กรมทางหลวง
กระทรวงคมนาคม

รายงานการทำแปลงทดลอง Pavement Recycling



บริษัท พีทีอี เอ็นจิเนียริ่ง คอนซัลแตนท์ จำกัด

บริษัท ไทย เอ็มเอ็ม จำกัด

มิถุนายน 2552

โครงการศึกษาการออกแบบส่วนผสมและเก็บข้อมูลแปลงทดลองถนนที่ก่อสร้าง
และบูรณะทางโดยวิธี Pavement Recycling

รายงานการทำแปลงทดลอง Pavement Recycling

สารบัญ

หน้า

1. บทนำ 1
2. วัตถุประสงค์ 1
3. โครงการก่อสร้าง (Project Summary) 2
4. รูปแบบงานก่อสร้างตามสัญญา 3
5. การกำหนดแนวขุดตัดและก่อสร้างรอยต่อในสนาม 7
6. รายงานก่อนการก่อสร้างแปลงทดลอง (Test Section) 8
7. การก่อสร้างแปลงทดลอง (Test Section) 9
8. การอนุมัติให้ผู้รับจ้างสามารถใช้เครื่องจักร Pavement Recycling ที่เสนอไปใช้งานได้ 12
9. ภาพถ่ายในโครงการ 13
10. เอกสารอ้างอิง 16
11. คำอธิบายการจัดทำรายงานการทำแปลงทดลอง Pavement Recycling 17

ภาคผนวก : ก. Mix Design for Pavement In-Place Recycling

ข. แนวขุดตัดและรอยต่อตามขวางและตามยาวในสนาม

ค. ตัวอย่างการคำนวณปริมาณสารผสมเพิ่ม (ซีเมนต์) และปริมาณน้ำ (Water Addition)

ง. ผลการทดสอบในห้องทดลองโดยเก็บตัวอย่างวัสดุ Pavement Recycled จากสนาม

จ. ข้อแนะนำในการกำหนดแนวขุดตัดและก่อสร้างรอยต่อตามขวางและตามยาว

รายงานการทำแปลงทดลอง Pavement Recycling

1. บทนำ

การหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้งานใหม่ (Pavement Recycling) หมายถึง การนำวัสดุจากชั้นทางเดิมมาปรับปรุงคุณภาพแล้วนำไปใช้งานใหม่ โดยให้มีคุณภาพตามรูปแบบและข้อกำหนด ในการนี้อาจจะเพิ่มเติมวัสดุผสมเพิ่มเพื่อปรับปรุงขนาดคละและเพิ่มปริมาณ เช่น หิน ทราย Soil Aggregate ฯลฯ และวัสดุผสมเพิ่มเพื่อปรับปรุงคุณภาพ (Stabilizing Agents) เช่น ปูนซีเมนต์ ปูนขาว แอสฟัลท์ และสารผสมเพิ่ม (Admixture) อื่นใด

ทั้งนี้ในการปรับปรุง อาจจะกระทำได้ทั้งในที่ (In-Place) หรือที่โรงงาน (Central plant) หรือทั้งในที่และที่โรงงาน ขึ้นอยู่กับการกำหนดไว้ในรูปแบบ โดยจะต้องก่อสร้างให้ถูกต้องตามขั้นตอนและปิดทับด้วยผิวทางใหม่ การปรับปรุงชั้นทาง อาจจะทำการปรับปรุงเพียงชั้นเดียวหรือหลายชั้นก็ได้

2. วัตถุประสงค์

เพื่อให้การก่อสร้างโดยการหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้งานใหม่ (Pavement Recycling) เป็นไปตามข้อกำหนดตามที่ระบุไว้ในมาตรฐานที่ ทล.-ม 213/2543 โดยเฉพาะในส่วนที่ผู้รับจ้างจะต้องดำเนินการก่อสร้างแปลงทดสอบหรือแปลงทดลองในสนาม กรมทางหลวงจึงได้จัดทำรายงานการทำแปลงทดลอง Pavement Recycling ฉบับนี้ขึ้นมา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้นายช่างผู้ควบคุมงานและผู้ที่เกี่ยวข้องสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติ เพื่อให้เกิดเป็นมาตรฐานและสามารถใช้เป็นข้อมูลจริงในสนาม (As-Built) ในการก่อสร้างโดยการหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้งานใหม่ (Pavement Recycling) ของสัญญาจ้างแต่ละโครงการได้

3. **โครงการก่อสร้าง** (Project Summary)

(1) สัญญาเลขที่ : .....

(2) หน่วยงาน : .....

(3) ชื่อผู้มีอำนาจอนุมัติ : .....

(4) จ้างเหมาหรือซื้อโดยวิธี : .....

(5) ลักษณะงาน : .....

(6) รวมค่างาน : .....

เงินล่วงหน้า : .....

(7) เงินประกันสัญญา : .....

(8) เงินค่าประกันผลงาน : .....

(9) ระยะเวลาการก่อสร้าง : .....

วันเริ่มต้นสัญญา : .....

กำหนดวันแล้วเสร็จ : .....

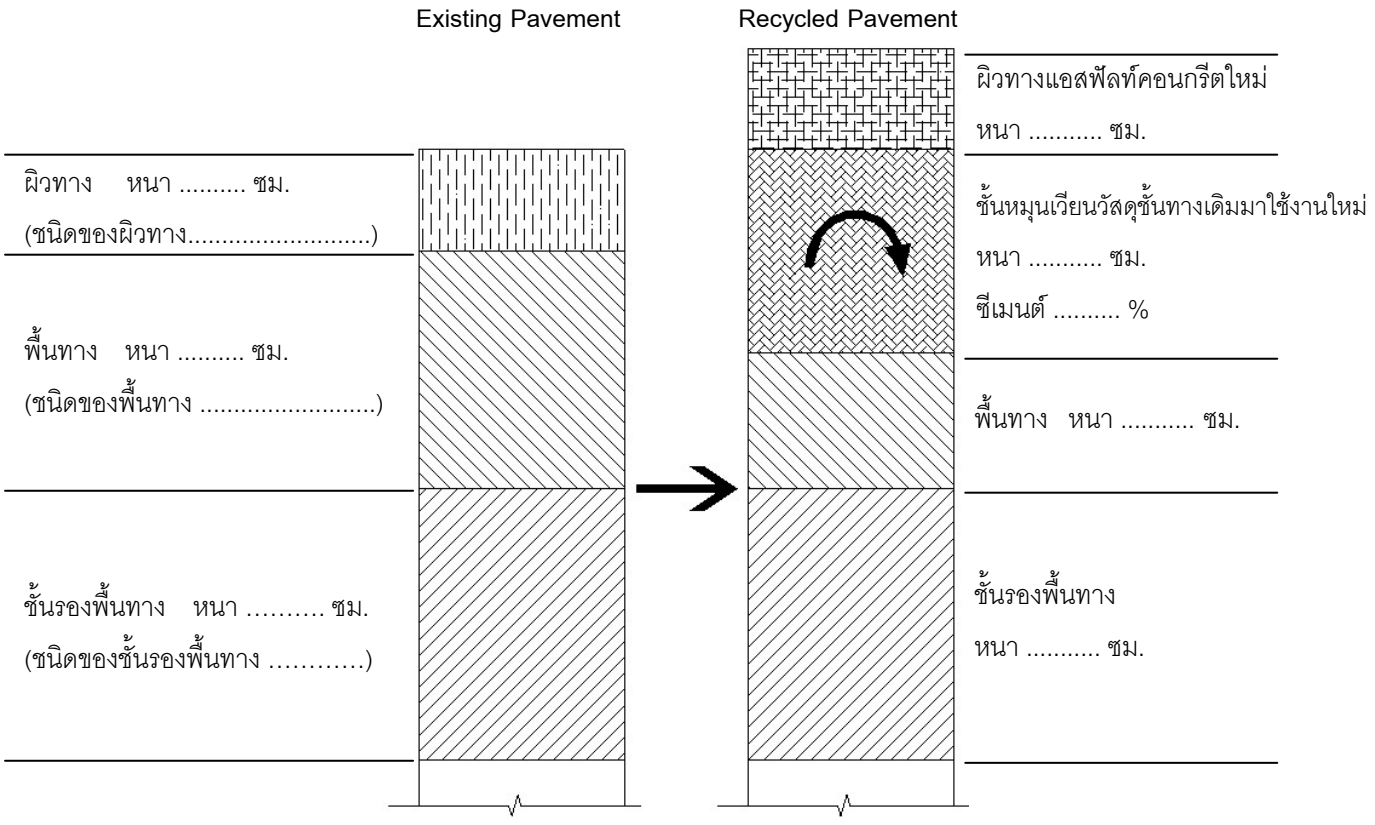
4. รูปแบบงานก่อสร้างตามสัญญา

<u>การหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้งานใหม่ (Pavement In-Place Recycling)</u>

<u>(Cold In-Place Reclamation หรือ Full Depth Reclamation)</u>

☐ **รูปแบบที่** 1 กำหนดให้ใช้ผิวถนนเดิมทั้งหมด

1)	ใช้ผิวทาง	หนา	..... เซนติเมตร
2)	ใช้พื้นทาง	หนา	..... เซนติเมตร
	ผสมเป็น Recycled Base Course (หลังบดทับ)	หนา	..... เซนติเมตร
	โดยใช้สารผสมเพิ่มปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ ประเภท 1	ร้อยละ	.....
	ใช้น้ำ	ร้อยละ	.....



รายงานโดย : ..... **วันที่**

( )

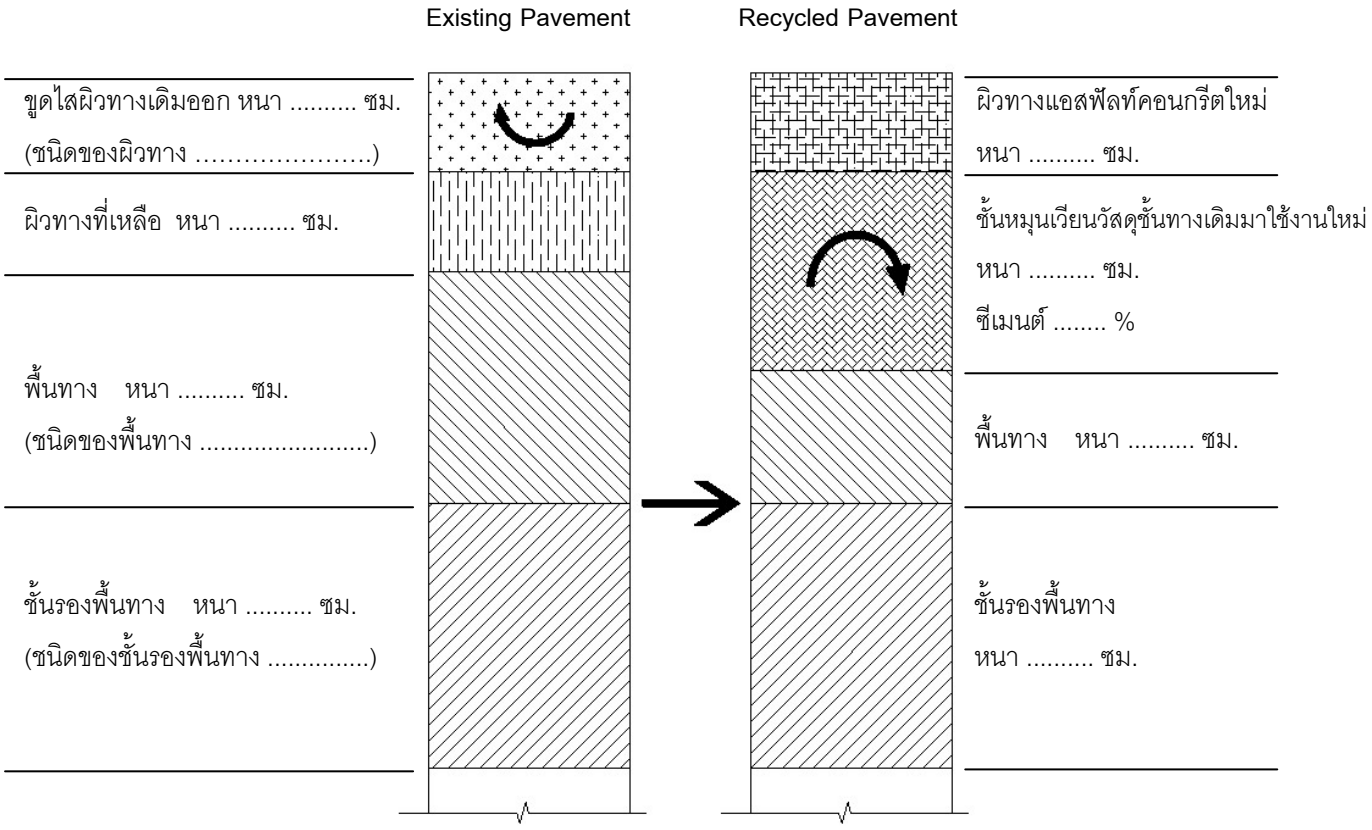
ตรวจสอบโดย : ..... **วันที่**

( )

☐ **รูปแบบที่** 2 กำหนดให้ขูดไสผิวถนนเดิมออก

1) โดยการขูดไสผิวบนของถนนออก หนา ..... เซนติเมตร
2) ใช้ผิวทางที่เหลือ หนา ..... เซนติเมตร
3) ใช้พื้นทาง หนา . ..... เซนติเมตร

ผสมเป็น Recycled Base Course (หลังบดทับ) หนา ..... เซนติเมตร
โดยใช้สารผสมเพิ่มปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ ประเภท 1 ร้อยละ .....
ใช้น้ำ ร้อยละ .....

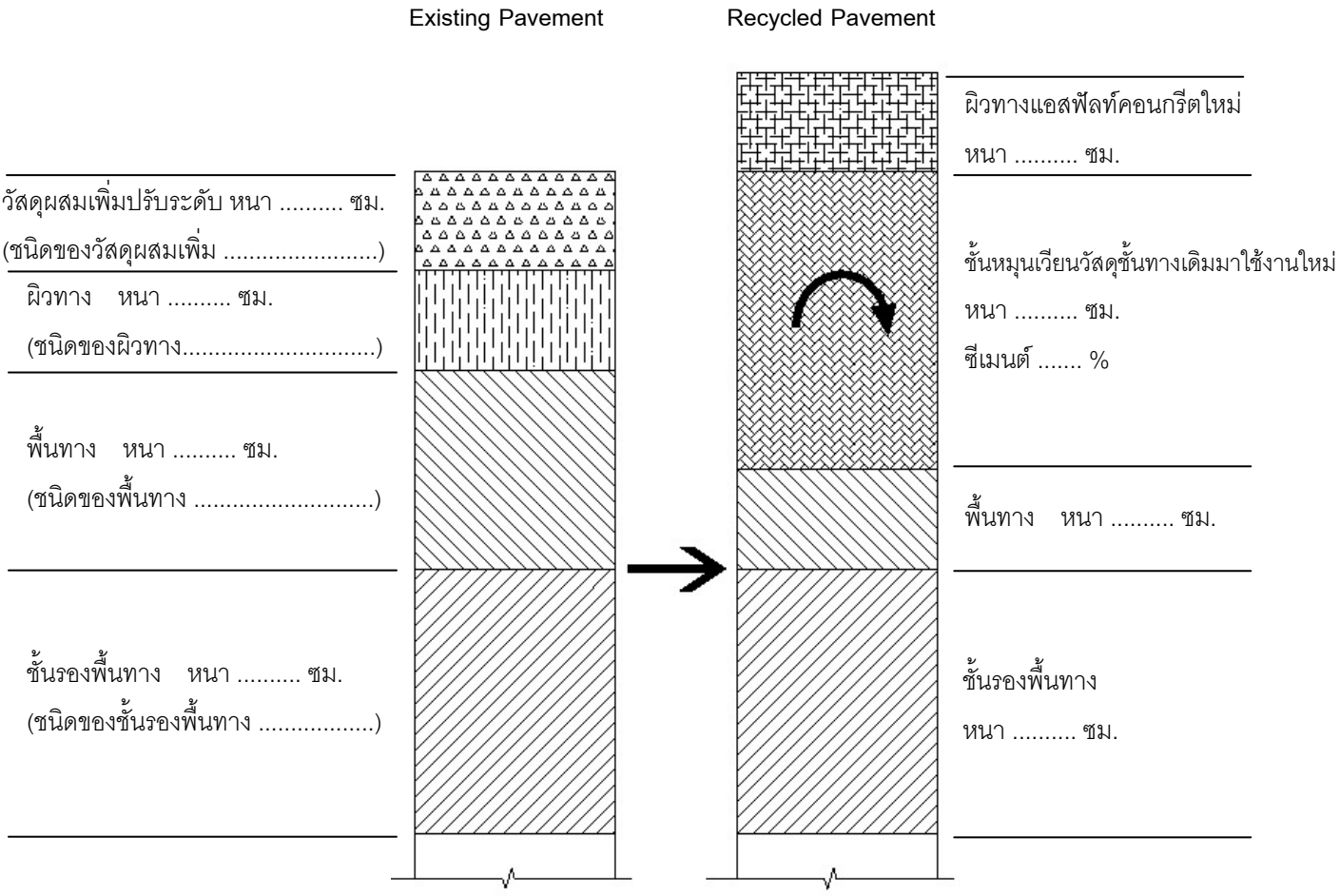


รายงานโดย : ..... **วันที่** .....
( )

ตรวจสอบโดย : ..... **วันที่** .....
( )

☐ **รูปแบบที่** 3 กำหนดให้ปรับระดับผิวทางเดิมโดยใช้วัสดุผสมเพิ่มเพื่อปรับปรุงขนาดคละ และเพิ่มปริมาณ

1)	ปรับระดับผิวทางเดิมโดยใช้วัสดุผสมเพิ่ม	หนา	..... เซนติเมตร
2)	ใช้ผิวทาง	หนา	..... เซนติเมตร
3)	ใช้พื้นทาง	หนา	..... เซนติเมตร
	ผสมเป็น Recycled Base Course (หลังบดทับ)	หนา	..... เซนติเมตร
	โดยใช้สารผสมเพิ่มปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ ประเภท 1	ร้อยละ	.....
	ใช้น้ำ	ร้อยละ	.....



รายงานโดย : ..... **วันที่** .....
( )

ตรวจสอบโดย : ..... **วันที่** .....
( )

☐ **รูปแบบที่** 4

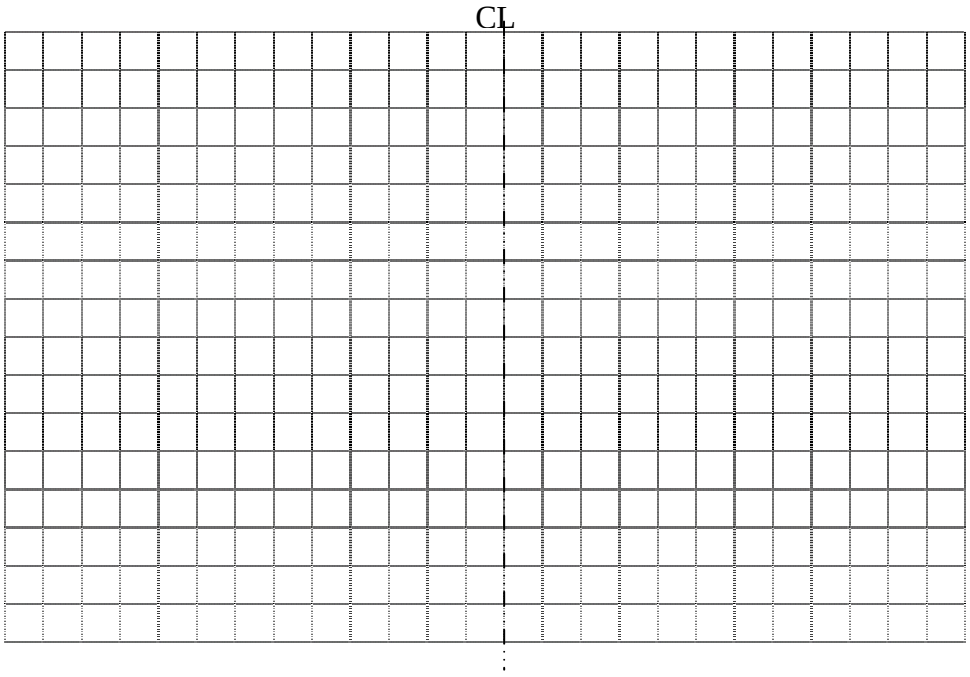
(ไม่ได้แสดงไว้ในรูปแบบที่ 1, 2 และ 3 ดังนั้นให้ผู้ควบคุมงานแสดงรูปแบบที่ระบุตามสัญญา)

รายงานโดย : ..... **วันที่** .....
( )

ตรวจสอบโดย : ..... **วันที่** .....
( )

5. การกำหนดแนวขุดตัดและก่อสร้างรอยต่อในสนาม

(ดูตัวอย่างการกำหนดแนวขุดตัด, ข้อแนะนำการบดทับ Pavement Recycling, ข้อแนะนำการเก็บตัวอย่างในภาคผนวก จ.)



ความกว้างของผิวจราจร (Surfaced Width of Road)	=	..... เมตร
ความกว้างของเครื่องขุดตัด (Width of Recycling Drum)	=	..... เมตร
ความกว้างของรอยต่อแนวเหลื่อมทับ (Min. Overlap Width)	=	..... เมตร
จำนวนแนวขุดตัด (No. of Cut)	=	..... แนว

<u>ความเห็นของผู้ตรวจสอบ</u>

.....

.....

.....

.....

6. รายงานก่อนการก่อสร้างแปลงทดลอง (Test Section)

ก่อนการก่อสร้างแปลงทดลองให้ทำการตรวจสอบ (Check List) โดยให้ทำเครื่องหมาย ✓ ในช่อง ☐

6.1 การตรวจสอบก่อนการก่อสร้างแปลงทดลอง

1) ☐ ได้มีการประชุมร่วมกัน ระหว่าง ตัวแทนผู้ว่าจ้าง, ตัวแทนผู้รับจ้าง ผู้ขนส่งวัสดุ และผู้ที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างแล้ว
2) ☐ ทุกฝ่ายได้รับแจ้งผลการออกแบบส่วนผสมและผู้รับจ้างจะนำไปใช้ทำงานในสนามในแปลงทดลองแล้ว
3) ☐ ทุกฝ่ายได้ให้ความเห็นชอบในการกำหนดแนวขุดตัด และการก่อสร้างรอยต่อในสนามแล้ว
4) ☐ ทุกฝ่ายได้ร่วมกันกำหนดตำแหน่งและขนาดของพื้นที่แปลงทดลองแล้ว
5) ☐ ทุกฝ่ายได้ร่วมกันกำหนดพื้นที่ที่จำเป็นต้องเสริมวัสดุชั้นพื้นทางก่อนทำการก่อสร้างแปลงทดลองแล้ว
6) ☐ โครงสร้างชั้นทางบริเวณที่เกิดความเสียหายได้รับการซ่อมแซมแก้ไขแล้ว
7) ☐ ผู้รับจ้างได้ทำการติดตั้งป้ายจราจร เพื่อควบคุมการจราจรครบถ้วนเป็นไปตามมาตรฐานการติดตั้งป้ายจราจรในระหว่างการก่อสร้างแล้ว
8) ☐ ผู้รับจ้างได้จัดให้มีเจ้าหน้าที่ปิดกั้นและเปิดการจราจร (Flagger) เพื่อให้ปฏิบัติงานตามความเหมาะสมแล้ว

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6.2 การตรวจสอบเครื่องจักร Pavement Recycling

(ตามรายงานการตรวจสอบเครื่องจักร Pavement Recycling) ก่อนการก่อสร้างแปลงทดลอง

9) ☐ ผู้ควบคุมงานได้ดำเนินการตรวจสอบเครื่องจักรของผู้รับจ้างที่จะนำมาใช้งานครบถ้วนแล้ว (โดยใช้รายงานการตรวจสอบเครื่องจักร Pavement Recycling)

10) ☐ ทุกฝ่ายได้ร่วมกันสอบเทียบเครื่องจักร (Calibration) Pavement Recycling แล้ว

11) ☐ ทุกฝ่ายได้ร่วมกันกำหนดอัตราความเร็วในการทำงานของเครื่องจักร Pavement Recycling แล้ว

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

7. การก่อสร้างแปลงทดลอง (Test Section)

วัน / เดือน / ปี ที่ทำการทดลองก่อสร้าง.....

7.1 ตำแหน่งและขนาดของพื้นที่แปลงทดลอง

(แสดงไว้ในข้อ 5 และภาคผนวก ค.)

ความยาวของแปลงทดลอง จาก กม.……ถึง กม.…….....ความยาว =……เมตร

ความกว้างของแปลงทดลอง = ...เมตร (ไม่น้อยกว่า 1 ช่องจราจร)

.....

.....

.....

.....

.....

7.2 การตรวจสอบในระหว่างการก่อสร้างแปลงทดลอง

7.2.1 การขุดตัด ย่อยขนาด และผสม (Milling Crushing and Mixing)

- ☐ ความเร็วของเครื่องจักร (Recycler) ในขณะทำงาน มีความสม่ำเสมอเป็นไปตามที่กำหนดไว้
- ☐ ความลึกและความกว้างของส่วนผสมเป็นไปตามข้อกำหนด
- ☐ ความกว้างของรอยต่อแนวเหลื่อมทับเป็นไปตามข้อกำหนด
- ☐ ขนาดใหญ่สุดของวัสดุที่ได้จากการขุดตัด และย่อยขนาด ไม่ใหญ่เกินกว่าข้อกำหนด
- ☐ ห้องผสมต้องไม่มีวัสดุเหลือค้างเมื่อเครื่องจักรหยุดทำงาน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

7.2.2 วัสดุผสมเพิ่มเพื่อปรับปรุงคุณภาพและการผสม (ปูนซีเมนต์และน้ำ)

- ☐ อัตราการผสมวัสดุผสมเพิ่ม ได้แก่ ปูนซีเมนต์ และน้ำ เป็นไปตามข้อกำหนดการออกแบบส่วนผสม
- ☐ การผสมมีความสม่ำเสมอเป็นเนื้อเดียวกันเมื่อตรวจสอบด้วยสายตา เมื่อส่วนผสมออกจากเครื่องปู

.....

.....

.....

.....

.....

7.2.3 เครื่องปูวัสดุ (Paver)

- ☐ เครื่องปูวัสดุต้องปูวัสดุได้ระดับตามลาดคันทาง และลาดหลังทาง ตามแบบที่กำหนด
- ☐ การก่อสร้างรอยต่อตามยาว และตามขวาง ต้องเป็นไปตามข้อกำหนด
- ☐ การไหลของวัสดุส่วนผสมเข้าสู่ที่กักเก็บของเครื่องปูต้องเหมาะสม ไม่มากเกินไปจนล้นออก และไม่น้อยเกินไปจนมองเห็นพื้นล่างของเครื่องปู

……

……

……

……

……

7.2.4 ขบวนการบดทับ (Rolling Procedure) (ดูข้อแนะนำการบดทับในภาคผนวก จ.)

- ☐ ระยะห่างระหว่างรถบดและเครื่องปูวัสดุต้องเหมาะสม
- ☐ หารูปแบบการบดทับเมื่อเริ่มการทำงาน เพื่อหาจำนวนเที่ยวของรถบดแต่ละประเภทให้ได้ความแน่นตามข้อกำหนด
- ☐ เครื่องจักรบดทับไม่ควรใช้ความเร็วเกิน 10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือ 3 เมตรต่อวินาที
- ☐ ต้องระมัดระวังไม่ให้เกิดความเสียหายเนื่องจาก Over Compaction
- ☐ ประสานงานทุกวันกับผู้ปฏิบัติงานบดทับ เพื่อพัฒนาและทบทวนรูปแบบการบดทับ
- ☐ ต้องมีการตรวจสอบความแน่นเป็นประจำ และผลที่ได้ต้องเป็นไปตามข้อ กำหนด
- ☐ การเริ่ม การหยุดและการกลับรถเครื่องจักรบดทับ ต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ
- ☐ กระบวนการบดทับต้องแล้วเสร็จตามเวลาที่กำหนด
- ☐ น้ำที่พ่นบริเวณล้อรถบดเพื่อป้องกันวัสดุติดล้อ ควรพ่นปริมาณเล็กน้อย

……

……

……

……

……

……

……

……

7.2.5 การเปิดการจราจร (Opening Traffic) (ดูข้อแนะนำการเปิดการจราจรในภาคผนวก จ.)

☐ การก่อสร้างแล้วเสร็จถูกต้องตามมาตรฐาน เช่น ความแน่น และบ่มได้อายุตามข้อกำหนด

☐ เครื่องหมายจราจรชั่วคราว (ในกรณีแบบก่อสร้างกำหนด) ต้องแล้วเสร็จ

……

……

……

……

……

7.2.6 การเก็บตัวอย่างวัสดุพื้นทาง Recycled (ดูข้อแนะนำการเก็บตัวอย่างและการทดสอบในห้องทดลอง ในภาคผนวก จ.)

ในระหว่างการก่อสร้างแปลงทดลอง ผู้ควบคุมงานจะต้องทำการเก็บตัวอย่างเพื่อนำไปทดสอบหาค่า Unconfined Compressive Strength ในห้องทดลอง และทำการทดสอบหาความแน่นของวัสดุพื้นทาง Recycled ในสนามภายหลังการบดทับ

ตามข้อกำหนด ผลการทดสอบในห้องทดลองและในสนาม ให้ผู้ควบคุมงานรวบรวมไว้ใน ภาคผนวก ง.

……

……

……

……

……

8. การอนุมัติให้ผู้รับจ้างสามารถใช้เครื่องจักร Pavement Recycling ที่เสนอไปใช้งานได้

จากผลการตรวจสอบการทำงานของผู้รับจ้างในแปลงทดลอง และผลการทดลองวัสดุพื้นทาง Recycled ในห้องทดลองและในสนาม ผู้ควบคุมงานมีความเห็นดังนี้

☐ อนุมัติให้ผู้รับจ้างใช้เครื่องจักร (Recyclers) ตามที่เสนอ

☐ ไม่อนุมัติ เนื่องจาก……

……

……

9. ภาพถ่ายในโครงการ

ภาพถ่ายแสดงการทำงานของเครื่องจักร Recyclers ในขณะทำงานโครงการนี้

ภาพถ่ายแสดงสภาพพื้นทาง (Recycled Base) ก่อนการก่อสร้างผิวทาง

ภาพถ่ายผิวทางภายหลังจากเปิดการจราจรไม่น้อยกว่า 28 วัน

10. เอกสารอ้างอิง

1. กรมทางหลวง ; มาตรฐานงานทางที่ ทล.-ม.213/2543 “มาตรฐานการหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้งานใหม่ (Pavement Recycling)”
2. กรมทางหลวง ; มาตรฐานงานทางที่ ทล.-ม.204/2533 “มาตรฐานพื้นทางดินซีเมนต์ (Soil Cement Base)”
3. กรมทางหลวง ; หลักเกณฑ์และวิธีการคัดเลือกผู้ที่มีคุณสมบัติเบื้องต้นในการจ้างเพื่อขอจดทะเบียนเป็นผู้รับเหมา งานบำรุงทางของกรมทางหลวง
4. WIRTGEN Cold Recycling Manual 2nd edition , WIRTGEN Group. Germany, 2004.
5. Federal Highway Administration : U.S.Department of Transportation ; Cold In – Place Asphalt Recycling Application Checklist
6. Federal Highway Administration : U.S.Department of Transportation ; CHAPTER 16 Full depth Reclamation (Construction Methods and Equipment)
7. Field Performance and Design Recommendations for Full Depth Recycling in Texas : Tom Scullion Spencer Guthrie and Stephen Sebesta
8. Technical Disciplines Pavement In-Place Recycling, CMI Corporation, Oklahoma City, U.S.A.

11. คำอธิบายการจัดทำรายงานการทำแปลงทดลอง Pavement Recycling

เพื่อช่วยให้ผู้จัดทำรายงานมีความเข้าใจในแบบฟอร์มและสามารถกรอกข้อมูลต่างๆ ในรายงานฉบับนี้ได้อย่างครบถ้วนตามวัตถุประสงค์ การจัดทำรายงานฉบับนี้ จึงมีคำอธิบายดังต่อไปนี้

หัวข้อ 3 โครงการก่อสร้าง (Project Summary)

มีวัตถุประสงค์ให้ผู้ควบคุมงานก่อสร้าง รายงานข้อมูลต่างๆ ที่ระบุไว้ในสัญญาจ้างเหมาให้ครบถ้วน เพื่อให้ผู้บังคับบัญชาหรือกรรมการตรวจการจ้างได้รับข้อมูลและรายละเอียดของโครงการฯ มากที่สุด ทั้งนี้ให้รวมถึงการให้ข้อมูลต่างๆ ที่ระบุไว้ใน ภาคผนวก ก. ด้วย

หัวข้อ 4 รูปแบบงานก่อสร้างตามสัญญา

มีวัตถุประสงค์ให้ผู้ควบคุมงานก่อสร้าง ระบุว่า งานก่อสร้าง Pavement In-Place Recycling ตามสัญญาเป็นรูปแบบใด โดยให้ทำเครื่องหมาย ✓ ในช่อง ☐ เช่น

รูปแบบที่ 1 เป็นการผสมผิวทางเดิมกับพื้นทางเดิม แล้วปูทับด้วยผิวทาง Asphalt Concrete ใหม่ (ทำให้ผิวทางใหม่มีระดับสูงกว่าผิวทางเดิม)

รูปแบบที่ 2 เป็นการขุดใสผิวทางเดิมออกบางส่วน จากนั้นทำการผสมผิวทางเดิมที่เหลืออยู่กับพื้นทางเดิม แล้วปูทับด้วยผิวทาง Asphalt Concrete ใหม่ โดยให้ได้ความหนาเท่ากับผิวทางเดิมที่ขุดใสออก (กรณีนี้ ระดับของผิวทางใหม่จะเท่ากับระดับของผิวทางเดิม)

รูปแบบที่ 3 มีความจำเป็นต้องเพิ่มวัสดุหินคลุกเพื่อปรับปรุงส่วนคละก่อนผสมผิวทางเดิมและวัสดุชั้นพื้นทางเดิม แล้วปูทับด้วยผิวทาง Asphalt Concrete ใหม่ (ทำให้ผิวทางใหม่ มีระดับสูงกว่าผิวทางเดิม)

รูปแบบที่ 4 ให้ผู้ควบคุมงานแสดงรูปตัดของการผสมผิวทางเดิม และวัสดุพื้นทางเดิม ซึ่งแตกต่างจากรูปแบบที่ 1 – 3 ข้างต้น

หัวข้อ 5 การกำหนดแนวขุดตัดและก่อสร้างรอยต่อในสนาม

มีวัตถุประสงค์ให้ผู้ควบคุมงานก่อสร้างแสดงรูปตัดความกว้างของแนวขุดตัดและความกว้างของรอยต่อในสนาม และให้แสดงผัง (Plan) ของแนวขุดตัดไว้ในภาคผนวก ข. (ตัวอย่างการกำหนดแนวขุดตัด และความกว้างของรอยต่อแนวเหลื่อมทับ ได้แสดงไว้ในภาคผนวก จ.)

หัวข้อ 6 รายงานก่อนการก่อสร้างแปลงทดลอง (Test Section)

มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้ควบคุมงานก่อสร้างและผู้เกี่ยวข้องตรวจสอบความพร้อมด้านต่างๆ ก่อนการก่อสร้างแปลงทดลอง สำหรับช่องบรรทัดที่เว้นไว้ มีวัตถุประสงค์ให้ผู้ควบคุมงานบันทึกข้อมูลที่จำเป็น เช่น

1) ได้ประชุมร่วมกันเมื่อใด เวลาใด ที่ไหน?
2) การออกแบบส่วนผสมดำเนินการโดยใคร? หนังสือเลขที่? วันที่?
5) มีการเสริมวัสดุชั้นพื้นทางจาก กม.....ถึง กม.....
6) มีการแก้ไข Soft Spot ที่ กม.....ปริมาณ.....ลบ.ม.
9) ผู้รับจ้างได้นำเครื่องจักร Recycler ยี่ห้อใด ชนิดใด มาทำงาน
10) ผู้ควบคุมงานและผู้เกี่ยวข้องได้ดำเนินการสอบเทียบเครื่องจักรเมื่อใด ผลการสอบเทียบเป็นเช่นใด
11) ทุกฝ่ายได้กำหนดอัตราความเร็วของเครื่องขุดตัดเป็นเท่าใด

หัวข้อ 7 การก่อสร้างแปลงทดลอง

มีวัตถุประสงค์ให้ผู้ควบคุมงาน รายงานวันที่ทำการก่อสร้างแปลงทดลอง ตำแหน่งและขนาดของแปลงทดลอง ตลอดจนผลการดำเนินงานในระหว่างการก่อสร้างแปลงทดลองเป็นเช่นใด โดยให้ทำเครื่องหมาย ✓ ในช่อง ☐ ที่มีการตรวจสอบในระหว่างการก่อสร้างแปลงทดลอง

หัวข้อ 8 การอนุมัติให้ผู้รับจ้างสามารถใช้เครื่องจักร Pavement Recyclers ที่เสนอ ไปใช้งานได้

มีวัตถุประสงค์ให้ผู้ควบคุมงานให้ความเห็นในการอนุมัติหรือไม่อนุมัติให้ผู้รับจ้างสามารถนำเครื่องจักรที่ใช้ในการก่อสร้างแปลงทดลอง ไปใช้ในการก่อสร้างจริงหรือไม่ หรือมีอะไรบ้างที่ผู้รับจ้างควรทำการแก้ไขเปลี่ยนแปลง เพื่อให้การทำงานมีประสิทธิภาพสูงสุด

หัวข้อ 9 ภาพถ่ายในโครงการ

มีวัตถุประสงค์ให้ผู้ควบคุมงานเสนอภาพถ่ายชุดเครื่องจักร Recyclers ทั้งหมดในขณะกำลังทำงานจริงในสนาม ตั้งแต่เริ่มการก่อสร้าง จนแล้วเสร็จการก่อสร้าง พร้อมทั้งอธิบายภาพถ่ายแต่ละภาพกำกับ เพื่อให้ผู้บังคับบัญชาหรือคณะกรรมการตรวจการจ้างรับทราบและเข้าใจ

ภาคผนวก ก.

ทางหลวงหมายเลข ..... ตอน .....

ระหว่าง กม. ..... ถึง กม. .....

(1) การออกแบบหาอัตราส่วนผสมสำหรับการก่อสร้างและบูรณะทางโดยวิธีการหมุนเวียนวัสดุชั้นทางเดิมมาใช้งานใหม่ (Pavement Recycling) ตามสัญญา

(2) รายละเอียดการสอบเทียบ (Calibration) ปริมาณการไหลของปูนซีเมนต์ชนิดผสมในที่

(3) รายละเอียดการสอบเทียบปริมาณการไหลของน้ำ

(4) การหาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบ (RPM.) และอัตราการเดินของเครื่องจักร

(5) รูปตัดตามขวางของถนน (Typical Cross-Section) ตามสัญญา

(6) ปริมาณการจราจรของถนน ตามข้อมูลแขวงการทาง

โครงการฯ สาย.....

Recycling Base Mixture

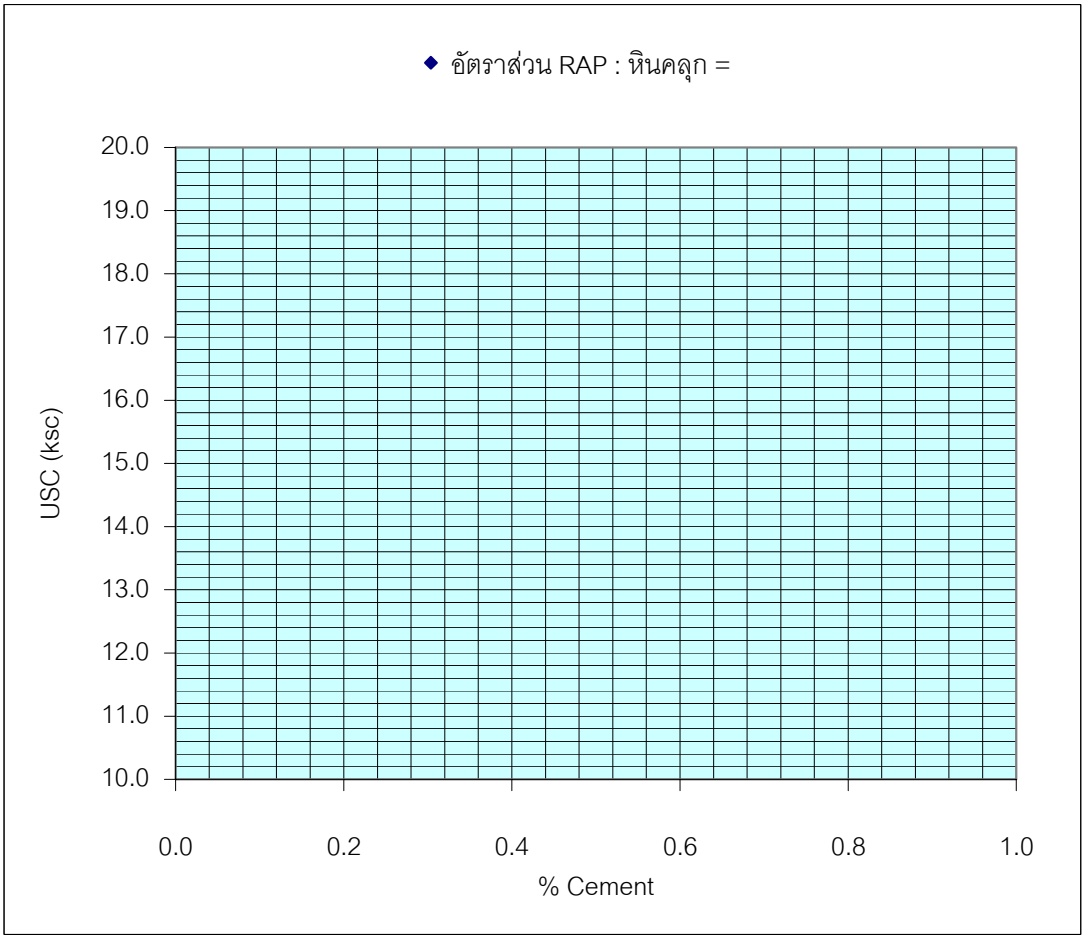
Soil Sample No. _____ Desciption อัตราส่วน RAP : หินคลุก = _____

Source _____

Cement Portland Type 1 Stockpile _____

Test by _____ Date _____

% CEMENT					
UCS (ksc)					



หมายเหตุ _____

สำนักทางหลวงที่ .....

สัญญาที่ .....

ทล. ..... ตอน ..... ระหว่าง กม. ..... ถึง กม. .....

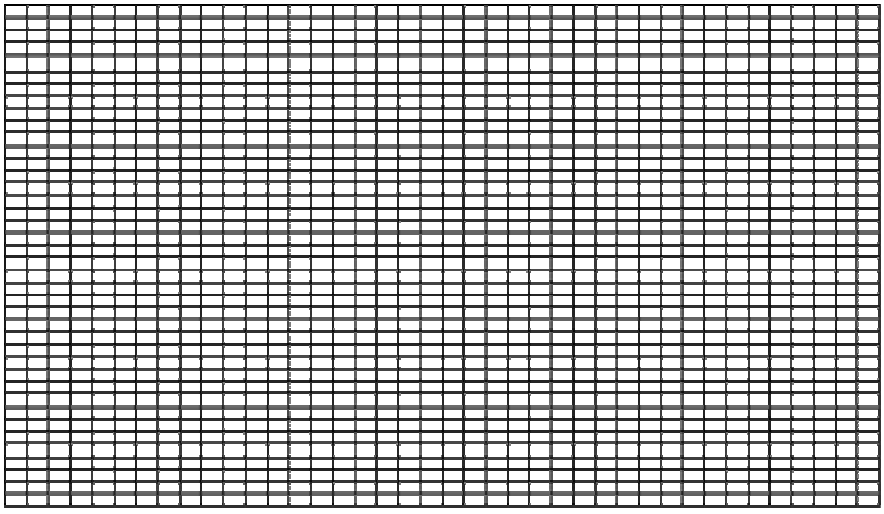
บริษัท .....

ยี่ห้อ ..... รุ่น ..... ผสมกว้าง ..... ม. รถปูนทะเบียน .....

1. รายละเอียดการตรวจสอบปริมาณการไหลของปูนซีเมนต์ชนิดผสมในที่

รอบ (RPM)	เวลา (นาที)	ปริมาณปูนซีเมนต์ (กก.)	หมายเหตุ

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปูนซีเมนต์ (กก.) & รอบ (RPM)



2. รายละเอียดการตรวจสอบปริมาณการไหลของน้ำ

รอบ (RPM)	เวลา (วินาที)	ปริมาณน้ำ (กก.)	หมายเหตุ

3. การหาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบ (RPM) & อัตราการเดินของเครื่องจักร

ความแน่นของวัสดุ ..... ตัน./ลบ.ม. (ความแน่นแห้งวัสดุ AC ..... ซม.+หินคลุก ..... ซม. = ... กรัม/ลบ.ม.

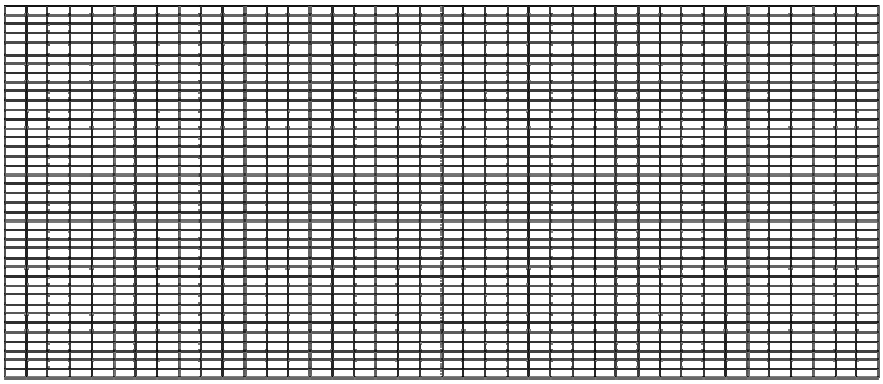
อัตรการใช้ปูนซีเมนต์ ..... % by wt of Agg. (คิดเป็น ..... กก./ตร.ม.)

จากสมการ รอบ (RPM) = ...

อัตราการเดิน (ม./นาที)	พื้นที่ / 1 นาที (ตร.ม.)	ปริมาณปูนซีเมนต์ที่ต้องการ (กก.)	ความเร็วรอบ (รอบ/นาท)

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราการเดินของเครื่องจักร &

ความเร็วรอบการปล่อยปูนซีเมนต์



ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)

อัตราการเดิน (ม./นาที)

ปริมาณการจราจร ..... คัน/วัน

รถบรรทุก 6 ล้อ ขึ้นไป ..... คัน/วัน

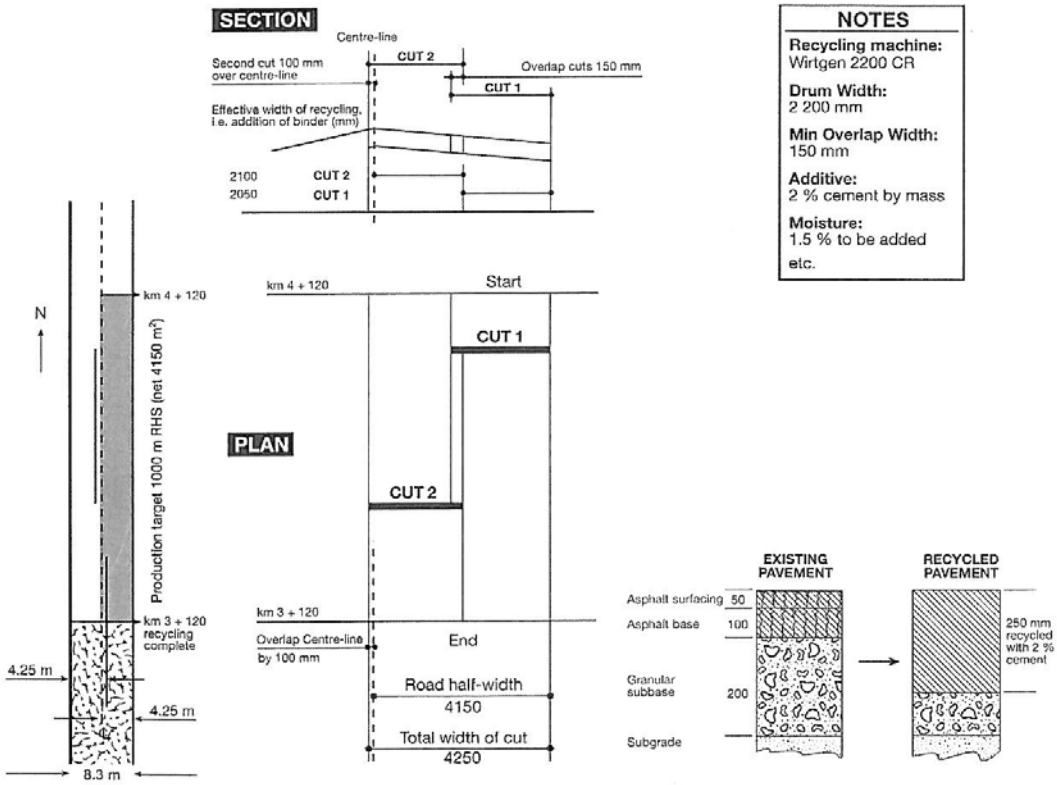
ค่าเฉลี่ยดัชนีความเรียบ . …….

ค่าร่องล้อ ..... มิลลิเมตร

ภาคผนวก ข.

แนวขุดตัดรอยต่อตามขวางและตามยาวในสนาม

ตัวอย่างรูปแบบการก่อสร้าง (แสดงผลงานก่อสร้างประจำวัน)



ภาคผนวก ค.

ตัวอย่างการคำนวณหาปริมาณสารผสมเพิ่ม (ซีเมนต์)
และปริมาณน้ำ (Water Addition)

การคำนวณหาปริมาณสารผสมเพิ่ม (Stabilizing agents)

รายการ	รายละเอียด	สูตร	ปริมาณ	หน่วย
1	ขนาดพื้นที่แปลงทดลองหรือพื้นที่ก่อสร้าง *	ความกว้างของเครื่องขุดตัด x จำนวนครั้งของการขุดตัด x ความยาวของการขุดตัด		ตร.ม.
2	ความหนาของชั้น Recycled			มม.
3	ความหนาแน่นแห้งสูงสุดของวัสดุ Recycled (เมื่อได้รับการบดอัดแล้ว)			กก./ลบ.ม.
4	น้ำหนักวัสดุชั้น Recycled	$\text{รายการ 1} \times \frac{\text{รายการ 2}}{1000} \times \frac{\text{รายการ 3}}{1000}$		ตัน
5	ซีเมนต์ที่ต้องการ ** (สารผสมเพิ่ม – ซีเมนต์)	(จากภาคผนวก ก.)		%
6	น้ำหนักซีเมนต์ที่ต้องการ น้ำหนักซีเมนต์ต่อความกว้างของเครื่องขุดตัด	$\frac{\text{รายการ 4} \times \text{รายการ 5}}{100}$		ตัน
7	น้ำหนักซีเมนต์ต่อพื้นที่	$\frac{\text{รายการ 6} \times 1{,}000}{\text{รายการ 1}}$		กก./ม^2
8	น้ำหนักซีเมนต์ต่อความกว้างของเครื่องขุดตัด	รายการ 7 x ความกว้างของเครื่องขุดตัด		กก./ม.

หมายเหตุ * ดูจากภาคผนวก ข.

** ดูจากภาคผนวก ก.

การคำนวณหาปริมาณน้ำ (Water addition)

รายการ	รายละเอียด	สูตร	ปริมาณ	หน่วย
1	พื้นที่แปลงทดลองหรือพื้นที่ก่อสร้าง	ความกว้างของเครื่องขุดตัด x จำนวนครั้งของการขุดตัด x ความยาวของการขุดตัด		ตร.ม.
2	ความหนาของชั้น Recycled			มม.
3	ความแน่นของวัสดุ Recycled (Dry Density) (เมื่อได้รับการบดทับแล้ว)			กก./ลบ.ม.
4	น้ำหนักวัสดุชั้น Recycled	$\frac{\text{รายการ 1} \times \text{รายการ 2}}{1000} \times \frac{\text{รายการ3}}{1000}$		ตัน
5	ปริมาณน้ำจริงในสนาม	(ประมาณการ)		%
6	ปริมาณน้ำที่ต้องการ (OMC)	(จากภาคผนวก ก.)		%
7	ความต้องการน้ำเพิ่มขึ้น	รายการ 6 – รายการ 5		%
8	ปริมาณน้ำที่ต้องการ	$\frac{\text{รายการ 4} \times \text{รายการ 7}}{100}$		ตัน
9	ปริมาณน้ำต่อพื้นที่	$\frac{\text{รายการที่ 8} \times 1{,}000}{\text{รายการที่ 1}}$		ลิตร/ม.^{2}
10	ปริมาณน้ำต่อความกว้างของเครื่องขุดตัด	รายการที่ 9 x ความกว้างของเครื่องขุดตัด		ลิตร/ม.

ภาคผนวก ง.

ผลการทดสอบในห้องทดลอง
โดยเก็บตัวอย่างวัสดุ Pavement Recycled จากสนาม

กรมทางหลวง

สรุปผลคุณภาพวัสดุ

Project : โครงการฯ สาย ทล.3236 ตอนแยก ทล.325 (หัวโพ - โพหัก) กม.2+900 ■ General Test □ Control Test Pavement Layer : Pavement In-place

No.	Source	Depth M	Description of Sample	Estimate Quantity M^3	H R B Classifi-cation	Sieve Analysis% Passing								Plasticity		Comp. DH-T108/2517		Lab. C.B.R.		Remarks
						50.0	25.0	19.0	9.5	#4	#10	#40	#200	LL.	PI.	OMC MC.%	γ_{Dry} gm/ml.	C.B.R.*	Swell %	
GPR - 1	Asphalt Concrete 7.7 cm.		ผสมในสัดส่วน		A-1-a	100.0	96.3	87.2	73.3	54.8	39.8	22.3	13.8	N.-P.		4.2	2.355	93.5	0.5	
	Soil Cement Base 12.3 cm.		40.9 : 59.1																0.40	
			โดยน้ำหนัก																0.30	

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

สรุปผลความแน่นในสนาม

Project

Section _____ Date _____ Test by _____ ชนิด/ชั้น _____

No.	Station	Depth (cm.)	Material to be used as	Laboratory Test		In-Place Test		Percent Compaction	Minimum Compaction Required	Acceptance	Remarks	
				Opt.Moist. (%)	Density (gm/ml)	Opt.Moist. (%)	Density (gm/ml)					

สรุปผลการทดลองกำลังรับแรงอัด

โครงการฯ สาย _____ วันที่ _____ ชนิด/ชั้น _____

Sample No.	Description of Sample	Location of Sampling	Cement Content (%)	Water Content (%)	Dry Density (gm/cu.m)	Unconfined Compressive Strength (ksc.)	Remarks

ภาคผนวก จ.

- ข้อแนะนำในการกำหนดแนวขุดตัดและก่อสร้างรอยต่อ
- ข้อแนะนำการบดทับ Pavement Recycling และการราดน้ำเพื่อบ่มพื้นทาง Recycled
- ข้อแนะนำการเปิดการจราจร
- ข้อแนะนำการเก็บตัวอย่างวัสดุพื้นทาง Recycled เพื่อนำไปทดสอบในห้องทดลอง
- ข้อแนะนำในการเก็บตัวอย่างการทำแปลงทดสอบ

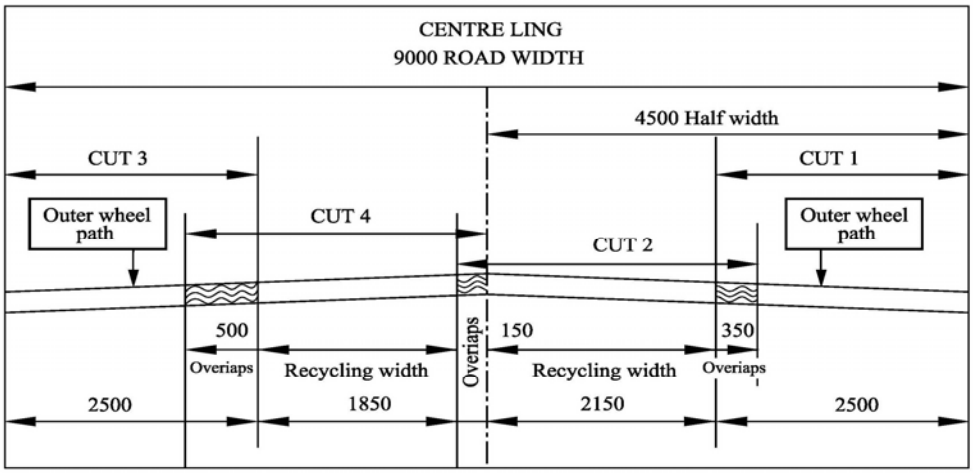
▪ ข้อแนะนำในการกำหนดแนวขุดตัดและก่อสร้างรอยต่อ

• รอยต่อตามยาว

ในการก่อสร้าง Pavement In-Place Recycling การทำรอยต่อตามยาวจะต้องจัดแนวรอยต่อไม่ให้อยู่ในแนวรอยล้อรถ ก่อนก่อสร้างต้องทำเครื่องหมายแนวขุดตัดแนวแรกให้ชัดเจน เพื่อให้อุปกรณ์ขุดตัดเดินตรงตามแนวขุดตัดที่ทำเครื่องหมายไว้ ความกว้างของการเหลื่อมทับของแนวขุดตัดตามยาวขึ้นอยู่กับความหนาของชั้นทางที่ปรับปรุงแล้ว ขนาดวัสดุชั้นทางที่ปรับปรุง ชนิดของวัสดุผสมเพิ่มเพื่อปรับปรุงคุณภาพ และระยะเวลาในการทำแนวขุดตัดที่ติดกัน โดยทั่วไปความกว้างของการเหลื่อมทับแนวขุดตัดตามยาวไม่ควรน้อยกว่า 150 มิลลิเมตร

(1) การกำหนดแนวขุดตัดถนนที่มีลาดหลังทางเป็นลักษณะหลังเต่า (Camber Road) ควรดำเนินการดังนี้

- กำหนดแนวขุดตัดครึ่งความกว้างถนน เพื่อให้ความลึกในการขุดตัดสม่ำเสมอตลอดลาดหลังทาง



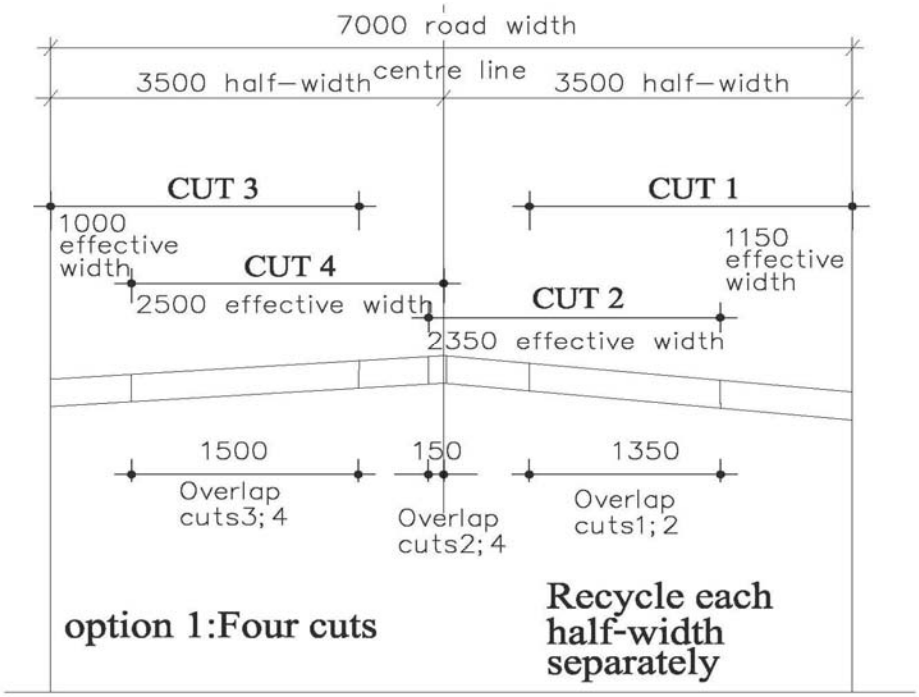
Surfaced width of road	-	9000
Width of recycling drum	-	2500
Minimum Overlap width	-	150

(all dimensions in mm.)

รูปการกำหนดแนวขุดตัดครึ่งความกว้างถนน

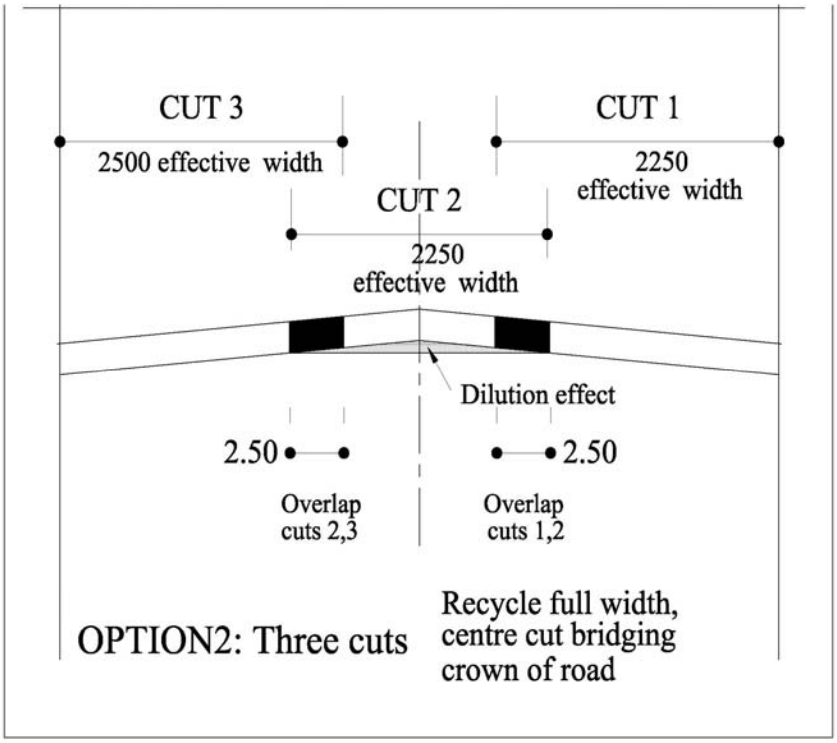
(2) การกำหนดแนวขุดตัดถนนที่มีความกว้างน้อยอาจทำได้ 2 วิธี ซึ่งการพิจารณาเลือกใช้วิธีใดขึ้นอยู่กับปริมาณจราจรและรถบรรทุกหนัก

- กำหนดแนวขุดตัดครึ่งความกว้างของถนน โดยแนวเหลื่อมทับจะมีขนาดกว้าง ซึ่งการใช้วิธีการนี้ต้องใช้เวลาในการก่อสร้างมาก และค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างสูง



รูปแบบการกำหนดแนวขุดตัดครึ่งความกว้างของถนน

- กำหนดแนวขุดตัดเต็มความกว้างถนน แนวเหลื่อมทับจะมีขนาดแคบลง ซึ่งการใช้วิธีการนี้ก่อสร้างได้เร็วกว่าวิธีแรก และค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างต่ำ แต่แนวขุดตัดถนนบริเวณศูนย์กลางถนนจะมีอัตราส่วนผสมซีเมนต์ต่ำกว่าบริเวณแนวขุดตัดอื่น ดังนั้นถ้าใช้วิธีการนี้ แนวขุดตัดบริเวณศูนย์กลางถนนจะต้องใช้ปริมาณซีเมนต์เพิ่มขึ้น เพื่อให้ได้อัตราส่วนตามที่ออกแบบ



รูปแบบการกำหนดแนวขุดตัดเต็มความกว้างถนน

(3) ในกรณีใช้ซีเมนต์เป็นวัสดุผสมเพิ่มเพื่อปรับปรุงคุณภาพ เมื่อทำแนวขุดตัดแนวแรกแล้วเสร็จต้องทิ้งไว้ไม่น้อยกว่า 12 ชั่วโมงจึงเริ่มทำแนวขุดตัดที่ติดกัน (จาก Wirtgen Cold Recycling Manual)

- **รอยต่อตามขวาง**

ในการก่อสร้าง Pavement In-Place Recycling รอยต่อตามขวางเกิดขึ้นเมื่อเครื่องจักรขุดตัดเริ่มทำงานหรือหยุด ดังนั้นเพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดรอยต่อตามขวางมาก จึงควรทำการก่อสร้างอย่างต่อเนื่อง ไม่ควรหยุดการก่อสร้างโดยไม่จำเป็น เมื่อเครื่องจักรหยุดการขุดตัดในแต่ละครั้งให้ทำเครื่องหมายแนวที่เครื่องจักรหยุดบนชั้นทางตรงกับกึ่งกลางของอุปกรณ์ขุดตัด ซึ่งเป็นจุดที่เครื่องจักรหยุดจ่ายวัสดุผสมเพื่อปรับปรุงคุณภาพ เมื่อเครื่องจักรขุดตัดจะทำงานต่อไป ให้ขุดตัดเหลื่อมทับรอยต่อเข้าไปในชั้นทางที่ปรับปรุงแล้วไม่น้อยกว่าความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางของอุปกรณ์ขุดตัด หรือไม่น้อยกว่า 1,500 มิลลิเมตร แล้วแต่ความเหมาะสม และให้ระมัดระวังตรวจตราส่วนผสมเมื่อเครื่องจักรขุดตัดเริ่มทำงาน

- **ข้อแนะนำการบดทับ Pavement Recycling และการราดน้ำเพื่อบ่มพื้นทาง Recycled**

โดยทั่วไปรถบดที่ใช้บดทับ Pavement recycling ประกอบด้วยรถบดสั่นสะเทือนแบบล้อเรียบ (Smooth Drum) หรือรถบดสั่นสะเทือนแบบตีนแกะ (Padfoot Drum) และรถบดล้อยาง (Pneumatic - Tiered Roller) โดยมีขั้นตอนในการบดทับดังนี้

(1) ลำดับแรกให้ใช้รถบดสั่นสะเทือนบดทับด้วย High - Amplitude เพื่อให้พลังงานการบดทับแทรกถึงด้านล่างของชั้น Pavement Recycling โดยบดทับให้สม่ำเสมอตลอดพื้นที่หนึ่งเที่ยว ซึ่งขั้นตอนนี้ถือว่าสำคัญมาก ต้องใช้รถบดที่มีน้ำหนักเหมาะสมเพื่อให้ส่วนด้านล่างชั้น Pavement Recycling ได้ความแน่นตามมาตรฐาน

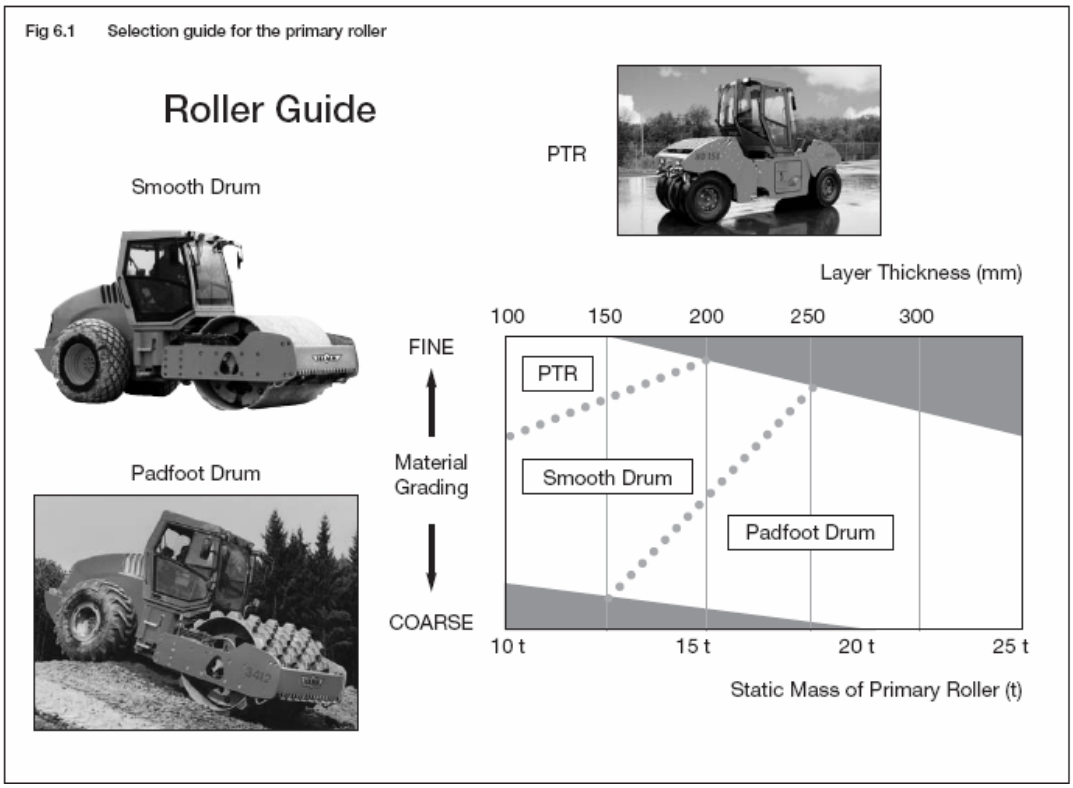
(2) ใช้รถเกรดตัดแต่งให้ได้ระดับ

(3) ใช้รถบดสั่นสะเทือนบดทับด้วย Low - Amplitude เพื่อให้ส่วนด้านบนของชั้น Pavement Recycling ได้ความแน่น

(4) จากนั้นใช้รถบดล้อยางบดทับผิวหน้าจนเรียบ

(5) การบดทับที่ไม่ได้ความแน่นตามข้อกำหนด จะมีผลทำให้เกิดการทรุดตัวของชั้น Recycled Base ตามแนวร่องล้อของรถบรรทุกหนัก (Rutness) ในอนาคตอันใกล้

(6) เมื่อทำการบดทับพื้นทาง Recycled จนได้ความแน่นตามข้อกำหนดแล้ว (ไม่น้อยกว่า 98% Max Dry Density) ให้ทำการราดน้ำ (Spray) เพื่อทำการบ่มวัสดุพื้นทาง Recycled ก่อนเปิดการจราจร



- **ข้อแนะนำการเปิดการจราจร**

การก่อสร้าง Pavement Recycling ถนนที่มีปริมาณการจราจรสูงและรถบรรทุกหนักมาก หลังจากบดทับเสร็จ ควรปิดการจราจรในช่วงต้นเพื่อทำการบ่ม โดยมีวัตถุประสงค์ให้ปูนซีเมนต์ที่กำลังเริ่มก่อตัวกับวัสดุหมุนเวียน (Cementing) แข็งตัวพอที่รถบรรทุกหนักไม่ทำความเสียหายต่อ Pavement Recycling การเปิดจราจรควรให้อยู่ในดุลยพินิจของผู้ควบคุมงาน ทั้งนี้ควรให้มีการปิดการจราจรไม่น้อยกว่า 12 ชั่วโมง

- **ข้อแนะนำการเก็บตัวอย่างวัสดุพื้นทาง Recycled**

การเก็บตัวอย่างวัสดุพื้นทาง Recycled เพื่อนำไปทดสอบ Unconfined Compressive Strength Test ไม่ควรเก็บตัวอย่างวัสดุจากท้าย Paver เพราะจะทำให้เกิดหลุมบ่อภายหลังการบดทับ แต่ควรเก็บตัวอย่างวัสดุในท้าย Hopper ก่อนออกจาก Paver

- **ข้อแนะนำในการเก็บตัวอย่างการทำแปลงทดสอบ**

- แปลงทดสอบในสนามมีความยาวไม่น้อยกว่า 100 เมตร และมีความกว้างไม่น้อยกว่า 1 ช่องจราจร
- จำนวนแท่งตัวอย่างต้องไม่น้อยกว่า 27 แท่ง
- โดยให้สุ่มเก็บตัวอย่างจำนวน 9 ชุดๆละ 3 แท่งให้คลอบคลุมพื้นที่ตลอดความยาวของแปลงทดสอบ
- ค่ากำลังรับแรงอัดเฉลี่ยของแต่ละชุด (3 แท่ง) ที่อายุการบ่ม 7 วัน ต้องไม่น้อยกว่าแรงอัดที่กำหนด อนุญาติให้แท่งตัวอย่างมีค่ากำลังรับแรงอัดต่ำกว่าแรงอัดกำหนดไม่เกิน 1 ก้อน ต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 85 ของแรงอัดที่กำหนด
- การตรวจสอบความแน่นโดยแบ่งออกเป็น 2 ชั้นๆ ละเท่าๆ กัน โดยความแน่นของชั้นด้านบนและชั้นด้านล่างต้องเป็นไปตามข้อกำหนด