รายงานฉบับที่ วพ. 152 ศูนย์วิจัยและพัฒนางานทาง
REPORT NO. RD 152 ROAD RESEARCH AND DEVELOPMENT CENTER

การศึกษาการจมของเม็ดหินผิวทางแบบเซอร์เฟสทรีตเมนต์และซีพซีล เพื่อปรับปรุงการออกแบบอัตราการลาดยาง

โดย

พิภัณฑ์ คูหิรัญ
เอนก เปียสัตตา
สิทธิศักดิ์ อัศวพรหมชาดา

กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม
DEPARTMENT OF HIGHWAYS, MINISTRY OF TRANSPORT AND COMMUNICATIONS.
RATCHATHEWI, BANGKOK 10400, THAILAND

การศึกษาการจมของเม็ดหินผิวทางแบบเซอร์เฟสทรีตเมนต์และซีพซีล เพื่อปรับปรุงการออกแบบอัตราการลาดยาง

โดย

พิภัณฑ์ ดูหิรัญ
เอนก เปียลัดดา
สิทธิศักดิ์ อัศวพรหมธาดา

รายงานวิจัย ฉบับที่ วพ. 152
ศูนย์วิจัยและพัฒนางานทาง
กรมทางหลวง
พฤษภาคม 2539
ISSN 0125-8044

รายงานฉบับนี้เป็นแนวความคิดของผู้เขียนเท่านั้น กรมทางหลวงไม่มีส่วนผูกพันแต่อย่างใด

คำนำ

ในประเทศไทย มีการก่อสร้างทางลาดยางที่เป็นผิวทางแบบเซอร์เฟสทรีตเมนต์ และการบูรณะทางลาดยางที่เรียกว่า การฉาบผิวทางแบบซิพซีล โดยทั่วไปไม่เฉพาะทางที่อยู่ในความรับผิดชอบของกรมทางหลวงเท่านั้น แต่รวมถึงทางในความรับผิดชอบของหน่วยงานอื่น ๆ ด้วย สำหรับกรมทางหลวงปัจจุบันมีทางในความรับผิดชอบรวม 56,903 กม. เป็นทางลาดยางรวม 41,963 กม. ทางลาดยางส่วนใหญ่ มีผิวทางเป็นแบบเซอร์เฟสทรีตเมนต์ซึ่งมีราคาถูก และเหมาะสมสำหรับทางที่มีปริมาณการจราจรต่ำถึงปานกลาง ซึ่งกรมทางหลวงได้ใช้งานมานานและปรากฏผลที่ดีมาตลอด

การก่อสร้างหรือบูรณะทางลาดยางดังกล่าว กรมทางหลวงได้ดำเนินการออกแบบตามหลักวิชาการ โดยคำนึงถึงความถูกต้อง เหมาะสมกับพื้นที่ ปริมาณการจราจร สภาพแวดล้อม ลมฟ้าอากาศ และปัจจัยที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ การวิจัยและพัฒนาในครั้งนี้ก็เพื่อให้เป็นแนวทางในการปรับปรุงการออกแบบให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ซึ่งนับว่าเป็นพัฒนาการทางด้านวิชาการที่จะเป็นประโยชน์ต่อส่วนรวมต่อไป

(นายสนั่น ศรีรุ่งโรจน์)
อธิบดีกรมทางหลวง

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1	แสดงอุณหภูมิอากาศและผิวทางในประเทศไทย	9
ตารางที่ 2	แสดงค่า Traffic Factor	12
ตารางที่ 3	แสดงค่า R และ Tp	12
ตารางที่ 4	แสดงค่า Percentage of Theoritical Voids To Fill	14
ตารางที่ 5	เปรียบเทียบค่าเส้นผ่าศูนย์กลางของทรายที่ทดลองกับความลึกของพื้นผิว	22
ตารางที่ 6	สรุปผลการทดลอง Standard Ball Penetration และ Surface Texture Depth ในสายทางต่าง ๆ	23
ตารางที่ 7	Conversion of Ball Embedment to Chip Embedment	29
ตารางที่ 8	Conversion of Chip Embedment toVoid Volume	30
ตารางที่ 9	Conversion of Surface Texture Measurement to Additional Binder Required	31
ตารางที่ 10	Bitumen Volume change with Temperature (Group o)	32
ตารางที่ 11	สรุปผลการทดลองที่ได้อัตราของยางที่ใช้ลาด	34
ตารางที่ 12	สรุปผลความแตกต่างของอัตรายางที่ใช้เป็นปริมาณร้อยละ	36

สารบัญ

หน้า

บทนำ

บทคัดย่อ 1

บทที่ 1 บททั่วไป 3

1.1 ปัญหาและที่มาของการศึกษา 3

1.2 เป้าหมายของการศึกษา 3

1.3 ขอบเขตของการศึกษา 3

บทที่ 2 ทฤษฎีและการออกแบบ 4

2.1 ทฤษฎีการออกแบบ 4

2.2 ข้อสมมุติฐานการออกแบบ 4

2.3 ช่องว่างบรรจุยาง 14

2.4 การจมของวัสดุมวลรวม 14

2.5 ลักษณะผิวพื้นทางเดิม 15

2.6 การพิจารณาปรับเพิ่มยาง 15

บทที่ 3 วิธีการทดลอง Standard Ball Penetration และ Surface Texture Depth 16

3.1 มาตรฐานการทดลอง Ball Penetration 16

3.2 การหา Surface Texture Depth ของผิวทางลาดยาง 20

บทที่ 4 วิธีการออกแบบ และผลการทดลอง 25

4.1 วัสดุ 25

4.2 ขั้นตอนการออกแบบ 25

4.3 ผลการทดลองที่ได้ 33

4.4 สรุปผล 38

4.5 ข้อเสนอแนะ 38

เอกสารอ้างอิง 39

ภาคผนวก 41

ก. Traffic Assessment 43

ข. Data ข้อมูลการวัด Standard Ball Penetration และ Surface Texture depth 45

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1	แสดงลักษณะการเรียงตัวของมวลรวม	6
รูปที่ 2	แสดงอุณหภูมิของโครงสร้างถนนในชั้นความลึกต่างๆ (kallas, 1966)	7
รูปที่ 3	แสดงอุณหภูมิอากาศที่สูงสุดในแต่ละจังหวัดในประเทศไทย	10
รูปที่ 4	แสดงอุณหภูมิของผิวทางที่สูงสุดจังหวัดต่างๆ ในประเทศไทย	11
รูปที่ 5	แสดง Tripod และ Standard Ball	18
รูปที่ 6	แสดงการติดตั้ง Dial Gauge บน Standard Ball ก่อนการกระแทกด้วยฆ้อนมาตรฐาน	18
รูปที่ 7	แสดงการกระแทกด้วยฆ้อนมาตรฐานบน Standard Ball 1 ครั้ง	19
รูปที่ 8	แสดงการวัดการจมของ Standard Ball ภายหลังที่ถูกกระแทกด้วยฆ้อนมาตรฐานแล้ว	19
รูปที่ 9	แสดงการเกลี่ยทรายทดลอง เพื่อหา Surface Texture Depth	21

บทนำ

การออกแบบกำหนดอัตราลาดยางสำหรับผิวทางแบบเซอร์เฟสทรีตเมนต์ และการฉาบผิวทางแบบซิพซีล มีความมุ่งหมายเพื่อให้ได้ปริมาณยางพอดีหรือเหมาะสม ที่ยางยึดเม็ดหินได้ดีโดยไม่มีหินหลุด คือ ไม่น้อยเกินไป ขณะเดียวกันก็ไม่มากเกินไปจนทำให้เกิดยางเยิ้มบนผิวทางได้ ซึ่งกรมทางหลวงก็มีหลักเกณฑ์และวิธีปฏิบัติในการออกแบบอยู่แล้ว แต่อย่างไรก็ตามก็ควรต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อพัฒนาหรือปรับปรุงการออกแบบให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จุดมุ่งหมายของการวิจัยและพัฒนาในครั้งนี้ก็เพื่อตรวจสอบ วิเคราะห์ และปรับปรุงการออกแบบกำหนดอัตราการลาดยาง ให้เหมาะสมกับสภาพความเป็นจริงต่าง ๆ ในสนามมากขึ้น เช่น สภาพความแข็งแรงของพื้นทาง หรือผิวทางเดิม โดยการศึกษาการจมของเม็ดหินผิวทางบนพื้นทางหรือผิวทางเดิมเพื่อเปิดให้การจราจรผ่านแล้ว โดยการทดลองที่เรียกว่า Standard Ball Penetration ได้จากการนำเครื่องมือที่มีอยู่แล้วมาดัดแปลงใช้ประโยชน์ นำมาทดลองหาค่าการจมเปรียบเทียบกับการจมของเม็ดหินผิวทาง เพื่อสามารถหาค่าการจมของเม็ดหินผิวทางที่แน่นอน นำมาใช้ในการคำนวณปรับอัตราการลาดยางตามสภาพความแข็งแรงของพื้นทาง หรือผิวทางเดิมของสายทางที่ต้องการออกแบบ

บทคัดย่อ

การออกแบบผิวทางแบบเซอร์เฟสทรีตเมนต์ในงานก่อสร้างและการฉาบผิวทางซิพซีล ในงานบำรุงทางของกรมทางหลวง การกำหนดอัตราการลาดยางอาศัยหลักเกณฑ์การคำนวณจากค่า ALD (Average Least Dimension) หรือค่าความหนาเฉลี่ยของหินที่ใช้ทำผิวทางและคำนวณปริมาตรช่องว่างระหว่างเม็ดหินที่สามารถบรรจุยางได้ ปริมาณยางที่ใช้ลาดขึ้นอยู่กับปริมาณการจราจร ขนาดของหิน และช่องว่างระหว่างเม็ดหิน ความขรุขระของผิวพื้นทางหรือผิวทางเดิม การดูดซึมยางของเม็ดหิน และของพื้นทางหรือผิวทางเดิม นอกจากนั้นยังปรับปริมาณยางสำหรับเมื่อเปิดการจราจรแล้ว หินผิวทางมีการปรับตัว และถูกล้อรถยนต์กดทับจมลงในพื้นทางหรือผิวทางเดิม การปรับปริมาณยางในกรณีนี้ต้องอาศัยประสบการณ์ของผู้ออกแบบโดยมิได้มีการตรวจสอบและวัดค่าจริงในสนาม

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ จึงได้ดำเนินการตรวจสอบและวัดค่าการจมของเม็ดหินบนพื้นทางหรือผิวทางเดิมที่แท้จริง โดยการทดลอง Standard Ball Penetration และมีการวัดอุณหภูมิบรรยากาศ วัดค่าความขรุขระของพื้นผิว (Texture Depth) ประกอบด้วยการตรวจสอบวัดค่าการจมของเม็ดหินนั้นทำให้ทราบถึงความแข็งแรงของพื้นทางหรือผิวทางเดิม ก่อนการก่อสร้าง หรือบูรณะ ซึ่งจะเป็นข้อพิจารณาการปรับปรุงปริมาณยางในการออกแบบอัตราการลาดยาง ให้ใกล้เคียงความเป็นจริงสำหรับแต่ละสายทางมากขึ้น เนื่องจากเมื่อเม็ดหินจมลงในพื้นทางหรือผิวทางเดิมแล้ว จะทำให้ความหนาเฉลี่ยหินที่ปรากฏในสภาพใช้งานจริงมีค่าลดลง จึงต้องมีการปรับปรุงลดปริมาณยางที่ใช้จริงในสนามลง ฉะนั้นการวิจัยนี้จึงเป็นแนวทางให้สามารถปรับปรุงการออกแบบอัตราการลาดยางให้เหมาะสมกับความเป็นจริงในสนามได้มากยิ่งขึ้น

บทที่ 1
บททั่วไป

1.1 ปัญหาและที่มาของการศึกษา

ในการก่อสร้างผิวทางแบบเซอร์เฟสทรีตเมนต์และการฉาบผิวทางเดิม (Seal Coat หรือ Chip Seal) ในปัจจุบันมักจะประสบปัญหากับอัตราการใช้ปริมาณยางในการลาดที่ไม่เหมาะสม ซึ่งทำให้เกิดปัญหาของความเสียหายในลักษณะยางเยิ้มขึ้นมาบนผิวทาง หรือการหลุดลอกของเม็ดหินเนื่องจากปริมาณยางน้อยเกินไปในภายหลังสาเหตุเพราะ

1.1.1 ปัญหาของปริมาณยางที่มีอยู่เดิมในพื้นทาง Prime Coat มีมากสำหรับการก่อสร้างใหม่ หรือผิวทางเดิมที่ใช้งานมานานและหมดสภาพ เช่น ในลักษณะของผิวทางเดิมที่มีความเรียบมากทำให้ถนนชื้นหรือผิวทางเดิมที่มีความแห้งมากจนมีการแตกร้าวของผิวทาง ที่ต้องการการฉาบผิวทางใหม่

1.1.2 ปัญหาการจมของเม็ดหินที่ใช้ในการทำผิวทาง จมลงไปในพื้นทางหรือผิวทางเดิม เมื่อมีน้ำหนักจากรถบรรทุกที่สูงมากมากระทำในขณะเปิดการจราจรในปัจจุบัน

1.2 เป้าหมายของการศึกษา

จากปัญหาดังกล่าวเป็นผลให้การก่อสร้างผิวทาง หรือการซ่อมบำรุงผิวทางแบบนี้เกิดความเสียหายภายหลัง จึงพิจารณาเห็นว่ามีความจำเป็นต้องศึกษาหาวิธีการ เพื่อกำหนดการหาอัตราของยางที่ใช้ลาดให้เหมาะสมกับความเป็นจริง โดยกำหนดเป้าหมายของการศึกษา

1.2.1 เพื่อตรวจสอบสภาพผิวทางเดิม หรือพื้นทางที่เป็นจริง

1.2.2 เพื่อกำหนดอัตราของยางที่ใช้ลาดให้เหมาะสมกับสภาพความจริง

1.2.3 เพื่อขจัดปัญหาที่จะเกิดความเสียหายซ้ำซ้อนขึ้นภายหลัง

1.2.4 เพื่อให้งานที่ทำมีคุณภาพ และประสิทธิภาพที่ดีต่อไป

1.2.5 เพื่อเป็นการประหยัดเงินในการซ่อมบำรุง

1.2.6 เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อผู้ใช้ทางและประเทศชาติ

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

การศึกษานี้เป็นแนวทางอันหนึ่งที่จะทำการศึกษาต่อไปให้กว้างขวางยิ่งขึ้น จึงกำหนดขอบเขตของการศึกษาดังต่อไปนี้

1.3.1 ศึกษาเปรียบเทียบวิธีการออกแบบหาอัตราของยางที่ใช้ตามวิธีในปัจจุบัน กับวิธีการหาอัตราของยางที่ใช้โดยการคำนึงถึงการจมของเม็ดหิน (Ball Penetration)

1.3.2 ศึกษาเปรียบเทียบการจมของเม็ดหิน กับการจมของลูกเหล็กกลมมาตรฐาน Ball Penetration Test

1.3.3 ศึกษาถึงผลกระทบของอุณหภูมิอากาศภายนอก ที่มีต่ออุณหภูมิของผิวทาง

1.3.4 ศึกษาทดลองจากสายทางที่ก่อสร้างใหม่ และสายทางที่เปิดใช้งานมานาน เพื่อเป็นตัวอย่างในครั้งนี้

1.3.5 ศึกษาดัดแปลงเครื่องมือที่ใช้ จากเครื่องมือและวัสดุที่มีอยู่แล้วให้ใช้งานได้

บทที่ 2
ทฤษฎีและการออกแบบ

ผิวทางแบบเซอร์เฟสทรีตเมนต์ (Surface Treatment) นี้ประกอบด้วยการลาดแอสฟัลท์ และเกลี่ยวัสดุหินย่อยหรือกรวดย่อยปิดทับ จะสร้างเป็นชั้นเดียวหรือหลายชั้นก็ได้ บนพื้นทางที่ได้ทำไว้ถูกต้องตามข้อกำหนดและได้ทำการลาดแอสฟัลท์ Prime Coat ไว้เรียบร้อยแล้ว

ผิวทางแบบฉาบผิว (Seal Coat หรือ Chip Seal) เป็นผิวทางประเภทเดียวกับผิวทางแบบเซอร์เฟสทรีตเมนต์ แต่เป็นการทำบนผิวทางเดิมที่เสื่อมสภาพแล้ว เพื่อให้สภาพผิวทางเดิมดีขึ้น ช่วยยืดอายุบริการต่อไปได้อีก โดยมากใช้ในงานซ่อมบำรุง

2.1 ทฤษฎีการออกแบบ

การออกแบบหาอัตรายางที่ใช้ลาด ในการทำงานฉาบผิวทางหรือการลาดยางแบบชั้นเดียวนั้นเป็นวิธีที่ได้จากข้อสมมุติฐานเดิมที่ว่า

- วัสดุมวลรวมที่ดีที่สุดต้องเป็นมวลรวมที่มีขนาดเดียวโดยประมาณ
- และพื้นผิวที่จะทำการฉาบผิวมีลักษณะแบนเรียบ

HANSON (1934-1935) ได้กล่าวว่าเมื่อวัสดุที่นำมาใช้ส่วนมากจะเป็นวัสดุมวลรวมคละที่มีขนาดไล่เรียงกัน จึงต้องพิจารณาถึงองค์ประกอบพื้นฐาน 3 ประการที่จะเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ คือ

- อัตราของยางที่ใช้ลาด
- อัตราของวัสดุมวลรวมที่ใช้
- ส่วนประกอบของทาง (ชนิดของทาง)

NASSRA (1975) ได้ทำการปรับปรุงวิธีการออกแบบ โดยการปฏิบัติงานของ Marais (1969) โดยการศึกษา เพื่อปรับให้เข้ากับสภาพท้องถิ่น และสภาพความเป็นจริง ได้พิจารณาองค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อการออกแบบ เพื่อหาปริมาณวัสดุที่ใช้อย่างถูกต้อง มีดังนี้

- ขนาดของวัสดุมวลรวม ALD.
- การจราจร
- การจมของเม็ดวัสดุมวลรวมลงในพื้นผิวทาง
- สภาพของพื้นผิวที่จะทำการฉาบผิว
- การดูดซึมยางของเม็ดวัสดุมวลรวม

2.2 ข้อสมมุติฐานการออกแบบ

จากข้อสมมุติฐานดังกล่าว สามารถนำมาหาอัตราของยางที่ใช้ได้ ดังนี้

2.2.1 เมื่อมวลรวมที่มีขนาดเดียวอยู่ในสภาพหลวม (ในรถหรือภายหลังการเกลี่ยแผ่อย่างสม่ำเสมอ) จะมีอัตราส่วนของช่องว่างระหว่างมวลรวมกับปริมาตรของมวลรวมประมาณร้อยละ 50

2.2.2 เมื่อภายหลังการบดทับขั้นต้นแล้ว เม็ดหินจะจัดเรียงตัวใหม่จะทำให้ปริมาณช่องว่างระหว่างมวลรวม จะลดลงเหลือประมาณร้อยละ 30

2.2.3 เมื่อการบดทับขั้นสุดท้ายด้วยการจราจร วัสดุมวลรวมจะจัดเรียงตัวต่อไป จนได้ความแน่นสูงสุด ซึ่งเม็ดวัสดุส่วนใหญ่จะเรียงตัวเอาด้านแบนซึ่งเป็นด้านที่เสถียรภาพมากที่สุดลงอยู่ด้านล่าง ดังนั้น ค่าเฉลี่ยความหนาของมวลรวมที่เหลือ จะเป็นค่าเฉลี่ยที่น้อยที่สุดของเส้นผ่าศูนย์กลาง "ซึ่งเรียกว่า Average Lest Dimension = ALD." และจะทำให้ปริมาณช่องว่างระหว่างมวลรวมจะลดลงเหลือประมาณร้อยละ 20 ของปริมาณทั้งหมด ซึ่งจะเทียบเป็นความสูงของ ALD. ได้

$$= \quad 20/100 \times ALD \qquad (mm.)$$

2.2.4 ถ้าให้ V เป็นปริมาณช่องว่างบรรจุยาง ปริมาณที่เหลือเป็นส่วนที่ยางจะยึดเม็ดวัสดุ ทั้งหมดจะเทียบกับค่าความสูงเฉลี่ย ALD. ของเม็ดวัสดุจะได้

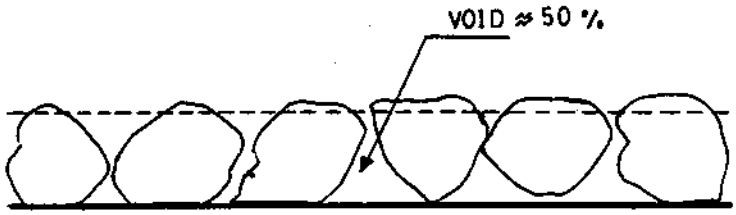
$$= \frac{V}{100} \times \frac{20}{100} \times ALD$$

2.2.5 เปลี่ยนค่าความสูงของยางที่ยึดเม็ดวัสดุ ให้เป็นปริมาณยาง (L/m^2) โดยทำให้เป็นปริมาณช่องว่างบรรจุยาง Void to be Fill ซึ่งจะขึ้นอยู่กับปริมาณการจราจร ดังตารางที่ 4 จะได้

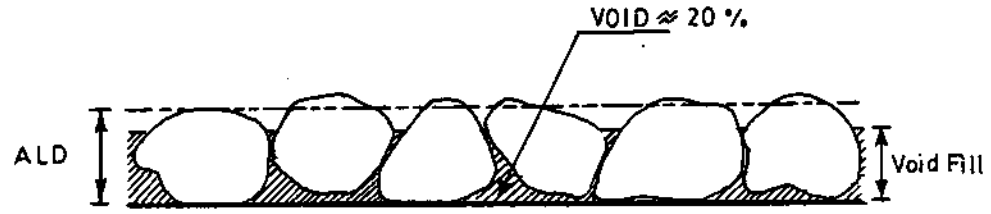
$$\text{อัตราของยางที่ใช้} \quad = \frac{ALD \times \%\ \text{Void to be Filled}}{500} \quad L/m^2$$

2.2.6 ปริมาณช่องว่างบรรจุยางที่เหมาะสมที่สุด ที่มีปริมาณของยางพอเพียงที่จะยึดเม็ดวัสดุไว้อย่างแข็งแรง และไม่เกิดการทะลักไหล (Bleeding) ขึ้นมาข้างบน ควรมีค่าอยู่ระหว่าง 60-90 %

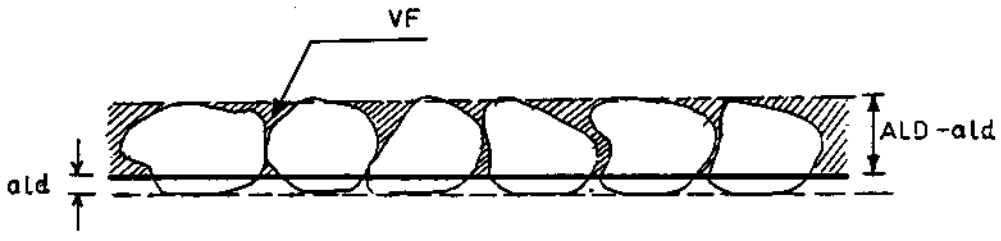
รูปที่ 1 แสดงลักษณะการเรียงตัวของมวลรวม



รูปแสดงมวลรวมที่อยู่ในสภาพหลวม



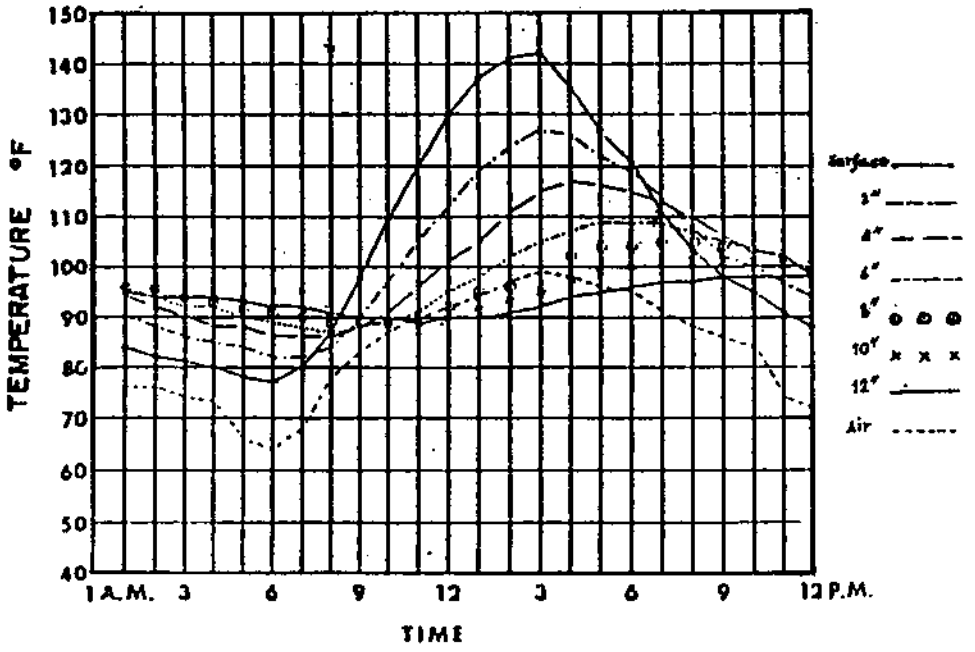
รูปภายหลังการบดทับด้วยการจราจรมวลรวมจัดเรียงตัวใหม่



รูปภายหลังเม็ดหินจมลงในชั้นพื้นทาง Void Fill จะลดลง

2.2.7 อิทธิพลของอุณหภูมิในผิวทางเซอร์เฟสทรีตเมนต์

อุณหภูมิของอากาศภายนอก จะมีอิทธิพลต่ออุณหภูมิภายในผิวทางเซอร์เฟสทรีตเมนต์ เมื่ออุณหภูมิในผิวทางสูงขึ้นจะทำให้ยางอ่อนตัว และเม็ดวัสดุสามารถจมลงไปในพื้นทาง หรือผิวทางเดิมได้มากกว่าการจมเนื่องจากปริมาณการจราจรปกติ Kallas (1966) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับอุณหภูมิในผิวทางโดยการทดลองติดตั้งเทอร์โมคัปเปิล เพื่อวัดอุณหภูมิที่ระดับต่าง ๆ ในผิวทางที่ความลึก 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 นิ้ว ตามลำดับ จากผลการวัดในช่วงเวลาต่าง ๆ กันพอสรุปได้ว่าอุณหภูมิบนผิวทางในช่วงที่สูงสุดจะมีค่าถึง 60 °C (140 °F) ตามรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงอุณหภูมิของโครงสร้างถนนในชั้นความลึกต่าง ๆ (Kallas, 1966)

2.2.8 การปรับแก้การจมของลูกเหล็กกลมกับอุณหภูมิ

ดังนั้นในการศึกษาเกี่ยวกับการจมของเม็ดวัสดุในพื้นทาง จึงต้องคำนึงถึงอุณหภูมิของอากาศภายนอกและอุณหภูมิของผิวทางด้วย ซึ่ง MRD ได้แนะนำให้ปรับระยะจมของลูกเหล็กกลมมาตรฐานที่วัดได้จริงที่อุณหภูมิของผิวขณะทดสอบ มาปรับแก้ไขให้เป็นระยะจมของลูกเหล็กกลมมาตรฐาน ตามอุณหภูมิมาตรฐานของผิวทางที่สูงสุดที่เกิดในฤดูร้อนในแต่ละพื้นที่นั้น ๆ และ MRD ได้แนะนำใช้ปรับระยะ

การจมของลูกเหล็กกลมมาตรฐาน โดยใช้สมการดังนี้

Pen Ts = Pen Tt - K (Tt-Ts)

Pen Ts = ระยะจมของลูกเหล็ก ที่อุณหภูมิมาตรฐานของผิวทางที่สูงสุดในฤดูร้อนในแต่ละพื้นที่

Pen Tt = ระยะการจมของลูกเหล็กที่อุณหภูมิ ขณะทำการทดสอบ

Ts = อุณหภูมิมาตรฐานของผิวทางในแต่ละพื้นที่เป็นองศาเซลเซียส

Tt = อุณหภูมิของผิวทาง ในขณะที่ทำการทดสอบเป็นองศาเซลเซียส

K = Temperature Susceptibility of Penetration (mm/c)

ค่าแฟคเตอร์ K มีค่าดังนี้

K	สำหรับถนนลาดยางชั้นเดียวหรือหลายชั้น (ยางไม่เยิ้ม)	=	0.04	mm/c
K	สำหรับผิวพื้นทางลาดยาง (Prime Coat) (ยางไม่เยิ้ม)	=	0.06	mm/c
K	สำหรับผิวทางที่มียางเยิ้ม และผิวทางแบบ Primer	=	0.08	mm/c

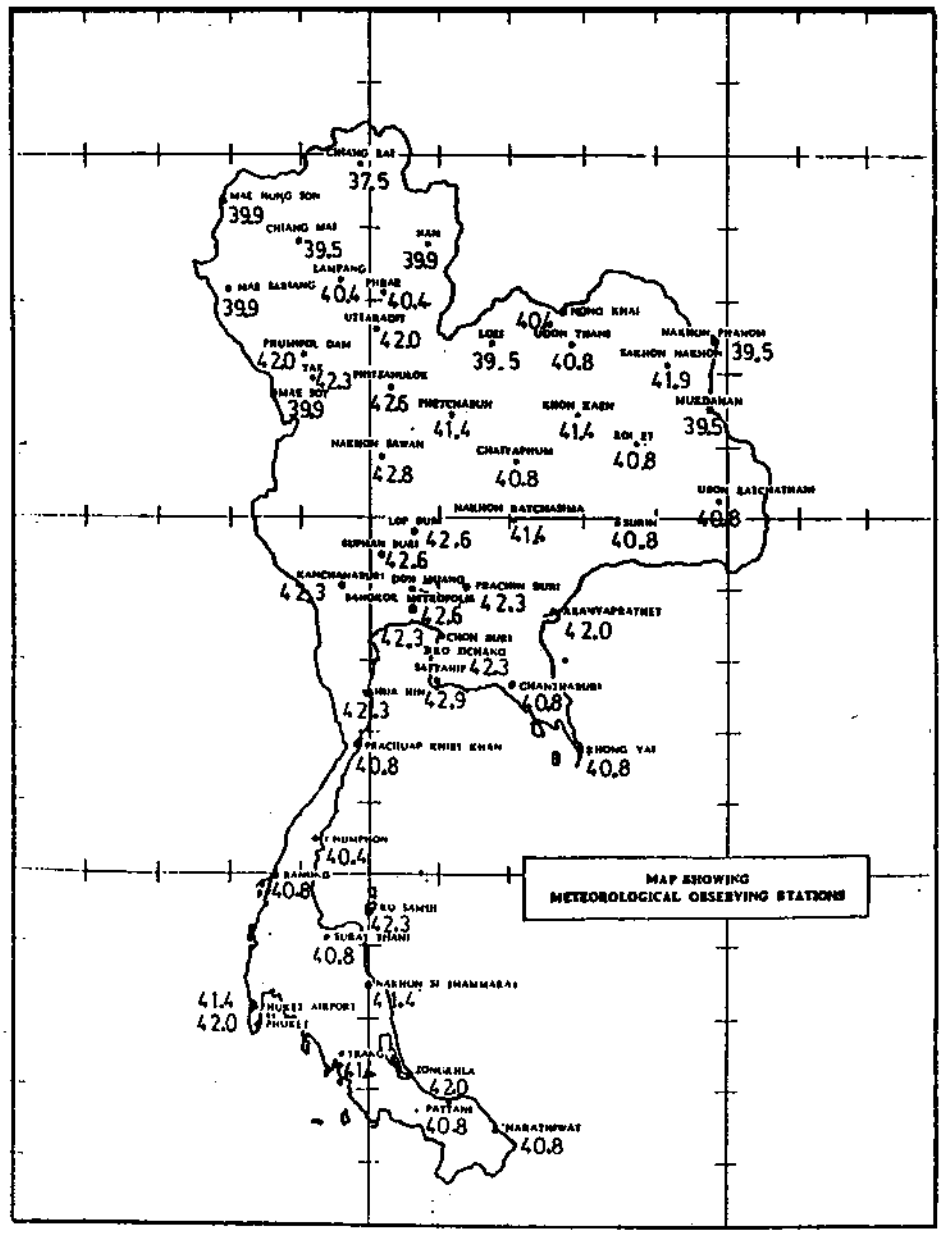
2.2.9 อุณหภูมิมาตรฐานของผิวทางในประเทศไทย

อุณหภูมิมาตรฐานของผิวทางในประเทศไทย สามารถหาได้จากอุณหภูมิของอากาศที่สูงสุด (ในฤดูร้อน) ซึ่งเป็นข้อมูลจากสถิติภูมิอากาศของประเทศไทย ในคาบ 30 ปี (ระหว่างปี พ.ศ. 2499-2528) เป็นข้อมูลจากผลการตรวจอุตุนิยมวิทยาผิวพื้นของสถานีตรวจอากาศทั่วประเทศ ทำการตรวจอากาศวันละ 6-8 ครั้ง ทุก 3 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 01:00 ตามเวลามาตรฐานท้องถิ่น ด้วยการติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์ทุกชนิด ได้ติดตั้งไว้ในตู้สกรีนแบบสตีเวนสันตั้งอุณหภูมิที่แสดงไว้ในตาราง เป็นค่าอุณหภูมิของสภาวะอากาศในช่วงฤดูร้อนที่สูงสุดของแต่ละปี (ในคาบ 30 ปี) และนำมาหาค่าเฉลี่ยที่สูงสุดในแต่ละท้องถิ่น ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงอุณหภูมิอากาศและผิวทางในประเทศไทย

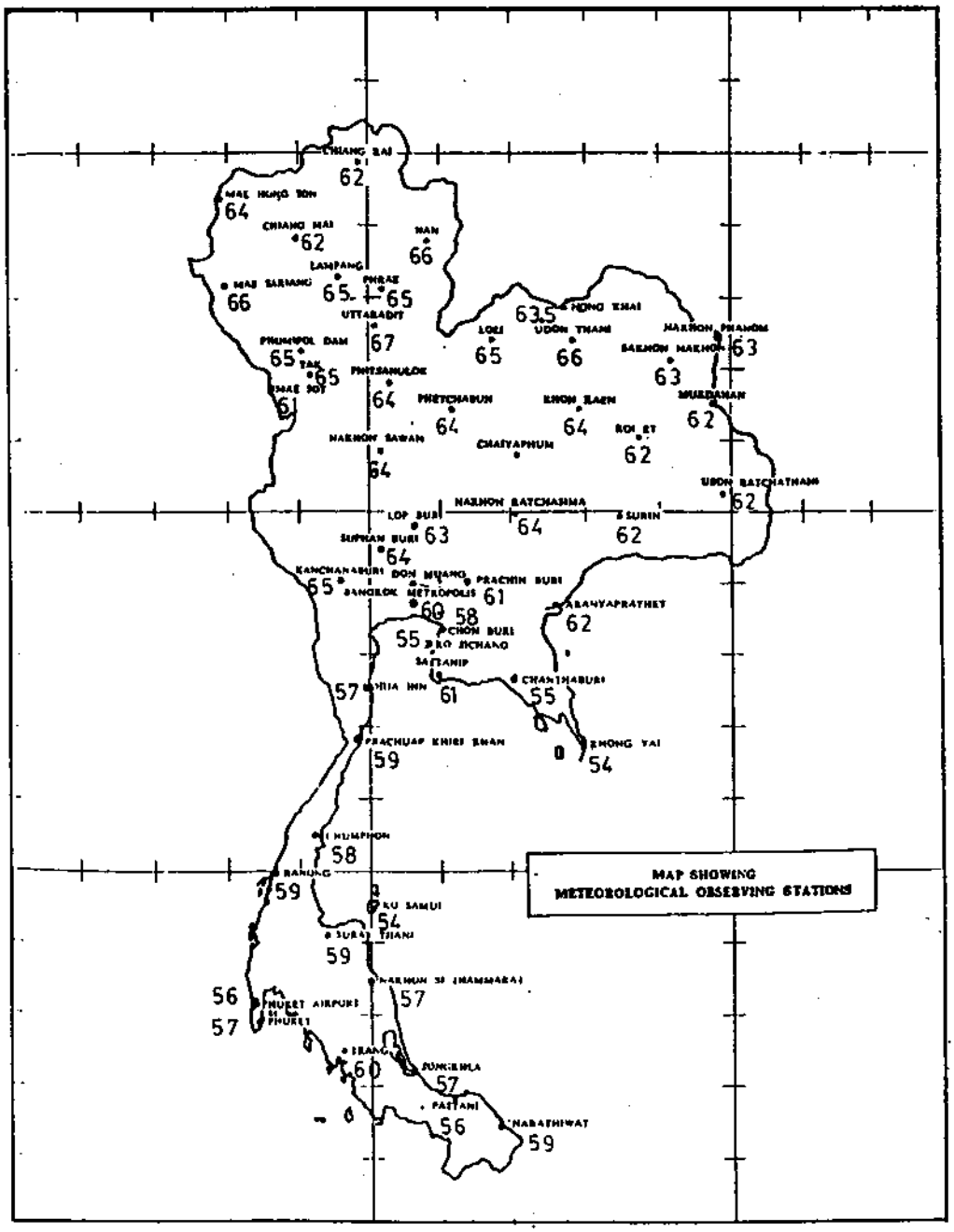
ลำดับที่	สถานที่	อุณหภูมิ ,C		ลำดับที่	สถานที่	อุณหภูมิ ,C	
		อากาศ	พื้นผิวทาง			อากาศ	พื้นผิวทาง
1.	เชียงใหม่	41.3	62	29.	กาญจนบุรี	43.5	65
2.	แม่ฮ่องสอน	42.6	64	30.	ดอนเมือง	40.8	61
3.	เชียงใหม่	41.5	62	31.	กรุงเทพ	40.0	60
4.	แม่สะเรียง	44.1	66	32.	ปราจีนบุรี	40.7	61
5.	ลำปาง	43.5	65	33.	อรัญประเทศ	41.7	62
6.	น่าน	44.1	66	34.	ชลบุรี	38.8	58
7.	แพร่	43.6	65	35.	เกาะสีชัง	36.9	55
8.	อุตรดิตถ์	44.5	67	36.	สัตหีบ	40.5	60
9.	ตาก	43.7	65	37.	จันทบุรี	36.8	55
10.	พิษณุโลก	42.8	64	38.	คลองใหญ่	36.2	54
11.	แม่สอด	40.5	61	39.	หัวหิน	38.2	57
12.	เพชรบูรณ์	43.0	64	40.	ประจวบฯ	39.8	60
13.	เขื่อนภูมิพล	42.6	64	41.	ชุมพร	38.6	58
14.	หนองคาย	42.3	63	42.	สุราษฎร์	39.0	58
15.	เลย	43.1	65	43.	เกาะสมุย	36.3	54
16.	อุดรธานี	43.9	67	44.	นครศรีธรรมราช	38.0	57
17.	นครพนม	42.0	63	45.	สงขลา	38.2	57
18.	สกลนคร	41.9	63	46.	หาดใหญ่	39.0	58
19.	มุกดาหาร	41.3	62	47.	ปัตตานี	37.5	56
20.	ขอนแก่น	42.8	64	48.	นราธิวาส	39.0	58
21.	ร้อยเอ็ด	41.5	62	49.	ระนอง	39.6	59
22.	อุบล	41.3	62	50.	ภูเก็ต	37.8	56
23.	นครราชสีมา	42.7	64	51.	ภูเก็ต	37.0	56
24.	สุรินทร์	41.7	62	52.	ตรัง	39.7	60
25.	ชัยภูมิ	42.6	64				
26.	นครสวรรค์	42.7	64				
27.	ลพบุรี	41.8	63				
28.	สุพรรณบุรี	42.6	64				

รูปที่ 3 แสดงอุณหภูมิอากาศที่สูงสุดในแต่ละจังหวัดในประเทศไทย



(จากอุณหภูมิอากาศปกติ ในช่วง 30 ปี (2499-2528)

รูปที่ 4 แสดงอุณหภูมิของผิวทางที่สูงสุดจังหวัดต่าง ๆ ในประเทศไทย



2.2.10 การปรับอุณหภูมิของผิวทาง

จากอุณหภูมิอากาศที่สูงสุดในแต่ละท้องถิ่น สามารถเปลี่ยนเป็นอุณหภูมิมาตรฐานที่สูงสุดของผิวทางในแต่ละท้องถิ่นของประเทศไทยได้ตามที่ AAPA (1983) ได้กล่าวไว้ว่าจากการทดสอบในประเทศอังกฤษ อุณหภูมิในผิวทางจะมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศถึง 1.47 เท่า และในประเทศออสเตรเลียได้ทำการศึกษาตามวิธีการของบริษัทเชลล์ ปรากฏว่าอุณหภูมิของผิวทางจะมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศอยู่ในช่วงระหว่าง 1.5-1.6 เท่า ดังนั้นในการวิจัยนี้จะให้อุณหภูมิในผิวทางมีค่าสูงกว่า 1.5 เท่าของอุณหภูมิอากาศ

2.2.11 วิธีการออกแบบตามวิธีของกรมทางหลวง

การออกแบบหาอัตราวัสดุที่ใช้ลาด ที่กรมทางหลวงใช้อยู่ในปัจจุบันเป็นการออกแบบตามวิธีของ The Asphalt Institute โดยใช้สมการนี้

$$\text{อัตราของยางที่ใช้ลาด} = \frac{0.4\,HTV + S + A}{R} \quad L/m^2 \text{ (ที่ 15 C)}$$

เมื่อ H = Average Least Dimension (mm)
V = Void Fraction
T = Traffic Factor (ตามตารางที่ 2)
S = Surface Factor (ไม่พิจารณา = 0)
R = Residual Asphalt (ตามตารางที่ 3)

ตารางที่ 2 Traffic Factor

Daily Traffic, VPD	<100	100-500	500-1000	1000-2000	>2000
T	0.85	0.75	0.70	0.65	0.60

ตารางที่ 3 แสดงค่า R และ Tp

	AC	RC			RC				RS	
		3000	800	200	5	4	3	2	2k	3k
R	1.0	0.78	0.84	0.79	0.85	0.85	0.82	0.78	0.63	0.69
Tp	1.10	1.08	1.06	1.04	1.08	1.07	1.06	1.04	1.02	1.025

2.2.12 การออกแบบตามวิธี NAASRA

การหาอัตรายางที่ใช้สำหรับงานฉาบผิว และผิวทางแบบเซอร์เฟสทรีตเมนต์ ตามวิธีของ AASRA มีองค์ประกอบที่ต้องพิจารณา ดังที่กล่าวมาแล้ว เช่น

- ชนิดของวัสดุมวลรวม
- ปริมาณการจราจร
- สภาพของพื้นผิวทาง
- Chip Embedment
- Surface Texture Depth
- ความเสียหายของผิวเดิม

ขั้นตอนการออกแบบ

(1) ข้อมูลที่ต้องการ
- คุณสมบัติของวัสดุมวลรวม
- ชนิด และรูปร่างของวัสดุ ALD
- ปริมาณร้อยละการดูดซึมยาง
- คุณสมบัติของพื้นผิวทาง
- หาการจมของลูกเหล็กกลมมาตรฐาน
- ลักษณะผิวทาง Texture Depth
- สภาพทั่วไปของทาง
- ปริมาณการจราจร
- ลักษณะทาง, ลาดชันหรือไม่

(2) ปริมาณช่องว่างบรรจุยาง VFB
- เลือกค่า VFB จากตารางที่ 4 ตามปริมาณการจราจรและรูปร่างของมวลรวม
- เปลี่ยนค่าการจมของลูกเหล็กกลมมาตรฐานเป็นค่าการจมของเม็ดหิน โดยใช้ตารางที่ 7 โดยใช้ความสัมพันธ์กับปริมาณการจราจร
- ปรับแก้การจมของลูกเหล็กกลมมาตรฐาน เนื่องจากอุณหภูมิของผิวทางขณะทำการทดลองตามข้อ 2.2.8
- เปลี่ยนค่าระยะการจมของเม็ดหิน เป็นค่าความสูงเฉลี่ยที่น้อยที่สุดของหิน ALD นำค่าที่ได้ไปแปลงเป็นปริมาณช่องว่างที่หายไป โดยใช้ตารางที่ 8
- หาปริมาณช่องว่างบรรจุยางที่เหลือ หลังจากเม็ดหินจมลงไปในชั้นพื้นทาง ค่าที่เหมาะสมควรอยู่ระหว่าง 40-50% ถ้าค่าที่ได้น้อยกว่า 40% ให้ใช้เท่ากับ 40%

(3) หาอัตราของยางที่ใช้ได้จากสมการ

$$\frac{\text{ALD} \times \%\ \text{VFB}}{500} \quad (\text{l/m}^2)$$

(4) พิจารณาค่าความลึกของผิวทาง Standard Texture Depth เพื่อหาปริมาณยางที่จะเพิ่มโดยใช้ตารางที่ 9

(5) การพิจารณาเพิ่มหรือลดปริมาณยางที่ถูกดูดซึม
- สำหรับผิวทางหรือพื้นทางที่เสียหาย เพิ่มประมาณ 0.25 l/m^2
- สำหรับทางที่ลาดชัน ลดประมาณ 0.1 l/m^2

2.3 ช่องว่างบรรจุยาง

การเลือกช่องว่างบรรจุยางในการออกแบบหาอัตราของวัสดุที่ใช้มีความจำเป็นหลายประการ อันดับแรก คือ สมมุติฐานที่ว่าช่องว่างระหว่างมวลรวมจะเหลือประมาณ 20% ตามพื้นฐานการออกแบบในความเป็นจริง ช่องว่างบรรจุยางจะเปลี่ยนแปลงตามสภาพการจราจร รูปร่าง และอัตราของวัสดุมวลรวมที่ใช้ บางครั้งต้องเพิ่มปริมาณยางให้มากขึ้น สำหรับถนนที่มีปริมาณการจราจรต่ำ เพื่อเพิ่มความคงทนถาวร

ดังนั้นการเลือกใช้ปริมาณช่องว่างที่เหมาะสม ให้ใช้ตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 Percentage of Theoritical Voids to Fill

Traffic AADSV/Lane (24 hrs)	Type of Aggregate	
	Crushed	Rounded
< 50	90	95
50-100	85	90
150-250	80	85
250-500	75	80
500-1000	70	80
1000-2000	65	75
> 2000	60	75

2.4 การจมของวัสดุมวลรวม

ตามทฤษฎีที่ให้ไว้เป็นแนวทางในการเลือกปริมาณช่องว่างบรรจุยางที่กำหนดไว้ในตารางที่ 4 นั้นไม่ได้คำนึงถึงการจมของวัสดุมวลรวมลงไปในผิวทางหรือพื้นทาง

Marais (1969) ได้กล่าวว่าการจมของวัสดุมวลรวมจะขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของปริมาณการจราจร และสภาพพื้นผิวทางนั้น Marais ได้คิดประดิษฐ์เครื่องมือทดลองเพื่อวัดการจมของเมล็ดวัสดุ โดยการเปรียบเทียบการจมของเม็ดวัสดุมวลรวมกับการจมของลูกเหล็กกลมมาตรฐานที่มีแรงมาตรฐานมากระทำ (Ball Penetration Test) เมื่อได้ค่าการจมของลูกเหล็กกลมมาตรฐานแล้ว สามารถนำมาเปลี่ยนเป็นการจมของเม็ดวัสดุมวลรวมได้ โดยใช้ตารางที่ 7 ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการจมของลูกเหล็กกลมกับการจมของเม็ดวัสดุมวลรวม

การจมของเม็ดวัสดุมวลรวมเป็น ผลให้ปริมาณช่องว่างในระหว่างชั้นวัสดุมวลรวมเปลี่ยนแปลงเป็นการเกิดขึ้นอย่างไม่สม่ำเสมอ ซึ่งเป็นเพียงส่วนหนึ่งของค่า ALD ที่หายไป เมื่อช่องว่างบรรจุยางหายไป เนื่องจากการจมของเม็ดหินสามารถหาได้จากตารางที่ 8

2.5 ลักษณะผิว-พื้นทางเดิม

การออกแบบหาอัตราวัสดุที่ใช้ ในปัจจุบันอยู่บนสมมุติฐานที่ว่าผิวทางนั้นค่อนข้างเรียบ แต่ความเป็นจริงไม่เป็นเช่นนั้น จึงต้องพิจารณาถึงลักษณะผิวทางเดิมด้วย เนื่องจากจะมีผลต่อปริมาณยางที่จะใช้ ลักษณะผิวทางหยาบนั้น มีความต้องการปริมาณยางมากกว่าลักษณะผิวทางที่เรียบมาก จากตารางที่ 9 ได้ให้ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะความลึกของผิวทาง (Texture Depth) กับปริมาณการจราจร และปริมาณยางที่ต้องเพิ่ม ซึ่งแนะนำโดย Marais (1969)

2.6 การพิจารณาปรับเพิ่มยาง

การปรับเพิ่มอัตรายางที่ใช้ โดยประสบการณ์ขึ้นอยู่กับการพิจารณาสภาพผิวทางเดิม ลักษณะของหินที่ใช้ และแต่ต้องเพิ่มไม่มากกว่า 0.25 l/m^2

บทที่ 3

วิธีการทดลอง Standard Ball Penetration และ Surface Texture Depth

3.1 มาตรฐานการทดลอง Ball Penetration

3.1.1 ขอบเขต

วิธีการทดลองนี้ เป็นการอธิบายถึงลักษณะการจมของเม็ดหินบนผิวถนนแบบลาดยาง โดยการใช้น้ำหนักมาตรฐานกระแทกลงบนลูกเหล็กกลมมาตรฐานจมลงในผิวถนน และวัดส่วนจมทะลุลงไปในผิวทาง (การวัดส่วนที่จมลงสามารถทำได้สามวิธี) นำผลการทดลองที่ได้เปรียบเทียบกับการจมลงของเม็ดหินที่ใช้กับถนนลาดยาง ที่ถูกน้ำหนักจากการจราจรกระทำ

3.1.2 เครื่องมือ

(1) ฆ้อนตำมาตรฐานแบบมาร์แชลล์ หรือฆ้อนตำที่สูงกว่ามาตรฐาน

(2) ลูกเหล็กกลมทดลอง ขนาด ϕ 19.05 มม.

(3) เทอร์โมมิเตอร์ชนิดองศาเซลเซียส (0-100 C)

(4) แก้ววัดระยะแบบสะสม (ขนาด 50 มม. อ่านได้ละเอียด 0.01 มม.) หรือแท่นวงกลมสามขา ประกอบด้วย คานเหล็กติดเกจวัดระยะ (ขนาด 0.001 มม.) หรือ คาลิปเปอร์ หรือไม้บรรทัด (ที่อ่านได้ละเอียด 0.5 มม.)

3.1.3 ขั้นตอนการทดลอง

(1) **วิธีทำการวัดด้วยเกจวัดระยะแบบสะสม**

- เลือกผิวทางที่จะทำการลาดยางเป็นแปลงทดลอง
- วางฆ้อนตำให้สัมผัสบนลูกเหล็กทดลอง และกระแทกด้วยการปล่อยให้น้ำหนักฆ้อนตกลงบนลูกเหล็กทดลองหนึ่งครั้ง แล้วนำฆ้อนตำออกไป
- นำเกจวัดระยะจมมาวางในตำแหน่งเดิมบนลูกเหล็กทดลอง และบันทึกความลึกระยะที่ลูกเหล็กจมลงไป
- ทำตามขั้นตอนที่ 2 ถึง 4 ไม่น้อยกว่า 10 จุดในแต่ละแปลงทดลอง และบันทึกค่าความลึกที่ได้ทุก ๆ จุด
- เฉลี่ยค่าความลึกที่ลูกเหล็กทดลองจม ที่วัดได้จากทุก ๆ จุด
- บันทึกอุณหภูมิของผิวทาง ของแปลงที่ทำการทดลอง

(2) **วิธีวัดด้วย คาลิปเปอร์ หรือ บรรทัด**

- ทำเช่นเดียวกับข้อ 3.1.3 (1) ขั้นที่ 1-3
- ตรวจสอบรอยของวงกลมที่เกิดจากการจมของลูกเหล็กทดลอง ถ้าวงกลมไม่สม่ำเสมอให้ทำการทดลองซ้ำอีกในตำแหน่งอื่น แล้ววัดความกว้างของ ϕ วงกลม เป็นหลุมที่เกิดจากลูกเหล็กทดลอง อ่านละเอียดถึง 0.5 มม. และบันทึกค่าที่อ่านได้ตำแหน่งเดิม แล้วอ่านค่าระดับเป็นค่าการจมของลูกเหล็กกลมทดลอง

- ทำตามขั้นตอนที่ 2 ถึง 4 ไม่น้อยกว่า 20 จุด ในแต่ละแปลงทดลอง และหาค่าเฉลี่ยของเส้นผ่าศูนย์กลางที่วัดได้

- แปลงค่าเฉลี่ยเส้นผ่าศูนย์กลางวงกลม เป็นค่าเฉลี่ยของระยะที่ลูกเหล็กทดลองจมในผิวทาง โดยใช้กราฟ

- บันทึกอุณหภูมิของผิวทาง จากแปลงทดลอง

(3) **การวัดด้วยเกจวัดระยะติดกับคานเหล็กวางบนฐานวงกลมสามขา**

- ทำเช่นเดียวกับข้อ 3.1.3 (1) ขั้นที่ 1-2

- นำวงกลมสามขาวางให้ศูนย์กลาง อยู่ในตำแหน่งลูกเหล็กทดลอง และให้เกจวัดระยะที่ติดบนคานเหล็ก แตะอยู่ส่วนบนของลูกเหล็กทดลอง และบันทึกค่าที่อ่านได้จากเกจวัดระยะเป็นค่าแรก

- นำคานที่ติดเกจวัดระยะ ออกจากวงกลมสามขา

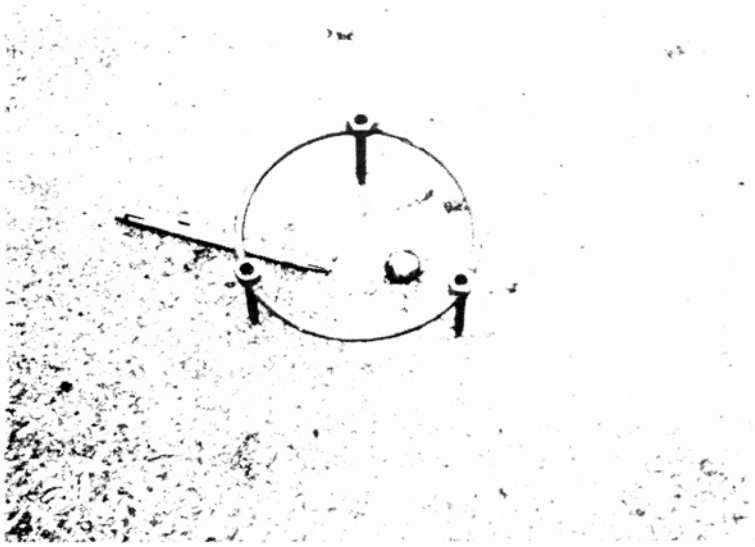
- นำฆ้อนตำมาวางให้สัมผัสบนลูกเหล็กทดลอง แล้วยกฆ้อนตำปล่อยให้ตุ้มฆ้อนตกกระแทกลงบนลูกเหล็กทดลอง หนึ่งครั้ง

- นำฆ้อนออก แล้วนำเกจวัดระยะที่ติดบนคานเหล็กกลับเข้ามาวางตำแหน่งเดิม แล้วอ่านค่าระดับเป็นค่าการจมของลูกเหล็กกลมทดลอง

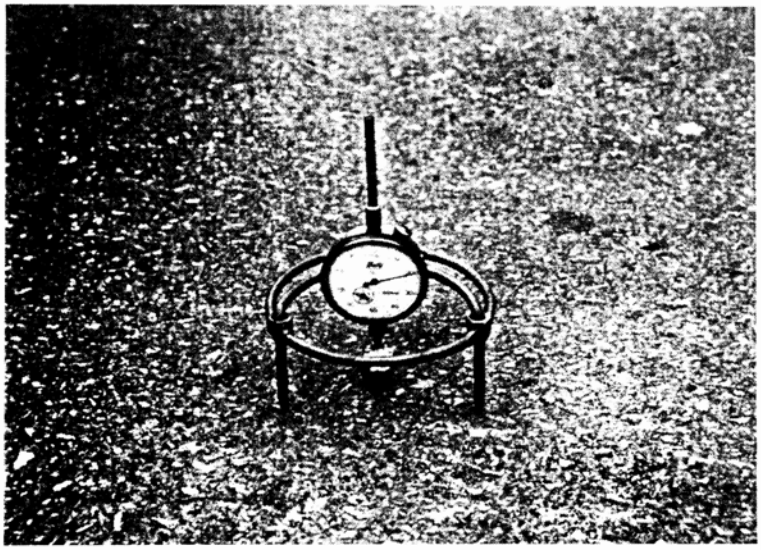
- บันทึกความแตกต่างระหว่างครั้งแรก และครั้งที่สองจากการอ่านเกจวัดระยะเป็นค่าระยะที่ลูกเหล็กทดลองจมในผิวทาง

- ทำซ้ำขั้นตอนที่ 3.1.3 (3) ขั้นที่ 2-6 ประมาณ 10 แห่ง ในแต่ละแปลงที่ต้องการทำงานฉาบผิว และนำค่าที่วัดได้มาเฉลี่ยเป็นผลลัพธ์

- ทำการบันทึกอุณหภูมิขณะทำการทดลองทุกครั้ง

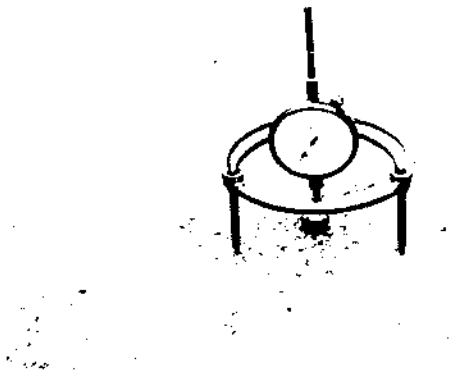


รูปที่ 5 แสดง Tripot และ Standard Ball (3/4 ″)



รูปที่ 6 แสดงการติดตั้ง Dial Gauge บน Standard Ball ก่อนการกระแทกด้วยฆ้อนมาตรฐาน

รูปที่ 7 แสดงการกระแทกด้วยฆ้อนมาตรฐานบน Standard Ball 1 ครั้ง



รูปที่ 8 แสดงการวัดการจมของ Standard Ball ภายหลังที่ถูกกระแทกด้วยฆ้อนมาตรฐานแล้ว

3.2 การหา Surface Texture Depth ของผิวทางลาดยาง

3.2.1 ขอบเขต

การทดลองนี้เพื่อหาความลึกของผิวทาง โดยการเกลี่ยแผ่ทรายที่รู้ปริมาณลงบนพื้นที่ให้เป็นวงกลม โดยให้ทรายลงไปในร่องตามความลึกของผิวทางลาดยางสม่ำเสมอ (การทดลองนี้บางครั้งเรียกว่า วิธีการทำ Sand Patch)

3.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้

(1) บรรทัดเหล็กมีหน่วยเป็น มม.

(2) กระบอกตวงที่มีปริมาตร ประมาณ 50 ซม.^{3} มีฐานเป็นยางแข็งมีขนาด ϕ 60 มม. (หนา 2 มม.) ติดอยู่ที่ก้นกระบอกตวง

(3) ทรายแห้งสะอาดที่ผ่านตะแกรง No. 50 และค้างบน No. 100 (300 μ m–150 μ m)

(4) ภาชนะใส่ทรายแห้งสะอาด

(5) แปรงขนทาสีขนาด 25 มม.

3.2.3 ขั้นตอนการทดลอง

(1) เลือก แปรงทดลอง

(2) ลักษณะผิวถนนต้องแห้งและสะอาด

(3) ใส่ทรายลงในกระบอกตวงให้เต็มแล้ว เขย่าเบา ๆ ปาดทรายด้วยบรรทัดเหล็กให้เสมอ

(4) เททรายจากกระบอกตวงให้เป็นกองลงบนจุดที่จะทดลอง

(5) เกลี่ยแผ่ทรายไปบนผิวถนน โดยใช้ฐานของกระบอกตวง เกลี่ยให้เป็นวงกลม โดยให้ฐานกระบอกตวงขนานไปกับผิวทาง ดังนั้นทรายที่เกลี่ยเป็นวงกลมจะลงไปแทรกในร่องตามความลึกของเม็ดหินจนได้ระดับ

(6) วัดเส้นผ่าศูนย์กลางของทรายที่แผ่ดีแล้วหลาย ๆ เส้น แล้วนำมาเฉลี่ยขนาด ϕ ที่วัดได้ วัดละเอียดถึง 5 มม.

(7) บันทึกสภาพผิวทาง, ชนิดและขนาดของหิน ปริมาตรและขนาดของทราย

3.2.4 การคำนวณ

(1) Surface Texture Depth (STD) $= \dfrac{V \times 10^3}{\pi \left[\dfrac{D}{2}\right]^2}$ (mm.)

เมื่อ V = ปริมาตรของทรายที่ใช้

D = เส้นผ่าศูนย์กลางของทรายที่แผ่ (มม.)

(2) วิธีใช้กราฟ หรือ ตารางในการหา STD

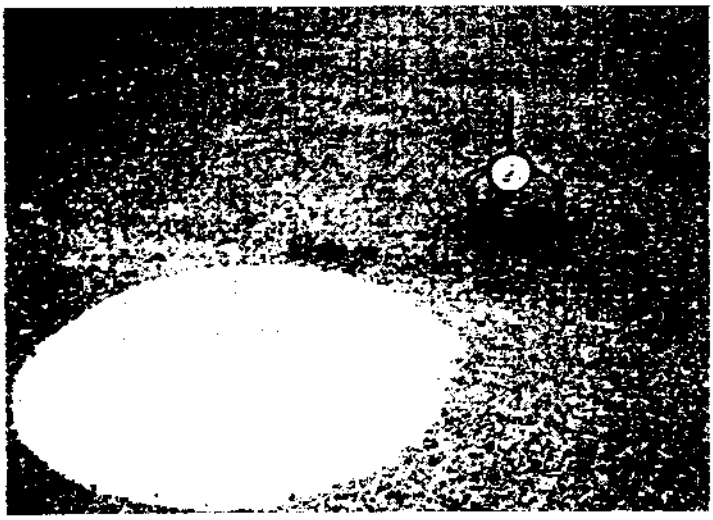
3.2.5 การรายงานผลการทดลอง

รายงานความลึกของผิวทาง เป็น 0.1 มม.

<u>หมายเหตุ</u> 1) ขนาดทราย ถ้าความลึกของผิวต่ำกว่า 0.25 มม. ให้ใช้ทรายละเอียด

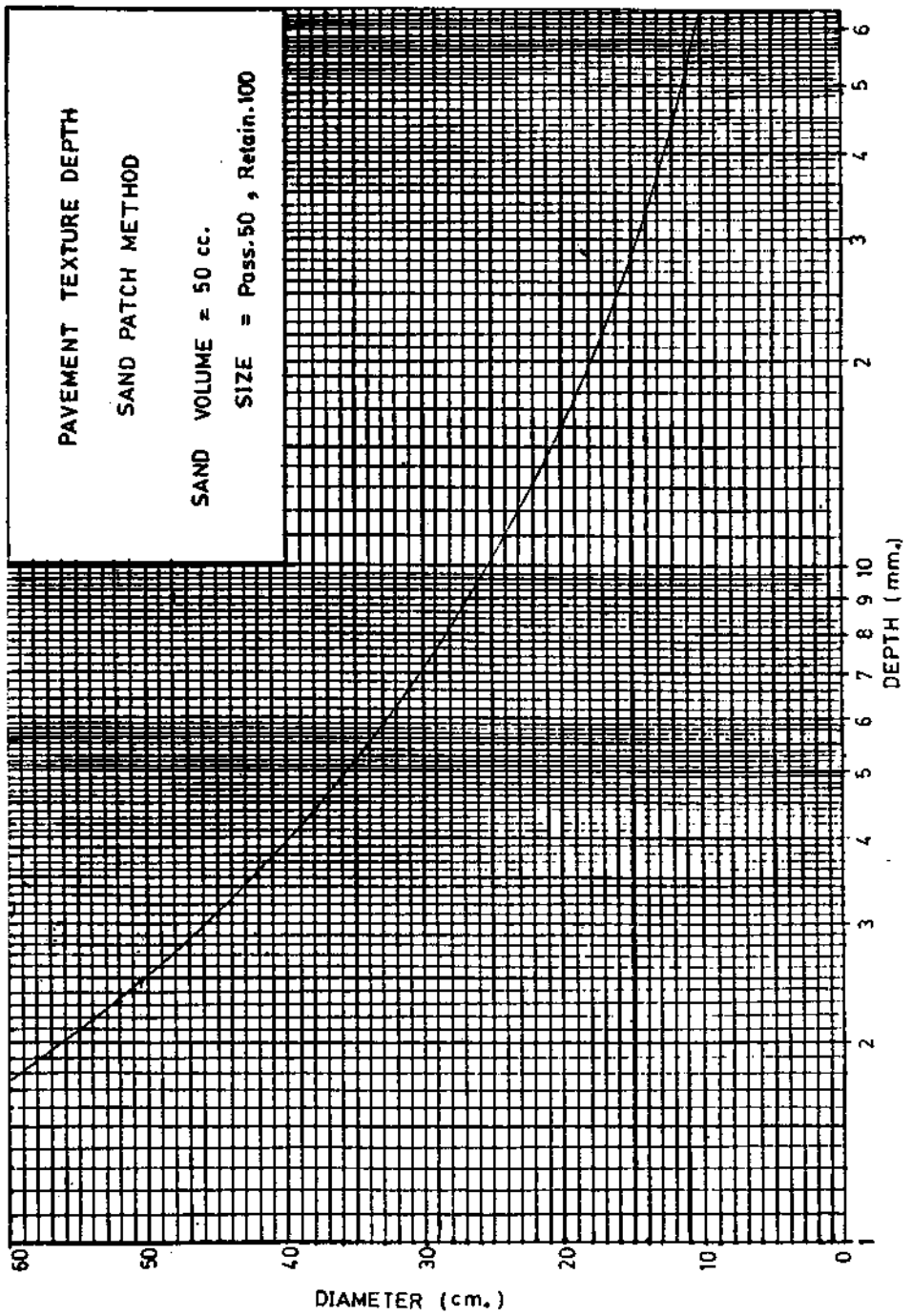
2) ปริมาตรที่ใช้ต้องแน่นอนคงที่เสมอ

3) ถ้ามีลมพัดแรงต้องระวังไม่ให้ลมพัด



รูปที่ 9 แสดงการเกลี่ยทรายทดลอง เพื่อหา Surface Texture Depth

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบค่าเส้นผ่าศูนย์กลางของทรายที่ทดลองกับความลึกของพื้นผิว



ตารางที่ 6 สรุปผลการทดลอง Standard Ball Penetration และ Surface Texture Depth ในสายทางต่างๆ

NO.	Route	KM.	Pave Temp C	Ball Penetrat n		Chip Emb ADT = 2000 (mm.)	STD. mm.
				1	2		
1.	แยก 340-วัดไผ่	29+200	60/41	3.01	4.15	1.20	0.36
		29+200	41	3.89	5.03	1.55	0.33
		30+600	40	2.79	3.99	1.10	1.50
		31+300	36	2.82	4.26	1.25	0.39
		60+550	41	2.86	4.00	1.10	0.32
2.	สุพรรณบุรี-อู่ทอง	136+902	64/44	3.23	4.43	1.35	0.24
		141+040	45	1.70	2.84	0.63	0.34
3.	รังสิต-องครักษ์ (1)	14+400	60/45	2.05	3.55	0.98	0.37
		17+000	44	3.52	4.48	1.35	0.11
4.	รังสิต-องครักษ์ (2)	48+150	60/45	2.57	3.47	0.94	0.38
		44+830	45	3.62	4.52	1.38	2.34
		45+325	45	2.70	3.60	1.01	0.81
		46+590	35	2.78	4.28	1.25	0.24
5.	กบินทร์-ปักธงชัย	14+900	62/38	2.85	4.29	1.26	0.21
		16+970	36	1.68	3.24	0.86	0.27
		18+795	44	3.29	4.37	1.26	1.58
		18+895	41	3.12	4.30	1.25	1.15
		19+150	41	2.87	4.13	1.20	0.32
6.	ลพบุรี-สิงห์บุรี บนไหล่	22+000	63/43	2.70	3.90	1.10	1.05
	บนผิว	22+000	43	2.25	3.45	0.95	0.87
7.	วังเพลิง-สระโบสถ์	0+375	63/37	2.68	4.24	1.23	1.50
		0+380	37	2.71	4.27	1.25	0.41
		0+825	40	1.65	2.84	0.71	1.66
		6+900	45	3.48	4.56	1.36	0.52
		6+960	47	2.95	3.91	1.11	0.92
8.	แยก 113-ท่าเรือ	1+625	64/36	4.94	6.62	> 2.0	0.79
	ตะพานหิน	1+700	36	3.86	5.54	1.71	2.34
		1+700	36	4.01	5.69	1.80	0.78

ตารางที่ 6 (ต่อ) สรุปผลการทดลอง Standard Ball Penetration และ Surface Texture Depth ในสายทางต่าง ๆ

NO.	Route	KM.	Pave Temp C	Ball Penetrat n		Chip Emb ADT = 2000 (mm.)	STD. mm.
				1	2		
9.	อ.งาว-พะเยา	683+700	65/38	2.56	4.18	1.20	0.21
		715+500	38	1.90	3.52	0.99	0.24
10.	แม่ริม-ฝาง	20+050	66/38	1.49	2.81	0.71	0.13
		23+700	35	1.09	2.59	0.60	0.29
		71+100	31	1.51	3.25	0.86	0.33
11.	ดอกคำใต้-แม่พริก	3+980	60/40	1.42	2.62	0.61	0.29
		4+710	37	1.90	3.28	0.58	0.29
		10+400	36	2.69	4.13	0.82	0.54
12.	ห้วยมุ่น-ม่วงเจ็ดต้น	34+400	64/39	3.54	4.98	1.50	1.67
		37+100	40	2.83	4.27	1.25	1.86
13.	หนองม่วง-หนองมะค่า	36+270	60/35	1.44	2.94	0.75	0.22

บทที่ 4

วิธีการออกแบบ และผลการทดลอง

การศึกษาวิจัยนี้ เป็นการทดลองเพียงส่วนน้อย เพื่อทำเป็นตัวอย่างกรณีศึกษาเปรียบเทียบ โดยหาอัตราของยางที่ใช้ลาด จากวิธีการออกแบบทั้ง 2 วิธี ด้วยการกำหนดให้

4.1 วัสดุ

- หินที่ใช้เป็นหิน Lime Stone มีขนาดตั้งแต่ 3/8" 1/2" 3/4" และ 1" ตามลำดับ
- ทำการหาค่าเฉลี่ยที่น้อยที่สุด (Average Least Dimension) ของหินแต่ละขนาด โดยแบ่งเป็น 2 วิธี
  - + โดยการวัดด้วยเครื่องมือวัดความหนาของเม็ดหินแต่ละเม็ด
  - + โดยใช้วิธีอ่านจากกราฟที่หาได้
- ปริมาณการจราจรที่สมมุติเท่ากันทั้ง 2 วิธี
- ใช้ยางแอสฟัลท์ AC 60/70
- ใช้ค่าการจมของลูกเหล็กมาตรฐาน ที่ตำแหน่งเดียวกัน

4.2 ขั้นตอนการออกแบบ

ขั้นตอนการออกแบบของทั้ง 2 วิธี สามารถทำได้ดังตัวอย่างต่อไปนี้

4.2.1 การหาอัตราของยางที่ใช้ลาดตามวิธีของกรมทางหลวง

กำหนดให้หินขนาด 3/4" มีค่า ALD = 10.1 mm.

Void Fraction = 0.51, ปริมาณการจราจร 1000-2000

จากสมการ อัตราของยางที่ใช้ลาด = $\frac{0.4\ HTV + S + A}{R}$ (ที่ 15 C) ลิตร/ม^2

เมื่อ H = 10.1 mm.

V = 0.50

T = 65 %

S = 0 , A = 0

R = 1 (AC 60/70)

แทนค่า อัตราของยางที่ใช้ลาด = $\frac{0.40 \times 10.1 \times 0.65 \times 0.51}{1}$

= 1.34 l/m^2

ค่า K แฟคเตอร์

ค่า K แฟคเตอร์ที่กรมทางหลวงนิยมใช้ เพื่อลดปริมาณของอัตรายางที่ใช้ลาด จะใช้ประมาณ 15 % ซึ่งหมายความว่าปริมาณของยางที่หาได้จากสูตร จะหายไปประมาณ 15 %

ดังนั้น ปริมาณยางที่ใช้ = 1.35 x 0.85

จะเหลือ = 1.15 l/m^2

4.2.2 การหาอัตราของยางที่ใช้ลาดตามวิธีของ NAASRA

ขั้นตอนที่ 1 Seal Desion

Binder Application Rate Worksheet

(1) Generald Intormation

1.1 Division

1.2 Road

1.3 Section Km. - Km.

(2) Cover Aggregate Properties

2.1 Type & Shape of Aggregate Crush/Round

2.2 Average Least Diamension ALD = 10.1 mm.

2.3 % Absorption

(3) Proporties of The Surface to be Sealed

3.1 Type of Surface (Base Course)

3.2 Ball Embedment at the max

Standard Temperature for The Region 3.85 mm.

3.3 Surface Texture 0.924 mm.s

(4) Service Conditions

4.1 Traffic Density (AADVV/Lane) = 2000

4.2 Geometry (Horizontal)

ขั้นตอนที่ 2 Design Application Rate

(1) Percentage Voids to be Filled

- Basic Void to be Filled (Table 4) = 65 %
- Allowance for Embedment
  - + Chip Embedment (Table 7) = 1.06 mm.
  - + Chip Embedment/ALD = 0.105
  - + Percentage Void volume for Embedment (Table 8) = 22.0 %
- Final Percentage Voids to be Filled = 65-22.0

= 43.0

(2) Basic Binder Application Rate = $\frac{10.1 \times 43.0}{500}$ l/m^2

= 0.87 l/m^2

(3) Binder Application Rate Allowances

- Allowance for Existing Surface Texture (Table 9)
  = 0.27 l/m^2
- Allowance for Binder Absorption = 0
- Other Allowance = -

(4) Adjuster Binder Application Rate = 1.14 l/m^2

ตัวอย่าง Standard Ball Penetration and Surface Texture Depth Test

Route No. - Date

Section Rang Sit - NaRorn Nayok Sta.

Standard Ball Penetrated

No.	Dial Reading.		Ball Penetration (mm.)	Remarks
	Initial	After		
1.	20.41	17.63	2.78	- Base Course
2.	20.44	16.99	3.45	- Crush Rock "A"
3.	20.82	17.68	3.14	- ud = 2.273 gm/cc
4.	20.12	17.58	2.54	- OMC = 5.8 %
5.	20.14	16.17	3.97	- Rate Prime coat = 0.73 l/m^2
6.	20.47	17.18	3.27	- สาดทราย
7.	20.06	17.12	2.94	- Median
8.	19.36	17.00	2.36	
9.	19.29	17.22	2.07	
10.	20.23	17.24	2.99	Statistic Check
Total Ball Penetration Avg.				Gn - 1 = 0.55 Cov = 0.19 Xi = 1.85, 4.05 de

Surface Texture Depth

Sand Patch, ϕ = 260, 260, 260, 270 mm.

avg = 262.5 mm.

STD. = 0.924 mm.

ระยะการจมของลูกเหล็กกลมมาตรฐานจากอุณหภูมิ

Pen . TsPen Tt - K (Tt - Ts)

Pen Ts = 2.95 mm.

Ts = 60 C

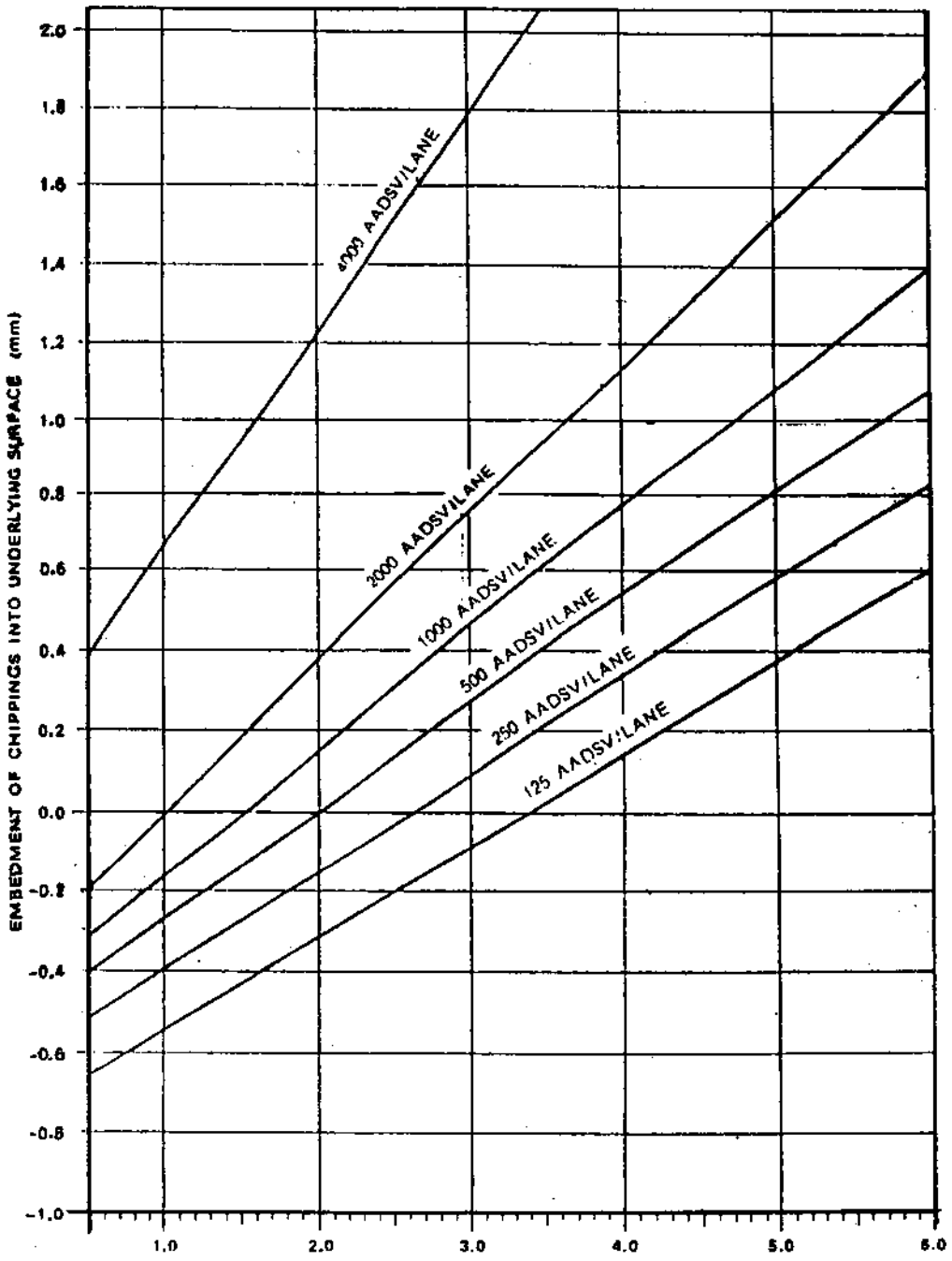
Tt = 45 C

K = 0.06 mm./C

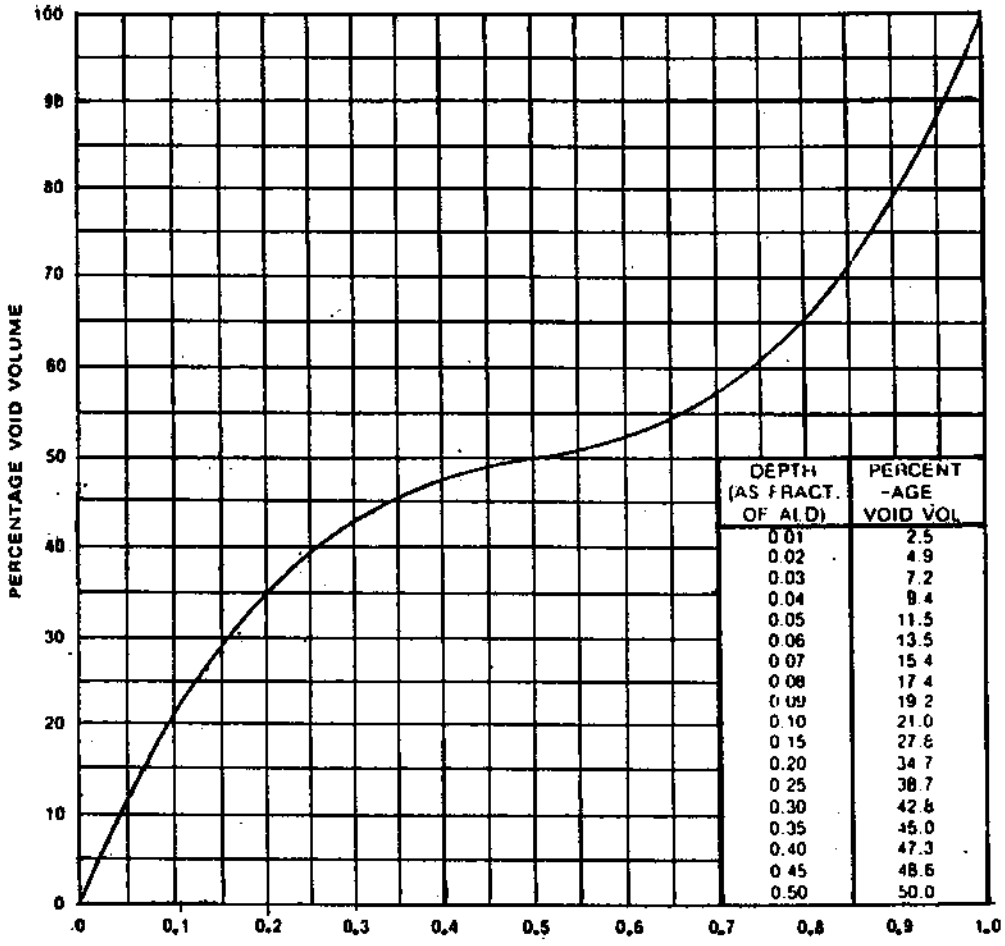
Pen Ts = 2.95 > - 0.06 (45-60)

= 3.85 mm.

ตารางที่ 7 CONVERSION OF BALL EMBEDMENT TO CHIP EMBEDMENT



ตารางที่ 8 **CONVERSION OF CHIP EMBEDMENT TO VOID VOLUME**

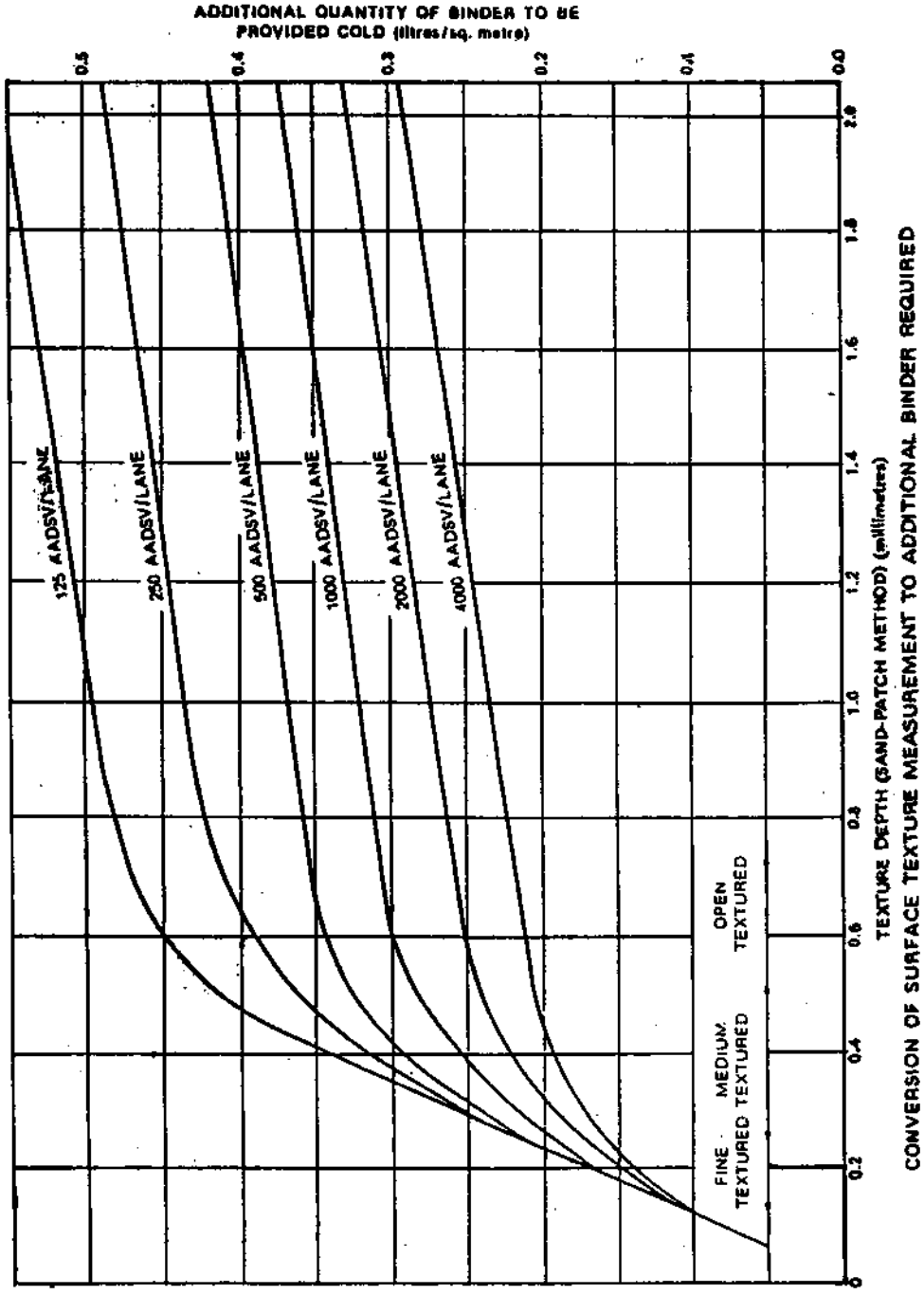


DEPTH (AS FRACT. OF ALD)	PERCENT-AGE VOID VOL
0.01	2.5
0.02	4.9
0.03	7.2
0.04	9.4
0.05	11.5
0.06	13.5
0.07	15.4
0.08	17.4
0.09	19.2
0.10	21.0
0.15	27.6
0.20	34.7
0.25	38.7
0.30	42.6
0.35	45.0
0.40	47.3
0.45	48.6
0.50	50.0

DEPTH AS FRACTION OF ALD

CONVERSION OF CHIP EMBEDMENT TO VOID VOLUME

ตารางที่ 9 CONVERSION OF SURFACE TEXTURE MEASUREMENT TO ADDITIONAL BINDER REQUIRED



ตารางที่ 10 Bitumen Volume Change with Temperature (Group o)

Observed Temp T C	Factor for Reducing Vol To 15 C	Observed Temp T C	Factor for Reducing Vol To 15 C	Observed Temp T C	Factor for Reducing Vol To 15 C
15	1.000	80	0.9597	145	0.9207
20	0.9969	85	0.9567	150	0.9177
25	0.9937	90	0.9536	155	0.9148
30	0.9906	95	0.9506	160	0.9118
35	0.9875	100	0.9476	165	0.9087
40	0.9844	105	0.9446	170	0.9060
45	0.9813	110	0.9416	175	0.9031
50	0.9782	115	0.9385	180	0.9002
55	0.9751	120	0.9356	185	0.8973
60	0.9720	125	0.9326	190	0.8944
65	0.9689	130	0.9296	195	0.8915
70	0.9658	135	0.9266	200	0.8886
75	0.9628	140	0.9236		

Table 10 gives the Approximate Factors for Converting Oil Volumes or Spray Rates Observed at Temperatures Other than 15 C to the Corresponding Volume or Spray Rate at 15 C, or Vice Versa. The Table is Valid for Oils having a Density at 15 C of form 0.9654 to 1.0754, ie Bitumen (Density 1.02) and Cutbacks with up to Approximately 35% PoWer Kerosene (Density = 0.81) or 40 % Distillate (Density = 0.83)

Adjustments may be made using the following formula :

Volume or spray rate 15 C = Volume at T C x Factor for T C

Volume or sprat rate at T C = Volume at 15 C x Factor for T C

NOTE : (a) Factors for Intermediate Temperatures in the Above Ranges may be Obtained by Direct Interpolation.

(b) More Accurate Tables and Tables for other Temperature and Density Ranges are Available from Materials Engineering Division.

(c) The Density of other Blends (3 Components etc) can be Obtained by Simply Proportioning the Densities of the Components.

4.3 ผลการทดลองที่ได้

จากการทดลองหาอัตราของยางที่ใช้ลาด จากวัสดุมวลรวมหินหลาย ๆ ขนาด ตั้งแต่ 3/8", 1/2", 3/4" และ 1" โดยใช้หินขนาดต่าง ๆ จาก 2 แหล่งเป็นอย่างน้อย และนำมาหาค่า ALD ที่ได้จากวิธีการวัดด้วยเครื่องวัดขนาดหินและวิธีที่ได้จากกราฟ นำมาเปรียบเทียบอัตราของยางที่ใช้ลาดได้ดังนี้

(1) จากสมการ 0.4 HTV ที่ใช้ในปัจจุบัน
(2) จากการลดลงตามแต่ k แฟคเตอร์ = 0.15
(3) จากสมการจมของลูกเหล็กกลมที่ไม่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิมาตรฐานผิวทางในแต่ละพื้นที่
(4) จากข้อ (3) นำมาเพิ่มปริมาณยางเนื่องจากลักษณะผิวทาง
(5) จากการจมของลูกเหล็กกลมที่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิ มาตรฐานของผิวทางในแต่ละพื้นที่
(6) จากข้อ (5) นำมาเพิ่มปริมาณของยางเนื่องจากลักษณะผิวทาง Surface Texture Depth

จากตารางที่ 11 นำปริมาณยางที่หาได้ในแต่ละขั้นตอนมาเปรียบเทียบความแตกต่าง เป็นปริมาณร้อยละ ระหว่างอัตราของยางที่ใช้ จากสมการ 0.4 HTV (ปัจจุบัน) กับอัตราของยางที่ใช้ในขั้นตอนอื่น ๆ ตามตารางที่ 12 จะเห็นว่าขั้นตอนที่การออกแบบโดยวิธี NAASRA ที่คิดถึงการจมของเม็ดวัสดุมวลรวมโดยมีอุณหภูมิของผิวทางเข้ามาเกี่ยวข้อง และเพิ่มปริมาณยางที่ใช้มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกับอัตราของยางที่ใช้เมื่อมีการลดลงเนื่องจากค่า K แฟคเตอร์ ประมาณร้อยละ 15 ของอัตรายางที่ใช้ลาดปกติ

ตารางที่ 11 สรุปผลการทดลองที่ได้อัตราของยางที่ใช้ลาด

Agg Size (in)	ALD (mm.)		Rate of A/C l/m^2		Rate of A/C Due to Chip Embedment & STD (l/m^2)			
			0.4 HTV	Reduce 15% K Factor	ไม่เกี่ยวข้องกับ Temp.		เกี่ยวข้องกับ Temp.	
					P_2=2.95 mm.	STD=0.924 R=0.27	Pts=3.85 mm.	STD=0.924 R=0.27
1"	วัด	13.2	1.75	1.49	1.37	1.64	1.25	1.52
	กราฟ	13.7	1.81	1.53	1.44	1.71	1.34	1.61
3/4"	วัด	10.1	1.34	1.14	0.98	1.25	0.85	1.12
	กราฟ	10.4	1.38	1.17	1.03	1.30	0.89	1.16
3/4"	วัด	11.2	1.49	1.27	1.12	1.39	1.01	1.28
	กราฟ	11.6	1.54	1.31	1.17	1.44	1.06	1.38
1/2"	วัด	7.4	0.98	0.83	0.65	0.92	0.56	0.83
	กราฟ	8.1	1.07	0.91	0.73	1.00	0.63	0.90
1/2"	วัด	8.1	1.07	0.91	0.73	1.00	0.63	0.90
	กราฟ	8.6	1.14	0.97	0.80	1.07	0.69	0.96

ตารางที่ 11(ต่อ) สรุปผลการทดลองที่ได้อัตราของยางที่ใช้ฉาด

Agg Size (in)	ALD (mm.)		Rate of A/C l/m^2		Rate of A/C Due to Chip Embedment & STD (l/m^2)			
			0.4 HTV	Reduce 15% K Factor	ไม่เกี่ยวข้องกับ Temp		เกี่ยวข้องกับ Temp	
					P_2=2.95 mm.	STD=0.924 R=0.27	Pts=3.85 mm.	STD=0.924 R=0.27
3/8"	วัด	4.5	0.60	0.51	0.36	0.63	0.36	0.63
	กราฟ	4.7	0.62	0.53	0.38	0.65	0.38	0.65
3/8"	วัด	4.5	0.60	0.51	0.36	0.63	0.36	0.63
	กราฟ	5.6	0.73	0.62	0.47	0.74	0.45	0.72

ตารางที่ 12 สรุปผลความแตกต่างของอัตรายางที่ใช้เป็นปริมาณร้อยละ

Agg Size (in)	ALD (mm.)		Rate of A/C l/m^2		Rate of A/C Due to Chip Embedment & STD %			
			0.4 HTV	Reduce	ไม่เกี่ยวข้องกับ Temp		เกี่ยวข้องกับ Temp	
				K Factor	Pt =2.95	STD=0.924	Pts=3.85	STD=0.924
			l/m^2	%	mm.	R=0.27	mm.	R=0.27
1"	วัด	13.2	1.75	-15	-21.7	-6.3	-28.6	-13.1
	กราฟ	13.7	1.81	-15	-20.4	-5.5	-26.0	-11.0
3/4"	วัด	10.1	1.34	-15	-26.9	-6.7	-36.6	-16.4
	กราฟ	10.4	1.38	-15	-25.4	-5.8	-35.5	-15.9
3/4"	วัด	11.2	1.49	-15	-24.8	-6.7	-32.2	-14.1
	กราฟ	11.6	1.54	-15	-24.0	-6.5	-31.2	-13.6
1/2"	วัด	7.4	0.98	-15	-33.7	-6.1	-42.9	-15.3
	กราฟ	8.1	1.07	-15	-31.8	-6.5	-41.1	-15.9
1/2"	วัด	8.1	1.07	-15	-31.8	-6.5	-41.1	-15.0
	กราฟ	8.6	1.14	-15	-29.8	-6.1	-39.5	-15.8

ตารางที่ 12 (ต่อ) สรุปผลความแตกต่างของอัตรายางที่ใช้เป็นปริมาณร้อยละ

Agg Size (in)	ALD (mm.)		Rate of A/C l/m^2		Rate of A/C Due to Chip Embedment & STD %			
			0.4 HTV	Reduce	ไม่เกี่ยวข้องกับ Temp		เกี่ยวข้องกับ Temp	
				K Factor	Pt =2.95	STD=0.924	Pts=3.85	STD=0.924
			l/m^2	%	mm.	R=0.27	mm.	R=0.27
3/8"	วัด	4.5	0.60	-15	-40.0	+5.0	-40.0	+5.0
	กราฟ	4.7	0.62	-15	-39.4	+4.2	-38.7	+4.2
3/8"	วัด	4.5	0.60	-15	-40.0	+5.0	-40.0	-5.0
	กราฟ	5.6	0.73	-15	-37.0	+1.4	-38.4	-1.4

จากตารางที่ 11 ถ้าพิจารณาอัตรายางที่ใช้ลาดที่คิดถึงการจมของเม็ดวัสดุมวลรวม ที่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิแต่ไม่มีการเพิ่มปริมาณของยาง เนื่องจากลักษณะของผิวทาง Texture Depth แล้วจะพบว่าปริมาณของยางที่ใช้จะมีค่าแตกต่างจากปริมาณยางที่ใช้ปกติ (0.4 HTV) ในทางลดลงมาก ในปริมาณร้อยละ 30-40 ซึ่งปริมาณของยางที่ได้นี้จะพิจารณานำไปใช้ต้องขึ้นอยู่กับข้อมูลที่ได้ รวมถึงวิจารณญาณและประสบการณ์ของผู้ควบคุมงานที่จะตัดสินใจนำไปใช้ให้เหมาะสมกับสภาพผิวทางนั้น ๆ

จากการทดลองหาค่าเฉลี่ยที่น้อยที่สุด (ALD) ของเม็ดวัสดุโดยวิธีการวัดด้วยเครื่องวัดขนาดหินและหาได้โดยอ่านค่า ALD จากกราฟ จะเห็นว่าการวัดจากหินจริง ๆ จะให้ค่า ALD ที่ใกล้เคียงกับความจริงมากกว่า ทำให้ปริมาณยางที่ใช้ลาดมีค่าน้อยกว่า ซึ่งน่าจะถูกต้องกว่าวิธีการที่หาได้จากกราฟ

4.4 สรุปผล

(1) อัตรายางที่ใช้ลาดจะได้ต่ำกว่าวิธีที่ออกแบบในปัจจุบัน

(2) สามารถลดอัตรายางที่ใช้ลาดได้อย่างมีเหตุผล

(3) สามารถเลือกใช้ขนาดวัสดุได้อย่างถูกต้อง

(4) การหาอัตรายางที่ใช้ลาดโดยวิธีนี้ที่จะต้องทำการทดลอง ในขณะที่ทำงานจริงในแต่ละสถานที่

4.5 ข้อเสนอแนะ

(1) ข้อมูลในการทดลองต้องเป็นข้อมูลที่มีความถูกต้องและละเอียดพอ

(2) ผู้ปฏิบัติการจะต้องมีประสบการณ์ในการพิจารณา

(3) การทดลองต้องทำตลอดความยาวแปลงที่จะทำงาน โดยไม่น้อยกว่า 10 แห่งต่อ 1 แปลง

(4) ต้องทำการตรวจสอบอุณหภูมิในขณะทำงานทดลอง

(5) ควรทำการศึกษาโดยการทำแปลงทดลอง (Test Section) เพื่อดูผลที่ได้ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

Ref - Aapa. Australian Asphalt Pavement Association "Structural Design of Flexible Pavements"

- The Asphalt Institute
- Rep. No. 78/51. "Single Coat Seal Design Manual (DRAFT)" Main Roads Department Perth, Westerm Australia. Nov. 1978
- ทล. - ท. เล่ม 1
- ทล. - ท. เล่ม 2
- กรมอุตุนิยมวิทยา "สถิติภูมิอากาศของประเทศไทยในคาบ 30 ปี (พ.ศ. 2499-2528)" กระทรวงคมนาคม กรุงเทพ ประเทศไทย 2530

ภาคผนวก

ก. TRAFFIC ASSESSMENT

ข. Data ข้อมูลการวัด Standard Ball Penetration และ Surface Texture Depth

ภาคผนวก ก.

TRAFFIC ASSESSMENT

Average Annual Daily Standard Vehicles per Lane per 204 n. day (AADSV/Lane) สามารถแปลงมาจากค่า Average Annual Daily Traffic (AADT) โดย

วิธีที่ 1

ตามข้อมูล AADT ที่ได้

a) เปลี่ยน AADT เป็น AADT/Lane

b) ใช้เฟคเตอร์ต่อไปนี้แปลงค่า AADT เป็น AADSV

Class	Multiplying Factor
1	0.5
2	1
3	5
4	10
5	20
6	5

ค่าที่ให้มี AADSV/Lane (24 ชม. วัน)

AADSV = Average Annula Daily Standard Vehicle

วิธีที่ 2

จากข้อมูล AADT รวมทั้งหมดและ % รถบรรทุกหนัก (24 ชม. ใน 1 วัน)

ก) แปลงค่า AADT ให้เป็น AADT รถหนัก และ AADT รถเบา

ข) แบ่ง AADT ออกตามช่วงการจราจร เช่น

1) AADT/Lane Light

2) AADT/Lane Heavy

ค) ใช้เฟคเตอร์ต่อไปนี้แปลง AADT เป็น AADSV/Lane (1 วัน)

Class	Multiplying Factor
Light	0.6
Heavy	6

สมมุติฐาน แต่วิธีนี้จะใช้ได้ต่อเมื่อสัดส่วนของการจราจรมีดังนี้ คือ 68/17/11/4 ชั้นยานพาหนะ 1, 2, 2 และ 4 ถ้าแตกต่างไปจากที่ให้ใช้วิธีที่ 1

วิธีที่ 3

จากข้อมูล AADT

ก) เปลี่ยน AADT เป็น AADT/Lane

ข) คูณ AADT/Lane ด้วย 1.5 เป็น AADSV/Lane (24 ชม. ใน 1 วัน)

* ข้อสมมุติฐาน เช่นเดียวกับวิธีที่ 2 (แต่ถ้าเป็นไปได้)

วิธีที่ 4

- อาจใช้ข้อมูลของ ADT แทน AADT ได้ถ้าหาเพิ่มเติมไม่ได้
- ทำให้เป็น AADT/Lane แล้วดำเนินตามวิธีที่ 3

ภาคผนวก ข.

Data ข้อมูลการวัด Standard Ball Penetration และ Surface Texture Depth

STANDARD BALL PENETRATION TEST AND SURFACE TEXTURE DEPTH

ทางสาย 33 แยกสาย 340 - วัดไผ่โรงวัว กม. 29+200 Lt. เวลา 10.40 น. อุณหภูมิ 41 C

ครั้งที่	Dial Reading		Ball pen	หมายเหตุ
	Before	After	mm.	
1	19.40	15.45	3.95	
2	19.04	16.83	2.21	- ทำบน B/C
3	17.43	15.41	2.02	- เรียบมาก
4	19.03	16.54	2.49	
5	18.48	15.18	3.30	
6	19.75	17.34	2.41	
7	20.81	17.07	3.74	
8	20.62	17.26	3.36	
9	18.01	15.19	2.82	
10	20.01	16.21	3.80	
รวม			30.10	
เฉลี่ย			3.01	

SURFACT TEXTURE DEPTH

R = 41.5, 41.5, 43.5, 42.0 = 42.1 cm.

STD = 0.36 mm.

α n-1 = 0.7098

x = 3.010

1.590 <----------> 4.430

STANDARD BALL PENETRATION TEST AND SURFACE TEXTURE DEPTH

ทางสาย 32 แยกสาย 340 - วัดไม่โรงวัว กม. 29+200 Rt

เวลา 10.30 น. อุณหภูมิ 41 C

ครั้งที่	Dial Reading		Ball pen	หมายเหตุ
	Before	After	mm.	
1	18.22	15.90	* 2.32	- ทำบน B/C
2	19.78	14.93	4.85	- หินคลุก Grade "B"
3	20.34	16.09	4.25	- Rate P/C = 0.8 l/m^2
4	20.34	16.61	3.73	สาดทรายหลัง P/C
5	19.74	15.72	4.02	- เรียบมาก
6	20.15	17.00	3.15	
7	20.20	15.93	4.27	
8	20.28	15.53	4.75	
9	20.84	16.88	3.96	
10	19.10	15.68	3.42	
รวม			38.72	
เฉลี่ย			3.87	

SURFACT TEXTURE DEPTH

R = 45.0, 43.5, 43.0, 45.0 = 44.1 cm.

STD = 0.33 mm.

α n-1 =*0.7610 α n-1 = 0.5631

X = 0.872 X = 4.044

2.350 <----------> 5.394 2.918 <----------> 5.171

STANDARD BALL PENETRATION TEST AND SURFACE TEXTURE DEPTH

ทางสาย แยกทางหลวงหมายเลขสาย 340-วัดไผ่โรงวัว 30+600 Rt.

เวลา 10.00 น. อุณหภูมิ 40 C

ครั้งที่	Dial Reading		Ball pen	หมายเหตุ
	Before	After	mm.	
1	20.88	17.68	3.20	
2	20.82	18.11	2.71	- ทำบน B/C
3	19.34	16.09	3.25	- ลักษณะหยาบมาก
4	20.20	17.26	2.94	
5	20.09	18.33	1.76	
6	19.55	15.65	3.57	
7	20.62	17.55	3.07	
8	20.06	18.04	2.02	
9	18.45	15.00	3.45	
10	18.42	16.49	1.93	
รวม			27.90	
เฉลี่ย			2.79	

SURFACT TEXTURE DEPTH

R = 20.5, 21.0, 20.5, 20.5 = 20.6 cm.

STD = 1.50 mm.

α n-1 = 0.6603

X = 2.790

1.469 <----------> 4.111

STANDARD BALL PENETRATION TEST AND SURFACE TEXTURE DEPTH

ทางสาย แยกทางหลวงสาย 340 - วัดไผ่โรงวัว กม. 31+300 Rt.

เวลา 9.30 น. อุณหภูมิ 36 C

ครั้งที่	Dial Reading		Ball pen	หมายเหตุ
	Before	After	mm.	
1	20.61	18.14	2.47	
2	18.45	15.57	2.88	- ทำบน B/C
3	20.45	18.06	2.39	- เรียบมาก
4	19.61	16.94	2.67	
5	19.60	16.41	3.19	- ลักษณะค่อนข้างปานกลาง
6	19.41	16.20	3.21	
7	19.43	16.60	2.83	
8	19.70	16.54	3.16	
9	20.09	16.82	3.27	- Rate P/C 0.8 l/m^2
10	19.84	17.75	2.09	
รวม			28.16	
เฉลี่ย			2.82	

SURFACT TEXTURE DEPTH

R = 40.0, 40.0, 41.5, 39.5 = 40.3 cm.

STD = 0.39 mm.

α n-1 = 0.4046

x = 2.816

2.007 <----------> 3.625

STANDARD BALL PENETRATION TEST AND SURFACE TEXTURE DEPTH

ทางสาย 31 แยกทางหลวงหมายเลขสาย 340 - วัดไผ่โรงวัว กม. 60+550 Lt.

เวลา 10.10 น. อุณหภูมิ 41 C

ครั้งที่	Dial Reading		Ball pen	หมายเหตุ
	Before	After	mm.	
1	19.00	15.70	3.30	
2	19.36	17.02	2.34	- ทำบน B/C
3	20.02	17.62	2.40	- สาดทรายหลัง P/C
4	19.40	17.44	1.96	- ค่อนข้างเรียบมาก
5	19.22	16.29	2.93	
6	18.71	15.09	3.62	
7	19.84	17.28	2.56	
8	19.82	15.68	4.14	
9	18.50	15.80	2.70	
10	19.56	16.59	2.67	
รวม			28.62	
เฉลี่ย			2.86	

SURFACT TEXTURE DEPTH

R = 45.0, 45.0, 44.5, 45.0 = 44.9 cm.

STD = 0.32 mm.

α n-1 = 0.6547

x = 2.862

1.553 <----------> 4.171

STANDARD BALL PENETRATION TEST AND SURFACE TEXTURE DEPTH

ทางสาย สุพรรณบุรี-อู่ทอง กม. 136+902

เวลา 13.30 น. อุณหภูมิ 44 C

ครั้งที่	Dial Reading		Ball pen	หมายเหตุ
	Before	After	mm.	
1	19.90	17.68	* 2.22	
2	20.40	17.40	3.00	- ทำบนผิวทาง A/C
3	20.02	16.80	3.22	- ลักษณะทั่วไป Bleeding เป็นร่องล้อและ Flow
4	20.50	17.00	3.50	
5	20.51	17.52	2.99	- ADT = 5000
6	20.35	16.92	3.43	- ก่อสร้างไว้เมื่อปี 2529
7	20.44	17.28	3.16	
8	20.00	16.80	3.20	
9	20.20	16.00	** 4.20	
10	20.01	16.68	3.33	
รวม			32.25	
เฉลี่ย			3.23	

SURFACT TEXTURE DEPTH

R = 51.0, 52.0, 51.0, 50.0 = 51.0 cm.

STD = 0.24 mm.

α n-1 = *0.4944	α n-1 = ** 0.3670	α n-1 = * 0.1849
x =	3.225 x =	3.337 x = 3.229
2.236 <---------> 4.214	2.603 <---------> 4.071	2.859 <---------> 3.999

STANDARD BALL PENETRATION TEST AND SURFACE TEXTURE DEPTH

ทางสาย 35 อู่ทอง-สุพรรณบุรี ตอน 3 กม. 141+040

.วลา 13.50 น. อุณหภูมิ 45 C

ครั้งที่	Dial Reading		Ball pen	หมายเหตุ
	Before	After	mm.	
1	19.28	17.20	2.08	
2	20.92	18.54	✱ 2.38	- ทำบนผิว A/C
3	20.20	18.80	1.40	- ช่วงที่สภาพผิวทางดี
4	20.24	18.73	1.51	
5	20.33	18.87	1.46	
6	20.23	18.46	1.77	
7	20.42	18.89	1.53	
8	20.23	18.30	1.93	
9	20.24	18.86	1.38	
10	20.39	18.80	1.59	
รวม			17.03	
เฉลี่ย			1.70	

SURFACT TEXTURE DEPTH

R = 44.0, 42.0, 43.0, 44.0 = 43.3 cm.

STD = 0.34 mm.

α n-1 =✱ 03319 α n-1 = 0.2455

x = 1.703 x = 1.628

1.039 <--------> 2.367 1.137 <--------> 2.119

STANDARD BALL PENETRATION TEST AND SURFACE TEXTURE DEPTH

ทางสาย 1 รังสิต-องครักษ์ (ตอนที่ 1) กม. 14-400 Rt.

เวลา 11.30 น. อุณหภูมิ 45 C

ครั้งที่	Dial Reading		Ball pen	หมายเหตุ
	Before	After	mm.	
1	20.74	18.54	2.20	
2	20.24	18.02	2.22	- ผิวทาง AC ดีไม่ Bleed (4 Lanes)
3	20.77	18.31	2.46	
4	20.24	18.21	2.03	
5	19.49	17.68	1.81	
6	19.49	17.62	1.87	
7	19.91	17.90	2.01	
8	19.56	17.42	2.14	
9	20.46	18.15	2.31	
10	19.91	18.45	* 1.46	
รวม			20.51	
เฉลี่ย			2.05	

SURFACT TEXTURE DEPTH

R = 40, 41, 43 = 41.3 cm.

STD = 0.37 mm.

α n-1 =* 0.2858 α n-1 = 0.2083

x = 2.051 x = 2.117

1.479 <---------> 2.623 1.700 <---------> 2.533

STANDARD BALL PENETRATION TEST AND SURFACE TEXTURE DEPTH

ทางสาย 2/1 รังสิต-องครักษ์ (ตอน 1) บริเวณบนผิว AC ระหว่างตอง 7-8

เวลา 12.00 น. อุณหภูมิ 44 C

ครั้งที่	Dial Reading		Ball pen	หมายเหตุ
	Before	After	mm.	
1	20.67	17.36	3.31	
2	19.80	14.40	5.40	- บนผิว AC
3	20.40	17.57	2.83	- 2 Lanes
4	22.70	20.38	2.32	
5	21.60	18.38	3.22	
6	21.50	18.42	3.08	
7	20.33	17.90	2.43	
8	22.60	18.62	3.98	สภาพผิว Bleed เป็น
9	22.80	19.18	3.62	ร่องล้อ
10	24.90	19.90	5.00	
รวม			35.19	
เฉลี่ย			3.52	

SURFACT TEXTURE DEPTH

R = 75, 75, 76 = 75.3 cm.

STD = 0.11 mm.

α n-1 = 1.0208

x = 3.519

1.477 <----------> 5.561

STANDARD BALL PENETRATION TEST AND SURFACE TEXTURE DEPTH

ทางสาย 5/2 รังสิต-นครนายก (ตอน 2) กม. 48 + 150 Rt. บนผิว AC

เวลา 14.45 น. อุณหภูมิ 45 C

ครั้งที่	Dial Reading		Ball pen	หมายเหตุ
	Before	After	mm.	
1	19.65	16.99	2.66	
2	20.64	17.74	2.90	
3	19.80	16.08	3.72	
4	20.04	17.92	2.12	
5	19.50	17.13	2.37	
6	19.83	17.34	2.49	
7	20.04	18.59	1.45	
8	20.80	17.13	3.67	
9	20.57	18.19	2.38	
10	19.20	17.24	1.96	
รวม			25.72	
เฉลี่ย			2.57	

SURFACT TEXTURE DEPTH

R = 40.5, 41.5, 40.5, 40.5 = 40.8 cm.

STD = 0.38 mm.

α n-1 = 0.7119

x = 2.572

1.148 <----------> 3.996

STANDARD BALL PENETRATION TEST AND SURFACE TEXTURE DEPTH

ทางสาย 3/4 รังสิต-นครนายก (ตอนที่ 2) กม. 44+830 Lt.

เวลา 13.49 น. อุณหภูมิ 45 C

ครั้งที่	Dial Reading		Ball pen	หมายเหตุ
	Before	After	mm.	
1	18.37	14.01	4.36	- หิน Grade (A)
2	20.76	17.14	3.62	- KM 44+800, γd = 2.133
3	20.42	16.85	3.57	OMC = 5.1 %
4	17.56	15.08	2.48	
5	20.78	18.57	2.21	- KM 44+850, γd = 2.122
6	19.18	15.15	4.03	OMC = 5.4%
7	19.79	16.03	3.76	Avg = 2.128, 5.3 %
8	20.18	16.22	3.96	
9	20.43	16.04	4.39	
10	20.02	16.19	3.83	
รวม			36.21	
เฉลี่ย			3.62	

SURFACT TEXTURE DEPTH

R = 17, 16, 16.5, 16.33 = 16.5 cm.

STD = 2.34 mm.

α n-1 = 0.7286

x = 3.621

2.164 <----------> 5.078

STANDARD BALL PENETRATION TEST AND SURFACE TEXTURE DEPTH

ทางสาย 4/2 รังสิต-นครนายก (ตอน 2) กม. 45+325 Lt. บน B/C

เวลา 14.00 น. อุณหภูมิ 45 C

ครั้งที่	Dial Reading		Ball pen	หมายเหตุ
	Before	After	mm.	
1	20.37	17.15	3.22	
2	18.47	15.14	3.33	- หินคลุก Grade "A"
3	20.01	18.11	1.90	
4	17.51	15.02	2.49	ωd = 2.125 gm/cc
5	17.78	15.42	2.36	
6	18.84	16.83	2.01	
7	19.39	16.94	2.45	
8	20.20	17.26	2.94	
9	20.78	18.11	2.67	
10	20.02	16.40	3.62	
รวม			26.99	
เฉลี่ย			2.70	

SURFACT TEXTURE DEPTH

R = 28.5, 28.0, 28.0, 27.5 = 28.0 cm.

STD = 0.81 mm.

α n-1 = 0.5687

x = 2.699

1.562 <----------> 3.836

STANDARD BALL PENETRATION TEST AND SURFACE TEXTURE DEPTH

ทางสาย 6/2 รังสิต-นครนายก (ตอน 2) กม. 46+590 Lt. บนชั้น Base Course ที่ยังไม่ Prime Coat

เวลา 8.10 น. อุณหภูมิ 35 C

ครั้งที่	Dial Reading		Ball pen	หมายเหตุ
	Before	After	mm.	
1	19.36	16.36	3.00	- γd = 2.146
2	20.95	18.93	2.02	- OMC = 5.2%
3	19.82	17.42	2.40	
4	19.47	17.80	1.67	
5	19.72	16.00	3.72	- สภาพผิวทาง BC แห้ง
6	17.54	12.88	* 4.66	- ในแปลงเดียวกันมีทั้งหยาบ
7	19.12	16.48	2.64	และเรียบมาก
8	20.15	17.03	3.12	
9	20.25	17.78	2.47	
10	19.08	17.01	2.07	
รวม			27.77	
เฉลี่ย			2.78	

SURFACT TEXTURE DEPTH

R = 51, 52, 52, 52, 52 = 51.8 cm. เรียบมาก

STD = 0.24 mm.

α n-1 =* 0.8917 α n-1 = 0.6341

x = 2.777 x = 2.568

0.994 <---------> 4.560 1.300 <---------> 3.836

STANDARD BALL PENETRATION TEST AND SURFACE TEXTURE DEPTH

ทางสาย 37 กบินทร์บุรี-ปักธงชัย กม. 14+900 Lt. @ CL 2.50 ม.

เวลา 8.25 น. อุณหภูมิ 38 C

ครั้งที่	Dial Reading		Ball pen	หมายเหตุ
	Before	After	mm.	
1	20.93	17.08	3.85	
2	20.37	18.18	2.19	- ทำบน B/C
3	20.30	17.74	2.56	- หินคลุก Grade "A"
4	20.35	17.76	2.59	- Rate P/C= 0.8 l/m^2
5	20.64	17.30	3.34	- สาดทราย
6	20.62	17.96	2.66	- เรียบมาก
7	20.07	18.33	1.74	
8	19.84	17.21	2.63	
9	19.91	16.55	3.36	
10	19.61	16.05	3.56	
รวม			28.48	
เฉลี่ย			2.85	

SURFACT TEXTURE DEPTH

R = 55.0, 56.0, 55.0, 56.0 = 55.5 cm.

STD = 0.21 mm.

α n-1 = 0.6590

x = 2.848

1.530 <----------> 4.166

STANDARD BALL PENETRATION TEST AND SURFACE TEXTURE DEPTH

ทางสาย กบินทร์บุรี-ปักธงชัย กม. 16+970 Lt. @ CL 2.50 ม.

เวลา 8.40 น. อุณหภูมิ 36 C

ครั้งที่	Dial Reading		Ball pen	หมายเหตุ
	Before	After	mm.	
1	19.40	17.90	1.50	
2	19.38	17.83	1.55	
3	19.94	18.50	1.44	- ทำบนผิว A/C
4	19.70	17.80	1.90	
5	19.29	17.80	1.49	
6	19.80	18.00	1.80	
7	20.41	18.52	1.89	
8	19.89	18.20	1.69	
9	20.30	18.75	1.55	
10	20.65	18.62	2.03	
รวม			16.84	
เฉลี่ย			1.68	

SURFACT TEXTURE DEPTH

R = 48.0, 48.0, 49.0, 48.5, 48.5 = 48.4 cm.

STD = 0.27 mm.

α n-1 = 0.2080

x = 1.684

1.268 <----------> 2.100

STANDARD BALL PENETRATION TEST AND SURFACE TEXTURE DEPTH

ทางสาย กบินทร์บุรี-อ. ปักธงชัย กม. 18+795 Lt. ผิว BC หยาบมาก

เวลา 12.04 น. อุณหภูมิ 44 C

ครั้งที่	Dial Reading		Ball pen	หมายเหตุ
	Before	After	mm.	
1	20.24	16.16	4.08	
2	19.42	15.60	3.84	- υd = 2.362
3	20.35	16.05	4.30	- OMC = 3.9%
4	19.39	16.12	3.27	- หินคลุก Grade "A"
5	20.01	17.82	2.19	
6	20.89	15.35	5.54	- ค่อนข้างหยาบมากและ
7	20.52	18.39	2.13	หยาบปานกลาง
8	21.12	18.49	2.63	- Rate Prime Coat =0.8 l/m^2
9	17.10	15.03	2.07	
10	20.84	18.02	2.82	
รวม			32.87	
เฉลี่ย			3.29	

SURFACT TEXTURE DEPTH

R = 20.2, 20.0, 20.2, 20.3 = 20.1 cm.

STD = 1.58 mm.

α n-1 = 1.1407

x = 3.287

1.006 <----------> 5.568

STANDARD BALL PENETRATION TEST AND SURFACE TEXTURE DEPTH

ทางสาย กบินทร์บุรี - อ. ปักธงชัย กม. 18+895 Rt.

เวลา 11.30 น. อุณหภูมิ 41 C

ครั้งที่	Dial Reading		Ball pen	หมายเหตุ
	Before	After	mm.	
1	20.04	16.32	3.72	- หินคลุก Grade "A"
2	18.98	15.43	3.55	- υd = 2.273
3	19.06	15.35	3.71	- OMC = 3.9%
4	19.26	16.30	2.96	- Rate Prime Coat =0.82l/m^2
5	20.04	16.88	3.16	
6	20.10	16.60	3.50	- ค่อนข้างเรียบเพราะลาดทรายมาก
7	20.22	16.91	3.31	
8	19.80	16.86	2.94	
9	19.62	17.75	*1.87	
10	18.70	16.20	2.50	
รวม			31.22	
เฉลี่ย			3.12	

SURFACT TEXTURE DEPTH

R = 24.0, 23.0, 23.7, 23.2 = 23.5 cm.

STD = 1.15 mm.

α n-1 =* 0.5850 α n-1 = 0.4090

x = 3.122 x = 3.261

1.952 <---------> 4.292 2.443 <---------> 4.079

STANDARD BALL PENETRATION TEST AND SURFACE TEXTURE DEPTH

ทางสาย กบินทร์บุรี - อ. ปักธงชัย กม. 19 +150 Rt. บนผิว AC

เวลา 11.00 น. อุณหภูมิ 41 C ครึ้มฝน

ครั้งที่	Dial Reading		Ball pen	หมายเหตุ
	Before	After	mm.	
1	20.22	17.34	2.88	
2	19.86	17.14	2.72	- ปริมาณ Traffic =4000-> 5000
3	19.72	16.90	2.82	
4	20.31	17.34	2.97	
5	20.19	17.59	2.60	
6	20.15	17.05	3.10	
7	20.45	17.08	3.37	
8	20.33	17.00	3.33	
9	20.19	17.35	2.84	
10	19.90	17.81	* 2.09	
รวม			28.72	
เฉลี่ย			2.87	

SURFACT TEXTURE DEPTH

R = 45, 45, 44.5, 43.5 = 44.5 cm. สาดทรายมาก

STD = 0.32 mm.

α n-1 =* 0.3699 α n-1 = 0.2627

x = 2.872 x = 2.259

2.132 <---------> 3.612 2.433 <---------> 3.484

STANDARD BALL PENETRATION TEST AND SURFACE TEXTURE DEPTH

ทางสาย 10/4 ลพบุรี - สิงห์บุรี กม. 22+000 Lt.

เวลา 10.30 น. อุณหภูมิ 43 C

ครั้งที่	Dial Reading		Ball pen	หมายเหตุ
	Before	After	mm.	
1	20.10	17.76	2.34	- ก่อสร้างเสร็จแล้ว, ผิวทาง AC
2	18.46	15.00	3.46	- ADT ไม่ทราบ
3	18.94	16.29	2.65	- Rate ยาง = 0.8 l/m^2
4	19.81	16.50	3.31	- ทำบนไหล่ทาง @ CL 4.50 m
5	19.84	16.74	3.10	- Prim Coat
6	19.15	16.44	2.71	- หินคลุก Grade "A"
7	19.83	17.32	2.51	- ลักษณะป่านกลาง
8	20.19	16.87	3.32	- ไหล่ Single หิน 3/4"
9	19.72	17.79	1.93	- ทำบนไหล่ทางและผิวทาง
10	19.59	17.91	1.68	
รวม			27.01	
เฉลี่ย			2.70	

SURFACT TEXTURE DEPTH

R = 25.0, 24.5, 24.5, 24.5 = 24.6 cm.

STD = 1.05 mm.

α n-1 = 0.6051

x = 2.701

1.491 <----------> 3.911

STANDARD BALL PENETRATION TEST AND SURFACE TEXTURE DEPTH

ทางสาย ลพบุรี - สิงห์บุรี กม. 22+000 Lt. บนผิวทาง Asp. Conc.

เวลา 14.00 น. อุณหภูมิ 43 C

ครั้งที่	Dial Reading		Ball pen	หมายเหตุ
	Before	After	mm.	
1	20.09	17.62	2.47	
2	20.38	17.94	2.44	
3	20.66	17.56	3.10	
4	20.38	17.20	3.18	
5	19.32	18.19	1.13	- ลักษณะผิวด้านข้างหยาบ
6	20.59	18.97	1.62	
7	19.94	18.22	1.72	
8	20.35	18.71	1.64	
9	19.89	17.77	2.12	
10	20.50	17.38	3.12	
รวม			22.54	
เฉลี่ย			2.25	

SURFACT TEXTURE DEPTH

R = 26.5, 28.5, 26.5, 27.0, 26.5 = 42.1 cm.

STD = 0.87 mm.

α n-1 = 0.7265

x = 2.254

0.801 <----------> 3.707

STANDARD BALL PENETRATION TEST AND SURFACE TEXTURE DEPTH

ทางสาย วังเพลิง-สระโบสถ์ กม. 0+375 Rt.

เวลา 16.06 น. อุณหภูมิ 37 C

ครั้งที่	Dial Reading		Ball pen	หมายเหตุ
	Before	After	mm.	
1	19.47	17.12	2.35	
2	19.61	17.29	2.32	- ลักษณะผิว:
3	21.68	18.90	2.78	- Rate AC = . ./m^2
4	20.63	17.29	3.34	
5	19.51	16.95	2.56	- เข้าโค้ง
6	20.09	16.97	3.12	- ยาง MC-1
7	20.56	18.30	2.25	- ud = 2.280
8	20.25	17.94	2.31	- OMC =7.0%
9	19.58	16.57	3.01	
10	19.10	16.39	2.71	
รวม			26.76	
เฉลี่ย			7.68	

SURFACT TEXTURE DEPTH

R = 21.5, 20.5, 20.5, 20.0 = 20.6 cm.

STD = 1.56 mm.

α n-1 = 0.3823

x = 2.676

1.911 <----------> 3.441

STANDARD BALL PENETRATION TEST AND SURFACE TEXTURE DEPTH

ทางสาย วังเพลิง-สระโบสถ์ กม. 0+380 Lt.

เวลา - อุณหภูมิ 37 C

ครั้งที่	Dial Reading		Ball pen	หมายเหตุ
	Before	After	mm.	
1	20.69	18.13	2.56	
2	19.80	16.02	3.78	
3	20.39	17.95	2.44	- ผิวละเอียด
4	20.95	18.12	2.83	- ห่างจาก CL 2.00 ม.
5	19.15	15.67	3.48	- Rate Prime Coat
6	20.29	17.49	2.80	= 0.74 ล/m^2
7	20.12	17.78	2.34	
8	20.46	18.88	1.58	
9	21.00	18.20	2.80	
10	19.68	17.18	2.50	
รวม			27.11	
เฉลี่ย			2.71	

SURFACT TEXTURE DEPTH

R = 39.5, 38.0, 39.5, 40.0 = 39.3 cm.

STD = 0.41 mm.

α n-1 = 0.6075

x = 2.711

1.496 <----------> 3.926

STANDARD BALL PENETRATION TEST AND SURFACE TEXTURE DEPTH

ทางสาย 16/5 วังเพลิง-สระโบสถ์ กม. 0+825 Lt. บนชั้น Base Course ที่ไม่มี Prime Coat

เวลา 10.40 น. อุณหภูมิ 40 C

ครั้งที่	Dial Reading		Ball pen	หมายเหตุ
	Before	After	mm.	
1	19.75	18.88	0.87	
2	19.02	18.33	0.69	- บน EC ยังไม่ Prime Coat
3	19.44	17.59	1.85	
4	19.45	18.36	1.09	
5	19.67	17.89	1.78	- γd = 2.228
6	20.42	18.35	2.07	- OMC = 7.7%
7	19.45	17.20	2.25	
8	21.30	19.09	2.21	
9	19.76	17.25	2.51	
10	19.15	17.98	1.17	
รวม			16.49	
เฉลี่ย			1.65	

SURFACT TEXTURE DEPTH

R = 19.0, 19.5, 20.0, 20.0 = 19.6 cm.

STD = 1.66 mm.

α n-1 = 0.6430

X = 1.649

0.363 <----------> 2.935

STANDARD BALL PENETRATION TEST AND SURFACE TEXTURE DEPTH

ทางสาย วังเพลิง-สระโบสถ์ กม. 6+900 Rt. บนชั้น Base Course ห่าง CL 2.10 ม.

เวลา - อุณหภูมิ 45 C

ครั้งที่	Dial Reading		Ball pen	หมายเหตุ
	Before	After	mm.	
1	20.00	15.36	4.64	
2	20.39	17.56	2.83	- ห่าง CL 2.00 ม.
3	19.97	16.43	3.54	- ผิวเรียบมาก
4	19.90	16.05	3.85	- γd = 2.273
5	19.57	15.80	3.77	- OMC = 5.8%
6	19.82	15.97	3.85	
7	19.57	16.92	2.65	
8	20.24	17.12	3.12	
9	19.86	15.90	3.96	
10	20.02	17.44	2.58	
รวม			34.79	
เฉลี่ย			3.48	

SURFACT TEXTURE DEPTH

R = 34.0, 35.0, 35.5, 35.5 = 35.0 cm.

STD = 0.52 mm.

α n-1 = 0.6657

x = 3.479

2.148 <----------> 4.810

STANDARD BALL PENETRATION TEST AND SURFACE TEXTURE DEPTH

ทางสาย วังเพลิง-สระโบสถ์ กม. 6+960 Rt. บนชั้น B/C ห่าง CL 1.10 ม.

เวลา 15.30 น. อุณหภูมิ 47 C

ครั้งที่	Dial Reading		Ball pen	หมายเหตุ
	Before	After	mm.	
1	20.41	17.63	2.78	- หินคลุก Grade "A"
2	20.44	16.99	3.45	- Rate Pime Coat = 0.73 l/m^2
3	20.82	17.68	3.14	- ผิวปานกลาง
4	20.12	17.58	2.54	- ฟ้าโปร่ง แดดอ่อน
5	20.14	16.17	3.97	
6	20.47	17.18	3.30	- สาดทรายตลอดสายทาง
7	20.06	17.12	2.94	
8	19.36	17.00	2.36	
9	19.29	17.22	2.07	
10	20.23	17.24	2.99	
รวม			29.54	
เฉลี่ย			2.95	

SURFACT TEXTURE DEPTH

R = 26.0, 26.0, 26.0, 27.0 = 26.3 cm.

STD = 0.92 mm.

α n-1 = 0.5548

x = 2.954

1.844 <----------> 4.064

STANDARD BALL PENETRATION TEST AND SURFACE TEXTURE DEPTH

ทางสาย 28 แยกทางหลวง # 311 - ท่าเรือตะพานหิน กม.1+625 Lt.

เวลา 10.00 น. อุณหภูมิ 36 C

ครั้งที่	Dial Reading		Ball pen	หมายเหตุ
	Before	After	mm.	
1	20.40	16.05	4.35	
2	20.12	15.55	4.57	- Base Course
3	20.49	15.00	5.49	- Prime Coal ไม่แห้งดี
4	20.88	16.37	4.51	
5	20.52	16.20	4.15	- Rate = 1.0 l/m ^{2}
6	20.35	15.18	5.17	- เรียบป่านกลาง
7	20.84	15.84	5.00	
8	20.00	15.18	4.82	
9	20.29	14.89	5.40	
10	20.42	14.51	5.91	
รวม			49.37	
เฉลี่ย			4.94	

SURFACT TEXTURE DEPTH

R = 28.5, 29.0, 28.0, 27.5 = 8.3 cm.

STD = 0.79 mm.

α n-1 = 0.5597

x = 4.937

3.818 <----------> 6.056

STANDARD BALL PENETRATION TEST AND SURFACE TEXTURE DEPTH

ทางสาย 26 แยกทางหลวง 113- ท่าเรือตะพานหิน (ผิวทาง AC) กม. 1+700 Lt.

เวลา 9.00 น. อุณหภูมิ 36 C

ครั้งที่	Dial Reading		Ball pen	หมายเหตุ
	Before	After	mm.	
1	20.28	15.68	4.60	- ทำบน Base Course
2	18.82	15.64	3.18	- Prime Coat ด้วย
3	18.62	15.27	3.35	MC-1, Rate = 0.8 l/m^2
4	18.25	16.00	2.25	
5	20.08	16.43	3.65	- ไม่ลาดทราย
6	21.52	17.22	4.30	- ผิวลักษณะหยาบมาก
7	17.85	14.71	3.14	- ห่าง CL = 2.00 ม.
8	19.20	13.71	5.49	- หินคลุก Grade "A"
9	21.58	16.80	4.78	
10	16.88	13.02	3.86	
รวม			38.60	
เฉลี่ย			3.86	

SURFACT TEXTURE DEPTH

R = 18.5, 15.5, 15.5, 16.0 = 16.4 cm.

STD = 2.37 mm.

α n-1 = 0.9499

x = 3.860

1.960 <----------> 5.760

STANDARD BALL PENETRATION TEST AND SURFACE TEXTURE DEPTH

ทางสาย 27 แยกทางหลวง # 113-ท่าเรือตะพานหิน กม. 1+700 Lt.

เวลา 9.40 น. อุณหภูมิ 36 C

ครั้งที่	Dial Reading		Ball pen	หมายเหตุ
	Before	After	mm.	
1	20.30	15.90	4.40	
2	19.77	15.60	4.17	- ทำบน Base Course
3	20.28	15.86	4.42	- Prime Coat
4	20.22	16.60	3.62	Rate = 1.0 l/m^2
5	20.45	15.89	4.56	สาดทราย
6	20.81	17.44	3.37	
7	19.44	15.89	3.55	- ห่าง CL 1.00 ม.
8	20.49	16.00	4.49	
9	19.58	16.26	3.32	
10	20.82	16.64	4.18	
รวม			**40.08**	
เฉลี่ย			**4.01**	

SURFACT TEXTURE DEPTH

R = 28.0, 29.5, 28.0, 29.0 = 28.6 cm.

STD = 0.78 mm.

α n-1 = 0.4896

x = 4.008

3.029 <----------> 4.987

STANDARD BALL PENETRATION TEST AND SURFACE TEXTURE DEPTH

ทางสาย 18 อ.งาว-พะเยา กม. 683+700 Lt.

เวลา 15.54 น. อุณหภูมิ 38 C

ครั้งที่	Dial Reading		Ball pen	หมายเหตุ
	Before	After	mm.	
1	20.02	17.78	2.24	- ทำบนผิวทาง AC เดิม
2	18.67	16.46	2.21	- ผิวทางเรียบมาก
3	19.46	16.64	2.82	Bleed และแตกเล็กน้อย
4	19.85	16.67	3.18	- คาดว่าควรจะทำ
5	20.13	17.42	2.71	Chip Seal ได้
6	19.91	17.57	2.34	
7	19.92	16.87	3.05	- ADT = 1948 จาก
8	20.21	17.25	2.96	จากฯ พะเยา
9	19.57	16.82	2.75	
10	20.04	18.68	* 1.36	
รวม			25.62	
เฉลี่ย			2.56	

SURFACT TEXTURE DEPTH

R = 55.0, 56.0, 55.0, 55.0 = 55.3 cm.

STD = 0.21 mm.

α n-1 =* 0.5400 α n-1 = 0.3568

x = 2.562 x = 2.696

1.482 <---------> 3.642 1.982 <---------> 3.409

STANDARD BALL PENETRATION TEST AND SURFACE TEXTURE DEPTH

ทางสาย อ.งาว-พะเยา กม. 715+500

เวลา 16.20 น. อุณหภูมิ 38 C

ครั้งที่	Dial Reading		Ball pen	หมายเหตุ
	Before	After	mm.	
1	20.19	18.95	1.24	- บนผิวทาง AC เดิม
2	19.95	18.75	1.20	
3	20.45	18.38	2.07	- Bleed เป็นบางช่วง
4	20.06	18.15	1.91	บางช่วงดี
5	19.85	17.00	2.85	- สภาพผิวทางดีมาก
6	19.95	17.23	2.72	
7	20.22	18.43	1.79	
8	20.45	18.67	1.78	
9	19.75	17.98	1.77	
10	19.45	17.83	1.62	
รวม			18.95	
เฉลี่ย			1.90	

SURFACT TEXTURE DEPTH

R = 51.0, 52.0, 51.5, 51.5 = 51.5 cm.

STD = 0.24 mm.

α n-1 = 0.5427

X = 1.895

0.810 <----------> 2.980

STANDARD BALL PENETRATION TEST AND SURFACE TEXTURE DEPTH

ทางสาย 24 อ.แม่ริม-ฝาง กม. 20+500 Rt.

เวลา 10.30 น. อุณหภูมิ 38 C

ครั้งที่	Dial Reading		Ball pen	หมายเหตุ
	Before	After	mm.	
1	20.34	18.98	1.36	
2	20.46	18.48	1.98	- ทำบนผิว AC
3	20.21	18.30	1.91	บริเวณที่ Bleed
4	20.50	19.54	1.05	- ผิวเรียบมาก
5	19.90	17.96	1.94	
6	20.22	18.42	1.80	
7	20.30	19.51	0.79	
8	20.19	18.56	1.63	
9	20.00	18.02	1.98	
10	19.12	18.67	0.45	
รวม			**14.89**	
เฉลี่ย			**1.49**	

SURFACT TEXTURE DEPTH

R = 72.0, 71.0, 72.0, 69.0 = 71.0 cm.

STD = 0.13 mm.

α n-1 = 0.5535

x = 1.489

0.382 <----------> 2.596

STANDARD BALL PENETRATION TEST AND SURFACE TEXTURE DEPTH

ทางสาย 23 แม่ริม-แยก อ.พร้าว ตอน 1 กม. 23+700 Rt.

เวลา10.00 น. อุณหภูมิ 35 C

ครั้งที่	Dial Reading		Ball pen	หมายเหตุ
	Before	After	mm.	
1	20.19	18.95	1.24	
2	20.07	19.04	1.03	- ทำบนผิว AC
3	20.33	19.87	* 0.46	สภาพดีมาก
4	19.78	18.40	1.38	- @ CL 4.00 ม.
5	19.79	18.68	1.11	บริเวณขยายโค้ง
6	19.45	18.62	0.83	- ฟ้าสลัว, แดดอ่อนมาก
7	19.84	18.57	1.27	
8	20.15	19.10	1.05	
9	19.92	18.68	1.24	
10	20.04	18.74	1.30	
รวม			10.91	
เฉลี่ย			1.09	

SURFACT TEXTURE DEPTH

R = 47.0, 48.0 , 46.0, 47.0, 48.0 = 47.2 cm.

STD = 0.29 mm.

α n-1 =* 0.2740 α n-1 = 0.1708

x = 1.091 x = 1.161

0.543 <---------> 1.639 0.820 <---------> 1.503

STANDARD BALL PENETRATION TEST AND SURFACE TEXTURE DEPTH

ทางสาย 22 อ.แม่ริม-แยก อ.พร้าว ตอน 2 กม. 71+100

เวลา 11.57 น. อุณหภูมิ 31 C

ครั้งที่	Dial Reading		Ball pen	หมายเหตุ
	Before	After	mm.	
1	20.35	18.79	1.56	
2	20.20	18.58	1.62	
3	20.28	18.54	1.74	- ทำบนผิว AC
4	20.53	18.59	1.94	
5	19.99	18.48	1.51	- อากาศเมฆครึ้ม
6	20.15	18.75	1.50	
7	19.91	18.59	1.32	
8	19.09	18.20	* 0.89	
9	19.98	18.59	1.39	
10	20.32	18.74	1.58	
รวม			15.05	
เฉลี่ย			1.51	

SURFACT TEXTURE DEPTH

R = 47.5, 45.0, 44.0, 42.0, 42.5 = 44.2 cm.

STD = 0.33 mm.

α n-1 = 0.2773 α n-1 = 0.1843

x = 1.505 x = 1.573

0.950 <---------> 2.060 1.205 <---------> 1.942

STANDARD BALL PENETRATION TEST AND SURFACE TEXTURE DEPTH

ทางสาย 21/8 อ.ดอกคำใต้ - บ.แม่พริก กม. 3+980 Rt @ CL 2.5 ม.

เวลา 9.50 น. อุณหภูมิ 40 C

ครั้งที่	Dial Reading		Ball pen	หมายเหตุ
	Before	After	mm.	
1	19.74	18.16	1.58	- บนชั้น Base Course
2	19.34	17.92	1.42	- ทำ Prime coat นานแล้ว
3	19.45	18.01	1.44	แห้งมาก ทรายที่สาดหลุดหมดแล้ว
4	18.67	17.15	1.52	
5	19.49	18.47	*1.02	- R = 1.04 l=m^2
6	19.76	18.45	1.31	- ผิวเรียบมาก
7	20.26	18.85	1.41	
8	19.97	18.66	1.31	- υd = 2.214
9	20.42	18.98	1.44	- OMC= 3.8%
10	20.04	18.25	*1.79	
		รวม	14.24	
		เฉลี่ย	1.42	

SURFACT TEXTURE DEPTH

R = 46.0, 48.0, 46.5, 48.0, 46.5 = 47.0 cm.

STD = 0.29 mm.

α n-1 = * 0.1933 α n-1 = ** 0.1484 α n-1 = 0.1926

x = 1.424 x = 1.469 x = 1.429

1.025 <---------> 1.823 1.172 <---------> 1.766 1.243 <---------> 1.614

STANDARD BALL PENETRATION TEST AND SURFACE TEXTURE DEPTH

ทางสาย อ.ดอกคำใต้-บ.แม่พริก กม. 4+710 Lt.

เวลา 9.40 น. อุณหภูมิ 37 C

ครั้งที่	Dial Reading		Ball pen	หมายเหตุ
	Before	After	mm.	
1	20.46	18.15	2.31	- ทำบน Base Course
2	19.52	18.48	1.86	R = 0.93 l/m^2
3	19.97	18.16	1.81	- หินคลุก Grade "B"
4	20.13	18.35	1.78	- เรียบมาก
5	19.22	17.44	1.78	- สาดทรายไว้แต่หลุดหมด
6	19.62	16.99	2.63	แล้วแห้งมาก
7	20.00	18.43	1.57	
8	18.87	17.55	1.32	- γd = 2.245
9	19.91	18.12	1.79	- OMC = 4.1%
10	19.71	17.58	2.13	
รวม			18.98	
เฉลี่ย			1.90	

SURFACT TEXTURE DEPTH

R = 49.0, 45.0, 45.0, 47.5, 49.0, 45.5 = 46.8 cm.

STD = 0.29 mm.

α n-1 = 0.3726

x = 1.898

1.153 <----------> 2.643

STANDARD BALL PENETRATION TEST AND SURFACE TEXTURE DEPTH

ทางสาย อ.ดอกคำใต้-บ.แม่พริก (F 4 5.5/9) กม. 10+400 Rt.

เวลา 9.16 น. อุณหภูมิ 36 C

ครั้งที่	Dial Reading		Ball pen	หมายเหตุ
	Before	After	mm.	
1	19.98	17.63	2.35	- บนชั้น Base Course
2	19.95	17.66	2.29	- Rate ยาง = 0.85 l/m^2
3	19.80	17.09	2.71	- ทำไว้ประมาณ 6 เดือน
4	19.86	16.87	2.99	
5	19.11	15.80	3.31	- ผิวปานกลาง
6	19.00	16.80	2.20	- หินคลุก Grade "B"
7	19.50	16.44	3.06	- ทำผิวเกือบหมดแล้ว
8	19.62	17.51	2.11	- บริเวณแปลงที่เว้นไว้ประมาณ
9	19.75	16.52	3.23	10.00 ม. υd = 2.216
10	19.67	17.05	2.62	OMC = 5.1 %
รวม			26.87	
เฉลี่ย			2.69	

SURFACT TEXTURE DEPTH

R = 34.5, 33.0, 33.5, 35.35 = 34.2 cm.

STD = 0.54 mm.

α n-1 = 0.4422

x = 2.687 (ปริมาณการจราจรในสายทางมีมอเตอร์ไซด์กับรถบรรทุกเล็ก ๆ ไม่ค่อยมีรถบรรทุกใหญ่)

1.803 <----------> 3.517

STANDARD BALL PENETRATION TEST AND SURFACE TEXTURE DEPTH

ทางสาย 25 ห้วยมุ่น-ม่วงเจ็ดต้น ตอน 3 กม. 34+400

เวลา 10.00 น. อุณหภูมิ 39 C

ครั้งที่	Dial Reading		Ball pen	หมายเหตุ
	Before	After	mm.	
1	18.89	14.57	* 4.32	- Base Course
2	16.69	11.32	* 5.37	- Prime coat
3	20.56	17.09	3.47	- วัสดุเป็นกรวดโม่ Grade "A"
4	17.34	14.44	2.90	
5	18.89	15.50	3.39	- R = 0.8 l=m^2
6	17.01	13.10	3.19	- สภาพผิวค่อนข้างหยาบมาก
7	17.68	14.40	3.28	
8	17.76	14.83	2.93	- ปริมาณรถน้อยมาก
9	20.30	17.12	3.18	
10	19.70	16.02	3.68	
รวม			35.71	
เฉลี่ย			3.57	

SURFACT TEXTURE DEPTH

R = 19.5, 19.5, 19.5, 19.5 = 19.5 cm.

STD = 1.67 mm.

α n-1 = * 0.7525	αn-1 = ** 0.4330	α n-1 = 0.2638
x = 3.571	x = 3.371	x = 3.253
2.066 <---------> 5.176	2.505 <---------> 4.237	2.725 <---------> 3.780

STANDARD BALL PENETRATION TEST AND SURFACE TEXTURE DEPTH

ทางสาย 26 หัวยมุ่น-ม่วงเจ็ดต้น กม. 37+100 Rt.

เวลา 10.10 น. อุณหภูมิ 46 C

ครั้งที่	Dial Reading		Ball pen	หมายเหตุ
	Before	After	mm.	
1	18.06	15.09	2.97	
2	16.81	14.78	2.03	- บน Base Course
3	17.48	14.55	2.93	- กรวดโม่
4	19.39	16.61	2.78	- Primme Coat หลุด
5	18.01	14.34	3.67	- ADT น้อยมาก
6	20.32	17.14	3.18	- ต้นทางสูงมาก
7	18.01	16.44	1.57	
8	20.75	17.12	3.63	
9	18.00	15.75	2.25	
10	20.35	17.06	3.29	
รวม			28.30	
เฉลี่ย			2.83	

SURFACT TEXTURE DEPTH

R = 18.5, 19.0, 18.5, 18.0 = 18.5 cm.

STD = 1.86 mm.

α n-1 = 0.6893

x = 2.830

1.451 <----------> 4.209

STANDARD BALL PENETRATION TEST AND SURFACE TEXTURE DEPTH

ทางสาย 17/6 หนองม่วง-หนองมะค่า กม. 36+270 Lt.

เวลา 17.14 น. อุณหภูมิ 35 C

ครั้งที่	Dial Reading		Ball pen	หมายเหตุ
	Before	After	mm.	
1	20.40	18.57	1.83	
2	20.18	18.80	1.38	- ทำบนผิว AC
3	20.09	18.31	1.78	- ผิวเรียบมาก
4	19.20	17.75	1.45	
5	19.94	18.92	1.02	
6	20.42	18.87	1.55	
7	19.89	18.62	1.27	
8	19.85	18.84	1.01	
9	19.96	18.06	1.90	
10	19.46	18.26	1.20	
รวม			**14.39**	
เฉลี่ย			**1.44**	

SURFACT TEXTURE DEPTH

R = 53.5, 54.0, 55.0, 53.5 = 54.0 cm.

STD = 0.22 mm.

α n-1 = 0.3237

x = 1.439

0.792 <----------> 2.086

รายงานฉบับที่ : ว.พ. 152 ศูนย์วิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง

ผู้เขียน : พิภัณฑ์ ดูหิรัญ เอนก เบียลัดดา สิทธิศักดิ์ อัศวพรหมชาดา

ชื่อเรื่อง : การศึกษาการจมของเม็ดหินผิวทางแบบเซอร์เฟสทรีตเมนต์และชิพซีล เพื่อปรับปรุงการออกแบบอัตราการลาดยาง

บทคัดย่อ : การออกแบบผิวทางแบบเซอร์เฟสทรีตเมนต์ในงานก่อสร้างและการฉาบผิวทางชิพซีลในงานบำรุงทางของกรมทางหลวง การกำหนดอัตราการลาดยางอาศัยหลักเกณฑ์การคำนวณจากค่า ALD (Average Least Dimension) หรือค่าความหนาเฉลี่ยของหินที่ใช้ทำผิวทาง และคำนวณปริมาตรช่องว่างระหว่างเม็ดหินที่สามารถบรรจุยางได้ ปริมาณยางที่ใช้ลาดขึ้นอยู่กับปริมาณการจราจรขนาดของหิน และช่องว่างระหว่างเม็ดหิน ความขรุขระของผิวพื้นทางหรือผิวทางเดิม การดูดซึมยางของเม็ดหิน และของพื้นทางหรือผิวทางเดิม นอกจากนั้นยังปรับปริมาณยางสำหรับเมื่อเปิดการจราจรแล้ว หินผิวทางมีการปรับตัว และถูกล้อรถยนต์กดทับจมลงในพื้นทางหรือผิวทางเดิม การปรับปริมาณยางในกรณีนี้ต้องอาศัยประสบการณ์ของผู้ออกแบบ โดยมิได้มีการตรวจสอบและวัดค่าจริงในสนาม

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ จึงได้ดำเนินการตรวจสอบและวัดค่าการจมของเม็ดหินบนพื้นทางหรือผิวทางเดิมที่แท้จริง โดยการทดลอง Standard Ball Penetration และมีการวัดอุณหภูมิบรรยากาศวัดค่าความขรุขระของพื้นผิว (Texture Depth) ประกอบด้วยการตรวจสอบวัดค่าการจมของเม็ดหินนั้นทำให้ทราบถึงความแข็งแรงของพื้นทางหรือผิวทางเดิม ก่อนการก่อสร้าง หรือบูรณะ ซึ่งจะเป็นข้อพิจารณาการปรับปรุงปริมาณยางในการออกแบบอัตราการลาดยาง ให้ใกล้เคียงความเป็นจริงสำหรับแต่ละสายทางมากขึ้น เนื่องจากเมื่อเม็ดหินจมลงในพื้นทางหรือผิวทางเดิมแล้ว จะทำให้ความหนาเฉลี่ยหินที่ปรากฏในสภาพใช้งานจริงมีค่าลดลง จึงต้องมีการปรับปรุงลดปริมาณยางที่ใช้จริงในสนามลง ฉนั้น การวิจัยนี้จึงเป็นแนวทางให้สามารถปรับปรุงการออกแบบอัตราการลาดยาง ให้เหมาะสมกับความเป็นจริงในสนามได้มากยิ่งขึ้น

คัพท์เฉพาะเรื่อง : ผิวทางแบบเซอร์เฟสทรีตเมนต์ การฉาบผิวทางแบบชิพซีล การทดลองการจมของ-ลูกเหล็กมาตรฐาน ลักษณะผิว

ทล/วพ/ว/ 2539 /ท

ISSN 0125-8044

Report No : RD 152, Road Research and Development Center, Department of Highways.

Author : Pipan Khuhiran, Anek Pialadda,
Sitthisak Asawapromthada

Title : The study of the embedment of surface and Chip Seal Aggregate particles for the improvement in the design asphalt application rate.

Abstract : The principles of the design of Surface Treatment and Chip Seal for road construction and maintenance respectively, the design asphalt application rate are traffic volume, size of aggregate, surface texture of base course or existing surface. The embedment of aggregate particles into underlying surface is an important factor in the design but this factor normally given by practical experience without testing and evaluation in the field.

This research was conducted to investigate and measure in the field the penetration of road surface which is to be sealed by Standard Ball Penetration Test Method, which is to estimate the likely embedment of aggregate particles into the road under service conditions. The test also composed with air temperature and surface texture depth measurement. The embedment of aggregate particles indicates the bearing of underlying layer surface and more really average least dimension of aggregate particles in the field. This finging can be implemented in the design consideration for the adjustment of asphalt application rate to suit a Specific road condition, In conclusion the results if this research can be used as a guidance in the design asphalt application rate for appropriate roads in service conditions.

Keywords : Surface Treatment, Chip Seal, Average Liast Dimension, Standard Ball Penetration, Surface Texture

DH RD/M/1996/T
ISSN 0125-8044

คณะกรรมการบริหาร
ศูนย์วิจัยและพัฒนางานทาง

1. รองอธิบดีฝ่ายวิชาการ	ประธานกรรมการ
2. ผู้อำนวยการสำนักสำรวจและออกแบบ	กรรมการ
3. ผู้อำนวยการสำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนางานทาง	กรรมการ
4. ผู้อำนวยการกองบำรุง	กรรมการ
5. ผู้อำนวยการกองวิศวกรรมจราจร	กรรมการ
6. ผู้อำนวยการสำนักเครื่องกลและสื่อสาร	กรรมการ
7. นายสุนทร กังวานพณิชย์	กรรมการ
8. นายอร่าม ก้อนสมบัติ	กรรมการ
9. นายธีระชาติ รื่นไกรฤกษ์	กรรมการและเลขานุการ