การประยุกต์ใช้วิศวกรรมคุณค่าในการเปลี่ยนแปลงกระบวนการก่อสร้างเสาคอนกรีตโครงสร้าง: กรณีศึกษาอาคารเรียนรวม คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

นายศิรัณ หงษ์ยศ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา การจัดการงานวิศวกรรม

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสยาม

พุทธศักราช 2567

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสยาม

Application of Value Engineering in Changing of Construction Process for Structural Columns: A Case Study for Education Building of Faculty of Education, Chiang Mai University

Mr. Sirun Hongyot

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Engineering Management

Graduate School Siam University

2024

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสยาม

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ปริญญา

การจัดการงานวิศวกรรม (สาขาวิชา) บัณฑิตวิทยาลัย (คณะ)

เรื่อง การประยุกต์ใช้วิศวกรรมคุณค่าในการเปลี่ยนแปลงกระบวนการก่อสร้างเสาคอนกรีตโครงสร้าง : กรณีศึกษาอาคารเรียนรวม คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Application of Value Engineering in Changing of Construction Process for Structural Columns : A Case Study for Education Building of Faculty of Education, Chiang Mai University

ผู้แต่ง นายศิรัณ หงษ์ยศ

Mr. Sirun Hongyot

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ.....

(ศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา)

อาจารย์ที่ปรึกษา.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ยุทธชัย บรรเทิงจิตร)

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.เฉลิมเกียรติ วงศ์วนิชทวี)

กรรมการ.....

(รองศาสตราจารย์ ศันสนีย์ สุภาภา)

กรรมการ.....

(ดร.วีระกาจ ดอกจันทร์)

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร. ยุทธชัย บรรเทิงจิตร)

ผู้อำนวยการหลักสูตร

วันที่ 5 เดือน พ.ค. พ.ศ. 2567

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่อง : การประยุกต์ใช้วิศวกรรมคุณค่าในการเปลี่ยนแปลงกระบวนการก่อสร้างเสาคอนกรีตโครงสร้าง: กรณีศึกษาอาคารเรียนรวม คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัย เชียงใหม่

โดย : นายศิรัณ หงษ์ยศ

ชื่อปริญญา : วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา : การจัดการงานวิศวกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา : .....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ยุทธชัย บรรเทิงจิตร)

5 / พ.ค. / 2567

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม : .....

(รองศาสตราจารย์ ดร.เฉลิมเกียรติ วงศ์วนิชทวี)

5 / พ.ค. / 2567

วิศวกรรมคุณค่า เป็นการดำเนินการที่เกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ซึ่งในงานก่อสร้างได้นำมาใช้เพื่อลดต้นทุนและ ปรับปรุงกระบวนการ เพื่อให้มีคุณภาพเทียบเท่าหรือดีกว่าเดิม การปรับปรุงกระบวนการก่อสร้างโครงการอาคารเรียนรวม คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มีวัตถุประสงค์คือ การประยุกต์ใช้วิศวกรรมคุณค่าในการก่อสร้าง และทำการวิเคราะห์ในเชิงเปรียบเทียบความคุ้มค่าและผลที่เกิดขึ้น

งานวิจัยเริ่มด้วยการวิเคราะห์แผนงานหลังจากที่ผู้รับเหมารายที่ 2 เข้าทำงานแทนผู้รับเหมารายที่ 1 พบว่าโครงการจะประสบปัญหาล่าช้าประมาณ 61.30 วัน ซึ่งไม่ตรงตามวัตถุประสงค์ของเจ้าของโครงการที่ต้องการให้โครงการก่อสร้างแล้วเสร็จในวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2566 โดยจะไม่สามารถเพิ่มงบประมาณโครงการได้ เมื่อทำการค้นหาสายงานวิกฤตและได้พบว่างานโครงสร้างคือส่วนที่ต้องเร่งรัด จึงคัดเลือกโครงงานปรับปรุงจุดต่อเสาชิ้นส่วนสำเร็จรูปด้วยแนวทางวิศวกรรมคุณค่าซึ่งมีกระบวนการปรับปรุงทั้งหมด 7 ขั้นตอน

ผลของการปรับปรุงกระบวนการสามารถลดเวลาทำงานเสาโครงสร้างจาก 36 วันเหลือ 27 วัน ลดลงคิดเป็นร้อยละ 25 ของเวลาเดิม และจากการลดเวลากิจกรรมเสาลงได้ทำให้สามารถลดเวลาของสายงานวิกฤตจาก 76 วันเหลือ 51 วัน ลดลงคิดเป็นร้อยละ 32.89 ของเวลาเดิม อันทำให้สามารถแก้ปัญหาสายงานวิกฤตได้ และโครงการสามารถก่อสร้างแล้วเสร็จตามระยะเวลาของสัญญาฉบับที่ 2 และที่สำคัญการนำวิศวกรรมคุณค่ามาปรับปรุงให้ผลลัพธ์ที่ตรงตามทฤษฎี

คำสำคัญ: วิศวกรรมคุณค่า ปรับปรุงกระบวนการ ชิ้นส่วนหล่อสำเร็จ สายงานวิกฤต

Abstract

Title : Application of Value Engineering in Changing of Construction Process for Structural Columns: A Case Study for Education Building of Faculty of Education, Chiang Mai University

By : Mr. Sirun Hongyot

Degree : Master of Engineering

Major Field : Engineering Management

Thesis Advisor : .....Y. Bjt.....

(Assoc. Prof. Dr. Yuthachai Bunterngchit)

.....5...../.....5...../.....24.....

Thesis Co-Advisor : .....W. chalermkiat.....

(Assoc. Prof. Dr. Chalermkiat Wongvanichtawee)

.....5...../.....5...../.....24.....

Value engineering is an innovative technique that has been applied in construction industry to reduce costs and improve processes while maintaining or improving quality. It is extensively employed in various fields, including product design, etc. The construction process of the Education Building project, Faculty of Education, Chiang Mai University, aimed to apply value engineering techniques in construction and conduct an analysis.

The research began with a project plan analysis after the second main contractor replaced the first main contractor and found that the project would be delayed by about 61.30 days, which did not meet the purpose of the project owner, who wants the construction to be completed by February 19, 2023. The project budget couldn't be increased. After careful considering the whole project, it was found that the structure was critical. Therefore, the project was selected with value engineering approach that involves total of seven improvement steps.

As a result of the process improvement, the working hours of structural columns could be reduced from 36 days to 27 days or 25% reduction and the critical path activity was reduced from 76 days to 51 days or 32.89% less. The project was completed on time, and most importantly, application of value engineering to improve results was theoretically consistent.

Keywords: Value Engineering, Process Improvement, Prefabricated Structural Column, Critical Path

Approved by:

.....Y. Bjt.....

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.ยุทธชัย บรรเทิงจิตร ในฐานะอาจารย์ที่ปรึกษาของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ รศ.ดร.เฉลิมเกียรติ วงศ์วนิชทวี ที่ดูแลและเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วมจนทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์ ขอขอบคุณ บริษัท เชียงใหม่ พัฒนวิศว์ จำกัด ที่คอยช่วยเหลือและสนับสนุนงานวิจัยฉบับนี้อย่างเต็มที่ในทุกๆ ด้าน

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณของบิดา มารดา พี่สาว ครู อาจารย์ ที่เคยสั่งสอนทุกๆ ท่านรวมทั้งเพื่อนๆ ทุกคน ที่คอยให้คำปรึกษา คำแนะนำ มาโดยตลอด

ศิรัณ หงษ์ยศ

พฤษภาคม 2567

สารบัญ

	หน้าที่
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูป	ฉ
สารบัญตาราง	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	2
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 ขอบเขตงานวิจัย	3
1.4 แนวทางการทำงานวิจัย	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 การบริหารงานก่อสร้าง	5
2.2 วิศวกรรมคุณค่า	13
2.3 โครงสร้างคอนกรีตสำเร็จรูป (Precast)	20
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	26
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	
3.1 รายละเอียดโครงการและการวิเคราะห์ข้อมูล	30
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	31
3.3 เปรียบเทียบผลที่เกิดขึ้นจากการใช้กระบวนการวิศวกรรมคุณค่าด้านเวลา	34
3.4 เปรียบเทียบผลที่เกิดขึ้นจากการใช้กระบวนการวิศวกรรมคุณค่าด้านมูลค่าโครงการ	34
3.5 สรุปผล	35
บทที่ 4 ผลการดำเนินการวิจัย	
4.1 ข้อมูลโครงการและรายละเอียดการดำเนินงาน	36
4.2 กระบวนการวิศวกรรมคุณค่า	60
4.3 เปรียบเทียบผลที่เกิดขึ้นจากการใช้กระบวนการวิศวกรรมคุณค่าด้านเวลา	91
4.4 เปรียบเทียบผลที่เกิดขึ้นจากการใช้กระบวนการวิศวกรรมคุณค่าด้านมูลค่าโครงการ	95
4.5 สรุปผลการวิจัย	97

สารบัญ (ต่อ)

หน้าที่

บทที่ 5 อภิปรายผล

5.1 อภิปรายผล 102

5.2 ข้อเสนอแนะ 104

5.3 ข้อสังเกต 106

บรรณานุกรม 107

ภาคผนวก ก 110

ภาคผนวก ข 113

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 117

สารบัญรูป

รูปที่		หน้าที่
2.1	ตัวอย่างการจัดโครงสร้างสำนักงานใหญ่	6
2.2	ระบบตารางเวลาทำงาน (Bar Chart)	8
2.3	ระบบสายงานวิกฤต (CPM)	8
2.4	ตัวอย่าง Bar Chart	10
2.5	กราฟแสดงมูลค่าต้นทุนจริง มูลค่าที่ได้รับของโครงการ	11
2.6	การใช้วิศวกรรมคุณค่าในงานวิศวกรรม	14
2.7	การใช้วิศวกรรมคุณค่าในการเปลี่ยนวัสดุและรูปแบบ	15
2.8	ลำดับการดำเนินการวิศวกรรมคุณค่า พร้อมกำหนดผู้รับผิดชอบในแต่ละกิจกรรม	17
2.9	Flow chart การทำงานวิศวกรรมคุณค่า	19
2.10	ตารางแสดงวิธีการดำเนินการในโครงการเทียบกับต้นทุนที่เกิดขึ้นจากวิธีการนั้นๆ	20
2.11	บ้านพักอาศัยพรีคาสท์ 2 ชั้น	22
2.12	อาคารพรีคาสท์ที่ก่อสร้างในระบบพรีคาสท์	23
2.13	อาคารพรีคาสท์โรงงานหรืออาคารคลังสินค้า	23
2.14	อาคารบิ๊กซี นาทวี ที่ก่อสร้างด้วยระบบพรีคาสท์	24
2.15	อาคารที่จอดรถพรีคาสท์ระบบ เสา คาน รูปตัวแอล	24
3.1	โมเดลจำลองโครงสร้างอาคาร	34
4.1	มุมมอง Perspective view ของอาคาร	37
4.2	รูปภายในอาคารเรียน	37
4.3	แบบแปลนแสดงตำแหน่งของฐานรากอาคาร	38
4.4	แบบขยายฐานราก	39
4.5	แบบขยายเสาตั้งแต่ตอม่อจนถึงชั้น 4 ของอาคาร	39
4.6	แบบแปลน เสา คาน และพื้นชั้น 1 ของอาคาร	40
4.7	แบบแปลน เสา คาน และพื้นชั้น 2 ของอาคาร	41
4.8	แบบแปลน เสา คาน และพื้นชั้น 3 ของอาคาร	42
4.9	แบบแปลน เสา คาน และพื้นชั้น 4 ของอาคาร	43
4.10	แบบแปลน คานหลังคา	44
4.11	แบบแปลนโครงสร้างหลังคา	45

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้าที่
4.12	ผลงานที่แล้วเสร็จของสัญญาที่ 1 (รูปที่ 1)	47
4.13	ผลงานที่แล้วเสร็จของสัญญาที่ 1 (รูปที่ 2)	48
4.14	ผลงานที่แล้วเสร็จของสัญญาที่ 1 (รูปที่ 3)	48
4.15	ผลงานที่แล้วเสร็จของสัญญาที่ 1 (พื้นชั้น 2)	49
4.16	แผนงาน S-Curve สัญญาเดิมเทียบกับสัญญาใหม่	50
4.17	สายงานวิกฤต (แผนงานอย่างย่อ เฉพาะโครงสร้างโซน A-B)	52
4.18	หน้าปกรายงานเอกสารการขออนุมัติใช้โครงสร้างชิ้นส่วนสำเร็จรูป	54
4.19	รายงานอธิบายการติดตั้งเสาสำเร็จรูปกับพื้น Post-tension	55
4.20	รายงานขออนุมัติซึ่งแสดงขั้นตอนการติดตั้งเสาสำเร็จรูป (รูปที่ 1)	56
4.21	รายงานขออนุมัติซึ่งแสดงขั้นตอนการติดตั้งเสาสำเร็จรูป (รูปที่ 2)	57
4.22	รายงานขออนุมัติซึ่งแสดงขั้นตอนการติดตั้งเสาสำเร็จรูป (รูปที่ 3)	58
4.23	ตัวอย่างรายการคำนวณเสาพรีคาสท์ในส่วนการผลิตและยกติดตั้ง	59
4.24	แสดง 7 ขั้นตอนของวิศวกรรมคุณค่า	60
4.25	แบบขยายเสา C1-C4 ที่ตำแหน่งตอม่อ	62
4.26	แบบขยายเสา C5-C9 ที่ตำแหน่งตอม่อ	62
4.27	แบบขยายเสา C9A-C12 ที่ตำแหน่งตอม่อ	63
4.28	ผูกเหล็กเสาตามแบบที่กำหนดรายละเอียดการเสริมเหล็กนั้นๆ	63
4.29	แปลนและรูปด้าน แสดงการประกอบเหล็กบนพื้น ณ ตำแหน่งที่ต้องการเท คอนกรีต	64
4.30	เสาที่เทคอนกรีตเสร็จแล้ว (แสดงผลแบบโปร่งแสงและไม่โปร่งแสง)	64
4.31	ภาพ 3 มิติ จุดต่อเรียงลำดับตามทางเลือก	68
4.32	โมเดลเสาโครงสร้างที่ใช้คิดประมาณงานคอนกรีต เหล็ก ไม้แบบ	70
4.33	ตัวอย่าง Shop Drawing สำหรับคิดปริมาณงาน	72
4.34	แสดงการเปรียบเทียบมูลค่างานค่าก่อสร้าง	74
4.35	พื้นที่ก่อสร้างที่แบ่งออกเป็น 4 โซน	75
4.36	แผนงานหล่อเสาโครงสร้างแบ่งตามโซน (บางส่วน)	76
4.37	แผนงานหล่อและติดตั้งเสาสำเร็จรูป	77
4.38	เสาสำเร็จรูปที่หล่อยาวจากชั้น 2 - ชั้น 4 ปลายเสาถึงชั้นหลังคา	77
4.39	เปรียบเทียบแผนของกิจกรรมสายงานวิกฤต (กิจกรรมเสาชั้น 4 แสดงเวลารวม)	79

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้าที่
4.40	โมเดล 3 มิติ แสดงการใช้ Column Shoes + Corrugated เสาโครงสร้าง	80
4.41	รายการคำนวณจุดต่อเสา (เอกสารประกอบการทำงานที่ส่งขออนุมัติ)	81
4.42	รายการคำนวณจุดต่อเสา (ต่อ)	82
4.43	โมเดลจำลองโครงสร้างอาคารรูปที่ 1	83
4.44	โมเดลจำลองโครงสร้างอาคารรูปที่ 2	83
4.45	แบบแสดงรายละเอียดการผลิตเสาชิ้นส่วนสำเร็จรูป	84
4.46	การประกอบ Column Shoes เข้ากับแบบหล่อ	84
4.47	คู่มือและแนวทางปฏิบัติการติดตั้งเสาชิ้นส่วนสำเร็จรูป Column Shoes+ Corrugated	85
4.48	การเตรียมเหล็ก Dowel สำหรับเสาก่อเทพื้นโครงสร้าง	86
4.49	การเตรียมเหล็ก Dowel เสาด้านล่างก่อนติดตั้งเสาด้านบน	87
4.50	การยกเสาติดตั้งโดยวางบนพื้นชั้น 2	87
4.51	การติดตั้งเสาชิ้นส่วนสำเร็จรูป	88
4.52	การขันน๊อตยึดแน่นเสา Column Shoes	89
4.53	ใช้กล้องสำรวจตรวจสอบการติดตั้งทุกครั้ง	89
4.54	เสาชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่ติดตั้งแล้วเสร็จไม่มีการค้ำยัน	90
4.55	S-Curve โครงการแสดงค่า Actual Value	91
4.56	เปรียบเทียบเวลาก่อสร้างรวมของสายงานวิกฤต	92
4.57	สายงานวิกฤตงานสถาปัตยกรรมหลังจากปรับปรุงกระบวนการ	92
4.58	รวันที่แล้วเสร็จของเสาของแบ่งตามกระบวนการ	93
4.59	วันที่แล้วเสร็จของพื้นแต่ละชั้นแบ่งตามกระบวนการ	94
4.60	มูลค่าโมบายเครนที่ใช้ในการกิจกรรมเสาโครงสร้าง	95
4.61	โมเดล 3 มิติที่เขียนองค์ประกอบทั้งหมดทำให้เข้าใจภาพรวมการทำงาน	98
4.62	S-Curve โครงการพิจารณาช่วงกิจกรรมเสาโครงสร้าง	100
ก.1	แผนงานก่อสร้างประกอบสัญญา (1)	111
ก.2	แผนงานก่อสร้างประกอบสัญญา (2)	112
ข.1	เสา C1-C5	114
ข.2	เสา C6-C9	115
ข.3	เสา C9A-C12	116

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้าที่
3.1	สรุปรายการชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่จะขออนุมัติดำเนินการ	31
3.2	วิเคราะห์หน้าที่โครงงานของเสาคอนกรีตโครงสร้าง	32
3.3	การประเมินผลเชิงตัวเลข	32
3.4	สรุปน้ำหนักเชิงตัวเลข	33
4.1	สรุปผลงานที่ทำได้จากสัญญาที่ 1	47
4.2	สรุปรายการชิ้นสำเร็จรูปที่ขออนุมัติดำเนินการ	53
4.3	สรุปรายการชิ้นส่วนโครงสร้างที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้	53
4.4	สรุปผลการขออนุมัติรายการชิ้นสำเร็จรูปที่จะขออนุมัติดำเนินการ	60
4.5	ชื่อเสาและขนาดเสาที่จะเปลี่ยนแปลงเป็นชิ้นส่วนสำเร็จรูป	61
4.6	วิเคราะห์หน้าที่โครงงานของเสาคอนกรีตโครงสร้าง	65
4.7	การประเมินผลเชิงตัวเลข	66
4.8	แสดงน้ำหนักเชิงตัวเลข	66
4.9	บันทึกความคิดสร้างสรรค์	67
4.10	สรุปทางเลือกและแนวคิดการพัฒนาจุดต่อเสาชิ้นส่วนสำเร็จรูป	67
4.11	สรุปข้อดีข้อเสียและความเป็นไปได้ในการทำงาน	69
4.12	ข้อมูลต้นทุนเสาโครงสร้างตามสัญญาจ้างก่อสร้าง	71
4.13	การดัด งอปลาย ตัด ทาย คอม้า และเสียเศษตามเกณฑ์มาตรฐานขนาดและน้ำหนักวัสดุ	72
4.14	ข้อมูลต้นทุนเสาชิ้นส่วนสำเร็จรูป 78 ต้น	73
4.15	สรุประยะเวลาที่ใช้ในการหล่อเสาโครงสร้างแบ่งตามรูปแบบการดำเนินการ	78
4.16	สรุปผลพิจารณาคุณค่าหากทำการปรับปรุงกระบวนการ	80
4.17	สรุปเวลาที่เร่งรัดงานเฉพาะเสาโครงสร้างในแต่ละชั้น	93
4.18	สรุปเวลาที่เร่งรัดงานเฉพาะพื้นโครงสร้างในแต่ละชั้น	94
4.19	ต้นทุนที่ไม่สามารถประเมินมูลค่าเพิ่มลดได้หลังปรับปรุงกระบวนการ	97
4.20	สรุปการวิเคราะห์ดัชนีความคุ้มค่า	99
5.1	สรุปผลพิจารณาดัชนีคุณค่า	103
5.2	สรุปเวลาที่เร่งรัดงานได้งานโครงสร้าง	103

บทที่ 1

บทนำ

วิศวกรรมคุณค่า (Value Engineering) เป็นการดำเนินการที่เกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งในงานก่อสร้างได้นำวิศวกรรมคุณค่ามาเพื่อลดต้นทุนและปรับปรุงกระบวนการงานก่อสร้างโดยวิศวกรรมคุณค่าได้ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในด้านอื่นๆ ด้วย เช่น การออกแบบผลิตภัณฑ์ กระบวนการทางอุตสาหกรรม และงานบริการต่างๆ

ในปัจจุบันนี้บริษัทต่างๆ ในประเทศไทยไม่ว่าจะเป็น ผู้พัฒนาโครงการ ผู้ออกแบบ หรือแม้กระทั่งผู้รับเหมาก่อสร้าง เริ่มนำแนวทางการใช้วิศวกรรมคุณค่ามาใช้ตั้งแต่เริ่มต้นโครงการไปจนถึงก่อนทำการก่อสร้างโครงการ หรือในระหว่างก่อสร้างโครงการก็สามารถใช้วิศวกรรคุณค่า เพื่อทำการปรับปรุงกระบวนการทำงานให้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นตอนนั้นของโครงการ (สศิธา หล่อสกุล, 2556) วิศวกรรมคุณค่าสามารถประยุกต์ใช้กับลักษณะงานหลากหลาย ตั้งแต่การออกแบบผลิตภัณฑ์ ปรับปรุงกระบวนการผลิต ปรับปรุงวิธีการทำงานที่ดีขึ้นลดการใช้วัสดุลงหรือแม้แต่การปรับปรุงงานด้านบริการก็สามารถนำมาใช้ได้เช่นเดียวกัน

ชาญกนก ชาญสุทธิกนก (2553) ได้กล่าวว่าการบริหารโครงการก่อสร้างของอาคาร เริ่มต้นการวางแผนงานของโครงการจนกระทั่งโครงการก่อสร้างสำเร็จ การบริหารโครงการก่อสร้างจึงมีความสำคัญในทุกภาคส่วนและผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการดำเนินการในทุกขั้นตอน ควรกระทำการวางแผนอย่างรอบคอบและละเอียดถี่ถ้วน เพื่อช่วยลดปัญหาในระหว่างการดำเนินการก่อสร้างของโครงการ ดังนั้น การศึกษาข้อมูลทั้งหมดของโครงการที่มีดำเนินการแล้วเสร็จเพื่อให้ทราบถึงปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้น เพื่อเป็นกรณีแนะแนวทางในการเตรียมงานกับโครงการก่อสร้างดังกล่าวให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อต่อราคาก่อสร้าง ตั้งแต่เริ่มโครงการจนกระทั่งโครงการก่อสร้างแล้วเสร็จ

โดยงานก่อสร้างถือได้ว่าเป็นงานโครงการที่ใช้ระยะเวลาในการดำเนินงานที่ยาวนาน มีการใช้ทรัพยากรเป็นจำนวนมาก ซึ่งหากพิจารณาด้านเวลาและทรัพยากรแล้ว ในระหว่างการก่อสร้างก็มักจะ

เกิดปัญหาและอุปสรรคจนทำให้เกิดความสูญเสียขึ้น (ณัชพล ธนกัญญา, 2559) ความสูญเสียในกระบวนการก่อสร้างเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดปัญหา เช่น ความล่าช้า และการเพิ่มขึ้นของต้นทุน

วุฒิพงศ์ อ่อนศรีสมบัติ (2556) ได้กล่าวว่าการก่อสร้างอาคาร ปัญหาที่มักจะเกิดขึ้นอยู่เป็นประจำคือความล่าช้าของงานก่อสร้างที่ไม่แล้วเสร็จตามสัญญา ส่งผลให้เกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจ และส่งผลกับประชาชนที่อาศัยอยู่บริเวณนั้น รวมถึงผู้ที่ใช้ประโยชน์จากอาคารสถานที่ได้รับความเดือดร้อน การรู้ถึงสาเหตุของความล่าช้า และการเตรียมการที่ดีจากข้อมูลของผู้มีประสบการณ์ จะสามารถป้องกันหรือลดผลกระทบที่อาจทำให้การก่อสร้างล่าช้าได้ ตฤษนันท์ บุญมั่ง (2557) ได้ศึกษาวิจัยความคุ้มค่าด้านเวลา ต้นทุนค่าก่อสร้าง และแรงงาน ของระบบก่อสร้างแบบหล่อสำเร็จ (Precast) และเปรียบเทียบกับระบบก่อสร้างแบบหล่อในที่ เพื่อใช้เป็นเครื่องมือช่วยตัดสินใจของผู้บริหารในการพัฒนา ระบบการก่อสร้างแบบหล่อสำเร็จให้สามารถแข่งขันได้

ผู้วิจัยจึงได้ทำการวิเคราะห์และหาวิธีการค้นหาแนวทางในการพัฒนาและปรับปรุงการจัดการโครงการก่อสร้างอาคารเรียนรวม สามารถทำงานให้แล้วเสร็จตามกรอบระยะเวลาของสัญญา โดยนำหลักการและแนวคิดของวิศวกรรมคุณค่า (Value Engineering) ตัดสินใจร่วมกับหลักการของการบริหารโครงการก่อสร้าง (Construction Management) เพื่อที่ใช้เป็นแนวทางในการพิจารณาสำหรับโครงการอื่นต่อไป

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากโครงการก่อสร้างอาคารเรียนรวมของคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัย เชียงใหม่ ซึ่งมีสัญญาในการก่อสร้างโครงการรวมทั้งสิ้น 365 วัน โดยเป็นอาคารเรียน 4 ชั้นที่มีพื้นที่ก่อสร้างรวม 12,200 ตร.ม. ผู้รับเหมารายที่ 1 ที่ประมูลงานโครงการนี้ได้ทำการก่อสร้างอาคารไม่แล้วเสร็จตามเงื่อนไขของสัญญา โดยก่อสร้างอาคารได้เพียงฐานรากของอาคาร พื้นชั้น 1 และจบงานที่เสาชั้น 1 โดยทำผลงานได้เพียง 15% เท่านั้น รวมผลงานที่ทำได้คือ 1.64% จากนั้นโครงการก็ได้หยุดการก่อสร้างลงไปและผู้รับเหมารายที่ 1 ได้ถอนตัวออกจากโครงการนี้

ทางบริษัท เชียงใหม่ พัฒนวิศว์ จำกัดได้เป็นผู้เข้ามาดำเนินการก่อสร้างอาคารดังกล่าวต่อจากผู้รับเหมารายที่ 1 โดยถือว่าเป็นผู้รับเหมารายที่ 2 ของโครงการนี้ เงื่อนไขการก่อสร้างที่สำคัญคือสัญญาของระยะเวลาการสิ้นสุดโครงการคือวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2566 ยังยึดถือตามกำหนดการเดิม

ตามที่ได้กำหนดไว้ตั้งแต่เริ่มต้นก่อสร้างโครงการ และจะไม่สามารถเพิ่มงบประมาณค่าก่อสร้างโครงการนี้ได้ โดยต้องก่อสร้างให้ได้ตามงบประมาณของโครงการที่เหลืออยู่เท่านั้น ผู้รับเหมาจึงมีแนวคิดที่จะนำวิศวกรรมคุณค่า และหลักการวิเคราะห์ประสิทธิภาพโครงการมาแก้ปัญหาสายงานวิกฤตที่มีอยู่ของโครงการนี้ อันเนื่องมาจากปัญหาดังที่ได้กล่าวมาก่อนหน้านี้

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

การใช้วิศวกรรมคุณค่าในโครงการก่อสร้างอาคารเรียนรวมคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มีวัตถุประสงค์ของการศึกษา ดังนี้

1.2.1 ประยุกต์ใช้วิศวกรรรมคุณค่าในการก่อสร้างโดยนำชิ้นส่วนสำเร็จรูปมาใช้ในโครงการก่อสร้างอย่างเหมาะสมตามขั้นตอนการก่อสร้าง

1.2.2 วิเคราะห์ในเชิงเปรียบเทียบความคุ้มค่าและผลที่เกิดขึ้นระหว่างการก่อสร้างแบบดั้งเดิมเปรียบเทียบกับการก่อสร้างแบบใช้ชิ้นส่วนสำเร็จรูป

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1.3.1 โครงการก่อสร้างตามงานวิจัยนี้ต้องเป็นไปตามเงื่อนไขข้อจำกัดด้านเวลา งบประมาณการก่อสร้าง และคุณภาพของงานที่กำหนดตามสัญญาการก่อสร้าง

1.3.2 การก่อสร้างจะใช้ระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปโดยพิจารณาตามความเหมาะสมของขั้นตอนการก่อสร้าง ยึดแนวทางการบริหารโครงการในด้านต้นทุนและเวลา

1.3.3 งานวิจัยนี้จะพิจารณาโดยนำวิศวกรรมคุณค่ามาใช้เฉพาะงานก่อสร้างโครงสร้างของอาคารเท่านั้นเนื่องจากถือว่าเป็นสายงานวิกฤต โดยไม่ได้นำวิศวกรรมคุณค่ามาใช้ในงานก่อสร้างสถาปัตยกรรมเนื่องจากไม่สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามสัญญา

1.4 แนวทางการทำวิจัย

งานวิจัยชิ้นนี้จะเป็นการทำงานวิจัยเชิงสำรวจและวิเคราะห์ผล โดยใช้หลักวิศวกรรมคุณค่าและการบริหารงานโครงการก่อสร้าง ศึกษาแผนงานแบบ Gantt Chart และใช้ทฤษฎี Earned Value Analysis ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของโครงการ ทำการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ต้นทุนต่างๆ ที่กำหนดไว้ในวัตถุประสงค์ เพื่อทำการปรับปรุงกระบวนการ จากนั้นทำการเปรียบเทียบว่ากระบวนการก่อสร้างแบบดั้งเดิมหากมีการเปลี่ยนไปใช้การทำงานการก่อสร้างแบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปแล้วนั้น ผลการปฏิบัติงานที่ได้มีผลลัพธ์และได้ข้อสรุปอย่างไร

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การบริหารงานก่อสร้าง

การปรับปรุงกระบวนการงานก่อสร้างด้วยหลักวิศวกรรมคุณค่า (Value Engineering) เป็นการศึกษาแนวทางการบริหารและจัดการโครงการก่อสร้างเพื่อศึกษาผลกระทบในด้านต่างๆ ที่เกิดขึ้นต่อโครงการ โดยมีการนำแนวทางต่างๆ หรือทฤษฎี และงานวิจัย เพื่อมาประกอบการตัดสินใจ และปรับปรุงกระบวนการก่อสร้างให้เกิดประโยชน์สูงสุด ซึ่งการใช้วิศวกรรมคุณค่าสำหรับโครงการก่อสร้างนั้น ผู้ศึกษาได้นำข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องมาศึกษาเพื่อสนับสนุนการดำเนินการ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1.1 ทฤษฎีการบริหารและจัดการโครงการก่อสร้าง

การบริหารงานและจัดการทรัพย์กรที่มีอยู่อย่างจำกัดให้สามารถดำเนินการสำเร็จได้ตามเป้าหมายหรือแผนการดำเนินงานที่วางไว้ คือหลักการสำคัญของทฤษฎีการบริหารงานโครงการก่อสร้าง โดยที่การบริหารงานหลักๆ ของโครงการจะมุ่งเน้นไปยังผลลัพธ์ที่สำคัญอยู่ 3 ส่วนด้วยกันนั่นก็คือ การบริหารด้านเวลา การบริหารด้านต้นทุน และสุดท้ายคือการบริหารคุณภาพและบริการ

กวี หวังนิเวศน์กุล (2556) ได้อธิบายการบริหารงานวิศวกรรมก่อสร้าง โดยมีกระบวนการและขั้นตอนการบริหารงานวิศวกรรมก่อสร้างไว้ดังต่อไปนี้

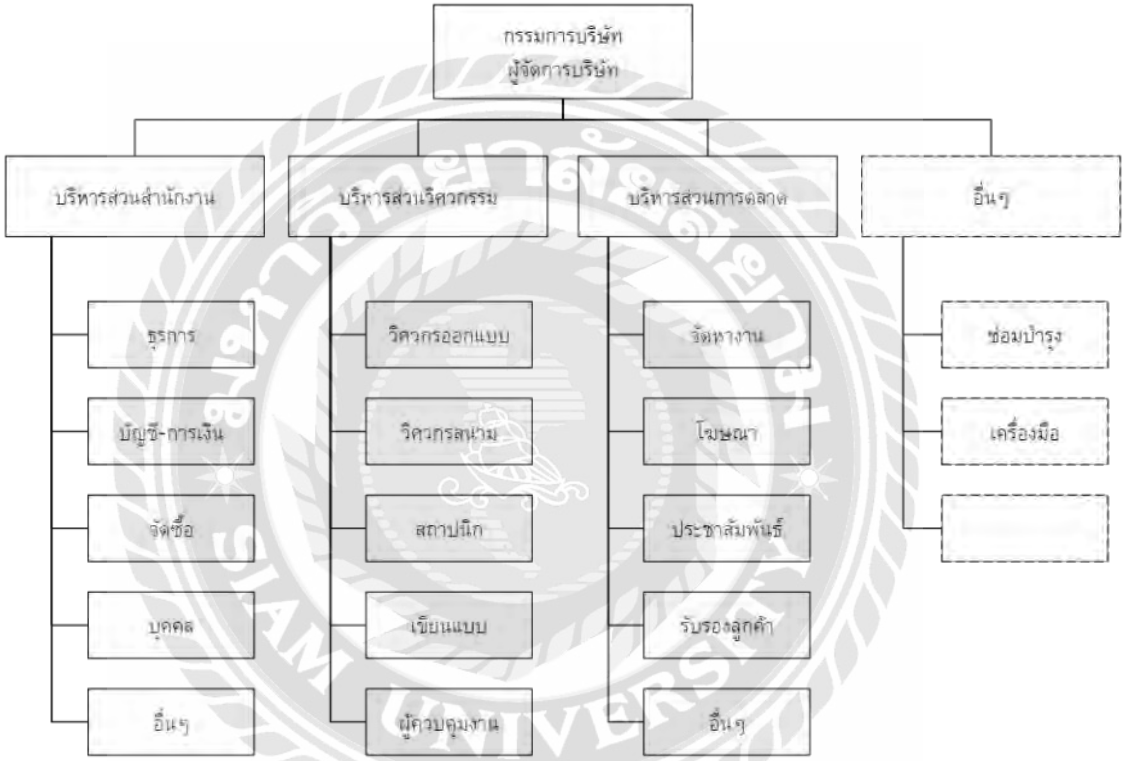
2.1.1.1 โครงสร้างและภาระหน้าที่ขององค์กรก่อสร้าง

โครงสร้างของหน่วยงานก่อสร้างจะมีการแบ่งออกเป็น 2 ส่วนที่สำคัญ ขึ้นกับการปฏิบัติงานและหน้าที่ความรับผิดชอบ คือ สำนักงานใหญ่ (Head Office) และ สำนักงานสนาม (Site Office) ดังรูปที่ 2.1

สำนักงานใหญ่ คือ ส่วนกลางที่ทำหน้าที่หลากหลายความรับผิดชอบ เช่น

- เป็นศูนย์กลางการบริหารและสั่งการขององค์กร
- เป็นศูนย์กลางของการตัดสินใจของการแก้ปัญหาที่สำคัญๆ

- เป็นผู้ออกกฎ และนโยบาย รวมทั้งแผนผังขององค์กร
- เป็นผู้ควบคุมและติดตามผลของการปฏิบัติงานขององค์กรทั้งภายในและภายนอก
- เป็นแหล่งรวบรวมข้อมูลของทุกหน่วยงานในองค์กรนั้นๆ



รูปที่ 2.1 ตัวอย่างการจัดโครงสร้างสำนักงานใหญ่
(กวี หวังนิเวศน์กุล, 2556)

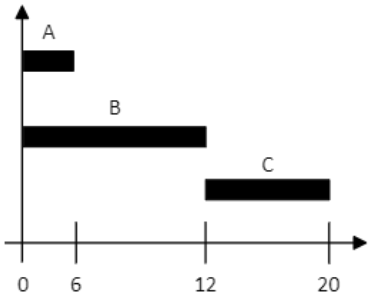
พัฒนาการของการวางแผนงานก่อสร้าง นับตั้งแต่โบราณกาล เราจะพบว่ามีสิ่งก่อสร้างมหัศจรรย์ต่างๆ ของโลกปรากฏให้เห็นจวบจนปัจจุบันนี้ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเจริญทางด้านอารยธรรมและสติปัญญาที่มีความรู้ความสามารถของมนุษย์ในยุคนั้น ที่สามารถวางแผนและดำเนินการก่อสร้างงานสถาปัตยกรรมที่ยิ่งใหญ่ให้สำเร็จได้ สันนิษฐานว่าการควบคุมงานก่อสร้างและรักษาเวลาตามกำหนดการไว้ได้นั้น เป็นเพราะในสมัยโบราณนั้นมีแรงงานทาสและมีการใช้อำนาจที่

เด็ดขาดในการบัญชา ในด้านการวางแผนเกี่ยวกับเทคนิคการก่อสร้าง เช่น การก่อสร้างพีระมิด ตามประวัติศาสตร์เราจะพบว่ามีการวางแผนงานในการนำหินมาใช้ซึ่งต้องทำการตัดหินให้ได้ขนาดก่อนตามที่ออกแบบไว้ และขนส่งลำเลียงด้วยแรงงานทาส ส่วนเครื่องจักรในสมัยนั้นก็ใช้ระบบคานงัดคานดีดและการชักลาก การลำเลียงสู่ยอดพีระมิดก็ทำเป็นทางลาดเอียง ทำการเรียงก้อนหินก้อนต่อก่อนจนสำเร็จ

การวางแผนยุคโบราณเริ่มตั้งแต่การขีดเขียนลงพื้นดินหรือแผ่นหิน แล้วค่อยๆ พัฒนาขึ้นมาเป็นลายลักษณ์อักษร จนเมื่องานก่อสร้างได้พัฒนาขึ้นเป็นอุตสาหกรรมที่มีการออกแบบที่ซับซ้อน การวางแผนงานจึงยิ่งมีบทบาทสำคัญขึ้นเรื่อยๆ เช่น โครงการสำรวจอวกาศ โครงการค้นคว้าทางพลังงาน โครงการก่อสร้างอาคารขนาดใหญ่ ซึ่งแต่ละโครงการต้องใช้เวลาในการก่อสร้างนานหลายปี การลงทุนเป็นจำนวนมหาศาล ถ้าการวางแผนไม่รัดกุมย่อมก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่รุนแรง เกิดการขาดแคลนทรัพยากร ในปัจจุบันนี้แผนงานก่อสร้างและพัฒนาขึ้นมาหลายรูปแบบเพื่อให้เหมาะสมกับลักษณะของงานแต่ละประเภท เช่น แผนงานแบบตารางเวลา (Bar/Gantt Chart) แผนงานระบบตารางมาตราส่วน (Time Scaled) แผนงานระบบสายงานวิกฤติ (Critical Path Method : CPM) แผนงานเทคนิคเพิร์ท (Program Evaluation & Review Technique : PERT) แผนงานระบบเส้นสมดุล (Line of Balance : LOB) ซึ่งจะได้อธิบายพัฒนาการของแผนงานแต่ละรูปแบบดังนี้

2.1.1.2 แผนงานระบบตารางเวลา (Bar/Gantt Chart)

แผนงานระบบนี้จะแสดงให้เห็นถึงขั้นตอนการเชื่อมโยงของหน่วยงานในโครงการกำกับด้วยเวลาที่แสดงถึงระยะเวลาเริ่มต้นและสิ้นสุดของแต่ละหน่วยงาน ดังแสดงในรูปที่ 2.2 และแผนงานนี้ยังนิยมนำไปใช้ในการติดตามความก้าวหน้าของงาน เนื่องจากแสดงให้เห็นภาพได้โดยง่าย แต่อย่างไรก็ตามแผนงานนี้ยังมีข้อจำกัดหลายประการ เช่น ไม่สามารถใช้วางแผนที่มีขนาดใหญ่และซับซ้อนมากๆ ได้ ไม่สามารถระบุงานที่ต้องควบคุมอย่างใกล้ชิดได้ ไม่สามารถแสดงรายละเอียดสัมพันธ์ของแต่ละงานได้ และไม่สามารถแสดงให้ทราบล่วงหน้าได้ว่างานนั้นจะแล้วเสร็จตามเป้าหมายได้

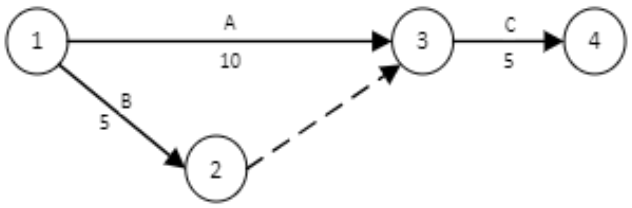


รูปที่ 2.2 ระบบตารางเวลาทำงาน (Bar Chart)

(กวี หวังนิเวศน์กุล, 2556)

2.1.1.3 แผนงานระบบสายงานวิกฤติ (Critical Path Method : CPM)

จากข้อจำกัดต่างๆของแผนงานระบบ Bar Chart จึงมีผู้ที่ต้องการแก้ไขข้อด้อยเหล่านั้นให้มีประสิทธิภาพและคล่องตัวมากยิ่งขึ้น โดยในปี ค.ศ. 1956 ฝ่ายวางแผนของบริษัทดูปองต์ (E.I. Du Pont De Nemours) ได้คิดค้นพัฒนารูปการวางแผนงานโครงการก่อสร้างของบริษัท โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการคำนวณ ติดตามผล และรายงานผลความก้าวหน้า ต่อมาในปี ค.ศ. 1957 บริษัทเรมิงตันแรนด์ (Remington Rand) และบริษัทดูปองต์ ได้ร่วมมือกันพัฒนาแผนงานโดยการวิเคราะห์โครงข่ายของงาน (Network Analysis) จนสำเร็จขึ้นมาเรียกว่า ระบบสายงานวิกฤติ (Critical Path Method : CPM) แนะนำมาทดลองใช้วางแผนงานก่อสร้าง โรงงานเคมีในเมืองหลุยส์วิลล์ (Louisville) รัฐเคนตัคกี้ (Kentucky) ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยทำการวางแผนงานแบบเดิมเทียบกับแบบ CPM ปรากฏว่าระบบ CPM สามารถทำให้ลดค่าใช้จ่ายและระยะเวลาของโครงการลงได้มาก หลังจากนั้นแผนงานระบบ CPM จึงเป็นที่นิยมใช้ในการวางแผนงานก่อสร้าง โดยเฉพาะโครงการขนาดใหญ่ที่มีความสลับซับซ้อนและมีผู้เกี่ยวข้องหลายกลุ่ม แสดงดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ระบบสายงานวิกฤต (CPM)

(กวี หวังนิเวศน์กุล, 2556)

2.1.1.4 แผนงานระบบเทคนิคเพิร์ท (Program Evaluation & Review Technique : PERT)

แผนงานระบบเพิร์ทนี้เริ่มพัฒนาขึ้นในปี ค.ศ. 1958 โดยกองทัพเรือแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งขณะนั้นกองทัพเรือสหรัฐฯ มีความต้องการอย่างเร่งด่วนที่จะผลิตขีปนาวุธที่ยิงจากใต้น้ำ คณะศึกษาวิจัยแผนงานได้เริ่มศึกษาแผนงานของระบบ CPM ควบคู่ไปกับการหาเทคนิคการควบคุมเวลาของโครงการ ที่ไม่สามารถประมาณระยะเวลาทำงานแต่ละหน่วยงานได้ถูกต้องใกล้เคียง จึงได้นำเอาหลักสถิติเข้ามาช่วยวิเคราะห์ ทำให้คาดการณ์สิ่งที่ไม่แน่นอนได้ใกล้เคียงมากที่สุด ปรากฏว่าด้วยวิธีการเหล่านี้ ทำให้สามารถวางแผนควบคุมเวลาและประสานงานผู้รับเหมาหลักกว่า 250 ราย และผู้รับเหมาย่อยกว่า 9,000 รายได้สำเร็จ งานเสร็จเร็วกว่าแผนกำหนดถึง 2 ปี และเรียกแผนงานนี้ว่าแผนงานระบบเพิร์ท (PERT) แต่อย่างไรก็ดี แผนงานระบบเพิร์ทกับแผนงานระบบ CPM มีความคล้ายคลึงกันเป็นส่วนใหญ่ ในภาคธุรกิจเอกชนจะนิยมวางแผนด้วยระบบเพิร์ทจะใช้ในการวางแผนงานที่เป็นงานคิดขึ้นใหม่ ที่ยังไม่สามารถคาดการณ์ระยะเวลา ได้แม่นยำมากนัก

- การวางแผนแบบตารางเวลา

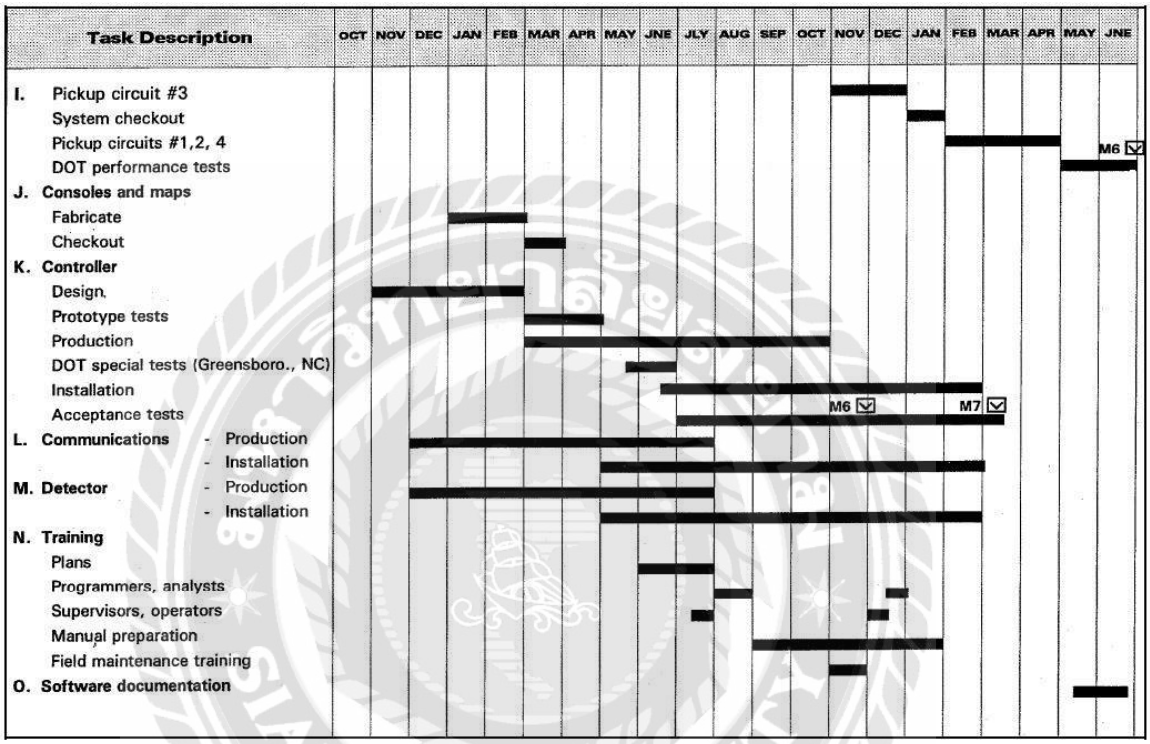
การวางแผนงานก่อสร้าง คือการเตรียมแผนงานก่อนที่จะเริ่มทำการ โดยมีจุดประสงค์เพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินงานและใช้เป็นหลักยึดในการประเมินผลการปฏิบัติงานว่าสามารถดำเนินงานได้ตามเป้าหมายที่ได้วางแผนไว้หรือไม่ ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ

แผนงานก่อสร้างหลัก (Master Plan) คือแผนงานก่อสร้างที่กำหนด Activity ในโครงการที่มีการระบุเวลาเริ่มต้น และสิ้นสุด รวมทั้งกำหนดว่างานนั้นๆ ทำก่อนทำหลังหรือทำพร้อมๆกัน ซึ่งสิ่งสำคัญที่สุดคือการตรวจสอบและการติดตามผลการดำเนินงานนั้นๆ ควรที่จะต้องมีการทำอย่างสม่ำเสมอ เพื่อสามารถควบคุมงานที่ได้วางแผนไว้ให้เสร็จทันตามกำหนดเวลา โดยแผนงานนั้นมีหลากหลายรูปแบบ เช่น ระบบตารางเวลา (Bar Chart) ระบบสายงานวิกฤต (Critical Path Method : CPM) ระบบตารางเวลามาตราส่วน (Time scale) และระบบเส้นสมดุล (Balance line) เป็นต้น

แผนงานประกอบแผนงานหลักดังรูปที่ 2.4 คือ แผนงานที่ช่วยส่งเสริมสนับสนุนให้การวางแผนงานหลักสามารถดำเนินงานได้สมบรูณ์และครบถ้วนมากยิ่งขึ้น โดยมีส่วนประกอบต่างๆดังนี้

- การจัดทำงบประมาณก่อสร้าง
- การวางแผนทางการเงิน
- การวางแผนจัดหาวัสดุและเครื่องจักรกล

- การวางแผนด้านกำลังคน
- การวางแผนด้านการจัดหาผู้รับเหมาช่วง

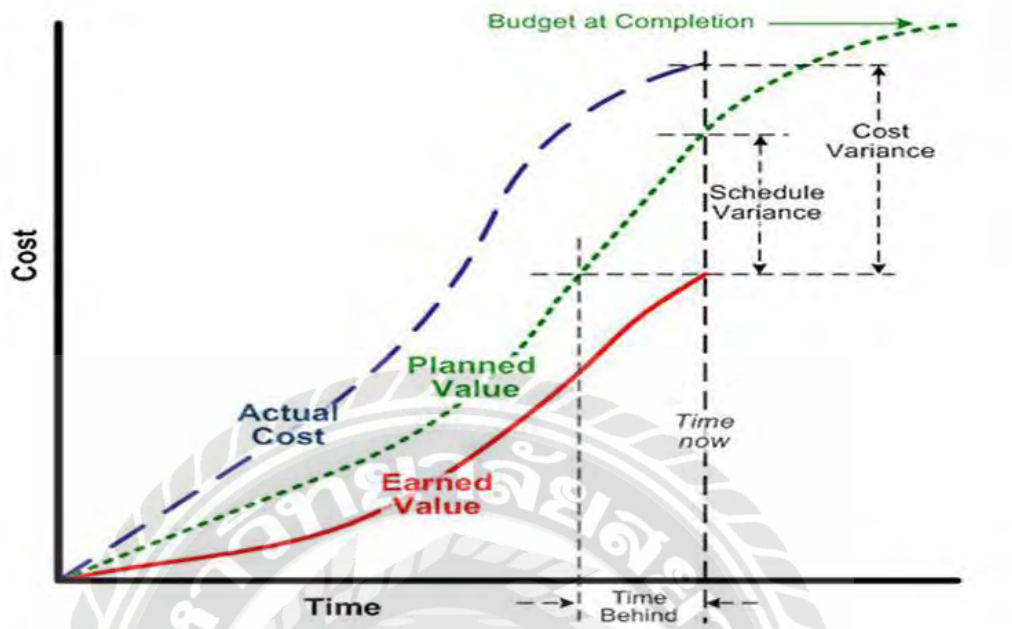


รูปที่ 2.4 ตัวอย่าง Bar Chart

ที่มา : https://https://commons.wikimedia.org/wiki/

2.1.2 การวิเคราะห์มูลค่าที่ได้รับ (Earned Value Analysis)

การวิเคราะห์มูลค่าที่ได้รับ (Earned Value Analysis : EVA) เป็นเทคนิคในการวิเคราะห์ต้นทุนโครงการโดยการติดตาม และประเมินความก้าวหน้าของงานจากต้นทุน และมูลค่าของงานก่อสร้างที่ได้ และใช้ในการควบคุมการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของงบประมาณโครงการโดยเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้ผู้บริหารงานก่อสร้าง หรือบุคคลที่เกี่ยวข้องกับโครงการสามารถทราบถึงผลกระทบที่มีต่อต้นทุนหรืองบประมาณโครงการได้ (สภาวิศวกร, 2558) แสดงดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 กราฟแสดงมูลค่าต้นทุนจริง มูลค่าที่ได้รับของโครงการ

ที่มา : https://dreamcivil.com/earned-value-analysis/

กองกูณฑ์ โตชัยวัฒน์ (2559) ได้ศึกษาและวิเคราะห์ความเกี่ยวข้องกับมูลค่าของโครงการที่สำคัญ 3 ค่า ตามช่วงเวลาต่างๆ ที่ต้องการพิจารณา ได้แก่

2.1.2.1 ต้นทุนตามงบประมาณของงานตามที่แผนที่วางไว้ (Budgeted Cost of Work Scheduled : BCWS) คือ ต้นทุนตามงบประมาณของงานตามแผนที่ได้กำหนดไว้ของโครงการจนถึงวันที่ทำการวัด หรือเรียกว่า มูลค่างานตามแผนงาน (Planned Value : PV) ซึ่งมูลค่ารวมทั้งหมดของ BCWS จะเท่ากับงบประมาณเมื่อแล้วเสร็จ (Budget at Completion ; BAC)

2.1.2.2 ต้นทุนจริงของงานที่ดำเนินการแล้ว (Actual Cost of Work Performed : ACWP) คือ ต้นทุนที่เกิดขึ้นจริง (Actual Cost : AC) ของงานที่ดำเนินการแล้วเสร็จจนถึงวันที่ทำการวัด

2.1.2.3 ต้นทุนตามงบประมาณของงานที่ดำเนินการแล้ว (Budgeted Cost of Work Performed : BCWP) คือ ต้นทุนตามงบประมาณของผลงานที่ดำเนินการจนแล้วเสร็จจนถึงวันที่ทำการวัด หรือ เรียกว่ามูลค่าที่ได้รับ (Earned Value : EV) ซึ่งผู้ที่วิเคราะห์สามารถคำนวณได้จากความก้าวหน้าของงานร้อยละ (Work Progress) ดังสมการที่ 1

$$BCWP = Work\ Progress\ (\%)\ x\ BAC \quad (1)$$

ในการค้นหาประสิทธิภาพและประเมินโครงการ ถึงความก้าวหน้าว่าโครงการนั้นเร็วกว่าแผนหรือช้ากว่าแผนงานจากที่ได้วางแผนไว้ หรือว่างบประมาณโครงการที่ก่อสร้างที่ได้เกิดขึ้นจริงโดยการบันทึกนั้นมากกว่าหรือน้อยกว่าแผน จะมีวิธีการประเมินจาก 3 ค่าหลักๆ ดังนี้

2.1.2.4 ค่าความแตกต่างด้านแผนงาน (Schedule Variance : SV) คือ ค่าความแตกต่างของต้นทุนตามงบประมาณของโครงการที่ดำเนินการแล้ว (BCWP) กับต้นทุนตามงบประมาณของงานตามแผนที่วางไว้ของโครงการ ดังสมการที่ 2

$$SV = BCWP - BCWS \tag{2}$$

โดยค่าเป็นลบ แสดงว่าเวลาที่ใช้จริงจะมากกว่าแผนงาน หากเป็นบวกแสดงว่าเวลาที่ใช้จริงจะน้อยกว่าแผนงาน และสุดท้ายค่าเท่ากับศูนย์ คือเวลาที่ใช้เท่ากับที่วางแผนไว้

2.1.2.5 ค่าความแตกต่างด้านต้นทุน (Cost Variance : CV) คือ ค่าความแตกต่างระหว่างต้นทุนตามงบประมาณของงานที่ดำเนินการแล้ว (BCWP) กับต้นทุนจริงของงานที่ดำเนินการแล้ว (Actual Cost or Work Performed : ACWP) ดังสมการที่ 3

$$CV = BCWP - ACWP \tag{3}$$

โดยค่าเป็นลบ แสดงว่าต้นทุนที่เกิดขึ้นมากกว่างบประมาณโครงการ หากเป็นบวกแสดงว่าต้นทุนที่เกิดขึ้นน้อยกว่างบประมาณ และสุดท้ายค่าเท่ากับศูนย์ คือต้นทุนเท่ากับที่วางงบประมาณของโครงการไว้

2.1.2.6 ดัชนีประสิทธิภาพการดำเนินงานด้านต้นทุน (Cost Performance Index : CPI) ดังสมการที่ 4

$$CPI = BCWP / ACWP \tag{4}$$

โดยค่าเท่ากับ 1 หรือ 100% แสดงว่าต้นทุนที่เกิดขึ้นเป็นไปตามงบประมาณ หากน้อยกว่า 1 หรือ 100% แสดงว่าต้นทุนเกินงบประมาณที่ตั้งไว้ และสุดท้ายมากกว่า 1 หรือเกิน 100% คือโครงการใช้ทุนน้อยกว่างบที่ได้ตั้งเอาไว้

2.1.2.7 ดัชนีประสิทธิภาพการดำเนินงานด้านเวลาแบบ ใช้ต้นทุนเป็นฐานคำนวณ (Cost-based Schedule Performance Index : Cost-based SPI) ดังสมการที่ 5

$$Cost\text{-}based\ SPI = BCWP / BCWS \quad (5)$$

โดยค่าเท่ากับ 1 หรือ 100% แสดงว่าเวลาที่เกิดขึ้นเป็นไปตามงบประมาณ หากน้อยกว่า 1 หรือ 100% แสดงว่าโครงการกำลังล่าช้า และสุดท้ายมากกว่า 1 หรือเกิน 100% คือโครงการดำเนินการเร็วกว่าแผนงาน

2.2 วิศวกรรมคุณค่า

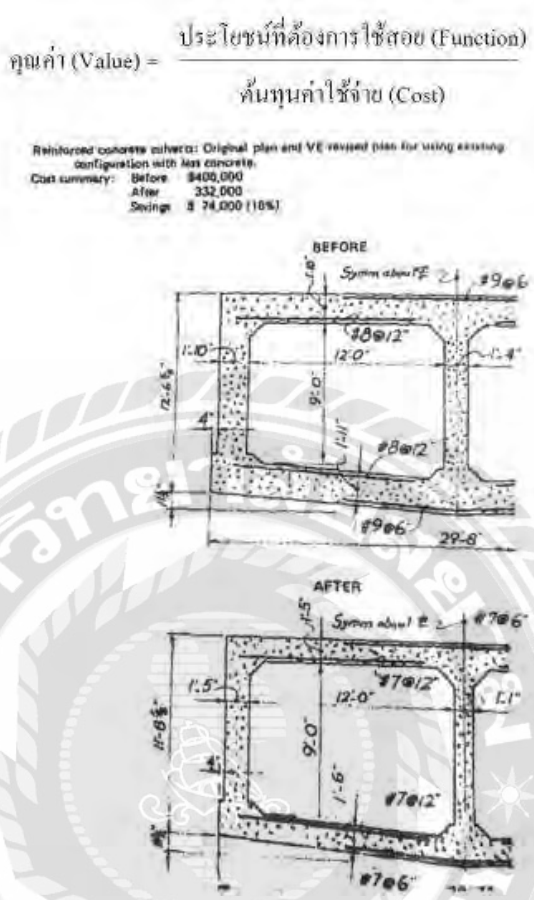
2.2.1 แนวคิดเกี่ยวกับหลักวิศวกรรมคุณค่า

Mandelbaum and Reed (2006) ได้กล่าวว่าวิศวกรรมคุณค่า เป็นแนวทางที่เป็นระเบียบหรือเป็นระบบที่มุ่งวิเคราะห์หรือค้นหาว่าในการทำงานของระบบต่างๆ อุปกรณ์ สิ่งอำนวยความสะดวก การบริการและวัสดุสิ้นเปลือง เป็นการค้นหาสิ่งทดแทนที่มีคุณภาพเท่าเดิมหรือดีกว่าเดิมได้ในราคาที่ถูกที่สุด โดยยังคงไว้ซึ่งคุณภาพ การทำงาน ความพึงใจ และความปลอดภัย ดังเดิม และเนื่องจาก "ต้นทุน" เป็นสิ่งที่สามารถวัดได้ "การลดต้นทุน" จึงมักถูกนำมาพิจารณาเป็นลำดับแรกของเงื่อนไขของการทำ วิศวกรรมคุณค่า

ต่อตระกูล ยมนาค (2562) ได้กล่าวว่ากระบวนการคิดแบบ VE เพื่อลดต้นทุนการก่อสร้างอย่างสร้างสรรค์ หลักการและกระบวนการทาง VE หรือวิศวกรรมคุณค่า หรือที่มีชื่อเรียกต่าง ๆ กันอีกหลายชื่อว่า Value Management และ Value Analysis เป็นศาสตร์สำคัญวิชาหนึ่งที่ต้องศึกษากันในกลุ่มวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ เพื่อใช้ลดต้นทุนในการผลิตโดยไม่ลดคุณค่าของผลิตภัณฑ์

คำจำกัดความของ Value Engineering กำหนดไว้ว่า วิศวกรรมคุณค่า (VE) เป็นระบบวิธีการที่ใช้ในการปรับปรุง “คุณค่า” ของสินค้า หรือผลิตภัณฑ์ หรือบริการ โดยเปรียบเทียบออกมาเป็นอัตราส่วนระหว่าง “ประโยชน์ที่ต้องการใช้สอย” กับ “ต้นทุนค่าใช้จ่าย” ดังรูปที่ 2.6

$$\text{คุณค่า (Value)} = \frac{\text{ประโยชน์ที่ต้องการใช้สอย (Function)}}{\text{ต้นทุนค่าใช้จ่าย (Cost)}}$$



รูปที่ 2.6 การใช้วิศวกรรมคุณค่าในงานวิศวกรรม

ที่มา : https://www.tace.co.th/new

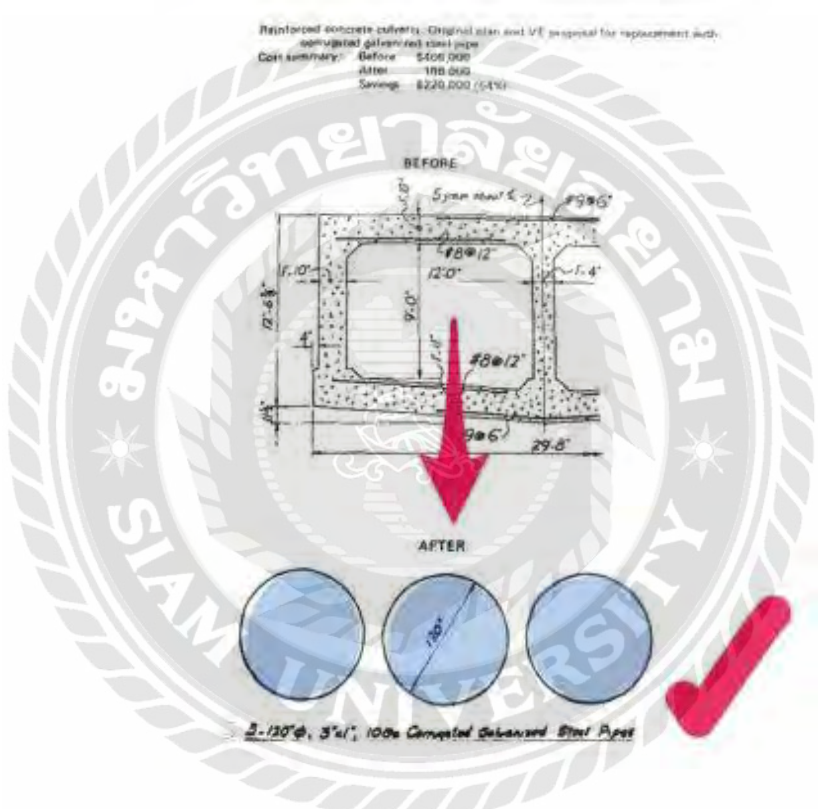
“คุณค่า” สามารถเพิ่มขึ้นได้โดยการเพิ่ม “ประโยชน์ ที่ต้องการใช้สอย” หรือลด “ต้นทุนค่าใช้จ่าย” หัวใจหลักของวิศวกรรม คุณค่าที่สำคัญมากที่จะต้องระลึกไว้เสมอตลอดเวลาของการค้นคิดและ ค้นหาวิธีเพื่อเปลี่ยนแปลงปรับปรุงในผลิตภัณฑ์ใด ๆ ก็ตาม จะต้องรักษาพื้นฐานของ “ประโยชน์ที่ต้องการใช้สอย” ไว้ไม่ให้ถูกตัดทอนลดลงเป็น อันขาด

ต่อมาในสหรัฐอเมริกา ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2506 ก็ได้มีการนำ VE มาใช้ในกองทัพ บังคับไว้ในสัญญาจ้างเหมาก่อสร้าง ให้ผู้รับเหมางาน ก่อสร้างของกองทัพต้องทำข้อเสนอเพื่อลดต้นทุนค่าก่อสร้าง (Value Engineering Change Proposals – VECP)

VE ไม่ใช่การลดราคาแบบง่ายๆ โดยการลดจำนวนวัสดุ หรือลดคุณภาพ เช่น การลดเหล็กเสริมคอนกรีตในโครงสร้างโดยการคำนวณ ใหม่ให้ละเอียดมากขึ้น โดยยังมีขนาดของโครงสร้างเท่า

เดิม แม้จะลดราคาได้ จึงไม่ใช่ VE (รูปที่ 2.6) แต่การปรับรูปแบบและวิธีการก่อสร้างด้วย จึงจะถือว่าเป็น VE ที่มีคุณค่ามากดังรูปที่ 2.7

หากใช้กระบวนการ VE โดยมีขั้นตอนการคิดตามระบบ จะออกมาเป็นแบบรูปที่ 2.7 ซึ่งได้เปลี่ยนวัสดุและรูปแบบจากคอนกรีตมาเป็นท่อเหล็กกันสนิม โดยที่ยังคงความสามารถในการระบายน้ำได้ในปริมาณ เท่าเดิม



รูปที่ 2.7 การใช้วิศวกรรมคุณค่าในการเปลี่ยนวัสดุและรูปแบบ

ที่มา : https://www.tace.co.th/new

US. Department of Commerce, 1993 Value Engineering Program Guide for Design and Construction ได้นำวิศวกรรมคุณค่ามาใช้ในโครงการก็เพื่อต้องการที่จะลดต้นทุนในการก่อสร้างทั้งกระบวนการในโครงการที่ต้องการก่อสร้าง โดยมีขั้นตอนดังนี้

- พิจารณาวางแผนการทำงานก่อสร้าง โดยนำหลักวิศวกรรมคุณค่า มาพิจารณาวางแผนงานเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผล ต่อโครงการมากที่สุด
- นำวิศวกรรมคุณค่ามาใช้ตั้งแต่เริ่มกระบวนการออกแบบโครงการ เรื่อยไปจนสู่กระบวนการประมูลงานโครงการและก่อสร้างโครงการ ซึ่งจะพิจารณาส่วนที่ส่งผลต่อโครงการมากที่สุดเป็นลำดับแรก
- ค้นหาและควบคุมงบประมาณโครงการ ทั้งในส่วนของค่าก่อสร้างโครงการ ค่าบำรุงรักษาโดยเน้นให้สามารถยืดหยุ่นได้และไม่มีความยุ่งยากในการดำเนินการ โดยตลอดทั้งกระบวนการก่อสร้างและอายุการใช้งาน
- การนำวิศวกรรมคุณค่ามาปรับใช้ จะไม่ได้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นเครื่องมือที่ส่งผลกระทบต่องบประมาณ ค่าก่อสร้างของโครงการ แต่เพื่อให้โครงการเกิดความสมบรูณ์ ทั้งในด้านการทำงาน ความคุ้มค่า ความปลอดภัย

2.2.2 วิธีการและการนำไปใช้ในโครงการ

RICS UK (2017) ได้กล่าวว่าวิศวกรรมคุณค่าเป็นวิธีการทำความเข้าใจถึงความต้องการและทราบถึงการทำงานทั้งหมดของโครงการก่อสร้าง หรืออาจจะพิจารณาเป็นเพียงบางส่วนที่สำคัญมากๆ ก็ได้โดยสามารถพิจารณาทั้งในด้านการออกแบบ เทคนิคและวิธีการก่อสร้าง เพื่อที่จะหลีกเลี่ยงค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็น ซึ่งจำเป็นที่เจ้าของโครงการและผู้ควบคุมงาน และผู้ก่อสร้างโครงการ จะต้องทำงานร่วมกันเป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน สำหรับวิธีการนั้นมีดังต่อไปนี้

- คัดเลือกโครงการที่จะทำ
- เข้าใจถึงปัญหา ประชุมเพื่อทำการรวบรวมข้อมูล ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญมากที่ทุกคนที่เกี่ยวข้องได้รับรู้ถึงความต้องการของโครงการ โดยจะต้องนำสิ่งเหล่านั่นมาศึกษาอย่างละเอียดถึงสิ่งที่ต้องการโดยที่มีใครเป็นผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่สำคัญ
- ระบุแนวทางแก้ปัญหาต่างๆ โดยกำหนดให้มีการประชุมในการระดมสมองร่วมกันในทีมงานเพื่อระบุแนวทางในการแก้ไขปัญหานั้น หลังจากทราบถึงปัญหาที่ต้องการดำเนินการแล้วเพื่อค้นหากระบวนการทำงานที่คุ้มค่าที่สุด ระบุถึงปัญหา ประเมินความสำคัญ พัฒนาทางเลือก ซึ่งมีความเป็นไปได้ว่ามีแนวทางการทำงานที่มากกว่าหนึ่งวิธีเสมอ ซึ่งจะต้องร่วมกันคิดเพื่อค้นหาวิธีการที่ดีที่สุดหรือเหมาะสม

- ประเมินผลว่าหากเปลี่ยนแปลงแล้วได้ผลอย่างไรหรือประเมินวิธีแก้ปัญหาต่างๆ ในขั้นตอนนี้จะเป็นการประเมินว่าวิธีการใดที่ได้คัดเลือกมามีความไม่เหมาะสม ก็จะตัดแนวทางแก้ปัญหานั้นออกไป ซึ่งอาจมีหลายเหตุผลในการตัดออกไป เช่น เหตุผลด้านต้นทุน ความสามารถของทีมงานปฏิบัติงาน อื่นๆ เป็นต้น
- กำหนดรายละเอียดเชิงลึก ในขั้นตอนนี้หลังจากเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้แล้ว จะต้องเริ่มดำเนินการศึกษากระบวนการที่เลือกมาในเชิงลึกมากขึ้น โดยจะต้องกำหนดกระบวนการทำงานทั้งหมดโดยละเอียด ทำการประเมินต้นทุนทั้งหมด เขียนแผนงานและกำหนดปริมาณคนแรงงานที่ต้องใช้ในแต่ละช่วงเวลา
- นำเสนอแนวทางการแก้ปัญหา ซึ่งขั้นตอนนี้จะต้องผ่านการกลั่นกรองและคัดเลือกทางเลือกที่เหมาะสมว่าดีที่สุด ตอบสนองความต้องการได้ดีที่สุดแล้ว
- นำไปปฏิบัติ และสรุปผลดังรูปที่ 2.8

Stage	Unified Plan of Work	RIBA Plan of Work 2013	Potential VM/VE activities
0	Strategy	Strategic Definition	VM workshop [client-led]
1	Brief	Preparation and Brief	VM workshop [client + design team]
2	Concept	Concept Design	VM workshop [design-led]
3	Definition	Developed Design	VM workshop [design-led + contractor if appointed], and/or VE study [design team or discipline-led + contractor if appointed]
4	Design	Technical Design	
5	Build and Commission	Construction	VE study [contractor-led + design team or discipline]
6	Handover and Close-Out	Handover and Close-Out	
7	Operation	In Use	Post-occupancy or operation study [client-led + delivery team]

รูปที่ 2.8 ลำดับการดำเนินการวิศวกรรมคุณค่า พร้อมกำหนดผู้รับผิดชอบในแต่ละกิจกรรม (RICS UK, 2017)

2.2.3 ข้อกำหนดเกณฑ์วัดความคุ้มค่าของโครงการ

ข้อกำหนดของเกณฑ์วัดความคุ้มค่าของโครงการ จะต้องมาจากมุมมองที่หลากหลายโดยจะมาจากกลุ่มคนที่มีส่วนได้ส่วนเสียในการใช้วิศวกรรมคุณค่า เช่น เจ้าของ ผู้ออกแบบ ผู้รับเหมางาน เป็นต้น โดยถือเป็นเรื่องปกติที่อาจจะมีมุมมองที่แตกต่างกันบ้าง แต่การเกิดมุมมองที่แตกต่างกันนั้นก็เพราะว่าต่างก็มีจุดมุ่งหมายในการลดต้นทุนของโครงการ และต้องการค้นหาความคุ้มค่าในการ

ดำเนินการโครงการให้ได้มากที่สุด และการทำงานยังอยู่ในงบประมาณที่ได้กำหนดไว้ หรืออาจเป็นเพราะกลยุทธ์ผลตอบแทนที่ได้รับจากการนำวิศวกรรมคุณค่ามาใช้ในโครงการด้วย และการนำวิศวกรรมคุณค่ามาใช้ในแต่ละขั้นตอนควรจะต้องมีการกำหนดผู้รับผิดชอบของแต่ละช่วงเวลาของโครงการ เพื่อให้เกิดผลสูงสุดตามข้อกำหนดเกณฑ์วัดความคุ้มค่า ซึ่งสามารถวิเคราะห์คุณค่าเพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจได้ ดังแสดงในสมการที่ 6 ซึ่งสมการนี้เป็นการค้นหาคุณค่าของโครงการโดยพิจารณาจากประโยชน์ที่ต้องการใช้เปรียบเทียบกับต้นทุนค่าใช้จ่าย ซึ่งคุณค่า (Value) ที่คำนวณได้หลังการใช้หลักวิศวกรรมคุณค่าควรจะเท่ากับหรือเพิ่มมากขึ้น จึงจะถือว่าการคัดเลือกโครงการและปรับปรุงนั้นมีความเหมาะสมและคุ้มค่าพอที่จะนำไปปฏิบัติ

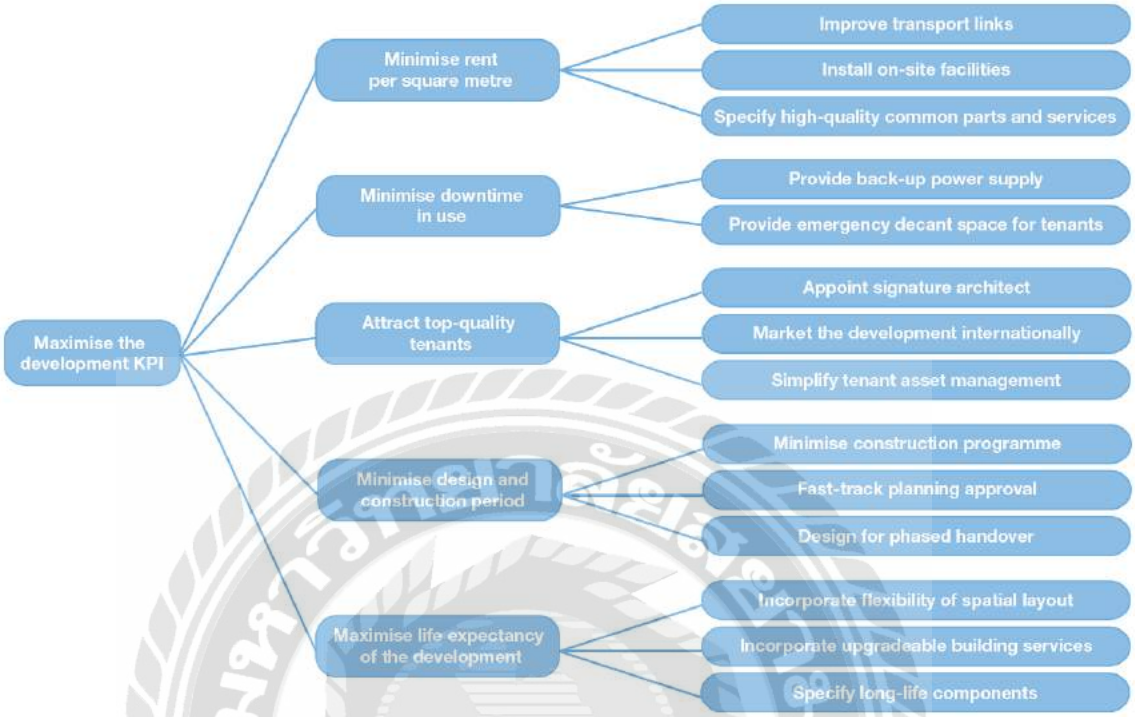
$$Value = \frac{Function}{Cost} \tag{6}$$

Value คือ คุณค่าของสินค้าหรือผลิตภัณฑ์
Function คือ ประโยชน์ที่ต้องการใช้
Cost คือ ต้นทุนหรือค่าใช้จ่าย

2.2.4 กำหนดอะไรคือสิ่งที่ควรทำและอะไรคือสิ่งที่ไม่สร้างคุณค่า

วิศวกรรมคุณค่าผู้ที่จัดทำ จะต้องเข้าใจว่าเป็นการทำเพื่อให้โครงการเกิดผลประโยชน์สูงสุดต่อบุคคลที่มีส่วนได้ส่วนเสียในโครงการนั้นๆ เช่น เจ้าของโครงการ เป็นต้น โดยที่ผู้ที่นำเสนอวิศวกรรมคุณค่าจะต้องเป็นผู้ที่เข้าใจว่า วัสดุ อุปกรณ์ ระบบและขั้นตอนต่างๆ ที่นำเสนอปรับใช้นั้นควรเป็นสิ่งที่ควรทำและไม่ควรทำหรือไม่สร้างคุณค่าใดๆ

รูปแบบ วิธีการต่างๆ ควรที่จะต้องทำการวิเคราะห์ผลดีผลเสียให้รอบคอบครอบคลุม ควรทำการเปรียบเทียบทางเลือกต่างๆ ที่นำเสนอ ทั้งทางด้าน เวลา ต้นทุน และการดำเนินการต่างๆ โดยอาจจำแนกว่ากระบวนการใดเป็นกระบวนการหลัก กระบวนการใดเป็นกระบวนการรอง ที่จะต้องทำในโครงการนั้นๆ สามารถนำมาแสดงผลในรูปแบบของ Flow chart เพื่อให้เข้าใจได้ง่ายขึ้นก็ได้สำหรับสิ่งที่ควรจะทำในโครงการ เพื่อให้ผู้ปฏิบัติได้ทราบถึงลำดับขั้นของการทำงานต่างๆ ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 Flow chart การทำงานวิศวกรรมคุณค่า

(RICS UK, 2017)

2.2.5 ให้น้ำหนักและจัดลำดับความสำคัญของวิธีการ

หลังจากที่ได้กำหนดว่าอะไรที่ควรทำแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการให้น้ำหนักและจัดลำดับความสำคัญ ของวิธีการที่ได้เลือกมา ซึ่งขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญมากๆ ในการจัดทำเพื่อให้ผู้ที่มีส่วนได้ส่วนเสียในโครงการใช้ประกอบการตัดสินใจคัดเลือกวิธีการที่คุ้มค่ามากที่สุด

แนวทางการจัดทำในขั้นตอนนี้คือ นำการกำหนดสิ่งที่จะทำเรียบร้อยแล้วในขั้นตอนก่อนหน้า ให้คิดและคำนวณต้นทุนค่าใช้จ่ายของวิธีการดำเนินการซึ่งควรคิดวิธีการไว้ไม่น้อยกว่า 2 วิธี โดยควรแสดงออกมาในรูปแบบของตารางสรุปผลเพื่อให้ง่ายต่อการตัดสินใจ โดยในรูปที่ 2.10 แสดงผลความคุ้มค่าว่าวิธีการใดคุ้มค่ามากที่สุดไปถึงวิธีการใดคุ้มค่าน้อยที่สุด เพื่อให้ผู้มีอำนาจสามารถตัดสินใจได้

Function (unit of measurement)	Solution 1	Solution 2	Solution 3	Solution 4
Minimise installation cost (£)	5,000 (2)	8,000 (4)	4,000 (1)	6,000 (3)
Minimise energy use per year (£)	500 (2)	400 (1)	650 (3)	800 (4)
Maximise life expectancy (years)	12 (2=)	12 (2=)	10 (4)	15 (1)
Maximise output of each lamp (lumen)	400 (4)	800 (1)	500 (3)	700 (2)
Maximise uniformity of lighting (%)	100 (1)	60 (3=)	60 (3=)	70 (2)
Minimise output degradation over time (%/year)	5 (2=)	5 (2=)	3 (1)	7 (4)
Simplify control of lighting (1–5 scale)	4 (2)	2 (3)	1 (4)	5 (1)
Ensure flexibility in control system (1–5 scale)	3 (2)	2 (3=)	2 (3=)	5 (1)
Ensure all components are accessible (1–5 scale)	1 (4)	4 (1=)	4 (1=)	4 (1=)
Reduce variety of fittings (number)	10 (3)	4 (1)	12 (4)	8 (2)
Improve reporting of unit failure (1–5 scale)	4 (2)	2 (4)	3 (3)	5 (1)
Number of 1st places	**1**	**4**	**3**	**5**

รูปที่ 2.10 ตารางแสดงวิธีการดำเนินการในโครงการเทียบกับต้นทุนที่เกิดขึ้นจากวิธีการนั้นๆ (RICS UK, 2017)

หลังจากเสนอทางเลือกรูปแบบของวิธีการที่จะนำมาใช้เรียบร้อยแล้ว ต่อไปก็จะมีการตัดสินใจเลือกวิธีการที่เหมาะสม ซึ่งในขั้นตอนนี้ก็เป็นหน้าที่ของผู้ที่มีส่วนได้ส่วนเสีย เลือกวิธีการที่คุ้มค่าที่สุด ดังนี้

- ตัดสินใจร่วมกันโดยผ่านการพูดคุยและสรุปร่วมกัน
- หากตัดสินใจไม่ได้ต้องทำการโหวต โดยใช้มติในที่ประชุม
- หากการตัดสินใจส่งผลต่อความสัมพันธ์สามารถเปิดโหวตแบบลับ ได้เช่นกัน

2.3 โครงสร้างคอนกรีตสำเร็จรูป (Precast)

ปรีดา ไชยมหาวัน (2561) ได้อธิบายว่าโครงสร้างคอนกรีตสำเร็จรูป ระบบการก่อสร้างอาคารโดยใช้ชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป ได้รับความนิยมทั้งในประเทศสหรัฐอเมริกา และในทวีปยุโรป โดยอเมริกานั้นเกิดขึ้นในปี ค.ศ. 1950 ส่วนในยุโรปนั้นเกิดขึ้นเมื่อปี ค.ศ. 1905 และมีการพัฒนาเรื่อยมาจนกระทั่งในปัจจุบัน รูปนี้กลายเป็นระบบก่อสร้างที่มีส่วนสำคัญ มีการผลิตเป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ใช้ในการก่อสร้างอาคารมากมาย สำหรับประเทศไทย ได้เริ่มพัฒนาระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป เมื่อประมาณ พ.ศ. 2535 แนะมีการพัฒนาเรื่อยมาจนถึงปัจจุบัน

2.3.1 ข้อดีข้อเสียระบบชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป

- โครงสร้างชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จรูป หรือ Precast Concrete เป็นระบบก่อสร้างที่มีการหล่อชิ้นส่วนคอนกรีตในแบบหล่อที่ได้เตรียมไว้ในโรงงานผลิต เมื่อบ่มคอนกรีตในสภาพแวดล้อมที่มีการควบคุมแล้ว ได้กำลังอัดที่ต้องการ จึงยกแนะนำมาติดตั้งที่หน้างาน ข้อได้เปรียบของระบบชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จรูปได้แก่
- ความรวดเร็วในการก่อสร้าง ใช้ระยะเวลาก่อสร้างหน่อยสามารถเปิดใช้งานอาคารได้ทันตามความต้องการของเจ้าของงาน ทำให้เจ้าของคืนทุนก่อสร้างได้เร็วกว่า
- มีการควบคุมคุณภาพการผลิต เป็นอย่างดีมาจากโรงหล่อชิ้นส่วน ทั้งในเรื่องของวัตถุดิบ อัตราส่วนผสมคอนกรีตที่ได้มาตรฐาน และฝีมือการทำงานที่มีการควบคุมคุณภาพ
- มีการใช้ระบบคอนกรีตอัดแรงช่วย ทำให้มีกำลังต้านทานสูง องค์อาคารมีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา และประหยัดวัตถุดิบ
- ในด้านสถาปัตยกรรมสามารถหล่อชิ้นส่วนที่มีพื้นผิวที่มีความสวยงาม มีรูปร่าง และสีสันได้ตามต้องการ
- ได้โครงสร้างที่สามารถควบคุมอุณหภูมิ และควบคุมเสียงได้เป็นอย่างดี
- สามารถก่อสร้างได้ทุกสภาวะอากาศ เช่นช่วงที่ฝนตก ก็สามารถใช้การเตรียมงานในโรงหล่อชิ้นส่วนได้
- ผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จรูป สามารถออกแบบให้ก่อสร้างเป็นเพียงผนังตกแต่งทางสถาปัตยกรรม (Cladding) หรือจะได้เป็น ระบบกำแพงรับน้ำหนักบรรทุกแนวดิ่ง (Bearing wall) ก็ได้
- ระบบโครงสร้างคอนกรีตหล่อสำเร็จรูปส่วนใหญ่ จะอยู่บนพื้นฐานรองรับอย่างง่าย ซึ่งปริมาณเหล็กเสริมต้านทานโมเมนต์บวก จะมีมากกว่าระบบคานต่อเนื่อง อย่างไรก็ตามสามารถทำให้เกิดความต่อเนื่องในฐานะรองรับได้ โดยจะต้องมีการให้รายละเอียดการเสริมเหล็กในจุดต่อที่ดี
- ขนาดและรูปร่างค่อนข้างตายตัว เนื่องจากข้อจำกัดของแบบหล่อและข้อจำกัดของการยกขึ้นและขนส่ง
- ชิ้นส่วนคอนกรีตมีน้ำหนักมาก ทำให้การขนส่งและติดตั้งต้องใช้เครื่องมือในการยกที่มีค่าใช้จ่ายสูง
- ระบบชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จรูปจะมีราคาสูงเมื่อผลิตจำนวนไม่มาก แต่จะมีราคาถูกลงเมื่อทำการผลิตในจำนวนมาก และผลิตในลักษณะหน้าตัดที่ซ้ำกันในตอนเริ่มต้น การก่อสร้างหรือ

ตั้งโรงงานผลิตชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จรูป จะต้องใช้เงินลงทุนสูง เนื่องจากต้องทำแบบหล่อและต้องมีเครนสำหรับยกชิ้นงาน

- ต้องมีการออกแบบจัดวางการวางรูปแบบโครงสร้างที่ดี แบบก่อสร้างต้องมีความละเอียดเพื่อให้การก่อสร้างทำได้ง่าย และต้องให้ความสำคัญกับจุดต่อเป็นพิเศษ
- ต้องให้ความสนใจเป็นพิเศษในโครงสร้างคอนกรีตหล่อสำเร็จรูป เนื่องจากอาจเกิดผลกระทบจากการยึดรั้งโดยไม่ตั้งใจจากคอนกรีตสองชิ้นที่ไม่ได้หล่อยึดกัน เพียงแต่นำมาวางบนอีกชิ้นส่วนหนึ่ง เมื่อปริมาตรคอนกรีตมีการเปลี่ยนแปลงจากสาเหตุการคืบ การหดตัว หรือการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ คอนกรีตสองชิ้นย่อมมีการหดตัว หรือขยายตัว จากปัจจัยข้างต้นที่ไม่เท่ากัน เมื่อมีการยึดรั้งระหว่างชิ้นส่วนที่ไม่ดีพอ อาจเป็นสาเหตุให้เกิดรอยร้าวขึ้นในชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จรูปได้

2.3.2 การประยุกต์

ระบบโครงสร้างชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จรูปสามารถที่ประยุกต์ไปใช้กับ โครงสร้างอาคารหลากหลายประเภทยกตัวอย่างเช่น

- อาคารพักอาศัย (Residential buildings) อาคารพักอาศัยในระบบชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จรูป สามารถสร้างได้ทั้งอาคารเตี้ยและอาคารที่มีความสูงปานกลาง เช่น อพาร์ทเม้นท์ โรงแรม อาคารเหล่านี้จะใช้แผ่นพื้นภาคตัดขวางกลวงหรือภาคตัดขวางตัน หรือเป็นแผ่นพื้นคอนกรีตหล่อสำเร็จรูปเป็นผืนขนาดใหญ่ เป็นหลัก และใช้กำแพงรับน้ำหนักบรรทุกแนวดิ่งคอนกรีตหล่อสำเร็จรูปในการรับน้ำหนักอาคาร ดังรูปที่ 2.11

รูปที่ 2.11 บ้านพักอาศัยพรีคาสท์ 2 ชั้น

ที่มา : https://app.builk.com/rpc/projects/2017619?lang=TH

- อาคารสำนักงาน (Office buildings) ในต่างประเทศนิยมเตรียมชิ้นส่วนโครงสร้างหล่อสำเร็จรูปในโรงงาน และหล่อฐานรากโดยใช้คอนกรีตเทในที่ จากนั้นจึงนำชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จรูป คาน เสา มาติดตั้งที่หน้างาน โดยบางครั้งเป็นระบบกำแพงรับน้ำหนักบรรทุกแนวดิ่งที่มีการทำผิวตกแต่งทางสถาปัตยกรรมภายนอกมาเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ทำให้ประหยัดเวลาในการก่อสร้าง ดังรูปที่ 2.12

รูปที่ 2.12 อาคารพรีคาสท์ที่ก่อสร้างในระบบพรีคาสท์

ที่มา : https://www.commonfloor.com/guide/precast-concrete-an-advanced-method-of-construction-18085.html

- โรงงานอุตสาหกรรม (Warehouses and industrial buildings) มักต้องการพื้นที่ใช้สอยค่อนข้างมาก อาจใช้หลังคาเป็นโครงหักฉาก (Portal frame) แบบคอนกรีตหล่อสำเร็จรูป แล้วนำมาติดตั้งวางบนเสาคอนกรีตหล่อสำเร็จรูปที่มีบ่ารองนั่ง ผนังอาจใช้เป็นผนังคอนกรีตหล่อสำเร็จรูป ดังรูปที่ 2.13

รูปที่ 2.13 อาคารพรีคาสท์โรงงานหรืออาคารคลังสินค้า

ที่มา : https://vconthai.com/products/precast-column-and-beam

- ห้างสรรพสินค้า (Shopping malls) เช่น บิ๊กซี โลตัส โฮมโปร เป็นต้น มักนิยมสร้างด้วยระบบชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จรูป เนื่องจากสามารถสร้างได้รวดเร็ว ใช้ระยะเวลาประมาณ 6 เดือน แล้วเสร็จ ทำให้สามารถเปิดใช้งานอาคารได้อย่างรวดเร็ว ดังรูปที่ 2.14

รูปที่ 2.14 อาคารบิ๊กซี นาทวี ที่ก่อสร้างด้วยระบบพรีคาสท์

ที่มา : https://app.builk.com/tekatatn/projects/2022957?lang=th

- อาคารจอดรถ (Parking structures) การก่อสร้างอาคารจอดรถในประเทศไทยนิยมใช้พื้นไร้คาน แต่สำหรับในต่างประเทศนิยมใช้อาคารจอดรถสร้างด้วยระบบคอนกรีตหล่อสำเร็จรูป ใช้เสาคอนกรีตหล่อสำเร็จรูปแบบมีบ่ารองนั่ง รองรับคานรูปตัวแอล ใช้พื้นหน้าตัดรูปตัวทีคู่ เนื่องจากสามารถวางพาดได้ช่วงยาว สำหรับราวกันตกอาจใช้คานรูปตัวแอล หล่อพร้อมกับราวกันตกเป็นชิ้นเดียวกัน หรือใช้ผนังกันตกเป็นคอนกรีตหล่อสำเร็จรูปนำมาติดตั้งที่หน้างานก็ได้ ดังรูปที่ 2.15

รูปที่ 2.15 อาคารที่จอดรถพรีคาสท์ระบบ เสา คาน รูปตัวแอล

ที่มา : https://fpmccann.co.uk/portfolio-items/car-parks-frames/#iLightbox[gallery_image_1]/15

กรมโยธาธิการและผังเมืองกระทรวงมหาดไทย (2565) ได้กำหนดมาตรฐานงานก่อสร้างอาคารด้วยระบบโครงสร้างชิ้นส่วนสำเร็จรูป ซึ่งปัจจุบันระบบโครงสร้างชิ้นส่วนสำเร็จรูปได้ถูกนำมาใช้ในการก่อสร้างอาคารในประเทศไทยอย่างแพร่หลาย ทั้งอาคารขนาดใหญ่ เช่น อาคารสูง และอาคารขนาดเล็ก เช่น บ้านเดี่ยวหรือบ้านแถว เนื่องด้วยระบบโครงสร้างชิ้นส่วนสำเร็จรูปจะใช้ระยะเวลาในการก่อสร้างน้อยกว่าระบบโครงสร้างหล่อในที่ (Cast-in-place) เป็นอย่างมาก สามารถควบคุมคุณภาพได้ดีด้วยการผลิตภายในโรงงาน สามารถลดมลพิษและวัสดุสูญเสียในระหว่างการก่อสร้าง และยังสามารถลดต้นทุนในการก่อสร้างได้ในกรณีที่เป็นการก่อสร้างรูปแบบเดียวกันจำนวนมากๆ

(1) ข้อกำหนดทั่วไปของอาคารที่ใช้ชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป

- การออกแบบองค์อาคารและจุดเชื่อมต่อของชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จต้องคำนึงถึงการรับน้ำหนัก และสภาพการยึดรั้งของชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จ ตั้งแต่เริ่มการผลิต การกองเก็บ การขนส่ง การติดตั้ง รวมถึงสภาพการใช้งานจริง
- เมื่อองค์อาคารคอนกรีตหล่อสำเร็จประกอบขึ้นเป็นระบบโครงสร้าง แรงที่เกิดขึ้นจากน้ำหนักต่างๆ ได้แก่ น้ำหนักโครงสร้าง น้ำหนักบรรทุกใช้งาน แรงลม แรงแผ่นดินไหว รวมถึงการเสียรูปที่เกิดขึ้นจากแรง หรือการเปลี่ยนแปลงปริมาตรต้องถูกพิจารณาในการออกแบบชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จ รวมถึงบริเวณจุดเชื่อมต่อระหว่างชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จ
- ผู้ออกแบบต้องระบุและคำนึงถึงผลของค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ ขององค์อาคารที่ทำจากชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จและองค์อาคารอื่นที่เกี่ยวข้อง รวมถึงค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นบริเวณ จุดเชื่อมต่อของชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จ
- แบบก่อสร้างอาคารที่ใช้ชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จ ทั้งที่เป็นคอนกรีตเสริมเหล็กและ/หรือคอนกรีตอัดแรง จะต้องแสดงรายละเอียดทางโครงสร้าง และรายการประกอบแบบ โดยต้องมีวิศวกรที่มีใบประกอบวิชาชีพ เป็นไปตามกฎหมายว่าด้วยวิศวกร ลงนามรับรองแบบก่อสร้างนั้น
- ต้องระบุประเภทและตำแหน่งของรอยต่อเชื่อมและข้อต่อทางกลของเหล็กเสริม ในรายการประกอบแบบและแบบก่อสร้าง ดังต่อไปนี้
- รายละเอียดการเสริมเหล็ก อุปกรณ์ที่ฝังในคอนกรีต อุปกรณ์สำหรับยกชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จที่จำเป็นในการรับแรงชั่วคราวที่เกิดจากการเคลื่อนย้าย การกองเก็บ การขนส่งและการติดตั้ง

- กำลังอัดคอนกรีตที่ต้องการในช่วงอายุต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการผลิต การขนส่ง การติดตั้งและการใช้งาน
- รายการคำนวณออกแบบ หากใช้การวิเคราะห์และการออกแบบโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ผู้ออกแบบต้องแสดงข้อมูลที่ใช้ สมมติฐานที่ใช้ในการออกแบบ และแบบจำลองสำหรับการวิเคราะห์โครงสร้างหรือองค์อาคาร พร้อมส่งผลที่ได้รับจากโปรแกรมแนบไปกับเอกสารการขออนุญาตก่อสร้างด้วย
- การพิจารณารับรองการคำนวณออกแบบ หรือการก่อสร้างระบบพิเศษ
- วิศวกรสามารถนำเสนอข้อมูลการออกแบบ การก่อสร้าง หรือการเลือกวัสดุก่อสร้างที่อยู่นอกเหนือ ขอบเขตของมาตรฐานฉบับนี้ได้ แต่ต้องแสดงรายละเอียดการวิเคราะห์ และการทดสอบที่แสดงค่าความปลอดภัยต่อการใช้งานอย่างเพียงพอ เป็นไปตามมาตรฐานนี้
- การทำเครื่องหมายและหมายเลขประจำชิ้นงาน
- ชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จต่ละชิ้นต้องมีสัญลักษณ์ เครื่องหมาย หรือฉลากหมายเลขประจำชิ้นงานติดตั้งในตำแหน่งที่เห็นได้อย่างชัดเจน

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาเอกสารบทความทางวิชาการที่เกี่ยวข้องจะพบว่าในประเทศไทยนั้น มีการศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการบริหารและจัดการโครงการทั้งในส่วนการจัดการด้านต้นทุน หรือการจัดการด้านเวลาในการดำเนินงานให้รวดเร็วและคุ้มค่าที่สุด ซึ่งงานวิจัยที่ได้ศึกษามีดังนี้

วชรภูมิ เบญจโอฬาร (2554) ได้ศึกษาต้นทุนโดยนำในส่วนทฤษฎีต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายทั้งหมดของงานก่อสร้างมาเป็นแนวทางใน การทำโครงงานครั้งนี้ ได้ประกอบไปด้วย เป็น (1) ต้นทุนทางตรง (Direct costs) (2) ต้นทุน ทางอ้อมหรือต้นทุนค่าดำเนินงานของโครงการ (Indirect costs or project overhead costs) (3) ต้นทุนค่าดำเนินการที่สำนักงานใหญ่ (General and administrative costs) ตลอดจนการวิเคราะห์จุดคุ้มทุน ในมุมมองของการดำเนินธุรกิจค่าใช้จ่าทั้งหมดของบริษัทออกเป็นสองลักษณะ คือ (1) ต้นทุนผัน แปร(Variable costs) และ(2) ต้นทุนคงที่ (Fixed costs)

เฉลิมเกียรติ วงศ์วนิชทวี (2556) ได้นำเสนอแนวทางวิศวกรรมคุณค่าเป็นเทคนิคที่ใช้การวิเคราะห์ประโยชน์การใช้งาน เพื่อเพิ่มคุณค่าของผลิตภัณฑ์ โครงการหรือกระบวนการอย่างเป็นระบบ ในที่นี้ได้ประยุกต์ใช้วิศวกรรมคุณค่ากับการวิเคราะห์ทางเลือกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมในการซ่อมแซมเขื่อนกันดินริมแม่น้ำที่มีปัญหา ซึ่งทั้งนี้ทางทีมงานวิศวกรรมได้มีโอกาสเสนอและพิจารณาแนวคิดในการ

ปรับปรุงวิธีการซ่อมแซม รวมทั้งพิจารณค่าใช้จ่ายและเงื่อนไขด้านสิ่งแวดล้อมหน้างาน เพื่อก่อให้เกิดความคุ้มค่ากับเงินที่ใช้จ่ายและมีความคุ้มค่ามากขึ้นนั่นเอง โดยผลสรุปหลังจากนำเทคนิควิศวกรรมคุณค่ามาปรับปรุงทำให้สามารถลดราคาค่าใช้จ่ายได้มากกว่าร้อยละ 30 และเวลาที่ใช้ในหน้างานน้อยกว่าร้อยละ 50 และรบกวนสิ่งแวดล้อมหน้างานน้อยกว่าวิธีการซ่อมแซมเดิม (วิธีที่ทางผู้ออกแบบดั่งเดิมทำ)

นารีรัตน์ ปาระมีสัก และปารเมศ ชุติมา (2557) ได้นำเสนอหลักการวิศวกรรมคุณค่ามาประยุกต์ใช้ในการลดต้นทุนของผลิตภัณฑ์ชุดแต่งรถยนต์ ตามแผนงาน 7 ขั้นตอนหลัก คือ 1.ขั้นตอนทั่วๆ ไป 2. ขั้นตอนการรวบรวมข้อมูล 3. ขั้นตอนการวิเคราะห์หน้าที่ 4. ขั้นตอนการสร้างสรรค์ความคิด 5. ขั้นตอนการประเมินผล 6. ขั้นตอนการทดสอบและพิสูจน์ และ 7. ขั้นตอนการเสนอแนะ ซึ่งได้ทำการวิจัยเพื่อลดต้นทุนกระบะปูพื้นรถยนต์ซึ่งมียอดขายมากที่สุดถึง 61% ของยอดขายอุปกรณ์ตกแต่งรถยนต์ประเภทกระบะ จากผลการดำเนินการ 7 ขั้นตอนตามหลักวิศวกรรมคุณค่าทำให้บริษัทสามารถลดต้นทุนผลิตภัณฑ์ลงจากเดิม 24% และคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์หลังการปรับปรุงตรงตามความต้องการของลูกค้าตามผลที่ได้จากการรวบรวมข้อมูลในขั้นตอนที่สองด้วย

สมชาย วรธงไชย (2555) ได้ศึกษาแนวทางในเรื่อง ส่วนประกอบของต้นทุนงาน ก่อสร้าง จากเอกสารโครงงาน การวางแผนและติดตามควบคุมต้นทุนโครงการก่อสร้างการศึกษา ครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ เป็นการพัฒนาโปรแกรม Microsoft Excel เพื่อช่วยตัดสินใจควบคุม ต้นทุนโครงการก่อสร้างของบริษัทรับเหมาขนาดเล็ก โดยทำการศึกษาเกี่ยวกับการวางแผนและ ติดตามควบคุมต้นทุนโครงการ จากข้อมูลค่าใช้จ่ายในโครงการก่อสร้างอาคารพักอาศัยรวมสูง 4 ชั้น โดยใช้เครื่องมือการควบคุมต้นทุนด้วยวิธี Earned Value Analysis วิเคราะห์ผลการเปรียบเทียบ แผนงาน ผลงานที่ทำได้และค่าใช้จ่ายจริงที่เกิดขึ้น นำมาสร้างดัชนีชี้วัดสถานะต้นทุนโครงการ การพัฒนาโปรแกรม Microsoft Excel ให้สามารถเก็บบันทึกเชื่อมโยงและประมวลผลข้อมูลการใช้ ต้นทุนงบประมาณของทรัพยากรและค่าใช้จ่ายจริงแสดงข้อมูลและผลลัพธ์ในใบรายงานที่กำหนด ได้ถูกต้องรวดเร็ว ทำให้สามารถรับรู้สถานะต้นทุนโครงการที่เกิดขึ้นระหว่างดำเนินการก่อสร้าง และเฝ้าติดตามผลงาน ช่วยให้ผู้รับเหมาหรือผู้จัดการโครงการใช้ตัดสินใจในการแก้ปัญหางานได้ อย่างทันเหตุการณ์จากการทำ โครงงานพัฒนาโปรแกรม ช่วยตัดสินใจควบคุมต้นทุนของโครงการ ก่อสร้างของบริษัทรับเหมาขนาดเล็ก สามารถสรุปโดยสังเขปดังนี้

1. การวางแผนและติดตามควบคุมต้นทุน ได้ใช้วิธี Earned Value Analysis วิเคราะห์ เปรียบเทียบ 3 ค่าหลักคือ มูลค่าแผนงาน มูลค่าผลงานและค่าใช้จ่ายจริงที่เกิดจากงาน การรวบรวมข้อมูลบัญชีการใช้

ทรัพยากรและค่าใช้จ่ายงานก่อสร้าง โดยอาศัย โปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Excel ช่วยพัฒนาจัดทำใบรายงาน (Spread Sheet) สำหรับบันทึกข้อมูลเข้า จำนวน 2 ใบรายงาน ประมวลและแสดงผลลัพธ์ จำนวน 7 ใบรายงาน

2. การพัฒนาโปรแกรม เป็นการรวบรวมรายการผังบัญชีต้นทุนโครงการให้ครอบคลุม เหมาะสมกับงาน ช่วยเก็บบันทึกข้อมูลการประมาณราคามูลค่าแผนงานและผลงาน สามารถคำนวณเชื่อมโยงเปรียบเทียบกัน

3. ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ต้นทุน สามารถรับรู้สถานะเชิงเวลาของกิจกรรมงานหลัก ว่าช้าหรือเร็วกว่าแผนและสถานะต้นทุนของการใช้ทรัพยากรหลักว่า สูงกว่าแผนงาน

ลัคน์สิริ ตรีรานุรัตน์และธนันท์ ชุบอุปการ (2555) ได้ศึกษาและอธิบายว่าอุตสาหกรรมการก่อสร้างของประเทศไทยได้พัฒนาไปอย่างรวดเร็วเพื่อตอบสนองความต้องการเจ้าของอาคาร จึงมีการพัฒนาเทคนิคและกระบวนการก่อสร้าง โดยการพัฒนาระบบการก่อสร้างของโครงสร้างเป็นลักษณะ ชิ้นส่วนสำเร็จรูป ซึ่งใช้เวลาการก่อสร้างรวดเร็วและต้นทุนต่ำเพื่อเป็นการตอบสนองต่อความ ต้องการของผู้บริโภคสูงสุด งานวิจัยนี้จึงทำการศึกษากรณีศึกษาโดยวิเคราะห์และเปรียบเทียบ ต้นทุนรวมและระยะเวลาของกระบวนการก่อสร้างแบบหล่อสำเร็จและแบบหล่อในที่ของอาคาร พาณิชยขนาดเล็กที่มีพื้นที่ใช้สอยไม่เกิน 300 ตารางเมตร ของบริษัท เอ็มอีซี อินดัสตรี จำกัดปี พ.ศ.2553 ซึ่งประกอบด้วยต้นทุนวัสดุการก่อสร้างและชิ้นส่วนต่าง ๆ ต้นทุนการขนส่ง ต้นทุนการ ติดตั้งโครงสร้างและชิ้นส่วนสำเร็จรูป ต้นทุนค่าแรงงาน และต้นทุนการจัดเก็บ รวมถึงระยะเวลา การก่อสร้าง จากผลการศึกษาพบว่าการก่อสร้างโดยใช้ชิ้นส่วนสำเร็จรูปใช้ระยะเวลาในการ ก่อสร้าง 73 วัน ลดลงจากแบบหล่อในที่ ซึ่งใช้ระยะเวลาในการก่อสร้าง 106 วัน สามารถลด ระยะเวลาจากเดิม 31% และต้นทุนรวมลดลง 1% จากกระบวนการหล่อแบบเดิม

สศิธา หล่อสกุล (2556) ได้ศึกษาการใช้หลักวิศวกรรมคุณค่าในการบริหารโครงการประเภทบ้านพักอาศัย การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการและขั้นตอนในการใช้หลักวิศวกรรมคุณค่ากับการบริหารโครงการก่อสร้างและศึกษาผลกระทบพร้อมข้อเสนอแนะของหลักวิศวกรรมคุณค่าในการบริหารโครงการก่อสร้างซึ่งเป็นการคุ้มค่าเชิงอิสระ โดยจะเป็นการสัมภาษณ์ตั้งต้นเพื่อใช้เป็นข้อมูลทั่วไปและคำถามเจาะลึกที่เกี่ยวกับการบริหารโครงการด้วยการรวบรวมข้อมูลจากอาคารชุดพักอาศัย 3 อาคารจาก 3 หน่วยงาน ผลวิจัยพบว่าการใช้หลักวิศวกรรมคุณค่าสำหรับการบริหารงานของโครงการก่อสร้างอาคารพักอาศัยพบว่า สามารถทำได้ 3 ขั้นตอนคือ 1. ขั้นตอนการออกแบบ 2. ขั้นตอนการจัดจ้างงาน 3. ขั้นตอนเริ่มงานก่อสร้างโครงการ โดยสัดส่วนของการปรับลดต้นทุนของโครงการ

อาคารอยู่อาศัยรวม หมอน 41 (เรือนวิรัชมิตร / ระเบียงจามจุรี) ได้เริ่มปรับปรุงการลดต้นทุนตามหลักวิศวกรรมคุณค่าในช่วงกำลังก่อสร้างโครงการมีสัดส่วนงานลดต้นทุนทั้งหมดมีปริมาณมูลค่าในสัดส่วนของงานสถาปัตยกรรมร้อยละ 82 งานระบบอาคารร้อยละ 12 และหมดของโครงสร้างและงานจัดการไม่มีการปรับปริมาณมูลค่าแต่อย่างใด

วุฒิพงศ์ อ่อนศรีสมบัติ (2556) ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความล่าช้าในโครงการก่อสร้างอาคารในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งมักจะเกิดขึ้นอยู่เป็นประจำคืองานก่อสร้างที่ไม่แล้วเสร็จตามสัญญาส่งผลให้เกิดความเสียหาย โดยการศึกษานี้แบ่งการศึกษาออกเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มผู้ออกแบบ กลุ่มผู้ควบคุมงานและบริหารโครงการและกลุ่มผู้รับเหมางานก่อสร้าง ผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยที่เป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดความล่าช้า 5 อันดับแรกคือ 1. การที่มีแรงงานก่อสร้างไม่เพียงพอ 2. การขาดสภาพคล่องทางการเงินของผู้รับเหมา 3. การจ่ายเงินงวดไม่เป็นไปตามกำหนด 4. ผู้ควบคุมงานมีจำนวนบุคลากรไม่เพียงพอ 5. การออกคำสั่งเปลี่ยนแปลงรายละเอียดของแบบที่ใช้ในการก่อสร้าง

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

การหาความคุ้มค่าและเหมาะสมของการเปลี่ยนรูปแบบการก่อสร้างของโครงการ อาคารเรียนรวม คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เป็นงานวิจัยที่นำหลักวิศวกรรมคุณค่ามาใช้เพื่อหาความเหมาะสมคัดเลือกแนวทางก่อสร้างโครงการนี้ ภายใต้ข้อจำกัดที่มีในด้านของเวลาและด้านงบประมาณ เพื่อสามารถใช้เป็นข้อมูลตัดสินใจดำเนินการต่อไป

การดำเนินการวิจัยได้แบ่งขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัยเป็นลำดับ ดังนี้

3.1 รายละเอียดโครงการและการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.3 สรุปผลอภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

3.1 รายละเอียดโครงการและการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

ทำการศึกษารายละเอียดและเก็บข้อมูลของโครงการก่อสร้างอาคารเรียนรวม ตั้งแต่เริ่มต้นโครงการแสดงแผนงานไปจนถึงการตัดสินใจเลือกรูปแบบว่าจะก่อสร้างชิ้นส่วนสำเร็จรูปส่วนใดบ้าง เป็นต้น โดยมีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

3.1.1 อธิบายถึงรูปแบบโครงการ ตำแหน่งและสถานที่ตั้ง ขนาดและความสูงของอาคาร รวมทั้งพื้นที่ใช้สอยของอาคารนี้

3.1.2 เก็บรวบรวมรายละเอียดข้อมูลโครงการ ระยะเวลาดำเนินการทั้งหมด รวมทั้งงบประมาณทั้งหมดในการก่อสร้างโครงการ

3.1.3 แสดงผลงานตามสัญญาฉบับที่ 1 ซึ่งเป็นงานที่ผู้รับเหมารายแรกได้ดำเนินการแล้วเสร็จ มูลค่าผลงานที่ได้เบิก งานที่แล้วเสร็จ ในช่วงก่อนที่จะหยุดดำเนินการ

3.1.4 จากแผนการดำเนินการของสัญญาที่ 2 หลังจากที่ผู้รับเหมารายที่สองเข้าดำเนินการ ศึกษาแผนงานของงานโครงสร้างกับแผนงานเดิม วิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นหากมีการทำงานตามแผนงานเดิมและเปรียบเทียบแผนงานตามสัญญาที่ 2 ก่อนทำการปรับปรุงกระบวนการ

3.1.5 ค้นหาสายงานวิกฤตของโครงการจากแผนการดำเนินงาน เพื่อทำการเร่งรัดการทำงานให้แล้วเสร็จ

3.1.6 เริ่มกระบวนการขอเปลี่ยนแนวทางการก่อสร้าง สรุปรายการชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่มีการนำไปใช้ทั้งหมดในโครงการว่าจะเปลี่ยนแปลงส่วนใดบ้าง และนำเสนอรายการชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่ต้องการปรับเปลี่ยนกระบวนการไปยังเจ้าของโครงการเพื่อขออนุมัติ โดยสรุปผลการขออนุมัติที่ทางโครงการได้แจ้งเป็นลายลักษณ์อักษรไว้ในตารางผลการขออนุมัติ

ตารางที่ 3.1 สรุปรายการชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่จะขออนุมัติดำเนินการและสรุปผล

ลำดับที่	รายการที่ขออนุมัติเปลี่ยนแปลง	ผลการขออนุมัติ
1	เสาโครงสร้างชั้น 2-หลังคา	อนุมัติดำเนินการ
2	คานรับโครงสร้าง	ไม่อนุมัติดำเนินการ
3	ปล่องลิฟท์	ไม่อนุมัติดำเนินการ
4	บันได	ไม่อนุมัติดำเนินการ

3.1.7 สรุปผลการพิจารณาอนุมัติจากเจ้าของโครงการ

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

หลังจากที่ได้ส่งรายการสรุปและนำเสนอชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่ต้องการปรับเปลี่ยนกระบวนการก่อสร้างในส่วนของงานโครงสร้างอาคารไปยังเจ้าของโครงการเพื่อทำการขออนุมัติแล้วนั้น จะมีบางส่วนที่ได้รับอนุมัติ และบางส่วนที่ไม่ได้รับอนุมัติ โดยในส่วนนี้จะเริ่มนำกระบวนการทางวิศวกรรมคุณค่า ซึ่งถือเป็นเครื่องมือหลักในงานวิจัยฉบับนี้เข้ามาพิจารณาเพื่อหาคุณค่าที่เหมาะสม โดยแบ่งออกเป็น 7 ขั้นตอนดังนี้

3.2.1 ขั้นการเลือกผลิตภัณฑ์/โครงการ

3.2.2 ขั้นตอนการรวบรวมข้อมูล

3.2.2.1 สรุปและรวบรวมจำนวนเสาที่มีในโครงการ

3.2.2.2 แสดงรายละเอียดแบบก่อสร้างที่มีขยายรายละเอียดการเสริมเหล็ก

3.2.2.3 อธิบายขั้นตอนการหล่อเสาโครงสร้างตามแบบสัญญาก่อสร้าง

3.2.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์หน้าที่

3.2.3.1 วิเคราะห์หาคุณค่าของโครงงานที่ได้เลือกไว้สรุปผลดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 วิเคราะห์หน้าที่โครงงานของเสาคอนกรีตโครงสร้าง

ลำดับที่	ส่วนประกอบ	กริยา	นาม	ชนิดหน้าที่
1	คอนกรีต	รับ	น้ำหนักอาคาร	หลัก
2	เหล็ก	รับ	น้ำหนักอาคาร	หลัก
3	ไม้แบบ	สร้าง	รูปร่าง	รอง
4	จุดต่อเสา	รับ	น้ำหนักอาคาร	หลัก
5	บุคคล	สร้าง	ประกอบ	รอง
6	แบบ	สร้าง	รูปร่าง	รอง

3.2.3.2 จัดทำตารางน้ำหนักแต่ละหน้าที่ และทำการประเมินผลเชิงตัวเลขดังตารางที่ 3.3 และตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.3 การประเมินผลเชิงตัวเลข

	B	C	D	E	F
A	A-2	A-3	A-1	A-1	A-3
	B	B-2	C-2	E-2	B-2
		C	C-2	D-2	E-2
			D	D-3	F-2
				E	E-2

ตารางที่ 3.4 สรุปน้ำหนักเชิงตัวเลข

อักษร	หน้าที่	น้ำหนัก
A	จุดต่อเสา	10
B	คอนกรีต	4
C	เหล็ก	4
D	ไม้แบบ	5
E	บุคคล	2
F	แบบ	2

3.2.4 การสร้างสรรค์ความคิดเพื่อปรับปรุง

3.2.4.1 ระดมความคิดและจัดทำตารางบันทึกความคิดสร้างสรรค์

3.2.4.2 สรุปทางเลือกและแนวคิดการพัฒนาจุดต่อเสาชิ้นส่วนสำเร็จรูป

3.2.5 ขั้นตอนการประเมินผลความคิด

3.2.5.1 ทำการประเมินความคิดหลังจากที่ได้สร้างสรรค์ และกำหนดทางเลือกของโครงงานจุดต่อเสา โดยทำการอธิบายข้อดี ข้อเสีย และพูดถึงความเป็นไปได้ในการนำไปปฏิบัติงาน

3.2.5.2 ประเมินมูลค่างาน โดยการเปรียบเทียบงบประมาณตามสัญญาเทียบกับงบประมาณโดยใช้กระบวนการวิศวกรรมคุณค่าทำการเปรียบเทียบคุณค่าจากสมการที่ 6

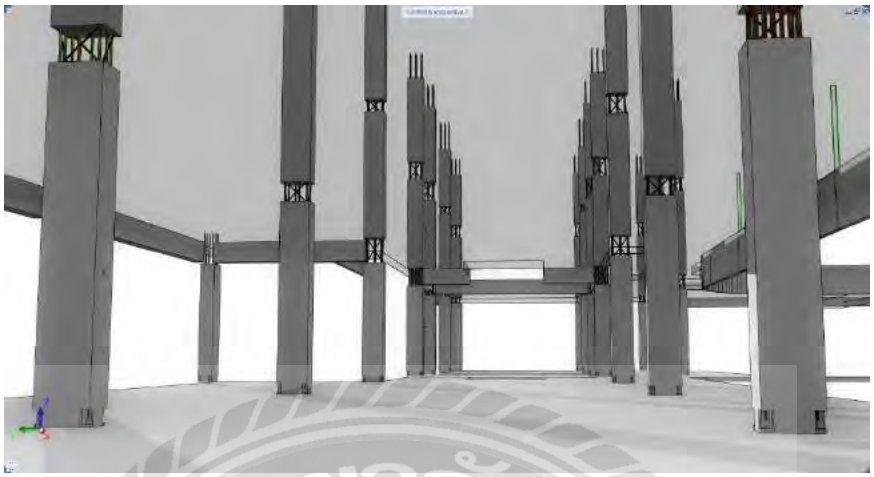
3.2.5.3 ประเมินระยะเวลาของกิจกรรมเฉพาะหล่อเสาโครงสร้างหากดำเนินการก่อสร้างตามแบบเดิมตามสัญญาเปรียบเทียบ กับการก่อสร้างเสาชิ้นส่วนสำเร็จรูป โดยใช้กระบวนการวิศวกรรมคุณค่าทำการเปรียบเทียบคุณค่าจากสมการที่ 6

3.2.5.4 ประเมินเปรียบเทียบแผนดำเนินงานโดยละเอียด ใช้กระบวนการวิศวกรรมคุณค่าทำการเปรียบเทียบคุณค่าจากสมการที่ 6

3.2.6 ขั้นตอนการลงมือปฏิบัติและพิสูจน์

3.2.6.1 ตรวจสอบรายการคำนวณจุดต่อเสา

3.2.6.2 จัดทำโมเดลแบบจำลอง 3 มิติโครงสร้างอาคาร



รูปที่ 3.1 โมเดลจำลองโครงสร้างอาคาร

ที่มา : บริษัท เชียงใหม่ พัฒนวิศว์ จำกัด

3.2.6.3 จัดทำคู่มือการประกอบ Column Shoes เข้ากับแบบหล่อ

3.2.6.4 คู่มือสำหรับการติดตั้งเสาชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่ใช้ระบบ Column Shoes + Corrugated

3.2.6.5 การติดตั้งเสาชิ้นส่วนสำเร็จรูป

3.2.7 สรุปผลการปฏิบัติ

3.3 เปรียบเทียบผลที่เกิดขึ้นจากการใช้กระบวนการวิศวกรรมคุณค่าด้านเวลา

สรุปผลหลังจากใช้กระบวนการวิศวกรรมคุณค่าเพื่อปรับปรุงกระบวนการต่างๆ แล้วสามารถประเมินผลลัพธ์ออกมาได้อย่างไรบ้าง ด้านเวลาในการก่อสร้าง โดยจะแสดงรูปที่สรุประยะที่สามารถเร่งรัดแผนสายงานวิกฤต สามารถเร่งรัดงานในกิจกรรมใดได้บ้าง พร้อมคำอธิบาย

3.4 เปรียบเทียบผลที่เกิดขึ้นจากการใช้กระบวนการวิศวกรรมคุณค่าด้านมูลค่าโครงการ

สรุปผลหลังจากใช้กระบวนการวิศวกรรมคุณค่าเพื่อปรับปรุงกระบวนการต่างๆ แล้วสามารถประเมินผลลัพธ์ออกมาได้อย่างไรบ้าง ด้านมูลค่าโครงการ โดยจะแสดงรูปมูลค่าโครงการที่สามารถเร่งรัดแผนสายงานวิกฤต สามารถปรับลดมูลค่าในกิจกรรมใดได้บ้าง พร้อมคำอธิบาย

3.5 สรุปผล

จากผลการวิจัยสรุปผลอภิปรายผลลัพธ์รวมทั้งข้อเสนอแนะที่ได้รับจากการทำวิจัยโครงการนี้โดยจะสรุปในแต่ละประเด็น ดังนี้

3.5.1 ประสิทธิภาพของโครงการ แสดงผลการวิเคราะห์ถึงประสิทธิภาพของโครงการว่าแนวโน้มความสำเร็จของโครงการจะเป็นอย่างไร สายงานวิกฤตของโครงการคือกิจกรรมใด

3.5.2 ปรับปรุงกระบวนการด้วยหลักวิศวกรรมคุณค่า ทำไมถึงตัดสินใจใช้หลักวิศวกรรมคุณค่ากับโครงการนี้ เกณฑ์การตัดสินใจเกิดจากใช้ตัวแปรใดมาตัดสินใจ

3.5.3 ผลลัพธ์หลังจากปรับปรุงกระบวนการด้วยหลักวิศวกรรมคุณค่า สรุปผลได้จากการนำไปปฏิบัติให้ผลลัพธ์อย่างไร พึงพอใจต่อผลลัพธ์ที่ได้ออกมาหรือไม่

บทที่ 4

ผลการดำเนินการวิจัย

ผลการดำเนินการวิจัย จะเป็นการรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ ของโครงการว่าลักษณโครงการมีรูปแบบอย่างไร วัตถุประสงค์ของงานก่อสร้างอาคารคืออะไร จากนั้นอธิบายปัญหาที่เกิดขึ้นของโครงการนี้ และทำไมจะต้องนำกระบวนการวิศวกรรมคุณค่ามาใช้ในงานก่อสร้าง วิเคราะห์ผลจากปัญหาอันเนื่องมาจากข้อจำกัดด้านเวลา และข้อจำกัดด้านงบประมาณ มีรายละเอียดดังนี้

4.1 ข้อมูลโครงการและรายละเอียดการดำเนินงาน

4.2 กระบวนการวิศวกรรมคุณค่า

4.3 เปรียบเทียบผลที่เกิดขึ้นจากการใช้กระบวนการวิศวกรรมคุณค่าด้านเวลา

4.4 เปรียบเทียบผลที่เกิดขึ้นจากการใช้กระบวนการวิศวกรรมคุณค่าด้านมูลค่าโครงการ

4.5 สรุปผลการวิจัย

4.1 ข้อมูลโครงการและรายละเอียดการดำเนินงาน

สรุปรายละเอียดของโครงการเพื่อแสดงภาพรวมโครงการ และอธิบายปัญหาและสาเหตุที่โครงการจะต้องขอเปลี่ยนแปลงกระบวนการก่อสร้าง

4.1.1 ข้อมูลและรูปแบบโครงการ

โครงการก่อสร้างอาคารศูนย์ปฏิบัติการวิชาชีพครูที่มีความเชี่ยวชาญด้านศาสตร์การสอนแนวใหม่พร้อมครุภัณฑ์ อาคารเรียนรวม คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ตั้งอยู่ที่จังหวัดเชียงใหม่ เป็นอาคารสูงทั้งสิ้น 4 ชั้น หลังคาทรงปั้นหยา โดยอาคารได้ออกแบบลักษณะอาคารเมื่อมองจากมุมมองด้านบนหรือ Plan view เป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ตัวอาคารไม่ได้ทำการก่อสร้างเต็มพื้นที่ทั้งหมดของรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยมีพื้นที่ใช้สอยทั้งหมดโดยประมาณ 12,200 ตารางเมตร แสดงในรูปที่ 4.1 และ รูปที่ 4.2

รูปที่ 4.1 มุมมอง Perspective view ของอาคาร

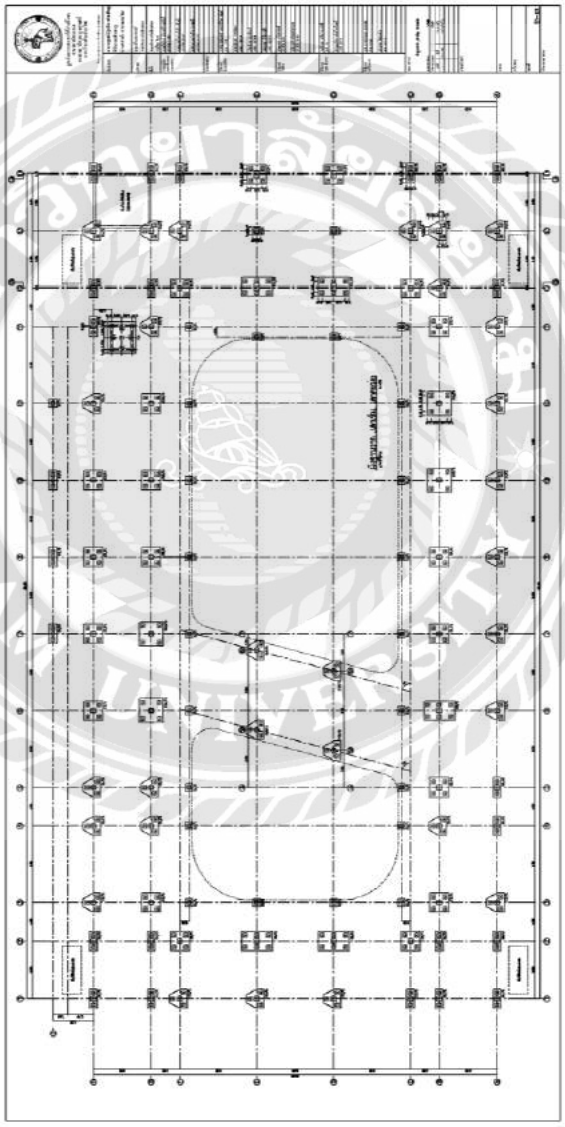
ที่มา : https://www.facebook.com/photo/?fbid=600422517185794&set=pcb.600389080522471

รูปที่ 4.2 รูปภายในอาคารเรียน

ที่มา : https://www.facebook.com/photo/?fbid=600422517185794&set=pcb.600389080522471

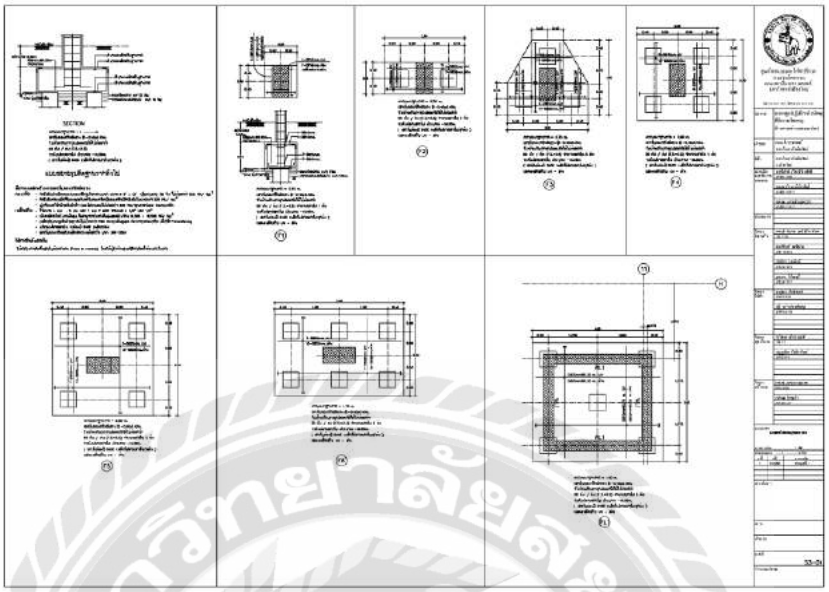
การออกแบบระบบโครงสร้างของอาคาร จะเป็นการออกแบบอาคารในระบบอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กทั้งหลัง โดยมีโครงหลังคาเป็นเหล็กรูปพรรณ กำหนดให้รูปแบบของการก่อสร้างเป็นแบบดั้งเดิม หรือที่เรียกว่าคอนกรีตหล่อในที่ มีรายละเอียดของโครงสร้างอาคาร ดังนี้

4.1.1.1 ฐานราก เป็นฐานรากระบบเข็มตอก ที่ออกแบบให้เสาเข็มอยู่ลึกอยู่ถึงชั้นดินแข็ง ฐานรากใช้เสาเข็มขนาด 0.40x0.40 ดังรูปที่ 4.3-รูปที่ 4.5



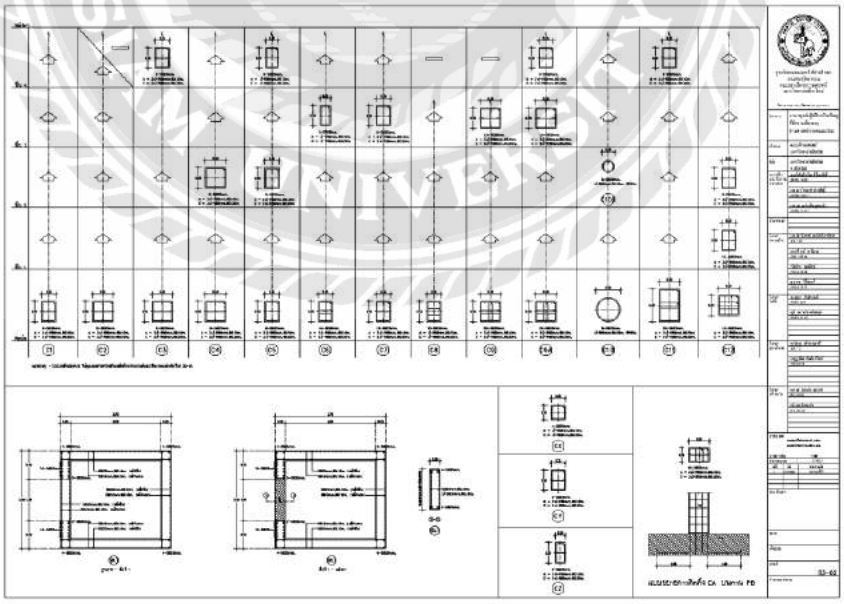
รูปที่ 4.3 แบบแปลนแสดงตำแหน่งของฐานรากอาคาร

ที่มา : แบบประกอบสัญญาก่อสร้างโครงการ



รูปที่ 4.4 แบบขยายฐานราก

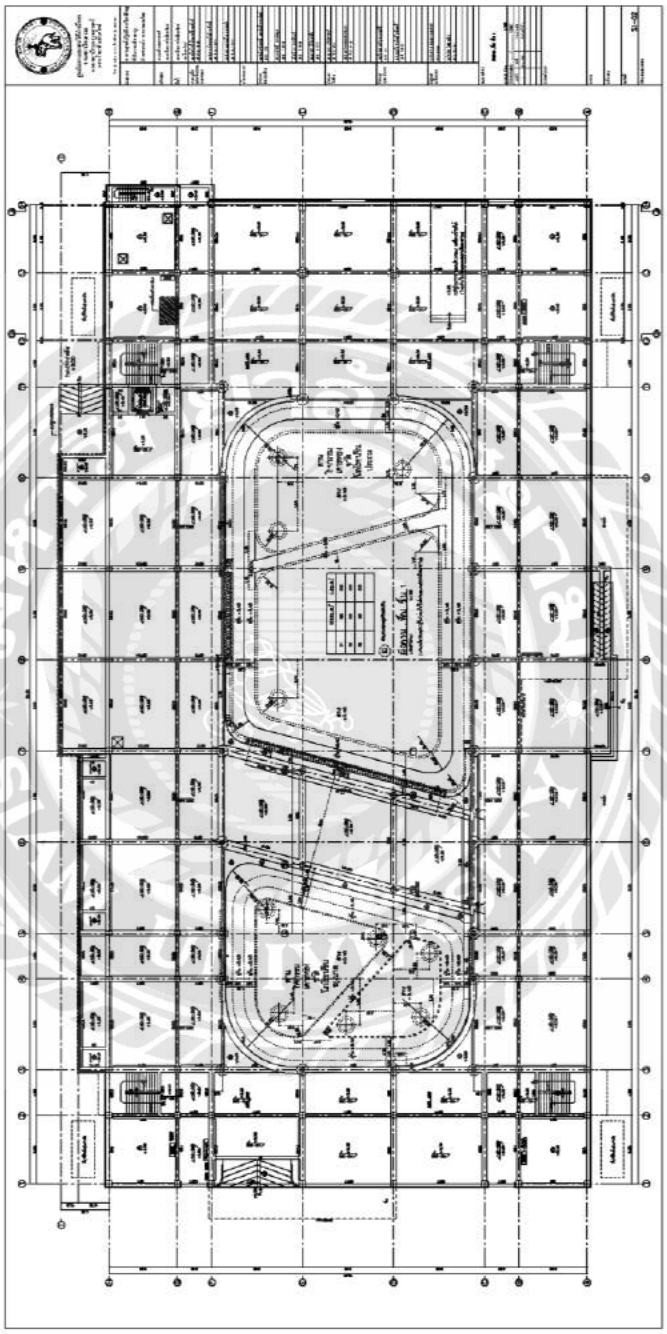
ที่มา : แบบประกอบสัญญาก่อสร้างโครงการ



รูปที่ 4.5 แบบขยายเสาตั้งแต่ตอม่อจนถึงชั้น 4 ของอาคาร

ที่มา : แบบประกอบสัญญาก่อสร้างโครงการ

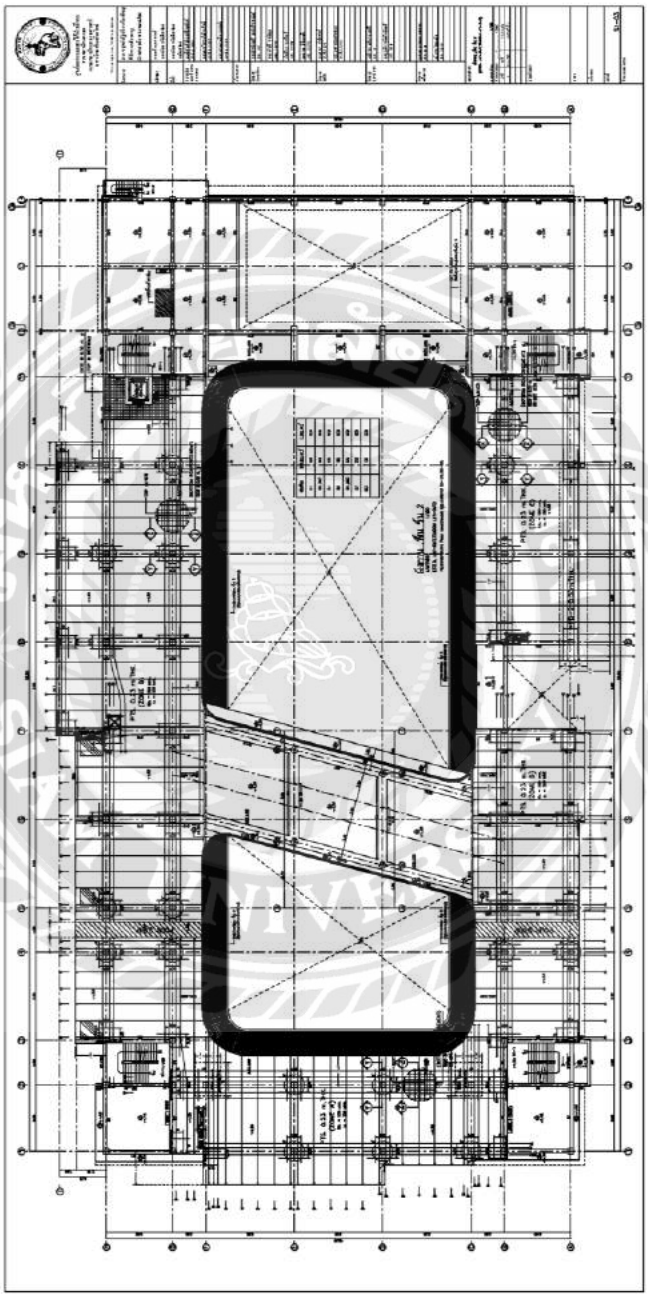
4.1.1.2 ระบบพื้นชั้น 1 เป็นระบบคาน-พื้น Hollow core ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 แบบแปลน เสา คาน และพื้นชั้น 1 ของอาคาร

ที่มา : แบบประกอบสัญญาก่อสร้างโครงการ

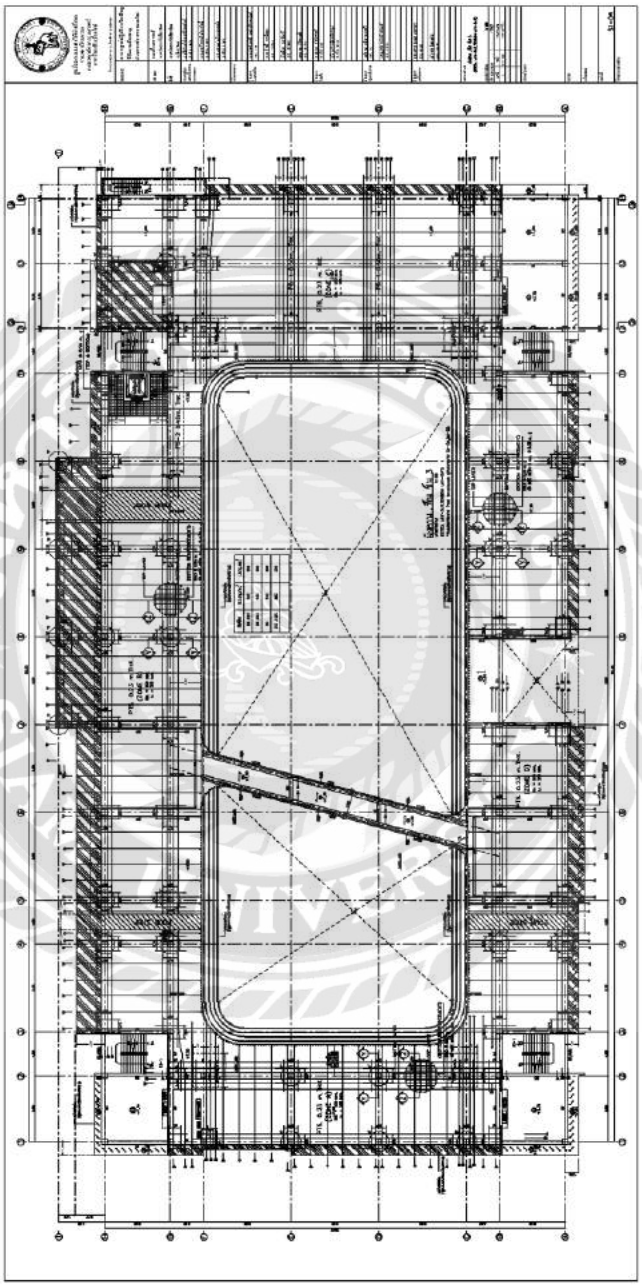
4.1.1.3 ระบบพื้นชั้น 2 เป็นระบบผสมผสานระหว่างพื้น Post-tension และระบบเสาคานหล่อในที่ ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 แบบแปลน เสา คาน และพื้นชั้น 2 ของอาคาร

ที่มา : แบบประกอบสัญญาก่อสร้างโครงการ

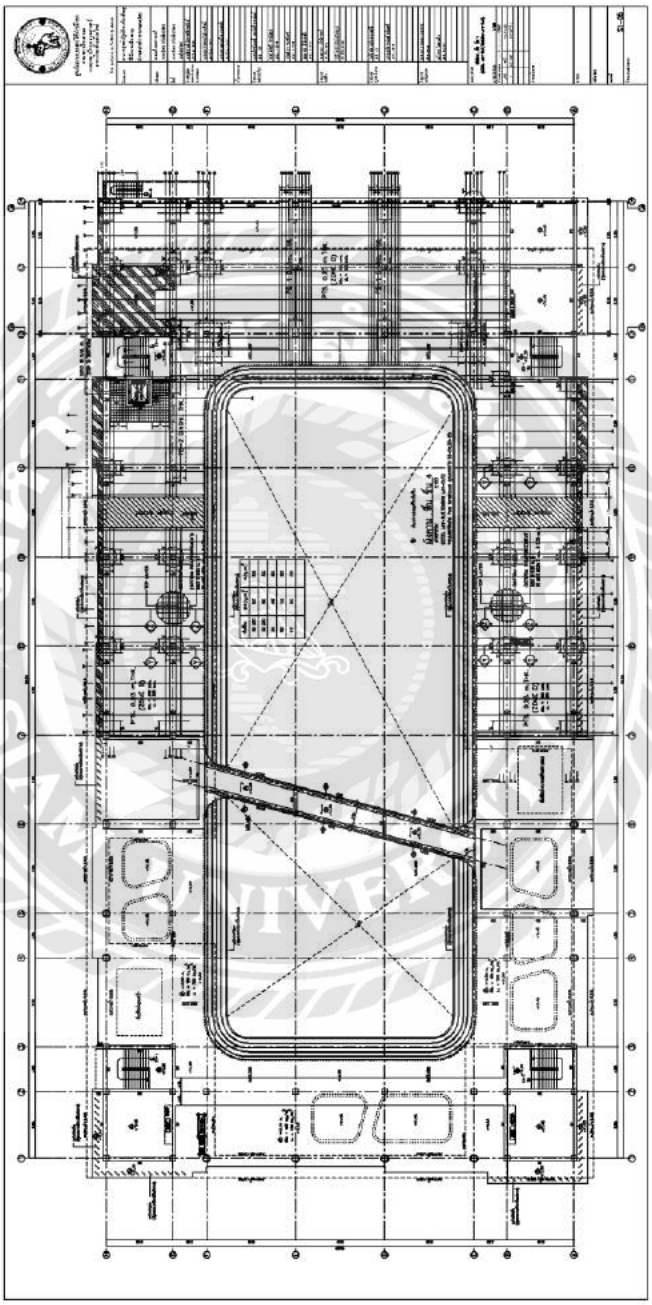
4.1.1.4 ระบบพื้นชั้น 3 เป็นระบบผสมผสานระหว่างพื้น Post-tension และระบบเสาคานหล่อในที่ แต่ระบบเสาคานหล่อในที่จะมีปริมาณงานที่น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับชั้น 2 ดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 แบบแปลน เสา คาน และพื้นชั้น 3 ของอาคาร

ที่มา : แบบประกอบสัญญาก่อสร้างโครงการ

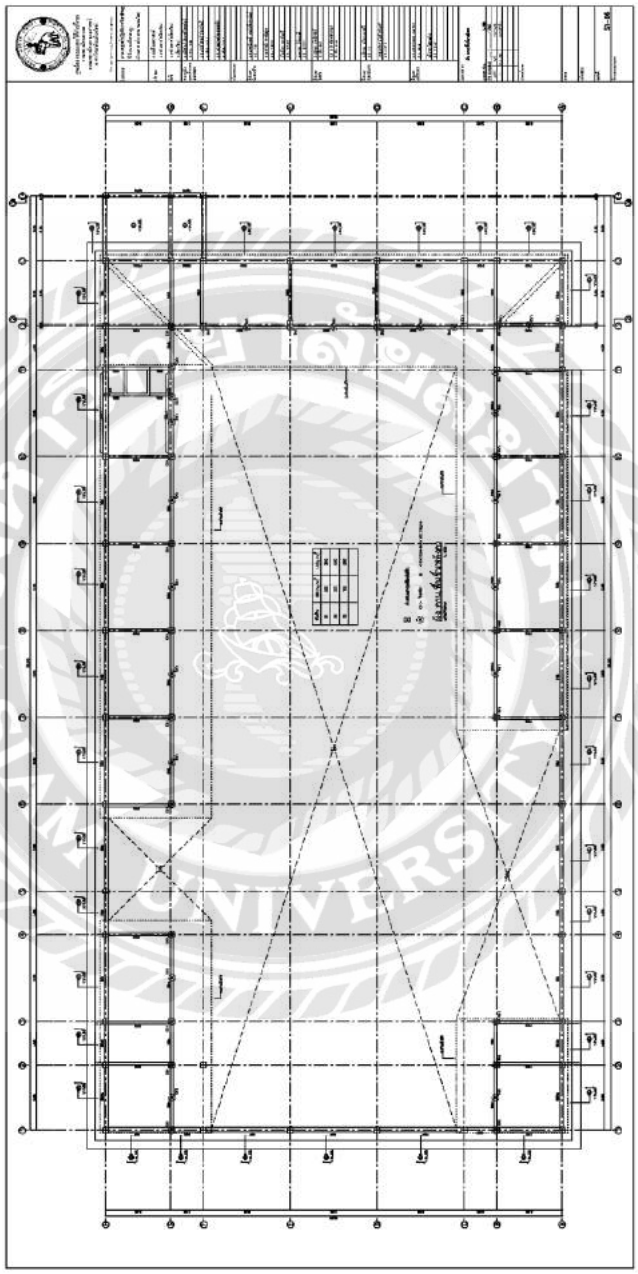
4.1.1.5 ระบบพื้นชั้น 4 เป็นระบบผสมผสานระหว่างพื้น Post-tension เหมือนชั้นก่อนหน้านี้ โดยมีระบบพื้น-คานอยู่อีกด้านของอาคาร (สัดส่วน 50%-50% โดยประมาณ) ดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 แบบแปลน เสา คาน และพื้นชั้น 4 ของอาคาร

ที่มา : แบบประกอบสัญญาก่อสร้างโครงการ

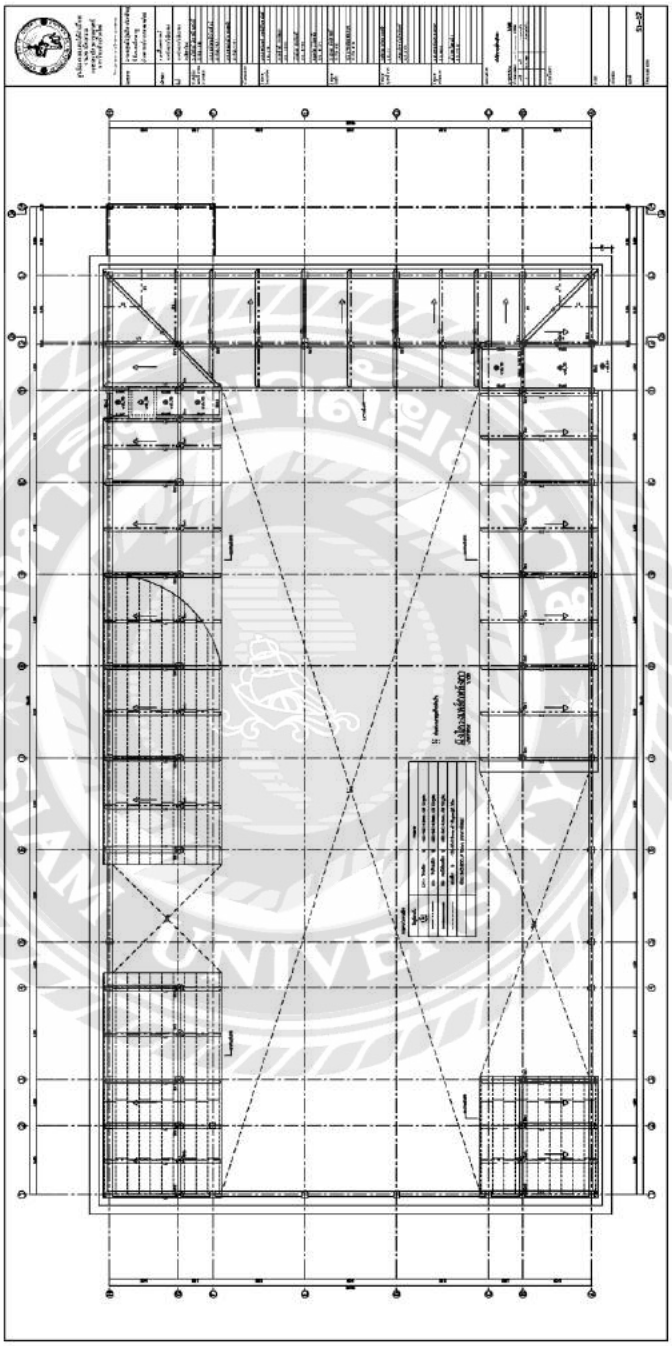
4.1.1.6 ระบบคานหลังคา จะเป็นคานคอนกรีตเสริมเหล็กเพื่อรับโครงสร้างหลังคาของอาคารที่ออกแบบไว้เป็นหลังคาแบบปั้นหยา ดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 แบบแปลน คานหลังคา

ที่มา : แบบประกอบสัญญาก่อสร้างโครงการ

4.1.1.7 โครงสร้างหลังคารจะเป็นโครงหลังคาเหล็กรูปพรรณ ดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 แบบแปลนโครงสร้างหลังคา

ที่มา : แบบประกอบสัญญาก่อสร้างโครงการ

4.1.2 รายละเอียดข้อมูลโครงการ

จากที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 1 เรื่องความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาที่ สัญญางานก่อสร้างสัญญาที่ 1 ที่ได้ตกลงว่าจ้างผู้รับเหมารายที่ 1 มีรายละเอียดดังนี้

4.1.2.1 มูลค่าโครงการทั้งสิ้น จำนวน 141,000,000.00 บาทถ้วน

4.1.2.2 ระยะเวลาก่อสร้างตามสัญญาคือ 365 วัน จำนวนวันที่ทำงานไปไม่สามารถระบุได้ เนื่องจากไม่ทราบข้อมูลการยกเลิกสัญญาในครั้งนี้

เมื่อผู้รับเหมารายที่ 1 ได้ยกเลิกสัญญาเนื่องจากไม่สามารถดำเนินงานได้เจ้าของโครงการจึงได้คัดเลือกผู้รับเหมารายที่ 2 เข้ามาทำงานเพื่อให้โครงการดำเนินงานต่อไป โดยได้ตกลงทำสัญญาใหม่ซึ่งถือว่าเป็นสัญญาฉบับที่ 2 มีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

4.1.2.3 ระยะเวลาก่อสร้างตามสัญญา 247 วัน

4.1.2.4 วันเริ่มต้นสัญญา 24 มิถุนายน 2565 ถึง 19 กุมภาพันธ์ 2566

4.1.2.5 มูลค่าโครงการทั้งสิ้น จำนวน 138,659,000.00 บาทถ้วน

4.1.3 ผลงานตามสัญญาฉบับที่ 1

4.1.3.1 จากระยะเวลาสัญญาทั้งหมด 365 วัน ผู้วิจัยไม่สามารถหาข้อมูลในส่วนนี้ได้ เนื่องจากการหาข้อมูลที่แท้จริงเป็นการยากที่จะได้คำตอบที่แน่นอนอาจด้วยข้อขัดแย้งระหว่างผู้รับจ้างเดิมกับเจ้าของโครงการ แต่หากจะใช้ผลต่างระหว่างสัญญาที่ 1 กับสัญญาที่ 2 จะได้ว่าในสัญญาที่ 1 ใช้เวลาดำเนินการไปแล้วกว่า 125 วัน

4.1.3.2 มูลค่างานตามสัญญาได้ถูกเบิกไป 2,311,000 บาท คิดเป็นผลงานที่ทำได้ 1.64%

4.1.3.3 จากมูลค่างานที่ได้เบิกไปจะสามารถแสดงผลงานที่ได้ดำเนินการไปในส่วนงานโครงสร้างอาคารที่แล้วเสร็จได้ ดังนี้

(1) งานฐานรากโครงการแล้วเสร็จ 100%

(2) งานเสาตอม่อแล้วเสร็จ 100%

(3) งานคานชั้น 1 แล้วเสร็จ 100%

(4) งานพื้นชั้น 1 แล้วเสร็จ 100%

(5) งานเสารับพื้นชั้น 2 แล้วเสร็จ 100%

(6) งานพื้นชั้น 2 แล้วเสร็จ 171 ตรม. จาก 1,140 ตรม. คิดเป็น 15% ของงานแสดงสรุปในตารางที่ 4.1 และรูปถ่ายที่ 4.12 แสดงผลงานที่แล้วเสร็จของสัญญาที่ 1

ตารางที่ 4.1 สรุปผลงานที่ทำได้จากสัญญาที่ 1

รายการ	ผลงานที่ทำได้	สรุปรวมผลงานที่ทำได้
งานฐานราก	100%	1.64%
งานเสาตอม่อ	100%	
งานคานชั้น 1	100%	
งานพื้นชั้น 1	100%	
งานเสารับพื้นชั้น 2	100%	
งานพื้นชั้น 2	15%	

รูปที่ 4.12 ผลงานที่แล้วเสร็จของสัญญาที่ 1 (รูปที่ 1)

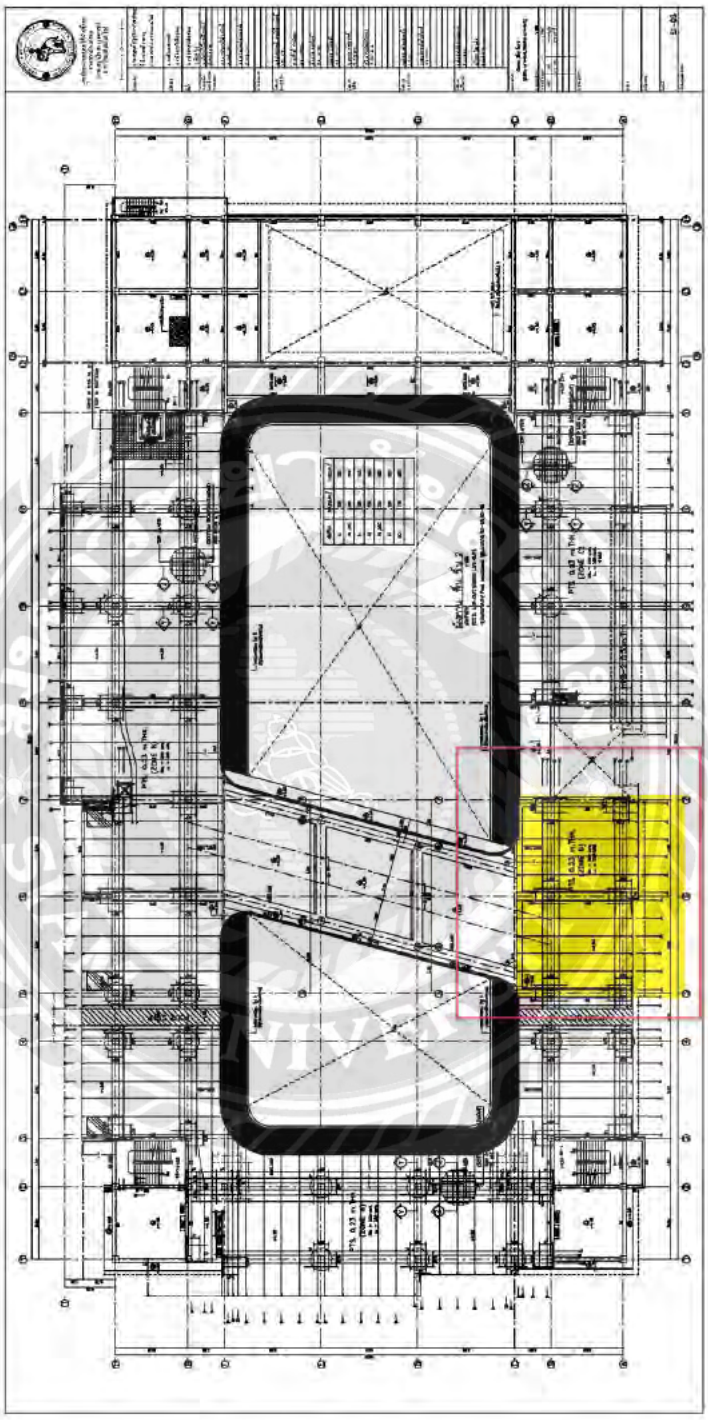
ที่มา : บริษัท เชียงใหม่ พัฒนวิศว์ จำกัด

รูปที่ 4.13 ผลงานที่แล้วเสร็จของสัญญาที่ 1 (รูปที่ 2)

ที่มา : บริษัท เชียงใหม่ พัฒนวิศว์ จำกัด

รูปที่ 4.14 แสดงผลงานที่แล้วเสร็จของสัญญาที่ 1 (รูปที่ 3)

ที่มา : บริษัท เชียงใหม่ พัฒนวิศว์ จำกัด

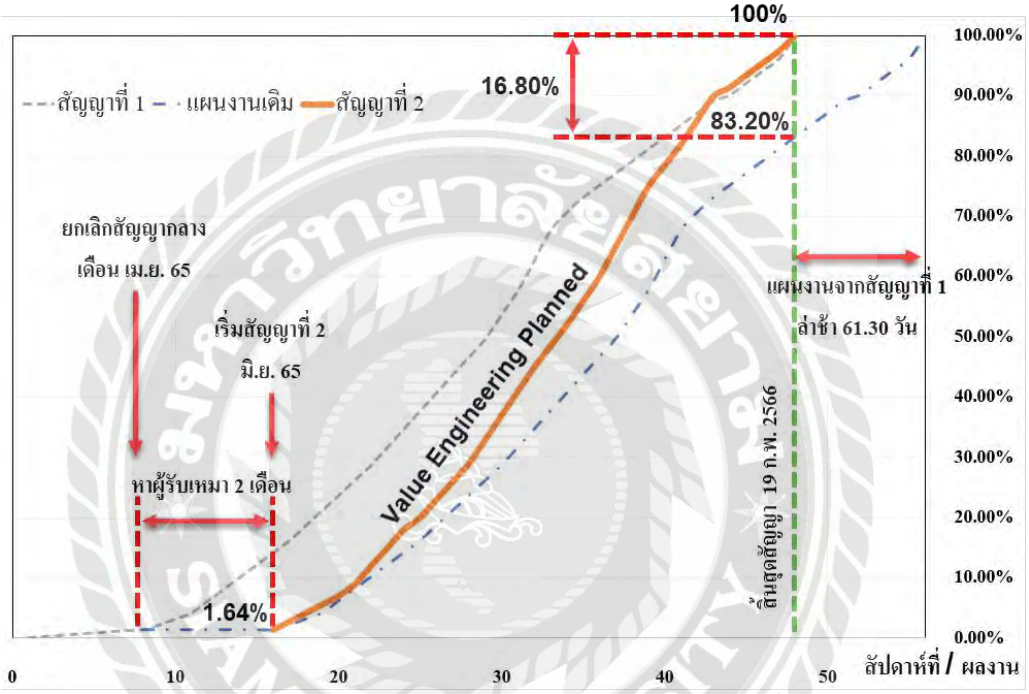


รูปที่ 4.15 ผลงานที่แล้วเสร็จของสัญญาที่ 1 (พื้นชั้น 2)

ที่มา : แบบประกอบสัญญาก่อสร้างโครงการ

4.1.4 แผนการดำเนินการของสัญญาที่ 2

แผนงานก่อสร้างของสัญญาที่ 2 กำหนดวันเริ่มต้นสัญญาคือ 24 มิถุนายน 2565 สิ้นสุดสัญญา 19 กุมภาพันธ์ 2566 ดังรูปที่ 4.16 จะแสดง S-Curve แผนงานก่อสร้างของโครงการนี้ โดยแผนงานก่อสร้างโดยละเอียด ดูภาคผนวก ก



รูปที่ 4.16 แผนงาน S-Curve สัญญาเดิมเทียบกับสัญญาใหม่

จาก รูปที่ 4.16 แผนงาน S-Curve หลังจากที่ผู้รับเหมาสัญญาที่ 1 ได้หยุดดำเนินงานก่อสร้างทั้งหมดในช่วงประมาณกลางเดือน เมษายน 2565 จากนั้นได้มีการพิจารณาหาผู้รับจ้างรายใหม่เพื่อเข้าก่อสร้างโครงการให้แล้วเสร็จ ในที่สุดก็ได้ผู้รับเหมารายใหม่ที่จะเริ่มงานในวันที่ 24 มิถุนายน 2565 โดยค้นพบว่าโครงการได้รับผลกระทบจากการหยุดดำเนินงานประมาณ 60 วัน มีผลงานที่ทำได้ทั้งหมดจากผู้รับเหมาเดิมตามสัญญาที่ 1 เป็นการพิจารณาผลงานจากมูลค่าเงินที่เบิกได้มีค่าเท่ากับร้อยละ 1.64

ก่อนที่ผู้รับเหมารายที่ 2 เข้าดำเนินงานได้จัดทำและวิเคราะห์แผนงาน S-Curve พบว่าไม่สามารถใช้แผนงานจากสัญญาที่ 1 มาใช้ดำเนินงานได้ เพราะผลลัพธ์จากการการวิเคราะห์โครงการหากใช้แผนงานเดิมแสดงให้เห็นว่างานก่อสร้างจะแล้วเสร็จล่าไปร้อยละ 16.80 หรือคำนวณเป็นจำนวนที่ล่าช้าเท่ากับ 365 x 16.80% = 61.30 วัน จึงมีการวางแผนเร่งรัดแผนงานสัญญาที่ 2 โดยมีเป้าหมายคือ

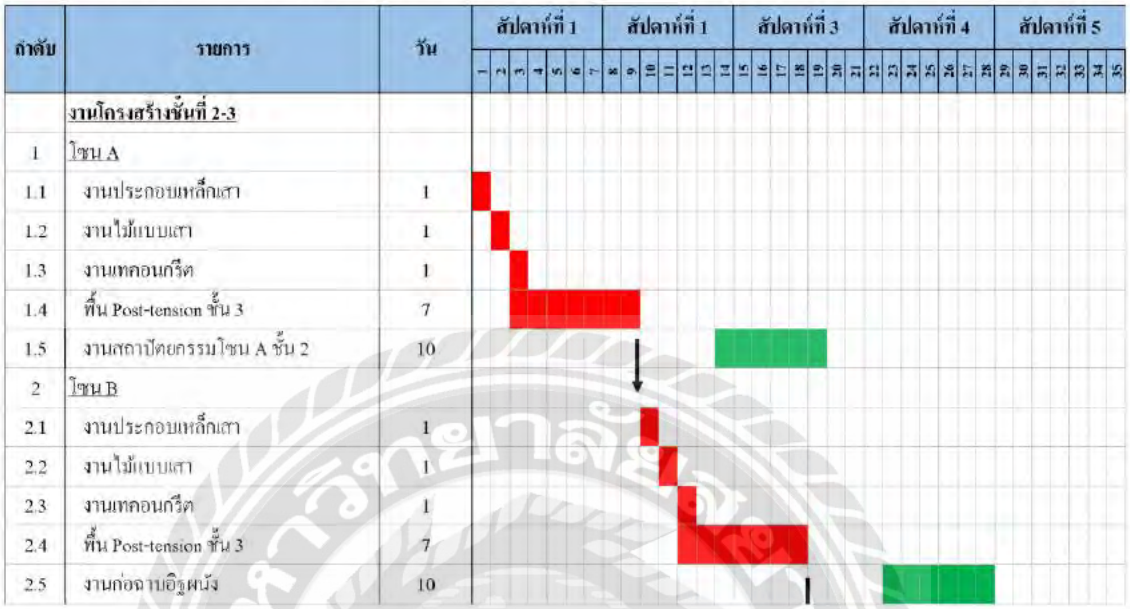
กำหนดสัญญาแล้วเสร็จวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2566 ดังเดิม นั่นก็คือวันเดียวกันกับวันสิ้นสุดโครงการตามสัญญาที่ 1 ซึ่งแผนงานนี้คือแผนเร่งรัดแผนการดำเนินงานที่จะมีการขอปรับเปลี่ยนกระบวนการก่อสร้างส่วนกิจกรรมงานโครงสร้างเพื่อทำให้โครงการแล้วสำเร็จตามที่มุ่งหวังไว้และเป็นการลดความเสี่ยงที่อาจมีอะไรเกิดขึ้นระหว่างการก่อสร้างลงด้วย เพราะโครงการนี้มีค่าปรับตามสัญญาอันเนื่องมาจากความล่าช้าจากการก่อสร้างถึงวันละ 130,000 บาท

4.1.5 สายงานวิกฤตของโครงการ

จากแผนงานที่แสดงไว้ในภาคผนวก ก เมื่อทำการวิเคราะห์และพบว่าโครงการมีความเสี่ยงที่งานก่อสร้างจะล่าช้าไม่สามารถทำงานให้แล้วเสร็จได้ตามกำหนดหากใช้แผนการดำเนินงานตามสัญญาฉบับที่ 1 จากปัญหาดังกล่าวจึงได้พิจารณามองหากิจกรรมของสายงานวิกฤตและได้ค้นพบว่างานโครงสร้างอาคาร เสา คาน และพื้นของอาคารตั้งแต่ชั้นที่ 2 เป็นต้นไปคือสายงานวิกฤตของโครงการนี้ที่หากไม่สามารถเร่งรัดงานได้ จะส่งผลทำให้เวลาโดยรวมของสายงานโครงสร้างอาคารที่ต่อเนื่องกันจากนี้ไปเกิดความล่าช้าได้ จนกระทบต่อเวลาแล้วเสร็จของโครงการ โดยรูปที่ 4.17 คือการนำแผนงานจากภาคผนวก ก มาแสดงและขยายรายละเอียดของสายงานวิกฤต (บางส่วน) ซึ่งสายงานวิกฤตของกิจกรรมงานโครงสร้างโซน B จะดำเนินการได้เมื่อพื้นโซน A แล้วเสร็จ สำหรับสาเหตุที่ไม่สามารถเริ่มงานทั้ง 2 โซนหรือทั้ง 4 โซนได้พร้อมกันก็เนื่องจากข้อจำกัดของแรงงานก่อสร้างที่ไม่สามารถเพิ่มปริมาณของแรงงานได้และพื้นที่ก่อสร้างอาคารที่มีลักษณะการก่อสร้างในแนวราบ ต้องมีการใช้เครื่องจักรจำนวนมากเพื่อรองรับการทำงานซึ่งไม่คุ้มค่าในการลงทุน อีกประการนึงถึงแม้ว่างานสถาปัตยกรรมไม่ใช่สายงานวิกฤตเหมือนงานโครงสร้างแต่การทำงานในส่วนนี้ก็ไม่อาจเริ่มได้เพราะหากกิจกรรมที่ 1.2 กิจกรรมงานโครงสร้างชั้นที่ 2 ไม่แล้วเสร็จก่อน และงานสถาปัตยกรรมถือได้ว่าเป็นกิจกรรมเกี่ยวเนื่องกับงานอื่นๆ ของโครงการ เช่น งานฉาบปูน งานทาสี หรือแม้แต่งานระบบประกอบอาคาร เป็นต้น

ดังนั้นจึงมีการวางแผนแก้ไขและเร่งรัดงานจากสายงานวิกฤตที่ได้ค้นพบ โดยนำเสนอถึงแนวทางการปรับปรุงกระบวนทำงานตามแนวทางของวิศวกรรมคุณค่าที่มุ่งเน้นเพื่อค้นหาคุณค่าในหมวดงานโครงสร้างที่เป็นสายงานวิกฤต ของการบรรลุเป้าหมายที่ต้องการ คือ สามารถก่อสร้างโครงการแล้วเสร็จตามสัญญาฉบับที่ 2 ภายใต้เงื่อนไขที่สำคัญ คือ งบประมาณโครงการและเวลาที่มีอยู่จำกัด

แผนงานส่วนงานโครงสร้าง (วิเคราะห์สายงานวิกฤต)



ลำดับ	รายการ	วัน
	งานโครงสร้างชั้นที่ 2-3	
1	โซน A	
1.1	งานประกอบเหล็กเสา	1
1.2	งานไม้แบบเสา	1
1.3	งานเทคอนกรีต	1
1.4	พื้น Post-tension ชั้น 3	7
1.5	งานสถาปัตยกรรมโซน A ชั้น 2	10
2	โซน B	
2.1	งานประกอบเหล็กเสา	1
2.2	งานไม้แบบเสา	1
2.3	งานเทคอนกรีต	1
2.4	พื้น Post-tension ชั้น 3	7
2.5	งานก่อฉาบอิฐผนัง	10

รูปที่ 4.17 สายงานวิกฤต (แผนงานอย่างย่อ เฉพาะโครงสร้างโซน A-B)

ที่มา : แผนงานจากภาคผนวก (ก)

4.1.6 การขอเปลี่ยนกระบวนการก่อสร้าง

หลังจากค้นหาว่าสายงานวิกฤตอยู่ในงานใดของกิจกรรมทั้งโครงการ ได้ค้นพบว่าคือกิจกรรมงานโครงสร้าง แต่ในความเป็นจริงนั้นโครงการก่อสร้างไม่จำเป็นต้องมีแค่เพียงสายงานวิกฤตสายงานเดียว แต่อาจมีหลายสายงานก็ได้แต่เป็นเพราะงานวิจัยนี้เน้นศึกษาเฉพาะส่วนงานเสาโครงสร้าง ดังนั้นจึงถือว่าเสาจะเป็นสายงานวิกฤตหลักสำคัญของโครงการนี้ ผู้รับเหมาจึงวางแผนเพื่อเร่งรัดระยะเวลาก่อสร้าง ซึ่งได้มีการปรึกษาและพูดคุยโดยวาจากับทางเจ้าของโครงการ ผู้ออกแบบ และผู้ควบคุมงานไว้ถึงแนวทางที่ว่าจะเร่งรัดการดำเนินการให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงตามกำหนดการได้ จะต้องปรับปรุงกระบวนการก่อสร้างบางส่วนเป็นชิ้นส่วนหล่อสำเร็จรูปโดยมีขั้นตอน ดังนี้

4.1.6.1 เจ้าของโครงการแจ้งผู้รับเหมาต้องจัดส่งสรุปรายการเพื่อขออนุมัติรายการโครงสร้างที่ต้องการจะเปลี่ยนไปใช้ชิ้นส่วนหล่อสำเร็จรูป โดยต้องส่งรายงานสรุปอย่างเป็นทางการเพื่อทำการขออนุมัติดำเนินการจากเจ้าของโครงการและผู้ควบคุมงานก่อนเริ่มดำเนินการใดๆ สรุป

รายละเอียดไว้ดังตารางที่ 4.2 สำหรับการคัดเลือกว่าจะขอเปลี่ยนแปลงงานโครงสร้างส่วนใดบ้างนั้น กระบวนการคัดเลือกหรือการพิจารณาจะเป็นการประชุมร่วมกันภายในของทีมงานก่อสร้างจากบริษัท เชียงใหม่ พัฒนวิศว์ จำกัด ประกอบไปด้วยทีมงานวิศวกรควบคุมงานก่อสร้าง วิศวกรฝ่ายผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูป วิศวกรผู้ออกแบบซึ่งก็คือกระผมผู้ทำงานวิจัยวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ รวมถึงผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในโครงการนี้ และในตารางที่ 4.3 สรุปรายการชิ้นส่วนโครงสร้างที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ก็เป็นข้อมูลที่ได้จากการพิจารณาประชุมร่วมกันทุกฝ่ายเช่นกัน

ตารางที่ 4.2 สรุปรายการชิ้นสำเร็จรูปที่ขออนุมัติดำเนินการ

ลำดับที่	รายการที่ขออนุมัติเปลี่ยนแปลง
1	เสาโครงสร้างชั้น 2-หลังคา
2	คานรับโครงสร้าง
3	ปล่องลิฟท์
4	บันได

4.1.6.2 ตารางสรุปรายการชิ้นส่วนโครงสร้างที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้เพราะข้อจำกัดทางด้านวิศวกรรมหรือเงื่อนไขของวัสดุที่ไม่สามารถขอเปลี่ยนแปลงได้ ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 สรุปรายการชิ้นส่วนโครงสร้างที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้

ลำดับที่	รายการ	สาเหตุที่เปลี่ยนแปลงไม่ได้
1	พื้นโครงสร้างทุกชั้น	เป็นพื้น Post-tension ไม่สามารถทำได้
2	ผนังก่ออิฐเปลี่ยนเป็นผนังสำเร็จรูป	ต้องเป็นผนังก่ออิฐมอญตามสัญญา
3	โครงสร้างหลังคา	เป็นโครงสร้างที่มีรางน้ำร่วมกับคาน
4	ผนังภายใน	ข้อกำหนดของเงื่อนไขสัญญาที่ระบุให้ผนังจะเป็นการก่ออิฐมอญเท่านั้น

4.1.6.3 จัดส่งรายการคำนวณเพื่อขออนุมัติจากทางเจ้าของโครงการ ผู้ออกแบบ และผู้ควบคุมงาน ซึ่งในรายงานจะเป็นการจัดทำรายงานการวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างชิ้นส่วนสำเร็จรูปต่างๆ ดังรูปที่ 4.18 สำหรับรูปถ่ายรายงานฉบับที่นำมาแสดงไว้ในงานวิจัยเป็นเพียงบางส่วนของรายงานที่ส่งอย่างเป็นทางการโดยผู้จัดทำรายงานฉบับนี้คือกระผมในฐานะวิศวกรผู้ออกแบบ

บริษัท เชียงใหม่พัฒนวิศว์ จำกัด
CHIANG MAI PATTANAVIS CO.,LTD.

ขออนุมัติใช้โครงสร้าง ค.ส.ล. สำเร็จรูป และ สรุปปริมาณงานเพิ่ม-ลด

โครงการก่อสร้างอาคารศูนย์ปฏิบัติการวิชาชีพครูที่มีความเชี่ยวชาญด้านศาสตร์การสอนแนวใหม่

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

OWNER: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

MAIN CONTRACTOR: บริษัท เชียงใหม่พัฒนวิศว์ จำกัด

เลขที่: CDS-2565-07-RPT-001 Issued: 11/07/2565 Revision: 00A – First Draft

Author: สิริณ หงษ์ยศ Reviewer: อภิพงศ์ สาธร Approver: อภิพงศ์ สาธร

รูปที่ 4.18 หน้าปกรายงานเอกสารการขออนุมัติใช้โครงสร้างชิ้นส่วนสำเร็จรูป

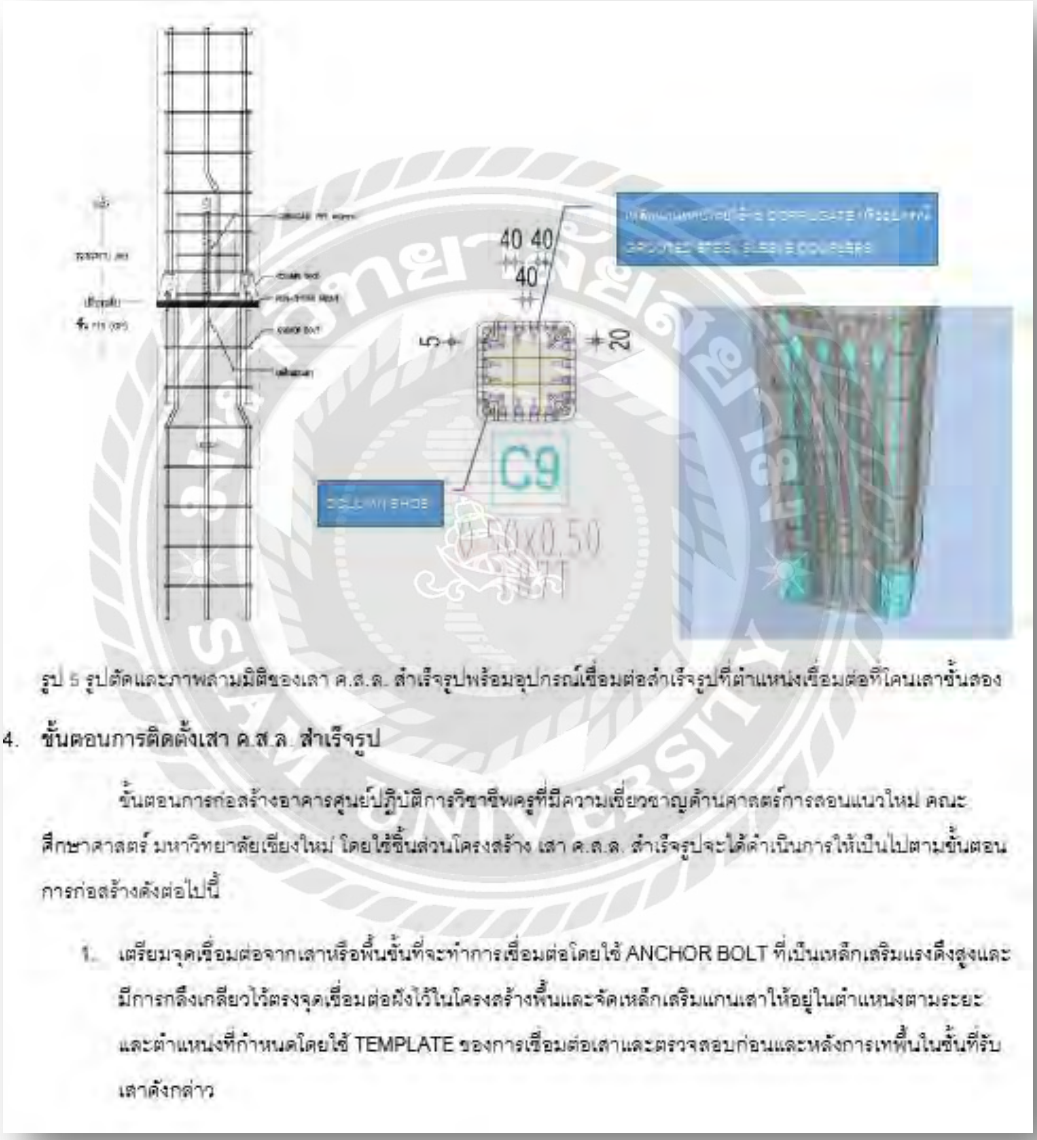
ที่มา : บริษัท เชียงใหม่ พัฒนวิศว์ จำกัด

ในรายงานจะนำเสนอและอธิบายถึงแนวทางการปฏิบัติ ถึงการก่อสร้างชิ้นส่วนสำเร็จรูปว่าจะต้องดำเนินการอย่างไร (Method statement) แสดงในรูปที่ 4.19 ซึ่งเป็นการอธิบายด้วยภาพถึงวิธีการติดตั้งเสาสำเร็จรูปร่วมกับพื้น Post-tension

รูปที่ 4.19 รายงานอธิบายการติดตั้งเสาสำเร็จรูปกับพื้น Post-tension

ที่มา : บริษัท เชียงใหม่ พัฒนวิศว์ จำกัด

สำหรับรูปที่ 4.20 - รูปที่ 4.23 คือรูปที่แสดงถึงวิธีการติดตั้งเสาสำเร็จรูป โดยที่รายงานฉบับนี้จะนำข้อมูลเสาของโครงการมาเขียนเป็นรายงานแสดงถึงกระบวนการทำงานว่ามีขั้นตอนการปฏิบัติอย่างไรองค์ประกอบของเสามีอะไรบ้างลำดับขั้นตอนการทำงานต้องทำอย่างไร



รูป 5 รูปตัดและภาพสามมิติของเสา ค.ส.ล. สำเร็จรูปพร้อมอุปกรณ์เชื่อมต่อสำเร็จรูปที่ตำแหน่งเชื่อมต่อที่โคนเสาชั้นสอง

4. **ขั้นตอนการติดตั้งเสา ค.ส.ล. สำเร็จรูป**

ขั้นตอนการก่อสร้างอาคารศูนย์ปฏิบัติการวิชาชีพครูที่มีความเชี่ยวชาญด้านคาสตร์การสอนแนวใหม่ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยใช้ชิ้นส่วนโครงสร้าง เสา ค.ส.ล. สำเร็จรูปจะได้ดำเนินการให้เป็นไปตามขั้นตอนการก่อสร้างดังต่อไปนี้

1. เตรียมจุดเชื่อมต่อจากเสาหรือพื้นชั้นที่จะทำการเชื่อมต่อโดยใช้ ANCHOR BOLT ที่เป็นเหล็กเสริมแรงดึงสูงและมีการกลึงเกลียวไว้ตรงจุดเชื่อมต่อฝังไว้ในโครงสร้างพื้นและจัดเหล็กเสริมแกนเสาให้อยู่ในตำแหน่งตามระยะและตำแหน่งที่กำหนดโดยใช้ TEMPLATE ของการเชื่อมต่อเสาและตรวจสอบก่อนและหลังการเทพื้นในชั้นที่รับเสาดังกล่าว

รูปที่ 4.20 รายงานขออนุมัติซึ่งแสดงขั้นตอนการติดตั้งเสาสำเร็จรูป (รูปที่ 1)

ที่มา : บริษัท เชียงใหม่ พัฒนวิศว์ จำกัด

รูป 6 รูปการเตรียมงานจุดเชื่อมต่อพร้อม ANCHOR BOLT หรือ J-BOLT เชื่อมต่อกับเสาสำเร็จรูป

2. ผลิตเสา ค.ส.ล. สำเร็จรูปจากโรงงานมาพร้อมฝากอุปกรณ์เชื่อมต่อประกอบไปด้วยอุปกรณ์ COLUMN SHOE และ ท่อร้อยเหล็กเสริม (ท่อ CORRUGATE) หรืออุปกรณ์ GROUTED STEEL SLEEVE COUPLER ซึ่งเป็นอุปกรณ์มาตรฐานที่ใช้กันในอุตสาหกรรมชิ้นส่วน ค.ส.ล. สำเร็จรูปในต่างประเทศ ตามแบบ SHOP DRAWING เพื่อเชื่อมต่อระหว่างพื้นและเสา

รูป 7 รูปเสา ค.ส.ล. สำเร็จรูปเตรียมติดตั้ง

3. ตรวจสอบระดับโคนเสาสำเร็จรูปแล้วติดตั้งน็อตกับแหวนชุดล่างให้ได้ตามระดับโคนเสาที่กำหนด
4. ติดตั้งเสา ค.ส.ล. สำเร็จรูปโดยยกเสาขึ้นในตำแหน่งหยุกติดตั้งที่กำหนดโดยใช้รถเครนที่มีขนาดเหมาะสมตามระยะยกและน้ำหนักยกและกำหนดให้มีวิศวกรและเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยควบคุมขณะติดตั้งเสา เพื่อยกเสาเข้าให้เสาอยู่ในตำแหน่งที่กำหนดแล้วยึดด้วยน็อตและแหวนชุดบนของเสาเพื่อยึดเสาไว้กับโครงสร้างหลัก จึงปรับระดับและดิ่งของเสาให้ถูกต้องโดยสามารถปรับระดับโดยใช้น็อตที่ยึด COLUMN SHOE อยู่ หลังจากที่ติดตั้งเสาแล้วเสร็จสามารถปลดสลิงยกเสาได้

รูปที่ 4.21 รายงานขออนุมัติซึ่งแสดงขั้นตอนการติดตั้งเสาสำเร็จรูป (รูปที่ 2)

ที่มา : บริษัท เชียงใหม่ พัฒนวิศว์ จำกัด

5. เช็คระดับช่องว่างสำหรับเทเชื่อมงานโครงสร้างในขั้นต่อๆไปว่าถูกต้องตามที่กำหนด

รูป 8 รูปการติดตั้งเสา ค.ส.ล. สำเร็จรูป

6. ทำการตรวจสอบอีกครั้งหลังจากที่ติดตั้งเสาในพื้นที่ครบแล้วว่าเสาที่ติดตั้งแล้วอยู่ถูกตำแหน่ง ไม่หนีศูนย์ และได้ดิ่งตามที่กำหนด จึงเข้าแบบรอบโคนเสาเพื่อกรอกช่องว่างระหว่างพื้นและเสาสำเร็จรูปด้วย NON-SHRINK GROUT ตราเสือ หรือ LANKO 701 ที่มีกำลังรับแรงอัดเทียบเท่าหรือมากกว่าส่วนประกอบอื่นๆของระบบโครงสร้างนี้ (อ้างอิงผลทดสอบของผู้ผลิต NON-SHRINK GROUT มีกำลังอัดมากกว่า 750 กก./ตร.ซม. ที่ 28 วัน) ให้ผสม NON-SHRINK GROUT ตามสัดส่วนที่ผู้ผลิตกำหนดและใช้ปืนอัดเกร้าท์ฉีดเข้าไปในแบบแล้วสังเกตให้เกร้าท์ไหลขึ้นมาออกมาจากท่ออากาศและท่อ CORRUGATE ที่ใช้เชื่อมต่อเหล็กแกนเสาเพื่อให้มั่นใจว่าไม่มีโพรงอากาศในช่องว่างระหว่างเสา

7. ระหว่างที่รอเกร้าท์ได้อายุสามารถตั้งนั่งร้านและเข้าแบบเพื่อทำโครงสร้าง ค.ส.ล. ที่เสาดังกล่าวรับน้ำหนักของขั้นต่อๆไปได้เลย และรอเทคอนกรีตโครงสร้างที่เสารับน้ำหนักเมื่อกำลังแรงอัดของ NON-SHRINK GROUT ได้มากกว่า 320 กก./ตร.ซม. หรือไม่น้อยกว่า 7 วันหลังจากที่ติดตั้งเสาเรียบร้อยแล้ว (อ้างอิงผลทดสอบของผู้ผลิต NON-SHRINK GROUT มีกำลังมากกว่า 550 กก./ตร.ซม. ที่ 7 วัน - มากกว่ากำลังอัดของส่วนประกอบอื่นๆของระบบนี้)

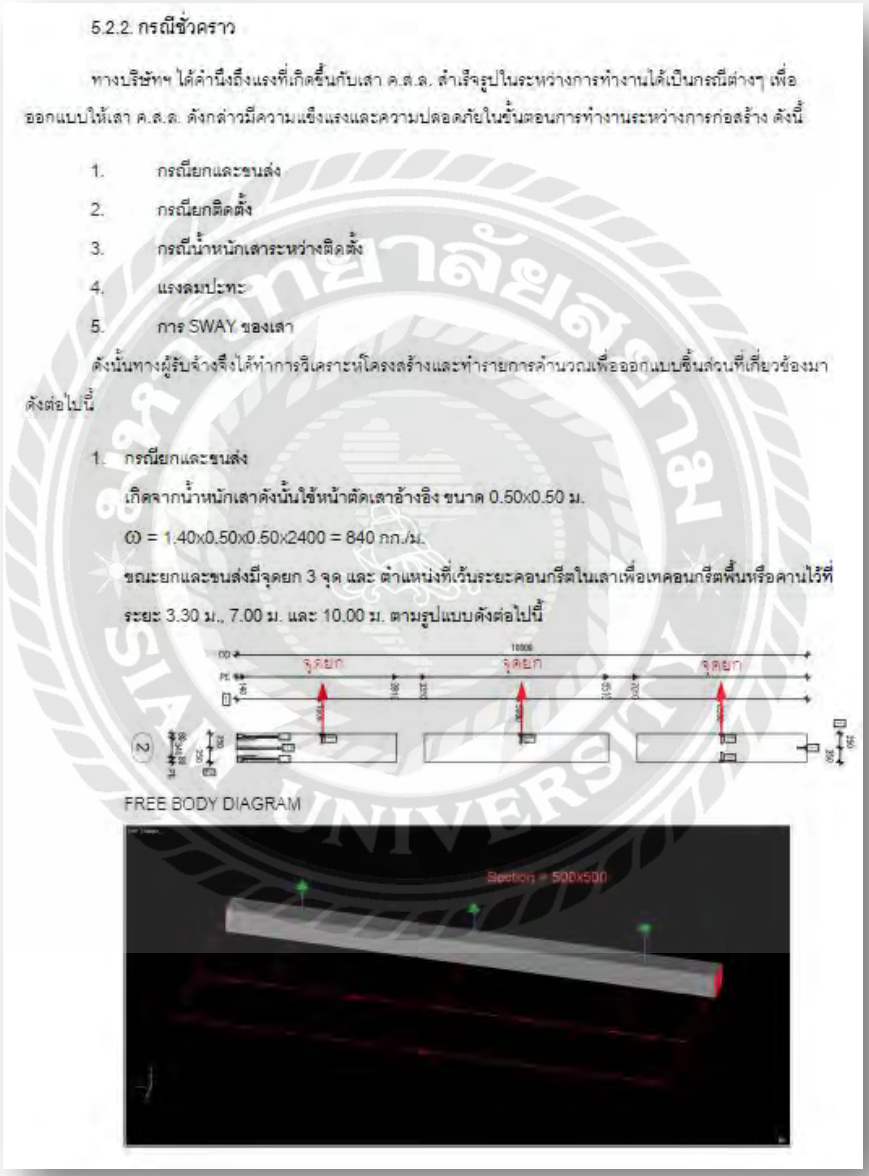
8. ระหว่างที่ดำเนินการทำงานโครงสร้างในขั้นตอนต่อไปให้มีมาตรการป้องกันไม่ให้วัสดุก่อสร้าง เครื่องมือ หรือเครื่องจักรอื่นๆ เข้ามาชนทำให้เสาที่ติดตั้งแล้วในช่วงเวลาระหว่างการทำงานในขั้นตอนต่อๆไปเสียหายได้โดยการใช้ 1. กระสวยคอนกรีตที่มีเชือกดึงบังคับทิศทางอย่างน้อย 2 เส้น 2. ใช้ปั๊มเทคอนกรีตโดยผู้บังคับแขนกลของปั๊มเคอนกรีตจะต้องบังคับให้อยู่ห่างจากเสาที่ติดตั้งเรียบร้อยแล้วเป็นระยะมากกว่า 2 ม. (ไม่จำเป็นต้องค้ำยันเสาเนื่องจากเหล็กเสริมชั่วคราวสามารถรับแรงที่เกิดขึ้นในกรณีชั่วคราวได้) และ 3. กำหนดให้มีวิศวกรและเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยควบคุมขณะเทคอนกรีต

9. ดำเนินการขั้นตอน 6-8 จนกว่าจะแล้วเสร็จงานโครงสร้างอาคาร

รูปที่ 4.22 รายงานขออนุมัติซึ่งแสดงขั้นตอนการติดตั้งเสาสำเร็จรูป (รูปที่ 3)

ที่มา : บริษัท เชียงใหม่ พัฒนวิศว์ จำกัด

จัดทำรายการคำนวณออกแบบความแข็งแรง เป็นการตรวจสอบว่าการเปลี่ยนกระบวนการก่อสร้างนั้นไม่ได้มีผลต่อความมั่นคงและแข็งแรงต่อองค์อาคารโดยรวม ดังแสดงในรูปที่ 4.23 เป็นการพิจารณาว่าโครงสร้างประเภทเสา สามารถต้านทางแรงในแต่ละสถานะการณ์ เป็นต้น



รูปที่ 4.23 ตัวอย่างรายการคำนวณเสาพรีคาสท์ในส่วนการผลิตและยกติดตั้ง

ที่มา : บริษัท เชียงใหม่ พัฒนวิศว์ จำกัด

4.1.7 สรุปผลการพิจารณาอนุมัติจากเจ้าของโครงการ

หลังจากได้นำส่งรายงานเอกสารขออนุมัติการปรับปรุงกระบวนการก่อสร้างเพื่อเป็นการขอพิจารณาอนุมัติการดำเนินการ ดังตารางที่ 4.2 ทางโครงการได้ตอบกลับผลอนุมัติ โดยสรุปผลไว้ ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 สรุปผลการขออนุมัติรายการชิ้นสำเร็จรูปที่จะขออนุมัติดำเนินการ

ลำดับที่	รายการที่ขออนุมัติเปลี่ยนแปลง	ผลการขออนุมัติ
1	เสาโครงสร้างชั้น 2-หลังคา	อนุมัติดำเนินการ
2	คานรับโครงสร้าง	ไม่อนุมัติดำเนินการ
3	ปล่องลิฟท์	ไม่อนุมัติดำเนินการ
4	บันได	ไม่อนุมัติดำเนินการ

4.2 กระบวนการวิศวกรรมคุณค่า

เมื่อทราบถึงชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่สามารถนำมา ปรับปรุงกระบวนการก่อสร้างในโครงการนี้ได้เรียบร้อยแล้ว จึงเริ่มนำกระบวนการวิศวกรรมคุณค่า เพื่อเพิ่มคุณค่าและปรับปรุงกระบวนการหล่อเสาโครงสร้าง ตาม 7 ขั้นตอนของวิศวกรรมคุณค่า ดังรูปที่ 4.24

รูปที่ 4.24 แสดง 7 ขั้นตอนของวิศวกรรมคุณค่า

ที่มา : https://www.orlean-tech.com/value-engineering.php

4.2.1 ขั้นตอนการเลือกผลิตภัณฑ์/โครงงาน

เมื่อได้ส่งขออนุมัติจากทางโครงการและได้รับแจ้งตอบกลับผลการอนุมัติดังตารางที่ 4.4 ว่าทางโครงการอนุมัติให้ปรับปรุงกระบวนได้เพียงเสาโครงสร้างเท่านั้นที่ทางผู้รับเหมาตัดสินใจเลือกทำให้เสาเป็นการหล่อแบบเสาชิ้นส่วนสำเร็จรูป เป็นโครงงานนี้ เพราะเสาถือว่าอยู่ในสายงานวิกฤต

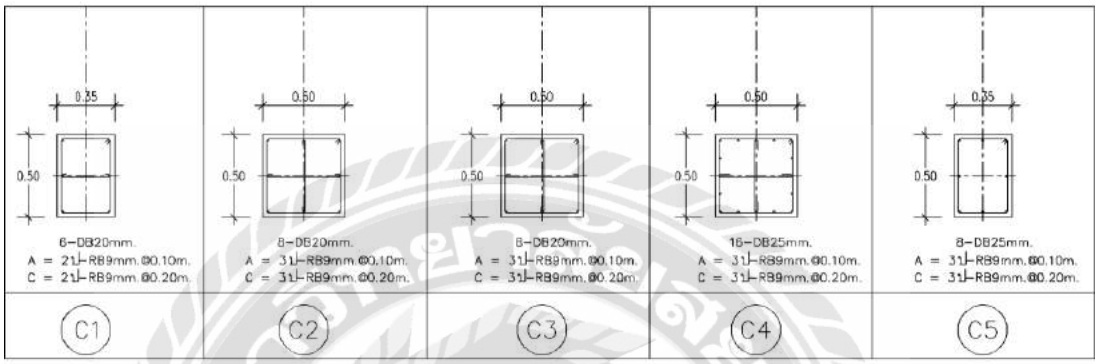
4.2.2 ขั้นการรวบรวมข้อมูล

4.2.2.1 สรุปและรวบรวมจำนวนเสาที่มีในโครงการที่สามารถปรับเปลี่ยนกระบวนการได้มีทั้งสิ้นรวม 13 แบบ โดยจะหล่อเสาตั้งแต่ชั้น 2 ไปจนสุดถึงคานชั้นหลังคา มีการสรุปแบบเสาที่กำหนดไว้ในสัญญาดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ชื่อเสาและขนาดเสาที่จะเปลี่ยนแปลงเป็นชิ้นส่วนสำเร็จรูป

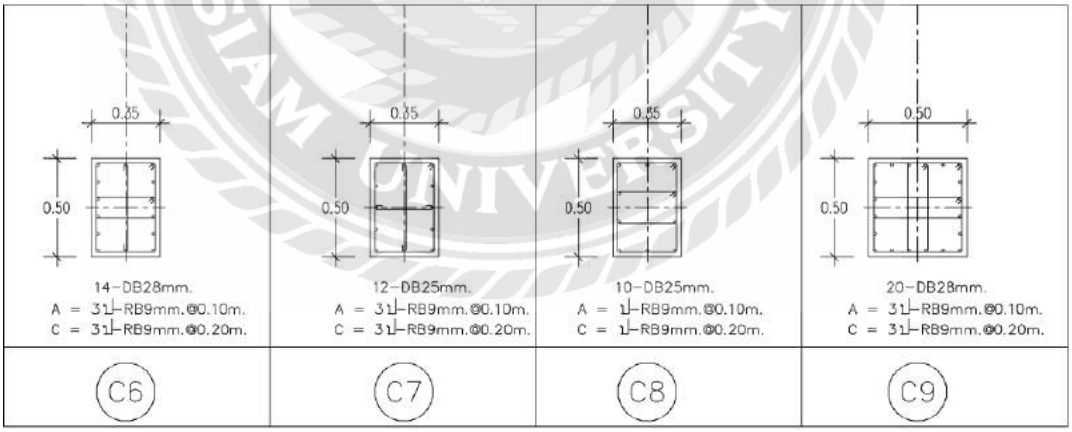
ลำดับที่	ชื่อเสา	ขนาดเสา (เมตร)
1	C1	0.35x0.50
2	C2	0.50x0.50
3	C3	0.50x0.50
4	C4	0.50x0.50
5	C5	0.35x0.50
6	C6	0.35x0.50
7	C7	0.35x0.50
8	C8	0.35x0.50
9	C9	0.50x0.50
10	C9A	0.50x0.50
11	C10	เสากลม R=0.30
12	C11	0.50x0.80
13	C12	0.35x0.50

4.2.1.2 แสดงแบบก่อสร้างที่กำหนดรายละเอียดการเสริมเหล็กเสา ทางผู้รับเหมาจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงเหล็กในเสา เนื่องจากไม่สามารถทำได้ แต่จะเปลี่ยนกระบวนการทำงานหล่อและติดตั้งแทน โดยแสดงรายละเอียดการเสริมเหล็กตามแบบสัญญา ดังรูปที่ 4.25 - รูปที่ 4.27



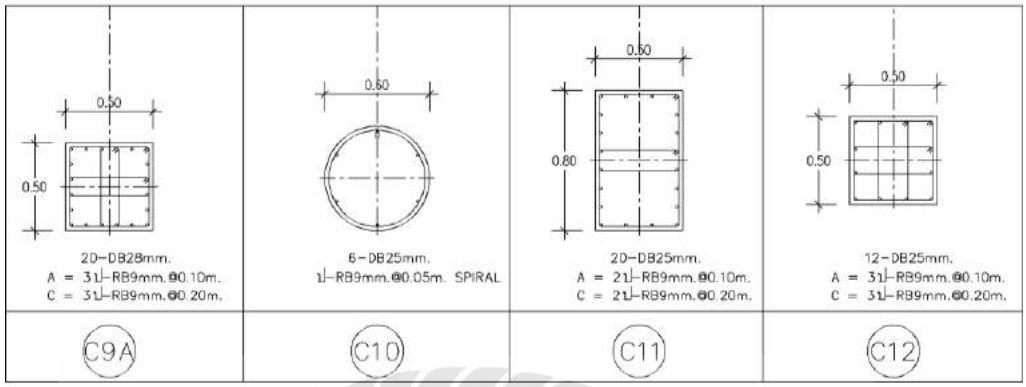
รูปที่ 4.25 แบบขยายเสา C1-C4 ที่ตำแหน่งตอม่อ

ที่มา : แบบประกอบสัญญาก่อสร้างโครงการ



รูปที่ 4.26 แบบขยายเสา C5-C9 ที่ตำแหน่งตอม่อ

ที่มา : แบบประกอบสัญญาก่อสร้างโครงการ



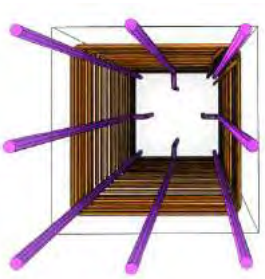
รูปที่ 4.27 แบบขยายเสา C9A-C12 ที่ตำแหน่งตอม่อ

ที่มา : แบบประกอบสัญญาก่อสร้างโครงการ

สำหรับรายละเอียดที่แสดงการเสริมเหล็กเสาโดยละเอียด ตั้งแต่ชั้นตอม่อไปจนถึงชั้นหลังคา สามารถดูได้ที่ภาคผนวก ข แบบขยายเสาโครงสร้าง

4.2.1.3 อธิบายการหล่อเสาโครงสร้างตามแบบในสัญญาซึ่งก็คือ การทำงานด้วยวิธีการแบบดั้งเดิม โดยจะเริ่มด้วยการเตรียมผูกเหล็กเสาให้เป็นรูปร่างตามแบบขยายเสา จากนั้นยกเหล็กมาประกอบนำเข้าไปยังตำแหน่งที่ต้องการประกอบไม้แบบ เมื่อเข้าไม้แบบตามขนาดเสาและตั้งดิ่งฉากเรียบร้อยจึงทำการเทคอนกรีตลงไป ซึ่งจะอธิบายโดยละเอียด ดังนี้

(1) ผูกเหล็กเสาตามแบบขยายเสาที่ แสดงรายละเอียดการเสริมเหล็ก ในที่นี้การทำงานจะเป็นการทำงานชั้นต่อชั้นเท่านั้น ไม่ได้ผูกเหล็กเสาสูงไปจนสุดถึงชั้นหลังคาดังรูป 4.28



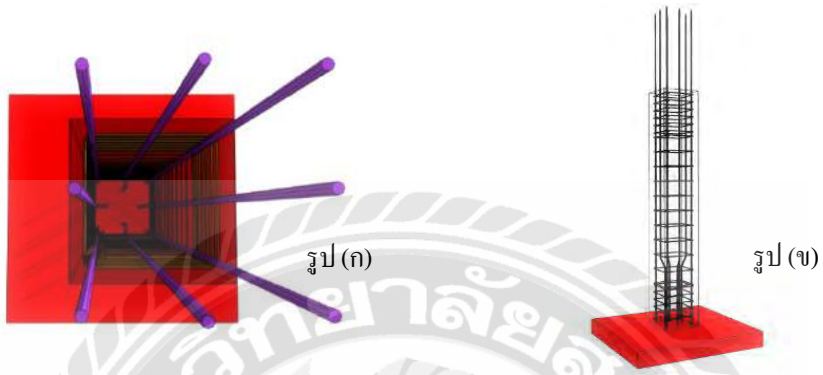
รูป (ก)

รูป (ข)

รูปที่ 4.28 ผูกเหล็กเสาตามแบบที่กำหนดรายละเอียดการเสริมเหล็กนั้นๆ

ที่มา : บริษัท เชียงใหม่ พัฒนวิศว์ จำกัด

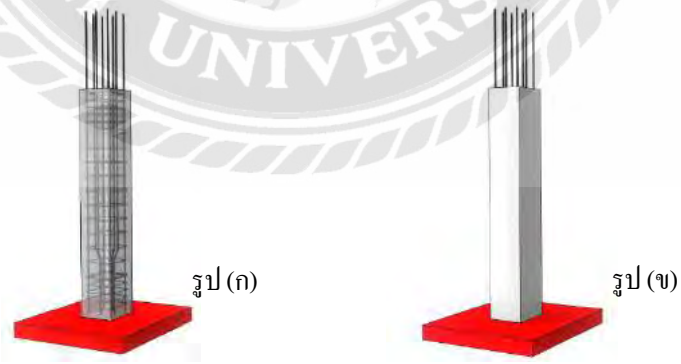
(2) ประกอบเหล็กเสาที่ผูกเสร็จเรียบร้อยแล้ว ณ ตำแหน่งตามแบบ พร้อมเซ็ตระยะดิ่งฉากให้ได้ตามมาตรฐานการก่อสร้าง จากรูปที่ 4.29 แสดงให้เห็นการประกอบเหล็กเสา ชั้นต่อชั้น (พื้นรองรับในรูปเป็นพื้นย่อส่วนเพื่ออธิบายการทำงาน)



รูปที่ 4.29 แปลนและรูปด้าน แสดงการประกอบเหล็กบนพื้น ณ ตำแหน่งที่ต้องการเทคอนกรีต

ที่มา : บริษัท เชียงใหม่ พัฒนวิศว์ จำกัด

(3) ทำการเทคอนกรีตเสา โดยหยุดระดับการเทคอนกรีตไว้ที่ท้องพื้นหรือท้องคาน ขึ้นอยู่กับตำแหน่งเสาว่าโครงสร้างที่ต่อเนื่องด้านบนคืออะไร



รูปที่ 4.30 เสาที่เทคอนกรีตเสร็จแล้ว (แสดงผลแบบโปร่งแสงและไม่โปร่งแสง)

ที่มา : บริษัท เชียงใหม่ พัฒนวิศว์ จำกัด

4.2.3 วิเคราะห์การทำหน้าที่ของเสา

4.2.3.1 จากโครงงานที่เลือกไว้ว่าจะใช้กระบวนการทางวิศวกรรมคุณค่าในการหาคุณค่าของส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของโครงงานในการปรับปรุงกระบวนการทำงานให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น ตารางที่ 4.6 สรุปหน้าที่ของโครงงานเสาว่าทำหน้าที่อย่างไรในโครงการนี้ สำหรับการทำงานในขั้นตอนนี้จะประกอบไปด้วยคณะทำงานจากบริษัทเชียงใหม่ พัฒนวิศว์ จำกัดและผู้วิจัย ในการร่วมทำการวิเคราะห์โครงงานที่กำหนด ค้นหาหน้าที่ของเสา พิจารณาและประเมินผลทางด้านตัวเลข เพื่อสรุปผลการคัดเลือกว่าจะปรับปรุงอะไรอย่างไรสำหรับโครงงานนี้ โดยคณะทำงานประกอบด้วย

- ฝ่ายบริหารบริษัท เชียงใหม่ พัฒนวิศว์ จำกัด
- ผู้วิจัยในฐานะบทบาทวิศวกรผู้ออกแบบโครงสร้างชิ้นส่วนสำเร็จรูป
- วิศวกรฝ่ายผลิต วิศวกรฝ่ายติดตั้งและฝ่ายควบคุมต้นทุน

ตารางที่ 4.6 วิเคราะห์หน้าที่โครงงานของเสาคอนกรีตโครงสร้าง

ลำดับที่	ส่วนประกอบ	กริยา	นาม	ชนิดหน้าที่
1	คอนกรีต	รับ	น้ำหนักอาคาร	หลัก
2	เหล็ก	รับ	น้ำหนักอาคาร	หลัก
3	ไม้แบบ	สร้าง	รูปร่าง	รอง
4	จุดต่อเสา	รับ	น้ำหนักอาคาร	หลัก
5	บุคคล	สร้าง	ประกอบ	รอง
6	แบบ	สร้าง	รูปร่าง	รอง

4.2.3.2 หลังจากวิเคราะห์หน้าที่ของเสาแล้ว นำข้อมูลมาจัดทำตารางน้ำหนักเชิงตัวเลข ดังตารางที่ 4.7 ซึ่งเป็นการประเมินผลเชิงตัวเลข และสรุปผลประเมินไว้ในตารางที่ 4.8 การประเมินดังกล่าวได้ผ่านการพิจารณาร่วมกันกับคณะทำงานก็คือจุดต่อเสามีน้ำหนักสูงสุดที่ควรจะต้องปรับปรุง โดยได้มีการนัดประชุมเพื่อพูดคุยระดมความคิดกันทุกฝ่ายสำหรับกระผมจะให้คำแนะนำด้านการออกแบบให้ถูกต้องตามหลักวิศวกรรม จากนั้นคณะทำงานจึงได้ข้อมูลจากขั้นตอนนี้นำไปพัฒนาและสร้างสรรค์ความคิดในกระบวนการถัดไป เพราะหากสามารถปรับปรุงจุดต่อเสาได้จริงๆ จะทำให้สามารถเร่งรัดงานในสายงานวิกฤตได้สำหรับสายงานวิกฤตโครงสร้างทั้งหมด

ตารางที่ 4.7 การประเมินผลเชิงตัวเลข

	B	C	D	E	F
A	A-2	A-3	A-1	A-1	A-3
	B	B-2	C-2	E-2	B-2
		C	C-2	D-2	E-2
			D	D-3	F-2
				E	E-2

น้ำหนักในการประเมิน

1 = ผลต่างความสำคัญน้อย, 2 = ความสำคัญปานกลาง, 3 = ความสำคัญมาก

ตารางที่ 4.8 แสดงน้ำหนักเชิงตัวเลข

อักษร	หน้าที่	น้ำหนัก
A	จุดต่อเสา	10
B	คอนกรีต	4
C	เหล็ก	4
D	ไม้แบบ	5
E	บุคคล	2
F	แบบ	2

4.2.4 การสร้างสรรค์ความคิดเพื่อปรับปรุง

4.2.4.1 ในขั้นตอนนี้เมื่อผู้รับเหมาตัดสินใจจะนำจุดต่อเสามาพัฒนาโครงงาน จึงได้ระดมความคิดกับคณะงานร่วมกันจัดทำตารางที่ 4.9 ที่แสดงการค้นหาวิธีการปรับปรุงจุดต่อเสาที่เหมาะสมที่สุด ให้สามารถก่อสร้างได้ไว สามารถควบคุมต้นทุนก่อสร้าง และลดเวลาการทำงานลงได้

ตารางที่ 4.9 บันทึกความคิดสร้างสรรค์

บันทึกความคิดสร้างสรรค์
หน้าที่ : ต่อเสากับโครงสร้างพื้นอาคาร
โครงงาน : พัฒนาเสาชิ้นส่วนสำเร็จรูปด้วยหลักวิศวกรรมคุณค่า
จุดต่อเสาชิ้นส่วนสำเร็จรูป : 1. รูปแบบของจุดต่อเสา 1.1 ใช้ท่อ Corrugated 100% 1.2 ใช้ Column Shoes 100% 1.3 ใช้ระบบ Hybrid 4 : Column Shoes + ท่อ Corrugated
ทีมงาน : ฝ่ายออกแบบ

4.2.4.2 สรุปทางเลือกและแนวคิดของการพัฒนาจุดต่อเสาชิ้นส่วนสำเร็จรูป ซึ่งทีมงานจะคำนึงถึงต้นทุนและระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง โดยที่จุดต่อนี้จะไม่ไปลดทอนคุณภาพและความสามารถในการรับน้ำหนักของเสา แสดงข้อมูลดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 สรุปทางเลือกและแนวคิดการพัฒนาจุดต่อเสาชิ้นส่วนสำเร็จรูป

ลำดับ	รายการ	รายละเอียดของหน้าที่	งานที่ต้องทำ/ดี-เสีย
1	ใช้ท่อ Corrugated 100%	เหล็กเสาทุกเส้นในเสาด้านล่างสวมเพื่อต่อทาบกัน	หลังจากติดตั้งเสาแล้วต้องขึงลวดสลิง/ติดตั้งยากที่สุด/ต้องมีการเท Non-Shrink คอนกรีตในท่อ/ค่าใช้จ่ายปานกลาง/ ค่าใช้จ่ายส่วนใหญ่คือค่า Non-Shrink /ทำงานต่อเนื่องไม่ได้เนื่องจากต้องรอเวลาปลดสลิง
2	ใช้ Column Shoes 100%	เหล็กเสาด้านล่าง ที่มีการทำสลักเกลียวเพื่อขันน็อตยึด กับเสาชิ้นส่วนสำเร็จ ทำให้การยึดเสาให้แข็งแรง	ติดตั้งเสาแล้วขันน็อต/ไม่ขึงสลิง/ติดตั้งได้รวดเร็ว/ราคาสูงมาก เพราะต้องนำเข้าจากต่างประเทศ/มีการเท Non-Shrink ณ จุดรองรับเสาด้านล่างเท่านั้น/สามารถทำงานต่อเนื่องได้ไม่มีอุปสรรคจากสลิง

ลำดับ	รายการ	รายละเอียดของหน้าที่	งานที่ต้องทำ/ดี-เสีย
3	ระบบ Hybrid : Column Shoes 4 ตัวที่มุม + ท่อ Corrugated ทาบเหล็กที่เหลือในเสา	นำเอา Column shoes รวม 4 ตัววางที่มุม + Corrugated ทาบเหล็กที่เหลืออยู่ในเสา โดยเหล็กทุกเส้นในเสาต่อทาบกันเหมือนกับทางเลือกที่ 1 และ 2	ติดตั้งเสาแล้วขันน็อต/ไม่ต้องขึงสลิง/ติดตั้งได้รวดเร็ว/ราคาถูกว่าทางเลือกที่ 2 เพราะใช้ Column shoes เพียง 4 ตัวที่เหลือทดแทนด้วย Corrugated

จากตารางที่ 4.10 ทีมงานได้พัฒนาโมเดล 3 มิติเพื่อค้นหาว่าจุดต่อในแต่ละทางเลือกมีรูปร่างอย่างไรจะปรับปรุงอะไรได้บ้าง ดังรูปที่ 4.31

รูปที่ 4.31 ภาพ 3 มิติ จุดต่อเรียงลำดับตามทางเลือก

ที่มา : บริษัท เชียงใหม่ พัฒนวิศว์ จำกัด

4.2.5 ขั้นการประเมินผลความคิด

4.2.5.1 ทีมงานซึ่งประกอบไปด้วยฝ่ายผลิตและฝ่ายติดตั้งของบริษัทผู้รับเหมาได้ทำการประเมินผลความคิดหลังจากที่ได้สร้างสรรค์และกำหนดทางเลือกของโครงงานจุดต่อเสา ดังตารางที่ 4.11 ที่ได้สรุปข้อดีข้อเสียและความเป็นไปได้ในปฏิบัติทำงาน

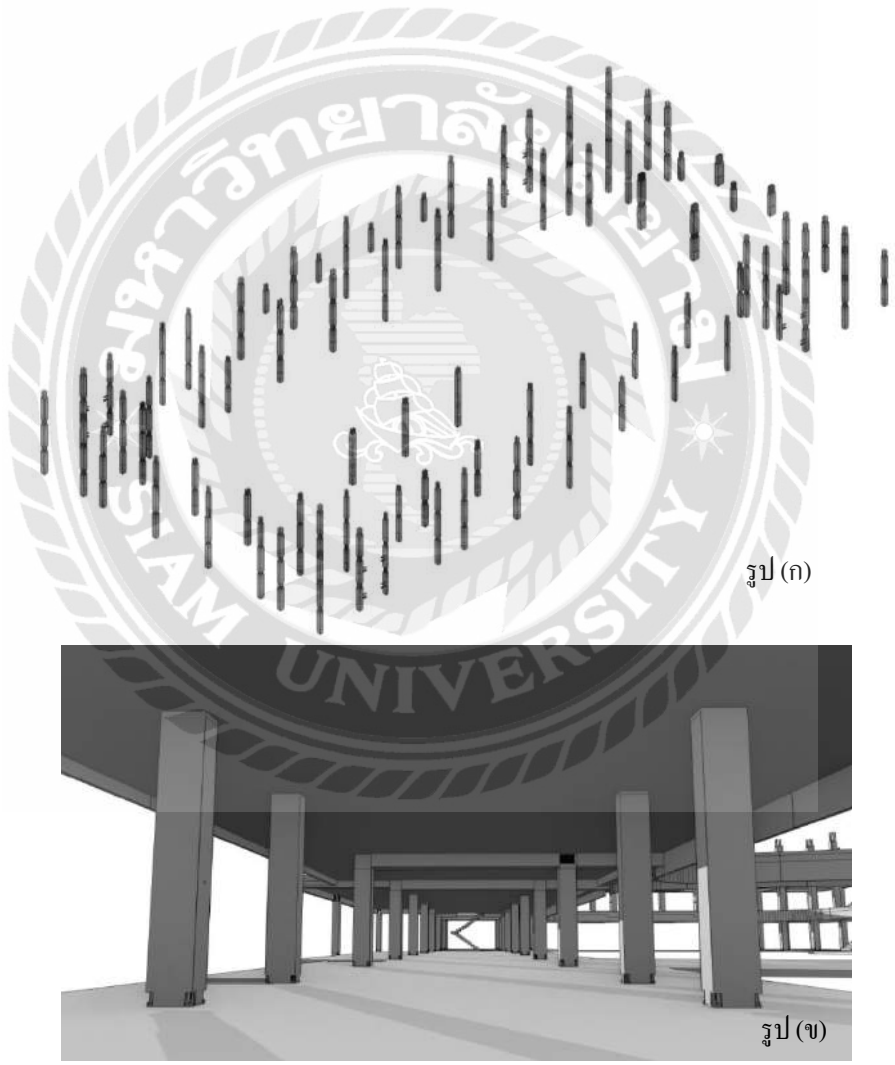
ตารางที่ 4.11 สรุปข้อดีข้อเสียและความเป็นไปได้ในการทำงาน

ทางเลือก	รูปร่าง/รูปทรง	ความเป็นไปได้	ข้อดี	ข้อเสีย
1		สามารถนำจุดต่อมาทำงานในโครงการนี้ได้	ประหยัดที่สุดจาก 3 ทางเลือก วัสดุหาได้จากในประเทศ	ใช้เวลานานที่สุด จะต้องใช้เวลาเพิ่มอีก 2-3 วันเมื่อเทียบกับทางเลือก1 และ 2
2		ไม่สามารถนำจุดต่อลักษณะนี้มาปฏิบัติงานได้เพราะไม่เหลือพื้นที่รอบข้าง Column shoes ซึ่งผิดหลักวิศวกรรม	ทำงานติดตั้งได้เร็วที่สุดจาก 3 ทางเลือก	ราคาแพงที่สุด
3		สามารถนำจุดต่อมาทำงานในโครงการนี้ได้	ทำงานได้เร็วรองจากทางเลือกที่ 2 แต่ติดตั้งได้เร็วกว่าทางเลือกที่ 1	แพงกว่าทางเลือกที่ 1 และยังต้องมีการใช้ Non-Shrink

จากตารางที่ 4.11 ทางทีมงานได้ตัดสินใจร่วมกันที่ใช้ทางเลือกที่ 3 เพราะมีความเป็นไปได้ในการทำงานได้จริง และมูลค่าค่าก่อสร้างถึงแม้ว่าจะไม่ได้ถูกกว่าทางเลือกที่ 1 แต่เมื่อพิจารณาความคุ้มค่าด้านเวลาการทำงานแล้ว ทางเลือกที่ 3 เป็นทางเลือกที่คุ้มค่าที่สุดกับเงื่อนไขของโครงการและทางผู้วิจัยซึ่งเป็นวิศวกรออกแบบได้ตรวจสอบความมั่งคงแข็งแรงก็ยืนยันว่าสามารถนำมาใช้งานได้เพราะมีความแข็งแรงตามมาตรฐาน

4.2.5.2 ประเมินมูลค่างานโดยรวมทั้งหมดในการนำจุดต่อทางเลือกแบบที่ 3 โดยมาคำนวณงบประมาณเปรียบเทียบ

(1) ตรวจสอบข้อมูลต้นทุนค่าก่อสร้างเสาจากบัญชีปริมาณงาน โดยนำมาเปรียบเทียบกับเสาชิ้นส่วนสำเร็จรูป การคิดปริมาณของเสาจะใช้ซอฟแวร์เพื่อช่วยคำนวณปริมาณงาน ทำได้ด้วยการสร้างโมเดลเสาโครงสร้างทั้งหมดพร้อมทั้งใส่เหล็กเสริมของเสาเข้าไปในโมเดล ซึ่งทำให้การคิดปริมาณเสาโครงสร้างทำได้อย่างละเอียดและแม่นยำ ดังแสดงในรูปที่ 4.32



รูปที่ 4.32 โมเดลเสาโครงสร้างที่ใช้คิดประมาณงานคอนกรีต เหล็ก ไม้แบบ

สำหรับข้อมูลตารางที่ 4.12 แสดงปริมาณงานที่คิดได้จากสัญญาส่วนกิจกรรมเสาโครงสร้าง โดยที่ปริมาณเหล็กเสาที่คิดนำไปคิดรวมเปอร์เซ็นต์การเผื่อเหล็ก ตามประกาศฝ่ายเลขานุการคณะกรรมการกำกับนโยบายราคากลางงานก่อสร้าง เนื่องจากการดัด งอปลาย ตัด ทาย คอม้า และเสียเศษตามเกณฑ์มาตรฐานขนาดและน้ำหนักวัสดุ (สำนักพัฒนามาตรฐานระบบพัสดุภาครัฐ 2550, น. 95) แสดงดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.12 ข้อมูลต้นทุนเสาโครงสร้างตามสัญญาจ้างก่อสร้าง

ลำดับ	รายการ	ปริมาณ	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		ราคารวม
				หน่วย	รวม	หน่วย	รวม	
1	คอนกรีต	141	ลบ.ม.	1,981.31	279,364.70	485.00	68,385.00	347,749.70
2	ไม้แบบ	79	ตร.ม.	160.00	12,640.00	92.00	7,268.00	19,908.00
3	9 มม.	5,403	กก.	28.84	155,822.50	4.10	22,152.30	177,974.80
4	20 มม.	4,523	กก.	28.64	129,538.70	2.90	13,116.70	142,655.40
5	25 มม.	17,086	กก.	28.67	489,855.60	2.90	49,549.40	539,405.00
6	28 มม.	7,928	กก.	26.96	213,738.90	2.90	22,991.20	236,730.10
7	ลวดผูกเหล็ก	1,048	กก.	33.95	35,579.60	0	0	35,579.60
8	Crane	36	วัน	8500	306,000.00			306,000.00
							รวมมูลค่าเสาโครงสร้างตามสัญญา	1,806,002.60
							Factor F	1.2032
							ราคารวม Factor F	2,172,982.33

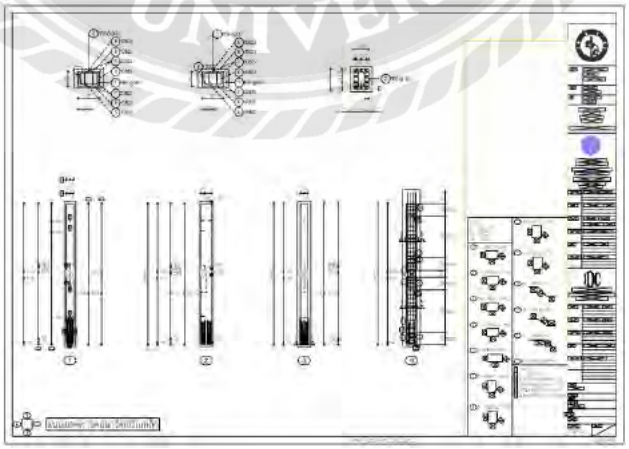
<u>หมายเหตุ</u>

- ปริมาณไม้แบบไม่เผื่อเปอร์เซ็นเพราะมีการใช้ซ้ำ
- Factor คือค่าบริหารและดำเนินการโครงการ
- ค่าเครื่องจักรคิดตามวันใช้งานตามแผนงานเสาเท่านั้น

ตารางที่ 4.13 การดัด งอปลาย ตัด ทาย คอม้า และเสียเศษตามเกณฑ์มาตรฐานขนาดและน้ำหนักวัสดุ

เหล็กเส้นกลมผิวเรียบ		เหล็กเส้นกลมผิวข้ออ้อย	
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง	เผื่อ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง	เผื่อ
6 มม.	5%	10 มม.	7%
9 มม.	7%	12 มม.	9%
12 มม.	9%	16 มม.	11%
15 มม.	11%	20 มม.	13%
19 มม.	13%	22 มม.	15%
25 มม.	15%	25 มม.	15%
28 มม.	15%	28 มม.	15%
32 มม.	15%	32 มม.	15%

(2) ตรวจสอบต้นทุนเสาที่จะเปลี่ยนเป็นชิ้นส่วนสำเร็จรูป คิดต้นทุนด้านวัสดุและแรงงานในการหล่อชิ้นส่วนสำเร็จรูป การขนส่งวัสดุเข้าสู่โครงการและประเมินค่าใช้จ่ายของแผนการติดตั้ง โดยปริมาณเสาที่ต้องดำเนินการหล่อรวมทั้งสิ้น 78 ต้น การคิดปริมาณวัสดุได้คิดจากแบบ Shop Drawing ที่มีการแสดงปริมาณงานต่างๆ ของชิ้นส่วนสำเร็จรูป โดยแสดงตัวอย่าง Shop Drawing เสาสำเร็จรูปที่ผลิตในโรงงานจากรูปที่ 4.33 และจากปริมาณงานทั้งหมด ได้ทำการสรุปมูลค่าต้นทุนการหล่อชิ้นส่วนสำเร็จรูปเอาไว้ในตารางที่ 4.14



รูปที่ 4.33 ตัวอย่าง Shop Drawing สำหรับคิดปริมาณงาน

ที่มา : บริษัท เชียงใหม่ พัฒนวิศว์ จำกัด

ตารางที่ 4.14 ข้อมูลต้นทุนเสาชิ้นส่วนสำเร็จรูป 78 ต้น

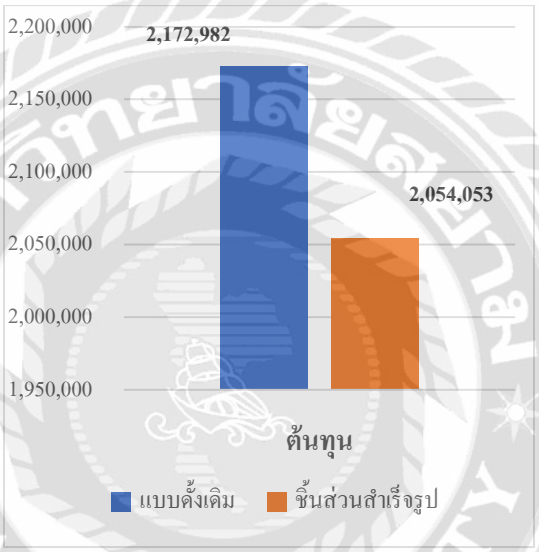
ลำดับ	รายการ	ปริมาณ	หน่วย	ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		ราคารวม
				หน่วย	รวม	หน่วย	รวม	
1	คอนกรีต	138	ลบ.ม.	1,800	248,400.00	2000	27,6000.00	276,000.00
2	9 มม.	5,145	กก.	28.50	146,632.50	2.25	11,576.30	158,209.00
	16 มม.	1,406	กก.	28.50	40,071.00	2.25	3,163.5	43,234.50
4	20 มม.	4,003	กก.	28.00	112,084.00	2.25	90,006.75	121,091.00
5	25 มม.	14,857	กก.	28.00	415,996.00	2.25	33,428.30	449,424.00
6	28 มม.	6,894	กก.	27.50	189,585.00	2.25	15,511.50	205,097.00
7	ลวดผูกเหล็ก	969	กก.	31.50	30,523.50	0	0	35,579.60
8	ไม้แบบ	1	เหมา	1	250,000.00	0	0	250,000.00
9	ขนส่ง	20	เที่ยว	8,500	170,000.00	0	0	200,000.00
10	*HCC20	136	ตัว	750	102,000.00	0	0	102,000.00
11	*HCC24	192	ตัว	850	163,200.00	0	0	163,200.00
12	*HCC30	52	ตัว	1100	57,200.00	0	0	57,200.00
13	*CRG800	82	ตัว	100	8,200.00	0	0	8,200.00
14	*CRG1000	82	ตัว	120	9,840.00	0	0	9,840.00
15	*CRG1200	196	ตัว	135	26,460.00	0	0	26,460.00
16	*TP2.5T	323	ตัว	45	14,535.00	0	0	14,535.00
17	*TP4.0T	60	ตัว	80	4,800.00	0	0	4,800.00
18	*PL6x10	104	ตัว	60	6,240.00	0	0	6,240.00
19	Operator	1	เหมา	100,000	100,000	0	0	100,000
20	Crane	8	วัน	8,500	51,000	0	0	51,000.00
21	ติดตั้ง	8	วัน	0	0	5,000		30000
							รวมมูลค่าเสาสำเร็จรูป	2,054,053.00

<u>หมายเหตุ</u>

- ไม่พิจารณาค่า Factor F เนื่องจากค่าดำเนินการถูกคิดในบัญชีต้นทุนที่แสดงไว้เรียบร้อยแล้ว
- ราคาค่าแรงติดตั้ง Fixtures จะเหมารวมในค่าเทคอนกรีตและผู้รับเหมาใช้เครื่องจักรของตัวเอง

(3) สรุปผลจากตารางที่ 4.12 ทำการเปรียบเทียบมูลค่าต้นทุนทั้งหมดในการก่อสร้าง ของการก่อสร้างตามสัญญา เทียบกับต้นทุนการเปลี่ยนกระบวนการก่อสร้างจากโครงงานจุดต่อกับข้อมูลตารางที่ 4.14 สรุปได้ว่าต้องใช้เงินลงทุนที่สูงมากกว่าเดิมในการหล่อเสาโครงสร้าง ดังรูปที่ 4.34

ต้นทุนที่ลดลง : 2,172,982.33 – 2,054,053.00 = 118,929.33 บาท ซึ่งลดลงร้อยละ 5.47



รูปที่ 4.34 แสดงการเปรียบเทียบต้นทุนงานค่าก่อสร้าง

เปรียบเทียบดัชนีคุณค่าด้านต้นทุน (Value) จากสมการที่ 6 ของบทที่ 2

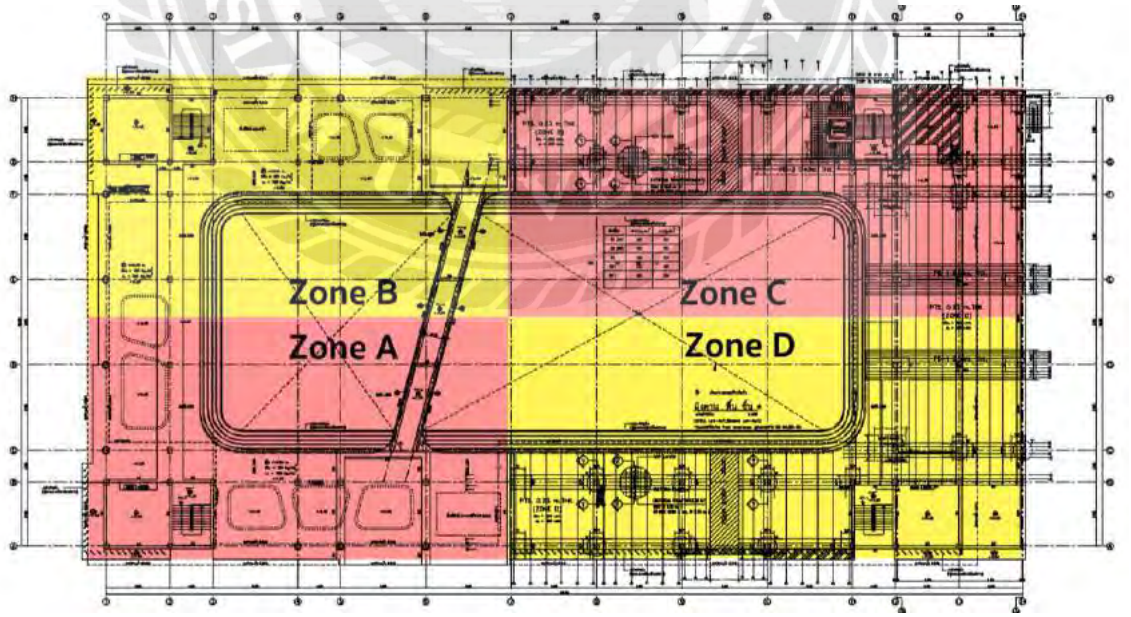
$$Value = \frac{Function}{Cost}$$

Function ของการหา Value ก็คือ กำหนดให้เสาโครงสร้างมีรูปร่างและมีหน้าที่การทำงานที่เหมือนกันโดยเสาโครงสร้างของโครงการนี้ไม่ได้ถูกลงหน้าที่การทำงานลงหรือสรุปก็คือ Function ของเสาก่อนและหลังเปลี่ยนกระบวนการไม่มีการเปลี่ยนแปลง สำหรับ Cost ก่อนปรับปรุงจะ

พบว่าสูงกว่าหลังปรับปรุงหรือสรุปก็คือมูลค่าหลังจากปรับปรุงแล้วการเปลี่ยนกระบวนการทำงานสามารถลด Cost ลงได้ ดังนั้นโครงงานนี้จึงเพิ่ม Value และเหมาะสมต่อการนำไปปฏิบัติใช้งาน

4.2.5.3 ประเมินระยะเวลาของกิจกรรมเฉพาะหล่อเสาโครงสร้าง หากดำเนินการก่อสร้างตามแบบเดิมตามสัญญาเปรียบเทียบกับการก่อสร้างเสาชิ้นส่วนสำเร็จรูป กรณีนี้จะพิจารณาหาคุณค่าที่เกิดขึ้นของค่าใช้จ่ายทางตรง เช่น ค่าแรงพนักงานรายเดือน พนักงานรายวัน ค่าน้ำ ค่าไฟ และค่าเครื่องมือต่างๆ ที่ต้องเช่าเพื่อใช้ในหน่วยงาน เมื่อทำการปรับปรุงกระบวนการ

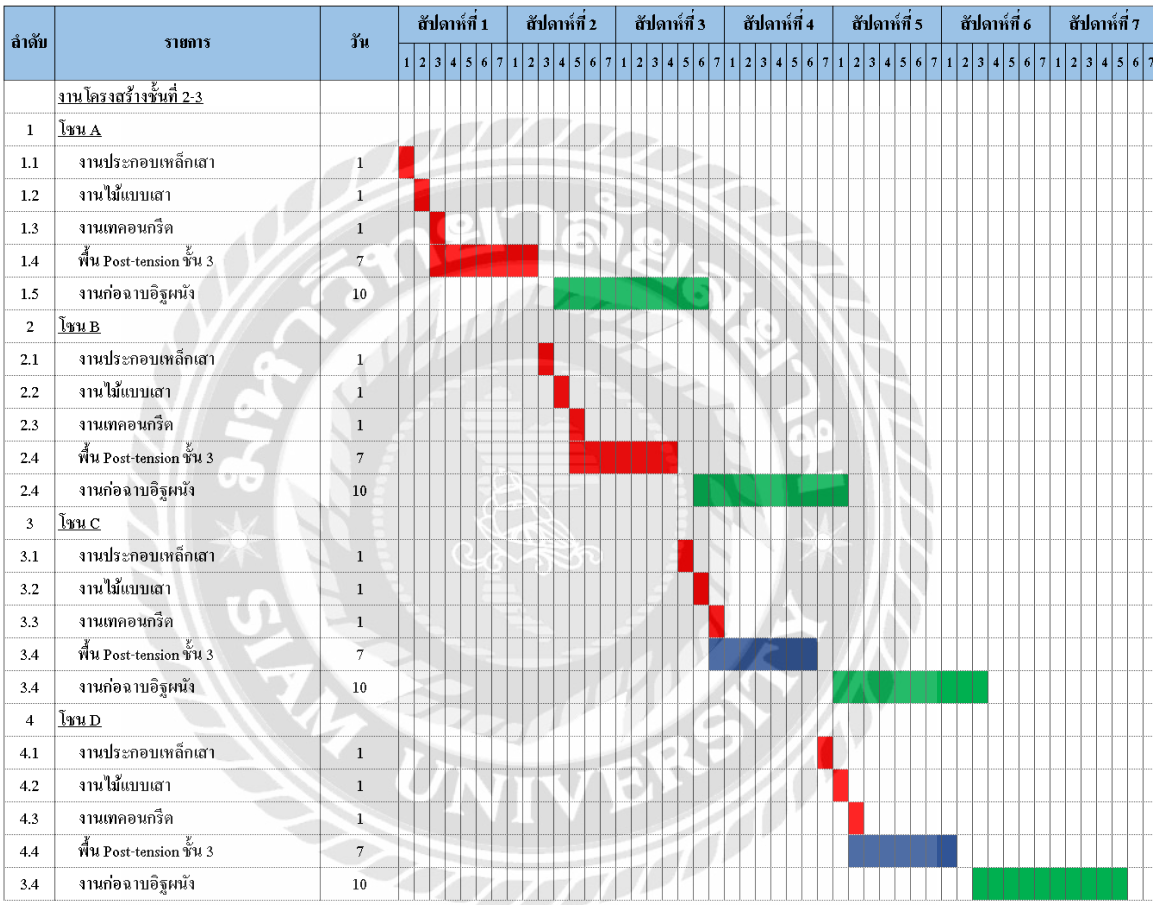
(1) การหล่อเสาแบบเดิมโครงการได้แบ่งพื้นที่ทำงานออกเป็น 4 โซน เนื่องจากพื้นที่ก่อสร้างมีลักษณะการทำงานในแนวราบ ดังแสดงในรูปที่ 4.35 ดังนั้นการก่อสร้างก็จะวางแผนทำงานเป็น โซน A, โซน B, โซน C และ โซน D เรียงตามลำดับ การก่อสร้างไม่สามารถก่อสร้างได้พร้อมกันทุกโซน ถึงแม้ว่าจะสามารถทำได้ในทางปฏิบัติแต่เพราะต้นทุนค่าใช้จ่ายทางอ้อม เช่น ค่าเครื่องจักร ค่าใช้จ่ายทางตรงทั้งพนักงานและจำนวนแรงงานที่ต้องเพิ่มขึ้น ทำให้การเลือกการทำงานพร้อมกันยังไม่ใช่แนวทางของการปรับปรุงกระบวนการ อีกทั้งระบบโครงสร้างพื้น Post-Tension ซึ่งเป็นผู้รับเหมาย่อย ก็ไม่สามารถเข้าทำงานในทุกพื้นที่ได้พร้อมกัน



รูปที่ 4.35 พื้นที่ก่อสร้างที่แบ่งออกเป็น 4 โซน

ที่มา : บริษัท เชียงใหม่ พัฒนวิศว์ จำกัด

พิจารณาแผนงานหล่อเสาโครงสร้างมีกิจกรรมที่ต้องดำเนินการต่อกันตามสายงาน ทำให้ไม่สามารถ ข้ามลำดับการทำงานได้ ดังในรูปที่ 4.36 รูปแสดงสายงานวิกฤตโครงสร้างเสา ซึ่งเมื่อรวมเวลาที่ต้องใช้ในการหล่อเสาโครงสร้างต่อชั้นคือ 3 วัน x 4 โซน = 12 วัน ทั้งหมด 3 ชั้น หล่อเสาจากชั้นที่ 2 - ถึงชั้นที่ 4 ดังนั้นใช้เวลาเฉพาะงานหล่อเสาโครงสร้างรวมทั้งสิ้น 12 วัน x 3 ชั้น = 36 วัน



ลำดับ	รายการ	วัน
	งานโครงสร้างชั้นที่ 2-3	
1	โซน A	
1.1	งานประกอบเหล็กเสา	1
1.2	งานไม้แบบเสา	1
1.3	งานเทคอนกรีต	1
1.4	พื้น Post-tension ชั้น 3	7
1.5	งานก่อฉาบอิฐผนัง	10
2	โซน B	
2.1	งานประกอบเหล็กเสา	1
2.2	งานไม้แบบเสา	1
2.3	งานเทคอนกรีต	1
2.4	พื้น Post-tension ชั้น 3	7
2.4	งานก่อฉาบอิฐผนัง	10
3	โซน C	
3.1	งานประกอบเหล็กเสา	1
3.2	งานไม้แบบเสา	1
3.3	งานเทคอนกรีต	1
3.4	พื้น Post-tension ชั้น 3	7
3.4	งานก่อฉาบอิฐผนัง	10
4	โซน D	
4.1	งานประกอบเหล็กเสา	1
4.2	งานไม้แบบเสา	1
4.3	งานเทคอนกรีต	1
4.4	พื้น Post-tension ชั้น 3	7
3.4	งานก่อฉาบอิฐผนัง	10

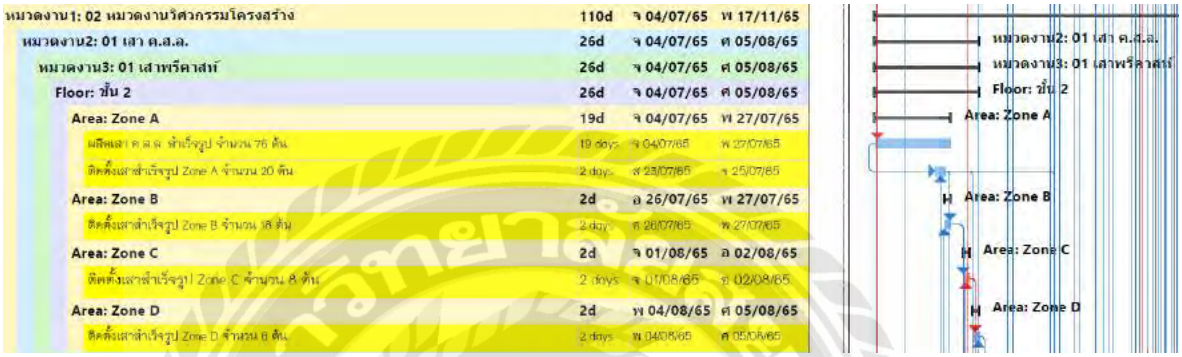
รูปที่ 4.36 แผนงานหล่อเสาโครงสร้างแบ่งตามโซน (บางส่วน)

ที่มา : แผนงานจากภาคผนวก (ก)

(2) เสาชิ้นส่วนสำเร็จรูปจะเป็นการทำงานออกเป็น 2 ส่วนด้วยกัน คือ

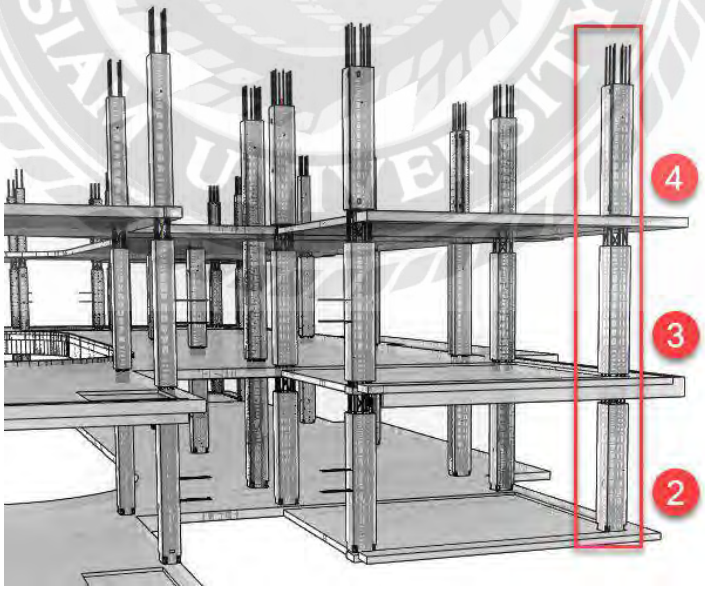
a. งานหล่อเสาโครงสร้าง จะเป็นการหล่อที่โรงงาน การทำงานในส่วนนี้สามารถทำงานร่วมกันกับกิจกรรมอื่นๆ ได้ โดยวางแผนการทำงานไว้รวมทั้งสิ้น 19 วัน ดังรูปที่ 4.37

b. งานติดตั้งเสาทั้ง 4 โซนได้ประเมินว่าจะใช้เวลาทำงานติดตั้งทั้งหมดรวมทั้งสิ้น 8 วันสำหรับเสาที่ยาวจนถึงชั้น 4 โดยเสาชิ้นส่วนสำเร็จรูปจะหล่อชิ้นเดียวมีความยาวรวมตั้งแต่ชั้น 2 จนถึงชั้น 4 จากรูปที่ 4.38 แสดงเสาสำเร็จรูปที่ติดตั้งยาวจนถึงชั้น 4 โดยที่งานพื้น Post-tension จะหล่อในลำดับถัดไป ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าในส่วนงานเสาสำเร็จรูปจะใช้เวลารวม 19+8 = 27 วัน



รูปที่ 4.37 แผนงานหล่อและติดตั้งเสาสำเร็จรูป

ที่มา : แผนการทำงานหล่อเสาจากบริษัท เชียงใหม่ พัฒนวิศว์ จำกัด



รูปที่ 4.38 เสาสำเร็จรูปที่หล่อยาวจากชั้น 2 - ชั้น 4 ปลายเสาถึงชั้นหลังคา

ที่มา : บริษัท เชียงใหม่ พัฒนวิศว์ จำกัด

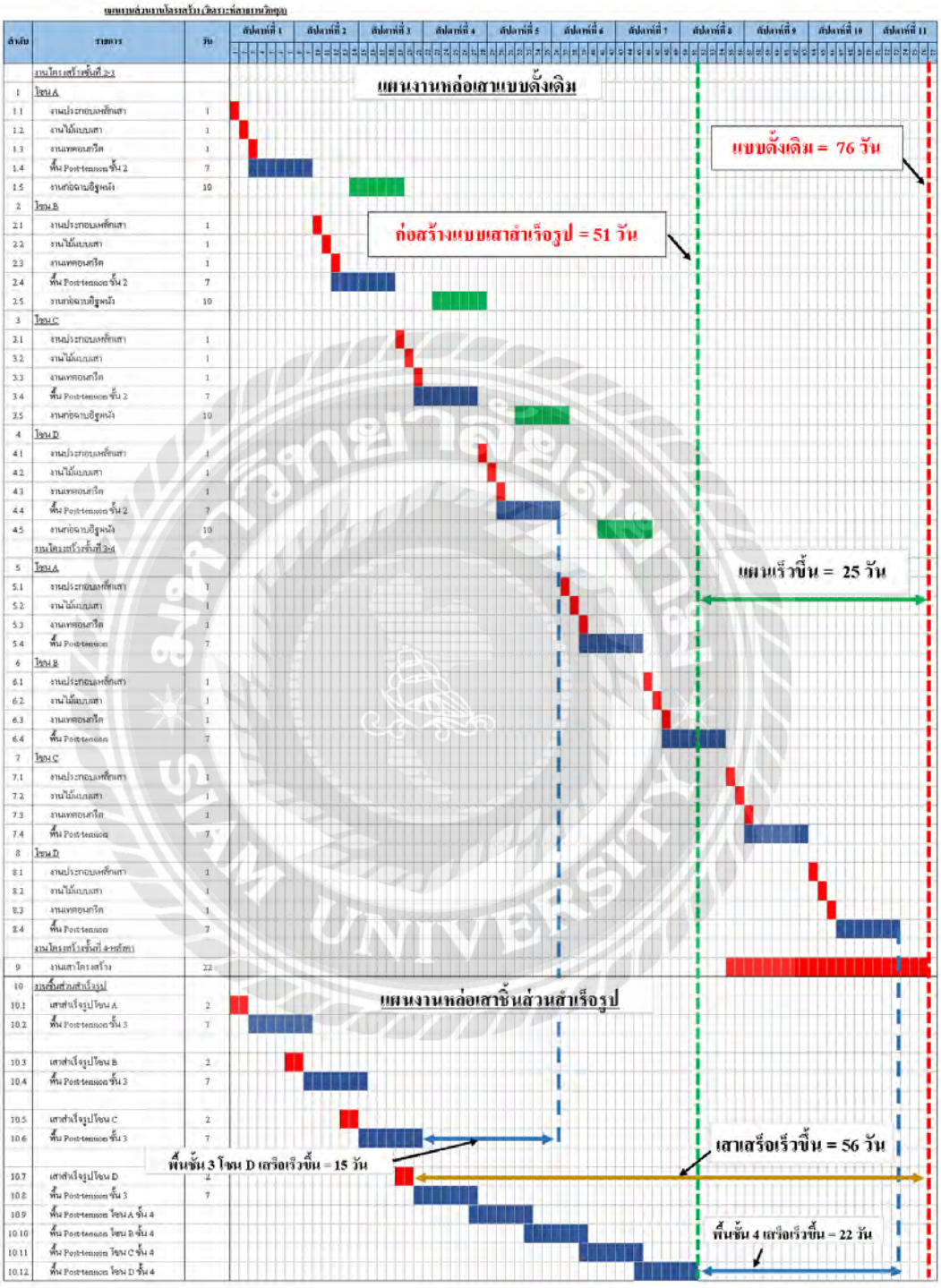
(3) สรุปผลในตารางที่ 4.15 ประเมินระยะเวลาของการหล่อเสาโครงสร้าง ซึ่งในตารางจะสรุปเวลาการทำงานจากกิจกรรมที่ต้องทำงานต่อเนื่องกัน ทำงานข้ามสายงานไม่ได้ ดังนั้นจะไม่คิดกิจกรรมที่สามารถทำงานร่วมกับกิจกรรมอื่นๆ ในโครงการเพราะไม่ถือเป็นงานวิกฤตของกิจกรรมนั้น

ตารางที่ 4.15 สรุประยะเวลาที่ใช้ในการหล่อเสาโครงสร้างแบ่งตามรูปแบบการดำเนินการ

รายการ	เวลาทำงานรวม (วัน)
หล่อเสาแบบดั้งเดิม (หล่อทีละชั้น)	36
หล่อเสาสำเร็จรูป (หล่อและติดตั้งพร้อมกันทุกชั้น)	27

เปรียบเทียบดัชนีคุณค่าใช้จ่ายทางตรง (Value) จากสมการที่ 6 ของบทที่ 2 จากระยะเวลาการทำงานโครงสร้างเสาแบบหล่อในที่ซึ่งทำงานรวม 36 วัน เมื่อทำการเปลี่ยนกระบวนการสามารถลดการทำงานเหลือเพียง 27 วัน ดังนั้นจึงลดเวลาทำงานลดได้ 36-27 = 9 วัน หากพิจารณาเป็นมูลค่าจะทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายทางอ้อม (Indirect Cost) ลงได้ โดยจะสมมติค่าใช้จ่ายทางอ้อมต่อวันเพื่อค้นหาคุณค่าเนื่องจากไม่มีข้อมูลในส่วนนี้ที่ชัดเจน จึงกำหนดต้นทุนการทำงานจากค่าใช้จ่ายทางอ้อมไว้วันละ 10,000 บาท เดิมต้องใช้เงิน 360,000 บาทลดลงเหลือเพียง 270,000 บาท ทำให้ลดต้นทุนค่าใช้จ่ายได้ 90,000 บาท หรือคิดเป็นร้อยละ 25 ซึ่งการพิจารณาคุณค่า (Value) จากสมการที่ 6 เมื่อ Function การใช้งานยังคงเหมือนเดิมคือเป็นเสาโครงสร้างรับน้ำหนักที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงหน้าที่ใดๆ แต่สิ่งที่ลดลงได้คือ Cost คือค่าใช้จ่ายทางอ้อม คุณค่าหลังปรับปรุงเมื่อพิจารณาด้วยสมการที่ 6 สรุปได้ว่ามีคุณค่าเพิ่มมากขึ้นหลังการปรับปรุง

4.2.5.4 ประเมินเปรียบเทียบแผนดำเนินงานโครงสร้างทั้งหมดโดยละเอียด ขั้นตอนนี้จะนำแผนงานก่อสร้างงานโครงสร้างทั้ง 2 กระบวนการ มาเปรียบเทียบวิเคราะห์โดยทำให้สามารถมองเห็นภาพรวมการทำงานว่าก่อนและหลังปรับปรุงจะใช้เวลาในการดำเนินงานของงานโครงสร้างรวมระยะเวลาเท่าใด โดยก่อนหน้านี้ค้นหาคุณค่าและเปรียบเทียบเฉพาะงานหล่อเสาเพียงอย่างเดียวกับสายงานวิกฤตไม่ได้ศึกษาในการมองแผนงานรวมทั้งหมดจากกิจกรรมงานโครงสร้าง โดยแผนงานแสดงดังรูปที่ 4.39



รูปที่ 4.39 เปรียบเทียบแผนของกิจกรรมสายงานวิกฤต (กิจกรรมเสาชั้น 4 แสดงเวลารวม)

ที่มา : บริษัท เชียงใหม่ พัฒนวิศว์ จำกัด

จากรูปที่ 4.39 เมื่อประเมินระยะเวลาก่อสร้างสายงานวิกฤตเฉพาะงานโครงสร้างที่ประกอบไปด้วยกิจกรรม เสา คาน และพื้นตั้งแต่ชั้นที่ 2 เป็นต้นไปพบว่าระยะเวลาก่อสร้างทั้งหมดเท่ากับ 76 วัน แต่หลังการปรับปรุงกระบวนการเป็นเสาชิ้นส่วนสำเร็จรูประยะเวลาลดลงเหลือเพียง 51 วันหรือแล้วเสร็จก่อนกระบวนการเดิม 76-51 = 25 วัน ซึ่งระยะเวลาที่ทำงานลดลงไปถึง 25 วันทำให้สามารถลดต้นทุนทางอ้อมได้คิดเป็นร้อยละ 32.89

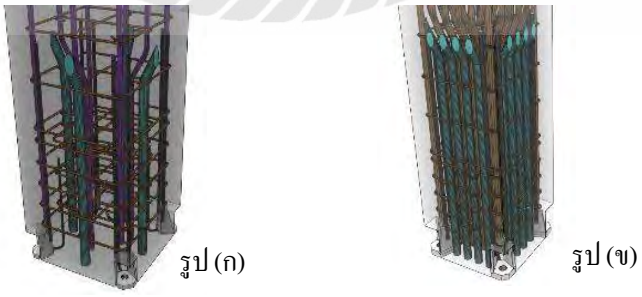
พิจารณาคุณค่า (Value) ด้วยสมการที่ 6 ผลลัพธ์ที่ได้เมื่อ Function ของเสายังคงเหมือนเดิมก่อนและหลังปรับปรุงแต่สามารถลด Cost ในที่นี้คือค่าใช้จ่ายทางอ้อมลง จึงสรุปได้ว่ามีคุณค่าเพิ่มมากขึ้นหลังการปรับปรุง ดังนั้นจึงสรุปผลการพิจารณาดัชนีคุณค่าทั้งหมดได้ดังตารางที่ 4.16 โดยที่ Function ของเสาที่ใช้ประเมินคุณค่าทั้ง 3 รูปแบบนั้นคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงหน้าที่ใดๆ

ตารางที่ 4.16 สรุปผลการพิจารณาคุณค่าหากทำการปรับปรุงกระบวนการ

ศึกษาเปรียบเทียบ	การประเมินคุณค่า (Value)	ผลการปรับปรุง	เกณฑ์พิจารณา
มูลค่าก่อสร้าง	เพิ่มขึ้น	ลดค่าใช้จ่ายการก่อสร้าง (Cost)	ผ่าน
เวลาในการหล่อเสา	เพิ่มขึ้น	ลดค่าใช้จ่ายทางอ้อม (Cost)	ผ่าน
สายงานวิกฤต	เพิ่มขึ้น	ลดค่าใช้จ่ายทางอ้อม (Cost)	ผ่าน

4.2.6 ขั้นตอนการลงมือปฏิบัติและพิสูจน์

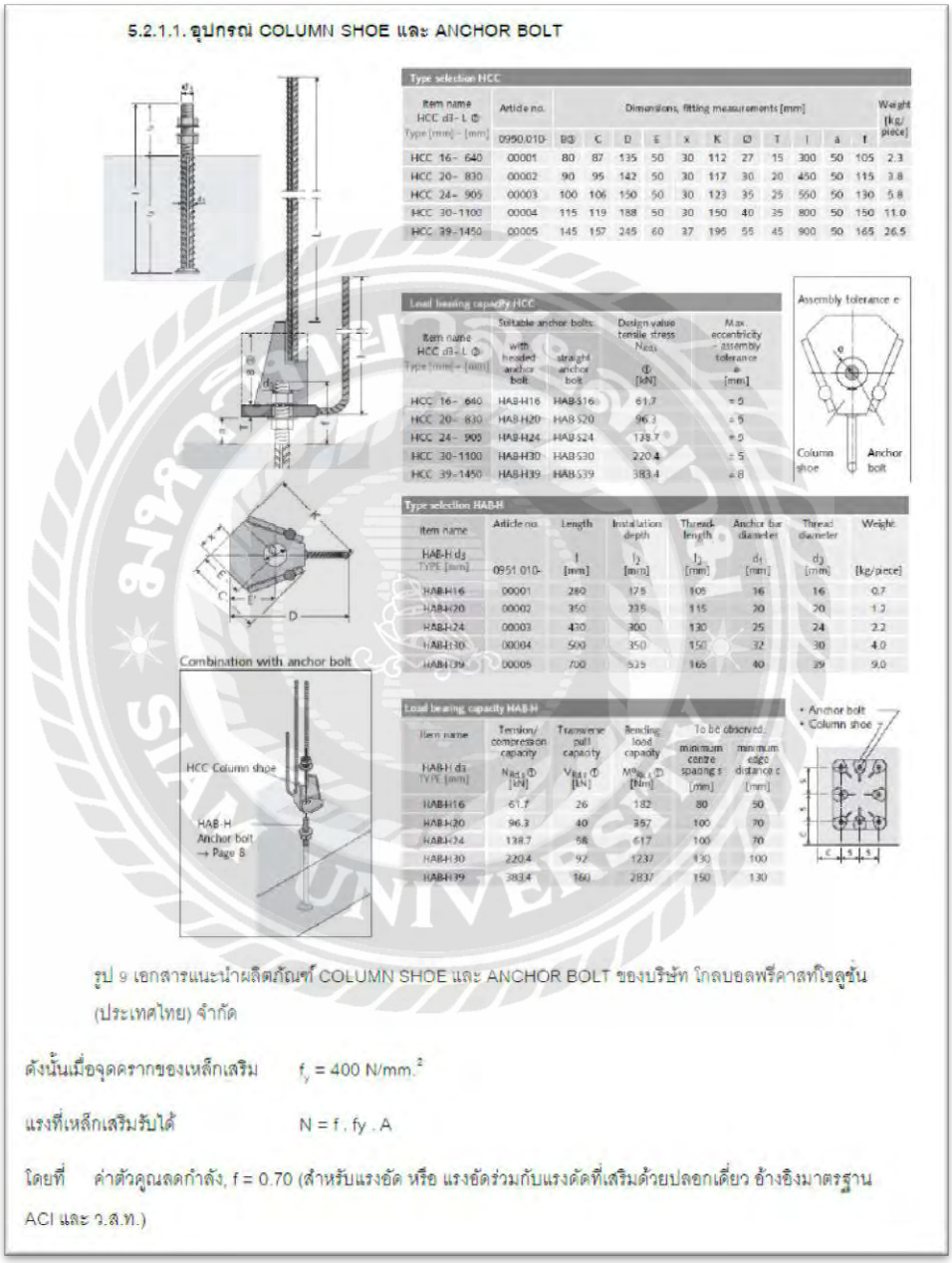
หลังจากที่ทางโครงการตัดสินใจเลือกใช้ทางเลือกที่ 3 ซึ่งก็คือการออกแบบจุดต่อเสาที่มีการใช้ Column Shoes + Corrugated ดังแสดงรูปที่ 4.40



รูปที่ 4.40 โมเดล 3 มิติ แสดงการใช้ Column Shoes + Corrugated เสาโครงสร้าง

ที่มา : บริษัท เชียงใหม่ พัฒนวิศว์ จำกัด

4.2.6.1 ตรวจสอบรายการคำนวณจุดต่อเสา เพื่อยืนยันผลการออกแบบว่าถูกต้องตามหลักวิศวกรรม ร่วมกับที่ปรึกษาของบริษัทที่มีความเชี่ยวชาญ ดังรูปที่ 4.40 และ 4.41



รูป 9 เอกสารแนะนำผลิตภัณฑ์ COLUMN SHOE และ ANCHOR BOLT ของบริษัท โกลบอลพรีคาสท์โซลูชั่น (ประเทศไทย) จำกัด

ดังนั้นเมื่อจุดครากของเหล็กเสริม $f_y = 400$ N/mm.^{2}

แรงที่เหล็กเสริมรับได้ $N = f \cdot fy \cdot A$

โดยที่ ค่าตัวคูณลดกำลัง, f = 0.70 (สำหรับแรงอัด หรือ แรงอัดร่วมกับแรงดัดที่เสริมด้วยปลอกเดี่ยว อ้างอิงมาตรฐาน ACI และ ว.ส.ท.)

รูปที่ 4.41 รายการคำนวณจุดต่อเสา (เอกสารประกอบการทำงานที่ส่งขออนุมัติ)

ที่มา : บริษัท เชียงใหม่ พัฒนวิศว์ จำกัด

พื้นที่หน้าตัดของเหล็กเสริม, A หน่วย ตร.มม.

ดังนั้นสามารถเปรียบเทียบความสามารถในการรับแรงของเหล็กเสริมและอุปกรณ์ COLUMN SHOE และ ANCHOR BOLT เมื่อใช้ตามที่ผู้ผลิตกำหนดได้ดังนี้

ขนาดเหล็กเสริมแกนเสา [มม.]	พื้นที่หน้าตัดของเหล็กเสริม A [ตร.มม.]	แรงที่เหล็กเสริมรับได้ N [kN]	อุปกรณ์ COLUMN SHOE เทียบเท่า	อุปกรณ์ ANCHOR BOLT เทียบเท่า	ค่าที่นำมาใช้ออกแบบ $N_{Rd,s}$ [kN] [1]
DB20	314.2	87.976	HCC20-830	HAB-H20	96.3 > 87.976
DB25	490.9	137.452	HCC24-905	HAB-H24	138.7 > 137.452
DB28	615.8	172.424	HCC30-1100	HAB-H30	220.4 > 172.424

[1] ผลการทดสอบอุปกรณ์ COLUMN SHOE และ ANCHOR BOLT อยู่ในผนวก ข

จากตารางข้างต้นสามารถสรุปได้ว่าอุปกรณ์ COLUMN SHOE และ ANCHOR BOLT มีความสามารถในการรับแรงได้เทียบเท่าหรือดีกว่าเหล็กเสริมทั่วไป ดังนั้นจึงสามารถเลือกใช้ทดแทนเหล็กเสริมแกนเสาได้ตามขนาดที่แสดงในตารางในสัดส่วน 1 ต่อ 1

5.2.1.2. ท่อร้อยเหล็กเสริม (ท่อ CORRUGATE)

การใช้ท่อร้อยเหล็กเสริมเพื่อเชื่อมต่อเหล็กแกนเสาเป็นการทาบต่อเหล็กเสริมตามหลักการของโครงสร้างปกติที่กำหนดอยู่ในรายการประกอบแบบงานวิศวกรรมโครงสร้าง โดยกำหนดให้ใช้ระยะทาบโดยเหลื่อมกันสำหรับเหล็กข้ออ้อยมีระยะเท่ากับ 30 เท่าของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเหล็กข้ออ้อยเส้นนั้น

ดังนั้นจึงสามารถใช้งานทดแทนเหล็กเสริมตามขนาดที่ใช้งานจริงได้โดยตรง

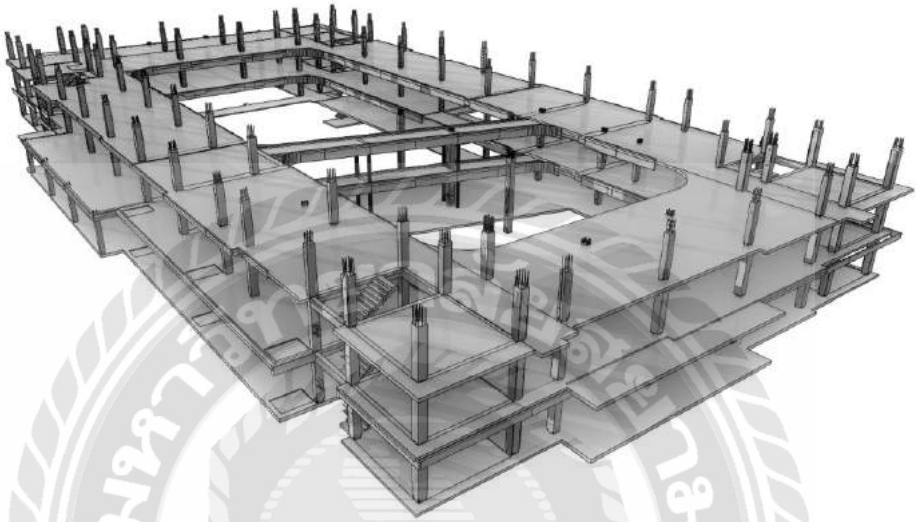
5.2.1.3. อุปกรณ์ GROUTED STEEL SLEEVE COUPLER

ผู้ผลิตอุปกรณ์ GROUTED STEEL SLEEVE COUPLER ได้ทดสอบการใช้งานของอุปกรณ์สำเร็จรูปดังกล่าวแล้วและรับรองความแข็งแรงของจุดเชื่อมต่อว่าสามารถรับแรงได้เทียบเท่ากับเหล็กเส้นตรง (อ้างอิงผลการทดสอบ) ดังนั้นจึงสามารถเลือกใช้ทดแทนเหล็กเสริมแกนเสาได้ตามขนาดที่แสดงในตารางในสัดส่วน 1 ต่อ 1

รูปที่ 4.42 รายการคำนวณจุดต่อเสา (ต่อ)

ที่มา : บริษัท เชียงใหม่ พัฒนวิศว์ จำกัด

4.2.6.2 จัดทำโมเดลแบบจำลอง 3 มิติโครงสร้างอาคาร พร้อมทำแบบขยายที่แสดงขนาดความกว้าง ยาว และตำแหน่งของจุดต่อเสาแบบ Column Shoes + Corrugated ทุกชิ้นส่วน ดังรูปที่ 4.43 และรูปที่ 4.44 สำหรับรูปที่ 4.45 เป็นตัวอย่างแบบที่ใช้ผลิตเสาชิ้นส่วนสำเร็จรูป

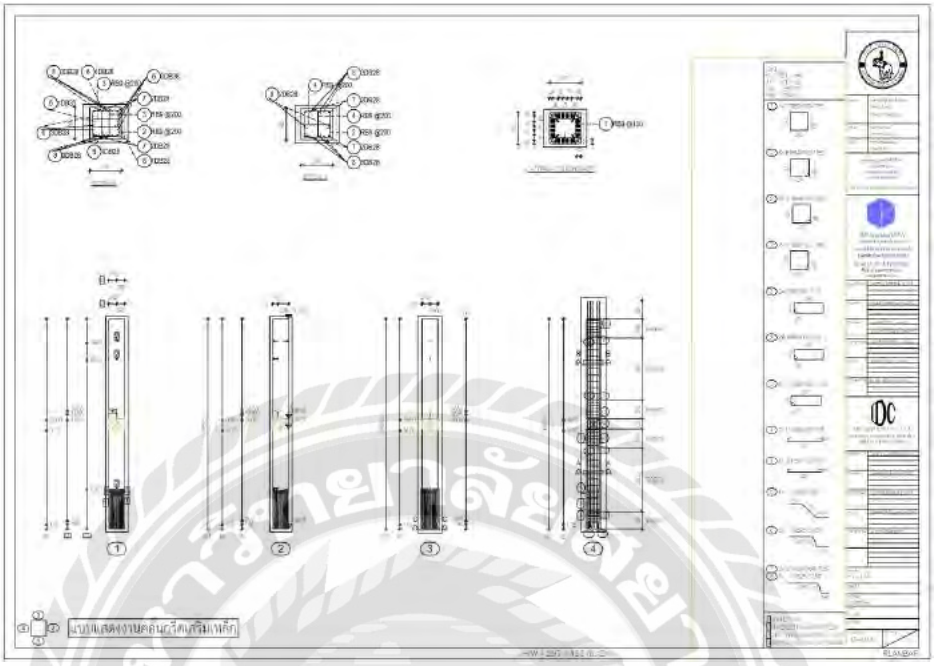


รูปที่ 4.43 โมเดลจำลองโครงสร้างอาคารรูปที่ 1

ที่มา : บริษัท เชียงใหม่ พัฒนวิศว์ จำกัด

รูปที่ 4.44 โมเดลจำลองโครงสร้างอาคารรูปที่ 2

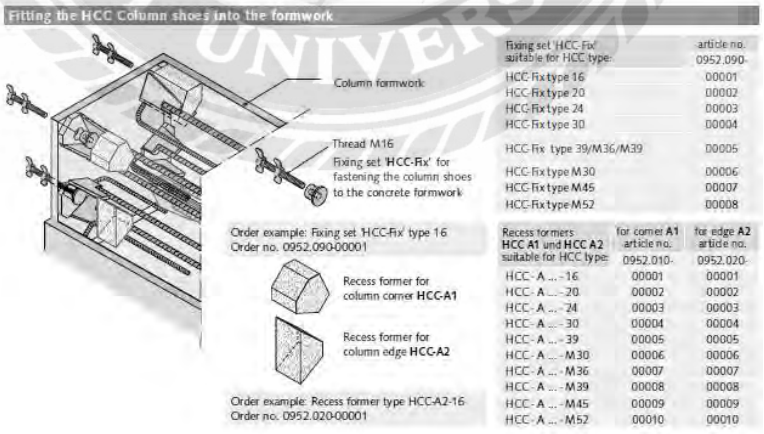
ที่มา : บริษัท เชียงใหม่ พัฒนวิศว์ จำกัด



รูปที่ 4.45 แบบแสดงรายละเอียดการผลิตเสาชิ้นส่วนสำเร็จรูป

ที่มา : บริษัท เชียงใหม่ พัฒนวิศว์ จำกัด

4.2.6.3 จัดทำคู่มือการประกอบ Column Shoes เข้ากับไม้แบบ



รูปที่ 4.46 การประกอบ Column Shoes เข้ากับแบบหล่อ

ที่มา : HALFEN HCC COLUMN SHOE, Technical Product Information

HALFEN COLUMN SHOE SYSTEM

Application

On the construction site: fast and safe assembly using the HALFEN Column shoe system

The anchor bolts are cast in into the foundation at the exact position, using a fitting template, and . . .

. . . the column can be set up directly on the foundation, once the concrete is cured.

The concrete columns, fitted with the HALFEN Column shoes, are supplied to the site ready-to-assemble.

HALFEN Column shoes ensure an efficient installation process, . . .

. . . structurally efficient connections, and . . .

. . . interfering assembly braces are redundant.

รูปที่ 4.47 คู่มือและแนวทางปฏิบัติการติดตั้งเสาชิ้นส่วนสำเร็จรูป Column Shoes+ Corrugated

ที่มา : HALFEN HCC COLUMN SHOE,Technical Product Information

4.2.6.4 หล่อชิ้นส่วนเสาโครงสร้างที่โรงงานหล่อ ในขั้นตอนนี้ทางผู้รับเหมาจะผลิตเสาชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่โรงงานในจังหวัดเชียงใหม่ทั้งหมด โดยไม่มีการทำงานใดๆ ของงานส่วนนี้ ณ สถานที่ก่อสร้างโครงการเลย (สำหรับรูปถ่ายการทำงานหล่อเสาที่โรงงานขอสงวนสิทธิ์ไม่เปิดเผย)

4.2.6.5 การติดตั้งเสาชิ้นส่วนสำเร็จรูปนั้น จะแบ่งเป็นการติดตั้งตามโซนที่ได้กำหนดเป็น 4 โซนดังที่ได้แจ้งไปก่อนหน้านี้ มีขั้นตอนการเตรียมงานก่อนติดตั้ง และการติดตั้งดังนี้

(1) เตรียมเหล็ก Dowel ที่บริเวณพื้น Post-tension ซึ่งเหล็กดังกล่าวจะต้องมีตำแหน่งที่ถูกต้องเพื่อให้สามารถสวมได้พอดีกับ Column Shoes + Corrugated การทำงานจะมีการนำแผ่นเหล็กไกด์ มาติดตั้งเพราะบังคับเหล็ก Dowel ให้อยู่ตรงตำแหน่งมากที่สุด

รูปที่ 4.48 การเตรียมเหล็ก Dowel สำหรับเสาก่อเทพื้นโครงสร้าง

ที่มา : บริษัท เชียงใหม่ พัฒนวิศว์ จำกัด

(2) ก่อนทำการติดตั้งเสาทุกครั้ง จะต้องมีการตรวจสอบตำแหน่งของเหล็ก Dowel ก่อนว่า ตำแหน่งของเหล็กมีความถูกต้องหากไม่ถูกต้องจะต้องรีบแก้ไขเพื่อที่เสาที่จะต้องนำมาติดตั้งจะสามารถติดตั้งได้ทันที หากมิเช่นนั้นการแก้ไขจะเสียค่าใช้จ่ายสูง

รูปที่ 4.49 การเตรียมเหล็ก Dowel เสาด้านล่างก่อนติดตั้งเสาด้านบน

ที่มา : บริษัท เชียงใหม่ พัฒนวิศว์ จำกัด

(3) การติดตั้งจะใช้ Mobile crane ในการยกติดตั้งซึ่งการยกจะมีการคำนวณตำแหน่งจุดยก ว่าจุดที่ยกนั้นสามารถยกได้อย่างปลอดภัยโดยมีการแสดงรายการคำนวณในส่วนนี้ส่งไปขออนุมัติกับผู้ควบคุมงาน

รูปที่ 4.50 การยกเสาติดตั้งโดยวางบนพื้นชั้น 2

ที่มา : บริษัท เชียงใหม่ พัฒนวิศว์ จำกัด

(4) ติดตั้งเสาโดยการใช้โมบายเครนยกเสาชิ้นส่วนสำเร็จรูปตามที่ได้ออกแบบความยาวตั้งแต่ชั้น 2-หลังคา ติดตั้งตามตำแหน่งที่ระบุในแบบก่อสร้าง หย่อนเสาลงตามตำแหน่งที่มีจุดต่อ Column Shoes + Corrugated โดยจะต้องหมุนหน้าเสาให้ตรงและถูกต้องซึ่งในแบบได้ระบุตำแหน่งหน้าเสาไว้เรียบร้อยแล้ว เมื่อเสร็จเรียบร้อยขันยึดแน่น Column Shoes ทุกๆ ครั้งก่อนปลดสายสลิงที่ใช้ยกออก ดังแสดงในรูปที่ 4.51 และ 4.52

รูป (ก) รูป (ข)

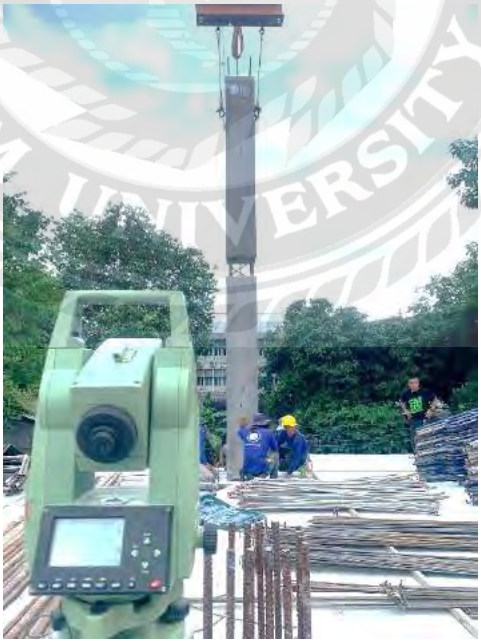
รูปที่ 4.51 การติดตั้งเสาชิ้นส่วนสำเร็จรูป

ที่มา : บริษัท เชียงใหม่ พัฒนวิศว์ จำกัด

รูปที่ 4.52 การขันน๊อตยึดแน่นเสา Column Shoes

ที่มา : บริษัท เชียงใหม่ พัฒนวิศว์ จำกัด

(5) ระหว่างติดตั้งเสาทางทีมงานสำรวจจะเตรียมกล้องสำรวจเพื่อตรวจสอบแนวดิ่ง-ฉากเสาในทุกๆ ครั้งดังรูปที่ 4.53 และเสาต้องได้ดิ่ง-ฉาก ดังรูปที่ 4.54



รูปที่ 4.53 ใช้กล้องสำรวจตรวจสอบการติดตั้งทุกครั้ง

ที่มา : บริษัท เชียงใหม่ พัฒนวิศว์ จำกัด

รูปที่ 4.54 เสาชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่ติดตั้งแล้วเสร็จไม่มีการค้ำยัน

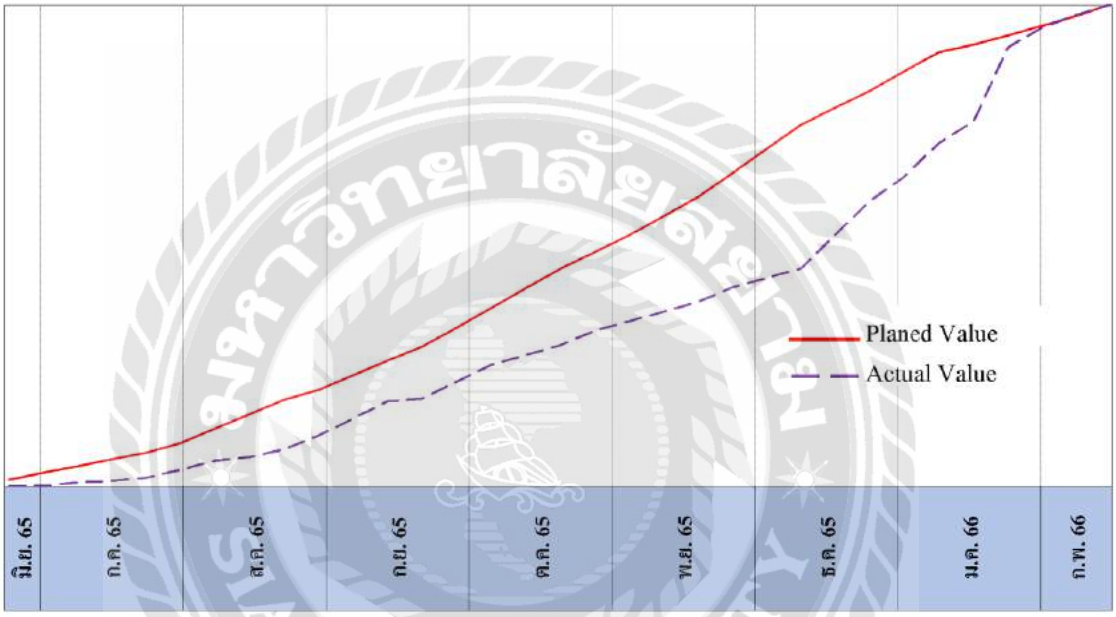
ที่มา : บริษัท เชียงใหม่ พัฒนวิศว์ จำกัด

4.2.7 สรุปผลการปฏิบัติ

ตามที่ทางผู้รับเหมาได้คัดเลือกโครงการปรับปรุงจุดต่อเสาชิ้นส่วนสำเร็จรูป ด้วยการใช้แนวทางตามหลักวิศวกรรมคุณค่า ผลของการปฏิบัติงานที่วางแผนเอาไว้ว่าจะติดตั้งเสาชิ้นส่วนสำเร็จรูปทั้งหมด 4 โซน โดยติดตั้งโซนละ 2 วันรวมระยะเวลาทั้งสิ้น 8 วัน ผลการติดตั้งปรากฏว่าสามารถทำงานได้ตามแผนงานทั้งหมด 78 ต้นได้ในระยะเวลา 8 วัน คิดเป็นสำเร็จ 100% ที่สามารถดำเนินงานได้ตรงตามแผนงานที่วางแผนไว้

ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการเปลี่ยนแปลงกระบวนการทำงานของผู้รับเหมา ด้วยแนวทางวิศวกรรมคุณค่าให้ความคุ้มค่าตามต้องการ นั่นก็คือคุ้มค่าด้านเวลาก่อสร้างที่สามารถแก้ปัญหาสายงานวิกฤตงานโครงสร้างได้โดยการปรับปรุงจุดต่อเสาชิ้นส่วนสำเร็จรูป ถึงแม้ว่ามูลค่าของค่าก่อสร้างจะ

เพิ่มสูงขึ้น แต่หากพิจารณาระยะเวลาก่อสร้างที่เร็วขึ้นสามารถลดสายงานวิกฤตลงได้ทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายทั้งค่าใช้จ่ายทางตรง ค่าเช่าเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ลงได้ หรือหากไม่สามารถทำงานให้แล้วเสร็จตามสัญญาได้ ก็จะมีค่าปรับเกิดขึ้นซึ่งผู้รับเหมาโครงการสามารถก่อสร้างงานทั้งหมดและส่งมอบได้ตามระยะเวลาของที่กำหนดไว้ ดังรูปที่ 4.55 แสดงผลการปฏิบัติงานเปรียบเทียบกับ Planed Value



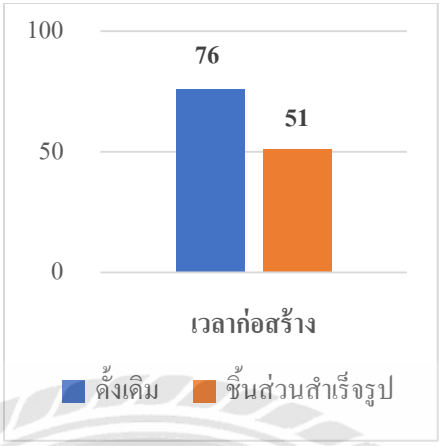
รูปที่ 4.55 S-Curve โครงการแสดงค่า Actual Value

ที่มา : บริษัท เชียงใหม่ พัฒนวิศว์ จำกัด

4.3 เปรียบเทียบผลที่เกิดขึ้นจากการใช้กระบวนการวิศวกรรมคุณค่าด้านเวลา

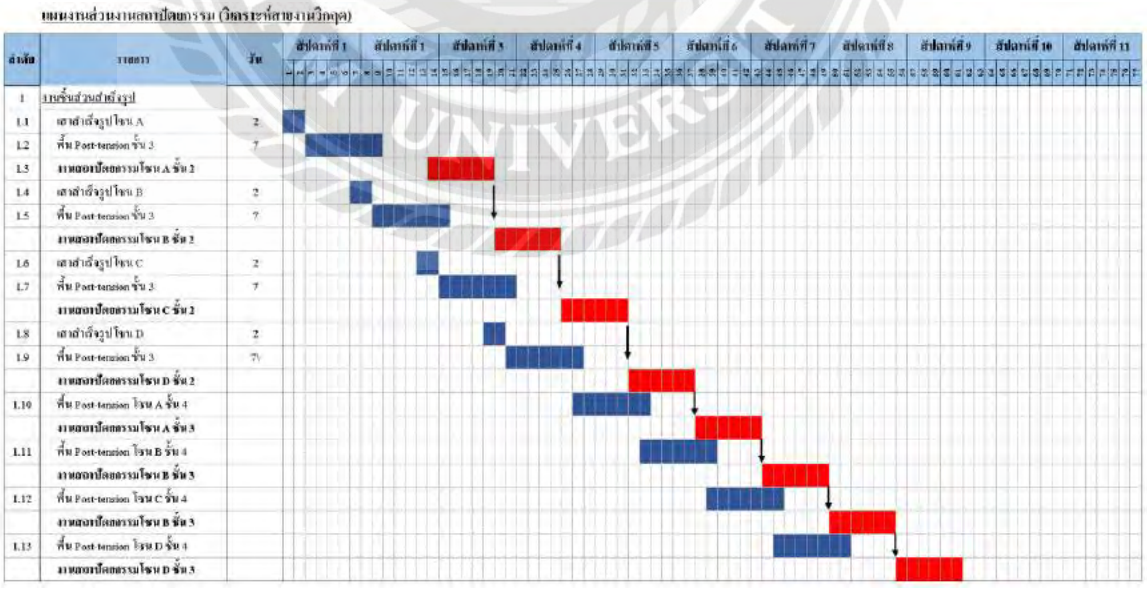
หลังจากได้รวบรวมข้อมูลโครงการและวิเคราะห์จนค้นพบว่าโครงการมีโอกาสล่าช้าไม่สามารถก่อสร้างได้แล้วเสร็จตามสัญญา จึงตัดสินใจนำกระบวนการวิศวกรรมคุณค่าเข้ามาปรับปรุงกระบวนการ ตามแนวทางการบริหารงานก่อสร้างจึงพิจารณาเร่งรัดงานในสายงานวิกฤต สามารถเปรียบเทียบผลลัพธ์ในแต่ละกิจกรรมได้โดยใช้ข้อมูลแผนงานจากรูปที่ 4.37 สรุปได้ดังนี้

4.3.1 เปรียบเทียบแผนด้านเวลาก่อสร้างของสายงานวิกฤต ก่อนและหลังปรับปรุงกระบวนการ ดังรูป 4.56



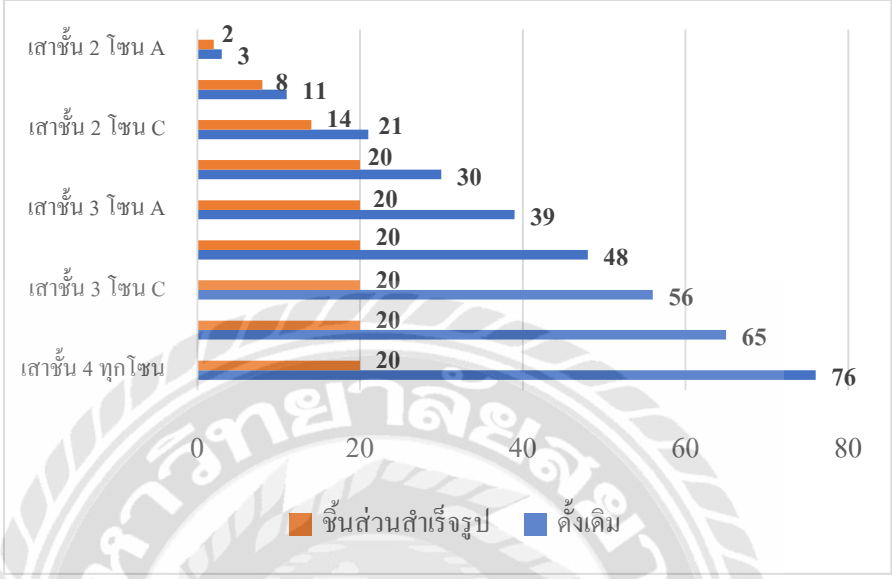
รูปที่ 4.56 เปรียบเทียบเวลาก่อสร้างรวมของสายงานวิกฤต

จากรูปที่ 4.56 แสดงให้เห็นว่าหากดำเนินการก่อสร้างตามแผนดำเนินงานเดิมก่อสร้างเสาหล่อในที่ จะใช้เวลาก่อสร้างเสาและพื้น ซึ่งเป็นกิจกรรมที่จำเป็นต้องเร่งรัดรวมทั้งสิ้น 76 วัน แต่หากดำเนินงานตามแผนปรับปรุงกระบวนการจะใช้เวลา 51 วัน ทำให้ลดเวลาในสายงานวิกฤตนี้โดยรวมได้ 25 วัน ผลจากการเร่งรัดงานทำให้งานสถาปัตยกรรมเริ่มเข้าทำงานได้ก่อนกำหนด (แสดงรายละเอียดภาคผนวก ก) และทำให้งานสถาปัตยกรรมเปลี่ยนเป็นสายงานวิกฤตแทนงานโครงสร้าง ดังรูปที่ 4.57



รูปที่ 4.57 สายงานวิกฤตงานสถาปัตยกรรมหลังจากปรับปรุงกระบวนการ

4.3.2 เปรียบเทียบวันที่แล้วเสร็จของเสาโครงสร้างก่อนและหลังปรับปรุง ดังรูปที่ 4.58



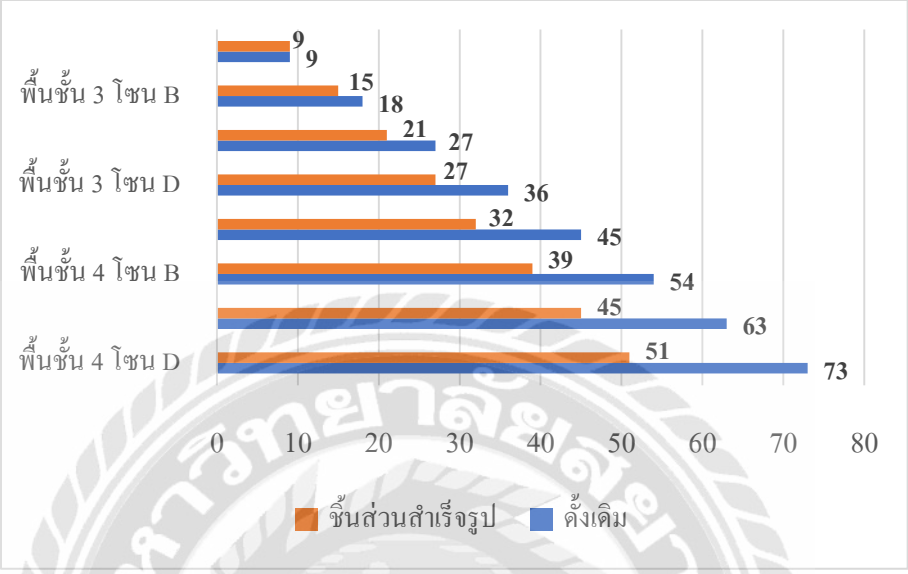
รูปที่ 4.58 วันที่แล้วเสร็จของเสาของแบ่งตามกระบวนการ

จากรูปที่ 4.58 หากทำการปรับปรุงกระบวนการจะเร่งรัดเวลาทำงานเฉพาะเสาโครงสร้างได้ดังตารางที่ 4.17 โดยเปรียบเทียบเวลาแต่ละชั้นที่สามารถเร่งรัดได้ จะเห็นได้ชัดเจนว่าเมื่อเปลี่ยนกระบวนการแล้วจะลดเวลาแล้วเสร็จลงได้

ตารางที่ 4.17 สรุปเวลาที่เร่งรัดงานเฉพาะเสาโครงสร้างในแต่ละชั้น

รายการ	เร่งรัดงานได้ (วัน)	ร้อยละที่ลดลง
เสาชั้น 2 โซน A	1	1.32%
เสาชั้น 2 โซน B	3	3.95%
เสาชั้น 2 โซน C	7	9.21%
เสาชั้น 2 โซน D	10	13.16%
เสาชั้น 3 โซน A	19	25.00%
เสาชั้น 3 โซน B	28	36.84%
เสาชั้น 3 โซน C	36	47.37%
เสาชั้น 3 โซน D	45	59.21%
เสาชั้น 4 ทุกโซน	56	73.68%

4.3.3 เปรียบเทียบวันที่แล้วเสร็จของพื้นโครงสร้างก่อนและหลังปรับปรุง ดังรูปที่ 4.59



รูปที่ 4.59 วันที่แล้วเสร็จของพื้นแต่ละชั้นแบ่งตามกระบวนการ

จากรูปที่ 4.59 หากทำการปรับปรุงกระบวนการจะเร่งรัดเวลาทำงานเฉพาะพื้นโครงสร้างได้ดังตารางที่ 4.18 โดยเปรียบเทียบเวลาแต่ละชั้นที่สามารถเร่งรัดได้ จากการปรับปรุงกระบวนการทำให้งานพื้น Post-tension สามารถลดเวลาแล้วเสร็จได้เช่นเดียวกันกับงานเสาและทำให้เวลาของสายงานวิกฤตลดลง

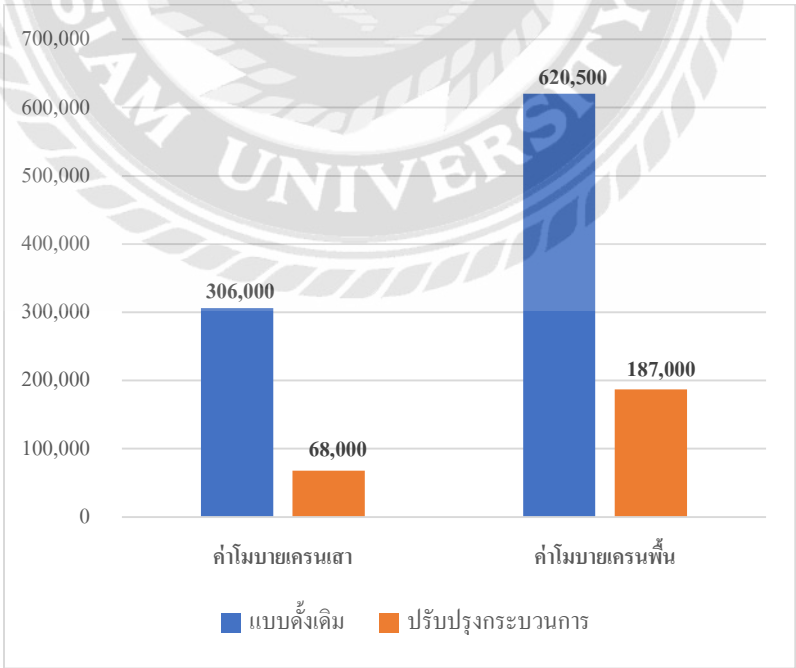
ตารางที่ 4.18 สรุปเวลาที่เร่งรัดงานเฉพาะพื้นโครงสร้างในแต่ละชั้น

รายการ	เร่งรัดงานได้ (วัน)	ร้อยละที่ลดลง
พื้นชั้น 3 โซน A	0	0.00%
พื้นชั้น 3 โซน B	3	4.11%
พื้นชั้น 3 โซน C	6	8.22%
พื้นชั้น 3 โซน D	9	12.33%
พื้นชั้น 4 โซน A	13	17.81%
พื้นชั้น 4 โซน B	15	20.55%
พื้นชั้น 4 โซน C	18	24.66%
พื้นชั้น 4 โซน D	22	30.14%

4.4 เปรียบเทียบผลที่เกิดขึ้นจากการใช้กระบวนการวิศวกรรมคุณค่าด้านมูลค่าโครงการ

4.4.1 เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบด้านเวลาปรากฏว่าสามารถที่จะลดเวลาทำงานลงได้อย่างมีนัยยะสำคัญที่ส่งผลต่อสายงานวิกฤตและที่สำคัญคือต้นทุนการดำเนินการดังที่แสดงไว้ก่อนหน้านี้แล้ว

ในอีกกรณีหากเปรียบเทียบต้นทุนของเครื่องจักรที่ใช้ในโครงการโดยอ้างอิงเวลาที่ใช้ติดตั้งเสาจากตารางที่ 4.16 ซึ่งคือแผนการดำเนินงานที่วางแผนไว้ทั้งหมด 36 วัน สามารถลดเวลาทำงานหลังจากปรับปรุงกระบวนการเหลือ 27 วันแต่หากพิจารณาแล้วจะพบว่าระยะเวลาการเช่าเครื่องจักรโดยเฉพาะเครนที่ใช้ติดตั้งเสาจะใช้จริงเพียง 8 วัน โดยใช้ในช่วงติดตั้งเสาที่โครงการเท่านั้น ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าจะลดเวลาการเช่าโมบายเครนลงได้ 36-8 = 28 วัน ต้นทุนค่าโมบายเครนมีต้นทุนต่อวันที่ 8500 บาท และโมบายเครนก็จำเป็นต้องใช้ในกิจกรรมพื้นโครงสร้างเช่นเดียวกันซึ่งการคิดเวลาที่ลดลงจะใช้ระยะเวลาของพื้นชั้น 4 จากตารางที่ 4.18 มาประเมินมูลค่าที่ลดลงนั่นก็คือเวลาที่เร่งรัดงานของทุกกิจกรรมซึ่งลดลงได้เท่ากับ 22 วัน ดังนั้นหากเปรียบเทียบต้นทุนก่อนและหลังปรับปรุงกระบวนการสามารถสรุปได้ดังรูปที่ 4.60



รูปที่ 4.60 มูลค่าโมบายเครนที่ใช้ในการกิจกรรมเสาโครงสร้าง

จากการประเมินต้นทุนเครื่องจักรที่สามารถลดลงได้ดังรูปที่ 4.60 แต่มูลค่าที่ลดลงนั้นไม่สามารถนำไปตัดลดจากการประเมินต้นทุนทั้งหมดของกิจกรรมเสาโครงสร้างหรือนำไปประเมินดัชนีคุณค่าด้านต้นทุนใหม่ได้เพราะว่ามูลค่าที่ประเมินได้จากรูปที่ 4.33 คือการประเมินจากต้นทุนโดยคิดเวลาทำงานจริงเรียบร้อยแล้ว จากการที่ปรับเปลี่ยนกระบวนการแล้วทำให้เวลาทำงานของกิจกรรมเสาลดลงจนสามารถประเมินได้ว่าต้นทุนโมบายเครนที่ลดลงมีมูลค่าเท่าใดนั้น จะส่งผลทางอ้อมต่อค่าใช้จ่ายของโครงการมากกว่า เพราะในการดำเนินงานจริงย่อมมีกิจกรรมที่จะต้องใช้โมบายเครนในการทำงานร่วมกันเช่น งานสถาปัตยกรรมที่จะต้องมีการขนย้ายวัสดุเข้าสู่พื้นที่ทำงาน เป็นต้น หากสามารถยกเลิกการใช้งานโมบายเครนได้ก่อนกำหนดเพราะงานก่อสร้างของกิจกรรมที่ใช้โมบายเครนแล้วเสร็จได้ก่อนแผนงาน ก็จะถือว่างบประมาณของโครงการในส่วนของเครื่องจักรก็จะปรับลดลงได้นั่นเอง ส่วนกิจกรรมพื้นโครงสร้างก็เหมือนกับเสาโครงสร้างที่ไม่สามารถนำมาคิดลดต้นทุนทางตรงได้เพราะกิจกรรมอื่นๆ ในโครงการในระหว่างที่ทำงานพื้นก็ใช้โมบายเครนในช่วงเวลาเดียวกัน แต่จะส่งผลต่อต้นทุนทางอ้อมทดแทน ส่วนจะเป็นมูลค่าเท่าใดหลังจากที่โครงการก่อสร้างแล้วเสร็จทางผู้วิจัยไม่สามารถค้นหาข้อมูลได้เพราะทางผู้รับเหมาไม่ได้บันทึกไว้

4.4.2 สำหรับต้นทุนอื่นๆ หากจะพิจารณาในด้านต้นทุนที่ลดลงนั้น สามารถที่จะประเมินเพื่อปรับลดลงได้แต่ก็ถือเป็นการปรับลดลงทางอ้อม เช่น ต้นทุนการดำเนินงานสถาปัตยกรรมงานฉาบงานจับเซี้ยมเสา ที่งานชิ้นส่วนสำเร็จรูปสามารถควบคุมคุณภาพการหล่อเสาได้ดีกว่าทำให้งานสถาปัตยกรรมเหล่านี้ทำงานได้สะดวกและมีข้อผิดพลาดน้อยลง อีกทั้งต้นทุนในการดำเนินการบางอย่างถือเป็นความลับขององค์กร จึงไม่สามารถนำมาสรุปผลเปรียบเทียบได้ทั้งหมด และยังมีต้นทุนบางส่วนที่แม้ว่าจะลดเวลาลงได้แต่ก็ไม่ได้มีผลต่อต้นทุนการดำเนินงานเพราะจัดจ้างเป็นราคาเหมาต่อหน่วยของงาน โดยสรุปรายละเอียดต่างๆ ได้ดังนี้

ตารางที่ 4.19 ต้นทุนที่ไม่สามารถประเมินมูลค่าเพิ่มลดได้หลังปรับปรุงกระบวนการ

รายการ	เปรียบเทียบมูลค่าก่อนหลังปรับปรุงกระบวนการ	สาเหตุ
พนักงานรายเดือน	ไม่มีข้อมูล	เป็นข้อมูลภายในองค์กรไม่ต้องการเปิดเผย
แรงงานรายวัน	ไม่มีข้อมูล	เป็นข้อมูลภายในองค์กรไม่ต้องการเปิดเผย
งานพื้น Post tension	ไม่มีการเปลี่ยนแปลงต้นทุน	เป็นงานจ้างเหมาต่อหน่วย คิดผลงานตามตารางเมตร
ค่าน้ำ ค่าไฟ	ไม่มีข้อมูล	ประเมินไม่ได้เพราะมีกิจกรรมอื่นๆ ด้วยที่ใช้ร่วมกัน
ค่าเช่าเครื่องมืออื่นๆ	ไม่มีข้อมูล	ประเมินไม่ได้เพราะมีกิจกรรมอื่นๆ ด้วยที่ใช้ร่วมกัน
งานสถาปัตยกรรม	ไม่มีข้อมูล	ใช้ทีมงานและเครื่องมือร่วมกันระหว่างงานโครงสร้างดำเนินการทำให้ประเมินยาก/ไม่มีการจดบันทึก

4.5 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาวิจัยกรณีศึกษาอาคารเรียนรวม คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ สามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

4.5.1 ประเมินประสิทธิภาพของโครงการ

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมข้อมูลโครงการก่อสร้างทั้งข้อมูลปฐมภูมิ ข้อมูลต่างๆ ของโครงการไม่ว่าจะเป็นงบประมาณโครงการ และแผนการดำเนินการตามสัญญา เมื่อทำการวิเคราะห์แผนงาน สรุปผลซึ่งผลวิเคราะห์ที่ได้มีดังนี้

(1) หากดำเนินงานตามสัญญาที่ 1 จะก่อสร้างแล้วเสร็จล่าช้าออกไป 61.30 วัน

(2) จะต้องเร่งรัดสายงานวิกฤตซึ่งก็คืองานโครงสร้างอาคาร

ดังนั้นทางผู้รับเหมาจึงตัดสินใจใช้ทฤษฎีการบริหารงานโครงการในการเร่งรัดงานโครงการนี้ ด้วยการใช้หลักวิศวกรรมคุณค่า เพื่อปรับปรุง และค้นหาคุณค่าว่างานในส่วนใดที่สามารถปรับปรุงและทดแทนกันได้โดยที่ยังคงความมั่นคงแข็งแรง และถูกต้องตามหลักวิศวกรรม

4.5.2 ปรับปรุงกระบวนการด้วยหลักวิศวกรรมคุณค่า

หลังจากที่ทางผู้รับเหมาได้ตัดสินใจนำหลักวิศวกรรมคุณค่ามาค้นหาและปรับปรุง การทำงานก่อสร้างในโครงการโดยใช้ 7 ขั้นตอนของกระบวนการวิศวกรรมคุณค่าเพื่อเพิ่มคุณค่าและปรับปรุงกระบวนการ โดยเลือกเสาโครงสร้างอาคาร และได้มีการอนุมัติจากเจ้าของโครงการและผู้ควบคุมงานตามกระบวนการเรียบแล้ว ซึ่งสาเหตุที่ต้องเป็นเสาโครงสร้างเพราะ กิจกรรมนี้คือสายงานวิกฤตของโครงการ ที่หากล่าช้าออกไปส่งผลกระทบต่อระยะเวลาแล้วเสร็จของโครงการ

เริ่มต้นวิเคราะห์หน้าที่การทำงานของเสาโครงสร้าง ผู้รับเหมาได้ค้นพบว่าจุดต่อเสาเป็นส่วนที่ให้น้ำหนักเชิงตัวเลขสูงที่สุดถือว่าสำคัญมาก ดังนั้นหากสามารถปรับปรุงการทำงานให้ทำได้เร็วขึ้นก็จะทำให้การก่อสร้างสามารถเร่งรัดเวลาก่อสร้างให้เร็วขึ้นถือได้ว่าเป็นการแก้ปัญหาของสายงานวิกฤต จึงได้ค้นหาและระดมความคิดร่วมกันกับทีมงาน และได้ข้อสรุปของการปรับปรุงจุดต่อเสาออกมาทั้งสิ้น 3 แบบดังได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.31 แล้วนั้น ทางทีมงานได้สร้างสรรค์โมเดลโครงการในแบบ 3 มิติ ดังรูปที่ 4.61 เพื่อให้สามารถพิจารณาประเด็นปัญหา และมองเห็นภาพรวมของการทำงานทั้งโครงการได้ และโปรแกรมก็สามารถช่วยถอดปริมาณงานในส่วนของโครงสร้างเสาด้วยทำให้การปรับปรุงกระบวนการสามารถทำได้อย่างรวดเร็ว

รูปที่ 4.61 โมเดล 3 มิติที่เขียนองค์ประกอบทั้งหมดทำให้เข้าใจภาพรวมการทำงาน

ที่มา : บริษัท เชียงใหม่ พัฒนวิศว์ จำกัด

จากการพิจารณาข้อดีและข้อเสียของจุดต่อทั้ง 3 แบบที่ทางทีมงานนำเสนอ สามารถสรุปได้ว่าจุดต่อแบบที่ 3 ที่เรียกว่า Hybrid (Column Shoes + Corrugated) ให้ความคุ้มค่ามากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบ ในด้านต้นทุนและระยะเวลาการทำงานจุดต่อเสา เมื่อตัดสินใจดังนี้ จึงได้ทำการเปรียบเทียบความคุณค่า (Value) คือ Value ด้านต้นทุนก่อสร้างเสา Value ด้านสายงานวิกฤตของเสาและสุดท้าย Value ด้านสายงานวิกฤตของกิจกรรมงานโครงสร้างทั้งหมด ซึ่งผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นคือกระบวนการปรับปรุงจุดต่อเสาสำเร็จรูปสามารถให้ความคุณค่าที่เพิ่มขึ้นในทุกๆ การวิเคราะห์เพราะสามารถลดต้นทุน (Cost) โดยที่ไม่ได้ลดคุณภาพของเสาลง (Function) ดังแสดงผลการวิเคราะห์คุณค่าในตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.20 สรุปการวิเคราะห์คุณค่า

เปรียบเทียบ	การประเมินคุณค่า (Value)	สิ่งที่เพิ่มคุณค่า	เกณฑ์พิจารณา
มูลค่าก่อสร้าง	เพิ่มขึ้น	ลดค่าใช้จ่ายการก่อสร้าง	ผ่าน
เวลาในการหล่อเสา	เพิ่มขึ้น	ลด Direct Cost	ผ่าน
สายงานวิกฤต	เพิ่มขึ้น	ลด Direct Cost	ผ่าน

จากการปรับปรุงดังกล่าวทำให้จากแผนเดิมของสายงานวิกฤตที่ประมาณไว้ว่าจะต้องทำงานรวม 76 วันลดลงเหลือเพียง 51 วัน คิดเป็นร้อยละ 32.89 ของเวลาที่เร่งรัดได้หลังปรับปรุงกระบวนการเปรียบเทียบตามแผนงานสายงานวิกฤตเดิม โดยผลต่างของวันที่ได้จากเร่งรัดงานคือ 25 วันคิดเป็นการเร่งรัดงานได้ร้อยละ 10.12 ของเวลาก่อสร้างทั้งหมดตามสัญญาและที่สำคัญการเปลี่ยนกระบวนการทำให้ลดต้นทุนลงได้ร้อยละ 5.57 เทียบกับมูลค่างานเสาโครงสร้างหล่อในที่

4.5.3 ผลลัพธ์หลังจากปรับปรุงกระบวนการด้วยหลักวิศวกรรมคุณค่า

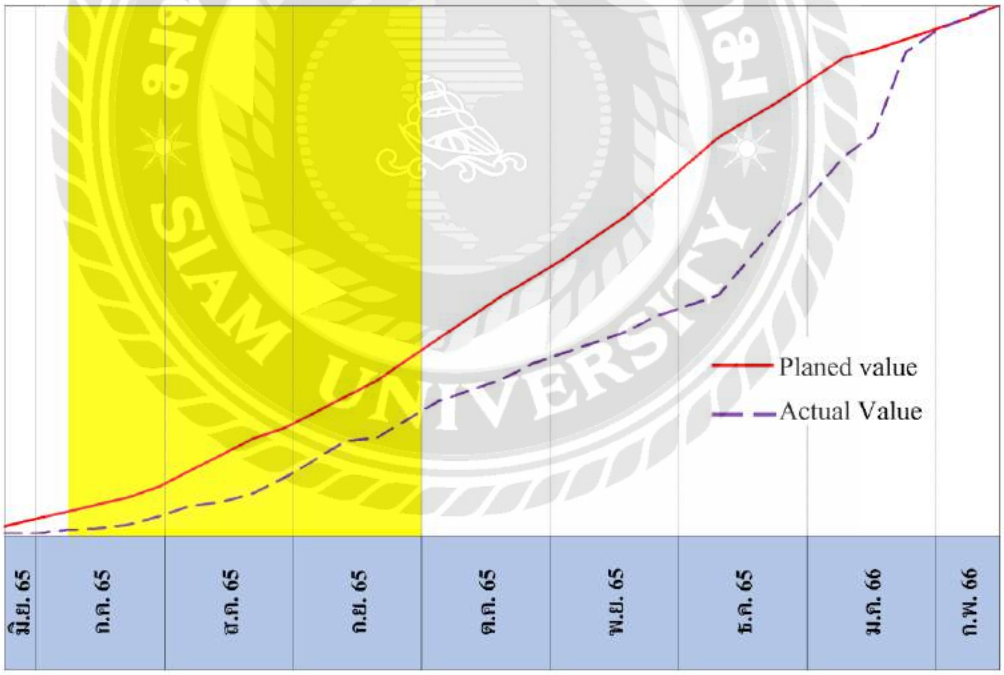
(1) ด้านมูลค่าโครงการ

จากผลการปฏิบัติงานหลังจากตัดสินใจเลือกการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลง จุดต่อเสาชิ้นส่วนสำเร็จรูป ที่เปลี่ยนกระบวนการทำงานจากแบบดั้งเดิมหรือที่เรียกว่าหล่อในที่นั้น ผู้ปฏิบัติงานมีความพึงพอใจต่อผลลัพธ์ของการทำงาน เพราะสามารถลดสายงานวิกฤตของงานก่อสร้างได้ ซึ่งคือหัวใจสำคัญของการตัดสินใจปรับปรุงกระบวนการในครั้งนี้ อีกทั้งคุณภาพของงานที่ออกมาถือได้ว่ามีคุณภาพดีกว่าการทำงานแบบหล่อในที่ โดยในท้ายที่สุดผลของการลดสายงานวิกฤตส่วนงานเสาโครงสร้างถึงแม้นว่ามูลค่าโดยรวมของการปรับปรุงนี้จะทำให้ต้นทุนก่อสร้างสูงขึ้นก็ตามซึ่งไม่ตรงตาม

วัตถุประสงค์ด้านต้นทุน แต่สามารถปรับลดเวลากิจกรรมโครงสร้างลงทำให้กิจกรรมที่ต่อเนื่องเช่น งานสถาปัตยกรรม งานระบบ สามารถเริ่มทำงานได้เร็วขึ้น อันเป็นการลดต้นทุนการดำเนินการอื่นๆ ในทางอ้อมซึ่งได้แสดงผลเปรียบเทียบไว้ในหัวข้อที่ 4.4 เรียบร้อยแล้ว

(2) ด้านการปฏิบัติงานทั้งโครงการ

ผลของการปฏิบัติงานได้ทำการบันทึก Actual Value ดังรูปที่ 4.62 ซึ่งหากวิเคราะห์ผลการดำเนินการโดยอ้างอิงแผนงานที่วางไว้จากรูปที่ 4.37 ซึ่งระบุระยะเวลาของกิจกรรมเสาและพื้นโครงสร้างไว้ที่ 76 วันหรือประมาณ 2.5 เดือน ซึ่งค่า Actual value ในช่วง 3 เดือนแรกถึงแม้ว่าจะไม่สามารถทำงานได้ใกล้เคียงกับแผนงานที่วางไว้ แต่จากการสอบถามข้อมูลนั่นเป็นเพราะว่าวันเริ่มต้นทำงานเสาโครงสร้างจากชั้น 2 เริ่มต้นล่าช้ากว่าแผนงานที่ได้วางไว้ประมาณ 10 วัน



รูปที่ 4.62 S-Curve โครงการพิจารณาช่วงกิจกรรมเสาโครงสร้าง

เมื่อพิจารณาเพิ่มเติมจากรูปที่ 4.62 จะเห็นว่าตั้งแต่ประมาณกลางเดือนกรกฎาคมถึงเดือนกันยายนซึ่งเป็นช่วงเวลาของกิจกรรมโครงสร้างอาคาร ค่าความชันของเส้น Actual Value มีค่าความชัน

ใกล้เคียงกับค่า Planed Value นั่นแสดงว่าหลังจากปรับปรุงกระบวนการด้วยกระบวนการวิศวกรรมคุณค่าแล้วผู้ปฏิบัติงานสามารถปฏิบัติงานได้ใกล้เคียงกับแผนงานที่ได้ตกลงไว้กับเจ้าของโครงการ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าการปรับปรุงกระบวนการสามารถเร่งรัดงานในสายงานวิกฤตได้ และผู้ปฏิบัติงานก็สามารถดำเนินงานได้ตามแผนและกรอบที่ได้กำหนดไว้ สำหรับ Actual value ตั้งแต่เดือนตุลาคมไปจนสิ้นสุดโครงการ ผู้วิจัยไม่ขอสรุปผลเนื่องจากเป็นกิจกรรมอื่นๆ ที่อาจไม่ใช่งานโครงสร้าง และผู้วิจัยก็ไม่มีข้อมูลมาสนับสนุน

บทที่ 5

ผลการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยการประยุกต์ใช้วิศวกรรมคุณค่าในการเปลี่ยนแปลงกระบวนการก่อสร้างเสาคอนกรีตโครงสร้าง : กรณีศึกษาอาคารเรียนรวม คณะศึกษาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มีวัตถุประสงค์ในการวิจัยเพื่อ วิเคราะห์ในเชิงเปรียบเทียบความคุ้มค่าและผลที่เกิดขึ้นระหว่างการก่อสร้างแบบดั่งเดิมเปรียบเทียบกับการก่อสร้างแบบใช้ชิ้นส่วนสำเร็จรูป หลังจากได้ปรับปรุงกระบวนการด้วยแนวทางวิศวกรรมคุณค่าแล้ว อภิปรายผลและสรุป ดังนี้

5.1 อภิปรายผล

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.3 ข้อสังเกต

5.1 อภิปรายผล

5.1.1 ทฤษฎีการบริหารงานก่อสร้าง

จากการใช้ทฤษฎีการบริหารงานก่อสร้างเข้ามาใช้วิเคราะห์แผนการดำเนินงานจากการพิจารณาใช้ S-Curve มาประกอบการตัดสินใจด้วยวิธี Earned Value Analysis ทำให้ผู้รับเหมามองเห็นปัญหาที่จะเกิดขึ้นในระหว่างการก่อสร้างหรือคาดการณ์ผลลัพธ์ที่จะเกิดขึ้นได้ อันนำไปสู่การตัดสินใจในการค้นหาสายงานวิกฤตเพื่อทำการเร่งรัดการทำงานของกิจกรรมต่างๆ ของโครงการ โดยมีข้อสรุปออกมาได้ว่าสายงานวิกฤตนั้นก็คืองานโครงสร้าง และได้ทำการตัดสินใจนำกระบวนการวิศวกรรมคุณค่าเข้ามาปรับปรุงกระบวนการก่อสร้าง ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าทฤษฎีการบริหารงานก่อสร้างที่นำมาใช้ในครั้งนี้สามารถให้ผลลัพธ์เพื่อใช้ในการตัดสินใจปรับปรุงเปลี่ยนแปลงแนวทางการทำงานได้ โดยเฉพาะวิธี Earned Value Analysis ที่ถูกนำมาใช้เพื่อประเมินแผนการทำงาน

5.1.2 หลักวิศวกรรมคุณค่า

การใช้หลักวิศวกรรมคุณค่าในงานวิจัยฉบับนี้ได้นำ 7 ขั้นตอนของการปรับปรุงกระบวนการมาประกอบการศึกษาวิจัย ซึ่งผลลัพธ์จากการปรับปรุงสามารถสรุปผลได้ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 สรุปผลการพิจารณาคุณค่าหลังปรับปรุงกระบวนการ

ศึกษาเปรียบเทียบ	การประเมินคุณค่า (Value)	ผลการปรับปรุง	เกณฑ์พิจารณา
มูลค่าก่อสร้าง	เพิ่มขึ้น	ลดค่าใช้จ่ายการก่อสร้าง (Cost)	ผ่าน
เวลาในการหล่อเสา	เพิ่มขึ้น	ลดค่าใช้จ่ายทางตรง (Cost)	ผ่าน
สายงานวิกฤต	เพิ่มขึ้น	ลดค่าใช้จ่ายทางตรง (Cost)	ผ่าน

หลังจากพิจารณาว่าการปรับปรุงให้ความคุ้มค่าในทุกๆ การประเมินเปรียบเทียบ โครงงานปรับปรุงจุดต่อเสาชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่ถูกนำมาใช้ทดแทนการทำงานแบบเสาหล่อในที่ เมื่อได้นำไปปฏิบัติจนผลลัพธ์ที่ได้คือ จากแผนการดำเนินงานเดิมที่ประเมินไว้ที่ 76 วัน หลังจากปรับปรุงสามารถลดเวลาดำเนินงานเหลือ 51 วันหรือลดลง 76-51 = 25 วัน คิดเป็นร้อยละ 32.89 ของเวลาที่ลดลงได้

โดยหากมองในภาพรวมการทำงานของสายงานวิกฤตสามารถสรุปได้ว่าเมื่องานโครงสร้างเสาสำเร็จรูปติดตั้งแล้วเสร็จทั้งหมดภายใน 8 จนทำให้กิจกรรมเสา และพื้นโครงสร้างแล้วเสร็จเร็วกว่าเดิมเมื่อเปรียบเทียบกับแผนงานตามสัญญา ดังสรุปในตารางที่ 5.2 การปรับปรุงกระบวนการทำให้กิจกรรมอื่นๆ ที่ต้องรอจากแผนงานก่อนหน้านี้สามารถเข้าทำงานได้ก่อนแผนตามสัญญา เช่น งานก่ออิฐ งานระบบประกอบอาคาร เป็นต้น จึงสามารถสรุปได้ว่าหลักวิศวกรรมคุณค่าทั้ง 7 ขั้นตอนนั้นสามารถนำมาปรับใช้ในอุตสาหกรรมก่อสร้างได้เป็นอย่างดีและให้ประสิทธิภาพตรงตามหลักทฤษฎี

ตารางที่ 5.2 สรุปเวลาที่เร่งรัดได้งานโครงสร้าง

กิจกรรม	แล้วเสร็จก่อน (วัน)
เสาโครงสร้าง	56
พื้นโครงสร้าง	22

5.1.3 ความพึงพอใจ

จากการที่โครงการนี้มีแนวโน้มที่จะล่าช้าไม่แล้วเสร็จได้ตามสัญญา การตัดสินใจเพื่อปรับปรุงกระบวนการในเร่งรัดการดำเนินงานและแก้ไขปัญหา แน่นอนว่าในความเป็นจริงการเร่งรัดงานอาจไม่สามารถปรับปรุงได้ทุกๆ กระบวนการเพราะสาเหตุด้านเงื่อนไขสัญญา งบประมาณต่างๆ ที่อาจสูงขึ้นและข้อจำกัดที่มีอื่นๆ ในโครงการและถ้าหากพิจารณาจากมูลค่างานที่นำมาปรับปรุงกระบวนการแล้วจะเห็นว่ามีมูลค่างานที่นำมาปรับปรุงก็มีมูลค่าที่ไม่สูงมากเมื่อเทียบกับกิจกรรมอื่นๆ แต่เพราะกิจกรรมโครงสร้างคือหนึ่งในสายงานวิกฤต เมื่อใดก็ตามหากสามารถเร่งรัดเวลาแล้วเสร็จของกิจกรรมในสายงานวิกฤตได้ย่อมจะส่งผลทำให้กิจกรรมถัดไปที่เกี่ยวเนื่องกันจะเริ่มทำงานได้ก่อนเวลา ซึ่งจุดนี้ถือได้ว่าผู้ตัดสินใจมีความพึงพอใจเป็นอย่างมากที่ได้นำวิศวกรรมคุณค่ามาปรับใช้เพราะหากไม่มีการปรับปรุงกระบวนการนี้แล้วนั้น โครงการมีแนวโน้มที่จะแล้วเสร็จล่าช้าอย่างแน่นอนโดยได้แสดงให้เห็นแล้วจากการวิเคราะห์โครงการและผลจากงานวิจัยที่ได้สรุปไว้ อีกประการนึงก็คือค่าปรับที่ระบุไว้ในสัญญามีมูลค่าวันละ130,000 บาท ผลจากการปรับปรุงกระบวนการนี้ก็เป็นส่วนนึงที่ทำให้ผู้รับเหมาสามารถส่งมอบงานได้ตามกำหนดที่ได้ระบุไว้ในสัญญาจนทำให้ไม่ต้องเสียค่าปรับ

5.2 ข้อเสนอแนะ

การปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงกระบวนการทำงานจุดต่อเสาชิ้นส่วนสำเร็จรูป เห็นได้ชัดเจนว่าสามารถลดเวลาของกิจกรรมในสายงานวิกฤตได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งงานวิจัยฉบับนี้ได้สรุปไว้ในผลการศึกษาวิจัยเป็นที่เรียบร้อยแล้ว แต่มีอยู่ 3 สิ่งที่สามารถนำมาประกอบการพิจารณาและศึกษาเพิ่มเติมเนื่องจากงานวิจัยฉบับนี้ไม่ได้ศึกษาและสรุปผลไว้มีดังนี้

5.2.1 ความปลอดภัย

หากพิจาณาด้านความปลอดภัยจะเห็นได้ชัดเจนว่าการทำงานหล่อเสาในที่จะมีการทำงานบนที่สูงทำให้การปรับปรุงเป็นเสาสำเร็จรูปการทำงานของแรงงานบนที่สูงก็ลดน้อยลงตามไปด้วย โดยได้เปลี่ยนการติดตั้งเหล็กและเทคอนกรีตด้วยแรงงานที่หน่วยงานก่อสร้าง เป็นการใช้เครื่องจักรยกเสาสำเร็จรูปติดตั้งทดแทน ซึ่งการใช้เครื่องจักรหนักในทางปฏิบัติมีโอกาสที่จะควบคุมความปลอดภัยได้

ดีกว่าหากเครื่องจักรที่นำมาใช้มีการตรวจสอบความสมบูรณ์อย่างสม่ำเสมอตามวงรอบของการตรวจสอบ ซึ่งจะแตกต่างจากการใช้แรงงานในการทำงานบนที่สูงจะมีโอกาสเกิดอุบัติเหตุได้มากกว่า เพราะมีปัจจัยอื่นๆ ที่สนับสนุนให้แรงงานเกิดข้อผิดพลาดระหว่างการทำงานได้ง่ายเช่น ความล้าในระหว่างการทำงานเป็นต้น

5.2.2 คุณภาพของงาน

ในคุณภาพของงานก่อสร้าง เนื่องจากเสาที่หล่อสำเร็จรูปมาจากโรงงานเป็นการหล่อเสาแบบแนวนอนจากนั้นทำการขนส่งเข้าสู่โครงการและยกติดตั้งตามลำดับ ซึ่งการควบคุมคุณภาพการหล่อหรือการบริหารและจัดการตรวจสอบความสมบูรณ์ของกิจกรรมที่ต้องมีการใช้ระบบคุณภาพเข้าดำเนินการจะสามารถทำได้ดีกว่าเสาหล่อในที่เพราะที่โรงงานมีการควบคุมคุณภาพงานหล่อ QA/QC ก่อนเทคอนกรีตทุกครั้ง ซึ่งผลของงานที่มีคุณภาพย่อมส่งผลต่อกิจกรรมที่ต้องต้องทำงานกับเสาโครงสร้างสำเร็จรูป เช่น งานฉาบตกแต่งเสา สามารถที่จะได้ผลงานที่ดีเพราะเสาโครงสร้างมีโอกาสล้มดิ่งเกินจากมาตรฐานที่ได้กำหนดเอาไว้ หรือการควบคุมการล้มดิ่งของเสา หากเป็นการเทเสาหล่อในที่จะมีโอกาสที่ทำให้เสาล้มดิ่งระหว่างการเทคอนกรีตได้ ส่วนเสาชิ้นส่วนสำเร็จรูปเนื่องจากเสาถูกหล่อในแนวนอนการควบคุมคุณภาพย่อมดีกว่าการหล่อเสาในแนวดิ่ง เมื่อยกติดตั้งการควบคุมแนวดิ่ง ฉากย่อมทำได้แม่นยำมากกว่าเพราะไม่ต้องเทคอนกรีตเสาอีกแล้ว

5.2.3 ภาพลักษณ์ขององค์กร

การปรับปรุงกระบวนการก่อสร้างแล้วสามารถดำเนินการแล้วเสร็จตามสัญญาด้วยนั้นในด้านภาพลักษณ์ อาจจะกล่าวได้ว่าเป็นองค์กรที่พัฒนาตนเองมีการสร้างนวัตกรรมการก่อสร้างใหม่ๆ ปรับใช้เพื่อแก้ไขปัญหาที่มีในโครงการ ซึ่งจะส่งผลต่อการประมูลงานต่อๆ ไปในอนาคตต่อไป โดยในทางสถิติก็ไม่อาจชี้วัดด้านภาพลักษณ์ขององค์ได้อย่างแม่นยำ โดยส่วนใหญ่แล้วจะเน้นความพึงพอใจเป็นหลักสำคัญ แต่หากสามารถสร้างภาพลักษณ์ขององค์กรที่สามารถพิสูจน์ได้จากผลงาน ย่อมจะทำให้ผู้ที่ทราบสามารถตัดสินใจได้ง่ายกว่าการนำเสนอผ่านแนวทางอื่นๆ

5.3 ข้อสังเกต

5.3.1 การศึกษาและวิจัยโครงการนี้เป็นการวิจัยภายใต้ข้อมูลที่เป็นส่วนของสายงานวิกฤตของงานโครงสร้างอาคารเพียงเท่านั้น แต่ในทางปฏิบัติการดำเนินงานโครงการก่อสร้างที่มีมูลค่าสูง จะมีสายงานวิกฤตที่มากกว่า 1 สายงานเสมอซึ่งถือเป็นเรื่องปกติของงานก่อสร้างโครงการขนาดใหญ่ ดังนั้นหากสามารถนำสายงานวิกฤตอื่นๆ มาทำงานวิจัยร่วมด้วยก็ย่อมส่งผลให้สามารถเร่งรัดงานและลดต้นทุนได้มากยิ่งขึ้น

5.3.2 งานวิจัยนี้ไม่ได้พิจารณาผลลัพธ์ทางอ้อมว่าหากสามารถเร่งรัดสายงานวิกฤตได้แล้ว จะทำให้ลดเวลาและลดต้นทุนในการดำเนินงานได้อย่างไร มีมูลค่าที่แท้จริงโดยละเอียดที่ลดได้จำนวนเท่าใด เพราะขาดซึ่งข้อมูลในการประกอบการวิจัยศึกษา หากในอนาคตหากสามารถนำมาวิเคราะห์ร่วมด้วยย่อมทำให้สามารถเห็นถึงแนวทางที่จะสามารถนำไปปรับใช้และปฏิบัติได้ดียิ่งขึ้น

5.3.3 งานวิจัยนี้ไม่ได้พิจารณามูลค่าโครงการในด้านเศรษฐศาสตร์การเงิน อันเนื่องมากจากข้อมูลรายรับที่แท้จริงทางบริษัทผู้ดำเนินงานไม่สามารถให้ข้อมูลได้ ทำให้งานวิจัยในฉบับนี้จึงไม่ได้วิจัยเรื่องดังกล่าว

บรรณานุกรม

กรมโยธาธิการและผังเมือง. (2565). *มาตรฐานงานก่อสร้างอาคารด้วยระบบโครงสร้างชิ้นส่วนสำเร็จรูป*. กระทรวงมหาดไทย.

กวี หวังนิเวศน์กุล. (2556). *การบริหารงานวิศวกรรมก่อสร้าง ฉบับปรับปรุง*. บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน).

กองกูณฑ์ โตชัยวัฒน์. (2559). การวิเคราะห์สถานะการโครงการก่อสร้างโดยการวิเคราะห์มูลค่าที่ได้รับ. *วิศวกรรมสาร*. *69*(4), 29-35.

เฉลิมเกียรติ วงศ์วนิชทวี. (2557). การประยุกต์ใช้วิศวกรรมคุณค่าเพื่อเลือกเทคนิควิธีการซ่อมแซมเขื่อนกันดินริมแม่น้ำที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม. *วารสารวิชาการสมาคมสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*. *3*(1), 64-72.

ชาญกนก ชาญสุทธิกนก. (2553). *การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลให้ต้นทุนค่าก่อสร้างจริงเพิ่มขึ้นจากต้นทุนค่าก่อสร้างประมาณการ กรณีศึกษาโครงการก่อสร้างอาคารเก็บสินค่าในเขตกรุงเทพมหานคร*. (การค้นคว้าอิสระปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศิลปกร). ฐานข้อมูลงานวิจัย (thapra.lib).

ณัชพล ธนกัญญา. (2559). *การวิเคราะห์ความสูญเสียในกระบวนการก่อสร้างผนังอาคารเพื่อใช้ในการปรับปรุงกระบวนการก่อสร้าง: กรณีศึกษาอาคารที่พักอาศัยประเภทคอนโดมิเนียม*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย). ฐานข้อมูลงานวิจัย (researchgateway).

ตฤษนันท์ บุญมั่ง. (2557). *การเปรียบเทียบต้นทุนและเวลาระหว่างวิธีการใช้ชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปกับวิธีหล่อในที่ชนิดใช้แบบหล่อผนังสำเร็จในการก่อสร้างบ้านพักอาศัยประเภททาวโฮมส์ด้วยระบบผนังรับน้ำหนัก กรณีศึกษา โครงการหมู่บ้านเดอะคอนเนค 28 เพิ่มสิน กับเดอะคอนเนค 25 ประชาอุทิศ จังหวัดกรุงเทพมหานคร*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี). ฐานข้อมูลงานวิจัย (sutir.sut.).

ต่อตระกูล ยมนาค. (2562). *ขบวนการคิดแบบ VE เพื่อลดต้นทุนการก่อสร้างอย่างสร้างสรรค์*. TACE Ltd. https://www.tace.co.th/new/ขบวนการคิดแบบ-ve-value-engineering-เพื่อล/

บรรณานุกรม (ต่อ)

นารีรัตน์ ปาระมีสัก และปารเมศ ชุติมา. (2557). การประยุกต์วิศวกรรมคุณค่าเพื่อปรับปรุงผลิตภัณฑ์ชุดแต่งรถยนต์. *วิศวกรรมสาร ฉบับวิจัยและพัฒนา*. *25*(3), 63-71.

ปรีดา ไชยมหาวัน. (2561). *โครงสร้างคอนกรีตหล่อสำเร็จรูป ตำราสำหรับการเรียนการสอน*. มหาวิทยาลัยพะเยา.

ลัคน์สิริ ตรีรานุรัตน์ และ ธนันท์ ชุมอุปการ. (2555*)*. การเปรียบเทียบต้นทุนรวมและระยะเวลาในกระบวนการก่อสร้างแบบหล่อในที่และแบบชิ้นส่วนสำเร็จรูปในอาคารพาณิชย์ขนาดเล็ก. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม (บ.ก.), ใน *รายงานการประชุม การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ปี 2555* (น. 2254-2259). มหาวิทยาลัยศรีปทุม.

วชรภูมิ เบญจโอฬาร. (2554). *การวางแผนและควบคุมงานก่อสร้าง ด้วยการกำหนดเวลาและต้นทุนที่เหมาะสม* (รายงานการวิจัย). สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสนารี.

วุฒิพงศ์ อ่อนศรีสมบัติ. (2556). *การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความล่าช้าในโครงการก่อสร้างอาคารในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี). ฐานข้อมูลงานวิจัย (sutir.sut.).

สภาวิศวกร. (2558). *หนังสือประกอบการอบรมและทดสอบความพร้อมในการประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม*. สภาวิศวกร.

สมชาย วรธงไชย. (2555). *การวางแผนและติดตามควบคุมต้นทุนโครงการก่อสร้าง*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี). ฐานข้อมูลงานวิจัย (sutir.sut.).

สศิธา หล่อสกุล. (2556). *การใช้หลักวิศวกรรมคุณค่าในการบริหารโครงการ ประเภทอาคารพักอาศัย*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย). ฐานข้อมูลงานวิจัย (doi.nrct.).

สำนักพัฒนามาตรฐานระบบพัสดุภาครัฐ. (2550). *คณะกรรมการกำกับนโยบายราคากลางงานก่อสร้าง เนื่องจากการดัด งอปลาย ตัด ทาย คอม้า และเสียเศษตามเกณฑ์มาตรฐานขนาดและน้ำหนักวัสดุ*. กรมบัญชีกลาง กระทรวงการคลัง.

บรรณานุกรม (ต่อ)

HALFEN. (2020). *HALFEN HCC COLUMN SHOE Technical Product Information*. https://www.halfen.com

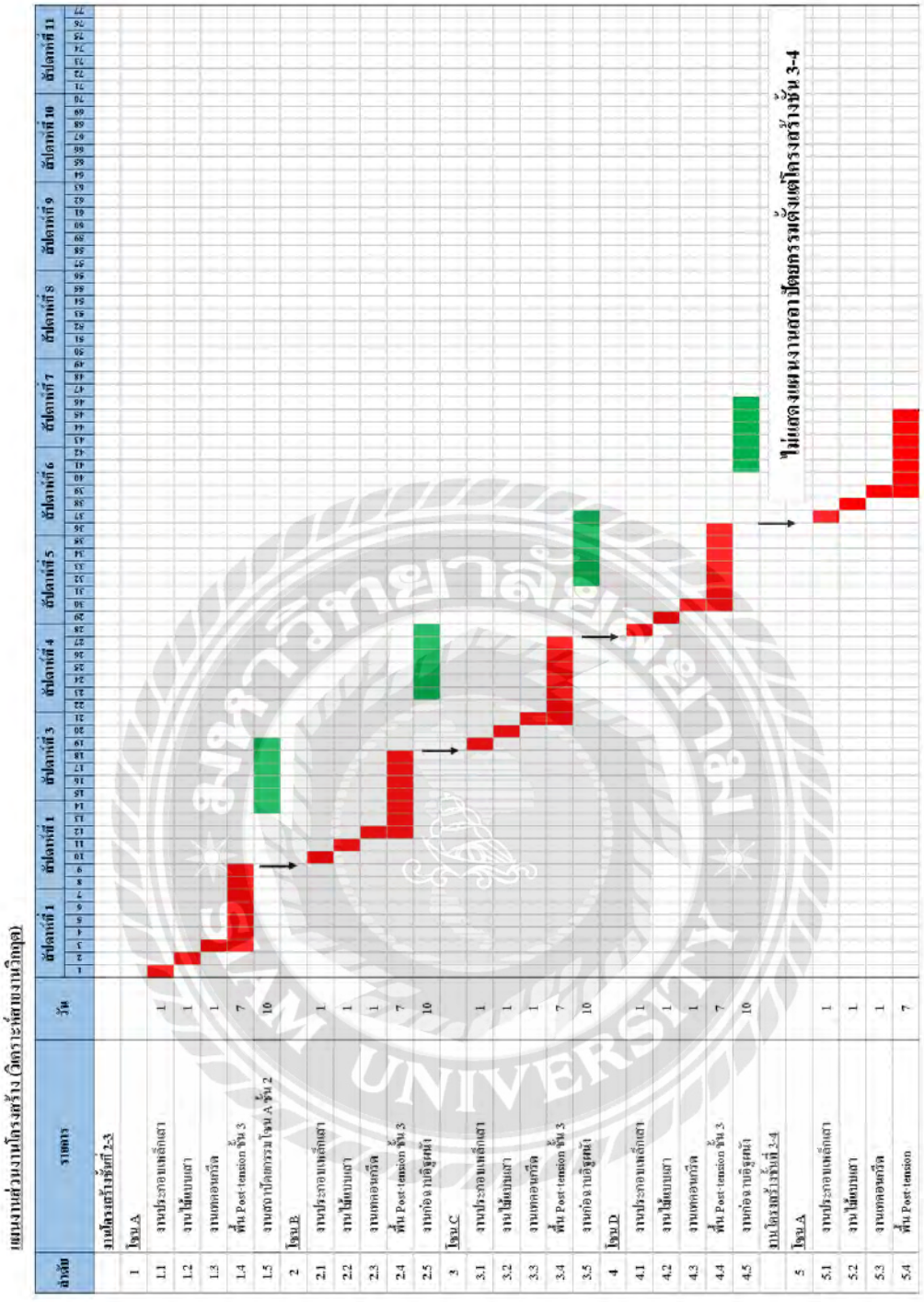
Mandelbaum, J., & Reed, D. L. (2006). *Value Engineering Handbook*. https://apps.dtic.mil/tr/pdf/ADA464089.pdf

Orlean Technical Solutions. (n.d.). Retrieved November 17, 2023, *VALUE ENGINEERING* https://www.orlean-tech.com/value-engineering.php

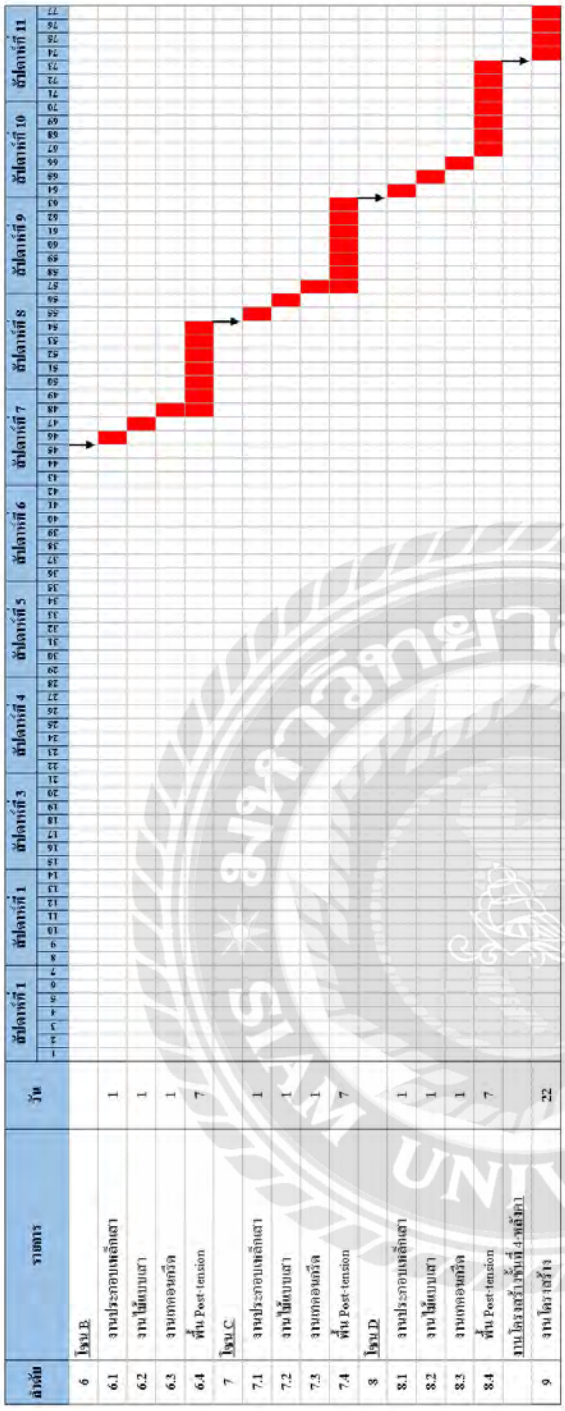
RICS UK. (2017). *Value management and value engineering*. Published by Royal Institution of Chartered Surveyors.

ภาคผนวก ก

แผนงานแนบสัญญาก่อสร้าง



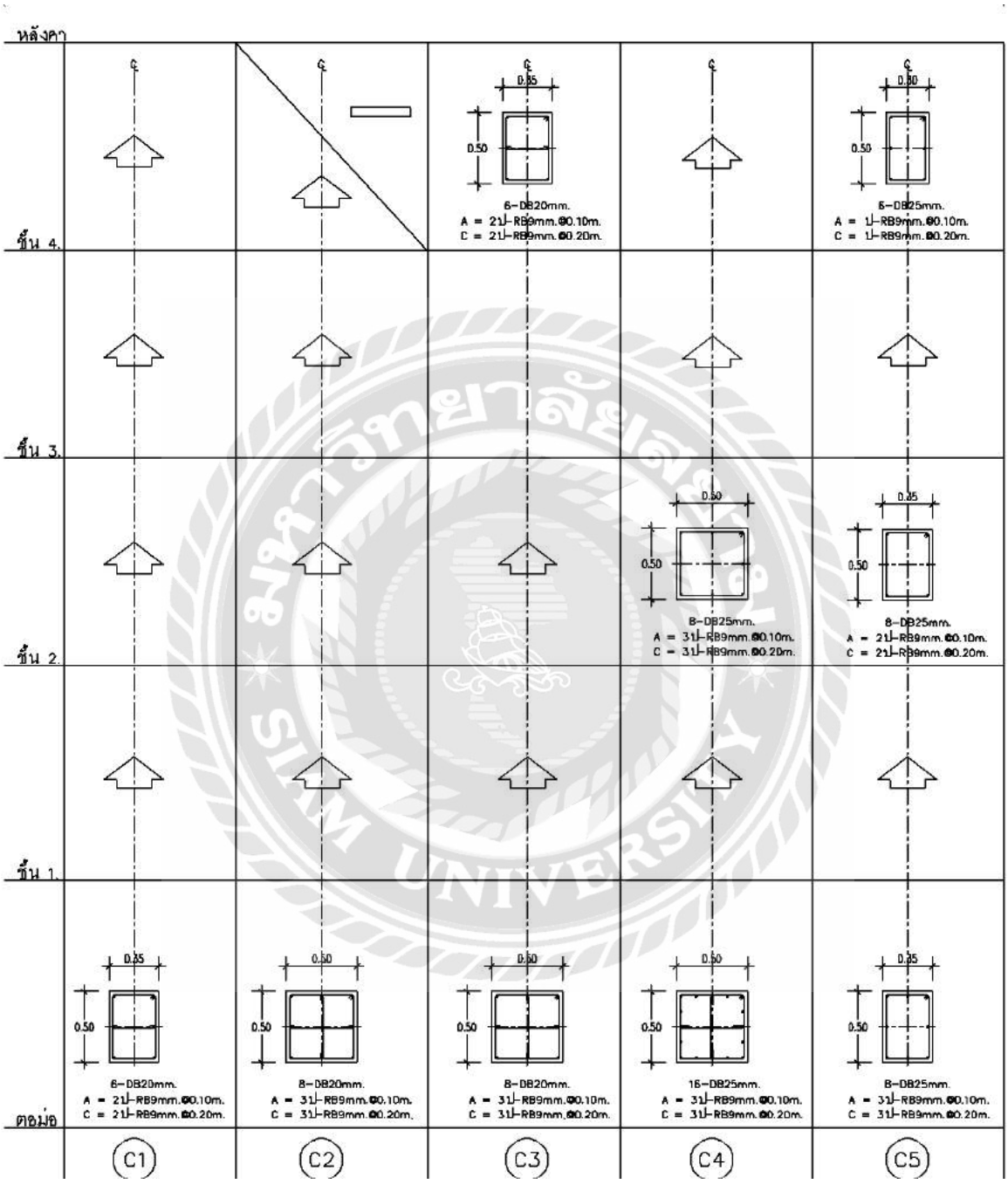
รูป ก.1 แผนงานก่อสร้างประกอบสัญญา (1)



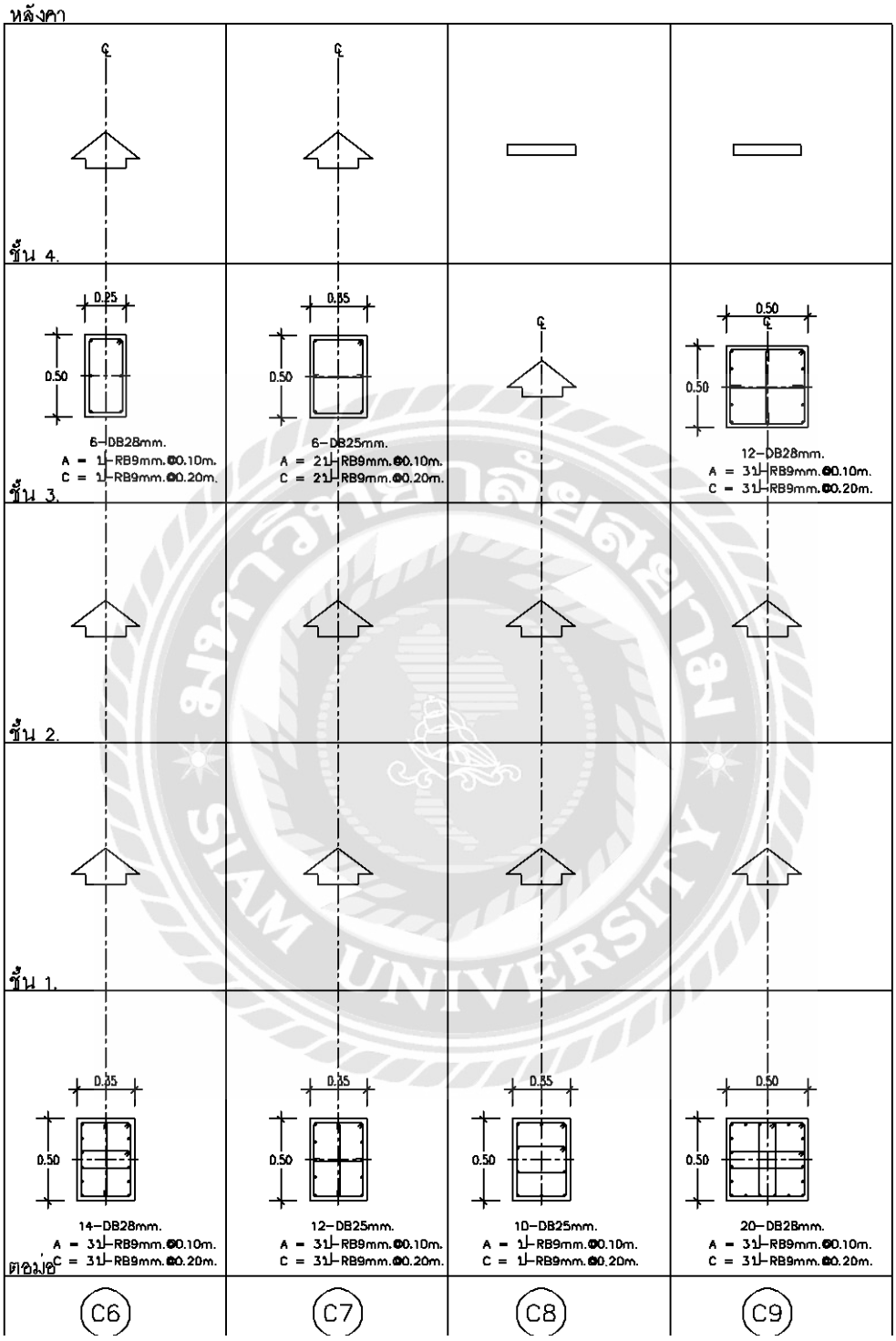
รูป ก.2 แผนงานก่อสร้างประกอบสัญญา (2)

ภาคผนวก ข

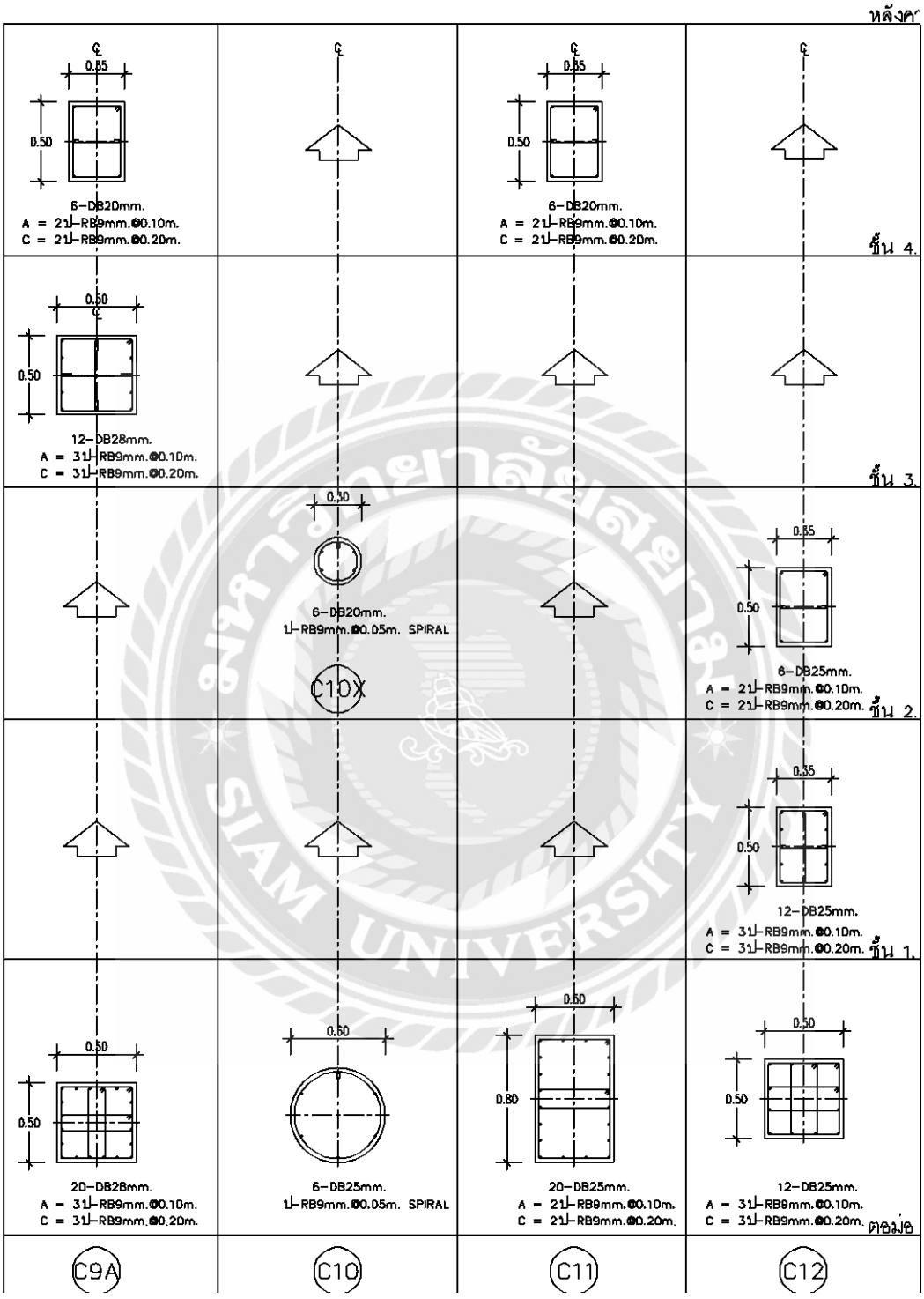
แบบขยายเสาโครงสร้าง



รูปที่ ข.1 เสา C1-C5



รูปที่ ข.2 เสา C6-C9



รูปที่ ข.3 เสา C9A-C12

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ	นายศิรัณ หงษ์ยศ
วัน เดือน ปี เกิด	06 พฤศจิกายน 2523
ที่อยู่	54/5 หมู่ 6 ถ.ไทรน้อย ต.ไทรน้อย อ.ไทรน้อย จ.นนทบุรี 11150
Email	mynameismo@gmail.com
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับปริญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ (วศ.บ.)
	สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา
	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ปีการศึกษา 2545
ประวัติการทำงาน	Allplan Software Singapore PTE.,LTD
	ตำแหน่ง Solution Manager