พฤติกรรมของผิวทางที่ซ่อมแซมด้วยการเสริมแผ่นใยสังเคราะห์

นายจตุรงค์ เจริญผล

โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
การบริหารงานก่อสร้างและสาธารณูปโภค
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2555

พฤติกรรมของผิวทางที่ซ่อมแซมด้วยการเสริมแผ่นใยสังเคราะห์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับโครงงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบโครงงาน

_____

(ผศ. ดร.พรศิริ จงกล)
ประธานกรรมการ

_____

(ศ. ดร.สุขสันติ์ หอพิบูลสุข)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน)

_____

(ผศ. ดร.ปรียาพร โกษา)
กรรมการ

_____

(รศ. ร.อ. ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์)
คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

จตุรงค์ เจริญผล : พฤติกรรมของผิวทางที่ซ่อมแซมด้วยการเสริมแผ่นใยสังเคราะห์ (PERFORMANCE OF PAVEMENTS REPAIRED BY GEOTEXTILE REINFORCEMENT) อาจารย์ที่ปรึกษา : ศาสตราจารย์ ดร.สุขสันติ์ หอพิบูลสุข

ด้วยการเพิ่มขึ้นของปริมาณการจราจร ถนนลาดยางหลายเส้นเกิดความเสียหายก่อนระยะเวลาที่ออกแบบไว้ การซ่อมแซมแบบเดิมที่ใช้กันคือการขูดไสผิวทางที่เสียหายออกจนถึงชั้นทางแล้วการปูผิวทางใหม่การประยุกต์ใช้แผ่นใยสังเคราะห์ในซ่อมบำรุงถนนลาดยางนับเป็นทางเลือกใหม่ที่น่าสนใจและใช้กันอย่างแพร่หลาย งานวิจัยนี้ศึกษาพฤติกรรมของถนนที่ซ่อมแซมด้วยการเสริมแผ่นใยสังเคราะห์และเปรียบเทียบกับพฤติกรรมของถนนที่ซ่อมแซมด้วยวิธีเดิม ผู้วิจัยจัดทำแปลงทดสอบจำนวน 3 แปลง แปลงทดสอบที่ 1 เป็นผิวทางที่ซ่อมแซมด้วยวิธีเดิม แปลงทดสอบที่ 2 เป็นถนนที่เสริมแผ่นใยสังเคราะห์ และปูทับด้วยแอสฟัลต์คอนกรีตหนา 70 มิลลิเมตร และแปลงทดสอบที่ 3 เป็นถนนที่เสริมแผ่นใยสังเคราะห์ และปูทับด้วยแอสฟัลต์คอนกรีตหนา 50 มิลลิเมตร นอกจากอิทธิพลของความหนาของผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตที่ปูทับบนแผ่นใยสังเคราะห์แล้ว ผู้วิจัยยังได้ศึกษาอิทธิพลของขนาดของความเสียหายของผิวทางเดิมต่อพฤติกรรมของผิวทางเมื่อรับน้ำหนักบรรทุก ขนาดของความเสียหายจำลองด้วยเจาะรูบนชั้นผิวทางเดิมขนาด 3 มิลลิเมตร และ 10 มิลลิเมตร ผลการวิจัยสามารถสรุปได้ว่าการเสริมแผ่นใยสังเคราะห์ช่วยลดขนาดและอัตราการทรุดตัวแบบร่องล้อได้อย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับความหนาของผิวทางที่เท่ากัน การติดตั้งแผ่นใยสังเคราะห์ที่ระดับความลึก 70 มิลลิเมตร ช่วยลดการทรุดตัวแบบร่องล้อได้ดีที่สุด สำหรับขนาดรูเจาะที่เท่ากัน ค่าความเครียดบนแผ่นใยสังเคราะห์ที่เกิดขึ้นในแปลงทดสอบที่ 3 มีค่ามากกว่าค่าความเครียดที่เกิดขึ้นในแปลงทดสอบที่ 2 เนื่องจากความเค้นประสิทธิผลในแนวดิ่งมีค่าสูงกว่า สำหรับความหนาของผิวทางใหม่ที่เท่ากัน ความเครียดมีค่าเพิ่มขึ้นตามขนาดของรูบนผิวทางเดิม แผ่นใยสังเคราะห์ยังคงสามารถต้านทานการฉีกขาดขึ้นจากผิวทางเดิมได้แม้ว่าขนาดของความเสียหายมีใหญ่ถึง 10 มิลลิเมตร

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่อนักศึกษา _____

ปีการศึกษา 2555 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

JATURONG CHAROENPOL : PERFORMANCE OF PAVEMENTS REPAIRED BY GEOTEXTILE REINFORCEMENT. ADVISOR : PROF. SUKSUN HORPIBULSUK, Ph.D., P.E.

Due to an increase in traffic volume, pavements are damaged before their designed service life. The conventional repair method is milling the damaged pavement and then overlaying. An alternative means, which is widely applied in many countries, is the geotextile reinforcement. This research investigates the performance of the damaged pavements repaired by the geotextile reinforcement. Three repaired pavement sections were constructed. The first section was repaired by the conventional method. The second section was repaired by geotextile reinforcement with 70 mm thick asphaltic concrete overlay. The last section was repaired by geotextile reinforcement with 70 mm thick asphaltic concrete overlay. In addition to the thickness of asphaltic concrete, the influence of damage level in existing pavement on the performance of the repaired pavements was investigated. The damage level was represented by drilled holes on the pavement with diameters of 3 mm and 10 mm. It is concluded from this study that the geotextile reinforcement reduces the magnitude and rate of rutting on the repaired pavement. The 70 mm thick asphaltic concrete overlay exhibits the lowest rutting. For the same hole diameter, the strains on the geotextile in the last section is more than those in the second section because of the larger vertical effective stress. For the same asphaltic concrete overlay thickness, the strain increases with increasing hole diameter on the existing pavement. The geotextile can prevent the refractive crack, even with a large hole diameter of 10 mm.

School of Civil Engineering Student's signature _____

Academic Year 2012 Advisor's signature _____

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานมหาบัณฑิตนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องด้วยคณาจารย์ได้ให้ความช่วยเหลืออย่างดียิ่ง เฉพาะ ศาสตราจารย์ ดร.สุขสันติ์ หอพิบูลสุข อาจารย์ที่ปรึกษา ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ ช่วยเหลือสนับสนุนเป็นอย่างดี ทั้งในด้านวิชาการด้านการดำเนินงานวิจัย และผู้วิจัยต้องขอขอบคุณผู้ช่วยเหลืองานวิจัยให้แล้วเสร็จสมบูรณ์เป็นอย่างดี คือ คุณณัฐชัย โปร่งมณี คุณอเนก นิรมิตครบุรี คุณอิสระ นนท์นิราช ข้าราชการและพนักงานจ้างกองช่างองค์การบริหารส่วนตำบลท่าคล้อทุกคน นายกองค์การบริหารส่วนตำบลท่าคล้อ (นายทนงยุทธ จันทกูล) และต้องขอขอบคุณบริษัท TENCATE ประเทศไทย จำกัด ที่ช่วยอนุเคราะห์สนับสนุนวัสดุสังเคราะห์โพลีเฟล็ท PGM-G ในงานวิจัยครั้งนี้

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณและขอขอบใจครอบครัวที่ยอมเสียสละเวลาให้ข้าพเจ้าทำการศึกษาจนจบหลักสูตร และเพื่อนร่วมงานทุกคนที่ช่วยเหลือในการพิมพ์เอกสาร ทำ Power point นำเสนอคอยให้กำลังใจ ถามไถ่ความเป็นไปของโครงงานวิจัยอยู่เสมอ ทำให้ผู้ศึกษามีกำลังใจที่จะพัฒนาโครงงานวิจัยจนสำเร็จได้ด้วยดี

จตุรงค์ เจริญผล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข

กิตติกรรมประกาศ ..... ค

สารบัญ ..... ง

สารบัญตาราง ..... ฉ

สารบัญรูปภาพ ..... ช

บทที่

1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ 3

1.3 ขอบเขตของการศึกษา 3

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

2 ปริทัศน์วรรณกรรมงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5

2.1 บทนำ 5

2.2 สาเหตุสำคัญที่ทำให้ถนนเกิดความเสียหาย 5

2.3 ประเภทของการบำรุงรักษาทาง 5

2.4 ผิวทางลาดยาง 6

2.5 รอยแตกร้าวจากหดตัว (Shrinkage Cracks) 7

2.6 การทรุดตัวเป็นแนวร่องล้อ (Channels or Ruts) 8

2.7 ผิวทางเป็นหลุมเป็นบ่อ(Pot Holes) 9

2.8 การเยิ้มของแอสฟัลต์ (Bleeding or Flushing Asphalt) 11

2.9 ผิวทางเป็นลูกคลื่นระนาด (Corrugations) 12

2.10 เทคนิคการยืดอายุผิวทางด้วยวัสดุใยสังเคราะห์สำหรับเสริมผิวทางแอสฟัลต์ 12

2.11 ทำไมถึงต้องใช้ Poly felt PGM-G 13

2.12 ข้อดีที่ได้จากการใช้งานแผ่นเสริมกำลังสำหรับผิวทางของโพลีเฟ็ลท์ PGM-G 15

3 วิธีดำเนินการศึกษา 16

3.1 รูปหน้าตัดของแปลงทดสอบ 16

3.2 ประมาณราคา (Estimate) 17
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 20
4 ผลทดสอบและการอภิปรายผลการทดสอบ 21
4.1 บทนำ 21
4.2 คุณสมบัติของวัสดุและอุปกรณ์การตรวจวัด 22
4.2.1 แอสฟัลต์คอนกรีต 22
4.2.2 โครงสร้างชั้นทาง 22
4.2.3 วัสดุใยสังเคราะห์ TenCateMirafi® PGM-G 50/50 23
4.2.4 Strain Gauge 24
4.2.5 Settlement Point 24
4.3 วิธีการทดสอบ 25
4.3.1 แปลงทดสอบ 25
4.3.2 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดและการวัดค่าความเครียด (Strain Gauge) 28
4.3.3 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจและการตรวจวัดค่าการทรุดตัว (Settlement Point) 32
4.3.4 การวัดค่าระดับตามขวางของแปลงทดสอบ (Cross Sectional Profile) 32
4.3.5 ปริมาณจราจร 33
4.4 ผลการทดสอบ 34
4.4.1 การทรุดตัวของถนน 34
4.4.2 ความเครียดที่เกิดขึ้นบนแผ่นใยสังเคราะห์ 38
5 สรุปผลการวิจัย 41
5.1 สรุปผลการวิจัย 41
เอกสารอ้างอิง 42
ภาคผนวก 43
ประวัติผู้เขียน 48

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

3.1 ประมาณราคาค่าก่อสร้างแปลงทดสอบที่ 1 18

3.2 ประมาณราคาค่าก่อสร้างแปลงทดสอบที่ 2 19

3.3 ประมาณราคาค่าก่อสร้างแปลงทดสอบที่ 3 20

4.1 คุณสมบัติของวัสดุใยสังเคราะห์รุ่น PGM-G 50/50 24

4.2 ค่า Load Equivalent Factor ของน้ำหนักเพลาขนาดต่างๆ 34

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูปภาพ

รูปที่		หน้า
1.1	สภาพความเสียหายของถนน	3
2.1	ผิวทางลาดยางแตกร้าวแบบหนังจระเข้	6
2.2	ผิวทางลาดยางแตกร้าวจากการหดตัว	7
2.3	ผิวทางลาดยางทรุดตัวเป็นร่องล้อ	8
2.4	ผิวทางลาดยางชำรุดเป็นหลุมเป็นบ่อ	9
2.5	ขั้นตอนการซ่อมแซมแบบถาวร (Deep patch)	10
2.6	การเยิ้มของแอสฟัลต์	11
2.7	ผิวทางลาดยางเป็นคลื่นลูกระนาด	12
2.8	การประยุกต์ใช้วัสดุแผ่นใยสังเคราะห์	13
2.9	การประยุกต์ใช้โพลีเฟ็ลท์ PGM-G ในงานสนามบิน	14
3.1	แปลนแปลงทดสอบ	16
3.2	รูปหน้าตัดของแปลงทดสอบที่ 1, 2 และ 3	17
4.1	สภาพความเสียหายบนถนนที่เกิดขึ้นเนื่องจากรถบรรทุก	21
4.2	รูปตัดถนนสายบ้านท่าศาลา - หินซ้อน	23
4.3	ขั้นตอนการขูดรื้อผิวทางเก่าออก	26
4.4	ขั้นตอนการปูและบดอัดชั้นแอสฟัลต์คอนกรีต	26
4.5	ขั้นตอนการเจาะรูที่ผิวทางเพื่อจำลองรอยแตกร้าวบนผิวถนน	27
4.6	ขั้นตอนการปูวัสดุใยสังเคราะห์	27
4.7	ขั้นตอนการติดตั้ง Strain Gauge	28
4.8	ขั้นตอนการบดอัดแอสฟัลต์คอนกรีตทับ	28
4.9a	ขั้นตอนการติดตั้ง Strain Gauge	29
4.9b	ขั้นตอนการติดตั้ง Strain Gauge	30
4.9c	ขั้นตอนการติดตั้ง Strain Gauge	30
4.9d	ขั้นตอนการตรวจวัดค่า Strain Gauge	31
4.9e	ขั้นตอนการตรวจวัดค่า Strain Gauge	31
4.10	รายละเอียดและตำแหน่งที่ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัด	32
4.11	ขั้นตอนการทำการหาค่าระดับในแนวขวางถนน	33

4.12a ค่าระดับการทรุดตัวตามแนวตัดขวางถนนในแปลงทดสอบที่ 1 36
4.12b ค่าระดับการทรุดตัวตามแนวตัดขวางถนนในแปลงทดสอบที่ 2 37
4.12c ค่าระดับการทรุดตัวตามแนวตัดขวางถนนในแปลงทดสอบที่ 3 37
4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการทรุดตัวเทียบกับจำนวนเที่ยวของน้ำหนักเพลาเดี่ยว มาตรฐาน 18,000 ปอนด์ 38
4.14a ความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดที่เกิดขึ้นบนผ้าใยสังเคราะห์และจำนวนเที่ยวของ น้ำหนักเพลาเดี่ยวมาตรฐาน 18,000 ปอนด์ สำหรับแปลงทดสอบที่ 3 39
4.14b ความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดที่เกิดขึ้นบนผ้าใยสังเคราะห์และจำนวนเที่ยวของ น้ำหนักเพลาเดี่ยวมาตรฐาน 18,000 ปอนด์ สำหรับแปลงทดสอบที่ 2 40

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ด้วยปริมาณการจราจรได้เพิ่มขึ้นอย่างมาก เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรและการขยายเขตอุตสาหกรรมในประเทศไทย ถนนลาดยาง (Flexible Pavement) ต้องรับน้ำหนักบรรทุกและปริมาณการจราจรมากที่มากเกินกว่าที่ออกแบบไว้ ส่งผลให้เกิดความเสียหายก่อนเวลาอันควร ความเสียหายที่พบส่วนใหญ่ที่สุดเป็นแบบร่องล้อ (Rutting) และแบบรอยร้าว (Crack) สาเหตุของความเสียหายอาจเกิดจากการที่ถนนรับน้ำหนักบรรทุกที่มากเกินไปแบบซ้ำๆ เป็นระยะเวลานานจนเกิดความล้าของผิวทาง หรืออาจเกิดจากกำลังรับแรงเฉือนของผิวทางไม่เพียงพอต่อแรงที่กระทำซ้ำได การซ่อมบำรุงแบบเดิมคือการขูดไส (Milling) ผิวทางที่เสียหายจนถึงชั้นทางแล้วปูทับด้วยผิวทางใหม่ หรือการปูทับผิวทางเดิมที่เสียหายด้วยผิวทางใหม่ (Overlay) การซ่อมบำรุงถนนด้วยวิธีเดิมนอกจากจะใช้เวลานานแล้ว ถนนที่ซ่อมบำรุงยังมีอายุการใช้งานสั้น

การซ่อมบำรุงถนนโดยการเสริมแผ่นใยสังเคราะห์เป็นแนวทางหนึ่งที่มีประสิทธิภาพและใช้งานกันอย่างแพร่หลายในหลายประเทศทั่วโลก การซ่อมบำรุงด้วยวิธีนี้มีประสิทธิภาพสูงและมีขั้นตอนในการก่อสร้างที่ง่ายและประหยัดเวลา

การใช้แผ่นใยสังเคราะห์เสริมกำลังในชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตสามารถช่วยลดการเกิดร่องล้อได้ดีทั้งกับถนนเปียกและแห้ง และได้รับการพิสูจน์แล้วว่ามีประสิทธิภาพสูงแม้ผิวทางถนนมีอุณหภูมิสูงถึง 60 องศาเซลเซียส (Fwa et al., 2004) ผิวทางลาดยางของสนามบินนานาชาติ Salgado Filho ในประเทศบราซิล ก่อสร้างด้วยการเสริมแผ่นใยสังเคราะห์ หลังใช้งานมาเป็นระยะเวลา 8 ปี ถนนลาดยางเสริมแผ่นใยสงเคราะห์สามารถป้องกันการแตกร้าวบนผิวทางใหม่และสามารถลดความเค้นที่กระทำในชั้นพื้นทาง (ช่วยป้องกันการเกิดร่องล้อ) แผ่นใยสังเคราะห์ช่วยเพิ่มการยึดเกาะระหว่างผิวทางเก่าและผิวทางใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Hessing et al.,2011) การก่อสร้างถนนลาดยางในรัฐ Wyoming ประเทศสหรัฐอเมริกา สามารถลดความหนาของชั้นพื้นทางด้วยการเสริมแผ่นใยสังเคราะห์ การตรวจวัดก่อสร้างแล้ว 3 ปี พบว่าถนนยังมีความแข็งและสามารถทนทานต่อการเกิดร่องล้อได้อย่างดี และมีความคุ้มค่าในการก่อสร้างเมื่อเทียบกับถนนลาดยางที่ไม่เสริมกำลัง (Berg et al., 2000)

อำเภอแก่งคอยเป็นอำเภอหนึ่งในจังหวัดสระบุรี ตั้งอยู่ทางทิศตะวันออกของจังหวัดสระบุรี และมีอาณาเขตติดต่อกับอำเภอพัฒนานิคม(จังหวัดลพบุรี) และอำเภอวังม่วง ในทิศเหนือ อำเภอมวกเหล็ก ในทิศตะวันออก อำเภอเมืองสระบุรี และอำเภอเฉลิมพระเกียรติ ในทิศใต้อำเภอเมือง

สระบุรี และอำเภอเมืองนครนายก และอำเภอบ้านนา (จังหวัดนครนายก) และอำเภอวิหารแดง (จังหวัดสระบุรี) ในทิศตะวันตก อำเภอแก่งคอย มีพื้นที่รับผิดชอบ 801.1 ตารางกิโลเมตร ถนนที่อยู่ในความดูแลของเทศบาลเมืองและองค์การบริหารส่วนตำบล เป็นถนนยืดหยุ่น (Flexible Pavement)มีระยะทางรวมทั้งสิ้น 508 กิโลเมตร ถนนหลายเส้นภายในเขตอำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรีมีอายุใช้งานเกินกว่า 10 ปี และการสำรวจถนนภายในเขตองค์การบริหารส่วนตำบลและเทศบาลพบความเสียหาย (รูปที่ 1.1) เนื่องจากปริมาณจราจรที่เพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว กอปรกับความเสื่อมสภาพของวัสดุพื้นทางลักษณะความเสียหายที่พบส่วนใหญ่เป็นการเสียหายเนื่องจากร่องรอย (rutting) และการเสื่อมสภาพของแอสฟัลต์ จนก่อให้เกิดเป็นหลุม แม้ว่าการซ่อมแซมถนนด้วยการเสริมแผ่นเส้นใย (geotextile) จะเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพและและใช้กันอย่างแพร่หลายในหลายประเทศ (Youwai et al.,2012) แต่อย่างไรก็ตาม การประยุกต์ใช้วัสดุเส้นใยยังไม่เป็นที่นิยมแพร่หลายมากนักในประเทศไทย ทั้งนี้อาจเนื่องจากงานวิจัยที่พิสูจน์ประสิทธิภาพของการประยุกต์ใช้แผ่นเส้นใยในการซ่อมแซมถนนยังมีไม่มากนัก

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงประสิทธิภาพของการประยุกต์ใช้แผ่นใยสังเคราะห์ในการซ่อมแซมผิวทางที่ชำรุด และศึกษาอิทธิพลของความหนาของชั้นผิวทางที่ปูทับบนแผ่นใยสังเคราะห์และขนาดความเสียหายของผิวทางเดิมต่อพฤติกรรมของผิวทางที่ได้รับการซ่อมแซม พฤติกรรมของผิวทางใหม่ที่ตรวจวัดประกอบด้วยการทรุดตัวของผิวทาง การเกิดร่องล้อ และความเครียดที่เกิดขึ้นในวัสดุเส้นใย ผลการศึกษาวิเคราะห์นี้สามารถใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับการปรับปรุงถนนที่เสียหายในลักษณะเดียวกันได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รูปที่ 1.1 สภาพความเสียของถนน

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการประยุกต์ใช้แผ่นใยสังเคราะห์ในการซ่อมแซมถนน

1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบพฤติกรรมของผิวทางที่ซ่อมแซมด้วยการเสริมแผ่นใยสังเคราะห์และเปรียบเทียบกับการซ่อมแซมด้วยวิธีเดิม (ขูดไถผิวทางเดิมจนถึงชั้นทางและปูทับด้วยผิวทางใหม่)

1.2.3 เพื่อศึกษาอิทธิพลของความหนาของผิวทางใหม่และขนาดของความเสียหายบนผิวทางเดิมต่อพฤติกรรมของผิวทางใหม่

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

ถนนที่จะทำการศึกษาวิจัยเป็นถนนยืดหยุ่น(Flexible Pavement) บนถนนลาดยางสาย บ้านท่าศาลา- บ้านหินซ้อน ระยะทาง 17.028 กิโลเมตร เขตตำบลท่าคล้อ อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี ผู้วิจัยจะทำการซ่อมบำรุงผิวทางเดิมด้วยวิธีดั้งเดิม (ขุดไสผิวทางเดิมออกทั้งหมดและปูทับด้วยผิวแอสฟัลต์ คอนกรีตใหม่) และการซ่อมบำรุงด้วยการเสริมแผ่นใยสังเคราะห์ แผ่นใยสังเคราะห์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากบริษัท Tencate Geosynthetics ประเทศไทย จำกัด แปลงทดสอบประกอบด้วย 3 แปลง แปลงแรกเป็นการซ่อมบำรุงแบบดั้งเดิม แปลงที่สองและแปลงที่สามเป็นการซ่อมบำรุงด้วยการเสริมแผ่นใยสังเคราะห์และปูทับด้วยแอสฟัลต์คอนกรีต ในแปลงที่สอง

และสาม ผิวทางเดิมจะถูกขุดออกจนหมด (ความหนา 10 เซนติเมตร) และปูทับกลับด้วยแอสฟัลต์คอนกรีตหนา 3 เซนติเมตร และ 5 เซนติเมตร สำหรับแปลงทดสอบที่ 2 และ 3 ตามลำดับ ก่อนปูทับด้วยแผ่นใยสังเคราะห์หลังจากนั้น ทำการปูทับด้วยแอสฟัลต์คอนกรีตจนได้ความหนาเท่ากับ 10 มิลลิเมตร แปลงทดสอบทั้งสามแปลงจะรับน้ำหนักบรรทุกจากยวดยานเป็นระยะเวลาประมาณ 1 เดือน ผู้วิจัยจะทำการตรวจวัดการทรุดตัวบนผิวทางและความเครียดที่เกิดขึ้นในแผ่นใยสังเคราะห์ในทุกๆ วันตลอดระยะเวลาทำการวิจัย ท้ายสุด ผู้วิจัยจะนำผลการตรวจวัดมาวิเคราะห์และสรุปประสิทธิภาพของการประยุกต์ใช้แผ่นใยสังเคราะห์ในการซ่อมแซมถนน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบถึงประสิทธิภาพของการประยุกต์ใช้แผ่นใยสังเคราะห์ในการซ่อมแซมถนน

1.4.2 ทราบถึงพฤติกรรมของผิวทางที่ซ่อมแซมด้วยการเสริมแผ่นใยสังเคราะห์และเปรียบเทียบกับการซ่อมแซมด้วยวิธีเดิม

1.4.3 ทราบถึงอิทธิพลของความหนาของผิวทางใหม่และขนาดของความเสียหายของผิวทางทางเดิมต่อพฤติกรรมของผิวทางใหม่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2
ปริทัศน์วรรณกรรมงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

การชำรุดเสียหายของผิวทางเกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุ เช่น การจราจรที่เพิ่มขึ้น การเคลื่อนที่ของชั้นดิน ปริมาณความชื้นที่เพิ่มมากขึ้น การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่แตกต่างกันมาก และการก่อสร้างที่ไม่ได้มาตรฐานเป็นต้น สาเหตุต่างๆที่กล่าวมาทำให้ผิวทางเกิดการแตกร้าว(Cracking) เกิดการทรุดตัวของโครงสร้างทาง เกิดการชำรุดเป็นหลุมเป็นบ่อ เกิดการแยกตัวของผิวทาง การชำรุดที่เกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย ถ้าได้รับการซ่อมบำรุง (maintenance) อย่างถูกวิธีก็ไม่จะลุกลามและเกิดความเสียหายอย่างรุนแรงในที่สุด

2.2 สาเหตุสำคัญที่ทำให้ถนนเกิดความเสียหาย

2.2.1 สาเหตุสำคัญที่ทำให้ถนนเกิดความเสียหายมีดังต่อไปนี้

1. ปริมาณการจราจร เช่น การเพิ่มขึ้นของปริมาณรถบรรทุก
2. น้ำหนักของยวดยาน เช่น การบรรทุกน้ำหนักเกิดจากพิกัดที่กำหนด
3. สภาพดิน ฟ้า อากาศ เช่น ฝนตกหนัก น้ำท่วมขัง อากาศร้อนจัด
4. การควบคุมการก่อสร้างก็เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ถนนชำรุดเสียหายเร็วหรือช้า

ผู้ควบคุมงานจะต้องมีความรู้ความสามารถ และความชำนาญในการควบคุมงาน และการเลือกใช้วัสดุ ให้เป็นไปตามมาตรฐานการก่อสร้าง ยกตัวอย่างเช่น รู้จักเลือกประเภทและปริมาณของยางแอสฟัลต์ที่ใช้ในแต่ละลักษณะงานให้ถูกต้องตามที่กำหนดในแบบก่อสร้าง และรายการรวมถึงรู้จักกรรมวิธีในการบดอัด

2.3 ประเภทของการบำรุงรักษาทาง

2.3.1 กรมทางหลวงชนบทได้แบ่งกิจกรรมงานบำรุงรักษาทางออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้

1. งานบำรุงปกติ(Routine Maintenance) หมายถึง การบำรุงรักษาทางอยู่เป็นประจำ เพื่อให้ทางอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ดี ทำให้ผู้ใช้ถนนได้รับความสะดวก รวดเร็ว ปลอดภัยในการขับขี่ และป้องกันมิให้ความเสียหายลุกลามแผ่กว้างออกไป เช่น งานกวาดเกลี่ยหรือขึ้นรูปบดอัดทับใหม่สำหรับผิวทางลูกรังงานอุดรอยแตก (Sealing) งานฉาบผิว (Seal coat) งานปะซ่อมผิวทาง (Skin Patch) งานขุดซ่อมผิวทาง (deep patch) และการประยุกต์ใช้วัสดุเส้นใย (geotextile) ในการ

ซ่อมแซมความเสียของถนน ซึ่งแพร่หลายในหลายประเทศ แต่ยังไม่แพร่หลายมากนักในประเทศไทย

2. งานบำรุงรักษาตามกำหนดเวลา(Periodic Maintenance) การบำรุงรักษาตามช่วงเวลาที่กำหนด เพื่อเป็นการต่ออายุให้ทางอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้นานขึ้น เช่น งานเสริมผิวลูกรัง งานฉาบผิวทางลาดยาง และงานเสริมผิวแอสฟัลต์คอนกรีต เป็นต้น
3. งานบำรุงพิเศษ (Special Maintenance) หมายถึงการบำรุงเสริมแต่ง และปรับปรุงทางที่ชำรุดเสียหายเกินกว่าที่จะทำการซ่อมบำรุง โดยวิธีปกติให้กลับสู่สภาพเดิม รวมทั้งแก้ไขปรับปรุงหรือเพิ่มเติมสิ่งอำนวยความสะดวก เพื่อให้การใช้ทางหลวงเป็นไปด้วยความปลอดภัย เช่น งานซ่อมสร้างทาง, งานปรับปรุงไหล่ทาง, งานปรับปรุงคอสะพาน, งานซ่อมไหล่ทาง, งานซ่อมสะพาน, งานแก้ไขน้ำท่วม, งานก่อสร้างทางระบายน้ำถาวร และงานติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่าง เป็นต้น
4. งานซ่อมฉุกเฉิน (Emergency Maintenance) การซ่อมบำรุงทางที่เกิดความเสียหายขึ้นโดยฉับพลันและไม่สามารถคาดการณ์ล่วงหน้าได้ ให้สามารถเปิดการจราจรได้ในขั้นแรกก่อน เช่น การเกิดอุทกภัย –ทำให้ถนนขาดหรือลื่นไถล (Side) หรือการเกิดวาตภัยทำให้ต้นไม้หรือสิ่งปลูกสร้างต่างๆ ล้มลงมาปิดกั้นการจราจร หินหรือดินบนภูเขาถล่มลงมากองบนถนนทำให้ยวดยานไม่สามารถสัญจรไป-มาได้ เป็นต้น

2.4 ผิวทางลาดยาง

2.4.1 รอยแตกร้าวแบบหนังจระเข้ (Alligator or Map Cracks) (รูปที่ 2.1)

รูปที่ 2.1 ผิวทางลาดยางแตกร้าวแบบหนังจระเข้

สาเหตุ การแตกร้าวของผิวทางลาดยางแบบหนังจระเข้หรือแบบแผนที่เกิดมาจากหลายสาเหตุ ซึ่งอาจจะเกิดจากการทรุดตัวของชั้นดินคันทาง (subgrade) ที่บดอัดไม่ได้มาตรฐาน อาจจะเกิดจากมีปริมาณน้ำที่อิ่มตัวมากเกินไปในชั้นพื้นทาง (base courses) ทำให้วัสดุเม็ดไม่อยู่ตัว และเมื่อมีรถบรรทุกวิ่งผ่านไปมา ก็จะทำให้ผิวทางแตกร้าวอันเนื่องมาจากชั้นโครงสร้างทางไม่มีความสามรถในการรองรับน้ำหนัก

การแก้ไข ต้องพิจารณาเป็นกรณีๆ ไป เช่น ถ้าเกิดจาการอิ่มตัวด้วยน้ำมากเกินไปของชั้นโครงสร้างทาง ก็ให้จัดระบบระบายน้ำที่ดี จากนั้นก็ขุดเอาวัสดุชั้นพื้นทางที่อิ่มตัวด้วยน้ำออกไปทั้งหมด เสร็จแล้วให้นำวัสดุคัดเลือกใหม่มาถมลงไป และต้องบดอัดเป็นชั้นๆ ตามมาตรฐานที่กำหนดจนถึงชั้นผิวทาง ทำการไพร์มโค้ทก่อนแล้วจึงจะทำชั้นผิวลาดยางและบดอัดให้แน่นและได้ระดับตามผิวทางเดิม

กรณีเกิดจากปริมาณจราจรที่มากหรือแบกรับน้ำหนักมากเกินไป (overload) การแก้ไขทำได้โดยการเสริมหรือประส่วนที่ทรุดตัวให้ได้ระดับเสียก่อน จากนั้นจึงออกแบบเสริมกำลังผิวทางด้วยวิธีการปูผิวทางใหม่ทับผิวทางเดิมอีกชั้นหนึ่ง (overlay)

ถ้ารอยแตกร้าวนั้นยังเกิดขึ้นไม่มาก ก็ให้รีบซ่อมบำรุงด้วยวิธีฉาบผิว (seal coat) หรือด้วยวิธีสเลอร์รีซีล (slurry seal) รายละเอียดทั้งสองวิธีให้ศึกษาเพิ่มเติมตามมาตรฐานกรมทางหลวง

2.5 รอยแตกร้าวจากการหดตัว (Shrinkage Cracks) (รูปที่ 2.2)

รูปที่ 2.2 ผิวทางลาดยางแตกร้าวจากการหดตัว

สาเหตุ การแตกร้าวแบบนี้มีลักษณะรอยแตกร้าวเชื่อมโยงกันและเป็นมุมแหลม การพิจารณาสาเหตุของการแตกร้าวจากการหดตัวนี้ค่อนข้างระบุให้ชัดได้ยากว่าเกิดจากการหดตัวหรือเปลี่ยนแปลงปริมาตรจากส่วนใดของชั้นโครงสร้าง ซึ่งอาจจะเกิดจากชั้นดินคันทาง หรือพื้นทางหรือตัวผิวทางเอง

การแก้ไข ต้องทำความสะอาดด้วยเครื่องอัดลมเป่าให้ผิวทางส่วนที่เป็นเศษชิ้นเล็กหลุดไปให้หมด จากนั้นจึงพ่นน้ำให้ความชุ่มชื้นแก่ผิวทางให้ทั่วถึง ทำการพ่นแท็คโค้ทให้ทั่วบริเวณ จากนั้นเลือกทางการซ่อมแซมผิวแตกร้าวด้วยวิธีสเลอร์รีซีลหรือวิธีเซอร์เฟซทรีตเมนต์(surface treatment) อย่างใดอย่างหนึ่ง

2.6 การทรุดตัวเป็นแนวร่องล้อ (Channels or Ruts) (รูปที่ 2.3)

รูปที่ 2.3 ผิวทางลาดยางทรุดตัวเป็นร่องล้อ

สาเหตุ เกิดจากการบดอัดชั้นดินคันทางที่ไม่ได้มาตรฐาน เมื่อมีน้ำหนักบรรทุกวิ่งผ่าน ทำให้วัสดุใต้ผิวทางเคลื่อนตัวออกด้านข้าง ซึ่งเป็นการเสียรูปอย่างถาวร หรือเกิดจากวัสดุแอสฟัลต์ผิวทางมีส่วนผสมที่ไม่คงตัว ก็ทำให้ผิวทางทรุดตัวได้ หรือเกิดจากการแบกรับน้ำหนักบรรทุกเกินกำหนดเกินกว่าชั้นโครงสร้างทางจะรับได้

การแก้ไข ทำการตรวจสอบระดับการยุบตัวและขีดเส้นรอบบริเวณที่ยุบตัว จากนั้นให้ทำความสะอาด ทำการพ่นแท็คโค้ทให้ทั่วบริเวณ ปูแอสฟัลต์คอนกรีตเกรดแน่นสูงลงในแนวร่องล้อ

ให้เต็มและเกลี่ยให้ได้ระดับ พร้อมบดอัดให้แน่นและฉาบผิวด้วยแซนด์ซีล (sand seal) อีกครั้งเพื่อป้องกันน้ำซึมผ่านลงไป

2.7 ผิวทางเป็นหลุมเป็นบ่อ (Pot Holes) (รูปที่ 2.4)

รูปที่ 2.4 ผิวทางลาดยางชำรุดเป็นหลุมเป็นบ่อ

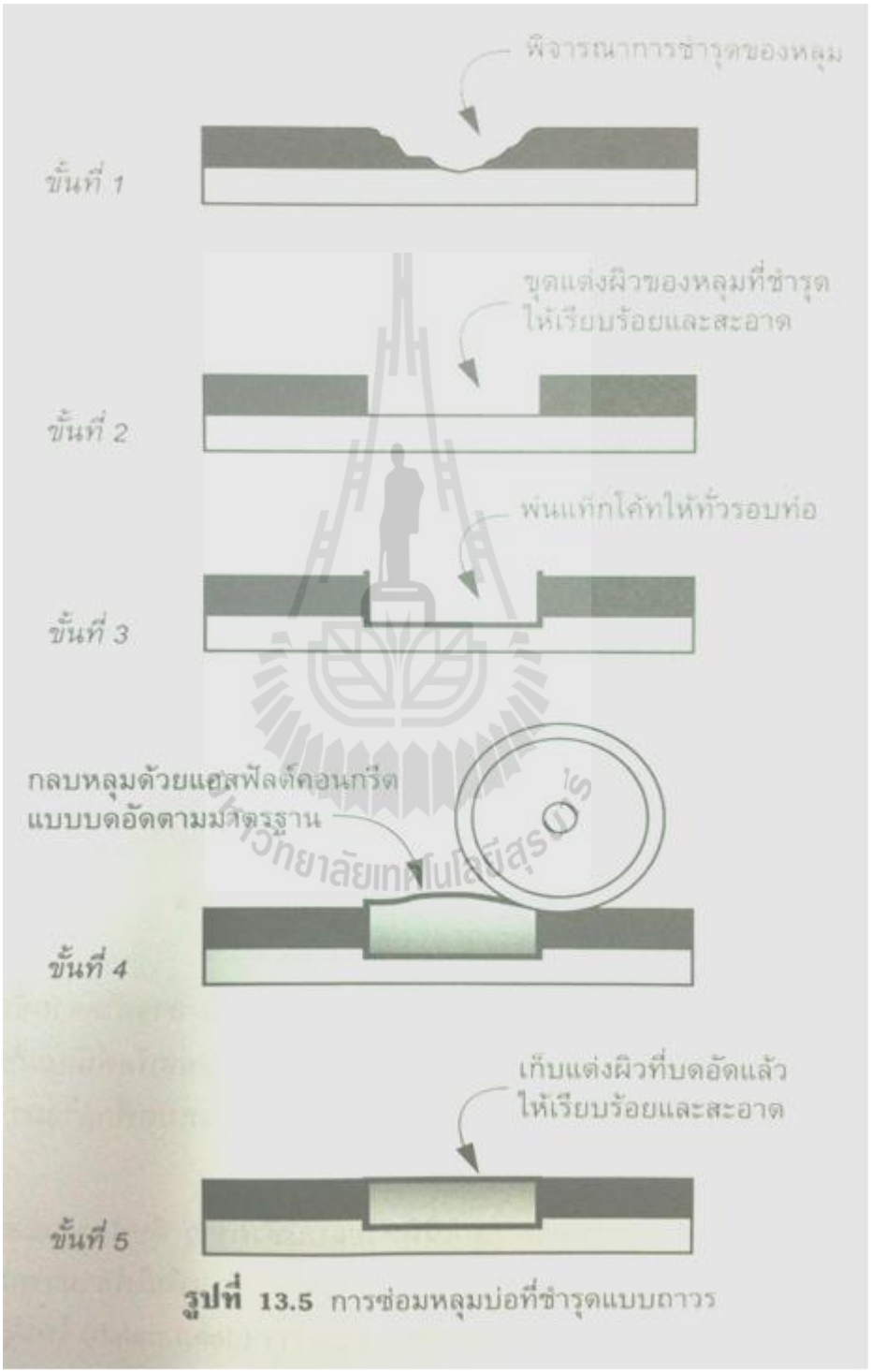
สาเหตุ การชำรุดของผิวทางเป็นหลุมเป็นบ่อนี้เกิดจากหลายสาเหตุ เช่น อาจเกิดจากชั้นผิวทางบางเกินไป หรือเกิดจากชั้นพื้นทางชำรุด ทำให้ผิวทางชำรุดไปด้วย หรือเกิดจากส่วนผสมแอสฟัลต์น้อยเกินไป ทำให้วัสดุมวลรวมแตกล่อนออกมา หรือปล่อยให้น้ำขังบนผิวทางนานๆ และบ่อยๆ จากสาเหตุทั้งหมดที่กล่าวมา เมื่อมีน้ำหนักบรรทุกวิ่งผ่านจุดที่อ่อนแอนั้นบ่อยครั้ง ก็จะเกิดชำรุดเป็นหลุมเป็นบ่อขึ้น

การแก้ไข การซ่อมแซมหลุมบ่อนี้มักจะซ่อมแบบฉุกเฉินหรือแบบชั่วคราว คือทำความสะอาดหลุมเสร็จ ก็ใช้การปะซ่อม (patching) ด้วยแอสฟัลต์คอนกรีต และบดอัดด้วยเครื่องตบขนาดเล็ก เพื่อให้สามารถเปิดผิวจราจรได้เร็วที่สุด แต่มักจะซ่อมแซมอยู่บ่อยๆ เพราะไม่ทนทาน แต่ถ้าซ่อมแซมแบบถาวร (deep patch) ให้ปฏิบัติตามรูปที่ 2.5 ขั้นตอนการซ่อมแซมแบบถาวร (deep patch) ดังนี้

ขั้นที่ 1 พิจารณาขนาดและความลึกของหลุม

ขั้นที่ 2 ขุดผิวทางและชั้นพื้นทางที่ชำรุดออกให้หมด

ขั้นที่ 3 แต่งหลุมให้เรียบร้อย แล้วพ่นแท็คโค้ทให้ทั่วทั้งพื้นล่างและบ่อโดยรอบ
ขั้นที่ 4 กลบหลุมด้วยแอสฟัลต์คอนกรีตจนเต็ม และบดอัดตามมาตรฐาน
ขั้นที่ 5 เก็บแต่งผิวให้ได้ระดับ



รูปที่ 2.5 ขั้นตอนการซ่อมแซมแบบถาวร (Deep patch)

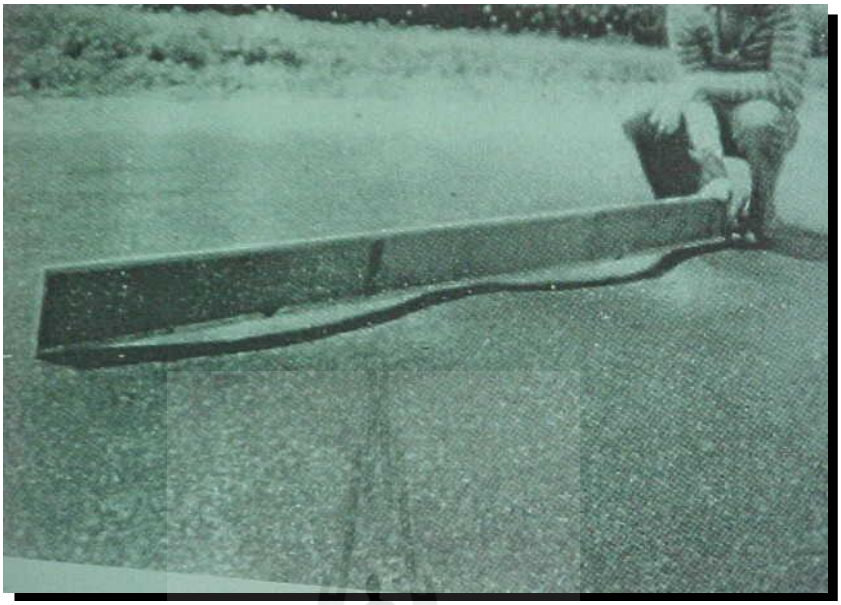
2.8 การเยิ้มของแอสฟัลต์ (Bleeding or Flushing Asphalt) (รูปที่ 2.6)

รูปที่ 2.6 การเยิ้มของแอสฟัลต์

สาเหตุ เราจะพบเห็นการเยิ้มของแอสฟัลต์ในช่วงอากาศร้อน สืบเนื่องมาจากส่วนผสมของวัสดุผิวทางผสมไม่ได้สัดส่วน ทำให้แอสฟัลต์เยิ้มขึ้นมาบนผิวหน้าของผิวทาง นอกจากนี้อาจเกิดจากขั้นตอนทำไพร์มโค้ทหรือแท็คโค้ทที่พ่นหนาเกินไป ทำให้แอสฟัลต์ส่วนเกินเยิ้มขึ้นมา หรือกรณีการซ่อมผิวทางด้วยวิธีซีลโค้ทที่ไม่ได้มาตรฐาน หรือบางกรณีอาจเกิดจากน้ำหนักรถบรรทุกที่หนักเกินกำหนดบดทับลงไป ทำให้แอสฟัลต์ถูกกดดันจนเยิ้มขึ้นมาได้

การแก้ไข ถ้าการเยิ้มของแอสฟัลต์มีไม่มากนัก ก็อาจจะใช้วิธีสาดทรายร้อนเข้าไปซับแอสฟัลต์ที่เยิ้มนั้นจนหมด จากนั้นทำการปรับระดับชั้นผิวทางเสียใหม่ด้วยวิธีเซอร์เฟซทรีตเมนต์ แต่ถ้ามีการเยิ้มของแอสฟัลต์จำนวนมาก ก็อาจจะใช้เครื่องปาดผิวหน้าถนนซึ่งใช้ความร้อน (heater planer) ในการปาดผิวทางจนเรียบได้ หรือพิจารณาแล้วเห็นว่าควรรื้อผิวทางเดิมแล้วทำการก่อสร้างใหม่ก็ได้

2.9 ผิวทางเป็นคลื่นลูกระนาด (Corrugations) (รูปที่ 2.7)



รูปที่ 2.7 ผิวทางลาดยางเป็นคลื่นลูกระนาด

สาเหตุ ปัญหาผิวทางเป็นคลื่นลูกระนาดเกิดจากหลายสาเหตุด้วยกัน แต่หลักๆ แล้วเกิดจากวัสดุส่วนผสมของผิวทางแอสฟัลต์ไม่ได้สัดส่วนตามกำหนด เช่น ใช้วัสดุมวลรวมละเอียดมากเกินไป หรือใช้วัสดุที่มีผิวเรียบหรือกลมมากเกินไป หรือใช้ส่วนผสมของยางแอสฟัลต์น้อยกว่าที่กำหนด หรือสารผสมในส่วนที่ผสมแอสฟัลต์ระเหยตัวได้ไม่สม่ำเสมอ เหล่านี้ล้วนเป็นสาเหตุให้ผิวทางไม่คงตัวเกิดเป็นลูกระนาด

การแก้ไข การซ่อมแซมผิวทางแบบนี้ ให้พิจารณาความหนาของผิวทางเดิมก่อน ถ้าผิวทางเดิมมีความหนาไม่มาก ก็อาจใช้เครื่องคราดคุ้ยผิวทางขึ้นมาแล้วทำการคลุกส่วนผสมใหม่ให้เข้ากัน จากนั้นเกลี่ยให้สม่ำเสมอแล้วบดอัดให้ได้ความหนาแน่นตามมาตรฐาน และทำผิวทางทับใหม่อีกชั้นหนึ่ง

แต่ถ้าผิวทางหนาเกินกว่า 50 มม. ก็อาจใช้เครื่องให้ความร้อน (heater planer) ปาดผิวหน้าให้เรียบ จากนั้นให้ทำซีลโค้ททับหน้า หรือจะปูแอสฟัลต์คอนกรีตอีกชั้นก็ได้

2.10 เทคนิคการยืดอายุผิวทางด้วยวัสดุเส้นใยสังเคราะห์สำหรับเสริมผิวทางแอสฟัลต์

ปริมาณการจราจรที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดจนน้ำหนักบรรทุกและการเปลี่ยนแปลงสภาวะอุณหภูมิที่จะส่งผลต่อประสิทธิภาพของผิวทางแอสฟัลต์อย่างมาก ปริมาณแรงเค้นที่แตกต่าง

กันในแต่ละชั้นโครงสร้างทางที่เกิดขึ้นจะเป็นตัวการทำให้เกิดการขยายของรอยแตกร้าวเพิ่มขึ้น ซึ่งรอยแตกร้าวทำให้น้ำและออกซิเจนแทรกซึมเข้าไปในชั้นแอสฟัลต์เป็นตัวเร่งให้เกิดการเสื่อมของยาง โพลีเฟ็ลท์ PGM-G สำหรับเสริมแรงให้กับผิวทางแอสฟัลต์ได้พิสูจน์ให้เห็นแล้วว่าช่วยยืดอายุของผิวทาง และทำให้การใช้งานของพื้นผิวทางยาวนานขึ้น

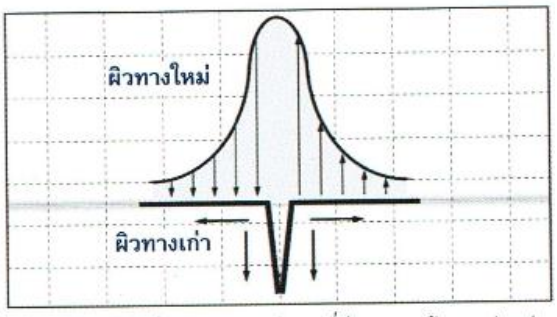
2.11 ทำไมถึงต้องใช้ Poly felt PGM-G

โพลีเฟ็ลท์ PGM-G คือวัสดุแผ่นใยสังเคราะห์สำหรับการเสริมกำลังให้กับชั้นผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต โดยเป็นวัสดุแผ่นใยสังเคราะห์ที่ประกอบไปด้วยเส้นใยแก้วเย็บติดเข้ากับแผ่นใยสังเคราะห์สำหรับผิวทางจะทำหน้าที่ดูดซับน้ำยางแท็คโค้ทในขณะที่เส้นใยแก้วจะทำหน้าที่เสริมกำลัง **รูปที่ 2.8 แสดงการประยุกต์ใช้เส้นใยสังเคราะห์ในงานซ่อมบำรุงผิวทาง**

รูปที่ 2.8 การประยุกต์ใช้วัสดุแผ่นใยสังเคราะห์

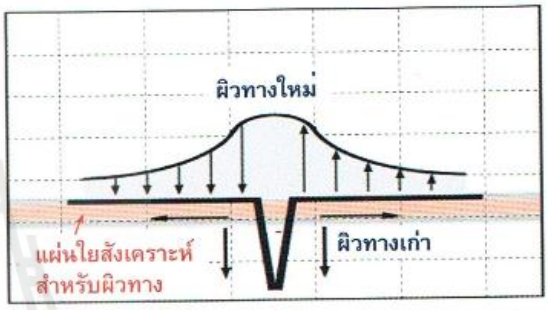
โพลีเฟ็ลท์ PGM-G เป็นวัสดุพิเศษสำหรับเสริมกำลังให้กับพื้นผิวทางแอสฟัลต์ในสภาวะการใช้งานที่มีการจราจรหนาแน่น และเกิดแรงเค้นสูง เช่น ทางวิ่งสนามบินช่องจราจรที่รับน้ำหนักสูง (รูปที่ 2.9) โพลีเฟ็ลท์ PGM-G ติดตั้งง่ายและรวดเร็ว ไม่ต้องใช้วัสดุเสริมผิวทางแบบอื่นๆ เช่น ตาข่ายเสริมกำลังแบบทั่วไปที่ต้องทำการยึดแผ่นวัสดุ เพื่อให้มั่นใจว่ามีแรงยึดเกาะที่ดีกับผิวทาง

โพลีเฟิลท์ PGM-G จะเหมาะสมกับพื้นทางที่ต้องรับแรงเค้นสูง เช่น ทางวิ่งของสนามบิน



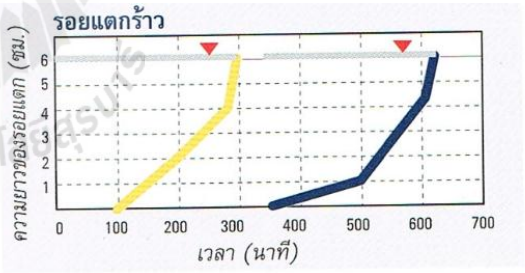
แผ่นใยสังเคราะห์เสริมผิวทางบริเวณที่มีรอยแตกร้าวสูง ง่ายต่อการที่รอยร้าวขยายเข้าไปในผิวทางใหม่อย่างรวดเร็ว

การซ่อมแซมผิวทางแตกร้าวที่เป็นแนวเส้นของโพลีเฟิลท์ PGM-G อย่างได้ผล



การติดตั้งแผ่นใยสังเคราะห์สำหรับผิวทางระหว่างผิวเก่าและใหม่จะช่วยลดแรงเค้นตลอดจนการหน่วงการขยายของรอยแตกร้าวของผิวทาง

การติดตั้งทำได้ง่ายและรวดเร็วสามารถติดตั้งได้แม้เป็นแนวโค้ง



โพลีเฟิลท์ PGM-G นั้นได้พิสูจน์ให้เห็นแล้วว่าช่วยหน่วงการขยายของรอยร้าวและยืดอายุการใช้งานผิวทางซึ่งเป็นองค์ประกอบหนึ่งของการใช้งานสำหรับผิวทาง

รูปที่ 2.9 การประยุกต์ใช้โพลีเฟิลท์ PGM-G ในงานสนามบิน

โพลีเฟิลท์ PGM-G ถูกออกแบบมาเพื่อให้เหมาะกับสภาพผิวที่อาจไม่เรียบสม่ำเสมอ เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าแรงยึดเกาะที่ผิวเก่าและใหม่จะมีคุณสมบัติการยึดเกาะที่ดีและสม่ำเสมอกัน โพลีเฟิลท์ PGM-G และสามารถไถผิวทางออกได้ง่ายและนำกลับมารีไซเคิลใช้ใหม่ได้

2.12 ข้อดีที่ได้จากการใช้งานแผ่นเสริมกำลังสำหรับผิวทางของโพลีเฟ็ลท์ PGM-G

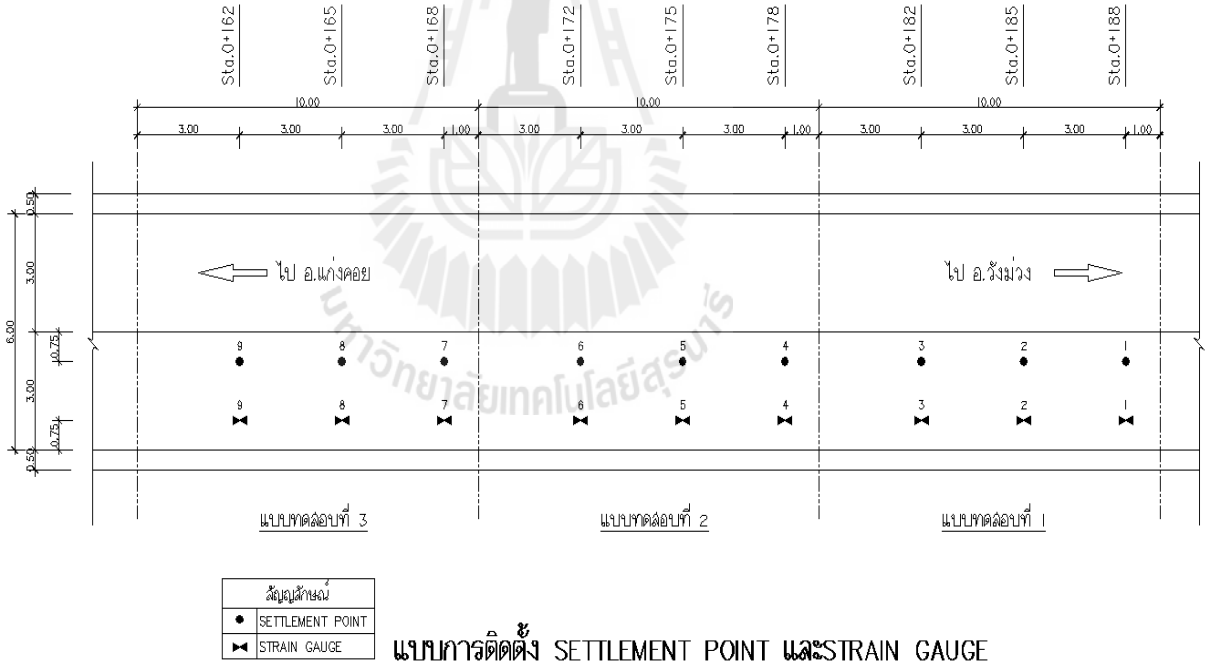
- คุณสมบัติด้านการยืดตัวที่น้อยกว่าร้อยละ 3%
- ติดตั้งสำหรับซ่อมแซมเฉพาะจุดและบริเวณรอยแตกร้าว
- ป้องกันการซึมผ่านของน้ำฝน และอากาศเข้าไปยังโครงสร้างถนนได้
- ยืดอายุการใช้งานที่นาน และลดการซ่อมแซม
- ลดแรงเค้นและหน่วงการขยายตัวของรอยแตกร้าวจากผิวทางเก่าสู่ผิวทางใหม่
- การยึดเกาะระหว่างชั้นแอสฟัลต์เก่าและส่งผ่านแรงที่ทั่วถึงตลอดทั้งโครงสร้าง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

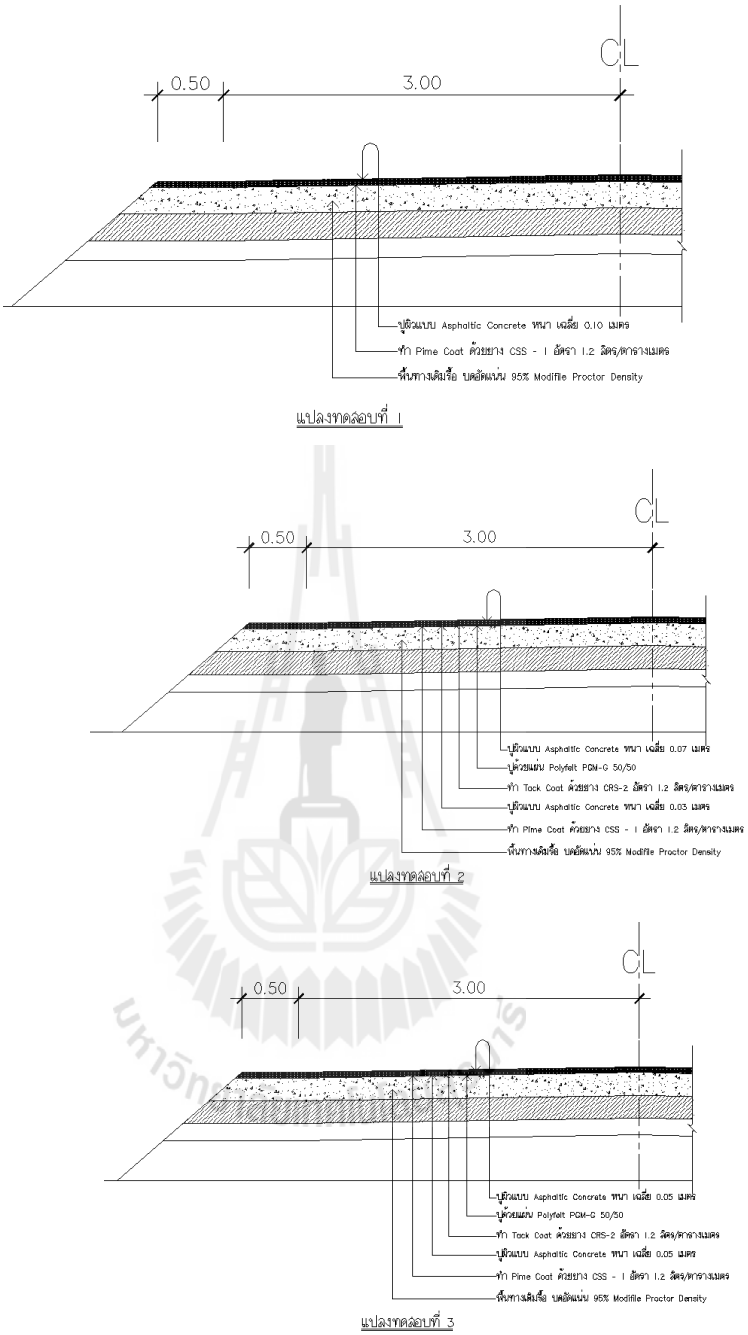
3.1 รูปหน้าตัดของแปลงทดสอบ

การวิจัยในครั้งนี้ศึกษาพฤติกรรมของถนนที่ซ่อมแซมด้วยการเสริมแผ่นใยสังเคราะห์เปรียบเทียบพฤติกรรมของถนนที่ซ่อมแซมด้วยวิธีเดิม (ขูดไสผิวแอสฟัลต์คอนกรีตเดิมและปูทับด้วยผิวแอสฟัลต์คอนกรีตใหม่) งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนแผ่นใยสังเคราะห์จากบริษัท Tencate Geosythetics ประเทศไทย จำกัด แปลงทดสอบประกอบด้วย 3 แปลง ติดกัน (รูปที่ 3.1) แปลงแรกเป็นการซ่อมบำรุงแบบดั้งเดิม แปลงที่สองและแปลงที่สามเป็นการซ่อมบำรุงด้วยการเสริมแผ่นใยสังเคราะห์และปูทับด้วยแอสฟัลต์คอนกรีต ความหนาของผิวทางใหม่เหนือแผ่นใยสังเคราะห์เท่ากับ 7 เซนติเมตร และ 5 เซนติเมตร สำหรับแปลงทดสอบที่สองและสาม ตามลำดับ



แบบการติดตั้ง SETTLEMENT POINT และSTRAIN GAUGE

รูปที่ 3.1 แปลนแปลงการทดสอบ



รูปที่ 3.2 รูปหน้าตัดของแปลงทดสอบที่ 1, 2 และ 3

3.2 ประมาณราคา (Estimate)

การประมาณราคาสำหรับแปลงทดสอบทั้งสามจัดทำขึ้นเพื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงด้วยวิธีดั้งเดิม และซ่อมบำรุงด้วยวิธีเสริมแผ่นใยสังเคราะห์ ตารางที่ 3.1 ถึง 3.3 แสดงรายการประมาณราคาค่าก่อสร้างสำหรับการทดสอบแปลงที่ 1 ถึง 3 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าค่าก่อสร้างมีราคา 21,300 บาท สำหรับแปลงที่หนึ่ง แปลงที่สองมีราคา 23,700 บาท และแปลงที่สามมีราคา 12,800 บาท ตามลำดับ

ตารางที่ 3.1 ประมาณราคาค่าก่อสร้างแปลงทดสอบที่ 1

รายการประมาณราคา

ส่วนราชการ องค์การบริหารส่วนตำบลท่าคล้อ อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี **แบบ ปร.4/1**

ประเภทงาน ซ่อมสร้างถนนผิวจราจรแบบ Asphaltic concrete ขนาด หนาเฉลี่ย 10 ซม. หรือคิดเป็นพื้นที่ไม่น้อยกว่า 30.00 ตร.ม.(ตามแบบ อบต.ท่าคล้อ)

เจ้าของงาน องค์การบริหารส่วนตำบลท่าคล้อ อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี

สถานที่ก่อสร้าง ถนนสายบ้านท่าศาลา - หินซ้อน กม.0+000 ถึง กม.0+350 หมู่ที่ 8 (บ้านท่าศาลา) ตำบลท่าคล้อ อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี

ประมาณราคาเมื่อ พฤศจิกายน พศ. 2555 **แบบเลขที่**

ลำดับที่	รายการ	ปริมาณงาน		ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมค่าวัสดุ &ค่าแรงงาน	หมายเหตุ
		หน่วย	จำนวน	หน่วยละ	จำนวนเงิน	หน่วยละ	จำนวนเงิน		
1	**งานทาง**								
1.1	**งานปรับปรุงโครงสร้างทาง**								
	ขุดรื้อผิวทางเดิม(ขนทิ้ง)	ตร.ม.	30.000	-	-	8.900	267.000	267.000	
1.2	**งานผิวทาง+ไหล่ทาง**								
	Prime Coat	ตร.ม.	30.000	4.890	146.700	6.200	186.000	332.700	
	Asphaltic concrete (ปูบน Prime Coat)	ตร.ม.	30.000	499.640	14,989.200	13.150	394.500	15,383.700	
	รวม							15,983.400	

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สรุปผลการประมาณราคาค่าก่อสร้าง

ส่วนราชการ องค์การบริหารส่วนตำบลท่าคล้อ อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี

ประเภทงาน ซ่อมสร้างถนนผิวจราจรแบบ Asphaltic concrete ขนาด หนาเฉลี่ย 10 ซม. หรือคิดเป็นพื้นที่ไม่น้อยกว่า 30.00 ตร.ม.(ตามแบบ อบต.ท่าคล้อ)

เจ้าของงาน องค์การบริหารส่วนตำบลท่าคล้อ อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี

สถานที่ก่อสร้าง ถนนสายบ้านท่าศาลา - หินซ้อน กม.0+000 ถึง กม.0+350 หมู่ที่ 8 (บ้านท่าศาลา) ตำบลท่าคล้อ อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี

ประมาณราคาตามแบบ ปร.4 จำนวน 1 แผ่น

ประมาณราคาเมื่อ พฤศจิกายน พศ. 2555 **แบบเลขที่**

ลำดับที่	รายการ	รวมค่างานต้นทุน	FACTOR F	รวมค่าก่อสร้าง	หมายเหตุ
1	งานทาง	15,983.400	1.3365	21,361.814	FACTOR F
					- เงินล่วงหน้าจ่าย.....%
					- ดอกเบี้ยเงินกู้ 7 %
					- เงินประกันผลงานหัก.....%
					- ค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม(VAT) 7 %
	รวมเป็นค่าก่อสร้าง			**21,361.814**	
สรุป	คิดเป็นเงินค่าก่อสร้างประมาณ			**21,300.000**	
	(สองหมื่นหนึ่งพันสามร้อยบาทถ้วน)				

ตารางที่ 3.2 ประมาณราคาค่าก่อสร้างแปลงทดสอบที่ 2

รายการประมาณราคา

ส่วนราชการ องค์การบริหารส่วนตำบลท่าคล้อ อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี **แบบ ปร.4/1**

ประเภทงาน ซ่อมสร้างถนนผิวจราจรแบบ Asphaltic concrete ขนาด หนาเฉลี่ย 10 ซม. หรือคิดเป็นพื้นที่ไม่น้อยกว่า 30.00 ตร.ม.(ตามแบบ อบต.ท่าคล้อ)

เจ้าของงาน องค์การบริหารส่วนตำบลท่าคล้อ อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี

สถานที่ก่อสร้าง ถนนสายบ้านท่าศาลา - หินซ้อน กม.0+000 ถึง กม.0+350 หมู่ที่ 8 (บ้านท่าศาลา) ตำบลท่าคล้อ อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี

ประมาณราคาเมื่อ พฤศจิกายน พศ. 2555 **แบบเลขที่**

ลำดับที่	รายการ	ปริมาณงาน		ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมค่าวัสดุ &ค่าแรงงาน	หมายเหตุ
		หน่วย	จำนวน	หน่วยละ	จำนวนเงิน	หน่วยละ	จำนวนเงิน		
1	**งานทาง**								
1.1	**งานปรับปรุงโครงสร้างทาง**								
	ขุดรื้อผิวทางเดิม(ขนทิ้ง)	ตร.ม.	30.000	-	-	8.900	267.000	267.000	
1.2	**งานผิวทาง+ไหล่ทาง**								
	Prime Coat	ตร.ม.	30.000	28.580	857.400	6.510	195.300	1,052.700	
	ปูแผ่น Poly felt	ตร.ม.	30.000	35.000	1,050.000	-	-	1,050.000	
	Asphaltic concrete (ปูบน Prime Coat)	ตร.ม.	30.000	499.640	14,989.200	13.150	394.500	15,383.700	
	รวม							17,753.400	

สรุปผลการประมาณราคาค่าก่อสร้าง

ส่วนราชการ องค์การบริหารส่วนตำบลท่าคล้อ อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี

ประเภทงาน ซ่อมสร้างถนนผิวจราจรแบบ Asphaltic concrete ขนาด หนาเฉลี่ย 10 ซม. หรือคิดเป็นพื้นที่ไม่น้อยกว่า 30.00 ตร.ม.(ตามแบบ อบต.ท่าคล้อ)

เจ้าของงาน องค์การบริหารส่วนตำบลท่าคล้อ อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี

สถานที่ก่อสร้าง ถนนสายบ้านท่าศาลา - หินซ้อน กม.0+000 ถึง กม.0+350 หมู่ที่ 8 (บ้านท่าศาลา) ตำบลท่าคล้อ อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี

ประมาณราคาตามแบบ ปร.4 จำนวน 1 แผ่น

ประมาณราคาเมื่อ พฤศจิกายน พศ. 2555 **แบบเลขที่**

ลำดับที่	รายการ	รวมค่างานต้นทุน	FACTOR F	รวมค่าก่อสร้าง	หมายเหตุ
1	งานทาง	17,753.400	1.3365	23,727.419	FACTOR F
					- เงินล่วงหน้าจ่าย.....%
					- ดอกเบี้ยเงินกู้ 7 %
					- เงินประกันผลงานหัก.....%
					- ค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม(VAT) 7 %
	รวมเป็นค่าก่อสร้าง			**23,727.419**	
สรุป	คิดเป็นเงินค่าก่อสร้างประมาณ			**23,700.000**	
	(สองหมื่นสามพันเจ็ดร้อยบาทถ้วน)				

ตารางที่ 3.3 ประมาณราคาค่าก่อสร้างแปลงทดสอบที่ 3

รายการประมาณราคา

ส่วนราชการ องค์การบริหารส่วนตำบลท่าคล้อ อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี **แบบ ปร.4/1**

ประเภทงาน ซ่อมสร้างถนนผิวจราจรแบบ Asphaltic concrete ขนาด หนาเฉลี่ย 5 ซม. หรือคิดเป็นพื้นที่ไม่น้อยกว่า 30.00 ตร.ม.(ตามแบบ อบต.ท่าคล้อ)

เจ้าของงาน องค์การบริหารส่วนตำบลท่าคล้อ อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี

สถานที่ก่อสร้าง ถนนสายบ้านท่าศาลา - หินซ้อน กม.0+000 ถึง กม.0+350 หมู่ที่ 8 (บ้านท่าศาลา) ตำบลท่าคล้อ อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี

ประมาณราคาเมื่อ พฤศจิกายน พศ. 2555 **แบบเลขที่**

ลำดับที่	รายการ	ปริมาณงาน		ค่าวัสดุ		ค่าแรงงาน		รวมค่าวัสดุ &ค่าแรงงาน	หมายเหตุ
		หน่วย	จำนวน	หน่วยละ	จำนวนเงิน	หน่วยละ	จำนวนเงิน		
1	**งานทาง**								
1.1	**งานปรับปรุงโครงสร้างทาง**								
	ขุดรื้อผิวทางเดิม(ขนทิ้ง)	ตร.ม.	30.000	-	-	8.900	267.000	267.000	
1.2	**งานผิวทาง+ไหล่ทาง**								
	Tack Coat	ตร.ม.	30.000	4.890	146.700	6.200	186.000	332.700	
	ปูแผ่น Poly felt	ตร.ม.	30.000	35.000	1,050.000	5.000	150.000	1,200.000	
	Asphaltic concrete (ปูบน Trac Coat)	ตร.ม.	30.000	249.820	7,494.600	10.380	311.400	7,806.000	
	รวม							9,605.700	

สรุปผลการประมาณราคาค่าก่อสร้าง

ส่วนราชการ องค์การบริหารส่วนตำบลท่าคล้อ อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี

ประเภทงาน ซ่อมสร้างถนนผิวจราจรแบบ Asphaltic concrete ขนาด หนาเฉลี่ย 5 ซม. หรือคิดเป็นพื้นที่ไม่น้อยกว่า 30.00 ตร.ม.(ตามแบบ อบต.ท่าคล้อ)

เจ้าของงาน องค์การบริหารส่วนตำบลท่าคล้อ อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี

สถานที่ก่อสร้าง ถนนสายบ้านท่าศาลา - หินซ้อน กม.0+000 ถึง กม.0+350 หมู่ที่ 8 (บ้านท่าศาลา) ตำบลท่าคล้อ อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี

ประมาณราคาตามแบบ ปร.4 จำนวน 1 แผ่น

ประมาณราคาเมื่อ พฤศจิกายน พศ. 2555 **แบบเลขที่**

ลำดับที่	รายการ	รวมค่างานต้นทุน	FACTOR F	รวมค่าก่อสร้าง	หมายเหตุ
1	งานทาง	9,605.700	1.3365	12,838.018	FACTOR F
					- เงินล่วงหน้าจ่าย.....%
					- ดอกเบี้ยเงินกู้ 7 %
					- เงินประกันผลงานหัก.....%
					- ค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม(VAT) 7 %
	รวมเป็นค่าก่อสร้าง			12,838.018	
สรุป	คิดเป็นเงินค่าก่อสร้างประมาณ			12,800.000	
	(หนึ่งหมื่นสองพันแปดร้อยบาทถ้วน)				

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. กล้องระดับพร้อมอุปกรณ์ครบชุด
2. Strain gauge
3. Settlement point วัดการทรุดตัวของผิวทาง
4. กล้องถ่ายรูปดิจิตอล

บทที่ 4
ผลทดสอบและการอภิปรายผลการทดสอบ

4.1 บทนำ

ถนนลาดยางสาย บ้านท่าศาลา- บ้านหินซ้อน ระยะทาง 17.028 กิโลเมตร เขตตำบลท่าคล้อ อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี มีความเสียหายอย่างมากและรุนแรง เนื่องจากถนนดังกล่าวเป็นทางผ่านของโรงงานหลายหลายแห่ง ซึ่งมีรถบรรทุกขนาดใหญ่สัญจรไปมาระหว่างวันจำนวนมาก ไม่เพียงรถบรรทุกที่ใช้สัญจรในแต่ละวันเท่านั้น ถนนเส้นนี้ยังต้องแบกรับน้ำหนักจากรถบรรทุกที่ลักลอบบรรทุกน้ำหนักเกินกว่าที่กฎหมายระบุไว้ ความเสียหายของถนนที่พบส่วนใหญ่เป็นแบบร่องล้อและรอยแตกร้าวบนผิวถนนลาดยาง (รูปที่ 4.1) ซึ่งส่งผลให้เกิดความเสียหายที่รุนแรงและเกิดเป็นหลุมบ่อตามมาภายหลัง ความเสียหายที่รุนแรงนี้เกิดจากน้ำฝนที่ซึมลงไปตามรอยร้าวหรือตามร่องล้อที่เกิดขึ้นบนผิวถนน

รูปที่ 4.1 สภาพความเสียหายบนถนนที่เกิดขึ้นเนื่องจากรถบรรทุก

เนื่องจากการซ่อมแซมถนนด้วยวิธีเดิม รื้อผิวทางที่ชำรุดเสียหายและปูทับด้วยผิวแอสฟัลต์คอนกรีตอีกครั้ง นั้นมีความยุ่งยากและสิ้นเปลืองเวลามาก ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้แผ่นใยสังเคราะห์ในการซ่อมบำรุงถนนที่ชำรุด โดยจะทำการเปรียบเทียบการทรุดตัวและแนวร่องล้อที่เกิดขึ้นบนผิวทางที่ซ่อมแซมด้วยแผ่นใยสังเคราะห์กับผิวถนนที่ซ่อมบำรุงด้วยวิธี

เดิม จุดเด่นของการใช้วัสดุเส้นใยสังเคราะห์ในการซ่อมแซมถนน นอกจากการเสริมความแข็งแรงให้กับถนนแล้ว ยังมีความสะดวกและรวดเร็วกว่าวิธีการเดิม

การซ่อมแซมถนนที่ชำรุดโดยการประยุกต์ใช้วัสดุใยสังเคราะห์เป็นเทคโนโลยีใหม่และยังไม่แพร่หลายมากนักมากนักในประเทศไทย เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงวิศวกรรมของถนนที่ซ่อมแซมด้วยแผ่นใยสังเคราะห์กับถนนที่ซ่อมแซมด้วยวิธีเดิม งานวิจัยนี้ได้จัดทำแปลงทดสอบจำนวนสามแปลง แต่ละแปลงมีความยาว 10 เมตร และกว้าง 3.0 เมตรพร้อมทำการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดในแต่ละแปลง แปลงทดสอบที่ 1 เป็นถนนที่ทำการซ่อมแซมวิธีดั้งเดิม (Deep Patch) แปลงทดสอบที่ 2 เป็นถนนที่เสริมแผ่นใยสังเคราะห์ รุ่น Polyfelt PGM–G 50/50 และปูทับด้วยแอสฟัลต์คอนกรีตหนา 70 มิลลิเมตร และแปลงทดสอบที่ 3 เป็นถนนที่เสริมแผ่นใยสังเคราะห์ รุ่น Polyfelt PGM-G 50/50 และปูทับด้วยแอสฟัลต์คอนกรีตหนา 50 มิลลิเมตร แผ่นใยสังเคราะห์ได้รับการสนับสนุนจากบริษัท Tencate Geosyntheticsประเทศไทย จำกัด นอกจากอิทธิพลของความหนาของผิวทางแอสฟัลต์ที่ปูทับบนแผ่นใยสังเคราะห์ต่อพฤติกรรมของถนนแล้ว ผู้วิจัยยังได้ศึกษาอิทธิพลของขนาดของความเสียหายของผิวทางเดิม โดยการเจาะรูบนชั้นผิวทางขนาด 3มิลลิเมตร และ 10 มิลลิเมตร ในแปลงทดสอบที่ 2 และ 3 ก่อนปูทับด้วยแผ่นใยสังเคราะห์ รายละเอียดการทดสอบและผลการวิจัยจะนำเสนอในหัวข้อถัดจากนี้

4.2 คุณสมบัติของวัสดุและอุปกรณ์การตรวจวัด

4.2.1 แอสฟัลต์คอนกรีต

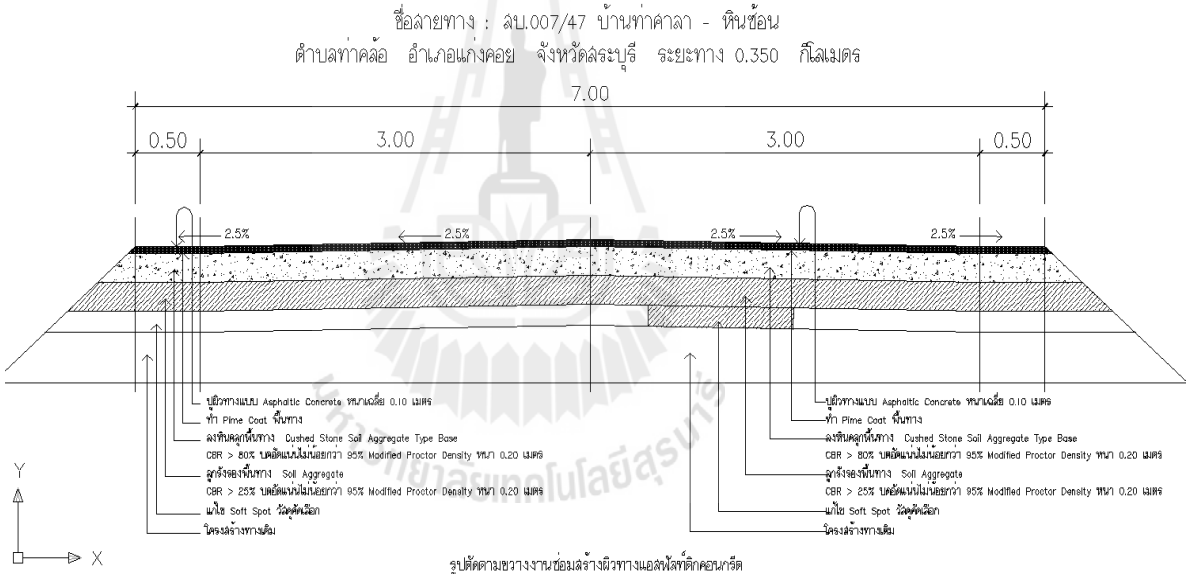
แอสฟัลต์คอนกรีตที่นำมาใช้ในการซ่อมผิวทาง ในแปลงทดสอบครั้งนี้ ได้ใช้ส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต (Job – Mix Formula) จากสายทางที่ สบ. 5030 แยก ทล. 3017 - บ้านดงมะเกลือ อำเภอวังม่วง จังหวัดสระบุรี กำหนดอัตราส่วนหินดิบไว้ดังนี้ หินฝุ่น : หิน 3/8" : หิน ½": หิน ¾"= 24:19:20:19 และกำหนดอัตราส่วนหินร้อน ไว้ดังนี้ Hot Bin $1^{\#}$: $2^{\#}$: $3^{\#}$: $4^{\#}$ = 45:25:18:12แอสฟัลต์ซีเมนต์ที่ใช้เป็นชนิด AC 60 – 70 ร้อยละของAC โดยน้ำหนักของมวลรวมเท่ากับ 5.1

4.2.2 โครงสร้างชั้นทาง

ชั้นพื้นทาง เป็นหินคลุกจากโรงโม่ตำบลหน้าพระลานอำเภอเฉลิมพระเกียรติจังหวัดสระบุรี เมื่อบดอัดหินคลุกในห้องปฏิบัติการด้วยพลังงานการบดอัดแบบสูงกว่ามาตรฐาน พบว่าความหนาแน่นแห้งสูงสุดมีค่าเท่ากับ 19.9 กิโลนิวตันต่อลูกบาศก์เมตร ปริมาณความชื้นเหมาะสมมีค่าเท่ากับร้อยละ 6.2 CBR ของหินคลุกบดอัดมีค่าเท่ากับร้อยละ 82.8 ซึ่งเกินกว่าข้อกำหนดของกรมทางหลวงสำหรับการใช้เป็นวัสดุพื้นทาง ความแน่นของดินบดอัดในสนามมีค่ามากกว่าร้อยละ 95 ของความหนาแน่นในห้องปฏิบัติการ ชั้นพื้นทางหนา 0.20 เมตร

ชั้นรองพื้นทาง เป็นดินลูกรังจากบ่อตำบลพุแคอำเภอเฉลิมพระเกียรติจังหวัดสระบุรี ความหนาแน่นแห้งสูงสุดและปริมาณความชื้นเหมาะสมของดินลูกรังบดอัดภายใต้พลังงานแบบสูงกว่ามาตรฐานมีค่าเท่ากับ 19.1 กิโลนิวตันต่อลูกบาศก์เมตร และร้อยละ 12.3 ตามลำดับ CBR ของดินบดอัดมีค่าเท่ากับร้อยละ 27.6 ค่าความแน่นของดินบดอัดในสนามมีค่ามากกว่าร้อยละ 95 ของความหนาแน่นในห้องปฏิบัติการชั้นรองพื้นทางหนา 0.20 เมตร

ชั้นวัสดุคัดเลือก เป็นลูกรังจากบ่อตำบลพุแคอำเภอเฉลิมพระเกียรติจังหวัดสระบุรี ความหนาแน่นแห้งสูงสุดและปริมาณความชื้นเหมาะสมของดินลูกรังบดอัดภายใต้พลังงานแบบสูงกว่ามาตรฐานมีค่าเท่ากับ 17.2 กิโลนิวตันต่อลูกบาศก์เมตร และร้อยละ 14.2 ตามลำดับ CBR ของดินบดอัดมีค่าเท่ากับร้อยละ10.2 และมีความแน่นในสนามมากกว่าร้อยละ 95 ของความหนาแน่นในห้องปฏิบัติการ รูปที่ 4.2 รูปภาพแสดงภาพตัดขั้นทางของถนนสายนี้



รูปที่ 4.2 รูปตัดถนนสายบ้านท่าศาลา –หินซ้อน

4.2.3 วัสดุใยสังเคราะห์ TenCateMirafi® PGM-G 50/50

TenCateMirafi® PGM-G50/50 เป็นแผ่นใยสังเคราะห์ที่ใช้สำหรับเสริมแรงและซ่อมแซมในงานถนน ประกอบไปด้วยเส้นด้ายใยแก้วถักรวมเข้ากับ Nonwoven Polypropylene วัสดุคอมโพสิตนี้มีคุณสมบัติในการเสริมกำลังที่ดีมาก เนื่องจากเส้นใยแก้วมีความแข็งแรงสูง เมื่อวัสดุนี้เชื่อมติดกับ Liquid Asphalt ในปริมาณที่เหมาะสม Nonwoven Geotextile ซึ่งมีคุณสมบัติในการดูดซึม Liquid Asphalt ได้ดี จะทำให้ผิวสัมผัสระหว่าง PGM-G50/50 และแอสฟัลต์คอนกรีตเมื่อแข็งตัวมี

ให้พันธะเชื่อมผสานที่แข็งแรงมาก และช่วยป้องกันการแยกชั้นหรือการเลื่อนไถลระหว่างชั้นได้ดี คุณสมบัติที่ดีอีกประการหนึ่งของ PGM-G50/50 คือสามารถป้องกันไม่ให้ของเหลวไหลซึมผ่านตามรอยร้าวที่เกิดขึ้นบนผิวถนนหลังใช้งาน PGM-G50/50 ช่วยป้องกันไม่ให้น้ำฝนซึมลงไปทำลายชั้นทาง (ใต้ผิวทาง) ตามรอยร้าวหรือร่องล้อที่เกิดขึ้นบนผิวทาง จึงช่วยป้องกันการเกิดเป็นหลุมบ่อในถนน คุณสมบัติของวัสดุใยสังเคราะห์แสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติของวัสดุใยสังเคราะห์รุ่น PGM-G50/50

Mechanical Properties	Test Method	Unit	Average Roll Value
Tensile Strength*	ASTM D6637	kN/m	67
Tensile Elongation	ASTM D6637	%	4
Melting Point	ASTM D276	C^{o}	400
Asphalt Retention	ASTM D6140	l/m^2	1.2
Mass/Unit Area	ASTM D5261	g/m^2	436
Glass by Weight	-	%	64.2

*Tensile Strength values refer to strength of the glass filaments.

4.2.4 Strain Gauge

Strain Gauge ที่ใช้เป็นผลิตภัณฑ์ของบริษัท Tokyo Sokki Kenkyujo Co., Ltd. ชนิด ZFLA-6-11 ซึ่งมีความสามารถในการใช้งานได้ที่ช่วงอุณหภูมิระหว่าง -10°C ถึง 300°C ดังนั้น จึงเหมาะสมกับการใช้ในงานในแปลงทดสอบ ซึ่งแอสฟัลต์คอนกรีตมีอุณหภูมิสูงถึง 107°C ถึง 165°C วัตถุประสงค์ที่ติดตั้ง Strain Gauge เพื่อใช้สำหรับวัดความเครียดที่เกิดขึ้นบนแผ่นใยสังเคราะห์เมื่อมีน้ำหนักจากยานพาหนะมากระทำบนผิวถนน ค่าความเครียดที่เกิดขึ้นอ่านได้จากเครื่อง Strain Indicator

4.2.5 Settlement Point

Settlement Point เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับตรวจวัดการทรุดตัวหรือการปูดบวมของถนนหลังจากมีการใช้งาน เป็นหมุดที่มีขนาดเกลียวเบอร์ M12 ฝังลงไปในผิวถนนลึก 30 มิลลิเมตร ค่าการทรุดตัววัดได้จากค่าระดับบนหัวหมุดด้วยกล้องระดับและเปรียบเทียบกับค่าระดับเริ่มต้น (หลังเทแอสฟัลต์คอนกรีต)

4.3 วิธีการทดสอบ

4.3.1 แปลงทดสอบ

แปลงทดสอบที่ 1 มีขนาดกว้าง 3.00 เมตร ยาว 10.00 เมตร ผู้วิจัยทำการขูดรื้อผิวทางเดิมที่เสียหายออก (หนา 0.10 เมตร) จนถึงชั้นพื้นทางเดิมและทำการปรับแต่งผิวชั้นพื้นทางและบดอัดใหม่จนได้ความหนาแน่นตามมาตรฐานด้วยรถบด จากนั้นทำการไพร์มโค้ท (Prime Coat) ด้วยยาง CSS -1 ในอัตรา 1.2 ลิตร/ตารางเมตร ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง แล้วปูแอสฟัลต์คอนกรีตทับและบดอัดจนแน่น เมื่อได้ความหนาของชั้นแอสฟัลต์คอนกรีตที่ต้องการ (เท่ากับ 0.10 เมตร) ติดตั้งหมุดวัดค่าการทรุดตัว (Settlement Point) ที่ผิวถนน

แปลงทดสอบที่ 2 มีขนาดกว้าง 3.00 เมตร ยาว 10.00 เมตร ผู้วิจัยทำการขูดรื้อผิวทางเดิมที่เสียหายออก จนถึงชั้นพื้นทางเดิมและทำการปรับแต่งผิวชั้นพื้นทางและบดอัดใหม่จนได้ความหนาแน่นตามมาตรฐานด้วยรถบด จากนั้นทำการไพร์มโค้ท (Prime Coat) ด้วยยาง CSS -1 ในอัตรา 1.2 ลิตร/ตารางเมตร หลังทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง ปูแอสฟัลต์คอนกรีตทับแล้วบดอัดจนได้ความหนาของชั้นแอสฟัลต์คอนกรีตเท่ากับ 30 มิลลิเมตร และเจาะรูขนาด 3 มิลลิเมตร และ 10 มิลลิเมตร ต่อมาทำการแท็คโค้ทด้วยยาง CSS-1 ด้วยอัตราส่วน 1.2 ลิตร/ตารางเมตรแล้ว ทำการปูแผ่นใยสังเคราะห์ (Polyfelt PGM-G 50/50) ทิ้งไว้สักพักให้น้ำยางแท็คโค้ทซึมเข้าไปในเนื้อผ้า หลังจากนั้นติดตั้ง Strain Gauge ลงบนแผ่นใยสังเคราะห์ปูแอสฟัลต์คอนกรีตทับอีกชั้นแล้วทำการบดอัดให้แน่น จนได้ความหนาของแอสฟัลต์คอนกรีตเหนือวัสดุเส้นใยสังเคราะห์เท่ากับ 70 มิลลิเมตร และทำการติดตั้งหัวหมุดวัดค่าการทรุดตัว (Settlement Point) ที่ผิวถนน

แปลงทดสอบที่ 3 มีขนาดกว้าง 3.00 เมตร ยาว 10.00 เมตร ขั้นตอนการดำเนินงานทำเช่นเดียวกับแปลงทดสอบที่ 2 เพียงแต่ความหนาชั้นแอสฟัลต์คอนกรีตที่ขูดรื้อออก (เหนือชั้นทาง) เท่ากับ 50 มิลลิเมตร และความหนาของชั้นแอสฟัลต์คอนกรีตเหนือวัสดุเส้นใยสังเคราะห์เท่ากับ 50 มิลลิเมตรขั้นตอนการดำเนินการศึกษาแสดงในรูปที่ 4.3 ถึง 4.8

รูปที่ 4.3 ขั้นตอนการขูดรื้อผิวทางเก่าออก

รูปที่ 4.4 ขั้นตอนการปูและบดอัดชั้นแอสฟัลต์คอนกรีต

รูปที่ 4.5 ขั้นตอนการเจาะรูที่ผิวทางเพื่อจำลองรอยแตกร้าวบนผิวถนน

รูปที่ 4.6 ขั้นตอนการปูวัสดุใยสังเคราะห์

รูปที่ 4.7 ขั้นตอนการติดตั้ง Strain Gauge

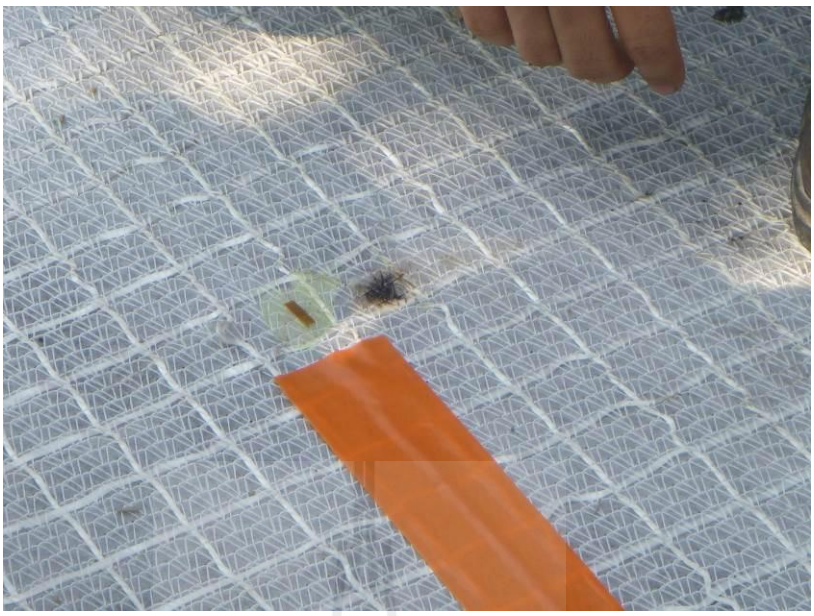
รูปที่ 4.8 ขั้นตอนการบดอัดแอสฟัลต์คอนกรีตทับ

4.3.2 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดและการวัดค่าความเครียด (Strain Gauge)

Strain Gauge ติดตั้งเฉพาะในแปลงทดสอบที่ 2 และ 3 เพื่อตรวจวัดความเครียดที่เกิดขึ้นในแผ่นใยสังเคราะห์ ดังแสดงในรูป 4.9 ตำแหน่งที่ติดตั้ง Strain Gauge อยู่ที่ระยะ 0.75 เมตร จากไหล่ทาง โดยการวัดระยะจากแนวเส้นทึบที่บริเวณไหล่ทาง เข้าไปในแนวช่องจราจรเป็นระยะ 0.75

เมตร แล้วตีเส้นตามแนวยาวของถนน จากนั้นตีเส้นขวางเพื่อกำหนดจุดติดตั้ง Strain Gauge ทุก 3.0 เมตร ตามแนวของถนน การติดตั้งเริ่มจากที่ Station เริ่มต้นของแต่ละแปลงทดสอบ แต่ละแปลงทดสอบจะติดตั้ง Strain Gauge จำนวน 3 จุด ตามระยะที่กำหนดไว้ข้างต้น โดยจุดที่ 1 และจุดที่ 3 ของแต่ละแปลง จะอยู่บนรูเจาะขนาด 3 มิลลิเมตร และขนาด 10 มิลลิเมตร ตามลำดับ เพื่อจำลองขนาดของร้อยร้าวบนผิวถนนที่ต้องการการซ่อมแซม จุดที่ 2 (ตำแหน่งกึ่งกลางระหว่างจุดที่ 1 และ 3) ไม่มีการเจาะรูเพื่อใช้เป็นตำแหน่งเปรียบเทียบกับจุดที่ 1 และ 3 เมื่อได้ตำแหน่งของรูเจาะแล้วทำการเจาะรูตามขนาดที่กำหนด ทำการแท็คโค้ทลงไปบนผิวถนนเดิม ปูแผ่นใยสังเคราะห์ทับและทิ้งไว้ให้แผ่นใยสังเคราะห์ดูดซับน้ำยางแท็คโค้ทสักพัก และติดตั้ง strain gauge ที่จุดที่ 1, 2 และ 3 เมื่อติดตั้งแล้วเสร็จ ปูแอสฟัลต์คอนกรีตทับแล้วบดอัดจนได้ระดับเดิมของผิวถนน การตรวจวัดค่าความเครียดบันทึกด้วยเครื่อง Strain Indicator ทุกวัน ช่วงเวลา 16.00 น. ถึง 18.00 น.

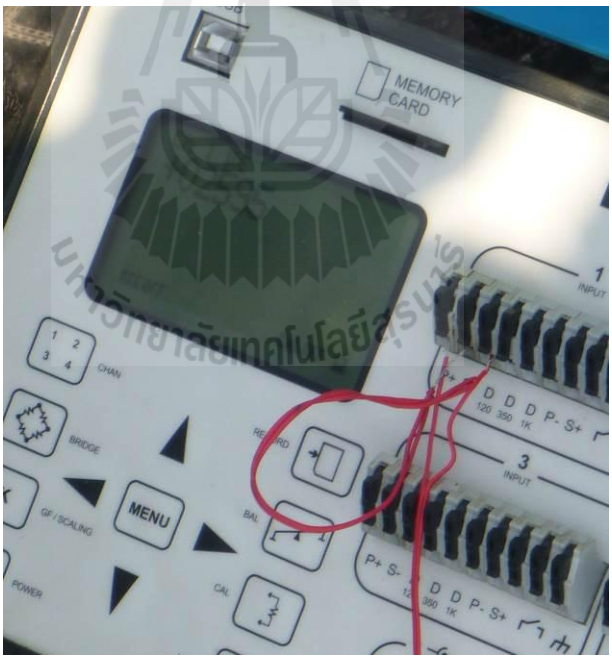
รูปที่ 4.9a ขั้นตอนการติดตั้ง Strain Gauge



รูปที่ 4.9b ขั้นตอนการติดตั้ง Strain Gauge

รูปที่ 4.9c ขั้นตอนการติดตั้ง Strain Gauge

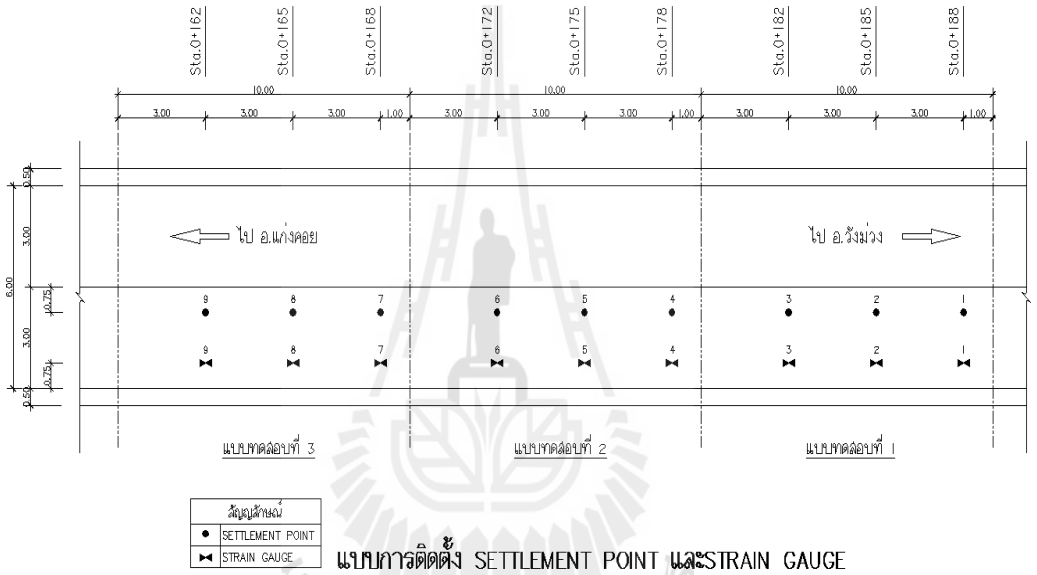
รูปที่ 4.9d ขั้นตอนการตรวจวัดค่า Strain Gauge



รูปที่ 4.9e ขั้นตอนการตรวจวัดค่า Strain Gauge

4.3.3 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจและการตรวจวัดค่าการทรุดตัว (Settlement Point)

Settlement point ติดตั้งในแปลงทดสอบทั้งสาม เพื่อตรวจวัดค่าการทุรดตัวที่เกิดขึ้นบนผิวถนน การติดตั้งทำโดยการวัดระยะจากแนวเส้นประบริเวณกึ่งกลางถนนเข้าไปในแนวช่องจราจรเป็นระยะ 0.75 เมตร แล้วตีเส้นตามแนวยาวของถนน จากนั้นทำการตีเส้นขวางเพื่อกำหนดจุดติดตั้ง Settlement Point ทุกๆ 3.0 เมตร ในแนวตามยาวของถนน การติดตั้งเริ่มจากที่ Station เริ่มต้นของแต่ละแปลงทดสอบ การตรวจวัดค่าระดับทำทุกวันในช่วงเวลา 16.00 น. ถึง 18.00 น. ด้วยกล้องระดับ รายละเอียดและตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดแสดงในรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 รายละเอียดและตำแหน่งที่ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัด

4.3.4 การวัดค่าระดับตามขวางของแปลงทดสอบ (Cross Sectional Profile)

ผู้วิจัยแบ่งระยะในแต่ละแปลงทดสอบตามแนวขวางของถนนทุกระยะ 1.00 เมตร รวม 10 แนว โดยเริ่มต้นจาก Station เริ่มต้นของแต่ละแปลงทดสอบ และทำการแบ่งระยะตามแนวยาวของแต่ละแนวที่แบ่งไว้ในแนวตามขวางของถนน ทุกๆ 0.25 เมตร ให้เป็นแนวตาราง 1.00 x 0.25 เมตร ค่าระดับที่จุดตัดบันทึกด้วยกล้องวัดระดับ และนำเปรียบเทียบกับค่าระดับเริ่มต้นเพื่อหาค่าการทรุดตัวบนผิวทางตามรูปที่ 4.11

รูปที่ 4.11 ขั้นตอนการทำการหาค่าระดับในแนวขวางถนน

4.3.5 ปริมาณจราจร

ปริมาณการจราจรจะทำการประมาณโดยการนับปริมาณจราจร ตลอด 24 ชั่วโมง และแบ่งประเภทรถเป็น 1. รถยนต์ส่วนตัว 2. รถโดยสารขนาดเล็ก 3. รถกระบะบรรทุก 4. รถตู้ 5. รถเมล์ 6. รถบรรทุกเล็ก 6 ล้อขึ้นไป 7. รถบรรทุกใหญ่ 10 ล้อขึ้นไป 9. รถอื่นๆ เช่น รถไถ รถแทรกเตอร์ เป็นต้น การนับรถจะทำต่อเนื่องเป็นเวลา 28 วัน ติดต่อกัน และนำผลที่ได้มาแปลงเป็นค่า Equivalent 18,000-Pound Single-Axle Loads (ESAL) เมื่อ ESAL คือจำนวนเที่ยวของน้ำหนักเพลาเดี่ยวมาตรฐาน18,000 ปอนด์ที่เปรียบเทียบและแปลงมาจากจำนวนเที่ยวของน้ำหนักเพลาที่มีขนาดและชนิดที่ต่างกันโดยที่น้ำหนักเหล่านี้จะมีผลกระทบต่อความเสียหายของโครงสร้างชั้นทางเท่ากัน ค่า ESAL คำนวณได้จากสมการที่ 4.1a - 4.1b

$$TF = \frac{\sum_i (No.of\ Axles\ x\ LEF)}{No.of\ Vehicles} \qquad 4.1a$$

$$ESAL = No.of\ vehicles\ x\ TF\ x\ GF \qquad 4.1b$$

เมื่อ *GF* คืออัตราการเจริญเติบโตของการจราจร (Growth Factor) งานวิจัยนี้กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 1 เนื่องจากงานวิจัยนี้ไม่ได้มีวัตถุประสงค์ในการคาดคะเนปริมาณการจรจารในอนาคต ดังนั้นจึงอาศัยสมการดังกล่าวในการแปลงน้ำหนักเพลาที่แตกต่างกันให้เป็นน้ำหนักเพลาเดี่ยว

มาตรฐาน 80 กิโลนิวตัน การแปลงนี้ต้องใช้ค่าTruck Factor ซึ่งแปรผันตามน้ำหนักบรรทุกของยานพาหนะ จำนวนเพลาต่อคัน และค่า Load Equivalent Factor(LEF) ตารางที่ 4.2 แสดงค่า Load Equivalent Factor ของน้ำหนักเพลาขนาดต่างๆ

ตารางที่ 4.2 ค่า Load Equivalent Factor ของน้ำหนักเพลาขนาดต่างๆ

น้ำหนักเพลา(kN)	เพลาเดี่ยว	เพลาคู่
22.250	0.00500	
44.500	0.0877	0.00688
66.750	0.478	0.036
89.000	1.51	0.1206
111.25	3.53	0.308
133.50	6.97	0.658
155.75	12.50	1.23
178.00	21.08	2.08
200.25	34.00	3.27
222.50	52.88	4.86
244.75		6.93
267.00		9.59
289.25		12.96
311.50		17.19
333.75		22.47
356.00		28.99

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.4 ผลการทดสอบ

4.4.1 การทรุดตัวของถนน

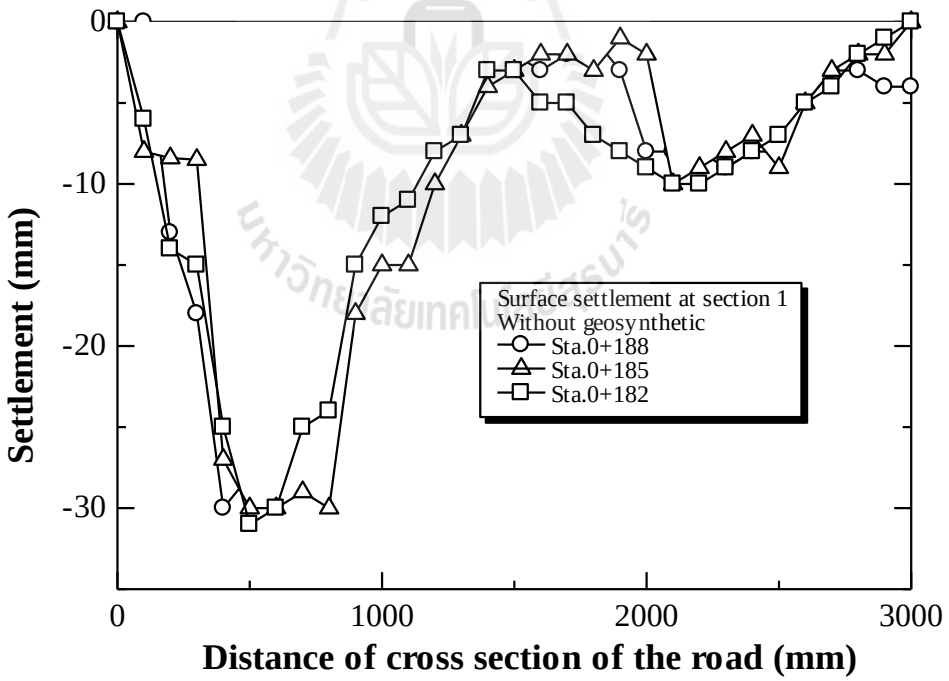
รูปที่ 4.12 แสดงผลการตรวจวัดค่าระดับตามขวาง โดยในแต่ละแปลงทดสอบจะมีการตรวจวัดทั้งหมด 3 แนว ซึ่งแต่ละแนวมีระยะห่างกันแนวละ 3 เมตร ทำการตรวจวัดที่ระยะเวลา 28 วันหลังการก่อสร้างผลทดสอบ (วันที่ 9 มีนาคม 2556)แสดงให้เห็นถึงการทรุดตัวที่แตกต่างกันอย่างมากตามขวางของถนน ซึ่งบ่งบอกว่าความเสียหายของถนนเป็นแบบร่องล้อ แนวการเกิดร่องล้ออยู่ในตำแหน่งเดียวกันทั้งสามแปลง แปลงทดสอบที่ 2 (แปลงทดสอบที่ใช้แผ่นเส้นใย

สังเคราะห์ และปูทับด้วยแอสฟัลต์คอนกรีตหนา 70 มิลลิเมตร) เกิดการทรุดตัวที่เป็นแนวร่องล้อน้อยที่สุด ด้วยค่าเฉลี่ยประมาณ 16 มิลลิเมตร แปลงทดสอบที่ 3 (แปลงทดสอบที่ใช้แผ่นเส้นใยสังเคราะห์ และปูทับด้วยแอสฟัลต์คอนกรีตหนา 50 มิลลิเมตร) มีค่าการทรุดตัวสูงสุดเฉลี่ยประมาณ 20 มิลลิเมตร ในขณะที่ แปลงทดสอบที่ 1 เกิดการทรุดตัวเป็นแนวร่องล้อมากที่สุด ซึ่งค่าการทุรดตัวสูงสุดมีค่าเฉลี่ยประมาณ 30 มิลลิเมตร ความเสียหายของถนนเกิดในระยะเวลาอันสั้นมากหลังสิ้นสุดการซ่อมบำรุง และความเสียหายเป็นแบบร่องล้อ สิ่งนี้แสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีต (ผิวทางใหม่) ไม่เพียงพอต่อน้ำหนักยวดยาน ถึงแม้ว่าถนนที่ซ่อมบำรุงด้วยแผ่นใยสังเคราะห์จะเกิดความเสียหายเช่นเดียวกันและในเวลาประมาณเดียวกันกับถนนที่ซ่อมบำรุงด้วยวิธีเดิม แต่ถนนที่ซ่อมบำรุงด้วยแผ่นใยสังเคราะห์เกิดความเสียหายมีความรุนแรงน้อยกว่า หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า สำหรับคุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีตที่เหมือนกัน การซ่อมบำรุงถนนด้วยแผ่นใยสังเคราะห์มีประสิทธิภาพที่สูงกว่าการซ่อมบำรุงแบบดั้งเดิม ทั้งในด้านความรวดเร็วและต้นทุนค่าซ่อมบำรุง และความแข็งแรงของผิวทาง

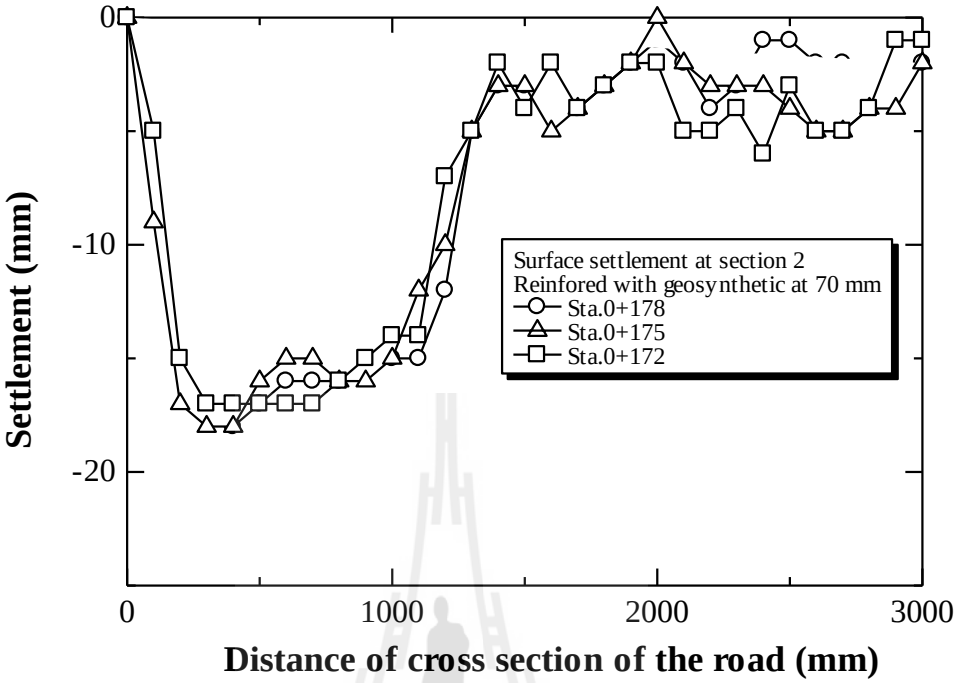
ผลการตรวจวัดค่าระดับตามแนวขวางของถนนนี้สอดคล้องกับค่าการทรุดตัวที่วัดได้จาก Settlement Point ดังแสดงในรูปที่ 4.13 ผลการตรวจวัดการทรุดตัวที่แสดงในรูปที่ 4.13 เป็นค่าเฉลี่ยของการตรวจวัดที่ Settlement Point ของแต่ละแปลงในเวลาเดียวกัน (3 Settlement point ต่อ 1 แปลงทดสอบ) Settlement point แต่ละตัวติดตั้งที่ระยะ 2.25 เมตร จากแนวกึ่งกลางของถนนซึ่งเป็นบริเวณตำแหน่งที่เกิดร่องล้อผลการตรวจวัดการทรุดตัวตลอดแนวถนนมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งแสดงถึงความสม่ำเสมอของคุณสมบัติของวัสดุโครงสร้างทางหลังซ่อมบำรุง (การควบคุมการก่อสร้างได้มาตรฐาน) การทรุดตัวที่เกิดขึ้นในแต่ละแปลงทดสอบมีค่าเพิ่มขึ้นตามจำนวนรอบของยานพาหนะที่เพิ่มขึ้น การทรุดตัวของถนนทั้งสามแปลงทดสอบในช่วงที่ ESAL น้อยกว่า 2000 มีค่าใกล้เคียงกันมาก แต่เมื่อ ESAL มากกว่า 2000 อัตราการทรุดตัวของถนนทั้งสามเส้นนั้นเริ่มแตกต่างกัน อัตราการทรุดตัวที่เกิดขึ้นที่แปลงทดสอบที่ 2 และแปลงทดสอบที่ 3 น้อยกว่าอัตราการทรุดตัวที่เกิดขึ้นในแปลงทดสอบที่ 1 อย่างเห็นได้ชัด

ผลทดสอบข้างต้นแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของแผ่นเส้นใยสังเคราะห์ในการซ่อมแซมถนน แผ่นเส้นใยสังเคราะห์สามารถลดอัตราการทรุดตัวและค่าการทรุดตัวพลาสติกเนื่องจากน้ำหนักแบบกระทำซ้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในช่วงที่ ESAL น้อยกว่า 2000 ซึ่งวัสดุผิวทางยังเกิดความล้าไม่มากนัก การเสริมแผ่นใยสังเคราะห์แทบไม่มีส่วนช่วยลดการทรุดตัว เพราะค่าการทรุดตัวจะแปรผันโดยตรงกับคุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีตเป็นหลัก ซึ่งเหมือนกันทั้งสามแปลงทดสอบ แต่เมื่อวัสดุเริ่มเกิดการล้า (ESAL เกินกว่า 2000) แผ่นเส้นใยสังเคราะห์สามารถช่วยลดการทรุดตัวในแนวดิ่งได้อย่างเห็นได้ชัด เมื่อมีน้ำหนักของยานพาหนะกระทำบนผิวของถนนชั้น

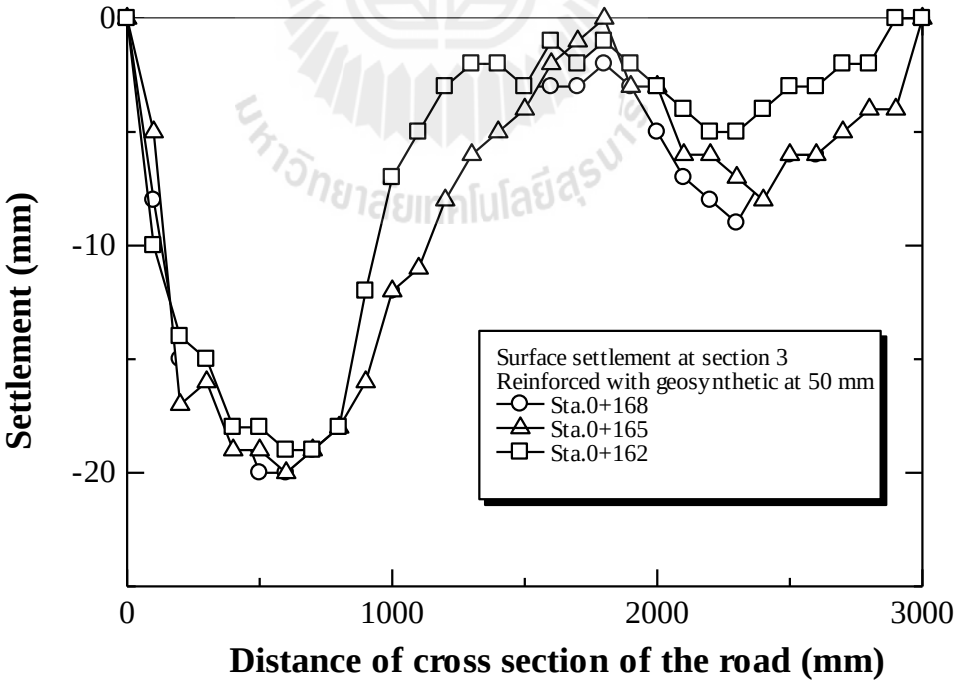
แอสฟัลต์คอนกรีต (ที่ปราศจากแผ่นใยสังเคราะห์) จะเกิดการแอ่นตัวคล้ายกับการแอ่นตัวของคาน แต่เมื่อเสริมแผ่นใยสังเคราะห์ แผ่นใยสังเคราะห์จะช่วยรับหน่วยแรงดึงที่เกิดขึ้นระหว่างผิวสัมผัสระหว่างชั้น ส่งผลให้การแอ่นตัวของผิวทางและการเสียรูปด้านข้างของชั้นพื้นทางลดลงไม่เพียงแต่ความความต้านทานแรงดึงของแผ่นเส้นใยสังเคราะห์ที่จะช่วยลดอัตราการทรุดตัวและการเกิดร่องล้อเท่านั้น ความหนาของชั้นผิวทางที่อยู่เหนือแผ่นใยสังเคราะห์ก็เป็นอีกตัวแปรที่ช่วยลดปัญหาดังกล่าว ดังจะเห็นได้ว่าอัตราการทรุดตัวและการทรุดตัวสุดท้าย (ESAL=7536 ซึ่งเป็นปริมาณจราจรสุดท้ายของการตรวจวัดที่ระยะเวลา 28 วันหลังการก่อสร้าง) ของแปลงทดสอบที่ 2 มีค่าต่ำกว่าแปลงที่ 3 เนื่องจากแอสฟัลต์คอนกรีตเป็นวัสดุที่มีคุณภาพดีมาก (โมดูลัสและความต้านทานแรงเฉือนสูงมาก) เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุชั้นทาง ดังนั้น ความหนาของแอสฟัลต์คอนกรีตเหนือแผ่นวัสดุสังเคราะห์จึงช่วยลดความเค้นที่กระจายลงสู่ชั้นทางและชั้นพื้นทาง จึงช่วยลดการเสียรูปด้านข้างของชั้นทางและชั้นพื้นทาง การเสียรูปด้านข้างที่ต่ำนี้ช่วยลดการเกิดร่องล้อในชั้นผิวทาง การทรุดตัวเนื่องจากแนวร่องล้อในแปลงทดสอบที่ 2 มีค่าน้อยกว่าการทรุดตัวในแปลงทดสอบที่ 3 ถึงร้อยละ 20 ของค่าซึ่งมีแนวโน้มที่ค่าการทรุดตัวจะมีค่าคงที่ในระยะยาว



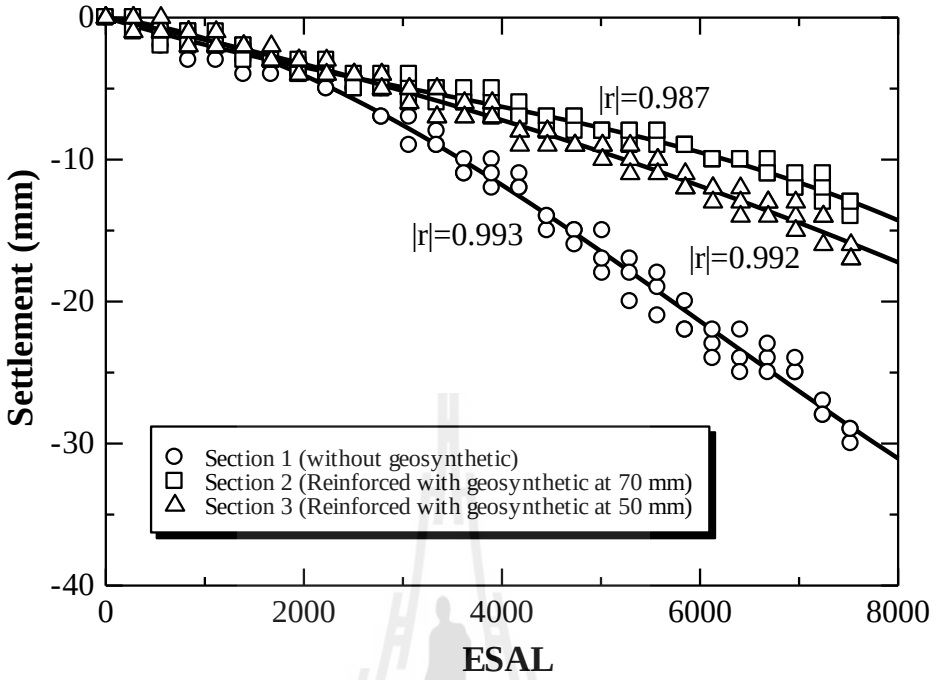
รูปที่ 4.12a ค่าระดับการทรุดตัวตามแนวตัดขวางถนนในแปลงทดสอบที่ 1



รูปที่ 4.12b ค่าระดับการทรุดตัวตามแนวตัดขวางถนนในแปลงทดสอบที่ 2



รูปที่ 4.12c ค่าระดับการทรุดตัวตามแนวตัดขวางถนนในแปลงทดสอบที่ 3



รูปที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการทรุดตัวเทียบกับจำนวนเที่ยวของน้ำหนักเพลาเดี่ยวมาตรฐาน 18,000 ปอนด์

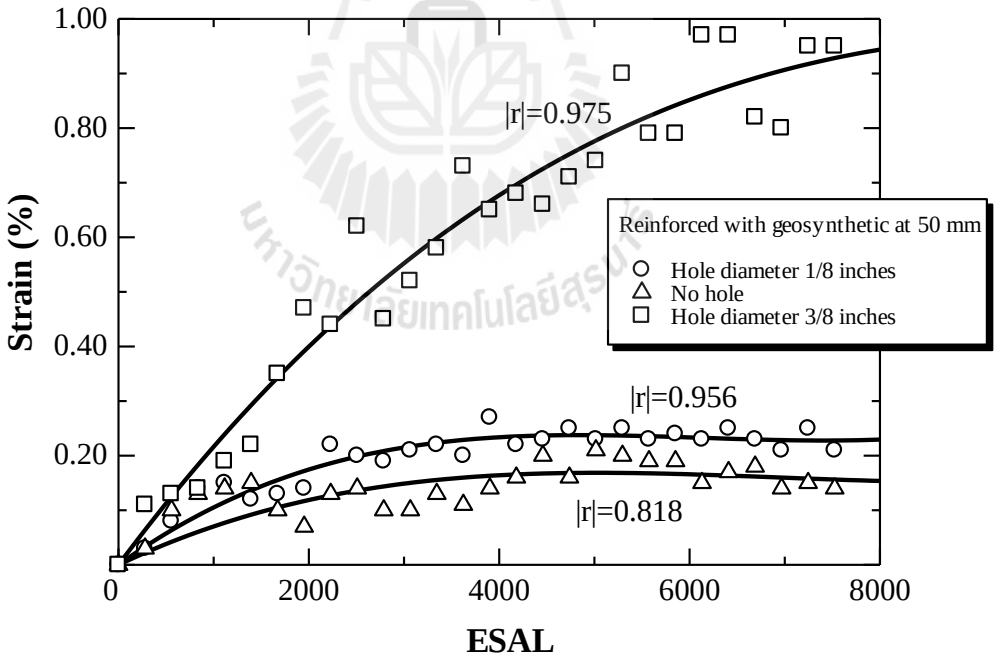
4.4.2 ความเครียดที่เกิดขึ้นบนแผ่นใยสังเคราะห์

รูปที่ 4.14 แสดงอิทธิพลของความหนาผิวทางและขนาดของความเสียหายบนต่อความสามารถต้านทานแรงดึงของแผ่นใยสังเคราะห์ ขนาดของรูและความหนาของแอสฟัลต์คอนกรีตเหนือแผ่นใยสังเคราะห์มีผลอย่างมากต่อความเครียดที่เกิดขึ้นในแผ่นใยสังเคราะห์สำหรับผิวทางทั้งที่มีรูและไม่มีรู ความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดและ ESAL มีลักษณะที่คล้ายกัน กล่าวคือความเครียดมีค่าเพิ่มขึ้นตามค่า ESAL และมีค่าประมาณคงที่ เมื่อ ESALมีค่าสูง สำหรับผิวทางที่ไม่มีรูและผิวทางที่มีรูขนาดเล็ก (3 มิลลิเมตร) ความเครียดมีแนวโน้มคงที่ เมื่อ ESAL มีค่าประมาณ 4000 แต่สำหรับผิวทางที่มีรูขนาดใหญ่ (10 มิลลิเมตร) ความเครียดมีแนวโน้มคงที่ เมื่อ ESAL มีค่าเกินกว่า 4000

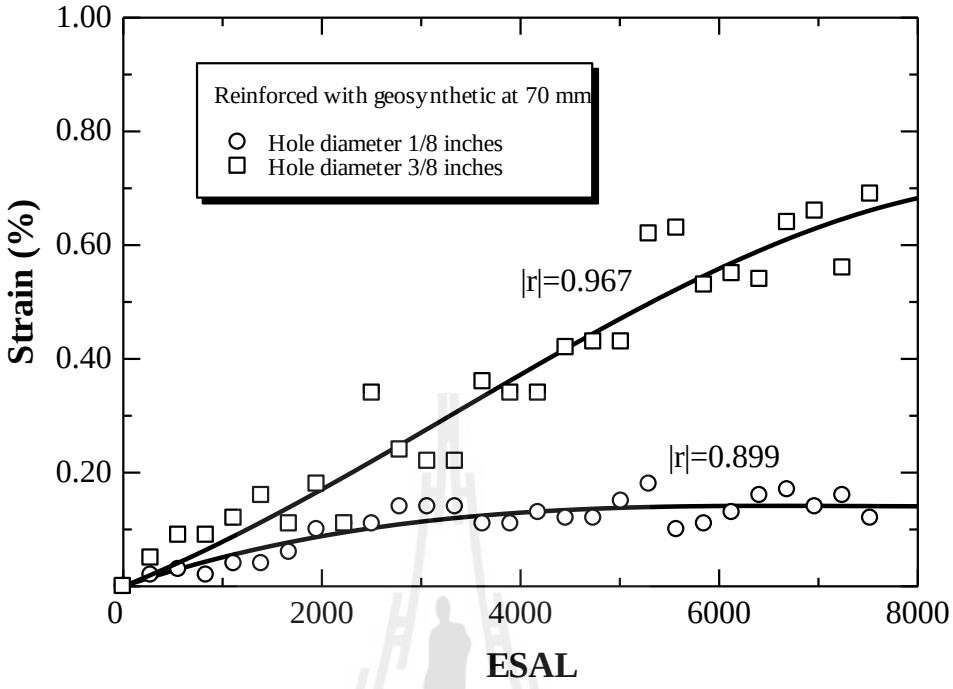
ตำแหน่งที่เสริมแรงของแผ่นใยสังเคราะห์มีผลต่อค่าความเครียดที่เกิดขึ้นดังแสดงในรูปที่ 4.14a-4.14b ซึ่งสอดคล้องกับค่าการทรุดตัวที่เกิดขึ้นในหัวข้อที่แล้ว สำหรับขนาดรูเจาะที่เท่ากัน ค่าความเครียดที่ตรวจวัดได้ในแปลงทดสอบที่ 3 (ผิวทางหนา 50 มิลลิเมตร) มีค่ามากกว่าค่าความเครียดที่เกิดขึ้นในแปลงทดสอบที่ 2 (ผิวทางหนา 70 มิลลิเมตร) เนื่องจากความเข้มของความ

เค้น (stress concentration) ที่บริเวณรูเจาะแปรผันตรงกับความหนาของผิวทางที่อยู่เหนือแผ่นใยสังเคราะห์ ความหนายิ่งน้อย (รูเจาะใกล้กับล้อของยานพาหนะ) ความเข้มของความเค้นก็จะมาก นอกจากนี้ ยังพบว่าความหนาของผิวทางไม่มีผลกระทบต่อค่า ESAL ที่เกิดความเครียดคงที่ แต่มีผลต่อขนาดของความเครียด ความหนาที่ต่างกัน 30 มิลลิเมตร มีผลต่อความเครียดถึงประมาณ 2 เท่า สำหรับรูขนาดเล็ก และประมาณ 1.5 เท่า สำหรับรูขนาดใหญ่

อิทธิพลของขนาดรูเจาะต่อความเครียดที่เกิดขึ้นในแผ่นใยสังเคราะห์แสดงได้ดังนี้ ที่ความหนาของผิวทางเท่ากับ 50 มิลลิเมตร ความเครียดเกิดขึ้นร้อยละ 0.2 สำหรับรูเจาะขนาด 3 มิลลิเมตร และมากถึงร้อยละ 0.9 สำหรับรูเจาะขนาด 10 มิลลิเมตร ในขณะที่ ความเครียดฉีกขาดของแผ่นใยสังเคราะห์เท่ากับร้อยละ 4 ผลการทดสอบนี้ยืนยันได้ว่า แม้ว่ารูเจาะจะมีขนาดใหญ่ถึง 10 มิลลิเมตรแผ่นใยสังเคราะห์ยังสามารถป้องกันความเสียหายของชั้นทางได้ หากปราศจากแผ่นใยสังเคราะห์ ความเสียหายของผิวทางเดิมอาจทำให้ผิวทางใหม่เกิดวิบัติจากผิวทางด้านล่างขึ้นสู่ด้านบน โดยสรุป แผ่นใยสังเคราะห์มีประสิทธิภาพในการซ่อมแซมและป้องกันรอยร้าวที่เกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพดีเยี่ยม



รูปที่ 4.14a ความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดที่เกิดขึ้นบนผ้าใยสังเคราะห์และจำนวนเที่ยวของน้ำหนักเพลาเดี่ยวมาตรฐาน 18,000 ปอนด์ สำหรับแปลงทดสอบที่ 3



รูปที่ 4.14b ความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดที่เกิดขึ้นบนผ้าใยสังเคราะห์และจำนวนเที่ยวของน้ำหนักเพลาเดี่ยวมาตรฐาน 18,000 ปอนด์ สำหรับแปลงทดสอบที่ 2

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 สำหรับคุณสมบัติของผิวทางที่เหมือนกันการเสริมแผ่นใยสังเคราะห์ช่วยลดขนาดและอัตราการทรุดตัวแบบร่องล้อ นอกจากข้อได้เปรียบด้านวิศวกรรมแล้ว การซ่อมแซมถนนโดยใช้แผ่นใยสังเคราะห์ยังมีต้นทุนค่าก่อสร้างที่ต่ำกว่าการซ่อมแซมถนนแบบเดิม เนื่องจากการซ่อมแซมถนนโดยใช้แผ่นใยสังเคราะห์ไม่จำเป็นจะต้องขูดไสผิวทางออก (ปูผิวทางใหม่ทับบนผิวทางเดิมได้ทันที) จึงทำให้การทำงานมีความสะดวกและรวดเร็ว

5.1.2 สำหรับความหนาของผิวทางที่เท่ากัน (100 มิลลิเมตร) การติดตั้งแผ่นใยสังเคราะห์ที่ระดับความลึก 70 มิลลิเมตร (แปลงทดสอบที่ 2) ช่วยลดการทรุดตัวแบบร่องล้อได้ดีที่สุด (ดีกว่าที่ระดับความลึก 50 มิลลิเมตร สำหรับแปลงทดสอบที่ 3) ทั้งนี้เนื่องจากการติดตั้งแผ่นใยสังเคราะห์ใกล้ชั้นทางเดิมช่วยลดการเสียรูปด้านข้างในชั้นทางเดิมได้มีประสิทธิภาพมากกว่า (การเสียรูปด้านข้างในชั้นผิวทางอาจมีค่าใกล้เคียงกันเพราะผิวทางทั้งสามแปลงมีความหนาเท่ากันและมีคุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีตเหมือนกัน)

5.1.3 ตำแหน่งที่ติดตั้งแผ่นใยสังเคราะห์มีผลต่อค่าความเครียดที่เกิดขึ้นบนแผ่นใยสังเคราะห์ ซึ่งสอดคล้องกับค่าการทรุดตัวที่เกิดขึ้น สำหรับขนาดรูเจาะที่เท่ากัน ค่าความเครียดบนแผ่นใยสังเคราะห์ที่เกิดขึ้นในแปลงทดสอบที่ 3 (ผิวทางใหม่หนา 50 มิลลิเมตร) มีค่ามากกว่าค่าความเครียดที่เกิดขึ้นในแปลงทดสอบที่ 2 (ผิวทางใหม่หนา 70 มิลลิเมตร) เนื่องจากค่าความเค้นประสิทธิผลในแนวดิ่ง ณ ตำแหน่งที่ทำการติดตั้งแผ่นใยสังเคราะห์ในแปลงที่ 3 นั้นมีค่ามากกว่า สำหรับความหนาของผิวทางใหม่ที่เท่ากัน ความเครียดมีค่าเพิ่มขึ้นตามขนาดของรูบนผิวทางเดิม แผ่นใยสังเคราะห์ยังคงสามารถต้านทานการฉีกขาดขึ้นจากผิวทางเดิมได้ แม้ว่าขนาดของความเสียหายใหญ่ถึง 10 มิลลิเมตร

เอกสารอ้างอิง

กวี หวังนิเวศน์กุล (2548). **การออกแบบผิวทาง กรุงทพฯ :** ซีเอ็ดยูเคชั่น

รศ. จิรพัฒน์ โชติกไกร (2531). **วิศวกรรมทาง** ภาควิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

GEOSYNTHETICS PRODUCT OVERVIEW (2556). บริษัท เทนคาต้าจิโอซินเทติคส์ (ประเทศไทย) จำกัด

Berg, R.R., Chistopher, B.R., and Perkins, S. (2000). **Geosynthetics Reinforcement of the Aggregate Base/Subbase Courses of Pavement Structures**, GMA White Paper II, prepared for AASHTO Committee 4E.

Fwa, T. F., Tan, S. A. and Zhu, L. Y. (2004). **Rutting Prediction of Asphalt Pavement Layer Using C – φ Model.** USA, Journal of Transportation Engineering, ASCE, 675-683, September/October.

Hessing C., Thesseling B. (2011) **A Sustainable Maintenance Method for Cracked Pavements Using Polyester Asphalt Reinforcement. Increase Pavement Life, Reduce Maintenance and Create Sustainable Pavements**, 14th International Flexible Pavements Conference, Australia, September 2011.

Youwai, S., Kongkitkul, W.,Punthutaecha, K., Anujorn, P. and Jongpradist, P. (2012). **Geosynthetic Reinforced Flexible Pavement in Thailand**, Ground Improvement.165. No.4, pp.249-258.

ภาคผนวก

HOT MIX DESIGN BY THE MARSHALL METHOD

ส่วนสำรวจออกแบบและวิเคราะห์ สำนักทางหลวงชนบทที่ 2 (สระบุรี)

กรมทางหลวงชนบท กระทรวงคมนาคม

โครงการ ซ่อมสร้างผิวทาง AC.(ไฮบริดี Pavement In - Place Recycling) สาย สบ.4020 แยก ทล.3017 - บ.คงมะกอ อ.วังม่วง จ.สระบุรี

แหล่งวัสดุหินย่อย โรงโม่หิน โรงโม่หินสหกิจาลิสติค ชนิดยาง AC 60-70 แหล่งผลิต บริษัท ทีปไท้แอสฟัลท์ จำกัด

คำแนะนำ Job - Mix Formula for Hot Mix Design

คุณสมบัติทั่วไป

1. ออกแบบโดยวิธี Marshall Test 75 blows
2. คัดราส่วน Aggregate สำหรับ Hot Bin , MIx Design Gradation และ Tolerant gradation ที่ออกแบบไว้ได้แนบมาพร้อมนี้
3. Bulk Sp.Gr. Of Mix Aggregate (Average) 2.677
4. Bulk Sp.Gr. Of Asphalt Cement 1.02
5. Asphalt Absorption by Aggregate 0.24 %

คุณสมบัติควบคุม

1. ให้ใช้ปริมาณยาง Asphalt Cement (60-70 pen.) 5.1 ±0.3% (by Wt. Of Agg.) ผสมทำ Asphalt Concrete
2. ความแน่นการบดทับ Asphalt Concrete ต้องไม่น้อยกว่า 98 % ของความแน่นเฉลี่ยประจำวันของ Marshall Compaction ที่ทดลองในห้องปฏิบัติการตามข้อ
3. ค่า Marshall Stability ที่ทดลองประจำวันจะต้องไม่น้อยกว่า 1,130 กิโลกรัม (11ร)
4. ค่า Marshall Flow ที่ทดลองประจำวันควรอยู่ในระหว่าง 8 - 16
5. ถ้า Gradation ของมวลผสม คิดไปจาก Job-Mix Formular เกินออกจาก Tolerant Gradation เนื่องจากเหตุใดก็ตามซึ่งทำให้คุณสมบัติควบคุมแตกต่างไปจากที่กำหนดไว้ จะต้องออกแบบส่วนผสมใหม่หรือปรับปรุงส่วนผสมที่ออกแบบไว้เดิม
6. ถ้าปริมาณยาง Asphalt Cement ที่ทดสอง ได้ในแต่ละวัน คิดไปจาก 5.1 ±0.3% (แต่ต้องไม่เกิน ±0.3%) ให้ดำเนินการแก้ไขปริมาณยางให้ถูกต้องเสีย 5.1 ±0.3% ทันทีและทำการตรวจสอบปริมาณยางเพิ่มขึ้นทั้งเช้า - เย็น จนกว่าปริมาณยางจะอยู่ในช่วง 5.1 ±0.3% แล้วรายงานให้คณะกรรมการตรวจการจ้างทราบ
7. ถ้าปริมาณยาง Asphalt Cement คิดไปจาก 5.1 ±0.3% ให้นำวัสดุ Asphalt Concrete แปลงที่มีปริมาณยางผิดออกไปเสียแล้วรายงานให้คณะกรรมการตรวจการจ้างทราบพร้อมทั้งดำเนินการปูผิวทาง Asphalt Concrete ที่มีปริมาณยาง Asphalt Cement ที่ถูกต้องแทนที่ต่อไป

ข้อแนะนำ

อุณหภูมิที่ให้ประสิทธิภาพในการบดอัด Asphalt Concrete อยู่ในระหว่าง 120°C - 150°C ภายในประมาณ 1 ชั่วโมง หลังจาก Pave.

ข้อบังคับ

1. ยาง Prime Coat หรือ Tack Coat จะต้องแห้งสนิท ก่อนปูยาง Asphalt Concrete
2. ถ้าจำเป็นต้องกวาดทรายปิดทับ Prime Coat ด้วยเหตุใดก็ตาม ต้องกวาดทรายออกจนหมด และยาง Prime Coat จะต้องแห้งสนิท ให้ตรวจสอบโดยใช้ของแข็งรูดดู Prime Coat
3. ถ้าเกิดรอย Crack ขึ้นบน Base Course เนื่องจากก่อสร้างแล้วทิ้งไว้นาน จะต้องก่อสร้างแก้ไขชั้น Base Course ให้ถูกต้องก่อนลงชั้นผิวทาง
4. ถ้าชั้น Base Course เกิดเป็นหลุมบ่อหรือแอ่ง เนื่องจากเหตุใดก็ตาม จะต้องทำการ Patching หรือ Leveling ด้วย Hot Mix แล้วบดทับให้แน่นก่อนลงชั้นผิวทาง

รับรองผลเฉพาะตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น

ส่วนตรวจสอบและวิเคราะห์
สำนักทางหลวงชนบทที่ 2 (สระบุรี)
กรมทางหลวงชนบท

ทะเบียนรับที่ สพ. 256018307
สรุปผลวันที่ - 4 ก.ค. 2556
เจ้าหน้าที่ทดสอบ (นายชาตรี พิชาลัย) นายช่างโยธาชำนาญงาน

ใบแจ้งสรุปผลการออกแบบผิวทาง Asphaltic Concrete

โครงการ ซ่อมสร้างผิวทาง AC.(โดยวิธี Pavement In - Place Recycling)
สายที่ สาย สบ.4020 แยก ทล.3017 - บ.ดงมะเกลือ อ.วังม่วง จ.สระบุรี
ระยะทาง 2.240 กม.
ผู้รับจ้าง บริษัท ธรีลสิน จำกัด

เจ้าหน้าที่วิเคราะห์ฯ (นายสาธิต อุปพงษ์) นายช่างโยธาปฏิบัติงาน
ผอ.ส่วนตรวจสอบฯ (นายเชิดนันท์ รักษ์) ผอ.สพว.

คุณสมบัติและชนิดวัสดุ

ก. วัสดุ หิน 1. หินฝุ่น 2. หิน 3/4" แหล่งวัสดุ โรงโม่หินบลหลิยาลิศรัส จ.สระบุรี
3. หิน 3/8" 4. หิน 1/2" แหล่งวัสดุ โรงโม่หินบลหลิยาลิศรัส จ.สระบุรี

ข. ขนาดคละ Gradation			ผลการตรวจสอบ % Passing				มวลรวม	หินผสมรวม	เกณฑ์กำหนด
ตะแกรง	เกณฑ์กำหนด		Bin # 1	Bin # 2	Bin # 3	Bin # 4	# 2 : # 3 : # 4	# 1 : # 2 : # 3 : # 4 :	เฉพาะที่ใช้ในการออกแบบ ความคงตัว
No.	40-70	25-35	หินฝุ่น	หิน 3/8"	หิน 1/2"	หิน 3/4"			
1"	100	100	100.00	100.00	100.00	100.00		100.00	100
3/4"	100	100	100.00	100.00	100.00	100.00		100.00	100
1/2"	80-100	100	100.00	100.00	98.26	32.47		91.58	80 - 100
3/8"	-	90-100	100.00	100.00	49.70	2.61		79.26	-
# 4	44-74	55-85	97.83	22.48	0.33	0.44		49.75	44 - 74
# 8	28-58	32-67	91.51	1.80	0.33	0.41		41.74	28 - 58
# 30	-	-	49.60	0.00	0.00	0.00		22.32	-
# 50	5-21	7-23	33.92	0.00	0.00	0.00		15.26	5 - 21
# 100	-	-	24.21	0.00	0.00	0.00		10.89	-
# 200	2-10	2-10	19.32	0.00	0.00	0.00		8.69	2 - 10
2. Percentage of wear	< 40 %		24%	19%	20%	19%			
3. ยางเหลือผิว	< 95 %		-	-	-	-			
4. Soundness Test	< 9 %		-	-	-	-			
5. Flakiness Index	< 30 %		-	26%	22%	22%			
6. Elongation Index	< 30 %		-	-	-	-			
7. Specific Gravity	ค้างตะ#200	ค้าง # 200							
Bulk (oven dry)	-	2.695	2.646	2.676	2.685			2.677	
Bulk (SSD)	-	2.702	2.673	2.690	2.696				
Apparent	2.677	2.714	2.721	2.714	2.714				

ค. วัสดุ แอสฟัลท์ ซีเมนต์ ชนิด AC 60 - 70

ผลการออกแบบอัตราส่วนผสม(โดยน้ำหนัก)

มวลรวม ประกอบด้วย				Asphalt Cement			
Bin # 1 หินฝุ่น	Bin # 2 หิน 3/8"	Bin # 3 หิน 1/2"	Bin # 4 หิน 3/4"	% AC โดยน้ำหนัก ของมวลรวม	% AC โดยน้ำหนัก ของส่วนผสม	% AC ประสิทธิผล	%Absorption by Wt. of Agg.
45	25	18	12	5.1	4.8	4.6	0.24

ข้อสรุปวิเคราะห์

การออกแบบทำโดยวิธี Marshall Test 75 Blows

ได้ค่าคุณภาพของ Asphaltic Concrete คือ

- Marshall Density = 2.388 gm./cc.
- Marshall Stability = 1,130 kg.
- Flow = 12.2 - Air Void = 4.0
- V. F. B. = 74.0 - V. M. A. = 15.8

รับรองผลเฉพาะตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น

ส่วนตรวจสอบและวิเคราะห์ งาน ผิวทาง ทะเบียนทดสอบเลขที่ สพ.256012307

สำนักทางหลวงชนบทที่ 2 (สระบุรี) ประเภท แอสฟัลท์คอนกรีต สรุปผลวันที่ 4 ก.พ. 2556

De - sign	% AC Spec. No.	% AC Spec. No.		Spec . Hgt . Cm .	Weight - gram			Bulk Vol. cc.	Density		Volume - % Total			Void - %			Unit Wgt. gm./cc.	Stability - kg.			Flow
					in Air	Sat . Dry	in Water		Bulk	Max. Theo.	AC.	Agg.	Void	Agg (V.M.A.)	Filled (V.F.B.)	Total		Meas.		Adjust	
	A	b	b 1	c	d	d 1	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p		q	r
% AC	% AC by Wgt. of Agg.	% AC. by Wgt. of Mixed	%Eff.AC. by Wgt. of Mixed					d1 - e	d / f		b1 .g Gac	(100-b)*g Gag.	100-i-j	100-j	i / l*100	100 - 100g h	g	Prov. Read.	force kg.	*	Dial	Flow 0.01"
4.0	4.2	4.0	3.8	5.90	1,188.6	1,190.6	674.1	516.5	2.301									63.2	934.5	934.5	7.5	7.5
				5.89	1,185.6	1,187.3	671.3	516.0	2.298									62.1	918.2	918.2	8	8.0
				5.88	1,186.3	1,188.2	670.2	518.0	2.290									62.2	919.7	919.7	7	7.0
									2.296		8.494	82.36	9.14	17.64	48.16	6.35	2.296			924.1		7.5
4.5	4.7	4.5	4.3	5.81	1,178.4	1,180.0	677.2	502.8	2.344									71.5	1,057.2	1,057.2	8.5	8.5
				5.82	1,179.2	1,181.0	678.2	502.8	2.345									71.8	1,061.6	1,061.6	9	9.0
				5.90	1,175.5	1,177.2	681.5	495.7	2.371									71.5	1,057.2	1,057.2	9	9.0
									2.353		9.861	83.97	6.17	16.03	61.52	4.02	2.353			1,058.7		8.8
5.0	5.3	5.0	4.8	5.84	1,185.6	1,187.0	690.3	496.7	2.387									75	1,109.0	1,109.0	11.5	11.5
				5.86	1,182.3	1,183.8	687.4	496.4	2.382									74.5	1,101.6	1,101.6	11.5	11.5
				5.84	1,187.8	1,189.9	692.5	497.4	2.388									75	1,109.0	1,109.0	12	12.0
									2.386		11.17	84.67	4.16	15.33	72.86	2.71	2.386			1,106.5		11.7
5.5	5.8	5.5	5.3	5.83	1,178.3	1,179.9	687.0	492.9	2.391									75.7	1,119.3	1,119.3	15	15.0
				5.81	1,186.3	1,187.9	685.5	502.4	2.361									76	1,123.7	1,123.7	14	14.0
				5.88	1,180.0	1,181.5	686.7	494.8	2.385									77	1,138.5	1,138.5	14	14.0
									2.379		12.31	83.99	3.70	16.01	76.86	2.98	2.379			1,127.2		14.3
6.0	6.4	6.0	5.8	5.84	1,166.3	1,168.2	666.1	502.1	2.323									68.3	1,009.9	1,009.9	16	16.0
				5.86	1,166.1	1,167.3	670.5	496.8	2.347									68	1,005.4	1,005.4	16	16.0
				5.85	1,166.3	1,167.2	668.3	498.9	2.338									68	1,005.4	1,005.4	15	15.0
									2.336		13.23	82.04	4.73	17.96	73.66	4.73	2.336			1,006.9		15.7
										2.452												

รับรองผลเฉพาะตัวอย่างที่นำมาทดสอบเท่านั้น

หมายเหตุ	โครงการ	ซ่อมสร้างผิวทาง AC.(โดยวิธี Pavement In - Place Recycling)	วัสดุ	Asphalt AC 60 - 70
	สถานที่	สาย สบ.4020 แยก ทล.3017 - บ.ดงมะเกลือ อ.วังม่วง จ.สระบุรี		Gac. = 1.02
	ผู้แจ้งทดสอบ	บริษัท อริยสิน จำกัด		

เจ้าหน้าที่ทดสอบ เจ้าหน้าที่วิเคราะห์ฯ ตรวจสอบ

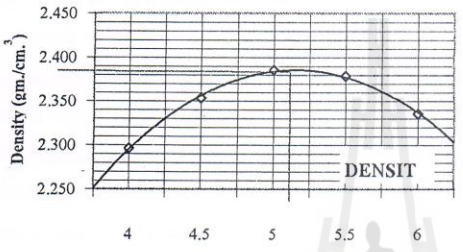
ส่วนตรวจสอบและวิเคราะห์
สำนักทางหลวงชนบทที่ 2 (สระบุรี)
กรมทางหลวงชนบท

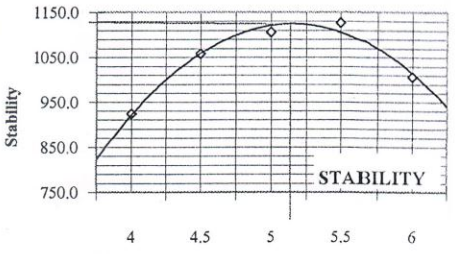
ทะเบียนเลขที่ สบ.25601230?
สรุปผลวันที่ - 4 ก.พ. 2556
เจ้าหน้าที่ทดสอบ
เจ้าหน้าที่วิเคราะห์ฯ
เจ้าหน้าที่ตรวจสอบ

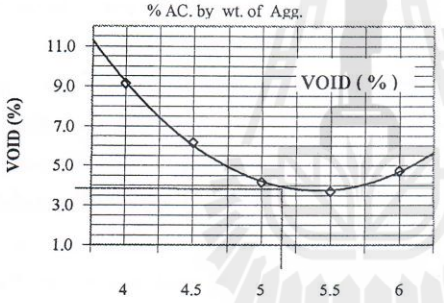
ใบแจ้งผลการทดสอบ

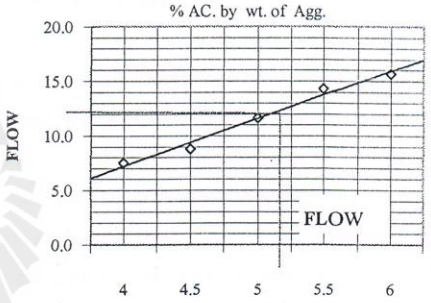
งาน ผิวทาง Asphaltic Concrete

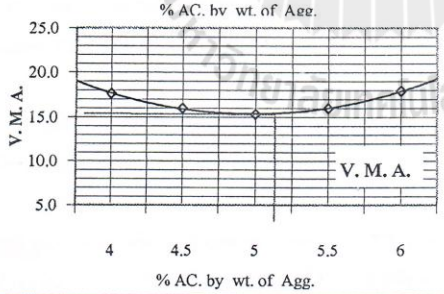
โครงการ ซ่อมสร้างผิวทาง AC.(โดยวิธี Pavement In - Place Recycling)
& สถานที่ สาย สบ.4020 แยก ทล.3017 - บ.คงมะเกลือ อ.วังม่วง จ.สระบุรี

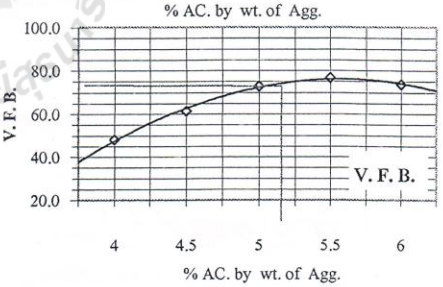












ข้อสรุปวิเคราะห์				
	- Marshall Density	=	2.388	gm./cc.
	- Marshall Stability	=	1,130	kg.
	- Flow (0.01")	=	12.2	
	- Air Voids	=	4.0	%
	- V. F. B.	=	74.0	%
	- V. M. A.	=	15.8	%

รับรองผลเฉพาะตัวอย่าง
ที่นำมาทดสอบเท่านั้น

ประวัติผู้เขียน

นายจตุรงค์ เจริญผล เกิดวันที่ 14 มกราคม 2508 ที่ตำบลแก่งคอย อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นที่โรงเรียนแก่งคอย อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) แผนกวิชาช่างก่อสร้างที่วิทยาลัยเทคนิคสระบุรี และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี ปี พ.ศ. 2547 คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาวิศวกรรมโยธา จากมหาวิทยาลัยเวสเทิร์น และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท ปี พ.ศ. 2552 คณะสังคมศาสตร์ หลักสูตรรัฐประศาสนศาสตรมหาบัณฑิต สาขารัฐประศาสนศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี และในปี พ.ศ. 2554 ได้ศึกษาต่อในระดับปริญญาโท หลักสูตรการบริหารงานก่อสร้างและสาธารณูปโภค สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และปัจจุบันรับราชการตำแหน่ง นักบริหารงานช่าง ปฏิบัติหน้าที่ ผู้อำนวยการกองช่าง สำนักงานเทศบาลตำบลคำพราน อำเภอวังม่วง จังหวัดสระบุรี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี