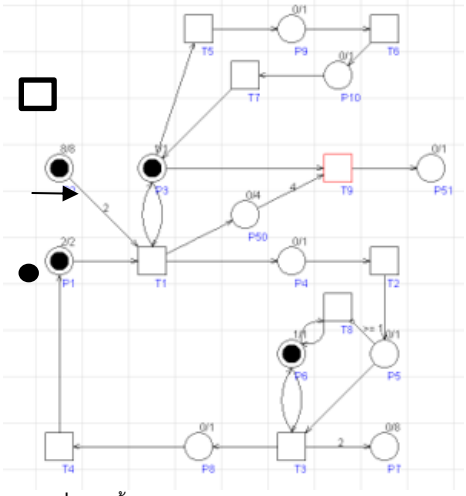
2.1.7 บ่อพัก

บ่อพักต้องติดตั้งวางให้ได้แนว ระดับ และความลาดดังแสดงในแบบก่อสร้าง และส่วนซึ่งเชื่อมต่อจะต้องจรดกันสนิท พร้อมทั้งใช้ปูนทราย ซึ่งมีอัตราส่วนของ ปูนซีเมนต์ : ทราย เป็น 1 : 3 ใช้เป็นวัสดุเชื่อมต่อชิ้นส่วนของโครงสร้างเข้าด้วยกัน การถมกลับบ่อพัก ทำได้หลังจากที่คอนกรีตมีอายุไม่น้อยกว่า 3 วัน

2.2 การสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์

2.2.1 ทฤษฎี Petri nets

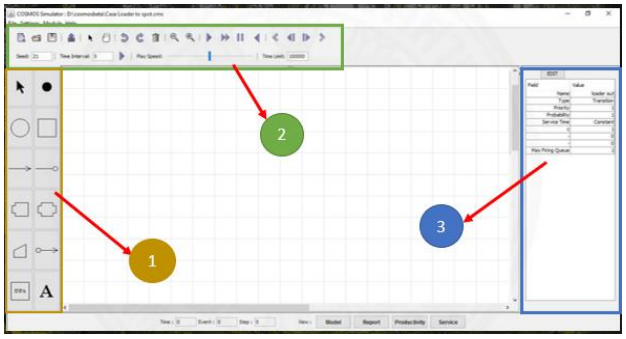
ทฤษฎี Petri nets เป็นการเขียนแผนผังขั้นตอนงานก่อสร้าง ที่สามารถใส่รายละเอียดการใช้ทรัพยากรเข้าไปในแต่ละช่วงการทำงาน รวมถึงค่าเวลาขั้นตอนการทำกิจกรรมต่างๆ ทำให้สามารถวิเคราะห์ขั้นตอนกระบวนการทำงานได้อย่างละเอียดมากขึ้น โดยมีแก่นพื้นฐานหลัก 4 อย่างในการสร้าง แผนผังแบบจำลอง คือ 1.กิจกรรมการทำงาน (Transition) ใช้สัญลักษณ์ ในการเขียน 2.ตำแหน่งอ้างอิงในการใส่ หรือ เคลื่อนที่ของทรัพยากร ก่อนเข้ากิจกรรมการทำงาน (Place) ใช้สัญลักษณ์ ในการเขียน 3.ทิศทางการทำงาน หรือ ทิศการเคลื่อนของทรัพยา Arc) ใช้สัญลักษณ์ ในการเขียน 4.ทรัพยากร หมายถึง เครื่องจักร หรือแรงงาน หรือ วัสดุ หรือ เครื่องมือ ในการทำให้เกิดกิจกรรม (Token) ใช้สัญลักษณ์ ในการเขียน หลักพื้นฐานทั้ง 4 นี้ สามารถนำมาเขียนแผนผังแทนขั้นตอนการก่อสร้าง เพื่อนำมาจำลองสถานการณ์ต่างๆได้ต่อไป ตัวอย่างการเขียนผังขั้นตอนงานก่อสร้างของทฤษฎี Petri nets ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ผังขั้นตอนงานก่อสร้างตามทฤษฎี Petri nets

2.2.2 การสร้างแบบจำลองในโปรแกรมคอมพิวเตอร์

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการจำลองสถานการณ์ ใช้โปรแกรม Cosmos simulation ที่ทางผู้วิจัยได้เข้าอบรม จาก วสท. และได้รับอนุญาตในการใช้งานอย่างถูกต้อง หลักการโปรแกรมดังกล่าว พัฒนามาจากทฤษฎี Petri nets ทำให้สามารถใส่ทรัพยากร และรายละเอียดงานเพื่อจำลองสถานการณ์งานก่อสร้างได้อย่างครบถ้วน สำหรับลักษณะเมนูของโปรแกรมแบ่งโครงสร้างเป็น 3 เมนู คือ 1.ส่วนคำสั่งในการสร้างแบบจำลอง 2.ส่วนควบคุมการประมวลผลการจำลองสถานการณ์ 3.ส่วนการป้อนค่ารายละเอียดเพิ่มเติมใน Transition หรือ Place หรือ Arc หรือ Token ดังแสดงตัวอย่างเมนูโปรแกรม Cosmos simulation ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 โครงสร้างเมนู ใน Cosmos simulation program

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ยุทธนา เกาะกิ่ง (2550) Virtual Reality Modeling Language (VRML) เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ภาษาหนึ่งซึ่งมาประยุกต์ใช้กับการก่อสร้างอาคาร โดยนำแบบสองมิติมาพัฒนาเป็นแบบจำลองสามมิติและพัฒนาต่อเป็นแบบจำลองเสมือนจริง แบบจำลองที่แสดงรายละเอียดและมีการเชื่อมโยงกับข้อมูลที่จำเป็นเพื่อใช้ในการควบคุมการก่อสร้าง สามารถแก้ปัญหาอุปสรรคที่จะเกิดขึ้นก่อนการก่อสร้างจริง ทำให้สามารถวางแผน

ป้องกันและจัดลำดับการทำงาน จากบทความ VRML เป็นวิธีการสร้างแบบจำลองโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่ชี้ให้เห็นว่าการสร้างแบบจำลองกระบวนการก่อสร้าง ช่วยในการวางแผนงานก่อสร้างและสามารถลดความผิดพลาดปัญหาอุปสรรคที่เกิดจากการทำงานได้

วรพจน์ โชคอนันต์คุณ (2552) COSMOS เป็นภาษาเชิงสัญลักษณ์สำหรับวิศวกรโยธาใช้ในการระบุรายละเอียดกระบวนการก่อสร้างให้สะดวกโดยพื้นฐานมากจาก Petri Nets และเพิ่มความหมายเรื่องประเภทของทรัพยากร ความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ การจัดลำดับความสำคัญของงานและเวลาให้กับ Petri Nets กระบวนการก่อสร้างจะถูกตรวจสอบคุณสมบัติเรื่องปริมาณทรัพยากรที่ต้องใช้ จำนวนผลผลิต และผลิตผลที่คาดว่าจะได้รับ งานวิจัยชี้ให้เห็นว่าโปรแกรมคอสมอส มีความสามารถในการวิเคราะห์และออกแบบกระบวนการได้ถูกต้องเมื่อเปรียบกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์อื่น ๆ

ธนิถา ปานรังศรี(2558) ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการวิเคราะห์และออกแบบการก่อสร้างด้วยวิธีการจำลองสถานการณ์ โดยใช้โปรแกรมคอสมอส ทำการจำลองสถานการณ์กระบวนการก่อสร้างในแบบจำลอง เพื่อดูแนวโน้มการดำเนินงานที่เกิดขึ้นของโครงการ พบว่าจำนวนรถคอนกรีต ที่ขนส่งคอนกรีตที่ได้จากการทำนายโดยการจำลองสถานการณ์มีความเหมาะสมกับปริมาณงานและปริมาณคอนกรีตมีความเหมาะสมกับช่วงเวลาทำงานในแต่ละวัน ส่งผลให้ระยะเวลา การว่างงานของรถคอนกรีตลดลง การเทคอนกรีตเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

รุ่งโรจน์ ศรีวิเชียร และจิรวัฒน์ ดำริห์อนันต์ (2553) นำเสนอกรณีศึกษาการปรับปรุงกระบวนการก่อสร้าง ด้วยวิธีจำลองสถานการณ์ (simulation) ซึ่งเป็นวิธีการจำลองวิธีหนึ่งที่สามารถใช้ในการวิเคราะห์หาระยะเวลาในการทำงานและหาจำนวนทรัพยากรที่เหมาะสมได้ โดยผลที่ได้จากการวิจัยสามารถลดเวลาในส่วนงานผลิตและติดตั้งส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จได้ 108 วัน ส่งผลให้มีค่าใช้จ่ายลดลง 675,000 บาท

Anil Sawhney et al. (2002) ได้อธิบายถึงวิธีการจัดตารางงานโดยใช้ Petri Net เป็นฐานรวมไปถึงอธิบายการนำไปใช้ ผู้วิจัยมองว่าการวางแผนงานในโครงการก่อสร้างที่ใช้ Petri Net เป็นฐานนั้นสามารถลดข้อบกพร่องของการวางแผนงานก่อสร้างที่อิงรูปแบบเครือข่าย ซึ่งเป็นเพราะข้อเท็จจริงที่ว่า Petri Net เปรียบเสมือน “กระดูกสันหลัง” ของระบบวางแผนงาน การศึกษาตารางงานในโครงการก่อสร้างสะพานได้ชี้ให้เห็นได้ว่าการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Generalized Stochastic Petri Net ที่เป็นการจำลองสถานการณ์โดยใช้ Petri Net สามารถนำมาใช้ในการ ออกแบบและปรับปรุงการวางแผนแบบ Bar chart หรือแบบโครงข่ายต่าง ๆ ของก่อสร้างสะพานได้ ซึ่งโปรแกรม คอสมอสก็เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้การจำลองสถานการณ์แบบ Petri Net เช่นกัน จึงทำให้คาดการณ์ได้ว่าโปรแกรมคอสมอสก็สามารถปรับปรุงการวางแผนงานก่อสร้างได้เช่นกัน

Sanjin Milinkovic et al. (2016) ได้กล่าวถึงการสร้างแบบจำลองเป็นวิธีการที่มี ประสิทธิภาพเพื่อวิเคราะห์การจราจรของรถไฟ งานวิจัยชี้ให้เห็นว่าการสร้างแบบจำลองโดย Petri Net สำหรับระบบรางรถไฟที่ซับซ้อนตั้งอยู่บนพื้นฐานของโครงสร้างแบบลำดับขั้นที่มีโมดูลที่แตกต่างกันเชื่อมต่อกับ การจำลองโดยแบบจำลอง HLPN สามารถใช้วิเคราะห์ระบบรางรถไฟได้หลากหลายวัตถุประสงค์ เช่น การตัดสินใจในโครงการที่จะลงทุนทดสอบโครงสร้างพื้นฐานหรือออกแบบเทคโนโลยีวิเคราะห์ตารางเวลาและ สมรรถนะของเส้นทาง ความล่าช้าของรถไฟ

3. วิธีการวิจัย

3.1 การรวบรวมข้อมูลภาคสนาม

แหล่งที่ได้มาของข้อมูล คือ โครงการหมู่บ้านจัดสรรแห่งหนึ่ง ในเขต ต.ขามใหญ่ อ.เมือง จ.อุบลราชธานี ที่มีเนื้อที่โครงการรวม 174 ไร่ โดยจัดทำเป็นตารางข้อมูล แสดงรายละเอียดข้อมูลที่จะต้องเก็บ ซึ่งข้อมูลและรายละเอียดต่างๆ จากการเก็บข้อมูล จะประกอบไปด้วย วันเวลาในการทำงาน ทรัพยากรในการทำงาน ระยะเวลาในกระบวนการทำงานนั้นๆ ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทำงาน

3.2 การสร้างแบบจำลอง (Modeling) และการจำลองสถานการณ์ (Simulation)

ในการสร้างแบบจำลอง (modeling) ตามหลักการเขียนตามทฤษฎี Petri nets (หัวข้อ 2.2.1) และสร้างแบบจำลองในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (ตามหัวข้อ 2.2.2) โดยนำข้อมูลที่ได้จากภาคสนาม (หัวข้อ 3.1) มาหาเป็นค่าฐานนิยม (Mode) ของการทำงานแต่ละงาน (หรือของแต่ละกิจกรรมในขั้นตอนการก่อสร้าง) ซึ่งเป็นค่าของฐานข้อมูลชุดใดชุดหนึ่งที่มีความถี่สูงที่สุด หรือมีการซ้ำกันมากที่สุดของทรัพยากรในการทำงานที่จะส่งผลไปสู่ประสิทธิภาพในการทำงาน (เช่น ค่าฐานนิยมของแรงงานในแต่ละกิจกรรม หรือ ค่าฐานนิยมของระยะการขุดร่องของรถแบคโฮ) เพื่อเตรียมไปใช้ป้อนค่าของการจำลองสถาการณ์ (Simulation) ในขั้นตอนนี้ จะทำการตรวจสอบความถูกต้องของ แบบจำลอง และ การจำลองสถานการณ์ ว่าสอดคล้องกับข้อมูลจริงที่ได้มาจากภาคสนามจริงหรือไม่ ก่อนทำขั้นตอนต่อไป

3.3 การปรับปรุงกระบวนการก่อสร้างในแบบจำลอง

การปรับปรุงกระบวนการก่อสร้างในแบบจำลอง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานให้ดีขึ้น ใช้หลักเกณฑ์ในการปรับปรุงดังต่อไปนี้

3.3.1 ปรับปรุงโดยการเพิ่มประสิทธิภาพทรัพยากร

3.3.2 ปรับปรุงโดยการปรับเปลี่ยนลำดับขั้นตอนกระบวนการทำงาน

ทั้งนี้อาจเลือก 1 วิธี หรือ 2 วิธี หรือทั้ง 2 วิธีพร้อมกัน

4. ผลการเก็บข้อมูลภาคสนาม

4.1 ข้อมูลงานผลิตบ่อพักคอนกรีตเสริมเหล็ก

การสร้างบ่อพัก ค.ส.ล. เพื่อใช้ในการวางลงใต้ดิน ตามแนวระบบระบายน้ำของโครงการ เป็นตามแบบรายการคำนวณของทีมผู้ออกแบบ ทั้งนี้จำนวนบ่อพักทั้งหมดในระบบระบายน้ำมีจำนวนทั้งสิ้น 140 บ่อ โดยผู้รับเหมาต้องทำการผลิตบ่อพัก ค.ส.ล.ดังกล่าวที่หน้างาน เพราะเป็นวิธีที่สะดวกเนื่องจากมีพื้นที่การทำงานเหลือเฟือ ลดความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการลำเลียงขึ้นลงจากการขนส่ง และประหยัดค่าใช้จ่ายค่าในการขนส่ง สำหรับขั้นตอนการผลิตบ่อพัก ค.ส.ล. แสดงดังรูปที่ 3

ก.การดัดเหล็ก และ การผูกเหล็กเสริม

ข.การเตรียมแบบเหล็ก และ การเข้าแบบกับเหล็กเสริมที่เตรียมไว้

ค.การเตรียมคอนกรีตสดเพื่อเท และ การเทคอนกรีตเข้าแบบ

ง.การรอให้คอนกรีตเซ็ตตัว และ การแกะแบบออก

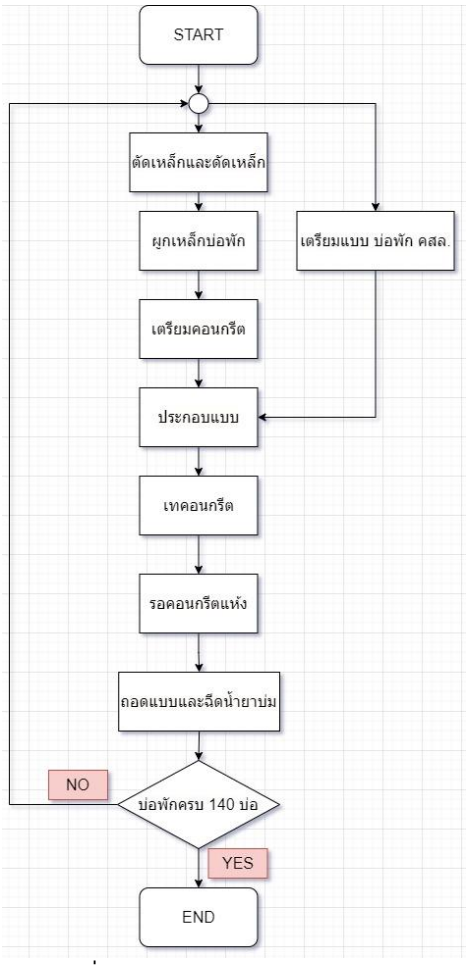
รูปที่ 3 ขั้นตอนการผลิตบ่อพัก ค.ส.ล. ในการวางระบบระบายน้ำใต้ดิน

ข้อมูลรายละเอียดงาน การใช้ทรัพยากร และปัญหาที่พบจากขั้นตอนการผลิตบ่อพัก ที่ได้จากภาคสนาม แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สรุปข้อมูลการผลิตบ่อพัก ค.ส.ล. (รายละเอียด ทรัพยากร ปัญหา)

รายละเอียดการเก็บข้อมูล	ทรัพยากร	ปัญหาที่พบ
ดำเนินการเก็บข้อมูล ในเรื่องของ เวลาในการทำกิจกรรม ดังนี้ 1.การตัดเหล็ก ดัดเหล็กบ่อพัก 2.การนำเหล็กที่ตัดมาผูกมัดให้ได้ตามแบบ 3.การเตรียมคอนกรีต เพื่อที่จะนำไปหล่อบ่อพัก คสล. 4.การทำความสะอาดแบบ เคาะปูนที่ติด ทาน้ำมัน 5.การประกอบแบบ บ่อพัก คสล. 6.การเทคอนกรีตเข้าแบบหล่อ 7.การถอดและบ่มน้ำยาเมื่อคอนกรีตแห้ง	4 คน แบ่งเป็น ผู้ชาย 3 คน ผู้หญิง 1 คน	1. การเก็บข้อมูลของกิจกรรม การรอคอนกรีตแห้งนั้น จะต้องรอ 1 วัน ก่อนที่จะทำการถอดแบบออกได้ 2. กระบวนการทำงานของคนงานนั้น จะไม่ค่อยมีความแตกต่างกันในแต่ละวัน (ไม่มีการพยายามคิดหาวิธีที่เพิ่มประสิทธิภาพมากขึ้น)

สำหรับ แผนผังกระบวนการผลิตบ่อพัก ค.ส.ล. สรุปได้ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 แผนผังกระบวนการผลิตบ่อพัก ค.ส.ล.

4.2 ข้อมูลงานก่อสร้างระบบระบายน้ำ

การก่อสร้างระบบระบายน้ำทั้งหมด ซึ่งเริ่มตั้งแต่การขุดแนวท่อ วางระดับรวมถึงการวางบ่อพัก ค.ส.ล.เชื่อมต่อกับแนวท่อใต้ดิน และกลบดินบดอัดเรียบร้อย เพื่อส่งมอบแก่เจ้าของโครงการ การดำเนินการก่อสร้างระบบระบายน้ำ ใช้เวลาทั้งสิ้น 3 เดือน กับอีก 15 วัน หรือ 105 วัน โดยขั้นตอนการก่อสร้างระบบระบายน้ำ แสดงดังรูปที่ 5

ก.การหาแนวพิกัดแนวระดับการขุด และ การตรวจสอบแนวซ้ำก่อการขุด

ข.ขุดคูร่องให้มีความลาดชัน 1:200 และวางบ่อพักห่างกัน 10 ม.(ตามแบบ)

ค.ปรับระดับพื้นร่อง เช็คระดับปากท่อ โดยการดึงหมุดระดับ เพื่อเตรียมเทลีน

ง.เทคอนกรีตหยาบ (ปูน:ทราย:หิน 1:3:5) ความหนา 5-10 cm ตามแนวลาดชัน

จ.วางท่อบนพื้นรองที่มีคอนกรีตหยาบ เริ่มจากระดับที่ต่ำไปหาระดับที่สูง โดยท่อท่อนแรกให้หันด้านรางเข้าด้านที่รับน้ำ ส่วนท่อนที่สองให้ใช้ด้านที่เป็นลิ้นสวมเข้ากับด้านที่เป็นรางของท่อแรก สวมท่อต่อกันไปจนบรรจบกับบ่อพัก หากระยะไม่พอดีให้ใช้วิธีการตัดท่อตามระยะที่ต้องการ

ฉ.ยาแนวรอยต่อท่อ ด้วยปูนทราย(MORATA) 1:2 (ปูน 1 ส่วน : ทราย 2 ส่วน) โดยใช้ปูนทรายยาแนว กว้าง 12 ซม. หนา 5 ซม. ซึ่งใช้ท่อ PVC เป็นแบบหล่อในการยาแนว และยึดท่อเข้าด้วยกัน หลังยาแนวเสร็จต้องปล่อยให้แห้ง เป็นเวลา 3 วัน จึงสามารถที่จะทำการถมดินเพื่อบดอัดชั้นที่ 1 ได้

ช.การถมดินบนแนวท่อ เพื่อทำการบดอัดชั้นที่ 1 ต้องมีการบ่มน้ำเพื่อให้ดินแทรกลงไปทั่วถึงในแนวด้านใต้ท่อ โดยทำการบ่มน้ำไว้ 6-8 ชั่วโมง หลังจากนั้นทำการตรวจระดับปากบ่อพักว่าต้องทำการปรับแก้ระดับปากบ่อพักหรือไม่ก่อนทำการถมเพื่อบดอัดและบ่มในชั้นสุดท้าย

ช.ตรวจสอบและปรับแก้ปากบ่อพักที่ไม่ได้ระดับ ตามแบบ หรือตามวิศวกรกำหนด ซึ่งอาจจำเป็นที่ต้องทุบและหล่อขึ้นใหม่เพื่อให้มีระดับที่สอดคล้องกับถนน

ฌ.การถมและบดอัดเป็นชั้นๆ พร้อมกับบ่มน้ำเพื่อให้ดินเข้าไปแทรกปิดรอยต่อท่อด้านล่าง ในการบ่มและบดอัดจะแบ่งออกเป็น 2 ชั้น บ่มประมาณ 6-8 ชั่วโมง โดยดินที่ถมหลังท่อ คสล. ต้องสูงจากหลังท่อคอนกรีต ไม่น้อยกว่า 40 cm

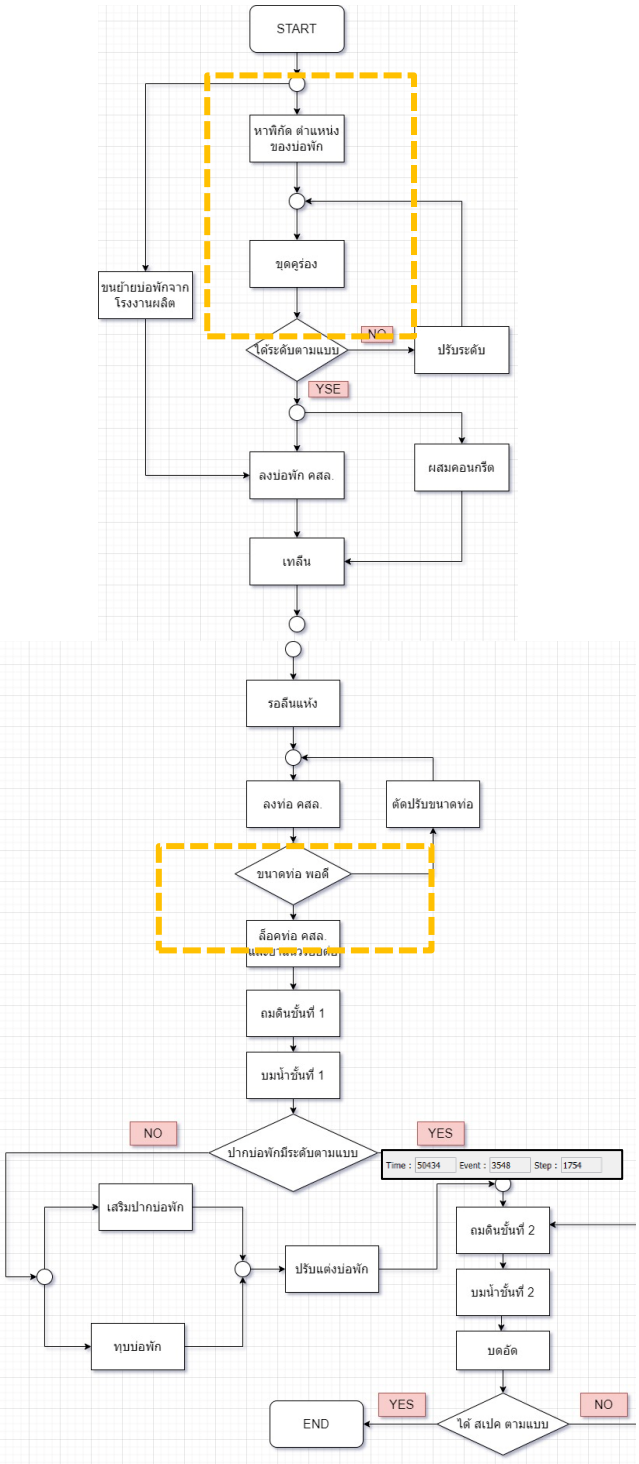
รูปที่ 5 ขั้นตอนการก่อสร้างระบบระบายน้ำ

ข้อมูลรายละเอียดงาน การใช้ทรัพยากร และปัญหาที่พบจากขั้นตอนการวางระบบระบายน้ำ ที่ได้จากภาคสนาม แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สรุปข้อมูลการวางระบบรายน้ำ (รายละเอียด ทรัพยากรที่ใช้ ปัญหา)

รายละเอียดการเก็บข้อมูล	แรงงานคน	เครื่องจักร	ปัญหาที่พบ
ดำเนินการเก็บข้อมูล ในเรื่องของ เวลาในการทำกิจกรรม ดังนี้ 1. การหาตำแหน่ง และหาพิกัดในการขุดร่อง 2. การขุดร่อง 3. การหาระดับและการปรับระดับ เพื่อที่จะลงบ่อพัก 4. การผสมลีน เทลีน 5. การลงท่อ 6. การยาแนวรอยต่อ 7. การขนย้ายบ่อพัก คสล. 8. การถมดิน รวมถึงการบ่มน้ำ 9. การทำงานของเครื่องจักรต่างๆ 10. การทำงานของทรัพยากรคน 11. การแก้ไขปัญหาหน้างาน	11 คน แบ่งเป็น คนงานผู้ชาย 5 คน คนงานผู้หญิง 4 คน วิศวกรควบคุมงาน 1 คน คนขับรถแบคโฮ 1 คน คนขับรถ 6 ล้อ 1 คน คนขับรถฉีดน้ำ 1 คน	รถแบคโฮ 1 คัน รถฉีดน้ำ (6 ล้อ) 1 คัน รถบดอัด 1 คัน	1.ในช่วงของเดือน 2-4 การไปเก็บข้อมูล จะทำได้ค่อนข้างลำบาก เพราะสถานการณ์ COVID-19 จึงมีความถี่ในการไปเก็บข้อมูลไม่มาก 2.เมื่อทำการถมดินชั้นที่ 1 ปรากฏว่า มีการปรับแก้ระดับของถนนใหม่ทำให้ต้องมีการปรับระดับปากบ่อพักตามด้วย

สำหรับ แผนผังกระบวนการวางระบบระบายน้ำ สรุปได้ดังรูปที่ 6



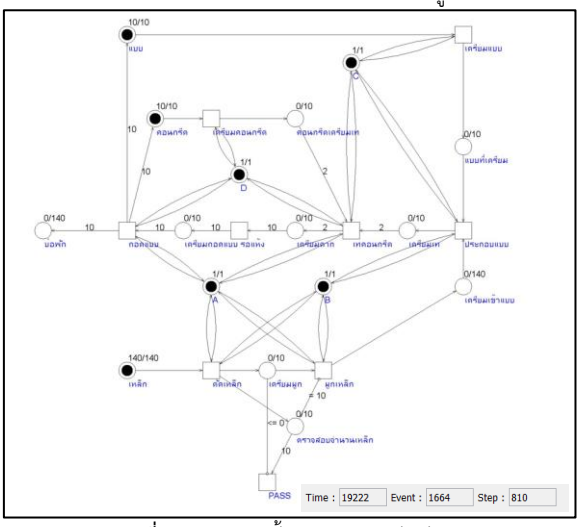
รูปที่ 6 แผนผังกระบวนการก่อสร้างระบบระบายน้ำ

5. การสร้างแบบจำลองการก่อสร้าง

การสร้างแบบจำลองการก่อสร้างอาศัยข้อมูลที่เก็บจากภาคสนาม รวมถึงการสรุปขั้นตอนการทำงานเป็นแผนผัง (หัวข้อที่ 4) โดยนำมาสร้างแบบจำลอง (Modeling) และจำลองสถานการณ์ (Simulation) ตามทฤษฎี Petri nets ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (หัวข้อที่ 3.2) พร้อมทั้งทำการตรวจสอบความถูกต้องของ แบบจำลอง และ การจำลองสถานการณ์ ว่าสอดคล้องกับข้อมูลที่ได้มาจากภาคสนาม ดังรายละเอียดต่อไปนี้

5.1 การสร้างแบบจำลองการผลิตบ่อพัก ค.ส.ล.

แบบจำลองขั้นตอนการผลิตบ่อพัก ค.ส.ล. แสดงดังรูปที่ 7

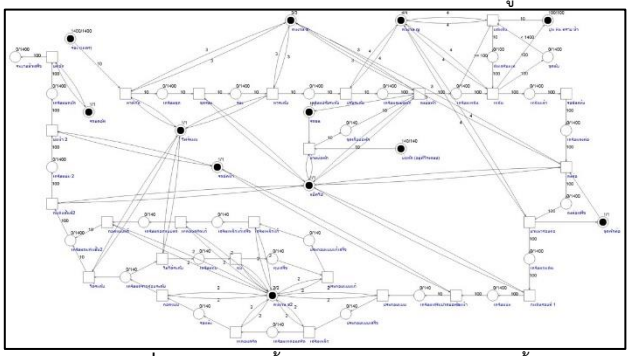


รูปที่ 7 แบบจำลองขั้นตอนการผลิตบ่อพัก ค.ส.ล.

จากข้อมูลภาคสนาม สามารถนำมาสร้างแบบจำลองขั้นตอนการผลิตบ่อพัก ค.ส.ล. ซึ่งหลังทำการสอบเทียบความถูกต้อง ได้ค่าเวลาจากการจำลองสถานการณ์ในแบบจำลอง 19,222 นาที หรือ 40 วัน ตรงกับข้อมูลภาคสนามที่เก็บมาจริง แสดงว่าแบบจำลองนี้สามารถเป็นตัวแทนการก่อสร้างจริงได้

5.2 การสร้างแบบจำลองการวางระบบระบายน้ำ

แบบจำลองขั้นตอนการก่อสร้างระบบระบายน้ำ แสดงดังรูปที่ 8



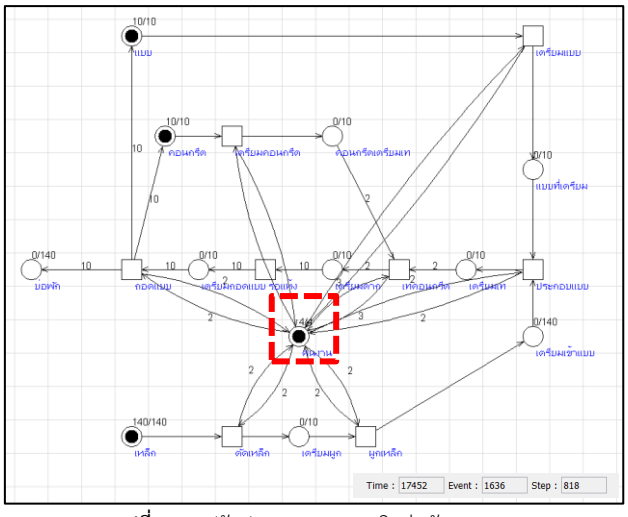
รูปที่ 8 แบบจำลองขั้นตอนการก่อสร้างระบบระบายน้ำ

ทำนองเดียวกัน ข้อมูลภาคสนาม สามารถนำมาสร้างแบบจำลองขั้นตอนการก่อสร้างระบบระบายน้ำ ซึ่งหลังทำการสอบเทียบความถูกต้อง ได้ค่าเวลาจากการจำลองสถานการณ์ในแบบจำลอง 50,434 นาที หรือ 105 วัน ตรงกับข้อมูลภาคสนามที่เก็บมาจริง แสดงว่าแบบจำลองนี้สามารถเป็นตัวแทนการก่อสร้างจริงได้เช่นกัน

6. ผลการปรับปรุงแบบจำลองการก่อสร้าง

6.1 การปรับกปรุงกระบวนการผลิตบ่อพัก ค.ส.ล.

จากข้อมูลภาคสนามกระบวนการผลิตบ่อพัก ค.ส.ล. คือประสิทธิภาพในการทำงานสามารถเพิ่มได้ เช่น กรณีคนงานมีหน้าที่ในการทำงานที่เฉพาะเจาะจง เพราะมีทั้งเพศชายและหญิง ดังนั้น การปรับปรุงประสิทธิภาพของทรัพยากร ให้มีความสามารถทำงานได้ทุกงานจะช่วยให้กระบวนการก่อสร้างดำเนินงานได้เร็วมากขึ้น ดังแสดงรูปที่ 9

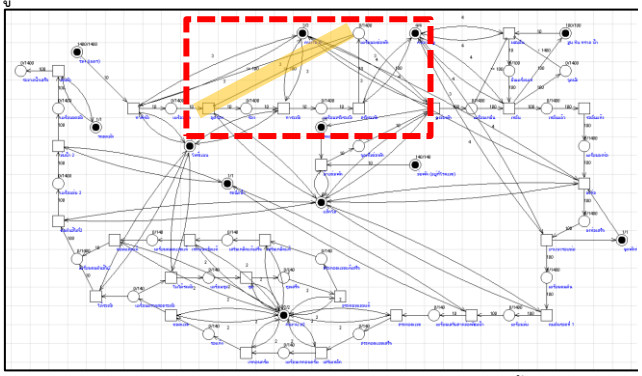


รูปที่ 9 การปรับปรุงกระบวนการผลิตบ่อพัก ค.ส.ล.

ผลการปรับปรุงแบบจำลองกระบวนการผลิตบ่อพัก ค.ส.ล. ตามรูปที่ 9 จะลดเวลาการดำเนินการเหลือ 17,452 นาที หรือคิดเป็น 36 วัน

6.2 การปรับปรุงกระบวนการก่อสร้างระบบระบายน้ำ

ผู้วิจัยพบว่ากระบวนการก่อสร้างระบบระบายน้ำที่ได้จากข้อมูลภาคสนาม มีขั้นตอนบางอย่างที่ทำให้เกิดการใช้ทรัพยากรไม่คุ้มค่า เช่น การขุดร่อง ให้แล้วเสร็จทั้งหมด กิจกรรมอื่นๆถึงสามารถเริ่มดำเนินการได้ จุดนี้ที่ทางผู้วิจัยให้ความสำคัญเป็นอย่างมาก เพราะการรอกิจกรรมหนึ่งดำเนินการให้เสร็จนั้นจะทำให้ระยะเวลาในการก่อสร้างล่าช้า ทางผู้วิจัยทดลองใช้การปรับแบบจำลองและการจำลองสถานการณ์ ปรับปรุงกระบวนการก่อสร้างที่เกิดขึ้น โดยให้กิจกรรมขุดร่องปรับระดับ คิดต่อระยะทาง 100 เมตร จากนั้นรถแบคโฮ จะไปทำกิจกรรมใหม่ต่อ คือการลงบ่อพักได้ การปรับปรุงกระบวนการที่เกิดขึ้น คือปรับปรุงกระบวนการก่อสร้าง โดยการปรับเปลี่ยนกระบวนการทำงานของทรัพยากร ซึ่งได้ผลดังรูปที่ 10



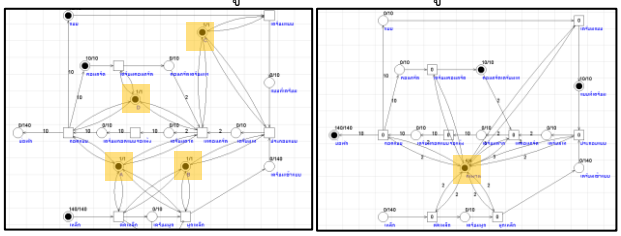
รูปที่ 10 การปรับปรุงกระบวนการก่อสร้างระบบระบายน้ำ

ผลการปรับปรุงแบบจำลองกระบวนการก่อสร้างระบบระบายน้ำ ตามรูปที่ 10 จะลดเวลาการดำเนินการเหลือ 46,347 นาที หรือ 97 วัน

7. สรุปงานวิจัย

7.1 สรุปการปรับปรุงกระบวนการผลิตบ่อพัก ค.ส.ล.

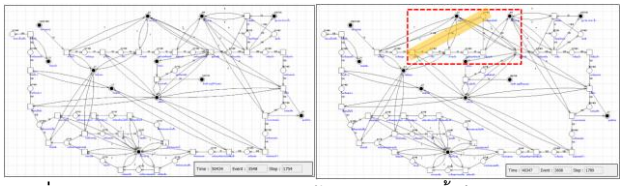
การปรับปรุงกระบวนการทำงานของแรงงาน ซึ่งเดิมอาจมีข้อจำกัดของประเภทแรงงานที่คนงานบางคนไม่สามารถทำงานได้ทุกประเภทงาน เป็นคัดคนงานที่สามารถทำได้ทุกประเภทงานมาอยู่ในทีมชุดผลิตบ่อพัก ค.ส.ล. ซึ่งหากทำได้ดังที่กล่าวมา ผลที่เกิดจากการปรับปรุงกระบวนการก่อสร้างสามารถลดระยะเวลาการผลิต บ่อพัก คสล. จำนวน 140 บ่อ ลงได้ จาก 40 วัน (รูปที่ 7) สามารถลดลงเหลือ 36 วัน (รูปที่ 9) จะเห็นได้ว่า การปรับปรุงกระบวนการลดเวลาการทำงานลงได้ถึง 4 วัน ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายของทรัพยากรต่างๆ ลงได้ หากกล่าวโดยสรุปคือการปรับปรุงส่วนกระบวนการผลิตบ่อพัก ค.ส.ล. จากการระบวนการผลิตแบบเดิม (รูปฝั่งซ้าย) เป็นกระบวนการผลิตแบบใหม่ (รูปฝั่งขวา) ได้ดังแสดงในรูปที่ 11



รูปที่ 11 การปรับปรุงกระบวนการผลิต บ่อพัก ค.ส.ล. โดยการปรับการกระบวนการทำงานของแรงงาน

7.2 สรุปการปรับปรุงกระบวนการก่อสร้างระบบระบายน้ำ

จากการปรับปรุงเปลี่ยนวิธีการทำงาน ในการขุดร่องของรถแบคโฮ ที่จะต้องขุดร่องให้เสร็จเป็นระยะ 1400 เมตร (ทำให้เกิดการรอทำงานของคนงานฝ่ายอื่นๆ) เป็น ให้รถแบคโฮ ขุดทีละ 100 เมตร แล้วสลับให้รถแบคโฮ ไปทำงาน อื่นๆ เช่น ลงบ่อพัก ลงท่อ เพื่อให้งานอื่นสามารถดำเนินได้เร็วขึ้น เมื่อพิจารณาจำนวนระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้างจนแล้วเสร็จ จากเดิมที่ระบบระบายน้ำจะต้องใช้เวลา 105 วัน (รูปที่8) เมื่อปรับปรุงกระบวนการระยะเวลาที่จะต้องใช้ในการก่อสร้างจนแล้วเสร็จลดลงเหลือ 97 วัน (รูปที่ 10) หากกล่าวโดยสรุปคือการปรับปรุงส่วนกระบวนการผลิตบ่อพัก ค.ส.ล. จากกระบวนการก่อสร้างระบบระบายน้ำแบบเดิม (รูปฝั่งซ้าย) เป็นกระบวนการก่อสร้างระบบระบายน้ำแบบใหม่ (รูปฝั่งขวา) ได้ดังแสดงในรูปที่ 12



รูปที่ 12 การปรับปรุงกระบวนการก่อสร้างระบบระบายน้ำ โดยการปรับวิธีการทำงานของรถแบคโฮ

การเพิ่มประสิทธิภาพงานก่อสร้างระบบระบาย กรณีศึกษาโครงการหมู่บ้านจัดสรรแห่งหนึ่งที่มีขนาดพื้นที่โครงการ 174 ไร่ โดยนำข้อมูลภาคสนามจริง มาสร้างแบบจำลองการก่อสร้าง (Modeling) และทำการจำลองสถานการณ์ (Simulation) เพื่อหาวิธีการหรือปรับปรุงขั้นตอนการก่อสร้างให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น โดยใช้หลักการไม่เพิ่มจำนวนทรัพยากร (แรงงาน หรือ เครื่องจักร) ที่ได้จากการเก็บข้อมูลภาคสนาม แต่มุ่งเน้นไปที่การหาวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพทรัพยากร และการปรับปรุงลำดับขั้นตอนการก่อสร้าง ได้ผลออกมาทำให้เพิ่มประสิทธิ[illegible] เวลาในการก่อสร้าง) ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การลดเวลาการก่อสร้างจากการปรับปรุงกระบวนการก่อสร้าง

ประเภทลักษณะงาน	ก่อนปรับปรุง		หลังปรับปรุง		การเพิ่มประสิทธิภาพ (%)
	ทรัพยากรที่ใช้	เสร็จ (วัน)	ทรัพยากรที่ใช้	เสร็จ (วัน)	
การผลิตบ่อพัก ค.ส.ล.	แรงงาน 4	40	แรงงาน 4	36	10
การก่อสร้างระบบระบายน้ำ	แรงงาน 11 รถแบคโฮ 1 รถฉีดน้ำ 1 รถบดดิน 1	105	แรงงาน 11 รถแบคโฮ 1 รถฉีดน้ำ 1 รถบดดิน 1	97	7.62

งานวิจัยนี้พบว่า การปรับปรุงกระบวนการก่อสร้าง โดยใช้ทรัพยากรเท่าเดิม โดยวิธีการหาขั้นตอนการทำงานที่ดึงศักยภาพทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงขึ้น สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานได้จริง ดังกรณีงานวิจัยนี้ งานผลิตบ่อพัก ค.ส.ล. สามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้ 10 % ส่วนงานก่อสร้างระบบระบายน้ำ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้ 7.62 %

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ บริษัท สาริน จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ อนุญาต ให้สามารถเข้าสถานที่ก่อสร้าง รวมถึงโอกาศในการประชุมพูดคุยกับทางวิศวกรโครงการ ขอขอบคุณ หจก.ศิริมหาชัย ผู้รับเหมาก่อสร้าง ที่สละเวลาและอำนวยความสะดวก ให้คณะผู้วิจัยได้เข้าเก็บข้อมูล กระบวนการก่อสร้างระบบระบายน้ำ อย่างละเอียด

เอกสารอ้างอิง

[1] ยุทธนา เกาะกิ่ง (2550).สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, ปราจีนบุรี. การสร้างแบบจำลองเสมือนจริงเพื่อการจัดการงานก่อสร้าง. *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 12* , จ. *พิษณุโลก*

[2] วรพจน์ โชคอนันต์คุณ. (2552). การสร้างโมเดลรูปนัยและการตรวจสอบความถูกต้องของ กระบวนการก่อสร้างที่เขียนด้วยภาษาคอสมอส โดยใช้โมเดลคัลเลอร์เพทริเน็ต. *มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สาขาวิทยาการ คอมพิวเตอร์*

[3] ธนิถา ปานรงศรี. (2558). กรณีศึกษาระบบคอสมอสในการจัดการทรัพยากรเพื่อลดเวลาในงาน ก่อสร้างโครงการโรงแยกก๊าซ. *สาขาวิชาวิศวกรรมและการบริหารการก่อสร้าง, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์*

[4] รุ่งโรจน์ ศรีวิเชียร และจิรวัฒน์ ดำริห์อนันต์. (2553). กรณีศึกษาการปรับปรุงกระบวนการผลิตและ ติดตั้งผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จสำหรับอาคารสูงโดยจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีเพทริเน็ทส์. *วิศวกรรมสาร ฉบับวิจัยและพัฒนา ปีที่ 21*, ฉบับที่ 1 พ.ศ.2553

[5] Anil Sawhney et al. (2002). PETRI NET-BASED SCHEDULING OF CONSTRUCTION PROJECTS. *Civil Engineering and Environment Systems*, Vol.20, No.4, Page.225-271

[6] Sanjin Milikovic et al. (2016). SIMULATING TRAIN TRAFFIC ON A DOUBLE TRACK RAILWAY LINE, *BY PETRINETS.Horizons Series B*. 2016, Vol. 3, p505-513. 9p.