เอกสารกองวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วัสดุ เครื่องมือ และการทดลอง

เนื่องจากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นการเปรียบเทียบผิวทาง 2 ประเภท คือ ประเภทที่ใช้กรวดดินเผาเป็นส่วนผสมมวลรวมหยาบกับ ประเภทที่ใช้หินปูนล้วน ๆ ซึ่งใช้อยู่ทั่วไปตามมาตรฐานของกรมทางหลวงแผ่นดินตามรายละเอียดในภาคผนวก ก. สำหรับประเภทที่ใช้กรวดดินเผาเป็นส่วนผสมมวลรวมหยาบ มีวัสดุประกอบดังนี้

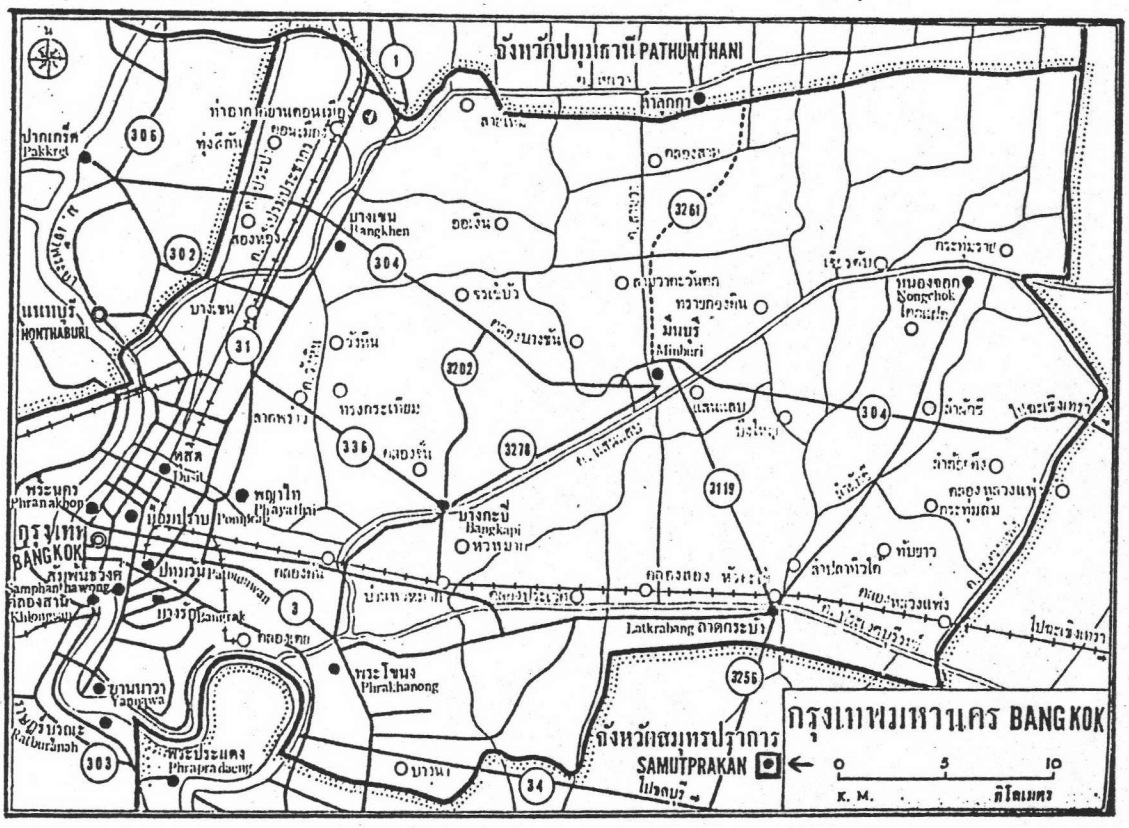
3.1 วัสดุที่ใช้ทดลอง (Materials)

3.1.1 กรวดดินเผา ใช้เป็นมวลรวมหยาบในส่วนผสมแอสฟัลท์ติคคอนกรีตแหล่งดินเหนียวที่พิจารณาเลือกใช้ผลิตกรวดดินเผาในครั้งนี้ คือ แหล่งดินเหนียวจากพื้นที่หนองงูเห่า ซึ่งเมื่อผลิตเป็นกรวดดินเผาแล้ว มีคุณสมบัติทางวิศวกรรมเหมาะสมที่จะใช้เป็นมวลรวมในส่วนผสมแอสฟัลท์ติคคอนกรีตได้ แหล่งดินเหนียวดังกล่าวอยู่ที่ถนนลาดบางนา-ตราด ตรงหลักกิโลเมตรที่ 24 ห่างจากถนนใหญ่ไปทางทิศเหนือประมาณ 5 กิโลเมตร (รูป 3.1) โดยเก็บจากระดับความลึก 1.50 เมตร ถึง 3 เมตรจากระดับดินเดิม ทำการผลิตโดย นำดินมาอัดเป็นเส้นด้วยเครื่องอัดดิน (รูปที่ 3.2) แล้วนำมาตัดเป็นเม็ด โดยให้ขนาดความยาวเท่ากับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง แล้วทำการเผาด้วยเตาเผา Rotary Kiln (รูปที่ 3.3) ที่อุณหภูมิ 1000^{o}C ขนาดของกรวดดินเผาที่ทำการผลิต คือ ขนาด 3/4 นิ้ว 1/2 นิ้ว และ 3/8 นิ้ว (รูปที่ 3.4, ภาคผนวก ข)

3.1.2 ทราย ใช้เป็นมวลรวมละเอียดในส่วนผสมแอสฟัลท์ติคคอนกรีต เป็นทรายแม่น้ำธรรมชาติ นำมาร่อนหาขนาดคละด้วยตะแกรงมาตรฐาน (U.S. Standard) เบอร์ 4, 8, 30, 50, 100, 200 ปรากฏว่าทรายมีปริมาณของฝุ่นที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 50, 100, และเบอร์ 200 น้อยมาก

3.1.3 หินฝุ่น ใช้เป็นส่วนช่วยเพิ่มปริมาณฝุ่นที่ทรายธรรมชาติขาดแคลน และใช้เป็นตัวช่วยปรับให้สัดส่วนมวลรวมคละทั้งหมดอยู่ในขอบเขตกำหนดมาตรฐานของ ASTM Designation E 11-39

3.1.4 วัสดุแอสฟัลท์ ใช้แอสฟัลท์ซีเมนต์ ชนิด 80-100 Penetration Specification เป็นไปตามข้อกำหนดมาตรฐานการใช้งานของกรมทางหลวงฯ



รูปที่ 3.1 แผนที่แสดงแหล่งดินเหนียวหนองงูเห่า

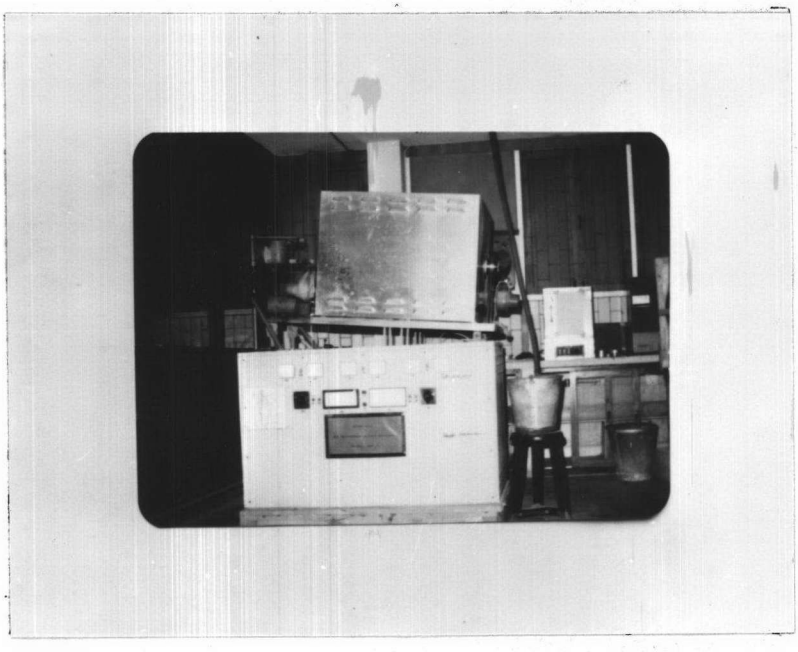
3.2 <u>การเตรียมตัวอย่าง และการทดลองหาการกระจายขนาดของมวลรวม</u> (Gradation Analysis of Aggregate)

3.2.1 <u>การเตรียมตัวอย่าง</u>

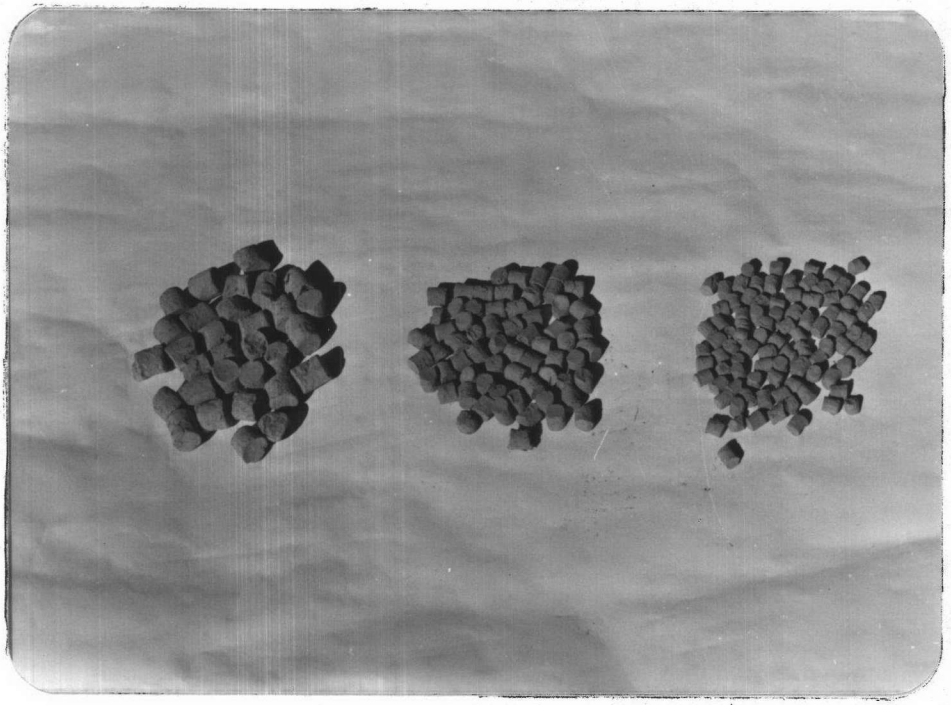
3.2.1.1 <u>กรวดดินเผา</u> ซึ่งเป็นมวลรวมหยาบและมีขนาดใหญ่ แต่ละขนาดให้ทำดังนี้ ทำการคลุกตัวอย่างให้เข้ากันดีแล้วแยกด้วยวิธี Quartering แบ่งให้ได้ตัวอย่างขนาด 3,000-4,000 กรัม นำไปร่อนผ่านตะแกรงด้วยตะแกรงร่อนชุดใหญ่ (รูปที่ 3.5) ประกอบด้วยตะแกรง (U.S. Standard) ขนาด 3/4 นิ้ว, 1/2 นิ้ว, 3/8 นิ้ว เบอร์ 4 และกะบะ

3.2.1.2 <u>ทรายและหินฝุ่น</u> ซึ่งเป็นมวลรวมละเอียด แต่ละชนิดให้ทำดังนี้ ทำการคลุกตัวอย่างให้เข้ากันดี แล้วแยกด้วยวิธี Quartering แบ่งให้ได้ตัวอย่างขนาด 700-800 กรัม นำไปล้างด้วยน้ำสะอาดให้ผ่านตะแกรง เบอร์ 200 อาจใช้ตะแรงเบอร์ 500 ดักพวกส่วนหยาบไว้ขั้นหนึ่งก่อน แล้วนำตัวอย่างที่ค้างไปเข้าเตาอบ อบด้วยอุณหภูมิ 110 $\pm$ 5^{o}C จนแห้ง นำไปร่อนผ่านตะแกรงด้วยตะแกรงร่อน ชุดเล็ก (รูปที่ 3.6) ประกอบด้วยตะแกรง

รูปที่ 3.2 เครื่องมือบดอัดดิน

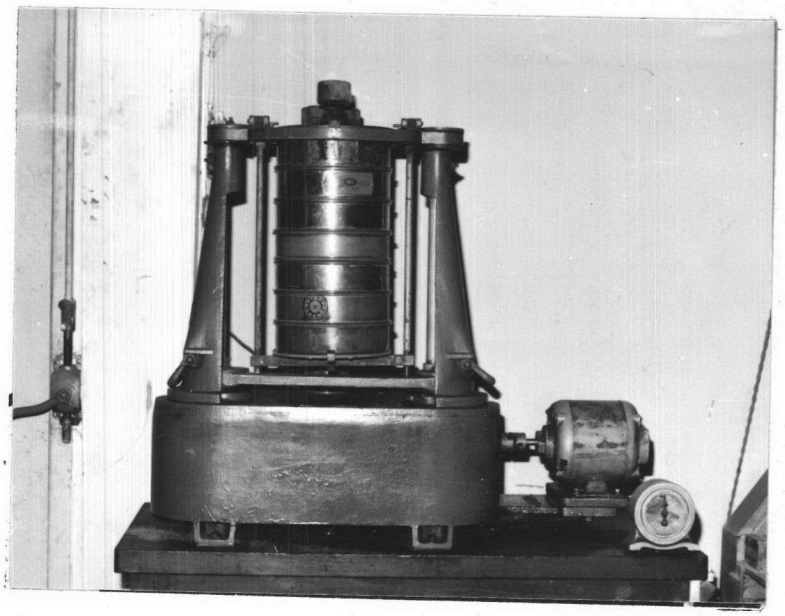


รูปที่ 3.3 เตาเผาแบบ Monotube Rotary Kiln.



รูปที่ 3.4 แสดงตัวอย่างกรวดดินเผาที่อุณหภูมิการเผา 1000°C.

รูปที่ 3.5 ตะแกรงร่อนชุดใหญ่



รูปที่ 3.6 ตะแกรงร่อนชุดเล็ก

ขนาดเบอร์ 4, 8, 30, 50, 100, 200 และกะบะ

3.2.2 การทดลอง ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่เตรียมไว้ แล้วนำไปเขย่าในตะแกรงขนาดต่าง ๆ ตามต้องการ การเขย่านี้ต้องให้ตะแกรงเคลื่อนที่ทั้งแนวราบและแนวดิ่ง รวมทั้งมีแรงกระแทกขณะเขย่าด้วย เขย่านานจนกระทั่งตัวอย่างผ่านตะแกรงแต่ละขนาดใน 1 นาทีไม่เกิน 1% ของตัวอย่างในตะแกรงนั้น หรือใช้เวลาเขย่านานทั้งหมดประมาณ 15 นาที ทำการชั่งน้ำหนักที่ค้างบนตะแกรงแต่ละตัว

3.2.3 การคำนวณ

เปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงโดยน้ำหนัก (% Passing) = $\frac{P}{T} \times 100$

P = น้ำหนักตัวอย่างผ่านตะแกรงขนาดนั้น

T = น้ำหนักตัวอย่างทั้งหมด

3.3 เครื่องมือและการทดลองหาค่าความถ่วงจำเพาะของกรวดดินเผา (Specific Gravity Test)

3.3.1 เครื่องมือ

3.3.1.1 เครื่องชั่งให้ความละเอียด 0.01 กรัม และสามารถชั่งวัสดุในน้ำได้

3.3.1.2 ลวดตาข่าย มีขนาดของช่องตาข่ายที่กรวดดินเผาผ่านไม่ได้

3.3.1.3 เตาแบบ Hot-Plate สามารถให้อุณหภูมิสูงถึง 200°C และควบคุมความร้อนได้ ใช้สำหรับหลอม Paraffin

3.3.1.4 เทอร์โมมิเตอร์ ใช้วัดอุณหภูมิของ Paraffin

3.3.2 การเตรียมตัวอย่าง นำตัวอย่างกรวดดินเผา ขนาด 3/4 นิ้ว, 1/2 นิ้ว, 3/8 นิ้ว แต่ละขนาดหนักประมาณ ขนาดละ 50-60 กรัม ไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 160 $\pm$ 5°C ประมาณ 3 ชั่วโมง แล้วทิ้งให้เย็นลงตามอุณหภูมิปกติ นำไปทดลองดังนี้

3.3.3 การทดลอง

3.3.3.1 ทำการชั่งน้ำหนักตัวอย่างแห้งในอากาศ

3.3.3.2 ทำการหลอม Paraffin ที่รู้ค่าความถ่วงจำเพาะแล้ว บนเตา Hot Plate จนหลอมละลายแล้วควบคุมอุณหภูมิของ Paraffin ไว้ที่ 60-65°C

3.3.3.3 นำกรวดดินเผาใส่ลงในตาข่าย แล้วนำไปชุบใน Paraffin ที่หลอมละลายเพื่อให้ Paraffin เคลือบผิวจนทั่ว ทิ้งตัวอย่างที่เคลือบแล้วให้เย็นในอากาศประมาณ 30 นาที ชั่งตัวอย่างนี้ในอากาศ

3.3.3.4 ชั่งน้ำหนักของตัวอย่างที่เคลือบ Paraffin แล้ว ในน้ำ

3.3.4 <u>การคำนวณ</u>

ความถ่วงจำเพาะรวม (Bulk Specific Gravity)

$$G_b = \frac{SW_1}{S(W_2-W_3) - (W_2-W_1)}$$

S = ความถ่วงจำเพาะของ Paraffin = 0.9088

W_1 = น้ำหนักตัวอย่างแห้งในอากาศ, กรัม

W_2 = น้ำหนักตัวอย่างเคลือบด้วย Paraffin ในอากาศ, กรัม

W_3 = น้ำหนักตัวอย่างเคลือบด้วย Paraffin ในน้ำ, กรัม

3.4 <u>เครื่องมือและการทดลองหาค่าความถ่วงจำเพาะของทรายและหินฝุ่น</u> (Specific Gravity Test)

3.4.1 <u>เครื่องมือ</u>

3.4.1.1 <u>เครื่องชั่ง</u> เป็นแบบ Balance หรือ Scale ก็ได้ที่สามารถชั่งได้ไม่น้อยกว่า 1 กิโลกรัม และให้ความละเอียด 0.1 กรัม

3.4.1.2 <u>Pycnometer</u> เป็นขวดแก้วที่มีลักษณะเป็นกระเปาะ และมีลำคอขวดยาว ที่ลำคอขวดจะมีเส้นยึดระดับน้ำ ขวดที่ใช้มีความจุ 500 ml.

3.4.1.3 <u>แบบ</u> (Mold) เป็นแบบโลหะรูปกรวย มีเส้นผ่าศูนย์กลางกลางตอนบน 38 มม. (1.5") เส้นผ่าศูนย์กลางตอนล่าง 89 มม.(3.5") และมีความสูง 74 มม. (2.9") ความหนาของแบบโลหะ ต้องหนาอย่างน้อยประมาณ 0.9 มม.

3.4.1.4 <u>โลหะกระทุ้ง</u> เป็นโลหะหนัก 340 $\pm$ 15 กรัม (12 $\pm$ 1/2 ออนซ์) ผิวหน้า ด้านที่ใช้กระทุ้งเป็นผิวราบรูปวงกลมมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 $\pm$ 3 มม. (1 $\pm$ 1/8")

3.4.2 <u>การเตรียมตัวอย่าง</u>

3.4.2.1 นำตัวอย่างที่ได้จากการแบ่ง ด้วยที่แบ่งตัวอย่าง (Sample Splitter) ประมาณ 1,000 กรัม ไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 110 $\pm$ 5^{o}C แล้วปล่อยให้เย็น

3.4.2.2 นำตัวอย่างไปแช่ในน้ำเป็นเวลาประมาณ 15 $\pm$ 4 ชั่วโมง

3.4.2.3 นำตัวอย่างที่แช่น้ำแล้วมาแผ่กระจายบนภาชนะผิวราบเรียบแล้วค่อย ๆ เกลี่ยไปมาเพื่อให้ตัวอย่างค่อย ๆ แห้ง

3.4.2.4 ทำตามข้อ 3.4.2.3 ไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งตัวอย่างวัสดุเกือบจะอยู่ในสภาพที่เคลื่อนไหวได้ง่าย (Free Flowing Condition)

3.4.2.5 นำตัวอย่างใส่ลงในแบบอย่างหลวม ๆ จนเต็ม ซึ่งแบบนี้ตั้งอยู่บนผิวที่ไม่มีการดูดซึม โดยเอาด้านที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่กว่าอยู่ด้านล่าง

3.4.2.6 ทำการกระทุ้งตัวอย่างเบา ๆ 25 ครั้ง ด้วยโลหะกระทุ้ง แล้วค่อย ๆ ยกแบบขึ้นตรง ๆ

ถ้าตัวอย่างยังคงมีรูปลักษณะตามแบบ แสดงว่ายังคงมีน้ำที่ผิววัสดุอยู่ ให้ทำการตามข้อ 3.4.2.3 ถึง 3.4.2.6 ซ้ำใหม่จนกระทั่งเมื่อยกแบบออก ตัวอย่างวัสดุเริ่มทะลาย แสดงว่าตัวอย่างวัสดุที่กำลังเตรียมอยู่นี้อยู่ในสภาวะ Saturated Surface Dry

ถ้าตัวอย่างเริ่มทะลาย เมื่อทำการยกกรวยออกเป็นครั้งแรก แสดงว่าตัวอย่างนี้อาจแห้งเกินสภาพ Saturated Surface Dry ให้ทำการพรมน้ำลงไปอีกเล็กน้อยคลุกให้ทั่ว และทิ้งไว้ในภาชนะที่มีฝาปิดเป็นเวลาประมาณ 30 นาที จึงค่อยเริ่มทำการตามข้อ 3.4.2.3 ถึง 3.4.2.6 ต่อไปใหม่

3.4.3 <u>การทดลอง</u>

3.4.3.1 ชั่งน้ำหนักขวด Pycnometer เปล่าในอากาศ

3.4.3.2 นำตัวอย่างที่เตรียมไว้ประมาณ 500 กรัม ใส่ในขวดชั่งหาน้ำหนักจริงของตัวอย่างที่อยู่ในขวด Pycnometer แล้วเติมน้ำสะอาดจนได้ปริมาตรประมาณ 450 ml.

3.4.3.3 นำไปไล่ฟองอากาศออก โดยการแช่ในหม้อต้มน้ำเดือด ขณะต้มให้เขย่าและหมุนขวดเป็นพัก ๆ จนฟองอากาศถูกไล่ออกหมด

3.4.3.4 เติมน้ำลงในขวด Pycnometer จนระดับน้ำในขวดถึงเส้นยึดระดับน้ำ เช็ดบริเวณรอบขวดส่วนที่ไม่สัมผัสกับน้ำทั้งภายนอกและภายในขวดให้แห้งสนิท แล้วทำการชั่งน้ำหนัก พร้อมทั้งวัดอุณหภูมิของน้ำด้วย

3.4.3.5 เทตัวอย่างลงในขามอ่างด้วยความระมัดระวัง อย่าให้ส่วนของตัวอย่างหายไป นำไปเข้าเตาอบ อบให้แห้งที่อุณหภูมิ 110 $\pm$ 5^{o}C ปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิปกติ เป็นเวลา 1/2-1 ชั่วโมงครึ่ง ชั่งหาน้ำหนักตัวอย่างอบแห้ง

3.4.3.6 ทำการหาน้ำหนักขวด Pycnometer ที่มีน้ำจนถึงเส้นยึดระดับน้ำที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน แล้วสร้างเป็นกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ ระหว่างอุณหภูมิกับน้ำหนักของขวดที่มีน้ำถึงเส้นยึดระดับน้ำ กราฟนี้ใช้ประโยชน์ในการหาค่าน้ำหนักขวดที่บรรจุน้ำ จนถึงเส้นยึดระดับน้ำที่อุณหภูมิต่าง ๆ ได้

3.4.4 <u>การคำนวณ</u>

ความถ่วงจำเพาะรวม (Bulk Specific Gravity)

$$G_b = \frac{W_o}{W_{ss} + W_w - W_s}$$

W_o = น้ำหนักของตัวอย่างที่อบแห้งในอากาศ, กรัม

W_{ss} = น้ำหนักตัวอย่างในอากาศสภาพ Saturated Surface Dry,

W_w = น้ำหนักขวด Pycnometer+น้ำหนักน้ำถึงเส้นยึดระดับน้ำที่อุณหภูมิ T^{o}C, กรัม

W_s = น้ำหนักตัวอย่าง + น้ำหนักขวด Pycnometer+น้ำหนักน้ำถึงเส้นยึดระดับน้ำที่อุณหภูมิ T^{o}C, กรัม

3.4.5 <u>การคำนวณหาค่า ถ.พ. เฉลี่ยของมวลรวมคละ</u> (Specific Gravity of Combined Aggregates)

ความถ่วงจำเพาะเฉลี่ย, Gag

$$= \frac{100}{\frac{P_1}{G_1} + \frac{P_2}{G_2} + \frac{P_3}{G_3} \cdots\cdots}$$

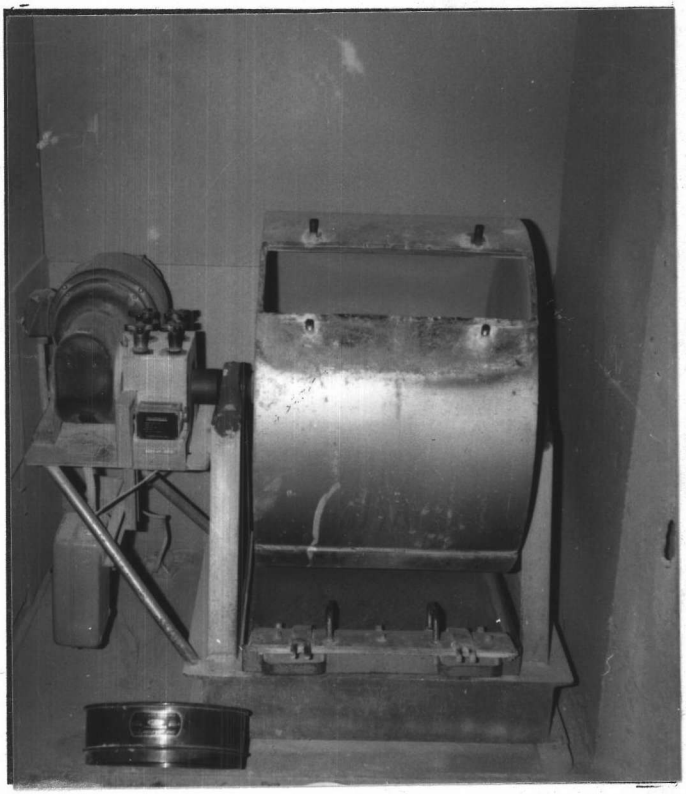
P_1, P_2, P_3 = ปริมาณสัดส่วนผสมคิดเป็น % โดยน้ำหนัก

G_1, G_2, G_3 = ค่า ถ.พ.ของมวลรวมแต่ละชนิดที่นำมาผสมกัน

3.5 <u>เครื่องมือและการทดลองหาความสึกหรอของมวลรวมหยาบ</u> (Abrasion Test)

3.5.1 <u>เครื่องมือ</u> ใช้ Los Angeles Abrasion Machine รูปที่ 3.7 ตัวเครื่องประกอบด้วยล้อเหล็กรูปทรงกระบอกกลวง เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 71.1 $\pm$ 0.5 ซม. ความยาวภายใน 50.8 $\pm$ 0.5 ซม. ล้อเหล็กทรงกระบอกกลวงนี้ติดอยู่กับเพลา และหมุนรอบ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.7 เครื่องมือทดลองวัดความลึกหรอของวัสดุ (Los Angeles Machine)

ตารางที่ 3.1

ขนาดและน้ำหนักของตัวอย่างแต่ละเกรดที่ใช้วัดความล็กหรอ

ขนาดตะแกรง		น้ำหนัก (กรัม) และเกรดของตัวอย่าง						
ผ่าน	ค้าง	A	B	C	D	E	F	G
3"	$2\frac{1}{2}$"					2500±50		
$2\frac{1}{2}$"	2"					2500±50		
2"	$1\frac{1}{2}$"					5000±50	5000±50	
$1\frac{1}{2}$"	1"	1250±25					5000±50	5000±50
1"	$\frac{3}{4}$"	1250±25						5000±50
$\frac{3}{4}$"	$\frac{1}{2}$"	1250±10	2500±10					
$\frac{1}{2}$"	$\frac{3}{8}$"	1250±10	2500±10					
$\frac{3}{8}$"	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
จำนวนรอบ		500				1000		

จำนวนลูกเหล็กที่ใช้กับตัวอย่างแต่ละเกรด

	เกรดตัวอย่าง						
	A	B	C	D	E	F	G
จำนวนลูกเหล็ก	12	11	8	6	12	12	12
น้ำหนักรวม (กรัม)	5000±25	4584±25	53330±20	2500±25	5000±25	5000±25	5000±25

หมายเหตุ ในการทดลองตัวอย่างใช้ เกรด B

แกนได้ในแนวนอน โดยใช้แรงหมุนจากมอเตอร์ มีช่องใส่วัสดุพร้อมฝาปิดมีเหล็กยางสูง 8.9 ± 0.2 ซม. ยาว 50.8 ± 0.5 ซม. ติดด้านใน วางตั้งในแนวรัศมีของล้อเหล็กทรง-กระบอก ความยาวของเส้นรอบวงภายนอก วัดในทิศทางที่ล้อเหล็กทรงกระบอกหมุนจากเหล็กขวางถึงช่องใส่วัสดุยาว 127 ซม.

ลูกเหล็ก (Abrasive Charge) ใส่ในล้อเหล็กเพื่อบดตัวอย่าง มีขนาดเส้นผ่าศูนย์-กลางประมาณ 4.7 ซม. แต่ละลูกหนักระหว่าง 390-445 กรัม จำนวนลูกเหล็กขึ้นอยู่กับเกรดของตัวอย่างดังแสดงในตารางที่ 3.1

3.5.2 <u>การเตรียมตัวอย่าง</u> นำตัวอย่างกรวดเม็ดดินเผาขนาดค้างบนตะแกรงมาตร-ฐาน (U.S. Standard) 1/2 นิ้ว และ 3/8 นิ้ว ล้างด้วยน้ำสะอาด แล้วอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 110 ± 5°C ทิ้งไว้ให้เย็นในอากาศ จากนั้นนำมารวมเข้าด้วยกัน ขนาดละ 2,500 กรัม ตามเกรด B ของตาราง 3.1

3.5.3 <u>การทดลอง</u> นำตัวอย่าง ที่เตรียมไว้เทลงในล้อเหล็กของเครื่องมือ พร้อมลูกเหล็ก 11 ลูก ตั้งเครื่องให้หมุน 500 รอบ เมื่อเครื่องเดินครบ เทตัวอย่างไปร่อนบนตะ-แกรงมาตรฐาน เบอร์ 12 นำตัวอย่างที่ค้างไปล้างด้วยน้ำสะอาดอย่างระมัดระวัง นำส่วนที่เหลือไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 110 ± 5°C ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่อบแห้ง

3.5.4 <u>การคำนวณ</u>

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

3.6 <u>เครื่องมือและการทดลองหาค่า Sand Equivalent</u> เป็นการทดลองเพื่อหาปริมาณสัด-ส่วนของฝุ่นหรือวัสดุประเภทเหมือนดินเหนียวในมวลรวมเรียงขนาด

3.6.1 <u>เครื่องมือ</u>

3.6.1.1 <u>กระบอกตวงพลาสติก</u> ซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 31.75 มม. ($1\frac{1}{4}$ นิ้ว) สูง 431.80 มม. (17 นิ้ว) และมียีดวัดแบ่งเป็น 15 ส่วน ส่วนละ 1 นิ้ว แต่ละส่วนแบ่งเป็น 10 ช่อง

3.6.1.2 <u>Irrigator Tube</u> (รูปที่ 3.8)

3.6.1.3 <u>Weighted Foot Assembly</u> ซึ่งประกอบด้วย Sand Reading Indicator ติดอยู่กับแกนห่างจากตัว Foot 254 มม. (10 นิ้ว) (รูปที่ 3.8)

3.6.1.4 Siphon Assembly ประกอบด้วยขวดแก้วความจุ 1 แกลลอน บรรจุด้วยสารละลาย Calcium Chloride ขวดแก้วให้ติดตั้งอยู่สูงจากโต๊ะที่ทำการทดลอง Sand Equivalent = 36 ± 1 นิ้ว

3.6.1.5 กระป๋องตวงตัวอย่าง ขนาด 85 ± 5 ml. (3 ออนซ์)

3.6.1.6 Mechanical Shaker มีประสิทธิภาพเขย่าได้ 175 ± 2 รอบต่อนาที และระยะทางเขย่าเท่ากับ 203 ± 1 มม. (8 ± 0.004 นิ้ว)

3.6.2 การเตรียมตัวอย่าง ทำการคลุกตัวอย่างที่ตากแห้งให้เข้ากันดี ใช้กระป๋องตวงตวงตัวอย่างมา 1 กระป๋อง ควรเคาะกระป๋องกับพื้นแข็ง ๆ เพื่อให้ได้ตัวอย่างบรรจุในกระป๋องมากที่สุด แล้วทำการปาดดินให้เสมอระดับปากกระป๋อง

3.6.3 การทดลอง

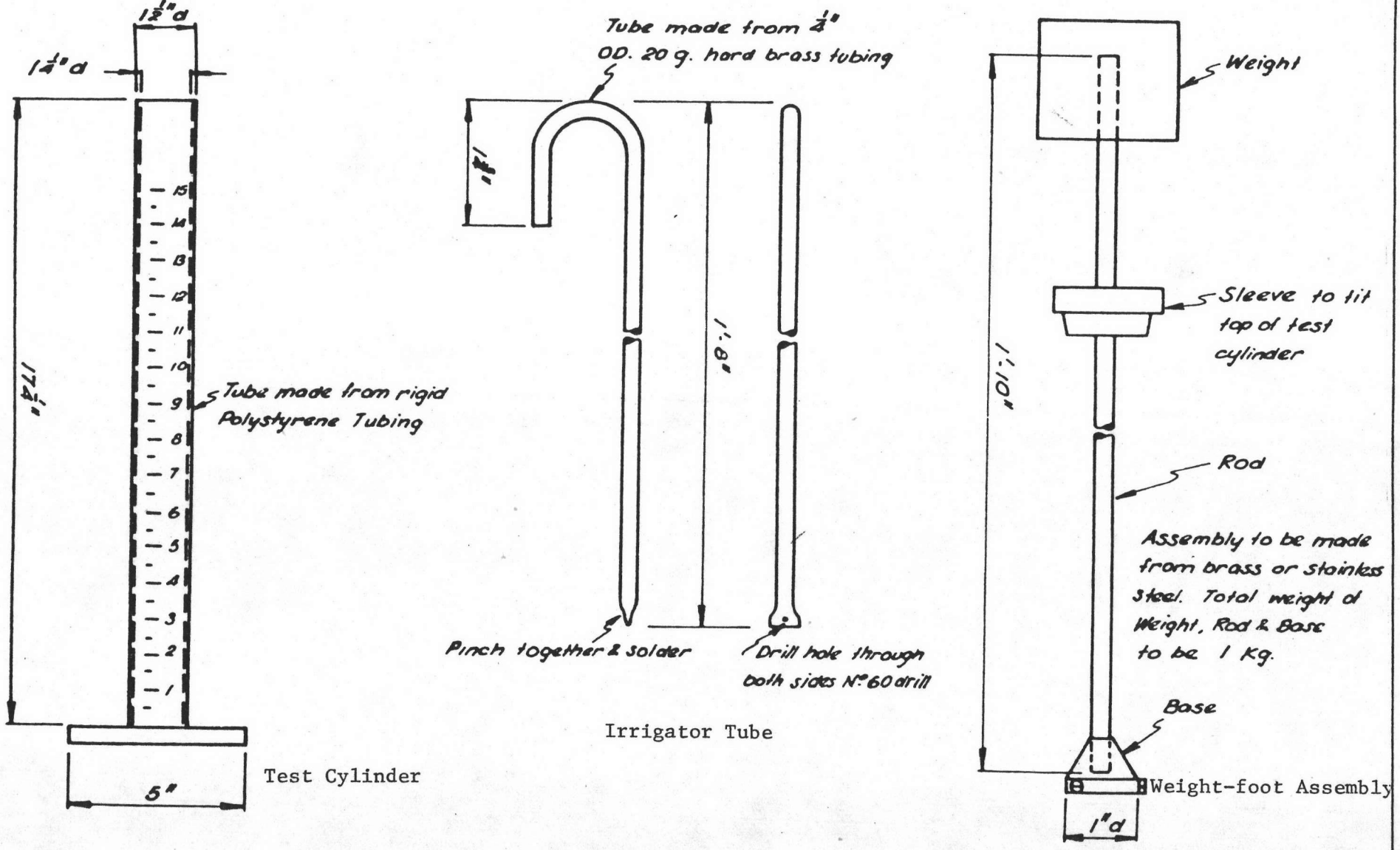
3.6.3.1 เติมสารละลาย Calcium Chloride ลงในกระบอกตวงให้สูง 4 ± 0.1 นิ้ว โดยผ่าน Irrigator Tube เทตัวอย่างลงในกระบอกตวงแล้วไล่ฟองอากาศโดยกระแทกกันกระบอกตวงด้วยฝ่ามือจนตัวอย่างเปียกโดยทั่วถึงกัน

3.6.3.2 ปล่อยให้ตัวอย่างแช่ทิ้งไว้โดยไม่ถูกรบกวนนาน 10 ± 1 นาที แล้วอุดปากกระบอกตวงด้วยจุกยาง พลิกกระบอกตวงคว่ำไปมา พร้อมทั้งเขย่าเพื่อป้องกันมิให้วัสดุตกค้างอยู่ที่ก้นกระบอกตวง

3.6.3.3 นำกระบอกตวงซึ่งอุดด้วยจุกยางไปเข้าเครื่อง Mechanical Shaker ตั้งเวลาให้เครื่องเขย่านาน 45 ± 1 วินาที

3.6.3.4 ตั้งกระบอกตวงที่เขย่าแล้วบนโต๊ะ เปิดจุกยางออกหย่อนปลาย Irrigator Tube ลงไปในกระบอกตวง เปิดให้สารละลายจากขวดแก้วไหลลงไป ล้างตัวอย่างที่ติดอยู่ตามผิวในของกระบอกตวงส่วนบนให้ลงไปรวมอยู่ข้างล่าง ค่อย ๆ หมุนดัน Irrigator Tube ผ่านชั้นตัวอย่างลงไปถึงก้นกระบอก โดยสารละลายยังคงไหลอยู่เรื่อย ๆ ส่วนละเอียดของตัวอย่างจะถูกไล่ให้ลอยตัวขึ้นมาเป็นของผสมอยู่เหนือพวกเม็ดหยาบค่อย ๆ ไล่และยก Irrigator Tube ขึ้นมาเรื่อย ๆ จนเมื่อยก Irrigator Tube ออกจากกระบอกตวง ระดับของผสมอยู่ที่ขีด 15 นิ้ว

3.6.3.5 ปล่อยกระบอกตวงทิ้งไว้โดยไม่ถูกรบกวนอีก 20 นาที จะเห็นชั้นของส่วนฝุ่นอยู่เหนือชั้นส่วนหยาบอย่างชัดเจน อ่านค่าระดับผิวบนของชั้นฝุ่นบนกระบอกตวง



รูปที่ 3.8 ชุดเครื่องมือทดลอง Sand Equivalent

i17388309

เป็นค่า "Clay Reading"

3.6.3.6 นำ Weight Foot Assembly ค่อย ๆ หย่อนลงไปในกระบอกตวง ไปวางบนขั้นล่วนหยาบ อ่านค่าบนกระบอกตวงตรงระดับบนสุดของ Indicator แล้วลบด้วย 10 จะได้ค่า "Sand Reading"

3.6.4 การคำนวณ

$$\text{ค่า Sand Equivalent, S.E.} = \frac{\text{Sand Reading}}{\text{Clay Reading}} \times 100\ \%$$

3.7 <u>เครื่องมือและการทดลองหาการหลุดลอก</u> (Stripping Value) วิธีการทดลองตามข้อกำหนดของ ASTM 1664-677 และภายหลังการทดลองได้ทำการตรวจสอบผลตามวิธีการแนะนำของ The Central Road Research Institute (CRRT), ประเทศอินเดีย ซึ่งได้รับการปรับปรุงมาจาก Transport and Road Research Laboratory (TRRL), ประเทศอังกฤษ

3.7.1 <u>เครื่องมือ</u>

3.7.1.1 <u>ขวดแก้ว Beaker</u> ขนาดความจุ 500 ml.

3.7.1.2 <u>เตาอบ</u> สามารถให้อุณหภูมิ สูงกว่า $60^{\circ}C$ และควบคุมอุณหภูมิได้

3.7.2 <u>การเตรียมตัวอย่าง</u> เตรียมตัวอย่างกรวดดินเผา ขนาดค้างบนตะแกรง-มาตรฐาน 3/8" ประมาณ 100 กรัม นำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 160 $\pm$ $5^{\circ}C$ ประมาณ 1 ชั่วโมง

3.7.3 <u>การทดลอง</u> นำตัวอย่างเข้าผสมกับแอสฟัลท์ซีเมนต์ (A.C. 80-100) 5 $\pm$ 0.2 % โดยน้ำหนักของตัวอย่าง อุณหภูมิในการผสม 145 $\pm$ $5^{\circ}C$ ผสมให้แอสฟัลท์เคลือบผิวจนทั่ว ทิ้งตัวอย่างให้เย็นลงตามอุณหภูมิปกติ แล้วนำไปแช่ในน้ำบริสุทธิ์ ในขวดแก้วให้ระดับน้ำท่วมผิวบนของตัวอย่าง ปรับอุณหภูมิของน้ำให้คงที่ $25^{\circ}C$ เป็นเวลา 16-18 ชั่วโมง พิจารณาการหลุดลอกของยางแอสฟัลท์ จากนั้นตรวจสอบผลการทดลองโดยเพิ่มอุณหภูมิของน้ำเป็น $60^{\circ}C$ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จึงนำตัวอย่างออกจากน้ำอย่างระมัดระวัง ทิ้งให้เย็นลง พิจารณาการหลุดลอกของยางแอสฟัลท์อีกครั้ง โดยให้ค่าผลการทดลองเป็นเปอร์เซ็นต์

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

ข้อกำหนดมาตรฐานของ ASTM 1664-677 กำหนดค่าหลุดลอกของยางแอสฟัลท์ไม่เกิน 5%

3.8 เครื่องมือและการทดลองหา Marshall Stability Test

3.8.1 เครื่องมือ

3.8.1.1 เตาอบที่สามารถให้อุณหภูมิสูงถึง 250°C สำหรับอบมวลรวมคละ

3.8.1.2 เตาแบบ Hot-plate ที่สามารถให้อุณหภูมิได้สูงถึง 200°C สำหรับให้ความร้อนแอสฟัลท์ และเครื่องมือที่ใช้ในการบดทับตัวอย่าง

3.8.1.3 อ่างต้มน้ำ (Boiling Water Bath) มีตะแกรงลวดสำหรับวางแอสฟัลท์ติดคอนกรีตที่บดทับแล้ว สามารถควบคุมอุณหภูมิตามต้องการได้

3.8.1.4 แท่นรอง (Compaction Pedestral) ประกอบด้วยฐานไม้ขนาดประมาณ 20x20x45 ซม. (8x8x18 นิ้ว) มีแผ่นโลหะขนาดประมาณ 30x30x2.5 ซม. (12x12x1 นิ้ว) ติดอยู่ที่ขอบบนของฐานไม้ ฐานไม้ควรเป็นไม้ที่มีความแน่นแห้ง

3.8.1.5 แบบสำหรับบดทับ (Compaction Mold) ประกอบด้วยแผ่นฐาน (Base Plate) แบบ (Mold) และปลอก (Collar Extension Mold) มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 10.16 ซม. (4 นิ้ว) สูง 7.62 ซม. (3 นิ้ว)

3.8.1.6 ฆ้อน (Compaction Hammer) ประกอบด้วยแผ่นเหล็กกลมหนา 1.27 ซม. (0.5 นิ้ว) มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 9.842 ซม. (3.875 นิ้ว) ติดกับก้านเหล็กซึ่งมีแท่งเหล็กหนัก 4.45 กก. (10 ปอนด์) สำหรับทิ้งน้ำหนักบนแผ่นเหล็กกลม ในขณะทำการบดทับให้มีระยะตกของแท่งเหล็กเท่ากับ 45.72 ซม. (18 นิ้ว)

3.8.1.7 เครื่องทดลอง Marshall (Marshall Testing Machine) ใช้สำหรับทดสอบหาค่า Stability เป็นเครื่องกดที่สามารถรับแรงกดไม่ไม่น้อยกว่า 2730 กก. (6,000 ปอนด์) เป็นแบบขุดด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า อัตราเร็วของมอเตอร์ที่หมุนขุดต้องทำให้ฐานหรือท่อนกดเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 5 ซม. ต่อนาที (ประมาณ 2 นิ้วต่อนาที) เครื่องกดนี้จะต้องมี Proving Ring อ่านค่าแรงกด รูปที่ 3.9

3.8.1.8 เครื่องวัด Flow (Flow Meter) สำหรับทดลองหาค่า Flow ของตัวอย่างระหว่างกดอ่านค่าได้เป็น 1/100 นิ้ว

3.8.2 การเตรียมตัวอย่าง

3.8.2.1 นำวัสดุมวลรวมทั้งหมดมาผสมให้ได้มวลรวมคละตามอัตราส่วน

ผสมที่ได้ออกแบบไว้ (ข้อ 4.2) ให้ได้น้ำหนัก 900 กรัม (เมื่อบดทับแล้วตัวอย่างจะหนาประมาณ 6.13 ซม.) ใส่ในภาชนะโลหะ ไปอบในเตาอบให้ได้อุณหภูมิถึง 180 $\pm 5^{\circ}C$

3.8.2.2 นำแบบสำหรับบดทับและฆ้อนไปวางบน Hot Plate ที่มีอุณหภูมิระหว่าง 90-150$^{\circ}C$

3.8.2.3 นำวัสดุแอสฟัลท์ที่จะใช้ผสมไปให้ความร้อนจนมีอุณหภูมิที่ทำให้ยางแอสฟัลท์ มีค่าความหนืด (Viscosity) เท่ากับ 85 $\pm$ 10 Second Saybolt Furol ในที่นี้ใช้ยางแอสฟัลท์ A.C. 80-100 ต้องให้ความร้อนถึง 145 $\pm 5^{\circ}C$

3.8.3 <u>การทดลอง</u>

3.8.3.1 การตำตัวอย่างแอสฟัลท์ติดคอนกรีต นำตัวอย่างออกจากเตาอบ เทลงในภาชนะโลหะสำหรับผสมวัสดุมวลรวมคละกับยางแอสฟัลท์ ใช้เกรียงเกลี่ยตรงกลางวัสดุให้เป็นแอ่ง แล้วเทแอสฟัลท์ลงในแอ่งตามปริมาณที่ต้องการ จากนั้นกวนผสมวัสดุมวลรวมคละกับยางแอสฟัลท์เข้าด้วยกันโดยเร็วที่สุด โดยปกติประมาณ 1 นาที พยายามให้ยางแอสฟัลท์เคลือบผิววัสดุทุกเม็ด ในขณะที่ทำการกวนผสมต้องให้ความร้อนภาชนะโลหะโดยตั้งบน Hot Plate เทตัวอย่างที่ผสมแล้วลงในแบบที่ประกอบแล้ว ใช้เกรียงแซะรอบ ๆ ตัวอย่างด้านในแบบประมาณ 15 ครั้ง และแซะเข้าในตัวอย่างอีก 10 ครั้ง ทิ้งไว้ให้อุณหภูมิของตัวอย่างลดลงถึงอุณหภูมิที่แอสฟัลท์มีความหนืด (Viscosity) เท่ากับ 140 $\pm$ 15 Second Saybolt Furol ซึ่งในที่นี้เท่ากับอุณหภูมิ 140 $\pm 5^{\circ}C$ติดตั้งฆ้อนลงบนตัวอย่างในแบบแล้วทำการบดทับ โดยให้น้ำหนักฆ้อนตกลงบนแผ่นเหล็กจำนวน 75 ครั้ง ซึ่งสามารถเทียบเท่ากับความกดของน้ำหนักล้อระถ 200 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เมื่อครบจำนวนบดทับแล้ว ทำการกลับตัวอย่าง แล้วทำการบดทับเช่นเดิมอีกเที่ยวหนึ่ง ทิ้งตัวอย่างที่บดทับแล้วไว้ในแบบจนอุณหภูมิ ลดลงต่ำกว่า 60$^{\circ}C$ จึงนำตัวอย่างออกจากแบบได้ ทิ้งตัวอย่างไว้ในอากาศธรรมดาไม่น้อยกว่า 16 ชั่วโมง จึงนำไปทดลองขั้นต่อไป

3.8.3.2 หาค่าความหนาแน่นของตัวอย่าง โดยนำตัวอย่างไปชั่งหาน้ำหนักแห้งในอากาศ จากนั้นนำไปแช่น้ำประมาณ 5 นาที เช็ดตัวอย่างให้ผิวแห้ง แล้วชั่งหาน้ำหนัก Saturated Surface Dry จากนั้นนำไปชั่งหาน้ำหนักตัวอย่างในน้ำ

3.8.3.3 หาค่า Stability และ Flow Value นำตัวอย่างที่ผ่านข้อ 3.8.3.2 ไปแช่ในอ่างต้มน้ำที่อุณหภูมิ 60 $\pm 1^{\circ}C$ เป็นเวลา 30 นาที เมื่อครบกำหนดนำตัวอย่างขึ้นจากอ่างต้มน้ำ เช็ดผิวให้แห้งแล้วนำไปใส่ในแบบทดลอง Stability เพื่อไป

กดหาค่า Stability และค่า Flow นำไปวางบนเครื่องทดลอง Marshall ให้แบบทดลองอยู่ใต้ท่อน Piston ซึ่งติดอยู่กับ Proving Ring จากนั้นเดินเครื่องให้แบบทดลองเคลื่อนไปสัมผัสกับท่อนกด จนกระทั่ง เข็มของ Dial Gauge ที่ติดกับ Proving Ring ขยับตัว จึงหยุดเครื่องตั้งเข็มไว้ที่เลข 0 แล้วนำเครื่องวัด Flow ไปวางบนแกนที่สำหรับทดลองหาค่า Flow ซึ่งติดอยู่กับแบบทดลอง Stability โดยตั้งเข็มสำหรับวัดค่า Flow ที่เลข 0 เช่นกัน จากนั้นเดินเครื่องให้ท่อนกดกดตัวอย่าง คอยอ่านค่าน้ำหนักกดสูงสุด และค่า Flow ที่ตรงกับค่าน้ำหนักกดสูงสุดนั้น ค่าน้ำหนักกดสูงสุดที่ได้นี้จะต้องนำมาปรับแก้ (adjust) ให้เทียบเท่ากับตัวอย่างมาตรฐานที่มีความหนา 6.35 ซม. หรือ 2.5 นิ้ว ตามตารางที่ 3.2

3.8.4 การคำนวณ

$$\text{Effective A.C. by Weight of Mix, } b_1 = b - \frac{x(100-b)}{100}$$

$$\text{Bulk Specific Gravity of Specimen, } g = \frac{d}{d_1 - e}$$

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

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

$$\%\text{Air Voids} = 100-i-j$$

$$\text{V.M.A.} = 100-j$$

$$\text{Void Filled with Bitumen (V.M.A.F.)} = 100 \frac{i}{j}$$

b = %A.C. by Weight of Mix

x = Asphalt Lost by Absorption (1 kg of A.C./100 kg of Agg.)

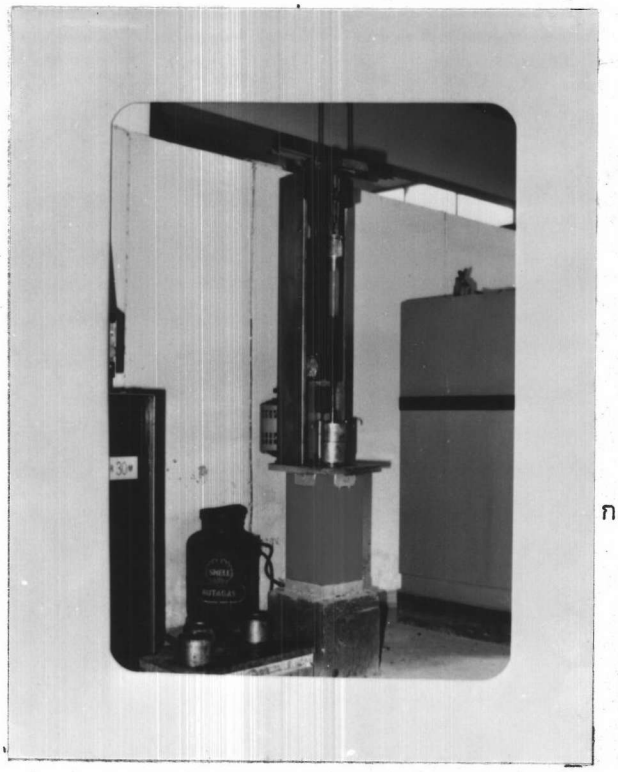
d_1 = Saturated Surface Dry Weight of Specimen (gm)

d = Wt of Specimen in Air (gm)

e = Wt of Specimen Immersed in Water (gm)

Gac = Bulk Specific Gravity of A.C.

Gag = Bulk Specific Gravity of Blend Agg.



ก. Hot Plate และเครื่องบดอัดตัวอย่าง

ข. เครื่องทดลอง Marshall และอ่างต้มน้ำ

รูปที่ 3.9 เครื่องมือ Marshall Stability Test

ปริมาตรของก้อนตัวอย่าง ลบ.ซม.	ความหนาโดยประมาณของก้อนตัวอย่าง นิ้ว	Correlation Ratio
200 - 213	1	5.56
214 - 225	1-1/16	5.00
226 - 237	1-1/8	4.55
238 - 250	1-3/16	4.17
251 - 264	1-1/4	3.85
265 - 276	1-5/16	3.57
277 - 289	1-3/8	3.33
290 - 301	1-7/16	3.03
302 - 316	1-1/2	2.78
317 - 328	1-9/16	2.50
329 - 340	1-5/8	2.27
341 - 353	1-11/16	2.08
354 - 367	1-3/4	1.92
368 - 379	1-13/16	1.79
380 - 392	1-7/8	1.67
393 - 405	1-15/16	1.56
406 - 420	2	1.47
421 - 431	2-1/16	1.39
432 - 443	2-1/8	1.32
444 - 456	2-3/16	1.25
457 - 470	2-1/4	1.19
471 - 482	2-5/16	1.14
483 - 495	2-3/8	1.09
496 - 508	2-7/16	1.04
509 - 522	2-1/2	1.00
523 - 535	2-9/16	0.96
536 - 546	2-5/8	0.93
547 - 559	2-11/16	0.89
560 - 573	2-3/4	0.86
574 - 585	2-13/16	0.83
586 - 598	2-7/8	0.81
599 - 610	2-15/16	0.78
611 - 625	3	0.76

หมายเหตุ 1. ค่าเสถียรภาพของก้อนตัวอย่างจากการทดลองคูณด้วยค่า Correlation Ratio ตามขนาดความหนาของตัวอย่าง เพื่อปรับให้เป็นค่าเสถียรภาพของก้อนตัวอย่าง 2.5 นิ้ว

2. ความหนาของก้อนตัวอย่างเมื่อเทียบจากปริมาตร ให้คิดจากก้อนตัวอย่างที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว

ตารางที่ 3.2 Stability Correlation Ratio

3.9 เครื่องมือและการทดลองหาค่าการดูดซึมยางแอสฟัลท์ (Asphalt Absorption Test)

ในการนี้จะใช้วิธีการทางอ้อมโดยหาค่า ทฤษฎีความถ่วงจำเพาะก่อน แล้วจึงนำไปคำนวณหาค่าการดูดซึมภายหลัง AASHO T 209-74(1978), ASTM D2041-71(1976)

3.9.1 เครื่องมือ

3.9.1.1 ขวด Flask ชนิดปากกรวยมีฝาจุกยาง ที่คอขวดมีท่อสำหรับดูดอากาศออกได้ ขนาดความจุ 500 ml.

3.9.1.2 เครื่องชั่งให้ความละเอียด 0.01 กรัม ชั่งได้หนักไม่น้อยกว่า 500 กรัม และชั่งตัวอย่างในน้ำได้

3.9.1.3 เครื่องปั๊มดูดอากาศ ให้ความดันได้ต่ำกว่าความสูง 30 มม. ของปรอท

3.9.2 การเตรียมตัวอย่าง นำส่วนผสมมวลรวมคละตามอัตราส่วนที่ใช้ทดลอง Marshall Stability Test (ข้อ 4.2) ประมาณ 500 กรัม ไปอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 180 $\pm$ 5^{o}C

3.9.3 การทดลอง

3.9.3.1 นำตัวอย่างจากเตาอบมาผสมกับยางแอสฟัลท์ ใช้ปริมาณยางแอสฟัลท์ 6.0 $\pm$ 0.2 % โดยน้ำหนักทั้งหมดของตัวอย่าง อุณหภูมิการผสม 145 $\pm$ 5^{o}C ผสมให้แอสฟัลท์เคลือบผิวจนทั่ว จากนั้นทิ้งตัวอย่างให้เย็นลงตามอุณหภูมิตามปกติ

3.9.3.2 ทำการแยกแอสฟัลท์ติดคอนกรีตที่ติดกันเป็นก้อนออกจากกันจนเหลือขนาดไม่เกิน 1/4 นิ้ว (6.4 มม.) นำตัวอย่างใส่ลงในขวด Flask ซึ่งได้ชั่งน้ำหนักขวดเปล่าไว้แล้ว นำไปชั่งหาน้ำหนักตัวอย่างสุทธิในอากาศ

3.9.3.3 เติมน้ำลงในขวด Flask จนท่วมตัวอย่าง แล้วทำการดูดอากาศออกด้วยปั๊มเป็นเวลา 15 $\pm$ 2 นาที ในระหว่างทำการดูดอากาศให้เขย่าขวดเป็นระยะ ๆ ประมาณช่วงละ 2 นาทีต่อครั้ง

3.9.3.4 นำตัวอย่างที่ไล่ฟองอากาศออกแล้วไปชั่งหาน้ำหนักตัวอย่างพร้อมขวด Flask ในน้ำ โดยปล่อยทิ้งไว้ในน้ำเป็นเวลา 10 $\pm$ 1 นาที ก่อนที่จะผ่านค่าน้ำหนัก

3.9.3.5 ทำการหาน้ำหนักขวด Flask เปล่าในน้ำ โดยปล่อยทิ้งไว้ในน้ำเป็นเวลา 10 $\pm$ 1 นาที ก่อนที่จะอ่านค่าน้ำหนัก

3.9.3.6 เนื่องจากถรวดดินเป็นวัสดุพรุน ดังนั้นถ้ายางแอสฟัลท์เคลือบผิวตัวอย่างไม่ทั่วแล้วก็จะเกิดการดูดซึมน้ำได้ อีกประการหนึ่ง ขณะทำการดูดอากาศด้วยปั๊มนั้น แรงดูดอากาศอาจจะดูดเอาผิวยางแอสฟัลท์ที่เคลือบผิวตัวอย่างบาง ๆ หลุดร่อนได้ ทำให้ตัวอย่างเกิดการดูดน้ำเข้าไป ค่าที่ได้จึงมีโอกาสผิดพลาดมาก จึงต้องหาน้ำหนักของตัวอย่างในสภาพ Saturated Surface Dry ตามคำแนะนำของ AASHO Designation T 209-74 (1978) ดังนี้

3.9.3.7 นำตัวอย่างหลังจากชั่งน้ำหนักในน้ำแล้วมาแผ่และเกลี่ยตัวอย่างเป็นระยะ ๆ เพื่อให้ความชื้นที่ผิวตัวอย่างระเหยไปหรืออาจใช้พัดลมช่วยเป่าไล่ความชื้นที่ผิวก็ได้ ให้ชั่งน้ำหนักตัวอย่างนี้ทุก ๆ 15 นาที เมื่อน้ำหนักของตัวอย่างหายไปน้อยกว่า 0.5 กรัม ในช่วง 15 นาที แสดงว่า ตัวอย่างอยู่ในสภาพ Saturated Surface Dry ในการทำนี้จะต้องระมัดระวังการสูญหายของตัวอย่าง

3.9.4 <u>การคำนวณ</u>

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

(Theoretical Maximum Specific Gravity)

ค่าความถ่วงจำเพาะจริง , $G_v = \frac{100 - A_{ac}}{\frac{100}{G_m} - \frac{A_{ac}}{G_{ac}}}$

(Virtual Specific Gravity)

% การดูดซึมยางแอสฟัลท์ , $x = 100 \times \frac{Gv - Gag}{Gv \times Gag} \times Gac$

A = น้ำหนักตัวอย่างในอากาศ, กรัม

B = น้ำหนักตัวอย่างในอากาศในสภาพ Saturated Surface Dry, กรัม

D = น้ำหนักขวดแก้วในน้ำ, กรัม

E = น้ำหนักขวดแก้ว + น้ำหนักตัวอย่างในน้ำ, กรัม

A_{ac} = % ยางแอสฟัลท์ต่อน้ำหนักทั้งหมด

G_{ag} = ความถ่วงจำเพาะของมวลรวมคละ

G_{ac} = ความถ่วงจำเพาะของยางแอสฟัลท์ = 1.02

3.10 <u>การวัดค่าความลึกผิวของผิวทาง</u> (Surface Texture Depth Measurement)

ในการวัดค่าความลึกผิวของผิวทาง ใช้วิธี Sand Patch Method เป็นวิธีที่ใช้ทรายลงไปแทนที่ช่องซึ่งปรากฏอยู่บนผิว ทรายที่ใช้เป็นทรายแม่น้ำธรรมชาติที่ถูกคัดเอาเฉพาะทรายส่วนที่ผ่านตะแกรงร่อนมาตรฐานเบอร์ 20 และค้างอยู่บนตะแกรงร่อนมาตรฐานเบอร์ 40 ทำการหาค่าหน่วยน้ำหนักเฉลี่ย (Average Unit Weight) ของทรายที่คัดนี้ โดยใช้กระบอกตวงที่รู้ปริมาตรตวงทราย แล้วชั่งน้ำหนัก ทำซ้ำกันหลาย ๆ ครั้งเพื่อหาค่าหน่วยน้ำหนักเฉลี่ย การดำเนินการวัดค่าความลึกผิว ให้เขียนวงกลมบนผิวโดยมีรัศมีวงกลม 30 ซม. เททรายจากถุงซึ่งมีทรายบรรจุอยู่ 300 กรัม ค่อย ๆ เทลงบนผิวแล้วทำการปาดทรายให้กระจายทั่วพื้นผิวภายในวงกลม ทำการปรับระดับผิวทรายให้เรียบ เก็บทรายส่วนที่เหลือเพื่อนำไปหาน้ำหนักของทรายที่แทรกตัวอยู่ตามร่องผิว ดูรูปที่ 3.10

การคำนวณค่าความลึกผิวเฉลี่ย

$$\text{ปริมาตรของทรายที่แทรกตัวในร่องผิว} = \frac{\text{น้ำหนักทรายบนผิว}}{\text{หน่วยน้ำหนักของทราย}}$$

$$\text{ความลึกผิวเฉลี่ย} = \frac{\text{ปริมาตรของทราย}}{\text{พื้นที่วงกลม}}$$

3.11 <u>เครื่องมือที่ใช้วัดความหนาของฟิล์มน้ำบนผิวทาง</u> (Water Film Thickness Measurement)

การวัดความหนาของฟิล์มน้ำบนผิวทางใช้เครื่องมือ Nasa Water Film Depth Gage ดูรูปที่ 3.11 โครงสร้างของเครื่องมือประกอบด้วยแผ่นไฟเบอร์กลาส์สีดำ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 นิ้ว หนา 1/2 นิ้ว มีรูเจาะขนาด 0.5 นิ้ว โดยรอบพร้อมตัวเลขกำกับ ซึ่งแสดงค่าความหนาของฟิล์มน้ำบนผิวมีหน่วยเป็นนิ้ว ในรูมีแท่งพลาสติคใสล่อดอยู่ ที่ปลายของพลาสติกด้านล่างจะถูกเจาะเป็นร่องรูปกรวย แท่งพลาสติกใสในแต่ละรูจะมีความยาวแตกต่างกัน เพื่อวัดความห่างของปลายแท่งพลาสติกใสจากระนาบผิว โดยมีแท่งเหล็กอยู่ 3 แท่ง ขนาดยาวเท่ากัน เป็นตัวบังคับระนาบอ้างอิงจากผิว ถ้านำแท่งพลาสติกใสโดยรอบเส้นรอบวงมาจัดเรียงในแนวยาวจะได้ดังรูปที่ 3.12

สำหรับการอ่านค่าความหนาของฟิล์มน้ำ อ่านจากด้านบนและอ่านจากค่าต่ำไปหาค่าสูง โดยดูจากการเต็มของน้ำในร่องกรวยของพลาสติกใส่แต่ละแท่ง ค่าที่อ่านได้มากที่สุดที่น้ำเต็มร่องกรวยของพลาสติกใส่ คือ ค่าความหนาของฟิล์มน้ำบนผิวในขณะนั้น

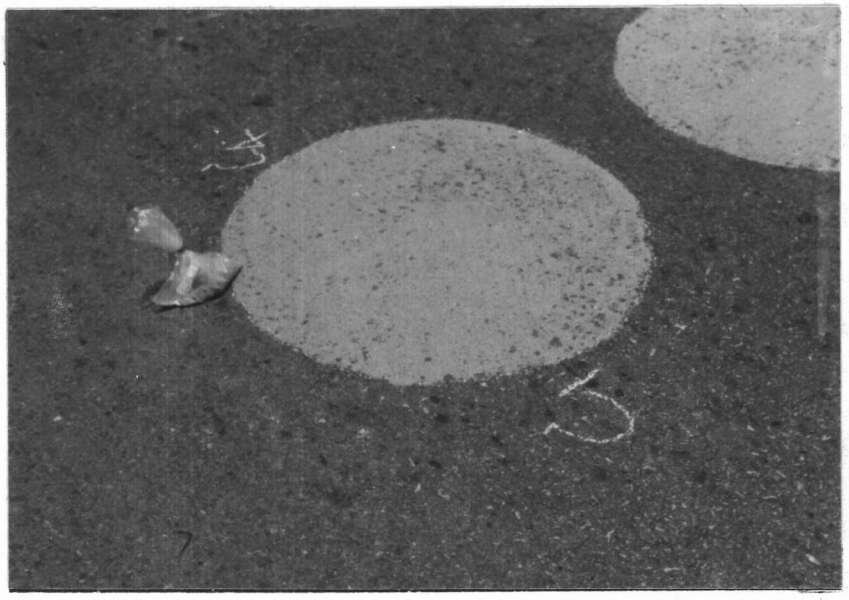
3.12 <u>เครื่องวัดความต้านทานการลื่นไถล</u> (British Portable Skid Resistance Testes) หรือเรียกโดยย่อว่า British Portable Tester (รูปที่ 3.13) ตัวเครื่องประกอบด้วยฐานรับเครื่องรูปตัวที แต่ละขาเป็นสกรู ปรับให้สูงต่ำได้ มีระดับน้ำติดที่โคนขาข้างหนึ่ง เพื่อปรับให้เสาเครื่องอยู่ในแนวดิ่ง เสาเครื่องเป็นเสากลมกลวง ตั้งอยู่บนฐานรูปตัวทีและเป็นรางให้แผ่นดัชนี และแขนแกว่งเลื่อนขึ้นลงได้ แขนแกว่งประกอบด้วยก้านอลูมิเนียม และลูกตุ้มที่ปลายแขน ภายในลูกตุ้มเป็นแผ่นยาง (Sliding Rubber) ซึ่งติดอยู่ก้านสปริง มีคันโยกก้านสปริงเพื่อให้แผ่นยางยกขึ้นพ้นตัวอย่างเมื่อแกว่งกลับ แกนแกว่งจับติดกับไกปล่อย ซึ่งเมื่อกดไก แขนแกว่งจะตกลง และแผ่นยางจะปาดหน้าวัสดุตัวอย่าง ขณะเดียวกันจะพาเข็มชี้ไปยังขีดแบ่งบนแผ่นดัชนีอลูมิเนียม แขนแกว่งและแผ่นดัชนี ปรับให้เคลื่อนขึ้นลงพร้อมกันได้ เพื่อให้แผ่นยางปาดหน้าตัวอย่างเป็นระยะ 7.6 $\pm$ 0.1 ซม. ความยาวจากจุดหมุนของแขนแกว่งถึงแผ่นยางยาว 50 ซม. น้ำหนักแขวนแกว่งรวมลูกตุ้ม และแผ่นยางหนึก 1.50 $\pm$ 0.03 กก. จุดศูนย์ถ่วงห่างจากจุดหมุน 40.5 $\pm$ 0.5 ซม. แผ่นยางลีดำรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส กว้าง 3.1 ซม. หนา 0.6 ซม. ยึดติดกับแผ่นอลูมิเนียม มีรูเสียบติดกับก้านสปริง น้ำหนักยางรวมแผ่นโลหะหนัก 22 $\pm$ 5 กรัม ทำมุม 25 กับแนวราบ เมื่อแขนแกว่งอยู่ตำแหน่งต่ำสุดในการทดลองแผ่นยางต้องมีอายุอย่างน้อย 6 เดือน และมีคุณสมบัติตามตารางที่ 3.3 แผ่นดัชนี เป็นแผ่นอลูมิเนียม รูปเลี้ยววงกลม มีขีดแบ่งจาก 0 (บน) ถึง 150 (ล่าง)

อุณหภูมิมีผลต่อคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของแผ่นยาง เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น คุณสมบัติ Resilience ของแผ่นยางจะเพิ่มขึ้น (hysteresis losses ลดลง) (ดังตารางที่ 3.3) ค่าความต้านทานการลื่นไถลจะต่ำลง ดังนั้นเพื่อปรับค่าความต้านทานการลื่นไถลที่วัดด้วยเครื่องมือชนิดนี้ไปเป็นค่ามาตรฐาน จะต้องวัดอุณหภูมิขณะทำการวัดค่าความต้านทานการลื่นไถล นำค่าที่วัดได้ไปปรับให้เป็นค่าที่อุณหภูมิ 20^{o}C โดยใช้กราฟสัมพันธ์ตามรูปที่ 3.14

คุณสมบัติ	อุณหภูมิ ^{o}C				
	0	10	20	30	40
Resilience %	42-47	55-62	61-68	64-71	66-78
ความแข็ง	55 $\pm$ 5 BS degree				

ตารางที่ 3.3 คุณสมบัติของแผ่นยางใช้ทดลองกับ British Portable Tester

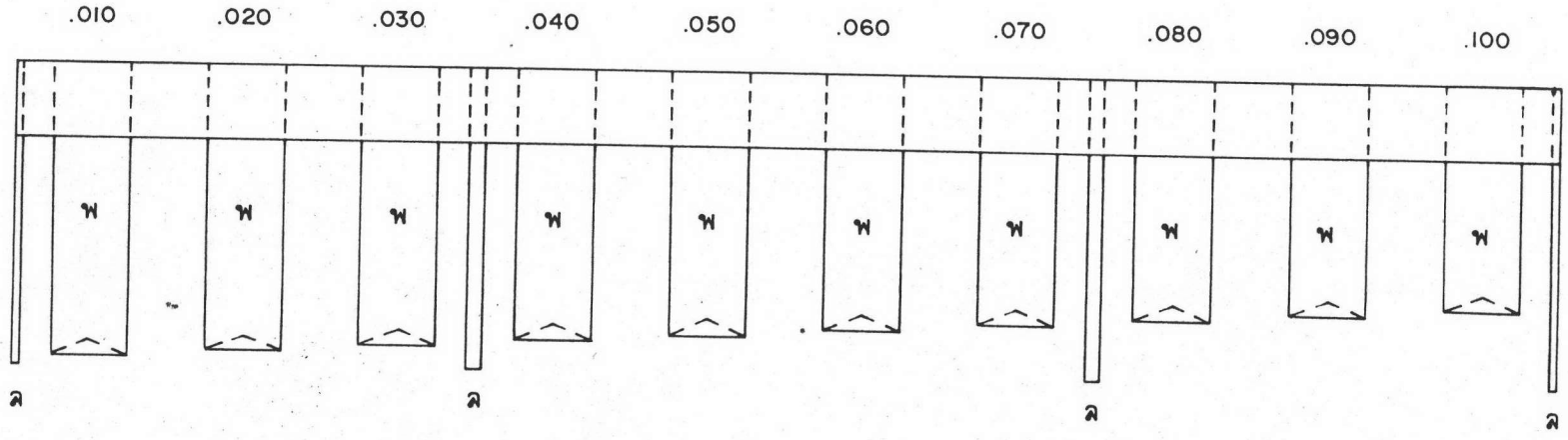
หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



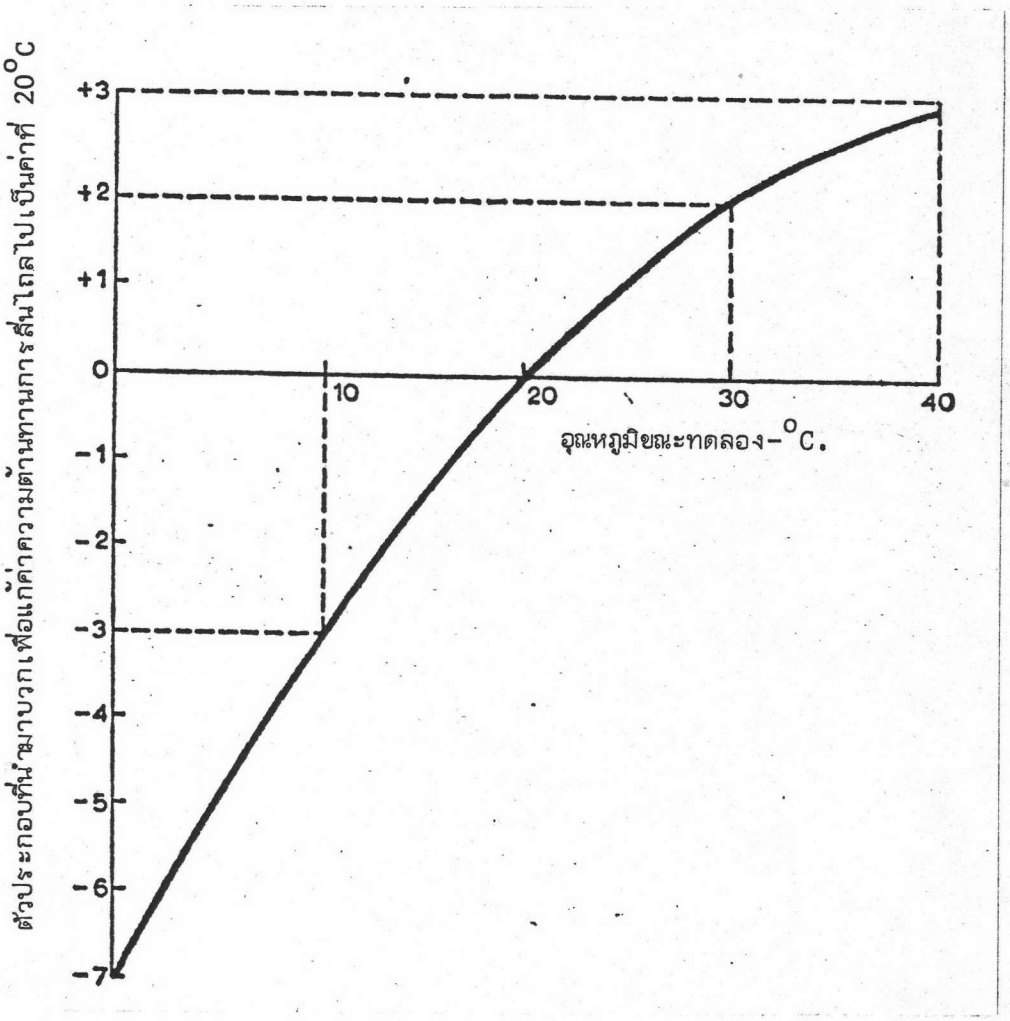
รูปที่ 3.10 แสดงการหาความลึกผิวโดย Sand Patch Method

รูปที่ 3.11 เครื่องมือวัดความหนาของฟิล์มน้ำบนผิวทาง

รูปที่ 3.13 เครื่อง British Portable Tester



รูป 3.12 แสดงการจัดเรียงของแท่งพลาสติคใสในแนวยาว



รูปที่ 3.14 แนะนำการปรับแก้ค่าความต้านทานการลื่นไถลที่เกิดจากอุณหภูมิที่ทำให้คุณสมบัติ Resilience ของยาง Slider เปลี่ยนแปลง