

การใช้เม็ดดินเผา เป็นวัสดุมวลรวมในงานผิวทางเออร์เฟลทรีตเมนต์



นาย ประยูร เตชะสินตา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2527

ISBN 974-564-033-6

003516

I16A03484

AN APPLICATION OF USING CALCINED CLAY AS COARSE AGGREGATE
FOR SURFACE TREATMENTS

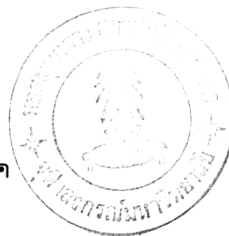


Mr. Prayoon Taechajinda

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Civil Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University

1984

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การใช้เม็ดดินเผาเป็นวัสดุผสมรวมในงานผิวทางเออร์เฟลทรีตเมนต์
 โดย นาย ประยูร เตชะจินดา
 ภาควิชา วิศวกรรมโยธา
 อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. สู่ประดิษฐ์ บุณนาค



บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
 ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

[Signature]คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
 (รองศาสตราจารย์ ดร. สู่ประดิษฐ์ บุณนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

[Signature]ประธานกรรมการ
 (รองศาสตราจารย์ อนุภักดิ์ อิศร์เสนา ณ อยุธยา)

[Signature]กรรมการ
 (รองศาสตราจารย์ ดร. สู่ประดิษฐ์ บุณนาค)

[Signature]กรรมการ
 (รองศาสตราจารย์ ดร. บุญสม เลิศศิรัญวงศ์)

[Signature]กรรมการ
 (นาย ชวลิต สู่ชะวรรณ)

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การใช้เม็ดดินเผาเป็นวัสดุมวลรวมในงานผิวทาง เซอร์เฟลทรีตเมนต์
 ชื่อผู้ผลิต นาย ประยูร เตชะจินดา
 อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. สุประดิษฐ์ บุนนาค
 ภาควิชา วิศวกรรมโยธา
 ปีการศึกษา 2527

บทคัดย่อ



จากการศึกษาเม็ดดินเผา ซึ่งเป็นมวลรวมประติษฐ์ในห้องทดลอง พบว่า เม็ดดินเผา มีคุณสมบัติทางวิศวกรรมเหมาะสมที่จะนำไปใช้เป็นวัสดุในงานผิวทางได้ ดังนั้นในการวิจัยนี้จะเป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเม็ดดินเผามาใช้เป็นวัสดุมวลรวมหยาบในงานผิวทาง เซอร์เฟลทรีตเมนต์ชนิดชั้นเดียวบนแปลงทดสอบ 2 แปลง ขนาด 3 x 3 เมตร สร้างติดกับผิวทาง เซอร์เฟลทรีตเมนต์ที่ใช้นิพูนเป็นวัสดุมวลรวมโดยทั่วไป ความต้านทานการสึกนไถของผิวทางในสภาพแห้งและเปียกจะวัดด้วยเครื่อง British Portable Tester และความสึกผิวทางจะวัดโดยวิธี Sand Patch ตลอดตามคาบเวลาที่กำหนดในการทดสอบ การติดตั้งแห่งของการวัดวัดในแนวร่องล้อ และระหว่างแนวร่องล้อทั้งสองบนแปลงทดสอบ และวัดเช่นเดียวกับบนผิวทาง เซอร์เฟลทรีตเมนต์หินปูนข้างเคียง

การวิจัยนี้พบว่า แปลงทดสอบที่ใช้เม็ดดินเผา เป็นวัสดุมวลรวมสามารถใช้งานได้เหมือนกับผิวทาง เซอร์เฟลทรีตเมนต์หินปูนทั่วไป และในสภาพการใช้งานได้เช่นกันตลอดระยะเวลาที่ศึกษาพบว่า ค่าความต้านทานการสึกนไถของแปลงทดสอบเม็ดดินเผาทั้งสองมีแนวโน้มที่ต่ำกว่าเฉลี่ยสูงกว่า และมีความสึกผิวทางสึกกว่าผิวทาง เซอร์เฟลทรีตเมนต์หินปูนข้างเคียง อย่างไรก็ตามการวัดค่าในแปลงทดสอบควรจะทำต่อไปเมื่ออายุการใช้งานของผิวทางและปริมาณขูดขอยที่วิ่งผ่านเพิ่มขึ้น เพื่อเปรียบเทียบผลในระยะยาวต่อไป

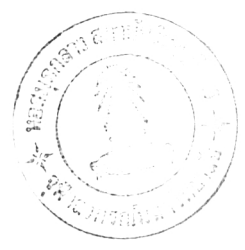
Thesis Title An Application of Using Calcined Clay as Coarse
Aggregate for Surface Treatments

Name Mr. Prayoon Taechajinda

Thesis Advisor Associate Prof. Supradit Bunnag, Ph.D.

Department Civil Engineering

Academic Year 1984

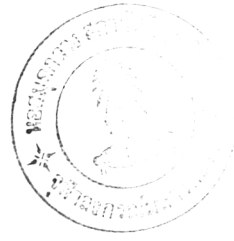


ABSTRACT

Former research studied in laboratory about calcined clay which was an artificial aggregate found that calcined clay has suitable engineering properties to be used as pavement aggregate. Therefore this research was attempted to study the possibility of using calcined clay as a coarse aggregate of the single surface treatments on the road test section. The two test sections of 3 x 3 metres were constructed closed to the limestone surface treatments. The British Portable Tester was used to measure the skid resistance in both dry and wet conditions and the surface texture depth was measured by the sand patch method through out the observation period. The positions of the measurement are along wheeltracks and between both wheeltracks on test sections and the same on the neighbouring limestone surface treatments.

It has been found that the calcined clay aggregate sections could be used as an ordinary surface treatment. Under the same test conditions, the average higher skid resistance and the deeper surface texture depth of the test sections were found when compared to neighbouring limestone surface treatments throughout the period of study.

However the tests should be continued as the service life and the vehicle passes increase to obtain long term effect.



กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณอย่างสูง ต่อท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ดังรายนามต่อไปนี้ คือ

รองศาสตราจารย์ ดร. สุประดิษฐ์ บุณาค ผู้เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาและเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำสิ่งที่เป็นประโยชน์ในงานวิจัย รวมทั้งตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

คุณ ชวลิต สู่ยวรรณ วรวิ. ศึกษาศาสตรบัณฑิต กองวิเคราะห์และวิจัย กรมทางหลวง, รองศาสตราจารย์ ดร. บุญสม เลิศศิริวงค์, รองศาสตราจารย์อนุทกุลย์ อัครเสนา ฌอยุธยา ซึ่งได้กรุณาให้คำแนะนำ และตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์

คุณ สุทิน ยัตติยะมาน, คุณ โพรไทย รัตนโยติ, คุณพิภนัท คูศิริชัย, คุณ วิจิตร เก่งตรง ที่ให้คำแนะนำ ร่วมมือและให้ความช่วยเหลือในการก่อสร้างผิวทางในสนาม และในห้องทดลองของหน่วยงานวิศวกรรม กองวิเคราะห์และวิจัย กรมทางหลวง

คุณ สุรพงษ์ สุธรรมเกษม และเจ้าหน้าที่ปฏิบัติงานสนามทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการทดสอบวัดค่าต่าง ๆ ในสนามอย่างดียิ่ง

คุณ วิมล ชัยชนะศิริวิทยา ที่ได้สละเวลาให้คำปรึกษา ช่วยเหลือ และแนะนำในสิ่งที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัยในครั้งนี้ตลอดมา

คุณ สุตกมล คู่ภเวช ได้ช่วยเหลือในการตรวจทาน เรียบเรียงและแก้ไขต้นฉบับวิทยานิพนธ์นี้ให้เป็นอย่างดี

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ทุนในการศึกษาวิทยานิพนธ์นี้ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้อนุญาตให้ใช้ห้องทดลองในงานวิจัย

เจ้าหน้าที่ห้องทดลองของหน่วยงานวิศวกรรม กองวิเคราะห์และวิจัย กรมทางหลวง ผู้เขียนขอขอบพระคุณอย่างสูงต่อท่านอื่นที่มีได้กล่าวนามไว้ ณ. ที่นี้ ที่ได้ช่วยเหลือผู้เขียนในการทำวิทยานิพนธ์นี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ท้ายที่สุดนี้ ผู้เขียนขอกราบขอพระคุณเป็นอย่างสูงต่อ บิดา มารดา ที่ได้อบรมสั่งสอน
และให้การอุปการะสนับสนุนในการศึกษาแก่ผู้เขียนจนประสบความสำเร็จมาจนทุกวันนี้

ประยูร เตชะจินดา

สารบัญ



ย

หน้า

หน้าอนุมัติ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ย
รายการรูปประกอบ	ฉ
รายการตารางประกอบ	ท
สัญลักษณ์	น
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
บทที่ 2 การศึกษาวิจัย ทฤษฎี และสัมมุติฐานสำคัญที่เกี่ยวข้องในอดีต	4
2.1 องค์ประกอบของความต้านทานการสั่นไถลของผิวทาง	4
2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อความต้านทานการสั่นไถล	6
2.2.1 คุณสมบัติและลักษณะของวัสดุผสมรวม	6
2.2.2 ลักษณะผิวทาง	8
2.2.3 คุณสมบัติของยางรถ	10
2.2.4 ลักษณะของดอกยาง	13
2.2.5 อุณหภูมิ	16
2.2.6 ความเร็วของยาน	18
2.2.7 ปัจจัยอื่นที่มีผลต่อความต้านทานการสั่นไถล	20
2.3 ผลการศึกษาความต้านทานการสั่นไถลที่ผ่านมาในประเทศไทย	27
2.4 การศึกษาความสัมพันธ์ของค่าความต้านทานการสั่นไถล	27

2.5	การวัดค่าความต้านทานการสิ้นโกลบนผิวทาง	30
2.5.1	เครื่อง Braking-Force Trailer	30
2.5.2	เครื่อง SCRIM	33
2.5.3	เครื่อง British Portable Tester (BPT)	33
2.6	การศึกษาการใช้ดินเหนียวเป็นวัสดุมวลรวมประดิษฐ์ในงาน ผิวทาง	35
2.7	นิยามของผิวทางเซอร์เฟลทรีตเมนต์	38
2.8	ประโยชน์ของผิวทางเซอร์เฟลทรีตเมนต์	38
2.9	องค์ประกอบที่มีผลต่อการก่อสร้างผิวทางเซอร์เฟลทรีตเมนต์	39
2.9.1	องค์ประกอบเกี่ยวกับวัสดุมวลรวม	39
2.9.2	องค์ประกอบเกี่ยวกับวัสดุประสานอิฐฉินล์	43
2.9.3	องค์ประกอบอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างผิว ทางเซอร์เฟลทรีตเมนต์	47
2.10	การศึกษาถึงองค์ประกอบที่มีผลต่อการออกแบบของผิวทาง เซอร์เฟลทรีตเมนต์ที่ผ่านมา	49
2.10.1	องค์ประกอบที่จะต้องพิจารณาในการหาจำนวนและ ชนิดของวัสดุมวลรวม	49
2.10.2	องค์ประกอบที่จะต้องพิจารณาในการหาปริมาณวัสดุ ประสานอิฐฉินล์	51
2.11	การศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบผิวทางเซอร์เฟลทรีตเมนต์ที่ มากกว่าชั้นเดียว	58
2.12	มาตรฐานที่ใช้กำหนดความต้านทานการสิ้นโกล	58
บทที่ 3	วัสดุ เครื่องมือที่ใช้ และวิธีการทดลอง	64
3.1	แหล่งวัสดุและวิธีการผลิตเม็ดดินเผา	64
3.2	เครื่องมือที่ใช้ในการผลิตเม็ดดินเผา	64
3.3	วิธีการเตรียมดินเหนียว	73
3.4	วิธีการเผาเม็ดดิน	73
3.5	การทดลองความสึกหรอของวัสดุมวลรวม (AAV)	75
3.6	การทดลองการหลุดลอกของวัสดุมวลรวม (Stripping Value) โดยวิธี plate test	81

3.7	การทดลองหาค่าดัชนีความแบน (Flakiness Index) ของวัสดุมวลรวมหยาบ	83
3.8	การทดลองหาค่าความถ่วงจำเพาะรวมของวัสดุมวลรวม (Bulk Specific Gravity)	86
3.9	การทดลองหาค่าน้ำหนักต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของวัสดุเม็ดดินเผาในสภาพหลวม (Loose Unit Weight).	88
3.10	การทดลองหาปริมาณน้ำที่ซึมเข้าไปในเนื้อวัสดุมวลรวม (Water Absorption).	89
3.11	การทดลองหาการดูดซึมของยางแอสฟัลท์ (Asphalt Absorption)	91
บทที่ 4	การดำเนินการวิจัย และทดสอบผลในแปลงทดสอบ	94
4.1	การเตรียมวัสดุเม็ดดินเผาและการคำนวณออกแบบปริมาณวัสดุมวลรวมเม็ดดินเผาและยางแอสฟัลท์ที่ใช้	94
4.2	ตำแหน่งของแปลงทดสอบในการวิจัย	94
4.3	การเตรียมเครื่องจักรและเครื่องมือที่ใช้ในการก่อสร้าง	96
4.4	ปริมาณวัสดุที่ใช้	96
4.5	การเตรียมการก่อนก่อสร้าง	97
4.6	วิธีการก่อสร้าง (ปูผิวทาง).	100
4.7	เครื่องมือที่ใช้วัดค่าในแปลงทดสอบ	107
4.7.1	เครื่อง British Portable Skidding Resistance Tester (BPT).	107
4.7.2	เครื่องมือวัดความหนาฟิล์มน้ำ (NASA Water Film Depth Gage)	109
4.8	ตำแหน่งและค่าที่ละวัดเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยนี้	111
4.9	วิธีการวัดค่าต่าง ๆ ในแปลงทดสอบ	111
4.9.1	การวัดค่าความต้านทานการสิ้นไกลด้วยเครื่อง BPT	111

	4.9.2	การวัดค่าความหนาฟิล์มน้ำ (WFT) ด้วยเครื่อง NASA Water Film Depth Gage.	113
	4.9.3	การวัดค่าความสึกผิวทาง (STD) ด้วยวิธี Sand-Patch.	114
	4.9.4	การสำรวจปริมาณการจราจร (Traffic Volume)	114
บทที่ 5		ผลการทดสอบค่าในสนามและการวิเคราะห์ผล	119
	5.1	ผลการทดสอบคุณสมบัติของเม็ดดินเผาในห้องทดลอง. . .	119
	5.2	ผลการศึกษาค่าในแปลงทดสอบ	127
	5.2.1	ด้านความต้านทานการสิ้นไกลของผิวทาง . . .	127
	5.2.1.1	ความสัมพันธ์ของค่าความต้านทานการ สิ้นไกล (BPN_D และ BPN_W) กับอายุ การใช้งานของผิวทาง (Service Life)	127
	5.2.1.2	ความสัมพันธ์ของค่าความต้านทานการ สิ้นไกล (BPN_D และ BPN_W) กับปริมาณ การจราจรสะสม (Accumulated Traffic Volume).	133
	5.2.1.3	ความสัมพันธ์ของค่าความสึกผิวทาง (STD) กับอายุการใช้งานของผิวทาง	134
	5.2.1.4	ความสัมพันธ์ของค่าความสึกผิวทาง (STD) กับปริมาณการจราจรสะสม. .	134
	5.2.1.5	ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานการ สิ้นไกลกับความสึกผิวทาง	138
	5.2.1.6	การเปรียบเทียบผลการทดสอบในสนาม ระหว่างผิวทางเออร์เฟลทรีตเมนต์เม็ด ดินเผาและหินปูน	138

บทที่ 6	สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ	151
	6.1 ผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติและการใช้งานฉนวนทางเทอร์-	
	เฟลทรีตเมนต์เม็ดดินเผา กับหินปูน	151
	6.1.1 คุณสมบัติทั่วไปของเม็ดดินเผา	151
	6.1.2 คุณสมบัติด้านความต้านทานการสั่นไถล (ความ-	
	เสียดทาน) ของฉนวนทาง	152
	6.2 ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป	153
เอกสารอ้างอิง	155
ภาคผนวก ก.	161
ประวัติผู้เขียน	176

รายการรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
2.1	องค์ประกอบของแรงเสียดทานระหว่างหน้ายางล้อรถและผิวทาง . . .	5
2.2	องค์ประกอบต่าง ๆ ที่มีผลต่อการสัมผัสของหน้ายางรถบนผิวทาง . . .	7
2.3	ภาพแสดงความแตกต่างของลักษณะผิวทาง	9
2.4	ความสัมพันธ์ระหว่าง % การลดลงของค่า สลิปส์. ความเสียดทาน (BFC) กับความสึกผิวทาง (STD) ของถนนในช่องทางรถวิ่งช้าและรถวิ่งเร็ว	11
2.5	แสดงผลของความสึกผิวทางที่มีผลต่อ % การลดลงของค่า สลิปส์. ความเสียดทาน (BFC) ที่ความเร็ว 50 และ 130 กม./ชม.	12
2.6	แสดงผลของค่าความยืดหยุ่นของดอกยาง (Tread Resilience) บนผิวทางเรียบและหยาบในสภาพผิวทางเปียก	14
2.7	ผลของลักษณะดอกยางบนผิวทางเรียบและหยาบ ในสภาพผิวทางเปียกที่มีต่อค่า สลิปส์. ความเสียดทาน (BFC).	15
2.8	แสดงผลของความสึกดอกยางต่อค่า สลิปส์. ความเสียดทาน (BFC) บนผิวทางเปียก	17
2.9	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานการสิ้นไกลของผิวทางที่เปลี่ยนไปกับอุณหภูมิ.	19
2.10	แสดงลักษณะผิวทางประเภทต่าง ๆ ที่ทำการวัดค่า สลิปส์. ความเสียดทาน (BFC)	21
2.11	แสดงผลของ สลิปส์. ความเสียดทาน (BFC) บนผิวทางที่ลักษณะผิวทางต่าง ๆ ตามรูปที่ 2.10 (วัดโดยใช้ดอกยางเรียบ)	22
2.12	แสดงผลของความเร็วยวดยานที่มีค่า สลิปส์. ความเสียดทาน (SFC) ในสภาพผิวทางต่าง ๆ.	23
2.13	แสดงผลของความเร็วยวดยานที่มีต่อค่า สลิปส์. ความเสียดทาน (SFC) ในสภาพผิวทางต่าง ๆ กันขณะเปียก.	23
2.14	แสดงระดับค่า สลิปส์. ความเสียดทาน (SFC) บนผิวทางชนิดต่าง ๆ (Surface Dressing โดยใช้ Chippings ขนาด 13 มม. มีปริมาณ	

รูปที่	หน้า
	๓
	หน้า
การจราจร 2,100 คันต่อช่องทางต่อวัน)	24
2.15 แสดงผลของปริมาณการจราจรต่อค่า สปส์.ความเสียดทาน (SFC ในฤดูร้อน) บนผิวทางมาตรฐาน Motorway (Rolled Asphalt ด้วย Precoated Chippings ที่มีค่า PSV ในช่วง 58-60).	25
2.16 แสดงการเพิ่มของค่า สปส์.ความเสียดทาน (SFC) บนผิวทาง Trunk Road A4, Colnbrook Bypass เมื่อการจราจรลดลง.	26
2.17 แสดงความสัมพันธ์ของค่า M-MV ₆₀ กับค่า BPTV.	29
2.18 เครื่อง Braking-Force Trailer.	31
2.19 เครื่อง Sideway Force Tester รุ่นแรก ๆ	31
2.20 เครื่อง SCRIM.	32
2.21 เครื่อง British Portable Skid-Resistance Tester (BPT)	34
2.22 ผลของฝุ่นผงที่มีต่อ % จำนวนวัสดุรวมที่เหลือบนผิวทาง	44
2.23 ผลของความชื้นที่มีต่อ % จำนวนวัสดุรวมที่เหลือบนผิวทาง	44
2.24 แสดงรูปภาพตัดของผิวทางเออร์เฟลัทริตเมนต์ในขณะ (a) ทันทีหลังจากการโรยวัสดุรวมเรียบร้อย (b) หลังจากได้รับการบดอัดจนวัสดุรวมอยู่ในตำแหน่งสุดท้าย ของมัน	46
2.25 แสดงอิทธิพลของอุณหภูมิบนผิวทางและอุณหภูมิของอากาศต่อขนาดของ วัสดุรวมรวมในการคัดเลือกวัสดุประสานปฏิกิริยา สำหรับผิวทางเออร์- เฟลัทริตเมนต์หรือฮิโตะทิงในประเทศแคนาดา	46
2.26 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ และความหนืดของยางแอสฟัลท์เหลวกรด ต่าง ๆ พร้อมความหนืดในช่วงที่แนะนำสำหรับการฉีด (ลาด) การผสม และการป้อน	55
3.1 ตำแหน่งของการเก็บตัวอย่างดินบริเวณหนองงูเห่า	65
3.2 เครื่องอัดดิน.	67
3.3 อุปกรณ์ภายในของเครื่องอัดดิน	68

รูปที่	หน้า
3.4	แสดงรายละเอียดและอุปกรณ์ของเตาเผาที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ 69
3.5	เตาเผาไฟฟ้าแบบหมุนรอบแกนชนิดหลอดเดี่ยว (Monotube Rotary Kiln) และอุปกรณ์. 72
3.6	แสดงการอัดดินออกเป็นเส้น ๆ ตามขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ต้องการ 74
3.7	แสดงการตัดดินออกเป็นก้อนตามความยาวที่ต้องการด้วยลวดขึงตึง. 74
3.8	แสดงเม็ดดินเผาที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน คือ 400°C, 600°C และ 1,000°C. 76
3.9	แสดงลักษณะและสภาพในของเม็ดดินเผาที่อุณหภูมิ 1,000°C. 76
3.10	ตะแกรงร่อนวัสดุ 79
3.11	เครื่อง Los Angeles Abrasion Machine 79
3.12	แสดงเม็ดดินเผาก่อนเข้าเครื่อง Los Angeles Abrasion Machine. 80
3.13	แสดงเม็ดดินเผาหลังเข้าเครื่อง Los Angeles Abrasion Machine. 80
3.14	แสดงลักษณะเม็ดดินเผาในภาดทดลองหลังการกดตันที่เรียบให้จมลงในยางแอสฟัลท์. 84
3.15	แสดงการดึงเม็ดดินเผาด้วยคีมปากปลิงจกออกจากภาดทดลอง. 84
3.16	สารผสมแอสฟัลท์ (Adhesion Agent). 85
3.17	ช่องวัดความหนา (Slot Sieve). 87
3.18	เครื่องมือแบ่งตัวอย่าง (Sample Splitter) 87
3.19	แสดงการหาค่าน้ำหนักต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของเม็ดดินเผาในสภาวะหลวม (Loose unit weight) 90
4.1	ตำแหน่งแปลงทดลอบ. 95
4.2	เตาเผาความร้อนสูงบริเวณแปลงทดลอบ (ตามรูปอยู่ที่หมวดการทางหน่วยกรด). 98
4.3(ก)	รูปหน้าตัดเดิมของถนนทางสาย 324 ตอนพนมทวน-แยกอุโมงค์ บริเวณกม.ที่ 35. 99

รูปที่	หน้า
4.3(ข) รูปหน้าตัดเดิมของถนนทางสาย 321 ตอนแยกอุทอง-สุพรรณบุรี บริเวณ กม.ที่ 159.	99
4.4 ทำการกวาดผิวทางเดิมให้สะอาดก่อนลาดยางแอสฟัลท์	98
4.5(ก) ตำแหน่งแปลงทดลอบบนเส้นทางสาย 324 ตอนพนมทวน-แยกอุทอง (แปลงทดลอบที่ 1 และ 2).	101
4.5(ข) ตำแหน่งแปลงทดลอบบนเส้นทางสาย 321 ตอนอุทอง-สุพรรณบุรี (แปลงทดลอบที่ 3).	101
4.6 ทำการลาดยางแอสฟัลท์ด้วยกาลาดยาง.	102
4.7 ทำการปาดยางที่ลาดให้เรียบด้วยไม้ปาด	102
4.8(ก), (ข) ทำการโรยเม็ดดินเผาลงในแปลงทดลอบให้ทั่ว	103
4.9 ทำการบดอัดเม็ดดินเผาครั้งแรกด้วยรถบดล้อยาง	105
4.10 ทำการกวาดเกลี่ยเม็ดดินเผาหลังการบดอัดครั้งแรก เพื่อเติมส่วนที่เกิด ช่องว่างในแปลงทดลอบ	105
4.11 ทำการบดอัดเม็ดดินเผาครั้งสุดท้ายด้วยรถบดล้อเหล็ก.	106
4.12 แสดงผิวทางที่ลาดทรายหยาบเพื่อเติมช่องว่างระหว่างเม็ดดินเผาใน แปลงทดลอบที่ 3 บนทางสาย 321	106
4.13 เครื่องวัดความต้านทานการสิ้นไกลของผิวทางในแปลงทดลอบ (British Portable-Tester, BPT).	108
4.14 เครื่องวัดความหนาของฟิล์มน้ำบนผิวทาง (Water Film Depth Gage)	110
4.15(ก) ตำแหน่งของการวัดค่าความต้านทานการสิ้นไกล (SRV) บนเส้นทาง สาย 324 ตอนพนมทวน-แยกอุทอง	112
4.15(ข) ตำแหน่งที่คาดว่าจะทำการวัดค่าความลึกผิวทาง (SRV) บนทางสาย 321 ตอนแยกอุทอง-สุพรรณบุรี.	112
4.16(ก) ตำแหน่งของการวัดค่าความลึกผิวทาง (STD) บนทางสาย 324 ตอนพนมทวน-แยกอุทอง	115
4.16(ข) ตำแหน่งที่คาดว่าจะทำการวัดค่าความลึกผิวทาง (STD) บนทางสาย 321 ตอนแยกอุทอง-สุพรรณบุรี.	115

รูปที่	หน้า	
4.17	ค่าที่ใช้ปรับแก้ความต้านทานการสิ้นโกล (BPTV) เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงขณะทดสอบ.	116
4.18	แสดงการวัดค่าความต้านทานการสิ้นโกลด้วยเครื่อง BPT	117
4.19	แสดงการวัดค่าความหนาของฟิล์มน้ำมันผิวทาง ด้วยเครื่อง Water Film Depth Gage	117
4.20(ก), (ข)	แสดงการหาค่าความสึกผิวของผิวทางด้วยวิธี Sand-Patch	118
5.1(ก)	แสดงค่า % การหลุดลอก (Stripping) ของเม็ดดินเผากับยางแอสฟัลท์ซีเมนต์ชนิด AC (80-100 pen.) เมื่อใส่สารผสมแอสฟัลท์ (Adhesion Agents) ในปริมาณต่าง ๆ.	121
5.1(ข)	แสดง % การหลุดลอก (Stripping) ของเม็ดดินเผากับยางอีพ็อกซีไฟต์แอสฟัลท์ชนิด RS-3K เมื่อใส่สารผสมแอสฟัลท์ (Adhesion Agents) ในปริมาณต่าง ๆ.	122
5.2	แสดงตำแหน่งของการวัดค่า BPN_D และ BPN_W บนแปลงทดสอบที่ 1,2 และผิวทางเซอร์เฟสทริตเมนต์หินปูนข้างเคียงบนเส้นทางสาย 324 ตอนพนมทวน-อุ้มทอง.	128
5.3(ก)	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า BPN เฉลี่ยในสภาพผิวทางแห้งและเปียกกับอายุการใช้งานของผิวทางระหว่างแนวร่องล้อที่ปรากฏ บนแปลงทดสอบที่ 1,2 และผิวทางเซอร์เฟสทริตเมนต์หินปูนข้างเคียง	131
5.3(ข)	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า BPN เฉลี่ยในสภาพผิวทางแห้งและเปียกกับอายุการใช้งานของผิวทางในแนวร่องล้อที่ปรากฏ บนแปลงทดสอบที่ 1,2 และผิวทางเซอร์เฟสทริตเมนต์หินปูนข้างเคียง	132
5.4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสึกผิวทางเฉลี่ยกับอายุการใช้งานของผิวทางในแนวร่องล้อที่ปรากฏบนแปลงทดสอบที่ 1,2 และผิวทางเซอร์เฟสทริตเมนต์หินปูนข้างเคียง.	135
5.5(ก)	แสดงการหาความสึกผิวของผิวทางเซอร์เฟสทริตเมนต์เม็ดดินเผา บนแปลงทดสอบที่ 1 บนเส้นทางสาย 324 ตอนพนมทวน-อุ้มทอง โดยวิธี Sand-Patch	136

รูปที่	หน้า
5.5(ข) แสดงการหาความลึกผิวของผิวทางเซอร์เฟลทริตเมนที่หินปูนข้างเคียงบนเส้นทางสาย 324 ตอนพนมทวน-อุ้มทอง โดยวิธี Sand-Patch .	136
5.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความลึกผิวทางเฉลี่ยกับปริมาณการจราจรสะสมในแนวร่องล้อที่ปรากฏบนแปลงทดสอบที่ 1,2 และผิวทางเซอร์เฟลทริตเมนที่หินปูนข้างเคียง.	137
5.7(ก) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า BPN เฉลี่ยในสภาพผิวทางแห้งและเปียกกับค่าความลึกผิวทางเฉลี่ยในแนวร่องล้อและระหว่างแนวร่องล้อที่ปรากฏบนแปลงทดสอบที่ 1 และผิวทางเซอร์เฟลทริตเมนที่หินปูนข้างเคียง .	139
5.7(ข) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า BPN เฉลี่ยในสภาพผิวทางแห้งและเปียกกับค่าความลึกผิวทางเฉลี่ยในแนวร่องล้อและระหว่างแนวร่องล้อที่ปรากฏบนแปลงทดสอบที่ 2 และผิวทางเซอร์เฟลทริตเมนที่หินปูนข้างเคียง .	140
5.8(ก) แสดงผิวทางบนเส้นทางสาย 321 ตอนแยกอุ้มทอง-สุพรรณบุรี (แปลงทดสอบที่ 3) หลังการบดอัดด้วยรถบดแล้ว ก่อนทำการลาดทรายหยาบ	147
5.8(ข) แสดงผิวทางบนเส้นทางสาย 321 (แปลงทดสอบที่ 3) หลังทำการลาดทรายหยาบเพื่อลดช่องว่างระหว่างเม็ดดินเผา	147
5.9 (ก), (ข) แสดงผิวทางบนเส้นทางสาย 321 ตอนแยกอุ้มทอง-สุพรรณบุรี (แปลงทดสอบที่ 3) ที่เกิดการหลุดร่อนบริเวณแนวร่องล้อและกึ่งกลางแนวร่องล้อ.	148
5.10 (ก), (ข) แสดงผิวทางบนเส้นทางสาย 321 ตอนแยกอุ้มทอง-สุพรรณบุรี (แปลงทดสอบที่ 3) ที่เกิดการเยิ้มของยางแอสฟัลท์ซีเมนต์ (Bleeding effect)	149
5.11 แสดงลักษณะโดยทั่วไปของผิวทางเซอร์เฟลทริตเมนที่เม็ดดินเผาและหินปูนข้างเคียงบนเส้นทางสาย 324 ตอนพนมทวน-อุ้มทอง	150

รูปที่	หน้า
ภาคผนวก	
ก.1	การหาค่าขนาดเฉลี่ย (M.S.) ของเม็ดดินเผาสำหรับทำผิวทางเซอร์- เฟลทรีตเมนต์. 169
ก.2	การหาค่า A.L.D. ของเม็ดดินเผาใช้ทำผิวทางเซอร์เฟลทรีตเมนต์... 170
ก.3	แสดงการหาปริมาณเม็ดดินเผาที่ใช้ต่อหนึ่งตารางเมตร โดยวิธีตรง... 171

รายการตารางประกอบ

ตารางที่		หน้า
2.1	อัตราการผลิตยางแอสฟัลท์ สำหรับแต่ละชั้นของการปูผิวทางเซอร์- เฟลทรีตเมนต์ชนิดสองชั้น (DST)	59
2.2	ระดับค่า SFC ₅₀ และค่า BPTV สำหรับลักษณะของถนนประเภท ต่าง ๆ ในสภาพผิวทางเปียก	60
2.3	มาตรฐานที่กำหนดค่าความต้านทานการสิ้นไกลในรูปของค่า PSV ของวัสดุผสมรวมที่ใช่, ค่าขั้นต่ำของค่า SFC ₅₀ ตามปริมาณการ จราจรต่าง ๆ กัน	61
2.4	ผลของความสึกผิวมหภาคที่มีต่อค่าความต้านทานการสิ้นไกล (SRV) เมื่อความเร็วเพิ่มขึ้น	62
2.5	ค่าความต้านทานการสิ้นไกลขั้นต่ำของค่า BPT number และ Mu-meter number ที่ความเร็ว 60 กม.ต่อ ยม. ในลักษณะถนน ประเภทต่าง ๆ ในสภาพผิวทางเปียก	63
3.1	องค์ประกอบทางเคมี, คุณสมบัติและดัชนีชี้ขึ้นพื้นฐานของดินเหนียว บริเวณหนองงูเห่า	66
3.2	ขนาดและน้ำหนักของตัวอย่างแต่ละเกรดที่ใช้วัดความสึกหรอ.	78
3.3	จำนวนลูกเหล็กที่ไ้กับตัวอย่างแต่ละเกรด.	78
3.4	อุณหภูมิของยางแอสฟัลท์ที่ใช้ลาดบนผิวทางเดิมในการก่อสร้างผิว ทางเซอร์เฟลทรีตเมนต์และซิลิโคท	82
4.1	ปริมาณยางแอสฟัลท์ที่ไ้บนแปลงทดสอบที่ 1, 2 และ 3	97
4.2	คุณสมบัติของแผ่นยางที่ไ้ทดสอบกับ BPT	109
5.1	แสดงผลการทดสอบคุณสมบัติของ เม็ดดินเผาในห้องทดลองเปรียบ เทียบกับค่าตามมาตรฐานของกรมทางหลวงที่กำหนดไว้	119
5.2	แสดงค่า % การหลุดลอกต่ำสุด เมื่อใช้สารผสมแอสฟัลท์ชนิดต่าง ๆ สำหรับยางแอสฟัลท์ซีเมนต์ AC 80-100 pen.	123
5.3	แสดงค่า % การหลุดลอกต่ำสุด เมื่อใช้สารผสมแอสฟัลท์ชนิดต่าง ๆ สำหรับยางอีมีลซีไฟต์ RS-3K.	125

ตารางที่	หน้า	
5.4	แสดงค่าความต้านทานการสิ้นไกลเฉลี่ยของผิวทางบนแปลงทดสอบ ที่ 1,2 และผิวทางเออร์เฟลทรีตเมนต์หินปูนข้างเคียงในสภาพผิว ทางแห้งและเปียกที่อุณหภูมิ 20°C.	129
5.5	แสดงค่าเฉลี่ยของความลึกผิวทาง (STD) บนแปลงทดสอบที่ 1,2 และ ผิวทางเออร์เฟลทรีตเมนต์หินปูนข้างเคียง ตามตำแหน่งต่าง ๆ ในแนว ร่องล้อและระหว่างแนวร่องล้อที่ปรากฏ.	130
 ภาคผนวก		
ก.1	ค่า "Traffic Factor (T)" สำหรับผิวทางเออร์เฟลทรีตเมนต์และ ซีลโคท	163
ก.2	ค่าปรับแก้ "S" สำหรับวัสดุประสานแอสฟัลท์ (Asphalt Binder) ขึ้นอยู่กับลักษณะสภาพผิวทางเดิม	163
ก.3	ค่าเฉลี่ยสำหรับ Fraction "R" ของยางส่วนที่เหลือบนผิวทางโดย ปริมาตร (Residual Asphalt by Volume) ของวัสดุประสาน แอสฟัลท์ทั้งหมดที่ใช้ในผิวทางเออร์เฟลทรีตเมนต์และซีลโคท	164
ก.4	ค่าปรับแก้ "T _p " เนื่องจากชนิดของวัสดุประสานแอสฟัลท์ประเภท ต่าง ๆ	164

สัญลักษณ์



ADT	=	ค่าปริมาณการจราจรเฉลี่ย เป็น จำนวนคันใน 1 วัน (Annual Daily Traffic)
AAV	=	ค่าความต้านทานการสึกหรอของวัสดุรวม (Aggregate Abrasion Value)
A.L.D.	=	ค่า Average Least Dimension ของวัสดุรวม
BFC	=	ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของผิวทาง (Braking-Force Coefficient)
BPN _{D,W}	=	ค่า British Portable Number ในสภาพผิวทางแห้งและเปียก ตามลำดับ
BPN _{20°C,t}	=	ค่า British Portable Number ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิ t ใด ๆ
F.I.	=	ค่าดัชนีความแบนของวัสดุรวม (Flakiness Index)
M.S.	=	ค่าขนาดเฉลี่ยของวัสดุรวม (Median Size)
M-MV	=	ค่า Mu-Meter Value (ปกติจะวัดที่ความเร็ว 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง)
PSV	=	ค่า Polished Stone Value ของวัสดุรวม
SRV _{D,W}	=	ค่าความต้านทานการสั่นไถลของผิวทาง (Skid-Resistance Value) ในสภาพผิวทางแห้งและเปียก ตามลำดับ
SRV _{20°C,t}	=	ค่าความต้านทานการสั่นไถลของผิวทาง (Skid-Resistance Value) ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิ t ใด ๆ ตามลำดับ
SFC ₅₀	=	ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของผิวทาง (Sideway-Force Coefficient) วัดที่ความเร็ว 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
SCRIM	=	เครื่อง Sideway-Force Coefficient Routine Investigation Machine