

แนวคิดการวิเคราะห์และการออกแบบกระบวนการก่อสร้าง

Construction-Process Analysis and Design Concepts

จิรวัดน์ ดำริห์อนันต์*

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต
ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

Jirawat Damrianant*

Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Thammasat University, Rangsit Centre,
Klong Nueng, Klong Luang, Pathum Thani 12120

บทคัดย่อ

การวิเคราะห์และออกแบบกระบวนการก่อสร้าง โดยการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ เป็นวิธีการที่เป็นระบบในการจัดสรรทรัพยากรและการจัดกระบวนการทำงานก่อสร้างให้มีความเหมาะสม อันเป็นการเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุนในการก่อสร้าง บทความนี้นำเสนอแนวคิดและตัวอย่างในการวิเคราะห์และออกแบบกระบวนการก่อสร้างโดยการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ โดยได้กล่าวถึงหลักการในการสร้างแบบจำลองและแสดงตัวอย่างการจำลองสถานการณ์กระบวนการเทคอนกรีตพื้นของอาคารโดยใช้เครื่องยิงคอนกรีต เพื่อแสดงการวิเคราะห์และออกแบบกระบวนการก่อสร้างดังกล่าว ซึ่งจะเป็นแนวทางให้บุคลากรในอุตสาหกรรมก่อสร้างวิเคราะห์และออกแบบกระบวนการก่อสร้างได้อย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ เป็นการเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันให้กับอุตสาหกรรมก่อสร้างไทยในเวทีสากล

คำสำคัญ : การวิเคราะห์กระบวนการก่อสร้าง, การออกแบบกระบวนการก่อสร้าง, การจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์

Abstract

The analysis and design of construction processes using computer simulation are systematic approaches for resource allocation and optimization of construction processes. The appropriate resource allocation and suitable process management will normally lead to productivity improvement and cost reduction in construction. This article presents concepts and an example of construction-process analysis and design in which a computer simulation approach is employed. The example involves the process of concrete-slab placement using a concrete pump in a construction project. The presented concepts and the example are guidelines for construction practitioners to be able to analyze and design construction operations methodically and efficiently. This will enhance the competitiveness of Thai construction industry in the international contest.

Keywords: construction-processes analysis, construction-processes design, computer simulation

1. เหตุใดจึงต้องวิเคราะห์และออกแบบกระบวนการก่อสร้าง ?

ในโอกาสที่ประเทศไทยต้องเตรียมความพร้อมเพื่อเข้าสู่การแข่งขันในเวทีการค้าระดับอาเซียนและระดับนานาชาติ ดังเช่นกรณีการเปิดเสรีอาเซียนในปี พ.ศ. 2558 และอุตสาหกรรมการก่อสร้างเป็นอุตสาหกรรมสำคัญอันหนึ่งที่ต้องปรับตัวเข้าสู่การแข่งขันดังกล่าว การจัดการงานก่อสร้างอย่างมืออาชีพโดยการเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงานและเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการทรัพยากรเพื่อลดต้นทุนในการก่อสร้างนับได้ว่าเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในการเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันให้กับอุตสาหกรรมการก่อสร้างของประเทศในเวทีเหล่านี้

เนื่องจากการก่อสร้างเป็นกิจกรรมที่ใช้ “ทรัพยากร” เป็นหลัก (resource-based activity) และเป็นกิจกรรมที่มีการดำเนินการอย่างเป็นขั้นตอนหรือเป็น “กระบวนการ” (process-based activity) การเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการ “ทรัพยากร” และเพิ่มประสิทธิภาพของ “กระบวนการทำงาน” เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตจึงเป็นวิธีการลดต้นทุนวิธีหนึ่งที่สอดคล้องกับธรรมชาติของงานก่อสร้าง วิธีการดังกล่าวสามารถทำได้โดยการเลือกวิธีการทำงานที่เหมาะสม หรือโดยการปรับเปลี่ยนขั้นตอนการทำงาน หรือทำการจัดสรรปริมาณทรัพยากรที่จะใช้ในงานก่อสร้างให้สอดคล้องกับปริมาณงานที่มีอยู่และสัมพันธ์กันกับทรัพยากรอื่น ๆ ในกระบวนการก่อสร้างนั้น ๆ การปรับเปลี่ยนขั้นตอนการทำงานและการจัดสรรทรัพยากรให้เหมาะสมเหล่านี้เรียกได้ว่าเป็นการ “ออกแบบกระบวนการก่อสร้าง” แต่ทั้งนี้ก่อนที่จะ “ออกแบบ” กระบวนการก่อสร้างได้ย่อมจะต้องมี

การ “วิเคราะห์” กระบวนการก่อสร้างเพื่อให้เข้าใจพฤติกรรมที่สำคัญของกระบวนการก่อสร้างนั้น ๆ เสียก่อน เช่นเดียวกันกับการออกแบบโครงสร้างก็ย่อมที่จะต้องวิเคราะห์เพื่อให้เกิดความเข้าใจต่าง ๆ เช่น เข้าใจหรือทราบแรงภายในต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในโครงสร้างนั้นเสียก่อน จึงจะสามารถออกแบบโครงสร้างให้สามารถรับแรงภายในต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นนั้นได้ต่อไป

กล่าวได้ว่าการวิเคราะห์และออกแบบกระบวนการก่อสร้างจะนำไปสู่การลดต้นทุนในการก่อสร้าง อันเป็นการเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันให้กับอุตสาหกรรมการก่อสร้างไทยในเวทีสากลบทความนี้จึงนำเสนอแนวคิดและตัวอย่างในการวิเคราะห์และออกแบบกระบวนการก่อสร้างโดยการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ โดยกล่าวถึงหลักการในการสร้างแบบจำลองและแสดงการจำลองสถานการณ์กระบวนการเทคอนกรีตพื้นของอาคารโดยใช้เครื่องยิงคอนกรีตเป็นตัวอย่าง เพื่อแสดงการวิเคราะห์และออกแบบกระบวนการก่อสร้างอย่างเป็นระบบ

2. จะสามารถวิเคราะห์และออกแบบกระบวนการก่อสร้างได้อย่างไร ?

หนึ่งในวิธีการที่สามารถใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบกระบวนการก่อสร้างได้อย่างมีประสิทธิภาพและเป็นระบบ คือ วิธีการสร้างแบบจำลอง (modeling) และการจำลองสถานการณ์ (simulation) วิธีการดังกล่าวสามารถวิเคราะห์สถานการณ์ก่อนเหตุการณ์จริงจะเกิดขึ้น โดยการทำการจำลองสถานการณ์นั้นด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์และวิเคราะห์ผลที่ได้ ซึ่งจะช่วยให้ทราบถึงผลกระทบต่อบรรยากาศการทำงานที่เกิดขึ้นภายใต้

ภาวะการณ์และเงื่อนไขที่แปรเปลี่ยนไปตามแต่ผู้จำลองสถานการณ์จะกำหนด อันจะช่วยให้ผู้ตัดสินใจเห็นภาพของสถานการณ์ที่มีโอกาสเกิดขึ้น ทำให้สามารถเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสมที่สุดสำหรับแต่ละสถานการณ์ได้ นอกจากนี้การจำลองสถานการณ์ยังสามารถประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์หาจุดบกพร่องของระบบการทำงานหรือจุดที่ควรปรับปรุงได้โดยการทดลองลดหรือเพิ่มปริมาณทรัพยากร หรือเปลี่ยนแปลงขั้นตอนการทำงานในแบบจำลอง และนำผลลัพธ์ที่ได้ไปใช้ประกอบการตัดสินใจเลือกวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพของการดำเนินงานที่เหมาะสมที่สุดต่อไป

การจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์เป็นวิธีการที่เป็นระบบ (systematic approach) ที่มีประโยชน์เป็นอย่างมากในการวิเคราะห์ปัญหาที่มีความยุ่งยากและซับซ้อนซึ่งไม่อาจแก้ปัญหาได้ด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์หรือวิธีวิเคราะห์ที่เป็นระบบอื่นใด โดยเฉพาะปัญหาที่เกี่ยวข้องกับระบบที่มีลักษณะหรือพฤติกรรมแบบสุ่ม (random) หรือไม่แน่นอน (stochastic system) เป็นระบบที่มีตัวแปรบางอย่างที่มีค่าแปรเปลี่ยนไม่คงที่และมีการแปรเปลี่ยนแบบสุ่ม กระบวนการก่อสร้างโดยทั่วไปจะมีองค์ประกอบที่สำคัญบางประการที่มีลักษณะแปรเปลี่ยนแบบสุ่มเช่นนี้ เช่น เวลาในการทำกิจกรรมก่อสร้างที่ไม่คงที่แม้ว่ากิจกรรมนั้นจะเป็นกิจกรรมเดิมที่ทำซ้ำกันหลาย ๆ ครั้ง แต่เวลาในการทำกิจกรรมแต่ละครั้งมักจะไม่เท่ากัน เป็นต้น นอกจากนี้การจำลองสถานการณ์จะทำให้เกิด “ความเข้าใจ” ที่ถูกต้องว่าระบบหรือกระบวนการที่ศึกษาดำเนินไปอย่างไร แทนที่จะ “คิดไปเอง” ว่าระบบมีพฤติกรรมหรือดำเนินไปอย่างไร ความเข้าใจที่ถูกต้องนับได้ว่าเป็นสิ่งสำคัญในการแก้ปัญหาหรือปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบ เพราะหากความเข้าใจที่ถูกต้องไม่เกิดขึ้นก็เป็นการ

ยากที่การแก้ปัญหาจะกระทำได้ตรงจุด ส่งผลให้การเพิ่มประสิทธิภาพเป็นไปได้โดยยาก

3. แบบจำลองและการจำลองสถานการณ์คืออะไร ?

ในความหมายทั่วไปแบบจำลองคือสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นมา เพื่อใช้เป็นตัวแทนของสิ่งที่มีอยู่จริง ระบบจริง หรือกระบวนการจริง ซึ่งอาจเป็นกระบวนการที่กำลังดำเนินอยู่หรือที่จะเกิดขึ้นในอนาคตก็ได้ จากความหมายนี้จะเห็นว่าแบบจำลองเป็นคำที่กว้าง อะไรก็ตามที่เป็นตัวแทนของของจริงก็นับได้ว่าเป็นแบบจำลองตามความหมายทั่วไปนี้ทั้งสิ้น แบบจำลองจึงมีหลายรูปแบบ อาทิเช่น แบบจำลองทางกายภาพ เช่น อาคารหรือบ้านจำลอง แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เช่น สูตรแสดงความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ที่มีอยู่ในธรรมชาติ หรือแบบจำลองเชิงตรรกะ (logical model) ที่แสดงลำดับขั้นตอนการทำงาน เช่น โครงข่ายที่แสดงผังความสัมพันธ์ของการทำกิจกรรมต่าง ๆ ตามวิธีสายทางวิกฤติ (critical path method, CPM) แต่แบบจำลองที่จะเป็นประโยชน์ในที่นี้จะเป็นแบบจำลองเชิงตรรกะซึ่งอยู่ในรูปแบบที่สามารถประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ได้

สำหรับคำว่า การจำลองสถานการณ์จะหมายถึง การศึกษาพฤติกรรมของแบบจำลองโดยการทดลองเปลี่ยนตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และวิเคราะห์ผลตอบสนองของแบบจำลองที่เปลี่ยนแปลงไป โดยมักจะมีการศึกษาหรือทำซ้ำหลาย ๆ รอบและมีการเก็บรวบรวมผลจากการศึกษาและวิเคราะห์ผลโดยใช้ความรู้ทางสถิติ รูปที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ในลักษณะนามธรรมระหว่างระบบจริง (real-world process) แบบจำลองเพื่อการจำลองสถานการณ์ (simulation model) และการจำลองสถานการณ์ (simulation) จากรูปนี้อธิบายได้ว่าต้องทำการสร้าง

แบบจำลองที่เป็นตัวแทนของกระบวนการจริงขึ้นมาเสียก่อน จากนั้นจึงจะสามารถทำการจำลอง

สถานการณ์ผ่านทางแบบจำลองที่สร้างขึ้นมานั้นได้ต่อไป



รูปที่ 1 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระบบจริง แบบจำลอง และการจำลองสถานการณ์

4. หลักทั่วไปในการสร้างแบบจำลอง

การที่จะสร้างแบบจำลองที่เป็นตัวแทนของระบบจริงได้นั้น ต้องอาศัยทั้งความเข้าใจในวิธีการสร้างแบบจำลองที่เลือกใช้ และต้องอาศัยทักษะหรือความชำนาญอีกด้วย อาจกล่าวได้ว่าการสร้างแบบจำลองเป็นทั้ง “ศาสตร์” และ “ศิลป์” โดยหลักการแล้วผู้สร้างแบบจำลองย่อมที่จะต้องการแบบจำลองที่เหมือนจริงอย่างสมบูรณ์ เพื่อให้ผลจากการจำลองสถานการณ์มีความถูกต้องที่สุด แต่ในทางปฏิบัติแบบจำลองที่เหมือนจริงอย่างสมบูรณ์ดังกล่าว กล่าวคือเหมือนจริง 100 เปอร์เซ็นต์ มักจะไม่ใช่ว่าสิ่งที่ควรทำ เพราะต้องใช้เวลาเป็นอย่างมาก และใช้ค่าใช้จ่ายสูง ในขณะที่มักจะช่วยให้ได้ความถูกต้องเพิ่มขึ้นอีกเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ในทางปฏิบัติจึงมักทำการจำลองเฉพาะสาระสำคัญหรือปัจจัยหลักที่มีผลกระทบต่อสิ่งที่ต้องการศึกษาเท่านั้น ตรงจุดนี้ต้องใช้ทักษะหรือความเชี่ยวชาญซึ่งนับได้ว่าเป็นส่วนของ “ศิลป์” ที่กล่าวข้างต้น

5. ตัวอย่างการสร้างแบบจำลองและการจำลองสถานการณ์

เพื่อให้เห็นภาพของการสร้างแบบจำลองและการจำลองสถานการณ์ ในหัวข้อนี้จึงได้แสดงแบบจำลองพร้อมทั้งผลบางประการที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ โดยใช้ตัวอย่างกระบวนการเท

คอนกรีตพื้นโดยใช้เครื่องยิงคอนกรีต (concrete pump) ของโครงการก่อสร้างแห่งหนึ่ง ผลของการจำลองสถานการณ์ในกรณีตัวอย่างนี้ทำให้ทราบถึงจำนวนทรัพยากรที่เหมาะสมที่ควรใช้ในการก่อสร้างนั้น เช่น จำนวนรถบรรทุกคอนกรีตผสมเสร็จที่เหมาะสมที่ควรใช้ในกระบวนการเพื่อให้ได้อัตราผลผลิตสูงสุด (maximum productivity rate) และหาอัตราผลผลิตสูงสุดดังกล่าวออกมาในรูปของปริมาณของคอนกรีตที่มากที่สุดที่เทได้ต่อหน่วยเวลาในหน่วยลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง เมื่อใช้เครื่องยิงคอนกรีตหนึ่งเครื่อง ในการวิเคราะห์ดังกล่าวได้คำนึงถึงความล่าช้าที่เกิดขึ้นเนื่องจากการอุดตันของท่อส่งคอนกรีต การตัดและเปลี่ยนท่อช่วงที่อุดตัน รวมถึงการย้ายตำแหน่งของฐานรองรับท่อส่งคอนกรีตเพื่อให้ปลายท่ออยู่ในตำแหน่งที่ต้องการในระหว่างการเทคอนกรีตด้วย

กระบวนการที่ศึกษาเป็นการเทคอนกรีตพื้นชั้นทั่วไป (typical floor) ของอาคารสูง 8 ชั้นแห่งหนึ่ง ซึ่งมีพื้นที่ต่อชั้น 13,500 ตารางเมตร การเทคอนกรีตแบ่งออกเป็น 10 ส่วน (zone) ต่อชั้น ส่วนละประมาณ 1,350 ตารางเมตร เท่ากัน แต่ละส่วนใช้คอนกรีตปริมาณ 338 ลูกบาศก์เมตร ผู้รับเหมาอาคารหลังนี้ได้ติดตั้งเครื่องผสมคอนกรีต (batch plant) ขนาดกำลังการผลิต 50 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงขึ้นในหน่วยงาน เครื่องผสมถูกติดตั้งอยู่ห่าง

จากอาคารที่จะทำการเทคอนกรีตพื้นเป็นระยะทางประมาณ 100 เมตร

การลำเลียงคอนกรีตจากเครื่องผสมคอนกรีตไปยังริมอาคาร ณ จุดซึ่งเครื่องยิงคอนกรีตตั้งอยู่กระทำโดยการใช้อุปกรณ์บรรทุกคอนกรีตผสมเสร็จซึ่งมีความจุคันละ 5 ลูกบาศก์เมตร เมื่อรถบรรทุกคอนกรีตเดินทางมาถึงเครื่องยิงคอนกรีตก็จะทำการถ่ายคอนกรีตลงสู่เครื่องยิงคอนกรีตทันทีหากเครื่องยิงคอนกรีตและทรัพยากรที่เกี่ยวข้องทุกอย่างพร้อมจากนั้นคอนกรีตจะถูกลำเลียงไปตามท่อส่งคอนกรีตขึ้นไปยังพื้นที่ที่ต้องการ ในระหว่างการเทคอนกรีต บางครั้งท่อลำเลียงคอนกรีตอาจจะเกิดการอุดตัน ในกรณีที่เกิดการอุดตันขึ้น มักจะทำการแก้ไขโดยการตัดท่อช่วงนั้นออกและนำท่อใหม่ใส่เข้าไปแทนที่ นอกจากนี้ในระหว่างการเทคอนกรีตจะต้องมีการย้ายตำแหน่งของฐานรองรับท่อคอนกรีตเป็นระยะ ๆ เมื่อปลายท่อไม่อยู่ในตำแหน่งที่จะทำการปล่อยคอนกรีตลงบนพื้นที่ที่ต้องการได้

เพื่อให้แบบจำลองมีความถูกต้องจำเป็นจะต้องกำหนดเวลาของกิจกรรมการก่อสร้างต่าง ๆ ที่ใช้ในแบบจำลองให้เหมือนกับเวลาในการทำงานจริงในสนาม ซึ่งโดยปกติแล้วจะทำได้โดยการเก็บ

ข้อมูลจริงในหน่วยงานก่อสร้างในกรณีที่มีการก่อสร้างของกระบวนการดังกล่าวเริ่มทำไปแล้วบ้างในบางส่วน หรือหากกระบวนการก่อสร้างนั้นเป็นกระบวนการที่จะมีขึ้นในอนาคตกล่าวคือขึ้นยังไม่ได้เริ่มต้นทำขึ้นในขณะนี้ ก็ต้องใช้ข้อมูลเวลาในการทำกิจกรรมที่คล้ายคลึงกันของกระบวนการก่อสร้างอื่นที่เคยทำไปแล้วในอดีตแทน ในกรณีตัวอย่างนี้ได้กำหนดเวลาในการทำกิจกรรมในแบบจำลองไว้ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยผู้เขียนได้ประมาณให้เวลาในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ในกรณีตัวอย่างนี้มีการกระจายตัวแบบสามเหลี่ยม (triangular distribution) ซึ่งการกระจายรูปแบบนี้มีพารามิเตอร์ (parameter) ของการกระจายตัว 3 ชนิด คือ พารามิเตอร์ที่เป็นตัวระบุค่าต่ำสุด (minimum) ค่าฐานนิยม (mode) และค่าสูงสุด (maximum) ซึ่งมีความหมายว่าเมื่อทำกิจกรรมอันหนึ่งซ้ำ ๆ กันหลาย ๆ ครั้ง เวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมจะมีค่าต่ำสุดและสูงสุดไม่เกินค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดที่กำหนด โดยเวลาดังกล่าวจะกระจายตัวอยู่ในช่วงต่ำสุดและสูงสุดนี้ และเวลาที่ค่าฐานนิยมจะเป็นเวลาที่เกิดขึ้นบ่อยที่สุด

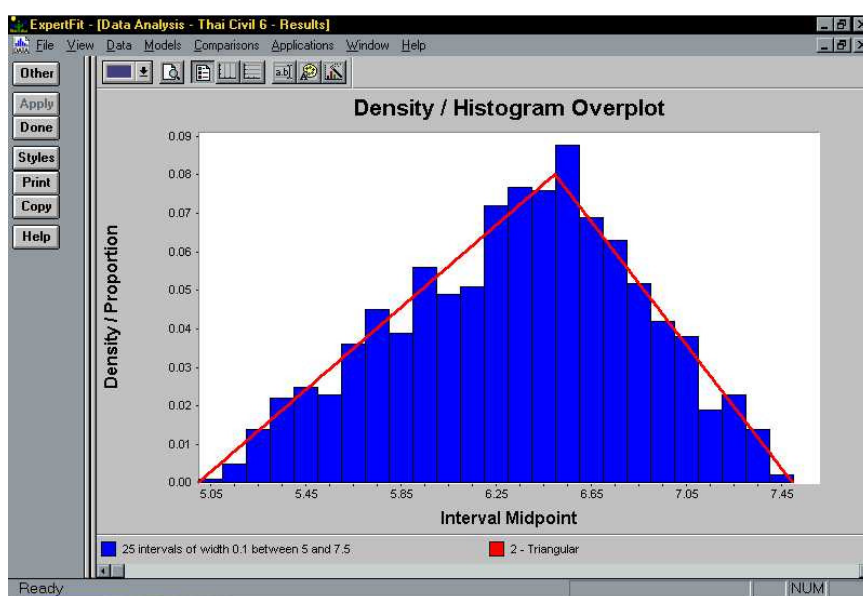
ตารางที่ 1 เวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ในกรณีตัวอย่างนี้

กิจกรรม	เวลาที่ใช้ (นาที)		
	ค่าต่ำสุด	ค่าฐานนิยม	ค่าสูงสุด
1. ผสมและถ่ายคอนกรีต 5 ลบม. จากเครื่องผสมสู่รถบรรทุก	6.0	7.5	8.5
2. รถเดินทางจากเครื่องผสมไปยังเครื่องยิงคอนกรีต	2.0	3.0	5.0
3. ถ่ายคอนกรีตจากรถไปยังเครื่องยิงคอนกรีต	5.0	6.5	7.5
4. รถเปล่าเดินทางกลับจากเครื่องยิงคอนกรีตไปสู่เครื่องผสม	1.0	1.5	2.0
5. ตัดและเปลี่ยนท่อที่อุดตัน	10.0	15.0	20.0
6. ย้ายฐานรองรับท่อ	3.0	4.0	5.0

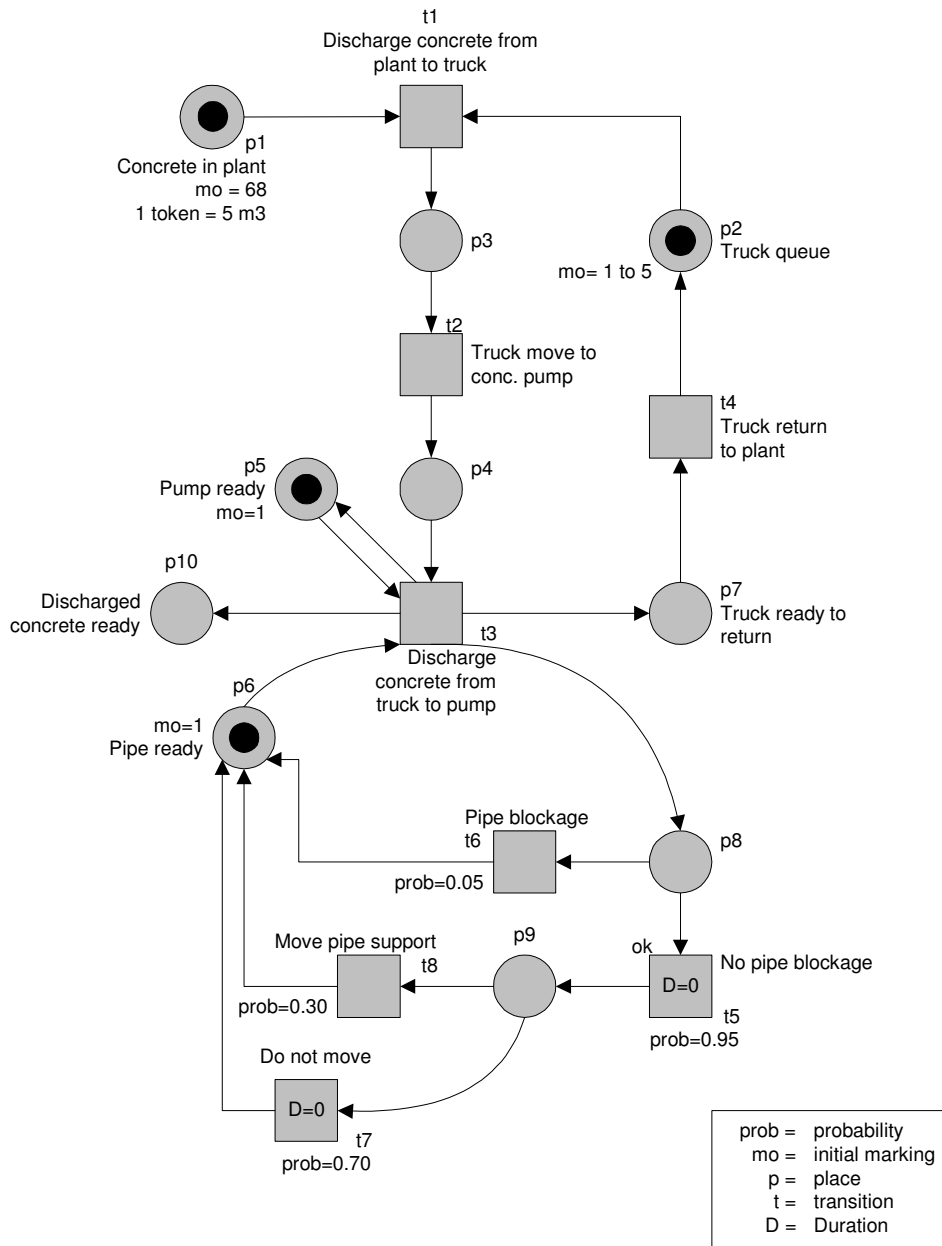
เพื่อแสดงตัวอย่างของรูปการกระจายตัวแบบสามเหลี่ยม ผู้เขียนได้แสดงรูปแบบการกระจายตัวของเวลาในการทำกิจกรรมที่ 3 ในตารางที่ 1 ไว้ในรูปที่ 2 โดยใช้โปรแกรม ExptFit (Averill M. Law & Associates, Inc.) แบบจำลองแบบเพทรีเน็ตส์ (Petri Nets) (Petri, 1962) ของกระบวนการตัวอย่างในกรณีที่ใช้เครื่องยิงคอนกรีตหนึ่งเครื่องได้แสดงไว้ในรูปที่ 3 รายละเอียดเพิ่มเติมของวิธีการสร้างแบบจำลองกระบวนการก่อสร้างแบบเพทรีเน็ตส์นี้สามารถศึกษาได้จากบทความวิจัยต่าง ๆ ได้แก่ จิรวัฒน์และศิวก (2548) รุ่งโรจน์และจิรวัฒน์ (2553) Damrianant และ Wakefield (1997) Damrianant และ Wakefield (1999) Wakefield และ Damrianant (1999) Damrianant และ Wakefield (2000) Damrianant (2001) Damrianant และ Wakefield (2001) ในแบบจำลองตามตัวอย่างนี้ผู้เขียนได้ประมาณโอกาสที่ทอส่งคอนกรีตจะอุดตันและโอกาสที่ต้องทำการย้ายฐานรองรับทอเป็น 0.05 และ 0.30 ตามลำดับ ซึ่งมีความหมายว่าหากเทคอนกรีต 100 รอบ รอบละ 5

ลูกบาศก์เมตร จะมีอยู่ 5 รอบ และ 30 รอบ โดยประมาณ ที่จะเกิดเหตุการณ์ทอส่งคอนกรีตอุดตันและมีการย้ายฐานรองรับทอ ตามลำดับ ค่าความน่าจะเป็นหรือโอกาสในการเกิดเหตุการณ์ทั้งสองที่ใช้ในบทความนี้เป็นค่าประมาณการ หากมีความต้องการความแม่นยำที่สูงขึ้นจากผลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ ผู้สร้างแบบจำลองจะต้องใช้ค่าความน่าจะเป็นที่ได้จากการเก็บข้อมูลจริงในภาคสนามเป็นกรณี ๆ ไป

ผู้เขียนใช้โปรแกรม Visual SimNet (Damrianant and Wakefield, 1998) ในการจำลองสถานการณ์ของกรณีตัวอย่างนี้ จากนั้นได้ “run” แบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นเป็นจำนวน 180 รอบ โดยทุก ๆ 30 รอบ ได้ทำการเปลี่ยนจำนวนรถที่ใช้ในกระบวนการเพื่อทดลองหาจำนวนรถที่เหมาะสม (optimum) ที่จะทำให้ได้อัตราการเทคอนกรีตสูงสุด ตัวอย่างของผลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2 ค่าที่แสดงในตารางแต่ละค่าเป็นค่าเฉลี่ยจากการจำลองสถานการณ์ 30 รอบ



รูปที่ 2 ลักษณะการกระจายตัวแบบสามเหลี่ยมของเวลาในการทำกิจกรรมที่ 3 ในตารางที่ 1



รูปที่ 3 แบบจำลองเพทรีเน็ตส์ของกระบวนการตามตัวอย่าง

ผลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ในกรณีตัวอย่างนี้แสดงให้เห็นว่าจำนวนรถบรรทุกคอนกรีตผสมเสร็จที่เหมาะสมคือจำนวน 3 คัน (ตารางที่ 2 และรูปที่ 4) การใช้จำนวนรถน้อยเกินไปจะทำให้การใช้เครื่องผสมและเครื่องยิงคอนกรีตเป็นไปอย่าง

ไม่เต็มประสิทธิภาพ ในขณะที่การใช้จำนวนรถมากเกินไปจะไม่ทำให้อัตราการเทคอนกรีตเพิ่มขึ้น จำนวนรถที่มากเกินไปจะทำให้เกิดแถวคอยที่ยาวขึ้น และรถแต่ละคันเสียเวลารอคอยอยู่ในแถวคอยนานขึ้น โดยไม่สร้างผลผลิตใด ๆ ในระหว่างการรอ

อยู่ในแถวคอย ตัวอย่างเช่น จากตารางที่ 2 ในกรณีใช้รถ 6 คัน จะเห็นได้ว่ารถแต่ละคันต้องใช้เวลาในการรอคอยเฉลี่ยที่เครื่องผสมคอนกรีตเพื่อรอรับคอนกรีตนาน 11.8 นาที และต้องใช้เวลาในการรอคอยเฉลี่ยที่เครื่องยิงคอนกรีตเพื่อรอถ่ายคอนกรีตลงสู่เครื่องยิงคอนกรีต 20.90 นาที เวลารอคอยเหล่านี้คือสิ่งสูญเปล่า (waste) ที่เกิดขึ้นในกระบวนการนี้ ทำให้อัตราการเทคอนกรีตไม่เพิ่มขึ้น แม้จะเพิ่มจำนวนทรัพยากร (รถบรรทุกคอนกรีต

ผสมเสร็จ) ที่ใช้มากขึ้นก็ตาม ทำให้ต้นทุนของการก่อสร้างมีแนวโน้มที่สูงขึ้น การจัดสรรทรัพยากรที่เหมาะสม เช่น ใช้รถ 3 คัน ตามผลที่วิเคราะห์ได้จากการจำลองสถานการณ์นี้ จะทำให้ต้นทุนในการก่อสร้างต่ำลงหรือแม้กระทั่งต่ำที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ อัตราการเทคอนกรีตที่คาดการณ์ได้จากการจำลองสถานการณ์ตามตัวอย่างนี้มีค่าเท่ากับ 34.93 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง เมื่อใช้รถบรรทุกคอนกรีตผสมเสร็จจำนวน 3 คัน

ตารางที่ 2 ตัวอย่างของผลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์

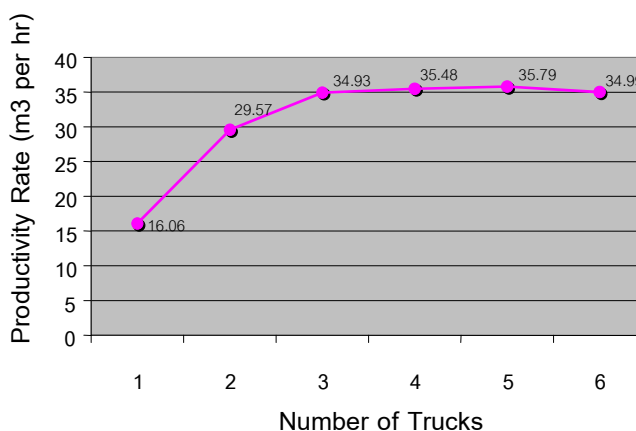
จำนวนรถที่ใช้	อัตราการเทคอนกรีตได้ (ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง)	เวลารอคอย (นาที)		ความยาวของแถวคอย (จำนวนรถเป็นคัน)	
		p2	p4	p2	p4
1	16.06	0.0	0.0	0.0	0.0
2	29.57	0.4	1.4	0.04	0.2
3	34.93	2.3	5.0	0.3	0.6
4	35.48	4.7	10.6	0.6	1.3
5	35.79	7.6	15.0	0.9	1.9
6	34.99	11.8	20.9	1.4	2.4

เวลารอคอย = เวลาเฉลี่ยที่รถแต่ละคันรออยู่ในแถวคอย

p2 = ณ เครื่องผสมคอนกรีตเพื่อรอรับคอนกรีต

p4 = ณ เครื่องยิงคอนกรีตเพื่อรอถ่ายคอนกรีตลงสู่เครื่องยิงคอนกรีต

ความยาวของแถวคอย = ความยาวเฉลี่ยของแถวคอย ณ เวลาหนึ่ง ๆ



รูปที่ 4 อัตราการเทคอนกรีตได้ แปรผันตามจำนวนรถบรรทุกคอนกรีตผสมเสร็จที่ใช้

6. บทสรุป

การวิเคราะห์และออกแบบกระบวนการก่อสร้าง เช่น การวิเคราะห์หาเวลาสูญเสียในการก่อสร้างที่เกิดจากการรอคอย และการออกแบบกระบวนการก่อสร้างโดยการจัดสรรทรัพยากรที่将在กระบวนการให้มีความเหมาะสมกับปริมาณงานที่มีอยู่และสัมพันธ์กันกับทรัพยากรอื่น ๆ ในกระบวนการนั้น ๆ ดังเช่นกรณีใช้รถบรรทุกคอนกรีตผสมเสร็จจำนวน 3 คัน ซึ่งเหมาะสมพอดีกับจำนวนและอัตราความสามารถของเครื่องผสมคอนกรีตและเครื่องยิงคอนกรีตที่ใช้ในกระบวนการเดียวกัน ตามตัวอย่างนี้ สามารถกระทำได้โดยใช้วิธีการจำลองสถานการณ์

การประยุกต์ใช้วิธีการจำลองสถานการณ์กับกระบวนการก่อสร้างจะทำให้ได้มาซึ่งระบบการก่อสร้างที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น ได้อัตราผลผลิตสูงสุดหรือวิธีการดำเนินงานที่เหมาะสมที่สุดในขณะเดียวกันทำให้สามารถลดการสิ้นเปลืองอันเกิดจากการใช้จำนวนทรัพยากรที่ไม่เหมาะสมได้อีกด้วย อันจะนำไปสู่การลดต้นทุนรวมถึงลดเวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง สิ่งเหล่านี้เป็นการเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันให้กับอุตสาหกรรมก่อสร้างของประเทศในเวทีการค้าระดับอาเซียนหรือระดับนานาชาติต่อไป

7. เอกสารอ้างอิง

จิรวรรณ ดำริห์อนันต์ และศิวกร พ่วงพูล, 2548, แนวทางและอุปสรรคในการประยุกต์ใช้วิธีการจำลองสถานการณ์งานก่อสร้าง : กรณีศึกษาเขื่อนคลองท่าด่าน, เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ วิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 10, เล่มที่ 1, 2-4 พฤษภาคม, พัทยา, CEM-29 - CEM-34.

รุ่งโรจน์ ศรีวิเชียร และจิรวรรณ ดำริห์อนันต์, 2553, กรณีศึกษาการปรับปรุงกระบวนการผลิตและติดตั้งผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จสำหรับอาคารสูงโดยการจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีเพทรินีทส์, วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา 21(1): 27-34.

Averill M. Law & Associates, Inc., Available Source: <http://www.averill-law.com/distribution-fitting>.

Damrianant, J. and Wakefield, R.R., 1997, A Petri net based system for modelling and computer simulation of construction operations, pp. 190-197, Computing in Civil Engineering: Proceedings of the Fourth Congress Held in Conjunction with A/E/C SYSTEMS 97, ASCE, Philadelphia.

Damrianant, J. and Wakefield, R.R., 1998, Examination and modification of Petri net-based methodology for construction-processes modeling, J. Proj. Constr. Manage. 4(2): 55-75.

Damrianant, J. and Wakefield, R.R., 1999, A Petri net-based methodology for modelling of overlapping activity processes, pp. 375-386, Proceedings of The Second International Conference on Construction Process Re-engineering (CPR-99), July, Sydney, Australia.

Damrianant, J. and Wakefield, R.R., 2000, An alternative approach for modeling of interference in discrete-event systems, Civil Eng. Env. Sys. 17: 213-235.

Damrianant, J. and Wakefield, R.R., 2001, An alternative approach for construction-

- process modeling, pp. 722-727, Proceedings of the 8th ISPE International Conference on Concurrent Engineering: Research and Applications - CE2001, 28 July - 1 August, Anaheim, California.
- Damrianant, J., 2001, Modeling approaches for routing and selection mechanisms of resources in construction processes, pp. 446-450, Proceedings of the 5th World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics, 22-25 July, Orlando, Florida.
- Petri, C.A., 1962, Kommunikation mit automaten, Ph.D. Thesis, University of Bonn, Bonn, West Germany; also english translation: Greene, C.F.Jr., 1966, Communication with automata, Supplement 1 to Technical Report RADC-TR-65-377, vol. 1, Rome Air Development Center, Griffiss Air Force Base, New York.
- Wakefield, R.R. and Damrianant, J., 1999, Petri net modeling-A simulation tool for use in construction process re-engineering, Int. J. Comp. Integr. Design Constr. 1(2): 20-34.