

การประเมินผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์ของการเปลี่ยนโครงสร้างชั้นพื้นทางและ
รองพื้นทางบนถนนในประเทศไทย

Assessment of economic impact of base and subbase structure
changes on Thailand's road



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Assessment of economic impact of base and subbase structure
changes on Thailand's road



A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF CIVIL ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2019

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประเมินผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์ของการเปลี่ยนโครงสร้างชั้นพื้นทางและ รองพื้นทางบนถนนในประเทศไทย

นางสาวภาณุมาศ มาชีโมโตะ รหัสนักศึกษา 59011054
 นายวรรณะ คำพร รหัสนักศึกษา 59011176
 นางสาววทันวิภา เพชรไทย รหัสนักศึกษา 59011216

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ปรีดา จาตุรพงศ์
 ปีการศึกษา 2562

บทคัดย่อ

เนื่องจากถนนในประเทศไทยกว่าร้อยละ 90 มีการก่อสร้างถนนเป็นถนนลาดยาง การออกแบบถนนจึงต้องมีการคำนึงถึงความคุ้มค่าเป็นสำคัญ ซึ่งโดยทั่วไปชั้นผิวทางจะไม่มี การเปลี่ยนคุณสมบัติ เนื่องจากยางมะตอยมีราคาค่อนข้างสูง จึงนิยมเปลี่ยนคุณสมบัติของชั้นดินใต้ชั้นผิวทาง ปริมาณนี้จะมีวัสดุประสงค์เพื่อศึกษาถึงความคุ้มค่าในด้านราคาและเวลาการก่อสร้าง เมื่อมีการเปลี่ยนคุณสมบัติของชั้นดินใต้ชั้นผิวทาง อันได้แก่ ชั้นพื้นทาง และชั้นรองพื้นทาง แต่ยังคงผลกระทบที่ใกล้เคียงกับแบบจำลองมาตรฐานโดยที่มีการควบคุมความเครียดของชั้นดินเดิมให้มีค่าใกล้เคียงกัน

โปรแกรม KENPAVE จะถูกนำมาใช้เป็นซอฟต์แวร์เพื่อวิเคราะห์ความเครียดภายในโครงสร้างชั้นทางของชั้นพื้นทางและรองพื้นทาง โดยนำมาเลือกความหนาและค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นที่ส่งผลให้ความเครียดใกล้เคียงกับค่าความเครียดของแบบจำลองมาตรฐาน จากนั้นจึงวิเคราะห์ถึงการเปลี่ยนแปลงและความแตกต่างของราคาและระยะเวลาในการก่อสร้างของแบบจำลองต่างๆ ผลการวิเคราะห์พบว่าในระบบทาง 3 ชั้น มีแบบจำลองที่มีราคาถูกกว่าและใช้เวลาก่อสร้างเร็วกว่าแบบจำลองมาตรฐาน 3 แบบจำลอง นั่นคือแบบจำลองที่มีความหนาของชั้นพื้นทางและรองพื้นทางที่น้อยกว่าแบบจำลองมาตรฐาน ส่วนในระบบทาง 4 ชั้น มีแบบจำลองที่มีราคาถูกกว่าและใช้เวลาก่อสร้างเร็วกว่าแบบจำลองมาตรฐาน 8 แบบจำลอง และมีแนวโน้มเช่นเดียวกันกับระบบทาง 3 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Assessment of economic impact of base and subbase structure changes on Thailand's road

Phanumat Matsumoto Student ID. 59011054

Wattana Khamporn Student ID. 59011176

Wattanawipa Petchthai Student ID. 59011216

Advisor Asst.Dr.Preeda Chaturabong

Academic Year 2019

Abstract

Since the 90 percent of Thailand's road is flexible pavement. The properties of each layer need to be considered for the road design. Generally, the properties and the thickness of asphalt surface layer are not changed due to its cost. Therefore, the change of properties and thickness of the base and subbase layers should be considered. The objective of this study is to determine the worthiness of flexible road construction in terms of price and construction time when changing the properties of the base and subbase layers, but maintaining the strain at the subgrade as the standard model.

The KENPAVE program was used as a tool to analyze the strain on the subgrade layer. By selecting the thickness and elastic modulus values, the models showing the strains that close to the strain in the standard model were taken into account for comparing the price and construction time. The analysis of the different prices and the duration of the construction of various models were determined. Results show that in the 3-layer road system, there are 3 cheaper models and 3 faster construction time than the standard model. In the 4-layer road system, there are 8 cheaper models and 8 faster construction times than the standard model. The base and subbase layers of the selected models are thinner than the standard model.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การประเมินผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์ของการเปลี่ยนโครงสร้างชั้นพื้นทางและรองพื้นทางบนถนนในประเทศไทยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์ และการสนับสนุนจาก ดร.ปรีดา จาตุรพงศ์ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมโยธา และคณาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมโยธา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่านที่กรุณาถ่ายทอดวิชาความรู้แก่คณะผู้วิจัย และได้สละเวลาอันมีค่าให้คำแนะนำ เพื่อนำมาปรับปรุงและแก้ไขข้อบกพร่อง ทำให้โครงการฉบับนี้เกิดความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณคุณปรีณูช เตชะนรราช วิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ สำนักก่อสร้างทางที่ 1 กรมทางหลวงและเจ้าหน้าที่กรมทางหลวงทุกท่านที่ได้อนุเคราะห์ข้อมูลอันเป็นประโยชน์เพื่อประกอบการวิจัยฉบับนี้

สุดท้ายนี้คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณบิดา มารดา และผู้มีพระคุณเป็นอย่างสูง ที่ได้เลี้ยงดูสั่งสอน ให้ความรักความเมตตาต่อผู้เขียน จนทำให้โครงการพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

นางสาวภาณุมาศ มาซีโมโตะ

นายวรรณะ คำพร

นางสาววิทนิภา เพชรไทย

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญรูป.....	VII
สารบัญตาราง.....	IX
สารบัญกราฟ.....	XI
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 วรรณกรรมปริทัศน์	
2.1 การออกแบบถนนลาดยาง (BITUMINOUS PAVEMENT DESIGN)	4
2.2 โครงสร้างโดยทั่วไปของถนนลาดยาง.....	5
2.3 KENLAYER COMPUTER PROGRAM	6
2.4 การวิบัติของชั้นผิวทางแบบเป็นร่องตามแนวล้อ (Rutting Failure).....	7
2.5 อัตราส่วนปัวซองส์ (Poisson's Ratio).....	8
2.6 การกำหนดสาขางานก่อสร้างที่ต้องขึ้นทะเบียนผู้ประกอบการงานก่อสร้าง ตามหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขในการขึ้นทะเบียนผู้ประกอบการงานก่อสร้าง ที่มีสิทธิเป็นผู้ยื่นข้อเสนอต่อหน่วยงานของรัฐ สาขา งานก่อสร้างทาง	9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.7 บัญชีเครื่องมือ เครื่องจักรและอุปกรณ์การก่อสร้างของผู้ประกอบการงานก่อสร้าง สาขางานก่อสร้าง ทาง.....	11
2.8 ราคาวัสดุของกรุงเทพมหานคร ปี 2562	13
2.9 ระบบชั้นทาง 3 ชั้น	13
2.10 ระบบชั้นทาง 4 ชั้น	19
2.11 ตารางแสดงค่า E – modulus และความหนาของวัสดุแต่ละประเภท	20
2.12 อัตราการทำงานของชุดเครื่องจักรก่อสร้างทาง 1 ชุด.....	21
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	
3.1 กำหนดหัวข้อที่สนใจจะศึกษา	22
3.2 กำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตของการทำ.....	22
3.3 ค้นคว้าข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	23
3.4 รวบรวมข้อมูลที่ค้นคว้าได้	23
3.5 กำหนดค่าของข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์	23
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลโดยโปรแกรม KENPAVE และ Microsoft Excel.....	25
3.7 ประมวลผลจากข้อมูลที่ทำกรวิเคราะห์.....	34
3.8 สรุปผลการวิจัย	34
บทที่ 4 ผลการวิจัย	
4.1 ผลการวิจัย.....	39
4.2 การวิเคราะห์ผลการวิจัย	65
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย	
5.1 สรุปผลการวิจัย	74
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	78

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
ภาคผนวก	
1.จังหวัดสุโขทัย	80
1.1 การวิเคราะห์ราคาการก่อสร้าง.....	80
1.2 การวิเคราะห์ระยะเวลาการก่อสร้าง.....	84
2.จังหวัดสมุทรสงคราม	85
2.1 การวิเคราะห์ราคาการก่อสร้าง.....	85
2.2 การวิเคราะห์ระยะเวลาการก่อสร้าง.....	89
3.จังหวัดพัทลุง.....	90
3.1 การวิเคราะห์ราคาการก่อสร้าง.....	90
3.2 การวิเคราะห์ระยะเวลาการก่อสร้าง.....	94
บรรณานุกรม.....	XII

สารบัญรูป

เรื่อง	หน้า
รูปที่ 2.1.....	4
รูปที่ 2.2.....	5
รูปที่ 2.3.....	14
รูปที่ 2.4.....	16
รูปที่ 2.5.....	16
รูปที่ 2.6.....	19
รูปที่ 3.1.....	24
รูปที่ 3.2.....	25
รูปที่ 3.3.....	25
รูปที่ 3.4.....	26
รูปที่ 3.5.....	26
รูปที่ 3.6.....	27
รูปที่ 3.7.....	27
รูปที่ 3.8.....	29
รูปที่ 3.9.....	30
รูปที่ 3.10.....	30
รูปที่ 3.11.....	31
รูปที่ 3.12.....	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
รูปที่ 3.13.....	32
รูปที่ 3.14.....	33
รูปที่ 3.15.....	33
รูปที่ 3.16.....	34



สารบัญตาราง

เรื่อง	หน้า
ตารางที่ 2.1.....	8
ตารางที่ 2.2.....	10
ตารางที่ 2.3.....	10
ตารางที่ 2.4.....	11
ตารางที่ 2.5.....	13
ตารางที่ 2.6.....	19
ตารางที่ 2.7.....	20
ตารางที่ 2.8.....	21
ตารางที่ 3.1.....	37
ตารางที่ 4.1.....	39
ตารางที่ 4.2.....	41
ตารางที่ 4.3.....	59
ตารางที่ 4.4.....	60
ตารางที่ 4.5.....	62
ตารางที่ 4.6.....	63
ตารางที่ 4.7.....	65
ตารางที่ 4.8.....	66
ตารางที่ 4.9.....	69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
ตารางที่ 4.10.....	70
ตารางที่ 4.11.....	71
ตารางที่ 4.12.....	72
ตารางที่ 5.1.....	74
ตารางที่ 5.2.....	75
ตารางที่ 5.3.....	76
ตารางที่ 5.4.....	77



สารบัญกราฟ

เรื่อง	หน้า
กราฟที่ 2.1.....	15
กราฟที่ 2.2.....	17
กราฟที่ 2.3.....	18
กราฟที่ 4.1.....	69
กราฟที่ 4.2.....	71
กราฟที่ 4.3.....	72
กราฟที่ 4.4.....	73
กราฟที่ 5.1.....	75
กราฟที่ 5.2.....	76
กราฟที่ 5.3.....	77
กราฟที่ 5.4.....	78

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของการวิจัย

ปัจจุบันในประเทศไทย มีการพัฒนาระบบสาธารณูปโภคในด้านต่าง ๆ รวมถึงด้านการคมนาคมทางบก ซึ่งถือเป็นปัจจัยหลักที่สำคัญต่อการพัฒนาประเทศ เนื่องจากถนนมีความสำคัญที่นำมาซึ่งความเจริญทาง เศรษฐกิจและวัฒนธรรมของประเทศ เพื่อสาธารณะประโยชน์ในการเดินทาง การขนส่งสินค้า ฯลฯ ไปยังพื้นที่ ต่าง ๆ ทั่วประเทศ ทำให้การขยายความเจริญไปอย่างทั่วถึงทุกภูมิภาคของประเทศ ถนนจึงเป็นปัจจัยหลักใน การเข้าถึงการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

เนื่องจากถนนในประเทศไทยกว่า 90% มีการก่อสร้างถนนเป็นถนนลาดยาง (Flexible Pavement) และโครงสร้างล้วนเป็นถนน 3 ชั้นและ 4 ชั้นทั้งสิ้น ซึ่งถนนในประเทศไทยจะไม่มี การเปลี่ยนวัสดุชั้นผิวทาง (Surface Layer) และเนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเขตร้อน จึงเปลี่ยนมีการเปลี่ยนคุณสมบัติแค่ชั้นพื้น ทาง (Base Layer) และชั้นรองพื้นทาง (Subbase Layer) ตามความเหมาะสมของประเภททางและการรับ น้ำหนักบรรทุก

ทางคณะผู้จัดทำจึงได้ศึกษาถึงผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งแรงและความหนาของชั้น พื้นทาง (Base Layer) และรองพื้นทาง (Subbase Layer) ที่ส่งผลต่อการเสียรูป (Strain) ที่เกิดขึ้นบนชั้นดิน เดิม (Subgrade Layer) และศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงของราคาและระยะเวลาในการก่อสร้าง

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อวิเคราะห์ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของวัสดุที่ใช้ก่อสร้างชั้นทาง ที่ส่งผลต่อความเครียดที่ เกิดขึ้นในโครงสร้างชั้นทาง

1.2.2 หาค่าความเครียดที่ใกล้เคียงกันระหว่างชั้นทางมาตรฐานกับชั้นทางที่เปลี่ยนค่าโมดูลัสและค่า ความหนา แล้วนำค่ามาเปรียบเทียบความคุ้มค่าจากราคาและระยะเวลาการก่อสร้าง

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

- 1.3.1 การวิเคราะห์ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของวัสดุที่ส่งผลต่อความเครียดของถนนลาดยางในประเทศไทยโดยใช้โปรแกรม KENPAVE เท่านั้น
- 1.3.2 ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นที่ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์เป็นค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของวัสดุสำหรับการก่อสร้างถนนที่มีในประเทศไทย
- 1.3.3 วิเคราะห์ผลกระทบของถนนลาดยางในประเทศไทย ภายใต้ระบบชั้นทาง 3 และ 4 ชั้นเท่านั้น
- 1.3.4 ในการวิเคราะห์จะเปลี่ยนค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นและค่าความหนาของชั้นพื้นทางและชั้นรองพื้นทางเท่านั้น
- 1.3.5 วิเคราะห์มูลค่าการก่อสร้างและระยะเวลาการก่อสร้างของชั้นทางที่มีผลของความเครียดใกล้เคียงกันเท่านั้น
- 1.3.6 การคำนวณราคาวัสดุและเวลาการก่อสร้าง คำนวณแค่ว่าราคาและเวลาของวัสดุชั้นพื้นทางและรองพื้นทางเท่านั้น
- 1.3.7 การคำนวณราคาวัสดุก่อสร้าง ใช้ราคาอ้างอิงของวัสดุ ณ แหล่งขายเพียงอย่างเดียว ไม่รวมค่าขนส่ง และอ้างอิงจากเว็บไซต์ของกระทรวงพาณิชย์เท่านั้น (www.price.moc.go.th)
- 1.3.8 การคำนวณระยะเวลาการก่อสร้าง เลือกใช้ผู้รับเหมาที่จดทะเบียนเป็นผู้รับเหมางานก่อสร้างทางของกรมทางหลวงชั้น 4 เท่านั้น

1.4 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

- 1.4.1 กำหนดหัวข้อที่สนใจจะศึกษา
- 1.4.2 กำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตของการทำ
- 1.4.3 ค้นคว้าข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 1.4.4 รวบรวมข้อมูลที่ค้นคว้าได้
- 1.4.5 กำหนดค่าของข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์
- 1.4.6 การวิเคราะห์ข้อมูลโดยโปรแกรม KENPAVE และ Microsoft Excel
- 1.4.7 ประมวลผลจากข้อมูลที่ทำการศึกษาวิเคราะห์
- 1.4.8 สรุปผลการวิจัย

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

จากการศึกษาวิเคราะห์การประเมินผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์ของการเปลี่ยนโครงสร้างชั้นพื้นทาง และรองพื้นทางบนถนนในประเทศไทย (Assessment of economic impact of base and subbase structure changes on Thailand's road) คณะผู้จัดทำคาดหวังเป็นอย่างยิ่งว่า งานวิจัยฉบับนี้จะสามารถนำไปเป็นแนวทางเบื้องต้นในการออกแบบ และการตัดสินใจของผู้ออกแบบ รวมไปถึงการคัดเลือกวัสดุแต่ละชนิดจากราคาและระยะเวลาในการการก่อสร้างที่เหมาะสม ตลอดจนสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานออกแบบ ชั้นทางของหน่วยงานต่างๆที่เกี่ยวข้องในประเทศไทย

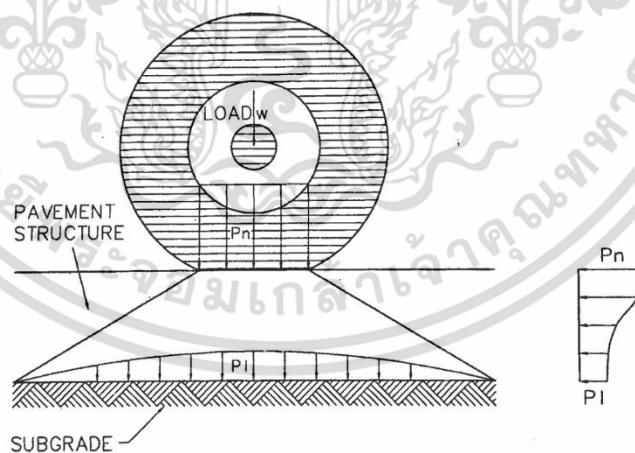


บทที่ 2

วรรณกรรมปริทัศน์

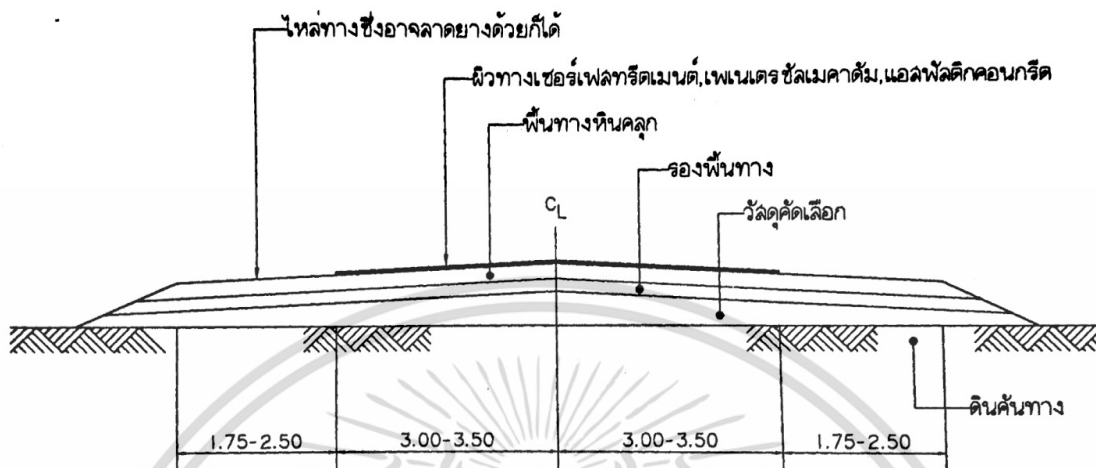
2.1 การออกแบบถนนลาดยาง (BITUMINOUS PAVEMENT DESIGN)

ถนนลาดยางเป็นถนนซึ่งมีผิวทางชนิดยืดหยุ่นได้ (Flexible Pavement) โครงสร้าง ลักษณะเป็นชั้น ๆ (Layer) ตั้งแต่สองชั้นขึ้นไป ถ้าพิจารณาถึงลักษณะการรับน้ำหนักแล้วจะเห็นว่า การแผ่กระจายน้ำหนักจากล้อรถมีลักษณะเป็นพื้นที่เล็กๆเท่ากับผิวสัมผัสของล้อยาง แล้วแต่ กระจายลึกลงไปข้างใต้ผิวทางในลักษณะรูปกรวยคว่ำทำมุม 45° กับชั้นดินส่วนบน ตรงผิวทางจะมีความเข้มข้นของแรงต่อพื้นที่ (Stress Concentration) สูงสุด แล้วแผ่กระจายลดลงไป ตามลำดับจนเท่ากับศูนย์ที่ Infinity ดังนั้นวัสดุที่จะนำมาทำถนนในชั้นผิวทางและพื้นทางจะต้องมีคุณสมบัติแกร่ง ทนทานรับน้ำหนักหรือแรงกดได้สูง เช่น หิน เป็นต้น ส่วนที่อยู่ลึกลงไปก็อาจจะให้มีคุณสมบัติทางวิศวกรรมด้อยลงไปตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามก็ต้องคำนึงว่าวัสดุที่นำมาใช้ก่อสร้างถนนในแต่ละชั้นต้องมีความ สามารถรับแรงเฉือน (Shear Stress) ได้สูงกว่าน้ำหนักที่เกิดจากล้อรถแผ่กระจายลงไป



รูปที่ 2.1 ลักษณะการกระจายน้ำหนักจากล้อรถลงสู่ดินคันทาง

2.2 โครงสร้างโดยทั่วไปของถนนลาดยาง



รูปที่ 2.2 รูปตัดโดยทั่วไปของถนนลาดยาง

2.2.1 ผิวทาง (Wearing Surface) คือ ผิวบนสุดของถนนทำหน้าที่รับน้ำหนักโดยตรงจากล้อ ของ ยวดยานซึ่งมีพื้นที่แรงกระทำเท่ากับพื้นที่สัมผัสระหว่างล้อรถกับผิวทาง หน่วยแรงที่เกิดในชั้น ผิวทางจึงสูงมาก วัสดุที่ใช้ต้องมีคุณภาพดีแข็งแรง ทนทาน เช่น หินบดอัดแน่น มียางแอสฟัลท์ เป็นตัวยึดเกาะระหว่างผิวของ ก้อนหินและป้องกันน้ำมิให้ซึมผ่านผิวทางลงไปทำลายความแข็งแรง ของถนน ถ้าจะจำแนกให้ละเอียดลงไป ใน ชั้น Wearing Surface นี้ อาจมี Surface Course อยู่ บนสุด และชั้น Binder Course อยู่ใต้ Surface Course และอยู่เหนือพื้นทางหรือในถนนบางสาย ความหนาของชั้น Wearing Surface ไม่มาก ไม่เกิน 6 ซม. การ ก่อสร้างอาจจะกระทำเพียงชั้น เดียว คือชั้น Surface Course เท่านั้น

2.2.2 พื้นทาง (Base Course) ทำหน้าที่รับน้ำหนักจากผิวทาง ถ่ายลงสู่รองพื้นทาง และดินคั่น ทาง วัสดุที่ใช้ต้องแข็งแรงเช่นกัน เช่น หินคลุก กรวด หรือ Granular Stabilized Soil มีค่า CBR 2-80% การ ก่อสร้างต้องบดอัดเป็นชั้น ๆ แต่ละชั้นไม่เกิน 15 ซม. เมื่อบดอัดแล้วจะต้องมีความแน่น (Density) และความ มั่นคง (Stability) สูง

2.2.3 รองพื้นทาง (Subbase Course) ใช้ในบริเวณที่ ดินคั่นทางอ่อนมากหรือในบริเวณที่ สำหรับ ทำรองพื้นทางหาได้ง่ายและราคาถูก จึงลดความหนาของชั้นพื้นทางและใช้วัสดุ คุณภาพด้อยกว่า แต่ราคาถูก กว่าแทน วัสดุที่ใช้อาจเป็นดินลูกรัง หรือ Granular Soil เช่น ซึ่งสามารถช่วยป้องกันความชื้นภายใต้ผิวทางอัน เนื่องมาจาก Capillary Rise ของน้ำใต้ดินได้

2.2.4 วัสดุคัดเลือก (Selected Material) เป็นวัสดุชั้นที่อยู่ใต้รองพื้นทาง มีจุดประสงค์ในการยกระดับของถนนให้สูงขึ้นเพื่อให้พื้นระดับน้ำท่วมสูงสุด เพื่อลดหน่วยแรงที่จะเกิดในดินคันทางให้ น้อยลงจนสามารถรับแรงเฉือนเนื่องจากน้ำหนักของล้อรถได้ วัสดุที่นำมาใช้ควรหาได้ง่าย ราคา และมีคุณสมบัติทางวิศวกรรมดีกว่าดินคันทาง

คุณสมบัติ

4.1 วัสดุคัดเลือกประเภท ก. ต้องเป็นวัสดุรวมรวมดิน (Soil Aggregate) ที่ไม่ใช่ทราย

4.2 วัสดุคัดเลือกประเภท ข. ต้องเป็นวัสดุรวมรวมดิน (Soil Aggregate) ทราย หรือวัสดุอื่นใดที่ยอมให้ใช้ได้

2.2.5 ดินคันทาง (Subgrade) เป็นชั้นดินอยู่ในบริเวณที่ถนนตัดพาดผ่านไป ทำหน้าที่รับ น้ำหนักล้อรถซึ่งถ่ายจากชั้นรองพื้นทางหรือชั้นพื้นทาง และวัสดุคัดเลือก ก่อนทำการก่อสร้าง จะต้องไถเปิดหน้าดิน (Clearing and Grubbing) เพื่อขจัดต้นไม้ รากไม้ ต้นหญ้าออกให้หมด แล้ว จึงรื้อชั้นดินลงไปอีกอย่างน้อย 15-20 ซม. เพื่อบดอัดให้แน่นตามข้อกำหนด แล้วก่อสร้างชั้นรอง พื้นทาง ความหนาของถนนลาดยาง คือส่วนที่อยู่เหนือดินคันทางนี้ขึ้นไป ซึ่งเรียกว่า ส่วนประกอบ โครงสร้างของถนน (Structural Components) ความหนาของโครงสร้างถนนจะมากหรือน้อยก็ ขึ้นอยู่กับคุณภาพของดินคันทางนี้

2.3 KENLAYER COMPUTER PROGRAM

โปรแกรม KENLAYER เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์ชั้นทางซึ่งมีผิวทางชนิดยืดหยุ่นได้ (Flexible Pavement) เท่านั้น ซึ่งวิเคราะห์ด้วยวิธีระบบแรงหลายชั้น (Elastic Multilayer System) ภายใต้ น้ำหนักกระทำแผ่สม่ำเสมอรูปวงกลม สามารถประยุกต์ใช้กับการวิเคราะห์โหลดที่มีหลายล้อ ใช้ในชั้นที่มีพฤติกรรมการยืดหยุ่นตัวแบบไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinear Layers) และสามารถใช้ร่วมกับชั้นที่มีพฤติกรรมการยืดหยุ่นตัวแบบกึ่งเชิงเส้น (Viscoelastic Layers) ได้ รวมถึงใช้ได้ในการวิเคราะห์โหลดที่เป็นล้อเดี่ยว , ล้อคู่ , ล้อคู่ 2 เพลา และล้อคู่ 3 เพลา โดยวิเคราะห์โดยให้พฤติกรรมของแต่ละชั้นแตกต่างกัน ทั้งยืดหยุ่นเชิงเส้น ยืดหยุ่นไม่เป็นเชิงเส้น และยืดหยุ่นกึ่งเชิงเส้น และยังสามารถวิเคราะห์ความเสียหายที่เกิดจากทั้งการแตกร้าว เนื่องจากความล้า (Fatigue Cracking) และการเคลื่อนตัวของชั้นทาง (Pavement Deformation)

KENLAYER ถูกเขียนโดย FORTEAN 77 สามารถวิเคราะห์ชั้นทางได้สูงสุด 19 ชั้น และประมวลผลจุดที่ต้องการวิเคราะห์ในทิศทาง radial coordinate ได้ถึง 10 ทิศทาง และ vertical coordinate ได้สูงสุด 19 จุดที่แตกต่างกัน หรือรวมเป็น 190 จุด ในส่วนของการวิเคราะห์ความล้า สามารถแบ่งช่วงเวลาวิเคราะห์ได้สูงสุด 15 ช่วง และการวิเคราะห์ความเสียหายสามารถแบ่งช่วงเวลาเป็น 24 ช่วงใน 1 ปี ซึ่งแต่ละช่วงสามารถวิเคราะห์ได้ถึง 24 load group

2.4 การวิบัติของชั้นผิวทางแบบเป็นร่องตามแนวล้อ (Rutting Failure)

การเปลี่ยนรูปของผิวทางโดยผิวทางมีการยุบตัวไปตามแนวร่องล้อแต่บริเวณด้านข้าง ไม่ถูกดันให้ปูดสูงขึ้น ความเสียหายนี้มีสาเหตุจากการบดอัดวัสดุชั้นทางในขณะที่ก่อสร้างไม่ดีพอ หรือ วัสดุทางมีส่วนผสมไม่เหมาะสม หรือการรับน้ำหนักเกินพิกัดของรถบรรทุกซึ่งสัญจรผ่าน จึงทำให้เกิดการเคลื่อนตัวออกด้านข้างของวัสดุในชั้นต่างๆ ใต้ผิวทาง หรือเกิดการเคลื่อนที่ของชั้นผิวทางเอง การวัดปริมาณความเสียหายประเภทร่องล้อ ให้วัดความยาวของร่องล้อ และความกว้าง ออกจากพื้นที่เสียหายจากขอบด้านละ 30 เซนติเมตร และสรุปปริมาณความเสียหายเป็นตารางเมตร และวัดความลึกของร่องล้อเป็นหน่วยเซนติเมตร

สาเหตุ

- การทรุดตัวของโครงสร้างใต้ผิวทาง (ดินคั่นทาง) เนื่องจากน้ำหนักการบดทับสูงเกินไป
- ความอ่อนแอของชั้นโครงสร้างทางที่อยู่ถัดลงไป
- พื้นที่บริเวณนั้นได้รับการบดอัดไม่เพียงพอ
- พื้นดินเดิมเป็นดินอ่อนที่ไม่ได้ขุดออกได้เรียบร้อย

วิธีแก้ไข

- การปะซ่อมผิวทาง (Skin patching)
- การขุดซ่อมผิวทาง (Deep patching)
- การฉาบผิวใหม่ (Overlay)
- ก่อสร้างใหม่พร้อมทำระบบระบายน้ำเพิ่มเติม

2.5 อัตราส่วนปัวซองส์ (Poisson's Ratio)

ธีระชาติ รื่นไกรฤกษ์ (2538) ได้ศึกษาถึงอัตราส่วนปัวซองส์ที่เหมาะสมสำหรับดินชนิดต่างกันและได้มีการเสนอค่าอัตราส่วนปัวซองส์ของดินในการทำชั้นทาง ดังแสดงในตารางที่ 2.5 สำหรับค่าอัตราส่วน ปัวซองส์ของดินเหนียวจะใช้ประมาณ 0.40 – 0.50 และ 0.30 – 0.35 ในกรณีที่เป็นดินทราย

Soil Type	Poisson's Ratio	Reference
Subgrade soil	0.4 – 0.5	Brown & Pell (1970)
Clay Subgrade	0.4 – 0.5	Barksdale & Hicks (1972)
Cohesive soil	0.5	Yoder & Witczak (1975)
Cohesionless soil	0.3	Yoder & Witczak (1975)
Cohesive soil	0.4	Barker et al. (1977)
Cohesionless soil	0.3	Barker et al. (1977)
Subgrade soil	0.35	Claessen et al. (1977)
Subgrade soil	0.35	Murphy et al. (1980)
Cohesive soil	0.45	NAASRA (1987)
Non – cohesive soil	0.35	NAASRA (1987)

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าอัตราส่วนปัวซองส์ของวัสดุ

การศึกษาเกณฑ์การวิบัติของโครงสร้างชั้นทางหยุดตัว Wang (1968), Bonnot (1972) และ Otte (1974) พบว่าค่าความเครียดที่จุดวิบัติ (Strain at Failure) ของวัสดุในโครงสร้างชั้นทางหยุดตัวมีความแปรปรวนน้อยกว่าค่าความเค้น ดังนั้นจึงใช้ค่าความเครียดเป็นเกณฑ์ในการพิจารณาการวิบัติของชั้นทาง เป็นที่ทราบโดยทั่วไปว่าน้ำหนักบรรทุกที่กระทำบนโครงสร้างชั้นทาง หยุดตัวจะก่อให้เกิดความเครียดวิกฤติ (Critical Strain) ใน 2 ทิศทางซึ่งอาจก่อให้เกิดความเสียหายกับ โครงสร้าง ดังนี้

- ความเครียดดึงในแนวรัศมีในชั้นผิวทางแอสฟัลท์คอนกรีต ซึ่งมีผลต่อการเกิดรอยแตกของชั้นผิวทางแอสฟัลท์
- ความเครียดอัดในแนวตั้งในชั้นดินคั่นทางจะมีผลต่อการเสีรูปลถารของชั้นทาง

ถ้าค่าความเครียดดึง (t_{ϵ}) เกิดขึ้นมากเกินไปจนขีดจำกัดจะทำความเสียหายแก่โครงสร้างชั้นทางหยุดตัว โดยเกิดรอยแตกใต้ชั้นแอสฟัลท์ก่อนแล้วค่อย ๆ ลามขึ้นมาบนผิวหน้า และถ้าค่าความเครียดอัด (C_{ϵ}) เกิดขึ้นบนชั้นดินคั่นทางมากเกินไปจนขีดจำกัดจะทำความเสียหายแก่โครงสร้างโดยจะเกิดการเสีรูปลถารอย่างถาวร (Permanent Deformation) ที่บริเวณผิวถนน การเกิดการเสีรูปลถารอย่างถาวรเกิดจากชั้นดินคั่นทางรับน้ำหนักมากเกินไป ลักษณะการเกิดความเสียหายของโครงสร้างชั้นทางหยุดตัว ในการประเมินความเสียหายของโครงสร้างชั้นทางหยุดตัวนอกจากจะต้องทราบคุณสมบัติของวัสดุ ชั้นทางค่าความเค้น ค่าความเครียด และค่าการทรุดตัว ที่เกิดจากน้ำหนักบรรทุกทุกจะมีค่าวิกฤติ (Critical) ที่ตำแหน่งใดของชั้นทางแล้วยังจะต้องทราบว่าโครงสร้างจะสามารถรับน้ำหนักบรรทุกซ้ำ (Load Repetition) ได้กี่เที่ยวจึงจะวิบัติ โดยในส่วนหลังนี้จำเป็นต้องทราบถึงพฤติกรรมความล้าของวัสดุ หรือที่เรียกว่า Fatigue Characteristics ได้แก่ ความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุกซ้ำๆ ของชั้นทางแต่ละประเภทว่ามีลักษณะ อย่งไร ชั้นทางหยุดตัวจะมี Fatigue Characteristics ที่มีความสำคัญในการประเมินความสามารถในการรับ น้ำหนักบรรทุกซ้ำๆอยู่ 2 ลักษณะ คือ

- Fatigue Crack Criteria ของแอสฟัลท์คอนกรีต
- Permanent Deformation Criteria ของดินคั่นทาง

2.6 การกำหนดสาขางานก่อสร้างที่ต้องขึ้นทะเบียนผู้ประกอบการงานก่อสร้าง ตามหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขในการขึ้นทะเบียนผู้ประกอบการงานก่อสร้าง ที่มีสิทธิเป็นผู้ยื่นข้อเสนอต่อหน่วยงานของรัฐ สาขางานก่อสร้างทาง

สาขางานก่อสร้างทาง หมายถึง การก่อสร้าง การขยาย ซึ่งจัดไว้เพื่อประโยชน์ในการจราจร และการสาธารณสุขทางบกแต่ไม่รวมทางรถไฟ ไม่ว่าในระดับพื้นดิน ใต้หรือเหนือพื้นดิน หรือเพื่อประโยชน์แก่ งานก่อสร้างทางและหรือผู้ใช้สิ่งก่อสร้างที่เป็นงานก่อสร้างทางนั้น

ตารางที่ 2.2 หลักเกณฑ์วิธีการ และเงื่อนไขในการขึ้นทะเบียนผู้ประกอบการที่มีสิทธิเป็นผู้ยื่นข้อเสนอ ต่อหน่วยงานของรัฐ สาขางานก่อสร้างทาง

ชั้น ผู้ประกอบการ	สิทธิในการเสนอ ราคางานก่อสร้าง	ฐานะการเงิน			ผลงาน	
	วงเงินค่าก่อสร้าง ต่อหนึ่งสัญญา (ล้านบาท)	ทุนจดทะเบียน ไม่ ต่ำกว่า (ล้านบาท)	วงเงิน สินเชื่อ ไม่ต่ำกว่า (ล้านบาท)	มูลค่าสุทธิ ของกิจการ (Net Worth)	ผลงานหนึ่ง สัญญาภายใน 6 ปี (ล้านบาท)	ผลงานรวม ภายใน 10 ปี (ล้านบาท)
ชั้น 1	ไม่เกิน 500	100	100	มีค่าเป็น +	150	300
ชั้น 2	ไม่เกิน 300	60	60	มีค่าเป็น +	75	150
ชั้น 3	ไม่เกิน 150	20	20	มีค่าเป็น +	30	60
ชั้น 4	ไม่เกิน 60	8	8	มีค่าเป็น +	10	20
ชั้น 5	ไม่เกิน 20	3	3	มีค่าเป็น +	5	10
ชั้น 6	ตั้งแต่ 5 แต่ไม่เกิน 10	1	1	มีค่าเป็น +	2.5	5

ตารางที่ 2.3 กำหนดคุณสมบัติเฉพาะอื่นๆ ในการขึ้นทะเบียนผู้ประกอบการงานก่อสร้าง สาขางานก่อสร้างทาง ของ กรมทางหลวง และ กรมทางหลวงชนบท

ชั้น ผู้ประกอบการ	บุคลากร (คน)					เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์การ ก่อสร้าง
	วิศวกรโยธา			ช่าง	ธุรการ	
	วุฒิ	สามัญ	ภาคี			
ชั้น 1	1	3	3	8	4	เอกสารหมายเลข 1
ชั้น 2	-	2	2	6	3	เอกสารหมายเลข 1
ชั้น 3	-	1	2	4	3	เอกสารหมายเลข 1
ชั้น 4	-	1	1	2	2	เอกสารหมายเลข 1
ชั้น 5	-	-	1	1	1	เอกสารหมายเลข 1
ชั้น 6	-	-	1	-	-	เอกสารหมายเลข 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 บัญชีเครื่องมือ เครื่องจักรและอุปกรณ์การก่อสร้างของผู้ประกอบการงานก่อสร้าง สาขางานก่อสร้างทาง

ตารางที่ 2.4 เครื่องมือ เครื่องจักรและอุปกรณ์การก่อสร้างของผู้ประกอบการงานก่อสร้าง

ลำดับ ที่	รายการ	ขนาดขั้นต่ำ	จำนวนเครื่องมือ เครื่องจักรและ อุปกรณ์การก่อสร้าง (คัน/เครื่อง)					
			ชั้น 1	ชั้น 2	ชั้น 3	ชั้น 4	ชั้น 5	ชั้น 6
1	รถแทรกเตอร์ตีนตะขาบชนิดดันดินหรือ รถขุดตัก (Crawler Dozer or Back Hoe)	120 แรงม้า	3	2	1	1	1	-
2	รถแทรกเตอร์ชนิดตักดิน หรือรถขุดตัก (Front End Loader or Back Hoe)	95 แรงม้า	5	4	2	1	1	-
3	รถเกลี่ยดิน (Motor Grader)	115 แรงม้า	4	3	2	1	1	-
4	รถบดล้อยางชนิดขับเคลื่อนด้วยตัวเอง (Self-Propelled Rubber Tyre Roller)	8 ตัน	6	4	2	1	1	-
5	รถบดล้อเหล็ก 2 หรือ 3 ล้อ หรือ รถบด ล้อสั่นสะเทือน ชนิดขับเคลื่อนด้วยตัวเอง (Steel Wheel Static Roller 2 or 3 Wheels or Self-Propelled Vibratory Roller)	8 ตัน (ล้อเหล็ก) หรือ 10 ตัน (ล้อสั่นสะเทือน)	4	3	2	1	1**	-
6	รถบดล้อสั่นสะเทือนขับเคลื่อนด้วยตัวเอง (Self-Propelled Vibratory Roller)	100 แรงม้า	6	4	2	1	1**	-
7	รถกระบะบรรทุก เท้า (Dump Truck)	6 หรือ 10 ล้อ	10	8	6	4	2	-
8	รถบรรทุกน้ำ (Water Tank Truck)	ขนาดความจุของถัง 6,000 ลิตร	8	6	4	2	1	-
9	รถพ่นยางแอสฟัลต์ (Asphalt Distributor Truck)	ขนาดความจุของถัง แอสฟัลต์ 5,000 ลิตร	1	1	-	-	-	-
10	เครื่องกวาดยนต์(Mechanical Rotary Broom)	ขนาดความกว้างของ แปรงกวาด 2 เมตร	2	1	-	-	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับ ที่	รายการ	ขนาดขั้นต่ำ	จำนวนเครื่องมือ เครื่องจักรและ อุปกรณ์การก่อสร้าง (คัน/เครื่อง)					
			ชั้น 1	ชั้น 2	ชั้น 3	ชั้น 4	ชั้น 5	ชั้น 6
11	เครื่องเป่าลม (Blower)	แบบยึดติดท้ายรถ ขับเคลื่อน ขนาดเส้น ผ่านศูนย์กลางของ พัด ลมเป่า 50 ซม.	2	1	-	-	-	-
12	โรงผสมแอสฟัลต์คอนกรีต (Asphalt Mixing Plant)	กำลังผลิต 60 ตัน/ชม. และมีการรับรอง จากกรมโรงงาน อุตสาหกรรม	1*	1*	-	-	-	-
13	เครื่องปูผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต (Asphalt Paver)	ความกว้างแครปูยาง (Skid) 2.5 เมตร	1*	1*	-	-	-	-
14	โรงผสมคอนกรีต (Concrete Batching Plant)	กำลังผลิต 15 ลบ.ม./ ชม. และมีการรับรอง จาก กรมโรงงาน อุตสาหกรรม	1*	1*	-	-	-	-
15	เครื่องปูผิวทางคอนกรีต (Concrete Paver)	ความกว้างแครปู 2.5 เมตร	1*	1*	-	-	-	-

หมายเหตุ

* หมายถึง เครื่องมือเครื่องจักรชุดงานผิวทางที่ผู้รับเหมางานก่อสร้างทางชั้น 1 และชั้น 2 ต้องมีชุดใดชุด
หนึ่ง ดังต่อไปนี้

ชุดที่ 1 ประกอบด้วยลำดับที่ 12 และ 13 หรือชุดที่ 2 ประกอบด้วยลำดับที่ 14 และ 15

** หมายถึง ให้เลือกอย่างใดอย่างหนึ่ง ระหว่างลำดับที่ 5 หรือ 6

2.8 ราคาวัสดุของกรุงเทพมหานคร ปี 2562

ตารางที่ 2.5 ราคาวัสดุชั้นพื้นทาง และรองพื้นทางของกรุงเทพฯ ปี 2562

เดือน	ราคาวัสดุ (บาท/ลบ.ม.)			
	ทรายถมที่	ดินถมที่	ดินลูกรัง	หินคลุก
ม.ค.	325.00	343.33	350.00	410.00
ก.พ.	325.00	343.33	350.00	410.00
มี.ค.	325.00	343.33	350.00	410.00
เม.ย.	325.00	343.33	350.00	410.00
พ.ค.	325.00	343.33	350.00	410.00
มิ.ย.	325.00	343.33	350.00	410.00
ก.ค.	325.00	343.33	350.00	410.00
ส.ค.	325.00	343.33	350.00	410.00
ก.ย.	325.00	343.33	350.00	410.00
ต.ค.	325.00	343.33	350.00	410.00
พ.ย.	325.00	343.33	350.00	410.00
ธ.ค.	325.00	343.33	350.00	410.00
เฉลี่ย	325.00	343.33	350.00	410.00

2.9 ระบบชั้นทาง 3 ชั้น

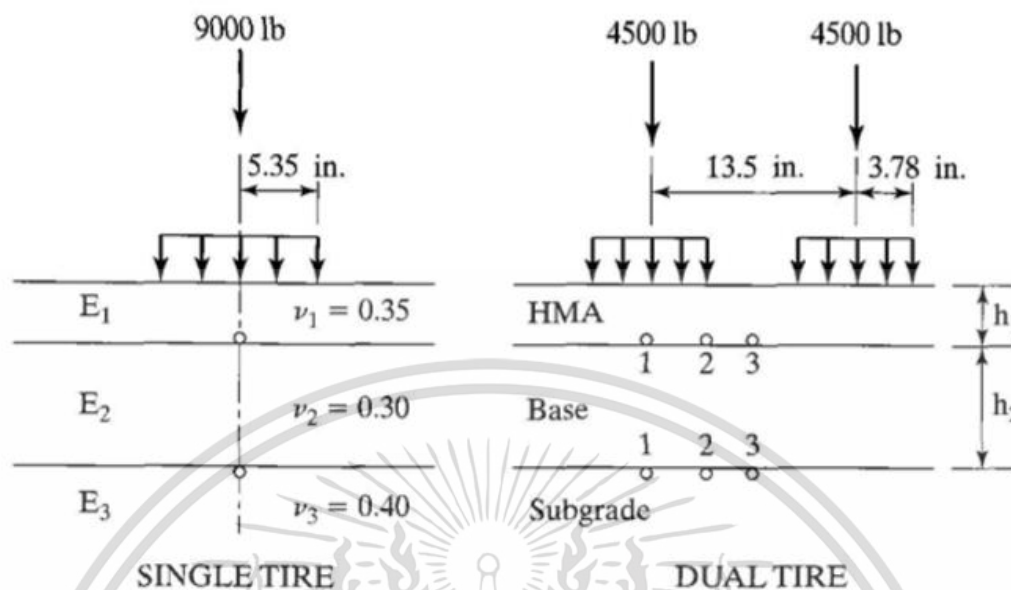
เพื่อที่จะอธิบายผลกระทบของการออกแบบในบางปัจจัยที่มีผลตอบสนองต่อผิวทาง โดยใช้ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของวัสดุในรูปแบบของระบบชั้นทาง 3 ชั้นทำการวิเคราะห์ ซึ่งตัวแปรที่ถูกพิจารณา จะประกอบไปด้วยดังนี้

1. ความหนาของชั้นทาง (Layer thickness) ประกอบด้วย h_1 และ h_2
2. ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของวัสดุ (Layer Moduli) ประกอบด้วย E_1 , E_2 และ E_3

โดยในระบบชั้นทาง 3 ชั้นนั้นจะแบ่งการศึกษาประเภทของน้ำหนักล้อ (Type of wheel load) ที่กระทำต่อผิวทางออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. น้ำหนักล้อเดี่ยว (Single wheel load) มีค่ารัศมี a เท่ากับ 5.35 นิ้ว น้ำหนักกระทำ 9000 ปอนด์
2. น้ำหนักล้อคู่ (Dual wheel loads) มีค่ารัศมี a เท่ากับ 3.78 นิ้ว มีค่าระยะห่างระหว่างล้อเท่ากับ 13.5 นิ้ว น้ำหนักกระทำ 4500 ปอนด์ต่อล้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 แสดงถึงระบบชั้นทาง 3 ชั้น ที่รับแรงกระทำแบบน้ำหนักล้อเดี่ยวและน้ำหนักล้อคู่ (1 นิ้ว เท่ากับ 25.4 มิลลิเมตร และ 1 ปอนด์ เท่ากับ 4.45 นิวตัน)

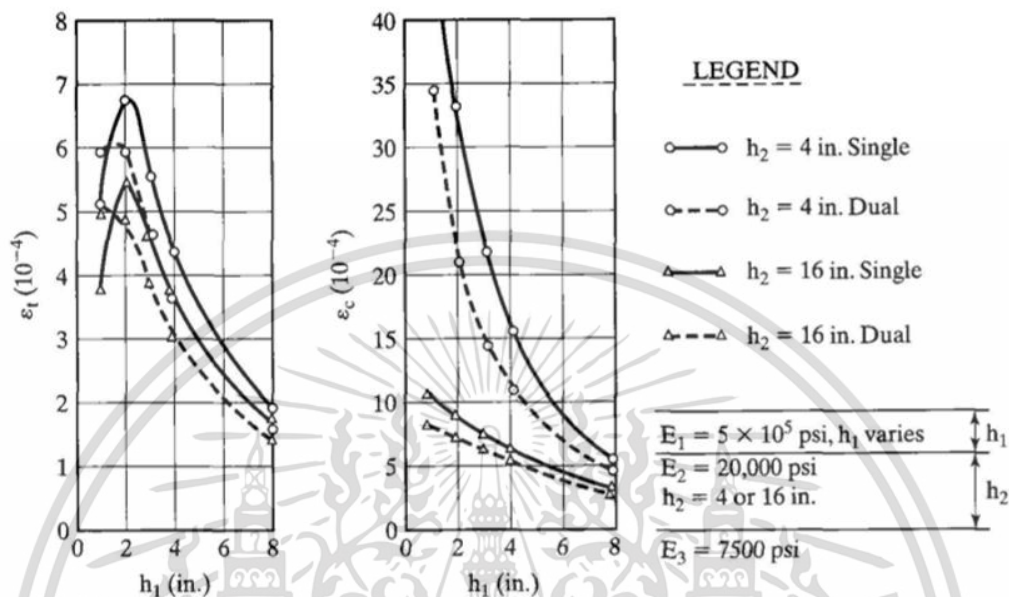
โดยค่าริคมี ν เป็นค่าที่ได้จากเพลลาเดี่ยว (Single-axle) ที่มีแรงกระทำ 18 kip แรงดันในล้อ (ลมยาง, Contact pressure) 100 psi และอัตราส่วนปัวซองส์ (Poisson's Ratio) ใน 3 ชั้นทางเท่ากับ 0.35, 0.3 และ 0.4 ตามลำดับ สำหรับล้อเดี่ยว (Single tire) จุดวิกฤตของความเครียด (Strain) จะปรากฏให้เห็นได้จุดศูนย์กลางของพื้นที่ที่พิจารณารับแรงลงไปบนชั้นทาง และล้อคู่ (Dual tires) จะเกิดความเครียด 3 จุดดังที่แสดงให้เห็นในรูปที่ 2.3 ซึ่งแต่ละจุดเราสามารถคำนวณหาค่าความเครียดได้ และจุดที่มีความเครียดมากที่สุดจะถูกเลือกให้เป็นจุดวิกฤต

2.9.1 ผลกระทบจากความหนาของชั้นทาง (Effect of Layer Thickness)

ผลกระทบที่เกิดขึ้นกับชั้นแอสฟัลต์ผสมร้อน (h_1) และชั้นพื้นทาง (Base layer, h_2) ซึ่งความเครียดดึง (Tensile strain) จะเกิดขึ้น ณ จุดต่ำสุดของชั้นแอสฟัลต์ผสมร้อน และความเครียดอัด (Compress strain) จะเกิดขึ้น ณ จุดบนสุดของชั้นดินเดิม (Subgrade layer)

กราฟที่ 2.1 แสดงให้เห็นผลกระทบที่เกิดขึ้นของความสัมพันธ์ระหว่างความหนาชั้นแอสฟัลต์ผสมร้อน (h_1) กับความเครียดดึง และความเครียดอัด โดยกำหนดให้ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของวัสดุชั้นแอสฟัลต์ผสมร้อน (E_1) เท่ากับ 500,000 psi ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของวัสดุชั้นพื้นทาง (E_2) เท่ากับ 20,000 psi ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของวัสดุชั้นดินเดิม (E_3) เท่ากับ 7,500 psi และกำหนดให้ความหนาชั้นพื้นทาง (h_2) เท่ากับ 4 และ 16 นิ้ว โดยที่เหตุผลในการกำหนดให้ความหนาชั้นพื้นทาง (h_2) มี 2 ค่า ก็เพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ของ

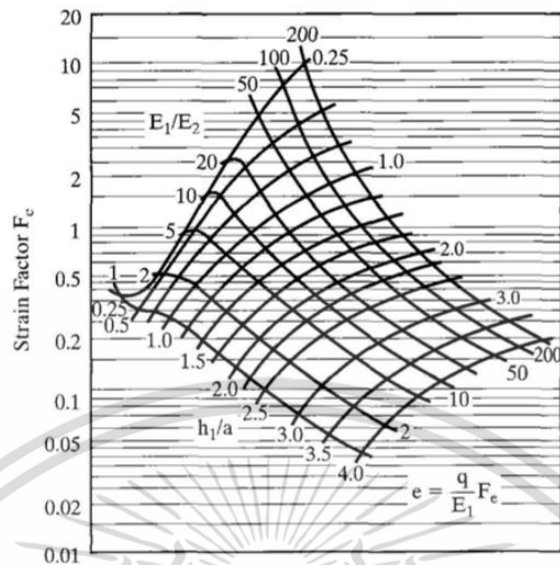
ความหนาชั้นพื้นทางที่มีความหนาไม่มาก ไปจนถึงความหนาที่มากกว่ามีความสามารถที่จะใช้งานได้จริงหรือไม่ โดยค่าตัวแปรที่ใช้งานเพื่อวิเคราะห์จะแสดงให้เห็นอยู่ในทางด้านขวาของกราฟ



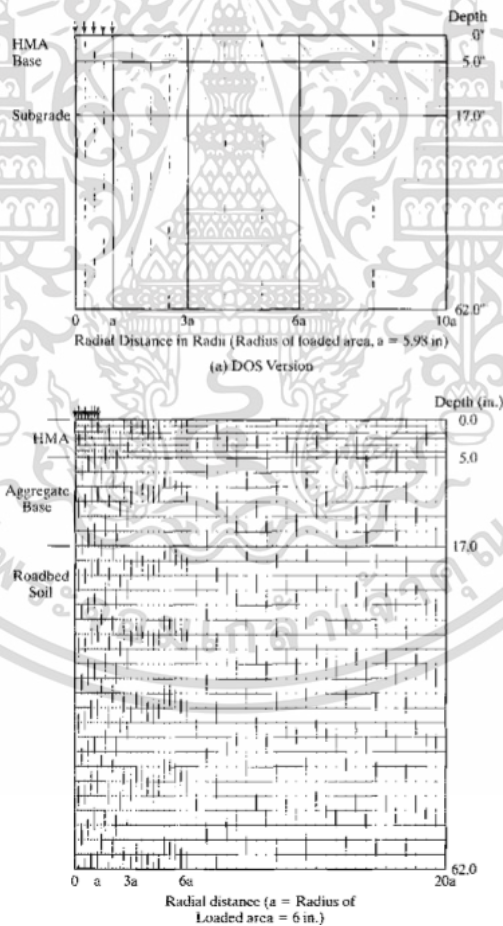
กราฟที่ 2.1 ผลกระทบจากความหนาของชั้นแอสฟัลต์ผสมร้อนที่ตอบสนองต่อชั้นทาง (1 psi เท่ากับ 6.9 kPa)

กราฟที่ 2.1 ในทุกแรงกระทำ และแรงดันในล้อที่มีค่าเท่ากันของตัวอย่างการทดสอบแบบน้ำหนักล้อเดียว ผลลัพธ์ที่แสดงให้เห็นในกราฟ ค่าความเครียดอัดจะมีความมากกว่าการทดสอบแบบน้ำหนักล้อคู่เสมอ แต่ไม่มีความจำเป็นที่ความเครียดดึงจะต้องมีค่าที่มากกว่าตามเงื่อนไขต่อไปนี้ เมื่อผิวหน้าของถนนเป็นยางมะตอยที่บางมากค่าความเครียดดึงในการทดสอบแบบน้ำหนักล้อคู่จะมีความมากกว่าในการทดสอบแบบน้ำหนักล้อเดียว

ดังนั้นการใช้การทดสอบแบบน้ำหนักล้อเดียวแทนที่การทดสอบแบบน้ำหนักล้อคู่จะเป็นการทดสอบในแบบของ ILLI-PAVE & MICH-PAVE ซึ่งไม่มีความปลอดภัย เมื่อจะทำการวิเคราะห์การวิบัติในเรื่องความล้าของผิวทางที่มีผิวหน้าของถนนเป็นยางมะตอยที่บางมาก



รูปที่ 2.4 ปัจจัยของความเครียดสำหรับการทดลองแบบน้ำหนักรัดเดี่ยว

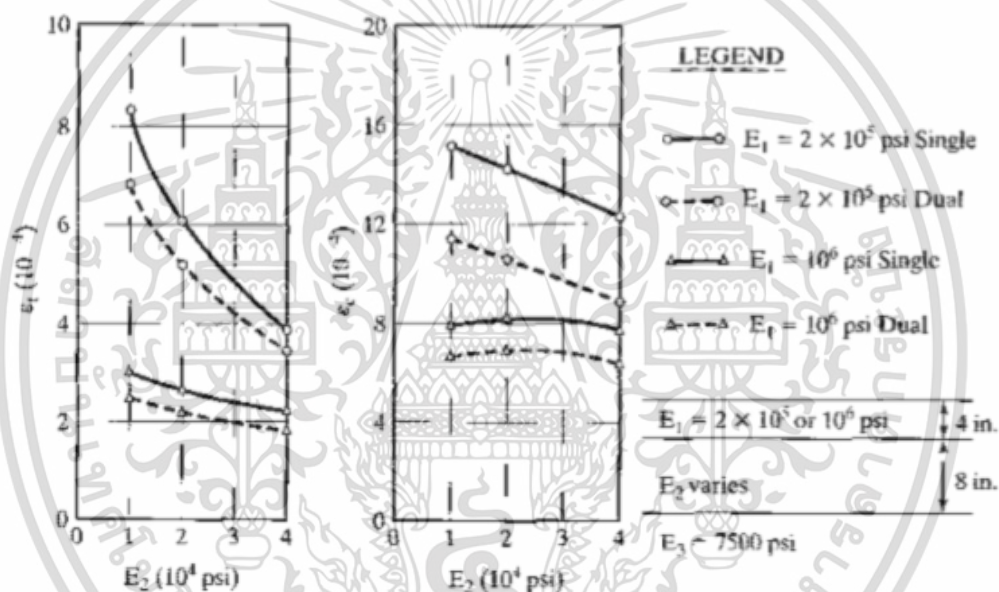


รูปที่ 2.5 Finite – element mesh used by MICH-PAVE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

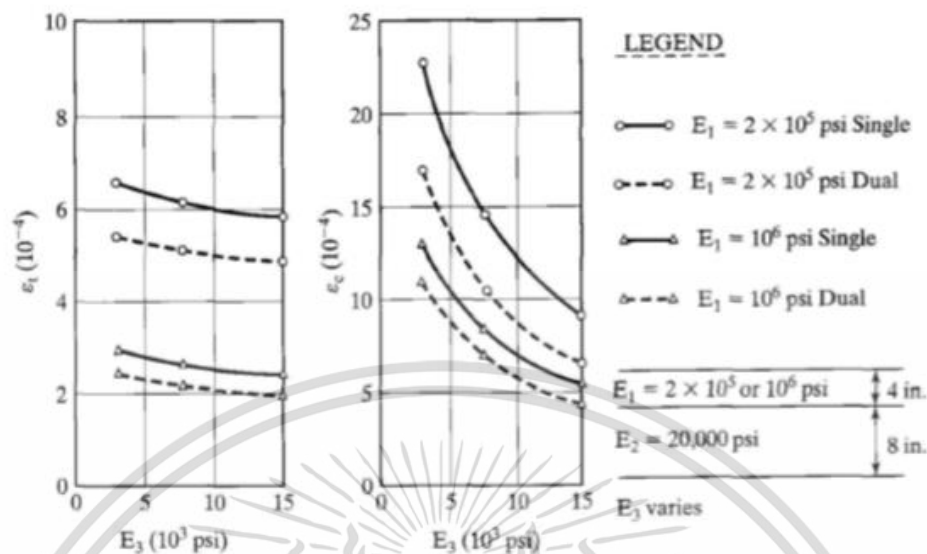
2.9.2 ผลกระทบจากค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของวัสดุ (Effect of Layer Modulus)

ผลจากค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของวัสดุในชั้นพื้นทาง (E_2) และค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของวัสดุใน ชั้นดินเดิม (E_3) ที่มีผลกระทบต่อความเครียดดึงและความเครียดอัดยังคงมีอาจหาข้อสรุปที่ชัดเจนได้ แต่ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของวัสดุแอสฟัลต์ผสมร้อน (E_1) ไม่ได้ถูกพิจารณา เพราะเป็นที่รู้กันดีว่าค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของวัสดุแอสฟัลต์ผสมร้อนที่เพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้ความเครียดอัดและความเครียดดึงมีค่าลดลง อย่างไรก็ตามการเพิ่มค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของวัสดุแอสฟัลต์ผสมร้อน ยังเป็นสาเหตุให้จำนวนที่เกิดการเกิดซ้ำจากความล้ามีค่าลดลงตามสมการ $N_f = f_1(E_1)^{a_1}(E_2)^{b_1}$ ไม่ว่าจะเป็ความเครียดอัดที่มีค่าน้อย เนื่องจากมีค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของวัสดุแอสฟัลต์ผสมร้อนที่มากขึ้น การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของวัฏจักรในการเกิดความล้าจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัสดุและเกณฑ์พิจารณาการพัง



กราฟที่ 2.2 ผลของค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของวัสดุในชั้นพื้นทาง (E_2) ที่มีผลตอบสนองต่อชั้นทาง

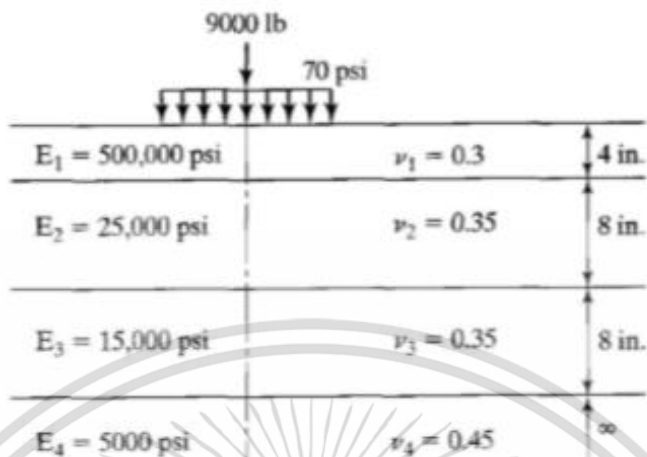
กราฟที่ 2.2 แสดงให้เห็นผลกระทบที่เกิดขึ้นของความสัมพันธ์ระหว่างค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของวัสดุในชั้นพื้นทาง (E_2) กับความเครียดดึงและความเครียดอัด โดยกำหนดให้ความหนาของวัสดุในชั้นผิวทาง (h_1) เท่ากับ 4 นิ้ว ความหนาของวัสดุในชั้นพื้นทาง (h_2) เท่ากับ 8 นิ้ว ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของวัสดุในชั้นผิวทาง (E_1) เท่ากับ 200,000 หรือ 1,000,000 psi และค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของวัสดุในชั้นรองพื้นทาง (E_3) เท่ากับ 7,500 psi ซึ่งผลที่ได้จะเห็นว่าค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของวัสดุในชั้นพื้นทางมีผลกระทบต่อความเครียดดึงมากกว่าความเครียดอัดและส่งผลกระทบอย่างมากต่อค่าที่ได้ เฉพาะในกรณีที่ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของวัสดุในชั้นผิวทางมีค่าที่น้อยกว่า



กราฟที่ 2.3 ผลของค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของวัสดุในชั้นรองพื้นทาง (E_3) ที่มีผลตอบสนองต่อชั้นทาง

กราฟที่ 2.3 แสดงให้เห็นผลกระทบที่เกิดขึ้นของความสัมพันธ์ระหว่างค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของวัสดุในชั้นรองพื้นทาง (E_3) กับความเครียดดึงและความเครียดอัด โดยกำหนดให้ความหนาของวัสดุในชั้นผิวทาง (h_1) เท่ากับ 4 นิ้ว ความหนาของวัสดุในชั้นพื้นทาง (h_2) เท่ากับ 8 นิ้ว ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของวัสดุในชั้นผิวทาง (E_1) เท่ากับ 200,000 หรือ 1,000,000 psi และค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของวัสดุในชั้นพื้นทาง (E_2) เท่ากับ 20,000 psi ซึ่งผลที่ได้จะเห็นว่าค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของวัสดุในชั้นรองพื้นทางมีผลกระทบอย่างมากต่อความเครียดอัด แต่ในทางกลับกันกับแบบจะไม่มีผลกระทบต่อความเครียดดึงเลย และผลกระทบจากค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของวัสดุในชั้นรองพื้นทางจะมีค่าใกล้เคียงกัน ไม่ว่าจะป็นกรณีที่ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของวัสดุในชั้นผิวทางจะมีค่ามากหรือน้อยก็ตาม

2.10 ระบบชั้นทาง 4 ชั้น



รูปที่ 2.6 การแสดงระบบชั้นทาง 4 ชั้นสำหรับการวิเคราะห์ความอ่อนไหว

รูปที่ 2.6 แสดงมาตรฐานของระบบชั้นทาง 4 ชั้นซึ่งประกอบด้วยชั้นทางดังต่อไปนี้ ชั้นผิวทางที่เป็นวัสดุแอสฟัลต์ผสมร้อนที่มีความหนาเท่ากับ 4 หรือ 8 นิ้ว ชั้นพื้นทางที่เป็นวัสดุ Crush stone ที่มี ความหนาเท่ากับ 8 นิ้ว ชั้นรองพื้นทางที่เป็นวัสดุ Gravel ซึ่งระบบชั้นทาง 4 ชั้นนี้รับแรงกระทำ 9,000 ปอนด์ (ในกรณีนี้เป็นการทดสอบแบบน้ำหนักล้อเดี่ยว) แรงดันในล้อ 70 psi ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของวัสดุ (Modulus of elastic) และอัตราส่วนปัวซองส์ (Poisson’s Ratio) จะแสดงให้เห็นตามรูปภาพด้านบน

TABLE 3.8 Sensitivity Analysis of Elastic Multilayer Systems

Location	Response	Standard case	Case 1 high pressure $q = 140$ psi	Case 2 strong subgrade $E_1 = 15,000$ psi	Case 3 $\nu = 0.5$	Case 4 asphalt base $E_2 = 300,000$ psi	Case 5 cement base $E_2 = 1,000,000$ psi	Case 6 6 in. lime $E_2 = 50,000$ psi $E_3 = 5000$ psi
Top of HMA	δ_v (in.)	0.0341 (0.034)	0.0360 (0.036)	0.0212 (0.021)	0.0336 (0.034)	0.0202 (0.021)	0.0161 (0.017)	0.0290 (0.029)
Bottom of HMA	σ_x (psi)	-199.9 (-200)	-291.4 (-291.0)	-190.8 (-191)	-269.6 (-270)	6.51 (6.3)	39.1 (38.4)	-188.1 (-188)
	ϵ_x (10^{-6})	-795.7 (-795)	-428.7 (-429)	-283.5 (-284)	-293.8 (-294)	-21.16 (-21.5)	19.77 (18.8)	-279.8 (-280)
Top of base	σ_x (psi)	26.48 (26.5)	34.5 (34.4)	27.28 (27.3)	24.21 (24.2)	50.44 (50.4)	58.18 (58.2)	27.35 (27.4)
	σ_z (psi)	2.88	2.07	3.79	9.51	6.51	61.74	3.97
Bottom of base	σ_x (psi)	-6.95 (-7.0)	-7.56 (-7.4)	-4.29 (-4.3)	-7.67 (-7.7)	-61.08 (-60.6)	-102.1 (-100)	-3.99 (-3.9)
	σ_z (psi)	8.59 (8.6)	9.30 (9.3)	10.62 (10.6)	8.42 (8.4)	3.77 (3.7)	2.21 (2.2)	10.45 (10.5)
Bottom of subbase	σ_x (psi)	-5.25 (-5.3)	-5.47 (-5.3)	-0.56 (-0.6)	-5.92 (-5.9)	2.22 (-2.2)	-1.20 (-1.1)	0.92 (1.0)
	σ_z (psi)	3.48 (3.5)	3.58 (3.5)	5.66 (5.7)	3.49 (3.5)	1.74 (1.7)	1.22 (1.2)	2.13 (2.2)
36 in. below surface	σ_x (psi)	0.39 (0.39)	0.02 (0.02)	3.65 (3.65)	0.35 (0.35)	0.18 (0.18)	0.26 (0.26)	0.40 (0.40)
	ϵ_x (10^{-6})	688.8	713.8	355.2	627.4	314.9	196.0	354.8
36 in. below surface	σ_x (psi)	1.59 (1.6)	1.61 (1.6)	2.41 (2.4)	1.66 (1.6)	0.99 (0.9)	0.78 (0.7)	1.44 (1.4)
	σ_z (psi)	0.03	0.03	0.05	1.37	0.11	0.14	0.16

Note: Numbers in parentheses were reported by ERFIS Consultant, Inc. using ILSYM5. 1 in. = 25.4 mm. 1 psi = 6.9 kPa.

ตารางที่ 2.6 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของชั้นทางที่มีค่าความยืดหยุ่นแบบเป็นเชิงเส้นในระบบหลายชั้นทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11 ตารางแสดงค่า E - modulus และความหนาของวัสดุแต่ละประเภท

ตารางที่ 2.7 แสดงค่า E - modulus และความหนาของวัสดุแต่ละประเภท

Pavement Materials	Asphalt binder grade / Portland Cement Content	Thickness Minimum - Maximum (mm.)	E-modulus At 35 °C (MPa)
Asphaltic materials			
Surface Treatment	AC 60/70 or 80/100	-	0
	Cutback RC 3000 or 800	-	0
Cold Mixed Asphalt	Asphalt Emulsion	10 - 35	0
Asphalt Concrete	AC 25/35 or 40/70	50 -	2500
AC Surfacing on Stabilized Base Layers		50 -	2000
Unbound Granular Base			
Crushed Rock Base	-	200 -	250 - 600
Steel Slag	-	200 -	300 - 400
Crushed Gravel Base	-	150 -	150 - 400
Natural Gravel Base	-	150 -	120 - 300
Cement - Modified Base			
Mod. Crushed Rock	2 %	200 -	300 - 800
Mod. Gravel	2 %	200 -	200 - 600
Soil Cement Stabilization	4 %	150 -	150 - 500
Stabilized Laterite	-	200 -	300 - 600
Subbase Materials			
Sandy materials	-	200 -	50 - 150

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12 อัตราการทำงานของชุดเครื่องจักรก่อสร้างทาง 1 ชุด

ตารางที่ 2.8 อัตราการทำงานของชุดเครื่องจักรก่อสร้างทาง 1 ชุด

ลำดับ	ลักษณะงาน	ผลงานต่อวัน	หน่วย
1	งานถางป่าขุดต่อ		
	ขนาดเบา	11,000.00	ตร.ม.
	ขนาดกลาง	11,000.00	ตร.ม.
	ขนาดหนัก	7,000.00	ตร.ม.
2	งานตัดคันทาง		
	ดิน	600.00	ลบ.ม. ธรรมชาติ
	หินผุ	1,100.00	ลบ.ม. ธรรมชาติ
	หินแข็ง	300.00	ลบ.ม. ธรรมชาติ
3	งานดินถมคันทาง	600.00	ลบ.ม. แน่น
4	งานวัสดุคัดเลือก รองพื้นทาง ลูกรัง	500.00	ลบ.ม. แน่น
5	งานพื้นทาง หินคลุก	290.00	ลบ.ม. แน่น
6	งานไหล่ทาง ลูกรัง หินคลุก	310.00	ลบ.ม. แน่น
7	งานลาดยางไพรม์โค้ด	5,000.00	ตร.ม.
8	งานลาดยางแทคโค้ด	3,500.00	ตร.ม.
9	งานผิวทางแบบบาง		
	ชั้นเดียว	4,945.00	ตร.ม.
	สองชั้น	2,730.00	ตร.ม.
10	งานผิวทางแอสฟัลท์คอนกรีต		
	เครื่องผสมแอสฟัลท์ติก	430.00	ตัน
	ปูผิวแอสฟัลท์ติกหนา 5 ซม.	3,500.00	ตร.ม.
11	งานผิวทางคอนกรีตเสริมเหล็ก		
	เครื่องผสมคอนกรีต	175.00	ลบ.ม.
	ปูผิวคอนกรีตหนา 25 ซม.	875.00	ตร.ม.
12	งานพื้นทางวัสดุผสม Stabilized base	300.00	ลบ.ม. แน่น

- หมายเหตุ
1. อัตราการทำงานนี้ใช้สำหรับคำนวณจำนวนวันทำการตามสัญญา สำหรับงานคันทาง และโครงสร้างผิวทาง จำนวนวันทำงานสำหรับงานเบ็ดเตล็ด และอื่น ๆ จะนำมารวมภายหลัง
 2. หน่วย ลบ.ม.ธรรมชาติ เป็นหน่วย ลบ.ม.แน่น ในสภาพธรรมชาติ (Bank volume)
 3. หน่วย ลบ.ม.แน่น เป็นหน่วย ลบ.ม.แน่น ภายหลังการบดทับ (Compacted volume)
 4. จำนวนชั่วโมงทำงานต่อวันคิด 7.00 ชม./วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

การประเมินผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์ของการเปลี่ยนโครงสร้างชั้นพื้นทางและรองพื้นทางบนถนนในประเทศไทย(Assessment of economic impact of base and subbase structure changes on Thailand's road)ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยดังนี้

- 3.1 กำหนดหัวข้อที่สนใจจะศึกษา
- 3.2 กำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตของการทำ
- 3.3 ค้นคว้าข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 3.4 รวบรวมข้อมูลที่ค้นคว้าได้
- 3.5 กำหนดค่าของข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์
- 3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลโดยโปรแกรม KENPAVE และ Microsoft Excel
- 3.7 ประมวลผลจากข้อมูลที่ทำกรวิเคราะห์
- 3.8 สรุปผลการวิจัย

3.1 กำหนดหัวข้อที่สนใจจะศึกษา

การกำหนดหัวข้อที่จะศึกษานั้น เนื่องจากคณะผู้จัดทำเห็นว่าถนนเป็นปัจจัยหลักในการเข้าถึงการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม ในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นถนนลาดยาง ซึ่งถนนลาดยางมีความยืดหยุ่นสูง ชั้นดินใต้ชั้นผิวทางจึงเป็นส่วนหนึ่งในการรับแรงจากชั้นผิวทาง ทางคณะผู้จัดทำจึงได้ศึกษาถึงผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งแรงของชั้นพื้นทางและรองพื้นทาง ที่ส่งผลต่อแรงและการเสื่อยรูปที่เกิดขึ้นบนชั้นดินเดิมและชั้นรองพื้นทาง รวมไปถึงศึกษาถึงความคุ้มค่าในด้านราคาและระยะเวลาในการก่อสร้าง

3.2 กำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตของการทำ

การกำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตของโครงการ เป็นขั้นตอนในการกำหนดเป้าหมายและ ขอบเขตของการทำโครงการ เพื่อทำให้เกิดแนวทางในการหาคำตอบให้ครบตรงตามวัตถุประสงค์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ค้นคว้าข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การได้มาของข้อมูลแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) และข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) ในส่วนของโครงการฉบับนี้ ข้อมูลที่คณะผู้จัดทำได้ทำการรวบรวมนั้น จัดเป็นข้อมูลแบบทุติยภูมิทั้งหมด เนื่องจากเป็นข้อมูลที่มีผู้อื่นค้นคว้าหรือเก็บรวบรวมไว้ก่อนแล้ว ซึ่งการได้มาของข้อมูลเพื่อประกอบโครงการ มีแหล่งข้อมูลดังนี้

- 1) หน่วยงานราชการ และ หน่วยงานเอกชน
- 2) หนังสือหรือตำราที่มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับการวิจัย
- 3) ข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต

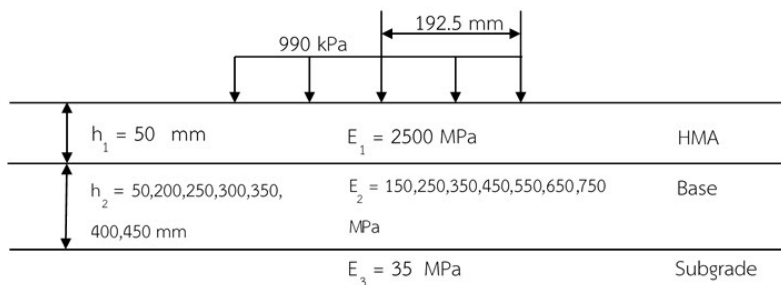
3.4 รวบรวมข้อมูลที่ค้นคว้าได้

เมื่อค้นคว้าข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องแล้ว จึงได้ทำการรวบรวมข้อมูลที่ค้นคว้ามาได้ เพื่อใช้ในขั้นตอนการดำเนินงานขั้นต่อไป

3.5 กำหนดค่าของข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์

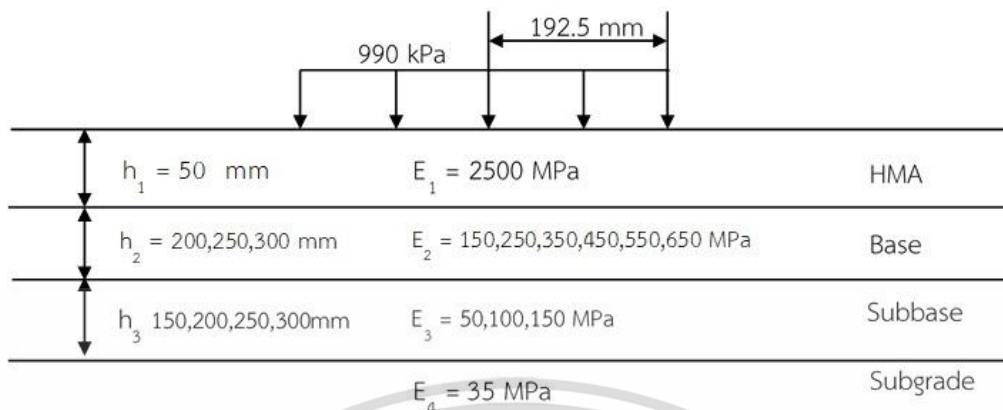
การกำหนดค่าของข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์นั้น ทางคณะผู้จัดทำได้กำหนดค่าใดค่าหนึ่งในช่วงของข้อมูลทั้งหมด ให้เป็นตัวแทนของช่วง โดยกำหนดค่าต่างๆไว้ดังนี้

- 1) กำหนดแรงกระทำบนชั้นผิวทาง Contact pressure = 990 kPa และ Contact radius = 192.5 mm.
- 2) กำหนดค่าความหนาและค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นในการวิเคราะห์ค่าความเค้นในชั้นทาง 3 ชั้น
 1. ค่าความหนาของชั้นผิวทาง มีค่า 50 mm.
 2. ค่าความหนาของชั้นพื้นทาง มีค่า 150 mm. ,200 mm. ,250 mm. ,300 mm. ,350 mm. , 400 mm. และ 450 mm.
 3. ค่าความหนาชั้นดินคันทาง มีค่า 20 mm.
 4. ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นชั้นผิวทาง มีค่า 2500 MPa
 5. ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นชั้นพื้นทาง มีค่า 150 MPa , 250 MPa , 350 MPa , 450 MPa , 550 MPa , 650 MPa และ 750 MPa
 6. ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นชั้นดินคันทาง มีค่า 35 MPa



รูปที่ 3.1 การเปลี่ยนค่าโมดูลัสและความหนาของชั้นพื้นทางในระบบทาง 3 ชั้น

- 3) กำหนดค่าความหนาและค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นในการวิเคราะห์ค่าความเค้นในชั้นทาง 4 ชั้น
 1. ค่าความหนาของชั้นผิวทาง มีค่า 50 mm.
 2. ค่าความหนาของชั้นพื้นทาง มีค่า 200 mm. ,250 mm. และ 300 mm.
 3. ค่าความหนาของชั้นรองพื้นทาง มีค่า 150 mm. ,200 mm. ,250 mm. และ 300 mm.
 4. ค่าความหนาชั้นดินคั่นทาง มีค่า 20 mm.
 5. ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นชั้นผิวทาง มีค่า 2500 MPa
 6. ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นชั้นพื้นทาง มีค่า 150 MPa , 250 MPa , 350 MPa , 450 MPa , 550 MPa และ 650 MPa
 7. ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นชั้นรองพื้นทาง มีค่า 50 MPa , 100 MPa และ 150 MPa
 8. ค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นชั้นดินคั่นทาง มีค่า 35 MPa
- 4) กำหนดความกว้างถนน 7 เมตร ระยะทาง 1 กิโลเมตร ในการคำนวณราคาและระยะเวลาก่อสร้าง
- 5) กำหนดให้อัตราการทำงานต่อวันของเครื่องจักร 1 ชุด ของชั้นรองพื้นทาง มีค่า 500 ลบ.ม. ของชั้นพื้นทาง มีค่า 290 ลบ.ม. ในขณะที่กำหนดให้การทำงานอื่นๆมีค่าคงที่
- 6) กำหนดให้ราคาวัสดุของหินคลุก(ชั้นพื้นทาง)กรุงเทพมหานคร มีค่า 410 บาท/ลบ.ม. และราคา ดินลูกรัง(ชั้นรองพื้นทาง)กรุงเทพมหานคร มีค่า 350 บาท/ลบ.ม. ในขณะที่กำหนดให้ราคาอื่นๆมีค่าคงที่

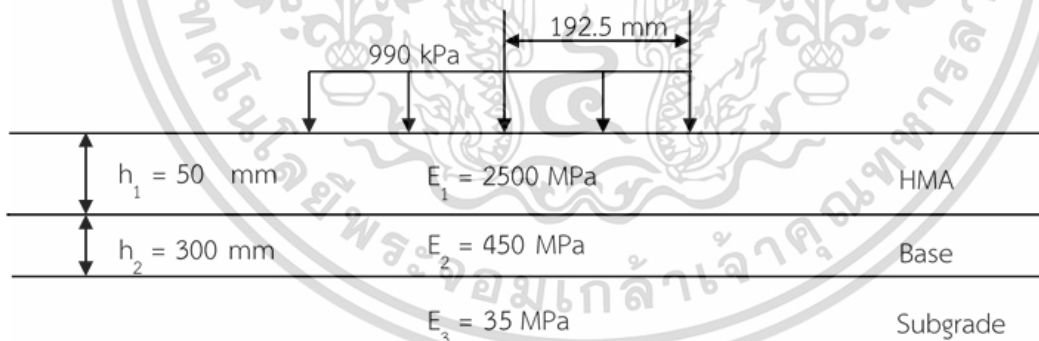


รูปที่ 3.2 การเปลี่ยนค่าโมดูลัสและความหนาของชั้นพื้นทางและรองพื้นทางในระบบทาง 4 ชั้น

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลโดยโปรแกรม KENPAVE และ Microsoft Excel

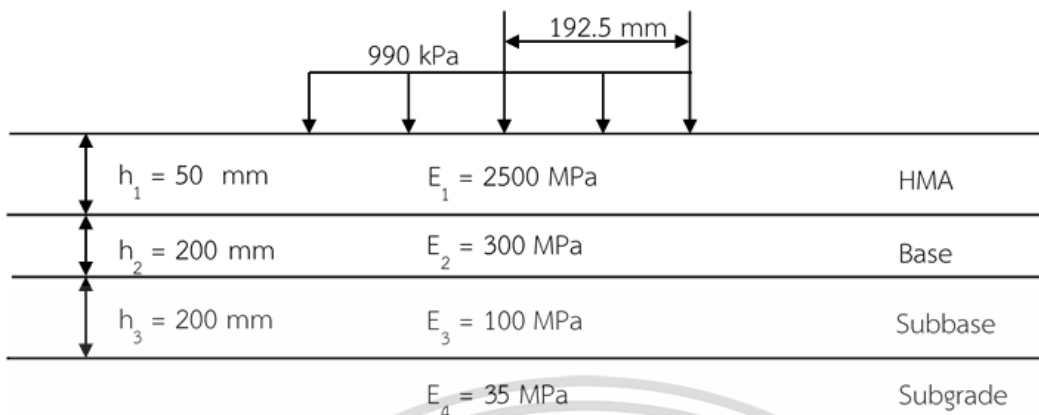
3.6.1 การวิเคราะห์ข้อมูลโดยโปรแกรม KENPAVE

1) ออกแบบถนนลาดยาง โดยกำหนดให้เปลี่ยนแปลงค่าความหนาของชั้นทางหรือค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของวัสดุที่กำลังพิจารณาไปเรื่อยๆ ให้มีค่าความเค้นใกล้เคียงกับค่าอ้างอิงที่ได้มาจากการออกแบบโดยทั่วไป ในขณะที่กำหนดให้ตัวแปรอื่นๆมีค่าคงที่



รูปที่ 3.3 แสดงค่าอ้างอิงที่ได้มาจากการออกแบบโดยทั่วไป 3 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แสดงค่าอ้างอิงที่ได้มาจากการออกแบบโดยทั่วไป 4 ชั้น

2) นำตัวแปรที่ถูกออกแบบไว้ในแต่ละกรณีมากรอกในโปรแกรม KENPAVE เพื่อวิเคราะห์ข้อมูล ตามขั้นตอนต่อไปนี้

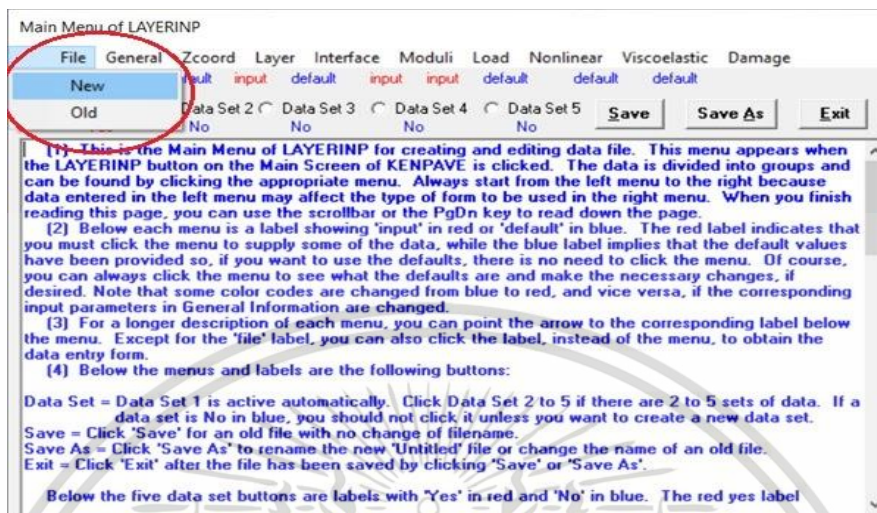
2.1) เข้าโปรแกรม KENPAVE จากนั้นเข้าไปที่ LAYERINP



รูป 3.5 Main screen

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2) เมื่อเข้าไปใน LAYERINP แล้วกด file จากนั้นกด new



รูปที่ 3.6 Main menu of LAYERRINP

2.3) กดคำว่า General จากนั้นกรอกค่าแต่ละช่องดังนี้

General Information of LAYERINP for Set No. 1

TITLE		
Type of material (1=linear, 2=nonlinear, 3=viscoelastic, 4=combined)	(MATL)	1
Damage analysis (0=no, 1=yes with summary only, 2=yes with detailed printout)	(NDAMA)	0
Number of periods per year	(NPY)	1
Number of load groups	(NLG)	1
Tolerance for numerical integration	(DEL)	0.001
Number of layers	(NL)	3
Number of Z coordinates for analysis	(NZ)	1
Maximum cycles of numerical integration	(ICL)	80
Type of responses (1=displacements only, 5=plus stresses, 9=plus strains)	(NSTD)	9
All layer interfaces bonded (1=yes, 0=if some are frictionless)	(NBOND)	1
Number of layers for bottom tension	(NLBT)	1
Number of layers for top compression	(NLTC)	1
System of units (0=English, 1=SI)	(NUNIT)	1

(1) This form appears when the "General" on the Main Menu of LAYERINP is clicked. You can override any of the default values by typing in a new value. You can use the Tab key to move the cursor from one textbox to the next or just click on the textbox before typing. The use of click has the advantage that you don't have to delete the default before typing in the data you want. If you want to read the remaining text, you can use the scrollbar. You can also use the PgDn key after clicking this textbox to make it active.

(2) TITLE (title of run): Any title or comment can be typed on one line. The title should not be longer than 68 characters including spaces. If you make a mistake in typing, use the Del key to erase any typographical errors. When the total length reaches 68, no additional characters can be added. No comma should be used in TITLE. Use colon or semicolon instead.

(3) MATL (types of material): 1 when all layers are linear elastic, 2 when some layers are nonlinear

รูปที่ 3.7 General information of LAYERINP รูปที่ Main menu of LAYERRINP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 ช่อง TITTLE : ชื่อเรื่อง

2.3.2 ช่อง MATL : ชนิดของวัสดุ

กรอกค่า 1 สำหรับการวิเคราะห์แบบ linear
 2 สำหรับการวิเคราะห์แบบ nonlinear
 3 สำหรับการวิเคราะห์แบบ viscoelastic
 4 สำหรับการวิเคราะห์แบบ combined

2.3.3 ช่อง NDAMA : วิเคราะห์ความเสียหาย

กรอกค่า 0 สำหรับกรณีไม่ศึกษา damage analysis
 1 สำหรับกรณีศึกษา damage analysis
 2 สำหรับกรณีศึกษา damage analysis เชิงลึก

2.3.4 ช่อง NPY : จำนวนช่วงที่ต้องการวิเคราะห์ใน 1 ปี

2.3.5 ช่อง NLG : จำนวนโหลดที่ต้องการวิเคราะห์

2.3.6 ช่อง DEL : โปรแกรมกำหนดให้ กรอกค่า 0.001

2.3.7 ช่อง NL : จำนวนชั้นทาง

2.3.8 ช่อง NZ : จำนวนจุดที่ต้องการวิเคราะห์ (เมื่อ NDAMA = 1 หรือ 2, NZ = 0)

2.3.9 ช่อง ICL : โปรแกรมกำหนดให้ กรอกค่า 80

2.3.10 ช่อง NSTD : ประเภทของค่าที่แสดง

กรอกค่า 1 สำหรับต้องการทราบเฉพาะค่าการทรุดตัว
 5 สำหรับต้องการแสดงค่าความเค้นที่เกิดขึ้นด้วย

9 สำหรับต้องการแสดงค่าความเครียดที่เกิด(ถ้ามีการวิเคราะห์ค่าความเสียหาย NSTD = 9)

2.3.11 ช่อง NBOND

กรอกค่า 0 สำหรับบางชั้นมีแรงเสียดทาน หรือไม่เชื่อมกัน
1 สำหรับทุกชั้นมีแรงเสียดทาน

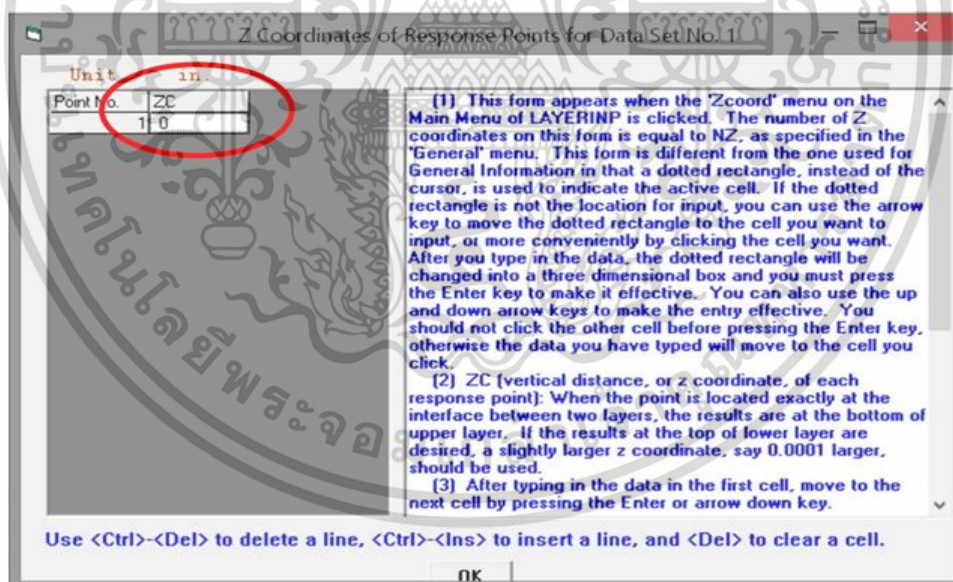
2.3.12 ช่อง NLBT : จำนวนชั้นที่วิเคราะห์ความเสียหายซึ่งได้มากจากความเครียดแรงดึงที่เกิดขึ้น
ภายใต้ชั้นผิวทาง ซึ่งส่วนใหญ่ NLBT =1

2.3.13 ช่อง NLTC : จำนวนชั้นที่วิเคราะห์ความเสียหายซึ่งได้มาจากความเครียดแรงอัน
แนวตั้งที่เกิดขึ้นบนชั้นผิว subgrade หรือบนชั้นที่ไม่มีการเชื่อมกัน ซึ่งส่วนใหญ่ NLTC =1

2.3.14 ช่อง NUNIT : ระบบหน่วย

กรอกค่า 0 สำหรับหน่วยอังกฤษ
1 สำหรับหน่วย SI

2.4) กด Zcoord แล้วกรอกความลึกของจุดที่ต้องการวิเคราะห์จากผิวด้านบน จากนั้นกด OK



รูปที่ 3.8 Zcoordinates of response points

- 2.5) กด Layer กรอกค่าความหนาของแต่ละชั้นในช่อง TH และ ค่า Poisson's ratio ของแต่ละชั้นในช่อง PR โดย กรอกค่า 0.35 สำหรับ HMA และ วัสดุ Granular 0.45 สำหรับดิน Fine-grained

Layer Thickness, Poisson's Ratio and Unit Weight for Data Set No. 1

After typing the value in a cell, be sure to press the Enter key to make it effective.

Unit	cm	kN/m ³
Layer No.	TH	PR
1	5	0.35
2	20	0.35
		0.45

Use <Ctrl>- to delete a line, <Ctrl>-<Ins> to insert a line, and to clear a cell.

(1) This form appears when the 'Layer' menu on the Main Menu of LAYERINP is clicked. The number of layers on this form is equal to NL, as specified in the 'General' menu. This form is different from the one used for General Information in that a dotted rectangle, instead of the cursor, is used to indicate the active cell. If the dotted rectangle is not the location for input, you can use the arrow key to move the dotted rectangle to the cell you want to input, or more conveniently by clicking the cell you want. After you type in the data, the dotted rectangle will be changed into a three dimensional box and you must press the Enter key to make it effective. You can also use the up and down arrow keys to make the entry effective. Note that the dotted rectangle is now in the upper left cell, so you can type in the data right away. If you want to read the remaining text and use the PgDn key, instead of the scrollbar, you

OK

รูปที่ 3.9 Layer thickness

- 2.6) กด Moduli จากนั้น กด Period1

Layer Modulus of each period for Data Set No. 1

Period1
input

(1) This form appears when the 'Moduli' menu on the Main Menu of LAYERINP is clicked. The number of periods on this form is equal to NPY, as specified in the 'General' menu. The 12 buttons on the form indicates that a maximum of 12 periods may be used. However, only the periods being actually specified are marked with the period number on the button.

(2) Below the period button is a label showing 'input' in red, indicating that there are no defaults and you must enter the elastic modulus for each layer. After the data are entered, the letter 'input' will be changed to 'done'.

(3) Now you can click the Period1 button to enter the data. After the data for all periods are entered, as indicated by 'done' under each period button, click OK to return to the Main Menu of LAYERINP.

OK

รูปที่ 3.10 Layer modulus of each period

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7) กต Load จากนั้นกรอกค่าในแต่ละช่องดังนี้

Load Information for Data Set No. 1

Double click anywhere on a line to get auxiliary form for NR or NPT.

Unit	in.	psi	in.	in.		
Load Group No	LOAD	CR	CP	YW	XW	NR or NPT
1	0	0	0	0	0	0

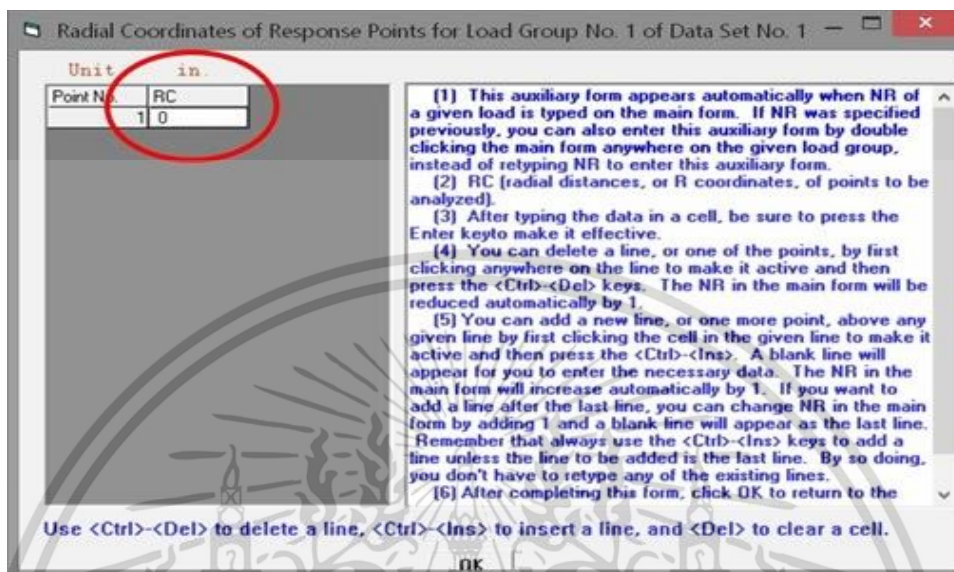
Use <Ctrl>- to delete a line, <Ctrl>-<Ins> to insert a line, and to clear a cell.

(1) This form appears when the 'Load' menu on the Main Menu of LAYERINP is clicked. The number of lines, or load groups, is equal to NLG, as specified in the 'General' menu. Please refer to Figure 3.8 for wheel and axle arrangements.
 (2) LOAD (type of loading): Assign 0 for single axle with single tire, 1 for single axle with dual tires, 2 for tandem axles, and 3 for tridem axles.
 (3) CR (contact radius of circular loaded areas).
 (4) CP (contact pressure on circular loaded areas).
 (5) YW (center to center spacing between two dual wheels along the y axis): Assign 0 if there is only one wheel or LOAD = 0.
 (6) XW (center to center spacing between two axles along the x axis): Assign 0 if only one axle exists, i.e. LOAD = 0 or 1.
 (7) NR (number of radial coordinates to be analyzed under a single wheel, maximum 25): A single

รูปที่ 3.11 Load information

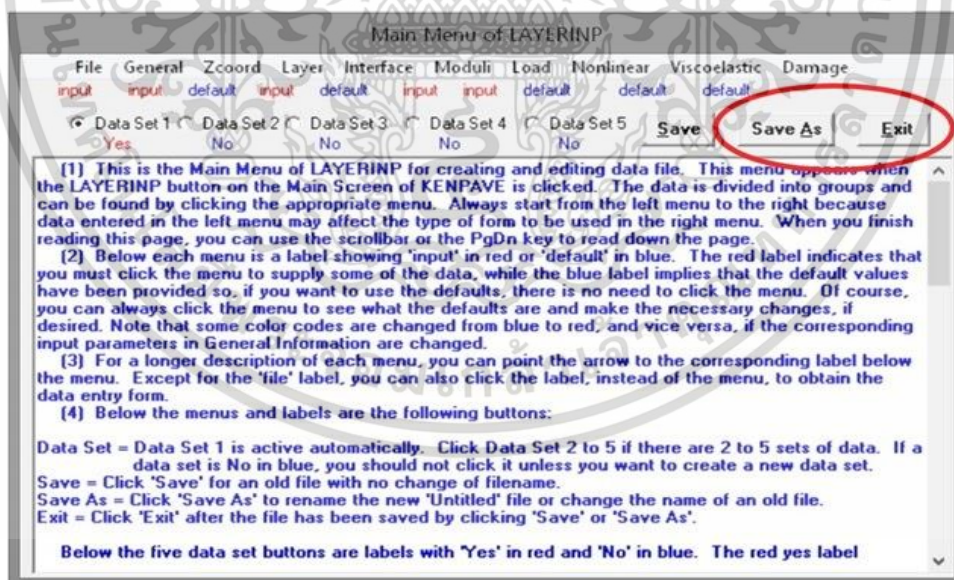
- 2.7.1 ช่อง Load กรอกค่า 0 สำหรับ single tire
1 สำหรับ dual tires
2 สำหรับ tandem axles
3 สำหรับ tridem axles
- 2.7.2 ช่อง CR กรอกค่า contact radius ของน้ำหนักระทำแผ่สม่ำเสมอรูปวงกลม
- 2.7.3 ช่อง CP กรอกค่า contact pressure บนน้ำหนักระทำแผ่สม่ำเสมอรูปวงกลม
- 2.7.4 ช่อง YW กรอกค่า 0 กรณีเป็น single tire
- 2.7.5 ช่อง XW กรอกค่า 0 กรณีเป็น single tire
- 2.7.6 ช่อง NR or NPT กรอกค่า จำนวนจุดที่ต้องการศึกษา

2.8) เมื่อทำการกรอกค่าเสร็จแล้วให้ Double Click ที่ช่อง NR or NPT จากนั้นให้กรอกค่าระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางล้อกับจุดที่ต้องการวิเคราะห์ที่ช่อง RC จากนั้นกด OK สองครั้ง



รูปที่ 3.12 Load repetition for period

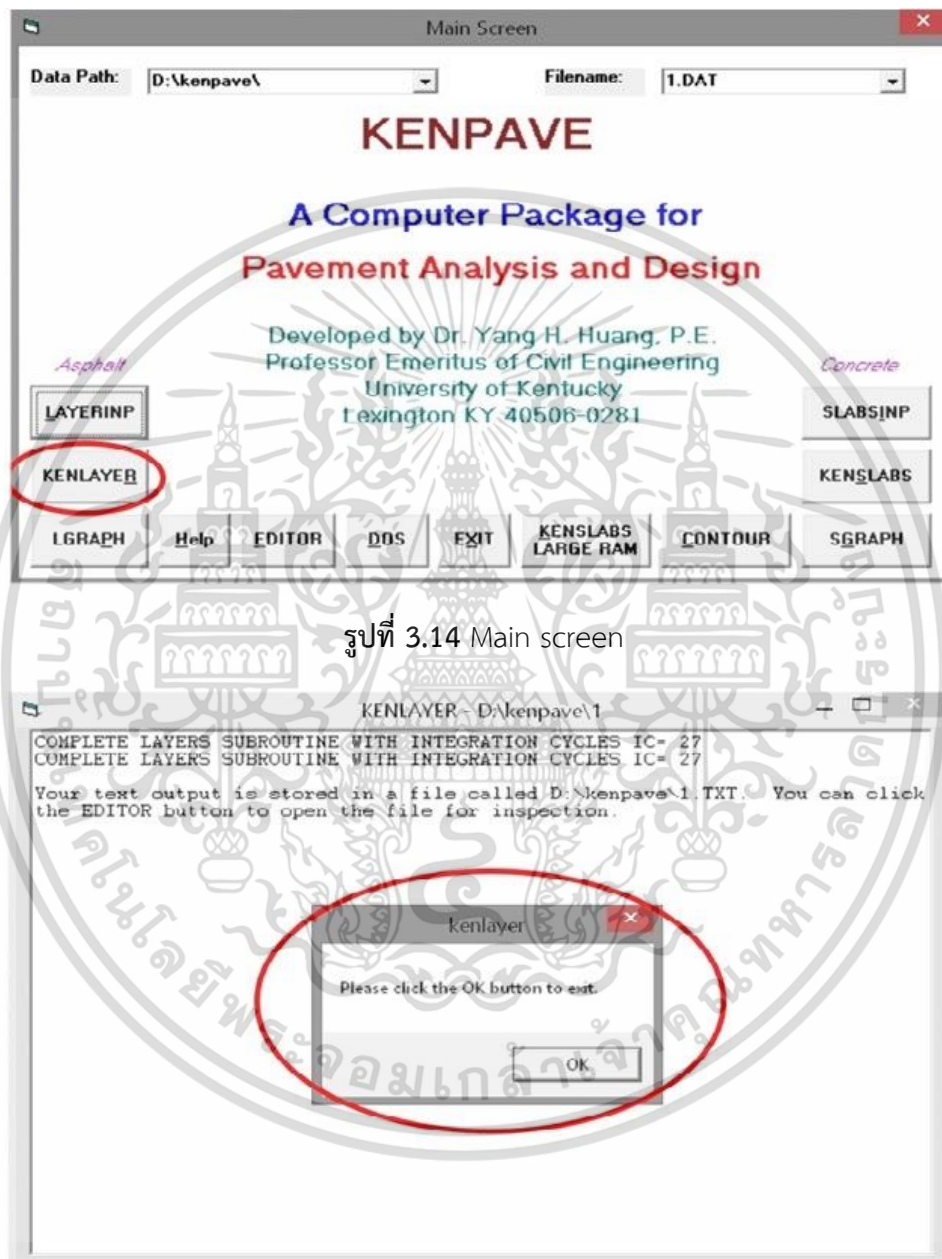
2.9) กด Save As แล้วเลือกพื้นที่ที่ต้องการบันทึกข้อมูลจากนั้นกด Save แล้วกด Exit



รูปที่ 3.13 Main menu of LAYERRINP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10) กด KENLAYER หากขึ้นคำว่า Please click the OK button to exit นั้นแปลว่าโปรแกรมได้ทำการคำนวณเสร็จเรียบร้อยแล้วจากนั้นกด OK หากโปรแกรมขึ้นข้อความอื่นให้กลับไปแก้ไขข้อมูลใหม่ แล้วทำการกด KENLAYER อีกครั้ง

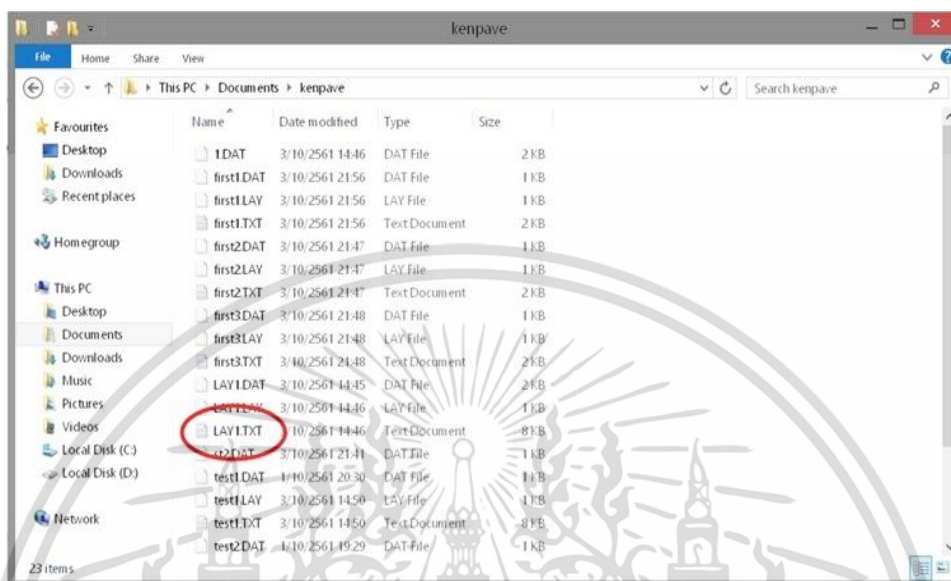


รูปที่ 3.14 Main screen

รูปที่ 3.15 KENLAYER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11) ข้อมูลที่คำนวณได้นั้นจะแสดงอยู่ในพื้นที่ที่บันทึกข้อมูลโดยจะเป็นชื่อไฟล์ที่ตั้งไว้และจะมีค่าว่า.TXTลงท้ายอยู่ในชื่อไฟล์



รูปที่ 3.16 File.TXT

3.6.2 การวิเคราะห์ข้อมูลโดยโปรแกรม Microsoft Excel

1. การคำนวณราคาการก่อสร้าง

ราคาการก่อสร้าง(บาท) = ความหนาของชั้นทาง * ราคาของวัสดุ

2. การคำนวณระยะเวลาการก่อสร้าง

ระยะเวลาการก่อสร้าง(วัน) = ปริมาณงาน / ปริมาณงานต่อวัน

ปริมาณงาน = ความกว้างของถนน * ความหนาของชั้นทาง * ระยะทาง

3.7 ประมวลผลจากข้อมูลที่ทำกรวิเคราะห์

นำข้อมูลราคาและระยะเวลาการก่อสร้าง จากแต่ละแบบจำลองที่ได้จากการคำนวณมาประมวลผลว่าแบบจำลองใดให้ความคุ้มค่าในด้านราคาและระยะเวลาการก่อสร้างมากที่สุด

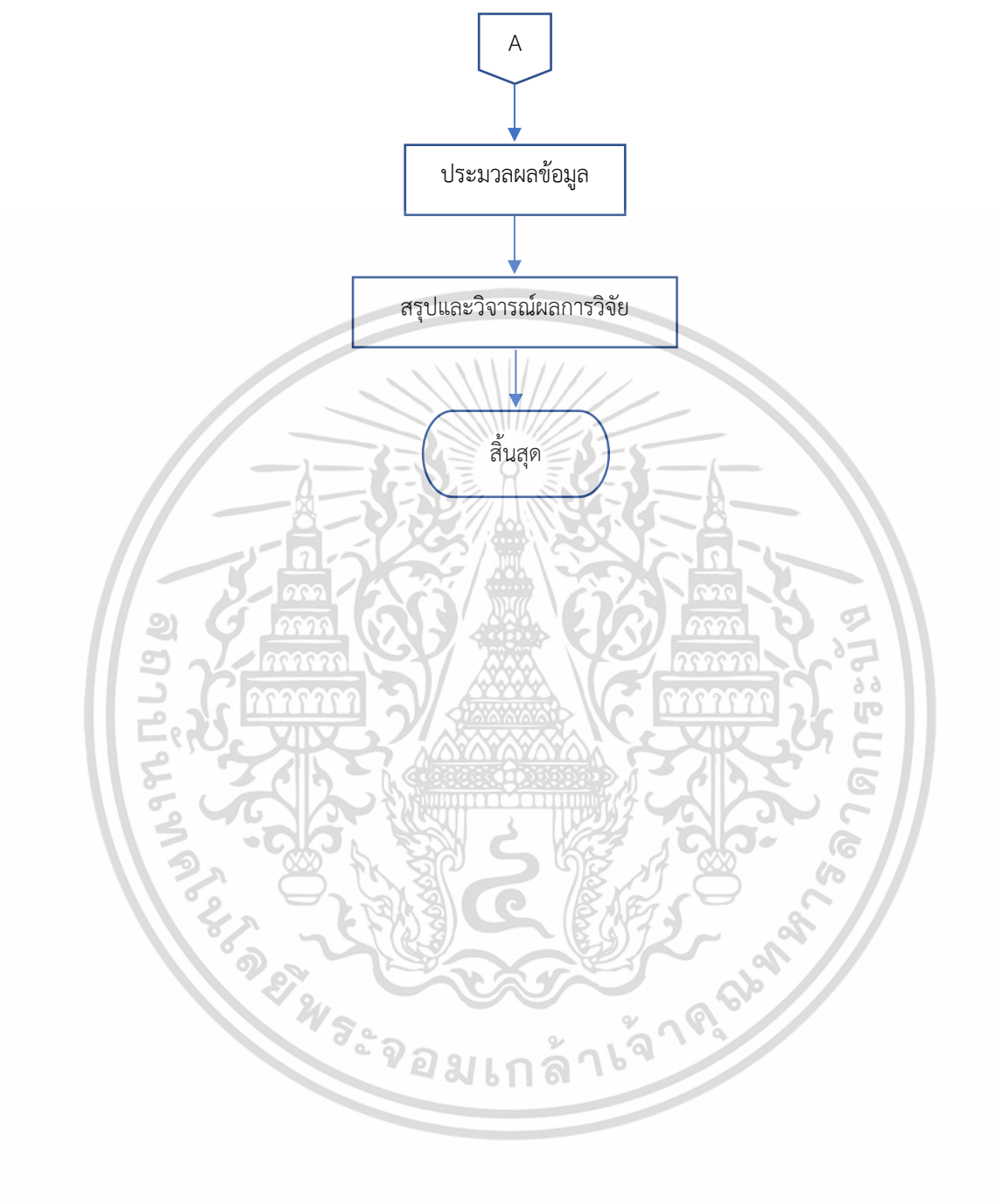
3.8 สรุปผลการวิจัย

นำข้อมูลจากการประมวลผล มาสรุปผลว่าแบบจำลองใดที่มีความคุ้มค่าด้านราคาและระยะเวลาการก่อสร้างมากที่สุด

แผนผังลำดับขั้นตอนการดำเนินการวิจัย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงแผนการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินการ	ระยะเวลาในการดำเนินการ 1/2562															
	สิงหาคม			กันยายน			ตุลาคม			พฤศจิกายน			ธันวาคม			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.การกำหนดหัวข้อการวิจัย																
2.การกำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย																
3.การศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง																
4.การเก็บรวบรวมข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง																
5.วิเคราะห์ข้อมูล																
6.ประมวลผลจากการวิเคราะห์ข้อมูล																
7.สรุปและวิจารณ์ผลการวิจัย																
8.นำเสนอผลการวิจัย																

ตารางที่ 3.1 แสดงระยะเวลาในการดำเนินการ 1/2562

ตารางแสดงแผนการดำเนินการวิจัย (ต่อ)

ขั้นตอนการดำเนินการ	ระยะเวลาในการดำเนินการ 2/2561															
	มกราคม			กุมภาพันธ์			มีนาคม			เมษายน			พฤษภาคม			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1. การกำหนดหัวข้อการวิจัย																
2. การกำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย																
3. การศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง																
4. การเก็บรวบรวมข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง																
5. วิเคราะห์ข้อมูล																
6. ประมวลผลจากการวิเคราะห์ข้อมูล																
7. สรุปและวิจารณ์ผลการวิจัย																
8. นำเสนอผลการวิจัย																

ตารางที่ 3.1 (ต่อ) แสดงระยะเวลาในการดำเนินการ 2/2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม KENPAVE ANALYSIS (Asphalt - KENLAYER) และ Microsoft Excel ซึ่งผลการวิจัยที่ได้มานั้นถูกแบ่งเป็น 3 ส่วน ดังต่อไปนี้

4.1.1 การวิเคราะห์ความเครียดที่เกิดขึ้นบนชั้นดินเดิม

1. การวิเคราะห์ด้วยการเปลี่ยนความหนาและค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของชั้นพื้นทาง ในระบบชั้นทาง 3 ชั้น
2. การวิเคราะห์ด้วยการเปลี่ยนความหนาและค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของชั้นพื้นทางและรองพื้นทางในระบบชั้นทาง 4 ชั้น
3. เลือกแบบจำลองที่มีค่าความเครียดใกล้เคียงกับค่าความเครียดของแบบจำลองมาตรฐานเพื่อนำไปวิเคราะห์ราคาและเวลาการก่อสร้างของระบบทาง 3 ชั้น
4. เลือกแบบจำลองที่มีค่าความเครียดใกล้เคียงกับค่าความเครียดของแบบจำลองมาตรฐานเพื่อนำไปวิเคราะห์ราคาและเวลาการก่อสร้างของระบบทาง 4 ชั้น

ตารางที่ 4.1 แสดงการเปลี่ยนแปลงความหนาและค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของชั้นพื้นทาง ในระบบชั้นทาง 3 ชั้นที่มีผลต่อความเครียดอัดในแนวตั้ง (Vertical Compressive Strain : VC)

ความหนาชั้นผิวทาง (cm.)	ค่าโมดูลัสชั้นผิวทาง (MPa)	ความหนาชั้นพื้นทาง (cm)	ค่าโมดูลัสชั้นพื้นทาง (MPa)	ความเครียดอัดใน แนวตั้ง
*5	2500	30	250	0.001771
5	2500	15	150	0.004703
			250	0.003472
			350	0.002817
			450	0.002399
			550	0.002106
		20	150	0.003794

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

			250	0.002736
			350	0.002189
			450	0.001847
			550	0.001611
		25	150	0.000380
			250	0.002186
			350	0.001733
			450	0.001453
			550	0.001262
		30	150	0.002525
			250	0.001771
			350	0.001395
			450	0.001166
			550	0.001009
5	2500	35	150	0.002093
			250	0.001456
			350	0.001142
			450	0.000951
			550	0.000821
		40	150	0.001755
			250	0.001213
			350	0.000948
			450	0.000788
			550	0.000679
		45	150	0.001487
			250	0.001023
			350	0.000797
450	0.000661			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

		45	550	0.000570
		50	150	0.001273
			250	0.000872
			350	0.000678
			450	0.000562
			550	0.000484

หมายเหตุ * หมายถึง แบบจำลองมาตรฐาน

ตารางที่ 4.2 แสดงการเปลี่ยนแปลงความหนาและค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของชั้นพื้นทางและชั้นรองพื้นทางในระบบชั้นทาง 4 ชั้นที่มีผลต่อความเครียดอัดในแนวตั้ง (Vertical Compressive Strain : VC)

ความหนา ชั้นผิวทาง (cm)	ค่าโมดูลัส ชั้นผิวทาง (MPa)	ความหนา ชั้นพื้นทาง (cm)	ค่าโมดูลัส ชั้นพื้นทาง (MPa)	ความหนา รองพื้นทาง (cm)	ค่าโมดูลัสชั้น รองพื้นทาง (MPa)	ความเครียดอัด ในแนวตั้ง
*5	2500	20	300	20	100	0.001760
5	2500	15	150	15	50	0.004284
					100	0.003068
					150	0.002525
				20	50	0.002344
					100	0.002565
					150	0.002093
					50	0.003110
				25	100	0.002168
					150	0.001755
					50	0.002688
30	100	0.001487				
	150	0.001270				
	50	0.002344				
5	2500	15	150	35	100	0.001595
					150	0.001273
					50	0.002060
				40	100	0.001386
					150	0.001100
					50	0.002344

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5	2500	15	250	15	50	0.003699
					100	0.002708
					150	0.002256
				20	50	0.003165
					100	0.002280
					150	0.001879
				25	50	0.002734
					100	0.001940
					150	0.001583
				30	50	0.002384
					100	0.001667
					150	0.001349
				35	50	0.002095
					100	0.001445
					150	0.001160
40	50	0.001856				
	100	0.001264				
	150	0.001007				
5	2500	15	350	15	50	0.003315
					100	0.002463
					150	0.002071
				20	50	0.002861
					100	0.002090
					150	0.001737
				25	50	0.002491
					100	0.001791
					150	0.001472
				30	50	0.002188
					100	0.001548
					150	0.001261

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5	2500	15	350	35	50	0.001936				
					100	0.001350				
					150	0.001090				
				40	50	0.001725				
					100	0.001187				
					150	0.000951				
5	2500	15	450	15	50	0.003041				
					100	0.002281				
					150	0.001933				
				20	50	0.002644				
					100	0.001951				
					150	0.001632				
				25	50	0.002317				
					100	0.001682				
					150	0.001391				
				30	50	0.002047				
					100	0.001463				
					150	0.001197				
				35	50	0.001822				
					100	0.001282				
					150	0.001040				
				40	50	0.001631				
					100	0.001133				
					150	0.000911				
				5	2500	15	550	15	50	0.002833
									100	0.002140
									150	0.001824
20	50	0.002478								
	100	0.001843								
	150	0.001550								

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5	2500	15	550	25	50	0.002185
					100	0.001599
					150	0.001329
				30	50	0.001940
					100	0.001397
					150	0.001149
				35	50	0.001734
					100	0.001230
					150	0.001002
				40	50	0.001559
					100	0.001090
					150	0.000880
5	2500	20	150	15	50	0.003480
					100	0.002527
					150	0.002093
				20	50	0.002976
					100	0.002135
					150	0.001755
				25	50	0.002570
					100	0.001822
					150	0.001487
				30	50	0.002239
					100	0.001570
					150	0.001273
				35	50	0.001967
					100	0.001365
					150	0.001100
				40	50	0.001742
					100	0.001196
					150	0.000958

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5	2500	20	250	15	50	0.002928
					100	0.002182
					150	0.001835
				20	50	0.002528
					100	0.001858
					150	0.001548
				25	50	0.002204
					100	0.001598
					150	0.001319
				30	50	0.001938
					100	0.001386
					150	0.001135
				35	50	0.001717
					100	0.001213
					150	0.000986
40	50	0.001533				
	100	0.001070				
	150	0.000864				
5	2500	20	350	15	50	0.002580
					100	0.001952
					150	0.001660
				20	50	0.002247
					100	0.001677
					150	0.001410
				25	50	0.001975
					100	0.001453
					150	0.001210
				30	50	0.001750
					100	0.001269
					150	0.001048

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5	2500	20	350	35	50	0.001562
					100	0.001118
					150	0.000915
				40	50	0.001403
					100	0.000991
					150	0.000806
5	2500	20	450	15	50	0.002337
					100	0.001785
					150	0.001531
				20	50	0.002051
					100	0.001546
					150	0.001310
				25	50	0.001815
					100	0.001349
					150	0.001131
				30	50	0.001618
					100	0.001185
					150	0.000985
				35	50	0.001452
					100	0.001050
					150	0.000864
				40	50	0.001311
					100	0.000936
					150	0.000764
5	2500	20	550	15	50	0.002157
					100	0.001658
					150	0.001430
				20	50	0.001905
					100	0.001446
					150	0.001233

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5	2500	20	550	25	50	0.001695
					100	0.001269
					150	0.001070
				30	50	0.001519
					100	0.001121
					150	0.000937
				35	50	0.001369
					100	0.000997
					150	0.000825
				40	50	0.001242
					100	0.000893
					150	0.000733
5	2500	25	150	15	50	0.002874
					100	0.002108
					150	0.001755
				20	50	0.002479
					100	0.001799
					150	0.001487
				25	50	0.002159
					100	0.001550
					150	0.001273
				30	50	0.001895
					100	0.001347
					150	0.001100
				35	50	0.001677
					100	0.001181
					150	0.000958
40	50	0.001494				
	100	0.001042				
	150	0.000841				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5	2500	25	250	15	50	0.002375
					100	0.001790
					150	0.001516
				20	50	0.002069
					100	0.001541
					150	0.001294
				25	50	0.001818
					100	0.001338
					150	0.001114
				30	50	0.001611
					100	0.001172
					150	0.000968
				35	50	0.001438
					100	0.001034
					150	0.000849
40	50	0.001292				
	100	0.000919				
	150	0.000749				
5	2500	25	350	15	50	0.002068
					100	0.001583
					150	0.001357
				20	50	0.001817
					100	0.001375
					150	0.001167
				25	50	0.001610
					100	0.001203
					150	0.001012
				30	50	0.001437
					100	0.001061
					150	0.000885

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5	2500	25	350	35	50	0.001292				
					100	0.000942				
					150	0.000780				
				40	50	0.001168				
					100	0.000842				
					150	0.000692				
5	2500	25	450	15	50	0.001857				
					100	0.001435				
					150	0.001240				
				20	50	0.001644				
					100	0.001256				
					150	0.001075				
				25	50	0.001466				
					100	0.001107				
					150	0.000938				
				30	50	0.001317				
					100	0.000982				
					150	0.000825				
				35	50	0.001190				
					100	0.000877				
					150	0.000731				
				40	50	0.001082				
					100	0.000788				
					150	0.000651				
				5	2500	25	550	15	50	0.001702
									100	0.001323
									150	0.001151
20	50	0.001515								
	100	0.001166								
	150	0.001004								

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5	2500	25	550	25	50	0.001359
					100	0.001034
					150	0.000881
				30	50	0.001227
					100	0.000922
					150	0.000779
				35	50	0.001114
					100	0.000827
					150	0.000693
				40	50	0.001018
					100	0.000746
					150	0.000620
5	2500	30	150	15	50	0.002409
					100	0.001779
					150	0.001487
				20	50	0.002095
					100	0.001534
					150	0.001273
				25	50	0.001838
					100	0.001333
					150	0.001100
				30	50	0.001626
					100	0.001168
					150	0.000958
				35	50	0.001448
					100	0.001031
					150	0.000841
				40	50	0.001298
					100	0.000916
					150	0.000744

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5	2500	30	250	15	50	0.001964
					100	0.001492
					150	0.001271
				20	50	0.001725
					100	0.001298
					150	0.001096
				25	50	0.001527
					100	0.001137
					150	0.000953
				30	50	0.001363
					100	0.001004
					150	0.000835
				35	50	0.001224
					100	0.000892
					150	0.000738
40	50	0.001106				
	100	0.000798				
	150	0.000656				
5	2500	30	350	15	50	0.001695
					100	0.001308
					150	0.001128
				20	50	0.001501
					100	0.001147
					150	0.000980
				25	50	0.001340
					100	0.001013
					150	0.000858
				30	50	0.001204
					100	0.000901
					150	0.000757

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5	2500	30	350	35	50	0.001089
					100	0.000806
					150	0.000673
				40	50	0.000991
					100	0.000725
					150	0.000601
5	2500	30	450	15	50	0.001513
					100	0.001178
					150	0.001024
				20	50	0.001349
					100	0.001041
					150	0.000897
				25	50	0.001212
					100	0.000926
					150	0.000791
				30	50	0.001096
					100	0.000828
					150	0.000702
				35	50	0.000997
					100	0.000745
					150	0.000626
				40	50	0.000911
					100	0.000674
					150	0.000562
5	2500	30	550	15	50	0.001379
					100	0.001080
					150	0.000945
				20	50	0.001237
					100	0.000961
					150	0.000833

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5	2500	30	550	25	50	0.001118
					100	0.000859
					150	0.000739
				30	50	0.001015
					100	0.000773
					150	0.000659
				35	50	0.000928
					100	0.000699
					150	0.000591
				40	50	0.000852
					100	0.000635
					150	0.000533
5	2500	35	150	15	50	0.002044
					100	0.001518
					150	0.001273
				20	50	0.001793
					100	0.001320
					150	0.001100
				25	50	0.001584
					100	0.001157
					150	0.000958
				30	50	0.001410
					100	0.001021
					150	0.000841
				35	50	0.001263
					100	0.000907
					150	0.000744
40	50	0.001138				
	100	0.000811				
	150	0.000662				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5	2500	35	250	15	50	0.001650
					100	0.001261
					150	0.001078
				20	50	0.001460
					100	0.001106
					150	0.000939
				25	50	0.001302
					100	0.000977
					150	0.000823
				30	50	0.001169
					100	0.000869
					150	0.000727
				35	50	0.001056
					100	0.000778
					150	0.000647
40	50	0.000960				
	100	0.000700				
	150	0.000579				
5	2500	35	350	15	50	0.001415
					100	0.001097
					150	0.000950
				20	50	0.001262
					100	0.000972
					150	0.000834
				25	50	0.001134
					100	0.000865
					150	0.000737
				30	50	0.001026
					100	0.000775
					150	0.000655

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5	2500	35	350	35	50	0.000933
					100	0.000698
					150	0.000586
				40	50	0.000853
					100	0.000632
					150	0.000527
5	2500	35	450	15	50	0.001257
					100	0.000983
					150	0.000859
				20	50	0.001129
					100	0.000877
					150	0.000760
				25	50	0.001020
					100	0.000786
					150	0.000675
				30	50	0.000928
					100	0.000708
					150	0.000604
				35	50	0.000849
					100	0.000641
					150	0.000543
				40	50	0.000780
					100	0.000583
					150	0.000491
5	2500	35	550	15	50	0.001141
					100	0.000897
					150	0.000789
				20	50	0.001031
					100	0.000806
					150	0.000702

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5	2500	35	550	25	50	0.000937
					100	0.000726
					150	0.000628
				30	50	0.000856
					100	0.000658
					150	0.000564
				35	50	0.000786
					100	0.000598
					150	0.000510
				40	50	0.000726
					100	0.000547
					150	0.000463
5	2500	40	150	15	50	0.001754
					100	0.001308
					150	0.001100
				20	50	0.001550
					100	0.001147
					150	0.000958
				25	50	0.001379
					100	0.001013
					150	0.000841
				30	50	0.001234
					100	0.000900
					150	0.000744
				35	50	0.001112
					100	0.000804
					150	0.000662
40	50	0.001007				
	100	0.000723				
	150	0.000593				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5	2500	40	250	15	50	0.001404
					100	0.001078
					150	0.000925
				20	50	0.001252
					100	0.000954
					150	0.000812
				25	50	0.001124
					100	0.000849
					150	0.000718
				30	50	0.001015
					100	0.000760
					150	0.000639
				35	50	0.000922
					100	0.000685
					150	0.000572
40	50	0.000842				
	100	0.000620				
	150	0.000515				
5	2500	40	350	15	50	0.001198
					100	0.000933
					150	0.000811
				20	50	0.001077
					100	0.000833
					150	0.000718
				25	50	0.000974
					100	0.000747
					150	0.000640
				30	50	0.000885
					100	0.000673
					150	0.000573

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5	2500	40	350	35	50	0.000809
					100	0.000610
					150	0.000516
				40	50	0.000743
					100	0.000556
					150	0.000467
5	2500	40	450	15	50	0.001060
					100	0.000832
					150	0.000729
				20	50	0.000959
					100	0.000748
					150	0.000651
				25	50	0.000872
					100	0.000676
					150	0.000583
				30	50	0.000797
					100	0.000613
					150	0.000525
				35	50	0.000733
					100	0.000558
					150	0.000475
				40	50	0.000676
					100	0.000511
					150	0.000432
5	2500	40	550	15	50	0.000960
					100	0.000757
					150	0.000668
				20	50	0.000873
					100	0.000685
					150	0.000600

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5	2500	40	550	25	50	0.000798
					100	0.000622
					150	0.000541
				30	50	0.000733
					100	0.000567
					150	0.000489
				35	50	0.000676
					100	0.000519
					150	0.000445
				40	50	0.000627
					100	0.000447
					150	0.000406

หมายเหตุ * หมายถึง แบบจำลองมาตรฐาน

4.1.2 การวิเคราะห์ราคาการก่อสร้าง

- 1.) การวิเคราะห์ราคาการก่อสร้างของชั้นพื้นทาง ในระบบชั้นทาง 3 ชั้น
 - 2.) การวิเคราะห์ราคาการก่อสร้างของชั้นพื้นทางและชั้นรองพื้นทาง ในระบบชั้นทาง 4 ชั้น
- ตารางที่ 4.3 การวิเคราะห์ราคาการก่อสร้างของชั้นพื้นทาง ในระบบชั้นทาง 3 ชั้น

ค่าโมดูลัสชั้นพื้นทาง (MPa)	ความหนาชั้นพื้นทาง (ซม.)	ราคา (บาท/กิโลเมตร)
*450	30	123
150	40	164
250	30	123
350	25	102.5
450	20	82
550	20	82

หมายเหตุ ราคาวัสดุเป็นราคากลางของกรุงเทพฯ เท่านั้น และไม่รวมค่าขนส่ง

* หมายถึง แบบจำลองมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 การวิเคราะห์ราคาการก่อสร้างของชั้นพื้นทางและชั้นรองพื้นทาง ในระบบชั้นทาง 4 ชั้น

ค่าโมดูลัสชั้นพื้นทาง (MPa)	ค่าโมดูลัสชั้นรองพื้นทาง (MPa)	ความหนาชั้นพื้นทาง (ซม.)	ความหนาชั้นรองพื้นทาง (ซม.)	ราคาชั้นพื้นทาง (บาท/กิโลเมตร)	ราคาชั้นรองพื้นทาง (บาท/กิโลเมตร)	ราคารวม (บาท/กิโลเมตร)	
*300	100	20	20	82.00	70.00	152.00	
150	50	20	40	82.00	140.00	222.00	
		25	30	102.50	105.00	207.50	
		25	35	102.50	122.50	225.00	
		30	25	123.00	87.50	210.50	
		30	30	123.00	105.00	228.00	
		35	20	143.50	70.00	213.50	
		35	25	143.50	87.50	231.00	
		40	15	164.00	52.50	216.50	
	100	20	25	82.00	87.50	169.50	
		25	20	102.50	70.00	172.50	
		30	15	123.00	52.50	175.50	
	150	15	25	61.50	87.50	149.00	
		20	20	82.00	70.00	152.00	
		25	15	102.50	52.50	155.00	
	250	50	15	40	61.50	140.00	201.50
			20	35	82.00	122.50	204.50
			25	25	102.50	87.50	190.00
			25	30	102.50	105.00	207.50
35			15	143.50	52.50	196.00	
100		15	30	61.50	105.00	166.50	
		20	20	82.00	70.00	152.00	
		20	25	82.00	87.50	169.50	
		25	15	102.50	52.50	155.00	
		30	20	123.00	70.00	193.00	
150		15	20	61.50	70.00	131.50	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	150	20	15	82.00	52.50	134.50	
350	50	15	35	61.50	122.50	184.00	
		15	40	61.50	140.00	201.50	
		20	30	82.00	105.00	187.00	
		25	20	102.50	70.00	172.50	
		25	25	102.50	87.50	190.00	
		30	15	123.00	52.50	175.50	
	100	15	25	61.50	87.50	149.00	
		20	20	82.00	70.00	152.00	
	150	15	20	61.50	70.00	131.50	
		20	15	82.00	52.50	134.50	
	450	50	15	35	61.50	122.50	184.00
			15	40	61.50	140.00	201.50
20			25	82.00	87.50	169.50	
20			30	82.00	105.00	187.00	
25			15	102.50	52.50	155.00	
25			20	102.50	70.00	172.50	
100		15	25	61.50	87.50	149.00	
		20	15	82.00	52.50	134.50	
150		15	15	61.50	52.50	114.00	
		15	20	61.50	70.00	131.50	
550		50	15	35	61.50	122.50	184.00
			20	20	82.00	70.00	152.00
	20		25	82.00	87.50	169.50	
	25		15	102.50	52.50	155.00	
	100	15	20	61.50	70.00	131.50	
		15	25	61.50	87.50	149.00	
		20	15	82.00	52.50	134.50	
	150	15	15	61.50	52.50	114.00	

หมายเหตุ ราคาวัสดุเป็นราคากลางของกรุงเทพฯเท่านั้น และไม่รวมค่าขนส่ง

* หมายถึง แบบจำลองมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 การวิเคราะห์ระยะเวลาการก่อสร้าง

- 1.) การวิเคราะห์ระยะเวลาการก่อสร้างของชั้นพื้นทาง ในระบบชั้นทาง 3 ชั้น
- 2.) การวิเคราะห์ระยะเวลาการก่อสร้างของชั้นพื้นทางและชั้นรองพื้นทาง ในระบบชั้นทาง 4 ชั้น

เพื่อชี้ให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและความหนาวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างชั้นทางในแต่ละชั้นทาง มีผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงราคาการก่อสร้างและระยะเวลาการก่อสร้างมาน้อยเพียงใด

ตารางที่ 4.5 การวิเคราะห์ระยะเวลาการก่อสร้างของชั้นพื้นทาง ในระบบชั้นทาง 3 ชั้น

ค่าโมดูลัสชั้นพื้นทาง (MPa)	ความหนาชั้นพื้นทาง (ซม.)	ปริมาตรดินชั้นพื้นทาง (ลบ.ม.)	ปริมาณงาน/วัน (ลบ.ม.)	จำนวนวัน/เครื่องจักร 1 ชุด	รวมจำนวนวัน
*450	30	2100	290	7.24	7.24
150	40	2800	290	9.66	9.66
250	30	2100	290	7.24	7.24
350	25	1750	290	6.03	6.03
450	20	1400	290	4.83	4.83
550	20	1400	290	4.83	4.83

หมายเหตุ ระยะเวลาการก่อสร้างคำนวณโดยผู้รับเหมาชั้น 4 (เครื่องจักร 1 ชุด) เท่านั้น และคำนวณเฉพาะในชั้นพื้นทางและรองพื้นทางเท่านั้น

* หมายถึง แบบจำลองมาตรฐาน

ตารางที่ 4.6 การวิเคราะห์ระยะเวลาการก่อสร้างของชั้นพื้นทางและชั้นรองพื้นทางในระบบชั้นทาง 4 ชั้น

ชั้นพื้นทาง					ชั้นรองพื้นทาง					รวม จำนวน วัน
ค่า โมดูลัส ชั้นพื้น ทาง (MPa)	ความ หนา ชั้นพื้น ทาง (ซม.)	ปริมาตร ดินชั้น พื้นทาง (ลบ.ม.)	ปริมาณ งาน/วัน (ลบ.ม.)	จำนวน วัน/ เครื่องจักร 1 ชุด	ค่า โมดูลัส ชั้นรอง พื้นทาง (MPa)	ความ หนาชั้น รองพื้น ทาง (ซม.)	ปริมาตร ดินชั้นรอง พื้นทาง (ลบ.ม.)	ปริมาณ งาน/วัน (ลบ.ม.)	จำนวน วัน/ เครื่องจักร 1 ชุด	
*300	20	1400	290	4.83	100	20	1400	500	2.8	7.63
150	20	1400	290	4.83	50	40	2800	500	5.6	10.43
	25	1750	290	6.03		30	2100	500	4.2	10.23
	25	1750	290	6.03		35	2450	500	4.9	10.93
150	30	2100	290	7.24	50	25	1750	500	3.5	10.74
	30	2100	290	7.24		30	2100	500	4.2	11.44
	35	2450	290	8.45		20	1400	500	2.8	11.25
	35	2450	290	8.45		25	1750	500	3.5	11.95
	40	2800	290	9.66		15	1050	500	2.1	11.76
	20	1400	290	4.83	100	25	1750	500	3.5	8.33
	25	1750	290	6.03		20	1400	500	2.8	8.83
	30	2100	290	7.24		15	1050	500	2.1	9.34
	15	1050	290	3.62		25	1750	500	3.5	7.12
	20	1400	290	4.83		150	20	1400	500	2.8
250	25	1750	290	6.03	50	15	1050	500	2.1	8.13
	15	1050	290	3.62		40	2800	500	5.6	9.22
	20	1400	290	4.83		35	2450	500	4.9	9.73
	25	1750	290	6.03		25	1750	500	3.5	9.53
250	25	1750	290	6.03	50	30	2100	500	4.2	10.23
	35	2450	290	8.45		15	1050	500	2.1	10.55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

250	15	1050	290	3.62	100	30	2100	500	4.2	7.82	
	20	1400	290	4.83		20	1400	500	2.8	7.63	
	20	1400	290	4.83		25	1750	500	3.5	8.33	
	25	1750	290	6.03		15	1050	500	2.1	8.13	
	30	2100	290	7.24		20	1400	500	2.8	10.04	
	15	1050	290	3.62		150	20	1400	500	2.8	6.42
20	1400	290	4.83	15	1050		500	2.1	6.93		
350	15	1050	290	3.62	50	35	2450	500	4.9	8.52	
	15	1050	290	3.62		40	2800	500	5.6	9.22	
	20	1400	290	4.83		30	2100	500	4.2	9.03	
	25	1750	290	6.03		20	1400	500	2.8	8.83	
	25	1750	290	6.03		25	1750	500	3.5	9.53	
	30	2100	290	7.24		15	1050	500	2.1	9.34	
	15	1050	290	3.62	100	25	1750	500	3.5	7.12	
	20	1400	290	4.83		20	1400	500	2.8	7.63	
	15	1050	290	3.62		150	20	1400	500	2.8	6.42
	20	1400	290	4.83			15	1050	500	2.1	6.93
450	15	1050	290	3.62	50	35	2450	500	4.9	8.52	
	15	1050	290	3.62		40	2800	500	5.6	9.22	
	20	1400	290	4.83		25	1750	500	3.5	8.33	
	20	1400	290	4.83		30	2100	500	4.2	9.03	
	25	1750	290	6.03		15	1050	500	2.1	8.13	
	25	1750	290	6.03		20	1400	500	2.8	8.83	
	15	1050	290	3.62	100	25	1750	500	3.5	7.12	
	20	1400	290	4.83		15	1050	500	2.1	6.93	
450	15	1050	290	3.62	150	15	1050	500	2.1	5.72	
	15	1050	290	3.62		20	1400	500	2.8	6.42	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

550	15	1050	290	3.62	50	35	2450	500	4.9	8.52
	20	1400	290	4.83		20	1400	500	2.8	7.63
	20	1400	290	4.83		25	1750	500	3.5	8.33
	25	1750	290	6.03		15	1050	500	2.1	8.13
	15	1050	290	3.62	100	20	1400	500	2.8	6.42
	15	1050	290	3.62		25	1750	500	3.5	7.12
	20	1400	290	4.83		15	1050	500	2.1	6.93
	15	1050	290	3.62	150	15	1050	500	2.1	5.72

หมายเหตุ ระยะเวลาการก่อสร้างคำนวณโดยใช้ผู้รับเหมาชั้น 4 (เครื่องจักร 1 ชุด) เท่านั้น และคำนวณเฉพาะในชั้นพื้น
ทางและรองพื้นทางเท่านั้น
* หมายถึง แบบจำลองมาตรฐาน

4.2 การวิเคราะห์ผลการวิจัย

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าแบบจำลองที่มีค่าความเครียดใกล้เคียงกับค่าความเครียดจากแบบจำลอง
มาตรฐานในระบบทาง 3 ชั้น

ความหนาชั้นพื้นทาง (ซม.)	ค่าโมดูลัสชั้นพื้นทาง (MPa)	ความเครียดอัดในแนวตั้ง
*30	250	0.001771
20	450	0.001847
	550	0.001611
25	350	0.001733
40	150	0.001755

หมายเหตุ * หมายถึง แบบจำลองมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าแบบจำลองที่มีค่าความเครียดใกล้เคียงกับค่าความเครียดจากแบบจำลอง
มาตรฐานในระบบทาง 4 ชั้น

ชั้นพื้นทาง		ชั้นรองพื้นทาง		ความเครียดอัดใน แนวตั้ง
ความหนาชั้นพื้น ทาง (ซม.)	ค่าโมดูลัสชั้นพื้นทาง (MPa)	ความหนาชั้นรองพื้น ทาง (ซม.)	ค่าโมดูลัสชั้นรองพื้นทาง (MPa)	
*20	300	20	100	0.001760
15	150	25	150	0.001755
		20	150	0.001879
	250	30	100	0.001667
		40	50	0.001856
	350	20	150	0.001737
		25	100	0.001791
		35	50	0.001936
		40	50	0.001725
	450	15	150	0.001933
		20	150	0.001632
		25	100	0.001682
		35	50	0.001822
	550	40	50	0.001631
		15	150	0.001824
		20	100	0.001843
		25	100	0.001599
20	150	35	50	0.001734
		20	150	0.001755
		25	100	0.001822
		40	50	0.001742

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	250	15	150	0.001835
		20	100	0.001858
		25	100	0.001598
		35	50	0.001717
	350	15	150	0.001660
		20	100	0.001677
		30	50	0.001750
	450	15	100	0.001785
		25	50	0.001815
		30	50	0.001618
	550	15	100	0.001658
		20	50	0.001905
25		50	0.001695	
25	150	15	150	0.001755
		20	100	0.001799
		30	50	0.001895
		35	50	0.001677
	250	15	100	0.001790
		25	50	0.001818
		30	50	0.001611
	350	20	50	0.001817
		25	50	0.001610
	450	15	50	0.001857
		20	50	0.001644
	550	15	50	0.001702
30	150	15	100	0.001779
		25	50	0.001838

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

		30	50	0.001626
	250	20	100	0.001725
	350	15	50	0.001695
35	150	20	50	0.001793
		25	50	0.001584
	250	15	50	0.001650
40	150	15	50	0.001754

หมายเหตุ * หมายถึง แบบจำลองมาตรฐาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

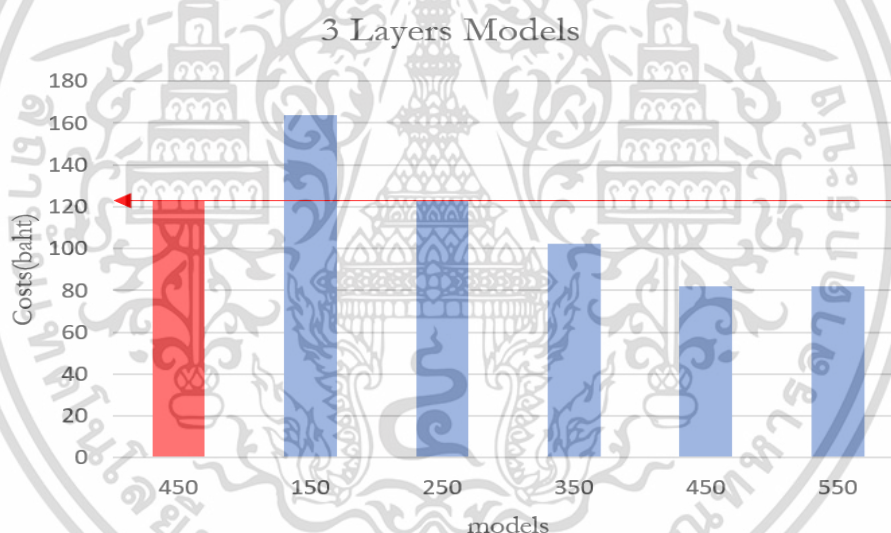
ตารางที่ 4.9 แสดงค่าราคาต่ำที่สุดจากค่าโมดูลัสที่เหมือนกัน และความหนาที่ต่างกันของชั้นพื้นทางในระบบชั้นทาง 3 ชั้น

ค่าโมดูลัสชั้นพื้นทาง (MPa)	ความหนาชั้นพื้นทาง (ซม.)	ราคา (บาท/กิโลเมตร)
*450	30	123
150	40	164
250	30	123
350	25	102.5
450	20	82
550	20	82

หมายเหตุ

ราคาวัสดุเป็นราคากลางของกรุงเทพฯ เท่านั้น และไม่รวมค่าขนส่ง

* หมายถึง แบบจำลองมาตรฐาน



กราฟที่ 4.1 แสดงค่าราคาต่ำที่สุดจากค่าโมดูลัสที่เหมือนกัน และความหนาที่ต่างกันของชั้นพื้นทางในระบบชั้นทาง 3 ชั้น

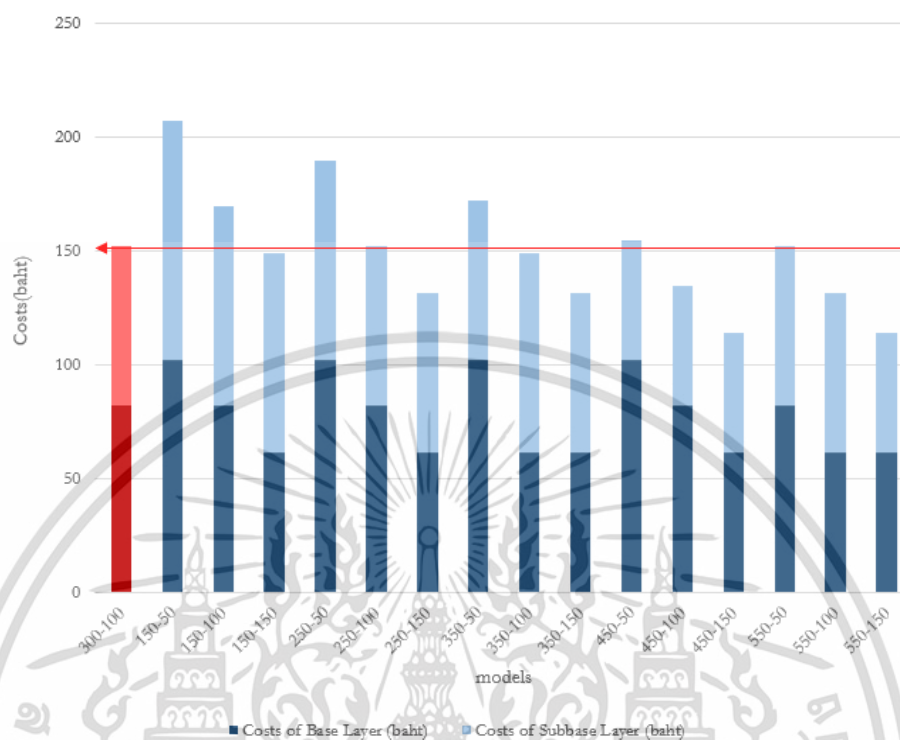
ตารางที่ 4.10 แสดงค่าราคาต่ำที่สุดจากค่าโมดูลัสที่เหมือนกันและความหนาที่ต่างกันของชั้นพื้นทางและรองพื้นทางในระบบชั้นทาง4ชั้น

ค่าโมดูลัสชั้นพื้นทาง (MPa)	ค่าโมดูลัสชั้นรองพื้นทาง (MPa)	ความหนาชั้นพื้นทาง (ซม.)	ความหนาชั้นรองพื้นทาง (ซม.)	ราคาชั้นพื้นทาง (บาท/กิโลเมตร)	ราคาชั้นรองพื้นทาง (บาท/กิโลเมตร)	ราคารวม (บาท/กิโลเมตร)
*300	100	20	20	82.00	70.00	152.00
150	50	25	30	102.50	105.00	207.50
	100	20	25	82.00	87.50	169.50
	150	15	25	61.50	87.50	149.00
250	50	25	25	102.50	87.50	190.00
	100	20	20	82.00	70.00	152.00
	150	15	20	61.50	70.00	131.50
350	50	25	20	102.50	70.00	172.50
	100	15	25	61.50	87.50	149.00
	150	15	20	61.50	70.00	131.50
450	50	25	15	102.50	52.50	155.00
	100	20	15	82.00	52.50	134.50
	150	15	15	61.50	52.50	114.00
550	50	20	20	82.00	70.00	152.00
	100	15	20	61.50	70.00	131.50
	150	15	15	61.50	52.50	114.00

หมายเหตุ ราคาวัสดุเป็นราคากลางของกรุงเทพฯเท่านั้น และไม่รวมค่าขนส่ง

* หมายถึง แบบจำลองมาตรฐาน

4 Layers Models



กราฟที่ 4.2 แสดงค่าราคาต่ำที่สุดจากค่าโมดูลัสที่เหมือนกันและความหนาที่ต่างกันของชั้นพื้นทางและรองพื้นทางในระบบชั้นทาง 4 ชั้น

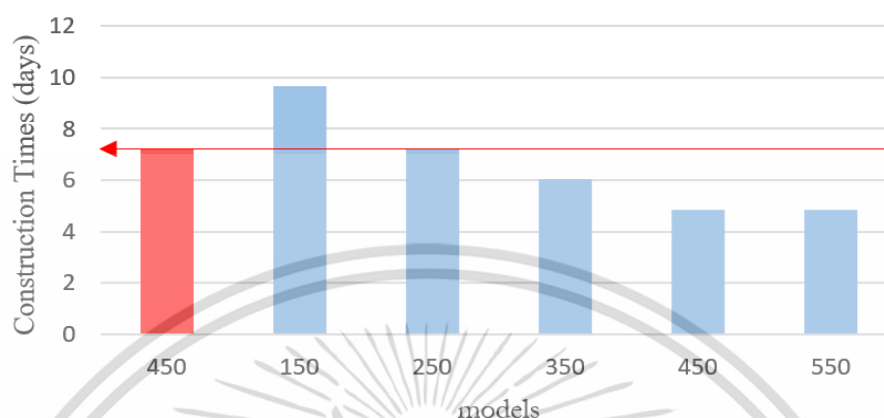
ตารางที่ 4.11 แสดงค่าระยะเวลาที่น้อยที่สุดจากค่าโมดูลัสที่เหมือนกันและความหนาที่ต่างกันของชั้นพื้นทางในระบบชั้นทาง 3 ชั้น

ค่าโมดูลัสชั้นพื้นทาง (MPa)	ความหนาชั้นพื้นทาง (ซม.)	ปริมาตรดินชั้นพื้นทาง (ลบ.ม.)	ปริมาณงาน/วัน (ลบ.ม.)	จำนวนวัน/เครื่องจักร 1 ชุด	รวมจำนวนวัน
*450	30	2100	290	7.24	7.24
150	40	2800	290	9.66	9.66
250	30	2100	290	7.24	7.24
350	25	1750	290	6.03	6.03
450	20	1400	290	4.83	4.83
550	20	1400	290	4.83	4.83

หมายเหตุ ระยะเวลาการก่อสร้างคำนวณโดยใช้ผู้รับเหมาชั้น 4 (เครื่องจักร 1 ชุด) เท่านั้น และคำนวณเฉพาะในชั้นพื้นทางและรองพื้นทางเท่านั้น

* หมายถึง แบบจำลองมาตรฐาน

3 Layers Models



กราฟที่ 4.3 แสดงค่าระยะเวลาที่น้อยที่สุดจากค่าโมดูลัสที่เหมือนกันและความหนาที่ต่างกันของชั้นพื้นทางในระบบชั้นทาง 3 ชั้น

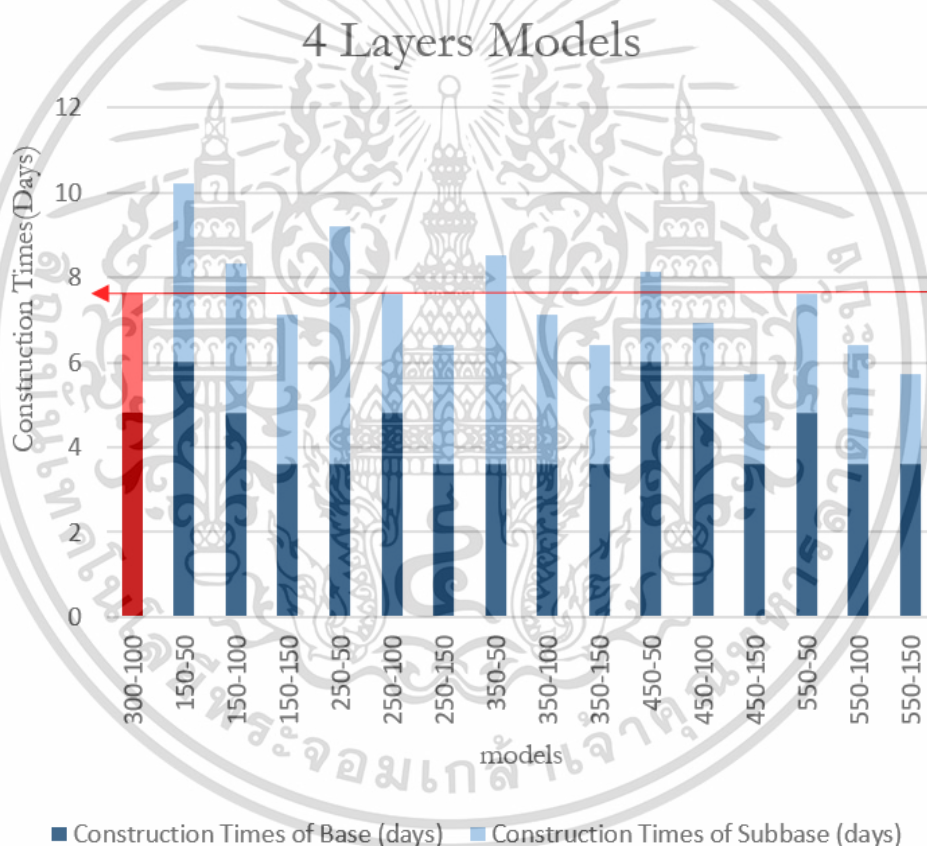
ตารางที่ 4.12 แสดงค่าระยะเวลาที่น้อยที่สุดจากค่าโมดูลัสที่เหมือนกัน และความหนาที่ต่างกันของชั้นพื้นทางและรองพื้นทางในระบบชั้นทาง 4 ชั้น

ชั้นพื้นทาง					ชั้นรองพื้นทาง					รวมจำนวนวัน
ค่าโมดูลัสชั้นพื้นทาง (MPa)	ความหนาชั้นพื้นทาง (ซม.)	ปริมาตรดินชั้นพื้นทาง (ลบ.ม.)	ปริมาณงาน/วัน (ลบ.ม.)	จำนวนวัน/เครื่องจักร 1 ชุด	ค่าโมดูลัสชั้นรองพื้นทาง (MPa)	ความหนาชั้นรองพื้นทาง (ซม.)	ปริมาตรดินชั้นรองพื้นทาง (ลบ.ม.)	ปริมาณงาน/วัน (ลบ.ม.)	จำนวนวัน/เครื่องจักร 1 ชุด	
*300	20	1400	290	4.83	100	20	1400	500	2.80	7.63
150	25	1750	290	6.03	50	30	2100	500	4.20	10.23
	20	1400	290	4.83	100	25	1750	500	3.50	8.33
	15	1050	290	3.62	150	25	1750	500	3.50	7.12
250	15	1050	290	3.62	50	40	2800	500	5.60	9.22
	20	1400	290	4.83	100	20	1400	500	2.80	7.63
	15	1050	290	3.62	150	20	1400	500	2.80	6.42
350	15	1050	290	3.62	50	35	2450	500	4.90	8.52
	15	1050	290	3.62	100	25	1750	500	3.50	7.12
	15	1050	290	3.62	150	20	1400	500	2.80	6.42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

450	25	1750	290	6.03	50	15	1050	500	2.10	8.13
	20	1400	290	4.83	100	15	1050	500	2.10	6.93
	15	1050	290	3.62	150	15	1050	500	2.10	5.72
550	20	1400	290	4.83	50	20	1400	500	2.80	7.63
	15	1050	290	3.62	100	20	1400	500	2.80	6.42
	15	1050	290	3.62	150	15	1050	500	2.10	5.72

หมายเหตุ ระยะเวลาการก่อสร้างคำนวณโดยใช้ผู้รับเหมาชั้น 4 (เครื่องจักร 1 ชุด) เท่านั้น และคำนวณเฉพาะในชั้นพื้นทางและรองพื้นทางเท่านั้น
* หมายถึง แบบจำลองมาตรฐาน



กราฟที่ 4.4 แสดงค่าระยะเวลาที่น้อยที่สุดจากค่าโมดูลัสที่เหมือนกัน และความหนาที่ต่างกันของชั้นพื้นทางและรองพื้นทางในระบบชั้นทาง 4 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงค่าความหนาและค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของชั้นพื้นทางและรองพื้นทาง ซึ่งใช้โปรแกรม kenpave ในการวิเคราะห์ค่าความเครียดในแนวตั้ง และหาแบบจำลองที่มีค่าความเครียดในแนวตั้งใกล้เคียงกับค่าความเครียดในแนวตั้งของแบบจำลองมาตรฐานและนำมาเปรียบเทียบความคุ้มค่าในด้านเศรษฐศาสตร์ 2 ด้าน

เนื่องจากค่าโมดูลัสหรือค่าความแข็งแรงของชั้นดินนั้นขึ้นอยู่กับการบดอัดในสนาม ซึ่งไม่สามารถนำมาคำนวณเป็นปริมาตรและหารราคาได้ จึงทำได้เพียงเปรียบเทียบราคาในส่วนของชั้นดินที่มีค่าโมดูลัสเดียวกันเท่านั้น ซึ่งในการทำงานจริง การหารราคาของมวลดิน จะหาจากปริมาตรดิน ไม่ได้นำค่าความหนาแน่นมาคำนวณ

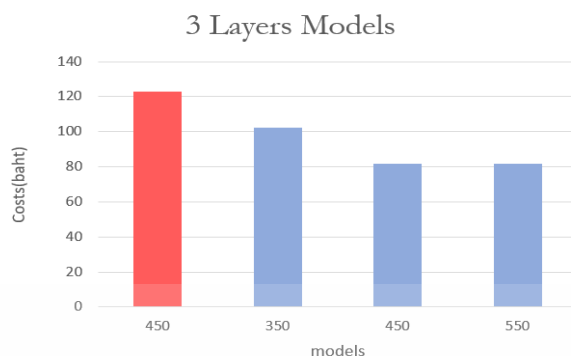
5.1.1 ความคุ้มค่าในด้านราคา

ตารางที่ 5.1 แสดงราคาที่ต่ำกว่าของแบบจำลองที่เปลี่ยนค่าความหนาและค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นเมื่อเปรียบเทียบกับราคาของแบบจำลองมาตรฐานในระบบทาง 3 ชั้น

ค่าโมดูลัสชั้นพื้นทาง (MPa)	ความหนาชั้นพื้นทาง (ซม.)	ราคา (บาท/กิโลเมตร)
*450	30	123
350	25	102.5
450	20	82
550	20	82

หมายเหตุ ราคาวัสดุเป็นราคากลางของกรุงเทพฯ เท่านั้น และไม่รวมค่าขนส่ง

* หมายถึง แบบจำลองมาตรฐาน



กราฟที่ 5.1 แสดงราคาที่ยกกว่าของแบบจำลองที่เปลี่ยนค่าความหนาและค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นเมื่อเปรียบเทียบกับราคาของแบบจำลองมาตรฐานในระบบทาง 3 ชั้น

จากตารางราคาของระบบทาง 3 ชั้นพบว่า มีแบบจำลองที่ราคาต่ำกว่าแบบจำลองมาตรฐานทั้งหมด 3 แบบ และแบบจำลองที่มีราคาต่ำที่สุดคือแบบจำลองที่มีโมดูลัส 450 และ 550 MPa และมีความหนา 20 cm เท่ากันทั้ง 2 แบบ ซึ่งมีราคาเท่ากับ 82 บาท/กิโลเมตร

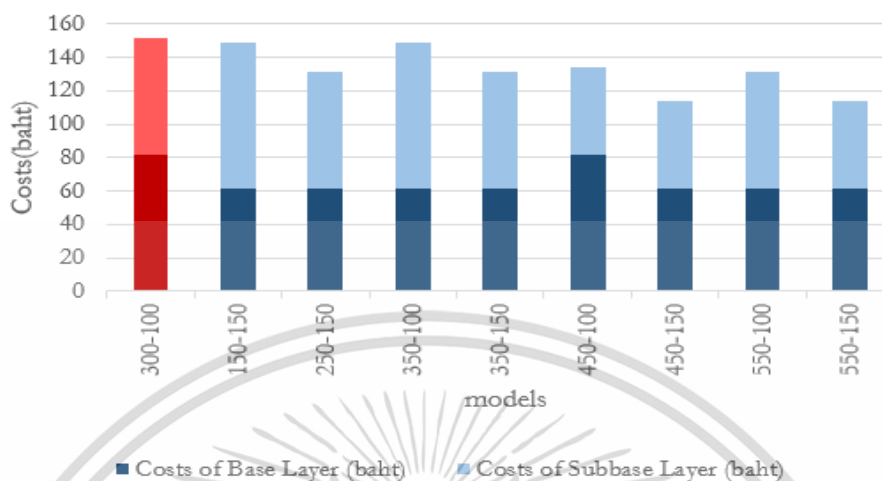
ตารางที่ 5.2 แสดงราคาที่ยกกว่าของแบบจำลองที่เปลี่ยนค่าความหนาและค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นเมื่อเปรียบเทียบกับราคาของแบบจำลองมาตรฐานในระบบทาง 4 ชั้น

ค่าโมดูลัสชั้นพื้นทาง (MPa)	ค่าโมดูลัสชั้นรองพื้นทาง (MPa)	ความหนาชั้นพื้นทาง (ซม.)	ความหนาชั้นรองพื้นทาง (ซม.)	ราคาชั้นพื้นทาง (บาท/กิโลเมตร)	ราคาชั้นรองพื้นทาง (บาท/กิโลเมตร)	ราคารวม (บาท/กิโลเมตร)
*300	100	20	20	82.00	70.00	152.00
150	150	15	25	61.50	87.50	149.00
250	150	15	20	61.50	70.00	131.50
350	100	15	25	61.50	87.50	149.00
	150	15	20	61.50	70.00	131.50
450	100	20	15	82.00	52.50	134.50
	150	15	15	61.50	52.50	114.00
550	100	15	20	61.50	70.00	131.50
	150	15	15	61.50	52.50	114.00

หมายเหตุ ราคาวัสดุเป็นราคากลางของกรุงเทพฯ เท่านั้น และไม่รวมค่าขนส่ง

* หมายถึง แบบจำลองมาตรฐาน

4 Layers Models



กราฟที่ 5.2 แสดงราคาที่ต่ำกว่าของแบบจำลองที่เปลี่ยนค่าความหนาและค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นเมื่อเปรียบเทียบกับราคาของแบบจำลองมาตรฐานในระบบทาง 4 ชั้น

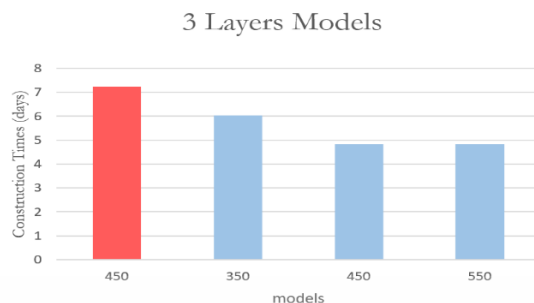
จากตารางราคาของระบบทาง 4 ชั้นพบว่า มีแบบจำลองที่ราคาต่ำกว่าแบบจำลองมาตรฐานทั้งหมด 8 แบบ และแบบจำลองที่มีราคาต่ำที่สุดคือแบบจำลองที่ชั้นพื้นทางมีโมดูลัส 450 MPa หนา 15 cm ชั้นรองพื้นทางมีโมดูลัส 150 MPa หนา 15 cm และแบบแบบจำลองที่ชั้นพื้นทางมีโมดูลัส 550 MPa หนา 15 cm ชั้นรองพื้นทางมีโมดูลัส 150 MPa หนา 15 cm ซึ่งมีราคาเท่ากับ 114 บาท/กิโลเมตร

5.1.2 ความคุ้มค่าในด้านเวลา

ตารางที่ 5.3 ผลของการเปรียบเทียบเวลาการก่อสร้างที่น้อยกว่าของแบบจำลองที่เปลี่ยนค่าความหนาและค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นกับราคาของแบบจำลองมาตรฐานในระบบทาง 3 ชั้น

ค่าโมดูลัสชั้นพื้นทาง (MPa)	ความหนาชั้นพื้นทาง (ซม.)	ปริมาตรดินชั้นพื้นทาง (ลบ.ม.)	ปริมาณงาน/วัน (ลบ.ม.)	จำนวนวัน/เครื่องจักร 1 ชุด	รวมจำนวนวัน/กิโลเมตร
*450	30	2100	290	7.24	7.24
350	25	1750	290	6.03	6.03
450	20	1400	290	4.83	4.83
550	20	1400	290	4.83	4.83

หมายเหตุ * หมายถึง แบบจำลองมาตรฐาน



กราฟที่ 5.3 ผลของการเปรียบเทียบเวลาการก่อสร้างที่น้อยกว่าของแบบจำลองที่เปลี่ยนค่าความหนา และค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นกับราคาของแบบจำลองมาตรฐานในระบบทาง 3 ชั้น

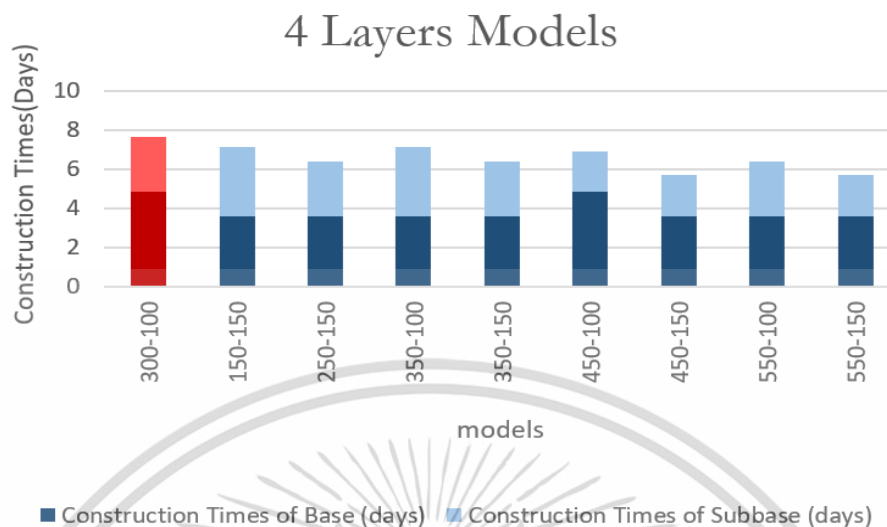
จากตารางราคาของระบบทาง 3 ชั้นพบว่า มีแบบจำลองที่ราคาต่ำกว่าแบบจำลองมาตรฐานทั้งหมด 3 แบบ และแบบจำลองที่มีราคาต่ำที่สุดคือแบบจำลองที่มีโมดูลัส 450 และ 550 MPa และมีความหนา 20 cm เท่ากันทั้ง 2 แบบ ซึ่งมีราคาเท่ากับ 4.83 วัน/กิโลเมตร

ตารางที่ 5.4 ผลของการเปรียบเทียบเวลาการก่อสร้างที่น้อยกว่าของแบบจำลองที่เปลี่ยนค่าความหนา และค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นกับราคาของแบบจำลองมาตรฐานในระบบทาง 4 ชั้น

ชั้นพื้นทาง					ชั้นรองพื้นทาง					รวมจำนวน วัน/กิโลเมตร
ค่า โมดูลัส ชั้นพื้น ทาง (MPa)	ความ หนาชั้น พื้นทาง (ซม.)	ปริมาตร ดินชั้นพื้น ทาง (ลบ.ม.)	ปริมาณ งาน/วัน (ลบ.ม.)	จำนวนวัน/ เครื่องจักร 1 ชุด	ค่าโมดูลัส ชั้นรอง พื้นทาง (MPa)	ความ หนาชั้น รองพื้น ทาง (ซม.)	ปริมาตร ดินชั้นรอง พื้นทาง (ลบ.ม.)	ปริมาณ งาน/วัน (ลบ.ม.)	จำนวนวัน/ เครื่องจักร 1 ชุด	
*300	20	1400	290	4.83	100	20	1400	500	2.80	7.63
150	15	1050	290	3.62	150	25	1750	500	3.50	7.12
250	15	1050	290	3.62	150	20	1400	500	2.80	6.42
350	15	1050	290	3.62	100	25	1750	500	3.50	7.12
	15	1050	290	3.62	150	20	1400	500	2.80	6.42
450	20	1400	290	4.83	100	15	1050	500	2.10	6.93
	15	1050	290	3.62	150	15	1050	500	2.10	5.72
550	15	1050	290	3.62	100	20	1400	500	2.80	6.42
	15	1050	290	3.62	150	15	1050	500	2.10	5.72

หมายเหตุ

* หมายถึง แบบจำลองมาตรฐาน



กราฟที่ 5.4 ผลของการเปรียบเทียบเวลาการก่อสร้างที่น้อยกว่าของแบบจำลองที่เปลี่ยนค่าความหนาและค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นกับราคาของแบบจำลองมาตรฐานในระบบทาง 4 ชั้น

จากตารางราคาของระบบทาง 4 ชั้นพบว่า มีแบบจำลองที่ราคาต่ำกว่าแบบจำลองมาตรฐานทั้งหมด 8 แบบ และแบบจำลองที่มีราคาต่ำที่สุดคือแบบจำลองที่ชั้นพื้นทางมีโมดูลัส 450 MPa หนา 15 cm ชั้นรองพื้นทางมีโมดูลัส 150 MPa หนา 15 cm และแบบจำลองที่ชั้นพื้นทางมีโมดูลัส 550 MPa หนา 15 cm ชั้นรองพื้นทางมีโมดูลัส 150 MPa หนา 15 cm ซึ่งมีราคาเท่ากับ 5.72 วัน/กิโลเมตร

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยในหัวข้อการประเมินผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์ของการเปลี่ยนโครงสร้างชั้นพื้นทางและรองพื้นทางบนถนนในประเทศไทย คณะผู้วิจัยไม่ได้นำความหนาแน่นของวัสดุมาประกอบในการคำนวณ แต่ใช้เพียงปริมาตรของดินในการคำนวณเท่านั้น ดังนั้น ทางคณะผู้จัดทำจึงเสนอแนะว่าควรหาความหนาแน่นของวัสดุมาประกอบการคำนวณด้วยจึงจะทำให้ค่าปริมาตรที่ได้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น และส่งผลให้ราคาและระยะเวลาในการก่อสร้างมีความแม่นยำมากขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.จังหวัดสุโขทัย

1.1 การวิเคราะห์ราคาการก่อสร้าง

ตารางที่ 1.1 แสดงราคาการก่อสร้างของชั้นพื้นทางของแต่ละค่าโมดูลัส ในระบบชั้นทาง 3 ชั้นของจังหวัดสุโขทัย

ค่าโมดูลัสชั้นพื้นทาง (MPa)	ความหนาชั้นพื้นทาง (ซม.)	ราคา (บาท)
*450	30	105.1410
150	40	140.1880
250	30	105.1410
350	25	87.6175
450	20	70.0940
550	20	70.0940

หมายเหตุ ราคาวัสดุของหินคลุก(ชั้นพื้นทาง) มีค่า 350.47 บาท/ลบ.ม. โดยราคาวัสดุเป็นราคากลางของสุโขทัยเท่านั้น และไม่รวมค่าขนส่ง
* หมายถึง แบบจำลองมาตรฐาน

ตารางที่ 1.2 แสดงราคาต่ำกว่าของแบบจำลองที่เปลี่ยนค่าความหนาและค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น เมื่อเปรียบเทียบกับราคาของแบบจำลองมาตรฐานในระบบทาง 3 ชั้นของจังหวัดสุโขทัย

ค่าโมดูลัสชั้นพื้นทาง (MPa)	ความหนาชั้นพื้นทาง (ซม.)	ราคา (บาท)
*450	30	105.141
350	25	87.6175
450	20	70.094
550	20	70.094

หมายเหตุ ราคาวัสดุของหินคลุก(ชั้นพื้นทาง) มีค่า 350.47 บาท/ลบ.ม. โดยราคาวัสดุเป็นราคากลางของสุโขทัยเท่านั้น และไม่รวมค่าขนส่ง
* หมายถึง แบบจำลองมาตรฐาน

ตารางที่ 1.3 แสดงราคาการก่อสร้างของชั้นพื้นทางและชั้นรองพื้นทาง ในระบบชั้นทาง 4 ชั้นของ
จังหวัดสุโขทัย

ค่าโมดูลัสชั้น พื้นทาง (MPa)	ค่าโมดูลัสชั้นรอง พื้นทาง (MPa)	ความหนาชั้น พื้นทาง (ซม.)	ความหนาชั้น รองพื้นทาง (ซม.)	ราคาชั้นพื้นทาง (บาท)	ราคาชั้นรอง พื้นทาง (บาท)	ราคารวม (บาท)	
*300	100	20	20	70.09	56.07	126.17	
150	50	20	40	70.09	112.15	182.24	
		25	30	87.62	84.11	171.73	
		25	35	87.62	98.13	185.75	
		30	25	105.14	70.09	175.23	
		30	30	105.14	84.11	189.25	
		35	20	122.66	56.07	178.74	
		35	25	122.66	70.09	192.76	
		40	15	140.19	42.06	182.24	
	100	20	25	70.09	70.09	140.19	
		25	20	87.62	56.07	143.69	
		30	15	105.14	42.06	147.20	
		15	25	52.57	70.09	122.66	
	150	20	20	70.09	56.07	126.17	
		25	15	87.62	42.06	129.67	
		15	40	52.57	112.15	164.72	
	250	50	20	35	70.09	98.13	168.22
			25	25	87.62	70.09	157.71
			25	30	87.62	84.11	171.73
35			15	122.66	42.06	164.72	
15			30	52.57	84.11	136.68	
100		20	20	70.09	56.07	126.17	
		20	25	70.09	70.09	140.19	
		25	15	87.62	42.06	129.67	
		30	20	105.14	56.07	161.22	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	150	15	20	52.57	56.07	108.64	
		20	15	70.09	42.06	112.15	
350	50	15	35	52.57	98.13	150.70	
		15	40	52.57	112.15	164.72	
		20	30	70.09	84.11	154.21	
		25	20	87.62	56.07	143.69	
		25	25	87.62	70.09	157.71	
		30	15	105.14	42.06	147.20	
	100	15	25	52.57	70.09	122.66	
		20	20	70.09	56.07	126.17	
	150	15	20	52.57	56.07	108.64	
		20	15	70.09	42.06	112.15	
	450	50	15	35	52.57	98.13	150.70
			15	40	52.57	112.15	164.72
20			25	70.09	70.09	140.19	
20			30	70.09	84.11	154.21	
25			15	87.62	42.06	129.67	
25			20	87.62	56.07	143.69	
100		15	25	52.57	70.09	122.66	
		20	15	70.09	42.06	112.15	
150		15	15	52.57	42.06	94.63	
		15	20	52.57	56.07	108.64	
550		50	15	35	52.57	98.13	150.70
			20	20	70.09	56.07	126.17
	20		25	70.09	70.09	140.19	
	25		15	87.62	42.06	129.67	
	100	15	20	52.57	56.07	108.64	
		15	25	52.57	70.09	122.66	
		20	15	70.09	42.06	112.15	
	150	15	15	52.57	42.06	94.63	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ ราคาวัสดุของหินคลุก(ชั้นพื้นทาง) มีค่า 350.47 บาท/ลบ.ม. และราคาวัสดุของลูกรัง(ชั้นรองพื้นทาง) มีค่า 280.37 บาท/ลบ.ม. โดยราคาวัสดุเป็นราคากลางของสุโขทัยเท่านั้น และไม่รวมค่าขนส่ง
* หมายถึง แบบจำลองมาตรฐาน

ตารางที่ 1.4 แสดงค่าราคาต่ำที่สุดจากค่าโมดูลัสที่เหมือนกันและความหนาที่ต่างกันของชั้นพื้นทาง และรองพื้นทางในระบบชั้นทาง 4 ชั้นของจังหวัดสุโขทัย

ค่าโมดูลัสชั้นพื้นทาง (MPa)	ค่าโมดูลัสชั้นรองพื้นทาง (MPa)	ความหนาชั้นพื้นทาง (ซม.)	ความหนาชั้นรองพื้นทาง (ซม.)	ราคาชั้นพื้นทาง (บาท)	ราคาชั้นรองพื้นทาง (บาท)	ราคารวม (บาท)
*300	100	20	20	70.09	56.07	126.17
150	50	25	30	87.62	84.11	171.73
	100	20	25	70.09	70.09	140.19
	150	15	25	52.57	70.09	122.66
250	50	25	25	87.62	70.09	157.71
	100	20	20	70.09	56.07	126.17
	150	15	20	52.57	56.07	108.64
350	50	25	20	87.62	56.07	143.69
	100	15	25	52.57	70.09	122.66
	150	15	20	52.57	56.07	108.64
450	50	25	15	87.62	42.06	129.67
	100	20	15	70.09	42.06	112.15
	150	15	15	52.57	42.06	94.63
550	50	20	20	70.09	56.07	126.17
	100	15	20	52.57	56.07	108.64
	150	15	15	52.57	42.06	94.63

หมายเหตุ ราคาวัสดุของหินคลุก(ชั้นพื้นทาง) มีค่า 350.47 บาท/ลบ.ม. และราคาวัสดุของลูกรัง(ชั้นรองพื้นทาง) มีค่า 280.37 บาท/ลบ.ม. โดยราคาวัสดุเป็นราคากลางของสุโขทัยเท่านั้น และไม่รวมค่าขนส่ง
* หมายถึง แบบจำลองมาตรฐาน

ตารางที่ 1.5 แสดงราคาต่ำกว่าของแบบจำลองที่เปลี่ยนค่าความหนาและค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น เมื่อเปรียบเทียบกับราคาของแบบจำลองมาตรฐานในระบบทาง 4 ชั้นของจังหวัดสุโขทัย

ค่าโมดูลัสชั้น พื้นทาง (MPa)	ค่าโมดูลัสชั้น รองพื้นทาง (MPa)	ความหนาชั้น พื้นทาง (ซม.)	ความหนาชั้นรอง พื้นทาง (ซม.)	ราคาชั้นพื้นทาง (บาท)	ราคาชั้นรอง พื้นทาง (บาท)	ราคารวม (บาท)
*300	100	20	20	70.09	56.07	126.17
150	150	15	25	52.57	70.09	122.66
250	150	15	20	52.57	56.07	108.64
350	100	15	25	52.57	70.09	122.66
	150	15	20	52.57	56.07	108.64
450	100	20	15	70.09	42.06	112.15
	150	15	15	52.57	42.06	94.63
550	100	15	20	52.57	56.07	108.64
	150	15	15	52.57	42.06	94.63

หมายเหตุ ราคาวัสดุของหินคลุก(ชั้นพื้นทาง) มีค่า 350.47 บาท/ลบ.ม. และราคาวัสดุของลูกรัง(ชั้นรองพื้นทาง) มีค่า 280.37 บาท/ลบ.ม. โดยราคาวัสดุเป็นราคากลางของสุโขทัยเท่านั้น และไม่รวมค่าขนส่ง

* หมายถึง แบบจำลองมาตรฐาน

1.2 การวิเคราะห์ระยะเวลาการก่อสร้าง

*เหมือนของกรุงเทพมหานคร เนื่องจากระยะเวลาการก่อสร้าง ใช้ปริมาตรของชั้นพื้นทางและชั้นรองพื้นทางในการคำนวณ ซึ่งทุกจังหวัดใช้แบบจำลองเดียวกัน จึงทำให้มีปริมาตรที่เท่ากัน ดังนั้นเวลาในการก่อสร้างจึงมีค่าเท่ากันทุกจังหวัด

2.จังหวัดสมุทรสงคราม

2.1 การวิเคราะห์ราคาการก่อสร้าง

ตารางที่ 2.1 แสดงราคาการก่อสร้างของชั้นพื้นทางของแต่ละค่าโมดูลัส ในระบบชั้นทาง 3 ชั้นของจังหวัดสมุทรสงคราม

ค่าโมดูลัสชั้นพื้นทาง (MPa)	ความหนาชั้นพื้นทาง (ซม.)	ราคา (บาท)
*450	30	115.5
150	40	154
250	30	115.5
350	25	96.25
450	20	77
550	20	77

หมายเหตุ ราคาวัสดุของหินคลุก(ชั้นพื้นทาง) มีค่า 385 บาท/ลบ.ม. โดยราคาวัสดุเป็นราคากลางของสมุทรสงครามเท่านั้น และไม่รวมค่าขนส่ง

* หมายถึง แบบจำลองมาตรฐาน

ตารางที่ 2.2 แสดงราคาต่ำกว่าของแบบจำลองที่เปลี่ยนค่าความหนาและค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น เมื่อเปรียบเทียบกับราคาของแบบจำลองมาตรฐานในระบบทาง 3 ชั้นของจังหวัดสมุทรสงคราม

ค่าโมดูลัสชั้นพื้นทาง (MPa)	ความหนาชั้นพื้นทาง (ซม.)	ราคา (บาท)
*450	30	115.5
350	25	96.25
450	20	77
550	20	77

หมายเหตุ ราคาวัสดุของหินคลุก(ชั้นพื้นทาง) มีค่า 385 บาท/ลบ.ม. โดยราคาวัสดุเป็นราคากลางของสมุทรสงครามเท่านั้น และไม่รวมค่าขนส่ง

* หมายถึง แบบจำลองมาตรฐาน

ตารางที่ 2.3 แสดงราคาการก่อสร้างของชั้นพื้นทางและชั้นรองพื้นทาง ในระบบชั้นทาง 4 ชั้นของ
จังหวัดสมุทรสงคราม

ค่าโมดูลัสชั้นพื้น ทาง (MPa)	ค่าโมดูลัสชั้นรอง พื้นทาง (MPa)	ความหนาชั้นพื้น ทาง (ซม.)	ความหนาชั้นรอง พื้นทาง (ซม.)	ราคาชั้นพื้น ทาง (บาท)	ราคาชั้นรอง พื้นทาง (บาท)	ราคารวม (บาท)
*300	100	20	20	77.00	48.00	125.00
150	50	20	40	77.00	96.00	173.00
		25	30	96.25	72.00	168.25
		25	35	96.25	84.00	180.25
		30	25	115.50	60.00	175.50
		30	30	115.50	72.00	187.50
		35	20	134.75	48.00	182.75
		35	25	134.75	60.00	194.75
	40	15	154.00	36.00	190.00	
	100	20	25	77.00	60.00	137.00
		25	20	96.25	48.00	144.25
		30	15	115.50	36.00	151.50
	150	15	25	57.75	60.00	117.75
		20	20	77.00	48.00	125.00
		25	15	96.25	36.00	132.25
	250	50	15	40	57.75	96.00
20			35	77.00	84.00	161.00
25			25	96.25	60.00	156.25
25			30	96.25	72.00	168.25
35			15	134.75	36.00	170.75
100		15	30	57.75	72.00	129.75
		20	20	77.00	48.00	125.00
		20	25	77.00	60.00	137.00
		25	15	96.25	36.00	132.25
		30	20	115.50	48.00	163.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	150	15	20	57.75	48.00	105.75	
		20	15	77.00	36.00	113.00	
350	50	15	35	57.75	84.00	141.75	
		15	40	57.75	96.00	153.75	
		20	30	77.00	72.00	149.00	
		25	20	96.25	48.00	144.25	
		25	25	96.25	60.00	156.25	
		30	15	115.50	36.00	151.50	
	100	15	25	57.75	60.00	117.75	
		20	20	77.00	48.00	125.00	
	150	15	20	57.75	48.00	105.75	
		20	15	77.00	36.00	113.00	
	450	50	15	35	57.75	84.00	141.75
			15	40	57.75	96.00	153.75
20			25	77.00	60.00	137.00	
20			30	77.00	72.00	149.00	
25			15	96.25	36.00	132.25	
25			20	96.25	48.00	144.25	
100		15	25	57.75	60.00	117.75	
		20	15	77.00	36.00	113.00	
150		15	15	57.75	36.00	93.75	
		15	20	57.75	48.00	105.75	
550		50	15	35	57.75	84.00	141.75
			20	20	77.00	48.00	125.00
	20		25	77.00	60.00	137.00	
	25		15	96.25	36.00	132.25	
	100	15	20	57.75	48.00	105.75	
		15	25	57.75	60.00	117.75	
		20	15	77.00	36.00	113.00	
	150	15	15	57.75	36.00	93.75	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ ราคาวัสดุของหินคลุก(ชั้นพื้นทาง) มีค่า 385 บาท/ลบ.ม. และราคาวัสดุของลูกรัง(ชั้นรองพื้นทาง) มีค่า 240 บาท/ลบ.ม. โดยราคาวัสดุเป็นราคากลางของสมุทรสงครามเท่านั้น และไม่รวมค่าขนส่ง
* หมายถึง แบบจำลองมาตรฐาน

ตารางที่ 2.4 แสดงค่าราคาต่ำที่สุดจากค่าโมดูลัสที่เหมือนกันและความหนาที่ต่างกันของชั้นพื้นทาง และรองพื้นทางในระบบชั้นทาง 4 ชั้นของจังหวัดสมุทรสงคราม

ค่าโมดูลัสชั้นพื้นทาง (MPa)	ค่าโมดูลัสชั้นรองพื้นทาง (MPa)	ความหนาชั้นพื้นทาง (ซม.)	ความหนาชั้นรองพื้นทาง (ซม.)	ราคาชั้นพื้นทาง (บาท)	ราคาชั้นรองพื้นทาง (บาท)	ราคารวม(บาท)
*300	100	20	20	77.00	48.00	125.00
150	50	25	30	96.25	72.00	168.25
	100	20	25	77.00	60.00	137.00
	150	15	25	57.75	60.00	117.75
250	50	15	40	57.75	96.00	153.75
	100	20	20	77.00	48.00	125.00
	150	15	20	57.75	48.00	105.75
350	50	15	35	57.75	84.00	141.75
	100	15	25	57.75	60.00	117.75
	150	15	20	57.75	48.00	105.75
450	50	25	15	96.25	36.00	132.25
	100	20	15	77.00	36.00	113.00
	150	15	15	57.75	36.00	93.75
550	50	20	20	77.00	48.00	125.00
	100	20	15	77.00	36.00	113.00
	150	15	15	57.75	36.00	93.75

หมายเหตุ ราคาวัสดุของหินคลุก(ชั้นพื้นทาง) มีค่า 385 บาท/ลบ.ม. และราคาวัสดุของลูกรัง(ชั้นรองพื้นทาง) มีค่า 240 บาท/ลบ.ม. โดยราคาวัสดุเป็นราคากลางของสมุทรสงครามเท่านั้น และไม่รวมค่าขนส่ง
* หมายถึง แบบจำลองมาตรฐาน

ตารางที่ 2.5 แสดงราคาที่ย่ำกว่าของแบบจำลองที่เปลี่ยนค่าความหนาและค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น เมื่อเปรียบเทียบกับราคาของแบบจำลองมาตรฐานในระบบทาง 4 ชั้นของจังหวัดสมุทรสงคราม

ค่าโมดูลัสชั้นพื้นทาง (MPa)	ค่าโมดูลัสชั้นรองพื้นทาง (MPa)	ความหนาชั้นพื้นทาง (ซม.)	ความหนาชั้นรองพื้นทาง(ซม.)	ราคาชั้นพื้นทาง (บาท)	ราคาชั้นรองพื้นทาง (บาท)	ราคารวม (บาท)
*300	100	20	20	77.00	48.00	125.00
150	150	15	25	57.75	60.00	117.75
250	150	15	20	57.75	48.00	105.75
350	100	15	25	57.75	60.00	117.75
	150	15	20	57.75	48.00	105.75
450	100	20	15	77.00	36.00	113.00
	150	15	15	57.75	36.00	93.75
550	100	20	15	77.00	36.00	113.00
	150	15	15	57.75	36.00	93.75

หมายเหตุ ราคาวัสดุของหินคลุก(ชั้นพื้นทาง) มีค่า 385 บาท/ลบ.ม. และราคาวัสดุของลูกรัง(ชั้นรองพื้นทาง) มีค่า 240 บาท/ลบ.ม. โดยราคาวัสดุเป็นราคากลางของสมุทรสงครามเท่านั้น และไม่รวมค่าขนส่ง

* หมายถึง แบบจำลองมาตรฐาน

2.2 การวิเคราะห์ระยะเวลาการก่อสร้าง

*เหมือนของกรุงเทพมหานคร เนื่องจากระยะเวลาการก่อสร้าง ใช้ปริมาตรของชั้นพื้นทางและชั้นรองพื้นทางในการคำนวณ ซึ่งทุกจังหวัดใช้แบบจำลองเดียวกัน จึงทำให้มีปริมาตรที่เท่ากัน ดังนั้นเวลาในการก่อสร้างจึงมีค่าเท่ากันทุกจังหวัด

3.จังหวัดพัทลุง

3.1 การวิเคราะห์ราคาการก่อสร้าง

ตารางที่ 3.1 แสดงราคาการก่อสร้างของชั้นพื้นทางของแต่ละค่าโมดูลัส ในระบบชั้นทาง 3 ชั้นของจังหวัดพัทลุง

ค่าโมดูลัสชั้นพื้นทาง (MPa)	ความหนาชั้นพื้นทาง (ซม.)	ราคา (บาท)
*450	30	106.542
150	40	142.056
250	30	106.542
350	25	88.785
450	20	71.028
550	20	71.028

หมายเหตุ ราคาวัสดุของหินคลุก(ชั้นพื้นทาง) มีค่า 355.14 บาท/ลบ.ม. โดยราคาวัสดุเป็นราคากลางของพัทลุงเท่านั้น และไม่รวมค่าขนส่ง
* หมายถึง แบบจำลองมาตรฐาน

ตารางที่ 3.2 แสดงราคาต่ำกว่าของแบบจำลองที่เปลี่ยนค่าความหนาและค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น เมื่อเปรียบเทียบกับราคาของแบบจำลองมาตรฐานในระบบทาง 3 ชั้นของจังหวัดพัทลุง

ค่าโมดูลัสชั้นพื้นทาง (MPa)	ความหนาชั้นพื้นทาง (ซม.)	ราคา (บาท)
*450	30	106.542
350	25	88.785
450	20	71.028
550	20	71.028

หมายเหตุ ราคาวัสดุของหินคลุก(ชั้นพื้นทาง) มีค่า 355.14 บาท/ลบ.ม. โดยราคาวัสดุเป็นราคากลางของพัทลุงเท่านั้น และไม่รวมค่าขนส่ง
* หมายถึง แบบจำลองมาตรฐาน

ตารางที่ 3.3 แสดงราคาการก่อสร้างของชั้นพื้นทางและชั้นรองพื้นทาง ในระบบชั้นทาง 4 ชั้นของ
จังหวัดพัทลุง

ค่าโมดูลัสชั้น พื้นทาง (MPa)	ค่าโมดูลัสชั้นรอง พื้นทาง (MPa)	ความหนาชั้น พื้นทาง (ซม.)	ความหนาชั้นรอง พื้นทาง (ซม.)	ราคาชั้นพื้น ทาง (บาท)	ราคาชั้นรองพื้น ทาง (บาท)	ราคารวม (บาท)	
*300	100	20	20	71.03	65.42	136.45	
150	50	20	40	71.03	130.84	201.87	
		25	30	88.79	98.13	186.92	
		25	35	88.79	114.49	203.27	
		30	25	106.54	81.78	188.32	
		30	30	106.54	98.13	204.67	
		35	20	124.30	65.42	189.72	
		35	25	124.30	81.78	206.07	
	40	15	142.06	49.07	191.12		
	100	20	25	71.03	81.78	152.80	
		25	20	88.79	65.42	154.21	
		30	15	106.54	49.07	155.61	
		150	15	25	53.27	81.78	135.05
			20	20	71.03	65.42	136.45
			25	15	88.79	49.07	137.85
	250	50	15	40	53.27	130.84	184.11
20			35	71.03	114.49	185.51	
25			25	88.79	81.78	170.56	
25			30	88.79	98.13	186.92	
35			15	124.30	49.07	173.36	
100		15	30	53.27	98.13	151.40	
		20	20	71.03	65.42	136.45	
		20	25	71.03	81.78	152.80	
		25	15	88.79	49.07	137.85	
		30	20	106.54	65.42	171.96	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	150	15	20	53.27	65.42	118.69
		20	15	71.03	49.07	120.09
350	50	15	35	53.27	114.49	167.76
		15	40	53.27	130.84	184.11
		20	30	71.03	98.13	169.16
		25	20	88.79	65.42	154.21
		25	25	88.79	81.78	170.56
		30	15	106.54	49.07	155.61
	100	15	25	53.27	81.78	135.05
		20	20	71.03	65.42	136.45
	150	15	20	53.27	65.42	118.69
		20	15	71.03	49.07	120.09
450	50	15	35	53.27	114.49	167.76
		15	40	53.27	130.84	184.11
		20	25	71.03	81.78	152.80
		20	30	71.03	98.13	169.16
		25	15	88.79	49.07	137.85
		25	20	88.79	65.42	154.21
	100	15	25	53.27	81.78	135.05
		20	15	71.03	49.07	120.09
	150	15	15	53.27	49.07	102.34
		15	20	53.27	65.42	118.69
550	50	15	35	53.27	114.49	167.76
		20	20	71.03	65.42	136.45
		20	25	71.03	81.78	152.80
		25	15	88.79	49.07	137.85
	100	15	20	53.27	65.42	118.69
		15	25	53.27	81.78	135.05
		20	15	71.03	49.07	120.09
	150	15	15	53.27	49.07	102.34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ ราคาวัสดุของหินคลุก(ชั้นพื้นทาง) มีค่า 355.14 บาท/ลบ.ม. และราคาวัสดุของลูกรัง(ชั้นรองพื้นทาง) มีค่า 327.1 บาท/ลบ.ม. โดยราคาวัสดุเป็นราคากลางของพัทลุงเท่านั้น และไม่รวมค่าขนส่ง
* หมายถึง แบบจำลองมาตรฐาน

ตารางที่ 3.4 แสดงค่าราคาต่ำที่สุดจากค่าโมดูลัสที่เหมือนกันและความหนาที่ต่างกันของชั้นพื้นทาง และรองพื้นทางในระบบชั้นทาง 4 ชั้นของจังหวัดพัทลุง

ค่าโมดูลัสชั้นพื้นทาง (MPa)	ค่าโมดูลัสชั้นรองพื้นทาง (MPa)	ความหนาชั้นพื้นทาง (ซม.)	ความหนาชั้นรองพื้นทาง (ซม.)	ราคาชั้นพื้นทาง (บาท)	ราคาชั้นรองพื้นทาง (บาท)	ราคารวม (บาท)
*300	100	20	20	71.03	65.42	136.45
150	50	25	30	88.79	98.13	186.92
	100	20	25	71.03	81.78	152.80
	150	15	25	53.27	81.78	135.05
250	50	25	25	88.79	81.78	170.56
	100	20	20	71.03	65.42	136.45
	150	15	20	53.27	65.42	118.69
350	50	25	20	88.79	65.42	154.21
	100	15	25	53.27	81.78	135.05
	150	15	20	53.27	65.42	118.69
450	50	25	15	88.79	49.07	137.85
	100	20	15	71.03	49.07	120.09
	150	15	15	53.27	49.07	102.34
550	50	20	20	71.03	65.42	136.45
	100	15	20	53.27	65.42	118.69
	150	15	15	53.27	49.07	102.34

หมายเหตุ ราคาวัสดุของหินคลุก(ชั้นพื้นทาง) มีค่า 355.14 บาท/ลบ.ม. และราคาวัสดุของลูกรัง(ชั้นรองพื้นทาง) มีค่า 327.1 บาท/ลบ.ม. โดยราคาวัสดุเป็นราคากลางของพัทลุงเท่านั้น และไม่รวมค่าขนส่ง
* หมายถึง แบบจำลองมาตรฐาน

ตารางที่ 3.5 แสดงราคาที่ต่ำกว่าของแบบจำลองที่เปลี่ยนค่าความหนาและค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น เมื่อเปรียบเทียบกับราคาของแบบจำลองมาตรฐานในระบบทาง 4 ชั้นของจังหวัดพัทลุง

ค่าโมดูลัสชั้นพื้นทาง (MPa)	ค่าโมดูลัสชั้นรองพื้นทาง (MPa)	ความหนาชั้นพื้นทาง (ซม.)	ความหนาชั้นรองพื้นทาง (ซม.)	ราคาชั้นพื้นทาง (บาท)	ราคาชั้นรองพื้นทาง (บาท)	ราคารวม (บาท)
*300	100	20	20	71.03	65.42	136.45
150	150	15	25	53.27	81.78	135.05
250	150	15	20	53.27	65.42	118.69
350	100	15	25	53.27	81.78	135.05
	150	15	20	53.27	65.42	118.69
450	100	20	15	71.03	49.07	120.09
	150	15	15	53.27	49.07	102.34
550	100	15	20	53.27	65.42	118.69
	150	15	15	53.27	49.07	102.34

หมายเหตุ ราคาวัสดุของหินคลุก(ชั้นพื้นทาง) มีค่า 355.14 บาท/ลบ.ม. และราคาวัสดุของลูกรัง(ชั้นรองพื้นทาง) มีค่า 327.1 บาท/ลบ.ม. โดยราคาวัสดุเป็นราคากลางของพัทลุงเท่านั้น และไม่รวมค่าขนส่ง

* หมายถึง แบบจำลองมาตรฐาน

3.2 การวิเคราะห์ระยะเวลาการก่อสร้าง

*เหมือนของกรุงเทพมหานคร เนื่องจากระยะเวลาการก่อสร้าง ใช้ปริมาตรของชั้นพื้นทางและชั้นรองพื้นทางในการคำนวณ ซึ่งทุกจังหวัดใช้แบบจำลองเดียวกัน จึงทำให้มีปริมาตรที่เท่ากัน ดังนั้นเวลาในการก่อสร้างจึงมีค่าเท่ากันทุกจังหวัด

บรรณานุกรม

กรมบัญชีกลาง. 2560. **หลักเกณฑ์การคำนวณราคากลางงานก่อสร้างทาง สะพาน และท่อเหลี่ยม**. สืบค้นเมื่อ 18 กุมภาพันธ์ 2563,
จาก https://drive.google.com/file/d/1Vyw80h6FNM45Unll_2EgAUeSwPRlF5mZT/view

กระทรวงพาณิชย์. 2562. **ราคาวัสดุก่อสร้าง ส่วนกลาง**. สืบค้นเมื่อ 4 เมษายน 2563,
จาก http://www.price.moc.go.th/price/struct/index_new.asp

ฐิติวัฒน์ หาวิเชียร,ปวร เปี่ยมปรีชารัตน์ และ ภัทรพล จันทบุบผา. (2562). **การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของความหนาและค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นของวัสดุสำหรับการออกแบบถนนลาดยางในประเทศไทย**. ปริญญา นิพนธ์ วิศวกรรมโยธา. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ธีระชาติ รื่นไกรฤกษ์. 2538 , “ค่าอัตราส่วนปัวของสี่ของดินคันทาง” , **การออกแบบโครงสร้างถนนลาดยาง, ศูนย์วิจัยและพัฒนางานทางกรมทางหลวง, กรุงเทพมหานคร.**

รศ.อำนาจ พานิชกุลพงศ์ และอ.นัฐพร นวกิจรังสรรค์. (2558). **วิศวกรรมการทาง**. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัด มิน เซอร์วิส ซัพพลาย.

HUANG, Y. H., 2004, **Pavement Analysis and Design 2nd ed**, Prentice Hall, New Jercey.

PORANIC JITAREEKUL, YONGYUTH TAESIRI. 2002, **An Engineering**