บทที่ 4

การดำเนินการวิจัยและทดสอบผลในแปลงทดสอบ

4.1 การเตรียมวัสดุเม็ดดินเผา และการคำนวณออกแบบปริมาณวัสดุมวลรวมเม็ดดินเผา & ยางแอสฟัลท์ที่ใช้

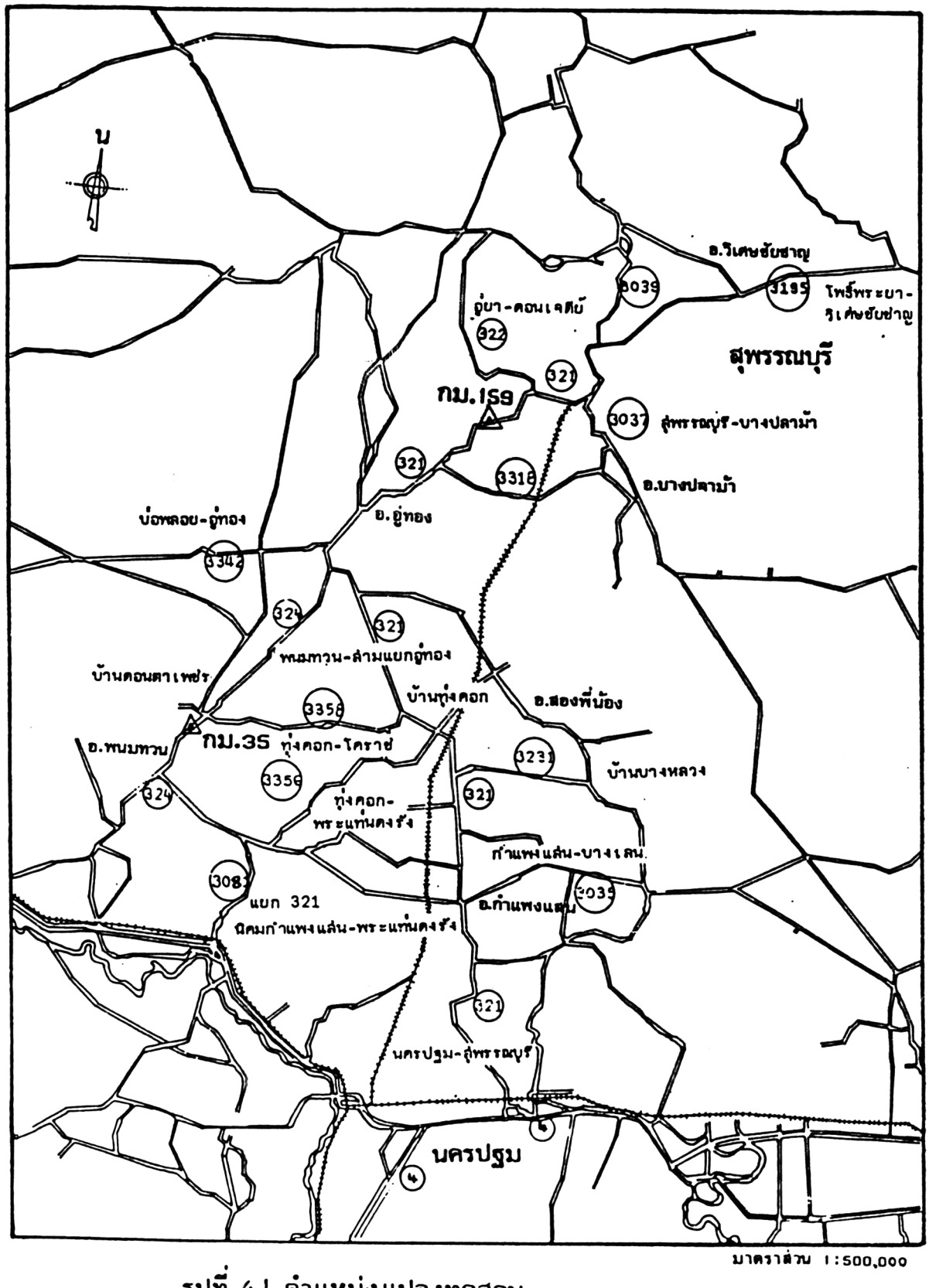
การเตรียมวัสดุเม็ดดินเผาถือว่าเป็นขั้นตอนแรกและเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุด จึงจำเป็นต้องทำอย่างรอบคอบโดยการควบคุมขบวนการผลิตให้ได้วัสดุเม็ดดินเผาที่มีคุณสมบัติเหมาะในการใช้งานผิวทางเซอร์เฟสทรีตเมนท์ (คือค่า AAV ไม่เกิน 35%, ค่าเปอร์เซ็นต์การหลุดออกไม่เกิน 20% ค่าดัชนีความแบน (F.I.) ไม่เกิน 35% เป็นต้น ซึ่งค่าเหล่านี้จะต้องไม่เกินกว่าข้อกำหนดมาตรฐานของกรมทางหลวง ที่ ทล-ม.401/2518 ที่ได้กำหนดไว้) ซึ่งรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนของการผลิตได้กล่าวไปแล้วในบทที่ 3

ส่วนการคำนวณออกแบบปริมาณวัสดุมวลรวมเม็ดดินเผา & ยางแอสฟัลท์ที่ใช้ในการวิจัยนี้ใช้ 2 ประเภท คือ ยางแอสฟัลท์ซีเมนต์ ชนิด 80-100 penetration (AC 80-100 pen.) และยางอีมัลซิไฟด์ ชนิด RS-3K ซึ่งรายละเอียดของการออกแบบในการวิจัยนี้ได้แสดงไว้พร้อมตัวอย่าง ในภาคผนวก ก.

4.2 ตำแหน่งของแปลงทดสอบในการวิจัย (ในรูปที่4.1)

หลังจากเตรียมวัสดุเม็ดดินเผาและออกแบบปริมาณของวัสดุที่ต้องใช้ทั้งหมดแล้ว จึงนำวัสดุทั้งหมดดังกล่าวไปยังแปลงทดสอบซึ่งกรมทางหลวงได้ให้ความอนุเคราะห์เกี่ยวกับแปลงทดสอบจำนวน 2 แห่ง คือ ทางสาย 324 ตอนพนมทวน-แยกอู่ทอง บริเวณหลักกิโลเมตรที่ 35 จำนวน 2 แปลง ขนาดแปลงละ 3 x 3 เมตร และทางสาย 321 ตอนอู่ทอง-สุพรรณบุรี บริเวณกิโลเมตรที่ 159 จำนวน 1 แปลง ขนาด 3 x 2 เมตร เป็นแปลงที่ 3 ซึ่งเส้นทางทั้งสองอยู่ในความดูแลและรับผิดชอบของหมวดการทางห้วยกรด และหมวดการทางอู่ยา แขวงการทางสุพรรณบุรี เขตการทางกรุงเทพ ตามลำดับ

ลักษณะของแปลงทดสอบจะครอบคลุมตลอดความกว้างของช่องทางเพียงช่องทางเดียวของแต่ละเส้นทาง โดยบนทางสาย 324 แปลงทดสอบนี้จะเป็นเส้นทางของการเดินทางจากแยกอำเภออู่ทอง จังหวัดสุพรรณบุรีไปอำเภอพนมทวน จังหวัดกาญจนบุรี ตำแหน่งของแปลงทดสอบ



รูปที่ 4.1 ตำแหน่งแปลงทดสอบ

ที่ 1 และ 2 จะอยู่ตรงหลักกิโลเมตรที่ 35 พอดี ห่างจากหมวดการทางห้วยกรดประมาณ 5 กิโลเมตร ส่วนทางสาย 321 แปลงทดลอบจะเป็นเส้นทางของการเดินทางจากแยกอำเภออู่ทอง ไปยังตัวจังหวัดสุพรรณบุรี ตำแหน่งของแปลงทดลอบที่ 3 จะอยู่ตรงบริเวณกิโลเมตรที่ 159 ห่างจากหมวดการทางอู่ยาประมาณ 4 กิโลเมตร

4.3 การเตรียมเครื่องจักรและเครื่องมือที่ใช้ในการก่อสร้าง

เครื่องจักรและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยนี้ มีดังนี้

4.3.1 รถบดล้อยาง เป็นชนิดขับเคลื่อนด้วยตัวเอง (Self-Propelled Pneumatic Tired Roller) มีความกว้างของการบดอัดมากกว่า 1.50 เมตร และมีความดันภายในของล้อยางมากกว่า 2.81 กิโลเมตรต่อตารางเซนติเมตร (40 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว)

4.3.2 รถบดล้อเหล็ก เป็นชนิดขับเคลื่อนด้วยตัวเอง (Self - Propelled Tandem Steel Wheeled Roller) หนักระหว่าง 4 - 6 ตัน

4.3.3 รถบรรทุกขนาดเล็ก เพื่อบรรทุกวัสดุไปที่ลานทดลอบ

4.3.4 เตาเผาความร้อนสูง (ตามรูปที่ 4.2) ที่สามารถให้ความร้อนแก่ยางแอสฟัลท์ได้มากกว่า 200°C

4.3.5 เครื่องชั่ง Platform สามารถชั่งน้ำหนักได้มากกว่า 100 กิโลกรัมขึ้นไป

4.3.6 อุปกรณ์อื่น ๆ เช่น ปีบขนาด 20 ลิตร, กาลาดยาง, บุ้งกี๋, เหล็กปาดยาง เครื่องมือวัดอุณหภูมิ, ไม้กวาดและเครื่องชั่งสองแขนสามารถอ่านได้ละเอียดถึง 0.01 กรัม (สำหรับชั่งสารผสมแอสฟัลท์)

4.4 ปริมาณวัสดุที่ใช้

4.4.1 วัสดุเม็ดดินเผา ขนาด $\frac{1}{2}$ นิ้ว (ผ่านตะแกรง $\frac{1}{2}$ นิ้ว ค้างบนตะแกรง $\frac{3}{8}$ นิ้ว) จำนวน 320 กิโลกรัม โดยใช้จำนวนเม็ดดินเผาในอัตรา 12.35 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

4.4.2 ยางแอสฟัลท์ประเภทแอสฟัลท์ซีเมนต์ AC (80-100 pen.) และประเภทอีมัล-ซิไฟด์ ชนิด RS - 3K โดยใช้อัตราดังนี้

ปริมาณการจราจร (คัน/วัน)	ปริมาณยางแอสฟัลท์ที่ใช้ (ลิตร/ตารางเมตร)		หมายเหตุ
	AC (80-100 pen.)	RS-3K	
100-500	1.25**	1.69*	* แปลงที่ 1 ** แปลงที่ 2 } ทางสาย 324
500-1,000	1.16	1.57	
1,000-2,000	1.08	1.46	
มากกว่า 2,000	1.00***	1.35	***แปลงที่ 3 ทางสาย 321

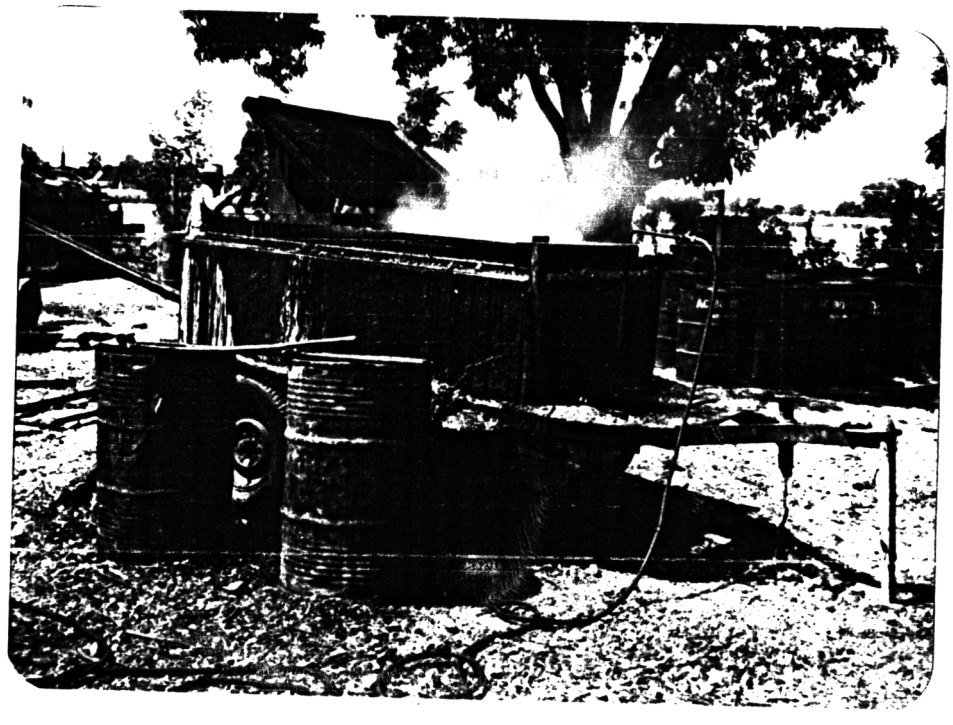
4.4.3 สารผสมแอสฟัลท์ (Adhesion Agent) ชนิด Diamin HBG ของประเทศสวีเดนโดยใช้ปริมาณ 1.5% โดยน้ำหนักของแอสฟัลท์ซีเมนต์ AC (80-100 pen) ในการวิจัยครั้งนี้จะใช้สารผสมแอสฟัลท์เฉพาะกับยาง AC (80-100 pen.) เท่านั้น

4.5 <u>การเตรียมการก่อนก่อสร้าง</u> (เตรียมผิวแปลงทดสอบ)

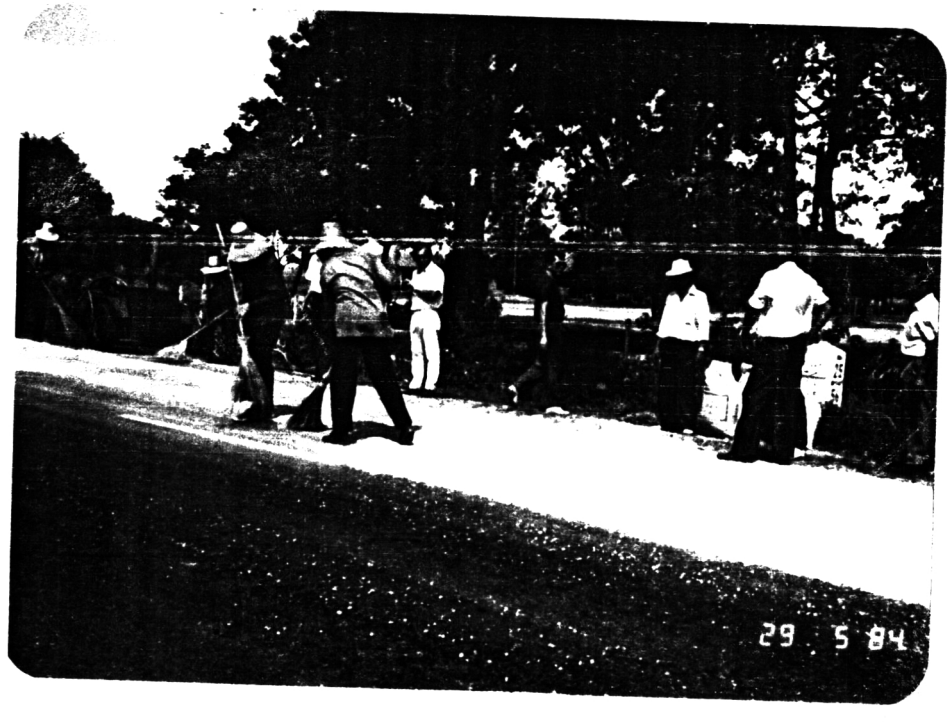
เนื่องจากสภาพผิวทางเดิมของทั้ง 3 แปลงทดสอบนี้เป็นผิวทางชนิดแมคคาแดม ดังรูปที่ 4.3 (ก) และ (ข) แสดงหน้าตัดเดิมของถนนทั้ง 2 เส้นทาง ซึ่งสภาพผิวทางเดิมมีลักษณะค่อนข้างเรียบและได้ระดับอยู่แล้ว ดังนั้นจึงเพียงแต่ใช้ไม้กวาดกวาดฝุ่น สิ่งสกปรกและวัสดุที่หลุดตัว เช่น ทรายบนพื้นทางเดิม และดินที่ติดบนผิวหน้าออกให้หมดจนผิวหน้าที่จะทำชั้นผิวทางใหม่สะอาดที่สุดเท่าที่จะทำได้ ตามรูปที่ 4.4

เกี่ยวกับเครื่องจักร เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ตามหัวข้อที่ 4.3 จะต้องตรวจสอบให้สามารถใช้งานได้ดีพร้อมทั้งจะต้องมีคนงานเพียงพอ ส่วนปริมาณวัสดุเม็ดดินเผาและยางแอสฟัลท์ที่ใช้นั้นจะต้องคำนวณและชั่งหาน้ำหนักไว้เรียบร้อยแล้วพร้อมที่จะใช้งานได้ทันที

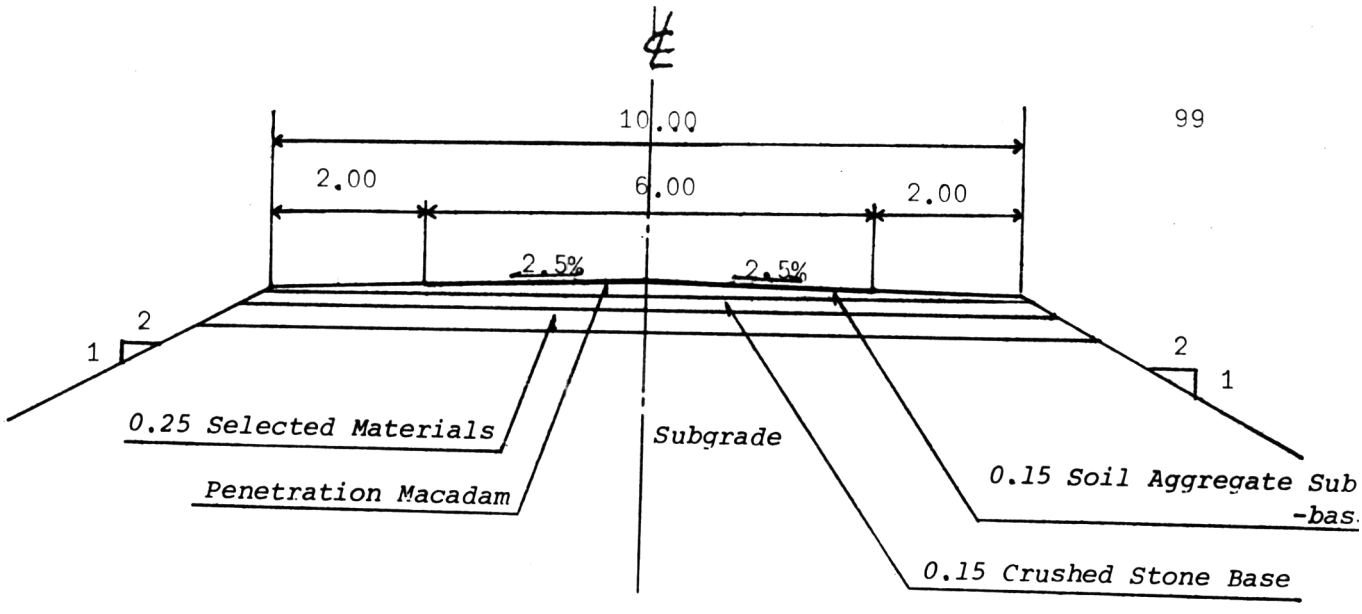
อีกประการหนึ่งที่สำคัญคือ จะต้องพิจารณาสภาพของดินฟ้าอากาศให้เหมาะสม โดยห้ามลาดยางแอสฟัลท์ในขณะที่ลมพัดแรง หรือในขณะที่มีเค้าว่าฝนจะตกหรือระหว่างฝนตก ซึ่งเป็นสิ่งที่ต้องระวังในการก่อสร้างผิวทางเซอร์เฟสทรีตเมนท์นี้



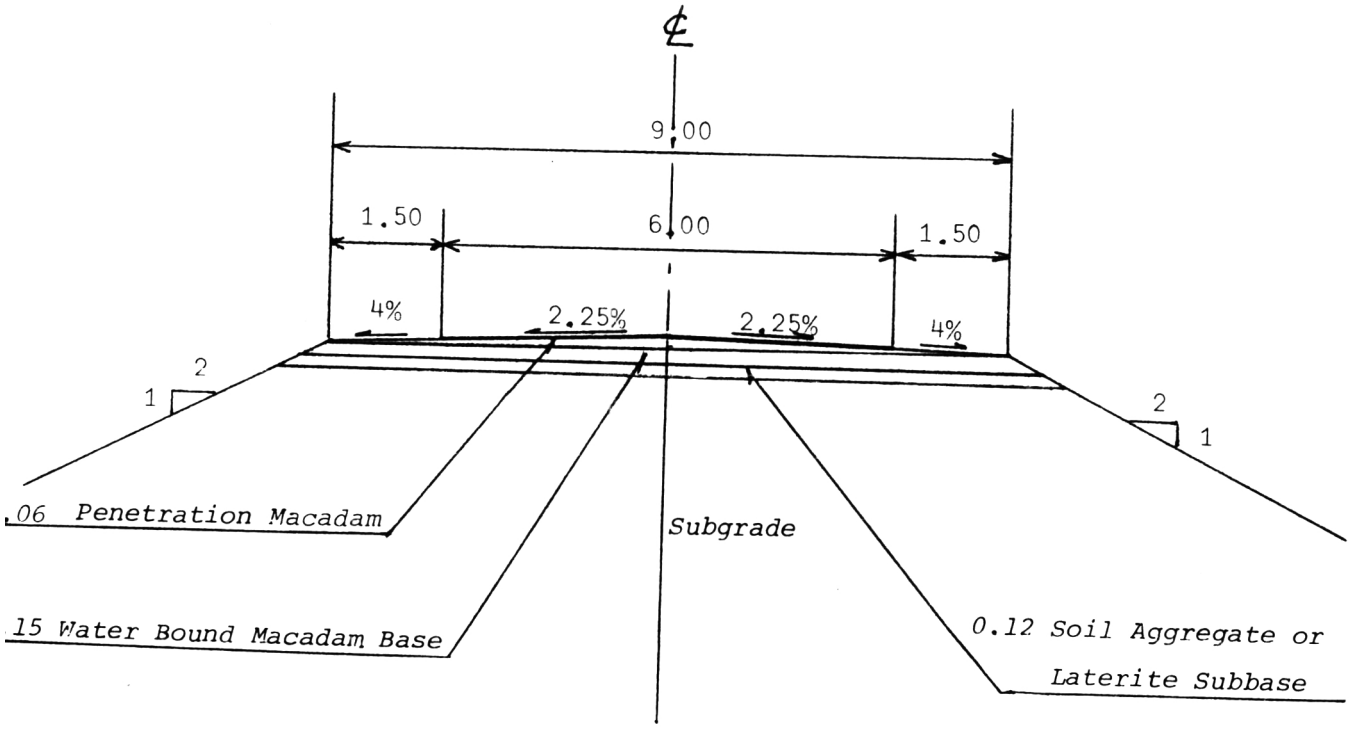
รูปที่ 4.2 เตาเผาความร้อนสูงบริเวณแปลงทดสอบ (ตามรูปอยู่ที่หมวดการทางห้วยกรด)



รูปที่ 4.4 ทำการกวาดผิวทางเดิมให้สะอาดก่อนลาดยางแอสฟัลท์



รูปที่ 4.3 (ก) รูปหน้าตัดเดิมของถนนทางสาย 324 ตอนพนมทวน-แยกอู่ทอง บริเวณ กม.ที่ 35
(มาตราส่วน 1:100 , หน่วยเป็น เมตร)



รูปที่ 4.3 (ข) รูปหน้าตัดเดิมของถนนทางสาย 321 ตอนแยกอู่ทอง-สุพรรณบุรี บริเวณ กม.ที่ 159
(มาตราส่วน 1:100 , หน่วยเป็น เมตร)

4.6 <u>วิธีทำการก่อสร้าง</u> (ปูผิวทาง)

เมื่อได้เตรียมพื้นที่ที่จะก่อสร้าง เครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ เรียบร้อยแล้ว จึงดำเนินการก่อสร้างตามขั้นตอนต่อไปนี้

4.6.1 ทำการแบ่งส่วนของผิวทางออกเป็นแปลงขนาด 3 x 3 เมตร 2 แปลง บนทางลาย 324 เป็นแปลงที่ 1 และ 2 และขนาด 3 x 2 เมตร 1 แปลง บนทางลาย 321 เป็นแปลงที่ 3 ตามรูปที่ 4.5 (ก) และ (ข) แล้วตำแหน่งของแปลงทดสอบบนเส้นทางทั้งสองตามลำดับ

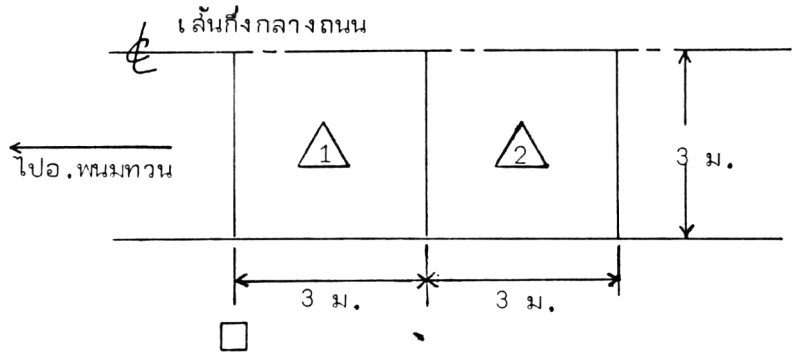
4.6.2 เพิ่มอุณหภูมิให้ยางแอสฟัลท์ AC (80 - 100 pen) ในปีบขนาด 20 ลิตร ปริมาณ 11.58 ลิตร และ 6.18 ลิตร สำหรับแปลงที่ 2 และ 3 ตามลำดับ (เผื่อ + 3% สำหรับยางส่วนที่ติดปีบและไม้คน) ขณะให้ความร้อนและระหว่างที่คนยางแอสฟัลท์ก็ทำการผสมสารผสม แอสฟัลท์ลงไปในปริมาณ 177.17 กรัม และ 94.55 กรัมตามลำดับ (1.5% โดยน้ำหนักของยางแอสฟัลท์ที่ใช้) ให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิในช่วง 140 — 175^{o}C ตามตารางที่ 3.4 ซึ่งจะเท่ากับอุณหภูมิขณะทำการลาดยางแอสฟัลท์ลงบนผิวทางเดิม แต่เนื่องจากระยะทางในการลำเลียงยางแอสฟัลท์จากเตาเผาไปยังแปลงทดสอบแต่ละแปลงมีระยะทางประมาณ 5 กิโลเมตร และยางแอสฟัลท์ที่ใช้นั้นมีปริมาณน้อยดังนั้นเพื่อความรวดเร็วและไม่ให้อุณหภูมิของยางแอสฟัลท์ลดลงจนต่ำกว่ากำหนด (140^{o}C สำหรับยาง AC 80-100 pen และ 60^{o}C สำหรับยาง RS-3K) จึงลำเลียงไปหน้างานด้วยรถบรรทุกเล็ก เมื่อไปถึงแปลงทดสอบที่เตรียมไว้อุณหภูมิของยางแอสฟัลท์วัดได้ 150^{o}C สำหรับยาง AC 80-100 pen และ 75^{o}C สำหรับยาง RS-3K ซึ่งอุณหภูมิยังสูงเพียงพอต่อการใช้งาน

4.6.3 ทำการลาดยางแอสฟัลท์ตามอุณหภูมิดังกล่าวด้วยกาลาดยางที่เตรียมไว้ โดยลาดจากส่วนที่ใกล้กับเส้นกึ่งกลางถนน ไปตามยาวของผิวทางเดิมตามรูปที่ 4.6 เนื่องจากผิวทางเดิมมีความลาด (2.5% สำหรับทางลาย 324 และ 2.25% สำหรับทางลาย 321) ดังนั้นจะเกิดการไหลของยางแอสฟัลท์ลงไปที่ไหล่ทางด้านข้าง และเพื่อไม่ให้ยางแอสฟัลท์ที่ลาดเย็นตัวจนอุณหภูมิต่ำกว่าที่กำหนดเพราะจะทำให้ยางแข็งตัว จึงจำเป็นต้องปาดผิวยางแอสฟัลท์ให้เรียบสม่ำเสมอตลอดผิวหน้าให้เร็วที่สุดด้วยเหล็กปาดยาง ตามรูปที่ 4.7

4.6.4 ทันทีที่ปาดผิวหน้าของยางแอสฟัลท์แล้ว ให้โรยเม็ดดินเผาที่มีคุณภาพตามที่กำหนดจำนวน 120 กิโลกรัม ในแปลงที่ 1 และ 2 และจำนวน 80 กิโลกรัมในแปลงที่ 3

พุ่มไม้เตี้ย

ไปแยกอู่ทอง



หลัก กม.ที่ 35

รร.บ้านโคราช

รูปที่ 4.5 (ก) ตำแหน่งแปลงทดสอบบนเส้นทางสาย 324 ตอนพนมทวน-แยกอู่ทอง

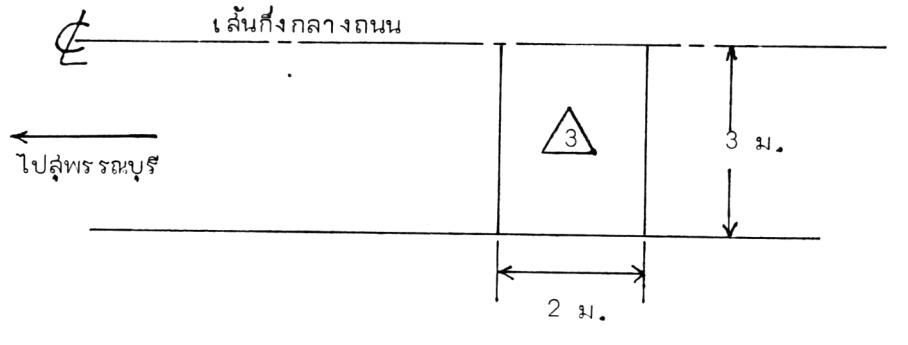
แปลงที่ 1 ใช้ยาง *RS-3K* ขนาด 3×3 เมตร

" 2 ใช้ยาง *AC (80-100 pen.)* ขนาด 3×3 เมตร

ที่โล่ง

หลัก กม.ที่ 159

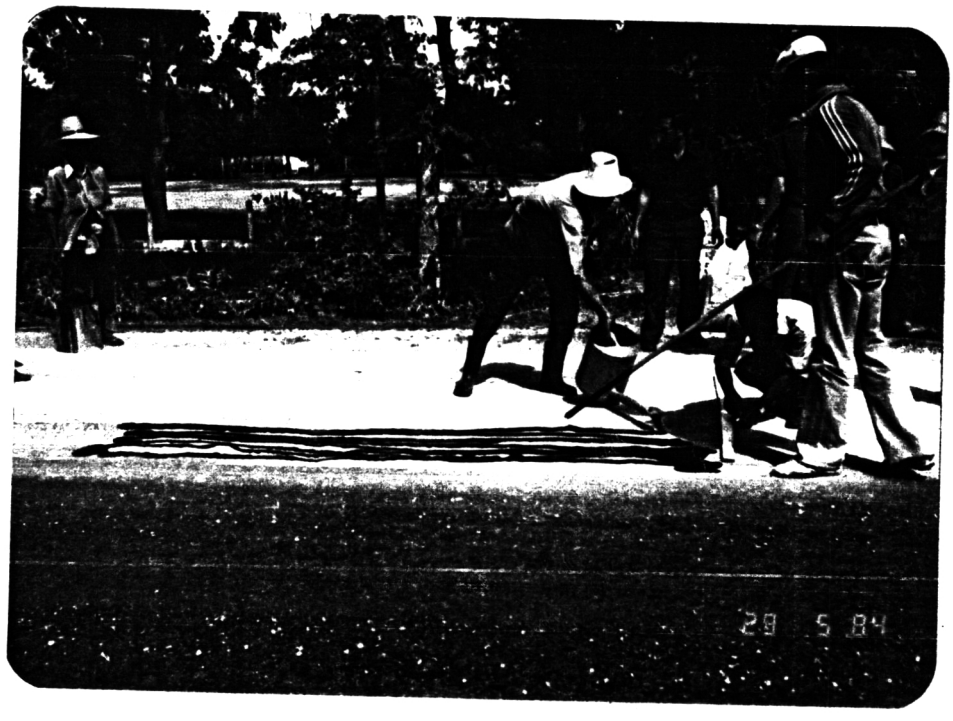
ไปแยกอู่ทอง



ที่โล่ง

รูปที่ 4.5 (ข) ตำแหน่งแปลงทดสอบบนเส้นทางสาย 321 ตอนอู่ทอง-สุพรรณบุรี

แปลงที่ 3 ใช้ยาง *AC (80-100 pen.)* ขนาด 3×2 เมตร



รูปที่ 4.6 ทำการลาดยางแอสฟัลท์ด้วยกาลาดยาง

รูปที่ 4.7 ทำการปาดยางที่ลาดให้เรียบด้วยไม้ปาด

(ก)

(ข)

รูปที่ 4.8 (ก) , (ข) ทำการโรยเม็ดดินเผาลงในแปลงทดลองให้ทั่ว

(เผื่อ + 8% ไว้สำหรับการสูญเสียในขณะทำการโรยเม็ดดินเผา) พยายามโรยปิดผิวหน้ายางแอสฟัลท์ให้ทั่วจนเม็ดดินเผาเรียงเม็ดติดกันแน่น ดังแสดงในรูปที่ 4.8 (ก) และ (ข)

4.6.5 หลังจากโรยเม็ดดินเผาทั่วแล้ว ได้นำรถบดล้อยางบดตามทันทีให้เต็มหน้าผิวทางที่ลงประมาณ 2 เที่ยวก่อน ตามรูปที่ 4.9 แล้วใช้คนงานเกลี่ยเม็ดดินเผาที่เหลือค้างข้อนกันอยู่ให้กระจายลงบนส่วนที่ยังไม่เต็มจนเม็ดดินเผาปิดทับผิวหน้าแอสฟัลท์อย่างสม่ำเสมอ โดยพยายามไม่ให้เม็ดดินเผาที่ติดแอสฟัลท์อยู่แล้วหลุดออก ตามรูปที่ 4.10

4.6.6 ใช้รถบดล้อยางบดอัดอีกครั้ง ประมาณ 2 - 3 เที่ยว จนเม็ดดินเผาฝังลงไปในเนื้อยางแอสฟัลท์ที่ลาดไว้ทุกเม็ด

4.6.7 ใช้รถบดล้อเหล็ก บดอัดครั้งสุดท้ายโดยบดเต็มหน้าประมาณ 2 — 3 เที่ยว เป็นอันเสร็จขั้นตอนในการก่อสร้าง ตามรูปที่ 4.11

สำหรับในแปลงที่ 1 ซึ่งใช้ยางแอสฟัลท์ประเภทอีมัลซิไฟด์ ชนิด RS-3K จะทำตามขั้นตอนดังกล่าวข้างต้นแต่มีข้อแตกต่างกันบ้างคือ

ก.) ก่อนทำการก่อสร้าง หลังจากที่กวาดฝุ่นสิ่งสกปรกและวัสดุที่หลุดร่อนออกจากผิวทางเดิมจนสะอาดเรียบร้อยแล้วจะต้องพรมน้ำลงบนผิวทางเดิมให้เปียกชื้นพอหมาด ๆ ก่อนการลาดยาง RS-3K เพื่อให้ยาง RS-3K เกาะตัวกับผิวทางเดิมได้ดียิ่งขึ้นเมื่อลาดยาง RS-3K ลงไปแล้ว

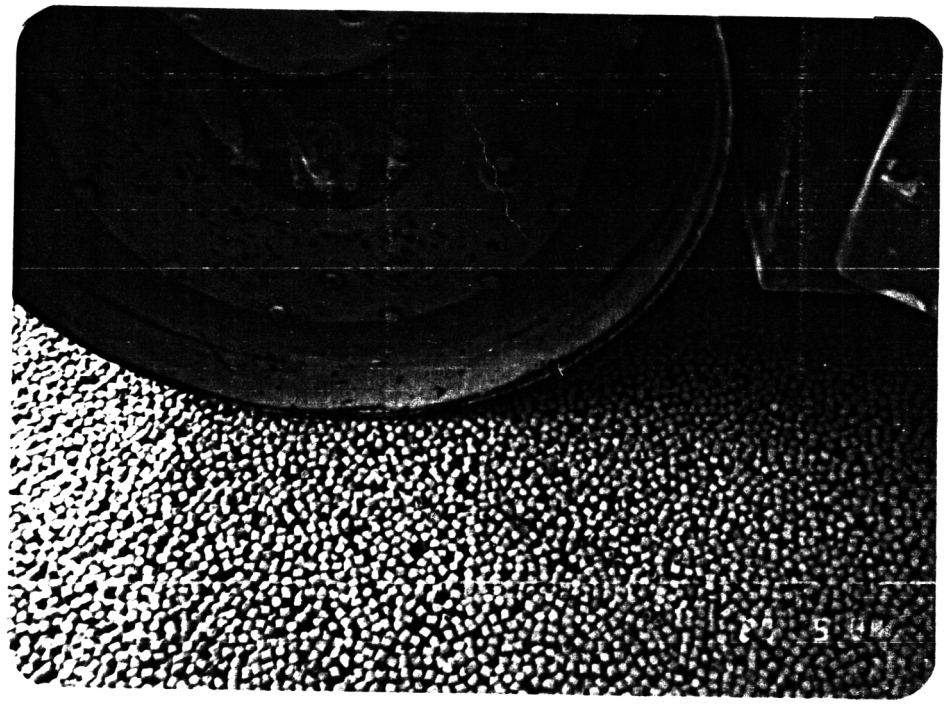
ข.) อุณหภูมิที่ให้แก่ยาง RS-3K ก่อนการลาดและขณะลาดลงบนผิวทางเดิม คือ ในช่วง 60-80^{o}C และไม่ต้องผสมสารผสมแอสฟัลท์ (Adhesion Agent)

ค.) ก่อนโรยเม็ดดินเผาลงบนผิวยาง RS-3K จะต้อง prewet เม็ดดินเผาทั้งหมดเสียก่อนโดยจุ่มเม็ดดินเผาลงในน้ำสะอาดเพื่อให้ส่วนอนุภาคแอสฟัลท์ (Asphalt Particles) ในอิมัลซิไฟด์แอสฟัลท์จับตัวกับเม็ดดินเผาได้ดียิ่งขึ้น และเป็นการช่วยเร่งปฏิกิริยาการแตกตัว (Setting) ของอนุภาคแอสฟัลท์เล็ก ๆ (Emulsions) หลังจากโรยเม็ดดินเผาปิดทับบนยาง RS-3K และเนื่องมาจากเม็ดดินเผามีอัตราการดูดน้ำสูงทำให้อนุภาคแอสฟัลท์เล็ก ๆ ในสารละลายแตกตัวอย่างรวดเร็ว

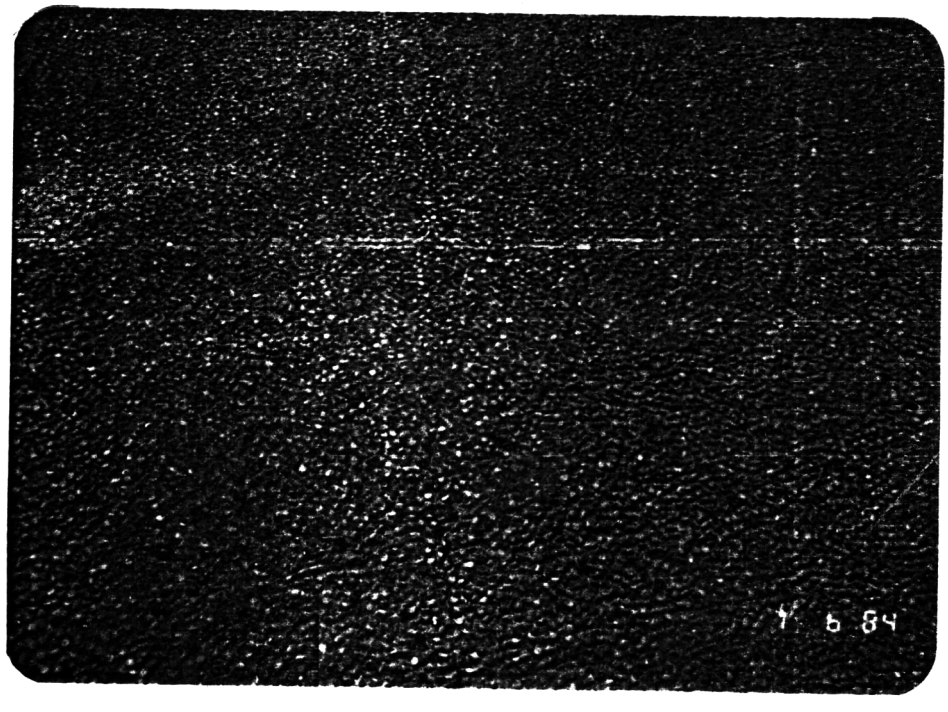
หมายเหตุ ในแปลงที่ 3 บนทางสาย 321 หลังจากทำการบดอัดด้วยรถบดล้อเหล็กในขั้นสุดท้ายแล้ว ได้ทำการลาดทรายหยาบเพื่อปิดช่องว่างระหว่างเม็ดดินเผาทั่วทั้งแปลงตามรูปที่ 4.12 เพื่อการศึกษา ผลของความต้านทานการลื่นไถลและการหลุดลอกของเม็ดดินเผาจากยาง

รูปที่ 4.9 ทำการบดอัดเม็ดดินเผาครั้งแรกหลังจากโรยเม็ดดินเผาจนทั่วแปลงทดลอบ ด้วยรถบดล้อยาง เพื่อให้เม็ดดินเผาฝังตัวลงในยางแอล่ฟัลท์ได้ดี

รูปที่ 4.10 ทำการกวาดเกลี่ยเม็ดดินเผาหลังการบดอัดครั้งแรก เพื่อเติมส่วนที่เกิดช่องว่างในแปลงทดลอบ



รูปที่ 4.11 ทำการบดอัดเม็ดดินเผาครั้งสุดท้ายด้วยรถบดล้อเหล็ก เพื่อให้ผิวหน้าของผิวทางเรียบเสมอกัน



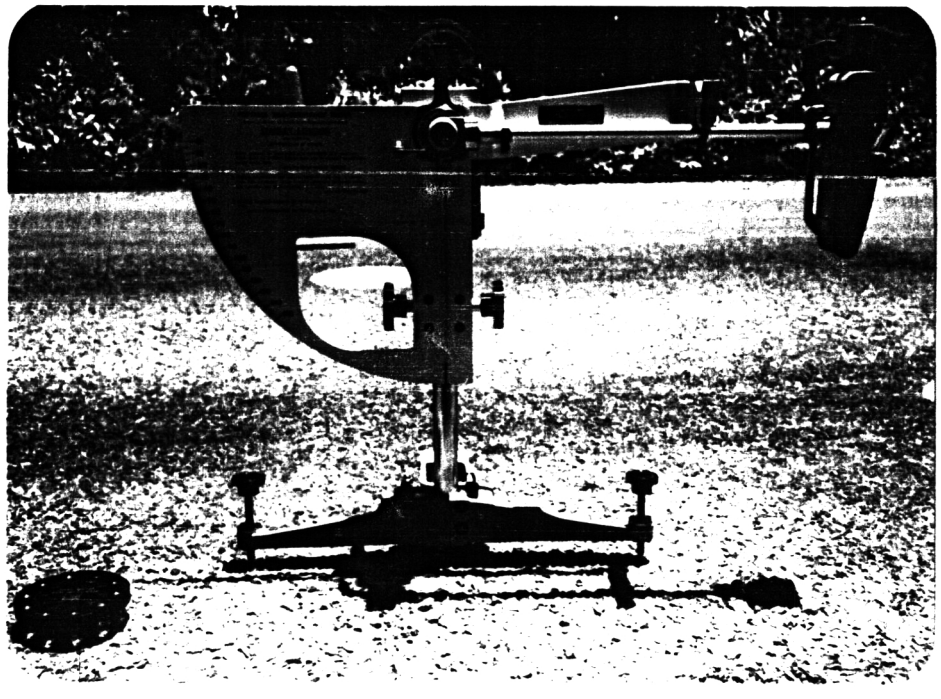
รูปที่ 4.12 แสดงผิวทางที่สำคัญรายพยาบเพื่อเติมช่องว่างระหว่างเม็ดดินเผาในแปลงทดลองที่ 3 บนทางสาย 321

แอสฟัลท์ AC(80-100 pen.) ด้วย

หลังจากทำการก่อสร้างเรียบร้อยแล้ว จะต้องปิดการจราจรบนแปลงทดสอบไว้ให้นานที่สุดเท่าที่จะทำได้จนแน่ใจว่า ยางแอสฟัลท์จับเม็ดดินเผาแน่นและแห้งดีแล้วโดยในแปลงที่ 1 และ 2 บนทางสาย 324 ปิดการจราจรไว้ 24 ชั่วโมง ส่วนแปลงที่ 3 บนทางสาย 321 เนื่องจากมีปริมาณการจราจรมากกว่า 2,000 คันต่อวัน จึงปิดการจราจรได้เพียง 2 ชั่วโมงเท่านั้น

4.7 เครื่องมือที่ใช้วัดค่าในแปลงทดสอบ

4.7.1 เครื่อง British Portable Skid-Resistance Tester (BPT) ตามรูปที่ 4.13 เครื่องมือนี้ใช้สำหรับวัดค่าความต้านทานการลื่นไถลของผิวทาง (Friction Resistance) โดยการวัดความฝืดระหว่างแผ่นยาง (Sliding Rubber) ที่ติดอยู่ส่วนปลายของแขนแกว่ง (Pendulum) กับผิวทางที่ต้องการทดลอง ส่วนประกอบของเครื่อง BPT มีตัวเครื่องประกอบด้วยฐานรับเครื่องรูปตัว T แต่ละปลายขาเป็นสกรูปรับให้สูงต่ำได้ มีระดับน้ำติดที่โคนขาด้านหนึ่งเพื่อปรับให้แกนเครื่องอยู่ในแนวดิ่ง แกนเครื่องเป็นแกนกลมตั้งอยู่บนฐานรูปตัว T และเป็นรางให้แผ่นดัยนีและแขนแกว่งเลื่อนขึ้นลงได้ แขนแกว่งประกอบด้วยก้านอลูมิเนียมและลูกตุ้มที่ปลายแขน ภายในลูกตุ้มเป็นแผ่นยางซึ่งติดกับก้านสปริงมีคันยกก้านสปริงเพื่อให้แผ่นยางยกขึ้นพ้นผิวทางเมื่อแกว่งกลับ แขนแกว่งจับติดกับไกปล่อยซึ่งเมื่อกดไกแขนแกว่งจะตกลงมาและแผ่นยางจะปาดหน้าผิวทางส่วนที่ทดสอบ ขณะเดียวกันจะพาเข็มชี้ไปชี้ที่ขีดแบ่งบนแผ่นดัยนีอลูมิเนียม แขนแกว่งและแผ่นดัยนีปรับให้เลื่อนขึ้นลงได้พร้อมกัน เพื่อให้แผ่นยางปาดหน้าผิวทางเป็นระยะ 7.6±0.1 ซม. ความยาวจากจุดหมุนของแขนแกว่งถึงแผ่นยางยาว 50 ซม. น้ำหนักแขนแกว่งรวมลูกตุ้มและแผ่นยางหนัก 1.50±0.03 กก. จุดศูนย์ถ่วงอยู่ห่างจากจุดหมุน 40.5±0.5 ซม. แผ่นยางเป็นยางสีดำรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ากว้าง 3.1 ซม. ยาว 7.6 ซม. หนา 0.6 ซม. ยึดติดกับแผ่นอลูมิเนียมมีรูเสียบติดกับก้านสปริงน้ำหนักยางรวมแผ่นโลหะหนัก 22±5 กรัม ทำมุม 20° กับแนวราบ (ผิวทางที่ทดสอบ) เมื่อแขนแกว่งอยู่ที่ตำแหน่งต่ำสุด. แผ่นยางต้องมีอายุอย่างน้อย 6 เดือน และมีคุณสมบัติดังนี้



รูปที่ 4.13 เครื่องวัดความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางในแปลงทดลอบ (*British Portable Tester , BPT*)

คุณสมบัติยาง	อุณหภูมิ (^{o}C)				
	0	10	20	30	40
ความยืดหยุ่น (Resilience) %	42-47	55-62	61-68	64-71	66-73
ความแข็ง (Hardness)	55 $\pm$ 5 BS. DEGREE				

ส่วนแผ่นดัยนี้เป็นแผ่นอลูมิเนียมเคลือบรูปเลี้ยววงกลม มียืดแบ่งจาก 0 (ส่วนบนสุด) ถึง 150 (ส่วนล่างสุด) สำหรับดัยนี้เล็กที่นำมาเสียบติดมียืดแบ่งจาก 0.0 (ส่วนบน) ถึง 1.0 (ส่วนล่าง) โดยที่เลข 0 ของทั้งสองแผ่นจะตรงกัน

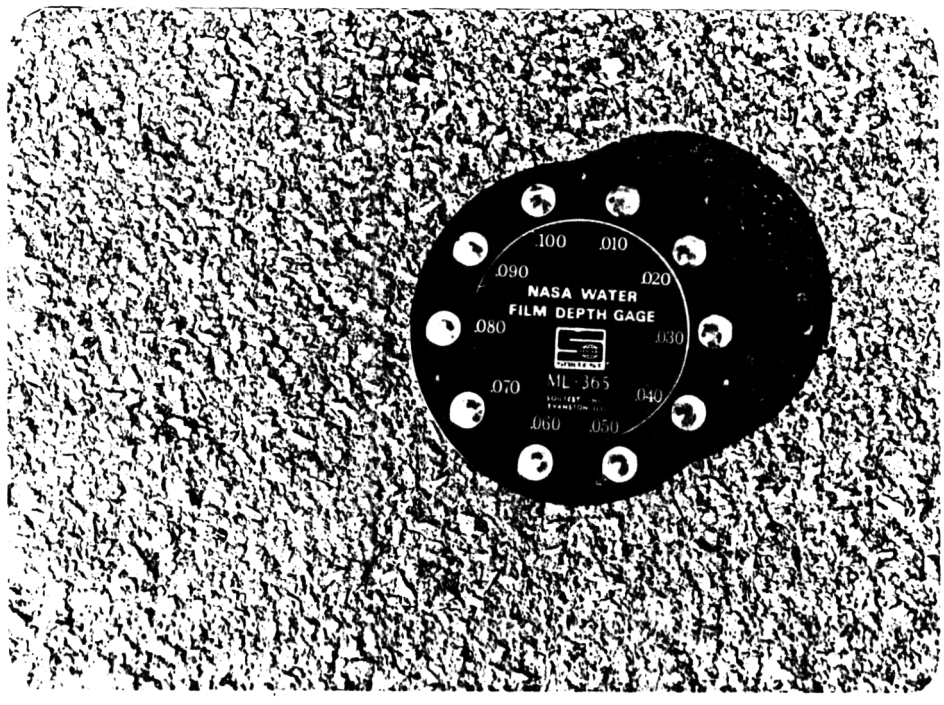
หลักในการออกแบบเครื่องมือนี้คือ ให้เปรียบเสมือนกับสภาพล้อรถที่แตะและวิ่งไปบนผิวทางโดยพื้นที่ ๆ แผ่นยางสัมผัสกับผิวทางเท่ากับ 3x $\frac{1}{20}$ ตารางนิ้ว และมีความดัน (Pressure) เท่ากับ 30 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (PSI) ซึ่งเปรียบเทียบเป็นความเร็วที่ 48 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ส่วนค่าความต้านทานการลื่นไถล (Skid-Resistance Value, SRV) ที่อ่านได้จากเครื่อง BPT นี้จะให้ค่า 100 เท่าของค่าสัมประสิทธิ์ของความเสียดทาน (Coefficient Of Friction, C_F) ตัวอย่างเช่น ถ้าอ่านค่าความต้านทานการลื่นไถลด้วยเครื่อง BPT เท่ากับ 45 จะได้ว่าค่าสปส.ความเสียดทานของผิวทางนั้นมีค่าเท่ากับ 0.45 เป็นต้น

<u>ข้อดีของเครื่องมือนี้</u> อาจสรุปได้เป็นข้อ ๆ ดังนี้

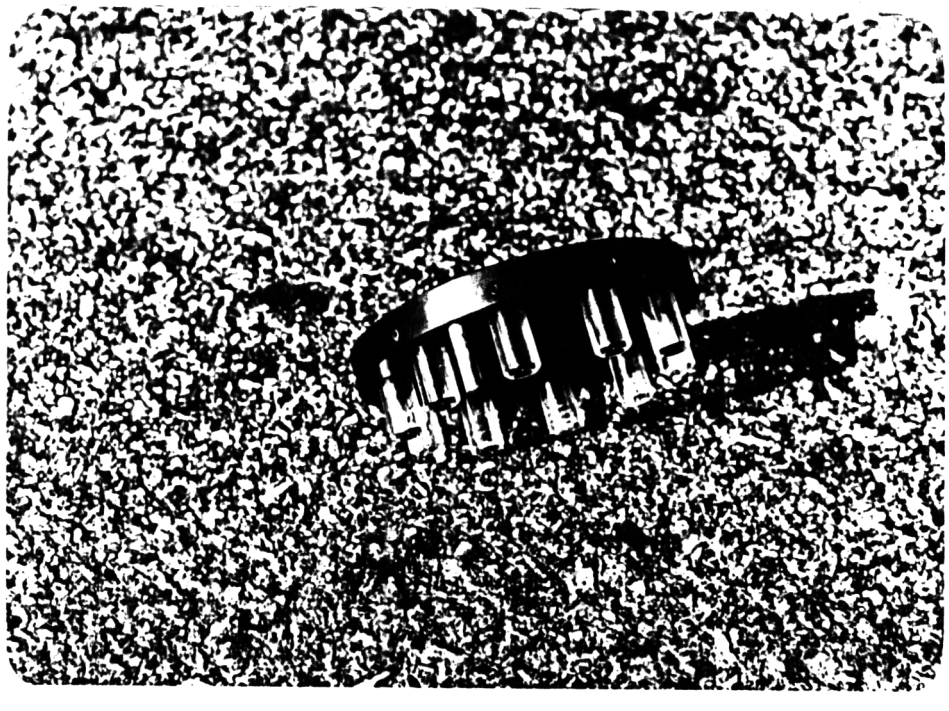
- อ่านค่าได้โดยตรง น้ำหนักเบา ยนย้ายได้สะดวกกว่าเครื่องมือชนิดอื่น ทั้งยังสามารถใช้ได้ทั้งในสนามและในห้องทดลอง

- สามารถทดลองได้แม้บนผิวทางหรือพื้นที่เอียง และผิวทางที่มีความลาดชันมาก (Steep Gradient)

4.7.2 <u>เครื่องมือวัดความหนาฟิล์มน้ำ</u> (NASA Water Depth Gage) ดังแสดงในรูปที่ 4.14 เป็นเครื่องวัดความหนาของฟิล์มน้ำบนผิวทางในขณะเปียก มีลักษณะกลมทำด้วยไฟเบอร์กลาสสีดำ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 นิ้ว หนา $\frac{1}{2}$ นิ้ว มีรูเจาะขนาด 0.50 นิ้ว โดยรอบพร้อมตัวเลขกำกับบอกความหนาของฟิล์มน้ำบนผิวที่อ่านได้จาก 0.01-0.10 นิ้ว (0.254-2.54 มม.ในแต่ละ



(ก) รูปด้านหน้า



(ข) รูปด้านข้าง

รูปที่ 4.14 เครื่องวัดความหนาของฟิล์มน้ำบนผิวทาง *(Water Film Depth Gage)*

รูมีแท่งพลาสติคแข็งใส่ล่อตอยู่ ส่วนปลายของแท่งพลาสติคใส่จะเป็นรูปกรวย โดยความยาวของแท่งพลาสติคใส่จะมีความยาวลดหลั่นกันไปเพื่อใช้วัดความห่างของปลายแท่งพลาสติคใส่จากระนาบของผิวทางที่จะวัด นอกจากนี้ยังมีแท่งเหล็ก 3 แท่ง ขนาดยาวเท่ากันเป็นตัวบังคับระนาบอ้างอิงจากผิวอยู่รอบเครื่องมือนี้ (เพื่อใช้ตรวจสอบว่าการวางเครื่องมือนี้ได้ระดับจริงหรือไม่ ถ้าผิวทางที่วางได้ระดับส่วนปลายของแท่งเหล็กทั้งหมดจะแนบสนิทกับผิวทางพอดี)

วิธีการอ่านค่าความหนาของฟิล์มน้ำ จะเริ่มอ่านจากด้านบนโดยอ่านจากค่าต่ำสุด (0.01 นิ้ว) ไปหาค่าสูง สังเกตดูว่าน้ำเต็มร่องกรวยของพลาสติคใส่แท่งใดบ้างจดบันทึกไว้ แต่ค่าที่อ่านได้มากที่สุดที่น้ำเต็มร่องกรวยของแท่งพลาสติคใส่ก็คือ ค่าความหนาของฟิล์มน้ำบนผิวทางในขณะทำการทดสอบนั้น

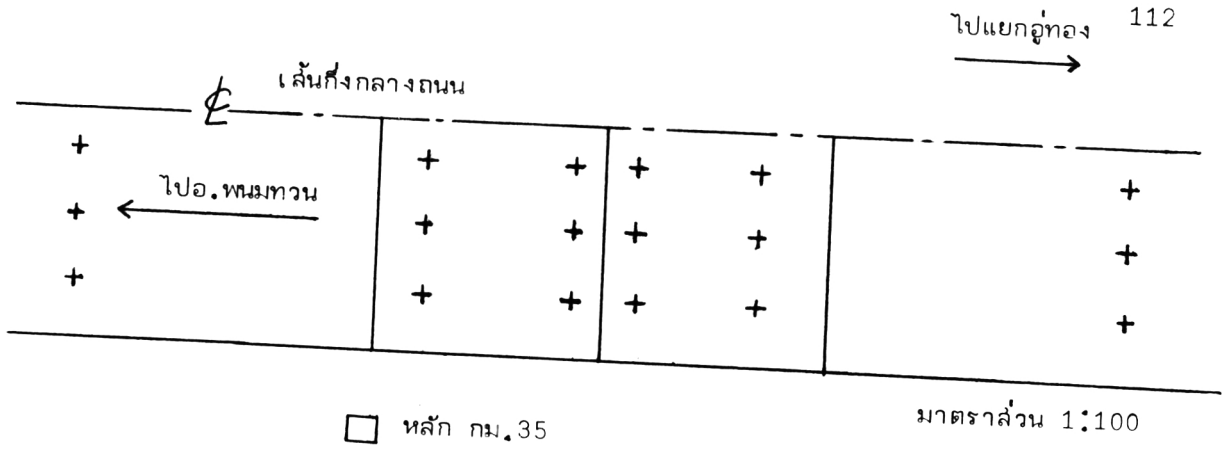
4.8 <u>ตำแหน่งและค่าที่จะวัดเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยนี้</u>

ในการศึกษาและวิจัยนี้จะทำการวัดค่าความต้านทานการลื่นไถลของผิวทาง (SRV) ในสภาพผิวทางแห้งและเปียกของผิวทางที่ใช้เม็ดดินเผาและหินปูนเป็นวัสดุมวลรวม ที่อุณหภูมิขณะนั้นด้วยเครื่อง BPT โดยทำการวัดความหนาฟิล์มน้ำ (WFT) บนผิวทางในขณะนั้นด้วยเครื่อง Water Film Depth Gage ควบคู่ไปด้วย, วัดค่าความลึกผิวทาง (STD) ด้วยวิธี Sand-Patch และสำรวจปริมาณการจราจรที่ใช้เส้นทางในช่วงเวลาขณะทดสอบซึ่งจะมีผลต่อค่าที่วัด ส่วนตำแหน่งของการวัดค่าดังกล่าวนี้ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.15 (ก), (ข) และ 4.16 (ก), (ข) ซึ่งเป็นตำแหน่งของการวัดค่า SRV และ STD ของแปลงทดสอบและบริเวณใกล้เคียงในแต่ละเส้นทางตามลำดับ จะเห็นได้ว่า ตำแหน่งที่ทำการวัดจะเป็นบริเวณแนวร่องล้อรถยนต์ทั้งสองแนวเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงค่าค่อนข้างชัดเจนและรวดเร็วกว่าแนวอื่น

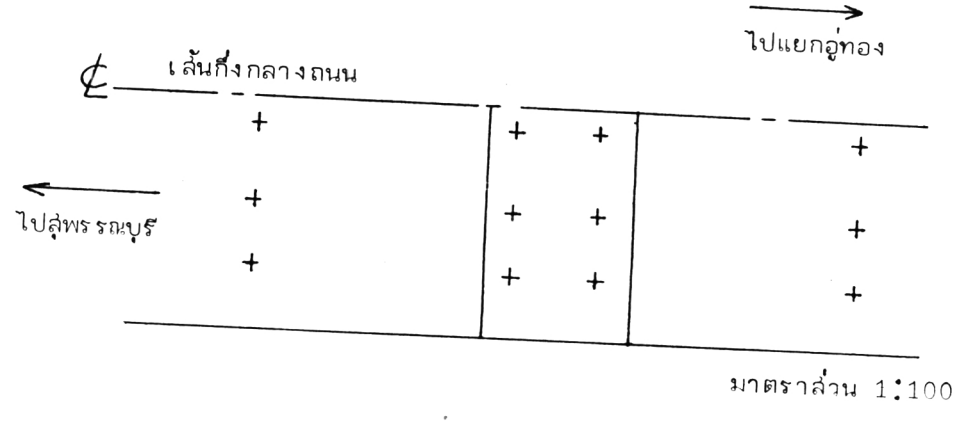
4.9 <u>วิธีการวัดค่าต่าง ๆ ในแปลงทดสอบ</u>

4.9.1 <u>การวัดค่าความต้านทานการลื่นไถลด้วยเครื่อง BPT</u> (ดังแสดงในรูปที่ 4.18) ทำตามขั้นตอนดังนี้คือ

4.9.1.1 ตรวจความเรียบร้อยของเครื่องมืออุปกรณ์ทุกอย่างให้อยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแผ่นยางที่ใช้นั้นส่วนริมขอบของแผ่นยางจะต้องไม่สึกจนมนบางเกินไป โดยข้อแนะนำของการใช้เครื่อง BPT นั้น กำหนดให้แผ่นยาง (Sliding Rubber) แผ่นหนึ่ง



รูปที่ 4.15 (ก) ตำแหน่งของการวัดค่าความต้านทานการลื่นไถล (SRV)บนเส้นทางสาย 324 ตอนพนมทวน-แยกอู่ทอง



รูปที่ 4.15 (ข) ตำแหน่งที่คาดว่าจะทำการวัดค่าความต้านทานการลื่นไถล (SRV)บนทางสาย 321 ตอนแยกอู่ทอง-สุพรรณบุรี

ใช้ได้ประมาณไม่เกิน 500 ครั้ง (swing)

4.9.1.2 เมื่อตรวจสอบเครื่องมืออุปกรณ์เรียบร้อยแล้วนำเครื่อง BPT นี้วางลงบนบริเวณหรือแนวที่จะวัดค่า SRV ทำการจัดเครื่อง BPT ให้ได้ระดับโดยการปรับหมุนสกรูที่ขาตั้งทั้งสามของตัวเครื่อง ปรับจนระดับน้ำที่โคนขาตั้งด้านหนึ่งอยู่ในกรอบกึ่งกลางพอดี แสดงว่าแกนเครื่องอยู่ในแนวดิ่งแล้ว

4.9.1.3 ทำการจัดและตรวจสอบการแกว่งของแขนแกว่งให้ได้คู่นย์เสมอ (ก่อนทำการวัดค่าทุกครั้ง) สิ่งที่ควรระวังในขั้นตอนนี้คือ ต้องไม่ให้แผ่นยางตอนปลายของแขนแกว่งสัมผัสพื้นผิวทางในขณะตรวจสอบการแกว่งนี้

4.9.1.4 ทำการปรับ (Adjust) แผ่นยางให้แตะหรือสัมผัสพอดีกับผิวทางก่อนทำการวัดค่า ซึ่งในขั้นตอนนี้จะต้องอาศัยความชำนาญงานของเจ้าหน้าที่เป็นส่วนสำคัญ

4.9.1.5 กดไกที่ยึดแขนแกว่งไว้ให้แขนแกว่งตกลงมา แล้วแผ่นยางจะสัมผัสกับผิวทางที่จะหาค่า SRV ในสภาพผิวทางแห้ง จดบันทึกค่าที่เข็มดัชนี (Pointer) ชี้บ่งบอกไว้บนแผ่นดัชนีอลูมิเนียมอย่างน้อย 5-7 ค่า ส่วนในสภาพผิวทางเปียกจะต้องทำให้แผ่นยางเปียกก่อนทุกครั้ง และผิวทางที่จะทำการวัดจะต้องลาดน้ำให้เปียกแล้ววัดค่าความหนาของฟิล์มน้ำ (WFT) ด้วยเครื่องมือวัดฟิล์มน้ำ (ซึ่งจะกล่าวถึงวิธีใช้ในหัวข้อ 4.9.2) ทุกครั้งที่ทำการวัดเช่นกัน จดบันทึกค่าอย่างน้อย 5-7 ค่า เพราะค่าแรก ๆ ที่ได้อาจจะต่ำกว่าที่เป็นจริงเนื่องจากฝุ่นละอองยังเกาะอยู่บนผิวทางถึงแม้จะลาดด้วยน้ำจนเปียกแล้ว แต่ก็ยังหลงเหลืออยู่บ้างทำให้เกิดการลื่นไถลขึ้นได้ จึงจำเป็นต้องลาดน้ำบนส่วนของผิวทางนั้นให้สะอาดก่อนทำการวัดค่าเสมอ

หมายเหตุ ระหว่างที่ทำการวัดค่าจะต้องบันทึกอุณหภูมิของอากาศ (Air Temperature), อุณหภูมิของผิวทาง (Surface Temperature) ขณะนั้นทุกครั้งเพื่อนำมาใช้ในการปรับแก้ค่าความต้านทานการลื่นไถลของผิวทางที่อุณหภูมินั้น (SRV_t, $BPTV_t$) ไปที่อุณหภูมิ 20^oC(SRV_{20}, $BPTV_{20}$) ดังกราฟการปรับแก้ค่าในรูปที่ 4.17

4.9.2 การวัดค่าความหนาฟิล์มน้ำ (WFT) ด้วยเครื่อง Water Film Depth Gage ของ NASA

หลังจากลาดผิวทางด้วยน้ำจนเปียกแล้วนำเครื่องมือดังกล่าววางบนผิวทางเปียกนั้น สังเกตดูว่าช่องใส ๆ รอบส่วนบนของเครื่องมือนี้ช่องใดที่มีน้ำเข้าไปเต็มช่องพอดีให้อ่านค่านั้นเป็นค่าความหนาของฟิล์มน้ำบนผิวทางในขณะนั้น ดังแสดงในรูปที่ 4.18

4.9.3 การวัดค่าความลึกผิวทาง (STD) ด้วยวิธี Sand-Patch[1]

เป็นวิธีการหาความหยาบของผิวทางในแปลงทดลอบ (Test Section) และบริเวณผิวทางเฮ่อร์เฟสทรีตเมนท์ที่ใช้หินปูนเป็นวัสดุมวลรวม ดังตำแหน่งในรูปที่ 4.16 (ก),(ข) ขั้นตอนการวัดมีดังนี้

4.9.3.1 เขียนวงกลมขนาดรัศมี 30 ซม. หรือมากกว่าลงบนผิวทางบริเวณที่ต้องการหาค่าความลึกผิวทาง (ก่อนที่จะเขียนวงกลมจะต้องทำความสะอาดผิวทางให้เรียบร้อยและผิวทางจะต้องแห้งสนิทเสียก่อน)

4.9.3.2 นำทรายหยาบขนาดสม่ำเสมอ (Uniform Particle Size) ที่ทราบค่าความหนาแน่นของทรายแล้วเทลงบนผิวทางภายในวงกลมที่เขียนไว้ แล้วปาดทรายบนผิวทางให้เรียบได้ระดับที่สุดภายในวงกลมที่เขียน ดังแสดงในรูปที่ 4.20(ก) และ (ข)

4.9.3.3 ชั่งหาน้ำหนักทรายที่เหลือหลังการปาดผิวหน้า แล้วคำนวณหาค่าความลึกผิวทางที่จุดนั้น ๆ ได้จากสมการดังนี้ คือ

$$STD = \frac{W_0 - W_1}{A.D_s}$$

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อ STD = ความลึกผิวทาง (Surface Texture Depth)

W_0, W_1 = น้ำหนักทรายที่ใช้เดิม และที่เหลือหลังการปาดผิวหน้าจนเรียบร้อยแล้ว ตามลำดับ

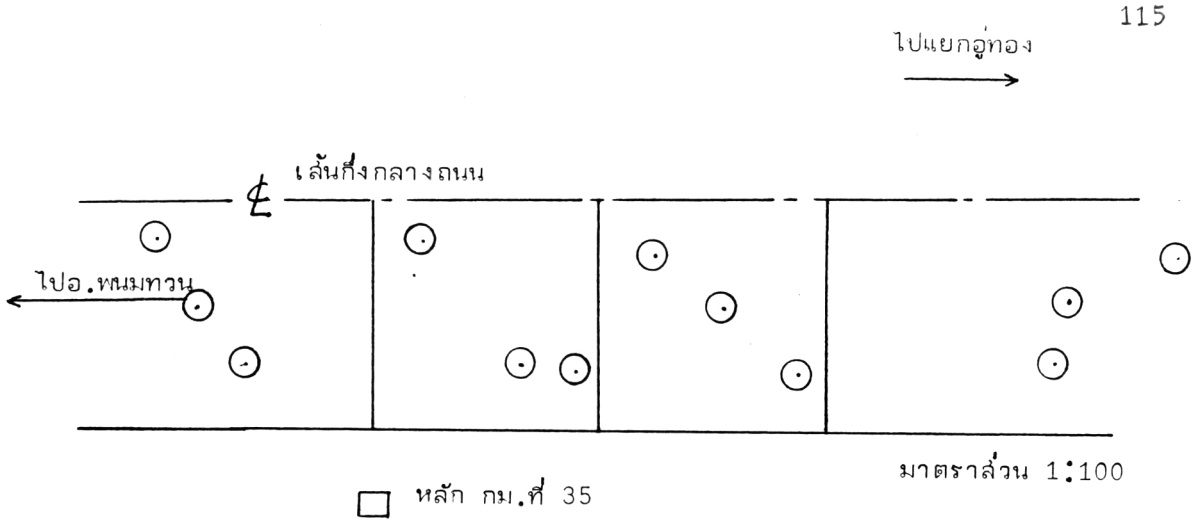
A = พื้นที่ของวงกลมที่เขียนขึ้น

D_s = ความหนาแน่นของทรายที่ใช้ (Sand Density)

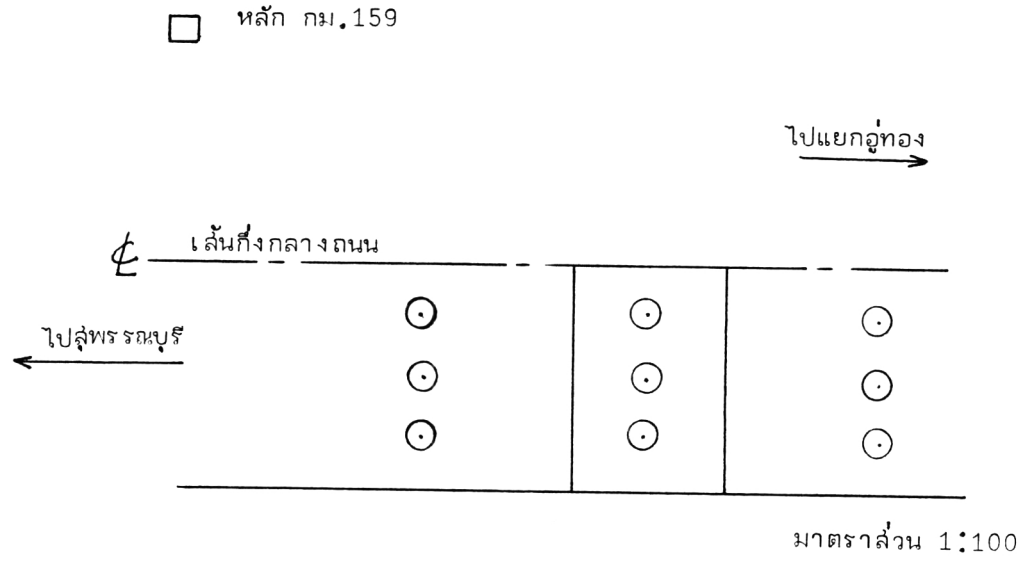
หมายเหตุ ทรายหยาบที่ใช้นั้นจะต้องมีขนาดสม่ำเสมอในที่นี้ใช้ทรายที่ผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 20 และค้างบนตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 40

4.9.4 การสำรวจปริมาณการจราจร (Traffic Volume)

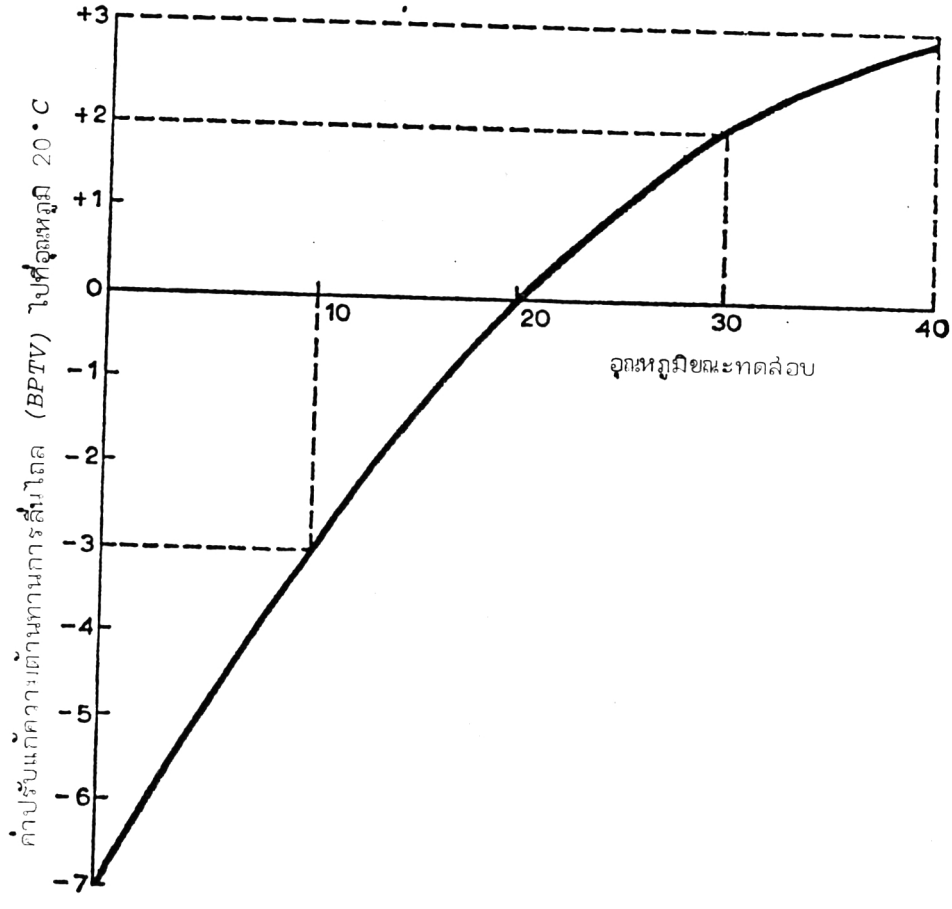
ในระหว่างทำการทดลอบจะทำการนับปริมาณการจราจรไปด้วยภายในช่วงระยะเวลา 1 ชั่วโมง เป็นอย่างน้อย โดยแบ่งประเภทยวดยานออกเป็น รถจักรยานยนต์, รถยนต์นั่งส่วนบุคคล, รถโดยสารขนาดเล็ก, รถโดยสารขนาดใหญ่, รถบรรทุกขนาดเล็ก, รถบรรทุกขนาดใหญ่ (2 เพลา), รถบรรทุกตั้งแต่ 3 เพลาขึ้นไป รวมไปถึงรถแทรกเตอร์และเครื่องจักรอื่น ๆ เพื่อนำมาหาค่าปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวัน (Average Daily Traffic, ADT) และ % Heavy Bus & Truck ซึ่งมีผลอย่างมากต่อความต้านทานการลื่นไถลของผิวทาง



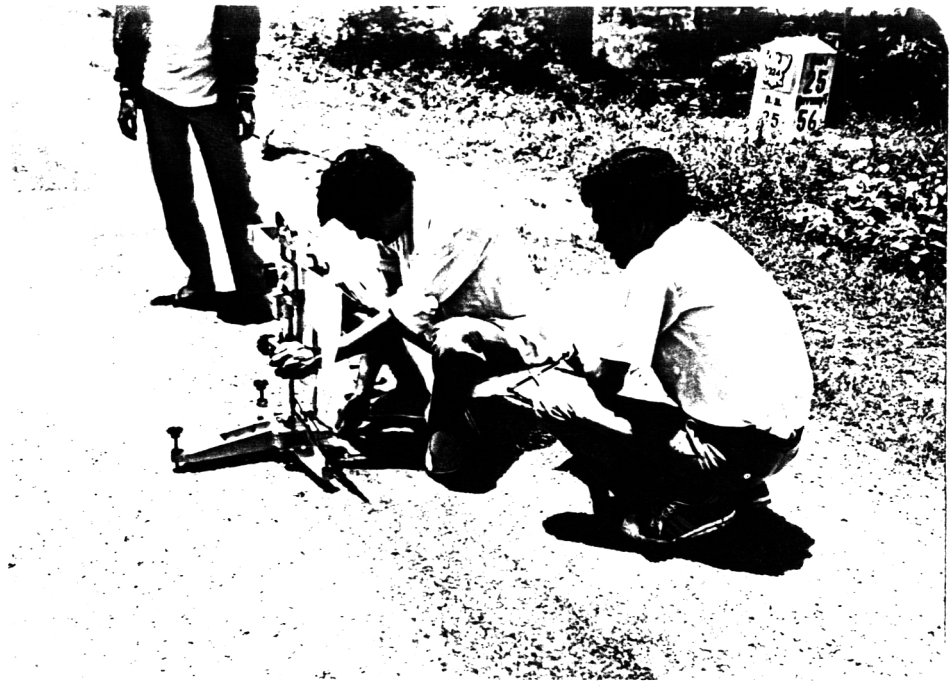
รูปที่ 4.16 (ก) ตำแหน่งของการวัดค่าความลึกผิวทาง *(STD)* บนทางสาย 324 ตอนพนมทวน-แยกอู่ทอง



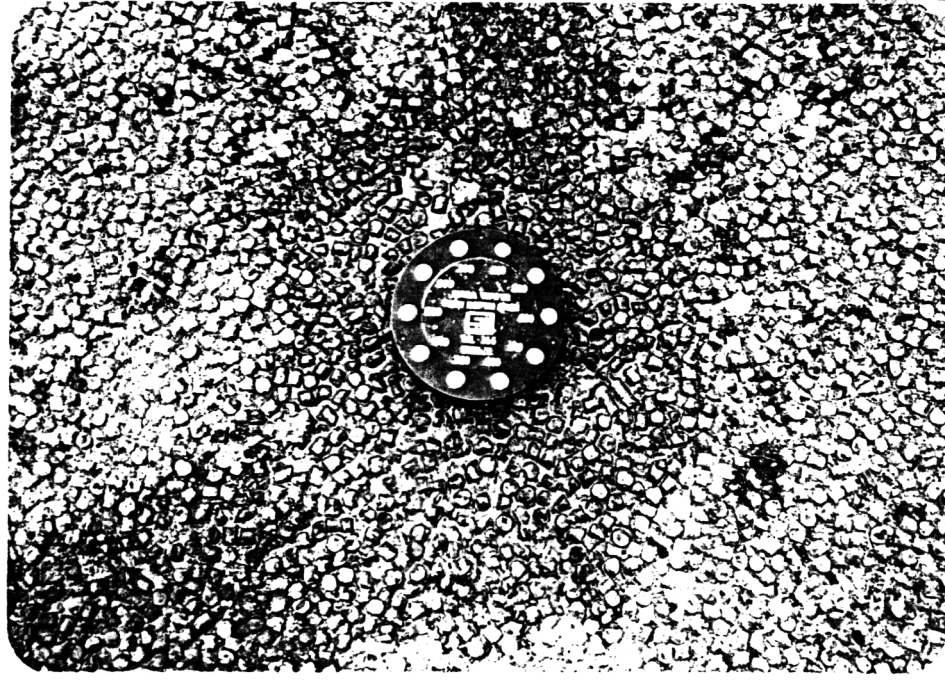
รูปที่ 4.16 (ข) ตำแหน่งที่คาดว่าจะทำการวัดค่าความลึกผิวทาง *(STD)* บนทางสาย 321 ตอนแยกอู่ทอง-สุพรรณบุรี



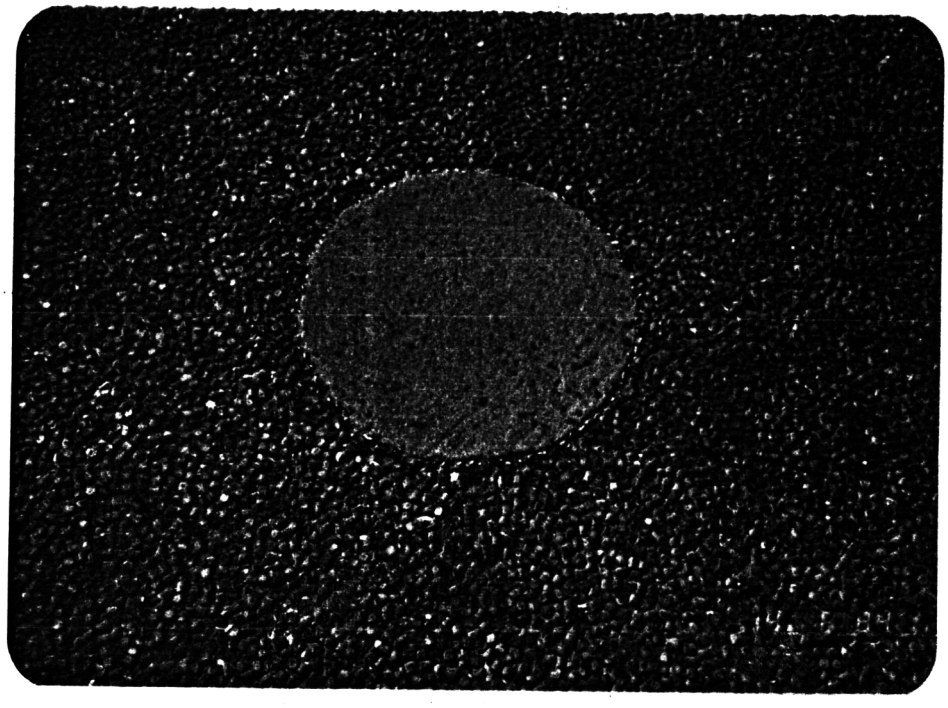
รูปที่ 4.17 ค่าที่ใช้ปรับแก้ความต้านทานการลื่นไถล (BPTV) เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงขณะทดสอบ



รูปที่ 4.18 แสดงการวัดค่าความต้านทานการลื่นไถลด้วยเครื่อง *BPT*



รูปที่ 4.19 แสดงการวัดค่าความหนาของฟิล์มน้ำบนผิวทาง ด้วยเครื่อง *Water Film Depth Gage*



(ก)

(ข)

รูปที่ 4.20 แสดงการหาค่าความลึกผิวของผิวทางด้วยวิธี *Sand-Patch*