การศึกษาระยะเวลากิจกรรมงานก่อสร้างพื้นคอนกรีตอัดแรง

A Study of Activity Duration For Post-tension Slab

นายเสกสรร โพธิจินดา

นายพงศ์ดนัย อำภัยฤทธิ์

นายจิรทีปต์ กาวชู

โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธาและการพัฒนาเมือง คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยศรีปทุม

ปีการศึกษา 2561

1-61CE009

ใบรับรองโครงงาน

ชื่อหัวข้อ	การศึกษาระยะเวลากิจกรรมงานก่อสร้างพื้นคอนกรีตอัดแรง
ชื่อนักศึกษา	นายเสกสรร โพธิจินดา
	นายพงค์ดนัย อำภัยฤทธิ์
	นายจิรทีปต์ กาวชู
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธาและการพัฒนาเมือง

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม อนุมัติให้โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของรายวิชาโครงงานวิศวกรรมโยธา

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพจิตร ผาวัน)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธาและการพัฒนาเมือง

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพจิตร ผาวัน)

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน

หัวข้อ	การศึกษาระยะกิจกรรมงานก่อสร้างพื้นคอนกรีตอัดแรง
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ไพจิตร ผาวัน
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธาและการพัฒนาเมือง
คณะ	คณะวิศวกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา	2561

บทคัดย่อ

การศึกษาการจัดการวางแผนงานก่อสร้าง มีวัตถุประสงค์เพื่อมุ่งเน้นการวิเคราะห์หาระยะเวลาของโครงการและพัฒนาแผนงานก่อสร้างให้มีประสิทธิภาพ ในโครงงานนี้จะขอกล่าวถึงงานก่อสร้างคอนโดมิเนียม ในส่วนของพื้นคอนกรีตอัดแรง ที่มีพื้นที่ทำงานแต่ละชั้นเท่าๆกัน ซึ่งงานก่อสร้างคอนโดมิเนียมจัดเป็นงานก่อสร้างที่มีลักษณะของกิจกรรมงานที่ทำซ้ำๆกัน โดยวางแผนงานก่อสร้างตามหลักทฤษฎี Even Flow Construction ซึ่งเป็นการวางแผนงานโดยกำหนดวันทำงานแต่และลูปให้เท่ากัน ซึ่งแต่ลูปจะทำงานต่อเนื่องกันไม่มีช่องว่างของเวลา (Buffer) จากการศึกษางานพื้นคอนกรีตอัดแรงพบว่า สามารถแบ่งกิจกรรมออกได้เป็น 20 กิจกรรม แต่ละกิจกรรมย่อยสามารถจัดแบ่งออกได้เป็นลูปหลายๆลูป ตามกิจกรรมงานที่เกิดขึ้นก่อนหลังตามลำดับ ในโครงงานนี้จะศึกษาระยะเวลาก่อสร้างที่ 4 วัน 5 วัน 6 วัน 7 วันและ 8 วัน ต่อ 1 ชั้น และเก็บข้อมูลค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน ได้แก่ ค่าใช้จ่ายทางตรง (Direct Cost) ค่าใช้จ่ายทางอ้อม (Indirect Cost) เพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ที่เหมาะสมระหว่างเวลาและค่าใช่จ่ายที่ต่ำสุด (Optimum) ของโครงการก่อสร้าง

จากการศึกษาและเก็บข้อมูลงานพื้นคอนกรีตอัดแรงของโครงการก่อสร้างคอนโดมิเนียมแห่งหนึ่งมาวิเคราะห์พบว่า ระยะเวลาและค่าใช่จ่ายที่ต่ำสุด (Optimum) ของโครงการ คือ การทำงานพื้นคอนกรีตอัดแรงที่ 5 วันต่อชั้น โดยแบ่งกิจกรรรมย่อยออกเป็น 5 ลูป แต่ละลูปใช้ระยะเวลาทำงาน 1 วัน ซึ่งมีค่าใช้จ่ายในการทำงานพื้นคอนกรีตอัดแรง 5 วันต่อชั้น มีดังนี้ 1 ค่าใช้จ่ายทางตรงเท่ากับ 87,544 บาท 2 ค่าใช้จ่ายทางอ้อมเท่ากับ 138,250 บาท รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นเท่ากับ 225,794 บาท

คำสำคัญ : การวางแผนงานก่อสร้างที่มีลักษณะซ้ำกัน / การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับค่าใช้จ่ายที่ต่ำสุด / วิธีกำหนดเวลางานแบบลูป

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำโครงงานครั้งนี้สำเร็จลุล่วงผลไปด้วยดี ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพจิตร ผาวัน อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ที่กรุณาเสียสละเวลาและคอยให้คำแนะนำและคำปรึกษาเกี่ยวกับการการจัดทำโครงงานในครั้งนี้ และขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านในคณะวิศวกรรมโยธาที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ทางด้านวิศวกรรมโยธาและในด้านอื่นๆอย่างมากมาย ตลอดจนผู้ที่มีส่วนร่วมในความสำเร็จทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการทำโครงงานครั้งนี้ สิ่งใดที่โครงงานนี้มีความผิดพลาด ผู้จัดทำขอรับไว้แต่เพียงผู้เดียว ส่วนความดีความชอบทั้งหลายผู้จัดทำขอมอบให้กับผู้สนับสนุนโครงการนี้ทุกท่าน ท้ายที่สุดแล้วผู้จัดทำขอกราบพระคุณ บุญคุณของบิดาและมารดา พร้อมครอบครัว ผู้ให้สติปัญญาและชีวิต เป็นกำลังใจแก่ผู้จัดทำมาโดยตลอดเสมอมา จนประสบความสำเร็จลุล่วงได้ดีในวันนี้

นายเสกสรร โพธิจินดา

นายพงศ์ดนัย อำภัยฤทธิ์

นายจิรทีปต์ กาวชู

ผู้จัดทำโครงงาน

วันที่ 30 เมษายน พ.ศ. 2562

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ ก
กิตติกรรมประกาศ ข
สารบัญ ค
สารบัญต่อ ง
สารบัญตาราง จ
สารบัญภาพ ฉ

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา 2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 วิธีเส้นสายงานวิกฤต (Critical Path Method : CPM) 3
2.2 วิธีเส้นสมดุล (Line of balance : LOB) 5
2.3 วิธี Repetitive-Scheduling-Method (RSM) 6
2.4 วิธี Even Flow Construction 12
2.5 วิธี Time Cost Trade Off (TCT) 13
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 15
2.7 สรุปท้ายบท 18

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการ

3.1 กลุ่มตัวอย่าง 19
3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลปฏิบัติงาน 19
3.3 การกำหนดลำดับ ก่อน-หลัง ของงาน ด้วยวิธีแบบลูป 21
3.4 การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในโครงการและสรุปผล 23

สารบัญต่อ

หน้า

บทที่ 4 ผลการศึกษา

4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลค่าใช้จ่ายทางอ้อม และค่าใช้จ่ายทางตรง 24
4.2 การวิเคราะห์ความเหมาะสมระหว่างระยะเวลากับค่าใช้จ่าย 34
4.3 การวิเคราะห์ข้อมูล และการนำไปประยุกต์ใช้งาน 37
4.4 สรุปผลการวิเคราะห์ 39

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล 40
5.2 ข้อเสนอแนะ 42

บรรณานุกรม 43

ภาคผนวก ก แบบบันทึกข้อมูลค่าใช้จ่ายทางอ้อม และค่าใช้จ่ายทางตรง 45
ภาคผนวก ข แผนกำหนดเวลางานแบบลูป ที่ใช้วิธีกำหนดเวลา Even Flow Construction 52
ภาคผนวก ค ประวัติผู้จัดทำ 58

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

3.1 กิจกรรมงานที่ต้องทำของการก่อสร้างพื้นระบบคอนกรีตอัดแรงในแต่ละชั้น 20

3.2 รายละเอียดกิจกรรมย่อยและทรัพยากรของการทำงานในแต่ละชั้น 21

3.3 รายละเอียดกิจกรรมย่อย ระยะเวลา และทรัพยากรที่ใช้ในแต่ละลูป 23

4.1 ข้อมูลค่าใช้จ่ายทางอ้อมของโครงการ 24

4.2 ตารางกำหนดระยะเวลาการก่อสร้างพื้นคอนกรีตอัดแรง ที่ 4 วันต่อชั้น ใน 4 ลูปการทำงาน 25

4.3 ค่าใช้จ่ายทางตรงของวันที่ 1 มี 5 กิจกรรมต่อลูป (ระยะเวลาก่อสร้างพื้นที่ 4 วันต่อชั้น) 26

4.4 ค่าใช้จ่ายทางตรงของวันที่ 2 มี 6 กิจกรรมต่อลูป (ระยะเวลาก่อสร้างพื้นที่ 4 วันต่อชั้น) 26

4.5 ค่าใช้จ่ายทางตรงของวันที่ 3 มี 4 กิจกรรมต่อลูป (ระยะเวลาก่อสร้างพื้นที่ 4 วันต่อชั้น) 27

4.6 ค่าใช้จ่ายทางตรงของวันที่ 4 มี 5 กิจกรรมต่อลูป (ระยะเวลาก่อสร้างพื้นที่ 4 วันต่อชั้น) 27

4.7 ตารางกำหนดระยะเวลาการก่อสร้างพื้นคอนกรีตอัดแรงที่ 5 วันต่อชั้น ใน 5 ลูปการทำงาน 28

4.8 ค่าใช้จ่ายทางตรงของวันที่ 1 มี 5 กิจกรรมต่อลูป (ระยะเวลาก่อสร้างพื้นที่ 5 วันต่อชั้น) 28

4.9 ค่าใช้จ่ายทางตรงของวันที่ 2 มี 3 กิจกรรมต่อลูป (ระยะเวลาก่อสร้างพื้นที่ 5 วันต่อชั้น) 29

4.10 ค่าใช้จ่ายทางตรงของวันที่ 3 มี 3 กิจกรรมต่อลูป (ระยะเวลาก่อสร้างพื้นที่ 5 วันต่อชั้น) 29

4.11 ค่าใช้จ่ายทางตรงของวันที่ 4 มี 4 กิจกรรมต่อลูป (ระยะเวลาก่อสร้างพื้นที่ 5 วันต่อชั้น) 30

4.12 ค่าใช้จ่ายทางตรงของวันที่ 5 มี 5 กิจกรรมต่อลูป (ระยะเวลาก่อสร้างพื้นที่ 5 วันต่อชั้น) 30

4.13 ตารางกำหนดระยะเวลาการก่อสร้างพื้นคอนกรีตอัดแรง ที่ 6 วันต่อชั้น ใน 6 ลูปการทำงาน 31

4.14 ค่าใช้จ่ายทางตรงของวันที่ 1 มี 4 กิจกรรมต่อลูป (ระยะเวลาก่อสร้างพื้นที่ 6 วันต่อชั้น) 31

4.15 ค่าใช้จ่ายทางตรงของวันที่ 2 มี 3 กิจกรรมต่อลูป (ระยะเวลาก่อสร้างพื้นที่ 6 วันต่อชั้น) 32

4.16 ค่าใช้จ่ายทางตรงของวันที่ 3 มี 4 กิจกรรมต่อลูป (ระยะเวลาก่อสร้างพื้นที่ 6 วันต่อชั้น) 32

4.17 ค่าใช้จ่ายทางตรงของวันที่ 4 มี 4 กิจกรรมต่อลูป (ระยะเวลาก่อสร้างพื้นที่ 6 วันต่อชั้น) 33

4.18 ค่าใช้จ่ายทางตรงของวันที่ 5 มี 3 กิจกรรมต่อลูป (ระยะเวลาก่อสร้างพื้นที่ 6 วันต่อชั้น) 33

4.19 ค่าใช้จ่ายทางตรงของวันที่ 6 มี 2 กิจกรรมต่อลูป (ระยะเวลาก่อสร้างพื้นที่ 6 วันต่อชั้น) 34

4.20 ข้อมูลค่าใช้จ่ายทางอ้อม การก่อสร้างพื้นคอนกรีตอัดแรง 35

4.21 ข้อมูลค่าใช้จ่ายทางตรง การก่อสร้างพื้นคอนกรีตอัดแรง 35

4.22 ข้อมูลค่าใช้จ่ายรวม ทางอ้อมและทางตรงของทั้งโครงการ 36

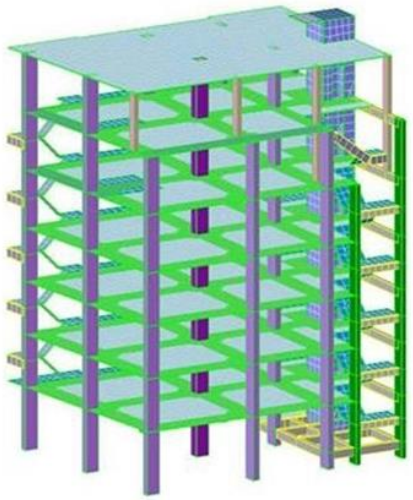
สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
1.1 โครงสร้างอาคารสูงที่มีลักษณะโครงสร้างในแต่ละชั้นซ้ำกัน	1
2.1 รูปแบบของ (Critical Path Method : CPM)	4
2.2 รูปแบบของ (Line of balance : LOB)	5
2.3 การกำหนดเวลาทำงานของกลุ่มงานฐานรากของการก่อสร้างบ้านจำนวน 3 หลังด้วย LOB	6
2.4 การกำหนดเวลาทำงานของกลุ่มงานโครงสร้างการก่อสร้างบ้านจำนวน 3 หลังด้วย LOB	6
2.5 การเขียนกราฟแสดงแผนการทำงานที่มีลักษณะซ้ำๆ กันโดยวิธี RSM	7
2.6 กำหนดเวลาการดำเนินงานของกิจกรรม ก. ในรูปแบบ RSM	7
2.7 RSM แบบ (finish-to-start หรือ FTS) ลักษณะกราฟลู่เข้าหากัน	8
2.8 RSM แบบ (finish-to-start หรือ FTS) ลักษณะกราฟลู่ออกจากกัน	9
2.9 RSM แบบ (start-to-start หรือ STS) ลักษณะกราฟลู่เข้าหากัน	10
2.10 RSM แบบ (start-to-start หรือ STS) ลักษณะกราฟลู่ออกจากกัน	10
2.11 RSM แบบ (finish-to-finish หรือ FTF) ลักษณะกราฟลู่เข้าหากัน	11
2.12 RSM แบบ (finish-to-finish หรือ FTF) ลักษณะกราฟลู่ออกจากกัน	11
2.13 กำหนดเวลาทำงานตามหลักการ Even Flow Construction	12
2.14 ความสัมพันธ์แบบต่อเนื่องระหว่างต้นทุนกับเวลาของกิจกรรมในแบบปกติและแบบเร่งรัด	13
2.15 ความสัมพันธ์แบบไม่ต่อเนื่องระหว่างต้นทุนกับเวลาของกิจกรรมในแบบปกติและแบบเร่งรัด	14
2.16 ความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนกับเวลาของโครงการ	15
3.1 การลำดับกิจกรรม ก่อน-หลัง ด้วยกิจกรรมย่อย	22
3.2 การลำดับกิจกรรม ก่อน-หลัง ด้วยวิธีแบบลูป	22
4.1 ข้อมูลค่าใช้จ่ายทางอ้อม	35
4.2 ข้อมูลค่าใช้จ่ายทางตรง	36
4.3 ข้อมูลค่าใช้จ่ายรวม ทางตรงและทางอ้อม	36
4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับค่าใช้จ่ายที่ต่ำสุด	37
4.5 กราฟแสดงระยะเวลาการก่อสร้างพื้น โครงการจำลองที่ 1	38
4.6 กราฟแสดงระยะเวลาการก่อสร้างพื้น โครงการจำลองที่ 2	38

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

โครงการก่อสร้างอาคารสูง เช่น คอนโมมิเนียม จัดเป็นการทำงานที่มีลักษณะกิจกรรมที่ซ้ำๆ กัน (Repetitive construction) โดยการแบ่งกิจกรรมย่อยออกเป็นหลายกิจกรรม ที่มีการทำงานเหมือนกันรวมไว้ด้วยกันเป็นกลุ่มงาน ตัวอย่างเช่น งานก่อสร้างอาคารสูง มีโครงสร้างในแต่ละชั้นที่เหมือนกัน ซึ่งก่อให้เกิดกิจกรรมงานที่ซ้ำกัน ดังแสดงในรูป 1.1 ผู้วางแผน สามารถเลือกดำเนินการวางแผนงานได้หลายวิธี เช่น การวางแผนงานโดยวิธีเส้นสมดุล (Line of Balance, LOB) การวางแผนงานโดยวิธีการทำงานซ้ำๆ (Repetitive Scheduling Method, RSM) การวางแผนวิธีเส้นทางวิกฤติ (Critical Path Method, CPM) และวิธีเส้นทางวิกฤติแบบลูกโซ่ (Critical Chain Project Management, CCPM)



รูปที่ 1.1 ตัวอย่างโครงสร้างอาคารสูงที่มีลักษณะโครงสร้างในแต่ละชั้นซ้ำกัน

อย่างไรก็ตาม วิธีการวางแผนงานแบบ LOB และ RSM จะเน้นให้การทำงานมีความต่อเนื่องโดยการเลื่อนวันเริ่มต้นการทำงานบางกิจกรรม เพื่อให้การทำงานกิจกรรมนั้นมีความต่อเนื่อง ซึ่งอาจส่งผลให้ระยะเวลาโครงการนั้นล่าช้า ส่งผลต่อค่าใช้จ่ายของโครงการ ส่วนการวางแผนงานแบบ CPM ในงานก่อสร้างที่มีกิจกรรมซ้ำกันยังมีจุดด้อย คือ เวลาการทำงานของกิจกรรมขาดช่วง ภาพแผนงานมีความซับซ้อน ไม่แสดงอัตราการทำงานของกิจกรรมจึงไม่เอื้อต่อการวิเคราะห์ผลกระทบของการปรับเปลี่ยนอัตราการทำงานของกิจกรรม และผลลัพธ์ไม่ได้ระบุตำแหน่งที่ตั้งของกิจกรรม ทำให้ผู้

วางแผนไม่สามารถรับรู้ถึงความเกี่ยวเนื่องระหว่างพื้นที่ทำงานและช่วงเวลา จากผลงานวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่า การวางแผนงานแบบ LOB, RSM, และ CPM ไม่เหมาะสำหรับการวางแผนงานที่มีกิจกรรมซ้ำกัน

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อจัดกลุ่มกิจกรรมย่อยให้มีระยะเวลาของกิจกรรมเท่ากัน
2. เพื่อพัฒนาแผนกำหนดเวลางานแบบลูปของโครงการ
3. เพื่อวิเคราะห์ความเหมาะสมระหว่างเวลากับค่าใช้จ่ายในโครงการ

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1. เก็บข้อมูลของอาคารสูงที่ก่อสร้างด้วยระบบพื้นคอนกรีตอัดแรง (Post-tension)
2. กำหนดระยะเวลาของลูปงานก่อสร้าง 4, 5, 6, 7 และ 8 วันต่อชั้น

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ข้อมูลที่วิเคราะห์ได้สามารถนำไปให้วิศวกรโครงการและผู้รับเหมา ใช้ในการกำหนดเวลาวางแผนงานก่อสร้างอาคารสูงได้
2. ข้อมูลที่วิเคราะห์ได้สามารถนำไปให้วิศวกรโครงการและผู้รับเหมา ใช้ในการควบคุมและบริหารงบประมาณในการทำงานของโครงการได้
3. เป็นแนวทางให้กับผู้ออกแบบและสถาปนิกสามารถนำไปใช้ในการออกแบบอาคารให้สอดคล้องกับงบประมาณและระยะเวลาก่อสร้างได้

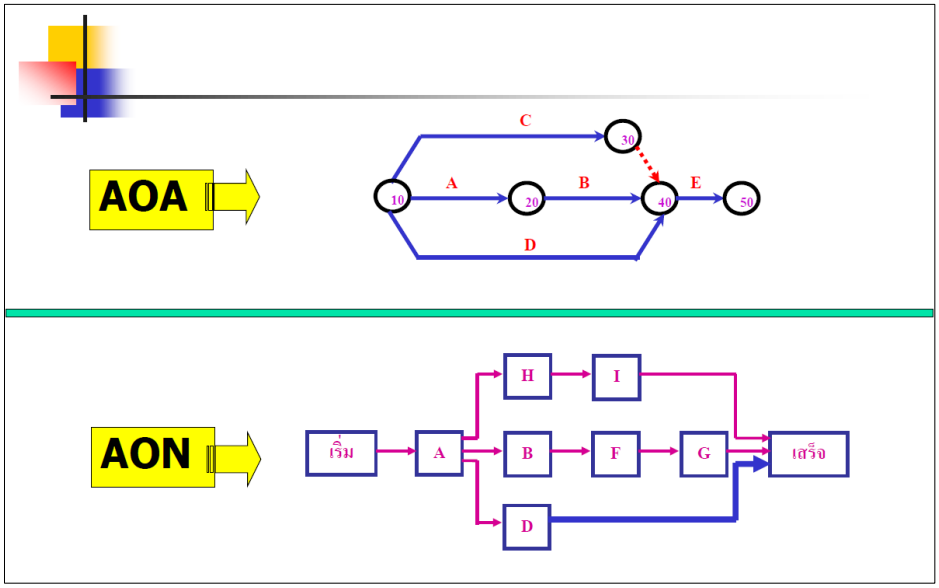
บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทนี้จะกล่าวถึง ทฤษฎี งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และสรุปท้ายบท ที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์การกำหนดเวลาการทำงานที่มีลักษณะซ้ำๆการวางแผนงานด้วยวิธีสายงานวิกฤต (Critical Path Method : CPM) วิธีเส้นสมดุล (Line Of Balance : LOB) วิธี Repetitive Scheduling Method (RSM) วิธี Even Flow Construction วิธี Time-Cost Trade Off (TCT) และทฤษฎีการวิเคราะห์หาค่าความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุด (Optimum)

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

เทคนิคการวิเคราะห์การกำหนดเวลาการทำงาน ซึ่งมีอยู่ด้วยกันหลายเทคนิค คือ การวางแผนงานด้วยวิธีสายงานวิกฤต (Critical Path Method : CPM) วิธีเส้นสมดุล (Line Of Balance : LOB) วิธี Repetitive Scheduling Method (RSM) วิธี Even Flow Construction วิธี Time-Cost Trade Off (TCT) และทฤษฎีการวิเคราะห์หาค่าความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุด (Optimum)

2.1.1 วิธีเส้นทางวิกฤต (Critical Path Method : CPM) เป็นวิธีวิเคราะห์กำหนดเวลาของกิจกรรม ในรูปแบบโครงข่ายหรือเชื่อมโยงแบบที่แสดงการของกิจกรรม และเป็นที่นิยมในการวางแผนงานก่อสร้างมากกว่า 50 ปี ถูกพัฒนาขึ้นเมื่อ พ.ศ. 2500 โดย เจ.อี. เคลลี (J.E. Kelly) แห่งบริษัทมิงตัน แรนด์ (Remington rand) ร่วมกับ เอ็ม. อาร์.วอล์กเกอร์ (M.R. Walker) แห่งบริษัทดูปองต์ (Dupont) เพื่อใช้ในโครงการก่อสร้าง และซ่อมบำรุงเครื่องจักรในโรงงานเคมี โดยเน้นในด้านการวางแผนและควบคุมเวลา ตลอดจนค่าใช้จ่ายโครงการ การวางแผนงานก่อสร้างด้วยวิธีเส้นทางวิกฤต (Critical Path Method : CPM) เป็นที่นิยมใช้อย่างแพรหลายในปัจจุบัน โดยวิธีนี้จะใช้ได้อย่างง่ายไม่ซับซ้อน เมื่อนำมาใช้วางแผนในโครงการก่อสร้างที่มีรูปแบบซ้ำๆกัน โดยการกำหนดให้กลุ่มคนงานก่อสร้างแบ่งแยกหน้าที่อย่างชัดเจน ตามประเภทของกิจกรรม อาจทำให้เกิดความไม่ต่อเนื่องของการทำงานในบางกิจกรรมขึ้น หากกิจกรรมนั้นล่าช้าย่อมหมายถึงแผนงานของโครงการทั้งโครงการล่าช้าไปด้วย มีอยู่ 2 รูปแบบ คือ กิจกรรมบนลูกศร Activity on arrow (AOA) และ Activity on node (AON) หรือบางครั้งถูกเรียกว่า Precedence Diagram ซึ่งการวิเคราะห์ทั้งสองรูปแบบจะได้ผลลัพธ์ที่เหมือนกัน



รูปที่ 2.1 รูปแบบของ (Critical Path Method : CPM)

การวางแผนงานด้วยวิธีเส้นทางวิกฤตจะทำให้ผู้วางแผนทราบถึงกำหนดวันเริ่มต้นแล้วเสร็จที่เร็วที่สุดและช้าที่สุดที่มีความเป็นไปได้ของแต่ละกิจกรรม อีกทั้งยังสามารถระบุกิจกรรมวิกฤตหรือกิจกรรมที่หากเกิดความล่าช้าจะส่งผลให้โครงการแล้วเสร็จช้ากว่าแผนงานที่กำหนดไว้ นอกจากนี้ CPM เป็นวิธีการวิเคราะห์กำหนดเวลาทำงานในรูปแบบโครงข่ายที่สามารถแสดงความสัมพันธ์ของกิจกรรมก่อสร้างได้อย่างชัดเจน ทำให้ผู้วางแผนสามารถประเมินผลที่ซึ่งอาจจะส่งผลกระทบต่อโครงการหากมีกิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่งเกิดความล่าช้า ซึ่งนับวาเป็นข้อได้เปรียบที่ทำให้ CPM ได้รับความนิยมในอุตสาหกรรมก่อสร้าง

การคำนวณค่าเวลาของกิจกรรมด้วย วิธีสายทางกิจกรรมวิกฤต (Critical Path Method : CPM) การคำนวณค่าเวลาของกิจกรรม ซึ่งมีค่าเวลาต่างๆ ดังนี้

Earliest Start Time (ES) หมายถึง เวลาเริ่มที่เร็วที่สุดของกิจกรรมนั้น

Earliest Finish Time (EF) หมายถึง เวลาเสร็จที่เร็วที่สุดของกิจกรรมนั้น

Latest Start Time (LS) หมายถึง เวลาเริ่มที่ช้าที่สุดของกิจกรรมนั้น

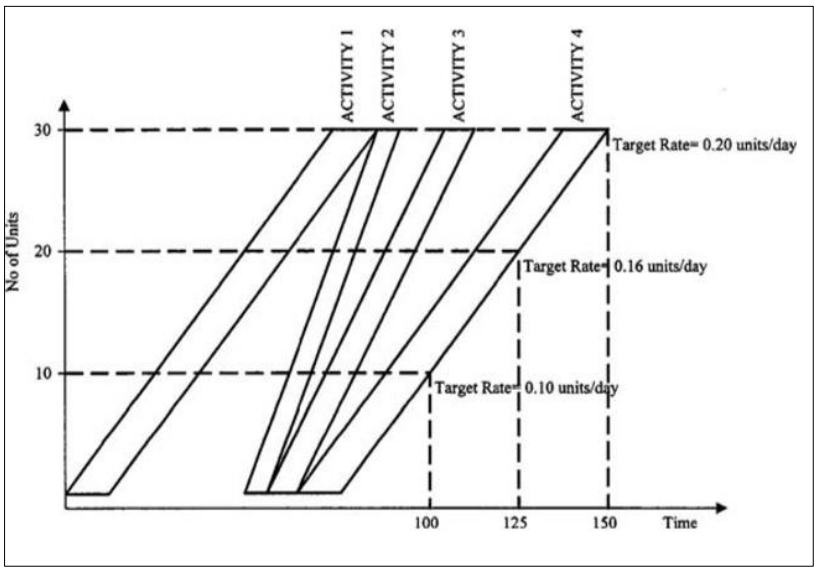
Latest Finish Time (LF) หมายถึง เวลาเสร็จที่ช้าที่สุดของกิจกรรมนั้น

Free Float (FF) หมายถึง ช่วงเวลาเลื่อนก่อนที่กิจกรรมนั้นจะทำให้ Successor ล่าช้า

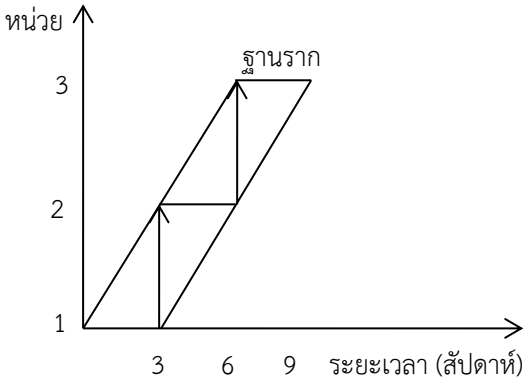
Total Float (TF) หมายถึง ช่วงเวลาเลื่อนก่อนที่กิจกรรมนั้นจะทำให้โครงการล่าช้า

2.1.2 วิธีเส้นสมดุล (Line of balance : LOB) การวางแผนโดยวิธีเส้นสมดุล (Line of balandce : LOB) เป็นวิธีการวางแผนงานที่ถูกเริ่มต้นนำมาใช้โดยบริษัท Goodyear ในปี ค.ศ. 1940 จากนั้นในปี ค.ศ. 1950 ทางกองทัพเรือของประเทศสหรัฐอเมริกาได้มีการพัฒนาต่อโดยได้นำไปใช้ในการวางแผนและควบคุมการทำงานซ้ำๆ กัน ในการวางแผนงานก่อสร้างจะใช้เส้นกราฟที่แสดงถึงอัตราการทำงานในแต่ละกิจกรรม ดังรูปที่ 2.4 โดยใช้แนวความคิดพื้นฐานให้งานมีอัตราการทำงานที่สม่ำเสมอ ซึ่งจะแสดงในรูปของความชันมีหน่วยเป็นหน่วยการทำงานต่อระยะเวลา วัตถุประสงค์หลักของ LOB คือเพื่อแสดงให้เห็นถึงอัตราการทำงานของแต่ละขั้นตอน กำหนดเวลาทำงานที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย LOB จะทำให้กลุ่มคนงานดำเนินงานได้อย่างต่อเนื่องจากกิจกรรมแรกถึงกิจกรรมสุดท้าย LOB มีรูปแบบที่ต่างจากวิธีการวิธีการวิเคราะห์กำหนดเวลาประเภท Network Analysis เช่น CPM คือกำหนดเวลาทำงานจะถูกแสดงในรูปของกราฟแท่ง โดยแกน X แทนเวลา และแกน Y แทนหน่วยก่อสร้างซึ่งเป็นรูปแบบที่เข้าใจง่าย โดยข้อดีของวิธีเส้นสมดุล คือจะแสดงให้เห็นว่ากิจกรรมใดที่กำลังทำอยู่ ซึ่งทำให้ติดตามความก้าวหน้าได้สะดวกและสามารถทราบถึงปริมาณทรัพยากรที่ต้องใช้ในแต่ละช่วงเพื่อสามารถสร้างงานตามจำนวนที่ต้องการได้ อีกทั้งสามารถเขียนแผนการทำงานของงานที่มีจำนวนมากและหลายกิจกรรมให้มองเห็นในแผนภาพที่ชัดเจนได้ แต่ข้อจำกัดของวิธีวิธีเส้นสมดุล คือการที่ไม่สามารถที่จะแสดงให้เห็นถึงกิจกรรมที่วิกฤติของโครงการได้

ความชัน = อัตราการผลิตของกิจกรรม = (1 / ระยะเวลาก่อสร้างต่อหน่วย)

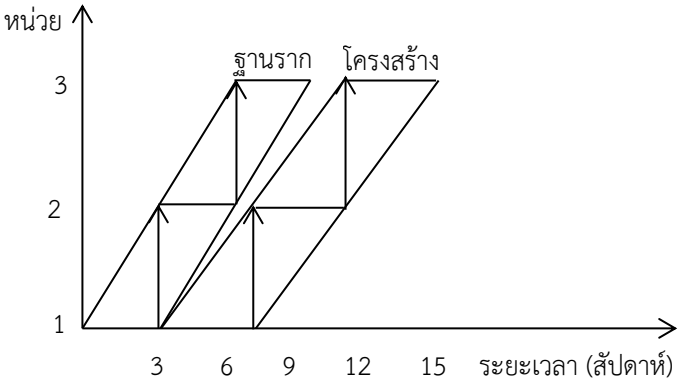


รูปที่ 2.2 รูปแบบของ (Line of balance : LOB)



รูปที่ 2.3 การกำหนดเวลาทำงานของกลุ่มงานฐานรากของการก่อสร้างบ้านจำนวน 3 หลังด้วย LOB

จากรูป 2.3 กลุ่มงานฐานรากเป็นกิจกรรมแรกและถูกกำหนดให้เริ่มต้นในวันเริ่มต้นในวันเริ่มโครงการการก่อสร้างใช้เวลา 3 สัปดาห์ต่อหลัง งานฐานรากของบ้าน 3 หลังใช้เวลาทั้งหมด 9 สัปดาห์

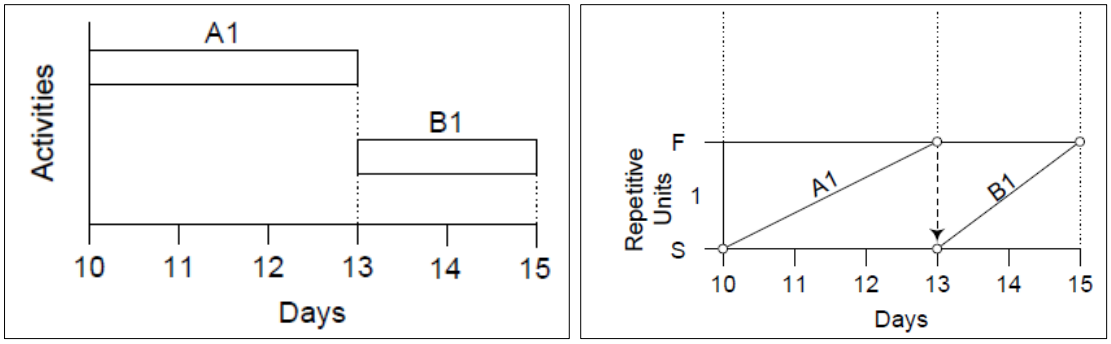


รูปที่ 2.4 การกำหนดเวลาทำงานของกลุ่มงานโครงสร้างการก่อสร้างบ้านจำนวน 3 หลังด้วย LOB

จากรูป 2.4 กลุ่มงานโครงสร้างซึ่งเป็นกิจกรรมที่ดำเนินการหลังจากที่งานฐานรากแล้วเสร็จ เนื่องจากกลุ่มงานโครงสร้างมีอัตราการทำงานที่ช้ากว่างานฐานราก จึ่งถูกกำหนดให้เริ่มงานได้ทันทีที่งานฐานรากของหน่วยก่อสร้างที่ 1 แล้วเสร็จ หรือเริ่มต้นสิ้นสัปดาห์ที่ 3 มีระยะเวลาการทำงาน 4 สัปดาห์ต่อหลัง งานโครงสร้างของทั้ง 3 หลังจึงแล้วเสร็จที่สิ้นสัปดาห์ที่ 15

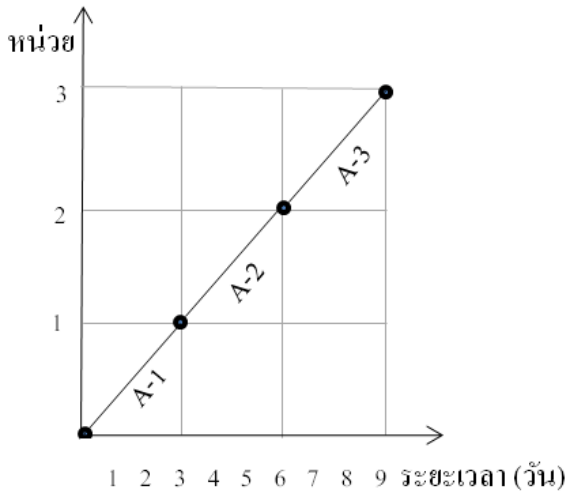
2.1.3 วิธี Repetitive-Scheduling-Method (RSM) การวางแผนโดยวิธีการ RSM ได้ถูกคิดค้นโดย Robert B. และ Photios G. Ioannou มหาวิทยาลัยมิชิแกน ในปี ค.ศ. 1998 เพื่อใช้ในการวางแผนงานก่อสร้างที่มีการทำงานที่ซ้ำๆกัน โดยมีวัตถุประสงค์คล้ายๆกับวิธีของ LOB แต่สามารถระบุกิจกรรมวิกฤตได้ แต่เนื่องจากวิธี RSM ใช้กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าปริมาณสะสม

ของหน่วยการทำงาน ณ เวลาใดๆ ตลอดระยะเวลาโครงการ



รูปที่ 2.5 การเขียนกราฟแสดงแผนการทำงานที่มีลักษณะซ้ำๆ กันโดยวิธี RSM

การวิเคราะห์กำหนดเวลาทำงานด้วยวิธี RSM จะอาศัยกราฟเส้นแทนการทำงานของกิจกรรม รูปที่ 2.6 แสดงกำหนดเวลาของกิจกรรม ก. ที่เริ่มต้นพร้อมกับการเริ่มต้นโครงการ (วันที่ 0) แกน X แทนด้วยเวลา และแกน Y แทนด้วยหน่วยก่อสร้าง ความชันของเส้นกราฟเทียบได้กับอัตราการทำงานโดยกิจกรรมที่มีการทำงานเร็ว หรือใช้เวลาในการทำงานต่อหน่วยน้อย เส้นกราฟจะมีความชันมาก ซึ่งคล้ายกับความชันของแท่งกิจกรรมตามหลักการ LOB

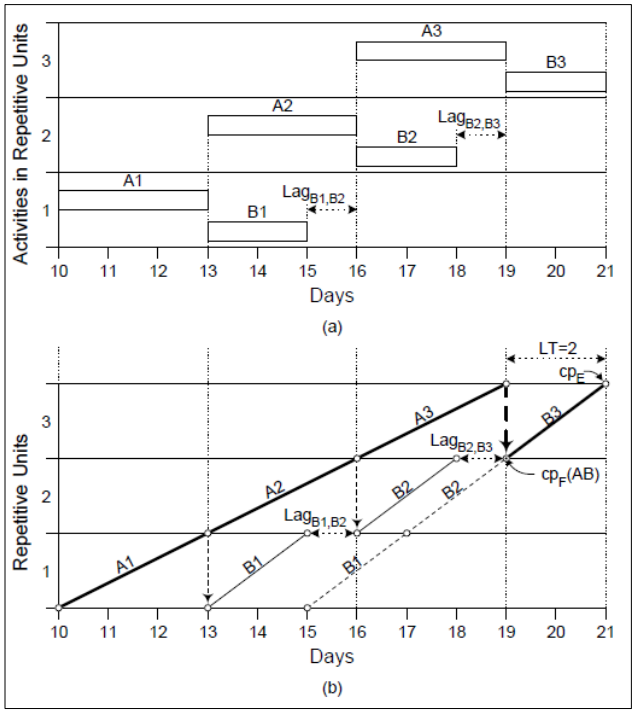


รูปที่ 2.6 กำหนดเวลาการดำเนินงานของกิจกรรม ก. ในรูปแบบ RSM

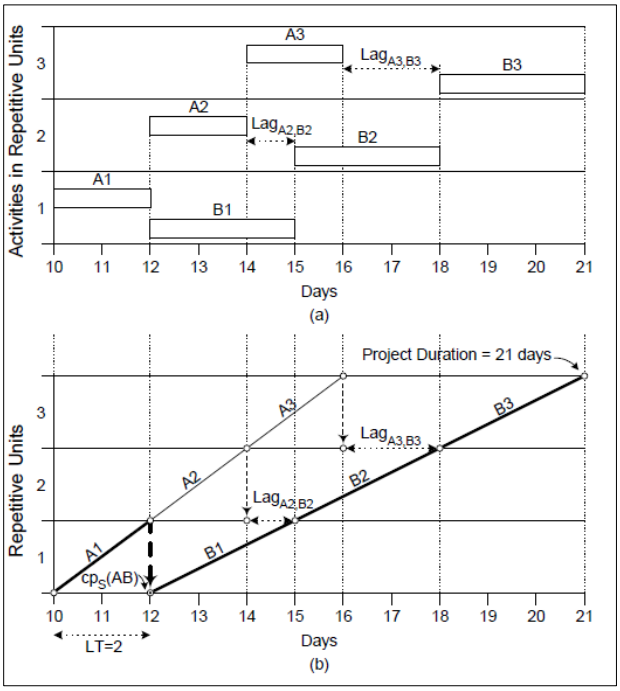
แนวความคิดที่ใช้ในการวางแผนงานก่อสร้างด้วยวิธี RSM คือ การกำหนดจุดควบคุม (Control Point, CP) และหลักการจัดลำดับควบคุม (Controlling Sequence) การวางแผนด้วยวิธีนี้จะประกอบไปด้วย 3 ความสัมพันธ์ ได้แก่ 1. กิจกรรมที่ตามมาจะเริ่มต้นได้ก็ต่อเมื่อกิจกรรมก่อนหน้าแล้วเสร็จ (finish-to-start หรือ FTS) 2. กิจกรรมที่ตามมาจะเริ่มต้นได้ก็ต่อเมื่อกิจกรรมก่อนหน้า

เริ่มต้นไปก่อนแล้วระยะหนึ่ง (start-to-start หรือ STS) และ 3. กิจกรรมที่ตามมาจะแล้วเสร็จหลังจากที่กิจกรรมก่อนหน้าแล้วเสร็จไปแล้วไม่น้อยกว่าระยะเวลาหนึ่ง (finish-to-finish หรือ FTF)

1. ความสัมพันธ์ของกิจกรรมแบบกิจกรรมที่ตามมาจะเริ่มต้นได้ก็ต่อเมื่อกิจกรรมก่อนหน้าหรือกิจกรรมเริ่มต้นแล้วเสร็จ (finish-to-start หรือ FTS) คือความสัมพันธ์ที่กิจกรรมที่ตามมาจะเริ่มทำได้ก็ต่อเมื่อกิจกรรมเริ่มต้นเสร็จสมบูรณ์แล้ว โดยจะแบ่งเป็น 2 กรณี 1.กรณีกิจกรรมก่อนหน้ามีระยะเวลาการทำงาน (Duration) มากกว่ากิจกรรมที่ตามหลัง 2. กรณีกิจกรรมก่อนหน้ามีระยะเวลาทำงาน (Duration) น้อยกว่ากว่ากิจกรรมที่ตามหลัง โดยจะสังเกตได้จากลักษณะของเส้นกราฟของทั้ง 2 กรณีที่มีความแตกต่างกัน โดยลักษณะเส้นกราฟของกรณีที่ 1 เส้นกราฟมีพฤติกรรมลู่เข้าหากันเมื่อจำนวนหน่วยก่อสร้างเพิ่มมากขึ้น ดังรูปที่ 2.7 และลักษณะเส้นกราฟของกรณีที่ 2 เส้นกราฟมีพฤติกรรมลู่ออกจากกัน เมื่อจำนวนหน่วยก่อสร้างเพิ่มมากขึ้น ดังรูปที่ 2.8

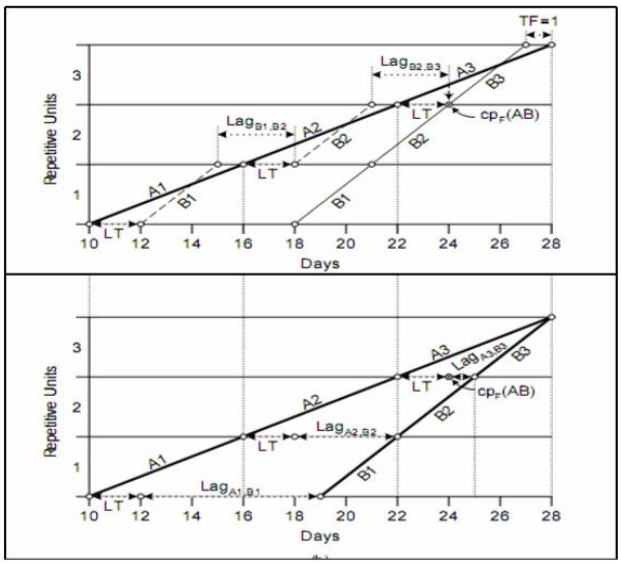


รูปที่ 2.7 RSM แบบ (finish-to-start หรือ FTS) ลักษณะกราฟลู่เข้าหากัน

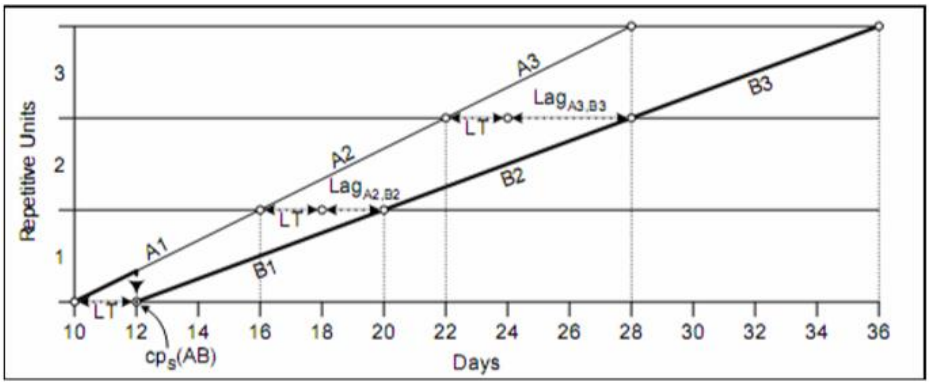


รูปที่ 2.8 RSM แบบ (finish-to-start หรือ FTS) ลักษณะกราฟลู่ออกจากกัน

2. ความสัมพันธ์ของกิจกรรมแบบกิจกรรมที่ตามหลังจะเริ่มต้นได้ก็ต่อเมื่อกิจกรรมก่อนหน้าหรือกิจกรรมเริ่มต้นได้ทำงานไปแล้วเท่านั้น (start-to-start หรือ STS) คือความสัมพันธ์ที่กิจกรรมที่ตามหลังจะเริ่มทำได้ก็ต่อเมื่อกิจกรรมเริ่มทำงานไปแล้ว โดยจะแบ่งเป็น 2 กรณี 1.กรณีกิจกรรมก่อนหน้ามีระยะเวลาการทำงาน (Duration) มากกว่ากิจกรรมที่ตามหลัง 2. กรณีกิจกรรมก่อนหน้ามีระยะเวลาทำงาน (Duration) น้อยกว่ากว่ากิจกรรมที่ตามหลัง โดยจะสังเกตได้จากลักษณะของเส้นกราฟของทั้ง 2 กรณีที่มีความแตกต่างกัน โดยลักษณะเส้นกราฟของกรณีที่ 1 เส้นกราฟมีพฤติกรรมลู่เข้าหากันเมื่อจำนวนหน่วยก่อสร้างเพิ่มมากขึ้น ดังรูปที่ 2.9 และลักษณะเส้นกราฟของกรณีที่ 2 เส้นกราฟมีพฤติกรรมลู่ออกจากกัน เมื่อจำนวนหน่วยก่อสร้างเพิ่มมากขึ้น ดังรูปที่ 2.10



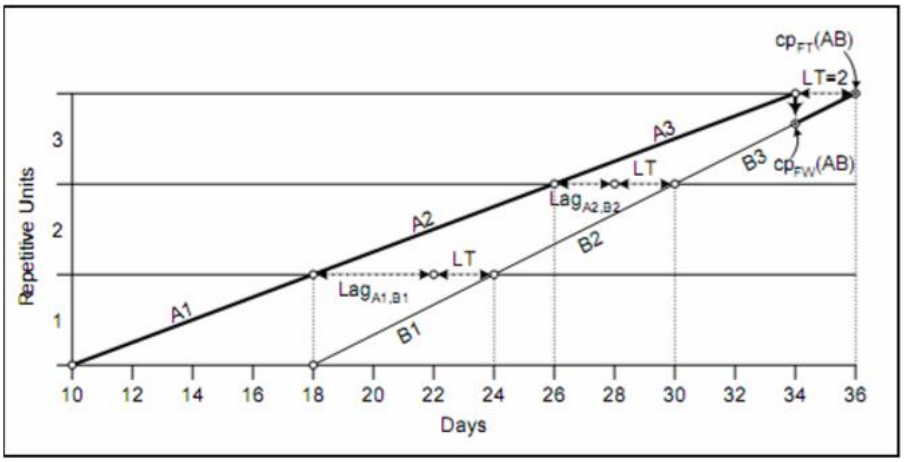
รูปที่ 2.9 RSM แบบ (start-to-start หรือ STS) ลักษณะกราฟลู่เข้าหากัน



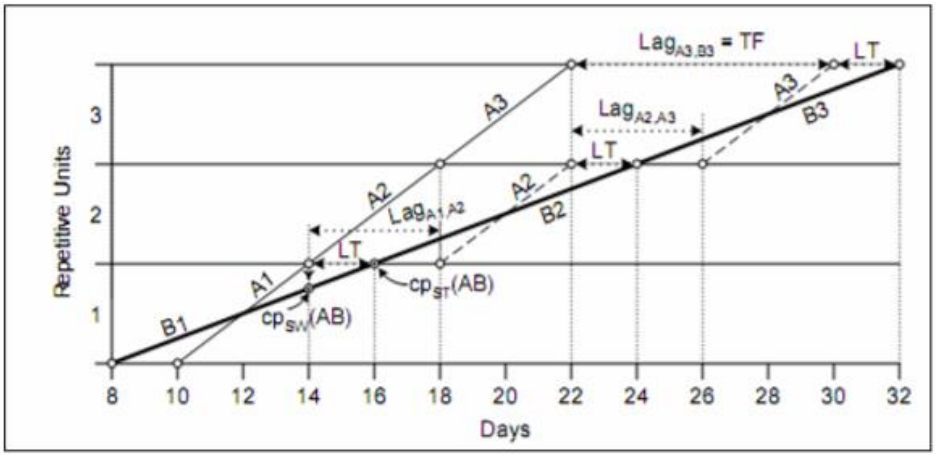
รูปที่ 2.10 RSM แบบ (start-to-start หรือ STS) ลักษณะกราฟลู่ออกจากกัน

3. ความสัมพันธ์ของกิจกรรมที่ตามมาจะแล้วเสร็จหลังจากที่กิจกรรมก่อนหน้าแล้วเสร็จไปแล้วไม่น้อยกว่าระยะเวลาหนึ่ง (finish-to-finish หรือ FTF) คือความสัมพันธ์ที่กิจกรรมที่ตามหลังจะแล้วเสร็จได้ก็ต่อเมื่อกิจกรรมเริ่มต้นหรือกิจกรรมก่อนหน้าเสร็จสมบูรณ์แล้ว โดยจะแบ่งเป็น 2 กรณี 1.กรณีกิจกรรมก่อนหน้ามีระยะเวลาการทำงาน (Duration) มากกว่ากิจกรรมที่ตามหลัง 2. กรณีกิจกรรมก่อนหน้ามีระยะเวลาทำงาน (Duration) น้อยกว่ากว่ากิจกรรมที่ตามหลัง โดยจะสังเกตได้จากลักษณะของเส้นกราฟของทั้ง 2 กรณีที่มีความแตกต่างกัน โดยลักษณะเส้นกราฟของกรณีที่ 1 เส้นกราฟมีพฤติกรรมลู่เข้าหากันเมื่อจำนวนหน่วยก่อสร้างเพิ่มมากขึ้น ดังรูปที่ 2.11 และลักษณะ

เส้นกราฟของกรณีที่ 2 เส้นกราฟมีพฤติกรรมลู่ออกจากกัน เมื่อจำนวนหน่วยก่อสร้างเพิ่มมากขึ้น ดังรูปที่ 2.12

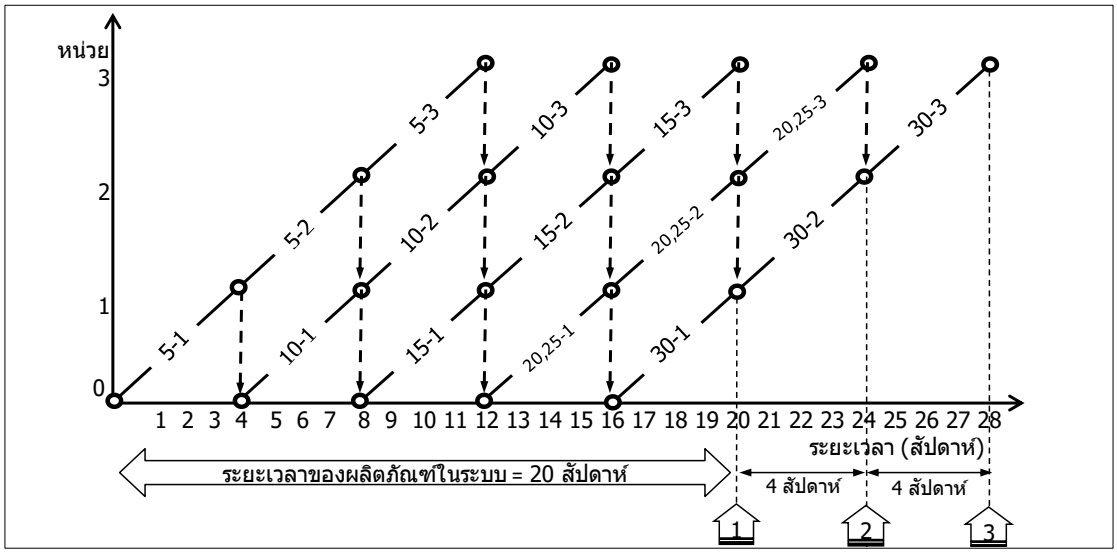


รูปที่ 2.11 RSM แบบ (finish-to-finish หรือ FTF) ลักษณะกราฟลู่เข้าหากัน



รูปที่ 2.12 RSM แบบ (finish-to-finish หรือ FTF) ลักษณะกราฟลู่ออกจากกัน

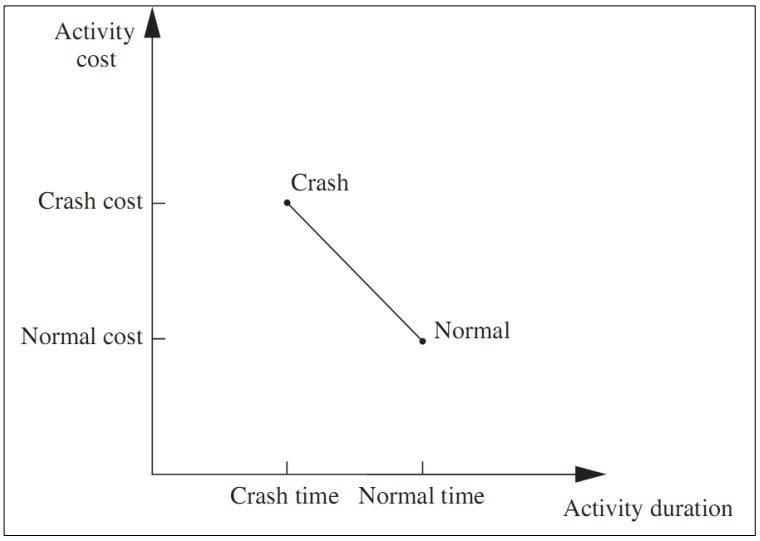
2.1.4 วิธี Even Flow Construction การวางแผนโดยวิธีการ Even Flow Construction เป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลายในวงการผู้รับเหมาก่อสร้างบ้าน (Home builders) ในประเทศสหรัฐอเมริกา โดยหัวใจของหลักการนี้ คือการปรับอัตราการทำงานของทุกกิจกรรมให้เท่ากันหรือทำให้การทำงานเกิดความสมดุล โดยอธิบายถึงหลักการของ Even Flow Construction ไว้ว่าเป็นการนำเอาข้อดีด้านประสิทธิภาพของการทำงานตามแนวทางการผลิตแบบแรงงานอุตสาหกรรมมาประยุกต์ในงานก่อสร้าง งานก่อสร้างจะถูกดำเนินไปด้วยอัตราที่คงที่มีความแม่นยำแน่นอน และมีประสิทธิภาพ หลักการ Even Flow Construction ส่วนมากจะกล่าวถึงการประยุกต์ใช้หลักการนี้กับการก่อสร้างบ้านจำนวนหลายๆ หลัง นอกจากงานก่อสร้างบ้านจัดสรรแล้ว Even Flow Construction ยังสามารถประยุกต์ใช้ได้กับงานก่อสร้างที่มีลักษณะซ้ำกันประเภทอื่นๆ เช่น งานก่อสร้างอาคารสูง งานวางท่อ งานถนน เป็นต้น สามารถอธิบายหลักผ่านแผนภาพกราฟเส้น แบบเดียวกันกับที่ใช้วิเคราะห์กำหนดเวลาทำงานด้วยวิธี RSM ดังรูปที่ 2.13



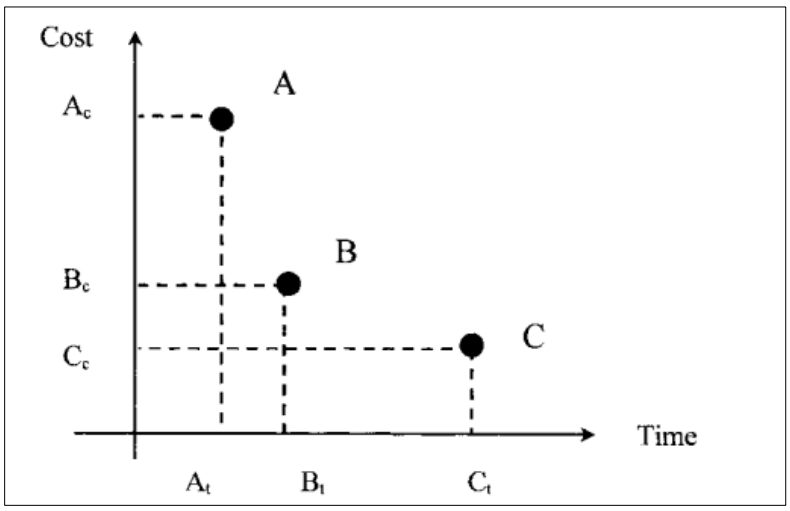
รูปที่ 2.13 กำหนดเวลาทำงานตามหลักการ even flow construction กรณีทุกกิจกรรมมีระยะเวลาทำงานเท่ากับ 4 สัปดาห์ต่อหลัง

จากรูปที่ 2.13 การกำหนดเวลาเวลาการทำงานของการก่อสร้างตามหลักการ Even Flow Construction กรณีทุกกิจกรรมมีระยะเวลาการทำงานที่เท่ากันคือ 4 สัปดาห์ต่อหลัง ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อทุกกิจกรรมมีระยะเวลาการทำงานต่อหน่วยเท่ากัน ส่งผลให้ความชันของเส้นกราฟการทำงานจะขนานกันทุกเส้น และทำให้ทุกกิจกรรมของทุกหน่วยก่อสร้างเป็นกิจกรรมวิกฤต

2.1.5 วิธี Time Cost Trade Off (TCT) การวางแผนโดยวิธีการ Time Cost Trade Off เป็นการพิจารณาระหว่างเวลากับต้นทุน คือปัญหาที่เกี่ยวกับการกำหนดหาต้นทุนของโครงการที่น้อยที่สุดสำหรับค่าระยะเวลาหนึ่งของโครงการตามที่ต้องการ โดยมีสมมติฐานเบื้องต้นคือ กิจกรรมก่อสร้างใด ๆ สามารถมีวิธีการดำเนินงาน (Execution methods) ได้หลายทางเลือก (Options) โดยทางเลือกปกติจะมีระยะเวลาปกติ (Normal duration) และต้นทุนปกติ (Normal cost) การเร่งรัดการทำ กิจกรรมใดๆให้แล้วเสร็จเร็วกว่าปกติจะต้องเสียค่าใช้จ่ายมากขึ้นเป็นค่าทรัพยากรพิเศษ ที่นำมาใช้ ได้แก่ การเพิ่มแรงงาน การเพิ่มแรงงานเชี่ยวชาญ การใช้เครื่องจักรหรือการใช้เทคโนโลยีที่ดี ซึ่งจะทำให้ได้ระยะเวลาเร่งรัด (Crash duration) และต้นทุนเร่งรัด (Crash cost) ความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนกับเวลาของกิจกรรมในแบบ ปกติและแบบเร่งรัดอาจถูกกำหนดให้เป็นแบบต่อเนื่อง (continuous) หรือไม่ต่อเนื่อง (discrete) ดังแสดงในรูปที่ 2.14 และรูปที่ 2.15 ตามลำดับ เนื่องจากเฉพาะกิจกรรมวิกฤตเท่านั้นที่มีผลต่อระยะเวลาของโครงการ การเร่งรัดกิจกรรมด้วยต้นทุนที่แพงจึงควรเลือกทำกับบางกิจกรรม ในขณะที่กิจกรรมที่ไม่วิกฤตสามารถดำเนินการไปตามปกติที่ใช้ต้นทุนต่ำได้ ผู้วางแผนจึงต้องค้นหาส่วนผสมที่เหมาะสมนั้น

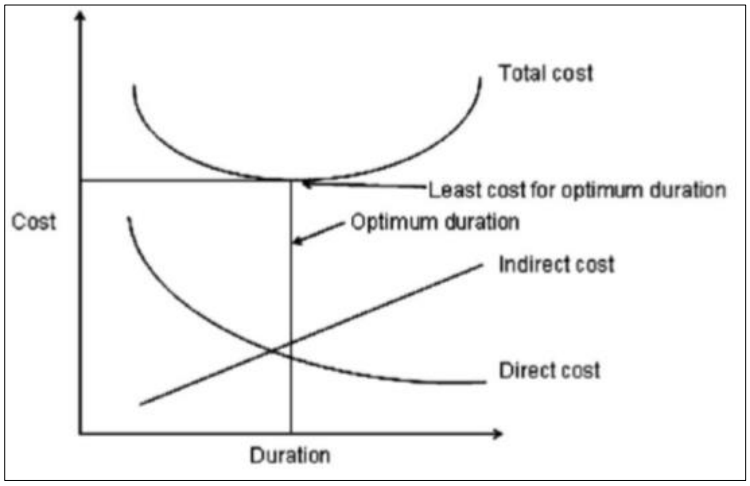


รูปที่ 2.14 ความสัมพันธ์แบบต่อเนื่องระหว่างต้นทุนกับเวลาของกิจกรรมในแบบปกติและแบบเร่งรัด



รูปที่ 2.15 ความสัมพันธ์แบบไม่ต่อเนื่องระหว่างต้นทุนกับเวลาของกิจกรรมในแบบปกติและแบบเร่งรัด

ต้นทุนของโครงการก่อสร้างนั้นอาจแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ ต้นทุนทางตรง (Direct cost) และต้นทุนทางอ้อม (Indirect cost) โดยที่ต้นทุนทางตรงมีลักษณะที่แปรผันตามกับปริมาณเนื้อ งานก่อสร้างที่ทำได้และทรัพยากรที่ใช้ไป หรือเป็นต้นทุนแปรผัน (Variable cost) แต่ต้นทุนทางอ้อม หมายถึงค่าใช้จ่ายอื่นๆ ที่มีลักษณะโดยรวมที่ไม่แปรผันไปตามปริมาณเนื้อ งานก่อสร้างที่ทำได้ หรือเป็นต้นทุนคงที่ (Fixed cost) ที่ต้องจ่ายตามกำหนดเวลา คือแปรผันตามระยะเวลาของโครงการจากลักษณะนี้เองที่ส่งผลต่อความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนกับระยะเวลาของโครงการก่อสร้าง กล่าวคือ ต้นทุนทางตรงจะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาโครงการถูกเร่งรัดให้สั้นลง แต่ต้นทุนทางอ้อมอาจลดลงได้ ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่ต้นทุนโครงการที่ต่างกับระยะเวลาโครงการ ที่สั้นสามารถเกิดขึ้นพร้อมกัน กราฟความสัมพันธ์แสดง ในรูปที่ 2.17 สำหรับค่าระยะเวลาโครงการค่าหนึ่งจะสามารถใช้หาต้นทุนโครงการที่ต่ำที่สุดได้ ดังนั้นหากกำหนดค่าระยะเวลาโครงการหลายๆค่า จะทำให้ได้ต้นทุนโครงการที่ต่ำที่สุดสำหรับแต่ละค่าระยะเวลาโครงการ และจุดเหล่านี้จึงเป็นคำตอบของปัญหาที่คล้ายกับ multi-objective optimization ที่มีเป้าหมายในการหา non-dominated solutions (คือคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับอย่างน้อยหนึ่งobjective) โดยที่ non-dominated solutions เหล่านี้จะเรียงตัวกันเป็นกลุ่มที่เรียกว่า Pareto front



รูปที่ 2.16 ความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนกับเวลาของโครงการ

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วชรภูมิ เบญจโอฬาร และคณะผู้วิจัย ได้ทำงานวิจัยเรื่อง การวางแผนและควบคุมงานก่อสร้างด้วยการกำหนดเวลาและต้นทุนที่ได้พัฒนาโมเดลบนโปรแกรมสานักงานพื้นฐาน Microsoft Excel ที่สามารถนำไปใช้งานได้สะดวก โดยใช้วิธีการค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดแบบ Genetic Algorithms ซึ่งเป็นวิธีประสิทธิภาพดีเหมาะสาหรับโมเดลปัญหาที่ซับซ้อนเช่น ICRPSP นี้ โมเดล ICRPSP ที่สร้างเสร็จสมบูรณ์ได้ถูกนำมาทดสอบ ซึ่งผลการทดสอบได้ชี้ให้เห็นถึงศักยภาพของ ICRPSP ในการนำมาใช้เพื่อช่วยการวางแผนและควบคุมโครงการก่อสร้าง

ชัยยศ ลักษณะวิลัย และสุนีรัตน์ กุศลาศัย การวางแผนงานในโครงการก่อสร้างที่มีลักษณะการทำงานซ้ำๆ กันในทุกหน่วยก่อสร้างด้วยวิธีการวางแผนแบบ CPM อาจทำเกิดให้ความไม่ต่อเนื่องของการทำงานขึ้นไม่ว่าจะเป็นเริ่มงานเร็วสุด (Early Start) หรือการเริ่มงานช้าสุด (Late Start) ส่วนวิธีการวางแผนแบบ RSM เป็นการเลื่อนวันเริ่ม ต้นการทำงานของแต่ละกิจกรรมเพื่อให้การทำงานมีความต่อเนื่อง บทความนี้ได้ยกตัวอย่างโครงการก่อสร้างที่มีลักษณะการทำงานที่ซ้ำๆ กันตั้งแต่ 5 หน่วย ถึง 100 หน่วยจำลองสถานการณ์ก่อสร้างจากวิธีการวางแผนแบบ CPMและ RSM โดยใช้แบบจำลอง STROBOSCOPE ผลที่ได้แสดงให้เห็นถึงระยะเวลาโครงการจากวิธีการวางแผนทั้งสองแบบที่เพิ่มตามจำนวนหน่วยก่อสร้างที่เพิ่มขึ้น โดยที่สามารถนำ มาเขียนให้อยู่ในรูปแบบของสมการเพื่อคำนวณหาระยะเวลาโครงการได้ เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาโครงการ (Project duration) พบว่าวิธีการวางแผนแบบ RSM ใช้ระยะเวลามากว่าวิธีการวางแผนแบบ CPM แต่เมื่อวิเคราะห์ถึงการขาดช่วงของการทำงานพบว่าระยะเวลาจ่ายค่าแรง (Paid pays) โดยที่วิธีการวางแผนแบบ CPM ใช้ระยะเวลามากกว่าวิธีการวางแผนแบบ RSM ดังนั้นผู้ประกอบการควรพิจารณาเปรียบเทียบ

ระยะเวลาโครงการและระยะเวลาจ่ายค่าแรงทั้งวิธีการวางแผนแบบ CPM และRSM สุด ท้าย บทความนี้ประยุกต์ใช้แบบจำลอง STROBOSCOPE ในการวิเคราะห์ ผลกระทบที่เกิดจากความแปรปรวนของระยะเวลา การทำงานในแต่ละกิจกรรม ต่อระยะเวลาโครงการก่อสร้างและระยะเวลาจ่าย ค่าแรงพบว่าการวางแผนทั้ง 2 วิธีมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกับกรณีที่ระยะเวลาของกิจกรรมมีค่าคงที่

อธิวัฒน์ และ สุนีรัตน์ ได้ทำการศึกษาแนวทางการวิเคราะห์กำหนดเวลาทำงานของโครงการก่อสร้างที่กิจกรรมประกอบด้วยกลุ่มคนงานมากกว่า 1 กลุ่ม ที่ประกอบด้วย 3 ความสัมพันธ์ FTS,FTF และ STS สำหรับกรณี discrete unit ซึ่งพบว่ามีจำนวนรูปแบบมีความหลากหลายขึ้นอยู่กับจำนวนกลุ่มคนงาน ระยะเวลาทำงานของกิจกรรมต่อหน่วย และจำนวนหน่วยทั้งหมดที่ต้องการก่อสร้าง ซึ่งการวางแผนด้วยการเขียนเส้นกราฟด้วยมืออาจก่อให้เกิดความผิดพลาดได้ จึงได้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการวางแผนงานซ้ำที่กิจกรรมประกอบด้วยกลุ่มคนงานตั้งแต่ 1 กลุ่มขึ้นไป ที่มีชื่อว่า KU RCP 1.0 ข้อดีของโปรแกรมนี้คือผู้วางแผนสามารถกำหนดผลิตภาพของแต่ละกลุ่มคนงาน และปริมาณงานของแต่ละหน่วยก่อสร้าง อีกทั้งยังสามารถวางแผนงานของกิจกรรมที่ซ้ำกันและไม่ซ้ำร่วมกันได้ โดยผลที่ได้อยู่มนรูปแบบของกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมารงานที่ทำได้กับเวลา รวมถึงตารางแผนการทำงานของแต่ละกลุ่มคนงาน และกำหนดเวลาทำงานของแต่ละกิจกรรมในแต่ละหน่วยก่อสร้างในรูปแบบวันที่ตามปฏิทิน

พิเชษฐ์ และ สุนีรัตน์ ได้ทำการประยุกต์ใช้วิธี RSM กับงานก่อสร้างที่กิจกรรมประกอบด้วยกลุ่มคนงานมากกว่า 1 กลุ่ม กรณีความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมเป็นแบบ finish-to-start (FTS) การพัฒนาแนวทางดังกล่าวได้ทดลองกับตัวอย่างที่ประกอบด้วย 6 หน่วยก่อสร้างที่มี กิจกรรม 3 กิจกรรม ได้แก่กิจกรรมเริ่มต้น กิจกรรมตรงกลาง และกิจกรรมสุดท้าย โดยแต่ละกิจกรรมมีจำนวนกลุ่มคนงานและระยะเวลาทำงานต่อหน่วยที่เท่ากันและแตกต่างกันรวม 729 ตัวอย่าง ซึ่งผลที่ได้พบว่ากำหนดเวลาทำงานของกิจกรรมก่อสร้างรวมถึงระยะเวลาโครงการขึ้นอยู่กับจำนวนกลุ่มคนงาน และระยะเวลาทำงานของกิจกรรมต่อหน่วย อีกทั้งยังพบว่ากรณีงานก่อสร้างที่กิจกรรมประกอบด้วยกลุ่มคนงานมากกว่า 1 กลุ่ม การกำหนดจุดควบคุมไม่เป็นไปตามทฤษฎีการวางแผน RSM

อาจอง สุขประเสริฐ ได้ศึกษาการประยุกต์เทคนิค PERT/CPM ในการจัดการกิจกรรมในงานก่อสร้างบ้านจัดสรร วัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้เทคนิค PERT และ CPM ในการวางแผนและควบคุมโครงการก่อสร้างบ้านจัดสรร โดยมุ่งเน้นให้ทราบงานวิกฤติในโครงการ จัดทำโครงสร้างการจัดแบ่งงาน (Work breakdown structure) และรายละเอียดของงาน (Work package) การศึกษาเริ่มต้นด้วยการรวบรวมข้อมูลโครงการก่อสร้างจากใบแสดงปริมาณงาน (Bill of quantity) ประสบการณ์ของทีมช่าง และผู้วิจัย จากนั้นได้กำหนดลำดับของกิจกรรม ประมาณเวลาของกิจกรรม และจัดทำโครงสร้างการแบ่งงาน จากการวิเคราะห์ CPM พบว่า โครงการมีงานวิกฤตจำนวน 10 งาน

จากการวิเคราะห์ PERT พบว่า ความน่าจะเป็นที่โครงการจะแล้วเสร็จใน 130 วันมีค่าเท่ากับ 71.81% ซึ่งมีโอกาสที่จะเกิดความล่าช้าได้ จึงวิเคราะห์ด้วยการเร่งงาน พบว่า ความน่าจะเป็นที่งานจะแล้วเสร็จเพิ่มขึ้นเป็น 96.02% แต่จะส่งผลให้มีค่าใช้จ่ายในการเร่งงานเกิดขึ้น และจัดทำรายละเอียดของงาน เพื่อควบคุมความผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นและสร้างมาตรฐานในการปฏิบัติงานก่อสร้าง

อัครวิทย์ สุวรรณจันทร์ และ สุนีรัตน์ กุศลาศัย ได้ศึกษาการจัดสรรทรัพยากรแบบกลุ่มคนงานเฉพาะและการใช้คนงานร่วมกันในงานก่อสร้างที่มีรูปแบบซ้ำๆ กัน การวางแผนงานก่อสร้างเป็นขั้นตอนสำคัญที่ช่วยให้ผู้ประกอบการสามารถควบคุมและบริหารจัดการโครงการได้อย่างมีประสิทธิภาพ ปัจจุบันมีวิธีการวางแผนงานก่อสร้างที่รูปแบบการทำงานซ้ำๆ กันหลายวิธี ได้แก่ วิธี Line of Balance (LOB), วิธี Linear Scheduling Method (LSM) และ วิธี Repetitive Scheduling Method (RSM) ซึ่งวิธีการเหล่านี้มักใช้ร่วมกับการจัดสรรทรัพยากรที่มีการกำหนดกลุ่มคนงานเฉพาะในแต่ละกิจกรรม ส่วนวิธีเส้นทางวิกฤต (CPM) สามารถประยุกต์ร่วมกับวิธีการจัดสรรทรัพยากรแบบ Dedicated Resource Assignment และการใช้ทรัพยากรร่วมกันแบบ Pooled Resource Assignment โดยทำการเปรียบเทียบวิธีการจัดสรรทรัพยากรระหว่าง Dedicated Resource Assignment และ Pooled Resource Assignment สำหรับโครงการก่อสร้างที่มีรูปแบบซ้ำๆ กัน เพื่อวิเคราะห์ถึงผลกระทบของอัตราการผลิตที่มีต่อระยะเวลาโครงการ ระยะเวลารอคอยของคนงานระหว่างกิจกรรม และผลิตภัณฑ์ระหว่างก่อสร้าง ผลที่ได้พบว่าการวางแผนงานก่อสร้างที่มีรูปแบบการทำงานซ้ำๆ กัน สามารถขจัดระยะเวลารอคอยของคนงาน แต่อาจก่อให้เกิดระยะเวลารอคอยของผลิตภัณฑ์ระหว่างก่อสร้าง ในขณะที่การวางแผนงานโดยกิจกรรมเริ่มงานได้เร็วที่สุดร่วมกับการจัดสรรทรัพยากรแบบ Dedicated Resource Assignment อาจก่อให้เกิดระยะเวลารอคอยของคนงาน แต่ไม่เกิดระยะเวลารอคอยของผลิตภัณฑ์ระหว่างก่อสร้าง ในทั้งสองกรณี พบว่าเมื่อไม่พิจารณาถึงผลกระทบของการเยนรู้ การจัดสรรทรัพยากรแบบ Pooled Resource Assignment ร่วมกับการวางแผนงาน โดยกิจกรรมเริ่มงานได้เร็วที่สุด ให้ระยะเวลาโครงการที่สั้นกว่าและมีอัตราการผลิตที่สูงกว่า

Hegazy et al. ได้พัฒนาโปรแกรมสำหรับวางแผนงานก่อสร้างตามหลัก LOB มีชื่อว่า BAL สามารถวางแผนและติดตามงานก่อสร้างที่มีลักษณะซ้ำกันในรูปแบบ discrete โดยแต่ละกิจกรรมสามารถมีกลุ่มคนงานได้มากกว่าหนึ่งกลุ่ม ซึ่งผู้วางแผนเป็นผู้กำหนดวันเริ่ม-เสร็จของโครงการ ปริมาณงานแต่ละขนาดของกลุ่มคนงาน (crew size) ผลที่ได้จากการวิเคราะห์คือ จำนวนคนงาน อัตราการทำงานและระยะเวลาที่เหมาะสมของแต่ละกิจกรรมจากระยะเวลาของโครงการ

2.2 สรุปท้ายบท

จากการศึกษาทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยงข้อง ทำให้เข้าใจการวางแผนงานงานที่มีลักษณะซ้ำๆ กัน ที่อาศัยกราฟเส้น ได้แก่ การวางแผนโดยวิธี Line-of-Balandce (LOB) เป็นวิธีวางแผนงานที่ควบคุมการทำงานซ้ำๆ กัน โดยการวางแผนงานจะใช้เส้นกราฟที่แสดงถึงอัตราการทำงานในแต่ละกิจกรรม โดยใช้แนวความคิดพื้นฐานให้งานมีอัตราการทำงานที่สม่ำเสมอซึ่งจะแสดงในรูปของความชัน มีหน่วยเป็นหน่วยการทำงานต่อระยะเวลา ซึ่งข้อดีของ Line-of-Balandce (LOB) คือ จะแสดงให้เห็นว่ากิจกรรมใดที่กำลังทำอยู่ ซึ่งทำให้ติดตามความก้าวหน้าได้สะดวกและสามารถทราบถึงปริมาณทรัพยากรที่ต้องใช้ในแต่ละช่วงกิจกรรมได้ สำหรับวิธี linear scheduling-method (LSM) เป็นการวางแผนที่มีประโยชน์มากเมื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการก่อสร้างเชิงเส้น เหมือนกับ วิธี Line-of-Balandce (LOB) และเป็นการวางแผนงานก่อสร้างที่มีการทำงานที่ซ้ำๆกัน โดยมีวัตถุประสงค์คล้ายๆกับวิธีของ LOB แต่สามารถระบุกิจกรรมวิกฤตได้ แต่เนื่องจากวิธี RSM ใช้กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าปริมาณสะสมของหน่วยการทำงาน ณ เวลาใด ๆ ตลอดระยะเวลาโครงการ นอกจากนี้ยังมีวิธีที่น่าสนใจ คือวิธี Even Flow Construction เป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลายในวงการผู้รับเหมาก่อสร้างบ้าน (Home builders) ในประเทศสหรัฐอเมริกา โดยหัวใจของหลักการนี้ คือ การปรับอัตราการทำงานของทุกกิจกรรมให้เท่ากันหรือทำให้การทำงานเกิดความสมดุล โดยอธิบายถึงหลักการของ Even Flow Construction ไว้ว่าเป็นการนำเอาข้อดีด้านประสิทธิภาพของการทำงานตามแนวทางการผลิตแบบแรงงานอุตสาหกรรมมาประยุกต์ในงานก่อสร้าง โดยการจัดสมดุลของระยะเวลาการทำงานในแต่ละกิจกรรมให้มีความสม่ำเสมอ เพื่อกำหนดการผลิตที่เหมาะสม ส่วนเรื่องความเหมาะสมเป็นการพิจารณาระหว่างเวลากับต้นทุน (Time-cost trade-off: TCT) คือวิธีที่เกี่ยวกับการกำหนดหาต้นทุนของโครงการที่น้อยที่สุดสำหรับค่าระยะเวลาหนึ่งของโครงการตามที่ต้องการ

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการ

จากที่กล่าวในบทที่ 2 ทำให้ทราบทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ของการกำหนดเวลาแบบลูป ในบทนี้จะอธิบายถึงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ของการกำหนดเวลาแบบลูปในการก่อสร้างพื้นคอนกรีตอัดแรง โดยแบ่งขั้นตอนในการศึกษา ดังนี้

3.1 กลุ่มตัวอย่าง

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลปฏิบัติงาน

- 3.2.1 กิจกรรมที่ต้องทำ (Activity Sequencing)
- 3.2.2 หาปริมาณงานของแต่ละกิจกรรม
- 3.2.3 หาอัตราผลผลิต (Productivity)
- 3.2.4 หาระยะเวลาการทำงานของกิจกรรม (Duration)

3.3 การกำหนดลำดับ ก่อน-หลัง ของงาน ด้วยวิธีแบบลูป

3.4 การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในโครงการและสรุปผล

- 3.4.1 เก็บข้อมูลค่าใช้จ่ายทางตรง (Direct Cost)
- 3.4.2 เก็บข้อมูลค่าใช้จ่ายทางอ้อม (Indirect Cost)
- 3.4.3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุด (Optimum)

3.1 กลุ่มตัวอย่าง

ผู้จัดทำโครงงานได้เลือกศึกษาโครงการก่อสร้าง ของบริษัท แสงฟ้าก่อสร้าง จำกัด ซึ่งเป็นบริษัทรับเหมาก่อสร้างชั้นนำ โดยผู้จัดทำโครงงานได้เลือกกรณีศึกษาแบบเฉพาะเจาะจง ในส่วนของกิจกรรมงานก่อสร้างพื้นคอนกรีตอัดแรง โดยจะกำหนดระยะเวลาก่อสร้างที่ 4 วัน 5 วัน 6 วัน 7 วัน และ 8 วัน ต่อ 1 ชั้น

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลปฏิบัติงาน

3.2.1 กิจกรรมที่ต้องทำ (Activity Sequencing) ขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาการทำงาน จากงานก่อสร้างพื้นคอนกรีตอัดแรง ซึ่งจะแบ่งกิจกรรมที่ต้องทำได้ทั้งหมด 20 กิจกรรม แสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 กิจกรรมงานที่ต้องทำของการก่อสร้างพื้นระบบคอนกรีตอัดแรงในแต่ละชั้น

ลำดับ	กิจกรรมที่ต้องทำ
1	งานตีไลน์
2	งานเหล็กเสริมเสา
3	งานเข้าไม้แบบเสาและค้ำยัน
4	งานเทคอนกรีตเสา
5	งานรื้อไม้แบบเสา
6	งานเทคอนกรีตผนัง Shear Wall (ระบบ Slip Form)
7	งานตั้งนั่งร้านพร้อมปูไม้แบบ
8	งานตีไลน์ไม้แบบ
9	งานเข้าแบบข้างพื้น
10	งานวางเหล็กเสริมล่างพื้น
11	งานวางท่อระบบ M&E และใส่เหล็กเสริมกันแตก
12	งานวางสลิง Post Tension
13	งานเตรียมเหล็กเสา,ผนัง Shear Wall
14	งานวางเหล็กเสริมบนพื้น
15	งานติดตั้งแบบ Drop พื้น
16	งานทำความสะอาดแบบหล่อ
17	งานดึงลวดสลิง Post Tension
18	งานเทคอนกรีตพื้น
19	งานรื้อนั่งร้านและไม้แบบพื้น
20	งานทำความสะอาดเตรียมส่งมอบงาน

3.2.2 หาปริมาณงานของแต่ละกิจกรรม ขั้นตอนนี้เป็นการเป็นการคำนวณหาปริมาณงานจากแบบก่อสร้างของแต่ละกิจกรรม เช่น งานไม้แบบ มีปริมาณ 1,000 ตร.ม. งานเหล็กเสริมเสา มีปริมาณ 5,000 กก. เป็นต้น

3.2.3 หาอัตราผลผลิต (Productivity) ขั้นตอนนี้เป็นการประเมินทรัพยากรที่ได้จากการประมาณโดยใช้ความรู้สึกและประสบการณ์ระยะเวลาการทำงานจากอดีต เช่น ช่างไม้ 1 คน สามารถผลิตงานได้ 250 ตร.ม. ต่อวัน ช่างเหล็ก 1 คน สามารถผลิตงานได้ 1,000 กก. ต่อวัน

3.2.4 หาระยะเวลาการทำงานของกิจกรรม (Duration) ขั้นตอนนี้เป็นการกำหนดระยะเวลาของกิจกรรมที่ดำเนินตั้งแต่เริ่มต้นจนเสร็จสิ้น สามารถคำนวณได้จากสมการ (3.1)

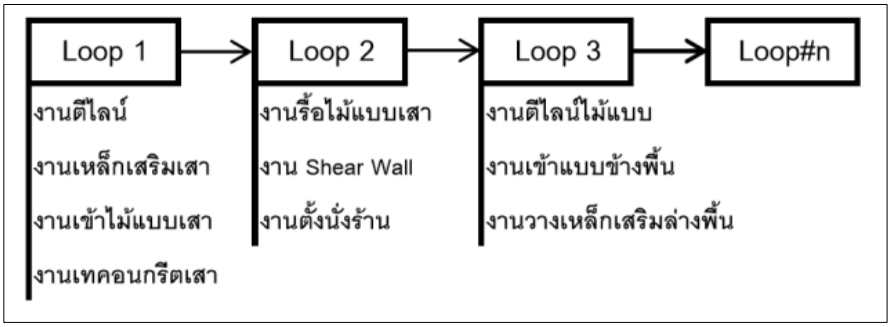
ระยะเวลา = ปริมาณงาน / (อัตราผลผลิต x จำนวนช่าง) (3.1)

ตารางที่ 3.2 รายละเอียดกิจกรรมย่อยและทรัพยากรของการทำงานในแต่ละชั้น

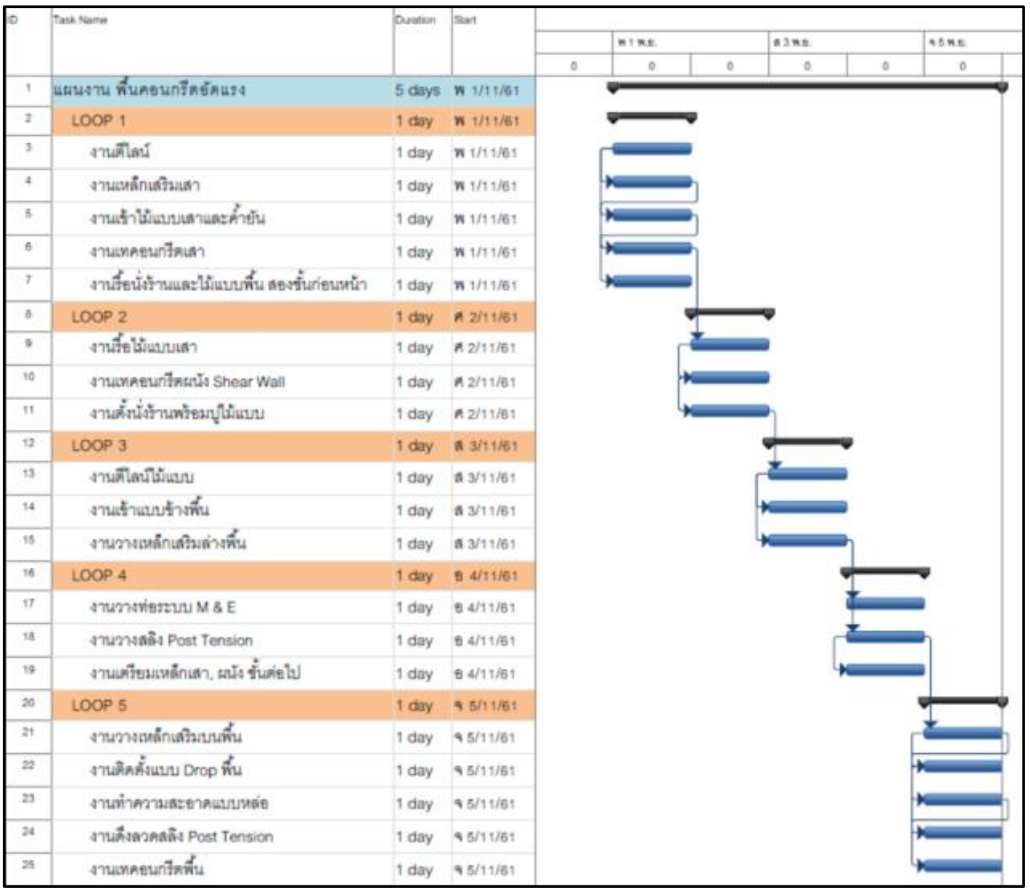
ลำดับ	กิจกรรมที่ต้องทำ	ผลิตภาพ	ปริมาณงาน		เวลาทำงาน	จำนวนแรงงาน
		(คน/วัน)	จำนวน	หน่วย	(วัน)	(คน)
1	งานตีไลน์	211	845	ตร.ม.	1	4
2	งานเหล็กเสริมเสา	297	4,750	กก.	1	16
3	งานเข้าไม้แบบเสาและค้ำยัน	102	1,220	ตร.ม.	1	12
4	งานเทคอนกรีตเสา	4	32	ลบ.ม.	1	8
5	งานรื้อไม้แบบเสา	122	1,220	ตร.ม.	1	10
6	งานเทคอนกรีตผนัง Shear Wall (ระบบ Slip Form)	14	230	ตร.ม.	1	16
7	งานตั้งนั่งร้านพร้อมปูไม้แบบ	70	845	ตร.ม.	1	12
8	งานตีไลน์ไม้แบบ	211	845	ตร.ม.	1	4
9	งานเข้าแบบข้างพื้น	40	120	ตร.ม.	1	3
10	งานวางเหล็กเสริมล่างพื้น	255	5,600	กก.	1	22
11	งานวางท่อระบบ M&E และใส่เหล็กเสริมกันแตก	10	80	จุด	1	8
12	งานวางสลิง Post Tension	56	845	ตร.ม.	1	15
13	งานเตรียมเหล็กเสา,ผนัง Shear Wall	297	11875	กก.	1	40
14	งานวางเหล็กเสริมบนพื้น	143	2,850	กก.	1	20
15	งานติดตั้งแบบ Drop พื้น	25	150	ตร.ม.	1	6
16	งานทำความสะอาดแบบหล่อ	141	845	ตร.ม.	1	6
17	งานดึงลวดสลิง Post Tension	106	845	ตร.ม.	1	8
18	งานเทคอนกรีตพื้น	12	185	ลบ.ม.	1	15
19	งานรื้อนั่งร้านและไม้แบบพื้น	70	845	ตร.ม.	1	12
20	งานทำความสะอาดเตรียมส่งมอบงาน	60	845	ตร.ม.	1	14

3.3 การกำหนดลำดับ ก่อน-หลัง ของงานด้วยวิธีแบบลูป

การกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรม หรือการจัดเรียงกิจกรรมต่างๆ ให้เป็นลำดับก่อนหลัง คือการกำหนดให้กิจกรรมหนึ่งนั้นมีความสัมพันธ์ในเชิงเวลากับกิจกรรมอื่นๆ เช่น ถ้ากิจกรรมหนึ่งไม่แล้วเสร็จ จะทำให้กิจกรรมที่ตามหลังล่าช้าไปด้วย เป็นต้น ในส่วนงานวิจัยนี้ เป็นงานวิจัยที่ศึกษากิจกรรมก่อสร้าง ที่มีลักษณะซ้ำๆกัน ผู้วิจัยจึงเลือกใช้วิธีการกำหนดระยะเวลางานแบบลูป โดยแต่ละลูปจะแบ่งและวิเคราะห์ จากการวางแผนงานแบบสายงานวิกฤต CCPM โดยงานก่อสร้างพื้นคอนกรีตอัดแรง สามารถแบ่งลูปการทำงานได้ทั้งหมด จำนวน 9 ลูป โดยจะกำหนดระยะเวลาก่อสร้างที่ 4 วัน 5 วัน 6 วัน 7 วัน 8 วัน ต่อ 1 ชั้น แสดงในรูปที่ 3.1 และ รูปที่ 3.2



รูปที่ 3.1 การลำดับกิจกรรม ก่อน-หลัง ด้วยกิจกรรมย่อย



ID	Task Name	Duration	Start
1	แผนงาน พื้นคอนกรีตอัดแรง	5 days	พ 1/11/61
2	LOOP 1	1 day	พ 1/11/61
3	งานตีไลน์	1 day	พ 1/11/61
4	งานเหล็กเสริมเสา	1 day	พ 1/11/61
5	งานเข้าไม้แบบเสาและค้ำยัน	1 day	พ 1/11/61
6	งานเทคอนกรีตเสา	1 day	พ 1/11/61
7	งานรื้อนั่งร้านและไม้แบบพื้น สองชั้นก่อนหน้า	1 day	พ 1/11/61
8	LOOP 2	1 day	ศ 2/11/61
9	งานรื้อไม้แบบเสา	1 day	ศ 2/11/61
10	งานเทคอนกรีตผนัง Shear Wall	1 day	ศ 2/11/61
11	งานตั้งนั่งร้านพร้อมปูไม้แบบ	1 day	ศ 2/11/61
12	LOOP 3	1 day	ส 3/11/61
13	งานตีไลน์ไม้แบบ	1 day	ส 3/11/61
14	งานเข้าแบบข้างพื้น	1 day	ส 3/11/61
15	งานวางเหล็กเสริมล่างพื้น	1 day	ส 3/11/61
16	LOOP 4	1 day	อ 4/11/61
17	งานวางท่อระบบ M & E	1 day	อ 4/11/61
18	งานวางลลิง Post Tension	1 day	อ 4/11/61
19	งานเตรียมเหล็กเสา, ผนัง ชั้นต่อไป	1 day	อ 4/11/61
20	LOOP 5	1 day	จ 5/11/61
21	งานวางเหล็กเสริมบนพื้น	1 day	จ 5/11/61
22	งานติดตั้งแบบ Drop พื้น	1 day	จ 5/11/61
23	งานทำความสะอาดแบบหล่อ	1 day	จ 5/11/61
24	งานดึงลวดลลิง Post Tension	1 day	จ 5/11/61
25	งานเทคอนกรีตพื้น	1 day	จ 5/11/61

รูปที่ 3.2 การลำดับกิจกรรม ก่อน-หลังด้วยวิธีแบบลูป

3.4 การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในโครงการและสรุปผล

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุด จะเริ่มจากการเก็บข้อมูลค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่ใช้ในโครงการ ดังนี้

3.4.1 ค่าใช้จ่ายทางอ้อม (Indirect Cost) คือ ค่าใช้จ่ายที่จ่ายเป็นประจำในทุกๆเดือน เช่น ค่าเงินเดือนพนักงาน ค่าเครื่องจักร ค่าที่พักคนงาน เป็นต้น

3.4.2 ค่าใช้จ่ายทางตรง (Direct Cost) คือ ค่าใช้จ่ายที่ของวัสดุอุปกรณ์ และค่าแรงงานที่ใช้จริงในกิจกรรมนั้นๆ และนำข้อมูลมากรอกใน ตารางที่ 3.3

3.4.3 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุด (Optimum Project) ได้จากการนำค่าใช้จ่ายทั้งหมดของโครงการ (Total Cost) มาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ที่ดีที่สุดและสรุปผล

ตารางที่ 3.3 รายละเอียดกิจกรรมย่อย ระยะเวลา และทรัพยากรที่ใช้ในแต่ละลูป

ลูปที่	รายละเอียด	ผลิตภาพ	ปริมาณงาน		จำนวนแรงงาน	ล่วงเวลาOT	รวมค่าแรง
		(คน/วัน)	จำนวน	หน่วย	(คน)	(ช.ม.)	(บาท)
ลูปที่ 1	งานตีไลน์	211	845	ตร.ม.	4		1,400
	งานเหล็กเสริมเสา	339	4,750	กก.	14		4,900
	งานเข้าไม้แบบเสาและค้ำยัน	102	1,220	ตร.ม.	12		4,200
	งานเทคอนกรีตเสา	4	32	ลบ.ม.	8	4	3,063
	งานรื้อนั่งร้านและไม้แบบพื้น สองชั้นก่อนหน้า	70	845	ตร.ม.	12		4,200
				รวมค่าแรง ลูป 1	*50*		17,763
ลูปที่ 2	งานรื้อไม้แบบเสา	76	1,220	ตร.ม.	16		2,800
	งานเทคอนกรีตผนัง Shear Wall (ระบบ Slip Form)	14	230	ตร.ม.	16	2	5,731
	งานตั้งนั่งร้านพร้อมปูไม้แบบ	70	845	ตร.ม.	12	2	4,331
				รวมค่าแรง ลูป 2	*44*		12,863
ลูปที่ 3	งานตีไลน์ไม้แบบ	211	845	ตร.ม.	4		1,400
	งานเข้าแบบข้างพื้น	17	120	ตร.ม.	7		2,450
	งานวางเหล็กเสริมล่างพื้น	175	5,600	กก.	32	2	11,331
				รวมค่าแรง ลูป 3	*43*		15,181
ลูปที่ 4	งานวางท่อระบบ M&E และใส่เหล็กเสริมกันแตก	10	80	จุด	8	2	2,931
	งานวางสลิง Post Tension	56	845	ตร.ม.	15	2	5,381
	งานเตรียมเหล็กเสา,ผนัง Shear Wall ชั้นต่อไป	396	11875	กก.	30	4	10,763
	งานทำความสะอาดเตรียมส่งมอบงาน สองชั้นก่อนหน้า	60	845	ตร.ม.	14		4,900
				รวมค่าแรงลูปที่ 4	*67*		23,975
ลูปที่ 5	งานวางเหล็กเสริมบนพื้น	158	2,850	กก.	18		6,300
	งานติดตั้งแบบ Drop พื้น	30	150	ตร.ม.	5		1,750
	งานทำความสะอาดแบบหล่อ	169	845	ตร.ม.	5		1,750
	งานดึงลวดสลิง Post Tension ชั้นก่อนหน้า	121	845	ตร.ม.	7		2,450
	งานเทคอนกรีตพื้น	12	185	ลบ.ม.	15	4	5,513
				รวมค่าแรงลูปที่ 5	*50*		17,763
รวมค่าแรงงานก่อสร้างพื้นคอนกรีตอัดแรง ที่ 5 วัน					87,544		

บทที่ 4
ผลการดำเนินงานวิจัย

บทนี้จะกล่าวถึง การเก็บรวบรวมข้อมูลระยะเวลาและค่าใช้จ่ายของแต่ละกิจกรรมในโครงการก่อสร้างอาคารสูง สามารถนำมาพัฒนาเป็นวิธีกำหนดเวลางานแบบ กลุ่มงานหรือลูปการทำงาน และนำมาทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับค่าใช้จ่ายให้ต่ำที่สุด โดยทำการวิเคราะห์ต้นทุนค่าใช้จ่ายทางอ้อม (Indirect Cost) และค่าใช้จ่ายทางตรง (Direct Cost) และวิเคราะห์ความเหมาะสมที่ได้จากการทำงานในแต่ละระยะเวลาที่กำหนดไว้ ดังนี้

4.1 การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทางอ้อม และค่าใช้จ่ายทางตรง

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับค่าใช้จ่ายให้ต่ำที่สุด เริ่มจากการเก็บข้อมูลค่าใช้จ่ายทางอ้อม และค่าใช้จ่ายทางตรง โดยการกำหนดกิจกรรมการทำงานเป็นลูป และระยะเวลาก่อสร้างพื้นคอนกรีตอัดแรง ที่ 4 วัน 5 วัน 6 วัน 7 วัน และ 8 วันต่อชั้น

4.1.1 การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทางอ้อม

ค่าใช้จ่ายทางอ้อม ได้แก่ ค่าเงินเดือนพนักงาน ค่าเช่าทาวเวอร์เครน ค่าที่พักแรงงาน ค่าขนส่งคนงาน ค่าน้ำ ค่าไฟฟ้าชั้วคราว และอื่นๆ ที่ใช้ในการดำเนินงาน การเก็บข้อมูลของโครงการก่อสร้างนี้ มีค่าใช้จ่ายทางอ้อม เท่ากับ 27,650 บาท/วัน (ค่าใช้จ่ายทางอ้อมเฉพาะงานโครงสร้าง) ในการวิเคราะห์ความค่าใช้จ่ายทางอ้อม จะทำการกำหนดระยะเวลาการก่อสร้างพื้นคอนกรีตอัดแรงเป็น 4 วัน 5 วัน 6 วัน 7 วัน และ 8 วันต่อชั้น ซึ่งได้ค่าใช้จ่ายทางอ้อม 110,600 บาท 138,250 บาท 165,900 บาท 193,550 บาท และ 221,200 บาท ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลค่าใช้จ่ายทางอ้อมของโครงการ

ค่าใช้จ่ายทางอ้อม (บาท/วัน)	ระยะเวลาก่อสร้างพื้นคอนกรีตอัดแรงต่อชั้น				
	4 วัน	5 วัน	6 วัน	7 วัน	8 วัน
27,650	110,600	138,250	165,900	193,550	221,200

4.1.2 การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทางตรง

การวิเคราะห์ต้นค่าใช้จ่ายทางตรง ได้เก็บรวบรวมข้อมูลในหมวดงานโครงสร้าง เฉพาะค่าแรงงาน จากบัญชีรายการปริมาณงาน (BOQ) ในการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทางตรง

4.1.2.1 ค่าใช้จ่ายทางตรงของการก่อสร้างพื้นคอนกรีตอัดแรง ที่ 4 วันต่อชั้น

ตารางที่ 4.2 ตารางกำหนดระยะเวลาการก่อสร้างพื้นคอนกรีตอัดแรง ที่ 4 วันต่อชั้น ใน 4 ลูปการทำงาน

ระยะเวลาการก่อสร้างพื้น Post Tension (วัน/ชั้น)	ลูปการทำงาน (1วัน/ลูป)			
	ลูป 1	ลูป 2	ลูป 3	ลูป 4
1	5 กิจกรรม			
2		6 กิจกรรม		
3			4 กิจกรรม	
4				5 กิจกรรม

สำหรับใช้ในการทำงานแต่ละกิจกรรมการคำนวณหาค่าจำนวนแรงงานที่ใช้แต่ละกิจกรรม ดังสมการ (4.1) โดยอาศัยค่าผลิตภาพ (Productivity) ของกิจกรรม มาคำนวณหาค่าจำนวนแรงงานของกิจกรรม และกำหนดจำนวนวันทำงานเพื่อให้ได้ตามระยะเวลาทำงานในแต่ละลูป จึงได้จำนวนแรงงานที่ใช้ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

$$\text{จำนวนแรงงานของกิจกรรม} = \frac{\text{ปริมาณงาน}}{\text{ผลิตภาพ}} \qquad (4.1)$$

เช่น งานตีไลน์เสา จำนวนแรงงานของกิจกรรม $= \frac{845}{141} = 6$ คน-วัน

โดยกำหนดอัตราค่าแรง = 350 บาทต่อวัน

ค่าแรงงาน = จำนวนวันทำงาน x จำนวนแรงงานที่ใช้ × อัตราค่าแรง

ค่าแรงงาน = 1 × 6 x 350 = 2,100 บาท

ตารางที่ 4.3 ค่าใช้จ่ายทางตรงของวันที่ 1 มี 5 กิจกรรมต่อลูป (กำหนดระยะเวลาก่อสร้างพื้นที่ 4 วันต่อชั้น)

ลูปที่	รายละเอียด	ผลิตภาพ	ปริมาณงาน		จำนวนแรงงาน	ล่วงเวลาOT	รวมค่าแรง
		(คน/วัน)	จำนวน	หน่วย	(คน)	(ช.ม.)	(บาท)
ลูปที่ 1	งานตีไลน์	141	845	ตร.ม.	6		2,100
	งานเหล็กเสริมเสา	170	4,750	กก.	28		9,800
	งานเข้าไม้แบบเสาและค้ำยัน	76	1,220	ตร.ม.	16		5,600
	งานเทคอนกรีตเสา	2	32	ลบ.ม.	15	4	5,513
	งานรื้อนั่งร้านและไม้แบบพื้น สองชั้นก่อนหน้า	47	845	ตร.ม.	18		6,300
				รวมค่าแรง ลูป 1	*83*		29,313

จากตารางที่ 4.3 เป็นการสรุปค่าใช้จ่ายทางตรงของลูปที่ 1 โดยยกตัวอย่าง งานตีไลน์เสา มีปริมาณงานในแต่ละชั้น 845 ม^2 และมีค่าผลิตภาพ 141 ม^2/คน-วัน พบว่าจำนวนแรงงานของกิจกรรมมีค่า 6 แรง มีค่าใช้จ่ายในงานตีไลน์เสาเท่ากับ 2,100 บาท สำหรับกิจกรรมงานเหล็กเสริมเสามีค่าเท่ากับ 9,800 บาท งานเข้าไม้แบบเสาและค้ำยันมีค่าเท่ากับ 5,600 บาท งานเทคอนกรีตเสามีค่าเท่ากับ 5,513 บาท และงานรื้อนั่งร้านและไม้แบบพื้นมีค่าเท่ากับ 6,300 บาท ส่งผลให้ยอดรวมค่าแรงงานลูป 1 ในการทำงานวันที่ 1 เท่ากับ 29,313 บาท

ตารางที่ 4.4 ค่าใช้จ่ายทางตรงของวันที่ 2 มี 6 กิจกรรมต่อลูป (กำหนดระยะเวลาก่อสร้างพื้นที่ 4 วันต่อชั้น)

ลูปที่	รายละเอียด	ผลิตภาพ	ปริมาณงาน		จำนวนแรงงาน	ล่วงเวลาOT	รวมค่าแรง
		(คน/วัน)	จำนวน	หน่วย	(คน)	(ช.ม.)	(บาท)
ลูปที่ 2	งานรื้อไม้แบบเสา	102	1,220	ตร.ม.	12		2,100
	งานเทคอนกรีตผนัง Shear Wall (ระบบ Slip Form)	14	230	ตร.ม.	16	4	5,863
	งานตั้งนั่งร้านพร้อมปูไม้แบบ	47	845	ตร.ม.	18	4	6,563
	งานตีไลน์ไม้แบบ	141	845	ตร.ม.	6		2,100
	งานเข้าแบบข้างพื้น	20	120	ตร.ม.	6	2	2,231
	งานวางเหล็กเสริมล่างพื้น	200	5,600	กก.	28	4	10,063
				รวมค่าแรง ลูป 2	*86*		28,919

จากตารางที่ 4.4 เป็นการสรุปค่าใช้จ่ายทางตรงของลูปที่ 2 โดยยกตัวอย่าง งานรื้อไม้แบบเสา มีปริมาณงานในแต่ละชั้น 1,220 ม^2 และมีค่าผลิตภาพ 102 ม^2/คน-วัน พบว่าจำนวนแรงงานของกิจกรรมมีค่า 12 แรง มีค่าใช้จ่ายในงานรื้อไม้แบบเสาเท่ากับ 2,100 บาท สำหรับกิจกรรมงานเทคอนกรีตผนัง Shear Wall มีค่าเท่ากับ 5,863 บาท งานตั้งนั่งร้านปูไม้แบบมีค่าเท่ากับ 6,563 บาท งานตีไลน์ไม้แบบมีค่าเท่ากับ 2,100 บาท งานเข้าแบบข้างพื้นมีค่าเท่ากับ 2,231 บาท และงานวางเหล็กเสริมล่างมีค่าเท่ากับ 10,063 บาท ส่งผลให้ยอดรวมค่าแรงงานลูป 2 ในการทำงานวันที่ 2 เท่ากับ 28,919 บาท

ตารางที่ 4.5 ค่าใช้จ่ายทางตรงของวันที่ 3 มี 4 กิจกรรมต่อลูป (กำหนดระยะเวลาก่อสร้างพื้นที่ 4 วันต่อชั้น)

ลูปที่	รายละเอียด	ผลิตภาพ	ปริมาณงาน		จำนวนแรงงาน	ล่วงเวลาOT	รวมค่าแรง
		(คน/วัน)	จำนวน	หน่วย	(คน)	(ช.ม.)	(บาท)
ลูปที่ 3	งานวางท่อระบบ M&E และใส่เหล็กเสริมกันแตก	7	80	จุด	12	2	4,331
	งานวางสลิง Post Tension	53	845	ตร.ม.	16	2	5,731
	งานเตรียมเหล็กเสา,ผนัง Shear Wall ชั้นต่อไป	264	11875	กก.	45	4	16,013
	งานทำความสะอาดเตรียมส่งมอบงาน สองชั้นก่อนหน้า	47	845	ตร.ม.	18		6,300
				รวมค่าแรง ลูป 3	*91*		32,375

จากตารางที่ 4.5 เป็นการสรุปค่าใช้จ่ายทางตรงของลูปที่ 3 โดยยกตัวอย่าง งานวางท่อระบบ M&E และใส่เหล็กเสริมกันแตก มีปริมาณงานในแต่ละชั้น 80 จุด และมีค่าผลิตภาพ 7 จุด/คน-วัน พบว่าจำนวนแรงงานของกิจกรรมมีค่า 12 แรง มีค่าใช้จ่ายในงานวางท่อระบบ M&E และใส่เหล็กเสริมกันแตกเท่ากับ 4,331 บาท งานวางลวดสลิง Post Tension มีค่าเท่ากับ 5,731 บาท งานเตรียมเหล็กเสา,ผนัง Shear Wall มีค่าเท่ากับ 16,013 บาท และงานทำความสะอาดเตรียมส่งมอบงานมาค่าเท่ากับ 6,300 บาท ส่งผลให้ยอดรวมค่าแรงงานลูป 3 ในการทำงานวันที่ 3 เท่ากับ 32,375 บาท

ตารางที่ 4.6 ค่าใช้จ่ายทางตรงของวันที่ 4 มี 5 กิจกรรมต่อลูป (กำหนดระยะเวลาก่อสร้างพื้นที่ 4 วันต่อชั้น)

ลูปที่	รายละเอียด	ผลิตภาพ	ปริมาณงาน		จำนวนแรงงาน	ล่วงเวลาOT	รวมค่าแรง
		(คน/วัน)	จำนวน	หน่วย	(คน)	(ช.ม.)	(บาท)
ลูปที่ 4	งานวางเหล็กเสริมบนพื้น	89	2,850	กก.	32		11,200
	งานติดตั้งแบบ Drop พื้น	19	150	ตร.ม.	8	4	3,063
	งานทำความสะอาดแบบหล่อ	106	845	ตร.ม.	8	4	3,063
	งานดึงลวดสลิง Post Tension ชั้นก่อนหน้า	50	845	ตร.ม.	17		5,950
	งานเทคอนกรีตพื้น	10	185	ลบ.ม.	18	4	6,563
				รวมค่าแรง ลูป 4	*83*		29,838

จากตารางที่ 4.6 เป็นการสรุปค่าใช้จ่ายทางตรงของลูปที่ 4 โดยยกตัวอย่าง งานวางเหล็กเสริมบนพื้น มีปริมาณงานในแต่ละชั้น 2,850 กิโลกรัม และมีค่าผลิตภาพ 89 กิโลกรัม/คน-วัน พบว่าจำนวนแรงงานของกิจกรรมมีค่า 32 แรง มีค่าใช้จ่ายในงานวางเหล็กเสริมบนพื้นเท่ากับ 11,200 บาท สำหรับกิจกรรมงานติดตั้งแบบ Drop พื้นมีค่าเท่ากับ 3,063 บาท งานทำความสะอาดแบบหล่อมีค่าเท่ากับ 3,063 บาท งานดึงลวดสลิง Post Tension มีค่าเท่ากับ 5,950 บาท งานเทคอนกรีตพื้นมีค่าเท่ากับ 6,563 บาท ส่งผลให้ยอดรวมค่าแรงงานลูป 4 ในการทำงานวันที่ 4 เท่ากับ 29,838 บาท

จากการเก็บข้อมูลค่าใช้จ่ายทางตรง ของการก่อสร้างพื้นคอนกรีตอัดแรง ที่ระยะเวลาก่อสร้าง 4 วันต่อชั้น แบ่งกลุ่มการทำงานออกเป็น 4 ลูป 20 กิจกรรม มีค่าใช้จ่ายทางตรงรวมเป็นเงิน 120,444 บาท

4.1.2.2 ค่าใช้จ่ายทางตรงของการก่อสร้างพื้นคอนกรีตอัดแรง ที่ 5 วันต่อชั้น

ตารางที่ 4.7 ตารางกำหนดระยะเวลาการก่อสร้างพื้นคอนกรีตอัดแรง ที่ 5 วันต่อชั้น ใน 5 ลูปการทำงาน

ระยะเวลาการก่อสร้างพื้น Post Tension (วัน/ชั้น)	ลูปการทำงาน (1วัน/ลูป)				
	ลูป 1	ลูป 2	ลูป 3	ลูป 4	ลูป 5
1	5 กิจกรรม				
2		3 กิจกรรม			
3			3 กิจกรรม		
4				4 กิจกรรม	
5					5 กิจกรรม

ตารางที่ 4.8 ค่าใช้จ่ายทางตรงของวันที่ 1 มี 5 กิจกรรมต่อลูป (กำหนดระยะเวลาก่อสร้างพื้นที่ 5 วันต่อชั้น)

ลูปที่	รายละเอียด	ผลิตภาพ	ปริมาณงาน		จำนวนแรงงาน	ล่วงเวลาOT	รวมค่าแรง
		(คน/วัน)	จำนวน	หน่วย	(คน)	(ช.ม.)	(บาท)
ลูปที่ 1	งานตีไลน์	211	845	ตร.ม.	4		1,400
	งานเหล็กเสริมเสา	339	4,750	กก.	14		4,900
	งานเข้าไม้แบบเสาและค้ำยัน	102	1,220	ตร.ม.	12		4,200
	งานเทคอนกรีตเสา	4	32	ลบ.ม.	8	4	3,063
	งานรื้อนั่งร้านและไม้แบบพื้น สองชั้นก่อนหน้า	70	845	ตร.ม.	12		4,200
				รวมค่าแรง ลูป 1	50		17,763

จากตารางที่ 4.8 เป็นการสรุปค่าใช้จ่ายทางตรงของลูปที่ 1 โดยยกตัวอย่าง งานตีไลน์เสา มีปริมาณงานในแต่ละชั้น 845 $ม^2$ และมีค่าผลิตภาพ 211 $ม^2$/คน-วัน พบว่าจำนวนแรงงานของกิจกรรมมีค่า 4 แรง มีค่าใช้จ่ายในงานตีไลน์เสาเท่ากับ 1,400 บาท สำหรับกิจกรรมงานเหล็กเสริมเสามีค่าเท่ากับ 4,900 บาท งานเข้าไม้แบบเสาและค้ำยันมีค่าเท่ากับ 4,200 บาท งานเทคอนกรีตเสามีค่าเท่ากับ 3,063 บาท และงานรื้อนั่งร้านและไม้แบบพื้นมีค่าเท่ากับ 4,200 บาท ส่งผลให้ยอดรวมค่าแรงงานลูป 1 ในการทำงานวันที่ 1 เท่ากับ 17,763 บาท

ตารางที่ 4.9 ค่าใช้จ่ายทางตรงของวันที่ 2 มี 3 กิจกรรมต่อลูป (กำหนดระยะเวลาก่อสร้างพื้นที่ 5 วันต่อชั้น)

ลูปที่	รายละเอียด	ผลิตภาพ	ปริมาณงาน		จำนวนแรงงาน	ล่วงเวลาOT	รวมค่าแรง
		(คน/วัน)	จำนวน	หน่วย	(คน)	(ช.ม.)	(บาท)
ลูปที่ 2	งานรื้อไม้แบบเสา	76	1,220	ตร.ม.	16		2,800
	งานเทคอนกรีตผนัง Shear Wall (ระบบ Slip Form)	14	230	ตร.ม.	16	2	5,731
	งานตั้งนั่งร้านพร้อมปูไม้แบบ	70	845	ตร.ม.	12	2	4,331
				รวมค่าแรง ลูป 2	*44*		12,863

จากตารางที่ 4.9 เป็นการสรุปค่าใช้จ่ายทางตรงของลูปที่ 2 โดยยกตัวอย่าง งานรื้อไม้แบบเสา มีปริมาณงานในแต่ละชั้น 1,220 ม^2 และมีค่าผลิตภาพ 76 ม^2/คน-วัน พบว่าจำนวนแรงงานของกิจกรรมมีค่า 16 แรง มีค่าใช้จ่ายในงานรื้อไม้แบบเสาเท่ากับ 2,800 บาท สำหรับกิจกรรมงานเทคอนกรีตผนัง Shear Wall มีค่าเท่ากับ 5,731 บาท งานตั้งนั่งร้านปูไม้แบบมีค่าเท่ากับ 4,331 บาท ส่งผลให้ยอดรวมค่าแรงงานลูป 2 ในการทำงานวันที่ 2 เท่ากับ 12,863 บาท

ตารางที่ 4.10 ค่าใช้จ่ายทางตรงของวันที่ 3 มี 3 กิจกรรมต่อลูป (กำหนดระยะเวลาก่อสร้างพื้นที่ 5 วันต่อชั้น)

ลูปที่	รายละเอียด	ผลิตภาพ	ปริมาณงาน		จำนวนแรงงาน	ล่วงเวลาOT	รวมค่าแรง
		(คน/วัน)	จำนวน	หน่วย	(คน)	(ช.ม.)	(บาท)
ลูปที่ 3	งานตีไลน์ไม้แบบ	211	845	ตร.ม.	4		1,400
	งานเข้าแบบข้างพื้น	17	120	ตร.ม.	7		2,450
	งานวางเหล็กเสริมล่างพื้น	175	5,600	กก.	32	2	11,331
				รวมค่าแรง ลูป 3	*43*		15,181

จากตารางที่ 4.10 เป็นการสรุปค่าใช้จ่ายทางตรงของลูปที่ 3 โดยยกตัวอย่าง งานตีไลน์ไม้แบบ มีปริมาณงานในแต่ละชั้น 845 ม^2 และมีค่าผลิตภาพ 211 ม^2/คน-วัน พบว่าจำนวนแรงงานของกิจกรรมมีค่า 4 แรง มีค่าใช้จ่ายในตีไลน์ไม้แบบเท่ากับ 1,400 บาท สำหรับกิจกรรมงานเข้าแบบข้างพื้นมีค่าเท่ากับ 2,450 บาท งานวางเหล็กเสริมล่างมีค่าเท่ากับ 11,331 บาท ส่งผลให้ยอดรวมค่าแรงงานลูป 3 ในการทำงานวันที่ 3 เท่ากับ 15,181 บาท

ตารางที่ 4.11 ค่าใช้จ่ายทางตรงของวันที่ 4 มี 4 กิจกรรมต่อลูป (กำหนดระยะเวลาก่อสร้างพื้นที่ 5 วันต่อชั้น)

ลูปที่	รายละเอียด	ผลิตภาพ	ปริมาณงาน		จำนวนแรงงาน	ล่วงเวลาOT	รวมค่าแรง
		(คน/วัน)	จำนวน	หน่วย	(คน)	(ช.ม.)	(บาท)
ลูปที่ 4	งานวางท่อระบบ M&E และใส่เหล็กเสริมกันแตก	10	80	จุด	8	2	2,931
	งานวางสลิง Post Tension	56	845	ตร.ม.	15	2	5,381
	งานเตรียมเหล็กเสา,ผนัง Shear Wall ชั้นต่อไป	396	11875	กก.	30	4	10,763
	งานทำความสะอาดเตรียมส่งมอบงาน สองชั้นก่อนหน้า	60	845	ตร.ม.	14		4,900
				รวมค่าแรงลูปที่ 4	*67*		23,975

จากตารางที่ 4.11 เป็นการสรุปค่าใช้จ่ายทางตรงของลูปที่ 4 โดยยกตัวอย่าง งานวางท่อระบบ M&E และใส่เหล็กเสริมกันแตก มีปริมาณงานในแต่ละชั้น 80 จุด และมีค่าผลิตภาพ 10 จุด/คน-วัน พบว่าจำนวนแรงงานของกิจกรรมมีค่า 8 แรง มีค่าใช้จ่ายในงานวางท่อระบบ M&E และใส่เหล็กเสริมกันแตกเท่ากับ 2,931 บาท งานวางลวดสลิง Post Tension มีค่าเท่ากับ 5,381 บาท งานเตรียมเหล็กเสา,ผนัง Shear Wall มีค่าเท่ากับ 10,763 บาท งานทำความสะอาดเตรียมส่งมอบงานมีค่าเท่ากับ 4,900 บาท ส่งผลให้ยอดรวมค่าแรงงานลูป 4 ในการทำงานวันที่ 4 เท่ากับ 23,975 บาท

ตารางที่ 4.12 ค่าใช้จ่ายทางตรงของวันที่ 5 มี 5 กิจกรรมต่อลูป (กำหนดระยะเวลาก่อสร้างพื้นที่ 5 วันต่อชั้น)

ลูปที่	รายละเอียด	ผลิตภาพ	ปริมาณงาน		จำนวนแรงงาน	ล่วงเวลาOT	รวมค่าแรง
		(คน/วัน)	จำนวน	หน่วย	(คน)	(ช.ม.)	(บาท)
ลูปที่ 5	งานวางเหล็กเสริมบนพื้น	158	2,850	กก.	18		6,300
	งานติดตั้งแบบ Drop พื้น	30	150	ตร.ม.	5		1,750
	งานทำความสะอาดแบบหล่อ	169	845	ตร.ม.	5		1,750
	งานดึงลวดสลิง Post Tension ชั้นก่อนหน้า	121	845	ตร.ม.	7		2,450
	งานเทคอนกรีตพื้น	12	185	ลบ.ม.	15	4	5,513
				รวมค่าแรงลูปที่ 5	*50*		17,763

จากตารางที่ 4.12 เป็นการสรุปค่าใช้จ่ายทางตรงของลูปที่ 5 โดยยกตัวอย่าง งานวางเหล็กเสริมบนพื้น มีปริมาณงานในแต่ละชั้น 2,850 กิโลกรัม และมีค่าผลิตภาพ 158 กิโลกรัม/คน-วัน พบว่าจำนวนแรงงานของกิจกรรมมีค่า 18 แรง มีค่าใช้จ่ายในงานวางเหล็กเสริมบนพื้นเท่ากับ 6,300 บาท สำหรับกิจกรรมงานติดตั้งแบบ Drop พื้นมีค่าเท่ากับ 1,750 บาท งานทำความสะอาดแบบหล่อมีค่าเท่ากับ 1,750 บาท งานดึงลวดสลิง Post Tension มีค่าเท่ากับ 2,450 บาท และงานเทคอนกรีต

พื้นมีค่าเท่ากับ 5,513 บาท ส่งผลให้ยอดรวมค่าแรงงานลูป 5 ในการทำงานวันที่ 5 เท่ากับ 17,763 บาท

จากการเก็บข้อมูลค่าใช้จ่ายทางตรง ของการก่อสร้างพื้นคอนกรีตอัดแรง ที่ระยะเวลาก่อสร้าง 5 วันต่อชั้น แบ่งกลุ่มการทำงานออกเป็น 5 ลูป 20 กิจกรรม มีค่าใช้จ่ายทางตรงรวมเป็นเงิน 87,544 บาท

4.1.2.3 ค่าใช้จ่ายทางตรงของการก่อสร้างพื้นคอนกรีตอัดแรง ที่ 6 วันต่อชั้น

ตารางที่ 4.13 ตารางกำหนดระยะเวลาการก่อสร้างพื้นคอนกรีตอัดแรง ที่ 6 วันต่อชั้น ใน 6 ลูปการทำงาน

ระยะเวลาการก่อสร้างพื้น Post Tension (วัน/ชั้น)	ลูปการทำงาน (1วัน/ลูป)					
	ลูป 1	ลูป 2	ลูป 3	ลูป 4	ลูป 5	ลูป 6
1	4 กิจกรรม					
2		3 กิจกรรม				
3			4 กิจกรรม			
4				4 กิจกรรม		
5					3 กิจกรรม	
6						2 กิจกรรม

ตารางที่ 4.14 ค่าใช้จ่ายทางตรงของวันที่ 1 มี 4 กิจกรรมต่อลูป (กำหนดระยะเวลาก่อสร้างพื้นที่ 6 วันต่อชั้น)

ลูปที่	รายละเอียด	ผลิตภาพ	ปริมาณงาน		จำนวนแรงงาน	ล่วงเวลาOT	รวมค่าแรง
		(คน/วัน)	จำนวน	หน่วย	(คน)	(ช.ม.)	(บาท)
ลูปที่ 1	งานตีไลน์	229	915	ตร.ม.	4		1,400
	งานเหล็กเสริมเสา	413	6,200	กก.	15		5,250
	งานเข้าไม้แบบเสาและค้ำยัน	165	1,320	ตร.ม.	8		2,800
	งานเทคอนกรีตเสา	6	45	ลบ.ม.	7	2	2,581
				รวมค่าแรง ลูป 1	34		12,031

จากตารางที่ 4.14 เป็นการสรุปค่าใช้จ่ายทางตรงของลูปที่ 1 โดยยกตัวอย่าง งานตีไลน์เสา มีปริมาณงานในแต่ละชั้น 915 $ม^2$ และมีค่าผลิตภาพ 229 $ม^2$/คน-วัน พบว่าจำนวนแรงงานของกิจกรรมมีค่า 4 แรง มีค่าใช้จ่ายในงานตีไลน์เสาเท่ากับ 1,400 บาท สำหรับกิจกรรมงานเหล็กเสริม

เสามีค่าเท่ากับ 5,250 บาท งานเข้าไม้แบบเสาและค้ำยันมีค่าเท่ากับ 2,800 บาท งานเทคอนกรีตเสามีค่าเท่ากับ 2,581 บาท ส่งผลให้ยอดรวมค่าแรงงานลูป 1 ในการทำงานวันที่ 1 เท่ากับ 12,031 บาท

ตารางที่ 4.15 ค่าใช้จ่ายทางตรงของวันที่ 2 มี 3 กิจกรรมต่อลูป (กำหนดระยะเวลาก่อสร้างพื้นที่ 6 วันต่อชั้น)

ลูปที่	รายละเอียด	ผลิตภาพ	ปริมาณงาน		จำนวนแรงงาน	ล่วงเวลาOT	รวมค่าแรง
		(คน/วัน)	จำนวน	หน่วย	(คน)	(ช.ม.)	(บาท)
ลูปที่ 2	งานรื้อไม้แบบเสา	165	1,320	ตร.ม.	8		1,400
	งานเทคอนกรีตผนัง Shear Wall (ระบบ Slip Form)	21	250	ตร.ม.	12	2	4,331
	งานตั้งนั่งร้านพร้อมปูไม้แบบ	70	915	ตร.ม.	13		4,550
				รวมค่าแรง ลูป 2	*33*		10,281

จากตารางที่ 4.15 เป็นการสรุปค่าใช้จ่ายทางตรงของลูปที่ 2 โดยยกตัวอย่าง งานรื้อไม้แบบเสา มีปริมาณงานในแต่ละชั้น 1,320 ม^2 และมีค่าผลิตภาพ 165 ม^2/คน-วัน พบว่าจำนวนแรงงานของกิจกรรมมีค่า 8 แรง มีค่าใช้จ่ายในงานรื้อไม้แบบเสาเท่ากับ 1,400 บาท สำหรับกิจกรรมงานเทคอนกรีตผนัง Shear Wall มีค่าเท่ากับ 4,331 บาท และงานตั้งนั่งร้านปูไม้แบบมีค่าเท่ากับ 4,550 บาท ส่งผลให้ยอดรวมค่าแรงงานลูป 2 ในการทำงานวันที่ 2 เท่ากับ 10,281 บาท

ตารางที่ 4.16 ค่าใช้จ่ายทางตรงของวันที่ 3 มี 4 กิจกรรมต่อลูป (กำหนดระยะเวลาก่อสร้างพื้นที่ 6 วันต่อชั้น)

ลูปที่	รายละเอียด	ผลิตภาพ	ปริมาณงาน		จำนวนแรงงาน	ล่วงเวลาOT	รวมค่าแรง
		(คน/วัน)	จำนวน	หน่วย	(คน)	(ช.ม.)	(บาท)
ลูปที่ 3	งานตีไลน์ไม้แบบ	229	915	ตร.ม.	4		1,400
	งานเข้าแบบข้างพื้น	38	150	ตร.ม.	4		1,400
	งานวางเหล็กเสริมล่างพื้น	397	7,150	กก.	18		6,300
	งานรื้อนั่งร้านและไม้แบบพื้น สองชั้นก่อนหน้า	76	915	ตร.ม.	12		4,200
				รวมค่าแรง ลูป 3	*38*		13,300

จากตารางที่ 4.16 เป็นการสรุปค่าใช้จ่ายทางตรงของลูปที่ 3 โดยยกตัวอย่าง งานตีไลน์ไม้แบบ มีปริมาณงานในแต่ละชั้น 915 ม^2 และมีค่าผลิตภาพ 229 ม^2/คน-วัน พบว่าจำนวนแรงงานของกิจกรรมมีค่า 4 แรง มีค่าใช้จ่ายในตีไลน์ไม้แบบเท่ากับ 1,400 บาท สำหรับกิจกรรมงานเข้าแบบข้างพื้นมีค่าเท่ากับ 1,400 บาท งานวางเหล็กเสริมล่างมีค่าเท่ากับ 6,300 บาท และงานรื้อนั่งร้านและไม้แบบพื้นมีค่าเท่ากับ 4,200 บาท ส่งผลให้ยอดรวมค่าแรงงานลูป 3 ในการทำงานวันที่ 3 เท่ากับ 13,300 บาท

ตารางที่ 4.17 ค่าใช้จ่ายทางตรงของวันที่ 4 มี 4 กิจกรรมต่อลูป (กำหนดระยะเวลาก่อสร้างพื้นที่ 6 วันต่อชั้น)

ลูปที่	รายละเอียด	ผลิตภาพ	ปริมาณงาน		จำนวนแรงงาน	ล่วงเวลาOT	รวมค่าแรง
		(คน/วัน)	จำนวน	หน่วย	(คน)	(ช.ม.)	(บาท)
ลูปที่ 4	งานวางท่อระบบ M&E และใส่เหล็กเสริมกันแตก	20	100	จุด	5		1,750
	งานวางสลิง Post Tension	76	915	ตร.ม.	12		4,200
	งานเตรียมเหล็กเสา,ผนัง Shear Wall ชั้นต่อไป	517	15500	กก.	30		10,500
	งานทำความสะอาดเตรียมส่งมอบงาน สองชั้นก่อนหน้า	76	915	ตร.ม.	12		4,200
				รวมค่าแรง ลูป 4	*59*		20,650

จากตารางที่ 4.17 เป็นการสรุปค่าใช้จ่ายทางตรงของลูปที่ 4 โดยยกตัวอย่าง งานวางท่อระบบ M&E และใส่เหล็กเสริมกันแตก มีปริมาณงานในแต่ละชั้น 100 จุด และมีค่าผลิตภาพ 20 จุด/คน-วัน พบว่าจำนวนแรงงานของกิจกรรมมีค่า 5 แรง มีค่าใช้จ่ายในงานวางท่อระบบ M&E และใส่เหล็กเสริมกันแตกเท่ากับ 1,750 บาท งานวางลวดสลิง Post Tension ค่าเท่ากับ 4,200 บาท งานเตรียมเหล็กเสา,ผนัง Shear Wall ค่าเท่ากับ 10,500 บาท และงานทำความสะอาดเตรียมส่งมอบงานมีค่าเท่ากับ 4,200 บาท ส่งผลให้ยอดรวมค่าแรงงานลูป 4. ในการทำงานวันที่ 4 เท่ากับ 20,650 บาท

ตารางที่ 4.18 ค่าใช้จ่ายทางตรงของวันที่ 5 มี 3 กิจกรรมต่อลูป (กำหนดระยะเวลาก่อสร้างพื้นที่ 6 วันต่อชั้น)

ลูปที่	รายละเอียด	ผลิตภาพ	ปริมาณงาน		จำนวนแรงงาน	ล่วงเวลาOT	รวมค่าแรง
		(คน/วัน)	จำนวน	หน่วย	(คน)	(ช.ม.)	(บาท)
ลูปที่ 5	งานวางเหล็กเสริมบนพื้น	223	4,010	กก.	18		6,300
	งานติดตั้งแบบ Drop พื้น	70	210	ตร.ม.	3		1,050
	งานดึงลวดสลิง Post Tension ชั้นก่อนหน้า	153	915	ตร.ม.	6		2,100
				รวมค่าแรง ลูป 5	*27*		9,450

จากตารางที่ 4.18 เป็นการสรุปค่าใช้จ่ายทางตรงของลูปที่ 5 โดยยกตัวอย่าง งานวางเหล็กเสริมบนพื้น มีปริมาณงานในแต่ละชั้น 4,010 กิโลกรัม และมีค่าผลิตภาพ 223 กิโลกรัม/คน-วัน พบว่าจำนวนแรงงานของกิจกรรมมีค่า 18 แรง มีค่าใช้จ่ายในงานวางเหล็กเสริมบนพื้นเท่ากับ 6,300 บาท สำหรับกิจกรรมงานติดตั้งแบบ Drop พื้นมีค่าเท่ากับ 1,050 บาท และงานดึงลวดสลิง Post Tension มีค่าเท่ากับ 2,100 บาท ส่งผลให้ยอดรวมค่าแรงงานลูป 5 ในการทำงานวันที่ 5 เท่ากับ 9,450 บาท

ตารางที่ 4.19 ค่าใช้จ่ายทางตรงของวันที่ 6 มี 2 กิจกรรมต่อลูป (กำหนดระยะเวลาก่อสร้างพื้นที่ 6 วันต่อชั้น)

ลูปที่	รายละเอียด	ผลิตภาพ	ปริมาณงาน		จำนวนแรงงาน	ล่วงเวลาOT	รวมค่าแรง
		(คน/วัน)	จำนวน	หน่วย	(คน)	(ช.ม.)	(บาท)
ลูปที่ 6	งานทำความสะอาดแบบหล่อ	305	915	ตร.ม.	3		1,050
	งานเทคอนกรีตพื้น	14	192	ลบ.ม.	14		4,900
				รวมค่าแรง ลูป 6	17		5,950

จากตารางที่ 4.19 เป็นการสรุปค่าใช้จ่ายทางตรงของลูปที่ 6 โดยยกตัวอย่าง งานทำความสะอาดแบบหล่อ มีปริมาณงานในแต่ละชั้น 915 ม^2 และมีค่าผลิตภาพ 305 ม^2/คน-วัน พบว่าจำนวนแรงงานของกิจกรรมมีค่า 3 แรง มีค่าใช้จ่ายในงานทำความสะอาดแบบหล่อ เท่ากับ 1,050 บาท และงานเทคอนกรีตพื้นมีค่าเท่ากับ 4,900 บาท ส่งผลให้ยอดรวมค่าแรงงานลูป 6 ในการทำงานวันที่ 6 เท่ากับ 5,950 บาท

จากขั้นตอนวิธีการคำนวณการหาระยะเวลา การทำงาน ค่าแรงงาน และจำนวนค่าแรงที่ต้องใช้ ตามตารางกำหนดเวลาข้างต้น ได้ดำเนินการไปจนถึง ระยะเวลาก่อสร้าง 6 วันต่อชั้น มีค่าใช้จ่ายทางตรงรวมเป็นเงิน 71,663 บาท ระยะเวลาก่อสร้าง 7 วันต่อชั้น มีค่าใช้จ่ายทางตรงรวมเป็นเงิน 59,150 บาท และระยะเวลาก่อสร้าง 8 วันต่อชั้น มีค่าใช้จ่ายทางตรงรวมเป็นเงิน 51,430 บาท โดยจะได้นำค่าใช้จ่ายทางตรงที่ได้ ไปการวิเคราะห์หาความเหมาะสมระหว่างระยะเวลากับค่าใช้ ต่อไป

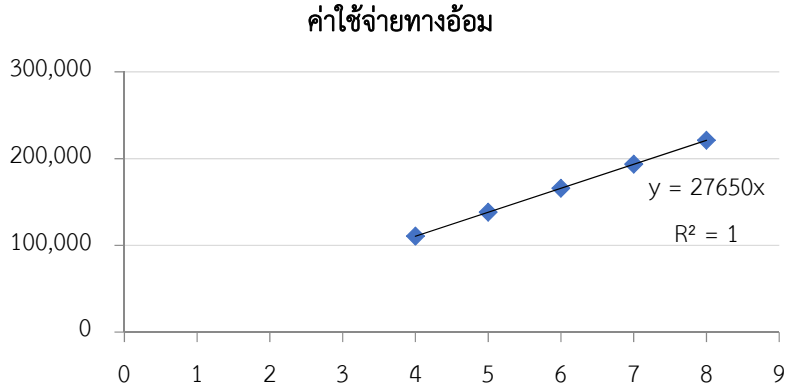
4.2 การวิเคราะห์ความเหมาะสมระหว่างระยะเวลากับค่าใช้จ่าย

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับค่าใช้จ่ายให้ต่ำที่สุด จะเริ่มจากการเก็บข้อมูลค่าใช้จ่ายทางอ้อม และค่าใช้จ่ายทางตรง ซึ่งจะทำการกำหนดระยะเวลาการก่อสร้างคอนกรีตอัดแรงที่ 4 วัน 5 วัน 6 วัน 7 วัน และ 8 วันต่อชั้น โดยแบ่งกลุ่มการทำออกเป็น 9 ลูปการทำงาน

จากข้อมูลที่นำมาพิจารณามีค่าใช้จ่ายทางอ้อมเท่ากับ 27,650 บาทต่อวัน และค่าใช้จ่ายทางตรงมาจากการเก็บข้อมูล ของตารางกำหนดเวลา เพื่อนำมาวิเคราะห์ความเหมาะสม โดยสร้างกราฟ ประกอบการพิจารณ์ โดยได้สรุปผลตาม ตารางที่ 4.20 ตารางที่ 4.21 และตารางที่ 4.22 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.20 ข้อมูลค่าใช้จ่ายทางอ้อม การก่อสร้างพื้นคอนกรีตอัดแรง

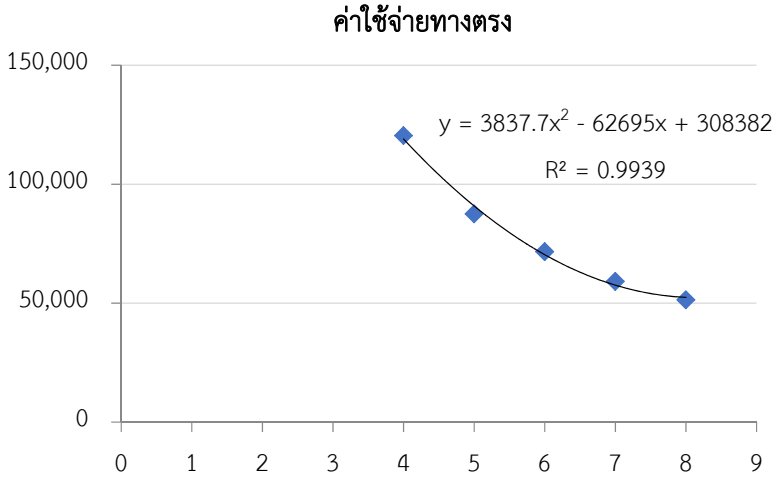
ค่าใช้จ่ายทางอ้อม (บาท/วัน)	ระยะเวลาก่อสร้างพื้นคอนกรีตอัดแรง ต่อชั้น				
	4 วัน	5 วัน	6 วัน	7 วัน	8 วัน
27,650	110,600	138,250	165,900	193,550	221,200



รูปที่ 4.1 ข้อมูลค่าใช้จ่ายทางอ้อม

ตารางที่ 4.21 ข้อมูลค่าใช้จ่ายทางตรง การก่อสร้างพื้นคอนกรีตอัดแรง

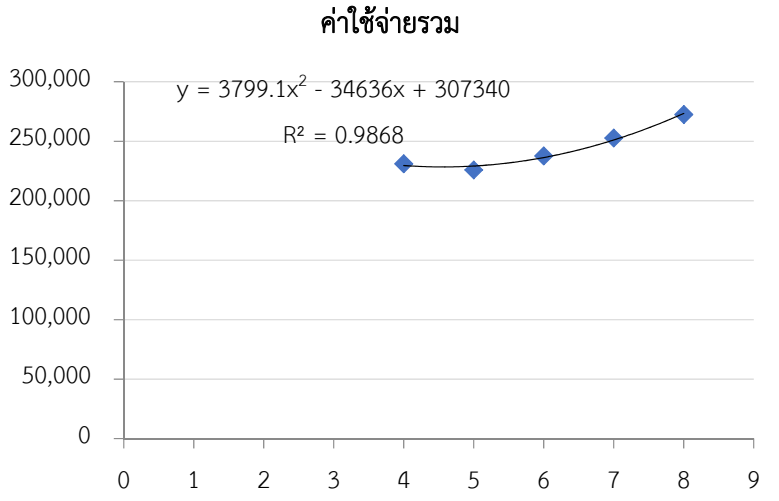
จำนวนกิจกรรม	ค่าใช้จ่ายทางตรงของการก่อสร้างพื้นคอนกรีตอัดแรงต่อชั้น				
	4 วัน	5 วัน	6 วัน	7 วัน	8 วัน
20 กิจกรรม	120,444	87,544	71,663	59,150	51,430



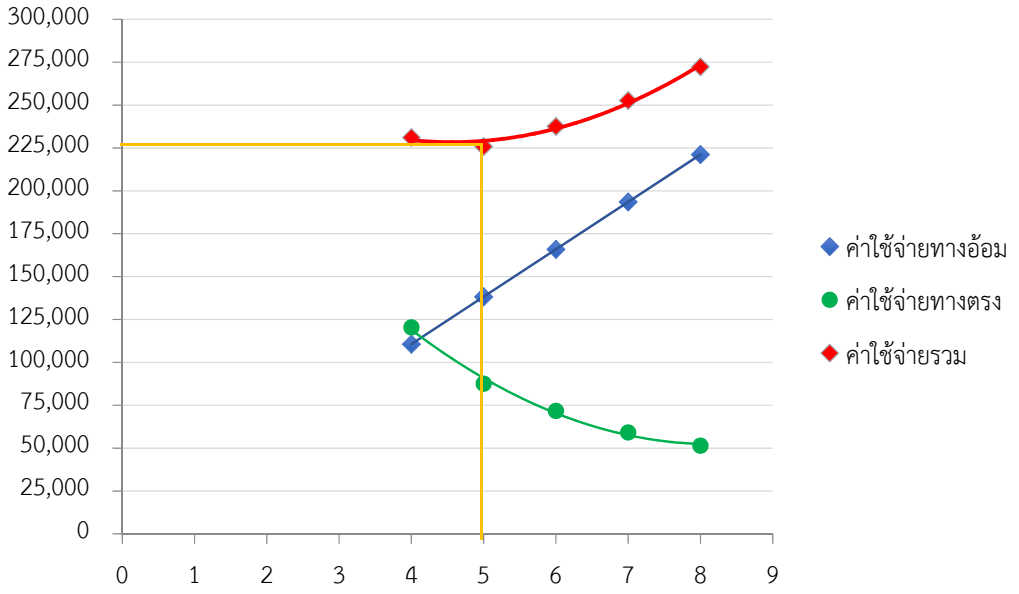
รูปที่ 4.2 ข้อมูลค่าใช้จ่ายทางตรง

ตารางที่ 4.22 ข้อมูลค่าใช้จ่ายรวม ทางอ้อมและทางตรงของทั้งโครงการ

จำนวนกิจกรรม	ค่าใช้จ่ายรวมของการก่อสร้างพื้นคอนกรีตอัดแรงต่อชั้น				
	4 วัน	5 วัน	6 วัน	7 วัน	8 วัน
20 กิจกรรม	231,044	225,794	237,563	252,700	272,360



รูปที่ 4.3 ข้อมูลค่าใช้จ่ายรวม ทางตรงและทางอ้อม



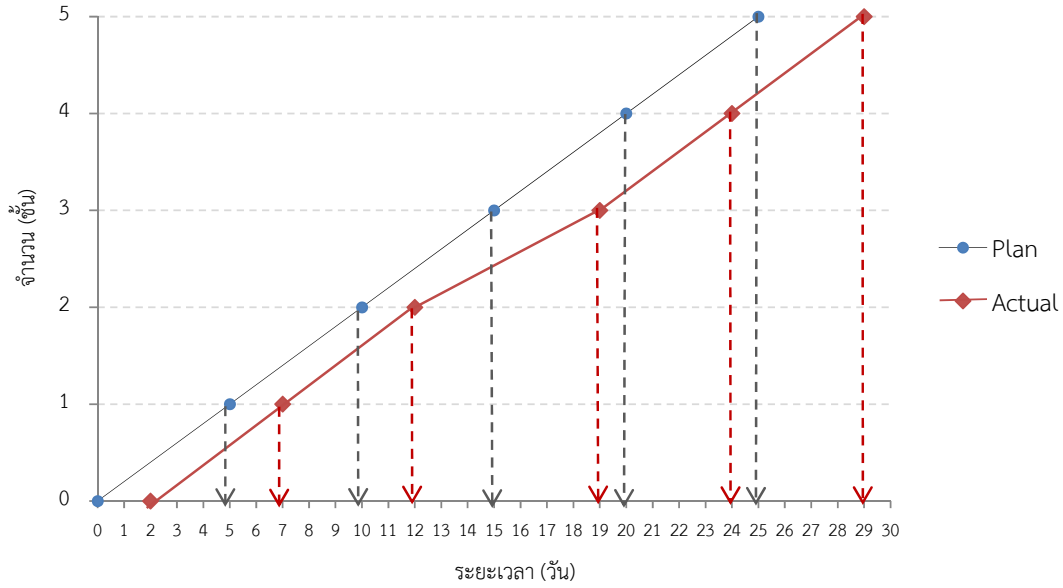
รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับค่าใช้จ่ายที่ต่ำสุด

4.3 การวิเคราะห์ข้อมูลและการนำไปประยุกต์ใช้งาน

การวิเคราะห์ข้อมูลและการนำไปประยุกต์ใช้งาน จะนำวันก่อสร้างที่เหมาะสมที่สุด คือ 5 วันต่อชั้น มาจำลองเหตุการณ์ก่อสร้าง ที่แสดงผลเป็นกราฟ ตามหลักการ Even Flow Construction เพื่อหาระยะเวลาของโครงการ ซึ่งจะจำลองเหตุการณ์การก่อสร้าง อาคารสูง 5 ชั้น โดยมีปัญหาและอุปสรรคในการทำงาน ดังนี้

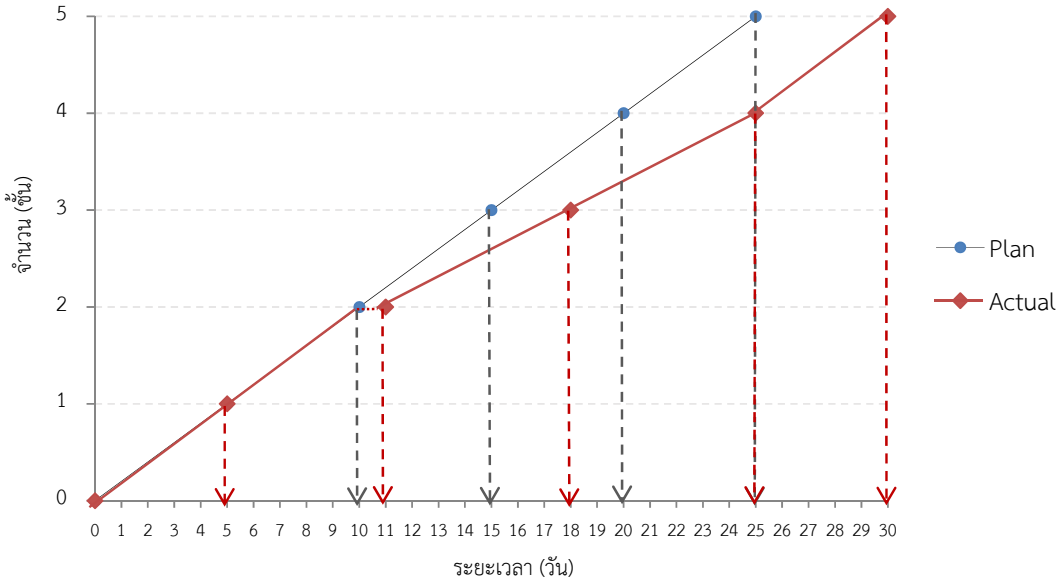
(1) จำลองเหตุการณ์ที่ 1 งานโครงสร้างพื้นชั้น 1 สามารถเริ่มงานได้ช้ากว่ากำหนด 2 วัน และงานโครงสร้างพื้นชั้น 3 ใช้ระยะเวลาก่อสร้าง 7 วัน เนื่องจากเครื่องจักรเสียระหว่างการทำงาน (ดังรูปที่ 4.5)

(2) จำลองเหตุการณ์ที่ 2 งานโครงสร้างพื้นชั้น 3 เริ่มงานได้ช้ากว่ากำหนด 1 วัน เนื่องจากติดวันหยุดนักขัตฤกษ์ และงานโครงสร้างพื้นชั้น 3 และชั้น 4 ใช้ระยะเวลาก่อสร้าง 7 วัน เนื่องจากคนงานหยุดต่อเนื่อง (ดังรูปที่ 4.6)



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงระยะเวลาการก่อสร้างพื้น โครงการจำลองที่ 1

จากรูปที่ 4.5 จะเห็นได้ว่างานโครงสร้างพื้นชั้น 1 และงานโครงสร้างพื้นชั้น 3 ล่าช้ากว่ากำหนดชั้นละ 2 วัน รวมระยะเวลาที่ล่าช้า 4 วัน ที่ให้ระยะเวลาของโครงการล่าช้าออกไปจาก 25 วัน เป็น 29 วัน



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงระยะเวลาการก่อสร้างพื้น โครงการจำลองที่ 2

จากรูปที่ 4.6 จะเห็นได้ว่างานโครงสร้างพื้นชั้น 3 เริ่มงานล่าช้า 1 วัน ใช้เวลาก่อสร้าง 7 วัน และงานโครงสร้างพื้นชั้น 4 ใช้เวลาก่อสร้าง 7 วัน รวมระยะเวลาที่ล่าช้า 5 วัน ทำให้ระยะเวลาของโครงการล่าช้าออกไปจาก 25 วัน เป็น 30 วัน

4.4 บทสรุปท้ายบท

ผลการดำเนินงานวิจัยนี้ ประกอบด้วย การเก็บรวบรวมและศึกษาค้นหาข้อมูลจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มีขั้นตอนในการวิจัย คือ รวบรวมข้อมูลและศึกษาขั้นตอนการก่อสร้างพื้นคอนกรีตอัดแรง มีวัตถุประสงค์ของงานวิจัย เพื่อจัดกลุ่มกิจกรรมย่อยให้มีระยะเวลาของกิจกรรมเท่ากัน โดยใช้วิธีกำหนดเวลาตามหลักการ Even Flow Construction และวิเคราะห์หาค่ากำหนดวันทำงานที่มีผลต่อระยะเวลาและค่าใช้จ่ายของโครงการที่ต่ำที่สุด โดยใช้หลักการความเหมาะสม การวิจัยเริ่มจากรวบรวมข้อมูล ค่าใช้จ่ายทางอ้อม (Indirect Cost) และค่าใช้จ่ายทางตรง (Direct Cost) ของผู้รับเหมาโครงการก่อสร้างอาคารคอนโดมิเนียมสูง

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาแผนกำหนดเวลางานแบบลูป ที่ใช้วิธีกำหนดเวลาตามหลักการ Even Flow Construction โดยการกำหนดความสัมพันธ์ของกิจกรรม และแบ่งกลุ่มกิจกรรมให้มีระยะเวลาการทำงานเท่ากัน ซึ่งการกำหนดระยะเวลาก่อสร้างพื้นคอนกรีตอัดแรงนั้น จะส่งผลต่อจำนวนแรงงานที่เปลี่ยนไป จากการเก็บข้อมูลระยะเวลาที่มีความเหมาะสมในการก่อสร้างพื้นคอนกรีตอัดแรง คือ 5 วันต่อชั้น เป็นค่าที่มีความเหมาะสมที่สุดสำหรับโครงการก่อสร้างอาคารคอนโดมิเนียม จากการนำเข้าของข้อมูลทั้ง 5 รูปแบบระยะเวลา เปรียบเทียบค่าความเหมาะสมของระยะเวลาการทำงานโดย วิธี Time-cost trade-off : TCT

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

โครงการก่อสร้างอาคารสูง เช่น คอนโมมิเนียม จัดเป็นการทำงานที่มีลักษณะกิจกรรมที่ซ้ำๆ กัน (Repetitive Construction) เช่นเดียวกับการก่อสร้างโครงสร้างพื้นคอนกรีตอัดแรง งานวิจัยนี้เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลและศึกษาขั้นตอนการก่อสร้างพื้นคอนกรีตอัดแรง มีวัตถุประสงค์ของงานวิจัย เพื่อจัดกลุ่มกิจกรรมย่อยให้มีระยะเวลาของกิจกรรมเท่ากัน โดยใช้วิธีกำหนดเวลาตามหลักการ Even Flow Construction และวิเคราะห์หาค่ากำหนดวันทำงานที่มีผลต่อระยะเวลาและค่าใช้จ่ายของโครงการที่ต่ำที่สุด โดยใช้หลักการความเหมาะสม การวิจัยเริ่มจากรวบรวมข้อมูลค่าใช้จ่ายทางอ้อม (Indirect Cost) และค่าใช้จ่ายทางตรง (Direct Cost) ของผู้รับเหมาโครงการก่อสร้างอาคารคอนโดมิเนียมสูง ซึ่งสามารถสรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยครั้งต่อไปได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัยในครั้งนี้ สามารถสรุปผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยได้ ดังนี้

ผลการศึกษาพบว่า ลักษณะการก่อสร้างโครงสร้างพื้นคอนกรีตอัดแรง ประกอบด้วยกิจกรรมที่ต้องทำทั้งหมด 20 กิจกรรม ดังนี้

(1) งานตีไลน์
(2) งานเหล็กเสริมเสา
(3) งานเข้าไม้แบบเสาและค้ำยัน
(4) งานเทคอนกรีตเสา
(5) งานรื้อไม้แบบเสา
(6) งานเทคอนกรีตผนัง Shear Wall (ระบบ Slip Form)
(7) งานตั้งนั่งร้านพร้อมปูไม้แบบ
(8) งานตีไลน์ไม้แบบพื้น
(9) งานเข้าแบบข้างพื้น
(10) งานวางเหล็กเสริมล่าง
(11) งานวางท่อระบบ M&E และใส่เหล็กกันแตก
(12) งานวางลวดสลิง Post Tension

(13) งานเตรียมเหล็กเสา ผนัง Shear Wall ชั้นต่อไป

(14) งานวางเหล็กเสริมบนพื้น

(15) งานติดตั้งแบบ Drop พื้น

(16) งานทำความสะอาดแบบหล่อ

(17) งานดึงลวดสลิง Post Tension ชั้นก่อนหน้า

(18) งานเทคอนกรีตพื้น

(19) งานรื้อนั่งร้านและไม้แบบพื้น สองชั้นก่อนหน้า

(20) งานทำความสะอาดเตรียมส่งมอบงานพื้น สองชั้นก่อนหน้า

โดยทุกกิจกรรมมีลักษณะการก่อสร้างที่ซ้ำๆ กันในแต่ละชั้น จากการเก็บข้อมูลค่าใช้จ่ายทางอ้อม (Indirect Cost) และค่าใช้จ่ายทางตรง (Direct Cost) เพื่อหาความเหมาะสมของค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุด พบว่า การก่อสร้างพื้นคอนกรีตอัดแรงที่ 5 วันต่อชั้น มีความเหมาะสมที่สุดในการก่อสร้างอาคารสูง ซึ่งมีการจัดกลุ่มกิจกรรมเป็นลูปการทำงาน โดยใช้วิธีกำหนดเวลาตามหลักการ Even Flow Construction ดังนี้

ลูปที่ 1 กำหนดการทำงาน 1 วัน มีกิจกรรมงาน 1. งานตีไลน์ 2. งานเหล็กเสริมเสา 3. งานเข้าไม้แบบเสาและค้ำยัน 4. งานเทคอนกรีตเสา และ 5. งานรื้อนั่งร้านและไม้แบบพื้น สองชั้นก่อนหน้า ใช้จำนวนแรงงาน 50 คน มีค่าใช้จ่ายทางอ้อม 27,650 บาท และค่าใช้ทางตรง 17,763 บาท

ลูปที่ 2 กำหนดการทำงาน 1 วัน มีกิจกรรมงาน 1. งานรื้อไม้แบบเสา 2. งานเทคอนกรีตผนัง Shear Wall (ระบบ Slip Form) และ 3. งานตั้งนั่งร้านพร้อมปูไม้แบบ ใช้จำนวนแรงงาน 44 คน มีค่าใช้จ่ายทางอ้อม 27,650 บาท และค่าใช้ทางตรง 12,863 บาท

ลูปที่ 3 กำหนดการทำงาน 1 วัน มีกิจกรรมงาน 1. งานตีไลน์ไม้แบบพื้น 2. งานเข้าแบบข้างพื้น และ 3. งานวางเหล็กเสริมล่าง ใช้จำนวนแรงงาน 43 คน มีค่าใช้จ่ายทางอ้อม 27,650 บาท และค่าใช้ทางตรง 15,181 บาท

ลูปที่ 4 กำหนดการทำงาน 1 วัน มีกิจกรรมงาน 1. งานวางท่อระบบ M&E และใส่เหล็กกันแตก 2. งานวางลวดสลิง Post Tension 3. งานเตรียมงานเหล็กเสา, ผนังชั้นต่อไป และ 4. งานทำความสะอาดเตรียมส่งมอบงานสองชั้นก่อนหน้า ใช้จำนวนแรงงาน 67 คน มีค่าใช้จ่ายทางอ้อม 27,650 บาท และค่าใช้ทางตรง 23,975 บาท

ลูปที่ 5 กำหนดการทำงาน 1 วัน มีกิจกรรมงาน 1. งานวางเหล็กเสริมบนพื้น 2.งานติดตั้งแบบ Drop พื้น 3. งานทำความสะอาดแบบหล่อ 4. งานดึงลวดสลิง Post Tension ชั้นก่อนหน้า

และ 5. งานเทคอนกรีตพื้น ใช้จำนวนแรงงาน 50 คน มีค่าใช้จ่ายทางอ้อม 27,650 บาท และค่าใช้ทางตรง 17,763 บาท

5.2 ข้อเสนอแนะในงานวิจัยครั้งต่อไป

5.2.1 ควรศึกษาปัจจัยเกี่ยวกับระยะเวลาการก่อสร้างรวมทั้งโครงการ ว่าวันที่เหมาะสมจะสามารถลดค่าใช้จ่ายได้เท่าใด

5.2.2 ควรศึกษาและเปรียบเทียบกับหมวดอื่น เช่น งานสถาปัตยกรรม ว่าวันที่เหมาะสมจากงานวิจัย การเร่งรัดงานโครงสร้างสอดคล้องกับงานสถาปัตยกรรมหรือไม่

5.2.3 ควรศึกษาปัจจัยเกี่ยวกับขนาดและความสูงของอาคารที่จะส่งผลต่อการก่อสร้างที่ล่าช้า ว่ามีปัจจัยใดเข้ามาเกี่ยวข้องบ้าง

5.2.4 ควรศึกษาปัจจัยเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมที่จะส่งผลต่อการก่อสร้างที่ล่าช้า ว่ามีปัจจัยใดเข้ามาเกี่ยวข้องบ้าง

บรรณานุกรม

[1] วชรภูมิ เบญจโอฬาร. (2554). การวางแผนและควบคุมงานก่อสร้างด้วยการกำหนดเวลาและต้นทุนที่เหมาะสม. งานวิจัยสาขาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

[2] ชัยยศ ลักษณะวิลัย และสุนีรัตน์ กุศลาศัย. (2553). ผลกระทบของการเลือกใช้วิธี CPM และ RSM ใน การวางแผน. วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนาปีที่ 21 ฉบับที่ 2

[3] อาจอง สุขประเสริฐ. (2559). การประยุกต์เทคนิค PERT/CPM ในการจัดการกิจกรรมในงานก่อสร้างบ้านจัดสรร. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

[4] อัครวิทย์ สุวรรณจันทร์ และสุนีรัตน์ กุศลาศัย. (2553). การจัดสรรทรัพยากรแบบกลุ่มคนงานเฉพาะและการใช้คนงานร่วมกันในงานก่อสร้างที่มีรูปแบบซ้ำๆ กัน. วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา ปีที่ 21 ฉบับที่ 4 หน้า 79-88

[5] พิเชษฐ์ มณีพงศ์. (2550). การวางแผนงานก่อสร้างโดยวิธี Repetitive Scheduling Method ที่ประกอบด้วยคนงานหลายกลุ่ม. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[6] อธิวัฒน์ บุญเจริญ และสุนีรัตน์ กุศลาศัย. (2552). โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับกำหนดแผนการทำงานของคนงานสำหรับโครงการก่อสร้างที่มีลักษณะงานซ้ำ. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 14. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

[7] Hegazy, T., O. Moselhi and P. Fazio. (1993). BAL: An Algorithm for Scheduling and Control of Linear Projects. AACE international transactions. 8. 1-14.

[8] เบญจพร ศรีสุวรรณกาฬ. (2552). การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการวางแผนและติดตามความก้าวหน้าโครงการก่อสร้างที่มีลักษณะซ้ำๆ กัน. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[9] เฉลิมพล พรมทอง และไพจิตร ผาวัน. (2561). วิธีกำหนดเวลางานแบบลูปสำหรับโครงการก่อสร้างอาคารสูง. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา) มหาวิทยาลัยศรีปทุม.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

แบบบันทึกข้อมูล ค่าใช้จ่ายทางอ้อม และค่าใช้จ่ายทางตรง
งานโครงสร้างพื้นคอนกรีตอัดแรง

ค่าใช้จ่ายทางอ้อม (Indirect Cost)						
Main Contraction : บริษัท แสงฟ้าก่อสร้าง จำกัด						
ลำดับ	รายการ	ค่าใช้จ่ายทางอ้อม ต่อเดือน				
		ธ.ค.-61	ม.ค.-62	ก.พ.-62	มี.ค.-62	เม.ย.-62
1	**ค่าแรงและค่ารับรอง**	**420,753**	**476,635**	**470,083**	**467,219**	**475,902**
	ค่าเงินเดือนพนักงาน	250,632	260,632	260,632	260,632	260,632
	ค่าแรงพนักงานรายวัน	65,685	100,043	76,375	96,375	96,375
	ค่ายาม	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000
	ค่าล่วงเวลาผู้ควบคุมคนงาน	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000
	ค่ารับรองตำรวจ-เทศกิจ (ค่ารับรองต่างๆ)	25,000	25,000	25,000	25,000	25,000
	ค่าแรงกวาดถนนและความปลอดภัยต่าง ๆ	24,436	35,960	53,076	30,213	38,895
2	**งบค่าใช้จ่ายหน่วยงาน**	**121,891**	**70,415**	**88,465**	**95,059**	**70,355**
	ค่าไฟฟ้าสนาม	48,835	49,652	48,121	40,879	43,552
	ค่าประปาสนาม	1,961	1,685	1,685	2,862	5,510
	ค่าโทรศัพท์	4,107	8,293	7,790	8,646	1,998
	ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับรถยนต์บริษัทใช้ในหน่วยงาน	2,550	490	1,250	1,495	1,870
	ค่าเดินทาง	400	300	120	100	220
	ค่าน้ำดื่ม	12,175	3,603	7,859	3,847	5,467
	ค่าวิทยุสื่อสาร	7,491	2,393	2,591	1,821	2,424
	ค่าอุปกรณ์สิ้นเปลือง	17,791	2,145	6,093	4,460	3,445
	- ค่าอุปกรณ์เพื่อความปลอดภัยต่าง ๆ	26,581	1,854	12,956	30,950	5,870
3	**งบค่าอุปกรณ์เครื่องเขียนฯ, ถ่ายแบบ**	**15,269**	**11,989**	**14,204**	**15,269**	**9,515**
	ค่ากระดาษ,เครื่องเขียน,ถ่ายแบบ, ค่าเช่าเครื่องถ่ายเอกสาร ใช้ที่หน่วยงาน	15,269	11,989	14,204	15,269	9,515
4	**ค่าเช่าเครื่องมือหนักและเครื่องมือต่างๆ**	**242,000**	**242,000**	**242,000**	**242,000**	**242,000**
	TOWER CRANE 1 (ตั้งในอาคาร)	85,000	85,000	85,000	85,000	85,000
	TOWER CRANE 2 (ตั้งนอกอาคาร)	85,000	85,000	85,000	85,000	85,000
	PASSENGER LIFT	40,000	40,000	40,000	40,000	40,000
	ค่าเช่านั่งร้านพร้อมอุปกรณ์	32,000	32,000	32,000	32,000	32,000
5	**ค่าไม้แบบ,นั่งร้านต่างและน้ำยาเคมีต่างๆ**	**27,000**	**27,000**	**27,000**	**27,000**	**27,000**
	ค่าเหล็กกล่องต่าง ๆ	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000
	ค่าเช่านั่งร้านพร้อมอุปกรณ์, ค่าไม้แบบ	12,000	12,000	12,000	12,000	12,000
	ค่าใช่จ่ายหน่วยงาน (Indirect Cost)	826,913	828,038	841,752	846,548	824,771
	ค่าใช้จ่ายต่อวัน รายเดือน	26,675	26,711	30,063	27,308	27,492
	เฉลี่ยค่าใช้จ่ายต่อวัน	**27,650**				

Direct Cost ระยะเวลาก่อสร้าง ที่ 4 วัน							
Project : Mayfair Sukhumvit 50 อาคาร B							
Main Contraction : บริษัท แสงฟ้าก่อสร้าง จำกัด							
เก็บข้อมูลงานโครงสร้าง : ชั้น 11 ถึง ชั้น 16							
ลูปที่	รายละเอียด	ผลิตภาพ	ปริมาณงาน		จำนวนแรงงาน	ล่วงเวลาOT	รวมค่าแรง
		(คน/วัน)	จำนวน	หน่วย	(คน)	(ช.ม.)	(บาท)
ลูปที่ 1	งานตีไลน์	141	845	ตร.ม.	6		2,100
	งานเหล็กเสริมเสา	170	4,750	กก.	28		9,800
	งานเข้าไม้แบบเสาและค้ำยัน	76	1,220	ตร.ม.	16		5,600
	งานเทคอนกรีตเสา	2	32	ลบ.ม.	15	4	5,513
	งานรื้อนั่งร้านและไม้แบบพื้น สองชั้นก่อนหน้า	47	845	ตร.ม.	18		6,300
				รวมค่าแรง ลูป 1	*83*		29,313
ลูปที่ 2	งานรื้อไม้แบบเสา	102	1,220	ตร.ม.	12		2,100
	งานเทคอนกรีตผนัง Shear Wall (ระบบ Slip Form)	14	230	ตร.ม.	16	4	5,863
	งานตั้งนั่งร้านพร้อมปูไม้แบบ	47	845	ตร.ม.	18	4	6,563
	งานตีไลน์ไม้แบบ	141	845	ตร.ม.	6		2,100
	งานเข้าแบบข้างพื้น	20	120	ตร.ม.	6	2	2,231
	งานวางเหล็กเสริมล่างพื้น	200	5,600	กก.	28	4	10,063
				รวมค่าแรง ลูป 2	*86*		28,919
ลูปที่ 3	งานวางท่อระบบ M&E และใส่เหล็กเสริมกันแตก	7	80	จุด	12	2	4,331
	งานวางสลิง Post Tension	53	845	ตร.ม.	16	2	5,731
	งานเตรียมเหล็กเสา,ผนัง Shear Wall ชั้นต่อไป	264	11875	กก.	45	4	16,013
	งานทำความสะอาดเตรียมส่งมอบงาน สองชั้นก่อนหน้า	47	845	ตร.ม.	18		6,300
				รวมค่าแรง ลูป 3	*91*		32,375
ลูปที่ 4	งานวางเหล็กเสริมบนพื้น	89	2,850	กก.	32		11,200
	งานติดตั้งแบบ Drop พื้น	19	150	ตร.ม.	8	4	3,063
	งานทำความสะอาดแบบหล่อ	106	845	ตร.ม.	8	4	3,063
	งานดึงลวดสลิง Post Tension ชั้นก่อนหน้า	50	845	ตร.ม.	17		5,950
	งานเทคอนกรีตพื้น	10	185	ลบ.ม.	18	4	6,563
				รวมค่าแรง ลูป 4	*83*		29,838
				รวมค่าแรงงานก่อสร้างพื้นคอนกรีตอัดแรง ที่ 4 วัน	120,444		

Direct Cost ระยะเวลาก่อสร้าง ที่ 5 วัน

Project : Mayfair Sukhumvit 50 อาคาร B

Main Contraction : บริษัท แสงฟ้าก่อสร้าง จำกัด

เก็บข้อมูลงานโครงสร้าง : ชั้น 5 ถึง ชั้น 10

ลูปที่	รายละเอียด	ผลิตภาพ	ปริมาณงาน		จำนวนแรงงาน	ล่วงเวลาOT	รวมค่าแรง
		(คน/วัน)	จำนวน	หน่วย	(คน)	(ช.ม.)	(บาท)
ลูปที่ 1	งานตีไลน์	211	845	ตร.ม.	4		1,400
	งานเหล็กเสริมเสา	339	4,750	กก.	14		4,900
	งานเข้าไม้แบบเสาและค้ำยัน	102	1,220	ตร.ม.	12		4,200
	งานเทคอนกรีตเสา	4	32	ลบ.ม.	8	4	3,063
	งานรื้อนั่งร้านและไม้แบบพื้น สองชั้นก่อนหน้า	70	845	ตร.ม.	12		4,200
				รวมค่าแรง ลูป 1	*50*		17,763
ลูปที่ 2	งานรื้อไม้แบบเสา	76	1,220	ตร.ม.	16		2,800
	งานเทคอนกรีตผนัง Shear Wall (ระบบ Slip Form)	14	230	ตร.ม.	16	2	5,731
	งานตั้งนั่งร้านพร้อมปูไม้แบบ	70	845	ตร.ม.	12	2	4,331
				รวมค่าแรง ลูป 2	*44*		12,863
ลูปที่ 3	งานตีไลน์ไม้แบบ	211	845	ตร.ม.	4		1,400
	งานเข้าแบบข้างพื้น	17	120	ตร.ม.	7		2,450
	งานวางเหล็กเสริมล่างพื้น	175	5,600	กก.	32	2	11,331
				รวมค่าแรง ลูป 3	*43*		15,181
ลูปที่ 4	งานวางท่อระบบ M&E และใส่เหล็กเสริมกันแตก	10	80	จุด	8	2	2,931
	งานวางสลิง Post Tension	56	845	ตร.ม.	15	2	5,381
	งานเตรียมเหล็กเสา,ผนัง Shear Wall ชั้นต่อไป	396	11875	กก.	30	4	10,763
	งานทำความสะอาดเตรียมส่งมอบงาน สองชั้นก่อนหน้า	60	845	ตร.ม.	14		4,900
				รวมค่าแรงลูปที่ 4	*67*		23,975
ลูปที่ 5	งานวางเหล็กเสริมบนพื้น	158	2,850	กก.	18		6,300
	งานติดตั้งแบบ Drop พื้น	30	150	ตร.ม.	5		1,750
	งานทำความสะอาดแบบหล่อ	169	845	ตร.ม.	5		1,750
	งานดึงลวดสลิง Post Tension ชั้นก่อนหน้า	121	845	ตร.ม.	7		2,450
	งานเทคอนกรีตพื้น	12	185	ลบ.ม.	15	4	5,513
				รวมค่าแรงลูปที่ 5	*50*		17,763
				รวมค่าแรงงานก่อสร้างพื้นคอนกรีตอัดแรง ที่ 5 วัน		87,544	

Direct Cost ระยะเวลาก่อสร้าง ที่ 6 วัน

Project : อัสสกาญจน์เพลส ศรีนครินทร์

Main Contraction : บริษัท แสงฟ้าก่อสร้าง จำกัด

เก็บข้อมูลงานโครงสร้าง : ชั้น 20 ถึง ชั้น 25

ลูปที่	รายละเอียด	ผลิตภาพ	ปริมาณงาน		จำนวนแรงงาน	ล่วงเวลาOT	รวมค่าแรง
		(คน/วัน)	จำนวน	หน่วย	(คน)	(ช.ม.)	(บาท)
ลูปที่ 1	งานตีไลน์	229	915	ตร.ม.	4		1,400
	งานเหล็กเสริมเสา	413	6,200	กก.	15		5,250
	งานเข้าไม้แบบเสาและค้ำยัน	165	1,320	ตร.ม.	8		2,800
	งานเทคอนกรีตเสา	6	45	ลบ.ม.	7	2	2,581
				รวมค่าแรง ลูป 1	*34*		12,031
ลูปที่ 2	งานรื้อไม้แบบเสา	165	1,320	ตร.ม.	8		1,400
	งานเทคอนกรีตผนัง Shear Wall (ระบบ Slip Form)	21	250	ตร.ม.	12	2	4,331
	งานตั้งนั่งร้านพร้อมปูไม้แบบ	70	915	ตร.ม.	13		4,550
				รวมค่าแรง ลูป 2	*33*		10,281
ลูปที่ 3	งานตีไลน์ไม้แบบ	229	915	ตร.ม.	4		1,400
	งานเข้าแบบข้างพื้น	38	150	ตร.ม.	4		1,400
	งานวางเหล็กเสริมล่างพื้น	397	7,150	กก.	18		6,300
	งานรื้อนั่งร้านและไม้แบบพื้น สองชั้นก่อนหน้า	76	915	ตร.ม.	12		4,200
				รวมค่าแรง ลูป 3	*38*		13,300
ลูปที่ 4	งานวางท่อระบบ M&E และใส่เหล็กเสริมกันแตก	20	100	จุด	5		1,750
	งานวางสลิง Post Tension	76	915	ตร.ม.	12		4,200
	งานเตรียมเหล็กเสา,ผนัง Shear Wall ชั้นต่อไป	517	15500	กก.	30		10,500
	งานทำความสะอาดเตรียมส่งมอบงาน สองชั้นก่อนหน้า	76	915	ตร.ม.	12		4,200
				รวมค่าแรง ลูป 4	*59*		20,650
ลูปที่ 5	งานวางเหล็กเสริมบนพื้น	223	4,010	กก.	18		6,300
	งานติดตั้งแบบ Drop พื้น	70	210	ตร.ม.	3		1,050
	งานดึงลวดสลิง Post Tension ชั้นก่อนหน้า	153	915	ตร.ม.	6		2,100
				รวมค่าแรง ลูป 5	*27*		9,450
ลูปที่ 6	งานทำความสะอาดแบบหล่อ	305	915	ตร.ม.	3		1,050
	งานเทคอนกรีตพื้น	14	192	ลบ.ม.	14		4,900
				รวมค่าแรง ลูป 6	*17*		5,950
				รวมค่าแรงงานก่อสร้างพื้นคอนกรีตอัดแรง ที่ 6 วัน		71,663	

Direct Cost ระยะเวลาก่อสร้าง ที่ 7 วัน							
Project : อัสสกาญจน์เพลส ศรีนครินทร์							
Main Contraction : บริษัท แสงฟ้าก่อสร้าง จำกัด							
เก็บข้อมูลงานโครงสร้าง : ชั้น 10 ถึง ชั้น 15							
Loop	รายละเอียด	ผลิตภาพ	ปริมาณงาน		จำนวนแรงงาน	ล่วงเวลาOT	รวมค่าแรง
		(คน/วัน)	จำนวน	หน่วย	(คน)	(ช.ม.)	(บาท)
ลูปที่ 1	งานตีไลน์	305	915	ตร.ม.	3		1,050
	งานเหล็กเสริมเสา	620	6,200	กก.	10		3,500
	งานรื้อนั่งร้านและไม้แบบพื้น สองชั้นก่อนหน้า	114	915	ตร.ม.	8		2,800
				รวมค่าแรง ลูป 1	*21*		7,350
ลูปที่ 2	งานเข้าไม้แบบเสาและค้ำยัน	165	1,320	ตร.ม.	8		2,800
	งานเทคอนกรีตเสา	9	45	ลบ.ม.	5		1,750
	งานทำความสะอาดเตรียมส่งมอบงาน สองชั้นก่อนหน้า	114	915	ตร.ม.	8		2,800
				รวมค่าแรง ลูป 2	*21*		7,350
ลูปที่ 3	งานรื้อไม้แบบเสา	220	1,320	ตร.ม.	6		1,050
	งานเทคอนกรีตผนัง Shear Wall (ระบบ Slip Form)	21	250	ตร.ม.	12		4,200
	งานตั้งนั่งร้านพร้อมปูไม้แบบ	114	915	ตร.ม.	8		2,800
				รวมค่าแรง ลูป 3	*26*		8,050
ลูปที่ 4	งานตีไลน์ไม้แบบ	305	915	ตร.ม.	3		1,050
	งานเข้าแบบข้างพื้น	38	150	ตร.ม.	4		1,400
	งานวางเหล็กเสริมล่างพื้น	511	7,150	กก.	14		4,900
				รวมค่าแรง ลูป 4	*21*		7,350
ลูปที่ 5	งานวางท่อระบบ M&E และใส่เหล็กเสริมกันแตก	17	100	จุด	6		2,100
	งานวางสลิง Post Tension	92	915	ตร.ม.	10		3,500
	งานเตรียมเหล็กเสา,ผนัง Shear Wall ชั้นต่อไป	517	15500	กก.	30		10,500
				รวมค่าแรง ลูป 5	*46*		16,100
ลูปที่ 6	งานวางเหล็กเสริมบนพื้น	334	4,010	กก.	12		4,200
	งานติดตั้งแบบ Drop พื้น	53	210	ตร.ม.	4		1,400
	งานดึงลวดสลิง Post Tension ชั้นก่อนหน้า	153	915	ตร.ม.	6		2,100
				รวมค่าแรง ลูป 6	*22*		7,700
ลูปที่ 7	งานทำความสะอาดแบบหล่อ	305	915	ตร.ม.	3		1,050
	งานเทคอนกรีตพื้น	16	192	ลบ.ม.	12		4,200
				รวมค่าแรง ลูป 7	*15*		5,250
รวมค่าแรงงานก่อสร้างพื้นคอนกรีตอัดแรง ที่ 7 วัน					59,150		

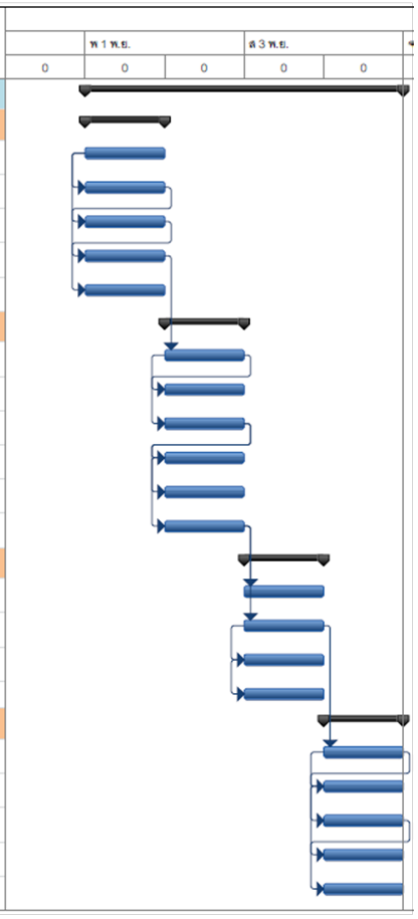
Direct Cost ระยะเวลาก่อสร้าง ที่ 8 วัน							
Project : Metro Sky Prachachuen อาคาร B							
Main Contraction : บริษัท แสงฟ้าก่อสร้าง จำกัด							
เก็บข้อมูลงานโครงสร้าง : ชั้น 12 ถึง ชั้น 17							
Loop	รายละเอียด	ผลิตภาพ	ปริมาณงาน		จำนวนแรงงาน	ล่วงเวลาOT	รวมค่าแรง
		(คน/วัน)	จำนวน	หน่วย	(คน)	(ช.ม.)	(บาท)
ลูปที่ 1	งานตีไลน์	397	1190	ตร.ม.	3		1,050
	งานเหล็กเสริมเสา	1008	8,060	กก.	8		2,800
	งานรื้อนั่งร้านและไม้แบบพื้น สองชั้นก่อนหน้า	149	1190	ตร.ม.	8		2,800
				รวมค่าแรง ลูป 1	*19*		6,650
ลูปที่ 2	งานเข้าไม้แบบเสาและค้ำยัน	215	1,720	ตร.ม.	8		2,800
	งานเทคอนกรีตเสา	10	48	ลบ.ม.	5		1,750
	งานทำความสะอาดเตรียมส่งมอบงาน สองชั้นก่อนหน้า	198	1190	ตร.ม.	6		2,100
				รวมค่าแรง ลูป 2	*19*		6,650
ลูปที่ 3	งานรื้อไม้แบบเสา	287	1,720	ตร.ม.	6		1,050
	งานเทคอนกรีตผนัง Shear Wall (ระบบ Slip Form)	33	325	ตร.ม.	10		3,500
				รวมค่าแรง ลูป 3	*16*		4,550
ลูปที่ 4	งานตั้งนั่งร้านพร้อมปูไม้แบบ	149	1190	ตร.ม.	8		2,800
	งานตีไลน์ไม้แบบ	397	1190	ตร.ม.	3		1,050
	งานเข้าแบบข้างพื้น	39	195	ตร.ม.	5		1,750
				รวมค่าแรง ลูป 4	*16*		5,600
ลูปที่ 5	งานวางเหล็กเสริมล่างพื้น	775	9,295	กก.	12		4,200
	งานวางท่อระบบ M&E และใส่เหล็กเสริมกันแตก	33	130	จุด	4		1,400
				รวมค่าแรง ลูป 5	*16*		5,600
ลูปที่ 6	งานวางสลิง Post Tension	119	1190	ตร.ม.	10		3,500
	งานเตรียมเหล็กเสา,ผนัง Shear Wall ชั้นต่อไป	840	20150	กก.	24		8,400
				รวมค่าแรง ลูป 6	*34*		11,900
ลูปที่ 7	งานวางเหล็กเสริมบนพื้น	653	5,220	กก.	8		2,800
	งานติดตั้งแบบ Drop พื้น	91	273	ตร.ม.	3		1,050
	งานดึงลวดสลิง Post Tension ชั้นก่อนหน้า	198	1190	ตร.ม.	6		2,100
				รวมค่าแรง ลูป 7	*17*		5,950
ลูปที่ 8	งานทำความสะอาดแบบหล่อ	397	1190	ตร.ม.	3		1,050
	งานเทคอนกรีตพื้น	25	250	ลบ.ม.	10		3,500
				รวมค่าแรง ลูป 8	*13*		4,550
				รวมค่าแรงงานก่อสร้างพื้นคอนกรีตอัดแรง ที่ 8 วัน	51,450		

ภาคผนวก ข

แผนกำหนดเวลางานแบบลูป ที่ใช้วิธีกำหนดเวลาตามหลักการ Even Flow Construction

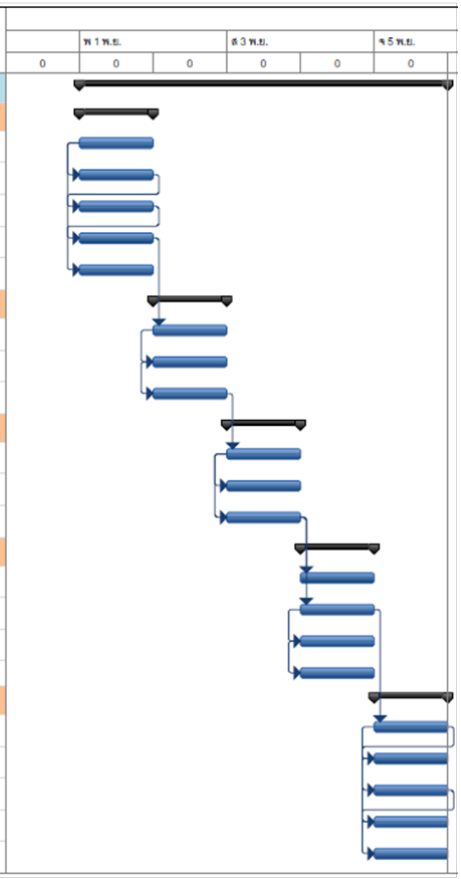
แผนงานพื้นคอนกรีตอัดแรง 4 วันต่อชั้น

ID	Task Name	Duration	Start	Finish
1	แผนงาน พื้นคอนกรีตอัดแรง 4 วันต่อชั้น	4 days	พ 1/11/61	อ 4/11/61
2	LOOP 1	1 day	พ 1/11/61	พ 1/11/61
3	งานดีไลน์	1 day	พ 1/11/61	พ 1/11/61
4	งานเหล็กเสริมเสา	1 day	พ 1/11/61	พ 1/11/61
5	งานเข้าไม้แบบเสาและค้ำยัน	1 day	พ 1/11/61	พ 1/11/61
6	งานเทคอนกรีตเสา	1 day	พ 1/11/61	พ 1/11/61
7	งานยื่อนั่งร้านและไม้แบบพื้น สองชั้นก่อนหน้า	1 day	พ 1/11/61	พ 1/11/61
8	LOOP 2	1 day	ศ 2/11/61	ศ 2/11/61
9	งานยื่อไม้แบบเสา	1 day	ศ 2/11/61	ศ 2/11/61
10	งานเทคอนกรีตผนัง Shear Wall	1 day	ศ 2/11/61	ศ 2/11/61
11	งานตั้งนั่งร้านพร้อมปูไม้แบบ	1 day	ศ 2/11/61	ศ 2/11/61
12	งานดีไลน์ไม้แบบ	1 day	ศ 2/11/61	ศ 2/11/61
13	งานเข้าแบบข้างพื้น	1 day	ศ 2/11/61	ศ 2/11/61
14	งานวางเหล็กเสริมล่างพื้น	1 day	ศ 2/11/61	ศ 2/11/61
15	LOOP 3	1 day	ส 3/11/61	ส 3/11/61
16	งานวางท่อระบบ M & E	1 day	ส 3/11/61	ส 3/11/61
17	งานวางสลิง Post Tension	1 day	ส 3/11/61	ส 3/11/61
18	งานเตรียมเหล็กเสา, ผนัง ชั้นต่อไป	1 day	ส 3/11/61	ส 3/11/61
19	งานทำความสะอาดเตรียมส่งมอบงาน สองชั้นก่อนหน้า	1 day	ส 3/11/61	ส 3/11/61
20	LOOP 4	1 day	อ 4/11/61	อ 4/11/61
21	งานวางเหล็กเสริมบนพื้น	1 day	อ 4/11/61	อ 4/11/61
22	งานติดตั้งแบบ Drop พื้น	1 day	อ 4/11/61	อ 4/11/61
23	งานทำความสะอาดแบบหล่อ	1 day	อ 4/11/61	อ 4/11/61
24	งานดึงลวดสลิง Post Tension	1 day	อ 4/11/61	อ 4/11/61
25	งานเทคอนกรีตพื้น	1 day	อ 4/11/61	อ 4/11/61



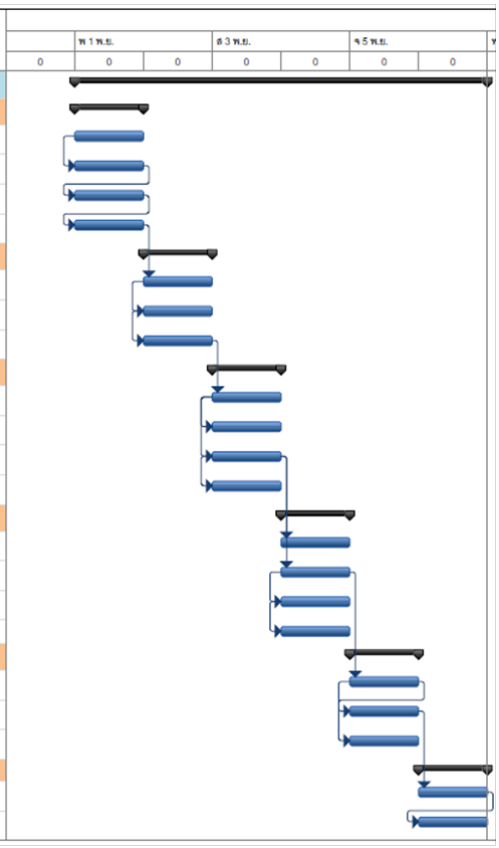
แผนงานพื้นคอนกรีตอัดแรง 5 วันต่อชั้น

ID	Task Name	Duration	Start	Finish
1	แผนงาน พื้นคอนกรีตอัดแรง 5 วันต่อชั้น	5 days	พ 1/11/61	จ 5/11/61
2	LOOP 1	1 day	พ 1/11/61	พ 1/11/61
3	งานตีไลน์	1 day	พ 1/11/61	พ 1/11/61
4	งานเหล็กเสริมเสา	1 day	พ 1/11/61	พ 1/11/61
5	งานเข้าไม้แบบเสาและค้ำยัน	1 day	พ 1/11/61	พ 1/11/61
6	งานเทคอนกรีตเสา	1 day	พ 1/11/61	พ 1/11/61
7	งานมือนั่งร้านและไม้แบบพื้น สองชั้นก่อนหน้า	1 day	พ 1/11/61	พ 1/11/61
8	LOOP 2	1 day	ศ 2/11/61	ศ 2/11/61
9	งานมือไม้แบบเสา	1 day	ศ 2/11/61	ศ 2/11/61
10	งานเทคอนกรีตผนัง Shear Wall	1 day	ศ 2/11/61	ศ 2/11/61
11	งานตั้งนั่งร้านพร้อมปูไม้แบบ	1 day	ศ 2/11/61	ศ 2/11/61
12	LOOP 3	1 day	ส 3/11/61	ส 3/11/61
13	งานตีไลน์ไม้แบบ	1 day	ส 3/11/61	ส 3/11/61
14	งานเข้าแบบข้างพื้น	1 day	ส 3/11/61	ส 3/11/61
15	งานวางเหล็กเสริมล่างพื้น	1 day	ส 3/11/61	ส 3/11/61
16	LOOP 4	1 day	อ 4/11/61	อ 4/11/61
17	งานวางท่อระบบ M & E	1 day	อ 4/11/61	อ 4/11/61
18	งานวางลดิง Post Tension	1 day	อ 4/11/61	อ 4/11/61
19	งานเตรียมเหล็กเสา, ผนัง ชั้นต่อไป	1 day	อ 4/11/61	อ 4/11/61
20	งานทำความสะอาดเตรียมส่งมอบงาน สองชั้นก่อนหน้า	1 day	อ 4/11/61	อ 4/11/61
21	LOOP 5	1 day	จ 5/11/61	จ 5/11/61
22	งานวางเหล็กเสริมบนพื้น	1 day	จ 5/11/61	จ 5/11/61
23	งานติดตั้งแบบ Drop พื้น	1 day	จ 5/11/61	จ 5/11/61
24	งานทำความสะอาดแบบหล่อ	1 day	จ 5/11/61	จ 5/11/61
25	งานดึงลวดลดิง Post Tension	1 day	จ 5/11/61	จ 5/11/61
26	งานเทคอนกรีตพื้น	1 day	จ 5/11/61	จ 5/11/61



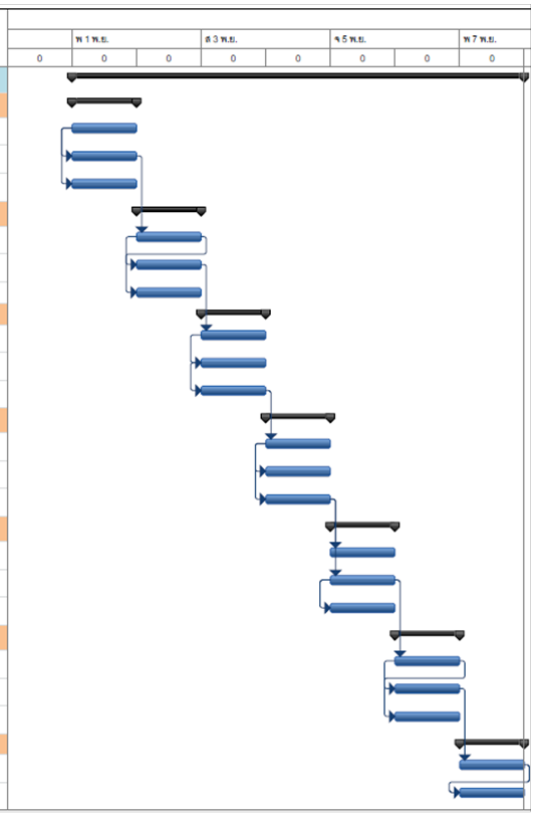
แผนงานพื้นคอนกรีตอัดแรง 6 วันต่อชั้น

ID	Task Name	Duration	Start	Finish
1	แผนงาน พื้นคอนกรีตอัดแรง 6 วันต่อชั้น	6 days	พ 1/11/61	อ 6/11/61
2	LOOP 1	1 day	พ 1/11/61	พ 1/11/61
3	งานตีไลน์	1 day	พ 1/11/61	พ 1/11/61
4	งานเหล็กเสริมเสา	1 day	พ 1/11/61	พ 1/11/61
5	งานเข้าไม้แบบเสาและค้ำยัน	1 day	พ 1/11/61	พ 1/11/61
6	งานเทคอนกรีตเสา	1 day	พ 1/11/61	พ 1/11/61
7	LOOP 2	1 day	ศ 2/11/61	ศ 2/11/61
8	งานรื้อไม้แบบเสา	1 day	ศ 2/11/61	ศ 2/11/61
9	งานเทคอนกรีตผนัง Shear Wall	1 day	ศ 2/11/61	ศ 2/11/61
10	งานตั้งนั่งร้านพร้อมปูไม้แบบ	1 day	ศ 2/11/61	ศ 2/11/61
11	LOOP 3	1 day	ส 3/11/61	ส 3/11/61
12	งานตีไลน์ไม้แบบ	1 day	ส 3/11/61	ส 3/11/61
13	งานเข้าแบบข้างพื้น	1 day	ส 3/11/61	ส 3/11/61
14	งานวางเหล็กเสริมล่างพื้น	1 day	ส 3/11/61	ส 3/11/61
15	งานรื้อนั่งร้านและไม้แบบพื้น สองชั้นก่อนหน้า	1 day	ส 3/11/61	ส 3/11/61
16	LOOP 4	1 day	อ 4/11/61	อ 4/11/61
17	งานวางท่อระบบ M & E	1 day	อ 4/11/61	อ 4/11/61
18	งานวางสลิง Post Tension	1 day	อ 4/11/61	อ 4/11/61
19	งานเหรียมเหล็กเสา, ผนัง ชั้นต่อไป	1 day	อ 4/11/61	อ 4/11/61
20	งานทำความสะอาดเหรียมส่งมอบงาน สองชั้นก่อนหน้า	1 day	อ 4/11/61	อ 4/11/61
21	LOOP 5	1 day	จ 5/11/61	จ 5/11/61
22	งานวางเหล็กเสริมบนพื้น	1 day	จ 5/11/61	จ 5/11/61
23	งานติดตั้งแบบ Drop พื้น	1 day	จ 5/11/61	จ 5/11/61
24	งานดึงลวดสลิง Post Tension	1 day	จ 5/11/61	จ 5/11/61
25	LOOP 6	1 day	อ 6/11/61	อ 6/11/61
26	งานทำความสะอาดแบบหล่อ	1 day	อ 6/11/61	อ 6/11/61
27	งานเทคอนกรีตพื้น	1 day	อ 6/11/61	อ 6/11/61



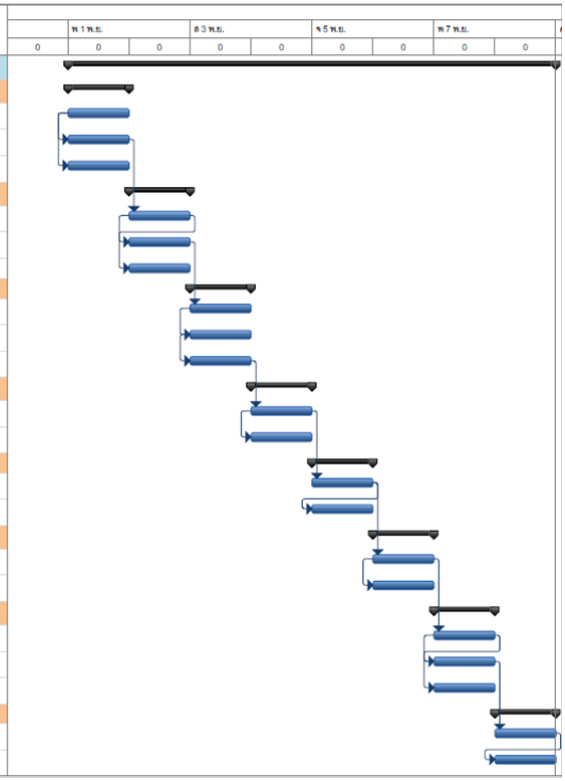
แผนงานพื้นคอนกรีตอัดแรง 7 วันต่อชั้น

ID	Task Name	Duration	Start	Finish
1	แผนงาน พื้นคอนกรีตอัดแรง 7 วันต่อชั้น	7 days	พ 1/11/61	พ 7/11/61
2	LOOP 1	1 day	พ 1/11/61	พ 1/11/61
3	งานดีไลน์	1 day	พ 1/11/61	พ 1/11/61
4	งานเหล็กเสริมเสา	1 day	พ 1/11/61	พ 1/11/61
5	งานยึ้ยนั่งร้านและไม้แบบพื้น สองชั้นก่อนหน้า	1 day	พ 1/11/61	พ 1/11/61
6	LOOP 2	1 day	ศ 2/11/61	ศ 2/11/61
7	งานเข้าไม้แบบเสาและค้ำยัน	1 day	ศ 2/11/61	ศ 2/11/61
8	งานเทคอนกรีตเสา	1 day	ศ 2/11/61	ศ 2/11/61
9	งานทำความสะอาดเตรียมส่งมอบงาน สองชั้นก่อนหน้า	1 day	ศ 2/11/61	ศ 2/11/61
10	LOOP 3	1 day	ส 3/11/61	ส 3/11/61
11	งานยึ้ยไม้แบบเสา	1 day	ส 3/11/61	ส 3/11/61
12	งานเทคอนกรีตผนัง Shear Wall	1 day	ส 3/11/61	ส 3/11/61
13	งานตั้งนั่งร้านพร้อมปูไม้แบบ	1 day	ส 3/11/61	ส 3/11/61
14	LOOP 4	1 day	อ 4/11/61	อ 4/11/61
15	งานดีไลน์ไม้แบบ	1 day	อ 4/11/61	อ 4/11/61
16	งานเข้าแบบข้างพื้น	1 day	อ 4/11/61	อ 4/11/61
17	งานวางเหล็กเสริมล่างพื้น	1 day	อ 4/11/61	อ 4/11/61
18	LOOP 5	1 day	จ 5/11/61	จ 5/11/61
19	งานวางท่อระบบ M & E	1 day	จ 5/11/61	จ 5/11/61
20	งานวางลลิง Post Tension	1 day	จ 5/11/61	จ 5/11/61
21	งานเตรียมเหล็กเสา, ผนัง ชั้นต่อไป	1 day	จ 5/11/61	จ 5/11/61
22	LOOP 6	1 day	อ 6/11/61	อ 6/11/61
23	งานวางเหล็กเสริมบนพื้น	1 day	อ 6/11/61	อ 6/11/61
24	งานติดตั้งแบบ Drop พื้น	1 day	อ 6/11/61	อ 6/11/61
25	งานดึงลวดลลิง Post Tension	1 day	อ 6/11/61	อ 6/11/61
26	LOOP 7	1 day	พ 7/11/61	พ 7/11/61
27	งานทำความสะอาดแบบหล่อ	1 day	พ 7/11/61	พ 7/11/61
28	งานเทคอนกรีตพื้น	1 day	พ 7/11/61	พ 7/11/61



แผนงานพื้นคอนกรีตอัดแรง 8 วันต่อชั้น

ID	Task Name	Duration	Start	Finish
1	แผนงาน พื้นคอนกรีตอัดแรง 8 วันต่อชั้น	8 days	พ 1/11/61	พ 8/11/61
2	LOOP 1	1 day	พ 1/11/61	พ 1/11/61
3	งานสีไลน์	1 day	พ 1/11/61	พ 1/11/61
4	งานเหล็กเสริมเสา	1 day	พ 1/11/61	พ 1/11/61
5	งานยิงหมันงานและไม้แบบพื้น ลองชั้นก่อนหน้า	1 day	พ 1/11/61	พ 1/11/61
6	LOOP 2	1 day	ศ 2/11/61	ศ 2/11/61
7	งานเข้าไม้แบบเสาและค้ำยัน	1 day	ศ 2/11/61	ศ 2/11/61
8	งานเทคอนกรีตเสา	1 day	ศ 2/11/61	ศ 2/11/61
9	งานทำความสะอาดเตรียมส่งมอบงาน ลองชั้นก่อนหน้า	1 day	ศ 2/11/61	ศ 2/11/61
10	LOOP 3	1 day	ส 3/11/61	ส 3/11/61
11	งานยิงไม้แบบเสา	1 day	ส 3/11/61	ส 3/11/61
12	งานเทคอนกรีตผนัง Shear Wall	1 day	ส 3/11/61	ส 3/11/61
13	งานตั้งนั่งร้านพร้อมปูไม้แบบ	1 day	ส 3/11/61	ส 3/11/61
14	LOOP 4	1 day	อ 4/11/61	อ 4/11/61
15	งานสีไลน์ไม้แบบ	1 day	อ 4/11/61	อ 4/11/61
16	งานเข้าแบบข้างพื้น	1 day	อ 4/11/61	อ 4/11/61
17	LOOP 5	1 day	จ 5/11/61	จ 5/11/61
18	งานวางเหล็กเสริมล่างพื้น	1 day	จ 5/11/61	จ 5/11/61
19	งานวางท่อระบบ M & E	1 day	จ 5/11/61	จ 5/11/61
20	LOOP 6	1 day	อ 6/11/61	อ 6/11/61
21	งานวางลวดอัด Post Tension	1 day	อ 6/11/61	อ 6/11/61
22	งานเหยียดเหล็กเสา, ผนัง ชั้นต่อไป	1 day	อ 6/11/61	อ 6/11/61
23	LOOP 7	1 day	พ 7/11/61	พ 7/11/61
24	งานวางเหล็กเสริมบนพื้น	1 day	พ 7/11/61	พ 7/11/61
25	งานติดตั้งแบบ Drop พื้น	1 day	พ 7/11/61	พ 7/11/61
26	งานดึงลวดอัด Post Tension	1 day	พ 7/11/61	พ 7/11/61
27	LOOP 8	1 day	พ 8/11/61	พ 8/11/61
28	งานทำความสะอาดแบบหล่อ	1 day	พ 8/11/61	พ 8/11/61
29	งานเทคอนกรีตพื้น	1 day	พ 8/11/61	พ 8/11/61



ภาคผนวก ค

ประวัติผู้จัดทำ

ประวัติผู้จัดทำ

1. ชื่อและนามสกุล

นายเสกสรร โพธิจินดา

2. ประวัติการศึกษา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

3. ข้อมูลในการติดต่อ

758/344 ซอยพัฒนาการ 38 แขวงสวนหลวง เขตสวนหลวง กรุงเทพมหานคร 10250
เบอร์โทร 081-431-5803 e-mail : seksan_phd@hotmai.com

ประวัติผู้จัดทำ

1. ชื่อและนามสกุล

นายพงค์ดนัย อำภัยฤทธิ์

2. ประวัติการศึกษา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

3. ข้อมูลในการติดต่อ

110 หมู่ที่ 14 ตำบลเขาชัยสน อำเภอเขาชัยสน จังหวัดพัทลุง 93130
เบอร์โทร 080-140-7996 e-mail : born_2_build@hotmail.com

ประวัติผู้จัดทำ

1. ชื่อและนามสกุล

นายจิรทีปต์ กาวชู

2. ประวัติการศึกษา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

3. ข้อมูลในการติดต่อ

66 ซอยพัฒนา ถนนพัฒนา ตำบลคูหาสวรรค์ อำเภอเมือง จังหวัดพัทลุง 93000
เบอร์โทร 087-322-7817 e-mail : conankung_panza@hotmail.com