

การนำค่าโมดูลัสคืนตัวของดินลูกรังผสมซีเมนต์มาใช้ในการออกแบบ
ชั้นพื้นทางถนนชนิดยืดหยุ่น



นายนิพนธ์ ตั้งศิริวัฒน์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2543

ISBN 974-346-502-2

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

28 ส.ค. 2545

๕ 1๙๔๒๔1๔๐

DESIGN OF FLEXIBLE PAVEMENT BASE COURSES USING VALUES OF
THE RESILIENT MODULUS OF LATERITIC SOIL-CEMENT

Mr. Nipon Tangtirawat

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Civil Engineering

Department of Civil Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2000

ISBN 974-346-502-2

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การนำค่าโมดูลัสคืนตัวของดินลูกรังผสมซีเมนต์มาใช้ในการออกแบบ
ชั้นพื้นทางถนนชนิดยืดหยุ่น

โดย

นายนิพนธ์ ตั้งศิริวัฒน์

ภาควิชา

วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษา


ศาสตราจารย์ ดร. ดิเรก ลาวณิชย์ศิริ

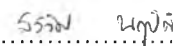
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบริหารบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ อนุศักดิ์ อิศรเสนา ณ อยุธยา)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ศาสตราจารย์ ดร. ดิเรก ลาวณิชย์ศิริ)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สรวิศ นฤปิติ)

นิพนธ์ ตั้งศิริวิวัฒน์ : การนำค่าโมดูลัสคืนตัวของดินลูกรังผสมซีเมนต์มาใช้ในการออกแบบชั้น
พื้นทางถนนชนิดยืดหยุ่น. (DESIGN OF FLEXIBLE PAVEMENT BASE COURSES
USING VALUES OF THE RESILIENT MODULUS OF LATERITIC SOIL-CEMENT)

อ. ที่ปรึกษา : ศ.ดร. ดิเรก ลาวณิชย์ศิริ, 139 หน้า. ISBN 974-346-502-2.

งานวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับการทดสอบหาค่าโมดูลัสคืนตัวของวัสดุดินลูกรังผสมปอร์ตแลนด์
ซีเมนต์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบเชิงวิเคราะห์ของโครงสร้างถนนชนิดยืดหยุ่นที่มีชั้นพื้นทาง
เป็นวัสดุดินลูกรังผสมปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ โดยจะคำนึงถึงความสามารถในการรับน้ำหนักบรรทุก
กระทำซ้ำของโครงสร้างทางเป็นหลัก

ตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบประกอบด้วยส่วนผสมของดินลูกรังผสมซีเมนต์ 3 ประเภทคือ
กลุ่มดิน A-2-4 กลุ่มดิน A-2-6 และกลุ่มดิน A-1-a ซึ่งผสมด้วยซีเมนต์ปริมาณร้อยละ 4.5 ร้อยละ 6.6
และร้อยละ 2.0 ของน้ำหนักดิน ตามลำดับ ซึ่งส่วนผสมดังกล่าวเมื่อทำการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน
จะมีค่ากำลังรับแรงอัดประมาณ 250 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ที่อายุบ่ม 7 วัน หลังจากนั้นได้ทำการ
ทดสอบการรับแรงอัดกระทำซ้ำเพื่อหาค่าโมดูลัสคืนตัวโดยใช้ส่วนผสมดังกล่าวซึ่งมีอายุบ่ม 28 วัน
จากผลการทดสอบพบว่าค่าเฉลี่ยโมดูลัสคืนตัวของดินลูกรังผสมซีเมนต์จากส่วนผสมของดินกลุ่ม
A-2-4 มีค่า 985.08 MPa ดินกลุ่ม A-2-6 มีค่า 973.55 MPa และดินกลุ่ม A-1-a มีค่า 3096.74 MPa

จากการศึกษาพบว่าค่าโมดูลัสคืนตัวของดินลูกรังผสมซีเมนต์จะมีค่าแปรผันต่างกันไป เมื่อ
ดินที่ใช้ในส่วนผสมมีความแตกต่างกัน ถึงแม้ว่าจะมีการควบคุมค่ากำลังรับแรงอัดให้มีค่าใกล้เคียงกัน
ก็ตาม โดยผลจากการทดสอบหาค่าโมดูลัสคืนตัวของดินลูกรังผสมซีเมนต์ได้นำมาใช้เป็นข้อมูลในการ
วิเคราะห์โครงสร้างทางด้วยโปรแกรม KENLAYER ซึ่งผลที่ได้จากการวิเคราะห์สามารถสรุปเป็นกราฟ
เพื่อใช้ในการออกแบบโครงสร้างถนนชนิดยืดหยุ่นที่มีชั้นพื้นทางเป็นวัสดุดินลูกรังผสมซีเมนต์ ทั้งนี้
กราฟเพื่อใช้ในการออกแบบที่พัฒนาขึ้นจะช่วยให้การออกแบบโครงสร้างถนนดังกล่าวสามารถทำได้
สะดวกรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา
สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา
ปีการศึกษา 2543

ลายมือชื่อนิสิต.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4170374421 :MAJOR CIVIL ENGINEERING

KEY WORD : RESILIENT MODULUS / LATERITIC SOIL-CEMENT / SOIL-CEMENT / FLEXIBLE PAVEMENT / DESIGN CHART


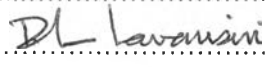
NIPON TANGTIRAWAT : DESIGN OF FLEXIBLE PAVEMENT BASE COURSES USING VALUES OF THE RESILIENT MODULUS OF LATERITIC SOIL-CEMENT. THESIS ADVISOR : PROF. DIREK LAWANSIRI, Ph.D., 139 pp. ISBN 974-346-502-2.

This thesis investigates the values of resilient modulus of lateritic soil treated with portland cement which to be corporated into the analytical design of flexible pavement's base course involving repetition loadings.

Three types of the lateritic soil: A-2-4, A-2-6 and A-1-a with cement contents of 4.5, 6.6 and 2.0 percent by weight of soil are used in the research respectively. They are compacted by the Modified Proctor Method to achieve an unconfined compressive strength of about 250 psi. after curing for 7 days. Afterward, repeated loading on sample of 28 days curing time are conducted to find the resilient modulus. The results show that, the average values of resilient modulus of lateritic treated with cement are for type: A-2-4 is 985.08 MPa, A-2-6 is 973.55 MPa, and A-1-a is 3096.74 MPa respectively.

The values of resilient modulus of lateritic treated with cement depends on several factors, amongst them different mixture albeit control of compressive strength. The values of resilient modulus are used in the KENLAYER program, thus results are shown by various graphs which can be incorporated into the design of flexible pavement.

Department Civil Engineering
Field of study Civil Engineering
Academic year 2000

Student's signature.....
Advisor's signature
Co-advisor's signature.....-

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ เพราะได้รับการสนับสนุน การให้ความรู้และข้อเสนอแนะ จากอาจารย์ และบุคคลที่เกี่ยวข้อง ผู้เขียนขอขอบพระคุณอย่างสูงสำหรับ

- ศาสตราจารย์ ดร. ดิเรก ลาวัณย์ศิริ ที่กรุณาได้รับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ โดยให้ คำปรึกษาแนะนำ พร้อมทั้งตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์
- รองศาสตราจารย์ อนุกัณฑ์ อิศรเสนา ณ อยุธยา ที่กรุณาได้รับเป็นประธานกรรมการ สอบ วิทยานิพนธ์ และให้คำแนะนำในการทำวิจัย พร้อมทั้งตรวจสอบวิทยานิพนธ์จนเสร็จ สมบูรณ์
- ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สรวิต นฤปิติ ที่กรุณาได้รับเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ให้คำ แนะนำในการทำวิจัย และตรวจสอบวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์
- นายดิษฐพงศ์ สันติมณีรัตน์ ที่ให้คำแนะนำและช่วยเหลือในการจัดทำอุปกรณ์วงจร กำหนดสัญญาณควบคุมการทดสอบวัสดุ
- นายพิสิฐ ยิงมโนกิจ ที่ให้คำแนะนำในการใช้เครื่อง Servopulser ในการทดสอบวัสดุ
- เจ้าหน้าที่ห้องทดลองภาควิชาวิศวกรรมโยธาทุกท่าน ที่ได้ช่วยเหลือแนะนำการใช้เครื่องมือ อุปกรณ์การทดลองในห้องปฏิบัติการของภาควิชา
- บัณฑิตวิทยาลัย ที่ได้มอบทุนอุดหนุนการวิจัยนี้

คุณความดีของวิทยานิพนธ์นี้ ผู้เขียนขอขอบแต่ครู อาจารย์ ผู้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้แก่ ผู้เขียนทุกท่าน และบิดา มารดา ที่ได้ให้การอบรม เลี้ยงดู สนับสนุนให้ผู้เขียนได้รับการศึกษาที่ดีเสมอ มาจนกระทั่งสำเร็จการศึกษา

นิพนธ์ ตั้งศิริวัฒน์

กันยายน พ.ศ. 2543

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย.....	2
1.4 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย.....	3
2 ทฤษฎีและผลงานการศึกษาในอดีต.....	4
2.1 การออกแบบโครงสร้างถนนลาดยางโดยวิธีการเชิงวิเคราะห์.....	4
2.2 ค่าโมดูลัสคืน(Resilient Modulus) ตัวของวัสดุก่อสร้างทาง.....	7
2.3 การปรับปรุงคุณภาพวัสดุดินลูกรังด้วยซีเมนต์.....	11
2.3.1 วัสดุดินลูกรังในประเทศไทย.....	11
2.3.2 กลไกของการปรับปรุงคุณสมบัติของดินซีเมนต์.....	12
2.3.3 ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการปรับปรุงคุณภาพดินด้วยซีเมนต์.....	13
2.4 คุณสมบัติของวัสดุชั้นทางเพื่อการออกแบบ.....	21
2.4.1 วัสดุแอสฟัลท์.....	21
2.4.2 วัสดุประเภท Cemented Materials.....	26
2.4.3 วัสดุประเภท Unbound Granular Materials.....	32
2.4.4 Subgrade Soil.....	37
2.5 Fatigue Characteristics ของวัสดุในชั้นทาง.....	38
2.5.1 Fatigue Crack Critical สำหรับแอสฟัลท์คอนกรีต.....	38
2.5.2 Fatigue Crack Criteria สำหรับ Cement Material.....	40
2.5.3 Permanent Deformation Criteria สำหรับ Subgrade Soil.....	41

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
2.6 การพิจารณา Traffic Analysis.....	42
2.6.1 ข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการประมาณปริมาณ Traffic Volume.....	43
2.6.2 การประมาณค่าน้ำหนักบรรทุกทุกเพลลาเดี่ยวเทียบเท่า 80 KN	44
2.6.3 การหา Design EAL.....	48
3 การทดสอบคุณสมบัติวัสดุ.....	49
3.1 วัสดุที่ใช้ทำการทดสอบ.....	49
3.2 การทดสอบคุณสมบัติของดินลูกรัง.....	49
3.3 การทดสอบหาค่าปริมาณซีเมนต์ที่เหมาะสมในการปรับปรุงคุณภาพดินลูกรัง.....	50
3.4 การทดสอบหาค่า Resilient Modulus ของวัสดุดินลูกรังผสมซีเมนต์.....	51
3.4.1 การเตรียมตัวอย่าง.....	51
3.4.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบหาค่า Resilient Modulus.....	51
3.4.3 ขั้นตอนการทดสอบ.....	53
4 ผลการทดสอบ.....	56
4.1 คุณสมบัติทั่วไปของดินลูกรังที่ใช้ในการทดสอบ.....	56
4.2 ผลทดสอบหาปริมาณซีเมนต์ที่ใช้ในส่วนผสมดินซีเมนต์.....	59
4.3 สรุปผลการทดสอบเพื่อหาค่า Resilient Modulus ของดินลูกรังผสมซีเมนต์.....	63
5 การวิเคราะห์โครงสร้างถนนโดยโปรแกรม Kenlayer.....	68
5.1 โปรแกรม Kenlayer.....	68
5.2 ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์.....	69
5.2.1 คุณสมบัติวัสดุที่ใช้ในการวิเคราะห์.....	69
5.2.2 รูปแบบโครงสร้างทางที่ทำกรวิเคราะห์.....	71
5.2.3 Fatigue Criteria สำหรับโครงสร้างทาง.....	73
5.2.4 Load และตำแหน่งที่ใช้ในการวิเคราะห์.....	75
5.3 สรุปผลการวิเคราะห์โครงสร้างทาง.....	75
5.3.1 สรุปผลการวิเคราะห์ค่า Critical Strain ของชั้นทาง.....	75
5.3.2 สรุปผลการวิเคราะห์ค่า Allowable Load Repetitions ของชั้นทาง.....	82
6 สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ.....	88
6.1 คุณสมบัติทั่วไปของดินลูกรังที่ใช้ในการทดสอบ.....	88
6.2 สรุปผลการทดสอบหาค่า Resilient Modulus.....	89

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
6.3 สรุปผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางโดย โปรแกรม KENLAYER.....	90
6.4 ข้อเสนอแนะ.....	91
รายการอ้างอิง.....	92
ภาคผนวก.....	94
ภาคผนวก ก. สรุปผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางโดยโปรแกรม KENLAYER.....	95
ภาคผนวก ข. Design Chart สำหรับการออกแบบโครงสร้างถนนชนิดยึดหยุนที่มีชั้นพื้น ทางเป็นวัสดุดินลูกรังผสมซีเมนต์.....	124
ภาคผนวก ค. ตัวอย่างการออกแบบโครงสร้างทางที่มีชั้นพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์ โดย ใช้Design Chart.....	132
ประวัติผู้เขียน.....	139

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 คุณสมบัติทางด้านวิศวกรรมของดินลูกรังในประเทศไทย.....	11
2.2 เสนอแนะปริมาณซีเมนต์ที่ใช้อิทธิพลของกลุ่มดินมาพิจารณา.....	19
2.3 ค่า Dynamic Modulus โดยทั่วไปของแอสฟัลท์คอนกรีต.....	25
2.4 ช่วงอุณหภูมิที่ 80 Percentile อุณหภูมิเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของถนนใน ชั้น Asphalt Concrete ในประเทศไทย.....	25
2.5 สรุปความสัมพันธ์ระหว่างค่า Modulus และค่า Unconfined Compressive Strength สำหรับ Cement-Stabilized Materials.....	28
2.6 Poisson's Ratio ของ Cemented Material.....	30
2.7 ค่า Elastic Modulus ที่แนะนำสำหรับ Untreated Granular Base และ Cement Base...	31
2.8 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ k_1, k_2 สำหรับ Untreated Granular Material.....	33
2.9 ช่วง k_1, k_2 สำหรับ Untreated Granular Material.....	33
2.10 Resilient Modulus ของ Granular Material.....	35
2.11 Poisson's Ratio ของ Subgrade Soil.....	37
2.12 ค่า Strain at Break ของวัสดุ Cemented Materials.....	40
2.13 ค่าแนะนำ f_4, f_5 จากสถาบันต่างๆ.....	42
2.14 เปอร์เซ็นต์รถ Trucks ในช่องทางออกแบบ.....	43
2.15 Load Equivalency Factor.....	46
2.16 ตัวอย่างการคำนวณ Truck Factor.....	47
2.17 ตัวอย่างการคำนวณ Traffic Analysis เพื่อหาค่า Design EAL.....	48
3.1 แหล่งดินลูกรังที่ทำการศึกษาศึกษาและสัญลักษณ์ประจำแหล่ง.....	49
3.2 การทดสอบ และวิธีการทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้นทางฟิสิกส์ของดินลูกรัง.....	50
3.3 ประเภทการทดสอบ และจำนวนตัวอย่างที่ทำการทดสอบดินลูกรังผสมซีเมนต์.....	55
4.1 คุณสมบัติทั่วไปของดินลูกรังที่ใช้ในการวิจัย.....	57
4.2 ขนาดคละของดินลูกรังที่ทำการศึกษา.....	58
4.3 Unconfined Compressive Strength ที่อายุบ่ม 7 วันของดินลูกรังซึ่งผสมซีเมนต์ที่ปริมาณต่างๆ.....	60
4.4 ค่า Unconfined Compressive Strength ที่อายุบ่มต่างๆของดินลูกรังซึ่งผสมซีเมนต์ในปริมาณที่เหมาะสม.....	61
4.5 สรุปผลการทดสอบค่าโมดูลัสคืนตัว(Resilient Modulus) ของดินลูกรังผสมซีเมนต์.....	66

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ	หน้า
2.1 การกระจายความดันของ Load ผ่านโครงสร้างถนนลาดยาง.....	6
2.2 การเกิดการโก่งตัวทำให้เกิด Tensile และ Compressive ในโครงสร้างถนนลาดยาง.....	6
2.3 การเกิดความเครียดของวัสดุเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกทุกชั้น.....	7
2.4 การเกิด Vertical Stress Pulse ที่ชั้น Subgrade เมื่อรับน้ำหนักของล้อรถขนาดต่างๆ.....	8
2.5 Equivalent haversine and triangular Pulse.....	9
2.6 ความสัมพันธ์ระหว่าง Equivalent Pulse Time และ Depth Below Pavement Surface กรณี Haversine or triangular Loading.....	9
2.7 ความสัมพันธ์ระหว่าง Equivalent Pulse Time และ Depth Below Pavement Surface กรณี Square Wave Loading.....	10
2.8 The Van Der Poel Monograph for Bitumen Stiffness.....	21
2.9 Phase Diagram ของแอสฟัลท์คอนกรีต.....	22
2.10 Nomograph ที่ใช้หา Stiffness ของแอสฟัลท์คอนกรีต.....	23
2.11 Correlation Chart ของ Asphalt Mixture เพื่อประมาณค่าโมดูลัสคืนตัว.....	24
2.12 Correlation Chart ของ Cement – Treated เพื่อประมาณค่าโมดูลัสคืนตัว.....	27
2.13 รูปแสดง Non – Linearity ของดินและวัสดุประเภท Granular Soil.....	32
2.14 Correlation Chart ของ Untreated Material เพื่อประมาณค่าโมดูลัสคืนตัว.....	34
2.15 ความสัมพันธ์ระหว่าง Elastic Modulus และ CBR ของ Unbound Granular Material.....	35
2.16 Nomograph เพื่อใช้หา Allowable Number of Load Repetition.....	39
2.17 ตัวอย่างการคำนวณค่า Truck Factor แยกตามประเภทของรถ.....	45
3.1 รูปแบบสัญญาณที่ใช้ในการควบคุม Load ในการทดสอบ.....	52
3.2 แผนภาพการทดสอบหาค่าโมดูลัสคืนตัว(Resilient Modulus).....	53
3.3 ชุดอุปกรณ์ทดสอบ Repeated Load Unconfined Compressive Test.....	54
4.1 กราฟการกระจายตัวของเม็ดดินลูกรัง.....	58
4.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Unconfined Compressive Strength กับ% Cement ของดินลูกรังผสมซีเมนต์.....	62
4.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Unconfined Compressive Strength กับอายุบ่มของดิน ลูกรังผสมซีเมนต์.....	62

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
5.1 การจัดโครงสร้างถนนซึ่งมีดินลูกรังผสมซีเมนต์เป็นชั้นพื้นทางแต่ละแบบ.....	72
5.2 การจัดโครงสร้างทางถนนซึ่งมีชั้นผิวทางและพื้นทางเป็นแอสฟัลท์คอนกรีตแต่ละแบบ.....	73
6.1 ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น และค่า Poisson's Ratio ของวัสดุที่ใช้วิเคราะห์โครงสร้างทาง.....	90
1ก. สรุปผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางแบบที่ 1.....	96
2ก. สรุปผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางแบบที่ 2.....	102
3ก. สรุปผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางแบบที่ 3.....	108
4ก. สรุปผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางแบบที่ 4.....	113
5ก. สรุปผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางแบบที่ 5.....	118
6ก. สรุปผลการวิเคราะห์โครงสร้างทางแบบที่ 6.....	121

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
4.4 กราฟแสดงการเกิด Deformation ของตัวอย่างระหว่างทำการทดสอบ Repeated Load Unconfined Compressive Test.....	64
4.5 กราฟแสดงสัญญาณควบคุม Load และการเกิด Deformation ของการทดสอบ 5 รอบ สุดท้าย.....	65
5.1 แผนภาพการวิเคราะห์โครงสร้างทางที่มีวัสดุแบบ Linear Elastic ของโปรแกรมน Kenlayer.....	69
5.2 รูปแบบโครงสร้างทางซึ่งมีดินลูกรังผสมซีเมนต์เป็นชั้นพื้นทาง.....	71
5.3 รูปแบบโครงสร้างทางซึ่งมีชั้นผิวทางและพื้นทางเป็นแอสฟัลท์คอนกรีต.....	72
5.4 ขนาดของ Load ที่กระทำ และตำแหน่งที่ทำการวิเคราะห์.....	75
5.5 กราฟเปรียบเทียบค่า Maximum Tensile Strain ได้ชั้นพื้นทางดินลูกรังผสมซีเมนต์ของ โครงสร้างทางแบบที่ 1 แบบที่ 2 แบบที่ 3 และแบบที่ 4.....	77
5.6 กราฟเปรียบเทียบค่า Maximum Vertical Compressive Strain ที่ส่วนบนของชั้น Subgrade ของโครงสร้างทางแบบที่ 1 แบบที่ 2 แบบที่ 3 และแบบที่ 4.....	79
5.7 กราฟเปรียบเทียบค่า Maximum Tensile Strain ได้ชั้นแอสฟัลท์คอนกรีต ของโครงสร้าง ทางแบบที่ 5 และแบบที่ 6.....	81
5.8 กราฟเปรียบเทียบค่า Maximum Vertical Compressive Strain ที่ส่วนบนของชั้น Subgrade ของโครงสร้างทางแบบที่ 5 และแบบที่ 6.....	83