การวิเคราะห์การวางแผนงานก่อสร้างทาง กรณีศึกษาแผนงานก่อสร้างทางเลี่ยงเมืองสุโขทัย ทางหลวงหมายเลข 12 กม.0+000.000-กม.26+830.630 สำนักทางหลวงที่ 4 (พิษณุโลก) กรมทางหลวง

THE ANALYSIS OF THE PROGRESS SCHEDUAL FOR ROAD CONSTRUCTION. CASE STUDY " BY PASS SUKHOTHAI" HIGHWAY ROUTE NO.12 KM.0+000.000-KM 26+830.630 BUREAU OF HIGHWAYS 4 (PHISANULOKE),DEPARTMENT OF HIGHWAYS.

นายอนุวัฒน์ อกนิษฐ์กุล

นายเกียรติศักดิ์ กังวาล

นายมาโนช นาคแทน

นายประเสริฐ ชีพสุวรรณ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2543

13982154

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ... 12 ส.ค. 2544
เลขทะเบียน กศ 240038 1
เลขเรียกหนังสือ ... TE 176 .2614 2543 c.2
มหาวิทยาลัยนเรศวร

ใบรับรองโครงงาน

หัวข้อโครงงาน : การวิเคราะห์การวางแผนงานก่อสร้างกรณีศึกษาแผนงานก่อสร้างทางเลี่ยงเมืองสุโขทัย ทางหลวงหมายเลข 12 กม. 0+000.000-กม.26+830.630 สำนักทางหลวงที่4 (พิษณุโลก) กรมทางหลวง

ผู้ดำเนินงาน : นายอนุวัฒน์ อกนิษฐ์กุล รหัส 39361522
นายเกียรติศักดิ์ กังวาล รหัส 40362196
นายมาโนช นาคแทน รหัส 40361982
นายประเสริฐ ชีพสุวรรณ์ รหัส 40361925

ที่ปรึกษาโครงการ : อาจารย์ ศักดา ปุณยานันต์
อาจารย์ สมชาย เดชอภิรัตนมงคล

สาขาวิชา : วิศวกรรมโยธา

ภาควิชา : วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงงานวิจัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา

คณะกรรมการสอบโครงงานวิจัย

.....ประธานกรรมการ
(นาย ศักดา ปุณยานันต์)

.....กรรมการ
(นาย สมชาย เดช ภิรัตนมงคล)

.....หัวหน้าภาควิชา
(นาย สมบัติ ชื่นชูกลิ่น)

หัวข้อโครงงาน : การวิเคราะห์การวางแผนงานก่อสร้าง กรณีศึกษาแผนงานก่อสร้างทางเลี่ยงเมืองสุโขทัย ทางหลวงหมายเลข 12 กม. 0+000.000 - กม.26+830.630 สำนักทางหลวงที่4 (พิษณุโลก) กรมทางหลวง

ผู้ดำเนินงาน : นายอนุวัฒน์ อกนิษฐ์กุล รหัส 39361522
: นายเกียรติศักดิ์ กังวาล รหัส 40362196
: นายมาโนช นาคแทน รหัส 40361982
: นายประเสริฐ ชีพสุวรรณ์ รหัส 40361925
ที่ปรึกษาโครงงาน : อาจารย์ ศักดา ปุณยานันต์
: อาจารย์ สมชาย เดชอภิรัตนมงคล
สาขาวิชา : วิศวกรรมโยธา
ภาควิชา :วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

ปีการศึกษา : 2543

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการศึกษาถึงการวิเคราะห์การวางแผนงานเปรียบเทียบกับผลงานที่ทำได้จริง ซึ่งการวางแผนเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดที่จะทำให้การดำเนินงานบรรลุเป้าหมาย โดยได้เลือกศึกษาการดำเนินงานในโครงการก่อสร้างทางเลี่ยงเมืองสุโขทัย วัตุประสงค์ก็เพื่อศึกษาถึงการวางแผนการวิเคราะห์การทำงานรวมถึงปัญหาและอุปสรรคต่างๆในการก่อสร้างทางและเพื่อให้เกิดแนวทางที่จะแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในการทำงาน

จากการศึกษาการดำเนินการก่อสร้างทางสายเลี่ยงเมืองสุโขทัย ซึ่งมีการวางแผนงานไว้เป็นระยะเวลา 39 เดือน พบว่าการก่อสร้างในโครงการระยะแรกเร็วกว่า (สูงกว่า) ที่ประมาณการ ต่อมาในระยะหลังได้ผลงานต่ำกว่าที่วางแผน เนื่องจากมีปัญหาและอุปสรรคหลายประการ ได้แก่ สภาพดินฟ้าอากาศ การเงิน และ อื่นๆ จึงทำให้ผลงานตกลงไปต่ำกว่าแผนงาน

โครงงานวิศวกรรมที่ทำการศึกษาจะเป็นประโยชน์ในการวางแผนงานและก่อสร้างทางในโครงการอื่นๆต่อไป

Project Title	: THE ANALYSIS OF THE PROGRESS SCHEDUAL FOR ROAD CONSTRUCTION. CASE STUDY "BY PASS SUKHOTHAI" HIGHWAY ROUTE NO.12 KM.0+000.000 – KM 26+830.630 BUREAU OF HIGHWAYS 4 (PHISANULOKE), DEPARTMENT OF HIGHWAYS.	
Name	: Mr. Anuwat Akanitkul	Code 39361522
	Mr. Kiattisak Kungwan	Code 40362196
	Mr. Manoj Nakthan	Code 40361982
	Mr. Prasert Cheepsuwan	Code 40361925
Project Advisor	: Mr. Sukda Punyamunta	
	Mr. Somchai Dejpirattanamongkol	
Major	: Civil Engineering	
Department	: Civil Engineering	
Academic Year	: 2000	

.....

Abstract

This project is a study of comparative planning analysis with real work that the most important methodical planning of operation would be achieve. By selected to study the operation of Sukhothai by – pass construction project. The purposes of this project were to study the planning analysis of the operation included problems and troubles on by – pass construction, and to generate a tendency to resolve the problems that happened during the operation.

The results of the operation of Sukhothai by –pass construction that were planned for 39 months found that the first period of construction this project was faster (higher) than estimation. Subsequently, the next period of construction this project was lower than the estimation because many problems and many troubles that were climate, finances, etc., consequently the work was lower than the plan.

This engineering analysis that was studied would be available for planning and the other by-pass construction.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ลุล่วงด้วยดี เพราะได้รับความกรุณาจาก อาจารย์ ศักดา ปุณยานันต์ และ อาจารย์ สมชาย เดชอภิรัตนมงคล อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ นายช่าง วันชัย บุญเกิด หัวหน้างานสำรวจและออกแบบ นายช่าง สมทรง คำขาว Project Engineer โครงการก่อสร้างถนนสายเลี่ยงเมืองสุโขทัย ที่กรุณาให้คำปรึกษา ตรวจแก้ไข มอบข้อมูล และชี้แนะแก้ไขรายงานโครงงานนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้เขียนรู้สึกในความกรุณา และขอขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูง ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบคุณเพื่อนนิสิตและรุ่นน้อง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวรที่ช่วยเหลือและให้กำลังใจด้วยดีในการทำโครงงานครั้งนี้

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่เป็นกำลังใจและอยู่เคียงข้างลูกชายท่านตลอดมา

นายอนุวัฒน์ อกนิษกฐ์กุล
นายเกียรติศักดิ์ กังวาล
นายมาโนช นาคแทน
นายประเสริฐ ชีพสุวรรณ์

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
สารบัญ	ค.
สารบัญตาราง	ง
สารบัญภาพ	จ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 สถานที่เก็บข้อมูล	1
1.2 ความสำคัญและที่มา	1
1.3 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 ขอบเขตของโครงงาน	2
1.6 ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน	3
1.7 แผนการดำเนินงานตลอดโครงงาน	3
1.8 งบประมาณ	5
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	
2.1 ความหมายและความสำคัญของการวางแผน	6
2.2 รายละเอียดของโครงการ	7
2.2.1 ประวัติความเป็นมา	7
2.2.2 ลักษณะภูมิประเทศ	7
2.2.3 จุดประสงค์ของการสร้างเส้นทาง	8
2.3 องค์กร	20
2.4 รายละเอียดและข้อกำหนดการก่อสร้าง	23
2.4.1 งานถมคันทาง	23
2.4.2 งานวัสดุคัดเลือก ข	27
2.4.3 งานวัสดุคัดเลือก ก	31
2.4.4 งานรองพื้นทางวัสดุมวลรวม	35
2.4.5 งานพื้นทางหินคลุก	40
2.4.6 งานลาดแอสฟัลต์ Prime Coat	45
2.4.7 งานแอสฟัลต์คอนกรีต	53

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.5 แผนภาพร่าง	56
2.6 การไปตรวจสถานที่ก่อสร้าง	57
2.7 ข้อจำกัดในงานก่อสร้าง	58
2.8 การจัดชุดเครื่องจักร	60
2.9 การวางแผนก่อสร้างและการวางแผนใช้เครื่องจักร	65
2.9.1 การวางแผนระยะเวลาการก่อสร้าง	67
2.9.2 การจัดลำดับงาน	71
2.9.3 การวางแผนด้านงบประมาณการก่อสร้าง	73
2.10 การวางแผนด้วยการเงินของโครงการ	75
2.10.1 แผนการจ่ายเงิน	76
2.10.2 แผนการรับเงินของโครงการ	76
2.10.3 การคาดคะเนการไหลของเงินสด	77
2.11 การวางแผนโดยวิธี Bar Chart	77
2.11.1 แนวความคิดของ Bar Chart	78
2.11.2 ข้อจำกัดของ Bar Chart	80
2.11.3 การแบ่งและการคำนวณเวลาแต่ละส่วนงานของโครงการ	84
2.11.4 หลักเกณฑ์การพิจารณาหาจำนวนวันทำงานในแต่ละหน่วยงานย่อย	85
2.11.5 วิธีประมาณระยะเวลาการทำงาน (D) โดยอาศัยสถิติการทำงาน	86
2.11.6 ตารางกำหนดส่วนงานและระยะเวลา	87
2.11.7 หลักการวางแผนด้วยระบบ Bar Chart ตั้งโครงการ	89

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการศึกษา	92
3.1 เข้าพบอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้ที่เกี่ยวข้องกับโครงการ	92
3.2 การออกเก็บข้อมูลที่โครงการและหน้างาน	92
3.3 การพิจารณาการทำงานในกลุ่ม	92
3.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา	93
บทที่ 4 ผลการศึกษาโครงงาน	94
4.1 เครื่องจักรก่อสร้าง	94
4.2 แหล่งวัสดุ	96
4.3 ราคาค่างานต่อหน่วย (Unit Cost)	98
4.4 ภาพแสดงการวางแผนงานระบบตารางเวลาทำงาน	98
4.5 ภาพแสดงผลงานที่ทำได้	105
4.6 การเบิกจ่ายเงินสด	108
4.7 ภาพที่ได้จากภาคสนาม	108
บทที่ 5 วิเคราะห์และสรุปผล	113
5.1 การวิเคราะห์แผนงานก่อสร้างทาง "เลี่ยงเมืองสุโขทัย"	114
5.2 การวิเคราะห์แผนงานโดยการเปรียบเทียบแผนงานที่วางไว้กับผลงานที่ทำได้	126
5.2.1 การวิเคราะห์โดยใช้แผนภูมิเส้น	126
5.2.2 การวิเคราะห์โดยใช้แผนภูมิแท่ง	129
5.3 ปัญหาและอุปสรรคในการก่อสร้าง	131
5.4 การประเมินผลโครงการ	133
5.5 สรุปผลโครงการ	146
5.6 ข้อเสนอแนะ	146
บรรณานุกรม	
ภาคผนวก	
ประวัติผู้เขียน	

สารบัญตาราง

ตารางที่

หน้า

บทที่ 1

1.1 แสดงกิจกรรมการดำเนินงาน 4

บทที่ 2

2.1 แสดงขนาดคละของรองพื้นทางวัสดุมวลรวม 36

2.2.แสดงขนาดคละของวัสดุพื้นทางหินคลุก 41

2.3 แสดงช่วงอุณหภูมิที่ใช้ลาดแอสฟัลต์ชนิดต่าง ๆ 46

2.4 แสดงค่าของ Residual Asphalt (R) 49

2.5 แสดงขนาดของมวลรวมและปริมาณแอสฟัลต์ซีเมนต์ 54

2.6 แสดงขนาดคละของวัสดุผสมแทรก 55

2.7 แสดงประสิทธิภาพในการทำงาน 70

2.8 แสดงรายงานความก้าวหน้าของงานก่อสร้าง 79

2.9 แสดงความก้าวหน้าของงาน 79

2.10 แสดงความสัมพันธ์ระยะเวลากับกิจการ 80

2.11 แสดงการกำหนดเวลาทำงาน 81

บทที่ 4

4.1 แสดงบัญชีเครื่องมือเครื่องจักรและยานพาหนะ 95

4.2 แสดงแหล่งวัสดุและระยะทางในการขนส่งเฉลี่ยถึงหน้างาน 97

4.3 แสดงราคาค่างานหน่วย (Unit Cost) ที่ผู้ว่าจ้างและผู้รับผิดชอบตกลงกันแต่ละรายการ 99

บทที่ 5

5.1แสดงเปอร์เซ็นต์แผนงานสะสมและเปอร์เซ็นต์ผลงานสะสมในแต่ละเดือน 128

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
บทที่ 2		
	2.1 แผนที่ตั้งโครงการก่อสร้างทางสาย 12 ตอนเลี่ยงเมืองสุโขทัย	9
	2.2 แผนที่สังเขปแสดงเส้นทางข้างเคียง	10
	2.3 แผนที่แสดงเส้นทางข้างเคียงสายเลี่ยงเมืองสุโขทัย(แนวใหม่)	11
	2.4 แผนที่แสดงเส้นทางข้างเคียงสายเลี่ยงเมืองสุโขทัย(แนวใหม่)	12
	2.5 แผนที่แนวทางและค่าระดับก่อสร้างทางหลวงแผ่นดิน หมายเลข 12 ตอนเลี่ยงเมืองสุโขทัย	13
	2.6 โครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 12 ตอนเลี่ยงเมืองสุโขทัย กม. 0+000.000 – กม.26+830.630 ระยะทาง 27.0004 กม.	14
	2.7 โครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 12 ตอนเลี่ยงเมืองสุโขทัย กม. 0+000.000 – กม.10+000.000 ระยะทาง 27.0004 กม.	15
	2.8 โครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 12 ตอนเลี่ยงเมืองสุโขทัย กม. 10+000.000 – กม.20+000.000 ระยะทาง 27.0004 กม.	16
	2.9 โครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 12 ตอนเลี่ยงเมืองสุโขทัย กม. 20+000.000 – กม.26+830.630 ระยะทาง 27.0004 กม.	17
	2.10 TYPICAL CROSS-SECTION STA.0+000.000-STA.26+830630	18
	2.11 TYPICAL CROSS SECTION U-TURN	19
บทที่ 4		
	4.1 แสดงการวางแผนและผลงานก่อสร้างทางเลี่ยงเมืองสุโขทัย	102
	4.2 แสดงลำดับขั้นตอนก่อสร้าง	106
	4.3 แสดงการทำงานตรวจสอบคุณภาพของงานแต่ละชิ้น (Layer pavement)	107
	4.4 แสดงภาพการทำงานก่อสร้างทาง	109

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่

หน้า

บทที่ 5

5.1 แสดงแผนภูมิเส้นเปรียบเทียบค่า%แผนงานสะสม และ %ผลงานสะสม 127

5.2 แสดงแผนภูมิแบ่งเปรียบเทียบค่า %แผนงานสะสม และ%ผลงานสะสม 130

5.3 แสดงแผนภูมิค่า %แผนงานสะสม , %ผลงานสะสมและ %แนวโน้มผลงานสะสม 145

บทที่ 1
บทนำ

ก่อนที่จะเริ่มดำเนินงานก่อสร้างนั้น การวางแผนงานถือว่าเป็นขั้นตอนสำคัญที่สุดเพราะถ้าแผนงานวางไว้ไม่ละเอียดรอบคอบและรัดกุมเพียงพอแล้ว จะก่อให้เกิดปัญหานานาประการตามมาได้ การวางแผนงานจึงเป็นการขจัดปัญหาต่าง ๆ ไว้ตั้งแต่ต้นและถ้างานก่อสร้างสามารถดำเนินไปตามแผนที่วางแล้ว ก็ยิ่งจะเป็นคุณประโยชน์ต่อผู้ดำเนินงานมากขึ้นอีกด้วย จึงควรได้มีการรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ไว้ให้พร้อมและให้มากที่สุดเพื่อนำมาประกอบการพิจารณาและตัดสินใจเพื่อที่จะกำหนดเป็นแผนงานขึ้น

การวางแผนงานจึงเป็นการคิดอย่างละเอียดถี่ถ้วนถึงรูปลักษณะของงานที่ตั้งใจจะทำและสิ่งที่สำคัญในการวางแผนก็คือ ให้รู้ทางตัดสินใจตามลำดับก่อนล่วงหน้าและสามารถจะปฏิบัติงานที่มีระเบียบแบบแผนอย่างดีได้ผลอย่างเต็มที่ และช่วยให้งานที่ทำอยู่นั้นง่ายขึ้นมาก การวางแผนงานจึงช่วยให้การทำงานเป็นไปตามเหตุผลทางหลักวิชาการสามารถใช้กำลังคน เครื่องมือ และเงินอย่างประหยัด งานสำเร็จ
ลุล่วงไปโดยเร็วและได้ผลงานเป็นที่น่าพึงพอใจ ซึ่งนอกจากจะทำให้งานดังกล่าวง่ายขึ้นแล้วยังสามารถทำให้มองเห็นปัญหาและข้อจำกัดต่าง ๆ ได้ล่วงหน้าอีกด้วย

1.1 สถานที่เก็บข้อมูล

ทางหลวงหมายเลข 12 สาย ตาก – สุโขทัย ตอนเลี่ยงเมืองสุโขทัย ระหว่าง กม. 0+000.000 - กม. 26+830.630 จ.สุโขทัย

1.2 ความสำคัญและที่มา

ปัจจุบันในงานก่อสร้างด้านต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นงานประเภทเกี่ยวกับอาคารหรือทางหลวงหรือจะเป็นงานก่อสร้างขนาดใหญ่ จำเป็นที่จะต้องมีการวางแผนงานการก่อสร้างคือการกำหนดแผนงานที่จะทำ เป็นการคิดเลือกวิธีการอย่างละเอียดรัดกุมรอบคอบก่อนที่จะลงมือก่อสร้างเนื่องด้วยในงานก่อสร้างจะมีข้อมูลซึ่งจะมีผลต่อการก่อสร้างอาจทำให้เกิดปัญหาต่าง ๆ ใน

การก่อสร้าง การวางแผนงานจึงจำเป็นต้องทราบข้อมูลจำกัดที่มีอยู่เพื่อให้งานก่อสร้างนั้นดำเนินไปด้วยความราบรื่นไม่หยุดชะงัก โดยทั่วไปแล้วข้อมูลในงานก่อสร้างมักจะเกี่ยวกับเรื่อง ข้อมูลในด้านการเงินการคมนาคม สภาพอากาศ เวลา วิธีการก่อสร้าง คนงานและอัตราค่าจ้างแบบรูปและรายการก่อสร้าง วัสดุอุปกรณ์ และเครื่องมือและข้อจำกัดด้านอื่น ๆ

งานก่อสร้างทางหลวงเป็นงานก่อสร้างสาธารณูปโภคพื้นฐานเพื่อการพัฒนาประเทศรองรับการขยายตัวทางเศรษฐกิจ การกระจายรายได้และความเจริญสู่ทั่วภูมิภาคของประเทศ จึงจำเป็นที่ต้องมีการศึกษาการวางแผนงานก่อสร้างเพื่อให้ได้เข้าใจ และสามารถนำไปใช้ปฏิบัติในงานก่อสร้างจริงได้เพื่อให้การก่อสร้างทางหลวงมีการปรับปรุงพัฒนาและเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นไป

1.3 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.ศึกษาการวางแผนงานก่อสร้างทาง

2.วิเคราะห์การทำงานในงานก่อสร้างทาง

3.ศึกษาปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ในงานก่อสร้างทาง

4.สามารถร่วมกันทำงานเป็นกลุ่มได้

5.เพื่อให้เกิดความคิดในการทำงาน การวางแผนการจัดการ การแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในการทำงาน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ทราบถึงวิธีการวางแผนงานก่อสร้างทาง
2. เพื่อจะได้ทราบถึงกระบวนการและวิธีการในงานก่อสร้างทาง
3. เกิดความคิดในการทำงาน การดำเนินการวางแผนการทำงาน
4. ทำให้ได้รับประสบการณ์ และจะได้นำความรู้ที่ได้ไปประกอบวิชาชีพ

1.5 ขอบเขตของโครงงาน

โครงงานการวิเคราะห์การวางแผนงานก่อสร้างทางกรณีศึกษาแผนงานก่อสร้างทางเลี่ยงเมืองสุโขทัยมุ่งที่จะศึกษาในด้านการวางแผนงานก่อสร้าง โดยการจัดทำเป็นแผนภูมิกำหนดเวลาทำงานของงานต่าง ๆ ซึ่งจะเลือกศึกษาเฉพาะงาน

1. Embankment
2. Selected material A,B
3. Soil Aggregate Subbase
4. Crushed Rock Soil Aggregate Type Base
5. Prime Coat
6. Asphaltic Concrete
7. การศึกษาในด้านการวิเคราะห์ค่างาน
8. การศึกษาด้านเครื่องจักรที่ใช้ทำงานในแต่ละประเภท
9. ปัญหาและอุปสรรคในการทำงาน

1.6 ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน

1.เข้าพบอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานเพื่อรับทราบขอบข่ายการศึกษางาน การปฏิบัติงาน

2.ติดต่อประสานงานกับคณะกรรมการโครงงานที่สำนักทางหลวงที่ 4 เพื่อรวบรวมข้อมูลและค้นคว้าเพิ่มเติม

3.ประชุมและวางแผนหาข้อมูล ทฤษฎีจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ มาอ้างอิงเพื่อวิเคราะห์โครงงาน

4.ประมวลผลข้อมูลเพื่อสรุปเป็นผลงานและจัดทำรูปเล่ม

5.วางแผนการนำเสนอโครงงานรวมทั้งตรวจสอบข้อบกพร่องต่าง ๆ

1.7 แผนการดำเนินงานตลอดโครงงาน

การเข้าพบอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการเพื่อรับทราบการทำงาน ขอบข่ายในการทำงาน ขอคำปรึกษาชี้แนะ และรวบรวมผลการดำเนินงาน การติดต่อประสานงานกับคณะกรรมการโครงการที่สำนักทางหลวงที่ 4 เพื่อรวบรวมข้อมูล การศึกษาการทำงานและรวบรวมข้อมูลที่โครงการการก่อสร้างทางซึ่งตั้งอยู่ที่ อำเภอศรีสำโรง จังหวัดสุโขทัย จากนายช่างโครงการฯและนายช่างควบคุมงาน การค้นคว้าเพิ่มเติมจากสำนักหอสมุด การประชุมปรึกษาหารือกับสมาชิกในกลุ่ม การวางแผนการนำเสนอการจัดทำโครงการ และการจัดทำรูปแบบรูปเล่มของโครงการ

กิจกรรมการดำเนินงาน

การดำเนินงาน	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.
1.เข้าพบอาจารย์ที่ปรึกษา Project	◄——►					
2.ติดต่อประสานงานและรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ		◄——►				
3.ประชุมและวางแผนหาข้อมูลทฤษฎีจากแหล่งต่างๆ มาอ้างอิงเพื่อวิเคราะห์โครงงาน			◄——►			
4.เริ่มทำรูปเล่ม Project				◄——►		
5.วางแผนการนำเสนอโครงงานรวมทั้งตรวจสอบข้อบกพร่องต่างๆ					◄——►	◄——►

1.8 งบประมาณ

- กระดาษ A4 80 gram 2ริม	250	บาท
-ฟิล์ม 1 ม้วน	130	บาท
-ล้างอัดสี	500	บาท
-ค่าจัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์		
-ถ่ายเอกสาร A4 80แกรม 6 เล่ม	1899	บาท
-ค่าเข้าเล่ม	2100	บาท
รวม	4879	บาท

มหาวิทยาลัยนเรศวร

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

บทนี้เป็นบทที่กล่าวถึงทฤษฎีที่นำมาใช้ในโครงงานวิจัย ซึ่งมีเนื้อหาที่ต้องศึกษาดังนี้

2.1 ความหมายและความสำคัญของการวางแผน

การวางแผน คือ การตัดสินใจล่วงหน้าเพื่อกำหนดว่า จะทำอะไร อย่างไร เมื่อไร และใครเป็นผู้กระทำ โดยการเลือกแนวทางในการดำเนินงานและวิธีการที่เหมาะสม เพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่กำหนด การวางแผนเป็นการเชื่อมต่อปัจจุบันกับสิ่งที่ต้องการในอนาคต การวางแผนจะช่วยให้ผู้ร่วมงานรู้ว่าจะต้องทำอะไร อย่างไรอย่างมีระบบแทนที่จะปล่อยให้เหตุการณ์ต่างๆเกิดขึ้นเอง โดยไม่มีผู้รับชอบหรือไม่มีการเตรียมการไว้ก่อน

ก่อนที่จะเริ่มดำเนินการก่อสร้างนั้น การวางแผนงานถือว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุด เพราะถ้าแผนงานวางไว้ไม่ละเอียดรอบคอบและรัดกุมเพียงพอแล้ว จะก่อให้เกิดปัญหานานาประการตามมาได้ การวางแผนงานจึงถือเสมือนหนึ่งเป็นเป็นการขจัดปัญหาต่างๆไว้ตั้งแต่ต้น และถ้างานก่อสร้างสามารถดำเนินไปตามแผนที่วางไว้แล้วก็ยิ่งจะเป็นคุณประโยชน์ต่อผู้ดำเนินงานมากขึ้นอีกด้วย จึงควรได้มีการรวบรวมข้อมูลต่างๆไว้ให้พร้อมและให้มากที่สุด เพื่อนำมาประกอบการพิจารณาและตัดสินใจเพื่อที่จะกำหนดเป็นแผนงาน

การวางแผนงานจึงเป็นการคิดอย่างละเอียดถี่ถ้วนถึงรูปลักษณะของงานที่ตั้งใจจะทำ และสิ่งที่สำคัญในการวางแผนก็คือ ให้รู้ทางตัดสินใจตามลำดับก่อนล่วงหน้า และสามารถจะปฏิบัติงานที่มีระเบียบแบบแผนอย่างดี ได้ผลอย่างเต็มที่ และช่วยให้งานที่ทำอยู่นั้นง่ายขึ้นมาก การวางแผนงาน จึงช่วยให้การทำงานเป็นไปตามเหตุผลทางหลักวิชาการ สามารถใช้กำลังคนเครื่องมือเครื่องจักร และเงินอย่างประหยัด งานสำเร็จลุล่วงไปโดยเร็วและได้ผลงานเป็นที่น่าพึงพอใจ ซึ่งนอกจากจะทำให้งานดังกล่าวง่ายขึ้นแล้ว ยังสามารถทำให้มองเห็นปัญหาและข้อจำกัดต่างๆได้ล่วงหน้าอีกด้วย

ก่อนที่จะกำหนดแผนดำเนินงานขึ้นนั้น ควรที่จะได้มีการกำหนดสิ่งต่างๆตามขั้นตอนต่อไปนี้ขึ้นมาก่อน ได้แก่

1. แผนงานร่าง (Tentative Plan) เป็นสิ่งจำเป็นมากสำหรับโครงการขนาดใหญ่
2 การไปตรวจสถานที่ก่อสร้าง(Visiting the Site)
3. การวางแผนโรงงานและอุปกรณ์ (Planning Plant and Equipment)
4. ลำดับขั้นของงาน (Sequence of Work)
5. การวางแผนคนงาน (Planning Labor)
6. การวางแผนวัสดุ (Planning Materials)
7. การวางแผนสัญญารับช่วงงาน (Planning Subcontracts) รวมถึงการเลือกผู้รับเหมาช่วงงาน

2.2 กรณีศึกษาแผนงานก่อสร้างทางเลี่ยงเมืองสุโขทัย มีรายละเอียดของโครงการดังนี้

2.2.1 ประวัติความเป็นมาของสายทาง

โครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 12 สาย ตาก-ขอนแก่น ตอนเลี่ยงเมืองสุโขทัยเริ่ม กม.0+000.000 (ใหม่) ที่ 13+069.662 ของทางหลวงหมายเลข 12 (เดิม) ตอน สุโขทัย-พิษณุโลก (จากสี่แยกบ้านสวนไปประมาณ 5 กม.) แนวทางไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ

มาตรฐานทางชั้นพิเศษ เป็นถนน 4 ช่องจราจร แยกทิศทางการจราจรออกเป็น 2 Lane ไปและกลับ ตัดผ่านถนนของ รพช. (สท.3020) สายวัดบอน-บ้านคลองด่าน ที่กม.5+906.830 และตัดผ่าน ทางหลวงหมายเลข 1054 ตอน บ้านสวน-สวรรคโลก ที่กม.9+140.420 ตัดผ่านทางหลวงหมายเลข 101 ตอน สุโขทัย-ศรีสำโรง ที่ กม.13+214.000 ตัดผ่านทางหลวง 1195 ตอนวัดเกาะ-สุโขทัย ที่ กม. 13+957.240 ตัดผ่านถนน รพช. (สท.3044) ตอนบ้านเหนือวัด-บ้านสระบัวที่ กม. 19+871.000 และไปบรรจบทางหลวงหมายเลข 12 (เดิม) ที่ กม. 26+830.630 รวมระยะทางทั้งสิ้น ประมาณ 27.0004 กม.

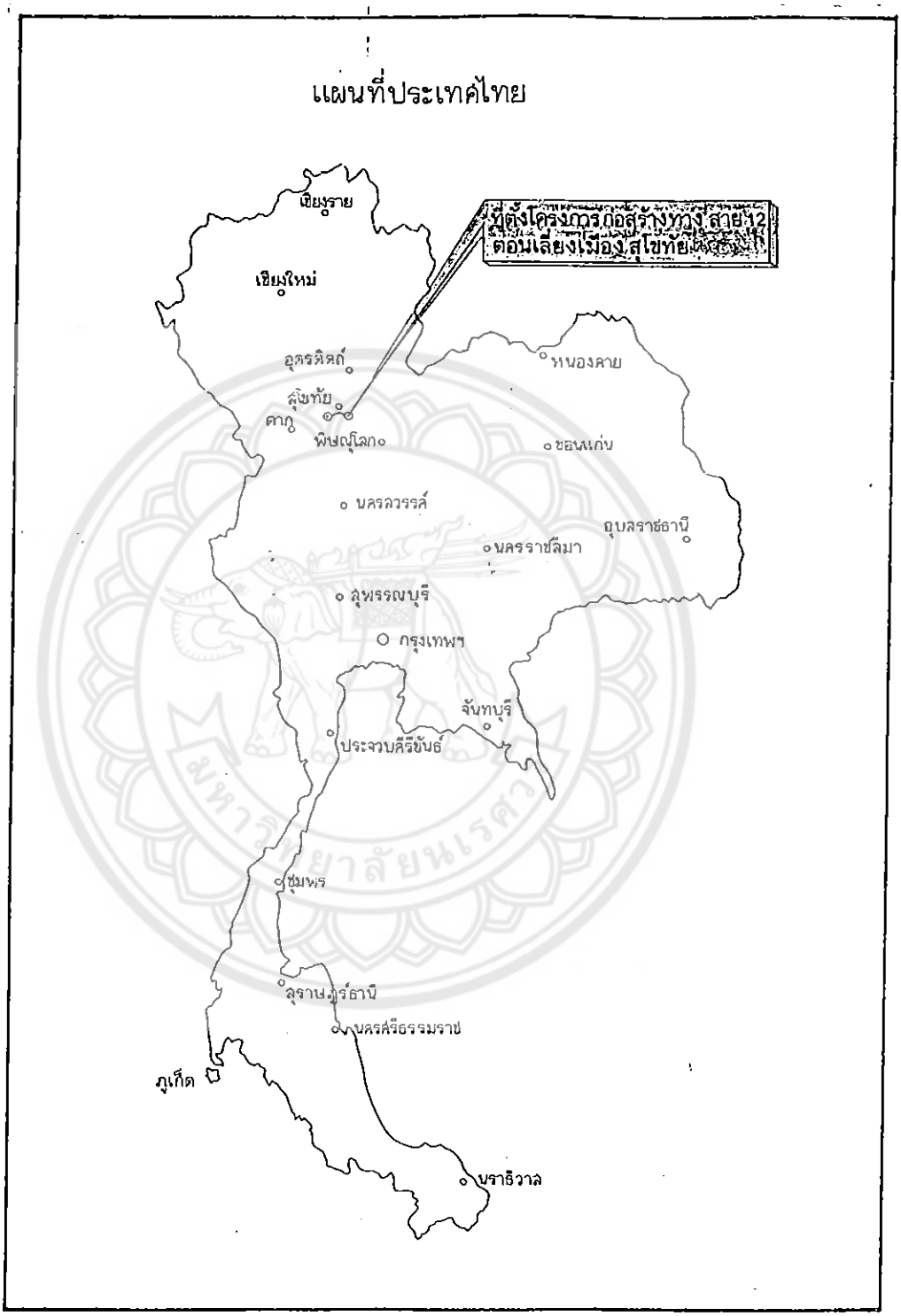
2.2.2 ลักษณะภูมิประเทศ

ทางหลวงหมายเลข 12 (ใหม่) ตอนเลี่ยงเมืองสุโขทัย ระยะทาง 27.0004 กม. แนวทาง ตัดผ่านพื้นที่ สวนไร่ นา ลักษณะสองข้างทาง เป็นพื้นที่ราบ ทุ่งนา เส้นทางตัดผ่านถนนที่สำคัญของจังหวัดหลายเส้นทาง ไปบรรจบสิ้นสุดที่ทางหลวงหมายเลข 12 (เดิม) สายตาก-สุโขทัย

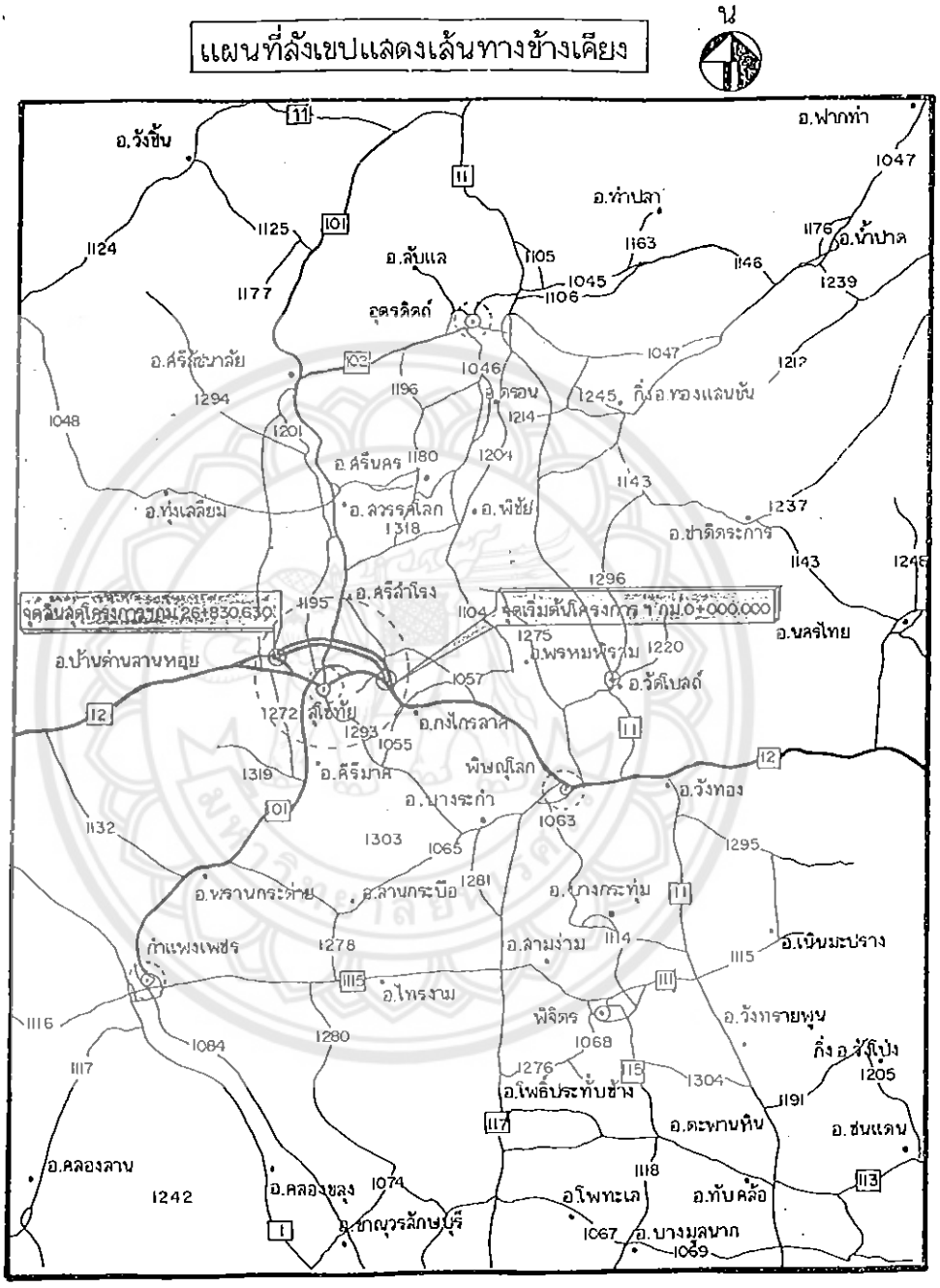
2.2.3 จุดประสงค์ที่มีการสร้างเส้นทางสายนี้ขึ้น

เพื่อให้ประชาชนได้ใช้เส้นทางสะดวกสบาย และขนส่งผลิตผลทางการเกษตร จากเส้นทางสายตาก-สุโขทัย ผ่านเข้าเส้นทางเลี่ยงเมืองสุโขทัยไปยัง จ.พิษณุโลก เพื่อหลีกเลี่ยงการจราจรที่คับคั่ง เดินทางได้รวดเร็วและประหยัดค่าใช้จ่ายอีกทั้งยังกระจายความเจริญความสะดวกสบายในพื้นที่นั้นๆไปยังประชาชนได้สะดวก เมื่อก่อสร้างทางสายนี้แล้วเสร็จ

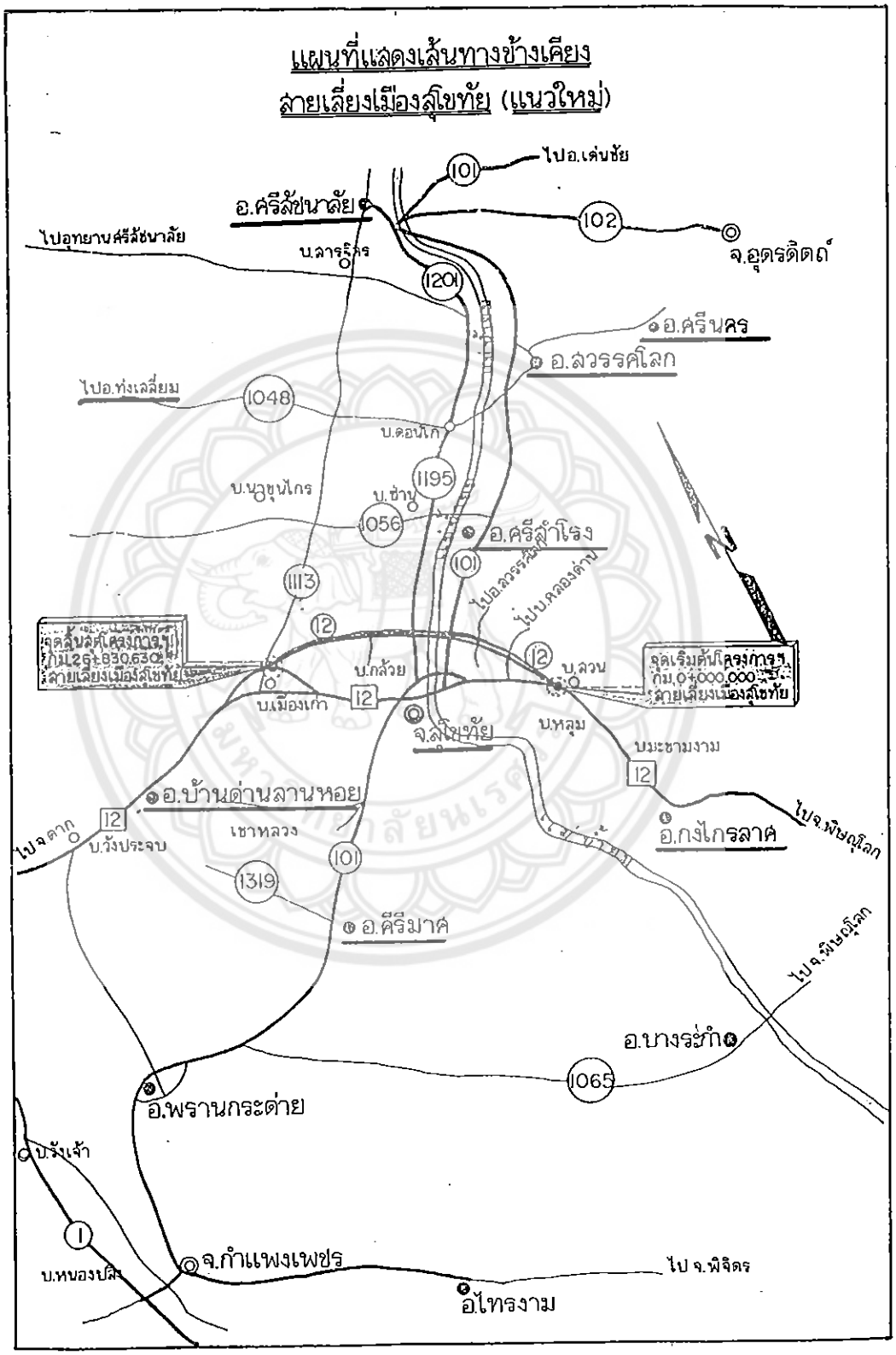
ประชาชนที่เส้นทางตัดผ่านถนนที่สำคัญของจังหวัดและประชาชนสองข้างทางของถนนจะได้มีความคล่องตัวในการเดินทาง สภาวะแวดล้อมจะดีขึ้นเป็นการพัฒนาให้ความผาสุกกับราษฎรในชนบทอีกทางหนึ่งด้วย



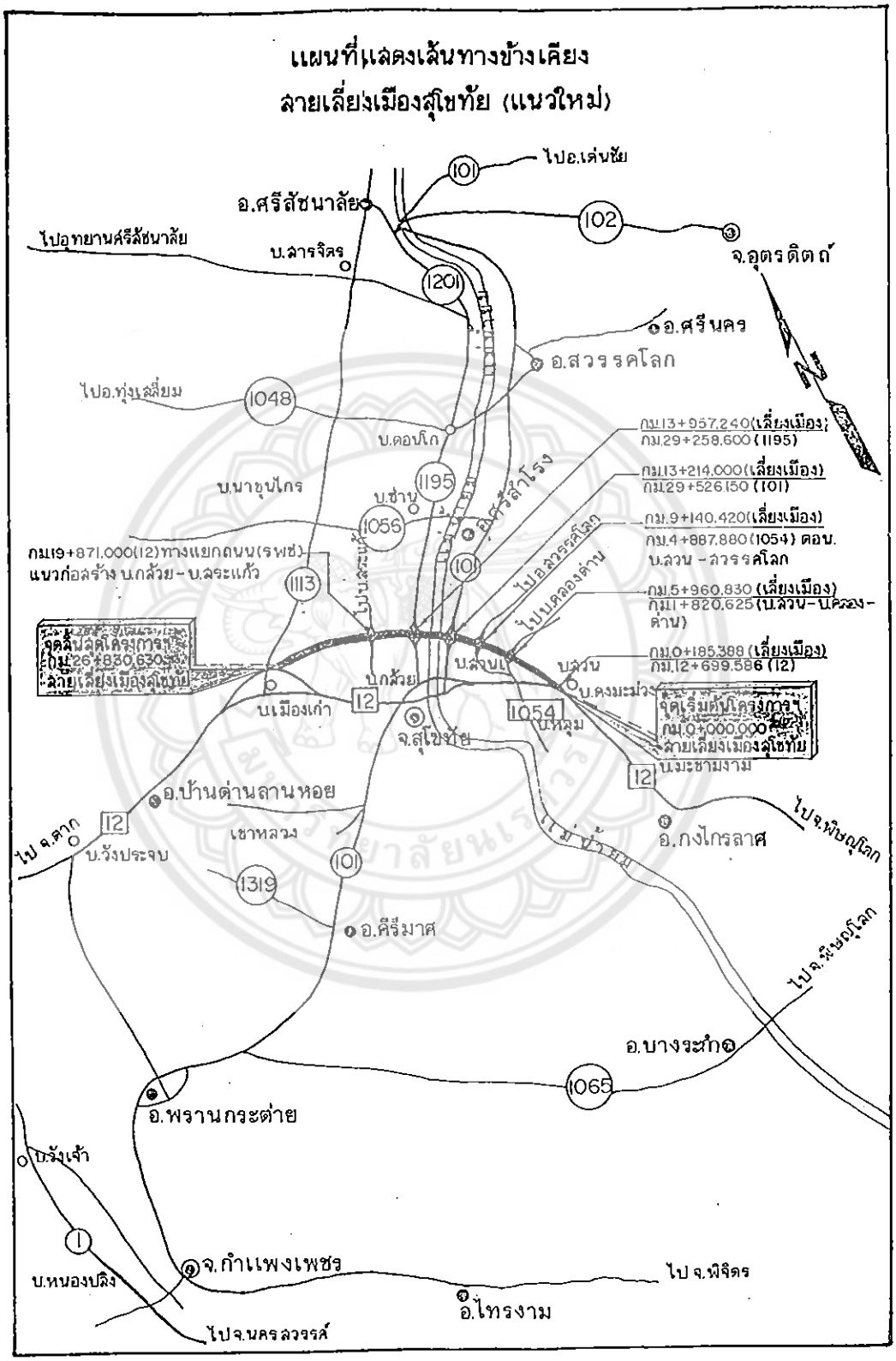
ภาพ 2.1 แผนที่ตั้งโครงการก่อสร้างทางสาย 12 ตอนเลี่ยงเมืองสุโขทัย



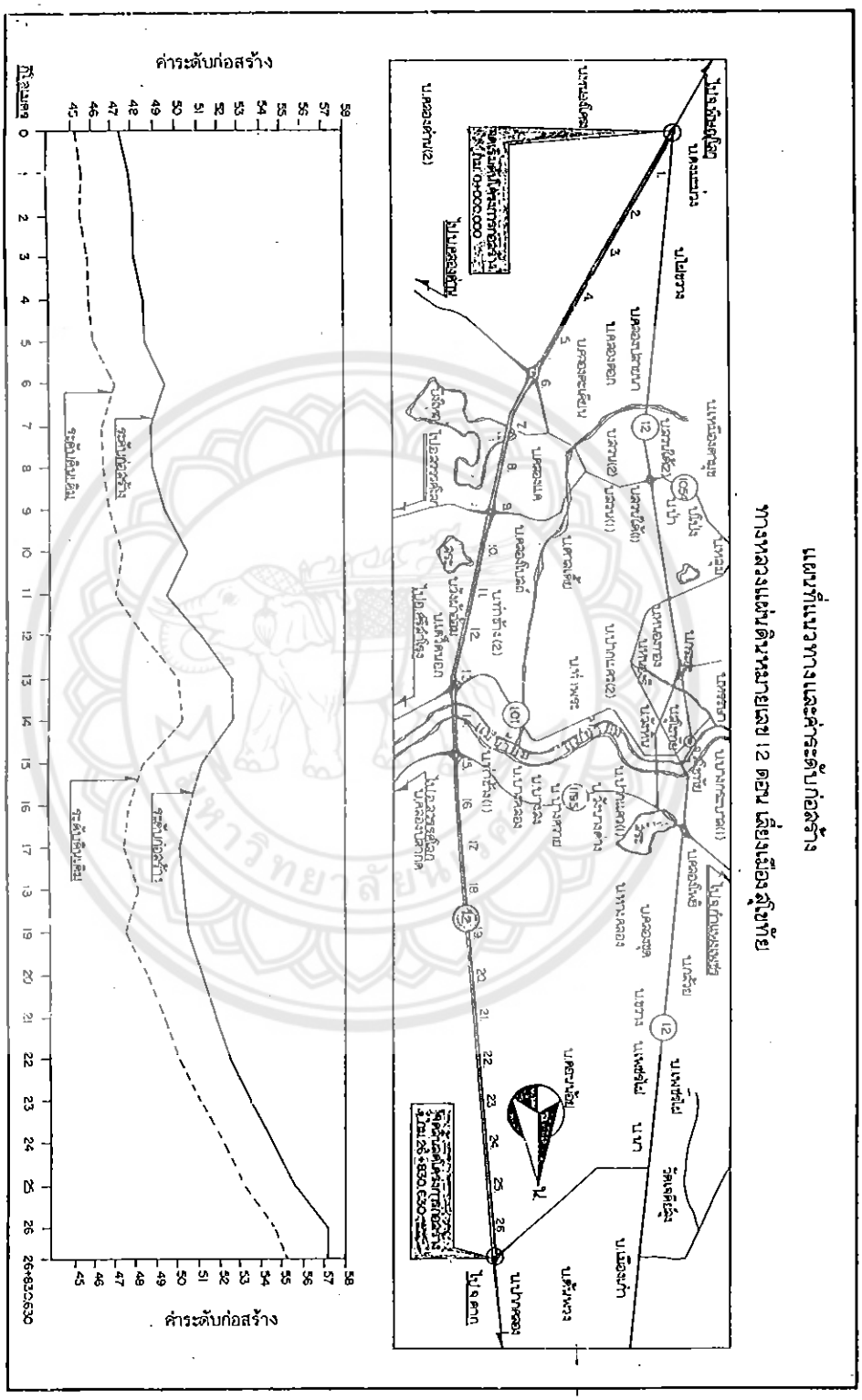
ภาพ 2.2 แผนที่สังเขปแสดงเส้นทางข้างเคียง



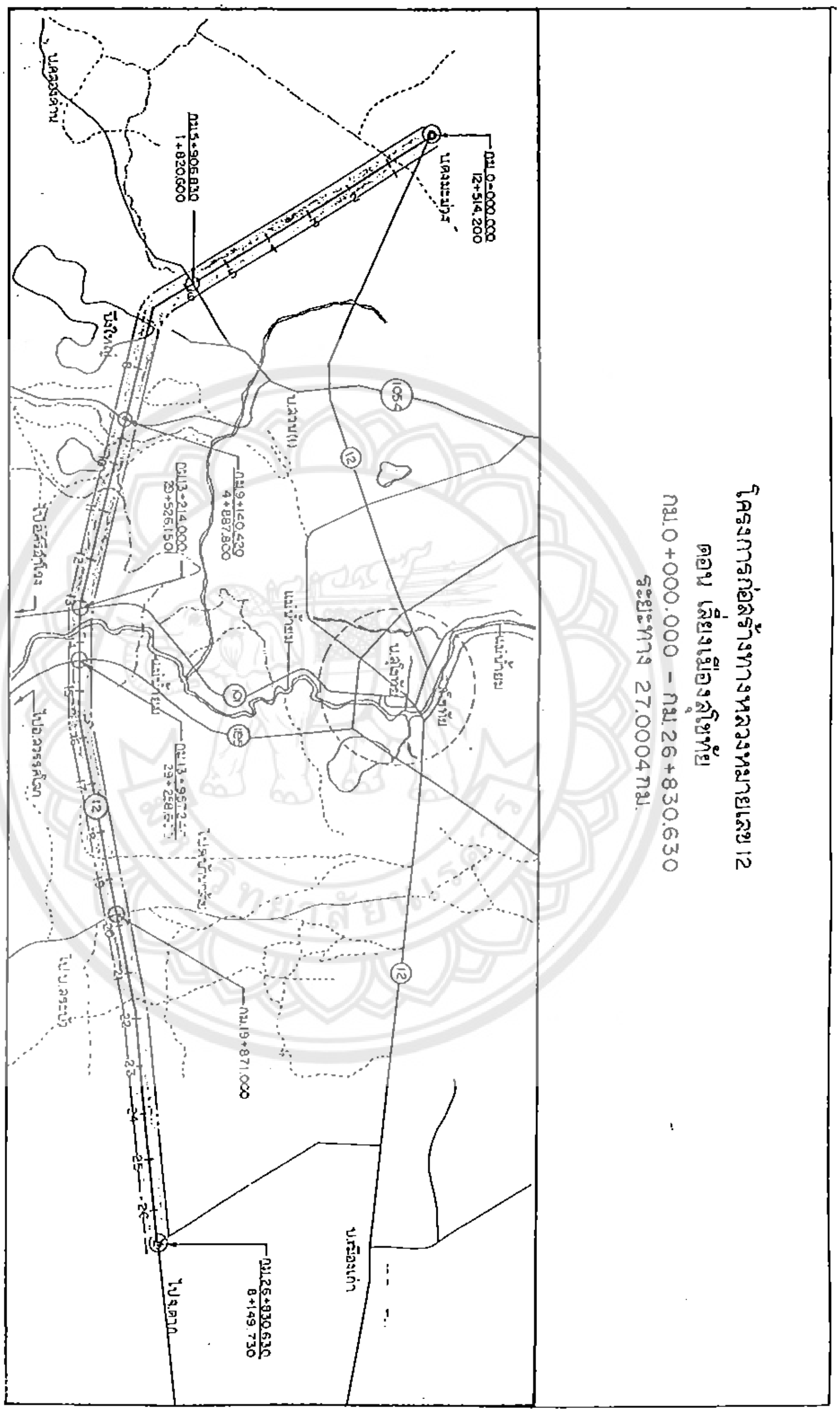
ภาพ 2.3 แผนที่แสดงเส้นทางข้างเคียงสายเลี่ยงเมืองสุโขทัย(แนวใหม่)



ภาพ 2.4 แผนที่แสดงเส้นทางข้างเคียงสายเลี่ยงเมืองสุโขทัย(แนวใหม่)

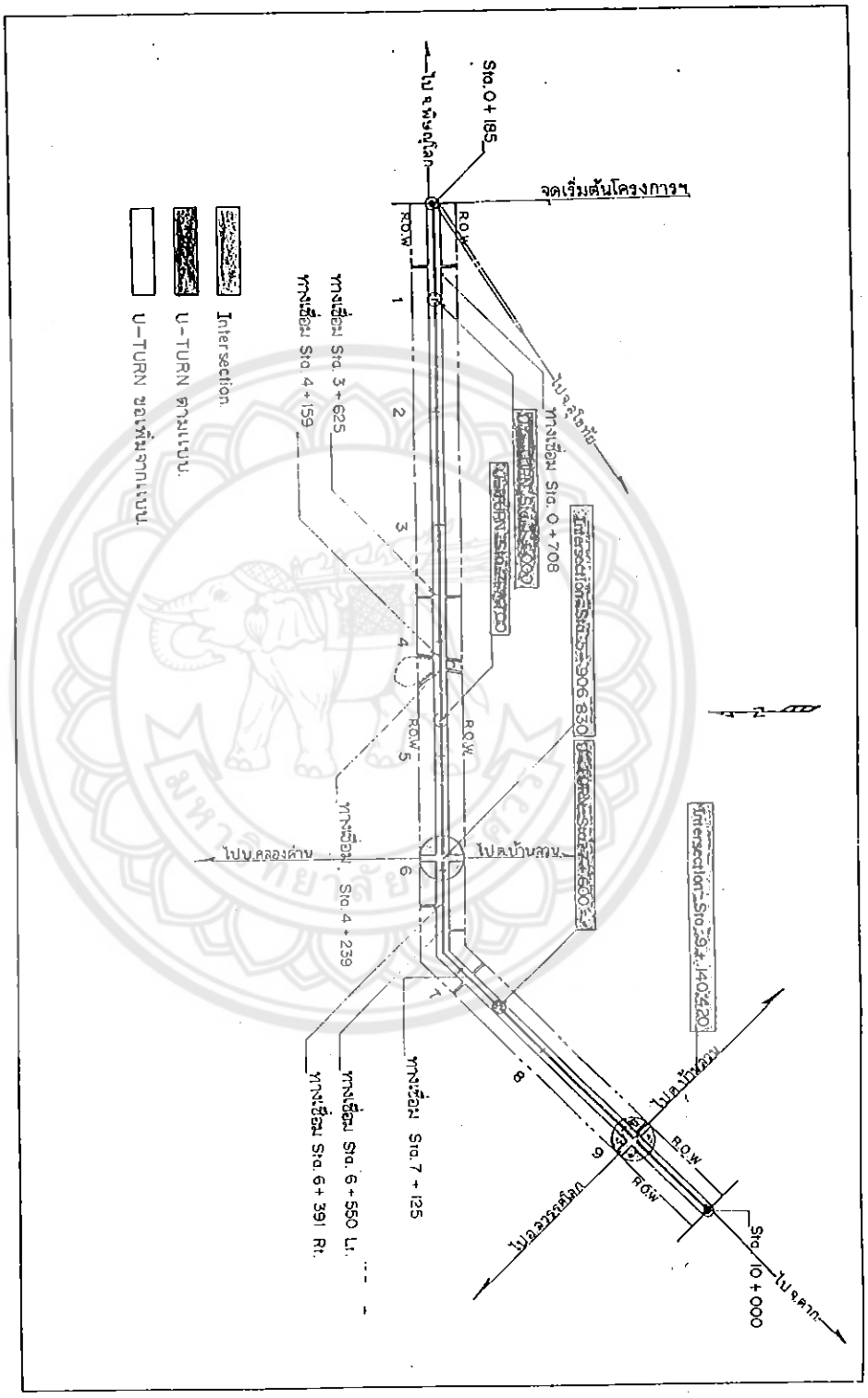


ภาพ 2.5 แผนที่แนวทางและค่าระดับก่อสร้างทางหลวงแผ่นดิน
หมายเลข 12 ตอนเลี่ยงเมืองสุโขทัย



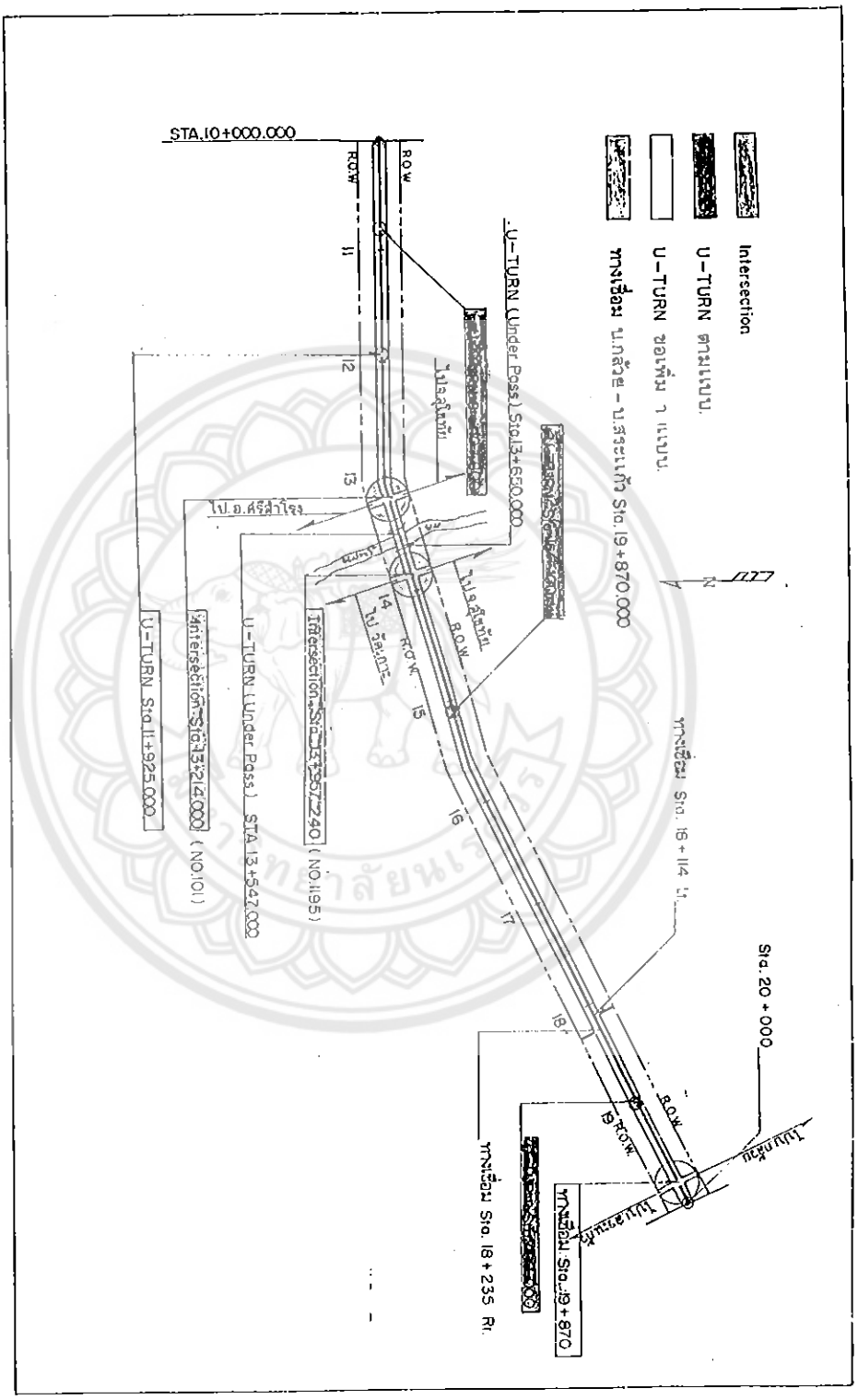
ภาพ 2.6 โครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 12 ตอนเลี่ยงเมืองสุโขทัย

กม. 0+000.000 – กม.26+830.630 ระยะทาง 27.0004 กม.



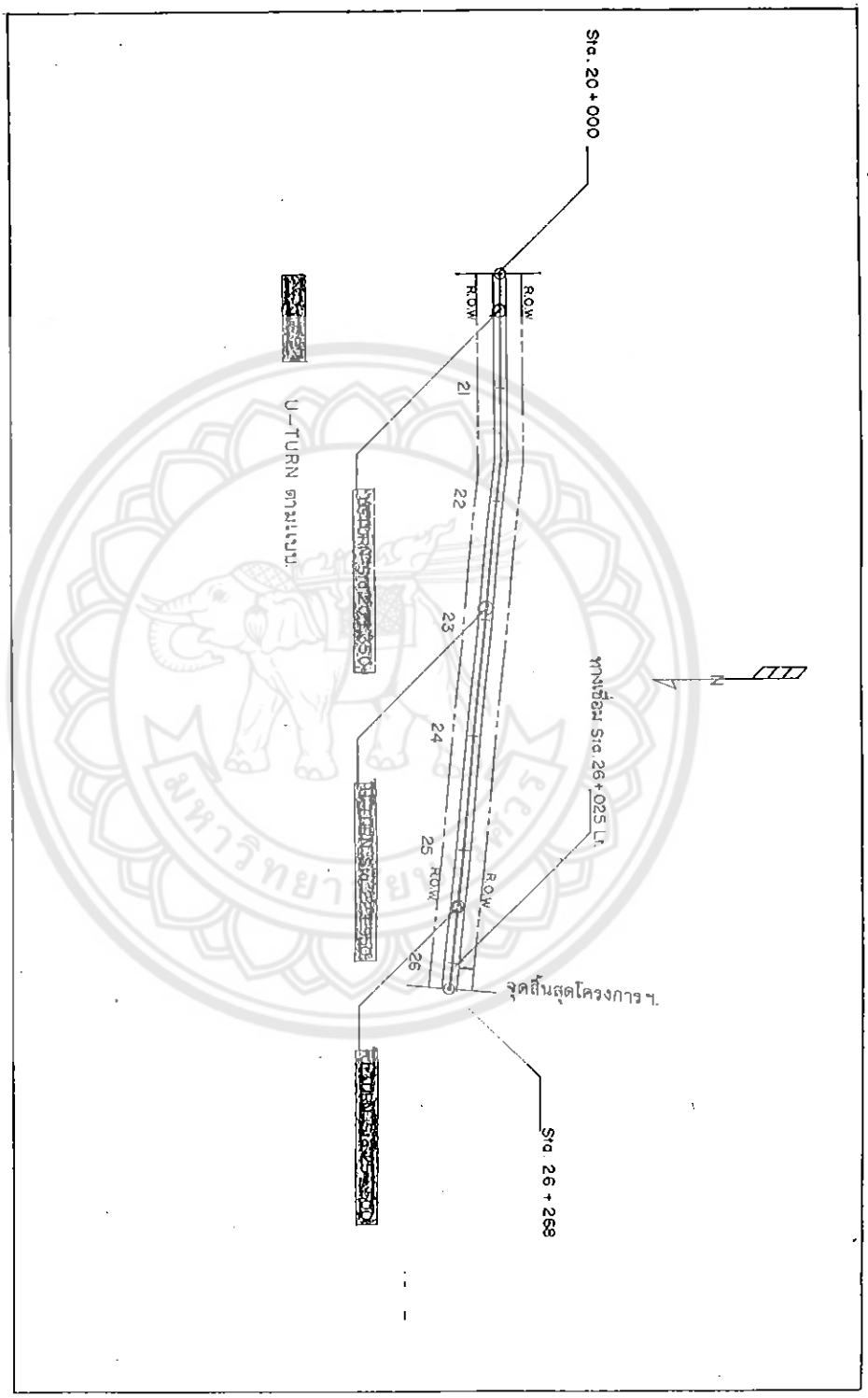
ภาพ 2.7 โครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 12 ตอนเลี่ยงเมืองสุโขทัย

กม. 0+000.000 – กม.10+000.000 ระยะทาง 27.0004 กม.



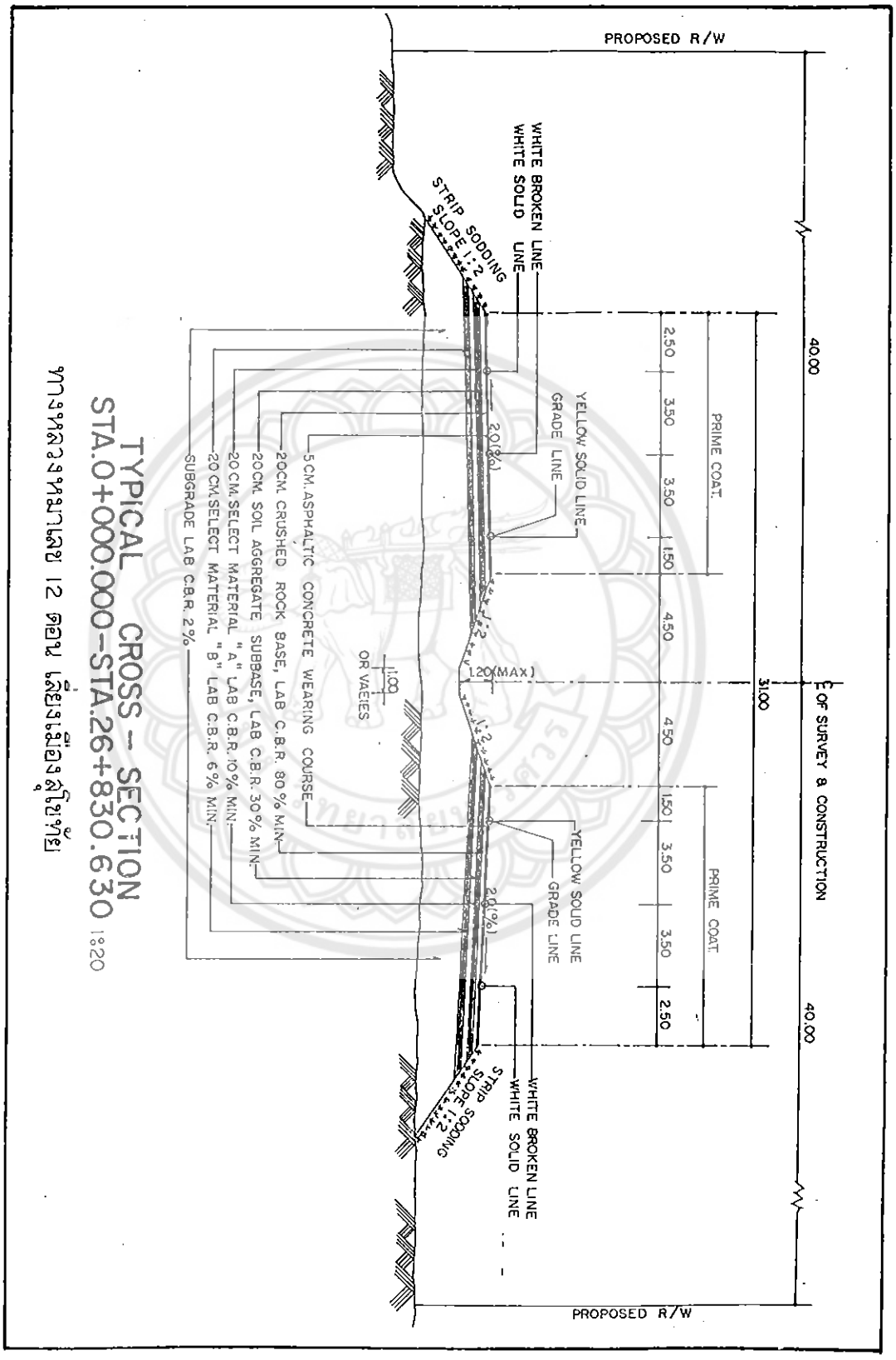
ภาพ 2.8 โครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 12 ตอนเลี่ยงเมืองสุโขทัย

กม. 10+000.000 – กม.20+000.000 ระยะทาง 27.0004 กม.



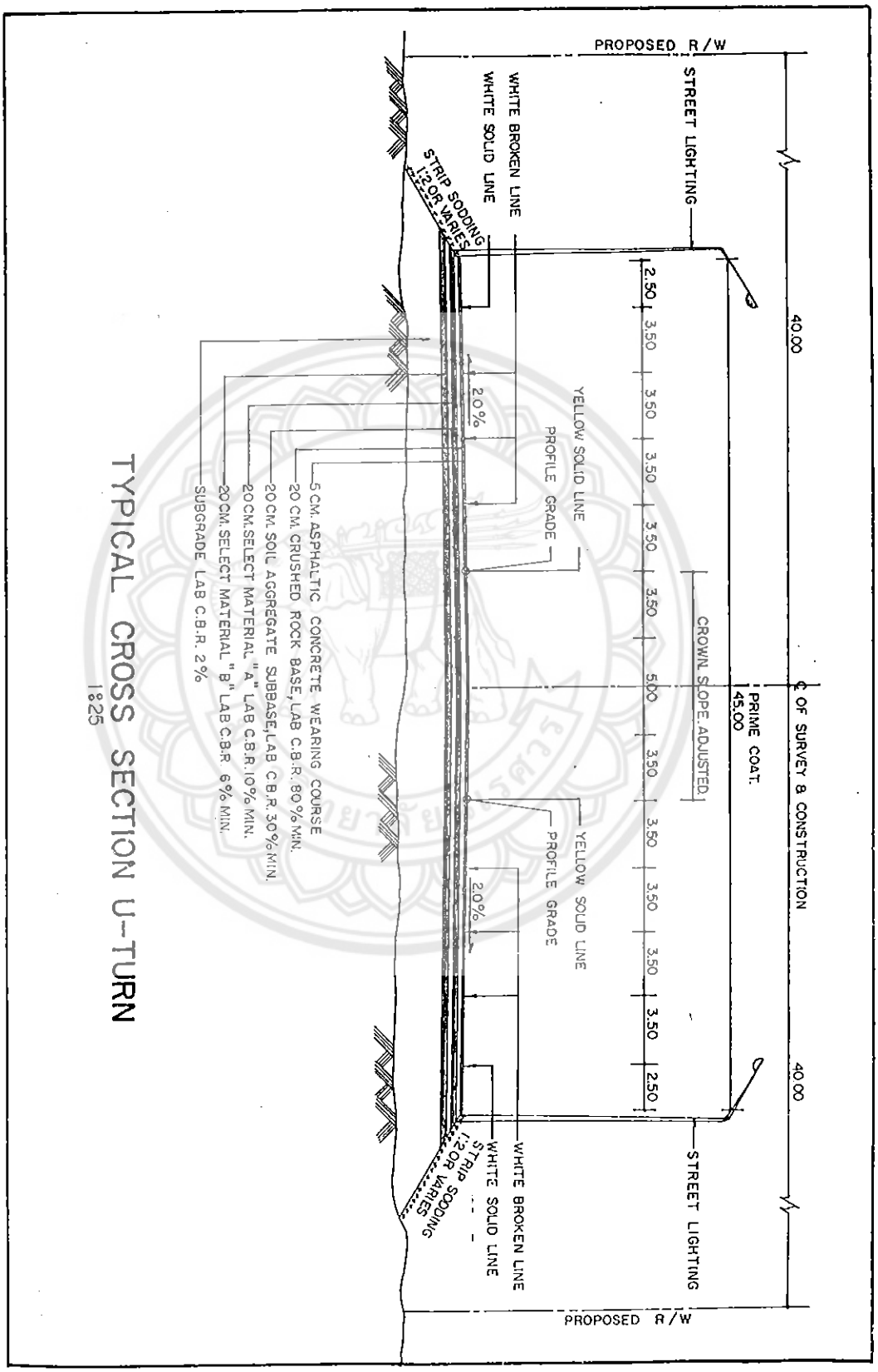
ภาพ 2.9 โครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 12 ตอนเลี่ยงเมืองสุโขทัย

กม. 20+000.000 – กม.26+830.630 ระยะทาง 27.0004 กม.



ภาพ 2.10 TYPICAL CROSS-SECTION STA.0+000.000-

STA.26+830630



ภาพ 2.11 TYPICAL CROSS SECTION U-TURN

2.3 <u>องค์กร</u>

การจัดงาน คือ การดำเนินงานให้บรรลุตามแผนงานที่กำหนดไว้แล้ว โดยอาศัยปัจจัยต่างๆ ซึ่งได้แก่ คน เงิน วัสดุ เครื่องมือ เครื่องจักร

สำหรับ คน นั้น ถือว่ามีความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะถ้าจะให้งานดำเนินไปได้ด้วยดี จะต้องมีการรวมกลุ่มคนเข้าด้วยกัน เพื่อร่วมมือกันทำงาน ซึ่งเรียกว่า"องค์กร"

องค์กร คือ กลุ่มคน ที่ทำงานเพื่อให้บรรลุผลสำเร็จตามเป้าหมาย

เมื่อคนเหล่านั้นมารวมกลุ่มกันเป็นกลุ่มตามนัยดังกล่าวข้างต้น จึงมีการจัดระเบียบขึ้น การจัดระเบียบในเรื่องข้อบังคับ สมาชิก การกำหนดผู้แทนดำเนินงาน

การจัดองค์กรที่ถูกต้องและเหมาะสมด้วยประการทั้งปวง นับว่าเป็นส่วนสำคัญอย่างยิ่งที่นำความสำเร็จมาสู่กิจการ ถึงแม้ว่าจะกำหนดแบบแผนไว้อย่างดีแล้วก็ตาม ถ้าผู้จัดการไม่สามารถจะวางรูปงานให้สัมพันธ์และต่อเนื่องกันแผนการนั้นก็ไร้ผล

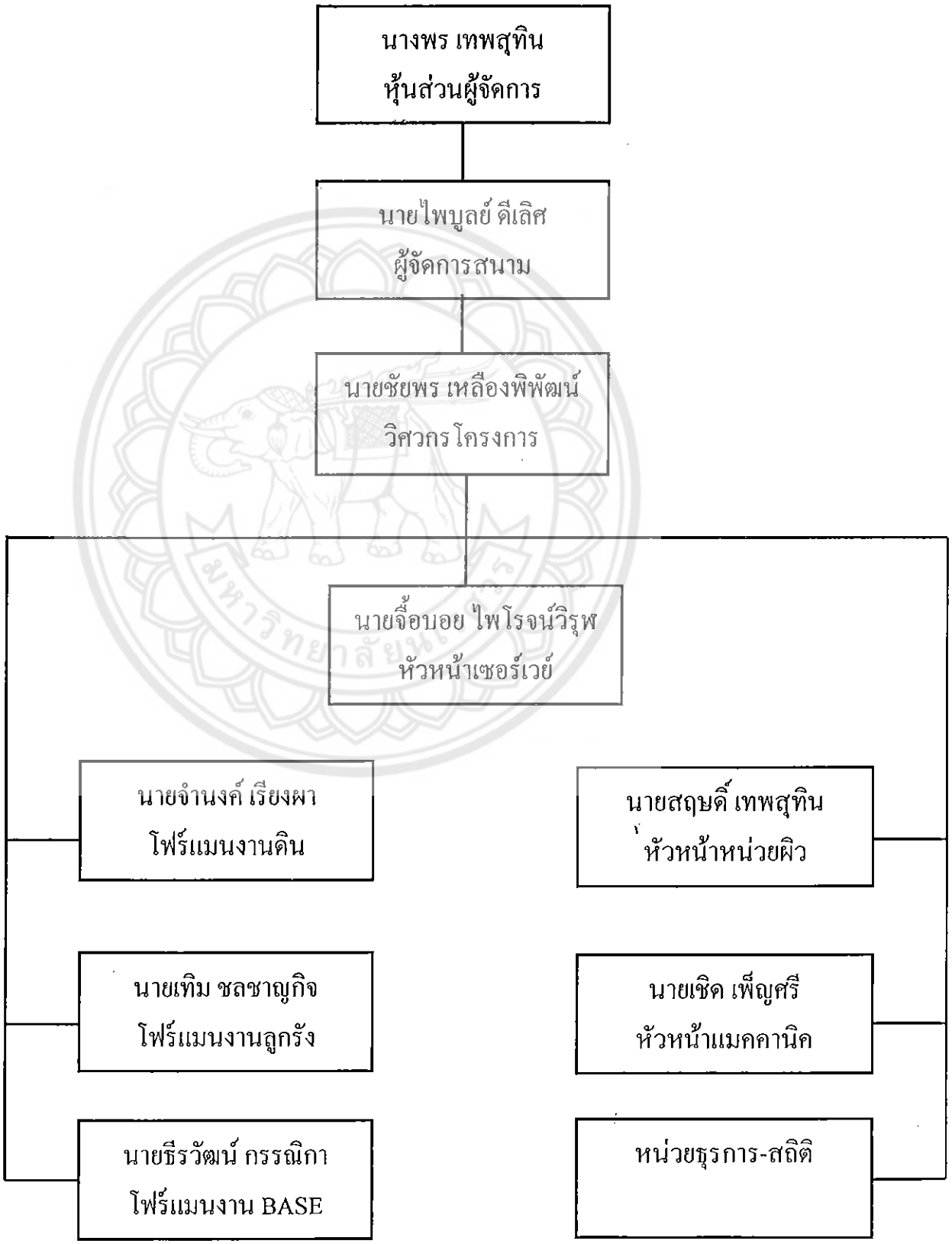
การจัดองค์กรจึงเป็นเรื่องสำคัญของนักบริหารหรือของผู้จัดการถ้าไม่มีการจัดตั้งองค์การขึ้นแล้ว ผู้จัดการหรือหัวหน้างานก็ไม่สามารถจะปฏิบัติหน้าที่ของตนได้

การจัดองค์การจึงเป็นการช่วยให้การรวบรวมทรัพยากรต่างๆที่จำเป็นต้องใช้เป็นไปอย่างมีระเบียบมีเหตุผล การจัดองค์การจึงก่อให้เกิดรูปแบบหรือโครงสร้างที่เหมาะสม ทำให้เกิดการประหยัด เพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน และนำไปสู่เป้าหมายด้วยความราบรื่นเรียบร้อยทุกประการ

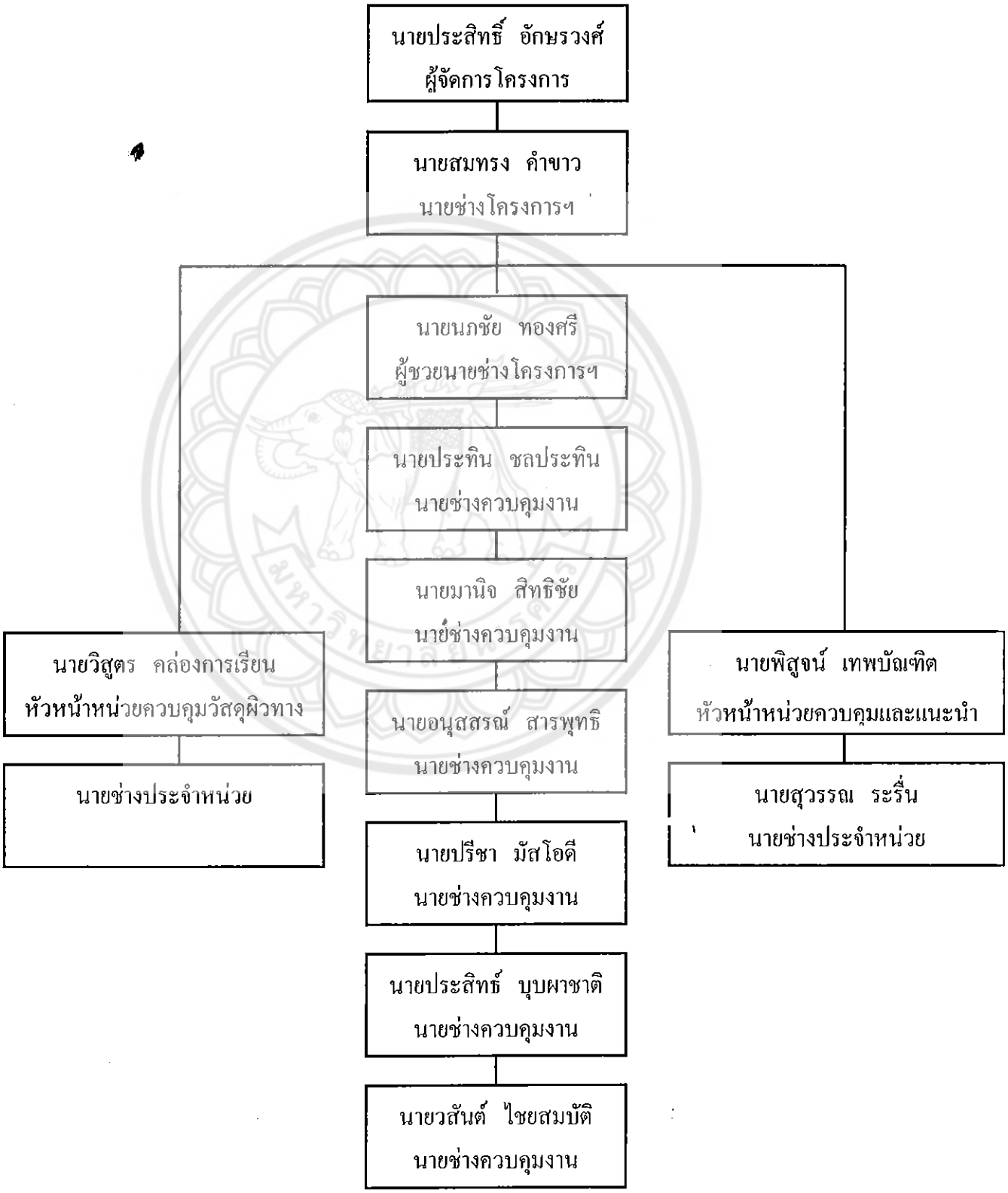
ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า ผู้จัดตั้งองค์การต้องกำหนดจุดมุ่งหมายหรือวัตถุประสงค์ให้แน่ชัดว่าจัดตั้งขึ้นมาเพื่อดำเนินกิจการใดๆ ซึ่งเมื่อวางจุดมุ่งหมายหรือวัตถุประสงค์ไว้เช่นนั้นแล้ว ย่อมเป็นแนวให้ทราบถึงขอบข่ายของงาน ความสัมพันธ์เกี่ยวโยงกันของงาน ตลอดจนจะได้จัดเตรียมปัจจัยต่างๆให้พร้อม เพื่อนำมาจัดระเบียบองค์การ กำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบ กำหนดระเบียบแบบแผนข้อบังคับต่างๆ จักได้ดำเนินไปตามวัตถุประสงค์ดังที่กำหนดไว้

จากที่กล่าวข้างต้นองค์กรที่เกี่ยวข้องกับโครงการก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 12 ตอนเลี่ยงเมืองสุโขทัย ได้แก่ ผู้รับจ้าง คือ ห้างหุ้นส่วนจำกัดสุโขทัยเอ็นจิเนียริ่ง และ ผู้ว่าจ้าง คือ สำนักก่อสร้างทางที่ 1 กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม จึงได้มีการจัดอัตรากำลังของแต่ละฝ่ายขึ้น เพื่อให้การดำเนินงานมีประสิทธิภาพ และเสร็จตามกำหนดเวลาที่วางแผนไว้ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

อัตรากำลัง(ห้างหุ้นส่วนจำกัด สุโขทัยเอ็นจิเนียริ่ง)



อัตรากำลังเจ้าหน้าที่กรมทางหลวง



2.4 รายละเอียดและข้อกำหนดการก่อสร้าง

การควบคุมการก่อสร้างทางซึ่งเป็นงานหลักของกรมทางหลวงนั้น จำเป็นต้องมีรายการละเอียดการควมคุมการก่อสร้างทาง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติงานของผู้รับผิดชอบงานด้านนี้ ซึ่งจะทำให้การควบคุมงานก่อสร้างทางเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ถูกต้องตามหลักวิชาการและเป็นมาตรฐานเดียวกัน

รายละเอียดและข้อกำหนดการก่อสร้างที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้จะประกอบไปด้วย งาน Embankment , Select Materials A,B , Subbase Soil Aggregate , Base Crushed Rock , Prime Coat และ Asphaltic Concrete Course

2.4.1 งานถมคันทาง (Embankment)

หมายถึง การก่อสร้างถมและการตัดลากคันทางเดิมเป็นแบบขั้นบันได (Benching) เพื่อถมขยายคันทาง รวมทั้งการกลบแต่งหลุมบ่อต่างๆที่ไม่ได้ระบุเป็นงานรายการอื่นโดยการจัดหาดินหรือวัสดุอื่นใดที่มีคุณภาพถูกต้องตามข้อกำหนด จากแหล่งที่ได้ความเห็นชอบแล้วมาถมเป็นคันทาง โดยการเกลี่ยแต่งและบดทับให้ได้แนว ระดับ และรูปร่างตามที่แสดงไว้ในแบบ

2.4.1.1 วัสดุ

ดิน หรือวัสดุอื่นใด ต้องเป็นวัสดุที่ปราศจากหน้าดิน และวัชพืช จากแหล่งที่ได้รับความเห็นชอบของนายช่างผู้ควบคุมงานแล้ว ส่วนที่จับตัวกันเป็นก้อนหรือยึดเกาะกันมีขนาดโตกว่า 50 มิลลิเมตร จะต้องกำจัดออกไปหรือทำให้แตกและผสมเข้าด้วยกันให้มีลักษณะสม่ำเสมอ

ในกรณีที่ไม่ได้ระบุคุณสมบัติไว้เป็นอย่างอื่น วัสดุที่ใช้ทำชั้นดินถมคันทางจะต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1.มีค่าCBR เมื่อทดลองตาม ทล.-ท. 109 "วิธีการทดลองหาค่าCBR" ไม่น้อยกว่าที่กำหนดไว้ในแบบ ที่ความแน่นแห้งของการบดอัด ร้อยละ 95 ของความแน่นแห้งสูงสุดที่ได้จากการทดลองตาม ทล.ท.-ท. 107 "วิธีการทดลอง Compaction Test แบบมาตรฐาน"

2.มีค่าการขยายตัวเมื่อทดลองตาม ทล.-ท. 109 "วิธีการทดลองหาค่า CBR"ไม่เกินร้อยละ 4ที่ความแน่นแห้งสูงสุดที่ได้จากการทดลองตาม ทล.-ท. 107 "วิธีการทดลอง Compaction Test แบบมาตรฐาน"

2.4.1.2 เครื่องจักรและเครื่องมือ

ก่อนเริ่มงานผู้รับจ้าง จะต้องเตรียมเครื่องจักรและเครื่องมือต่างๆที่จำเป็นจะต้องใช้ในการดำเนินงานทางด้านวัสดุและการก่อสร้างไว้ให้พร้อมที่หน้างาน ทั้งนี้ต้องเป็นแบบขนาด และอยู่ในสภาพที่ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร

2.4.1.3 วิธีการก่อสร้าง

การเตรียมการก่อนการก่อสร้าง

การเตรียมวัสดุ

ดินจากแหล่งที่ผ่านการทดสอบคุณภาพว่าใช้ได้แล้ว และเตรียมที่จะนำมาใช้งานชั้นดินถมคันทางหากไม่ได้นำมาลงบนดินเดิมหรือคันทางเดิมที่ได้เตรียมไว้โดยตรงให้กอง(Stockpile) ไว้เป็นกองๆในปริมาณที่พอสมควร

บริเวณที่เตรียมไว้กองวัสดุ จะต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานโดยปราศจากสิ่งที่ไม่พึงประสงค์ต่างๆ

การเตรียมพื้นที่ก่อสร้าง

ก่อนเริ่มงานดินถมคันทาง ผู้รับจ้างจะต้องเตรียมพร้อมในด้านต่างๆ เช่น เครื่องจักร และเครื่องมือในการทำงาน และเครื่องหมายควบคุมการจราจรที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้าง ทั้งนี้จะต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานแล้ว

ผู้รับจ้างจะต้องเกลี่ยและกลบแต่งหลุมบ่อที่มีอยู่เดิม หรือส่วนที่เกิดจากการถางป่าและขุดตอ แล้วบดทับให้แน่นและเรียบร้อย ก่อนจะเริ่มงานดินถมคันทาง

ดินเดิมหรือลาดคันทางของถนนเดิม ซึ่งอยู่ต่ำกว่าระดับคันทางที่จะทำการก่อสร้างใหม่น้อยกว่า 1เมตร ตามแบบ หลังจากกำจัดสิ่งไม่พึงประสงค์ต่างๆออกหมดแล้ว หรือหลังจากไถคราดผิวทางเดิมแล้ว จะต้องทำการบดทับชั้น 150 มิลลิเมตร สุดท้าย วัดจากระดับดินเดิมหรือผิวถนนเดิมลงไปให้ได้ความแน่นแห้งของการบดทับไม่น้อยกว่าร้อยละ 95 ของความหนาแน่นแห้งสูงสุดที่ได้จากการทดลอง ตาม ทล.-ท. 107 "วิธีการทดลอง Compaction Test แบบมาตรฐาน"

ถ้าไม่ได้กำหนดในแบบเป็นอย่างอื่น ทางเดิมที่ยังไม่มีผิวถาวรและต้องการถมคันทางให้สูงขึ้นอีกไม่เกิน 300 มิลลิเมตร จะต้องไถคราดผิวทางเดิมไม่น้อยกว่า 150 มิลลิเมตรแล้วบดทับรวมไปพร้อมกับชั้นใหม่ของชั้นดินถมคันทางนั้น ความหนาของชั้นที่ไถคราดรวมกับวัสดุใหม่จะต้องไม่เกินความหนาแต่ละชั้นที่กำหนดไว้

4400381
ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
TE
176
.T64
2543 C. 2

ในกรณีที่จะก่อสร้างคันทางตามลาดเชิงเขาหรือจะทำการก่อสร้างขยายคันทางใหม่บนคันทางเดิม ให้ตัดลาดเชิงเขาหรือลาดคันทางเดิมเป็นแบบขั้นบันได จากปลายเชิงลาดจนถึงขอบไหล่ทาง ให้เกลี่ยแผ่วัสดุสม่ำเสมอในแนวราบ มีความกว้างพอที่เครื่องมือบดทับที่เหมาะสมลงไปทำงานได้ โดยกำหนดว่าให้ดำเนินการก่อสร้างเป็นชั้นๆ โดยให้มีความหนาแต่ละชั้นตามข้อกำหนด

การเตรียมการก่อนก่อสร้างนี้ ให้ถือเป็นส่วนหนึ่งของงานดินถมคันทาง โดยจะไม่วัดจ่ายค่างานให้

2.4.1.4 <u>การก่อสร้าง</u>

ภายหลังจากได้ดำเนินการตามข้อ2.4.1.1 แล้ว ให้ลาดน้ำชั้นดินเดิมหรือคันทางเดิมที่ได้เตรียมไว้แล้วให้เปียกชื้นสม่ำเสมอโดยทั่วตลอด ใช้เครื่องจักรที่เหมาะสมขนดินไปปูบนชั้นที่ได้เตรียมไว้ แล้วตีแผ่ เกลี่ยวัสดุ คลุกเคล้า ผสมน้ำ โดยที่ประมาณว่าให้มีปริมาตรน้ำที่ Optimum Moisture Content ± 3%

หลังจากเกลี่ยแต่งดินจนได้ที่แล้วให้ทำการบดทับทันทีด้วยเครื่องมือบดทับที่เหมาะสมบดทับทั่วผิวหน้าอย่างสม่ำเสมอ จนได้ความแน่นตลอดความหนาตามข้อกำหนด

การดำเนินการก่อสร้างดังที่ได้กล่าวมาแล้วนี้ ให้ทำเป็นชั้นๆ โดยให้มีความหนาของแต่ละชั้นตามข้อกำหนด หากผู้รับจ้างไม่สามารถกระทำการก่อสร้างตามวิธีดังกล่าวได้และประสงค์จะดำเนินวิธีการอื่นใด จะต้องได้รับความเห็นชอบจากกรมทางหลวงก่อน ไม่มีหลุมบ่อหรือวัสดุที่หลุมบ่อหรือวัสดุที่หลุดหลวมไม่แน่นอยู่บนผิว

ส่วนของคันทางที่อยู่ติดข้างท่อหรือคอสะพาน หรือบริเวณใดก็ตามที่เครื่องมือบดทับขนาดใหญ่ไม่สามารถจะเข้าไปบดทับได้ทั่วถึง ให้ใช้เครื่องมือบดทับขนาดเล็กที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นว่าเหมาะสมเข้าไปทำการบดทับแทน และให้ทำการก่อสร้างเป็นชั้นๆตามข้อกำหนด

2.4.1.5 <u>การควบคุมคุณภาพขณะก่อสร้าง</u>

การก่อสร้างชั้นดินถมคันทางให้ก่อสร้างเป็นชั้นๆ โดยให้มีความหนาหลังบดทับชั้นละไม่เกิน 150 มิลลิเมตร

ผู้รับจ้างอาจก่อสร้างชั้นดินถมคันทางให้มีความหนาแต่ละชั้นเกินกว่า 150 มิลลิเมตร แต่ไม่เกิน 200 มิลลิเมตร ก็ได้ ทั้งนี้ต้องแสดงรายการเครื่องจักรและเครื่องมือที่เหมาะสม แสดงวิธีการปฏิบัติงาน และต้องก่อสร้างแปลงทดลองยาวประมาณ 200 - 500 เมตร เพื่อตรวจสอบคุณภาพ หากพบว่าระหว่างการก่อสร้างมีปัญหาเกี่ยวกับความแน่นของดินถมคันทางส่วนบนและ

ส่วนล่างไม่ได้ตามข้อกำหนด นายช่างผู้ควบคุมงานจะตรวจสอบคุณภาพหลังการผสมคลุกเคล้าแล้ว หากพบว่าตอนใดคุณภาพไม่ถูกต้องตามข้อกำหนด ผู้รับจ้างจะต้องดำเนินการปรับปรุงแก้ไขจนได้วัสดุที่มีคุณภาพถูกต้อง

2.4.1.6 <u>การบำรุงรักษาและการเปิดจราจร</u>

หลังจากการก่อสร้างเสร็จ และคุณภาพผ่านข้อกำหนดทุกอย่างแล้ว ในกรณีที่ผู้รับจ้างยังไม่ทำการก่อสร้างชั้นทางในชั้นถัดไป ถ้าต้องการเปิดให้การจราจรผ่านในฤดูฝนควรใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติเหมาะสมที่จะใช้ทำชั้นทางในชั้นถัดไป เช่น วัสดุมวลรวม ปิดทับหน้าไว้เพื่อป้องกันดินถมคันทางเสียหาย ถูกทำลายเป็นร่องล้อและบวม

ค่าใช้จ่ายในการนี้ ผู้รับจ้างต้องเป็นผู้รับผิดชอบทั้งสิ้น

2.4.1.7 <u>การตรวจสอบ</u>

การตรวจสอบค่าระดับ

งานดินถมคันทางที่ก่อสร้างเรียบร้อยแล้วจะต้องมีรูปร่างราบเรียบตามแบบโดยเมื่อทำการตรวจสอบด้วยบรรทัดตรงยาว 3.00 เมตร ทั้งตามแนวขนานและตั้งฉากกับแนวศูนย์กลางทางมีความแตกต่างได้ไม่เกิน 10 มิลลิเมตรและมีค่าระดับแตกต่างไปจากค่าระดับที่แสดงไว้ในแบบได้ไม่เกิน 15 มิลลิเมตร การตรวจสอบค่าระดับให้ทำทุกระยะ 25 เมตร หรือน้อยกว่าตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร ตอนใดที่ผิดไปจากนี้ให้แก้ไข โดยการปาดออก หรือรื้อแล้วก่อสร้างใหม่

การทดสอบความหนาแน่นของการบดทับ

งานดินถมคันทาง จะต้องทำการบดทับให้ได้ความแน่นแห้งสม่ำเสมอตลอด ไม่น้อยกว่า 1.44 กรัมต่อมิลลิเมตร และไม่ต่ำกว่าร้อยละ 95 ของความแน่นแห้งสูงสุดที่ได้จากการทดลองตัวอย่างดินเก็บจากหน้างานในสนาม หลังจากคลุกเคล้า ผสมและปูลงบนถนนแล้ว ตาม ทล.-ท 107 "วิธีการทดลอง Compaction Test แบบมาตรฐาน"

การทดสอบความแน่นของการบดทับ ให้ดำเนินการทดสอบตาม ทล.-ท 603 "วิธีการทดลองหาค่าความแน่นของวัสดุในสนามโดยใช้ทราย" ทุกระยะประมาณ 100 เมตร ต่อ 1 ช่องจราจร หรือประมาณพื้นที่ 700 ตารางเมตร ต่อ 1 หลุมตัวอย่าง

2.4.1.8 <u>การวัดปริมาณงานและการจ่ายค่างาน</u>

วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัดและการคำนวณหาปริมาณงานของดินถมคันทางนั้นให้วัดปริมาณเป็นปริมาตร โดยวัดเนื้องานจากระดับก่อนที่จะทำงานถางป่า ขุดตอ หรือการเกลี่ยแต่งคันทางเดิมหรือการตัดลากคันทางเดิมเป็นแบบขั้นบันไดเพื่อขยายคันทาง และหาพื้นที่หน้าตัดด้วยวิธีคูณไขว้ และใช้วิธีเฉลี่ยพื้นที่หน้าตัดในการคำนวณหาปริมาตรของงานดินถมคันทาง โดยใช้ระยะทางตามแนวศูนย์กลางทาง โดยทั่วไปให้ใช้พื้นที่หน้าตัดทุกระยะ 25 เมตร แต่หากเป็นงานในภูมิประเทศเป็นภูเขาหรือต้องการความละเอียดในการคำนวณมากขึ้นระยะอาจลดลงเป็น 12.50 เมตร หรือ 5.00 เมตร ตามดุลยพินิจของนายช่างผู้ควบคุมงาน ทั้งนี้ให้หักปริมาตรส่วนที่ถูกแทนที่ด้วย ท่อกลม ท่อเหลี่ยมและสิ่งสาธารณูปโภคต่างๆออก ปริมาณงานมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

กรณีงานดินถมคันทางแทนที่งานขุดบริเวณดินอ่อน ให้คำนวณจากความกว้าง ยาว และลึก ตามที่ทำการก่อสร้าง

วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงานและอื่นๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อย ตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

งานวัสดุคัดเลือก (Selected Material)

2.4.2 <u>งานวัสดุคัดเลือก ข (Selected Material B)</u>

งานวัสดุคัดเลือก ข. บนชั้นดินถมคันทาง หรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้แล้วด้วยวัสดุที่มีคุณภาพตามข้อกำหนด โดยการเกลี่ยแต่ง และบดทับให้ได้แนว ระดับและรูปร่างตามที่แสดงไว้ในแบบ

2.4.2.1 <u>วัสดุ</u>

วัสดุมวลรวม (Soil Aggregate) หรือทรายหรือวัสดุอื่นใดต้องเป็นวัสดุที่คงทนปราศจากก้อนดินเหนียว และวัชพืชอื่นๆ จากแหล่งที่ได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานแล้ว ส่วนที่จับตัวเป็นก้อน หรือยึดเกาะกันมีขนาดโตกว่า 50 มิลลิเมตร จะต้องกำจัดออกไปหรือทำให้แตกและผสมเข้าด้วยกันให้มีลักษณะสม่ำเสมอ

ในกรณีที่ไม่ได้ระบุคุณสมบัติไว้เป็นอย่างอื่น วัสดุที่ใช้ทำชั้นวัสดุคัดเลือก ข.จะต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1.เมื่อทดลองตาม ทล.-ท . 205 "วิธีการทดลองหาขนาดเม็ดของวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง" มีขนาดเม็ดโตสุดไม่เกิน 50 มิลลิเมตร และส่วนที่ผ่านตะแกรงขนาด 0.075 มิลลิเมตร ไม่เกินร้อยละ 35

2.มีค่า CBR เมื่อทดลองตามทล.-ท. 109"วิธีทดลองหาค่าCBR"ไม่น้อยกว่าร้อยละ 6 ที่ความแน่นแห้งของการบดอัดร้อยละ95 ของความแน่นแห้งสูงสุดที่ได้จากการทดลองตามทล.-ท. 108 "วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน"

3.มีค่าการขยายตัวเมื่อทดลองตาม ทล.-ท. 109 "วิธีการทดลองหาค่า CBR"ไม่เกินร้อยละ3 ที่ความแน่นแห้งของการบดอัดร้อยละ95 ของความแน่นแห้งสูงสุดที่ได้จากการทดลองตาม ทล.-ท. 108 "วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน"

2.4.2.2 <u>เครื่องจักรและเครื่องมือ</u>

ก่อนเริ่มงาน ผู้รับจ้างจะต้องเตรียมเครื่องจักรและเครื่องมือต่างๆ ที่จำเป็นจะต้องใช้ในการดำเนินงานทางด้านวัสดุและการก่อสร้างไว้ให้พร้อมที่หน้างาน ทั้งนี้ต้องเป็นแบบ ขนาด และอยู่ในสภาพที่ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร

2.4.2.3 <u>วิธีการก่อสร้าง</u>

การเตรียมการก่อนการก่อสร้าง

การเตรียมวัสดุ

วัสดุจากแหล่งที่ผ่านการทดสอบคุณภาพว่าใช้ได้แล้ว และเตรียมที่จะนำมาใช้ทำชั้นวัสดุคัดเลือก ข หากไม่ได้นำมาลงบนชั้นดินถมคันทางหรือชั้นอื่นใดที่เตรียม ไว้โดยตรงให้กองไว้เป็นกองๆในปริมาณที่พอสมควร

บริเวณที่เตรียมไว้กองวัสดุ จะต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานโดยปราศจากสิ่งไม่พึงประสงค์ต่างๆ

การเตรียมพื้นที่ก่อสร้าง

ชั้นดินถมคันทางหรือชั้นอื่นใดที่จะต้องรองรับชั้นวัสดุคัดเลือกข จะต้องเกลี่ยแต่งและบดทับให้ได้ แนว ระดับ ความลาด ขนาด รูปร่างและความแน่นตามที่ได้แสดงไว้ในแบบ

ก่อนลงวัสดุ ผู้รับจ้างจะต้องเตรียม พร้อมในด้านต่างๆ เช่น เครื่องจักร และ เครื่องมือในการทำงานและเครื่องหมายควบคุมการจราจรที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้าง ทั้งนี้จะต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานแล้ว

2.4.2.4 <u>การก่อสร้าง</u>

ภายหลังจากที่ได้ดำเนินการตามข้อที่แล้วให้ราดน้ำชั้นดินถมคันทางหรือชั้นอื่นใดที่รองรับชั้นวัสดุคัดเลือก ข ให้เปียกชื้นสม่ำเสมอโดยทั่วตลอด ใช้เครื่องจักรที่เหมาะสมขนวัสดุไปปูลงบนชั้นดินถมคันทาง หรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้ แล้วตีแผ่ เกลี่ยวัสดุ คลุกเคล้าผสมน้ำ โดยที่ประมาณว่าให้มีปริมาณน้ำที่ Optimum Moisture Content ± 3%

หลังจากเกลี่ยแต่งแต่งวัสดุจนได้ที่แล้วให้ทำการบดอัดทับทันทีด้วยเครื่องมือบดอัดทับที่เหมาะสมบดทับทั่วผิวหน้าอย่างสม่ำเสมอ จนได้ความแน่นตลอดความหนาตามข้อกำหนด เกลี่ยแต่งวัสดุให้ได้แนว ระดับ ความลาด ขนาด และรูปตัดตามที่ได้แสดงไว้ในแบบ ไม่มีหลุมบ่อ หรือวัสดุหลวมไม่แน่นอยู่บนผิว

กรณีใช้ทรายเป็นวัสดุคัดเลือก ข. ให้ทำการป้องกันลาดคันทางทั้งสองข้างด้วยวัสดุซึ่งนายช่างผู้ควบคุมงานพิจารณาแล้วยอมให้ใช้ได้ เพื่อป้องกันทรายไหลออกข้างและหากต้องการเปิดการจราจรให้ใช้วัสดุมวลรวมปิดทับหน้าเพื่อป้องกันความเสียหาย

2.4.2.5 <u>การควบคุมคุณภาพขณะก่อสร้าง</u>

การก่อสร้างชั้นวัสดุคัดเลือกข ให้ก่อสร้างเป็นชั้นๆ โดยให้มีความหนาหลังการบดทับชั้นละไม่เกิน 150 มิลลิเมตร

ผู้รับจ้างอาจก่อสร้างชั้นวัสดุคัดเลือก ข ให้มีความหนาแต่ละชั้นเกินกว่า 150 มิลลิเมตร แต่ไม่เกิน 200 มิลลิเมตร ก็ได้ ทั้งนี้ต้องแสดงรายการเครื่องจักรและเครื่องมือที่เหมาะสมแสดงวิธีการปฏิบัติงาน และต้องก่อสร้างแปลงทดลองยาวประมาณ 200-500 เมตร เพื่อตรวจสอบคุณภาพ หากพบว่าระหว่างการก่อสร้างมีปัญหาเกี่ยวกับความแน่นของวัสดุคัดเลือก ข ส่วนบนและส่วนล่างไม่ได้ตามข้อกำหนด นายช่างผู้ควบคุมงานจะตรวจสอบคุณภาพหลังการคลุกเคล้าแล้ว หากพบว่าตอนใดคุณภาพไม่ถูกต้องตามข้อกำหนด ผู้รับจ้างจะต้องดำเนินการปรับปรุงแก้ไขจนได้วัสดุที่มีคุณภาพถูกต้อง

2.4.2.6 การบำรุงรักษาการเปิดจราจร

หลังจากการก่อสร้างเสร็จและคุณภาพผ่านข้อกำหนดทุกอย่างแล้ว ในกรณีที่ผู้รับจ้างยังไม่ได้ทำการก่อสร้างชั้นทางในชั้นถัดไป ถ้าต้องการเปิดให้การจราจรผ่าน ให้ทำการบำรุงรักษาด้วยการพ่นน้ำบางๆลงไปบนผิวหน้าของชั้นวัสดุคัดเลือก ข ที่ก่อสร้างเสร็จแล้วให้ชุ่มชื้นตลอดเวลาเพื่อป้องกันไม่ให้ฝุ่นฟุ้งกระจาย เป็นมลภาวะของประชาชนสองข้างทางขณะเปิดการจราจร

2.4.2.7 การตรวจสอบ

การตรวจสอบค่าระดับ

งานวัสดุคัดเลือก ข ที่ก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะต้องมีรูปร่างราบเรียบตามแบบ โดยเมื่อทำการตรวจสอบด้วยบรรทัดตรงยาว 3.00 เมตร ทั้งตามแนวขนานและตั้งฉากกับแนวศูนย์กลางทาง มีความแตกต่างได้ไม่เกิน 10 มิลลิเมตร และมีค่าระดับแตกต่างไปจากค่าระดับที่แสดงไว้ในแบบได้ไม่เกิน 15 มิลลิเมตร การตรวจสอบค่าระดับให้ทำทุกระยะ 25 เมตร หรือน้อยกว่าตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร ตอนใดที่ผิดไปจากนี้ให้แก้ไข โดยการปาดออกหรือรื้อแล้วก่อสร้างใหม่

การทดสอบความแน่นของการบดทับ

งานชั้นวัสดุคัดเลือก ข. จะต้องทำการบดทับให้ได้ความแน่นแห้งสม่ำเสมอตลอดไม่ต่ำกว่าร้อยละ 95 ของความแน่นแห้งสูงสุดที่ได้จากการทดลองตัวอย่างวัสดุเก็บจากหน้างานในสนามหลังจากคลุกเคล้าผสมและปูลงบนถนนแล้ว ตามทล. – ท .108 "วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน"

การทดสอบความแน่นของการบดทับ ให้ดำเนินการทดลองตาม ทล.-ท. 603 "วิธีการทดลองหาค่าความแน่นของวัสดุในสนามโดยใช้ทราย" ทุกระยะประมาณ 100 เมตร ต่อ 1 ช่องจราจร หรือประมาณพื้นที่ 500 ตารางเมตร ต่อ 1 หลุม ตัวอย่าง

2.4.2.8 การวัดปริมารงานและการจ่ายค่างาน

วิธีวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงานวัสดุคัดเลือก ข. ให้ทำการวัดเมื่อทำการตรวจสอบค่าระดับและทดสอบความแน่นของการบดทับถูกต้องตามที่กำหนดแล้ว โดยวัดเป็นปริมาตรบดอัดแน่นตามที่ได้ก่อสร้างจริงตามแบบ ปริมาณงานมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

วิธีจ่ายงาน

การจ่ายงานตามรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงานและอื่นๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้าง ให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

2.4.3 งานวัสดุคัดเลือก ก. (Selected Material A)

หมายถึง การก่อสร้างวัสดุคัดเลือก ก. บนชั้นวัสดุคัดเลือก ข. หรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้แล้ว ด้วยวัสดุมวลรวม ที่มีคุณภาพตามข้อกำหนด โดยการเกลี่ยแต่ง และบดทับให้ได้แนวระดับ และรูปร่าง ตามที่แสดงไว้ในแบบ

2.4.3.1 วัสดุ

วัสดุมวลรวม ต้องเป็นวัสดุที่มีความคงทนมีส่วนหยาบและส่วนละเอียดที่มีคุณภาพเป็นเชื้อประสานที่ดี ปราศจากก้อนดินเหนียว และวัชพืชอื่นๆ จากแหล่งที่ได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานแล้ว ส่วนที่จับตัวกันเป็นก้อนแข็งหรือยึดเกาะกันมีขนาดโตกว่า 50 มิลลิเมตร จะต้องกำจัดออกไปหรือทำให้แตกและผสมเข้าด้วยกันให้มีลักษณะสม่ำเสมอ

ในกรณีที่ไม่ได้ระบุคุณสมบัติไว้เป็นอย่างอื่น วัสดุมวลรวมที่ใช้ทำวัสดุคัดเลือก ก . จะต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1.เมื่อทดลองตาม ทล.-ท. 205 "วิธีการทดลองหาขนาดเม็ดของวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง" มีขนาดเม็ดโตสุดไม่เกิน 50 มิลลิเมตร และส่วนที่ผ่านตะแกรงขนาด 0.075 มิลลิเมตร ไม่เกินร้อยละ 30

ห้ามใช้ทรายที่มีคุณสมบัติข้อหนึ่งข้อใดดังต่อไปนี้ ทำวัสดุคัดเลือก ก

1.1 เมื่อทดลองตาม ทล.-ท. 205 "วิธีการทดลองหาขนาดเม็ดของวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง" มีส่วนที่ผ่านตะแกรงขนาด 0.425 มิลลิเมตร เกินร้อยละ 80

1.2 เมื่อทดลองตาม ทล.-ท. 205 "วิธีการทดลองหาขนาดเม็ดของวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง" มีส่วนที่ผ่านตะแกรงขนาด 0.075 มิลลิเมตร น้อยกว่าร้อยละ 8 หรือเกินกว่าร้อยละ 30

2.มีค่า Liquid Limit เมื่อทดลองตาม ทล.-ท. 102 "วิธีการทดลองหาค่า Liquid Limit (L.L.) ของดิน" ไม่เกินร้อยละ 40

3.มีค่า Plasticity Limit เมื่อทดลองตาม ทล.-ท. 103 "วิธีการทดลองหาค่า Plasticity และ Plastic Index" ไม่เกินร้อยละ 20

4.มีค่า CBR เมื่อทดลองตามทล.-ท. 109 "วิธีการทดลองหาค่า CBR" ไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 ที่ความแน่นแห้งของการบดอัดร้อยละ 95 ของความแน่นแห้งสูงสุดที่ได้จากการทดลองตาม ทล.-ท. 108 "วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน"

5.มีค่าการขยายตัว เมื่อทดลองตาม ทล.-ท. "วิธีการทดลองหาค่า CBR" ไม่เกินร้อยละ 3 ทีความแน่นแห้งของการบดอัดร้อยละ 95 ของความแน่นแห้งสูงสุดที่ได้จากการทดลองตาม ทล.-ท. 108" วิธีทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน"

6.กรณีใช้วัสดุจำพวก Shale ต้องมีค่าเฉลี่ย Durability Index ของวัสดุทั้งชนิดเม็ดละเอียดและชนิดเม็ดหยาบ เมื่อทดลองตาม ทล.-ท. 206"วิธีการทดลองหาค่า Durability ของวัสดุ" ไม่น้อยกว่าร้อยละ 30

7.กรณีวัสดุจำพวก Non Plastic ที่เมื่อทดลองตาม ทล.-ท. 205 "วิธีการทดลองหาขนาดเม็ดของวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง" มีส่วนผ่านตะแกรงขนาด 2.00 มิลลิเมตรเกินกว่าร้อยละ 90และได้คุณภาพตามข้อ 1-6 แล้วหากนำมาใช้ทำวัสดุคัดเลือก ก.จะต้องทำการบดทับให้ได้ความแน่นแห้งสม่ำเสมอตลอดไม่ต่ำกว่าร้อยละ 100 ของความแน่นแห้งสูงสุดที่ได้จากการทดลองตาม ทล.-ท. 108"วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน"

2.4.3.2 เครื่องจักรและเครื่องมือ

ก่อนเริ่มงานผู้รับจ้างจะต้องเตรียมเครื่องจักรและเครื่องมือต่างๆที่จำเป็นจะต้องใช้ในการดำเนินงานทางด้านวัสดุและการก่อสร้างไว้ให้พร้อมที่หน้างาน ทั้งนี้ต้องเป็นแบบ ขนาดและอยู่ในสภาพที่ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร

2.4.3.3 วิธีการก่อสร้าง

การเตรียมการก่อนการก่อสร้าง

การเตรียมวัสดุ

วัสดุมวลรวมจากแหล่งเมื่อทำการทดสอบคุณภาพว่าใช้ได้แล้ว และเตรียมที่จะนำมาใช้ทำชั้นวัสดุคัดเลือก ก. หากไม่ได้นำมาลงบนชั้นวัสดุคัดเลือก ข. หรือชั้นอื่นใดที่เตรียมไว้โดยตรง ให้เตรียมไว้เป็นกองๆในปริมาณที่พอสมควร

บริเวณที่เตรียมไว้กองวัสดุ จะต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานโดยปราศจากสิ่งไม่พึงประสงค์ต่างๆ

การตักวัสดุมวลรวม และการขนส่งวัสดุมวลรวมจะต้องกระทำด้วยความระมัดระวังไม่ให้เกิดการแยกตัว (Segregation) ของส่วนหยาบและส่วนละเอียด ในกรณีที่วัสดุมวลรวมซึ่งขนส่งไปเกิดการแยกตัวให้ทำการผสมใหม่ในสนาม(Road - Mix)

การเตรียมพื้นที่ก่อสร้าง

ชั้นวัสดุคัดเลือก ข. หรือชั้นอื่นใดที่จะต้องรองรับชั้นวัสดุคัดเลือก ก. จะต้องเกลี่ยแต่งและบดทับให้ได้ แนว ระดับ ความลาด รูปร่าง และความแน่น ตามที่ได้แสดงไว้ในแบบ

ก่อนลงวัสดุมวลรวม ผู้รับจ้างจะต้องเตรียมพร้อมในด้านต่างๆ เช่น เครื่องจักรและเครื่องมือในการทำงานและเครื่องหมายควบคุมการจราจรที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้าง ทั้งนี้จะต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานแล้ว

2.4.3.4 <u>การก่อสร้าง</u>

ภายหลังจากที่ได้ดำเนินการตามข้อที่แล้ว ให้ราดน้ำชั้นวัสดุคัดเลือก ข. หรือชั้นอื่นใดที่รองรับวัสดุคัดเลือก ก. ให้เปียกชื้นสม่ำเสมอโดยทั่วตลอด ใช้เครื่องจักรที่เหมาะสมขนวัสดุมวลรวมไปปูลงบนชั้นวัสดุคัดเลือก ข. หรือชั้นอื่นใดที่เตรียมไว้ แล้วตีแผ่ เกลี่ยวัสดุมวลรวม คลุกเคล้าผสมน้ำ โดยที่ประมาณว่าให้มีปริมาณน้ำคงที่ Optimum Moisture content ± 3%

หลังจากเกลี่ยแต่งวัสดุมวลรวมจนได้ที่แล้ว ให้ทำการบดทับทันที ด้วยเครื่องมือบดทับที่เหมาะสมบดทับทั่วผิวหน้าอย่างสม่ำเสมอ จนได้ความแน่นตลอดความหนาตามข้อกำหนด เกลี่ยแต่งวัสดุมวลรวมให้ได้ แนว ระดับ ความลาด ขนาด และ รูปตัด ตามที่ได้แสดงไว้ในแบบไม่มีหลุมบ่อหรือวัสดุที่หลุดหลวมไม่แน่นอยู่บนผิว บริเวณใดที่วัสดุส่วนหยาบและส่วนละเอียดแยกตัวออกจากกัน ผู้รับจ้างจะต้องทำการแก้ไข

2.4.3.5 <u>การควบคุมคุณภาพขณะก่อสร้าง</u>

การก่อสร้างชั้นวัสดุคัดเลือก ก. ให้ก่อสร้างเป็นชั้นๆ โดยให้มีความหนาหลังบดทับชั้นละไม่เกิน 150 มิลลิเมตร

ผู้รับจ้างอาจก่อสร้างชั้นวัสดุคัดเลือก ก. ให้มีความหนาแต่ละชั้นเกินกว่า 150 มิลลิเมตร แต่ไม่เกิน 200มิลลิเมตร ก็ได้ ทั้งนี้ต้องแสดงรายการเครื่องจักรและเครื่องมือที่เหมาะสม แสดงวิธีการปฏิบัติงาน และต้องก่อสร้างแปลงทดลองยาวประมาณ 200 – 500 เมตร เพื่อตรวจสอบคุณภาพ หากพบว่าระหว่างการก่อสร้างมีปัญหาเกี่ยวกับความแน่นของวัสดุคัดเลือก ก. ส่วนบน

และส่วนล่างไม่ได้ตามข้อกำหนด นายช่างผู้ควบคุมงานอาจจะพิจารณาระงับการก่อสร้างวัสดุคัดเลือก ก. หนาชั้นละมากกว่า 150 มิลลิเมตร

นายช่างผู้ควบคุมงานจะตรวจสอบคุณภาพหลังการผสมคลุกเคล้าแล้ว หากพบว่าตอนใดคุณภาพไม่ถูกต้องตามข้อกำหนด ผู้รับจ้างจะต้องดำเนินการปรับปรุงแก้ไขจนได้วัสดุที่มีคุณภาพถูกต้อง

2.4.3.6 การบำรุงรักษาและการเปิดจราจร

หลังจากก่อสร้างเสร็จและคุณภาพผ่านข้อกำหนดทุกอย่างแล้ว ในกรณีที่ผู้รับจ้างยังไม่ทำการก่อสร้างชั้นทางในชั้นถัดไป ถ้าต้องการเปิดให้การจราจรผ่าน ให้ทำการบำรุงรักษาด้วยการพ่นน้ำบางๆลงไปบนผิวหน้าของวัสดุคัดเลือก ก. ที่ก่อสร้างเสร็จแล้วให้ชุ่มชื้นตลอดเวลาเพื่อป้องกันไม่ให้ฝุ่นฟุ้งกระจาย เป็นมลภาวะต่อประชาชนสองข้างทางขณะเปิดจราจร

กรณีใช้ทรายเป็นวัสดุคัดเลือก ก. ให้ใช้วัสดุที่ใช้สำหรับทำชั้นทางชั้นถัดไปทับหน้าเพื่อให้การจราจรผ่าน

2.4.3.7 การตรวจสอบ

การตรวจสอบค่าระดับ

วัสดุคัดเลือก ก. ที่ก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้วจะต้องมีรูปร่างราบเรียบตามแบบโดยเมื่อทำการตรวจสอบด้วยบรรทัดตรงยาว 3.00 เมตร ทั้งตามแนวขนานและตั้งฉากกับแนวศูนย์กลางทางมีความแตกต่างได้ไม่เกิน 10 มิลลิเมตร และมีค่าระดับแตกต่างไปจากค่าระดับที่แสดงไว้ในแบบได้ไม่เกิน 15 มิลลิเมตร การตรวจสอบค่าระดับให้ทำทุกระยะ 25 เมตร หรือน้อยกว่าตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร ตอนใดที่ผิดไปจากนี้ให้แก้ไข โดยการปาดออกหรือรื้อแล้วก่อสร้างใหม่

การทดสอบความหนาแน่นของการบดทับ

งานวัสดุคัดเลือก ก. จะต้องทำการบดทับให้ได้ความหนาแน่นแห้งสม่ำเสมอไม่ต่ำกว่าร้อยละ 95 สำหรับวัสดุมวลรวมและไม่ต่ำกว่าร้อยละ 100 ของความหนาแน่นแห้งสูงสุดที่ได้จากการทดลองตัวอย่างวัสดุมวลรวมเก็บจากหน้างานในสนาม หลังจากคลุกเคล้า ผสมและปูลงบนถนนแล้วตาม ทล.-ท. 108 "วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน"

การทดสอบความแน่นของการบดทับ ให้ดำเนินการทดสอบตาม ทล.-ท. 603 "วิธีการทดลองหาค่าความแน่นของวัสดุในสนามโดยใช้ทราย" ทุกระยะประมาณ 100 เมตร ต่อ 1ช่องการจราจร หรือประมาณพื้นที่ 500 ตารางเมตร ต่อ 1 หลุมตัวอย่า

2.4.3.8 การวัดปริมาณงานและจ่ายค่างาน

วิธีวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงานวัสดุคัดเลือก ก. ให้ทำการวัดเมื่อได้ทำการตรวจสอบค่าระดับและทดสอบความแน่นของการบดทับถูกต้องตามที่กำหนดแล้ว โดยวัดเป็นปริมาตรบดอัดแน่นตามที่ได้ก่อสร้างจริงตามแบบ ปริมาณงานมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึงค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงาน และอื่นๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

2.4.4 งานรองพื้นทางวัสดุมวลรวม (Soil Aggregate Subbase)

หมายถึง การก่อสร้างชั้นรองพื้นทางบนชั้นวัสดุคัดเลือกหรือชั้นอื่นใดที่เตรียมไว้แล้วด้วยวัสดุมวลรวม ที่มีคุณภาพตามข้อกำหนด โดยการเกลี่ยแต่งและบดทับให้ได้แนว ระดับรูปร่างตามที่ได้แสดงไว้ในแบบ

วัสดุ

วัสดุมวลรวมจะต้องเป็นวัสดุที่มีเม็ดแข็ง ทนทาน ที่ส่วนหยาบผสมกับส่วนละเอียดที่มีคุณสมบัติเป็นวัสดุเชื้อประสานที่ดี ปราศจากก้อนดินเหนียว และวัชพืชอื่นๆ จากแหล่งที่ได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานแล้ว หากมีส่วนที่จับตัวกันเป็นก้อนแข็งหรือยึดเกาะกันมีขนาดโตกว่า 50 มิลลิเมตร จะต้องกำจัดออกไป หรือทำให้แตกและผสมเข้าด้วยกันให้มีลักษณะสม่ำเสมอ

ในกรณีที่ไม่ได้ระบุคุณสมบัติไว้เป็นอย่างอื่น วัสดุที่ใช้ทำชั้นรองพื้นทางวัสดุมวลรวมจะต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1.มีค่าความสึกหรอ เมื่อทดลองตาม ทล.-ท. 202 "วิะการทดลองหาค่าความสึกหรอของ Coarse Aggregate โยใช้เครื่อง Los Anglees Abrasion" ไม่เกินร้อยละ 60

2.มีขนาดคละที่ดี เมื่อทดลองตาม ทล.-ท. 205 "วิธีการทดลองหาขนาดเม็ดวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง" ต้องมีขนาดหนึ่งขนาดใดตามตารางมาตรฐาน

3.มีค่า Liquid Limit เมื่อทดลองตามทล.-ท. 102 "วิธีการทดลองหาค่า Liquid Limit (L.L) ของดิน" ไม่เกินร้อยละ 35

4.มีค่า Plasticity Index เมื่อทดลองตาม ทล.-ท. 103 "วิธีการทดลองหาค่า Plastic Limit และ Plasticity Index" ไม่เกินร้อยละ 11

5.มีค่า CBR เมื่อทดลองตาม ทล.-ท. 109 "วิธีการทดลองหาค่า CBR" ไม่น้อยกว่าร้อยละ 25 ที่ความแห้งของการบดอัดร้อยละ 95 ของความหนาแน่นแห้งสูงสุดที่ได้จากการทดลองตาม ทล.-ท 108 "วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน"

6.กรณีใช้วัสดุมากกว่า 1 ชนิดผสมกันเพื่อให้ได้คุณภาพถูกต้อง วัสดุแต่ละชนิดจะต้องมีขนาดสม่ำเสมอและเมื่อผสมกันแล้วจะต้องมีลักษณะสม่ำเสมอและได้คุณภาพตามข้อกำหนด ทั้งนี้จะต้องขอรับอนุญาตให้ใช้ได้จากนายช่างผู้ควบคุมงานก่อน

ตารางที่ 2.1

ขนาดคละของรองพื้นทางวัสดุมวลรวม

ขนาดตะแกรง		ปริมาณผ่านตะแกรง ร้อยละโดยมวล				
มิลลิเมตร	นิ้ว	A	B	C	D	E
50	2	100	100	-	-	-
25.0	1	-	-	100	100	100
9.5	3/8	30-65	40-75	50-85	60-100	-
2.00	เบอร์10	15-40	20-45	25-50	40-70	40-100
0.425	เบอร์40	8-20	15-30	15-30	25-45	20-50
0.075	เบอร์200	2-8	5-20	5-15	5-20	6-20

7.กรณีใช้วัสดุจำพวก Shale ต้องมีค่า Durability Index ของวัสดุทั้งชนิดเม็ดละเอียดและหยาบแต่ละชนิด เมื่อทดลองตาม ทล.-ท 206 "วิธีการทดลองหาค่า Durability ของวัสดุ" ไม่น้อยกว่าร้อยละ 35

2.4.4.1 เครื่องจักรและเครื่องมือ

ก่อนเริ่มงานผู้รับจ้างจะต้องเตรียมเครื่องจักรและเครื่องมือต่างๆที่จำเป็นจะต้องใช้ในการดำเนินการทางด้านวัสดุและการก่อสร้างไว้ให้พร้อมที่หน้างาน ทั้งนี้ต้องเป็นแบบ ขนาดและอยู่ในสภาพที่ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร

2.4.4.2 วิธีการก่อสร้าง

การเตรียมการก่อนการก่อสร้าง

การเตรียมวัสดุ

วัสดุมวลรวมที่จะนำมาใช้เป็นชั้นรองพื้นทาง จะต้องถูกคลุกเคล้าให้มีลักษณะสม่ำเสมอกันแล้วกองไว้เป็นกองๆในปริมาณที่พอสมควรไว้เพื่อการทดสอบคุณภาพก่อน

บริเวณที่เตรียมไว้กองวัสดุ จะต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานโดยปราศจากสิ่งไม่พึงประสงค์ต่างๆ

วัสดุมวลรวมจากกองวัสดุในแหล่งเมื่อผ่านการทดสอบคุณภาพว่าใช้ได้แล้วและเตรียมที่จะมาใช้งานรองพื้นทางหากไม่ได้นำมาลงบนชั้นวัสดุคัดเลือกหรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้โดยตรงให้กองไว้เป็นกองๆในปริมาณที่พอสมควร

สำหรับวัสดุมวลรวมที่ได้จากแหล่งหลายๆแหล่งซึ่งผ่านการทดสอบว่าใช้ได้แล้วถ้าจะนำมาลงบนชั้นวัสดุคัดเลือกหรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้โดยตรง ให้แยกลงแต่ละแหล่งเป็นแต่ละช่วงไป ช่วงละประมาณ 500 เมตร หรือตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเป็นผู้กำหนด ถ้าประสงค์นำมากองเพื่อเตรียมไว้ใช้งานรองพื้นทางก็ให้แยกวัสดุแต่ละแหล่งออกจากกัน ในปริมาณที่พอสมควรหากไม่สะดวกในการควบคุมคุณภาพจากกองวัสดุในแหล่ง ก็ให้กองวัสดุเป็นกองๆแยกกันไปแต่ละแหล่งแล้วดำเนินการเก็บตัวอย่างทดสอบคุณภาพ ห้ามนำเอาวัสดุมวลรวมไปยังที่ไม่ผ่านการทดสอบคุณภาพมาลงบนชั้นวัสดุคัดเลือกหรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้โดยตรง

การตักวัสดุมวลรวมออกจากกอง และการขนส่งวัสดุมวลรวม จะต้องกระทำด้วยความระมัดระวังไม่ให้เกิดการแยกตัวของส่วนหยาบและส่วนละเอียด ในกรณีที่วัสดุมวลรวมซึ่งขนส่งไปเกิดการแยกตัว ให้ทำการผสมใหม่ในสนาม

การเตรียมพื้นที่ก่อสร้าง

ชั้นวัสดุคัดเลือกหรือชั้นอื่นใดที่จะต้องรองรับชั้นรองพื้นทาง จะต้องเกลี่ยแต่งและบดทับให้ได้แนว ระดับ ความลาด ขนาด รูปร่าง และความแน่นตามที่ได้แสดงไว้ในแบบ

ก่อนลงวัสดุมวลรวม ผู้รับจ้างจะต้องเตรียมพร้องในด้านต่างๆเช่น เครื่องจักรและเครื่องมือในการทำงาน และเครื่องหมายควบคุมการจราจรที่เกี่ยวกับการก่อสร้าง ทั้งนี้จะต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานแล้ว

2.4.4.3 <u>การก่อสร้าง</u>

ภายหลังจากการเตรียมการแล้วให้ลาดน้ำชั้นวัสดุคัดเลือกหรือชั้นอื่นใดที่รองรับชั้นรองพื้นทางให้เปียกชื้นสม่ำเสมอให้ทั่วตลอด ใช้เครื่องจักรที่เหมาะสมขนวัสดุมาลรวมจากกองวัสดุไปปู

ลงบนชั้นวัสดุคัดเลือก หรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้แล้วตีแผ่วัสดุมวลรวมคลุกเคล้า ผสมน้ำโดยที่ประมาณว่าให้ปริมาณน้ำคงที่ Optimum Moisture Content ± 3%

หลังจากเกลี่ยแต่งวัสดุมวลรวมจนได้ที่แล้ว ให้ทำการบดทับทันทีด้วยเครื่องมือบดทับที่เหมาะสม บดทับทั่วผิวหน้าอย่างสม่ำเสมอจนได้ความแน่นตลอดความหนาตามข้อกำหนดเกลี่ยแต่งวัสดุมวลรวมให้ได้แนว ระดับ ความลาด ขนาด และรูปตัดตามที่ได้แสดงไว้ในแบบไม่มีหลุมบ่อหรือวัสดุที่หลุดหลวมไม่แน่นอยู่บนผิว

บริเวณใดที่วัสดุส่วนหยาบและส่วนละเอียดแยกตัวออกจากกันผู้รับจ้างจะต้องทำการแก้ไข

2.4.4.4 <u>การควบคุมคุณภาพขณะก่อสร้าง</u>

การก่อสร้างชั้นรองพื้นทางวัสดุมวลรวมให้ก่อสร้างเป็นชั้นๆ โดยให้มีความหนาหลังบดทับชั้นละไม่เกิน150มิลลิเมตร

ผู้รับจ้างอาจก่อสร้างชั้นรองพื้นทางวัสดุมวลรวมให้มีความหนาแต่ละชั้นเกินกว่า 150 มิลลิเมตร แต่ไม่เกิน 200 มิลลิเมตร ก็ได้ ทั้งนี้ต้องแสดงรายการเครื่องจักรและเครื่องมือที่เหมาะสม แสดงวิธีการปฏิบัติงาน และต้องก่อสร้างแปลงทดลองยาวประมาณ 200-500 เมตร เพื่อตรวจสอบคุณภาพ หากพบว่าระหว่างการก่อสร้างเม็ดวัสดุที่ผิวหน้าของรองพื้นทางวัสดุมวลรวมแตกละเอียดมากเกินไป หรือมีปัญหาเกี่ยวกับความแน่นของรองพื้นทางส่วนบนและส่วนล่างไม่ได้ตามข้อกำหนด นายช่างผู้ควบคุมงานอาจพิจารณาระงับการก่อสร้างรองพื้นทางวัสดุมวลรวมหนาชั้นละมากกว่า 150 มิลลิเมตร

นายช่างผู้ควบคุมงานจะตรวจสอบคุณภาพหลังจากผสมคลุกเคล้าแล้ว หากพบว่าตอนใดคุณภาพไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ผู้รับจ้างจะต้องดำเนินการปรับปรุงแก้ไข จนได้วัสดุที่มีคุณภาพถูกต้อง

2.4.4.5 <u>การบำรุงรักษาและการเปิดการจราจร</u>

หลังจากก่อสร้างเสร็จและคุณภาพผ่านข้อกำหนดทุกอย่างแล้ว ในกรณีที่ผู้รับจ้างยังไม่ทำการก่อสร้างชั้นทางในชั้นถัดไป ถ้าต้องการเปิดให้การจราจรผ่าน ให้ทำการบำรุงรักษาด้วยการพ่นน้ำบางๆ ลงไปบนผิวหน้าของชั้นรองพื้นทางวัสดุมวลรวมที่ก่อสร้างเสร็จแล้วให้ชุ่มชื้นตลอดเวลา เพื่อป้องกันไม่ให้ฝุ่นฟุ้งกระจาย เป็นมลภาวะต่อประชาชนสองข้างทางขณะเปิดการจราจร

2.4.4.6 <u>การตรวจสอบ</u>

การตรวจสอบค่าระดับ

งานรองพื้นทางวัสดุมวลรวมที่ก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะต้องมีรูปร่างราบเรียบตามแนวโดยเมื่อทำการตรวจสอบด้วยบรรทัดตรงยาว 3.00 เมตร ทั้งตามแนวขนานและตั้งฉากกับแนวศูนย์กลางทาง มีความแตกต่างได้ไม่เกิน15 มิลลิเมตรการตรวจสอบค่าระดับให้ทำทุกระยะ 25 เมตรหรือน้อยกว่าตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร ตอนใดที่ผิดไปจากนี้ให้แก้ไขโดยการปาดออก หรือรื้อแล้วก่อสร้างใหม่

การทดสอบความแน่นของการบดทับ

งานรองพื้นทางวัสดุมวลรวมจะต้องทำการบดทับให้ได้ความแน่นแห้งสม่ำเสมอตลอดไม่ต่ำกว่าร้อยละ 95 ของความแน่นแห้งสูงสุด ที่ได้จากการทดลองตัวอย่างวัสดุมวลรวมเก็บจากหน้างานในสนามจากคลุกเคล้าผสมและปูลงบนถนนแล้วตามทล.-ท. 108 "วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน"

การทดสอบความแน่นของการบดทับ ให้ดำเนินการทดสอบตาม ทล.-ท. 603 "วิธีการทดลองหาค่าความแน่นของวัสดุในสนามโดยใช้ทราย" ทุกระยะประมาณ 100 เมตรต่อ 1ช่องจราจร หรือประมาณพื้นที่500ตารางเมตร ต่อ 1 หลุมตัวอย่าง

2.4.4.7 <u>การวัดปริมาณงานและการจ่ายค่างาน</u>

วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงานรองพื้นทางวัสดุมวลรวม ให้ทำการวัดเมื่อได้ทำการตรวจสอบค่าระดับ และทดสอบความแน่นของการบดทับถูกต้องตามที่กำหนดแล้ว โดยวัดเป็นปริมาตรบดอัดแน่น ตามที่ได้ก่อสร้างจริงตามแบบ ปริมาณงานมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงาน และอื่นๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

งานพื้นทาง(Base)

2.4.5 งานพื้นทางหินคลุก(Crushed Rock Soil Aggregate Type Base)

หมายถึง การก่อสร้างชั้นพื้นทาง บนชั้นรองพื้นทาง หรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมที่ได้เตรียมไว้แล้วด้วยวัสดุหินคลุกที่มีคุณภาพตามข้อกำหนด โดยการเกลี่ยแต่ง และบดทับให้ได้ แนว ระดับและรูปร่างตามที่แสดงไว้ในแบบ

2.4.5.1 วัสดุ

วัสดุหินคลุกต้องเป็นหินโม่มวลรวม (Crushed Rock Soil Aggregate Type) ที่มีเนื้อแข็งเหนียวสะอาด ไม่ผุและปราศจากวัสดุอื่นเจือปน จากแหล่งที่ได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานแล้ววัสดุจำพวก Shale ห้ามนำมาใช้

ในกรณีที่ไม่ได้ระบุคุณสมบัติไว้เป็นอย่างอื่น วัสดุที่ใช้ทำชั้นพื้นทางหินคลุกจะต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1.มีค่าความสึกหรอเมื่อทดลองตาม ทล.-ท. 202"วิธีการทดลองหาค่าความสึกหรอของ Coarse Aggregate โดยใช้เครื่อง Los Angles Abrasion"ไม่เกินร้อยละ 40

2.มีค่าของส่วนที่ไม่คงทน(Loss) เมื่อทดลองตาม ทล.-ท. 213 "วิธีการทดลองหาค่าความคงทน (Soundness)ของมวลรวม" โดยใช้โซเดียมซัลเฟต จำนวน 5 รอบแล้วไม่เกินร้อยละ 9

หินคลุกจากแหล่งเดิมที่มีหลักฐานแสดงผลการทดลองหาความคงทนว่าใช้ได้อาจจะยกเว้นไม่ต้องทดลองอีกก็ได้ ทั้งนี้ให้อยู่ในดุลยพินิจของกรมทางหลวง ที่จะใช้ผลการทดลองเดิมที่มีอยู่

3.ส่วนละเอียด(Fine Aggregate) ต้องเป็นวัสดุชนิดและคุณสมบัติเช่นเดียวกันกับส่วนหยาบ(Coarse Aggregate)

หากมีความจำเป็นต้องใช้วัสดุส่วนละเอียดชนิดอื่นเจือปนเพื่อปรับปรุงคุณภาพ จะต้องได้รับความเห็นชอบจากกรมทางหลวงก่อน

4.มีขนาดคละที่ดีเมื่อทดลองตาม ทล.-ท . 205 "วิธีการทดลองหาขนาดเม็ดของวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง" ต้องมีขนาดหนึ่งขนาดใดตามตาราง

5.ส่วนละเอียดที่ผ่านตะแกรงขนาด 0.075 มิลลิเมตร ต้องไม่มากกว่า สองในสามของส่วนละเอียดที่ผ่านตะแกรงขนาด 0.425 มิลลิเมตร

ตารางที่ 2.2

ขนาดคละของวัสดุพื้นทางหินคลุก

ขนาดตะแกรง		ปริมาณผ่านตะแกรง ร้อยละโดยมวล		
มิลลิเมตร	นิ้ว	A	B	C
50	2	100	100	-
25.0	1	-	75-95	100
9.5	3/8	30-65	40-75	50-85
4.75	(เบอร์4)	25-55	30-60	35-65
2.00	(เบอร์10)	15-40	20-45	25-50
0.425	(เบอร์40)	8-20	15-30	15-30
0.075	(เบอร์200)	2-8	5-20	5-15

6.มีค่า Liquid Limit เมื่อทดลองตามทล.-ท. 102 "วิธีการทดลองหาค่า Liquid Limit(L.L)ของดิน"ไม่เกินร้อยละ 25

7.มีค่า Plasticity Index เมื่อทดลองตาม ทล.-ท. 103"วิธีการทดลองหาค่า Plastic Limit และ Plasticity Index" ไม่เกินร้อยละ6

8.มีค่า CBR เมื่อทดลองตาม ทล.-ท. 109 "วิธีการทดลองเพื่อหาค่า CBR" ไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 สำหรับผิวทางบนแอสฟัลต์คอนกรีต และไม่น้อยกว่าร้อยละ 90 สำหรับผิวทางแบบเซอร์เฟสทรีตเมนต์ ที่ความแน่นแห้งของการบดอัดร้อยละ 95 ของความแน่นแห้งสูงสุดที่ได้จากการทดลองตาม ทล.-ท. 108 "วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน"

2.4.5.2 <u>เครื่องจักรและเครื่องมือ</u>

ก่อนเริ่มงานผู้รับจ้างจะต้องเตรียมเครื่องจักรและเครื่องมือต่างๆที่จำเป็นจะต้องใช้ในการดำเนินงานทางด้านวัสดุและการก่อสร้างไว้ให้พร้อมที่หน้างาน ทั้งนี้ต้องเป็นแบบ ขนาด และอยู่ในสภาพที่ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร

2.4.5.3 วิธีการก่อสร้าง

การเตรียมการก่อนการก่อสร้าง

การเตรียมวัสดุ

บริเวณที่เตรียมไว้กองวัสดุ จะต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานโดยปราศจากสิ่งไม่พึงประสงค์ต่างๆ

หินคลุกจากแหล่งผลิต เมื่อได้รับการทดสอบคุณภาพว่าใช้ได้แล้ว และเตรียมที่จะนำมาใช้งานพื้นทาง หากมิได้นำมาลงบนชั้นรองพื้นทางหรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้โดยตรง ให้กองไว้เป็นกองๆในปริมารที่พอสมควร

สำหรับหินคลุกที่ได้จากแหล่งผลิตหลายๆแหล่งซึ่งได้รับการตรวจสอบคุณภาพว่าใช้ได้แล้ว ถ้าจะนำมาลงบนชั้นรองพื้นทางหรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้แล้วโดยตรง ให้แยกลงแต่ละแหล่งผลิตเป็นแต่ละช่วงไป ช่วงละประมาณ 500 เมตร หรือตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานกำหนด ถ้าประสงค์จะนำมากองเพื่อเตรียมไว้ใช้งานพื้นทาง ก็ให้แยกวัสดุแต่ละแหล่งผลิตออกจากกันในปริมาณที่พอสมควร หากไม่สะดวกในการควบคุมคุณภาพจากแหล่งผลิต ก็ให้กองวัสดุเป็นกองๆแยกกันไปแต่ละแหล่งผลิต แล้วดำเนินการเก็บตัวอย่างทดสอบคุณภาพ ห้ามนำหินคลุกที่ยังไม่ผ่านการทดสอบคุณภาพมาวางลงบนชั้นรองพื้นทางหรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้โดยตรง

ให้ระวังการเกิดการแยกตัวของส่วนหยาบและส่วนละเอียดในการกองวัสดุหากพิจารณาพบเห็น นายช่างผู้ควบคุมงานอาจเก็บตัวอย่างทดสอบคุณภาพใหม่ได้

ก่อนขนส่งหินคลุกไปใช้ ให้พ่นน้ำเข้าไปในกองวัสดุแล้วคลุกเคล้าให้เข้ากันโดยให้มีปริมาณน้ำใกล้เคียง Optimum Moisture Content การตักหินคลุกออกจากกองและการขนส่งจะต้องกระทำด้วยความระมัดระวังไม่ให้เกิดการแยกตัวของส่วนหยาบและส่วนละเอียดได้ ในกรณีที่หินคลุกเกิดการแยกตัว ให้ทำการผสมใหม่ในสนาม

การเตรียมพื้นที่ก่อสร้าง

ชั้นรองพื้นทางหรือชั้นอื่นใดที่จะต้องรองรับชั้นพื้นทางหินคลุก จะต้องเกลี่ยแต่งและบดทับให้ได้แนว ระดับ ความลาด ขนาด รูปร่าง และความแน่นตามที่ได้แสดงไว้ในแบบ

ก่อนลงหินคลุก ผู้รับจ้างจะต้องเตรียมพร้องในด้านต่างๆเช่น เครื่องจักรและเครื่องมือในการทำงานและเครื่องหมายควบคุมการจราจรที่เกี่ยวกับการก่อสร้าง ทั้งนี้จะต้องได้รับความเห็นชอบจากนายช่างผู้ควบคุมงานแล้ว

2.4.5.4 <u>การก่อสร้าง</u>

ภายหลังจากการเตรียมการก่อสร้างแล้ว ให้ราดน้ำชั้นรองพื้นทาง หรือชั้นอื่นใดที่รองรับชั้นพื้นทางหินคลุกให้เปียกชื้นสม่ำเสมอโดยทั่วตลอด ใช้เครื่องจักรที่เหมาะสม ขนหินคลุกจากกองวัสดุไปปูลงบนชั้นรองพื้นทาง หรือชั้นอื่นใดที่เตรียมไว้แล้วตีแผ่ เกลี่ยหินคลุกคลุกเคล้าและผสมน้ำเพิ่มให้มีปริมาณน้ำที่ Optimum Moisture Content ± 2% โดยประมาณ

หลังจากเกลี่ยแต่งหินคลุกจนได้ที่แล้ว ให้ทำการบดทับทันทีด้วยรถบดล้อยางหรือเครื่องมือบดทับอื่นใดที่เหมาะสมบดทับทั่วผิวหน้าอย่างสม่ำเสมอจนได้ความแน่นตามข้อกำหนด เกลี่ยแต่งหินคลุกให้ได้แนว ระดับ ความลาด ขนาด และรูปตัด ตามที่ได้แสดงไว้ในแบบ ไม่มีหลุมบ่อหรือวัสดุที่หลุดหลวมไม่แน่นอยู่บนผิว การบดทับขั้นสุดท้าย ถ้าทำการบดแต่งด้วยรถบดล้อเหล็กห้ามบดทับจนเม็ดหินแตก บริเวณใดที่วัสดุส่วนหยาบและส่วนละเอียดแยกตัวออกจากกันผู้รับจ้างจะต้องทำการแก้ไข

กรณีชั้นพื้นทางและชั้นไหล่ทางใช้วัสดุต่างชนิดกัน ห้ามทำงานไหล่ทางก่อนงานพื้นทางในช่วงฤดูฝน

หากไม่ได้มีการใส่ไหล่ทางไว้ก่อนทำพื้นทาง แล้วเกิดฝนตกระหว่างการทำงาน หรือมีน้ำขัง ในพื้นทาง ให้ผู้รับจ้างรื้อพื้นทางและไหล่ทางออก ตรวจสอบชั้นรองพื้นทาง ถ้าพบว่าไม่ถูกต้องให้รื้อแก้ไขใหม่ ตามวิธีการก่อสร้างชั้นรองพื้นทาง และได้คุณภาพถูกต้องตามข้อกำหนด ทั้งนี้ให้อยู่ในดุลยพินิจของนายช่างผู้ควบคุมงาน

หากมีความจำเป็นจะต้องก่อสร้างชั้นพื้นทางในช่วงฤดูฝนแล้ว จะต้องรีบทำการก่อสร้างให้แล้วเสร็จ แล้วรีบดำเนินการลาดแอสฟัลต์ Prime Coat ปิดโดยทันที

2.4.5.5 <u>การควบคุมคุณภาพขณะก่อสร้าง</u>

การก่อสร้างชั้นทางหินคลุกให้ก่อสร้างเป็นชั้นๆ โดยให้มีความหนาหลังบดทับชั้นละไม่เกิน 150 มิลลิเมตร

ผู้รับจ้างอาจสร้างชั้นรองพื้นทางหินคลุกให้มีความหนาแต่ละชั้นเกินกว่า 150 มิลลิเมตร แต่ไม่เกิน 200 มิลลิเมตร ก็ได้ ทั้งนี้ต้องแสดงรายการเครื่องจักรและเครื่องมือที่เหมาะสม แสดงวิธีการปฏิบัติงานและต้องก่อสร้างแปลงทดลองยาวประมาณ 200-500 เมตร เพื่อตรวจสอบคุณภาพ หากพบว่าระหว่างการก่อสร้างหินผิวหน้าของชั้นทางหินคลุกแตกละเอียดมากเกินไป หรือมีปัญหาเกี่ยวกับความแน่นของพื้นทางส่วนบนและส่วนล่างไม่ได้ตามข้อกำหนด นายช่างผู้ควบคุมงานอาจจะพิจารณาระงับการก่อสร้างพื้นทางหนาชั้นละมากกว่า 150 มิลลิเมตร

นายช่างผู้ควบคุมงานจะตรวจสอบคุณภาพหลังการผสมคลุกเคล้าแล้ว หากพบว่าตอนใดคุณภาพไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ผู้รับจ้างจะต้องดำเนินการปรับปรุงแก้ไขจนได้วัสดุที่มีคุณภาพถูกต้อง

2.4.5.6 การบำรุงรักษาและการเปิดการจราจร

หลังจากก่อสร้างเสร็จและคุณภาพผ่านข้อกำหนดทุกอย่างแล้ว ในกรณีที่ผู้รับจ้างยังไม่ลาดแอสฟัลต์ Prime Coat ถ้าต้องการเปิดให้การจราจรผ่าน ให้ทำการบำรุงรักษาด้วยการพ่นน้ำบางๆลงไปบนผิวหน้าพื้นทางหินคลุกที่ก่อสร้างเสร็จแล้ว ให้ชุ่มชื้นตลอดเวลาเพื่อป้องกันไม่ให้ฝุ่นฟุ้งกระจาย เป็นมลภาวะต่อประชาชนสองข้างทางขณะเปิดการจราจร

2.4.5.7 การตรวจสอบ

การตรวจสอบค่าระดับ

งานพื้นทางหินคลุกที่ก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะต้องมีรูปร่างราบเรียบตามแบบ โดยเมื่อทำการตรวจสอบด้วยไม้บรรทัดตรงยาว 3.00 เมตร ทั้งตามแนวขนานและตั้งฉากกับแนวศูนย์กลางทางมีความแตกต่างได้ไม่เกิน 10 มิลลิเมตร และมีค่าระดับแตกต่างไปจากค่าระดับที่แสดงไว้ในแบบได้ไม่เกิน 10 มิลลิเมตร การตรวจสอบค่าระดับให้ทำทุกระยะ 25 เมตร หรือน้อยกว่าตามที่นายช่างผู้ควบคุมงานเห็นสมควร ตอนใดที่ผิดไปจากนี้ให้แก้ไข โดยการปาดออกหรือรื้อแล้วก่อสร้างใหม่

การตรวจสอบความแน่นของการบดทับ

งานพื้นทางหินคลุกจะต้องทำการบดทับให้ได้ความแน่นแห้งสม่ำเสมอตลอดไม่ต่ำกว่าร้อยละ 95 ของความแน่นแห้งสูงสุดที่ได้จากการทดลองตัวอย่างหินคลุก ที่เก็บจากหน้างานในสนามหลังการคลุกเคล้า ผสมและปูลงบนถนนแล้วตาม ทล.-ท.108 "วิธีการทดลอง Compaction Test แบบสูงกว่ามาตรฐาน"

การทดสอบความแน่นของการบดทับ ให้ดำเนินการทดลองตาม ทล.-ท. 603 "วิธีการทดลองหาค่าความแน่นของวัสดุในสนามโดยใช้ทราย" ทุกระยะประมาณ 100 เมตร ต่อ 1 ช่องจราจรหรือประมาณพื้นที่ 500 ตารางเมตร ต่อ 1 หลุม ตัวอย่าง

2.4.5.8 การวัดปริมาณงานและการจ่ายค่างาน

วิธีการวัดปริมาณงาน

วิธีการวัดปริมาณงานชั้นทางหินคลุก ให้ทำการวัดเมื่อได้ทำการตรวจสอบค่าระดับและทดสอบความแน่นของการบดทับ ถูกต้องตามที่กำหนดแล้ว โดยวัดเป็นปริมาตรบดอัดแน่นตามที่ได้ก่อสร้างจริงตามแบบ ปริมาณงานมีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตร

วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้ หมายรวมถึง ค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงาน และอื่นๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

งานลาดแอสฟัลต์

2.4.6 งานลาดแอสฟัลต์ Prime Coat

หมายถึง การลาดแอสฟัลต์ชนิดเหลว ลงบนพื้นทางที่เตรียมไว้ และได้ตกแต่งปรับปรุงถูกต้องแล้วเพื่อให้แอสฟัลต์ซึมลงไปในช่องว่างของพื้นทางทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้ความชื้นผ่าน และเป็นตัวยึดเหนี่ยวให้พื้นทางเชื่อมต่อกับผิวทาง

2.4.6.1 วัสดุ

แอสฟัลต์ที่ใช้ต้องเป็นประเภท และชนิดอย่างใดอย่างหนึ่ง ดังต่อไปนี้ และต้องผ่านการวิเคราะห์คุณภาพให้ใช้ได้แล้ว

คัตแบกแอสฟัลต์ MC-30 หรือ MC-70 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คัตแบกแอสฟัลต์ มาตรฐานเลขที่ มอก.865 หรือ

แอสฟัลต์อิมัลชั่น CSS-1 หรือ CSS-1h ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแคตอิออนนิกแอสฟัลต์อิมัลชั่นสำหรับถนน มาตรฐานเลขที่ มอก.371

ตารางที่ 2.3

ช่วงอุณภูมิที่ใช้ลาดแอสฟัลต์ชนิดต่างๆดังกล่าวเป็นไปตามตารางดังนี้

ชนิดของแอสฟัลต์	ช่วงอุณหภูมิที่ใช้ลาด	
	C	F
MC-30	30-90	85-190
MC-70	50-110	120-225
CSS-1	20-70	70-160
CSS-1h	20-70	70-160

2.4.6.2 <u>เครื่องจักรและเครื่องมือ</u>

ก่อนเริ่มงานผู้รับจ่างจะต้องเตรียมเครื่องจักรและเครื่องมือต่างๆที่จำเป็นจะต้องใช้ในการดำเนินงานไว้ให้พร้อมที่หน้างาน ทั้งนี้ต้องเป็นแบบ ขนาด และอยู่ในสภาพที่ใช้อย่างมีประสิทธิภาพ

เครื่องจักรและเครื่องมือดังต่อไปนี้จะต้องได้รับการตรวจสอบและอนุมัติให้ใช้ได้จากนายช่างผู้ควบคุมงานเสียก่อน

2.4.6.3 <u>เครื่องพ่นแอสฟัลต์ (Asphatic Distributor)</u>

ต้องเป็นชนิดขับเคลื่อนได้ด้วยตังเองโดยมีถังบรรจุแอสฟัลต์ติดตั้งบนรถบรรทุกหรือรถพ่วงและประกอบด้วยอุปกรณ์ที่จำเป็นในการใช้งาน ดังนี้

1.ไม้วัด (Disstick) หรือเครื่องวัดปริมาณแอสฟัลต์ในถัง

2.หัวเผาให้ความร้อนแอสฟัลต์ (Burner)

3.เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิแอสฟัลต์ (Thermometer)

4.ปั๊มแอสฟัลต์ (Asphalt Pump)

5.เครื่องต้นกำลังกำลังหรือเครื่องท้าย (Power Unit)

6.ท่อพ่นแอสฟัลต์ (Spray Bar) พร้อมหัวฉีด (Nozzle)

7.ท่อพ่นแอสฟัลต์แบบมือถือ (Hand Spray)

8.อุปกรณ์วัดปริมาณการพ่นแอสฟัลต์ (Bitumeter)

9.ถังบรรจุแอสฟัลต์ บนรถ (Asphalt Tank)

เครื่องพ่นแอสฟัลต์ต้องมีระบบหมุนเวียนแอสฟัลต์ (Circulating System) โดยมีปั๊มแอสฟัลต์ที่สามารถใช้ได้ดีตั้งแต่กับแอสฟัลต์เหลวจนถึงแอสฟัลต์ซีเมนต์ และต้องทำงานได้ดังนี้

- ดูดแอสฟัลต์ที่เตรียมไว้แล้วเข้าถังบรรจุแอสฟัลต์บนรถได้
- หมุนเวียนแอสฟัลต์ในท่อพ่นแอสฟัลต์และในถังบรรจุแอสฟัลต์บนรถได้
- พ่นแอสฟัลต์ผ่านทางท่อพ่นแอสฟัลต์และท่อพ่นแอสฟัลต์แบบมือถือได้
- ดูดแอสฟัลต์จากท่อพ่นแอสฟัลต์หรือท่อพ่นแอสฟัลต์แบบมือถือกลับเข้าสู่ถังบรรจุแอสฟัลต์บนรถได้
- ดูดแอสฟัลต์จากถังบรรจุแอสฟัลต์บนรถไปยังถังเก็บแอสฟัลต์ภายนอกได้
- เครื่องต้นกำลังหรือเครื่องท้ายต้องมีมาตรบอกความดันหรืออื่นๆ

เครื่องปั๊มแอสฟัลต์ต้องติดเครื่องวัดปริมาณแอสฟัลต์ที่ผ่านปั๊ม โดยวัดเป็นรอบหรือวัดเป็นความดัน หรืออื่นๆ

ท่อพ่นแอสฟัลต์อาจประกอบด้วยท่อหลายท่อนต่อกัน มีหัวฉีดติดตั้งโดยมีระยะห่างระหว่างหัวฉีดเท่ากัน หัวฉีดปรับทำมุมกับท่อพ่นแอสฟัลต์ได้และต้องมีอุปกรณ์ปิดเปิดได้ ท่อพ่นแอสฟัลต์ต้องเป็นแบบที่แอสฟัลต์หมุนเวียนผ่านได้ เมื่อใช้งานต้องมีความดันสม่ำเสมอตลอดความยาวของท่อ และต้องปรับสูงต่ำได้ การพ่นแอสฟัลต์สามารถปรับให้พ่นแอสฟัลต์ที่ความกว้างต่างๆ กันได้

ท่อพ่นแอสฟัลต์แบบมือถือ ต้องเป็นแบบหัวฉีดเคลื่อนตัวได้อิสระ ใช้พ่นแอสฟัลต์บนพื้นที่ที่รถพ่นแอสฟัลต์เข้าไปไม่ได้

อุปกรณ์วัดปริมาณการพ่นแอสฟัลต์ ประกอบด้วยล้อวัดความเร็วต่อสายเชื่อมไปยังมาตรวัดความเร็วในเก๋งรถ มารถวัดความเร็วนี้ต้องบอกความเร็วเป็น เมตรต่อนาที หรือฟุตต่อนาที พร้อมทั้งมีตัวเลขบอกระยะทางรวมที่รถวิ่ง

ถังบรรจุแอสฟัลต์บนรถ เป็นชนิดมีฉนวนหุ้มป้องกันความร้อน ภายในถังประกอบด้วยท่อนำความร้อนจากหัวเผา มีแผ่นโลหะช่วยกระจายความร้อน มีท่อระบายแอสฟัลต์ ทีถังต้องมีเครื่องวัดปริมาณแอสฟัลต์เป็นแบบไม้วัดหรือเข็มวัดบอกปริมาณหรือทั้งสองชนิด มีเทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิเป็นแบบหน้าปัทม์(Dial) หรือแบบแท่งแก้วหุ้มด้วยโลหะ(Armoured Thermometer) หรือทั้งสองชนิดที่อ่านได้ละเอียดถึง 1 องศาเซลเซียส

2.4.6.4 เครื่องกวาดฝุ่น(Rotary Broom)

อาจเป็นแบบลาก แบบขับเคลื่อนได้ด้วยตัวเอง หรือแบบติดตั้งที่รถไถนา (Farm Tractor) แต่ต้องเป็นแบบไม้กวาดหมุนโดยเครื่องกล ขนไม้กวาดอาจทำด้วยไฟเบอร์ ลวดเหล็ก ไนล่อน หวาย หรือวัสดุอื่นใดที่เหมาะสม ตัวเครื่องกวาดฝุ่นจะต้องสามารถปรับความเร็วของการหมุนและน้ำหนักที่กดลงบนผิวถนนได้

2.4.6.5 เครื่องเป่าลม (Blower)

เป็นแบบติดตั้งรถไถนา มีใบพัดขนาดใหญ่ให้กำลังลมแรงและมีประสิทธิภาพพอเพียงที่จะทำให้พื้นที่ที่จะก่อสร้างสะอาด

2.4.6.6 ปริมาณแอสฟัลต์ที่ใช้ลาด

ปริมาณแอสฟัลต์ที่ใช้ลาดสำหรับ พื้นทางหินคลุก พื้นทางกรวดโม่

ปริมาณแอสฟัลต์ที่ใช้ประมาณ 0.8-1.4 ลิตรต่อตารางเมตร ปริมาณที่แน่นอนขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของพื้นทางโดยเฉพาะอย่างยิ่งส่วนที่อยู่ชั้นบนสุด และแนะนำให้ใช้สูตรต่อไปนี้เป็นแนวทางในการหาปริมาณแอสฟัลต์ที่จะใช้

อัตราแอสฟัลต์ที่ใช้ทำ Prime Coat = 100P (1-D/G)/R ลิตรต่อตารางเมตร

เมื่อ P = ความลึกที่จะให้แอสฟัลต์ซึมลงไป เป็นมิลลิเมตร

R = ค่าของ Residual Asphalt เป็นร้อยละ

D = ความหนาแน่นแห้งเฉลี่ยที่ตรวจสอบได้จากสนามในช่วงที่จะดำเนินการเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร

G = ค่าความถ่วงจำเพาะแบบ Bulk (Saturated Surface- Dry Basis) ของวัสดุพื้นทาง

ค่าของ P จะขึ้นอยู่กับความพรุนของพื้นทาง และชนิดของแอสฟัลต์ที่ใช้ลาด เมื่อทดลองลาดแอสฟัลต์ครั้งแรกให้ใช้ค่า P เท่ากับ 4.5 มิลลิเมตร ในการคำนวณหลังจากเห็นสภาพแอสฟัลต์ที่ลาดออกมาแล้ว จึงพิจารณาเปลี่ยนแปลงค่าของ P หรือเปลี่ยนชนิดของแอสฟัลต์เหลวตามความเหมาะสมต่อไป

ค่าของ Residual Asphalt (R) ที่ใช้ในสูตรคำนวณให้ใช้ค่าตามตาราง

ตารางที่ 2.4

ตารางแสดงค่าของ Reaidual Asphalt (R) ที่ใช้ในสูตรคำนวณ

ชนิดของแอสฟัลต์	ค่าของ R (ร้อยละ)
MC-30	62
MC-70	73
CSS-1	75
CSS-1h	75

ค่าของ D ให้ใช้ค่าความแน่นแห้งเฉลี่ย ที่ตรวจสอบได้จากสนามในช่วงที่จะดำเนินการตาม ทล.-ท. 603 "วิธีการทดลองหาค่าความแน่นของวัสดุในสนามโดยใช้ทราย"

ค่าของ G ให้แยกหาค่า G ของวัสดุพื้นทางชนิดหยาบ ตาม ทล.-ท. 207 "วิธีการทดลองหาค่าความถ่วงจำเพาะของวัสดุชนิดเม็ดหยาบ" และชนิดละเอียดตาม ทล.-ท. 209 "วิธีการทดลองหาค่าความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมน้ำของวัสดุเม็ดละเอียด" แล้วหาค่าตามสูตรต่อไปนี้

$$G = (P1+P2)/(P1/G1+P2/G2) \quad SINV = 100/(P1/G1+P2/G2)$$

เมื่อ P1 = ปริมาณของวัสดุส่วนที่ค้างบนตะแกรงขนาด 4.75 มิลลิเมตร เป็นร้อยละ

P2 = ปริมาณของวัสดุส่วนที่ผ่านตะแกรงขนาด 4.75 มิลลิเมตร เป็นร้อยละ

G1 = ความถ่วงจำเพาะแบบ Bulk (Saturated Surface-Dry Basis) ของวัสดุส่วนที่ค้างบนตะแกรงขนาด 4.75 มิลลิเมตร

G2 = ความถ่วงจำเพาะแบบ Bulk (Saturated Surface-Dry Basis) ของวัสดุส่วนที่ผ่านตะแกรงขนาด 4.75 มิลลิเมตร

ปริมาณแอสฟัลต์ที่ใช้ลาดสำหรับพื้นทางหินคลุกผสมซีเมนต์ พื้นทางดินซีเมนต์

เนื่องจากพื้นทางหินคลุกผสมซีเมนต์ หรือพื้นทางดินซีเมนต์ เป็นพื้นทางที่มีผิวหน้าแน่นมาก ปริมาณแอสฟัลต์ที่ใช้ลาดจะใช้ประมาณ 0.6- 1.0 ลิตรต่อตารางเมตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพและความแน่นของพื้นทาง และในการลาดแอสฟัลต์ Prime Coat โดยใช้คัตแบกแอสฟัลต์ชนิด MC-70 หากพบว่าแอสฟัลต์ Prime Coat ไม่ซึมลงไปดีเท่าที่ควร ให้ผู้รับจ้างพิจารณาใช้แอสฟัลต์ MC-30 ลาดแทนแอสฟัลต์ MC-70 แต่ถ้าผู้รับจ้างไม่สามารถจะหาซื้อแอสฟัลต์ MC-30 ได้ ให้ผู้รับจ้างใช้แอสฟัลต์ MC-70 ผสมกับน้ำมันก๊าดในปริมาณที่เหมาะสมลาด

2.4.6.7 วิธีการก่อสร้าง

การเตรียมการก่อนการลาดแอสฟัลต์ Prime Coat

การตรวจสอบอุปกรณ์และตรวจปรับเครื่องพ่นแอสฟัลต์

ก่อนนำเครื่องพ่นแอลฟัลต์ไปใช้งาน จะต้องตรวจสอบและปรับอุปกรณ์ต่างๆให้อยู่ในสภาพใช้งานได้ดี เพื่อให้สามารถลาดแอลฟัลต์ได้ปริมาณที่ถูกต้องและสม่ำเสมอทั้งตามแนวขวางและตามแนวยาวของถนน โดยเมื่อทดลองตาม ทล.-ท. 401 "วิธีการทดลองหาปริมาณแอลฟัลต์ที่ลาดตามขวางถนนจากเครื่อง Distributer " และตาม ทล.-ท. 402 "วิธีการทดลองหาปริมาณแอลฟัลต์ที่ลาดตามยาวถนนจากเครื่อง Distributer " แล้วปริมาณแอสฟัลต์จะคลาดเคลื่อนได้ไม่เกินร้อยละ 17 และ 15 ตามลำดับ

การเตรียมพื้นทาง

- พื้นทาง จะต้องคัดให้ได้ระดับและความลาดตามแบบ วัสดุส่วนที่เหลือจากการตัดจะต้องกำจัดออกจากพื้นทางให้หมด
- ใช้เครื่องกวาดฝุ่น กวาดฝุ่นหรือส่วนละเอียดที่ค้างอยู่บนพื้นทางออกให้หมด และให้มีหน้าหินโผล่เป็นพื้นที่ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 ของพื้นที่ที่ดำเนินการอัตราเร็วของการหมุนของเครื่องกวาดฝุ่นและน้ำหนักเครื่องกวาดฝุ่นที่กวาดลงบนพื้นทาง จะต้องปรับให้ได้พอดีที่จะไม่ทำให้เครื่องกวาดฝุ่น กวาดหินที่จมอยู่ในพื้นทางอยู่แล้วหลุดออกมาหรือกวาดฝุ่นมาตกกองข้างหน้าเครื่องกวาดฝุ่น

กรณีที่ผิวพื้นทางมีฝุ่นหรือวัสดุส่วนละเอียดฉาบหน้าเรียบแน่น หรือวัสดุอื่นที่เป็นคราบแข็งติดพื้นทาง ซึ่งหลังจากใช้เครื่องกวาดฝุ่นกวาดแล้วยังมีหน้าหินโผล่น้อยกว่าร้อยละ 80 ของพื้นที่ที่ดำเนินการ ให้กำจัดคราบฝุ่นแข็งที่ยึงปรากฏอยู่โดยใช้เครื่องมือใดๆที่นายช่างผู้คุมงานเห็นชอบให้ขูดออก หรือใช้ใบมีดรถเกรดขูดออกให้หมดแล้วแต่ความเหมาะสมแล้วใช้เครื่องกวาดฝุ่นกวาดออกให้หมด หากยังมีหินโผล่น้อยกว่าที่กำหนดก็ให้ดำเนินการซ้ำ จนกว่าหน้าหินโผล่เป็นพื้นที่ไม่น้อยกว่าที่กำหนดไว้หรืออาจเปิดให้รถยนต์วิ่งต่อไปประมาณ 3 วัน หรือมากกว่าโดยให้อยู่ในดุลยพินิจของนายช่างผู้ควบคุมงาน เพื่อให้คราบฝุ่นแข็งหลุดออกไป

- ใช้เครื่องเป่าลม เป่าฝุ่นออกให้หมด
- พรมน้ำบางๆ ที่ผิวพื้นทางพอชื้นๆถ้าเปียกมากเกินไปจะต้องทิ้งไว้ให้แห้งหมาด ถ้ามีน้ำขังเป็นแห่งๆให้กำจัดออกให้หมด

2.4.6.8 <u>การก่อสร้าง</u>

เมื่อได้เตรียมเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆพื้นที่ที่จะก่อสร้างเรียบร้อยแล้วให้ดำเนินการก่อสร้างดังต่อไปนี้

1.ก่อนเริ่มลาดแอสฟัลต์ ให้จอดเครื่องพ่นแอสฟัลต์ห่างจากจุดเริ่มต้นแปลงที่จะลาดแอสฟัลต์พอประมาณ เพื่อให้เครื่องพ่นแอสฟัลต์ทำความเร็วของการลาดแอสฟัลต์ได้ตามที่กำหนดไว้

2.ที่จุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของการลาดแอสฟัลต์แต่ละแปลง ให้ใช้กระดาษหนาหรือวัสดุใดๆ กว้างอย่างน้อย 500 มิลลิเมตร วางยาวตลอดความกว้างของการลาดแอสฟัลต์เพื่อป้องกันไม่ให้ลาดแอสฟัลต์ซ้ำโดยต้องเริ่มและหยุดแอสฟัลต์บนกระดาษ หรือวัสดุใดๆ เพื่อให้ได้รอยต่อการลาดแอสฟัลต์ที่เรียบร้อย ไม่มีแอสฟัลต์เลอะเข้าไปในแปลงที่ลาดแอสฟัลต์แล้ว

3.ความสูงของท่อพ่นแอสฟัลต์ก่อนและหลังการลาดแอสฟัลต์ในแปลงใดๆไม่ควรมีความแตกต่างกันเกิน 12.5 มิลลิเมตร

4.การลาดแอสฟัลต์ควรวิ่งสวนทิศทางลมเพื่อให้ควันของแอสฟัลต์ไปทางด้านท้ายของเครื่องพ่นแอสฟัลต์

5.ใช้เครื่องพ่นแอสฟัลต์ ลาดแอสฟัลต์ตามอุณหภูมิที่ได้กำหนดไว้ตามตารางมาตรฐาน

6.การลาดแอสฟัลต์แต่ละครั้งให้ลาดทับเหลี่ยมกันไปไม่น้อยกว่า 50 มิลลิเมตร ตลอดของความยาวแปลงที่ได้ลาดแอสฟัลต์ไว้แล้ว

7.การลาดแอสฟัลต์ไม่ควรลาดจนหมดถัง ควรเหลือแอสฟัลต์ในถังไม่น้อยกว่าร้อยละ 5ของความจุถัง ทั้งนี้เพราะแอสฟัลต์ที่ออกจากเครื่องสูบแอสฟัลต์จะมีปริมาณลดลงทำให้อัตราการพ่นแอสฟัลต์ออกมาผิดจากที่กำหนดไว้

8.หลังจากลาดแอสฟัลต์แล้วต้องปิดการจราจรอย่างน้อย 24 ชั่วโมง สำหรับสภาวะอากาศที่ดี หรือ 48 ชั่วโมง สำหรับสภาวะที่อากาศเลว และหลังจากการปิดการจราจรจนครบกำหนดแล้ว ถ้ามีแอสฟัลต์ซึมลงไปในพื้นทางไม่หมดให้ใช้ทรายสาด เพื่อซับแอสฟัลต์และเป็นการป้องกันแอสฟัลต์ติดล้อรถ ทรายที่ใช้สาดต้องเป็นทรายสะอาด ในกรณีที่ยังไม่ได้ลาดแอลฟัลต์อีกข้างหนึ่งของถนนให้สาดทรายโดยเว้นห่างจากแนวรอยต่อ 150 มิลลิเมตร ห้ามสาดทรายก่อน 24 ชั่วโมงหลังจากการลาดแอสฟัลต์

9.หลังจากการลาดแอสฟัลต์ Prime Coat แล้ว ให้ทิ้งไว้ไม่น้อยกว่า 48 ชั่วโมง จึงจะทำผิวได้และจะต้องทำผิวภายใน 1 เดือน

ข้อควรระวัง

1. ในการใช้คัตแบกแอสฟัลต์ เนื่องจากคัตแบกแอสฟัลต์นั้นติดไฟได้ง่าย การปฏิบัติงานจะต้องระมัดระวังมิให้เปลวไฟมาถูกได้ ทั้งในขณะต้มและขนาดลาดคัตแบกแอสฟัลต์

2.การขนส่งแอสฟัลต์อิมัลชั่นแบบบรรจุถัง Drum โดยเฉพาะการขนขึ้นและขนลงต้องระมัดระวังไม่ให้ถังบรรจุแอสฟัลต์อิมัลชั่นถูกกระทบกระเทือนอย่างรุนแรง เพราะอาจทำให้แอสฟัลต์อิมัลชั่นแตกตัวได้

3. การใช้แอสฟัลต์อิมัลชั่นแบบบรรจุถัง Drum ก่อนถ่ายแอสฟัลต์อิมัลชั่นลงในเครื่องพ่นแอสฟัลต์ควรกลิ้งถังไปมาหรือกวนให้เข้ากันเสียก่อนทั้งนี้เพื่อให้แอสฟัลต์อิมัลชั่นมีลักษณะเดียวกันทั่วถัง หากใช้ไม่หมดถังควรปิดฝาให้แน่น เพื่อป้องกันน้ำในแอสฟัลต์อิมัลชั่นระเหยออกไป ทำให้แอสฟัลต์อิมัลชั่นแตกตัว และหมดคุณภาพการเป็นแอสฟัลต์อิมัลชั่นได้

4. หลังจากลาดแอสฟัลต์ประจำวัน ควรดูดแอสฟัลต์ในเครื่องพ่นแอสฟัลต์ออกให้หมดแล้วล้างเครื่องพ่นแอสฟัลต์โดยเฉพาะที่ท่อพ่นแอสฟัลต์ การล้างควรใช้น้ำมันก๊าซหรือสารทำละลายใดๆ สูบผ่านท่อต่างๆ ของเครื่องพ่นแอสฟัลต์เพื่อล้างส่วนที่ตกค้างอยู่ออกให้หมด ทั้งนี้เพื่อป้องกันแอสฟัลต์เกาะติดแน่น ทำให้ไม่สะดวกในการใช้งานต่อไป และช่วยป้องกันไม่ให้ถังบรรจุแอสฟัลต์ในเครื่องพ่นแอสฟัลต์ถูกกรดในแอสฟัลต์อิมัลชั่นบางชนิดกัดทะลุเสียหายได้

2.4.6.9 <u>การวัดปริมาณงานและการจ่ายค่างาน</u>

วิธีการวัดปริมาณงาน

การวัดปริมาณงานลาดแอสฟัลต์ Prime Coat ให้คิดจากพื้นที่ตามที่ได้ก่อสร้างจริงตามแบบ ปริมาณงานมีหน่วยเป็นตารางเมตร

วิธีการจ่ายค่างาน

การจ่ายค่างานตามรายการนี้, หมายรวมถึง ค่าวัสดุ ค่าเครื่องจักร ค่าแรงงาน และอื่นๆ ที่จำเป็นเพื่อการก่อสร้างให้ถูกต้องเรียบร้อยตามข้อกำหนด โดยคิดจ่ายค่างานตามผลงานที่แล้วเสร็จแต่ละงวด ในราคาต่อหน่วยตามสัญญา

2.4.7 งานแอสฟัลต์คอนกรีต (Asphalt Concrete)

หมายถึง การก่อสร้างชั้นพื้นทาง ปรับระดับ รองผิวทาง ผิวทางหรือไหล่ทางด้วยวัสดุผสมที่ได้จากการผสมร้อนระหว่างมวลรวมกับแอสฟัลต์ซีเมนต์ โดยการปูหรือเกลี่ยแต่งและบดทับบนชั้นทางใดๆที่ได้เตรียมไว้แล้ว ให้ได้แนว และรูปร่าง ตามที่ได้แสดงไว้ในแบบ

2.4.7.1 วัสดุ

แอสฟัลต์

ในกรณีที่ไม่ได้ระบุชนิดของแอสฟัลต์ไว้เป็นอย่างอื่น ให้ใช้แอสฟัลต์ซีเมนต์ AC 60-70 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแอสฟัลต์ซีเมนต์สำหรับงานทาง มาตรฐานเลขที่ มอก.851 และต้องการผ่านการวิเคราะห์คุณภาพให้ใช้ได้แล้ว

การใช้แอสฟัลต์อื่นๆหรือแอสฟัลต์ที่ปรับปรุงคุณสมบัติด้วยสารใดๆนอกเหนือจากนี้ต้องมีคุณภาพเท่าหรือดีกว่า ทั้งนี้ต้องผ่านการทดสอบคุณภาพและพิจารณาความเหมาะสมรวมทั้งได้รับอนุญาติให้ใช้ได้จากกรมทางหลวงเป็นกรณีไป

ปริมาณแอสฟัลต์โดยประมาณ อยู่ในตารางมาตรฐาน

มวลรวม

มวลรวมประกอบด้วยมวลหยาบ (Coares Aggregate) และมวลละเอียด (Fine Aggregate) กรณีที่มวลรวมละเอียดมีส่วนละเอียดไม่พอหรือต้องการปรับปรุงคุณภาพและความแข็งแรงของแอสฟัลต์คอนกรีต อาจเพิ่มวัสดุผสมแทรก (Mineral Filler) ด้วยก็ได้

ขนาดคละของมวลหยาบเป็นไปตามตารางมาตรฐาน

มวลหยาบ

หมายถึง ส่วนที่ค้างตะแกรงขนาด 4.75 มิลลิเมตร เป็นหินย่อย (Crushed Rock) หรือวัสดุอื่นใดที่กรมทางหลวงอนุมัติให้ใช้ได้ ต้องเป็นวัสดุที่แข้งและคงทน (Hard and Durable) สะอาด ปราศจากวัสดุที่ไม่พึงประสงค์ใดๆปะปนอยู่

ในกรณีที่ไม่ได้ระบุคุณสมบัติไว้เป็นอย่างอื่น มวลหยาบต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1.มีค่าความสึกหรอเมื่อทดลองตาม ทล.-ท.202 "วิธีการทดลองหาความสึกหรอของ Coares Aggregate โดยใช้เครื่อง Los angeles Abrasion "ไม่เกินร้อยละ 40

2.มีค่าของส่วนที่ไม่คงทน (Loss) เมื่อทดลองตาม ทล.-ท. 213 "วิธีการหาความคงทน (Soundness) ของมวลรวม" โดยใช้โซเดียมซัลเฟตจำนวน 5 รอบ ไม่เกินร้อยละ9

ตารางที่ 2.5

ขนาดคละของมวลรวมและปริมาณแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่ใช้

ขนาดที่ใช้เรียก	มิลลิเมตร	9.5	12.5	19.0	25.0
	นิ้ว	(3/8)	(1/2)	(3/4)	(1)
สำหรับชั้นทาง		Wearing Course	Wearing Course	Binder Course	Base Course
ความหนา	มิลลิเมตร	25-35	40-70	40-80	70-100
ขนาดตะแกรง	มิลลิเมตร(นิ้ว)	ปริมาณผ่านตะแกรง ร้อยละโดยมวล			
37.5	(1 ½)				100
25.0	(1)			100	90-100
19.0	(3/4)		100	90-100	-
12.5	(1/2)	100	80-100	-	56-80
9.5	(3/8)	90-100	-	56-80	-
4.75	(เบอร์4)	55-85	44-74	35-65	29-59
2.36	(เบอร์8)	32-67	28-58	23-49	19-45
1.18	(เบอร์16)	-	-	-	-
0.6 00	(เบอร์ 30)	-	-	-	-
0.300	(เบอร์ 50)	7-23	5-21	5-19	5-17
0.150	(เบอร์ 100)	-	-	-	-
0.75	(เบอร์ 200)	2-10	2-10	2-8	1-7
ปริมาณแอสฟัลต์ซีเมนต์ ร้อยละโดยมวลของมวลรวม		4.0-8.0	3.0-7.0	3.0-6.5	3.0-6.0

หมายเหตุ กรมทางหลวงอาจพิจารณาเปลี่ยนแปลงขนาดคละของมวลรวม และปริมาณแอสฟัลต์ที่ใช้ แตดต่างจากตารางนี้ก็ได้ แต่แอสฟัลต์คอนกรีตที่ได้ต้องมีคุณสมบัติ แข็งแรงถูกต้องตามข้อกำหนดของกรมทางหลวง

มวลหยาบจากแหล่งเดิมที่มีหลักฐานแสดงผลทดลองหาความทนว่าใช้ได้ อาจจะยกเว้นไม่ต้องทดลองอีกก็ได้ ทั้งนี้ให้อยู่ในดุลยพินิจของกรมทางหลวง ที่จะใช้ผลการทดลองเดิมที่มีอยู่

3.ผิวของมวลหยาบต้องมีแอสฟัลต์เคลือบ เมื่อทดลองตาม AASHTO T 182 : Coating and Stripping of Bitumen-Aggregate Mixtures ไม่น้อยกว่าร้อยละ95

มวลละเอียด หมายถึง ส่วนที่ผ่านตะแกรงขนาด 4.75 มิลลิเมตร (เบอร์4) เป็นหินฝุ่นหรือหินทรายที่สะอาด ปราศจากสิ่งสกปรกหรือวัสดุอันไม่พึงประสงค์ต่างๆปะปนอยู่

ในกรณีที่ไม่ได้ระบุคุณสมบัติไว้เป็นอย่างอื่น มวลละเอียดต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1.มีค่า Sand Equivalent เมื่อทดลองตาม ทล.-ท. 203 "วิธีการทดลองหาค่า Sand Equivalent " ไม่น้อยกว่าร้อยละ 50

2.มีค่าของส่วนที่ไม่คงทน (Loss) เมื่อทดลองตาม ทล.-ท. 213 "วิธีการทดลองหาความคงทน (Soundness) ของมวลรวม" โดยใช้โซเดียมซัลเฟต จำนวน 5รอบ ไม่เกินร้อยละ 9

มวลละเอียดจากแหล่งเดิมที่มีหลักฐานแสดงผลการทดลองหาความคงทนว่าใช้ได้ อาจจะยกเว้นไม่ต้องทดลองอีกก็ได้ ทั้งนี้ให้อยู่ในดุลยพินิจของกรมทางหลวง ที่จะใช้ผลการทดลองเดิมที่มีอยู่

วัสดุผสมแทรก

ใช้ผสมเพิ่มในกรณีเมื่อผสมมวลหยาบกับมวลละเอียดเป็นมวลรวมแล้วส่วนละเอียดในมวลรวมยังมีไม่พอ หรือใช้ผสมเพื่อปรับปรุงคุณภาพของแอสฟัลต์คอนกรีต วัสดุผสมแทรกอาจเป็น Stone Dust, Portland Cement , Silica Cement , Hydrated Lime หรือวัสดุอื่นใดที่กรมทางหลวงอนุมัติให้ใช้ได้

วัสดุผสมแทรกต้องแห้งไม่จับตัวเป็นก้อน เมื่อทดลองตาม ทล.-ท. 205"วิธีการทดลองหาขนาดเม็ดวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง" ต้องมีขนาดคละตามตาราง

ตารางที่ 2.6

ขนาดคละของวัสดุผสมแทรก

ขนาดตะแกรง (มิลลิเมตร)	ปริมาณผ่านตะแกรง ร้อยละโดยมวล
0.600(เบอร์ 30)	100
0.300(เบอร์ 50)	75-100
0.075(เบอร์ 200)	55-100

ในกรณีที่กรมทางหลวงเห็นว่าวัสดุมีขนาดคละแตกต่างไปจากตาราง แต่เมื่อนำมาใช้เป็นวัสดุผสมแทรกแล้ว จะทำให้แอสฟัลต์มีคุณภาพดีขึ้น ก็อาจอนุมัติให้ใช้วัสดุนั้นเป็นวัสดุผสมแทรกได้

2.4.7.2 <u>การใช้งาน</u>

ส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตสามารถใช้ในงานทางได้ดังต่อไปนี้

1.งานซ่อมผิวทาง(Patching) เพื่อปะซ่อม (Skin Patching) ขุดซ่อม (Deep Patching)

2.งานปรับระดับ (Leveling) เพื่อปรับผิวถนนเดิมให้ได้ระดับตามที่ต้องการ

3.งามเสริมผิว (Overley) เพื่อเสริมความแข็งแรงของผิวทางเดิม หรือเพิ่มความฝืดให้ผิวทางเดิม

4.งานชั้นพื้นทาง(Base Course) โดยปูแอสฟัลต์คอนกรีตบนชั้นรองพื้นทางหรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้เรียบร้อยแล้ว

5.งานชั้นรองผิวทาง(Binder Course) โดยปูแอสฟัลต์คอนกรีตบนชั้นพื้นทางที่ได้เตรียมไว้เรียบร้อยแล้ว หรือปูบนผิวทางเดิมที่จะบูรณะก่อสร้างใหม่

6.งานชั้นผิวทาง(Wearing Course) โดยการปูแอสฟัลต์คอนกรีตบนชั้นรองผิวทาง ชั้นพื้นทาง หรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้เรียบร้อยแล้ว

7.งานไหล่ทาง(Shoulder) ที่มีผิวไหล่ทางเป็นแอสฟัลต์คอนกรีตโดยปูแอสฟัลต์คอนกรีตบนไหล่ทาง หรือชั้นอื่นใดที่ได้เตรียมไว้เรียบร้อยแล้ว

2.4.7.3 <u>เครื่องจักรและเครื่องมือ</u>

เครื่องจักรและเครื่องมือทุกชนิดที่จะนำมาใช้งาน จะต้องมีสภาพใช้งานได้ดี โดยจะต้องผ่านการตรวจสอบและหรือตรวจปรับ และนายช่างผู้ควบคุมงานอนุญาติให้ใช้ได้ ในระหว่างการก่อสร้างผู้รับจ้างจะต้องบำรุงรักษาเครื่องจักรและเครื่องมือทุกชนิด ให้อยู่ในสภาพดีอยู่เสมอ

2.5 <u>แผนงานร่าง(Tentative plan)</u>

ภายใต้เงื่อนไขของสัญญาก่อสร้าง ผู้รับเหมาจะต้องกำหนดวันเริ่มงานและวันที่งานนั้นแล้วเสร็จ ปกติงานก่อสร้างขนาดเล็ก ผู้รับเหมามักวางแผนงานไม่ละเอียดนัก ทั้งนี้เพราะมีความชำนาญและประสบการณ์จากอดีต จึงสามารถคาดการณ์ได้ว่า จะทำอะไรและจะทำเมื่อไร แต่สำหรับงานก่อสร้างขนาดใหญ่ ผู้รับเหมามีความจำเป็นต้องทำตามระบบและใช้ความรอบคอบเป็นอันมาก ดังนั้นการบันทึกรายละเอียดต่างๆ สำหรับงานแต่ละอย่างนั้นเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งผู้รับเหมาจะไม่ใช้ความจำเป็นอันขาด ขั้นแรกของการวางแผนงานขนาดใหญ่ จึงต้องจัดเตรียมแผนงาน

อย่างคร่าวๆขึ้น หรือจัดทำขึ้นพอให้เห็นเค้าโครงเท่านั้น แผนงานดังกล่าวนี้ ผู้รับเหมาต้องจัดทำรายการของงานและความแตกต่างของงานที่กระทำขึ้น โดยประมาณเวลาที่ใช้ทำสำหรับงานนั้นๆ และประมาณวันที่งานนั้นเริ่มต้นและแล้วเสร็จด้วย

หลังจากที่ประมาณเวลาตามรายการดังกล่าวข้างต้นแล้ว ผู้รับเหมาต้องพิจารณาตัดสินใจถึงแนวทางที่ใช้ดำเนินงานโดยทั่วไป ตามชนิด ขนาดของงานก่อสร้างและตามอุปกรณ์ (Equipment) ที่ต้องการใช้สำหรับงานนั้นๆ ต้องพิจารณาถึงการจัดหาอุปกรณ์เครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆว่าจะจัดหามาโดยวิธีใด เช่น การเช่าหรือจัดซื้อและวิธีใหนจะยังประโยชน์ให้มากที่สุด ลำดับต่อไปจึงพิจารณาถึงเรื่องคนงานที่ใช้ จะใช้ระดับคนงานเท่าไร เช่น ต้องการช่างฝีมือกี่คนกับงานอะไร ต้องการคนงานกับงานอะไร จำนวนเท่าใดเป็นต้น ประมาณวันหรือเวลาที่ต้องการคนงานเหล่านั้น ผู้รับเหมาต้องกำหนดความต้องการของคนงานที่ใช้ทำงานในกิจการต่างๆ โดยจะให้ทำเป็นการถาวรหรือทำเพียงชั่วคราวสักกี่คน และก็ควรพิจารณาด้วยว่า จะใช้ผู้ควบคุมงานก่อสร้าง (Superintendent) และหัวหน้าคนงานก่อสร้าง(Foreman) ด้วยหรือไม่ และถ้าใช้ควรมีจำนวนเท่าใดและจะให้ทำในช่วงเวลาใดบ้าง

นอกจากนี้ต้องบันทึกการประมาณเวลาถึงการขนส่งวัสดุก่อสร้าง จะได้มาจากใหนเมื่อไร และมีจำนวนมากน้อยเพียงใด เป็นต้น ถ้าพิจารณาเห็นว่า งานก่อสร้างนั้นๆสมควรให้ผู้รับเหมาช่วง(Supcontractor) รับช่วงงานไปทำ ก็ต้องบันทึกถึงการเริ่มต้นและวันที่แล้วเสร็จของงานแต่ละอย่างที่ผู้รับเหมาช่วงรับทำ ในเรื่องของเวลาที่ใช้ดำเนินการนี้จะต้องคิดเผื่อค่าใช้จ่ายอื่นๆรวมไว้ด้วย เช่น ค่าระวังรักษาอุปกรณ์ เครื่องมือเครื่องจักรต่างๆ ส่วนมากจะเป็นราคาโดยทางอ้อม(Indirect Cost) เกือบทั้งสิ้น

จะเห็นได้ว่า จากหัวข้อ 2.1 การที่เราจะได้แผนงานร่างที่มีข้อมูลครอบคลุมทั้งโครงการนั้น ผู้วางแผนจำเป็นต้องดำเนินการตามหัวข้อ 2.1 เสียก่อน

2.6 การไปตรวจสถานที่ก่อสร้าง (Visiting the site)

ก่อนที่จะเริ่มทำแผนงานละเอียด ผู้รับเหมาและผู้ควบคุมงานก่อสร้างจะต้องออกไปตรวจสถานที่ก่อสร้าง การที่ต้องไปด้วยกันนั้น เพราะว่าอาจจะต้องเพิ่มข้อตกลงอื่นๆอีกกับเจ้าของ สถาปนิก วิศวกร หรือตัวแทนของฝ่ายเจ้าของงานก็ได้ ซึ่งจะได้ร่วมกันพิจารณาและสามารถตัดสินใจได้ทันท่วงที และจะต้องมีการจดบันทึกข้อคิดเห็น ข้อเสนอแนะของฝ่ายสถาปนิก วิศวกร เจ้าของ หรือ ตัวแทนฝ่ายเจ้าของ เพื่อจะช่วยขจัดบรรดาข้อโต้แย้งหรือข้อคิดเห็นที่เกิดขัดแย้งกันขึ้นระหว่างทำงานนั้นลงได้

ทั้งผู้รับเหมา ผู้ควบคุมงาน หัวหน้างานก่อสร้าง ต้องไปตรวจสถานที่ก่อสร้างร่วมกันอีกครั้งหนึ่ง ก่อนที่จะเริ่มลงมือทำงาน เพื่อปรึกษาหารือเกี่ยวกับรายละเอียดในการก่อสร้าง เช่น การกำหนดที่ตั้งของสำนักงานอำนวยการก่อสร้าง โรงเก็บวัสดุ เรือนพักคนงาน โรงเก็บเครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆ กองวัสดุ เป็นต้น สิ่งเหล่านี้สามารถกำหนดขึ้นได้อย่างคร่าวๆ โดยการบันทึกและเขียนร่างๆเอาไว้ก่อน เพื่อจะได้จัดทำต่อไป ซึ่งอาจจะเกี่ยวข้องกับเรื่อง ระเบียบข้อบังคับการอนุญาติ ความสะดวกเกี่ยวกับการเบิกจ่ายเงินกับธนาคาร แสงสว่าง น้ำดื่มน้ำใช้ การอนามัยทั่วๆไป แรงงานในท้องถิ่น ความสะดวกสบายของผู้ที่พักอาศัยประจำกับสถานที่ก่อสร้าง เป็นต้น

2.7 ข้อจำกัดในงานก่อสร้าง

ข้อจำกัด(limitations) คือ กรอบที่วางไว้ หรือผลบีบบังคับ ที่ทำให้งานเป็นอย่างที่เป็นอยู่ ไม่สามารถที่จะใช้วิธีการนอกเหนือจากนี้ ที่ทำให้งานมีประสิทิภาพที่ดีขึ้นและประหยัดไปได้มากกว่านี้ได้ ข้อจำกัดบางเรื่องอาจจะแก้ไขไปได้โดยง่าย บางเรื่องอาจแก้ไขได้ยาก ข้อจำกัดบางกรณีมีลักษณะกว้างขวางมาก ซึ่งนอกจากจะทำให้เกิดปัญหาในการทำงานแล้วยังมีผลเป็นการสร้างปัญหาพาดพิงไปถึงกรณีอื่นอีกได้อย่างกว้างขวาง

ข้อจำกัดเกี่ยวกับงานก่อสร้างมีอยู่หลายประการ ผู้ควบคุมงานหรือผู้รับเหมาก่อสร้างต้องพิจารณาให้รอบคอบว่า การทำงานแต่ละอย่างแต่ละชนิดมีปัญหาหรือข้อจำกัดอยู่อย่างไร ซึ่งเมื่อทราบล่วงหน้าว่างานที่ทำนั้นมีข้อจำกัดอยู่แล้ว จะเป็นการช่วยให้ผู้ควบคุมงานหรือผู้รับเหมาก่อสร้างวางแผนหาทางดำเนินงานเป็นอย่างอื่น งานก็จะดำเนินไปด้วยความราบรื่นไม่หยุดชะงักกลางคัน การคิดแก้ปัญหาเอาแต่เฉพาะหน้าย่อมเสี่ยงต่อข้อผิดพลาดอยู่มาก เพราะมีเวลาไตร่ตรองหาเหตุผลอยู่จำกัด ด้วยเหตุนี้ผู้คุมงานหรือผู้รับเหมาก่อสร้างจึงจำเป็นต้องมีความเข้าใจเรื่องข้อจำกัดให้ดีว่างานแต่ละชนิดแต่ละขั้นตอนหรือแต่ละช่วงเวลามีข้อจำกัดอยู่อย่างไร โดยทั่วไปแล้ว ข้อจำกัดในงานก่อสร้างมักจะเกี่ยวข้องกับเรื่องต่างๆดังนี้ ซึ่งจะอธิบายไว้เพียงย่อๆ คือ

2.7.1 ข้อจำกัดในด้านการเงิน ข้อนี้นับว่า เป็นหัวใจของงานก่อสร้างและงานทุกชนิด ผู้รับเหมาและผู้ควบคุมงานต้องกะจำนวนเงินให้พอดีกับงานแต่ละงวด และต้องมีเงินสำรองจ่ายเตรียมเผื่อไว้สำหรับกรณีจำเป็นอื่นๆ ถ้าหวังรอเงินจากผู้ว่าจ้างจะทำให้ชักช้าไม่ทันการเสียผลประโยชน์ที่ควรได้ไปเปล่าๆ ฉะนั้นการเงินของผู้รับเหมาหรือผู้ควบคุมงานต้องอยู่ในฐานะที่จับจ่ายใช้สอยได้ทันที เพราะอาจจะมีรายจ่ายจรขึ้นมาเมื่อไรก็ได้ การจ่ายเงินให้กับคนงานต้องจ่ายให้ตรงเวลา ถ้าผลัดวันประกันพรุ่งไปเรื่อยๆจะทำให้เกิดการสับสนอลเวงขึ้นได้ง่าย และเกิดผลเสียหายกับงานอย่างไม่มีปัญหา

2.7.2 ข้อจำกัดเกี่ยวกับการคมนาคม บางครั้งสถานที่ก่อสร้างอยู่ห่างไกลจากการคมนาคมมาก การขนส่งหรือการติดต่อกระทำได้ล่าช้า ไม่สะดวกด้วยประการต่างๆ จึงเป็นข้อที่ควรคำนึงไว้อย่างยิ่ง เพราะมีผลทำให้งานชะงักเกิดความล่าช้าและงานก่อสร้างไม่อาจดำเนินไปตามแผนที่วางไว้ ซึ่งถ้าเกิดกรณีเช่นนี้ขึ้นจะเป็นข้อจำกัดต่อการทำงานอย่างแน่นอน ฉะนั้นต้องหาลู่ทางในการแก้ปัญหานี้ให้ดี

2.7.3 ข้อจำกัดเกี่ยวกับคนงานและอัตราค่าจ้าง งานที่ผู้รับเหมาได้ทำอาจจะอยู่ในท้องที่แตกต่างกันไปดังได้กล่าวมาแล้ว ฉะนั้นจะมีปัญหาในเรื่อง "คน" ตามมา เพราะในท้องที่บางแห่งไม่สามารถหาคนงานที่มีความชำนาญเฉพาะอย่างได้ เช่น งานฝีมือ งานที่ซับซ้อนหรือยาก หรือ งานที่เสี่ยงอันตราย เป็นต้น ซึ่งหาคนทำงานได้ยากมาก เมื่อเกิดกรณีเช่นนี้ขึ้น ทำให้เกิดปัญหาและอุปสรรคต่างๆ อาทิ ทำให้งานล่าช้า งานเสร็จไม่ทันตามกำหนดเวลา หรือคุณภาพของงานไม่ได้มาตรฐาน เป็นการบั่นทอนผลประโยชน์ของผู้รับเหมาไปโดยปริยาย และรวมไปถึงอัตราค่าจ้างแรงงานในแต่ละท้องถิ่นด้วย

2.7.4 ข้อจำกัดเกี่ยวกับลมฟ้าอากาศ ลมฟ้าอากาศนับว่าเป็นข้อจำกัดที่สำคัญประการหนึ่ง เพราะบางครั้งไม่สามารถที่จะป้องกันได้ เช่น น้ำท่วม ลมพายุ ฝนตกหนัก เหล่านี้เป็นต้น จึงเป็นสิ่งบั่นทอนต่อการทำงานของคนงานอย่างยิ่ง ถ้าภัยจากธรรมชาติมีความรุนแรงมากก็ไม่สามารถทำงานต่อไปได้ นอกจากนี้ยังทำลายทรัพย์สินให้เกิดความเสียหาย ผู้รับเหมาก่อสร้างบางรายถึงกับล่มจม ฉะนั้น ในงานก่อสร้างขนาดใหญ่ที่ต้องใช้เวลาทำงานเป็นแรมปีผู้รับเหมาควรทราบสถิติในสิ่งเหล่านี้ไว้บ้าง ซึ่งจะเป็นคุณประโยชน์ไม่น้อยทีเดียว เพราะอาจหาทางป้องกันเอาไว้ล่วงหน้าได้ การทราบลักษณะอากาศในท้องที่ต่างๆ จึงมีความสำคัญอยู่มาก

2.7.5 ข้อจำกัดเกี่ยวกับแบบรูปและรายการก่อสร้าง แบบรูปและรายการก่อสร้างมักมีปัญหาอยู่เป็นอันมาก เป็นต้นว่า แบบเขียนไม่ชัดเจน เขียนผิด หรือมีรายละเอียดต่างๆไม่เพียงพอจนผู้คุมงานตัดสินใจไม่ถูกว่า จะดำเนินการต่อไปอย่างไร ทำให้งานก่อสร้างต้องล่าช้าหรือหยุดชะงักลง และอีกประการหนึ่ง คือ แบบที่เขียนไว้คลุมเครือจะมีปัญหาต่อการทำงานมาก ซึ่งเป็นช่องทางที่เปิดโอกาสให่ผู้เขียนแบบหรือผู้ควบคุมงานฝ่ายนายช้างเกี่ยงงอนหรือต่อรองตั้งข้อเรียกร้องเอาได้ ทำให้ผู้รับเหมาต้องสูญเสียผลประโยชน์หรือกำไรลงไป และถ้าผู้รับเหมายอมผ่อนปรนงานก็จะดำเนินไปได้ด้วยดี แต่ถ้าไม่ตกลงยินยอมด้วยแล้วย่อมจะเกิดพันธะกรณีต่างๆติดตามทับถมขึ้นอีก

2.7.6 ข้อจำกัดเกี่ยวกับอุปกรณ์และเครื่องมือ งานก่อสร้างบางประเภทจะกำหนดไว้ว่าต้องใช้วัสดุอุปกรณ์ชนิดนั้น ยี่ห้อนั้น ลักษณะนั้น ฯลฯ เรื่องนี้บางครั้งไม่เป็นปัญหาสำหรับผู้รับ

เหมา แต่ของเหล่านั้นเกิดหาไม่ได้หรือขาดตลาดขึ้นมา หรือยากแก่การสั่งเข้ามาจากต่างประเทศ ย่อมจะเป็นปัญหาต่อการทำงานทั้งสิ้น จนไม่สามารถดำเนินการต่อไปได้ หรืองานบางชนิดจะกระทำได้ต่อเมื่อต้องใช้เครื่องมือชนิดนั้นๆ ดังนี้เป็นต้น กล่าวโดยทั่วไปแล้ว ไม่เป็นปัญหาสำหรับผู้รับเหมามากนัก

2.7.7 <u>ข้อจำกัดเกี่ยวกับเวลา</u> งานบางอย่างที่ทำต้องทำแข่งกับเวลา เช่น ในกรณีที่งานรีบเร่ง ข้อจำกัดในเรื่องนี้มีปัญหาอยู่มากเกี่ยวกับการวางแผนงาน เช่น จะจัดวางรูปงานอย่างไร งานชนิดไหนจะทำก่อนหลัง จัดแบ่งคน งานและเวลาออกอย่างไร งานจึงประสานกันได้ดี ถ้าจัดให้มีการวางแผนและดำเนินไปตามแผนอย่างมีประสิทธิภาพแล้ว งานจะสำเร็จลุล่วงตามเวลาที่กำหนด ปัญหานี้จึงเกี่ยวโยงไปถึงการจัดการในด้านอื่นๆอีกหลายอย่าง ซึ่งต้องพิจารณาให้รอบคอบ

2.7.8 <u>ข้อจำกัดเกี่ยวกับวิธีการก่อสร้าง</u> งานก่อสร้างบางอย่างหรือการก่อสร้างในสถานที่บางแห่ง ไม่สามารถดำเนินงานไปได้ตามวิธีปกติ ทั้งนี้เพราะมีปัญหาเกี่ยวกับตัวงานหรือสิ่งแวดล้อม เช่น ต้องพยายามควบคุมเสียงหรือการสั่นสะเทือน หรือในขั้นตอนทำงานบางอย่างต้องใช้ผู้ชำนาญในด้านนั้นๆโดยเฉพาะ ซึ่งจะต้องจัดเตรียมหรือวางแผนแก้ปัญหาในเรื่องนี้เอาไว้ให้พร้อม

2.7.9 <u>ข้อจำกัดเกี่ยวกับระเบียบข้อบังคับหรือกฎหมาย</u> ข้อนี้นับว่าเป็นปัญหาอยู่มากเหมือนกัน เพราะเป็นผลกระทบกับงานก่อสร้างโดยตรง เช่น ข้อบังคับของพนักงานจราจรที่กำหนดขนาดของรถบรรทุก ลักษณะการบรรทุก หรือกำหนดช่วงเวลาให้รถบรรทุกวิ่ง ปัญหาเกี่ยวกับการจ้างแรงงาน ปัญหาเกี่ยวกับการจ่ายค่าชดเชยเนื่องจากประสบอุบัติเหตุ หรือปัญหาเกี่ยวกับการจ่ายค่าตอบแทนต่างๆ ซึ่งถ้าวางแผนไว้ไม่รัดกุม ก็อาจทำให้งานชะงักหรือไม่ก้าวหน้าไปที่ควร

2.7.10 <u>ข้อจำกัดด้านอื่นๆ</u> เช่น ความร่วมมือประสานงานของคนงาน ปัญหาของฝ่ายว่าจ้าง เป็นต้น และผู้คุมงานของผู้ว่าจ้างก็นับว่ามีปัญหาอยู่ไม่น้อย ซึ่งมักจะโยกโย้หรือโลเลได้ง่าย บางครั้งผู้รับเหมาก่อสร้างแก้ปัญหาโดยให้ค่าตอบแทนหรือค่ารับรอง มิฉะนั้นแล้วผู้คุมงานจะหาทางกลั่นแกล้งด้วยประการต่างๆ ซึ่งนับว่าเป็นข้อจำกัดที่สำคัญยิ่ง เพราะนอกจากงานจะไม่ดำเนินไปตามแผนที่วางไว้แล้ว ยังทำให้งานเกิดรวนขึ้นได้

2.8 <u>การจัดชุดเครื่องจักร</u>

แต่ละขั้นตอนของการก่อสร้างทางจำเป็นต้องอาศัยเครื่องจักรกลชนิดและจำนวนต่างๆ ตามแต่ลักษณะและปริมาณงาน การวางแผนงานก่อสร้างจึงต้องพิจารณาจัดชุดเครื่องจักรสำหรับงานแต่ละชนิดในแต่ละช่วงเวลาให้เหมาะสมเพื่อให้โครงการดำเนินไปตามแผนโดยเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดและมีการใช้เครื่องจักรกลอย่างมีประสิทธิภาพ การจัดชุดเครื่องจักรสำหรับก่อสร้างก็คือ

การพิจารณากำหนดว่าควรใช้เครื่องจักรชนิดใดบ้าง มีขนาดความจุเท่าใด ใช้จำนวนเท่าใด ในช่วงเวลาใด ซึ่งก็คือแผนการใช้เครื่องจักรนั่นเอง

การจะกำหนดว่าจะใช้เครื่องจักรขนาดใด จำนวนเท่าใด ต้องอาศัยจากการคำนวณปริมาณงานต่อชั่วโมง ที่เครื่องจักรสามารถทำได้ประกอบกับปริมาณงานที่ต้องทำ

เครื่องจักรที่ใช้ทำงานนั้นจะขอกล่าวถึง เครื่องจักรที่ใช้ในการก่อสร้างทางสายเลี่ยงเมืองสุโขทัย มาใช้ในการอธิบาย ซึ่งเครื่องจักรที่ใช้ในการทำงานนั้นจะถูกจัดเป็นชุด ซึ่งแต่ละชุดจะประกอบไปด้วย เครื่องจักรต่างๆดังนี้

1.Excavator Load	จำนวน 1 คัน
2.รถดั๊ม (Dump Truck)	จำนวน 3 คัน
3.รถบดอัดล้อเหล็ก	จำนวน 1 คัน
4.รถบดอัดล้อยาง	จำนวน 1 คัน
5.รถเกรด (Grader)	จำนวน 1 คัน
6.Tractor	จำนวน 1 คัน
7.รถตักล้อยาง	จำนวน 1 คัน
8.รถน้ำ	จำนวน 1 คัน

เพื่อให้เข้าใจเกี่ยวกับเครื่องจักรและมองภาพได้ชัดเจนมากขึ้นจะขอกล่าวถึงชนิด และลักษณะของเครื่องจักรที่ใช้ในการก่อสร้างโดยทั่วๆไปดังนี้

2.8.1 รถแทรกเตอร์

เป็นรถที่ขับเคลื่อนด้วยตัวเอง มีทั้งที่เป็นชนิดล้อยางและตีนตะขาบ ใช้กับงานปรับพื้นที่ดันดิน ถางป่า โค่นต้นไม้ โดยมีอุปกรณ์และใบมีดติดไว้ตรงส่วนหน้าเพื่อปฏิบัติงานต่างๆ ซึ่งเรียกว่า Dozer หรือ Bulldozer รถแทรกเตอร์อาจเปลี่ยนอุปกรณ์สำหรับตักหรือขุดก็ได้

รถแทรกเตอร์ชนิดตีนตะขาบเหมาะสำหรับใช้งานโดยทั่วไป และเหมาะกับพื้นดินที่มีความต้านทานไม่มากนัก จึงสามารถขับเคลื่อนไปได้โดยสะดวกแทบทุกท้องที่ และสามารถนำไปใช้บนพื้นดินที่ลาดเอียงถึง 45 องศาได้ด้วย แต่ถ้านำไปใช้งานในระยะทางไกลๆแล้วควรจะบรรทุกไปบนรถบรรทุก จะเป็นการสะดวกและประหยัดกว่า ส่วนรถแทรกเตอร์แบบล้อยางนั้นวิ่งไปได้เร็วกว่าแต่ไม่เหมาะสำหรับพื้นดินที่อ่อนๆ การใช้งานก็เช่นเดียวกันกับรถตีนตะขาบ รถล้อยางนี้มีทั้งที่เป็นสองล้อและสี่ล้อ ชนิดสองล้อจะใช้เป็นรถลากจูงเครื่องจักรชนิดอื่นๆ เช่น ลากจูงเครื่องมือบดอัดถนน ลากจูงรถขูด หรือรถไสดิน เป็นต้น

2.8.2 รถขูดหรือรถไส (Scraper)

ใช้สำหรับไสดินหรือตักดิน และบรรทุกดินที่ได้จากการไสหรือการตักนั้นไปเทยังตำแหน่งที่ต้องการ ปกติจะลากจูงด้วยรถล้อยางที่ใช้กับรถไสโดยเฉพาะ หรือลากจูงด้วยรถแทรกเตอร์ล้อยางก็ได้

2.8.3 รถบดอัดและเครื่องมือเกี่ยวกับการบดอัด (Compaction)

โดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 6 ประเภท คือ

2.8.3.1 ลูกกลิ้งแบบกระทุ้ง (Temping Foot Rollers)

จัดอยู่ในประเภทเดียวกับลูกกลิ้งแบบตีนแกะ (Sheep Foot Roller) ใช้ร่วมกับเครื่องมือบดอัดแบบอื่น มีส่วนที่ยื่นออกมาจากลูกกลิ้งโดยรอบใช้ในการทำหน้าที่กระทุ้งให้แน่น

2.8.3.2 ลูกกลิ้งแบบตาข่าย (Grid or Mesh Roller)

เหมาะสำหรับการบดอัดที่มุ่งหวังให้ดินเกิดการทรุดตัว สามารถจะใช้บดอัดดินได้ด้วย

2.8.3.3 เครื่องสั่นสะเทือน (Vibratory Compactor)

มีทั้งชนิดที่เป็นเครื่องใช้มือเข็นจนกระทั่งเป็นรถขับเคลื่อนขนาดใหญ่ เหมาะสำหรับการบดอัดดินมี่มีความชื้นหรือดินที่ค่อนข้างแห้ง

2.8.3.4 ลูกกลิ้งเหล็กเรียบ (Smooth Steel Drums)

ใช้สำหรับบดอัดชั้นผิวชั้นสุดท้ายก่อนที่จะทำการลาดยางมะตอย

2.8.3.5 ลูกกลิ้งแบบลม (Pneumatic Rollers)

ใช้สำหรับชั้นดินที่เทไว้หนาๆและพื้นดินที่มีความหนาแน่นสูง ปกติจะใช้สำหรับบดอัดครั้งสุดท้ายก่อนที่จะลาดยางมะตอย หรือบดอัดทับพื้นผิวที่ลาดยางมะตอยไปแล้วก็ได้

2.8.3.6 ลูกกลิ้งปล้อง หรือลูกกลิ้งแบบเป็นข้อ (Segmented Pad Rollers)

ใช้งานเช่นเดียวกับลูกกลิ้งตีนแกะ แต่การบดอัดดินได้ผลดีไม่เท่ากับลูกกลิ้งตีนแกะ เพราะทำให้ดินแยกตัวได้น้อยกว่านั่นเอง

2.8.4 รถเกลี่ยดิน (Grader)

ใช้เกลี่ยปรับแต่งผิวดิน การเกลี่ยปรับผิวดินนี้เป็นขั้นตอนทำงานหลังจากการขุดแต่งและการบดอัดดินในชั้นแรกๆ ใบมีดที่ใช้เกลี่ยดินจะติดไว้ใต้ท้องรถตรงช่วงกลางและสามารถปรับหันทิศทางได้ตามตำแหน่งที่ต้องการ

2.8.5 รถตัก(Loader)

ใช้สำหรับตักหินย่อยหรือกรวดจากกองรวมขึ้นรถบรรทุก หรืออุปกรณ์ลำเลียงหินย่อยหรือกรวดย่อยอื่นๆเพื่อขนไปใช้ที่หน้างาน

2.8.6 รถบรรทุก(Hual Truck)

เป็นรถที่ใช้ในการลำเลียงวัสดุต่างๆ เช่น แอสฟัลต์คอนกรีต ดิน วัสดุอื่นๆ เป็นต้น มีกระบะที่สามารถยกขึ้นลงได้

2.8.7 รถขุด (Back Hoe)

เป็นรถที่มีล้อเป็นชนิดตีนตะขาบมีแขนยื่นออกไปจากรถและสามารถพับขึ้นลงได้ที่ปลายแขนจะมีอุกรณ์สำหรับตักดินอยู่ รถขุดเป็นรถที่ใช้ขุดดิน ตักดิน และยังใช้แต่งดินได้อีกด้วย

2.8.9 รถลาดยาง (Prime Coat)

เป็นรถที่ขับเคลื่อนได้ด้วยตัวเองโดยมีถังบรรจุแอสฟัลต์ติดตั้งอยู่และมีอุปกรณ์ที่จำเป็นในการใช้งานดังนี้

- เครื่องวัดปริมาณแอสฟัลต์ในถัง
- หัวเผาให้ความร้อนแอสฟัลต์
- เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิแอสฟัลต์
- ปั๊มแอสฟัลต์
- เครื่องต้นกำลังหรือเครื่องท้าย
- ท่อพ่นแอสฟัลต์พร้อมหัวฉีด
- ท่อพ่นแอสฟัลต์แบบมือถือ
- อุปกรณ์วัดปริมาณการพ่นแอสฟัลต์
- ถังบรรจุแอสฟัลต์

2.8.10 รถปู แอสฟัลต์(Paver of Finisher)

เป็นชนิดขับเคลื่อนได้ด้วยตังเองมีทั้งชนิดล้อเหล็กและตีนตะขาบ หรือชนิดล้อยาง สามารถเลื่อนตัวไปพร้อมกับรถบรรทุกส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต และในขณะเลื่อนตัวไปตามลำพังเครื่องปูสามารถปรับความเร็วการปูได้หลายอัตราและปูด้วยส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตได้ความลาดผิวทาง เครื่องปูประกอบด้วยส่วนสำคัญดังนี้

- **ส่วนขับเคลื่อน** ประกอบด้วยเครื่องยนต์ต้นกำลัง มีอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบให้คงที่ กระบะบรรจุส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต จะต้องเป็นแบบข้างกระบะหุบได้ สายพานป้อนส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต เกลียวเกลี่ยจ่ายส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตแยกเป็น 2 ข้างซ้าย ขวา ซึ่งสามารถแยกทำงานกันได้โดยอสระ ประตูควบคุมการไหลของส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตสามารถปรับระดับความสูงของช่วงประตูได้

- ส่วนเตารีด ประกอบด้วยอุปกรณ์ควบคุมความหนา ความลาดเอียงที่ผิว ให้ความร้อนที่แผ่นเตารีด และอุปกรณ์อื่นๆ

2.8.10 โรงงานผสมแอสฟัลต์คอนกรีต(Asphalt Concrete Mixing Plant)

มีแบบที่นิยมใช้กัน คือ แบบเป็นชุด (Batch Type) และ มีอุปกรณ์ต่างๆดังต่อไปนี้

- อุปกรณ์สำหรับการเตรียมแอสฟัลต์(Equipment for Preparation of Asphalt) โรงงานต้องมีถังเก็บแอสฟัลต์(Storage Tank) ซึ่งมีอุปกรณ์ให้ความร้อน (Stream or Oil Coil) หรือประเภทใช้ไฟฟ้า หรือประเภทอื่นใดที่ไม่มีเปลวไฟสัมผัสกับแอสฟัลต์โดยตรง

- ยุ้งหินเย็น (Cold Bin) และเครื่องป้อนหินเย็น (Aggregate Feeder) โรงงานผสมต้องมียุ้งเย็นไม่น้อยกว่า 4 ยุ้ง สำหรับแยกใส่วัสดุหินหรือวัสดุอื่นๆแต่ละขนาด

- **หม้อเผา (Dryer)** โรงงานผสมต้องมีหม้อเผาอยู่ในสภาพดี มีประสิทธิภาพดีพอที่จะทำให้มวลรวมแห้งและมีอุณหภูมิตามข้อกำหนด โดยต้องมีเครื่องวัดอุณหภูมิที่เหมาะสม

- **ชุดตะแกรงร่อน (Screening Unit)** โรงงานผสมต้องมีชุดตะแกรงร่อนมวลรวมที่ผ่านมาจากหม้อเผา เพื่อแยกมวลรวมเป็นขนาดต่างๆตามที่ต้องการ โดยในตะแกรงร่อนนี้ต้องประกอบด้วยตะแกรงคัด(Scalping Screen) สำหรับคัดมวลรวมก้อนโตเกินขนาดที่กำหนดออกทิ้ง

- **ยุ้งหินร้อน (Hot Bin)** โรงงานผสมต้องมียุ้งหินร้อนอย่างน้อย 4 ยุ้ง ทั้งนี้ไม่รวมยุ้งวัสดุผสมแทรก สำหรับเก็บมวลรวมร้อนที่ผ่านตะแกรงแยกขนาดแล้ว ในแต่ละยุ้งต้องมีท่อ

สำหรับให้มวลรวมไหลออกไปข้างนอกเพื่อป้องกันไม่ให้ไปผสมกับมวลรวมที่อยู่ในยุ้งอื่นๆ ในกรณีที่มีมวลรวมในยุ้งนั้นๆมากเกินไป

- **ยุ้งเก็บวัสดุผสมแทรก (Mineral Filler Storage Bin)** โรงงานต้องมียุ้งเก็บวัสดุผสมแทรกต่างหาก พร้อมกับมีเครื่องชั่ง หรือเครื่องป้อนวัสดุผสมแทรกซึ่งสามารถควบคุมปริมาณวัสดุเข้าสู่เครื่องผสมอย่างถูกต้อง และสามารถปรับเทียบ (Calibrate) ได้

- **เครื่องเก็บฝุ่น(Dust Collection)** โรงงานผสมต้องมีเครื่องเก็บฝุ่นสำหรับเก็บวัสดุส่วนละเอียดหรือฝุ่น ต้องมีเครื่องเก็บฝุ่นทั้งชุดหลัก (Primary) และชุดรอง (Secondary) ชุดหลักเป็นแบบแห้ง(Dry Type) และชุดรองเป็นแบบเปียก (Wet Type) หรือแบบอื่นๆที่มีประสิทธิภาพทัดเทียมกัน

- เครื่องวัดอุณหภูมิ (Thermometric Equipment) โรงงานผสมต้องมีเทอร์โมมิเตอร์แบบแท่งแก้วหุ้มด้วยปลอกโลหะ (Armoured Thermometer) หรือวัสดุอื่นใดซึ่งวัดอุณหภูมิได้ระหว่าง 90- 200 องศาเซลเซียส ติดตั้งไว้ที่ท่อส่งแอสฟัลต์ในตำแหน่งที่เหมาะสมใกล้ทางออกของแอสฟัลต์ที่ห้องผสม นอกจากนี้จะต้องมีเครื่องวัดอุณหภูมิ เช่น เทอร์โมมิเตอร์แบบใช้ปรอทชนิดมีหน้าปัทม์ เครื่องวัดอุณหภูมิแบบแปรความร้อนเป็นค่าไฟฟ้า หรือแบบอื่นๆ

-ชุดอุปกรณ์ควบคุมปริมาณแอสฟัลต์ (Asphalt Control Unit) โรงงานผสมต้องมีชุดอุปกรณ์ควบคุมปริมาณแอสฟัลต์ ซึ่งอาจใช้วิธีชั่งน้ำหนักหรือวิธีวัดปริมาตรได้แต่ต้องสามารถควบคุมปริมาณแอสฟัลต์ที่ใช้ให้อยู่ในช่วงที่กำหนดไว้ในสูตรส่วนผสมเฉพาะงาน

2.9 การวางแผนก่อสร้างและการวางแผนการใช้เครื่องจักร

ก่อนที่จะทำการก่อสร้างทางได้นั้นย่อมต้องมีการวางแผนขั้นตอนการปฏิบัติงานต่างๆให้สัมพันธ์สอดคล้องกัน เพื่อให้งานดำเนินไปอย่างราบรื่นและเสร็จทันเวลา ในการนี้จะต้องพิจารณาการจัดชุดเครื่องจักรสำหรับใช้ในงานต่างๆและกำหนดเป็นแผนงานใช้เครื่องจักรขึ้น งานชนิดต่างๆอาจจะต้องการใช้เครื่องจักรเพิ่มหรือลดในบางช่วง การวางแผนจะพยายามจัดช่วงการทำงานของงานชนิดต่างๆเหล่านี้ให้มีการใช้เครื่องจักรอย่างสอดคล้องกัน ซึ่งจะทำให้จำนวนเครื่องจักรที่ต้องการในแต่ละช่วงเวลาไม่เปลี่ยนแปลงขึ้นๆลงๆมากจนเกินไป

ขั้นตอนในการวางแผนโดยคำนึงถึงการใช้เครื่องจักรจะเป็นดังนี้

1.วางแผนและกำหนดการทำงานชนิดต่างๆ โดยพิจารณาเวลาสำหรับก่อสร้างและชนิด ขนาด จำนวนเครื่องจักรที่ต้องใช้

2.แยกแยะกำหนดชนิด ขนาดและจำนวนเครื่องจักรสำหรับงานต่างๆในแต่ละช่วงเวลาแล้วเขียนเป็นรายการจำนวนเครื่องจักรที่ต้องใช้ในงานเหล่านั้น ซึ่งจะรวบรวมเป็นความต้องการเครื่องจักรแต่ละชนิด

3.ในการพิจารณาการวางแผนแต่ละชนิดแต่ละขั้นตอนนั้นสามารถปรับช่วงเวลาดำเนินการให้มีการใช้เครื่องจักรอย่างประหยัด คือ สามารถใช้เครื่องจักรร่วมกันได้และไม่ต้องใช้เครื่องจักรจำนวนมาก

นอกจากแผนการก่อสร้างซึ่งคำนวณถึงการใช้เครื่องจักรแล้วก็ต้องกำหนดแผนงานต่างๆที่เกี่ยวข้องให้ละเอียดชัดเจนได้แก่

1.แผนกำลังคน (เช่น พนักงานและผู้ช่วยสำหรับขับเครื่องจักร)

2.แผนการจัดหาและสนับสนุนเครื่องจักร

3.แผนการบำรุงรักษาเครื่องจักรที่หน้างาน

4.แผนการจัดหาและสนับสนุนอะไหล่

5.แผนการเกี่ยวกับน้ำมันเชื้อเพลิงและหล่อลื่น เป็นต้น

ตัวอย่าง การคำนวณในการจัดชุดเครื่องจักรและการวางแผนระยะเวลาในการทำงาน

ตัวอย่างที่ 1

ปริมาตรดินตัด : 40,000 m^3

ชั่วโมงการทำงานต่อวัน : 6.5 ชั่วโมง/วัน

ปริมาณต่อชั่วโมงของเครื่องจักร

รถตัก : 50 m^3/ชั่วโมง

รถดั๊ม : 13 m^3/ชั่วโมง

- รถตัก

$\therefore$ จำนวนวันทำงาน = 40,000/(50 x 6.5) = 123 วัน

$\therefore$ ระยะเวลาการดำเนินการ = 123 x (1/0.7) = 176 วัน

ถ้ามีเวลาดำเนินการเพียงประมาณ 90 วัน

จะต้องใช้รถตัก = 176/90 = 2 คัน

-รถดั๊ม

∴ จำนวนวันทำงาน = 40,000/(13 x 6.5) = 473. 37 วัน

∴ ระยะเวลาดำเนินการ = 473.37/(1/0.7) = 331.36 วัน

ถ้ามีเวลาดำเนินการเพียงประมาณ 90 วัน

จะต้องใช้รถดั๊ม = 331.36/90 = 4 คัน

หมายเหตุ : การเพิ่มของจำนวนเครื่องจักรในขั้นนี้ต้องพิจารณาการจัดชุดเครื่องจักรเพื่อทำงานในหน้างานด้วย เช่น หากหน้างานไม่กว้างพอจะให้ใช้เครื่องจักรหลายคันอาจใช้วิธีเปลี่ยนมาใช้เครื่องจักรที่มีความจุเพิ่มขึ้น เป็นต้น

ตัวอย่างที่ 2

วัสดุคัดเลือก "B"

ปริมาณทั้งหมด : 205,700 m^3

ในการใช้รถดั๊มหนึ่งเที่ยวจะจุได้ประมาณ 15 – 20 m^3

ดิน 1 m^3 หนักประมาณ 1800 kg

∴ 1 m^3 = 1800 x 15 = 27 ตัน

สมมุติว่า ทำงาน 19 เดือน และใช้ Factor = 0.9

∴ จะได้ 19 x 30 x 0.9 = 513 ≈ 500 วัน

Dump 1 คัน = V x จำนวนเที่ยว x คัน

= 15 x 7 x 3 = 315 m^3

ในหนึ่งชุดของเครื่องจักรมี รถดั๊ม 3 คันและวันหนึ่งวิ่งได้ ≈ 7 เที่ยว

∴ วันหนึ่งๆจะทำได้ = 205,700/500 = 412 m^3

และจะใช้เครื่องจักร ≈ 2 ชุด สำหรับทำงาน 19 เดือน

2.9.1 การวางแผนระยะเวลาการก่อสร้าง

2.9.1.1 การวางแผนเครื่องจักรทำงาน

การคำนวณปริมาณงานต่อชั่วโมงของเครื่องจักร

ในงานก่อสร้างหรือบำรุงรักษาทางย่อมต้องมีการวางแผนการทำงานและการใช้เครื่องจักรกล เพื่อให้มีการใช้เครื่องจักรอย่างมีประสิทธิภาพ ก่อนที่จะวางแผนการใช้เครื่องจักรได้นั้น จำเป็นจะต้องรู้ว่าเครื่องจักรแต่ละคันสามารถทำงานได้ปริมาณมากน้อยเพียงไร เช่น สมมุติว่ามี

เวลา 10 สัปดาห์สำหรับทำงานดิน 120,000 ม^3 (แน่น) โดยวางแผนทำงานสัปดาห์ละ 5 วัน วันละ 8 ชั่วโมง

จำนวนวันทำงาน = 10 x 5 = 50 วัน

จำนวนชั่วโมงทำงาน = 50 x 8 = 400 ชั่วโมง

∴ จะต้องทำงานชั่วโมงละ = 120,000/400 = 300 ม^3 (แน่น)

การจะสรุปว่าแผนการทำงานนี้จะเป็นไปได้หรือไม่ก็จะต้องรู้ว่าเครื่องจักรที่เรามีปัญหาอยู่สามารถทำงานได้ปริมาณรวมกันชั่วโมงละเท่าไร หรือต้องรู้ปริมาณต่อชั่วโมงของเครื่องจักรแต่ละคันนั่นเอง

ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณงานที่เครื่องจักรสามารถทำงานได้

เมื่อเราพิจารณาการทำงานจะเห็นว่าเครื่องจักรมักทำงานเป็นวงรอบ คือ

- LOAD (บรรทุก)
- HAUL (ลำเลียง)
- DUMP (เท)
- RETURN (วิ่งกลับ)

และปริมาณงานต่อชั่วโมงของเครื่องจักรจะมากหรือน้อยขึ้นกับปัจจัยต่างๆ ได้แก่

- CYCLE TIME(เวลาที่ใช้ในการทำงานแต่ละวงรอบ)]
- MATERIAL (ชนิดของวัสดุที่ลำเลียง)
- JOB EFFICIENCY (ประสิทธิภาพของการทำงาน)

CYCLE TIME

คือ เวลาที่เครื่องจักรใช้ในการทำงานแต่ละวงรอบ เช่น CYCLE TIME ของรถสแครปเปอร์หรือรถดั๊ม ได้แก่เวลาทั้งหมดที่ใช้ในการ LOAD (บรรทุก) , HAUL (ลำเลียง) , DUMP (เท) และ RETURN (วิ่งกลับ) ของรถแทรกเตอร์ก็ได้แก่ เวลาที่ใช้ในการดันไปข้างหน้า หยุด ถอยหลังและหยุด หรือของเครื่องเจาะก็ได้แก่การตั้งแท่นเจาะ ,เจาะ , ถอนขึ้นและเคลื่อนไปที่ใหม่ เป็นต้น

CYCLE TIME ของเครื่องจักรประกอบด้วย FIXED TIME และ TRAVEL TIME

- **FIXED TIME** (เวลาคงที่) คือ เวลาที่ต้องใช้ในการ OPERATE เครื่องจักรไม่ว่าระยะลำเลียงวัสดุจะเป็นเท่าใด ได้แก่

- เวลาในการนำเครื่องจักรเข้าในตำแหน่งที่ต้องการจะบรรทุก
- เวลาในการบรรทุกหรือโหลดเครื่องจักร
- เวลาในการกลับตัวของเครื่องจักร
- เวลาในการเทหรือปล่อยวัสดุออกจากเครื่องจักร
- เวลาในการถอยกลับของเครื่องจักร เช่น การเปลี่ยนเกียร์ และอื่นๆ

เวลาในส่วนนี้จะคงที่ไม่ว่าระยะลำเลียงวัสดุหรือจุดวิ่งกลับจะใกล้หรือไกลเพียงใด

- **TRAVEL TIME** (เวลาวิ่ง) คือ เวลาที่ใช้ในการวิ่งลำเลียงวัสดุและวิ่งกลับซึ่งจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างจุดที่บรรทุกกับจุดที่เทวัสดุออกจากเครื่องจักรและสภาพของเส้นทางลำเลียงนั้น

ปัจจัยที่มีผลต่อเวลาวิ่ง ได้แก่

- ระยะทางลำเลียงวัสดุ (HAUL DISTANCE)
- น้ำหนักของเครื่องจักร
- แรงต้านทานการหมุนของล้อเครื่องจักร (ROLLING RESISTANCE)
- แรงต้านหรือแรงเสริมจากความลาดเอียง (GRADE RESISTANCE OR ASSISTANCE)
- แรงต้านการลื่นของล้อเครื่องจักร (TRACTION)
- แรงฉุดลากของเครื่องจักร (USABLE PULL)
- อัตราความเร็วของเครื่องจักร (SPEED)
-

MATERIAL (วัสดุ)

ปริมาณงานที่เครื่องจักรจะทำได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับการใช้เครื่องจักรให้ถูกชนิดและคุณสมบัติของวัสดุ คุณสมบัติบางอย่างของวัสดุได้แก่ การฟูตัว (Swell) , การหดตัว (Shrinkage), ความหนาแน่น (Angle of Repose) และอื่นๆ จะมีผลต่อปริมาณงานต่อชั่วโมงของเครื่องจักรด้วย เช่น ความหนาแน่นของวัสดุจะมีผลต่อน้ำหนักบรรทุก เป็นต้น

JOB EFFICIENCY (ประสิทธิภาพในการทำงาน)

ในการคำนวณงานต่อชั่วโมงที่เครื่องจักรทำได้จะคิดจากปริมาณงานมาตรฐานภายใต้อุดมคติ (Standard Productivity Under Ideal Condition) แล้วดูณด้วยตัวประกอบ (Factor) ตัวหนึ่งเพื่อให้ค่าที่เป็นจริงในทางปฏิบัติ ตัวประกอบนี้เรียกว่า Job Efficiency

Job Efficiency ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายๆอย่าง เช่นสภาพภูมิประเทศ ความชำนาญของพนักงานขับ ความเหมาะสมในการเลือกและจัดเครื่องจักรและมาตรฐานการบำรุงรักษา เป็นต้น โดยเหตุที่ Job Efficiency ขึ้นกับปัจจัยหลายๆอย่าง การใช้ค่าที่ถูกต้องแน่นอนจึงต้องอาศัยประสบการณ์และความชำนาญเป็นอย่างมาก ดังตาราง ซึ่งเป็นแนวทางหยาบๆสำหรับใช้ในการคำนวณ

ตารางที่ 2.7

Job Efficiency

สภาพและลักษณะการทำงาน Operation Condition	การบำรุงรักษาเครื่องจักร				
	ดีมาก Excellent	ดี Good	ธรรมดา Normal	ค่อนข้างเลว Rather Poor	เลว Poor
ดีมาก(Excellent)	0.83	0.81	0. .76	0.70	0.63
ดี (Good)	0.78	0.75	0.71	0.65	0.60
ธรรมดา (Normal)	0.72	0.69	0.65	0. 60	0.54
ค่อนข้างเลว(Rather Poor)	0.63	0.61	0.57	0.52	0.45
เลว(Poor)	0.52	0.50	0.47	0.42	0.32

2.9.1.2 วิธีการคำนวณปริมาณงานต่อชั่วโมงของเครื่องจักร

ในการคำนวณเพื่อวางแผนการทำงานโดยปกติเราจะใช้ค่าปริมาณงานที่เครื่องจักรทำได้ต่อชั่วโมง(Hourly Production) ซึ่งอาจจะเป็น $ม^3$/ ชม. หรือ $หลา^3$/ชม. โดยคิดจากปริมาณงานที่เครื่องจักรทำได้ต่อ 1 วงรอบการที่เครื่องจักรทำงานได้ใน 1 ชั่วโมง สูตรการคำนวณจะเป็นดังนี้

$$Q = qNE = q(60/Cm)E$$

เมื่อ Q = ปริมาณงานต่อชั่วโมง (Hourly Production) เป็น ม^3/ชม.

q = ปริมาณงานต่อ 1 วงรอบการทำงาน (Production Per Cycle) เป็น ม^3 (หลวม) โดยได้จากขนาดความจุของเครื่องจักร

N = จำนวนวงรอบต่อชั่วโมง (Number of Cycle Per Hour) = 60/Cm

E = ประสิทธิภาพในการทำงาน (Job Efficiency)

Cm = เวลาที่ใช้ในการทำงาน 1 วงรอบ เป็นนาที (Cycle Time In Minutes)

ตัวอย่าง จงหาปริมาณงานต่อชั่วโมงของรถดั๊ม ซึ่งใน 1 วงรอบการทำงานสามารถจุดินได้ 18 ^{3} และใช้เวลาในการทำงานในแต่ละวงรอบเท่ากับ 20 นาที สมมุติว่ามีประสิทธิภาพดีมาก และการบำรุงรักษาดีมาก

วิธีทำ $Q = q\,(60/Cm)\,E$

$= 18(60/20)\,0.85$

$= 45.90$ m^3/hr

∴ ปริมาณงานต่อชั่วโมงของรถดั๊มคันนี้ = 45.9 m^3/hr

2.9.2 <u>การจัดลำดับการทำงาน</u>

ในการทำงานนั้นการจัดลำดับงานมีความสำคัญมากเพราะจะทำให้งานมีความเป็นระเบียบทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสอดคล้องกับแผนงานที่วางไว้รวมทั้งทำให้การคำนวนราคาก่อสร้างง่ายขึ้นด้วย

ในการก่อสร้างถนนนั้นได้จัดเรียงลำดับการทำงานดังนี้

2.9.2.1 <u>Clearing and Grabbing (งานถางป่าขุดตอ)</u>

คือ การกำจัดต้นไม้ พุ่มไม้ ตอไม้ ขยะ วัชพืช และสิ่งไม่พึงประสงค์ต่างๆ เช่นโครงสร้าง หรือสิ่งปลูกสร้าง เพื่อประโยชน์แก่การก่อสร้างและหรืออาจยังความเสียหายให้แก่ความมั่นคงแข็งแรงของคันทางที่จะสร้างใหม่

2.9.2.2 <u>Excavation (งานขุดดินหรือดินตัด)</u>

คือ การขุดดินเดิมหรือคันทางเดิมเพื่อให้เป็นคันทาง หรือส่วนของงานทาง หรือเพื่อประโยชน์แก่งานทางได้รูปร่าง ระดับ และแนว ตามแบบโดยทั่วไปจะสามารถแบ่งออกเป็นประเภทได้ดังนี้

- Rock Excavation คือ การใช้ระเบิดทำการระเบิดหิน
- Common Excavation คือ การขุดดิน
- Unsuitable Excavation คือ การขุดวัสดุที่ไม่เหมาะสมทิ้ง และนำวัสดุที่เหมาะสมใส่แทน
- Borrow Excavation คือ ดินที่ทำการขุดออกเพื่อนำไปถมเป็นคันทาง

2.9.2.3 Embankment (งานดินถม)

การถมจะต้องทำการถมให้เป็นไปตามแบบ,บดอัดให้เป็นไปตามข้อบังคับ และในการปฏิบัติงานจะต้องทำตามเปอร์เซ็นต์แผนงานที่วางไว้ เช่น ถ้าทำเดือนละ 5 % ต้องทำงานทั้งหมด 20 เดือน จึงจะครบแผนงานคือ ครบ 100 % เป็นต้น โดยค่าเปอร์เซ็นได้มาจากการวางแผนงาน

2.9.2.4 Select Material Type A and Type B (งานวัสดุคัดเลือก)

หลังจากที่ทำงานดินถมเสร็จแล้ว งานที่จะทำต่อไปคือ งานวัสดุคัดเลือกชนิด B แล้วจึงจะทำงานวัสดุคัดเลือกชนิด A ได้ โดยวัสดุคัดเลือกนั้นต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของกรมทางหลวง , บดอัดได้ตามข้อกำหนด และทำตามเปอร์เซ็นต์แผนงานที่วางไว้

2.9.2.5 Subbase (งานวัสดุรองพื้นทาง)

หลังจากการทำวัสดุคัดเลือกเสร็จหมดแล้ว ก็จะทำงานวัสดุรองพื้นทางหรือที่เรียกกันว่า Subbase โดยวัสดุรองพื้นทางจะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของกรมทางหลวง,บดอัดได้ตามข้อกำหนด และทำตามเปอร์เซ็นต์แผนงานที่วางไว้

2.9.2.6 Base (งานวัสดุพื้นทาง)

งานวัสดุพื้นทางจะทำหลังจากงานวัสดุรองพื้นทางเสร็จแล้ว โดยงานพื้นทางต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของกรมทางหลวง, บดอัดได้ตามข้อกำหนด และทำตามเปอร์เซ็นต์แผนงานที่วางไว้

2.9.2.7 Prime Coat (งานลาดพื้นทาง)

เมื่อทำงานพื้นทางเสร็จแล้วจะต้องทำการลาด Prime Coat ก่อนที่จะทำการลาด Asphalt Concrete เพื่อเป็นการป้องกันน้ำไหลซึมเข้าไปที่พื้นทางอันเป็นสาเหตุให้ถนนพังได้ ในการลาดก็ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของกรมทางหลวง รวมทั้งต้องทำตามเปอร์เซ็นต์แผนงานที่วางไว้ด้วย

2.9.2.8 Asphalt Concrete (งานแอสฟัลต์คอนกรีต)

เมื่อลาดพื้นทางเรียบร้อยแล้ว ก็ถึงงานชั้นบนสุดของถนนคือ งานแอสฟัลต์คอนกรีต โดยการลาดแอสฟัลต์รวมทั้งเครื่องจักรเครื่องมือต่างๆ จะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของกรมทางหลวง และทำตามเปอร์เซ็นต์แผนงานที่วางไว้

2.9.2.9งานเบ็ดเตล็ด

เมื่อทำถนนเสร็จเรียบร้อยแล้วไม่ใช่ว่าถนนจะใช้งานได้เลย เพราะว่า ยังไม่มีเครื่องหมายต่างๆบนถนน เสาไฟฟ้า ปลูกหญ้า ป้ายจราจร และอื่นๆ งานเหล่านี้รวมเรียกว่า งานเบ็ดเตล็ด ซึ่งก็ต้องทำตามข้อกำหนดของกรมทางหลวง และทำตามแผนงานที่วางไว้เช่นกัน

2.9.3 การวางแผนด้านงบประมาณการก่อสร้าง

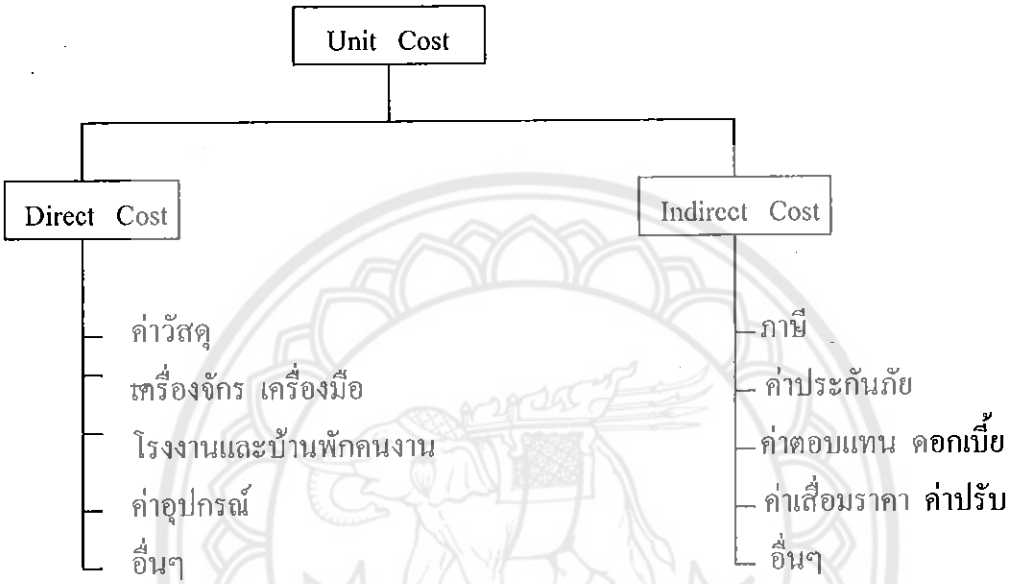
ในการวางแผนด้านงบประมาณการก่อสร้างจำเป็นจะต้องมีการวางแผนด้านรายรับ และรายจ่าย โดยจะมีค่าการใช้จ่ายต่างๆกันแล้วแต่ละโครงการ ซึ่งแบ่งได้ดังนี้

Unit Cost คือ ราคาต่อหน่วย เป็นราคาของผู้ประมูลงานที่ได้เสนอในสัญญาโดยได้คิดรวมกับค่าโสหุ้ย ค่าใช้จ่ายอื่นๆ และกำไร ไว้แล้ว การเสนอราคาต่อหน่วยผู้เสนอราคาจะแสดงรายการแต่ละอย่าง แต่ละชนิดแล้วคูณด้วยราคาต่อหนึ่งหน่วยของงานประเภทนั้นๆ ผลคูณที่ได้รับจึงเป็นราคาของปริมาณงานแต่ละรายการ เมื่อรวมยอดของทุกรายการแล้วจะเป็นราคารวมของงานทั้งหมด

Direct Cost คือ ค่าใช้จ่ายโดยตรง เช่น ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวกับค่าแรงงาน ค่าวัสดุ ค่าปลูกสร้าง โรงงานและบ้านพักคนงาน ค่าอุปกรณ์ ค่าเครื่องมือ เครื่องจักร และเครื่องทุ่นแรงต่างๆ เป็นต้น

Indirect Cost คือ ค่าโสหุ้ยต่างๆ เช่น ค่าภาษี ค่าประกันภัย ค่าเสื่อมราคาของทรัพย์สิน ค่าเช่าสำนักงาน ค่าเช่าอุปกรณ์ เครื่องมือเครื่องจักรต่างๆ ค่าตอบแทน ค่าดอกเบี้ย ค่ารับรอง และรวมถึงค่าปรับด้วย

ซึ่งจะให้เข้าใจง่ายขึ้นสามารถเขียนเป็นผังได้ดังนี้



ตัวอย่าง การหาค่า Direct Cost และ Indirect Cost ของ Unit Cost ในงานก่อสร้างทางเลี่ยงเมืองสายสุโขทัย

1.งานวัสดุคัดเลือกชนิด ก (Select A)

ราคาวัสดุที่แหล่ง	12.00	บาท/ม^3
ค่าดำเนินการและค่าเสื่อมราคาขุด-ขน	15.44	บาท/ม^3
ระยะทางขนส่ง 29 กิโลเมตร ราคา	47.65	บาท/ม^3
ส่วนยุบตัว x 1.6	120.14	บาท/ม^3
ค่าดำเนินการและค่าเสื่อมราคาบดทับ	25.04	บาท/ม^3
ราคาต้นทุน	145.48	บาท/ม^3
ราคาต่อหน่วย	240.00	บาท/ม^3

2.งานลูกรังรองพื้นทาง

ราคาวัสดุที่แหล่ง	15.00	บาท/ม^3
ค่าดำเนินการและเสื่อมราคาขุด-ขน	15.44	บาท/ม^3
ระยะทางขนส่ง 29 กิโลเมตร ราคา	47.65	บาท/ม^3
ส่วนการยุบตัว x 1.6	124.94	บาท/ม^3
ค่าดำเนินการและเสื่อมราคา	25.34	บาท/ม^3
ราคาต้นทุน	150.28	บาท/ม^3
ราคาต่อหน่วย	280.00	บาท/ม^3

3.งานหินคลุกพื้นทาง

ราคาวัสดุที่แหล่ง	165.00	บาท/ม^3
ระยะทางขนส่ง 39 กิโลเมตร ราคา	63.76	บาท/ม^3
ส่วนการยุบตัว x 1.5	343.14	บาท/ม^3
ค่าดำเนินการและค่าเสื่อมราคา ผสม	11.53	บาท/ม^3
ค่าดำเนินการและค่าเสื่อมราคาบดทับ	40.34	บาท/ม^3
ราคาต้นทุน	395.01	บาท/ม^3
ราคาต่อหน่วย	610.00	บาท/ม^3

2.10 การวางแผนด้านการเงินของโครงการ

การวางแผนด้านการเงิน หมายถึง การคาดคะเนถึงปริมาณของเงินสดที่จะรับเข้าและจ่ายออกตามเวลาที่กำหนดไว้ตลอดช่วงเวลาที่ดำเนินงาน นับตั้งแต่เริ่มต้นลงมือทำการ จนกระทั่งโครงการทั้งหมดสร้างเสร็จสมบูรณ์

การดำเนินงานธุรกิจทุกประเภท การวางแผนงานด้านการเงินเป็นงานที่สำคัญเช่นเดียวกับการวางแผนใช้ทรัพยากรด้านอื่นๆ ถ้าเราสามารถคาดคะเนหรือกำหนดเวลาการรับและจ่ายเงินได้อย่างถูกต้องไว้ล่วงหน้า เท่ากับได้เตรียมแก้ปัญหาความขัดข้องทางการเงินไว้แล้ว เงินเป็นทรัพยากรที่สำคัญที่ที่จะช่วยให้การบริหารงานด้านทรัพยากรด้านอื่น โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านวัสดุและแรงงานให้สามารถทำงานกันได้อย่างต่อเนื่อง

จากประสบการณ์ของงานธุรกิจก่อสร้างมีตัวอย่างให้เห็นอยู่เสมอว่า บริษัทก่อสร้างจำนวนมากต้องละทิ้งงานหรือล้มเลิกกิจการ สาเหตุใหญ่ คือ ขาดเงินหมุนเวียนและไม่สามารถประนีประนอมหรือชี้แจงเหตุผลให้เจ้าหนี้ทราบได้ เพราะส่วนใหญ่ไม่ได้จัดทำแผนการเงินหรือ

แผนการรับและจ่ายเงินของโครงการ หรือบางรายรับงานไว้หลายโครงการจนเกินปริมาณเงินหมุนเวียนที่มีอยู่ การบริหารงานก่อสร้างที่มีประสิทธิภาพ จึงจำเป็นต้องจัดทำแผนการรับและจ่ายเงินไว้ล่วงหน้าเช่นเดียวกับการวางแผนงานก่อสร้าง

2.10.1 <u>แผนการจ่ายเงิน</u>

โครงการต่างๆก่อนที่จะเริ่มดำเนินงาน ควรจะได้จัดทำแผนการจ่ายเงินของแต่ละหมวดงานเป็นต้นว่า ค่าวัสดุต่างๆค่าแรงงาน และค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานตามช่วงเวลาที่กำหนดที่คาดว่าจะต้องจ่าย เช่น ทุกๆสิ้นเดือน เพื่อจะได้ทราบล่วงหน้าว่าในแต่ละเดือนฝ่ายการเงินจะต้องจัดเตรียมเงินไว้สำหรับจ่ายออกเป็นจำนวนเท่าเงินเท่าไร แผนการจ่ายเงินจะพิจารณาจากแผนงานก่อสร้างของโครงการนั้นเป็นหลักในการจัดทำ ประกอบกับรายละเอียดด้านประมาณการค่าก่อสร้าง

จากข้อมูลต่างๆที่จัดทำขึ้น เราอาจจะนำมาสร้างเส้น S-Curve เส้นโค้งที่สร้างขึ้นนี้มักนิยมนำมาใช้สำหรับ ควบคุมการจ่ายเงิน และการตรวจสอบความคืบหน้าของงานตลอดเวลาที่ดำเนินการก่อสร้าง โดยจะสร้างเส้นโค้งแสดงการจ่ายเงินจริงขณะปฏิบัติงาน(Actual Scheduled) ควบคู่กันไปกับเส้นโค้งที่เขียนไว้เมื่อตอนวางแผนงาน(Planning Scheduled) เพื่อใช้เปรียบเทียบระหว่างผลงานจริงกับแผนงานที่กำหนดไว้จะมีความแตกต่างกันเพียงไร เพื่อจะได้ปรับแก้ไขได้ทันเวลา ถ้าเกิดผิดพลาดจากแผนงาน

เส้น S-Curve จะแสดงให้เห็นถึงจำนวนเงินที่เพิ่มขึ้นตามผลงานที่ก้าวหน้าไปของแต่ละเดือน ปกติจะค่อนข้างทำงานช้าในตอนเริ่มต้น ค่อนข้างเร็วในช่วงกลางของเวลาทำงานและไปค่อนข้างช้าๆ ในช่วงท้ายของงาน เส้น S-Curve ที่ได้อาจนำมาใช้ตรวจสอบความผิดปกติบางประการได้

2.10.2 <u>แผนการรับเงินของโครงการ</u>

การรับเงินค่าก่อสร้างจากเจ้าของงาน จะเป็นไปตามข้อกำหนดที่ระบุไว้ในสัญญา เช่น

1.จะจ่ายเงินให้ทุกสิ้นเดือน ตามส่วนของงานที่ก่อสร้างเสร็จ ซึ่งใช้กับงานก่อสร้างซึ่งทำสัญญาแบบกำหนดราคาต่อหน่วย (Unit-price Contract)

2.จะจ่ายเงินให้ตามงวด โดยกำหนดจำนวนเงินไว้แน่นอน แต่มีเงื่อนไขที่ผู้รับเหมาจะต้องทำการก่อสร้างงานให้เสร็จตามส่วนที่ระบุไว้ของแต่ละงวด เป็นลักษณะการจ่ายเงินของแบบสัญญาจ้างเหมารวม (Lump sum Contract)

การวางแผนการรับเงินเข้า (in-flow) จึงต้องจัดให้ตรงกับกำหนดจ่ายเงินของเจ้าของงานเป็นเกณฑ์ สัญญาที่กำหนดให้เจ้าของงานจ่ายเงินทุกเดือน เป็นสัญญาที่จัดเตรียมแผนการรับเงินได้ง่าย เพราะปกติมีลักษณะสอดคล้องกับการจ่ายเงินซึ่งปกติจะต้องจ่ายเงินตามกำหนดเวลาเป็นเดือนอยู่แล้ว แต่ปกติการจ่ายเงินของสัญญาก่อสร้างแบบนี้ เจ้าของงานจะหักเงินจากจำนวนเงินที่ผู้รับ

เหมาตั้งเบิกไว้ 10 % เป็นเงินประกันการทำงาน (Retainage) และจะจ่ายคืนให้เมื่อผู้รับเหมาทำงานได้แล้วเสร็จสมบูรณ์ ส่วนสัญญาแบบการจ่ายเงินเป็นงวดจะไม่มีเวลากำหนดไว้แน่นอน

2.10.3 การคาดคะเนการไหลของเงินสด

จากแผนการจ่ายเงินและแผนการรับเงินของโครงการที่ได้จัดทำไว้แล้ว เมื่อนำทั้ง 2 แผนนี้ประสานกัน จะเป็นแผนการไหลของเงินสด เพื่อแสดงให้ผู้บริหารงานได้ทราบว่า ตลอดเวลาของงานก่อสร้างถ้างานงานดำเนินไปตามแผน จะมีจำนวนเงินเข้าและออกของแต่ละเดือนมีปริมาณมากน้อยเท่าไร หรือมีปริมาณที่สมดุลกันหรือไม่ ถ้ามีจำนวนเงินไหลออกมากกว่าจำนวนเงินไหลเข้าแสดงว่าจะต้องจัดเตรียมจำนวนเงินมาลงทุนให้พอเพียงที่จะให้งานสามารถดำเนินการไปได้ และจัดเตรียมหาแหล่งเงินสำรวจลงทุนไว้ล่วงหน้าตามกำหนดเวลาที่ต้องการ ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์สำคัญของการจัดทำแผนการเงินของโครงการ

2.11 การวางแผนงานโดยวิธี BAR CHART

ธุรกิจในปัจจุบันภาวะเศรษฐกิจเป็นตัวบังคับให้เราต้องมีการวางแผนเวลา หรือจัดเวลาให้เกิดประโยชน์แก่งานเป็นที่สุด ประเทศไทยแต่โบราณกาล มีอาชีพเกษตรกรรมเป็นอาชีพหลักของประชากร โดยเฉพาะการเพาะปลูก ได้แก่ ทำนา ทำไร่ ลักษณะอาชีพดังกล่าว ทำให้ไม่ต้องมีการวางแผนเวลาทำงาน เพราะต้องทำไร่ ทำนากันตามฤดูกาล จะทำนอกฤดูกาลไม่ได้ เพราะมีธรรมชาติเป็นตัวกำหนด หรือบังคับ เรียกได้ว่า ให้เทวดาวางแผนเวลาทำงานให้เป็นเหตุให้คนไทยไม่คุ้นเคยกับการวางแผนเวลา แต่ในปัจจุบันสังคมไทยเริ่มเปลี่ยนแปลงไป เพราะมีอาชีพทางอุตสาหกรรมแพร่หลายขึ้นจึงจำเป็นต้องมีการวางแผนเวลาทำงานอย่างมีรูปแบบเป็นวิทยาศาสตร์ เช่น มีการวางแผนเวลาด้วยระบบ BAR CHART, C.P.M., LOB. หรือ ระบบ P.D.M. เป็นต้น เพราะอุตสาหกรรมเป็นงานซึ่งต้องการการจัดการที่ดี

การวางแผนด้วยระบบ BAR CHART เริ่มใช้มาตั้งแต่ พ.ศ. 2463 โดยวิศวกรชาวอเมริกัน ชื่อ MR.HENRY L.GANTT บางตำราเรียก BAR CHART ว่า GANTT'S CHART เพื่อเป็นเกียรติแก่ผู้ให้กำเนิด HENRY L.GANTT เป็นผู้ริเริ่มวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างการทำงานกับเวลาที่ต้องการสำหรับงานนั้น โดยกำหนดเป็นรูปตารางและได้มีการปรับปรุงรูปแบบในเวลาต่อมา ได้ใช้กันอย่างแพร่หลายในทุกกิจการแม้แต่งานก่อสร้างในปัจจุบัน

ความมุ่งหมายของ BAR CHART คือการคาดคะเนหรือกำหนดเวลาทำงานของโครงการว่าควรจะมีระยะเวลาเท่าไรจึงจะแล้วเสร็จ โดยกำหนดไว้ล่วงหน้าในรูปของตารางเวลาประกอบด้วยแกนตั้งและแกนนอนเช่นเดียวกับ GRAPH แกนตั้งคือแกนงาน แกนนอนคือ แกนเวลาทำงานของแต่ละงาน โดยแสดงด้วยสัญลักษณ์รูปแท่ง (BAR) ความมุ่งหมายก็เพื่อให้ผู้ควบคุม

โครงการหรือผู้ปฏิบัติงานได้ใช้เป็นหลักในการควบคุมงานให้เป็นไปตามกำหนด โดยเปรียบเทียบการทำงานจริง (ACTUAL WORK) กับงานที่วางแผนเวลาไว้ (PLANNING WORK)

ข้อดีของ BARCHART คือ

1.จัดทำง่าย

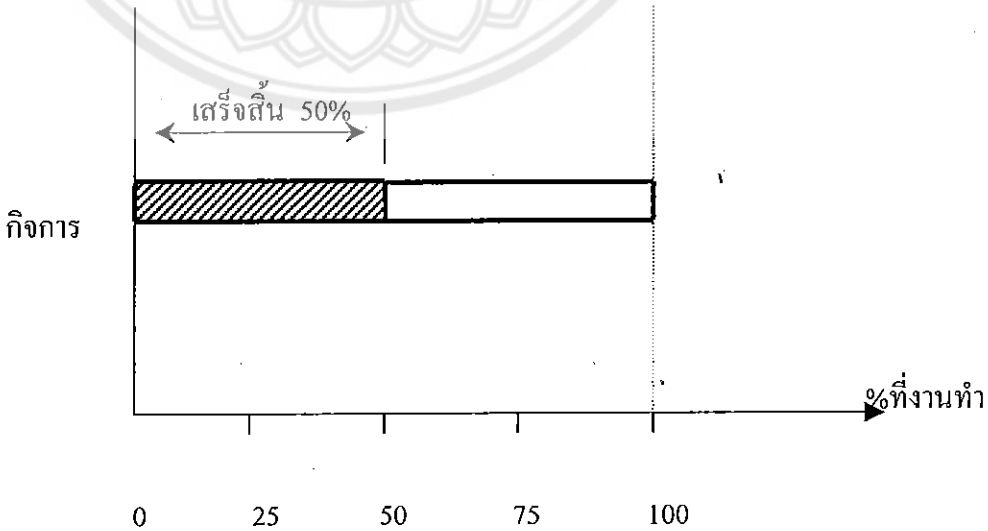
2.อ่านทำความเข้าใจง่าย แม้แต่ระดับคนงานซึ่งอ่านหนังสือออกก็สามารถเข้าใจได้ไม่ยากนัก

3.ปรับแก้ได้ง่าย

4.สามารถเปรียบเทียบเวลาทำงานที่วางแผนไว้ (PLANNING WORK) กับเวลาที่ใช้ไปกับการทำงานจริง (ACTUAL WORK) ได้ชัดเจน

2.11.1 แนวความคิดของ Bar chart

แนวความคิดเบื้องต้นในการกำหนดแบบจำลอง (Model) ของ Bar Chart คือ การกำหนดให้กิจกรรมต่าง ๆ เขียนไปตามแนวนอน ความยาวของแถบเส้นแนวนอนนั้น จะเป็นไปตามสัดส่วนของระยะเวลาที่ใช้ทำงานในแต่ละกิจการ Bar Chart สามารถจะกำหนดเวลาที่ใช้ทำตามวันปฏิทินได้โดยกำหนดตั้งแต่เริ่มโครงการจนกระทั่งโครงการนั้นแล้วเสร็จ เมื่อต้องการจะวัดความก้าวหน้าของงานตามช่วงเวลาแต่ละช่วง ก็สามารถกระทำได้ และสามารถจะทราบได้ว่างานที่กระทำมาแล้วนั้นสำเร็จเสร็จสิ้นไปเท่าใด

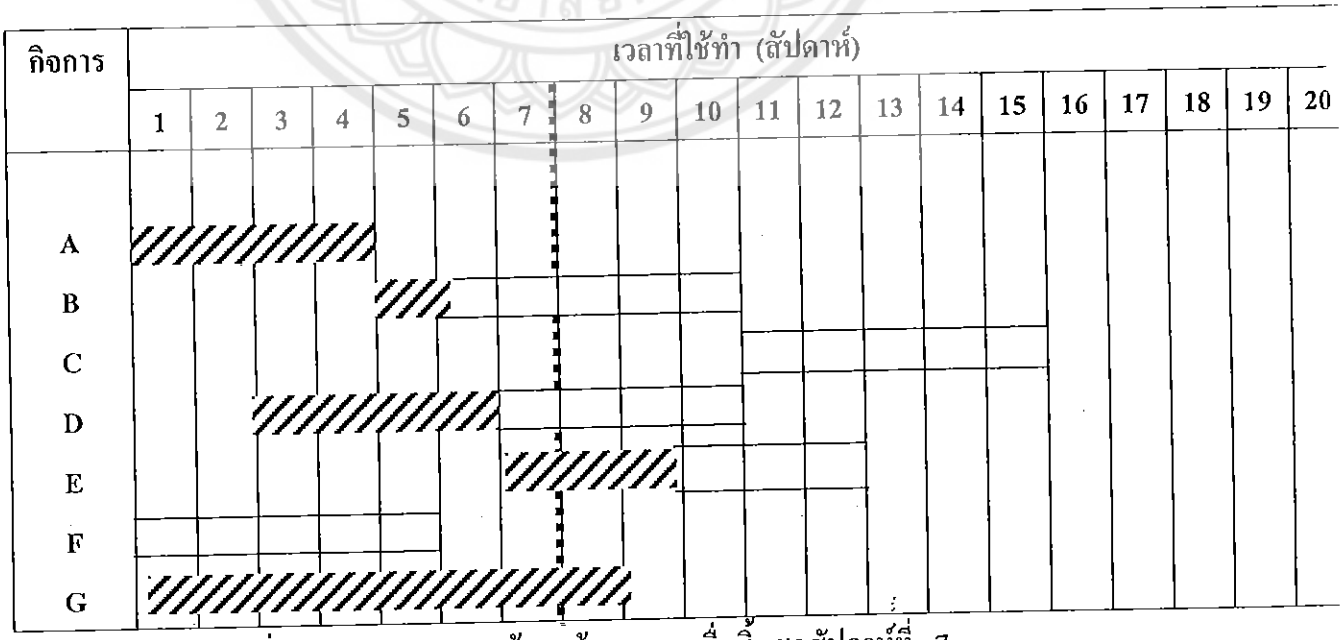


รูปที่ 1 งานที่กระทำแล้วเสร็จโดยเปรียบเทียบกับแผนงานเดิม

จากแบบจำลองของ Bar chart ข้างต้น คงจะสังเกตุเห็นได้ว่าเวลาที่กำหนดลงใน Bar Chart เริ่มกำหนดจากทางด้านซ้ายมือไปทางขวามือ และกิจกรรมต่าง ๆ จะเขียนเรียงลำดับตามขั้นตอนทำงานของโครงการนั้น ๆ โดยเริ่มจากข้างบนลงมาข้างล่าง จนกระทั่งโครงการเสร็จสิ้น แต่ในทางปฏิบัติ ผลงานที่กระทำได้อาจจะไม่เป็นไปตามแผนที่กำหนดเวลาไว้ ด้วยเหตุนี้เมื่อรายงานผลความก้าวหน้าของงาน ณ เวลาหนึ่ง เปอร์เซนต์ของงานที่กระทำได้จึงไม่ตรงกับแผนกำหนดเวลาเดิม ตัวอย่าง เช่น การรายงานความก้าวหน้าของงานก่อสร้างโครงการหนึ่ง ซึ่งรายงานความก้าวหน้าของงานเมื่อสิ้นสุดสัปดาห์ที่ 7 (โปรดสังเกตุลูกศรตอนบนและตอนล่างของ Bar Chart ในรูปที่2) ปรากฏผลจากการรายงงานตามตารางที่ 1

ตารางที่ 2.8 การรายงานความก้าวหน้าของงานก่อสร้าง

ความก้าวหน้า	แผนงานเดิม	หมายเหตุ
กิจการ A ทำเสร็จแล้ว	จะต้องทำแล้วเสร็จ	ตรงตามกำหนดเวลา
กิจการ B ทำเสร็จ 17 %	จะต้องทำเสร็จ 50 %	ช้ากว่ากำหนด 33 %
กิจการ C ยังไม่เริ่มต้นกระทำ	จะเริ่มต้นทำในสัปดาห์ที่ 11	-
กิจการ D ทำเสร็จ 50 %	จะต้องทำเสร็จ 62 %	ช้ากว่ากำหนด 12 %
กิจการ E ทำแล้วเสร็จ 50 %	จะต้องทำเสร็จ 17 %	เร็วกว่ากำหนด 33 %
กิจการ F ยังไม่เริ่มต้นกระทำ	จะต้องทำแล้วเสร็จทั้งหมด	ช้ากว่ากำหนด 100 %
กิจการ G ทำแล้วเสร็จทั้งหมด	จะต้องเสร็จ 87 %	เร็วกว่ากำหนด 13 %



ตารางที่ 2.9 แสดงความก้าวหน้าของงานเมื่อสิ้นสุดสัปดาห์ที่ 7

จากรูป กล่าวโดยสรุปก็คือ เส้นที่ตีทแยงอยู่ในกิจการนั้น แสดงถึงความก้าวหน้าของงานที่กระทำได้เมื่อสิ้นสุดสัปดาห์ที่ 7 ถ้าหากเส้นที่ตีทแยงอยู่ทางซ้ายมือของลูกศรที่ชี้ในสัปดาห์ที่ 7 ก็แปลว่ากิจการนั้นทำงานล่าช้ากว่ากำหนดเวลา ตามตัวอย่างนี้ได้แก่ กิจการ B , D และ F ในทำนองเดียวกันถ้าอยู่ทางขวามือของลูกศร จึงหมายถึงว่า กิจการนั้น ๆ ทำงานได้เร็วกว่ากำหนดเวลาที่วางแผนไว้นั่นเอง ดังนั้นถ้ามีการกำหนดรหัสหรือสัญลักษณ์สำหรับแสดงถึงเหตุผลที่ทำงานได้ล่าช้าโดยต้องกระทำให้รวบรัดและง่ายต่อการพิจารณา ก็สามารถจะใช้ประโยชน์จาก Bar Chart ได้เป็นอันมาก และถ้ามีการพิจารณาปรับปรุง Bar Chart ให้มีประสิทธิภาพ โดยพยายามให้ใช้งานได้เป็นอเนกประสงค์ ด้วยแล้วยิ่งจะอำนวยประโยชน์ต่อการดำเนินงานก่อสร้างมากขึ้นเพียงนั้น

2.11.2 ข้อจำกัดของ Bar Chart

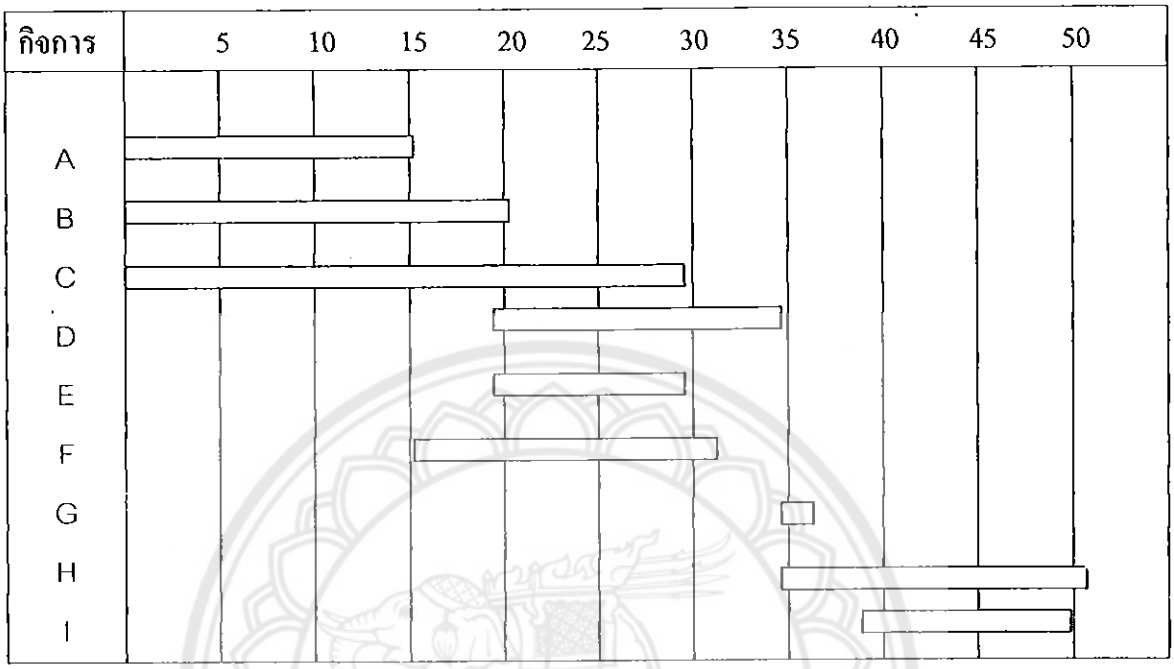
ความยุ่งยากของ Bar Chart ประการหนึ่งที่สำคัญก็คือ ไม่สามารถแสดงลำดับความสัมพันธ์ระหว่างกิจการต่างๆ ของโครงการเด่นชัด โดยเฉพาะถ้าโครงการใดมีกิจการอยู่หลายกิจการก็ยิ่งยากต่อการพิจารณาถึงความสัมพันธ์ดังกล่าวยิ่งขึ้นด้วย จึงเป็นปัญหาต่อการดำเนินงานเพราะใช้ประโยชน์ได้ไม่เท่าที่ควรดังนั้น Bar Chart จึงเหมาะกับโครงการที่มีขั้นตอนหรือกิจการไม่มากนัก

สมมติว่าเป็นงานก่อสร้างโครงการหนึ่ง โดยมีงานหรือกิจการอยู่ 9 กิจการ ความสัมพันธ์และระยะเวลาที่ใช้ทำของแต่ละกิจการนั้น กำหนดไว้ดังรายละเอียดตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2.10

กิจการ	เวลาที่ใช้ (สัปดาห์)	รายละเอียดประกอบ
A	16	ไม่มี เพราะมีการเริ่มต้นโครงการ
B	20	เริ่มต้นพร้อมกับกิจการ A
C	30	เริ่มต้นพร้อมกับกิจการ A และ B และเป็นกิจการสุดท้ายของโครงการ
D	15	ทำต่อจากกิจการ B
E	10	ทำต่อจากกิจการ B โดยเริ่มต้นพร้อมกับกิจการ D
F	15	เริ่มต้นพร้อมกับกิจการ A
G	3	เริ่มต้นพร้อมกับกิจการ D
H	16	เริ่มต้นพร้อมกับกิจการ D และเป็นกิจการสุดท้าย
I	12	เริ่มต้นพร้อมกับกิจการ E, F, G และเป็นกิจการสุดท้ายของโครงการ

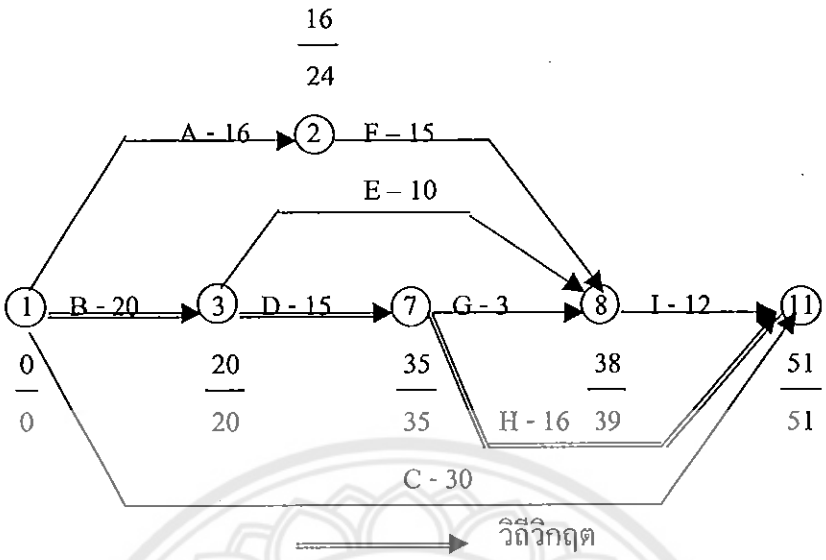
จากข้อมูลตามตารางที่ 2.10 สามารถเขียนเป็น Bar Chart ได้ตามตารางดังนี้



ตารางที่ 2.11 แสดงการกำหนดเวลาทำงาน

เงื่อนไขตามข้อกำหนดจากตารางที่ 2.10 กิจการ I จะเริ่มต้นกระทำได้ต่อเมื่อกิจการ E, F และ G ต้องกระทำเสร็จสิ้นเสียก่อน ซึ่ง Bar Chart ในตาราง2.11 ไม่สามารถแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างกิจการต่างๆได้ชัดแจ้ง โดยเหตุที่ Bar chart มีลักษณะดังเช่นว่านี้ จึงเป็นข้อจำกัดอีกประการหนึ่ง ซึ่งข้อจำกัดดังกล่าวจะเป็นผลกระทบต่อประสิทธิภาพของการดำเนินงานก่อสร้างอย่างไม่มีปัญหา

ดังนั้น จากกรณีข้อกำหนดตามตารางที่ 2.10 ถ้าแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างกิจการต่างๆได้ดีกว่ารูป Bar Chart ก็คือ การแสดงด้วยแผนผังลูกศร (Arrow Diagram) โปรดพิจารณาในรูปที่ 4 ซึ่งเป็นการเขียนแผนผังในรูปแบบ C.P.M. Network



รูปที่ 4 แผนผังลูกศร (Arrow Diagram)
ข้อมูลเดียวกันกับรูปที่ 3

ส่วนประกอบของโครงการก่อสร้าง

ในโครงการงานก่อสร้างแต่ละงานย่อมจะต้องมีส่วนประกอบของโครงการ ซึ่งเรียกว่า หน่วยงานย่อย (ACTIVITIES)

ใน PROJECT หนึ่ง ๆ อาจประกอบด้วย หน่วยงานย่อย(ACTIVITIES) มาก คือ อย่างละเอียด หรือน้อย คืออย่างหยาบ ๆ ก็ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของผู้วางแผนว่ามีความประสงค์อย่างไร

ตัวอย่างเช่น โครงการขนาดใหญ่งานหนึ่ง ผู้วางแผนต้องการทราบระยะเวลาการทำงานทั้งโคร :การเพียงหยาบ ๆ ก็อาจ BREAK DOWN โครงการนั้นออกเป็น ACTIVITIES ได้ดังนี้

1.งานศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ

2.งานออกแบบ

3.งานประกวดราคา

4.งานก่อสร้าง

จากตัวอย่างนี้จะเห็นว่า โครงการถึงแม้จะมีขนาดใหญ่ แต่ความประสงค์ของผู้วางแผนต้องการระยะเวลาทำงานของ ACTIVITY ใหญ่ ซึ่งอาจแบ่งเป็น 4 ACTIVITIES เท่านั้นก็พอ แต่

เมื่อถึงขั้นวางแผนเพื่อการปฏิบัติงานสนาม จำเป็นต้อง BREAK DOWN ออกเป็นหน่วยงานย่อย อย่างละเอียด รอบคอบและเรียงตามลำดับขั้นตอนการทำงาน และต้องไม่ขาดหาย ACTIVITY ใด ไปเพราะจะทำให้เกิดปัญหาในทางปฏิบัติ

ดังนั้น การ BREAK DOWN เพื่อหา ACTIVITIES ต่าง ๆ ในโครงการจึงเป็นขั้นตอนที่สำคัญมาก จำเป็นต้องใช้นักวางแผนเป็น TEAM และต้องมีความชำนาญสนามเป็นอย่างดี มิฉะนั้นจะไม่สามารถตัดสินปัญหา หรือมองเห็นขั้นตอนการทำงานได้ชัดเจน ตัวอย่างเช่น วางแผนจะพาคนไปทัศนาจรเชียงใหม่ ผู้วางแผนหรือผู้ทำกำหนดการเดินทางจำเป็นต้องรู้เส้นทางไปเชียงใหม่และรู้จักจังหวัดเชียงใหม่เป็นอย่างดี ทุกแง่ทุกมุม แผนกำหนดการเดินทางไปเชียงใหม่จึงจะมีปัญหาน้อยที่สุด

การแยกหน่วยงานย่อยออกจากงานโครงการ อาจพิจารณาได้หลายอย่างดังนี้

1.พิจารณาจากงวดงานในสัญญา

2.พิจารณาจากลักษณะชั้นอาคาร

3.พิจารณาจากการรับเหมาช่วง

4.พิจารณาจากโครงสร้างของอาคาร

ตัวอย่าง

การหาหน่วยงานย่อย (ACTIVITIES) จากโครงการ (PROJECT) โรงจอดรถขนาดเล็ก

1.เตรียมงาน

2.วางผัง

3.ขุดหลุม

4.ตอกเข็ม

5.เตรียมงานไม้แบบ

6.เตรียมเหล็กฐานราก ตอม่อ คานคอดิน

7.เทคอนกรีตฐานราก

8.เทคอนกรีตตอม่อ

9.เทคอนกรีตคานคอดิน

10.บ่มคอนกรีต ถม บดอัด

11.ตั้งเสา

12.ติดตั้งโครงหลังคา มุงหลังคา

13.เตรียมเหล็กตะแกรงพื้น

14.เทคอนกรีตพื้น

15.ติดตั้งไฟฟ้า

16.ทำรางระบายน้ำ

17.เก็บทำความสะอาด

เมื่อได้แยกหน่วยงานย่อยออกมาดังตัวอย่างนี้แล้วก็ควรมีการเพิ่มเติมรายละเอียดว่า ACTIVITY ต่าง ๆ ที่แบ่งแยกแล้วมีรายละเอียดอย่างไรบ้าง เพื่อผู้ปฏิบัติงานสนามจะได้ไม่เกิดปัญหาในขณะลงมือทำงานจริง โดยทำเป็นบัญชีรายละเอียด หน่วยงานย่อย (DETAIL OF ACTIVITIES)

2.11.3 <u>การแบ่งและคำนวณเวลาแต่ละส่วนงานของโครงการ</u>

หมายถึง การหาระยะเวลาการทำงานของแต่ละงานย่อย ซึ่งเรียกว่า DURATION OF ACTIVITY (D) การจะกำหนดว่าหน่วยงานย่อยใดควรมีเวลาในการทำงานมากน้อยเท่าใด ต้องพิจารณาโดยปัจจัย 3 ประการ คือ

1.สถิติความสามารถในการทำงานของคน กลุ่มคน หรือเครื่องทุ่นแรง ต่อ 1 วัน

2.ประสบการณ์ที่สามารถนำมาประมาณเวลาทำงานของแต่ละหน่วยงานย่อย ในกรณีที่บางงานย่อยไม่สามารถแสดงด้วยสถิติได้ เช่น เวลาในการปรับที่ เวลาในการวางผัง ซึ่งงานดังกล่าวจะมีรูปแบบยากหรือง่าย ใหญ่หรือเล็ก แตกต่างกัน ซึ่งไม่สามารถจัดเป็นสถิติได้ จึงต้องอาศัยประสบการณ์

3.สอบถามผู้ชำนาญเฉพาะ เช่น งานบางงานมีลักษณะเป็นงานเฉพาะ ต้องอาศัยผู้รู้เฉพาะงานนั้น เช่น เวลาที่ใช้ในการติดตั้งลิฟท์ บันไดเลื่อน หรือระบบปรับอากาศ เป็นต้น

อย่างไรก็ตาม สิ่งที่ต้องคำนึงถึงเสมอว่า ACTIVITY ใดก็ตาม จะมีระยะเวลาการทำงานมากหรือน้อย ย่อมขึ้นอยู่กับปริมาณกำลังคน (MAN POWER) หรือกำลังเครื่องจักร (MACHINE POWER) ที่ทำงานนั้นด้วย เวลาทำงานและกำลังงานที่ทำ จะเป็นปฏิภาคกัน คือ ถ้าต้องการทำงานให้เสร็จเร็ว ก็ต้องใช้กำลังงานมาก คือ ใช้คนหรือเครื่องจักรมาก แต่ถ้างานใดไม่รีบเร่งมีเวลาทำงานได้นาน ก็ใช้กำลังคนหรือเครื่องน้อยลงได้ ทั้งนี้ การจะกำหนดจำนวนวันทำงานของแต่ละหน่วยงานย่อยนั้น ขึ้นอยู่ที่ความสามารถของผู้วางแผน ที่จะจัดเวลาให้เหมาะสมแต่ละงาน และเหมาะสมกับกำลังงานที่ใช้ทำงานนั้น ๆ ด้วย

ลักษณะงานบางงานซึ่งมีปริมาณงานมาก ๆ ถึงแม้เราจะเร่งให้เสร็จอย่างรวดเร็ว โดยกำหนดจำนวนคนหรือเครื่องจักรมาก ๆ เพื่อให้งานเสร็จในเวลาสั้น ๆ แต่ก็ไม่สามารถทำได้ในทางปฏิบัติ ตัวอย่างเช่น งานตอกเข็มยาว 21 เมตร จำนวน 2000 ต้น ให้เสร็จภายใน 1 วัน โดยจะต้อง

จัดปั้นจั่นตอกเข็มหลายร้อยเครื่อง ซึ่งในทางปฏิบัติเป็นไปไม่ได้ หรืองานก่ออิฐผนัง 4000 ตารางเมตรให้เสร็จภายในวันเดียว จะต้องจ้างช่างก่ออิฐหลายร้อยคน ซึ่งในทางปฏิบัติย่อมเป็นไปไม่ได้เช่นเดียวกัน ผู้วางแผนจึงต้องใช้เหตุผล คือ มองเห็นความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติด้วย

2.11.4 หลักเกณฑ์การพิจารณาหาจำนวนวันทำงานในแต่ละหน่วยงานย่อย

1. ต้องทราบปริมาณงานของหน่วยงานย่อย (QUANTITY OF WORK IN ACTIVITY) ซึ่งอาจมีหน่วยปริมาณต่างกัน เช่น เป็นเมตร ตารางเมตร ลูกบาศก์เมตร กิโลกรัม ตัน เป็นต้น ตามลักษณะของงานย่อยนั้น นักวางแผนอาจขอทราบปริมาณงานดังกล่าวได้จาก B.O.Q.(BILL OF QUANTITIES) ของหน่วยประมาณราคา ซึ่งจะมีรายละเอียดไว้ครบถ้วน เช่น งานฐานราก ใช้คอนกรีตกี่ลูกบาศก์เมตร ใช้ไม้แบบกี่ตารางเมตร ใช้เหล็กกี่กิโลกรัม เป็นต้น เมื่อได้ปริมาณงานแต่ละหน่วยงานย่อยแล้ว ก็นำไปคำนวณหาเวลาการทำงาน (D) จากสถิติการทำงานต่อ 1 วัน

ตัวอย่าง ต้องการตอกเข็ม ค.ส.ล. ขนาด 0.25x0.25x21.00 เมตร จำนวน 120 ต้น

จากสถิติ ในเวลา 1 วัน ปั้นจั่นตอกเข็ม 1 เครื่อง ตอกเข็ม 0.25x0.25x21.00 เมตรได้ 6 ต้น

เข็มทั้งหมด 120 ต้น จึงใช้เวลาตอก 120/6 = 20 วัน โดยใช้เครื่องตอก 1 เครื่อง

ถ้าต้องการลดจำนวนทำงานให้น้อยลง ก็ต้องเพิ่มเครื่องตอกเข็มอีก 1 เครื่อง จะใช้เวลาเพียง 10 วัน

งานย่อยบางงานไม่มีหน่วยปริมาณเป็นสถิติ เช่น งานวางผัง งานปรับที่ หรือการเก็บทำความสะอาด ก็ต้องใช้ปริมาณเหมารวม (ม.ร.) หรือ LUMP SUM (L/S) แล้วใช้ประสบการณ์คาดคะเนเวลาทำงาน เช่น วางผัง ใช้เวลา 1 วัน เป็นต้น

2.ต้องพิจารณาขีดความสามารถของผู้รับเหมางานนั้นว่ามีทุนดำเนินการ หรือเครดิตเพียงใดมีกำลังคนพร้อมหรือไม่ และมีระบบการจัดการที่มีประสิทธิภาพเพียงใด สิ่งเหล่านี้มีผลกระทบต่อเวลาทำงาน (D) ทั้งสิ้น

3.การเผื่อเปอร์เซ็นต์เวลาทำงาน บางครั้งจำนวนวันทำงานหรือค่า D ซึ่งกำหนดไว้ในแต่ละ ACTIVITY จะต้องเปลี่ยนแปลงไปตามตัวแปรหลายอย่าง ทำให้ผู้วางแผนต้องเผื่อเวลาทำงานไว้มากขึ้นกว่าความเป็นจริง ตัวแปรดังกล่าวอาจได้แก่

3.1 สภาพลมฟ้าอากาศ การทำงานช่วงฤดูฝน ฤดูน้ำท่วม หรือสภาพอากาศที่ปรวนแปรเป็นผลกระทบต่อเวลาที่วางแผนไว้

3.2 สภาพภูมิประเทศของที่ก่อสร้าง การก่อสร้างในที่แคบ เอียงลาด เป็นหลุมบ่อย่อมใช้เวลามากกว่าที่ดินกว้างใหญ่ ราบเรียบ

3.3 สภาพแวดล้อมข้างเคียงที่ก่อสร้าง งานก่อสร้างในบริเวณที่มีอาคารข้างเคียงล้อมรอบย่อมมีกรรมวิธีทำงานเพิ่มมากขึ้น มีการเตรียมงานมากกว่า ใช้เวลามากกว่าด้วย การก่อสร้างใกล้สถานพยาบาล โรงเรียน โรงแรม อาจต้องเปลี่ยนเทคนิคการทำงานซึ่งมีผลกระทบต่อเวลาทำงานด้วย

3.4 ประสิทธิภาพเครื่องทุ่นแรง ผู้รับเหมาบางราย ใช้เครื่องทุ่นแรงเก่า ทำให้ขาดประสิทธิภาพ และความสามารถในการทำงาน บางครั้งเครื่องทุ่นแรงเสียก็ทำให้งานหยุดชะงักเป็นช่วง ๆ

3.5 การขนส่งคมนาคม การจราจรติดขัด หรือระยะเวลาการเดินรถถูกจำกัดด้วยกฎหมายจราจรก็มีผลต่อเวลาทำงาน

3.6 สภาพเศรษฐกิจและการเมือง เช่น คนงานนัดหยุดงาน วัสดุขาดตลาด เป็นต้น

3.7 นิสัยการทำงานของคนในชาติ เราเอาแบบอย่างการวางแผนงานมาจากประเทศที่เจริญแล้วมาใช้ แต่นิสัยการทำงานของคนในชาติเราต่างกว่า จึงทำการวางแผนระบบต่าง ๆ ต้องล้มเหลวเพราะคน

2.11.5 <u>วิธีประมาณระยะเวลาทำงาน (D) โดยอาศัยสถิติการทำงาน</u>

การประมาณหาค่า "D" ว่างานย่อยแต่ละงานจะใช้เวลามาก หรือน้อย ย่อมขึ้นอยู่กับปริมาณคนงาน หรือปริมาณเครื่องจักร เครื่องทุ่นแรง ที่เราใช้กับงานย่อยนั้นมากเพียงใด ถ้ามีคนงานและเครื่องจักรมากก็ย่อมเสร็จงานเร็ว เช่น งานขุดดิน 25 ลูกบาศก์เมตร ใช้คนขุดคนเดียวต้องกินเวลา 10 วัน ถ้าใช้คน 2 คนขุด ก็กินเวลาเพียง 5 วัน (จำนวนวัน คือ D) เรามีสมการในการหาค่า D ดังนี้

$$D = \frac{\text{ปริมาณงาน}}{\text{จำนวนคนหรือเครื่องx ปริมาณงานที่ได้จากคนหรือเครื่อง 1 คน ,เครื่องใน1วัน}}$$

จากสมการนี้ สมมติว่าจะหาค่า D ของงานขุดดิน 175 ลบ.ม. โดยใช้รถขุด (ซึ่งขุดดินได้ 50 ลบ.ม./1 วัน) จำนวน 3 เครื่อง

$D = 175/(3x50) = 1.1$

$= 1\ ½$

ในงานบางงานจำเป็นต้องใช้กลุ่มคน (Gang) จึงจะทำงานได้ เช่น งานตอกเข็ม งานคอนกรีต ในกรณีการหาค่า D ต้องใช้สมการต่อไปนี้

$$D = \frac{\text{จำนวนแรง (Manday)}}{\text{กลุ่มคนงานที่ใช้}}$$

คำว่า จำนวนแรง หรือ Manday ตรงกับความหมายแบบไทยที่เราเรียกปริมาณงานเป็น "แรง" (8 ชั่วโมง) เช่น "ทำงานขุดดินไป 6 แรงจึงเสร็จ" หมายถึง 6 คนขุดดิน 1 วัน หรือ 1 คนขุดดิน 6 วันเสร็จ หรือ 2 คนขุดดิน 3 วันเสร็จ หรือ 3 คนขุดดิน 2 วันเสร็จ ก็ได้ความหมายเหมือนกัน

สมมติว่ามีงานตอกเข็ม เส้นผ่าศูนย์กลาง 3"x 3.00 เมตร ได้ 120ต้นต่อ 1 วัน

∴ เข็ม 1240 ต้น ก็ใช้คนตอก (6x1240)/120 = 62 แรง

จากสมการ $D = \frac{\text{จำนวนแรง (Manday)}}{\text{กลุ่มคนงานที่ใช้}}$

$D = 62/6 = 10$ วัน

หมายความว่า เข็มเส้นผ่าศูนย์กลาง 3" x3.00 เมตรจำนวน 1240 ต้น ใช้คนตอก 6 คน กินเวลาตอกเข็ม 10 วันจึงจะเสร็จ

2.11.6 <u>ตารางกำหนดส่วนงาน และระยะเวลา</u>

ในที่นี้หมายถึงรูปแบบหรือโครงสร้างของการทำ BAR CHART จากรูปตัวอย่าง จะเห็นว่ารูปแบบ (FORM) ของ BAR CHART ควรประกอบด้วย

1.ชื่อโครงการ สถานที่ก่อสร้าง ชื่อบริษัทรับเหมา

2.วันเริ่มงาน และวันเสร็จงาน

3.ช่องที่ 1 ลำดับที่

4.ช่องที่ 2 ชื่อหน่วยงานย่อย (ACTIVITIES) เรียงตามลำดับก่อนหลังของการทำงาน

5.ช่องที่ 3 ปริมาณ (QUANTITY OF WORK) ของแต่ละหน่วยงานย่อย

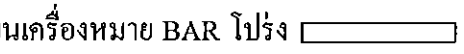
6. ช่องที่ 4 ตารางเวลาซึ่งกำหนดเป็นนาที ชั่วโมง วัน เดือนหรือปีแล้วแต่ความต้องการ

โดยทั่วไปการทำ BAR CHART ควรทำต้นฉบับด้วยกระดาษไข เพื่อจะได้ใช้พิมพ์หลาย ๆ ครั้งขนาดของ BAR CHART จะใหญ่หรือเล็กย่อมขึ้นอยู่กับระยะเวลาทำงาน ซึ่งอยู่ในแนวนอน และจำนวน ACTIVITY ซึ่งอยู่ในแนวตั้ง

เครื่องหมายแสดงถึงระยะเวลาทำงาน

เมื่อได้จัดรูปแบบตารางแล้ว จึงนำรายละเอียดต่าง ๆ มาลงในตารางโดยกำหนดระยะเวลาการทำงานดังนี้

1.เขียน " หน่วยงานย่อย " ลงในช่องที่กำหนดไว้โดยเรียงตามลำดับ การทำงานก่อน-หลัง

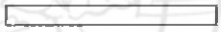
2.เขียนเครื่องหมาย BAR โปร่ง  เป็นสัญลักษณ์ แทนจำนวน เวลาทำงานของแต่ละหน่วยงานย่อย หัว BAR คือเวลาเริ่มงาน หาง BAR คือ เวลาเสร็จงาน ความยาวหรือสั้นของ BAR ขึ้นอยู่กับค่า D

3.การกำหนดเวลาเริ่มงานของแต่ละงานย่อย คือ หัว BAR จะเริ่มวันเวลาใด ผู้วางแผนจะต้องกำหนดโดยคำนึงถึงข้อเท็จจริง (LOGIC) ในการปฏิบัติงาน ดังนี้

3.1 หน่วยงานย่อยหนึ่งต้องรอให้หน่วยงานย่อยหนึ่งทำเสร็จก่อน จึงจะเริ่มได้ เช่น งานขุดหลุม

งานตอกเข็ม

3.2 หน่วยงานหนึ่งเริ่มทำพร้อมกับอีกหน่วยงานหนึ่ง เช่น

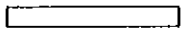
งานวางผัง 

งานผูกเหล็ก

3.3 หน่วยงานย่อยหนึ่ง ดำเนินไปเป็นบางส่วนก็เริ่มอีกหน่วยงานย่อยหนึ่งได้ เช่น งานมุงหลังคา

งานก่ออิฐ

4. การกำหนดวันตามปฏิทิน จากที่เราวางแผนไว้แล้ว จะได้จำนวนวันทำงานทั้งหมดของโครงการ (TOTAL PROJECTDURATION) หรือ WORKING DAYS คือจำนวนวันทำงานจริงเราจะต้องนำไปจัด วันทำงานตามปฏิทิน (CALENDAR DAYS) เพื่อจะได้ทราบวันที่เริ่มทำงานว่า วันที่ เดือน พ.ศ. อะไร และระหว่างที่ทำงานเราหยุดวันใดบ้าง เช่น หยุดวันอาทิตย์หรือวันนักขัตฤกษ์และวันสุดท้าย คือ วันเสร็จงานตรงกับวันที่ เดือน พ.ศ. อะไร

5. การกำหนด BAR โปร่ง  คือสัญลักษณ์แสดง "เวลาทำงานที่วางแผน" (PLANNING TIME) เมื่อลงมือทำงานจริงในสนาม เราจะต้องเขียน BAR ทึบ ซึ่งเป็นสัญลักษณ์ "เวลาการทำงานจริง" (ACTUAL TIME) เพื่อจะได้เปรียบเทียบว่า "เวลาที่วางแผน" กับ " เวลาที่ทำงานจริง" ต่างกันเพียงใด

รูปแบบของ BAR CHART ที่ได้ยกตัวอย่างมานี้ เป็นรูปแบบที่นิยมใช้กัน เพราะง่ายต่อการทำและง่ายต่อการอ่าน บางหน่วยงานอาจมีการปรับปรุงรูปแบบให้สนองประโยชน์มากขึ้น เช่น

อาจแสดงราคางานแต่ละหน่วยงานย่อยไว้ด้วย โดยแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ของงานทั้งหมดไว้ก็ได้ ทั้งนี้เพื่อเป็นข้อมูลในการควบคุมต้นทุน

2.11.7 หลักการวางแผนด้วยระบบ BAR CHART ทั้งโครงการ

เมื่อได้รับมอบหมายให้วางแผนเวลาด้วยระบบ BAR CHART โครงการใดโครงการหนึ่ง ควรจัดลำดับการทำงานดังนี้

1. ศึกษาแบบ รายการประกอบแบบ สัญญาก่อสร้าง ตลอดจนเงื่อนไขต่าง ๆ โดยละเอียด เพื่อจะได้ทราบ ลักษณะงาน ขนาดงาน และความยากง่ายของงาน ตลอดจนงวดงานต่าง ๆ เพื่อจะได้เป็นข้อมูล ในการจัดลำดับ "หน่วยงานย่อย" ตามขั้นตอนของการทำงานและตามลำดับ งวดงานในสัญญา

2.จัดแบ่งงานทั้งโครงการออกเป็น "หน่วยงานย่อย" (ACTIVITIES)

3.เรียงลำดับ "หน่วยงานย่อย" ตามลักษณะการทำงานก่อน-หลัง

4. ทำบัญชีรายละเอียดของแต่ละหน่วยงานย่อย (DETAIL OF ACTIVITIES) เพื่อบอกกิจกรรม ซึ่งแต่ละหน่วยงานย่อยจะต้องทำมีอะไรบ้าง

5. จัดหาปริมาณงาน(QUANTITIES OF WORK) ของแต่ละหน่วยงานย่อย เพื่อจัดทำตาราง (DURATION ESTIMATING TABLE) ของหน่วยงานย่อยทั้งหมด

6. จัดทำตาราง BAR CHART โดยนำข้อมูลจากข้อ 5 มาจัดลงในตาราง

7.จัดทำ HISTOGRAM แสดง MAN POWER SCHEDULE หรือ MACHINE SCHEDULE เพื่อแสดงจำนวนคน หรือเครื่องจักรที่ใช้ในงานนั้นวิธีทำต้องใช้ข้อมูลจากข้อ 5

<u>ตัวอย่างการคำนวณ</u>

ในการก่อสร้างทาง(Highway)แห่งหนึ่งมีปริมาณงานต่าง ๆ ที่ประมาณการต่าง ๆ ดังนี้

รายการ	หน่วย	ปริมาณงาน	ราคาต่อหน่วย(บาท)
1. งาน Clearing & grubbing	m^2	1,351,000	2.00
2. งาน Embankment	m^3	2,071,000	112.00
3. งาน Selected Material	m^3	392,000	240.00
4. งาน Sub-base	m^3	168,000	280.00
5. งาน Prime Coat	m^2	735,000	14.00
6. Crushed Rock base	m^3	151,000	610.00
7. Asphaltic Concrete Surface	m^2	735,000	100.00
8. Reinforced Concrete Pipe	m	13,000	2420.00
9. Bridge	m	600	110,000.00
10.Pavement Marking (paint)	m^2	10,000	290.00
11.Traffic Sign	m^2	360	2300.00

จากข้อมูลที่ได้จัดทำแผนงานแบบ BAR CHART ได้ดังนี้

ที่	งาน	หน่วย	ปริมาณงาน	ราคาต่อหน่วย(บาท)	จำนวนเงิน	%งาน					เวลา(เดือน)					
							1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Clearing & grubbing	ม2	1,351,000	2	2702000	0.41	0.41									
2	Embankment	ม3	2,071,000	112	231952000	35.53	11.84	23.69								
3	selected Material	ม3	392,000	240	94080000	14.4		2.88	11.52							
4	Sub-base	ม3	168,000	280	47040000	7.21			2.4	4.8						
5	Crushed Rock base	ม3	151,000	610	92110000	14.11				9.4	4.7					
6	Prime Coat	ม2	735,000	14	10290000	1.57					0.52	0.52	0.53			
7	Asphaltic Concrete Surface	ม2	735,000	100	73500000	11.26						4.5	4.5	2.26		
8	Reinforce Concrete Pipe	ม	13,000	2420	31460000	4.82							1.93	1.93	0.96	
9	Bridge	ม	600	110,000.00	66000000	10.11			2.02	2.02	2.02	2.02	2.03			
10	Pavement Marking (paint)	ม2	10,000	290	2900000	0.44							0.12	0.16	0.16	
11	Traffic Sign	ม2	360	2300	828000	0.14										0.14
				รวม	652862000	100										
						%แต่ละเดือน	12.25	26.57	15.95	16.22	7.24	7.04	9.1	4.35	1.12	0.14
						จำนวนเงินแต่ละเดือน	79975595	173465433	104131489	105894216	47267208	45961484	59410422	28399497	7312054	1044579
						%สะสม	12.25	38.82	54.77	70.99	78.23	85.27	94.37	98.72	99.84	100
						เงินสะสม	79975595	253441028	357572517	463466733	510733942	556695427	616105849	644505346	651817400	652862000

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการ

3.1 เข้าพบอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้ที่เกี่ยวข้องในโครงการ

1.เข้าพบอาจารย์ที่ปรึกษาที่มหาวิทยาลัยนเรศวรเพื่อขอคำปรึกษาถึงวิธีการดำเนินงานและการวางแผนงาน

2.เข้าพบอาจารย์ที่ปรึกษาที่สำนักทางหลวงที่ 4 เพื่อขอคำปรึกษาถึงวิธีการดำเนินงานและการวางแผนงานและการปรับปรุงแผนงานให้ถูกต้อง

3.เข้าพบ Project Engineer ที่โครงการก่อสร้างทางเลี่ยงเมืองสุโขทัย เพื่อขอข้อมูลในการปฏิบัติงานและ Progress Chart และขอคำปรึกษาในการวางแผนงาน

3.2 การออกเก็บข้อมูลที่โครงการและหน้างาน

1.เข้าพบนายช่างที่โครงการเพื่อรับทราบถึงขั้นตอน การวางแผนงาน การปฏิบัติงาน

2.ออกสำรวจดูการปฏิบัติงาน ตั้งแต่ กม. 0+000.000 ถึง กม. 26+830.630 พร้อมทั้งถ่ายรูปเก็บรายละเอียดไปด้วย

3.เข้าพบนายช่างที่หน้างานเพื่อรับทราบถึงการปฏิบัติงานและการบริหารงาน

3.3 การพิจารณาการทำงานในกลุ่ม

1.จัดวางขอบข่ายในการปฏิบัติงาน พร้อมทั้งให้สมาชิกในกลุ่มไปศึกษาแผนงาน

2.วางแผนงานและวิธีการดำเนินงาน พร้อมทั้งแบ่งหัวข้อรับผิดชอบให้แต่ละคนในกลุ่ม

3.ได้มีการจัดให้สมาชิกในกลุ่มออกศึกษาข้อมูลหน้างานและสอบถามข้อสงสัยกับผู้รับผิดชอบโครงการ

4.มีการประชุมเพื่อรับฟังความก้าวหน้าของผลงานที่สมาชิกในกลุ่มได้รับผิดชอบ

5.รวบรวมผลงานทั้งหมดและสรุปผลงาน

6.จัดทำรูปเล่มและเตรียมการสัมมนา

3.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา

1.อุปกรณ์สำหรับการรวบรวมข้อมูล

- กล้องถ่ายรูป
- คอมพิวเตอร์
- เครื่อง Scan
- สมุดจดบันทึก

2. อุปกรณ์สำหรับทำเล่มรายงาน

- กระดาษ A4
- คอมพิวเตอร์
- เครื่องพิมพ์
- เครื่อง Scan

บทที่ 4
ผลการศึกษาโครงงาน

ในงานก่อสร้างถนนพื้นผิวแอสฟัลติกคอนกรีตนั้น ตัวคันทาง ถือเป็นโครงสร้างหลักของถนน โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของงานทั้งหมดทั้งโครงการก่อสร้างทาง "เลี่ยงเมืองสุโขทัย" นี้คิดเป็น 73.44% ของงานที่ต้องดำเนินการก่อสร้างทั้งหมด ซึ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการวางแผนงานก่อสร้างที่ดี มีประสิทธิภาพ เกิดปัญหาและอุปสรรคในการทำงานน้อยที่สุด และงานก่อสร้างเสร็จทันตามกำหนดสัญญา

โครงสร้างของถนนนี้จะประกอบไปด้วยชั้นวัสดุที่เป็นดินและหินโม่ที่ทำการบดอัดได้ตามข้อกำหนด จำเป็นที่จะต้องมีเครื่องจักรก่อสร้างเข้ามาทำงาน โดยเริ่มตั้งแต่ งานถางป่า ขุดตอ งานขุดตัก ขนส่งวัสดุ งานตัดคันทาง งานถมคันทาง งานวัสดุคัดเลือก งานรองพื้นทาง งานพื้นทางและงานพื้นผิว

4.1 เครื่องจักรก่อสร้าง

จากการศึกษาการวางแผนงานก่อสร้างทาง "เลี่ยงเมืองสุโขทัย" นี้ฝ่ายผู้รับจ้างได้มีบัญชีแสดงรายการเครื่องมือเครื่องจักรและยานพาหนะที่ใช้ดำเนินการก่อสร้าง ดังตารางที่ 4.1 แสดงบัญชีเครื่องมือเครื่องจักรและยานพาหนะ งานก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 12 สาย ตาก-สุโขทัย ตอนเลี่ยงเมืองสุโขทัย ระหว่าง กม.0+000 ถึง กม.26+830.630 ระยะทางยาวประมาณ 27.0004 กม. รายการเครื่องจักรจะเริ่มจาก รถขุดไฮโดรลิก รถแทรกเตอร์ตีนตะขาบ รถแท่รกเตอร์ รถเกรด รถบด-ล้อเรียบ รถบด-สั่นสะเทือน รถบด-ล้อเหล็ก รถบด-ล้อยาง รถโรยหิน(รถแทรกเตอร์) รถลาดยาง เครื่องเป่าฝุ่น บล็อคโรยหิน รถไม้กวาด รถเทเลอร์(หางยาว) รถเทเลอร์(หางสั้น) รถบริการน้ำมัน รถบรรทุกของเหลว รถกระบะบรรทุก ซึ่งจะมียี่ห้อ แบบ/รุ่น ต่างๆกันที่สำคัญคือ แต่ละยี่ห้อ แบบ/รุ่น จะมีการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในปริมาณที่แตกต่างกันไปด้วย และมีข้อจำกัดของประสิทธิภาพการใช้งานและอายุการใช้งาน ซึ่งค่าใช้จ่ายในเรื่องเครื่องจักร น้ำมันเชื้อเพลิง การบำรุงรักษาเครื่องจักร จะนำไปใช้ในการวางแผนงบประมาณก่อสร้าง

ตารางที่ 4.1 แสดงบัญชีเครื่องมือเครื่องจักรและยานพาหนะ

งานก่อสร้างทางหลวงหมายเลข 12 สาย ตาก - สุโขทัย ตอนเลี่ยงเมืองสุโขทัย

ระหว่าง กม. 04+000 ถึง กม. 264+830.630 ระยะทางประมาณ 27.0004 กม.

ลำดับที่	รายการเครื่องจักร	ยี่ห้อ	แบบ / รุ่น	จำนวน
1	รถขุดไฮโดรลิค	แคตเตอร์พิลล่าร์	320	3
2	รถขุดไฮโดรลิค	แคตเตอร์พิลล่าร์	325	2
3	รถขุดไฮโดรลิค	แคตเตอร์พิลล่าร์	Sk 200	3
4	รถขุดไฮโดรลิค	ฮิตาชิ	Ex 200	1
5	รถแทรกเตอร์ตีนตะขาบ	โคมัตสุ	D 60 A	1
6	รถแทรกเตอร์	แคตเตอร์พิลล่าร์	815	1
7	รถแทรกเตอร์	แคตเตอร์พิลล่าร์	815 B	1
8	รถแทรกเตอร์	แคตเตอร์พิลล่าร์	D 4 1 E-6	1
9	รถแทรกเตอร์	แคตเตอร์พิลล่าร์	D7 G	1
10	รถเกรด	แคตเตอร์พิลล่าร์	140 G	2
11	รถเกรด	แคตเตอร์พิลล่าร์	GD 600 R	1
12	รถเกรด	แคตเตอร์พิลล่าร์	12 G	1
13	รถตัก	แคตเตอร์พิลล่าร์	950 B	1
14	รถตัก	แคตเตอร์พิลล่าร์	950 E	1
15	รถบด - ล้อเรียบ	ซากุไร	Ts 160	2
16	รถบด - ล้อเรียบ	ซากุไร	SV 500 D	2
17	รถบด - สั่นสะเทือน	อินเกอร์ซอลแรนด์	SD 100 D	2
18	รถบด - ล้อเหล็ก	ซากุไร	-	2
19	รถบด - ล้อยาง	วาคานาเบ้	-	2
20	รถโรยหิน (รถแทรกเตอร์)	โคมัตสุ	-	1
21	รถราดยาง	เฮ็ทไนย์	6,000 ลิตร	1
22	เครื่องเป่าฝุ่น	-	-	1
23	บล็อกโรยหิน	-	-	1
24	รถไม้กวาด	-	-	1
25	รถเทเลอร์ (หางยาว)	มิตซูบิชิ	-	1
26	รถเทเลอร์ (หางสั้น)	อีโน่	-	1
27	รถบริการน้ำมัน	โคโยต้า,อีโน่	6 ล้อ	2
28	รถบรรทุกของเหลว	อีโน่	10 ล้อ	1
29	รถบรรทุกของเหลว	อีซูซุ	6 ล้อ	1
30	รถบรรทุกของเหลว	ฟูโซ่	10 ล้อ	3
31	รถกะบะบรรทุก	ฟูโซ่	10 ล้อ	7
32	รถกะบะบรรทุก	มิตซูบิชิ	10 ล้อ	9
33	รถกะบะบรรทุก	อีโน่	10 ล้อ	7
34	เครื่องสูบน้ำ	คูโบต้า	6 นิ้ว,12 นิ้ว	3
35	กล้องสำรวจ,กล้องระดับ, กล้องแนว พร้อมขา	-	-	2 ชุด
36	เครื่องมือทดสอบ	-	-	1 ชุด
37	ถังน้ำมันโซล่า	-	15,000 ลิตร	3 ถัง
38	รถปิกอัพตรวจการณ์	อีซูซุ	-	6 คัน

รายการเครื่องจักรจะเป็นไปตามลำดับของงานก่อสร้างโดยจะเริ่มตั้งแต่ การขุดตักวัสดุจากแหล่งวัสดุโดยรถขุดไฮโดรลิก และขนส่งวัสดุไปยังหน้างานโดยรถกระบะบรรทุก รถบรรทุกจะเทวัสดุเป็นกองๆเรียงกันไป และจะต้องมีการวางแผนการเทกองวัสดุด้วย เสร็จแล้วจะมีการล้มกองวัสดุ(Break down)โดยรถแทรกเตอร์ แล้วรถเกรดก็จะทำการคลุกเคล้าวัสดุโดยการเกลี่ยกลับไปมาและปูชั้นวัสดุให้เรียบ รถเกรดถือเป็นเครื่องจักรที่เป็นหลักสำคัญ ในการก่อสร้างนั้นจะถือรถเกรดเป็นหลัก จำนวนของรถเกรดถือเป็นจำนวนชุดเครื่องจักรในการก่อสร้าง รถเกรดจะประจำตาม Station ต่างๆตามที่ได้วางแผนก่อสร้างไว้ หากมีงานเร่งด่วนอาจมีชุดเครื่องจักรมากกว่า1ชุดแต่ละ Stationในการทำงาน เมื่อรถเกรดปูชั้นวัสดุได้เรียบร้อยแล้ว ก็จะมีชุดบดอัด ประกอบไปด้วยรถบดแบ่งเป็น รถบด-ล้อเรียบ รถบด-สั่นสะเทือน รถบด-ล้อเหล็ก รถบด-ล้อยาง และรถบรรทุกน้ำ ทำการบดอัดชั้นวัสดุให้ได้ความแน่นตามข้อกำหนด เมื่อถึงชั้นผิวทางซึ่งเป็นผิวแอสฟัลติกคอนกรีตจะมีการพ่นยาง Prime Coat โดยรถพ่นยางก่อน แล้วจึงปูผิวแอสฟัลติกคอนกรีตโดยมีรถ Paver ทำการปูผิวแอสฟัลติกคอนกรีตและบดอัดเบื้องต้นและทำการบดอัดให้ได้ความหนาและความแน่นเป็นไปตามข้อกำหนดโดยชุดบดอัด แต่ก่อนที่จะทำการลาดยาง Prime Coat นั้นจะต้องทำความสะอาดพื้นผิวชั้นพื้นทางซึ่งเป็นหินคลุกให้สะอาดเรียบร้อยก่อน

4.2 แหล่งวัสดุ

ถึงแม้ว่าจะมีเครื่องจักรก่อสร้างที่ดี มีประสิทธิภาพดีเพียงใด แต่หากไม่มีแหล่งวัสดุก่อสร้างที่ดีที่เป็นไปตามข้อกำหนดและมีปริมาณเพียงพอต่อการก่อสร้างแล้ว งานทั้งหมดจะไม่สามารถดำเนินการก่อสร้างให้เสร็จทันตามสัญญาได้เลย เมื่อมีการสำรวจเส้นทางเพื่อนำไปออกแบบทางด้านเรขาคณิตแล้ว จะต้องมีการสำรวจดินในเส้นทางนั้นด้วย เพื่อที่จะหาแหล่งวัสดุที่มีคุณภาพดีสำหรับใช้ในการก่อสร้าง ถ้ามีแหล่งวัสดุที่มีคุณภาพดีอยู่ใกล้เคียงเส้นทางที่ก่อสร้างจะเป็นการประหยัดงบประมาณในการก่อสร้างมาก เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการขนส่งถูก ในการสำรวจแหล่งวัสดุจะต้องพยายามหาแหล่งวัสดุให้ได้หลายๆแหล่งมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อที่จะได้คัดเลือกแหล่งวัสดุที่มีคุณภาพดีที่สุดมาใช้ในการก่อสร้าง

จากการศึกษาการวางแผนงานก่อสร้างทาง "เลี่ยงเมืองสุโขทัย" นี้ได้แสดงตารางของแหล่งวัสดุดังตารางที่ 4.2 แสดงแหล่งวัสดุ ซึ่งจะประกอบไปด้วย แหล่งวัสดุที่แบ่งออกตามประเภท ที่ตั้งของแหล่งวัสดุ ลักษณะของแหล่งวัสดุ ลักษณะวัสดุ ปริมาณ ทางเข้าแหล่งวัสดุ ระยะทางขนส่งเฉลี่ยถึงหน้างาน ประเภททางขนส่งและการนำวัสดุไปใช้งาน

จะเห็นได้ว่ามีจำนวนแหล่งวัสดุที่พอเพียงต่อการนำไปใช้ก่อสร้าง มีปริมาณมาก การขนส่งวัสดุสะดวก และระยะทางขนส่งวัสดุไม่ไกลจากหน้างานจนเกินไป

ตารางที่ 4.2 แสดงแหล่งวัสดุและระยะทางในการขนส่งเฉลี่ยถึงหน้างาน

แหล่งวัสดุ	กิโลเมตรที่	ทางหลวงหมายเลข	ทางลาย	ลักษณะของแหล่งวัสดุ	ลักษณะวัสดุ	ปริมาณ (ลบ)	ทางเข้าแหล่งวัสดุ	ระยะทางขนส่งเฉลี่ยถึงหน้างาน	ประเภทการขนส่ง	หมายเหตุ
L1	55+800 ซ้ายทาง	12	สุไหงปิ-ตาก	เนินเขา	หินผุ	มาก	สะเดาทุกฤดู	24.2 กม.	ลูกรัง 13.4 กม.ลาดยาง 10.8 กม.	ใช้งานรองพื้นทาง
L2	80+250 ซ้ายทาง	12	สุไหงโก-ลก	ที่ราบ	ลูกรังดีแดง	มาก	สะเดาทุกฤดู	44.65 กม.	ลูกรัง 13.4 กม.ลาดยาง 31.25 กม.	ใช้งานรองพื้นทาง
L3	420+400 ซ้ายทาง 12 กม.	10	ตำแหน่งเพชร-สุไหงโก	เป็นเนินเขา	ลูกรังปนหินผุ	มาก	สะเดาทุกฤดู	31.4 กม.	ลูกรัง 12 กม.ลาดยาง 19.4 กม.	ใช้งานรองพื้นทาง
L4	15+000 ขวาทาง	1056	อ.ศรีสาคร-อ.เมาลิน	เป็นเนินเขา	ลูกรังปนหิน	มาก	สะเดาทุกฤดู	41.9 กม.	ลูกรัง 18.4 กม.ลาดยาง 23.5 กม.	ใช้งานรองพื้นทาง
L5	27+400 ซ้ายทาง 300 ม	1115	เมืองเก่าสุไหงปิ-บรรจบทางหลวงหมายเลข1294	เป็นเนินเขา	ลูกรังปนหินผุ	มาก	สะเดาทุกฤดู	37.6 กม.	ลูกรัง 13.7 กม.ลาดยาง 23.9 กม.	ใช้งานรองพื้นทาง
L6	27+400 ขวาทาง 5 กม	1048	พุ่งเตลื่อม-สวรรคโลก	เป็นเนินเขา	ลูกรังปนหินผุ	มาก	สะเดาทุกฤดู	64.4 กม.	ลูกรัง 18.4 กม.ลาดยาง 46 กม.	ใช้งานรองพื้นทาง
L7	37+375 ซ้ายทาง	1115	เมืองเก่าสุไหงปิ-บรรจบทางหลวงหมายเลข1294	เป็นหินแข็ง	ลูกรังปนหิน	มาก	สะเดาทุกฤดู	52.8 กม	ลูกรัง 14.4 กม.ลาดยาง 38.4 กม.	ใช้งานรองพื้นทาง
L8	1+000 ซ้ายทาง	1201	สวรรคโลก-สวรจิต	เป็นเนินเขา	ลูกรังปนหิน	มาก	สะเดาทุกฤดู	46 กม.	ลูกรัง 3 กม.ลาดยาง 43 กม.	ใช้งานรองพื้นทาง
R1	68+000 ขวาทาง	12	สไหงปิ-ตาแน	หน้าผาสูง	หินปูน	มาก	สะเดาทุกฤดู	32.4 กม.	ลูกรัง 13.4 กม.ลาดยาง 19 กม.	ใช้งานพื้นทาง งานผิวทางและงานคอนกรีต
R2	5+500 ขวาทาง 100 ม.	1132	อ.ศรีสาครทางแยก-อ.รัตภูมิ ระยอง	หน้าผาสูง	หินปูน	มาก	สะเดาทุกฤดู	97.4 กม.	ลูกรัง 13.4 กม.ลาดยาง 84 กม.	ใช้งานพื้นทาง งานผิวทางและงานคอนกรีต
S1	34+900 ซ้ายทาง 100 ม	1084	ตำแหน่งเพชร-น.ตานอนปลิง น.รังเข้	แม่น้ำปัง	หรายแม่น้ำ	มาก	สะเดาทุกฤดู	85.75 กม	ลูกรัง - กม.ลาดยาง 85.75 กม.	ใช้งานและงานคอนกรีต
S2	14+000 ซ้ายทาง 12 กม	1719	น.ศรีสาค-ขวาทาง	ที่ราบ	ทรายบก	มาก	สะเดาทุกฤดู	29.72 กม.	ลูกรัง 2 กม.ลาดยาง 27.72 กม.	ใช้เป็นวัสดุถมเมืองและทรายเทน
C	38+500 ขวาทาง	12	เด่นมะปรังเคไชยบัน	ที่ราบ	READY-MIXED CONCRETE PLANT และท็อด.ส.อ.	มาก	สะเดาทุกฤดู	12 กม.	ลูกรัง 6 กม. ลาดยาง 6 กม.	งานคอนกรีตและอาคารระบายน้ำ

4.3 ราคาค่างานต่อหน่วย (Unit Cost)

ในกระบวนการก่อสร้าง การประมาณราคาค่าก่อสร้างเป็นขั้นตอนสำคัญ และจำเป็นต้องกระทำในหลายโอกาสด้วยกัน โดยมีความละเอียดและแน่นอนที่แตกต่างกันออกไป เริ่มตั้งแต่การประมาณราคาอย่างคร่าวๆเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ การประมาณราคาหลังจากได้แบบและรายละเอียดประกอบแบบที่สมบูรณ์แล้วเพื่อเป็นราคามาตรฐานในการทำสัญญา และการประมาณราคาในระหว่างดำเนินการก่อสร้าง เพื่อเป็นการวางแผนและควบคุมการเงินต่อไป

ราคาต่อหน่วยหรือราคามาตรฐาน (Unit Cost or Standard Cost) เป็นการคิดราคาละเอียดขั้นสุดท้าย เพื่อที่จะถือเป็นราคากลาง (Fair Cost) ในฐานะของผู้ว่าจ้าง หรือถือเป็นราคามาตรฐาน (Standard Cost) ในการวางแผนทางการเงินของผู้รับจ้างต่อไป

จากการศึกษาการวางแผนงานก่อสร้างทาง "เลี่ยงเมืองสุโขทัย" นี้ได้แสดงตารางราคาค่างานต่อหน่วย (Unit Cost) ที่ผู้ว่าจ้างและผู้รับจ้างตกลงกันแต่ละรายการ ดังตารางที่ 4.3 ซึ่งจะประกอบไปด้วยรายการของงานต่างๆ หน่วยและราคาต่อหน่วย โดยราคาต่อหน่วยนั้นไม่เปลี่ยนแปลง แต่ปริมาณงานอาจจะเปลี่ยนแปลงไปตามผลงานจริงที่ทำได้

4.4 ภาพแสดงการวางแผนงานระบบตารางเวลาทำงาน

การวางแผนการทำงานด้วยระบบตารางเวลาทำงาน เป็นระบบหนึ่งที่นำมาใช้กันอย่างแพร่หลายกับโครงการต่างๆ เพราะเป็นระบบที่จัดทำได้ง่าย ตลอดจนผู้ร่วมงานทุกระดับสามารถอ่านและสามารถเข้าใจความคิดของผู้วางแผนได้ง่ายว่าจะให้หน่วยงานแต่ละหน่วยงานทำงานเมื่อใดและจะให้เสร็จงานภายในกำหนดเวลาเมื่อใด

การวางแผนงานตามวิธีการของระบบนี้ใช้วิธีแสดงชื่องาน สัมพันธ์กับระยะเวลาที่จะทำงาน เวลาเริ่มต้น ระยะเวลาทำงานและเวลาสิ้นสุดของงานนั้นๆ ดังภาพที่ 4.1 แสดงแผนงานและผลงานก่อสร้างทาง สาย สุโขทัย-ตาก ทางหลวงหมายเลข 12 ตอนเลี่ยงเมืองสุโขทัย ระหว่าง กม.0+000-กม.26+830.630 ระยะทางยาวประมาณ 27.0004 กม. แผนงานนี้จะประกอบไปด้วยตารางรายการ ซึ่งแสดงรายการของงานต่างๆ โดยจะเริ่มตั้งแต่ งาน Clearing งาน Embankment งาน Selected Material Type "B" งาน Selected Material Type "A" งาน Porous Backfill งาน Subbase ซึ่งจะใช้วัสดุที่เป็น Soil Aggregate Subbase งาน Base Course ซึ่งจะใช้วัสดุที่เป็น Crushed Rock Soil Aggregate Type Base งาน Asphalt Surface Course ประกอบด้วยงาน Prime Coat และงาน Asphaltic Concrete Wearing Course (5 CM.) ซึ่งแต่ละงานดังกล่าวจะทำเป็นลำดับชั้นขึ้นไปจากระดับดินเดิมจนถึงชั้นผิวทาง เป็นไปตามข้อกำหนดในสัญญา ส่วนในงานที่เหลือจะเป็นงานที่อยู่นอกเหนือจากงานโครงสร้างถนน เช่น งาน Drainage Structure คือ การระบายน้ำ เมื่อเส้นทางที่ก่อ

ตารางที่ 4.3 แสดงราคาค่างานต่อหน่วย (Unit Cost) ที่ผู้ว่าจ้างและผู้รับจ้างตกลงกันแต่ละรายการ ดังนี้

ลำดับที่	รายการ	หน่วย	ราคาต่อหน่วย
1	Cleanng And Earthwork		
	1.1 Cleanng & Grubbing		
	1.1.1 Cleanng	ตารางเมตร	2.00
	1.3 Embankment		
	1.3.1 Embankment	ลูกบาศก์เมตร	111.50
	1.3.4 Selected Material Type "A"	ลูกบาศก์เมตร	240.00
	1.3.5 Selected Material Type "B"	ลูกบาศก์เมตร	220.00
	1.3.8 Porous Backfill	ลูกบาศก์เมตร	750.00
2	Subbase, Base & Shoulder		
	2.1 Subbase		
	2.1.1 Soil Aggregate Subbase	ลูกบาศก์เมตร	280.00
	2.3 Base Course		
	2.3.2 Crushed Rock Soil Aggregate Type Base	ลูกบาศก์เมตร	610.00
3	Asphalt Surface Course		
	3.1 Prime Coat	ตารางเมตร	14.00
	3.4 Asphaltic Concrete		
	3.4.3 Asphaltic Concrete Wearing Course (5 CM)	ตารางเมตร	100.00
5	Drainage Structure		
	5.1 Bridge, At Sta. 2+424.50 RT. Size(3x9.00)	เมตร	72,000.00
	5.2 Bridge, At Sta. 2+433.50 LT. Size(3x9.00)	เมตร	72,000.00
	5.3 Bridge, At Sta. 3+695.283 RT. Size(3x9.00)	เมตร	72,000.00
	5.4 Bridge, At Sta. 3+705.000 LT. Size(3x9.00)	เมตร	72,000.00
	5.5 Bridge, At Sta. 3+852.50 RT. Size(3x9.00)	เมตร	72,000.00
	5.6 Bridge, At Sta. 3+852.50 LT. Size(3x9.00)	เมตร	72,000.00
	5.7 Bridge, At Sta. 7+218.50 LT. Size(3x9.00)	เมตร	72,000.00
	5.8 Bridge, At Sta. 7+219.129 RT. Size(3x9.00)	เมตร	72,000.00
	5.9 Bridge, At Sta. 9+495 LT. Size(3x9.00)	เมตร	72,000.00
	5.10 Bridge, At Sta. 9+495 RT. Size(3x9.00)	เมตร	72,000.00
	5.11 Bridge, At Sta.11+241.90 LT. Size(1x6.00)+(1x7.00)		
	+(1x6.00)	เมตร	68,000.00
	5.12 Bridge, At Sta.11+246.032 RT. Size(1x6.00)+(1x7.00)		
	+(1x6.00)	เมตร	68,000.00
	5.13 Bridge, At Sta. 12+411.500 LT. Size(3x10.00)	เมตร	80,000.00
	5.14 Bridge, At Sta. 12+411.50 RT. Size(3x10.00)	เมตร	80,000.00
	5.15 Bridge, At Sta.13+594.00 LT.Size(8x10.00)+(8x20.00)		
	+(8x10.00)	เมตร	112,000.00

ลำดับที่	รายการ	หน่วย	ราคาต่อหน่วย
	5.16 Bridge,At Sta.13+599.418RT.Size(8x10.00)+(8x20.00)		
	+(8x10.00)	เมตร	112,000.00
	5.17 Bridge, At. Sta. 15+608.456 LT. Size(4x10.00)	เมตร	78,000.00
	5.18 Bridge, At. Sta. 15+616.55 RT. Size(4x10.00)	เมตร	78,000.00
	5.19 Bridge, At. Sta. 18+688.804 RT. Size(3x8.00)	เมตร	72,000.00
	5.20 Bridge, At. Sta. 18+694.400 LT. Size(3x8.00)	เมตร	72,000.00
	5.2 Reinforced Concrete Box Culvert		
	5.2.1 At Sta. 6+385 Size 2(3.60x3.60)	เมตร	50,000.00
	5.2.2 At. Sta. 14+157.10 Size 1(2.10x1.80)	เมตร	13,500.00
	5.2.3 At. Sta. 14+424.00 Size 1(1.8x1.5)	เมตร	11,500.00
	5.2.4 At. Sta. 18+428.50 Size 2(3.30x3.00)	เมตร	42,000.00
	5.2.5 At. Sta. 18+667.50 Size 1(3.60x3.30)	เมตร	30,000.00
	5.2.6 At. Sta. 19+884.70 Size 3(2.70x2.70)	เมตร	42,000.00
	5.2.7 Channel Improvement	ลูกบาศก์เมตร	45.00
	5.3 Reinforced Concrete Pipe Culvert		
	5.3.1 R.C.P. ∅ 0.40 M.	เมตร	700.00
	5.3.2 R.C.P. ∅ 0.60 M.	เมตร	1,000.00
	5.3.3 R.C.P. ∅ 0.80 M.	เมตร	1,650.00
	5.3.4 R.C.P. ∅ 1.00 M.	เมตร	1,850.00
	5.3.5 R.C.P. ∅ 1.20 M.	เมตร	2,500.00
	5.4 Concrete Headwall for RC. Pipe Culvert		
	5.4.1 Plain Concrete	ลูกบาศก์เมตร	1,700.00
	5.4.2 Reinforced Concrete	ลูกบาศก์เมตร	2,200.00
	5.11Median Drop Inlet Type II	บ่อ	5,750.00
	5.12 Inlet Catch Basin For R.C.P. ∅ 0.40 M.	บ่อ	3,200.00
	5.14 Slope Protection		
	5.14.7 Concrete Slope Protection For Bridge	ตารางเมตร	300.00
	5.14.12 Sodding		
	5.14.12.2 Strip Sodding	ตารางเมตร	8.00
	5.14.12.3 Top - Soil	ลูกบาศก์เมตร	75.00
6	Miscellaneous		
	6.1 Reinforced Concrete Bridge Approach Slab	ตารางเมตร	950.00
	6.3 Concrete Curb & Gutter	เมตร	320.00
	6.5 Concrete Barrier	เมตร	1,300.00
	6.6 Abutment Protector	เมตร	12,000.00
	6.12 Steel Beam Guardrail		
	6.12.1 Steel Beam Guardrail Thickness 3.2 MM.	เมตร	1,650.00

ลำดับที่	รายการ	หน่วย	ราคาต่อหน่วย
	6.13 Guide Post		
	6.13.1 Guide Post	ต้น	345.00
	6.14 R.C.W. Monument	ต้น	160.00
	6.15 Kilometer Stone		
	6.15.1 New Kilometer Stone	ต้น	1,200.00
	6.16 Bus Stop Shelter		
	6.16.1 New Bus Stop Shelter Type "B"	หลัง	47,868.75
	6.18 Traffic Sign		
	6.18.1 Sign Plate & Frame	ตารางเมตร	2,300.00
	6.18.2 Sign Post	เมตร	450.00
	6.19 Pavement Marking		
	6.19.2 Thermo Plastic Paint		
	6.19.2.1 Yellow Paint	ตารางเมตร	290.00
	6.19.2.2 White Paint	ตารางเมตร	290.00
	6.20 Painting On Curb	ตารางเมตร	75.00
	6.21 Reflecting Road Studs		
	6.21.1 Uni - Directional Reflectonized	อัน	250.00
	6.23 Street Lightings		
	6.23.1 9.00 M.(Mounting Height) Tapered Steel Pole Single	ต้น	25,000.00
	Bracket With High Pressure Sodium Lamp 250 Watts,		
	Cut-Off		
	6.23.2 9.00 M (Mounting Height) Tapered Steel Pole Double	ต้น	40,000.00
	Bracket With High Pressure Sodium Lamp 250 Watts,		
	Cut-Off		
	6.24 Traffic Signal		
	6.24.1 Foundation and Steel Post For Overhead Sign	ชุด	59,501.60
	6.24.2 Over Head Traffic Sign	ตารางเมตร	2,600.00
	6.24.3 Steel Truss For Over Head Sign	เมตร	6,000.00
	6.24.4 Over Hanging Traffic Sign Area Not More Than	แห่ง	35,000.00
	5.26 $M.^2$		

สร้างนั้นตัดผ่านลำน้ำ หรือที่ลุ่ม นาข้าว ประกอบไปด้วยงาน Bridge คืองานสะพาน ใช้ในลำน้ำที่ไม่เหมาะที่จะใช้ท่อกลมหรือท่อเหลี่ยม สะพานจะใช้ในลำน้ำที่กว้างเกินกว่า 10 เมตร และลึกเกินกว่า 4.00 เมตร มีน้ำไหลตลอดปี มีเรือวิ่งและสิ่งลอยน้ำต่างๆ เช่น ขอนไม้ แพซุงเป็นต้น งาน Reinforced Concrete Box Culvert คืองานท่อเหลี่ยม ใช้ในลำน้ำที่ไม่ใหญ่นัก ขนาดกว้างไม่เกิน 15.00 เมตร และลึกไม่เกิน 3.50 เมตร ในฤดูแล้งน้ำแห้ง ไม่มีการจราจรทางน้ำ ไม่มีขอนไม้หรือสิ่งลอยน้ำอื่นๆที่อาจเป็นอุปสรรคต่อการไหลของน้ำในท่อ งาน Reinforced Concrete Pipe Culvert คืองานท่อกลม ใช้ในกรณีที่เป็นทางน้ำเล็กๆไม่ลึกมากนัก ฤดูแล้งน้ำแห้ง ไม่มีสิ่งลอยน้ำเช่น ขอนไม้ใหญ่ๆ ถ้ามีจะต้องไม่เป็นอุปสรรคต่อการไหลของน้ำในท่อ ท่อกลมใช้ในกรณีที่ระบายน้ำเอ่อ เช่น เส้นทางที่ตัดผ่านที่ลุ่ม เป็นต้น

ถัดจากงาน Drainage Structure แล้วจะเป็นงาน Miscellaneous เป็นงานรายละเอียดในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการจราจร เช่น งาน Concrete Curb & Gutter งาน Guide Post งาน Traffic Sign งาน Pavement Marking

จากตารางรายการ ต่อไปเป็นตารางของหน่วยของงาน เช่น เป็นตารางเมตร ลูกบาศก์เมตร เมตร งาน Clearing จะคิดหน่วยของงานเป็นเป็นตารางเมตร งาน Embankment งาน Selected Material งาน Subbase งาน Base จะคิดหน่วยของงานเป็นลูกบาศก์เมตร ส่วนงาน Prime Coat และงาน Asphaltic Concrete จะคิดหน่วยของงานเป็นตารางเมตร

ต่อไปจะเป็นช่องตารางปริมาณงาน ตารางราคาต่อหน่วย ตารางจำนวนเงิน (บาท) ซึ่งได้จากการคูณปริมาณงานกับราคาต่อหน่วยของแต่ละงาน เมื่อรวมจำนวนเงินของแต่ละงานทั้งหมดจะได้จำนวนเงินทั้งหมด คือค่าก่อสร้างนั่นเอง ต่อไปเป็นตาราง Weight % คือค่าเปอร์เซ็นต์ของงานแต่ละงาน เมื่อคิดงานทั้งหมดของโครงการ โดยคิดจากจำนวนเงินของแต่ละงานหารด้วยจำนวนเงินทั้งหมดคือค่าก่อสร้าง แล้วคูณด้วย 100 จะได้ค่า Weight % ออกมา เมื่อรวม Weight % ของทุกงานแล้วจะได้ 100%

ต่อไปเป็นตารางเวลาทำงานของแต่ละงาน โดยแต่ละงานแบ่งช่องตารางเป็น1ช่องต่อ1เดือน และในแต่ละเดือนก็จะจัดแบ่งการทำงานเป็นกี่เปอร์เซ็นต์ เริ่มจากงาน Clearing เริ่มต้นก่อสร้างเมื่อเดือนตุลาคม 2541 แบ่งการทำงานในแต่ละเดือนเป็น 0.01813 หรือ 5%(5x0.36262/100) ได้ปริมาณงานคิดเป็น 67,565 ตารางเมตรต่อเดือน และจะทำงานเป็นระยะเวลาทั้งหมด 20 เดือน คือสิ้นสุดที่ปลายเดือนพฤษภาคม 2542 ต่อไปเป็นงาน Embankment จะเริ่มหลังจากที่ทำงาน Clearing ไปแล้ว 4 เดือน คือจะเริ่มงานเดือนกุมภาพันธ์ 2542 แบ่งการทำงานในแต่ละเดือนเป็น 1.54969 หรือ 5%(5x30.99373/100) ได้ปริมาณงานคิดเป็น 103,585 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน และจะทำงานเป็นระยะเวลาทั้งหมด 20 เดือน คือสิ้นสุดที่ปลายเดือนกันยายน 2543 ต่อไปเป็นงาน

Selected Material "B" จะเริ่มหลังจากที่ทำงาน Embankment ไปได้แล้ว 3 เดือน คือจะเริ่มงานเดือนพฤษภาคม 2542 แบ่งการทำงานในแต่ละเดือนเป็น 0.30157 หรือ 5%(5x6.07196/100) ได้ปริมาณงานคิดเป็น 10,285 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน และจะทำงานเป็นระยะเวลาทั้งหมด 20 เดือน คือสิ้นสุดที่ปลายเดือนธันวาคม 2543 ต่อไปเป็นงาน Selected Material "A" จะเริ่มหลังจากที่ทำงาน Selected Material "B" ไปแล้ว 2 เดือน คือจะเริ่มงานเดือนกรกฎาคม 2542 แบ่งการทำงานในแต่ละเดือนเป็น 0.30360 หรือ 5%(5x6.03144/100) ได้ปริมาณคิดเป็น 9,365 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน และจะทำงานเป็นระยะเวลาทั้งหมด 20 เดือน คือสิ้นสุดที่ปลายเดือนกุมภาพันธ์ 2544 ต่อไปเป็นงาน Soil Aggregate Subbase จะเริ่มหลังจากที่ทำงาน Selected Material "A" ไปแล้ว 6 เดือน คือจะเริ่มงานเดือนมกราคม 2543 แบ่งการทำงานในแต่ละเดือนเป็น 0.42324 หรือ 6.67 %(6.67x6.34541/100) ได้ปริมาณงานคิดเป็น 11,260 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือนและจะทำงานเป็นระยะเวลาทั้งหมด 15 เดือน คือสิ้นสุดที่ปลายเดือนมีนาคม 2544 ต่อไปเป็นงาน Crushed Rock Soil Aggregate Type Base จะเริ่มหลังจากที่ทำงาน Soil Aggregate Subbase ไปแล้ว 1 เดือน คือจะเริ่มงานเดือนกุมภาพันธ์ 2543 แบ่งการทำงานในแต่ละเดือนเป็น 0.82543 หรือ 6.67%(6.67x12.37524) ได้ปริมาณงานคิดเป็น 10,080 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน และจะทำงานเป็นระยะเวลาทั้งหมด 15 เดือน คือสิ้นสุดที่ปลายเดือนเมษายน 2544 ต่อไปเป็นงาน Prime Coat จะเริ่มหลังจากที่ทำงาน Crushed Rock Soil Aggregate Type Base ไปแล้ว 11 เดือน คือจะเริ่มงานเดือนมกราคม 2544 แบ่งการทำงานในแต่ละเดือนเป็น 0.17254 หรือ 12.50%(12.50x1.38029/100) ได้ปริมาณงานคิดเป็น 91,850 ตารางเมตรต่อเดือน และจะทำงานเป็นระยะเวลาทั้งหมด 8 เดือน คือสิ้นสุดที่ปลายเดือนสิงหาคม 2544 ต่อไปเป็นงาน Asphaltic Concrete Wearing Course (5 CM.) จะเริ่มงานไปพร้อมกันกับงาน Prime Coat คือจะเริ่มงานเดือนมกราคม 2544 แบ่งการทำงานในแต่ละเดือนเป็น 1.23240 หรือ 12.50%(12.50x9.85919) ได้ปริมาณงานคิดเป็น 91,850 ตารางเมตรต่อเดือน และจะทำงานเป็นระยะเวลาทั้งหมด 8 เดือน คือสิ้นสุดที่ปลายเดือนสิงหาคม 2544 พร้อมกันกับงาน Prime Coat

เมื่อรวมเปอร์เซ็นต์ของงานทั้งหมดที่ทำในแต่ละเดือนแล้ว นำค่าผลรวมลงในตาราง Percentage แต่ละเดือน เช่น เดือนตุลาคม 2541 ได้ค่าเป็น 0.01813 เดือนพฤศจิกายน 2541 เป็น 0.01813 เดือนธันวาคม 2541 ได้ค่าเป็น 0.27435 เมื่อได้ Percentage แต่ละเดือนแล้วจะนำค่านี้มาสะสมเป็นค่าของ Percentage สะสม เช่น เดือนพฤศจิกายน 2541 ได้ค่า Percentage สะสมเป็น 0.03626 คือสะสมจากเดือน ตุลาคม 2541, 0.01813 รวมกับเดือนพฤสจิกายน 2541, 0.01813 เป็น 0.03626 เมื่อรวม Percentage สะสมตั้งแต่เริ่มต้นก่อสร้างจนสิ้นสุดการก่อสร้าง คือเดือนธันวาคม 2544 จะได้ Percentage สะสมเป็น 100% นำค่า Percentage สะสมมาพล็อตกราฟ จะได้กราฟเส้นรูปตัว S หรือ S-Curve โดยเริ่มที่ค่า 0 เมื่อเริ่มก่อสร้างและสิ้นสุดที่ค่า 100% เมื่อสิ้นสุดสัญญา

ผู้ที่จะสามารถวางแผนงานได้นั้น จำเป็นที่จะต้องเป็นผู้ที่มีประสบการณ์ในการทำงานก่อสร้างงานทาง มีความรู้ในหลักวิชาการอย่างดี ความชำนาญและความเชี่ยวชาญ จึงจะสามารถวางแผนงานนี้ได้ แผนงานที่วางไว้นี้จะใช้ในการตรวจสอบผลงานก่อสร้างที่ทำได้จริง ซึ่งผลงานที่ทำได้นั้นอาจจะต่ำกว่าหรือสูงกว่าแผนงาน

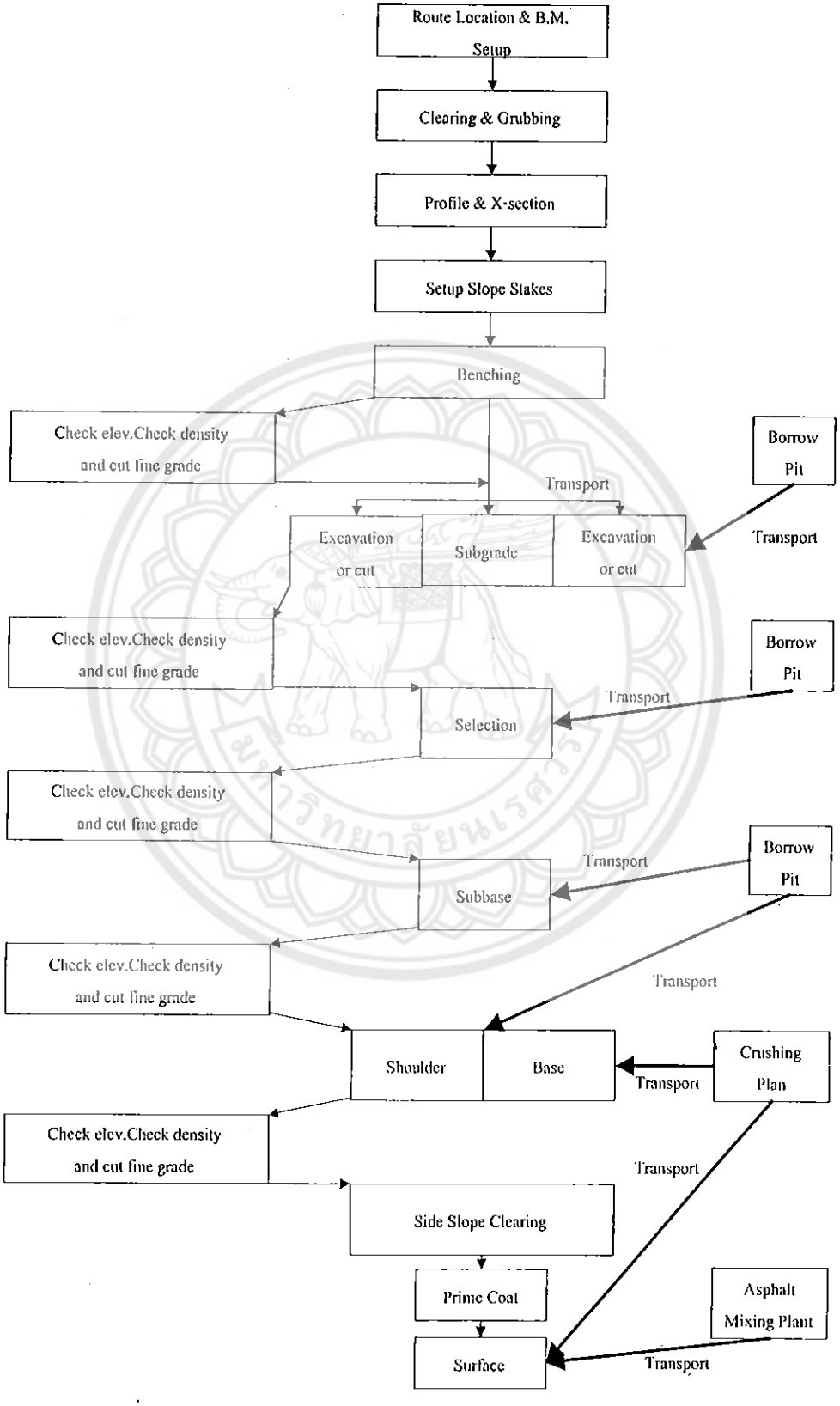
4.5 ภาพแสดงผลงานที่ทำได้

เมื่อกำหนดแผนการทำงานเรียบร้อยแล้วต่อไปจะเป็นการลงมือก่อสร้าง เมื่อทำการก่อสร้างในแต่ละเดือนก็จะมีการบันทึกผลงานที่ทำได้เอาไว้ เพื่อทราบผลความก้าวหน้าของงานเมื่อเทียบกับแผนงานที่วางไว้ ดังภาพที่ 4.1 แสดงแผนงานและผลงานก่อสร้างทาง สาย สุโขทัย-ตาก ทางหลวงหมายเลข 12 ตอนเลี่ยงเมืองสุโขทัย ระหว่าง กม.0+000-กม.26+830.630 ระยะทางยาวประมาณ27.0004 กม. รายละเอียดของลำดับขั้นตอนการก่อสร้างนั้นได้แสดงไว้ดังภาพที่ 4.2 แสดงลำดับขั้นตอนก่อสร้าง

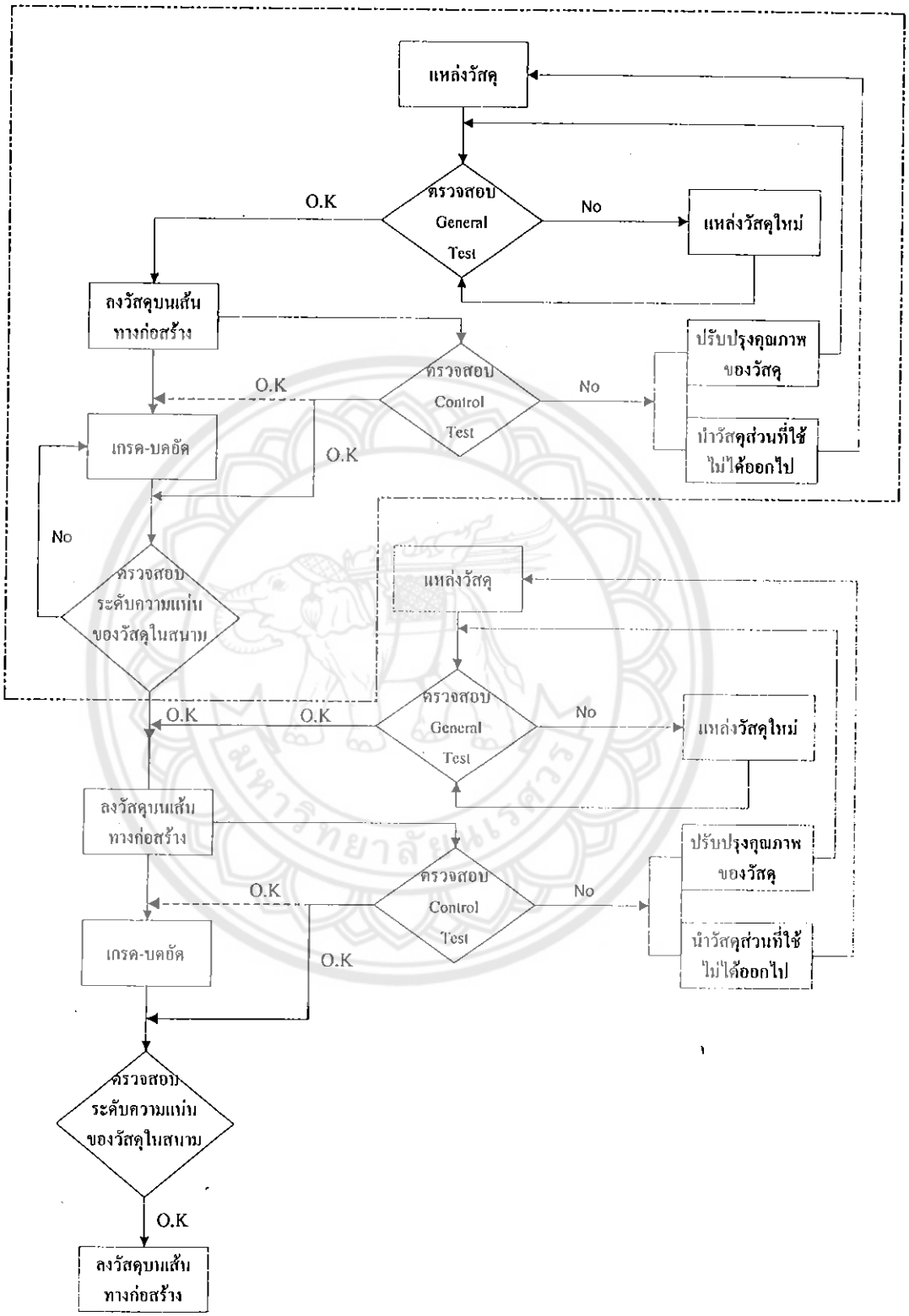
- Route Location & B.M. Setup คือ การตรวจสอบแนวเส้นทางและทำหมุด B.M. อีกครั้งหนึ่งเพื่อให้ถูกต้องตามแบบก่อสร้างก่อนการก่อสร้าง
- Profile & X-section คือ การจัดทำค่าระดับตามแนวศูนย์กลางทางและตามขวางเพื่อคิดปริมาณดินตัดและดินถม
- Setup Slope Stake คือ การตั้งจุดที่มีระยะห่างจากศูนย์กลางทางไปถึงจุดตัดลาดคันทางตามแบบก่อสร้างกับดินเดิม
- Benching คือ กระบวนการเสริมและบดอัดวัสดุชั้นต่างๆเป็นรูปขั้นบันได

- Check elev. Check Density and cut fine grade คือ การตรวจสอบค่าระดับ ค่าความแน่นและค่าระดับที่ Finished ของชั้นนั้นๆเพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดการก่อสร้าง
- Side Slope Clearing คือ การตกแต่งลาดคันทาง

การก่อสร้างถนนในแต่ละชั้น (Layer Pavement) นั้นจำเป็นที่จะต้องมีการตรวจสอบคุณภาพให้เป็นไปตามข้อกำหนด ก่อนที่จะก่อสร้างชั้นต่อไปได้ ซึ่งจะมีภาพแสดงการทำงานตรวจสอบคุณภาพของถนนแต่ละชั้น ดังภาพที่ 4.3 แสดงการทำงานตรวจสอบคุณภาพของถนนแต่ละชั้น (Layer Pavement)



ภาพที่ 4.2 แสดงลำดับขั้นตอนก่อสร้าง



ภาพที่4.3 แสดงการทำงานตรวจสอบคุณภาพของถนนแต่ละชั้น(Layer pavement)

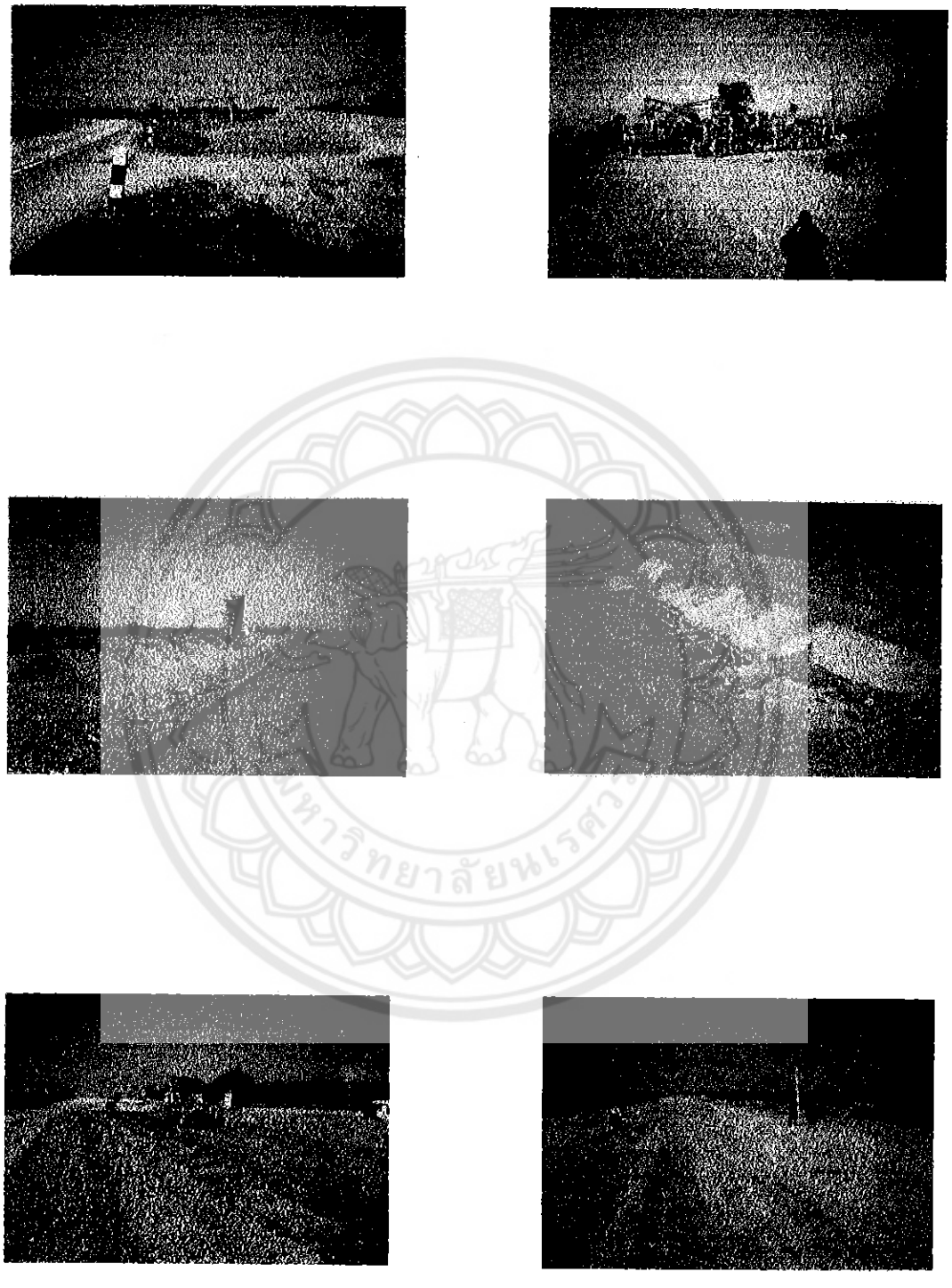
4.6 การเบิกจ่ายเงินงวด

การจ่ายเงินงวด หมายถึง การจ่ายเงินค่าก่อสร้างให้แก่ผู้รับงานก่อสร้างหรือผู้รับเหมาก่อสร้างตามช่วงเวลาที่กำหนด ซึ่งกำหนดการจ่ายเงินนี้จะมีระบุไว้ในสัญญารับงานก่อสร้าง โดยโครงการก่อสร้างทาง "เลี่ยงเมืองสุโขทัย" นี้จะกำหนดการจ่ายเงินงวดตามช่วงเวลา คือประมาณต้นเดือน โดยจะคำนวณเงินที่ต้องจ่ายจากผลงานที่แล้วเสร็จในช่วงเวลานั้น จำนวนเงินที่ได้รับแต่ละงวดจึงไม่เท่ากัน จะเป็นไปตามผลงานที่ทำได้

การเบิกจ่ายเงินงวดจะมีการหักเงินล่วงหน้า 20% ของเงินค่างานในแต่ละงวด เนื่องจากก่อนเริ่มดำเนินการก่อสร้าง ผู้รับจ้างจำเป็นต้องเบิกจ่ายเงินทุนเพื่อนำไปใช้ในการเตรียมการก่อสร้างต่างๆ โดยเบิกเงินทุน 15% ของราคาค่าก่อสร้างเป็นจำนวนเงิน 111,794,168.55 บาท และตามสัญญาจะต้องคืนเงิน 20% ของเงินค่างานแต่ละงวดไปจนครบจำนวนเงินทุนที่เบิกมา เมื่อหักลบเงินจ่ายล่วงหน้า 20%จากเงินค่างานแล้วจะได้เงินคงเหลือที่ต้องจ่ายในแต่ละงวด

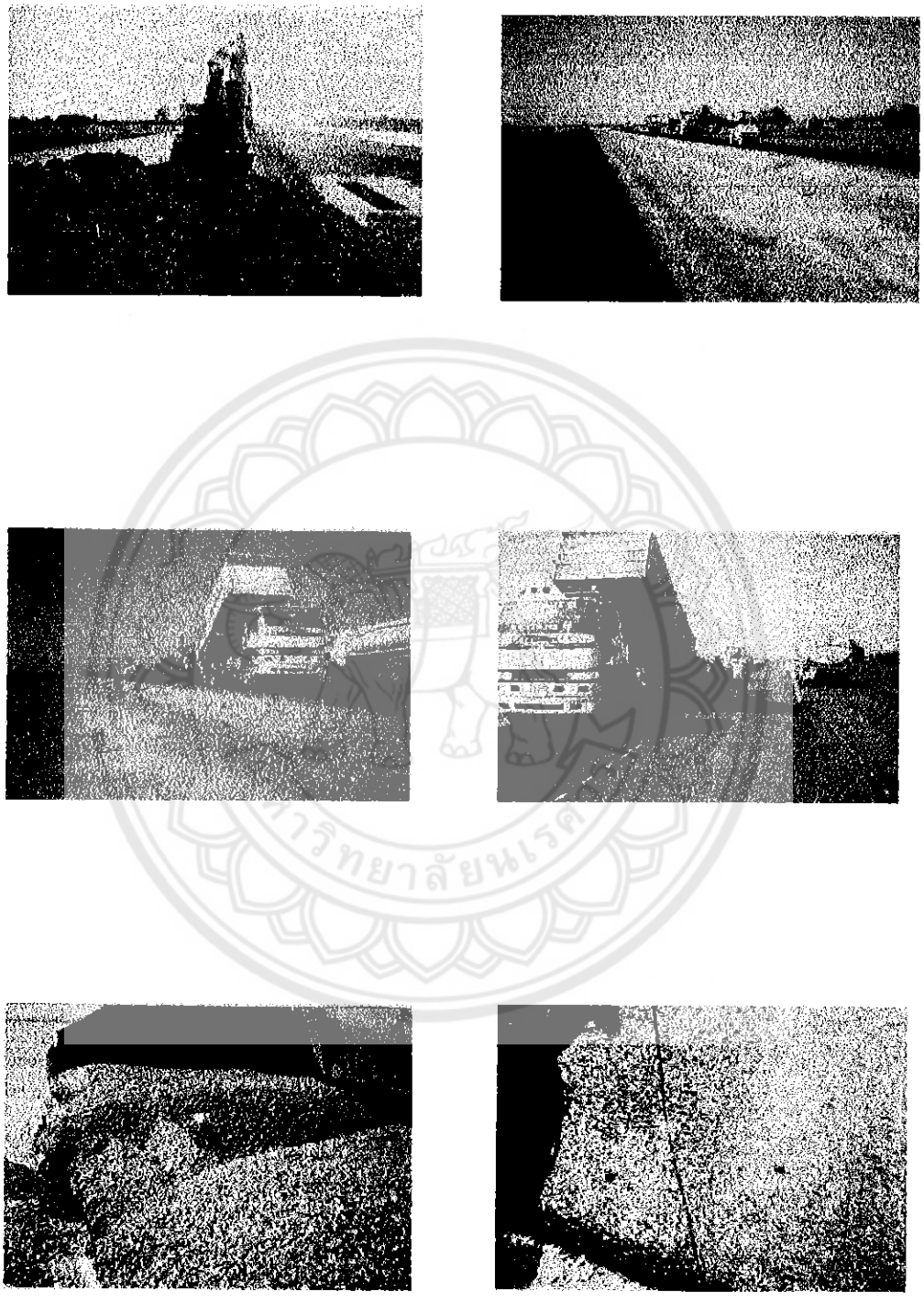
4.7 ภาพที่ได้จากภาคสนาม

จากการศึกษาการทำงานที่หน้างานทำให้มองเห็นภาพของการทำงาน กระบวนการก่อสร้างของงานต่างๆ ดังภาพที่ 4.4 แสดงภาพการทำงานก่อสร้างทาง



ภาพที่ 4.4 แสดงภาพการทำงานก่อสร้างทาง

ภาพที่ 4.4 แสดงภาพการทำงานก่อสร้างทาง



ภาพที่ 4.4 แสดงภาพการทำงานก่อสร้างทาง

ภาพที่ 4.4 แสดงภาพการทำงานก่อสร้างทาง

บทที่ 5
วิเคราะห์และสรุปผล

การวางแผนงานก่อสร้างในโครงการต่างๆนั้นมีรูปแบบที่เป็นระบบอยู่หลากหลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมและความซับซ้อนของงาน ได้แก่ การจัดทำเป็นรูปแบบตารางเวลาทำงานแบบแท่ง หรือที่เรียกกันทั่วไปว่าระบบบาร์ชาร์ต (Bar Chart) นอกจากนี้ก็มีระบบวิธีหาแนวทางวิกฤต (Critical Part Method – CPM) ระบบการประเมินผลงานและปรับปรุงแก้ไข (Project Evaluation and Review Technique – PERT) ระบบวงจรกำหนดก่อน (Precedence Network) และระบบการจัดการก่อสร้างแบบสมดุล Line of Balance) เป็นต้น ระบบต่างๆเหล่านี้เป็นวิธีการคิดตามแนวทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนำเอาโครงการที่มีระยะเวลาทำงานช่วงที่อาจนานเป็นเดือนหรือปีมาสรุปไว้ในหน้ากระดาษเพียงแผ่นเดียว จึงสามารถเข้าใจถึงขั้นตอนและแผนงานทั้งหมดได้อย่างรวดเร็ว ตรวจสอบข้อขัดข้องที่อาจเกิดจากแผนนั้นได้ง่าย สามารถติดตามและควบคุมการทำงานได้สะดวก ผู้เกี่ยวข้องที่จะต้องใช้และปฏิบัติตามแผนงานนั้น เมื่อได้ศึกษาข้อมูลต่างๆที่แสดงไว้ในแผนงานที่กำหนดแล้ว อย่างน้อยควรตอบคำถามต่อไปนี้ได้

1. มีงานประเภทใด หรือหน่วยงานใดที่จะต้องปฏิบัติบ้าง
2. งานแต่ละประเภทนั้น จะเริ่มทำงานได้เมื่อใด และจะต้องทำงานให้เสร็จเมื่อใด
3. จะเริ่มต้นงานประเภทใดก่อน
4. เมื่องานประเภทหนึ่งเสร็จแล้ว จะต้องทำงานประเภทใดต่อหรือมีงานประเภทใดที่สามารถนำมาปฏิบัติได้ พร้อมๆกัน
5. งานทั้งโครงการจะทำได้แล้วเสร็จเมื่อใด หรือจะต้องใช้เวลาทำงานกี่เดือนหรือกี่วัน

อย่างไรก็ตาม ผู้ที่จะวางแผนงานได้ดี จะต้องเป็นผู้รอบคอบ มีความละเอียดถี่ถ้วนและที่สำคัญที่สุดจะต้องเป็นผู้ที่มีความเข้าใจถึงกระบวนการทำงานของโครงการนั้นอย่างชัดแจ้ง สามารถสร้างจินตนาการถึงการทำงานในส่วนต่างๆของหน่วยงานได้ทุกขั้นตอน งานวางแผนจึงต้องการผู้ที่มีความรู้ความชำนาญ และมีประสบการณ์ในเรื่องหรืองานนั้นมาแล้วเป็นอย่างดีเป็นผู้จัดทำ

สำหรับโครงงานที่ได้ทำการศึกษานี้เป็นโครงงานที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนงานก่อสร้างทาง ซึ่งเป็นแผนงานก่อสร้างทางสาย สุโขทัย – ตาก ทางหลวงหมายเลข 12 ตอนเลี่ยงเมืองสุโขทัย ระหว่าง กม.0+000-กม.26+830.630 ระบบการวางแผนงานของโครงการนี้เป็นระบบตาราง

เวลาทำงานแบบแท่ง (Bar Chart) แสดงให้เห็นถึงส่วนต่างๆของงานที่ประกอบขึ้นเป็นโครงการก่อการกำหนดเวลาทำงานของงานแต่ละส่วนได้ชัดเจน สามารถอ่านเข้าใจง่าย การจัดทำแผนงานได้เสร็จในเวลาสั้น ซึ่งจะวิเคราะห์แผนงานออกมาได้ดังต่อไปนี้

5.1 การวิเคราะห์แผนงานก่อสร้างทาง "เลี่ยงเมืองสุโขทัย"

จากภาพที่ 4.1 แสดงการวางแผนงาน โดยจะแบ่งงานออกเป็นงานหลักได้ 3 งานคือ

1. งานโครงสร้างถนน (ลำดับที่ 1 , 2 และ 3)
2. งานโครงสร้างระบายน้ำ (Drainage Structure) (ลำดับที่ 5)
3. งานที่เกี่ยวข้องกับการจราจร (Miscellaneous) (ลำดับที่ 6)

งานโครงสร้างถนนจะประกอบไปด้วยงานดังต่อไปนี้และรายละเอียดของระยะเวลาทำงาน วันเริ่มต้นและสิ้นสุด

ลำดับที่	งาน	สัญลักษณ์	ระยะเวลาทำงาน (วัน,เดือน)	เริ่มต้น (เดือน,ปี)	สิ้นสุด (เดือน,ปี)
1	Clearing	A	600,20	ตุลาคม,41	พฤษภาคม,43
2	Embankment	B	600,20	กุมภาพันธ์,42	กันยายน,43
3	Selected Material Type " B "	C	600,20	พฤษภาคม,42	ธันวาคม,43
4	Selected Material Type " A "	D	600,20	กรกฎาคม,42	กุมภาพันธ์,44
5	Porous Backfill	E	300,10	กุมภาพันธ์,43	พฤศจิกายน,43
6	Soil Aggregate Subbase	F	450,15	มกราคม,43	มีนาคม,44
7	Crushed Rock Soil Aggregate Type Base	G	450,15	กุมภาพันธ์,43	เมษายน,44
8	Prime Coat	H	240,8	มกราคม,44	สิงหาคม,44
9	Asphaltic Concrete Wearing Course	I	240,8	มกราคม,44	สิงหาคม,44

ในงานโครงสร้างถนนนี้จะมีงานที่จัดเป็นกลุ่มงานได้ตามวันริ่มต้นและสิ้นสุดที่พร้อมกันโดยจัดเป็นกลุ่มงานได้ดังนี้

กลุ่มงาน	ประกอบด้วยงาน	สัญลักษณ์	เริ่มต้น (เดือน,ปี)	สิ้นสุด (เดือน,ปี)
Surface	Prime Coat	H	มกราคม,44	สิงหาคม,44
	Asphaltic Concrete Wearing Course	I	มกราคม,44	สิงหาคม,44

งานโครงสร้างระบายน้ำ (Drainage Structure) จะประกอบไปด้วยงานดังต่อไปนี้ และรายละเอียดของระยะเวลาทำงาน วันเริ่มต้นและสิ้นสุด

ลำดับที่	งาน	สัญลักษณ์	ระยะเวลาทำงาน (วัน,เดือน)	เริ่มต้น (เดือน,ปี)	สิ้นสุด (เดือน,ปี)
1	Bridge, At. Sta. 2+424.30 RT. Size (3x8.00)	J	300,10	กุมภาพันธ์,42	พฤศจิกายน,42
2	Bridge, At. Sta. 2+433.50 LT. Size (3x8.00)	K	300,10	กุมภาพันธ์,42	พฤศจิกายน,42
3	Bridge, At. Sta. 3+695.283 RT. Size (3x9.00)	L	300,10	กุมภาพันธ์,42	พฤศจิกายน,42
4	Bridge, At. Sta. 3+705.000 LT. Size (3x9.00)	M	300,10	กุมภาพันธ์,42	พฤศจิกายน,42
5	Bridge, At. Sta. 3+852.50 RT. Size (3x9.00)	N	300,10	กรกฎาคม,42	เมษายน,43
6	Bridge, At. Sta. 3+852.50 LT. Size (3x9.00)	O	300,10	กรกฎาคม,42	เมษายน,43
7	Bridge, At. Sta. 7+218.50 LT. Size (3x9.00)	P	300,10	กรกฎาคม,42	เมษายน,43
8	Bridge, At. Sta. 7+219.129 RT. Size(3x9.00)	Q	300,10	กรกฎาคม,42	เมษายน,43
9	Bridge, At. Sta. 9+495 LT. Size (3x9.00)	R	300,10	ธันวาคม,42	กันยายน,43
10	Bridge, At. Sta. 9+495 RT. Size (3x9.00)	S	300,10	ธันวาคม,42	กันยายน,43
11	Bridge, At. Sta. 11+241.90 LT. Size (1x6.00)+	T	300,10	ธันวาคม,42	กันยายน,43
	(1x7.00)+(1x6.00)				
12	Bridge, At. Sta. 11+246.032 RT. Size (1x6.00)+	U	300,10	ธันวาคม,42	กันยายน,43
	(1x7.00)+(1x6.00)				
13	Bridge, At. Sta. 12+411.500 LT. Size (3x10.00)	V	300,10	ธันวาคม,42	กันยายน,43
14	Bridge, At. Sta. 12+411.50 RT. Size (3x10.00)	W	300,10	ธันวาคม,42	กันยายน,43
15	Bridge, At. Sta. 13+594.00 LT. Size (8x10.00)+	X	600,20	มีนาคม,42	ตุลาคม,43
	(8x20.00)+(8x10.00)				
16	Bridge, At. Sta. 13+599.418 RT.Size(8x10.00)+	Y	600,20	มีนาคม,42	ตุลาคม,43
	(8x20.00)+(8x10.00)				

17	Bridge, At. Sta. 15+608.456 LT. Size (4x10.00)	Z	300,10	ธันวาคม,42	กันยายน,43
18	Bridge, At. Sta. 15+616.55 RT. Size (4x10.00)	AA	300,10	ธันวาคม,42	กันยายน,43
19	Bridge, At. Sta. 18+688.804 RT. Size (3x8.00)	AB	300,10	ธันวาคม,42	กันยายน,43
20	Bridge, At. Sta. 18+694.400 LT. Size (3x8.00)	AC	300,10	ธันวาคม,42	กันยายน,43
	Reinforced Concrete Box Culvert				
21	At. Sta. 6+385 Size 2(3.60x3.60)	AD	300,10	สิงหาคม,42	พฤษภาคม,43
22	At. Sta. 14+157.10 Size 1(2.10x1.80)	AE	300,10	สิงหาคม,42	พฤษภาคม,43
23	At. Sta. 14+424.00 Size 1(1.8x1.5)	AF	300,10	สิงหาคม,42	พฤษภาคม,43
24	At. Sta. 18+428.50 Size 2(3.30x3.00)	AG	300,10	สิงหาคม,42	พฤษภาคม,43
25	At. Sta. 18+667.50 Size 1(3.60x3.30)	AH	300,10	สิงหาคม,42	พฤษภาคม,43
26	At. Sta. 19+884.70 Size 3(2.70x2.70)	AI	300,10	สิงหาคม,42	พฤษภาคม,43
27	Channel Improvement	AJ	300,10	สิงหาคม,42	พฤษภาคม,43
	Reinforced Concrete Pipe Culvert				
28	R.C.P. ∅ 0.40 m.	AK	450,15	ธันวาคม,41	กุมภาพันธ์,43
29	R.C.P. ∅ 0.60 m.	AL	450,15	ธันวาคม,41	กุมภาพันธ์,43
30	R.C.P. ∅ 0.80 m.	AM	450,15	ธันวาคม,41	กุมภาพันธ์,43
31	R.C.P. ∅ 1.00 m.	AN	450,15	ธันวาคม,41	กุมภาพันธ์,43
32	R.C.P. ∅ 1.20 m.	AO	450,15	ธันวาคม,41	กุมภาพันธ์,43
	Concrete Headwall For RC. Pipe Culvert				
33	Plain Concrete	AP	150,5	มีนาคม,43	กรกฎาคม,43
34	Reinforce Concrete	AQ	150,5	มีนาคม,43	กรกฎาคม,43
35	Median Drop Inlet Type II	AR	150,5	มีนาคม,43	กรกฎาคม,43
36	Inlet Catch Basin For R.C.P. ∅ 0.40 M.	AS	150,5	มีนาคม,43	กรกฎาคม,43
	Slope Protection				
37	Concrete Slope Protection For Bridge	AT	300,10	มีนาคม,44	ธันวาคม,44
	Sodding				
38	Strip Sodding	AU	300,10	มีนาคม,44	ธันวาคม,44
39	Top Soil	AV	150,5	พฤศจิกายน,43	มีนาคม,44

ในงานโครงสร้างระบายน้ำ (Drainage Structure) นี้จะมีงานที่จัดเป็นกลุ่มงานได้ตามวันเริ่มต้นและสิ้นสุดที่พร้อมกัน โดยจัดเป็นกลุ่มงานได้ดังนี้

กลุ่มงาน	ประกอบด้วยงาน	สัญลักษณ์	เริ่มต้น (เดือน,ปี)	สิ้นสุด (เดือน,ปี)
R.C.Pipe	R.C.P. ∅ 0.40 m.	AK	ธันวาคม,41	กุมภาพันธ์,43
	R.C.P. ∅ 0.60 m.	AL		
	R.C.P. ∅ 0.80 m.	AM		
	R.C.P. ∅ 1.00 m.	AN		
	R.C.P. ∅ 1.20 m.	AO		
Bridge1	Bridge, At. Sta. 2+424.30 RT. Size (3x8.00)	J	กุมภาพันธ์,42	พฤศจิกายน,42
	Bridge, At. Sta. 2+433.50 LT. Size (3x8.00)	K		
	Bridge, At. Sta. 3+695.283 RT. Size (3x9.00)	L		
	Bridge, At. Sta. 3+705.000 LT. Size (3x9.00)	M		
Bridge2	Bridge, At. Sta. 13+594.00 LT. Size (8x10.00)+ (8x20.00)+(8x10.00)	X	มีนาคม,42	ตุลาคม,43
	Bridge, At. Sta. 13+599.418 RT.Size(8x10.00)+ (8x20.00)+(8x10.00)	Y		
Bridge3	Bridge, At. Sta. 3+852.50 RT. Size (3x9.00)	N	กรกฎาคม,42	เมษายน,43
	Bridge, At. Sta. 3+852.50 LT. Size (3x9.00)	O		
	Bridge, At. Sta. 7+218.50 LT. Size (3x9.00)	P		
	Bridge, At. Sta. 7+219.129 RT. Size(3x9.00)	Q		
R.C.Box	At. Sta. 6+385 Size 2(3.60x3.60)	AD	สิงหาคม,42	พฤษภาคม,43
	At. Sta. 14+157.10 Size 1(2.10x1.80)	AE		
	At. Sta. 14+424.00 Size 1(1.8x1.5)	AF		
	At. Sta. 18+428.50 Size 2(3.30x3.00)	AG		
	At. Sta. 18+667.50 Size 1(3.60x3.30)	AH		
	At. Sta. 19+884.70 Size 3(2.70x2.70)	AI		
	Channel Improvement	AJ		
	Bridge, At. Sta. 9+495 LT. Size (3x9.00)	R		
	Bridge, At. Sta. 9+495 RT. Size (3x9.00)	S		

Bridge4	Bridge, At. Sta. 11+241.90 LT. Size (1x6.00)+	T	ธันวาคม,42	กันยายน,43
	(1x7.00)+(1x6.00)			
	Bridge, At. Sta. 11+246.032 RT. Size (1x6.00)+	U		
	(1x7.00)+(1x6.00)			
	Bridge, At. Sta. 12+411.500 LT. Size (3x10.00)	V		
	Bridge, At. Sta. 12+411.50 RT. Size (3x10.00)	W		
	Bridge, At. Sta. 15+608.456 LT. Size (4x10.00)	Z		
	Bridge, At. Sta. 15+616.55 RT. Size (4x10.00)	AA		
	Bridge, At. Sta. 18+688.804 RT. Size (3x8.00)	AB		
	Bridge, At. Sta. 18+694.400 LT. Size (3x8.00)	AC		
Drainage1	Plain Concrete	AP	มีนาคม,43	กรกฎาคม,43
	Reinforce Concrete	AQ		
	Median Drop Inlet Type II	AR		
	Inlet Catch Basin For R.C.P. ∅ 0.40 M.	AS		
Drainage2	Concrete Slope Protection For Bridge	AT	มีนาคม,44	ธันวาคม,44
	Strip Sodding	AU		

งานที่เกี่ยวข้องกับการจราจร (Miscellaneous) จะประกอบไปด้วยงานดังต่อไปนี้ และรายละเอียดของระยะเวลาทำงาน วันเริ่มต้นและสิ้นสุด

ลำดับที่	งาน	สัญลักษณ์	ระยะเวลาทำงาน (วัน,เดือน)	เริ่มต้น (เดือน,ปี)	สิ้นสุด (เดือน,ปี)
1	Reinforced Concrete Bridge Approach Slab	AW	300,10	มีนาคม,44	ธันวาคม,44
2	Concrete Curb & Gutter	AX	300,10	มีนาคม,44	ธันวาคม,44
3	Concrete Barrier	AY	300,10	มีนาคม,44	ธันวาคม,44
4	Abutment Protector	AZ	300,10	มีนาคม,44	ธันวาคม,44
5	Steel Beam Guardrail Thickness 3.2 MM.	BA	300,10	มีนาคม,44	ธันวาคม,44
6	Guide Post	BB	300,10	มีนาคม,44	ธันวาคม,44
7	R.O.W. Monument	BC	300,10	มีนาคม,44	ธันวาคม,44
8	New Kilometer Stone	BD	300,10	มีนาคม,44	ธันวาคม,44

9	New Bus Stop Shelter Type " B "	BE	300,10	มีนาคม,44	ธันวาคม,44
10	Sign Plate & Frame	BF	300,10	มีนาคม,44	ธันวาคม,44
11	Sign Post	BG	300,10	มีนาคม,44	ธันวาคม,44
12	Yellow Paint	BH	150,5	สิงหาคม,44	ธันวาคม,44
13	White Paint	BI	150,5	สิงหาคม,44	ธันวาคม,44
14	Painting On Curb	BJ	150,5	สิงหาคม,44	ธันวาคม,44
15	Uni-Directional Reflectorized	BK	150,5	สิงหาคม,44	ธันวาคม,44
16	9.00 M. (Mounting Height) Tapered Steel Pole	BL	150,5	สิงหาคม,44	ธันวาคม,44
	Single Bracket With High				
	Pressure Sodium Lamp 250 Watts, Cut-Off				
17	9.00 M. (Mounting Height)Tapered Steel Pole	BM	150,5	สิงหาคม,44	ธันวาคม,44
	Double Bracket With High				
	Pressure Sodium Lamp 250 Watts, Cut-Off				
18	Foundation and Steel Post For Overhead Sign	BN	150,5	สิงหาคม,44	ธันวาคม,44
19	Over Head Traffic Sign	BO	150,5	สิงหาคม,44	ธันวาคม,44
20	Steel Truss For Over Head Sign	BP	150,5	สิงหาคม,44	ธันวาคม,44
21	Over Hanging Traffic Sign Area Not More	BQ	150,5	สิงหาคม,44	ธันวาคม,44
	Than 5.28 M.2				

ในงานที่เกี่ยวข้องกับการจราจร (Miscellaneous) นี้ จะมีงานที่จัดเป็นกลุ่มงานได้ตามวันเริ่มต้นและสิ้นสุดที่พร้อมกัน โดยจัดเป็นกลุ่มงานได้ดังนี้

กลุ่มงาน	ประกอบด้วยงาน	สัญลักษณ์	เริ่มต้น (เดือน,ปี)	สิ้นสุด (เดือน,ปี)
	Reinforced Concrete Bridge Approach Slab	AW		
	Concrete Curb & Gutter	AX		
	Concrete Barrier	AY		
	Abutment Protector	AZ		
	Steel Beam Guardrail Thickness 3.2 MM.	BA		
Miscellaneous1	Guide Post	BB	มีนาคม,44	ธันวาคม,44

	R.O.W. Monument	BC		
	New Kilometer Stone	BD		
	New Bus Stop Shelter Type " B "	BE		
	Sign Plate & Frame	BF		
	Sign Post	BG		
Miscellaneous2	Yellow Paint	BH	สิงหาคม,44	ธันวาคม,44
	White Paint	BI		
	Painting On Curb	BJ		
	Uni-Directional Reflectorized	BK		
	9.00 M. (Mounting Height) Tapered Steel Pole	BL		
	Single Bracket With High			
	Pressure Sodium Lamp 250 Watts, Cut-Off			
	9.00 M. (Mounting Height)Tapered Steel Pole	BM		
	Double Bracket With High			
	Pressure Sodium Lamp 250 Watts, Cut-Off			
	Foundation and Steel Post For Overhead Sign	BN		
	Over Head Traffic Sign	BO		
	Steel Truss For Over Head Sign	BP		
	Over Hanging Traffic Sign Area Not More	BQ		
	Than 5.28 M.2			

เมื่อจัดแบ่งงานออกเป็นงานหลัก และแบ่งแต่ละงานหลักออกเป็นกลุ่มงานตามวันเริ่มต้นและสิ้นสุดที่พร้อมกันแล้ว จะได้จัดลำดับความสัมพันธ์ของงาน,กลุ่มงาน คือ เมื่อเริ่มต้นก่อสร้างทางจะเริ่มจากงาน Clearing ก่อน เมื่อ Clearing ไปได้ระยะหนึ่งก็จะสามารถเริ่มงานด้านโครงสร้างถนนและงานโครงสร้างระบายน้ำได้ แต่งานโครงสร้างถนนที่จะเริ่มก่อสร้างได้นั้น จำเป็นที่จะต้องมีการทำงานโครงสร้างระบายน้ำก่อน โดยการวางท่อ ซึ่งอยู่ในกลุ่มงานของ R.C.Pipe (ในทางปฏิบัติแล้วจะต้องมีการทำงาน Embankment ก่อนแล้วจึงสามารถวางท่อได้ แต่สำหรับโครงการนี้จำเป็นที่จะต้องมีการวางท่อก่อนเพื่อสะดวกในการขนส่งวัสดุก่อสร้าง) เมื่อวางท่อไปได้ระยะหนึ่งจึงจะทำงาน Embankment ซึ่งเป็นส่วนโครงสร้างถนนต่อไป และแต่ละส่วนของงานโครงสร้างถนน และงานโครงสร้างระบายน้ำสามารถแยกกันทำงานได้ตามลำดับต่อไป เนื่องจากวัสดุก่อสร้าง

ที่ใช้ในแต่ละงานหลักนั้นใช้วัสดุที่แตกต่างกัน คือในงานโครงสร้างถนน วัสดุก่อสร้างส่วนใหญ่จะเป็นดินและหินโม่ ส่วนงานโครงสร้างระบายน้ำจะใช้วัสดุก่อสร้างที่เป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก จึงมีการทำงานที่แตกต่างกัน แต่ก็มีวัสดุก่อสร้างที่จะนำไปใช้ทั้งสองงาน คือ หินโม่

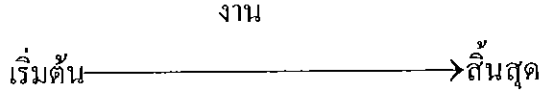
ในงานโครงสร้างถนนเมื่อทำงาน Embankment ไปได้ระยะหนึ่งแล้ว จะขึ้นชั้นโครงสร้างชั้นต่อไป คือ งาน Selected Material Type " B" และต่อไปจะเป็นงาน Selected Material Type " A" ต่อไปจะเป็นงาน Soil Aggregate Subbase หลังจากนั้น งาน Porous Backfill และงาน Crushed Rock Soil Aggregate Type Base สามารถที่จะเริ่มงานได้พร้อมกัน และชั้นสุดท้ายของโครงสร้างถนนจะเป็นชั้นผิวทาง ประกอบด้วยงาน Prime Coat และงาน Asphaltic Concrete Wearing Course (5 CM.) ซึ่งสามารถเริ่มงานไปพร้อมๆกัน

ในงานโครงสร้างระบายน้ำจะประกอบไปด้วยงานวางท่อและงานสะพาน โดยเรียงลำดับการทำงาน คือ กลุ่มงาน R.C.Pipe กลุ่มงาน Bridge1 กลุ่มงาน Bridge2 กลุ่มงาน Bridge3 กลุ่มงาน R.C.Box กลุ่มงาน Bridge4 กลุ่มงาน Drainage1 งาน Top-Soil และกลุ่มงาน Drainage2 เป็นลำดับสุดท้าย

ส่วนของงานที่เกี่ยวข้องกับการจราจร (Miscellaneous) นั้นจะเป็นงานที่เริ่มก่อสร้างในลำดับสุดท้ายของโครงการ คือ จะเริ่มได้หลังจากที่ทำงานผิวทางไปได้ระยะหนึ่ง โดยจะเป็นกลุ่มงาน Miscellaneous1 เมื่อก่อสร้างไปได้ระยะหนึ่งจึงเริ่มงาน Miscellaneous2 ต่อไปจนเสร็จตามสัญญา

เพื่อให้สามารถมองเห็นถึงขั้นตอนการทำงานและความสัมพันธ์ของงานแต่ละงานได้อย่างชัดเจน จึงได้แสดงแผนงานเป็นแบบโครงข่าย คือ แผนผังลูกศร (Arrow Diagram) ที่แสดงความสัมพันธ์ของงานในโครงการ โดยผังลูกศรจะประกอบด้วย

1. ลูกศร (Arrow) แทนงานแต่ละงานในโครงการ
2. ขั้วหรือจุด (Node) แทนจุดเริ่มต้นหรือสิ้นสุดของการทำงานแต่ละงาน ปลายลูกศรจะแสดงการเริ่มต้นของงานและหัวลูกศรจะแสดงการสิ้นสุดของงาน



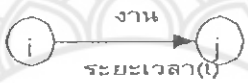
ลูกศรจะแสดงถึงงานต่างๆที่ต้องทำ ลำดับลูกศรจะแสดงถึงลำดับก่อนหรือหลังของงานนั้นๆ ข้อมูลในการเขียนผังลูกศรก็คือ ต้องรู้สิ่งเหล่านี้เสียก่อน

- งานไหนจะต้องทำก่อนงานนี้

- งานไหนที่สามารถเริ่มทำงานได้พร้อมกับงานนี้
- งานไหนที่จะทำหลังจากงานนี้

มีหลักในการเขียนผังลูกศรบางประการที่จะช่วยให้เป็นสื่อที่เข้าใจโดยทั่วไปดังต่อไปนี้

1. ลูกศรแต่ละลูกศรจะแสดงแทนงานได้ 1 งาน ที่หางลูกศรจะหมายถึงจุดเริ่มต้นของงาน ที่หัวลูกศรจะหมายถึงจุดที่งานเสร็จ



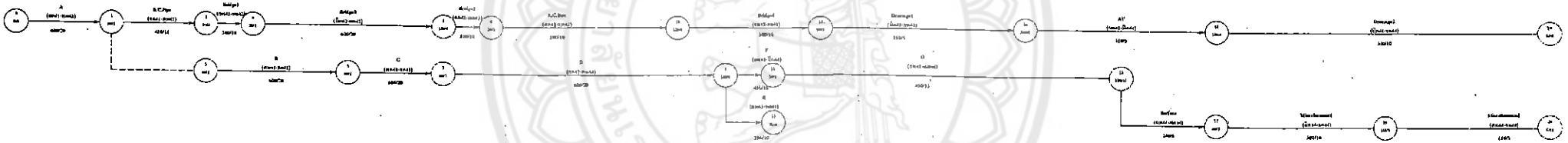
โดยทั่วไปการเขียนผังลูกศรจะพยายามให้วิ่งจากทางซ้ายไปทางขวาเพื่อสะดวกในการอ่าน

2. ความยาวของลูกศรไม่เกี่ยวข้องกับระยะเวลาช้า – เร็ว
3. ความสัมพันธ์ของงานต่างๆจะทราบได้จากลำดับก่อน – หลัง ของแต่ละลูกศรที่แทนงานนั้นๆ
4. จะต้องใช้ลูกศรประ - - - - - -> ซึ่งเรียกว่าดัมมี่ (Dummy) เพื่อต่อเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของงานให้ถูกต้องตามความสัมพันธ์ที่ต้องการ และเพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้งานแต่ละงานมีหมายเลขประจำตัวซ้ำกัน
5. แผนผังลูกศรจะต่อเนื่องกันไม่ขาดตอนจากจุดเริ่มต้นจนถึงจุดสุดท้าย จุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายต้องมีเพียงจุดเดียว

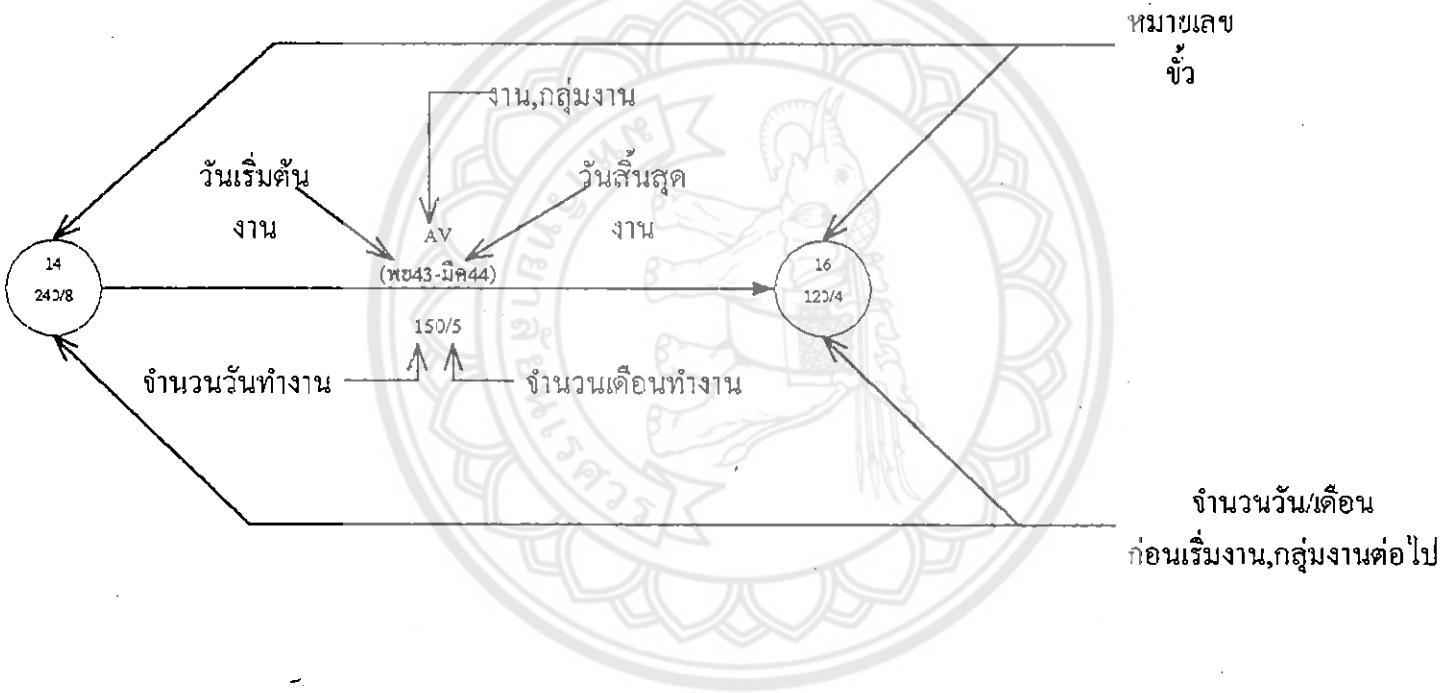
ตารางสำหรับแผนผังลูกศร

ขั้ว	งานหรือกลุ่มงาน	ระยะเวลา (วัน,เดือน)	วันเริ่มต้น (เดือน,ปี)	วันสิ้นสุด (เดือน,ปี)
0 — 1	A	600,20	ตุลาคม,41	พฤษภาคม,43
1 — 2	R.C.Pipe	450,15	ธันวาคม,41	กุมภาพันธ์,43
2 — 4	Bridge1	300,10	กุมภาพันธ์,42	พฤศจิกายน,42
4 — 6	Bridge2	600,20	มีนาคม,42	ตุลาคม,43
6 — 8	Bridge3	300,10	กรกฎาคม,42	เมษายน,43

8 — 10	R.C.Box	300,10	สิงหาคม,42	พฤษภาคม,43
10 — 12	Bridge4	300,10	ธันวาคม,42	กันยายน,43
12 — 14	Drainage1	150,5	มีนาคม,43	กรกฎาคม,43
14 — 16	AV	150,5	พฤศจิกายน,43	มีนาคม,44
16 — 18	Drainage2	300,10	มีนาคม,44	ธันวาคม,44
1 — 3	Dummy			
3 — 5	B	600,20	กุมภาพันธ์,42	กันยายน,43
5 — 7	C	600,20	พฤษภาคม,42	ธันวาคม,43
7 — 9	D	600,20	กรกฎาคม,42	กุมภาพันธ์,44
9 — 13	E	300,10	กุมภาพันธ์,43	พฤศจิกายน,43
9 — 11	F	450,15	มกราคม,43	มีนาคม,44
11 — 15	G	450,15	กุมภาพันธ์,43	เมษายน,44
15 — 17	Surface	240,8	มกราคม,44	สิงหาคม,44
17 — 19	Miscellaneous1	300,10	มีนาคม,44	ธันวาคม,44
19 — 20	Miscellaneous2	150,5	สิงหาคม,44	ธันวาคม,44



ารแปลความหมาย :



5.2 การวิเคราะห์แผนงานโดยการเปรียบเทียบแผนงานที่วางไว้กับผลงานที่ทำได้

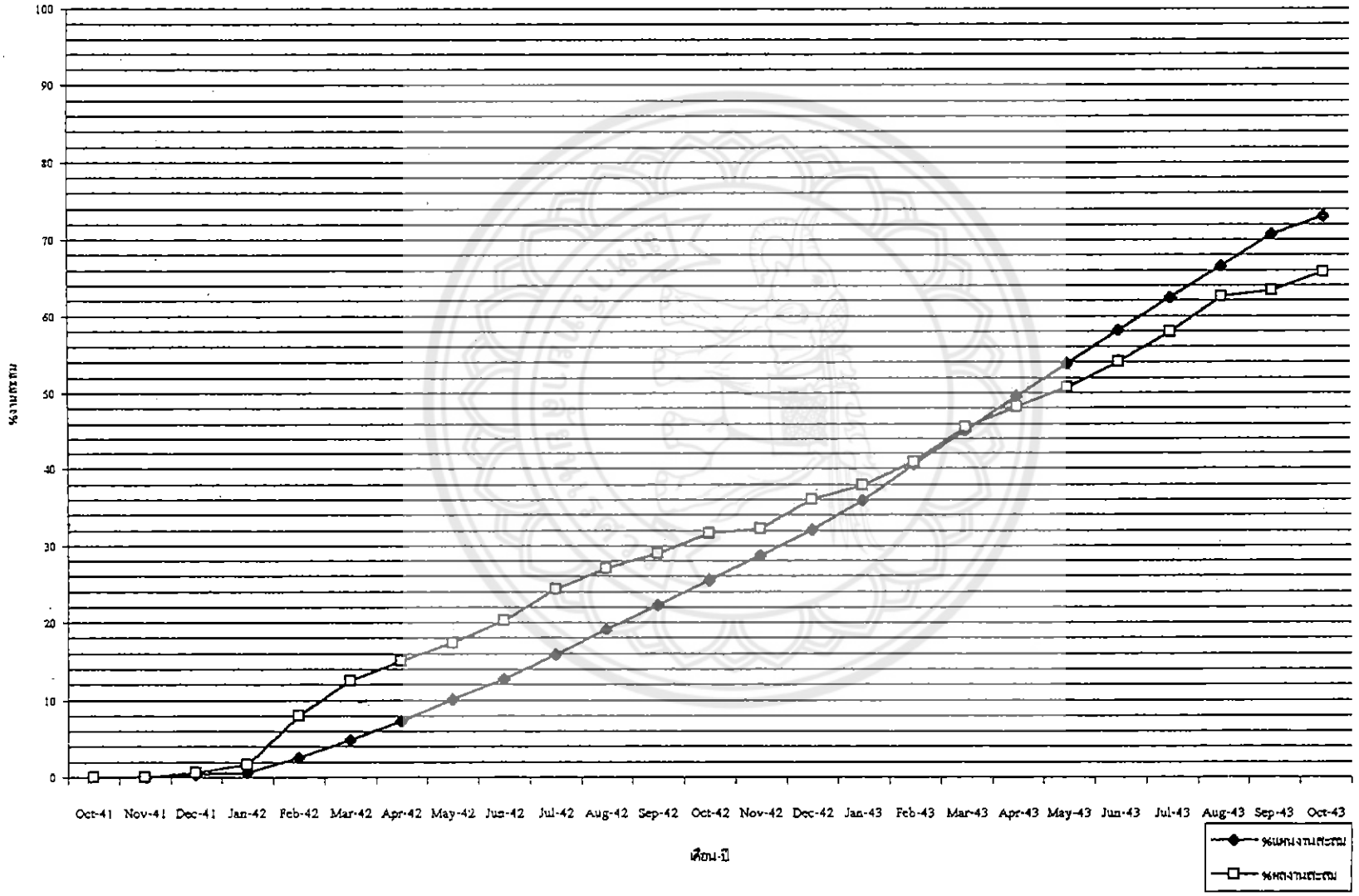
5.2.1 การวิเคราะห์โดยใช้แผนภูมิเส้น

การวิเคราะห์ภาพรวมโดยการนำตัวเลขของPercentage สะสมของแผนงานและ Percentage สะสมของผลงานมาเปรียบเทียบกัน โดยช่วงของข้อมูลตัวเลขที่นำมาเปรียบเทียบกันนี้ จะเริ่มตั้งแต่ก่อสร้างโครงการ คือเดือนตุลาคม 2541 (Oct-41) จนถึงเดือนตุลาคม 2543 (Oct-43) เมื่อนำตัวเลขของPercentage สะสมของแผนงานและผลงานมาสร้างเป็นแผนภูมิเส้น ดังแสดงในภาพที่ 5.1 สามารถมองเห็นความแตกต่างกันระหว่างแผนงานและผลงานได้อย่างชัดเจน หลังจากที่เริ่มต้นโครงการไปได้ระยะหนึ่ง ซึ่งในช่วงของการเริ่มต้นโครงการจะเป็นการจัดเตรียมเครื่องมือ เครื่องจักร การเตรียมที่พักอาศัย การเตรียมงานต่างๆก่อนที่จะทำการก่อสร้างจริง จึงมีความแตกต่างกันน้อยมาก เมื่อก่อสร้างไปได้ระยะหนึ่งแล้ว คือหลังจากเดือนมกราคม 2542 (Jan-42) เป็นต้นไป จะเห็นว่า % ผลงานสะสมจะมีค่ามากกว่า % แผนงานสะสมมาก นั่นหมายถึงการมีประสิทธิภาพของการทำงาน ทั้งเครื่องจักรก่อสร้าง คนงาน วัสดุก่อสร้าง การบริหารงานและการบริหารด้านการเงิน % ผลงานสะสมจะมากกว่า % แผนงานสะสมขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งถึงเดือนกรกฎาคม 2542 (Jul-42) และค่อยๆลดลงจนถึงเดือน กุมภาพันธ์ 2543 (Feb-43)และเดือน มีนาคม 2543 (Mar-43) ซึ่งมี % ผลงานสะสมและ % แผนงานสะสมใกล้เคียงกันมาก และ % ผลงานสะสมจะต่ำกว่า % แผนงานสะสมในเดือน เมษายน 2543 (Apr-43) และยังต่ำกว่า % แผนงานสะสมไปจนถึงเดือน ตุลาคม 2543 (Oct-43) ซึ่งในกรณีนี้จะเกิดจากปัญหาต่างๆในการก่อสร้าง สาเหตุสำคัญที่สุด คือฤดูกาล โดยในช่วงต้นปี 2543 นั้นจะเกิดฝนตกหนัก การก่อสร้างจำเป็นต้องชะงักลงไม่สามารถทำการก่อสร้างได้ ทำให้ % ผลงานสะสมต่ำกว่า % แผนงานสะสม และเมื่อสามารถทำการก่อสร้างต่อไปได้แล้วจำเป็นที่จะต้องมีการแก้ไขตามจุดต่างๆแล้วจึงทำงานก่อสร้างต่อไปได้

การวิเคราะห์ภาพรวมโดยการเปรียบเทียบ % แผนงานสะสม กับ % ผลงานสะสมนี้ สามารถนำมาแปลความหมายโดยแสดงเป็นค่าต่างๆได้ดังต่อไปนี้ คือ

1. ความชันของกราฟ,Slope
2. % อัตราการเพิ่มของผลงาน และ % อัตราการลดของผลงาน
3. ผลงานต่างกับแผนงาน (%)
4. % ประสิทธิภาพการทำงาน

ภาพที่ 5.1 แสดงแผนภูมิเส้นเปรียบเทียบค่า % แผนงานสะสม และ % ผลงานสะสม



ตารางแสดง % แผนงานสะสมและ % ผลงานสะสมในแต่ละเดือน

เดือน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม
ปี	41			42												43									43
% แผนงานสะสม	0.01813	0.03626	0.31061	0.58496	2.50754	4.91100	7.31446	10.02151	12.72857	15.84153	19.05614	22.27075	25.48536	28.69996	32.09737	35.91802	40.36631	45.03309	49.49986	53.86231	58.10497	62.34764	66.51560	70.68356	73.02050
% ผลงานสะสม	0.000	0.008	0.531	1.630	7.955	12.526	15.053	17.314	20.286	24.322	26.983	28.978	31.544	32.231	35.946	37.799	40.820	45.531	48.159	50.716	54.008	57.917	62.496	63.354	65.695

ตารางแสดงค่าต่างๆที่ได้จากการนำ % แผนงานและ % ผลงานมาเปรียบเทียบ

เดือน		ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม
ปี		41			42												43									43
Slope	แผนงาน	0.018	0.018	0.274	0.274	1.923	2.403	2.403	2.707	2.707	3.113	3.215	3.215	3.215	3.215	3.397	3.321	4.648	4.467	4.467	4.362	4.243	4.243	4.168	4.168	2.337
	ผลงาน	0.000	0.008	0.523	1.099	6.325	4.571	2.527	2.261	2.972	4.036	2.661	1.995	2.566	0.687	3.715	1.853	3.021	4.711	2.628	2.557	3.292	3.909	4.579	0.858	2.341
% อัตราการเพิ่มผลงาน				70.954	178.651	217.243	155.060	105.798	72.803	59.424	53.572	41.628	30.140	23.793	12.219	12.005	5.249	0.635	1.115							
% อัตราการลดผลงาน		100.000	77.937																	2.791	5.834	7.044	7.100	6.037	10.364	10.027
ผลงานต่างกับ	+			0.220	1.045	5.447	7.615	7.739	7.295	7.561	8.485	7.931	6.711	6.063	3.535	3.853	1.885	0.258	0.502							
แผนงาน (%)	-	0.018	0.028																	1.337	3.142	4.093	4.427	4.016	7.326	7.321
% ประสิทธิภาพการทำงาน		0.00	22.06	170.95	278.65	317.24	255.06	205.80	172.80	159.42	153.57	141.63	130.14	123.79	112.32	112.00	105.25	100.63	101.11	97.30	94.16	92.95	92.90	93.96	89.63	89.97

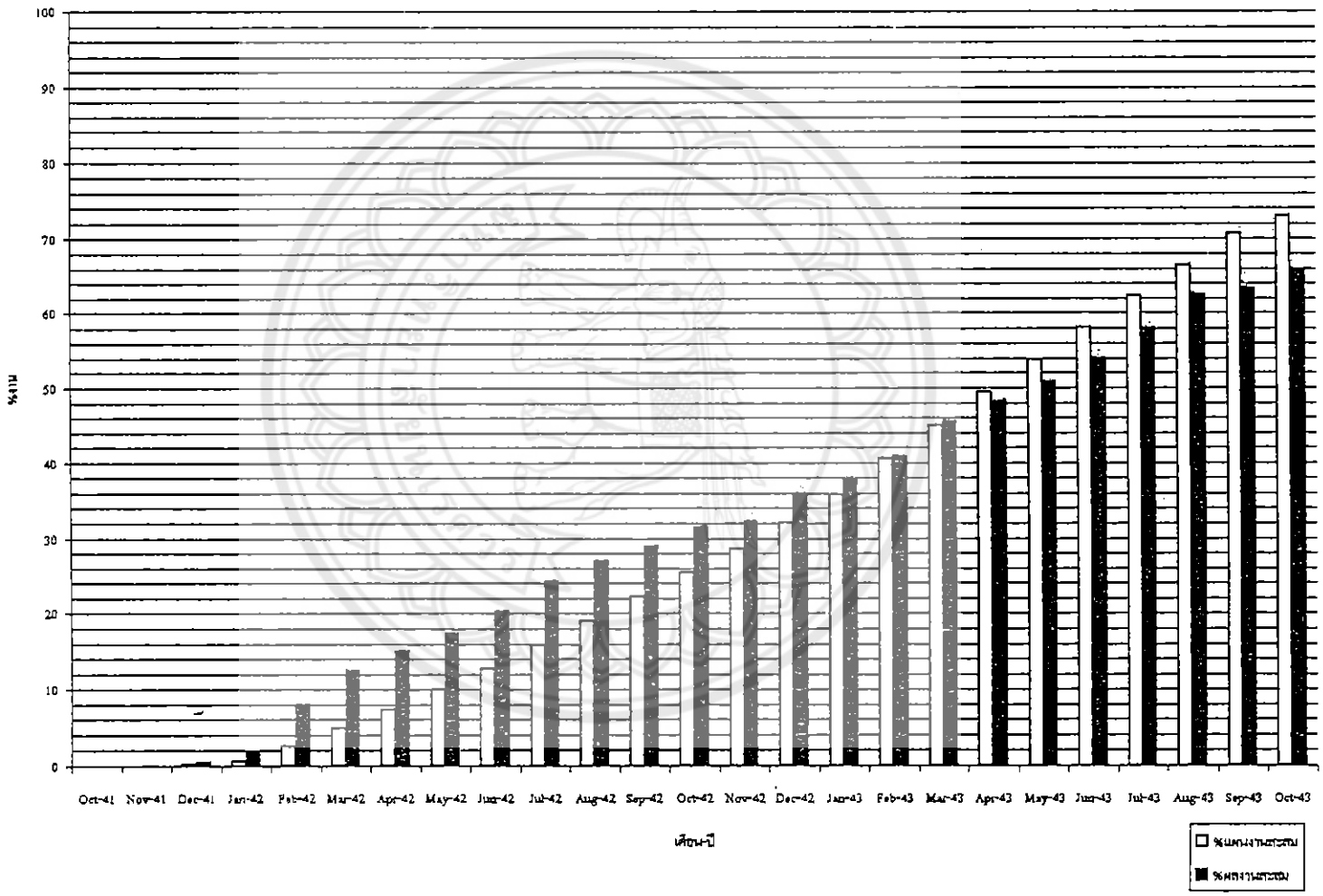
การวางแผนงานในโครงการนี้อาจจะวางไว้ต่ำไปกว่าที่เป็นจริง เนื่องจากอาจจะประเมินประสิทธิภาพการทำงานน้อยไป แต่เมื่อทำการก่อสร้างจริงแล้ว จะเห็นได้ว่าสามารถมีผลงานได้มากกว่าแผนงานอย่างเห็นได้ชัด แต่เมื่อเกิดปัญหา อุปสรรคในการทำงานก่อสร้างจึงทำให้ผลงานตกลงไปกว่าแผนงาน

5.2.2 การวิเคราะห์โดยใช้แผนภูมิแท่ง

การวิเคราะห์รายละเอียดโดยการนำตัวเลขของ Percentage สะสมของแผนงานและ Percentage สะสมของผลงานในแต่ละเดือนมาเปรียบเทียบกัน โดยช่วงของข้อมูลตัวเลขที่นำมาเปรียบเทียบกันนี้ จะเริ่มตั้งแต่ก่อสร้างโครงการ คือเดือน ตุลาคม 2541 (Oct-41) จนถึงเดือน ตุลาคม 2543 (Oct-43) เมื่อนำตัวเลขของ Percentage สะสมของแผนงานและผลงานในแต่ละเดือนมาสร้างเป็นแผนภูมิแท่ง ดังแสดงในภาพที่ 5.2 จะเห็นได้ว่าในช่วงเริ่มต้นของการก่อสร้าง คือตั้งแต่ต้นเดือน ตุลาคม 2541 (Oct-41) จนถึงเดือน ธันวาคม 2541 (Dec-41) จะไม่เห็นความแตกต่างระหว่าง % แผนงานสะสม กับ % ผลงานสะสม ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อ 5.2.1 แต่เมื่อถึงเดือน มกราคม 2542 (Jan-42) ความแตกต่างระหว่าง % แผนงานสะสม กับ % ผลงานสะสมจะเริ่มปรากฏขึ้นและจะมีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดในเดือนต่อๆไป โดยที่ % ผลงานสะสมจะมีค่ามากกว่า % แผนงานสะสมจนถึงเดือน กุมภาพันธ์ 2543 (Feb-43) และเดือน มีนาคม 2543 (Mar-43) ความแตกต่างระหว่าง % แผนงานสะสม กับ % ผลงานสะสมจะใกล้เคียงกัน แต่ยังมีค่าของ % ผลงานสะสมมากกว่า % แผนงานสะสม ในช่วงเดือน เมษายน 2543 (Apr-43) นั้น % ผลงานสะสมจะมีค่าตกลงไปจนต่ำกว่า % แผนงานสะสม โดยมีค่าผลงานต่างกับแผนงานเท่ากับ –1.337 % สาเหตุอันเนื่องมาจากปริมาณน้ำฝนตกลงมามากในช่วงของต้นปีนั้น การก่อสร้างจึงจำเป็นต้องหยุดชะงักลงไม่สามารถที่จะก่อสร้างต่อไปได้ จำเป็นที่จะต้องรอให้หมดช่วงของฝนที่ตกลงมาก่อน จึงจะสามารถทำงานก่อสร้างต่อไปได้ และเมื่อทำการก่อสร้างต่อไปได้แล้วก็ยังคงต้องมีการแก้ไขตามจุดต่างๆที่อาจเกิดการเสียหาย จึงส่งผลกระทบต่อ % ผลงานสะสมในเดือนถัดไป คือ % ผลงานสะสมตั้งแต่เดือน เมษายน 2543 (Apr-43) เป็นต้นไปจนถึงเดือน ตุลาคม 2543 (Oct-43) มีค่าต่ำกว่าแผนงาน

จากการวิเคราะห์แผนงานในหัวข้อ 5.2.1 และ 5.2.2 นั้นอาจมองไปในแง่ที่ว่ามีการวางแผนงานไว้ต่ำกว่าที่ควรจะเป็น ถ้าหากไม่เกิดปัญหาขึ้นในการก่อสร้างช่วงเดือน เมษายน 2543 (Apr-43) แล้ว % ผลงานสะสมยังคงมากกว่า % แผนงานสะสม และจะทำให้การก่อสร้างเสร็จก่อนที่จะหมดสัญญาก็อาจเป็นได้ แต่ถ้าหากพิจารณาในด้านการเงิน การใช้จ่ายในการก่อสร้างแล้ว อาจจะเป็นประเด็นหนึ่งที่ทำให้ % ผลงานสะสมค่อยๆลดต่ำลง เนื่องจากการเบิกจ่ายเงินงวด คือรายรับ น้อยกว่าค่างานที่ทำได้จากผลงาน คือรายจ่ายที่จ่ายไปจริง

ภาพที่ 5.2 แสดงแผนภูมิแท่งเปรียบเทียบค่า % แผนงานสะสม และ % ผลงานสะสม



5.3 ปัญหาและอุปสรรคในการก่อสร้าง

ในโครงการก่อสร้างโดยส่วนใหญ่หรืออาจเรียกได้ว่าทุกโครงการ จะต้องเกิดปัญหาและอุปสรรคต่างๆนานาขึ้นในการทำงาน ซึ่งอาจจะเกิดในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง ในกระบวนการใดกระบวนการหนึ่ง หรืออาจจะเกิดปัญหาและอุปสรรคตลอดของโครงการ ฉะนั้นเมื่อเราได้วางแผนงานก่อสร้างไว้ก่อนเริ่มการก่อสร้าง จะทำให้สามารถมองเห็นถึงปัญหาหรืออุปสรรคต่างๆที่จะเกิดขึ้น ภายหลังจากที่ก่อสร้างไปแล้วได้ และสามารถที่จะแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างทันท่วงที โดยไม่ส่งผลให้โครงการต้องเกิดความล่าช้าขึ้นได้ แต่อย่างไรก็ตามแผนงานที่เราได้วางไว้นั้น เราอาจจะใช้ประสบการณ์การทำงาน ความรู้ความสามารถและหลักวิชาการต่างๆ หรืออาจจะใช้ตัวอย่างโครงการที่มีความคล้ายคลึงกันนำมาใช้ในการวางแผน ซึ่งจะไม่ใช่การปฏิบัติงานจริงในโครงการที่เรากำลังจะก่อสร้าง ดังนั้นปัญหาและอุปสรรคต่างๆสามารถที่จะเกิดขึ้นได้แน่นอน

จากการศึกษาการวางแผนงานก่อสร้างทาง " เลี่ยงเมืองสุโขทัย " นี้ทำให้มองเห็นสภาพของปัญหาและอุปสรรคต่างๆในการปฏิบัติงานก่อสร้างจริง โดยปัญหาหลักที่จะส่งผลกระทบต่อการก่อสร้าง คือ

1. สภาพดินฟ้าอากาศ สำหรับงานก่อสร้างทางนั้น สภาพดินฟ้าอากาศเป็นปัจจัยที่สำคัญยิ่งที่จะส่งผลกระทบต่อการทำงาน การทำงานในภาวะที่อากาศแห้ง ไม่มีฝนตกลงมาจะทำให้การทำงานได้สะดวก แต่ถ้าหากเกิดฝนตก จะไม่สามารถที่จะทำการก่อสร้างต่อไปได้ เพราะวัสดุที่ใช้ทำการก่อสร้างทางเป็นดินและหินโม่ หากทำการก่อสร้างต่อไป การบดอัดวัสดุจะไม่เป็นไปตามข้อกำหนด วัสดุไม่มีคุณภาพ อีกทั้งจะเป็นปัญหาต่อตัวเครื่องจักรทำงานอีกด้วย
2. การเงิน ในการก่อสร้าง เงินจะเป็นปัจจัยที่จะทำให้เกิดความก้าวหน้าของงานและทำให้เกิดความล่าช้าของงานได้ถ้าหากไม่สามารถที่จะบริหารการเงินได้ ในการก่อสร้างของผู้รับจ้าง เมื่อทำการก่อสร้างและส่งงานตามงวดงานที่กำหนดในสัญญาแล้วจะต้องทำการเบิกจ่ายเงินงวดงานหรือ Payment เพื่อที่จะสามารถทำการก่อสร้างต่อไปได้ แต่ถ้าหากทำงานไปแล้วแต่ได้ปริมาณงานที่ทำ คือได้ค่างานที่มากกว่าการเบิกจ่ายค่างวดงาน ทำให้เกิดความแตกต่างของรายรับและรายจ่ายของผู้รับจ้าง โดยจะมีรายจ่าย คือค่างานที่ทำได้มากกว่ารายรับ คือการเบิกจ่ายค่างวดงาน จึงทำให้การทำงานในงวดต่อๆมาได้ผลงานก่อสร้างที่น้อยลง

ส่วนปัญหาอื่นๆที่เกิดขึ้น เช่น ปัญหาการยุดงานของคนงานในวันนักขัตฤกษ์ ปัญหาที่เกิดจากผู้รับเหมาช่วง ปัญหาที่ดินทำกินของราษฎรในบริเวณที่ทำการก่อสร้าง

MISSING

5.4 การประเมินผลโครงการ

ในการจัดทำแผนงานจะมี 3 ขั้นตอน ขั้นตอนแรก คือการวางแผน ขั้นที่สอง คือการนำแผนไปปฏิบัติ และขั้นสุดท้ายจะเป็นการประเมินผล การวางแผนเป็นกระบวนการเริ่มแรกของการวางแผนจากนั้นจึงนำไปปฏิบัติ การประเมินผลหมายถึง การทดสอบดูว่าการวางแผนกับการนำแผนไปปฏิบัติตรงกันหรือไม่

การประเมินผลในโครงการก่อสร้างทาง " เลี่ยงเมืองสุโขทัย " นี้จะเป็นการประเมินแนวโน้มของโครงการ เมื่อโครงการสิ้นสุดลง ซึ่งโครงการก่อสร้างนี้อาจจะเสร็จทันหรือไม่ทันตามกำหนดสัญญา โดยการใช้วิธีทางสถิติ เป็นวิธีการประมาณเส้นกราฟของเปอร์เซ็นต์ผลงานสะสมจากชุดข้อมูล เปอร์เซ็นต์ผลงานสะสมที่มีอยู่แล้ว โดยอาศัยวิธีการถดถอยแบบเชิงเส้น (Linear Regression) ซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้กันมากในการประมาณเส้นกราฟ ไม่ว่าจะเป็นในงานด้านวิศวกรรมหรือเศรษฐศาสตร์

การถดถอยแบบเชิงเส้น

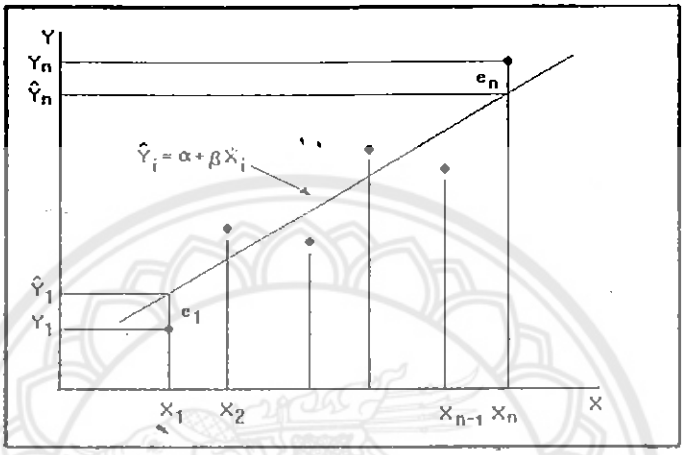
วิธีการถดถอยแบบเชิงเส้นในทางวิศวกรรม เป็นการนำเอาชุดข้อมูลที่มีอยู่มาประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของสมการเส้นตรง โดยการหาค่าต่ำสุดของค่าผิดพลาด (error minimization) เทียบกับค่าสัมประสิทธิ์ของสมการเส้นตรง เนื่องจากข้อมูลในทางวิศวกรรมเป็นข้อมูลที่มีการควบคุมเงื่อนไขต่างๆและโดยสมการทางคณิตศาสตร์ที่ชัดเจนจึงทำให้สามารถกำหนดให้ค่าของ Y จะเป็นค่าตัวแปรตามที่ขึ้นกับค่าของตัวแปร X ซึ่งจะเขียนในรูปของฟังก์ชันดังนี้ $Y = f(X)$ ดังนั้นค่าสัมประสิทธิ์ของสมการเส้นตรงที่ได้จากการประมาณด้วยวิธีการถดถอยแบบเชิงเส้น จึงไม่มีความจำเป็นต้องทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติ

การถดถอยแบบเชิงเส้นเป็นวิธีที่ง่ายที่สุดสำหรับการประมาณเส้นกราฟแทนความสำคัญของข้อมูลที่ประกอบด้วยสองตัวแปร (ตัวแปร X และตัวแปร Y) ซึ่งเป็นการประมาณด้วยฟังก์ชันเชิงเส้นตรงหนึ่งตัวแปร โดยทั่วไปจะแสดงสมการการถดถอยแบบเชิงเส้นของสิ่งตัวอย่าง (Sample) ดังนี้

$$\hat{Y}_i = \alpha + \beta X_i \quad (1)$$

โดยที่ $\hat{Y}_i, X_i$ หมายถึง ค่าประมาณของ Y และข้อมูล X

α , β หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์จุดตัดแกน Y และค่าสัมประสิทธิ์ความชันของเส้นตรง ตามลำดับ



รูปที่ 1 แสดงการเบี่ยงเบนของข้อมูลไปจากเส้นถดถอยของข้อมูลที่กำหนดให้

จากรูปที่ 1 ข้อมูลคู่ลำดับ (X , Y) จะถูกแสดงด้วยจุดโดยมีทั้งหมด n ข้อมูลตั้งแต่ (X_1 , Y_1) ถึง (X_n , Y_n) ส่วนข้อมูลคู่ลำดับ (X , $\hat{Y}$) จะเป็นข้อมูลที่ได้จากการประมาณค่า Y จากค่า X ใดๆ จากสมการ (1) ที่ได้จากวิธีการถดถอยแบบเชิงเส้น ซึ่งจะเห็นว่า ณ ตำแหน่ง x ใดๆค่าความผิดพลาดหรือค่าเบี่ยงเบนของ Y ไปจากค่า Y ที่แท้จริง มีค่าเท่ากับ e ซึ่งสามารถเขียนในรูปสมการคณิตศาสตร์ ดังนี้

$$e_i = Y_i - \hat{Y}_i \quad (2)$$

จากสมการ (1) เรากำหนดให้ความสัมพันธ์ระหว่าง X และ Y เป็นความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง และเมื่อนำสมการ (1) มาแทนที่ในสมการ (2) ก็จะได้สมการของค่าเบี่ยงเบนของ Y (e) ดังนี้

$$e_i = Y_i - \alpha - \beta X_i \qquad (3)$$

เนื่องจากสมการเส้นตรงที่ทำให้ค่าเบี่ยงเบนของ Y ต่ำสุดนั้น เมื่อนำค่าเบี่ยงเบนของ Y (e) สำหรับทุกๆค่าของ X มาบวกกัน จะมีค่าเท่ากับ 0 ดังนั้นเพื่อให้สมการ (3) มีความหมายในทางคณิตศาสตร์ (มีค่าไม่เท่ากับศูนย์) จึงทำการยกกำลังสองทั้งสองข้างของสมการ ซึ่งการยกกำลังสองค่าเบี่ยงเบนของ Y จึงเป็นที่มาของคำว่า วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least Square Method) ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งที่ใช้ในการถดถอย (regression)

$$\sum_{i=1}^{n} e_i^2 = \sum_{i=1}^{n} \left(Y_i - \alpha - \beta X_i \right)^2 \qquad (4)$$

จากนั้นจึงทำการหาค่าต่ำสุดของสมการ (4) เทียบกับสัมประสิทธิ์ของสมการเชิงเส้นตรงที่ไม่ทราบค่าทั้งสอง เนื่องจากสมการ (4) เป็นสมการกำลังสอง ด้วยเหตุนี้ค่าต่ำสุดของตัวเลขใดๆ ยกกำลังสอง จึงมีค่าเท่ากับศูนย์ ดังนั้นค่าต่ำสุดที่ได้จึงถูกกำหนดให้มีค่าเท่ากับศูนย์ ดังนี้

$$\begin{aligned} \frac{\partial \sum_{i=1}^{n} e_i^2}{\partial \alpha} &= 0 \\ \frac{\partial \sum_{i=1}^{n} e_i^2}{\partial \beta} &= 0 \end{aligned} \qquad (5)$$

ซึ่งสามารถที่จะขยายสมการ (5) ข้างบนได้ดังนี้

$$\frac{\partial\sum_{i=1}^{n}e_i^2}{\partial\alpha}=\frac{\partial\sum_{i=1}^{n}\left(Y_i-\alpha-\beta X_i\right)^2}{\partial\alpha}=0$$

$$2\sum_{i=1}^{n}\left(Y_i-\alpha-\beta X_i\right)(-1)=0$$

$$\sum_{i=1}^{n}\left(Y_i-\alpha-\beta X_i\right)=0$$

$$\sum_{i=1}^{n}Y_i-n\alpha-\beta\sum_{i=1}^{n}X_i=0 \qquad (6)$$

$$\sum_{i=1}^{n}Y_i=n\alpha+\beta\sum_{i=1}^{n}X_i$$

และสมการ (5) ข้างล่างได้ดังนี้

$$\frac{\partial\sum_{i=1}^{n}e_i^2}{\partial\beta}=\frac{\partial\sum_{i=1}^{n}\left(Y_i-\alpha-\beta X_i\right)^2}{\partial\beta}=0$$

$$2\sum_{i=1}^{n}\left(Y_i-\alpha-\beta X_i\right)(-X_i)=0$$

$$\sum_{i=1}^{n}\left(X_iY_i-\alpha X_i-\beta X_i^2\right)=0$$

$$\sum_{i=1}^{n}X_iY_i-\alpha\sum_{i=1}^{n}X_i-\beta\sum_{i=1}^{n}X_i^2=0 \qquad (7)$$

$$\sum_{i=1}^{n}X_iY_i=\alpha\sum_{i=1}^{n}X_i+\beta\sum_{i=1}^{n}X_i^2$$

สมการ (6) และ (7) สามารถที่จะนำมาสร้างเป็นระบบสมการและเขียนให้อยู่ในรูปของเมตริก
เพื่อให้ง่ายต่อการแก้สมการ เพื่อหาค่าของสัมประสิทธิ์ทั้งสองได้ดังนี้

$$\begin{bmatrix} n & \sum_{i=1}^{n} X_i \\ \sum_{i=1}^{n} X_i & \sum_{i=1}^{n} X_i^2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \alpha \\ \beta \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \sum_{i=1}^{n} Y_i \\ \sum_{i=1}^{n} X_i Y_i \end{Bmatrix} \quad (8)$$

สุดท้ายก็เป็นการแก้สมการโดยอาศัยกฎของคราเมอร์ (Cramer's Rule) ก็จะได้ค่าของสัมประสิทธิ์
ทั้งสองดังนี้

$$\alpha = \frac{\left(\sum_{i=1}^{n} Y_i\right)\left(\sum_{i=1}^{n} X_i^2\right) - \left(\sum_{i=1}^{n} X_i Y_i\right)\left(\sum_{i=1}^{n} X_i\right)}{n\left(\sum_{i=1}^{n} X_i^2\right) - \left(\sum_{i=1}^{n} X_i\right)^2} = \bar{Y} - \beta \bar{X}$$

$$\beta = \frac{n\left(\sum_{i=1}^{n} X_i Y_i\right) - \left(\sum_{i=1}^{n} X_i\right)\left(\sum_{i=1}^{n} Y_i\right)}{n\left(\sum_{i=1}^{n} X_i^2\right) - \left(\sum_{i=1}^{n} X_i\right)^2} \quad (9)$$

โดยที่

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n}$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^{n} Y_i}{n}$$

เมื่อนำข้อมูลทั้งหมดข้างต้นมาคำนวณหาสัมประสิทธิ์ทั้งสองของสมการถดถอยโดยอาศัยสมการ (9) ก็สามารถกระทำได้ ดังตารางต่อไปนี้

การสร้างสมการเส้นแนวโน้มของโครงการ ฯ

Xi	Yi	Xi^2	XiYi
30	0.000	900	0
60	0.008	3600	0.48
90	0.531	8100	47.79
120	1.630	14400	195.6
150	7.955	22500	1193.25
180	12.526	32400	2254.68
210	15.053	44100	3161.13
240	17.314	57600	4155.36
270	20.286	72900	5477.22
300	24.322	90000	7296.6
330	26.983	108900	8904.39
360	28.978	129600	10432.08

390	31.544	152100	12302.16
420	32.231	176400	13537.02
450	35.946	202500	16175.7
480	37.799	230400	18143.52
510	40.820	260100	20818.2
540	45.531	291600	24586.74
570	48.159	324900	27450.63
600	50.716	360000	30429.6
630	54.008	396900	34025.04
660	57.917	435600	38225.22
690	62.496	476100	43122.24
720	63.354	518400	45614.88
750	65.695	562500	49271.25
$\sum$			
9750	781.802	4972500	416820.8

$$\alpha = \frac{(781.802)(4972500) - (416820.8)(9750)}{(25)(4972500) - (9750)^2} = -6.03392$$

$$\beta = \frac{(25)(416820.8) - (9750)(781.802)}{(25)(4972500) - (9750)^2} = 0.09565641026$$

จะได้สมการเส้นแนวโน้มของโครงการฯ $\hat{Y}_i = \alpha + \beta X_i$ เป็น

$$\hat{Y}_i = -6.03392 + 0.09565641026\, X_i$$

จากสมการเส้นแนวโน้มของโครงการฯ เมื่อแทนค่า X_i ด้วยจำนวนวันทำงานจากเริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดโครงการจะได้ค่าของ % แนวโน้มผลงานสะสม และสามารถนำค่าของ % แผนงานสะสม , % ผลงานสะสม และ % แนวโน้มผลงานสะสม มาเปรียบเทียบดังตารางต่อไปนี้

ตารางเปรียบเทียบค่าของ % แผนงานสะสม , % ผลงานสะสม และ % แนวโน้มผลงานสะสม

เดือน/ปี	% แผนงานสะสม	% ผลงานสะสม	% แนวโน้มผลงานสะสม
October-41	0.01813	0.000	-3.164
November-41	0.03626	0.008	-2.094
December-41	0.31061	0.531	2.575
January-42	0.58496	1.630	5.445
February-42	2.50754	7.955	8.314
March-42	4.91100	12.526	11.184
April-42	7.31445	15.053	14.054
May-42	10.01949	17.314	16.924
June-42	12.72452	20.286	19.793
July-42	15.83748	24.322	22.663
August-42	19.05209	26.983	25.533
September-42	22.26670	28.978	28.402
October-42	25.48130	31.544	31.272
November-42	28.69591	32.231	34.142
December-42	32.09332	35.946	37.011
January-43	35.91397	37.799	39.881
February-43	40.56226	40.820	42.751
March-43	45.02903	45.531	45.620
April-43	49.49581	48.159	48.490
May-43	53.85826	50.716	51.360
June-43	58.10092	54.008	54.230
July-43	62.34359	57.917	57.099

August-43	66.51155	62.496	59.969
September-43	70.67951	63.354	62.839
October-43	73.01645	65.695	65.708
November-43	74.96307		68.578
December-43	76.90748		71.448
January-44	79.95524		74.317
February-44	83.00301		77.187
March-44	86.00667		80.057
April-44	88.49651		82.926
May-44	90.16093		85.796
June-44	91.82535		88.666
July-44	93.48977		91.536
August-44	95.91802		94.405
September-44	96.94133		97.275
October-44	97.96465		100.145
November-44	98.98796		103.014
December-44	100.00000		105.884

ความแปรปรวนและความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณ

การใช้เส้นถดถอยไปคาดคะเนค่า $\hat{Y}$ ในอนาคตนั้น จะถูกต้องแค่ไหนขึ้นอยู่กับข้อมูลที่รวบรวมได้นั้นจะกระจัดกระจายไปจากเส้นการถดถอยที่คำนวณได้มากน้อยเพียงใด กล่าวคือถ้าข้อมูลกระจัดกระจายจากเส้นถดถอยมาก การคาดคะเนของ $\hat{Y}$ จะมีโอกาสแตกต่างไปจาก Y ที่แท้จริงได้ง่าย ในทางตรงกันข้าม ถ้าค่าของข้อมูลกระจัดกระจายห่างจากเส้นถดถอยน้อย การคาดคะเน $\hat{Y}$ จะมีโอกาสถูกต้องกับ Y ที่แท้จริงได้มากที่สุด และมาตรการที่ใช้วัดการกระจายของข้อมูลที่รวบรวมมาได้นี้จะวัดอยู่ในรูปของความแตกต่างระหว่าง $\hat{Y}$ กับ Y หรือในรูปของค่า Sum Square of Error (SSE) นั่นเอง

$$\text{ความแปรปรวน} = S^2_{\hat{Y}} = SSE/N$$

$$= \frac{\sum (Y - \hat{Y})^2}{N}$$

แต่เนื่องจากความแปรปรวนนี้วัดความคลาดเคลื่อนในรูปกำลังสอง ทำให้ยากแก่การอธิบาย เราจึงจะอธิบายความคลาดเคลื่อนของการประมาณนี้ในรูปของความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน โดยใส่กรณฑ์สองที่ค่าความแปรปรวน ดังนี้

$$\text{ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน} = \sqrt{S^2_{\hat{Y}}} = S^2_{\hat{Y}} = \sqrt{\frac{\Sigma (Y - \hat{Y})^2}{N}}$$

จากเส้นถดถอยที่ได้นี้นำมาหาค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานได้ดังต่อไปนี้

Y	$\hat{Y}$	$(Y - \hat{Y})^2$
0.000	-3.164	10.010896
0.008	-2.094	4.418404
0.531	2.575	4.177936
1.630	5.445	14.554225
7.955	8.314	0.128881
12.526	11.184	1.800964
15.053	14.054	0.998001
17.314	16.924	0.1521
20.286	19.793	0.243049
24.322	22.663	2.752281
26.983	25.533	2.1025
28.978	28.402	0.331776
31.544	31.272	0.073984
32.231	34.142	3.651921
35.946	37.011	1.134225
37.799	39.881	4.334724
40.820	42.751	3.728761

45.531	45.620	0.007921
48.159	48.490	0.109561
50.716	51.360	0.414736
54.008	54.230	0.049284
57.917	57.099	0.669124
62.496	59.969	6.385729
63.354	62.839	0.265225
65.695	65.708	0.000169

$$\text{ความแปรปรวน} = \frac{\sum (Y - \hat{Y})^2}{N} = \frac{62.496337}{25} = 2.49985508$$

$$\text{ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน} , \sqrt{\frac{\sum (Y - \hat{Y})^2}{N}} = \sqrt{2.49985508} = 1.581093002$$

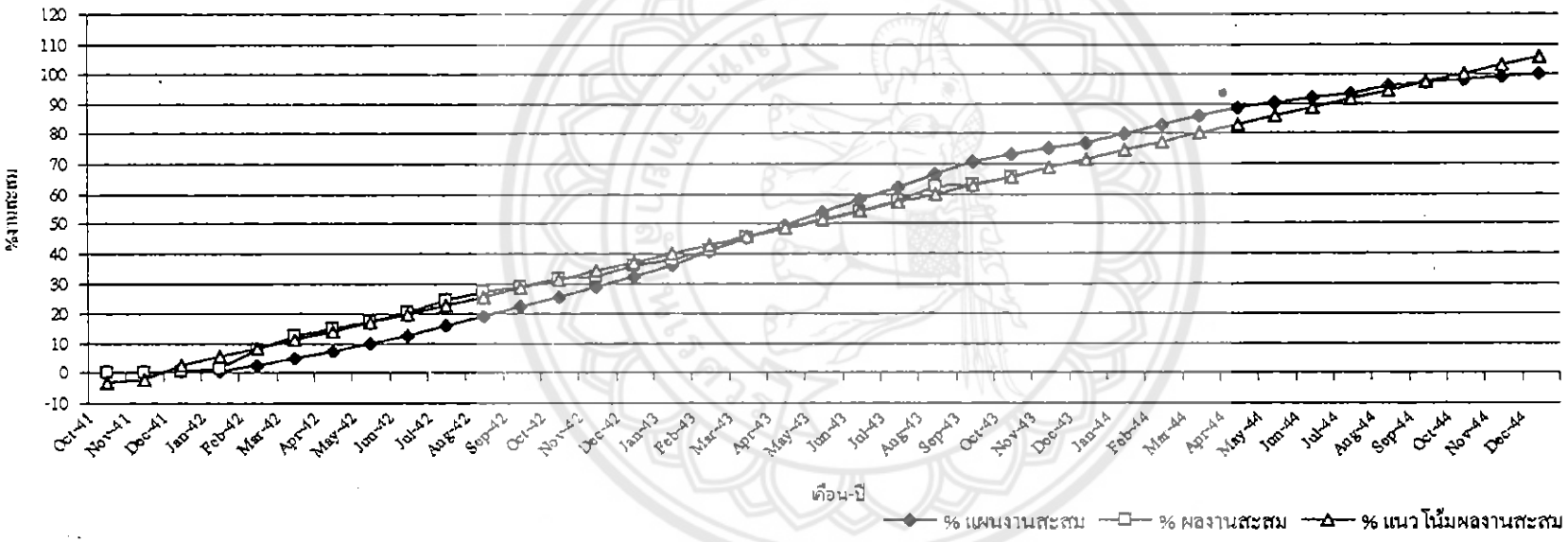
จากค่า 1.581093002 สามารถอธิบายได้ว่า Y จะมีความคลาดเคลื่อนไปจากการประมาณ $\hat{Y}$ เฉลี่ยแล้ว 1.581093002

จากการประเมินผลโครงการโดยใช้วิธีการถดถอยแบบเชิงเส้นนี้ ทำให้สามารถประเมินผลโครงการได้ว่า โครงการนี้จะสามารถเสร็จได้ทันก่อนกำหนดสัญญาคือจะเสร็จในเดือนตุลาคม 2544 (October -44) โดยมี % แนวโน้มผลงานสะสมเป็น 100.145 %

ถึงแม้ว่า % ผลงานสะสมจะมีค่าต่ำกว่า % แผนงานสะสม มาตั้งแต่เดือนเมษายน 2543 แต่เมื่อหลังจากเดือน กันยายน 2543 เป็นต้นไปแล้วความแตกต่างของ % ผลงานสะสมกับ % แผนงานสะสมค่อยๆลดลง โดยจากข้อมูล % ผลงานสะสมในเดือน หลังจากเดือน ตุลาคม 2543 ไปแล้วคือเดือน พฤศจิกายน 2543 เดือน ธันวาคม 2543 และเดือน มกราคม 2544 โดยมี % ผลงานสะสมเป็น 68.500 % , 74.903 % และ 78.207 % ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างจาก % แผนงานสะสมเป็น -6.463 % ,-2.004 % และ –1.748 % ตามลำดับ

ดังนั้นจึงสรุปผลการประเมินโครงการนี้ได้ว่าสามารถเสร็จได้ภายในกำหนดสัญญาคือภายในเดือน ธันวาคม 2544

ภาพที่ 5.3 แสดงแผนภูมิค่า % แผนงานสะสม, % ผลงานสะสม และ % แนวโน้มผลงานสะสม



5.5 สรุปผลโครงงาน

การวางแผนงานด้วยระบบตารางเวลาทำงานแบบแท่งหรือ Bar Chart หรือเรียกอีกอย่างว่าแผนภูมิ Gantt นั้นสามารถที่จะควบคุมและตรวจสอบผลงานได้ แต่อาจจะไม่สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาหรืออุปสรรคต่างๆที่เกิดขึ้นจริงในการทำงานได้เสมอไป การวางแผนงานระบบตารางเวลาทำงานแบบแท่งมีความเหมาะสมกับงานที่มีปริมาณและความซับซ้อนไม่มากจนเกินไป และแผนภูมิสามารถแสดงให้เห็นได้อย่างชัดเจนว่าที่เวลาใดๆงานแต่ละงานก้าวหน้าไปเพียงไร

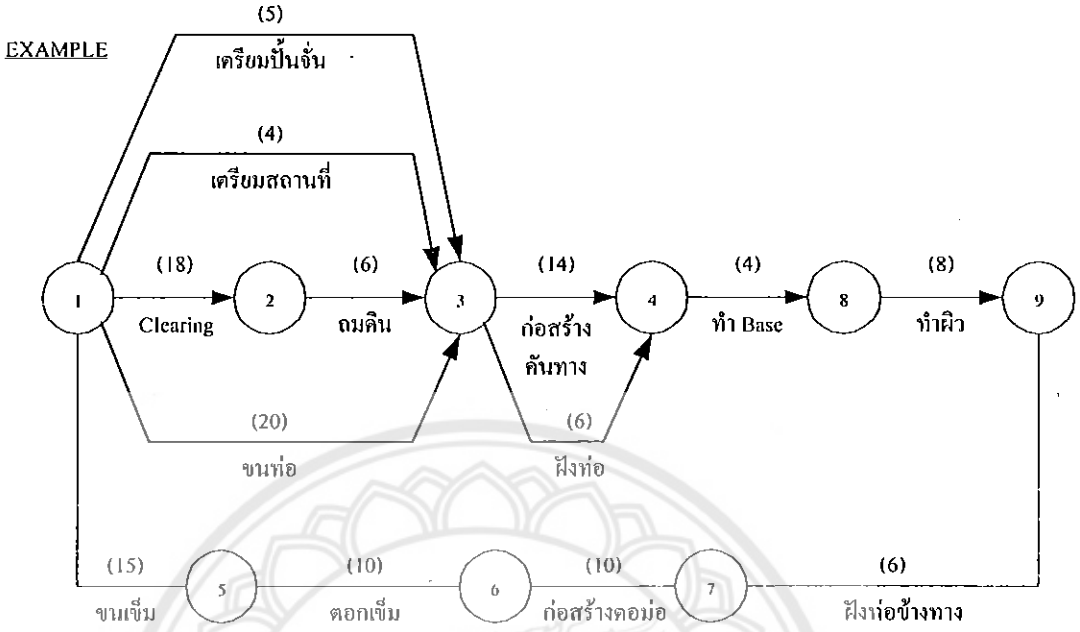
ข้อจำกัดซึ่งเป็นจุดอ่อนในการวางแผนและควบคุมงานคือ

1. แผนภูมิไม่ได้แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างงานแต่ละงานในแผนภูมิเดียวกัน
2. ไม่สะดวกในการแก้ปัญหาถ้ามีการเปลี่ยนแผนงานบ่อยๆ
3. มิได้แสดงให้เห็นว่ามีงานใดบ้างที่ยอมให้ล่าช้าได้โดยไม่กระทบกระเทือนวันที่แล้วเสร็จของโครงการ เป็นเหตุให้ไม่สามารถใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดในการบริหารโครงการได้ดีเท่าที่ควร
4. ไม่ทราบว่างานใดบ้างที่เป็นงานที่จำเป็นต้องควบคุมให้เป็นไปตามกำหนดเวลาอย่างเคร่งครัด

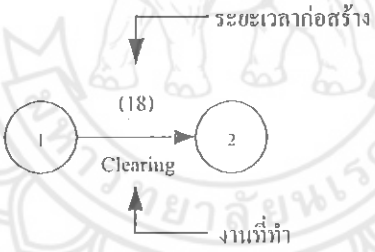
5.6 ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะที่ได้จากการศึกษาแผนงานนี้คือ

1. การเสนอแผนงานวิธีวิถีวิกฤติ (Critical Path Method – CPM) ซึ่งเหมาะแก่ Contractor ทำให้การวางแผนงานก่อสร้างได้ประโยชน์และค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด กล่าวคือไม่มีการทิ้งว่างของเครื่องจักรหรือคนงาน หมายถึงจะต้องมีการทำงานตลอดเวลาพิจารณาว่าจะทำงานอะไรพร้อมกันไป โดยไม่เป็นอุปสรรคกันและกัน การวางแผนงานวิธีวิถีวิกฤตินี้จะเป็นการวางแผนการทำงานเท่านั้น ไม่สามารถนำมาคำนวณเพื่อจ่ายเงินค่างานประจำเดือนได้



การแปลความหมาย



2. รูปกราฟตัว S (S –Curve) ที่ได้จากการนำเปอร์เซ็นต์แผนงานสะสมมาสร้างกราฟ รูปกราฟที่ดีจะแบ่งช่วงกราฟเป็น 3 ช่วง คือช่วงแรก ช่วงกลาง และช่วงสุดท้ายของการก่อสร้าง โดยช่วงแรกและช่วงสุดท้าย กราฟจะมีความชันน้อยเพราะช่วงแรกเป็นงานเตรียมการก่อนเริ่มปฏิบัติงานจริง ส่วนช่วงสุดท้ายจะเป็นงานตกแต่งหรืองานเบ็ดเตร็ด ทำงานได้ช้าทำให้กราฟมีความชันต่ำ ส่วนช่วงกลางเป็นช่วงก่อสร้าง กราฟที่ได้จะต้องมีความชันมากขึ้นเรื่อยๆ
3. ในการวางแผนงานในช่วง 2 เดือนสุดท้ายของโครงการ ไม่ควรจะมีงานไว้ เพื่อว่าจะได้เผื่องานที่อาจจะยืดเยื้อ หรือขัดข้องต่างๆ สามารถแก้ไขปัญหาได้ทันเสร็จตามสัญญา

บรรณานุกรม

กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม. รายละเอียดและข้อกำหนดการก่อสร้าง. เล่มที่ 1. กรุงเทพฯ : กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม, 2535.

กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม. เอกสารประกอบการบรรยาย การบริหารเครื่องจักรงานทาง หลักสูตรนักบริหารระดับสูง. กรุงเทพฯ : กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม, 2537

เผ่าพงศ์ นิจจันทร์พันสรี. วิศวกรรมการทาง. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2534

พนม ภัยหน่าย. การบริหารงานก่อสร้าง. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี [ไทย-ยี่ปุ่น], 2541

พนม ภัยหน่าย และ สิริศักดิ์ ปโยธรสิริ. เครื่องจักรกลในการก่อสร้าง. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2542

พิภพ ลลิตาภรณ์. เทคนิคการบริหารโครงการโดย CPM และ PERT. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี [ไทย-ยี่ปุ่น], 2541

มนูญ นิจโภค, วิฑูรย์ เวียสกุล และ วิวัฒน์ แสงเทียน. การจัดการงานก่อสร้าง. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โฮเดียนสโตร์, 2527

วีรศักดิ์ กรัยวิเชียร. เครื่องจักรกลงานก่อสร้าง. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2532

ศักดา ปุณยานันต์. HIGHWAY ENGINEERING.

สุทธิศักดิ์ พงศ์ธนาพานิช. "ระเบียบวิธีเชิงตัวเลขโดย Visual Basic ตอนที่ 2 : การถดถอยด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด". ไมโครคอมพิวเตอร์ 185 (ธันวาคม 2543) : หน้า 207-214.

ภาคผนวก

ระบบหมายเลขทางหลวง

ในอดีต กรมทางหลวงใช้ชื่อสกุลของบุคคลที่มีความสำคัญในสายทางนั้นๆ เช่น ผู้บุกเบิก ผู้ก่อสร้าง เป็นชื่อทาง ต่อมาได้มีการก่อสร้างทางมากสายขึ้น การใช้ชื่อก่อให้เกิดความสับสนและไม่สามารถทราบได้ว่าทางสายนั้นตั้งอยู่ที่ใด จึงได้มีการนำเอาระบบหมายเลขทางหลวงมาใช้กำกับทางหลวงพิเศษ ทางหลวงแผ่นดินและทางหลวงจังหวัด ซึ่งอยู่ในความดูแลของกรมทางหลวง หมายเลขที่กำกับไว้มีความหมายดังนี้

1. แสดงที่ตั้งของทางหลวง

1.1 ทางสายใดที่ขึ้นต้นด้วยหมายเลข 1 แสดงว่าทางสายหลวงนั้นอยู่ในภาคเหนือ

1.2 ทางสายใดที่ขึ้นต้นด้วยหมายเลข 2 แสดงว่าทางสายหลวงนั้นอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

1.3 ทางสายใดที่ขึ้นต้นด้วยหมายเลข 3 แสดงว่าทางสายหลวงนั้นอยู่ในภาคกลาง

1.4 ทางสายใดที่ขึ้นต้นด้วยหมายเลข 4 แสดงว่าทางสายหลวงนั้นอยู่ในภาคใต้

2. แสดงประเภทของทางหลวง

2.1 ทางหลวงที่มีหมายเลขตัวเดียว หมายถึง ทางหลวงแผ่นดินสายประธานที่เชื่อมการจราจรระหว่างภาคต่อภาค ในปัจจุบันมีอยู่ 4 สาย คือ

- ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 1 (ถนนพหลโยธิน) จากกรุงเทพฯ-เชียงราย
- ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 (ถนนมิตรภาพ) จากสระบุรี-หนองคาย
- ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 3 (ถนนสุขุมวิท) จากกรุงเทพฯ-ตราด
- ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 4 (ถนนเพชรเกษม) จากกรุงเทพฯ-อ.สะเดา จ. สงขลา

2.2 ทางหลวงที่มีหมายเลขสองตัว หมายถึง ทางหลวงแผ่นดินสายประธานตามภาคต่างๆ เช่น ทางหลวงแผ่นดินสายประธานหมายเลข 22 เป็นทางหลวงแผ่นดินสายประธานในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สายอุดรธานี-นครพนม เป็นต้น

2.3 ทางหลวงที่มีหมายเลขสามตัว หมายถึง ทางหลวงแผ่นดินสายรอง เช่น ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 202 เป็นทางหลวงแผ่นดินสายรองในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สายชัยภูมิ-เขมราฐ ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 314 เป็นแผ่นดินสายรองในภาคกลาง สายบางปะกง-ฉะเชิงเทรา เป็นต้น

2.4 ทางหลวงที่มีหมายเลขสี่ตัว หมายถึง ทางหลวงจังหวัด เช่น ทางหลวงหมายเลข 1001 เป็นทางหลวงจังหวัดในภาคเหนือ สายแยกทางหลวงหมายเลข 11-พร้าว ทางหลวงจังหวัดหมายเลข 4006 เป็นทางหลวงจังหวัดในภาคใต้ สายแยกทางหลวงหมายเลข 4 (ราชกรูด) –หลังสวน เป็นต้น

สำหรับทางหลวงพิเศษและทางหลวงสัมปทาน อาจจะเป็นทางสายใดตอนใดก็ได้ ซึ่งได้ประกาศให้เป็นทางหลวงพิเศษ ทั้งนี้ยังคงใช้หมายเลขทางหลวงตามหมายเลขเดิม เช่น ทางหลวงพิเศษหมายเลข 338 เป็นทางหลวงพิเศษสายบางกอกน้อย-นครชัยศรี เป็นต้น

ทางหลวงในประเทศไทย

ทางหลวงเอเซียที่ผ่านประเทศไทยมีอยู่ 6 สายทาง และแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ทางหลวงเอเซียสายประธานและทางหลวงสายเอเซียสายรอง ใช้อักษร A แทนคำว่า Asian และใช้ตัวเลขกำกับ ทางหลวงเอเซียสายประธานมี 3 สาย คือ A-1 , A-2 และ A-12

ทางหลวงเอเซียสายรองมี 3 สายคือ สาย A-14 , A-15 และ A-18

สาย A-1 เริ่มต้นจากเขตแดนพม่าที่ อ.แม่สอดไปตามทางหลวงหมายเลข 105 ถึง จ.ตาก เลี้ยวขวาไปตามหมายเลขทางหลวง 1 ถึง อ.พยุหคีรี ตรงไปตามทางหลวงหมายเลข 32 ถึง อ.บางประอิน เลี้ยวซ้ายไปตามทางหลวงหมายเลข 1 ถึง อ.กองหิน เลี้ยวขวาไปตามทางหลวงหมายเลข เลี้ยวขวาไปตามทางหลวงหมายเลข 33 ผ่าน จ.นครนายก ปราจีนบุรี จรดชายแดนเขมรที่ อ.อรัญประเทศ เป็นทางลาดยางตลอดทั้งสาย ระยะทางประมาณ 698 กิโลเมตร

สาย A-2 เริ่มต้นจากเขตแดนพม่าที่ อ.แม่สาย ไปตามทางหลวงหมายเลข 110 ถึง จ.เชียงราย ตรงไปตามทางหลวงหมายเลข 1 ถึง อ.พยุหคีรี ตรงไปตามทางหลวงหมายเลข 32 ถึง อ.บางประอิน เลี้ยวขวาไปตามทางหลวงหมายเลข 1 ถึงกรุงเทพฯ และจากกรุงเทพฯ ไปตามทางหลวงหมายเลข 4 ผ่าน จ.นครปฐม ราชบุรี เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร ระนอง พังงา กระบี่ ตรัง พัทลุง และอำเภอหาดใหญ่ จรดเขตแดนมาเลเซียที่ อ.สะเดา สภาพทางลาดยางแล้วตลอดสาย ระยะประมาณ 2,209 กิโลเมตร

สาย A-12 เริ่มต้นจากแยกสาย A-1 ที่สามแยกหินกองไปตามทางหลวงหมายเลข 1 ถึง จ. สระบุรี เลี้ยวขวาไปตามทางหลวงหมายเลข 2 ผ่าน จ.นครราชสีมา ขอนแก่น อุดรธานี สิ้นสุดที่หนองคาย สภาพทางลาดยางแล้วตลอดสาย ระยะทางประมาณ 522 กิโลเมตร

สาย A-14 เริ่มต้นจากแยกสาย A-2 ที่ จ.ตากไปตามทางหลวงหมายเลข 32 ผ่าน จ.สุโขทัย พิษณุโลก อ.หล่มสัก ชุมแพ ถึง จ.ขอนแก่น เลี้ยวขวาไปตามทางหลวงหมายเลข 2 ถึง อ.บ้านไผ่ เลี้ยวซ้ายไปตามทางหลวงหมายเลข 23 ผ่าน จ.มหาสารคาม ร้อยเอ็ด ยโสธร ถึงอุบลราชธานี และจาก จ.อุบลราชธานีไปตามทางหลวงหมายเลข 217 จดชายแดนลาวที่ช่องเม็ก สภาพทางลาดยางแล้วตลอดสาย ระยะทางประมาณ 870 กิโลเมตร

สาย A-15 เริ่มต้นจากแยกสาย A-12 ที่อุดรธานีไปตามทางหลวงหมายเลข 22 ผ่าน จ. สกลนคร สิ้นสุดที่นครพนม สภาพลาดยางตลอดสาย ระยะทางประมาณ 241 กิโลเมตร

สาย A-18 เริ่มต้นจากแยกสาย A-2 ที่ จ.ชุมพรไปตามทางหลวงหมายเลข 41 ผ่าน อ.หลังสวน ถึง จ.สุราษฎร์ธานี เลี้ยวซ้ายไปตามทางหลวงหมายเลข 401 ถึง จ.นครศรีธรรมราช และไปตามทางหลวงหมายเลข403 ถึง อ.ร่อนพิบูลย์ เลี้ยวซ้ายไปตามทางหลวงหมายเลข 41 ถึง จ.พัทลุงไปตามทางหลวงหมายเลข 4 ผ่าน อ. หาดใหญ่ถึงคลองแงะ เลี้ยวซ้ายไปตามทางหลวงหมายเลข 42 ผ่าน จ.ปัตตานี ถึง นราธิวาส และจาก จ.นราธิวาสไปตามทางหลวงหมายเลข 4056 จรดชายแดนมาเลเซีย สภาพทางลาดยางแล้วตลอดสาย ระยะทางประมาณ 826 กิโลเมตร

ระยะทางของทางหลวงเอเชียในประเทศไทยรวมทั้ง 6 สายจะเป็นระยะทางทั้งสิ้นประมาณ 5,366 กิโลเมตร แต่ทางสาย A-2 มีช่วงทับกับสาย A-1 (จ.ตาก-สามแยกบางประอิน) 360 กิโลเมตร ทางสาย A-14 มีช่วงที่ทับกับสาย A-12 (จ.ขอนแก่น-อ.บ้านไผ่) 45 กิโลเมตร ทางสาย A-18 มีช่วงทับกับสาย A-2 (จ.พัทลุง-อ.หาดใหญ่) 124 กิโลเมตร รวม 529 กิโลเมตร หักช่วงที่ทับกันออกจะเป็นทางหลวงสายเอเชียในประเทศไทย ระยะทางทั้งสิ้นประมาณ 4,837 กิโลเมตร

มาตรฐานขั้นต่ำที่ใช้ออกแบบ

1.หลักการ

1.1 การควบคุมทางเข้า-ออกทางหลวง : ให้เป็นไปตามกฎหมายทางหลวง

1.2 ทางหลวงตัดกัน : รูปแบบทางแยกให้เป็นไปตามความเหมาะสมทางด้านแบบเรขาคณิตและด้านจราจร จะเป็นทางต่างระดับกันต่อเมื่อได้ศึกษา และคำนวณค่าตอบแทนทางเศรษฐกิจแล้วได้ผลคุ้มค่าเท่านั้น

1.3 ทางหลวงที่ตัดกับทางรถไฟ : รูปแบบของทางหลวงตัดผ่านทางรถไฟให้เป็นไปตามค่า TRAFFIC MOMENT [TM. = ปริมาณการจราจรเฉลี่ยใน 1 วัน (ADT) X จำนวนรถไฟใน 1 วัน)]

รูปแบบการก่อสร้างทางหลวงตัดผ่านทางรถไฟให้ยึดถือค่า TM. ดังต่อไปนี้

1.3.1 ก่อสร้างทางหลวงตัดผ่านทางรถไฟในระดับเดียวกัน (AT - GRADE) โดยติดตั้งเครื่องกั้นแบบอัตโนมัติพร้อมสัญญาณเสียง และไฟวาบ เมื่อค่า TM. น้อยกว่า 40,000

1.3.2 ก่อสร้างทางหลวงตัดผ่านทางรถไฟในระดับเดียวกัน (AT – GRADE) โดยติดตั้งเครื่องกั้นแบบมีเจ้าหน้าที่ควบคุมพร้อมสัญญาณเสียง และไฟวาบ เมื่อค่า TM. อยู่ระหว่าง 40,000-100,000

1.3.3 ก่อสร้างทางตัดผ่านทางรถไฟแบบต่างระดับ (GRADE SEPARATION) เมื่อค่า TM. มากกว่า 100,000

1.4 การออกแบบผิวจราจร จะออกตามจำนวนน้ำหนักลงเพลาสะสมระหว่าง 7 ปีแรกหลังการก่อสร้างตามที่คาดคะเนได้ ผิวทางชั้นสูงจะเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก หรือ ผิวทางแอสฟัลท์คอนกรีต ส่วนผิวทางชั้นกลางจะเป็นผิวลาดยางสองชั้นชนิดเรียบ หรือผิวทางชนิดอื่นที่มีคุณภาพเทียบเท่า

1.5 รายละเอียดในการออกแบบที่ไม่ได้ระบุไว้ ให้เป็นไปตามข้อแนะนำของ AASHTO และ/หรือ ข้อปฏิบัติของกรมทางหลวง

1.6 ทางชั้นพิเศษ จะก่อสร้างตามผลการคาดคะเนปริมาณการจราจรใน 7 ปีข้างหน้า หรือ หลังจากได้ศึกษาแล้วได้ผลตอบแทนคุ้มค่า ทางชั้น 1,2 และ 3 จะก่อสร้างตามผลคาดคะเนปริมาณการจราจรใน 15 ปี ข้างหน้า ทางชั้น 4 ต้องมรปริมาณการจราจรมากกว่า 300 คัน/วัน ใน 7 ปี และน้อยกว่า 1,000คัน/วัน ใน 15 ปี ทางชั้น 5 จะต้องมีปริมาณการจราจรน้อยกว่า 300 คัน/วัน ใน 7 ปี และมากกว่า 300 คัน/วัน ใน 15 ปี

2. ข้อกำหนดการออกแบบรูปตัดโครงสร้างทาง

2.1 ความกว้างของผิวทางจราจรให้เป็นไปตามข้อระบุในตารางมาตรฐานชั้นทาง ยกเว้น กรณีทางในย่านชุมชนที่เขตทางแคบและต้องการขยายมากกว่า 2 ช่องจราจร ช่องจราจรเสริมด้านริมอาจจะแคบกว่ามาตรฐานได้ แต่ต้องไม่แคบกว่าช่องจราจรละ 2.50 เมตร

2.2 ส่วนที่ยื่นของชั้นพื้นทาง (BASE COURSE) จากขอบผิวทางให้กว้าง 50 ซม. สำหรับมาตรฐานชั้นทางพิเศษ , 1 , 2 และ 3 และให้กว้าง 25 ซม. สำหรับมาตรฐานทางชั้น 4

2.3 ความกว้างของไหล่ทาง ให้เป็นไปตามที่ระบุในมาตรฐานชั้นทาง ยกเว้นกรณีทางหลวงผ่านผ่านในย่านชุมชน หรือ ชุมชนที่หนาแน่น ให้ใช้ไหล่ทางกว้างข้างละ 3.00 ม. พร้อมก่อสร้างส่วนของไหล่ทางด้วยวัสดุชั้นพื้นทางพร้อมลาดยาง (PAVED SHOULDER) สำหรับทุกมาตรฐานชั้นทางยกเว้นมาตรฐานทางชั้น 5

เงื่อนไขของการก่อสร้างไหล่ทางลาดยาง (PAVED SHOULDER) ให้ยึดถือตามนโยบายกรมทาง และตามเงื่อนไขเพิ่มเติมดังนี้

2.3.1 สำหรับไหล่ทางของทางมาตรฐานทางชั้นพิเศษ และมาตรฐานทางชั้น 1

2.3.2 สำหรับไหล่ทางบริเวณทางแยก

2.3.3 สำหรับไหล่ทางในช่วงที่มีการยกลาดหลังทางเอียงในโค้งราบ (SUPERELEVATION) เท่ากับ หรือ มากกว่า 5%

2.3.4 สำหรับไหล่ทางในช่วงที่ลาดตามยาวของทาง (PROFILE GRADE) มีความลาดชันมากจนจะเกิดปัญหาการกัดเซาะของไหล่ทาง

2.4 ความกว้างของทางเท้าของทางหลวงในย่านชุมชน ให้ถือตามที่กำหนดในรูปแบบขั้นสมบูรณ์ (ULTIMATE DESIGN) ของเขตทางต่างๆ ในกรณีที่เขต

ทางแคบจนไม่สามารถก่อสร้างทางเท้ามาตรฐานได้ ให้ลดความกว้างของทางเท้าได้ แต่ต้องกว้างไม่น้อยกว่า 1.50 ม.

ในกรณีที่ต้องการขยายความกว้างของทางเท้าให้มากกว่าที่กำหนดในแบบมาตรฐานตามปริมาณคนเดินเท้าและมีพื้นที่กว้างพอ ให้ขยายได้แต่ต้องไม่มากกว่า 5.00 ม.

2.5 รูปแบบของทางหลวงมาตรฐานทางชั้นพิเศษ (DIVIDED HIGHWAY) นอกเมืองที่มีเขตทางกว้าง 80 ม. หรือ มากกว่า และทางหลวงในเมืองที่มีเขตทางต่างๆกัน ให้ถือตามแบบมาตรฐานของกองสำรวจและออกแบบกรมทางหลวง

มหาวิทยาลัยนเรศวร

ชั้นทาง	พิเศษ	1	2	3	4	5	เขตเมือง	ทางขนาน
ปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวัน	มากกว่า 8000	4000-8000	2000-4000	1000-2000	300-1000	น้อยกว่า 300	-	-
อัตรความเร็วที่ใช้ออกแบบ กม/ชม.								
- ทางราบ	90-100				70-90	60-80	60	70-90
-ทางเนิน	80-110				55-70	50-60	60	70-80
-ทางเขา	70-90				40-55	30-50	60	60-70
ความลาดชันสูงสุด %								
- ทางราบ	4				4	4	ตามสภาพพื้นที่	4
- ทางเนิน	6				8	8	ตามสภาพพื้นที่	6
- ทางเขา	8				12	12	ตามสภาพพื้นที่	8
ประเภทผิวจราจรที่เสนอแนะ	ชั้นสูง			กลาง-สูง		ลูกรัง	ชั้นสูง	กลาง-สูง
ความกว้างของผิวจราจร (เมตร)	อย่างน้อย ข้างละ 7.00	7.00	6.50	6.00	6.00	8.00	ช่องการจราจรละ 3.00-3.50	ช่องการจราจรละ 3.00-3.50
ความกว้างของไหล่ทาง	ซ้าย 2.50-3.00 ขวา 1.50	2.50-3.00	2.25	2.00	1.50	-	2.50 หรือ เป็นทางเข้า	อย่างน้อย 2.00 เมตร หรือเป็นทางเท้า
ความกว้างของผิวสะพาน(เมตร)								
1. สะพานทั่วไป	11.00(MIN)	12.00	11.00	10.00	6.00	8.00	สะพานกว้างเต็มคันทาง รอบทางข้างละ 0.50 เมตร	
2. สะพานในย่านชุมชน	9.50(MIN) ดูหมายเหตุข้อ3.1	9.00	9.00	8.00	1.50	8.00	ทางเท้าข้างละ 1.50 เมตร	
3. สะพานที่ยาวเกิน 80.00 m.								
3.1 มีทางเท้า	9.50 ดูหมายเหตุข้อ 3.1	9.00	9.00	8.00	8.00	8.00	ทางเท้าข้างละ 1.50 เมตร	
3.2 ไม่มีทางเท้า	10.00	10.00	10.00	9.00	9.00	9.00	ขอบทางข้างละ 0.50 เมตร	
ความกว้างของเขตทาง ม.	60-80		40-60		30-40		ตามความเหมาะสม	-
ยกโค้งราบสูงสุด	10%						6%	10%

หมายเหตุ มาตรฐานชั้นทางในตารางนี้เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานเดิมของกรมทางหลวง จะเป็นไปตามลำดับขั้นดังนี้

ชั้นทางพิเศษ = $P_D S_D$ หรือ F_D

ชั้นทาง 1.2.3 = $P_1 P_2 P_3$ หรือ $S_1 S_2 S_3$ หรือ $F_1 F_2 F_3$ ตามลำดับ

ชั้นทาง 4 = S_4 หรือ F_4

ชั้นทาง 5 = S_5 หรือ $F_5 F_6$

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ : อนุวัฒน์ อกนิษฐ์กุล
วัน/เดือน/ปี เกิด : 23 พฤษภาคม 2519
สถานที่เกิด : จังหวัดนราธิวาส
การศึกษา : มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนเจริญศึกษา จังหวัดนราธิวาส
: มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนนราธิวาส จังหวัดนราธิวาส
: ปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมโยธา
มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก

ชื่อ : เกียรติศักดิ์ กังวาล
วัน/เดือน/ปี เกิด : 11 กันยายน 2521
สถานที่เกิด : จังหวัดอุตรดิตถ์
การศึกษา : มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนพิชัย จังหวัดอุตรดิตถ์
: มัธยมศึกษาตอนปลายโรงเรียนพิชัย จังหวัดอุตรดิตถ์
: ปริญาญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมโยธา
มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก

ชื่อ : มาโนช นาคแทน
วัน/เดือน/ปี เกิด : 6 ตุลาคม 2521
สถานที่เกิด :จังหวัดสุโขทัย
การศึกษา : มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนคีรีมาศพิทยาคม จังหวัดสุโขทัย
: มัธยมศึกษาตอนปลายโรงเรียนคีรีมาศพิทยาคม จังหวัดสุโขทัย
: ปริญาญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมโยธา
มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก