สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาความเป็นไปได้ของผิวทางคอนกรีตหล่อสำเร็จรูป

FEASIBILITY STUDY ON PREFABRICATED PAVEMENT

โดย

นางสาวแคแสด มงคลสวัสดิ์

นายภาสนัย ตั้งกงพานิช

นายสารัต เยาวรัตน์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 45832
วัน, เดือน, ปี 18 ก.พ. 2546

.b.....
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FEASIBILITY STUDY ON PREFABRICATED PAVEMENT

MS.KAESAED MONGKOLSAWAT

MR.PASSANAI TUNGKONGPANIT

MR.SARAT YAOWARATANA

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF CIVIL ENGINEERING

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT 'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองโครงงานพิเศษ

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การศึกษาความเป็นไปได้ของผิวทางคอนกรีตหล่อสำเร็จรูป		
นักศึกษา	นางสาวแคแสด มงคลสวัสดิ์	รหัสประจำตัว	41014578
	นายภาสนัย ตั้งกงพานิช	รหัสประจำตัว	41014714
	นายสารัต เยาวรัตน์	รหัสประจำตัว	41014773
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา		
อาจารย์ที่ปรึกษา	อ.สุพจน์ ศรีนิล		

คณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษ	ลายมือชื่อ
อ.สุพจน์ ศรีนิล อ.แหลมทอง เหล่าคงถาวร อ.อุบะ ศิริแก้ว	

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว

(ผศ.ดร.แดง เหรียญสุวรรณ)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

วันที่ 30 เดือน เมษายน พ.ศ. 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การศึกษาความเป็นไปได้ของผิวทางคอนกรีตหล่อสำเร็จรูป
	FEASIBILITY STUDY ON PREFABRICATED PAVEMENT
นักศึกษา	นางสาวแคแสด มงคลสวัสดิ์
	นายภาสนัย ตั้งกงพานิช
	นายสารัต เยาวรัตน์
อาจารย์ที่ปรึกษา	อ.สุพจน์ ศรีนิล
ระดับการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา	2544

บทคัดย่อ

ผิวทางคอนกรีตหล่อสำเร็จรูป เป็นอีกรูปแบบหนึ่งของโครงสร้างคอนกรีตหล่อสำเร็จรูป ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้มีจุดมุ่งหมายในการศึกษาความเป็นไปได้เพื่อนำมาใช้งานแทนถนนคอนกรีตหล่อในที่ ในปัจจุบันการก่อสร้างถนนคอนกรีตในประเทศไทยได้มีการนำโครงสร้างคอนกรีตหล่อสำเร็จรูปมาใช้ในแต่ละส่วนของงานสะพาน แต่การทำผิวทางคอนกรีตยังเป็นระบบหล่อในที่อยู่ ซึ่งในระหว่างที่ผิวจราจรยังไม่เสร็จเรียบร้อยจะส่งผลให้เกิดปัญหาต่างๆ ได้แก่ ปัญหาเรื่องมลพิษจากฝุ่น และปัญหาการจราจร ในงานศึกษานี้ ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ของผิวทางคอนกรีตหล่อสำเร็จในด้านเทคนิคการก่อสร้าง ได้แก่ การติดตั้ง รอยต่อ การขนส่ง และระดับ และทำการเปรียบเทียบกับผิวทางคอนกรีตหล่อในที่ในด้านค่าก่อสร้างโดยประมาณ โดยทำการเปรียบเทียบกับผิวทางคอนกรีตที่มีความหนา 15, 20, 23 และ 25 เซนติเมตร และมีความยาวของถนนต่างๆ กัน

จากการศึกษาพบว่า ทางด้านเทคนิคและวิธีการก่อสร้างมีความเป็นไปได้ที่จะนำผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูปมาใช้งาน เพราะผลจากการทดลองระบุว่าในการติดตั้ง เชื่อมยึดรอยต่อ ตรวจสอบระดับและทดสอบความแข็งแรง ปรากฏว่าผลที่ได้ทุกอย่างผ่านเกณฑ์มาตรฐานในการทดสอบ ทางด้านราคาค่าก่อสร้างนั้นระบบสำเร็จรูปยังคงมีราคาแพงกว่าระบบหล่อในที่ ส่วนด้านระยะเวลาในการก่อสร้างจากการเก็บรวบรวมข้อมูลทำให้สามารถคาดการแนวโน้มได้ว่าการก่อสร้างด้วยระบบสำเร็จรูปใช้เวลาน้อยกว่าระบบหล่อในที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	:	FEASIBILITY STUDY ON PREFABRICATED PAVEMENT
Name	:	MS.KAESAED MONGKOLSAWAT
	:	MR.PASSANAI TUNGKONGPANIT
	:	MR.SARAT YAOWARATANA
Field	:	CIVIL ENGINEERING
Department	:	CIVIL ENGINEERING
Faculty	:	ENGINEERING
Advisor	:	MR.SUPOJ SRINIL

ABSTRACT

Prefabricated sections have been used extensively in bridge construction. Cast in situ, however, is still the basic method of road pavement construction. This method of construction creates a lot of problems during construction, mainly dust pollution and traffic congestion. Feasibility study on alternate use of prefabricated pavement is the major theme of this study. The study is done on erection, transportation, leveling of the prefabricated section and joints between each prefabricated sections. Comparison of the construction cost and time is also done between these two construction methods on pavement with thicknesses of 15, 20, 23 and 25 cm with various lengths.

The study found that it was feasible to use prefabricated pavement since the results from laboratory has showed that the erection, connection and level checking passed the standard tolerant limit. Although the cost of the prefabricated pavement was found to be more expensive than the cast in situ pavement, the construction period, however, tended to shorter.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษนี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์และความร่วมมือจากหลายๆท่าน ซึ่งหากขาดท่านใดท่านหนึ่งที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้คงมิอาจสำเร็จลุล่วงไปได้ ท่านแรก อาจารย์สุพจน์ ศรีนิล อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษนี้ ด้วยความอนุเคราะห์ของอาจารย์ในการให้คำแนะนำและคำปรึกษาที่มีค่ายิ่ง ท่านต่อมาคือ อาจารย์อุบะ ศิริแก้ว คอยให้คำแนะนำต่างๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างมาก และที่ขาดเสียมิได้คือ อาจารย์แหลมทอง เหล่าคงถาวร เป็นทั้งอาจารย์ที่คอยให้คำปรึกษา และเป็นทั้งรุ่นพี่ที่คอยให้กำลังใจตลอดมา อีกทั้งยังคอยให้ความช่วยเหลือในทุกๆ สิ่ง ทุกๆ อย่าง

ขอขอบคุณนายช่างปริยะ จิตต์การุนผู้ซึ่งสำคัญยิ่งที่คอยให้คำปรึกษาในทุกๆด้านอย่างเต็มความสามารถ้าหากขาดบุคคลผู้นี้ไปโครงงานพิเศษนี้ก็มิอาจจะลุล่วงไปได้อย่างแน่นอน ขอบคุณนายช่างชูชัย พนัสอัมพร และทุกคนในกองบำรุงรักษาทาง กรมโยธาธิการที่กรุณาให้ข้อมูลอันมีค่าแก่การทำโครงงานพิเศษนี้

ขอขอบคุณนายช่างบุรินทร์ เนาว์พงษไทย นายช่างพิเชฐ เลาห์เกริกเกียรติ และ ทุกท่านในกรมทางหลวง ที่อำนวยความสะดวกและให้ข้อมูลที่สำคัญยิ่งในการทำงานวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ภาควิชาวิศวกรรมโยธาทุกท่านที่คอยเป็นกำลังใจยามที่ผู้ประพันธ์ท้อแท้ ตลอดจนแนะแนวทางแก้ปัญหา รวมไปถึงสละเวลาช่วยเหลือผู้ประพันธ์ในโครงงานพิเศษนี้

ขอขอบคุณโครงงานพิเศษที่ช่วยให้รู้จักตนเองและคุณค่าของตนจากผลของงาน และท้ายที่สุด ขอมอบให้แด่บุพการีที่ได้เลี้ยงดู อบรม สั่งสอน ผู้ประพันธ์ด้วยความรักความห่วงใย และให้ความช่วยเหลืออย่างต่อเนื่องตลอดมา

นางสาวแคแสด มงคลสวัสดิ์
นายภาสนัย ตั้งกงพานิช
นายสารัต เยาวรัตน์
ผู้ประพันธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
	ปกใน (ภาษาไทย)	ก
	ปกใน (ภาษาอังกฤษ)	ข
	หน้าอนุมัติ	ค
	บทคัดย่อภาษาไทย	ง
	บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
	กิตติกรรมประกาศ	ฉ
	สารบัญ	ช
	สารบัญตาราง	
	สารบัญรูป	
1	**บทนำ**	
	1.1. กล่าวนำ	1
	1.2. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	2
	1.3. วัตถุประสงค์	2
	1.4. ขอบเขตการศึกษา	3
	1.5. ขั้นตอนการศึกษา	3
	1.6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับในการดำเนินโครงงานพิเศษ	4
	1.7. วิธีการศึกษา	5
2	**วรรณกรรมปริทัศน์**	
	2.1. กล่าวนำ	6
	2.2. ความหมายของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป	6
	2.3. ประวัติการก่อสร้างถนนสำเร็จรูป	7
	2.4. แนวความคิดในการออกแบบระบบสำเร็จรูป	7
	2.5. หลักการออกแบบ	8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
	2.5.1. การออกแบบความหนาถนนสำเร็จรูป	8
	2.5.2. การออกแบบการเสริมเหล็กในแผ่นพื้นถนนสำเร็จรูป	9
	2.5.2.1. การเสริมเหล็กที่เหมือนถนนหล่อในที่	9
	2.5.2.2. การเสริมเหล็กที่เป็นชิ้นส่วนสำเร็จรูป	10
	2.5.3. การสร้างถนนคอนกรีตเพื่อการทดสอบ	11
	2.6. คุณประโยชน์ของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป	11
	2.7. ข้อจำกัดของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป	12
3	**งานถนนระบบหล่อในที่**	
	3.1. กล่าวนำ	13
	3.2. เทคนิคการก่อสร้างถนน	13
	3.2.1. งานก่อสร้างคันทาง	14
	3.2.1.1.การปรับพื้นที่ (Clearing Site)	14
	3.2.1.2. การปรับระดับดินเดิม	15
	3.2.1.3. งานดินตัดคันทาง (Roadway Excavation)	15
	3.2.1.4. งานดินคันทาง (Embankment)	15
	3.2.1.5. การบดอัด	16
	3.2.2. งานก่อสร้างรองพื้นทาง พื้นทาง และไหล่ทาง	16
	3.2.2.1. งานรองพื้นทาง (Subbase Couse)	16
	3.2.2.2. งานพื้นทาง (Base Couse)	18
	3.2.2.3. งานไหล่ทาง (Shoulder)	19
	3.2.3. งานก่อสร้างผิวทางจราจร	20
	3.2.3.1. ติดตั้งแบบหล่อ	20
	3.2.3.2. การหล่อผิวจราจร	20
	3.2.3.3. การวางเหล็กเสริม	20
	3.2.3.4. รอยต่อ (Joint)	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
	3.2.3.5. การแต่งผิวคอนกรีต	23
	3.2.3.6. การบ่มคอนกรีต	23
	3.2.3.7. การตัดรอยต่อถนนและการอุดรอยต่อ	23
	3.2.4. การเสริมเหล็กในแผ่นคอนกรีต	24
	3.2.5. การออกแบบถนนคอนกรีต (Design of rigid highway pavement)	27
	3.2.6. ความหนาของถนนคอนกรีตที่ใช้ในการก่อสร้าง	28
4	**แผ่นพื้นถนนคอนกรีตสำเร็จรูป**	
	4.1. กล่าวนำ	29
	4.2. การออกแบบรูปร่างของแผ่นพื้นถนนคอนกรีตสำเร็จรูป	30
	4.2.1. รูปร่างที่ทำการออกแบบ	30
	4.2.2. รอยต่อระหว่างแผ่น	31
	4.2.3. การยึดระหว่างแผ่น	33
	4.3. การออกแบบขนาดของแผ่นพื้นถนนคอนกรีตสำเร็จรูป	37
	4.3.1. การออกแบบขนาดรูปแบบที่ 1 (Shear Key)	38
	4.3.2. การออกแบบขนาดรูปแบบที่ 2 (การใช้เหล็กปะกับ)	38
	4.4. การเสริมเหล็กของแผ่นพื้นถนนสำเร็จรูป	38
	4.4.1. การเสริมเหล็กของแผ่นพื้นสำเร็จรูปรูปแบบที่ 1	39
	4.4.2. การเสริมเหล็กของแผ่นพื้นสำเร็จรูปรูปแบบที่ 2	41
	4.4.3. การคำนวณระยะยก	43
	4.5. การเลือกเครื่องจักรกลที่ใช้ในการติดตั้ง	49
	4.6. เครื่องจักรกลและอุปกรณ์ในการขนส่งและติดตั้ง	50
	4.6.1. เครื่องยกแบบเคลื่อนที่ไม่ได้ใช้อุปกรณ์ยกประเภทรอก	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
	4.6.2. เครื่องยกประเภทเคลื่อนที่ได้ (Mobile Crane)	51
	4.7. ขั้นตอนการติดตั้งแผ่นพื้นถนนคอนกรีตสำเร็จรูป	53
	4.8. กองเก็บแผ่นพื้นสำเร็จรูป	54
	4.9. การทดสอบแผ่นพื้นถนนคอนกรีตสำเร็จรูป	55
	4.9.1. การจำลอง	55
	4.9.2. การทดสอบ	56
	4.10. การวิเคราะห์การทดสอบผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูป	57
	4.10.1. การจำลอง	57
	4.10.2. การติดตั้ง	58
	4.10.3. การตรวจสอบระดับ	58
5	**การเปรียบเทียบด้านราคาค่าก่อสร้าง**	
	5.1. กล่าวนำ	62
	5.2. ราคาค่าก่อสร้างถนนหล่อในที่	63
	5.2.1. ค่าวัสดุ	63
	5.2.2. ค่าอุปกรณ์	64
	5.2.3. ค่าดำเนินการ	64
	5.3. ราคาค่าก่อสร้างถนนแผ่นพื้นถนนคอนกรีตสำเร็จรูป	64
	5.3.1. ค่าวัสดุ	64
	5.3.2. ค่าอุปกรณ์	64
	5.3.3. ค่าดำเนินการ	65
	5.4. การวิเคราะห์และเปรียบเทียบราคาค่าก่อสร้างระหว่างถนนหล่อในที่กับถนนแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป	65
	5.4.1. ราคาค่าก่อสร้างต่อหน่วย	66
	5.4.1.1. ราคาค่าก่อสร้างต่อหน่วยของถนนคอนกรีตหล่อในที่	66
	5.4.1.2. ราคาค่าก่อสร้างต่อหน่วยของถนนผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูป	70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
	5.4.2. จำนวนหน่วยของสิ่งก่อสร้าง	77
	5.4.2.1. จำนวนหน่วยของสิ่งก่อสร้างของถนนคอนกรีตหล่อในที่	77
	5.4.2.2. จำนวนแผ่นของถนนแผ่นพื้นถนนคอนกรีตสำเร็จรูป	77
	5.4.3. ราคาค่าก่อสร้างที่ระยะทางต่าง ๆ ของถนนแต่ละระบบ	79
	5.4.3.1. ราคาค่าก่อสร้างของถนนคอนกรีตหล่อในที่	79
	5.4.3.2. ราคาค่าก่อสร้างของถนนผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูป	80
	5.4.4. การเปรียบเทียบราคาค่าก่อสร้างระหว่างถนนทั้งสองระบบ	81
6	**การเปรียบเทียบด้านระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง**	
	6.1. กล่าวนำ	86
	6.2. สมมติฐานและข้อจำกัดของการเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง	86
	6.3. ระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้างถนนคอนกรีตหล่อในที่	87
	6.3.1. ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับจำนวนอุปกรณ์ที่ใช้ในการก่อสร้าง	88
	6.3.2. ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับจำนวนแรงงาน	88
	6.4. ระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้างถนนด้วยผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูป	88
	6.4.1. ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับระยะทางในการขนส่งผิวทางถนนสำเร็จรูป	89
	6.4.2. ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับเทคนิคในการติดตั้ง	89
	6.4.3. ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับจำนวนแรงงาน	89
	6.4.4. ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับขนาดของแผ่นพื้น	89
	6.5. วิเคราะห์และเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง	90
7	**สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ**	
	7.1. กล่าวนำ	91
	7.2. สรุปผลการวิจัย	92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
	7.2.1. เทคนิคและวิธีการก่อสร้าง	92
	7.2.2. ราคาค่าก่อสร้าง	93
	7.2.3. ระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง	93
	7.3. ข้อเสนอแนะ	94
	รายการอ้างอิง	95
	บรรณานุกรม	96
	ภาคผนวก ก : รูปแสดงการก่อสร้างผิวทางคอนกรีตระบบหล่อในที่	ผก1
	ภาคผนวก ข : รูปแสดงการก่อสร้างแบบจำลองผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูป	ผข1
	ภาคผนวก ค : ตารางแสดงราคาค่าวัสดุ ค่าดำเนินการและค่าเสื่อมราคา	ผค1
	ภาคผนวก ง : แบบมาตรฐานการประเมินราคาค่าก่อสร้างงานทาง	ผง1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
3.1.	ขนาดหินคลุกที่ใช้ในการทำรองพื้นทาง	17
3.2.	ขนาดหินคลุกที่ใช้ในการทำพื้นทาง	18
3.3.	ขนาดและความยาวของเหล็กเดือย ด้วยวิธี PCA	26
4.1.	ข้อมูลขนาดรถบรรทุกที่ใช้ในการออกแบบขนาดแผ่นพื้นสำเร็จรูป	37
4.2.	เหล็ก Dowel Bar รอยต่อเพื่อการขยายตัวและหดตัว (PCA)	40
4.3.	เหล็ก Tie Bar รอยต่อที่ใช้ในการยึด	41
4.4.	กำลังของการเชื่อมแบบต่อทาบ	42
4.5.	จำนวนเหล็กรับโมเมนต์ที่ความหนาแผ่นพื้นต่างๆ	46
4.6.	จำนวนเหล็กรับโมเมนต์ที่ความหนาแผ่นพื้นต่างๆ	48
4.7.	แสดงจำนวนแผ่นพื้นที่รถบรรทุกสามารถบรรทุกได้	53
5.1.	การคำนวณราคาค่าก่อสร้างผิวทางเฉพาะในส่วนที่เป็นเนื้องานคอนกรีต	67
5.2.	การคำนวณราคาค่าก่อสร้างผิวทางในส่วนที่เป็นรอยต่อเพื่อการขยายตัว	68
5.3.	การคำนวณราคาค่าก่อสร้างผิวทางในส่วนที่เป็นรอยต่อเพื่อการหดตัว	68
5.4.	การคำนวณราคาค่าก่อสร้างผิวทางในส่วนที่เป็นรอยต่อตามยาว	69
5.5.	ตารางสูตรการคำนวณปริมาณต่อแผ่น (ใช้ได้ทั้งรูปแบบที่ 1 และ 2)	72
5.6.	การคำนวณค่าก่อสร้างผิวทางต่อแผ่นของรูปแบบที่ 1	73
5.7.	การคำนวณค่าก่อสร้างผิวทางต่อแผ่นของรูปแบบที่ 2	74
5.8.	จำนวนหน่วยของสิ่งก่อสร้างของถนนคอนกรีตหล่อในที่	78
5.9.	จำนวนหน่วยของสิ่งก่อสร้างผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูป	79
5.10.	ราคาค่าก่อสร้างถนนคอนกรีตหล่อในที่	80
5.11.	ราคาค่าก่อสร้างผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูป	80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
1.1.	ขั้นตอนการศึกษา	5
2.1.	แผนภูมิออกแบบของ PCA (1996) ใช้ออกแบบถนนคอนกรีต	8
2.2.	แผนภูมิออกแบบของ PCA (1996) ใช้ออกแบบถนนคอนกรีต	8
3.1.	รูปตัดถนนคอนกรีต	14
3.2.	รายละเอียดรอยต่อประเภทต่างๆของผิวทางคอนกรีต	22
3.3.	รอยต่อประเภทต่างๆในถนนคอนกรีต	25
4.1.	ลักษณะแผ่นพื้นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า	30
4.2.	ลักษณะแผ่นพื้นแบบระบบล็อค	31
4.3.	ลักษณะรอยต่อแบบขอบตรงเรียบ	32
4.4.	ลักษณะรอยต่อแบบล็อคในแนวดิ่ง	32
4.5.	ลักษณะรอยต่อแบบล็อคในแนวดิ่งที่มีขอบลาดเอียง	33
4.6.	ลักษณะรอยต่อแบบล็อคในแนวดิ่งที่มีแนวเอียวลาดเพื่อการระบายน้ำ	33
4.7.	การยึดระหว่างแผ่นโดยใช้เหล็กเดือยในแต่ละลักษณะ	33
4.8.	การยึดระหว่างแผ่นโดยใช้เหล็กเดือยในแต่ละลักษณะ	34
4.9.	การฝังแผ่นเหล็กเพื่อใช้ในการต่อเชื่อมระหว่างแผ่น	35
4.10.	แสดงการยึดระหว่างแผ่นด้วยการเชื่อม	35
4.11.	แสดงรูปร่างของแผ่นผิวทางสำเร็จรูปแบบที่ 1	36
4.12.	แสดงรูปร่างของแผ่นผิวทางสำเร็จรูปแบบที่ 2	36
4.13.	แสดงหน้าตัดของแผ่นผิวทางที่ใช้ในการคำนวณ	39
4.14.	แสดงกราฟแรงเฉือนและโมเมนต์	43
4.15.	แสดงระยะการใส่หูยก	45
4.16.	การเสริมเหล็กรับโมเมนต์	46
4.17.	แสดงระยะการใส่หูยก	47
4.18.	แสดงน้ำหนักกระจายที่กระทำต่อแผ่นผิวทางสำเร็จรูป	47
4.19.	แสดงการยกแผ่นผิวทางสำเร็จรูป	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
4.20.	ตัวอย่างแกนทรีเครนแบบเคลื่อนที่ได้	52
4.21.	แสดงการขนส่ง	53
4.22.	กองเก็บและการจัดเรียงแผ่นผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูป	55
4.23.	แสดงระดับก่อนทำการติดตั้งแผ่นผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูป	59
4.24.	แสดงระดับหลังทำการติดตั้งแผ่นผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูป	60
5.1.	กราฟแท่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนากับราคาค่าก่อสร้างผิวทางแบบต่างๆ โดยไม่รวมราคาแอสฟัสท์ปรับระดับ	82
5.2.	กราฟแท่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนากับราคาค่าก่อสร้างผิวทางแบบต่างๆ	83
5.3.	กราฟแท่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนากับราคาค่าก่อสร้างผิวทางแบบต่างๆ โดยรวมราคาแอสฟัสท์ปรับระดับเฉพาะรูปแบบของเหล็กปะกับ	84
5.4.	กราฟแท่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนากับราคาค่าก่อสร้างผิวทางแบบต่างๆ	85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1. กล่าวนำ

ในปัจจุบันประเทศไทยมีการขยายตัวทางด้านเศรษฐกิจ และการเพิ่มอย่างรวดเร็วของจำนวนประชากร ทำให้ต้องมีการเพิ่มศักยภาพทางด้านการคมนาคมและขนส่งเพื่อรองรับ ซึ่งเส้นทางพื้นฐานในการคมนาคมได้แก่ ถนน

แม้ว่าขณะนี้งานก่อสร้างประเภทอื่นได้ชะลอตัวลงแต่งานด้านสาธารณูปโภค เช่น ถนน ยังคงมีความต้องการอยู่เสมอและวิธีการก่อสร้างถนนซึ่งใช้กันอยู่อย่างแพร่หลาย มีขั้นตอนในการก่อสร้างที่ใช้ระยะเวลานานและส่งผลกระทบให้เกิดปัญหาต่าง ๆ มากมาย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เกี่ยวกับปัญหาในด้านการจราจร ซึ่งปัญหาที่ตามมาคือ ปัญหาการจราจรติดขัด ปัญหาสิ่งแวดล้อม เช่น มลภาวะทางอากาศ และทางเสียง ค่าบำรุงรักษาถนนหนทาง อุบัติเหตุ และปัญหาอื่นๆอีกด้วย ซึ่งปัญหาเหล่านี้ล้วนแล้วแต่ทำให้เกิดผลเสียต่อคุณภาพชีวิต ตลอดจนความสูญเสียทางเศรษฐกิจของประเทศในการแก้ปัญหาเหล่านี้

จากปัญหาที่กล่าวมาทั้งหมด ผู้ทำการวิจัยจึงได้ศึกษาหาวิธีการดำเนินการก่อสร้างโดยใช้เทคนิคใหม่เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นดังกล่าว ดังนั้นการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป(Prefabrication System) จึงเป็นระบบการก่อสร้างอีกทางเลือกหนึ่งที่ผู้ทำการวิจัยสนใจที่จะใช้ในการก่อสร้าง เพื่อทดแทนปัญหาที่จะเกิดขึ้นกับการก่อสร้างระบบหล่อในที่ (Cast-in-Place System) เหตุผลสำคัญที่เลือกระบบการก่อสร้างสำเร็จรูปในการดำเนินงานการก่อสร้างคือสมมติฐานที่ว่าการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปสามารถ ลดต้นทุนค่าก่อสร้าง ลดระยะเวลาก่อสร้าง ใช้แรงงานน้อย และได้งานที่มีคุณภาพดี จึงเป็นเหตุให้เกิดความมุ่งหมายในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ขึ้นเพื่อศึกษาระบบการก่อสร้างสำเร็จรูปว่ามีความเป็นไปได้เพียงใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากที่กล่าวมาข้างต้นวิธีการก่อสร้างถนนที่ใช้กันอยู่ได้ก่อให้เกิดปัญหาดังต่อไปนี้

1. ผลกระทบด้านการจราจร เนื่องจากการก่อสร้างถนนต้องใช้เวลาในการก่อสร้างนานทำให้ต้องมีการปิดการจราจรซึ่งทำให้การจราจรติดขัด
2. ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม ที่สำคัญ คือ ฝุ่นละอองที่เกิดจากวัสดุก่อสร้างต่างๆเช่น ดิน หิน ทราย ปูนซีเมนต์ และอื่น ๆ ฟุ้งกระจายไปในอากาศโดยฝุ่นละอองต่างๆเหล่านี้มีทั้งที่เป็นฝุ่นละอองขนาดใหญ่ซึ่งส่งผลกระทบต่อทัศนียภาพและก่อให้เกิดความรำคาญและฝุ่นละอองขนาดเล็กอันเป็นสาเหตุให้เกิดโรคทางระบบทางเดินหายใจได้
3. ผลกระทบต่อระบบเศรษฐกิจในบริเวณใกล้เคียง เช่น ร้านค้าไม่สามารถดำเนินกิจการตามปกติได้เนื่องมาจากการคมนาคมขนส่งไม่สะดวก ถนนถูกปิดลูกค้าไม่สามารถมาใช้บริการได้
4. ผลกระทบต่อยานพาหนะ ขณะทำการก่อสร้างถนนพื้นผิวทางจราจรขรุขระเป็นหลุมเป็นบ่อทำให้ยวดยานที่สัญจรไปมามีโอกาสได้รับความเสียหายจากการกระแทกกับผิวทางได้
5. อุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นกับผู้ใช้เส้นทางอันเนื่องจากการก่อสร้างและสภาพผิวการจราจร เช่น อุบัติเหตุรถชนกัน เป็นต้น

จากปัญหาดังกล่าวทำให้เกิดแนวความคิดที่จะขจัดปัญหาเหล่านี้ให้หมดไปด้วยเทคนิคการก่อสร้างถนนแบบใหม่ โดยใช้แผ่นพื้นถนนสำเร็จรูปซึ่งหากทำสำเร็จจะช่วยแก้ปัญหาต่างๆ เหล่านี้

1.3. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ คือ ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำถนนคอนกรีตสำเร็จรูปมาประยุกต์ใช้งาน ในด้านต่างๆ ได้แก่

1. เทคนิคของการก่อสร้างถนนสำเร็จรูป
2. ปัญหา ข้อดีและข้อเสียของการก่อสร้างถนนสำเร็จรูป
3. เปรียบเทียบต้นทุนและระยะเวลาในการก่อสร้างถนนคอนกรีตสำเร็จรูปกับระบบหล่อในที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3. ขอบเขตของการศึกษา

การศึกษานี้มีขอบเขตของการศึกษาอยู่อย่างจำกัด เนื่องจากเป็นเรื่องที่ยังใหม่และยังอยู่ในการวิจัย โดยมีขอบเขตดังนี้

ขอบเขตของการศึกษานี้ จะทำการศึกษาผิวถนนคอนกรีตสำเร็จรูปซึ่งวางอยู่บนชั้นพื้นทางที่บดอัดแน่นได้ตามมาตรฐานแล้ว และมีความกว้างของถนนจำนวน 2 ช่องจราจร มีความหนาแน่นของการจราจรสูงและสมมติว่าถนนที่ทำการวิจัยนี้มีลักษณะเป็นเส้นตรง โดยจะทำการศึกษาเปรียบเทียบในด้านเวลา ค่าใช้จ่าย รวมถึงเทคนิควิธีการก่อสร้างระหว่างแผ่นพื้นถนนคอนกรีตสำเร็จรูปกับถนนคอนกรีตระบบหล่อในที่ เฉพาะในส่วนของผิวทางคอนกรีตเท่านั้น ในการวิจัยนี้ได้ยึดหลักเกณฑ์และข้อกำหนดต่างๆจากกรมทางหลวงและกรมโยธาธิการ

1.5. ขั้นตอนการศึกษา

1. ศึกษาหลักการของถนนระบบหล่อในที่ (pavement design) โดยอ้างอิงจากมาตรฐานกรมทางหลวงและกรมโยธาธิการเป็นหลัก ดังนี้
   1.1. ศึกษาด้านราคาการก่อสร้างถนน
   1.2. ศึกษาด้านเวลาการก่อสร้างถนน
   1.3. ศึกษาขั้นตอนการก่อสร้างถนน
2. ศึกษาหลักการของระบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป (Prefabrication) โดยที่จะศึกษาดังนี้ ขั้นตอนการผลิตและติดตั้ง ด้านการขนส่ง การเสริมเหล็กและระยะยก
3. ออกแบบถนนคอนกรีตสำเร็จรูป สิ่งที่ต้องออกแบบมีดังนี้
   3.1. รูปร่าง
   3.2. ขนาด
   3.3. การเสริมเหล็ก
   3.4. ตำแหน่งที่ยก
   3.5. ขั้นตอนการติดตั้ง
4. การทดสอบแผ่นพื้นถนนคอนกรีตสำเร็จรูป โดยการจำลองเป็นโมเดลเพื่อให้สะดวกและง่ายในการทดสอบซึ่งอาศัยหลักของการย่อขนาดทางชลศาสตร์ และจะทำการทดสอบดังนี้
   4.1. การติดตั้ง
   4.2. ตรวจสอบระดับหลังจากการติดตั้ง

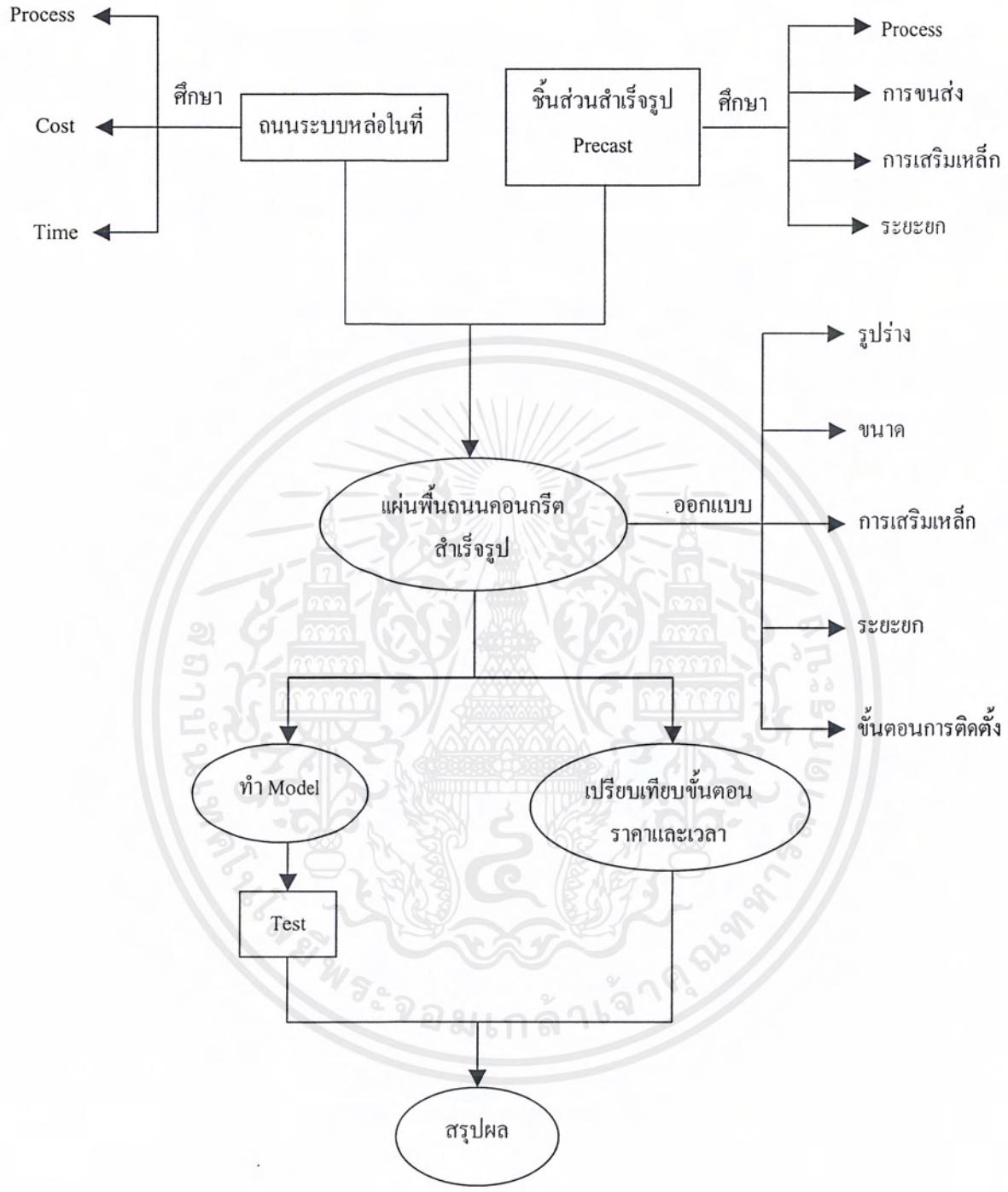
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. รวบรวมข้อมูลการก่อสร้างถนนในด้านราคา ระยะเวลาและขั้นตอนการก่อสร้าง จากโครงการที่ผ่านมาของกรมทางหลวงและกรมโยธาธิการ
6. วิเคราะห์เปรียบเทียบราคา ระยะเวลาและขั้นตอนการก่อสร้างระหว่างการก่อสร้างถนนระบบหล่อในที่กับการก่อสร้างถนนระบบสำเร็จรูป
7. ศึกษาราคาด้วยวิธีราคาต่อหน่วยพร้อมกับวิเคราะห์หาจุดคุ้มทุนเนื่องจากราคาจะแปรผันตามระยะทางและเวลาในการก่อสร้าง ส่วนระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้างนั้นจะเริ่มนับจากวันที่หล่อแผ่นพื้นถนนคอนกรีตสำเร็จรูปถึงวันที่ทำการติดตั้งเสร็จและทำการทดสอบ เปรียบเทียบกับระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้างถนนคอนกรีตแบบหล่อในที่
8. วิเคราะห์และสรุปผลที่ได้

1.6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับในการดำเนินโครงงานพิเศษ

1. ทำให้ทราบว่าสามารถนำแผ่นผิวทางคอนกรีตหล่อสำเร็จรูปมาใช้ได้หรือไม่
2. ทำให้ทราบถึงปัญหาและข้อดีข้อเสียของการก่อสร้างผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูปของโครงการที่ทำการศึกษาเพื่อเป็นประโยชน์กับผู้ที่จะนำระบบสำเร็จรูปไปใช้ในการก่อสร้างหรือศึกษาเพิ่มเติม
3. ทำให้ทราบถึงราคาในการก่อสร้างของผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูปเปรียบเทียบกับการก่อสร้างถนนคอนกรีตระบบหล่อในที่
4. ทำให้ทราบถึงเวลาในการก่อสร้างของผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูปเปรียบเทียบกับการก่อสร้างถนนคอนกรีตระบบหล่อในที่
5. การวิจัยนี้เปรียบเสมือนกรณีศึกษาสำหรับผู้ที่สนใจที่จะศึกษาเรื่องนี้ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.1. ขั้นตอนการศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
วรรณกรรมปริทัศน์

2.1. กล่าวนำ

ในปัจจุบัน การก่อสร้างจัดเป็นอุตสาหกรรมประเภทหนึ่งที่มีการลงทุนสูง จึงได้มีการวิจัยพัฒนาวิธีการก่อสร้างและรูปแบบของผลิตภัณฑ์ เพื่อที่ทำให้มีการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์อย่างสูงสุด ดังนั้นการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป จึงเป็นวิธีการก่อสร้างที่ผู้ทำการวิจัยให้ความสนใจและนำมาใช้

การที่โครงการจะเลือกวิธีการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป ลักษณะของโครงการควรจะมีคุณสมบัติที่สอดคล้องกับความต้องการที่เหมาะสมกับการก่อสร้างถนนคอนกรีตสำเร็จรูป คือ มีจำนวนการก่อสร้างที่มากและมีรูปแบบของแผ่นพื้นที่ไม่หลากหลาย แบบหล่อที่ใช้การผลิตชิ้นส่วนสำเร็จรูปสามารถปรับเปลี่ยนตามลักษณะชิ้นส่วนสำเร็จรูปได้อย่างเหมาะสม สามารถทำการผลิตได้อย่างต่อเนื่อง ทำให้การขนส่งและการเก็บสต๊อก การติดตั้งและการเชื่อมจุดรอยต่อทำได้สะดวกและถูกต้อง

2.2. ความหมายของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป

Precast Concrete คือการหล่อชิ้นส่วนคอนกรีตในสถานที่ใดๆ (เช่น โรงงาน บริเวณที่ก่อสร้าง) ก่อนแล้วนำไปประกอบกันเป็นโครงสร้าง (Sheppard , William and Phillips , 1989)

Prefabrication คืออุตสาหกรรมการก่อสร้างอันเป็นวิธีการผลิตส่วนประกอบจำนวนมาก (Mass Producted Components) เพื่อก่อสร้างโดยอาศัยเครื่องมือ เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ยกสำหรับปฏิบัติงาน (GmbH , Bauverlag , Wiesbaden and Berlin , 1998)

ดังนั้น ความหมายของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปโดยรวม คือวิธีการก่อสร้างโดยการผลิตส่วนประกอบของแผ่นพื้นสำเร็จรูปในโรงงาน แล้วนำไปประกอบติดตั้งเป็นถนน โดยอาศัยอุปกรณ์ยก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3. ประวัติการก่อสร้างถนนสำเร็จรูป

ก่อนคริสต์ศักราช ชาวโรมันเริ่มใช้หินธรรมชาติมาวางเรียงกันเพื่อเป็นเส้นทางสัญจร ซึ่งปัจจุบัน ถนนต่างๆเหล่านั้นยังปรากฏให้เห็นในบางประเทศทางยุโรป

หลังสงครามโลกครั้งที่ 2 มีความต้องการที่จะก่อสร้างถนนใหม่อย่างเร่งด่วน เพื่อความสะดวกในการก่อสร้าง ชาวดัชต์จึงต้องการวัสดุที่หาได้ง่าย และมีอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งก็คืออิฐดินเหนียวโดยการนำอิฐมาวางและนำดินเหนียวมาใช้เป็นตัวเชื่อมประสานให้อิฐเกาะกัน และต่อมาได้มีการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยี ผสมผสานกับประสบการณ์ จนกลายมาเป็นระบบพื้นคอนกรีตบล็อกในปัจจุบันนี้

2.4. แนวความคิดในการออกแบบระบบสำเร็จรูป

ในการตัดสินใจออกแบบ ระบบการก่อสร้างสำเร็จรูปให้เหมาะสม และให้ผลดีที่สุดสำหรับโครงการที่จะทำการ่อสร้างนั้น ต้องเกิดจากการทำงานอย่างใกล้ชิดระหว่างสถาปนิก และวิศวกรตลอดจนผู้มีประสบการณ์ในด้านการผลิตการติดตั้งในระบบการ่อสร้างสำเร็จรูป ก่อนการออกแบบรายละเอียด ดังนั้นต้องร่วมกันกำหนด Concept of Design คือ การกำหนดรูปแบบ ระบบโครงสร้างแนวทางการผลิตการขนส่งและการติดตั้งอย่างกว้างๆก่อน ซึ่งในการกำหนดแนวทางดังกล่าวได้นั้นจะต้องศึกษาดังนี้

1. ด้านการตลาด เพื่อพิจารณาได้ว่าจะผลิตอะไรเพื่อใครและจะผลิตเป็นปริมาณเท่าใด
2. ด้านเทคนิค เมื่อทราบความต้องการแล้ว จึงมาพิจารณาระบบโครงสร้างและวิธีการผลิตที่เหมาะสม
3. ด้านการลงทุน เนื่องจากการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป การลงทุนขั้นต้นและเป็นการลงทุนระยะยาว จำเป็นต้องวิเคราะห์การลงทุนด้วยว่าคุ้มกับการลงทุนหรือไม่

จากนั้นจึงดำเนินการวาง Concept of Design ของระบบก่อสร้างสำเร็จรูป ซึ่งในขั้นตอนนี้ต้องพิจารณาในเรื่องของเทคนิคมากขึ้นซึ่งต้องพิจารณาเทคนิคต่างๆเหล่านี้พร้อมๆกัน คือ การออกแบบชิ้นส่วน รอยต่อ วิธีการผลิต วิธีการติดตั้ง ซึ่งมีข้อควรพิจารณาดังนี้

1. การออกแบบ เป็นการออกแบบรูปแบบของชิ้นส่วน ขนาด รูปร่าง เลือกชนิดของรอยต่อ
2. การผลิต เลือกวิธีการผลิตโดยคำนึงถึงความยากง่ายในการทำแบบหล่อและการถอดแบบ

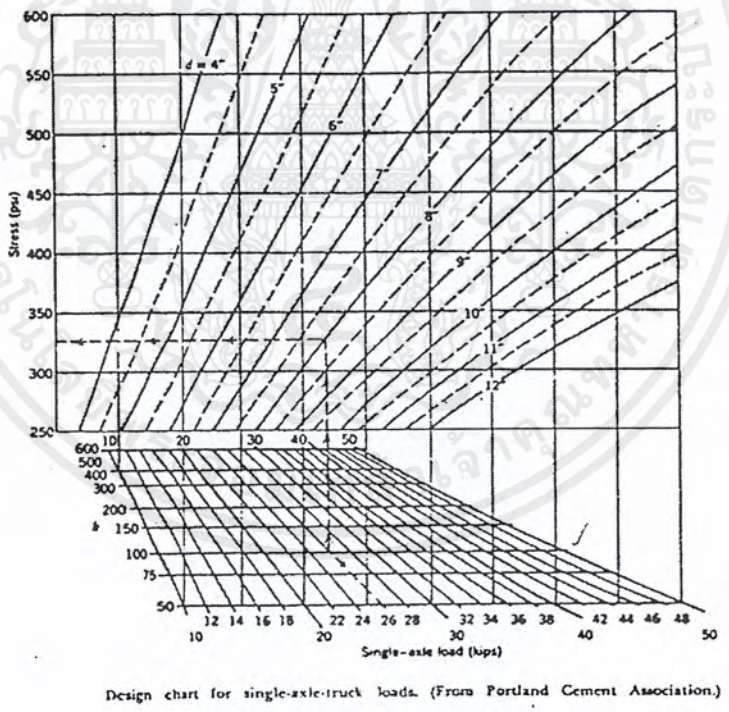
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การขนส่ง ในการออกแบบชิ้นส่วนต้องไม่เป็นอุปสรรคในการขนส่ง เช่นความกว้างของรถ 2.50 เมตร บรรทุกแล้วความสูงไม่เกิน 4.00 เมตร เพราะการขนส่งต้องลอดสะพาน เสาไฟฟ้าเป็นต้น
4. การติดตั้ง สิ่งแรกที่ต้องพิจารณาสำหรับชิ้นส่วนที่ออกแบบในการติดตั้งก็คือเครื่องจักรในการยกติดตั้ง ต้องตรวจสอบน้ำหนักและระยะแขนที่ยก มีเครนหรือมีเครื่องจักรอื่นที่สามารถยกได้หรือไม่ ต้องคำนึงถึงความยากง่ายในการติดตั้ง ชิ้นส่วนแต่ละส่วนต้องไม่เป็นอุปสรรคในการติดตั้งซึ่งกันและกัน

2.5. หลักการออกแบบ

2.5.1. การออกแบบความหนาถนนสำเร็จรูป

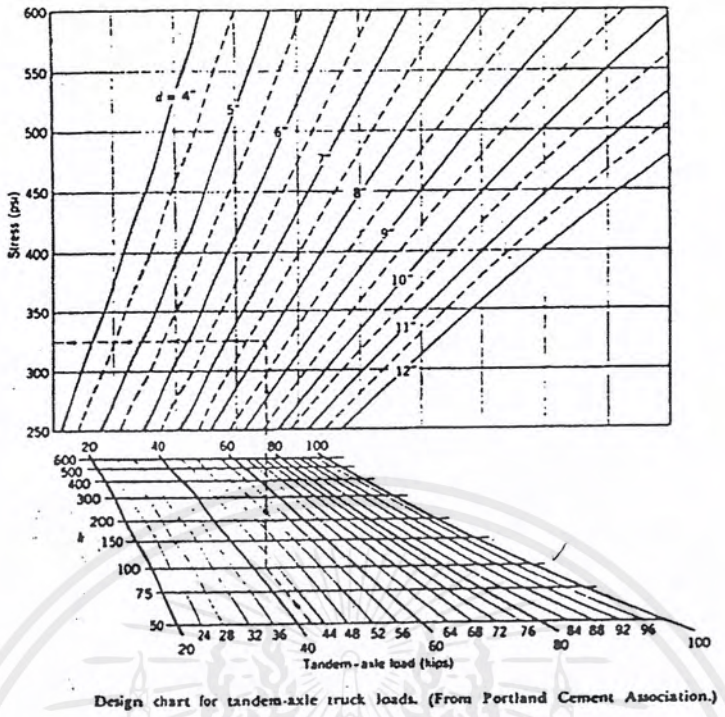
หลักในการออกแบบถนนคอนกรีตสำเร็จรูปก็จะเหมือนกับถนนระบบหล่อในที่ ดังนั้น การออกแบบความหนาของผิวถนนมีหลายมาตรฐานในการออกแบบแต่เราจะยึดหลักของ Portland Cement Association (PCA) ซึ่งมีอาศัยแผนภูมิตามรูปที่ 2.1. และ 2.2. ในการออกแบบ



Design chart for single-axle-truck loads. (From Portland Cement Association.)

รูปที่ 2.1. แผนภูมิออกแบบของ PCA (1966) ใช้ออกแบบถนนคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Design chart for tandem-axle truck loads. (From Portland Cement Association.)

รูปที่ 2.2. แผนภูมิออกแบบของ PCA (1966) ใช้ออกแบบถนนคอนกรีต

แต่ในประเทศไทยส่วนใหญ่จะออกแบบในลักษณะ " Catalogue Design " กล่าวคือ กำหนดความหนาของผิวจราจรขึ้นมาโดยอาศัยประสบการณ์จากถนนคอนกรีตที่ได้ก่อสร้างในบ้านเรา และจากข้อมูลในด้านวิชาการจากต่างประเทศ หลังจากนั้นก็นำความหนาของผิวทางจราจรที่ได้กำหนดขึ้นมาคำนวณตรวจสอบในเชิงวิศวกรรมเท่าที่วิทยาการในด้าน Concrete Pavement Design จะเอื้ออำนวย

2.5.2. การออกแบบการเสริมเหล็กในแผ่นพื้นถนนสำเร็จรูป

การออกแบบการเสริมเหล็กนี้ได้แบ่งเป็น 2 ประเภท เพื่อให้เหมาะสมกับแผ่นพื้นถนนคอนกรีตสำเร็จรูปและเพื่อให้สะดวกในการคำนวณ โดยจะแบ่งเป็น 2 ประเภทดังนี้

2.5.2.1. การเสริมเหล็กที่เหมือนถนนหล่อในที่

การเสริมเหล็กในแผ่นพื้นถนนคอนกรีตสำเร็จรูปนี้จะมีส่วนที่ต้องเสริมเหล็กให้เหมือนกับการเสริมเหล็กในถนนคอนกรีตหล่อในที่เพื่อให้แผ่นพื้นสำเร็จรูปนี้มีความสามารถในการรับแรงและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ่ายแรงได้เท่ากับถนนหล่อในที่ โดยที่การคำนวณเหล็กเสริมต่างๆในแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปเหล็กกันร้าว , เหล็ก Tie bar ของแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปจะคิดด้วยวิธีการแบบเดียวกับที่คำนวณกับถนนคอนกรีตระบบหล่อในที่ตามมาตรฐาน PCA ส่วนเหล็ก Dowel ตามมาตรฐาน PCA

ปริมาณเหล็กเสริมในแผ่นคอนกรีต เพื่อป้องกันการแตกร้าว

$$A_S = \frac{WLF}{2f_S} \qquad (2.1.)$$

ปริมาณเหล็กเสริมในการยึด

$$A_S = \frac{WLF}{f_S} \qquad (2.2.)$$

กำหนดให้ A_S = พื้นที่หน้าตัดของเหล็กเสริม ตร.ซม./เมตร

W = น้ำหนักแผ่นคอนกรีต กก./ตร.เมตร

F = สัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างผิวทางและพื้นทาง = 1.5

L = ความยาวของแผ่นคอนกรีต เมตร

f_S = Allowable Steel Stress กก./ตร.ซม.

โดยที่ f_S ของเหล็กเส้นกลม = 1200 กก./ตร.ซม

เหล็กข้ออ้อย = 1500 กก./ตร.ซม

2.5.2.2. การเสริมเหล็กที่เป็นชิ้นส่วนสำเร็จรูป

การเสริมเหล็กในส่วนนี้เป็นการคำนวณเหล็กเสริมเพื่อรับโมเมนต์เนื่องจากน้ำหนักของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่เกิดจากการยก

ปริมาณเหล็กเสริมเพื่อรับโมเมนต์

$$A_S = \frac{M\,(100)}{f_S\,jd} \qquad (2.3.)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

M = ค่าโมเมนต์ซึ่งต้องนำโมเมนต์ส่วนที่มากที่สุดมาคำนวณ กก.-ม.

d = ค่าความลึกจากผิวบนถึงศูนย์กลางของเหล็กรับโมเมนต์ ซม.

j = ค่าจากตารางการเสริมเหล็ก

f_s = Allowable Steel Stress กก./ตร.ซม.

โดยที่ f_s ของเหล็กเส้นกลม = 1200 กก./ตร.ซม

เหล็กข้ออ้อย = 1500 กก./ตร.ซม

2.5.3. การสร้างถนนคอนกรีตเพื่อทดสอบ

การออกแบบก่อสร้างถนนคอนกรีต การวิเคราะห์แรงที่เกิดในดินคันทางและในแผ่นคอนกรีตจากน้ำหนักล้อในระยะแรกมิได้คำนึงถึงแฟกเตอร์ของปริมาณจราจร อาจเนื่องจากในระยะนั้นปริมาณการจราจรมีไม่มาก ต่อมาหลังสงครามโลกครั้งที่ 2 ได้มีการสร้าง Test Section เพื่อทำการศึกษาวิเคราะห์ถึงค่าที่ได้จากในสนามเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ทางทฤษฎี เช่น การสร้างถนนทดสอบในรัฐแมรีแลนด์

ในปีค.ศ.1949 The Interregional Council on Highway Transportation ภายใต้การปรึกษาแนะนำของ Highway Research Board ทำการศึกษาผลของน้ำหนักจากล้อของยานพาหนะต่อถนนคอนกรีต โดยทำการทดสอบวิ่งรถบนถนนคอนกรีตยาว 1.1 ไมล์ มีผิวทางหนา 9-7-9 นิ้ว ความยาวของรอยต่อเพื่อการหดตัว 40 ฟุต และรอยต่อเพื่อการขยายตัวมีระยะห่าง 120 ฟุต บริเวณรอยต่อมีเหล็กเดือยขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3/4 นิ้ว ระยะห่าง 15 นิ้ว เหล็กยึดยาว 4 ฟุต ระยะห่าง 4 ฟุต และในแผ่นคอนกรีตเสริมเหล็กกันร้าว (Temperature Steel) จุดประสงค์การทดสอบก็เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักล้อรถกับลักษณะการชำรุดเสียหายของถนนคอนกรีต ผลที่ได้คือปริมาณการบดทับและน้ำหนักล้อรถเมื่อมีปริมาณที่มากจะทำให้ถนนเกิดความเสียหาย

2.6. คุณประโยชน์ของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป

1. ลดระยะเวลาการก่อสร้าง ในระหว่างการก่อสร้างจะต้องเสียเวลาส่วนหนึ่งในการรองานอื่น เช่น การรออายุของคอนกรีต แต่ในระบบสำเร็จรูปงานโครงสร้างส่วนหนึ่งสามารถทำการหล่อไว้ก่อนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. คุณภาพได้มาตรฐาน เนื่องจากเป็นการผลิตในโรงงาน การควบคุมคุณภาพสามารถทำได้ดีกว่าและได้มาตรฐานเท่ากัน แบบหล่อคอนกรีตโดยเป็นแบบเหล็ก ซึ่งให้ขนาดของชิ้นงานที่แน่นอน
3. ลดมลพิษที่เกิดจากการก่อสร้าง โดยทั่วไปการก่อสร้างจะเกิดมลพิษต่างๆ เช่น ฝุ่นละอองจากเศษปูน หิน หรือทราย ซึ่งระบบสำเร็จรูปสามารถลดได้มาก
4. ลดแรงงาน ในการก่อสร้างโครงการขนาดใหญ่ การหาแรงงานให้พอเพียงกับขนาดของงานเพื่อให้เสร็จทันเวลานั้นยากมาก ระบบการก่อสร้างสำเร็จรูปสามารถลดแรงงานลงได้
5. ลดค่าก่อสร้าง อาจเป็นเรื่องยากที่จะบอกว่าระบบการก่อสร้างสำเร็จรูปมีราคาถูกกว่าระบบธรรมดา เพราะมีองค์ประกอบหลายอย่างที่มีผลกับราคาค่าก่อสร้าง เช่น ขนาดของโครงการ เนื่องจากการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปต้องการลงทุนเริ่มต้น ได้แก่ การก่อสร้างโรงงาน ค่าเครื่องมือเครื่องจักร แต่ระบบสำเร็จรูปนี้มีข้อได้เปรียบเมื่อผลิตหรือก่อสร้างมากๆ จะทำให้การลงทุนในแบบหล่อน้อยลง การผลิตง่าย ค่าก่อสร้างก็จะถูกลงด้วย
6. เพิ่มประสิทธิภาพการก่อสร้าง การก่อสร้างในระบบอุตสาหกรรม การทำงานทุกขั้นต้องดำเนินการอย่างมีระบบ มีการวางแผนงานอย่างละเอียด อุปสรรคต่างๆต้องหาทางแก้ไขไว้ล่วงหน้า ระยะเวลาการก่อสร้างจึงเป็นไปตามแผนงาน คุณภาพงานได้มาตรฐานแน่นนอน

2.7. ข้อจำกัดของการก่อสร้างระบบสำเร็จรูป

1. ต้องมีการลงทุนเริ่มต้นสูง ธุรกิจก่อสร้างโดยทั่วไปการลงทุนเริ่มต้นน้อย เงินทุนใช้เฉพาะเงินทุนหมุนเวียนในระหว่างก่อสร้าง ธุรกิจนี้จึงเกิดขึ้นง่ายและเลิกง่าย แต่ในระบบการก่อสร้างสำเร็จรูปต้องมีการลงทุนในการก่อสร้างโรงงานและค่าเครื่องจักรสูง
2. ต้องการความรู้และประสบการณ์ (Know - how) การก่อสร้างระบบสำเร็จรูปดูเหมือนการดำเนินการไม่ยาก แต่จริงๆแล้วทุกๆขั้นตอน เช่น การออกแบบ การผลิต และการติดตั้ง ต้องการประสบการณ์อย่างมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
งานถนนระบบหล่อในที่

3.1. กล่าวนำ

ถนนเป็นเส้นทางที่ใช้งานในด้านการคมนาคมและการขนส่ง ทำให้การเดินทางติดต่อระหว่างกันรวดเร็วประหยัดและปลอดภัย ดังนั้นการก่อสร้างถนนจะต้องมีการศึกษาความเป็นไปได้ มีการสำรวจข้อมูลต่างๆ ก่อนที่จะดำเนินการลงทุนก่อสร้างดังนี้

- สภาพภูมิประเทศ จะใช้วิธีการสำรวจโดยดูจากภาพถ่ายทางอากาศตลอดแนวที่จะทำการก่อสร้างว่ามีอุปสรรคหรือไม่ เพราะถ้ามีอุปสรรคมากจะทำให้การก่อสร้างยุ่งยากและต้นทุนในการก่อสร้างจะสูงขึ้น
- ธรณีวิทยา ศึกษาดูชนิดคุณสมบัติของดินและความสามารถในการรับน้ำหนักทำการศึกษาหาปริมาณและแหล่งวัตถุดิบในการก่อสร้าง
- ด้านเศรษฐ์ศาสตร์ โดยดูว่าผลประโยชน์ที่ได้รับจะคุ้มค่ากับการลงทุนหรือไม่
- ด้านสังคม เป็นการนำความเจริญเข้าสู่ชนบท ทำให้สภาพความเป็นอยู่และวัฒนธรรมดั้งเดิมของชุมชนเปลี่ยนแปลงไป
- สภาพสิ่งแวดล้อม โดยดูว่ามีผลกระทบกับธรรมชาติ ป่าไม้และสัตว์ป่า รวมทั้งชุมชนที่อยู่อย่างไร
- ผลทางด้านยุทธ์ศาสตร์

3.2. เทคนิคการก่อสร้างถนน

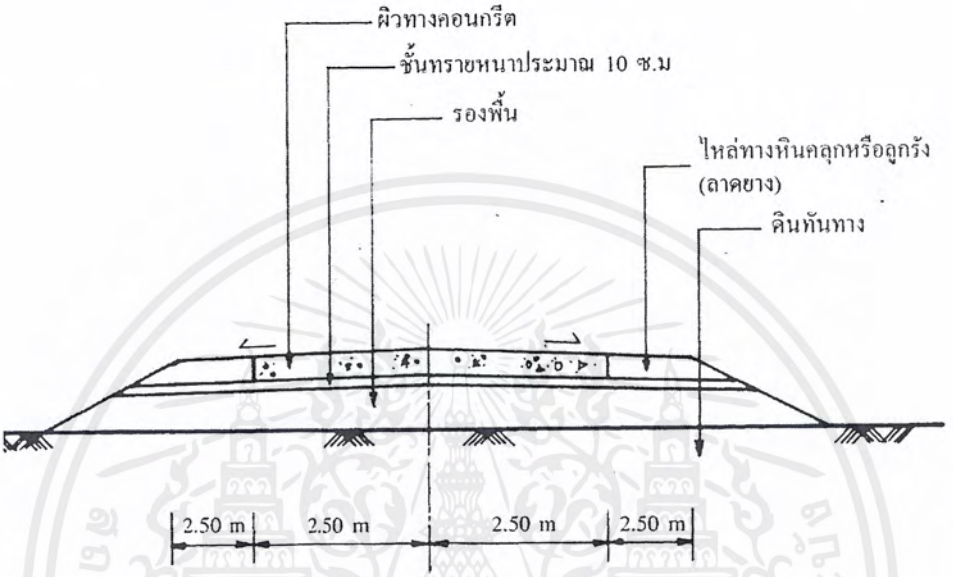
การก่อสร้างงานถนนแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน

- งานก่อสร้างคันทาง
- งานก่อสร้างพื้นทางและไหล่ทาง
- งานก่อสร้างผิวทางจราจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1. งานก่อสร้างคันทาง

งานก่อสร้างคันทางมีขั้นตอนในการก่อสร้างดังนี้



รูปที่ 3.1. รูปตัดถนนคอนกรีต

3.2.1.1.การปรับพื้นที่ (Clearing Site)

การถางป่าขุดตอ (Clearing and Grubbing) โดยเริ่มต้นด้วยทำการกำจัดต้นไม้ ตอไม้ ขยะ วัชพืชและสิ่งที่มีผลต่อการทำให้เกิดช่องว่างในดิน ซึ่งเป็นสาเหตุให้ดินเกิดการทรุดตัวออกให้หมดก่อนการสร้างคันทาง

ในการเตรียมงานก่อสร้างคันทาง กรณีที่คันทางมีความสูงต่ำกว่า 60 ซม. ให้ขุดตอไม้ รากไม้และวัชพืชออกให้ต่ำกว่าระดับล่างสุดของโครงสร้างถนนไม่น้อยกว่า 30 ซม. และกรณีที่คันทางสูงกว่า 60 ซม. ให้ตัดต้นไม้ ตอไม้และรากไม้ให้ถึงระดับดินเดิม ส่วนบริเวณที่ทำเป็นบ่อยืมและแหล่งวัสดุให้เอารากไม้ ตอไม้และสิ่งสกปรกออกให้หมด เพื่อไม่ให้มาผสมปนกับวัสดุที่จัดเก็บก่อนการนำไปใช้ในงานก่อสร้าง กิ่งไม้ที่ยื่นเข้ามาในผิวจราจรและสูงจากระดับหลังทางไม่เกิน 6.00 เมตร ให้ตัดออกและให้เหลือโคนกิ่งสำต้นยาวไม่เกิน 20 ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.2. การปรับระดับดินเดิม

หลังจากถางป่าขุดตอเรียบร้อยแล้วจะใช้รถเกรดหรือเครื่องมืออื่นแต่งเกลี่ยผิวดินเดิมให้กว้างเป็นทางตลอดความกว้างถนนรวมทั้งไหล่ทางทั้งสองข้าง วัชพืชหรือสิ่งสกปรกที่ปนอยู่ให้เอาออกบริเวณใดสูงให้ปาดออกบริเวณใดที่เป็นหลุมบ่อหรือยุบตัวให้เติมด้วยลูกรังหรือวัสดุที่มีคุณสมบัติอย่างเดียวกับที่ใช้ทำรองพื้นทาง โดยเกลี่ยเป็นชั้นๆให้สม่ำเสมอพรมน้ำแล้วบดอัดให้แน่นไม่น้อยกว่า 95% Standard Proctor Density และมีค่า C.B.R. ไม่น้อยกว่าแบบที่กำหนด โดยให้ถือระดับที่ปรับไว้นี้เป็นระดับปานกลางที่ใช้เป็นหลักในการอ้างอิงวัดความหนาชั้นต่อไป

3.2.1.3. งานดินตัดคันทาง (Roadway Excavation)

งานดินตัดคันทาง คือ การขุดตกแต่งภายในเขตทาง (Right of Way) ที่บางครั้งจะมีระดับดินเดิมสูงกว่าระดับถนนออกแล้วตกแต่งดินคันทางให้มีรูปร่างและระดับตามแบบและวางแนวระบายน้ำ

งานดินตัดคันทางจำแนกเป็น 2 ประเภท

-Unclassified Excavation เป็นงานตัดดินหรือวัสดุอื่นๆที่ไม่ใช่หินแข็ง

-Rock Excavation เป็นงานตัดหรือขุดหินประเภทที่มีความแข็งแรงมาก จนต้องขุดแต่งคันทางโดยวิธีเจาะด้วยเครื่องลม ระเบิด หรือเครื่องจักรที่ติด Ripper ขนาด D-8H ส่วนวัสดุที่ขุดออกถ้ามีคุณภาพไม่เหมาะสมจะต้องขุดออกและถมแทนด้วยวัสดุอื่นๆที่ได้คุณภาพที่เหมาะสมทดแทน โดยต้องบดอัดด้วยวิธีเดียวกับการก่อสร้างดินคันทาง

3.2.1.4. งานดินคันทาง (Embankment)

งานดินคันทางคือ การถมและบดอัดวัสดุที่ใช้ทำดินคันทาง โดยวัสดุที่ใช้ทำดินคันทางจะต้องมีค่า Swelling ที่ได้จากการทดสอบโดย C.B.R. ไม่เกิน 4% และค่าความหนาแน่นไม่น้อยกว่า 1440 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรเว้นแต่แบบจะกำหนดให้เป็นอย่างอื่น วัสดุที่ใช้อาจจะได้มาจากถนนเดิม บ่อยืมหรือวัสดุข้างทางที่มีคุณสมบัติตามที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.5. การบดอัด

การบดอัดในสนามเป็นการลดช่องว่างในเม็ดดิน โดยใช้น้ำเป็นตัวช่วยหล่อลื่นในการบดอัด ทำให้ดินมีความหนาแน่นและความสามารถในการรับแรงสูงขึ้น โดยเครื่องจักรที่ใช้ในการบดอัดมีหลายประเภท เช่น เครื่องบดอัดตีนแกะ รถบดล้อยางและรถบดล้อสั่นสะเทือน เป็นต้น การบดอัดต้องทำเป็นชั้นๆโดยแต่ละชั้นที่ทำการบดอัดต้องมีความหนาไม่เกินชั้นละ 20 เซนติเมตร ความชื้นและความหนาแน่นในแต่ละชั้นต้องสม่ำเสมอ ถ้าวัสดุเป็นก้อนต้องทำให้แตกและวัสดุที่นำมาถมต้องผสมคลุกเคล้าและพรมน้ำให้วัสดุมีความชื้นสม่ำเสมอ เป็นเนื้อเดียวกัน โดยใช้ใบมีดเกลี่ยกลับไปกลับมาหรือใช้วิธีอื่นที่เหมาะสม จากนั้นจึงทำการทดสอบหาค่าความหนาแน่นของดินในสนาม (Field Density) ให้ได้อย่าง 95% ของความหนาแน่นมาตรฐานตามแบบที่กำหนด โดยทำเช่นนี้ทุกๆชั้นจนได้ระดับความสูงตามแบบ

3.2.2. งานก่อสร้างรองพื้นทาง พื้นทาง และไหล่ทาง

3.2.2.1. งานรองพื้นทาง (Subbase Couse)

วัสดุรองพื้นทางส่วนใหญ่จะเป็นดินลูกรังหรือพวก Soil Aggregate โดยจะต้องเป็นวัสดุที่ได้จากแหล่งที่ได้รับการรับรองแล้ว โดยผ่านการทดสอบค่าได้ตามมาตรฐานที่กำหนดในแบบ เป็นวัสดุที่มีเม็ดแข็งและทนทานต่อการสึกหรอและปราศจากก้อนดินเหนียวหรือวัชพืชอื่นๆปนอยู่ ถ้ามีวัสดุที่มีขนาดโตกว่า 5 ซม. จะต้องทำให้แตกและทำการผสมใหม่ให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกันกับวัสดุที่เหลืออยู่ โดยปกติจะกำหนดคุณภาพของดินที่นำมาเป็นวัสดุรองพื้นทางดังนี้

Liquid Limit	ไม่เกิน 35 %
Plastic Limit	ไม่เกิน 11 %
Percentage of Wear	ไม่เกิน 60 %
C.B.R.	ไม่น้อยกว่า 25 % หรือที่แบบกำหนดให้

วัสดุที่จัดหาได้จะต้องนำมาคลุกเคล้าให้เข้ากันอย่างสม่ำเสมอแล้วกองเก็บไว้เพื่อรอการตรวจสอบโดยวัสดุที่จะนำมาใช้เป็นดินรองพื้นทางได้นั้น ต้องนำไปทดสอบหาขนาดเม็ดดินโดยให้มีขนาดส่วนผ่านตะแกรงดังตารางที่ 3.1. หาค่าความหนาแน่นสูงสุด (Maximum Density) และค่า C.B.R.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ด้วยวิธี Soaked และ Unsoaked ถ้าคุณสมบัติของวัสดุไม่ได้ตามที่กำหนด อาจต้องทำการปรับปรุงคุณภาพเช่น ใส่ปูนขาวเพิ่ม เป็นต้น

ตารางที่ 3.1. ขนาดหินคลุกที่ใช้ในการทำรองพื้นทาง

ขนาดตะแกรง	เปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงโดยน้ำหนัก				
	A	B	C	D	E
2"	100	100	-	-	-
1"	-	-	100	100	100
3/8"	30-65	40-75	50-85	60-100	-
No.10	15-40	20-45	25-50	40-70	40-100
No.40	8-20	15-30	15-30	25-45	20-50
No.200	2-8	5-20	5-15	5-20	6-20

เมื่อทำการจัดเตรียมความพร้อมวัสดุเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการเกลี่ยและบดอัดโดยจะใช้รถบรรทุกน้ำราดน้ำลงบนพื้นคันทางให้เปียกโดยตลอด เพื่อเป็นการป้องกันการแย่งน้ำจากวัสดุรองพื้นทาง แล้วทำการตกแต่งและบดอัดให้ผิวหน้าคันทางให้อยู่ในสภาพที่เรียบสม่ำเสมอได้ความลาดชันตามแบบ จากนั้นจึงทำการนำวัสดุรองพื้นทางมาเกลี่ยแผ่คันทาง ถ้าปรากฏว่ามีวัสดุรองพื้นทางหยาบและละเอียดแยกตัวออกจากกัน จะต้องทำการเกลี่ยผสมใหม่ ถ้าวัสดุรองพื้นทางที่นำมาใช้คุณภาพไม่ดีจำเป็นต้องปรับปรุงคุณภาพโดยเติมสารช่วยเชื่อมประสานเช่นซีเมนต์หรือปูนขาวลงไป จะต้องมีการพรมน้ำช่วยและเกลี่ยผสมให้เข้ากันอย่างสม่ำเสมอกับวัสดุรองพื้นทางเดิม การเกลี่ยจะทำเป็นชั้นความหนาแต่ละชั้นต้องหนาไม่เกินชั้นละ 20 ซม. ถ้าวัสดุรองพื้นแห้งเกินไปให้ทำการพรมน้ำช่วยแต่ถ้าเปียกมากเกินไปต้องทำการเกลี่ยผึ่งแดดให้แห้งจนพอเหมาะก่อนแล้วจึงจะทำการบดอัดต่อไป การบดอัดแต่ละชั้นต้องบดอัดแน่นไม่น้อยกว่า 95% Modified Proctor Density ที่จำนวนน้ำเท่ากับ Optimum Moisture Content $\pm$ 3% ส่วนระดับสูงต่ำของผิวถนนหลังการบดอัดต้องผิดพลาดไม่เกิน 1.5 ซม. จากแบบที่กำหนด ถ้าระดับผิดพลาดเกินต้องทำการรื้อและบดอัดใหม่

การบดอัดจะใช้รถบดล้อเหล็กขนาดไม่น้อยกว่า 8 ตัน วิธีบดอัดจะทำการไล่บดจากขอบทางทั้งสองข้างเข้าหาจุดศูนย์กลางของถนน เพื่อป้องกันวัสดุรองพื้นหนีออกทางด้านข้าง ส่วนกรณีที่ยกโค้งจะทำการบดอัดจากส่วนที่ต่ำไปหาส่วนที่สูงกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

45832

3.2.2.2. งานพื้นทาง (Base Couse)

วัสดุที่ใช้ทำการก่อสร้างพื้นทางต้องเป็นวัสดุที่มีความแข็งแกร่ง ทนทาน สะอาด ปราศจากวัสดุอื่นหรือวัชพืชและก้อนดินเหนียวเจือปน มีเปอร์เซ็นต์ความสึกหรอ(Percentage of Wear) ไม่เกิน 40 % มีขนาดคละกันของมวลใหญ่ไปหาเล็กอย่างสม่ำเสมอ วัสดุที่นิยมนำมาใช้ทำการก่อสร้างพื้นทางเช่น หินคลุกหรือกรวดโม่ โดยจะกำหนดให้มีคุณสมบัติของดินดังนี้

Liquid Limil	ไม่เกิน 25 %
Plasticity Index	ไม่เกิน 6 %
C.B.R.	ไม่น้อยกว่า 80%หรือที่แบบกำหนด

ตารางที่ 3.2. ขนาดหินคลุกที่ใช้ในการทำพื้นทาง

ขนาดตะแกรง	เปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงโดยน้ำหนัก			
	A	B	C	D
2”	100	100	-	-
1”	-	-	100	100
3/8”	30-65	40-75	50-85	60-100
No.10	15-40	20-45	25-50	40-70
No.40	8-20	15-30	15-30	25-45
No.200	2-8	5-20	5-10	5-20

วัสดุงานพื้นทางต้องทำการคลุกเคล้าให้เข้ากันอย่างสม่ำเสมอ แล้วนำมากองเก็บไว้เป็น Stockpile ซึ่งควรจะอยู่ใกล้บริเวณที่จะใช้งานเพื่อความสะดวกในการนำมาใช้งาน โดยก่อนการนำไปใช้งานจะมีการทำการเก็บตัวอย่างวัสดุงานพื้นทางที่จัดเก็บไว้มาตรวจสอบ โดยจะทำการสุ่มตัวอย่างนำไปทดสอบหาขนาดเม็ดดิน (Sieve Analysis) ค่าความหนาแน่นสูงสุด (Maximum Density) ค่า C.B.R. ค่าการบวมตัวและค่าต่างๆตามที่คุณสมบัติตามแบบกำหนด ก่อนที่จะมีการนำไปใช้งานจะพรมน้ำด้วยปริมาณ Optimum Moisture Content $\pm$ 2% แล้วทำการคลุกเคล้าเข้ากัน แล้วจึงขนส่งดินไปยังบริเวณที่ใช้งาน โดยในขณะทำการขนส่งต้องระวังไม่ให้เกิดการแยกตัวของวัสดุหยาบและละเอียด ตลอดจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความชื้นต้องไม่ระเหยมากเกินไป ถ้าวัสดุเกิดการแยกตัวและสูญเสียความชื้นต้องทำการผสมใหม่ในสนาม (Road Mix)

ขั้นตอนการบดอัดต้องทำการตรวจสอบระดับ ทำความสะอาดแล้วฉีดน้ำพอสมควรลงบน ผิวอย่างสม่ำเสมอทั่วผิวหน้า เพื่อป้องกันการแย่งดูดน้ำไปจากวัสดุพื้นทาง จากนั้นทำการองวัสดุพื้นทางแล้วเกลี่ยให้ทั่วอย่างสม่ำเสมอ แล้วทำการบดอัดให้ได้ระดับตามแบบกำหนด โดยถ้าในแบบกำหนดให้พื้นทางมีความหนาของชั้นพื้นทางมากกว่า 15 ซม. ให้ทำการแบ่งบดอัดเป็นสองชั้นๆละเท่ากัน การบดอัดให้ทำทันทีหลังจากเกลี่ยวัสดุได้ที่แล้วด้วยรถบดล้อยาง (Pnuematic Tired Roller) ให้ทั่วตลอดผิวหน้าอย่างสม่ำเสมอ ขณะทำการบดอัดต้องเกลี่ยไม่ให้มีหลุมบ่อและเกิดการแยกตัวของวัสดุเกิดขึ้น การบดอัดขั้นสุดท้ายให้บดอัดแต่งด้วยรถบดล้อเหล็กและขณะที่ทำการบดอัดถ้าเกิดมีกรณีที่วัสดุเกิดการแยกตัวต้องทำการผสมคลุกเคล้าใหม่ โดยจะต้องพ่นน้ำเติมให้ได้ความชื้นตามที่ต้องการ จากนั้นให้ทำการสุ่มตัวอย่างเพื่อทดสอบหาความหนาแน่นในสนาม โดยต้องได้ค่าความหนาแน่นไม่ต่ำกว่า 95 % ของ Modified Proctor Density

การทำพื้นทางในฤดูฝนจะทำไหล่ทางก่อนทำพื้นทางไม่ได้ เพราะถ้าวัสดุที่ใช้ทำไหล่ทางน้ำซึมผ่านได้ยาก จะทำให้เกิดน้ำขังอยู่ช่วงกลางเป็นเหตุทำให้ชั้นรองพื้นทางอ่อนลงและสูญเสียความสามารถในการรับกำลัง แต่ถ้าจะทำไหล่ทางก่อนต้องใช้วัสดุไหล่ทางชนิดที่น้ำซึมได้หรือใส่ทรายหนาประมาณ 10 ซม. ได้ระดับพื้นทางยาวตลอดถึงลาดคันทางทั้งสองข้าง ส่วนระดับสูงต่ำของผิวบนของพื้นทางหลังการบดอัดต้องไม่เกิน 1.25 ซม. จากที่แบบกำหนด

3.2.2.3. งานไหล่ทาง (Shoulder)

เมื่อทำการก่อสร้างชั้นพื้นทางเสร็จต้องทำการเสริมไหล่ทางให้ได้ตามแบบที่กำหนด โดยใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติเหมือนวัสดุที่ใช้ในรองพื้นทาง

วัสดุที่ใช้ทำไหล่ทางต้องเกลี่ยคลุกเคล้าผสมน้ำให้สม่ำเสมอ แล้วค่อยขนส่งออกจากสถานที่จัดเก็บ (Stockpile) มายังบริเวณที่จะทำการก่อสร้าง จากนั้นทำการบดอัดโดยการทำเป็นชั้นๆละไม่เกิน 15 ซม. ความหนาแน่นไม่น้อยกว่า 95% Modified proctor Density โดยใช้น้ำที่ Optimum Moisture Content $\pm$3% การบดอัดต้องระวังรอยต่อระหว่างไหล่ทางกับพื้นทางโดยพยายามทำให้ความหนาแน่นและผิวหน้าเรียบอย่างสม่ำเสมอตลอดแนว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3. งานก่อสร้างผิวทางจราจร

วัสดุที่ใช้ทำพื้นผิวทางคอนกรีตส่วนใหญ่จะใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ หินทรายและน้ำมาผสมเป็นคอนกรีต โดยมีกำลังอัดประลัย (Cylender) 240 กก/ตร.ซม. ค่าการยุบตัว (Slump) 5.0±2.5 ซม.

3.2.3.1. ติดตั้งแบบหล่อ

- แบบหล่อผิวจราจร มีความสูงเท่ากับความหนาของพื้นผิวจราจร ฐานกว้างไม่น้อยกว่า 20 ซม. ขอบบนไม่น้อยกว่า 5 ซม. ความยาวท่อนละ 3 เมตร มีรูตอกหมุดอย่างน้อย 3 รู
- ตรวจสอบระดับพื้นทางและทำความสะอาดให้เรียบร้อยแล้วจึงตั้งแบบข้าง ส่วนใหญ่จะใช้แบบเหล็กแล้วตอกหมุดยึดติดกับพื้นทาง
- แบบต้องแบบหล่อจะต้องต่อชนกันและยึดตรึงด้วยหมุดเหล็กให้แน่น และผิวข้างแบบหรือสันเรียบเสมอกัน หลังจากเทคอนกรีต อย่างน้อย 24 ชม. จึงสามารถถอดแบบได้

3.2.3.2. การหล่อผิวจราจร

- คอนกรีตที่จะเทต้องมีการทำ Slump Test และการเก็บตัวอย่างลูกปูนทุกๆการผสมคอนกรีต 50 ลบ.ม.
- ก่อนที่จะเทจะต้องพรมน้ำที่ชั้นทรายให้ชุ่มไม่น้อยกว่า 8-10 ซม. เพื่อป้องกันการดูดซึมน้ำจากคอนกรีต
- ขณะเทคอนกรีตจะต้องมีการใช้เครื่องสั่นสะเทือนช่วย เพื่อให้คอนกรีตแน่นตัวไม่เกิดโพรงในเนื้อคอนกรีตและทำการปาดผิวหน้าให้เรียบ
- คอนกรีตที่จะทำการเทจะต้องเทติดต่อกันโดยสม่ำเสมอ หากมีเหตุต้องหยุดเทคอนกรีตต้องทำ Construction Joint

3.2.3.3. การวางเหล็กเสริม

- การวางเหล็กเสริมจะต้องวางและมีขนาดตามที่แสดงไว้ในแบบแปลน โดยที่เหล็กกันร้าวส่วนใหญ่จะเสริมที่ระยะต่ำกว่าผิวหน้าประมาณ 5 ซม.เป็นอย่างต่ำ
- เหล็กเสริมตามแนวยาวและแนวขวางต้องห่างจากขอบของแผ่นคอนกรีตไม่เกิน 7 ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การวางทาบเหลื่อมสำหรับเหล็กเส้นกลมให้วางทาบเหลื่อมกันประมาณ 40 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลาง และสำหรับเหล็กข้ออ้อยให้วางเหลื่อมกันประมาณ 30 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลาง
- เหล็กเดือย (Tie Bars) ต้องมีขนาดและอยู่ในตำแหน่งที่กำหนดไว้ในแบบแปลนและต้องมีที่ยึดให้แน่นโดยไม่มีการเคลื่อนที่ขณะที่ทำการเทหรือเขย่าคอนกรีต
- จากนั้นทำการเทคอนกรีตอีกครั้งจนถึงระดับไม้แบบ

3.2.3.4. รอยต่อ (Joint)

การเทคอนกรีตถนนจะมีการแบ่งรอยต่อเพื่อป้องกันปัญหาต่างๆที่จะกิดขึ้น โดยรอยต่อเหล่านี้จะต้องมีการออกแบบและควบคุมอย่างดี เพราะรอยต่อพวกนี้จะเป็นจุดอ่อนให้น้ำซึมผ่านลงไปในพื้นทางหรืออาจจะเกิดการแตกร้าวได้ง่ายเมื่อได้รับน้ำหนักบรรทุกจากรถ ซึ่งประเภทของรอยต่อในงานถนนคอนกรีตมีอยู่ 4 ประเภท

- รอยต่อเพื่อการหดตัว (Contraction Joint) จุดประสงค์เพื่อทำให้เกิดรอยแยก (Crack) ตรงจุดที่ต้องการและเป็นไปอย่างเป็นระเบียบ ระยะห่างของรอยต่อตั้งแต่ 6.0-15.0 เมตร ขึ้นอยู่กับความหนาของแผ่นของกรีต และคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ผสมคอนกรีต การก่อสร้างต้องเทแผ่นคอนกรีตเป็นผืนเดียวกันตลอดก่อน เมื่อคอนกรีตแข็งตัวแล้ว จึงใช้เลื่อยเซาะร่องลึกประมาณ 1/4 ของความหนาแผ่นคอนกรีต

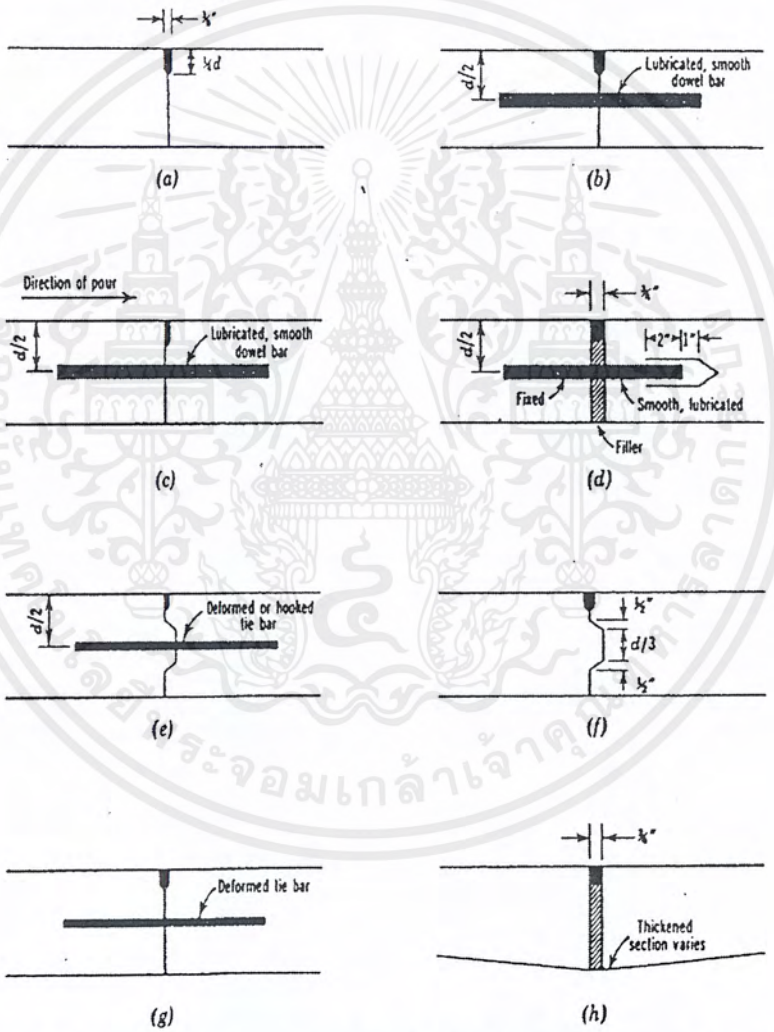
- รอยต่อก่อสร้าง (Construction Joint) รอยต่อที่ต้องหยุดเทคอนกรีตเมื่อสิ้นสุดการทำงานในแต่ละวันหรือในช่วงที่มีเหตุจำเป็นต้องหยุดการทำงาน เช่นบริเวณทางแยกเข้าซอยหรือเข้าบ้าน ซึ่งมีรถแล่นผ่านตลอดเวลา จะต้องเว้นช่วงเทคอนกรีตไว้จนกว่าจะทำทางเบี่ยงการจราจรได้สำเร็จการแบ่งรอยต่อก็ควรจัดระยะห่างให้เท่ากับรอยต่อเพื่อการหดตัว

- รอยต่อเพื่อการขยายตัว (Expansion Joint) เว้นระยะรอยต่อประมาณ 3/4 นิ้วเพื่อการขยายของแผ่นคอนกรีตเนื่องจากความร้อนของแสงแดด ระยะห่างของรอยต่อประมาณ 40 เมตร หรือตามความแตกต่างของอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดในท้องที่ที่ก่อสร้าง รอยต่อเพื่อการขยายตัวนี้เป็นจุดอ่อนของถนนคอนกรีต และมีปัญหาในการอุดยาแนวรอยต่อมิให้หลุดล่อนจนน้ำซึมผ่านผิวทางลงไปจนกระทั่งเกิดการอัดทะลักได้ รัฐต่าง ๆ หลายรัฐในประเทศสหรัฐอเมริกาส่วนมากได้เลิกใช้รอยต่อประเภท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นี้มากว่า 30 ปีแล้ว โดยยอมเสี่ยงให้เกิดความเสียหายเนื่องจาก Blow-up เพราะการขยายตัวของคอนกรีตในบางช่วงแต่ก็เกิดน้อยกว่าการอัดทะลักมาก

- รอยต่อตามยาวของถนน (Warping Joint) ใช้เป็นแนวเส้นแบ่งช่องจราจรแบ่งตามความกว้างของช่องจราจร ช่วยป้องกันการแตกร้าวตามความยาวของถนน เนื่องจาก Warping Stress และขณะเดียวกันช่วยให้การทำงานเทคอนกรีตให้สะดวกขึ้น ระหว่างรอยต่อยึดด้วยเหล็กยึด (Tie Bar) เพื่อมิให้แผ่นแยกออกจากกัน



Typical joints. (*a*) Dummy-groove contraction; (*b*) dummy groove, doweled, contraction; (*c*) butt construction; (*d*) expansion; (*e*) keyed longitudinal, tied construction; (*f*) keyed hinge or warping construction; (*g*) tied longitudinal warping; (*h*) thickened edge expansion (airfields).

รูปที่ 3.2. รายละเอียดรอยต่อประเภทต่างๆของผิวทางคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3.5 การแต่งผิวคอนกรีต

- หลังจากเทคอนกรีตลงบนชั้นรองพื้นทาง จะต้องเกลี่ยคอนกรีตด้วยเครื่องเกลี่ยคอนกรีตเพื่อทำให้คอนกรีตยุบตัวแน่น
- แต่งหน้าคอนกรีตให้เรียบ อาจใช้เครื่องสั่นสะเทือนแบบช่วย
- การปรับแต่งระดับผิวคอนกรีตหลังจากแต่งผิวคอนกรีตโดยการใช้เกรียงเหล็ก (Scraping Straight Edge) เพื่อปาดน้ำที่เยิ้มที่ผิวคอนกรีตออก
- การแต่งผิวคอนกรีตชั้นสุดท้ายเป็นการแต่งผิวให้หยาบเพื่อให้มีแรงเสียดทานระหว่างพื้นคอนกรีตกับยางล้อรถ

3.2.3.6. การบ่มคอนกรีต

- ใช้กระสอบป่าน 2 ชั้นวางทับเหลี่ยมกันแล้วรดน้ำให้ชุ่มอยู่ตลอดเวลา
- ใช้น้ำสะอาดบ่มโดยก่อขอบให้มีน้ำขังอยู่เหนือผิวคอนกรีตไม่น้อยกว่า 5 ซม. แล้วรดน้ำให้ชุ่ม
- ใช้ทรายสะอาดคลุมให้ทั่วผิวหน้าคอนกรีตโดยหนาไม่น้อยกว่า 5 ซม. แล้วรดน้ำให้ชุ่ม
- ใช้น้ำยาบ่มคอนกรีต(Curing Compound) พ่นบนผิวคอนกรีตขณะทีมีน้ำบนผิวคอนกรีต

3.2.3.7. การตัดรอยต่อถนนและการอุดรอยต่อ

- การตัดรอยต่อของถนนจะตัดทุกระยะ 10 เมตร ซึ่งเป็นการตัดรอยต่อเพื่อการหดตัวโดยเซาะร่องลึก = ความหนาถนน/4
- ก่อนทำการอุดรอยต่อต้องทำความสะอาดช่องว่างโดยการใช้เครื่องเป่าให้สะอาดปราศจากฝุ่น
- วัสดุที่ใช้ในการอุดรอยต่อมีคุณสมบัติในการกันน้ำซึมลงไปในรอยต่อ เช่น วัสดุยางแอสฟัสท์ Mastic Joint Sealer โดยวัสดุที่อุดนั้นต้องไม่มากจนเยิ้มขึ้นมาบนถนน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4. การเสริมเหล็กในแผ่นคอนกรีต

เหล็กที่เสริมในแผ่นคอนกรีตมิได้มีจุดประสงค์เพื่อรับแรงจากล้อยานพาหนะ แต่มีจุดประสงค์เพื่อ

1. ป้องกันการแตกร้าวในแผ่นคอนกรีต เนื่องจากอุณหภูมิและถ้าเกิดการแตกร้าวก็ยังยึดรอยแตกร้าวมิให้แยกออกจากกันได้
2. ลดการแอ่นตัวของแผ่นคอนกรีต
3. ลดรอยต่อของแผ่นคอนกรีต
4. ยืดอายุการใช้งานของผิวทาง

บริเวณรอยต่อตามขวาง (Transverse Joint) จะต้องเสริมเหล็กเดือย (Dowel Bar) เพื่อทำหน้าที่ถ่ายน้ำหนักจากล้อในระหว่างแผ่นคอนกรีตที่อยู่ติดกัน แนวรอยต่อตามยาว (Longitudinal Joint) ต้องเสริมเหล็กยึด (Tie Bar) ด้วยเหล็กข้ออ้อย เพื่อยึดแผ่นคอนกรีตมิให้หลุดแยกออกจากกัน

ปริมาณเหล็กเสริมในแผ่นคอนกรีต เพื่อป้องกันการแตกร้าว

$$A_S = \frac{WLF}{2f_s} \qquad (3.1.)$$

เหล็กยึดแผ่นคอนกรีต (Tie Bar) ใช้ยึดรอยต่อตามยาว (Longitudinal Joint) เหล็กยึดต้องเป็นเหล็กข้ออ้อย เพื่อทำหน้าที่ยึดแผ่นคอนกรีตตรงรอยต่อมิให้หลุดแยกจากกัน และขณะเดียวกันการทำ Key Joint ก็ช่วยในการถ่ายน้ำหนักระหว่างแผ่นพื้นคอนกรีตใกล้เคียงปริมาณเหล็กยึดได้จากสูตร

$$A_S = \frac{WLF}{f_s} \qquad (3.2.)$$

กำหนดให้ A_S = พื้นที่หน้าตัดของเหล็กเสริม ตร.ซม./เมตร

W = น้ำหนักแผ่นคอนกรีต กก./ตร.เมตร

F = สัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างผิวทางและพื้นทาง = 1.5

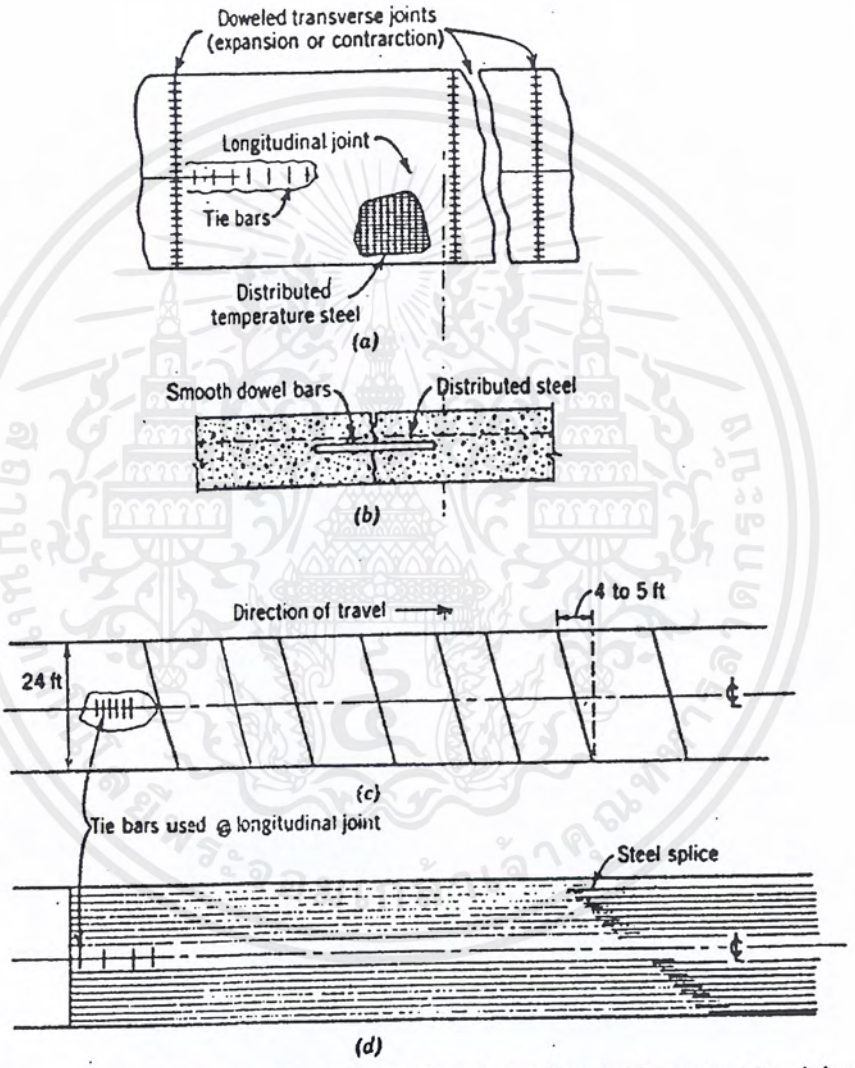
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

L = ความยาวของแผ่นคอนกรีต เมตร

f_s = Allowable Steel Stress กก./ตร.ซม.

โดยที่ f_s ของเหล็กเส้นกลม = 1200 กก./ตร.ซม

เหล็กข้ออ้อย = 1500 กก./ตร.ซม



Three basic pavement types. (*a*) Simply reinforced, (*b*) contraction joint detail, (*c*) plain pavement, and (*d*) continuously reinforced concrete pavement. (Not to scale.)

รูปที่ 3.3. รอยต่อประเภทต่างๆในถนนคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความยาวของเหล็กยึดคำนวนได้จาก

$$t = \frac{1}{2} \frac{f_s d}{\mu} + 7.5 \qquad (3.3.)$$

กำหนดให้ t = ความยาวของเหล็กยึด ซม.

D = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเหล็ก ซม.

$\sum o$ = เส้นรอบวงของเหล็กยึด ซม.

$\mu = 0.1 f_c'$

เหล็กเดือย (Dowel Bar)ทำหน้าที่ถ่ายน้ำหนักระหว่างแผ่นคอนกรีต ใช้กับรอยต่อตามขวาง เช่น รอยต่อการก่อสร้าง รอยต่อเพื่อการหดตัว และรอยต่อเพื่อขยายตัว

ตารางที่ 3.3. ขนาดและความยาวของเหล็กเดือย ด้วยวิธี PCA

ความหนาของคอนกรีต (นิ้ว)	ขนาด Φ (นิ้ว)	ความยาว (นิ้ว)	ระยะห่าง (นิ้ว)
5-6	3/4	16	12
7-8	1	18	12
9-11	1 1/4	18	12
12-16	1 1/2	20	15
17-20	1 3/4	22	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.5. การออกแบบถนนคอนกรีต (Design of rigid highway pavement)

การออกแบบถนนคอนกรีตมีส่วนประกอบหลายประการที่ต้องนำมาพิจารณา เช่น น้ำหนักของยานพาหนะ คุณสมบัติของดินคันทาง คุณสมบัติของคอนกรีตที่ใช้ทำผิวทาง ฯลฯ การหดขยายตัว การห่อตัว เป็นเรื่องสำคัญ อาจส่งผลให้แผ่นคอนกรีตแตกตามขวาง หรือตามยาวได้ คุณสมบัติของดินคันทาง เช่น ค่า CBR ค่า K มีผลต่อความหนาของแผ่นคอนกรีตระดับหนึ่งแต่จะมีผลต่อความทนทานของผิวทางมากในเรื่องของการแอ่นหรือทรุดตัวในชั้นดินคันทางส่วนประกอบสำคัญที่ส่งผลต่อการชำรุดเสียหายของถนนมาก คือปริมาณการจราจรและน้ำหนักของยานพาหนะ โดยเฉพาะรถบรรทุกที่มีน้ำหนักบรรทุกสูงกว่าที่กำหนดออกแบบไว้มาใช้ถนน มีผลทำให้ดินคันทาง รองพื้นทางทรุด ผิวทางแตกเนื่องจากแรงกระทำสูงเกินกว่าที่โครงสร้างจะรับได้คุณสมบัติของวัสดุใช้ผสมคอนกรีต เช่น หิน ทราย ปูนซีเมนต์ ก็มีผลต่อความทนทานแข็งแรงของผิวทาง ซึ่งสามารถทดสอบได้โดยวิธีต่าง ๆ เช่น Abrasion Test , Soundness Test ฯลฯ

การคำนวณออกแบบถนนคอนกรีตจะต้องพิจารณาถึงแฟกเตอร์ประกอบที่สำคัญ 3 กลุ่ม คือ

1. แรงที่เกิดในแผ่นคอนกรีต โมดูลัสการต้านแรงของดิน ปริมาณและน้ำหนักของการจราจร การล้าของแผ่นคอนกรีต
2. ดินคันทางซึ่งมีผลต่อการเกิดการอัดทะลัก และการระบายน้ำใต้ผิวทางและบนผิวดิน
3. รอยต่อในแผ่นคอนกรีต การป้องกันการแตกร้าวของคอนกรีตผิวทาง การเสริมเหล็กในผิวทางและบริเวณรอยต่อ

การกำหนดความหนาของผิวทางคอนกรีต จำนวนครั้งการบดทับของล้อยานพาหนะซ้ำ ๆ กันมากครั้ง (Repeated Load) มีผลทำให้ผิวทางคอนกรีตเกิดการล้า (Fatigue) และมีผลต่อความหนาของผิวทางคอนกรีตโดยตรง

ดังนั้นการออกแบบความหนาของผิวถนนมีหลายมาตรฐานในการออกแบบแต่ผู้ทำการวิจัยจะยึดหลักของ Portland Cement Association (PCA) ซึ่งความหนาของคอนกรีตสามารถออกแบบได้ตามแผนภูมิที่ 2.1. และ 2.2.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.6. ความหนาของถนนคอนกรีตที่ใช้ในการก่อสร้าง

ความหนามาตรฐานของถนนคอนกรีตที่ใช้โดยทั่วไปซึ่งได้จากประสบการณ์

ประเภทถนน	ความหนา(ซม.)
ถนนสายหลัก	23-28
ถนนสายรอง	20-25
ถนนในหมู่บ้าน	15-20

สรุป เมื่อใช้ค่าจากตารางและแผนภูมิข้างต้นแล้วจะได้ความหนาของถนนคอนกรีตที่ใช้คือที่ 15 , 20 , 23 , 25 ซม.

โดยที่กรมทางหลวงจะใช้ความหนาที่ 23 และ 25 ซม. เพราะกรมทางหลวงรับผิดชอบถนนสายหลักๆเช่น ถนนสายประธานซึ่งต้องรับการจราจรที่สูง อีกทั้งการสร้างถนนของกรมทางหลวงได้ยึดหลักที่ว่าสร้างถนนให้ใช้ได้นานที่สุดและไม่ต้องการให้มีการซ่อมบำรุงบ่อยครั้งเกินไป

ส่วนกรมโยธาธิการใช้ความหนาตั้งแต่ 15-23 ซม. ซึ่งกรมโยธาธิการเป็นหน่วยงานที่เล็กกว่าและรับผิดชอบถนนสายเล็กๆ งบประมาณในการสร้างถนนของกรมโยธาธิการมีน้อยทำให้กรมโยธาธิการกำหนดความหนาของผิวทางไว้หลากหลายเพื่อให้สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามสภาพการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูป

4.1. กล่าวนำ

ระบบการก่อสร้างสำเร็จรูปหรือที่บางครั้งเรียกว่า การก่อสร้างระบบอุตสาหกรรม เพราะเชื่อว่าการผลิตแบบอุตสาหกรรมจะลดการสูญเปล่าของวัสดุก่อสร้าง ลดเวลาการก่อสร้าง และสามารถควบคุมคุณภาพงานได้ตามมาตรฐานได้ง่ายกว่าการก่อสร้างระบบหล่อในที่ และควบคุมปัญหามลภาวะที่จะเกิดขึ้นได้ง่ายกว่า

การออกแบบผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูปนี้ได้ยึดหลักการออกแบบตามรูปแบบของถนนระบบหล่อในที่ในการออกแบบ เพื่อให้มีความแข็งแรงและความทนทานใกล้เคียงเดิม ซึ่งหลักเกณฑ์ในการออกแบบมีดังนี้

1. แผ่นผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูปต้องมีขนาดและรูปร่างในแต่ละแผ่นไม่แตกต่างกันมาก เพื่อให้สามารถผลิตและการติดตั้งทำได้ง่ายไม่ซับซ้อน และสามารถใช้แบบหล่อได้อย่างมีประสิทธิภาพ
2. แผ่นผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูปต้องสามารถขนส่งได้
3. สามารถใช้แบบหล่ออันเดียวกันได้
4. รอยต่อของถนนต้องน้อยที่สุด เพราะรอยต่อเป็นจุดอ่อนของถนนซึ่งความเสียหายของถนนส่วนใหญ่จะเกิดที่รอยต่อ
5. ขนาด รูปร่าง น้ำหนักและราคาเป็นตัวเลือกเครื่องจักร เครื่องมือที่ใช้ในการขนส่งและการติดตั้ง
6. สามารถทำการผลิตด้วยระบบอุตสาหกรรมได้

การออกแบบถนนคอนกรีตสำเร็จรูปมีรายละเอียดต้องทำการออกแบบดังนี้

1. รูปร่างของแผ่นผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูป
2. ขนาดของแผ่นผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูป
3. การเสริมเหล็ก เหล็กรับโมเมนต์พร้อมทั้งตำแหน่งยกเพื่อใช้ในการติดตั้ง
4. รอยต่อของถนน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. อุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องจักรที่ใช้ในการติดตั้ง
6. ขั้นตอนการติดตั้ง

4.2. การออกแบบรูปร่างของแผ่นผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูป

สิ่งที่ต้องคำนึงในการออกแบบรูปร่าง คือ

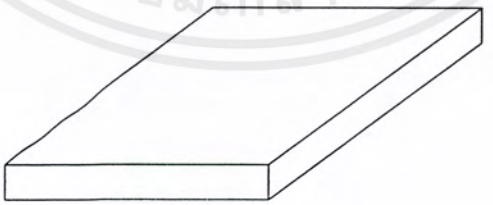
1. ความสามารถในการรับน้ำหนักซึ่งในแผ่นพื้นถนนสำเร็จรูปต้องรับน้ำหนักได้เท่ากับถนนที่หล่อในที่
2. ต้องมีรูปร่างที่สามารถขนส่งและติดตั้งได้ง่าย
3. รูปร่างต้องทำให้การติดตั้งไม่ยุ่งยาก

4.2.1. รูปร่างที่ทำการออกแบบ

รูปร่างของแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่จะนำไปติดตั้งเป็นถนนคอนกรีต สามารถพิจารณาได้ 2 ลักษณะ ดังนี้ คือ

1. แผ่นพื้นแบบขอบสี่เหลี่ยมผืนผ้า (Rectangular Shape)

แผ่นพื้นแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า คือ ด้านทั้ง 4 ด้านจะประกอบกันเป็นมุมฉาก เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า หรือ สี่เหลี่ยมจัตุรัส ดังแสดงในรูปที่ 4.1.



รูปที่ 4.1. ลักษณะแผ่นพื้นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แผ่นพื้นแบบระบบล็อค (Interlocking Shape)

แผ่นพื้นแบบระบบล็อค คือ ด้านที่ติดกับแผ่นพื้นอีกแผ่นทางขวาง จะออกแบบให้มีการหักมุมเป็นมุมฉากเพื่อล็อคการเคลื่อนตัวในแนวราบระหว่างแผ่น ดังแสดงในรูปที่ 4.2.

รูปที่ 4.2. ลักษณะแผ่นพื้นแบบระบบล็อค

แผ่นแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีข้อดีคือ มีรูปแบบที่เรียบง่าย แต่มีข้อเสียคือ ไม่มีการล็อคเพื่อยึดระหว่างแผ่นในแนวราบ การยึดรั้งระหว่างแผ่นต้องอาศัยเหล็กเดือย (Dowel Bar) เท่านั้น แต่ในแผ่นพื้นแบบระบบล็อคจะมีการป้องกันการเคลื่อนตัวในแนวราบโดยไม่ต้องอาศัยเหล็กเดือย แต่มีข้อเสียในเรื่องของรอยต่อ ซึ่งแผ่นพื้นระบบล็อคจะมีความยาวของรอยต่อยาวกว่าแผ่นพื้นระบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า ซึ่งรอยต่อถือว่าเป็นจุดอ่อนที่สุดของถนน ยิ่งรอยต่อของแผ่นยาวเท่าไหร่ โอกาสที่น้ำจะซึมเข้าไปทำความเสียหายให้กับโครงสร้างของถนนก็มีมากเท่านั้น

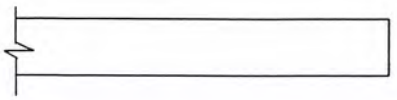
4.2.2. รอยต่อระหว่างแผ่น

รอยต่อระหว่างแผ่นมีรูปแบบ 2 ลักษณะ โดยพิจารณาจากประสิทธิภาพในการยึดรั้งระหว่างแผ่นในแนวดิ่ง และ การป้องกันน้ำซึม เป็นเกณฑ์

1. รอยต่อแบบขอบตรงเรียบ (Rectangular Joint)

รอยต่อแบบขอบตรงเรียบมีลักษณะ คือ ขอบของรอยต่อจะตรงเรียบสม่ำเสมอตลอดทั้งหน้าตัด และ ตลอดความยาว (ดังแสดงในรูปที่ 4.3.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3. ลักษณะรอยต่อแบบขอบตรงเรียบ

2. รอยต่อแบบล็อคในแนวดิ่ง (Vertical Interlocking Joint)

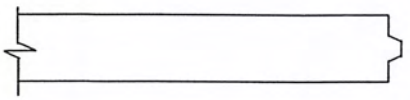
รอยต่อแบบล็อคในแนวดิ่ง จะมีตัวล็อค (Shear Key) ที่กึ่งกลางความสูงของขอบแผ่นยาวตลอดความยาวด้านที่จะต่อกับอีกแผ่นหนึ่ง โดยตัวล็อคจะทำหน้าที่ในการยึดรั้งการเคลื่อนตัวระหว่างแผ่นในแนวดิ่ง (ดูรูปที่ 4.4. a และ b)

(a) (b)

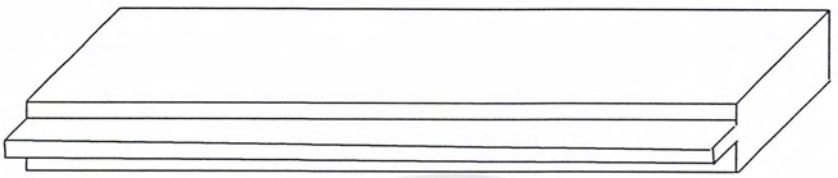
รูปที่ 4.4. ลักษณะรอยต่อแบบล็อคในแนวดิ่ง

รอยต่อแบบล็อคในแนวดิ่งมีประสิทธิภาพในการยึดรั้งการเคลื่อนตัวระหว่างแผ่นพื้นในแนวดิ่งได้ดีกว่ารอยต่อแบบขอบตรงเรียบ นอกจากนั้นยังมีประสิทธิภาพในการกันน้ำซึมได้ดีกว่าอีกด้วย ทั้งนี้เนื่องจากการทำรอยต่อให้มีตัวล็อค จะช่วยเพิ่มระยะทางการซึมของน้ำ ทำให้แรงเสียดทานในการซึมของน้ำเพิ่มขึ้น แต่มีข้อเสียคือ ตัวล็อคอาจเสียหายได้ง่ายในขณะขนส่งหรือเคลื่อนย้าย เนื่องจากบอบบาง และยังสามารถหล่อคอนกรีตได้ยากกว่าอีกด้วย เพราะมีลักษณะแคบ ง่ายต่อการเกิดโพรง แต่อาจสามารถช่วยแก้ปัญหานี้ได้โดยการทำให้ตัวล็อคมีขอบลาดเฉียงมากกว่าที่จะเป็นมุมฉาก (ดังแสดงในรูปที่ 4.5.) ทั้งนี้เพื่อให้คอนกรีตเข้าไปในส่วนของตัวล็อคได้ง่าย และควรใช้คอนกรีตที่มีค่ายุบตัวสูงด้วย หรืออาจออกแบบให้ตัวล็อคมีลักษณะลาดชันจากขอบด้านที่เป็นกึ่งกลางของถนนไปหาขอบด้านที่เป็นขอบถนน เพื่อช่วยในการระบายน้ำคล้ายกับรางน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 4.6.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5. ลักษณะรอยต่อแบบล็อคในแนวดิ่งที่มีขอบลาดเฉียง



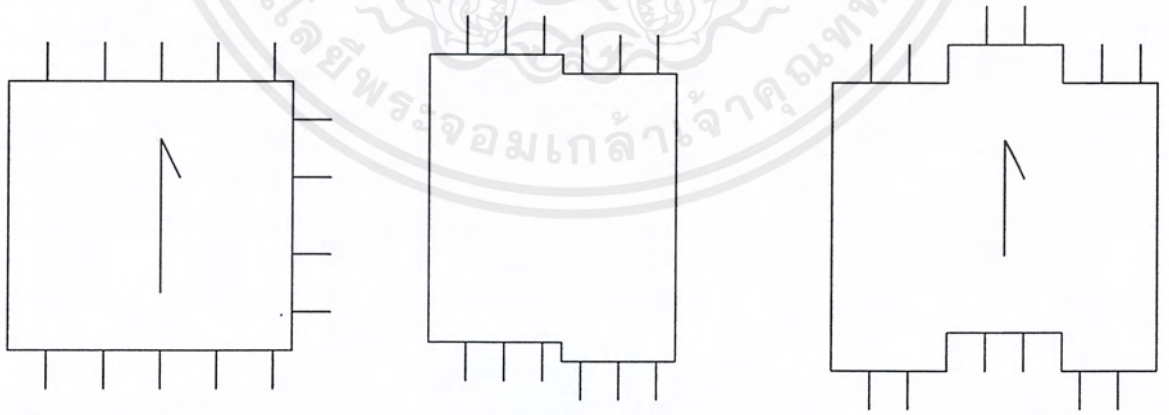
รูปที่ 4.6. ลักษณะรอยต่อแบบล็อคในแนวดิ่งที่แนวเอียงลาดเพื่อการระบายน้ำ

4.2.3. การยึดระหว่างแผ่น

วิธีการยึดระหว่างแผ่นของถนนคอนกรีตสำเร็จรูปสามารถทำได้ 2 ลักษณะดังนี้

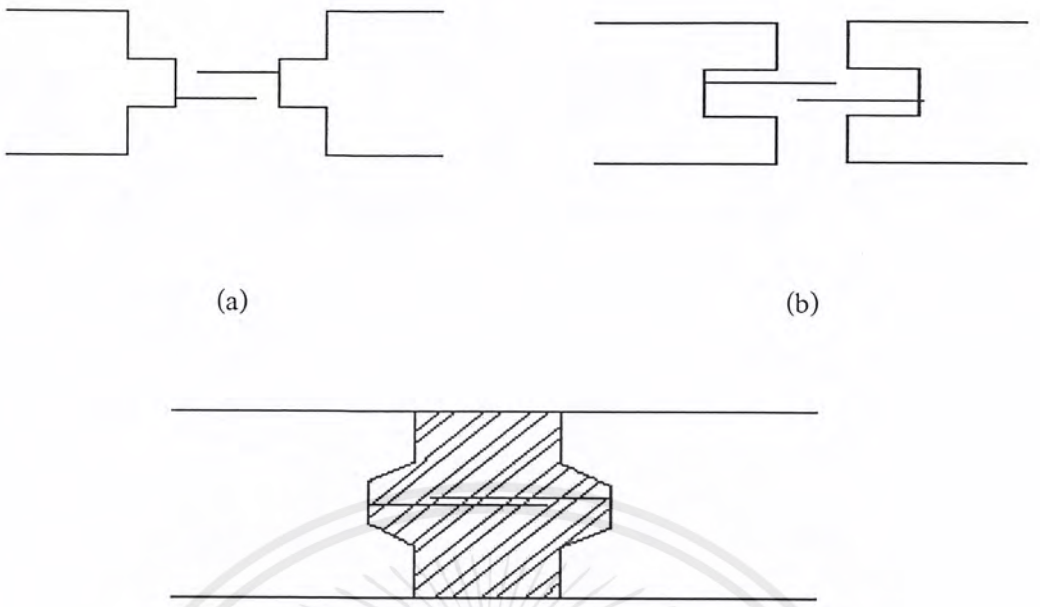
1. การยึดโดยเหล็กเดือย (Dowel Bar Joint)

การยึดในรูปแบบนี้ทำได้โดยการ ฝังเหล็กเดือย ซึ่งเรียกว่าเหล็ก Dowel Bar หรือ Tie Bar ในลักษณะ ดังรูปที่ 4.7. a, b และ c และ รูปที่ 4.8. a, b และ c



รูปที่ 4.7. การยึดระหว่างแผ่นโดยใช้เหล็กเดือยในแต่ละลักษณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a) (b)

(c)

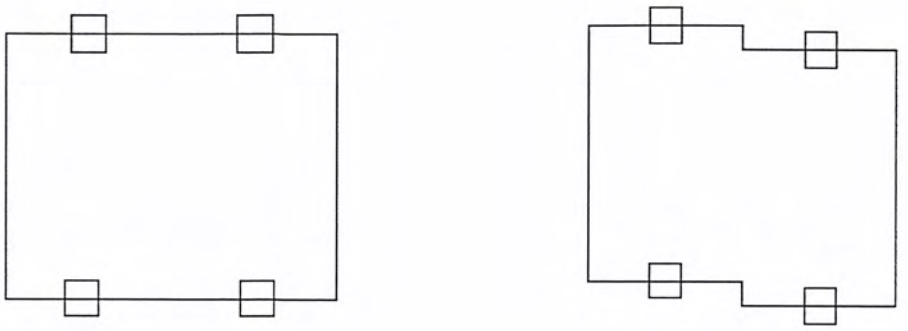
รูปที่ 4.8. การยึดระหว่างแผ่นโดยใช้เหล็กเดือยในแต่ละลักษณะ

การยึดของรอยต่อในลักษณะนี้ จะกระทำเมื่อได้วางแผ่นพื้นในตำแหน่งได้ระยะความยาวของถนนขนาดหนึ่งแล้ว โดยระยะช่องว่างห่างระหว่างแผ่นจะเท่ากับความยาวของเหล็กเดือยที่โผล่ออกมา จากนั้นก็ทำการอุดช่องว่างระหว่างแผ่นด้วยคอนกรีตปกติทั่วไป ไม่จำเป็นต้องใช้คอนกรีตพิเศษที่มีการหดตัวน้อยแต่อย่างใด เพราะว่าในงานถนนการต่อระหว่างแผ่นยอมให้มีช่องว่างระหว่างแผ่นได้ (ซึ่งจะอุดรอยต่อด้วย Mastic Joint Sealer ในภายหลัง) และหลังจากคอนกรีตที่เทแข็งตัวดี ภายใน 3 วันก็สามารถเปิดใช้งานจราจรได้ ซึ่งรอยต่อแบบนี้มีข้อดีในประการที่ว่า รอยต่อสามารถป้องกันน้ำได้แม้จะไม่มีการเทคอนกรีตหรือลาดยางมะตอยทับหน้าก็ตาม และถ้าหากผิวแผ่นพื้นคอนกรีตเรียบสม่ำเสมอดีแล้วไม่มีความจำเป็นในการเทคอนกรีตหรือยางมะตอยทับหน้าเลย

2. การยึดโดยใช้เหล็กปะกับเชื่อมติดกัน (Welding Joint)

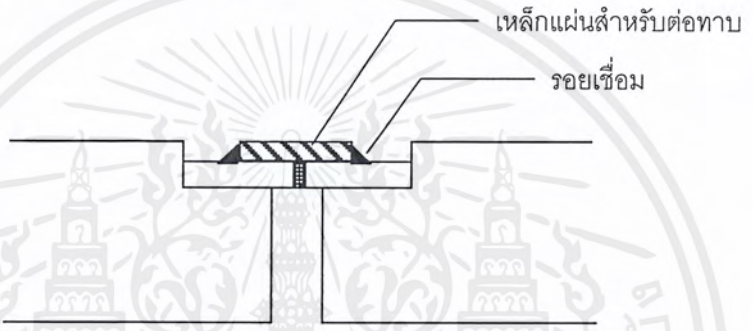
รอยต่อแบบนี้ทำได้โดยการฝัง แผ่นเหล็กไว้กับแผ่นพื้นในตำแหน่งเดียวกับ เพื่อใช้ในการเชื่อมต่อระหว่างแผ่นด้วยการเชื่อม แผ่นเหล็กที่ฝังไว้นี้จะถูกฝังในระดับที่ต่ำกว่าผิวของแผ่นพื้นดังแสดงในรูปที่ 4.9. a, b และ c แผ่นเหล็กนี้จะถูกไว้ตั้งแต่ขณะทำการหล่อแผ่นพื้น โดยขณะติดตั้งแผ่นพื้นจะวางแผ่นพื้นแต่ละแผ่นให้ชิดกันที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยให้ตำแหน่งของแผ่นเหล็กที่จะเชื่อมต่อตรงกัน แล้วทำการเชื่อมต่อโดยใช้เหล็กแผ่นอีกแผ่นทำการต่อทาบ ดังแสดงในรูปที่ 4.10.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a) (b)

รูปที่ 4.9. การฝังแผ่นเหล็กเพื่อใช้ในการต่อเชื่อมระหว่างแผ่น



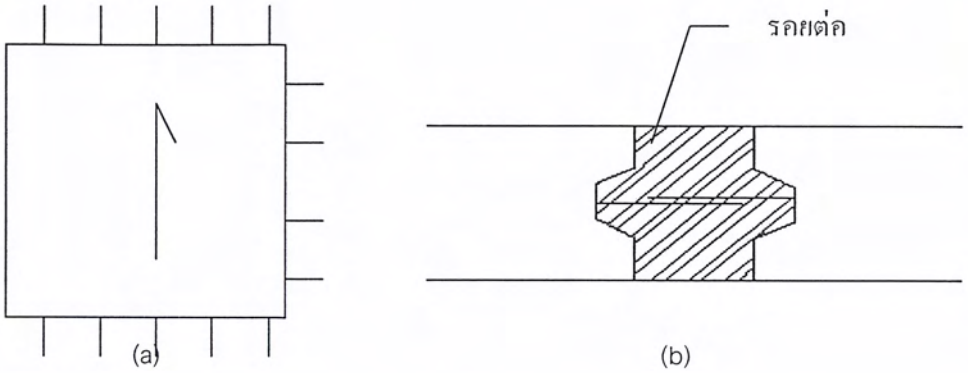
รูปที่ 4.10. แสดงการยึดระหว่างแผ่นด้วยการเชื่อม

การยึดต่อในลักษณะนี้มีข้อดีคือ ง่ายในการติดตั้ง ซึ่งทำให้สามารถติดตั้งได้รวดเร็ว แต่เนื่องจากจะมีช่องว่างระหว่างรอยต่อมาก จึงต้องทำการอุดรอยต่อด้วย Mastic Joint Sealer เพื่อป้องกันน้ำซึม แต่อย่างไรก็ตาม Mastic Joint Searler จะอายุการใช้งานเพียงในช่วง 2 ปี ซึ่งต้องทำให้ทำการเปลี่ยนเมื่อถึงกำหนด ดังนั้นจึงอาจทำการลาดผิวหน้าด้วย Asphaltic Concrete โดยที่ Asphaltic Concrete จะเป็นตัวป้องกันแสงแดด กันน้ำเพื่อเพิ่มอายุการใช้งานของ Mastic Joint Sealer ซึ่งสามารถแก้ปัญหาที่จุดบกพร่องตรงนี้ได้

สรุปรูปร่างที่เหมาะสมที่ใช้ในการออกแบบทำวิจัย

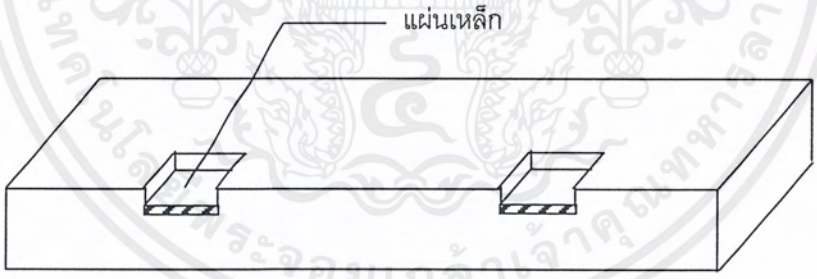
1. รูปแบบที่ 1 นำหลักการของ Shear Key และหลักการของ Stop End ของ Diapharm Wall มาใช้ โดยที่รูปแบบนี้สามารถล็อคแผ่นในแนวดิ่งและน้ำสามารถซึมผ่านได้ยากเพราะว่าถ้าน้ำสามารถผ่านรอยต่อจะทำความเสียหายกับถนน และยังได้ตัดให้รอยต่อมีความลาดเอียง เพื่อให้คอนกรีตสามารถไหลเข้าไปตามรอยต่อได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11. แสดงรูปร่างของแผ่นพื้นสำเร็จรูปแบบที่ 1

2. รูปแบบที่ 2 ใช้เหล็กปะกับเชื่อมติดกันแต่รูปแบบนี้จะมีจุดบกพร่องที่รอยต่อ ดังนั้นจึงทำการแก้ไขโดยการลาดผิวหน้าด้วย Asphaltic Concrete โดยที่ Asphaltic Concrete จะเป็นตัวป้องกันแสงแดด กันน้ำเพื่อเพิ่มอายุการใช้งานของ Mastic Joint Sealer อีกทั้งยังช่วยปรับระดับผิวหน้า ซึ่งสามารถแก้ปัญหาที่จุดบกพร่องตรงนี้ได้



รูปที่ 4.12. แสดงรูปร่างของแผ่นพื้นสำเร็จรูปแบบที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3. การออกแบบขนาดของแผ่นพื้นถนนคอนกรีตสำเร็จรูป

สิ่งที่ต้องคำนึงในการออกแบบขนาด คือ

1. หลักในการออกแบบขนาด จะยึดหลักการออกแบบขนาดของถนนแบบเดิมไว้สำหรับอ้างอิง
2. ขนาด ความกว้าง ความยาวของรถบรรทุกที่จะใช้ขนส่งแผ่นพื้นสำเร็จรูป
3. เครื่องมือ เครื่องจักรที่ใช้ในการติดตั้ง
4. การหดตัวและการขยายตัวของแผ่นพื้นสำเร็จรูป

ตารางที่ 4.1. ข้อมูลขนาดรถบรรทุกที่ใช้ในการออกแบบขนาดแผ่นพื้นสำเร็จรูป

ผู้ผลิตและรุ่น	นิสสันดีเซลมอเตอร์ รุ่น PE6TA-21	
	CWM454M/6	CWM454M/12
ความเร็วสูงสุด (กม./ชม.)	108	105
น้ำหนักตัวรถบรรทุก (กก.)	5,200 *	5,200 *
น้ำหนักบรรทุกรวมสูงสุด (ผู้ผลิต) (กก.)	26,000 *	26,000 *
หน่วย (มม.)	CWM454M/6	CWM454M/12
ช่วงล้อหน้าถึงหลัง (มม.)	4,800	4,800
ความยาวสุดตัวรถ (มม.)	8,665	8,665
ความกว้างสุดตัวรถ (มม.)	2,500 *	2,500 *
ความสูง (มม.)	2,820	2,820
ความกว้างฐานล้อ หน้า (มม.)	2,020	2,020
ความกว้างฐานล้อ หลัง (มม.)	1,860	1,860
หลังเก๋งถึงศูนย์ล้อหลัง (มม.)	4,050	4,050
ช่วงห้อยท้าย (มม.)	2,300	2,300
ความยาวกระบะ (มม.)	6,350 *	6,350 *

หมายเหตุ * เป็นค่าที่นำมาใช้ในการออกแบบขนาดแผ่นพื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกำหนดความกว้างของถนนยึดตามถนนของกรมทางหลวง ความกว้างถนนของกรมทางหลวงที่ใช้กันส่วนใหญ่เท่ากับ 3.5 เมตร ดังนั้นเราจะใช้แผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปที่ความกว้าง 3.5 เมตรเท่ากับถนนเดิมที่ใช้กันอยู่ ส่วนความยาวของแผ่นพื้นถนนคอนกรีตสำเร็จรูปจะขึ้นอยู่กับขนาดความกว้างของรถบรรทุกตามตารางที่ 4.1. คือเท่ากับ 2.5 เมตร ส่วนการหดตัวและการขยายตัวของแผ่นพื้นสำเร็จรูปไม่นำมาออกแบบเพราะว่าแผ่นมีขนาดไม่ใหญ่มาก ดังนั้นขนาดของแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปจะเท่ากับ 3.5 x 2.5 เมตร

4.3.1. การออกแบบขนาดรูปแบบที่ 1 (Shear Key)

การออกแบบจะยึดตามการออกแบบขนาดข้างต้น ดังนั้นขนาดของแผ่นผิวทางสำเร็จรูปนี้จะมีขนาดความกว้างเท่ากับ 3.5 เมตร ความยาวเท่ากับ 2.5 เมตรแต่ขนาดที่ได้นี้ยังไม่ได้หักระยะที่เหล็ก Dowel และเหล็ก Tie Bar ยื่นออกมา เมื่อทำการหักระยะของเหล็กที่ยื่นออกมาซึ่งเหล็กที่ยื่นออกมายาวประมาณ 20 ซ.ม. ดังนั้นขนาดของแผ่นคอนกรีตจะเท่ากับ 3.4 x 2.1 เมตร

4.3.2. การออกแบบขนาดรูปแบบที่ 2 (การใช้เหล็กปะกับ)

การออกแบบจะยึดตามการออกแบบขนาดข้างต้น ดังนั้นขนาดของแผ่นผิวทางสำเร็จรูปนี้จะมีขนาดความกว้างเท่ากับ 3.5 เมตร และความยาวเท่ากับ 2.5 เมตร ดังนั้นขนาดของแผ่นผิวทางสำเร็จรูปนี้จะเท่ากับ 3.5 x 2.5 เมตร

4.4. การเสริมเหล็กของแผ่นผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูป

จุดประสงค์ที่เสริมเหล็ก

1. ป้องกันการแตกร้าวเนื่องจากอุณหภูมิ และยึดรอยแตกร้าว
2. ลดการแอ่นตัวของถนน
3. ยืดอายุการใช้งานผิวทาง
4. รับโมเมนต์ที่เกิดจากน้ำหนักของแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปขณะยกและติดตั้ง
5. ป้องกันความเสียหายขณะขนส่งและติดตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

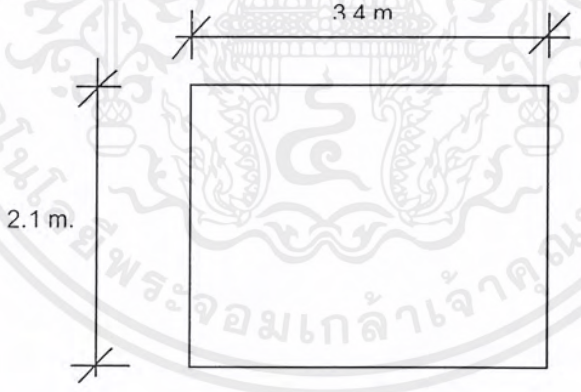
4.4.1. การเสริมเหล็กของแผ่นผิวทางสำเร็จรูปรูปแบบที่1

รอยต่อแผ่นพื้นถนนคอนกรีตสำเร็จรูปแบ่งเป็น 2 ชนิด

- รอยต่อตามยาว (Longitudinal Joint) เสริม Tie Bar ด้วยเหล็กข้ออ้อย
- รอยต่อตามขวาง (Transverse Joint) เสริมเหล็ก Dowel Bar เพื่อถ่ายน้ำหนักจากล้อในระหว่างแผ่นคอนกรีตที่ติดกัน ในระบบสำเร็จรูปนี้จะมีรอยต่อเพื่อการขยายตัวและเพื่อการหดตัวแต่จะไม่มีรอยต่อเพื่อการก่อสร้าง

การคำนวณหาเหล็กเสริมต่างๆในแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปเหล็กกันร้าว , เหล็ก Tie bar ของแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปจะคิดด้วยวิธีการแบบเดียวกับที่คำนวณถนนคอนกรีตระบบหล่อในที่ตามมาตรฐาน PCA ตามสมการที่ 3.1, 3.2 , 3.3 ส่วนเหล็ก Dowel ได้จากตารางตามมาตรฐาน PCA ตามตารางที่ 3.3.

<u>ตัวอย่างที่ 4.1.</u> การคำนวณการเสริมเหล็กของแผ่นพื้นสำเร็จรูปรูปแบบที่ 1 เหล็กกันร้าว เหล็ก tie bar และระยะห่างของการเสริมเหล็ก คิดที่ความหนา 20 cm.



รูปที่ 4.13 แสดงหน้าตัดของแผ่นพื้นที่ใช้ในการคำนวณ

เหล็กกันร้าว ตามยาว $As = \dfrac{WFL}{2f_s}$ จากสมการที่ (3.1.)

$$= \frac{(0.2)(2400)(1.5)(2.1)}{(2)(1200)}$$

$$= 0.63 \ cm^2/m$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้ ϕ 4 @19.84 cm. หรือ ϕ 6 @ 44.44 cm. #

ตามขวาง $As = \frac{(0.2)(2400)(1.5)(3.4)}{(2)(1200)}$ จากสมการที่ (3.1.)

$= 1.02\ cm^2/m$

ใช้ ϕ 4 @ 12.25 cm. หรือ ϕ 6 @ 27.45 cm. #

เหล็กยึด $As = \frac{WFL}{f_s}$ จากสมการที่ (3.2.)

$= \frac{(0.2)(2400)(1.5)(2.6)}{1500}$

$= 1.248\ cm^2/m$

ใช้เหล็กข้ออ้อย ϕ 12 mm. @ 90 cm. #

$t = \frac{1}{2}\frac{f_s D}{\mu} + 7.5$ จากสมการที่ (3.3)

$= \frac{1\ (1500)(1.2)}{2\ (35)} + 7.5$

= 34 cm. (ความยาวเหล็กยึด) #

ตารางที่ 4.2. เหล็ก Dowel Bar รอยต่อเพื่อการขยายตัวและการหดตัว (PCA)

ความหนา (ซ.ม.)	ϕ (ม.ม.)	L (ซ.ม.)	ระยะห่าง (ซ.ม.)
15	19	40	30
20	25	45	30
23	25	45	30
25	25	45	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3. เหล็ก Tie Bar รอยต่อที่ใช้ในการยึด

ความหนา (ซ.ม.)	ϕ (ม.ม.)	L (ซ.ม.)	ระยะห่าง (ซ.ม.)
15	12	35	90
20	12	35	90
23	16	40	60
25	16	40	60

4.4.2. การเสริมเหล็กของแผ่นพื้นสำเร็จรูปรูปแบบที่ 2

การใช้เหล็กประกับเชื่อมให้ติดกันแทนการใช้เหล็ก Dowel นี้ การคำนวณจะยึดหลักที่ว่าแรงยึดหน่วงระหว่างเหล็กกับคอนกรีตในถนนระบบหล่อในต้องเท่ากับกำลังของเหล็กที่ได้รับการเชื่อมแบบทาบของแผ่นพื้นถนนสำเร็จรูป

จากมาตรฐานแรงยึดหน่วงที่ยอมให้

หน่วยแรงยึดหน่วงที่ยอมให้ = U

หน่วยแรงยึดหน่วงที่ยอมให้สำหรับเหล็กข้ออ้อย $= \dfrac{3.23\sqrt{f_c'}}{D} < 25$ ksc (สมการที่ 4.1)

หน่วยแรงยึดหน่วงที่ยอมให้สำหรับเหล็กเส้นกลม $= \dfrac{1.615\sqrt{f_c'}}{D} < 11$ ksc (สมการที่ 4.2)

ตัวอย่างที่ 4.2. การคำนวณ หาระยะรอยเชื่อมแบบทาบของรูปแบบที่ 2

ขนาดแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปเท่ากับ 3.5 x 3 เมตร หนา 0.2 เมตรโดยมีการเชื่อมเหล็กให้ติดกัน 2 จุดแบบต่อทาบ ซึ่งขนาดขาเชื่อมเท่ากับ 10 มม. ใช้ลวดเชื่อมชนิด E 60 จากตารางกำลังของการเชื่อมแบบต่อทาบเท่ากับ 890 ksc การคำนวณนี้จะหาระยะเชื่อมแบบทาบแทนการใช้เหล็ก Dowel (ถนนกว้าง3.5 ม. จะมี เหล็ก Dowel จำนวน 13 เส้น และจากตาราง PCA คอนกรีตหนา 0.2 เมตร จะใช้เหล็กขนาด 2.5 ซม. ระยะฝัง 45 ซม. ระยะห่าง 30 ซม.)

จาก (สมการที่ 4.2) หาค่า $U = \dfrac{1.615\sqrt{350}}{2.5} = 12.09$ ksc $<$ 11 ksc

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น ใช้ค่า U = 11 ksc

กำลังยึดหน่วงที่ยอมให้ = กำลังของการเชื่อมแบบทาบ

ดังนั้น ระยะเชื่อม = $\frac{\text{U x จำนวน Dowel x เส้นรอบวง Dowel x ระยะฝัง}}{\text{2 x กำลังของการเชื่อม}}$

$= \frac{11 \times 11 \times 7.857 \times 45}{2 \times 890}$

= 24.03 ซม./รอยเชื่อม #

หมายเหตุ การคำนวณเหล็กกันร้าวที่ต้องเสริมจะกล่าวขึ้นต่อไป

ตารางที่ 4.4. กำลังของการเชื่อมแบบต่อทาบ

ขนาดของขาเชื่อม (มม.)	กำลังของการเชื่อมแบบต่อทาบ (กก. ต่อ ซม.)	
	ลวดเชื่อมชนิด E 60	ลวดเชื่อมชนิด E 70
3	260	310
5	440	520
6	530	620
8	710	830
10	890	1040
12	1060	1240

มาตรฐานกำหนด AISC ของการเชื่อมแบบทาบที่ยอมให้ คือ

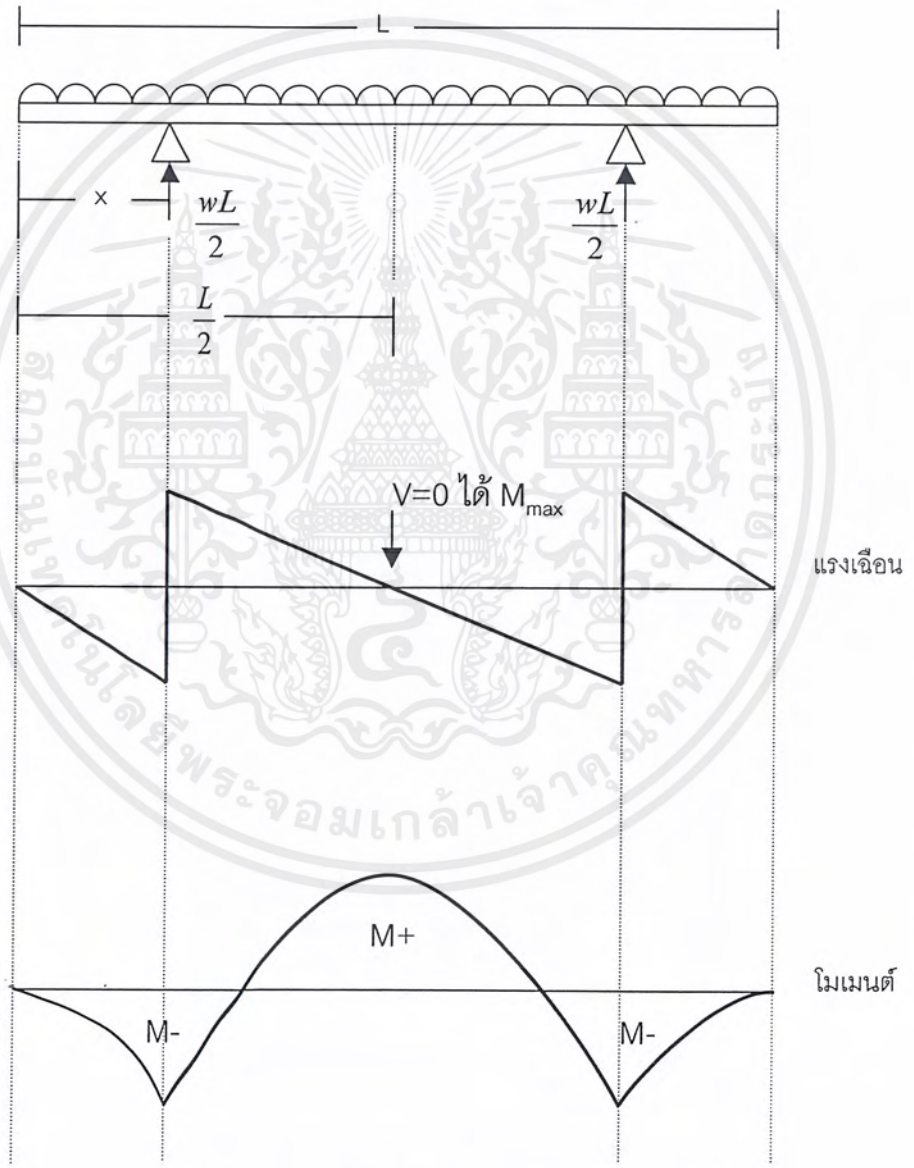
1. ความยาวของการเชื่อมแบบต่อทาบ จะต้องไม่น้อยกว่า 4 เท่าของขนาดของการเชื่อม
2. ขนาดใหญ่ที่สุดของการเชื่อมแบบต่อทาบ จะเท่ากับความหนาของแผ่นเหล็กที่หนาไม่เกิน 6 มม. หรือมากกว่า ขนาดของการเชื่อมจะเท่ากับ ความหนาของแผ่นเหล็ก ลบด้วย 2 มม.
3. ขนาดเล็กสุดของการเชื่อมในทางปฏิบัติ คือ 3 มม. และขนาดประหยัด คือ 8 มม.
4. การเชื่อมแบบต่อทาบ ควรมีการเชื่อมอ้อมปลาย (end return) ซึ่งมีความยาวไม่น้อยกว่า 2 เท่าขอขนาดการเชื่อม ทั้งนี้ เพื่อช่วยการลดจุดแรงวิกฤต (high stress concentration) ซึ่งจะเกิดขึ้นที่ปลายของการเชื่อม ถ้าหากไม่มีการเชื่อมอ้อมปลาย (end return) ในการคำนวณก็ควรหักความยาวของการเชื่อมออกเสียด้วย 2 เท่าของขนาดของการเชื่อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ระยะทาบน้อยที่สุดต้องไม่น้อยกว่า 5 เท่าของความหนาของส่วนที่บางกว่าซึ่งนำมาต่อกันและจะต้องไม่น้อยกว่า 25 มม.

6. การเชื่อมตามยาว โดยใช้แบบต่อทาบเพียงอย่างเดียวสำหรับการต่อปลายเหล็กแบน (Flat bar) ที่รับแรงดึงนั้น ความยาวจะต้องไม่น้อยกว่าระยะตั้งฉากระหว่างแนวเชื่อม สำหรับการต่อปลายนั้น ถ้าหากไม่มีการออกแบบเผื่อสำหรับโมเมนต์ในแนวขวาง ระยะระหว่างแนวของการเชื่อมแบบต่อทาบจะห่างได้ไม่เกิน 20 ซม.

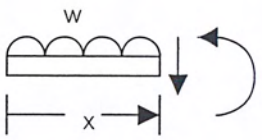
4.4.3. การคำนวณระยะยก



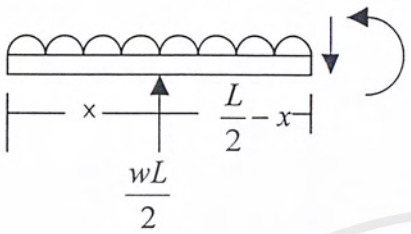
รูปที่ 4.14. แสดงกราฟแรงเฉือนและโมเมนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

R_1, R_2 ต้องคิดโดย M+ = M-



$$M- = wx\left(\frac{x}{2}\right) = \frac{wx^2}{2}$$ สมการที่ 4.3.



$$M+ = \frac{wL}{2}\left(\frac{L}{2} - x\right) - w\left(\frac{L}{2}\right)\left(\frac{L}{4}\right)$$ สมการที่ 4.4.

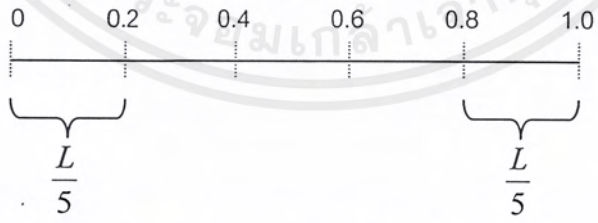
$$\frac{wx^2}{2} = \frac{wL^2}{4} - \frac{wLx}{2} - \frac{wL^2}{8}$$

$$0 = 4x^2 + 4Lx - L^2$$

$$x^2 = \frac{L^2}{2} - Lx - \frac{L^2}{4}$$

$$x = \frac{-4L \pm \sqrt{(4L)^2 - 4(4)(-L^2)}}{2(4)}$$

ถ้า L = 1; x = 0.207106 ดังนั้นระยะยกจะอยู่ที่ระยะ 0.2 และ 0.8



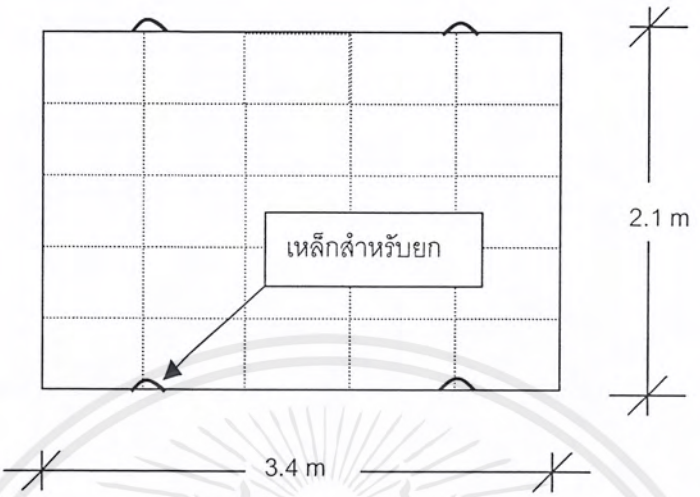
$$\therefore x \approx \frac{L}{5}$$

จากการคำนวณตำแหน่งในการยกจะอยู่ที่ $\frac{L}{5}$ เพราะว่าที่ตำแหน่งนี้จะมีค่าแรงเฉือนเท่ากับศูนย์ และมีค่าโมเมนต์บวกเท่ากับค่าโมเมนต์ลบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

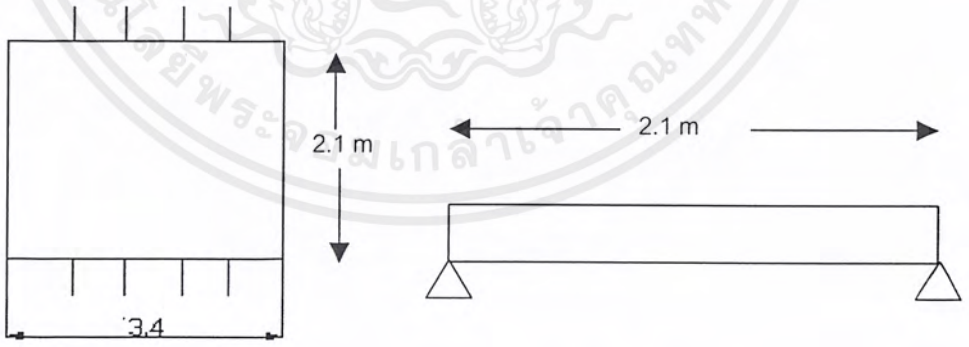
ตัวอย่างที่ 4.3. รายการคำนวณเหล็กรับโมเมนต์

1.รูปแบบที่ 1 (เหล็กสำหรับยกจะอยู่ที่ขอบของแผ่น)



รูปที่ 4.15. แสดงระยะการใส่หูยก

การคำนวณนี้จะยึดหลักการคำนวณด้วยวิธีหน่วยแรงใช้งาน (Working Stress Design) โดยใช้วิธีคำนวณให้เหมือนคำนวณคาน สมมติที่ความหนา 20 cm. โดยตัวอย่างการคำนวณนี้จะคำนวณขนาดของแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป กว้าง 2.1 เมตร ยาว 3.4 เมตร หนา 0.20 เมตร เหล็กหิ้วจะอยู่ที่ด้านข้างของด้านยาวเป็นระยะ L/5 จากขอบของแผ่น ค่ากำลังของถนนคอนกรีต (f_c') เท่ากับ 350 ksc , ค่า k เท่ากับ 0.485 , ค่า j เท่ากับ 0.838



w = ความกว้าง x ความหนา x 2400 (คอนกรีต 1 m^3 หนัก 2400 kg)

= 3.4 x 0.2 x 2400 = 1632 kg/m

$$M = \frac{wl^2}{8}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= \frac{1632 \times 2.1^2}{8} = 899.64 \text{ kg-m}$$

$$M_C = Rbd^2 = 0.5 f_c kjbd^2$$

$$= 0.5 \times 157.5 \times 0.485 \times 0.838 \times 3.40 \times 17^2 = 31449.45 \text{ kg-m}$$

$M < M_C$ ดังนั้นคอนกรีตทำหน้าที่รับแรงอัดทั้งหมด ออกแบบเฉพาะเหล็กรับแรงดึงเท่านั้น

$$A_S = \frac{M\,(100)}{f_S\, jd}$$

$$= \frac{899.64\,(100)}{1200 \times 0.838 \times 17} = 8.06 \text{ cm}^2$$

$\therefore$ ใช้เหล็ก ϕ 9 ม.ม. จำนวน 9 เส้น ($A_S = 5.74 > 5.27 \text{ cm}^2$) #

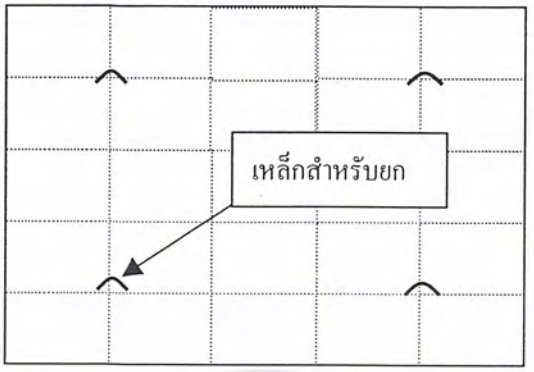
รูปที่ 4.16. การเสริมเหล็กรับโมเมนต์ ϕ 9 ม.ม. จำนวน 9 เส้น ของตัวอย่างการคำนวณ

ตารางที่ 4.5. จำนวนเหล็กรับโมเมนต์ที่ความหนาแผ่นพื้นต่างๆ

ความหนาแผ่นพื้น (cm)	15	20	23	25
ϕ 9 mm. จำนวนเส้น	9	9	9	8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

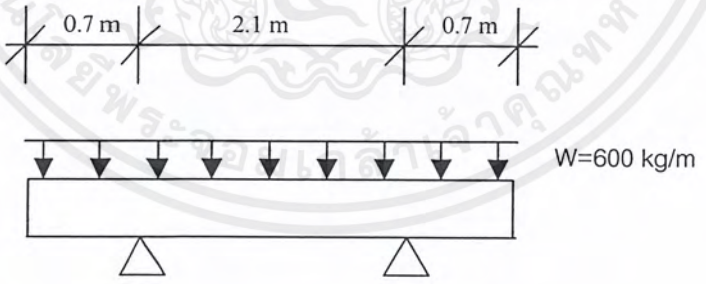
รูปแบบที่ 2. (เหล็กสำหรับยกจะอยู่ถัดจากขอบเป็นระยะ L/5)



รูปที่ 4.17. แสดงระยะการใส่หูยก

การคำนวณนี้จะยึดหลักการคำนวณด้วยวิธีหน่วยแรงใช้งาน (Working Stress Design) โดยจะคำนวณเหมือนคำนวณคาน สมมติที่ความหนา 20 cm. โดยตัวอย่างการคำนวณนี้จะคำนวณขนาดของแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป กว้าง 3.4 เมตร ยาว 2.5 เมตร หนา 0.20 เมตร เหล็กหิ้วจะอยู่ตามรูปที่ 4.16. ค่ากำลังของถนนคอนกรีต (f_c') เท่ากับ 350 ksc , ค่า k เท่ากับ 0.485 , ค่า j เท่ากับ 0.838

การคำนวณนี้จะคำนวณที่ด้านยาวเพราะมีค่าที่มากที่สุด และรูป Moment Diagramที่ได้จะเหมือนในรูปที่ 4.13. โดยการคำนวณนั้นจะคิดเสมือนพื้นเป็นคานและคิดเพียงครึ่งพื้น



รูปที่ 4.18. แสดงน้ำหนักกระจายที่กระทำต่อแผ่นพื้นสำเร็จรูป

$$w = 2400 \times \text{ความหนา} \times \text{ความกว้าง}$$

$$= 2400 \times 0.20 \times 1.25 = 600 \text{ kg/m}$$

จากสมการที่ 4.3.

$$M^- = \frac{wx^2}{2} = \frac{600 \times 0.7^2}{2} = 147 \text{ kg-m}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการที่ 4.4. $M+ = \frac{wL}{2}\left(\frac{L}{2} - x\right) - \left(\frac{wL}{2}\cdot\frac{L}{4}\right)$

$$= \frac{600 \times 3.5}{2}\left(\frac{3.5}{2} - 0.7\right) - \left(\frac{600 \times 3.5 \times 3.5}{2}\cdot\frac{3.5}{4}\right)$$

$$= 183.75 \quad \text{kg-m}$$

ใช้โมเมนต์ค่ามากมาคิดหาปริมาณเหล็ก $A_S = \frac{M\,(100)}{f_s\, jd}$

$$= \frac{183.75\,(100)}{1200 \times 0.838 \times 17} = 1.07\ \text{cm}^2$$

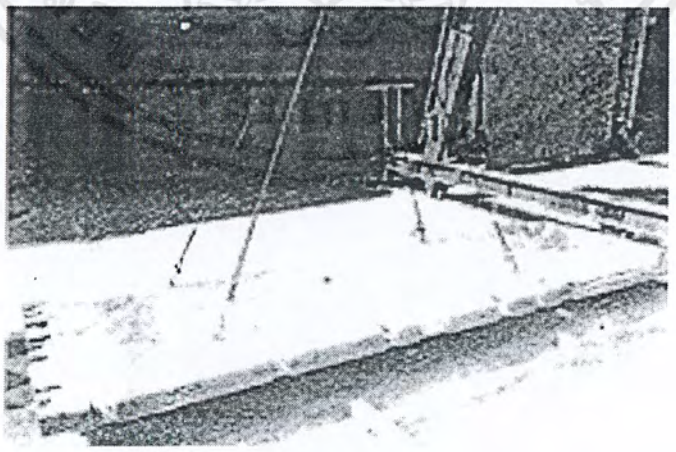
ใช้เหล็ก ϕ 9 ม.ม. จำนวน 2 เส้น ($A_S = 1.28 > 1.07\ \text{cm}^2$) #

$\therefore$ เมื่อคำนวณเต็มพื้นจะใช้จำนวนเหล็ก 4 เส้น

สรุป การเสริมเหล็กจะเสริมเหล็กทั้ง 2 ทาง และเหล็กรับโมเมนต์ต้องมีการงอขึ้นเป็นลักษณะคอม้าเพื่อรับโมเมนต์ลบหรือใช้เหล็กเสริมพิเศษแทน

ตารางที่ 4.6. จำนวนเหล็กรับโมเมนต์ขนาด ϕ 9 mm. ที่ความหนาแผ่นพื้นต่างๆ

ความหนาแผ่นพื้น (cm)	15	20	23	25
ϕ 9 mm. จำนวนเส้น (เสริม 2 ทาง)	8	8	8	8



รูปที่ 4.19. แสดงการยกแผ่นพื้นสำเร็จรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5. การเลือกเครื่องจักรกลที่ใช้ในการติดตั้ง

การเลือกเครื่องจักรกลก็มีวัตถุประสงค์เช่นเดียวกับการเลือกสิ่งของอื่น ๆ ก็คือ เลือกของที่ให้ประโยชน์เพื่อสนองตอบความต้องการอย่างเหมาะสมที่สุด ในกรณีของเครื่องจักรกลก็คือจะต้องเลือกเครื่องจักรกลงานก่อสร้างให้เหมาะสมกับงานที่จะทำให้มากที่สุด โดยให้มีค่าใช้จ่ายต่อชั่วโมงน้อยที่สุดและให้ได้งานต่อชั่วโมงมากที่สุดนั่นเอง

สรุปขบวนการเลือกเครื่องจักรกลมีดังนี้

1. รู้จักงาน คือจะต้องทำความรู้จักกับงานให้ละเอียด ว่างานที่จะทำคืองานอะไร มีลักษณะอย่างไร มีข้อกำหนดของงานอย่างไรบ้าง เช่น ระยะเวลาในการทำงาน ข้อจำกัดต่าง ๆ ในการทำงาน ความต้องการของงาน เป็นต้น
2. วิเคราะห์งาน โดยการจำแนกประเภทของงาน คิดปริมาณงานแต่ละประเภท กำหนดแผนงานและตารางการทำงาน
3. รู้จักเครื่องจักรกล โดยการศึกษา ประเภท ชนิด ขนาด และราคาของเครื่องจักรกลที่สามารถจะจัดหามาเพื่อทำงานตามที่ต้องการ
4. เลือกเครื่องจักรกล ซึ่งหมายถึงการเลือกประเภท ชนิด ขนาด และจำนวน เพื่อที่จะใช้ในการทำงานประเภทต่าง ๆ โดยจะต้องคำนึงถึง

    - ประเภทของเครื่องจักรกลที่จะสามารถทำงานได้ตามต้องการ
    - ขีดความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรกลแต่ละชนิดและแต่ละขนาด
    - ปริมาณงานที่ต้องทำและกำหนดเวลาที่ต้องแล้วเสร็จ ตามแผนงานและตารางการทำงานที่กำหนดขึ้น
    - ความสมดุลของจำนวนเครื่องจักรกลแต่ละประเภทที่จะต้องทำงานร่วมกัน
    - สภาพต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับงาน เช่น สภาพของเส้นทางลำเลียง สภาพของสถานที่ก่อสร้าง และสภาพของดินฟ้าอากาศ เป็นต้น
    - ข้อจำกัดต่าง ๆ ที่มีอยู่ เช่น เงินทุนและเจ้าหน้าที่

5. เปรียบเทียบค่าใช้จ่าย ซึ่งเมื่อเลือกเครื่องจักรกลแต่ละประเภท ชนิด และขนาดแล้ว ก็จะต้องคิดค่าใช้จ่ายของเครื่องจักรกลแต่ละรายการ และรวมค่าใช้จ่ายของเครื่องจักรกลทั้งหมดของแต่ละทางเลือกที่เป็นไปได้ จากนั้นจึงนำค่าใช้จ่ายของแต่ละทางเลือกมาเปรียบเทียบกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ตัดสินใจเลือก เมื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของแต่ละทางเลือกแล้ว ให้นำทางเลือกต่าง ๆมาจัดอันดับโดยให้ทางเลือกที่มีค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดเป็นอันดับแรก
7. จัดหา ซึ่งสามารถทำได้ 2 วิธีคือ การซื้อและการเช่า โดยจะต้องเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายทั้งสองวิธีว่าวิธีไหนประหยัดกว่ากัน แต่ถ้าระยะเวลาการใช้งานนาน การซื้อจะประหยัดกว่าการเช่าเสมอ

4.6. เครื่องจักรกลและอุปกรณ์ในการขนส่งและติดตั้ง

ในโรงงานอุตสาหกรรมหนักที่ผลิตเครื่องจักรกล และโรงงานผลิตวัสดุก่อสร้างจะมีสถานที่เป็นลานกว้างกลางแจ้งหรือแบบในร่มซึ่งมีโครงหลังคาคลุม มีพื้นที่ที่จะทำงานแต่ละประเภทอยู่ในตำแหน่งที่แน่นอน ระบบการทำงานเป็นลำดับตามขั้นตอนต่อเนื่องกันไป โรงงานประเภทดังกล่าวนิยมที่จะใช้เครื่องยกแบบไม่มีแขน (Hoist) เป็นเครื่องผ่อนแรงของการทำงานที่อำนวยความสะดวกให้อย่างมาก ไม่สร้างความเกะกะให้กับโรงงาน บำรุงรักษาง่ายและเสียค่าใช้จ่ายน้อย

เครื่องยกแบ่งเป็น 2 ประเภท

4.6.1. เครื่องยกแบบเคลื่อนที่ไม่ได้ใช้อุปกรณ์ยกประเภทรอก เครื่องยกประเภทนี้ยังแยกได้ 3 ชนิด คือ

1.โอเวอร์เฮด เครน (Overhead Crane) เป็นเครื่องยกประเภทที่ใช้ทำงานในร่ม ติดตั้งถาวรใช้มากในโรงงานประกอบรถยนต์ รถไฟ อู่ซ่อม-สร้างเครื่องจักร โรงหล่อโลหะ ฯลฯ ลักษณะการทำงาน ยกของขึ้นลงโดยใช้รอกเดินขวาง (Traversing) ไปมาบนปีกคานเหล็กรูปตัดตัว T หรือตัว H และคานเหล็กนี้ที่ปลายทั้งสองข้างติดอยู่กับชุดตัวเดินคาน (Saddle Unit) ซึ่งจะเป็นตัวพาคานเหล็กที่หิ้วรอกเคลื่อนตัวไปตามคานเหล็ก ซึ่งเตรียมไว้ตามทางยาวทั้ง 2 ตัวขนานกันในระดับฝ้า หรือต่ำจากระดับใต้หลังคาของโรงงานเล็กน้อย โอเวอร์เฮด เครน นี้มีขนาดตามความสามารถของการยกตั้งแต่ 100 ก.ก. ถึง 50 ตัน

2. แกนทรี เครน (Gantry crane) เป็นเครื่องยกประเภทที่ใช้เหมาะกับงานกลางแจ้ง เช่น โรงผลิตวัสดุก่อสร้าง ชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป โรงงานผลิตท่อ เหล็กเส้น ฯลฯ มีลักษณะคล้ายโอเวอร์เฮด เครน (Overhead Crane) แตกต่างกันที่สามารถเคลื่อนย้ายไปมาได้ ลักษณะการทำงานยกของขึ้นลงโดยใช้รอกที่เคลื่อนไปมาบนปีกคานเหล็กรูปตัดตัว I หรือตัว H ที่ปลายทั้งสองข้างของคานตัวนี้จะตั้งอยู่บนขาตั้งรูปร่างคล้ายตัว U กลับหัวลงหรือตัว A ทำให้บางครั้งเรียกว่าเอ-เฟรม (A-Frame) ก็มี ถ้าต้องการให้เคลื่อนที่ได้ก็จะใส่ล้อที่ขาทั้ง 4 วิ่งไปบนราวรูปตัดตัว I ที่จัดวางไว้ขนานกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ทาวเวอร์เครน (Tower crane) เหมาะกับงานก่อสร้างอาคาร

4.6.2. เครื่องยกประเภทเคลื่อนที่ได้ (Mobile crane)

เครื่องยกประเภทเคลื่อนที่ได้ (Mobile crane)เป็นเครื่องยกที่มีประสิทธิภาพในการทำงานดีเรื่องการยกน้ำหนัก ซึ่งสามารถยกน้ำหนักได้มากกว่าทาวเวอร์ เครน แต่การยื่นแขนไปยกหรือวางรวมทั้งความสูงจะมีความสามารถน้อยกว่า เครื่องยกประเภทเคลื่อนที่ได้แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังต่อไปนี้

1. เครื่องยกประเภทเคลื่อนที่ล้อยาง (Truck crane) เป็นเครนที่ติดตั้งอยู่บนรถยนต์บรรทุกล้อยาง ซึ่งมีความสามารถในการเคลื่อนย้ายตัวเองไปมาในการทำงานได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว เพียงแต่มีพื้นดินที่สามารถรับน้ำหนักของตัวรถได้ ขนาดของเครนที่ติดตั้งอยู่บนรถบรรทุกตั้งแต่ 4 ล้อ จนถึง 20 ล้อ ซึ่งรถจะมีขนาดเล็กหรือใหญ่ ขึ้นอยู่กับความสามารถ ที่แขนยกวัสดุขนาดน้ำหนักตั้งแต่ 10, 20, 30, 50, 100, 200 ตัน แบ่งออกไปตามลักษณะของแขนยก (Boom) คือ

a). เครนติดตั้งบนรถบรรทุก (Truck mounted crane) เป็นเครนขนาดเล็ก ยกน้ำหนักน้อย ขนาด 500 กิโลกรัม หรือบางชนิดถึง 1 ตัน ซึ่งติดตั้งอยู่หลังรถบรรทุก

b). ไฮโดรลิค ทรัค เครน (Hydraulic truck crane) เป็นเครนที่มีแขนยื่นยกวัสดุเป็นแบบยืดหดแขนได้ (telescopic boom) โดยใช้กระบอกไฮโดรลิค ยึดที่จุดหมุนตรงฐานของแขน ขณะที่ยกวัสดุกระบอกไฮโดรลิคจะทำหน้าที่ดันส่วนแขนยื่นยกออกไป แขนยื่นยกวัสดุมีลักษณะเป็นกล่องสี่เหลี่ยม ซึ่งแขนแบบนี้ต้องรับแรงบิดตัวมากจึงทำให้แขนมีน้ำหนักมาก ยกวัสดุได้หนักน้อยลง มีส่วนดีที่ยืดและหดแขนได้รวดเร็ว ไม่กินเนื้อที่ กะทัดรัด และวิ่งรถไปมาได้สะดวกรวดเร็วมาก

c). ทรัค เครน แลททิซ บูม (Truck crane lattice boom) เป็นเครนที่มีแขนยื่นยกวัสดุเป็นโครงเหล็กประกอบเป็นท่อน (section) ความยาวท่อนละ 3-6 เมตรแขนยกมีน้ำหนักเบากว่าแบบไฮโดรลิค เครน (Hydraulic crane) ทำให้ยกวัสดุได้น้ำหนักมาก ๆ มีข้อเสียคือ ต่อแขนยกได้ช้า ถ้าใช้แขนยกวัสดุยาว ๆ เวลาจะเคลื่อนรถย้ายที่จะทำได้ช้าและลำบากมาก

2. เครื่องยกประเภทเคลื่อนที่ตีนตะขาบ (Crawler crane) เป็นเครนชนิดที่เคลื่อนโดยใช้ตีนตะขาบ การเคลื่อนไหวไปมาเป็นไปได้ช้ามากไม่สามารถวิ่งบนถนนลาดยางได้เพราะจะทำให้ผิวหน้าถนนเสียหาย การเดินทางไกลต้องใช้บรรทุกด้วยรถเทรลเลอร์ เครนประเภทนี้เหมาะมากในการทำงานท้องที่ทุรกันดาร ลักษณะการทำงานเหมือนเครนประเภทแลททิซ บูม (lattice boom)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องจักรกลที่ใช้ในการติดตั้งแผ่นพื้นถนนคอนกรีตสำเร็จรูป

1. แกนทรี เครน (Gantry Crane)

ข้อดี ใช้ในงานกลางแจ้งได้ สามารถติดตั้งแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปให้ได้ ระดับ บำรุงรักษาง่ายและเสียค่าใช้จ่ายน้อย

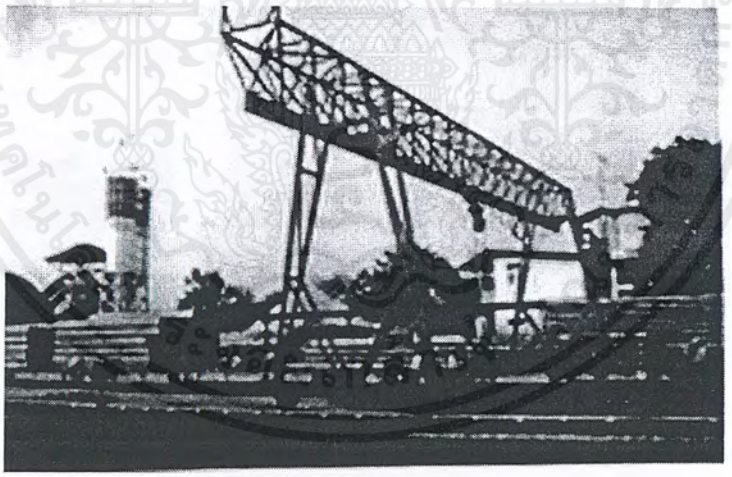
ข้อเสีย ต้องเสียเวลาในการติดตั้งรางที่ใช้สำหรับเอ-เฟรม (A-Frame)วิ่ง

2. ไฮโดรลิค ทรัค เครน (Hydraulic truck crane)

ข้อดี เคลื่อนที่ได้สะดวก รวดเร็ว ไม่กินเนื้อที่ กะทัดรัด

ข้อเสีย ค่าใช้จ่ายสูง ค่าบำรุงรักษาแพง

สรุป เมื่อดูจากข้อดีและข้อเสียแล้ว แกนทรี เครน (Gantry Crane) หรือ เอ-เฟรม (A-Frame) เหมาะสมที่สุดที่จะนำมาใช้ในการติดตั้งแผ่นพื้นสำเร็จรูปโดยนำมาประยุกต์ใช้กับงานถนน



รูปที่ 4.20. ตัวอย่างแกนทรีเครนแบบเคลื่อนที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การขนส่งแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป

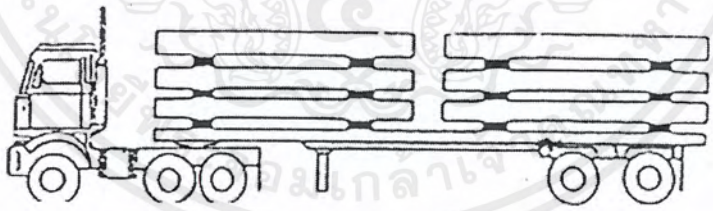
จากตารางที่ 4.1. เป็นตารางข้อมูลรถบรรทุกที่ใช้ในการขนส่ง ซึ่งขนาดรถบรรทุกกว้าง 2.5 เมตร ความยาวกะบะ 6.35 เมตร น้ำหนักตัวรถบรรทุกเท่ากับ 5.2 ตัน สามารถบรรทุกน้ำหนักรวมได้ 26 ตัน แต่เมื่อพ่วงรถลากจะสามารถเพิ่มน้ำหนักในการขนส่งได้อีกเท่ากับ 23 ตัน โดยที่รถลากหนัก 3 ตัน และขนาดแผ่นพื้นสำเร็จรูปที่ใช้คำนวณคือ 3.5 x 2.5 เมตร

น้ำหนักบรรทุกรวมรถลาก = น้ำหนักบรรทุกรวม – น้ำหนักตัวรถ + น้ำหนักที่รถลากบรรทุกได้

น้ำหนักบรรทุกรวมรถลาก = 26 – 5.2 + 23 = 43.8 ตัน

ตารางที่ 4.7. แสดงจำนวนแผ่นพื้นที่รถบรรทุกสามารถบรรทุกได้

ความหนา (ซม.)	น้ำหนักแผ่น (กก.)	จำนวนแผ่นที่บรรทุกได้(แผ่น)
15	3.5x2.5x0.15x2400 = 3,150	43.8/3.15 = 13
20	3.5x2.5x0.20x2400 = 4,200	43.8/4.20 = 10
23	3.5x2.5x0.23x2400 = 4,830	43.8/4.83 = 9
25	3.5x2.5x0.25x2400 = 5,250	43.8/5.25 = 8



รูปที่ 4.21. แสดงการขนส่ง

4.7. ขั้นตอนการติดตั้งแผ่นพื้นถนนคอนกรีตสำเร็จรูป

ขั้นตอนนี้จะไม่รวมงานดินคันทาง งานพื้นทาง แต่จะกล่าวถึงการติดตั้งแผ่นพื้นถนนคอนกรีตสำเร็จรูปเท่านั้น ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. หลังจากการบดอัดพื้นทางเรียบร้อยจะต้องวัดระดับด้วยกล้องระดับ โดยที่กึ่งกลางถนนต้องสูงกว่าที่ขอบถนน
2. เกลี่ยทรายเพื่อใช้ปรับระดับ ซึ่งทรายจะหนาประมาณ 5 ซม. แล้วทำการบดอัดทราย
3. ติดตั้งเครื่องมือเครื่องจักร (A-Frame) พร้อมรางเพื่อให้ตัว A-Frame เคลื่อนที่ได้ เพื่อใช้ในการติดตั้งแผ่นผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูป
4. นำแผ่นผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูปมาติดตั้งบน A-Frame
5. ก่อนที่จะนำแผ่นผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูปลงติดตั้ง จะใช้แผ่นพลาสติกปูระหว่างรอยต่อของแผ่นผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูป เพื่อป้องกันการซึมของน้ำลงพื้นทางและกันน้ำจากพื้นทางซึมขึ้นมาบนผิวทาง
6. ทำการติดตั้งแผ่นผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูป

- ถ้าเป็นรูปแบบที่ 1 เมื่อทำการติดตั้งแล้ว ก็ทำการเทคอนกรีตตามรอยต่อระหว่างแผ่นผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูป เพื่อเชื่อมให้แผ่น ผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูปเป็นเนื้อเดียวกัน
- ถ้าเป็นรูปแบบที่ 2 เมื่อนำมาติดตั้งแล้ว จะใช้การเชื่อมแบบทาบในการเชื่อมต่อแผ่นให้ติดกัน

7. หลังจากนั้นรอให้คอนกรีตแข็งตัว

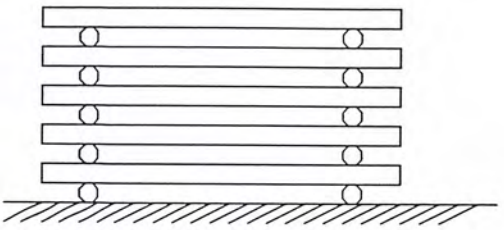
- รูปแบบที่ 1 หลังจากคอนกรีตแข็งตัวให้ใช้เลื่อยเซาะร่องลึกประมาณ 1/4 ของความหนาแผ่นคอนกรีต แล้วซีลด้วย Mastic Joint Sealer เพื่อป้องกันการหดตัว และเมื่อปูแผ่นผิวทางได้ ประมาณ 100 เมตรจะทำการตัดรอยต่อเพื่อการขยายตัวโดยใช้แผ่นผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูปที่ทำขึ้นพิเศษ
- รูปแบบที่ 2 จะทำการอุดด้วย Mastic Joint Sealer เพื่อป้องกันน้ำซึมลงดินคันทาง

8. รูปแบบที่ 1 จะต้องทำการบ่มคอนกรีตที่รอยของแผ่นผิวทางสำเร็จรูปแต่ถ้าเป็นรูปแบบที่ 2 จะต้องทำการราด Asphaltic Concrete เพื่อใช้ในการปรับระดับและเป็นการป้องกันน้ำและแสงแดดเพื่อยืดอายุการใช้งานของ Mastic Joint Sealer

4.8. กองเก็บแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป

1. ปรับระดับดินให้เรียบ วางราบในลักษณะเดียวกันโดยเรียงซ้อนกันสูงได้ไม่จำกัดขึ้นอยู่กับความสะดวกสบายในการยก การวาง
2. ใช้ไม้หมอนหนุนที่ระยะ L/5 จากขอบของแผ่น และการซ้อนทับกันนั้นต้องวางไม้หมอนให้เป็นแนวเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.22. กองเก็บและการจัดเรียงแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป

4.9. การทดสอบแผ่นพื้นถนนคอนกรีตสำเร็จรูป

ก่อนทำการทดสอบต้องวิเคราะห์ก่อนว่าปัญหาที่เกิดกับแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปมีอะไรบ้าง และต้องทำอย่างไรในการทดสอบเพื่อที่จะนำมาสรุปผลการทดสอบ

4.9.1. การจำลอง

การใช้แบบจำลองเพื่อที่จะศึกษานั้นแบบจำลองต้องมีความคล้ายกับแบบจริง แต่การที่จะทำแบบจำลองให้คล้ายกับแบบจริงนั้นต้องคำนึงถึงแรงที่มากระทำหลายๆด้าน ดังนั้นจึงนำหลัก กฎความคล้ายทางชลศาสตร์ (Principle of Hydraulic Similitude) ใช้ลดขนาดของแผ่นจริงลง เพื่อให้สะดวกในการทดสอบ

อัตราส่วนแรงแบบจำลองต่อแบบจริง = F_r

$$F_r = L_r^3 = \frac{(L_{จริง})^3}{(L_{จำลอง})^3} \qquad (4.1.)$$

<u>ตัวอย่างที่ 4.4.</u> การคำนวณแบบจำลอง

จากสมการที่ 4.1; $F_r = \frac{\text{น้ำหนักแผ่นพื้นของจริง}}{\text{น้ำหนักที่ต้องการจำลอง}} = \frac{(\text{กว้าง x ยาว x สูง})_{จริง} \times 2400}{\text{น้ำหนักที่ต้องการจำลอง}}$

$$= \frac{3.4 \times 2.1 \times 0.25 \times 2400}{70} = 61.20$$

$$L_r = \sqrt[3]{61.20} = 3.94$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น ขนาดแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป = 3.4 x 2.6 x 0.25 m^3

$$\text{ขนาดของแบบจำลอง} = \frac{\text{ขนาดแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป}}{L_r}$$

$$= \frac{\text{ขนาดแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูป}}{3.94}$$

ดังนั้น ขนาดของแบบจำลอง = 0.86 x 0.53 x 0.065 m^3

สรุป ขนาดของแบบจำลอง ที่ได้นี้จะมีความสามารถด้านการรับแรงในด้านต่างๆใกล้เคียงกับแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปของจริงเนื่องจากได้มีการนำหลักกฎความคล้ายทางชลศาสตร์มาใช้

4.9.2. การทดสอบ

รูปแบบที่จะทำการทดสอบนี้จะใช้รูปแบบที่ 1 ในการทดสอบโดยที่จะมีการตีแบบและเสริมเหล็กให้มีลักษณะเหมือนกับที่ออกแบบไว้เพื่อจะจำลองให้ใกล้เคียงกับของจริงมากที่สุด จำนวนในการทดสอบนี้

จะทำการทดสอบ 3 แบบ ดังนี้

1. การจำลองแผ่นผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูป
2. การทดสอบติดตั้งแผ่นผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูป
3. ตรวจสอบระดับหล่อหลังทำการติดตั้งแบบจำลองแผ่นผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูป

a). การจำลอง

- ตีแบบให้ได้ขนาดตามที่คำนวณไว้
- ใส่เหล็กเสริมต่างๆ เช่น เหล็กกันร้าว เหล็ก Dowel เหล็ก tie bar และเหล็กสำหรับยก
- ทาน้ำมันที่แบบกันติด
- หล่อคอนกรีต
- บ่มคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

b). การทดสอบติดตั้ง

- ปรับระดับทรายให้ได้ระดับ
- บดอัดทรายให้แน่น ซึ่งความหนาทรายประมาณ 5 ซม.
- นำแผ่นผิวทางสำเร็จรูปมาติดตั้งวางเรียงต่อกันตามแนวของถนน ซึ่งการทำสอบนี้จะวางทั้งหมด 6 แผ่น
- เทคอนกรีตที่รอยต่อของแผ่นพื้น
- ทำการบ่มที่รอยต่อ

c). การตรวจสอบระดับ

- หลังจากทำการบดอัดทรายแล้วตรวจสอบระดับของทรายโดยใช้เส้นเอ็นตีเป็นแนว เพื่อที่จะให้ทราบว่าตรวจสอบกี่จุดและตรวจสอบจุดไหน
- เมื่อทำการติดตั้งแผ่นผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูปแล้วให้ทำการตรวจสอบระดับอีกตามแนวที่วางไว้ พร้อมนำมาตรวจสอบกับระดับก่อนการติดตั้ง

4.10. การวิเคราะห์การทดสอบผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูป

การวิเคราะห์การทดสอบนี้จะทำการวิเคราะห์การทดสอบ 3 แบบดังนี้

4.10.1. การจำลอง

ขนาดที่ได้จากการจำลองคือ 0.86 x 0.53 x 0.07 m^3 น้ำหนักเท่ากับ 70 กก. เหตุผลที่ต้องใช้ขนาดจำลองในการทดสอบเพื่อสะดวกในการติดตั้งและเป็นโมเดลในการทำวิจัย แผ่นพื้นสำเร็จรูปที่สร้างขึ้นเพื่อการทดสอบ มีข้อจำกัดในด้านมาตรฐานการสร้างดังนั้นจึงควรระวังในเรื่องของการหล่อซึ่งทำให้แผ่นพื้นไม่เรียบเสมอ ความหนาของแผ่นพื้นไม่เท่ากับที่ออกแบบไว้ และระวังการเกิดฟองอากาศหรือช่องว่างตามขอบของแผ่นพื้น

การวิเคราะห์ผลของการจำลอง

1. ได้ขนาดจำลองตามที่ออกแบบแต่จะมีฟองอากาศตามขอบของแผ่นพื้นสำเร็จรูปบางแผ่นซึ่งเกิดจากการจี้แบบ เขย่าแบบไม่ดีพอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การถอดแบบทำให้เกิดรอยแตกที่ขอบของแผ่นพื้นสำเร็จรูปบางแผ่นเนื่องจากแผ่นพื้นได้ติดกับไม้แบบที่ทำด้วยไม้ทำให้ถอดแบบยาก

4.10.2. การติดตั้ง

การติดตั้งนี้จะทดสอบการติดตั้งเฉพาะการติดตั้งแผ่นพื้นจำลองเท่านั้น โดยทำการลงทรายให้มีความหนาอย่างน้อย 5 ซม. แล้วทำการบดอัดให้แน่นและปรับระดับทรายให้เรียบ โดยที่มาตรฐานกรมทางหลวงระบุว่าความแตกต่างของระดับถ้าต่างกันไม่เกิน 5 มม. การบดอัดนั้นจะอยู่ในเกรดเอ (คือ เกรดที่ดีที่สุด) ถ้าความแตกต่างระดับอยู่ที่ 1-2 ซม. จะอยู่ในเกรดบีซึ่งรองลงมาจากเกรดเอ

ข้อควรระวังในการติดตั้ง

- การยกหรือหิ้วเป็นข้อควรระวังของแผ่นพื้นถนนสำเร็จรูปเพราะถ้ายกไม่ระมัดระวังจะทำให้แผ่นพื้นเกิดการแตกหักหรือเสียหายได้
- การวางแผ่นพื้นต้องวางให้ตรงแนวที่กำหนดไว้ ถ้าวางไม่ตรงแนวท่กำหนดแล้วจะทำให้การวางแผ่นพื้นถัดไปเป็นไปได้ยาก
- วางนั้นต้องวางให้ได้ระดับ เพราะถ้าวางไม่ได้ระดับแล้วจะทำให้ทรายที่บดอัดแล้วเลื่อนไถล

การวิเคราะห์ผลของการติดตั้ง

1. หลังจากการติดตั้งแผ่นพื้นสำเร็จรูปแล้วแผ่นพื้นสามารถต่อกันแนวตามแนวที่กำหนดได้และสามารถติดตั้งแผ่นต่อไปได้
2. เมื่อทำการเทคอนกรีตที่รอยต่อแล้วทำให้แผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปยึดติดกันเป็นแผ่นเดียวกันได้
3. ปัญหาเกี่ยวกับการยก การวางแผ่นพื้นซึ่งแผ่นพื้นหนัก 70 กก. ทำให้การยกวางซึ่งใช้แรงงานคนไม่สามารถวางได้ระดับได้ การวางพื้นมีการทิ้งน้ำหนักไม่สม่ำเสมอทำให้ทรายเลื่อนไถล

4.10.3. การตรวจสอบระดับ

หลังจากทำการบดอัดทรายและปรับทรายให้ได้ระดับที่ต้องการแล้ว ทำการกำหนดแนวที่จะทำการตรวจสอบ โดยการกำหนดแนวทั้งหมด 16 จุด จะทำการตรวจสอบระดับก่อนการติดตั้งและหลังการติดตั้ง โดยได้ระดับตามรูปที่ 4.21.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อกำหนดในการตรวจสอบระดับ

- การตรวจสอบระดับก่อนการติดตั้งและหลังการติดตั้งต้องเป็นจุดเดียวกัน
- การวัดระดับโดยการใช้กล้องวัดระดับในการวัด

ระดับก่อนทำการติดตั้ง (ค่าหมุดอ้างอิง = 1.452 เมตร)

1.433	1.433	1.433	1.432
1.428	1.428	1.425	1.432
1.432	1.428	1.432	1.429
1.433	1.432	1.433	1.431

รูปที่ 4.23. แสดงระดับก่อนทำการติดตั้งแผ่นพื้นสำเร็จรูป

การตรวจระดับก่อนการติดตั้งแผ่นพื้น โดยระดับที่สูงสุดเท่ากับ 1.433 เมตร และระดับต่ำสุดเท่ากับ 1.428 เมตร ความแตกต่างของระดับเท่ากับ 5 มม. ซึ่งกรมทางหลวงถือว่าการบดอัดนี้อยู่ในเกรดเอ เป็นงานบดอัดทางชั้นหนึ่งคือการบดอัดทำได้ค่อนข้างเรียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับหลังทำการติดตั้ง

	1.357	1.360	1.360	1.358
	1.350	1.350	1.350	1.354
	1.353	1.350	1.355	1.355
	1.360	1.360	1.360	1.358

รูปที่ 4.24. แสดงระดับหลังทำการติดตั้งแผ่นพื้นสำเร็จรูป

การตรวจระดับหลังการติดตั้งแผ่นพื้น โดยระดับที่สูงสุดเท่ากับ 1.360 เมตร และระดับต่ำสุดเท่ากับ 1.350 เมตร ความแตกต่างของระดับเท่ากับ 10 มม.

การวิเคราะห์ระดับของผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูป

ระดับเฉลี่ยก่อนการติดตั้งเท่ากับ 1.431 และระดับเฉลี่ยหลังการติดตั้งเท่ากับ 1.355 จะได้ความหนาของผิวทางคอนกรีตเฉลี่ยเท่ากับ 7.6 ซม. เพราะเมื่อตรวจสอบระดับหลังการติดตั้งทุกจุดแล้วจะได้ความหนาสูงสุดเท่ากับ 7.9 ซม. และความหนาต่ำสุดเท่ากับ 7.2 ซม. ซึ่งความหนาทั้งหมดแตกต่างกัน 7 มม. ถือว่าเป็นค่าที่ไม่แตกต่างกันมากนัก เหตุผลที่ความหนาเกิน 7 ซม. ตามที่เราออกแบบไว้นั้นเกิดจากความผิดพลาดในขั้นตอนการหล่อทำให้แผ่นหนาเกิน 7 ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหตุผลที่ทำให้ระดับแตกต่างกัน คือ

- ทรายที่ทำการบดอัดไม่ได้ระดับ
- ความหนาของแผ่นผิวทางสำเร็จรูปไม่ได้ขนาดตามที่กำหนด
- การยกวางไม่ได้ระดับจะทำให้ทรายที่บดอัดแล้วเกิดการเลื่อนไถล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การเปรียบเทียบด้านราคาค่าก่อสร้าง

5.1. กล่าวนำ

ราคาค่าก่อสร้าง หมายถึง ค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่ใช้ในการดำเนินการก่อสร้าง ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่งในการพิจารณาตัดสินใจอนุมัติและดำเนินโครงการก่อสร้าง เพราะฉะนั้นจึงต้องทำการศึกษาหาปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อราคาค่าก่อสร้าง

ปัจจัยที่มีผลต่อราคาค่าก่อสร้าง สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 หมวดใหญ่ๆ ได้แก่ ค่าวัสดุ ค่าอุปกรณ์และค่าดำเนินการ

ค่าวัสดุ หมายถึง ราคาของวัสดุชนิดต่างๆที่นำมาใช้สร้างเป็นชิ้นงาน เช่น ราคาคอนกรีตผสมเสร็จ ราคาเหล็กเสริม ราคาลวดผูกเหล็ก เป็นต้น

ค่าอุปกรณ์ หมายถึง ราคาค่าเครื่องมือ เครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆที่ต้องจัดซื้อจัดหามาใช้ในการก่อสร้าง เช่น ค่าแบบหล่อคอนกรีต ค่าเครื่องจี้เขย่าคอนกรีต ค่ารถบดล้อยาง เป็นต้น

ค่าดำเนินการ หมายถึง ค่าใช้จ่ายต่างๆที่จะทำให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างสะดวกราบรื่นและเสร็จลุล่วงไปด้วยดี เช่น ค่าแรงคนงานก่อสร้าง ค่าบ่มคอนกรีต เป็นต้น

ปัจจัยที่มีผลต่อราคาค่าก่อสร้างดังกล่าวนั้นมีจำนวนมากมายหลายปัจจัย ในส่วนการทำการศึกษา วิเคราะห์และเปรียบเทียบนั้นไม่สามารถจะนำมาทำการวิจัยได้ทุกปัจจัย ดังนั้นจึงเลือกเฉพาะปัจจัยมาที่มีผลต่อราคาค่าก่อสร้างผิวทางของถนนคอนกรีตเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2. ราคาค่าก่อสร้างถนนหล่อในที่

ในการศึกษาในการคำนวณราคาค่าก่อสร้างถนนคอนกรีตหล่อในที่นั้นจะทำการศึกษาหาปัจจัยที่มีผลต่อราคาค่าก่อสร้างเฉพาะผิวทางคอนกรีตเท่านั้น เพื่อเปรียบเทียบกับราคาค่าก่อสร้างผิวทางถนนที่ก่อสร้างจากแผ่นผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูป โดยมีสมมติฐานในการก่อสร้างถนนดังนี้

- การก่อสร้างถนนในส่วนของงานคันทาง รองพื้นทางและพื้นทางได้ทำการก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว เหลือแต่งานในส่วนของผิวทางคอนกรีตเพียงอย่างเดียวเท่านั้น
- ถนนคอนกรีตที่จะทำการเปรียบเทียบสมมติให้มีแนวเส้นทางในการทำการก่อสร้างเป็นเส้นตรงเท่านั้น เพื่อให้ง่ายในการวิเคราะห์และเปรียบเทียบ
- ความหนาของผิวทางคอนกรีตที่ทำการศึกษามีทั้งหมด 4 ความหนา ได้แก่ 25 23 20 และ 15 เซนติเมตร ซึ่งเป็นความหนาที่ทางราชการกำหนดให้เป็นความหนามาตรฐานและมีการทำการก่อสร้างกันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย
- ในการก่อสร้างผิวทางคอนกรีตที่ความหนา 25 และ 23 เซนติเมตร ให้ก่อสร้างตามแบบก่อสร้างสำหรับงานวิศวกรรมการทาง (Construction Drawing for Highway Engineering) ของกรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม เนื่องจากกรมทางหลวงเป็นหน่วยงานที่ได้ทำการก่อสร้างผิวทางคอนกรีตที่ความหนา 25 และ 23 เซนติเมตร อย่างแพร่หลายมากที่สุด
- ในการก่อสร้างผิวทางคอนกรีตที่ความหนา 20 และ 15 เซนติเมตร ให้ก่อสร้างตามแบบมาตรฐานถนนและสะพานของสถาบันพัฒนาช่างโยธามหาดไทย กรมโยธาธิการ กระทรวงมหาดไทย เนื่องจากกรมโยธาธิการเป็นหน่วยงานที่ได้ทำการก่อสร้างถนนคอนกรีตที่ความหนา 20 และ 15 เซนติเมตร อย่างแพร่หลายมากที่สุด

5.2.1. ค่าวัสดุ

ราคาของวัสดุที่นำมาใช้ในการก่อสร้างเราจะอ้างอิงจาก ราคาวัสดุก่อสร้างในส่วนกลาง ประจำเดือนมกราคม พ.ศ. 2545 ของสำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า กรมการค้าภายใน กระทรวงพาณิชย์ ซึ่งอยู่ในช่วงที่ทำการศึกษาและเป็นเดือนแรกของปีและมีการปรับราคาวัสดุก่อสร้างใหม่พอดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.2. ค่าอุปกรณ์

สำหรับค่าอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินการก่อสร้าง กรมทางหลวงได้ทำการรวมค่าอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินการก่อสร้างแฝงไว้ใน ค่าขนส่งวัสดุก่อสร้าง ค่าดำเนินการและค่าเสื่อมราคาเรียบร้อยแล้ว ซึ่งค่าต่างๆ เหล่านี้ อยู่ในตารางค่าขนส่งวัสดุก่อสร้าง ค่าดำเนินการ และค่าเสื่อมราคา คู่มือการประเมินราคางานก่อสร้าง กรมทางหลวง

5.2.3. ค่าดำเนินการ

ค่าดำเนินการอ้างอิงราคากลางจากตารางค่าขนส่งวัสดุก่อสร้าง ค่าดำเนินการ และค่าเสื่อมราคา คู่มือการประเมินราคางานก่อสร้างทาง กรมทางหลวง

5.3. ราคาค่าก่อสร้างผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูป

ในการคิดราคาค่าก่อสร้างผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูปนั้น จะเริ่มทำการคิดราคาเฉพาะงานในส่วนของงานที่เป็นผิวทางถนนคอนกรีตสำเร็จรูปเท่านั้น โดยมีสมมติฐานในการก่อสร้างเหมือนกับการก่อสร้างถนนคอนกรีตหล่อในที่ และทำการคิดราคาเพิ่มในส่วนของปริมาณงานที่เพิ่มจากถนนคอนกรีตหล่อในที่และทำการหักราคาออกในส่วนของปริมาณงานที่ไม่ต้องทำการก่อสร้างอย่างถนนคอนกรีตหล่อในที่

5.3.1. ค่าวัสดุ

ราคาของวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างผิวทางถนนคอนกรีตสำเร็จรูปอ้างอิงจาก ราคาวัสดุก่อสร้างในส่วนกลาง ประจำเดือนมกราคม พ.ศ. 2545 ของสำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า กรมการค้าภายในกระทรวงพาณิชย์ เช่นเดียวกับ ผิวทางถนนคอนกรีตหล่อในที่

5.3.2. ค่าอุปกรณ์

สำหรับการคำนวณค่าอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินการก่อสร้างถนนแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปนั้น สำหรับค่าอุปกรณ์และการใช้งานซึ่งอยู่ในตารางค่าขนส่งวัสดุก่อสร้าง ค่าดำเนินการ และค่าเสื่อมราคา คู่มือการประเมินราคางานก่อสร้างทาง กรมทางหลวง ให้อ้างอิงจาก คู่มือนี้ และในส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของค่าอุปกรณ์และการใช้งานอุปกรณ์ ที่ไม่ได้ระบุไว้ในคู่มือการประเมินราคางานก่อสร้างทาง กรมทางหลวง กำหนดให้ใช้ค่าเฉลี่ยของราคาโดยทั่วไปตามท้องตลาด โดยประมาณ

5.3.3. ค่าดำเนินการ

สำหรับค่าดำเนินการของงานที่มีลักษณะตรงกับการก่อสร้างถนนคอนกรีตหล่อในที่ให้อ้างอิงค่าดำเนินการจากตารางค่าขนส่งวัสดุก่อสร้าง ค่าดำเนินการ และค่าเสื่อมราคา คู่มือการประเมินราคางานก่อสร้างทาง กรมทางหลวง ในส่วนของค่าอุปกรณ์ที่คู่มือการประเมินราคางานก่อสร้างทาง กรมทางหลวง ไม่ได้ระบุไว้นั้น กำหนดให้ใช้ค่าเฉลี่ยของค่าอุปกรณ์และการใช้งานโดยทั่วไป ตามท้องตลาด โดยประมาณ

5.4. การวิเคราะห์และปรียบเทียบราคาค่าก่อสร้างระหว่างถนนคอนกรีตหล่อในที่กับผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูป

การคิดราคาค่าก่อสร้างนั้นจะยึดหลักการประเมินราคางานก่อสร้างทางของกรมทางหลวงเป็นหลัก เนื่องจากทางกรมทางหลวงมีแบบฟอร์มมาตรฐานในการประเมินราคางานก่อสร้างทางทั้งถนนคอนกรีตและถนนลาดยาง โดยในแบบฟอร์มมาตรฐานนี้ได้ทำการแยกรายละเอียดในส่วนต่างๆ ไว้อย่างชัดเจนแต่มิได้ทำการจัดเรียงเป็นหมวดหมู่ ดังนั้นในการทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบราคาจึงนำมาจัดเรียงหมวดหมู่ใหม่เพื่อให้สะดวกต่อการประเมินราคาค่าก่อสร้างยิ่งขึ้น

การวิเคราะห์และเปรียบเทียบราคาค่าก่อสร้างระหว่างถนนคอนกรีตหล่อในที่กับถนนผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูปนั้น มีสมมติฐานในการเปรียบเทียบดังนี้

- ระยะทางในการก่อสร้างผิวถนนคอนกรีตที่ทำการเปรียบเทียบมีระยะทางการก่อสร้างเท่ากันทั้ง 2 ระบบ
- ภูมิประเทศที่ทำการก่อสร้างถนนเป็นพื้นที่ราบมีความแตกต่างกันของระดับในแต่ละจุดของพื้นที่น้อยมาก
- ความกว้างของผิวทางถนนคอนกรีตหล่อในที่มีความกว้างเท่ากับความกว้างของผิวทางถนนคอนกรีตสำเร็จรูป
- ความหนาของผิวทางถนนคอนกรีตหล่อในที่มีความหนาเท่ากับความหนาของผิวทางถนนคอนกรีตสำเร็จรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.1. ราคาค่าก่อสร้างต่อหน่วย

การคิดราคาค่าก่อสร้างต่อหน่วย แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ราคาค่าก่อสร้างต่อหน่วยของถนนคอนกรีตหล่อในที่และราคาค่าก่อสร้างต่อหน่วยของถนนผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูป โดยจะทำการรวมค่าวัสดุ ค่าอุปกรณ์และค่าดำเนินการเข้าไว้ด้วยกันในการคิดราคาค่าก่อสร้างต่อหน่วย

5.4.1.1. ราคาค่าก่อสร้างต่อหน่วยของถนนคอนกรีตหล่อในที่

การคิดราคาค่าก่อสร้างต่อหน่วยของถนนคอนกรีตหล่อในที่มีสมมติฐานและลำดับขั้นตอนในการก่อสร้างดังนี้

ก.) สมมติฐานและข้อกำหนดในการคิดราคาค่าก่อสร้างต่อหน่วยของถนนคอนกรีตหล่อในที่

- ถนนมีช่องทางจราจร 2 ช่องทางและไม่มีการทำไหล่ทาง
- หน่วยของสิ่งก่อสร้างของถนนคอนกรีตหล่อในที่ที่นำมาคิดราคาค่าก่อสร้างในการศึกษาวิจัยนี้มีทั้งหมด 4 ประเภท ได้แก่ ผิวทางคอนกรีต รอยต่อเพื่อการก่อสร้าง รอยต่อเพื่อการขยายตัว รอยต่อเพื่อการหดตัวและรอยต่อตามยาว
- คอนกรีตที่ใช้ในการก่อสร้างกำหนดให้ใช้คอนกรีตผสมเสร็จ เนื่องจากมีความสะดวกรวดเร็วและใช้กันอย่างแพร่หลาย ด้วยเหตุนี้ ค่าติดตั้งเครื่องผสม ค่าผสมคอนกรีตและค่าขนส่งจึงไม่นำคิดราคาค่าก่อสร้าง

ข.) ลำดับและขั้นตอนในการคิดราคาค่าก่อสร้าง

- กำหนดขนาดความกว้าง ความยาวและความหนาของพื้นถนนคอนกรีตทีจะทำการคำนวณราคา
- กำหนดความยาวรอยต่อเพื่อการขยายตัวและรอยต่อเพื่อการหดตัว
- ถอดปริมาณวัสดุ ระบุชนิดและจำนวนอุปกรณ์ที่ใช้ในการก่อสร้างจากแบบก่อสร้างมาตรฐานของกรมทางหลวงหรือแบบมาตรฐานถนนและสะพานของกรมโยธาธิการ
- ใส่ราคาค่าวัสดุต่อหน่วยที่ใช้ในการก่อสร้าง
- ทำการคำนวณราคาค่าก่อสร้างของปริมาณแต่ละชนิด
- ทำการรวมราคาของปริมาณงานทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างที่ 5.1. การคำนวณราคาค่าก่อสร้างต่อหน่วยของถนนคอนกรีตหล่อในที่

ข้อกำหนด

- ให้แผ่นถนนคอนกรีตที่พิจารณามีขนาด

  กว้าง x ยาว x หนา = 3.5 x 10 x 0.25 ม.^{3}
- ให้ทำการตัดรอยต่อเพื่อการขยายตัวทุกๆระยะทาง 100 เมตร
- ให้ทำการตัดรอยต่อเพื่อการหดตัวทุกๆระยะทาง 10 เมตร
- ให้คอนกรีตผสมเสร็จที่นำมาใช้ก่อสร้างรูปทรงลูกบาศก์ 15x15x15 ซม.^{3} มีกำลังอัดประลัยที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 350 ก.ก. / ตรซม.

ตารางที่ 5.1. การคำนวณราคาค่าก่อสร้างผิวทางเฉพาะในส่วนที่เป็นเนื้องานคอนกรีต

ปัจจัยที่มีผลต่อราคาค่าก่อสร้าง		ปริมาณ	หน่วย	ราคาต่อหน่วย	หน่วย	ราคาสุทธิ	หน่วย
ค่าวัสดุ	คอนกรีต	8.75	ลบ.ม.	2,782.00	บาท/ลบ.ม.	24,342.50	บาท
	เหล็กเสริม	145.51	ก.ก.	12.50	บาท/ก.ก.	1,818.88	บาท
	ลวดผูกเหล็ก	3.64	ก.ก.	17.29	บาท/ก.ก.	62.90	บาท
ค่าอุปกรณ์ค่าดำเนินการ	แบบหล่อ	10.00	ม.	8.82	บาท/ม.	88.20	บาท
	ปูผิวคอนกรีต	35.00	ตรม.	7.72	บาท/ตรม.	270.20	บาท
	บ่มคอนกรีต	35.00	ตรม.	3.90	บาท/ตรม.	136.50	บาท
รวม						*26,719.17*	บาท/แผ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.2. การคำนวณราคาค่าก่อสร้างผิวทางในส่วนที่เป็นรอยต่อเพื่อการขยายตัว

ปัจจัยที่มีผลต่อราคาค่าก่อสร้าง		ปริมาณ	หน่วย	ราคาต่อหน่วย	หน่วย	ราคาสุทธิ	หน่วย
ค่าวัสดุ	เหล็ก Dowel	23.10	ก.ก.	10.91	บาท/ก.ก.	252.02	บาท
	Metal cap + ทาสี + จาระบี	12.00	ชุด	10.00	บาท/ชุด	120.00	บาท
	Joint filler	0.79	ตรม.	400.00	บาท/ตรม.	316.00	บาท
	Joint sealer	2.19	ลิตร	45.00	บาท/ลิตร	98.55	บาท
	แผ่นพลาสติก	3.50	ม.	10.00	บาท/ม.	35.00	บาท
ค่าอุปกรณ์ค่าดำเนินการ	แบบหล่อ	3.50	ม.	1.54	บาท/ม.	5.39	บาท
	หยอดยาง	3.50	ม.	7.92	บาท/ม.	27.72	บาท
รวม						*854.68*	บาท / รอยต่อ

ตารางที่ 5.3. การคำนวณราคาค่าก่อสร้างผิวทางในส่วนที่เป็นรอยต่อเพื่อการหดตัว

ปัจจัยที่มีผลต่อราคาค่าก่อสร้าง		ปริมาณ	หน่วย	ราคาต่อหน่วย	หน่วย	ราคาสุทธิ	หน่วย
ค่าวัสดุ	เหล็ก Dowel	23.10	ก.ก.	10.91	บาท/ก.ก.	252.02	บาท
	Joint sealer	2.10	ลิตร	45.00	บาท/ลิตร	94.50	บาท
ค่าดำเนินการ	แผ่นพลาสติก	3.50	ม.	10.00	บาท/ม.	35.00	บาท
	ทาสี + จาระบี	12.00	ชุด	4.00	บาท/ชุด	48.00	บาท
	ตัดรอยต่อและหยอดยาง	3.50	ม.	16.30	บาท/ม.	57.05	บาท
รวม						*486.57*	บาท / รอยต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่5.4. การคำนวณราคาค่าก่อสร้างผิวทางในส่วนที่เป็นรอยต่อตามยาว

ปัจจัยที่มีผลต่อราคาค่าก่อสร้าง		ปริมาณ	หน่วย	ราคาต่อหน่วย	หน่วย	ราคาสุทธิ	หน่วย
ค่าวัสดุ	เหล็ก Tie bar	13.43	ก.ก.	11.80	บาท/ก.ก.	158.47	บาท
	Joint sealer	6.00	ลิตร	45.00	บาท/ลิตร	270.00	บาท
ค่าดำเนินการ	ตัด Joint และหยอดยาง	10.00	ม.	16.30	บาท/ม.	163.00	บาท
รวม						*591.47*	บาท / รอยต่อ

หมายเหตุ

รายการต่อไปนี้อ้างอิงราคาจาก ราคาวัสดุส่วนกลาง ประจำเดือนมกราคม 2545 สำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า กรมการค้าภายใน กระทรวงพาณิชย์

- คอนกรีตผสมเสร็จ
- เหล็กเส้นก่อสร้าง
- ลวดผูกเหล็ก
- ตะแกรงเหล็กสำหรับงานคอนกรีต

ราคาเหล่านี้ที่ใส่ในตารางคำนวณเป็นราคาที่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม 7 % แล้ว

รายการต่อไปนี้อ้างอิงราคาจาก คู่มือการประเมินราคางานทาง กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม โดยมีข้อกำหนดดังนี้ ภูมิประเทศเป็นที่ราบ ราคาน้ำมันดีเซลที่ปั๊ม ป.ต.ท. ที่อำเภอเมือง ราคาลิตรละ 14.00 - 14.99 บาทได้แก่

- แบบหล่อคอนกรีต
- ค่าปูผิวคอนกรีต
- ค่าบ่มคอนกรีต

รายการต่อไปนี้อ้างอิงราคาจาก แบบฟอร์มมาตรฐานการประเมินราคางานทาง กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม ได้แก่

- Metal cap + ทาสี + จาระบี
- Joint filler

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Joint sealer
- แผ่นพลาสติก
- ค่าหยอดยาง
- ทาสี + จาระบี
- ตัดรอยต่อและหยอดยาง

5.4.1.2 ราคาค่าก่อสร้างต่อหน่วยของผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูป

การคิดราคาค่าก่อสร้างต่อหน่วยของผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูปมีสมมติฐานและลำดับขั้นตอนในการก่อสร้างดังนี้

ก.)สมมติฐานและข้อกำหนดในการคิดราคาค่าก่อสร้างต่อหน่วยของถนนผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูป

- ถนนมีช่องทางจราจร 2 ช่องทางและไม่มีการทำไหล่ทาง
- ในการศึกษาวิจัยนี้จะวิจัยแผ่นพื้นสำเร็จรูป 2 รูปแบบ แต่ละรูปแบบได้แบ่งการวิจัยเป็น 2 ประเภท คือ ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิต และปัจจัยที่มีผลต่อการติดตั้ง
- ราคาวัสดุ ค่าดำเนินการและค่าอุปกรณ์ในการก่อสร้างบางประเภทมีราคาถูกกว่าการก่อสร้างถนนคอนกรีตหล่อในที่ เช่น ราคาคอนกรีต ค่าบ่มคอนกรีต ค่าหล่อคอนกรีต แต่จะมีราคาวัสดุ ค่าดำเนินการและค่าอุปกรณ์ในการก่อสร้างบางประเภทที่มีราคาแพงกว่าระบบสำเร็จรูป เช่น เหล็กเสริมที่ต้องใส่เพิ่ม ค่าขนส่ง ค่าติดตั้ง

ข.) ลำดับและขั้นตอนในการคิดราคาค่าก่อสร้าง

- กำหนดขนาดความกว้าง ความยาวและความหนารวมถึงความกว้างของรอยต่อของแผ่นพื้นที่จะทำการคำนวณราคา
- ขนาดของแผ่นจะเป็นตัวกำหนดความยาวรอยต่อเพื่อการขยายตัวและรอยต่อเพื่อการหดตัว
- ถอดปริมาณวัสดุ ระบุชนิดและจำนวนอุปกรณ์ที่ใช้ในการก่อสร้างแผ่นผิวทางถนนคอนกรีตสำเร็จรูปและถนนผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูป
- ทำการคำนวณราคาต่อหน่วยของแต่ละประเภท
- ทำการรวมราคาของปริมาณงานทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างที่ 5.2. การคำนวณราคาค่าก่อสร้างต่อหน่วยของถนนผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูปรูปแบบที่ 1. ในตารางที่ 5.6.

ข้อกำหนด

- ให้แผ่นถนนคอนกรีตที่พิจารณามีขนาด กว้าง x ยาว x หนา = 3.4 x 2.1 x 0.25 ม.^{3}
- ช่องว่างระหว่างรอยต่อเท่ากับ 0.25 เมตร
- ให้ทำการตัดรอยต่อเพื่อการขยายตัวทุกๆระยะทาง 100 เมตร
- ให้ทำการตัดรอยต่อเพื่อการหดตัวทุกแผ่น
- ให้คอนกรีตผสมเสร็จที่นำมาใช้ก่อสร้างรูปทรงลูกบาศก์ 15x15x15 ซม.^{3} มีกำลังอัดประลัยที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 350 ก.ก. / ตรซม.
- การคำนวณราคาค่าขนส่งและค่าติดตั้งคำนวณจาก 10% จากราคาแผ่นพื้นถนนสำเร็จรูป

ตัวอย่างที่ 5.3. การคำนวณราคาค่าก่อสร้างต่อหน่วยของถนนผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูปรูปแบบที่ 2 ในตารางที่ 5.7.

ข้อกำหนด

- ให้แผ่นถนนคอนกรีตที่พิจารณามีขนาด กว้าง x ยาว x หนา = 3.5 x 2.5 x 0.25 ม.^{3}
- ให้ทำการตัดรอยต่อเพื่อการขยายตัวทุกๆระยะทาง 100 เมตร
- ให้ทำการตัดรอยต่อเพื่อการหดตัวทุกแผ่น
- ให้คอนกรีตผสมเสร็จที่นำมาใช้ก่อสร้างรูปทรงลูกบาศก์ 15x15x15 ซม.^{3} มีกำลังอัดประลัยที่อายุ 28 วัน เท่ากับ 350 ก.ก. / ตรซม.
- การคำนวณราคาค่าขนส่งและค่าติดตั้งคำนวณจาก 10% จากราคาแผ่นพื้นถนนสำเร็จรูป
- ค่าเชื่อมเหล็กกำหนดให้เท่ากับ 10 บาท/รอยต่อ รวมค่าลวดเชื่อมแล้วเท่ากับ 30 บาท/รอยต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.5. ตารางสูตรการคำนวณปริมาณต่อแผ่น(ใช้ได้ทั้งรูปแบบที่ 1และ 2)

ปัจจัยที่มีผลต่อราคาค่าก่อสร้าง		การคำนวณปริมาณ/แผ่น	
1.ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิต			
1.1. ค่าวัสดุ	คอนกรีต	ความกว้าง×ความยาว×ความหนา	ลบ.ม.
	เหล็กตะแกรง	ความกว้าง×ความยาว	ตรม.
	เหล็ก DOWEL	จำนวน DOWEL×ความยาวเหล็ก×หน่วยน้ำหนักของเหล็ก	กก.
	เหล็ก TIE BAR	จำนวน TIE BAR×ความยาวเหล็ก×หน่วยน้ำหนักของเหล็ก	กก.
	เหล็กรับโมเมนต์	จำนวนเหล็ก×ความยาวเหล็ก×หน่วยน้ำหนักของเหล็ก	กก.
	เหล็กปะกับ	ปริมาตรเหล็ก×หน่วยน้ำหนักของเหล็ก	กก.
1.2. ค่าอุปกรณ์ค่าดำเนินการ	ค่าหล่อคอนกรีต	ความกว้าง×ความยาว	ตรม.
	ทาสี+จาระบี	จำนวน DOWEL	ชุด
	บ่มคอนกรีต	ความกว้าง×ความยาว	ตรม.
2.ปัจจัยที่มีผลต่อต่อการติดตั้ง			
2.1. ค่าวัสดุ	คอนกรีต	ความกว้าง×ความลึก×ระยะห่างระหว่างรอยต่อ	ลบ.ม.
	แผ่นพลาสติก	ความกว้าง	ม.
	Joint Sealer (ตามขวาง)	ความกว้างแผ่น×ความกว้างรอยบาก×ความลึกรอยบาก×1000	ลิตร
	Joint Sealer (ตามยาว)	ครึ่งความยาวแผ่น×ความกว้างรอยบาก×ความลึกรอยบาก×1000	ลิตร
	Joint Filler	ความกว้างแผ่น×(ความลึก-ความลึกรอยบาก)	ตรม.
	ค่า AC.	ความกว้าง×ความยาว	ตรม.
2.2. ค่าอุปกรณ์ค่าดำเนินการ	ตัดรอยต่อและหยอดยาง	ความกว้างแผ่น+ครึ่งของความยาวแผ่น	ม.
	ค่าหล่อคอนกรีต	ความกว้าง×ระยะห่างรอยต่อ	ตรม.
	บ่มคอนกรีต	ความกว้าง×ระยะห่างรอยต่อ	ตรม.
	ค่าเชื่อม	ความยาว	ม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.6. การคำนวณค่าก่อสร้างผิวทางต่อแผ่นของรูปแบบที่ 1

ปัจจัยที่มีผลต่อราคาค่าก่อสร้าง		ปริมาณ	หน่วย	ราคาต่อหน่วย	หน่วย	ราคาสุทธิ	หน่วย
1.ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิต							
1.1. ค่าวัสดุ	คอนกรีต	1.78	ลบ.ม.	2,782.00	บาท/ลบ.ม.	4,965.87	บาท
	เหล็กตะแกรง	7.14	ตรม.	26.40	บาท/ตรม.	149.94	บาท
	เหล็ก DOWEL	19.07	กก.	10.92	บาท/กก.	208.25	บาท
	เหล็ก TIE BAR	2.53	กก.	11.81	บาท/กก.	29.85	บาท
	เหล็กรับโมเมนต์	8.39	กก.	12.50	บาท/กก.	104.875	บาท
1.2. ค่าอุปกรณ์ค่าดำเนินการ	ค่าหล่อคอนกรีต	7.14	ตรม.	7.72	บาท/ตรม.	55.12	บาท
	ทาสี+จาระบี	11	ชุด	4.00	บาท/ชุด	44.00	บาท
	บ่มคอนกรีต	7.14	ตรม.	3.90	บาท/ตรม.	27.85	บาท
2.ปัจจัยที่มีผลต่อต่อการติดตั้ง							
2.1. ค่าวัสดุ	คอนกรีต	0.22	ลบ.ม.	2,782.00	บาท/ลบ.ม.	618.99	บาท
	แผ่นพลาสติก	3.40	ม.	10.00	บาท/ม.	34.00	บาท
	Joint Sealer (ตามขวาง)	2.13	ลิตร	45.00	บาท/ลิตร	95.63	บาท
	Joint Sealer (ตามยาว)	0.66	ลิตร	45.00	บาท/ลิตร	29.53	บาท
	Joint Filler	0.77	ตรม.	400.00	บาท/ตรม.	* 308.00	บาท
2.2. ค่าอุปกรณ์ค่าดำเนินการ	ตัดรอยต่อและหยอดยาง	4.45	ม.	16.30	บาท/ม.	77.43	บาท
	ค่าหล่อคอนกรีต	0.68	ตรม.	7.72	บาท/ตรม.	5.25	บาท
	บ่มคอนกรีต	0.68	ตรม.	3.90	บาท/ตรม.	2.65	บาท
รวม						6,475.00	บาท/แผ่น
ค่าขนส่งและค่าติดตั้งคิดจากราคาค่าวัสดุ 10 %						7,122.50	บาท/แผ่น

* ช่อง Joint Filler ที่ไม่ได้ใส่ข้อมูลเนื่องจากรอยต่อนี้จะทำการตัดทุกระยะ 100 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.7. การคำนวณค่าก่อสร้างผิวทางต่อแผ่นของรูปแบบที่ 2

ปัจจัยที่มีผลต่อราคาค่าก่อสร้าง		ปริมาณ	หน่วย	ราคาต่อหน่วย	หน่วย	ราคาสุทธิ	หน่วย
1.ปัจจัยทีมีผลต่อการผลิต							
1.1. ค่าวัสดุ	คอนกรีต	2.19	ลบ.ม.	2,782.00	บาท/ลบ.ม.	6,085.63	บาท
	เหล็กตะแกรง	8.75	ตรม.	26.40	บาท/ตรม.	231.00	บาท
	เหล็กรับโมเมนต์	11.98	กก.	12.50	บาท/กก.	149.70	บาท
	เหล็กปะกับ	6.50	กก.	20.00	บาท/กก.	130.00	บาท
1.2. ค่าอุปกรณ์ค่าดำเนินการ	ค่าหล่อคอนกรีต	8.75	ตรม.	7.72	บาท/ตรม.	67.55	บาท
	บ่มคอนกรีต	8.75	ตรม.	3.90	บาท/ตรม.	34.13	บาท
2.ปัจจัยที่มีผลต่อต่อการติดตั้ง							
2.1.ค่าวัสดุ	แผ่นพลาสติก	3.50	ม.	10.00	บาท/ม.	35.00	บาท
	Joint Sealer (ตามขวาง)	2.19	ลิตร	45.00	บาท/ลิตร	98.44	บาท
	Joint Sealer (ตามยาว)	0.78	ลิตร	45.00	บาท/ลิตร	35.16	บาท
	Joint Filler	0.79	ตรม.	400.00	บาท/ตรม.	*316.00	บาท
	ค่า AC.	8.75	ตรม.	116.91	บาท/ตรม.	1,022.96	บาท
2.2. ค่าอุปกรณ์ค่าดำเนินการ	ตัดรอยต่อและหยอดยาง	4.75	ม.	16.30	บาท/ม.	77.43	บาท
	ค่าเชื่อม	3	ปะกับ	30.00	บาท/ปะกับ	90.00	บาท
รวม (แต่ไม่รวมค่าราดยางปรับระดับ)						7,032.67	บาท/แผ่น
ค่าขนส่งและค่าติดตั้งคิดจากราคาวัสดุ 10 % (แต่ไม่รวมค่าราดยางปรับระดับ)						7,735.94	บาท/แผ่น

* ช่อง Joint Filler ที่ไม่ได้ใส่ข้อมูลเนื่องจากรอยต่อนี้จะทำการตัดทุกระยะ 100 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ

รายการต่อไปนี้อ้างอิงราคาจาก ราคาวัสดุส่วนกลาง ประจำเดือนมกราคม 2545 สำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า กรมการค้าภายใน กระทรวงพาณิชย์

- คอนกรีตผสมเสร็จ
- เหล็กเส้นก่อสร้าง
- ตะแกรงเหล็กสำหรับงานคอนกรีต

ราคาเหล่านี้ที่ใส่ในตารางคำนวณเป็นราคาที่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม 7 % แล้ว

รายการต่อไปนี้อ้างอิงราคาจาก คู่มือการประเมินราคางานทาง กรมทางหลวงกระทรวงคมนาคม

- ค่าปูผิวคอนกรีต
- ค่าบ่มคอนกรีต

โดยมีข้อกำหนดว่า ภูมิประเทศเป็นที่ราบ ราคาน้ำมันดีเซลที่ปั๊ม ป.ต.ท. ที่อำเภอ เมือง ราคาลิตรละ 14.00- 14.99 บาท

รายการต่อไปนี้อ้างอิงราคาจาก แบบฟอร์มมาตรฐานการประเมินราคางานทาง กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม

- Metal cap + ทาสี + จาระบี
- Joint filler
- Joint sealer
- แผ่นพลาสติก
- ค่าหยอดยาง
- ทาสี + จาระบี
- ตัดรอยต่อและหยอดยาง
- ค่าAsphaltic concrete wearing course ราดปรับระดับ 5 เซนติเมตร

5.4.2. จำนวนหน่วยของสิ่งก่อสร้าง

จำนวนหน่วยของสิ่งก่อสร้างสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ จำนวนหน่วยของสิ่งก่อสร้างของถนนคอนกรีตหล่อในที่ และ จำนวนหน่วยของถนนผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.2.1. จำนวนหน่วยของสิ่งก่อสร้างของถนนคอนกรีตหล่อในที่

จำนวนหน่วยของสิ่งก่อสร้างของถนนคอนกรีตหล่อในที่ที่มีผลต่อการคิดราคาตามสมมติฐานข้างต้นแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ จำนวนแผ่นของถนนคอนกรีต รอยต่อเพื่อการขยายตัว รอยต่อเพื่อการหดตัวและรอยต่อตามยาว โดยมีสมมติฐานและลำดับขั้นตอนในการคำนวณ ดังนี้

ก.) สมมติฐานและข้อกำหนดในการคำนวณจำนวนหน่วยของสิ่งก่อสร้างของถนนคอนกรีตหล่อในที่

- ถนนคอนกรีตมีช่องจราจร 2 ช่องทางและไม่มีไหล่ทาง
- หน่วยของสิ่งก่อสร้างของถนนคอนกรีตหล่อในที่นำมาคิดจำนวนในการศึกษาวิจัยนี้มีทั้งหมด 4 ประเภท ได้แก่ ผิวทางคอนกรีต รอยต่อเพื่อการก่อสร้าง รอยต่อเพื่อการขยายตัว รอยต่อเพื่อการหดตัวและรอยต่อตามยาว

ข.) ลำดับขั้นตอนในการคำนวณ

- กำหนดขนาดความกว้าง ความยาวและความหนาของพื้นถนนคอนกรีตทีจะทำการคำนวณราคา
- กำหนดความยาวรอยต่อเพื่อการขยายตัวและรอยต่อเพื่อการหดตัว
- กำหนดระยะทางที่จะทำการหาจำนวนหน่วยของสิ่งก่อสร้าง
- คำนวณหาจำนวนหน่วยของสิ่งก่อสร้างต่างๆ
- นำค่าที่ได้กรอกลงในตารางให้เรียบร้อย

<u>ตัวอย่างที่ 5.4</u>. การคำนวณจำนวนหน่วยของสิ่งก่อสร้างของถนนคอนกรีตหล่อในที่ที่ระยะทางต่างๆ

ข้อกำหนด

- ให้แผ่นถนนคอนกรีตที่พิจารณามี

  ขนาด กว้างxยาว = 3.5 x 10 x ม.^{2} /แผ่น
- ให้ทำการตัดรอยต่อเพื่อการขยายตัวทุกๆระยะทาง 100 เมตร
- ให้ทำการตัดรอยต่อเพื่อการหดตัวทุกๆระยะทาง 10 เมตร
- ให้ระยะทางของถนนที่พิจารณามีระยะทางยาวเท่ากับ 1 กิโลเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนและวิธีการคำนวณ

- คำนวณจำนวนของแผ่นผิวทางคอนกรีต

  จำนวนแผ่น = พื้นที่ทั้งหมดตลอดระยะทางที่กำหนด / พื้นที่ต่อแผ่นที่กำหนด

  จำนวนแผ่น = {(3.50 x 1000) x 2 } / (3.50 x 10.00)

  = 200 แผ่น

- คำนวณจำนวนรอยต่อเพื่อการขยายตัว

  จำนวนรอยต่อเพื่อการขยายตัว = (ระยะทางทั้งหมดที่พิจารณา / ระยะทางที่กำหนดให้ตัดรอยต่อเพื่อการขยายตัว) x จำนวนช่องจราจร

  = (1000 / 100) x 2

  = 20 รอยต่อ

- คำนวณรอยต่อเพื่อการหดตัว

  จำนวนรอยต่อเพื่อการหดตัว = { (ระยะทางทั้งหมดที่พิจารณา / ระยะทางที่กำหนดให้ตัดรอยต่อเพื่อการหดตัว) – จำนวนรอยต่อเพื่อการขยายตัว } x จำนวนช่องจราจร

  = {(1000 / 10) – 10 } x 2

  = 180 รอยต่อ

- คำนวณรอยต่อตามยาว

  จำนวนรอยต่อตามยาว = ระยะทางทั้งหมดที่พิจารณา / ความยาวต่อแผ่น

  = 1000 / 10

  = 100 รอยต่อ

หมายเหตุ ในที่นี้ความยาวต่อแผ่นมีความยาวเท่ากับระยะทางที่ทำการตัดรอยต่อเพื่อการหดตัว เพื่อความสะดวกในการคำนวณจึงนำค่าต่างๆ มาใส่ตารางที่ 5.8.

5.4.4.2. จำนวนแผ่นผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูป

จำนวนแผ่นผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูปที่มีผลต่อการคิดราคาตามสมมติฐานข้างต้น โดยที่จำนวนแผ่นจะแปรผันตรงกับราคา คือเมื่อระยะทางมากทำให้จำนวนแผ่นที่ใช้ในการก่อสร้างถนนมากและจะทำให้ราคามากขึ้นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.8. ตารางเพื่อการคำนวณจำนวนหน่วยของสิ่งก่อสร้างของถนนคอนกรีตหล่อในที่

รายการ	ปริมาณ	หน่วย
ความกว้างของถนน 1 ช่องจราจร	3.50	เมตร
ความยาวของถนน 1 แผ่น	10.00	เมตร
พื้นที่ต่อแผ่น	35.00	ตารางเมตร
พื้นที่ทั้งหมด	7000.00	ตารางเมตร
ระยะตัดรอยต่อเพื่อการขยายตัว	100.00	เมตร
ระยะตัดรอยต่อเพื่อการหดตัว	10.00	เมตร
จำนวนแผ่นคอนกรีตหล่อในที่	200.00	แผ่น
รอยต่อเพื่อการขยายตัว	20.00	รอยต่อ
รอยต่อเพื่อการหดตัว	180.00	รอยต่อ
รอยต่อตามยาว	100.00	รอยต่อ

<u>ตัวอย่างที่ 5.5</u>. การคำนวณจำนวนหน่วยของสิ่งก่อสร้างของผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูปที่ระยะทางต่างๆ

ข้อกำหนด

- กำหนดให้แผ่นถนนคอนกรีตที่พิจารณามีขนาด
  กว้างxยาวxหนา = 3.5 x ความยาวแผ่นแต่ละรูปแบบ ม.^{2} /แผ่น
- ทำการตัดรอยต่อเพื่อการขยายตัวทุกๆระยะทาง 100 เมตร
- ทำการตัดรอยต่อเพื่อการหดตัวทุกๆแผ่น
- ระยะทางของถนนที่พิจารณามีระยะทางยาวเท่ากับ 1 กิโลเมตร

ขั้นตอนและวิธีการคำนวณ

- คำนวณความยาวของแผ่นผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูป

  การคำนวณนี้จะคำนึงถึงรูปแบบที่ 1 เท่านั้นเพราะรูปแบบที่ 1 มีการเทรอยต่อระหว่างแผ่นทำให้ระยะทางเพิ่มขึ้น

  ความยาวของแผ่น = ความยาวแผ่นก่อนติดตั้ง + ระยะรอยต่อ

  ความยาวของแผ่น = 2.1 + 0.25

  = 2.35 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- คำนวณจำนวนของแผ่นถนนของผิวทางคอนกรีต

จำนวนแผ่น = พื้นที่ทั้งหมดตลอดระยะทางที่กำหนด / พื้นที่ต่อแผ่นที่กำหนด

จำนวนแผ่น = {(3.50 x 1000) x 2 } / (3.50 x 2.35)

= 870 แผ่น (รูปแบบที่ 1.)

จำนวนแผ่น = {(3.50 x 1000) x 2 } / (3.50 x 2.52)

= 794 แผ่น (รูปแบบที่ 2.)

หมายเหตุ ระยะห่างระหว่างแผ่นของผิวทางคอนกรีตรูปแบบที่ 2 เท่ากับ 2 เซนติเมตร

ตารางที่ 5.9. ตารางเพื่อการคำนวณจำนวนหน่วยของสิ่งก่อสร้างผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูป

รายการ	หน่วย	รูปแบบที่ 1	รูปแบบที่ 2
ความกว้างของถนน	เมตร	3.50	3.50
ความยาวของแผ่นพื้นสำเร็จรูป/แผ่น	เมตร	2.30	2.52
พื้นที่ต่อแผ่น	ตารางเมตร	8.05	8.82
พื้นที่ทั้งหมด	ตารางเมตร	7000.00	7000.00
จำนวนแผ่นผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูป	แผ่น	870.00	794.00

5.4.3. ราคาค่าก่อสร้างที่ระยะทางต่างๆของถนนแต่ละระบบ

ราคาของค่าก่อสร้างที่ระยะต่างๆ ของถนนแต่ละระบบสามารถหาได้จากการนำราคาค่าก่อสร้างต่อหน่วยของแต่ละรายการคูณกับจำนวนหน่วยของสิ่งก่อสร้างแต่ละรายการแล้วทำการรวมทุกรายการเข้าด้วยกันก็จะได้ราคาค่าก่อสร้างที่ระยะทางต่างๆตามที่กำหนดออกมา

5.4.3.1. ราคาค่าก่อสร้างของถนนคอนกรีตหล่อในที่

ตัวอย่างที่ 5.6. การคำนวณราคาค่าก่อสร้างของถนนคอนกรีตหล่อในที่

ข้อกำหนด

- ให้แผ่นถนนคอนกรีตที่พิจารณามีขนาด

กว้าง x ยาว x หนา = 3.5 x 10 x 0.25 ม.^{3}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กำหนดระยะทางที่จะทำการคิดราคาเท่ากับ 1.00 กิโลเมตร
- ช่องทางจราจรมีจำนวน 2 ช่องทาง

ตารางที่ 5.10. ราคาค่าก่อสร้างถนนคอนกรีตหล่อในที่

รายการ	ราคาต่อหน่วย	หน่วย	จำนวน	หน่วย	ราคาสุทธิ	หน่วย
ผิวทางคอนกรีต	26719.17	บาท/แผ่น	200	แผ่น	5,343,834.34	บาท
รอยต่อเพื่อการขยายตัว	854.68	บาท/รอยต่อ	20	รอยต่อ	17,093.62	บาท
รอยต่อเพื่อการหดตัว	486.57	บาท/รอยต่อ	180	รอยต่อ	87,582.78	บาท
รอยต่อตามยาว	591.47	บาท/รอยต่อ	100	รอยต่อ	59,147.00	บาท
รวม					*5,507,657.74*	บาท/กม.

5.4.3.2. ราคาค่าก่อสร้างผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูป

ตัวอย่างที่ 5.7. การคำนวณราคาค่าก่อสร้างของถนนผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูป

ข้อกำหนด

- ให้แผ่นถนนคอนกรีตที่พิจารณามีขนาด ตามรูปแบบที่ 1 และรูปแบบที่ 2
- กำหนดระยะทางที่จะทำการคิดราคาเท่ากับ 1.00 กิโลเมตร
- ช่องทางจราจรมีจำนวน 2 ช่องทาง

ตารางที่ 5.11. ราคาค่าก่อสร้างผิวทางถนนคอนกรีตสำเร็จรูป

รายการ	ราคาต่อหน่วย	หน่วย	จำนวน	หน่วย	ราคาสุทธิ	หน่วย
ถนนรูปแบบที่ 1	6,475.00	บาท/แผ่น	870	แผ่น	5,633,250.00	บาท/กม.
ถนนรูปแบบที่ 2	7,032.67	บาท/แผ่น	794	แผ่น	5,583,940.00	บาท/กม.

หมายเหตุ ราคาสุทธิที่ได้นี้ไม่รวมค่าขนส่ง 10% ของราคาแผ่นผิวทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.4. การเปรียบเทียบราคาค่าก่อสร้างระหว่างถนนทั้งสองระบบ

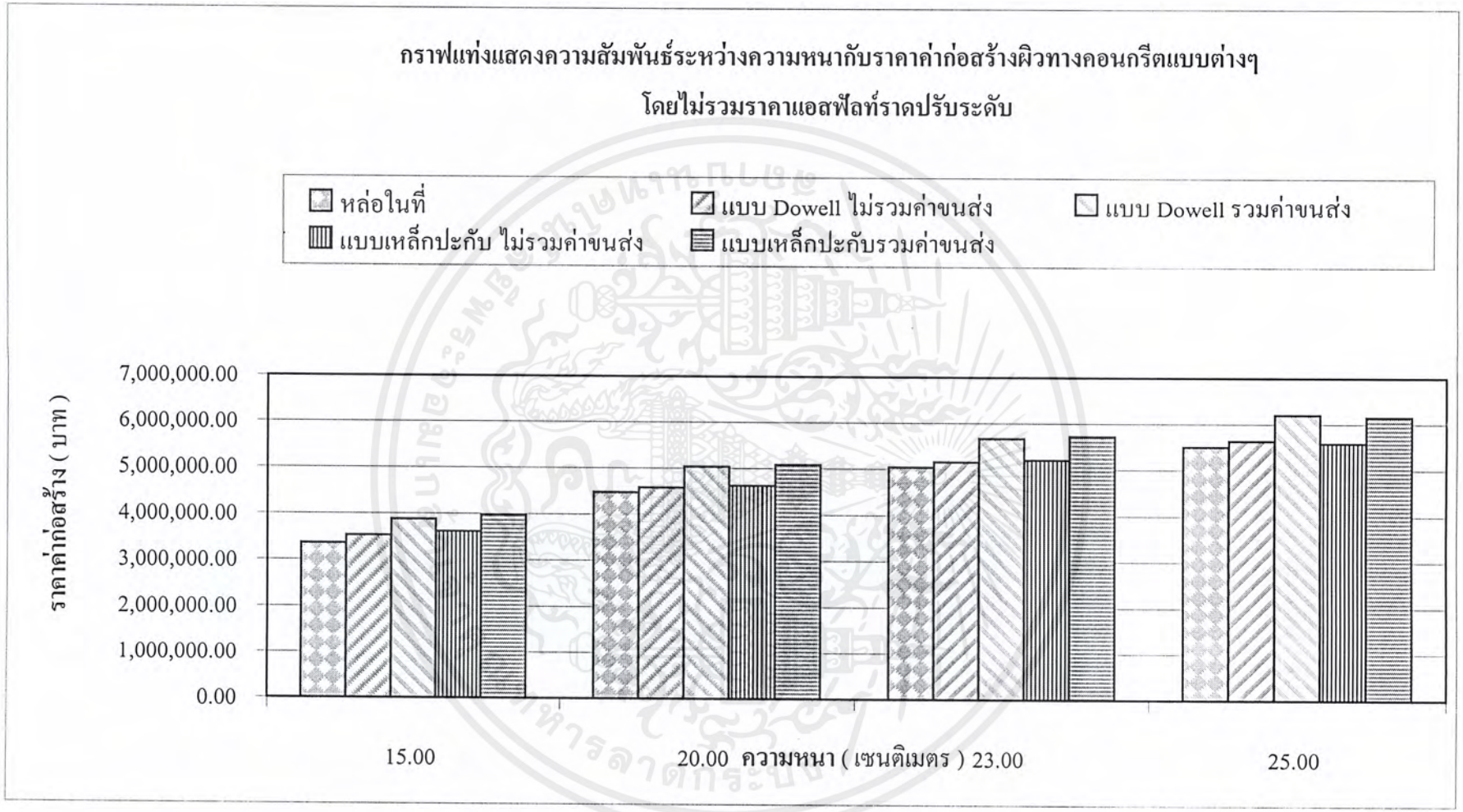
จากตัวอย่างที่ 5.10. และ 5.11. นั้นได้แสดงราคาค่าก่อสร้างต่อระยะทาง 1 กิโลเมตร ของถนนคอนกรีตทั้งสองระบบ ที่ความหนา 25 เซนติเมตร และจากสมมติฐานที่ได้กำหนดไว้ในหัวข้อก่อนๆ นั้นทำให้ความสัมพันธ์ระหว่างราคาค่าก่อสร้างกับระยะทางมีลักษณะเป็นสมการเส้นตรง เนื่องจากตัวแปรทุกตัวมีค่าคงที่ ยกเว้นจำนวนหน่วยของสิ่งก่อสร้างที่มีการเปลี่ยนแปลงซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงแบบสมการเส้นตรงทำให้ราคาค่าก่อสร้างมีการเปลียนแปลงเป็นสมการเส้นตรง ส่วนที่ความหนาอื่นๆ ก็เช่นเดียวกัน โดยที่ระยะทางเท่ากัน ความหนาต่างกันจะมีความแตกต่างของราคาเฉพาะปริมาณวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างเท่านั้น

ราคาที่ได้จากตารางที่ 5.11. เป็นราคารวมต่อระยะทาง 1 กิโลเมตร ซึ่งไม่นำค่าขนส่งและค่าติดตั้งมาคำนวณเพราะได้มีการตั้งสมมติฐานว่า โรงงานที่ใช้ในการหล่อแผ่นผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูปนี้จะอยู่ใกล้กับโครงการที่จะทำการก่อสร้างและจำนวนของการก่อสร้างที่มากทำให้ไม่ต้องคิดค่าติดตั้ง

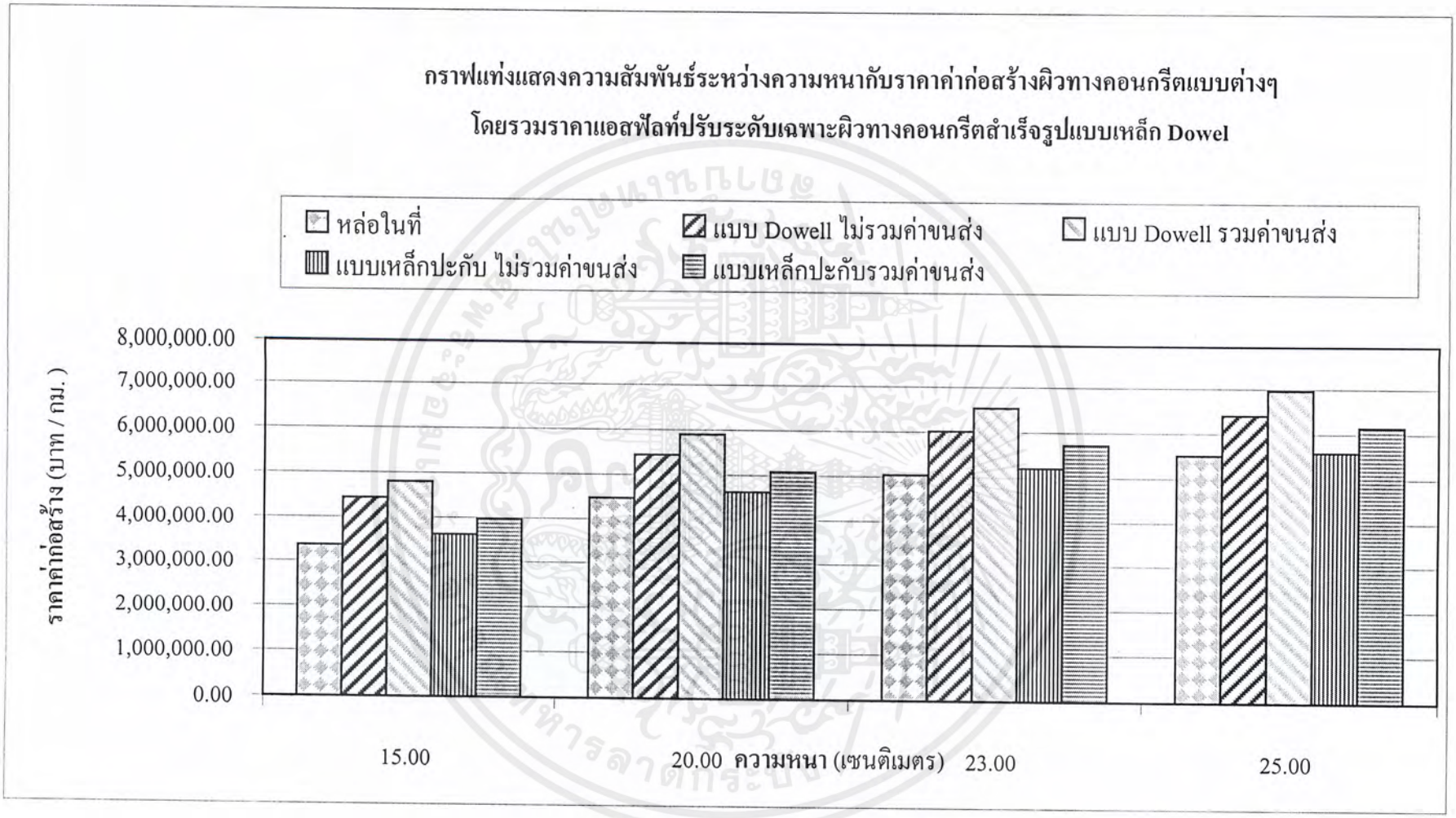
สิ่งที่ทำให้แผ่นพื้นถนนคอนกรีตสำเร็จรูปนี้มีราคาแพงเนื่องจาก

1. การเสริมเหล็กที่มากขึ้นเนื่องมาจากรอยต่อที่มากขึ้นทำให้ต้องใช้เหล็ก Dowel ที่มากขึ้นและต้องมีเหล็กรับโมเมนต์อีกด้วย
2. การคิดราคาค่าขนส่ง+ค่าติดตั้ง ถึง 10% ซึ่งเป็นอัตราราคาในการก่อสร้างของผู้รับเหมาดังนั้นราคานี้จึทำการรวมกำไรเข้าไปด้วยอาจทำให้ราคามากเกินไป
3. ค่าบ่มและค่าเทคอนกรีตที่อ้างอิงจากราคาของหน่วยงานราชการมีราคาแพงมากถ้าหากคิดต้นทุนในการทำที่โรงงานจริงๆ อาจจะถูกกว่านี้เนื่องจากเป็นการทำที่โรงงาน
4. ค่าคอนกรีตได้คิดจากราคาเดียวกันกับค่าคอนกรีตของถนนหล่อในที่ทำให้ราคาค่าก่อสร้างสูงเกินจริง

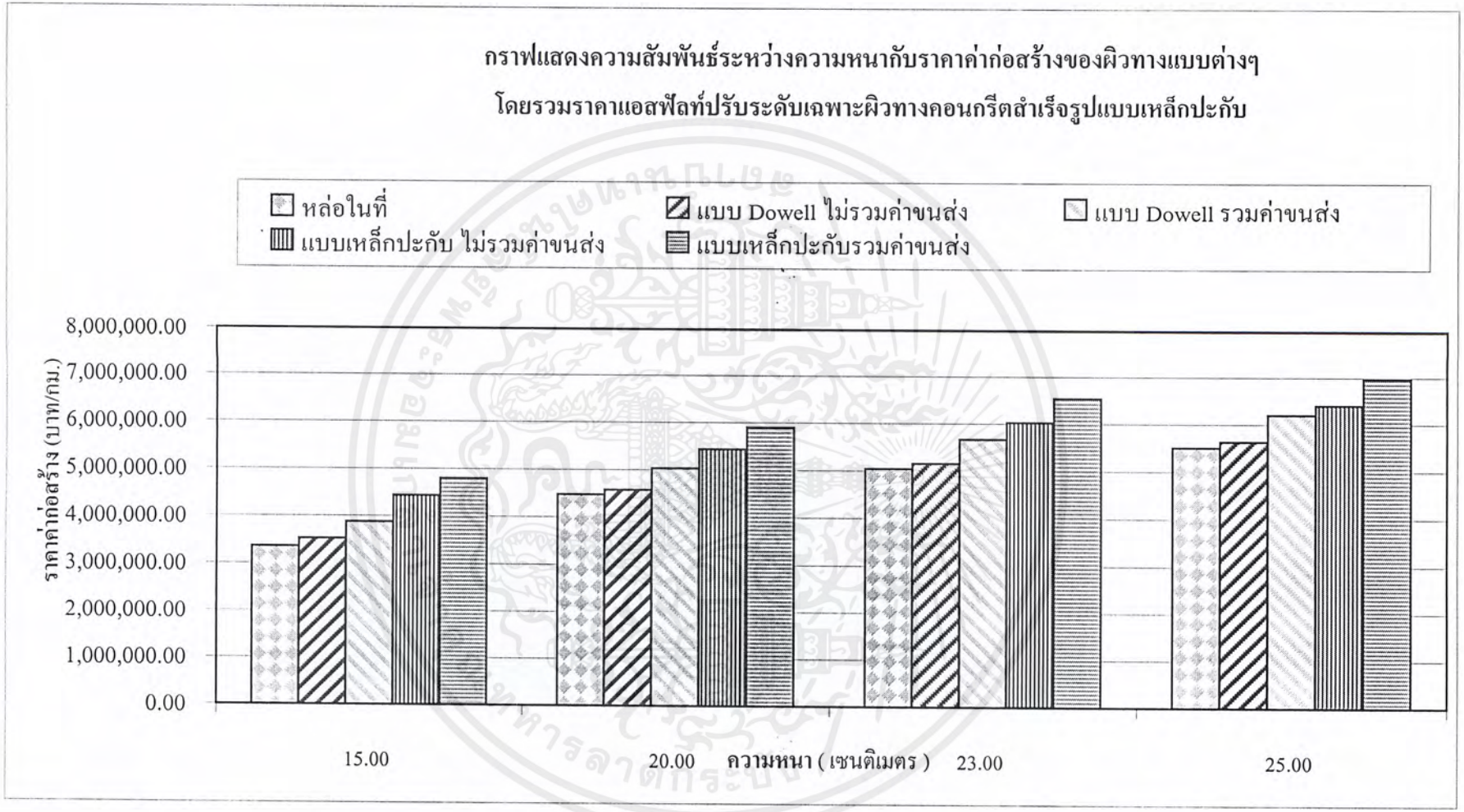
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



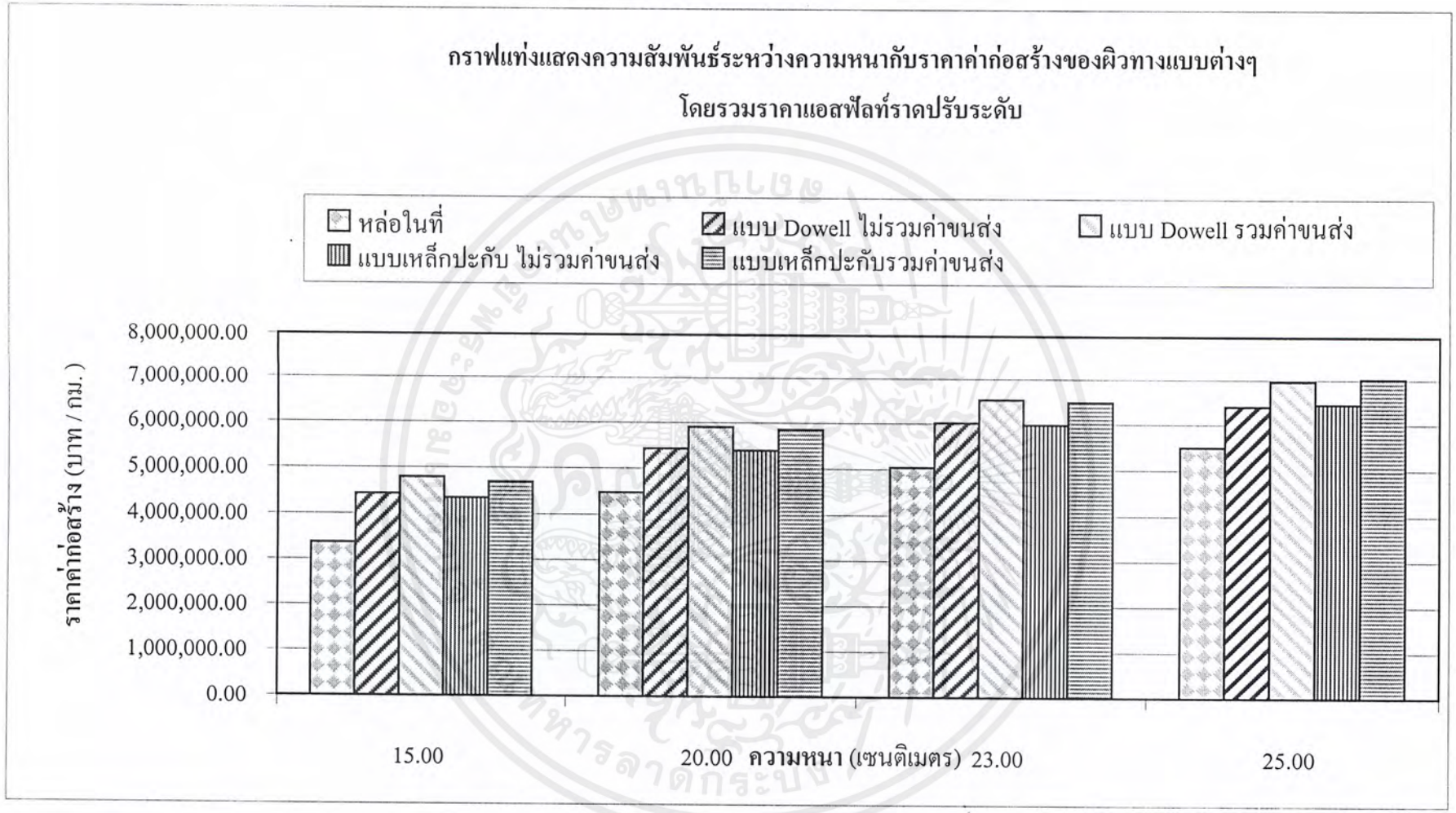
รูปที่ 5.1. กราฟแท่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนากับราคาค่าก่อสร้างผิวทางคอนกรีตแบบต่างๆ โดยไม่รวมราคาแอสฟัลท์ราดปรับระดับ



รูปที่ 5.2. กราฟแท่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนากับราคาค่าก่อสร้างผิวทางคอนกรีตแบบต่างๆ



รูปที่ 5.3. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนากับราคาค่าก่อสร้างของผิวทางแบบต่างๆ
โดยรวมราคาแอสฟัลท์ปรับระดับเฉพาะผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูปแบบเหล็กปะกับ



รูปที่5.4. กราฟแท่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนากับราคาค่าก่อสร้างของผิวทางแบบต่างๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทที่ 6
การเปรียบเทียบด้านระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง

6.1. กล่าวนำ

ระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้างเป็นสิ่งสำคัญมากซึ่งถ้าโครงการนั้นสร้างเสร็จตามระยะเวลาที่กำหนดหรือสร้างเสร็จเร็วกว่ากำหนดจะมีผลประโยชน์ทั้งทางตรงและทางอ้อม ผลประโยชน์ทางตรงที่เห็นเด่นชัดคือ เมื่อโครงการสร้างเสร็จเร็วกว่ากำหนดทำให้โครงการไม่ต้องเสียค่าปรับเนื่องจากส่งงานล่าช้าส่วนผลประโยชน์ทางอ้อมคือ เมื่อสร้างเสร็จก่อนกำหนดจะทำให้โครงการนั้นลดรายจ่ายบางอย่าง เช่น ลดค่าแรงงาน ลดค่าเช่าเครื่องมือเครื่องจักร เป็นต้น ซึ่งการลดรายจ่ายส่วนนี้จะเป็นส่วนของกำไรที่โครงการจะได้เพิ่มขึ้นมา

ปัจจัยที่มีผลต่อระยะเวลาการก่อสร้างมีอยู่หลายสาเหตุ เช่น สภาพภูมิประเทศ สภาพภูมิอากาศ บริเวณที่ทำการก่อสร้าง จำนวนคนงาน ความสามารถของคนงาน จำนวนสภาพของเครื่องมือเครื่องจักรที่ใช้ในการทำงาน เป็นต้น

ในการศึกษาเปรียบเทียบระยะเวลาการก่อสร้างของถนนทั้งสองระบบเราจึงต้องทำการกำหนดขอบเขตในการพิจารณา มิเช่นนั้นแล้วจะไม่สามารถเปรียบเทียบระยะเวลาการก่อสร้างได้

6.2. สมมติฐานและข้อจำกัดของการเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง

ในการศึกษาและวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ให้เป็นต้นแบบแรกของการวิจัยและพัฒนาต่อไป เพราะฉะนั้นจึงทำการตั้งสมมติฐานและข้อจำกัดให้สามารถทำการคำนวณได้โดยง่าย มองเห็นภาพโดยรวม หลักการและแนวทางในการคิดเพื่อหาระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้างจริงที่เกิดจากปัจจัยทุกตัวที่เกี่ยวข้อง

สมมติฐานและข้อจำกัดของการศึกษา

- ระยะเวลาในการก่อสร้างที่จะนำมาทำการเปรียบเทียบให้คิดเฉพาะระยะเวลาที่ทำการก่อสร้างผิวทางคอนกรีตเท่านั้น โดยเริ่มนับระยะเวลาหลังจากทำการปรับพื้นที่และทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การก่อสร้างคันทาง รองพื้นทางและชั้นพื้นทางเรียบร้อยแล้ว เหลือแต่เพียงการก่อสร้างผิวทางคอนกรีตเท่านั้น

- สภาพภูมิประเทศบริเวณที่ทำการก่อสร้างเป็นพื้นที่ราบไม่มีสิ่งกีดขวางในการทำการก่อสร้างและแนวเส้นทางที่ทำการก่อสร้างมีแนวเป็นเส้นตรงเท่านั้นตลอดระยะทางที่ทำการก่อสร้าง
- สภาพภูมิอากาศตลอดระยะเวลาการก่อสร้างมีสภาพอากาศปลอดโปร่ง มีแสงแดดไม่จัดนัก ลมพัดอ่อนๆ และไม่เกิดสภาพอากาศแปรปรวน อย่างเช่น เกิดลมพายุ ฝนตก หรือเหตุการณ์อื่นใดที่ทำให้การดำเนินการก่อสร้างต้องประสบกับปัญหาที่ทำให้ระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้างต้องล่าช้าหรือต้องหยุดการก่อสร้างใดๆทั้งสิ้น
- สภาพเครื่องมือเครื่องจักรที่ใช้ในการทำการก่อสร้างอยู่ในสภาพสมบูรณ์สามารถใช้งานได้เต็มประสิทธิภาพ
- คนงานที่ใช้ในการก่อสร้างมีสภาพร่างกายสมบูรณ์สามารถทำงานได้อย่างเต็มที่
- เวลาที่ทำการก่อสร้างในแต่ละวันมี ระยะเวลารวมทั้งสิ้น 8 ชั่วโมง แบ่งเป็น 2 ช่วงโดยเริ่มทำงานตั้งแต่ 07.00 – 12.00 น. และ 13.00 – 17.00 น.
- คอนกรีตมีปริมาณมากพอที่สามรถทำงานได้อย่างต่อเนื่องโดยไม่มีการหยุดชะงักของงานเนื่องจากคอนกรีตที่นำมาทำการก่อสร้างมีไม่เพียงพอ

6.3. ระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้างถนนคอนกรีตหล่อในที่

ในการศึกษาระยะเวลาการก่อสร้างของงานวิจัยนี้เราจะทำการศึกษาเฉพาะปัจจัยที่ทำให้ระยะเวลาการก่อสร้างเปลี่ยนแปลงเมื่อตัวแปรนั้นเปลี่ยนไปภายใต้ขอบเขตที่กำหนดเท่านั้น ดังนั้นเราจึงต้องทำการศึกษาหาปัจจัยต่างๆ เหล่านี้ก่อน

ปัจจัยที่มีผลต่อระยะเวลาการก่อสร้าง ได้แก่ จำนวนอุปกรณ์ จำนวนเครื่องมือเครื่องจักรและจำนวนคนงาน

ในการระบุความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้างกับตัวแปรต่างๆ นั้น จะทำการระบุความสัมพันธ์ให้อยู่ในรูปของสมการ โดยที่ตัวแปรต้นเป็นปัจจัยที่มีผลต่อระยะเวลาการก่อสร้างและตัวแปรตาม คือ ระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ในการทำถนนต้องมีการใช้จำนวนเครื่องมือเครื่องจักร อุปกรณ์และคนงาน จำนวนหนึ่งซึ่งเป็นจำนวนขั้นต่ำที่สุดที่จะสามารถทำงานได้ แต่รายการดังกล่าวนี้มิได้ระมีการระบุไว้เป็นทางการแต่สามารถหาได้จากประสบการณ์ ดังนั้นข้อมูลดังกล่าวนี้จึงนำมาจากการสัมภาษณ์หัวหน้าคนงาน ผู้รับเหมาและวิศวกรที่มีประสบการณ์ในการทำงานอย่างโชกโชน โดยมีรายการและจำนวน ดังต่อไปนี้

6.3.1. ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับจำนวนอุปกรณ์ที่ใช้ในการก่อสร้าง

เนื่องจากการก่อสร้างถนนหล่อในที่นั้น อุปกรณ์, เครื่องมือ และเครื่องจักรที่ใช้ในการก่อสร้างมักมีราคาในการดำเนินการสูง ทางผู้รับเหมามักจะใช้เครื่องมือและเครื่องจักรในการดำเนินการก่อสร้างให้น้อยที่สุดเท่าที่จะน้อยได้ ดังนั้นในการหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการก่อสร้างกับจำนวนอุปกรณ์ เครื่องมือ และเครื่องจักรที่ใช้ในการก่อสร้างจึงไม่นำมาทำการเปรียบเทียบ โดยสมมติให้การก่อสร้างถนนมีอุปกรณ์ เครื่องมือ และเครื่องจักรในการก่อสร้างอย่างเพียงพอ

6.3.2. ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับจำนวนแรงงาน

จากการที่ได้ทำการสัมภาษณ์วิศวกรผู้ควบคุมงานของกรมโยธาธิการ กรมทางหลวง และผู้รับเหมาก่อสร้างถนน พบว่าจำนวนคนงานที่ใช้ในงานก่อสร้างถนนขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ขนาดของโครงการ ที่ตั้งของโครงการ เป็นต้น และจากข้อมูลกรมทางหลวงพบว่า ถ้าเทคอนกรีตกว้าง 3 เมตร และใช้คนงานจำนวน 20 คนซึ่งเป็นจำนวนคนงานโดยเฉลี่ยที่ผู้รับเหมามักจะใช้ในการก่อสร้างถนน จะสามารถทำการเทคอนกรีตได้ระยะทางโดยเฉลี่ยประมาณ 120 เมตรต่อวัน โดยในตอนเช้าจะทำการติดตั้งแบบหล่อ และจะทำการเทคอนกรีตในช่วงบ่าย

6.4. ระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้างผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูป

ปัจจัยที่มีผลต่อระยะเวลาในการก่อสร้างแผ่นผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูปที่สำคัญที่เป็นไปตามสมมติฐานข้างต้น ได้แก่ ระยะทางในการขนส่งแผ่นพื้นสำเร็จรูป เทคนิคในการติดตั้ง ขนาดของแผ่นพื้นสำเร็จรูป จำนวนคนงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.4.1. ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับระยะทางในการขนส่งผิวทางถนนสำเร็จรูป

ในการศึกษาความสัมพันธ์พบว่า ถ้าระยะทางในการขนส่งแผ่นผิวทางสำเร็จรูปไกล จะทำให้ระยะเวลาในการก่อสร้างล่าช้ากว่า ในกรณีที่ระยะทางในการขนส่งแผ่นผิวทางสำเร็จรูปใกล้ แต่ถ้าหากโครงการก่อสร้างมีขนาดใหญ่ก็จะสามารถทำการตั้งโรงงานผลิตแผ่นผิวทางสำเร็จรูปใกล้ๆ กับสถานที่ก่อสร้างได้ ทำให้สามารถตัดปัจจัยในการขนส่งออกไป ซึ่งในงานวิจัยนี้ตั้งสมมติฐานว่าสามารถตัดปัจจัยในการขนส่งออกไปได้ เนื่องจากเป็นระบบแผ่นผิวทางสำเร็จรูปจะนำมาใช้กับโครงการขนาดใหญ่เท่านั้น

6.4.2. ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับเทคนิคในการติดตั้ง

ในการติดตั้งแผ่นผิวทางสำเร็จรูปนั้น ความชำนาญของคนงานเป็นตัวแปรที่สำคัญต่อระยะเวลาในการก่อสร้าง ซึ่งในโครงงานพิเศษนี้สมมติให้คนงานมีความชำนาญในการติดตั้งแผ่นผิวทางสำเร็จรูปเป็นอย่างดี ทำให้สามารถตัดปัจจัยในเรื่องเทคนิคการติดตั้งออกไปได้

6.4.3. ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับจำนวนแรงงาน

เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเกี่ยวกับแผ่นผิวทางสำเร็จรูปซึ่งยังไม่มีผู้รับเหมารายใดเคยทำการก่อสร้างมาก่อน ทำให้ไม่ทราบข้อมูลจำนวนคนงานที่ใช้ในการก่อสร้าง ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการสอบถามวิศวกรโครงการ สำนักก่อสร้างสะพาน กรมทางหลวง ซึ่งมีประสบการณ์ในการก่อสร้างสะพานที่ต้องใช้ระบบคานสำเร็จรูป และสรุปออกมาได้ว่า ในการก่อสร้างต้องมีจำนวนมากพอที่จะสามารถทำการติดตั้ง เคลื่อนย้าย จัดตำแหน่ง การวางระบบคานสำเร็จรูปได้อย่างสะดวก

6.4.4. ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับขนาดของแผ่นพื้น

จากการสอบถามวิศวกรโครงการ สำนักก่อสร้างสะพาน กรมทางหลวง ได้ข้อสรุประหว่างระยะเวลากับขนาดคานสำเร็จรูปว่า ระยะเวลาในการก่อสร้างจะขึ้นอยู่กับน้ำหนักของคานสำเร็จรูป ดังนั้นจึงสามารถตั้งสมมติฐานได้ว่า ระยะเวลาในการก่อสร้างแผ่นผิวทางสำเร็จรูปจะขึ้นอยู่กับน้ำหนักของแผ่นผิวทางสำเร็จรูปเป็นหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.5. การวิเคราะห์และเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง

เนื่องจากในการศึกษาและวิจัยนี้มีความจำกัดจำเขี่ยในด้านงบประมาณทำให้ไม่สามารถทำการทดสอบการขนส่งและติดตั้งได้จริง ทำได้แค่เพียงคาดการณ์แนวโน้มของระยะเวลาการก่อสร้างจากข้อมูลที่รวบรวมมาเท่านั้น

จากการรวบรวมข้อมูลของการก่อสร้างด้วยระบบสำเร็จรูป โดยอาศัยข้อมูลจากอาคารที่ทำการก่อสร้างด้วยระบบสำเร็จรูป ยิ่งส่วนที่เป็นพื้นอาคารที่เป็นแผ่นผิวทางสำเร็จรูปนั้นสามารถทำการก่อสร้างได้รวดเร็วกว่าพื้นหล่อในที่ ดังนั้นถ้ามีความพร้อมทางด้านเครื่องมือ เครื่องจักร อุปกรณ์และคนงานที่มีความสามารถในจำนวนที่เหมาะสมแล้วระยะเวลาที่ใช้นั้นจะมีระยะเวลาสั้นกว่าการก่อสร้างระบบหล่อในที่ ปัจจัยที่ทำให้ระยะเวลาในการก่อสร้างระบบสำเร็จรูปเร็วกว่าอาจสรุปได้ดังนี้ ไม่ต้องรอคอนกรีตแข็งตัวจนได้กำลังแล้วจึงทำการถอดแบบ ทำการก่อสร้างได้เกือบทุกสภาพอากาศ มีการสูญเสียวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างน้อยและทำการก่อสร้างได้ในปริมาณมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

7.1. กล่าวนำ

การก่อสร้างถนนในประเทศไทย ได้มีการนำเทคโนโลยีเครื่องมือ เครื่องจักร เข้ามาเพื่อให้การก่อสร้างสะดวกรวดเร็วขึ้นซึ่งการก่อสร้างแบบเดิมนั้นมักใช้แรงงานคนเป็นหลักซึ่งทำให้ใช้เวลาในการก่อสร้างมาก จึงเกิดแนวคิดในการนำระบบการก่อสร้างแบบสำเร็จรูปมาใช้ ดังนั้นจึงเกิดการศึกษาความเป็นไปได้ที่จะทำการก่อสร้างถนนด้วยระบบสำเร็จรูปนั่นก็คือ ผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูป

การก่อสร้างที่ใช้เทคนิคในการก่อสร้างเป็นระบบสำเร็จรูป วัตถุประสงค์หลักที่ต้องการจากการก่อสร้างด้วยระบบสำเร็จรูป คือ เวลาในการดำเนินการก่อสร้างนั้นจะกินเวลาน้อยกว่าการก่อสร้างด้วยระบบหล่อในที่ อีกทั้งยังสามารถทำการก่อสร้างเป็นปริมาณมากในเวลาอันจำกัด วัสดุที่นำใช้ทำผลิตภัณฑ์สามารถทำการควบคุมคุณภาพ ทำให้ผลิตภัณฑ์ได้มาตรฐานสำหรับการนำไปใช้งาน

การใช้งานของการก่อสร้างด้วยระบบสำเร็จรูปจะสมบูรณ์ได้ก็ต่อเมื่อทำการประกอบติดตั้ง และยึดส่วนต่างๆ ให้ติดกันอย่างแข็งแรงเสมือนเป็นเนื้อเดียวกัน เช่นเดียวกับการก่อสร้างด้วยระบบหล่อในที่

ในการก่อสร้างด้วยระบบสำเร็จรูปนั้นอาจจะมีความยุ่งยากอยู่บ้างในเรื่องของอุปกรณ์เครื่องมือ เครื่องจักรที่ต้องใช้ในการก่อสร้าง เพราะการก่อสร้างอาจจะต้องใช้เทคนิคเฉพาะสำหรับงานนั้นๆ อีกทั้งยังต้องการผู้ที่มีความชำนาญในการก่อสร้างซึ่งถ้าหากขาดแล้วอาจทำงานก่อสร้างไม่สะดวกราบรื่น รวดเร็วอย่างที่ควรจะเป็น

วัตถุประสงค์ในการศึกษาวิจัยหาความเป็นไปได้ในการนำแผ่นผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูปมาใช้งานนี้ จะทำการศึกษาเปรียบเทียบกับการก่อสร้างถนนคอนกรีตด้วยระบบหล่อในที่ ใน 3 ด้าน คือ วิธีการและเทคนิคที่ใช้ในการก่อสร้าง ระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้างและราคาค่าก่อสร้าง โดยทำการศึกษาและเปรียบเทียบข้อแตกต่าง ข้อดีและข้อเสีย จากนั้นจึงทำการประเมินว่ามีความเป็นไปได้มากน้อยแค่ไหนที่จะนำระบบการก่อสร้างแบบสำเร็จรูปมาใช้กับถนนคอนกรีต จุดบกพร่องตรงไหนที่ควรทำการแก้ไขเพื่อการวิจัยและพัฒนาต้นแบบนี้ให้เป็นจริงต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.2. สรุปผลการวิจัย

ในการศึกษาวิจัยนี้จะทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำแผ่นผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูปมาใช้ในการก่อสร้างแทนผิวทางคอนกรีตหล่อในที่ โดยทำการศึกษาและเปรียบเทียบข้อดี ข้อเสียทั้งหมด 3 ด้านด้วยกัน ได้แก่ เทคนิคและวิธีการก่อสร้าง ราคาค่าก่อสร้างและระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง

7.2.1. เทคนิคและวิธีการก่อสร้าง

การก่อสร้างผิวทางคอนกรีตสามารถสรุปได้ว่ากระบวนการผลิตแผ่นผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูปนี้สามารถผลิตได้ง่าย สะดวกเพราะแบบหล่อคอนกรีตที่ใช้มีลักษณะของแบบคล้ายกับแบบของถนนหล่อในที่จึงทำให้นำแบบหล่อที่ใช้กับถนนหล่อในที่มาประยุกต์ใช้เป็นแบบหล่อในงานระบบสำเร็จรูปได้และยังสามารถใช้งานได้หลายครั้งอีกทั้งยังมีการควบคุมคุณภาพในการผลิตทำให้แผ่นผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูปที่ได้มีคุณภาพตามที่กำหนด

ด้านการขนส่งและติดตั้งนั้น การขนส่งยังคงมีปัญหาเนื่องจากรถที่ใช้ขนส่งต้องมีขนาดกว้างและสามารถขนส่งแผ่นผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูปได้จำนวนน้อย ส่วนในด้านการติดตั้ง ซึ่งหลังจากการทดสอบการติดตั้งแล้วพบว่าสามารถติดตั้งได้โดยไม่มีอุปสรรคใดๆ ซึ่งในงานก่อสร้างจริง ถ้ามีเครื่องมือ เครื่องจักรที่เหมาะสม และจำนวนคนงานที่มีความชำนาญก็จะทำให้การติดตั้งได้สะดวกและรวดเร็ว

จากการทดสอบผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูปด้วยแบบจำลองพบว่าระดับของผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูปมีความแตกต่างระดับของจุดที่ทำการควบคุมระดับน้อยมาก ทำให้สรุปได้ว่าผิวทางคอนกรีตนี้มีลักษณะเรียบสามารถนำไปใช้งานได้ ส่วนบริเวณรอยต่อของแผ่นผิวทาง หลังจากได้ทำการเชื่อมแผ่นผิวทางให้ยึดติดกันโดยการเทคอนกรีตแล้วพบว่าบริเวณรอยต่อที่ทำการเชื่อมมีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันกับถนน ทำให้แผ่นผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูปสามารถถ่ายแรงได้อย่างสมบูรณ์ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.2.2. ราคาค่าก่อสร้าง

จากการคำนวณและเปรียบเทียบราคาค่าก่อสร้างตามสมมติฐานในการทำการศึกษาพบว่า ราคาค่าก่อสร้างต่อระยะทาง 1 กิโลเมตรของผิวทางถนนคอนกรีตหล่อในที่กับราคาค่าก่อสร้างของผิวทางถนนคอนกรีตสำเร็จรูป ทั้งแบบที่ 1 และแบบที่ 2 นั้น โดยไม่รวมค่าขนส่งและค่าแอสฟัลท์ราดปรับระดับ ราคาจะไม่แตกต่างกันมากนักโดยที่ทุกความหนาราคาของถนนผิวทางสำเร็จรูปจะมีราคาแพงกว่าประมาณกิโลเมตรละ 100,000 บาท ถ้าหากรวมค่าขนส่ง 10 % ของราคางาน ราคาของถนนระบบสำเร็จรูปทั้งสองระบบจะมีราคาแพงกว่าระบบหล่อในที่มาก และยิ่งถ้าหากรวมค่าแอสฟัลท์ปรับระดับจะทำให้ราคาค่าก่อสร้างพุ่งสูงมากซึ่งแพงกว่าประมาณกิโลเมตรละ 1,000,000 บาท แต่ก็ทำให้ถนนมีความทนทานและสามารถใช้งานได้นานมากกว่าถนนคอนกรีตปกติ เช่น ทางด่วน เป็นต้น

จากผลการศึกษาดังกล่าวอาจกล่าวได้ว่ามีความเป็นไปได้น้อยมากที่จะนำแผ่นผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูปมาใช้งาน แต่ก็พอมีความเป็นไปได้อยู่บ้างเนื่องจากมีปัจจัยในการคิดราคาบางตัวเป็นราคาที่อ้างอิงจากทางราชการ และจากผู้รับเหมา เช่น ราคาคอนกรีตผสมเสร็จ อัตราการคิดราคาค่าขนส่งมีราคาเกินจริงเมื่อเทียบจากการสอบถามราคาตามท้องตลาด แต่มิอาจระบุในเอกสารทางวิชาการได้ นอกจากนี้มีปัจจัยบางตัวมีราคาไม่แน่นอน เช่น ค่าขนส่งที่ขึ้นอยู่กับราคาน้ำมันและปัจจัยตัวอื่นอีก ถ้าหากทำการศึกษาหาราคาที่แท้จริงของปัจจัยต่างๆ ที่เหล่านี้ก็มีความเป็นไปได้สูงที่จะนำแผ่นผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูปมาใช้งาน

7.2.3. ระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้าง

เนื่องจากงบประมาณที่จำกัดจึงมิอาจทำการก่อสร้างจริงเพื่อหาระยะเวลาในการก่อสร้างที่แท้จริงได้แต่การรวบรวมข้อมูลของการก่อสร้างด้วยระบบสำเร็จรูปพบว่าระยะเวลาที่ใช้ในการก่อสร้างโครงการด้วยระบบสำเร็จรูปจะใช้เวลาในการก่อสร้างน้อยกว่าโครงการก่อสร้างด้วยระบบหล่อในที่ ซึ่งเวลาที่ประหยัดได้ในการก่อสร้างทำให้ประหยัดงบค่าดำเนินการ ดอกเบี้ยที่จะเสียและเปิดใช้งานเพื่อหาเม็ดเงินมาทดแทนเงินทุนที่ลงไปได้อย่างรวดเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.3. ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาวิจัยทำให้พบปัญหาต่างๆ และมีข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

1. ถ้าหากมีงบประมาณเพียงพอควรลองทำการก่อสร้างถนนจริงแล้วเปิดใช้งาน และตรวจสอบปัญหาที่เกิดขึ้นจากการก่อสร้างและการใช้งาน

2. ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อราคาค่าก่อสร้างในส่วนที่ยังทำการระบุราคาได้ไม่ชัดเจนให้สามารถทำการระบุราคาได้อย่างแน่นอนมากยิ่งขึ้น

3. ทำการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับปัจจัยที่มีผลต่อระยะเวลาให้ครบทุกปัจจัยเพื่อนำไปใช้ในการคาดการณ์ระยะเวลาในการก่อสร้างได้ถูกต้องมากขึ้น

4. ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีราคาถูกลงและสามารถก่อสร้างได้สะดวกกว่าเดิม

5. ควรนำไปศึกษาทดลองกับงานซ่อมแซมก่อนจากนั้นจึงทำการพัฒนาไปใช้กับงานก่อสร้างทั้งระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

- กิติพงศ์ หมื่นราช, ภูรี สุขแสนและสุวิทย์ บุญญาวณิชผล, 2543. การศึกษาและการเปรียบเทียบระบบก่อสร้างบ้านคอนกรีตสำเร็จรูปในประเทศไทย.โครงงานพิเศษ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- คณะทำงานเพื่อกำหนดหลักเกณฑ์มาตรฐานกิจกรรมก่อสร้างงานทาง กรมทางหลวง, พฤศจิกายน 2543. คู่มือการประเมินราคางานก่อสร้างทาง กรมทางหลวง.
- จิรพัฒน์ โชติกไกร,2543. การออกแบบทาง. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ชาญชัย จารุจินดา, 2537. การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ.
- พิสิฐ ศรีวรานันท์, สมชัย อังกูรวิวิฒน์และธนะชัย หล่ออภิบาลกุล,2544 .แบบมาตรฐานถนนและสะพาน. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ .โรงพิมพ์อาสารักษาดินแดน กรมการปกครอง.
- ราคาวัสดุก่อสร้างส่วนกลาง มกราคม 2545, กลุ่มดัชนีการก่อสร้าง สำนักดัชนีเศรษฐกิจการค้า กรมการค้าภายใน
- วิชัย ศรีสะอ้านและคณะ, 2534. เครื่องจักรกลและอุปกรณ์การก่อสร้าง. กรุงเทพฯ. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- สุวัฒน์ ถิรเศรษฐ์, 2542. เทคโนโลยีการก่อสร้าง . กรุงเทพฯ. วิศวะศิลป์การพิมพ์ จำกัด.
- สนั่น เจริญเผ่าและวินิต ช่อวิเชียร,2539 .การออกแบบโครงสร้างไม้และโครงสร้างเหล็ก. พิมพ์ครั้งที่ 8 .กรุงเทพฯ. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อำนวย พานิชกุลพงศ์, เอกสารประกอบการสอนวิศวกรรมทาง. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- Nath KIATRABIN, 1998. Development of PC Construction Method, NHA Policy on Development of PC Construction System , Sept 9-10. Alexander Hotel, Bangkok.
- Chookial NIMMANNIT, 1998. Development of PC Construction Method, Concept of Design , Sept 9-10. Alexander Hotel, Bangkok.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

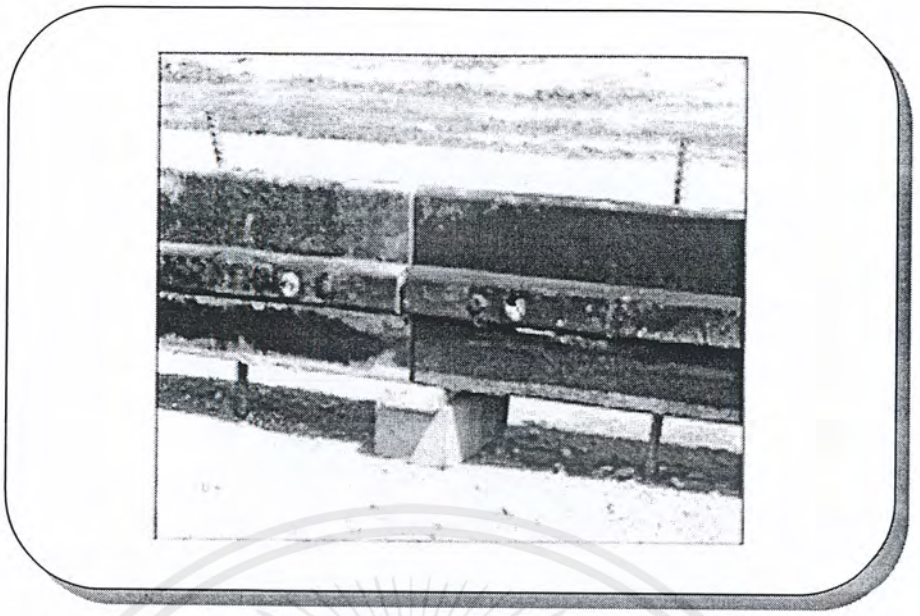
- จิรพัฒน์ โชติกไกร,2531. วิศวกรรมการทาง. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์.
- ชัชวาลย์ เศรษฐบุตร, 2536 . คอนกรีตเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ : บริษัท เอ-พลัส กรุ๊ป จำกัด.
- อภิชัย ธีระรังสิกุล, 2533.การศึกษาความล่าช้าของการก่อสร้างถนนในกรุงเทพมหานคร . โครงงานพิเศษ มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์.
- Waddel , Joseph J.1, Precast Concrete : Handing and erection , 3 rd ed. Michican,1984.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

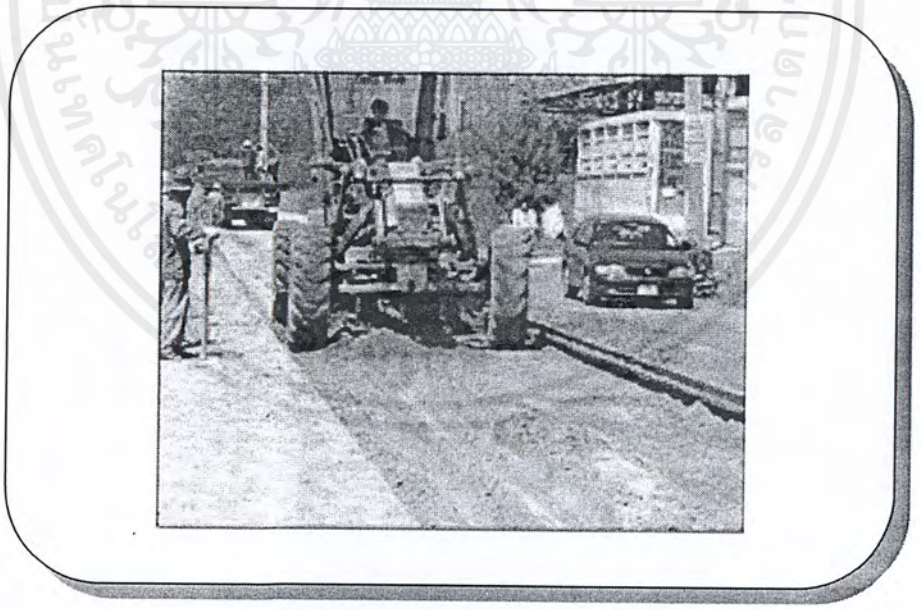
ภาคผนวก ก

รูปแสดงการก่อสร้างผิวทางคอนกรีตระบบหล่อในที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

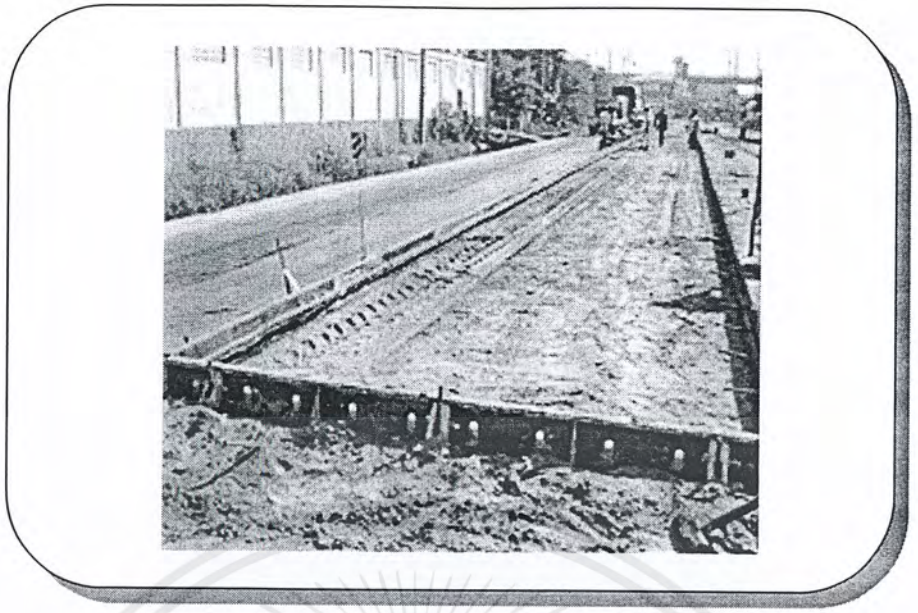


รูปที่ 1. แบบข้างที่ทำการปรับระดับแล้ว

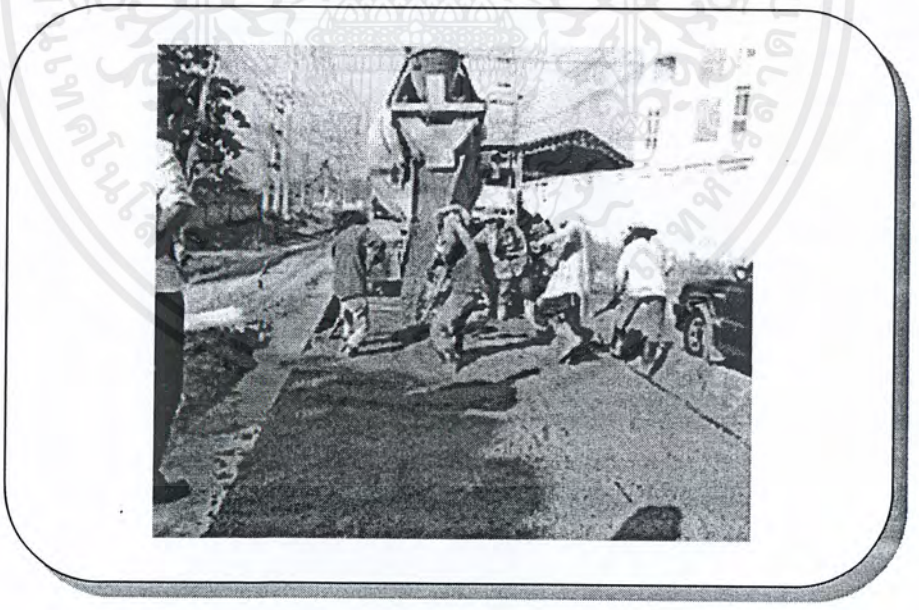


รูปที่ 2. การปรับระดับทรายรองพื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



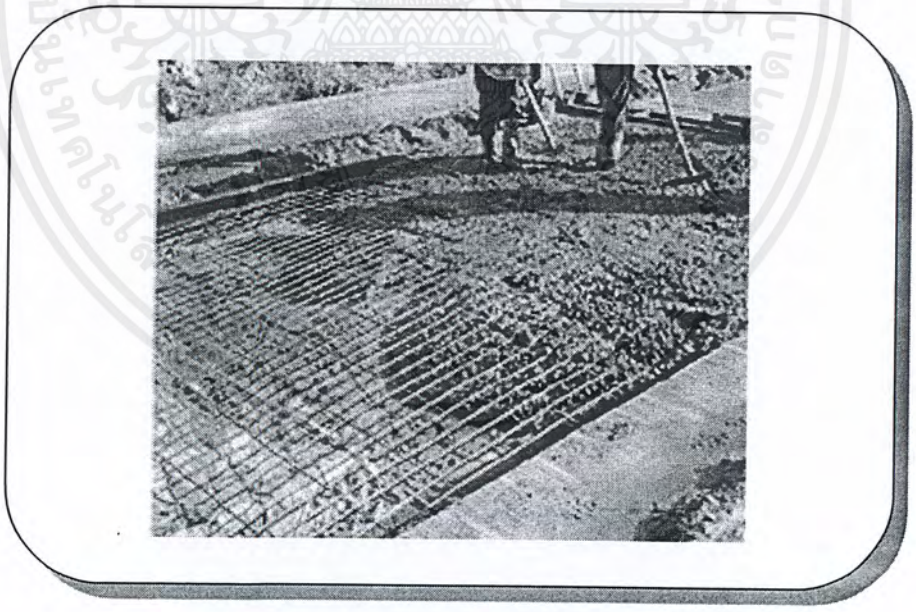
รูปที่ 3. การติดตั้งแบบหล่อของถนน



รูปที่ 4. การเทคอนกรีตผิวทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5. การวางเหล็กเสริมกันร้าว



รูปที่ 6. การเกลี่ยคอนกรีตให้สม่ำเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 7. การใส่เหล็กยึดตามขวาง

รูปที่ 8. การแต่งผิวหน้าของถนน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 9. ถนนที่ทำการก่อสร้างและปรับแต่งเรียบร้อยแล้ว

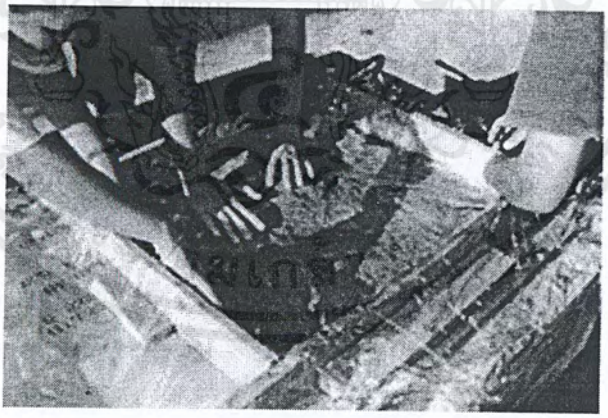
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

รูปแสดงการก่อสร้างแบบจำลองผิวทางคอนกรีตสำเร็จรูป

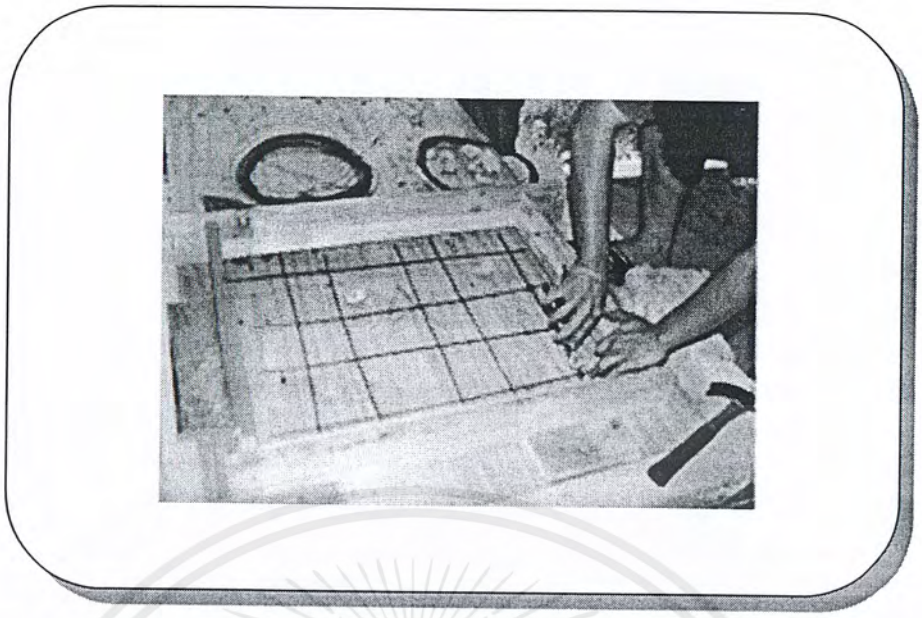
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 1. การทำแบบหล่อ

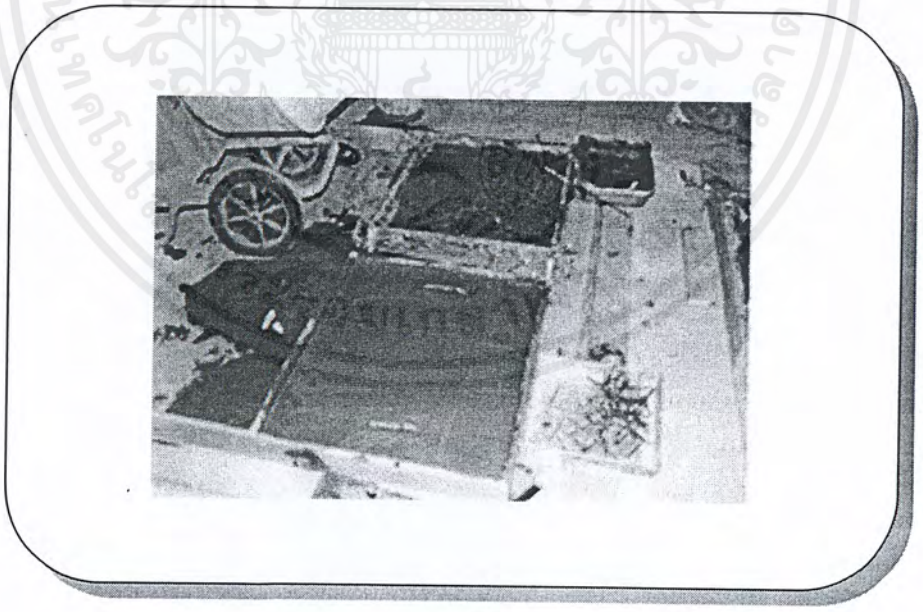


รูปที่ 2. การเตรียมแบบหล่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

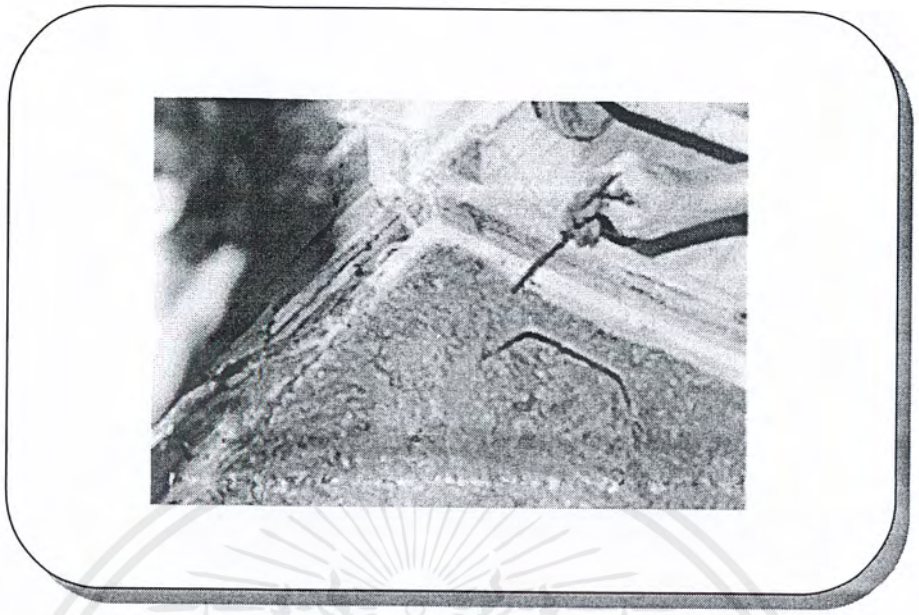


รูปที่ 3. การผูกเหล็ก

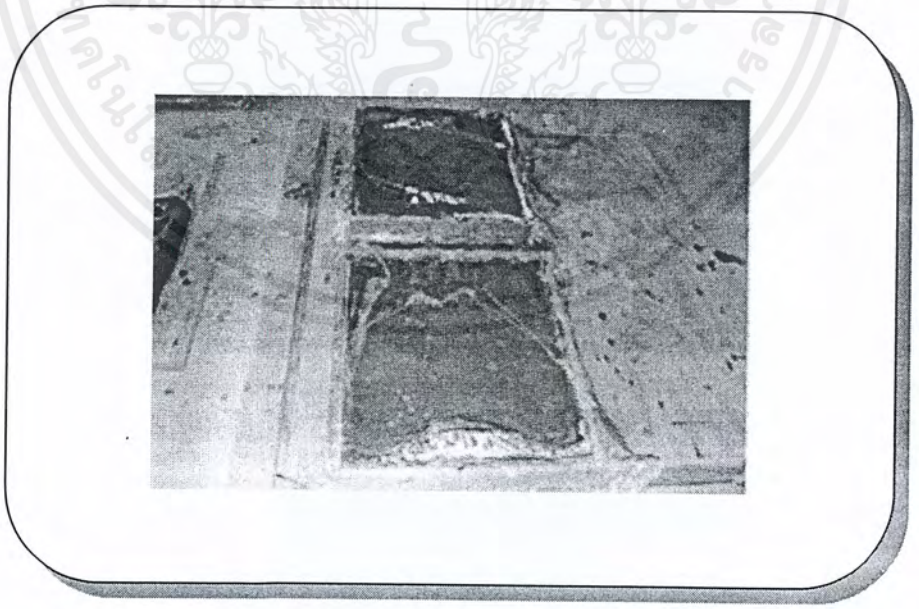


รูปที่ 4. การเทคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

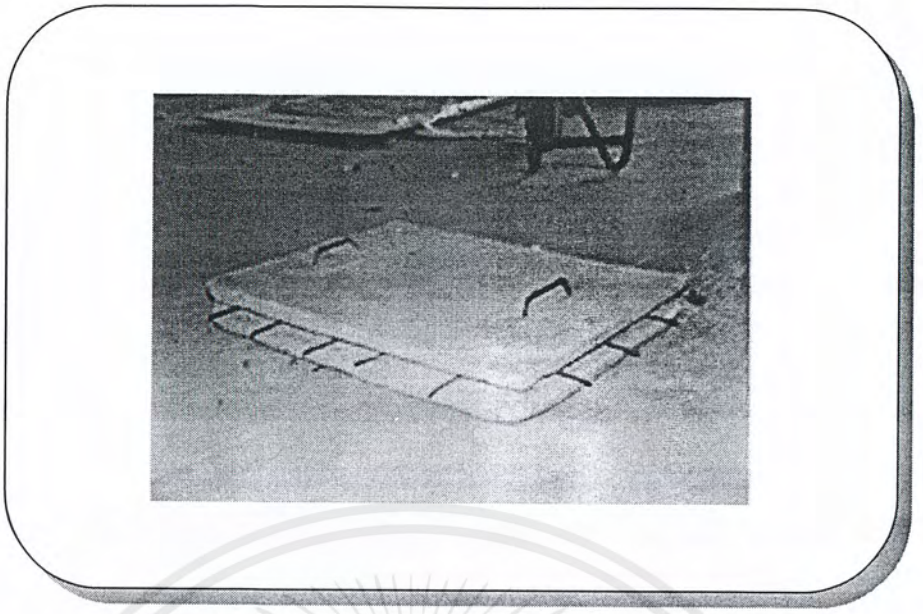


รูปที่ 5. การจี้คอนกรีต

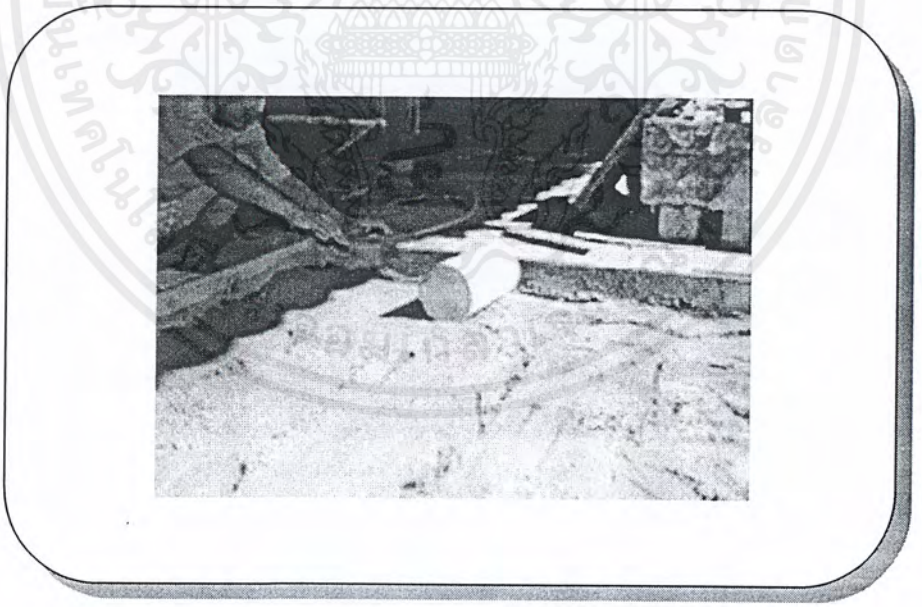


รูปที่ 6. การบ่มคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

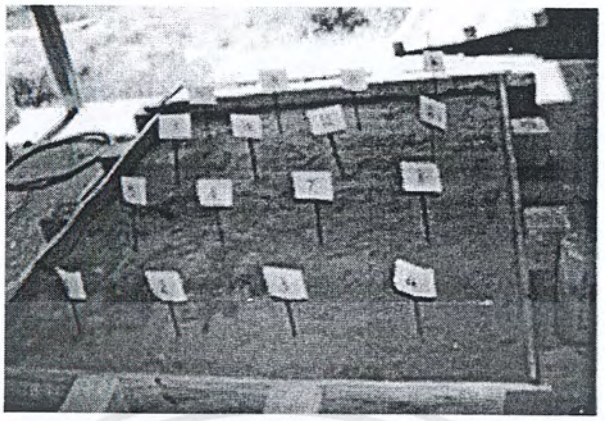


รูปที่ 7. แบบจำลองผิวทางสำเร็จรูป



รูปที่ 8. การบดอัดและปรับระดับทราย

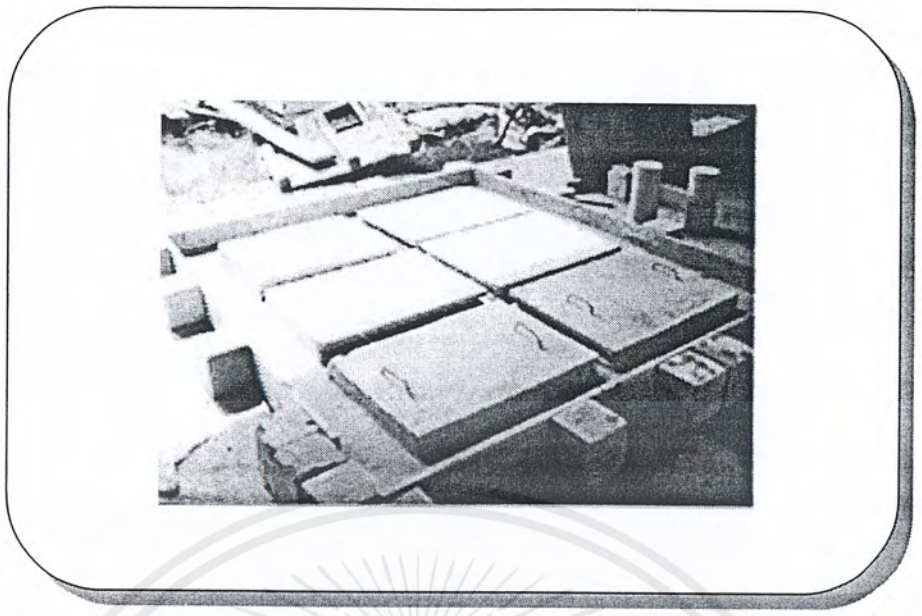
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



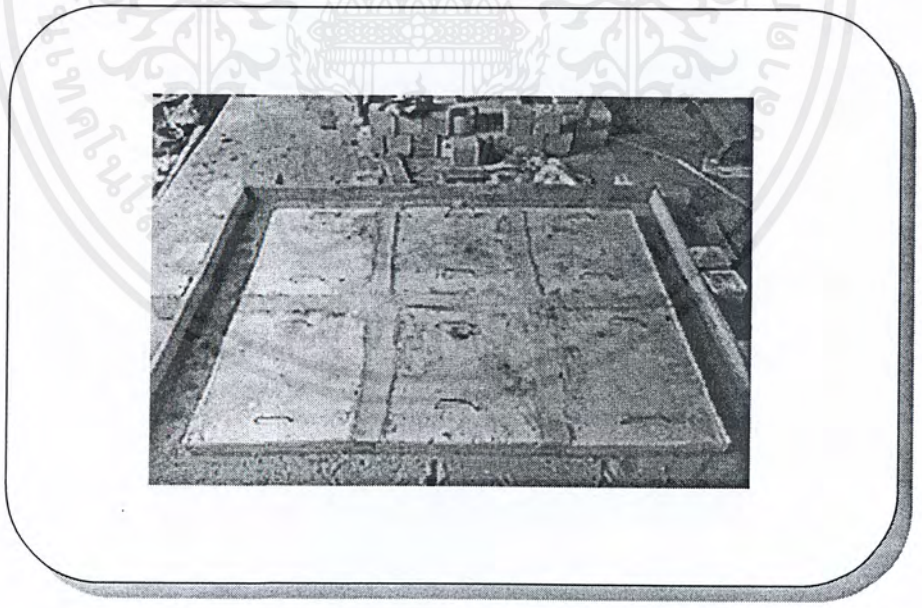
รูปที่ 9. จุดที่ทำการตรวจสอบระดับ

รูปที่ 10. การตรวจสอบระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 11. แบบจำลองผิวทางสำเร็จรูปที่ติดตั้งแล้ว



รูปที่ 12. แบบจำลองผิวทางสำเร็จรูปที่ทำการเชื่อมติดรอยต่อแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ตารางแสดงราคาค่าวัสดุ ค่าดำเนินการและค่าเสื่อมราคา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผค1.ราคาวัสดุก่อสร้างในส่วนกลาง มกราคม 2545

ลำดับ	รายการวัสดุ	หน่วย	ราคาประจำเดือน (บาท)	
			ไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม	รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม
1.	คอนกรีตผสมเสร็จ			
1.1.	คอนกรีตผสมเสร็จ ซีแพค (กทม.รอบใน) กำลังอัดประลัยที่อายุ 28 วัน ราคาถึงหน่วยงานผู้ซื้อ ระยะทางไม่เกิน 15 กม. รูปลูกบาศก์ 15x15x15 ซม. และรูปทรงกระบอก 15x30 ซม.	ลบ.ม.		
1.1.1.	รูปลูกบาศก์ 180 กก./ตร.ซม. และรูปทรงกระบอก 140 กก./ตร.ซม.	ลบ.ม.	2,210.00	2365.00
1.1.1.	รูปลูกบาศก์ 210 กก./ตร.ซม. และรูปทรงกระบอก 180 กก./ตร.ซม.	ลบ.ม.	2,270.00	2429.00
1.1.1.	รูปลูกบาศก์ 240 กก./ตร.ซม. และรูปทรงกระบอก 210 กก./ตร.ซม.	ลบ.ม.	2,330.00	2494.00
1.1.1.	รูปลูกบาศก์ 280 กก./ตร.ซม. และรูปทรงกระบอก 240 กก./ตร.ซม.	ลบ.ม.	2,400.00	2568.00
1.1.1.	รูปลูกบาศก์ 320 กก./ตร.ซม. และรูปทรงกระบอก 280 กก./ตร.ซม.	ลบ.ม.	2,480.00	2654.00
1.1.1.	รูปลูกบาศก์ 350 กก./ตร.ซม. และรูปทรงกระบอก 300 กก./ตร.ซม.	ลบ.ม.	2,600.00	2782.00
1.1.1.	รูปลูกบาศก์ 380 กก./ตร.ซม. และรูปทรงกระบอก 320 กก./ตร.ซม.	ลบ.ม.	2,680.00	2868.00
1.1.1.	รูปลูกบาศก์ 400 กก./ตร.ซม. และรูปทรงกระบอก 350 กก./ตร.ซม.	ลบ.ม.	2,760.00	2954.00
2.	เหล็กเส้นก่อสร้าง			
2.1.	เหล็กเส้นก่อสร้าง			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผค1.ราคาวัสดุก่อสร้างในส่วนกลาง มกราคม 2545 (ต่อ)

ลำดับ	รายการวัสดุ	หน่วย	ราคาประจำเดือน (บาท)	
			ไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม	รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม
2.1.1.	เหล็กเส้นกลมผิวเรียบ SR.24 (มอก.20-2527) รวมค่าขนส่งในกทม.	ตัน		
	ϕ 6 มม. ยาว 10 ม. น้ำหนัก 2.22 กก./เส้น	ตัน	12,510.00	13386.00
	ϕ 9 มม. ยาว 10 ม. น้ำหนัก 4.99 กก./เส้น	ตัน	11,676.00	12494.00
	ϕ 12 มม. ยาว 10 ม. น้ำหนัก 8.88 กก./เส้น	ตัน	11,136.00	11916.00
	ϕ 15 มม. ยาว 10 ม. น้ำหนัก 13.87 กก./เส้น	ตัน	10,198.00	10912.00
	ϕ 19 มม. ยาว 10 ม. น้ำหนัก 22.26 กก./เส้น	ตัน	10,198.00	10,912.00
	ϕ 25 มม. ยาว 10 ม. น้ำหนัก 38.53 กก./เส้น	ตัน	10,198.00	10,912.00
2.1.2.	เหล็กเส้นกลมผิวข้ออ้อย SD.30 (มอก.24-2536) รวมค่าขนส่งในกทม.			
	ϕ 12 มม. ยาว 10 ม. น้ำหนัก 8.88 กก./เส้น	ตัน	11,230.00	12016.00
	ϕ 16 มม. ยาว 10 ม. น้ำหนัก 15.80 กก./เส้น	ตัน	11,030.00	11802.00
	ϕ 20 มม. ยาว 10 ม. น้ำหนัก 24.70 กก./เส้น	ตัน	11,030.00	11802.00
	ϕ 25 มม. ยาว 10 ม. น้ำหนัก 38.53 กก./เส้น	ตัน	11,030.00	11802.00
	ϕ 28 มม. ยาว 10 ม. น้ำหนัก 48.30 กก./เส้น	ตัน	11,030.00	11802.00
3.	ลวดผูกเหล็ก			
3.1.	ลวดผูกเหล็ก ϕ 1.25 มม. (เบอร์ 18)	กก.	16.16	17.29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผค2.สรุปค่าดำเนินการและค่าเสื่อมราคา
(ราคาน้ำมันโซล่าที่ อ.เมือง 14.00-14.99 บาท/ลิตร)

ลักษณะงาน	หน่วย	ค่าดำเนินการ(บาท/หน่วย)	ค่าเสื่อมราคา (บาท)		รวมค่างาน (บาท)	
			ปกติ	ฝนชุก	ปกติ	ฝนชุก
1. งานถางป่าขุดตอ						
- ขนาดเบา	ตรม.	0.73	0.13	0.16	0.86	0.89
- ขนาดกลาง	ตรม.	1.57	0.27	0.34	1.84	1.91
- ขนาดหนัก	ตรม.	2.29	0.38	0.48	2.67	2.77
2. งานดินคันทาง						
- ขุด-ขน	ลบม.หลวม	9.79	2.27	2.84	12.06	12.63
- บดทับ	ลบม.แน่น	16.94	5.21	6.51	22.15	23.45
3. งานตัด-ขึ้นรูปคันทาง						
- ดิน – ขุดตัด	ลบม.ปกติ	10.50	1.52	1.90	12.02	12.40
- ตัก	ลบม.หลวม	4.17	1.13	1.41	5.30	5.58
-หินผุ – ขุดตัด	ลบม.ปกติ	14.46	1.65	2.06	16.11	16.52
- ดันและตัก	ลบม.หลวม	19.80	2.79	3.49	22.59	23.29
-หินแข็ง – เจาะระเบิด	ลบม.ปกติ	36.34	3.26	4.08	39.60	40.42
- ดันและตัก	ลบม.หลวม	31.05	9.77	12.21	40.82	43.26
4. งานวัสดุคัดเลือก ลูกรังรองพื้นทาง						
- ขุดขน	ลบม.หลวม	13.63	3.64	4.55	17.27	18.18
- ผสม (ผสมกับวัสดุอื่นๆ)	ลบม.แน่น	4.32	0.88	1.10	5.20	5.42
- บดทับ	ลบม.แน่น	22.09	6.79	8.49	28.88	30.58
5. งานไหล่ทางลูกรัง ผสม-บดอัด						
- ผสม (ผสมกับวัสดุอื่นๆ)	ลบม.แน่น	8.29	1.69	2.11	9.98	10.40
- บดทับ	ลบม.แน่น	26.58	11.16	13.95	37.74	40.53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผค2.สรุปค่าดำเนินการและค่าเสื่อมราคา (ต่อ)
(ราคาน้ำมันโซล่าที่ อ.เมือง 14.00-14.99 บาท/ลิตร)

ลักษณะงาน	หน่วย	ค่าดำเนินการ(บาท/หน่วย)	ค่าเสื่อมราคา (บาท)		รวมค่างาน (บาท)	
			ปกติ	ฝนชุก	ปกติ	ฝนชุก
6. งานพื้นทาง (หินคลุก)						
- ผสม	ลบม.แน่น	9.93	2.55	3.19	12.48	13.12
- บดทับ	ลบม.แน่น	32.19	13.27	16.59	45.46	48.78
7. งานตัดแต่งขั้นบันได	ลบม.แน่น	3.29	0.81	1.01	4.10	4.30
8. งานชุดรื้อคันทางเดิมแล้วบดทับ						
- ลูกรัง 10 ซม.	ตรม.	4.42	1.13	1.41	5.55	5.83
- หินคลุก 10 ซม.	ตรม.	5.43	1.78	2.23	7.21	7.66
- ผิวAC 5 ซม. (ขนทิ้ง)	ตรม.	4.69	0.98	1.23	5.67	5.92
9.งานราดไพรม์โค้ด	ตรม.	3.46	0.31	0.39	3.77	3.85
10.งานราดยางแทคโค้ด	ตรม.	2.85	0.46	0.58	3.31	3.43
11.งานผิวทางแบบบาง						
- ชั้นเดียว (1/2 ")	ตรม.	7.34	1.21	1.51	8.55	8.85
- ชั้นเดียว (3/4 ")	ตรม.	10.14	1.67	2.09	11.81	12.23
- สองชั้น (3/4 "+ 3/8")	ตรม.	15.08	2.48	3.11	17.56	18.18
- สองชั้น (1 "+ 1/2")	ตรม.	22.08	3.64	4.55	25.72	26.63
12.งานเคลือบหิน ขจัดฝุ่น (Precoat)						
- ชั้นเดียว (1/2 ")	ลบม.หลวม	0.90	0.31	0.39	1.21	1.29
- ชั้นเดียว (3/4 ")	ลบม.หลวม	1.24	0.43	0.53	1.66	1.77
- สองชั้น (3/4 "+ 3/8")	ลบม.หลวม	1.84	0.63	0.79	2.47	2.63
- สองชั้น (1 "+ 1/2")	ลบม.หลวม	2.69	0.93	1.16	3.62	3.85
13.งานผิวทางแอสฟัลติกคอนกรีต						

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผค2.สรุปค่าดำเนินการและค่าเสื่อมราคา (ต่อ)
(ราคาน้ำมันโซล่าที่ อ.เมือง 14.00-14.99 บาท/ลิตร)

ลักษณะงาน	หน่วย	ค่าดำเนินการ(บาท/หน่วย)	ค่าเสื่อมราคา (บาท)		รวมค่างาน (บาท)	
			ปกติ	ฝนชุก	ปกติ	ฝนชุก
- ค่าผสมวัสดุแอสฟัลติกคอนกรีต	ตัน	189.50	3.40	16.75	202.90	206.25
- ค่าขนส่งอุปกรณ์ 80 ตัน ระยะทางขนส่ง 100-300 กม. - ค่าติดตั้งเครื่องผสม	ครั้ง	250,000				
- บนผิวไพรม์โค้ด	ตรม.	6.88	1.46	1.83	8.34	8.71
- บนผิวแทคโค้ด	ตรม.	5.48	1.04	1.30	6.52	6.78
15.งานผิวทางคอนกรีต						
- ค่าติดตั้งเครื่องผสม	ครั้ง	150,000				
- ค่าผสมคอนกรีต	ลบม.	85.09	26.84	33.55	111.93	118.64
- ค่าขนส่งคอนกรีต	ลบม./กม.	6.56	1.01	1.26	7.57	7.82
- ค่าแบบข้างคิดตามยาว 2 ข้าง	เมตร	6.30	2.52	3.15	8.82	9.45
- ค่าปูผิวคอนกรีต	ตรม.	6.14	1.58	1.98	7.72	8.12
- ค่าตัดรอยต่อคอนกรีตและหยอดยาง	เมตร	14.64	1.66	2.08	16.30	16.72
- ค่าหยอดยางรอยต่อคอนกรีต	เมตร	6.36	1.56	1.95	7.92	8.31
- ค่าบ่มผิวทางคอนกรีต	ตรม.	3.52	0.38	0.48	3.90	4.00
16. งาน Stabilized Layer						
- ค่าผสมวัสดุ ลูกรัง	ลบม. แน่น	23.71	7.35	9.19	31.06	32.90
- ค่าบ่มวัสดุ ลูกรัง	ลบม. แน่น	17.58	1.92	2.40	19.50	19.98
- ค่าผสมวัสดุ หินคลุก	ลบม. แน่น	26.08	7.35	9.19	33.43	35.27
- ค่าบ่มวัสดุ ลูกรัง	ลบม. แน่น	17.58	1.92	2.40	19.50	19.98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

แบบมาตรฐานการประเมินราคาค่าก่อสร้างงานทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.PORTLAND CEMENT CONCRETE PAVEMENT ..... CM. THICK

ตามแบบมาตรฐานเลขที่ DWG.NO.TS-401 หรือ 402 PANEL SIZE ..... x 10.00 ม.

ปริมาณงานทั้งโครงการ ..... ตร.ม.

ค่าติดตั้งเครื่องผสม 150,000/..... = ... บาท/ตร.ม.

ค่าคอนกรีต + ค่าผสม = ... + ... = ... บาท/ลบ.ม.

คิดจากพื้นที่ ..... ตร.ม.

ค่าติดตั้งเครื่องผสม = ...x..... = ... บาท

ค่าคอนกรีต ..... ลบ.ม. @ ..... = ... บาท

ค่าขนส่ง ..... กม. = ...x.....x..... = ... บาท

ค่าเหล็กเสริม ..... กก. @..... = ... บาท

ลวดผูกเหล็ก .....กก. @..... = ... บาท

ค่าแบบ .....x 10 = ... บาท

ค่า PAVER .....x..... = ... บาท

ค่าบ่ม .....x..... = ... บาท

ค่าใช้จ่ายรวม = ... บาท

ค่างานต้นทุน ...../..... = ... บาท

หมายเหตุ 1. กรณีปริมาณงานทั้งโครงการน้อยกว่า 28,000 ตร.ม. ให้ใช้ค่าติดตั้งโรงงานสำหรับปริมาณงาน 28,000 ตร.ม. ในการประเมินราคา (คิดจากถนน 4 เลน ยาว 2 กม.)

2. ค่าแบบจากคู่มือรวม 2 ข้างแล้ว

2.เหล็กเสริมผิวทางคอนกรีต

23 CM. CONCRETE PAVEMENT

ϕ 9 MM. 20x35 CM. MESH FOR LANE WIDTH W $>$ 4.00 M. (5.25 M.MAX)

ϕ 9 MM. 20x45 CM. MESH FOR LANE WIDTH 3.25 $<$ W $<$ 4.00 M.

ϕ 9 MM. 20x55 CM. MESH FOR LANE WIDTH W $<$ 3.25 M

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

23 CM. CONCRETE PAVEMENT

ϕ 9 MM. 17x30 CM. MESH FOR LANE WIDTH W > 4.00 M. (5.25 M.MAX)

ϕ 9 MM. 17x40 CM. MESH FOR LANE WIDTH 3.25 < W <4.00 M.

ϕ 9 MM. 17x50 CM. MESH FOR LANE WIDTH W < 3.25 M.

ตารางที่ ผง1.แสดงปริมาณคอนกรีตและปริมาณเหล็กเสริมที่ความหนาและความกว้างผิวทางต่าง ๆ

ผิวทางคอนกรีต หนา (ซม.)	กว้าง (ม.)	พื้นที่ (ตร.ม.)	ปริมาณคอนกรีต (ลบ.ม.)	ปริมาณเหล็กเสริม (กก.)
23	3.25	32.50	7.475	105.64
	3.50	35.00	8.050	119.36
	4.00	40.00	9.200	143.31
	4.50	45.00	10.350	169.81
25	3.25	32.50	8.125	124.87
	3.50	35.00	8.750	145.51
	4.00	40.00	10.000	166.67
	4.50	45.00	11.250	204.99

ปริมาณวัสดุยังไม่รวมส่วนสูญเสีย

3. EXPANSION JOINT

คิดจากความยาว ..... ม. = ... บาท

ค่าเหล็ก ..... กก. @ ..... = ... บาท

METAL CAP + ทาสี +จาระบี ..... ชุด @ ..... = ... บาท

JOINT FILLER ..... ตร.ม. @ ..... = ... บาท

JOINT SEALER ..... ลิตร @ ..... = ... บาท

ค่าหยอดยาง ..... ม. @ ..... = ... บาท

แผ่นพลาสติก ..... ม. @ ..... = ... บาท

ไม้แบบ ..... ลบ.ฟ. @ ..... = ... บาท

ค่าใช้จ่ายรวม = ... บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่างานต้นทุน ...../..... = ... บาท/ม.

ตารางที่ ผง2.แสดงปริมาณวัสดุสำหรับรอยต่อเพื่อการขยายตัว

ความกว้างช่องจราจร	3.25		3.50		4.00		4.50	
ความหนา (ซม.)	23	25	23	25	23	25	23	25
DOWEL BAR (กก.)	21.18	21.18	23.10	23.10	26.95	26.95	28.88	28.88
METAL CAP (ชุด)	11	11	12	12	14	14	15	15
JOINT FILLER (ตร.ม.)	0.67	0.74	0.72	0.79	0.82	0.90	0.93	1.02
JOINT SEALER (ลิตร)	2.03	2.03	2.19	2.19	2.50	2.50	2.81	2.81
แผ่นพลาสติก (ม.)	3.25	3.25	3.50	3.50	4.00	4.00	4.50	4.50
ไม้แบบ (ตร.ม.)	0.75	0.81	0.81	0.88	0.92	1.00	1.04	1.13

METAL CAP ราคาชุดละ @ 10.00 บาท (ประมาณ)
JOINT FILLER ราคาตารางเมตรละ @ 400.00 บาท (ประมาณ)
JOINT SEALER ลิตรละ @ 45.00 บาท (ประมาณ)
แผ่นพลาสติก เมตรละ @ 10.00 บาท (ประมาณ)
(ราคาวัสดุต่างๆให้ตรวจสอบในท้องตลาดก่อนประเมินราคา)

3. CONTRACTION JOINT

คิดจากความยาว ..... ม. = ... บาท
ค่าเหล็ก ..... กก. @ ..... = ... บาท
ค่าตัด JOINT และหยอดยาง..... ม. @..... = ... บาท
ทาสี +จาระบี ..... ชุด @ ..... = ... บาท
JOINT SEALER ..... ลิตร @ ..... = ... บาท
แผ่นพลาสติก ..... ม. @ ..... = ... บาท
ค่าใช้จ่ายรวม = ... บาท
ค่างานต้นทุน ...../..... = ... บาท/ม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผง3.แสดงปริมาณวัสดุสำหรับรอยต่อเพื่อการหดตัว

ความกว้างช่องจราจร	3.25		3.50		4.00		4.50	
ความหนา (ซม.)	23	25	23	25	23	25	23	25
DOWEL BAR (กก.)	21.18	21.18	23.10	23.10	26.95	26.95	28.88	28.88
ตัด JOINT ลึก (ซม.)	5	6	5	6	5	6	5	6
ทาสี + จาระบี (ชุด)	11	11	12	12	14	14	15	15
JOINT SEALER (ลิตร)	2.03	2.03	2.19	2.19	2.50	2.50	2.81	2.81
แผ่นพลาสติก (ม.)	3.25	3.25	3.50	3.50	4.00	4.00	4.50	4.50

ค่าทาสี + จาระบี ที่ Dowel Bar @ 4.00 บาท (ประมาณ)

4. LONGITUDINAL JOINT

คิดจากความยาว ..... ม. = ... บาท
ค่าเหล็ก ..... กก. @ ..... = ... บาท
ค่าตัด JOINT และหยอดยาง..... ม. @..... = ... บาท
JOINT SEALER ..... ลิตร @ ..... = ... บาท
ค่าใช้จ่ายรวม = ... บาท
ค่างานต้นทุน ...../..... = ... บาท/ม.

หมายเหตุ คิดจากความยาว 10 เมตร

ตารางที่ ผง4.แสดงปริมาณวัสดุสำหรับรอยต่อตามยาว

ความหนาคอนกรีต (ซม.)	23	25
TIE BAR (กก.)	13.43	13.43
ตัด JOINT ลึก (ซม.)	5	6
JOINT SEALER (ลิตร)	5	6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. DUMMY JOINT

คิดจากความยาว ..... ม. = ... บาท

ค่าตัด JOINT และหยอดยาง..... ม. @..... = ... บาท

JOINT SEALER ..... ลิตร @ ..... = ... บาท

ค่าใช้จ่ายรวม = ... บาท

ค่างานต้นทุน ...../..... = ... บาท/ม.

หมายเหตุ คิดจากความยาว 10 เมตร

ตารางที่ ผง5.แสดงขนาดรอยต่อเชื่อมผิวทาง

ความหนาคอนกรีต (ซม.)	23	25
ตัด JOINT ลึก (ซม.)	5	6
JOINT SEALER (ลิตร)	5	6

หมายเหตุ ค่าตัด JOINT ผิว ASPHALT CONCRETE คิดเป็น 75 % ของค่าตัด JOINT ผิวคอนกรีตและปริมาณ JOINT SEALER คิดตามความลึกที่กำหนดในแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้