บทที่ 3
วิธีการศึกษา

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงคุณสมบัติเบื้องต้นทางวิศวกรรมของผิวทางระบายน้ำในห้องปฏิบัติการ เพื่อสะท้อนถึงคุณสมบัติของผิวทางระบายน้ำในภาคสนาม ในการศึกษานี้แบ่งออกเป็นขั้นตอนต่าง ๆ ประกอบด้วย การเตรียมและทดสอบคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ วัสดุมวลรวมที่มีขนาดคละต่างๆกันอันได้แก่ G1(ขนาดคละรูปแบบที่1),G2,G3,G4 และ G5 ซึ่งจะได้กล่าวต่อไปในหัวข้อที่เกี่ยวกับขนาดคละของมวลรวม วัสดุแอสฟัลต์ซีเมนต์ จากนั้นหาปริมาณที่เหมาะสมของวัสดุเชื่อมประสาน ที่ใช้ในการเตรียมก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์คอนกรีตจากการบดอัดด้วยวิธีมาร์แชล เพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการเตรียมก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์คอนกรีตสำหรับทดสอบประสิทธิภาพในการใช้งาน(Performance) จากการบดอัดด้วยเครื่อง Gyratory compactor ตามข้อกำหนดของขนาดคละของวัสดุมวลรวมสำหรับชั้นผิวทางที่มีความหนาแน่นสูงของกรมทางหลวง และตามข้อกำหนดของขนาดคละของวัสดุมวลรวมสำหรับชั้นผิวทางระบายน้ำของญี่ปุ่น สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพในการใช้งานของวัสดุแอสฟัลต์คอนกรีตนั้น ค่าที่นำมาศึกษาเปรียบเทียบ ได้แก่ ค่าความต้านทานการเปลี่ยนรูปแบบถาวร (Permanent deformation) ความต้านทานการหลุดลอก (Stripping test) ค่าความต้านทานแรงเสียดทาน (Skid Resistance) และและความสามารถในการระบายน้ำ (Permeability) ของแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีขนาดคละของมวลรวมที่ต่างกัน รวมไปถึงค่าความต้านทานการเปลี่ยนรูปแบบถาวร และความสามารถในการระบายน้ำ (Permeability) ของชั้นผิวทางระบายน้ำที่ความหนาต่างกัน โดยจะขอกล่าวรายละเอียดของขั้นตอนการศึกษาต่าง ๆ ในลำดับต่อไปนี้

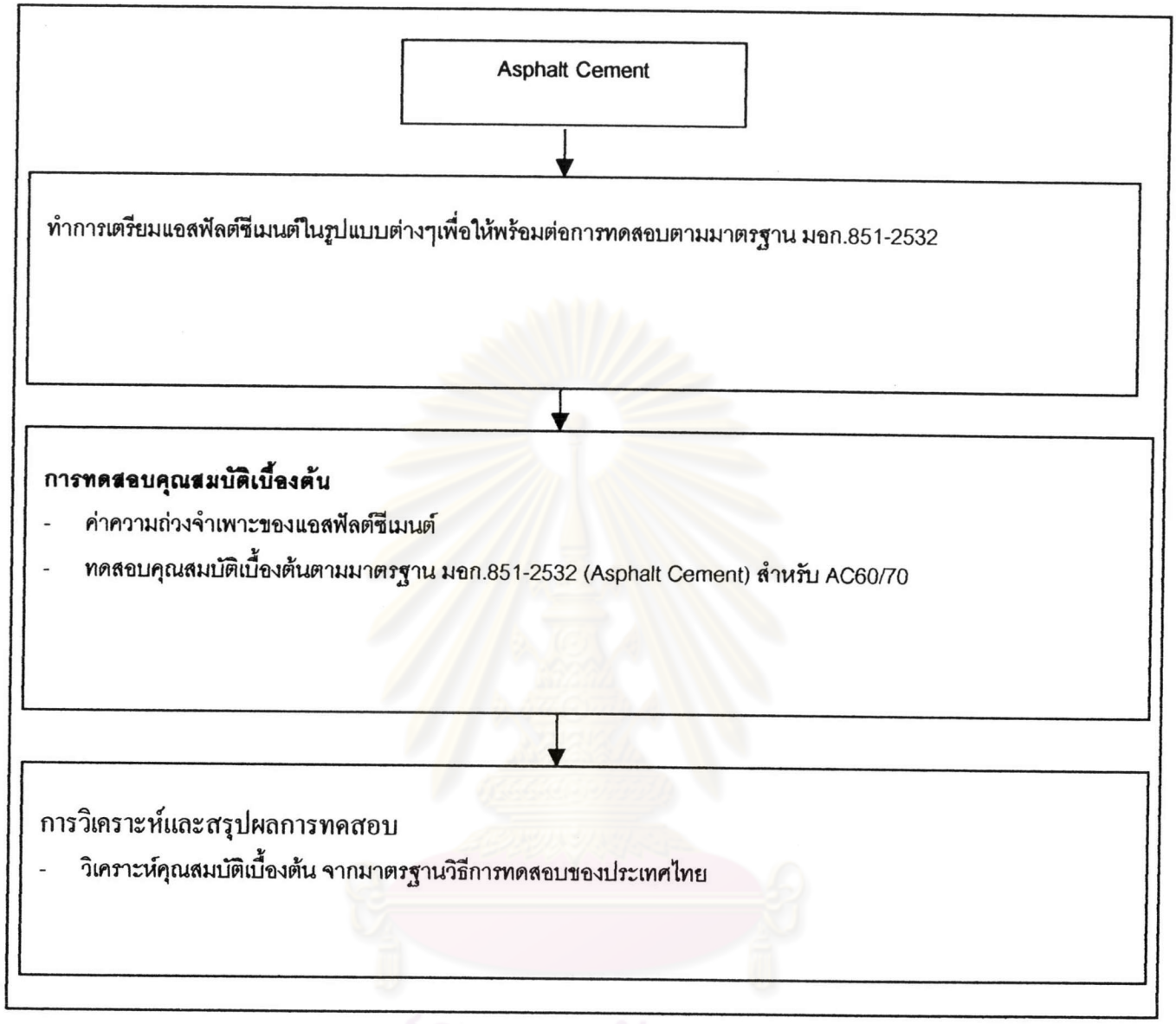
3.1 วิธีการดำเนินการศึกษา

ในการศึกษานี้ แบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ส่วน คือ การทดสอบแอสฟัลต์ซีเมนต์ และการทดสอบแอสฟัลต์คอนกรีต

3.1.1 การทดสอบแอสฟัลต์ซีเมนต์

1. ทำการทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้นของแอสฟัลต์ซีเมนต์ เกรด AC60/70 ตามมาตรฐาน มอก.851-2532 รวมทั้งหาค่าความถ่วงจำเพาะของแอสฟัลต์ซีเมนต์
2. ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติเบื้องต้นตามมาตรฐานวิธีการทดสอบของประเทศไทย

วิธีการทดสอบดังกล่าวแสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนผังวิธีการทดสอบแอสฟัลต์ซีเมนต์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1.2 การทดสอบแอสฟัลต์คอนกรีต

การทดสอบแอสฟัลต์คอนกรีต แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ 1)การทดสอบแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำที่มีขนาดคละรวมของมวลรวมที่ต่างกัน และ 2)การทดสอบเพื่อหาความหนาที่เหมาะสมของแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำในการปูทับบนแอสฟัลต์คอนกรีตแบบแน่น

การทดสอบแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำ

1. ทำการทดสอบมาร์แชล (Marshall Test) เพื่อหาปริมาณของวัสดุเชื่อมประสานที่เหมาะสม

2. ทำการทดสอบความสามารถในการรับแรงขัดสีโดยวิธี Cantabro Scattering Loss Test เพื่อหาปริมาณของวัสดุเชื่อมประสานที่เหมาะสมที่น้อยที่สุดในการต้านทานการรับแรงขัดสี

3. ทำการทดสอบหาการหลุดลอกของวัสดุเชื่อมประสาน โดยวิธี Running off Test เพื่อหาปริมาณของวัสดุเชื่อมประสานที่เหมาะสมที่มากที่สุดในการต้านทานการหลุดลอกของวัสดุเชื่อมประสาน

4. ทำการวิเคราะห์เพื่อเลือกปริมาณของวัสดุเชื่อมประสานที่เหมาะสมในการผสมแอสฟัลต์คอนกรีต

5. ทำการทดสอบหาปริมาณช่องว่างในแอสฟัลต์คอนกรีต ว่ามีค่าประมาณ 20% หรือไม่ รวมทั้งหาสัดส่วนระหว่าง Continuous Air Voids กับ Independent Air Voids

6. ทำการทดสอบความต้านทานการเปลี่ยนรูปแบบถาวร (Permanent deformation) ด้วยวิธี Dynamic Creep Test เพื่อหาความต้านทานการยุบตัว (Rutting Resistance)

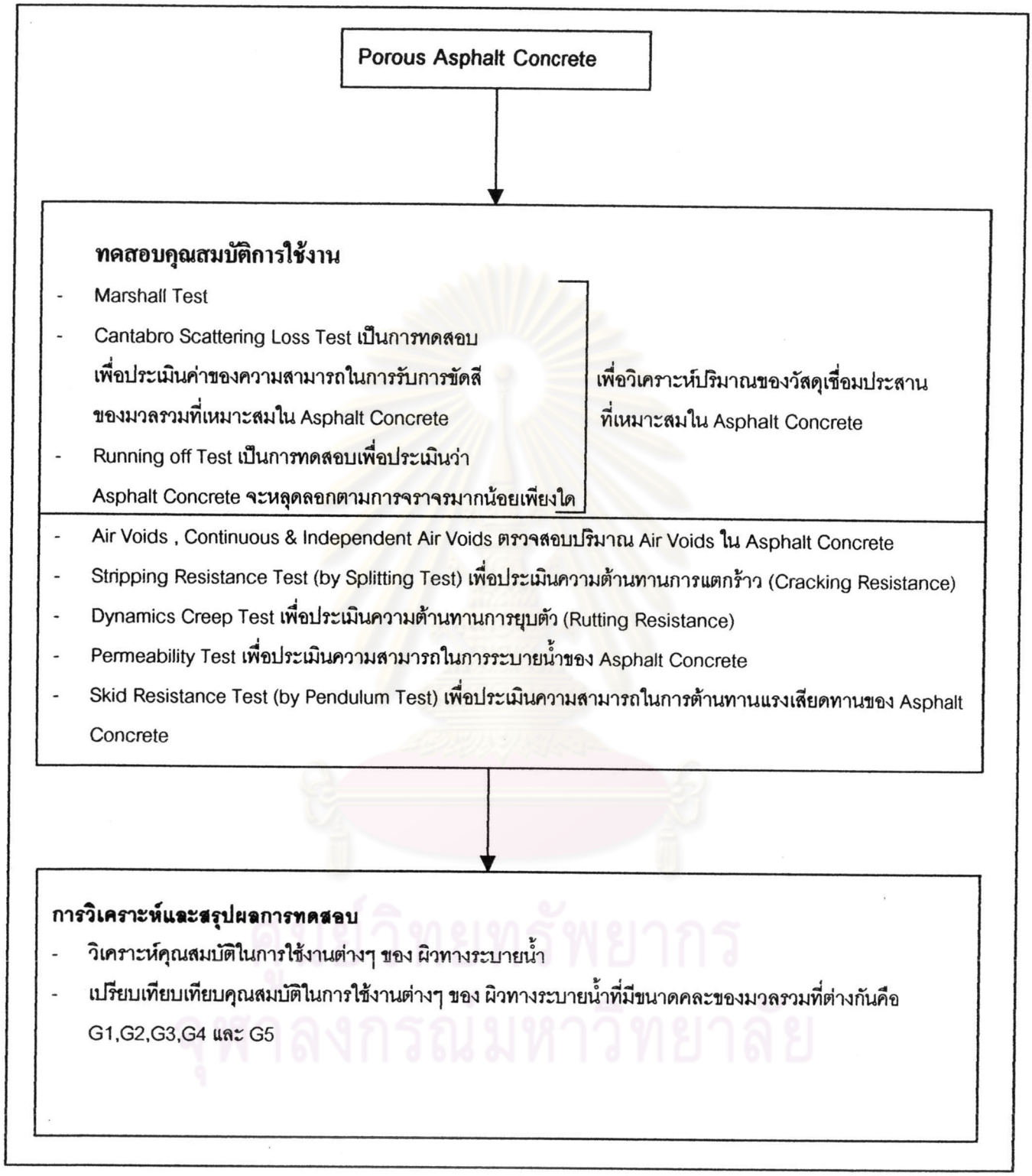
7. ทำการทดสอบความต้านทานการหลุดลอก (Stripping test) ดวยวิธี Splitting Test เพื่อหาความต้านทานการแตกร้าว (Cracking Resistance)

8. ทำการทดสอบความสามารถในการระบายน้ำ (Permeability Test) เพื่อหาความสามารถในการระบายน้ำของแอสฟัลต์คอนกรีต

9. ทำการทดสอบค่าความต้านทานแรงเสียดทาน (Skid Resistance) ด้วยวิธี Pendulum Test

10. วิเคราะห์และเปรียบเทียบคุณสมบัติในการใช้งานต่างๆ ของแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำซึ่งมีขนาดคละรวมที่แตกต่างกัน ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้

วิธีการทดสอบดังกล่าวแสดงดังรูปที่ 3.2



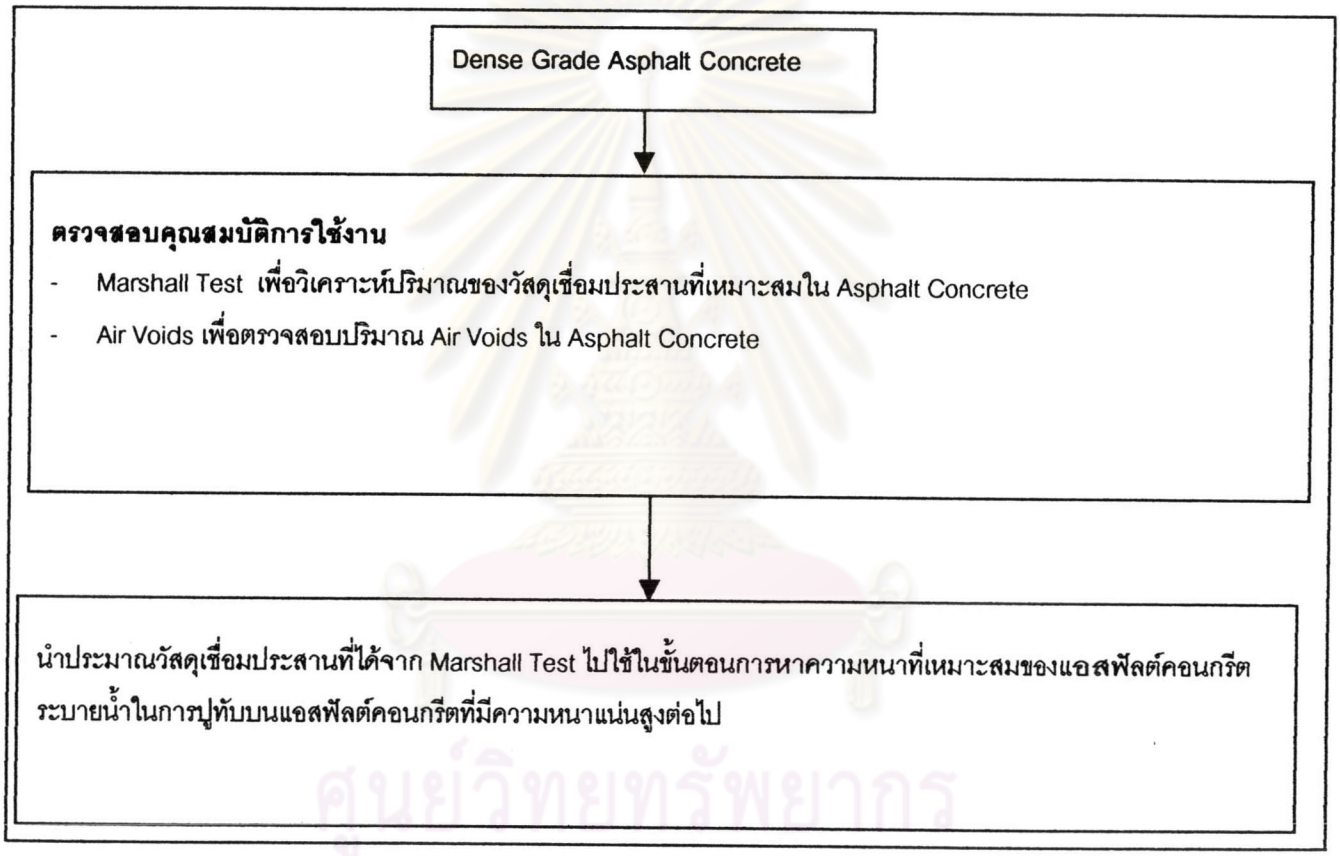
รูปที่ 3.2 แผนผังวิธีการทดสอบแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำ

การเตรียมแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีความหนาแน่นสูงเพื่อใช้ในการหาความหนาที่เหมาะสมของแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำ

1. ทำการทดสอบมาร์แชล (Marshall Test) เพื่อหาปริมาณของวัสดุเชื่อมประสานที่เหมาะสม

2. ทำการทดสอบหาปริมาณช่องว่างในแอสฟัลต์คอนกรีต ว่ามีค่าประมาณ 3-7% หรือไม่

3. นำปริมาณวัสดุเชื่อมประสานที่ได้เพื่อมาใช้ในขั้นตอนการหาความหนาที่เหมาะสมในการปูทับของแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำในขั้นตอนต่อไป



รูปที่ 3.3 แผนผังการเตรียมแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีความหนาแน่นสูงเพื่อใช้ในการหาความหนาที่เหมาะสมของแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดสอบเพื่อหาความหนาที่เหมาะสมของแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำในการปูทับบนแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีความหนาแน่นสูง

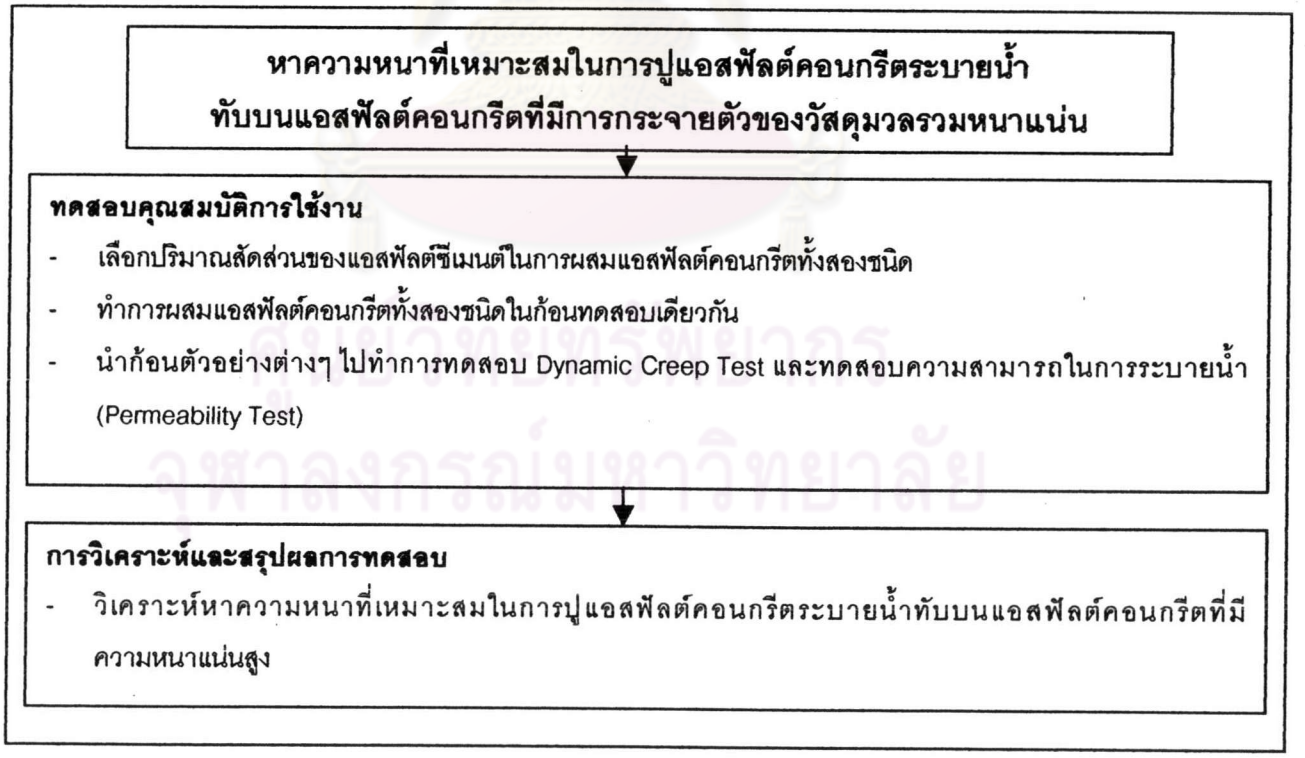
1. จากผลการวิเคราะห์ในขั้นตอนที่ผ่านมา พิจารณาเลือกปริมาณสัดส่วนของวัสดุเชื่อมประสานในการผสมแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำ

2. ทำการผสมแอสฟัลต์คอนกรีตทั้งสองชนิดในก้อนทดสอบเดียวกัน โดยบดอัดแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีความหนาแน่นสูง จากนั้นบดอัดแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำทับบนแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีความหนาแน่นสูง โดยเปลี่ยนความหนาของแอสฟัลต์ระบายน้ำตามที่กำหนดไว้ คือ 2 เซนติเมตร 4 เซนติเมตร และ 6 เซนติเมตร

3. นำก้อนตัวอย่างต่างๆ ไปทำการทดสอบความต้านทานการเปลี่ยนรูปแบบถาวร (Permanent deformation) ด้วยวิธี Dynamic Creep Test เพื่อหาความต้านทานการยุบตัว (Rutting Resistance) และทดสอบความสามารถในการระบายน้ำ (Permeability Test) เพื่อหาความสามารถในการระบายน้ำของแอสฟัลต์คอนกรีต

4. วิเคราะห์หาความหนาที่เหมาะสมในการปูแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำทับบนแอสฟัลต์คอนกรีตแบบแน่น และสรุปผลการทดสอบ

วิธีการทดสอบดังกล่าวแสดงดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แผนผังวิธีการทดสอบเพื่อหาความหนาที่เหมาะสมของแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำที่ปูทับบนแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีความหนาแน่นสูง

I22214494

3.2 การทดสอบคุณสมบัติของวัสดุเชื่อมประสาน

วัสดุแอสฟัลต์ซีเมนต์ชนิดเกรด 60/70 ซึ่งใช้เป็นวัสดุเชื่อมประสาน (Binders)ในการศึกษานี้ โดยในการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุเชื่อมประสาน จะใช้วัสดุแอสฟัลต์ซีเมนต์ชนิดเกรด 60/70 ธรรมดา ที่มีจำหน่ายและใช้งานอยู่ทั่วไปในประเทศไทย

ในการทดสอบทั้งหมดจะแยกออกเป็นวัสดุเชื่อมประสานที่ยังไม่ผ่านการอบด้วย Thin Film Oven Test (TFOT) และกากที่เหลือจากการอบด้วย Thin Film Oven Test (TFOT) ซึ่งการอบด้วย TFOT เพื่อจำลองสภาพการเกิด Aging ซึ่งการทดสอบคุณสมบัติดังกล่าวเป็นไปตามมาตรฐาน มอก. 851-2542 และ มาตรฐาน ทล.-ก. 408/2536 ตามข้อกำหนดของกรมทางหลวง ดังรายละเอียดที่ได้ระบุไว้ในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 วิธีการการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุเชื่อมประสาน
ตามมาตรฐาน มอก. 851-2542 และ มาตรฐาน ทล.-ก. 408/2536

ลำดับที่	คุณสมบัติ	วิธีทดสอบ
1	Penetration at 25°C, 100 gm., 5 sec	DH-T 403
2	Softening point, Ring and Ball	ASTM D36
3	Penetration Index	NLT-181 *
4	Ductility at 13°C, 5 cm/min	DH-T 405
5	Ductility at 25°C, 5 cm/min	DH-T 405
6	Torsional recovery at 25°C	NLT-329 *
7	Float test at 60°C	ASTM D139
8	Toughness/Tenacity test, 25°C Toughness Tenacity	ESM NE-31 **
9	Brookfield viscosity, Shear rate 18.6 s-1, spindle 21 at 135°C at 165°C	ASTM D4402
10	Storage stability at 165°C, 120 hrs Difference in softening point	NTL-328 *
11	Density at 25°C	ASTM D70
12	Flash point, Cleveland Open Cup	ASTM D92
13	Fire point, Cleveland Open Cup	ASTM D92
14	Solubility in trichloroethylene	DH-T 409
	Test On Residue From Thin Film Oven Test	
15	Weight loss	ASTM D1754
16	Retained penetration at 25°C	DH-T 403
17	Variation in softening point	ASTM D36
18	Ductility at 13°C, 5 cm/min	DH-T 405
19	Ductility at 25°C, 5 cm/min	DH-T 405
20	Torsional recovery at 25°C	NTL-329 *

หมายเหตุ : * อ้างอิงจาก the National Laboratory of Transportation Madrid, Spain

** อ้างอิงจาก Elpidio Sanchez Marcos, Spain

3.3 การเตรียมและทดสอบคุณสมบัติของวัสดุมวลรวม

ทั้งวัสดุมวลรวมหยาบและมวลรวมละเอียด จะได้รับการทดสอบคุณสมบัติต่าง ๆ ดังที่ระบุไว้ในตารางที่ 3.2 และตารางที่ 3.3 ตามลำดับ

ตารางที่ 3.2 การตรวจวัดคุณสมบัติของวัสดุมวลรวมหยาบ

คุณสมบัติ	วิธีทดสอบ
ค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) และค่าการดูดซึม (Absorption)	ASTM C127
ค่าความสึกหรอ (Los Angeles abrasion)	ASTM C131 หรือ ทล.-ท.202/2515
ค่าความคงทน (Soundness)	AASHTO T104 หรือ ทล.-ท.213/2531
แอสฟัลต์ที่เคลือบผิว (Coating)	AASHTO T182
ค่าดัชนีความแบน (Flakiness Index : FI)	ทล.-ท.210/2518
ค่าดัชนีความยาว (Elongation Index : EI)	ทล.-ท.211/2518

ตารางที่ 3.3 การตรวจวัดคุณสมบัติของวัสดุมวลรวมละเอียด

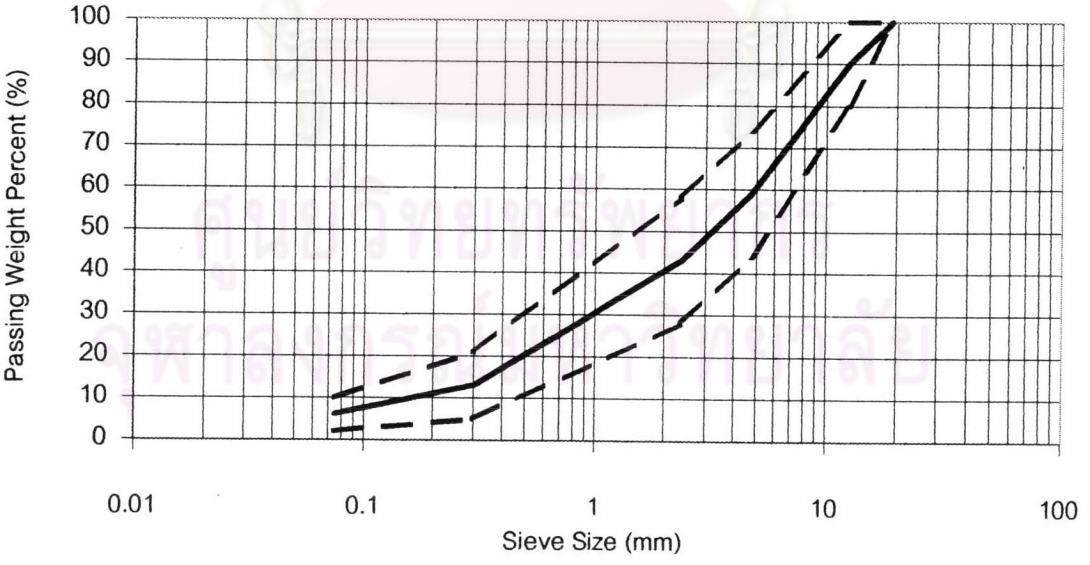
คุณสมบัติ	วิธีทดสอบ
ค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) และค่าการดูดซึม (Absorption)	ASTM C128
ค่าสมมูลย์ของทราย (Sand equivalent)	AASHTO T176 หรือ ทล.-ท.203/2515
ค่าความคงทน (Soundness)	AASHTO T104 หรือ ทล.-ท.213/2531

3.4 ขนาดคละของวัสดุมวลรวม

ขนาดคละ (Gradation) ของวัสดุมวลรวมที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นไปตามขนาดคละสำหรับชั้นผิวทางที่มีความหนาแน่นสูงตามข้อกำหนดของกรมทางหลวง ทล.-ม. 408/2532 มาตรฐานแอสฟัลต์คอนกรีต โดยวัสดุมวลรวมมีขนาด 12.5 มิลลิเมตร (1/2 นิ้ว) ซึ่งได้แสดงดังตารางที่ 3.4 และรูปที่ 3.5 ส่วนขนาดคละสำหรับชั้นผิวทางระบายน้ำที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นไปตามข้อกำหนดของญี่ปุ่น ซึ่งได้แสดงดังตารางที่ 3.5 และ รูปที่ 3.6

ตารางที่ 3.4 ขนาดคละของวัสดุมวลรวมสำหรับชั้นผิวทางที่มีความหนาแน่นสูง ตามข้อกำหนดของกรมทางหลวง ทล.-ม. 408/2532

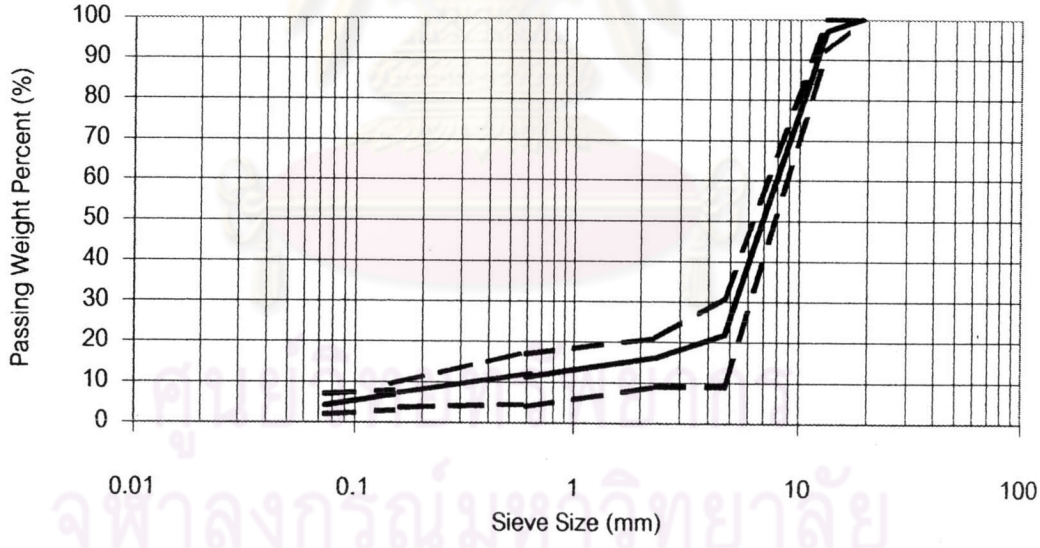
ขนาดที่ใช้เรียก	มิลลิเมตร นิ้ว	12.5 1/2
สำหรับชั้นทาง		Wearing course
ความหนา	มิลลิเมตร	40 - 70
ขนาดตะแกรง	มิลลิเมตร (นิ้ว)	ปริมาณผ่านตะแกรง ร้อยละโดยมวล
19	(3/4)	100
12.5	(1/2)	80 - 100
9.5	(3/8)	-
4.75	(เบอร์ 4)	44 - 74
2.36	(เบอร์ 8)	28 - 58
1.18	(เบอร์ 16)	-
0.6	(เบอร์ 30)	-
0.3	(เบอร์ 50)	5 - 21
0.15	(เบอร์ 100)	-
0.075	(เบอร์ 200)	2 - 10
ปริมาณแอสฟัลต์ร้อยละโดยมวลของมวลรวม		3.0 - 7.0



รูปที่ 3.5 กราฟแสดงขนาดคละของวัสดุมวลรวมสำหรับชั้นผิวทางที่มีความหนาแน่นสูง ตามข้อกำหนดของกรมทางหลวง ทล.-ม. 408/2532

ตารางที่ 3.5 ขนาดคละของวัสดุมวลรวมสำหรับชั้นผิวทางระบายน้ำตามข้อกำหนดของญี่ปุ่น

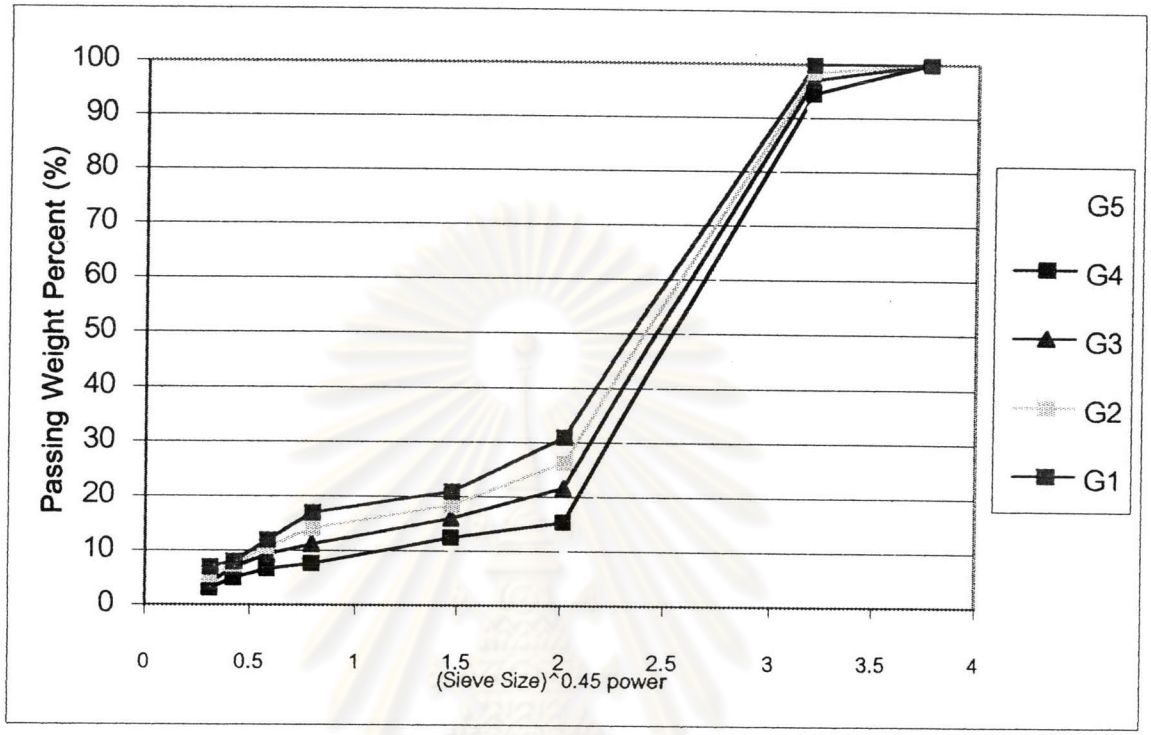
ขนาดตะแกรง (mm.)	ปริมาณผ่านตะแกรง (ร้อยละโดยมวล)	ขอบเขตของขนาดคละ
19.0	100	100
13.2	97.0	92-100
4.75	21.7	9-31
2.36	16.0	9-21
0.6	11.2	4-17
0.3	9.3	4-12
0.15	6.8	3-8
0.075	4.1	2-7



รูปที่ 3.6 กราฟแสดงขนาดคละของวัสดุมวลรวมสำหรับ
ชั้นผิวทางระบายน้ำตามข้อกำหนดของญี่ปุ่น

3.4.1 ขนาดคละของมวลรวมที่ใช้ในการศึกษา

ขนาดคละของมวลรวมที่ใช้ในการศึกษาดังแสดงได้ตามรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.7 แสดงขนาดคละมวลรวมสำหรับชั้นผิวทางระบายน้ำที่ใช้ในการศึกษา ตามข้อกำหนดของญี่ปุ่น

ซึ่งมีรายละเอียดของขนาดคละมวลรวมดังนี้

G1 คือ ขนาดคละของวัสดุมวลรวมที่อยู่บนสุดของแถบ (Top Band)

G2 คือ ขนาดคละของวัสดุมวลรวมที่อยู่ใต้เส้นขนาดคละของ G1 และอยู่เหนือเส้นขนาดคละของ G3

G3 คือ ขนาดคละของวัสดุมวลรวมที่อยู่กลางแถบ (Middle Band)

G4 คือ ขนาดคละของวัสดุมวลรวมที่อยู่ใต้เส้นขนาดคละของ G3 และอยู่เหนือเส้นขนาดคละของ G5

G5 คือ ขนาดคละของวัสดุมวลรวมที่อยู่ล่างสุดของแถบ (Bottom Band)

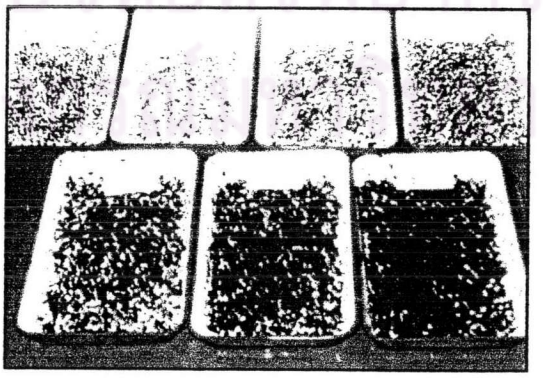
3.5 การเตรียมตัวอย่างวัสดุแอสฟัลต์คอนกรีต

การเตรียมตัวอย่างวัสดุแอสฟัลต์คอนกรีตนั้น จะทำการผสมวัสดุเชื่อมประสานกับวัสดุมวลรวมที่ได้รับการทดสอบคุณสมบัติและมีขนาดคละต่างๆกันทั้ง 5 แบบ ดังที่ได้แสดงไว้แล้วข้างต้น โดยทำการผสมแบบร้อน (Hot mix) เพื่อเป็นส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต ในการเตรียมตัวอย่างวัสดุแอสฟัลต์คอนกรีตนั้น สามารถแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

3.5.1 การเตรียมตัวอย่างเพื่อทดสอบความต้านทานการหลุดลอกตามการจราจร

ในการศึกษานี้ ได้ใช้วิธีการ Running Off Test ในการทดสอบหาความต้านทานการหลุดลอกตามการจราจร เพื่อหาสัดส่วนของวัสดุเชื่อมประสานที่เหมาะสมที่มากที่สุดที่จะใช้ผสมทำแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำที่ใช้ขนาดคละมวลรวมที่แตกต่างกัน โดยทั่วไป ถ้าสัดส่วนของวัสดุเชื่อมประสานมากขึ้นแล้ว อัตราส่วนของการหลุดลอกตามการจราจร (Loss of Running Off) มีแนวโน้มที่จะมาก

ในการทดสอบ Running Off Test เริ่มจากการเตรียมวัสดุมวลรวมตามขนาดคละที่เลือกใช้ประมาณ 2 กิโลกรัมผสมแบบร้อนกับวัสดุเชื่อมประสานตามสัดส่วนต่าง ๆ นำส่วนผสมที่ผสมเสร็จแล้วใส่ลงในภาชนะโลหะที่ทราบน้ำหนักขนาด 42 X 27 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3.8 นำไปชั่งน้ำหนัก จากนั้นนำภาชนะซึ่งบรรจุส่วนผสมใส่ในเตาอบซึ่งมีอุณหภูมิ 165 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ต่อจากนั้น นำภาชนะออกจากเตาอบแล้วคว่ำภาชนะเพื่อให้ส่วนผสมหลุดออกมาแล้วนำภาชนะซึ่งมีแอสฟัลต์ซีเมนต์ติดอยู่ติดอยู่ไปชั่งน้ำหนัก เพื่อหาปริมาณของแอสฟัลต์ซีเมนต์ติดอยู่ในภาชนะ จากนั้นนำผลไปเขียนกราฟ เพื่อหาสัดส่วนของวัสดุเชื่อมประสานที่เหมาะสมที่มากที่สุดที่จะใช้ผสมทำแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำที่มีขนาดคละของมวลรวมที่ต่างกัน



รูปที่ 3.8 การทดสอบ Running Off

3.5.2 การเตรียมตัวอย่างแอสฟัลต์คอนกรีตด้วยวิธีมาร์แชล

ในการศึกษานี้ การเตรียมตัวอย่างแอสฟัลต์คอนกรีตด้วยการบดอัดด้วยวิธีมาร์แชล เพื่อเป็นการเตรียมก้อนตัวอย่างเพื่อทำการทดสอบ 2 อย่าง คือ 1) การทดสอบค่าของความสามารถในการรับการขัดสีของวัสดุมวลรวม ด้วยวิธี Cantabro ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์เพื่อสัดส่วนของวัสดุเชื่อมประสานที่เหมาะสมที่น้อยที่สุดที่จะใช้ผสมทำแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำที่มีขนาดคละของมวลรวมที่แตกต่างกัน และ 2) การทดสอบ Marshall ซึ่งเป็นการหาปริมาณที่เหมาะสมของวัสดุเชื่อมประสาน ที่ใช้ในการเตรียมก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์คอนกรีตในการใช้งาน (Performance)

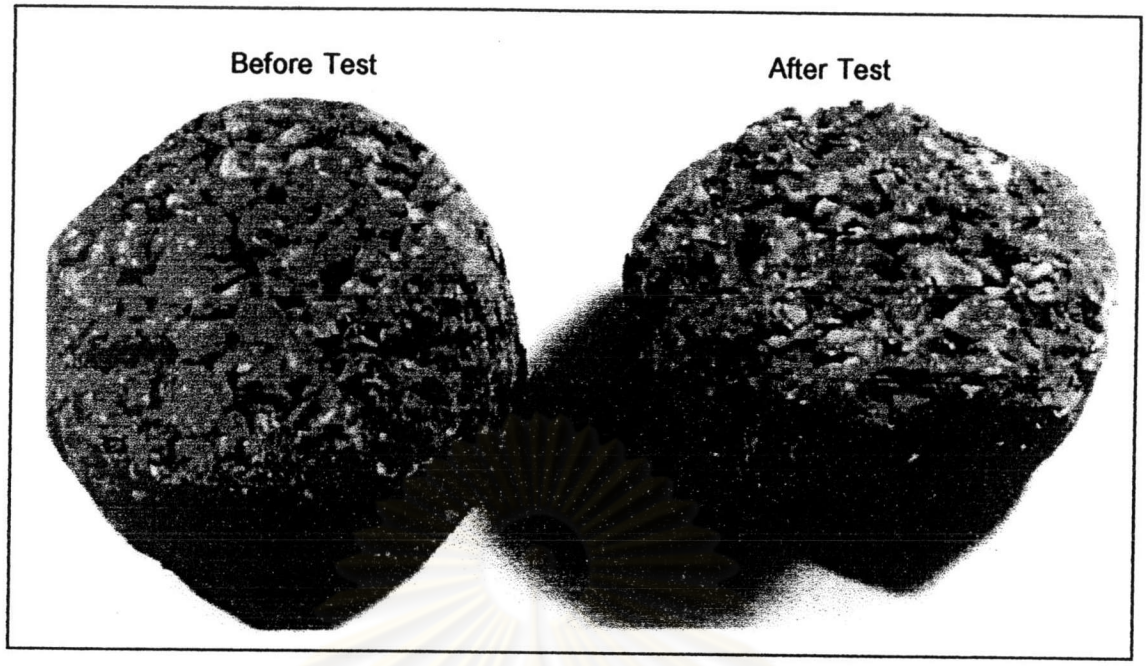
<u>แอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำ</u>

ในการศึกษานี้ ได้จำลองชั้นผิวทางระบายน้ำ โดยใช้แอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำ ซึ่งจะพิจารณาถึงลักษณะขนาดคละของมวลรวม ที่มีผลต่อแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำ ในการเตรียมก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำ จำนวนครั้งของการบดอัดเท่ากับ 50 ครั้งต่อด้าน ตามเกณฑ์เปรียบเทียบของ AASHTO เพื่อนำไปใช้ทำการทดสอบ 3 อย่าง คือ การทดสอบ Cantabro การทดสอบ Marshall และ การหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณช่องว่างอากาศ (Air Void) กับ ปริมาณช่องว่างอากาศต่อเนื่อง (Continuous Air Void)

<u>การทดสอบ Cantabro</u>

การทดสอบ Cantabro คิดขึ้นโดย Cantabria University ในประเทศสเปน เป็นการทดสอบเพื่อประเมินค่าของความสามารถในการรับการขัดสีของวัสดุมวลรวม ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์เพื่อหาสัดส่วนของวัสดุเชื่อมประสานที่เหมาะสมที่น้อยที่สุดที่จะใช้ผสมทำแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำที่ใช้วัสดุมวลรวมที่มีขนาดคละต่างๆกัน โดยการหา Cantabro Scattering Loss ซึ่งโดยทั่วไป ถ้าสัดส่วนของวัสดุเชื่อมประสานมากขึ้นแล้ว ค่า Cantabro Scattering Loss มีแนวโน้มที่จะลดลง จากนั้นนำผลไปเขียนกราฟ เพื่อหาสัดส่วนของวัสดุเชื่อมประสานที่เหมาะสมที่น้อยที่สุดที่จะใช้ผสมทำแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำที่มีขนาดคละของมวลรวมต่างกัน

ในการทดสอบ Cantabro จะใช้ก้อนตัวอย่างที่ได้จากการบออัดด้วยวิธี Marshall ไปชั่งน้ำหนัก จากนั้นนำก้อนตัวอย่างนั้นไปทดสอบการขัดสีด้วยเครื่อง Los Angeles Abrasion โดยไม่ใส่ลูกเหล็กลงไป 300 รอบ ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำก้อนตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบแล้วไปชั่งน้ำหนักเพื่อหาน้ำหนักที่ลดลง



รูปที่ 3.9 ลักษณะของก้อนตัวอย่างทดสอบ Cantabro

การทดสอบ Marshall และ การหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณช่องว่างอากาศ กับ ปริมาณช่องว่างอากาศต่อเนื่อง

การทดสอบ Marshall เป็นการทดสอบเพื่อหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสม (Optimum binder content) ที่ทำให้แอสฟัลต์คอนกรีตมีความสามารถในการรับแรงได้มากที่สุด โดยที่ค่าร้อยละช่องว่างของอากาศ (% Air void) อยู่ระหว่าง 18 – 25 % โดยในการทดสอบ Marshall สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณช่องว่างอากาศ กับ ปริมาณช่องว่างอากาศต่อเนื่องไปพร้อมกันได้ ซึ่งปริมาณช่องว่างอากาศต่อเนื่องหาได้จาก

$$\text{Continuous Air Void} = ((V_1 - V_2) / V_1) \times 100$$

เมื่อ V_1 คือ ปริมาตรของก้อนตัวอย่างที่ได้จากการวัดด้วยเวอร์เนียร์คาลิเปอร์ (Vernier Method)

V_2 คือ ผลต่างระหว่างน้ำหนักของก้อนตัวอย่างที่ชั่งในอากาศกับที่ชั่งในน้ำ

หลังจากได้อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของวัสดุเชื่อมประสานแล้ว จะใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการเตรียมก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์คอนกรีตสำหรับทดสอบประสิทธิภาพในการใช้งาน (Performance) จากการบดอัดด้วยเครื่อง Gyratory compactor ต่อไป

แอสฟัลต์คอนกรีตที่มีความหนาแน่นสูง

ในการศึกษานี้ ได้จำลองชั้นผิวทางที่มีความหนาแน่นสูงซึ่งอยู่ด้านใต้ของชั้นผิวทางระบายน้ำ โดยใช้แอสฟัลต์คอนกรีตที่มีความหนาแน่นสูง ซึ่งจะใช้วัสดุแอสฟัลต์ซีเมนต์เกรด 60/70 เป็นวัสดุเชื่อมประสานสำหรับเตรียมก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีความหนาแน่นสูง โดยใช้จำนวนครั้งของการบดอัดเท่ากับ 75 ครั้งต่อด้าน ตามเกณฑ์เทียบเท่าที่ปริมาณการจราจรสูง (Heavy traffic criteria) ดังแสดงในตารางที่ 2.8 ในบทที่ 2 ซึ่งเป็นไปตาม มาตรฐานวิธีทดสอบ ทล.-ท. 604/2517 ของกรมทางหลวง โดยใช้แบบหล่อ (Mold) ขนาด 4 นิ้ว หรือ 101.6 มิลลิเมตร เพื่อหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสม (Optimum binder content) ที่ค่าร้อยละช่องว่างของอากาศ (% Air void) เท่ากับ 4 รวมทั้งพิจารณาสมบัติต่าง ๆ ของก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์คอนกรีต ได้แก่

- ค่า Unit weight
- ค่า Marshall stability
- ค่า Marshall flow
- ค่า % VFA
- ค่า % VMA

การบดอัดและทดสอบคุณสมบัติตามวิธีมาร์แชลนั้น ก็เพื่อหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสม (Optimum binder content) และพิจารณาว่าวัสดุเชื่อมประสานดังกล่าวเมื่อนำไปเป็นส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตแล้ว สามารถผ่านเกณฑ์ข้อกำหนดนำไปใช้งานจริงได้ในประเทศไทย ซึ่งในปัจจุบันยังคงใช้วิธีมาร์แชลนี้สำหรับการออกแบบส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต หลังจากได้อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของวัสดุเชื่อมประสานแล้ว จะใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการเตรียมก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์คอนกรีตสำหรับทดสอบประสิทธิภาพในการใช้งาน (Performance) จากการบดอัดด้วยเครื่อง Gyratory compactor ต่อไป

3.5.3 การเตรียมตัวอย่างแอสฟัลต์คอนกรีตด้วยเครื่อง Gyratory compactor

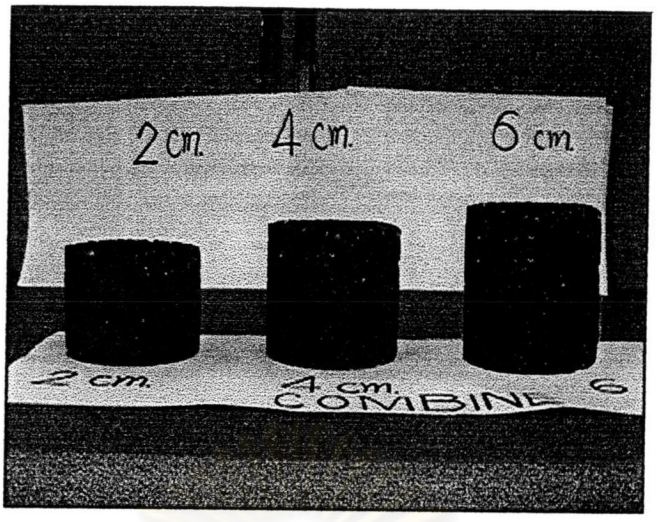
หลังจากที่ได้ทำการทดสอบ Cantabro การทดสอบ Running Off และการทดสอบ Marshall แล้ว เลือกค่าที่ครอบคลุมปริมาณที่เหมาะสมของวัสดุเชื่อมประสาน (Optimum binder content) ทุกชนิด 3 ค่า สำหรับแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำ และทำการบดอัดส่วนผสมด้วยเครื่อง Gyratory compactor เพื่อให้ได้ร้อยละช่องว่างของอากาศ (% Air void) เท่ากับ 20 % โดยใช้แบบหล่อ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว หรือ 101.6 มิลลิเมตร หลังจากนั้นทำการทดสอบเพื่อหาค่าความต้านทานการเปลี่ยนรูปแบบถาวรของวัสดุแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำที่มีขนาดคละ

ของมวลรวมที่ต่างกันตามที่ได้พิจารณาไว้ จากนั้นพิจารณาค่าความต้านทานการเปลี่ยนรูปแบบถาวรของวัสดุแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำ เพื่อเลือกปริมาณของวัสดุเชื่อมประสานซึ่งทำให้มีค่าความต้านทานการเปลี่ยนรูปแบบถาวรมากที่สุด เพื่อใช้เป็น ข้อมูลเบื้องต้นในการเตรียมก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำในการทดสอบการหลุดลอก การทดสอบเพื่อหาความต้านทานแรงเสียดทาน ความสามารถในการระบายน้ำ และความหนา ที่เหมาะสมของชั้นแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำ ต่อไป

จากนั้นทำการบดอัดส่วนผสมตามปริมาณวัสดุเชื่อมประสานที่ได้พิจารณาไว้ด้วยเครื่อง Gyratory compactor compactor เพื่อให้ได้ร้อยละช่องว่างของอากาศ (% Air void) เท่ากับ 20 % โดยใช้แบบหล่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว หรือ 11.6 มิลลิเมตร เพื่อใช้เป็นก้อนตัวอย่างในการทดสอบการหลุดลอก และความสามารถในการระบายน้ำ ส่วนแบบหล่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว หรือ 152.4 มิลลิเมตร เพื่อใช้เป็นก้อนตัวอย่างในการทดสอบความสามารถในการต้านทานแรงเสียดทาน

จากนั้นทำการบดอัดก้อนตัวอย่างเพื่อหาความหนาที่เหมาะสมของชั้นแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำที่ปูทับบนชั้นแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีความหนาแน่นสูง โดยใช้แบบหล่อ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว หรือ 101.6 มิลลิเมตร เริ่มจากเตรียมส่วนผสมสำหรับทำแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีความหนาแน่นสูง โดยบดอัดให้มีร้อยละช่องว่างของอากาศ (% Air void) เท่ากับ 4 % หลังจากนั้นบดอัดแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำให้มีร้อยละช่องว่างของอากาศ (% Air void) เท่ากับ 20 % โดยให้มีความสูง 2 เซนติเมตร 4 เซนติเมตร และ 6 เซนติเมตร ตามลำดับ บนชั้นแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีความหนาแน่นสูง ดังแสดงในรูปที่ 3.10 ตามสัดส่วนของปริมาณวัสดุเชื่อมประสานในแต่ละขนาดคละของมวลรวมที่ได้พิจารณาไว้ เพื่อนำไปทดสอบหาความต้านทานการเปลี่ยนรูปแบบถาวร และ ความสามารถในการระบายน้ำ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



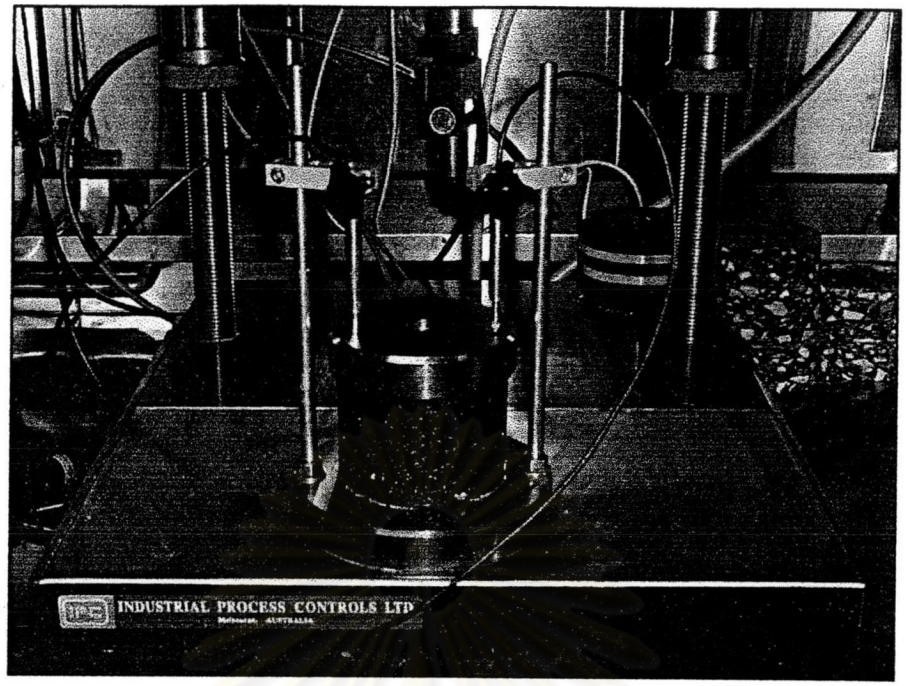
รูปที่3.10 ลักษณะก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์คอนกรีตที่ใช้ทดสอบ เพื่อหาความหนาที่เหมาะสมของชั้นแอสฟัลต์คอนกรีตระบายน้ำที่ปูทับบนชั้นแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีความหนาแน่นสูง

3.6 การทดสอบประสิทธิภาพในการใช้งานของวัสดุแอสฟัลต์คอนกรีต

หลังจากเตรียมก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์คอนกรีตตามหัวข้อ 3.6 แล้ว ในขั้นตอนนี้จะทำการทดสอบประสิทธิภาพในการใช้งาน (Performance) ของวัสดุแอสฟัลต์คอนกรีต ด้วยเครื่อง Universal Testing Machine (UTM) โดยค่าที่จะนำมาทดสอบศึกษาเปรียบเทียบ มีดังนี้

3.6.1 การทดสอบหาค่าความต้านทานการเปลี่ยนรูปแบบถาวร

การทดสอบนี้ เป็นการทดสอบคุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีตเพื่อศึกษาความสามารถในการต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงรูปร่างอย่างถาวร (Permanent deformation) โดยใช้การทดสอบแบบ Repeated uniaxial loading strain test (Dynamic creep test) ซึ่งเป็นการทดสอบโดยการป้อนน้ำหนักตามแนวแกน (Axial load) ในลักษณะกระทำซ้ำต่อก้อนตัวอย่างตามมาตรฐานการทดสอบของประเทศออสเตรเลีย AS 2891.12.1-1995 "Determination of the Permanent Compressive Strain Characteristics of Asphalt : Dynamic Creep Test" ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส โดยก้อนตัวอย่างจะถูกจัดวางในเครื่องทดสอบดังแสดงในรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 ลักษณะการจัดวางก้อนตัวอย่างสำหรับการทดสอบ Dynamic creep test

การทดสอบจะทำการป้อนน้ำหนักในรูปแบบ Square wave แบบกระทำซ้ำขนาด 200 kPa ด้วยความถี่ 0.5 รอบต่อวินาที แบ่งเป็นช่วงเวลาที่มีการกดน้ำหนักลงบนก้อนตัวอย่าง 0.5 วินาที และช่วงเวลาพัก 1.5 วินาที

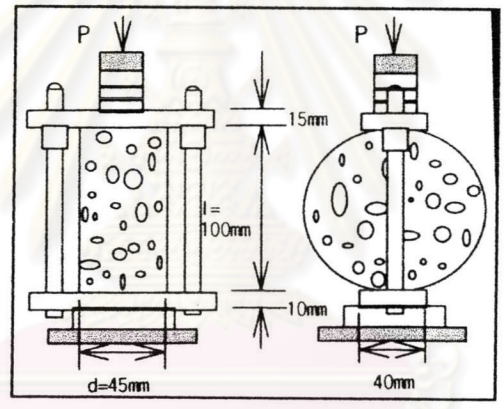
ก่อนที่จะนำก้อนตัวอย่างเข้าห้องควบคุมอุณหภูมิ จะต้องทาผิวหน้าก้อนตัวอย่างด้วย Silicone heat transfer compound ทั้ง 2 ด้าน เพื่อลดแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นระหว่างก้อนตัวอย่างกับชุดทดสอบ ซึ่งมาตรฐาน AS 2891.12.1-1995. แนะนำให้ใช้ปริมาณ 1 กรัม สำหรับก้อนตัวอย่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตร และ 2.25 กรัม สำหรับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 150 มิลลิเมตร

ค่าการเปลี่ยนรูปตามแนวแกนหรือค่าการยุบตัวในการทดสอบจะถูกวัดโดย Linear Variable Differential Transducers (LVDT's) 2 ชุด ที่ติดตั้งอยู่ด้านบนของก้อนตัวอย่าง เพื่อเป็นการวัดการยุบตัวในทิศทางเดียวกับน้ำหนักที่กระทำ ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบจะแสดงอยู่ในรูปของค่าความเครียดสะสม (Accumulated strain) ที่เพิ่มขึ้นในแต่ละรอบของการป้อนน้ำหนัก การทดสอบจะดำเนินไปจนกระทั่งค่าความเครียดสะสม มีค่าเท่ากับ 30,000 Microstrain หรือ มีการยุบตัวคิดเป็น 3 % ของความหนาของก้อนตัวอย่าง

3.6.2 การทดสอบการหลุดลอก

ในการศึกษานี้ ทำการทดสอบการหลุดลอก (Stripping test) ของส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต ด้วยวิธี Splitting test เพื่อหาความต้านทานการแตกร้าว (Cracking Resistance) โดยใช้สัดส่วนของวัสดุเชื่อมประสานของแต่ละส่วนผสมตามค่าที่ได้จากการทดสอบค่าความต้านทานการเปลี่ยนรูปแบบถาวรมาทำการผสมและบดอัดให้ได้ปริมาณช่องว่างอากาศของก้อนตัวอย่างจะต้องอยู่ประมาณ 20 % โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 นำไปแช่ในน้ำ 80 องศาเซลเซียส 30 นาที กลุ่มที่ 2 นำไปแช่ในน้ำ 80 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง โดยนำก้อนตัวอย่างไปกดแบบ indirect tensile ดังแสดงในรูปที่ 3.12 เพื่อหาค่าสัดส่วนของความเครียดของก้อนตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม โดย

$$\sigma_t = 2P / ②dl$$



รูปที่ 3.12 การทดสอบการหลุดลอก (Stripping test) ด้วยวิธี Splitting test

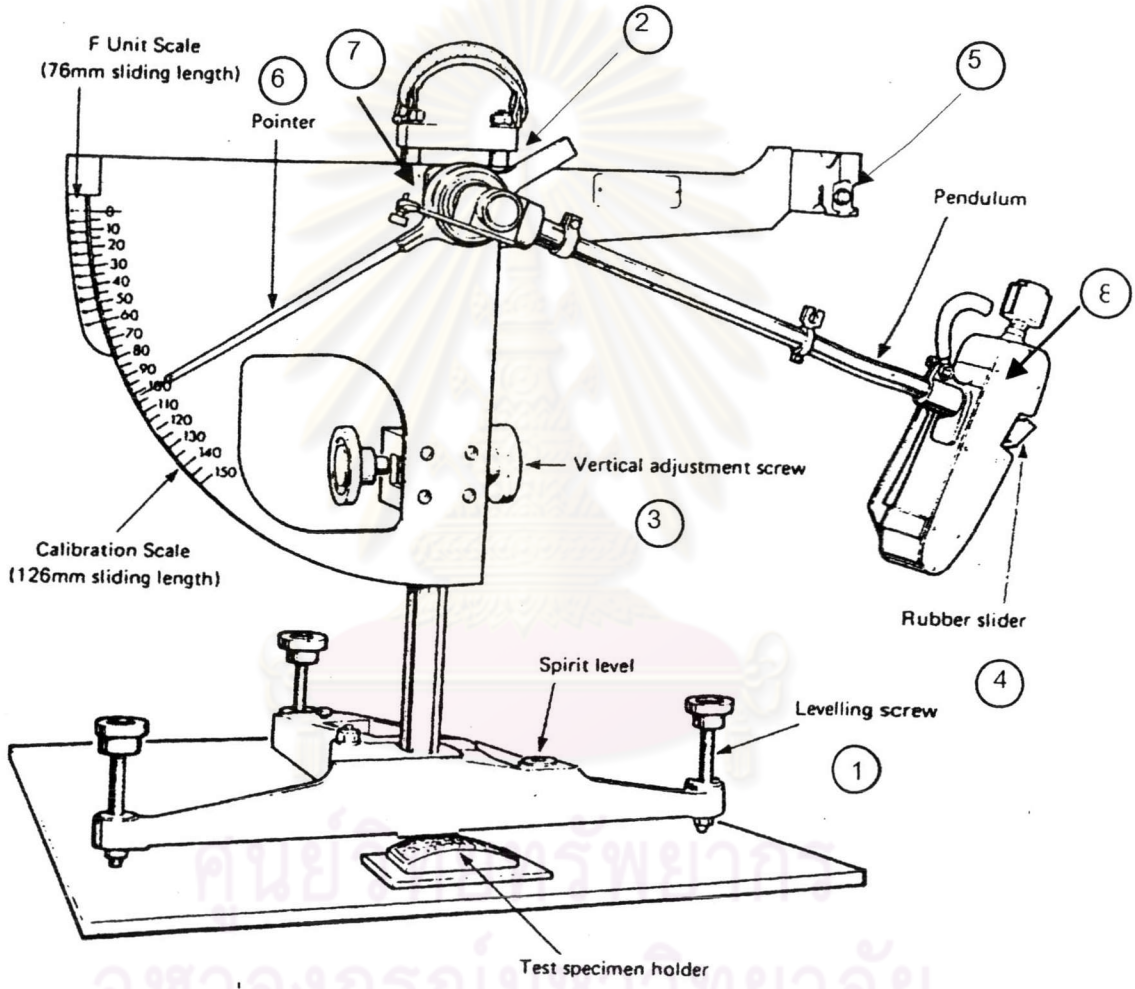
3.6.3 การทดสอบหาความต้านทานแรงเสียดทาน

ความต้านทานแรงเสียดทานของพื้นผิว (Skid Resistance) คือ แรงยึดเหนี่ยวระหว่างล้อรถกับพื้นผิวถนน ซึ่งมีความสำคัญเป็นอย่างมากในเรื่องของความปลอดภัยในการขับขี่ ในหลายกรณีของการเกิดอุบัติเหตุ เป็นผลเนื่องมาจากแรงเสียดทานระหว่างล้อรถและพื้นผิวถนน เช่น อุบัติเหตุเกิดขึ้นในช่วงเวลาที่ฝนตก อุบัติเหตุที่เกิดจากการเสื่อมสภาพของยางล้อรถ เป็นต้น จากความพยายามเพื่อหาวิถีทางที่จะเพิ่มแรงเสียดทานของผิวถนนทำให้ทาง The Transport and Road Research Laboratory (TRRL) ของสหราชอาณาจักร ได้คิดค้นประดิษฐ์เครื่องทดสอบเพื่อวัดค่าแรงเสียดทานที่สามารถเคลื่อนย้ายได้ เพื่อที่จะสามารถทดสอบได้ทั้งในห้องปฏิบัติการและภาคสนาม นั่นคือ Pendulum Skid Tester ซึ่งเป็นการจำลองเพื่อหาค่าแรงเสียดทานของพื้นผิว

ถนน เมื่อมียานพาหนะเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมงแล่นผ่าน โดยค่าที่ได้จะเป็นตัวเลขที่สามารถบ่งบอกถึงค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานของพื้นผิวถนน

ขั้นตอนการทดสอบ

1. ติดตั้งอุปกรณ์ ดังรูปที่ 3.13 จากนั้นนำไปวางลงพื้นผิวถนนที่จะทำการทดสอบ โดยให้ตุ้มแกว่งในทิศทางของการจราจร จากนั้นหมุนปุ่มปรับระดับ(1) เพื่อปรับระดับของอุปกรณ์ให้อยู่ในแนวระดับ



รูปที่ 3.13 Pendulum Skid Resistance Tester (BSI 1990)

2. หมุนปุ่มยึด(2) ให้คลายออก จากนั้นหมุนปุ่มปรับความสูงของตุ้มทดสอบ(3) ให้ตุ้มทดสอบ(4) ลอยพ้นจากพื้นถนน หมุนปุ่มยึดให้แน่น

3. ยึดตุ้มน้ำหนักให้อยู่ในแนวระดับ จากนั้นกดปุ่มยึดตุ่มน้ำหนัก(5) เพื่อปล่อยให้ตุ้มน้ำหนักแกว่งอย่างอิสระ อ่านค่าเข็มชี้(6) ว่าอ่านค่าได้ศูนย์หรือไม่ ถ้าอ่านค่าได้ไม่เท่ากับศูนย์ให้ปรับแก้เครื่องมือ โดยหมุนแหวนปรับความฝืด(7) ทำซ้ำจนกว่าจะอ่านค่าได้ศูนย์

** ข้อควรระวัง หลังจากตุ้มน้ำหนักแกว่งกลับลงมาให้จับไว้ เพื่อไม่ให้เข็มชี้เลื่อนจากค่าเดิม*

4. ปล่อยตุ้มน้ำหนักให้อยู่ในแนวดิ่ง นำ spacer ไปใส่ไว้ใต้ lifting handle[8] จากนั้นหมุนปุ่มยึดให้คลายออก แล้วค่อยๆ หมุนปุ่มปรับความสูงของตุ้มทดสอบลงอย่างช้าๆ จนกระทั่งตุ้มทดสอบแตะกับผิวถนน หมุนปุ่มยึดให้แน่น จากนั้นนำ spacer ออก

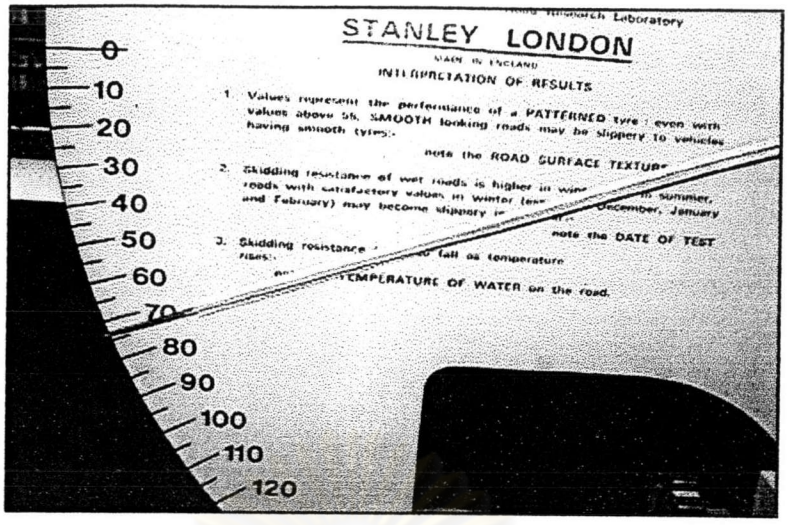
5. ตรวจสอบว่าระยะสัมผัสของตุ้มน้ำหนักมีระยะ 125 -127 มิลลิเมตรหรือไม่ โดยการยก lifting handle แล้วจับตุ้มน้ำหนักไปด้านหนึ่ง ปล่อยให้ตุ้มน้ำหนักสัมผัสผิวทดสอบเบา ๆแล้วทำเครื่องหมายจุดสัมผัสไว้ จากนั้นยก lifting handle แล้วจับตุ้มน้ำหนักไปอีกด้านหนึ่ง ปล่อยให้ตุ้มน้ำหนักสัมผัสผิวทดสอบเบาๆ ทำเครื่องหมายจุดสัมผัสไว้อีกครั้งหนึ่ง ยึดตุ้มน้ำหนักให้อยู่ในแนวระดับ ดังแสดงในรูปที่ 3.14

รูปที่ 3.14 ตรวจสอบระยะของผิวสัมผัสของผิวทดสอบ

6. วัดระยะระหว่างจุดสองจุดที่ทำเครื่องหมายไว้

7. ถ้าระยะสัมผัสไม่ได้อยู่ในช่วง 125-127 มิลลิเมตร ทำซ้ำข้อ 5-6 แต่ไม่ต้องใส่ spacer

8. ยึดตุ้มน้ำหนักให้อยู่ในแนวระดับ กดปุ่มยึดตุ่มน้ำหนัก เพื่อปล่อยให้ตุ้มน้ำหนักแกว่งลงไปสัมผัสผิวทดสอบ อ่านค่าเข็มชี้ ดังแสดงในรูปที่ 3.15 บันทึกค่า



รูปที่ 3.15 ลักษณะของเข็มชี้ของเครื่องทดสอบความต้านทานแรงเสียดทาน

9. ทำซ้ำข้อ 8 จำนวน 3 ครั้ง บันทึกค่า โดยค่าที่ได้แตกต่างกันไม่เกิน 3 จากนั้นหาค่าเฉลี่ย

10. ถ้าค่าที่ได้มีความแตกต่างกันมากกว่า 3 ทำซ้ำข้อ 8 จนได้ค่าที่คงที่ 3 ครั้ง บันทึกค่า

11. ยึดตุ้มน้ำหนักให้อยู่ในแนวระดับ จากนั้นเทน้ำลงพื้นผิวที่จะทำการทดสอบให้เปียก

12. กดปุ่มยึดตุ่มน้ำหนัก เพื่อปล่อยให้ตุ้มน้ำหนักแกว่งลงไปสัมผัสผิวทดสอบ อ่านค่าเข็มชี้ บันทึกค่า

13. ทำซ้ำข้อ 11-12 จำนวน 3 ครั้ง บันทึกค่า โดยค่าที่ได้แตกต่างไม่เกิน 3 หาค่าเฉลี่ย

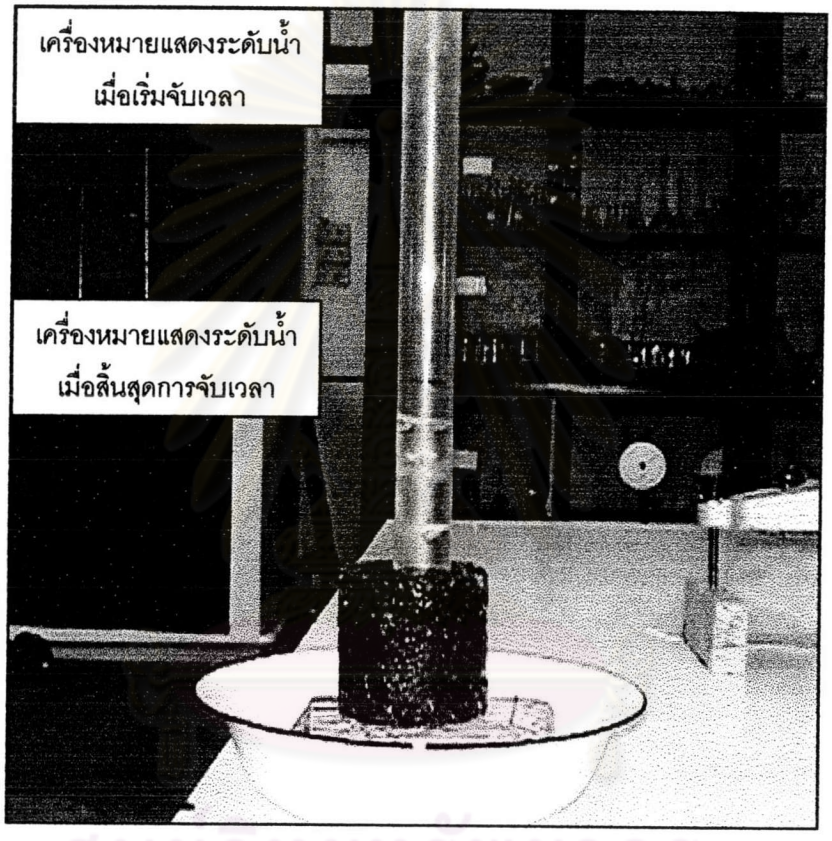
14. ถ้าค่าที่ได้มีความแตกต่างกันมากกว่า 3 ทำซ้ำข้อ 14-16 จนได้ค่าที่คงที่ 3 ครั้ง บันทึกค่า

3.6.4 การทดสอบหาความสามารถในการระบายน้ำ

ความสามารถในการระบายน้ำ (Permeability) เป็นคุณสมบัติที่สำคัญของชั้นผิวทางระบายน้ำ ซึ่งทำให้ผิวทางระบายน้ำช่วยลดการท่วมขังของน้ำบนผิวทาง ทำให้ช่วยลดการกระเด็นของละอองน้ำด้านหลังยานพาหนะเมื่อยานพาหนะแล่นผ่าน ลดแสงสะท้อนจากผิวทางที่เปียกทั้งในเวลากลางวันและกลางคืน ซึ่งช่วยให้มีทัศนวิสัยในการขับขี่ที่ดี และแรงเสียดทานระหว่างผิวทางกับล้อรถไม่ลดลง ซึ่งส่งผลช่วยเพิ่มความปลอดภัยในการขับขี่

ในการทดสอบความสามารถในการระบายน้ำในการศึกษานี้ ประยุกต์มาจากการทดลองในภาคสนาม (In situ) ตามข้อแนะนำของกรมทางหลวงเบลเยี่ยม เริ่มจากนำท่อพลาสติกใสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 19 มิลลิเมตร ยาวมากกว่า 12 นิ้ว ซึ่งทำเครื่องหมายระบุตำแหน่ง

ห่างกัน 8 นิ้ว ไว้ ตั้งบนก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์คอนกรีตที่ได้เตรียมไว้ จากนั้นนำซิลิโคนยาโดยรอบระหว่างท่อกับก้อนตัวอย่างเพื่อกันน้ำ จากนั้นนำก้อนตัวอย่างซึ่งติดตั้งท่อทดสอบไปตั้งบนตะแกรง แล้วเทน้ำลงในท่อให้เต็ม ต่อจากนั้น รอจนระดับน้ำลดต่ำลงจนถึงระดับขีดบนที่ทำเครื่องหมายไว้ เริ่มจับเวลาจนระดับน้ำลดต่ำลงจนถึงระดับขีดล่างที่ทำเครื่องหมายไว้ ดังแสดงในรูปที่ 3.16 ค่าของเวลาที่ได้ในการทดสอบสะท้อนถึงความสามารถในการระบายน้ำของก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์ระบายน้ำ



รูปที่ 3.16 การทดสอบหาความสามารถในการระบายน้ำ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย