

## การวิเคราะห์หาระยะเวลาลอยตัวของงานก่อสร้างที่มีลักษณะซ้ำกัน

## Determination of Floats for Repetitive Construction

ฐานะ ปัญญวัฒน์กุล และ สุนีรัตน์ กุศลาลัย

Tana Panyowatkul and Suneerat Kusalsai

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ถ.พหลโยธิน กรุงเทพมหานคร 10900

โทร. 0-2942-8555 ต่อ1334 โทรสาร 0-2579-7565

E-mail: tana\_jack@hotmail.com, fengsnw@ku.ac.th

## บทคัดย่อ

งานก่อสร้างที่มีลักษณะซ้ำกันมักเป็นงานก่อสร้างขนาดใหญ่ ได้แก่ งานก่อสร้างถนน อุโมงค์ ทางท่อ อาคารสูง บ้านจัดสรร งานวิจัยที่ผ่านมาได้กล่าวถึงข้อดีของเทคนิคการวางแผนงานก่อสร้างที่มีลักษณะซ้ำกันว่าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของกลุ่มคนงานได้ เนื่องจากเทคนิคดังกล่าวจะให้ความสำคัญของการทำงานที่มีความต่อเนื่อง แต่พัฒนาการของแนวทางการวางแผนในลักษณะนี้ค่อนข้างจำกัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งการขาดความสามารถในการระบุระยะเวลาลอยตัวของแต่ละกิจกรรม ซึ่งระยะเวลาลอยตัวสามารถระบุระยะเวลาที่กิจกรรมสามารถล่าช้าได้โดยไม่ทำให้โครงการหรือกิจกรรมถัดไปล่าช้า บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเสนอแนวทางการวิเคราะห์หาระยะเวลาลอยตัว ทั้งระยะเวลาลอยตัวรวมและระยะเวลาลอยตัวอิสระ สำหรับการวางแผนงานก่อสร้างที่มีลักษณะซ้ำกันทั้ง 3 ความสัมพันธ์ ได้แก่ Finish to Start, Start to Start และ Finish to Finish ซึ่งระยะเวลาลอยตัวที่ได้จะเป็นระยะเวลาลอยตัวของแต่ละกิจกรรมในแต่ละหน่วยก่อสร้าง โดยข้อมูลระยะเวลาลอยตัวจะเป็นประโยชน์ต่อการควบคุมโครงการให้เป็นไปตามแผน

## Abstract

Generally repetitive construction project is a large scale project, such as the construction of highway, tunnel, pipeline, high-rise building, and housing project. The main benefits provided by the use of repetitive scheduling techniques have been documented in past studies in terms

of the increase in crew productivity. By using such techniques, repeating activities can be performed continuously from one unit to the next without interruptions. However, the development of these techniques is quite limited, especially the ability to determine activity's floats, both total float and free float. While total float is defined as the number of days in which an activity can be delayed without delaying the project, free float is the number of days in which an activity can be delayed without affecting the starting time of the following activities. This article presents a method to determine total float and free float of a repetitive activity for each construction unit based on three types of relationships; Finish to Start, Start to Start, and Finish to Finish. This floating time is useful tools for contractors in keeping a construction project in schedule.

## คำสำคัญ

ระยะเวลาลอยตัว, งานก่อสร้างที่มีลักษณะซ้ำกัน, การวางแผนงานก่อสร้าง

## 1. บทนำ

งานก่อสร้างที่มีลักษณะซ้ำกันหมายถึงงานก่อสร้างที่ประกอบด้วยหน่วยงานก่อสร้างหลายหน่วย แต่ละหน่วยมีกิจกรรมและความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมที่คล้ายกัน งานก่อสร้างที่มีลักษณะซ้ำกันที่พบเห็นโดยทั่วไปได้แก่

งานก่อสร้างทางหลวง อุโมงค์ วางท่อ อาคารสูง อพาร์ทเมนท์ บ้านจัดสรร เป็นต้น

งานก่อสร้างที่มีลักษณะซ้ำกันนี้หากวางแผนงานด้วยวิธีที่นิยมใช้คือวิธี Critical Path Method (CPM) อาจทำให้การทำงานของกลุ่มคนงานขาดความต่อเนื่องได้เนื่องจากวิธี CPM เป็นวิธี Network Analysis ที่วิเคราะห์หา กำหนดการเวลาเริ่มต้นและแล้วเสร็จที่เร็วที่สุดและช้าสุดของกิจกรรมก่อสร้างโดยพิจารณาจากความสัมพันธ์ทางเทคนิค และ/หรือความพร้อมของกลุ่มคนงาน โดยไม่คำนึงถึงความต่อเนื่องของแผนงานของกลุ่มคนงาน โดยวิธี CPM สามารถระบุกิจกรรมและเส้นทางวิกฤตของกิจกรรม รวมถึงระยะเวลาลอยตัวหรือระยะเวลาที่แต่ละกิจกรรมสามารถล่าช้าได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อกิจกรรมที่ตามมาหรือต่อระยะเวลาแล้วเสร็จของโครงการ

วิธีการวางแผนงานที่มีลักษณะซ้ำกัน (Repetitive Scheduling) ถูกออกแบบมาสำหรับงานก่อสร้างที่มีลักษณะซ้ำกัน โดยเฉพาะซึ่งมักกำหนดให้แต่ละกิจกรรมประกอบด้วยกลุ่มคนงาน 1 กลุ่ม และการวิเคราะห์หา กำหนดเวลาทำงานอาศัยการวาดกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณงานที่แล้วเสร็จกับเวลาซึ่งส่วนใหญ่มีลักษณะเป็น กราฟเส้นตรงโดยอัตราการทำงานแสดงผลอยู่ในรูปของ ความชันของกราฟ แผนการทำงานที่ได้จะทำให้เกิดความต่อเนื่องของกลุ่มคนงาน ลดปัญหาการขาดช่วงการทำงาน ของกลุ่มคนงาน ทำให้ผลผลิตของการทำงานดีขึ้นและ แผนงานที่ได้มีประสิทธิภาพ

จากการสืบค้นงานวิจัยในอดีตพบว่าวิธีการวางแผนงานก่อสร้างที่มีลักษณะซ้ำกันหลายวิธี โดยมีชื่อเรียกที่ต่างกัน เช่น Line-of-Balance (O'Brien 1969; Carr and Meyer 1974; Halpin and Woodhead 1976; Harris and Evans 1977), Vertical Production Method (O'Brien 1975; Barrie and Paulson 1978), Time Space Scheduling Method (Stradaland and Cacha 1982), Horizontal and Vertical Logic Scheduling for Multistory Projects (Thabet and Beliveau 1994), Linear Scheduling Method (Johnston 1981; Chrzanowski and Johnston 1986), Repetitive

Scheduling Method (Harris and Ioannou 1998) [1] รวมถึงงานวิจัยของ Rowing and Harmelink 1998 [3] และ Harmelink 2001 [4] ซึ่งสิ่งที่พิจารณาในการวางแผนด้วยวิธีเหล่านี้คือ 1.ความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรม 2.ความพร้อมที่จะเข้าทำงานของกลุ่มคนงาน 3.ความต่อเนื่องของการทำงานของของกลุ่มคนงาน (El-Rayes and Moselhi 1996) [2]

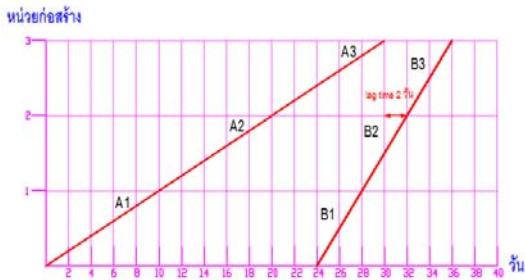
แต่ทั้งนี้วิธีการวางแผนงานที่มีลักษณะซ้ำกันไม่เป็นที่แพร่หลายในอุตสาหกรรมก่อสร้าง เนื่องจากมีการคำนวณที่ซับซ้อนกว่าวิธี CPM อีกทั้งยังขาดซอฟต์แวร์ที่จะอำนวยความสะดวกโดยเฉพาะอย่างงานก่อสร้างขนาดใหญ่ที่ประกอบด้วยหลายหน่วยก่อสร้าง นอกจากนี้จากการค้นคว้างานวิจัยในอดีตพบว่า การพัฒนาองค์ความรู้สำหรับวิธีการวางแผนงานซ้ำกันนี้ค่อนข้างจำกัดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธี Network Analysis อื่นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการหา ระยะเวลาลอยตัว เช่น Harmelink D. J. (2001) [4] ได้ทำการวิจัยเพื่อหาระยะเวลาลอยตัวของการทำงานซ้ำกัน ซึ่งแสดงอยู่ในรูปแบบอัตราการผลิต (Rate Float) ซึ่งหมายถึงอัตราการทำงานที่สามารถลดลงได้จากอัตราการทำงานที่วางแผนไว้ โดยไม่ทำให้ระยะเวลาของโครงการเพิ่มขึ้น วิธีการดังกล่าวมีการคำนวณค่อนข้างซับซ้อน อีกทั้งระยะเวลาลอยตัวที่ได้ยังอยู่ในรูปแบบอัตราการทำงานไม่ใช่อัตรางานที่สามารถเข้าใจได้ บทความนี้จะนำเสนอแนวทางการหาระยะเวลาลอยตัวของการทำงานซ้ำกันที่มีลักษณะซ้ำกัน ในรูปแบบของระยะเวลาที่สามารถเข้าใจและมีวิธีการคำนวณที่สามารถเข้าใจได้ง่าย

## 2. กำหนดเวลาทำงานของงานก่อสร้างที่มีลักษณะซ้ำกัน

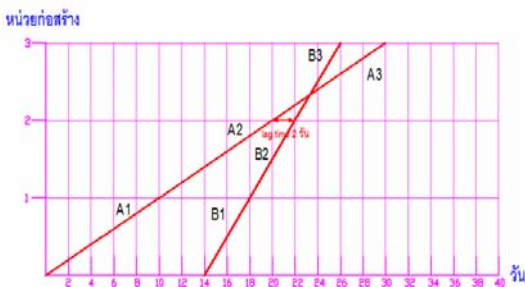
การวางแผนงานที่มีลักษณะซ้ำกันเป็นการวางแผนงานโดยใช้กราฟเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณงานที่แล้วเสร็จและระยะเวลาทำงาน รูปที่ 1 ถึง 3 แสดงตัวอย่างการวางแผนงานของสองกิจกรรม (A และ B) จำนวน 3 หน่วยก่อสร้างด้วยวิธี Repetitive Scheduling

Method (RSM) โดยกิจกรรม A มีระยะเวลาการทำงาน 10 วัน และกิจกรรม B มีระยะเวลาการทำงาน 4 วันต่อหน่วยก่อสร้าง โดยแต่ละหน่วยมีระยะเวลาระหว่างกิจกรรม (Lag

Time) 2 วัน โดยรูปที่ 1 เป็นการวางแผนกรณีความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมแบบ Finish to Start (FTS) รูปที่ 2 มีความสัมพันธ์แบบ Start to Start (STS) และรูปที่ 3 มีความสัมพันธ์แบบ Finish to Finish (FTF) ตามลำดับ



รูปที่ 1 แผนงานกำหนดวันเริ่ม – เสร็จจากความสัมพันธ์แบบ Finish to Start (FTS)



รูปที่ 2 แผนงานกำหนดวันเริ่ม – เสร็จจากความสัมพันธ์แบบ Start to Start (STS)



รูปที่ 3 แผนงานกำหนดวันเริ่ม – เสร็จจากความสัมพันธ์แบบ Finish to Finish (FTF)

3. ระยะเวลาลอยตัวสำหรับงานก่อสร้างที่มีลักษณะซ้ำกัน ในการบริหารจัดการโครงการก่อสร้าง ผู้ก่อสร้างจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลหลายประเภทเพื่อให้การดำเนินงานโครงการเป็นไปตามแผน ระยะเวลาลอยตัวเป็นข้อมูลที่สำคัญอันหนึ่งที่จะทำให้ผู้ควบคุมงานทราบถึงจำนวนวันที่กิจกรรมสามารถล่าช้าได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อกิจกรรมที่ตามมาและระยะเวลาของโครงการ ระยะเวลาลอยตัวเป็นดัชนีที่ใช้ระบุความวิกฤตของกิจกรรมก่อสร้าง โดยกิจกรรมที่มีระยะเวลาลอยตัวรวม (Total Float) เท่ากับศูนย์ จะถูกพิจารณาว่าเป็นกิจกรรมวิกฤต

สำหรับขั้นตอนการหาระยะเวลาลอยตัวของแผนงานก่อสร้างที่มีลักษณะซ้ำกันนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ขั้นตอน โดยขั้นตอนแรกเริ่มจากการวิเคราะห์หา กำหนดเวลาทำงาน จากระยะเวลาโครงการที่ได้จึงคำนวณแผนงานย้อนกลับเพื่อหาค่าวันเริ่ม – เสร็จช้าสุด และสุดท้ายคือการหาระยะเวลาลอยตัวจากผลต่างของกำหนดเวลาที่ได้จากขั้นตอนก่อนหน้า

การวิเคราะห์หา กำหนดเวลาการทำงาน เป็นการพิจารณาวันเริ่มตามแผนงาน (Scheduled Start Date, SSD) และวันเสร็จตามแผนงาน (Scheduled Finish Date, SFD) โดยคำนึงถึงความสัมพันธ์ทางเทคนิคระหว่างกิจกรรมและความต่อเนื่องของการทำงานของกิจกรรมในแต่ละหน่วยก่อสร้าง

การคำนวณย้อนกลับ (Backward Pass) คือ การหา วันเริ่มช้าสุด (Late Start, LS) และวันเสร็จช้าสุด (Late Finish, LF) ของงานก่อสร้างซึ่งพิจารณาจากวันสิ้นสุดโครงการและความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมภายในหน่วยก่อสร้างซึ่งมีอยู่ 3 รูปแบบ (FTS, STS และ FTF) และความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกับแผนการใช้ทรัพยากรของกลุ่มคนงานนั้นๆ ซึ่งมีความสัมพันธ์แบบ FTS ดังนั้นวันเสร็จช้าสุดสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 1 ถึง 3 ส่วนวันเริ่มช้าสุดคำนวณได้จากการนำค่าที่ได้จากสมการที่ 1 ถึง 3 ลบด้วยระยะเวลาของกิจกรรม

$$LF_{i,j} = \text{Min} [LS_{si,j} - \text{Lag}_{i,si}, LS_{i,j+1}, SPD] \quad (1)$$

$$LF_{i,j} = \text{Min} [LS_{si,j} - \text{Lag}_{i,si} + \text{Dur}_i, LS_{i,j+1}, SPD ] \quad (2)$$

$$LF_{i,j} = \text{Min} [LF_{si,j} - \text{Lag}_{i,si}, LS_{i,j+1}, SPD ] \quad (3)$$

เมื่อ

$LF$  = วันเสร็จช้าสุด

$LS$  = วันเสร็จเร็วสุด

$Dur$  = ระยะเวลากิจกรรม

$Lag$  = ระยะเวลาห่างกิจกรรม

$Min$  = ค่าที่น้อยที่สุด

$SPD$  = ระยะเวลาโครงการตามแผนงาน

$i$  = กิจกรรม

$si$  = กิจกรรมตามหลังกิจกรรม  $i$

$j$  = หน่วยก่อสร้าง

ระยะเวลาลอยตัวรวม (Total Float, TF) หมายถึง ระยะเวลาที่กิจกรรมสามารถช้าได้โดยไม่ทำให้โครงการล่าช้า กิจกรรมที่ระยะเวลาลอยตัวรวมเท่ากับศูนย์ เรียกว่า กิจกรรมวิกฤต (Critical Activity) ระยะเวลาลอยตัวรวม สามารถคำนวณได้หลังจากการทราบ วันเริ่ม - เสร็จตามแผนงาน และวันเริ่ม - ช้าสุด คำนวณได้จากสมการที่ 4 หรือ 5

$$TF_{i,j} = LF_{i,j} - SFD_{i,j} \quad (4)$$

หรือ 
$$TF_{i,j} = LS_{i,j} - SSD_{i,j} \quad (5)$$

เมื่อ

$TF$  = ระยะเวลาลอยตัวรวม (วัน)

$SFD$  = วันเสร็จตามแผนงาน

$SSD$  = วันเริ่มตามแผนงาน

ระยะเวลาลอยตัวอิสระ (Free Float, FF) หมายถึง ระยะเวลาที่กิจกรรมสามารถช้าได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อการเริ่มต้นของกิจกรรมที่ตามมา แต่เนื่องจาก

การวางแผนงานแบบซ้ากันกลุ่มคนงานของแต่ละกิจกรรม มักถูกกำหนดให้ทำงานอย่างต่อเนื่องส่งผลให้กิจกรรมส่วนใหญ่มีระยะเวลาลอยตัวอิสระเท่ากับศูนย์ จะมีเฉพาะกิจกรรมของหน่วยสุดท้ายเท่านั้นที่อาจมีระยะเวลาลอยตัวอิสระมากกว่าศูนย์ และสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 6 ถึง 8 ตามความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรม (FTS, STS และ FTF) ตามลำดับ

$$FF_{i,j\_end} = \text{Min}[SSD_{si,j\_end} - \text{lag}_{i,si}] - SFD_{i,j\_end} \quad (6)$$

$$FF_{i,j\_end} = \text{Min}[SSD_{si,j\_end} - \text{lag}_{i,si}] - SSD_{i,j\_end} \quad (7)$$

$$FF_{i,j\_end} = \text{Min}[SFD_{si,j\_end} - \text{lag}_{i,si}] - SFD_{i,j\_end} \quad (8)$$

เมื่อ

$FF$  = ระยะเวลาลอยตัวอิสระ (วัน)

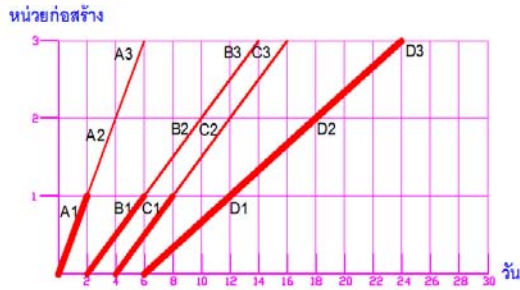
$j\_end$  = หน่วยก่อสร้างหน่วยสุดท้าย

#### 4. ตัวอย่างการหาระยะเวลาลอยตัว

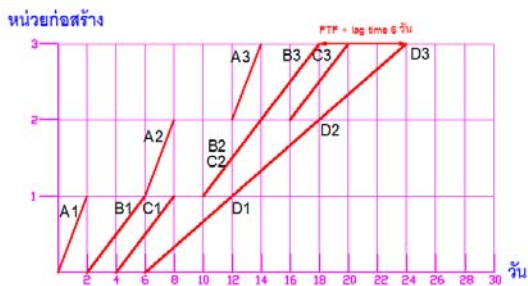
ตัวอย่างโครงการมีหน่วยก่อสร้าง 3 หน่วยก่อสร้างที่เหมือนกัน ประกอบด้วยกิจกรรม A, B, C และ D มีระยะเวลาและความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 กิจกรรม ระยะเวลาและความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรม

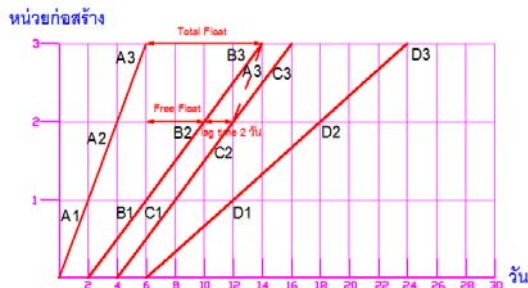
กิจกรรม	ระยะเวลา (วัน)	กิจกรรมก่อนหน้า	ความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรม
A	2	-	
B	4	A	FTS
C	4	A	FTS+Lag 2 วัน
D	6	B	FTF+Lag 6 วัน
		C	STS+Lag 2 วัน



รูปที่ 4 วันเริ่ม – เสร็จของแต่ละกิจกรรมของโครงการที่ได้จากการวางแผนงาน



รูปที่ 5 วันเริ่ม – เสร็จล่าสุดของแต่ละกิจกรรมของโครงการ



รูปที่ 6 ระยะเวลาลอยตัวของกิจกรรม A หน่วยก่อสร้างที่ 3

ขั้นตอนแรก เริ่มจากการวางแผนงานเพื่อต้องการทราบ วันเริ่ม – เสร็จของแต่ละกิจกรรมตามแผนงานแสดงโดยใช้เส้นตรงและกิจกรรมวิกฤตแสดงโดยใช้เส้นทึบ ดังรูปที่ 4 จากภาพจะเห็นได้ว่ากิจกรรม D ในหน่วยก่อสร้างที่ 3 เป็นกิจกรรมวิกฤตเนื่องจากถูกกำหนดโดยระยะเวลาของโครงการ จึงทำให้กิจกรรม D ในหน่วยก่อสร้างที่ 2 และ 1 เป็นกิจกรรมวิกฤตด้วย

ขั้นตอนที่สอง คือ การคำนวณย้อนกลับเพื่อหาวันเสร็จล่าสุดซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 1 ถึง 3 วันเริ่มต้นล่าสุดของแต่ละกิจกรรมคำนวณได้จากวันเสร็จล่าสุดลบด้วย

ระยะเวลาของกิจกรรม ซึ่งวันเสร็จล่าสุดเกิดได้ 3 กรณี กรณีที่หนึ่งกำหนดจากระยะเวลาโครงการ (SPD) กรณีนี้คือกิจกรรม D หน่วยก่อสร้างที่ 3 ถูกกำหนดวันเสร็จล่าสุดจากระยะเวลาโครงการซึ่งมีค่าเท่ากับ 24 กรณีที่สองกำหนดจากแผนการใช้ทรัพยากรของกลุ่มคนงาน ตัวอย่างกรณีนี้คือกิจกรรม D หน่วยก่อสร้างที่ 2 ถูกกำหนดวันเสร็จล่าสุดจากกิจกรรม D หน่วยก่อสร้างที่ 3 และกรณีสุดท้ายกำหนดจากความสัมพันธ์ทางเทคนิคหรือขั้นตอนการทำงานของแต่ละหน่วยก่อสร้าง ตัวอย่างกรณีนี้คือกิจกรรม B หน่วยก่อสร้างที่ 3 ถูกกำหนดจากรวันเสร็จล่าสุดของกิจกรรม D หน่วยก่อสร้างที่ 3 วันเริ่ม – เสร็จล่าสุดของแต่ละกิจกรรมของโครงการที่ได้แสดงดังรูปที่ 5

สุดท้ายหลังจากทราบวันเริ่ม – เสร็จตามแผนงานและวันเริ่ม – เสร็จล่าสุด การคำนวณหาระยะเวลาลอยตัวสามารถทำได้โดยใช้สมการที่ 4 ถึง 8 โดยรูปที่ 6 แสดงตัวอย่างการหาระยะเวลาลอยตัวของกิจกรรม A ในหน่วยก่อสร้างที่ 3 จากกราฟจะเห็นว่าระยะเวลาลอยตัวรวมมีค่าเท่ากับ 8 วัน ซึ่งถูกกำหนดจากรวันเสร็จล่าสุด (จากรูปที่ 5 คือวันที่ 14) ห่างจากรวันเริ่มตามแผนงาน (จากรูปที่ 4 คือวันที่ 6) ส่วนระยะเวลาลอยตัวอิสระมีค่าเท่ากับ 4 วัน ซึ่งพิจารณาจากกำหนดเวลาทำงานตามแผนของกิจกรรม B และ C ในหน่วยก่อสร้างที่ 3 เนื่องจากวันเสร็จตามแผนงานของกิจกรรม A ในหน่วยก่อสร้างที่ 3 (จากรูปที่ 4 คือวันที่ 6) ห่างจากรวันเริ่มตามแผนงานของ B (จากรูปที่ 4 คือวันที่ 10) เป็นเวลา 4 วัน และห่างจากรวันเริ่มตามแผนงาน C ในหน่วยก่อสร้างที่ 3 (จากรูปที่ 4 คือวันที่ 12) เป็นเวลา 6 วันแต่กิจกรรม A และ C มีระยะเวลาห่างกิจกรรม 2 วัน ดังนั้นระยะเวลาลอยตัวอิสระของ A และ C ในหน่วยก่อสร้างที่ 3 จึงมีระยะเวลา 4 วันเช่นกัน ส่วนระยะเวลาลอยตัวของแต่ละกิจกรรมในแต่ละหน่วยก่อสร้างของโครงการแสดงดังตารางที่ 2

**ตารางที่ 2** วันเริ่ม – เสร็จตามแผนงาน, วันเริ่ม -เสร็จช้าสุดและระยะเวลาลอยตัวของแต่ละกิจกรรม

กิจกรรม	หน่วยก่อสร้าง	วันเริ่มตามแผน	วันเสร็จตามแผน	วันเริ่มช้าสุด	วันเสร็จช้าสุด	เวลาลอยตัวรวม (วัน)	เวลาลอยตัวอิสระ (วัน)
A	1	0	2	0	2	0	0
	2	2	4	6	8	4	0
	3	4	6	12	14	8	4
B	1	2	6	2	6	0	0
	2	6	10	8	12	2	0
	3	10	14	14	18	4	4
C	1	4	8	4	8	0	0
	2	8	12	10	14	2	0
	3	12	16	16	20	4	4
D	1	6	12	6	12	0	0
	2	12	18	12	18	0	0
	3	18	24	18	24	0	0

**5. สรุป**

งานก่อสร้างที่มีลักษณะซ้ำกันส่วนใหญ่เป็นโครงการก่อสร้างขนาดใหญ่และมีความซับซ้อนเนื่องจากขั้นตอนการทำงานและจำนวนหน่วยก่อสร้าง ในการบริหารจัดการโครงการก่อสร้างให้แล้วเสร็จตามเวลาที่กำหนด ผู้ควบคุมงานจำเป็นต้องทราบถึงระยะเวลาลอยตัวหรือจำนวนวันทำงานของแต่ละกิจกรรมที่สามารถล่าช้าได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อกิจกรรมที่ตามมาหรือระยะเวลาโครงการ บทความนี้ได้นำเสนอวิธีการวิเคราะห์หาระยะเวลาลอยตัวทั้งระยะเวลาลอยตัวรวมและระยะเวลาลอยตัวอิสระสำหรับงานก่อสร้างที่มีลักษณะซ้ำกันทั้ง 3 ความสัมพันธ์ ได้แก่ Finish to Start, Start to Start และ Finish to Finish ซึ่งระยะเวลาลอยตัวที่ได้จะเป็นระยะเวลาลอยตัวของแต่ละกิจกรรมในแต่ละหน่วยก่อสร้างทำให้ผู้ควบคุมงานสามารถเตรียมการและควบคุมการทำงานเพื่อป้องกันมิให้เกิดปัญหาความล่าช้า

**เอกสารอ้างอิง**

[1] Harris, R. B. and P. G. Ioannou. 1998. Scheduling Projects with Repetitive Activities. *Journal of Construction Engineering and Management* 124(4): 269-278.

[2] El-Rayes, K. and O. Moselhi. 1998. Resource-driven scheduling of repetitive activities. *Construction Management and Economics* 16: 433-446.

[3] Harmelink, D. and J. E. Rowings. 1998. Linear Scheduling Model: Development of Controlling Activity.

[4] Harmelink, D. 2001. Linear Scheduling Model: Float Characteristics. *Journal of Construction Engineering and Management* 127(4): 255-260.

**กิตติกรรมประกาศ**

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์