

ผลการทดลองและวิเคราะห์

5.1 ผลการศึกษาในห้องทดลอง

5.1.1 ค่าความถ่วงจำเพาะของมวลรวม ขนาดของกรวดดินเผาที่ทำการผลิต มี 3 ขนาดด้วยกัน คือ $\frac{3}{4}$ นิ้ว, $\frac{1}{2}$ นิ้ว และ $\frac{3}{8}$ นิ้ว ผลการทดลองค่าความถ่วงจำเพาะของมวลรวมกรวดดินเผา ทราบ และหินฝุ่น แสดงไว้ในตารางที่ 5.1

วัสดุ มวลรวม	กรวดดินเผา			ทราย	หินฝุ่น
	$\frac{3}{4}$ "	$\frac{1}{2}$ "	$\frac{3}{8}$ "		
ถ.พ.	1.5986	1.6092	1.6018	2.590	2.662

ตารางที่ 5.1 ค่าความถ่วงจำเพาะของวัสดุมวลรวม

กรวดดินเผาที่มีค่าความถ่วงจำเพาะต่ำกว่าทรายและหินฝุ่นมาก อธิบายได้ว่า กรวดดินเผาเมื่อถูกเผาด้วยอุณหภูมิสูง ๆ (ในที่นี้เผาที่อุณหภูมิ 1000 °C) ก๊าซพวกไฮโดรอกไซด์ของน้ำ และก๊าซบางอย่างที่เกิดจากการสลายตัวหรือเกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีของแร่บางชนิดในดิน จะเริ่มระเหยออกไป ขณะเดียวกันผิวนอกของกรวดดินเผาจะเริ่มเปลี่ยนแปลงกลายเป็นวัสดุโปร่งใส และจะทำหน้าที่กักก๊าซดังกล่าวไม่ให้ผ่นออกไปสู่อากาศ ทำให้กรวดดินเผาเกิดการขยายตัวมีปริมาตรเพิ่มขึ้น โพร่งของก๊าซดังกล่าว ทำให้เนื้อของกรวดดินเผามีลักษณะพรุน และมีน้ำหนักเบา จึงทำให้กรวดดินเผาที่มีค่าความถ่วงจำเพาะต่ำ

5.1.2 ค่าการสึกหรอของมวลรวม วัสดุที่ใช้ทำการทดลอง ได้แก่ กรวดดินเผา ขนาดข้างบนตะแกรง $\frac{1}{2}$ นิ้ว และ $\frac{3}{8}$ นิ้ว ผลการทดลองได้ค่าความสึกหรอเท่ากับ 28.5% ต่ำกว่า 40% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของ AASHO T96-70 อธิบายได้ว่า กรวดดินเผา ขณะถูกเผาที่อุณหภูมิสูง ๆ โครงสร้างภายในกรวดดินจะเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นโครงสร้างผลึกใหม่เนื้อใส ซึ่งเกิดจากการรวมตัวกันของส่วนประกอบออกไซด์ (Oxide) ของธาตุต่าง ๆ ในดิน ทำให้กรวดดินเผามีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น ปริมาณโครงสร้างผลึกใหม่เนื้อ

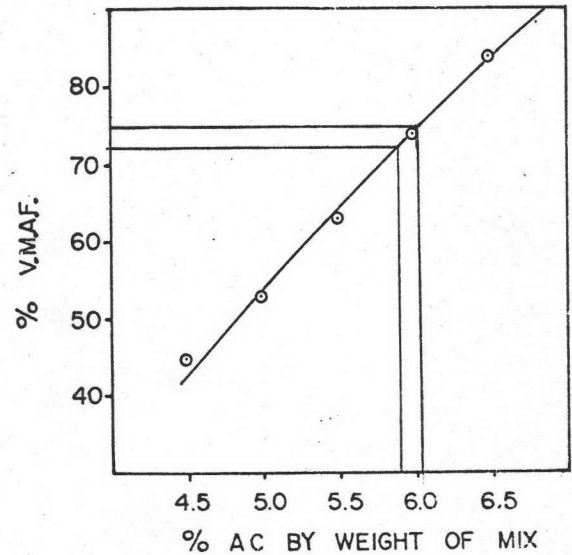
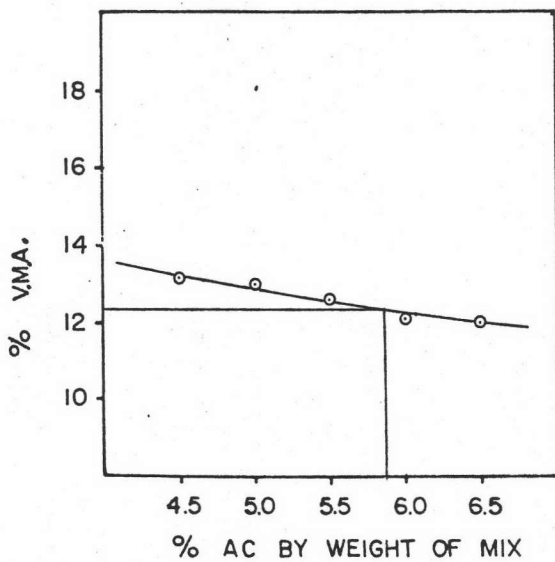
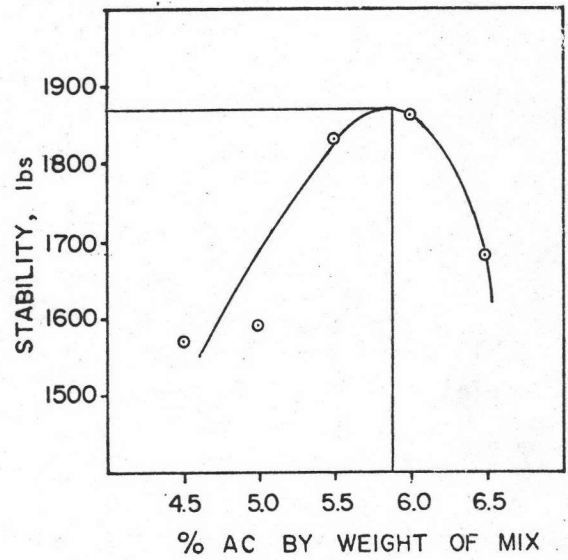
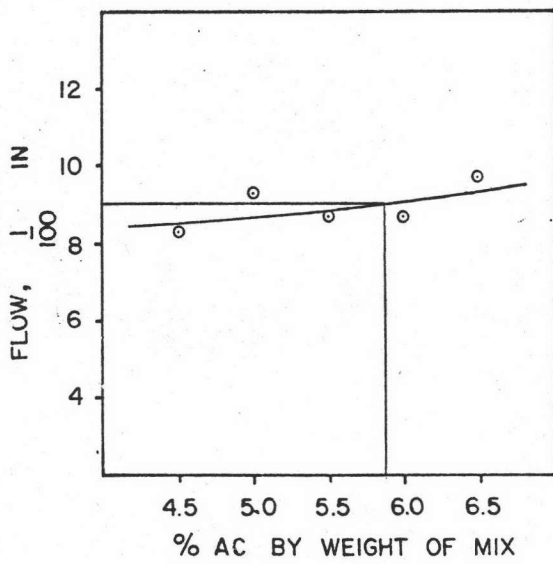
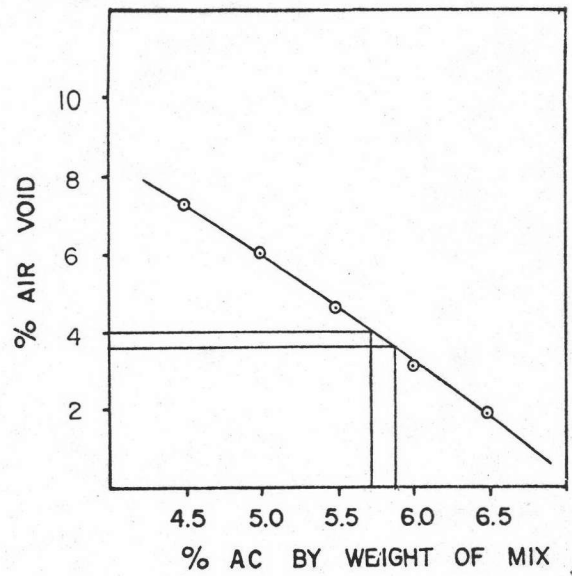
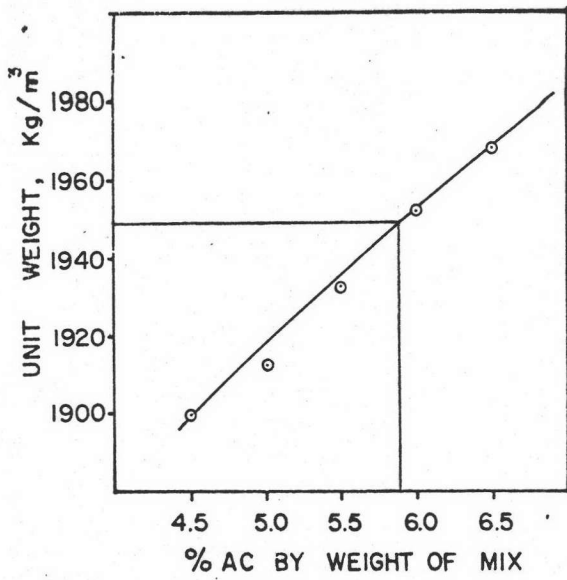
Trial Mix Series: 15:7:18:31:29
 75 Blow Compaction: _____
 Sp Gr AC: 1.02
 Pen Grade AC: 80 ± 100
 Av Bulk Sp Gr Total Agg 2.091

ตารางที่ 5.2

HOT MIX DESIGN DATA
 by the
 MARSHALL METHOD

Location: เม็กซิกันเทนิยวทอนองงูเทา, 1000° C
 Proving ring Calibration factor, 1 Div = 4.545 kg
 Mixing temp, °C 150 ± 5
 Compacting temp, °C 140
 Absorbed AC, g/100 g Dry Agg 1.36 %

% AC by wt. of agg	% AC by wt. of mix	% Eff AC by wt. of mix	Spec Hgt. cm.	Weight gm			Bulk Vol. cc.	Bulk Density gm/cc.	Volume % Total			% VMA	% VMAF	Unit wt. Kg/m ³	Stability lbs		Flow 1/100'
				in air	Sat. sur. dry	in Water			AC.	Agg.	Air Void				Meas	Adjust	
4.71	4.5	3.201	6.16	937.6	947.6	454.6	493.0	1.902							1495	1570	8
			6.17	937.1	949.1	455.8	493.3	1.900							1562	1640	8
			6.18	936.5	947.5	454.0	493.5	1.898							1442	1500	9
		AV.						1.900	5.96	86.78	7.26	13.22	45.08	1900	-	1570	8.3
5.26	5.0	3.708	6.12	938.8	949.5	459.2	490.3	1.915							1566	1660	9
			6.18	940.4	950.1	458.0	492.1	1.911							1462	1520	10
			6.17	936.8	950.1	460.2	489.9	1.912							1333	1400	9
		AV.						1.913	6.95	86.91	6.14	13.09	53.09	1913	-	1527	9.3
5.82	5.5	4.215	6.13	949.8	957.5	466.3	491.2	1.934							1698	1800	9
			6.13	947.4	958.5	468.2	490.3	1.932							1736	1840	8
			6.11	947.9	957.0	466.3	490.7	1.932							1755	1860	9
		AV.						1.933	7.99	87.36	4.65	12.64	63.21	1933	-	1833	8.7
6.38	6.0	4.722	6.12	956.6	963.5	473.1	490.4	1.951							1811	1920	8
			6.12	956.1	963.5	473.2	490.3	1.950							1698	1800	8
			6.06	952.8	960.0	473.9	486.1	1.960							2074	2240	10
		AV.						1.954	9.05	87.84	3.11	12.16	74.42	1954	-	1987	8.7
6.95	6.5	5.228	6.06	960.1	965.0	478.0	487.0	1.971							1500	1620	10
			6.06	954.9	961.8	476.3	485.5	1.967							1611	1740	9
			6.11	959.8	966.6	478.4	488.2	1.966							1383	1480	10
		AV.						1.968	10.09	88.00	1.91	12.00	84.08	1968	-	1613	9.7



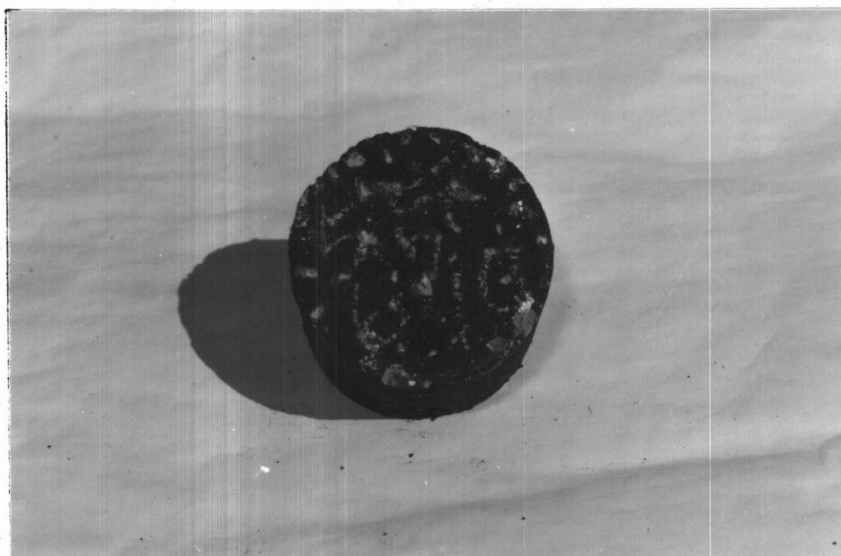
รูปที่ 5.1 ผลการทำ Marshall Test (ในห้องทดลอง)

5.1.5 การศึกษาผลกระทบที่เกิดจากการบดอัด

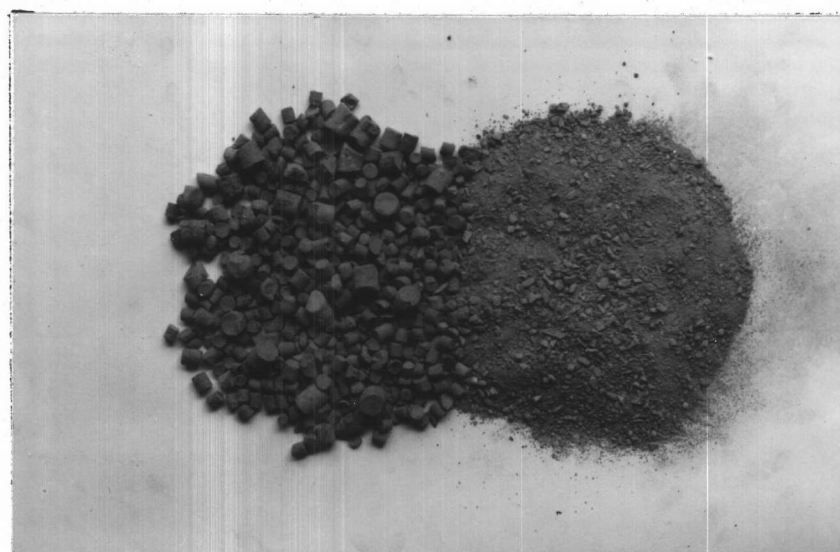
ในการนี้ได้นำก้อนตัวอย่าง Marshall ที่บดอัดแล้ว และตัวอย่างที่ได้จากการเจาะในสนาม มาทำการล้างยางแอสฟัลท์ออกจากส่วนผสม นำมวลรวมส่วนที่เหลือไปร่อนผ่านตะแกรงเพื่อหาส่วนขนาดคละ ผลการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 5.3 นำค่าไปสร้างแผนภูมิได้ดังรูปที่ 5.4, 5.5 และ 5.6

รูปที่ 5.4 และ 5.5 จะเห็นได้ว่า แอสฟัลท์ดีคหินปูนมีการ degrade น้อยกว่าแอสฟัลท์ดีคดินเผา แสดงว่าแอสฟัลท์ดีคหินปูนมีความทนทานต่อการบดทับได้ดีกว่าแอสฟัลท์ดีคดินเผา ซึ่งแอสฟัลท์ดีคทั้งสองประเภทมีความแตกต่างในด้านคุณสมบัติของมวลรวมหยาบในส่วนผสมเป็นสำคัญ หินปูนเป็นมวลรวมธรรมชาติที่มีเนื้อแน่นกว่ากรวดดินเผา ให้ความทนทานต่อการสึกหรอได้ดีกว่า ความพรุนของกรวดดินเผา เมื่อถูกแรงกระแทกทำให้กรวดดินเผาบางส่วน โดยเฉพาะบริเวณที่ถูกแรงกระทบโดยตรงเกิดการแตกขึ้น (รูปที่ 5.2, 5.3) การแตกของมวลรวมกรวดดินเผา แม้จะทำให้ส่วนขนาดคละของมวลรวม degrade ไปบ้าง แต่ส่วนขนาดคละที่ได้ยังคงอยู่ในขอบเขตของช่วงการจัดขนาดผสมที่ยอมให้ (Allowable Tolerance) และผลการทดสอบคุณสมบัติทาง Marshall Stability ของแอสฟัลท์ดีคที่ใช้กรวดดินเผา เป็นมวลรวมหยาบก็อยู่ในขอบเขตมาตรฐานกำหนด ถือว่าแอสฟัลท์ดีคนี้มีคุณภาพเหมาะสมสำหรับใช้ในงานผิวทางได้

รูปที่ 5.6 จะเห็นได้ว่า ผลการบดอัดในสนามทำให้ส่วนขนาดคละของมวลรวมเกิดการ degrade เมื่อเปรียบเทียบกับการ degrade ของมวลรวมในห้องทดลอง (รูปที่ 5.4) จะเห็นได้ว่า การบดอัดในสนามทำให้ส่วนขนาดคละของมวลรวมมีการ degrade น้อยกว่าการบดอัดในห้องทดลอง ทั้งนี้พิจารณาได้จากลักษณะของการบดอัด ในสนาม การบดอัดกระทำโดยล้อรถดกิ้งไปบนผิวทางหลายๆ เที่ยว แรงกดจากน้ำหนักล้อจะช่วยรีดและอัดให้ผิวทางมีความแน่นขึ้น ส่วนการบดอัดในห้องทดลอง ใช้น้ำหนักของลูกตุ้มตกกระทบบนก้อนตัวอย่าง แรงกระแทกกระทำให้มวลรวม โดยเฉพาะกรวดดินเผาเกิดการแตกมากกว่า



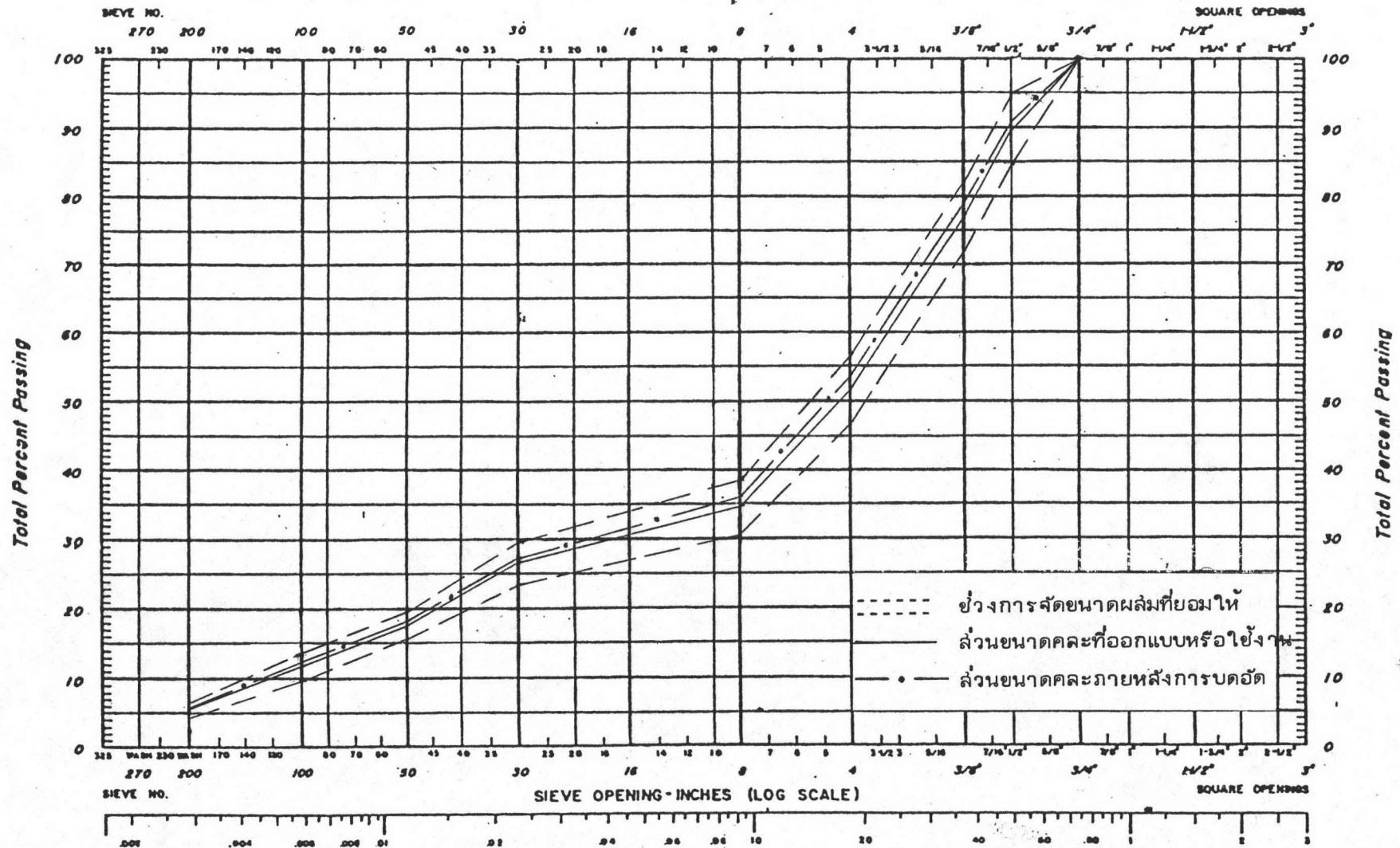
รูปที่ 5.2 แสดงก้อนตัวอย่างหลังการบดอัด



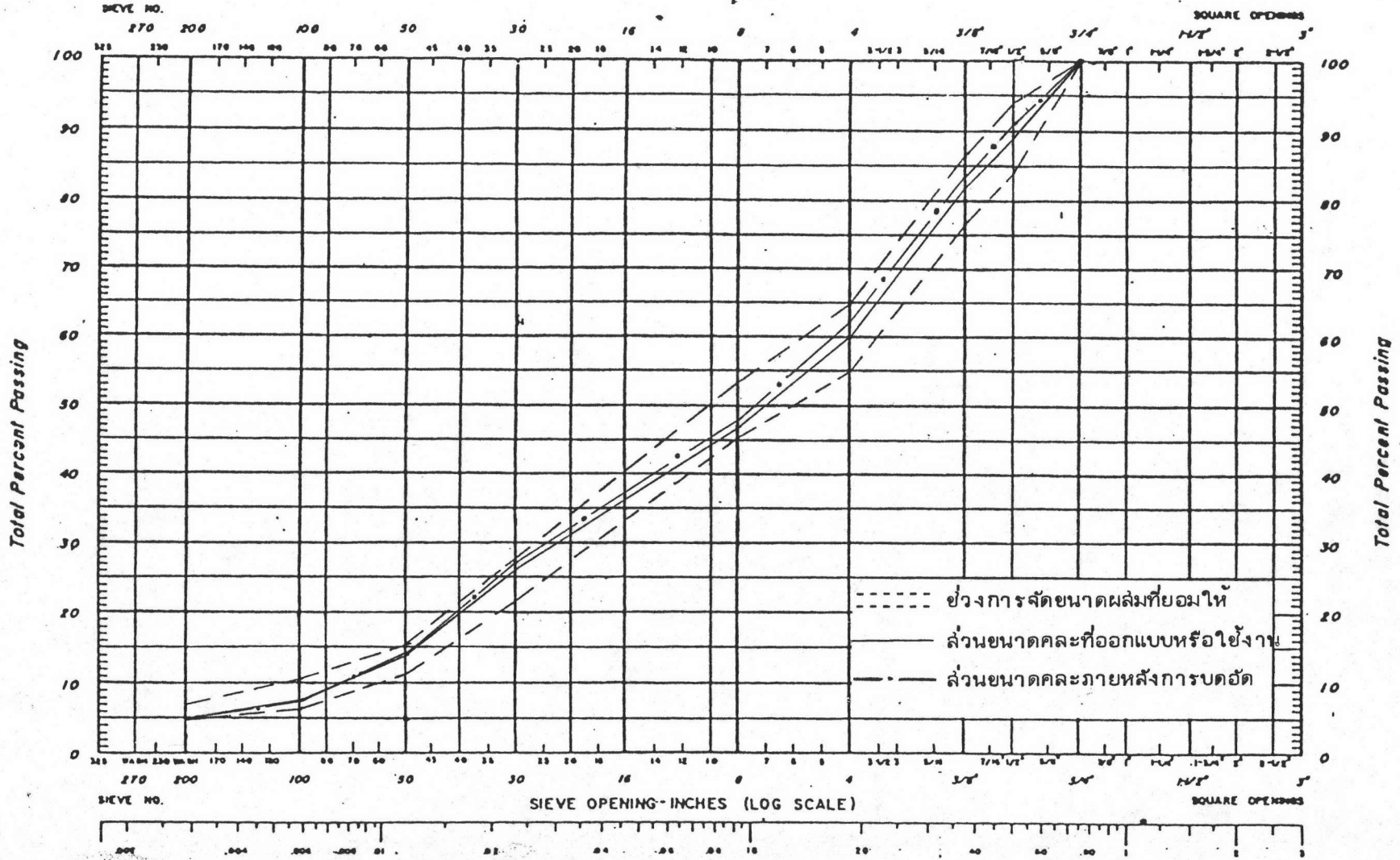
รูปที่ 5.3 ลักษณะมวลรวมหยาบและมวลรวมละเอียดหลังการบดอัด

ขนาด ตะแกรง	ส่วนขนาดคละของแอสฟัลต์คัตดินเผา % ผ่านตะแกรง					ส่วนขนาดคละของแอสฟัลต์คัตดินปูน % ผ่านตะแกรง		
	ออกแบบใน ทดลอง	ช่วงการคัดขนาด ผสมที่ยอมให้	หลังการบด- ทับในห้อง ทดลอง	ส่วนขนาดคละ ใช้งาน ในสนาม	หลังการบด ทับในสนาม	ออกแบบใน ห้องทดลอง	ช่วงการคัดขนาด ผสมที่ยอมให้	หลังการบด ทับในห้อง- ทดลอง
$\frac{3}{4}$ "	100	100	100	100	100	100	100	100
$\frac{1}{2}$ "	88.8	83.8-93.8	92.1	88.8	90.8	89.7	84.7-94.7	90.7
$\frac{3}{8}$ "	81.4	76.4-86.4	84.9	81.4	83.4	76.8	71.8-81.8	78.9
# 4	59.8	54.8-64.8	62.6	59.9	61.8	51.3	46.3-56.3	53.2
# 8	49.2	45.2-53.2	51.4	46.3	47.7	34.4	30.4-38.4	35.8
# 30	24.5	21.5-27.5	25.9	25.8	26.8	26.4	23.4-29.4	27.0
# 50	13.1	11.1-15.1	13.1	13.5	13.6	17.3	15.3-19.3	18.0
#100	8.1	6.1-10.1	7.7	7.4	7.1	11.6	9.6-13.6	12.1
#200	5.8	4.8-6.8	5.3	4.8	4.6	5.3	4.3-6.3	5.8

ตารางที่ 5.3 ส่วนขนาดคละของมวลรวมภายหลังการบดอัด



รูปที่ 5.5 แผนภูมิส่วนขนาดคละของแอสฟัลต์ดีคหินปูน ภายหลังจากการบดทับ (ตัวอย่างในห้องทดลอง)



รูปที่ 5.6 แผนภูมิแสดงส่วนขนาดคละของแอสฟัลต์คิตดินเผา (ตัวอย่างที่เจาะจากสนาม)

5.2 ผลการศึกษาในสนาม

5.2.1 ผลการทดลอง Marshall Stability เนื่องจากส่วนขนาดคละ (Gradation) ของตัวอย่างทรายและหินฝุ่นในสนามแตกต่างจากตัวอย่างที่ใช้ออกแบบในห้องปฏิบัติการ จึงได้ทำการออกแบบเพื่อหาปฏิภาคส่วนผสม (Mix Proportion) ที่เหมาะสมที่จะใช้ผลิตแอสฟัลต์คิกในสนาม โดยยึดถือค่าเปอร์เซ็นต์ยางใช้งานที่ได้จากการออกแบบในห้องปฏิบัติการเป็นหลัก คือ 5.87% แล้วแปรค่าเปอร์เซ็นต์ยางให้ต่ำกว่าและสูงกว่าเปอร์เซ็นต์ยางใช้งานดังกล่าวข้างละ 0.5 เปอร์เซ็นต์ คือ 5.37 และ 6.37 เพื่อหาค่าเปอร์เซ็นต์ยางที่เหมาะสมใช้ในการผลิตต่อไป ผลการออกแบบแสดงไว้ในตารางที่ 5.4 และรูปที่ 5.7 ซึ่งสรุปผลได้ดังนี้

ก. % ยางที่ให้ค่าเสถียรภาพสูงสุด	= 5.87%
ข. % ยางที่ % โพรงอากาศ 4%	= 5.70%
ค. % ยางที่ให้ V.M.A.F. 75%	= 5.94%
% ยางแอสฟัลต์เฉลี่ย	= <u>5.85%</u>

จากรูปที่ 5.7 ที่ % ยางแอสฟัลต์เฉลี่ย 5.85% ได้ค่าต่าง ๆ ดังนี้

ก. หน่วยน้ำหนัก (Unit Weight)	= 1952 กก./ม ³
ข. % โพรงอากาศ (Air Voids)	= 3.5%
ค. ค่าการไหล (Flow)	= 9.5/100 นิ้ว
ง. ค่าเสถียรภาพ (Stability)	= 2010 ปอนด์
จ. ปริมาณโพรงทั้งหมดระหว่างก้อนมวลรวม (V.M.A.)	= 12.38%
ฉ. ปริมาณโพรงทั้งหมดระหว่างก้อนมวลรวมที่ถูกบรรจุด้วยยางแอสฟัลต์ (V.M.A.F.)	= 72.5%

ผลการออกแบบปรากฏว่า ค่าต่าง ๆ ที่ได้มีผลใกล้เคียงกับผลจากการออกแบบในห้องทดลอง ยกเว้นค่าเสถียรภาพ (Stability) ซึ่งให้ค่าสูงกว่า เป็นผลจากการเปลี่ยนปฏิภาคส่วนผสม ซึ่งได้ลดปริมาณทรายลง 5% และเพิ่มปริมาณหินฝุ่นแทน 5% ค่าเสถียรภาพที่เพิ่มขึ้นนี้อธิบายได้ว่า ทรายซึ่งเป็นกรวดธรรมชาติ มีลักษณะเป็นก้อนกลมมน แฉียง และมีผิวเรียบ ทำให้การยึดเกาะระหว่างมวลรวมคละไม่ค่อยดี ส่วนหินฝุ่นซึ่งมีลักษณะเป็นเหลี่ยมมุม การยึดเกาะระหว่างมวลรวมคละดีกว่า จึงให้ค่าเสถียรภาพที่สูงขึ้น

Trial Mix Series: 15:7:18:26:34

75 Blow Compaction: _____

Sp Gr AC: 1.02

Pen Grade AC: 80 - 100

Av Bulk Sp Gr Total Agg 2.093

ตารางที่ 5.4

HOT MIX DESIGN DATA

by the

MARSHALL METHOD

Location: เมื่อกินเทียนวหนองงูเห่า, 1000 C

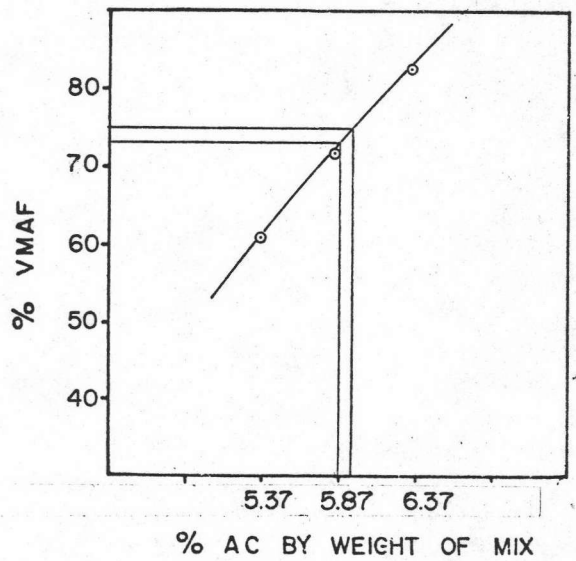
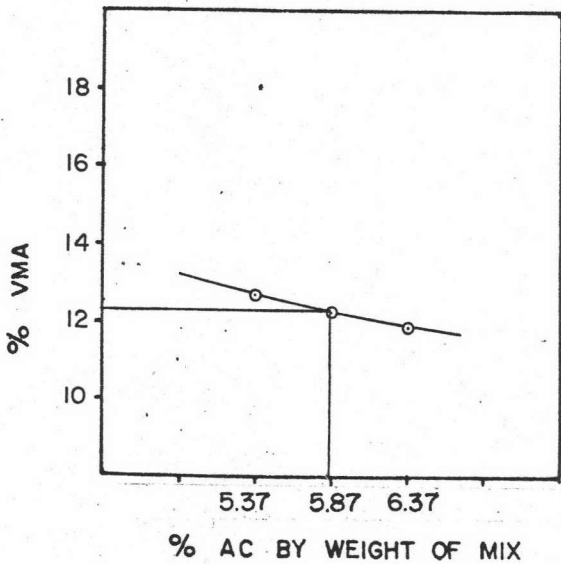
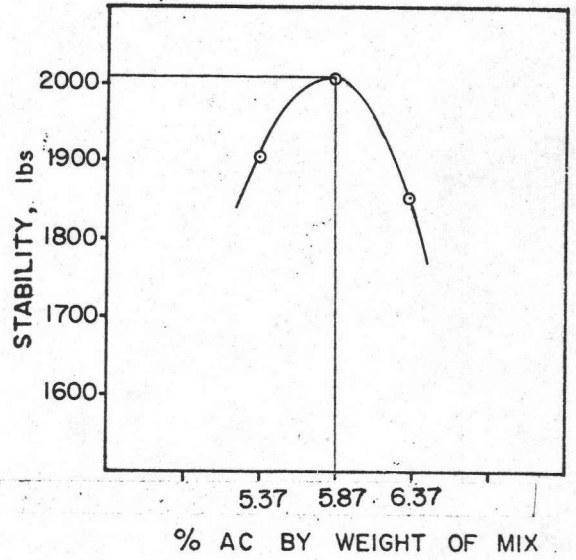
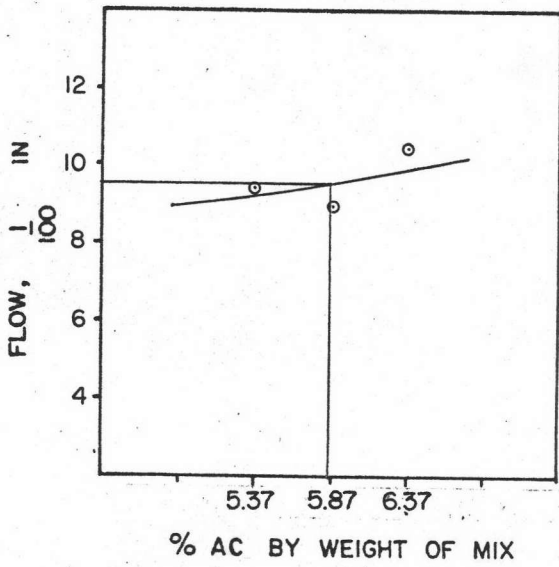
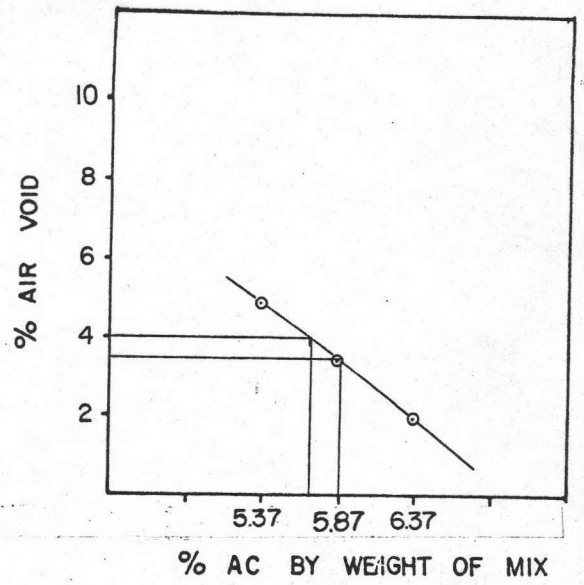
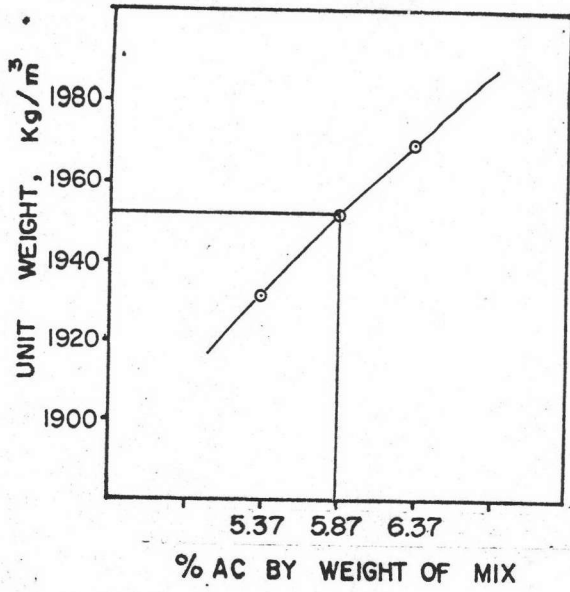
Proving ring Calibration factor, 1 Div = 4.545 kg

Mixing temp, °C 150 ± 5

Compacting temp, °C 130

Absorbed AC, g/100 g Dry Agg 1.36 %

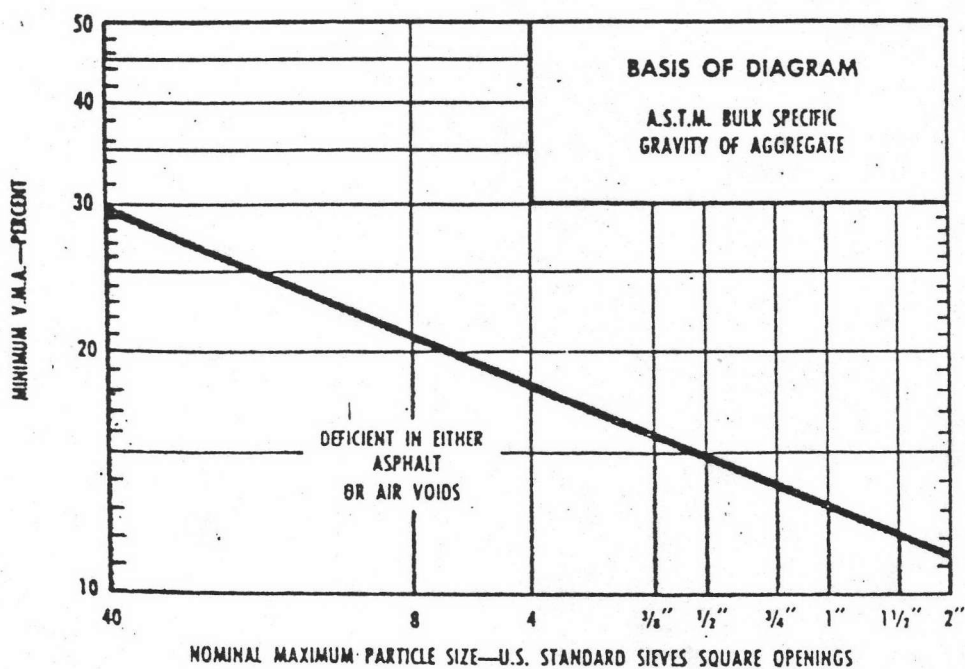
% AC by wt. of agg	% AC by wt. of mix	% Eff AC by wt. of mix	Spec Hgt. cm.	Weight gm			Bulk Vol. cc.	Bulk Density gm/cc.	Volume % Total			% VMA	% VMAF	Unit wt. Kg/m ³	Stability. lbs		Flow 1/100
				in air	Sat. sur. dry	in Water			AC.	Agg.	Air Void.				Meas	Adjust	
5.70	5.39	4.103	6.12	940.8	947.5	461.2	486.3	1.935							1787	1894	10
			6.17	938.7	948.7	462.2	486.5	1.929							1838	1930	9
		AV.						1.932	7.77	87.33	4.90	12.67	61.33	1932		1912	9.5
6.26	5.89	4.610	6.13	951.5	955.5	468.3	487.2	1.953							1875	1988	9
			6.13	949.3	955.0	468.3	486.7	1.950							1923	2038	9
		AV.						1.952	8.82	87.77	3.41	12.23	72.12	1952		2013	9
6.83	6.39	5.117	6.12	956.8	961.5	475.2	486.3	1.968							1725	1829	11
			6.11	958.9	962.0	475.6	486.4	1.971							1779	1886	10
		AV.						1.970	9.88	88.11	2.01	11.89	83.10	1970		1858	10.5



รูปที่ 5.7 ผลการทำ Marshall Test (ในสนาม)

ประเภทของการจราจร	หนาแน่นมาก		ปานกลาง		หนาแน่นน้อย	
จำนวนครั้งของการบดอัด ตัวอย่างแต่ละดาน	75		50		35	
การทดสอบคุณสมบัติ	ต่ำสุด	สูงที่สุด	ต่ำสุด	สูงที่สุด	ต่ำสุด	สูงที่สุด
ค่าเสถียรภาพ, ชอนด์	750	-	500	-	500	-
ค่าการไหล, $\frac{1}{100}$ นิ้ว	8	16	8	18	8	20
ปริมาณโพรงอากาศ, %						
ชั้นผิวทาง ชั้นผิวระดับ	3	5	3	5	3	5
ชั้นพื้นล่าง	3	8	3	8	3	8

ตารางที่ 5.5 มาตรฐานกำหนดค่าการทดลอง Marshall Stability,
The Asphalt Institute



รูปที่ 5.8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า V.M.A. ต่ำสุดกับขนาดใหญ่ที่สุดของก้อน-
มวลรวม สำหรับก้อนตัวอย่าง Dense Graded

5.2.2 ผลการตรวจสอบการบดอัด

การเจาะตัวอย่างเพื่อตรวจสอบการบดอัด กระทำภายหลังจากการปูผิวทางและเปิดการจราจรเป็นเวลา 4 วัน ตัวอย่างที่เจาะถูกนำมาหาค่าความหนาแน่นของการบดอัดและนำไปล้างยางเพื่อวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ยางในส่วนผสม ผลการบดอัดและการวิเคราะห์ปรากฏในตารางที่ 5.6

ตัวอย่าง แอสฟัลต์ติก	%ยางแอสฟัลท์ ใช้งาน	%ยางแอสฟัลท์ ที่เป็นจริง	ความหนา ตัวอย่าง, ซม.	ความหนาแน่นรวม กก./ลบ.ซม. วิเคราะห์/ออกแบบ	% การบด- อัด	Air Voids
กรวดดินเผา	5.85	5.60	5.80	1.969/1.952	100.9	2.853
กรวดดินเผา	5.85	5.56	5.80	1.964/1.952	100.6	3.139
หินปูน	5.10	-	4.90	2.370/2.385	99.4	4.77

ตารางที่ 5.6 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างที่เจาะจากสนาม

จากผลการวิเคราะห์ได้ว่า แอสฟัลต์ติกหินปูนมีค่าเปอร์เซ็นต์การบดอัด และปริมาณโพรงอากาศอยู่ในเกณฑ์กำหนด ส่วนแอสฟัลต์ติกดินเผามีค่าปริมาณโพรงอากาศ 2.853 % และ 3.139% และมีค่าเปอร์เซ็นต์การบดอัดมากกว่า 100% แสดงว่าผิวทางแอสฟัลต์ติกดินเผามีความหนาแน่นสูง ซึ่งอาจเกิดจากสาเหตุ 2 ประการ

ก. ในการก่อสร้างผิวทดลอง กระทำภายหลังจากผิวทางแอสฟัลต์ติกหินปูนได้ก่อสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว จึงได้ทำการตัดผิวแอสฟัลต์ติกหินปูนออกแล้วนำแอสฟัลต์ติกดินเผาเข้าแทนที่ การบดอัดจึงกระทำเฉพาะบริเวณพื้นผิวทดลองซึ่งมีระยะสั้น รถบดที่ผ่านไปบนผิวมีความเร็วที่ต่ำมาก ทำให้ผิวทดลองได้รับการกดทับมากขึ้น นอกจากนี้ตำแหน่งที่ทำการเจาะตัวอย่าง อยู่บนแนวร่องล้อใกล้เส้นแบ่งครึ่งช่องทางจราจร ซึ่งเป็นแนวรอยต่อทางยาว (Longitudinal Joint) และเป็นบริเวณที่จะต้องทำการบดอัดให้ดี เพื่อให้ประสานกับแนวรอยต่อข้างเคียง ทำให้ก้อนตัวอย่างถูกอัดแน่นเพิ่มขึ้น

ข. การเจาะตัวอย่างในสนามโดยวิธี Coring ขณะทำการเจาะ จะต้องใช้น้ำหล่อเลี้ยงใบมีดของเครื่องมือ ก้อนตัวอย่างจึงมีการดูดซึมน้ำเข้าไปโดยรอบ ค่าความ

หนาแน่นที่ได้จึงมีค่าสูงกว่าความเป็นจริง โดยเฉพาะกรวดดินเผา ซึ่งมีเนื้อพรุนมีคุณสมบัติในการดูดซึมน้ำได้ดี จะเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ค่าความหนาแน่นสูงขึ้น

5.2.3 ผลการศึกษาด้านความเสียดทานของผิวทาง

การศึกษาในครั้งนี้ ได้ทำการวัดค่าความสึกผิว และค่าความต้านทานการสั่นไถล ทั้งในสภาพผิวทางแห้งและผิวทางเปียก โดยทำการวัดค่าต่าง ๆ ที่บริเวณช่วงกลางระหว่างร่องล้อและบนร่องล้อ ค่าความต้านทานการสั่นไถลที่วัดได้ นำมาปรับแก้เทียบเป็นค่าที่อุณหภูมิ 20°C ดังแสดงในตารางที่ 5.7, 5.8 และ 5.9

5.2.3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานการสั่นไถลกับอายุของผิวทาง

จากรูปที่ 5.9 และ 5.10 แสดงให้เห็นว่า ความต้านทานการสั่นไถลของผิวทางจะมีค่าลดลงเมื่ออายุการใช้งานของผิวทางเพิ่มขึ้น ซึ่งผิวทางจะรับปริมาณการจราจรเพิ่มมากขึ้น อธิบายได้ว่ารถที่แล่นผ่านไปบนผิวทาง จะทำให้ผิวทางเกิดการเปลี่ยนแปลง โดยผิวทางจะถูกบดอัดและถูกขัดสีเพิ่มขึ้น ทำให้ผิวมหภาค และผิวจุลภาคลดลง ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อแรงยึดเกาะและแรงยึดเกาะ ทำให้ความเสียดทานของผิวลดลง พบว่า ค่าความต้านทานการสั่นไถลช่วงกลางระหว่างร่องล้อมีค่าสูงกว่าและมีอัตราการลดต่ำกว่าค่าบนร่องล้อ เพราะว่ามีบนร่องล้อได้รับการบดอัด และขัดสีมากกว่า

ความเสียดทานของผิวในสภาพผิวเปียกมีค่าต่ำกว่าสภาพผิวแห้ง เพราะชั้นฟิล์มของน้ำที่ปรากฏบนผิวทางเปียกจะทำหน้าที่เป็นตัวหล่อลื่นระหว่างผิวยางรถกับผิวทาง ในช่วงระยะเดือแรก ค่าความต้านทานการสั่นไถลจะมีการลดค่อนข้างมาก เนื่องจากความสึกผิวในช่วงนี้มีค่าลดลงมาก (รูปที่ 5.11) ในสภาพผิวทางแห้ง จะมีการลดของค่าความต้านทานการสั่นไถลมากกว่าสภาพผิวทางเปียก เนื่องจากอุณหภูมิบนสภาพผิวทางแห้งสูงกว่าสภาพผิวทางเปียก ความร้อนบนผิวจะทำให้ยางแอสฟัลท์มีความอ่อนตัวลง และจะทำหน้าที่เป็นตัวหล่อลื่นระหว่างผิวยางรถกับผิวทาง

หลังจากการเปิดจราจรไปประมาณ 3 เดือน ค่าความต้านทานการสั่นไถลจะมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ต่อไปจะมีค่าลดลงเรื่อย ๆ อธิบายได้ว่า ผิวทางในระยะแรกยังคงมียางแอสฟัลท์เคลือบอยู่ที่ผิวของเม็ดมวลรวม เมื่อถูกขัดสีจากยางรถบ่อย ๆ ยางแอสฟัลท์ที่เคลือบนี้จะถูกขัดสีออกไป ลักษณะความเป็นเหลี่ยมมุมและความหยาบของผิวมวลรวมก็จะปรากฏขึ้นบนผิวทาง ทำให้แรงเสียดทานของผิวทางเพิ่มขึ้น เมื่อผิวทางถูกขัดสีจากยางรถต่อไป

มวลรวมจะถูกขัดเป็นมันลื่น ความต้านทานการสึกนไถลก็จะลดลง

5.2.3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสึกผิวกับอายุของผิวทาง จากรูปที่

5.11 จะเห็นได้ว่า ความสึกผิวจะลดลงตามอายุการใช้งานของผิวทาง เมื่ออายุการใช้งานเพิ่มขึ้น ปริมาณการจราจรที่ผ่านไปบนผิวทางจะเพิ่มมากขึ้น ความสึกผิวจะมีอัตราการลดค่อนข้างสูงในระยะแรกและจะลดลงเรื่อย ๆ อธิบายได้ว่า ปริมาณและน้ำหนักบรรทุกที่วิ่งผ่านไปบนผิวทาง ทำให้ผิวทางถูกบดทับเพิ่มขึ้น มวลรวมหยาบที่โผล่ขึ้นมาบนผิวจะถูกกดทับให้จมลึกลงไปในผิว ส่วนพวกมวลรวมละเอียดและยางแอสฟัลท์จะถูกบีบให้เฝ้ขึ้นมาบนผิว ทำให้ความสึกร่องผิวลดลง เป็นผลให้ลักษณะผิวมหภาคลดลง ผิวทางที่ปูเส้ริจใหม่ ๆ ซึ่งยางแอสฟัลท์ยังมีความอ่อนตัว มวลรวมหยาบจะถูกกดให้จมลึกลงไปในผิวได้มาก จึงทำให้ความสึกผิวในระยะนี้เปลี่ยนแปลงมาก ในระยะต่อไปการเปลี่ยนแปลงความสึกผิวเกิดจากการขัดผิวมวลรวมและการเฝ้ของยางที่เกิดจากการบดทับ ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยลง

5.2.3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานการสึกนไถลกับความสึกผิวของผิวทาง

จากรูปที่ 5.12 และ 5.13 จะเห็นได้ว่า เมื่อความสึกผิวเพิ่มขึ้น ความต้านทานการสึกนไถลจะเพิ่มขึ้นด้วย การเปลี่ยนแปลงทางด้านความสึกผิวแล้ดถึงการเปลี่ยนแปลงของผิวมหภาค ผิวทางที่มีความสึกผิวมากกว่าจะให้ความเสียดทานระหว่างผิวยางและผิวทางสูงกว่า เมื่อพิจารณา ด้านสภาพผิวทางแห้ง การเพิ่มขึ้นของความสึกผิว ช่วยให้อ่างรถเกิดการบุดตัวดีขึ้น เป็นการช่วยปรับปรุงแรงฮีสเตอร์ซีลของผิวทางให้สูงขึ้น ส่วนในสภาพผิวทางเปียก ผิวทางที่มีความสึกผิวสูงจะให้การระบายน้ำที่ผิวได้ดี ช่วยให้การสัมผัสระหว่างผิวยางรถกับผิวทางดีขึ้น

5.2.3.4 การเปรียบเทียบระหว่างผิวทางแอสฟัลท์ติกดินเผาและหินปูน

ผิวทางแอสฟัลท์ติกดินเผา ใช้กรวดดินเผาเป็นมวลรวมหยาบ ซึ่งกรวดดินเผาแต่ละขนาดจัดอยู่ในประเภทมวลรวมขนาดเดี่ยว (Single Sized Aggregate) เมื่อนำมาใช้ทำผิวทาง จะได้ผิวทางที่หยาบและมีความสึกผิวสูงกว่าแอสฟัลท์ติกหินปูน (รูปที่ 5.11) ในช่วงประมาณ 3 เดือนแรก ผิวทางแอสฟัลท์ติกดินเผามีการลดของค่าความสึกผิวสูงกว่าแอสฟัลท์ติกหินปูน อธิบายได้ว่า สภาพผิวของผิวทางแอสฟัลท์ติกดินเผา มวลรวมหยาบซึ่งโผล่ขึ้นมาปรากฏบนผิวมากกว่าแอสฟัลท์ติกหินปูน เมื่อรถแล่นผ่านไปบนผิว น้ำหนักของรถจะถ่ายลงบนเม็ดมวลรวมที่โผล่ขึ้นมาโดยตรง ทำให้เม็ดมวลรวมถูกกดให้จมลึกลงไปในผิว การลดค่าความสึกผิวของผิวแอสฟัลท์ติกดินเผาจึงสูงกว่า ผิวทางที่ก่อสร้างเส้ริจใหม่ ๆ และ

ยางแอสฟัลท์ยังไม่แข็งตัว มวลรวมที่ผิวจะถูกบดทับให้จมลงไปในผิวได้มาก การลดค่าความสึกผิวในช่วงนี้จึงมีค่าสูง

เมื่อพิจารณาต้านความต้านทานการสั่นไถล จากรูปที่ 5.9 และ 5.10 จะเห็นได้ว่า ผิวแอสฟัลท์ติดดินเผาให้ค่าความต้านทานการสั่นไถลสูงกว่าผิวแอสฟัลท์ติดหินปูนและอัตราการลดของค่าความต้านทานการสั่นไถลต่ำกว่า แสดงว่าผิวแอสฟัลท์ติดดินเผามีแนวโน้มให้คุณสมบัติต้านความต้านทานการสั่นไถลได้ดีกว่าผิวแอสฟัลท์ติดหินปูน อธิบายได้ว่า ผิวแอสฟัลท์ติดดินเผาซึ่งให้ผิวมีหยาบกว่าผิวทางดีกว่า จะให้แรงฮิสเตอร์ซิสสูงกว่า เมื่อผิวทางมีสภาพเปียก ผิวหยาบกว่าที่ดีจะช่วยให้การระบายน้ำระหว่างผิวสัมผัสได้ดี ความพรุนซึ่งเป็นคุณสมบัติเฉพาะของกรวดดินที่เกิดจากการระเหยของก๊าซออกจากเม็ดดินขณะเผาที่อุณหภูมิสูง จะให้ความหยาบของผิวจุลภาคของก้อนมวลรวมได้ดี ซึ่งเมื่อถูกขัดสีจากยางรถแล้วยังคงมีส่วนของความพรุนผุดขึ้นมาอีก ความหยาบของผิวจุลภาคจะช่วยเจาะทะลุฟิล์มน้ำระหว่างผิวสัมผัส ช่วยให้เกิดแรงยึดเกาะ (Adhesion Forces) บนผิวทางได้ดี ส่วนหินปูน เมื่อถูกขัดสับ่อยครั้งจะมีผิวเป็นมันลื่น ทำให้แรงเสียดทานของผิวทางลดลง นอกจากนี้ ความพรุนของกรวดดินเผายังช่วยในการดูดซึมระบายน้ำระหว่างผิวสัมผัสของยางรถกับผิวทางได้โดยตัวของมันเอง ช่วยให้การระบายน้ำระหว่างผิวสัมผัสเร็วยิ่งขึ้น

10	7 4	1
11	8 5	2
12	9 6	3

แสดงจุดที่วัดค่าความต้านทานการสิ้นไกล

ตารางที่ 5.7/1
แสดงค่าความต้านทานการสิ้นไกล
และค่าความลึกผิวของผิวทาง

7	4	1
	5	2
	6	3

แสดงจุดที่วัดค่าความลึกผิวทาง

วันที่ ทดลอง	จุดที่	จุดที่												อุณหภูมิ °C
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
20 รค. 2526	ค่าความต้าน- ทานการสิ้นไกล	90 58	95 55	89 53	91 57	93 57	88 56	94 57	97 60	96 61	90 57	96 58	94 57	35-40
	ปรับแก้ที่ 20°C	93 61	98 58	92 56	94 60	96 60	91 59	97 60	100 63	99 64	93 60	99 61	97 60	
	ความลึกผิวทาง (มม.)		.620		.853	.916	.556							
21 กพ. 2527	ค่าความต้าน- ทานการสิ้นไกล	88 53	87 56	87 54	85 55	90 57	84 55	80 52	86 57	87 56	84 54	84 53	85 53	35-40
	ปรับแก้ที่ 20°C	91 56	90 59	90 57	88 58	93 60	87 58	83 55	89 60	90 59	87 57	87 56	88 56	
	ความลึกผิวทาง (มม.)	.529	.572	.501	.670	.842	.802	.514						
21 มีค. 2527	ค่าความต้าน- ทานการสิ้นไกล			86 55	56 54	56 56	59 59	55 58	56 59	56 59	56 59	56 59	54 57	34-39
	ปรับแก้ที่ 20°C													
	ความลึกผิวทาง (มม.)	.532	.568	.540	.615	.784	.776	.548						

ตารางที่ 5.7/1 แสดงค่าความต้านทานการสิ้นไกลและค่าความลึกผิวของผิวทาง

10	7 4	1
11	8 5	2
12	9 6	3

แสดงจุดที่วัดค่าความต้านทานการสิ้นไกล

ตารางที่ 5.7/2
แสดงค่าความต้านทานการสิ้นไกล
และค่าความลึกผิวของผิวทาง

7	4	1
	5	2
	6	3

แสดงจุดที่วัดค่าความลึกผิวทาง

วันที่ ทดลอง	จุดที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	อุณหภูมิ °C
20 เม.ย. 2527	ค่าความต้าน- ทานการสิ้นไกล	89 52		87 54	88 57	88 57	93 58	84 52	87 54	86 54	86 53	88 56	85 55	38-45
	ปรับแก้ที่ 20°C	92 55		90 57	91 60	91 60	96 61	87 55	90 57	89 57	89 56	91 59	88 58	
	ความลึกผิวทาง (มม.)	.529	.559	.501	.701	.722	.759	.504						
1 มิ.ย. 27	ค่าความต้าน- ทานการสิ้นไกล	89 52	86 53	83 51	86 57	90 57	88 55	83 52	85 55	89 54	81 52	87 56	85 53	34-45
	ปรับแก้ที่ 20°C	86 55	89 56	86 54	89 60	93 60	91 58	86 55	88 58	82 57	84 55	90 59	88 56	
	ความลึกผิวทาง (มม.)	.501	.548	.488	.647	.714	.728	.479						
					ห	ห = ค่าที่วัดในสภาพผิวทางแห้ง								
					ป	ป = ค่าที่วัดในสภาพผิวทางเปียก								

ตารางที่ 5.7/2 แสดงค่าความต้านทานการสิ้นไกลและค่าความลึกผิวของผิวทาง

10	7	4	1
11	8	5	2
12	9	6	3

ห	ป
---	---

ห = ค่าที่วัดในสภาพผิวทางแห้ง

ป = ค่าที่วัดในสภาพผิวทางเปียก

วันที่ ทดลอง	ค่าความต้านทานการสั่นไถลเฉลี่ย ที่ 20°C				ปริมาณยวดยานพาหนะ*		% รถบัส- รถบรรทุก
	ช่วงกลางระหว่างร่องล้อ		บนร่องล้อที่ปรากฏ		เฉลี่ยคัน/วัน ADT	สะสม	
	ผิวทางหินปูน	ผิวทางเม็ดดินเผา	ผิวทางหินปูน	ผิวทางเม็ดดินเผา			
20 ธค. 26	98.5 59.5	98.0 61.5	93.8 59.3	95.3 60.8	2,511	2,511	77
21 กพ. 27	88.5 57.5	91.0 60.0	89.0 56.5	87.0 57.5	2,511	160,704	77
21 มีค. 27	59.5	59.0	58.3	59.0	2,511	233,523	77
23 เมย. 27	91.0 58.5	90.5 58.5	89.8 56.5	90.8 58.3	2,511	316,386	77
1 มิย. 27	89.5 57.5	90.5 59.0	86.0 55.0	89.5 57.5	2,511	414,315	77

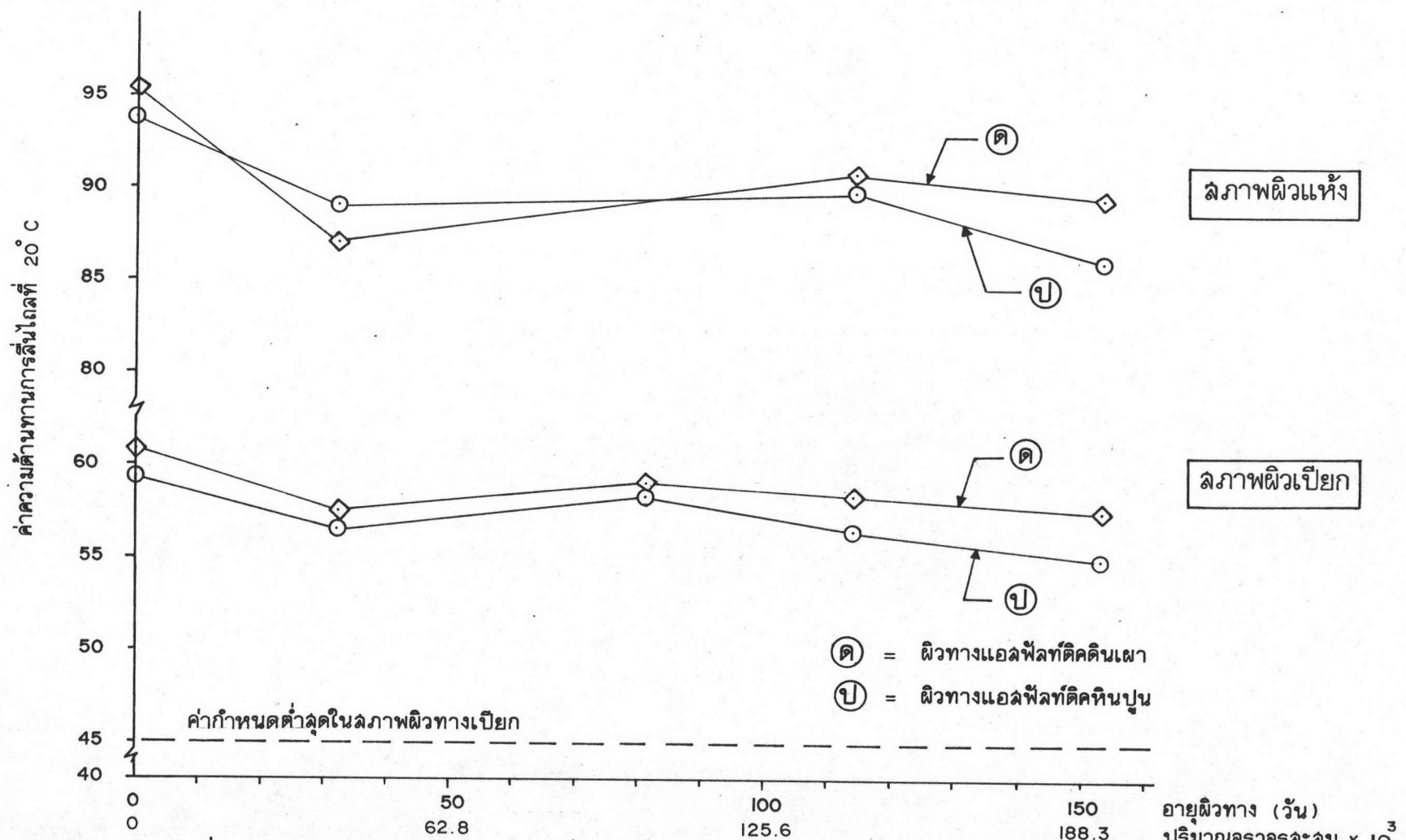
* ค่าที่ได้จากการสำรวจในช่วงเวลา 1 ชั่วโมงรายละเอียดดูภาคผนวก ค.

ตารางที่ 5.8 แสดงค่าความต้านทานการสั่นไถลเฉลี่ยที่ 20°C และปริมาณการจราจร

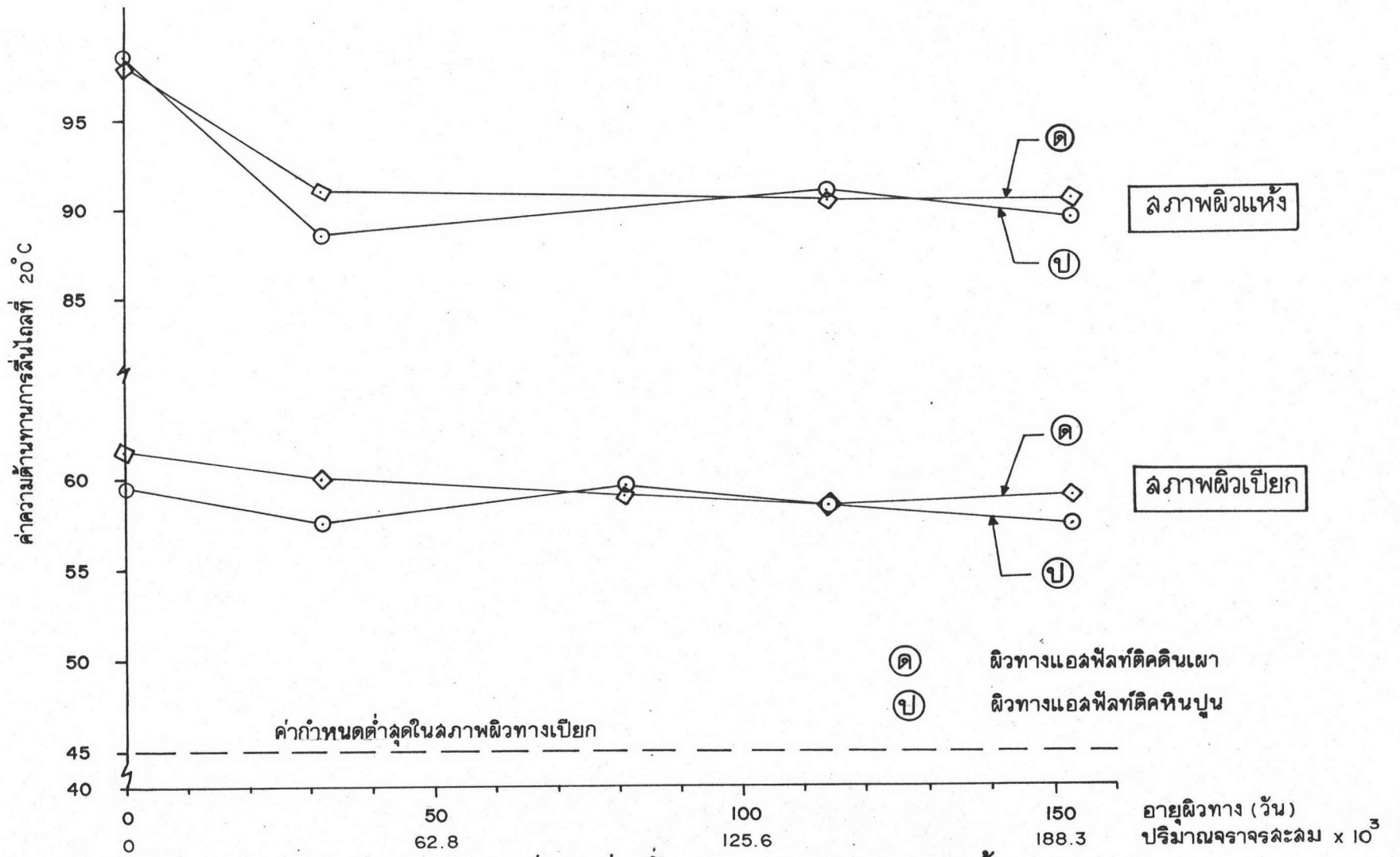
7	4	1
	5	2
	6	3

วันที่ทดลอง	ค่าความลึกผิวของผิวทางเฉลี่ย (มม.)			
	ช่วงกลางระหว่างช่วงล้อ		บนร่องล้อที่ปรากฏ	
	ผิวทางหินปูน	ผิวทางเม็ดดินเผา	ผิวทางหินปูน	ผิวทางเม็ดดินเผา
21 ธค. 26	.620	.916	.556	.872
21 กพ. 27	.572	.842	.515	.736
21 กพ. 27	.568	.784	.540	.696
23 เมย. 27	.559	.722	.511	.730
1 มิย. 27	.548	.714	.489	.688

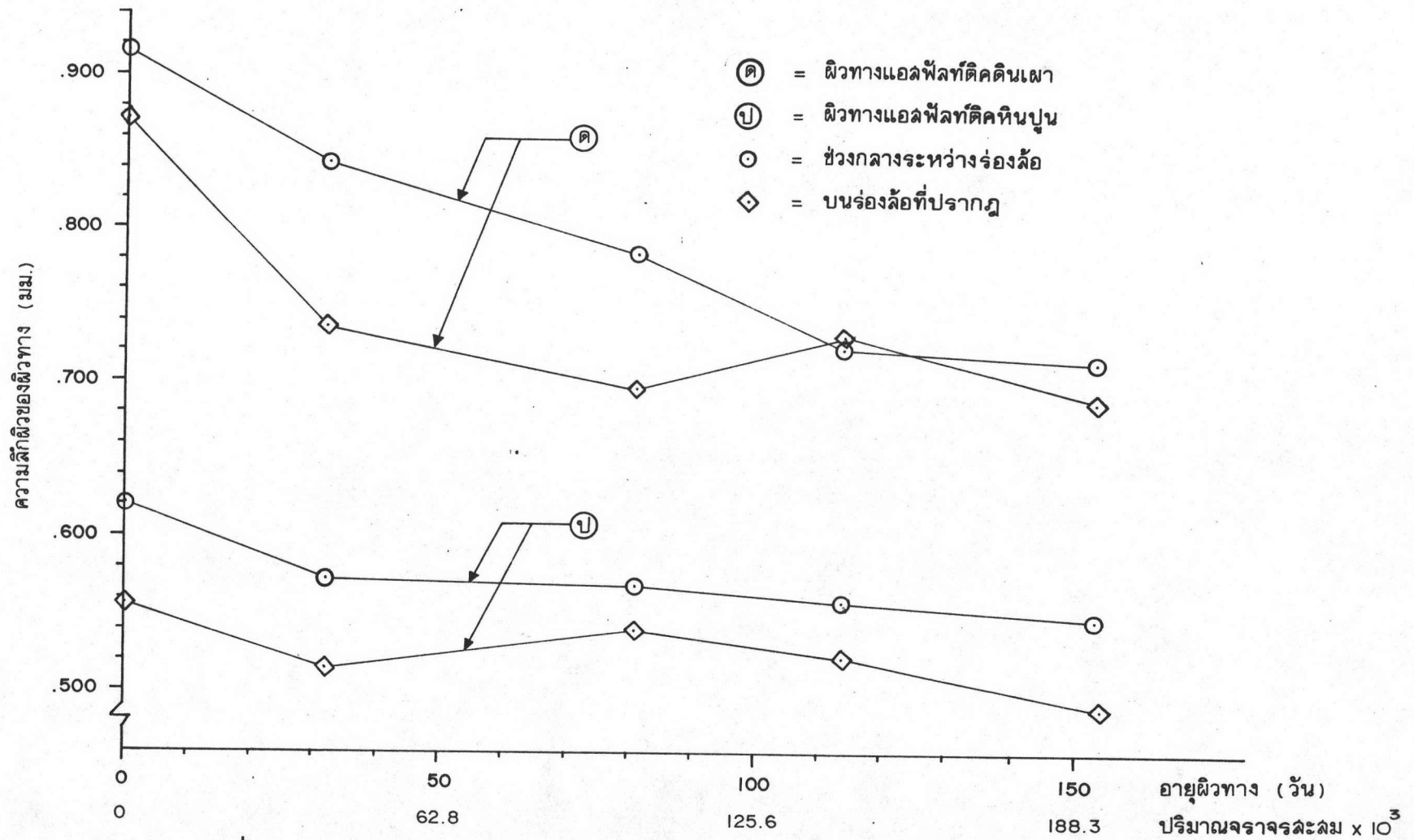
ตารางที่ 5.9 แสดงค่าความลึกผิวเฉลี่ยของผิวทาง



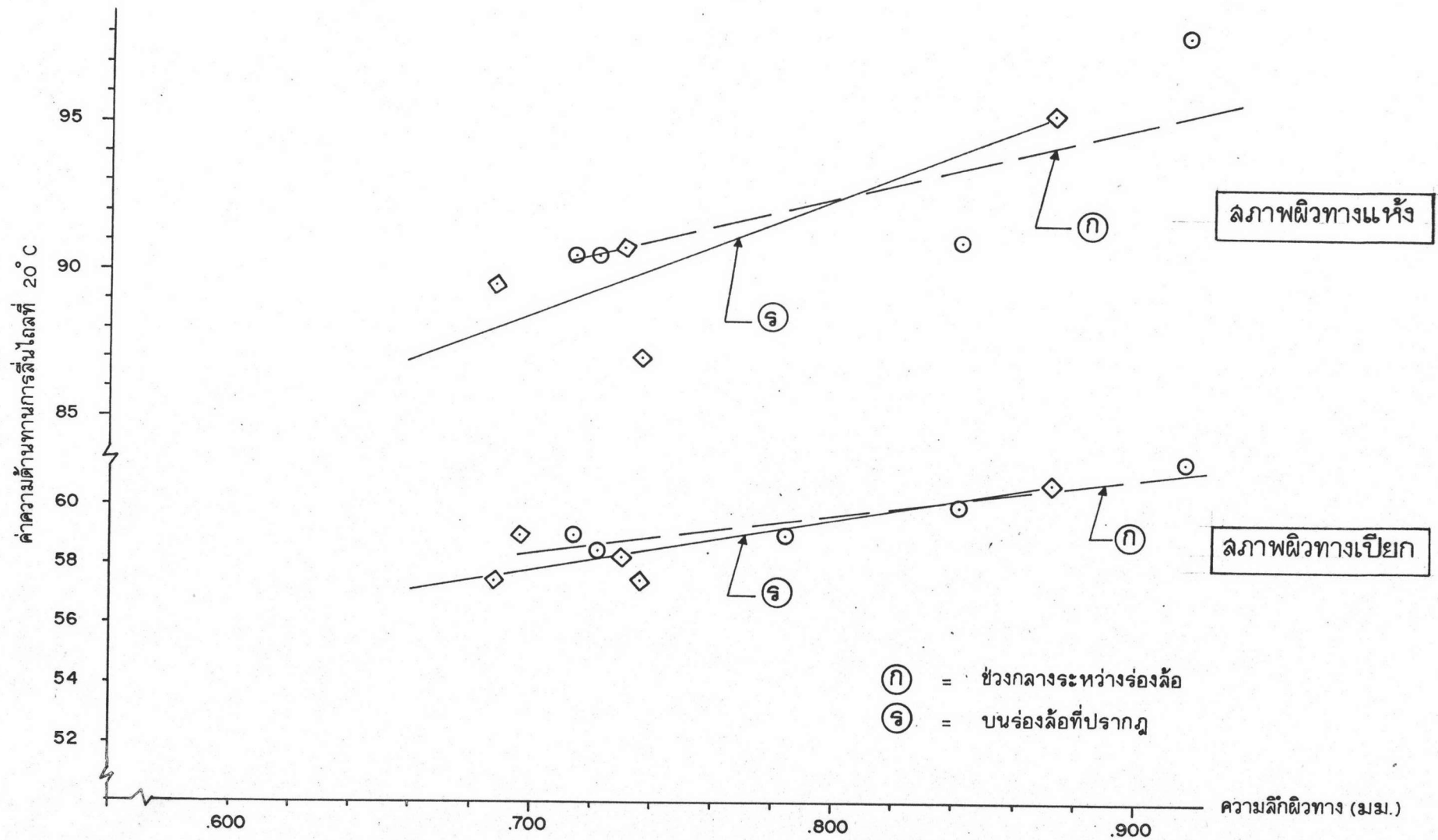
รูปที่ 5.9 แสดงค่าความต้านทานการสิ้นไถลที่ 20°C บนร่องล้อที่ปรากฏของผิวทางทั้งสองประเภท



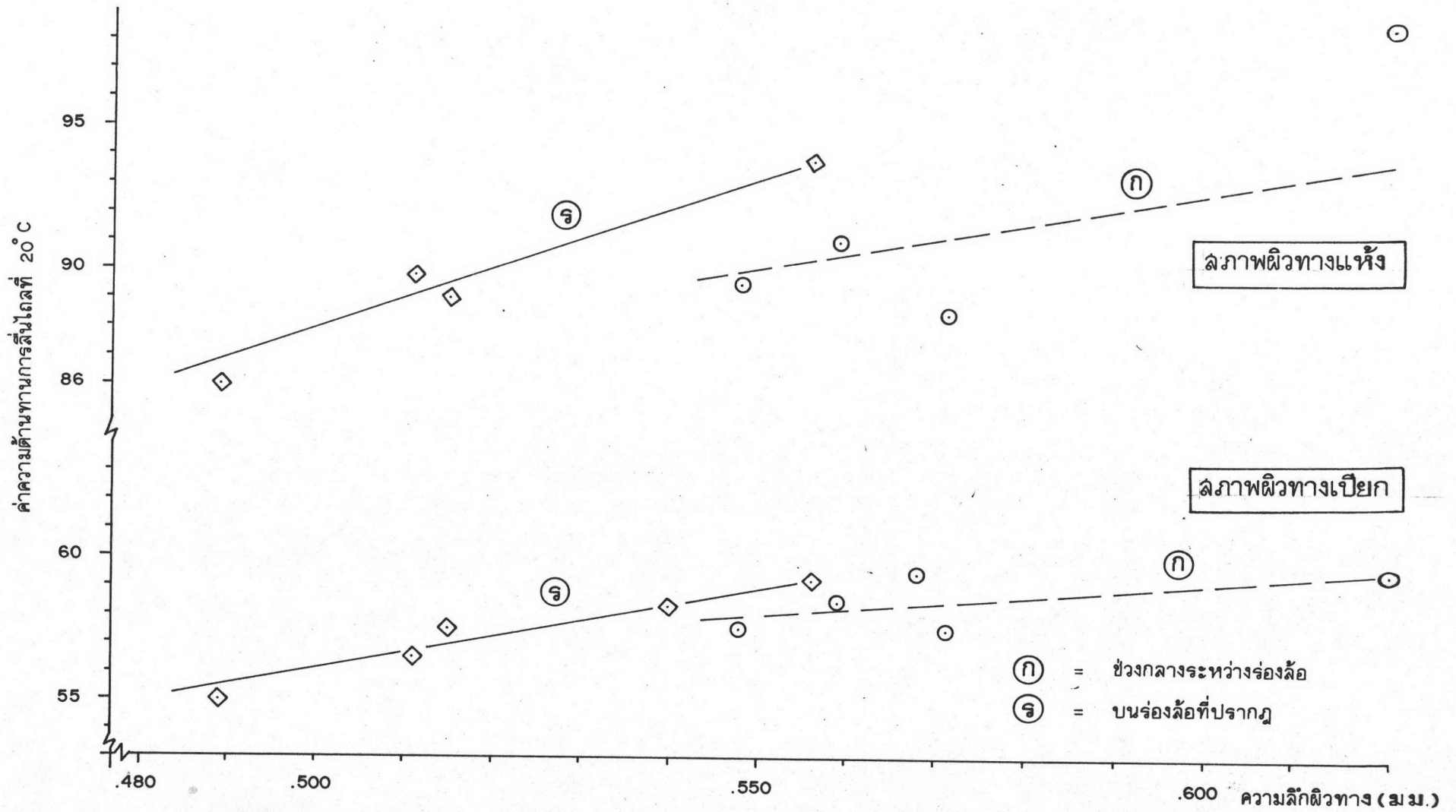
รูปที่ 5.10 แสดงค่าความต้านทานการขึ้นโกลที่ 20°C ระหว่างร่องล้อของผิวนางทั้งสองประเภท



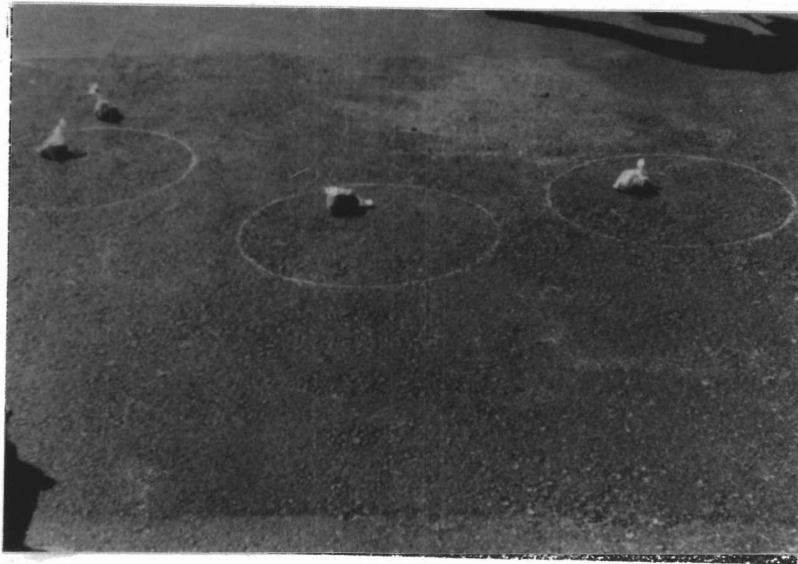
รูปที่ 5.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความลึกของหมอนรองกระดูกกับอายุการใช้งานของหมอนรองกระดูก



รูปที่ 5.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต่างอุณหภูมิที่ 20°C กับค่าความลึกผิวของผิวทางแอสฟัลท์ติกคินเผา

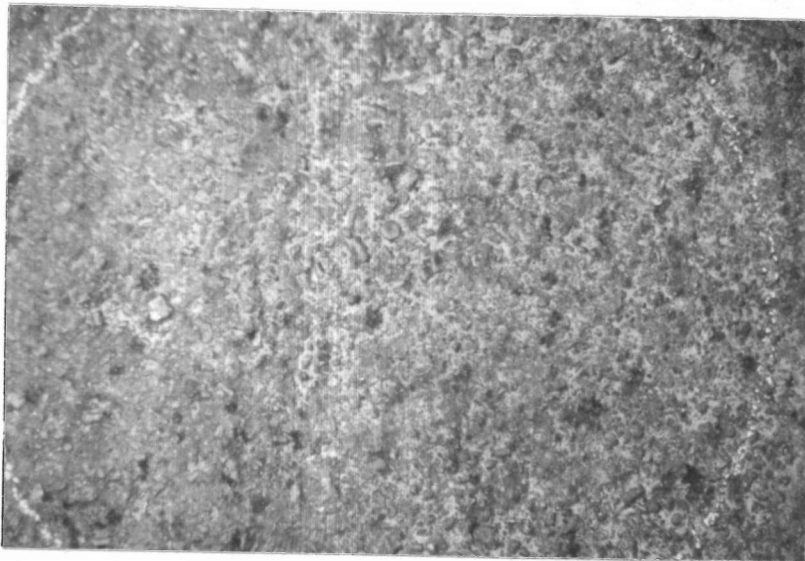


รูปที่ 5.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานการสิ้นไถลกับค่าความลึกผิวของผิวทางแอสฟัลท์ติกหินปูน

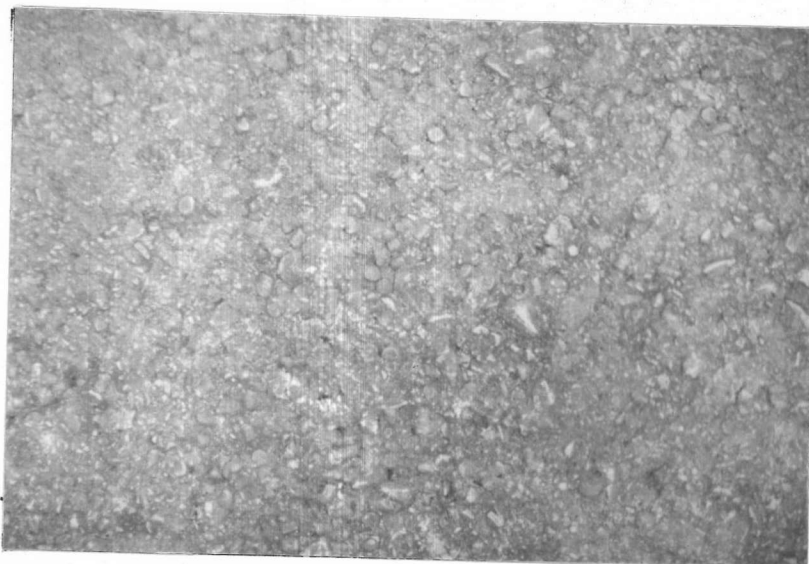


รูปที่ 5.14
ผิวทดลองแอสฟัลต์คกรวดดิน
เผา

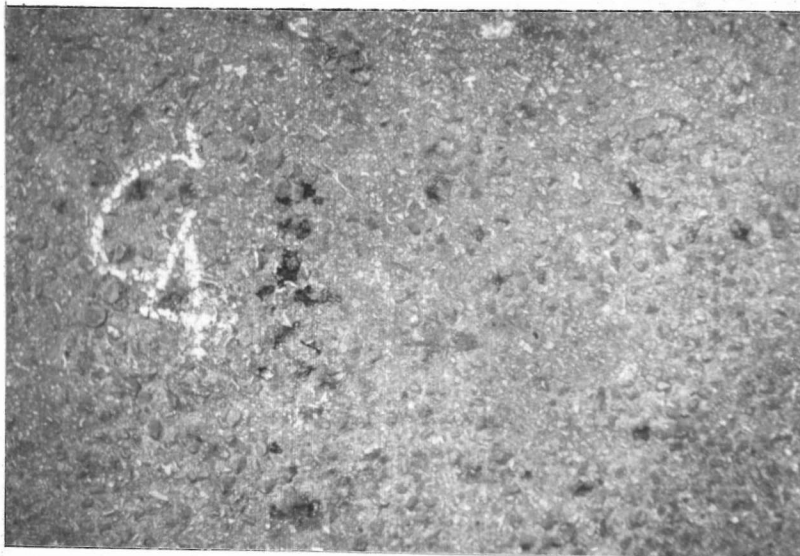
ครั้งที่ 1
20 ธค. 2526



ครั้งที่ 2
21 กพ. 2527



ครั้งที่ 3
21 มีค. 2527

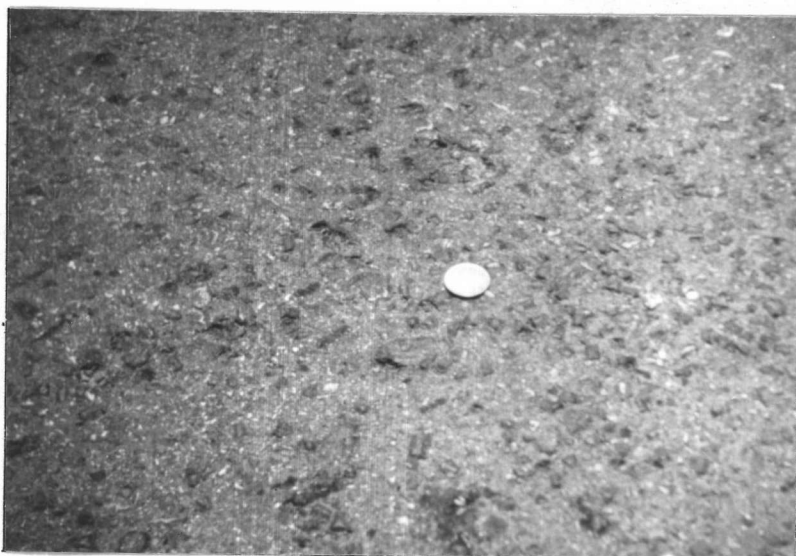


รูปที่ 5.14

ผิวทดลองแอล์ฟัสที่ติดกรวด
ดินเผา (ต่อ)

ครั้งที่ 4

23 เมย. 2527



ครั้งที่ 5

1 มิย. 2527

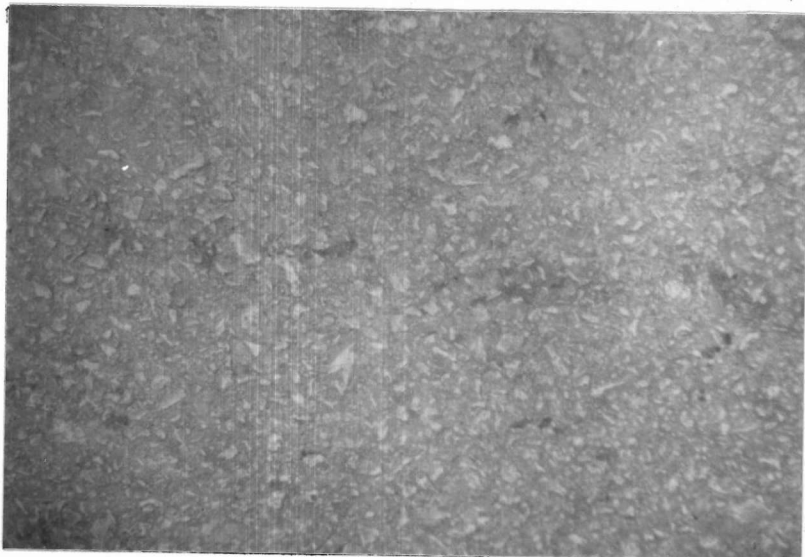


รูปที่ 5.15

ผิวทางแอสฟัลต์ติดหินปูน

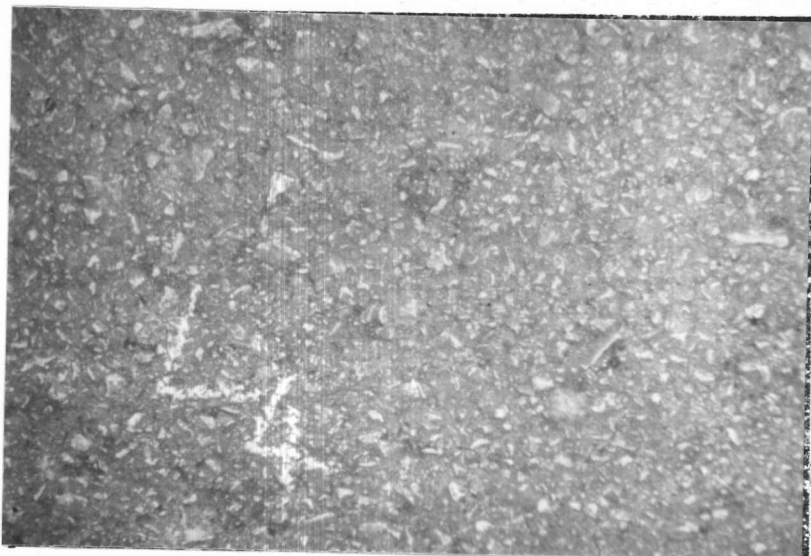
ครั้งที่ 1

20 ธค. 2526



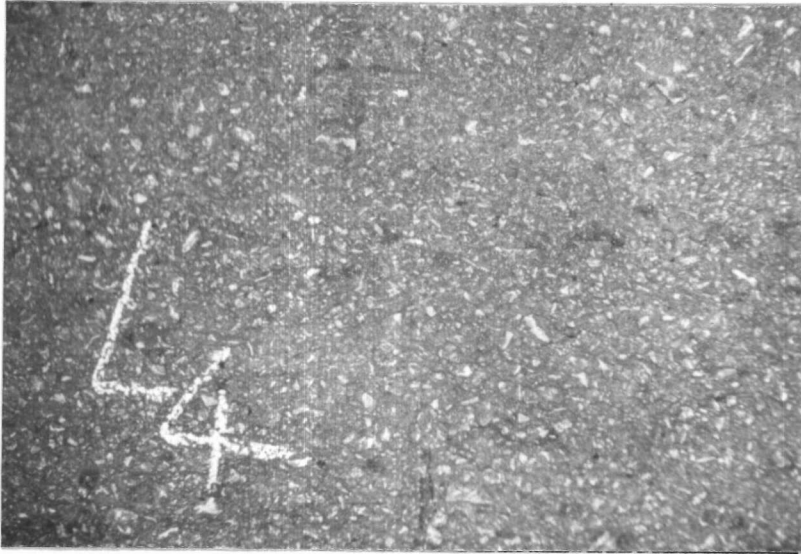
ครั้งที่ 2

21 กพ. 2527



ครั้งที่ 3

21 มีค. 2527

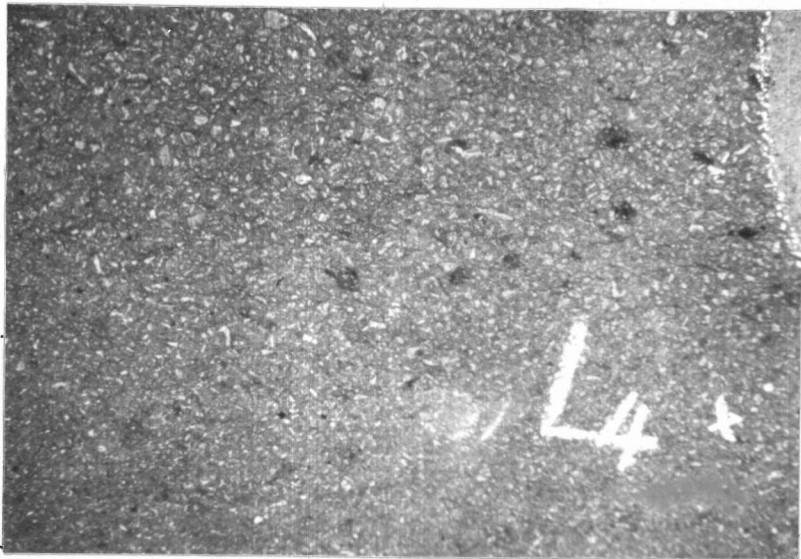


รูปที่ 5.15

ผิวทางแอสฟัลต์คหิมปูน
(ต่อ)

ครั้งที่ 4

23 เมย. 2527



ครั้งที่ 5

1 มีย. 2527