



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา)

ปริญญา

วิศวกรรมโยธา

วิศวกรรมโยธา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การวิเคราะห์กระบวนการขุดเจาะอุโมงค์โครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าใต้ดินด้วยการจำลองสถานการณ์

Analyzing Tunneling Operations of a Subway Construction Project using Simulation

نامผู้วิจัย นางสาวปรีชาติ ชูบ่อฝ้าย

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุนิรัตน์ กุศลาศัย, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุภาวดี มาลัยกฤษณะชติ, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วันชัย ยอดสุดใจ, D.Eng.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

สิงสิงห์ มทววิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การวิเคราะห์กระบวนการขุดเจาะอุโมงค์โครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าใต้ดิน

ด้วยการจำลองสถานการณ์

Analyzing Tunneling Operations of a Subway Construction Project
using Simulation

โดย

นางสาวปรีชาติ ชูบ่อฝ้าย

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา)

พ.ศ. 2557

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปริชาติ ชูบ่อฝ้าย 2557: การวิเคราะห์กระบวนการขุดเจาะอุโมงค์โครงการก่อสร้าง
รถไฟฟ้าใต้ดินด้วยการจำลองสถานการณ์ ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
(วิศวกรรมโยธา) สาขาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา อาจารย์ที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุนิรัตน์ กุศลาศัย, Ph.D. 213 หน้า

โครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าใต้ดินเป็นโครงการที่มีขนาดใหญ่และมีความซับซ้อนซึ่งต้องใช้เวลา
ดำเนินการก่อสร้างค่อนข้างยาวนาน และยังใช้งบประมาณจำนวนมากเนื่องจากเป็นการก่อสร้างที่
ต้องอาศัยเทคโนโลยีขั้นสูง อีกทั้งเป็นการก่อสร้างในชั้นดินจึงมีปัจจัยที่จะต้องควบคุมเพื่อให้งาน
ก่อสร้างสามารถดำเนินการไปได้และมีความปลอดภัยมากที่สุด การขุดเจาะอุโมงค์ทางวิ่งเชื่อมต่อ
ระหว่างสถานีและปล่องระบายอากาศ เป็นขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญที่ทั้งฝ่ายการขุดเจาะอุโมงค์และฝ่าย
การก่อสร้างสถานีจะต้องประสานงานกันเพื่อให้มั่นใจว่าการก่อสร้างกำแพงที่บ้น้ำที่ทำหน้าที่เป็นผนัง
ของสถานีแล้วเสร็จก่อนที่หัวเจาะจะมาถึง เนื่องจากทั้งการขุดเจาะอุโมงค์และการก่อสร้างกำแพงที่บ้น้ำ
นี้มีอุปสรรคระหว่างการทำงาน ทำให้อัตราการทำงานจริงที่ได้ไม่เป็นไปตามแผนที่วางไว้ งานวิจัยนี้
มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุที่มีผลต่อความไม่แน่นอนของอัตราการทำงานในส่วนของการ
ขุดเจาะอุโมงค์และก่อสร้างกำแพงที่บ้น้ำของสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน ทั้งความถี่และระยะเวลาความ
ล่าช้าที่เกิดขึ้น จากผลการวิเคราะห์พบว่าอุปสรรคที่เกิดขึ้นในระหว่างการก่อสร้างอุโมงค์เกิดจาก
การเปลี่ยนกะการทำงาน ฝนตกหนักไม่สามารถดำเนินงานได้ และการหยุดพักขุดเจาะดินเนื่องจาก
ต้องตักดินที่ตกหล่นบริเวณปากอุโมงค์ออกถึงจะเริ่มการขุดเจาะดินต่อไปได้ ในขณะที่ความถี่ที่
เกิดขึ้นมากที่สุดคือ การติดตั้งและตรวจสอบระบบสนับสนุนการทำงานของอุโมงค์ ในส่วนของงาน
ก่อสร้างกำแพงที่บ้น้ำหรือผนังสถานีพบว่า ความล่าช้าเกิดจากความเสียหายของเครื่องจักรมี
ระยะเวลาเฉลี่ยนานที่สุด ในขณะที่ปัญหาการขุดดินไม่ได้ดังมีความถี่สูงที่สุดนอกจากนี้ผู้วิจัยได้
พัฒนาแบบจำลองสถานการณ์ตามขั้นตอนการก่อสร้าง ทั้งในส่วนของงานก่อสร้างอุโมงค์และกำแพง
ที่บ้น้ำของสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน พบว่าระยะเวลาที่ได้จากจำลองสถานการณ์มีค่าใกล้เคียงกับ
ระยะเวลาการก่อสร้าง ซึ่งหมายถึงแบบจำลองที่ได้นี้สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์และ
ปรับปรุงกระบวนการก่อสร้างอุโมงค์รถไฟฟ้าได้อย่างเหมาะสม ซึ่งจากแบบจำลองสถานการณ์ดังกล่าว
ผู้วิจัยได้เสนอแนะการใช้แบบจำลองในการกำหนดจุดเริ่มต้นของการเจาะอุโมงค์ เพื่อให้แน่ใจได้ว่า
งานก่อสร้างกำแพงที่บ้น้ำจะแล้วเสร็จก่อนที่หัวเจาะจะมาถึงสถานี

Parichat Chooborjai 2014: Analyzing Tunneling Operations of a Subway Construction Project using Simulation. Master of Engineering (Civil Engineering), Major Field: Civil Engineering, Department of Civil Engineering. Thesis Advisor: Assistant Professor Suneerat Kusalasai, Ph.D. 213 pages.

A subway construction project contains high levels of unmanageability because of technical complexity and uncertainty as well as its extensive construction duration. Besides underground construction includes cutting edge technology and needs special supervision to make sure that the processes are performed with safe and sound. The construction of tunnel linking two adjacent stations and invention shafts is considered to be critical because the construction teams of tunnel and subway stations/invention shafts need to coordinate so that the construction of diaphragm walls is completed before the arrival of TBM. In fact, it is not always the case since there are, however, various factors affecting the working rates of TBM and the construction of diaphragm wall. This research aims at analyzing the factors causing delays in tunnel and diaphragm wall construction of a subway project using a case study of MRT Blue Line (Extension) project. Both the frequencies and the durations of delay are recorded and analyzed. The result shows that the main reasons causing delay during the tunnel construction are changes in working shifts and heavy rain whereas delays due to machine setup and supporting system inspection are found the most frequent. During the construction of diaphragm wall, machine breakdown In addition, given the construction sequences and actual work durations, simulation models of both tunnel construction and diaphragm wall construction had been developed. After validating that the construction times from the two models are close to those of the actual ones, a combined model was developed to provide a recommendation of the starting point of TBM so that the construction team can be 95% confident that the construction of diaphragm wall is complete before the arrival of TBM.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร.สุนิรัตน์ กุศลาศัย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักเป็นอย่างสูงที่ได้กรุณาสละเวลาให้คำปรึกษาในการดำเนินงานวิจัยอย่างยิ่ง พร้อมทั้งสอนให้ความรู้ ให้แนวคิด ตลอดทั้งตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆตลอดจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร.ศุภวุฒิ มาลัยกฤษณะชลี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร.พาสินี สุนากร ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย รองศาสตราจารย์ดร. สุธาริน สถาปัตตานนท์ ประธานการสอบ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร. วิวัฒน์ แสงเทียน ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่กรุณาสละเวลาให้คำปรึกษาแนะนำและช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และขอขอบคุณการขนส่งรถไฟแห่งประเทศไทย (รฟม.) บริษัท อิตาเลียนไทย ดีเวล็อบเมนต์ จำกัด มหาชน และ บริษัท บริษัท ช.การช่าง จำกัด มหาชน รวมทั้งขอขอบคุณ คุณนพพร รัตนฉายา บรรณ คุณชินวุฒิ ชาญฉายา ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บข้อมูลและให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย

ท้ายที่สุดนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อชูชัยและคุณแม่รัตนา ชูบ่อฝ้าย ที่ได้อบรมสั่งสอนและให้กำลังใจอันดียิ่งเสมอมา และขอขอบคุณ พี่จักรชัย นกบรรจง พี่น้องและเพื่อนๆ ที่ให้คำแนะนำรวมถึงคอยช่วยเหลือและให้กำลังใจในการศึกษาวิจัยจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์จากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอมอบเพื่อบูชาแด่พระคุณบิดามารดา ที่ให้การอุปถัมภ์และให้โอกาสศึกษาเล่าเรียน และมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน ครูอาจารย์ผู้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้

ปรีชาติ ชูบ่อฝ้าย

กรกฎาคม 2557

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(5)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	41
ผลและวิจารณ์	44
สรุปและข้อเสนอแนะ	
สรุป	106
ข้อเสนอแนะ	107
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	108
ภาคผนวก	110
ภาคผนวก ก ผลการเก็บข้อมูลการดำเนินงานก่อสร้างอุโมงค์รถไฟใต้ดิน	
สัญญาที่ 1	111
ภาคผนวก ข ผลการเก็บข้อมูลการดำเนินงานก่อสร้างอุโมงค์รถไฟใต้ดิน	
สัญญาที่ 2	152
ภาคผนวก ค ผลการเก็บข้อมูลการก่อสร้างกำแพงทึบน้ำของสถานีรถไฟใต้ดิน	
สถานีที่ 1 ของสัญญาที่ 1	171
ภาคผนวก ง ผลการเก็บข้อมูลการก่อสร้างกำแพงทึบน้ำของสถานีรถไฟใต้ดิน	
สถานีที่ 1 ของสัญญาที่ 2	179
ภาคผนวก จ ผลการเก็บข้อมูลอุปสรรคในการก่อสร้างอุโมงค์รถไฟใต้ดิน	187
ภาคผนวก ฉ ผลการเก็บข้อมูลอุปสรรคในการก่อสร้างกำแพงทึบน้ำของสถานี	
รถไฟใต้ดิน	207
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	213

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ข้อดีและข้อจำกัดของการก่อสร้างจากขึ้นบน (Bottom-up construction)	26
2	ข้อดีและข้อจำกัดของการก่อสร้างจากบนชั้นล่าง (Top-down construction)	26
3	เปรียบเทียบขั้นตอนการก่อสร้างระหว่าง Top-down construction และ Bottom-up construction	27
4	การจำแนกประเภทของทรัพยากรแบบจำลองสถานการณ์การเคลื่อนย้ายดิน (Classic earth - moving operation)	37
5	ตัวอย่างการเก็บข้อมูลของการก่อสร้างอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน	52
6	ตัวอย่างการเก็บข้อมูลของการก่อสร้างกำแพงทึบน้ำ	53
7	สาเหตุความล่าช้าในการก่อสร้างอุโมงค์	71
8	สาเหตุความล่าช้าในการก่อสร้างกำแพงทึบน้ำ	72
9	การกระจายตัวและระยะเวลาที่เกิดขึ้นแต่ละครั้งของความล่าช้าในการก่อสร้างอุโมงค์	73
10	ร้อยละของความถี่แต่ละสาเหตุความล่าช้าในการก่อสร้างอุโมงค์	73
11	การกระจายตัวระยะเวลาที่เกิดขึ้นแต่ละครั้งของความล่าช้าการก่อสร้างกำแพงทึบน้ำ	74
12	ร้อยละของความถี่แต่ละสาเหตุความล่าช้าในการก่อสร้างกำแพงทึบน้ำ	75
13	รูปแบบสมการการกระจายตัว	76
14	ค่าการกระจายตัวของระยะเวลาการก่อสร้างอุโมงค์ขั้นตอนการขุดเจาะดิน	78
15	ค่าการกระจายตัวของระยะเวลาการก่อสร้างอุโมงค์ขั้นตอนการติดตั้งดาตผนังอุโมงค์	79
16	ค่าการกระจายตัวของระยะเวลาการก่อสร้างอุโมงค์ขั้นตอนการอัดฉีดน้ำปูน	80
17	ค่าการกระจายตัวของระยะเวลาการขุดดินของชุดคนงานที่ 1	81
18	ค่าการกระจายตัวของระยะเวลาการวางเหล็กเสริมของชุดคนงานที่ 1	82
19	ค่าการกระจายตัวของระยะเวลาการเทคอนกรีตของชุดคนงานที่ 1	83
20	ค่าการกระจายตัวของระยะเวลาการขุดดินของชุดคนงานที่ 2	84

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
21	ค่าการกระจายตัวของระยะเวลาการวางเหล็กเสริมของชุดคนงานที่ 2	85
22	ค่าการกระจายตัวของระยะเวลาการเทคอนกรีตของชุดคนงานที่ 2	86
23	ค่าการกระจายตัวของระยะเวลาการวางเหล็กเสริมของชุดคนงานที่ 3	87
24	ค่าการกระจายตัวของระยะเวลาการขุดดินของชุดคนงานที่ 3	88
25	ค่าการกระจายตัวของระยะเวลาการเทคอนกรีตของชุดคนงานที่ 3	89
26	สมการกระจายตัวของระยะเวลากิจกรรมในการก่อสร้างอุโมงค์	90
27	สมการการกระจายตัวของระยะเวลากิจกรรมการก่อสร้างสถานีสำหรับชุดคนงานที่ 1	90
28	สมการการกระจายตัวของระยะเวลากิจกรรมการก่อสร้างสถานีสำหรับชุดคนงานที่ 2	90
29	สมการการกระจายตัวของระยะเวลากิจกรรมการก่อสร้างสถานีสำหรับชุดคนงานที่ 3	90
30	ความสัมพันธ์ของแต่ละขั้นตอนการก่อสร้างอุโมงค์	91
31	ความสัมพันธ์ของแต่ละขั้นตอนการก่อสร้างกำแพงทึบน้ำของสถานี	93
32	ระยะเวลาก่อสร้างจากแบบจำลองสถานการณ์ การก่อสร้างอุโมงค์และการกำแพงทึบน้ำของสถานีรถไฟใต้ดิน	98
33	ผลการจำลองสถานการณ์เพื่อหาระยะเวลาเริ่มงานของเครื่องขุดเจาะอุโมงค์	104
34	ระยะเวลายาวที่สุด ระยะเวลาน้อยที่สุด และระยะเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการก่อสร้างอุโมงค์ และการก่อสร้างกำแพงทึบน้ำ ที่ค่าความมั่นใจที่ 95%	105

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ก1	ผลการเก็บข้อมูลการก่อสร้างอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินสัญญาที่ 1	112
ข1	ผลการเก็บข้อมูลการก่อสร้างอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินสัญญาที่ 2	153
ค1	ผลการเก็บข้อมูลการก่อสร้างกำแพงทึบน้ำของสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินสถานีที่ 1 ของสัญญาที่ 1	172
ง1	ผลการเก็บข้อมูลการก่อสร้างกำแพงทึบน้ำของสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินสถานีที่ 1 ของสัญญาที่ 2	180
จ1	ผลการเก็บข้อมูลอุปสรรคในการก่อสร้างอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน	188
ฉ1	ผลการเก็บข้อมูลอุปสรรคในการก่อสร้างกำแพงทึบน้ำของสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน	208

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การก่อสร้างอุโมงค์แบบชูดด้วยมือ (Manual shield)	4
2	การก่อสร้างอุโมงค์หินด้วยวิธี Drilling and blasting method	6
3	การก่อสร้างอุโมงค์ดินด้วยวิธี Drilling and blasting method	6
4	การก่อสร้างอุโมงค์ด้วยวิธี New Austrian tunneling method (NATM)	7
5	Open – face TBM	8
6	Closed – face TBM	8
7	ส่วนประกอบหัวเจาะอุโมงค์แบบแรงดันดินสมดุล	12
8	ส่วนประกอบหัวเจาะอุโมงค์ส่วนหน้า	13
9	Grout Plug ด้านหน้าหัวเจาะอุโมงค์	13
10	การทำงานของ Thrust jack เพื่อออกแรงผลักให้หัวเจาะเคลื่อนที่ไปข้างหน้า	14
11	สายพานลำเลียงดิน (Belt conveyor)	14
12	การฉีดน้ำของหัวเจาะเพื่อปรับสภาพดิน	15
13	ขนาดของชิ้นส่วนผนังอุโมงค์ (Segment)	17
14	การติดตั้งผนังอุโมงค์	17
15	แปลนTop-view ของสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินอิสราภาพ	19
16	แปลนSide-view ของสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินอิสราภาพ	21
17	ชานชาลาข้าง (Station with side platform)	22
18	รูปแบบชานชาลากลาง (Station with central platform)	22
19	รูปแบบชานชาลาที่มี 2 ชั้นหรือต่างระดับ (Station with stack platform)	23
20	อุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินแบบ Parallel	23
21	อุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินแบบ Stack	23
22	แปลนTop-view ของปล่องระบายอากาศ	24
23	แปลนside-view ปล่องระบายอากาศ	25
24	วิธีการก่อสร้างจากด้านบนลงด้านล่าง (Top-down construction)	27
25	ขั้นตอนการก่อสร้างเสาเข็มเจาะแบบสืเหลียม (Barrett pile)	28
26	การก่อสร้างแนวกำแพงทึบน้ำ (Guide wall)	30

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
27	การขุดร่องดิน	31
28	การติดตั้งแบบด้านข้าง (stop end)	32
29	การติดตั้งเหล็กเสริม	32
30	การเทคอนกรีตผ่านท่อ Tremie tube	33
31	การเทคอนกรีต 2 ท่อพร้อมกันเพื่อป้องกันการล้มตึง	33
32	การทดสอบ Koden Test	34
33	การทดสอบ sonic logging test	34
34	แบบจำลองสถานการณ์การเคลื่อนย้ายดิน (Classic earth - moving operation)	36
35	ขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลองสถานการณ์ก่อสร้างรถไฟฟ้าใต้ดิน	43
36	แผนที่การแบ่งสัญญาก่อสร้างรถไฟฟ้าสายสีน้ำเงิน ส่วนต่อขยาย	46
37	แนวเส้นทางการก่อสร้างอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน	48
38	ตัวอย่างบันทึกประจำวันการก่อสร้างอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน	50
39	ตัวอย่างบันทึกประจำวันการก่อสร้างสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน	51
40	บริเวณปล่องอุโมงค์ (Shaft)	55
41	รูปแบบการก่อสร้างอุโมงค์	56
42	การแบ่งช่วงของการขุดเจาะอุโมงค์	56
43	การติดตั้งเครื่องขุดเจาะอุโมงค์	57
44	การลำเลียงดินออกทางสายพาน (Belt conveyor)	58
45	ขั้นตอนการก่อสร้างอุโมงค์โดยใช้เครื่องขุดเจาะ (TBM)	59
46	ประเภทของตาดผนังอุโมงค์	60
47	ตำแหน่งของ Key segment	61
48	การติดตั้งตาดผนังอุโมงค์	61
49	การอัดฉีดน้ำปูน	62
50	ตัวอย่างภาพตัดของสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน	63
51	การรื้อย้ายระบบสาธารณูปโภคและการสำรวจโบราณคดี	64

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
52	ลำดับการก่อสร้างกำแพงทึบน้ำ	65
53	การวางตำแหน่งเครื่องจักรของงานก่อสร้างกำแพงทึบน้ำ	66
54	ช่องเปิด (opening) ในงานก่อสร้างสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน	68
55	การขุดดินภายในสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน	68
56	ปั้นจั่นชนิดเคลื่อนที่ล้อตีนตะขาบ 50 ตัน ติดตั้งหัวตักแบบ Clamshell	69
57	โครงข่ายความสัมพันธ์ในแบบจำลอง STROBOSCOPE ของการก่อสร้างอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน	92
58	โครงข่ายความสัมพันธ์ในแบบจำลอง STROBOSCOPE การก่อสร้างกำแพงทึบน้ำของสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน	94
59	ขั้นตอนในการทำงานของแบบจำลอง STROBOSCOPE	96
60	แนวการก่อสร้างกำแพงทึบน้ำเพื่อให้เครื่องขุดเจาะอุโมงค์ผ่าน	100
61	การรื้อถอนชิ้นส่วนอุโมงค์ภายในสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน	100
62	โครงข่ายความสัมพันธ์ในแบบจำลอง STROBOSCOPE ของการก่อสร้างอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน	101

การวิเคราะห์กระบวนการขุดเจาะอุโมงค์โครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าใต้ดินด้วยการ จำลองสถานการณ์

Analyzing Tunneling Operations of a Subway Construction Project using Simulation

คำนำ

การก่อสร้างอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน เป็นส่วนหนึ่งในของการพัฒนาระบบขนส่งมวลชนตามแผนแม่บทระบบขนส่งมวลชนทางรางในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล พ.ศ. 2553–2572 (Mass Rapid Transit Master Plan in Bangkok Metropolitan Region : M - Map) ซึ่งสามารถลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและเพิ่มคุณภาพชีวิตของผู้คนในชุมชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากแผนดังกล่าวพบว่าตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553 จนถึงปี พ.ศ. 2572 จะมีการโครงการก่อสร้างอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินเป็นระยะทางประมาณ 75.30 กิโลเมตร ซึ่งขณะนี้เส้นทางที่เปิดให้บริการแล้วประมาณ 21 กิโลเมตร คือรถไฟฟ้ามหานครสายเฉลิมรัชมงคล (สายสีน้ำเงิน) คิดเป็น 27.88% ของโครงการทั้งหมด โดยยังมีโครงการที่อยู่ระหว่างการก่อสร้างและในโครงการในอนาคตอีกจำนวน 54.30 กิโลเมตร ทั้งนี้เนื่องจากโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าใต้ดินเป็นโครงการที่มีขนาดใหญ่และมีความซับซ้อนซึ่งต้องใช้เวลาดำเนินการค่อนข้างยาวนาน อีกทั้งยังใช้งบประมาณจำนวนมากเนื่องจากการก่อสร้างที่ต้องอาศัยเทคโนโลยีขั้นสูง และเป็นการก่อสร้างในชั้นดินจึงมีปัจจัยที่จะต้องควบคุมเพื่อให้งานก่อสร้างสามารถดำเนินการไปได้และมีความปลอดภัยมากที่สุด อาทิ เช่น ลักษณะและคุณสมบัติของชั้นดินที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ทำให้ผลต่อการทำงานของหัวเจาะ (TBM) การก่อสร้างกำแพงทึบน้ำซึ่งระดับน้ำใต้ดินอาจจะไหลเข้าสู่โครงสร้างได้ การเสียหายของเครื่องจักรที่ต้องใช้เวลาในการซ่อมแซมและบำรุงรักษา รวมไปถึงการวัดค่าความทรุดตัวของดินและโครงสร้างตลอดเส้นทางที่ทำการก่อสร้าง เป็นต้น

โดยทั่วไปโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าใต้ดินจะประกอบด้วย โครงสร้างที่สำคัญ 3 ส่วนคือ งานก่อสร้างอุโมงค์รถไฟฟ้า (Tunnel work) งานก่อสร้างสถานีรถไฟฟ้า (Station work) และงาน

ก่อสร้างปล่องระบายอากาศ (Invention shaft work) โดยหัวเจาะ (TBM) จะขุดเจาะอุโมงค์ผ่านตลอดทั้งเส้นทางการก่อสร้างซึ่งจะเชื่อมต่อระหว่างสถานีรถไฟ และปล่องระบายอากาศ โดยกำแพงทึบน้ำ (Diaphragm wall) ซึ่งทำหน้าที่เป็นผนังของโครงสร้างสถานีและปล่องระบายอากาศ จะต้องถูกก่อสร้างให้แล้วเสร็จก่อนที่หัวเจาะจะทำการก่อสร้างอุโมงค์เชื่อมต่อโครงสร้างเหล่านั้น เนื่องจากหัวเจาะ TBM จะต้องทำงานตลอดเวลาโดยอาจจะสามารถปรับลดความเร็วในการขุดเจาะได้แต่ไม่สามารถหยุดเดินเครื่องไว้ในชั้นดินได้เป็นเวลานานาน เพราะจะเกิดปัญหาเรื่องแรงเสียดทานด้านหน้าของหัวเจาะเวลาที่จะออกตัวในรอบใหม่ ดังนั้นแผนการก่อสร้างของสถานี ปล่องระบายอากาศ และหัวเจาะ จำเป็นต้องมีความสัมพันธ์กัน ซึ่งการวางแผนและการวิเคราะห์ขั้นตอนการก่อสร้างที่มีความไม่แน่นอนเข้ามาเกี่ยวข้องนั้นไม่สามารถทำได้โดยอาศัยโปรแกรมการวางแผนทั่วไป

ในงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า การใช้คอมพิวเตอร์ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ (Simulation model) มีส่วนช่วยให้ผู้วางแผนสามารถวิเคราะห์กระบวนการทำงานที่มีความซับซ้อนและมีความไม่แน่นอนเข้ามาเกี่ยวข้องได้ซึ่งจะทำให้สามารถวางแผนงานก่อสร้างได้ล่วงหน้าหรือเปรียบเทียบสถานการณ์ต่างๆเพื่อเลือกแผนงานก่อสร้างที่เหมาะสมให้กับโครงการได้อีกทางเลือกหนึ่ง

วัตถุประสงค์

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองสถานการณ์ที่สามารถประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์เงื่อนไขและวางแผนกรอบเวลาทำงานของโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าใต้ดินได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ขอบเขตการศึกษา

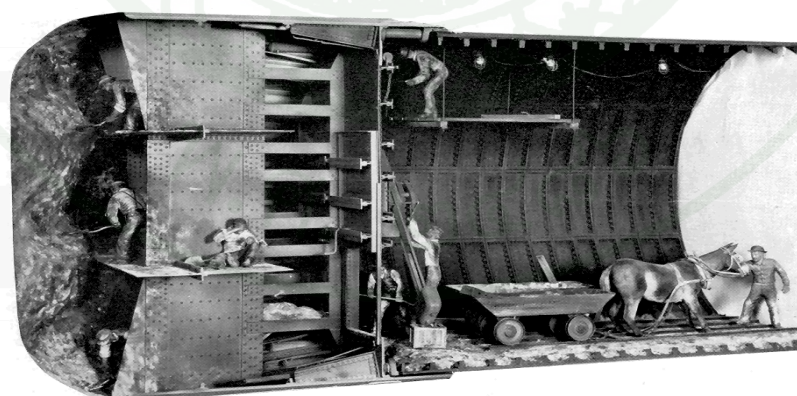
งานวิจัยนี้จะพัฒนาแบบจำลองสถานการณ์โครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าใต้ดินเฉพาะในส่วนที่มีการก่อสร้างอุโมงค์โดยใช้หัวเจาะ TBM (Tunnel boring machine) และก่อสร้างด้วยระบบ EPB (Earth pressure balance) ที่มีความสัมพันธ์กับการก่อสร้างกำแพงทึบน้ำของสถานีรถไฟฟ้า โดยอาศัยการเก็บข้อมูลจากโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าสายสีน้ำเงินส่วนต่อขยาย (บางซื่อ-ท่าพระ)

การตรวจเอกสาร

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. การก่อสร้างอุโมงค์

การก่อสร้างอุโมงค์เป็นงานที่มีความซับซ้อน และต้องอาศัยเทคโนโลยีสูง อีกทั้งมีอุปสรรคและความเสี่ยงที่มีผลต่อการดำเนินงานก่อสร้างและความปลอดภัย ตั้งแต่ความไม่แน่นอนของระดับน้ำใต้ดินที่มีผลต่อการพังทลายของอุโมงค์ และประเภทของชั้นดินหรือหินที่คาดคะเนล่วงหน้าได้ยาก อีกทั้งยังมีสิ่งกีดขวางแนวเส้นทางการขุดเจาะอุโมงค์ เช่น ตอม่อสะพาน เสาเข็มอาคาร หรือระบบสาธารณูปโภค เป็นต้น ความไม่แน่นอนเหล่านี้มักจะเกิดขึ้นอยู่เสมอในระหว่างการก่อสร้างทำให้ต้องมีการแก้ไขเปลี่ยนแปลงแผนการดำเนินงานในแต่ละช่วงตามความเหมาะสมของสภาพดินหรือหินที่ขุดเจาะผ่าน การพัฒนาเทคโนโลยีการขุดเจาะอุโมงค์เป็นไปอย่างต่อเนื่อง จากอดีตการก่อสร้างอุโมงค์อาศัยวิธีการขุดด้วยมือ (Manual shield) ซึ่งต้องใช้แรงงานคนขุดเจาะ ดังภาพที่ 1 จากนั้นได้พัฒนาเป็นเครื่องมือและเทคนิคการขุดเจาะอุโมงค์ด้วยเครื่องจักรที่สามารถเลือกใช้งานตามสภาพดินหรือหินที่ขุดเจาะได้ โดยผู้ควบคุมงานหรือวิศวกรก่อสร้างอุโมงค์ต้องทำการศึกษาและหาวิธีการประยุกต์ให้เหมาะสมกับพื้นที่ก่อสร้างจริงเพื่อให้การก่อสร้างอุโมงค์ดำเนินการไปได้อย่างปลอดภัย โดยวิวัฒนาการของการขุดเจาะอุโมงค์สามารถอธิบายอย่างสังเขปได้ดังนี้



ภาพที่ 1 การก่อสร้างอุโมงค์แบบขุดด้วยมือ (Manual shield)

ที่มา : Nichtbesserwisser (2006)

1.1 วิวัฒนาการของการขุดเจาะอุโมงค์

1.1.1 German tunneling method เป็นวิธีการขุดเจาะอุโมงค์ของประเทศเยอรมันที่จะทำการขุดเจาะดินด้านข้างทั้งสองก่อน (Sidewall) แล้วจึงขุดเจาะดินด้านบนและทำค้ำยันเพดาน โดยจะใช้ส่วนที่เป็นแกนกลางของแนวอุโมงค์รับแรงจากการค้ำยัน

1.1.2 Belgian tunneling method เป็นวิธีการขุดเจาะดินด้านบนก่อน (Top Heading) แล้วทำการสร้างค้ำยัน หลังจากนั้นจึงขุดด้านล่างตามลำดับ

1.1.3 Old Austrian tunneling method เป็นวิธีการที่เริ่มขุดเจาะจากบริเวณพื้นก่อน แล้วจึงขยายขึ้นไปเจาะด้านบนและด้านข้างตามลำดับ วิธีการนี้จะทนคอนกรีตก็ต่อเมื่อมีการขุดเจาะอุโมงค์ได้เป็นรูปร่างตามที่ต้องการแล้ว

1.1.4 English tunneling method เป็นวิธีการของประเทศอังกฤษเพื่อก่อสร้างอุโมงค์รถไฟใต้ดินมีลักษณะการขุดคล้ายคลึงกับ Old Austrian tunneling method เมื่อขุดเจาะได้รูปร่างอุโมงค์แล้วจะสร้างค้ำยันถาวร (Permanent lining) จากด้านข้างส่วนล่างขึ้นสู่ด้านบนวิธีการนี้เหมาะกับการก่อสร้างอุโมงค์ต้นเพื่อป้องกันการทรุดตัวของดินหรือหิน

1.1.5 Italian tunneling method เป็นต้นแบบเพื่อศึกษาวิธีการก่อสร้างสำหรับบริเวณที่มีปัญหาน้ำใต้ดินไหลเข้ามาในอุโมงค์ แต่ในปัจจุบันไม่พบการก่อสร้างโดยวิธีการนี้เพราะได้พัฒนาเพิ่มเติมเปลี่ยนเป็นวิธีการที่สมบูรณ์มากขึ้น

1.2 วิธีการก่อสร้างอุโมงค์

1.2.1 Drilling and blasting method เป็นวิธีการก่อสร้างที่นิยมใช้ในการขุดเจาะอุโมงค์หินเป็นส่วนใหญ่ที่มีมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันโดยใช้หลักการเจาะรูด้านหน้าอุโมงค์ (Tunnel face) แล้วฝังดินระเบิดไว้ ก่อนการก่อสร้างต้องคำนวณหาจำนวนรูและขนาดของรูเจาะที่จะทำการระเบิดซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น การเรียงตัวของชั้นหิน ชนิดของวัสดุระเบิดรวมทั้งจัดลำดับการระเบิดเพื่อให้ได้รูปร่างอุโมงค์ใกล้เคียงกับที่ต้องการ (Tunnel profile) เป็นต้น ในปัจจุบันยังนำวิธีการนี้มาก่อสร้างอุโมงค์หินที่มีขนาดใหญ่ ดังภาพที่ 2 และก่อสร้างอุโมงค์ดินซึ่งต้องใช้ค้ำยัน (Anchor) เพื่อรองรับการทรุดตัว ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 2 การก่อสร้างอุโมงค์หินด้วยวิธี Drilling and blasting method

ที่มา : Gautrain (2011)



ภาพที่ 3 การก่อสร้างอุโมงค์ดินด้วยวิธี Drilling and blasting method

ที่มา : Gautrain (2011)

1.2.2 New Austrian tunneling method (NATM) เป็นวิธีการก่อสร้างที่มีการขุดเจาะดินก่อนจึงก่อสร้างค้ำยันในแต่ละส่วนของอุโมงค์ (Partial excavation followed stepwise construction) แล้วทำการพ่นคอนกรีต (Shotcrete) ทันทีเมื่อขุดเจาะอุโมงค์ส่วนนั้นเสร็จ จากนั้นจึงทำการวางเหล็กเสริมและพ่นคอนกรีตซ้ำอีกครั้งหนึ่งการก่อสร้างด้วยวิธีนี้จำเป็นต้องมีการตรวจสอบค้ำยันเพื่อให้แน่ใจว่ามีเสถียรภาพเพียงพอต่อการรับน้ำหนัก ดังภาพที่ 4 ทำให้การก่อสร้างมีความปลอดภัยและเป็นวิธีการก่อสร้างอุโมงค์ที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย



ภาพที่ 4 การก่อสร้างอุโมงค์ด้วยวิธี New Austrian tunneling method (NATM)

ที่มา : Gautrain (2011)

1.2.3 Tunnel boring machine (TBM) เป็นการขุดเจาะอุโมงค์โดยใช้เครื่องจักรกลหมุนใบมีด วิธีนี้ขุดเจาะได้ทั้งแบบเต็มรูปร่างหน้าตัดของอุโมงค์ (Full face excavation) และบางส่วนของหน้าตัดอุโมงค์ (Partial excavation) สามารถขุดเจาะได้ทั้งดินและหิน

1.2.4 ชนิดของ Tunnel boring machine (TBM) สามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิดดังนี้

1. Open face สามารถขุดเจาะครั้งเดียวเต็มหน้าตัด หรือขุดเจาะเพียงบางส่วน แล้วขยายให้เต็มหน้าตัดได้ มีการติดตั้งอุปกรณ์พิเศษบนหัวเจาะได้แก่ Bucket Excavation Boom

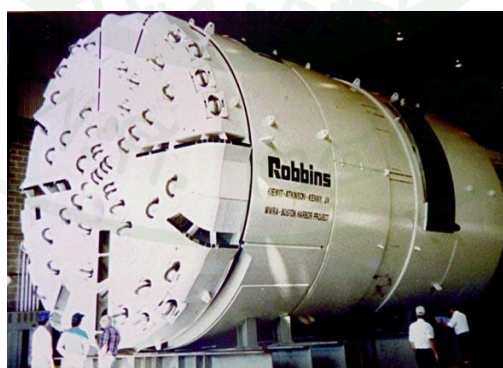
Cutter Road header โดยมีการควบคุมการทำงานและทิศทางด้วยคนหรือระบบอัตโนมัติ หัวเจาะชนิดนี้เหมาะกับการขุดเจาะในสภาพชั้นดินแข็งหรือหินที่เรียงตัวไม่หนาแน่นมาก และต้องไม่มีปัญหาเรื่องน้ำที่ไหลเข้าสู่อุโมงค์ ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 Open – face TBM

ที่มา : Luetta Callaway (n.d.)

2. Close face เป็นการเจาะแบบปิดหน้าดินทั้งหมดเพื่อป้องกันการพังทลายของดินด้านหน้าหัวเจาะ วิธีการนี้เหมาะสำหรับการขุดเจาะดินที่มีเสถียรภาพต่ำมีลักษณะเป็นดินตะกอน ดินเหนียวอ่อน หรือดินทราย ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 Closed – face TBM

ที่มา : Luetta Callaway (n.d.)

1.2.5 การขุดเจาะอุโมงค์โดยใช้หัวเจาะแบบ Close face สามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภทดังนี้

1. ระบบอัดอากาศ (Compressor air shield) อาศัยการอัดอากาศเข้าไปในระบบการขุดเจาะและลำเลียงวัสดุ ทำให้น้ำไม่สามารถไหลเข้ามาในอุโมงค์ได้ วิธีการนี้เหมาะกับการขุดเจาะในชั้นทรายที่มีน้ำท่วมหรือบริเวณที่มีน้ำใต้ดินไหลผ่าน และเป็นการขุดเจาะที่ไม่ต้องอาศัยการลดระดับน้ำใต้ดิน โดยที่ปริมาณของความสูญหายหรือรั่วไหลของอากาศที่อัดไปในทุกส่วนของระบบ เป็นสิ่งที่ต้องให้ความสำคัญเป็นพิเศษเพราะเกี่ยวข้องโดยตรงกับความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงาน

2. ระบบแรงดันน้ำโคลน (Slurry shield) เป็นการขุดเจาะโดยอาศัยสารละลาย เช่น น้ำ น้ำเกลือ หรือ สารละลายเบนโทไนท์เพื่อค้ำยันดินด้านหน้าอุโมงค์ (Tunnel face) ไม่ให้เกิดการพังทลาย บางครั้งอาจจะใส่สารผสมเพิ่ม (Additives) เข้าไปตามความจำเป็นซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะของสภาพดินที่ขุดเจาะ เครื่องขุดเจาะจะสามารถติดตั้งผนังอุโมงค์ (Segmental lining) แล้วดันหัวเจาะให้เคลื่อนที่ไปข้างหน้าด้วยระบบไฮดรอลิก ปัญหาและอุปสรรคในการขุดเจาะอุโมงค์ด้วยวิธีดังกล่าวคือ ระบบต้องแยกดินออกจากสารละลายซึ่งส่วนผสมบางอย่างไม่สามารถแยกออกจากกันได้ เช่น ทรายหรือดินเหนียวที่ปนอยู่ในสารละลายจะต้องแยกทรายหรือดินเหนียวนั้นออกมาเพื่อนำไปทิ้ง และนำสารละลายวนกลับมาใช้ต่อไป ทำให้ต้องใช้พื้นที่ในการทำงานค่อนข้างมาก และอาจจะมีปัญหาในการลำเลียงสารละลายที่ต้องใช้ตลอดเวลาการขุดเจาะ วิธีที่นี้จึงไม่เหมาะสมกับการขุดเจาะอุโมงค์บริเวณในเขตตัวเมืองหรือพื้นที่แออัด

3. ระบบแรงดันดินสมดุล (Earth pressure balance) เป็นวิธีการขุดเจาะอุโมงค์ที่เหมาะสมกับสภาพชั้นดินเหนียว ซึ่งได้นำมาใช้ขุดเจาะอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินในกรุงเทพมหานครในอดีต วิธีการขุดเจาะอุโมงค์ในดินอ่อนส่วนมากจะใช้หัวเจาะแบบแรงดันอากาศ (Compressed air) และแบบแรงดันน้ำโคลน (Slurry shield) แต่พบว่ามีข้อจำกัดอีกหลายอย่าง เช่น หัวเจาะแบบแรงดันน้ำโคลน (Slurry shield) มีต้นทุนและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานค่อนข้างสูง อีกทั้งยังต้องมีโรงแยกน้ำยาเบนโทไนท์บนผิวดินเพื่อนำไปใช้ในการขุดเจาะอุโมงค์ เป็นต้น ดังนั้นบริษัท Sato Kogyo จำกัด ประเทศญี่ปุ่นจึงได้ค้นคว้าและพัฒนาเครื่องมือการขุดเจาะที่มีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับการอนุรักษ์ธรรมชาติ ทำให้หัวเจาะแบบแรงดันดินสมดุลถูกสร้างขึ้นโดยบริษัท Ishikawajima Heavy Industries จำกัด ซึ่งเป็นหัวเจาะแบบแรงดันดินสมดุลเครื่องแรกมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกเท่ากับ 3.72 เมตรใช้ขุดเจาะอุโมงค์ยาว 1,900 เมตร ในเมืองโตเกียว

1.2.6 ส่วนประกอบหลักของหัวเจาะแบบแรงดันดินสมดุล (Earth pressure balance) ได้แก่

1. หัวเจาะอุโมงค์ (Cutter head) อยู่ส่วนหน้าสุดมีลักษณะเป็นแฉก แต่ละแฉก มีฟันกัด (Teeth) ทำหน้าที่กัดหรือเฉือนดินที่อยู่ด้านหน้าของหัวเจาะ ฟันกัดจะต้องมีความแข็งแรงพอที่จะสามารถกัดเจาะผ่านผนังคอนกรีตที่เชื่อมต่อกับส่วนของสถานีรถไฟฟ้าและปล่องระบายอากาศ ดังภาพที่ 7 และภาพที่ 8

2. ฟันกัดดินด้านข้างหัวเจาะอุโมงค์ (Copy cutter) อยู่ด้านหน้าหัวเจาะบริเวณด้านข้าง มีหน้าที่สำหรับขุดเจาะอุโมงค์ในช่วงโค้ง โดย Copy cutter จะยึดตัวออกทางด้านข้างเพื่อให้อุโมงค์มีขนาดใหญ่ขึ้น และเพื่อให้หัวเจาะสามารถเลี้ยวโค้งได้ ดังภาพที่ 7 และภาพที่ 8

3. หน่วยขับเคลื่อน (Main drive) อยู่บริเวณตรงกลางด้านหน้าหัวเจาะ มีหน้าที่สนับสนุน Cutter Head เพื่อให้หัวเจาะสามารถหมุนแล้วขุดเจาะดินไปได้

4. ห้องเก็บพักดิน (Soil chamber) อยู่หลังจากฟันกัดดินด้านหน้าหัวเจาะ ทำหน้าที่เป็นส่วนกักเก็บดินก่อนจะลำเลียงเข้าสู่ Screw conveyor

5. สกรูลำเลียงดิน (Screw conveyor) อยู่ถัดจากห้องพักดิน (Soil chamber) บริเวณด้านล่างของหัวเจาะ มีทำหน้าที่ลำเลียงดินออก สามารถควบคุมการเปิดปิดประตูด้วยระบบไฮดรอลิกหรือคน

6. Thrust jack อยู่รอบหัวเจาะทำหน้าที่ออกแรงถีบผลักดันเพื่อให้หัวเจาะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าและยังใช้ควบคุมทิศทางของหัวเจาะให้เป็นไปตามแนวที่ออกแบบไว้ดังภาพที่ 10

7. เครื่องติดตั้งผนังอุโมงค์ (Segment erector) อยู่ช่วงท้ายของหัวเจาะ มีหน้าที่ติดตั้งประกอบผนังอุโมงค์ โดยใช้ระบบ Ring gear type และระบบไฮดรอลิกในการทำงานโดยมีชิ้นส่วนสำคัญดังนี้

- Rear body ทำหน้าที่รองรับคานาอุโมงค์ทั้งที่ประกอบเสร็จแล้วและขณะที่ประกอบอยู่จนกว่าการประกอบอุโมงค์เสร็จสิ้นทั้งวง

- Tail seal ทำหน้าที่เป็นตัวป้องกันไม่ให้ดิน น้ำ หรือน้ำปูนจากการทำ Backfill grouting ไหลเข้ามาในหัว Shield ได้และมีการอัดจาระบีเข้าไปเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการกันน้ำไม่ให้ไหลซึมเข้าสู่อุโมงค์

8. สายพานลำเลียงดิน (Belt conveyor) อยู่ถัดจากสกรูลำเลียงดิน มีลักษณะเป็นสายพานยาวจนถึงปลายอุโมงค์ ทำหน้าที่ลำเลียงดินจากภายในออกสู่ภายนอกอุโมงค์ดังภาพที่ 11

9. Air-lock system อยู่บริเวณด้านหน้าหัวเจาะ โดยในกรณีที่หัวเจาะมีสิ่งกีดขวางไม่สามารถขุดเจาะผ่านไปได้ ประกอบกับด้านหน้าอุโมงค์เป็นชั้นดินอ่อนหรือมีน้ำใต้ดินมาก ระบบ Air-lock จะถูกนำมาใช้ โดยเอาแรงดันของอากาศ (Compressed air) อัดเข้าไปดันของเหลว เช่นดินอ่อน หรือน้ำใต้ดิน เป็นต้น เพื่อไม่ให้ของเหลวเหล่านั้นไหลเข้ามาในหัวเจาะได้ แล้วจึงให้คนออกไปตัดสิ่งที่กีดขวางหรือปฏิบัติงานที่หน้าหัวเจาะได้อย่างปลอดภัย

10. Backup system อยู่ถัดจากหัวเจาะอุโมงค์ประกอบด้วยระบบสนับสนุนการทำงานของหัวเจาะ มีทั้งหมดจำนวน 9 คันดังนี้ คันที่ 1 เป็นระบบอัดฉีดน้ำปูน คันที่ 2-4 เป็นสารผสมเพิ่ม เช่น เบนโทไนท์และโฟม คันที่ 5 เป็นเครื่องคอมเพลสเซอร์ คันที่ 6 เป็นแท่งเก็บน้ำ คันที่ 7 เป็นเครื่องทำความเย็น คันที่ 8 ส่วนเก็บของ และคันที่ 9 คือ ที่กักเก็บสายพานลำเลียงดิน

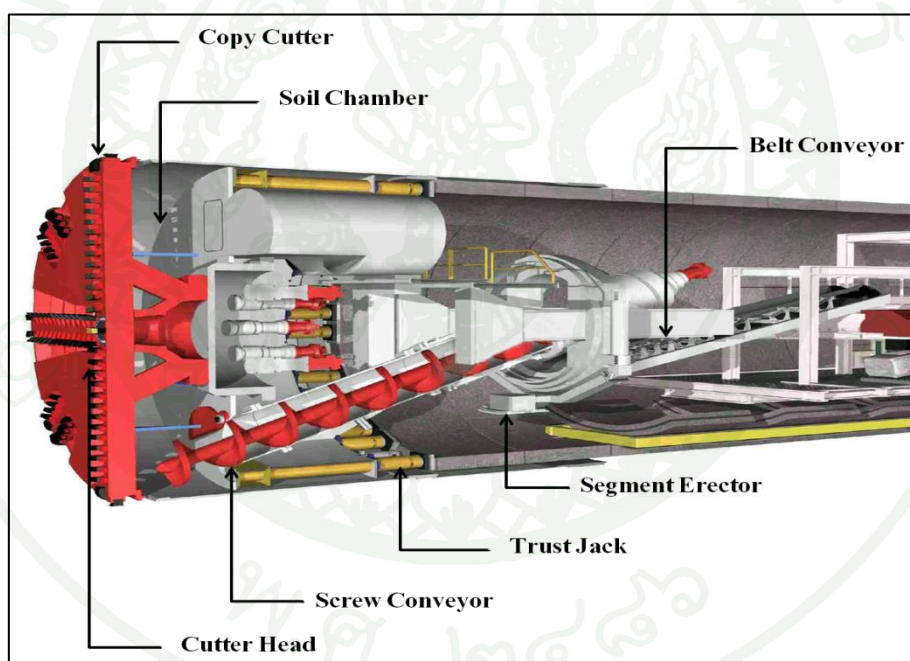
11. Grouting equipment อยู่บริเวณรอบหัวเจาะมีหน้าที่อัดฉีดน้ำปูน (Cement Grout) เข้าไปในดิน อาจจะมีลักษณะเป็นการลำเลียงผ่านท่อ (Pipe grout) หรือใช้รถขน (Agitator car) ที่มีการกวนน้ำปูนอยู่ตลอดเวลาเพื่อป้องกันการแข็งตัวก่อนที่จะต่อเข้าสู่ท่อ Grout plug ดังภาพที่ 9

1.2.7 หลักการทำงานของหัวเจาะแบบแรงดันดินสมดุล (Earth pressure balance)

การเคลื่อนตัวของหัวเจาะควบคุมด้วย Shield jack ที่สามารถต้านทานแรงดันดิน โดยใช้ระบบแม่แรงจากไฮดรอลิก เมื่อหัวเจาะเริ่มทำงาน ดินที่ได้จากการขุดจะตกลงมาอยู่ในห้องเก็บพักดิน (Soil chamber) แล้วถูกขนถ่ายออกด้วย Screw conveyor ซึ่งมีประตูเปิดปิดโดยใช้ระบบไฮดรอลิก หากเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉิน เช่น ไฟดับ ระบบจะปิดประตูโดยอัตโนมัติเพื่อป้องกันไม่ให้ดินด้านหน้าอุโมงค์ไหลทะลักเข้ามาในหัวเจาะได้ หลังจากนั้นดินจะถูกลำเลียงผ่านทางสายพานลำเลียง

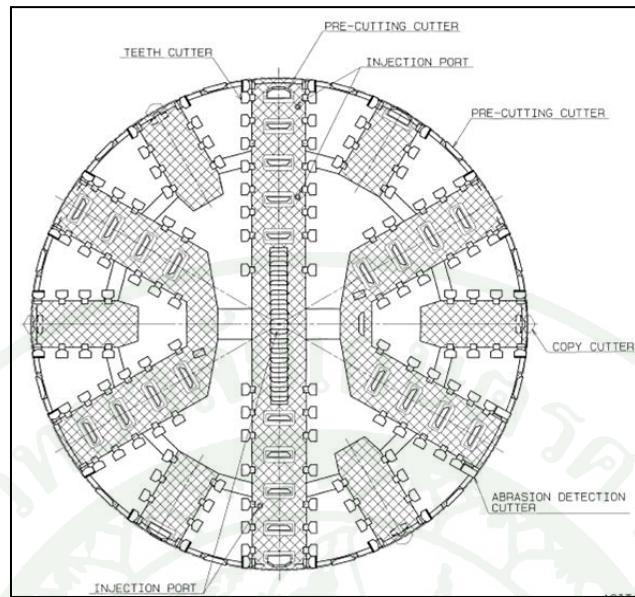
ดิน (Belt conveyor) ซึ่งมีการจัดเก็บอยู่ที่ปลายอุโมงค์ (Belt storage) โดยจะต้องทำการต่อสายพานลำเลียงดิน (Belt conveyor) ทุกความยาว 300 เมตร และยังมีวิธีการลำเลียงดินออกจากอุโมงค์โดย รถขนดิน (Muck car) ซึ่งจำเป็นต้องจัดเส้นทางรถลำเลียงดินที่แม่นยำ

ความเร็วในการขุดเจาะขึ้นอยู่กับอัตราการทำงานของ Speed jack ที่ต้องสัมพันธ์กับรอบของ Screw conveyor เพื่อดึงดินออกมา ส่วนความเร็วในการขนถ่ายดินจะขึ้นอยู่กับแรงดันดินใน Soil chamber โดยที่แม่แรงไฮดรอลิก (Thrust force) จะปรับค่าแรงดันด้านหน้าหัวเจาะ (Face pressure) เพื่อควบคุมปริมาณดินที่ขุดเจาะให้เกิดความสมดุล เมื่อดำเนินการขุดเจาะจนมีพื้นที่ด้านหลังหัวเจาะเพียงพอแล้วจะติดตั้งชิ้นส่วนผนังอุโมงค์ (Segment) แล้วทำการอัดฉีดน้ำปูนรอบผนังอุโมงค์เพื่อป้องกันการทรุดตัวของดินและอุดรอยต่อทั้งหมด (Grouting) เพื่อป้องกันน้ำใต้ดินไหลเข้ามาภายในอุโมงค์

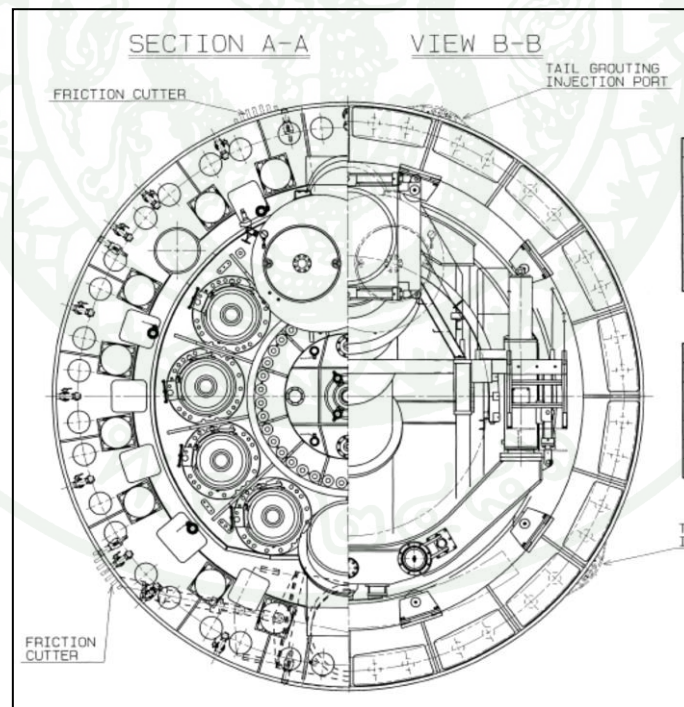


ภาพที่ 7 ส่วนประกอบหัวเจาะอุโมงค์แบบแรงดันดินสมดุล

ที่มา : บริษัท ช.การช่าง จำกัด มหาชน (2555)



ภาพที่ 8 ส่วนประกอบหัวเจาะอุโมงค์ส่วนหน้า



ภาพที่ 9 Grout Plug ด้านหน้าหัวเจาะอุโมงค์



ภาพที่ 10 การทำงานของ Thrust jack เพื่อออกแรงผลักให้หัวเจาะเคลื่อนที่ไปข้างหน้า

ที่มา : บริษัท อิตาเลียนไทย ดีเวล๊อปเมนต์ จำกัด มหาชน (2555)

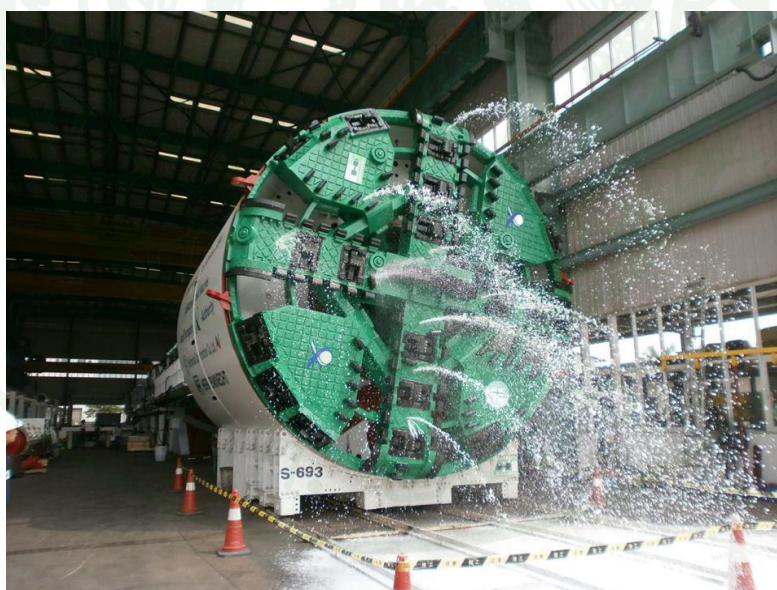


ภาพที่ 11 สายพานลำเลียงดิน (Belt conveyor)

ที่มา : บริษัท อิตาเลียนไทย ดีเวล๊อปเมนต์ จำกัด มหาชน (2555)

1.2.8 การปรับสภาพดินด้านหน้าด้วยหัวเจาะแบบแรงดันดินสมดุล (Earth pressure balance)

สภาพดินที่แตกต่างกันเป็นอุปสรรคต่อการทำงานของหัวเจาะ จึงต้องมีการปรับสภาพดินดังกล่าวเพื่อให้สามารถขุดเจาะและลำเลียงดินออกจากอุโมงค์ได้ง่าย หัวเจาะจะทำการฉีดพ่นสารละลายเข้าไปในดินระหว่างการขุดเจาะ ซึ่งชนิดของสารละลายที่ฉีดพ่นไปนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของดินที่กำลังขุดเจาะอยู่ สามารถแบ่งได้ดังนี้ ชั้นดินเหนียวแข็ง (Stiff clay) เหมาะแก่การอัดฉีดน้ำเข้าไปเพื่อให้ดินอ่อนตัวลงดังภาพที่ 12 เพราะดินขนาดใหญ่อาจจะทำให้หัวเจาะและระบบลำเลียงอุดตันได้ ชั้นดินเหนียวแข็งปานกลาง (Medium clay) เป็นชั้นดินที่มีปัญหาในการขุดเจาะน้อย เป็นชั้นดินที่เหมาะสมแก่การทำงาน ชั้นทรายปนดินเหนียว (Sandy clay) ต้องฉีดน้ำโฟมอินทรีย์หรือเบนโทไนท์ ป้องกันไม่ให้หน้าดินพังและน้ำไหลทะลักเข้าสู่หัวเจาะ กรณีพบน้ำใต้ดิน (Ground water) หากดินอ่อนตัวมากต้องฉีดน้ำยาเร่ง (Quick setting compound) หรือทำการปรับปรุงดิน (Grout treatment) อย่างเร่งด่วนเพื่อป้องกันดินหน้าหัวเจาะทะลักเข้ามาในสกรูลำเลียงดิน ในขณะเดียวกันเพื่อไม่ให้ดินหน้าหัวเจาะทรุดตัวมากเกินไป



ภาพที่ 12 การฉีดน้ำของหัวเจาะเพื่อปรับสภาพดิน

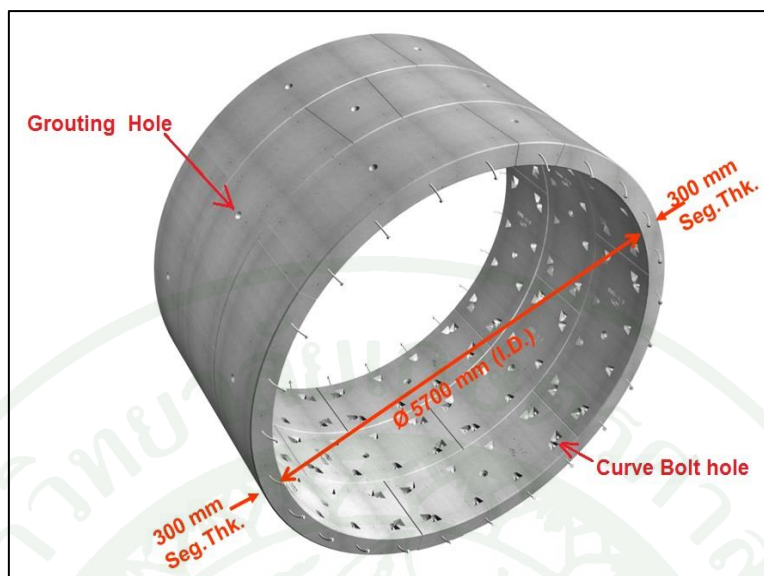
ที่มา : บริษัท อิตาเลียนไทย ดีเวลล็อปเมนต์ จำกัด มหาชน (2555)

1.2.9 ระบบสำรวจและนำทางหัวเจาะแบบแรงดันดินสมดุล (Earth pressure balance)

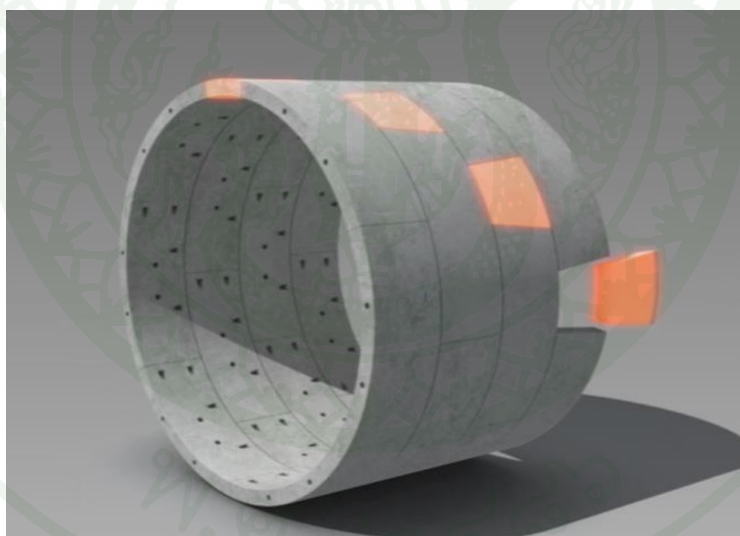
ระบบสำรวจและนำทางในกรณีที่หัวเจาะขับเคลื่อน มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อทิศทางของอุโมงค์ ซึ่งการสำรวจด้วยวิธี Guidance system เป็นระบบที่สามารถติดตามตำแหน่งของหัวเจาะได้อย่างต่อเนื่อง โดยระบบนำทางหัวเจาะเป็นเลเซอร์ที่ถูกติดตั้งขนานไปกับแกนหัวเจาะ โดยติดตั้งอยู่ในช่องสำหรับการสำรวจเพื่อให้เป็นอิสระจากความยาวทั้งหมดของหัวเจาะ และเพื่อกำหนดตำแหน่งของหัวเจาะด้วยเลเซอร์ ระบบดังกล่าวจะกำหนดเป้าหมายในการขุดเจาะ แล้วส่งข้อมูลที่สำรวจได้นั้นเข้าสู่คอมพิวเตอร์ตัวควบคุมทิศทางการเจาะ เพื่อปรับแนวการเคลื่อนที่ของหัวเจาะที่เบี่ยงเบนไปให้กลับสู่เส้นทางที่กำหนดไว้ ปัจจุบันระบบดังกล่าวนี้ถูกนำมาใช้งานขุดเจาะอุโมงค์กันอย่างแพร่หลายและยังมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อควบคุมให้หัวเจาะมีความถูกต้องและแม่นยำมากที่สุด

1.3 ผนังอุโมงค์ (Segment lining)

ชิ้นส่วนผนังอุโมงค์ (Segment) เป็นโครงสร้างที่นำมาประกอบกันเป็นผนังอุโมงค์ (Lining) ดังภาพที่ 15 และ ภาพที่ 16 มีหน้าที่หลักคือ ต้องสามารถต้านทานน้ำหนักบรรทุกทุกที่กระทำต่ออุโมงค์อย่างเพียงพอและปลอดภัย ต้องตอบสนองการใช้งานที่ต้องการได้ และเหมาะสมกับวิธีการก่อสร้าง อีกทั้งยังต้องคำนึงถึงการบำรุงรักษาภายใน การก่อสร้างอุโมงค์ขนาดเล็กและขนาดกลาง เช่น อุโมงค์ส่งน้ำ อุโมงค์ระบายน้ำ จะใช้ชิ้นส่วนคอนกรีตหรือเหล็ก ถ้าหากเป็นอุโมงค์ขนาดใหญ่ จะใช้ชิ้นส่วนคอนกรีตเป็นหลัก ชิ้นส่วนคอนกรีตที่เป็น Box type หรือ Flat type จะนำมาเป็นพื้นฐานเพื่อประยุกต์ใช้ทำผนังอุโมงค์ ส่วนเหล็กกล้าจะใช้ในกรณีแรงที่กระทำมากเป็นพิเศษ การติดตั้งชิ้นส่วนผนังอุโมงค์เริ่มจากการลำเลียงชิ้นส่วนทั้งหมดใน 1 วง เข้าไปภายในอุโมงค์ ชิ้นส่วนเหล่านี้จะถูกยกขึ้นประกอบทางตอนท้ายของหัวเจาะ เมื่อชิ้นส่วนที่ติดตั้งเป็นวงแล้วจะถูกยึดกันด้วย Curve bolt เพื่อไม่ให้เกิดการเคลื่อนตัวออกจากกันและสามารถรับแรงกระทำได้ โดยปกติผนังอุโมงค์จะมีขนาดเล็กกว่าหัวเจาะอุโมงค์เล็กน้อย จึงทำให้เกิดช่องว่างโดยรอบอุโมงค์ซึ่งจะถูกเติมเต็มด้วยน้ำปูน (Grouting) เพื่ออุดรอยรั่วและป้องกันน้ำใต้ดินไหลเข้าภายในอุโมงค์ได้



ภาพที่ 13 ขนาดของชิ้นส่วนผนังอุโมงค์ (Segment)



ภาพที่ 14 การติดตั้งผนังอุโมงค์

1.4 การก่อสร้างปล่องแนวดิ่ง (Shaft)

ปล่องแนวดิ่ง (Shaft) มีไว้เพื่อปล่อยหัวเจาะอุโมงค์ลงไปสู่ชั้นดินที่จะทำการก่อสร้าง หรือการติดตั้งระบบสนับสนุน การเปลี่ยนขนาดหัวเจาะ รวมถึงการลำเลียงวัสดุและอุปกรณ์ต่างๆลง

ไปในอุโมงค์ ปัจจัยการเลือกที่ตั้งปล่องแนวตั้ง ประกอบด้วย ขนาดของการก่อสร้าง อุโมงค์ (ขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางและความยาวของอุโมงค์) วิธีการขนส่ง วิธีการก่อสร้างปล่อง แนวตั้ง และสิ่งอำนวยความสะดวกอื่นๆ รวมทั้งเพื่อปกป้องสิ่งแวดล้อมเมื่อสถานที่นั้นตั้งอยู่ในเขต เมืองซึ่งควรมีการวางแผนที่ตั้งตำแหน่งเหมาะสมให้เพียงพอสำหรับความสามารถในด้านความปลอดภัย รวมทั้งดำเนินการก่อสร้างอย่างมีประสิทธิภาพ

1.5 มาตรการรักษาสิ่งแวดล้อมระหว่างการก่อสร้างอุโมงค์

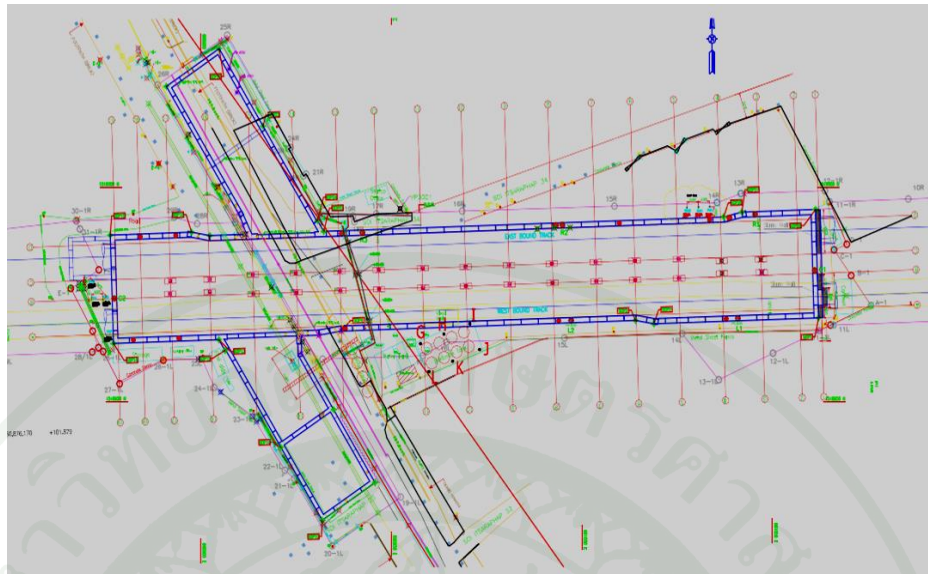
การขุดเจาะอุโมงค์สามารถดำเนินงานได้ทั้งกลางวันและกลางคืน การขุดเจาะจะรบกวน พื้นที่ด้านบนน้อยมาก ยกเว้นรอบบริเวณสถานที่ก่อสร้างอาจจะได้รับการสั่นสะเทือนและเสียงดัง อันเนื่องมาจากการก่อสร้างปล่องแนวตั้ง การทำงานของเครื่องอัดอากาศ การลำเลียงอุปกรณ์ นอกจากนี้ยังต้องเฝ้าระวัง การทรุดตัวและการบวมตัวของดิน การลดระดับของน้ำใต้ดิน คุณภาพของน้ำที่เสื่อมลง ผลกระทบจากสิ่งปลูกสร้างใต้ดินที่หัวเจาะผ่าน ความเป็นไปได้เหล่านี้จะต้องทำการสำรวจล่วงหน้าให้ชัดเจนและมีมาตรการป้องกันที่เหมาะสม เพื่อปกป้องสิ่งแวดล้อม รวมทั้งลดผลกระทบระหว่างการก่อสร้างและหลังจากโครงการเสร็จสิ้น

2. โครงสร้างใต้ดิน

การก่อสร้างรถไฟฟ้าใต้ดินจะประกอบด้วยโครงสร้างใต้ดิน 2 ส่วนคือ สถานีรถไฟฟ้าและ ปล่องระบายอากาศ ซึ่งอธิบายได้ดังนี้

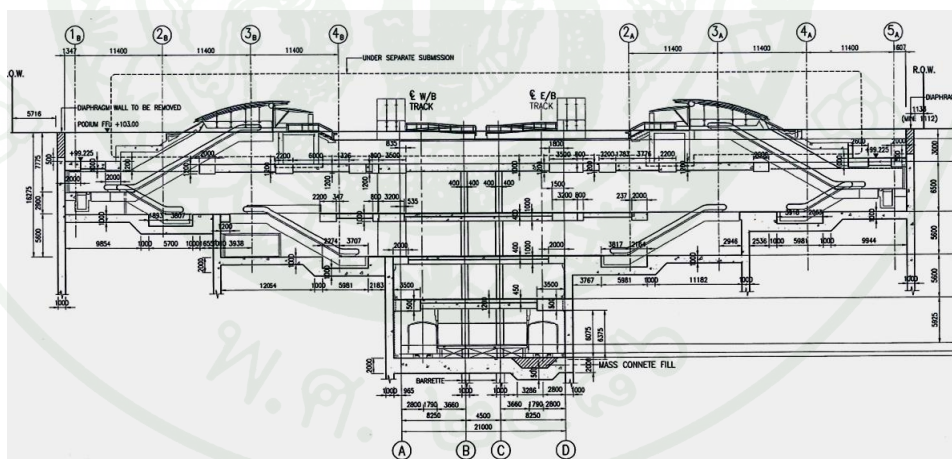
2.1 สถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน (Station)

สถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน (Station) คือ อาคารที่เป็นจุดจอดสำหรับรับส่งผู้โดยสารซึ่งจะต้องก่อสร้างลึกลงไปให้ถึงระดับที่อุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินวางตัวอยู่ ลักษณะของโครงสร้างส่วนใหญ่เป็น โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กประกอบด้วยกำแพงที่บ้น้ำทำหน้าที่เป็นทั้งผนังของสถานีใต้ดินและผนังรองรับน้ำหนักพื้นของสถานี โครงสร้างจะอยู่ลึกจากผิวถนนประมาณ 15-25 เมตร สถานีจะมีความ กว้างประมาณ 18-25 เมตร ยาวประมาณ 150-200 เมตร ดังภาพที่ 15 และภาพที่ 16



ภาพที่ 15 แพลน Top-view ของสถานีรถไฟใต้ดินอิสราภาพ

ที่มา : บริษัท ช.การช่าง จำกัด มหาชน(2555)



ภาพที่ 16 แพลน Side-view ของสถานีรถไฟใต้ดินอิสราภาพ

ที่มา : บริษัท ช.การช่าง จำกัด มหาชน (2555)

2.1.1 ประเภทของโครงสร้างสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน แบ่งได้เป็น 3 ลักษณะ ได้แก่ โครงสร้าง 2 ชั้น โครงสร้าง 3 ชั้น และโครงสร้าง 4 ชั้น ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพของพื้นที่ดังนี้

1. โครงสร้าง 2 ชั้น ประกอบด้วย

- ชั้นที่ 1 ชั้นโถงผู้โดยสาร เป็นสถานที่สำหรับซื้อและตรวจตั๋วโดยสารรวมทั้งแสดงแผนที่เส้นทางรถไฟฟ้า

- ชั้นที่ 2 ชั้นชานชาลา เป็นชั้นที่รถไฟฟ้าจอดเทียบ รับ-ส่งผู้โดยสาร

2. โครงสร้าง 3 ชั้น ประกอบด้วย

- ชั้นที่ 1 ชั้นรวมผู้โดยสาร มีลักษณะเป็นพื้นที่โล่งเป็นชั้นแรกเมื่อลงจากทางขึ้น-ลงจะประกอบด้วยร้านค้าปลีก

- ชั้นที่ 2 ชั้นโถงผู้โดยสาร เป็นสถานที่สำหรับซื้อและตรวจตั๋วโดยสารและแสดงแผนที่เส้นทางรถไฟฟ้า

- ชั้นที่ 3 ชั้นชานชาลา เป็นชั้นที่รถไฟฟ้าจอดเทียบรับ-ส่งผู้โดยสาร

3. โครงสร้าง 4 ชั้น ประกอบด้วย

- ชั้นที่ 1 ชั้นโถงผู้โดยสาร เป็นสถานที่สำหรับซื้อและตรวจตั๋วโดยสารและแสดงแผนที่เส้นทางรถไฟฟ้า

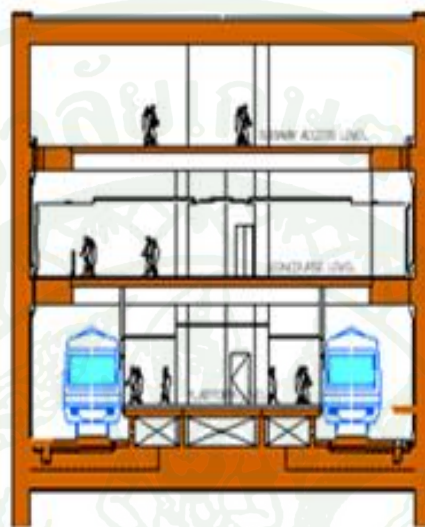
- ชั้นที่ 2 ชั้นชานชาลา เป็นชั้นที่รถไฟฟ้าจอดเทียบ รับ-ส่งผู้โดยสาร

- ชั้นที่ 3 เป็นชั้นห้องเครื่องสำหรับระบบต่างๆ เช่น พัดลมดูดอากาศ ไฟฟ้า

- ชั้นที่ 4 ชั้นชานชาลาล่าง เป็นชั้นที่รถไฟฟ้าจอดเทียบ รับ-ส่งผู้โดยสาร

2.1.2 รูปแบบของสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน สามารถแบ่งได้เป็น 3 แบบดังนี้

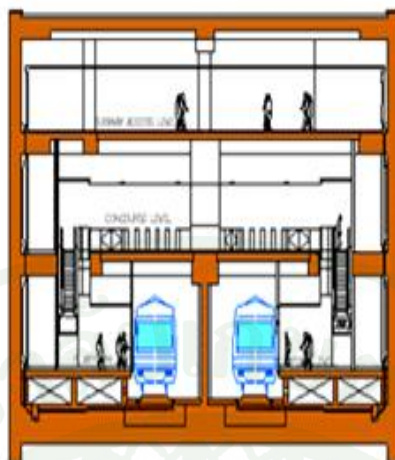
1. รูปแบบชานชาลาข้าง (Station with side platform) จะแยกชานชาลาสำหรับขาไปและขากลับ ดังภาพที่ 17



ภาพที่ 17 ชานชาลาข้าง (Station with side platform)

ที่มา : การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย (2555)

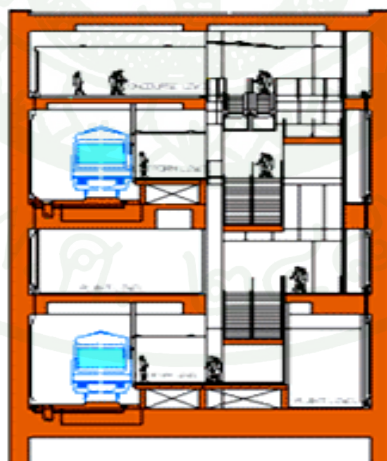
2. รูปแบบชานชาลากลาง (Station with central platform) ผู้โดยสารจะใช้ชานชาลาร่วมกันทั้งขาไปและขากลับดังภาพที่ 18



ภาพที่ 18 รูปแบบชานชาลากลาง (Station with central platform)

ที่มา : การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย (2555)

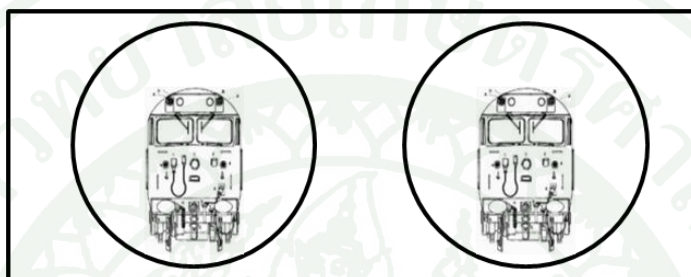
3. รูปแบบชานชาลาที่มี 2 ชั้นหรือต่างระดับ (Station with stack platform) จะใช้ก่อสร้างในกรณีที่ไม่มีพื้นที่ในการก่อสร้างเพียงพอ เนื่องจากสภาพภูมิประเทศบังคับ เช่น ท่ออุโมงค์ส่งน้ำของการประปา เสาเข็มยาวของสะพานลอยและอาคารสูงเป็นต้น ดังภาพที่ 19



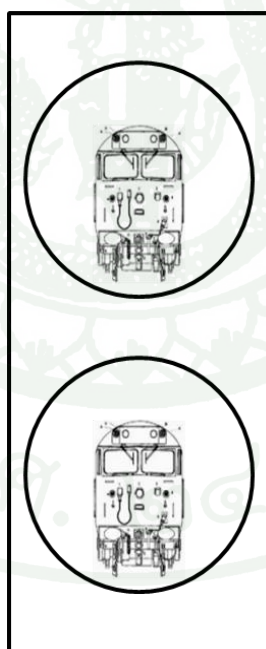
ภาพที่ 19 รูปแบบชานชาลาที่มี 2 ชั้นหรือต่างระดับ (Station with stack platform)

ที่มา : การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย (2555)

จากการก่อสร้างสถานีแต่ละรูปแบบดังที่กล่าวมา ส่งผลให้การก่อสร้างแนวอุโมงค์ถูกออกแบบเป็น 2 ลักษณะคือ การก่อสร้างอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินแบบ Parallel มีลักษณะเป็นอุโมงค์คู่ขนาน เหมาะกับรูปแบบชานชาลาข้าง (Station with side platform) และรูปแบบชานชาลากลาง (Station with central platform) ดังภาพที่ 20 และการก่อสร้างอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินแบบ Stack มีลักษณะอุโมงค์แบบบน-ล่างเหมาะสมกับรูปแบบชานชาลาที่มี 2 ชั้นหรือต่างระดับ (Station with stack platform) ดังภาพที่ 21



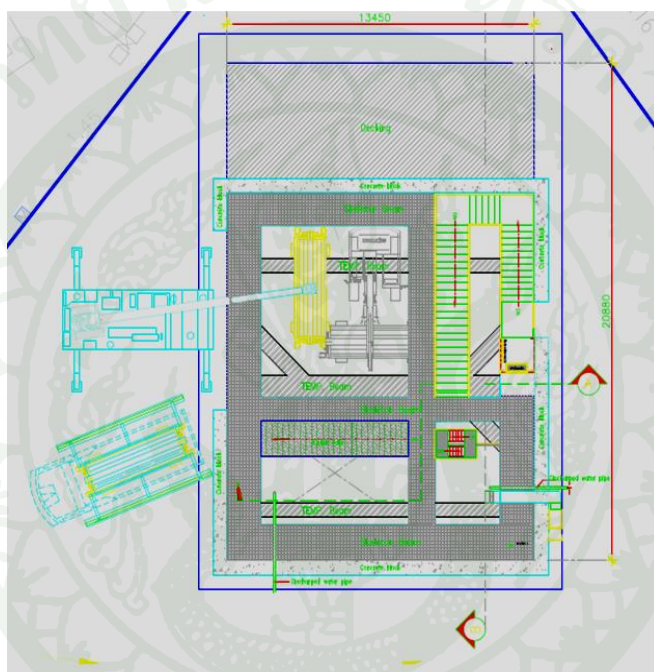
ภาพที่ 20 อุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินแบบ Parallel



ภาพที่ 21 อุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินแบบ Stack

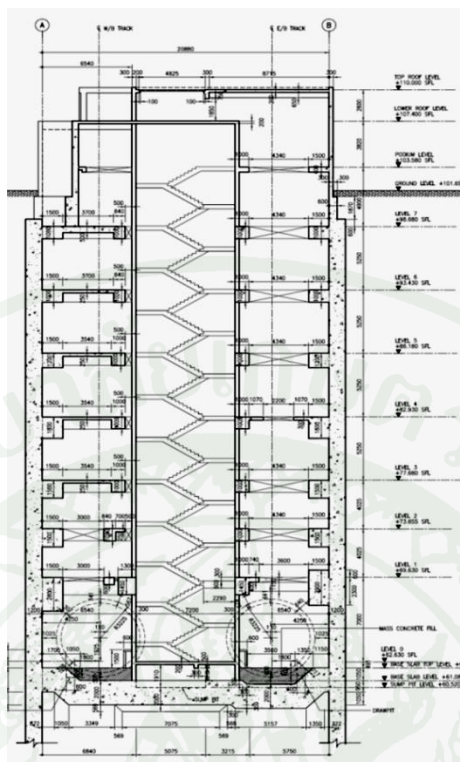
2.2 ปล่องระบายอากาศ (Invention shaft)

ปล่องระบายอากาศ (Invention shaft) มีหน้าที่ระบายอากาศภายในอุโมงค์และเป็นทางออกของผู้โดยสาร ในกรณีที่รถไฟไฟฟ้าใต้ดินเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉิน เช่น ไฟไหม้ระบบขัดข้อง เป็นต้น โครงสร้างของปล่องระบายอากาศอยู่ลึกจากผิวถนนประมาณ 15-25 เมตร มีขนาดความกว้างประมาณ 15-20 เมตร และมีความยาวประมาณ 20-30 เมตรดังภาพที่ 22 และภาพที่ 23



ภาพที่ 22 แพลนTop-view ของปล่องระบายอากาศ

ที่มา : บริษัท ช.การช่าง จำกัด มหาชน (2555)



ภาพที่ 23 แพลน side-view ปล่องระบายอากาศ

ที่มา : บริษัท ช.การช่าง จำกัด มหาชน (2555)

2.3 รูปแบบการก่อสร้างโครงสร้างใต้ดิน

วิธีการก่อสร้างโครงสร้างใต้ดินเป็นสิ่งสำคัญที่จะส่งผลต่อระยะเวลาและงบประมาณที่ใช้ในการก่อสร้าง โดยจำเป็นต้องพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการก่อสร้าง เช่น ลักษณะของชั้นดิน ลักษณะของรูปแบบโครงสร้าง ข้อจำกัดของพื้นที่ก่อสร้าง ความปลอดภัยในการก่อสร้าง เป็นต้น โดยการก่อสร้างใต้ดินในปัจจุบันสามารถแบ่งได้เป็น 2 รูปแบบดังนี้

2.3.1 การก่อสร้างจากล่างขึ้นบน (Bottom-up construction) เริ่มต้นจากการก่อสร้างกำแพงค้ำยันชั่วคราวแล้วทำการขุดเปิดหน้าดินจนถึงระดับชั้นล่างสุด หากขุดดินลึกจำเป็นต้องติดตั้งค้ำยันด้านข้างไปที่ละชั้นเพื่อป้องกันการพังทลายของดิน จากนั้นทำการเทคอนกรีตพื้นและกำแพงชั้นล่างสุด แล้วทำการก่อสร้างขึ้นมาด้านบนพร้อมทั้งปลดค้ำยันออกทีละชั้นจนถึงระดับที่ต้องการ

ตารางที่ 1 ข้อดีและข้อจำกัดของการก่อสร้างจากชั้นบน (Bottom-up construction)

ข้อดี	ข้อเสีย
1. สามารถควบคุมการเลื่อนไถลของดินชั่วคราวรอบบ่อขุดด้วยการออกแบบระบบค้ำยัน	1. เสียค่าใช้จ่ายระบบค้ำยัน
2. สามารถลดขนาดของกำแพงที่บ้น้ำลงได้	2. ระบบค้ำยันทำให้ขุดดินยาก
3. ขั้นตอนการขุดดินและก่อสร้างชัดเจน	3. ใช้เวลาในการก่อสร้างนาน

ที่มา : ชาญชัย และคณะ (2545)

2.3.2 การก่อสร้างจากบนลงล่าง (Top-down construction) เริ่มต้นจากการก่อสร้างกำแพงที่บ้น้ำทั้งสองข้าง แล้วขุดเปิดหน้าดินให้ลึกถึงระดับพื้นชั้นบนสุด จากนั้นเทคอนกรีตหลังคาและท้องพื้นชั้นบนสุด โดยเว้นช่องเปิดไว้สำหรับขนถ่ายวัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องจักรลงไปทำงานขุดดินชั้นที่อยู่ลึกลงไป ทำการก่อสร้างเช่นนี้จนถึงชั้นล่างสุดดังภาพที่ 24

ตารางที่ 2 ข้อดีและข้อจำกัดของการก่อสร้างจากบนลงล่าง (Top-down construction)

ข้อดี	ข้อเสีย
1. สามารถก่อสร้างได้ในพื้นที่เหนือนดิน	1. งานขุดดินจะช้าเพราะทำได้ยากกว่า
2. ไม่เสียค่าใช้จ่ายระบบค้ำยันชั่วคราว	2. เสียค่าใช้จ่ายเสาเหล็ก Stanchion
3. ขั้นตอนการขุดดินและก่อสร้างชัดเจน	3. ต้องเตรียมช่องเปิดพื้นที่ในการขนถ่ายดิน

ที่มา : ชาญชัย และคณะ (2545)



ภาพที่ 24 วิธีการก่อสร้างจากด้านบนลงด้านล่าง (Top-down construction)

ที่มา : บริษัท ช.การช่าง จำกัด มหาชน (2555)

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบขั้นตอนการก่อสร้างระหว่าง Top-down construction และ Bottom-up construction

วิธีการก่อสร้าง	ขั้นตอนการก่อสร้าง			
Top-Down	Step 1 permanent support walls	Step 2	Step 3	Step 4
Bottom-up	Step 1 temporary support walls	Step 2	Step 3	Step 4

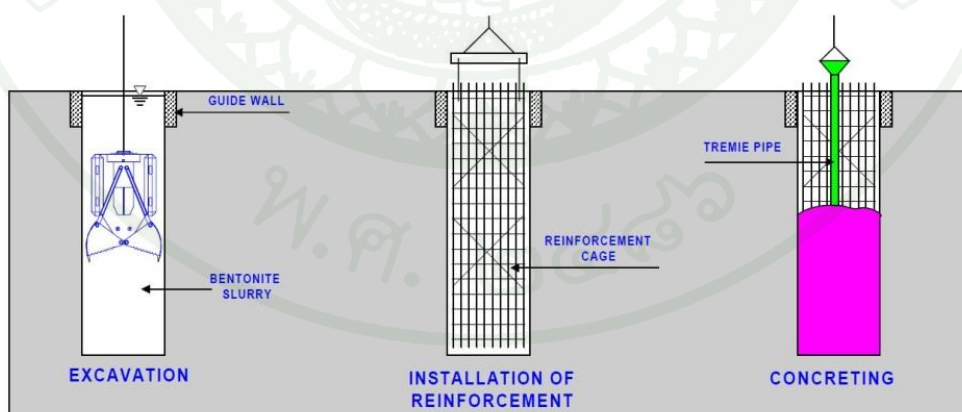
ที่มา : The Federal Highway Administration (2012)

เพื่อให้งานก่อสร้างสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินสอดคล้องกับงานขุดเจาะอุโมงค์จำเป็นต้องพิจารณาขั้นตอนการก่อสร้างสถานีดังต่อไปนี้

1. งานรื้อย้ายสาธารณูปโภค เป็นขั้นตอนแรกในการก่อสร้างสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินต้องมีการวางแผนงานและได้รับอนุมัติก่อนที่จะเริ่มทำการก่อสร้างได้ โดยมีหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งภาครัฐและเอกชน อาทิเช่น การไฟฟ้านครหลวงเกี่ยวข้องกับการรื้อย้ายเสาไฟฟ้าและหม้อแปลงไฟฟ้า การประปานครหลวงเกี่ยวข้องกับการออกแบบให้หลบหลีกแนวเส้นทางอุโมงค์ส่งน้ำขนาดใหญ่และกรุงเทพมหานคร เกี่ยวข้องกับท่อระบายน้ำ สะพานลอย เกาะกลางถนน ทางเท้า เป็นต้น

2. งานก่อสร้างกำแพงทึบน้ำ (Diaphragm wall) เป็นการก่อสร้างกำแพงคอนกรีตเสริมเหล็ก ทำหน้าที่รับแรงด้านข้างโดยอาศัยวิธีการก่อสร้างแบบขุดเจาะ-หล่อในที่ ซึ่งสามารถใช้เป็นโครงสร้างชั่วคราวหรือโครงสร้างถาวรในงานก่อสร้างโครงสร้างใต้ดินที่มีความลึกมากได้ มีความสามารถในการรับโมเมนต์ดัด (Bending moment) และลดปริมาณการเคลื่อนตัวของดินได้สูงกว่ากำแพงแบบยืดหยุ่น (Flexible)

3. งานก่อสร้างเสาเข็มค้ำยันกลางสถานีหรือเรียกว่า Barrette pile เป็นโครงสร้างแบบเสาเข็มเจาะชนิดหนึ่งมีลักษณะรูปแบบเป็นสี่เหลี่ยมใช้เป็นฐานรากพร้อมกับรับเสากลางของสถานี มีขั้นตอนการคล้ายคลึงกับการก่อสร้างกำแพงทึบน้ำ ดังภาพที่ 25



ภาพที่ 25 ขั้นตอนการก่อสร้างเสาเข็มเจาะแบบสี่เหลี่ยม (Barrett pile)

ที่มา : สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร [สนข.] (2552)

4. งานก่อสร้างภายในสถานีประกอบด้วยงานชุดและขนดินออกจากสถานีระยะเวลาการก่อสร้างขึ้นอยู่กับขนาดของสถานีหลังจากนั้นเป็นงานก่อสร้างโครงสร้างภายในสถานี งานระบบและงานสถาปัตยกรรมภายใน

5. งานก่อสร้างหลังคาสถานีที่เหลื่อและดำเนินการนำระบบสาธารณูปโภคกลับคืนที่เดิมงานถมกลับและคืนผิวจราจรปรับปรุงทางเท้า และเกาะกลางถนน

งานก่อสร้างกำแพงทึบน้ำของสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินเป็นขั้นตอนการก่อสร้างที่มีความสำคัญเพราะ เป็นโครงสร้างหลักของสถานีและมีระยะเวลาในการก่อสร้างที่ยาวนานซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อระยะเวลาโครงการ ดังนั้นจึงสามารถอธิบายขั้นตอนการก่อสร้างได้ดังต่อไปนี้

2.4 ขั้นตอนการก่อสร้างกำแพงทึบน้ำ (Diaphragm wall)

การก่อสร้างกำแพงทึบน้ำจะต้องทำการก่อสร้างที่ละแผงโดยที่รอยต่อระหว่างแผงต้องสามารถป้องกันการรั่วซึมของน้ำได้ดี ความยาวและความกว้างของแต่ละแผงจะถูกกำหนดขึ้นตามขนาดและกำลังของเครื่องจักร รวมทั้งเสถียรภาพของดินที่จะไม่เกิดการพังทลาย โดยมีขั้นตอนการก่อสร้างดังนี้

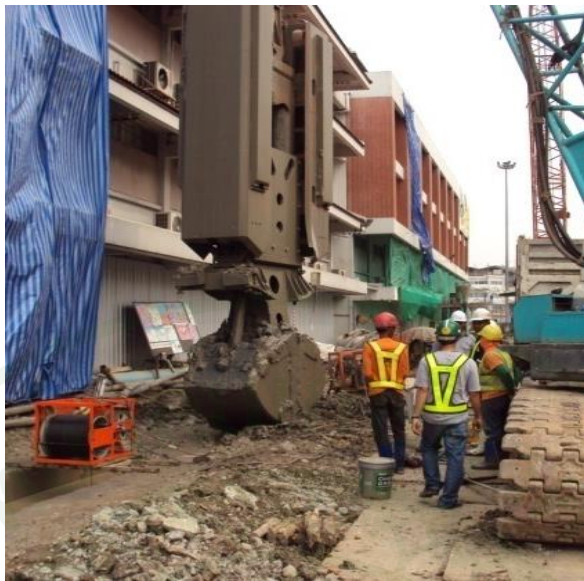
ขั้นตอนที่ 1 การก่อสร้างแนวกำแพงทึบน้ำ (Guide wall) โดยการชุดและปรับร่องดินตามขนาดที่กำหนด จากนั้นติดตั้งแบบหล่อคอนกรีต และติดตั้งเหล็กเสริมตามลำดับแล้วจึงเทคอนกรีต ดังภาพที่ 26



ภาพที่ 26 การก่อสร้างแนวกำแพงทึบน้ำ (Guide wall)

ที่มา : บริษัท ช.การช่าง จำกัด มหาชน (2555)

ขั้นตอนที่ 2 ทำการขุดร่องดินตามความลึกที่ออกแบบไว้ ดังภาพที่ 27 และใช้สารละลายเบนโทไนท์ป้องกันการไหลตัวของดินแล้วขุดเจาะตามขนาดที่กำหนดไว้ จากนั้นจึงติดตั้งแบบด้านข้าง (stop end) ซึ่งต้องติดแผ่นกันน้ำ (Water stop) ดังภาพที่ 28 และทำความสะอาดหลุมเจาะโดยใช้สารละลายเบนโทไนท์วนภายในหลุมเรียกว่า Recycle bentonite slurry และตรวจสอบคุณภาพสารละลายเบนโทไนท์หลังขุดเสร็จว่ายังคงมีคุณสมบัติตามข้อกำหนดหรือไม่หากไม่ครบต้องทำการเปลี่ยนสารละลายใหม่



ภาพที่ 27 การขุดรื้อดิน

ที่มา : บริษัท ช.การช่าง จำกัด มหาชน (2555)



ภาพที่ 28 การติดตั้งแบบด้านข้าง (stop end)

ที่มา : บริษัท ช.การช่าง จำกัด มหาชน (2555)

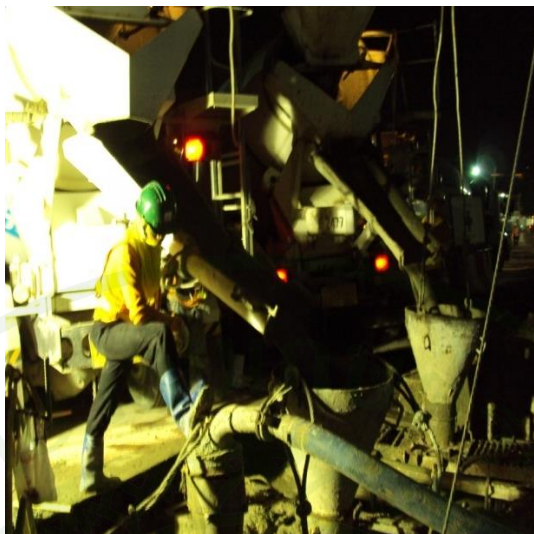
ขั้นตอนที่ 3 การติดตั้งเหล็กเสริม ตามความลึกของหลุม หากหลุมมีความลึกมากอาจจะ
ต้องทำการต่อเหล็กเสริมด้วย u-bolt clamp ก่อนหย่อนลงในหลุมอย่างช้าๆ เพื่อป้องกันเหล็กจมดิ่ง
ภาพที่ 29



ภาพที่ 29 การติดตั้งเหล็กเสริม

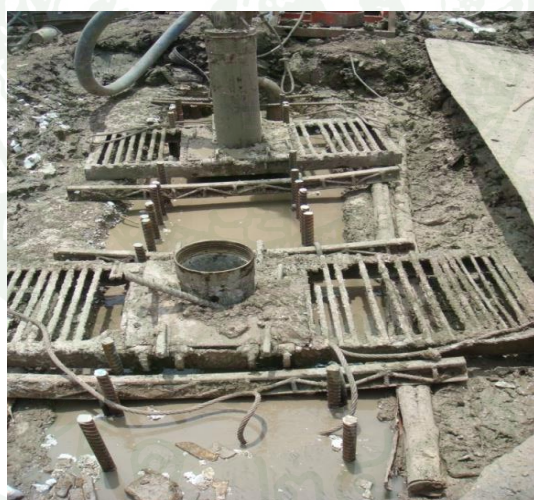
ที่มา : บริษัท ช.การช่าง จำกัด มหาชน (2555)

ขั้นตอนที่ 4 การเทคอนกรีตต้องเตรียมท่อ (Tremie tube) ให้มีความลึกตามความ
ยาวตามความลึกของหลุมที่ออกแบบไว้ แล้วจึงเทคอนกรีตผ่านท่อดังกล่าวโดยให้ท่อจมในคอนกรีตไม่
ต่ำกว่า 2 เมตรดังภาพที่ 30 และภาพที่ 31



ภาพที่ 30 การเทคอนกรีตผ่านท่อ Tremie tube

ที่มา : บริษัท ช.การช่าง จำกัด มหาชน (2555)



ภาพที่ 31 การเทคอนกรีต 2 ท่อพร้อมกันเพื่อป้องกันการล้นดิ่ง

ที่มา : บริษัท ช.การช่าง จำกัด มหาชน (2555)

ขั้นตอนที่ 5 ตรวจสอบผนังสถานที่ก่อสร้างแล้วโดยใช้วิธีทดสอบ Drilling monitoring หรือ Koden Test และวิธีการทดสอบ Sonic logging test เพื่อหาตำแหน่งและความสมบูรณ์ของโครงสร้างคอนกรีตตามลำดับ ดังภาพที่ 32 และภาพที่ 33



ภาพที่ 32 การทดสอบ Koden Test

ที่มา : บริษัท ช.การช่าง จำกัด มหาชน (2555)



ภาพที่ 33 การทดสอบ sonic logging test

ที่มา : บริษัท ช.การช่าง จำกัด มหาชน (2555)

3. การจำลองสถานการณ์

การจำลองสถานการณ์ (Simulation) เป็นวิธีการหนึ่งซึ่งใช้ในกระบวนการแก้ไขปัญหาโดยจะช่วยจำลองสถานการณ์ที่มีความซับซ้อนหรือสถานการณ์ที่ไม่มีความแน่นอนให้สามารถที่จะวิเคราะห์การทำงานและช่วยหาแนวทางเลือก (Scenario) ที่เหมาะสม ก่อนจะนำทางเลือกนั้นไปใช้กับสถานการณ์หรือการปฏิบัติงานจริง ซึ่งจะช่วยให้ลดความเสี่ยงในการเกิดความผิดพลาดหรือความล้มเหลวได้ นอกจากนี้ยังช่วยให้ประหยัดทั้งค่าใช้จ่าย และเวลาได้อีกทางด้วย (Maria , 1997) การจำลองสถานการณ์สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับหลากหลายอุตสาหกรรม อาทิเช่น อุตสาหกรรมในโรงงาน การขนส่ง การกระจายสินค้า อุตสาหกรรมการก่อสร้าง เป็นต้น (Kelton , et al., 2003)

3.1 ประเภทของแบบจำลองมี 5 ประเภท คือ

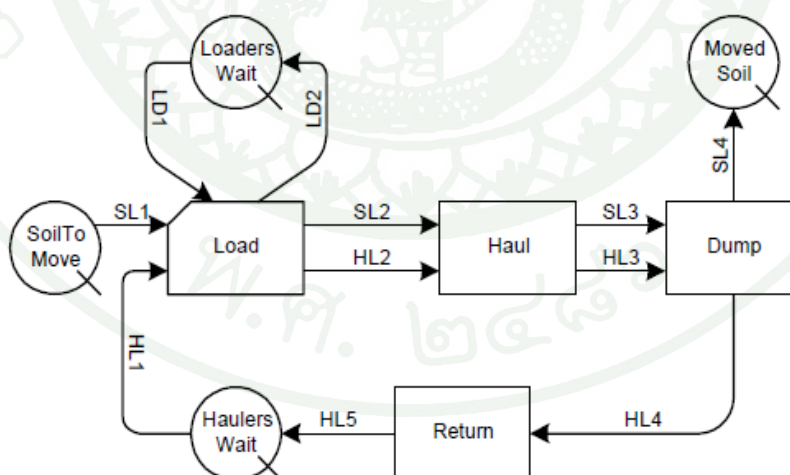
1. แบบจำลองทางกายภาพ (Physical or Iconic model) เป็นแบบจำลองที่มีลักษณะเหมือนระบบงานจริง โดยมีขนาดเท่ากับของจริงหรือมีขนาดที่เล็กกว่าหรือใหญ่กว่า (Scaled Model) อาจเป็นแบบจำลองในมิติใดมิติหนึ่งหรือ 3 มิติเช่น แบบจำลองผังโรงงาน แบบจำลองส่วนควบคุมการบินของเครื่องบิน
2. แบบจำลองอนาล็อก (Analog model) เป็นแบบจำลองที่มีพฤติกรรมเหมือนระบบงานจริง แต่อาจมีรูปลักษณะไม่เหมือนกับระบบงานจริงเช่น ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายในการผลิตกับจำนวนสินค้าที่ผลิต
3. เกมการบริหาร (Management games) เป็นแบบจำลองการตัดสินใจ (Decision model) ในกิจการต่างๆ เช่น ธุรกิจ การลงทุน สงคราม ฯลฯ เป็นแบบจำลองที่ใช้แสดงผลเปรียบเทียบเมื่อมีการตัดสินใจในแบบต่างๆ เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการตัดสินใจ
4. แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ (Computer simulation model) เป็นแบบจำลองที่อาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือในการสร้างและทดสอบสมมุติฐานต่างๆ

5. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical model) เป็นแบบจำลองที่ใช้สัญลักษณ์และฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์แทนองค์ประกอบในระบบจริง เช่น X แทนค่าใช้จ่ายในการผลิต Y แทนจำนวนสินค้าที่ผลิตและแทนค่าลงในสูตรการคำนวณต่างๆ

3.2 โปรแกรมStroboscope

Stroboscope (State and Resource Base Simulation of Construction Process) เป็น Simulation Language Program (Matinez,1996) พัฒนาขึ้นเพื่อให้สามารถสร้างแบบจำลองสถานการณ์ที่มีความซับซ้อนและวิเคราะห์หาความไม่แน่นอนในงานก่อสร้างได้ และยังสร้างโครงข่ายเพื่อให้เห็นถึงรูปแบบของแบบจำลองและจำเป็นต้องใช้ควบคู่กับโปรแกรม Microsoft office Visio ในการสร้างโครงข่ายของกิจกรรม มีลักษณะพิเศษที่แตกต่างจากโปรแกรมจำลองสถานการณ์อื่นคือ สามารถกำหนดทรัพยากรที่มีลักษณะการทำงานที่ไม่เท่ากันได้แบ่งประเภทของทรัพยากรได้ และยังสามารถกำหนดระยะเวลาที่ใช้ในขั้นตอนงานก่อสร้างที่มีความแตกต่างกันได้ รวมถึงการกำหนดเงื่อนไขในการใช้งานของทรัพยากร

Julio Martinez ได้อธิบายการใช้โปรแกรม Stroboscope โดยอาศัยตัวอย่างการจำลองสถานการณ์การเคลื่อนย้ายดิน (Classic earth - moving operation) ดังภาพที่ 34



ภาพที่ 34 แบบจำลองสถานการณ์การเคลื่อนย้ายดิน (Classic earth - moving operation)

ที่มา : Martinez (1996)

การจำลองสถานการณ์มีทรัพยากรหลักอยู่ 3 ส่วนคือ Loader (LD), Hauler (HL), Soil (SL) โดยที่ Loader และ Hauler นั้นเป็นทรัพยากรที่ใช้งานไม่ต่อเนื่อง(Discrete resource) ส่วน Soil เป็นทรัพยากรแบบเป็นกลุ่ม (Bulk resource) และจากภาพโครงข่ายกิจกรรมซึ่งสามารถจำแนกได้ตามตารางดังนี้

ตารางที่ 4 การจำแนกประเภทของทรัพยากรแบบจำลองสถานการณ์การเคลื่อนย้ายดิน
(Classic earth - moving operation)

Type	Resource			
	Loader	Hauler	Soil	another
Combi	Load			
Normal		Hauler		Dump Return
Queue	LoaderWait	HaulerWait	SoiltoMove MovedSoil	
Link	LD1,LD2	HL1,HL2,HL3,HL4,HL5	SL1,SL2,SL3,SL4	

การเริ่มต้นจำลองสถานการณ์การเคลื่อนย้ายดินจะเริ่มได้เมื่อภายใน Queues จะต้องมีการทรัพยากรเก็บไว้ที่เพียงพอ (มีค่าน้อยที่สุดตามคำสั่ง) คือมี Loader อย่างน้อยที่สุด 1 คันอยู่ใน LoaderWait Queue มี Hauler อย่างน้อย 1 คันอยู่ในHaulersWait Queue และมี Soil ปริมาณหนึ่งใน SoilToMove Queue เมื่อมีปริมาณทรัพยากรครบตามกำหนดแล้ว SoilToMoveจะถูกส่งผ่าน SL1 คือจากขั้นตอนการรอนำดินไปทิ้งสู่ขั้นตอนการตักดิน ต่อมา Loader จะตักดินใส่ Hauler ซึ่งอยู่ในขั้นตอน Load Combi เมื่อตักดินเรียบร้อยแล้ว Soil จะถูกส่งผ่าน SL2 ส่วน Hauler จะถูกส่งผ่าน HL2 คือจากขั้นตอนการตักดินสู่ขั้นตอนการนำดินไปทิ้ง ซึ่งอยู่ในขั้นตอน Haul Normal หลังจากนั้น Soil จะถูกส่งผ่าน SL3 ส่วน Hauler จะถูกส่งผ่าน HL3 คือจากขั้นตอนการนำดินไปทิ้งสู่ขั้นตอนการเทดินทิ้ง ซึ่งอยู่ในขั้นตอน Dump Normal ต่อมา Soil จะถูกส่งผ่าน SL4 ไปสู่ MovedSoil Queue คือจากขั้นตอนการเทดินทิ้งจะถูกเก็บอยู่ในที่ทิ้งดินเป็นขั้นตอนของ MovedSoilQueue สำหรับ Hauler จะถูกส่งผ่าน HL4 ไปสู่ Return คือ จากขั้นตอนการทิ้งดินเรียบร้อยแล้ว ย้อนกลับมารับดินเป็นขั้นตอน Return Normal และถูกส่งผ่าน HL5 เพื่อไปสู่ HaulersWait Queue และจะรอรับดินรอบต่อไปเพื่อนำไปทิ้งและจะทำแบบนี้เป็นวงรอบการเคลื่อนย้ายดิน

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Tokuda *et al.* (2006) ได้อธิบายถึงการก่อสร้างรถไฟฟ้าใต้ดินสายแรกในประเทศไทย(สายเฉลิมรัชมงคล) ตอนเหนือ โดยได้กล่าวถึงเทคนิคการก่อสร้างรถไฟฟ้าประกอบด้วย 9 สถานี และทางวิ่งเป็นอุโมงค์คู่ใช้หัวเจาะ TBM (Tunnel boring machine) ระบบ EPB (Earth pressure balance) โดยอธิบายการก่อสร้างโครงสร้างสถานีที่ต้องมีกำแพงทึบน้ำ (Diaphragm wall) ทำหน้าที่เป็นผนังของสถานี มีความลึกประมาณ 30 – 40 เมตร รวมถึงเทคนิคการก่อสร้างวิธี Underpinning method เป็นการสร้างค้ำยันโดยใช้ Jack pile เพื่อให้รับน้ำหนักโครงสร้างด้านบนกรณีที่ฐานรากของโครงสร้างดังกล่าวกีดขวางเส้นทางการก่อสร้างอุโมงค์ แล้วยังกล่าวถึงการก่อสร้างคูขนานระหว่างอุโมงค์และสถานี นอกจากนี้ยังกล่าวถึงเทคนิคก่อสร้างอุโมงค์ที่เรียกว่า DOT (Double O Tube Tunnel) เป็นการออกแบบอุโมงค์ภายใต้พื้นที่จำกัดโดยให้อุโมงค์วางตัวชิดติดกันแล้วทำการติดตั้งคานผนังอุโมงค์เป็นสองชั้นมีคานผนังอุโมงค์ (Segment) กันระหว่างกลางเพื่อแบ่งแยกช่องทางสัญจร และสุดท้ายงานวิจัยกล่าวถึง เทคนิคการก่อสร้าง Quick Underpass construction method (URUP Method): เป็นเทคนิคการขุดเจาะดินที่ข้ามโครงสร้างเช่น ถนน ทางรถไฟ หรือโครงสร้างที่ไม่สามารถเปิดหน้าดินได้แทนวิธี Open cut โดยสามารถขุดเจาะบริเวณผิวดินแล้วหัวเจาะจะดึงลึกลงผ่านโครงสร้างแล้วกลับขึ้นมาขุดเจาะบริเวณผิวดินได้อีกครั้งโดยจะไม่เกิดผลกระทบต่อธรรมชาติ ไม่เกิดเสียง ไม่ทำให้เกิดการสั่นสะเทือน

ณรงค์ และ ชาญชัย (2552) อธิบายวิธีการก่อสร้างและวิวัฒนาการของการออกแบบและก่อสร้าง Diaphragm wall ในประเทศไทยตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน โดยได้อธิบายว่า Diaphragm wall เป็นกำแพงทึบน้ำชนิดหล่อในที่ที่สามารถลดการเคลื่อนตัวและการทรุดตัวของดินโดยรอบได้ดี นอกจากนี้ยังได้กล่าวถึงประวัติการก่อสร้าง Diaphragm wall ในประเทศไทย โดยแบ่งเป็น 2 ช่วงคือ ยุคแรกช่วงปีพ.ศ. 2528-2540 โดยครั้งแรกปีพ.ศ. 2520 ได้ก่อสร้างชั้นใต้ดินชั้นเดียวของอาคารสำนักงานใหญ่ ธนาคารกรุงเทพ จำกัด ถ. สีลม ประสงค์ โดยใช้หัวเจาะ Mechanic hanggrab และในยุคปัจจุบัน พ.ศ. 2540-2552 เปลี่ยนมาใช้หัวเจาะแบบ Hydraulic grab ช่วยลดเวลาในการก่อสร้างและควบคุมความดังได้ดีขึ้น อีกทั้งยังมีการนำ โปรแกรม Finite element(FEM) มาใช้วิเคราะห์พฤติกรรมให้สามารถรับแรงได้ดีและประหยัด งานวิจัยยังกล่าวถึง ระบบงานขุดดินโดยใช้ Diaphragm wall ซึ่งเป็นไปได้เป็น 2 แบบคือ การก่อสร้างจากล่างขึ้นบน (Bottom-up Construction) แบบที่สอง คือ การก่อสร้างจากบนลงล่าง (Top-down construction) งานวิจัยยังทำการเปรียบเทียบอัตราของค่าการเคลื่อนตัวสูงสุดต่อความลึกของงานขุดดิน (δ_{max}/H) ของ

Diaphragm wall และ Sheet Pile ซึ่งจะพบว่า Diaphragm wall มีแนวโน้มการเคลื่อนตัวค่าน้อยกว่า Sheet Pile

Simaan and Janaka (1990) ได้ใช้โปรแกรม Symphony ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ เพื่อวิเคราะห์กระบวนการก่อสร้างอุโมงค์ระบายน้ำในเมือง Edmonton โดยใช้เครื่องTBM (Tunnel Boring Machine) เป็นหัวเจาะ ในการศึกษาพบว่าผู้จำลองสถานการณ์แบ่งการวิเคราะห์เป็น 2 กรณีเพื่อเปรียบเทียบ ดังนี้ กรณีที่ 1.การเปรียบเทียบอัตราการขุดเจาะอุโมงค์ของพื้นที่ก่อสร้างที่มีขนาดแตกต่างกัน ซึ่งมีผลต่อการเลือกใช้ขนาดของรถขนดิน คือ Smaller muck car และ Larger muck car กรณีที่ 2 ได้ทำการวิเคราะห์การขุดเจาะที่มีสภาพชั้นดินแตกต่างกันโดยการใช้ Small Set up แล้วทำการแบ่งการจำลองสถานการณ์ ออกเป็น 3 ช่วงตามสภาพชั้นดินดังนี้ ช่วงแรกระยะทาง 30 เมตร เป็นดินเหนียว (Clay) ช่วงกลางระยะทาง 20 เมตร เป็นหิน (Bed Rock) และช่วงสุดท้ายอีก 50 เมตร เป็นดินเหนียว (Clay) แล้วได้ค่าจากการจำลองสถานการณ์ เป็นอัตราการขุดเจาะอุโมงค์โดยอัตราการขุดเจาะหินจะมีค่าต่ำกว่าการขุดเจาะผ่านดินเหนียว

พัชรพร และ วีระศักดิ์ (2552) ได้ศึกษางานวิจัยเพื่อวิเคราะห์ความล่าช้าในกระบวนการก่อสร้างอุโมงค์โดยใช้เครื่องขุดเจาะแบบสมดุลแรงดันดิน โดยทำการจัดหมวดหมู่ของเหตุการณ์เสี่ยงออกเป็น 6 กลุ่ม คือ 1. ความล่าช้าระหว่างการขุดเจาะอุโมงค์ 2. ความล่าช้าระหว่างการติดตั้งดาตผนังอุโมงค์ 3. ความล่าช้าในการขนถ่ายวัสดุขึ้นลงปล่อยอุโมงค์ 4. ความล่าช้าระหว่างการลำเลียงวัสดุและอุปกรณ์ภายในอุโมงค์ 5. ความล่าช้าเนื่องจากการติดตั้งรางรถไฟและอุปกรณ์อำนวยความสะดวกในการทำงาน 6. ความล่าช้าเนื่องจากเหตุการณ์อื่นๆ โดยการเก็บข้อมูลระยะเวลาและความถี่สำหรับรอบการทำงานในโครงการทั้งสิ้น 4,987 รอบพบว่าเวลาที่สูญเสียไปเนื่องจากเหตุการณ์เสี่ยงเกิดขึ้นร้อยละ 35.73 แล้วนำข้อมูลดังกล่าวประเมินความน่าจะเป็น (Probability) ในแต่ละกลุ่มเพื่อวิเคราะห์การกระจายตัวของความล่าช้ารวมในกระบวนการก่อสร้างด้วยวิธี Monte Carlo simulation โดยการรวมผลคูณของความน่าจะเป็นและความล่าช้าในการเกิดเหตุการณ์เสี่ยงกลุ่มที่ต่างกันโดยพิจารณาเป็น Random variable ซึ่งมีค่าเฉลี่ยความล่าช้าเท่ากับ 25.72 นาทีต่อรอบการทำงาน

รัฐพงษ์ และ วีระศักดิ์ (2548) ได้เสนองานวิจัยเรื่อง การพัฒนาแบบจำลองสถานการณ์ก่อสร้างที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับโครงการก่อสร้างอุโมงค์ในประเทศไทย โดยใช้โครงการก่อสร้างอุโมงค์ระบายน้ำคลองแสนแสบและคลองลาดพร้าวลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยาเป็นโครงการกรณีศึกษา และใช้โปรแกรม STROBOSCOPE เป็นโปรแกรมในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ ซึ่ง

มุ่งเน้นการก่อสร้างอุโมงค์โดยใช้เครื่อง TBM (Tunnel boring machine) ด้วยระบบแรงดันดินสมดุลย์ (Earth Pressure Balance) ซึ่งได้ทำการสร้างแบบจำลอง 2 ประเภท คือ State-based simulation method และ Discrete-event simulation method และผลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์พบว่า Discrete-event simulation method ให้ค่าประมาณอัตราการก่อสร้างอุโมงค์ (Advance rate) ได้ใกล้เคียงกับค่าจริงมากที่สุด และยังได้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการขุดเจาะอุโมงค์ของ TBM กับอัตราการก่อสร้างและระยะเวลาการก่อสร้างอุโมงค์เพื่อเสนอแนวทางการวางแผนก่อสร้างให้กับอุโมงค์ทางเลือกโดยเปรียบเทียบผลจากแบบจำลองสถานการณ์เพื่อให้แผนงานมีความเหมาะสมที่สุด

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. คอมพิวเตอร์
2. ระบบปฏิบัติการ Microsoft Window 7
3. โปรแกรม Microsoft Office 2007
4. โปรแกรมแบบจำลอง STROBOSCOPE
5. เครื่องพิมพ์

วิธีการ

งานวิจัยนี้จะทำการพัฒนาแบบจำลองสถานการณ์ในงานก่อสร้างรถไฟฟ้าใต้ดินที่เกี่ยวข้องกับงานอุโมงค์ และ สถานี โดยศึกษาถึงเงื่อนไขงานก่อสร้างที่มีความสัมพันธ์กันเพื่อให้โครงการสามารถดำเนินงานไปได้อย่างต่อเนื่อง และได้แบ่งขั้นตอนการดำเนินงานเป็น 8 ขั้นตอนดังภาพที่ 35 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างรถไฟฟ้าใต้ดิน พร้อมทั้งศึกษาแนวทางการใช้แบบจำลอง STROBOSCOPE เพื่อวิเคราะห์กระบวนการทำงานและผลกระทบที่เกิดจากระยะเวลาทำงานที่มีความไม่แน่นอน

2. ศึกษาและสัมภาษณ์พร้อมทั้งเก็บข้อมูลการดำเนินงาน

- 2.1 สัมภาษณ์ผู้ที่มีประสบการณ์ในโครงการ

- 2.2 ศึกษาแผนการทำงานและขั้นตอนการก่อสร้างอุโมงค์และกำแพงที่บ้น้ำของสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน

2.3 เก็บข้อมูลการก่อสร้าง โดยทำการเก็บข้อมูลทุกวันในทุกกิจกรรมของการก่อสร้าง อุโมงค์และกำแพงทึบน้ำของสถานี ข้อมูลที่บันทึกประกอบด้วย

2.3.1 จำนวนวันที่ใช้ในการทำงานของทุกกิจกรรม

2.3.2 สาเหตุที่ส่งผลให้การทำงานเกิดความล่าช้าของทุกกิจกรรม

3. วิเคราะห์ข้อมูลการทำงาน

3.1 สร้างโครงข่ายการทำงานตามขั้นตอนวิธีการก่อสร้างที่ได้จากการเก็บข้อมูล

3.2 วิเคราะห์อุปสรรคที่ส่งผลให้การทำงานของกิจกรรมเกิดความล่าช้าในรูปแบบของความถี่และระยะเวลาที่เกิดขึ้นในแต่ละครั้ง

3.3 วิเคราะห์หาการกระจายตัวของระยะเวลาทำงานในทุกกิจกรรมตามสภาพการทำงานจริงจากวิเคราะห์การกระจายตัวที่มีค่า χ^2 น้อยที่สุดมาเป็นพารามิเตอร์นำเข้า

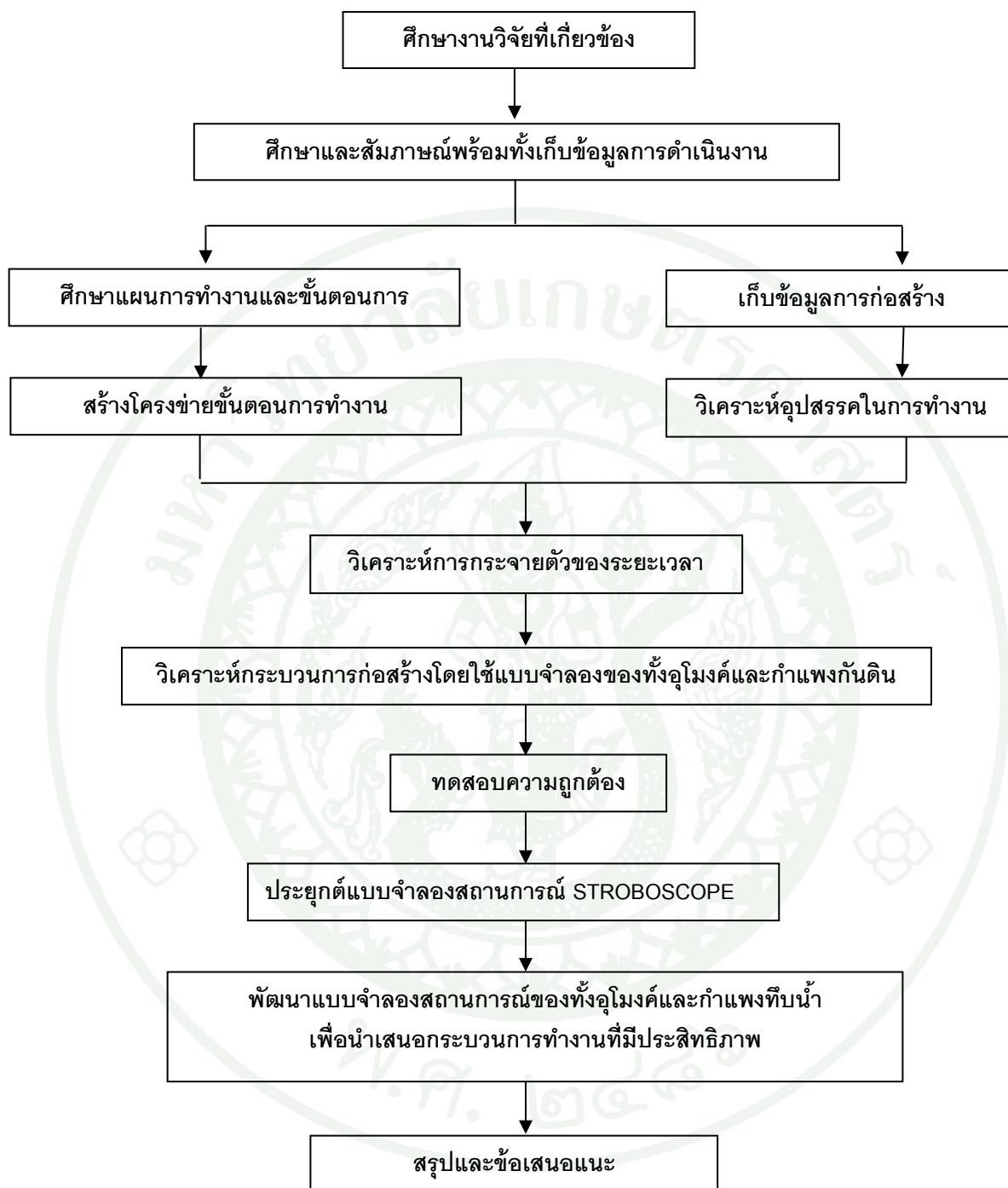
4. วิเคราะห์กระบวนการก่อสร้างโดยใช้แบบจำลอง STROBOSCOPE เพื่อหาระยะเวลาในการก่อสร้าง (Project duration)

5. ทดสอบความถูกต้องของโครงข่ายการทำงานในแบบจำลองของระยะเวลาก่อสร้างที่ได้จากแบบจำลอง STROBOSCOPE โดยคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error, MAPE)

6. ประยุกต์แบบจำลองสถานการณ์ STROBOSCOPE สำหรับงานก่อสร้างอุโมงค์และงานกำแพงทึบน้ำของสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน

7. วิเคราะห์กระบวนการก่อสร้างโดยใช้แบบจำลอง

8. สรุปและข้อเสนอแนะ



ภาพที่ 35 ขั้นตอนการพัฒนาแบบจำลองสถานการณ์ก่อสร้างรถไฟฟ้าใต้ดิน

ผลและวิจารณ์

รายงานนี้ได้แบ่งผลการวิจัยออกเป็น 3 ส่วน ส่วนที่หนึ่งเป็นการแสดงผลการเก็บข้อมูลการดำเนินงานก่อสร้างของโครงการในกรณีศึกษา ส่วนที่สองเป็นการวิเคราะห์อุปสรรคของกระบวนการก่อสร้างทั้งในส่วนของผู้โม่งค์และกำแพงที่บนน้ำของสถานีสส่วนที่สามเป็นการวิเคราะห์กระบวนการก่อสร้างโดยใช้โปรแกรม STROBOSCOPE โดยในแต่ละส่วนมีรายละเอียด ดังนี้

1. ข้อมูลการก่อสร้างโครงการในกรณีศึกษา

งานวิจัยนี้ได้รับการอนุเคราะห์จาก การรถไฟชนส่งมวชนแห่งประเทศไทย (รฟม.) ให้ผู้วิจัยสามารถทำการเก็บข้อมูลจาก โครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าใต้ดินสายสีน้ำเงิน ส่วนต่อขยาย (บางซื่อ-ท่าพระ และ หัวลำโพง-บางแค) ซึ่งมีระยะทางทั้งหมดประมาณ 26.9 กิโลเมตร เป็นทางยกระดับประมาณ 21.5 กิโลเมตร และใต้ดินประมาณ 5.4 กิโลเมตร โดยโครงการก่อสร้างได้แบ่งออกเป็น 5 สัญญาก่อสร้าง และ 1 สัญญาสัมปทาน ดังนี้

สัญญาที่ 1

งานออกแบบรายละเอียดและก่อสร้างงานโยธา (ใต้ดิน) ช่วง ลำโพง-สนามไชย ระยะทางประมาณ 2.8 กิโลเมตรระหว่างวันที่ 4 เมษายน 2554 ถึงวันที่ 5 มิถุนายน 2559 (1,890 วัน)มูลค่าสัญญา 10,884,675,580 บาท (ไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม)ลักษณะโครงการ เป็นโครงสร้างทางวิ่งใต้ดินอุโมงค์คู่ประกอบ ด้วยงานก่อสร้าง สถานีใต้ดินจำนวน 2 สถานี คือ สถานีวัดมังกร สถานีวังบูรพา และ งานปล่อยระบายอากาศ 2 แห่ง คือ ปล่อยระบายอากาศ 1 และ ปล่อยระบายอากาศ 2 ซึ่งงานก่อสร้างจะเชื่อมต่อกับอาคารสถานีใต้ดิน (เดิม) ที่หัวลำโพงก่อสร้างโดย บริษัท อิตาเลียนไทย ดีเวลลอปเม้นท์ จำกัด (มหาชน) (ITD)

สัญญาที่ 2

งานออกแบบรายละเอียดและก่อสร้างงานโยธา (ใต้ดิน) ช่วงสนามไชย-ท่าพระ ระยะทางประมาณ 2.6 กิโลเมตรระหว่างวันที่ 4 เมษายน 2554 ถึงวันที่ 5 มิถุนายน 2559 (1,890 วัน)มูลค่าสัญญา 10,163,343,224 บาท (ไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม)ลักษณะโครงการเป็นโครงสร้างทางวิ่งใต้ดินอุโมงค์คู่ประกอบ ด้วยงาน

ก่อสร้างสถานีใต้ดิน จำนวน 2 สถานี คือ สถานีสนามไชย สถานีอิสรภาพ และงานปล่อยระบายอากาศ 1 แห่ง คือ ปล่อยระบายอากาศ 3 ก่อสร้างโดย บริษัท ช.การช่าง จำกัด (มหาชน) (CK-2)

สัญญาที่ 3

งานก่อสร้างตามแบบรายละเอียดงานโยธา (ยกระดับ) ช่วงเตาปูน-ท่าพระ มีระยะทางประมาณ 11.0 กิโลเมตรระหว่างวันที่ 4 เมษายน 2554 ถึงวันที่ 29 กันยายน 2558 ระยะเวลาการก่อสร้าง 1,640 วัน มูลค่าสัญญา 10,846,076,250 บาท (ไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม) ลักษณะโครงการเป็นงานก่อสร้างตามแบบรายละเอียดโครงสร้างทางรถไฟยกระดับที่มีความสูงประมาณ 17 เมตรประกอบด้วยสถานี 8 สถานี คือ สถานีจรัญสนิทวงศ์ 13 สถานีแยกไฟฉาย สถานีบางขุนนนท์ สถานีบางยี่ขัน สถานีสีรินธร สถานีบางพลัด สถานีบางอ้อ สถานีบางโพ สถานีเตาปูน ก่อสร้างโดยกิจการร่วมค้า เอสเอช-ยูเอ็น (SH-UN JV)

สัญญาที่ 4

งานก่อสร้างตามแบบรายละเอียดงานโยธา (ยกระดับ) ช่วงท่าพระ-หลักสอง มีระยะทางประมาณ 10.5 กิโลเมตรระหว่างวันที่ 4 เมษายน 2554 ถึงวันที่ 29 กันยายน 2558 (1,640 วัน) มูลค่าสัญญา 12,770,093,909 บาท (ไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม) ลักษณะของโครงการเป็นงานก่อสร้างตามแบบรายละเอียดโครงสร้างทางรถไฟยกระดับที่มีความสูงประมาณ 22 เมตร มีอาคารจอดรถ 2 อาคารที่บริเวณถนนเพชรเกษม 47 และถนนเพชรเกษม 80 และมีศูนย์ซ่อมบำรุงบริเวณถนนเพชรเกษม 48 ประกอบด้วยสถานียกระดับ 7 สถานี คือ สถานีท่าพระ สถานีบางไผ่ สถานีบางหว้า สถานีเพชรเกษม 48 สถานีภาษีเจริญ สถานีบางแค สถานีหลักสอง ก่อสร้างโดย บริษัท ซิโน-ไทย เอ็นจิเนียริง แอนด์ คอนสตรัคชั่น จำกัด (มหาชน) (SINO-THAI)

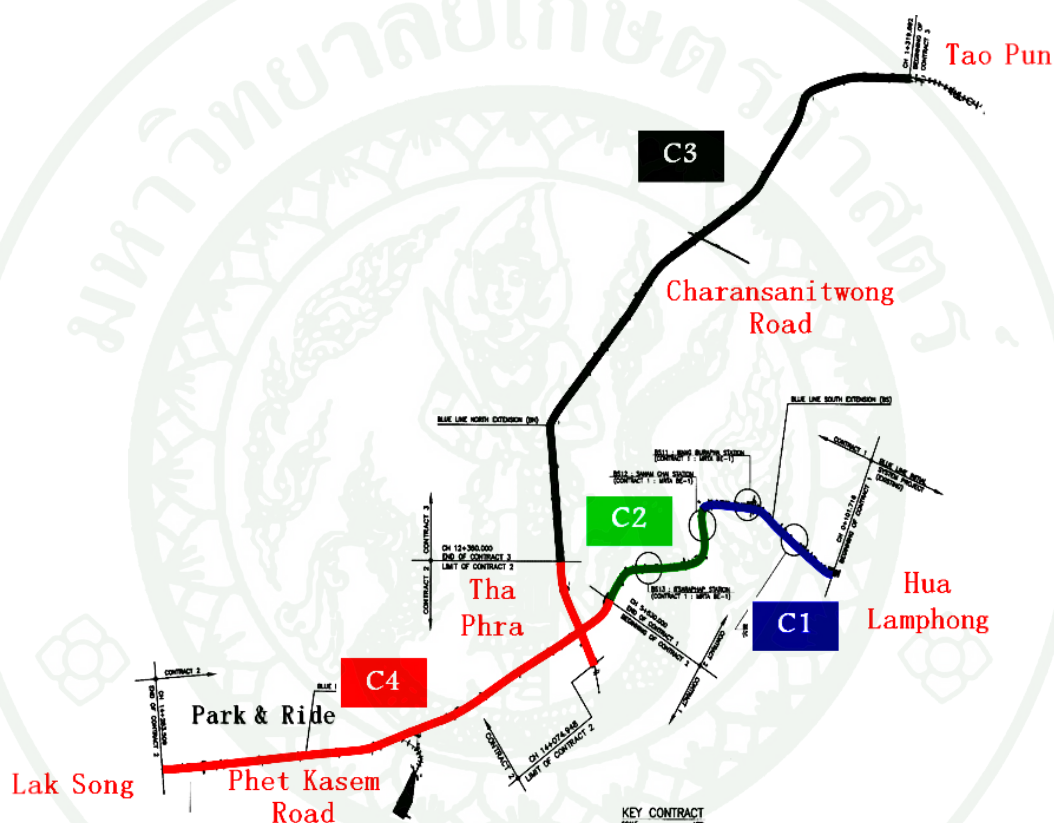
สัญญาที่ 5

งานออกแบบระบบราง จัดซื้อ ทดสอบและประกอบรางรวมระยะทาง 27 กม. (ความยาวของราง 70.0 กิโลเมตร) ช่วงหัวลำโพง-บางแค และบางซื่อ-ท่าพระ ระยะเวลาการก่อสร้าง 1,890

วัน เริ่มจาก 4 เมษายน 2554 ถึง 5 มิถุนายน 2559(1,890 วัน)
มูลค่าสัญญา 4,843,984,909บาท (ไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม)
ก่อสร้างโดย บริษัท ช.การช่าง จำกัด (มหาชน) (CK-5)

สัญญาที่ 6

งานระบบ (ช่วงหัวลำโพง-บางแค และ ช่วงบางซื่อ-ท่าพระ)อยู่
ระหว่างเตรียมการจัดจ้าง



ภาพที่ 36 แผนที่การแบ่งสัญญาก่อสร้างรถไฟฟ้าสายสีน้ำเงิน ส่วนต่อขยาย

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาเฉพาะการก่อสร้างอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินซึ่งเกี่ยวข้องกับสัญญาที่ 1 และสัญญาที่ 2 ที่มีแนวเส้นทางของอุโมงค์ส่วนใหญ่วางอยู่ใต้แนวถนน โดยสัญญาที่ 1 มีเส้นทางเริ่มจากบริเวณสถานีหัวลำโพง (รถไฟฟ้าใต้ดิน สายเฉลิมรัชมงคล) ไปตามแนวถนนพระราม 4 เข้าสู่ถนนเจริญกรุง ผ่านสถานีวัดมังกรกมลาวาส ตรงเข้าสู่ ปล่องระบายอากาศ 1 ผ่านสถานีวังบูรพา และปล่องระบายอากาศ 2 ลอดใต้สะพานมอญ เลี้ยวซ้ายเข้าสู่สถานีสนามไชย ส่วนสัญญาที่ 2 เริ่มจากบริเวณท่าพระ เข้าสู่สถานีอิสรภาพ ผ่านปล่องระบายอากาศ 3 ลอดใต้คลองบางกอกใหญ่ และแม่น้ำเจ้าพระยา จนถึงบริเวณปากคลองตลาดและมาบรรจบกันที่สถานีสนามไชย ดังภาพที่ 37

สถานีรถไฟใต้ดินสายสีน้ำเงินส่วนต่อขยาย ในสัญญาที่ 1 และสัญญาที่ 2 มีทั้งหมดจำนวน 4 สถานี แต่ละสถานีมีระยะห่างประมาณ 1 กิโลเมตร ตั้งอยู่บริเวณสองฝั่งริมถนนเพื่อให้ผู้โดยสารสามารถใช้บริการรถไฟฟ้าใต้ดินได้สะดวก โดยมีที่ตั้งตามตำแหน่ง ดังต่อไปนี้คือ

1. สถานีวัดมังกรกมลาวาส ตั้งอยู่บริเวณถนนเจริญกรุงตัดกับถนนพลับพลาไชยและถนนแปลงนามที่แยกแปลงนามตรงข้ามกับวัดมังกรกมลาวาส (วัดเล่งเน่ยยี่)
2. สถานีวังบูรพา ตั้งอยู่บริเวณถนนเจริญกรุงตัดกับถนนมหาไชยที่แยกสามยอด ส่วนอีกด้านหนึ่งของสถานีติดกับถนนอนุสาวรีย์และถนนบูรพา เป็นสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินขนาดใหญ่เพราะเป็นสถานีร่วมกับโครงการรถไฟฟ้าสายสีม่วง ช่วงบางใหญ่-ราษฎร์บูรณะอีกทั้งมีลักษณะตัวอาคารที่ก่อสร้างขึ้นเพื่อให้กลมกลืนกับบริเวณกรุงเก่า
3. สถานีสนามไชย ตั้งอยู่หน้าโรงเรียนวัดราชบพิธ และมิวเซียมสยาม (พิพิธภัณฑ์การเรียนรู้) จากบริเวณถนนสนามไชยติดกับถนนพระพิพิธ จนถึงถนนสนามไชยติดกับถนนราชินี แยกคลองคูเมืองเดิม โดยเป็นสถานที่การขุดเจาะอุโมงค์มาบรรจบกัน
4. สถานีอิสราภาพ ตั้งอยู่บริเวณซอยอิสราภาพ 23 จนถึงซอยอิสราภาพ 34 บริเวณวัดราชสิทธิาราม



ภาพที่ 37 แนวเส้นทางการก่อสร้างอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน

1.1 การเก็บข้อมูลจากโครงการในกรณีศึกษา

ผลการเก็บข้อมูลของโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าใต้ดินเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์อุปสรรคและสร้างแบบจำลองสถานการณ์ สามารถทำการจัดกลุ่มตามแหล่งที่มาของข้อมูลได้เป็น 4 กลุ่มดังนี้

1. ข้อมูลเอกสารด้านเทคนิคของโครงการ ประกอบด้วย ขั้นตอนและวิธีการก่อสร้างอุโมงค์ (Tunnel Method Statement) อธิบายเกี่ยวกับแนวเส้นทางการก่อสร้างทิศทางการทำงานของเครื่องขุดเจาะอุโมงค์สภาพชั้นดินที่ก่อสร้างความยาวและขนาดของอุโมงค์และข้อมูลด้านเทคนิคในส่วน of สถานี เช่น ขั้นตอนและวิธีการก่อสร้างสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน (Station Method Statement) อธิบายเกี่ยวกับ วิธีการและขั้นตอนการก่อสร้างกำแพงทึบน้ำ (Diaphragm walls method statement) วิธีการขั้นตอนการขุดดิน (Excavation statement) โดยข้อมูลดังกล่าวนี้ได้ถูกนำมาใช้ในการศึกษาเพื่อออกแบบพัฒนาแบบจำลองสถานการณ์ให้มีขั้นตอนการทำงานที่เหมือนระบบการทำงานจริงมากที่สุด

2. ข้อมูลเอกสารบันทึกการทำงานระหว่างการก่อสร้างของโครงการประกอบด้วยบันทึกการทำงานของ TBM (Quality control checklist activity report) และบันทึกการทำงานของกำแพงทึบน้ำ (Dairy report) ดังภาพที่ 38 และ ภาพที่ 39 ซึ่งข้อมูลที่ได้จากเอกสารบันทึกการทำงานของผู้ประกอบการจะถูกนำมาหาค่าอัตราการขุดเจาะอุโมงค์และการก่อสร้างกำแพงทึบน้ำ ดังตารางที่ 6 และ ตารางที่ 7 เพื่อนำไปวิเคราะห์อุปสรรคและระยะเวลาของกิจกรรมก่อสร้างในขั้นตอนการสร้างแบบจำลองสถานการณ์

3. ข้อมูลแผนงานก่อสร้างของทั้งอุโมงค์และสถานี ในส่วนของแผนงานก่อสร้างอุโมงค์ประกอบด้วย ช่วง Initial drive เป็นแผนงานช่วงแรกก่อนจะติดตั้งระบบสนับสนุนลงไปภายในอุโมงค์ และช่วง Main drive คือแผนงานการขุดเจาะเต็มประสิทธิภาพ รวมทั้งแผนงานสนับสนุนการก่อสร้างอุโมงค์ เช่น การต่อสายพานลำเลียงดิน (Belt Conveyor) การเปลี่ยนฟันขุดเจาะ (Cutter bit) การทำความสะอาดเครื่องขุดเจาะ ส่วนแผนงานก่อสร้างสถานีประกอบด้วย ข้อมูลขั้นตอนการทำงาน ระยะเวลาที่ใช้ตั้งแต่กิจกรรมการขุดดิน การวางเหล็กเสริมและการเทคอนกรีต โดยแผนงานดังกล่าวถูกนำมาใช้ทั้งในส่วนของการออกแบบและตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์

4. ข้อมูลจากการสัมภาษณ์วิศวกรที่มีประสบการณ์ในโครงการ ในพื้นที่ได้สัมภาษณ์ผู้จัดการโครงการของงานก่อสร้างอุโมงค์ 2 สัญญา สัญญาละ 1 ท่าน และผู้จัดการโครงการก่อสร้างสถานี 4 สถานี สถานีละ 1 ท่าน รวมทั้งหมด 6 ท่าน แต่ละท่านมีประสบการณ์จากการก่อสร้างโครงการรถไฟฟ้าใต้ดินสายสีน้ำเงิน (สายเฉลิมรัชมงคล) การก่อสร้างรถไฟฟ้าใต้ดินในประเทศไต้หวัน และการก่อสร้างรถไฟฟ้าใต้ดินในประเทศอินเดีย เป็นต้น

MRT Blue Line Extension Project

Contract 1: Underground Civil Works
Hua Lamphong – Sanam Chai Section

Quality Control Checklist for Tunnel Activity Report

Date: 16/05/13 Drive: ☒ WB ☐ EB

TBM Operator: <u>ว.อ.ว.ร.</u>		Start Ch: 353.338- End Ch: 356.430		Advance: P150, P151, P152, P153				Start Ring (No): P149 End Ring (No): P152		Ring Total: 4		Grout Injected (m³):			
Shift: ☒ Day ☐ Night		7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	Total Hours	Remarks
Production	Ring No:		P150		P151				P152			P153		*showing Ring 150	
	Excavation													Grout 2230 L.	
	Ring Building	K1		K24				K1			K24				
	Grouting													*showing Ring 151	
	Extend Backup/services													Grout 2174 L.	
	Extend Belt														
Delays	Cleaning													*showing Ring 152	
	Survey													Grout 2420 L.	
	Waiting Belts														
	Waiting Segment													*showing Ring 153	
	Waiting Grout													Grout 2304 L.	
	Waiting Material														
	TBM Hydraulic														
	Erector														
	Segment Hoist/Crane														
	Grout System														
Manpower	Conveyor														
	Screw														
Shift Change/Lunch															
* Waiting skip (แก้วเงิน)															
Manpower	Shift Engineer	1	Electrician	4	Comments/Delays										Tunnel Shift Engineer
	Face Engineer	-	Mechanics	4											P.อ.อ.
	Foreman	3	Others	-											Date & Signature 16/5/13
	Operator	2													Chief Engineer
	Grout man	2													
	Labourers	20													Date & Signature

ภาพที่ 38 ตัวอย่างบันทึกประจำวันการก่อสร้างอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน

ที่มา : บริษัท อิตาเลียนไทย ดีเวลอปเม้นท์ จำกัด มหาชน (2555)

MRT Blue Line Extension Project

Contract 1: Underground Civil Works
Hua Lamphong - Sanam Chai Section

Daily Report

Daily Report No : B81/BS11/DW 047 ⁰⁵⁰Date : 29/10/2012

Type of Work	☐ Structural Work	☐ Architectural Work	☐ Electrical Work	☐ Mechanical Work
	☐ Tunneling Work	☐ Utility Diversion Work	☒ Other <u>D-WALL</u>	
Manpower	Engineer	8	Foreman	2
	MECHANICAL	4	CRANE OPT.	2
	SUPERVISOR	2	GRAB OPT.	2
	safety en.	1	QA/QC EN.	4
Equipment	Excavator	1	Welding Machine	1
	Dump Truck	4	Generator	1
	135 TON Crane	1	Air Compressor	1
	50100 Crane	2	MIXER MACHINE	1
			SKILL Worker	2
			Welder	3
			Worker	25
			STORE	1
			Water Pump	3
			KODEN MACHINE	1
			DESANDER MACHINE	1
			GRAB MACHINE	1
The following Works were carried out : ☐ Attachment.....Page(s)				
Activity			Work Quantities	
- Clean and Clear Site work			- Clean and Clear OK.	
- Rebar cage arrival			- Rebar cage OK.	
- Remove crane and Setting crane Panel S.S.			- Setting grab OK.	
Problems.....				
Actual Works compared with Planning Works.....				
G001, Rev.A	Weather Report		Reporter	
	☐ Clear		Date <u>29/10/2012</u>	
	☒ Rainy		Received by <u>KS</u>	
	☐ Heavy Rain		Date <u>29/10/2012</u>	

ภาพที่ 39 ตัวอย่างบันทึกประจำวันการก่อสร้างสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน

ที่มา : บริษัท อิตาเลียนไทย ดีเวลอปเม้นท์ จำกัด มหาชน (2555)

ตารางที่ 6 ตัวอย่างการเก็บข้อมูลของการก่อสร้างอุโมงค์รถไฟใต้ดิน

Date	Shift	Weather	Ring No.	Excavation			Ring Erection			Grouting			Total Duration (min.)
				Start	Finish	Duration (min.)	Start	Finish	Duration (min.)	Start	Finish	Duration (min.)	
12/5/2013	Night	Sunny	126	0:15	1:30	75	1:30	2:30	60	10:10	11:00	50	135
			127	2:30	3:45	75	3:45	5:00	75	13:30	14:20	50	150
13/5/2013	Day	Sunny	128	9:00	10:10	70	10:10	11:00	50	16:00	16:50	50	120
			129	11:30	13:30	120	13:30	14:20	50	19:00	20:00	60	170
			130	15:10	16:00	50	16:00	16:50	50	21:10	22:10	60	100
			131	17:15	18:00	45			0			0	45
13/5/2013	Night	Sunny	131			0	19:00	20:00	60	23:30	0:30	60	60
			132	20:00	21:05	65	21:10	22:10	60	2:15	4:10	115	125
			133	22:10	23:30	80	23:30	0:30	60	5:45	6:40	55	140
			134	1:00	2:15	75	2:15	4:10	115	20:10	21:00	50	190
			135	4:30	5:45	75	5:45	6:40	55	1:00	1:45	45	130
14/5/2013	Day	Sunny	136	19:30	20:10	40	20:10	21:00	50	3:45	4:40	55	90
			137	22:00	22:45	45	1:00	1:45	45	20:10	21:30	80	90
			138	1:50	3:35	105	3:45	4:40	55	22:45	23:45	60	160
14/5/2013	Night	Sunny	139	19:00	20:10	70	20:10	21:30	80	2:30	3:30	60	150
			140	21:30	22:45	75	22:45	23:45	60	9:45	10:20	35	135
			141	1:30	2:30	60	2:30	3:30	60	11:20	12:20	60	120

ตารางที่ 7 ตัวอย่างการเก็บข้อมูลของการก่อสร้างกำแพงทึบน้ำ

No.	Panel.	Excavation				Rebar Cage Installation				Concreting				Total
		Date	Start	Finish	Duration Hr.	Date	Start	Finish	Duration Hr.	Date	Start	Finish	Duration Hr.	Dur Hr.
1	P11	5/9/12	16.30	7.30	15	7/9/12	7.30	22.50	15.20	8/9/12	1.50	6.00	4.10	60
2	P7	10/9/12	16.00	7.20	39.20	12/9/12	15.40	24.00	8.20	13/9/12	3.30	9.15	5.45	62.8
3	P9	13-14/9/12	15.00	7.00	14	14-15/9/12	15.00	3.15	12.15	15/9/12	9.50	13.50	4	45.20
4	P5	17/9/12	10.40	22.05	10.25	18/9/12	6.40	14.30	7.50	18-19/9/12	22.00	1.30	3.30	37.45
5	S10	19/9/12	7.30	6.00	13.30	20/9/12	10.30	16.30	6	19-20/9/12	22.00	2.50	4.50	39.10
6	P21	21/9/12	9.45	19.40	9.55	22/9/12	3.45	9.45	6	22/9/12	13.10	17.0	3.50	29.25
7	P13	24-25/9/12	10.30	0.15	13.45	25/9/12	5.37	12.15	6.38	25/9/12	12.50	17.45	4.55	29.46
8	P19	25-26/9/12	22.00	6.15	8.15	26/9/12	15.15	23.45	8.20	27/9/12	3.00	6.30	3.30	30.56
9	P15	27-28/9/12	10.50	0.45	14.30	28/9/12	9.30	16.20	6.50	28-29/9/12	21.50	1.05	3.15	37.23
10	S8	29/9/12	4.50	22.00	17.10	30/9/12	3.35	12.30	8.55	30/9/12	13.30	17.45	4.05	35.18
11	P17	1/10/12	7.30	18.30	8.45	2/10/12	2.00	9.20	7.20	2-3/9/12	21.05	0.45	3.40	37.10
12	S20	3-4/10/12	3.50	1.40	21.50	4/10/12	8.55	16.05	6.10	4-5/10/12	21.02	1.16	4.08	43.43
13	P3	5-6/10/12	3.30	1.15	21.45	6/10/12	7.15	14.10	6.55	6/10/12	19.35	23.40	4.15	42.15

ในขั้นตอนการเก็บข้อมูลผู้วิจัยได้เข้าไปทำการบันทึกข้อมูลการก่อสร้างของโครงการในกรณีศึกษาทุกสัปดาห์เป็นระยะเวลา 10 เดือน ทั้งในส่วนของการก่อสร้างอุโมงค์ และงานก่อสร้างกำแพงกั้นน้ำของสถานี ผลจากการเข้าไปดูงานและศึกษาเอกสาร รวมทั้งการสัมภาษณ์วิศวกรของโครงการในกรณีศึกษานั้น ผู้วิจัยได้นำมารวบรวมและสามารถอธิบายขั้นตอนการก่อสร้างได้ดังต่อไปนี้

การก่อสร้างอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินสายสีน้ำเงินส่วนต่อขยาย อาศัยเครื่องขุดเจาะอุโมงค์ (Tunnel Boring machine, TBM) ประเภทแรงดันดินสมดุลย์ (Earth Pressure Balance Shield , EPB) ซึ่งเป็นหัวเจาะที่นิยมนำมาใช้ในงานขุดเจาะอุโมงค์เหมาะกับสภาพดินเหนียวซึ่งตรงกับสภาพดินในกรุงเทพมหานคร อุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกขนาด 6.3 เมตร และเส้นผ่าศูนย์กลางภายในขนาด 5.7 เมตรมี 2 ฝั่ง คือ ขาไป (west bound) และ ขากลับ (east bound) ซึ่งก่อนที่จะทำการขุดเจาะอุโมงค์จะต้องทำการก่อสร้างปล่องอุโมงค์ (Shaft) สำหรับประกอบและนำเครื่องขุดเจาะลงสู่ชั้นใต้ดิน อีกทั้งยังเป็นปล่องขนถ่ายดิน ปล่องระบายอากาศ และปล่องขนถ่ายวัสดุอุปกรณ์ในการก่อสร้างอุโมงค์ การเลือกพื้นที่ในการก่อสร้างปล่องอุโมงค์มีความสำคัญ เนื่องจากต้องเลือกบริเวณพื้นที่กว้างเพียงพอสำหรับกองเก็บดินจากอุโมงค์และก่อสร้างบ่อทิ้งดิน อีกทั้งยังมีข้อจำกัดด้านกฎหมายเกี่ยวกับการรักษาสิ่งแวดล้อมให้กับผู้อาศัยที่อยู่รอบบริเวณพื้นที่ก่อสร้างเพื่อสุขอนามัยและความปลอดภัย เพราะปล่องอุโมงค์จะถูกใช้งานจนกว่าโครงการก่อสร้างจะเสร็จสิ้น ดังภาพที่ 40

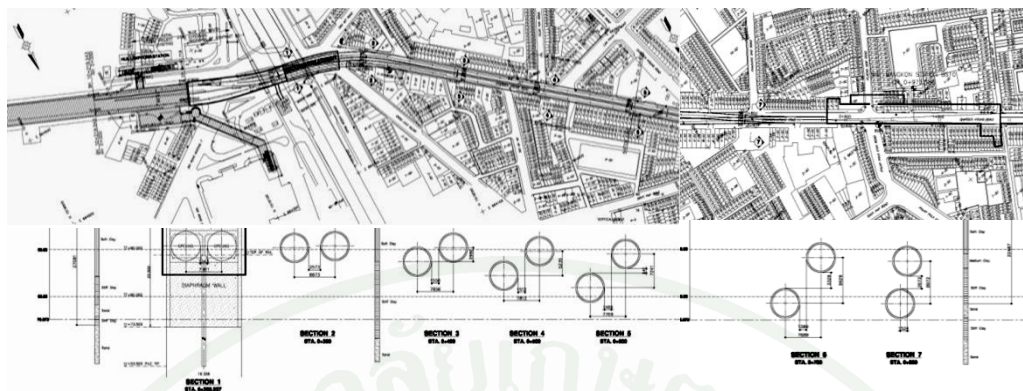


ภาพที่ 40 บริเวณปล่องอุโมงค์ (Shaft)

ที่มา : บริษัท อิตาเลียนไทย ดีเวลล็อปเมนต์ จำกัด มหาชน (2555)

1.1.1 การก่อสร้างอุโมงค์

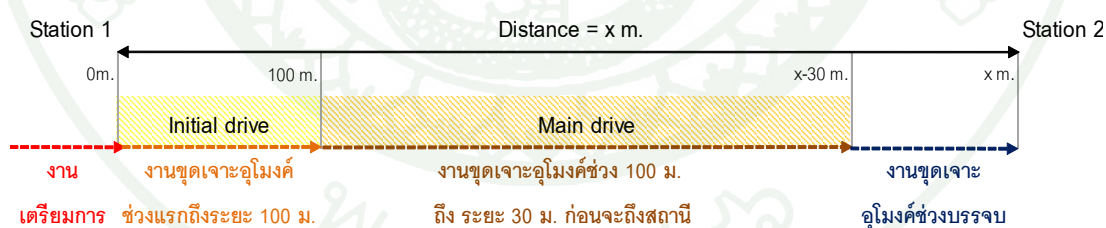
ทางวิ่งของรถไฟฟ้าใต้ดินเป็นอุโมงค์คู่รางเดี่ยว รูปแบบการวางตัวของอุโมงค์ มี 2 ลักษณะ คือ อุโมงค์แบบคู่ขนานแนวนราบ (Horizontal dual tunnel) และอุโมงค์แบบคู่ขนานแนวตั้ง (Vertical stack tunnel) โดยสามารถยกตัวอย่างได้จาก บริเวณหัวลำโพงเป็นปล่องอุโมงค์ที่นำเครื่องขุดเจาะลงสู่ใต้ดิน จะเป็นรูปแบบการก่อสร้างอุโมงค์แบบคู่ขนานแนวนราบ (Horizontal dual tunnel) ไปจนถึงสถานีวัดมังกร หลังจากนั้นอุโมงค์จะเริ่มซ้อนทับกันจนกระทั่งถึงสถานีวังบูรพาจะกลายเป็นอุโมงค์แบบคู่ขนานแนวตั้งโดยสมบูรณ์ (Vertical stack tunnel) ดังภาพที่ 41



ภาพที่ 41 รูปแบบการก่อสร้างอุโมงค์

ที่มา : บริษัท อิตาเลียนไทย ดีเวล็อปเมนต์ จำกัด มหาชน (2555)

การขุดเจาะจะเริ่มจากปล่องอุโมงค์หรือสถานีต้นทางไปยังสถานีปลายทาง โดยสามารถแบ่งเป็น 4 ช่วง การขุดเจาะคือ 1. ช่วงของการเตรียมการ 2. ช่วงของการขุดเจาะอุโมงค์ ช่วงแรกถึงระยะประมาณ 100 เมตร 3. ช่วงของการขุดเจาะอุโมงค์จาก 100 เมตร จนถึงระยะ 30 เมตร ก่อนจะถึงสถานีถัดไป 4. ช่วงของการขุดเจาะอุโมงค์บรรจบกับสถานี ดังภาพที่ 42 และสามารถอธิบายได้ดังนี้



ภาพที่ 42 การแบ่งช่วงของการขุดเจาะอุโมงค์

1. งานเตรียมการในการก่อสร้างอุโมงค์ ประกอบด้วย การประกอบและติดตั้งเครื่องขุดเจาะอุโมงค์และงานปรับวางตำแหน่งหัวเจาะตามระดับของแนวเส้นทาง การก่อสร้างงานติดตั้งอุปกรณ์และระบบท่อขนส่งน้ำปูน (Backfill Grouting) งานติดตั้งรางสำหรับระบบขนส่งดินโดยใช้สายพานลำเลียง (Belt conveyor) งานติดตั้งระบบระบายอากาศและแสงสว่างดังภาพที่ 43



ภาพที่ 43 การติดตั้งเครื่องขุดเจาะอุโมงค์

ที่มา : บริษัท อิตาเลียนไทย ดีเวล๊อปเมนต์ จำกัด มหาชน (2555)

2. งานขุดเจาะอุโมงค์ช่วงแรกถึงระยะ 100 เมตร (Initial drive) เป็นการขุดเจาะอุโมงค์ในช่วงเริ่มต้น อัตราการขุดเจาะในช่วงนี้ถูกกำหนดให้ต่ำกว่าปกติ เพราะยังอยู่ในช่วงทดลองเครื่องและอยู่ในช่วงการเรียนรู้การทำงานของบุคลากร (Learning Period) และจำเป็นจะต้องระวังเรื่องการทรุดตัวที่อาจจะเกิดขึ้นจากการขุดเจาะดินในช่วงแรกเป็นพิเศษ หลังจากขุดเจาะได้ระยะทางประมาณ 100 เมตร จะหยุดเดินเครื่องชั่วคราวเพื่อติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องขุดเจาะ (Backup System) บริเวณด้านหลังหัวเจาะอุโมงค์ ตลอดจนงานระบบต่าง ๆ เพื่อการควบคุมการขุดเจาะให้เป็นไปอย่างต่อเนื่อง

3. งานขุดเจาะอุโมงค์ช่วงจาก 100 เมตร จนถึงระยะ 30 เมตรก่อนจะถึงสถานีต่อไป (Main drive) จะดำเนินการอย่างต่อเนื่อง และมีอัตราการขุดเจาะสูงกว่าช่วงแรก มีระบบลำเลียงดินที่ขุดเจาะออกทางสายพาน (Belt conveyor) จากบริเวณหน้าเครื่องขุดเจาะมายังปล่องอุโมงค์เพื่อนำดินไปทิ้งดังภาพที่ 44

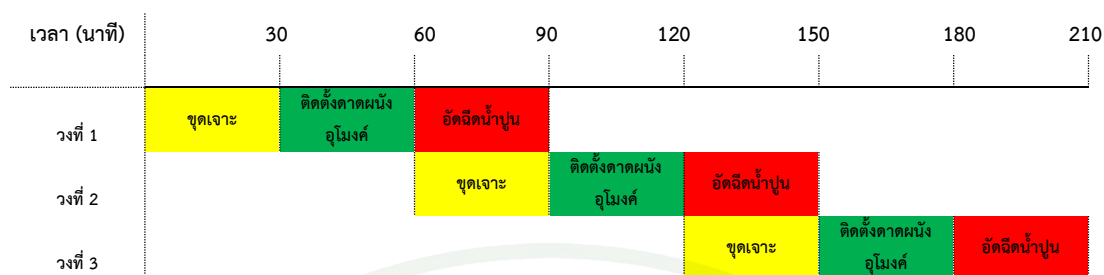


ภาพที่ 44 การลำเลียงดินออกจากสายพาน (Belt conveyor)

ที่มา : บริษัท อิตาเลียนไทย ดีเวล๊อปเมนต์ จำกัด มหาชน (2555)

4. งานขุดเจาะอุโมงค์ช่วงบรรจบกับสถานี เครื่องขุดเจาะต้องเจาะทะลุผ่านผนังกำแพงทึบน้ำของสถานี กำหนดให้มีอัตราการขุดเจาะที่ต่ำ เพื่อให้ตำแหน่งของหัวเจาะอยู่ตรงกับระดับความลึกของแนวขุดเจาะเข้าสถานี โดยผนังบริเวณที่หัวเจาะจะทำการเจาะผ่าน จะใช้เส้นใยไฟเบอร์ (GFRP) แทนเหล็กเสริมเพื่อให้หัวเจาะสามารถเจาะทะลุผ่านผนังไปได้ โดยก่อให้เกิดความเสียหายกับผนังกำแพงทึบน้ำและพื้นของหัวเจาะน้อยที่สุด

ขั้นตอนการก่อสร้างของเครื่องขุดเจาะอุโมงค์ในแต่ละรอบสามารถแบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอนหลัก ดังนี้ 1. ขั้นตอนขุดเจาะดิน (Excavating) 2. ขั้นตอนติดตั้งคานผนังอุโมงค์คอนกรีตสำเร็จรูป (Erecting Segment) และ 3. ขั้นตอนอัดฉีดน้ำปูน (Backfill Grouting) โดยมีขั้นตอนในการทำงานดังภาพที่ 4

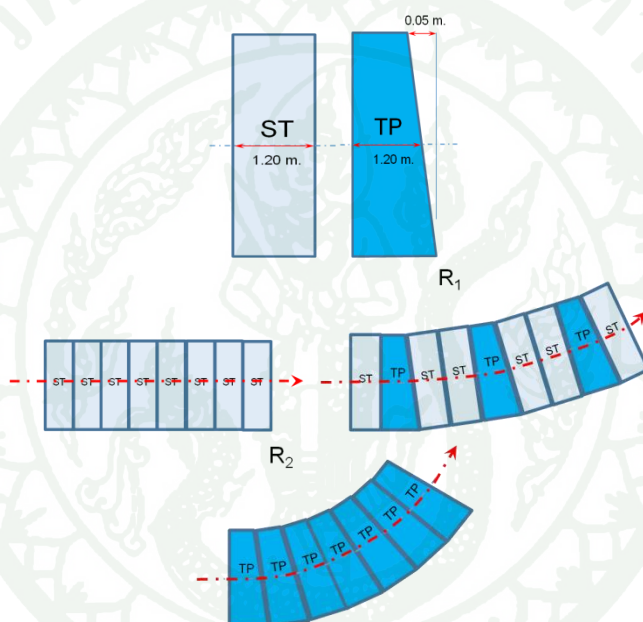


ภาพที่ 45 ขั้นตอนการก่อสร้างอุโมงค์โดยใช้เครื่องขุดเจาะ (TBM)

เครื่องขุดเจาะอุโมงค์ (TBM) จะทำงานตลอดเวลาซึ่งอาจจะมีการหยุดพักเมื่อเปลี่ยนกะการทำงานหรือตรวจเช็คทำความสะอาดเครื่อง แต่ไม่สามารถหยุดเดินเครื่องได้นานเพราะ อาจจะทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับเรื่องแรงเสียดทานด้านหน้าเครื่องขุดเจาะเวลาที่จะออกตัวในรอบใหม่ หรืออาจจะทำให้หัวเจาะเกิดการจมได้ การเคลื่อนตัวของเครื่องขุดเจาะ(TBM) ถูกควบคุมด้วย Shield Jack โดยสามารถต้านทานแรงดันดินโดยใช้ระบบแม่แรงจากไฮดรอลิค ด้านหน้าของเครื่องขุดเจาะจะมีฟันเพื่อขุดเจาะดิน (Cutter Teeth) โดยเครื่องขุดเจาะ (TBM) สามารถฉีบน้ำและสารผสมเพิ่ม เช่น เบนโทไนท์เพื่อรักษาแรงดันดินและใช้โฟมเพื่อทำหน้าที่เป็นสารหล่อลื่น อีกทั้งเป็นการลด Touque ของ Cutter Head ทำให้ง่ายต่อการขุดเจาะและลำเลียงดินออก แต่เนื่องจากอาจจะมีโฟมหลายประเภทและมีเบนโทไนท์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน ผู้ควบคุมต้องเลือกใช้งานและมีปริมาณที่เหมาะสมกับชนิดของดินที่ขุดเจาะ

ในส่วนของดินที่ขุดเจาะจะถูกขนถ่ายออกด้วยระบบ Screw Conveyor โดยจะมีประตูเปิดปิดด้วยระบบไฮดรอลิค ซึ่งหากเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉิน เช่น ไฟดับ ประตูจะปิดโดยอัตโนมัติเพื่อป้องกันไม่ให้ดินไหลทะลักเข้ามาในหัวเจาะได้ หลังจากนั้นดินจะถูกลำเลียงต่อไปโดยใช้รถขนดิน (Muck car) หรือสายพานลำเลียงดิน (Belt Conveyor) เพื่อนำดินออกมาทั้งยังบริเวณปล่องอุโมงค์ เนื่องจากสายพานลำเลียงดินมีพื้นที่จัดเก็บจำกัด ดังนั้นจึงต้องทำการต่อสายพานทุก 200-300 เมตร ความเร็วในการขุดเจาะถูกควบคุมโดย Speed Jack จะต้องทำงานสัมพันธ์กับรอบของ Screw Conveyor เพื่อดึงดินออกมา ความเร็วของการขนถ่ายดินจะขึ้นกับแรงดันดินใน Soil Chamber หรือแรงดันดินด้านหน้าหัวเจาะ (Face Pressure) ควบคุมกับแรงดันจากแม่แรงไฮดรอลิค (Thrust Force) ที่สามารถปรับค่าแรงดันด้านหน้าหัวเจาะ เพื่อควบคุมปริมาณดินที่ขุดเจาะให้เกิดความสมดุลย์ โดยปกติดินที่ขุดเจาะจะมีปริมาตรเฉลี่ยประมาณ 30 ลูกบาศก์เมตรต่อการขุดเจาะอุโมงค์ 1 รอบ

คานาผนังอุโมงค์เป็นชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป (Pre-Cast Reinforce Concrete Segmental) บริเวณรอบขอบคานาผนังอุโมงค์จะติดแผ่นยาง (Neoprene) ที่สามารถพองตัวได้เมื่อสัมผัสกับน้ำซึ่งจะช่วยปิดรอยต่อระหว่างคานาผนังอุโมงค์ให้ทึบน้ำได้และยังช่วยป้องกันความเสียหายจากการกระแทกในระหว่างการติดตั้งโดยคานาผนังอุโมงค์จะมีทั้งหมด 7 ชิ้น (สัญญาที่ 1) และ 6 ชิ้น (สัญญาที่ 2) มีขนาดความหนา 0.3 เมตร กว้าง 1.2 เมตร เนื่องจากแนวเส้นทางของอุโมงค์จะมีทั้งแนวเส้นตรงและแนวโค้ง จึงต้องผลิตคานาผนังอุโมงค์ทั้งสองลักษณะเพื่อให้สามารถกำหนดทิศทางของอุโมงค์ให้เป็นไปตามที่ออกแบบไว้ ซึ่งประกอบด้วย ชิ้นส่วนที่เป็นทางตรง (Straight segment) และทางโค้ง (Tapered segment) ดังภาพที่ 46

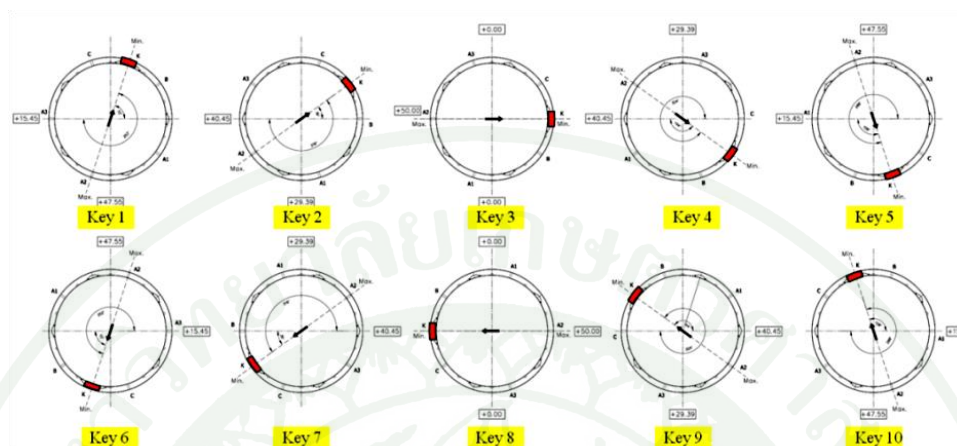


ภาพที่ 46 ประเภทของคานาผนังอุโมงค์

ที่มา : บริษัท อิตาเลียนไทย ดีเวลอปเมนต์ จำกัด มหาชน (2555)

ในแต่ละรอบขณะที่ด้านหน้าหัวเจาะกำลังทำงาน ด้านหลังหัวเจาะจะลำเลียงคานาผนังอุโมงค์เข้ามาเพื่อรอคอยการติดตั้ง เมื่อดำเนินการขุดเจาะจนมีพื้นที่ด้านหลังของหัวเจาะเพียงพอสำหรับติดตั้งคานาผนังอุโมงค์ ซึ่งต้องมีระยะไม่น้อยกว่า 1.20 เมตร (ความกว้างของคานาผนังอุโมงค์) จากนั้นจะเป็นขั้นตอนการติดตั้งคานาผนังอุโมงค์ (Erection Segment) โดย Segment crane จะยกชิ้นส่วนคานาผนังอุโมงค์ทีละชิ้น จาก Segment car วางบริเวณหลังหัวเจาะ จากนั้น Erection segment จะประกอบคานาผนังอุโมงค์ทีละชิ้นเริ่มจากการติดตั้งส่วนล่าง (Invert) ขึ้นสู่

ด้านบนและติดตั้งชิ้นส่วนที่เล็กที่สุดเป็นชิ้นสุดท้าย เรียกว่า Key Segment โดยมีตำแหน่งที่แตกต่างกันเพื่อกำหนดทิศทางของอุโมงค์ดังภาพที่ 47 และภาพที่ 48



ภาพที่ 47 ตำแหน่งของ Key segment

ที่มา : บริษัท อิตาเลียนไทย ดีเวลล็อปเมนต์ จำกัด มหาชน (2555)



ภาพที่ 48 การติดตั้งคาดผนังอุโมงค์

ที่มา : บริษัท อิตาเลียนไทย ดีเวลล็อปเมนต์ จำกัด มหาชน (2555)

สุดท้ายเป็นขั้นตอนของการอัดฉีดน้ำปูน (Backfill grouting) โดยขณะที่ด้านหน้าของเครื่องขุดเจาะอุโมงค์กำลังขุดเจาะดิน ด้านหลังของเครื่องขุดเจาะอุโมงค์จะทำการอัดฉีดน้ำปูนให้กับคานคั่นอุโมงค์ที่ประกอบเสร็จสมบูรณ์ ซึ่งการอัดฉีดน้ำปูนมีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันการทรุดตัวของดินด้านหน้าและดินด้านบนเหนือหัวเจาะ อีกทั้งยังป้องกันน้ำใต้ดินไหลเข้ามาภายในอุโมงค์ น้ำปูนที่นำมาใช้งานจะต้องมีกำลัง (Strength) ที่เพียงพอต่อการรับแรงดันดินบริเวณรอบคานคั่นอุโมงค์ โดยกำลังการรับแรงของน้ำปูนจะแปรผันตามสภาพดินที่ขุดเจาะเมื่ออัดฉีดน้ำปูนเสร็จสมบูรณ์จึงเป็นการเสร็จสิ้นงานก่อสร้างอุโมงค์ 1 รอบการทำงานดังภาพที่ 49



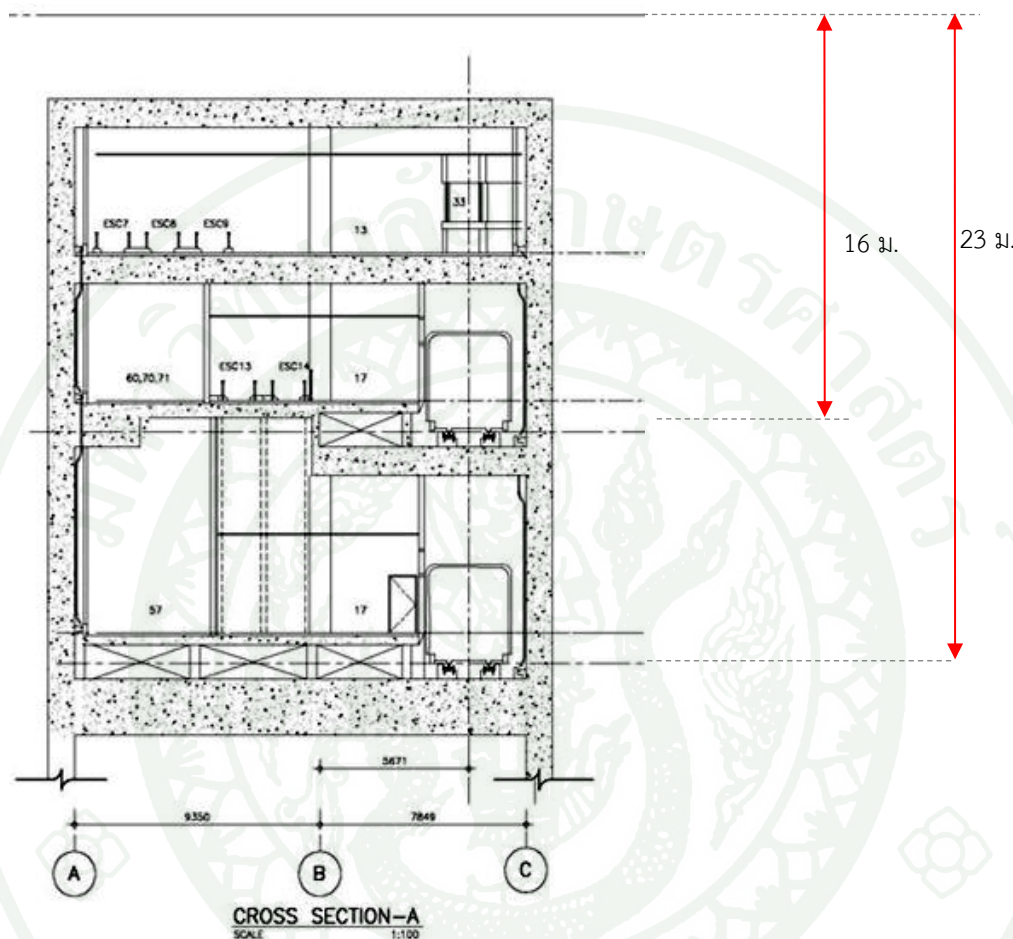
ภาพที่ 49 การอัดฉีดน้ำปูน

ที่มา : บริษัท อิตาเลียนไทย ดีเวลล็อปเมนต์ จำกัด มหาชน (2555)

1.1.2 การก่อสร้างสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน

โครงสร้างหลักของสถานีส่วนใหญ่เป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก (Reinforcement concrete) ใช้วิธีการก่อสร้างแบบบนลงล่าง (Top down) โดยปกติสถานีมีความกว้างประมาณ 18-25 เมตร ยาวประมาณ 150-200 เมตร ความลึกขึ้นอยู่กับจำนวนชั้นของสถานี ตั้งแต่ 15-50 เมตร โครงสร้างหลักภายในมี เสา Stanchion หรือ Barrette pile ทำหน้าที่เป็นเสากลางสถานี และมี

กำแพงทึบน้ำ (Diaphragm walls) ทำหน้าที่เป็นทั้งผนังสถานีและผนังรองรับแรงจากน้ำหนักพื้นของสถานีดังภาพที่ 50 โดยสามารถแบ่งขั้นตอนการก่อสร้างสถานีรถไฟฟ้าได้เป็น 5 ขั้นตอนดังนี้



ภาพที่ 50 ตัวอย่างภาพตัดของสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน

ที่มา : บริษัท อิตาเลียนไทย ดีเวล๊อปเมนต์ จำกัด มหาชน (2555)

ขั้นตอนที่ 1 การรื้อย้ายสาธารณูปโภคให้พ้นจากแนวการก่อสร้าง ดังภาพที่ 51 ถูกจำกัดด้วยขอบเขตของพื้นที่ก่อสร้าง(Right of way, R.O.W.) ก่อนงานรื้อย้ายสาธารณูปโภค หากพื้นที่ก่อสร้างอยู่ในเขตกรุงเทพฯ จะต้องทำการสำรวจวัตถุโบราณโดยกรมศิลปากร การรื้อย้ายสาธารณูปโภคบางส่วนจำเป็นต้องอาศัยผู้ที่มีความชำนาญงานมาทำการรื้อย้าย เนื่องจากต้องใช้วัสดุที่ระบุไว้เฉพาะเท่านั้น ผู้รับเหมาอาจต้องจ้างหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเข้ามาเป็นผู้ดำเนินงาน เช่น ระบบไฟฟ้าแรงสูง ระบบโทรคมนาคม ส่วนงานระบบน้ำประปาและท่อระบายน้ำนั้นผู้รับเหมาเป็น

ผู้ดำเนินการเอง ซึ่งในระหว่างการรื้อย้ายนั้นผู้รับเหมาต้องมั่นใจว่าระบบสาธารณูปโภคต่างๆ จะต้องสามารถใช้งานได้ตามปกติหากมีส่วนไหนจำเป็นจะต้องหยุดชะงักผู้รับเหมาต้องวางแผนแจ้งไปยังหน่วยงานที่ดูแลระบบนั้นๆ และประชาสัมพันธ์ให้ผู้ที่ได้รับผลกระทบทราบล่วงหน้า

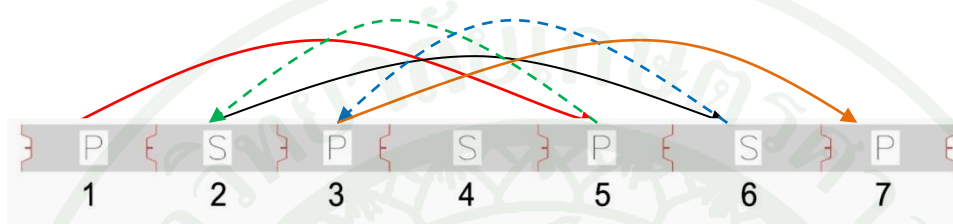


ภาพที่ 51 การรื้อย้ายระบบสาธารณูปโภคและการสำรวจโบราณคดี

ที่มา : บริษัท อิตาเลียนไทย ดีเวล๊อปเมนต์ จำกัด มหาชน (2555)

ขั้นตอนที่ 2 งานก่อสร้างกำแพงทึบน้ำ (Diaphragm wall) เกิดขึ้นหลังจากงานรื้อย้ายสาธารณูปโภค เป็นงานโครงสร้างลำดับต้นๆ ที่จะต้องทำก่อนที่จะเข้าไปก่อสร้างภายในสถานี โดยจะทำการก่อสร้างกำแพงทึบน้ำที่ละแผง มีขนาดความหนาไม่น้อยกว่า 1.0 เมตร ความกว้าง 3.0 เมตร และ 4.5 เมตร ความลึกขึ้นอยู่กับลักษณะของสถานีผู้รับเหมาต้องวางแผนจำนวนชุดเครื่องจักรที่จะใช้งาน เพื่อให้อัตราการก่อสร้างกำแพงทึบน้ำสามารถเสร็จทันตามแผนงาน ซึ่งจำนวนชุดเครื่องจักรอาจจะถูกจำกัดด้วยพื้นที่การทำงาน หากใช้จำนวนเครื่องจักรมากเกินไปจะทำให้การทำงานของเครื่องจักรไม่สะดวก กีดขวางการทำงานกันเอง จำเป็นต้องการแบ่งพื้นที่รับผิดชอบของเครื่องจักรเพื่อลดระยะเวลาในการเคลื่อนย้าย ขั้นตอนการก่อสร้างกำแพงทึบน้ำของสถานีมีความสัมพันธ์กับการขุดเจาะอุโมงค์ ดังนั้นพื้นที่การดำเนินงานของกำแพงทึบน้ำจะเริ่มจากแผงที่อยู่ในแนวหัวเจาะอุโมงค์ขุดผ่าน จะต้องถูกสร้างให้เสร็จก่อนที่เครื่องขุดเจาะอุโมงค์จะมาถึง เพราะเมื่อเครื่องขุดเจาะอุโมงค์ผ่านไปจะไม่สามารถดำเนินการก่อสร้างกำแพงทึบน้ำย้อนหลังได้เนื่องจากจะเกิด

ความเสียหายขึ้นกับอุโมงค์ ในส่วนของลำดับการก่อสร้างกำแพงทึบน้ำ แสดงได้ ดังภาพที่ 53 ซึ่งจะเริ่มก่อสร้างกำแพงทึบน้ำแผงที่ 1 (แผง Primary, P) จากนั้นเว้นระยะห่างจากแผงที่ 1 ประมาณ 3 เท่าของขนาดกำแพงทึบน้ำ นั่นคือจะไปเริ่มก่อสร้างแผงที่ 5 (แผง Secondary, S) เพื่อรอคอยให้คอนกรีตกำแพงทึบน้ำแผงที่ 1 แข็งตัว สามารถรับแรงได้โดยไม่เกิดผลกระทบเมื่อจะก่อสร้างแผงที่อยู่ติดกัน เมื่อก่อสร้างแผงที่ 5 เสร็จจึงกลับมาก่อสร้างแผงที่ 2 และไปก่อสร้างแผงที่ 6 ตามลำดับ



ภาพที่ 53 ลำดับการก่อสร้างกำแพงทึบน้ำ

ที่มา : บริษัท อิตาเลียนไทย ดีเวลล็อปเมนต์ จำกัด มหาชน (2555)

จากการศึกษาพบว่า ขั้นตอนการก่อสร้างกำแพงทึบน้ำแต่ละแผงจะใช้เวลาประมาณ 3 วัน ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอนหลัก ดังต่อไปนี้ คือ

1. งานขุดดิน (Excavating) ขั้นตอนการก่อสร้างเริ่มจากการขุดดินเป็นร่องหรือเรียกว่า Guide wall มีความลึกประมาณ 1.0-2.0 เมตร จากนั้นขุดดินตามแนวตั้งตามความลึกของกำแพงทึบน้ำ ในขณะเดียวกันผนังดินจะถูก Bentonite slurry ดันดันไว้ไม่ให้ดินพัง เมื่อขุดได้ความลึกตามที่ต้องการ จึงทำความสะอาดกันหลุม (Desand) ในขั้นตอนการขุดดินใช้เวลาก่อสร้างประมาณ 2 วัน เครื่องจักรหลักที่เกี่ยวข้องประกอบด้วยรถขุด (Backhoe) PC 200 - 220 ขนาด 6.0 x 7.0 เมตร ใช้สำหรับขุดดินทำ Guide wall, ปั่นจั่นชนิดเคลื่อนที่ล้อตีนตะขาคิดตั้งหัวขุดแบบ Hydraulic bucket clamshell 100 ตัน ขนาด 11.0 x 11.0 เมตร ใช้สำหรับขุดดินกำแพงทึบน้ำและต้องเตรียมพื้นที่สำหรับฐานคอนกรีตวางชุดถังไซโล Bentonites มีขนาด 5.0 x 20.0 เมตร สำหรับวางไซโลได้ 5 ใบต่อหนึ่งชุดเครื่องจักร โดยมีหลักการเลือกตำแหน่ง คือ ควรอยู่กึ่งกลางความยาวของสถานีเพราะจะได้สามารถใช้แรงดันในการส่ง Bentonites ไปใช้งานได้ทั่วทั้งสองฝั่งของพื้นที่ก่อสร้าง ตำแหน่งติดตั้งไซโลต้องไม่กีดขวางการทำงานและไม่อยู่ใกล้แนวกำแพงทึบน้ำมากเกินไป เพราะจะทำให้เกิดการทรุดตัวของดินและทำให้ไซโลล้มได้เมื่อทำการขุดดินแผงที่อยู่ใกล้บริเวณที่ตั้งไซโล ดังภาพที่ 54

2. งานวางเหล็กเสริมคอนกรีต (Installing Rebar) จะเกิดขึ้นทันทีเมื่องานขุดดินเสร็จ โดยจะหย่อนเหล็กเสริมลงในหลุมที่ละแผงและต่อเหล็กเสริมเข้ากันด้วย U-bolt ทำต่อเนื่องจนเหล็กมีความลึกตามที่กำหนดไว้ โดยปกติขั้นตอนนี้ใช้ระยะเวลาประมาณ ครึ่งวัน มีเครื่องจักรหลักที่เกี่ยวข้องประกอบด้วยปั้นจั่นชนิดเคลื่อนที่ล้อตีนตะขาบ 80 ตัน (Service crane) ขนาด 11.0 x 11.0 เมตร ใช้สำหรับยกติดตั้งเหล็กเสริมกำแพงที่บ้น้ำ

3. งานเทคอนกรีต (Casting concrete) โดยใช้ Tremie Pipeเทคอนกรีตจากกันหลุมชั้นสู่ปากหลุม ซึ่งจะต้องให้ท่อฝังอยู่ในเนื้อคอนกรีตประมาณ 1.0 – 2.0 เมตร เพื่อป้องกันคอนกรีตแยกตัว ระยะเวลาในการเทคอนกรีตต่อ 1 แผงประมาณ ครึ่งวัน มีเครื่องจักรหลักที่เกี่ยวข้องประกอบด้วยปั้นจั่นชนิดเคลื่อนที่ล้อตีนตะขาบ 80 ตัน (Service crane) ขนาด 11.0 x 11.0 เมตร ใช้สำหรับยก Tremie pipe



ภาพที่ 54 การวางตำแหน่งเครื่องจักรของงานก่อสร้างกำแพงที่บ้น้ำ

ที่มา : บริษัท อิตาเลียนไทย ดีเวล๊อปเมนต์ จำกัด มหาชน (2555)

ขั้นตอนที่ 3 งานขุดดินและงานโครงสร้างที่ความลึกน้อยกว่า 12 เมตร ก่อนจะเริ่มงานขุดดินภายในสถานีต้องทำการเปิดหน้าดินประมาณ 1.0 เมตรและติดตั้งแผ่นเหล็กชั่วคราว (Temporary steel deck) ที่ออกแบบให้มีความสามารถในการรับน้ำหนักของเครื่องจักรและรถบรรทุก อีกทั้งเพื่อความสะดวกในการทำงานสามารถเลือกเปิดแผ่นเหล็กในส่วนที่ต้องการออกและสามารถทำงานได้ทันที จากแบบก่อสร้างสถานีกำหนดให้มีช่องเปิด (Opening) สำหรับลำเลียงวัสดุอุปกรณ์ เครื่องจักร และคนงานเข้าไปก่อสร้างภายในโครงสร้างใต้ดินดังภาพที่ 55 การขุดดินในช่วงแรกนี้ยังคงทำได้ง่ายเพราะมีความลึกไม่มากนัก

จำนวนชุดของเครื่องจักรที่ใช้ในการขุดดินขึ้นอยู่กับจำนวนช่องเปิดที่มีอยู่และพื้นที่ในการวางเครื่องจักรที่เพียงพอไม่เกิดการกีดขวางกันเอง โดยปกติการขุดดินหนึ่งชุดการทำงานจะประกอบด้วยเครื่องจักรดังนี้ รถขุด (Backhoe) PC 200 - 220 ชนิด Long boom ขนาด 6.0 x 7.0 เมตร จำนวน 1 คันต่อชุดเพื่อตักดินใส่รถสิบล้อ หรือบางสถานีอาจจะใช้ปั้นจั่นชนิดเคลื่อนที่ล้อตีนตะขาบ 50 ตัน ติดตั้งหัวตักแบบ Clamshell ดังภาพที่ 56 รถขุด (Backhoe) PC 120 - 140 ขนาด 4.0 x 5.0 เมตร จำนวน 1 คันต่อชุด ใช้สำหรับขุดดินภายในสถานีส่งมายังช่องเปิด แต่หากช่องเปิดหรือพื้นที่ขุดดินมีบริเวณแคบจะเลือกใช้ รถขุด ขนาดเล็กกว่า หรือ Backhoe PC 60 ขนาด 3.0 x 4.0 เมตร จำนวน 2 คันต่อชุด ดังภาพที่ 57 เพื่อขุดดินภายในสถานีและส่งดินให้กับรถขุด PC 120 - 140 ที่จะนำดินไปกองไว้บริเวณช่องเปิดรอการลำเลียงออก ในส่วนของการนำดินออกจากสถานีลำเลียงโดยรถสิบล้อ แต่หากการจราจรอยู่ในช่วงเวลาเร่งด่วนรถสิบล้อไม่สามารถขนดินออกได้ จำเป็นต้องหาพื้นที่จัดเก็บดินสำรองเช่น เทใส่ถังใส่ดินขนาดใหญ่ (Muck tank) หรือ กองเก็บบริเวณที่จัดเตรียมไว้ เป็นต้น แต่ทั้งนี้ต้องมีการคำนวณปริมาณดินที่สามารถกองเก็บไว้ได้ เนื่องจากแผ่นเหล็ก (Temporary steel deck) สามารถรับแรงได้จำกัดอาจจะทำให้เกิดอันตรายได้ หลังจากขุดดินเสร็จจึงเป็นขั้นตอนการติดตั้งเหล็กเสริมและเข้าแบบเพื่อเทคอนกรีต ปกติโครงสร้างที่มีความลึกน้อยกว่า 12 เมตร จะเลือกใช้วิธีการเทคอนกรีตแบบราบเพราะเป็นการเทคอนกรีตที่สะดวกและรวดเร็ว แต่ทั้งนี้ต้องวางวางคอนกรีตให้มีความชันที่เหมาะสมเพื่อป้องกันการแยกตัวของคอนกรีต



ภาพที่ 55 ช่องเปิด (opening) ในงานก่อสร้างสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน

ที่มา : บริษัท อิตาเลียนไทย ดีเวล๊อปเมนต์ จำกัด มหาชน (2555)



ภาพที่ 56 การขุดดินภายในสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน

ที่มา : บริษัท อิตาเลียนไทย ดีเวล๊อปเมนต์ จำกัด มหาชน (2555)



ภาพที่ 57 ปั่นจั่นชนิดเคลื่อนที่ล้อยตีนตะขาบ 50 ตัน ติดตั้งหัวตักแบบ Clamshell

ที่มา : บริษัท อิตาเลียนไทย ดีเวลอปเมนต์ จำกัด มหาชน (2555)

ขั้นตอนที่ 4 งานขุดดินและงานโครงสร้างที่ความลึกมากกว่า 12 เมตร จะใช้เครื่องจักรเหมือนขนาดความลึกน้อยกว่า 12 เมตร แต่อาจจะเปลี่ยนวิธีการขุดดิน คือการนำถังใส่ดิน (Muck tank) หย่อนวางไว้ด้านล่างสถานีเพื่อให้รถขุดดินขนาดเล็ก (Backhoe) ตักดินใส่ จากนั้นเมื่อดินเต็มจึงใช้ปั่นจั่น (Crawler crane) 50 ตันขนาด 9.0 x 9.0 เมตร ยกถังใส่ดินขึ้นมาด้านบนเพื่อนำดินไปทิ้งในกระเบปักดินและใช้รถขุด (Backhoe) ตักดินใส่รถสิบล้อเพื่อลำเลียงดินออกไปทิ้ง การขุดดินในช่วงความลึกมากกว่า 12 เมตร อาจจะมีอัตราการขุดดินที่ช้ากว่าการขุดดินในช่วงแรกเพราะมีความลึกมากกว่า ทำงานได้ยากกว่า อีกทั้งการประเมินการทำงานในส่วนของการขุดดิน มักจะประเมินจากปริมาณดินที่ขุดได้ โดยไม่ได้คำนึงถึงความลึกและความสามารถในการขุด ดังนั้นผู้รับเหมาจึงต้องเพิ่มจำนวนชุดในการขุดให้มากขึ้นเพื่อให้ได้ปริมาณดินขุดตามแผนงานที่วางไว้ ในส่วนของการเทคอนกรีตจะเปลี่ยนเป็นใช้วิธี mobile pump ที่สามารถเทคอนกรีตในโครงสร้างสถานีที่ลึกโดยไม่ทำให้คอนกรีตเกิดการแตกตัว

ขั้นตอนที่ 5 การรื้อย้ายระบบสาธารณูปโภคกลับตำแหน่งเดิม และคืนผิวการจราจรเป็นขั้นตอนสุดท้ายของงานโครงสร้าง โดยมีลักษณะการดำเนินงานเหมือนกับในขั้นตอนการเตรียมงานและการรื้อย้ายระบบสาธารณูปโภค เมื่อระบบสาธารณูปโภคกลับคืนสู่ตำแหน่งเดิมสามารถใช้งานได้ปกติจากนั้นจะทำการ ถมกลับ (Backfill) เพื่อเตรียมคืนผิวการจราจรกลับสู่สภาพปกติต่อไป

2. การวิเคราะห์อุปสรรคของกระบวนการก่อสร้างทั้งในส่วนของอุโมงค์และกำแพงทึบน้ำของสถานีรถไฟใต้ดิน

การเก็บข้อมูลจากบันทึกรายงานประจำวันของผู้ประกอบการได้ถูกนำมาค่าหาระยะเวลาดำเนินงานของกิจกรรมก่อสร้าง ทั้งในส่วนของอุโมงค์และสถานี ดังตารางที่ 6 และ 7 ซึ่งพบว่าข้อมูลดังกล่าวเป็นระยะเวลาทั้งหมดที่รวมถึงความล่าช้าที่เกิดขึ้นจากอุปสรรคในกระบวนการ ผู้วิจัยจึงนำข้อมูลเหล่านี้มาทำการวิเคราะห์หาอุปสรรคในการทำงานและหาสาเหตุที่ส่งผลให้ระยะเวลาทำงานเกิดความแปรปรวน โดยได้แบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ การวิเคราะห์ลักษณะปัญหาหรืออุปสรรคที่เกิดขึ้นในระหว่างการก่อสร้าง และการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยและการกระจายตัวของระยะเวลาความล่าช้าอุปสรรคที่เกิดขึ้นทั้งในส่วนของอุโมงค์และกำแพงทึบน้ำของสถานีรถไฟใต้ดินสามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

2.1 การวิเคราะห์ลักษณะปัญหาหรืออุปสรรคที่เกิดขึ้นในระหว่างการก่อสร้าง

จากการเก็บข้อมูลพบว่า ระยะเวลาที่เก็บได้นั้นเป็นระยะเวลาทำงานจริง (Actual duration) โดยรวมอุปสรรคที่เกิดขึ้นจริงระหว่างการก่อสร้าง ซึ่งผู้ประกอบการได้ทำการบันทึกสาเหตุความล่าช้าในแต่ละวันไว้ ผู้วิจัยจึงสามารถนำมาวิเคราะห์หาความถี่และความรุนแรงของอุปสรรคที่เกิดขึ้น โดยได้ทำการแบ่งกลุ่มของสาเหตุ/อุปสรรคที่ก่อให้เกิดความล่าช้า ดังต่อไปนี้

จากข้อมูลที่บันทึกการทำงานของเครื่องขุดเจาะอุโมงค์จำนวน 585 รอบ คิดเป็น 37% ของการก่อสร้างอุโมงค์ทั้งหมดของฝั่งทิศตะวันออก สามารถแบ่งสาเหตุความล่าช้าออกเป็น 6 กลุ่มสาเหตุหลักดังนี้

1. ความล่าช้าที่เกิดขึ้นระหว่างการขุดเจาะอุโมงค์
2. ความล่าช้าที่เกิดขึ้นระหว่างการติดตั้งดาตมิ่งอุโมงค์
3. ความล่าช้าที่เกิดขึ้นระหว่างการอัดฉีดน้ำปูน
4. ความล่าช้าที่เกิดขึ้นระหว่างการขนส่งวัสดุอุปกรณ์ภายในอุโมงค์
5. ความล่าช้าที่เกิดขึ้นระหว่างการติดตั้งตรวจสอบระบบสนับสนุนการทำงาน
6. อื่นๆ

โดยแต่ละกลุ่มมีสาเหตุความล่าช้าที่เกิดขึ้น สามารถอธิบายได้ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 สาเหตุความล่าช้าในการก่อสร้างอุโมงค์

กลุ่มความล่าช้า	สาเหตุความล่าช้าที่เกิดขึ้น
ระหว่างการขุดเจาะอุโมงค์	- ระบบไฮดรอลิคขัดข้อง - สายพานลำเลียงดินขัดข้อง - สกรูลำเลียงดินขัดข้อง - ระบบสำรวจขัดข้อง
ระหว่างการติดตั้งดาตมิ่งอุโมงค์	- รอกและเครนขัดข้อง - ระบบติดตั้งดาตมิ่งอุโมงค์ขัดข้อง
ระหว่างการอัดฉีดน้ำปูน	- ระบบอัดฉีดน้ำปูนขัดข้อง - ระบบการผลิตน้ำปูนขัดข้อง
ระหว่างการขนส่งวัสดุอุปกรณ์ภายในอุโมงค์	- รอคอยวัสดุ - รอคอยสายพานลำเลียงดิน - รอคอยดาตมิ่งอุโมงค์ - รอคอยบ่อดินระบายดินออก
ระหว่างการติดตั้งและตรวจสอบระบบสนับสนุนการทำงาน	- ติดตั้งสายพานลำเลียงดิน - ต่อราง, ไฟฟ้า, งานระบบ
อื่นๆ	- การเปลี่ยนกะทำงาน - ฝนตกหนัก - ตักดินปากอุโมงค์ออก

จากการเก็บข้อมูลการก่อสร้างกำแพงทึบน้ำของรถไฟฟ้าใต้ดินทั้งหมดจำนวน 158 แห่ง คิดเป็น 95% ของจำนวนแห่งทั้งหมด และสามารถวิเคราะห์หาสาเหตุความล่าช้าได้โดยแบ่งออกเป็น 5 กลุ่มดังนี้

1. ความล่าช้าในขั้นตอนการขุดดินและวางเหล็กเสริม
2. ความล่าช้าในขั้นตอนการเทคอนกรีต
3. ความล่าช้าจากการรอคอยอุปกรณ์ในการทำงาน
4. ความล่าช้าเนื่องจากความเสียหายของเครื่องจักร
5. อื่นๆ

โดยแต่ละกลุ่มมีสาเหตุความล่าช้าที่เกิดขึ้นสามารถอธิบายได้ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 สาเหตุความล่าช้าในการก่อสร้างกำแพงทึบน้ำ

กลุ่มความล่าช้า	สาเหตุความล่าช้าที่เกิดขึ้น
ในขั้นตอนการขุดดินและวางเหล็กเสริม	- ขุดดินไม่ได้ดัง - ดินถล่มภายในหลุมเจาะ
ในขั้นตอนการเทคอนกรีต	- เตรียมพื้นที่เทปูน
การรอคอยอุปกรณ์ในการทำงาน	- รอรถขนดิน - รอรถคอน
ความเสียหายของเครื่องจักร	- หัวเจาะเสีย - รถคอนเสีย
อื่นๆ	- หยุดทำงานเพราะเสียงดัง - เปลี่ยนกะการทำงาน

2.2 การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและการกระจายตัวของระยะเวลาความล่าช้าที่เกิดขึ้นแต่ละสาเหตุความล่าช้า

ข้อมูลระยะเวลาความล่าช้าที่เกิดขึ้นได้นำมาจัดกลุ่มตามสาเหตุในหัวข้อก่อนหน้านี้ จากนั้นถูกนำมาคำนวณเพื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติเพื่อให้ทราบถึงการกระจายตัวของข้อมูล (Distribution) ระยะเวลาเฉลี่ย (Average delay duration) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard) ความถี่ (Frequency) และร้อยละของความถี่ (Percentage) ของแต่ละสาเหตุความล่าช้าที่เกิดขึ้น โดยใช้โปรแกรม Arena-Input analyze ผลการวิเคราะห์ในส่วนของอุโมงค์ แสดงดังในตารางที่ 10 และ ตารางที่ 11 ในส่วนกำแพงทึบน้ำของสถานีจะแสดงในตารางที่ 12 และ ตารางที่ 13 ตามลำดับ

ตารางที่ 10 การกระจายตัวและระยะเวลาที่เกิดขึ้นแต่ละครั้งของความล่าช้าในการก่อสร้างอุโมงค์

ความล่าช้า	ประเภทการกระจายตัว	ค่าเฉลี่ย (นาทีก)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ระหว่างการขุดเจาะอุโมงค์	Weibull	60.6	39.8
ระหว่างการติดตั้งคานค้ำอุโมงค์	Gamma	69.1	62.9
ระหว่างการอัดฉีดน้ำปูน	Weibull	49.6	76.6
ระหว่างการขนส่งวัสดุอุปกรณ์ภายในอุโมงค์	Lognormal	44.1	55.3
จากการติดตั้งและตรวจสอบระบบสนับสนุนการทำงาน	Weibull	59.9	39.2
อื่นๆ เช่น การเปลี่ยนกะทำงาน ฝนตกหนัก และตักดินปากอุโมงค์ออก	Weibull	69.4	65.3

จากตารางที่ 10 เห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยของความล่าช้าที่เกิดขึ้นต่อครั้งสูงสุดอยู่ระหว่างการติดตั้งคานค้ำอุโมงค์ และการเปลี่ยนกะทำงาน สภาพอากาศ ซึ่งมีค่าถึงครั้งละ 69.4 นาทีก ในขณะที่ความล่าช้าที่เกิดขึ้นระหว่างการอัดฉีดน้ำปูนมีการกระจายตัวที่กว้างที่สุด ซึ่งสังเกตจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่มีค่าสูงสุด

ตารางที่ 11 ร้อยละของความถี่แต่ละสาเหตุความล่าช้าในการก่อสร้างอุโมงค์

ความล่าช้า	ความถี่ (ครั้ง)	ร้อยละของความถี่
ระหว่างการขุดเจาะอุโมงค์	121	24.74
ระบบไฮดรอลิกขัดข้อง	8	1.64
สายพานลำเลียงดินขัดข้อง	11	2.25
สกรูลำเลียงดินขัดข้อง	3	0.61
ระบบสำรวจขัดข้อง	99	20.25
ระหว่างการติดตั้งคานค้ำอุโมงค์	38	7.77
รอกและเครนขัดข้อง	35	7.16
ระบบติดตั้งคานค้ำอุโมงค์ขัดข้อง	3	0.61
ระหว่างการอัดฉีดน้ำปูน	48	9.82
ระบบอัดฉีดน้ำปูนขัดข้อง	5	1.02
ระบบการผลิตน้ำปูนขัดข้อง	43	8.79

ตารางที่ 11 (ต่อ)

ความล่าช้า	ความถี่ (ครั้ง)	ร้อยละของความถี่
ระหว่างการขนส่งวัสดุอุปกรณ์ภายในอุโมงค์	125	25.56
รอคอยวัสดุ	16	3.27
รอคอยสายพาล้ำเลี้ยงดิน	50	10.22
รอคอยดาตผนังอุโมงค์	43	8.79
รอคอยบ่อดินระบายดินออก	16	3.27
จากการติดตั้งและตรวจสอบระบบสนับสนุนการทำงาน	141	28.83
ติดตั้งสายพาล้ำเลี้ยงดิน	6	1.23
ต่อราง, ไฟฟ้า, งานระบบ	135	27.61
อื่นๆ	16	3.27
การเปลี่ยนกะทำงาน	7	1.43
ฝนตกหนัก , ตักดินออกจากปากอุโมงค์	9	1.84

จากตารางที่ 11 พบว่าสาเหตุความล่าช้าในการก่อสร้างอุโมงค์ที่มีความถี่เกิดขึ้นมากที่สุดคือ ความล่าช้าจากการติดตั้งและตรวจสอบระบบสนับสนุนการทำงาน โดยมีความถี่ในการเกิดขึ้นถึง 141 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 28.83 ส่วนใหญ่เกิดจากงานต่อรางรถไฟงานระบบไฟฟ้าและงานระบบอื่นๆ ถึง 135 ครั้ง

ตารางที่ 12 การกระจายตัวระยะเวลาที่เกิดขึ้นแต่ละครั้งของความล่าช้าการก่อสร้างกำแพงที่บ้น้ำ

ความล่าช้า	ประเภทการกระจายตัว	ค่าเฉลี่ย (นาที)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ในขั้นตอนการขุดดินและวางเหล็ก	Exponential	91.4	73.4
ในขั้นตอนการเทคอนกรีต	Beta	73.3	27.1
จากการรอคอยอุปกรณ์ในการทำงาน	Exponential	99.5	94.7
จากความเสียหายของเครื่องจักร	Exponential	169	150
อื่นๆ เช่น หยุดทำงานเพราะเสียงดัง เปลี่ยนกะการทำงาน	Exponential	127	107

จากตารางที่ 12 ได้แสดงผลการวิเคราะห์ความล่าช้าในการก่อสร้างกำแพงทึบน้ำและพบว่า ความเสียหายของเครื่องจักรเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดความล่าช้าต่อครั้งสูงสุดถึง 169 นาทีต่อครั้ง ซึ่งทำให้งานหยุดชะงักเป็นระยะ

ตารางที่ 13 ร้อยละของความถี่แต่ละสาเหตุความล่าช้าในการก่อสร้างกำแพงทึบน้ำ

ความล่าช้า	ความถี่ (ครั้ง)	ร้อยละของความถี่
ในขั้นตอนการขุดดินและวางเหล็กเสริม	53	46.48
ขุดดินไม่ได้ตั้ง	46	40.34
ดินถล่มภายในหลุมเจาะ	7	6.14
ในขั้นตอนการเทคอนกรีต	6	5.26
เตรียมพื้นที่เทพื้น	6	5.26
จากการรอคอยอุปกรณ์ในการทำงาน	11	9.65
รอรถขนดิน	4	3.51
รอรถเครน	7	6.14
จากความเสียหายของเครื่องจักร	38	33.33
หัวเจาะเสีย	22	1.930
รถเครนเสีย	16	14.03
อื่นๆ	6	5.26
หยุดทำงานเพราะเสียงดัง	4	3.51
เปลี่ยนกะการทำงาน	2	1.75

ผลจากการหาค่าความถี่ของสาเหตุความล่าช้าในการก่อสร้างกำแพงทึบน้ำดังตารางที่ 13 ทำให้ทราบว่า กลุ่มความล่าช้าเนื่องจากการขุดเจาะดินและวางเหล็กเสริม มีจำนวนครั้งการเกิดบ่อยที่สุดถึง 53 ครั้ง คิดเป็น ร้อยละ 46.48 ของทั้งหมดประกอบด้วยสาเหตุหลักมาจากการขุดดินไม่ได้ตั้งมากถึง 46 ครั้ง

3. การวิเคราะห์กระบวนการก่อสร้างโดยใช้โปรแกรม STROBOSCOPE

จากข้อมูลขั้นตอนการทำงานและระยะเวลาที่ได้จากการเก็บข้อมูลสามารถนำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ เพื่อเลียนแบบกระบวนการก่อสร้างที่เกิดขึ้นและนำมาวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางปรับปรุงกระบวนการทำงานในอนาคต ซึ่งมีขั้นตอนการศึกษา 5 ขั้นตอน ดังนี้

3.1 การวิเคราะห์ข้อมูลระยะเวลาการทำงานของกิจกรรมเพื่อเป็นพารามิเตอร์นำเข้าในแบบจำลองสถานการณ์

ข้อมูลระยะเวลาการทำงานของแต่ละกิจกรรมที่เก็บได้จะถูกนำไปวิเคราะห์หาสมการกระจายตัวของระยะเวลา โดยใช้โปรแกรม Arena-Input analyze ที่มีรูปแบบของสมการจำนวน 8 รูปแบบ ดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 รูปแบบสมการการกระจายตัว

ลำดับ	ชื่อสมการ	รูปแบบสมการ	พารามิเตอร์
1	Beta	Beta[a,b]	$a = \beta_1$ และ $b = \beta_2$
2	Exponential	Exponential[a]	$a = \text{mean}$
3	Gamma	Gamma[a,b]	$a = \text{shape parameter}$ และ $b = \text{scale parameter}$
4	Triangular	Triangular[a,b,c]	$a = \text{min}$ $b = \text{mode}$ และ $c = \text{max}$
5	Normal	Normal[a,b]	$a = \text{mean}$ และ $b = \text{standard}$
6	Lognormal	Lognormal[a,b]	$a = \text{mean}$ และ $b = \text{standard}$
7	Uniform	Uniform[a,b]	$a = \text{mean}$ และ $b = \text{max}$
8	Erlang	Erlang[a,b]	$a = \text{Exp mean}$ และ $b = k$

การทดสอบสมมติฐานด้วยวิธีทางสถิติที่เรียกว่า Goodness of Fit Test โดยใช้วิธี Chi-Square เป็นการทดสอบความถูกต้องการกระจายตัวของความน่าจะเป็นของประชากร โดยจะยอมรับว่ามีการกระจายตัวตามที่คาดการณ์ไว้เมื่อ $\chi^2 < \chi^2_{\alpha, k-m-1}$ โดยค่า $\pm \chi$ คำนวณจากสมการ

$$\chi^2 = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad \text{สมการที่ 1}$$

เมื่อ

χ^2	=	ค่าที่ได้จากการทดสอบ
$\chi^2_{\alpha, k-m-1}$	=	ค่าที่ได้จากตารางค่าวิกฤตการกระจายตัวแบบ Chi-square
P-Value	=	ระดับนัยสำคัญต่ำสุดที่สามารถปฏิเสธว่าข้อมูลที่ทดสอบมีการแจกแจงต่างจากที่คาดไว้
O_i	=	ความถี่หรือจำนวนครั้งที่เกิดในช่วงระดับชั้นที่ i ที่เกิดขึ้นจริงของกลุ่มตัวอย่างขนาด n
E_i	=	ความถี่หรือจำนวนครั้งที่เกิดในช่วงระดับชั้นที่ i ที่คาดว่าจะเกิด
α	=	ระดับนัยสำคัญ (Significance Level)
k	=	จำนวนช่วงระดับชั้นที่ศึกษา
m	=	จำนวนพารามิเตอร์ที่ต้องประมาณค่า
d.f.	=	องศาเสรี (Degree of freedom) มีค่าเท่ากับ k - m - 1

การวิเคราะห์หาค่าสมการกระจายตัวของระยะเวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนการก่อสร้าง โดยปกตินั้นจะยอมรับ เมื่อ $\chi^2 < \chi^2_{\alpha, k-m-1}$ โดยค่า $\pm \chi$ แต่ทั้งนี้เนื่องจากข้อมูลในงานก่อสร้างบางส่วน เช่น งานก่อสร้างกำแพงทึบน้ำ มีจำนวนข้อมูลมากที่สุดไม่เพียงพอที่จะทำให้ค่า $\chi^2 > \chi^2_{\alpha, k-m-1}$ ดังนั้นจึงจะทำการเลือกค่า χ^2 ที่มีค่าน้อยที่สุดเป็นพารามิเตอร์นำเข้า

ตารางที่ 15 ค่าการกระจายตัวของระยะเวลาการก่อสร้างอุโมงค์ขั้นตอนการขุดเจาะดิน

ชนิดการกระจายตัว	พารามิเตอร์	χ^2
Beta	α = 0.387	9.57
	α_2 = 3.7	
Exponential	Mean = 62.5	3.92
Gamma	α_1 = 60.9	3.92
	β = 1.03	
Lognormal	Logmean = 89.3	4.15
	LogSTD = 205	
Normal	Mean = 87.5	83.4
	STD = 85.2	
Triangular	Min = 25	298
	Mode = 58	
	Max = 685	
Uniform	Min = 25	473
	Max = 685	
Erlang *	β = 61	3.36
	α = 0.955	

หมายเหตุ * สมการกระจายตัวแบบ Erlang ใช้เป็นพารามิเตอร์ก่อสร้างอุโมงค์ขั้นตอนการขุดเจาะดิน

ตารางที่ 16 ค่าการกระจายตัวของระยะเวลาการก่อสร้างอุโมงค์ขั้นตอนการติดตั้งดาตผนังอุโมงค์

ชนิดการกระจายตัว	พารามิเตอร์		χ^2
Beta	α	= 0.449	12.7
	α_2	= 1.41	
Exponential	Mean	= 61.4	15
Gamma *	α_1	= 86.2	8.62
	β	= 0.712	
Lognormal	Logmean	= 138	9.83
	LogSTD	= 706	
Normal	Mean	= 86.4	148
	STD	= 80.9	
Triangular	Min	= 25	169
	Mode	= 42.5	
	Max	= 375	
Uniform	Min	= 25	288
	Max	= 375	
Erlang	β	= 53.5	15.09
	α	= 0.795	

หมายเหตุ * สมการกระจายตัวแบบ Gamma ใช้เป็นพารามิเตอร์ก่อสร้างอุโมงค์ขั้นตอนการติดตั้งดาตผนังอุโมงค์

ตารางที่ 17 ค่าการกระจายตัวของระยะเวลาการก่อสร้างอุโมงค์ ขั้นตอนการอัดฉีดน้ำปูน

ชนิดการกระจายตัว	พารามิเตอร์	χ^2
Beta	α = 0.655	2.93
	α_2 = 3.6	
Exponential *	Mean = 46.5	2.5
Gamma	α_1 = 36.8	5.36
	β = 1.27	
Lognormal	Logmean = 72.4	6.7
	LogSTD = 160	
Normal	Mean = 67.5	58.4
	STD = 47.3	
Triangular	Min = 21	140
Triangular	Mode = 37.8	
Uniform	Max = 323	473
	Min = 21	
Erlang	Max = 323	4.76
	β = 48.5	
	α = 1.11	

หมายเหตุ * สมการกระจายตัวแบบ Exponential ใช้เป็นพารามิเตอร์ก่อสร้างอุโมงค์ขั้นตอนการอัดฉีดน้ำปูน

การวิเคราะห์หาค่าการกระจายตัวของระยะเวลาในการก่อสร้างกำแพงทึบน้ำของสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน ประกอบด้วย 3 กิจกรรม คือ กิจกรรมการขุดดิน (Excavating) กิจกรรมการวางเหล็กเสริม (Installing rebar) และกิจกรรมการเทคอนกรีต (Casting concrete) และมีจำนวนชุดคนงานจำนวน 3 ชุด (3 Rigs) เพื่อให้การจำลองสถานการณ์เสมือนจริงมากที่สุด จึงต้องหาค่าการกระจายตัวของระยะเวลาในการทำงานของคนแต่ละชุด ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 18 ค่าการกระจายตัวของระยะเวลาการชูดินของชุดคนงานที่ 1

ชนิดการกระจายตัว	พารามิเตอร์		χ^2
Beta *	α_1	= 1.39	101
	α_2	= 4.13	
Exponential	Mean	= 0.972	125
Gamma	α_1	= 0.346	107
	β	= 2.81	
Lognormal	Logmean	= 0.967	125
	LogSTD	= 0.643	
Normal	Mean	= 1.11	115
	STD	= 0.654	
Triangular	Min	= 0.14	138
	Mode	= 1.11	
	Max	= 4	
Uniform	Min	= 0.14	322
	Max	= 4	
Erlang	β	= 1.1	105
	α	= 1.63	

หมายเหตุ * สมการกระจายตัวแบบ Beta ใช้เป็นพารามิเตอร์ก่อสร้างกำแพงที่บ้น้ำในขั้นตอนการชูดินของชุดคนงานที่ 1

ตารางที่ 19 ค่าการกระจายตัวของระยะเวลาการวางเหล็กเสริมของชุดคนงานที่ 1

ชนิดการกระจายตัว	พารามิเตอร์	χ^2
Beta	α = 0.154	141
	α_2 = 0.56	
Exponential *	Mean = 0.119	38.3
Gamma	α_1 = 0.111	155
	β = 1.07	
Lognormal	Logmean = 0.098	132
	LogSTD = 0.097	
Normal	Mean = 0.569	662
	STD = 0.172	
Triangular	Min = 0.45	497
	Mode = 0.478	
	Max = 1	
Uniform	Min = 0.45	768
	Max = 1	
Erlang	β = 0.113	120
	α = 0.919	

หมายเหตุ * สมการกระจายตัวแบบ Exponential ใช้เป็นพารามิเตอร์ก่อสร้างกำแพงที่บ้น้ำในขั้นตอนการวางเหล็กเสริมของชุดคนงานที่ 1

ตารางที่ 20 ค่าการกระจายตัวของระยะเวลาการเทคอนกรีตของชุดคนงานที่ 1

ชนิดการกระจายตัว	พารามิเตอร์		χ^2
Beta *	α	= 0.221	20.3
	α_2	= 1.24	
Exponential	Mean	= 0.0833	34.9
Gamma	α_1	= 0.0531	39.5
	β	= 1.57	
Lognormal	Logmean	= 0.0702	32.5
	LogSTD	= 0.046	
Normal	Mean	= 0.533	158
	STD	= 0.125	
Triangular	Min	= 3	198
	Mode	= 198	
	Max	= 0.489	
Uniform	Min	= 0.45	308
	Max	= 1	
Erlang	β	= 0.16	212
	α	= 2.13	

หมายเหตุ * สมการกระจายตัวแบบ Beta ใช้เป็นพารามิเตอร์ก่อสร้างกำแพงที่บ้น้ำในขั้นตอนการเทคอนกรีตของชุดคนงานที่ 1

ตารางที่ 21 ค่าการกระจายตัวของระยะเวลาการชูดินของชุดคนงานที่ 2

ชนิดการกระจายตัว	พารามิเตอร์	χ^2
Beta	α = 1.39	121
	α_2 = 4.13	
Exponential	Mean = 0.972	125
Gamma *	α_1 = 0.346	107
	β = 2.81	
Lognormal	Logmean = 0.967	125
	LogSTD = 0.643	
Normal	Mean = 1.11	115
	STD = 0.654	
Triangular	Min = 0.14	138
	Mode = 1.11	
	Max = 4	
Uniform	Min = 0.14	322
	Max = 4	
Erlang	β = 1.1	109
	α = 1.63	

หมายเหตุ * สมการกระจายตัวแบบ Gamma ใช้เป็นพารามิเตอร์ก่อสร้างกำแพงที่บ้น้ำในขั้นตอนการชูดินของชุดคนงานที่ 2

ตารางที่ 22 ค่าการกระจายตัวของระยะเวลาการวางเหล็กเสริมของชุดคนงานที่ 2

ชนิดการกระจายตัว	พารามิเตอร์		χ^2
Beta	α	= 0.154	141
	α_2	= 0.56	
Exponential *	Mean	= 0.119	38.3
Gamma	α_1	= 0.111	155
	β	= 1.07	
Lognormal	Logmean	= 0.098	132
	LogSTD	= 0.097	
Normal	Mean	= 0.569	662
	STD	= 0.172	
Triangular	Min	= 0.45	497
	Mode	= 0.478	
	Max	= 1	
Uniform	Min	= 0.45	768
	Max	= 1	
Erlang	β	= 0.113	120
	α	= 0.919	

หมายเหตุ * สมการกระจายตัวแบบ Exponential ใช้เป็นพารามิเตอร์ก่อสร้างกำแพงทึบน้ำใน
ขั้นตอนการวางเหล็กเสริมของชุดคนงานที่ 2

ตารางที่ 23 ค่าการกระจายตัวของระยะเวลาการเทคอนกรีตของชุดคนงานที่ 2

ชนิดการกระจายตัว	พารามิเตอร์		χ^2
Beta	α	= 0.221	34.9
	α_2	= 1.24	
Exponential *	Mean	= 0.0833	20.3
	α_1	= 0.0531	
Gamma	β	= 1.57	32.5
	Logmean	= 0.0702	
Lognormal	LogSTD	= 0.046	158
	Mean	= 0.533	
Normal	STD	= 0.125	198
	Min	= 3	
Triangular	Mode	= 198	308
	Max	= 0.489	
Uniform	Min	= 0.45	212
	Max	= 1	
Erlang	β	= 0.16	212
	α	= 2.13	

หมายเหตุ * สมการกระจายตัวแบบ Exponential ใช้เป็นพารามิเตอร์ก่อสร้างกำแพงทึบน้ำใน
ขั้นตอนการเทคอนกรีตของชุดคนงานที่ 2

ตารางที่ 24 ค่าการกระจายตัวของระยะเวลาการชูดินของชุดคนงานที่ 3

ชนิดการกระจายตัว	พารามิเตอร์		χ^2
Beta	α	= 0.423	8.55
	α_2	= 1.17	
Exponential *	Mean	= 1.06	3.63
Gamma	α_1	= 3.45	28.4
	β	= 0.308	
Lognormal	Logmean	= 46.5	11.5
	LogSTD	= 1.88	
Normal	Mean	= 2.06	4.08
	STD	= 1.08	
Triangular	Min	= 0.999	3.65
	Mode	= 1.4	
	Max	= 5	
Uniform	Min	= 0.999	15.5
	Max	= 5	
Erlang	β	= 1.06	3.65
	α	= 1	

หมายเหตุ * สมการกระจายตัวแบบ Exponential ใช้เป็นพารามิเตอร์ก่อสร้างกำแพงทึบน้ำใน
ขั้นตอนการชูดินของชุดคนงานที่ 3

ตารางที่ 25 ค่าการกระจายตัวของระยะเวลาการวางเหล็กเสริมของชุดคนงานที่ 3

ชนิดการกระจายตัว	พารามิเตอร์	χ^2
Beta	α = 0.564	3.79
	α_2 = 1.72	
Exponential	Mean = 0.781	0.729
Gamma *	α_1 = 0.5	0.396
	β = 1.381	
Lognormal	Logmean = 0.768	0.458
	LogSTD = 0.572	
Normal	Mean = 1.03	13.4
	STD = 0.706	
Triangular	Min = 0.25	8.85
	Mode = 0.525	
	Max = 3	
Uniform	Min = 0.25	22.1
	Max = 3	
Erlang	β = 0.391	0.83
	α = 2	

หมายเหตุ * สมการกระจายตัวแบบ Gamma ใช้เป็นพารามิเตอร์ก่อสร้างกำแพงที่บ้น้ำในขั้นตอนการวางเหล็กเสริมของชุดคนงานที่ 3

ตารางที่ 26 ค่าการกระจายตัวของระยะเวลาการเทคอนกรีตของชุดคนงานที่ 3

ชนิดการกระจายตัว	พารามิเตอร์		χ^2
Beta	α	= 0.596	15.7
	α_2	= 1.69	
Exponential *	Mean	= 0.431	10.4
Gamma	α_1	= 0.278	19.33
	β	= 1.55	
Lognormal	Logmean	= 0.432	10.90
	LogSTD	= 0.416	
Normal	Mean	= 0.781	23.2
	STD	= 0.394	
Triangular	Min	= 0.35	18.2
	Mode	= 0.515	
	Max	= 2	
Uniform	Min	= 0.35	41.8
	Max	= 2	
Erlang	β	= 0.216	10.98
	α	= 2	

หมายเหตุ * สมการกระจายตัวแบบ Exponential ใช้เป็นพารามิเตอร์ก่อสร้างกำแพงทึบน้ำใน
ขั้นตอนการวางเหล็กเสริมของชุดคนงานที่ 3

โดยสามารถสรุปสมการกระจายตัวของขั้นตอนก่อสร้างทั้งหมดเพื่อนำไปเป็นพารามิเตอร์ใน
การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ได้ดังนี้

ตารางที่ 27 สมการกระจายตัวของระยะเวลากิจกรรมการในการก่อสร้างอุโมงค์

ลำดับ	ขั้นตอน	สมการการกระจายตัว
1	การขุดดิน (Excavating)	$27.5 + \text{Erlang}[62.5, 1]$
2	การติดตั้งตาตมผนังอุโมงค์ (Erecting segment)	$22.5 + \text{Gamma}[86.2, 0.71]$
3	การอัดฉีดน้ำปูน (Backfill grouting)	$23 + \text{Exponential}[70.8]$

ตารางที่ 28 สมการกระจายตัวของระยะเวลากิจกรรมการก่อสร้างสถานีสำหรับชุดคนงานที่ 1

ลำดับ	ขั้นตอน	สมการการกระจายตัว
1	การขุดดิน (Excavating)	$0.999 + 4 * \text{Beta}[0.584, 1.4]$
2	การวางเหล็กเสริม (Installing rebar)	$0.04 + \text{Exponential}[1.24]$
3	การเทคอนกรีต (Casting concrete)	$14 * \text{Beta}[0.329, 3.41]$

ตารางที่ 29 สมการกระจายตัวของระยะเวลากิจกรรมการก่อสร้างสถานีสำหรับชุดคนงานที่ 2

ลำดับ	ขั้นตอน	สมการการกระจายตัว
1	การขุดดิน (Excavating)	$0.999 + \text{Gamma}[2.93, 0.241]$
2	การวางเหล็กเสริม (Installing rebar)	$0.14 + \text{Exponential}[0.883]$
3	การเทคอนกรีต (Casting concrete)	$0.999 + 0.551 * \text{Exponential}[0.221, 1.24]$

ตารางที่ 30 สมการกระจายตัวของระยะเวลากิจกรรมการก่อสร้างสถานีสำหรับชุดคนงานที่ 3

ลำดับ	ขั้นตอน	สมการการกระจายตัว
1	การขุดดิน (Excavating)	$0.999 + \text{Exponential}[0.324]$
2	การวางเหล็กเสริม (Installing rebar)	$0.25 * \text{Gamma}[0.5, 1.56]$
3	การเทคอนกรีต (Casting concrete)	$0.35 + \text{Exponential}[0.431]$

3.2 การสร้างโครงข่ายการทำงานตามขั้นตอนการก่อสร้าง

จากการศึกษาแผนการดำเนินงานก่อสร้างของผู้ประกอบการและการเข้าไปศึกษา พร้อมทั้งสัมภาษณ์ขั้นตอนของการก่อสร้างอุโมงค์และการก่อสร้างกำแพงที่บ้น้ำของสถานีรถไฟ พบว่าระยะเวลาทำงานและความสัมพันธ์ของแต่ละกิจกรรมตามแผนงานกำหนดแสดงอยู่ในตารางที่ 21 และ 22 โดยมีความสัมพันธ์ของกิจกรรมอธิบายได้ดังนี้

1. ความสัมพันธ์แบบเสร็จ-เริ่ม (Finish to Start, FTS) คือ กิจกรรมตามหลังจะสามารถเริ่มงานได้ก็ต่อเมื่อกิจกรรมก่อนหน้าแล้วเสร็จ

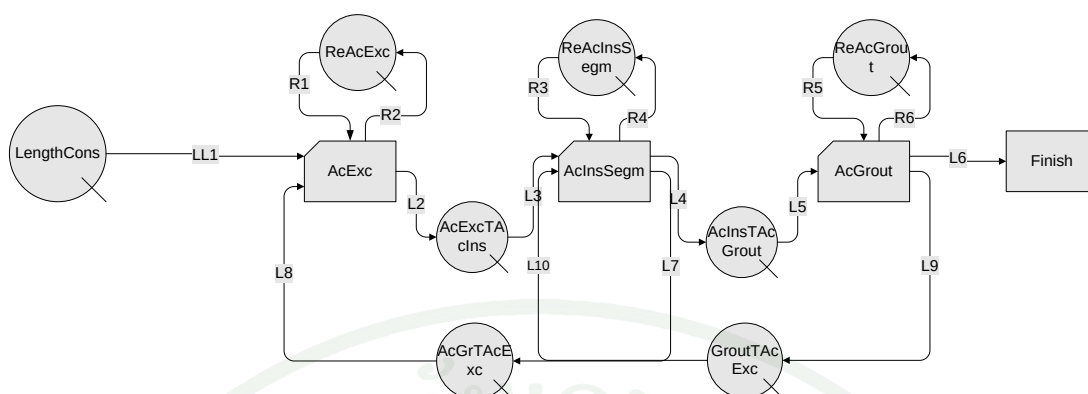
2. ความสัมพันธ์แบบเริ่ม-เริ่ม (Start to Start, STS) คือ กิจกรรมตามหลังจะสามารถเริ่มงานได้ก็ต่อเมื่อกิจกรรมก่อนหน้าได้เริ่มต้นการทำงานแล้ว

ผู้วิจัยได้ทำการหาความสัมพันธ์ของขั้นตอนการก่อสร้างอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินแสดงให้เห็นดังตารางที่ 31

ตารางที่ 31 ความสัมพันธ์ของแต่ละขั้นตอนการก่อสร้างอุโมงค์

ลำดับ	กิจกรรม	กิจกรรมก่อนหน้า	ความสัมพันธ์
1	ขุดดิน[n]	ติดตั้งดาตอุโมงค์[n-1]	FTS
2	ติดตั้งดาตอุโมงค์[n]	ขุดดิน[n], อัดฉีดน้ำปูน[n-1]	FTS
3	อัดฉีดน้ำปูน[n]	ติดตั้งดาตอุโมงค์[n]	FTS

จากความสัมพันธ์ของแต่ละกิจกรรมดังตารางที่ 31 สามารถเขียนโครงข่ายการทำงานของการก่อสร้างอุโมงค์ได้ดังภาพที่ 58



ภาพที่ 58 โครงข่ายความสัมพันธ์ในแบบจำลอง STROBOSCOPE ของการก่อสร้างอุโมงค์ รถไฟฟ้าใต้ดิน

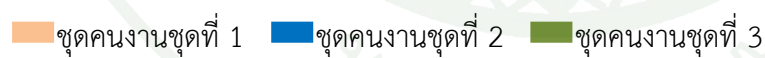
จากภาพที่ 58 แบบจำลองสถานการณ์การก่อสร้างอุโมงค์ของโครงการกรณีศึกษาที่พัฒนาขึ้นมานั้นจะประกอบด้วยสัญลักษณ์ของแบบจำลองสถานการณ์ที่ใช้แทนขั้นตอนการก่อสร้างอุโมงค์ ได้แก่ Normal, Combi, Queue และ Link โดย Link จะทำหน้าที่เชื่อมระหว่างสัญลักษณ์ที่กล่าวมาข้างต้นและทรัพยากรจะไหลผ่านจากขั้นตอนการทำงานหนึ่งไปสู่ขั้นตอนถัดไปโดยมีหมายเลขกำกับเพื่อแสดงลำดับการไหลผ่านของทรัพยากรนั้นๆ การจำลองสถานการณ์จะเริ่มจากการตรวจสอบความยาวอุโมงค์ที่ยังไม่ถูกดำเนินการ (LengthTunnel Queue) และเข้าสู่การทำงานรอบที่ 1 เริ่มจากเครื่องขุดเจาะอุโมงค์ขุดเจาะดิน (AcExc) เมื่อเสร็จสิ้นทรัพยากรจะถูกเก็บไว้ใน (AcExcTAcIns) และเข้าสู่ขั้นตอนติดตั้งคาดผนังอุโมงค์ (AcInsSegm) จากนั้นจะเป็นการทำงานรอบที่ 2 เริ่มจากการขุดเจาะดิน (AcExc) ไปพร้อมกับการอัดฉีดน้ำปูน (AcGrout) ของคาดผนังอุโมงค์ที่ได้ติดตั้งเสร็จในรอบก่อนหน้า เมื่อทั้งสองกิจกรรมได้ดำเนินการเสร็จสิ้น ทรัพยากรจะถูกเก็บไว้ใน AcExcTAcInsQueue และ AcGrTAcInsSeg Queue เพื่อเข้าสู่กิจกรรมการติดตั้งคาดผนังอุโมงค์ (AcInsSegm) แต่ทั้งนี้กิจกรรมดังกล่าวจะไม่สามารถเริ่มต้นได้ หากกิจกรรมก่อนหน้าคือ การขุดดิน และการอัดฉีดน้ำปูนอย่างใดอย่างหนึ่งยังคงทำงานอยู่ จะต้องรอให้ทั้งสองกิจกรรมก่อสร้างให้เสร็จจึงจะเริ่มต้นทำงานได้จากนั้นเมื่อทำการติดตั้งคาดผนังอุโมงค์เสร็จจึงส่งทรัพยากรผ่านยัง AcInsSegTAcExc Queue และ AcInsSegTAcGrout เพื่อจะเข้าสู่การทำงานรอบถัดไปโดยให้มีระยะเวลาต่อจากการทำงานในรอบก่อนหน้า ซึ่งแต่ละกิจกรรมมีทรัพยากรที่คอยสนับสนุนให้กิจกรรมนั้นสามารถดำเนินการไปได้ ได้แก่ ReAcExc Queue ReAcInsSegm Queue และ ReAcGrout Queue เมื่อกิจกรรมการอัดฉีดน้ำปูนทำงานเสร็จสิ้นในแต่ละรอบจะถูกบันทึกไว้ใน Normal ทันทีและจะทำงานจนกว่าความยาวที่เก็บไว้ใน Finish จะเท่ากับจำนวนความยาวของ LengthTunnelQueue.

ผู้วิจัยได้ทำการหาความสัมพันธ์ของขั้นตอนการก่อสร้างกำแพงทึบน้ำของสถานีรถไฟฟ้
ใต้ดิน แสดงได้ดังตารางที่ 32

ตารางที่ 32 ความสัมพันธ์ของแต่ละขั้นตอนการก่อสร้างกำแพงทึบน้ำของสถานี

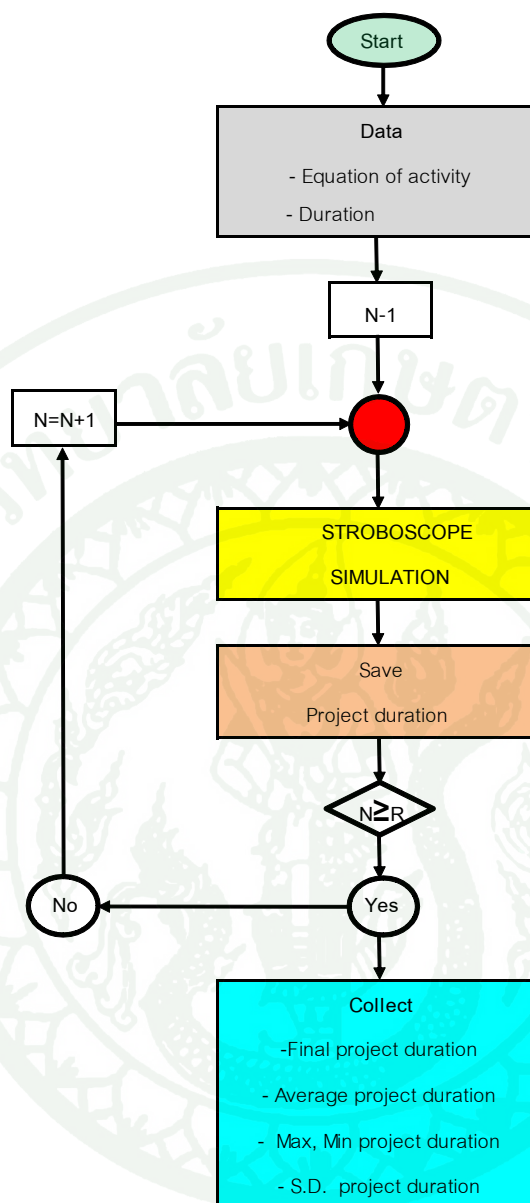
ลำดับ	กิจกรรม	กิจกรรมก่อนหน้า	ความสัมพันธ์
1	ขุดดิน[n]	เทคอนกรีต[n-1]	FTS
2	วางเหล็กเสริม[n]	ขุดดิน[n-1]	FTS
3	เทคอนกรีต[n]	วางเหล็กเสริม [n]	FTS

จากโครงการในกรณีศึกษามีชุดคนงานที่ใช้ในการก่อสร้างกำแพงทึบน้ำจำนวน 3 ชุด โดยชุด
คนงานที่ 2 เข้าทำงานหลังชุดคนงานที่ 1 จำนวน 45 วัน (ความสัมพันธ์แบบเริ่ม-เริ่ม) และ ชุดคนงาน
ที่ 3 เข้าทำงานหลังเครื่องจักรชุดที่ 1 จำนวน 190 วัน (ความสัมพันธ์แบบเริ่ม-เริ่ม) จาก
ความสัมพันธ์ของแต่ละกิจกรรมดังตารางที่ 37 สามารถเขียนโครงข่ายการก่อสร้างกำแพงทึบน้ำของ
สถานีรถไฟฟ้ใต้ดินได้ดังภาพที่ 58



จากภาพที่ 59 จะขอยกตัวอย่างการจำลองสถานการณ์การทำงานของคณงานชุดที่ 1 ดังนี้ เริ่มจากการตรวจสอบจำนวนแผนของการก่อสร้างกำแพงที่บ่อน้ำที่ยังไม่ถูกดำเนินการ (LengthDwallRI Queue) และเข้าสู่การทำงานของกิจกรรมการขุดเจาะดิน (ExcRI) โดยมี RExcRIQueue เป็นทรัพยากรสนับสนุน เมื่อเสร็จจึงส่งผ่านทรัพยากรเข้าสู่ ExcRITInsRI Queue เพื่อเก็บจำนวนทรัพยากรไว้ เมื่อเพียงพอจึงส่งต่อให้กิจกรรมถัดไปคือ InsRI โดยมี RInsRI Queue เป็นทรัพยากรสนับสนุน และเข้าสู่ InsRITCaRI Queue จนมีจำนวนทรัพยากรพอเพียง เพื่อเข้าสู่กิจกรรม CastRI โดยมี CastRI Queue เป็นทรัพยากรสนับสนุน เมื่อเสร็จในขั้นตอนดังกล่าวจึงเข้าสู่ FinishRI Normal เพื่อบันทึกจำนวนแผนก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว เมื่อก่อสร้างกำแพงที่บ่อน้ำแผนที่ 1 เสร็จ ทรัพยากรจะถูกเก็บไว้ใน CaRITExcRI เพื่อเตรียมพร้อมทำการก่อสร้างแผนถัดไป โดยมีเงื่อนไขคือ ต้องมีจำนวนแผนก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วอย่างน้อยจำนวน 1 แผน จึงจะเริ่มทำการก่อสร้างในกิจกรรมรอบใหม่ได้ และจะทำการก่อสร้างจนกว่า FinishRI Normal มีจำนวนแผนก่อสร้างเสร็จเท่ากับ LengthDwallRI ซึ่งการก่อสร้างกำแพงที่บ่อน้ำของชุดคณงานที่ 2 และ 3 มีขั้นตอนการก่อสร้างเช่นเดียวกัน

กำหนดให้การจำลองเหตุการณ์ก่อสร้างซ้ำ 1,000 รอบ (R เท่ากับ 1,000 รอบ) โดยแต่ละรอบจะทำการบันทึกผลที่ได้คือ ระยะเวลาก่อสร้างของแต่ละกิจกรรม (Project duration) เมื่อครบจำนวนรอบที่กำหนดไว้จะได้ข้อมูลประกอบด้วย ระยะเวลาโครงการ (Project duration) ระยะเวลาเฉลี่ยของโครงการ (Average project duration) ระยะเวลาที่มากที่สุดในโครงการ (Max project duration) ระยะเวลาที่น้อยที่สุดในโครงการ (Min project duration) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะเวลาโครงการ (Standard deviation of project duration) ตามขั้นตอนดังแสดงในภาพที่ 60



ภาพที่ 60 ขั้นตอนในการทำงานของแบบจำลอง STROBOSCOPE

3.3 ผลที่ได้จากวิเคราะห์โดยแบบจำลองสถานการณ์ STROBOSCOPE

การวิเคราะห์กระบวนการก่อสร้างโครงการในกรณีศึกษาโดยใช้แบบจำลอง STROBOSCOPE จะถูกนำมาเปรียบเทียบกับระยะเวลาที่โครงการก่อสร้างจริง โดยระยะเวลาดังกล่าวไม่รวมวันหยุด โดยผู้วิจัยได้ทำการแบ่งผลการวิเคราะห์ที่ได้เป็น สองส่วน คือ ผลจากการวิเคราะห์กระบวนการก่อสร้างอุโมงค์ และการก่อสร้างกำแพงทึบน้ำของสถานีรถไฟฟ้าสามารถอธิบายผลลัพธ์ ได้ดังนี้

ผลจากการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ของกระบวนการก่อสร้างอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน จำนวน 557 รอบการทำงาน เริ่มต้นชุดเจาะจากบริเวณปล่องอุโมงค์ไปยังสถานีที่ 1 มีระยะทางประมาณ 670 เมตร ซึ่งใช้สมการกระจายตัว ดังตารางที่ 28 มาเป็นพารามิเตอร์นำเข้า และกำหนดให้โปรแกรมทำซ้ำ 1,000 รอบ เฉลี่ยระยะเวลาในการก่อสร้างอุโมงค์ได้เท่ากับ 74 วัน และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.15 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการก่อสร้างอุโมงค์ของโครงการในกรณีศึกษาซึ่งใช้ระยะเวลาจริง 71 วัน

ผลจากการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ในส่วนกำแพงทึบน้ำของสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน จำนวน 205 แผง อาศัยเครื่องจักรพร้อมชุดคนงานจำนวน 3 ชุด คือ สมการกระจายตัวที่มีค่า x^2 ที่น้อยที่สุด ดังตารางที่ 28 ตารางที่ 29 และตารางที่ 30 สำหรับคนงานชุดที่ 1 คนงานชุดที่ 2 และคนงานชุดที่ 3 ตามลำดับ และสามารถอธิบายผลการจำลองสถานการณ์ได้ในหัวข้อถัดไป

3.4 การทดสอบความถูกต้องของผลการจำลองสถานการณ์

การทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์การก่อสร้างอุโมงค์เป็นการสร้างความเชื่อมั่นว่าแบบจำลองสถานการณ์ที่พัฒนาขึ้นมานั้นสามารถใช้เป็นตัวแทนของกระบวนการก่อสร้างอุโมงค์ได้ และผลลัพธ์ที่ได้สามารถนำไปใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ โดยทำการทดสอบค่าประมาณอัตราการก่อสร้างอุโมงค์จากแบบจำลองสถานการณ์กับอัตราการก่อสร้างอุโมงค์ที่เกิดขึ้นจริงภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัดเดียวกันด้วยวิธีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error, MAPE) แสดงในสมการที่ 2 ดังนี้

$$MAPE = \sum_{i=1}^n \left| \left(\frac{e_i}{x_i} \right) \times 100 \right| / n$$

สมการที่ 2

เมื่อ

e_i = ค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าประมาณระยะเวลาการก่อสร้างอุโมงค์ที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์และระยะเวลาการก่อสร้างอุโมงค์จริงที่ใช้ในโครงการในกรณีศึกษา i

x_i = ระยะเวลาการก่อสร้างอุโมงค์จริงที่ได้จากโครงการในกรณีศึกษา

n = จำนวนชุดข้อมูลที่ใช้ทดสอบ

ตารางที่ 33 ระยะเวลาก่อสร้างจากแบบจำลองสถานการณ์ การก่อสร้างอุโมงค์และการกำหนดปั๊มน้ำของสถานีรถไฟใต้ดิน

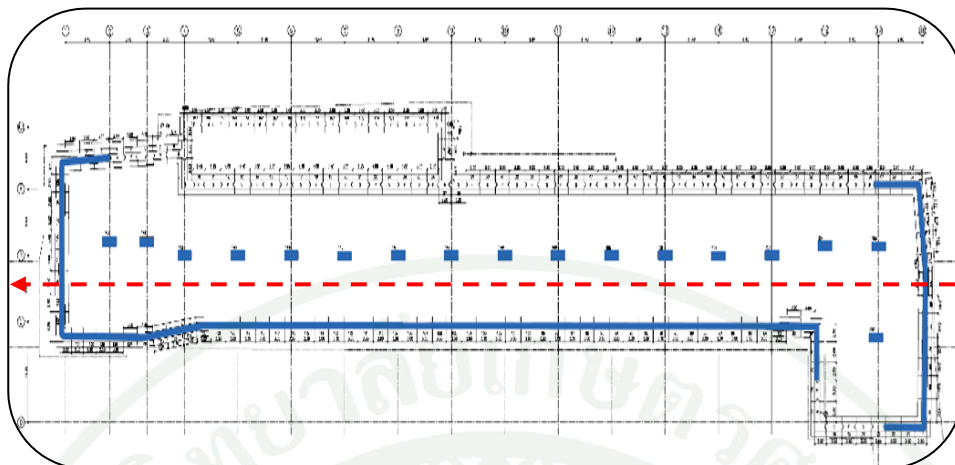
ขั้นตอน	ระยะเวลา ก่อสร้างจริง (วัน)	แบบจำลองสถานการณ์	
		สมการกระจายตัวที่มีค่า	
		χ^2 น้อยที่สุด	
		ระยะเวลา (วัน)	MAPE
งานอุโมงค์	71	74	4.225%
กำหนดปั๊มน้ำคนงานชุดที่ 1	420	421	0.238%
กำหนดปั๊มน้ำคนงานชุดที่ 2	365	366	0.274%
กำหนดปั๊มน้ำคนงานชุดที่ 3	124	117	5.645%

หมายเหตุ * การจำลองสถานการณ์ทำซ้ำ 1,000 รอบ

3.5 การประยุกต์ใช้แบบจำลองสถานการณ์สำหรับวางแผนงานโครงการก่อสร้างอุโมงค์และกำแพงทึบน้ำของสถานีรถไฟใต้ดิน

จากการเก็บข้อมูลและเข้าไปศึกษาถึงวิธีการ ขั้นตอน และเงื่อนไขในงานก่อสร้างรวมถึงได้สัมภาษณ์ผู้ประกอบการที่มีประสบการณ์ในโครงการกรณีศึกษา ทำให้ทราบถึงปัญหาที่ทำให้ระยะเวลาดำเนินการก่อสร้างล่าช้ากว่าแผนงานที่กำหนดไว้ ซึ่งเป็นแนวคิดที่ทำให้ผู้วิจัยได้นำมาเสนอแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการก่อสร้างทั้งในส่วนของการก่อสร้างอุโมงค์และกำแพงทึบน้ำของสถานีรถไฟใต้ดิน ดังต่อไปนี้

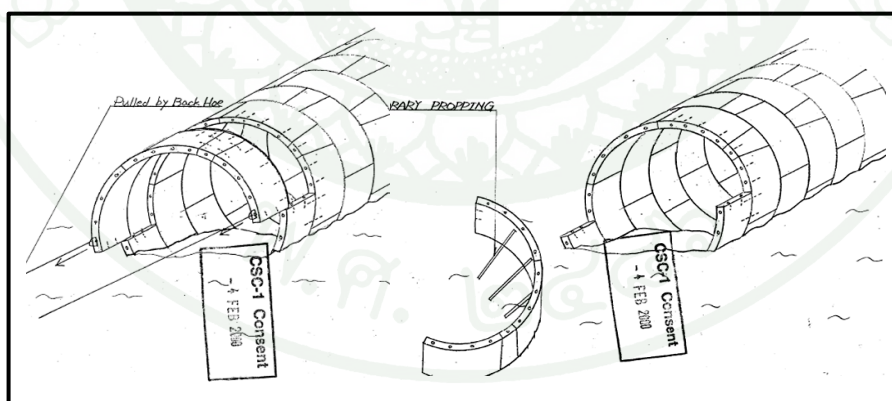
พื้นที่ส่วนใหญ่ที่ทำการก่อสร้างสถานีรถไฟใต้ดินมักเป็นแนวพื้นที่เวนคืนจากผู้อาศัยในบริเวณนั้น และมักประสบปัญหาเกี่ยวกับการได้รับพื้นที่เวนคืนล่าช้าไม่สามารถทำการรื้อย้ายสาธารณูปโภคได้ตามแผน ทำให้วันเริ่มงานก่อสร้างกำแพงทึบน้ำล่าช้าออกไปด้วย ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาของโครงการ เนื่องจากอุโมงค์จะเป็นเส้นทางเชื่อมต่อระหว่างสถานีรวมถึงปล่องระบายอากาศ โดยเครื่องขุดเจาะอุโมงค์จะขุดเจาะผ่านผนังของสถานีหรือกำแพงทึบน้ำ เพื่อทะลุออกไปยังสถานีถัดไป ผู้ก่อสร้างต้องมั่นใจว่า กำแพงทึบน้ำซึ่งเป็นผนังของสถานีรถไฟใต้ดินจะต้องเสร็จสมบูรณ์ก่อนที่เครื่องขุดเจาะอุโมงค์จะมาถึงจากกรณีตัวอย่าง สถานีวัดมังกรกมลาวาสได้รับพื้นที่จากการเวนคืนล่าช้ากว่าแผนงานที่กำหนดไว้ จึงทำให้เริ่มงานก่อสร้างกำแพงทึบน้ำของสถานีได้ล่าช้าออกไปด้วย อีกทั้งสถานีดังกล่าวเป็นสถานีแรกที่เครื่องขุดเจาะอุโมงค์จะผ่านเข้ามา ซึ่งในขณะที่เครื่องขุดเจาะอุโมงค์ เริ่มขุดเจาะตามแผนงานและจะมาถึงบริเวณสถานีวัดมังกรกมลาวาสตามที่กำหนด แต่กำแพงทึบน้ำยังก่อสร้างไม่เสร็จส่งผลให้งานก่อสร้างอุโมงค์ต้องชะลออัตราการขุดเจาะให้ช้าลง ถึงอย่างนั้นเครื่องขุดเจาะอุโมงค์ไม่สามารถหยุดรอให้การก่อสร้างกำแพงทึบน้ำเสร็จครบสมบูรณ์ทุกแผงได้ เพราะอาจเกิดปัญหาด้านเทคนิค เช่น การหยุดหัวเจาะไว้นานเกินไปอาจจะทำให้หัวเจาะจม หรือ เมื่อออกตัวใหม่จะเกิดปัญหาเรื่องแรงเสียดทานด้านหน้าหัวเจาะ เป็นต้นรวมถึงการทำงานของเครื่องขุดเจาะอุโมงค์มีต้นทุนการก่อสร้างสูงและใช้ทรัพยากรจำนวนมาก การจะให้เครื่องขุดเจาะอุโมงค์รอคอยกำแพงทึบน้ำก่อสร้างจนเสร็จนั้นยังเป็นการเพิ่มต้นทุนให้แก่ผู้ประกอบการ ดังนั้นทางโครงการจึงออกแบบให้มีก่อสร้างกำแพงทึบน้ำให้เหลือเพียง 3 ด้าน คือ ด้านที่เครื่องขุดเจาะอุโมงค์เข้า ด้านที่เครื่องขุดเจาะอุโมงค์ผ่าน และด้านที่เครื่องขุดเจาะอุโมงค์ออก และเสาตรงกลางสถานี เพื่อที่จะให้เครื่องขุดเจาะอุโมงค์ผ่านไปได้ ดังภาพที่ 61



ภาพที่ 61 แนวการก่อสร้างกำแพงที่บ้น้ำเพื่อให้เครื่องขุดเจาะอุโมงค์ผ่าน

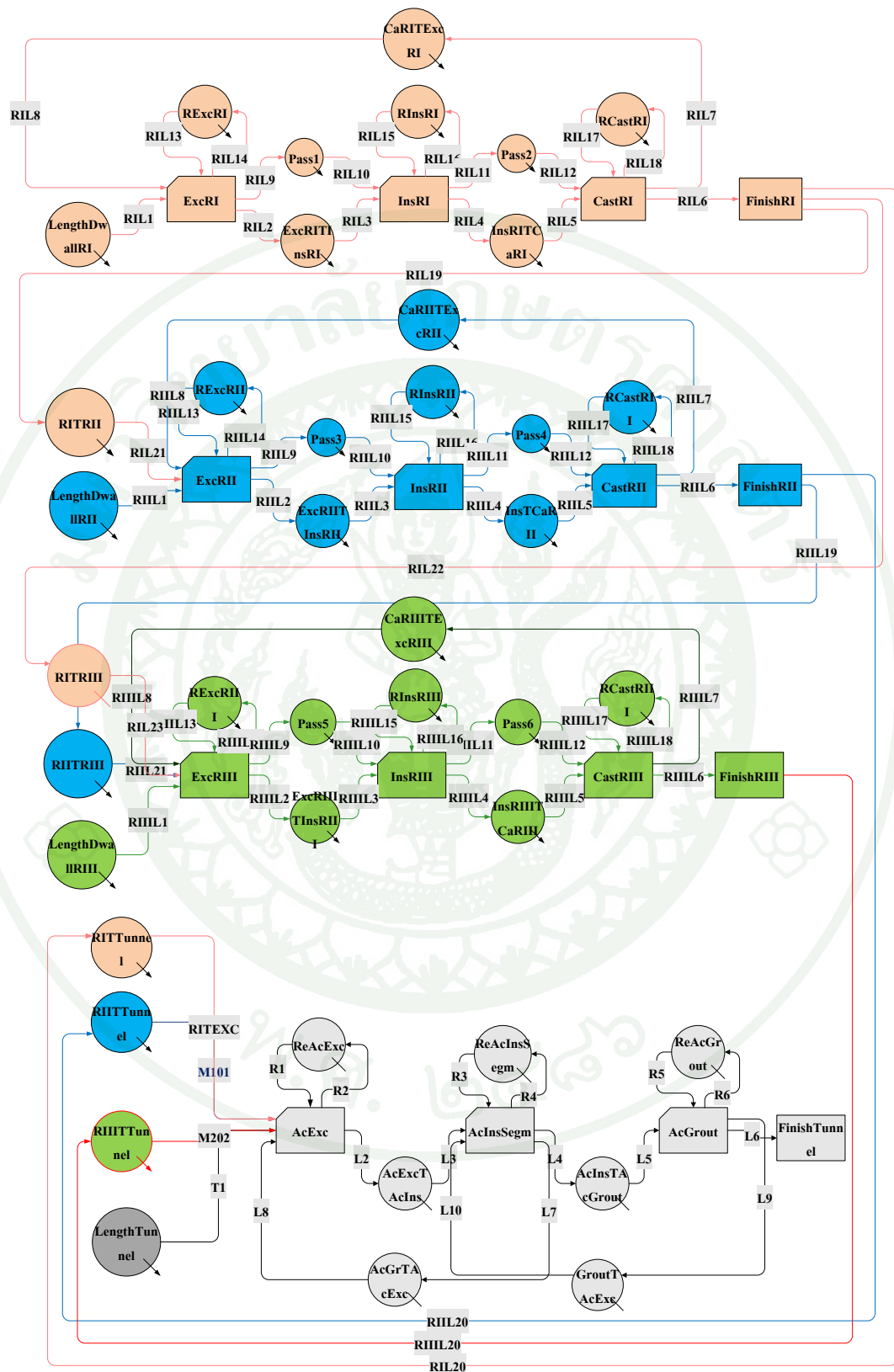
ที่มา : บริษัท อิตาเลียนไทย ดีเวล็อปเมนต์ จำกัด มหาชน (2555)

การก่อสร้างอุโมงค์ภายในสถานีได้ติดตั้งคานดัดผนังอุโมงค์ แต่เมื่อเครื่องขุดเจาะอุโมงค์ได้เคลื่อนผ่านพ้นจากสถานีไปได้ จากนั้นจะมีการรื้อย้ายชิ้นส่วนคานดัดผนังอุโมงค์ออกจากบริเวณสถานีเพื่อขุดดินและทำงานโครงสร้างต่อไป ดังแสดงในภาพที่ 62



ภาพที่ 62 การรื้อถอนชิ้นส่วนอุโมงค์ภายในสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน

จากปัญหาที่ได้อธิบายไว้ข้างต้น ผู้วิจัยจึงขอเสนอรูปแบบจำลองสถานการณ์มาประยุกต์ใช้สำหรับวางแผนงานโครงการก่อสร้างอุโมงค์และกำแพงทึบน้ำของสถานีรถไฟใต้ดินโดยอาศัยข้อมูลบันทึกการทำงานประจำวันของผู้ประกอบการ ซึ่งรวมค่าความไม่แน่นอนที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างการก่อสร้าง โดยข้อมูลดังกล่าวเป็นการก่อสร้างอุโมงค์ด้วยอัตราปกติ ไม่มีการชะลอการขุดเจาะ และเพื่อสร้างความมั่นใจให้แก่ผู้ประกอบการว่า การก่อสร้างกำแพงทึบน้ำของสถานีรถไฟใต้ดินนั้นจะเสร็จทันก่อนที่เครื่องขุดเจาะอุโมงค์จะมาถึงที่ค่าความมั่นใจที่ 95% โดยการสร้างแบบจำลองสถานการณ์จะกำหนดให้มีความสัมพันธ์ระหว่างงานก่อสร้างอุโมงค์และกำแพงทึบน้ำของสถานีที่เครื่องขุดเจาะผ่านเป็นสถานีแรก ซึ่งมีโครงข่ายความสัมพันธ์ในแบบจำลอง STROBOSCOPE การก่อสร้างอุโมงค์และกำแพงทึบน้ำของสถานีรถไฟใต้ดิน ดังนี้



ภาพที่ 59 โครงข่ายความสัมพันธ์ในแบบจำลอง STROBOSCOPE ของการก่อสร้างรถไฟฟ้าใต้ดิน

จากภาพที่ 59 แบบจำลองสถานการณ์ ประกอบไปด้วยงานก่อสร้าง 2 ส่วน หนึ่งคือ งานก่อสร้างอุโมงค์ โดยช่วงการก่อสร้างที่นำมาวิเคราะห์เป็นการขุดเจาะอุโมงค์ช่วงที่หนึ่งจากปล่องอุโมงค์ (Shaft) หรือบริเวณที่นำเครื่องขุดเจาะลงสู่ใต้ดินไปจนถึงสถานที่แรกที่เครื่องขุดเจาะอุโมงค์เจาะผ่าน รวมมีระยะทางประมาณ 700 เมตร อาศัยเครื่องขุดเจาะจำนวน 1 เครื่อง มีขั้นตอนการทำงานเหมือนกับการก่อสร้างอุโมงค์ที่ได้อธิบายดังภาพที่ 58 และส่วนที่สองเป็นงาน ก่อสร้างกำแพงทึบน้ำของสถานี มีความยาวประมาณ 550 เมตร ประกอบด้วยงานก่อสร้างกำแพงทึบน้ำและเสาสถานีทั้งหมดจำนวน 205 แฉก ใช้คนงานจำนวน 3 ชุด คนงานชุดที่ 1 ก่อสร้างกำแพงทึบน้ำจำนวน 86 แฉก คนงานชุดที่ 2 ก่อสร้างกำแพงทึบน้ำจำนวน 87 แฉก คนงานชุดที่ 3 ก่อสร้างกำแพงทึบน้ำจำนวน 32 แฉก โดยคนงานชุดที่ 2 ก่อสร้างหลังคนงานชุดที่ 1 ประมาณ 45 วัน และคนงานชุดที่ 3 ก่อสร้างหลังคนงานชุดที่ 2 ประมาณ 190 วัน มีขั้นตอนการก่อสร้างเหมือนกับการก่อสร้างกำแพงทึบน้ำที่ได้อธิบายดังภาพ 59 จากนั้นแบบจำลองสถานการณ์ของทั้งอุโมงค์และสถานีใต้ดิน ได้ถูกนำมาสร้างเป็นแบบจำลองสถานการณ์ให้มีความสัมพันธ์กัน ซึ่งระยะเวลาที่การก่อสร้างอุโมงค์จะใช้พารามิเตอร์นำเข้าเป็นค่าสมการกระจายตัวจากตารางที่ 27 และในส่วนของกำแพงทึบน้ำของสถานีรถไฟจะใช้ค่าสมการกระจายตัวที่มาจากค่า X^2 ที่น้อยที่สุด ดังตารางที่ 28 ตารางที่ 29 และตารางที่ 30ของคนงานชุดที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ โดยมีเงื่อนไขในการจำลองสถานการณ์ดังต่อไปนี้

ก่อนเริ่มงานก่อสร้างกำแพงทึบน้ำผู้ประกอบการต้องวางแผนจำนวนเครื่องจักรหรือชุดคนงานให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่หน้างาน และทำการแบ่งจำนวนแฉกที่รับผิดชอบให้แก่คนงานแต่ละชุดให้ชัดเจน จากโครงการในกรณีศึกษา งานก่อสร้างกำแพงทึบน้ำอาศัยคนงานจำนวน 3 ชุด งานก่อสร้างอุโมงค์จะเริ่มทำการขุดเจาะได้เมื่อมีความมั่นใจว่ากำแพงทึบน้ำที่เหลืออยู่จะต้องสามารถก่อสร้างเสร็จทันก่อนที่เครื่องขุดเจาะอุโมงค์จะมาถึง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในการจำลองสถานการณ์ดังกล่าวกำหนดให้ โอกาสในการเกิดเหตุการณ์ที่กำแพงทึบน้ำจะก่อสร้างเสร็จก่อนที่เครื่องขุดเจาะอุโมงค์จะมาถึงได้มากที่สุดทั้งหมดจำนวน 1,000 ครั้ง ดังนั้น เพื่อให้ได้ค่าความเชื่อมั่นที่ 95% โอกาสที่กำแพงทึบน้ำจะก่อสร้างเสร็จก่อนที่เครื่องขุดเจาะอุโมงค์จะมาถึงนั้นเกิดขึ้น 950 ครั้ง

ตารางที่ 34 ผลการจำลองสถานการณ์เพื่อหาระยะเวลาเริ่มงานของเครื่องชุดเจาะอุโมงค์

ระยะเวลาเริ่มงานของเครื่องชุดเจาะอุโมงค์					
คนงานชุดที่ 1		คนงานชุดที่ 2		คนงานชุดที่ 3	
ก่อสร้าง กำแพงทึบน้ำ ผ่านไป(วัน)	โอกาสที่จะสร้าง เสร็จก่อนอุโมงค์ จะมาถึง	ก่อสร้างกำแพง ทึบน้ำผ่านไป (วัน)	โอกาสที่จะสร้าง เสร็จก่อนอุโมงค์ จะมาถึง	ก่อสร้าง กำแพงทึบน้ำ ผ่านไป(วัน)	โอกาสที่จะสร้าง เสร็จก่อนอุโมงค์ จะมาถึง
370	845	325	963	180	1,000
375	913	330	929	185	1,000
380	945	335	963	190	1,000
381	935	336	963	191	1,000
382	944	337	966	192	1,000
383	946	338	968	193	1,000
384	965	339	969	194	1,000
385	968	340	983	195	1,000
386	964	341	986	196	1,000
387	965	342	983	197	1,000
388	972	343	979	198	1,000
389	978	344	987	199	1,000
390	976	345	987	200	1,000
395	987	350	988	205	1,000
400	992	355	996	210	1,000
405	997	360	998	215	1,000
410	997	365	999	220	1,000
415	999	370	999	225	1,000
420	1,000	375	1,000	230	1,000

จากตารางที่ 35 พบว่า หากหัวเจาะเริ่มทำงานหลังจากการก่อสร้างกำแพงทึบน้ำเริ่มต้นไป 384 วัน จากจำนวน 1,000 ครั้ง จะมี 965 ครั้งสำหรับคนงานชุดที่ 1 มี 969 ครั้งสำหรับคนงานชุดที่ 2 และ 1,000 ครั้งสำหรับคนงานชุดที่ 3 ที่สามารถทำงานของตนให้เสร็จก่อนที่หัวเจาะจะมาถึง และจากผลการจำลองสถานการณ์ที่ให้ความเชื่อมั่นที่ 95% สามารถแสดงระยะเวลาที่มากที่สุด ระยะเวลาที่น้อยที่สุด และระยะเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการก่อสร้างอุโมงค์ และการก่อสร้างกำแพงทึบน้ำ ดังตารางที่ 36

ตารางที่ 35 ระยะเวลาที่มากที่สุด ระยะเวลาที่น้อยที่สุด และระยะเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการก่อสร้าง
อุโมงค์ และการก่อสร้างกำแพงทึบ ที่ค่าความมั่นใจที่ 95%

ระยะเวลา	งานก่อสร้างกำแพงทึบน้ำ			งานก่อสร้างอุโมงค์
	คนงานชุดที่ 1	คนงานชุดที่ 2	คนงานชุดที่ 3	
ระยะเวลามากที่สุด	493	495	329	462
ระยะเวลาเฉลี่ย	421	410	315	457
ระยะเวลาน้อยที่สุด	360	338	251	453

หมายเหตุ * ระยะเวลานับจากวันแรกที่ได้มีการก่อสร้างกำแพงทึบน้ำของชุดคนงานที่ 1

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

งานวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์หาอุปสรรคในระหว่างการก่อสร้างอุโมงค์และกำแพงทึบน้ำของสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน และประยุกต์ใช้แบบจำลอง STROBOSCOPE ในการจำลองสถานการณ์การก่อสร้างเพื่อวิเคราะห์และปรับปรุงกระบวนการทำงาน โดยมีโครงการรถไฟฟ้าสายสีน้ำเงินส่วนต่อขยายเป็นโครงการกรณีศึกษา จากการวิเคราะห์ลักษณะปัญหาหรืออุปสรรคที่เกิดขึ้นในระหว่างการก่อสร้างในส่วนของงานอุโมงค์พบว่า สาเหตุความล่าช้าเกิดจาก การเปลี่ยนกะการทำงาน ฝนตกหนักไม่สามารถดำเนินงานได้ และการหยุดพักขุดเจาะดินเนื่องจากต้องตักดินที่ตกหล่นบริเวณปากอุโมงค์ออกถึงจะเริ่มการขุดเจาะดินต่อไปได้ ในขณะที่ความถี่ที่เกิดขึ้นมากที่สุดคือ การติดตั้งและตรวจสอบระบบสนับสนุนการทำงาน ในส่วนของการก่อสร้างกำแพงทึบน้ำของสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน พบว่าความล่าช้าเกิดจาก ความเสียหายของเครื่องจักรมีระยะเวลาเฉลี่ยเกิดขึ้นนานที่สุด และปัญหาการขุดดินไม่ได้ดังมีความถี่ที่เกิดขึ้นมากที่สุด

จากผลการเก็บข้อมูลระยะเวลาการทำงานจริง สามารถนำมาวิเคราะห์หาค่าการกระจายตัวของระยะเวลาการก่อสร้าง โดยใช้การวิเคราะห์ทางสถิติ และพัฒนาแบบจำลองสถานการณ์ตามขั้นตอนการก่อสร้าง ทั้งในส่วนของการก่อสร้างอุโมงค์และกำแพงทึบน้ำของสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน พบว่าระยะเวลาที่ได้จากจำลองสถานการณ์มีค่าใกล้เคียงกับระยะเวลาการก่อสร้าง ซึ่งหมายถึงแบบจำลองที่ได้นี้สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์และปรับปรุงกระบวนการก่อสร้างอุโมงค์รถไฟฟ้าได้อย่างเหมาะสม ซึ่งจากแบบจำลองสถานการณ์ดังกล่าวผู้วิจัยได้เสนอแนะการใช้แบบจำลองในการกำหนดจุดเริ่มต้นของการเจาะอุโมงค์ เพื่อให้แน่ใจได้ว่างานก่อสร้างกำแพงทึบน้ำจะแล้วเสร็จก่อนที่หัวเจาะจะมาถึงสถานี

จากการศึกษาพบว่า การวิเคราะห์อุปสรรคที่เกิดขึ้นทั้งในส่วนของการก่อสร้างอุโมงค์และสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินนั้น มีประโยชน์ต่อผู้ประกอบการที่จะให้ฝ่ายระวางการทำงานของกลุ่มสาเหตุความล่าช้าเหล่านั้นมากขึ้น เพื่อให้งานก่อสร้างเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งการประยุกต์ใช้แบบจำลองสถานการณ์ STROBOSCOPE ยังช่วยให้สามารถคาดการณ์ได้ถึงผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นกับโครงการและยังเป็นข้อมูลที่ช่วยสร้างความมั่นใจให้แก่ผู้ประกอบการที่จะตัดสินใจเริ่มทำการขุดเจาะอุโมงค์เพื่อให้งานก่อสร้างสามารถดำเนินงานไปได้อย่างต่อเนื่อง และสามารถนำไปวางแผนการก่อสร้างรถไฟฟ้าใต้ดินสำหรับโครงการในอนาคตต่อไป

ข้อเสนอแนะ

1. ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าใต้ดินเพียงฝั่งเดียวคือ ฝั่งตะวันตก และเป็นการศึกษาถึงอุปสรรคที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำงานในช่วงแรกคือ ตั้งแต่เริ่มต้นขุดเจาะอุโมงค์จนถึงสถานีแรก รวมทั้งศึกษาเงื่อนไขงานก่อสร้างที่มีความสัมพันธ์กันระหว่างงานก่อสร้างอุโมงค์และงานก่อสร้างกำแพงทึบน้ำของสถานี เนื่องจากการเก็บข้อมูลทั้งหมดนั้นต้องใช้เวลารวบรวมค่อนข้างมาก ดังนั้นจึงควรมีการเก็บรวบรวมข้อมูลในส่วนนี้เพิ่มเติมเพื่อใช้ในการพัฒนาแบบจำลองสถานการณ์ต่อไปในอนาคต

2. แบบจำลองสถานการณ์การก่อสร้างอุโมงค์ที่ได้จากงานวิจัยนี้มุ่งเน้นในส่วนของกิจกรรมการก่อสร้างอุโมงค์และกำแพงทึบน้ำของสถานี ไม่รวมกิจกรรมอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น กิจกรรมการจัดเตรียมพื้นที่ก่อสร้าง กิจกรรมการก่อสร้างปล่อยขนถ่ายดิน กิจกรรมการขุดดินและการก่อสร้างภายในสถานี เป็นต้น ดังนั้นจึงควรเพิ่มรายละเอียดของแบบจำลองในส่วนอื่นๆ เพื่อให้สามารถใช้เป็นตัวแทนของโครงการก่อสร้างอุโมงค์ได้อย่างสมบูรณ์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- บุญเทพ นานะกรังสรรค์. 2552. **วิศวกรรมฐานรากและการก่อสร้างอุโมงค์**. พิมพ์ครั้งที่ 7. สำนักพิมพ์ ท็อป จำกัด, กรุงเทพฯ.
- สุขขวีร์ สุวรรณสวัสดิ์. 2551. **เทคโนโลยีการก่อสร้างอุโมงค์**. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์ จินดากุล, กรุงเทพฯ.
- ณรงค์ ทัดนรินทร์ และชาญชัย ทรัพย์มณีวงศ์. 2552. วิธีการก่อสร้างและพัฒนาการของการออกแบบและก่อสร้าง Diaphragm Wall ในประเทศไทยตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน, น.39-49. ใน **รายงานการประชุมวิชาการโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 14**. มหาวิทยาลัยสุรนารี, นครราชสีมา.
- พัชรพร โภคากร และ วีรศักดิ์ ลิขิตเรืองศิลป์. 2552. การวิเคราะห์ความล่าช้าในกระบวนการก่อสร้างอุโมงค์: กรณีศึกษาโครงการก่อสร้างอุโมงค์โดยใช้เครื่องขุดเจาะอุโมงค์แบบสมดุลแรงดันดิน, น.713-719. ใน **รายงานการประชุมวิชาการโยธาแห่งชาติครั้งที่ 14**. มหาวิทยาลัยสุรนารี, นครราชสีมา.
- รัฐพงษ์ ศรีไตรตันวรกุล. 2548. **การพัฒนาแบบจำลองสถานการณ์ก่อสร้างที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับโครงการก่อสร้างอุโมงค์ในประเทศไทย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- การรถไฟฟ้ามหานครแห่งประเทศไทย. 2555. **เทคนิคการก่อสร้างอุโมงค์รถไฟฟ้าด้วยระบบ Earth pressure balance (E.P.B)**. แหล่งที่มา:http://www.mrta.co.th/misc_epb.htm, 10 มกราคม 2556.
- ณัฐภัทร ศญาทัพบิมเทศ. 2550. **แบบจำลองและการวิเคราะห์ (Model and analysis)**. แหล่งที่มา: <http://www.no-poor.com/dssandos/chapter4-dss.htm>, 12 มกราคม 2556.
- Ghiasi, O., and Rostami, J. 2010. Construction Regulation along Metro Alignment. **Australian Journal of Basic and Applied Science**. AJBAS. 4(12): 5972-6009.

AbouRizk, S., Ruwanpura, J.Y., Er, K.C., and Fernando, S. 2001. Special purpose simulation templates for utility tunnel construction. **Canadian Journal of Civil Engineering**. CSCE. 28: 222–237.

Martinez, J.C. 1996. **STROBOSCOPE State and Resource Based Simulation of Construction Processes**. Ph.D. Thesis , University of Michigan.

Martinez, J.C. and P.G. Ioannou. 1996a. Simulation of Complex ConstructionProcesses, pp. 1321-1328. *In* Proceedings of the 1996 Winter Simulation Conference J.M. Charnes, D.J. Morrice, D.T. Brunner and J.J. Swain, eds. **Proceedings of the 2006**. IEEE, Piscataway, NJ.

_____. and _____. 1996b. Start-Based Probabilistic Scheduling Using STROBOSCOPE's CPM Add-On, pp. 438-445. *In* **Proceedings, Construction Congress V, ASCE Stuart D. Anderson**. Minneapolis, MN.

Tokuda, T., Kinoshita Y., and Miki, K. 2006. Construction of MRT chaloemratchamongkhon line underground structure north and Japanese shield tunnel technology. *In* **proceeding of the international symposium on underground excavation and tunneling**. 2-4 February 2006, Bangkok Thailand.





ภาคผนวก ก

ผลการเก็บข้อมูลการดำเนินงานก่อสร้างอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน สัญญาที่ 1

ตารางผนวกที่ ก1 ผลการเก็บข้อมูลการดำเนินงานก่อสร้างอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน สัญญาที่ 1

Date	Shift	Weather	Ring No.	Excavation			Ring erection			Grouting			Total Duration (Min)
				Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	
1/2/2013	Day	Sunny	6	7:30 น.	10:00 น.	150	13:00 น.	15:00 น.	120	18:30 น.	20:00 น.	90	270
			7	15:50 น.	18:30 น.	160	18:30 น.	20:00 น.	90	10:30 น.	13:00 น.	150	250
1/2/2013	Night												
2/2/2013	Day	Sunny	8	8:00 น.	9:00 น.	60	10:30 น.	13:00 น.	150	16:45 น.	19:00 น.	135	210
2/2/2013	Night												
3/2/2013	Day												
3/2/2013	Night												
4/2/2013	Day	Sunny	9	12:30 น.	16:00 น.	210	16:45 น.	19:00 น.	135	12:00 น.	15:15 น.	195	345
4/2/2013	Night												
5/2/2013	Day	Sunny	10	13:00 น.	14:20 น.	80			0			0	80
5/2/2013	Night												
6/2/2013	Day	Sunny	11	8:30 น.	10:00 น.	90			0			0	90
6/2/2013	Night												
7/2/2013	Day	Sunny	11	9:00 น.	12:00 น.	180	12:00 น.	15:15 น.	195	10:30 น.	12:45 น.	135	375
7/2/2013	Night												
8/2/2013	Day	Sunny	12	8:00 น.	8:35 น.	35	10:30 น.	12:45 น.	135	17:00 น.	19:00 น.	120	170
			13	12:45 น.	16:00 น.	195	17:00 น.	19:00 น.	120	12:00 น.	15:15 น.	195	315

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

Date	Shift	Weather	Ring No.	Excavation			Ring erection			Grouting			Total
				Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Duration (Min)
8/2/2013	Night												
9/2/2013	Night												
10/2/201	Day	Sunny	15	7:30 น.	8:30 น.	60	9:30 น.	12:00 น.	150	16:15 น.	19:00 น.	165	210
			16	12:15 น.	15:30 น.	195	16:15 น.	19:00 น.	165	12:45 น.	15:45 น.	180	360
10/2/201	Night												
11/2/201	Day	Sunny	17	8:15 น.	12:45 น.	270	12:45 น.	15:45 น.	180	9:45 น.	11:55 น.	130	450
			18	15:45 น.	19:00 น.	195			0			0	195
11/2/201	Night												
12/2/201	Day	Sunny	18	7:45 น.	8:20 น.	35	9:45 น.	11:55 น.	130	12:30 น.	14:15 น.	105	165
			19	11:55 น.	15:45 น.	230	16:15 น.	19:00 น.	165	15:45 น.	18:15 น.	150	395
12/2/201	Night												
13/2/201	Day	Sunny	20	7:45 น.	11:15 น.	210	12:30 น.	14:15 น.	105	10:55 น.	14:00 น.	185	315
			21	14:20 น.	18:30 น.	250			0			0	250
13/2/201	Night												
14/2/201	Day	Sunny	22	10:00 น.	14:00 น.	240	15:45 น.	18:15 น.	150	7:00 น.	9:15 น.	135	390
14/2/201	Night												
15/2/201	Day	Sunny	23	7:30 น.	10:50 น.	200	10:55 น.	14:00 น.	185	15:00 น.	16:30 น.	90	385

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

Date	Shift	Weather	Ring No.	Excavation			Ring erection			Grouting			Total
				Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Duration (Min)
15/2/201	Day	Sunny	24	14:00 น.	18:30 น.								
16/2/201	Day	Sunny	24				7:00 น.	9:15 น.	135	18:30 น.	19:00 น.	30	135
			25	9:15 น.	13:45 น.	270	15:00 น.	16:30 น.	90	10:00 น.	12:00 น.	120	360
16/2/201	Day	Sunny	26	16:30 น.	18:30 น.	120	18:30 น.	19:00 น.	30	10:00 น.	12:00 น.	120	150
16/2/201	Night												
17/2/201	Day	Sunny	26			0	10:00 น.	12:00 น.	120	10:40 น.	13:05 น.	145	120
			27	12:30 น.	14:30 น.	120			0			0	120
17/2/201	Night												
18/2/201	Day	Sunny	27	7:30 น.	9:45 น.	135	10:40 น.	13:05 น.	145	17:15 น.	19:00 น.	105	280
			28	13:05 น.	16:20 น.	195	17:15 น.	19:00 น.	105	12:45 น.	15:00 น.	135	300
18/2/201	Night												
19/2/201	Day	Sunny	29	7:45 น.	12:00 น.	255	12:45 น.	15:00 น.	135	17:00 น.	19:00 น.	120	390
19/2/201	Night												
20/2/2013-28/2/2013 Moving Temporary Segment													
1/3/2013	Day	Sunny	30	13:45 น.	16:35 น.	170	17:00 น.	19:00 น.	120	13:00 น.	14:20 น.	80	290
1/3/2013	Night												
2/3/2013	Day	Sunny	31	8:00 น.	12:00 น.	240	13:00 น.	14:20 น.	80	13:00 น.	15:15 น.	135	320

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

Date	Shift	Weather	Ring No.	Excavation			Ring erection			Grouting			Total
				Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Duration (Min)
2/3/2013	Day	Sunny	32	14:20 น.	17:35 น.	195			0			0	195
3/3/2013	Day												
3/3/2013	Night												
4/3/2013	Day	Sunny	32	7:45 น.	10:05 น.	140	13:00 น.	15:15 น.	135	9:30 น.	12:15 น.	165	275
4/3/2013	Night												
5/3/2013	Day	Sunny	34	7:00 น.	8:00 น.	60	9:30 น.	12:15 น.	165	19:00 น.	20:30 น.	90	225
			35	13:45 น.	17:45 น.	240			0			0	240
5/3/2013	Night	Sunny	35				19:00 น.	20:30 น.	90	4:15 น.	5:30 น.	75	90
			36	22:30 น.	3:00 น.	270	4:15 น.	5:30 น.	75	13:00 น.	14:45 น.	105	345
			37	5:30 น.	7:00 น.	90			0			0	90
6/3/2013	Day	Sunny	37	7:00 น.	9:15 น.	135	13:00 น.	14:45 น.	105	10:45 น.	12:00 น.	75	240
6/3/2013	Night	Sunny	38	2:45 น.	7:00 น.	255			0			0	255
7/3/2013	Day	Sunny	39	7:15 น.	10:30 น.	195	10:45 น.	12:00 น.	75	14:00 น.	15:45 น.	105	270
			40	12:00 น.	13:45 น.	105	14:00 น.	15:45 น.	105	20:00 น.	21:45 น.	105	210
			41	15:45 น.	19:00 น.	195			0			0	195
7/3/2013	Night	Sunny	41			0	20:00 น.	21:45 น.	105	3:00 น.	5:00 น.	120	105
			42	23:00 น.	1:00 น.	120	3:00 น.	5:00 น.	120	10:00 น.	11:05 น.	65	240

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

Date	Shift	Weather	Ring No.	Excavation			Ring erection			Grouting			Total
				Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Duration (Min)
7/3/2013	Night		43	5:00 น.	7:00 น.	120			0			0	120
8/3/2013	Day	Sunny	43	7:30 น.	8:20 น.	50	10:00 น.	11:05 น.	65	16:00 น.	17:45 น.	105	115
			44	11:10 น.	15:00 น.	230	16:00 น.	17:45 น.	105	21:50 น.	23:30 น.	100	335
			45	17:45 น.	19:00 น.	75			0			0	75
8/3/2013	Night	Sunny	45	20:00 น.	21:15 น.	75	21:50 น.	23:30 น.	100	4:15 น.	5:30 น.	75	175
			46	1:00 น.	3:05 น.	125	4:15 น.	5:30 น.	75	10:15 น.	11:45 น.	90	200
			47	5:30 น.	7:00 น.	90			0			0	90
9/3/2013	Day	Sunny	47	7:00 น.	9:00 น.	120	10:15 น.	11:45 น.	90	16:00 น.	19:00 น.	180	210
			48	13:15 น.	15:45 น.	150	16:00 น.	19:00 น.	180	5:45 น.	7:00 น.	75	330
9/3/2013	Night	Sunny	50	3:00 น.	5:15 น.	135	5:45 น.	7:00 น.	75	12:10 น.	12:55 น.	45	210
10/3/2013	Day	Sunny	51	7:20 น.	10:30 น.	190	12:10 น.	12:55 น.	45	19:00 น.	20:00 น.	60	235
			52	14:00 น.	16:00 น.	120			0			0	120
10/3/2013	Night	Sunny	52			0	19:00 น.	20:00 น.	60	10:20 น.	12:30 น.	130	60
11/3/2013	Day	Sunny	53	8:10 น.	10:20 น.	130	10:20 น.	12:30 น.	130	17:15 น.	19:00 น.	105	260
			54	12:30 น.	17:15 น.	285	17:15 น.	19:00 น.	105	23:30 น.	1:00 น.	90	390
11/3/2013	Night	Sunny	55	20:15 น.	22:20 น.	125	23:30 น.	1:00 น.	90	9:45 น.	11:30 น.	105	215
12/3/2013	Day	Sunny	56	8:30 น.	9:45 น.	75	9:45 น.	11:30 น.	105	17:20 น.	19:00 น.	100	180

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

Date	Shift	Weather	Ring No.	Excavation			Ring erection			Grouting			Total
				Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Duration (Min)
12/3/2013	Day	Sunny	57	13:00 น.	16:20 น.	200	17:20 น.	19:00 น.	100	1:00 น.	2:30 น.	90	300
12/3/2013	Night	Sunny	58	19:00 น.	22:45 น.	225	1:00 น.	2:30 น.	90	19:00 น.	7:00 น.	720	315
			59	2:30 น.	4:20 น.	110	19:00 น.	7:00 น.	720	10:45 น.	12:00 น.	75	830
13/3/2013	Day	Sunny	60	7:00 น.	9:45 น.	165	10:45 น.	12:00 น.	75	14:45 น.	15:45 น.	60	240
			61	13:15 น.	14:45 น.	90	14:45 น.	15:45 น.	60	20:55 น.	22:00 น.	65	150
			62	15:45 น.	19:00 น.	195			0			0	195
13/3/2013	Night	Sunny	62	19:00 น.	20:30 น.	90	20:55 น.	22:00 น.	65	2:10 น.	3:30 น.	80	155
			63	22:00 น.	0:15 น.	135	2:10 น.	3:30 น.	80	5:15 น.	7:00 น.	105	215
			64	3:30 น.	5:15 น.	105	5:15 น.	7:00 น.	105	10:20 น.	12:00 น.	100	210
14/3/3013	Day	Sunny	65	7:15 น.	9:20 น.	125	10:20 น.	12:00 น.	100	20:15 น.	22:00 น.	105	225
			66	15:10 น.	19:00 น.	230			0			0	230
14/3/3013	Night	Sunny	66	19:00 น.	19:45 น.	45	20:15 น.	22:00 น.	105	3:00 น.	4:40 น.	100	150
			67	23:00 น.	1:30 น.	150	3:00 น.	4:40 น.	100	13:45 น.	15:10 น.	85	250
15/3/2013	Day	Sunny	68	9:20 น.	12:10 น.	170	13:45 น.	15:10 น.	85	20:00 น.	21:30 น.	90	255
			69	15:15 น.	19:00 น.	225			0			0	225
15/3/2013	Night	Sunny	69			0	20:00 น.	21:30 น.	90	1:00 น.	2:45 น.	105	90
			70	21:30 น.	23:30 น.	120	1:00 น.	2:45 น.	105	5:00 น.	6:45 น.	105	225

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

Date	Shift	Weather	Ring No.	Excavation			Ring erection			Grouting			Total
				Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Duration (Min)
15/3/2013	Night	Sunny	71	3:05 น.	4:45 น.	100	5:00 น.	6:45 น.	105	10:15 น.	12:20 น.	125	205
16/3/2013	Day	Sunny	72	8:30 น.	10:15 น.	105	10:15 น.	12:20 น.	125	17:30 น.	19:00 น.	90	230
			73	13:50 น.	16:30 น.	160	17:30 น.	19:00 น.	90	21:00 น.	22:45 น.	105	250
16/3/2013	Night	Sunny	74	19:45 น.	21:00 น.	75	21:00 น.	22:45 น.	105	2:30 น.	4:20 น.	110	180
16/3/2013	Night	Sunny	75	1:00 น.	2:15 น.	75	2:30 น.	4:20 น.	110	17:15 น.	19:00 น.	105	185
17/3/2013	Day												
24/4/2013	Night												
25/4/2013	Day	Sunny	76	13:20 น.	16:45 น.	205	17:15 น.	19:00 น.	105	7:00 น.	8:00 น.	60	310
25/4/2013	Night					0			0			0	0
26/4/2013	Day	Sunny	77	17:00 น.	19:00 น.	120			0			0	120
26/4/2013	Night					0			0			0	0
27/4/2013	Day	Sunny	77			0	7:00 น.	8:00 น.	60	13:15 น.	15:45 น.	150	60
			78	8:20 น.	10:15 น.	115	13:15 น.	15:45 น.	150	7:00 น.	9:00 น.	120	265
			79	16:00 น.	19:00 น.	180			0			0	180
27/4/2013	Night												
28/4/2013	Day	Sunny	79			0	7:00 น.	9:00 น.	120	12:10	14:50	160	120
			80	10:00 น.	12:10 น.	130	12:10	14:50	160	16:30 น.	19:00 น.	150	290

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

Date	Shift	Weather	Ring No.	Excavation			Ring erection			Grouting			Total
				Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Duration (Min)
28/4/201	Day	Sunny	81	14:50 น.	16:30 น.	100	16:30 น.	19:00 น.	150	13:30 น.	14:00 น.	30	250
28/4/201	Night												
29/4/201	Day	Sunny	82	10:00 น.	11:15 น.	75	13:30 น.	14:00 น.	30	22:30 น.	23:30 น.	60	105
			83	16:15 น.	19:00 น.	165			0			0	165
29/4/201	Night	Sunny	83	19:20 น.	21:30 น.	130	22:30 น.	23:30 น.	60	3:00 น.	4:30 น.	90	190
			84	1:00 น.	2:45 น.	105	3:00 น.	4:30 น.	90	10:15 น.	12:00 น.	105	195
30/4/201	Day	Sunny	85	7:45 น.	10:15 น.	150	10:15 น.	12:00 น.	105	19:10 น.	20:30 น.	80	255
			86	15:45 น.	17:30 น.	105			0			0	105
30/4/201	Night	Sunny	86			0	19:10 น.	20:30 น.	80	3:00 น.	4:00 น.	60	80
			87	23:30 น.	2:00 น.	150	3:00 น.	4:00 น.	60	15:30 น.	16:15 น.	45	210
1/5/2013	Day												
	Night												
2/5/2013	Day	Sunny	88	10:15 น.	14:15 น.	240	15:30 น.	16:15 น.	45	23:00 น.	1:45 น.	165	285
2/5/2013	Night	Sunny	89	21:00 น.	22:30 น.	90	23:00 น.	1:45 น.	165	4:00 น.	5:15 น.	75	255
			90	1:30 น.	4:00 น.	150	4:00 น.	5:15 น.	75	22:00 น.	23:25 น.	85	225
3/5/2013	Day												
3/5/2013	Night	Sunny	91	20:10 น.	22:00 น.	110	22:00 น.	23:25 น.	85	2:05 น.	3:00 น.	55	195

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

Date	Shift	Weather	Ring No.	Excavation			Ring erection			Grouting			Total
				Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Duration (Min)
3/5/2013	Night		92	23:25 น.	2:00 น.	155	2:05 น.	3:00 น.	55	5:05 น.	6:00 น.	55	210
			93	3:25 น.	4:50 น.	85	5:05 น.	6:00 น.	55	11:00 น.	12:15 น.	75	140
4/5/2013	Day	Sunny	94	7:30 น.	9:45 น.	135	11:00 น.	12:15 น.	75	16:20 น.	17:45 น.	85	210
			95	14:45 น.	16:20 น.	95	16:20 น.	17:45 น.	85	20:15 น.	20:55 น.	40	180
			96	17:45 น.	19:00 น.	75			0			0	75
4/5/2013	Night	Sunny	96	19:15 น.	20:00 น.	45	20:15 น.	20:55 น.	40	22:50 น.	0:00 น.	70	85
4/5/2013	Night	Sunny	97	20:20 น.	22:50 น.	150	22:50 น.	0:00 น.	70	13:00 น.	14:45 น.	105	220
5/5/2013	Day												
6/5/2013	Day												
7/5/2013	Day	Sunny	98	9:00 น.	11:00 น.	120	13:00 น.	14:45 น.	105	16:00 น.	17:00 น.	60	225
			99	14:45 น.	16:00 น.	75	16:00 น.	17:00 น.	60	1:00 น.	2:30 น.	90	135
			100	17:20 น.	18:30 น.	70			0			0	70
7/5/2013	Night	Sunny	101	22:15 น.	0:15 น.	120	1:00 น.	2:30 น.	90	7:15 น.	8:10 น.	55	210
			102	2:30 น.	4:00 น.	90	4:00 น.	5:10 น.	70	12:55 น.	13:45 น.	50	160
			103	5:30 น.	6:00 น.	30			0			0	30
8/5/2013	Day	Sunny	103			0	7:15 น.	8:10 น.	55	22:00 น.	23:15 น.	75	55
			104	9:10 น.	10:20 น.	70	12:55 น.	13:45 น.	50	2:45 น.	4:00 น.	75	120

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

Date	Shift	Weather	Ring No.	Excavation			Ring erection			Grouting			Total
				Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Duration (Min)
8/5/2013	Night	Sunny	105	20:20 น.	22:00 น.	100	22:00 น.	23:15 น.	75	7:30 น.	8:05 น.	35	175
8/5/2013	Night	Sunny	106	1:45 น.	2:45 น.	60	2:45 น.	4:00 น.	75	14:20 น.	15:10 น.	50	135
			107	5:00 น.	6:30 น.	90			0			0	90
9/5/2013	Day	Sunny	107			0	7:30 น.	8:05 น.	35	18:30 น.	19:00 น.	30	35
			108	9:15 น.	10:15 น.	60	14:20 น.	15:10 น.	50	21:30 น.	22:45 น.	75	110
			109	16:20 น.	17:35 น.	75	18:30 น.	19:00 น.	30	2:45 น.	3:45 น.	60	105
9/5/2013	Night	Sunny	110	19:45 น.	21:30 น.	105	21:30 น.	22:45 น.	75	5:45 น.	7:00 น.	75	180
			111	1:15 น.	2:45 น.	90	2:45 น.	3:45 น.	60	10:00 น.	10:45 น.	45	150
			112	4:15 น.	5:45 น.	90	5:45 น.	7:00 น.	75	13:45 น.	14:30 น.	45	165
10/5/201	Day	Sunny	113	9:00 น.	10:00 น.	60	10:00 น.	10:45 น.	45	17:30 น.	18:00 น.	30	105
			114	11:50 น.	13:45 น.	115	13:45 น.	14:30 น.	45	21:45 น.	23:30 น.	105	160
			115	14:30 น.	16:20 น.	110	17:30 น.	18:00 น.	30	8:45 น.	9:20 น.	35	140
10/5/201	Night	Sunny	116	20:00 น.	21:45 น.	105	21:45 น.	23:30 น.	105	13:00 น.	14:05 น.	65	210
			117	1:15 น.	2:45 น.	90			0			0	90
11/5/201	Day	Sunny	117			0	8:45 น.	9:20 น.	35	15:20 น.	16:10 น.	50	35
			118	10:30 น.	11:40 น.	70	13:00 น.	14:05 น.	65	18:00 น.	19:00 น.	60	135
			119	14:20 น.	15:20 น.	60	15:20 น.	16:10 น.	50	22:15 น.	23:45 น.	90	110

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

Date	Shift	Weather	Ring No.	Excavation			Ring erection			Grouting			Total Duration (Min)
				Start	Finish	Duration	Start	Finish	Duration	Start	Finish	Duration	
						(Min)			(Min)			(Min)	
11/5/201	Day	Sunny	120	16:35 น.	17:45 น.	70	18:00 น.	19:00 น.	60	2:45 น.	3:45 น.	60	130
11/5/201	Night	Sunny	121	21:00 น.	22:15 น.	75	22:15 น.	23:45 น.	90	5:45 น.	7:00 น.	75	165
			122	1:15 น.	2:45 น.	90	2:45 น.	3:45 น.	60	12:25 น.	13:15 น.	50	150
			123	4:30 น.	5:45 น.	75	5:45 น.	7:00 น.	75	14:15 น.	15:00 น.	45	150
12/5/201	Night	Sunny	124	10:20 น.	11:15 น.	55	12:25 น.	13:15 น.	50	1:00 น.	2:30 น.	90	105
			125	13:15 น.	14:15 น.	60	14:15 น.	15:00 น.	45	3:45 น.	5:00 น.	75	105
			126	0:15 น.	1:30 น.	75	1:30 น.	2:30 น.	60	10:10 น.	11:00 น.	50	135
			127	2:30 น.	3:45 น.	75	3:45 น.	5:00 น.	75	13:30 น.	14:20 น.	50	150
13/5/201	Day	Sunny	128	9:00 น.	10:10 น.	70	10:10 น.	11:00 น.	50	16:00 น.	16:50 น.	50	120
			129	11:30 น.	13:30 น.	120	13:30 น.	14:20 น.	50	19:00 น.	20:00 น.	60	170
			130	15:10 น.	16:00 น.	50	16:00 น.	16:50 น.	50	21:10 น.	22:10 น.	60	100
			131	17:15 น.	18:00 น.	45			0			0	45
13/5/201	Night	Sunny	131			0	19:00 น.	20:00 น.	60	23:30 น.	0:30 น.	60	60
			132	20:00 น.	21:05 น.	65	21:10 น.	22:10 น.	60	2:15 น.	4:10 น.	115	125
			133	22:10 น.	23:30 น.	80	23:30 น.	0:30 น.	60	5:45 น.	6:40 น.	55	140
			134	1:00 น.	2:15 น.	75	2:15 น.	4:10 น.	115	20:10 น.	21:00 น.	50	190
			135	4:30 น.	5:45 น.	75	5:45 น.	6:40 น.	55	1:00 น.	1:45 น.	45	130

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

Date	Shift	Weather	Ring No.	Excavation			Ring erection			Grouting			Total
				Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Duration (Min)
14/5/2013	Day	Sunny	136	19:30 น.	20:10 น.	40	20:10 น.	21:00 น.	50	3:45 น.	4:40 น.	55	90
			137	22:00 น.	22:45 น.	45	1:00 น.	1:45 น.	45	20:10 น.	21:30 น.	80	90
			138	1:50 น.	3:35 น.	105	3:45 น.	4:40 น.	55	22:45 น.	23:45 น.	60	160
14/5/2013	Night	Sunny	139	19:00 น.	20:10 น.	70	20:10 น.	21:30 น.	80	2:30 น.	3:30 น.	60	150
			140	21:30 น.	22:45 น.	75	22:45 น.	23:45 น.	60	9:45 น.	10:20 น.	35	135
			141	1:30 น.	2:30 น.	60	2:30 น.	3:30 น.	60	11:20 น.	12:20 น.	60	120
15/5/2013	Day	Sunny	142	7:45 น.	8:40 น.	55	9:45 น.	10:20 น.	35	15:40 น.	16:20 น.	40	90
			143	10:45 น.	11:20 น.	35	11:20 น.	12:20 น.	60	17:45 น.	18:30 น.	45	95
			144	14:55 น.	15:40 น.	45	15:40 น.	16:20 น.	40	20:15 น.	21:30 น.	75	85
15/5/2013	Day	Sunny	145	17:15 น.	17:45 น.	30	17:45 น.	18:30 น.	45	22:45 น.	23:45 น.	60	75
15/5/2013	Night	Sunny	146	19:20 น.	20:15 น.	55	20:15 น.	21:30 น.	75	3:00 น.	4:00 น.	60	130
			147	21:30 น.	22:45 น.	75	22:45 น.	23:45 น.	60	7:20 น.	8:20 น.	60	135
			148	1:15 น.	3:00 น.	105	3:00 น.	4:00 น.	60	9:15 น.	10:10 น.	55	165
			149	5:20 น.	6:45 น.	85			0			0	85
16/5/2013	Day	Sunny	149			0	7:20 น.	8:20 น.	60	12:45 น.	13:30 น.	45	60
			150	8:30 น.	9:15 น.	45	9:15 น.	10:10 น.	55	15:20 น.	17:15 น.	115	100
			151	10:15 น.	11:20 น.	65	12:45 น.	13:30 น.	45	19:00 น.	20:20 น.	80	110

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

Date	Shift	Weather	Ring No.	Excavation			Ring erection			Grouting			Total
				Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Duration (Min)
16/5/2013	Day	Sunny	152	13:50 น.	14:40 น.	50	15:20 น.	17:15 น.	115	22:00 น.	23:10 น.	70	165
			153	17:15 น.	18:20 น.	65			0			0	65
16/3/2013	Night	Sunny	153			0	19:00 น.	20:20 น.	80	3:00 น.	4:00 น.	60	80
			154	20:15 น.	21:40 น.	85	22:00 น.	23:10 น.	70	5:00 น.	6:45 น.	105	155
			155	2:00 น.	3:00 น.	60	3:00 น.	4:00 น.	60	10:00 น.	11:05 น.	65	120
			156	4:00 น.	5:00 น.	60	5:00 น.	6:45 น.	105	14:00 น.	14:55 น.	55	165
17/5/2013	Day	Sunny	157	9:00 น.	10:00 น.	60	10:00 น.	11:05 น.	65	16:00 น.	16:55 น.	55	125
			158	13:00 น.	13:55 น.	55	14:00 น.	14:55 น.	55	21:00 น.	22:00 น.	60	110
			159	14:45 น.	16:00 น.	75	16:00 น.	16:55 น.	55	1:30 น.	2:45 น.	75	130
17/5/2013	Night	Sunny	160	17:10 น.	18:00 น.	50			0			0	50
11/6/2013	Night	Sunny	160			0	21:00 น.	22:00 น.	60	1:30 น.	2:45 น.	75	60
			161	22:15 น.	23:15 น.	60	1:30 น.	2:45 น.	75	13:30 น.	14:45 น.	75	135
12/6/2013	Day	Sunny	162	10:00 น.	11:00 น.	60	13:30 น.	14:45 น.	75	17:00 น.	18:10 น.	70	135
			163	16:00 น.	17:00 น.	60	17:00 น.	18:10 น.	70	14:00 น.	14:50 น.	50	130
12/6/2013	Night												
13/6/2013	Day	Sunny	164	9:20 น.	12:00 น.	160	14:00 น.	14:50 น.	50	20:00 น.	7:00 น.	660	210
			165	17:00 น.	18:15 น.	75			0			0	75

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

Date	Shift	Weather	Ring No.	Excavation			Ring erection			Grouting			Total
				Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Duration (Min)
13/6/2013	Night	Sunny	165				20:00 น.	7:00 น.	60	10:00 น.	11:00 น.	60	105
14/6/2013	Day	Sunny	166	9:15 น.	10:00 น.	45	10:00 น.	11:00 น.	60	16:00 น.	17:00 น.	60	360
			167	11:00 น.	16:00 น.	300	16:00 น.	17:00 น.	60	18:00 น.	19:00 น.	60	115
			168	17:00 น.	17:55 น.	55	18:00 น.	19:00 น.	60	21:55 น.	22:55 น.	60	90
14/6/2013	Night	Sunny	169	19:50 น.	20:20 น.	30	21:55 น.	22:55 น.	65	23:55 น.	1:00 น.	65	130
			170	22:50 น.	23:55 น.	65	23:55 น.	1:00 น.	65	2:55 น.	4:00 น.	65	135
			171	1:45 น.	2:55 น.	70	2:55 น.	4:00 น.	75	4:55 น.	6:10 น.	75	130
			172	4:00 น.	4:55 น.	55	4:55 น.	6:10 น.	60	9:30 น.	10:30 น.	60	115
15/6/2013	Day	Sunny	173	8:00 น.	8:55 น.	55	9:30 น.	10:30 น.	60	11:45 น.	12:45 น.	60	115
			174	10:30 น.	11:45 น.	75	11:45 น.	12:45 น.	60	14:55 น.	15:45 น.	50	135
			175	13:25 น.	14:15 น.	50	14:55 น.	15:45 น.	50	17:15 น.	18:15 น.	60	100
15/6/2013	Day	Sunny	176	15:45 น.	16:30 น.	45	17:15 น.	18:15 น.	60	20:40 น.	21:15 น.	35	105
15/6/2013	Night	Sunny	177	19:45 น.	20:20 น.	35	20:40 น.	21:15 น.	35	22:20 น.	23:10 น.	50	70
			178	21:30 น.	22:15 น.	45	22:20 น.	23:10 น.	50	0:00 น.	0:55 น.	55	95
			179	23:10 น.	0:00 น.	50	0:00 น.	0:55 น.	55	2:35 น.	3:15 น.	40	105
			180	1:45 น.	2:30 น.	45	2:35 น.	3:15 น.	40	4:35 น.	5:20 น.	45	85
			181	3:35 น.	4:15 น.	40	4:35 น.	5:20 น.	45	8:55 น.	9:40 น.	45	85

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

Date	Shift	Weather	Ring No.	Excavation			Ring erection			Grouting			Total
				Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Duration (Min)
16/6/2013	Day												
16/6/2013	Night												
17/6/2013	Day	Sunny	182	8:00 น.	8:40 น.	40	8:55 น.	9:40 น.	45	10:45 น.	11:35 น.	50	85
			183	10:00 น.	10:35 น.	35	10:45 น.	11:35 น.	50	13:05 น.	14:05 น.	60	85
			184	11:35 น.	12:30 น.	55	13:05 น.	14:05 น.	60	16:45 น.	17:30 น.	45	115
			185	14:20 น.	14:40 น.	20	16:45 น.	17:30 น.	45	20:35 น.	22:10 น.	95	65
			186	17:30 น.	18:05 น.	35			0			0	35
17/6/2013	Night	Sunny	187	20:00 น.	20:35 น.	35	20:35 น.	22:10 น.	95	23:00 น.	0:00 น.	60	130
			188	22:10 น.	23:00 น.	50	23:00 น.	0:00 น.	60	0:40 น.	1:30 น.	50	110
			189	0:00 น.	0:40 น.	40	0:40 น.	1:30 น.	50	2:40 น.	4:45 น.	125	90
			190	2:00 น.	2:40 น.	40	2:40 น.	4:45 น.	125	5:20 น.	6:30 น.	70	165
			191	4:45 น.	5:20 น.	35	5:20 น.	6:30 น.	70	8:35 น.	9:35 น.	60	105
18/6/2013	Day	Sunny	192	7:20 น.	8:00 น.	40	8:35 น.	9:35 น.	60	10:20 น.	11:10 น.	50	100
			193	9:35 น.	10:10 น.	35	10:20 น.	11:10 น.	50	12:25 น.	13:10 น.	45	85
			194	11:25 น.	12:10 น.	45	12:25 น.	13:10 น.	45	15:45 น.	16:20 น.	35	90
			195	14:20 น.	15:45 น.	85	15:45 น.	16:20 น.	35	17:10 น.	17:50 น.	40	120
			196	16:20 น.	17:00 น.	40	17:10 น.	17:50 น.	40	22:00 น.	22:45 น.	45	80

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

Date	Shift	Weather	Ring No.	Excavation			Ring erection			Grouting			Total
				Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Duration (Min)
18/6/2013	Night	Sunny	197	18:00 น.	18:20 น.	20			0			0	20
			197	21:30 น.	22:00 น.	30	22:00 น.	22:45 น.	45	23:45 น.	0:45 น.	60	75
			198	22:45 น.	23:45 น.	60	23:45 น.	0:45 น.	60	2:10 น.	4:10 น.	120	120
			199	0:45 น.	1:40 น.	55	2:10 น.	4:10 น.	120	5:00 น.	6:00 น.	60	175
			200	4:15 น.	5:00 น.	45	5:00 น.	6:00 น.	60	7:35 น.	12:20 น.	285	105
			201	6:00 น.	6:45 น.	45			0			0	45
19/6/2013	Day	Sunny	201			0	7:35 น.	12:20 น.	285	14:00 น.	15:20 น.	80	285
			202	12:20 น.	13:00 น.	40	14:00 น.	15:20 น.	80	16:15 น.	17:00 น.	45	120
			203	15:30 น.	16:00 น.	30	16:15 น.	17:00 น.	45	18:15 น.	19:00 น.	45	75
			204	17:10 น.	18:00 น.	50	18:15 น.	19:00 น.	45	20:45 น.	21:45 น.	60	95
19/6/2013	Night	Sunny	205	20:00 น.	20:45 น.	45	20:45 น.	21:45 น.	60	22:30 น.	23:20 น.	50	105
			206	21:45 น.	22:30 น.	45	22:30 น.	23:20 น.	50	0:00 น.	1:10 น.	70	95
			207	23:20 น.	0:00 น.	40	0:00 น.	1:10 น.	70	1:45 น.	3:00 น.	75	110
			208	1:10 น.	1:45 น.	35	1:45 น.	3:00 น.	75	3:45 น.	5:00 น.	75	110
			209	3:00 น.	3:45 น.	45	3:45 น.	5:00 น.	75	8:15 น.	9:10 น.	55	120
20/6/2013	Day	Sunny	210	7:35 น.	8:10 น.	35	8:15 น.	9:10 น.	55	10:20 น.	11:15 น.	55	90
			211	9:15 น.	10:15 น.	60	10:20 น.	11:15 น.	55	14:00 น.	15:00 น.	60	115

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

Date	Shift	Weather	Ring No.	Excavation			Ring erection			Grouting			Total
				Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Duration (Min)
20/6/2013	Day	Sunny	212	12:45 น.	13:15 น.	30	14:00 น.	15:00 น.	60	15:45 น.	18:15 น.	150	90
			213	15:15 น.	15:45 น.	30	15:45 น.	18:15 น.	150	19:00 น.	20:10 น.	70	180
20/6/2013	Night	Sunny	214	19:00 น.	20:10 น.	70	20:10 น.	21:10 น.	60	21:55 น.	22:55 น.	60	130
			215	21:10 น.	21:55 น.	45	21:55 น.	22:55 น.	60	0:00 น.	1:00 น.	60	105
			216	22:55 น.	23:55 น.	60	0:00 น.	1:00 น.	60	1:45 น.	2:30 น.	45	120
			217	1:00 น.	1:45 น.	45	1:45 น.	2:30 น.	45	3:20 น.	4:00 น.	40	90
			218	2:30 น.	3:20 น.	50	3:20 น.	4:00 น.	40	4:50 น.	5:00 น.	10	90
			219	4:00 น.	4:40 น.	40	4:50 น.	5:00 น.	10	9:40 น.	10:35 น.	55	50
			220	9:10 น.	9:40 น.	30	9:40 น.	10:35 น.	55	12:00 น.	13:00 น.	60	85
21/6/2013	Day	Sunny	221	10:35 น.	11:10 น.	35	12:00 น.	13:00 น.	60	13:20 น.	14:20 น.	60	95
			222	13:00 น.	13:20 น.	20	13:20 น.	14:20 น.	60	14:50 น.	15:50 น.	60	80
			223	14:20 น.	14:50 น.	30	14:50 น.	15:50 น.	60	17:30 น.	18:30 น.	60	90
			224	15:50 น.	16:30 น.	40	17:30 น.	18:30 น.	60	21:20 น.	22:55 น.	95	100
			225	20:35 น.	21:20 น.	45	21:20 น.	22:55 น.	95	23:30 น.	0:30 น.	60	140
21/6/2013	Night	Sunny	226	22:55 น.	23:30 น.	35	23:30 น.	0:30 น.	60	1:10 น.	2:45 น.	95	95
			227	0:30 น.	1:10 น.	40	1:10 น.	2:45 น.	95	3:30 น.	4:30 น.	60	135
			228	2:45 น.	3:30 น.	45	3:30 น.	4:30 น.	60	5:10 น.	6:15 น.	65	105

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

Date	Shift	Weather	Ring No.	Excavation			Ring erection			Grouting			Total
				Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Duration (Min)
21/6/2013	Night	Sunny	229	4:30 น.	5:10 น.	40	5:10 น.	6:15 น.	65	9:00 น.	9:50 น.	50	105
22/6/2013	Day	Sunny	230	8:20 น.	8:45 น.	25	9:00 น.	9:50 น.	50	11:15 น.	12:15 น.	60	75
			231	10:00 น.	10:50 น.	50	11:15 น.	12:15 น.	60	14:35 น.	15:20 น.	45	110
			232	13:50 น.	14:20 น.	30	14:35 น.	15:20 น.	45	16:25 น.	19:00 น.	155	75
			233	15:40 น.	16:15 น.	35	16:25 น.	19:00 น.	155	20:30 น.	21:20 น.	50	190
22/6/2013	Night	Sunny	235	19:50 น.	20:30 น.	40	20:30 น.	21:20 น.	50	22:30 น.	23:00 น.	30	90
			236	21:20 น.	22:00 น.	40	22:30 น.	23:00 น.	30	23:45 น.	0:30 น.	45	70
			237	23:00 น.	23:40 น.	40	23:45 น.	0:30 น.	45	2:15 น.	3:10 น.	55	85
			238	0:30 น.	2:15 น.	105	2:15 น.	3:10 น.	55	5:15 น.	6:15 น.	60	160
			239	3:10 น.	4:00 น.	50	5:15 น.	6:15 น.	60	9:10 น.	10:10 น.	60	110
23/6/2013	Day	Sunny	240	7:45 น.	8:20 น.	35	9:10 น.	10:10 น.	60	13:45 น.	15:00 น.	75	95
			241	10:55 น.	11:50 น.	55	13:45 น.	15:00 น.	75	11:35 น.	12:40 น.	65	130
23/6/2013	Night												
24/6/2013	Day												
24/6/2013	Night												
25/6/2013	Day	Sunny	242	8:45 น.	10:00 น.	75	11:35 น.	12:40 น.	65	13:30 น.	14:20 น.	50	140
			243	12:45 น.	13:20 น.	35	13:30 น.	14:20 น.	50	15:10 น.	16:15 น.	65	85

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

Date	Shift	Weather	Ring No.	Excavation			Ring erection			Grouting			Total
				Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Duration (Min)
25/6/2013	Day	Sunny	244	14:35 น.	15:10 น.	35	15:10 น.	16:15 น.	65	16:45 น.	17:40 น.	55	100
			245	16:20 น.	16:45 น.	25	16:45 น.	17:40 น.	55	9:15 น.	10:10 น.	55	80
			246	17:40 น.	18:20 น.	40			0			0	40
25/6/2013	Night	Sunny	247	8:30 น.	9:15 น.	45	9:15 น.	10:10 น.	55	11:45 น.	12:30 น.	45	100
			248	10:10 น.	11:45 น.	95	11:45 น.	12:30 น.	45	13:15 น.	14:05 น.	50	140
			249	12:45 น.	13:15 น.	30	13:15 น.	14:05 น.	50	16:30 น.	17:15 น.	45	80
			250	14:05 น.	16:30 น.	145	16:30 น.	17:15 น.	45	17:45 น.	18:45 น.	60	190
			251	17:15 น.	17:45 น.	30	17:45 น.	18:45 น.	60	20:10 น.	21:00 น.	50	90
26/6/2013	Day	Sunny	252	19:45 น.	20:10 น.	25	20:10 น.	21:00 น.	50	21:30 น.	22:15 น.	45	75
			253	21:00 น.	21:30 น.	30	21:30 น.	22:15 น.	45	23:45 น.	0:20 น.	35	75
			254	22:30 น.	23:00 น.	30	23:45 น.	0:20 น.	35	1:20 น.	2:20 น.	60	65
			255	0:20 น.	1:20 น.	60	1:20 น.	2:20 น.	60	3:00 น.	3:50 น.	50	120
			256	2:20 น.	3:00 น.	40	3:00 น.	3:50 น.	50	4:20 น.	5:00 น.	40	90
			257	3:50 น.	4:20 น.	30	4:20 น.	5:00 น.	40	6:00 น.	7:00 น.	60	70
			258	5:10 น.	5:35 น.	25	6:00 น.	7:00 น.	60	20:00 น.	20:45 น.	45	85
			259	19:20 น.	20:00 น.	40	20:00 น.	20:45 น.	45	22:35 น.	23:10 น.	35	85
26/6/2013	Night	Sunny	260	21:45 น.	22:35 น.	50	22:35 น.	23:10 น.	35	23:45 น.	0:20 น.	35	85

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

Date	Shift	Weather	Ring No.	Excavation			Ring erection			Grouting			Total
				Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Duration (Min)
26/6/2013	Night	Sunny	261	23:10 น.	23:45 น.	35	23:45 น.	0:20 น.	35	1:00 น.	1:40 น.	40	70
			262	0:20 น.	1:00 น.	40	1:00 น.	1:40 น.	40	2:15 น.	2:55 น.	40	80
			263	1:40 น.	2:15 น.	35	2:15 น.	2:55 น.	40	3:20 น.	4:30 น.	70	75
			264	2:55 น.	3:20 น.	25	3:20 น.	4:30 น.	70	5:15 น.	6:00 น.	45	95
			265	4:20 น.	5:00 น.	40	5:15 น.	6:00 น.	45	9:10 น.	9:50 น.	40	85
27/6/2013	Day	Sunny	266	8:45 น.	9:10 น.	25	9:10 น.	9:50 น.	40	10:30 น.	11:10 น.	40	65
			267	9:50 น.	10:30 น.	40	10:30 น.	11:10 น.	40	12:20 น.	13:00 น.	40	80
			268	11:45 น.	12:15 น.	30	12:20 น.	13:00 น.	40	14:35 น.	15:20 น.	45	70
			269	13:20 น.	13:45 น.	25	14:35 น.	15:20 น.	45	16:00 น.	17:00 น.	60	70
			270	15:30 น.	16:00 น.	30	16:00 น.	17:00 น.	60	20:30 น.	21:00 น.	30	90
27/6/2013	Night	Sunny	271	19:25 น.	20:00 น.	35	20:30 น.	21:00 น.	30	16:50 น.	17:35 น.	45	65
28/6/2013	Day	Sunny	272	15:15 น.	16:20 น.	65	16:50 น.	17:35 น.	45	19:00 น.	20:00 น.	60	110
			273	17:35 น.	18:30 น.	55			0	20:45 น.	21:45 น.	60	55
28/6/2013	Night	Sunny	273			0	19:00 น.	20:00 น.	60	23:00 น.	0:00 น.	60	60
			274	20:00 น.	20:45 น.	45	20:45 น.	21:45 น.	60	0:40 น.	1:30 น.	50	105
			275	22:15 น.	23:00 น.	45	23:00 น.	0:00 น.	60	2:30 น.	3:10 น.	40	105
			276	0:00 น.	0:40 น.	40	0:40 น.	1:30 น.	50	9:20 น.	10:00 น.	40	90

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

Date	Shift	Weather	Ring No.	Excavation			Ring erection			Grouting			Total
				Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Duration (Min)
28/6/2013	Night	Sunny	277	1:45 น.	2:30 น.	45	2:30 น.	3:10 น.	40	10:30 น.	11:10 น.	40	85
29/6/2013	Day	Sunny	278	8:00 น.	8:30 น.	30	9:20 น.	10:00 น.	40	12:15 น.	12:45 น.	30	70
			279	10:10 น.	10:30 น.	20	10:30 น.	11:10 น.	40	13:45 น.	14:30 น.	45	60
			280	11:30 น.	12:15 น.	45	12:15 น.	12:45 น.	30	15:00 น.	15:40 น.	40	75
			281	13:10 น.	13:45 น.	35	13:45 น.	14:30 น.	45	16:20 น.	16:55 น.	35	80
			282	14:30 น.	15:00 น.	30	15:00 น.	15:40 น.	40	17:30 น.	17:55 น.	25	70
			283	15:40 น.	16:00 น.	20	16:20 น.	16:55 น.	35			0	55
			284	17:00 น.	17:30 น.	30	17:30 น.	17:55 น.	25	19:15 น.	20:00 น.	45	55
			285	18:20 น.	18:45 น.	25			0	20:30 น.	21:30 น.	60	25
29/6/2013	Night	Sunny	285			0	19:15 น.	20:00 น.	45	22:15 น.	23:10 น.	55	45
			286	20:00 น.	20:30 น.	30	20:30 น.	21:30 น.	60	23:45 น.	0:00 น.	15	90
			287	21:30 น.	22:15 น.	45	22:15 น.	23:10 น.	55	0:45 น.	1:30 น.	45	100
			288	23:10 น.	23:45 น.	35	23:45 น.	0:00 น.	15	2:10 น.	3:30 น.	80	50
			289	0:10 น.	0:45 น.	35	0:45 น.	1:30 น.	45	4:15 น.	4:45 น.	30	80
			290	1:30 น.	2:10 น.	40	2:10 น.	3:30 น.	80	5:20 น.	6:15 น.	55	120
			291	3:30 น.	4:15 น.	45	4:15 น.	4:45 น.	30	10:25 น.	11:10 น.	45	75
			292	4:45 น.	5:20 น.	35	5:20 น.	6:15 น.	55	12:30 น.	13:15 น.	45	90

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

Date	Shift	Weather	Ring No.	Excavation			Ring erection			Grouting			Total
				Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Duration (Min)
29/6/2013	Night	Sunny	293	18:10 น.	19:00 น.	50			0			0	50
			294	10:00 น.	10:25 น.	25	10:25 น.	11:10 น.	45	14:00 น.	14:35 น.	35	70
			295	11:10 น.	11:50 น.	40	12:30 น.	13:15 น.	45	15:10 น.	16:20 น.	70	85
			296	13:30 น.	14:00 น.	30	14:00 น.	14:35 น.	35	17:35 น.	18:10 น.	35	65
			297	14:35 น.	15:10 น.	35	15:10 น.	16:20 น.	70	21:15 น.	22:30 น.	75	105
			298	16:50 น.	17:35 น.	45	17:35 น.	18:10 น.	35	23:10 น.	0:00 น.	50	80
			299	18:10 น.	19:00 น.	50			0			0	50
30/6/2013	Day	Sunny	300	20:30 น.	21:15 น.	45	21:15 น.	22:30 น.	75	0:30 น.	1:20 น.	50	120
			301	22:30 น.	23:10 น.	40	23:10 น.	0:00 น.	50	4:00 น.	5:00 น.	60	90
			302	0:00 น.	0:30 น.	30	0:30 น.	1:20 น.	50	5:30 น.	6:20 น.	50	80
			303	1:20 น.	2:00 น.	40	4:00 น.	5:00 น.	60	7:00 น.	8:00 น.	60	100
			304	5:00 น.	5:30 น.	30	5:30 น.	6:20 น.	50	9:35 น.	10:25 น.	50	80
30/6/2013	Night												
1/7/2013	Day												
2/7/2013	Night												
3/7/2013	Day	Sunny	305			0	7:00 น.	8:00 น.	60	11:10 น.	11:35 น.	25	60
			306	8:00 น.	8:30 น.	30	9:35 น.	10:25 น.	50	12:10 น.	12:45 น.	35	80

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

Date	Shift	Weather	Ring No.	Excavation			Ring erection			Grouting			Total
				Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Duration (Min)
3/7/2013			307	10:30 น.	11:00 น.	30	11:10 น.	11:35 น.	25	14:00 น.	14:50 น.	50	55
			308	11:25 น.	12:10 น.	45	12:10 น.	12:45 น.	35	19:00 น.	20:00 น.	60	80
3/7/2013	Day	Sunny	309	12:45 น.	13:20 น.	35	14:00 น.	14:50 น.	50	23:10 น.	0:10 น.	60	85
			310	15:30 น.	15:55 น.	25			0			0	25
3/7/2013	Night	Sunny	310			0	19:00 น.	20:00 น.	60	0:45 น.	1:40 น.	55	60
			311	22:30 น.	23:10 น.	40	23:10 น.	0:10 น.	60	2:30 น.	3:30 น.	60	100
			312	0:10 น.	0:45 น.	35	0:45 น.	1:40 น.	55	4:00 น.	4:55 น.	55	90
			313	1:40 น.	2:10 น.	30	2:30 น.	3:30 น.	60	5:30 น.	6:15 น.	45	90
			314	3:30 น.	4:00 น.	30	4:00 น.	4:55 น.	55	7:30 น.	8:15 น.	45	85
			315	4:55 น.	5:30 น.	35	5:30 น.	6:15 น.	45	9:00 น.	9:25 น.	25	80
			316	6:15 น.	6:55 น.	40			0			0	40
4/7/2013	Day	Sunny	316			0	7:30 น.	8:15 น.	45	10:10 น.	10:55 น.	45	45
			317	8:15 น.	8:55 น.	40	9:00 น.	9:25 น.	25	12:15 น.	12:30 น.	15	65
			318	9:25 น.	10:10 น.	45	10:10 น.	10:55 น.	45	13:30 น.	14:00 น.	30	90
			319	11:10 น.	12:00 น.	50	12:15 น.	12:30 น.	15	14:50 น.	15:20 น.	30	65
			320	12:15 น.	13:30 น.	75	13:30 น.	14:00 น.	30	16:20 น.	16:55 น.	35	105
			321	14:20 น.	14:50 น.	30	14:50 น.	15:20 น.	30	17:15 น.	17:55 น.	40	60

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

Date	Shift	Weather	Ring No.	Excavation			Ring erection			Grouting			Total
				Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Duration (Min)
4/7/2013	Day	Sunny	322	15:20 น.	15:45 น.	25	16:20 น.	16:55 น.	35	19:30 น.	20:10 น.	40	60
			323	16:55 น.	17:15 น.	20	17:15 น.	17:55 น.	40	21:00 น.	22:00 น.	60	60
			324	17:55 น.	18:10 น.	15			0			0	15
4/7/2013	Night	Sunny	324			0	19:30 น.	20:10 น.	40	22:30 น.	23:10 น.	40	40
			325	20:10 น.	21:00 น.	50	21:00 น.	22:00 น.	60	1:00 น.	1:50 น.	50	110
			326	22:00 น.	22:30 น.	30	22:30 น.	23:10 น.	40	2:20 น.	3:15 น.	55	70
			327	23:10 น.	0:00 น.	50	1:00 น.	1:50 น.	50	5:00 น.	6:00 น.	60	100
			328	1:50 น.	2:20 น.	30	2:20 น.	3:15 น.	55	8:15 น.	9:10 น.	55	85
			329	3:15 น.	5:00 น.	105	5:00 น.	6:00 น.	60	11:00 น.	11:30 น.	30	165
			330	6:00 น.	6:30 น.	30			0			0	30
5/7/2013	Day	Sunny	330			0	8:15 น.	9:10 น.	55	12:30 น.	12:55 น.	25	55
			331	10:20 น.	11:00 น.	40	11:00 น.	11:30 น.	30	14:50 น.	15:20 น.	30	70
			332	11:30 น.	12:15 น.	45	12:30 น.	12:55 น.	25	16:15 น.	18:15 น.	120	70
			333	14:15 น.	14:50 น.	35	14:50 น.	15:20 น.	30	21:45 น.	22:20 น.	35	65
			334	15:20 น.	16:00 น.	40	16:15 น.	18:15 น.	120	23:55 น.	0:20 น.	25	160
5/7/2013	Night	Sunny	335	20:20 น.	21:10 น.	50	21:45 น.	22:20 น.	35	1:10 น.	1:55 น.	45	85
			336	22:20 น.	23:10 น.	50	23:55 น.	0:20 น.	25	3:45 น.	4:20 น.	35	75

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

Date	Shift	Weather	Ring No.	Excavation			Ring erection			Grouting			Total
				Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Duration (Min)
5/7/2013	Night	Sunny	337	0:20 น.	1:10 น.	50	1:10 น.	1:55 น.	45	5:00 น.	6:00 น.	60	95
			338	1:55 น.	2:20 น.	25	3:45 น.	4:20 น.	35	8:15 น.	9:00 น.	45	60
			339	4:20 น.	5:00 น.	40	5:00 น.	6:00 น.	60	10:50 น.	11:25 น.	35	100
			340	6:15 น.	7:00 น.	45			0			0	45
6/7/2013	Day	Sunny	340			0	8:15 น.	9:00 น.	45	15:15 น.	16:00 น.	45	45
			341	10:10 น.	10:50 น.	40	10:50 น.	11:25 น.	35	2:45 น.	3:20 น.	35	75
			342	11:25 น.	14:30 น.	185	15:15 น.	16:00 น.	45	4:30 น.	5:20 น.	50	230
6/7/2013	Night	Sunny	343	1:35 น.	2:00 น.	25	2:45 น.	3:20 น.	35	8:30 น.	9:15 น.	45	60
			344	4:10 น.	4:30 น.	20	4:30 น.	5:20 น.	50	10:20 น.	11:15 น.	55	70
7/7/2013	Day	Sunny											
	Night	Sunny											
8/7/2013	Day	Sunny	345	7:45 น.	8:30 น.	45	8:30 น.	9:15 น.	45	11:50 น.	12:20 น.	30	90
			346	9:45 น.	10:20 น.	35	10:20 น.	11:15 น.	55	13:15 น.	14:00 น.	45	90
			347	11:15 น.	11:50 น.	35	11:50 น.	12:20 น.	30	17:10 น.	18:00 น.	50	65
			348	12:30 น.	13:10 น.	40	13:15 น.	14:00 น.	45	19:20 น.	20:10 น.	50	85
			349	14:10 น.	17:00 น.	170	17:10 น.	18:00 น.	50	21:50 น.	22:45 น.	55	220
			350	18:10 น.	18:30 น.	20			0			0	20

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

Date	Shift	Weather	Ring No.	Excavation			Ring erection			Grouting			Total
				Start	Finish	Duration	Start	Finish	Duration	Start	Finish	Duration	Duration
						(Min)			(Min)			(Min)	(Min)
8/7/2013	Night	Sunny	350			0	19:20 น.	20:10 น.	50	23:15 น.	0:10 น.	55	50
			351	20:10 น.	21:10 น.	60	21:50 น.	22:45 น.	55	0:45 น.	1:20 น.	35	115
			352	22:45 น.	23:15 น.	30	23:15 น.	0:10 น.	55	2:10 น.	3:10 น.	60	85
			353	0:10 น.	0:45 น.	35	0:45 น.	1:20 น.	35	4:00 น.	4:30 น.	30	70
			354	1:20 น.	2:10 น.	50	2:10 น.	3:10 น.	60	6:10 น.	6:40 น.	30	110
8/7/2013	Night	Sunny	355	3:10 น.	3:40 น.	30	4:00 น.	4:30 น.	30	8:20 น.	9:10 น.	50	60
			356	4:30 น.	5:20 น.	50	6:10 น.	6:40 น.	30	9:55 น.	10:25 น.	30	80
9/7/2013	Day	Sunny	357	7:55 น.	8:20 น.	25	8:20 น.	9:10 น.	50	11:35 น.	12:10 น.	35	75
			358	9:15 น.	9:55 น.	40	9:55 น.	10:25 น.	30	13:00 น.	14:00 น.	60	70
9/7/2013	Day	Sunny	359	10:25 น.	10:55 น.	30	11:35 น.	12:10 น.	35	15:10 น.	15:45 น.	35	65
			360	12:15 น.	13:00 น.	45	13:00 น.	14:00 น.	60	16:20 น.	17:10 น.	50	105
			361	14:00 น.	14:25 น.	25	15:10 น.	15:45 น.	35	23:15 น.	0:10 น.	55	60
			362	15:45 น.	16:20 น.	35	16:20 น.	17:10 น.	50	0:50 น.	1:20 น.	30	85
9/7/2013	Night	Sunny	363	22:55 น.	23:15 น.	20	23:15 น.	0:10 น.	55	1:55 น.	2:30 น.	35	75
			364	0:10 น.	0:50 น.	40	0:50 น.	1:20 น.	30	3:30 น.	4:20 น.	50	70
			365	1:20 น.	1:55 น.	35	1:55 น.	2:30 น.	35	5:45 น.	6:20 น.	35	70
			366	3:00 น.	3:30 น.	30	3:30 น.	4:20 น.	50	9:20 น.	10:10 น.	50	80

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

Date	Shift	Weather	Ring No.	Excavation			Ring erection			Grouting			Total
				Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Duration (Min)
9/7/2013	Night	Sunny	367	4:20 น.	5:45 น.	85	5:45 น.	6:20 น.	35	12:10 น.	12:55 น.	45	120
10/7/2013	Day	Sunny	368	7:35 น.	8:20 น.	45	9:20 น.	10:10 น.	50	14:45 น.	15:20 น.	35	95
			369	10:20 น.	11:55 น.	95	12:10 น.	12:55 น.	45	17:00 น.	17:45 น.	45	140
			370	14:10 น.	14:45 น.	35	14:45 น.	15:20 น.	35	19:30 น.	20:55 น.	85	70
			371	16:25 น.	17:00 น.	35	17:00 น.	17:45 น.	45	21:15 น.	22:00 น.	45	80
			372	18:00 น.	18:20 น.	20			0			0	20
			372			0	19:30 น.	20:55 น.	85	22:30 น.	23:20 น.	50	85
10/7/2013	Night	Sunny	373	20:55 น.	21:15 น.	20	21:15 น.	22:00 น.	45	0:10 น.	1:00 น.	50	65
			374	22:00 น.	22:30 น.	30	22:30 น.	23:20 น.	50	2:15 น.	3:15 น.	60	80
			375	23:20 น.	0:10 น.	50	0:10 น.	1:00 น.	50	3:45 น.	4:20 น.	35	100
			376	1:30 น.	2:15 น.	45	2:15 น.	3:15 น.	60	5:10 น.	6:00 น.	50	105
			377	3:15 น.	3:45 น.	30	3:45 น.	4:20 น.	35	8:35 น.	9:20 น.	45	65
10/7/2013	Night	Sunny	378	4:20 น.	5:10 น.	50	5:10 น.	6:00 น.	50	10:15 น.	11:00 น.	45	100
11/7/2013	Day	Sunny	379	8:15 น.	8:35 น.	20	8:35 น.	9:20 น.	45	13:10 น.	13:55 น.	45	65
			380	9:45 น.	10:10 น.	25	10:15 น.	11:00 น.	45	14:25 น.	15:20 น.	55	70
			381	11:30 น.	12:15 น.	45	13:10 น.	13:55 น.	45	15:50 น.	16:20 น.	30	90
			382	14:10 น.	14:25 น.	15	14:25 น.	15:20 น.	55	22:10 น.	23:00 น.	50	70

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

Date	Shift	Weather	Ring No.	Excavation			Ring erection			Grouting			Total
				Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Duration (Min)
11/7/2013	Day	Sunny	383	15:20 น.	15:50 น.	30	15:50 น.	16:20 น.	30	23:20 น.	0:15 น.	55	60
11/7/2013	Night	Sunny	384	21:20 น.	22:10 น.	50	22:10 น.	23:00 น.	50	2:35 น.	3:20 น.	45	100
			385	23:00 น.	23:20 น.	20	23:20 น.	0:15 น.	55	4:00 น.	5:00 น.	60	75
			386	2:00 น.	2:35 น.	35	2:35 น.	3:20 น.	45	5:25 น.	6:15 น.	50	80
			387	3:20 น.	4:00 น.	40	4:00 น.	5:00 น.	60	9:50 น.	10:20 น.	30	100
			388	20:00 น.	5:25 น.	565	5:25 น.	6:15 น.	50	14:15 น.	15:10 น.	55	615
12/7/2013	Day	Sunny	389	8:10 น.	8:30 น.	20	9:50 น.	10:20 น.	30	15:45 น.	16:20 น.	35	50
12/7/2013	Day	Sunny	390	10:50 น.	11:20 น.	30	14:15 น.	15:10 น.	55	17:10 น.	17:35 น.	25	85
			391	15:10 น.	15:45 น.	35	15:45 น.	16:20 น.	35	20:00 น.	20:55 น.	55	70
			392	16:20 น.	16:55 น.	35	17:10 น.	17:35 น.	25	23:15 น.	0:10 น.	55	60
			393	17:50 น.	18:10 น.	20			0			0	20
12/7/2013	Night	Sunny	393			0	20:00 น.	20:55 น.	55	0:45 น.	1:20 น.	35	55
			394	22:15 น.	23:15 น.	60	23:15 น.	0:10 น.	55	2:20 น.	3:15 น.	55	115
			395	0:10 น.	0:45 น.	35	0:45 น.	1:20 น.	35	4:00 น.	4:45 น.	45	70
			396	2:00 น.	2:20 น.	20	2:20 น.	3:15 น.	55	5:20 น.	6:15 น.	55	75
12/7/2013	Night	Sunny	397	3:15 น.	4:00 น.	45	4:00 น.	4:45 น.	45	9:20 น.	10:20 น.	60	90
			398	4:45 น.	5:20 น.	35	5:20 น.	6:15 น.	55	10:55 น.	11:30 น.	35	90

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

Date	Shift	Weather	Ring No.	Excavation			Ring erection			Grouting			Total
				Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Duration (Min)
13/7/2013	Day												
14/7/2013	Day												
15/7/2013	Day	Sunny	399	8:40 น.	9:20 น.	40	9:20 น.	10:20 น.	60	11:55 น.	12:35 น.	40	100
			400	10:20 น.	10:55 น.	35	10:55 น.	11:30 น.	35	13:35 น.	14:20 น.	45	70
			401	11:30 น.	11:55 น.	25	11:55 น.	12:35 น.	40	15:30 น.	16:35 น.	65	65
			402	13:10 น.	13:35 น.	25	13:35 น.	14:20 น.	45	17:00 น.	17:45 น.	45	70
			403	14:40 น.	15:30 น.	50	15:30 น.	16:35 น.	65	19:20 น.	20:00 น.	40	115
			404	16:35 น.	17:00 น.	25	17:00 น.	17:45 น.	45	21:25 น.	22:10 น.	45	70
15/7/2013	Day	Sunny	405	17:45 น.	18:20 น.	35			0			0	35
15/7/2013	Night	Sunny	405			0	19:20 น.	20:00 น.	40	22:40 น.	23:20 น.	40	40
			406	20:50 น.	21:20 น.	30	21:25 น.	22:10 น.	45	0:00 น.	0:45 น.	45	75
			407	22:10 น.	22:40 น.	30	22:40 น.	23:20 น.	40	1:30 น.	2:30 น.	60	70
			408	23:25 น.	0:00 น.	35	0:00 น.	0:45 น.	45	3:10 น.	4:00 น.	50	80
			409	1:00 น.	1:30 น.	30	1:30 น.	2:30 น.	60	4:30 น.	5:00 น.	30	90
			410	2:30 น.	3:10 น.	40	3:10 น.	4:00 น.	50	8:10 น.	9:10 น.	60	90
			411	4:10 น.	4:30 น.	20	4:30 น.	5:00 น.	30	10:30 น.	11:20 น.	50	50
16/7/2013	Day	Sunny	412	7:50 น.	8:10 น.	20	8:10 น.	9:10 น.	60	12:00 น.	13:10 น.	70	80

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

Date	Shift	Weather	Ring No.	Excavation			Ring erection			Grouting			Total
				Start	Finish	Duration	Start	Finish	Duration	Start	Finish	Duration	Duration
						(Min)			(Min)			(Min)	(Min)
16/7/2013	Day	Sunny	413	9:10 น.	9:50 น.	40	10:30 น.	11:20 น.	50	14:00 น.	14:40 น.	40	90
16/7/2013	Day	Sunny	414	11:20 น.	12:00 น.	40	12:00 น.	13:10 น.	70	6:00 น.	6:40 น.	40	110
			415	13:30 น.	14:00 น.	30	14:00 น.	14:40 น.	40	9:10 น.	10:00 น.	50	70
16/7/2013	Night	Sunny	416	5:10 น.	5:50 น.	40	6:00 น.	6:40 น.	40	11:30 น.	12:00 น.	30	80
17/7/2013	Day	Sunny	417	8:40 น.	9:10 น.	30	9:10 น.	10:00 น.	50	13:20 น.	14:20 น.	60	80
			418	10:50 น.	11:30 น.	40	11:30 น.	12:00 น.	30	14:55 น.	15:40 น.	45	70
			419	12:50 น.	13:20 น.	30	13:20 น.	14:20 น.	60	16:15 น.	16:55 น.	40	90
			420	14:20 น.	14:55 น.	35	14:55 น.	15:40 น.	45	17:50 น.	18:30 น.	40	80
			421	15:40 น.	16:15 น.	35	16:15 น.	16:55 น.	40	20:10 น.	20:55 น.	45	75
17/7/2013	Day	Sunny	422	17:20 น.	17:50 น.	30	17:50 น.	18:30 น.	40	21:15 น.	22:10 น.	55	70
17/7/2013	Night	Sunny	423	19:20 น.	19:55 น.	35	20:10 น.	20:55 น.	45	22:50 น.	23:30 น.	40	80
			424	20:55 น.	21:15 น.	20	21:15 น.	22:10 น.	55	0:20 น.	1:00 น.	40	75
			425	22:10 น.	22:50 น.	40	22:50 น.	23:30 น.	40	2:20 น.	3:15 น.	55	80
			426	23:30 น.	0:10 น.	40	0:20 น.	1:00 น.	40	4:00 น.	4:45 น.	45	80
			427	0:55 น.	2:20 น.	85	2:20 น.	3:15 น.	55	5:20 น.	6:10 น.	50	140
			428	3:30 น.	4:00 น.	30	4:00 น.	4:45 น.	45	8:20 น.	9:10 น.	50	75
			429	4:50 น.	5:10 น.	20	5:20 น.	6:10 น.	50	13:10 น.	14:10 น.	60	70

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

Date	Shift	Weather	Ring No.	Excavation			Ring erection			Grouting			Total
				Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Duration (Min)
18/7/2013	Day	Sunny	430	7:50 น.	8:20 น.	30	8:20 น.	9:10 น.	50	15:00 น.	15:45 น.	45	80
			431	12:50 น.	13:10 น.	20	13:10 น.	14:10 น.	60	16:20 น.	17:00 น.	40	80
			432	14:30 น.	15:00 น.	30	15:00 น.	15:45 น.	45	19:20 น.	20:10 น.	50	75
			433	15:45 น.	16:20 น.	35	16:20 น.	17:00 น.	40	20:45 น.	21:45 น.	60	75
18/7/2013	Day	Sunny	434	19:20 น.	20:10 น.	50	19:20 น.	20:10 น.	50	22:30 น.	23:00 น.	30	100
18/7/2013	Night	Sunny	435	20:10 น.	20:45 น.	35	20:45 น.	21:45 น.	60	1:00 น.	1:45 น.	45	95
			436	21:45 น.	22:20 น.	35	22:30 น.	23:00 น.	30	2:40 น.	3:30 น.	50	65
			437	23:30 น.	0:10 น.	40	1:00 น.	1:45 น.	45	4:30 น.	5:10 น.	40	85
			438	1:45 น.	2:30 น.	45	2:40 น.	3:30 น.	50	6:00 น.	7:00 น.	60	95
			439	3:30 น.	4:10 น.	40	4:30 น.	5:10 น.	40	8:00 น.	8:45 น.	45	80
18/7/2013	Night	Sunny	440	5:10 น.	5:55 น.	45	6:00 น.	7:00 น.	60	10:30 น.	11:10 น.	40	105
19/7/2013	Day	Sunny	441	7:20 น.	8:00 น.	40	8:00 น.	8:45 น.	45	11:30 น.	12:10 น.	40	85
			442	9:55 น.	10:30 น.	35	10:30 น.	11:10 น.	40	13:10 น.	14:00 น.	50	75
			443	11:10 น.	11:30 น.	20	11:30 น.	12:10 น.	40	15:10 น.	16:10 น.	60	60
			444	12:10 น.	13:10 น.	60	13:10 น.	14:00 น.	50	16:40 น.	17:30 น.	50	110
			445	14:00 น.	14:30 น.	30	15:10 น.	16:10 น.	60	18:00 น.	19:00 น.	60	90
			446	16:10 น.	16:40 น.	30	16:40 น.	17:30 น.	50	21:10 น.	21:55 น.	45	80

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

Date	Shift	Weather	Ring No.	Excavation			Ring erection			Grouting			Total
				Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Duration (Min)
19/7/2013	Day	Sunny	447	17:30 น.	18:00 น.	30	18:00 น.	19:00 น.	60	22:20 น.	23:10 น.	50	90
19/7/2013	Night	Sunny	448	20:20 น.	21:10 น.	50	21:10 น.	21:55 น.	45	23:50 น.	0:50 น.	60	95
			449	21:55 น.	22:20 น.	25	22:20 น.	23:10 น.	50	1:30 น.	2:30 น.	60	75
			450	23:10 น.	23:55 น.	45	23:50 น.	0:50 น.	60	4:40 น.	5:40 น.	60	105
			451	0:50 น.	1:30 น.	40	1:30 น.	2:30 น.	60	7:55 น.	8:40 น.	45	100
			452	4:10 น.	4:40 น.	30	4:40 น.	5:40 น.	60	9:10 น.	10:10 น.	60	90
			453	5:40 น.	6:20 น.	40			0			0	40
			453			0	7:55 น.	8:40 น.	45	10:40 น.	11:30 น.	50	45
20/7/2013	Day	Sunny	454	8:40 น.	9:10 น.	30	9:10 น.	10:10 น.	60	12:00 น.	12:50 น.	50	90
			455	10:10 น.	10:40 น.	30	10:40 น.	11:30 น.	50	14:00 น.	14:40 น.	40	80
			456	11:30 น.	12:00 น.	30	12:00 น.	12:50 น.	50	16:20 น.	17:10 น.	50	80
			457	13:30 น.	14:00 น.	30	14:00 น.	14:40 น.	40	17:50 น.	18:40 น.	50	70
20/7/2013	Day	Sunny	458	15:50 น.	16:20 น.	30	16:20 น.	17:10 น.	50	21:20 น.	22:00 น.	40	80
			459	17:20 น.	17:50 น.	30	17:50 น.	18:40 น.	50	23:40 น.	0:40 น.	60	80
			460	20:30 น.	21:10 น.	40	21:20 น.	22:00 น.	40	10:10 น.	11:00 น.	50	80
20/7/2013	Night	Sunny	461	22:10 น.	22:50 น.	40	23:40 น.	0:40 น.	60	12:10 น.	13:10 น.	60	100
			462	9:40 น.	10:10 น.	30	10:10 น.	11:00 น.	50	15:50 น.	16:45 น.	55	80

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

Date	Shift	Weather	Ring No.	Excavation			Ring erection			Grouting			Total
				Start	Finish	Duration	Start	Finish	Duration	Start	Finish	Duration	Duration
						(Min)			(Min)			(Min)	(Min)
21/7/2013	Day	Sunny	463	11:40 น.	12:10 น.	30	12:10 น.	13:10 น.	60	17:15 น.	18:20 น.	65	90
			464	13:10 น.	13:50 น.	40	15:50 น.	16:45 น.	55	20:30 น.	21:10 น.	40	95
			465	16:45 น.	17:15 น.	30	17:15 น.	18:20 น.	65	21:50 น.	22:50 น.	60	95
24/7/2013	Night	Sunny	466	19:40 น.	20:10 น.	30	20:30 น.	21:10 น.	40	23:30 น.	0:50 น.	80	70
			467	21:10 น.	21:50 น.	40	21:50 น.	22:50 น.	60	1:30 น.	2:40 น.	70	100
			468	22:50 น.	23:30 น.	40	23:30 น.	0:50 น.	80	3:30 น.	4:10 น.	40	120
			469	0:50 น.	1:30 น.	40	1:30 น.	2:40 น.	70	5:20 น.	6:30 น.	70	110
			470	2:40 น.	3:30 น.	50	3:30 น.	4:10 น.	40	8:55 น.	9:50 น.	55	90
			471	4:30 น.	5:20 น.	50	5:20 น.	6:30 น.	70	11:00 น.	12:00 น.	60	120
25/7/2013	Day	Sunny	472	8:20 น.	8:55 น.	35	8:55 น.	9:50 น.	55	12:30 น.	13:10 น.	40	90
			473	9:50 น.	10:20 น.	30	11:00 น.	12:00 น.	60	14:10 น.	15:00 น.	50	90
			474	12:00 น.	12:30 น.	30	12:30 น.	13:10 น.	40	15:30 น.	16:20 น.	50	70
25/7/2013	Day	Sunny	475	13:10 น.	13:40 น.	30	14:10 น.	15:00 น.	50	17:40 น.	18:30 น.	50	80
			476	15:00 น.	15:30 น.	30	15:30 น.	16:20 น.	50	20:30 น.	21:20 น.	50	80
			477	16:40 น.	17:20 น.	40	17:40 น.	18:30 น.	50	22:40 น.	23:30 น.	50	90
25/7/2013	Night	Sunny	478	19:40 น.	20:20 น.	40	20:30 น.	21:20 น.	50	0:30 น.	1:10 น.	40	90
			479	21:50 น.	22:30 น.	40	22:40 น.	23:30 น.	50	2:20 น.	3:10 น.	50	90

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

Date	Shift	Weather	Ring No.	Excavation			Ring erection			Grouting			Total
				Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Duration (Min)
25/7/2013	Night	Sunny	480	23:30 น.	0:10 น.	40	0:30 น.	1:10 น.	40	3:50 น.	4:40 น.	50	80
			481	1:20 น.	2:00 น.	40	2:20 น.	3:10 น.	50	7:20 น.	8:30 น.	70	90
			482	3:20 น.	3:50 น.	30	3:50 น.	4:40 น.	50	9:00 น.	10:00 น.	60	80
			483	6:00 น.	6:30 น.	30			0			0	30
26/7/2013	Day	Sunny	483			0	7:20 น.	8:30 น.	70	12:30 น.	13:20 น.	50	70
			484	8:30 น.	9:00 น.	30	9:00 น.	10:00 น.	60	13:55 น.	14:30 น.	35	90
			485	10:30 น.	11:00 น.	30	12:30 น.	13:20 น.	50	15:30 น.	16:10 น.	40	80
			486	13:20 น.	13:55 น.	35	13:55 น.	14:30 น.	35	16:40 น.	17:20 น.	40	70
			487	15:10 น.	15:30 น.	20	15:30 น.	16:10 น.	40	17:45 น.	18:30 น.	45	60
			488	16:10 น.	16:40 น.	30	16:40 น.	17:20 น.	40	20:30 น.	21:30 น.	60	70
			489	17:20 น.	17:45 น.	25	17:45 น.	18:30 น.	45	22:30 น.	23:20 น.	50	70
26/7/213	Night	Sunny	490	20:00 น.	20:30 น.	30	20:30 น.	21:30 น.	60	21:10 น.	22:00 น.	50	90
			491	21:30 น.	22:30 น.	60	22:30 น.	23:20 น.	50	22:40 น.	23:40 น.	60	110
27/7/2013	Day	Sunny											
27/7/2013	Night	Sunny	492	20:20 น.	21:10 น.	50	21:10 น.	22:00 น.	50	0:40 น.	1:30 น.	50	100
			493	22:00 น.	22:40 น.	40	22:40 น.	23:40 น.	60	2:40 น.	3:20 น.	40	100
			494	0:00 น.	0:35 น.	35	0:40 น.	1:30 น.	50	4:20 น.	5:00 น.	40	85

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

Date	Shift	Weather	Ring No.	Excavation			Ring erection			Grouting			Total
				Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Duration (Min)
27/7/2013	Night	Sunny	495	1:30 น.	2:20 น.	50	2:40 น.	3:20 น.	40	8:00 น.	8:50 น.	50	90
			496	3:20 น.	4:10 น.	50	4:20 น.	5:00 น.	40	9:20 น.	10:30 น.	70	90
			497	5:50 น.	6:30 น.	40			0			0	40
28/7/2013	Day	Sunny	497			0	8:00 น.	8:50 น.	50	11:10 น.	12:00 น.	50	50
			498	8:50 น.	9:20 น.	30	9:20 น.	10:30 น.	70	12:30 น.	13:30 น.	60	100
			499	10:30 น.	11:10 น.	40	11:10 น.	12:00 น.	50	14:00 น.	14:50 น.	50	90
			500	12:00 น.	12:30 น.	30	12:30 น.	13:30 น.	60	2:00 น.	2:40 น.	40	90
28/7/2013	Night	Sunny	501	13:30 น.	14:00 น.	30	14:00 น.	14:50 น.	50	3:30 น.	4:10 น.	40	80
			502	1:10 น.	1:55 น.	45	2:00 น.	2:40 น.	40	5:00 น.	5:30 น.	30	85
			503	2:40 น.	3:20 น.	40	3:30 น.	4:10 น.	40	7:30 น.	8:10 น.	40	80
			504	4:20 น.	5:00 น.	40	5:00 น.	5:30 น.	30	9:10 น.	10:00 น.	50	70
			505	5:30 น.	6:20 น.	50			0			0	50
29/7/2013	Day	Sunny	505			0	7:30 น.	8:10 น.	40	11:55 น.	11:55 น.	0	40
			506	8:10 น.	8:40 น.	30	9:10 น.	10:00 น.	50	12:30 น.	13:10 น.	40	80
29/7/2013	Day	Sunny	507	10:20 น.	11:00 น.	40	11:55 น.	11:55 น.	0	13:30 น.	14:30 น.	60	40
			508	11:55 น.	12:30 น.	35	12:30 น.	13:10 น.	40	15:20 น.	16:10 น.	50	75
			509	13:10 น.	13:30 น.	20	13:30 น.	14:30 น.	60	23:10 น.	23:30 น.	20	80

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

Date	Shift	Weather	Ring No.	Excavation			Ring erection			Grouting			Total
				Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Duration (Min)
29/7/2013	Day	Sunny	510	14:30 น.	15:00 น.	30	15:20 น.	16:10 น.	50	0:20 น.	1:00 น.	40	80
29/7/2013	Night	Sunny	511	22:20 น.	23:00 น.	40	23:10 น.	23:30 น.	20	3:00 น.	3:30 น.	30	60
			512	23:45 น.	0:20 น.	35	0:20 น.	1:00 น.	40	3:00 น.	3:30 น.	30	75
			513	1:10 น.	1:30 น.	20	3:00 น.	3:30 น.	30	4:10 น.	4:50 น.	40	50
			514	2:20 น.	2:30 น.	10	3:00 น.	3:30 น.	30	5:30 น.	6:20 น.	50	40
			515	3:30 น.	4:10 น.	40	4:10 น.	4:50 น.	40	9:10 น.	10:10 น.	60	80
			516	4:00 น.	5:30 น.	90	5:30 น.	6:20 น.	50	10:30 น.	11:10 น.	40	140
30/7/2013	Day	Sunny	517	8:20 น.	9:10 น.	50	9:10 น.	10:10 น.	60	12:30 น.	13:20 น.	50	110
			518	10:10 น.	10:30 น.	20	10:30 น.	11:10 น.	40	14:00 น.	14:50 น.	50	60
			519	11:10 น.	11:40 น.	30	12:30 น.	13:20 น.	50	15:20 น.	16:10 น.	50	80
			520	13:20 น.	14:00 น.	40	14:00 น.	14:50 น.	50	9:00 น.	10:00 น.	60	90
			521	14:50 น.	15:20 น.	30	15:20 น.	16:10 น.	50	10:30 น.	11:20 น.	50	80
			522	8:20 น.	9:00 น.	40	9:00 น.	10:00 น.	60	11:45 น.	12:50 น.	65	100
			523	10:00 น.	10:30 น.	30	10:30 น.	11:20 น.	50	14:10 น.	14:50 น.	40	80
			524	11:20 น.	11:45 น.	25	11:45 น.	12:50 น.	65	15:20 น.	16:10 น.	50	90
30/7/2013	Day	Sunny	525	12:50 น.	13:20 น.	30	14:10 น.	14:50 น.	40	16:45 น.	17:20 น.	35	70
			526	14:50 น.	15:20 น.	30	15:20 น.	16:10 น.	50	20:40 น.	21:30 น.	50	80

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

Date	Shift	Weather	Ring No.	Excavation			Ring erection			Grouting			Total
				Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Duration (Min)
30/7/2013	Day	Sunny	527	16:10 น.	16:45 น.	35	16:45 น.	17:20 น.	35	22:20 น.	23:10 น.	50	70
30/7/2013	Night	Sunny	528	19:40 น.	20:30 น.	50	20:40 น.	21:30 น.	50	0:00 น.	0:40 น.	40	100
			529	21:30 น.	22:10 น.	40	22:20 น.	23:10 น.	50	1:20 น.	2:00 น.	40	90
			530	23:10 น.	23:55 น.	45	0:00 น.	0:40 น.	40	9:40 น.	10:30 น.	50	85
			531	0:40 น.	1:20 น.	40	1:20 น.	2:00 น.	40	11:30 น.	12:10 น.	40	80
31/7/2013	Day	Sunny	532	9:00 น.	9:20 น.	20	9:40 น.	10:30 น.	50	13:00 น.	13:30 น.	30	70
			533	10:30 น.	11:00 น.	30	11:30 น.	12:10 น.	40	15:00 น.	15:45 น.	45	70
			534	12:10 น.	12:30 น.	20	13:00 น.	13:30 น.	30	16:55 น.	17:40 น.	45	50
			535	14:00 น.	14:30 น.	30	15:00 น.	15:45 น.	45	18:30 น.	19:00 น.	30	75
			536	15:45 น.	16:20 น.	35	16:55 น.	17:40 น.	45	22:20 น.	23:00 น.	40	80
			537	17:40 น.	18:20 น.	40	18:30 น.	19:00 น.	30	23:50 น.	0:30 น.	40	70
1/8/2013	Day	Sunny											
1/8/2013	Night	Sunny	538	21:50 น.	22:10 น.	20	22:20 น.	23:00 น.	40	1:30 น.	2:30 น.	60	60
			539	23:10 น.	23:30 น.	20	23:50 น.	0:30 น.	40	3:20 น.	4:00 น.	40	60
			540	0:30 น.	1:15 น.	45	1:30 น.	2:30 น.	60	4:35 น.	5:20 น.	45	105
			541	2:40 น.	3:10 น.	30	3:20 น.	4:00 น.	40	6:00 น.	7:00 น.	60	70
			542	4:00 น.	4:30 น.	30	4:35 น.	5:20 น.	45	8:50 น.	9:40 น.	50	75

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

Date	Shift	Weather	Ring No.	Excavation			Ring erection			Grouting			Total
				Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Duration (Min)
1/8/2013	Night	Sunny	543	5:20 น.	6:00 น.	40	6:00 น.	7:00 น.	60	10:35 น.	11:30 น.	55	100
2/8/2013	Day	Sunny	544	8:00 น.	8:30 น.	30	8:50 น.	9:40 น.	50	12:20 น.	13:10 น.	50	80
			545	10:15 น.	10:35 น.	20	10:35 น.	11:30 น.	55	13:50 น.	15:20 น.	90	75
			546	11:30 น.	12:00 น.	30	12:20 น.	13:10 น.	50	15:50 น.	16:40 น.	50	80
			547	13:10 น.	13:50 น.	40	13:50 น.	15:20 น.	90	17:15 น.	17:55 น.	40	130
			548	15:20 น.	15:50 น.	30	15:50 น.	16:40 น.	50	21:20 น.	22:20 น.	60	80
			549	16:40 น.	17:15 น.	35	17:15 น.	17:55 น.	40	23:10 น.	0:10 น.	60	75
			550	17:55 น.	18:20 น.	25			0			0	25
			550			0	21:20 น.	22:20 น.	60	0:40 น.	1:40 น.	60	60
2/8/2013	Night	Sunny	551	22:20 น.	23:10 น.	50	23:10 น.	0:10 น.	60	2:30 น.	3:25 น.	55	110
			552	0:10 น.	0:40 น.	30	0:40 น.	1:40 น.	60	4:10 น.	4:55 น.	45	90
			553	1:40 น.	2:15 น.	35	2:30 น.	3:25 น.	55	5:20 น.	6:10 น.	50	90
			554	3:30 น.	4:00 น.	30	4:10 น.	4:55 น.	45	8:15 น.	9:20 น.	65	75
			555	4:55 น.	5:20 น.	25	5:20 น.	6:10 น.	50	10:10 น.	10:55 น.	45	75
			556	6:10 น.	6:55 น.	45			0			0	45
			556			0	8:15 น.	9:20 น.	65	11:20 น.	12:10 น.	50	65
			557	9:20 น.	9:45 น.	25	10:10 น.	10:55 น.	45	12:40 น.	13:30 น.	50	70

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

Date	Shift	Weather	Ring No.	Excavation			Ring erection			Grouting			Total
				Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Duration (Min)
3/8/2013	Day	Sunny	558	10:55 น.	11:20 น.	25	11:20 น.	12:10 น.	50	14:20 น.	15:15 น.	55	75
			559	12:10 น.	12:40 น.	30	12:40 น.	13:30 น.	50	15:50 น.	16:30 น.	40	80
			560	13:30 น.	14:00 น.	30	14:20 น.	15:15 น.	55	17:45 น.	18:20 น.	35	85
			561	15:15 น.	15:50 น.	35	15:50 น.	16:30 น.	40	20:40 น.	22:00 น.	80	75
			562	16:30 น.	17:15 น.	45	17:45 น.	18:20 น.	35	22:40 น.	0:20 น.	100	80
3/8/2013	Night	Sunny	563	20:00 น.	20:40 น.	40	20:40 น.	22:00 น.	80	1:20 น.	1:55 น.	35	120
			564	22:00 น.	22:40 น.	40	22:40 น.	0:20 น.	100	2:30 น.	3:10 น.	40	140
			565	0:20 น.	1:55 น.	95	1:20 น.	1:55 น.	35	4:00 น.	4:40 น.	40	130
4/8/2013	Day	Sunny	566	1:55 น.	2:30 น.	35	2:30 น.	3:10 น.	40	5:15 น.	6:00 น.	45	75
			567	3:10 น.	4:00 น.	50	4:00 น.	4:40 น.	40	7:30 น.	8:20 น.	50	90
			568	4:40 น.	5:15 น.	35	5:15 น.	6:00 น.	45	8:50 น.	9:40 น.	50	80
			569	6:00 น.	6:40 น.	40			0			0	40
4/8/2013	Night	Sunny	569			0	7:30 น.	8:20 น.	50	10:30 น.	11:15 น.	45	50
22/8/2013	Day	Sunny	570	8:20 น.	8:50 น.	30	8:50 น.	9:40 น.	50	12:30 น.	13:15 น.	45	80
			571	9:40 น.	10:30 น.	50	10:30 น.	11:15 น.	45	4:55 น.	5:30 น.	35	95
			572	11:15 น.	11:55 น.	40	12:30 น.	13:15 น.	45	6:20 น.	7:00 น.	40	85
			573	4:20 น.	4:55 น.	35	4:55 น.	5:30 น.	35	8:00 น.	9:00 น.	60	70

ตารางผนวกที่ ก1 (ต่อ)

Date	Shift	Weather	Ring No.	Excavation			Ring erection			Grouting			Total
				Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Duration (Min)
22/8/2013	Day	Sunny	574	5:30 น.	6:00 น.	30	6:20 น.	7:00 น.	40	21:20 น.	22:00 น.	40	70
			575	7:30 น.	8:00 น.	30	8:00 น.	9:00 น.	60	22:40 น.	23:30 น.	50	90
			576	20:40 น.	21:20 น.	40	21:20 น.	22:00 น.	40	0:40 น.	1:20 น.	40	80
			577	22:00 น.	22:30 น.	30	22:40 น.	23:30 น.	50	3:00 น.	4:00 น.	60	80
			578	23:30 น.	0:00 น.	30	0:40 น.	1:20 น.	40	5:40 น.	6:30 น.	50	70
			579	1:20 น.	2:10 น.	50	3:00 น.	4:00 น.	60	0:15 น.	1:00 น.	45	110
			580	4:00 น.	5:40 น.	100	5:40 น.	6:30 น.	50	2:20 น.	3:10 น.	50	150
			581	23:00 น.	23:55 น.	55	0:15 น.	1:00 น.	45	9:50 น.	11:30 น.	100	100
22/8/2013	Night	Sunny	582	1:00 น.	2:00 น.	60	2:20 น.	3:10 น.	50	19:50 น.	20:40 น.	50	110
			583	8:00 น.	9:20 น.	80	9:50 น.	11:30 น.	100	3:10 น.	4:00 น.	50	180
			584	11:30 น.	13:55 น.	145			0			0	145
23/8/2013	Day	Sunny	584			0	19:50 น.	20:40 น.	50			0	50
			585	22:15 น.	0:30 น.	135	3:10 น.	4:00 น.	50			0	185



ภาคผนวก ข

ผลการเก็บข้อมูลการดำเนินงานก่อสร้างอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน สัญญาที่ 2

ตารางผนวกที่ ข1 ผลการเก็บข้อมูลการดำเนินงานก่อสร้างอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน สัญญาที่ 2

Date	Shift	Weather	Ring No.	Excavation			Ring erection			Grouting			Total Duration
				Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	
20/2/2013	Day	Sunny	20	11:15 น.	14:05 น.	170	3:36 น.	4:48 น.	72	16:25 น.	17:03 น.	38	280
			21	16:25 น.	17:05 น.	40	17:05 น.	18:03 น.	58	18:03 น.	19:00 น.	57	155
			22	18:03 น.	19:00 น.	57							117
20/2/2013	Night	Sunny	22				19:00 น.	20:00 น.	60				
			23	20:00 น.	20:35 น.	35	20:35 น.	22:00 น.	85				120
			24	22:00 น.	22:03 น.	3	22:03 น.	23:01 น.	58				61
			25	23:01 น.	23:05 น.	4	23:05 น.	0:03 น.	58				62
			26	0:00 น.	1:00 น.	60	0:00 น.	2:24 น.	144				204
			27	2:01 น.	3:01 น.	60	3:01 น.	5:15 น.	134				194
			28	5:15 น.	6:03 น.	48							118
21/2/2013	Day	Sunny	28			0	9:00 น.	10:10 น.	70	10:21 น.	11:00 น.	39	
			29	10:20 น.	10:55 น.	35	11:05 น.	12:15 น.	70	12:20 น.	12:50 น.	30	105
			30	12:15 น.	12:45 น.	30	12:05 น.	14:15 น.	130	14:17 น.	14:50 น.	33	160
			31	14:15 น.	14:50 น.	35	14:55 น.	16:00 น.	65	16:14 น.	16:43 น.	29	100
			32	16:05 น.	16:40 น.	35	16:40 น.	17:03 น.	23	17:35 น.	18:08 น.	33	58
			33	17:50 น.	18:10 น.	20	18:10 น.	19:00 น.	50				
21/2/2013	Night	Sunny	33				19:00 น.	19:45 น.	45				115

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

Date	Shift	Weather	Ring No.	Excavation			Ring erection			Grouting			Total
				Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Duration (Min)
21/2/2013	Night	Sunny	34	20:15 น.	21:25 น.	70	21:25 น.	22:10 น.	45				115
21/2/2013	Night	Sunny	35	22:15 น.	22:45 น.	30	22:45 น.	23:20 น.	35				85
			36	23:20 น.	0:00 น.	40	0:05 น.	0:55 น.	50				70
			37	1:20 น.	2:15 น.	55	2:15 น.	3:00 น.	45				120
			38	3:00 น.	3:45 น.	45	3:45 น.	4:25 น.	40				
			39	4:30 น.	5:00 น.	30	5:00 น.	5:40 น.	40				120
			40	5:40 น.	6:15 น.	35							85
22/2/2013	Day		40				7:25 น.	8:50 น.	85	10:30 น.	11:18 น.	48	290
			41	10:25 น.	11:15 น.	50	11:25 น.	12:35 น.	70	12:40 น.	13:14 น.	34	80
			42	12:40 น.	13:15 น.	35	13:15 น.	14:05 น.	50	14:10 น.	14:42 น.	32	85
			43	14:10 น.	14:45 น.	35	14:45 น.	19:00 น.	255				75
	Night		44	19:00 น.	19:40 น.	40	22:40 น.	23:20 น.	40				100
			45	23:30 น.	0:15 น.	45	0:15 น.	0:55 น.	40				60
			46	1:05 น.	1:45 น.	40	1:45 น.	2:20 น.	35				90
			47	2:20 น.	2:50 น.	30	2:50 น.	4:00 น.	70				115
			48	4:00 น.	4:30 น.	30	4:30 น.	5:00 น.	30				105
			49	5:00 น.	5:40 น.	40	5:40 น.	6:30 น.	50	7:40 น.	8:10 น.	30	95

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

Date	Shift	Weather	Ring No.	Excavation			Ring erection			Grouting			Total
				Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Duration (Min)
23/2/2013	Day	Sunny	50	7:35 น.	8:10 น.	35	8:15 น.	9:35 น.	80	9:40 น.	10:13 น.	33	100
			51	9:40 น.	10:15 น.	35	10:20 น.	11:30 น.	70	11:34 น.	12:12 น.	38	90
			52	11:35 น.	12:15 น.	40	12:20 น.	13:15 น.	55	14:00 น.	15:02 น.	62	95
			53	14:10 น.	15:05 น.	55	15:10 น.	15:55 น.	45	16:05 น.	16:45 น.	40	90
			54	16:05 น.	16:45 น.	40	16:45 น.	17:35 น.	50	17:55 น.	18:30 น.	35	65
			55	17:55 น.	18:30 น.	35	18:30 น.	19:00 น.	30				115
	Night	Sunny	55				19:00 น.	19:45 น.	45	19:47 น.	20:20 น.	33	90
			56	19:45 น.	20:20 น.	35	20:20 น.	20:50 น.	30	20:58 น.	21:35 น.	37	176
			57	20:50 น.	21:35 น.	45	21:35 น.	22:25 น.	50	22:20 น.	23:15 น.	55	108
			58	22:30 น.	23:15 น.	45	23:15 น.	0:00 น.	45	0:00 น.	0:38 น.	38	95
			59	0:00 น.	0:40 น.	40	0:40 น.	1:05 น.	25	1:08 น.	1:57 น.	49	131
			60	1:05 น.	2:00 น.	55	2:00 น.	3:00 น.	60	3:00 น.	3:30 น.	30	105
			61	3:00 น.	3:45 น.	45	3:45 น.	4:30 น.	45	8:35 น.	9:08 น.	33	74
			62	7:03 น.	8:01 น.	58	8:02 น.	10:00 น.	118	10:02 น.	10:52 น.	50	109
			63	10:02 น.	10:55 น.	53	11:00 น.	11:55 น.	55	12:00 น.	12:04 น.	4	70
			64	12:00 น.	12:40 น.	40	12:40 น.	13:35 น.	55	13:04 น.	14:22 น.	78	118
			65	13:04 น.	14:35 น.	91	14:35 น.	15:15 น.	40	15:03 น.	16:02 น.	59	
25/2/2013	Day	Sunny											

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

Date	Shift	Weather	Ring No.	Excavation			Ring erection			Grouting			Total
				Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Duration (Min)
25/2/2013	Day	Sunny	66	15:03 น.	16:00 น.	57	17:15 น.	18:03 น.	48				117
25/2/201	Night	Sunny	67	22:45 น.	23:01 น.	16	2:02 น.	3:00 น.	58				75
			68	3:01 น.	4:15 น.	74	4:15 น.	4:50 น.	35				80
			69	4:50 น.	5:02 น.	12	5:02 น.	6:00 น.	58				65
			70	6:00 น.	7:00 น.	60							75
			70				9:04 น.	10:02 น.	58	10:21 น.	10:51 น.	30	133
26/2/2013	Day	Sunny	71	10:02 น.	10:55 น.	53	12:01 น.	13:05 น.	64	13:08 น.	13:50 น.	42	90
			72	13:10 น.	13:50 น.	40	14:00 น.	14:35 น.	35	14:40 น.	15:22 น.	42	85
			73	14:45 น.	15:20 น.	35	15:30 น.	16:15 น.	45	16:22 น.	16:59 น.	37	100
			74	16:20 น.	16:55 น.	35	17:00 น.	17:30 น.	30	17:38 น.	18:11 น.	33	75
			75	17:35 น.	18:10 น.	35	18:15 น.	18:55 น.	40	20:18 น.	20:39 น.	21	100
	Night	Sunny	76	19:02 น.	20:45 น.	103	20:45 น.	21:15 น.	30	21:25 น.	22:00 น.	35	95
			77	21:15 น.	22:00 น.	45	22:00 น.	22:45 น.	45	22:45 น.	23:20 น.	35	65
			78	22:45 น.	23:30 น.	45	23:20 น.	0:00 น.	40	0:00 น.	0:35 น.	35	65
			79	0:00 น.	0:35 น.	35	0:35 น.	1:40 น.	65	1:41 น.	2:10 น.	29	65
			80	1:40 น.	2:10 น.	30	2:10 น.	2:55 น.	45	2:55 น.	3:36 น.	41	110
			81	2:55 น.	4:00 น.	65	4:45 น.	5:20 น.	35	5:25 น.	6:00 น.	35	75

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

Date	Shift	Weather	Ring No.	Excavation			Ring erection			Grouting			Total
				Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Duration (Min)
26/2/201	Night	Sunny	82	5:20 น.	6:00 น.	40	6:00 น.	6:55 น.	55	11:15 น.	11:41 น.	26	85
27/2/2013	Day	Sunny	83	11:15 น.	11:40 น.	25	11:45 น.	12:25 น.	40	12:33 น.	13:02 น.	29	75
			84	12:35 น.	13:00 น.	25	13:05 น.	13:45 น.	40	13:52 น.	14:35 น.	43	85
			85	13:50 น.	14:25 น.	35	14:35 น.	15:05 น.	30	15:17 น.	15:47 น.	30	75
			86	15:15 น.	15:45 น.	30	15:55 น.	17:15 น.	80	17:20 น.	17:52 น.	32	70
			87	17:20 น.	17:50 น.	30	18:00 น.	18:45 น.	45	19:56 น.	20:35 น.	39	295
			88	19:55 น.	20:35 น.	40	20:35 น.	21:20 น.	45	21:20 น.	22:00 น.	40	
27/2/201	Night	Sunny	89	21:20 น.	22:00 น.	40	22:00 น.	22:35 น.	35	22:37 น.	23:12 น.	35	
			90	22:35 น.	23:15 น.	40	23:15 น.	0:00 น.	45	0:00 น.	0:40 น.	40	
			91	0:00 น.	0:40 น.	40	0:40 น.	1:15 น.	35	1:18 น.	1:53 น.	35	
			92	1:20 น.	1:55 น.	35	1:55 น.	2:30 น.	35	2:30 น.	4:00 น.	90	
			93	2:30 น.	4:00 น.	90							90
2/3/2013	Day	Sunny											
2/3/2013	Night	Sunny	93	19:00 น.	20:35 น.	95	20:35 น.	22:25 น.	110	22:25 น.	23:10 น.	45	265
			94	22:25 น.	23:10 น.	45	23:10 น.	23:55 น.	45	23:55 น.	0:28 น.	33	90
			95	23:55 น.	0:30 น.	35	0:30 น.	1:40 น.	70	1:30 น.	2:15 น.	45	75
			96	1:40 น.	2:15 น.	35	2:15 น.	3:20 น.	65	3:20 น.	3:56 น.	36	125

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

Date	Shift	Weather	Ring No.	Excavation			Ring erection			Grouting			Total
				Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Duration (Min)
2/3/2013	Night	Sunny	97	3:20 น.	3:55 น.	35	3:55 น.	4:30 น.	35	4:39 น.	5:09 น.	30	80
			98	4:30 น.	5:10 น.	40	5:10 น.	6:30 น.	80			0	145
3/3/2013	Day	Sunny	99	8:10 น.	8:40 น.	30	8:55 น.	12:50 น.	235	13:00 น.	13:40 น.	40	85
			100	13:00 น.	13:40 น.	40	13:50 น.	14:40 น.	50	14:45 น.	15:22 น.	37	185
			101	14:45 น.	15:20 น.	35	15:25 น.	16:05 น.	40	16:15 น.	17:26 น.	71	
			102	16:15 น.	17:25 น.	70	17:35 น.	18:30 น.	55	22:05 น.	22:45 น.	40	95
	Night	Sunny	103	22:05 น.	22:45 น.	40	22:45 น.	23:25 น.	40	0:25 น.	2:22 น.	117	70
			104	0:25 น.	2:15 น.	110	2:20 น.	2:55 น.	35	3:05 น.	4:07 น.	62	85
			105	3:05 น.	4:00 น.	55	4:00 น.	4:30 น.	30	4:37 น.	5:25 น.	48	80
			106	4:30 น.	5:25 น.	55	5:25 น.	6:30 น.	65				75
4/3/2013	Day	cloudy	106				10:00 น.	11:05 น.	65	11:10 น.	12:08 น.	58	100
			107	11:10 น.	12:05 น.	55	12:15 น.	12:55 น.	40	13:15 น.	13:42 น.	27	100
			108	13:15 น.	13:40 น.	25	13:50 น.	14:35 น.	45	14:40 น.	15:25 น.	45	85
			109	14:40 น.	15:25 น.	45	15:30 น.	16:10 น.	40	16:13 น.	16:43 น.	30	65
			110	16:10 น.	16:45 น.	35	16:45 น.	17:30 น.	45	17:31 น.	18:01 น.	30	75
			111	17:30 น.	18:00 น.	30	18:05 น.	18:50 น.	45	19:52 น.	20:27 น.	35	110
4/3/2013	Night	Sunny	112	19:55 น.	20:25 น.	30	20:25 น.	21:35 น.	70	21:34 น.	22:06 น.	32	

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

Date	Shift	Weather	Ring No.	Excavation			Ring erection			Grouting			Total
				Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Duration (Min)
4/3/2013	Night	Sunny	113	21:35 น.	22:45 น.	70	22:10 น.	22:40 น.	30	0:43 น.	1:10 น.	27	
			114	0:40 น.	1:10 น.	30	1:10 น.	2:05 น.	55	2:03 น.	2:34 น.	31	
			115	2:05 น.	2:35 น.	30	2:35 น.	3:10 น.	35	3:10 น.	3:39 น.	29	
			116	3:10 น.	3:40 น.	30	3:40 น.	4:25 น.	45	4:25 น.	4:55 น.	30	65
			117	4:25 น.	4:55 น.	30	4:55 น.	6:15 น.	80				150
5/3/2013	Day	Sunny											
6/3/2013	Day	Sunny											
6/3/2013	Night	Sunny											
7/3/2013	Day	Sunny	118	13:55 น.	14:25 น.	30	14:35 น.	15:10 น.	35	15:17 น.	16:56 น.	99	
			119	15:15 น.	16:50 น.	95	17:05 น.	18:00 น.	55	20:05 น.	20:50 น.	45	95
			120	20:05 น.	20:50 น.	45	20:50 น.	21:30 น.	40	22:40 น.	23:39 น.	59	70
	Night	Sunny	121	22:40 น.	23:40 น.	60	23:40 น.	0:10 น.	30	1:30 น.	2:14 น.	44	95
			122	1:30 น.	2:15 น.	45	2:15 น.	2:55 น.	40	3:34 น.	4:57 น.	83	75
			123	3:35 น.	4:55 น.	80	4:55 น.	5:30 น.	35				
8/3/2013	Day	Sunny	123							10:06 น.	11:00 น.	54	110
			124	10:05 น.	11:00 น.	55	11:00 น.	11:40 น.	40	11:48 น.	12:26 น.	38	70
			124	11:50 น.	12:25 น.	35	12:30 น.	13:05 น.	35	13:15 น.	13:50 น.	35	85

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

Date	Shift	Weather	Ring No.	Excavation			Ring erection			Grouting			Total
				Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Duration (Min)
8/3/2013	Day	Sunny	126	13:15 น.	13:50 น.	35	16:55 น.	17:55 น.	60	18:00 น.	18:31 น.	31	80
			127	18:00 น.	18:30 น.	30							
8/3/2013	Night	Sunny	127				19:00 น.	19:45 น.	45	19:49 น.	21:02 น.	73	75
			128	19:45 น.	21:05 น.	80	21:05 น.	21:35 น.	30	22:02 น.	23:00 น.	58	80
			129	22:20 น.	23:00 น.	40	23:00 น.	23:30 น.	30	0:22 น.	1:10 น.	48	75
			130	0:20 น.	1:10 น.	50	1:10 น.	1:45 น.	35	3:08 น.	3:49 น.	41	110
			131	3:10 น.	3:50 น.	40	3:50 น.	4:30 น.	40				65
9/3/2013	Day	Sunny	131							7:49 น.	8:21 น.	32	65
			132	7:50 น.	8:20 น.	30	8:25 น.	9:10 น.	45	9:14 น.	9:56 น.	42	90
			133	9:15 น.	9:55 น.	40	12:20 น.	13:00 น.	40	13:07 น.	13:47 น.	40	105
			134	13:10 น.	13:45 น.	35	13:50 น.	14:30 น.	40	14:33 น.	15:37 น.	64	
			135	14:35 น.	15:35 น.	60	15:55 น.	16:45 น.	50	20:00 น.	21:23 น.	83	
9/3/2013	Night	Sunny	136	20:45 น.	21:20 น.	35	21:20 น.	21:50 น.	30	22:33 น.	23:10 น.	37	
			137	22:30 น.	23:05 น.	35	23:05 น.	23:35 น.	30	0:15 น.	1:05 น.	50	75
			138	0:15 น.	1:05 น.	50	1:05 น.	1:45 น.	40	2:20 น.	2:24 น.	4	185
			139	2:15 น.	3:00 น.	45	3:00 น.	4:00 น.	60				70
10/3/2013	Day												

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

Date	Shift	Weather	Ring No.	Excavation			Ring erection			Grouting			Total
				Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Duration (Min)
10/3/2013	Night												
11/3/2013	Day	Sunny	139							8:00 น.	8:43 น.	43	70
			140	8:00 น.	8:40 น.	40	8:50 น.	9:25 น.	35	9:50 น.	11:50 น.	120	80
			141	9:25 น.	11:50 น.	145	11:55 น.	12:35 น.	40	12:45 น.	13:26 น.	41	85
			142	12:45 น.	13:25 น.	40	13:30 น.	14:00 น.	30	20:40 น.	21:04 น.	24	80
			143	14:10 น.	14:45 น.	35							70
11/3/2013	Night	Sunny	143	20:40 น.	21:00 น.	20	21:00 น.	21:45 น.	45	21:45 น.	22:27 น.	42	85
			144	21:45 น.	22:25 น.	40	22:25 น.	22:55 น.	30	22:57 น.	23:42 น.	45	
			145	22:55 น.	23:40 น.	45	23:40 น.	0:15 น.	35	0:15 น.	1:00 น.	45	95
			146	0:15 น.	0:55 น.	40	0:55 น.	1:40 น.	45	1:45 น.	2:24 น.	39	70
			147	1:40 น.	2:20 น.	40	2:20 น.	3:00 น.	40	3:00 น.	3:35 น.	35	105
			148	3:00 น.	3:35 น.	35	3:35 น.	4:10 น.	35	4:23 น.	5:09 น.	46	70
			149	4:15 น.	5:00 น.	45	5:00 น.	5:40 น.	40				75
12/3/2013	Day	Sunny	149							9:04 น.	10:19 น.	75	75
			150	9:05 น.	10:05 น.	60	10:10 น.	10:45 น.	35	10:51 น.	11:31 น.	40	80
			151	10:50 น.	11:30 น.	40	11:35 น.	12:05 น.	30	12:12 น.	12:56 น.	44	90
			152	12:10 น.	12:55 น.	45	13:05 น.	14:05 น.	60	14:11 น.	14:51 น.	40	85

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

Date	Shift	Weather	Ring No.	Excavation			Ring erection			Grouting			Total
				Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Duration (Min)
12/3/2013	Day	Sunny	153	14:10 น.	14:50 น.	40	15:00 น.	15:30 น.	30	15:32 น.	16:11 น.	39	70
			154	15:30 น.	16:10 น.	40	16:15 น.	16:50 น.	35	16:56 น.	17:39 น.	43	85
			155	16:55 น.	17:30 น.	35	17:45 น.	18:25 น.	40	20:20 น.	21:07 น.	47	93
12/3/2013	Night	Sunny	156	20:20 น.	21:10 น.	50	21:45 น.	22:15 น.	30	22:22 น.	23:18 น.	56	90
			157	22:20 น.	23:20 น.	60	23:20 น.	23:50 น.	30	23:53 น.	0:40 น.	47	
			158	23:50 น.	0:25 น.	35	0:25 น.	1:15 น.	50	1:12 น.	1:50 น.	38	260
			159	1:15 น.	1:50 น.	35	1:50 น.	2:25 น.	35	2:23 น.	3:24 น.	61	80
			160	2:30 น.	3:25 น.	55	3:25 น.	3:55 น.	30	3:56 น.	4:49 น.	53	75
			161	4:00 น.	4:50 น.	50	4:50 น.	5:33 น.	43	5:28 น.	6:30 น.	62	90
			162	5:30 น.	6:30 น.	60	6:30 น.	7:00 น.	30				135
13/3/2013	Day	Sunny	162							9:12 น.	12:58 น.	226	100
			163	9:10 น.	12:55 น.	225	13:05 น.	13:40 น.	35	13:46 น.	14:33 น.	47	100
			164	13:45 น.	14:30 น.	45	14:35 น.	15:10 น.	35	15:21 น.	16:09 น.	48	90
			165	15:20 น.	16:05 น.	45	16:10 น.	16:40 น.	30	16:59 น.	17:42 น.	43	135
			166	16:55 น.	17:40 น.	45	17:40 น.	18:25 น.	45	20:06 น.	21:40 น.	94	
13/3/2013	Night	Sunny	167	20:05 น.	21:40 น.	95	21:40 น.	22:20 น.	40	22:17 น.	23:23 น.	66	65
			168	22:20 น.	23:20 น.	60	23:20 น.	0:00 น.	40	0:15 น.	1:30 น.	75	120

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

Date	Shift	Weather	Ring No.	Excavation			Ring erection			Grouting			Total
				Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Duration (Min)
13/3/2013	Night	Sunny	169	0:30 น.	1:30 น.	60	1:30 น.	2:10 น.	40	2:08 น.	2:54 น.	46	95
			170	2:10 น.	2:55 น.	45	2:55 น.	3:40 น.	45	3:42 น.	5:18 น.	96	95
			171	3:45 น.	5:15 น.	90	5:15 น.	6:00 น.	45				95
14/3/2013	Day	Sunny	171							7:37 น.	8:37 น.	60	115
			172	8:00 น.	8:35 น.	35	8:40 น.	9:10 น.	30	9:16 น.	10:00 น.	44	100
			173	9:15 น.	10:00 น.	45	10:05 น.	11:20 น.	75	11:29 น.	12:34 น.	65	170
			174	11:30 น.	12:35 น.	65	12:40 น.	13:10 น.	30	13:21 น.	14:27 น.	66	85
			175	13:20 น.	14:25 น.	65	14:30 น.	15:00 น.	30	15:05 น.	16:07 น.	62	75
			176	15:05 น.	16:10 น.	65	16:10 น.	16:40 น.	30	16:44 น.	17:57 น.	73	110
			177	16:45 น.	18:00 น.	75	18:05 น.	18:45 น.	40	20:12 น.	21:11 น.	59	
14/3/2013	Night	Sunny	178	20:10 น.	21:10 น.	60	21:10 น.	21:50 น.	40	21:49 น.	23:46 น.	117	217
			179	21:50 น.	23:45 น.	115	23:45 น.	0:40 น.	55	0:40 น.	1:21 น.	41	211
			180	0:40 น.	1:20 น.	40	1:20 น.	2:05 น.	45	3:00 น.	3:42 น.	42	127
			181	3:00 น.	3:50 น.	50	3:50 น.	4:15 น.	25	4:17 น.	5:02 น.	45	120
			182	4:20 น.	5:05 น.	45	5:05 น.	6:10 น.	65				110
15/3/2013	Day	Rainy	183	8:40 น.	9:25 น.	45	9:25 น.	14:20 น.	295	14:41 น.	15:37 น.	56	340
			184	14:40 น.	15:40 น.	60	15:40 น.	16:30 น.	50	16:45 น.	17:32 น.	47	110

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

Date	Shift	Weather	Ring No.	Excavation			Ring erection			Grouting			Total
				Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Duration (Min)
15/3/2013	Day	Rainy	185	16:45 น.	17:30 น.	45	17:45 น.	18:25 น.	40	19:38 น.	20:19 น.	41	85
	Night	Sunny	186	19:40 น.	20:20 น.	40	20:20 น.	21:10 น.	50	21:10 น.	23:00 น.	110	90
			187	21:10 น.	23:00 น.	110	23:00 น.	23:30 น.	30	23:37 น.	0:28 น.	51	140
			188	23:30 น.	0:30 น.	60	0:30 น.	1:00 น.	30	1:02 น.	2:00 น.	58	90
			189	1:00 น.	2:00 น.	60	2:00 น.	2:25 น.	25	2:26 น.	3:20 น.	54	85
			190	2:25 น.	3:20 น.	55	4:10 น.	5:15 น.	65	8:59 น.	10:51 น.	112	120
16/3/2013	Day	Sunny	191	9:00 น.	10:55 น.	115	11:00 น.	11:30 น.	30	11:37 น.	13:48 น.	131	145
			192	11:35 น.	13:45 น.	130	13:50 น.	14:20 น.	30	14:30 น.	15:47 น.	77	160
			193	14:30 น.	15:45 น.	75	15:50 น.	16:20 น.	30	16:25 น.	17:03 น.	38	105
			194	16:25 น.	17:00 น.	35	17:10 น.	17:35 น.	25	17:40 น.	18:41 น.	61	60
			195	17:40 น.	18:40 น.	60	18:40 น.	19:00 น.	20	21:23 น.	22:50 น.	87	80
	Night	Sunny	196	21:20 น.	22:50 น.	90	22:50 น.	23:25 น.	35	23:25 น.	0:25 น.	60	125
			197	23:25 น.	0:25 น.	60	0:25 น.	1:10 น.	45	1:11 น.	1:46 น.	35	105
			198	1:10 น.	1:45 น.	35	1:45 น.	2:50 น.	65	2:50 น.	3:28 น.	38	100
			199	2:50 น.	3:25 น.	35	4:00 น.	4:40 น.	40	4:40 น.	5:20 น.	40	75
			200	4:40 น.	5:20 น.	40	5:20 น.	6:10 น.	50	7:48 น.	10:00 น.	132	90
17/3/2013	Day												

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

Date	Shift	Weather	Ring No.	Excavation			Ring erection			Grouting			Total
				Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Duration (Min)
17/3/2013	Night												
18/3/2013	Day	Sunny	201	7:45 น.	10:00 น.	135	10:05 น.	10:30 น.	25	10:40 น.	11:30 น.	50	160
			202	10:35 น.	11:30 น.	55	11:35 น.	12:25 น.	50	12:31 น.	13:11 น.	40	105
			203	12:30 น.	13:10 น.	40	13:10 น.	13:50 น.	40	13:54 น.	14:42 น.	48	80
			204	13:55 น.	14:45 น.	50	14:45 น.	15:20 น.	35	15:24 น.	16:01 น.	37	85
			205	15:25 น.	16:05 น.	40	16:05 น.	16:40 น.	35	16:44 น.	17:38 น.	54	75
			206	16:45 น.	17:40 น.	55	17:45 น.	18:20 น.	35	20:02 น.	21:30 น.	88	90
18/3/2013	Night	Sunny	207	20:00 น.	21:30 น.	90	21:30 น.	22:00 น.	30	22:30 น.	23:36 น.	66	120
			208	22:30 น.	23:35 น.	65	23:35 น.	0:00 น.	25	0:00 น.	1:20 น.	80	90
			209	0:00 น.	1:15 น.	75	1:15 น.	2:10 น.	55	2:10 น.		0	130
			210	2:10 น.	2:45 น.	35							70
19/3/2013	Day	Sunny	210				7:55 น.	8:30 น.	35	9:11 น.	10:58 น.	107	
			211	9:10 น.	11:00 น.	110	11:05 น.	11:45 น.	40	11:48 น.	14:56 น.	188	150
			212	11:50 น.	14:55 น.	185	15:00 น.	15:35 น.	35	15:43 น.	16:25 น.	42	220
			213	15:45 น.	16:25 น.	40	16:30 น.	17:00 น.	30	17:05 น.	17:44 น.	39	70
			214	17:05 น.	17:45 น.	40	17:50 น.	18:25 น.	35	20:46 น.	22:56 น.	130	75
19/3/2013	Night	Sunny	215	20:40 น.	22:55 น.	135	23:00 น.	23:35 น.	35	23:35 น.	23:56 น.	21	170

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

Date	Shift	Weather	Ring No.	Excavation			Ring erection			Grouting			Total
				Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Duration (Min)
19/3/2013	Night	Sunny	216	23:35 น.	6:00 น.	385	6:00 น.	6:30 น.	30	7:44 น.	11:22 น.	218	415
20/3/2013	Day	Sunny	217	7:45 น.	11:20 น.	215	11:30 น.	12:00 น.	30	12:31 น.	13:30 น.	59	245
			218	12:30 น.	13:30 น.	60	13:30 น.	14:25 น.	55	17:13 น.	18:10 น.	57	115
			219	14:40 น.	15:20 น.	40	15:20 น.	16:00 น.	40			0	80
			220	17:10 น.	18:10 น.	60							95
			220				20:10 น.	20:45 น.	35	20:49 น.	21:40 น.	51	
20/3/2013	Night	Sunny	221	20:50 น.	21:40 น.	50	21:40 น.	22:30 น.	50	22:36 น.	3:59 น.	323	100
			222	22:30 น.	4:00 น.	330	4:00 น.	4:50 น.	50	4:50 น.	6:16 น.	86	380
			223	4:50 น.	6:15 น.	85	6:15 น.	7:00 น.	45	8:07 น.	10:43 น.	156	130
			224	8:05 น.	10:40 น.	155	12:35 น.	13:10 น.	35	13:14 น.	13:37 น.	23	190
			225	13:10 น.	13:55 น.	45	14:05 น.	14:40 น.	35	14:46 น.	15:32 น.	46	80
21/3/2013	Day	Sunny	226	14:45 น.	15:30 น.	45	15:40 น.	16:05 น.	25	16:17 น.	16:57 น.	40	70
			227	16:15 น.	17:00 น.	45	17:00 น.	17:50 น.	50	17:55 น.	18:22 น.	27	95
			228	17:55 น.	18:20 น.	25	18:20 น.	18:55 น.	35	19:32 น.	20:52 น.	80	60
			229	19:50 น.	20:55 น.	65	20:55 น.	21:30 น.	35	21:37 น.	22:20 น.	43	100
			230	21:35 น.	22:20 น.	45	22:20 น.	22:55 น.	35	1:24 น.	2:11 น.	47	80
21/3/2013	Night	Sunny	231	1:25 น.	2:10 น.	45	2:10 น.	2:50 น.	40	2:50 น.	4:16 น.	86	85

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

Date	Shift	Weather	Ring No.	Excavation			Ring erection			Grouting			Total
				Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Duration (Min)
21/3/2013	Night	Sunny	232	2:50 น.	4:05 น.	75	4:05 น.	4:55 น.	50	4:57 น.	5:40 น.	43	125
			233	4:55 น.	5:40 น.	45	5:40 น.	6:20 น.	40	7:42 น.	9:47 น.	125	85
22/3/2013	Day	Sunny	234	7:46 น.	9:45 น.	119	10:30 น.	11:05 น.	35	11:10 น.	11:45 น.	35	154
			235	11:05 น.	11:45 น.	40	11:50 น.	12:35 น.	45	12:46 น.	13:35 น.	49	85
			236	12:45 น.	13:30 น.	45	13:40 น.	14:25 น.	45	14:32 น.	15:20 น.	48	90
			237	14:30 น.	15:20 น.	50	15:30 น.	16:10 น.	40	16:17 น.	17:17 น.	60	90
			238	16:15 น.	17:15 น.	60	17:20 น.	18:35 น.	75	19:28 น.	20:11 น.	43	135
			239	19:30 น.	20:15 น.	45	20:15 น.	21:05 น.	50	21:07 น.	22:02 น.	55	95
	Night	Sunny	240	21:05 น.	0:00 น.	175	0:00 น.	0:40 น.	40	0:40 น.	2:10 น.	90	215
			241	0:40 น.	2:10 น.	90	2:10 น.	3:15 น.	65	3:20 น.	5:03 น.	103	155
			242	3:10 น.	5:05 น.	115	5:05 น.	6:00 น.	55	7:55 น.	8:37 น.	42	170
			243	6:00 น.	6:55 น.	55							55
23/3/2013	Day												
	Night												
24/3/2013	Day												
	Night												
25/3/2013	Day	Sunny	243	7:55 น.	8:40 น.	45	8:40 น.	10:20 น.	100	10:25 น.	12:12 น.	107	145

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

Date	Shift	Weather	Ring No.	Excavation			Ring erection			Grouting			Total
				Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Duration (Min)
25/3/2013	Day	Sunny	244	10:20 น.	12:15 น.	115	12:15 น.	13:00 น.	45	13:02 น.	14:05 น.	63	160
			245	13:00 น.	14:55 น.	115	14:55 น.	16:00 น.	65	20:26 น.	20:50 น.	24	180
			246	16:00 น.	17:00 น.	60							125
25/3/2013	Night	Sunny	246	20:25 น.	20:55 น.	30	20:55 น.	21:30 น.	35	21:30 น.	23:55 น.	145	
			247	21:30 น.	23:50 น.	140	23:50 น.	0:30 น.	40	0:30 น.	1:10 น.	40	180
			248	0:30 น.	1:10 น.	40	1:10 น.	1:50 น.	40	1:50 น.	2:59 น.	69	80
			249	1:50 น.	3:00 น.	70	3:00 น.	3:40 น.	40	3:40 น.	4:30 น.	50	110
			250	3:40 น.	4:25 น.	45	4:25 น.	5:20 น.	55	9:00 น.	11:19 น.	139	100
26/3/2013	Day	Sunny	251	9:00 น.	11:15 น.	135	11:15 น.	12:15 น.	60	12:15 น.	13:00 น.	45	195
			252	12:15 น.	13:00 น.	45	13:00 น.	13:50 น.	50	13:51 น.	14:36 น.	45	95
			253	13:50 น.	14:35 น.	45	14:35 น.	15:25 น.	50	15:26 น.	16:25 น.	59	95
			254	15:25 น.	16:20 น.	55	16:20 น.	18:10 น.	110	20:00 น.	20:45 น.	45	165
26/3/2013	Night	Sunny	255	20:05 น.	20:50 น.	45	20:50 น.	21:40 น.	50	21:43 น.	22:25 น.	42	95
			256	21:40 น.	22:30 น.	50	22:30 น.	23:15 น.	45	23:15 น.	0:07 น.	52	95
			257	23:15 น.	0:05 น.	50	0:05 น.	0:55 น.	50	0:55 น.	2:20 น.	85	100
			258	0:55 น.	2:20 น.	85	2:20 น.	2:55 น.	35	2:55 น.	3:43 น.	48	120
			259	2:55 น.	3:50 น.	55	3:50 น.	4:50 น.	60	4:51 น.	5:29 น.	38	115

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

Date	Shift	Weather	Ring No.	Excavation			Ring erection			Grouting			Total
				Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Start	Finish	Duration (Min)	Duration (Min)
26/3/2013	Night	Sunny	260	4:50 น.	5:30 น.	40	5:30 น.	6:30 น.	60	8:21 น.	10:42 น.	141	100
27/3/2013	Day	Sunny	261	8:20 น.	10:40 น.	140	10:40 น.	11:40 น.	60	11:40 น.	12:30 น.	50	200
			262	11:40 น.	12:30 น.	50	12:30 น.	13:15 น.	45	13:16 น.	14:04 น.	48	95
			263	13:15 น.	14:05 น.	50	14:05 น.	14:50 น.	45	14:56 น.	15:30 น.	34	95
			264	14:50 น.	15:40 น.	50	15:40 น.	16:30 น.	50	9:35 น.	10:37 น.	62	100
27/3/2013	Night												
28/3/2013	Day	Sunny	265	9:35 น.	10:35 น.	60	10:35 น.	11:25 น.	50	11:26 น.	12:10 น.	44	110
			266	11:25 น.	12:10 น.	45	12:10 น.	13:10 น.	60	13:13 น.	13:56 น.	43	105
			267	13:10 น.	14:00 น.	50	14:00 น.	15:05 น.	65	15:11 น.	15:54 น.	43	115
			268	15:05 น.	15:55 น.	50	15:55 น.	16:45 น.	50	16:46 น.	17:26 น.	40	100
			269	16:45 น.	17:30 น.	45	17:30 น.	18:45 น.	75	19:53 น.	20:45 น.	52	120
28/3/2013	Night	Sunny	270	19:55 น.	20:45 น.	50	20:45 น.	21:20 น.	35	21:20 น.	21:54 น.	34	85
			271	21:20 น.	21:55 น.	35	22:00 น.	22:55 น.	55	22:55 น.	23:30 น.	35	90
			272	22:55 น.	23:30 น.	35	23:30 น.	0:15 น.	45	0:15 น.	0:52 น.	37	80
			273	0:15 น.	0:55 น.	40	0:55 น.	1:40 น.	45	1:40 น.	2:17 น.	37	85
			274	1:40 น.	2:20 น.	40	2:20 น.	3:05 น.	45	3:24 น.	4:45 น.	81	85
			275	3:25 น.	4:40 น.	75							170

ตารางผนวกที่ ข1 (ต่อ)

Date	Shift	Weather	Ring No.	Excavation			Ring erection			Grouting			Total
				Start	Finish	Duration	Start	Finish	Duration	Start	Finish	Duration	Duration
						(Min)			(Min)			(Min)	(Min)
29/3/2013	Day	Sunny	275				10:35 น.	12:10 น.	95	12:12 น.	13:11 น.	59	
			276	12:15 น.	13:10 น.	55	13:20 น.	14:35 น.	75	14:39 น.	15:09 น.	30	130
			277	14:35 น.	15:10 น.	35	15:20 น.	16:15 น.	55	20:02 น.	20:40 น.	38	90
	Night	Sunny	278	20:00 น.	20:40 น.	40	20:40 น.	21:35 น.	55	21:35 น.	22:25 น.	50	95
			279	21:40 น.	22:25 น.	45	22:25 น.	23:25 น.	60	23:25 น.	3:00 น.	215	105
			280	23:25 น.	3:00 น.	215	3:00 น.	3:50 น.	50	3:50 น.	5:40 น.	110	265
			281	3:50 น.	5:40 น.	110	5:40 น.	6:35 น.	55	8:29 น.	9:25 น.	56	165
30/3/2013	Day	Sunny	282	8:30 น.	9:20 น.	50	11:50 น.	12:20 น.	30	12:54 น.	13:37 น.	43	80
			283	12:25 น.	13:35 น.	70	13:45 น.	14:35 น.	50	14:36 น.	15:16 น.	40	120
			284	14:35 น.	15:15 น.	40	15:25 น.	16:20 น.	55	16:24 น.	17:02 น.	38	95
			285	16:20 น.	17:00 น.	40							85
	Night	Sunny	285				19:00 น.	19:45 น.	45	20:14 น.	20:52 น.	38	
			286	20:15 น.	20:55 น.	40	20:55 น.	21:45 น.	50	21:47 น.	23:02 น.	75	90
			287	21:45 น.	23:05 น.	80	23:05 น.	23:35 น.	30	23:35 น.	0:15 น.	40	110
			288	23:35 น.	0:15 น.	40	0:15 น.	0:50 น.	35	3:45 น.	4:26 น.	41	75
			289	3:30 น.	4:15 น.	45	4:15 น.	5:00 น.	45	8:08 น.	8:34 น.	26	90



ภาคผนวก ค

ผลการเก็บข้อมูลการก่อสร้างกำแพงทึบน้ำของสถานีรถไฟใต้ดินสถานีที่ 1

ของสัญญาที่ 1

ตารางผนวกที่ ค1 ผลการเก็บข้อมูลการก่อสร้างกำแพงทึบน้ำของสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินสถานีที่ 1
ของสัญญาที่ 1

No.	Panel	Start	End	Duration	Excavating	Installing rebar	Casting concrete
1	106 P	31/1/2556	2/3/2556	3	2	0.5	0.5
2	110 P	2/3/2556	2/6/2556	3	2	0.5	0.5
3	104 P	2/6/2556	2/8/2556	2	1	0.5	0.5
4	114 P	2/7/2556	2/9/2556	2	1	0.5	0.5
5	108 P	2/11/2556	2/12/2556	3	1	0.5	0.5
6	102 P	2/12/2556	14/2/2556	2	1	0.5	0.5
7	112 P	13/2/2556	15/2/2556	2	1	0.5	0.5
8	105 S	14/2/2556	21/2/2556	5	1	0.5	0.5
9	113 S	20/2/2556	24/2/2556	3	1	0.5	0.5
10	107 S	23/2/2556	26/2/2556	2	1	0.5	0.5
11	103 S	25/2/2556	28/2/2556	2	1	0.5	0.5
12	109 S	27/2/2556	3/1/2556	2	1	0.5	0.5
13	100 P	3/1/2556	3/2/2556	2	1	0.5	0.5
14	96 P	3/2/2556	3/5/2556	2	1	0.5	0.5
15	92 P	3/4/2556	3/6/2556	2	1	0.5	0.5
16	98 P	3/5/2556	3/7/2556	2	1	0.5	0.5
17	94 P	3/6/2556	3/8/2556	2	1	0.5	0.5
18	111 S	3/7/2556	3/10/2556	2	1	0.5	0.5
19	99 S	3/9/2556	3/12/2556	2	1	0.5	0.5
20	95 S	3/10/2556	13/3/2556	3	1	0.5	0.5
21	90 P	3/12/2556	15/3/2556	2	1	0.5	0.5
22	97 S	13/3/2556	17/3/2556	2	1	0.5	0.5
23	93 S	16/3/2556	4/3/2556	2	1	0.5	0.5
24	88 P	18/3/2556	20/3/2556	2	1	0.5	0.5
25	116 P	22/3/2556	24/3/2556	3	1	0.5	0.5
26	86 P	24/3/2556	26/3/2556	2	1	0.5	0.5
27	101 S	26/3/2556	30/3/2556	3	1	0.5	0.5
28	84 P	29/3/2556	31/3/2556	2	1	0.5	0.5
29	82 P	4/2/2556	4/5/2556	3	1	0.5	0.5

ตารางผนวกที่ ค1 (ต่อ)

No.	Panel	Start	End	Duration	Excavating	Installing rebar	Casting concrete
30	87 S	4/3/2556	4/6/2556	2	1	0.5	0.5
31	91 S	4/5/2556	4/7/2556	2	1	0.5	0.5
32	83 S	4/6/2556	4/9/2556	2	1	0.5	0.5
33	89 S	4/7/2556	4/10/2556	2	1	0.5	0.5
34	85 S	4/9/2556	4/11/2556	2	1	0.5	0.5
35	78 P	18/4/2556	22/4/2556	2	1	0.5	0.5
36	73 P	18/4/2556	21/4/2556	2	1	0.5	0.5
37	68 P	22/4/2556	24/4/2556	2	1	0.5	0.5
38	79 M	23/4/2556	26/4/2556	2	1	0.5	0.5
39	71 P	25/4/2556	29/4/2556	3	2	0.5	0.5
40	80 M	25/4/2556	28/4/2556	2	1	0.5	0.5
41	72 S	29/4/2556	5/1/2556	2	2	1	1
42	75 P	5/2/2556	5/4/2556	2	1	0.5	0.5
43	81 S	5/3/2556	5/6/2556	2	2	1	1
44	67 M	5/12/2556	14/5/2556	2	1	0.5	0.5
45	65 P	13/5/2556	16/5/2556	4	2	1	1
46	77 M	19/5/2556	21/5/2556	3	4	1	1
47	66 S	21/5/2556	24/5/2556	4	2	1	1
48	70 M	23/5/2556	26/5/2556	2	1	0.5	0.5
49	76 S	26/5/2556	31/5/2556	5	3	1	1
50	69 S	29/5/2556	6/1/2556	2	1	0.5	0.5
51	BR 176	31/5/2556	6/3/2556	2	1	0.5	0.5
52	BR 177	6/4/2556	6/6/2556	3	1	1	1
53	BR 156	6/10/2556	6/12/2556	3	2	1	1
54	BR 148	14/6/2556	20/6/2556	3	3	0.5	0.5
55	BR 147	20/6/2556	22/6/2556	2	2	1	1
56	BR 141	22/6/2556	24/6/2556	2	3	0.5	0.5
57	BR 140	24/6/2556	27/6/2556	3	1	0.5	0.5
58	BR 142	25/6/2556	29/6/2556	2	2	0.5	0.5

ตารางผนวกที่ ค1 (ต่อ)

No.	Panel	Start	End	Duration	Excavating	Installing rebar	Casting concrete
59	BR 145	7/1/2556	7/3/2556	3	1	1	1
60	BR 144	7/5/2556	7/7/2556	2	1	0.5	0.5
61	BR 143	7/6/2556	7/9/2556	3	2	0.5	0.5
62	BR 146	7/9/2556	7/12/2556	3	1	1	1
63	BR 149	7/12/2556	14/7/2556	2	1	0.5	0.5
64	BR 150	14/7/2556	16/7/2556	2	1	0.5	0.5
65	BR 151	16/7/2556	19/7/2556	3	1	1	1
66	BR 155	18/7/2556	20/7/2556	2	2	0.5	0.5
67	59 S	21/7/2556	24/7/2556	3	2	1	1
68	BR 154	23/7/2556	26/7/2556	2	2	0.5	0.5
69	BR 152	27/7/2556	30/7/2556	2	2	1	1
70	BR 153	30/7/2556	1/8/2556	2	2	0.5	0.5
71	55 S	4/8/2556	6/8/2556	2	3	1	1
72	9 S	8/8/2556	11/8/2556	3	2	0.5	0.5
73	158 M	13/8/2556	15/8/2556	3	1	0.5	0.5
74	29 P	14/8/2556	17/8/2556	4	1	0.5	0.5
75	33 P	16/8/2556	19/8/2556	4	1	0.5	0.5
76	31 P	17/8/2556	20/8/2556	4	1	0.5	0.5
77	35 P	18/8/2556	20/8/2556	3	1	0.5	0.5
78	30 S	20/8/2556	23/8/2556	4	1	0.5	0.5
79	37 P	21/8/2556	23/8/2556	3	1	0.5	0.5
80	32 S	22/8/2556	26/8/2556	5	1	0.5	0.5
81	36 S	24/8/2556	27/8/2556	2	1	0.5	0.5
82	34 S	25/8/2556	28/8/2556	4	1	0.5	0.5
83	38 S	27/8/2556	30/8/2556	4	1	0.5	0.5
84	16 P	29/8/2556	1/9/2556	4	2	1	1
85	20 P	6/9/2556	8/9/2556	2	0.5	0.5	0.5
86	18 P	7/9/2556	9/9/2556	2	0.5	0.5	0.5
87	22 P	9/9/2556	11/9/2556	2	0.5	0.5	0.5

ตารางผนวกที่ ค1 (ต่อ)

No.	Panel	Start	End	Duration	Excavating	Installing rebar	Casting concrete
88	26 P	9/9/2556	12/9/2556	2	0.5	0.5	0.5
89	19 S	11/9/2556	12/9/2556	2	0.5	0.5	0.5
90	175 P	13/9/2556	15/9/2556	2	0.5	0.5	0.5
91	173 P	14/9/2556	16/9/2556	2	0.5	0.5	0.5
92	27 M	16/9/2556	17/9/2556	2	0.5	0.5	0.5
93	17 S	16/9/2556	20/9/2556	2	0.5	0.5	0.5
94	24 P	19/9/2556	22/9/2556	2	0.5	0.5	0.5
95	161 P	20/9/2556	23/9/2556	2	0.5	0.5	0.5
96	28 S	22/9/2556	24/9/2556	2	0.5	0.5	0.5
97	14 P	23/9/2556	26/9/2556	2	0.5	0.5	0.5
98	23 S	25/9/2556	27/9/2556	2	0.5	0.5	0.5
99	13 S	26/9/2556	29/9/2556	2	0.5	0.5	0.5
100	25 S	28/9/2556	1/10/2556	2	0.5	0.5	0.5
101	160 M	29/9/2556	3/10/2556	3	0.5	0.5	0.5
102	174 S	2/10/2556	4/10/2556	2	0.5	0.5	0.5
103	162 M	3/10/2556	5/10/2556	2	0.5	0.5	0.5
104	21 S	6/10/2556	6/10/2556	2	0.5	0.5	0.5
105	15 S	7/10/2556	9/10/2556	2	0.5	0.5	0.5
106	159 S	8/10/2556	11/10/2556	2	0.5	0.5	0.5
107	171 P	10/10/2556	12/10/2556	2	0.5	0.5	0.5
108	165 P	10/10/2556	12/10/2556	2	0.5	0.5	0.5
109	169 P	12/10/2556	13/10/2556	2	0.5	0.5	0.5
110	164 M	12/10/2556	14/10/2556	2	0.5	0.5	0.5
111	172 S	14/10/2556	15/10/2556	2	0.5	0.5	0.5
112	167 P	14/10/2556	16/10/2556	2	0.5	0.5	0.5
113	163 S	15/10/2556	17/10/2556	2	0.5	0.5	0.5
114	170 S	15/10/2556	17/10/2556	2	0.5	0.5	0.5
115	166 S	16/10/2556	18/10/2556	2	0.5	0.5	0.5
116	168 S	17/10/2556	19/10/2556	2	0.5	0.5	0.5

ตารางผนวกที่ ค1 (ต่อ)

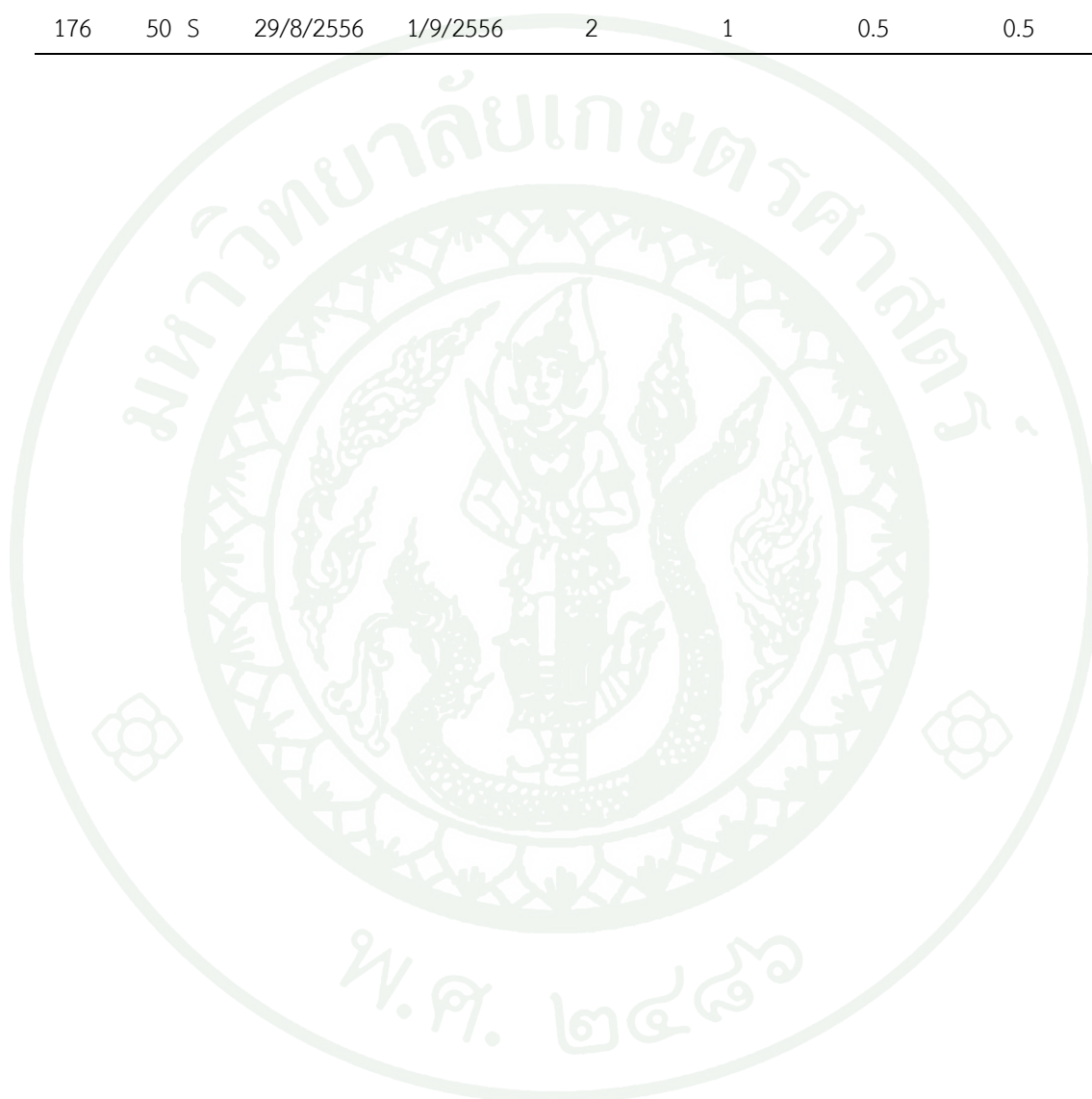
No.	Panel	Start	End	Duration	Excavating	Installing rebar	Casting concrete
117	125 P	17/4/2556	20/4/2556	3	2	0.5	0.5
118	123 S	20/4/2556	23/4/2556	3	2	0.5	0.5
119	120 P	23/4/2556	25/4/2556	2	1	0.5	0.5
120	124 S	24/4/2556	26/4/2556	2	2	0.5	0.5
121	122 M	27/4/2556	30/4/2556	3	1	0.5	0.5
122	129 P	30/4/2556	5/4/2556	3	2	0.5	0.5
123	121 S	5/3/2556	5/5/2556	2	2	0.5	0.5
124	127 P	5/5/2556	5/10/2556	5	1	0.5	0.5
125	118 P	5/5/2556	5/8/2556	2	1	0.5	0.5
126	126 S	5/7/2556	5/10/2556	2	1	0.5	0.5
127	74 S	5/8/2556	5/11/2556	2	1	0.5	0.5
128	117 S	5/10/2556	13/5/2556	2	1	0.5	0.5
129	128 S	5/12/2556	15/5/2556	2	1	0.5	0.5
130	119 S	15/5/2556	17/5/2556	3	1	0.5	0.5
131	131 P	15/5/2556	18/5/2556	2	1	0.5	0.5
132	133 P	16/5/2556	23/5/2556	5	1	0.5	0.5
133	130 S	23/5/2556	26/5/2556	3	1	0.5	0.5
134	132 S	25/5/2556	30/5/2556	3	3	1	1
135	139 P	6/3/2556	6/5/2556	3	1	1	1
136	137 P	6/5/2556	6/7/2556	2	1	0.5	0.5
137	2 P	6/6/2556	6/8/2556	2	1	0.5	0.5
138	135 P	6/8/2556	6/10/2556	2	1	0.5	0.5
139	138 S	6/10/2556	13/6/2556	2	1	1	1
140	1 S	6/12/2556	15/6/2556	2	2	0.5	0.5
141	134 S	16/6/2556	20/6/2556	4	2	0.5	0.5
142	136 S	21/6/2556	25/6/2556	5	1	0.5	0.5
143	56 P	26/6/2556	29/6/2556	4	1	1	1
144	58 P	29/6/2556	7/2/2556	2	1	0.5	0.5
145	53 P	29/6/2556	7/1/2556	2	1	0.5	0.5

ตารางผนวกที่ ค1 (ต่อ)

No.	Panel	Start	End	Duration	Excavating	Installing rebar	Casting concrete
146	63 P	7/2/2556	7/5/2556	3	2	0.5	0.5
147	54 M	7/3/2556	7/5/2556	2	1	0.5	0.5
148	62 M	7/5/2556	7/8/2556	2	2	0.5	0.5
149	64 S	7/8/2556	7/11/2556	3	1	0.5	0.5
150	61 M	7/10/2556	13/7/2556	2	1	0.5	0.5
151	57 S	7/12/2556	15/7/2556	2	2	0.5	0.5
152	60 M	14/7/2556	17/7/2556	2	2	0.5	0.5
153	5 P	16/7/2556	19/7/2556	2	1	0.5	0.5
154	7 P	19/7/2556	22/7/2556	2	1	0.5	0.5
155	4 M	20/7/2556	22/7/2556	2	1	0.5	0.5
156	6 S	21/7/2556	26/7/2556	3	1	0.5	0.5
157	10 P	26/7/2556	29/7/2556	3	1	0.5	0.5
158	3 S	26/7/2556	30/7/2556	3	1	0.5	0.5
159	157 P	28/7/2556	1/8/2556	3	1	0.5	0.5
160	12 P	31/7/2556	3/8/2556	2	1	0.5	0.5
161	8 M	1/8/2556	3/8/2556	2	1	0.5	0.5
162	39 P	2/8/2556	6/8/2556	2	1	0.5	0.5
163	11 S	2/8/2556	8/8/2556	2	1	0.5	0.5
164	43 P	6/8/2556	8/8/2556	2	1	0.5	0.5
165	47 P	7/8/2556	9/8/2556	2	1	0.5	0.5
166	41 P	8/8/2556	12/8/2556	2	1	0.5	0.5
167	45 P	9/8/2556	12/8/2556	2	1	0.5	0.5
168	40 S	13/8/2556	15/8/2556	2	1	0.5	0.5
169	44 S	15/8/2556	16/8/2556	2	1	0.5	0.5
170	49 P	16/8/2556	18/8/2556	2	1	0.5	0.5
171	42 S	19/8/2556	21/8/2556	3	1	0.5	0.5
172	51 P	19/8/2556	22/8/2556	2	1	0.5	0.5
173	48 S	22/8/2556	23/8/2556	2	1	0.5	0.5
174	52 S	23/8/2556	26/8/2556	2	1	0.5	0.5

ตารางผนวกที่ ค1 (ต่อ)

No.	Panel	Start	End	Duration	Excavating	Installing rebar	Casting concrete
175	46 S	27/8/2556	30/8/2556	2	1	0.5	0.5
176	50 S	29/8/2556	1/9/2556	2	1	0.5	0.5





ภาคผนวก ง
ผลการเก็บข้อมูลการก่อสร้างกำแพงทึบน้ำของสถานีรถไฟใต้ดินสถานีที่ 1
ของสัญญาที่ 2

ตารางผนวกที่ ง1 ผลการเก็บข้อมูลการก่อสร้างกำแพงทึบน้ำของสถานีรถไฟใต้ดินสถานีที่ 1 ของ
สัญญาที่ 2

No.	Panel	Excavating	Installing rebar	Casting concrete	Total duration
1	9	2	1	1	4
2	4	2	1	1	4
3	10	2	0.5	0.5	3
4	3	2	0.5	0.5	3
5	8	2	0.5	0.5	3
6	2	1	0.5	0.5	2
7	7	1	0.5	0.5	2
8	11	1.5	0.5	1	3
9	5	1	0.5	0.5	2
10	12	1	1	1	3
11	6	1	1	1	3
12	85	2	0.5	0.5	3
13	13	1.5	1	0.5	3
14	86	1	0.5	0.5	2
15	14	1	0.5	0.5	2
16	87	1.5	1	0.5	3
17	15	2	1.5	0.5	4
18	88	1	0.5	0.5	2
19	16	1	0.5	0.5	2
20	89	1	1	1	3
21	84	7	3	1	11
22	17	10	3	1	14
23	90	5	3	2	10
24	18	3	3	1	7
25	91	4	2	1	7
26	19	2	1	1	4
27	92	2	1	1	4
28	20	1	0.5	0.5	2
29	93	1	0.5	0.5	2

ตารางผนวกที่ ง1 (ต่อ)

No.	Panel	Excavating	Installing rebar	Casting concrete	Total duration
30	21	1	1	1	3
31	94	3	1.5	0.5	5
32	22	3	0.5	0.5	4
33	95	1	0.5	0.5	2
34	23	1	0.5	0.5	2
35	83	3	0.5	0.5	4
36	96	1	0.5	0.5	2
37	82	4	1	1	6
38	81	3	1.5	0.5	5
39	1	1	0.5	0.5	2
40	24	3	2	1	6
41	80	2	1	1	4
42	25	1	1	1	3
43	79	4	1.5	0.5	6
44	100	3	1.5	0.5	5
45	78	1	0.5	0.5	2
46	99	3	0.5	0.5	4
47	77	1	0.5	0.5	2
48	97	2	0.5	0.5	3
49	26	1	0.5	0.5	2
50	76	2	0.5	0.5	3
51	27	4	0.5	0.5	5
52	69	7	1.5	0.5	9
53	B3	2	1	1	4
54	70	2	1	1	4
55	B7	4	1	1	6
56	B9	4	1.5	0.5	6
57	B5	4	2	1	7
58	B8	3	1	1	5
59	B4	3	0.5	0.5	4

ตารางผนวกที่ ง1 (ต่อ)

No.	Panel	Excavating	Installing rebar	Casting concrete	Total duration
60	B6	3	1	1	5
61	B10	3	1.5	0.5	5
62	B15	2	0.5	0.5	3
63	B11	2	1	1	4
64	B16	3	1	1	5
65	B12	2	1	1	4
66	B17	2	0.5	0.5	3
67	B13	3	0.5	1.5	5
68	B14	4	0.5	0.5	5
69	B19	3	0.5	0.5	4
70	B20	3	1	1	5
71	B21	4	1	1	6
72	B22	3	1.5	0.5	5
73	B28	4	2	1	7
74	57	8	1.5	0.5	10
75	58	15	2	1	18
76	B24	12	2	0.5	14.5
77	B23	2	1	1	4
78	29	3	2	1	6
79	31	4	2	1	7
80	30	2	1	1	4
81	B25	2	2	2	6
82	B26	3	0.5	0.5	4
83	65	5	3	2	10
84	64	3	2	1	6
85	63	5	2	1	8
86	62	2	1	1	4
87	42	2	1	1	4
88	53	3	0.5	0.5	4

ตารางผนวกที่ ง1 (ต่อ)

No.	Panel	Excavating	Installing rebar	Casting concrete	Total duration
89	54	4	2	1	7
90	43	3	1.5	1.5	6
91	55	2	0.5	0.5	3
92	44	1	0.5	0.5	2
93	41	2	1	1	4
94	52	1	0.5	0.5	2
95	40	5	2	1	8
96	39	3	1	1	5
97	160	2.5	0.5	0.5	3.5
98	162	1	0.5	0.5	2
99	159	1	0.5	0.5	2
100	163	1	0.5	0.5	2
101	158	1	0.5	0.5	2
102	164	1	0.5	0.5	2
103	161	5	2	1	8
104	124	3	1.5	0.5	5
105	45	1	0.5	0.5	2
106	125	1	0.5	0.5	2
107	120	2	1	1	4
108	46	1	0.5	0.5	2
109	126	2	1.5	0.5	4
110	119	2	0.5	0.5	3
111	123	5	1	1	7
112	51	1	0.5	0.5	2
113	122	1	0.5	0.5	2
114	165	2	0.5	0.5	3
115	118	6	2	1	9
116	47	2	0.5	0.5	3
117	117	3	1	1	5

ตารางผนวกที่ ง1 (ต่อ)

No.	Panel	Excavating	Installing rebar	Casting concrete	Total duration
118	50	4	2	1	7
119	49	3	1	1	5
120	60	1	0.5	0.5	2
121	129	1	0.5	0.5	2
122	121	1	0.5	0.5	2
123	130	2	0.5	0.5	3
124	48	3	2	1	6
125	59	3	0.5	0.5	4
126	98	2	1.5	0.5	4
127	75	1	1	1	3
128	32	1	1	1	3
129	56	2	0.5	0.5	3
130	74	5	2	1	8
131	28	1	1	1	3
132	168	1	0.5	0.5	2
133	73	1	0.5	0.5	2
134	171	2	1	1	4
135	167	1	0.5	0.5	2
136	71	2	1.5	0.5	4
137	169	1	0.5	0.5	2
138	71	3	0.5	0.5	4
139	169	1	0.5	0.5	2
140	166	4	0.5	0.5	5
141	170	3	1.5	0.5	5
142	68	1	0.5	0.5	2
143	72	3	1	1	5
144	38	1	1	1	3
145	66	2	1	1	4
146	B31	3	0.5	0.5	4

ตารางผนวกที่ ง1 (ต่อ)

No.	Panel	Excavating	Installing rebar	Casting concrete	Total duration
147	67	1	0.5	0.5	2
148	B32	4	2	1	7
149	B30	3	1	1	5
150	B18	4	2	1	7
151	B29	5	2	1	8
152	B27	5	4	1	10
153	152	1	0.5	0.5	2
154	34	1	0.5	0.5	2
155	137	1	0.5	0.5	2
156	142B	1	0.5	0.5	2
157	144	3	2	1	6
158	136	4	1	1	6
159	131	1	0.5	0.5	2
160	143	2	1.5	0.5	4
161	139A	2	1	1	4
162	132	1	1	1	3
163	139B	2	1.5	0.5	4
164	133	2	1	1	4
165	140	2	1.5	0.5	4
166	134	1	0.5	0.5	2
167	142A	2	0.5	0.5	3
168	135	2	1	1	4
169	141	3	2	1	6
170	138	1	1	1	3
171	157	5	3	1	9
172	154	3	2	1	6
173	156	2	1	1	4
174	116	1	0.5	0.5	2
175	157	1	0.5	0.5	2

ตารางผนวกที่ ง1 (ต่อ)

No.	Panel	Excavating	Installing rebar	Casting concrete	Total duration
176	115	1	0.5	0.5	2
177	114	4	2	1	7
178	102	3	1	1	5
179	113	2	1	1	4
180	33	1	1	1	3
181	128B	3	0.5	0.5	4
182	103	2	0.5	0.5	3
183	108	2	0.5	0.5	3
184	104	1	0.5	0.5	2
185	109	1.5	1	0.5	3
186	105	1.5	1	0.5	3
187	110	1	0.5	0.5	2
188	107	2	1	1	4
189	106	3	1	1	5
190	128A	5	3	2	10
191	147	2	1	1	4
192	148	2	1	1	4
193	146	4	3	2	9
194	37	1	0.5	0.5	2
195	149	2	2	1	5
196	36	1	0.5	0.5	2
197	150	1	0.5	0.5	2
198	111A	2	1.5	0.5	4
199	151	1	0.5	0.5	2
200	111B	3	1	1	5
201	112	2	0.5	0.5	3
202	127A	3	2	1	6
203	127B	4	2	1	7
204	35	1	0.5	0.5	2
205	145	2	0.5	0.5	3



ตารางผนวกที่ จ1 ผลการเก็บข้อมูลอุปสรรคในการก่อสร้างอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน

Date	Shift	Delays		Time		Durations
		Delay no.	TBM Delay No.	Start	Finish	(min.)
1/2/2013	Day	2		15:07 น.	15:52 น.	45
		3		7:00 น.	7:22 น.	22
		3		11:35 น.	13:00 น.	85
2/2/2013	Day	3		7:00 น.	7:30 น.	30
		3		9:00 น.	10:30 น.	90
		1		18:30 น.	19:00 น.	30
			1	7:00 น.	8:00 น.	60
4/2/2013	Day	3		8:35 น.	10:05 น.	90
		3		16:00 น.	16:45 น.	45
5/2/2013	Day	3		7:00 น.	7:25 น.	25
		3		11:40 น.	12:00 น.	20
			3	14:30 น.	19:00 น.	270
6/2/2013	Day	1		14:00 น.	17:30 น.	210
			3	10:00 น.	19:00 น.	540
7/3/2013	Day		1	18:00 น.	19:00 น.	60
			3	7:00 น.	9:00 น.	120
		3		7:00 น.	8:00 น.	60
8/3/2013	Day	3		8:30 น.	9:45 น.	75
		3		16:05 น.	17:00 น.	55
			1	9:45 น.	10:30 น.	45
		2		18:15 น.	19:00 น.	45
9/3/2013	Day	3		11:00 น.	12:15 น.	75
		3		7:00 น.	7:30 น.	30
10/3/2013	Day	3		8:30 น.	9:30 น.	60
		1		15:30 น.	16:15 น.	45
		1		7:30 น.	8:15 น.	45
11/2/2013	Day	3		7:00 น.	7:30 น.	30
		2		15:45 น.	16:15 น.	30
12/2/2013	Day	3		7:00 น.	7:45 น.	45

ตารางผนวกที่ จ1 (ต่อ)

Date	Shift	Delays		Time		Durations (min.)
		Delay no.	TBM Delay No.	Start	Finish	
13/2/2014	Day	3		7:00 น.	7:45 น.	45
		3		11:05 น.	12:30 น.	85
14/2/2013	Day	1		14:30 น.	15:45 น.	75
15/2/2013	Day	3		7:00 น.	7:30 น.	30
		3		10:45 น.	11:45 น.	60
16/2/2013	Day	3		13:40 น.	15:00 น.	80
		1		18:25 น.	19:00 น.	35
17/2/2013	Day	3		7:00 น.	7:15 น.	15
		1		9:15 น.	10:00 น.	45
		10		14:30 น.	19:00 น.	270
18/2/2013	Day	3		7:00 น.	7:30 น.	30
		3		9:45 น.	10:45 น.	60
		3		16:20 น.	17:20 น.	60
19/2/2013	Day	3		7:00 น.	7:45 น.	45
		3		11:55 น.	12:45 น.	50
1/3/2013	Day	3		16:30 น.	17:00 น.	30
		10		7:00 น.	13:45 น.	405
2/3/2013	Day	3		7:00 น.	8:25 น.	85
		10		9:30 น.	10:00 น.	30
4/3/2013	Day	3		7:00 น.	7:45 น.	45
		3		10:05 น.	12:00 น.	115
			7	12:00 น.	13:00 น.	60
			7	15:20 น.	19:00 น.	220
4/3/2013	Night	1		19:00 น.	19:45 น.	45
		10		21:00 น.	22:15 น.	75
		8		0:00 น.	1:15 น.	75
5/3/2013	Day	3		8:00 น.	9:20 น.	80
	Night	1		20:30 น.	22:00 น.	90
			3	21:15 น.	22:30 น.	75

ตารางผนวกที่ จ1 (ต่อ)

Date	Shift	Delays		Time		Durations (min.)
		Delay no.	TBM Delay No.	Start	Finish	
6/3/2013	Day	8		1:00 น.	2:00 น.	60
		3		11:15 น.	13:15 น.	120
	Night	1		1:45 น.	2:00 น.	15
			3	23:00 น.	23:45 น.	45
7/3/2013	Day	8		0:00 น.	1:00 น.	60
		3		10:30 น.	12:45 น.	135
	Night	3		1:00 น.	2:00 น.	60
		5		19:00 น.	20:00 น.	60
8/3/2013	Day	8		0:00 น.	1:00 น.	60
		10		22:00 น.	23:00 น.	60
		3		8:30 น.	9:55 น.	85
		1		19:00 น.	19:30 น.	30
		3		19:30 น.	20:00 น.	30
		3		23:30 น.	0:55 น.	85
		3		3:00 น.	4:15 น.	75
		8		0:00 น.	1:00 น.	60
9/3/2013	Day	3		12:00 น.	13:25 น.	85
		1		2:30 น.	3:00 น.	30
	Night	3		23:00 น.	0:00 น.	60
		3		5:15 น.	5:45 น.	30
10/3/2013	Day	8		0:00 น.	1:00 น.	60
		3		10:45 น.	12:05 น.	80
		1		20:00 น.	21:45 น.	105
11/3/2014	Day	10		14:25 น.	15:05 น.	40
		3		22:20 น.	23:30 น.	70
	Night	1		19:30 น.	20:05 น.	35
		8		1:00 น.	2:00 น.	60
12/3/2013	Day	10		3:30 น.	7:00 น.	210
		3		10:30 น.	11:45 น.	75

ตารางผนวกที่ จ1 (ต่อ)

Date	Shift	Delays		Time		Durations (min.)
		Delay no.	TBM Delay No.	Start	Finish	
		3		16:20 น.	17:05 น.	45
		10		7:00 น.	8:35 น.	95
	Night	3		23:15 น.	0:00 น.	45
			3	20:00 น.	21:15 น.	75
		8		0:00 น.	1:00 น.	60
13/3/2013	Day	3		9:45 น.	10:45 น.	60
		3		15:55 น.	16:40 น.	45
		1		13:45 น.	14:15 น.	30
14/3/2013	Day	3		9:30 น.	10:15 น.	0:45 น.
		8		13:00 น.	14:00 น.	1:00 น.
14/3/2013	Night	1		19:30 น.	20:00 น.	0:30 น.
		1		1:00 น.	1:30 น.	0:30 น.
		8		22:00 น.	23:00 น.	1:00 น.
15/3/2013	Day	3		8:00 น.	9:10 น.	1:10 น.
		3		12:10 น.	13:10 น.	1:00 น.
15/3/2013	Night	1		17:00 น.	19:30 น.	2:30 น.
		1		14:45 น.	15:00 น.	0:15 น.
17/3/2013	Night	1		22:45 น.	23:15 น.	0:30 น.
		1		2:15 น.	2:45 น.	0:30 น.
25/4/2013	Day	1		7:15 น.	8:15 น.	1:00 น.
		1		11:00 น.	12:00 น.	1:00 น.
26/4/2013	Day	1		13:00 น.	16:40 น.	3:40 น.
		3		13:00 น.	16:40 น.	3:40 น.
			4	7:00 น.	12:00 น.	5:00 น.
27/4/2013	Day	3		10:15 น.	12:00 น.	1:45 น.
29/4/2013	Day	1		7:00 น.	9:30 น.	2:30 น.
		3		11:20 น.	12:45 น.	1:25 น.
			5	15:00 น.	16:00 น.	1:00 น.
29/4/2013	Night	3		21:30 น.	22:30 น.	1:00 น.

ตารางผนวกที่ จ1 (ต่อ)

Date	Shift	Delays		Time		Durations (min.)
		Delay no.	TBM Delay No.	Start	Finish	
30/4/2013	Day	4		23:15 น.	23:30 น.	0:15 น.
		5		23:30 น.	23:45 น.	0:15 น.
		1		7:00 น.	7:45 น.	0:45 น.
30/4/2013	Night		3	13:30 น.	15:00 น.	1:30 น.
		9		19:00 น.	23:30 น.	4:30 น.
			4	19:00 น.	23:30 น.	4:30 น.
2/5/2013	Day	1		7:00 น.	9:15 น.	2:15 น.
3/5/2013	Night	1		8:00 น.	10:15 น.	2:15 น.
		5		19:30 น.	20:00 น.	0:30 น.
		6		19:00 น.	20:00 น.	1:00 น.
4/5/2013	Day		4	6:30 น.	7:00 น.	0:30 น.
		3		9:45 น.	11:10 น.	1:25 น.
		5		20:00 น.	20:15 น.	0:15 น.
4/5/2013	Night	6		19:00 น.	19:15 น.	0:15 น.
		17		0:00 น.	2:45 น.	2:45 น.
		1		7:00 น.	9:00 น.	2:00 น.
7/5/2013	Day	3		11:00 น.	12:00 น.	1:00 น.
		1		8:00 น.	8:50 น.	0:50 น.
		1		13:50 น.	15:10 น.	1:20 น.
8/5/2013	Day	3		10:20 น.	13:00 น.	2:40 น.
		4		17:00 น.	19:00 น.	2:00 น.
		1		19:00 น.	20:20 น.	1:20 น.
8/5/2013	Night	6		4:00 น.	5:00 น.	1:00 น.
			3	23:00 น.	0:00 น.	1:00 น.
		1		8:00 น.	9:20 น.	1:20 น.
9/5/2013	Day	3		10:20 น.	11:30 น.	1:10 น.
		5		11:30 น.	13:00 น.	1:30 น.
		5		14:00 น.	14:20 น.	0:20 น.
		5		15:15 น.	16:00 น.	0:45 น.

ตารางผนวกที่ จ1 (ต่อ)

Date	Shift	Delays		Time		Durations (min.)
		Delay no.	TBM Delay No.	Start	Finish	
9/5/2013	Night	1		22:45 น.	0:00 น.	1:15 น.
			3	19:00 น.	19:45 น.	0:45 น.
10/5/2013	Day	1		7:00 น.	9:00 น.	2:00 น.
		3		16:30 น.	17:30 น.	1:00 น.
		4		10:45 น.	11:15 น.	0:30 น.
		6		10:45 น.	11:00 น.	0:15 น.
			1	18:00 น.	18:30 น.	0:30 น.
10/5/2013	Night	1		16:45 น.	18:15 น.	1:30 น.
			3	19:00 น.	20:30 น.	1:30 น.
11/5/2013	Day	1		7:00 น.	10:30 น.	3:30 น.
		5		7:00 น.	8:45 น.	1:45 น.
11/5/2013	Night	1		19:30 น.	21:00 น.	1:30 น.
			3	3:45 น.	4:30 น.	0:45 น.
12/5/2013	Day	1		7:00 น.	8:45 น.	1:45 น.
12/5/2013	Day	3		9:00 น.	10:15 น.	1:15 น.
		5		8:45 น.	9:00 น.	0:15 น.
12/5/2013	Night	1		23:00 น.	0:15 น.	1:15 น.
			3	5:00 น.	6:15 น.	1:15 น.
13/5/2013	Day	1		7:00 น.	8:45 น.	1:45 น.
		3		18:30 น.	19:00 น.	0:30 น.
		4		11:00 น.	11:10 น.	0:10 น.
		4		14:30 น.	15:00 น.	0:30 น.
		5		8:45 น.	9:00 น.	0:15 น.
13/5/2013	Night	1		1:00 น.	2:00 น.	1:00 น.
14/5/2013	Day	1		7:00 น.	7:20 น.	0:20 น.
		2		16:00 น.	18:00 น.	2:00 น.
		5		9:00 น.	10:00 น.	1:00 น.
		5		10:55 น.	12:00 น.	1:05 น.
14/5/2013	Night		3	3:45 น.	4:45 น.	1:00 น.

ตารางผนวกที่ จ1 (ต่อ)

Date	Shift	Delays		Time		Durations
		Delay no.	TBM Delay No.	Start	Finish	(min.)
15/5/2013	Day	1		13:00 น.	14:20 น.	1:20 น.
		3		8:45 น.	9:30 น.	0:45 น.
		4		10:40 น.	10:50 น.	0:10 น.
		6		7:30 น.	7:40 น.	0:10 น.
15/5/2013	Night	1		19:00 น.	19:20 น.	0:20 น.
			3	16:45 น.	17:30 น.	0:45 น.
16/5/2013	Day	1		7:00 น.	8:00 น.	1:00 น.
		3		14:40 น.	15:40 น.	1:00 น.
		5		8:10 น.	8:30 น.	0:20 น.
		5		11:30 น.	11:50 น.	0:20 น.
16/5/2013	Night	1		23:20 น.	0:00 น.	0:40 น.
		1		1:00 น.	2:00 น.	1:00 น.
17/5/2013	Day	1		7:00 น.	8:00 น.	1:00 น.
		1		11:30 น.	11:40 น.	0:10 น.
		5		11:10 น.	11:40 น.	0:30 น.
		6		8:00 น.	8:20 น.	0:20 น.
		6		8:40 น.	9:00 น.	0:20 น.
		3		11:20 น.	13:30 น.	2:10 น.
			5	9:00 น.	10:30 น.	1:30 น.
		9		15:00 น.	19:00 น.	4:00 น.
12/6/2013	Day	1		7:45 น.	9:15 น.	1:30 น.
		3		7:00 น.	8:15 น.	1:15 น.
13/6/2013	Day	1		7:45 น.	8:15 น.	0:30 น.
		3		7:00 น.	8:15 น.	1:15 น.
		3		15:00 น.	16:00 น.	1:00 น.
		9		13:00 น.	14:00 น.	1:00 น.
13/6/2013	Night	4		23:45 น.	3:30 น.	3:45 น.
14/6/2013	Day	3		7:00 น.	8:15 น.	1:15 น.
14/6/2013	Night	1		19:00 น.	19:45 น.	0:45 น.

ตารางผนวกที่ จ1 (ต่อ)

Date	Shift	Delays		Time		Durations (min.)
		Delay no.	TBM Delay No.	Start	Finish	
15/6/2013	Day	1		20:30 น.	21:30 น.	1:00 น.
		3		6:00 น.	7:00 น.	1:00 น.
		5		20:30 น.	21:30 น.	1:00 น.
		9		1:00 น.	1:45 น.	0:45 น.
		3		9:00 น.	9:30 น.	0:30 น.
15/6/2013	Night	3		16:30 น.	17:15 น.	0:45 น.
		1		1:00 น.	1:45 น.	0:45 น.
		4		22:15 น.	22:30 น.	0:15 น.
17/6/2013	Day	5		19:10 น.	19:49 น.	0:39 น.
		9		23:45 น.	0:00 น.	0:15 น.
		3		12:35 น.	13:00 น.	0:25 น.
		3		18:00 น.	19:00 น.	1:00 น.
		6		7:15 น.	7:30 น.	0:15 น.
18/6/2013	Day	7		7:30 น.	8:00 น.	0:30 น.
			5	15:00 น.	16:20 น.	1:20 น.
		3		8:00 น.	8:30 น.	0:30 น.
		4		11:10 น.	11:20 น.	0:10 น.
		4		18:30 น.	19:00 น.	0:30 น.
18/6/2013	Day	6		7:15 น.	7:20 น.	0:05 น.
		6		9:30 น.	9:40 น.	0:10 น.
		6		14:15 น.	14:30 น.	0:15 น.
		6		16:20 น.	16:30 น.	0:10 น.
		6		17:45 น.	18:00 น.	0:15 น.
18/6/2013	Night	1		2:00 น.	3:00 น.	1:00 น.
			5	20:30 น.	21:30 น.	1:00 น.
19/6/2013	Day	3		7:00 น.	7:30 น.	0:30 น.
		3		13:00 น.	14:00 น.	1:00 น.
		4		15:15 น.	15:30 น.	0:15 น.
		6		12:15 น.	12:25 น.	0:10 น.

ตารางผนวกที่ จ1 (ต่อ)

Date	Shift	Delays		Time		Durations (min.)
		Delay no.	TBM Delay No.	Start	Finish	
		6		17:10 น.	17:25 น.	0:15 น.
			2	8:00 น.	11:10 น.	3:10 น.
19/6/2013	Night	1		5:00 น.	6:30 น.	1:30 น.
20/6/2013	Day	3		13:15 น.	14:00 น.	0:45 น.
		4		9:35 น.	9:45 น.	0:10 น.
		6		7:15 น.	7:30 น.	0:15 น.
		6		9:10 น.	9:20 น.	0:10 น.
		6		11:00 น.	12:45 น.	1:45 น.
20/6/2013	Night		3	23:30 น.	0:15 น.	0:45 น.
			3	19:00 น.	19:30 น.	0:30 น.
21/6/2013	Day	6		7:00 น.	9:15 น.	2:15 น.
		7		7:00 น.	9:15 น.	2:15 น.
		3		10:15 น.	12:00 น.	1:45 น.
		6		15:40 น.	15:55 น.	0:15 น.
		3		16:40 น.	17:00 น.	0:20 น.
		5		17:00 น.	17:20 น.	0:20 น.
21/6/2013	Night	1		21:40 น.	22:40 น.	1:00 น.
		1		5:20 น.	6:40 น.	1:20 น.
			3	20:40 น.	21:50 น.	1:10 น.
			3	22:50 น.	23:30 น.	0:40 น.
			3	0:30 น.	1:10 น.	0:40 น.
			3	0:30 น.	1:10 น.	0:40 น.
			3	4:20 น.	5:00 น.	0:40 น.
22/6/2013	Day	5		7:00 น.	7:30 น.	0:30 น.
		6		7:00 น.	7:45 น.	0:45 น.
		4		9:45 น.	10:00 น.	0:15 น.
		3		10:30 น.	11:00 น.	0:30 น.
		6		12:15 น.	12:25 น.	0:10 น.
		7		15:20 น.	15:40 น.	0:20 น.

ตารางผนวกที่ จ1 (ต่อ)

Date	Shift	Delays		Time		Durations (min.)
		Delay no.	TBM Delay No.	Start	Finish	
22/6/2013	Night		4	7:45 น.	8:15 น.	0:30 น.
		1		20:30 น.	21:15 น.	0:45 น.
		1		4:45 น.	6:15 น.	1:30 น.
		1		16:45 น.	17:15 น.	0:30 น.
23/6/2013	Day		3	19:20 น.	20:20 น.	1:00 น.
		1		11:50 น.	12:20 น.	0:30 น.
		3		8:20 น.	9:10 น.	0:50 น.
		4		10:10 น.	10:50 น.	0:40 น.
		5		7:00 น.	7:45 น.	0:45 น.
		6		7:00 น.	7:45 น.	0:45 น.
25/6/2013	Day		1	14:00 น.	14:50 น.	0:50 น.
			4	11:50 น.	13:00 น.	1:10 น.
		1		7:15 น.	7:45 น.	0:30 น.
		2		7:50 น.	9:00 น.	1:10 น.
		3		8:00 น.	10:50 น.	2:50 น.
		4		7:00 น.	8:00 น.	1:00 น.
		4		9:10 น.	9:35 น.	0:25 น.
		6		12:50 น.	13:00 น.	0:10 น.
		6		16:20 น.	16:45 น.	0:25 น.
		6		17:40 น.	17:50 น.	0:10 น.
			1	10:20 น.	11:00 น.	0:40 น.
			2	10:20 น.	11:40 น.	1:20 น.
25/6/2013	Night	1		23:40 น.	0:45 น.	1:05 น.
		1		4:00 น.	5:00 น.	1:00 น.
25/6/2013	Night		1	23:00 น.	0:30 น.	1:30 น.
			5	2:45 น.	4:15 น.	1:30 น.
		8		22:15 น.	23:10 น.	0:55 น.
26/6/2013	Day	4		9:00 น.	9:10 น.	0:10 น.
		4		12:40 น.	13:10 น.	0:30 น.

ตารางผนวกที่ จ1 (ต่อ)

Date	Shift	Delays		Time		Durations (min.)
		Delay no.	TBM Delay No.	Start	Finish	
27/6/2013	Day	4		17:00 น.	17:10 น.	0:10 น.
		5		10:50 น.	11:45 น.	0:55 น.
		5		13:20 น.	13:35 น.	0:15 น.
		5		14:50 น.	15:00 น.	0:10 น.
		6		17:20 น.	18:00 น.	0:40 น.
		7		12:20 น.	12:45 น.	0:25 น.
		1		7:00 น.	8:10 น.	1:10 น.
		1		17:00 น.	19:00 น.	2:00 น.
		3		11:10 น.	11:45 น.	0:35 น.
		3		13:40 น.	14:40 น.	1:00 น.
27/6/2013	Night	4		13:00 น.	13:20 น.	0:20 น.
		6		8:10 น.	8:35 น.	0:25 น.
		6		9:45 น.	10:00 น.	0:15 น.
		1		20:00 น.	20:45 น.	0:45 น.
			3	21:30 น.	22:15 น.	0:45 น.
		9		1:30 น.	6:30 น.	5:00 น.
28/6/2013	Day	3		16:20 น.	16:40 น.	0:20 น.
		3		18:30 น.	19:00 น.	0:30 น.
		4		14:50 น.	15:15 น.	0:25 น.
		6		17:45 น.	18:00 น.	0:15 น.
		4		16:20 น.	16:45 น.	0:25 น.
28/6/2013	Night	1		20:40 น.	22:20 น.	1:40 น.
		1		1:30 น.	2:15 น.	0:45 น.
29/6/2013	Day	1		7:30 น.	8:00 น.	0:30 น.
		1		17:45 น.	18:10 น.	0:25 น.
		3		8:30 น.	9:20 น.	0:50 น.
		3		18:30 น.	19:00 น.	0:30 น.
		4		11:15 น.	11:45 น.	0:30 น.
		4		16:45 น.	17:00 น.	0:15 น.

ตารางผนวกที่ จ1 (ต่อ)

Date	Shift	Delays		Time		Durations
		Delay no.	TBM Delay No.	Start	Finish	(min.)
30/6/2013	Day	1		8:00 น.	9:00 น.	1:00 น.
		1		13:15 น.	13:30 น.	0:15 น.
		3		7:00 น.	8:00 น.	1:00 น.
		3		16:30 น.	16:45 น.	0:15 น.
		4		11:20 น.	11:40 น.	0:20 น.
		5		11:50 น.	13:00 น.	1:10 น.
		6		9:45 น.	10:15 น.	0:30 น.
30/6/2013	Night	1		19:00 น.	20:45 น.	1:45 น.
		5		2:00 น.	3:15 น.	1:15 น.
3/7/2013	Day	3		8:30 น.	9:30 น.	1:00 น.
		3		18:20 น.	19:00 น.	0:40 น.
		4		14:50 น.	17:00 น.	2:10 น.
		5		13:30 น.	14:00 น.	0:30 น.
		6		10:25 น.	10:35 น.	0:10 น.
		6		12:35 น.	12:45 น.	0:10 น.
3/7/2013	Night	1		23:15 น.	0:00 น.	0:45 น.
		1		4:00 น.	5:00 น.	1:00 น.
			2	1:50 น.	2:15 น.	0:25 น.
			5	19:55 น.	22:30 น.	2:35 น.
4/7/2013	Day		2	11:10 น.	11:25 น.	0:15 น.
4/7/2013	Night	1		19:45 น.	20:55 น.	1:10 น.
		5		20:15 น.	20:30 น.	0:15 น.
		5		22:00 น.	22:25 น.	0:25 น.
		5		0:00 น.	1:00 น.	1:00 น.
		17		3:15 น.	4:00 น.	0:45 น.
5/7/2013	Day	3		16:20 น.	16:30 น.	0:10 น.
		4		16:00 น.	16:15 น.	0:15 น.
5/7/2013	Night	1		19:20 น.	20:15 น.	0:55 น.
			3	3:10 น.	3:30 น.	0:20 น.

ตารางผนวกที่ จ1 (ต่อ)

Date	Shift	Delays		Time		Durations (min.)
		Delay no.	TBM Delay No.	Start	Finish	
6/7/2013	Day	5		2:15 น.	2:45 น.	0:30 น.
		1		9:45 น.	10:10 น.	0:25 น.
		1		16:00 น.	16:30 น.	0:30 น.
7/7/2013	Night	1		3:20 น.	4:15 น.	0:55 น.
		1		5:10 น.	6:30 น.	1:20 น.
		17		23:00 น.	1:15 น.	2:15 น.
8/7/2013	Day	17		3:15 น.	4:15 น.	1:00 น.
		3		18:45 น.	19:00 น.	0:15 น.
		4		9:20 น.	9:40 น.	0:20 น.
8/7/2013	Night	4		14:10 น.	15:20 น.	1:10 น.
		6		7:00 น.	7:40 น.	0:40 น.
		1		21:10 น.	21:30 น.	0:20 น.
9/7/2013	Night	1		19:20 น.	20:15 น.	0:55 น.
			4	4:50 น.	5:10 น.	0:20 น.
			5	4:45 น.	5:30 น.	0:45 น.
10/7/2013	Day	3		10:10 น.	10:30 น.	0:20 น.
		4		14:00 น.	14:15 น.	0:15 น.
		6		7:15 น.	7:30 น.	0:15 น.
		6		10:40 น.	11:15 น.	0:35 น.
		6		13:00 น.	13:55 น.	0:55 น.
		7		7:00 น.	7:15 น.	0:15 น.
		9		8:00 น.	8:30 น.	0:30 น.
			5	8:15 น.	9:10 น.	0:55 น.
10/7/2013	Night	1		0:20 น.	1:20 น.	1:00 น.
		1		1:30 น.	2:15 น.	0:45 น.
		9		1:00 น.	1:50 น.	0:50 น.
11/7/2013	Day	1		11:00 น.	11:50 น.	0:50 น.
		5		7:40 น.	8:00 น.	0:20 น.
		7		7:00 น.	8:00 น.	1:00 น.

ตารางผนวกที่ จ1 (ต่อ)

Date	Shift	Delays		Time		Durations (min.)
		Delay no.	TBM Delay No.	Start	Finish	
11/7/2013	Night	2		9:30 น.	9:50 น.	0:20 น.
		9		16:30 น.	19:00 น.	2:30 น.
		1		0:00 น.	2:00 น.	2:00 น.
		1		2:15 น.	3:00 น.	0:45 น.
		9		0:45 น.	1:30 น.	0:45 น.
12/7/2013	Day	1		8:40 น.	9:30 น.	0:50 น.
12/7/2013	Day	3		10:00 น.	10:30 น.	0:30 น.
12/7/2013	Night	3		10:30 น.	11:00 น.	0:30 น.
		1		11:30 น.	12:30 น.	1:00 น.
		5		11:40 น.	14:20 น.	2:40 น.
		5		18:20 น.	18:45 น.	0:25 น.
		6		7:00 น.	7:45 น.	0:45 น.
			5	7:45 น.	8:20 น.	0:35 น.
		1		1:00 น.	2:00 น.	1:00 น.
		1		2:15 น.	2:45 น.	0:30 น.
		3		19:30 น.	20:00 น.	0:30 น.
			3	22:00 น.	22:30 น.	0:30 น.
13/7/2013	Day	9		8:45 น.	10:10 น.	1:25 น.
			5	12:00 น.	13:30 น.	1:30 น.
		1		7:00 น.	7:45 น.	0:45 น.
14/7/2013	Day	1		11:00 น.	12:00 น.	1:00 น.
		3		11:00 น.	11:30 น.	0:30 น.
		5		14:30 น.	15:00 น.	0:30 น.
		6		15:30 น.	15:45 น.	0:15 น.
		1		12:00 น.	13:00 น.	1:00 น.
15/7/2013	Day	1		13:20 น.	14:10 น.	0:50 น.
		1		19:00 น.	20:30 น.	1:30 น.
15/7/2013	Night	5		2:40 น.	3:00 น.	0:20 น.
		5		4:50 น.	5:50 น.	1:00 น.

ตารางผนวกที่ จ1 (ต่อ)

Date	Shift	Delays		Time		Durations (min.)
		Delay no.	TBM Delay No.	Start	Finish	
16/7/2013	Day	6		20:40 น.	21:00 น.	0:20 น.
		7		0:40 น.	1:00 น.	0:20 น.
		1		13:30 น.	14:30 น.	1:00 น.
		1		14:45 น.	15:40 น.	0:55 น.
			3	19:30 น.	20:00 น.	0:30 น.
			3	22:00 น.	22:30 น.	0:30 น.
16/7/2013	Night		6	21:30 น.	22:00 น.	0:30 น.
		3		19:00 น.	4:00 น.	9:00 น.
		19		3:00 น.	5:00 น.	2:00 น.
17/7/2013	Day	1		14:40 น.	15:30 น.	0:50 น.
		1		16:30 น.	17:20 น.	0:50 น.
			3	8:00 น.	8:30 น.	0:30 น.
17/7/2013	Night		3	18:30 น.	19:00 น.	0:30 น.
		1		1:00 น.	1:45 น.	0:45 น.
		4		22:10 น.	22:20 น.	0:10 น.
		4		3:15 น.	3:30 น.	0:15 น.
		6		19:00 น.	19:20 น.	0:20 น.
			1	6:00 น.	7:00 น.	1:00 น.
18/7/2013	Day	1		9:10 น.	10:20 น.	1:10 น.
		1		13:20 น.	14:30 น.	1:10 น.
			4	9:00 น.	12:20 น.	3:20 น.
18/7/2013	Night	4		23:30 น.	23:40 น.	0:10 น.
		4		3:30 น.	3:40 น.	0:10 น.
		4		5:15 น.	5:30 น.	0:15 น.
		6		20:20 น.	20:30 น.	0:10 น.
19/7/2013	Day	5		9:45 น.	9:55 น.	0:10 น.
		6		11:30 น.	13:30 น.	2:00 น.
		7		7:10 น.	8:20 น.	1:10 น.
		8		7:00 น.	7:10 น.	0:10 น.

ตารางผนวกที่ จ1 (ต่อ)

Date	Shift	Delays		Time		Durations (min.)
		Delay no.	TBM Delay No.	Start	Finish	
19/7/2013	Night	8		14:30 น.	14:30 น.	0:00 น.
			5	14:40 น.	16:15 น.	1:35 น.
			5	7:45 น.	8:20 น.	0:35 น.
			3	19:00 น.	19:20 น.	0:20 น.
		3		20:45 น.	21:15 น.	0:30 น.
20/7/2013	Day	3		2:30 น.	3:10 น.	0:40 น.
		1		9:40 น.	10:30 น.	0:50 น.
		1		12:40 น.	13:30 น.	0:50 น.
			3	14:40 น.	15:50 น.	1:10 น.
			3	8:40 น.	9:00 น.	0:20 น.
20/7/2013	Night		5	17:00 น.	17:20 น.	0:20 น.
		6		19:00 น.	20:40 น.	1:40 น.
		6		19:00 น.	20:40 น.	1:40 น.
24/7/2013	Day	7		0:40 น.	1:40 น.	1:00 น.
		1		17:10 น.	18:00 น.	0:50 น.
		5		13:15 น.	15:15 น.	2:00 น.
24/7/2013	Night	4		19:30 น.	19:45 น.	0:15 น.
		4		14:30 น.	14:45 น.	0:15 น.
		6		19:00 น.	19:30 น.	0:30 น.
		7		16:20 น.	16:40 น.	0:20 น.
		1		13:40 น.	14:30 น.	0:50 น.
25/7/2013	Day	1		15:45 น.	16:40 น.	0:55 น.
		3		7:00 น.	8:20 น.	1:20 น.
			3	7:00 น.	7:20 น.	0:20 น.
		19		7:40 น.	8:00 น.	0:20 น.
		4		23:30 น.	23:40 น.	0:10 น.
25/7/2013	Night	5		21:00 น.	21:30 น.	0:30 น.
		5		0:10 น.	0:30 น.	0:20 น.
		6		19:00 น.	19:40 น.	0:40 น.

ตารางผนวกที่ จ1 (ต่อ)

Date	Shift	Delays		Time		Durations (min.)
		Delay no.	TBM Delay No.	Start	Finish	
26/7/2013	Day	1		11:30 น.	12:20 น.	0:50 น.
		1		14:10 น.	15:20 น.	1:10 น.
		3		11:00 น.	12:30 น.	1:30 น.
26/7/2013	Night		3	8:30 น.	8:45 น.	0:15 น.
		1		23:20 น.	23:30 น.	0:10 น.
		4		21:30 น.	21:40 น.	0:10 น.
		4		21:50 น.	22:20 น.	0:30 น.
		5		19:00 น.	19:20 น.	0:20 น.
		7		19:00 น.	19:30 น.	0:30 น.
			5	23:30 น.	7:00 น.	7:30 น.
27/7/2013	Night	1		5:00 น.	5:45 น.	0:45 น.
		3		6:30 น.	7:00 น.	0:30 น.
		4		19:40 น.	20:00 น.	0:20 น.
		6		1:10 น.	1:30 น.	0:20 น.
28/7/2013	Day	1		14:00 น.	15:00 น.	1:00 น.
28/7/2013	Day	1		14:00 น.	15:00 น.	1:00 น.
28/7/2013	Night	1		23:00 น.	0:40 น.	1:40 น.
		4		13:15 น.	13:30 น.	0:15 น.
		4		14:40 น.	14:45 น.	0:05 น.
		6		12:40 น.	13:15 น.	0:35 น.
29/7/2013	Day	1		7:00 น.	7:30 น.	0:30 น.
		1		8:40 น.	9:10 น.	0:30 น.
		1		16:10 น.	16:40 น.	0:30 น.
			3	10:00 น.	10:20 น.	0:20 น.
			3	15:00 น.	15:20 น.	0:20 น.
29/7/2013	Night	1		20:00 น.	20:30 น.	0:30 น.
		4		22:10 น.	22:20 น.	0:10 น.
		4		1:00 น.	1:10 น.	0:10 น.
		4		2:20 น.	2:30 น.	0:10 น.

ตารางผนวกที่ จ1 (ต่อ)

Date	Shift	Delays		Time		Durations (min.)
		Delay no.	TBM Delay No.	Start	Finish	
		6		3:30 น.	3:40 น.	0:10 น.
		7		19:00 น.	19:50 น.	0:50 น.
		9		19:00 น.	21:40 น.	2:40 น.
30/7/2013	Day	1		16:30 น.	17:20 น.	0:50 น.
		5		11:40 น.	12:20 น.	0:40 น.
31/7/2013	Day	1		13:20 น.	14:20 น.	1:00 น.
31/7/2013	Night	4		23:10 น.	23:30 น.	0:20 น.
		4		1:20 น.	7:00 น.	5:40 น.
		9		19:00 น.	19:40 น.	0:40 น.
1/8/2013	Day	1		16:20 น.	16:45 น.	0:25 น.
			5	8:00 น.	8:30 น.	0:30 น.
1/8/2013	Night	1		2:30 น.	2:40 น.	0:10 น.
		4		21:40 น.	21:50 น.	0:10 น.
		5		23:20 น.	23:45 น.	0:25 น.
		6		1:10 น.	1:30 น.	0:20 น.
2/8/2013	Day	3		9:40 น.	10:00 น.	0:20 น.
2/8/2013	Night	1		21:40 น.	22:00 น.	0:20 น.
		4		0:10 น.	0:20 น.	0:10 น.
2/8/2013	Night	4		3:20 น.	3:30 น.	0:10 น.
		4		4:30 น.	4:45 น.	0:15 น.
		9		19:00 น.	20:30 น.	1:30 น.
3/8/2013	Day	1		7:00 น.	8:00 น.	1:00 น.
		1		14:00 น.	14:20 น.	0:20 น.
			3	17:20 น.	17:40 น.	0:20 น.
			3	18:20 น.	18:40 น.	0:20 น.
3/8/2013	Night	2		19:00 น.	19:40 น.	0:40 น.
		4		18:00 น.	18:20 น.	0:20 น.
		5		12:45 น.	13:20 น.	0:35 น.
		6		19:40 น.	19:50 น.	0:10 น.

ตารางผนวกที่ จ1 (ต่อ)

Date	Shift	Delays		Time		Durations (min.)
		Delay no.	TBM Delay No.	Start	Finish	
4/8/2013	Day	4		19:20 น.	19:30 น.	0:10 น.
		4		5:20 น.	5:30 น.	0:10 น.
22/8/2013	Day	3		12:00 น.	12:40 น.	0:40 น.
			3	7:10 น.	7:40 น.	0:30 น.
			3	14:40 น.	15:00 น.	0:20 น.
22/8/2013	Night		3	18:30 น.	19:00 น.	0:30 น.
		1		20:40 น.	21:20 น.	0:40 น.
		2		1:00 น.	2:00 น.	1:00 น.
		6		22:00 น.	23:00 น.	1:00 น.
		9		19:00 น.	22:00 น.	3:00 น.
23/8/2013	Day	3		9:40 น.	10:20 น.	0:40 น.
23/8/2013	Night	5		1:40 น.	3:20 น.	1:40 น.
		6		21:40 น.	22:10 น.	0:30 น.
		9		20:40 น.	21:40 น.	1:00 น.



ภาคผนวก ฉ

ผลการเก็บข้อมูลอุปสรรคในการก่อสร้างกำแพงทึบน้ำของสถานีรถไฟใต้ดิน

ตารางผนวกที่ ฉ1 ผลการเก็บข้อมูลอุปสรรคในการก่อสร้างกำแพงทึบน้ำของสถานีรถไฟฟ้ามหิดล

Date	Shift	Delays	Time		Durations (min.)
			Start	Finish	
3/2/2013	Day	1	14:10 น.	15:00 น.	50
		1	17:45 น.	18:10 น.	25
4/2/2013	Day	1	22:10 น.	22:30 น.	20
5/2/2013	Day	2	12:45 น.	13:25 น.	40
		1	11:30 น.	12:00 น.	30
		1	14:30 น.	14:45 น.	15
		3	16:30 น.	16:40 น.	10
7/2/2013	Day	1	9:25 น.	10:10 น.	45
		4	2:30 น.	3:00 น.	30
8/2/2013	Night	5	23:00 น.	23:30 น.	30
9/2/2013	Day	10	13:00 น.	13:30 น.	30
14/2/2013	Night	3	23:00 น.	23:30 น.	30
		7	3:00 น.	4:00 น.	60
22/2/2013	Day	5	7:40 น.	8:50 น.	70
25/2/2013	Day	8	11:35 น.	13:25 น.	110
27/2/2013	Day	5	15:45 น.	17:00 น.	75
9/3/2013	Day	1	10:40 น.	11:20 น.	40
13/3/2013	Day	8	9:00 น.	18:40 น.	580
14/3/2013	Day	5	8:30 น.	10:25 น.	115
17/3/2013	Day	7	9:00 น.	17:30 น.	510
18/3/2013	Day	2	16:30 น.	17:00 น.	30
28/3/2013	Night	1	23:00 น.	2:00 น.	180
2/4/2013	Day	7	13:25 น.	17:00 น.	215
3/4/2013	Day	8	16:00 น.	16:30 น.	30
6/4/2013	Night	8	0:00 น.	2:00 น.	120
9/4/2013	Day	7	9:50 น.	13:40 น.	230
18/4/2013	Day	1	15:35 น.	16:05 น.	30
25/4/2013	Night	10	19:00 น.	0:00 น.	300
6/5/2013	Day	9	18:30 น.	19:20 น.	50

ตารางผนวกที่ ๑1 (ต่อ)

Date	Shift	Delays	Time		Durations (min.)
			Start	Finish	
3/2/2013	Day	1	14:10 น.	15:00 น.	50
		1	17:45 น.	18:10 น.	25
4/2/2013	Day	1	22:10 น.	22:30 น.	20
5/2/2013	Day	2	12:45 น.	13:25 น.	40
		1	11:30 น.	12:00 น.	30
		1	14:30 น.	14:45 น.	15
		3	16:30 น.	16:40 น.	10
7/2/2013	Day	1	9:25 น.	10:10 น.	45
		4	2:30 น.	3:00 น.	30
8/2/2013	Night	5	23:00 น.	23:30 น.	30
9/2/2013	Day	10	13:00 น.	13:30 น.	30
14/2/2013	Night	3	23:00 น.	23:30 น.	30
		7	3:00 น.	4:00 น.	60
22/2/2013	Day	5	7:40 น.	8:50 น.	70
25/2/2013	Day	8	11:35 น.	13:25 น.	110
27/2/2013	Day	5	15:45 น.	17:00 น.	75
9/3/2013	Day	1	10:40 น.	11:20 น.	40
13/3/2013	Day	8	9:00 น.	18:40 น.	580
14/3/2013	Day	5	8:30 น.	10:25 น.	115
17/3/2013	Day	7	9:00 น.	17:30 น.	510
18/3/2013	Day	2	16:30 น.	17:00 น.	30
28/3/2013	Night	1	23:00 น.	2:00 น.	180
2/4/2013	Day	7	13:25 น.	17:00 น.	215
3/4/2013	Day	8	16:00 น.	16:30 น.	30
6/4/2013	Night	8	0:00 น.	2:00 น.	120
9/4/2013	Day	7	9:50 น.	13:40 น.	230
18/4/2013	Day	1	15:35 น.	16:05 น.	30
25/4/2013	Night	10	19:00 น.	0:00 น.	300
6/5/2013	Day	9	18:30 น.	19:20 น.	50

ตารางผนวกที่ ๑1 (ต่อ)

Date	Shift	Delays	Time		Durations (min.)
			Start	Finish	
		1	9:30 น.	11:25 น.	115
16/5/2013	Night	8	21:35 น.	2:00 น.	265
19/5/2013	Day	7	8:00 น.	17:00 น.	540
19/5/2013	Day	1	8:50 น.	9:40 น.	50
		7	12:00 น.	13:30 น.	90
		7	15:00 น.	16:50 น.	110
		7	17:00 น.	17:40 น.	40
25/5/2013	Day	1	13:40 น.	16:10 น.	150
26/5/2013	Night	1	4:00 น.	4:30 น.	30
27/5/2013	Night	8	0:20 น.	4:15 น.	235
	Night	8	4:30 น.	5:30 น.	60
28/5/2013	Day	3	12:30 น.	15:00 น.	150
	Night	9	4:20 น.	6:00 น.	100
29/5/2013	Day	9	7:30 น.	10:00 น.	150
13/6/2013	Night	1	22:00 น.	0:10 น.	130
15/6/2013	Day	1	12:10 น.	14:30 น.	140
		1	16:40 น.	17:30 น.	50
		1	19:20 น.	20:00 น.	40
	Night	1	0:20 น.	2:00 น.	100
	Night	1	3:35 น.	4:40 น.	65
16/6/2013	Day	1	14:00 น.	14:20 น.	20
	Night	1	19:30 น.	23:50 น.	260
17/6/2013	Day	7	14:15 น.	15:30 น.	75
18/6/2013	Day	7	8:00 น.	12:00 น.	240
20/6/2013	Night	8	20:40 น.	23:00 น.	140
25/6/2013	Day	7	9:40 น.	14:10 น.	270
	Day	1	13:10 น.	16:30 น.	200
26/6/2013	Day	8	11:00 น.	14:50 น.	230
	Night	2	2:50 น.	3:20 น.	30

ตารางผนวกที่ ๑1 (ต่อ)

Date	Shift	Delays	Time		Durations (min.)
			Start	Finish	
2/7/2013	Night	2	0:50 น.	3:05 น.	135
9/7/2013	Night	3	0:00 น.	2:50 น.	170
12/7/2013	Night	9	1:20 น.	5:30 น.	250
16/7/2013	Day	1	14:10 น.	16:00 น.	110
	Day	1	16:30 น.	17:30 น.	60
	Night	9	2:35 น.	4:00 น.	85
20/7/2013	Day	7	8:00 น.	10:00 น.	120
	Day	7	13:00 น.	14:10 น.	70
23/7/2013	Day	1	14:00 น.	18:00 น.	240
27/7/2013	Night	8	23:00 น.	7:00 น.	480
29/7/2013	Day	7	13:10 น.	13:20 น.	10
	Night	8	0:00 น.	2:30 น.	150
2/8/2013	Night	8	22:30 น.	23:30 น.	60
3/8/2013	Day	1	14:20 น.	16:20 น.	120
	Day	7	15:05 น.	15:30 น.	25
4/8/2013	Day	1	12:00 น.	16:00 น.	240
6/8/2013	Day	7	16:50 น.	17:40 น.	50
8/8/2013	Day	1	17:10 น.	17:30 น.	20
9/8/2013	Day	1	7:20 น.	8:00 น.	40
	Night	8	3:00 น.	3:50 น.	50
	Day	7	8:20 น.	14:15 น.	355
13/8/2013	Day	1	14:30 น.	15:30 น.	60
	Day	1	16:05 น.	16:30 น.	25
	Night	7	2:00 น.	3:00 น.	60
16/8/2013	Day	8	9:30 น.	11:50 น.	140
17/8/2013	Day	7	10:10 น.	11:10 น.	60
	Night	10	23:00 น.	2:00 น.	180
19/8/2013	Day	7	14:15 น.	15:00 น.	45
20/8/2013	Day	7	7:30 น.	10:40 น.	190

ตารางผนวกที่ ๑1 (ต่อ)

Date	Shift	Delays	Time		Durations (min.)
			Start	Finish	
23/8/2013	Day	1	14:50 น.	17:30 น.	160
24/8/2013	Day	1	8:25 น.	11:30 น.	185
	Day	1	12:05 น.	13:20 น.	75
26/8/2013	Day	1	16:10 น.	17:30 น.	80
	Night	1	16:10 น.	17:30 น.	80
27/8/2013	Day	7	14:50 น.	16:50 น.	120
	Day	1	17:00 น.	17:30 น.	30
28/8/2013	Night	1	4:20 น.	4:40 น.	20
11/9/2013	Day	1	17:15 น.	17:40 น.	25
13/9/2013	Night	1	1:20 น.	5:30 น.	250
16/9/2013	Night	1	4:15 น.	5:30 น.	75
	Night	1	5:40 น.	6:00 น.	20
17/9/2013	Day	1	10:45 น.	13:00 น.	135
	Day	8	14:20 น.	15:40 น.	80
22/9/2013	Day	8	10:25 น.	14:00 น.	215
27/9/2013	Day	1	14:00 น.	15:25 น.	85
29/9/2013	Night	1	3:20 น.	4:55 น.	95
30/9/2013	Day	1	9:00 น.	10:50 น.	110
	Day	1	11:30 น.	16:50 น.	320
1/10/2013	Night	1	20:30 น.	23:30 น.	180
2/10/2013	Day	9	16:00 น.	17:00 น.	60
	Night	9	1:00 น.	4:30 น.	210
3/10/2013	Day	1	16:10 น.	17:30 น.	80
4/10/2013	Day	1	10:50 น.	12:00 น.	70
7/10/2013	Day	3	8:00 น.	13:30 น.	330
12/10/2013	Day	1	9:40 น.	11:30 น.	110
16/10/2013	Day	10	9:20 น.	12:00 น.	160
	Night	3	20:30 น.	21:30 น.	60
	Night	10	22:00 น.	23:00 น.	60

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ นางสาวปรีชาติ ชูบ่อฝ้าย
 เกิดวันที่ 1 มิถุนายน 2532
 สถานที่เกิด อำเภอดงหลวง จังหวัดสุพรรณบุรี
 ประวัติการศึกษา วศ.บ.(วิศวกรรมโยธา) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
 วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม (พ.ศ. 2555)
 ตำแหน่งปัจจุบัน -
 สถานที่ทำงานปัจจุบัน -
 ผลงานดีเด่นและ/หรือรางวัลทางวิชาการ -
 ทุนการศึกษาที่ได้รับ ได้รับทุนการศึกษาระดับปริญญาโท แผน ก คณะวิศวกรรมศาสตร์
 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (พ.ศ. 2555-2556)