



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

ศึกษาเปรียบเทียบวิธีการก่อสร้างโครงสร้างริมน้ำระหว่างวิธีการหล่อคอนกรีตในที่
และการหล่อคอนกรีตสำเร็จรูป

Comparative study between construction methods for waterside
structure using Cast-in-place concrete and Pre-cast concrete

นายธนกร ใจอ่อนน้อม

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

ศึกษาเปรียบเทียบวิธีการก่อสร้างโครงสร้างริมน้ำระหว่างวิธีการหล่อคอนกรีตในที่
และการหล่อคอนกรีตสำเร็จรูป

Comparative study between construction methods for waterside
structure using Cast-in-place concrete and Pre-cast concrete

นายธนกร ใจอ่อนน้อม

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

ชื่อโครงการสหกิจศึกษา	ศึกษาเปรียบเทียบวิธีการก่อสร้างโครงสร้างรึมน้ำระหว่างวิธีการหล่อคอนกรีตในที่และการหล่อคอนกรีตสำเร็จรูป
ชื่อ-สกุล นักศึกษา	นายธนกร ใจอ่อนน้อม
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชา วิศวกรรมโยธา
ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาทิตย์ เพชรศศิธร
ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน	นายวิทยา สุขคนธา
สถานประกอบการ	บริษัท อิตาเลียนไทย ดีเวล๊อปเมนต์ จำกัด (มหาชน)

บทคัดย่อ

การวิจัยเรื่อง ศึกษาเปรียบเทียบวิธีการก่อสร้างโครงสร้างรึมน้ำระหว่างวิธีการหล่อคอนกรีตในที่และการหล่อคอนกรีตสำเร็จรูป มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบขั้นตอนวิธีการก่อสร้าง (Construction procedure), เวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง (Construction period) และต้นทุนการก่อสร้าง (Construction cost) ระหว่างวิธีการหล่อคอนกรีตในที่ (Cast-in-place concrete method) และวิธีการหล่อคอนกรีตสำเร็จรูป (Pre-cast concrete method) ของงานโครงสร้างรึมน้ำที่ไม่มีระบบกันน้ำ และการขึ้นลงของระดับน้ำส่งผลกับการทำงานก่อสร้าง โดยการวิจัยนี้เป็นการศึกษาจากกรณีศึกษา “โครงการปรับปรุงพื้นที่ 20G พร้อมติดตั้งระบบไฟฟ้าแรงสูง” ใช้ข้อมูลจากงานภาคสนามเพื่อเปรียบเทียบขั้นตอนวิธีการก่อสร้าง ได้ผลสรุปว่าวิธีการหล่อคอนกรีตสำเร็จรูป คนงานสามารถทำงานได้ง่ายกว่าวิธีการหล่อคอนกรีตในที่ ทำให้ได้ผลสำเร็จของงานมากกว่า และจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีเส้นทางวิกฤต (Critical path method analysis, CPM) ในการเปรียบเทียบเวลา สรุปได้ว่า การก่อสร้างโดยวิธีการหล่อคอนกรีตสำเร็จรูป สามารถลดเวลาการทำงานได้ 33.33% เมื่อเทียบกับวิธีการหล่อคอนกรีตในที่ และการวิเคราะห์รายการแสดงปริมาณวัสดุและแรงงาน (Bill of quantities analysis, BOQ) เพื่อเปรียบเทียบต้นทุน พบว่าการก่อสร้างโดยวิธีการหล่อคอนกรีตสำเร็จรูป มีต้นทุนน้อยกว่าวิธีการหล่อคอนกรีตในที่ 6.50%

Cooperative Title COMPARATIVE STUDY BETWEEN CONSTRUCTION METHODS
FOR WATERSIDE STRUCTURE USING CAST-IN-PLACE CONCRETE
AND PRE-CAST CONCRETE

Student intern name MR.THANAKORN CHAIONNOM

Faculty ENGINEERING **Department** CIVIL ENGINEERING

Advisor name ASST.PROF.DR.ARTHIT PETCHSASITHON

Mentor name MR.WITTAYA SUKHONTHA

Company ITALIAN-THAI DEVELOPMENT PUBLIC COMPANY LIMITED

ABSTRACT

Objectives of the research “Comparative study between construction methods for waterside structure using cast-in-place concrete and pre-cast concrete” to compare construction procedure, construction period and construction cost of waterside structure without water restriction system and the rise and fall of water level affect to the construction. The research comes from a case study - Improvement of 20G port and high voltage electrical system installation project. The result from field study shows that Pre-cast concrete is easier to working and give more achievement than Cast-in-place concrete method. The construction period that finds the result by using Critical path method analysis (CPM), it shows that Pre-cast concrete method can reduce construction period at 33.33%. The bill of quantities analysis (BOQ) finds that Pre-cast concrete method has less construction cost than Cast-in-place concrete at 6.50%.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ เนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาทิตย์ เพชรศศิธร ที่ให้คำปรึกษาปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง ให้คำแนะนำและแนวทางดำเนินการวิจัย ให้ความรู้ เอาใจใส่ ตลอดจนให้ความช่วยเหลือจนสำเร็จได้ด้วยดี ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านอาจารย์ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.จักรพงษ์ พงษ์เพ็ง อาจารย์ประจำวิชาวิศวกรรมก่อสร้างและการจัดการ และรองศาสตราจารย์ ดร.นันทวัฒน์ จรัสโรจน์ธนเดช อาจารย์ประจำวิชาการประมาณราคาการก่อสร้าง ที่ถ่ายทอดความรู้ทั้งทางด้านวิชาการ ความรู้ทั่วไป และประสบการณ์ของท่าน ให้สามารถนำมาใช้ประกอบการวิจัย ตลอดจนการทำงานและการดำเนินชีวิตได้อย่างดี

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และคณาจารย์ ทั้งประถมศึกษา และมัธยมศึกษา ที่ได้ให้ความรู้เป็นพื้นฐานในหลากหลายวิชา ทั้งทางด้านวิชาการและความรู้ทั่วไป ให้มีความรู้เพียงพอพร้อมในการทำงาน ตลอดจนการดำเนินชีวิตได้อย่างดี

ขอขอบพระคุณ คุณวิทยา สุคนธา วิศวกรที่ปรึกษา คุณพิสุทธิ์ รอดบุญพา, คุณอนุชา คณานุรักษ์, คุณวรดา เทียงพิงธรรม และคุณจุฬาลักษณ์ ถิ่นโพธิ์วังษ์ วิศวกรประจำบริษัท อิตาเลียนไทย ดีเวล็อบเมนต์ จำกัด (มหาชน) ที่ให้ความรู้ มอบแนวคิด แนวปฏิบัติในการทำงาน และให้คำแนะนำ คำปรึกษา จนทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ บริษัท อิตาเลียนไทย ดีเวล็อบเมนต์ จำกัด (มหาชน) ที่มอบโอกาสในการทำสหกิจศึกษา ให้ผู้จัดทำได้ประสบการณ์การทำงานจริง และให้ลงมือปฏิบัติงานในฐานะวิศวกรโยธาได้อย่างสมบูรณ์

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา ตลอดจนรุ่นพี่และรุ่นน้อง ที่คอยให้คำแนะนำ ให้ความช่วยเหลือ ให้มีมิตรภาพ ความสุข และกำลังใจ ตลอดระยะเวลาที่ศึกษาในภาควิชาวิศวกรรมโยธา

สุดท้าย ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัว อันเป็นที่เคารพรัก ซึ่งเป็นผู้ให้ความรัก การอบรม เลี้ยงดู สั่งสอน และเป็นกำลังใจสำคัญในการศึกษาเล่าเรียนมาโดยตลอด ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในพระคุณเป็นอย่างสูง

ธนกร ใจอ่อนน้อม

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญภาพ.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 แนวคิด.....	4
2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.2.1 การวิเคราะห์ด้วยวิธีเส้นทางวิกฤต (Critical path method analysis, CPM).....	5
2.2.2 การประมาณราคาการก่อสร้าง (Construction estimating).....	12
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	19
3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล (Research data collection).....	19
3.2 การศึกษาภาคสนาม (Field study).....	20
3.3 ทบทวนวรรณกรรม (Literature review).....	20
3.4 วิเคราะห์เปรียบเทียบ (Comparative analysis).....	20
3.5 สรุปผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบ.....	21
3.6 ข้อเสนอแนะ.....	21

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	22
4.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล (Research data collection).....	22
4.1.1 ข้อมูลโครงการปรับปรุงพื้นที่ท่า 20 G พร้อมติดตั้งระบบไฟฟ้าแรงสูง.....	22
4.1.2 ข้อมูลงานด้านโยธาของโครงการฯ.....	23
4.1.3 แบบรายละเอียดคาน GB3.....	27
4.1.4 ข้อมูลระดับน้ำ แม่น้ำเจ้าพระยา บริเวณท่าเรือกรุงเทพ.....	30
4.1.5 ขั้นตอนการทำงาน (Working procedure).....	32
4.2 วิเคราะห์เปรียบเทียบ (Comparative analysis).....	34
4.2.1 ขั้นตอนวิธีการก่อสร้าง (Construction procedure).....	34
4.2.2 เวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง (Construction period).....	39
4.2.3 ต้นทุนการก่อสร้าง (Construction cost).....	50
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	69
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	69
5.1.1 สรุปผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบขั้นตอนวิธีการก่อสร้าง (Construction procedure).....	69
5.1.2 สรุปผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง (Construction period).....	70
5.1.3 สรุปผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบต้นทุนการก่อสร้าง (Construction cost).....	70
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	74
เอกสารอ้างอิง.....	75
ภาคผนวก ก. ภาพการก่อสร้างคาน GB3.....	77
ภาคผนวก ข. แบบรายละเอียด คาน GB3-35280.....	84
ประวัติผู้เขียน.....	90

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ความหมายของสัญลักษณ์ประกอบโครงข่าย CPM	5
2.2	ความหมายของเวลาที่เกี่ยวข้องกับโครงข่าย CPM	7
2.3	ข้อมูลแสดงความสัมพันธ์ของงานและระยะเวลาในการทำงาน.....	9
2.4	แสดงการคำนวณ Total Float (TF) และ Free Float (FF).....	11
4.1	แสดงปริมาณงานแบ่งตามหมวดงาน.....	26
4.2	ข้อมูลระดับน้ำ แม่น้ำเจ้าพระยา บริเวณท่าเรือกรุงเทพ เดือน ก.ค. ถึง ธ.ค.	30
4.3	ขั้นตอนการทำงานโครงสร้างท่าเรือโดยวิธีการล่อคอนกรีตในที่	32
4.4	ขั้นตอนการทำงานโครงสร้างท่าเรือโดยวิธีการล่อคอนกรีตสำเร็จรูป	33
4.5	แสดงความสัมพันธ์ของงานและระยะเวลาในการทำงานโดยวิธีการล่อคอนกรีตในที่	43
4.6	แสดงการคำนวณ Total Float (TF) และ Free Float (FF) ของวิธีการล่อคอนกรีตในที่	45
4.7	แสดงความสัมพันธ์ของงานและระยะเวลาในการทำงานโดยวิธีการล่อคอนกรีตสำเร็จรูป	46
4.8	แสดงการคำนวณ Total Float (TF) และ Free Float (FF) ของวิธีการล่อคอนกรีตสำเร็จรูป....	48
4.9	ต้นทุนการก่อสร้างคาน GB3 โดยวิธีการล่อคอนกรีตในที่ (Unit Area : 35.280 m.)	50
4.10	ต้นทุนการก่อสร้างคาน GB3 โดยวิธีการล่อคอนกรีตในที่ (Project : 257.000 m.)	52
4.11	สรุปต้นทุนการก่อสร้างคาน GB3 โดยวิธีการล่อคอนกรีตในที่ แบ่งตามงาน.....	55
4.12	สรุปต้นทุนการก่อสร้างคาน GB3 โดยวิธีการล่อคอนกรีตในที่ (Unit Area : 35.280 m.).....	55
4.13	สรุปต้นทุนการก่อสร้างคาน GB3 โดยวิธีการล่อคอนกรีตในที่ (Project : 257.000 m.).....	57
4.14	สรุปต้นทุนการก่อสร้างคาน GB3 โดยวิธีการล่อคอนกรีตในที่ แบ่งตามประเภทต้นทุน.....	58
4.15	ต้นทุนการก่อสร้างคาน GB3 โดยวิธีการล่อคอนกรีตสำเร็จรูป (Unit Area : 35.280 m.).....	59
4.16	ต้นทุนการก่อสร้างคาน GB3 โดยวิธีการล่อคอนกรีตสำเร็จรูป (Project : 257.000 m.).....	62
4.17	สรุปต้นทุนการก่อสร้างคาน GB3 โดยวิธีการล่อคอนกรีตสำเร็จรูป แบ่งตามงาน.....	65
4.18	สรุปต้นทุนการก่อสร้างคาน GB3 โดยวิธีการล่อคอนกรีตสำเร็จรูป (Unit Area : 35.280 m.)...	65
4.19	สรุปต้นทุนการก่อสร้างคาน GB3 โดยวิธีการล่อคอนกรีตสำเร็จรูป (Project : 257.000 m.).....	67
4.20	สรุปต้นทุนการก่อสร้างคาน GB3 โดยวิธีการล่อคอนกรีตสำเร็จรูป แบ่งตามประเภทต้นทุน.....	68
5.1	แสดงเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของต้นทุนการก่อสร้าง (Unit Area : 35.280 m.).....	72
5.2	แสดงเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของต้นทุนการก่อสร้าง (Project : 257.000 m.).....	73

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ตัวอย่างโครงข่าย CMP.....	6
2.2 โครงข่ายความสัมพันธ์ของงาน จาก ตารางที่ 2.3	10
2.3 โครงข่ายแสดงวันเริ่มต้นเร็วที่สุด (ESD) และวันเริ่มต้นช้าที่สุด (LFD) จากภาพที่ 2.2	10
2.4 โครงข่ายแสดงสายงานวิกฤต (Critical path)	11
3.1 แผนผังแสดงวิธีดำเนินการวิจัย.....	21
4.1 แสดงการแบ่งพื้นที่การทำงาน 7 พื้นที่	23
4.2 แสดงพื้นที่การทำงาน หมวดงาน คาน GB5	24
4.3 แสดงพื้นที่การทำงาน หมวดงาน คาน GB4	24
4.4 แสดงพื้นที่การทำงาน หมวดงาน คาน GB3	25
4.5 แสดงพื้นที่การทำงาน หมวดงาน Slab 1	25
4.6 แสดงพื้นที่การทำงาน หมวดงาน Slab 2	26
4.7 แสดงรายละเอียดการติดตั้ง Truss สำหรับเป็น Support bottom form	34
4.8 แสดงลำดับและรายละเอียดการติดตั้งแบบหล่อคอนกรีต	35
4.9 แสดงการแบ่งเทคอนกรีตโครงสร้างคาน GB3	35
4.10 แสดงการหาตำแหน่งเพื่อทำการ Block out ในชิ้นงาน Precast	36
4.11 แสดงชิ้นส่วนคานคอนกรีตสำเร็จรูป	37
4.12 แสดงรายละเอียดการติดตั้ง Truss สำหรับเป็น Support bottom form	37
4.13 แสดงการติดตั้งชิ้นส่วน Precast ตามตำแหน่ง	38
4.14 แสดงการเทคอนกรีตคาน GB3 (Layer 1)	38
4.15 แสดงการแบ่งเทคอนกรีตคาน GB3	39
4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของระดับน้ำแม่น้ำเจ้าพระยากับเวลา (ตุลาคม 2560)	40
4.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของระดับน้ำแม่น้ำเจ้าพระยากับเวลา (วันที่ 7-14 ตุลาคม 2560)	41
4.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของระดับน้ำแม่น้ำเจ้าพระยากับเวลา (วันที่ 8 ตุลาคม 2560)	42
5.1 แผนภูมิเปรียบเทียบต้นทุนการก่อสร้างตามประเภทของต้นทุน (Unit area : 35.280 m.)	71
5.2 แผนภูมิเปรียบเทียบต้นทุนการก่อสร้างตามประเภทของต้นทุน (Project : 257.000 m.)	72

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
ก.1	แสดงขั้นตอนการเข้าแบบหล่อคอนกรีตในที่ คาน GB3.....	78
ก.2	แสดงขั้นตอนการผูกเหล็ก คาน GB3 วิธีการหล่อคอนกรีตในที่.....	78
ก.3	แสดงขั้นตอนการเทคอนกรีตในที่ คาน GB3.....	79
ก.4	น้ำขึ้นถึงระดับที่ไม่สามารถทำงานได้.....	79
ก.5	แสดงขั้นตอนการผูกเหล็กชิ้นส่วนคานคอนกรีตสำเร็จรูป.....	80
ก.6	แสดงขั้นตอนการ Block-out ตำแหน่งหัวเสาเข็ม ชิ้นส่วนคานคอนกรีตสำเร็จรูป.....	80
ก.7	แสดงช่วงระหว่างชิ้นส่วนคานคอนกรีตสำเร็จรูป (ต่อด้วยข้อต่อเกลียว).....	81
ก.8	แสดงขั้นตอนการเทคอนกรีตชิ้นส่วนคานคอนกรีตสำเร็จรูป.....	81
ก.9	แสดงชิ้นส่วนคานคอนกรีตสำเร็จรูป 1 ชิ้นส่วน (1).....	82
ก.10	แสดงชิ้นส่วนคานคอนกรีตสำเร็จรูป 1 ชิ้นส่วน (2).....	82
ก.11	แสดงขั้นตอนการยกเพื่อติดตั้งชิ้นส่วนคานคอนกรีตสำเร็จรูปด้วยรถเครน.....	83
ก.12	แสดงขั้นตอนการผูกเหล็กหลังติดตั้งชิ้นส่วนคานคอนกรีตสำเร็จรูป.....	83

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

การทำเรือแห่งประเทศไทย มีโครงการปรับปรุงพื้นที่ท่า 20 G พร้อมติดตั้งระบบไฟฟ้าแรงสูง รับหมวกก่อสร้างโดยบริษัท อิตาเลียนไทย ดีเวลล็อปเม้นต์ จำกัด (มหาชน) : J2313 ซึ่งโครงการฯ มีแนวโน้มจะแล้วเสร็จล่าช้า เนื่องจากการก่อสร้างโครงสร้างคานริมน้ำ (GB3) ใน Grid line A ทำได้ยากและช้ากว่ากำหนดเนื่องจากผลของการขึ้น - ลง ของน้ำแม่น้ำเจ้าพระยา ซึ่งสืบเนื่องจากการทำงานก่อสร้างนี้ ไม่มีระบบกันน้ำระหว่างการก่อสร้าง และออกแบบให้ก่อสร้างโดยใช้ระบบการหล่อคอนกรีตในที่ ทั้งนี้ กระบวนการก่อสร้างในหลายขั้นตอน เช่น การติดตั้งโครงเหล็กรับน้ำหนัก (Truss), การติดตั้งแบบหล่อคอนกรีต, การผูกเหล็กเสริม และการเทคอนกรีต จะทำได้เฉพาะช่วงที่น้ำลงเท่านั้น จึงเป็นเหตุให้มีแนวคิดว่าวิธีการก่อสร้างอื่นๆ แทน เพื่อลดเวลาและความยากในการทำงานลง โดยได้เลือกวิธีการหล่อคอนกรีตสำเร็จรูปเป็นชิ้นส่วนของคานริมน้ำ (GB3) และนำไปประกอบกันภายหลัง ซึ่งทางโครงการฯ ยังไม่ได้ข้อสรุปว่าวิธีการใด ระหว่างวิธีการหล่อคอนกรีตในที่ (Cast-in-place concrete method) และการหล่อคอนกรีตสำเร็จรูป (Pre-cast concrete method) มีความเหมาะสมที่สุด เพื่อให้เกิดการตัดสินใจเลือกใช้วิธีการทำงานที่เกิดประสิทธิภาพสูงสุดสำหรับทำงานในพื้นที่ต่อไปของโครงการฯ และใช้กับโครงการในลักษณะเช่นนี้อีกต่อไปในอนาคต ทั้งนี้ จึงเป็นที่มาของการศึกษาวิจัย เรื่อง ศึกษาเปรียบเทียบวิธีการก่อสร้างโครงสร้างริมน้ำระหว่างวิธีการหล่อคอนกรีตในที่และการหล่อคอนกรีตสำเร็จรูป (Comparative study between construction method for waterside structure using cast-in-place concrete and pre-cast concrete)

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.) เพื่อศึกษาขั้นตอนวิธีการก่อสร้างโครงสร้างริมน้ำ โดยใช้วิธีการหล่อคอนกรีตในที่ และการหล่อคอนกรีตสำเร็จรูป

2.) เพื่อเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง (Construction period) ของโครงสร้างริมน้ำ ระหว่างการหล่อคอนกรีตในที่ (Cast-in-place concrete) และการหล่อคอนกรีตสำเร็จรูป (Pre-cast

concrete)

3.) เพื่อเปรียบเทียบต้นทุนการก่อสร้าง (Construction cost) ของโครงสร้างริมน้ำ ระหว่างการหล่อคอนกรีตในที่ (Cast-in-place concrete) และการหล่อคอนกรีตสำเร็จรูป (Pre-cast concrete)

4.) เพื่อวิเคราะห์หาวิธีการทำงานที่เกิดประสิทธิภาพสูงสุดสำหรับการก่อสร้างโครงสร้างริมน้ำที่ไม่มีระบบกันน้ำระหว่างการก่อสร้าง

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ศึกษาเปรียบเทียบวิธีการก่อสร้างโครงสร้างริมน้ำระหว่างวิธีการหล่อคอนกรีตในที่และการหล่อคอนกรีตสำเร็จรูป เป็นการศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากกรณีศึกษา “โครงการปรับปรุงพื้นที่ท่า 20G พร้อมติดตั้งระบบไฟฟ้าแรงสูง (การทำเรือแห่งประเทศไทย)” โดยค้นคว้าข้อมูลประกอบการวิจัยจากการศึกษางานภาคสนาม และจากเอกสารโครงการฯ ทั้งนี้เป็นการศึกษาเฉพาะงานโครงสร้างริมน้ำ จากคาน GB3 ใน Grid line A ซึ่งการทำงานก่อสร้างนี้ อยู่ในเงื่อนไขของการทำงานที่ไม่มีระบบกันน้ำระหว่างการก่อสร้าง และการขึ้นลงของระดับน้ำส่งผลกับการทำงานก่อสร้าง โดยศึกษาเปรียบเทียบขั้นตอนวิธีการก่อสร้าง (Construction procedure) จากการศึกษางานภาคสนาม, เปรียบเทียบเวลาในการก่อสร้าง (Construction period) จากการวิเคราะห์เวลาด้วยวิธีเส้นทางวิกฤต (Critical path method analysis, CPM) และเปรียบเทียบต้นทุนการก่อสร้าง (Construction cost) จากการวิเคราะห์รายการแสดงปริมาณวัสดุและแรงงาน (Bill of quantities analysis, BOQ)

1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย

1.) กำหนดหัวข้องานวิจัย วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย จากการศึกษางานภาคสนาม ระหว่างการทำสหกิจศึกษา ที่สัมพันธ์กับความรู้วิศวกรรมโยธา

2.) ศึกษางานภาคสนาม เพื่อให้เห็นภาพรวมของโครงการฯ ลำดับการก่อสร้าง และรายละเอียดอื่นๆที่ใช้ประกอบการวิจัย

3.) ศึกษาแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย สืบค้นและรวบรวมเนื้อหาทฤษฎีที่ใช้วิเคราะห์เปรียบเทียบผล เช่น วิธีการวางแผนงานแบบวิกฤต (Critical path method management), การทำรายการแสดงปริมาณวัสดุและแรงงาน (Bill of quantities, BOQ)

4.) วิเคราะห์เปรียบเทียบขั้นตอนวิธีการก่อสร้าง (Construction procedure) จากการศึกษา
งานภาคสนาม

5.) วิเคราะห์เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง (Construction period) และต้นทุนการ
ก่อสร้าง (Construction cost) ของงานโครงสร้างรिमน้ำ ระหว่างวิธีการหล่อคอนกรีตในที่ และการหล่อ
คอนกรีตสำเร็จรูป

6.) สรุปผลและข้อเสนอแนะ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.) ทราบลำดับขั้นตอนการก่อสร้างทั้งวิธีการหล่อคอนกรีตในที่ และการหล่อคอนกรีต
สำเร็จรูป ของงานโครงสร้างรिमน้ำ

2.) เพื่อทราบผลกระทบด้านเวลาในการก่อสร้างจากอิทธิพลของน้ำขึ้น-น้ำลง และวิธีการ
แก้ปัญหาสำหรับการก่อสร้างโครงสร้างรिमน้ำ

3.) เพื่อหาวิธีการก่อสร้างที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้การดำเนินโครงการฯ ให้กลับมาตามแผนงาน
ได้มากที่สุด

4.) ทราบวิธีการทำงานที่เกิดประสิทธิภาพสูงสุดสำหรับการก่อสร้างโครงสร้างรिमน้ำ ที่ไม่มี
ระบบกันน้ำระหว่างการก่อสร้าง ทั้งด้านเวลาและต้นทุน สำหรับการก่อสร้างลักษณะเช่นนี้ต่อไปในอนาคต

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิด

การก่อสร้างระบบคอนกรีตสำเร็จรูป (Precast concrete) เป็นวิธีการก่อสร้างระบบหนึ่ง ที่ปัจจุบันในประเทศไทยเริ่มนิยมใช้มากขึ้น การใช้ระบบหล่อสำเร็จรูปมีการใช้อย่างแพร่หลายสำหรับงานก่อสร้างบางประเภท เช่น งานก่อสร้างสะพาน ทางยกระดับ ทางด่วน ฯลฯ ส่วนงานอาคาร บ้าน ยังไม่เป็นที่นิยมมากนัก ด้วยจุดเด่นของระบบการก่อสร้างแบบคอนกรีตสำเร็จรูป ที่ใช้ระยะเวลาในการก่อสร้างที่น้อยลง ส่งผลให้ต้นทุนในการก่อสร้างถูกลงเนื่องจากค่าแรงงานที่ลดลง อีกทั้งคุณภาพการก่อสร้างยังเป็นไปตามมาตรฐาน จึงเป็นตัวเลือกสำคัญแรกๆ สำหรับโครงการที่มีแผนการทำงานที่ใช้เวลาในการก่อสร้างน้อย เพื่อสามารถเปิดโครงการได้อย่างรวดเร็วทันตามความต้องการของตลาด ณ ขณะนั้น การก่อสร้างระบบคอนกรีตสำเร็จรูป จึงเป็นผลดีต่อเจ้าของโครงการและผู้รับเหมาเป็นอย่างมาก ในแง่ของเวลาในการทำงาน วิธีการทำงาน และค่าใช้จ่ายในโครงการ

แม้ข้อดีของการก่อสร้างระบบคอนกรีตสำเร็จรูปจะเป็นประโยชน์ต่อเจ้าของโครงการ และผู้รับเหมาก่อสร้างเป็นส่วนใหญ่ แต่ในมุมมองของเจ้าของบ้าน หรือผู้บริโภค ก็ได้รับประโยชน์เช่นกัน เนื่องจากส่วนของชิ้นงานคอนกรีตสำเร็จรูป เป็นไปตามมาตรฐาน มีคุณภาพ เนื่องจากสามารถควบคุมคุณภาพชิ้นงานได้ตลอดกระบวนการการผลิต ไม่ต้องอาศัยฝีมือหรือความชำนาญของช่าง หรือปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อคุณภาพของงานก่อสร้าง โดยเฉพาะมาตรฐานของงานคอนกรีตเสริมเหล็กที่ยากที่จะควบคุม แต่การก่อสร้างระบบคอนกรีตสำเร็จรูปยังมีข้อจำกัดสำคัญ คือเทคนิคและวิธีการทำงาน ที่เป็นการทำงานเฉพาะทาง ต้องใช้ความรู้เพิ่มเติมและความรอบคอบในกระบวนการต่อชิ้นส่วนเข้าด้วยกัน ต้องคำนึงถึงความแข็งแรง ความสวยงาม และการบำรุงรักษา เพื่อให้งานเป็นไปตามมาตรฐานการก่อสร้างหรือตรงตามผู้ออกแบบ

ด้วยจุดเด่นของการใช้ระบบคอนกรีตสำเร็จรูป ที่สามารถลดเวลาการก่อสร้าง และลดความยุ่งยากในการทำงานลง ปัจจุบันจึงมีการเลือกใช้ชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จมาประยุกต์ประกอบการก่อสร้างระบบหล่อคอนกรีตในที่ เพื่อใช้ข้อดีมาแก้ไขปัญหาการก่อสร้างในโครงการที่มีเวลาน้อย ด้วยเหตุผลทางธรรมชาติ ทางการคมนาคม หรือความล่าช้าของการดำเนินโครงการ

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 การวิเคราะห์ด้วยวิธีเส้นทางวิกฤต (Critical path method analysis, CPM)

วิธีเส้นทางวิกฤต (Critical path method, CPM) เป็นวิธีการวางแผนเวลาวิธีหนึ่งของวิศวกรรมก่อสร้างและการจัดการ (Construction engineering and management) โดยอาศัยการสร้างและวิเคราะห์โครงข่าย (Network) ซึ่งประกอบด้วยกิจกรรม หรืองานต่างๆ ในโครงการนั้น และแต่ละกิจกรรมถูกแทนด้วยลูกศรเชื่อมโยงกัน (สัมพันธ์กัน) ในลักษณะที่สามารถสื่อความหมายได้เป็นกรณีดังนี้

- กิจกรรมใดต้องทำให้เสร็จก่อนที่จะเริ่มกิจกรรมอื่นต่อไป
- กิจกรรมใดต้องทำหลังจากกิจกรรมอื่นเสร็จแล้วเรียบร้อย
- กิจกรรมใดสามารถทำไปพร้อมๆกันได้

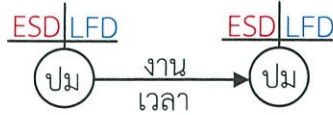
เส้นทางวิกฤต (Critical path) คือ เส้นทางกิจกรรมที่ใช้เวลายาวนานที่สุด หรือ โครงการเสร็จเร็วที่สุดที่เวลานี้ หรือ โครงการไม่สามารถเสร็จเร็วกว่าเวลานี้ (ถ้าไม่เร่งงาน) ข้อสำคัญของเทคนิคเส้นทางวิกฤต คือการแสดงกิจกรรมวิกฤต (Critical activities) ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการดำเนินการ ติดตาม และควบคุมโครงการ เพื่อทราบว่ากิจกรรมใดควรควบคุมไม่ให้เกิดความล่าช้า และกิจกรรมใดที่ล่าช้าแล้วจะทำให้โครงการล่าช้าไปด้วย

เทคนิคเส้นทางวิกฤต (Critical path method, CPM) มีขั้นตอนการสร้างโครงข่าย การคำนวณค่าเวลาเพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์หาเส้นทางวิกฤตดังต่อไปนี้

1.) องค์ประกอบสำคัญของเทคนิคเส้นทางวิกฤต

ตารางที่ 2.1 ความหมายของสัญลักษณ์ประกอบโครงข่าย CPM

สัญลักษณ์	ความหมาย
ลูกศร (Arrow)	กิจกรรม หรือ งาน มีมิติเวลา
จุดเหตุการณ์ (ปม หรือ Node)	การบอกจุดเริ่มต้น หรือจุดสิ้นสุดกิจกรรม มีมิติเวลาเป็นศูนย์
หางลูกศร	จุดเริ่มต้นของกิจกรรม
หัวลูกศร	จุดสิ้นสุดของกิจกรรม
เหนือลูกศร	ชื่อกิจกรรม หรืองาน (สามารถแทนขึ้นกิจกรรมด้วย ปม-ปม, 1-2)
ใต้ลูกศร	ระยะเวลาทำการของกิจกรรม
ลูกศรเทียม (Dummy)	ไม่มีงานที่ทำจริง กำหนดเพื่อความสัมพันธ์ของงานถูกต้อง มิติเวลาเป็นศูนย์



ภาพที่ 2.1 ตัวอย่างโครงข่าย CPM

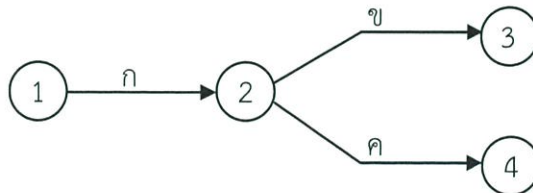
2.) ตรรกวิทยาโครงข่าย

ตรรกวิทยาโครงข่าย หรือ เงื่อนไขความสัมพันธ์ของกิจกรรม เป็นพื้นฐานในการสร้างและวิเคราะห์โครงข่าย ดังนี้

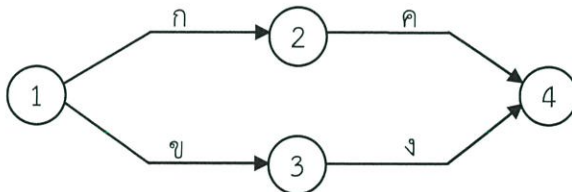
- กำหนดกิจกรรม ก, ข และ ค เป็นกิจกรรมที่จะต้องทำไปเป็นลำดับ เขียนโครงข่ายได้ดังนี้



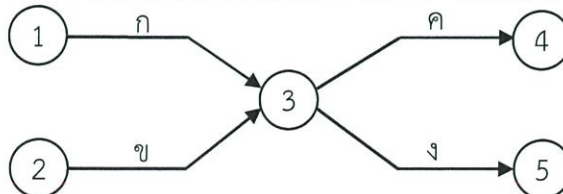
- กำหนดกิจกรรม ข และ ค เริ่มได้ก็ต่อเมื่อ ก เสร็จ เขียนโครงข่ายได้ดังนี้



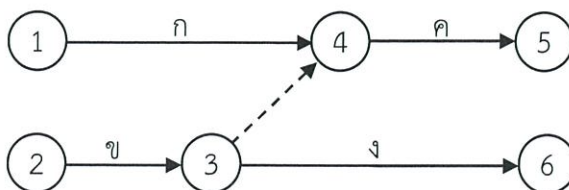
- กำหนดกิจกรรม ง และ ค คือกิจกรรมสุดท้ายของโครงการ เขียนโครงข่ายได้ดังนี้



- กำหนดกิจกรรม ก และ ข เสร็จก่อนเริ่มกิจกรรม ค และ ง เขียนโครงข่ายได้ดังนี้



- กำหนดกิจกรรม ก และ ข เสร็จก่อนเริ่มกิจกรรม ค และกิจกรรม ข เสร็จก่อนเริ่มกิจกรรม ง เขียนโครงข่ายได้ดังนี้



3.) แนวทางพื้นฐานในการสร้างโครงข่าย CPM

- โครงข่ายจะต้องเป็นโครงข่ายปิด ต้องไม่เป็นโครงข่ายเปิด
- เส้นลูกศรในโครงข่ายจะต้องมีความต่อเนื่องกันตลอดทั้งโครงการ ไม่ขาดตอน
- ปมต่างๆในโครงข่ายแสดงเพียงจุดเริ่มต้นและสิ้นสุดของกิจกรรมต่างๆ ในโครงการ ซึ่งมีมิติเวลาเป็นศูนย์ ปมใดเป็นเหตุการณ์ที่น่าสนใจสามารถใส่ข้อความที่น่าสนใจได้ เราเรียกปมนี้ว่า ปมเหตุการณ์สำคัญ (Milestone)
- ลูกศรเส้นหนึ่งใช้แทนกิจกรรมหนึ่งเท่านั้น ความยาวของลูกศรไม่ได้บ่งชี้ถึงระยะเวลาของกิจกรรม
- ลูกศรสองเส้นจะตั้งชื่อปมซ้ำกันไม่ได้ เมื่อเรียกชื่อปมแล้วมีชื่อปมเหมือนกันทำให้ไม่ทราบว่าหมายถึงกิจกรรมใด ควรใช้ลูกศรเทียม (Dummy) แทนเพื่อป้องกันการซ้ำกัน โดยไม่ทำให้ความสัมพันธ์ของกิจกรรมเปลี่ยนแปลงไป
- กิจกรรมใดจะเริ่มจากปมใดได้ ก็ต่อเมื่อกิจกรรมต่างๆ ซึ่งสิ้นสุดลง ณ ปมนั้น หรือต้องถูกทำให้เสร็จสิ้นก่อน
- ลูกศรในโครงข่ายควรมีการจัดเรียงไปในทิศทางเดียวกัน โดยมีจุดเริ่มต้นอยู่ทางซ้ายและจุดสิ้นสุดอยู่ทางขวา โดยการกำหนดทิศลูกศรดังกล่าว จะช่วยหลีกเลี่ยงความผิดพลาดในการสร้างโครงข่ายที่มีจำนวนกิจกรรมมากๆ ซึ่งอาจทำให้เกิดการวนลูปได้

4.) ระยะเวลาที่เกี่ยวข้องกับโครงข่าย CPM

การคำนวณเส้นทางวิกฤตเพื่อทำกำหนดการ (Scheduling) สามารถทำได้โดยการคำนวณเวลาที่ปมเหตุการณ์ แล้วนำเวลาที่ปมไปแปลความ หว่าแต่ละงานเริ่มต้นเมื่อไร แล้วเสร็จเมื่อไร

ตารางที่ 2.2 ความหมายของเวลาที่เกี่ยวข้องกับโครงข่าย CPM

No.	เวลา	ความหมาย
1	วันเริ่มต้นเร็วที่สุด (Early Start Date, ESD)	วันที่กิจกรรมสามารถเริ่มต้นได้เร็วที่สุด
2	วันเสร็จเร็วที่สุด (Early Finish Date, EFD)	วันที่กิจกรรมสามารถเสร็จได้เร็วที่สุด
3	วันเริ่มต้นช้าที่สุด (Late Start Date, LSD)	วันที่กิจกรรมนั้นสามารถเริ่มต้นได้ช้าที่สุดแล้วไม่ทำให้กิจกรรมทั้งโครงการล่าช้า (โครงการยังเสร็จที่เวลาเดิม)

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

No.	เวลา	ความหมาย
4	วันเสร็จช้าที่สุด (Late Finish Date, LFD)	วันที่กิจกรรมนั้นเสร็จได้ช้าที่สุดแล้วไม่ทำให้กิจกรรมทั้งโครงการล่าช้า
5	เวลาลอยตัวรวม (Total Float, TF)	ระยะเวลาที่กิจกรรมนั้นๆ สามารถเลื่อนกำหนดการเริ่มต้นทำงานออกไปได้ โดยไม่มีผลกระทบต่อให้งานทั้งโครงการล่าช้า แต่อาจทำให้วันเริ่มต้นเร็วที่สุดของกิจกรรมถัดไปเลื่อนไปด้วย
6	เวลาลอยตัวอิสระ (Free Float, FF)	ระยะเวลาที่กิจกรรมนั้นๆ สามารถเลื่อนกำหนดการเริ่มต้นทำงานออกไปได้ โดยไม่มีผลกระทบต่อให้งานทั้งโครงการล่าช้า และจะต้องไม่ทำให้วันเริ่มต้นเร็วที่สุดของกิจกรรมถัดไปต้องเลื่อน

5.) การหาค่าเวลา

การคำนวณเส้นทางวิกฤต เพื่อการทำกำหนดการ (Scheduling) สามารถทำได้โดยการคำนวณเวลาที่ปมเหตุการณ์ต่างๆ แล้วนำเวลาที่ปมไปแปลความ หาวว่าแต่ละงานเริ่มต้นเมื่อไร แล้วเสร็จเมื่อไร โดยเส้นทางวิกฤตเป็นเส้นทางที่มีค่า Total Float, TF = 0 ซึ่งมีหลักการในการคำนวณดังนี้

5.1) กฎการไปข้างหน้า (Forward Pass)

กฎการไปข้างหน้า (Forward Pass) คือ การคำนวณจากซ้ายไปขวา เพื่อหา ESD ดังนี้

- ที่จุดเริ่มต้นของโครงการ เวลาที่เริ่มทำงานเท่ากับศูนย์ (ESD = 0)
- $EFD_{ij} = ESD_{ij} + t_{ij}$ เมื่อ t_{ij} คือ ระยะเวลาของกิจกรรม i-j (งานนั้น - งานที่กำลังพิจารณา)
- $ESD_{jk} = \text{Max } EFD_{ij}$ เมื่อ $\text{Max } EFD_{ij}$ คือ ค่ามากที่สุดของเวลา EFD ที่มาถึงปมของงานนั้น

5.2) กฎของการย้อนหลัง (Backward Pass)

กฎของการย้อนหลัง (Backward Pass) คือ การคำนวณจากขวาไปซ้าย เพื่อหา LFD ดังนี้

- ที่จุดสิ้นสุดของโครงการ $LFD = ESD$
- $LSD_{ij} = LFD_{ij} - t_{ij}$

- $LFD_{ij} = \text{Min } LSD_{jk}$ เมื่อ $\text{Min } LSD_{jk}$ คือ ค่าน้อยที่สุดของเวลา LSD ที่มาถึงปมของงานหลังจากงานนั้น

5.3) การคำนวณ Total Float (TF) และ Free Float (FF)

- $TF_{ij} = LFD_{ij} - EFD_{ij} = LSD_{ij} - ESD_{ij}$
- $FF_{ij} = ESD_{jk} - EFD_{ij}$

6.) ขั้นตอนการวิเคราะห์โครงข่ายโดยวิธีเส้นทางวิกฤต (Critical path method, CPM)

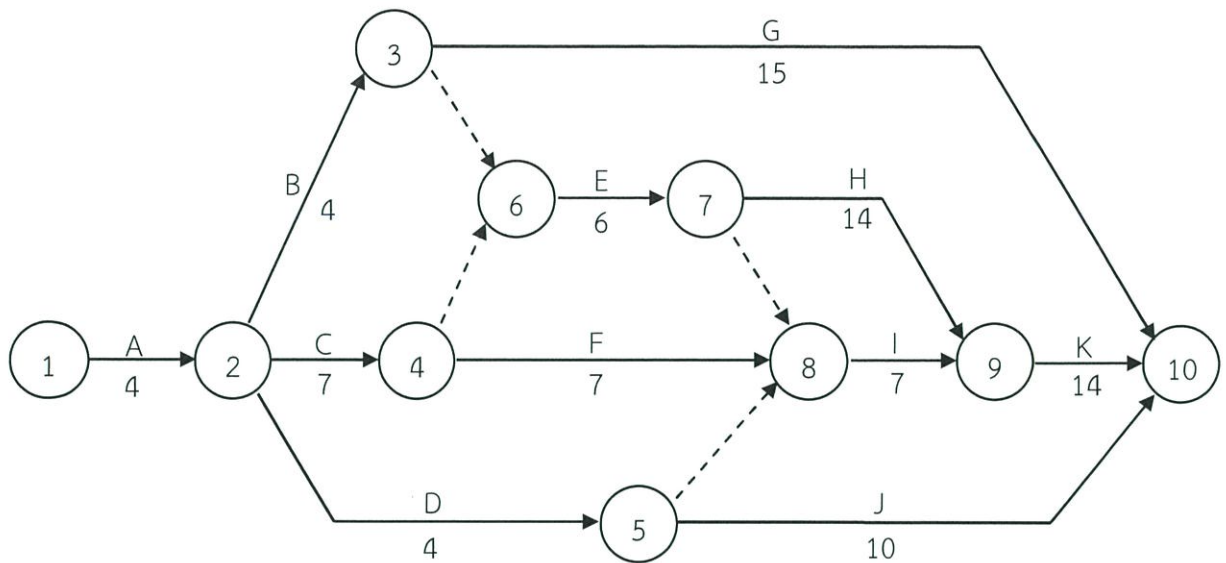
6.1) สร้างข้อมูลแสดงความสัมพันธ์ของงานและระยะเวลาในการทำงาน

แบ่งงาน หรือ กิจกรรมในโครงการ และหาความสัมพันธ์ของงานแต่ละงานโดยต้องระบุเวลาที่ใช้ในการทำงานจากแผนงานที่ได้วางไว้แล้ว โดยเขียนในรูปแบบของตารางตามลำดับก่อน-หลัง เพื่อง่ายต่อการสร้างโครงข่าย ดังตัวอย่าง ตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ข้อมูลแสดงความสัมพันธ์ของงานและระยะเวลาในการทำงาน

งาน	เวลา (วัน)	งานที่ต้องทำก่อน
A	4	-
B	4	A
C	7	A
D	4	A
E	6	B, C
F	7	C
G	15	B
H	14	E
I	7	D, E, F
J	10	D
K	14	H, I

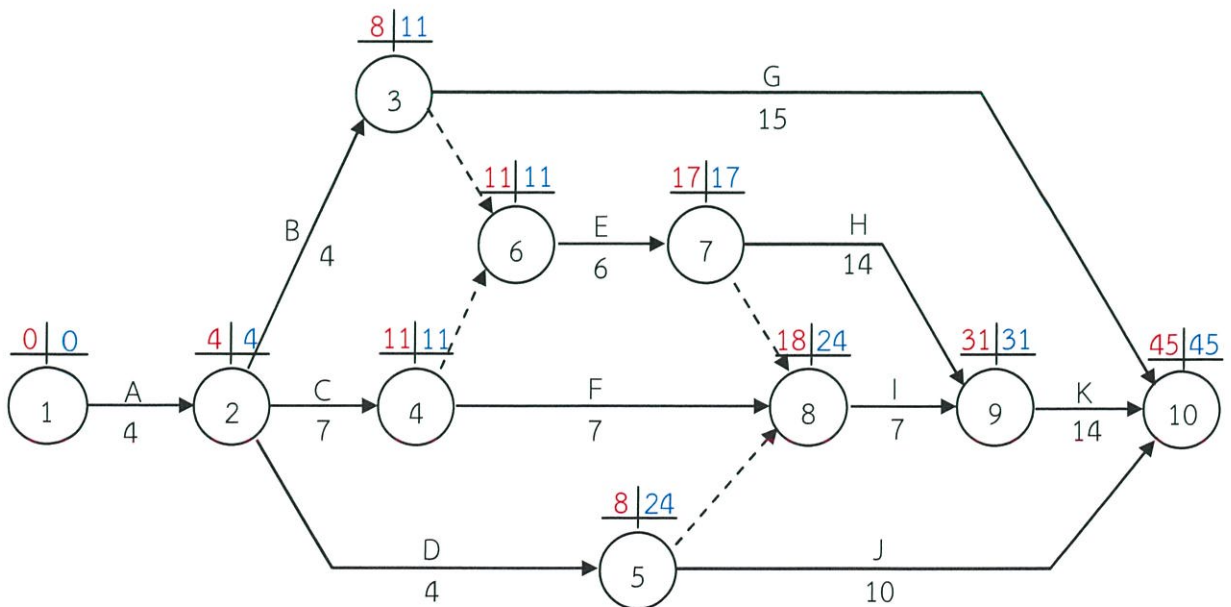
6.2) เขียนโครงข่ายความสัมพันธ์ของงาน



ภาพที่ 2.2 โครงข่ายความสัมพันธ์ของงาน จาก ตารางที่ 2.3

6.3) คำนวณเวลา ESD และ LFD

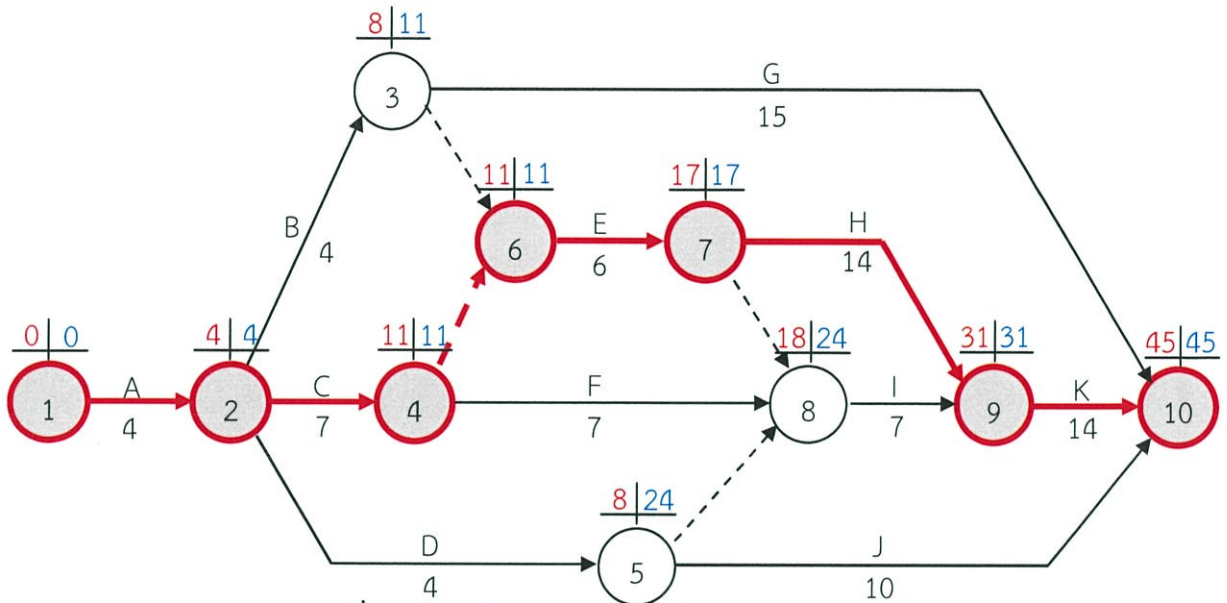
คำนวณค่าเวลา ESD จากกฎการไปข้างหน้า (Forward Pass) และ LFD จากกฎของการย้อนหลัง (Backward Pass) โดยใส่ค่า ESD และ LFD ที่ด้านบนของปม กำหนดด้านซ้ายเป็น ESD และด้านขวาเป็น LFD ดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 โครงข่ายแสดงวันเริ่มต้นเร็วที่สุด (ESD) และวันเริ่มต้นช้าที่สุด (LFD) จากภาพที่ 2.2

6.4) แสดงสายงานวิกฤต (Critical path)

สายงานวิกฤต (Critical path) สามารถหาได้หลังจากการคำนวณหา ESD และ LFD โดยกิจกรรมที่อยู่ระหว่างปมที่มี ESD เท่ากับ LFD จะเป็นกิจกรรมวิกฤต (Critical activities) และเส้นทางที่กิจกรรมวิกฤตต่อเนื่องกันจะแสดงสายงานวิกฤต (Critical path)



ภาพที่ 2.4 โครงข่ายแสดงสายงานวิกฤต (Critical path)

6.5) หา Total Float (TF) และ Free Float (FF)

จากภาพที่ 2.4 นำมาคำนวณหาค่า Total Float (TF) และ Free Float (FF) โดยนำใส่ตารางดังแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 แสดงการคำนวณ Total Float (TF) และ Free Float (FF)

ปม	กิจกรรม	เวลา	วันเริ่มต้น		วันสิ้นสุด		TF	FF
			ESD	LSD	EFD	LFD		
1-2	A	4	0	0	4	4	0	0
2-3	B	4	4	7	8	11	3	0
2-4	C	7	4	4	11	11	0	0
2-5	D	4	4	20	8	24	16	0
3-6	Dummy	0	8	11	8	11	3	3
4-6	Dummy	0	11	11	11	11	0	0

ตารางที่ 2.4 (ต่อ)

ปม	กิจกรรม	เวลา	วันเริ่มต้น		วันสิ้นสุด		TF	FF
			ESD	LSD	EFD	LFD		
6-7	E	6	11	11	17	17	0	0
4-8	F	7	11	17	18	24	6	0
5-8	Dummy	0	8	24	8	24	16	10
7-8	Dummy	0	17	24	17	24	7	1
7-9	H	14	17	17	31	31	0	0
8-9	I	7	18	24	25	31	6	6
3-10	G	15	8	30	23	45	22	22
5-10	J	10	8	35	18	45	27	27
9-10	K	14	31	31	45	45	0	0

6.6) วิเคราะห์สายงานวิกฤต

จากตารางที่ 2.4 สามารถวิเคราะห์ได้ว่า ที่ Total Float (TF) = 0 จะเป็นกิจกรรมวิกฤต จะได้สายงานวิกฤตเป็นไปดังนี้ 1 - 2 - 4 - 6 - 7 - 9 - 10 และโครงการจะสิ้นสุดเมื่อผ่านไป 45 วัน หากต้องการลดระยะเวลาโครงการลง ต้องเร่งงานที่กิจกรรมวิกฤต หรือหาวิธีการก่อสร้าง (Method of construction) ที่ง่ายขึ้น ซึ่งอาจลดระยะเวลาโครงการลงได้

2.2.2 การประมาณราคาการก่อสร้าง (Construction estimating)

1.) ความหมายของการประมาณราคาการก่อสร้าง

การประมาณราคาการก่อสร้าง เป็นกระบวนการหาราคาทั้งหมดของการก่อสร้างที่ใกล้เคียงกับค่าก่อสร้างจริงมากที่สุด ซึ่งราคาที่ได้จากการประมาณราคานั้น ไม่ใช่ราคาค่าก่อสร้างที่แท้จริง หรือถูกต้องตรงกับราคาค่าก่อสร้างจริง แต่เป็นราคาที่ใกล้เคียงกับราคาค่าก่อสร้างจริงเท่านั้น โดยมีปัจจัยหลายประการที่เกี่ยวข้องกับการประมาณราคา ดังนี้

- ปริมาณวัสดุที่ประมาณการโดยเผื่อค่าความเสียหายไว้ ซึ่งอาจไม่ตรงกับความเสี่ยงจริง
- ราคาสต็อกก่อสร้างที่ใช้ประกอบการประมาณราคา ไม่ตรงกับราคา ณ เวลาที่ก่อสร้างจริง

- ค่าแรงงานที่ใช้ประมาณราคา ไม่ตรงกับที่จ้างเมื่อก่อสร้างจริง
- ค่าดำเนินการก่อสร้าง ไม่ตรงกับค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจริงเมื่อก่อสร้าง
- เทคนิคในการบริหารจัดการโครงการก่อสร้างของผู้ดำเนินการก่อสร้าง สามารถลดต้นทุนได้ หรือมีค่าใช้จ่ายลดลง

การประมาณราคาการก่อสร้าง หรือเรียกได้ว่าการประเมินราคาการก่อสร้าง เป็นเรื่องเกี่ยวข้องกับการคำนวณหาปริมาณงาน ปริมาณวัสดุหรือเนื้องาน ค่าวัสดุ ค่าแรงงาน และค่าใช้จ่ายในการดำเนินการก่อสร้าง โดย ราคาค่าก่อสร้าง จึงหมายถึง วงเงินรวมยอดของค่าวัสดุ ค่าแรงงาน และค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับงานก่อสร้างทั้งหมด

2.) แนวทางการประมาณราคาก่อสร้าง

การประมาณราคาการก่อสร้างของอาคารและสิ่งปลูกสร้างโดยทั่วไป มีวิธีการประมาณราคา 2 วิธี คือ การประมาณราคาโดยละเอียด และการประมาณราคาโดยสังเขป ดังนี้

2.1) การประมาณราคาโดยละเอียด

การประมาณราคาโดยละเอียด เป็นการประมาณราคาในรายละเอียด เพื่อใช้เป็นราคากลางในการจัดหาผู้ทำการก่อสร้าง หรือเพื่อทราบราคาค่าก่อสร้างเพื่อทำการประมูลงานก่อสร้าง สามารถทำได้โดยการกำหนดรายการก่อสร้าง รวมทั้งปริมาณงานและวัสดุก่อสร้าง แล้วนำไปคำนวณรวมกับวัสดุ ค่าแรงงาน และค่าดำเนินการอื่นๆ ที่เกี่ยวกับกิจกรรมก่อสร้าง จากนั้น จึงรวมยอดเป็นค่าก่อสร้างอาคารและสิ่งปลูกสร้างทั้งหมด ผลที่ได้จากการประมาณราคาโดยละเอียดนี้ จะได้ราคาใกล้เคียงกับค่าก่อสร้างจริงมากที่สุด ทั้งนี้ การประมาณราคาโดยละเอียดดังกล่าว สามารถดำเนินการได้ 2 แนวทาง ดังนี้

2.1.1) การประมาณราคาจากปริมาณงาน วัสดุ และแรงงาน เป็นวิธีประมาณราคาโดยการถอดปริมาณงาน วัสดุ และแรงงาน จากแบบก่อสร้าง เพื่อกำหนดรายการก่อสร้าง และคำนวณปริมาณออกมาเป็นหน่วยๆ สำหรับในแต่ละกลุ่มงาน แล้วคูณด้วยราคาวัสดุต่อหน่วย หรือค่าแรงงานต่อหน่วย ได้เป็นยอดรวมค่าวัสดุและแรงงานทั้งหมด แล้วนำไปรวมกับค่าดำเนินการอื่นๆ ค่าอำนาจการ ค่าดอกเบี้ย ค่ากำไร และค่าภาษี รวมทั้งค่าใช้จ่ายอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้เป็นประมาณราคาค่าก่อสร้างทั้งหมด

2.1.2) การประมาณราคาจากปริมาณวัสดุก่อสร้างทั้งหมด เป็นวิธีการประมาณราคาโดยการถอดแบบก่อสร้าง เพื่อกำหนดรายการก่อสร้าง และคำนวณปริมาณวัสดุก่อสร้างออกมาตามชนิดของ

วัสดุ และคูณด้วยราคาต่อหน่วยของวัสดุแต่ละชนิด แล้วรวมยอดเป็นราคาวัสดุทั้งหมด ส่วนค่าแรงให้กำหนดเป็นร้อยละ (%) ของค่าวัสดุทั้งหมด (ไม่สามารถกำหนดค่าแรงงานต่อหน่วยได้ ต้องกำหนดค่าแรงงานเป็นร้อยละ (%) ของค่าวัสดุทั้งหมด) จากนั้นจึงรวมเป็นค่าวัสดุและแรงงานทั้งหมด แล้วนำไปคำนวณรวมกับค่าอำนวยความสะดวก ค่าดอกเบี้ย ค่ากำไร และค่าภาษี (ค่า Factor F) รวมทั้งค่าใช้จ่ายอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้เป็นประมาณราคาค่าก่อสร้างทั้งหมด

2.2) การประมาณราคาโดยสังเขป

การประมาณราคาโดยสังเขป โดยปกติจะใช้สำหรับผู้ออกแบบ สถาปนิก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้รู้ว่าแบบก่อสร้างนั้นจะสามารถก่อสร้างได้ตามวงเงินงบประมาณที่มีอยู่หรือไม่ หรือใช้สำหรับตรวจสอบการประมาณราคาโดยละเอียดที่ได้ประมาณราคาไปแล้ว ว่ามีข้อผิดพลาดหรือไม่ โดยสามารถทำได้ 2 วิธีการ ดังนี้

2.2.1) ประมาณราคาจากปริมาตร เป็นวิธีประมาณราคาโดยคำนวณหาปริมาตรของอาคารทั้งหมด แล้วคูณด้วยราคาก่อสร้างต่อหน่วยของปริมาตร ซึ่งได้มาจากผลของการประมาณราคาโดยละเอียดของงานก่อสร้างประเภทเดียวกันที่เคยประมาณการไว้แล้ว

2.2.2) ประมาณราคาจากพื้นที่หรือเนื้อที่ เป็นวิธีประมาณราคาโดยคำนวณหาปริมาณพื้นที่หรือ เนื้อที่ใช้สอยทั้งหมดของอาคาร แล้วคูณด้วยราคาก่อสร้างต่อหน่วยพื้นที่หรือเนื้อที่ซึ่งได้มาจากผลของการประมาณราคาโดยละเอียดของงานก่อสร้างประเภทเดียวกัน ที่ได้เคยทำการประมาณราคาไว้แล้ว

3.) ลักษณะของต้นทุน

ต้นทุน (Cost) หมายถึง มูลค่าของทรัพยากรที่สูญเสียไปเพื่อให้ได้สินค้าหรือบริการ โดยมูลค่านั้น จะต้องสามารถวัดได้เป็นหน่วยเงินตรา ต้นทุนที่เกิดขึ้นอาจให้ประโยชน์ในปัจจุบันหรือในอนาคตก็ได้ ส่วนต้นทุนของการรับเหมาก่อสร้าง จึงหมายถึง มูลค่าของทรัพยากรทั้งหมดที่สูญเสียไปเพื่อให้ได้สิ่งก่อสร้าง ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

3.1) ต้นทุนทางตรง (Direct cost) ในการรับเหมาก่อสร้าง หมายถึง ต้นทุนที่ครอบคลุมค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการก่อสร้างโครงการต่างๆ สามารถระบุได้ว่าเป็นต้นทุนของหน่วยต้นทุน (Cost object) การก่อสร้างหน้างาน ซึ่งสามารถแบ่งประเภทได้ ดังนี้

- วัสดุดิบและวัสดุใช้สอย (Material and consumable)
- เครื่องมือ เครื่องจักร (Equipment)
- เชื้อเพลิง (Fuel) เช่น ไฟฟ้า, น้ำมัน
- แรงงาน (Labour) เช่น คนงาน, ผู้ควบคุมงาน (Foreman), วิศวกร
- ผู้รับเหมาช่วง (Subcontractor) เช่น งานระบบไฟฟ้า, งานทาสี-ตีเส้น ฯลฯ

3.2) ต้นทุนทางอ้อม (Indirect cost) ในการรับเหมาก่อสร้าง หมายถึง ต้นทุนที่ครอบคลุมค่าใช้จ่ายในการกำกับดูแล ควบคุมการดำเนินงานของโครงการหน่วยงาน ซึ่งไม่สามารถระบุได้ว่าเกิดจากหน่วยต้นทุนใด โดยปกติต้นทุนทางอ้อมนี้จะถูกแบ่งสรรให้แก่หน่วยต้นทุนต่างๆ อาจเรียกรวมว่าค่าดำเนินการก่อสร้าง เช่น เงินเดือนคนที่ไม่เกี่ยวข้องกับแรงงานทางตรง, เครื่องมือสำนักงาน, สวัสดิการ ลูกจ้าง เป็นต้น

4.) หลักเกณฑ์การคำนวณราคากลางงานก่อสร้างอาคาร

หลักเกณฑ์การคำนวณราคากลางงานก่อสร้างอาคาร ประกอบด้วย 5 ส่วนสำคัญ ดังนี้

4.1) การคำนวณต้นทุนทางตรง (Direct cost) มีหลักและวิธีการในการคำนวณต้นทุนหรือราคาทุนของงานก่อสร้างอาคาร ประกอบด้วย

- หลักเกณฑ์การถอดแบบคำนวณราคากลางงานก่อสร้างอาคารโดยทั่วไปควรมีหลักเกณฑ์การคำนวณปริมาณงานเกณฑ์การเผื่อ หลักเกณฑ์การคำนวณวัสดุรวมต่อหน่วย รวมทั้งหลักเกณฑ์ ข้อมูล และรายละเอียดที่เกี่ยวข้องอื่นๆ

- รายละเอียดประกอบการคำนวณราคากลางงานก่อสร้างอาคาร ประกอบด้วยราคาและแหล่งวัสดุก่อสร้าง และอัตราแรงงาน

4.2) การคำนวณต้นทุนทางอ้อม (Indirect cost) เป็นส่วนหนึ่งของค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานก่อสร้าง ซึ่งประกอบด้วย ค่าอำนวยการ ดอกเบี้ย กำไร ค่าภาษี ฯลฯ และเพื่อให้เกิดความสะดวกต่อการนำไปใช้ในทางปฏิบัติ และลดปัญหาข้อผิดพลาดในการคำนวณ จึงได้คำนวณรวมและจัดทำไว้ในรูปของตารางสำเร็จรูป เรียกว่า ตาราง Factor F ที่สามารถนำค่าจากตาราง Factor F ไปใช้ในงานได้ทันทีตามหลักเกณฑ์การใช้ตาราง Factor F ที่กำหนด

4.3) หลักเกณฑ์การคำนวณค่าใช้จ่ายพิเศษตามข้อกำหนดและค่าใช้จ่ายอื่นที่จำเป็นต้องมีในงานก่อสร้าง เป็นหลักเกณฑ์ที่ต้องพิจารณาตามข้อมูลสัญญาจ้างงานก่อสร้าง โดยประกอบด้วยมาตรฐานการใช้วัสดุและการก่อสร้าง (Material and construction specification)

4.4) หลักเกณฑ์การสรุปค่าก่อสร้างเป็นราคากลางและการจัดทำรายงาน เป็นหลักเกณฑ์และวิธีการในการนำค่างานต้นทุน ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการก่อสร้าง (ค่า Factor F) และค่าใช้จ่ายพิเศษตามข้อกำหนด และค่าใช้จ่ายอื่นที่จำเป็นต้องมี มารวมกันเป็นราคากลางงานก่อสร้างอาคารทั้งโครงการ และรวมไปถึงการจัดทำรายงานรายการคำนวณราคากลางงานก่อสร้างอาคาร

4.5) แนวทางและวิธีปฏิบัติเกี่ยวกับหลักเกณฑ์การคำนวณราคากลางงานก่อสร้าง เป็นข้อบังคับ แนวทาง และวิธีปฏิบัติ เพื่อสนับสนุนให้มีการนำหลักเกณฑ์การคำนวณราคากลางงานก่อสร้างไปใช้ปฏิบัติได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

5.) ข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการคำนวณราคากลางงานก่อสร้างอาคาร

ในการคำนวณราคากลางงานก่อสร้างอาคาร ผู้ที่มีหน้าที่คำนวณราคากลางต้องคำนวณให้ถูกต้อง ตามหลักเกณฑ์ที่กำหนด โดยควรมีรายละเอียด ข้อมูล และเอกสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อประกอบการคำนวณ สรุปได้ดังนี้

- แบบรูปรายการก่อสร้าง (แบบก่อสร้างหรือแบบแปลน) รายละเอียดประกอบแบบฯ ข้อมูลและเอกสารที่เกี่ยวข้องกับโครงการ หรืองานก่อสร้าง และแบบรูปรายการก่อสร้างนั้น
- รายละเอียดการถอดแบบก่อสร้าง และประมาณราคาเบื้องต้นของผู้ออกแบบ (ในขั้นตอนการก่อสร้างแบบก่อสร้าง)
- เงื่อนไขและข้อกำหนดในการจ้างก่อสร้าง ได้แก่ อัตราเงินประกันผลงาน และอัตราเงินล่วงหน้าจ่าย ที่ต้องกำหนดในสัญญาจ้างก่อสร้าง
- หลักเกณฑ์การคำนวณ ข้อมูล และรายละเอียดประกอบการคำนวณราคากลางงานก่อสร้าง อาคารที่เป็นปัจจุบัน ณ วันที่คำนวณราคากลางงานก่อสร้างอาคารนั้น เช่น หลักเกณฑ์การคำนวณตามตาราง Factor F ราคาและแหล่งวัสดุก่อสร้าง บัญชีค่าแรงงาน หรือค่าดำเนินการ สำหรับการถอดแบบคำนวณราคากลางงานก่อสร้าง และตารางคำนวณค่าวัสดุรวมต่อหน่วย เป็นต้น
- รายละเอียดเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายพิเศษตามข้อกำหนดฯ และข้อกำหนดอื่นๆ ที่ต้องพิจารณาคำนวณหรือที่ต้องสืบค้นข้อมูลหรือดำเนินการเป็นกรณีพิเศษ

- แบบฟอร์มที่จำเป็นต้องใช้สำหรับการถอดแบบ และจัดทำรายงานการคำนวณราคา
กลางงานก่อสร้างอาคาร

6.) การคำนวณปริมาณต้นทุนทางตรง

การคำนวณปริมาณต้นทุนทางตรง แบ่งตามประเภทของต้นทุน ได้ดังนี้

6.1) ต้นทุนวัสดุสิ้นเปลือง การหาปริมาณวัสดุสิ้นเปลือง, วัสดุที่ใช้ครั้งเดียว หรือใช้แล้ว
หมดไป สามารถหาได้จากการถอดแบบการก่อสร้างออกมาเป็นปริมาณที่ใช้จริงตามแบบ หรืออาจได้จาก
การคำนวณตามความยาว พื้นที่ หรือปริมาตร มีหน่วยที่ได้ออกมาเป็น อัน (EA.), เมตร (m.), ตาราง
(sq.m.) เมตร หรือลูกบาศก์เมตร (cu.m.) เป็นต้น และนำปริมาณที่ได้รวมเปอร์เซ็นต์เผื่อ ตามแต่ประเภท
ของวัสดุต่างๆ ซึ่งจะได้ปริมาณวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างออกมา

6.2) ต้นทุนเครื่องมือ เครื่องจักร การหาปริมาณต้นทุนของเครื่องมือ เครื่องจักร สามารถ
หาได้ออกมาเป็นหน่วยของเวลา โดยคิดประมาณตามระยะเวลาที่ใช้จริง โดยอาศัยการคำนวณปริมาณเวลา
จากเวลาที่ใช้ในการทำการก่อสร้าง และจึงรวมผลออกมาในแต่ละกลุ่มงาน ซึ่งส่วนใหญ่จะทำให้อยู่ในหน่วย
ของ เดือน (Month) เพื่อความสะดวกในการคิดต้นทุนเมื่อคูณด้วยค่าเช่าต่อเดือน

6.3) ต้นทุนวัสดุที่ใช้ซ้ำ การหาปริมาณต้นทุนของวัสดุที่สามารถใช้ซ้ำได้ หรือไม่หมดไป
มักเป็นอุปกรณ์ประกอบการก่อสร้าง เช่น ไม้แบบ, นั่งร้าน, โครงถักรับน้ำหนัก (Truss) เป็นต้น ซึ่งสามารถ
คำนวณได้จากการคิดเวลาที่ใช้ในแต่ละครั้ง โดยรวมตั้งแต่การประกอบจนถึงขั้นตอนการรื้อถอน ว่า
สามารถมาใช้ซ้ำได้เมื่อเวลาผ่านไปเท่าไร แล้วจึงหาปริมาณชุดของวัสดุที่น้อยที่สุดที่ไม่ทำให้การก่อสร้างล่า
ช้าไปกว่าแผน เช่น ไม้แบบสำหรับคาน 1 ชุด ใช้เวลาตั้งแต่ติดตั้งจนถึงรื้อถอนรวม 30 วัน และแผนการ
ทำงานจะต้องทำงานคานให้แล้วเสร็จใน 15 วัน แสดงว่าต้องใช้ไม้แบบตลอดทั้งโครงการสำหรับคานรวม 2
ชุด เป็นอย่างน้อย

6.4) ต้นทุนค่าแรงงาน การหาปริมาณแรงงานที่ใช้ ต้องแยกกลุ่มงานแต่ละกลุ่มออกจาก
กัน และแยกคิดที่ละงาน โดยประมาณปริมาณงานที่คน 1 คนสามารถทำได้ (Rate of production) ว่า
สามารถทำงานนั้นๆ 1 งานได้เท่าไร ในหน่วย เป็น อัน (EA.), กิโลกรัม (kg.), เมตร (m.), ตาราง(sq.m.)
เมตร หรือลูกบาศก์เมตร (cu.m.) ต่อ 1 วัน (day) เช่น Rate of production งานทาสี = 30 ตารางเมตร/
วัน/1 คน โดย Rate of production สามารถหาได้จากการทำงานลักษณะเดียวกันของโครงการก่อนๆที่
เคยทำ เป็นข้อมูลจากหน้างานจริงในเชิงสถิติ สามารถทราบค่าที่แม่นยำในเพื่อใช้ในการคำนวณได้จาก
ประสบการณ์หน้างาน

6.5) ต้นทุนเชื้อเพลิง การหาปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้สำหรับต้นทุนทางตรง คือส่วนของต้นทุนเชื้อเพลิงเฉพาะส่วนของเครื่องจักร ซึ่งสามารถหาได้จากอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานของเครื่องจักร ซึ่งสามารถคำนวณปริมาณได้จากอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานคูณกับเวลาที่ใช้เครื่องจักร หรือสามารถใช้วิธีการคิดตามข้อมูลเชิงสถิติของเครื่องจักรนั้นจากการก่อสร้างโครงการก่อนๆ ซึ่งวิธีทางสถิติที่รวบรวมไว้ได้ดี อาจให้ความแม่นยำมากกว่า โดยเชื้อเพลิงที่คิดเป็นต้นทุน ได้แก่ น้ำมัน, ไฟฟ้า เป็นต้น

6.6) ต้นทุนผู้รับเหมาช่วง การคิดต้นทุนของงานที่จ้างผู้รับเหมาช่วง (Subcontractor) จะคิดเป็นงานๆ แยกออกจากกัน เช่น งานระบบไฟฟ้า งานทาสีตีเส้น เป็นต้น ซึ่งคิดต้นทุนตามราคาจ้างงานแต่ละงาน มีหน่วยเป็น บาท/งาน ซึ่งสามารถหารราคาได้จากราคากลาง หรือจากการประกวดราคาเพื่อประมูลงานรับเหมาช่วง ซึ่งต้องพิจารณาจากสัญญาว่า ทางผู้รับเหมาหลักมีข้อตกลงในการรับผิดชอบค่าใช้จ่ายส่วนใดอีกบ้าง หรือเป็นหน้าที่รับผิดชอบของผู้รับเหมาช่วงทั้งหมด ซึ่งส่วนใหญ่อาจเป็นการความรับผิดชอบที่ตัววัสดุ, น้ำ และไฟฟ้า เป็นต้น

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ เป็นการวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบ (Comparative Analysis) วิธีการก่อสร้างโครงสร้างริมน้ำ ระหว่าง 2 วิธี คือ วิธีการหล่อคอนกรีตในที่ (Cast-in-place concrete method) และวิธีการหล่อคอนกรีตสำเร็จรูป (Pre-cast concrete method) ในด้านขั้นตอนวิธีการก่อสร้าง (Construction procedure), เวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง (Construction period) และต้นทุนการก่อสร้าง (Construction cost) โดยมีวิธีการดำเนินการวิจัยดังนี้

3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล (Research data collection)

การเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อประกอบการวิจัย โดยทำการสืบค้นข้อมูลจากเอกสารสำคัญในโครงการ และการสอบถามจากวิศวกรที่ปฏิบัติงาน เพื่อให้ทราบถึงความเป็นมาของโครงการ ทั้งในภาพรวม และในรายละเอียดของการก่อสร้างในโครงการ เพื่อให้เห็นถึงความสำคัญและปัญหาประกอบการวิจัยเพื่อหาข้อสรุปต่อไป โดยมีการเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

3.1.1 ข้อมูลโครงการปรับปรุงพื้นที่ท่า 20 G พร้อมติดตั้งระบบไฟฟ้าแรงสูง

- ความเป็นมาของโครงการฯ
- งานทั้งหมดในโครงการฯ

3.1.2 ข้อมูลงานด้านโยธาของโครงการฯ

- ลำดับการทำงาน (Sequence of works)
- รายละเอียดหมวดงานโครงสร้าง
- ปริมาณงานโครงสร้าง

3.1.3 ข้อมูลโครงสร้างคาน GB3

- แบบรายละเอียดคาน GB3

3.1.4 ข้อมูลอื่นๆ เกี่ยวข้องกับโครงการ

- ข้อมูลระดับน้ำ แม่น้ำเจ้าพระยา บริเวณท่าเรือกรุงเทพ

3.2 การศึกษางานภาคสนาม (Field study)

การศึกษางานภาคสนาม เป็นส่วนสำคัญในการเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบการวิจัย เพื่อให้ทราบถึงรายละเอียดของการก่อสร้าง เทคนิคและวิธีการทำงาน การบริหารจัดการคน เวลาและ

ทรัพยากร ซึ่งการศึกษางานภาคสนาม เป็นกระบวนการที่ให้คำตอบได้ดีที่สุด เนื่องจากเป็นการเรียนรู้การทำงานจริง เสมือนเป็นวิศวกรสนาม เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องและแม่นยำที่สามารถนำไปวิเคราะห์พิจารณาต่อไป โดยการศึกษางานภาคสนามมีจุดประสงค์หลักเพื่อศึกษางานในเรื่องของขั้นตอนการทำงาน (Working procedure) ลำดับการทำงาน เวลาที่ใช้ และวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำงาน ของงานดังต่อไปนี้

3.2.1 ขั้นตอนการทำงานโครงสร้างท่าเรือโดยวิธีการหล่อคอนกรีตในที่

3.2.2 ขั้นตอนการทำงานโครงสร้างท่าเรือโดยวิธีการหล่อคอนกรีตสำเร็จรูป

3.3 ทบทวนวรรณกรรม (Literature review)

3.3.1 การวิเคราะห์ด้วยวิธีเส้นทางวิกฤต (Critical path method analysis, CPM)

3.3.2 การประมาณราคาการก่อสร้าง (Construction estimating)

3.4 วิเคราะห์เปรียบเทียบ (Comparative analysis)

3.4.1 ขั้นตอนวิธีการก่อสร้าง (Construction procedure)

จากการเก็บรวบรวมข้อมูล และการศึกษางานภาคสนาม สามารถทราบขั้นตอนการก่อสร้าง คาน GB3 เพื่อเปรียบเทียบหาข้อแตกต่างของวิธีการ 2 วิธีดังนี้

- ขั้นตอนวิธีการก่อสร้างคาน GB3 โดยวิธีการหล่อคอนกรีตในที่
- ขั้นตอนวิธีการก่อสร้างคาน GB3 โดยวิธีการหล่อคอนกรีตในที่สำเร็จรูป

3.4.2 เวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง (Construction period)

วิเคราะห์เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการก่อสร้างด้วยวิธีการวิเคราะห์ด้วยวิธีเส้นทางวิกฤต (Critical path method analysis, CPM) เพื่อหาเวลาที่ใช้ในการก่อสร้างต่อ 1 พื้นที่การทำงาน จากการก่อสร้างที่ใช้วิธีการก่อสร้างต่างกัน ได้แก่

- เวลาที่ใช้ในการก่อสร้างคาน GB3 โดยวิธีการหล่อคอนกรีตในที่
- เวลาที่ใช้ในการก่อสร้างคาน GB3 โดยวิธีการหล่อคอนกรีตสำเร็จรูป

3.4.3 ต้นทุนการก่อสร้าง (Construction cost)

จากการรวบรวมข้อมูลแบบรายละเอียด คาน GB3 ประกอบกับการศึกษางานภาคสนาม และวิเคราะห์เวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง สามารถนำมาวิเคราะห์หาต้นทุนการก่อสร้าง โดยการวิเคราะห์รายการแสดงปริมาณวัสดุและแรงงาน (Bill of quantities analysis, BOQ) เพื่อหาต้นทุนการก่อสร้างต่อ 1 พื้นที่การทำงาน จากการก่อสร้างที่ใช้วิธีการก่อสร้างต่างกัน ได้แก่

- ต้นทุนการก่อสร้างคาน GB3 โดยวิธีการหล่อคอนกรีตในที่
- ต้นทุนการก่อสร้างคาน GB3 โดยวิธีการหล่อคอนกรีตสำเร็จรูป

3.5 สรุปผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบ

จากขั้นตอนการทำงาน ข้อ 3.1 – 3.3 สามารถนำข้อมูลดังกล่าวมาสรุปผลการวิจัยได้เป็นประเด็นดังนี้

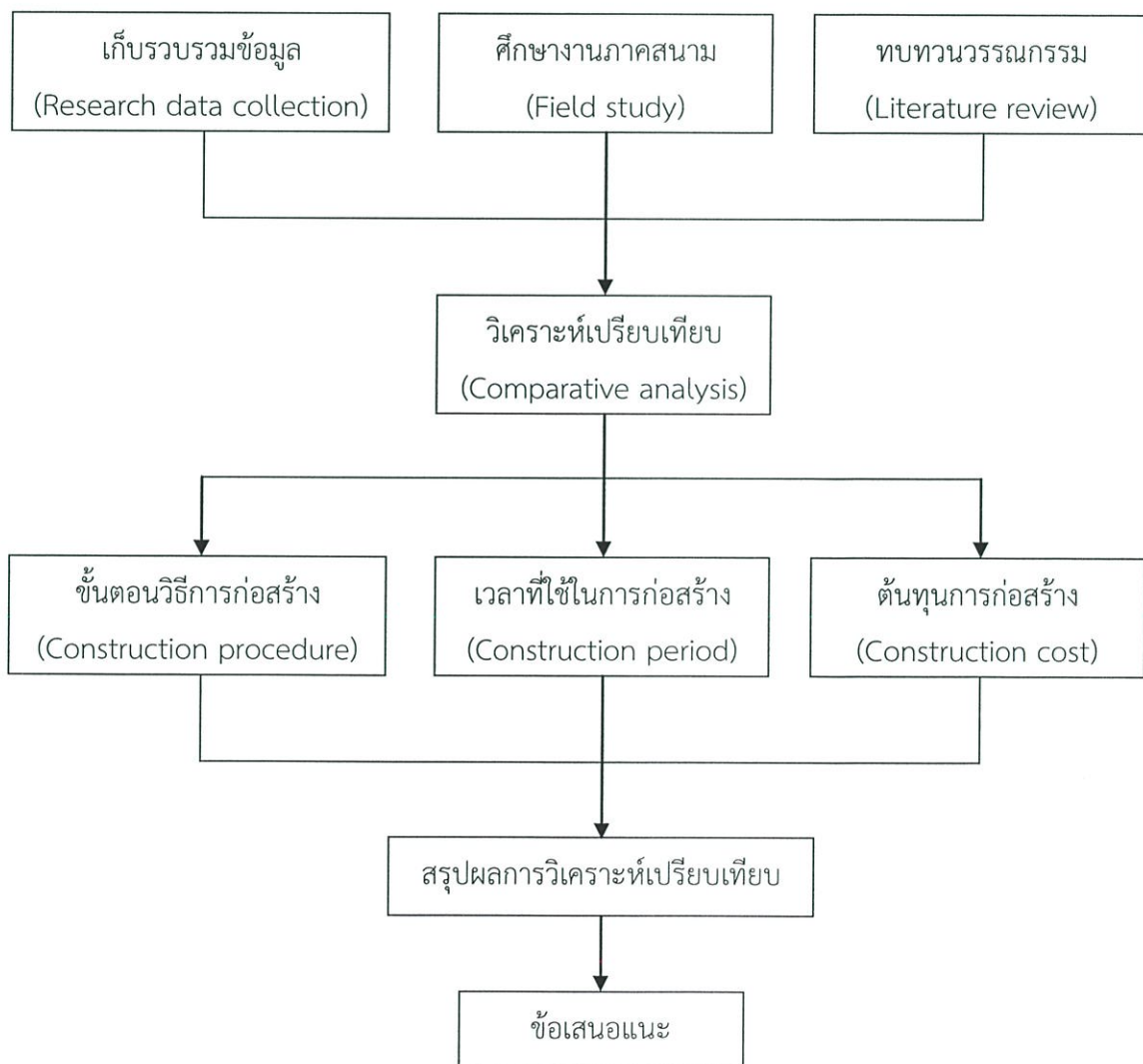
3.5.1 สรุปผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบขั้นตอนวิธีการก่อสร้าง (Construction procedure)

3.5.2 สรุปผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง (Construction period)

3.5.3 สรุปผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบต้นทุนการก่อสร้าง (Construction cost)

3.6 ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะจากการดำเนินการวิจัย สำหรับนำไปใช้ในโครงการต่อไป



ภาพที่ 3.1 แผนผังแสดงวิธีดำเนินการวิจัย

บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล (Research data collection)

4.1.1 ข้อมูลโครงการปรับปรุงพื้นที่ท่า 20 G พร้อมติดตั้งระบบไฟฟ้าแรงสูง

- ความเป็นมาของโครงการฯ

ตามที่ฝ่ายปฏิบัติการเรือและสินค้าท่าเรือกรุงเทพมีโครงการปรับปรุงท่าเรือ 20G เพื่อรองรับการปฏิบัติงานของฝ่ายเรือชายฝั่ง เป็นการเฉพาะเพื่อเพิ่มปริมาณตู้สินค้า และรายได้ให้กับท่าเรือกรุงเทพ สอนงนโยบายรัฐบาลตามยุทธศาสตร์ แผนพัฒนาเศรษฐกิจฉบับที่ 11 การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและฐานระบบโลจิสติกส์

แต่เนื่องจากโครงสร้างเดิมของท่าเรือ 20 G เป็นแบบ Lighter Quay ซึ่งไม่สามารถรองรับการใช้งานตามโครงการข้างต้น จึงออกแบบปรับปรุงพื้นที่ท่า 20 G ใหม่ โดยการรื้อพื้นที่เดิมออก และตอกเสาเข็มพร้อมแท่นคอนกรีตเสริมเหล็กหน้าท่าใหม่ ติดตั้งรางเครน และระบบไฟฟ้าแรงสูง ให้สามารถรองรับปั้นจั่นยกตู้สินค้าขนาด 355 ตัน/คัน จำนวน 2 คัน และตู้สินค้าได้ 4 แถว สูง 4 ชั้น จำนวนไม่น้อยกว่า 396 TEU รวมทั้งรองรับเรือ Coastal Berths และเรือบรรทุกสินค้าขนาด 500-5,000 DWT

- งานทั้งหมดในโครงการฯ

1.) ขั้นตอนการเตรียมการและการสำรวจ

- 1.1.) การสำรวจพื้นที่อย่างคร่าว (Reconnaissance Survey)
- 1.2.) สำรวจพื้นที่เพื่อหาตำแหน่ง (Survey and Alignments)
- 1.3.) เตรียมพื้นที่ก่อสร้าง
- 1.4.) รื้อพื้นที่คอนกรีตเสริมเหล็กหน้าท่า 20G เดิม

2.) ขั้นตอนงานโครงสร้าง

- 2.1.) การตอกเสาเข็ม (H-Beam Pile)
- 2.2.) งานคอนกรีตคาน (Concrete Beam)

- งานคาน GB1, GB2, GB3, GB4, GB5 และ GB6

2.3.) งานคอนกรีตพื้น (Concrete Slab)

2.4.) งาน Expansion Joint

3.) ขั้นตอนติดตั้งส่วนประกอบอื่น

3.1.) งานติดตั้ง Fender

3.2.) งานติดตั้ง Bollard

3.3.) งานติดตั้ง Ladder

3.4.) งานติดตั้งรางเครน (Crane Rail)

3.5.) งานแอสฟัลท์ (Asphaltic Adjustment)

4.) ขั้นตอนการติดตั้งระบบไฟฟ้าแรงสูง

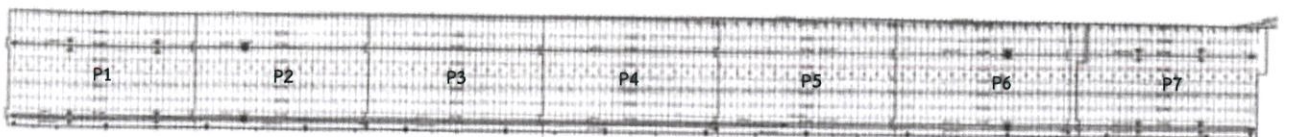
4.1.) งานระบบไฟฟ้าแรงสูง

4.2.) งาน Cathodic protection

4.1.2 ข้อมูลงานด้านโยธาของโครงการฯ

- ลำดับการทำงาน (Sequence of works)

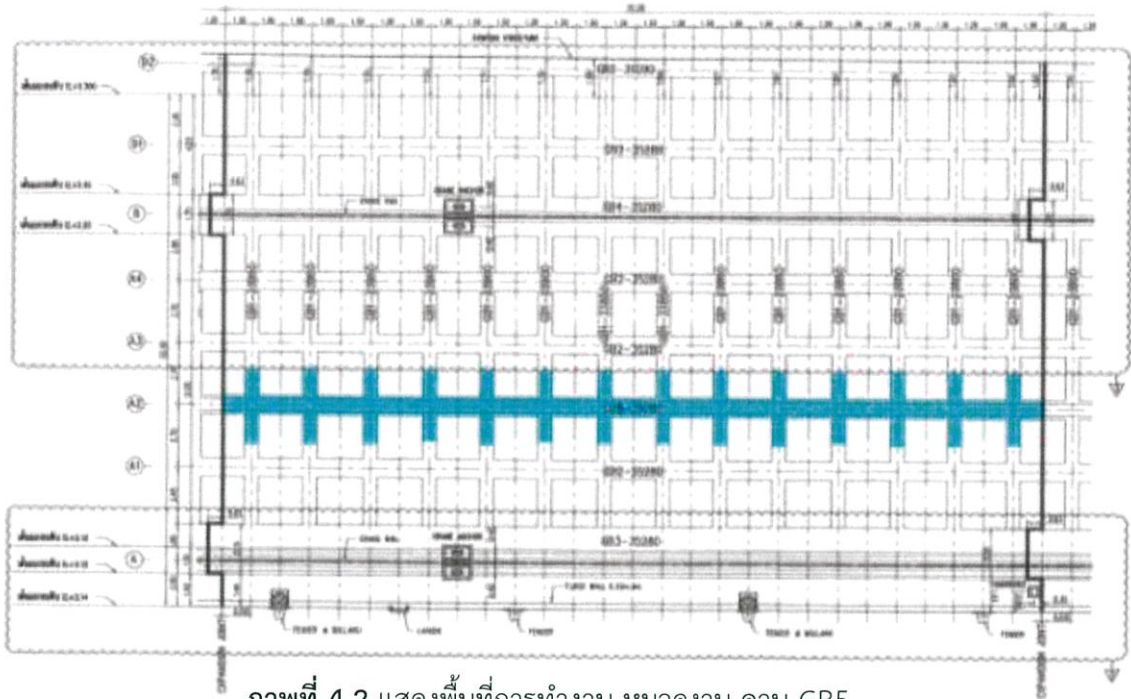
โครงการปรับปรุงพื้นที่ท่า 20 G และติดตั้งระบบไฟฟ้าแรงสูง เป็นโครงการก่อสร้างแนวราบ ซึ่งมีระยะทาง 257 เมตร และเพื่อความสะดวกในการควบคุมการก่อสร้างและการจัดการจึงมีการจัดลำดับการทำงาน โดยแบ่งพื้นที่การทำงานออกเป็น 7 พื้นที่ ตามความยาวหน้าท่าเรือ (ภาพที่ 4.1) โดยแต่ละพื้นที่การทำงานมีการทำงานที่เหมือนกันในโครงสร้างหลัก แตกต่างเพียงรายละเอียดปลีกย่อย ซึ่งในการพิจารณางานสำหรับการวิจัยในครั้งนี้ จะพิจารณาเฉพาะ งานโครงสร้างในพื้นที่การทำงานหนึ่งๆ ซึ่งพิจารณาว่าเหมือนกันทั้ง 7 พื้นที่



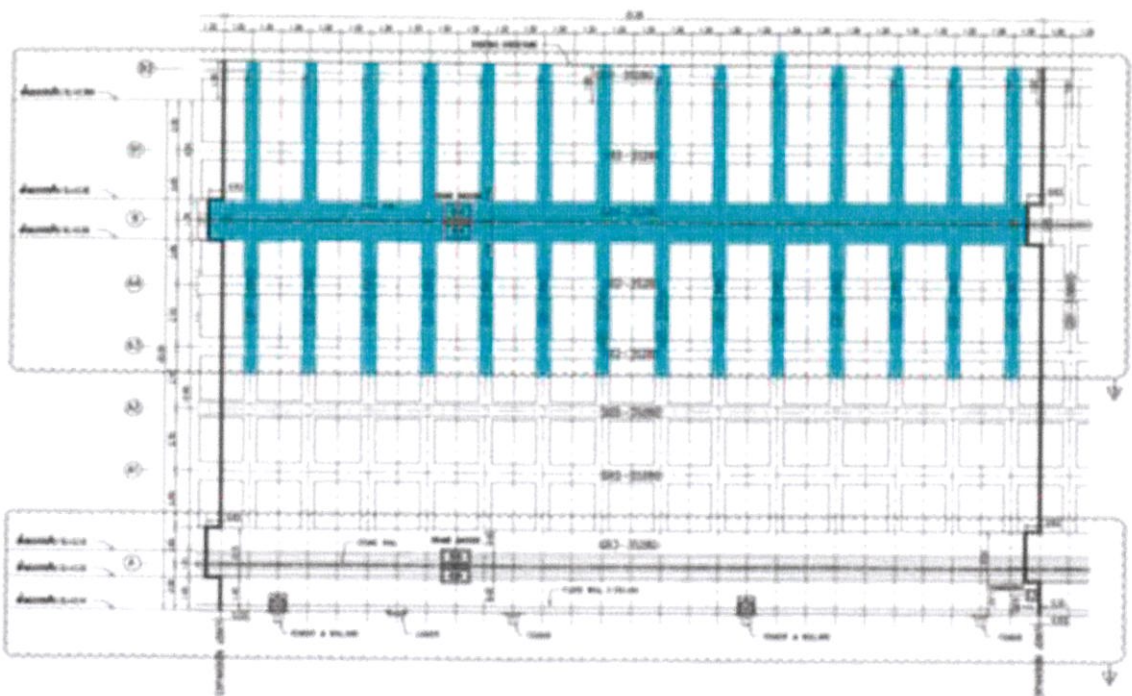
ภาพที่ 4.1 แสดงการแบ่งพื้นที่การทำงาน 7 พื้นที่

- รายละเอียดหมวดงานโครงสร้าง

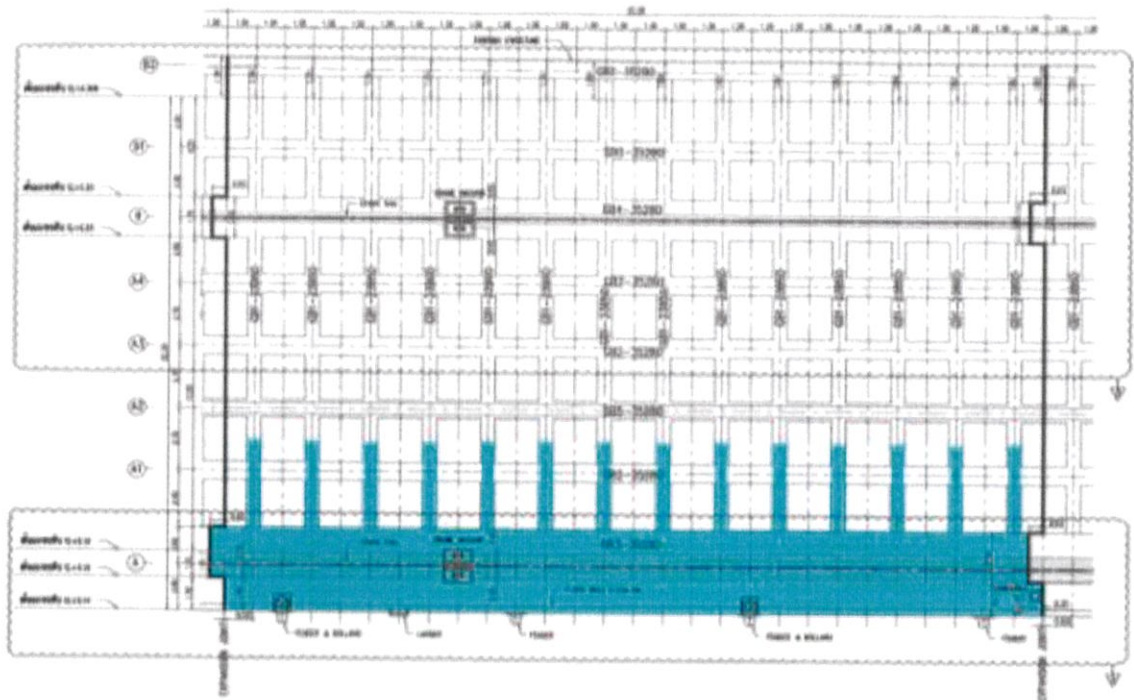
ลำดับการทำงานของงานโครงสร้างทำเรือ สามารถแบ่งการทำงานของโครงสร้างออกเป็น 5 หมวดงานหลัก ได้แก่ หมวดงาน คาน GB5, คาน GB4, คาน GB3, Slab 1 และ Slab 2 ซึ่งแต่ละหมวดงานครอบคลุมพื้นที่การทำงานดังนี้



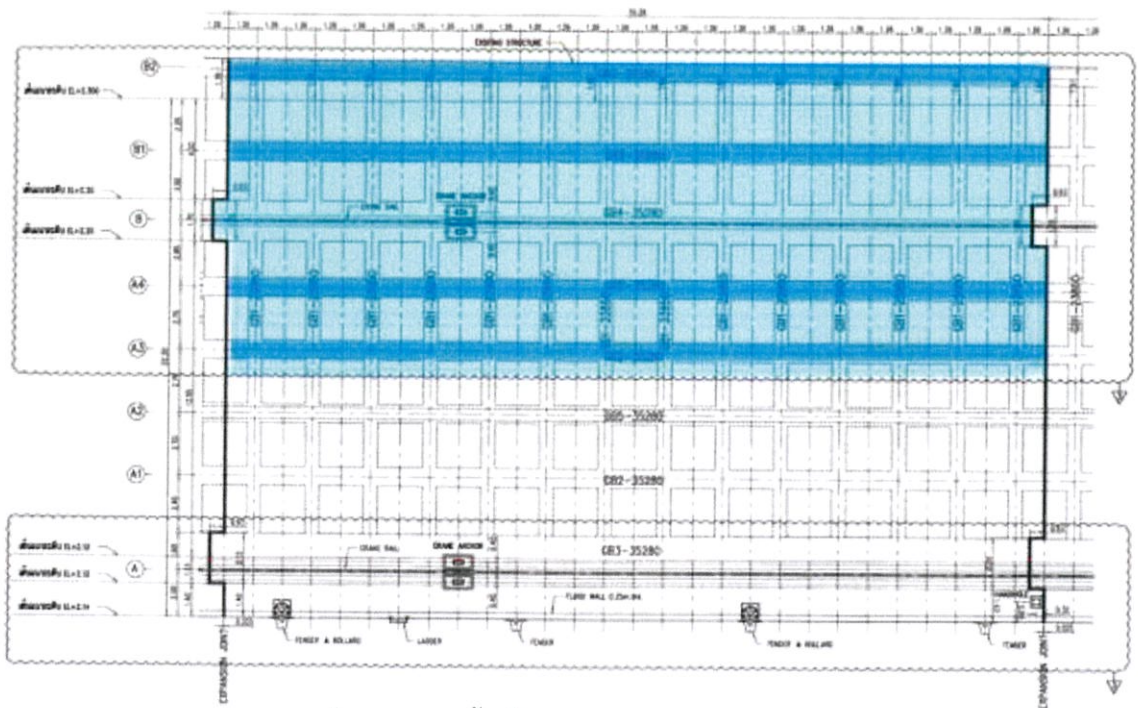
ภาพที่ 4.2 แสดงพื้นที่การทำงาน หมวดงาน คาน GB5



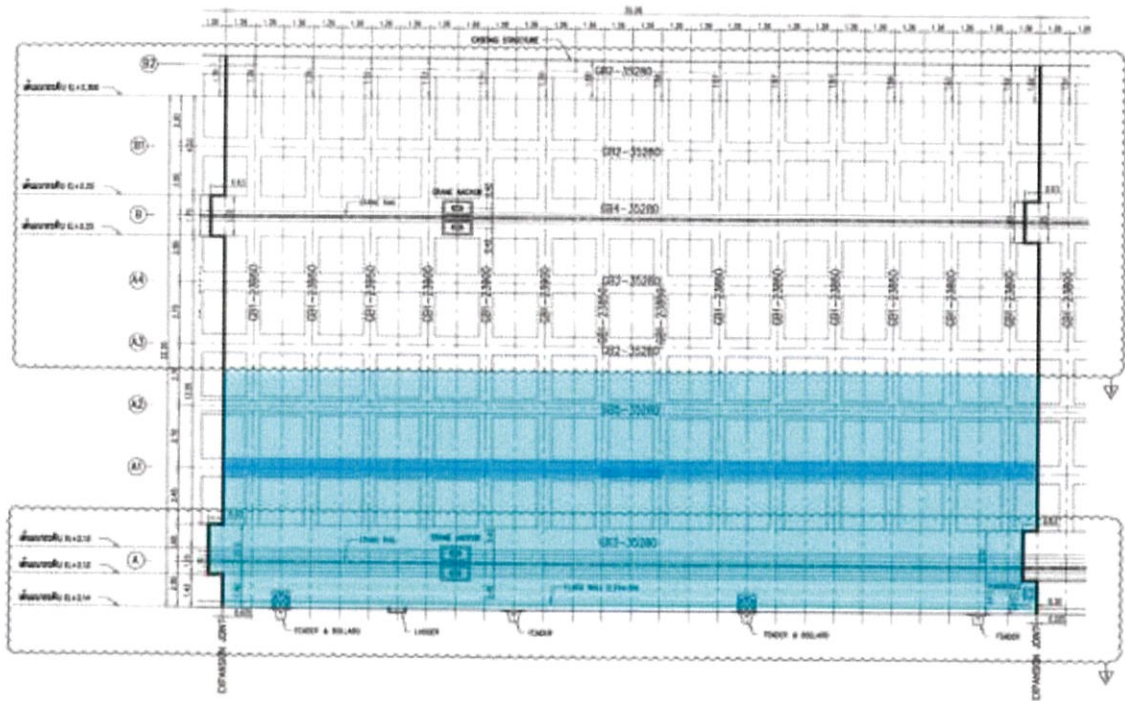
ภาพที่ 4.3 แสดงพื้นที่การทำงาน หมวดงาน คาน GB4



ภาพที่ 4.4 แสดงพื้นที่การทำงาน หมวดยาน คาน GB3



ภาพที่ 4.5 แสดงพื้นที่การทำงาน หมวดยาน Slab 1



ภาพที่ 4.6 แสดงพื้นที่การทำงาน หมวดงาน Slab 2

- ปริมาณงานโครงสร้าง

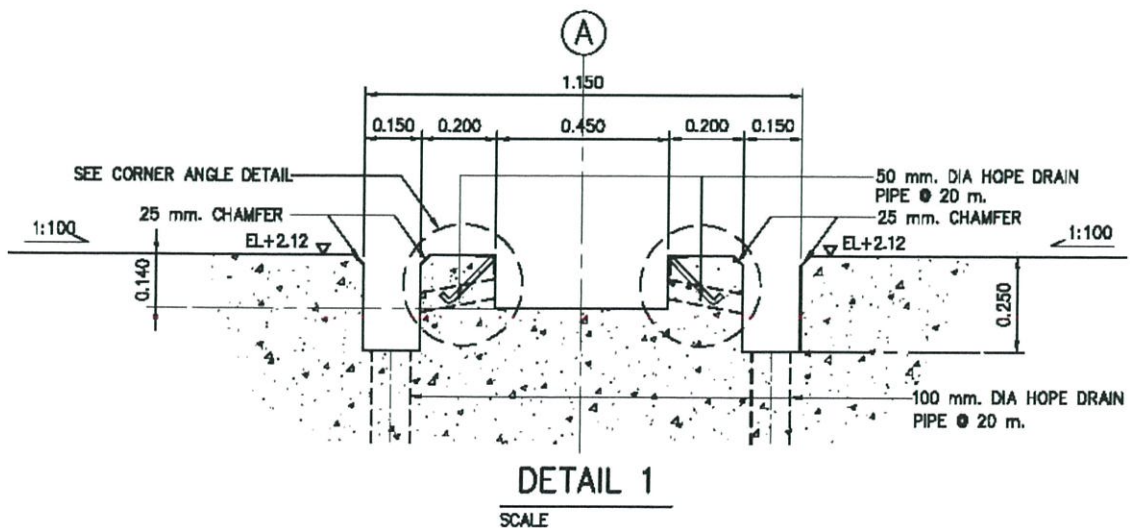
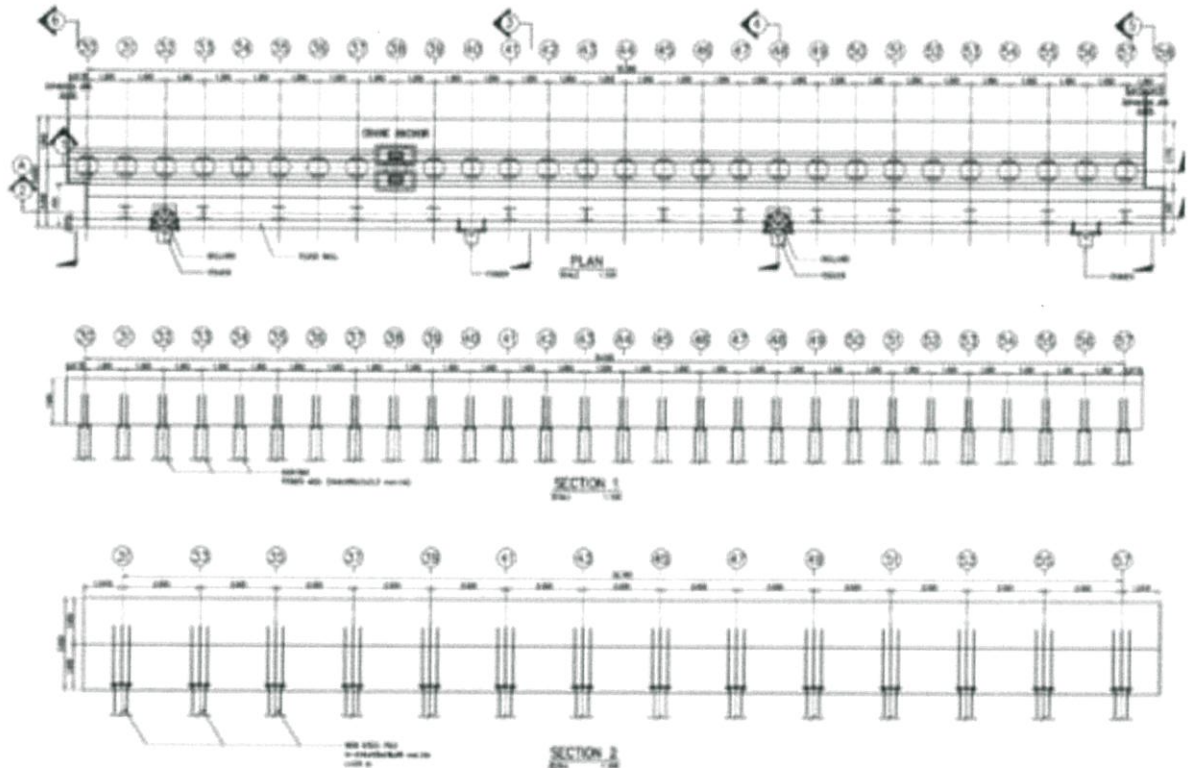
จากงานทั้ง 5 หมวดงาน สามารถประมาณปริมาณงาน โดยวัดจากปริมาณคอนกรีต และ ปริมาณเหล็ก ในพื้นที่การทำงาน 1 พื้นที่ (ระยะทาง 35.280 ม.) ดังตารางต่อไปนี้

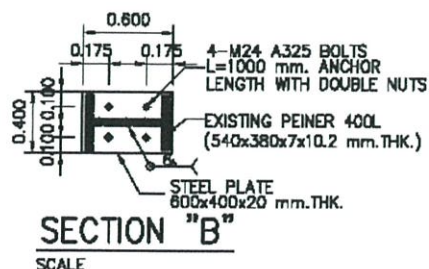
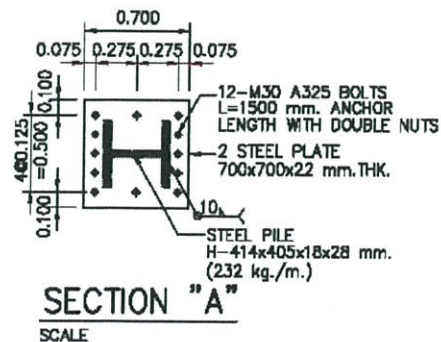
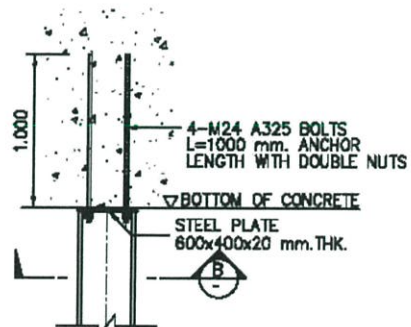
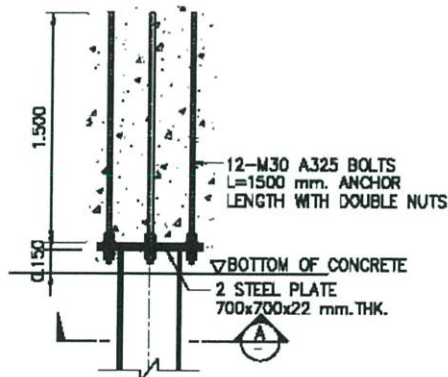
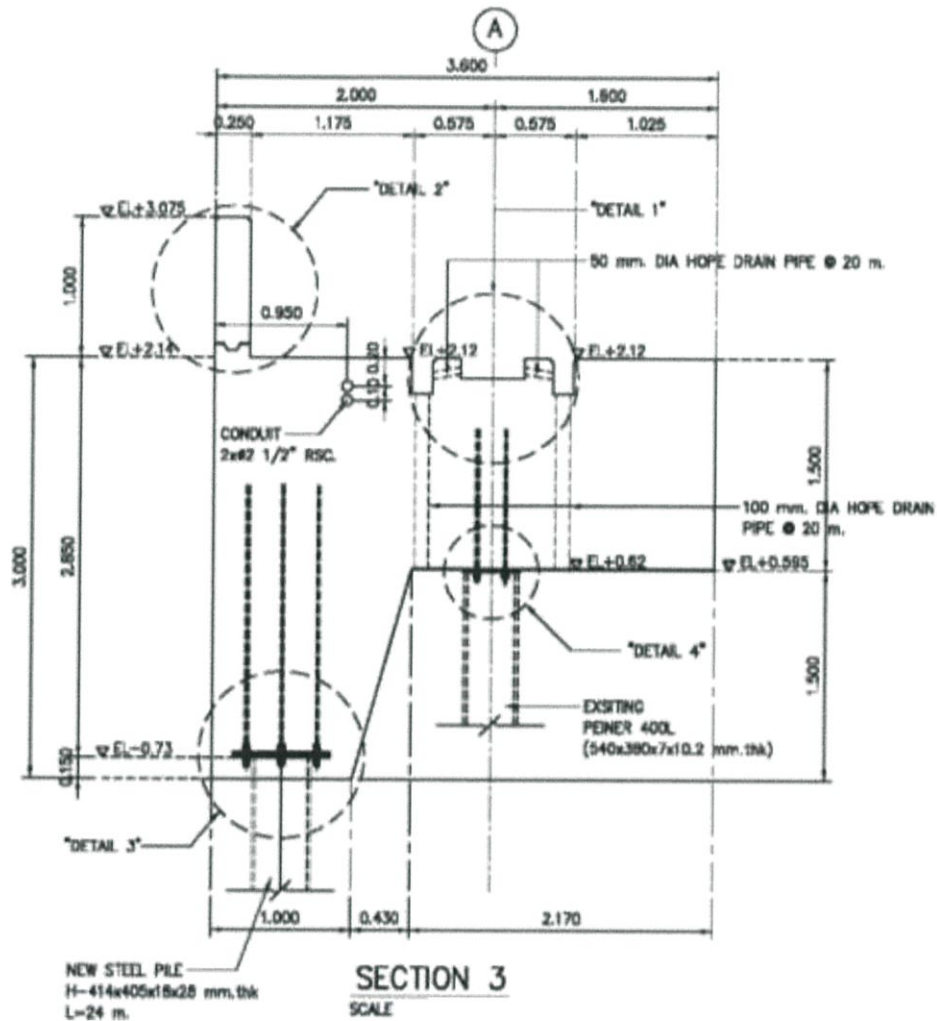
ตารางที่ 4.1 แสดงปริมาณงานแบ่งตามหมวดงาน

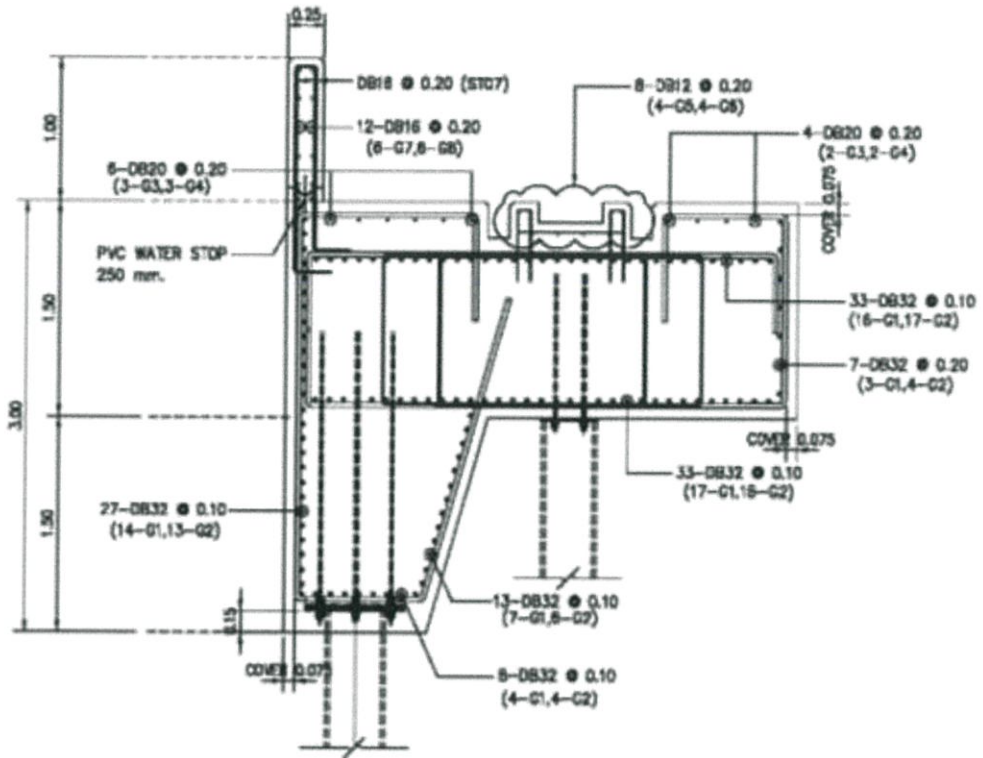
No.	หมวดงาน	งานโครงสร้าง	ปริมาณคอนกรีต (m ³)	ปริมาณเหล็ก (kg)
1	คาน GB5	คาน GB5, คาน GB1	85	20,660
2	คาน GB4	คาน GB4, คาน GB1	175	55,450
3	คาน GB3	คาน GB3, คาน GB1	250	77,315
4	Slab 1	Slab, คาน GB2	155	34,860
5	Slab 2	Slab, คาน GB2	110	17,325

4.1.3 แบบรายละเอียดคาน GB3

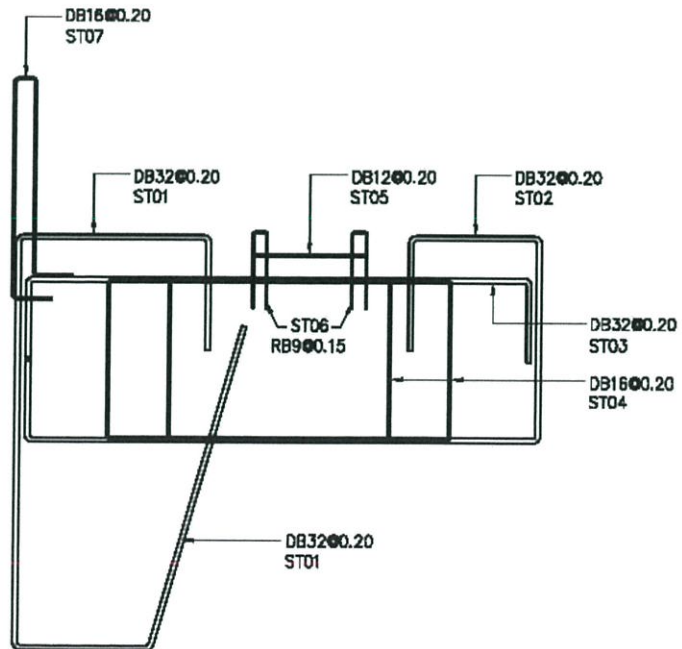
จากขอบเขตของการศึกษา เป็นการศึกษาวิธีการหล่อคอนกรีตในที่ และการหล่อคอนกรีตสำเร็จรูป ของคานหน้าท่า (GB3 : Grid line A1) ที่มีชั้นการทำงานที่ยากลำบากเนื่องจากอิทธิพลการขึ้น-ลง ของน้ำแม่น้ำเจ้าพระยา ซึ่งมีผลโดยตรงกับเวลาแล้วเสร็จของโครงการฯ โดยคาน GB3 มีแบบรายละเอียด Detail drawing (not to scale) ดังนี้ (หรือ ดูในภาคผนวก ข.)







BAR DETAIL SECTION 3
SCALE



4.1.4 ข้อมูลระดับน้ำ แม่น้ำเจ้าพระยา บริเวณท่าเรือกรุงเทพ

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลระดับน้ำ แม่น้ำเจ้าพระยา บริเวณท่าเรือกรุงเทพ เดือน ก.ค. ถึง ธ.ค.

กรกฎาคม JULY				สิงหาคม AUGUST				กันยายน SEPTEMBER						
	เวลา TIME	สูง (ม.) HT (M.)		เวลา TIME	สูง (ม.) HT (M.)			เวลา TIME	สูง (ม.) HT (M.)			เวลา TIME	สูง (ม.) HT (M.)	
1	0615	1.49	16	0513	1.40	1	0639	0.99	16	0607	0.85	1	0724	0.81
SA	1032	1.93	SU	0929	2.00	TU	1254	1.83	WE	1242	2.13	FR	1752	2.43
	1650	1.03		1613	0.93		1557	1.73		1639	1.90		1702	2.77
	2338	2.68		2241	2.67		2253	2.48		2220	2.64			
2	0707	1.33	17	0556	1.24	2	0740	0.88	17	0714	0.76	2	0857	0.76
SU	1144	1.78	MO	1053	1.92	WE	2315	2.32	TH	2250	2.51	SA	1800	2.63
	1654	1.33		1653	1.22								1742	2.91
	2350	2.55		2250	2.63									
3	0813	1.14	18	0650	1.06	3	0900	0.73	18	0846	0.66	3	1017	0.67
MO	1329	1.70	TU	1252	1.88	TH	1930	2.33	FR	1805	2.57	SU	1827	2.77
	1639	1.62		1700	1.58								0007	2.00
				2320	2.57								0315	2.15
4	0016	2.43	19	0807	0.87	4	1008	0.57	19	1016	0.53	4	0037	1.76
TU	0916	0.92	WE			FR	1838	2.54	SA	1835	2.81	MO	0356	1.98
													1127	0.57
													1854	2.85
													1857	3.01
5	0101	2.32	20	0004	2.47	5	1110	0.44	20	1141	0.39	5	0100	1.64
WE	1011	0.69	TH	0931	0.66	SA	1902	2.70	SU	1907	2.96	TU	0456	2.10
	1829	2.22		1813	2.34								1223	0.51
	2312	2.06		2139	2.21								1918	2.88
													1918	2.88
6	0202	2.22	21	0108	2.36	6	0056	1.83	21	0115	1.98	6	0127	1.54
TH	1100	0.50	FR	1049	0.47	SU	0357	2.03	MO	0409	2.23	WE	0540	2.23
	1845	2.47		1851	2.64		1207	0.33		1205	0.28		1308	0.51
							1932	2.80		1938	3.02		1941	2.87
													1941	2.87
7	0011	1.95	22	0015	2.20	7	0127	1.73	22	0148	1.83	7	0155	1.46
FR	0309	2.16	SA	0232	2.29	MO	0454	2.09	TU	0517	2.32	TH	0616	2.34
	1149	0.36		1206	0.30		1258	0.27		1332	0.27		1344	0.59
	1916	2.65		1931	2.86		2003	2.86		2004	3.03		2000	2.85
													2000	2.85
8	0056	1.86	23	0126	2.10	8	0159	1.67	23	0220	1.69	8	0223	1.38
SA	0808	2.15	SU	0350	2.29	TU	0539	2.15	WE	0612	2.40	FR	0648	2.43
	1238	0.28		1309	0.16		1341	0.25		1411	0.35		1412	0.73
	1950	2.78		2013	3.00		2032	2.89		2025	2.99		2018	2.82
													2018	2.82
9	0134	1.80	24	0213	2.01	9	0229	1.62	24	0248	1.55	9	0249	1.29
SU	0458	2.17	MO	0455	2.31	WE	0816	2.19	TH	0702	2.44	SA	0725	2.51
	1323	0.23		1400	0.08		1417	0.30		1440	0.52		1431	0.91
	2025	2.82		2049	3.05		2058	2.89		2042	2.95		2031	2.80
													2031	2.80
10	0211	1.76	25	0252	1.91	10	0256	1.57	25	0313	1.41	10	0314	1.17
MO	0542	2.18	TU	0552	2.34	TH	0648	2.22	FR	0748	2.45	SU	0808	2.57
	1404	0.22		1441	0.11		1445	0.41		1459	0.73		1448	1.11
	2058	2.86		2119	3.05		2117	2.86		2057	2.91		2033	2.79
													2033	2.79
11	0245	1.73	26	0325	1.81	11	0321	1.50	26	0336	1.25	11	0339	1.03
TU	0621	2.17	WE	0646	2.35	FR	0718	2.25	SA	0831	2.42	MO	0900	2.59
	1441	0.24		1515	0.22		1504	0.57		1509	0.95		1512	1.34
	2130	2.89		2141	3.01		2134	2.82		2108	2.87		2028	2.82
													2028	2.82
12	0316	1.71	27	0352	1.68	12	0344	1.41	27	0402	1.11	12	0410	0.91
WE	0655	2.15	TH	0742	2.32	SA	0754	2.27	SU	0912	2.36	TU	1000	2.57
	1511	0.31		1539	0.41		1516	0.75		1518	1.18		1542	1.62
	2157	2.88		2158	2.96		2145	2.78		2115	2.82		2045	2.82
													2045	2.82
13	0344	1.68	28	0416	1.53	13	0408	1.27	28	0431	0.99	13	0449	0.82
TH	0721	2.13	FR	0836	2.26	SU	0842	2.26	MO	0953	2.28	WE	1114	2.51
	1532	0.42		1553	0.64		1530	0.95		1530	1.42		1618	1.93
	2219	2.85		2213	2.89		2144	2.75		2124	2.75		2113	2.77
													2113	2.77
14	0410	1.62	29	0445	1.37	14	0439	1.11	29	0502	0.92	14	0539	0.79
FR	0748	2.11	SA	0927	2.16	MO	0945	2.23	TU	1044	2.18	TH	1257	2.48
	1545	0.55		1600	0.90		1551	1.21		1545	1.67		1710	2.24
	2236	2.79		2222	2.80		2134	2.75		2139	2.66		2144	2.64
													2144	2.64
15	0438	1.53	30	0517	1.22	15	0517	0.97	30	0537	0.87	15	0644	0.80
SA	0829	2.07	SU	1017	2.03	TU	1103	2.16	WE	1213	2.11	FR	1514	2.58
	1558	0.72		1604	1.18		1615	1.53		1603	1.93			
	2245	2.72		2227	2.70		2152	2.72		2153	2.52			
			31	0555	1.10				31	0620	0.84			
			MO	1116	1.90				TH	2031	2.37			
				1603	1.46									
				2235	2.60									

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

ตุลาคม OCTOBER			พฤศจิกายน NOVEMBER			ธันวาคม DECEMBER											
เวลา TIME	สูง (ม.) HT (M.)	เวลา TIME	สูง (ม.) HT (M.)	เวลา TIME	สูง (ม.) HT (M.)	เวลา TIME	สูง (ม.) HT (M.)	เวลา TIME	สูง (ม.) HT (M.)								
1 SU	0741 1642	1.00 2.69	16 MO	0904 1652 2313	1.16 2.95 1.78	1 WE	0346 0933 1624 2328	2.04 1.85 2.77 1.46	16 TH	0503 1101 1607 2355	2.48 1.83 2.80 1.08	1 FR	0445 0952 1444 2322	2.56 1.96 2.76 1.16	16 SA	0620 1146 1516	2.71 2.30 2.70
2 MO	0919 1721 2358	1.01 2.78 1.71	17 TU	0343 1026 1705 2352	2.22 1.19 2.96 1.50	2 TH	0455 1048 1644	2.30 1.87 2.77	17 FR	0556 1159 1623	2.71 1.89 2.79	2 SA	0532 1059 1519	2.65 2.04 2.82	17 SU	0002 0654 1230 1558	0.88 2.86 2.31 2.71
3 TU	0355 1034 1746	2.00 0.98 2.83	18 WE	0450 1134 1731	2.44 1.23 2.93	3 FR	0001 0537 1143 1647	1.26 2.57 1.53 2.78	18 SA	0032 0638 1238 1646	0.94 2.86 1.96 2.79	3 SU	0007 0615 1147 1559	0.99 2.90 2.15 2.88	18 MO	0041 0727 1256 1638	0.83 2.94 2.32 2.73
4 WE	0017 0458 1137 1809	1.55 2.19 0.95 2.83	19 TH	0030 0545 1225 1750	1.27 2.63 1.30 2.89	4 SA	0038 0614 1226 1658	1.11 2.80 1.63 2.82	19 SU	0106 0715 1300 1714	0.89 2.95 2.05 2.81	4 MO	0057 0701 1227 1639	0.89 3.06 2.27 2.91	19 TU	0118 0757 1307 1715	0.82 2.98 2.31 2.75
5 TH	0045 0542 1226 1829	1.40 2.39 0.97 2.82	20 FR	0104 0630 1303 1800	1.11 2.77 1.42 2.85	5 SU	0116 0651 1301 1723	1.00 2.98 1.78 2.87	20 MO	0137 0744 1314 1744	0.88 2.99 2.10 2.81	5 TU	0149 0758 1304 1721	0.82 3.16 2.40 2.93	20 WE	0154 0827 1333 1753	0.82 3.00 2.30 2.74
6 FR	0115 0617 1304 1844	1.28 2.58 1.07 2.80	21 SA	0135 0710 1327 1811	1.01 2.85 1.57 2.84	6 MO	0156 0734 1332 1756	0.93 3.10 1.95 2.90	21 TU	0206 0806 1340 1816	0.89 3.02 2.13 2.80	6 WE	0238 0905 1349 1806	0.79 3.21 2.50 2.91	21 TH	0228 0902 1412 1826	0.83 3.02 2.28 2.71
7 SA	0147 0651 1336 1850	1.17 2.74 1.22 2.80	22 SU	0203 0743 1339 1830	0.96 2.89 1.70 2.85	7 TU	0236 0826 1407 1831	0.88 3.16 2.11 2.91	22 WE	0234 0835 1416 1848	0.89 3.04 2.15 2.76	7 TH	0323 1006 1538 1853	0.78 3.25 2.54 2.86	22 FR	0258 0941 1454 1851	0.85 3.04 2.26 2.66
8 SU	0218 0731 1400 1855	1.08 2.86 1.41 2.83	23 MO	0229 0809 1400 1857	0.93 2.91 1.80 2.84	8 WE	0315 0926 1450 1912	0.85 3.17 2.25 2.87	23 TH	0303 0916 1458 1915	0.90 3.08 2.18 2.68	8 FR	0400 1056 1641 1941	0.82 3.25 2.50 2.76	23 SA	0322 1017 1536 1913	0.89 3.03 2.24 2.60
9 MO	0248 0817 1427 1914	0.98 2.93 1.60 2.86	24 TU	0253 0836 1430 1925	0.90 2.93 1.89 2.81	9 TH	0355 1036 1545 1954	0.85 3.16 2.37 2.79	24 FR	0330 1026 1543 1932	0.92 3.02 2.22 2.58	9 SA	0432 1138 1740 2030	0.92 3.21 2.41 2.61	24 SU	0341 1047 1617 1941	0.97 2.99 2.21 2.53
10 TU	0318 0910 1500 1941	0.90 2.95 1.82 2.87	25 WE	0319 0912 1505 1953	0.88 2.92 1.99 2.72	10 FR	0433 1047 1716 2039	0.90 3.12 2.44 2.65	25 SA	0359 1058 1634 1947	0.97 2.97 2.26 2.48	10 SU	0456 1214 1845 2124	1.09 3.12 2.26 2.41	25 MO	0354 1108 1701 2019	1.08 2.93 2.15 2.42
11 WE	0352 1012 1541 2014	0.84 2.92 2.04 2.83	26 TH	0346 0957 1546 2011	0.88 2.88 2.11 2.60	11 SA	0513 1252 1918 2127	1.01 3.07 2.57 2.46	26 SU	0426 1147 1737 2007	1.06 2.91 2.27 2.36	11 MO	0513 1244 1957 2245	1.33 2.99 2.06 2.18	26 TU	0403 1112 1752 2119	1.23 2.86 2.04 2.26
12 TH	0433 1130 1632 2049	0.83 2.87 2.27 2.72	27 FR	0419 1100 1636 2010	0.91 2.81 2.23 2.47	12 SU	0553 1350	1.18 3.01	27 MO	0457 1235	1.19 2.84	12 TU	0530 1304 2105	1.60 2.86 1.80	27 WE	0415 1116 1900 2317	1.43 2.83 1.87 2.10
13 FR	0522 1305 1814 2128	0.88 2.84 2.43 2.56	28 SA	0458 1230	0.98 2.75	13 MO	0642 1442 2145	1.39 2.94 1.90	28 TU	0535 1319	1.39 2.78	13 WE	0106 0600 1322 2159	2.04 1.89 2.77 1.50	28 TH	0441 1148 2042	1.70 2.81 1.63
14 SA	0620 1433	0.98 2.87	29 SU	0545 1350	1.09 2.73	14 TU	0137 0752 1522 2234	2.08 1.60 2.88 1.59	29 WE	0633 1352 2203	1.62 2.73 1.66	14 TH	1353 2243	2.72 1.23	29 FR	0132 0538 1235 2149	2.11 2.03 2.79 1.35
15 SU	0737 1545	1.08 2.91	30 MO	0643 1458	1.24 2.74	15 WE	0352 0935 1550 2316	2.24 1.75 2.83 1.30	30 TH	0245 0755 1415 2242	2.06 1.83 2.73 1.39	15 FR	0545 1038 1433 2324	2.48 2.30 2.70 1.02	30 SA	0456 0809 1328 2245	2.37 2.31 2.78 1.10
			31 TU	0737 1549 2303	1.37 2.76 1.68										31 SU	0556 1020 1423 2346	2.67 2.42 2.80 0.92

หมายเหตุ ข้อมูลทำนายระดับน้ำ สูงสุด - ต่ำสุด ปี 2560 ทำนายโดยกรมอุทกศาสตร์กองทัพเรือ ณ จุดทำนายบริเวณท่าเรือกรุงเทพ (Bangkok Port) ที่ Lat 13°42'00" N. - Long 100°35'02" E. ความสูงของระดับน้ำเป็นเมตรเหนือระดับน้ำลงต่ำที่สุด (High of water in meters above the lowest low water)

4.1.5 ขั้นตอนการทำงาน (Working procedure)

จากงานทั้งหมดในโครงการ ทางโครงการมีการแบ่งงานหลักเป็น 3 งาน คือ งานโครงสร้างทำเรือ งานติดตั้งส่วนประกอบอื่น และงานติดตั้งระบบไฟฟ้าแรงสูง ซึ่งการวิจัยในครั้งนี้ สนใจเฉพาะงานโยธาหลังจากงานดินแล้วเสร็จ หรือเฉพาะงานโครงสร้างทำเรือ โดยแต่ละงานมีขั้นตอนการทำงาน (Working procedure) ดังนี้

ตารางที่ 4.3 ขั้นตอนการทำงานโครงสร้างทำเรือโดยวิธีการหล่อคอนกรีตในที่

หมวดงาน	รายละเอียดงาน	Code	งานที่ต้องทำก่อน
GB5	งานติดตั้ง Truss เข้าแบบ Bottom Form (คาน GB5 และ GB1)	A	-
	งานผูกเหล็ก (คาน GB5 และ GB1)	B	A
	งานเข้าแบบข้าง (คาน GB5 และ GB1)	C	B
	งานเทคอนกรีต (คาน GB5 และ GB1)	D	C
GB4	งานเตรียมพื้นที่, Drainage (คาน GB4)	E	-
	งานถมดินปรับระดับ เท Lean Concrete (คาน GB4 และ GB1)	F	E
	งานผูกเหล็ก (คาน GB4 และ GB1)	G	F
	งานเข้าแบบข้าง (คาน GB4 และ GB1)	H	G
	งานเทคอนกรีต (คาน GB4 และ GB1)	I	H
GB3	งานติดตั้ง Truss เข้าแบบ Bottom form (คาน GB3 และ GB1)	J	-
	งานผูกเหล็ก (คาน GB3 และ GB1)	K	J
	งานเข้าแบบข้าง (คาน GB3 และ GB1)	L	K
	งานเทคอนกรีต Layer 1-3 (คาน GB3 และ GB1)	M	L
Slab1	งานถมดินปรับระดับ เท Lean Concrete (คาน GB2 และ Slab)	N	D, I
	งานผูกเหล็ก (คาน GB2 และ Slab)	O	N
	งานเทคอนกรีต (คาน GB2 และ Slab)	P	O
Slab2	งานเข้าแบบ Precast Bottom Form (คาน GB2 และ Slab)	Q	D, M
	งานผูกเหล็ก (คาน GB2 และ Slab)	R	Q
	งานเทคอนกรีต (คาน GB2 และ Slab)	S	P, R

ตารางที่ 4.4 ขั้นตอนการทำงานโครงสร้างทำเรือโดยวิธีการหล่อคอนกรีตสำเร็จรูป

หมวดงาน	รายละเอียดงาน	Code	งานที่ต้องทำก่อน
GB5	งานติดตั้ง Truss เข้าแบบ Bottom Form (คาน GB5 และ GB1)	A	-
	งานผูกเหล็ก (คาน GB5 และ GB1)	B	A
	งานเข้าแบบข้าง (คาน GB5 และ GB1)	C	B
	งานเทคอนกรีต (คาน GB5 และ GB1)	D	C
GB4	งานเตรียมพื้นที่, Drainage (คาน GB4)	E	-
	งานถมดินปรับระดับ เท Lean Concrete (คาน GB4 และ GB1)	F	E
	งานผูกเหล็ก (คาน GB4 และ GB1)	G	F
	งานเข้าแบบข้าง (คาน GB4 และ GB1)	H	G
	งานเทคอนกรีต (คาน GB4 และ GB1)	I	H
GB3	งานผูกเหล็ก เข้าแบบ Precast (คาน GB3)	J	-
	งานเทคอนกรีต Precast (คาน GB3)	K	J
	งานวาง Precast และจัดแนวคาน (คาน GB3)	L	K
	งานผูกเหล็ก (คาน GB3 และ GB1)	M	L
	งานเข้าแบบข้าง (คาน GB3 และ GB1)	N	M
	งานเทคอนกรีต Layer 1-3 (คาน GB3 และ GB1)	O	N
Slab1	งานถมดินปรับระดับ เท Lean Concrete (คาน GB2 และ Slab)	P	D, I
	งานผูกเหล็ก (คาน GB2 และ Slab)	Q	P
	งานเทคอนกรีต (คาน GB2 และ Slab)	R	Q
Slab2	งานเข้าแบบ Precast Bottom Form (คาน GB2 และ Slab)	S	D, O
	งานผูกเหล็ก (คาน GB2 และ Slab)	T	S
	งานเทคอนกรีต (คาน GB2 และ Slab)	U	R, T

4.2 วิเคราะห์เปรียบเทียบ (Comparative analysis)

4.2.1 ขั้นตอนวิธีการก่อสร้าง (Construction procedure)

- ขั้นตอนวิธีการก่อสร้างคาน GB3 โดยวิธีการหล่อคอนกรีตในที่

- 1.) การเตรียมการสำหรับงานคอนกรีตโครงสร้าง

- 1.1) เตรียมพื้นที่หน้างานและตรวจสอบระดับอ้างอิงตามแบบ

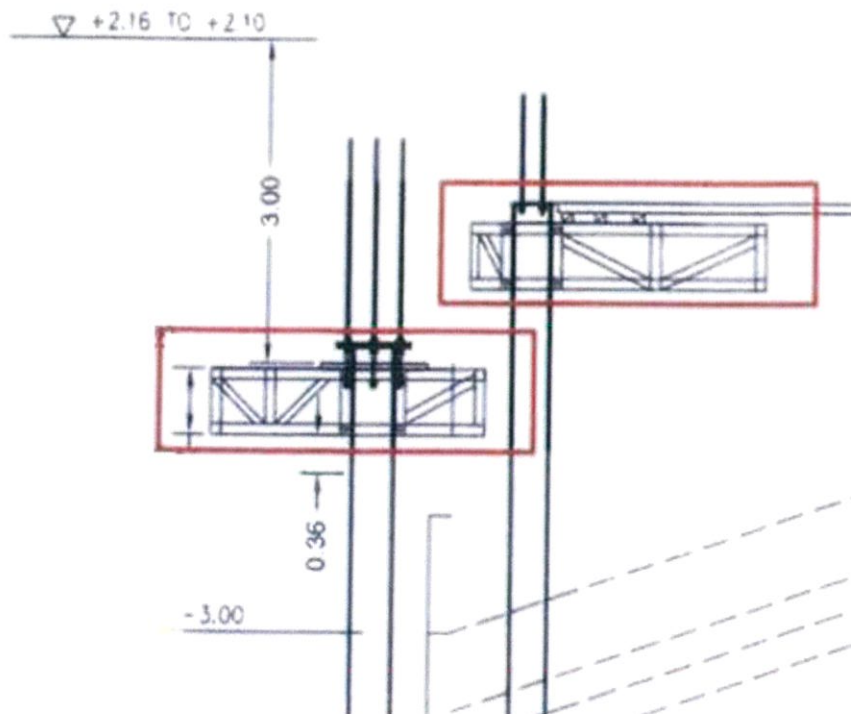
- 1.2) ตรวจสอบและจัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้

- 1.3) ตรวจสอบความสมบูรณ์ของส่วนประกอบที่เกี่ยวข้องเนื่องจากงานอื่นให้เรียบร้อย

- 2.) ขั้นตอนการทำงาน

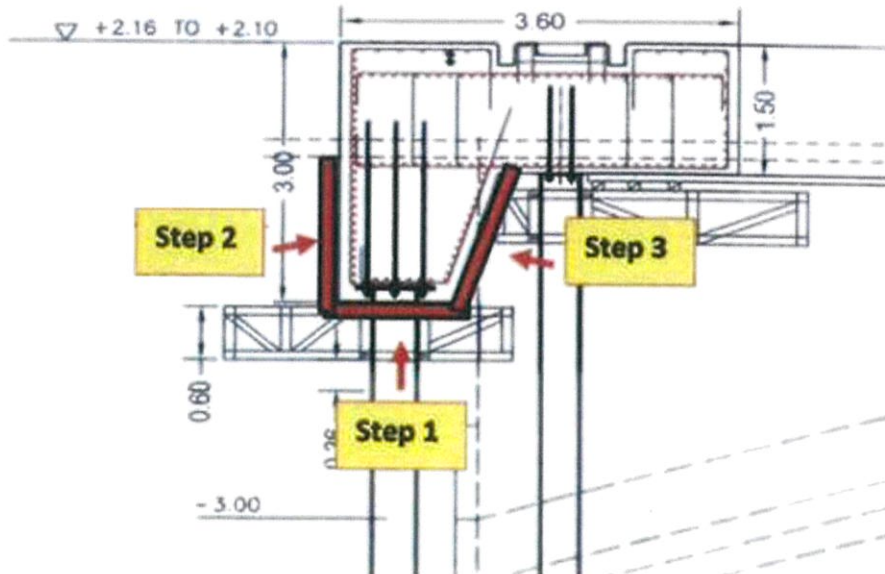
- 2.1) ฝ่ายสำรวจให้ข้อมูลระดับและแนวการก่อสร้าง

- 2.2) ติดตั้งโครง Truss เพื่อเป็นฐานรองรับแบบ (Support Bottom form) ทุกๆ ระยะ 2.52 ม. โดยใช้ Bolt ชันแรงอัดที่ 365 b/ft รัตรอบเสาเข็มโดยไม่ทำให้เสาเข็มเสียหาย (ภาพที่ 4.7)



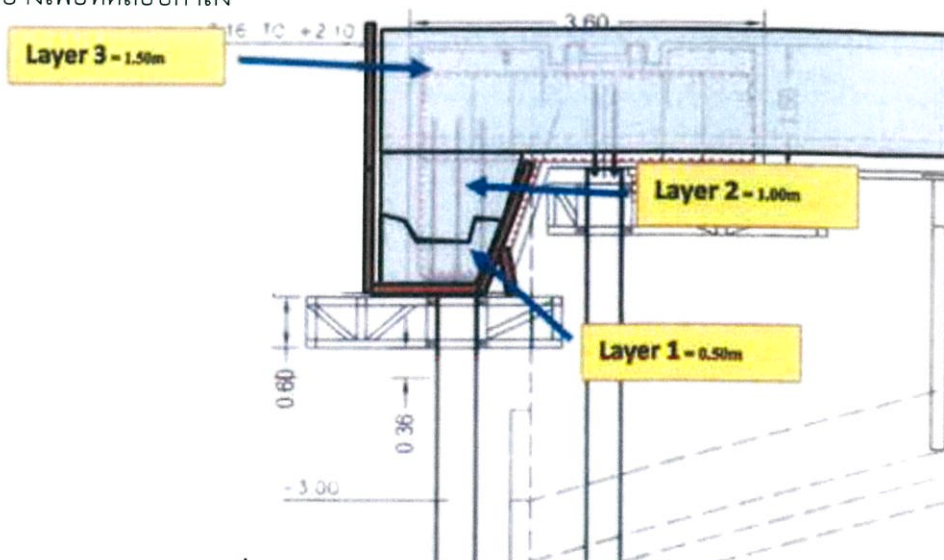
ภาพที่ 4.7 แสดงรายละเอียดการติดตั้ง Truss สำหรับเป็น Support bottom form

2.3) ติดตั้งแบบหล่อคอนกรีต Step 1 และทำการผูกเหล็กโครงสร้าง โดยอ้างอิงตามแบบก่อสร้าง และทำการตรวจสอบร่วมกับวิศวกรผู้ควบคุมงาน จากนั้นทำการติดตั้งแบบหล่อพร้อมค้ำยัน Step 2 และ 3 ต่อไป (ภาพที่ 4.8)



ภาพที่ 4.8 แสดงลำดับและรายละเอียดการติดตั้งแบบหล่อคอนกรีต

2.4) ตรวจสอบความแน่นหนาของค้ำยัน ทำการเทคอนกรีต โดยคอนกรีตที่ใช้ต้องเป็นคอนกรีตที่รับการอนุมัติแล้วเท่านั้น โดยแบ่งเทคอนกรีตเป็น 3 Layers (ภาพที่ 4.9) โดยคำนึงถึงระยะเวลาในการเทคอนกรีตด้วยเพื่อให้ได้คุณภาพตามที่ออกแบบ ทำการตรวจสอบบันทึกค่า Slump หนึ่งงาน และเก็บตัวอย่างเพื่อทดสอบกำลัง



ภาพที่ 4.9 แสดงการแบ่งเทคอนกรีตโครงสร้างคาน GB3

2.5) ถอดแบบ และตรวจสอบความสมบูรณ์ของคอนกรีต

2.6) ทำการบ่มคอนกรีต

● ขั้นตอนวิธีการก่อสร้างคาน GB3 โดยวิธีการหล่อคอนกรีตคอนกรีตสำเร็จรูป

1.) การเตรียมการสำหรับงานคอนกรีตโครงสร้าง

1.1) เตรียมพื้นที่หน้างานและตรวจสอบระดับอ้างอิงตามแบบ

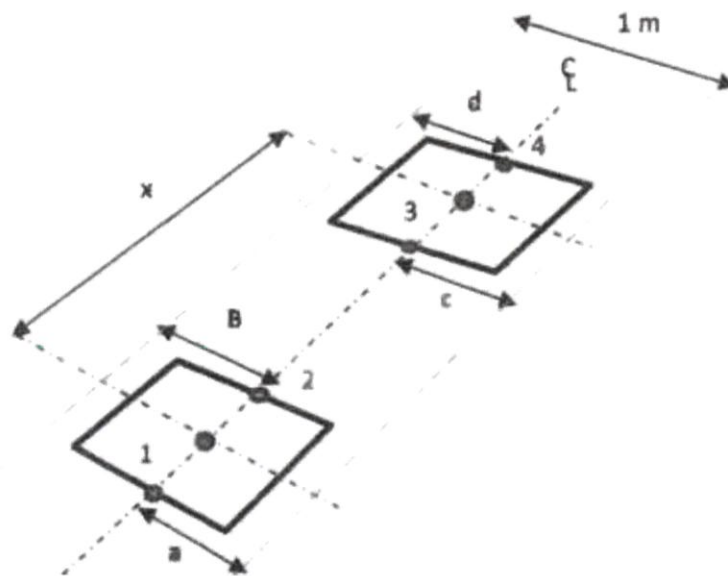
1.2) ตรวจสอบและจัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้

1.3) ตรวจสอบความสมบูรณ์ของส่วนประกอบที่เกี่ยวข้องเนื่องจากงานอื่นให้เรียบร้อย

2.) ขั้นตอนการทำงาน

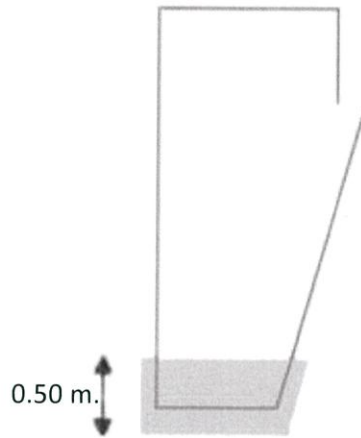
2.1) ฝ่ายสำรวจให้ข้อมูลระดับและแนวการก่อสร้าง

2.2) ทำการตรวจสอบตำแหน่งของเสาเข็มเข็มจริงจากหน้างาน เพื่อทำการ Block out ตำแหน่งของเสาเข็มในชั้นงาน Precast (ภาพที่ 4.10) และทำการเข้าแบบหล่อชั้นงาน Precast ทำการผูกเหล็ก พร้อม Block out ส่วนเสาเข็ม



ภาพที่ 4.10 แสดงการหาตำแหน่งเพื่อทำการ Block out ในชั้นงาน Precast

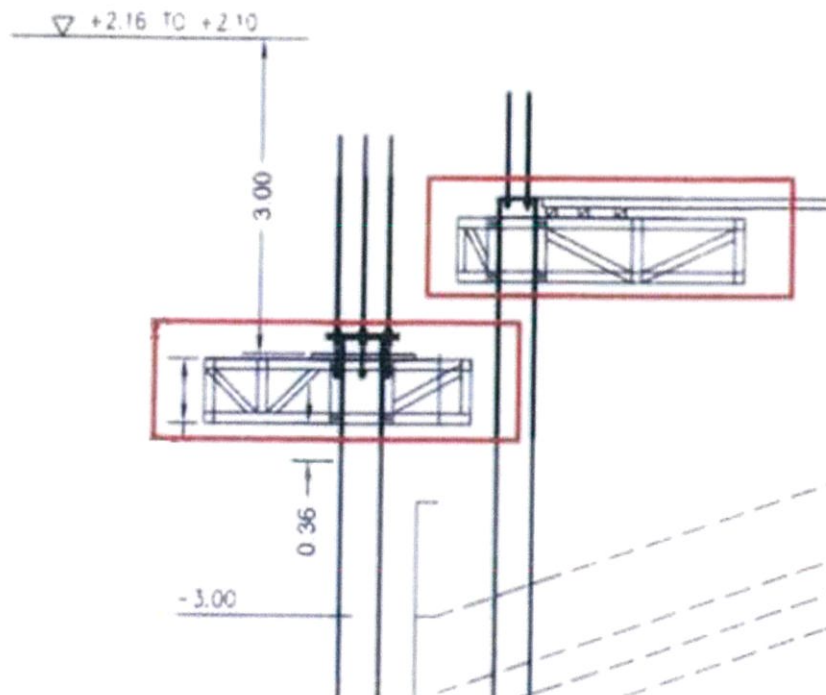
2.3) ทำการเทคอนกรีตในแบบหล่อ ความหนาชั้นงาน 50 ซม. ความยาวประมาณ 4.00 ม. และทำการบ่มคอนกรีตเมื่อคอนกรีตแข็งตัวแล้ว (ภาพที่ 4.11)



ภาพที่ 4.11 แสดงชิ้นส่วนคานคอนกรีตสำเร็จรูป

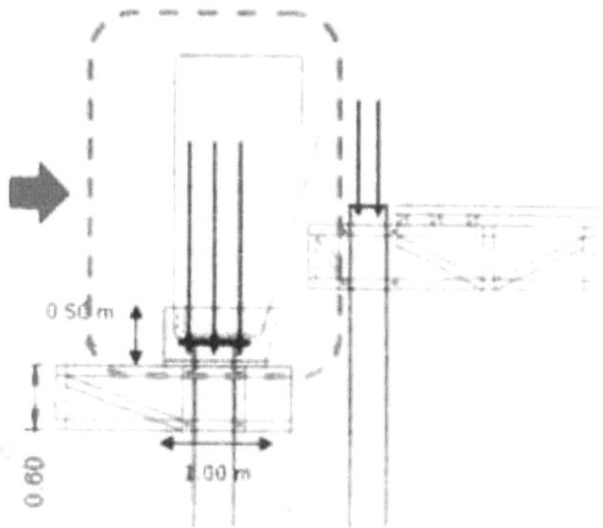
2.5) เมื่อขึ้นงานมีอายุครบ 3 วัน ที่กำลังอัดคอนกรีตสูงกว่า 140 ksc. ทำการยกชิ้นงานออกจาก Formwork และตรวจสอบความสมบูรณ์ของคอนกรีต และตำแหน่ง Block out เส้าเข็ม

2.6) ติดตั้งโครง Truss เพื่อเป็นฐานรองรับแบบ (Support Bottom form) ทุกๆระยะ 2.52 ม. โดยใช้ Bolt ชั้นแรงอัดที่ 365 bl/ft รัตรอบเส้าเข็มโดยไม่ทำให้เส้าเข็มเสียหาย (ภาพที่ 4.12)



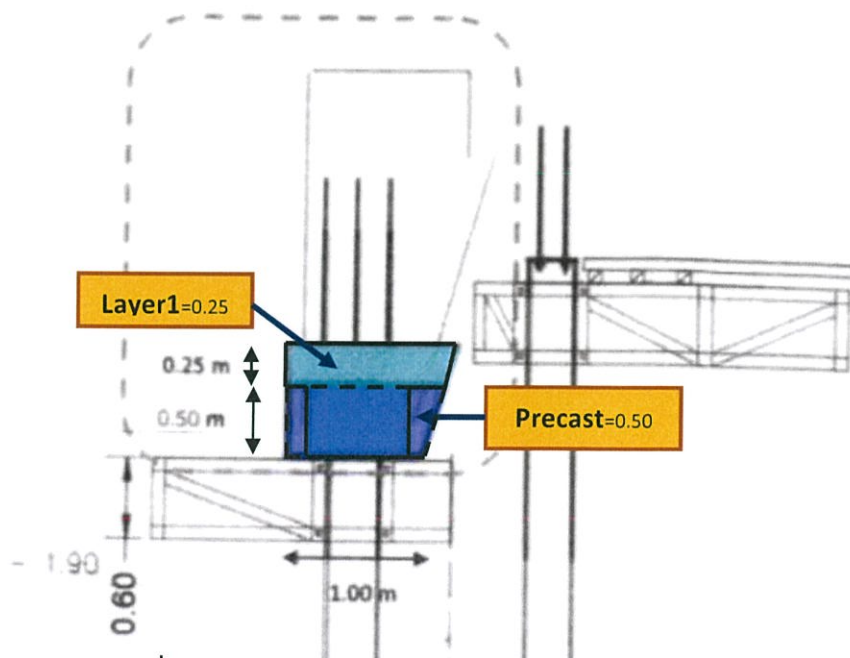
ภาพที่ 4.12 แสดงรายละเอียดการติดตั้ง Truss สำหรับเป็น Support bottom form

2.7) ทำการยกชิ้นงาน Precast ลงไปติดตั้งตามตำแหน่ง โดยใช้เครน พร้อมจัดระดับและแนวให้ตรงตามแบบและ ต่อชิ้นงาน Precast เข้าด้วยกันโดย Coupler (ภาพที่ 4.13)

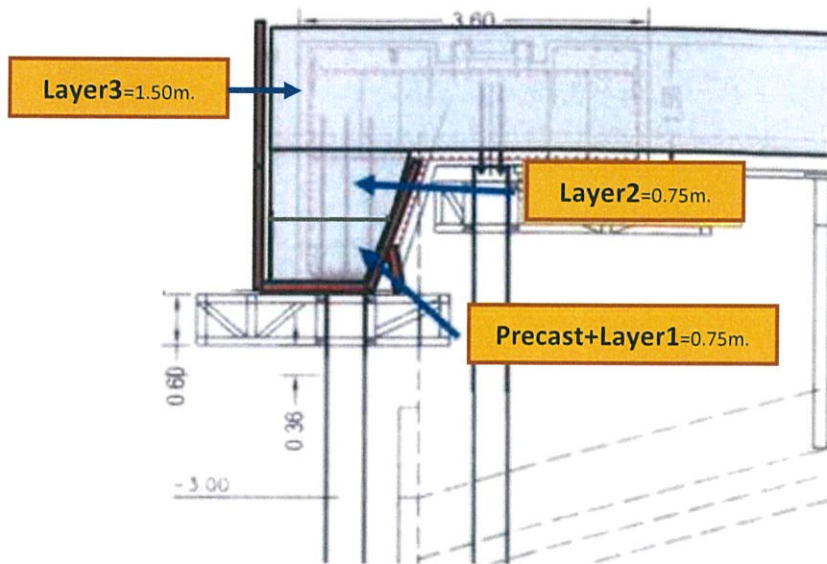


ภาพที่ 4.13 แสดงการติดตั้งชิ้นส่วน Precast ตามตำแหน่ง

2.8) ติดตั้งแบบหล่อคอนกรีต ผูกเหล็ก ตรวจสอบความแน่นหนาของค้ำยัน และทาน้ำยาประสานคอนกรีตบนชิ้นงาน Precast เพื่อทำการเทคอนกรีต Lock หัวเสาเข็มตลอดแนวเข้าด้วยกัน เป็น Layer 1 (ภาพที่ 4.14) และแบ่งเทคอนกรีตเป็น 3 Layer (ภาพที่ 4.15) โดยคำนึงถึงระยะเวลาในการเทคอนกรีตด้วยเพื่อให้ได้คุณภาพตามที่ออกแบบ ทำการตรวจสอบบันทึกค่า Slump หน้างาน และเก็บตัวอย่างเพื่อทดสอบกำลัง



ภาพที่ 4.14 แสดงการเทคอนกรีตคาน GB3 (Layer1)



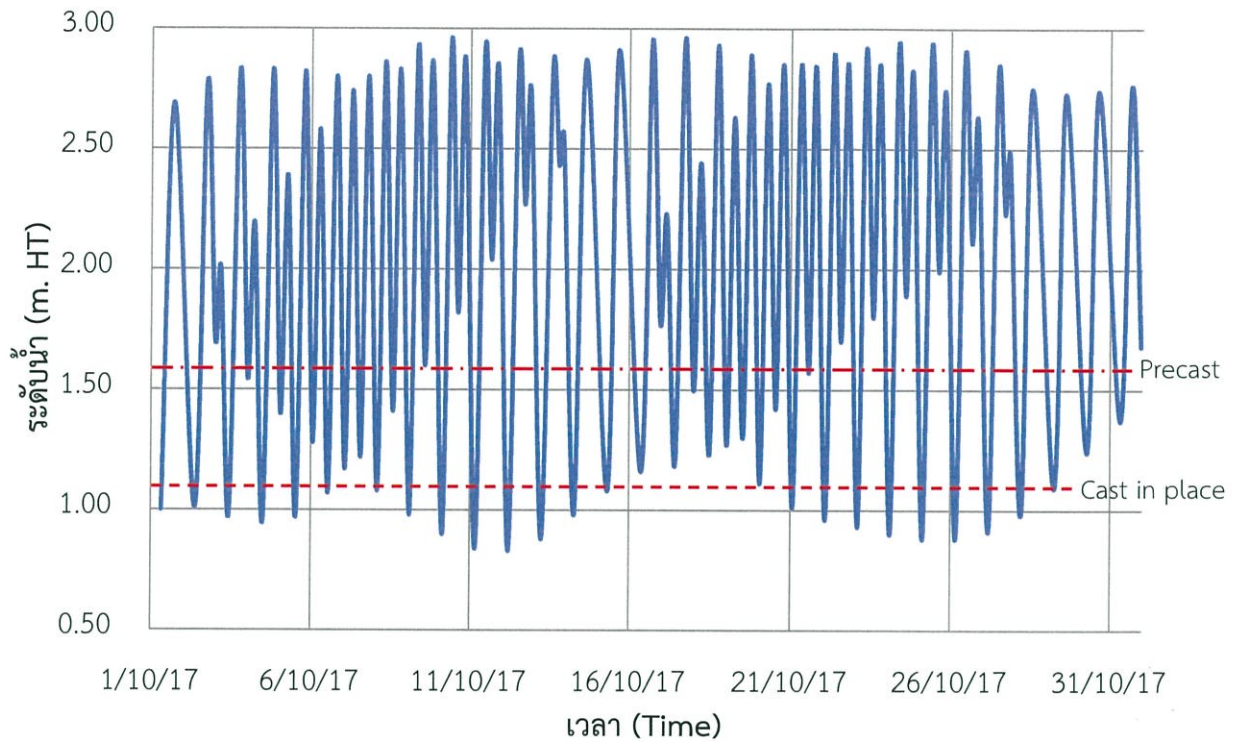
ภาพที่ 4.15 แสดงการแบ่งเทคอนกรีตคาน GB3

- ภาพการก่อสร้างคาน GB3 โดยวิธีการหล่อคอนกรีตในที่ (ดูในภาคผนวก ก.)
- ภาพการก่อสร้างคาน GB3 โดยวิธีการหล่อคอนกรีตสำเร็จรูป (ดูในภาคผนวก ก.)

4.2.2 เวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง (Construction period)

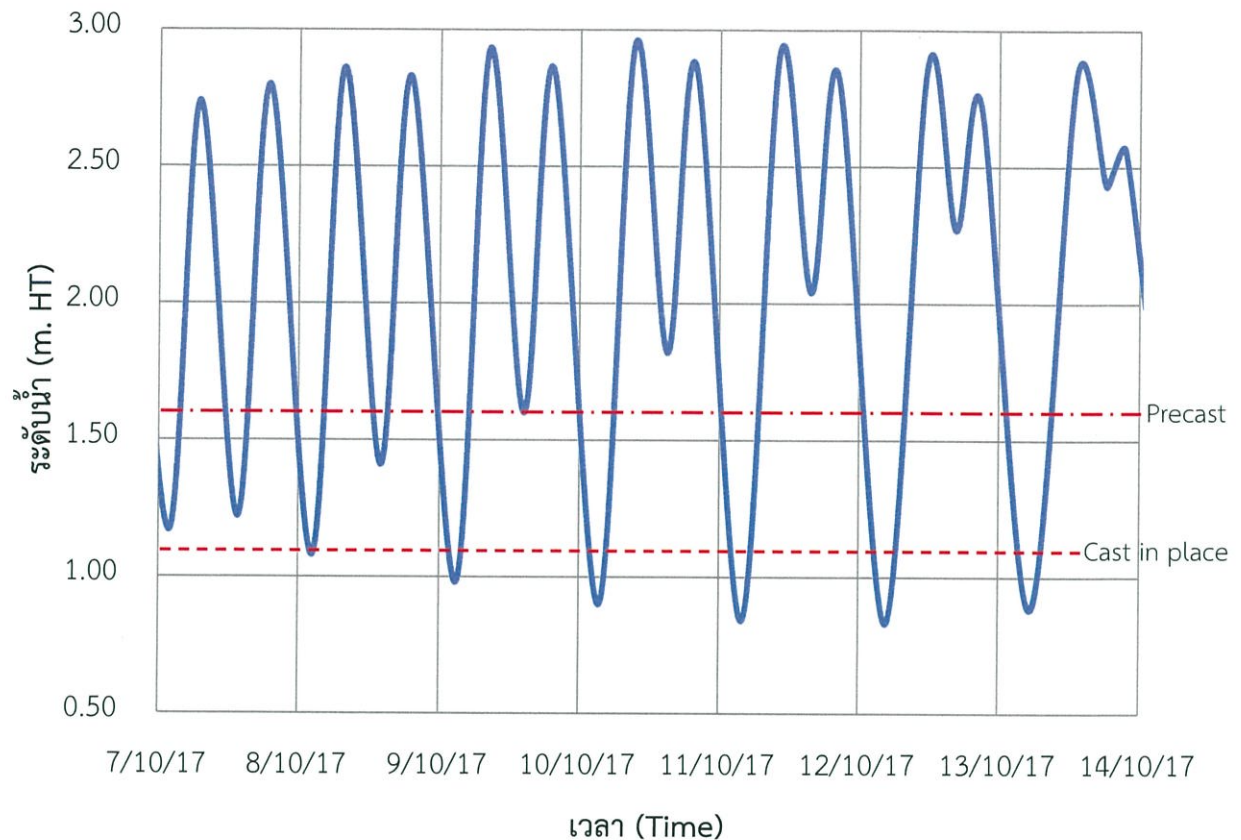
- วิเคราะห์เวลาที่ใช้ในการก่อสร้างจากข้อมูลระดับน้ำแม่น้ำเจ้าพระยา

จากข้อมูลทำนายระดับน้ำ สูงสุด - ต่ำสุด ปี 2560 ทำนายโดยกรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ ณ จุดทำนายบริเวณท่าเรือกรุงเทพ (Bangkok Port) สามารถนำมาใช้เป็นแนวโน้มอ้างอิงระดับน้ำแม่น้ำเจ้าพระยาเพื่อการวางแผนงานก่อสร้างโครงสร้างริมน้ำ (คานGB3) และเพื่อความสะดวกในการวางแผนงาน จึงนำข้อมูลระดับน้ำดังกล่าว สามารถเขียนเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ของระดับน้ำแม่น้ำเจ้าพระยากับเวลา ได้ดังนี้



ภาพที่ 4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของระดับน้ำแม่น้ำเจ้าพระยากับเวลา (ตุลาคม 2560)

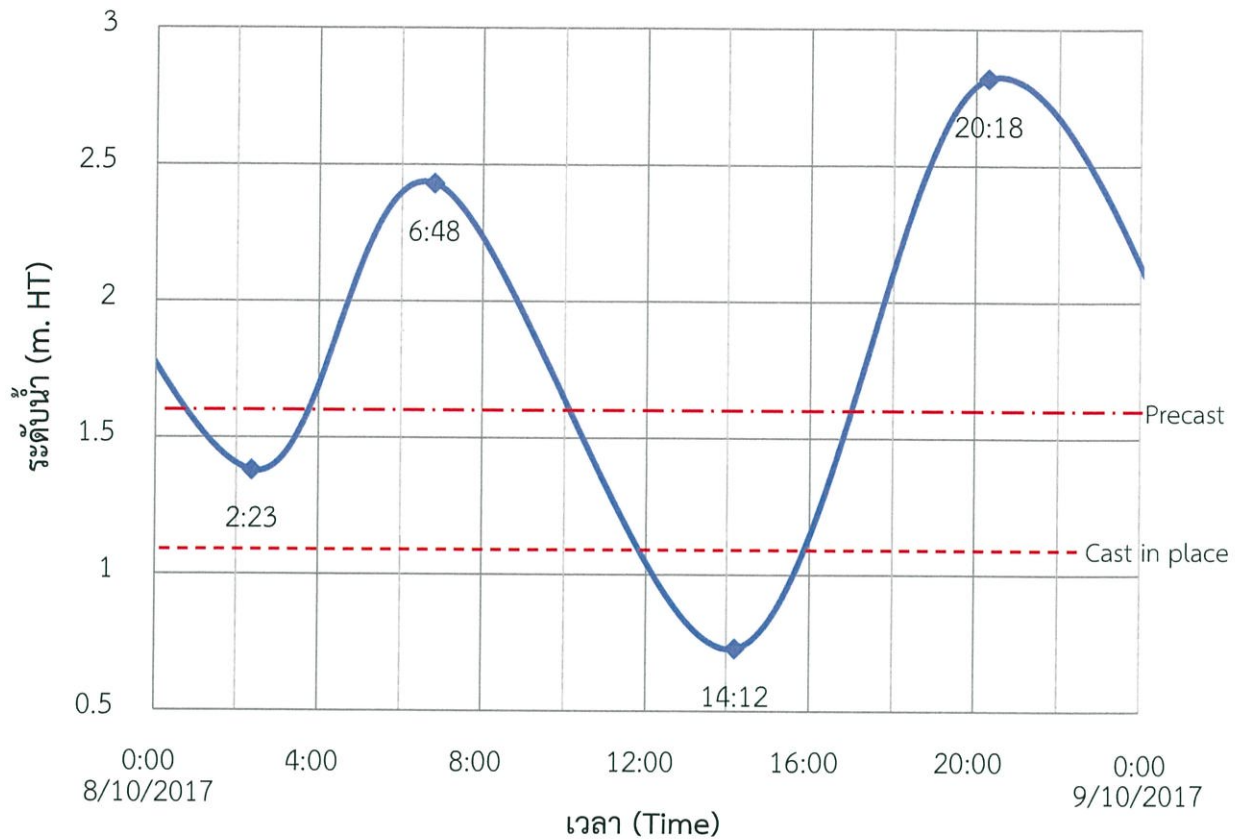
จากภาพที่ 4.16 พบว่า ระดับน้ำแม่น้ำเจ้าพระยามีลักษณะการเปลี่ยนแปลง ขึ้น - ลง ต่างไปในแต่ละช่วงของเดือน เป็นผลจากอิทธิพลของแรงดึงดูดระหว่างโลกกับดวงจันทร์ โดยน้ำขึ้นจะเกิดเมื่อ โลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ อยู่ในแนวเดียวกัน หรือทุกๆ 2 อาทิตย์ คือ ขึ้น 15 ค่ำ และ แรม 15 ค่ำ ซึ่งจากรูปจะตรงกับวันที่ 8 และ 18 ตุลาคม 2560 จะสังเกตได้ว่า ระดับน้ำจะขึ้นสูงกว่าทุกช่วงของเดือน ซึ่งโดยรวมเป็น รูปแบบการเกิดน้ำขึ้นลงแบบน้ำผสม (Mixed tide หรือ Tropic tide) คือเกิดน้ำขึ้น 2 ครั้ง และน้ำลง 2 ครั้ง แต่แต่ละครั้งสูงไม่เท่ากัน โดยน้ำขึ้นแต่ละครั้งห่างกันประมาณ 12 ชั่วโมง 25 นาที ทั้งนี้การขึ้นลงของน้ำ ทำให้เวลาในการทำงานทำได้น้อยลง เป็นผลโดยตรงกับการทำงานโครงสร้างคานหน้าท่า GB3 ที่กำลังศึกษาอยู่



ภาพที่ 4.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของระดับน้ำแม่น้ำเจ้าพระยากับเวลา (วันที่ 7-14 ตุลาคม 2560)

จากภาพที่ 4.17 พบว่าเมื่อพิจารณาลักษณะการขึ้นลงของระดับน้ำ พบว่าการทำงานโดยวิธีการหล่อในที่ (Cast in place method) ของโครงสร้างคานหน้าท่า GB3 ในช่วง 1 สัปดาห์ อาจมีบางวันที่ไม่สามารถทำงานได้ เนื่องจากระดับน้ำขึ้นสูง โดยงานที่ต้องทำส่วนใหญ่ต้องทำในระดับอ้างอิงทั้งหมด ทั้งนี้จึงเป็นเหตุให้การทำงานล่าช้า ไม่เป็นไปตามแผนการทำงาน และทำงานได้ยาก ทั้งนี้หากต้องการให้โครงการแล้วเสร็จตามแผน การเร่งงานอาจไม่ใช่ทางเลือกที่ทำได้ เนื่องจากพื้นที่การทำงานมีจำกัด และการทำงานล่วงเวลาไม่สามารถทำได้ด้วยเหตุผลของระดับน้ำที่กล่าวมาข้างต้น ทั้งนี้ การเปลี่ยนวิธีการทำงานจึงเป็นทางเลือกที่ดีที่สุด ที่จะทำให้การทำงานเร็วขึ้นและแล้วเสร็จตามแผน

ทั้งนี้ การทำงานด้วยวิธีการหล่อคอนกรีตสำเร็จรูป ของคานหน้าท่า GB3 สามารถทำให้การทำงานอยู่ในระดับที่สูงขึ้น 0.50 เมตร โดยการวางชิ้นส่วนคานสำเร็จได้โดยไม่ต้องรอรระดับน้ำลด โดยจากภาพที่ 4.17 จะเห็นได้ว่า ที่ระดับอ้างอิงของงาน Precast นั้นสามารถทำงานได้ทุกวัน และมีเวลาในการทำงานมากกว่าการทำงานด้วยวิธีการหล่อในที่อย่างเห็นได้ชัด



ภาพที่ 4.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของระดับน้ำแม่น้ำเจ้าพระยากับเวลา (วันที่ 8 ตุลาคม 2560)

จากภาพที่ 4.18 ตัวอย่างระดับน้ำที่แสดงใน 1 วัน พบว่า การทำงานโครงสร้างคานหน้าท่า GB3 ด้วยวิธีการหล่อในที่ ที่ระดับอ้างอิง Cast in place นั้น สามารถทำงานได้จริงประมาณ 4 ชั่วโมง ใน 1 วัน ทั้งนี้งานดังกล่าว มีงานติดตั้งโครงเหล็กรับน้ำหนัก(Truss), งานเข้าแบบท้องคาน, งานผูกเหล็กเสริม, งานเข้าแบบข้าง และงานเทคอนกรีต ต้องทำที่ระดับอ้างอิงทุกงาน เพื่อให้การเทคอนกรีตคาน Layer 1 แล้วเสร็จและจึงสามารถทำงานได้มากขึ้น ซึ่งต่างกับวิธีการด้วยวิธีการหล่อคอนกรีตสำเร็จรูป ที่สามารถยกชิ้นส่วนคานมาวางลงได้ และสามารถทำงานต่อไปได้ทันที ทั้งนี้สามารถทำงานในวิธีการหล่อคอนกรีตสำเร็จรูปที่ระดับอ้างอิง Precast ได้ประมาณ 10 ชั่วโมง ใน 1 วัน โดยแบ่งเป็น 2 กะ คือกลางคืนและกลางวัน เพื่อให้ได้งานมากที่สุด ซึ่งอาจเป็นผลให้การทำงานทั้งโครงการแล้วเสร็จเร็วขึ้นจากการเปลี่ยนวิธีการทำงานเป็นการหล่อชิ้นส่วนคานสำเร็จรูป

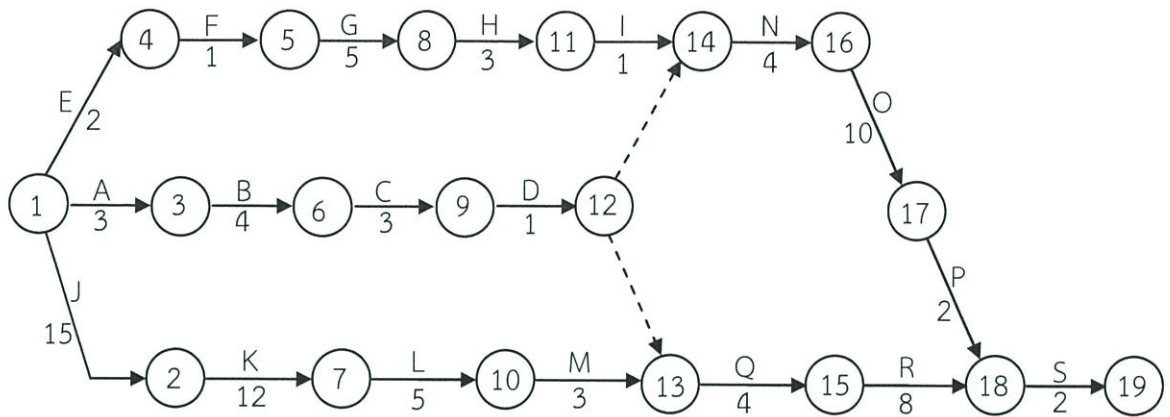
- เวลาที่ใช้ในการก่อสร้างคาน GB3 โดยวิธีการหล่อคอนกรีตในที่

ตารางที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ของงานและระยะเวลาในการทำงานโดยวิธีการหล่อคอนกรีตในที่

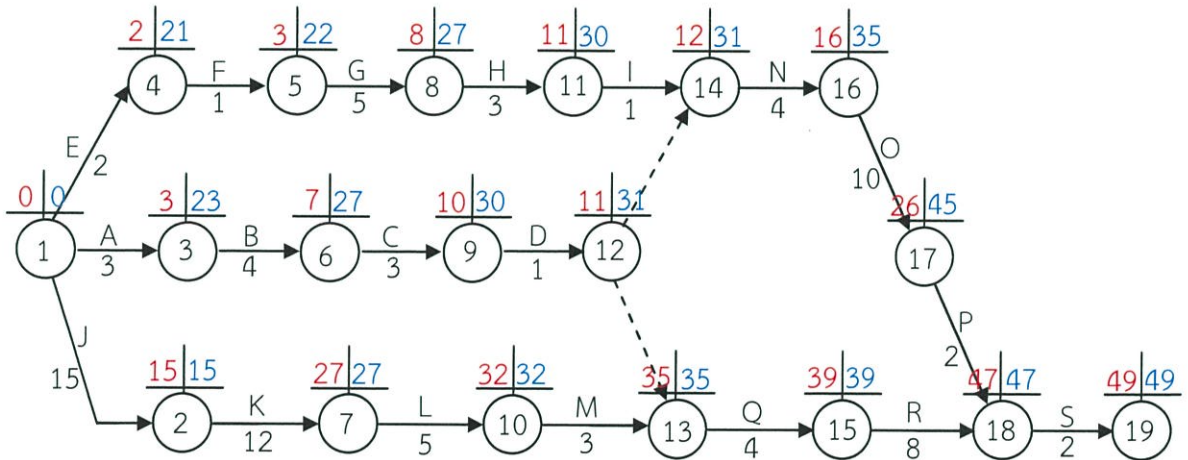
กลุ่มงาน	รายละเอียดงาน	เวลา (วัน)	Code	งานที่ต้องทำก่อน
GB5	งานติดตั้ง Truss เข้าแบบ Bottom Form (คาน GB5 และ GB1)	3	A	-
	งานผูกเหล็ก (คาน GB5 และ GB1)	4	B	A
	งานเข้าแบบข้าง (คาน GB5 และ GB1)	3	C	B
	งานเทคอนกรีต (คาน GB5 และ GB1)	1	D	C
GB4	งานเตรียมพื้นที่, Drainage (คาน GB4)	2	E	-
	งานถมดินปรับระดับ เท Lean Concrete (คาน GB4 และ GB1)	1	F	E
	งานผูกเหล็ก (คาน GB4 และ GB1)	5	G	F
	งานเข้าแบบข้าง (คาน GB4 และ GB1)	3	H	G
	งานเทคอนกรีต (คาน GB4 และ GB1)	1	I	H
GB3	งานติดตั้ง Truss เข้าแบบ Bottom form (คาน GB3 และ GB1)	15	J	-
	งานผูกเหล็ก (คาน GB3 และ GB1)	12	K	J
	งานเข้าแบบข้าง (คาน GB3 และ GB1)	5	L	K
	งานเทคอนกรีต Layer 1-3 (คาน GB3 และ GB1)	3	M	L
Slab1	งานถมดินปรับระดับ เท Lean Concrete (คาน GB2 และ Slab)	4	N	D, I
	งานผูกเหล็ก (คาน GB2 และ Slab)	10	O	N
	งานเทคอนกรีต (คาน GB2 และ Slab)	2	P	O
Slab2	งานเข้าแบบ Precast Bottom Form (คาน GB2 และ Slab)	4	Q	D, M
	งานผูกเหล็ก (คาน GB2 และ Slab)	8	R	Q
	งานเทคอนกรีต (คาน GB2 และ Slab)	2	S	P, R

หมายเหตุ เวลาการทำงานนี้ คาดการณ์เฉพาะในพื้นที่การทำงาน 1 Area ภายใต้งานคนงาน 30 คน
ทำงาน 10 ชั่วโมง/วัน และไม่นับวันหยุด

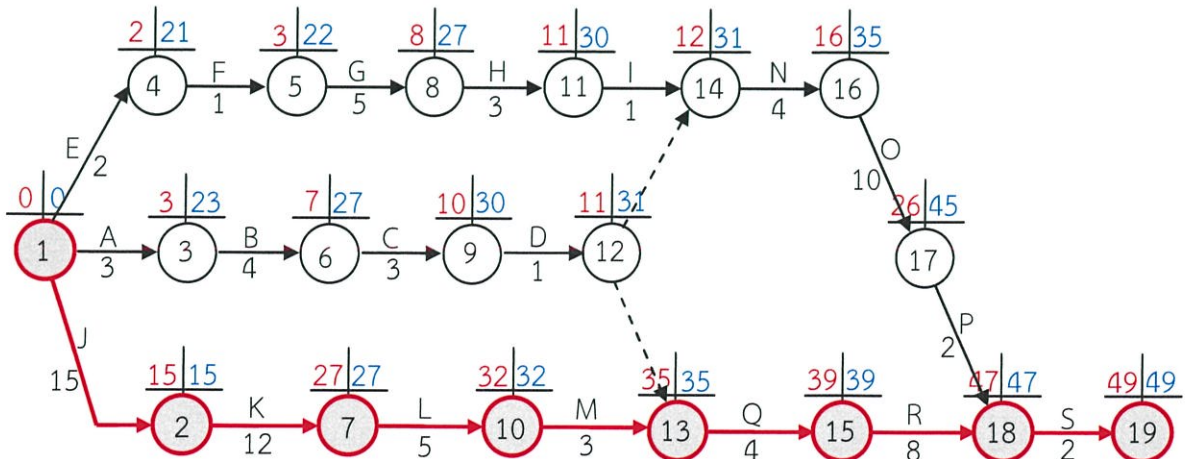
เขียนโครงข่ายความสัมพันธ์ของงาน



คำนวณเวลา ESD และ LFD



แสดงสายงานวิกฤต (Critical Path)



หา Total Float (TF) และ Free Float (FF)

ตารางที่ 4.6 แสดงการคำนวณ Total Float (TF) และ Free Float (FF) ของวิธีการหล่อคอนกรีตในที่

ปม	กิจกรรม	เวลา	วันเริ่มต้น		วันสิ้นสุด		TF	FF
			ESD	LSD	EFD	LFD		
1-2	J	15	0	0	15	15	0	0
1-3	A	3	0	20	3	23	20	0
1-4	E	2	0	19	2	21	19	0
4-5	F	1	2	21	3	22	19	0
3-6	B	4	3	23	7	27	20	0
2-7	K	12	15	15	27	27	0	0
5-8	G	5	3	17	8	22	14	0
6-9	C	3	7	27	10	30	20	0
7-10	L	5	27	27	32	32	0	0
8-11	H	3	8	27	11	30	19	0
9-12	D	1	10	30	11	31	20	0
10-13	M	3	32	32	35	35	0	0
12-13	Dummy	0	11	35	11	35	24	24
11-14	I	1	11	30	12	31	19	0
12-14	Dummy	0	11	31	11	31	20	1
13-15	Q	4	35	35	39	39	0	0
14-16	N	4	12	31	16	35	19	0
16-17	O	10	16	25	26	35	9	0
15-18	R	8	39	39	47	47	0	0
17-18	P	2	26	45	28	47	19	19
18-19	S	2	47	47	49	49	0	0

วิเคราะห์สายงานวิกฤต

จากตารางที่ 4.6 สามารถวิเคราะห์ได้ว่า วิธีการหล่อในที่ของคาน GB3 มีสายงานวิกฤตเป็นไปดังนี้ 1 – 2 – 7 – 10 – 13 – 15 – 18 – 19 และงานจะสิ้นสุดเมื่อผ่านไป 49 วัน ซึ่ง กิจกรรมวิกฤต (Critical activities) คือ กิจกรรม J, K, L, M, Q, R และ S ซึ่งกิจกรรมวิกฤตนี้ เป็นงานในส่วนของ คาน GB3 และ Slab 2 ทั้งนี้เป็นการวิเคราะห์งานในพื้นที่การทำงาน 1 Area ภายใต้งานไขคอนงาน 30 คน ทำงาน 12 ชั่วโมง/วัน และทำงานโดยไม่นับวันหยุด

- เวลาที่ใช้ในการก่อสร้างคาน GB3 โดยวิธีการหล่อคอนกรีตสำเร็จรูป

ตารางที่ 4.7 แสดงความสัมพันธ์ของงานและระยะเวลาในการทำงานโดยวิธีการหล่อคอนกรีตสำเร็จรูป

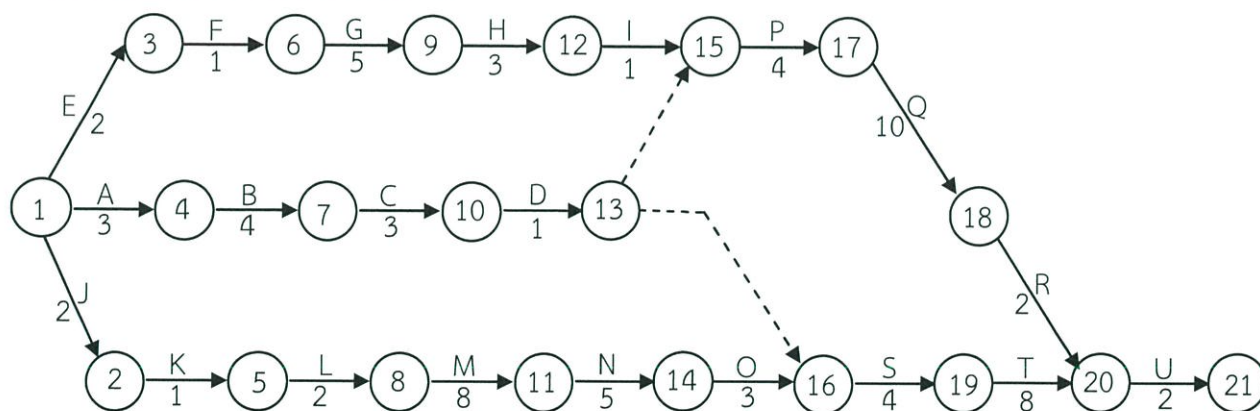
กลุ่มงาน	รายละเอียดงาน	เวลา (วัน)	Code	งานที่ต้องทำก่อน
GB5	งานติดตั้ง Truss เข้าแบบ Bottom Form (คาน GB5 และ GB1)	3	A	-
	งานผูกเหล็ก (คาน GB5 และ GB1)	4	B	A
	งานเข้าแบบข้าง (คาน GB5 และ GB1)	3	C	B
	งานเทคอนกรีต (คาน GB5 และ GB1)	1	D	C
GB4	งานเตรียมพื้นที่, Drainage (คาน GB4)	2	E	-
	งานถมดินปรับระดับ เท Lean Concrete (คาน GB4 และ GB1)	1	F	E
	งานผูกเหล็ก (คาน GB4 และ GB1)	5	G	F
	งานเข้าแบบข้าง (คาน GB4 และ GB1)	3	H	G
	งานเทคอนกรีต (คาน GB4 และ GB1)	1	I	H
GB3	งานผูกเหล็ก เข้าแบบ Precast (คาน GB3)	2	J	-
	งานเทคอนกรีต Precast (คาน GB3)	1	K	J
	งานวาง Precast และจัดแนวคาน (คาน GB3)	2	L	K
	งานผูกเหล็ก (คาน GB3 และ GB1)	8	M	L
	งานเข้าแบบข้าง (คาน GB3 และ GB1)	5	N	M
	งานเทคอนกรีต Layer 1-3 (คาน GB3 และ GB1)	3	O	N

ตารางที่ 4.7 (ต่อ)

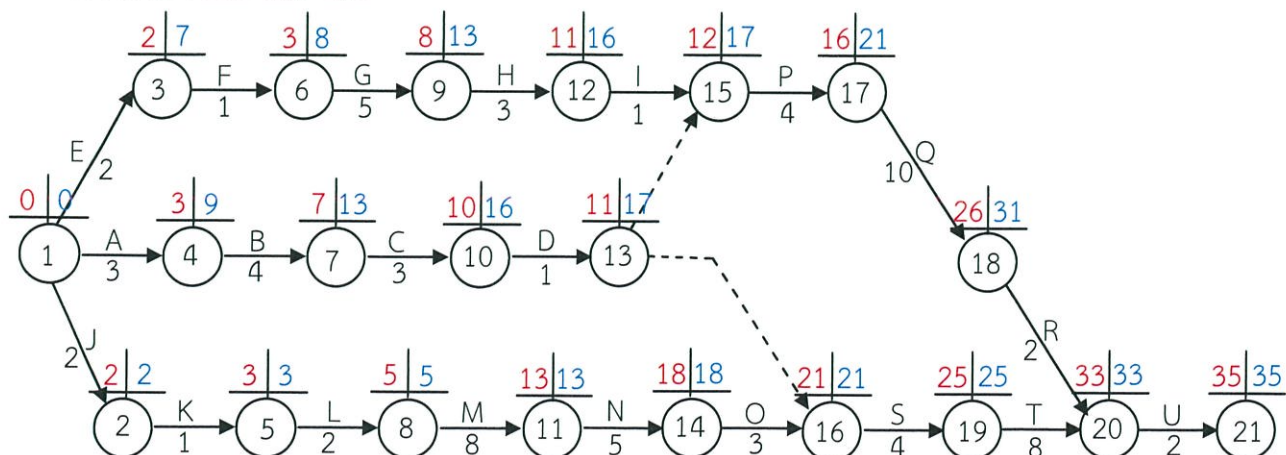
กลุ่มงาน	รายละเอียดงาน	เวลา (วัน)	Code	งานที่ต้องทำก่อน
Slab1	งานถมดินปรับระดับ เท Lean Concrete (คาน GB2 และ Slab)	4	P	D, I
	งานผูกเหล็ก (คาน GB2 และ Slab)	10	Q	P
	งานเทคอนกรีต (คาน GB2 และ Slab)	2	R	Q
Slab2	งานเข้าแบบ Precast Bottom Form (คาน GB2 และ Slab)	4	S	D, O
	งานผูกเหล็ก (คาน GB2 และ Slab)	8	T	S
	งานเทคอนกรีต (คาน GB2 และ Slab)	2	U	R, T

หมายเหตุ เวลาการทำงานนี้ คาดการณ์เฉพาะในพื้นที่การทำงาน 1 Area ภายใต้เงื่อนไขคนงาน 30 คน ทำงาน 10 ชั่วโมง/วัน และไม่นับวันหยุด

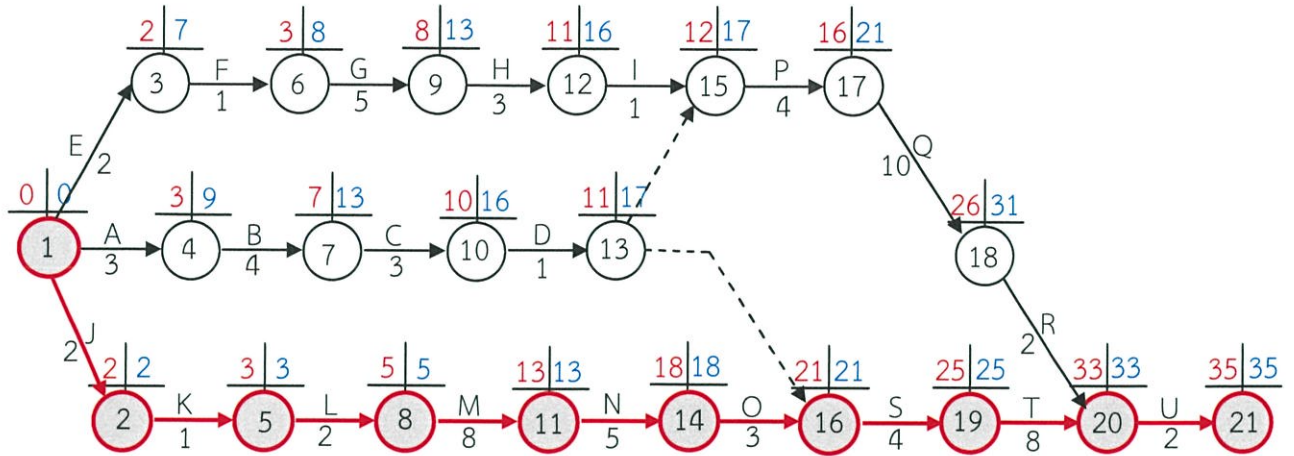
เขียนโครงข่ายความสัมพันธ์ของงาน



คำนวณเวลา ESD และ LFD



แสดงสายงานวิกฤต (Critical Path)



หา Total Float (TF) และ Free Float (FF)

ตารางที่ 4.8 แสดงการคำนวณ Total Float (TF) และ Free Float (FF) ของวิธีการหล่อคอนกรีตสำเร็จรูป

ปม	กิจกรรม	เวลา	วันเริ่มต้น		วันสิ้นสุด		TF	FF
			ESD	LSD	EFD	LFD		
1-2	J	2	0	0	2	2	0	0
1-3	E	2	0	5	2	7	5	0
1-4	A	3	0	6	3	9	6	0
2-5	K	1	2	2	3	3	0	0
3-6	F	1	2	7	3	8	5	0
4-7	B	4	3	9	7	13	6	0
5-8	L	2	3	3	5	5	0	0
6-9	G	5	3	8	8	13	5	0
7-10	C	3	7	13	10	16	6	0
8-11	M	8	5	5	13	13	0	0
9-12	H	3	8	13	11	16	5	0
10-13	D	1	10	16	11	17	6	0
11-14	N	5	13	13	18	18	0	0

ตารางที่ 4.8 (ต่อ)

ปม	กิจกรรม	เวลา	วันเริ่มต้น		วันสิ้นสุด		TF	FF
			ESD	LSD	EFD	LFD		
12-15	I	1	11	16	12	17	5	0
13-15	Dummy	0	11	17	11	17	6	1
13-16	Dummy	0	11	21	11	21	10	10
14-16	O	3	18	18	21	21	0	0
15-17	P	4	12	17	16	21	5	0
17-18	Q	10	16	21	26	31	5	0
16-19	S	4	21	21	25	25	0	0
18-20	R	2	26	31	28	33	5	5
19-20	T	8	25	25	33	33	0	0
20-21	U	2	33	33	35	35	0	0

วิเคราะห์สายงานวิกฤต

จากตารางที่ 4.8 สามารถวิเคราะห์ได้ว่า วิธีการหล่อชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูปของคาน GB3 มีสายงานวิกฤตเป็นไปดังนี้ 1 – 2 – 5 – 8 – 11 – 14 – 16 – 19 – 20 – 21 และงานจะสิ้นสุดเมื่อผ่านไป 35 วัน ซึ่ง กิจกรรมวิกฤต (Critical activities) คือ กิจกรรม J, K, L, M, N, O, S, T และ U ซึ่งกิจกรรมวิกฤตนี้ เป็นงานในส่วนของ คาน GB3 และ Slab 2 ทั้งนี้เป็นการวิเคราะห์งานในพื้นที่การทำงาน 1 Area ภายใต้งานโยนโยน 30 คน ทำงาน 10 ชั่วโมง/วัน และทำงานโดยไม่นับวันหยุด

4.2.3 ต้นทุนการก่อสร้าง (Construction cost)

- ต้นทุนการก่อสร้างคาน GB3 โดยวิธีการหล่อคอนกรีตในที่

ตารางที่ 4.9 ต้นทุนการก่อสร้างคาน GB3 โดยวิธีการหล่อคอนกรีตในที่ (Unit Area : 35.280 m.)

Code	Descriptions	Unit Area		Unit rate (Baht)	Amount (Baht)
		Total Qty.	Unit		
งานติด Truss เข้าแบบ Bottom form คาน GB3					
M10	Flat shuttering plate 60x120 cm.	49	EA	590.00	28,910.00
M15	Truss	28	EA	265.00	7,420.00
M17	Bolt 1000 mm. M24	112	EA	230.00	25,760.00
E01	Boom truck	0.167	Month	80,000.00	13,360.00
E03	Welding box	0.600	Month	5,500.00	3,300.00
F01	Boom truck fuel	0.167	Month	3,900.00	651.30
L01	Labour	12.000	Month	9,300.00	111,600.00
L02	Electrical staff	0.500	Month	10,000.00	5,000.00
L03	Foreman	0.500	Month	12,000.00	6,000.00
Total amount					202,001.30
งานผูกเหล็ก คาน GB3					
M02	Deformed bar 32 mm. SD50	46,119.00	kg.	19.00	876,261.00
M03	Deformed bar 20 mm. SD40	932.00	kg.	19.00	17,708.00
M04	Deformed bar 16 mm. SD40	5,017.00	kg.	20.20	101,343.40
M05	Deformed bar 12 mm. SD40	378.00	kg.	19.20	7,257.60
M06	Round bar 9 mm. SR24	259.00	kg.	19.90	5,154.10
M07	Coupler 32 mm.	363	EA	70.00	25,410.00
M08	Coupler 20 mm.	30	EA	43.00	1,290.00
M09	Coupler 16 mm.	30	EA	45.00	1,350.00
M13	Steel plate 700x700x22 mm.	28	EA	3,000.00	84,000.00

ตารางที่ 4.9 (ต่อ)

Code	Descriptions	Unit Area		Unit rate (Baht)	Amount (Baht)
		Total Qty.	Unit		
M14	Steel plate 600x400x20 mm.	28	EA	1,300.00	36,400.00
M16	Wire	1,055.00	kg.	27.80	29,329.00
M17	Bolt 1000 mm. M24	168	EA	230.00	38,640.00
M18	Bolt 1500 mm. M30	112	EA	630.00	70,560.00
E01	Boom truck	0.200	Month	80,000.00	16,000.00
E02	Mobile crane 25T	0.133	Month	150,000.00	19,950.00
E03	Welding box	0.133	Month	5,500.00	731.50
F01	Boom truck fuel	0.200	Month	3,900.00	780.00
F02	Mobile crane 25T fuel	0.133	Month	17,500.00	2,327.50
L01	Labour	12.000	Month	9,300.00	111,600.00
L02	Electrical staff	0.400	Month	10,000.00	4,000.00
L03	Foreman	0.400	Month	12,000.00	4,800.00
Total amount					1,454,892.10
งานเข้าแบบข้าง คาน GB3					
M10	Flat shuttering plate 60x120 cm.	392	EA	590.00	231,280.00
M11	Square pipe 50x50x2.3 mm. 6 m.	69	EA	600.00	41,400.00
M12	Square pipe 100x100x2.3 mm. 6 m.	18	EA	1,150.00	20,700.00
E01	Boom truck	0.167	Month	80,000.00	13,360.00
E03	Welding box	0.333	Month	5,500.00	1,831.50
F01	Boom truck fuel	0.167	Month	3,900.00	651.30
L01	Labour	5.000	Month	9,300.00	46,500.00
L02	Electrical staff	0.167	Month	10,000.00	1,670.00
L03	Foreman	0.167	Month	12,000.00	2,004.00
Total amount					359,396.80

ตารางที่ 4.9 (ต่อ)

Code	Descriptions	Unit Area		Unit rate (Baht)	Amount (Baht)
		Total Qty.	Unit		
งานเทคอนกรีต คาน GB3					
M01	Concrete (280 ksc cylinder) Layer1	19.00	cu.m.	1,530.00	29,070.00
M01	Concrete (280 ksc cylinder) Layer2	45.00	cu.m.	1,530.00	68,850.00
M01	Concrete (280 ksc cylinder) Layer3	186.00	cu.m.	1,530.00	284,580.00
E02	Mobile crane 25T	0.100	Month	150,000.00	15,000.00
E04	Concrete vibrator	0.100	Month	5,000.00	500.00
F02	Mobile crane 25T fuel	0.100	Month	17,500.00	1,750.00
L01	Labour	3.000	Month	9,300.00	27,900.00
L02	Electrical staff	0.100	Month	10,000.00	1,000.00
L03	Foreman	0.100	Month	12,000.00	1,200.00
Total amount					429,850.00

ตารางที่ 4.10 ต้นทุนการก่อสร้างคาน GB3 โดยวิธีการหล่อคอนกรีตในที่ (Project : 257.000 m.)

Code	Descriptions	Project		Unit rate (Baht)	Amount (Baht)
		Total Qty.	Unit		
งานติดตั้ง Truss เข้าแบบ Bottom form คาน GB3					
M10	Flat shuttering plate 60x120 cm.	147	EA	590.00	86,730.00
M15	Truss	84	EA	265.00	22,260.00
M17	Bolt 1000 mm. M24	336	EA	230.00	77,280.00
E01	Boom truck	1.193	Month	80,000.00	95,440.00
E03	Welding box	4.286	Month	5,500.00	23,573.00
F01	Boom truck fuel	1.193	Month	3,900.00	4,652.70
L01	Labour	85.716	Month	9,300.00	797,158.80
L02	Electrical staff	3.572	Month	10,000.00	35,720.00
L03	Foreman	3.572	Month	12,000.00	42,864.00
Total amount					1,185,678.50

ตารางที่ 4.10 (ต่อ)

Code	Descriptions	Project		Unit rate (Baht)	Amount (Baht)
		Total Qty.	Unit		
งานผูกเหล็ก คาน GB3					
M02	Deformed bar 32 mm. SD50	329,428.02	kg.	19.00	6,259,132.38
M03	Deformed bar 20 mm. SD40	6,657.28	kg.	19.00	126,488.32
M04	Deformed bar 16 mm. SD40	35,836.43	kg.	20.20	723,895.89
M05	Deformed bar 12 mm. SD40	2,700.05	kg.	19.20	51,840.96
M06	Round bar 9 mm. SR24	1,850.04	kg.	19.90	36,815.80
M07	Coupler 32 mm.	2,593	EA	70.00	181,510.00
M08	Coupler 20 mm.	215	EA	43.00	9,245.00
M09	Coupler 16 mm.	215	EA	45.00	9,675.00
M13	Steel plate 700x700x22 mm.	200	EA	3,000.00	600,000.00
M14	Steel plate 600x400x20 mm.	200	EA	1,300.00	260,000.00
M16	Wire	7,535.87	kg.	27.80	209,497.19
M17	Bolt 1000 mm. M24	1,200	EA	230.00	276,000.00
M18	Bolt 1500 mm. M30	800	EA	630.00	504,000.00
E01	Boom truck	1.429	Month	80,000.00	114,320.00
E02	Mobile crane 25T	0.950	Month	150,000.00	142,500.00
E03	Welding box	0.950	Month	5,500.00	5,225.00
F01	Boom truck fuel	1.429	Month	3,900.00	5,573.10
F02	Mobile crane 25T fuel	0.950	Month	17,500.00	16,625.00
L01	Labour	85.716	Month	9,300.00	797,158.80
L02	Electrical staff	2.857	Month	10,000.00	28,570.00
L03	Foreman	2.857	Month	12,000.00	34,284.00
Total amount					10,392,356.44

ตารางที่ 4.10 (ต่อ)

Code	Descriptions	Project		Unit rate (Baht)	Amount (Baht)
		Total Qty.	Unit		
งานเข้าแบบข้าง คาน GB3					
M10	Flat shuttering plate 60x120 cm.	1,176	EA	590.00	693,840.00
M11	Square pipe 50x50x2.3mm. 6 m.	207	EA	600.00	124,200.00
M12	Square pipe 100x100x2.3mm. 6 m.	54	EA	1,150.00	62,100.00
E01	Boom truck	1.193	Month	80,000.00	95,440.00
E03	Welding box	2.379	Month	5,500.00	13,084.50
F01	Boom truck fuel	1.193	Month	3,900.00	4,652.70
L01	Labour	35.715	Month	9,300.00	332,149.50
L02	Electrical staff	1.193	Month	10,000.00	11,930.00
L03	Foreman	1.193	Month	12,000.00	14,316.00
Total amount					1,351,712.70
งานเทคอนกรีต คาน GB3					
M01	Concrete (280 ksc cylinder) Layer1	135.72	cu.m.	1,530.00	207,651.60
M01	Concrete (280 ksc cylinder) Layer2	321.44	cu.m.	1,530.00	491,803.20
M01	Concrete (280 ksc cylinder) Layer3	1,328.60	cu.m.	1,530.00	2,032,758.00
E02	Mobile crane 25T	0.714	Month	150,000.00	107,100.00
E04	Concrete vibrator	0.714	Month	5,000.00	3,570.00
F02	Mobile crane 25T fuel	0.714	Month	17,500.00	12,495.00
L01	Labour	21.429	Month	9,300.00	199,289.70
L02	Electrical staff	0.714	Month	10,000.00	7,140.00
L03	Foreman	0.714	Month	12,000.00	8,568.00
Total amount					3,070,375.50

ตารางที่ 4.11 สรุปต้นทุนการก่อสร้างคาน GB3 โดยวิธีการหล่อคอนกรีตในที่ แบ่งตามงาน

Item	Descriptions	Amount (Unit Area)	Amount (Project)
		(Baht)	(Baht)
1	งานติดตั้ง Truss เข้าแบบ Bottom form คาน GB3	202,001.30	1,185,678.50
2	งานผูกเหล็ก คาน GB3	1,454,892.10	10,392,356.44
3	งานเข้าแบบข้าง คาน GB3	359,396.80	1,351,712.70
4	งานเทคอนกรีต คาน GB3	429,850.00	3,070,375.50
Total amount		2,446,140.20	16,000,123.14

ตารางที่ 4.12 สรุปต้นทุนการก่อสร้างคาน GB3 โดยวิธีการหล่อคอนกรีตในที่ (Unit Area : 35.280 m.)

Code	Descriptions	Unit Area		Unit rate (Baht)	Amount (Baht)
		Total Qty	Unit		
MATERIAL AND COMSUMABLE					
M01	Concrete (280 ksc cyl.inder)	250.00	cu.m.	1,530.00	382,500.00
M02	Deformed bar 32 mm. SD50	46,119.00	kg	19.00	876,261.00
M03	Deformed bar 20 mm. SD40	932.00	kg.	19.00	17,708.00
M04	Deformed bar 16 mm. SD40	5,017.00	kg.	20.20	101,343.40
M05	Deformed bar 12 mm. SD40	378.00	kg.	19.20	7,257.60
M06	Round bar 9 mm. SR24	259.00	kg.	19.90	5,154.10
M07	Coupler 32 mm.	363	EA	70.00	25,410.00
M08	Coupler 20 mm.	30	EA	43.00	1,290.00
M09	Coupler 16 mm.	30	EA	45.00	1,350.00
M10	Flat shuttering plate 60x120 cm.	441	EA	590.00	260,190.00
M11	Square pipe 50x50x2.3mm. 6 m.	69	EA	600.00	41,400.00
M12	Square pipe 100x100x2.3mm. 6 m	18	EA	1,150.00	20,700.00
M13	Steel plate 700x700x22mm.	28	EA	3,000.00	84,000.00

ตารางที่ 4.12 (ต่อ)

Code	Descriptions	Unit Area		Unit rate (Baht)	Amount (Baht)
		Total Qty	Unit		
M14	Steel plate 600x400x20 mm.	28	EA	1,300.00	36,400.00
M15	Truss	28	EA	265.00	7,420.00
M16	Wire	1,055.00	kg.	27.80	29,329.00
M17	Bolt 1000 mm. M24	280	EA	230.00	64,400.00
M18	Bolt 1500 mm. M30	112	EA	630.00	70,560.00
Total amount					2,032,673.10
EQUIPMENT					
E01	Boom truck	0.534	Month	80,000.00	42,720.00
E02	Mobile crane 25T	0.233	Month	150,000.00	34,950.00
E03	Welding box	1.066	Month	5,500.00	5,863.00
E04	Concrete vibrator	0.100	Month	5,000.00	500.00
Total amount					84,033.00
FUEL					
F01	Boom truck fuel	0.534	Month	3,900.00	2,082.60
F02	Mobile crane 25T fuel	0.233	Month	17,500.00	4,077.50
Total amount					6,160.10
LABOUR					
L01	Labour	32.000	Month	9,300.00	297,600.00
L02	Electrical staff	1.167	Month	10,000.00	11,670.00
L03	Foreman	1.167	Month	12,000.00	14,004.00
Total amount					323,274.00

ตารางที่ 4.13 สรุปต้นทุนการก่อสร้างคาน GB3 โดยวิธีการหล่อคอนกรีตในที่ (Project : 257.000 m.)

Code	Descriptions	Project		Unit rate (Baht)	Amount (Baht)
		Total Qty	Unit		
MATERIAL AND CONSUMABLE					
M01	Concrete (280 ksc cyl.)	1,785.76	cu.m.	1,530.00	2,732,212.80
M02	Deformed bar 32 mm. SD50	329,428.02	kg.	19.00	6,259,132.38
M03	Deformed bar 20 mm. SD40	6,657.28	kg.	19.00	126,488.32
M04	Deformed bar 16 mm. SD40	35,836.43	kg.	20.20	723,895.89
M05	Deformed bar 12 mm. SD40	2,700.05	kg.	19.20	51,840.96
M06	Round bar 9 mm. SR24	1,850.04	kg.	19.90	36,815.80
M07	Coupler 32 mm.	2,593	EA	70.00	181,510.00
M08	Coupler 20 mm.	215	EA	43.00	9,245.00
M09	Coupler 16 mm.	215	EA	45.00	9,675.00
M10	Flat shuttering plate 60x120 cm.	1,323	EA	590.00	780,570.00
M11	Square pipe 50x50x2.3mm. 6 m.	207	EA	600.00	124,200.00
M12	Square pipe 100x100x2.3mm. 6 m	54	EA	1,150.00	62,100.00
M13	Steel plate 700x700x22mm.	200	EA	3,000.00	600,000.00
M14	Steel plate 600x400x20 mm.	200	EA	1,300.00	260,000.00
M15	Truss	84	EA	265.00	22,260.00
M16	Wire	7,535.87	kg.	27.80	209,497.19
M17	Bolt 1000 mm. M24	1,536	EA	230.00	353,280.00
M18	Bolt 1500 mm. M30	800	EA	630.00	504,000.00
Total amount					13,046,723.34
EQUIPMENT					
E01	Boom truck	3.815	Month	80,000.00	305,200.00
E02	Mobile crane 25T	1.664	Month	150,000.00	249,600.00
E03	Welding box	7.615	Month	5,500.00	41,882.50
E04	Concrete vibrator	0.714	Month	5,000.00	3,570.00
Total amount					600,252.50

ตารางที่ 4.13 (ต่อ)

Code	Descriptions	Project		Unit rate (Baht)	Amount (Baht)
		Total Qty	Unit		
FUEL					
F01	Boom truck fuel	3.815	Month	3,900.00	14,878.50
F02	Mobile crane 25T fuel	1.664	Month	17,500.00	29,120.00
Total amount					43,998.50
LABOUR					
L01	Labour	228.576	Month	9,300.00	2,125,756.80
L02	Electrical staff	8.336	Month	10,000.00	83,360.00
L03	Foreman	8.336	Month	12,000.00	100,032.00
Total amount					2,309,148.80

ตารางที่ 4.14 สรุปต้นทุนการก่อสร้างคาน GB3 โดยวิธีการหล่อคอนกรีตในที่ แบ่งตามประเภทต้นทุน

Item	Descriptions	Amount (Unit Area)	Amount (Project)
		(Baht)	(Baht)
1	MATERIAL AND CONSUMABLE	2,032,673.10	13,046,723.34
2	EQUIPMENT	84,033.00	600,252.50
3	FUEL	6,160.10	43,998.50
4	LABOUR	323,274.00	2,309,148.80
Total amount		2,446,140.20	16,000,123.14

• ต้นทุนการก่อสร้างคาน GB3 โดยวิธีการหล่อคอนกรีตสำเร็จรูป

ตารางที่ 4.15 ต้นทุนการก่อสร้างคาน GB3 โดยวิธีการหล่อคอนกรีตสำเร็จรูป (Unit Area : 35.280 m.)

Code	Descriptions	Unit Area		Unit rate (Baht)	Amount (Baht)
		Total Qty	Unit		
งานผูกเหล็ก เข้าแบบ Precast					
M02	Deformed bar 32 mm. SD50	2,963.00	kg.	19.00	56,297.00
M07	Coupler 32 mm.	78	EA	70.00	5,460.00
M10	Flat shuttering plate 60x120 cm.	101	EA	590.00	59,590.00
M11	Square pipe 50x50x2.3 mm. 6 m.	25	EA	600.00	15,000.00
M12	Square pipe 100x100x2.3 mm. 6 m	13	EA	1,150.00	14,950.00
M16	Wire	60.00	kg.	27.80	1,668.00
E01	Boom truck	0.067	Month	80,000.00	5,360.00
E03	Welding box	0.067	Month	5,500.00	368.50
F01	Boom truck fuel	0.067	Month	3,900.00	261.30
L01	Labour	1.000	Month	9,300.00	9,300.00
L02	Electrical staff	0.067	Month	10,000.00	670.00
L03	Foreman	0.067	Month	12,000.00	804.00
Total amount					169,728.80
งานเทคอนกรีต Precast					
M01	Concrete (280 ksc cyl.)	9.00	cu.m.	1,530.00	13,770.00
E04	Concrete vibrator	0.033	Month	5,000.00	165.00
L01	Labour	0.500	Month	9,300.00	4,650.00
L02	Electrical staff	0.033	Month	10,000.00	330.00
L03	Foreman	0.033	Month	12,000.00	396.00
Total amount					19,311.00
งานวาง Precast และจัดแนว					
E01	Boom truck	0.067	Month	80,000.00	5,360.00
E02	Mobile crane 25T	0.067	Month	150,000.00	10,050.00

ตารางที่ 4.15 (ต่อ)

Code	Descriptions	Unit Area		Unit rate (Baht)	Amount (Baht)
		Total Qty	Unit		
F01	Boom truck fuel	0.067	Month	3,900.00	261.30
F02	Mobile crane 25T fuel	0.067	Month	17,500.00	1,172.50
L01	Labour	1.333	Month	9,300.00	12,396.90
L02	Electrical staff	0.067	Month	10,000.00	670.00
L03	Foreman	0.067	Month	12,000.00	804.00
Total amount					30,714.70
งานผูกเหล็ก คาน GB3					
M02	Deformed bar 32 mm. SD50	43,156.00	kg.	19.00	819,964.00
M03	Deformed bar 20 mm. SD40	932.00	kg.	19.00	17,708.00
M04	Deformed bar 16 mm. SD40	5,017.00	kg.	20.20	101,343.40
M05	Deformed bar 12 mm. SD40	378.00	kg.	19.20	7,257.60
M06	Round bar 9 mm. SR24	259.00	kg.	19.90	5,154.10
M07	Coupler 32 mm.	363	EA	70.00	25,410.00
M08	Coupler 20 mm.	30	EA	43.00	1,290.00
M09	Coupler 16 mm.	30	EA	45.00	1,350.00
M13	Steel plate 700x700x22 mm.	28	EA	3,000.00	84,000.00
M14	Steel plate 600x400x20 mm.	28	EA	1,300.00	36,400.00
M16	Wire	995.00	kg.	27.80	27,661.00
M17	Bolt 1000 mm. M24	168	EA	230.00	38,640.00
M18	Bolt 1500 mm. M30	112	EA	630.00	70,560.00
E01	Boom truck	0.200	Month	80,000.00	16,000.00
E02	Mobile crane 25T	0.200	Month	150,000.00	30,000.00
E03	Welding box	0.100	Month	5,500.00	550.00
F01	Boom truck fuel	0.200	Month	3,900.00	780.00
F02	Mobile crane 25T fuel	0.133	Month	17,500.00	2,327.50

ตารางที่ 4.15 (ต่อ)

Code	Descriptions	Unit Area		Unit rate (Baht)	Amount (Baht)
		Total Qty	Unit		
L01	Labour	8.000	Month	9,300.00	74,400.00
L02	Electrical staff	0.267	Month	10,000.00	2,670.00
L03	Foreman	0.267	Month	12,000.00	3,204.00
Total amount					1,366,669.60
งานเข้าแบบข้าง คาน GB3					
M10	Flat shuttering plate 60x120 cm.	340	EA	590.00	200,600.00
M11	Square pipe 50x50x2.3 mm. 6 m.	57	EA	600.00	34,200.00
M12	Square pipe 100x100x2.3 mm. 6 m	18	EA	1,150.00	20,700.00
E01	Boom truck	0.167	Month	80,000.00	13,360.00
E03	Welding box	0.333	Month	5,500.00	1,831.50
F01	Boom truck fuel	0.167	Month	3,900.00	651.30
L01	Labour	5.000	Month	9,300.00	46,500.00
L02	Electrical staff	0.167	month	10,000.00	1,670.00
L03	Foreman	0.167	month	12,000.00	2,004.00
Total amount					321,516.80
งานเทคอนกรีต คาน GB3					
M01	Concrete (280 ksc cyl.)	20.00	cu.m.	1,530.00	30,600.00
M01	Concrete (280 ksc cyl.)	35.00	cu.m.	1,530.00	53,550.00
M01	Concrete (280 ksc cyl.)	186.00	cu.m.	1,530.00	284,580.00
E02	Mobile crane 25T	0.100	Month	150,000.00	15,000.00
E04	Concrete vibrator	0.100	Month	5,000.00	500.00
F02	Mobile crane 25T fuel	0.100	Month	17,500.00	1,750.00
L01	Labour	3.000	Month	9,300.00	27,900.00
L02	Electrical staff	0.100	month	10,000.00	1,000.00
L03	Foreman	0.100	month	12,000.00	1,200.00
Total amount					416,080.00

ตารางที่ 4.16 ต้นทุนการก่อสร้างคาน GB3 โดยวิธีการหล่อคอนกรีตสำเร็จรูป (Project : 257.000 m.)

Code	Descriptions	Project		Unit rate (Baht)	Amount (Baht)
		Total Qty	Unit		
งานผูกเหล็ก เข้าแบบ Precast					
M02	Deformed bar 32 mm. SD50	21,164.71	kg.	19.00	402,129.49
M07	Coupler 32 mm.	557	EA	70.00	39,000.78
M10	Flat shuttering plate 60x120 cm.	101	EA	590.00	59,590.00
M11	Square pipe 50x50x2.3 mm. 6 m.	25	EA	600.00	15,000.00
M12	Square pipe 100x100x2.3 mm. 6 m.	13	EA	1,150.00	14,950.00
M16	Wire	428.58	kg.	27.80	11,914.52
E01	Boom truck	0.479	Month	80,000.00	38,320.00
E03	Welding box	0.479	Month	5,500.00	2,634.50
F01	Boom truck fuel	0.479	Month	3,900.00	1,868.10
L01	Labour	7.143	Month	9,300.00	66,429.90
L02	Electrical staff	0.479	Month	10,000.00	4,790.00
L03	Foreman	0.479	Month	12,000.00	5,748.00
Total amount					662,375.29
งานเทคอนกรีต Precast					
M01	Concrete (280 ksc cyl.)	64.29	cu.m.	1,530.00	98,363.70
E04	Concrete vibrator	0.236	Month	5,000.00	1,180.00
L01	Labour	3.572	Month	9,300.00	33,219.60
L02	Electrical staff	0.236	Month	10,000.00	2,360.00
L03	Foreman	0.236	Month	12,000.00	2,832.00
Total amount					137,955.30
งานวาง Precast และจัดแนว					
E01	Boom truck	0.479	Month	80,000.00	38,320.00
E02	Mobile crane 25T	0.479	Month	150,000.00	71,850.00
F01	Boom truck fuel	0.479	Month	3,900.00	1,868.10
F02	Mobile crane 25T fuel	0.479	Month	17,500.00	8,382.50

ตารางที่ 4.16 (ต่อ)

Code	Descriptions	Project		Unit rate (Baht)	Amount (Baht)
		Total Qty	Unit		
L01	Labour	9.522	Month	9,300.00	88,554.60
L02	Electrical staff	0.479	Month	10,000.00	4,790.00
L03	Foreman	0.479	Month	12,000.00	5,748.00
Total amount					219,513.20
งานผูกเหล็ก คาน GB3					
M02	Deformed bar 32 mm. SD50	308,263.31	kg.	19.00	5,857,002.89
M03	Deformed bar 20 mm. SD40	6,657.28	kg.	19.00	126,488.32
M04	Deformed bar 16 mm. SD40	35,836.43	kg.	20.20	723,895.89
M05	Deformed bar 12 mm. SD40	2,700.05	kg.	19.20	51,840.96
M06	Round bar 9 mm. SR24	1,850.04	kg.	19.90	36,815.80
M07	Coupler 32 mm.	2,593	EA	70.00	181,510.00
M08	Coupler 20 mm.	215	EA	43.00	9,245.00
M09	Coupler 16 mm.	215	EA	45.00	9,675.00
M13	Steel plate 700x700x22 mm.	200	EA	3,000.00	600,000.00
M14	Steel plate 600x400x20 mm.	200	EA	1,300.00	260,000.00
M16	Wire	7,107.29	kg.	27.80	197,582.66
M17	Bolt 1000 mm. M24	1,200	EA	230.00	276,000.00
M18	Bolt 1500 mm. M30	800	EA	630.00	504,000.00
E01	Boom truck	1.429	Month	80,000.00	114,320.00
E02	Mobile crane 25T	1.429	Month	150,000.00	214,350.00
E03	Welding box	0.714	Month	5,500.00	3,927.00
F01	Boom truck fuel	1.429	Month	3,900.00	5,573.10
F02	Mobile crane 25T fuel	0.950	Month	17,500.00	16,625.00
L01	Labour	57.144	Month	9,300.00	531,439.20
L02	Electrical staff	1.907	Month	10,000.00	19,070.00
L03	Foreman	1.907	Month	12,000.00	22,884.00
Total amount					9,762,244.82

ตารางที่ 4.16 (ต่อ)

Code	Descriptions	Project		Unit rate (Baht)	Amount (Baht)
		Total Qty	Unit		
งานเข้าแบบข้าง คาน GB3					
M10	Flat shuttering plate 60x120 cm.	1,020	EA	590.00	601,800.00
M11	Square pipe 50x50x2.3 mm. 6 m.	171	EA	600.00	102,600.00
M12	Square pipe 100x100x2.3 mm. 6 m.	54	EA	1,150.00	62,100.00
E01	Boom truck	1.193	Month	80,000.00	95,440.00
E03	Welding box	2.379	Month	5,500.00	13,084.50
F01	Boom truck fuel	1.193	Month	3,900.00	4,652.70
L01	Labour	35.715	month	9,300.00	332,149.50
L02	Electrical staff	1.193	month	10,000.00	11,930.00
L03	Foreman	1.193	month	12,000.00	14,316.00
Total amount					1,238,072.70
งานเทคอนกรีต คาน GB3					
M01	Concrete (280 ksc cyl.)	142.86	cu.m.	1,530.00	218,575.80
M01	Concrete (280 ksc cyl.)	250.01	cu.m.	1,530.00	382,515.30
M01	Concrete (280 ksc cyl.)	1,328.60	cu.m.	1,530.00	2,032,758.00
E02	Mobile crane 25T	0.714	month	150,000.00	107,100.00
E04	Concrete vibrator	0.714	Month	5,000.00	3,570.00
F02	Mobile crane 25T fuel	0.714	Month	17,500.00	12,495.00
L01	Labour	21.429	month	9,300.00	199,289.70
L02	Electrical staff	0.714	month	10,000.00	7,140.00
L03	Foreman	0.714	month	12,000.00	8,568.00
Total amount					2,972,011.80

ตารางที่ 4.17 สรุปต้นทุนการก่อสร้างคาน GB3 โดยวิธีการหล่อคอนกรีตสำเร็จรูป แบ่งตามงาน

Item	Descriptions	Amount (Unit Area)	Amount (Project)
		(Baht)	(Baht)
1	งานผูกเหล็ก เข้าแบบ Precast	169,728.80	662,375.29
2	งานเทคอนกรีต Precast	19,311.00	137,955.30
3	งานวาง Precast และจัดแนว	30,714.70	219,513.20
4	งานผูกเหล็ก คาน GB3	1,366,669.60	9,762,244.82
5	งานเข้าแบบข้าง คาน GB3	321,516.80	1,238,072.70
6	งานเทคอนกรีต คาน GB3	416,080.00	2,972,011.80
Total amount		2,324,020.90	14,992,173.11

ตารางที่ 4.18 สรุปต้นทุนการก่อสร้างคาน GB3 โดยวิธีการหล่อคอนกรีตสำเร็จรูป (Unit Area:35.280m.)

Code	Descriptions	Unit Area		Unit rate (Baht)	Amount (Unit are)
		Total Qty	Unit		
MATERIAL AND COMSUMABLE					
M01	Concrete (280 ksc cyl.)	250.00	cu.m.	1,530.00	382,500.00
M02	Deformed bar 32 mm. SD50	46,119.00	kg	19.00	876,261.00
M03	Deformed bar 20 mm. SD40	932.00	kg.	19.00	17,708.00
M04	Deformed bar 16 mm. SD40	5,017.00	kg.	20.20	101,343.40
M05	Deformed bar 12 mm. SD40	378.00	kg.	19.20	7,257.60
M06	Round bar 9 mm. SR24	259.00	kg.	19.90	5,154.10
M07	Coupler 32 mm.	441	EA	70.00	30,870.00
M08	Coupler 20 mm.	30	EA	43.00	1,290.00
M09	Coupler 16 mm.	30	EA	45.00	1,350.00
M10	Flat shuttering plate 60x120 cm.	441	EA	590.00	260,190.00

ตารางที่ 4.18 (ต่อ)

Code	Descriptions	Unit Area		Unit rate (Baht)	Amount (Unit are)
		Total Qty	Unit		
M11	Square pipe 50x50x2.3 mm. 6 m.	82	EA	600.00	49,200.00
M12	Square pipe 100x100x2.3 mm. 6 m	31	EA	1,150.00	35,650.00
M13	Steel plate 700x700x22 mm.	28	EA	3,000.00	84,000.00
M14	Steel plate 600x400x20 mm.	28	EA	1,300.00	36,400.00
M16	Wire	1,055.00	kg.	27.80	29,329.00
M17	Bolt 1000 mm. M24	168	EA	230.00	38,640.00
M18	Bolt 1500 mm. M30	112	EA	630.00	70,560.00
Total amount					2,027,703.10
EQUIPMENT					
E01	Boom truck	0.501	Month	80,000.00	40,080.00
E02	Mobile crane 25T	0.367	Month	150,000.00	55,050.00
E03	Welding box	0.500	Month	5,500.00	2,750.00
E04	Concrete vibrator	0.133	Month	5,000.00	665.00
Total amount					98,545.00
FUEL					
F01	Boom truck fuel	0.501	Month	3,900.00	1,953.90
F02	Mobile crane 25T fuel	0.300	Month	17,500.00	5,250.00
Total amount					7,203.90
LABOUR					
L01	Labour	18.833	Month	9,300.00	175,146.90
L02	Electrical staff	0.701	Month	10,000.00	7,010.00
L03	Foreman	0.701	Month	12,000.00	8,412.00
Total amount					190,568.90

ตารางที่ 4.19 สรุปต้นทุนการก่อสร้างคาน GB3 โดยวิธีการหล่อคอนกรีตสำเร็จรูป (Project:257.000m.)

Code	Descriptions	Project		Unit rate (Baht)	Amount (Project)
		Total Qty	Unit		
MATERIAL AND COMSUMABLE					
M01	Concrete (280 ksc cyl.)	1,785.76	cu.m.	1,530.00	2,732,212.80
M02	Deformed bar 32 mm. SD50	329,428.02	kg.	19.00	6,259,132.38
M03	Deformed bar 20 mm. SD40	6,657.28	kg.	19.00	126,488.32
M04	Deformed bar 16 mm. SD40	35,836.43	kg.	20.20	723,895.89
M05	Deformed bar 12 mm. SD40	2,700.05	kg.	19.20	51,840.96
M06	Round bar 9 mm. SR24	1,850.04	kg.	19.90	36,815.80
M07	Coupler 32 mm.	3,150	EA	70.00	220,510.78
M08	Coupler 20 mm.	215	EA	43.00	9,245.00
M09	Coupler 16 mm.	215	EA	45.00	9,675.00
M10	Flat shuttering plate 60x120 cm.	1,121	EA	590.00	661,390.00
M11	Square pipe 50x50x2.3 mm. 6 m.	196	EA	600.00	117,600.00
M12	Square pipe 100x100x2.3 mm. 6 m	67	EA	1,150.00	77,050.00
M13	Steel plate 700x700x22 mm.	200	EA	3,000.00	600,000.00
M14	Steel plate 600x400x20 mm.	200	EA	1,300.00	260,000.00
M16	Wire	7,535.87	kg.	27.80	209,497.19
M17	Bolt 1000 mm. M24	1,200	EA	230.00	276,000.00
M18	Bolt 1500 mm. M30	800	EA	630.00	504,000.00
Total amout					12,875,354.12
EQUIPMENT					
E01	Boom truck	3.580	Month	80,000.00	286,400.00
E02	Mobile crane 25T	2.622	Month	150,000.00	393,300.00
E03	Welding box	3.572	Month	5,500.00	19,646.00
E04	Concrete vibrator	0.950	Month	5,000.00	4,750.00
Total amout					704,096.00

ตารางที่ 4.19 (ต่อ)

Code	Descriptions	Project		Unit rate (Baht)	Amount (Project)
		Total Qty	Unit		
FUEL					
F01	Boom truck fuel	3.580	Month	3,900.00	13,962.00
F02	Mobile crane 25T fuel	2.143	Month	17,500.00	37,502.50
Total amount					51,464.50
LABOUR					
L01	Labour	134.525	Month	9,300.00	1,251,082.50
L02	Electrical staff	5.008	Month	10,000.00	50,080.00
L03	Foreman	5.008	Month	12,000.00	60,096.00
Total amount					1,361,258.50

ตารางที่ 4.20 สรุปต้นทุนการก่อสร้างคาน GB3 โดยวิธีการหล่อคอนกรีตสำเร็จรูป แบ่งตามประเภทต้นทุน

Item	Descriptions	Amount (Unit Area)	Amount (Project)
		(Baht)	(Baht)
1	MATERIAL AND CONSUMABLE	2,027,703.10	12,875,354.12
2	EQUIPMENT	98,545.00	704,096.00
3	FUEL	7,203.90	51,464.50
4	LABOUR	109,568.90	1,361,258.50
Total amount		2,243,020.90	14,992,173.12

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 สรุปผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบขั้นตอนวิธีการก่อสร้าง (Construction procedure)

การก่อสร้างโดยวิธีการหล่อคอนกรีตสำเร็จรูป มีขั้นตอนการทำงานหลายขั้นตอนมากกว่าการหล่อคอนกรีตในที่ ทั้งนี้ต้องใช้ความแม่นยำตั้งแต่การวัดระยะช่องสำหรับเกราด์ และช่องเว้นระหว่าง 2 ชั้นส่วน ควรวัดจากหน้างานจริง ไม่ควรใช้ระยะตามแบบ เนื่องจากมีความคลาดเคลื่อนอยู่ และการใส่เหล็กเสริมในชั้นส่วน ต้องต่อกันตลอดแนวก่อนการเทคอนกรีต และต้องมีความยาวของเหล็กมากพอเพื่อการให้ตัวในขั้นตอนการประกอบจะทำได้ง่าย และในขั้นตอนการวางชั้นส่วนคอนกรีตเพื่อประกอบกันต้องใช้ความระมัดระวังและความชำนาญในการใช้เครนรวมถึงการติดตั้ง ทั้งนี้เหตุผลดังกล่าวทำให้การทำงานโดยวิธีการหล่อคอนกรีตสำเร็จรูปทำงานได้ยากกว่าการหล่อคอนกรีตในที่ ที่เป็นการทำงานทั่วไปตามหลักการทางวิศวกรรมโยธา ไม่ต้องใช้ทักษะมากนัก

ด้วยเงื่อนไขการทำงาน เป็นการก่อสร้างโครงสร้างริมน้ำ ทำให้การทำงานโดยการหล่อคอนกรีตในที่ ที่ไม่ต้องใช้ทักษะมาก แต่ยังทำงานได้ยากเนื่องจากเวลาที่ทำงานอาจต้องอยู่ในน้ำ เนื่องจากน้ำขึ้น เป็นอุปสรรคต่อการทำงาน ทำให้ได้เนื้องานน้อย และอาจเป็นอันตรายจากมลพิษทางน้ำ และผลจากการแช่น้ำเป็นประจำเป็นระยะเวลานาน ทั้งนี้จึงจำเป็นต้องทำงานโดยวิธีการหล่อคอนกรีตสำเร็จรูป ที่ไม่ต้องใช้เวลาในการทำงานมากเหมือนวิธีการหล่อคอนกรีตในที่ ลดการทำงานเมื่อน้ำขึ้น จึงทำให้ผลสำเร็จของงานได้มากกว่า

ทั้งนี้ สำหรับการก่อสร้างโครงสร้างริมน้ำที่ไม่ใช้ระบบกันน้ำ ซึ่งผลของการขึ้นลงของระดับน้ำส่งผลกับการทำงานก่อสร้าง จึงควรใช้วิธีการหล่อคอนกรีตสำเร็จรูป ที่คนงานสามารถทำงานได้ง่ายกว่าวิธีการหล่อคอนกรีตในที่ ทำให้ได้ผลสำเร็จของงานมากกว่า

5.1.2 สรุปผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง (Construction period)

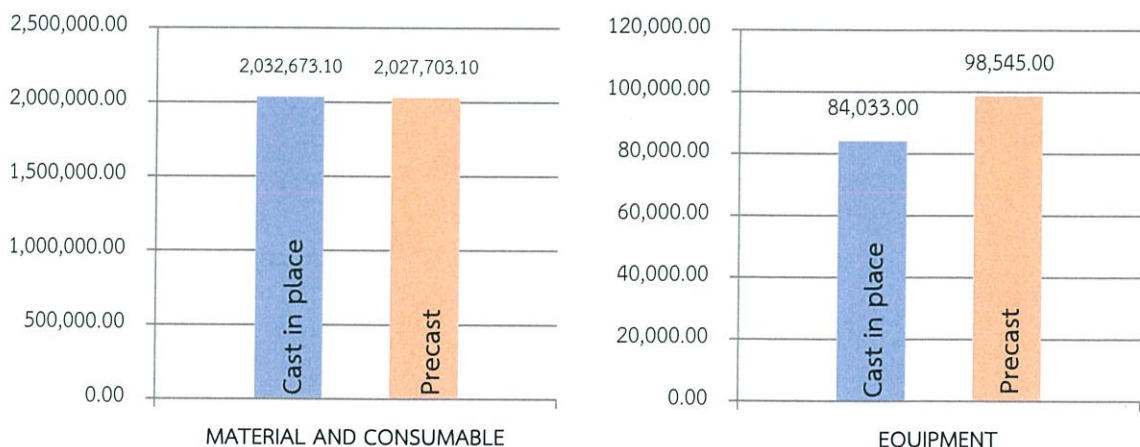
จากการวิเคราะห์เวลาโดยวิธีเส้นทางวิกฤต (Critical path method analysis, CPM) ของงานโครงสร้างโครงการในหนึ่งพื้นที่การทำงาน (35.280 m.) พบว่าหมวดงานคาน GB3 เป็นสายงานวิกฤต ที่มีผลกับเวลาแล้วเสร็จของโครงการโดยตรง ทั้งนี้ การลดเวลาการก่อสร้างของโครงการ โดยการเร่งงาน ไม่สามารถใช้ได้กับการก่อสร้างที่ผลของการขึ้นลงของระดับน้ำ ส่งผลกับเวลาการทำงานก่อสร้าง เนื่องจากไม่สามารถเพิ่มเวลาการทำงานได้ และการเพิ่มคนงาน ก็ไม่ใช่ทางเลือกที่สามารถทำได้เช่นกัน ด้วยข้อจำกัดของพื้นที่การทำงาน ทั้งนี้ การเปลี่ยนวิธีการทำงานจึงเป็นตัวเลือกสำคัญ ที่จะสามารถลดเวลาได้ โดย จากการวิเคราะห์เวลาจากโครงข่าย CPM สามารถทราบได้ว่า เวลาที่ใช้ในการก่อสร้างในหนึ่งพื้นที่การทำงาน ของวิธีการหล่อคอนกรีตในที่ ใช้เวลาในการทำงาน 49 วัน ในขณะที่วิธีการหล่อคอนกรีตสำเร็จรูป ใช้เวลา 35 วัน ทั้งนี้ เร็วกว่า 14 วัน ใน 1 พื้นที่การทำงาน และทั้งโครงการของวิธีการหล่อคอนกรีตในที่ ใช้เวลา 350 วัน ในขณะที่วิธีการหล่อคอนกรีตสำเร็จรูป ใช้เวลา 250 วัน ลดเวลาของโครงการได้ 100 วัน

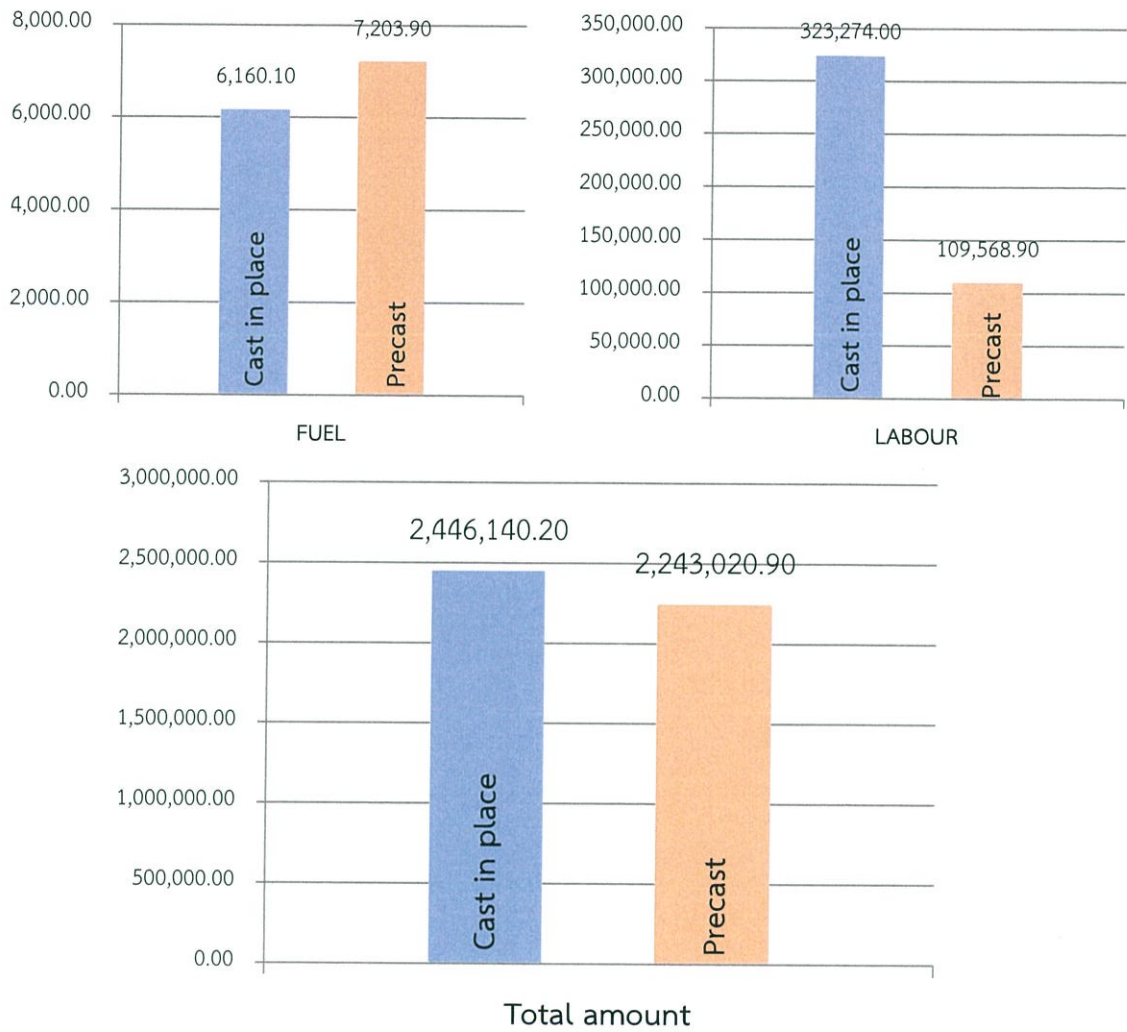
ทั้งนี้ สามารถสรุปได้ว่า การก่อสร้างโดยวิธีการหล่อคอนกรีตสำเร็จรูป สามารถลดเวลาการทำงานได้มากถึง 33.33% เมื่อเทียบกับวิธีการหล่อคอนกรีตในที่ โดยผลของการวิจัยคำนวณจากการก่อสร้างโครงสร้างริมน้ำที่ไม่ใช่ระบบกันน้ำ และผลของการขึ้นลงของระดับน้ำส่งผลกับการทำงานก่อสร้าง

5.1.3 สรุปผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบต้นทุนการก่อสร้าง (Construction cost)

- เปรียบเทียบต้นทุนการก่อสร้างตามประเภทของต้นทุน (Unit area : 35.280 m.)

จากตารางที่ 4.14 และ 4.20 สามารถนำมาเขียนแผนภูมิเปรียบเทียบได้ดังนี้

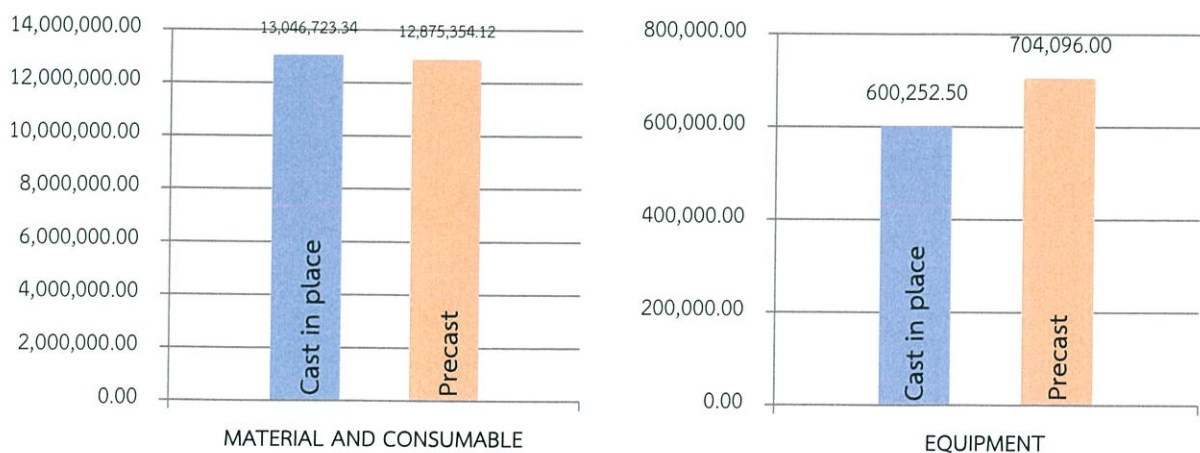


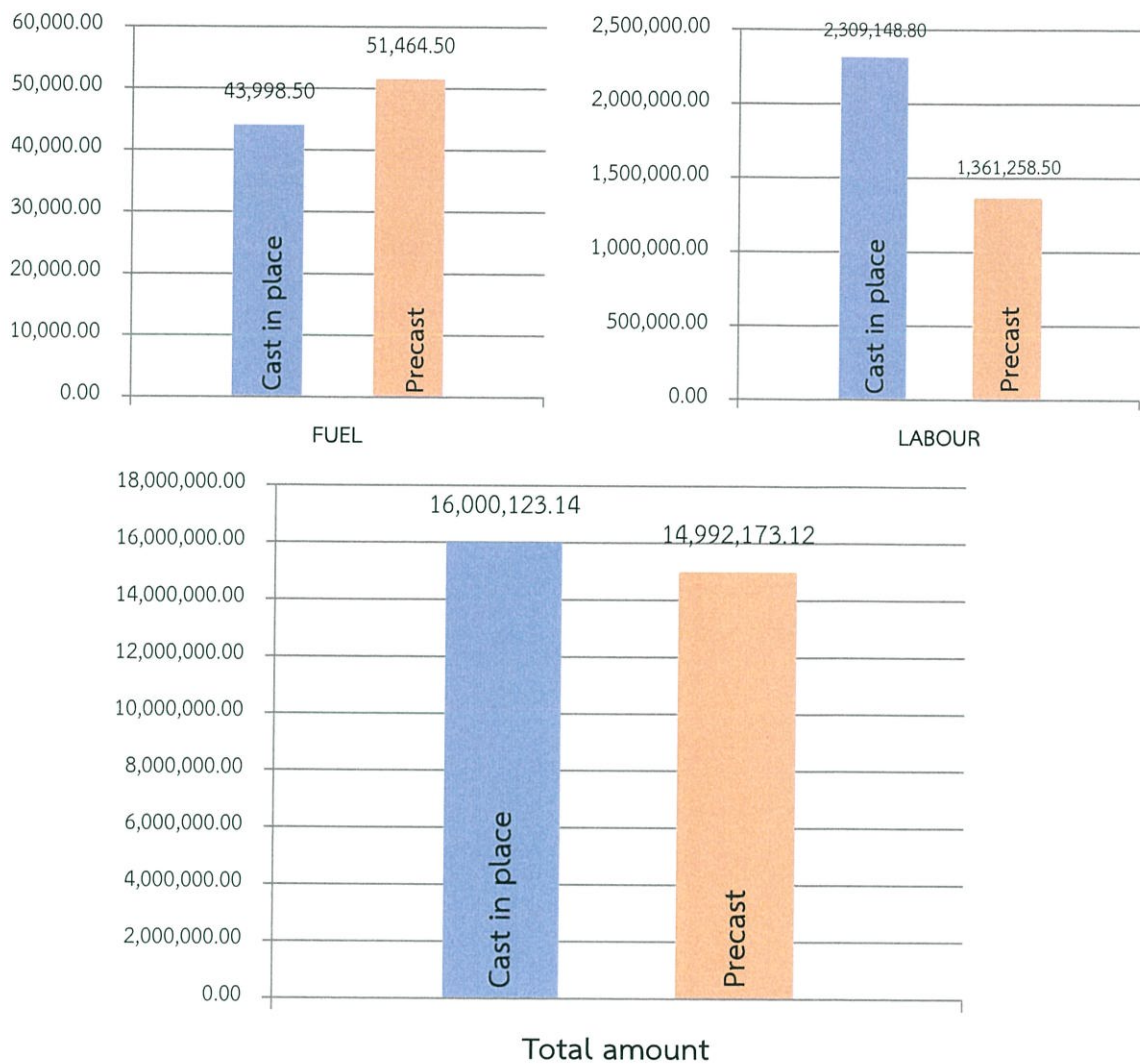


ภาพที่ 5.1 แผนภูมิเปรียบเทียบต้นทุนการก่อสร้างตามประเภทของต้นทุน (Unit area : 35.280 m.)

- เปรียบเทียบต้นทุนการก่อสร้างตามประเภทของต้นทุน (Project : 257.000 m.)

จากตารางที่ 4.14 และ 4.20 สามารถนำมาเขียนแผนภูมิเปรียบเทียบได้ดังนี้





ภาพที่ 5.2 แผนภูมิเปรียบเทียบต้นทุนการก่อสร้างตามประเภทของต้นทุน (Project : 257.000 m.)

ตารางที่ 5.1 แสดงเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของต้นทุนการก่อสร้าง (Unit area : 35.280 m.)

Item	Description	Cast in place (Baht)	Precast (Baht)	Difference (Baht)	% Difference (%)
1	Material & Consumable	2,032,673.10	2,027,703.10	4,970.00	0.24
2	Equipment	84,033.00	98,545.00	-14,512.00	-15.90
3	Fuel	6,160.10	7,203.90	-1,043.80	-15.62
4	Labour	323,274.00	109,568.90	213,705.10	98.74
Total		2,446,140.20	2,243,020.90	203,119.30	8.66

หมายเหตุ ค่า Difference และ % Difference คือค่าของต้นทุนที่ Precast น้อยกว่า Cast in place

ตารางที่ 5.2 แสดงเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของต้นทุนการก่อสร้าง (Project : 257.000 m.)

Item	Description	Cast in place (Baht)	Precast (Baht)	Difference (Baht)	% Difference (%)
1	Material & Consumable	13,046,723.34	12,875,354.12	171,369.22	1.32
2	Equipment	600,252.50	704,096.00	-103,843.50	-15.92
3	Fuel	43,998.50	51,464.50	-7,466.00	-15.64
4	Labour	2,309,148.80	1,361,258.50	947,890.30	51.65
Total		16,000,123.14	14,992,173.12	1,007,950.02	6.50

หมายเหตุ ค่า Difference และ % Difference คือค่าของต้นทุนที่ Precast น้อยกว่า Cast in place

- สรุปผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบต้นทุนการก่อสร้าง (Construction cost)

จากตารางที่ 5.1 และ 5.2 จะเห็นว่า ต้นทุนประเภทวัสดุสิ้นเปลือง (Material and consumable) ของการก่อสร้างโดยการหล่อคอนกรีตสำเร็จรูปมีต้นทุนการก่อสร้างน้อยกว่าการหล่อในที่ 1.32% แต่มูลค่าของต้นทุนประเภทนี้ มีค่ามาก จึงมีผลต่อทั้งโครงการในภาพรวม และต้นทุนค่าแรงงาน (Labour) ที่วิธีการหล่อคอนกรีตสำเร็จรูปน้อยกว่าถึง 51.65% ซึ่งถือว่าส่งผลมากอย่างมีนัยสำคัญต่อต้นทุนรวม และค่าของต้นทุนเครื่องจักร อุปกรณ์ (Equipment) และเชื้อเพลิง (Fuel) ของวิธีการหล่อคอนกรีตสำเร็จรูปมีค่ามากกว่าประมาณ 15% ทั้งนี้ จึงไม่ควรมองข้ามการพิจารณาต้นทุนก่อนการตัดสินใจเลือกวิธีการทำงาน

การก่อสร้างโดยวิธีการหล่อคอนกรีตสำเร็จรูป มีต้นทุนน้อยกว่าการก่อสร้างโดยวิธีการหล่อคอนกรีตในที่ 6.50 % สำหรับโครงสร้างคาน้ำที่ไม่ใช้ระบบกันน้ำ ซึ่งผลของการขึ้นลงของระดับน้ำส่งผลกับเวลาการทำงานก่อสร้าง ทั้งนี้ ผลของการวิจัย คำนวณจากการทำงานโครงสร้างคาน้ำ ยาว 257.000 ม. ปริมาตรคอนกรีต 1,790 ลบ.ม. และปริมาณเหล็ก 552,265 กก. ซึ่งโครงการฯ สามารถลดต้นทุนได้ 1,007,950.02 บาท

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัย พบว่า การก่อสร้างในลักษณะที่เป็นโครงสร้างริมน้ำ ที่การขึ้น-ลงของน้ำมีผลกับการทำงานก่อสร้าง ควรมีการศึกษาอย่างละเอียดก่อนเริ่มการก่อสร้าง ในเรื่องเวลาที่สามารถทำงานได้ เนื่องจากการทำงานในแต่ละช่วงเวลาของปี ระดับน้ำขึ้น-ลง สูงสุด แตกต่างกัน มีผลกับเวลาการทำงาน อาจทำให้โครงการล่าช้าได้ ทั้งนี้ จากการวิจัยพบว่า วิธีการก่อสร้างโดยการหล่อคอนกรีตสำเร็จรูป ให้ประสิทธิภาพการทำงานมากกว่าระบบหล่อคอนกรีตในที่ ทั้งนี้ ผู้ออกแบบควรให้ความสำคัญและออกแบบในระบบหล่อคอนกรีตสำเร็จรูป เพื่อไม่ให้เสียเวลาในการเปลี่ยนแปลงแบบ หรือเปลี่ยนวิธีการทำงานในภายหลัง และยังสามารถลดต้นทุนการก่อสร้างลงได้

เอกสารอ้างอิง

- กรมอุทกศาสตร์กองทัพเรือ. ท่าเรือกรุงเทพ (กรุงเทพมหานคร). ระดับน้ำทำนายน สูงสุด - ต่ำสุด ปี ๒๕๖๐. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.hydro.navy.mi.th/tide60/bh2017.pdf>. (วันที่สืบค้นข้อมูล : 10 กันยายน 2560).
- คณะกรรมการจัดทำหนังสือเพื่อจำหน่าย กรมบัญชีกลาง. (2555). หลักเกณฑ์การคำนวณราคากลางงานก่อสร้าง. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : กองทุนสวัสดิการกรมบัญชีกลาง.
- คณะกรรมการจัดทำหนังสือเพื่อจำหน่าย กรมบัญชีกลาง. (2555). แนวทาง วิธีปฏิบัติ และรายละเอียดประกอบการคำนวณราคากลางงานก่อสร้าง. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : กองทุนสวัสดิการกรมบัญชีกลาง.
- จักรพงษ์ พงษ์พิง. “การวิเคราะห์โครงข่าย CPM” เอกสารประกอบการสอนวิชา 01096051 วิศวกรรมก่อสร้างและการจัดการ CONSTRUCTION ENGINEERING AND MANAGEMENT. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 1 – 23
- ทวิจรัส สาโรชสกุลชัย. การเกิดน้ำขึ้นน้ำลง (Ocean Tides). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.narit.or.th/index.php/nso/96-oceantides>. (วันที่สืบค้นข้อมูล : 15 พฤศจิกายน 2560).
- นทีกานต์ สุเมธสิทธิกุล. การวางแผนโครงการด้วย PERT/CPM. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://staff.cs.psu.ac.th/natikan/344-381/PRET-CPM_1/PERT.htm. (วันที่สืบค้นข้อมูล : 8 พฤศจิกายน 2560).
- บัญญัติสยาม. ต้นทุนก่อสร้าง. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://silaplus4cons.igetweb.com/index.php?lite=article&qid=42126805>. (วันที่สืบค้นข้อมูล : 28 พฤศจิกายน 2560).
- วิทยา สุขคนธา. (2560). ขั้นตอนวิธีการทำงาน งานคอนกรีตโครงสร้างส่วน Pile Cap หน้าท่า. P.9/P/5/428. บริษัท อิตาเลียนไทย ดีเวล็อปเมนต์ จำกัด (มหาชน). 1 – 17.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

วิทยา สุคนธา. (2560). ขั้นตอนวิธีการทำงาน งาน Precast คอนกรีตโครงสร้างส่วน Pile Cap หน้าท่า (แก้ไขตาม Comment ครั้งที่ 1). P.9/P/5/523-2. บริษัท อิตาเลียนไทย ดีเวล็อปเมนต์ จำกัด (มหาชน). 1 – 27.

อนุรักษ์ ทองสุโขวงศ์. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการบัญชีต้นทุน. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://home.kku.ac.th/anuton/cost%20accounting/cost%20split.htm>. (วันที่สืบค้นข้อมูล : 28 พฤศจิกายน 2560).

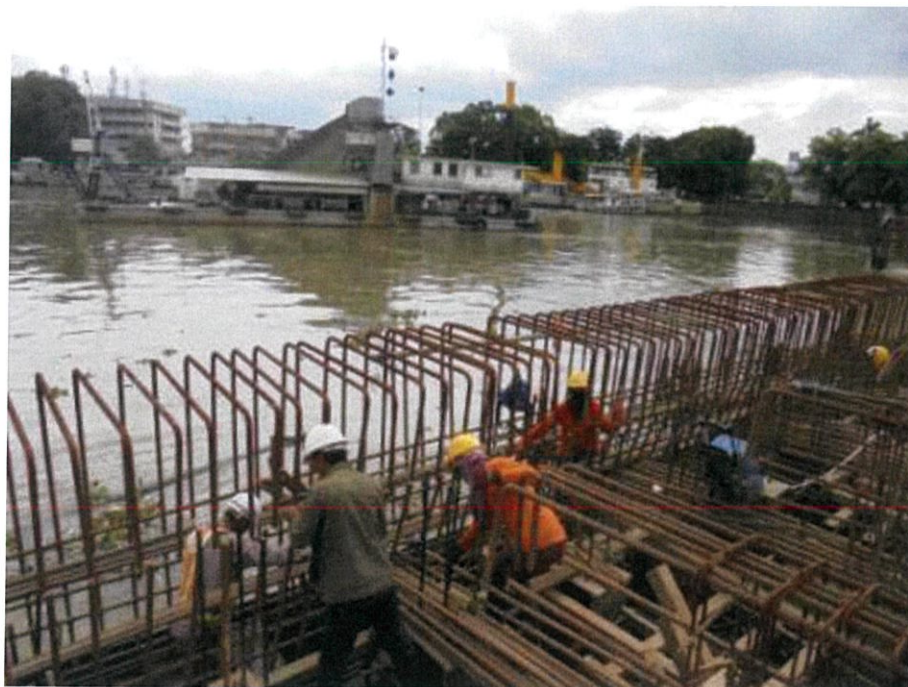
อชิฎา แก้วประเสริฐ. บ้านระบบผนังสำเร็จรูป Precast. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.scgbuildingmaterials.com/th/HomeConsult/Blog/>. (วันที่สืบค้นข้อมูล : 10 ธันวาคม 2560).

ภาคผนวก ก.

ภาพการก่อสร้าง คาน GB3



ภาพที่ ก.1 แสดงขั้นตอนการเข้าแบบหล่อคอนกรีตในที่ คาน GB3



ภาพที่ ก.2 แสดงขั้นตอนการผูกเหล็ก คาน GB3 วิธีการหล่อคอนกรีตในที่



ภาพที่ ก.3 แสดงขั้นตอนการเทคอนกรีตในที่ คาน GB3



ภาพที่ ก.4 น้ำขึ้นถึงระดับที่ไม่สามารถทำงานได้



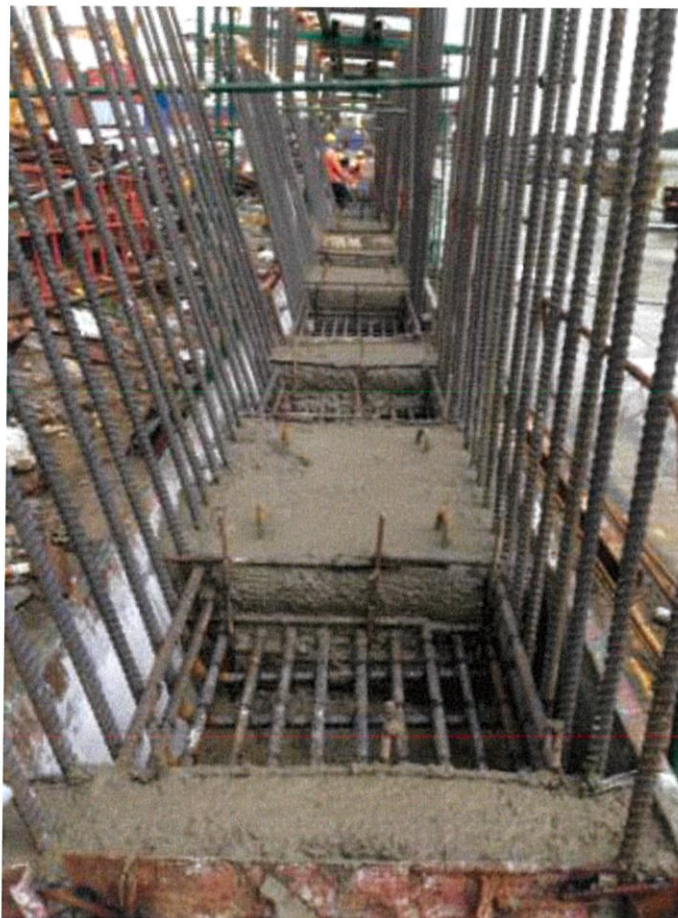
ภาพที่ ก.5 แสดงขั้นตอนการผูกเหล็กชั้นส่วนคานคอนกรีตสำเร็จรูป



ภาพที่ ก.6 แสดงขั้นตอนการ Block-out ตำแหน่งหัวเสาเข็ม ชั้นส่วนคานคอนกรีตสำเร็จรูป



ภาพที่ ก.7 แสดงช่วงระหว่างชั้นส่วนคานคอนกรีตสำเร็จรูป (ต่อด้วยข้อต่อเกลียว)



ภาพที่ ก.8 แสดงขั้นตอนการเทคอนกรีตชั้นส่วนคานคอนกรีตสำเร็จรูป



ภาพที่ ก.9 แสดงชิ้นส่วนคานคอนกรีตสำเร็จรูป 1 ชั้นส่วน (1)



ภาพที่ ก.10 แสดงชิ้นส่วนคานคอนกรีตสำเร็จรูป 1 ชั้นส่วน (2)



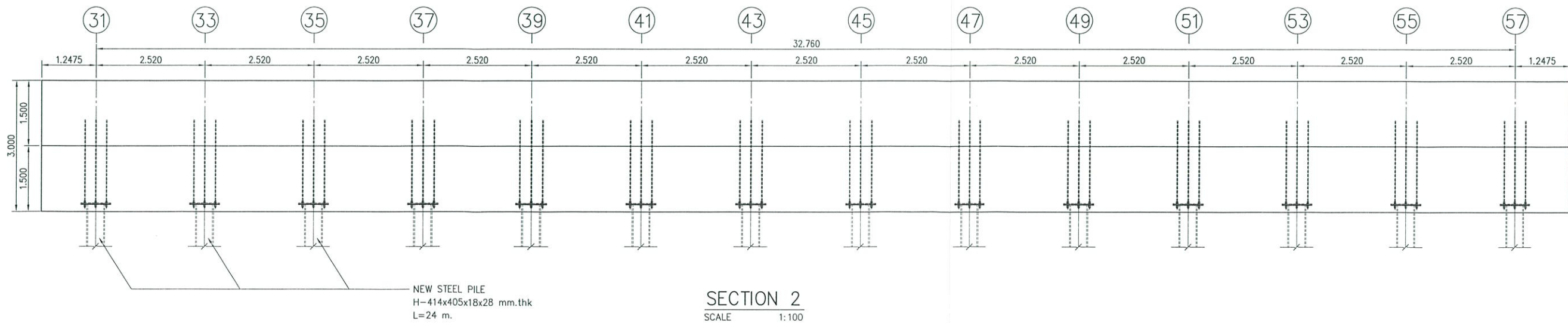
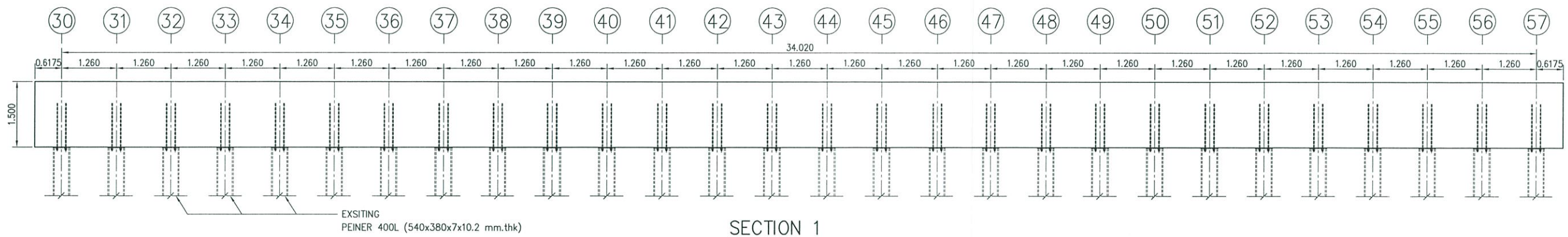
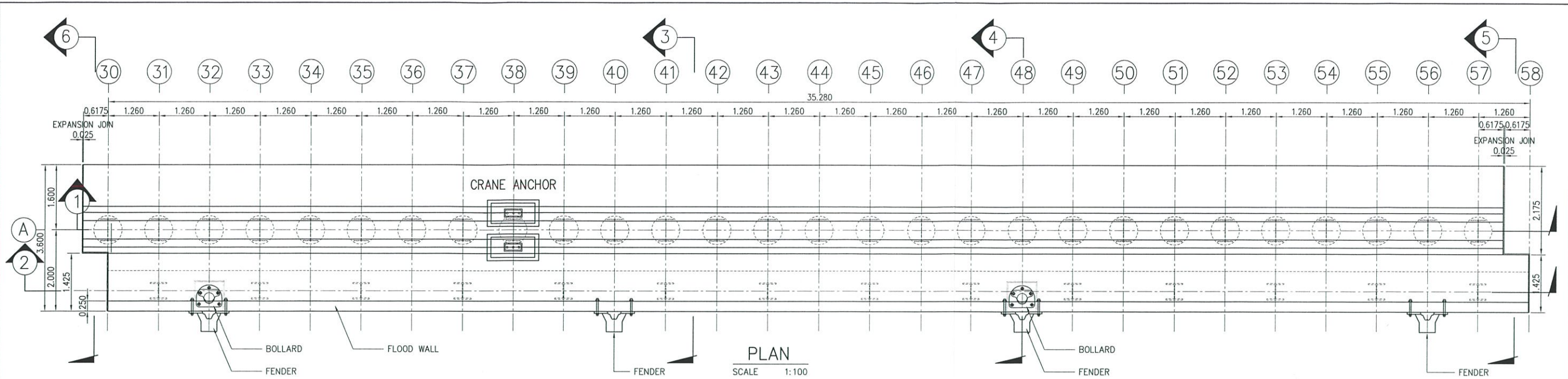
ภาพที่ ก.11 แสดงขั้นตอนการยกเพื่อติดตั้งชิ้นส่วนคานคอนกรีตสำเร็จรูปด้วยรถเครน



ภาพที่ ก.12 แสดงขั้นตอนการผูกเหล็กหลังติดตั้งชิ้นส่วนคานคอนกรีตสำเร็จรูป

ภาคผนวก ข.

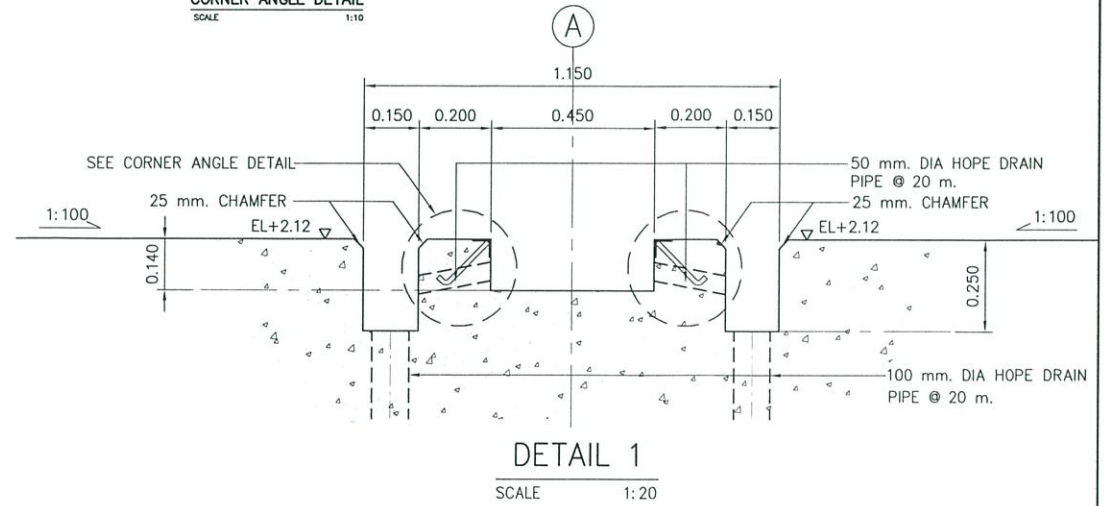
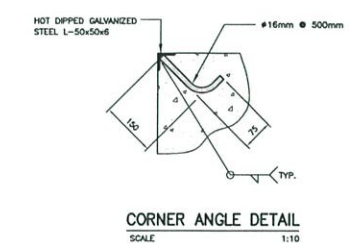
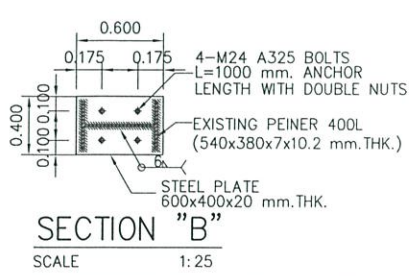
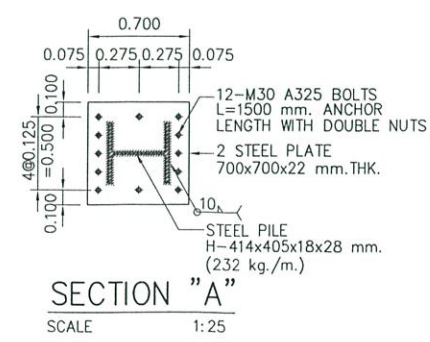
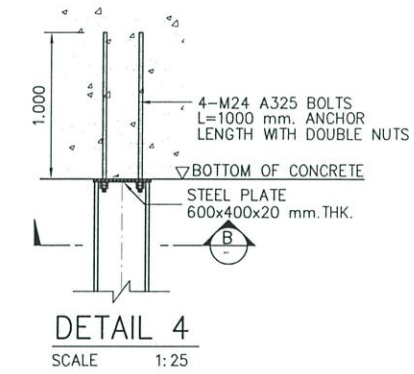
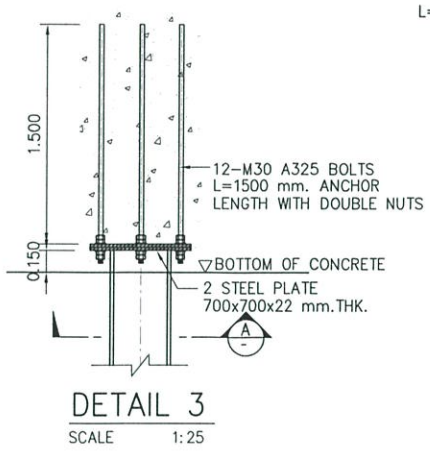
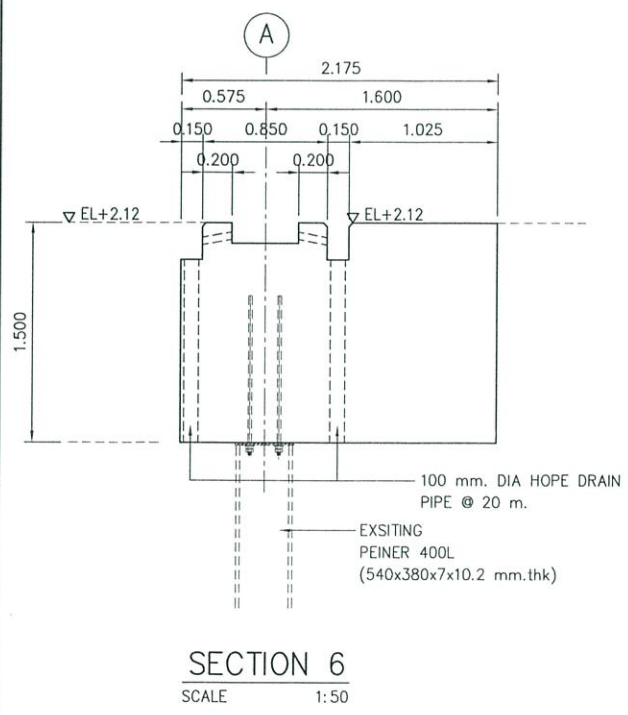
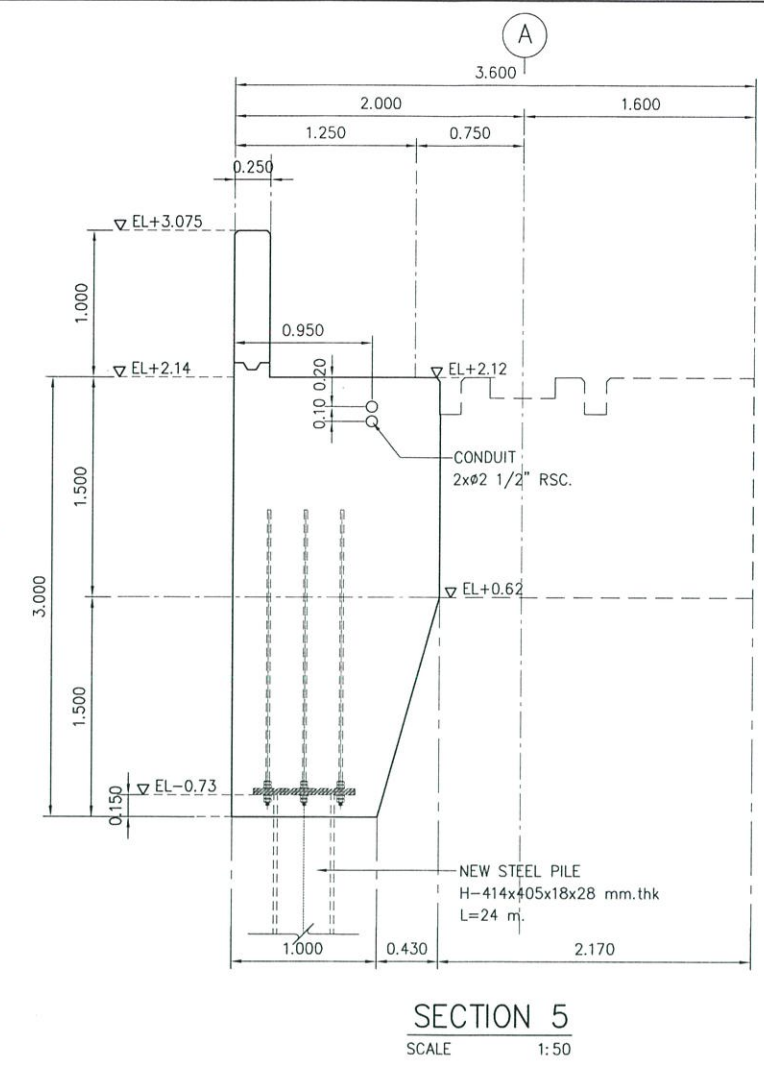
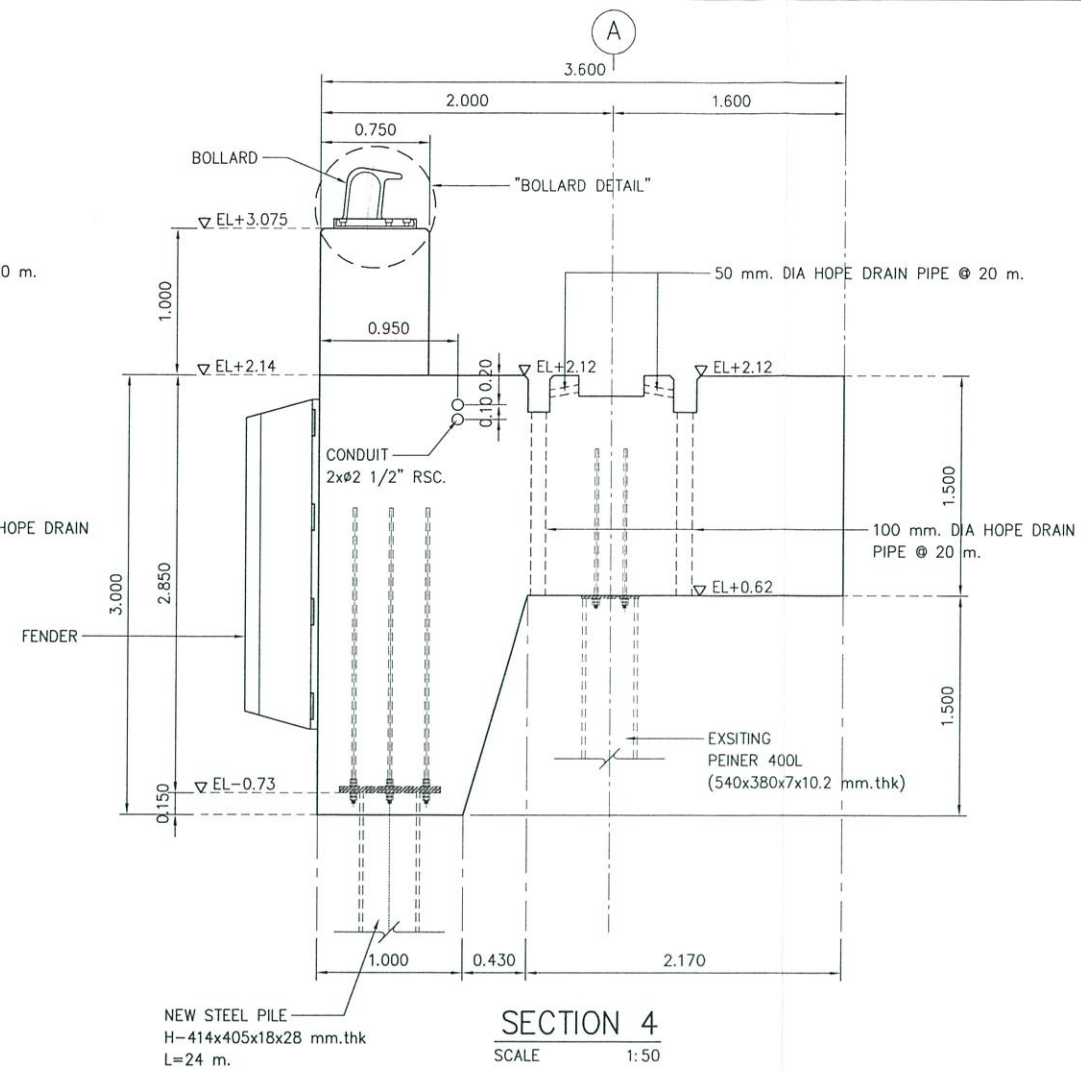
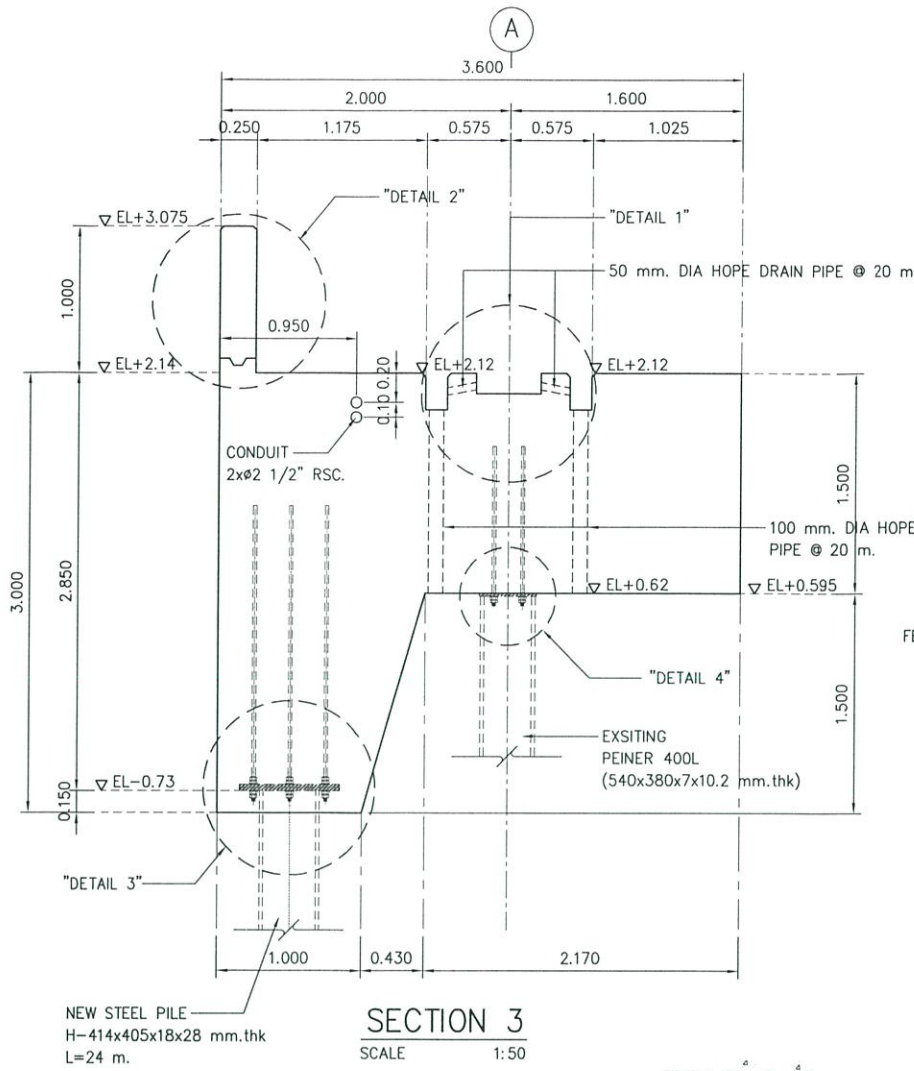
แบบรายละเอียด คาน GB3-35280



REV.	DATE	DESCRIPTION
0	4/07/60	FIRST ISSUE

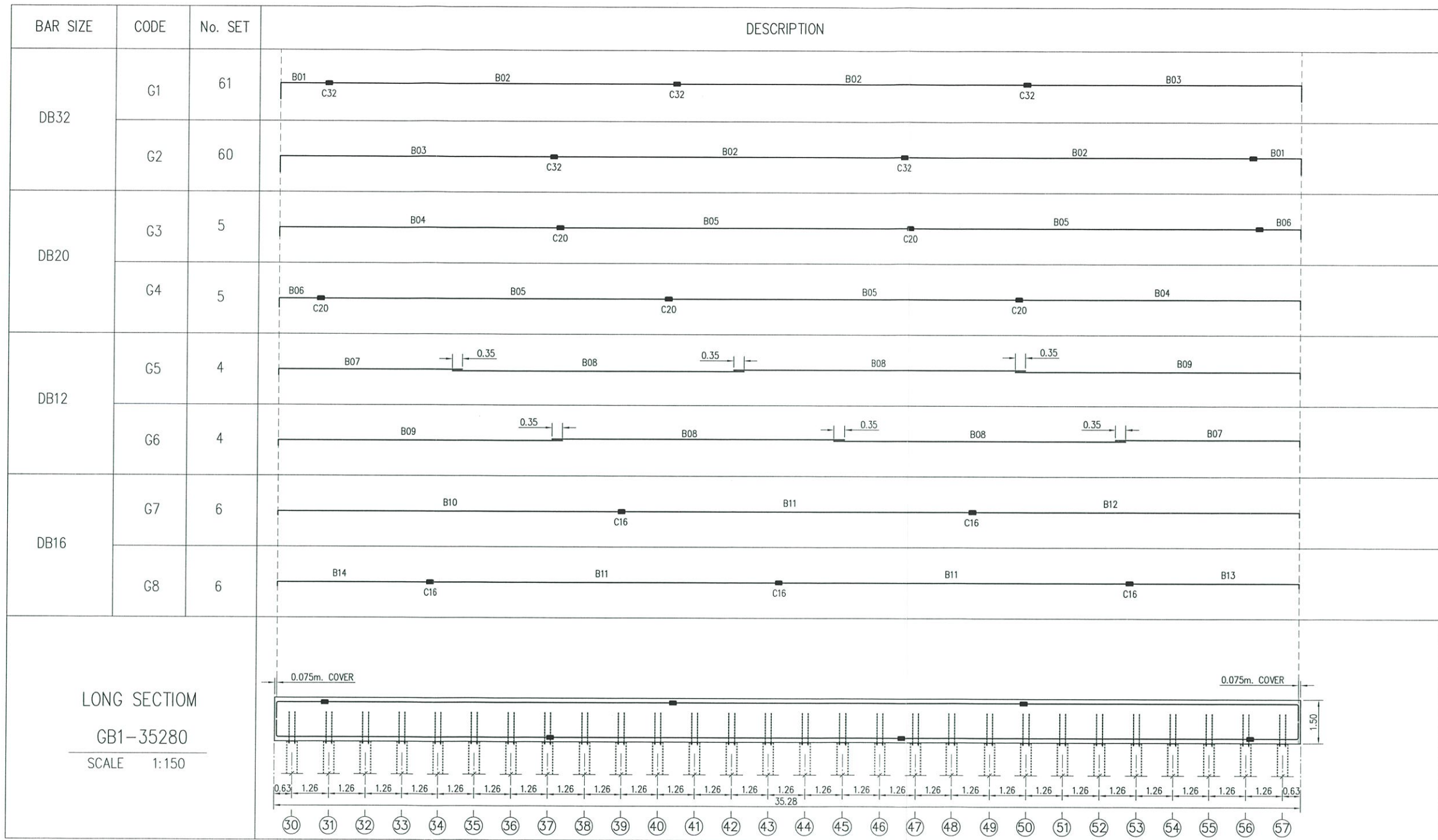
APPROVED :	
CHECKED :	<i>[Signature]</i>
DRAWN :	
DATE :	

โครงการตรวจสอบโครงสร้างและออกแบบรายละเอียดงานปรับปรุงพื้นที่หน้าท่า 20G			
TITLE GB3-35280 SHEET 1/5			
SCALE	A1 = 1:50 A3 = 1:100	DWG. NO. PAT-ST-321	REV. SHEET 0 1 OF 5



APPROVED :	
CHECKED :	
DRAWN :	
DATE :	
REV.	DATE DESCRIPTION
0	4/07/60 FIRST ISSUE

APPROVED :	โครงการตรวจสอบโครงสร้างและออกแบบรายละเอียดงานปรับปรุงพื้นที่หน้าท่า 206
CHECKED :	
DRAWN :	
DATE :	
TITLE	GB3-35280 SHEET 2/5
SCALE	A1 = 1:25 A3 = 1:50
DWG. NO.	PAT-ST-322
REV.	0
SHEET	2 OF 5



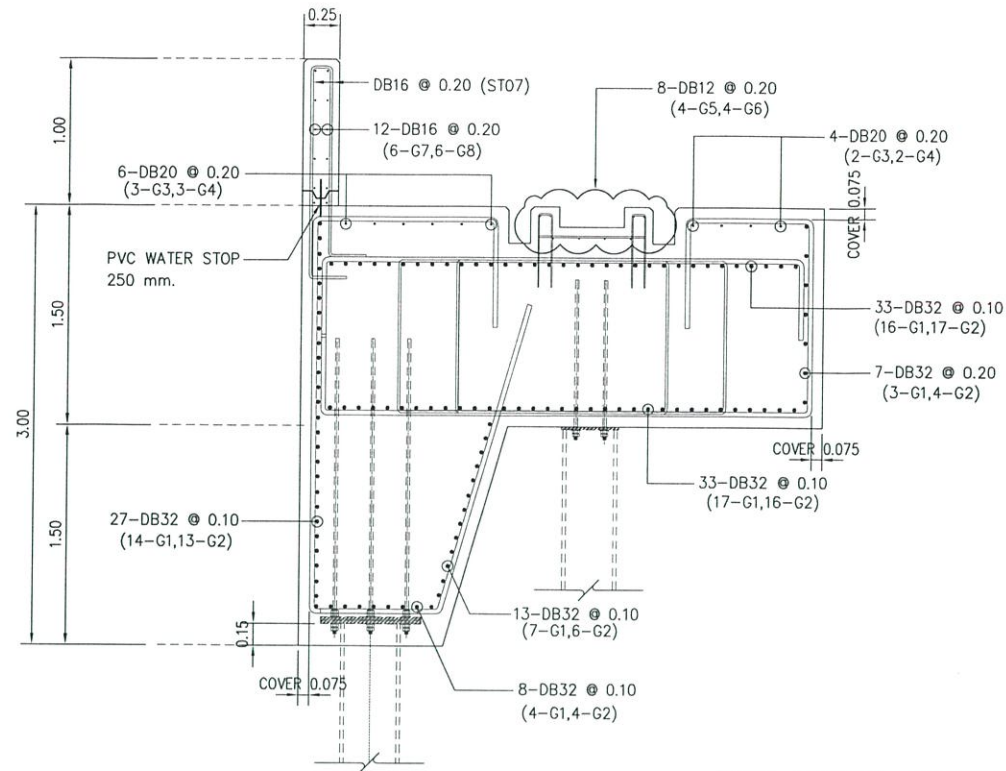
BAR DETAIL GB3
SCALE 1:150



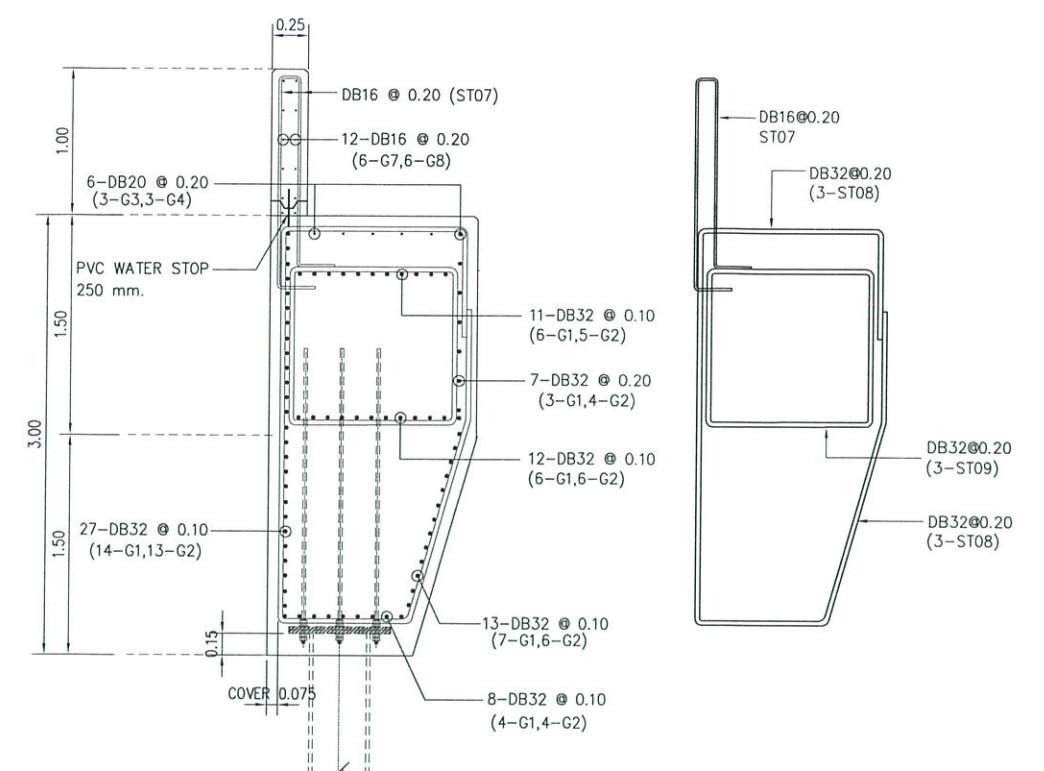
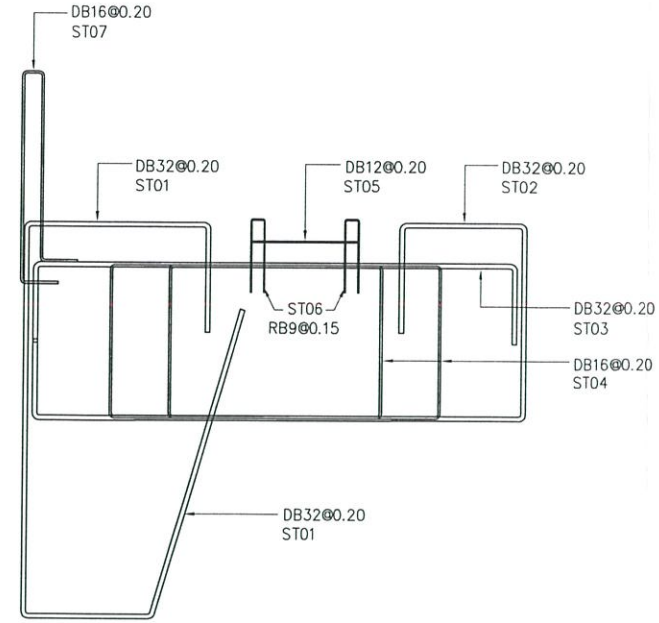
REV.	DATE	DESCRIPTION
0	4/07/60	FIRST ISSUE

APPROVED :	
CHECKED :	<i>[Signature]</i>
DRAWN :	
DATE :	

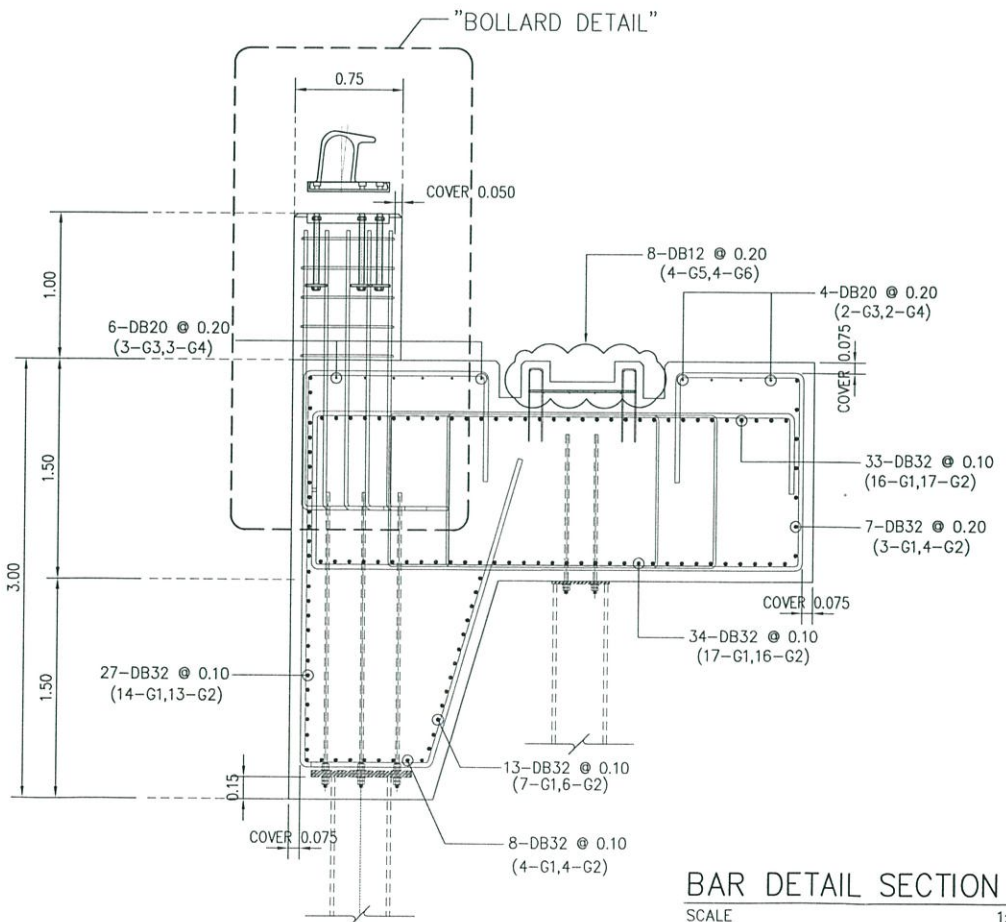
โครงการตรวจสอบโครงสร้างและออกแบบรายละเอียดงานปรับปรุงพื้นที่หน้าท่า 206			
TITLE GB3-35280 SHEET 3/5			
SCALE A1 = 1:75 A3 = 1:150	DWG. NO. PAT-ST-323	REV. 0	SHEET 3 OF 5



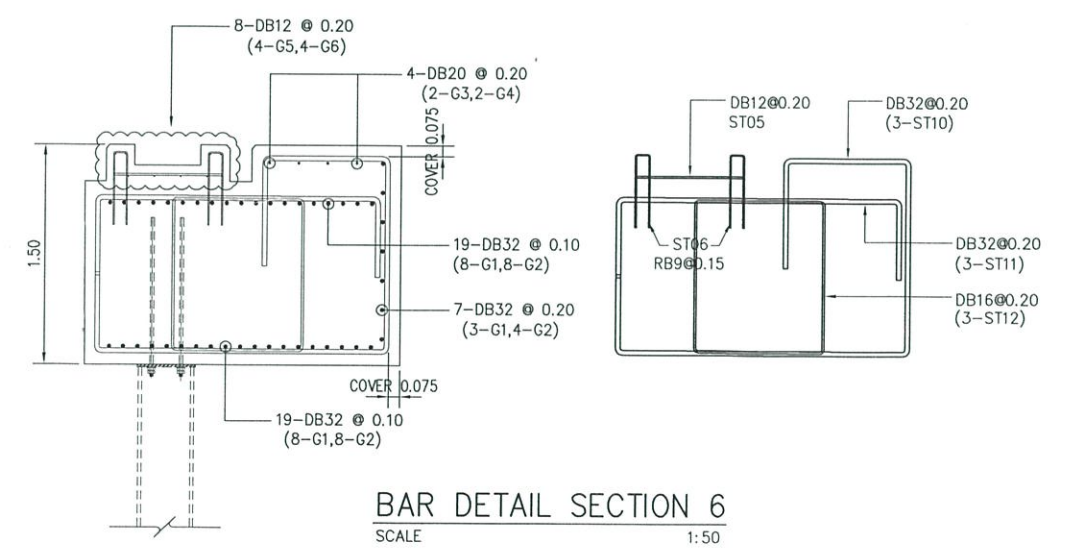
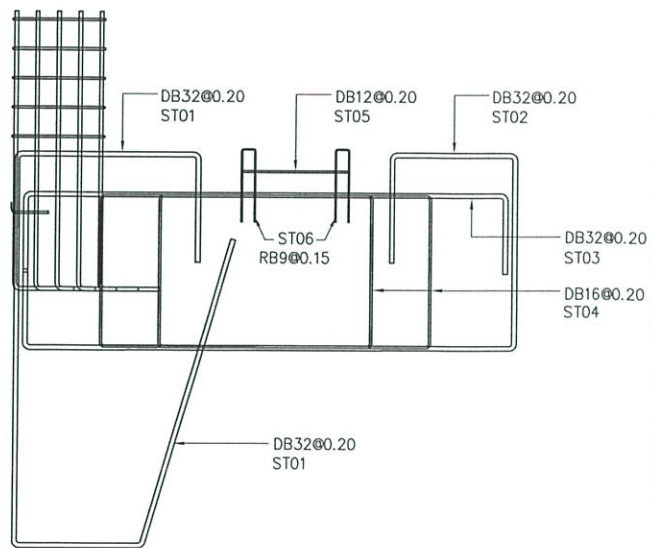
BAR DETAIL SECTION 3
SCALE 1:50



BAR DETAIL SECTION 5
SCALE 1:50



BAR DETAIL SECTION 4
SCALE 1:50



BAR DETAIL SECTION 6
SCALE 1:50

REV.	DATE	DESCRIPTION
0	4/07/60	FIRST ISSUE

APPROVED :	โครงการตรวจสอบโครงสร้างและออกแบบรายละเอียดงานปรับปรุงพื้นที่หน้าท่า 206
CHECKED :	TITLE
DRAWN :	GB3-35280 SHEET 4/5
DATE :	SCALE A1 = 1:25 A3 = 1:50
DWG. NO.	PAT-ST-324
REV.	0
SHEET	4 OF 5

BAR CUT LIST TOP BAR GB3-35280

BAR No.	CODE	DESCRIPTION (m.)	DIAMETER (mm.)	SPACING (m.)	LENGTH (m.)	No. OF BAR	WEIGHT (kg.)
1	ST01		DB32	Ø 0.20	7.80	174	8564
2	ST02		DB32	Ø 0.20	6.91	174	7587
3	ST03		DB32	Ø 0.20	4.42	174	4853
4	ST04		DB16	Ø 0.20	6.12	348	3365
5	ST05		DB12	Ø 0.20	0.75	177	118
6	ST06		RB9	Ø 0.15	1.10	470	259
7	ST07		DB16	Ø 0.20	3.47	177	970
8	ST08		DB32	Ø 0.20	7.80	3	148
9	ST09		DB32	Ø 0.20	5.26	3	100
10	ST10		DB32	Ø 0.20	5.42	3	103
11	ST11		DB32	Ø 0.20	3.06	3	58
12	ST12		DB16	Ø 0.20	2.24	3	11
TOTAL							26134

BAR CUT LIST TOP BAR GB3-35280

BAR No.	CODE	DESCRIPTION (m.)	DIAMETER (mm.)	SPACING (m.)	LENGTH (m.)	No. OF BAR	WEIGHT (kg.)
1	B01		DB32	-	2.21	121	1687
2	B02		DB32	-	12.00	183	13857
3	B03		DB32	-	12.00	121	9162
4	B04		DB20	-	12.00	10	296
5	B05		DB20	-	12.00	20	593
6	B06		DB20	-	1.75	10	43
7	B07		DB12	-	6.56	8	47
8	B08		DB12	-	10.00	16	142
9	B09		DB12	-	10.00	8	71
10	B10		DB16	-	12.00	6	114
11	B11		DB16	-	12.00	18	341
12	B12		DB16	-	11.41	6	108
13	B13		DB16	-	6.00	6	57
14	B14		DB16	-	5.41	6	51
TOTAL							26570

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - นามสกุล	นายธนกร ใจอ่อนน้อม
วัน เดือน ปีเกิด	30 มีนาคม 2539
ที่อยู่	151/1 ซอยดำเนินกลางเหนือ ถนนราชดำเนินกลาง แขวงบวรนิเวศ เขตพระนคร กรุงเทพมหานคร 10200
โทรศัพท์	081-566-5327, 02-282-3947
อีเมล	t_kong@hotmail.com
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2551-2553 โรงเรียนโยนออฟอาร์ค พ.ศ. 2554-2556 โรงเรียนวัดบวรนิเวศ พ.ศ. 2557-2560 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง