หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วัสดุ เครื่องมือ และ วิธีการทดลอง

3.1 วัสดุที่ใช้ทดลอง

3.1.1 กรวดดินเผา จากกรวดดินเผา 3 แหล่ง คือ บางเชน บางมด และหนองงูเห่า ที่อุณหภูมิเผา 800, 900, 1000, 1100 และ 1200° C.ตามลำดับ นำมาแยกขนาดที่ค้างบนตะแกรงมาตรฐาน (U.S. Standard) เพื่อใช้ทดลองหาค่าความถ่วงจำเพาะของมวลรวม Stripping Value การดูดซึมของยางแอสฟัลท์ Marshall Stability Test และ Polished Stone Value ขนาดที่ใช้ทดลอง $\frac{3}{8}$ นิ้ว, $\frac{1}{4}$ นิ้ว และเบอร์ 4

3.1.2 ทราย ทรายที่ใช้เป็นมวลรวมละเอียด เป็นทรายธรรมชาติจากจังหวัดนครปฐม ใช้ขนาดค้างบนตะแกรงมาตรฐาน (U.S. Standard) เบอร์ 8, 16, 30, 50, 100 และ 200 ตามลำดับ

3.1.3 วัสดุแอสฟัลท์ เป็นแอสฟัลท์ซีเมนต์ ชนิด 85 – 100 Penetration Specifications เป็นไปตามข้อกำหนดของ AASHO Designation : 20 – 24

3.1.4 ปูนซีเมนต์ ใช้ปูนซีเมนต์ชนิดแข็งตัวเร็ว ตรา เอราวัณ ใช้ผสมกับทรายที่ผ่านตะแกรงมาตรฐาน (U.S. Standard) เบอร์ 50 และ ค้างเบอร์ 100 ในอัตราส่วน 1 : 1 เพื่อใช้เป็นแบบตัวอย่างการทดลอง Polished Stone Value

3.1.5 อัตราส่วนมวลรวมคละที่ใช้ออกแบบ อัตราส่วนมวลรวมคละกรวดดินเผาผสมกับทรายธรรมชาติ ที่ใช้ออกแบบการทดลอง Marshall Stability Test ได้แสดงไว้ตาม ตารางที่ 3.1

วัสดุ	ขนาดตะแกรงมาตรฐาน (U.S. Standard)	% ผ่านตะแกรง
กรวดกินเผา	$\frac{3}{8}$ นิ้ว	70
	$\frac{1}{4}$ นิ้ว	65
	เบอร์ 4	55
ทราย	" 8	40
	" 16	35
	" 30	25
	" 50	15
	" 100	10
	" 200	8

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนมวลรวมคละ ที่ใช้ออกแบบตัวอย่างการทดลอง

3.2 เครื่องมือที่ใช้ทดลอง ความถ่วงจำเพาะของมวลรวม Stripping Value, การดูดซึมของยางแอสฟัลท์ และ ความสึกหรอของมวลรวมกรวดกินเผา (AAV)

3.2.1 เตาอบ ให้อุณหภูมิสูงถึง 250° C. และควบคุมอุณหภูมิได้

3.2.2 เครื่องชั่ง ให้ความละเอียด 0.001 กรัม และสามารถชั่งวัสดุในน้ำได้

3.2.3 ขวดแก้ว ใช้ขวดแก้วชนิดปากกว้าง (Beaker) และชนิดปากกรวย (Flask) พร้อมฝาจุกยางมีระบบดูดอากาศเป็นสูญญากาศได้ความจุ 500 C.C.

3.2.4 น้ำ ใช้น้ำกลั่นบริสุทธิ์

3.2.5 เครื่องปั๊มอากาศ ให้ความดันของอากาศต่ำกว่าความสูง 3 ซม.ของปรอท

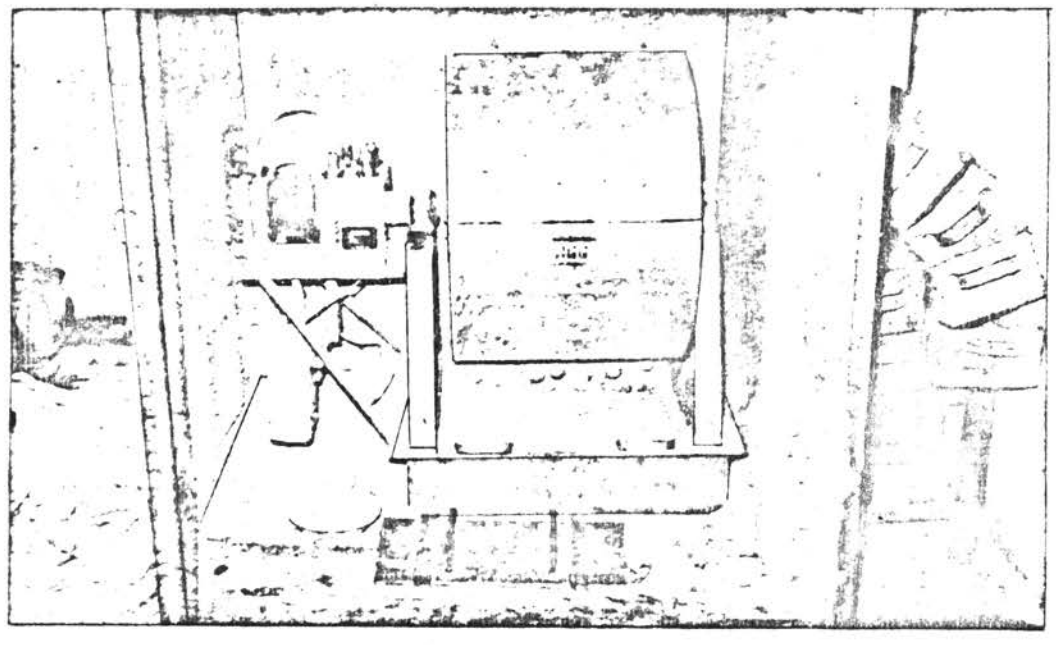
3.2.6 ภาชนะโลหะ มีขอบสูงประมาณ 15 ซม. เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 30 ซม. สำหรับใช้ผสมมวลรวมคละวัสดุ กับ ยางแอสฟัลท์

3.2.7 Parafin ค่าความถ่วงจำเพาะ 0.875

3.2.8 <u>ตะแกรงร่อน</u> ใช้ตะแกรงมาตรฐาน (U.S. Standard) มีช่องขนาดตะแกรง ดังนี้ $\frac{1}{2}$ นิ้ว, $\frac{3}{8}$ นิ้ว, $\frac{1}{4}$ นิ้ว, เบอร์ 4, 8, 16, 30, 50, 100 และ 200 ตามลำดับ

3.2.9 <u>เครื่องวัดความสึกหรอของมวลรวมหยาบ</u> (Los Angeles Abrasion Machine) ตัวเครื่องประกอบด้วยถ้อเหล็กรูปทรงกระบอกกลวง เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 71.1 $\pm$ 0.5 เซ็นติเมตร ความยาวภายใน 50.8 $\pm$ 0.5 เซ็นติเมตร ถ้อเหล็กรูปทรงกระบอกนี้ติดอยู่กับเพลา และหมุนรอบแกนได้ในแนวนอน โดยใช้แรงหมุนจากมอเตอร์ มีช่องใส่วัสดุพร้อมฝาปิด มีเหล็กขวางสูง 8.9 $\pm$ 0.2 เซ็นติเมตร ยาว 50.8 $\pm$ 0.5 เซ็นติเมตร ติดด้านใน แนวรัศมีของถ้อเหล็กทรงกระบอก ความยาวเส้นรอบวงภายนอกวัดในทิศทางที่ถ้อเหล็กรูปทรงกระบอกหมุน จากเหล็กขวางถึงช่องใส่วัสดุยาว 127 เซ็นติเมตร (รูปที่ 3.1)

ลูกเหล็ก (Abrasion Charge) ใส่ในถ้อเหล็กเพื่อบดตัวอย่าง มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 4.7 เซ็นติเมตร แต่ละลูกหนักประมาณ 390 – 445 กรัม จำนวนลูกเหล็กขึ้นอยู่กับเกรดของตัวอย่าง ได้แสดงไว้ตามตารางที่ 3.2 และ ตารางที่ 3.3



รูปที่ 3.1 เครื่องวัดความสึกหรอของวัสดุ (Los Angeles Machine)

ตารางที่ 3.2

ขนาดและน้ำหนักของตัวอย่างแต่ละเกรดที่ใช้วัดความสึกกร่อ

ขนาดตะแกรง		น้ำหนัก (กรัม) และเกรดของตัวอย่าง						
		A	B	C	D	E	F	G
3"	2 1/2"					2500±50		
2 1/2"	2"					2500±50		
2"	1 1/2"					5000±50	5000±50	
1 1/2"	1"	1250±25					5000±50	5000±50
1"	3/4"	1250±25						5000±50
3/4"	1/2"	1250±10	2500±10					
1/2"	3/8"	1250±10	2500±10					
3/8"	3			2500±10				
3	4			2500±10				
4	8				5000±10			
น้ำหนักตัวอย่างรวม		5000±10	5000±10	5000±10	5000±10	10000±100	10000±75	10000±50
จำนวนชิ้น		500				1000		

ตารางที่ 3.3

จำนวนลูกเหล็กที่ใช้กับตัวอย่างแต่ละเกรด

	เกรดตัวอย่าง						
	A	B	C	D	E	F	G
จำนวนลูกเหล็ก	12	11	8	6	12	12	12
น้ำหนักรวม (กรัม)	5000±25	4584±25	3330±20	2500±25	5000±25	5000±25	5000±25

หมายเหตุ ในการทดลองตัวอย่างใช้ เกรด B

3.3 เครื่องมือที่ใช้ทดลอง Marshall Stability Test

3.3.1 เตาอบ Hot Plate สามารถให้อุณหภูมิได้สูง 200° C. สำหรับให้ความร้อนแอสฟัลท์ และเครื่องมือที่ใช้ทดลอง

3.3.2 เครื่องชั่ง ให้เครื่องชั่งให้ความละเอียดถึง 1 กรัม และ 0.1 กรัม สำหรับชั่งอัตราส่วนมวลรวมคละ และวัสดุแอสฟัลท์ซีเมนต์ที่บดทับแล้ว

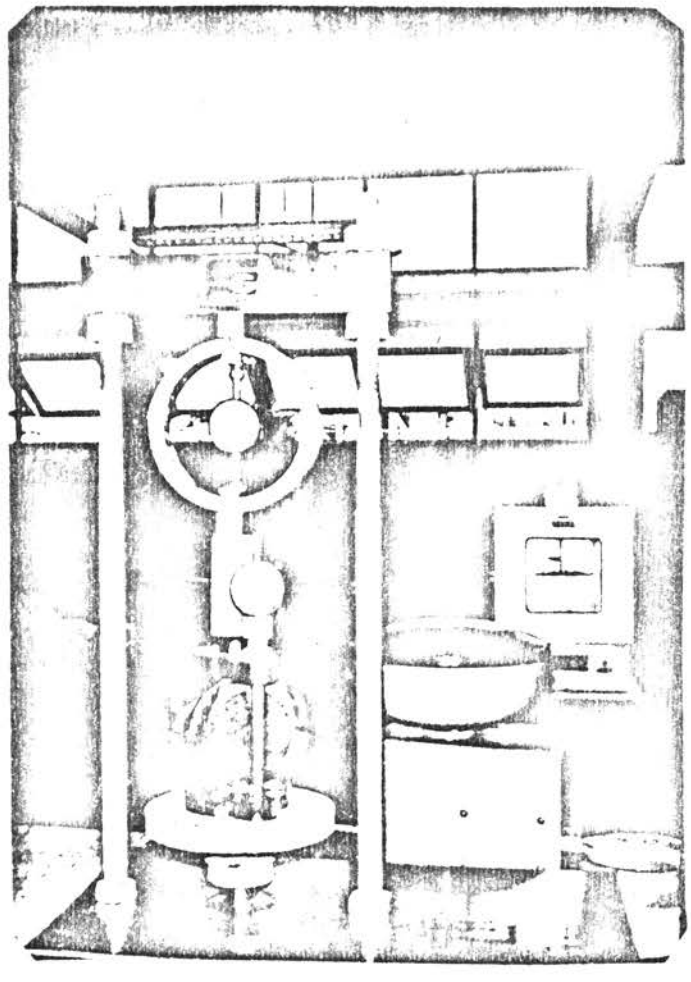
3.3.3 อ่างต้มน้ำ (Boiling Water Bath) สามารถควบคุมอุณหภูมิได้

3.3.4 ค้อนบดทับ (Compaction Hammer) ประกอบด้วยแผ่นเหล็กกลมหนา 1.27 เซ็นติเมตร (0.5 นิ้ว) มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 9.842 เซ็นติเมตร (3.875 นิ้ว) ติดกับด้ามเหล็ก ซึ่งมีแท่งเหล็กหนัก 4.45 ก.ก. (10 ปอนด์) ระยะเคลื่อนตัวตกของแท่งเหล็กเท่ากับ 45.72 เซ็นติเมตร (18 นิ้ว)

3.3.5 แบบใส่ตัวอย่าง (Compaction Mold) ประกอบด้วยแผ่นฐาน (Base Plate) แบบ (Mold) และปลอก (Collar Extension Mold) มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 10.16 เซ็นติเมตร (4 นิ้ว) สูง 7.62 เซ็นติเมตร (3 นิ้ว)

3.3.6 เครื่องทดลอง Marshall Stability Testing Machine ใช้สำหรับทดสอบหาค่า Stability เป็นเครื่องกดที่สามารถรับแรงกดได้ไม่น้อยกว่า 2730 ก.ก. (6000 ปอนด์) เป็นแบบขุดด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า อัตราความเร็วของมอเตอร์ที่หมุนขุด ต้องทำให้ฐานหรือหัวกดเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 5 เซ็นติเมตร ต่อ นาที (ประมาณ 2 นิ้วต่อนาที) เครื่องกดนี้จะต้องมี Proving Ring อ่านค่าแรงกด (รูปที่ 3.2)

3.3.7 เครื่องวัด Flow สำหรับทดลองหาค่า Flow ตัวอย่างระหว่างกด อ่านค่าเป็น $\frac{1}{100}$ นิ้ว

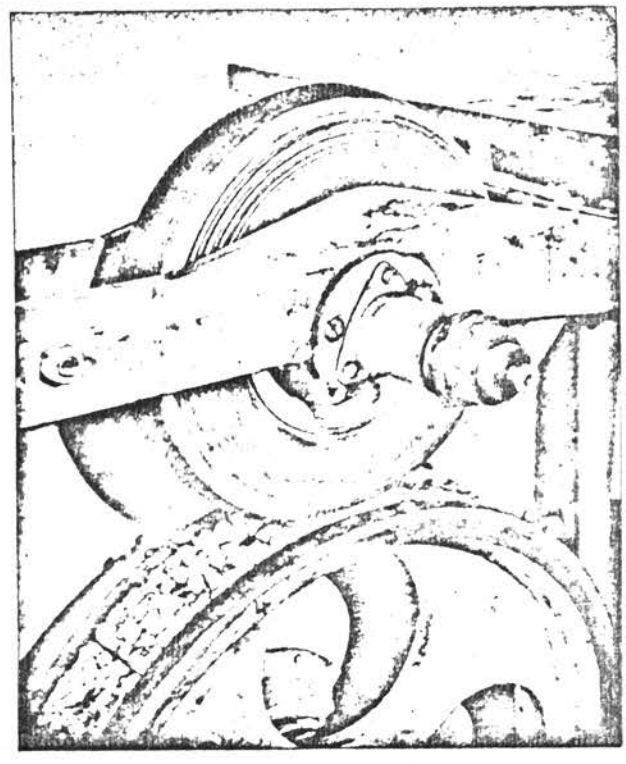


รูปที่ 3.2 เครื่องมือ Marshall Stability Test

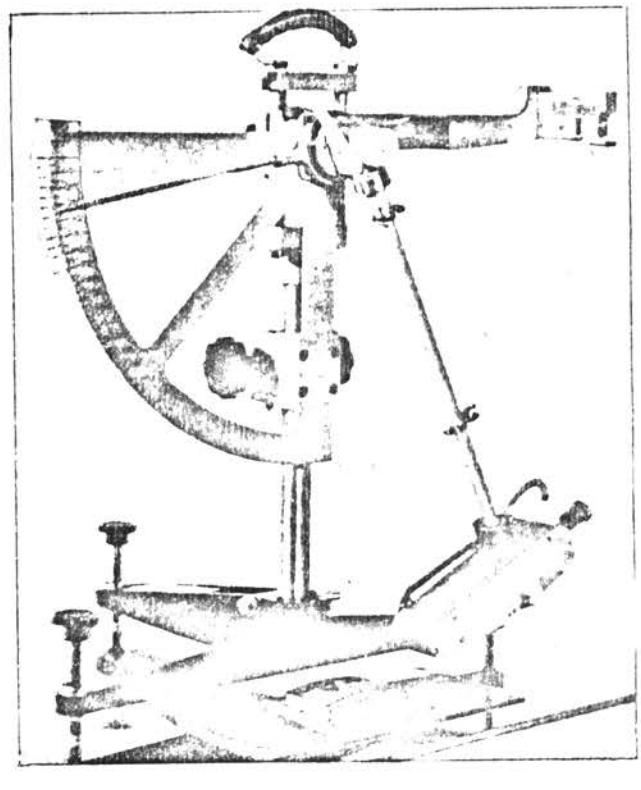
3.4 เครื่องมือที่ใช้ทดลอง Polished Stone Value (PSV)[9]

3.4.1 เครื่องขัด (Accellerated Polishing Machine) (รูปที่ 3.3) เครื่องขัดประกอบด้วย วงล้อเหล็กสำหรับบรรจุแผ่นตัวอย่างขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 40 ซ.ม. กว้าง 4.4 ซ.ม. วางแผ่นตัวอย่างขนาด 9.0 × 4.5 ซ.ม.^{2} ได้ 14 แผ่น วงล้อนี้หมุนด้วยความเร็ว 315 – 325 รอบต่อนาที วงล้ออยู่ในกรอบเหล็ก เพื่อป้องกันการกระเด็นของน้ำและน้ำ วงล้อหมุนด้วยกำลังจากมอเตอร์ บนวงล้อเหล็กมีล้อยางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 ซ.ม. กว้าง 5 ซ.ม. เป็นล้อแบบสูบลมหัวหน้าเรียบ ค่าความแข็งของยาง 55±5 Bs. Degree ความดันลม 3.17 ± 0.14 KSC (45±2PSI) กดทับอยู่กับแผ่นตัวอย่างด้วยน้ำหนัก 40 ก.ก. ถ่ายจากคานซึ่งแขวนตุ้มน้ำหนัก ตอนบนของล้อยางเป็นส่วนที่ป้องกันขัด มีลักษณะเป็นกรวยของเหลืองรูปสี่เหลี่ยม ตอนล่างเป็นรางปล่อยของขัดที่หมดแล้วออกจากล้อยาง ที่ป้องกันขัดมีอีกอันหนึ่งปรับเอียงได้ทุกทาง มีเครื่องสั่นกรวยเพื่อให้ของขัดไหลอย่างสม่ำเสมอ ติดอยู่ตอนล่างของกรวย เครื่องสั่นนี้สามารถปรับขนาดความสั่นให้มากน้อยได้ ของขัดที่ใช้เป็นของธรรมชาติเป็นคาร์ไบด์ เรียกโดยทั่วไปว่า " อลันดัม " มีสองชนิด คือ อย่างหยาบ และ อย่างละเอียด อย่างหยาบเป็นขนาดเบอร์ 30 – 36 อย่างละเอียดเป็นขนาดเบอร์ 600 ของหยาบไหลในอัตรา 20 – 35 กรัมต่อนาที ของละเอียดไหลในอัตรา 2 – 4 กรัม ต่อนาที ที่น้ำกรวยเป็นที่ฉีดน้ำเป็นฝอยของเหลือง มีที่รับอัตราการไหล มีสายยางต่อน้ำจากของแข็งที่ใช้งานเสร็จอัตราการไหลของน้ำประมาณ 20 – 35 กรัมต่อนาที สำหรับของขัดหยาบและประมาณ 4 – 8 กรัมต่อนาที สำหรับของละเอียด

3.4.2 เครื่องวัดความต้านทานการลื่นไถล (Britan Portable Skid Resistanc Tester) หรือ เรียกโดยย่อว่า British Portable Tester (รูปที่ 3.4) ตัวเครื่องประกอบด้วยฐานรับเครื่องรูปตัวที แต่ละขาเป็นสกรู ปรับให้สูงต่ำได้ มีระดับน้ำอยู่ที่ขาข้างหนึ่ง เพื่อปรับให้เสาเครื่องอยู่ในแนวดิ่ง เสาเครื่องเป็นเสากลมกลวง ข้างล่างยึดกับฐานรูปตัวที และเป็นรางให้แผ่นยางนี้ และแขนแกว่งเลื่อนขึ้นลงได้ แขนแกว่งประกอบด้วยน้ำหนักถ่วงเป็นเหล็กและอลูมิเนียมลายแผน ภายในลูกตุ้มเป็นแผ่นยาง (Sliding Rubber) ซึ่งติดอยู่กับแขนโลหะ มีสันโลหะเป็นขอบ เพื่อให้แผ่นยางยกขึ้นพ้นตัวอย่างเมื่อแกว่งกลับ แกนแกว่งจับติดกับไกปล่อย ซึ่งเมื่อกดไก



รูปที่ 3.3 เครื่องขัด (Accelerated Polishing Tester)



รูปที่ 3.4 เครื่องมือ British Portable Tester

แขนแกว่งจะตกลง และแผ่นยางจะปาดหน้าวัสดุตัวอย่าง ขณะเดียวกันจะพาเข็มชี้ไปยังขีดแบ่งบนแผ่นดัชนีอลูมิเนียม แขนแกว่งและแผ่นดัชนี ปรับให้เคลื่อนขึ้นลงพร้อมกันได้ เพื่อให้แผ่นยางปาดหน้าตัวอย่างเป็นระยะ 7.6 ± 0.1 ซม. ความยาวจากจุดหมุนของแขนแกว่ง ถึงแผ่นยางยาว 50 ซม. น้ำหนักแขนแกว่งรวมลูกตุ้ม และแผ่นยางหนัก 1.50 ± 0.03 ก.ก. จุดศูนย์ถ่วงห่างจากจุดหมุน 40.5 ± 0.5 ซม. แผ่นยางสีดำรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส กว้าง 3.1 ซม. หนา 0.6 ซม. ขีดติดกับแผ่นอลูมิเนียม มีรูเสียบติดกับด้านสปริง น้ำหนักยางรวมแผ่นโลหะหนัก 22 ± 5 กรัม ทำมุม 25° กับแนวราบ เมื่อแขนแกว่งอยู่ตำแหน่งต่ำสุดในการทดลอง แผ่นยางต้องมีอายุอย่างน้อย 6 เดือน และมีคุณสมบัติตามตารางที่ 3.4

คุณสมบัติ	อุณหภูมิ ° C				
	0	10	20	30	40
Resilience %	42–47	55–62	61–68	64–71	66–73
ความแข็ง	55±5 BS degree				

ตารางที่ 3.4 คุณสมบัติของแผ่นยางใช้ทดลองกับ British Portable Tester

แผ่นดัชนี เป็นแผ่นอลูมิเนียม รูปเสี้ยววงกลม มีขีดแบ่งจาก 0 (บน) ถึง 150 (ล่าง) สำหรับดัชนีเล็กที่นำเสียบติด มีขีดแบ่งจาก 0 (บน) ถึง 1.0 (ล่าง) เลข 0 ของทั้งสองแผ่นจะตรงกัน

3.5 การทดลอง ความถ่วงจำเพาะของมวลรวม

การทดลองหาค่าความถ่วงจำเพาะของมวลรวม ชนิดที่มีรูพรุน จะยุ่งยากมาก เนื่องจากคุณสมบัติในการดูดน้ำ ทั้งนี้ เนื่องจากกรวดหินเผามีรูพรุนมาก ประกอบไปด้วยรูพรุนชนิดเปิดและปิดแทรกอยู่ภายในกรวดหินเผาแตกต่างกัน วิธีการใช้ทดลองโดยทั่วไป มีดังนี้.-

ก. ใช้ Pycnometer

ข. ใช้ Hydrostatic Balance

ค. ใช้ Parafin

จากการทดลองโดย 2 วิธีแรก พบว่าจะเกิดความผิดพลาดขึ้นในขณะทำการชั่งหาน้ำหนักของมวลรวมในอากาศ เมื่อมีลักษณะ Saturated Surface Dry ทั้งนี้ เนื่องจากกรวดหินเผามีรูพรุน ผิวไม่เรียบ และมีแง่คม ยากแก่การเช็ดผิวให้แห้ง

การศึกษานี้ได้ใช้วิธี Parafin ในการหาค่าความถ่วงจำเพาะของมวลรวม ซึ่งสามารถจัดปฏิบัติอย่างง่ายไปได้ เพราะ Parafin จะเคลือบผิวกรวดหินเผาให้อย่างทั่วถึง

3.5.1 การเตรียมตัวอย่าง เตรียมตัวอย่างกรวดหินเผา จากมวลรวมหยาบโดยมีอัตราส่วนมวลรวมละเอียดเช่นเดียวกับที่ใช้ทดลอง Marshall Stability Test ประมาณ 40 กรัม นำตัวอย่างไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 160±5°C ประมาณ 3 ชั่วโมง แล้วทิ้งให้เย็นลงจนอุณหภูมิปกติ

3.5.2 วิธีการทดลอง นำตัวอย่างใส่รวมกันในตาข่ายเส้นลวด ชั่งหาน้ำหนักในอากาศ แล้วนำตัวอย่างไปจุ่มใน Parafin เพื่อให้ Parafin เคลือบผิวทั่ว จากนั้นชั่งหาน้ำหนักของตัวอย่างหลังเคลือบด้วย Parafin ในอากาศ และชั่งหาน้ำหนักในน้ำเป็นครั้ง

$$\text{ความถ่วงจำเพาะของมวลรวม } Ca\,g = \frac{Sw_1}{S(w_2-w_3)-(w_2-w_1)}$$

w_1 = น้ำหนักแห้งในอากาศของมวลรวมกรวดหินเผา

w_2 = น้ำหนักของมวลรวมกรวดหินเผาหลังเคลือบด้วย Parafin ในอากาศ

w_3 = น้ำหนักของมวลรวมกรวดหินเผาหลังเคลือบด้วย Parafin ในน้ำ

S = ความถ่วงจำเพาะของ Parafin

3.6 การทดลอง Stripping Value

การทดลองนี้ ศึกษาการหลุดลอกของยางแอสฟัลท์ต่อกรวดหินเผา เพื่อคัดเลือกเป็นวัสดุสำหรับนำไปใช้งานจริงในผิวทางแอสฟัลท์ติกคอนกรีต ซึ่งอยู่ในสภาพแวดล้อมของภูมิอากาศ เช่น ความร้อน ความชื้น แสงแดด และฝน

วิธีการทดลองตามข้อกำหนดของ ASTM 1664–677 และหลังการทดลองได้ทำการตรวจสอบผล ตามวิธีการแนะนำของ The Central Road Research Institute (CRRT) New Delhi. ซึ่งได้รับการปรับปรุงมาจาก Transport and Research Laboratory (TRRL) England.

3.6.1 การเตรียมตัวอย่าง เตรียมตัวอย่างกรวดหินเผา ขนาดค้างบนตะแกรงมาตรฐาน (U.S. Standard) $\frac{3}{8}$" ประมาณ 100 กรัม นำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 160±5° C. ประมาณ 1 ชั่วโมง

3.6.2 วิธีการทดลอง นำตัวอย่างเข้าผสมกับแอสฟัลท์ ซีเมนต์ (A.C.85 – 100) 5±0.2 % โดยน้ำหนักของตัวอย่าง อุณหภูมิในการผสม 145± 5° C ผสมให้แอสฟัลท์เคลือบผิวจนทั่ว จากนั้นทิ้งตัวอย่างให้เย็นลงตามอุณหภูมิปกติ แล้วนำไปแช่ในน้ำบริสุทธิ์ในขวดแก้ว (Beaker) ความจุ 500 c.c. ให้ระดับน้ำท่วมผิวบนของตัวอย่างปรับอุณหภูมิของน้ำให้คงที่ 25 °C เป็นเวลา 16 – 18 ชั่วโมง พิจารณาการหลุดลอกของยางแอสฟัลท์ จากนั้นตรวจสอบผลการทดลองโดยเพิ่มอุณหภูมิของน้ำเป็น 60° C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จึงนำตัวอย่างออกจากน้ำอย่างระมัดระวัง ทิ้งให้เย็นตัวลง พิจารณาการหลุดลอกของยางแอสฟัลท์อีกครั้ง โดยให้ค่าผลการทดลองเป็นเปอร์เซนต์

$$\% \text{ การหลุดลอกของยางแอสฟัลท์} = \frac{\text{พื้นที่ผิวที่ไม่มียางแอสฟัลท์เคลือบ}}{\text{พื้นที่ผิวทั้งหมดของตัวอย่าง}}$$

ข้อกำหนดมาตรฐานของ ASTM 1664 – 677 กำหนดค่าหลุดลอกของยางแอสฟัลท์ไม่เกิน 5 %

3.7 การทดลองการดูดซึมของยางแอสฟัลท์

การทดลองการดูดซึมของยางแอสฟัลท์ เพื่อใช้ประโยชน์ในการคำนวณหา ปริมาณยางแอสฟัลท์ ปริมาตรของมวลรวมละเอียด V.M.A. และ Air Voids ในตัวอย่าง

วิธีการทดลองตามข้อกำหนดมาตรฐานของ ASTM 2041 ซึ่งให้ค่าที่แท้จริงของการดูดซึมยางแอสฟัลท์ และให้ความละเอียดในการวิเคราะห์หาปัจจัยต่าง ๆ ในตัวอย่างที่ทดสอบ

3.7.1 การเตรียมตัวอย่าง ใช้กรวดหินผสมกับทรายธรรมชาติตามอัตราส่วนของการออกแบบที่ใช้ทดลอง Marshall Stability Test ประมาณ 100–200 กรัม นำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ $160\pm5^{\circ}$ C ประมาณ 1 ชั่วโมง

3.7.2 วิธีการทดลอง นำตัวอย่างผสมกับยางแอสฟัลท์ ซีเมนต์ (A.C.85–100) 4.5±0.2 % โดยน้ำหนักของตัวอย่าง อุณหภูมิการผสม $145\pm5^{\circ}$ C ผสมให้แอสฟัลท์เคลือบผิวจนทั่ว จากนั้นทิ้งตัวอย่างให้เย็นลงตามอุณหภูมิตามปกติ

นำขวดแก้วชนิดปากกรวย (Flask)ความจุ 500 c.c ปากกรวยมีจุกยางชนิดมีช่องระบายอากาศให้ภายในขวดแก้วเกิดสุญญากาศได้ ชั่งหาน้ำหนักขวดแก้วในอากาศและในน้ำ

นำตัวอย่างใส่ในขวดแก้ว ชั่งหาน้ำหนักตัวอย่างกับขวดแก้วในอากาศ จากนั้นเติมน้ำบริสุทธิ์ลงในขวดแก้ว ให้ท่วมผิวบนของตัวอย่าง ควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ $25\pm0.5^{\circ}$ C ปิดจุกยางแล้วเปิดระบายสุญญากาศ เพื่อไล่ฟองอากาศที่ค้างอยู่ในตัวอย่างออกให้หมด เป็นเวลา 15±2 นาที จึงนำจุกยางออก ชั่งหาน้ำหนักของขวดแก้วกับตัวอย่างในน้ำ

ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

X = % ยางแอสฟัลท์ที่ใช้ผสมต่อน้ำหนักตัวอย่างทั้งหมด

A = น้ำหนักของขวดแก้ว (Flask) ในน้ำ

B = น้ำหนักของขวดแก้ว (Flask) ในอากาศ

C = น้ำหนักของขวดแก้ว + ตัวอย่างในอากาศ

D = น้ำหนักของตัวอย่างในอากาศ = C – B

E = น้ำหนักของขวดแก้ว + ตัวอย่างในน้ำ (หลังจากไล่ฟองอากาศแล้ว)

สูตรในการคำนวณ

ค่าทฤษฎีความถ่วงจำเพาะ (Theory Meximum Specific Gravity)

$$G_m = \frac{D}{A+D-E}$$

ค่าความถ่วงจำเพาะจริง (Virtual Specific Gravity)

$$G_v = \frac{100 - X}{\frac{100}{Gm} - \frac{X}{Gac}}$$

% การดูดซึมของยางแอสฟัลท์

$$= 100 \frac{G_v - Gag}{G_v - Gag} \cdot Gac$$

Gag = ความถ่วงจำเพาะของมวลรวม

Gac = ความถ่วงจำเพาะของยางแอสฟัลท์

3.8 การทดลองความสึกหรอของมวลรวม (AAV)

การทดลองนี้เพื่อศึกษาว่ามวลรวมมีความต้านทานการสึกหรอจากการบดทับของน้ำหนักของล้อรถ เมื่อนำไปใช้เป็นผิวทางได้ดีเพียงใด

วิธีการทดลองตามข้อกำหนดมาตรฐานของ ทล-ท 202/2515 ของกรมทางหลวง[8] ซึ่งกำหนดค่าความสึกหรอของมวลรวม ต้องไม่เกิน 40%

3.8.1 การเตรียมตัวอย่าง นำตัวอย่างกรวดหินเผา ขนาดค้างบนตะแกรงมาตรฐาน (U.S. Standard) $\frac{1}{2}$" และ $\frac{3}{8}$" ล้างด้วยน้ำสะอาด แล้วอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 105 – 110° C. จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ จากนั้นนำมารวมเข้าด้วยกันอย่างละ 2500 กรัม เป็น 5000 กรัม ตามขนาดเกรด B ได้แสดงไว้ตามตารางที่ 3.2 และ 3.3

3.8.2 วิธีการทดลอง นำตัวอย่างที่เตรียมไว้บรรจุลงในลูกเหล็กทรงกระบอก Los Angeles Machine พร้อมลูกเหล็ก 11 ลูก ตั้งเครื่องให้หมุน 500 รอบ เมื่อเครื่องเดินครบ เทตัวอย่างไปร่อนบนตะแกรงมาตรฐาน เบอร์ 12 นำตัวอย่างที่ค้างไปล้างด้วยน้ำให้สะอาดอย่างระมัดระวัง แล้วอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 105 – 110° C. จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ จากนั้นนำไปชั่งและคำนวณหาความสึกหรอจาก

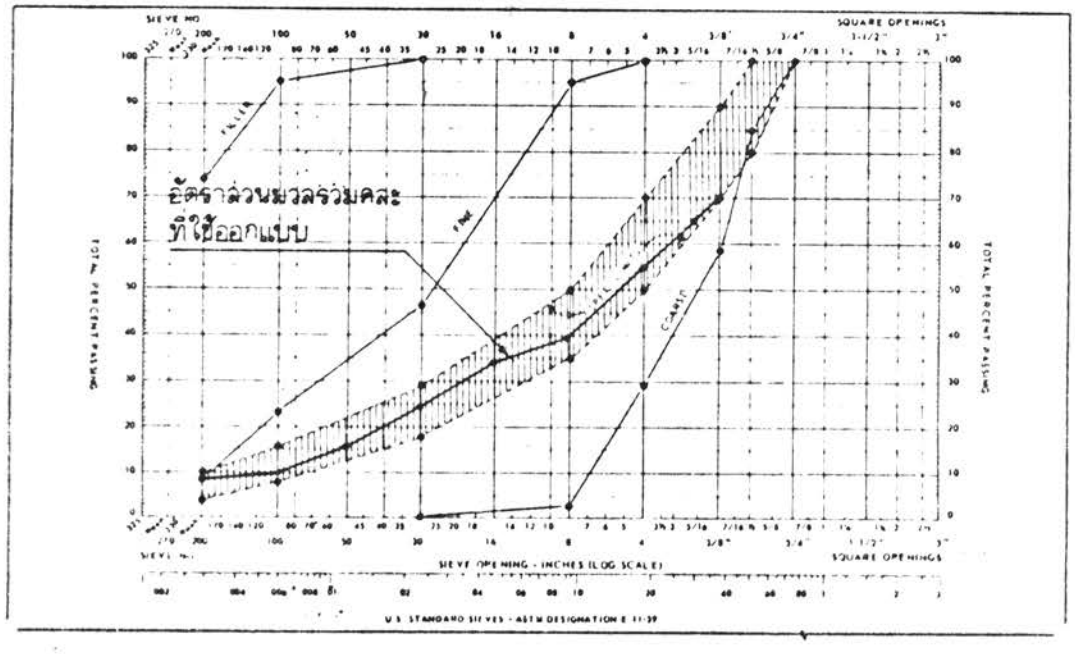
$$\% \text{ ความสึกหรอ} = \left(\frac{\text{น้ำหนักเดิม} - \text{น้ำหนักส่วนที่เหลือ}}{\text{น้ำหนักเดิม}}\right) 100$$

3.9 การทดลอง **Marshall Stability Test.**

การทดลองนี้ เพื่อหาคุณภาพของวัสดุแอสฟัลท์ติกคอนกรีต ที่ใช้เป็นผิวทางหรือพื้นทาง แบบแอสฟัลท์ติกคอนกรีต

วิธีการทดลองตามข้อกำหนดมาตรฐานของ **ASTM D. 1559**

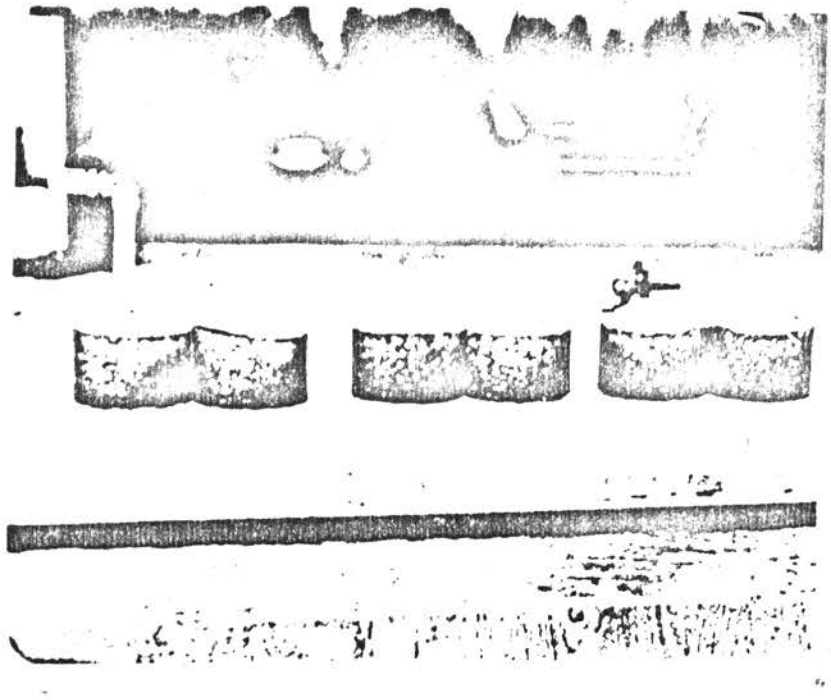
3.9.1 การเตรียมตัวอย่าง ออกแบบอัตราส่วนมวลรวมผสมกรวดหินเผาผสมกับทรายธรรมชาติ จะได้ผลการออกแบบตามตารางที่ 3.1 สามารถเขียนเส้นโค้งสัดส่วนการผสมลงในของเขตกำหนดมาตรฐานของ **ASTM Designation E 11 - 39** จัดอยู่ในประเภท Dense Grade (รูปที่ 3.5)



รูปที่ 3.5 แสดงอัตราส่วนมวลรวมผสมของกรวดหินเผาผสมทรายธรรมชาติ ที่ใช้ออกแบบ การทดลอง Marshall Stability Test

นำอัตราส่วนมวลรวมคละที่ออกแบบ หนักประมาณ 800 กรัม (เมื่อผสมกับตัวอย่างแล้ว ตัวอย่างจะหนาประมาณ 6.35 ซ.ม. หรือ 2.5 นิ้ว) ใส่ในภาชนะโลหะไปอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 160 ± 5 ° C.จากนั้นนำวัสดุแอสฟัลท์ซีเมนต์ (A.C.85-100) ที่จะใช้ออกแบบผสม ไปให้มีความร้อนจนมีอุณหภูมิประมาณ 145 ± 5 ° C.นำเครื่องมือสำหรับบดอัด เช่น ค้อน (Compaction Hammer) และแบบใส่ตัวอย่าง (Compaction Mold) ไปวางบน Hot Plate ที่อุณหภูมิประมาณ 90 - 150° C. เพื่อเตรียมการทดลองต่อไป

3.9.2 วิธีการทดลอง นำวัสดุมวลรวมคละ กับยางแอสฟัลท์ที่เตรียมไว้จาก 3.9.1 ออกจากเตาอบ แล้วชั่งมวลรวมคละลงในภาชนะโลหะ ใช้เกรียงเกลี่ยตรงกลางให้เป็นแอ่งเว้า แล้วเทยางแอสฟัลท์ลงในแอ่งนั้นตามปริมาณที่ต้องการ จากนั้นกวนผสมวัสดุมวลรวมคละกับยางแอสฟัลท์เข้าด้วยกันโดยเร็วที่สุด ปกติประมาณ 1 นาที เพื่อให้ยางแอสฟัลท์เคลือบผิววัสดุทุกเม็ด ในขณะที่ทำการกวนผสม ต้องให้ความร้อนภาชนะโลหะโดยวางบน Hot Plate เทตัวอย่างที่ผสมแล้วลงในแบบ (Compaction Mold) ที่ประกอบแล้ว ใช้เกรียงแซะรอบ ๆ ตัวอย่างข้างแบบประมาณ 15 ครั้ง และแซะเข้าไปในตัวอย่างประมาณ 10 ครั้ง ตีคลี่ตัวอย่าง (Compaction Hammer) ลงบนตัวอย่างในแบบแล้วทำการบดอัด โดยใช้น้ำหนักค้อนตกลงบนแผ่นเหล็กจำนวน 75 ครั้ง ซึ่งสามารถเทียบเท่าได้ความกดดันน้ำหนักล้อรถ 200 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เมื่อครบจำนวนครั้งแล้ว ทำการกลับตัวอย่าง โดยกลับแบบด้านล่างขึ้นข้างบน แล้วทำการบดอัดเช่นเดียวกันอีกครั้ง นิ้ง[illegible] ตัวอย่างที่ในแบบ จนอุณหภูมิลดลงต่ำกว่า 60° C.จึงนำตัวอย่างออกจากแบบโดยใช้เครื่องมือดันออก ทิ้งไว้ให้เย็นตามอุณหภูมิปกติไม่น้อยกว่า 16 ชั่วโมง (ภาพที่ 3.6)



รูปที่ 3.6 ตัวอย่างแอสฟัลท์คิกกอนกรีตที่บดทับแล้ว

ทำการทดลองหาค่า Stability และ Flow Value โดยนำตัวอย่างที่ได้รับการบดทับดังกล่าวข้างต้น ไปแช่น้ำที่อุณหภูมิ 60 ± 1°C. เป็นเวลา 30 นาที ในอ่างต้มน้ำ เมื่อครบกำหนด นำตัวอย่างขึ้นจากอ่างต้มน้ำ เช็ดผิวให้แห้งแล้วนำไปใส่ในแบบทดลอง เพื่อทดลองหาค่า Stability และค่า Flow โดยให้แบบทดลองอยู่ใต้ท่อน Piston ซึ่งติดอยู่กับ Proving Ring จากนั้นเดินเครื่องให้แบบทดลองเคลื่อนไปสัมผัสกับท่อนกด จนกระทั่งเข็มของ Dial Gauge ที่ติดกับ Proving Ring ขยับตัว จึงหยุดเครื่องทำการตั้งเข็มไว้ที่เลข 0 แล้วนำเครื่องวัด Flow ไปวางบนแกนที่สำหรับทดลองหาค่า Flow ซึ่งติดอยู่กับแบบทดลอง Stability โดยตั้งเข็มสำหรับวัดค่า Flow ที่เลข 0 จากนั้นเดินเครื่องให้ท่อนกดกดตัวอย่าง อ่านค่าน้ำหนักกดสูงสุด ถือเป็นค่าที่อ่านได้ ซึ่งจะต้องแก้ไข (Adjust) สำหรับตัวอย่างมาตรฐานที่หนา 6.35 ซ.ม. หรือ 2.5 นิ้ว จากค่าน้ำหนักกดสูงสุดอ่านค่า Flow แล้วทำการบันทึกผลการทดลองไว้ (รูปที่ 3.2)

สูตรในการคำนวณ (ตัวอย่างที่บดทับแล้ว)

Effective A.C. by weight of mix $b_1 = b - \frac{x(100-b)}{100}$

Bulk Sp. gr. of specimen $g = \frac{d}{d - e}$

% Total Volume of Effective A.C. $i = \frac{b_1 g}{Gac}$

% Total Volume of Aggregate $j = \frac{100 - b}{Gag} g$

% Air voids $= 100 - i - j$

V. M. A $= 100 - j$

Voids filled with bitumen (V.F.B) $= 100 \frac{i}{j}$

หมายเหตุ.

b = % A.C. by weight of mix

x = Asphalt lost by absorption (1 kg.of $\frac{A.C.}{100}$ kg.of Agg.)

d = Wt. of specimen in air (gm.)

e = Wt. of specimen immersed in water (gm)

Gac = Bulk Sp. gr. of A.C.

Gag = Bulk Sp. gr. of Blend Agg.

3.10 การทดลอง Polished Stone Value (PSV)

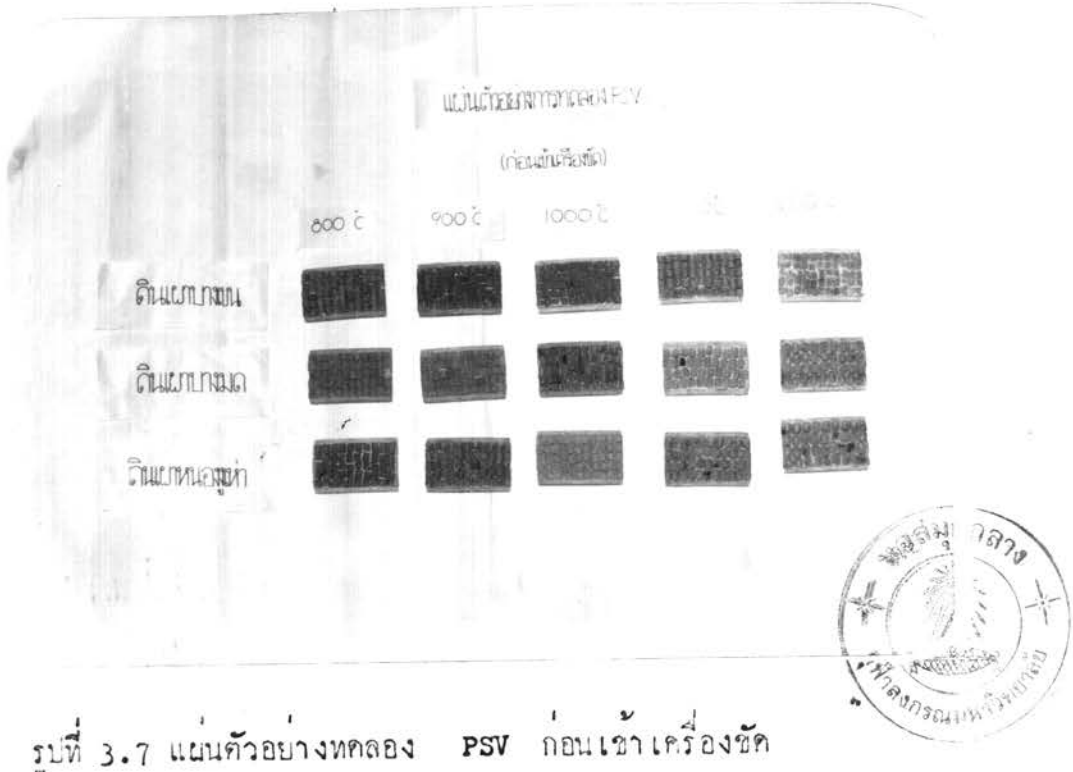
การทดลองนี้เพื่อศึกษาคุณสมบัติความต้านทานการลื่นไถล เมื่อกรวดหินเผาอยู่ในสภาพผิวเปียก และได้รับการขัดสีจากยางรถยนต์บ่อยครั้ง

วิธีการทดลองตามข้อกำหนดมาตรฐานของ BS. 812

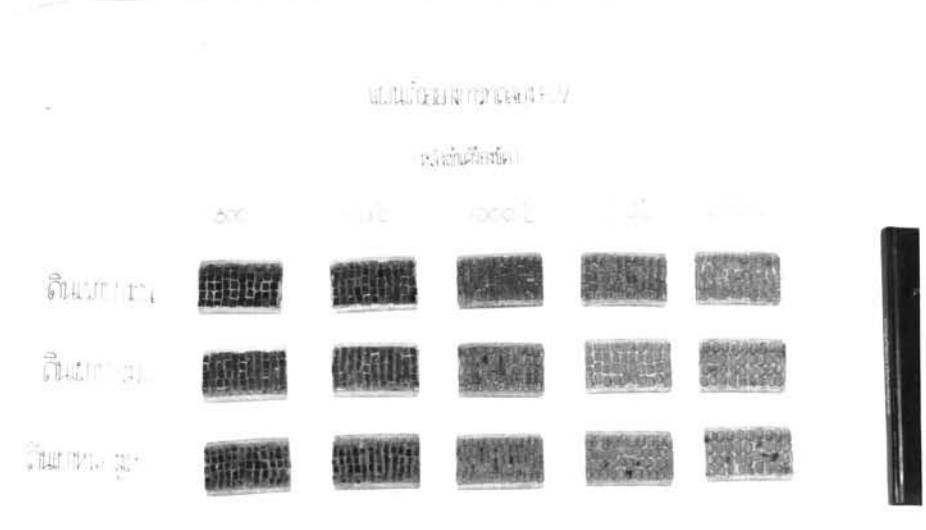
3.10.1 วิธีการเตรียมตัวอย่าง นำแผ่นตัวอย่างสำหรับทดลองค่า PSV ซึ่งเตรียมจากกรวดหินเผา ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ $\frac{5}{16}$ นิ้ว ปราศจากฝุ่นมาเรียงกันในแบบให้ชิดกันมากที่สุด เรียงแบบขวาง 3 แถว โดยใช้ 3 แผ่นต่อหนึ่งตัวอย่าง แล้วโรยทรายละเอียดตามร่องระหว่างกรวดหินเผาให้สูงประมาณ $\frac{1}{4} - \frac{1}{2}$ ของความหนากรวดหินเผา ฉีดน้ำให้เปียกเสริมด้วยลวดเหล็กขนาด 1.2 ม.ม. 3 เส้น ตามยาวและตามขวางของแบบหล่อ ด้วยปูนสอ เมื่อปูนสอเริ่มแข็งตัว ปาดผิวให้เรียบด้วยแผ่นยางแข็ง คลุมตัวอย่างด้วยผ้าชุบน้ำบิดทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง แกะแบบออก ใช้แปรงขัดเม็ดทรายที่ค้างตามร่องกรวดหินเผาออก นำตัวอย่างไปแช่น้ำประมาณ 7 – 14 วัน ก่อนนำมาทดลอง (รูปที่ 3.7)

3.10.2 วิธีการทดลอง ทำการทดลองค่า PSV ของแผ่นตัวอย่างในสภาพผิวเปียก โดยให้แผ่นตัวอย่างมีฟิล์มน้ำที่ผิวหนาเฉลี่ย 0.5 ม.ม. ตลอด วัดค่าด้วยเครื่องมือ British Portable Tester. (รูปที่ 3.4)

ก่อนทดลอง ปรับเครื่องมือโดยให้ระดับน้ำที่ฐานเครื่องให้เสาอยู่ในแนวดิ่ง ทดลองแกว่งเปล่า เข็มต้องชี้เลข 0 เมื่อปรับเรียบร้อยแล้วจึงนำแผ่นตัวอย่างเข้าที่จับ เลื่อนแขนแกว่งให้แผ่นยางสัมผัสตัวอย่างเป็นระยะ 7.6 ± 0.1 ซ.ม. รดน้ำแผ่นตัวอย่างแล้ว กดปุ่มเลื่อนแขนแกว่งไปบนที่ตัวอย่าง อ่านค่าจากแผ่นดัชนีเล็กแกว่ง 5 ครั้ง เฉลี่ยจากครั้งหลัง เมื่อทดลองแล้ว นำแผ่นตัวอย่างเข้าเครื่องขัด ขัดด้วยผงหยาบ และผงขัดละเอียดอย่างละ 3 ชั่วโมง ± 5 นาที แล้วนำตัวอย่างมาทดลองหาค่า PSV หลังขัดอีกครั้ง (รูปที่ 3.8)



รูปที่ 3.7 แผ่นตัวอย่างทดลอง **PSV** ก่อนเข้าเครื่องขัด



รูปที่ 3.8 แผ่นตัวอย่างทดลอง **PSV** หลังเข้าเครื่องขัด

ค่า PSV ที่อ่านได้ที่อุณหภูมิ t° C. แปลงเป็นค่า PSV ที่ 20° C. ตามสูตรของ Maclean และ Shergold ดังนี้(9)

$$C_{20} = \frac{100 + t}{120} \cdot C_t$$

C_{20} = ค่า PSV ที่อุณหภูมิ 20° C.

C_t = ค่า PSV ที่อุณหภูมิ t° C.

t = อุณหภูมิในขณะที่ทดลอง ° C.