

บทที่ 5

ผลการทดลองในห้องปฏิบัติการ

5.1 คุณสมบัติเบื้องต้นของวัสดุมวลรวม

5.1.1 ค่าความถ่วงจำเพาะของวัสดุมวลรวม

ผลการทดลองหาค่าความถ่วงจำเพาะทั้งก้อน และความถ่วงจำเพาะปรากฏของกรวดดินเผา พบว่ากรวดดินเผาหาค่าความถ่วงจำเพาะทั้งก้อนเฉลี่ยเท่ากับ 1.622 และค่าความถ่วงจำเพาะปรากฏเฉลี่ยเท่ากับ 2.378 ดังแสดงในตารางที่ 5.1 กรวดดินเผาหาค่าความถ่วงจำเพาะต่ำกว่าของหินปูน และทรายแม่น้ำ แต่ให้ค่าความแตกต่างระหว่างค่าความถ่วงจำเพาะปรากฏกับค่าความถ่วงจำเพาะทั้งก้อนมากกว่าทั้งในหินปูนและทรายแม่น้ำที่เป็นเช่นนี้ เพราะว่ากรวดดินเผาขณะถูกเผาที่อุณหภูมิสูงแร่ธาตุบางชนิดในดินเหนียวทั้งที่เป็นแร่ดินเหนียว (Clay Minerals) และแร่ที่ไม่ใช่ดินเหนียว (Non - Clay Minerals) จะสลายตัวเกิดก๊าซและพยายามหนีออกจากกรวดดินเผา ซึ่งทำให้กรวดดินเผาเมื่อพูน ปริมาตรเพิ่มขึ้นและหน่วยน้ำหนักลดลง ซึ่งจะให้ค่าความถ่วงจำเพาะทั้งก้อนต่ำ และการที่มีรูพรุนเปิดที่ผิวกรวดดินเผา มาก จึงทำให้ค่าความแตกต่างของค่าความถ่วงจำเพาะทั้งสองแบบมากด้วย

5.1.2 ค่าความสึกหรอของวัสดุมวลรวม

ความต้านทานการแตกละเอียด (Resistance to Crushing) ของวัสดุมวลรวม ภายใต้การกดทับของน้ำหนักกดยาน สามารถประเมินได้จากค่าความสึกหรอที่ได้จากการทดลองโดยวิธีลอสแอนเจลิส ซึ่งตามข้อกำหนดมาตรฐานของ AASHTO T 96-70 ได้กำหนดไว้ให้ไม่เกินร้อยละ 40 จากผลการทดลองค่าความสึกหรอของกรวดดินเผาขนาดข้างตะแกรง $\frac{1}{2}$ นิ้ว และ $\frac{3}{8}$ นิ้ว ให้ค่าความสึกหรอเท่ากับร้อยละ 30.52 คงอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด (ไม่มากกว่าร้อยละ 40) จะเห็นว่ากรวดดินเผาเมื่อเผาที่อุณหภูมิสูง 1,000 °ซ ซึ่งยังไม่ถึงจุดหลอมตัวจะมีความแข็งแรงมาก ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะว่าสารประกอบออกไซด์ทั้งที่เป็นอิสระและที่เกิดจากการแตกตัวของแร่ดินเหนียว และแร่ที่

ไม้ไผ่ดินเหนียวเกิดการรวมตัวเป็นสารประกอบใหม่ที่อุณหภูมิลดลง ทำให้กรวดดินเผามีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น

5.1.3 ปริมาณการดูดซึมน้ำและยางแอสฟัลต์

ตารางที่ 5.2 แสดงค่าปริมาณการดูดซึมน้ำและยางแอสฟัลต์ของกรวดดินเผา ดินปูน ดินฝุ่น และทรายแม่น้ำซึ่งพบว่า กรวดดินเผาส่งสามารถดูดซึมน้ำได้ในปริมาณที่มากกว่า

ตารางที่ 5.1 ค่าความถ่วงจำเพาะของวัสดุผสมรวม

ขนาดผ่าน ตะแกรง	ค่าความถ่วงจำเพาะทั้งก้อน (Bulk Specific Gravity)				ค่าเฉลี่ย
	$\frac{3}{4}$ นิ้ว	$\frac{1}{2}$ นิ้ว	$\frac{3}{8}$ นิ้ว	เบอร์ 4 ถึง เบอร์ 200	
กรวดดินเผา	1.773	1.600	1.492	-	1.622
ดินปูน	2.690	2.720	2.758	-	2.723
ดินฝุ่น	-	-	-	2.735	2.735
ทรายแม่น้ำ	-	-	-	2.571	2.571

ค่าความถ่วงจำเพาะปรากฏ (Apparent Specific Gravity)

กรวดดินเผา	2.378			-	2.378
ดินปูน	2.723	2.747	2.792	-	2.754
ดินฝุ่น	-	-	-	2.810	2.810
ทรายแม่น้ำ	-	-	-	2.612	2.612

ตารางที่ 5.2 ปริมาณการดูดซึมน้ำและยางแอสฟัลต์ผสม

ขนาดผ่านตะแกรง	ร้อยละการดูดซึมน้ำ					ร้อยละการดูดซึมน้ำยางแอสฟัลต์
	$\frac{3}{4}$ นิ้ว	$\frac{1}{2}$ นิ้ว	$\frac{3}{8}$ นิ้ว	เบอร์ 4-200	ค่าเฉลี่ย	
กรวดดินเผา	15.6	15.5	17.4	-	16.2	ก.
หินปูน	0.45	0.36	0.44	-	0.42	ข.
หินฝุ่น	-	-	-	0.98	0.98	ค.
ทรายแม่น้ำ	-	-	-	0.63	0.63	ง.

หินปูนและทรายแม่น้ำ ทั้งนี้เนื่องมาจากกรวดดินเผามีรูพรุนเปิดที่ผิวมากกว่านั่นเอง ในทำนองเดียวกันกรวดดินเผาก็จะมีการดูดซึมน้ำยางแอสฟัลต์ได้มากกว่าด้วย ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากภายในรูพรุนเปิดจะมีอากาศแทรกอยู่และก่อนที่จะทำการผสมกับยางแอสฟัลต์นั้น ต้องทำการให้ความร้อนแก่มวลรวม ทำให้อากาศภายในรูพรุนเปิดเกิดการขยายตัว และหดตัวเมื่ออุณหภูมิของส่วนผสมเป็นลง เป็นผลให้ยางแอสฟัลต์เคลือบเข้าไปแทนที่ได้มากตามปริมาณและขนาดรูพรุนเปิดตามผิวของกรวดดินเผาด้วย

5.1.4 ค่าการหลุดลอกของยางแอสฟัลต์แบบแช่ในน้ำนิ่ง

ตามวิธีการทดลองในหัวข้อ 4.2.6 พบว่าในขั้นตอนการเคลือบกรวดดินเผาด้วยยางแอสฟัลต์ จะใช้เวลาการผสมจนกระทั่งยางแอสฟัลต์เคลือบผิวกรวดดินเผาทั่วทั้งก้อนนานกว่าเวลาที่ใช้ในการเคลือบหินปูนด้วยยางแอสฟัลต์ ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่ากรวดดินเผามีรูพรุนเปิดที่ผิวมาก จึงทำให้ผิวของกรวดดินเผาขรุขระและหยาบกว่าผิวของหินปูน ดังนั้น การเคลือบและการแผ่กระจายของยางแอสฟัลต์ไปบนผิวของกรวดดินเผา จึงเป็นไปได้ช้ากว่าบนผิวของหินปูน

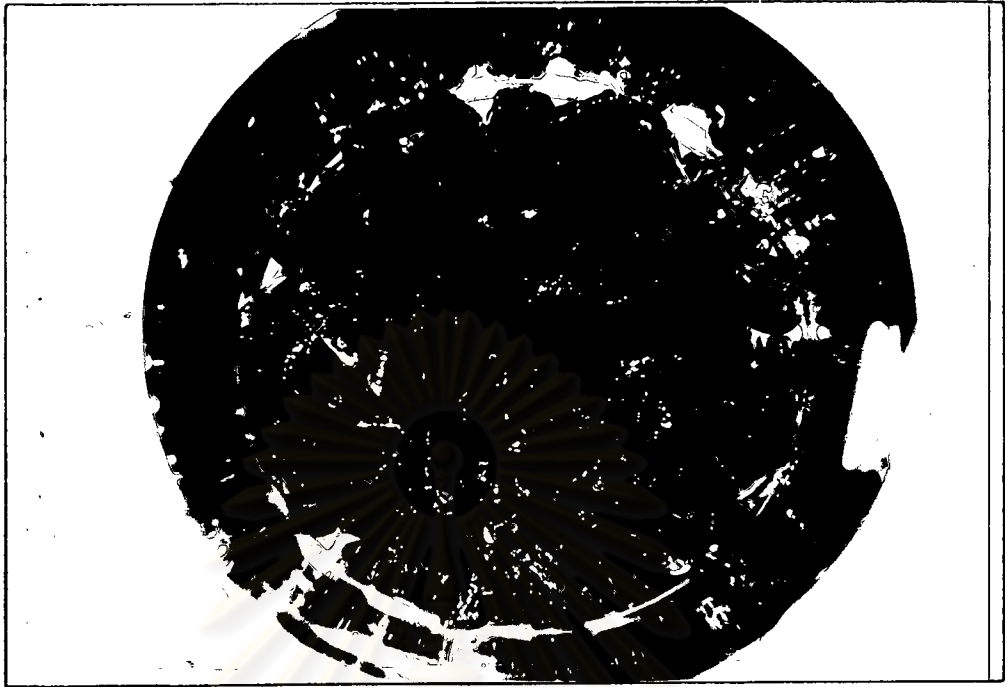
ผลการทดลองการหลุดลอกของยางแอสฟัลต์หลังจากแช่ในน้ำก้นที่อุณหภูมิห้องนาน 16 ถึง 18 ชั่วโมง ดังแสดงในรูปที่ 5.1 ปรากฏว่าทั้งตัวอย่างกรวดดินเผาและหินปูนยังคงมียางแอสฟัลต์เคลือบอยู่ร้อยละ 0.66 และ 1.38 ตามลำดับ และภายหลัง

ผ่านการแช่ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 60°C นาน 24 ชั่วโมงอีกครั้งหนึ่ง ผลปรากฏว่ามีการหลุดลอกของยางแอสฟัลต์เกิดขึ้นเป็นจุดเล็ก ๆ ที่ผิวของก้อนตัวอย่างทั้งสอง และสามารถประเมินค่าการหลุดลอกของยางแอสฟัลต์ได้เท่ากับ 2.71 และ 2.94 ในตัวอย่างกรวดดินเผาและหินปูน ตามลำดับ ซึ่งคงอยู่ในเกณฑ์กำหนดมาตรฐานของ ASTM D1664-69 ที่กำหนดไว้ไม่เกินร้อยละ 5 ดังแสดงในรูปที่ 5.2 จากการสังเกตระหว่างการทดลองพบว่า ที่ผิวของมวลรวมทั้งสองบริเวณเหลี่ยมมุม และตะเข็บจะเกิดแผ่นยางสีน้ำตาลโปร่งใสเคลือบอยู่เคียงข้างไปกับการเกิดการหลุดลอกของยางแอสฟัลต์ด้วย นอกจากนี้ บนผิวมวลรวมทั้ง 2 ชนิด บางส่วนจะเกิดฟองอากาศค้ำด้วยแผ่นบาง ๆ ของยางแอสฟัลต์โปร่งใส ซึ่งปรากฏการณ์เหล่านี้ H.J. FROMM (1974) ได้อธิบายว่า น้ำมีแรงดึงผิวที่หน้าสัมผัสร่วมกับอากาศมากกว่าแรงดึงผิวที่หน้าสัมผัสร่วมของยางแอสฟัลต์กับอากาศ ทำให้เกิดแรงดึงที่ผิวสัมผัสร่วม (Interfacial Pulling Force) ระหว่างน้ำ - ยางแอสฟัลต์ - อากาศ ดึงยางแอสฟัลต์ร่นเข้ามารวมกัน ทำให้ผิวมวลรวมบางบริเวณมียางแอสฟัลต์เคลือบบางมาก ดังจะเห็นได้จากบริเวณตะเข็บและเหลี่ยมมุม และอากาศที่แทรกอยู่ที่ผิวของมวลรวมซึ่งจะพยายามลอยตัวขึ้นมาอยู่แล้วเมื่ออยู่ในน้ำ ก็สามารถหลุดขึ้นมาได้ตรงบริเวณที่มียางแอสฟัลต์เคลือบอยู่บางที่สุด พร้อมกับดันให้แผ่นยางแอสฟัลต์แตกออกเป็นผลให้หน้าสามารถแทรกเข้าไปที่รอยต่อของยางแอสฟัลต์กับมวลรวมได้ และเกิดการหลุดลอกของยางแอสฟัลต์ตามมาภายหลัง

5.2 การเปลี่ยนแปลงค่าเสถียรภาพของก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์ดีคคอนกรีตภายหลังจากแช่ในน้ำนิ่งที่อุณหภูมิ 60°C ตามวิธีการทดลองแบบมาร์แชล

5.2.1 ระดับการอิมมิดด้วยน้ำ

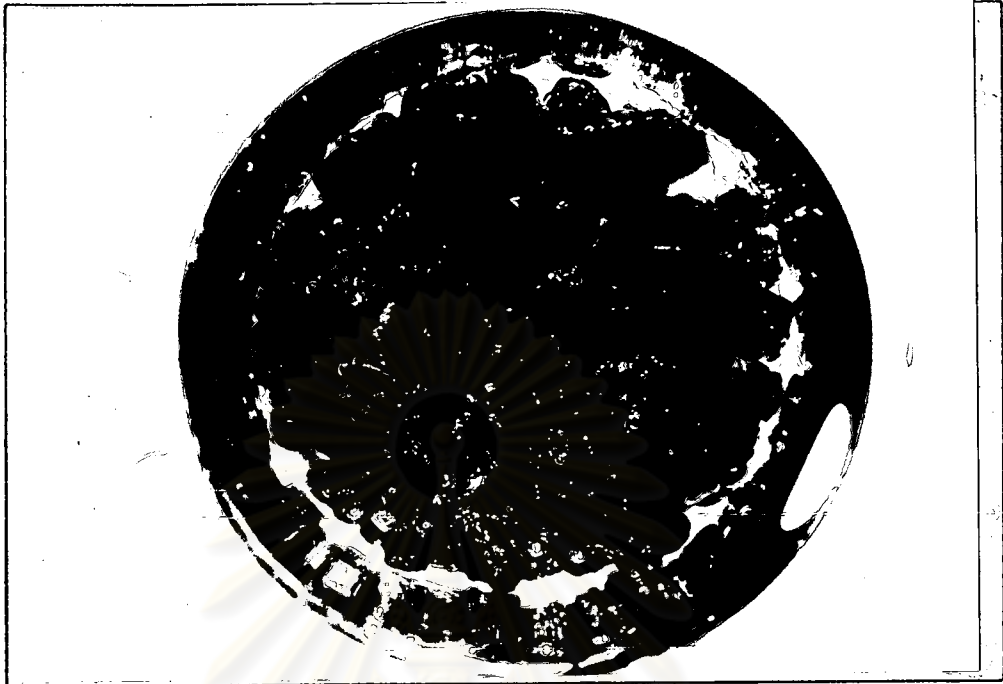
ระดับการอิมมิดด้วยน้ำของก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์ดีคคอนกรีตแบบส่วนผสมต่าง ๆ หลังจากแช่น้ำนาน 4 วัน สามารถแสดงได้ในรูปที่ 5.3 พบว่า แอสฟัลต์ดีคคอนกรีตกรวดดินเผา มีระดับการอิมมิดด้วยน้ำอยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 50 - 60 และแอสฟัลต์ดีคคอนกรีตหินปูนอยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 30 - 40 ทั้งนี้ เป็นเพราะกรวดดินเผาลำบากดูดซึมน้ำเข้าไปได้มากกว่าหินปูนนั่นเอง นอกจากนี้ ในแอสฟัลต์ดีคคอนกรีตที่ฟิทรายแห้งน้ำเป็นมวลรวมผสมอยู่ด้วย (แบบส่วนผสม ก และ ค) กลับมีระดับการอิมมิดด้วยน้ำต่ำกว่า



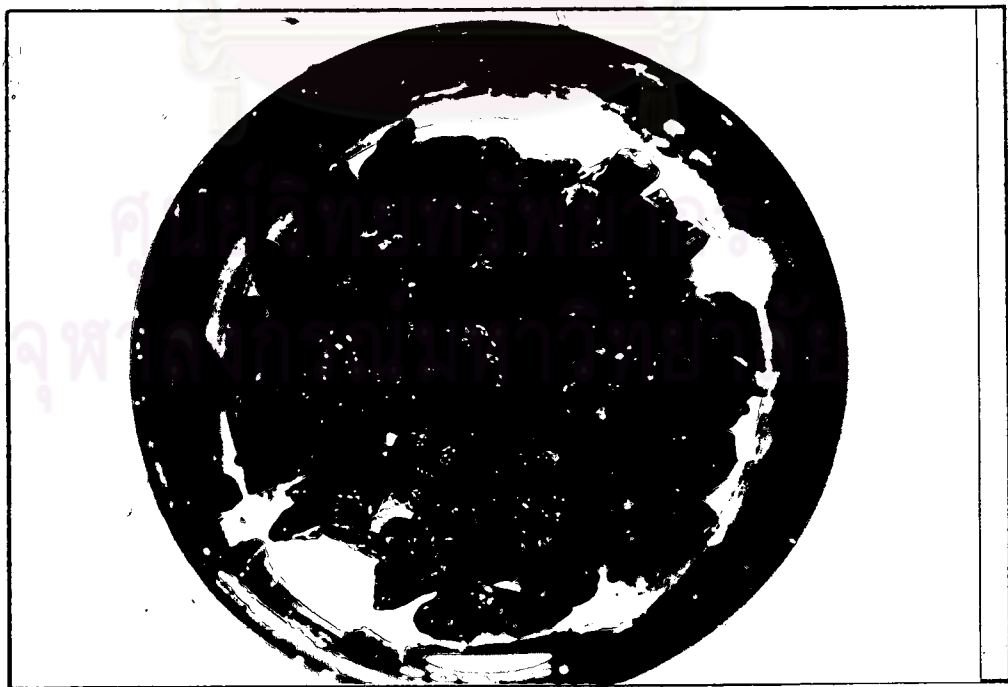
รูปที่ 5.1 (ก) มวลรวมกรวดดินเผา เคลือบด้วยยางบดสังกะสีแช่ในน้ำทิ้งจุดหมึก
ห้อง 18 ซม.



รูปที่ 5.1 (ข) มวลรวมหินปูนเคลือบด้วยยางแอลฟัลต์แช่ในน้ำทิ้งจุดหมึกห้อง 18 ซม.



รูปที่ 5.2 (ก) มวลรวมกรดดินเฆาเคลือบด้วยยางแอสฟัลต์แช่ในน้ำนิ่งที่
อุณหภูมิ 60⁰ ช 24 ชม.



รูปที่ 5.2 (ข) มวลรวมหินปูนเคลือบด้วยยางแอสฟัลต์แช่ในน้ำนิ่งที่อุณหภูมิ
60⁰ ช 24 ชม.

ในแอสฟัลต์ดีคคอนกรีตที่ไม่มีทรายผลมอยู่ (แบบส่วนผลม ข และ ง) ประมาณร้อยละ 5 ทั้งนี้ เป็นเพราะว่าทรายมีความสามารถดูดซึมน้ำได้น้อยกว่าหินปูนและกรวดดินเผา (ดังจะเห็นได้จากผลการทดลองในหัวข้อ 5.1.3)

5.2.2 ปริมาณการดูดซึมน้ำและปริมาณช่องว่างอากาศที่เหลือ (Absorbed Water and Residual Air Voids)

จากผลการทดลองที่แสดงในรูปที่ 5.4 พบว่า ปริมาณน้ำต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร (V_w) ที่ก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์ดีคคอนกรีตดูดซึมน้ำเข้าไปจะเพิ่มมากขึ้นตามปริมาณช่องอากาศเต็ม (V_o) และ V_w จะเริ่มมีค่าลดลงเมื่อแอสฟัลต์ดีคคอนกรีตมีค่า V_o เพิ่มขึ้นถึงจุดหนึ่งคือร้อยละ 14, 16, 9 และ 10 ในแบบส่วนผลม (ก, ข, ค และ ง) ตามลำดับ และปริมาณช่องอากาศที่เหลือ (V_a) จะเพิ่มขึ้นตามปริมาณ V_o ทั้งนี้ จะเห็นว่าค่า V_a จะต่ำกว่า V_w ในกรณีของแอสฟัลต์ดีคคอนกรีตกรวดดินเผา (แบบส่วนผลม ก และ ข) และจะมีค่ามากกว่าในกรณีของแอสฟัลต์ดีคคอนกรีตหินปูน (แบบส่วนผลม ค และ ง)

5.2.3 การบวมและดัชนีการบวม (Swell and Swell Index)

ตามผลการทดลองในรูปที่ 5.5 พบว่าปริมาณการบวมในแอสฟัลต์ดีคคอนกรีตทุกแบบจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณ V_o ที่เพิ่ม และปริมาณการบวมจะลดลง เมื่อ V_o เพิ่มขึ้นถึงค่าๆหนึ่ง และค่าการบวมในแอสฟัลต์ดีคคอนกรีตกรวดดินเผา (ส่วนผลม ก และ ข) จะมีปริมาณการบวมมากกว่า ในแอสฟัลต์ดีคคอนกรีตหินปูน (ส่วนผลม ค และ ง.)

อธิบายได้ว่าปริมาตรของก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์ดีคคอนกรีตที่เพิ่มขึ้น เป็นผลมาจากปริมาตรของน้ำที่ดูดซึมน้ำเข้าไป และแอสฟัลต์ดีคคอนกรีตกรวดดินเผาซึ่งสามารถดูดซึมน้ำได้ในปริมาณที่มากกว่าแอสฟัลต์ดีคคอนกรีตหินปูนอยู่แล้ว จึงทำให้มีปริมาณการบวมสูงกว่าด้วยเช่นกัน ส่วนการบวมที่ลดลงเมื่อค่า V_o เพิ่มขึ้นถึงจุดหนึ่งนั้น เนื่องจากปริมาณ V_o จะเพิ่มขึ้นตามปริมาณการลดลงของยางแอสฟัลต์ในส่วนผลม จึงมีผลให้การเคลือบของยางแอสฟัลต์เกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ได้ ดังนั้นการที่การบวมลดลงก็เป็นเพราะน้ำสามารถซึมเข้าไปในรูพรุนเปิดที่ผิวของก้อนมวลรวมได้ส่วนหนึ่ง และสามารถเข้าไปแทรกอยู่ที่หน้าสัมผัสระหว่างยางแอสฟัลต์กับผิวมวลรวมได้อีกส่วนหนึ่งนั่นเอง

นอกจากนี้ค่า Swell Index ตามรูปที่ 5.6 ยังสามารถแสดงให้เห็นว่า การบวมของก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์ติกคอนกรีตจะลดลงทั้ง ๆ ที่ดูดซึมน้ำเข้าไปในปริมาณที่มาก ทั้งนี้เป็นเพราะที่ V_0 เพิ่มขึ้น น้ำที่ดูดซึมเข้าไป สามารถเข้าไปอยู่ตามรูพรุนเปิดที่ผิวมวลรวม และเข้าไปแทรกอยู่ที่หน้าสัมผัสระหว่างยางแอสฟัลต์กับมวลรวมได้นั่นเอง และตามรูปที่ 5.6 จะเห็นว่าตัวอย่างแอสฟัลต์ติกคอนกรีตกรวดดินเผาซึ่งเกิดการบวมที่มากจะให้เส้นความสัมพันธ์ที่มีค่าความลาดเอียง (Slope) ที่น้อยกว่า เส้นความสัมพันธ์ในแอสฟัลต์ติกคอนกรีตหินปูนที่เกิดการบวมน้อยกว่าด้วย

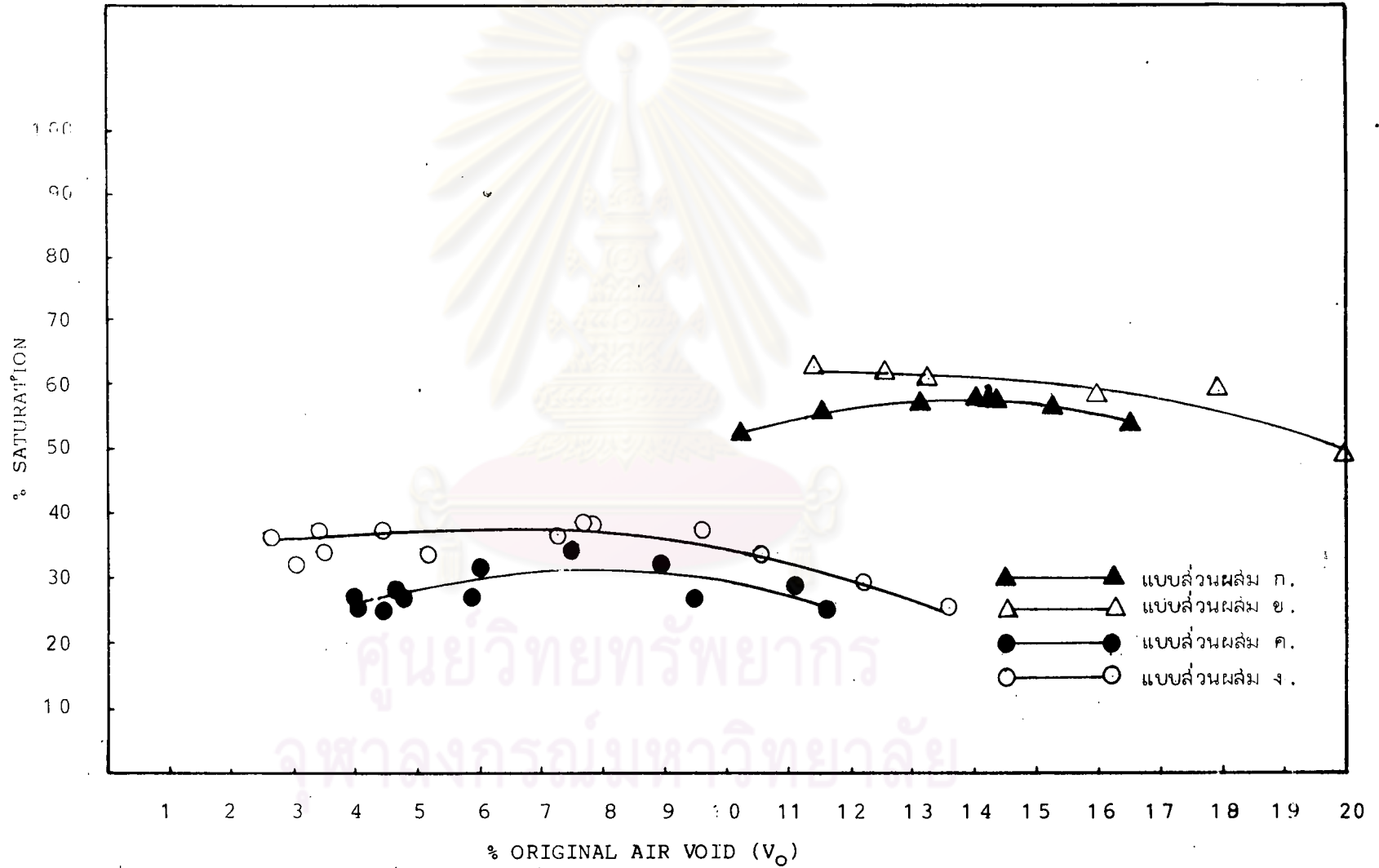
5.2.4 ปริมาณเสถียรภาพคงเหลือ (Retained Stability)

รูปที่ 5.7 แสดงผลการทดลอง ค่าเสถียรภาพของก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์ติกคอนกรีตทั้ง 4 แบบที่คงเหลืออยู่หลังจากผ่านการแช่ในน้ำนิ่ง อุณหภูมิ 60°C นาน 4 วัน พบว่าส่วนผสม (ก. และ ข.) ซึ่งใช้กรวดดินเผาเป็นมวลรวมหายาบมีปริมาณร้อยละเสถียรภาพคงเหลือในระดับที่ต่ำกว่าส่วนผสม (ค. และ ง.) ที่ใช้หินปูนเป็นมวลรวมหายาบ หรือกล่าวได้ว่า ส่วนผสมแอสฟัลต์ติกคอนกรีตกรวดดินเผา มีระดับของการเกิดการหลุดลอกของยางแอสฟัลต์สูงกว่าส่วนผสมแอสฟัลต์ติกคอนกรีตหินปูนนั่นเอง

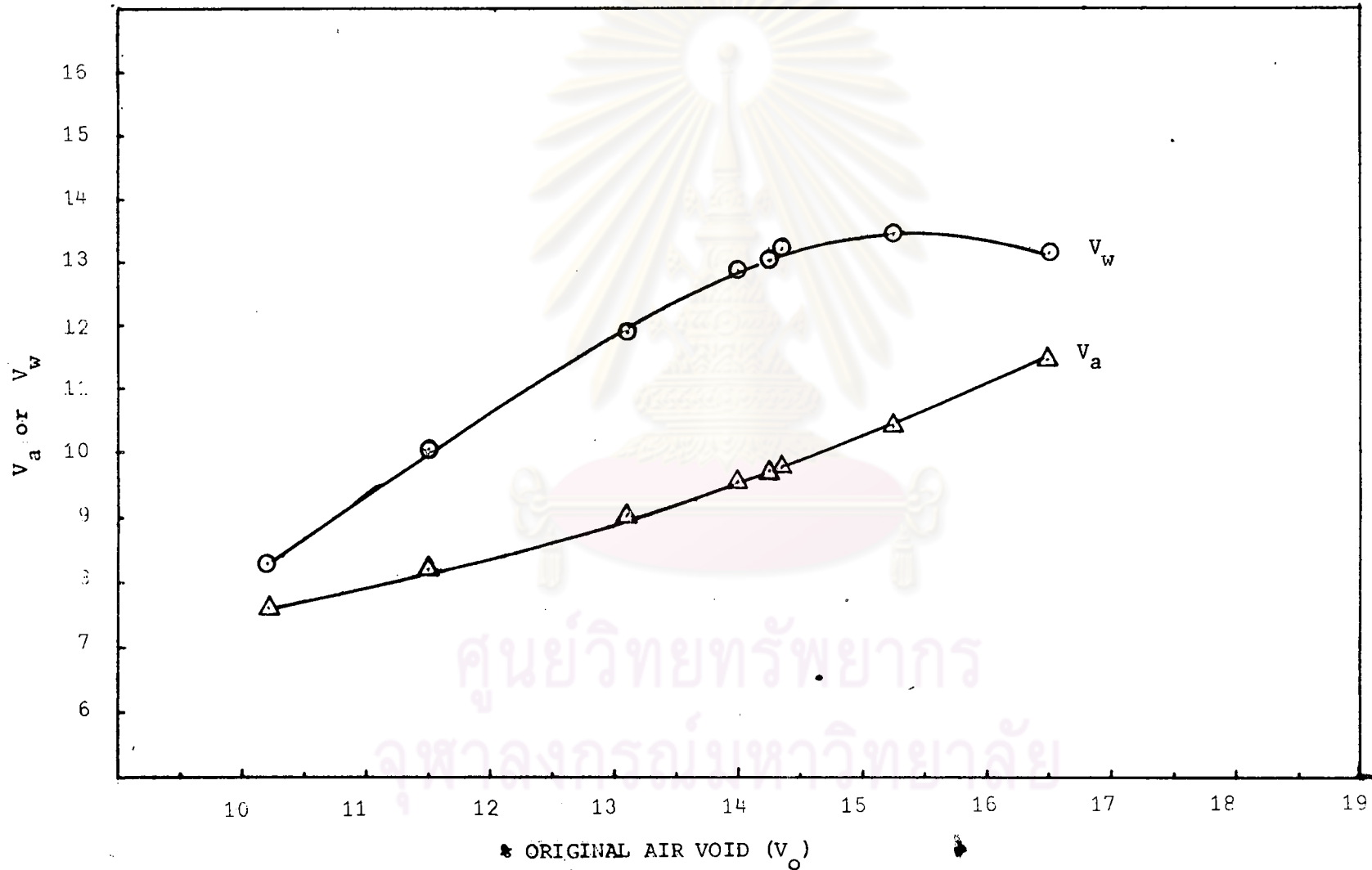
และตารางในส่วนผสมยังทำให้ปริมาณร้อยละเสถียรภาพคงเหลือในส่วนผสม (ก. และ ค.) อยู่ในระดับที่ต่ำกว่าส่วนผสม (ข. และ ง.) อย่างเห็นได้ชัด ทั้งนี้เป็นเพราะเกิดการหลุดลอกของยางแอสฟัลต์ที่เคลือบเม็ดทรายและแรงเกาะเกี่ยวกันของอนุภาคมวลรวมในส่วนผสมต่ำนั่นเอง

อธิบายได้ว่า ค่าเสถียรภาพของก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์ติกคอนกรีต เป็นกำลังต้านทานที่ประกอบกันขึ้นมาจากแรงยึดเกาะระหว่างยางแอสฟัลต์กับผิวมวลรวม แรงยึดเหนี่ยวในยางแอสฟัลต์และแรงเกาะเกี่ยวกันของอนุภาคมวลรวม ดังนั้น แอสฟัลต์ติกคอนกรีตกรวดดินเผาที่กรวดดินเผาสามารถดูดซึมน้ำเข้าไปได้ในปริมาณมาก ๆ น้ำจะไปแทรกตัวอยู่ระหว่างรอยต่อของยางแอสฟัลต์กับผิวกรวดดินเผาและสามารถทำลายแรงยึดเกาะระหว่างยางแอสฟัลต์กับผิวกรวดดินเผาได้ ทำให้ก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์ติกคอนกรีตกรวดดินเผา มีค่าเสถียรภาพลดต่ำลงมาก

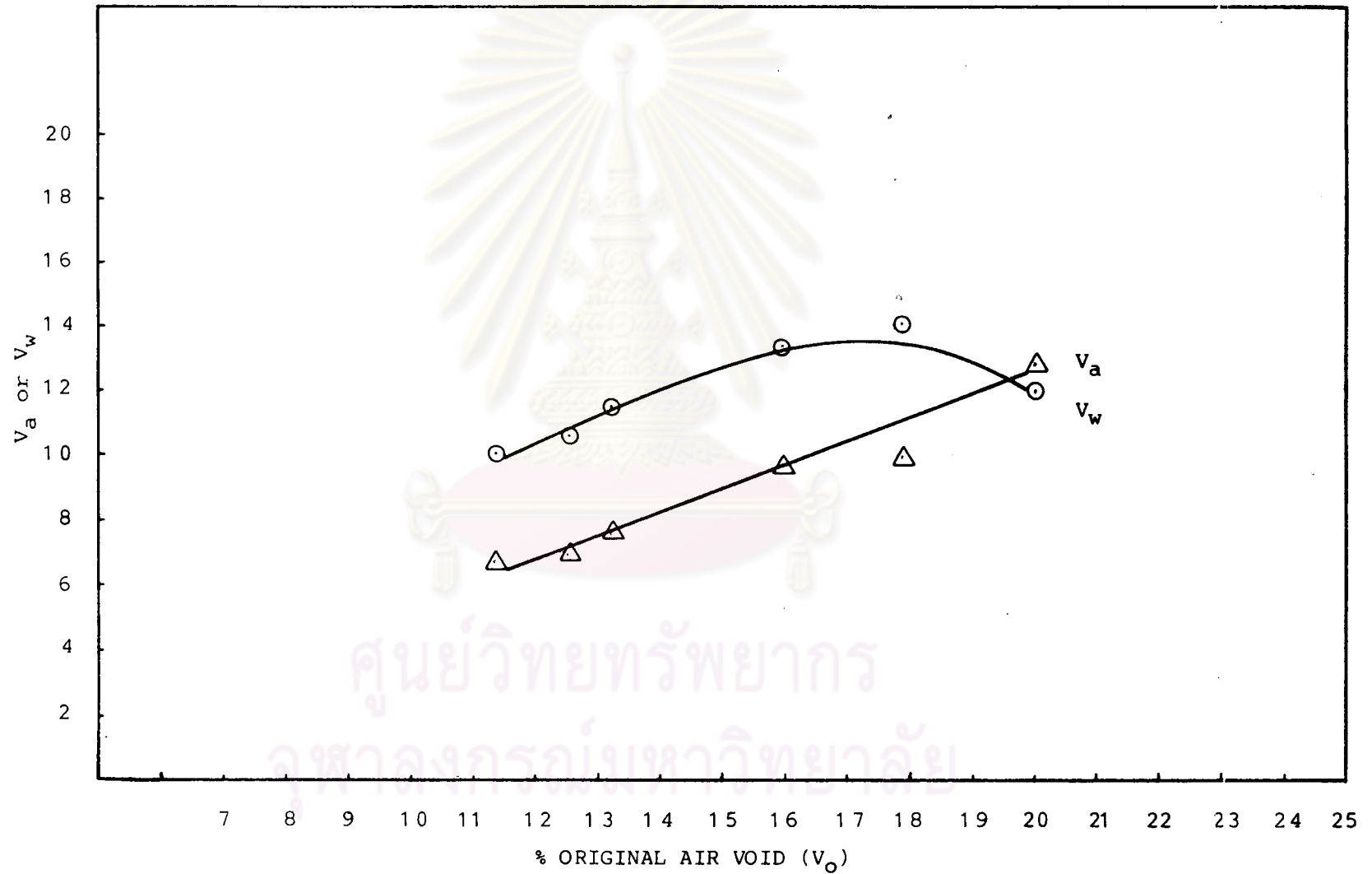
ส่วนในแอสฟัลต์ติกคอนกรีตที่มีทรายเป็นมวลรวมละเอียดอยู่ด้วย นอกจากจะเกี่ยวข้อง กับรูปทรงที่ค่อนข้างกลมแล้ว ทำให้แรงเกาะเกี่ยวกันของอนุภาคไม่ตึงมาก ยังเป็นเพราะว่าทรายมี SiO_2 เป็นองค์ประกอบอยู่มากกว่าในหินปูน (Rice 1958) ทำให้ทรายมี



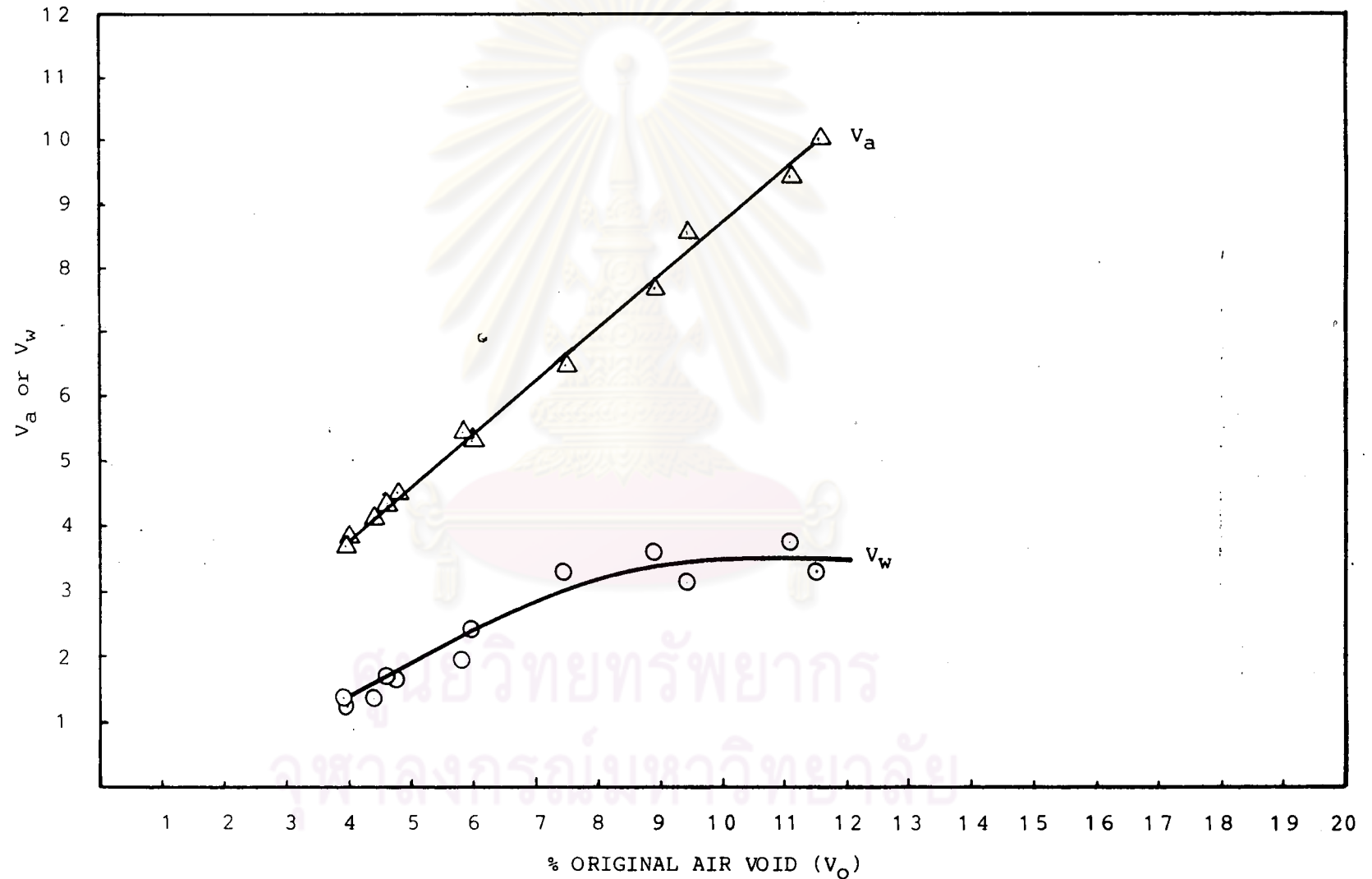
รูปที่ 5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการอัดตัวกับปริมาณช่องอากาศในแอสฟัลต์คิกคอนกรีต



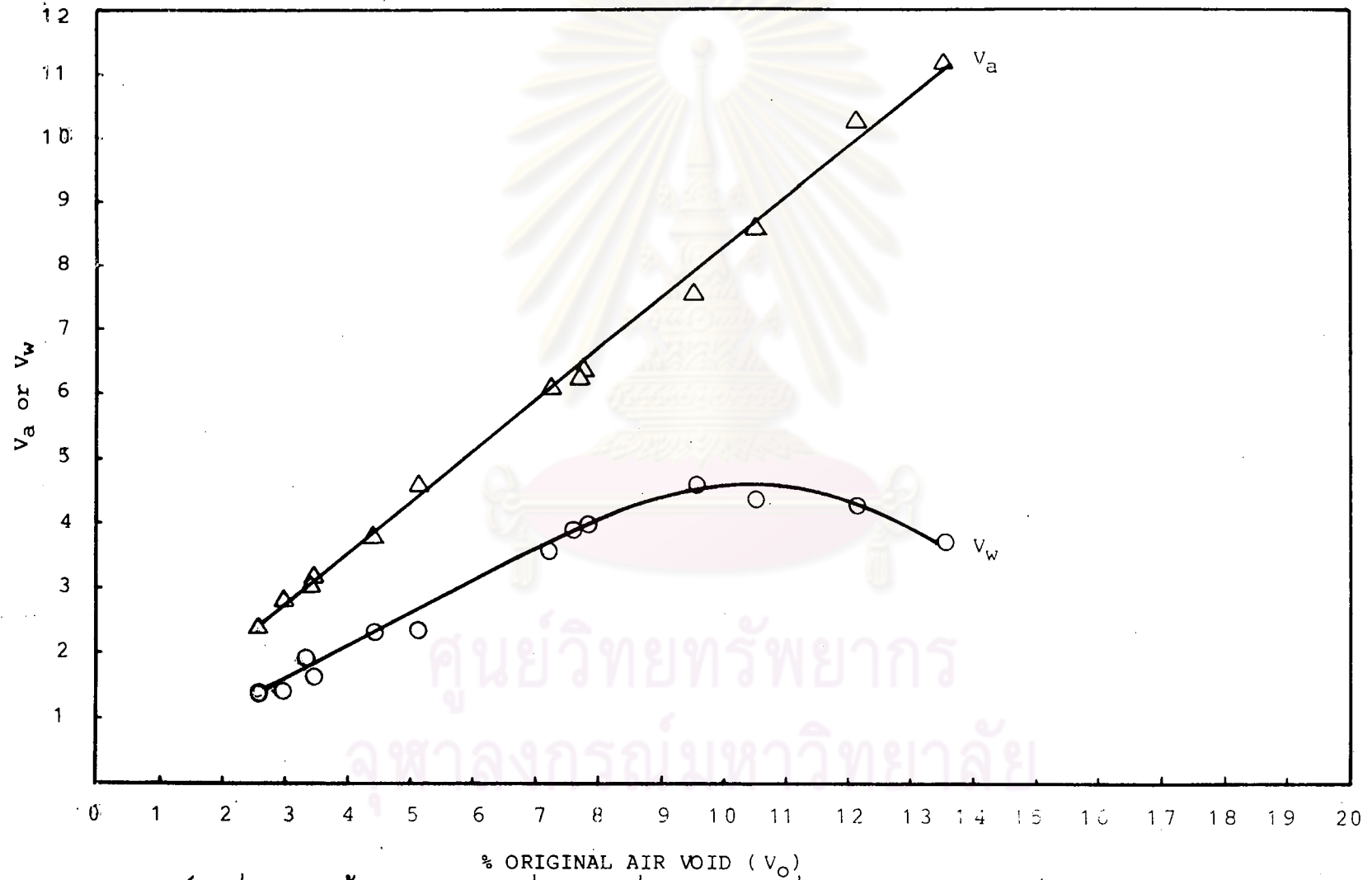
รูปที่ 5.4 (ก) ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำดูดซึมและปริมาณช่องอากาศที่เหลือกับปริมาณช่องอากาศเดิมในแอสฟัลต์ติกคอนกรีตกรวดดินเผาแบบล่วนผสม (ก)



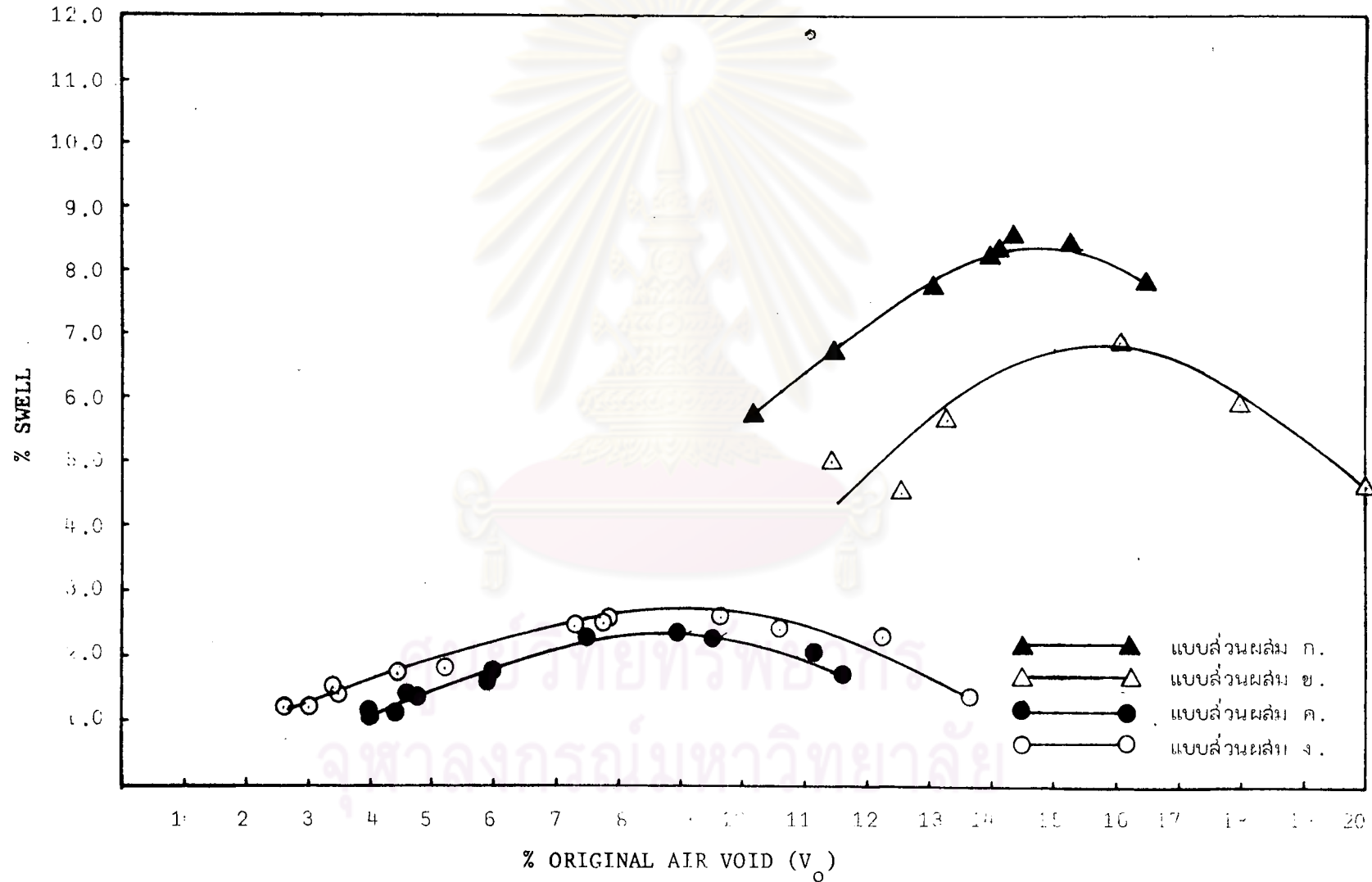
รูปที่ 5.4 (ท) ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำซึมและปริมาณของอากาศที่เหลือกับปริมาณของอากาศเดิมในแอสฟัลต์ค้อนกรีทกรวดดินเผาแบบส่วนผสม(ซ)



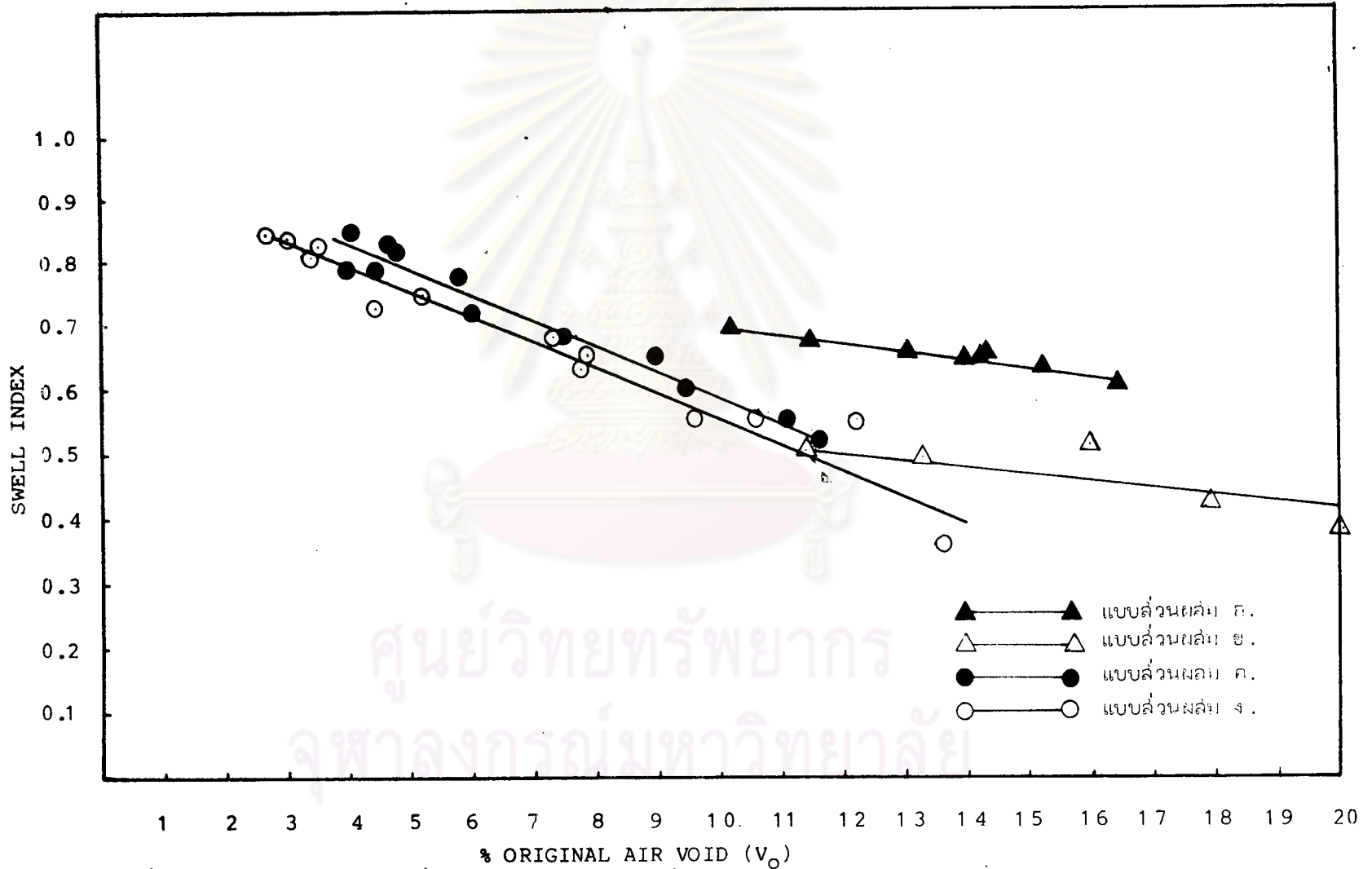
รูปที่ 5.4 (ค) กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำคั่งซึมและปริมาณของอากาศที่เหลือกับปริมาณของอากาศเดิมในแอสฟัลต์คิกคอนกรีตหินปูนแบบส่วนผสม (ค)



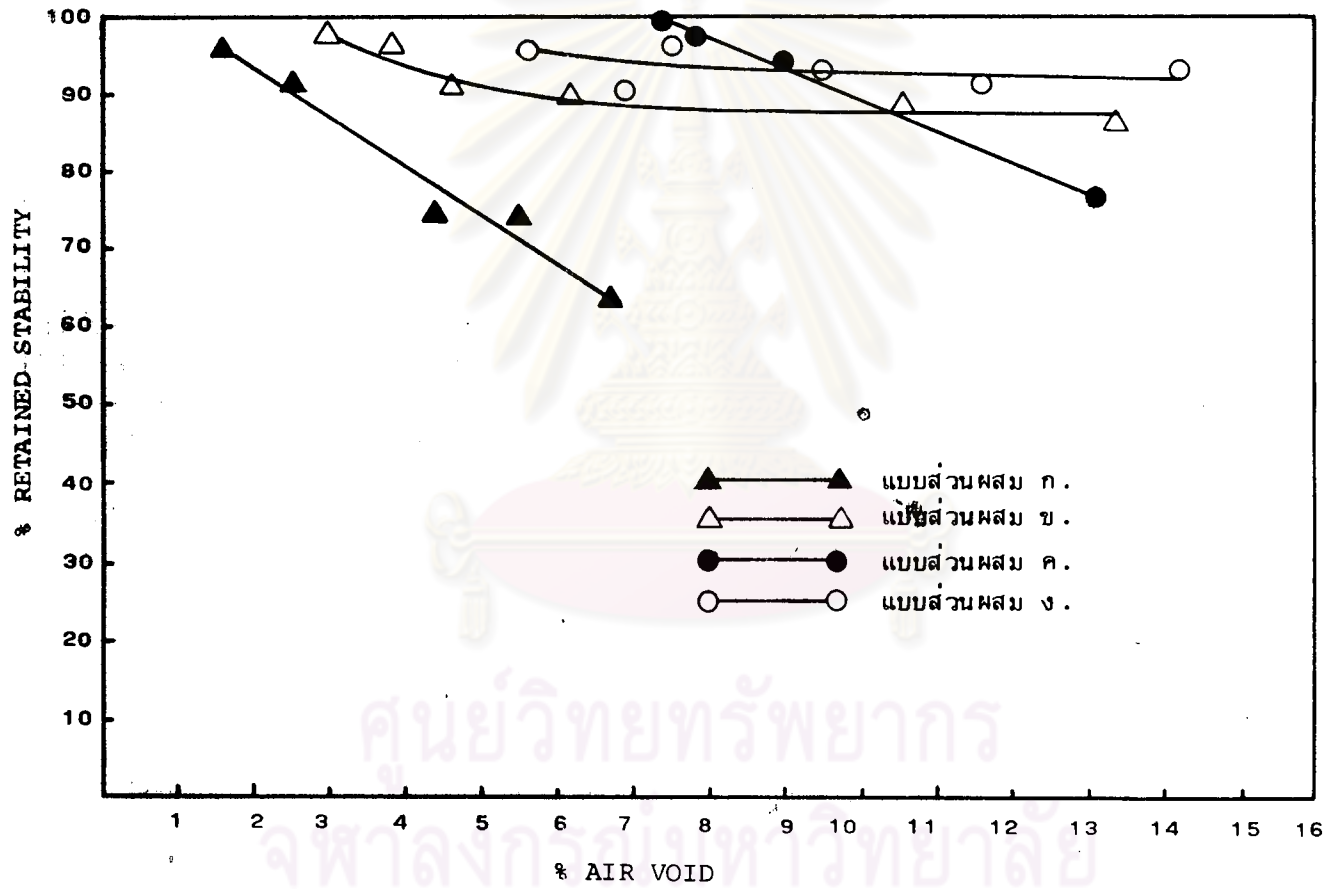
รูปที่ 5.4(ง) ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำคั่งและปริมาณของอากาศที่เหลือกับปริมาณของอากาศเดิมในแอสฟัลต์คิกคอนกรีตหินปูนแบบผสม(ง)



รูปที่ 5.5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการบวมกับปริมาณช่องอากาศในแอสฟัลต์ติกคอนกรีต



รูปที่ 5.6 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีการบวมกับปริมาณช่องอากาศในแอสฟัลต์ติกคอนกรีต



รูปที่ 5.7 ความสัมพันธ์ระหว่างเสถียรภาพคงเหลือกับปริมาณช่องว่างอากาศในแอสฟัลต์ค้อนกริตทั้ง 4 แบบ

คุณสมบัติของที่จะสู้กับน้ำได้ดีกว่ายางแอสฟัลต์ ดังนั้น น้ำจึงสามารถแทรกตัวเข้าไปทำลายแรงยึดเกาะระหว่างยางแอสฟัลต์กับทรายได้ง่ายกว่าในหินปูน ถึงแม้ทรายจะมีการดูดซึมน้ำได้ในปริมาณที่น้อยกว่าในหินปูนก็ตาม

อย่างไรก็ตามในส่วนผสมแอสฟัลต์ดีกคอนกรีตทั้ง 4 ชนิด ที่ปริมาณยางแอสฟัลต์ร้อยละ 5 ส่วนผสม (ก, ข, ค และ ง) มีปริมาณร้อยละเสถียรภาพคงเหลือเท่ากับร้อยละ 95.07, 96.19, 99.46 และ 95.71 ตามลำดับ ซึ่งยังคงอยู่ในเกณฑ์กำหนดของ ASTM D 1075-54 ที่กำหนดให้ปริมาณร้อยละเสถียรภาพคงเหลือของก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์ดีกคอนกรีต หลังจากแช่ในน้ำนาน 4 วัน ไม่ให้ต่ำกว่าร้อยละ 70

5.3 ผลการออกแบบส่วนผสมแอสฟัลต์ดีกคอนกรีตที่ใช้ปฏิมทางทดลอง

ก. ผลการออกแบบส่วนผสมแอสฟัลต์ดีกคอนกรีต หินปูน แบบส่วนผสม (ง.)
แสดงไว้ในตารางที่ 5.3 และรูปที่ 5.8 ส่วนการคำนวณหาปริมาณยางแอสฟัลต์สามารถแสดงได้ดังนี้

ปริมาณยางแอสฟัลต์ที่ให้ค่าเสถียรภาพสูงสุด (Max. Stability) 3.5%

ปริมาณยางแอสฟัลต์ที่โพรงอากาศร้อยละ 4.0 (Air Voids) 5.5%

ปริมาณยางแอสฟัลต์ที่ให้ค่า V.M.A.F. ร้อยละ 75 5.25%

ปริมาณยางแอสฟัลต์ที่ให้ค่าหน่วยน้ำหนักสูงสุด (Max. Unit Weight) 5.0%

ปริมาณยางแอสฟัลต์เฉลี่ย 4.81%

เนื่องจากเป็นส่วนผสมแอสฟัลต์ดีคคอนกรีตที่ใช้ในเขตน้ำท่วมในการศึกษานี้ จึงกำหนดปริมาณยางแอสฟัลต์ที่ใช้เป็นร้อยละ 5 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด และในรูปที่ 5.8 สามารถเทียบค่าคุณสมบัติต่าง ๆ ได้ดังนี้

หน่วยน้ำหนักของแอสฟัลต์ดีคคอนกรีต (Unit Weight)	2,425 กก/ม ³
ปริมาณโพรงอากาศ (Air Void)	4.6%
ค่าการไหล (Flow) $\left(\frac{1}{100} \text{ นิ้ว}\right)$	14.0
ค่าเสถียรภาพ (Stability)	2,797 ปอนด์
ปริมาณโพรงทั้งหมดระหว่างก้อนมวลรวม (V.M.A.)	16.3%
ปริมาณโพรงทั้งหมดระหว่างก้อนมวลรวมที่ถูกรรจ ด้วยยางแอสฟัลต์ (V.M.A.F.)	72.0%

ข. ผลการออกแบบส่วนผสมแอสฟัลต์ดีคคอนกรีตกรวดดินเผาแบบส่วนผสม (ก) แสดงไว้ในตารางที่ 5.4 และรูปที่ 5.9 ส่วนการคำนวณหาปริมาณยางแอสฟัลต์แสดงได้ดังนี้

ปริมาณยางแอสฟัลต์ที่ให้ค่าเสถียรภาพสูงสุด (Max. Stability)	5.0%
ปริมาณยางแอสฟัลต์ที่โพรงอากาศร้อยละ 4.0 (Air Void)	4.5%
ปริมาณยางแอสฟัลต์ที่ให้ค่า V.M.A.F. ร้อยละ 75	5.2%
ปริมาณยางแอสฟัลต์เฉลี่ย	4.9%

เนื่องจากส่วนผสมแอสฟัลต์ดีคคอนกรีตที่ใช้ในเขตน้ำท่วมเช่นเดียวกับแอสฟัลต์ดีคหินปูน ในการศึกษานี้จึงกำหนดปริมาณยางแอสฟัลต์ที่ใช้เป็นร้อยละ 5 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด ซึ่งสามารถเทียบค่าคุณสมบัติต่างๆ ได้จากรูปที่ 5.9 ดังนี้

หน่วยน้ำหนักของแอสฟัลต์ดีคคอนกรีต (Unit Weight)	2,060 กก/ม ³
ปริมาณโพรงอากาศ (Air Void)	2.7%
ค่าการไหล (flow) $\left(\frac{1}{100} \text{ นิ้ว}\right)$	10.0
ค่าเสถียรภาพ (Stability)	2,650 ปอนด์
ปริมาณโพรงทั้งหมดระหว่างก้อนมวลรวม (V.M.A.)	9.65%
ปริมาณโพรงทั้งหมดระหว่างก้อนมวลรวมที่ถูกรรจด้วยยางแอสฟัลต์ (V.M.A.F.)	71.5%

จากผลการทดลองพบว่า ค่าปริมาณโพรงอากาศ ค่าการไหล ค่าเสถียรภาพ และค่า V.M.A.F. ทั้งของแอสฟัลต์ดีคหินปูนและแอสฟัลต์ดีคกรวดดินเผาคงเป็นไปตามมาตรฐานกำหนดของ Asphalt Institute ดังแสดงในตารางที่ 5.5 นอกจากนี้ V.M.A. ของแอสฟัลต์ดีคกรวดดินเผา ซึ่งมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานกำหนดตามรูปที่ 5.10 ทั้งนี้ อธิบายได้ว่า ในแบบส่วนผสม (ก.) ที่มีกรวดดินเผาและทรายเป็นมวลรวมอยู่ ซึ่งลักษณะรูปทรงของก้อนกรวดดินเผา และเม็ดทรายมีลักษณะค่อนข้างกลมมีเหลี่ยมมุมน้อยกว่าหินปูน ดังนั้น การบดอัดจึงสามารถอัดได้แน่นกว่าส่วนผสมที่ใช้หินปูนที่พลังงานการบดอัดเท่ากัน และเนื่องจากกรวดดินเผามีความพรุนมากเมื่อเกิดการแตกหักจากการบดอัด ทำให้กรวดดินเผาที่แตกมีปริมาตรลดลง ความว่างจำเพาะของกรวดดินเผาจะเพิ่มขึ้น เป็นผลให้ก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์ดีคคอนกรีตมีความว่างจำเพาะสูงตามไปด้วย เมื่อนำค่าความว่างจำเพาะของก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์ดีคคอนกรีตไปใช้คำนวณหาค่า V.M.A. จึงได้ค่าที่ต่ำ

ดังได้กล่าวมาข้างต้นว่า มวลรวมกรวดดินเผาและทรายมีลักษณะรูปทรงที่สามารถบดอัดได้แน่นกว่ามวลรวมหินปูนที่พลังงานบดอัดเดียวกัน และจะสามารถบดอัดได้แน่นยิ่งขึ้น เมื่อมีปริมาณยางแอสฟัลต์เพิ่มมากขึ้น ด้วยยางแอสฟัลต์จะทำหน้าที่เป็นตัวหล่อลื่นให้อนุภาคมวลรวมในการอัดเรียงตัว ดังนั้น แอสฟัลต์ดีคคอนกรีตจึงมีหน่วยน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามปริมาณยางแอสฟัลต์ที่เพิ่ม และเมื่อปริมาณยางแอสฟัลต์เพิ่มถึงจุดหนึ่งที่มีมากพอทำให้มวลรวมแยกออกจากกัน ปริมาตรของก้อนตัวอย่างก็จะกลับเพิ่มขึ้นอีก ทำให้หน่วยน้ำหนักของก้อนตัวอย่างลดลง ดังจะพบได้ในส่วนผสมแอสฟัลต์ดีคคอนกรีตหินปูน แต่ส่วนผสมแอสฟัลต์ดีคกรวดดินเผาค่าหน่วยน้ำหนักกลับเพิ่มขึ้นอีก ทั้งนี้ เพราะหลังการบดอัดกรวดดินเผาจะเกิดการแตก ทำให้มีขนาดเล็กลงมีความว่างจำเพาะสูงขึ้น ขณะเดียวกันก็จะเกิดการอัดเรียงตัวกันใหม่ให้แน่นขึ้นอีก เป็นผลให้ก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์ดีคคอนกรีตกรวดดินเผาที่มีค่าหน่วยน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามปริมาณยางแอสฟัลต์ที่เพิ่ม

Trial Mix Series: แบบคำนวณผสม (๓)

ตารางที่ 5.3

Location: ช้อยวัดบางปะกอก

75 Blow Compaction: _____

HOT MIX DESIGN DATA

Proving ring Calibration factor, 1 Div = 4.545 kg

Sp Gr AC: 1.02

by the

Mixing temp, °C 144.5

Pen Grade AC: 80/100

MARSHALL METHOD

Compacting temp, °C 134

Av Bulk Sp Gr Total Agg 2.738

Absorbed AC, g/100 g Dry Agg 0.203 %

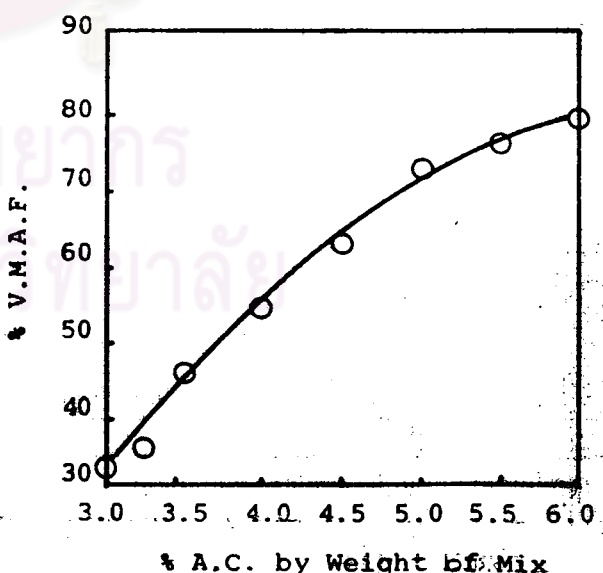
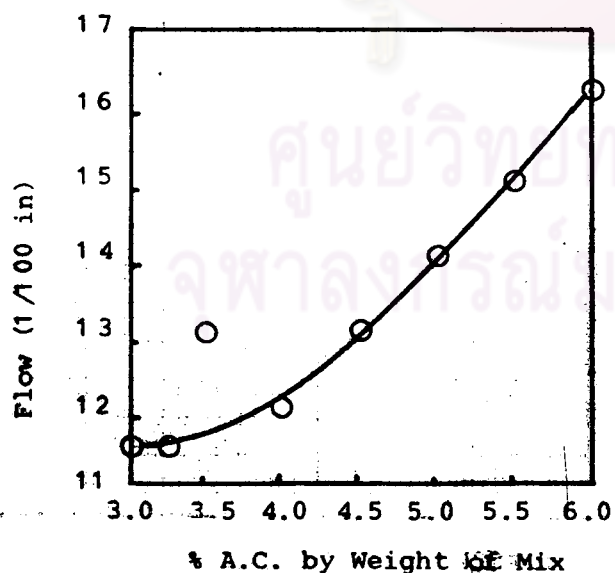
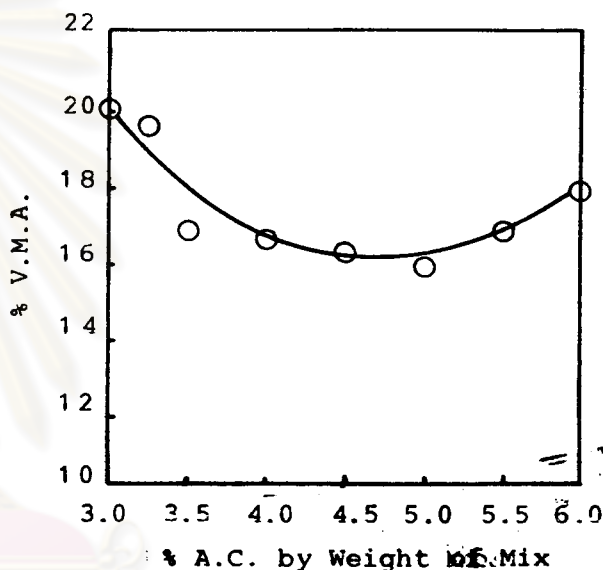
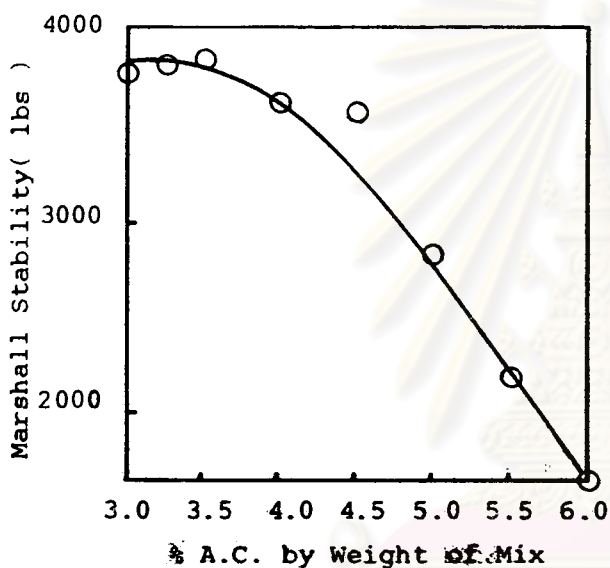
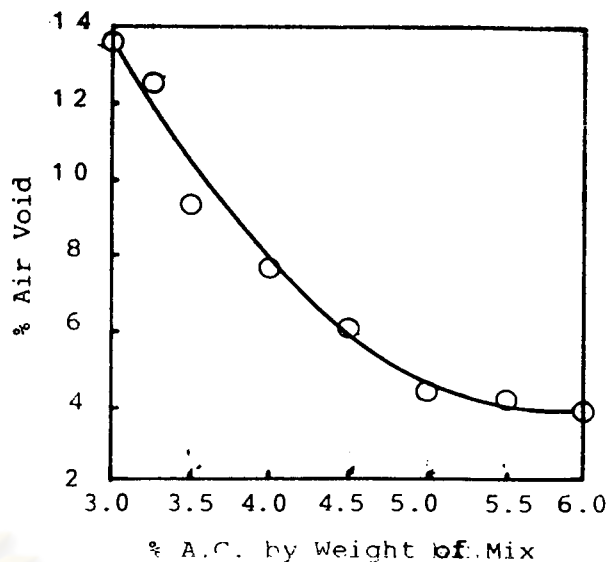
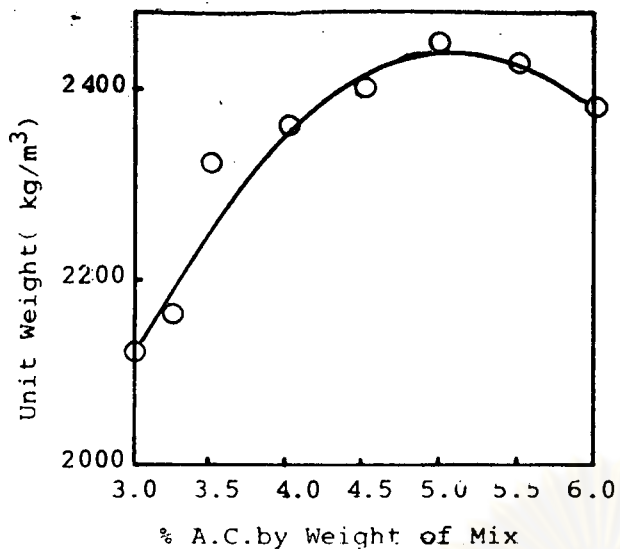
% AC by wt. of agg	% AC by wt. of mix	% Eff AC by wt. of mix	Spec Hgt. cm.	Weight gm			Bulk Vol. cc.	Bulk Density gm/cc.	Volume % Total			% VMA	% VMAF	Unit wt. Kg/m ³	Stability lbs		Flow 1/100
				- in air	Sat. sur. dry	in Water			AC.	Agg.	Air Void				Meas	Adjust	
3.10	3.00	2.803	6.925	1236.8	1249.5	698.5	551.0	2.245							4290	3,650	12
			6.839	1231.9	1240.8	698.7	541.9	2.273							4500	3,866	11
		AV.						2.259	6.33	80.03	13.64	19.97	31.70	2259	-	3,758	11.5
3.36	3.25	3.054	6.792	1234	1245.5	699.4	546.1	2.260							4560	3,954	11
			6.621	1228	1234.3	699.3	535.0	2.295							4000	3,609	12
		AV.						2.278	6.82	80.50	12.68	19.5	34.97	2278	-	3,782	11.5
3.63	3.50	3.304	6.443	1235.4	1243.0	719.9	523.1	2.362							4440	4,210	13
			6.419	1238.0	1244.0	718.3	525.7	2.355							3630	3,466	13
		AV.						2.359	7.64	83.14	9.22	16.86	45.31	2359	-	3,838	13
4.17	4.00	3.805	6.422	1249.1	1254.0	729.2	524.8	2.380							3100	3,005	11
			6.337	1237.6	1242.0	725.1	516.9	2.394							3040	3,050	12
			6.621	1246.0	1251.9	724.5	527.4	2.363							5250	4,734	14
		AV.						2,379	8.87	83.41	7.72	16.59	53.47	2379	-	3,596	12
4.71	4.50	4.306	6.476	1240.7	1252.0	730.9	521.1	2.398							2720	2,555	14
			6.351	1250.5	1260.4	737.4	523.0	2.391							2350	3,347	15
			6.615	1247.4	1254.0	735.3	518.7	2.405							5270	4,763	11
		AV.						2,398	10.12	83.64	6.24	16.36	61.86	2398	-	3,555	13

Trial Mix Series: แบบคำนวณผล (4)
 75 Blow Compaction: 1.02
 Sp Gr AC: 1.02
 Pen Grade AC: 80/100
 Av Bulk Sp Gr Total Agg: 2.738

ตารางที่ 5.3
 HOT MIX DESIGN DATA
 by the
 MARSHALL METHOD

Location: _____
 Proving ring Calibration factor, 1 Div = 4.545 kg
 Mixing temp, °C 144.5
 Compacting temp, °C 134
 Absorbed AC, g/100 g Dry Agg 0.203 %

% 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	
5.26	5.00	4.807	6.644	1252.2	1257.2	745.5	511.7	2.447							3359	3011	13
			6.553	1250.3	1255.0	734.7	520.3	2.403							2810	2583	15
		AV.						2.425	11.43	84.14	4.43	15.86	72.07	2425	-	2797	14
5.82	5.50	5.308	6.650	1320.8	1323.1	777.3	545.8	2.420							2390	2210	15
			6.642	1306.3	1310.7	768.2	542.5	2.408							2260	2090	15
		AV.						2.414	12.56	83.32	4.12	16.68	75.30	2414	-	2150	15
6.38	6.00	5.809	6.691	1311.4	1313.0	765.5	547.5	2.395							2520	2177	15
			6.678	1291.2	1293.7	753.0	540.7	2.388							1180	1017	18
		AV.						2.392	13.90	82.12	3.98	17.88	77.74	2392	-	1597	16.5
		AV.															
		AV.															



รูปที่ 5.8 ผลการทดลองโดยวิธีมาร์แชลล์คักคอนกรีตแอสฟัลต์

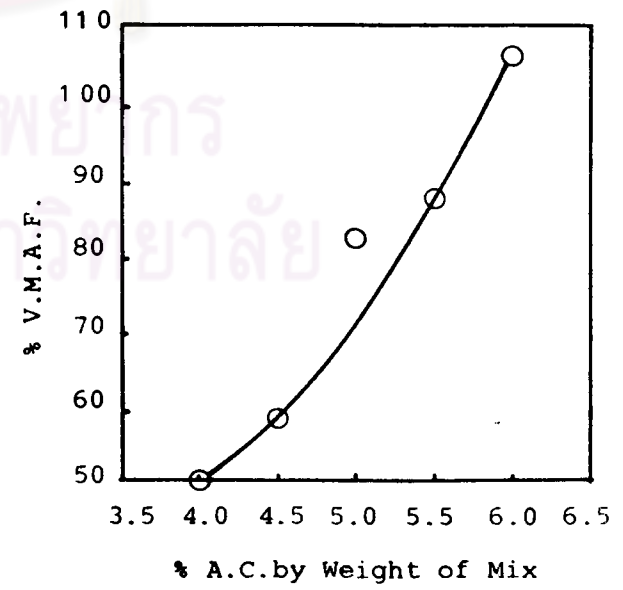
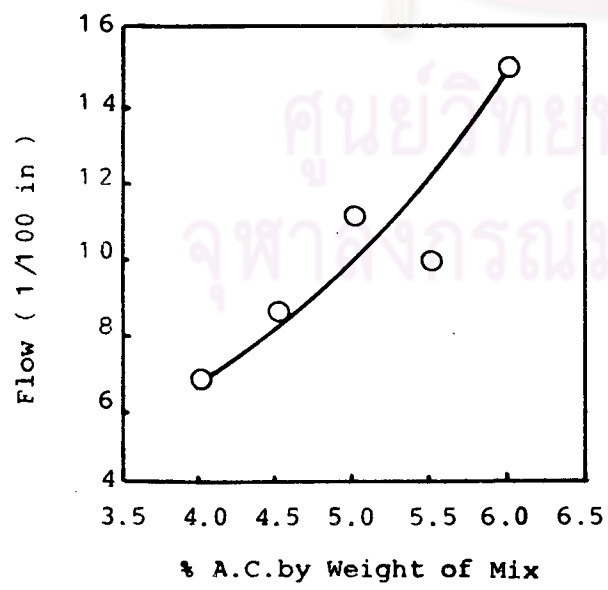
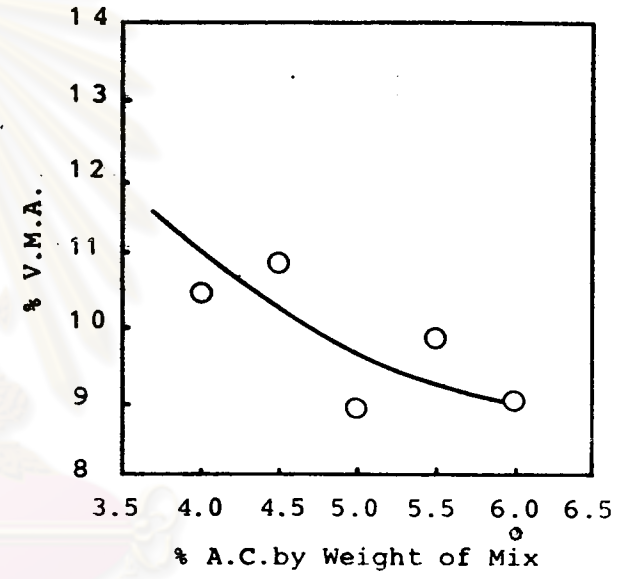
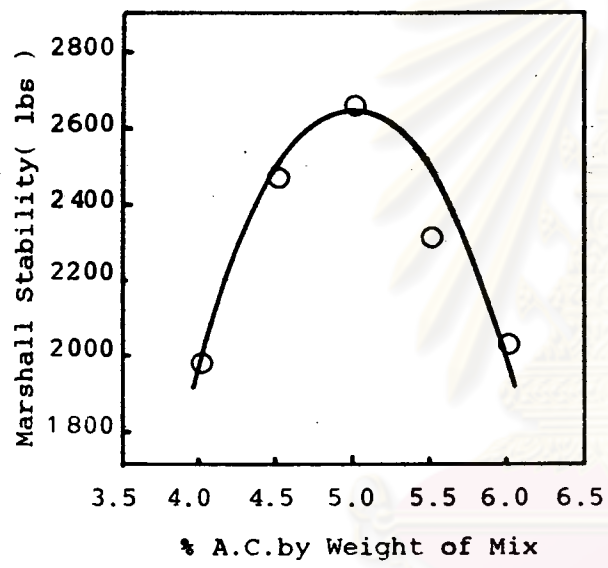
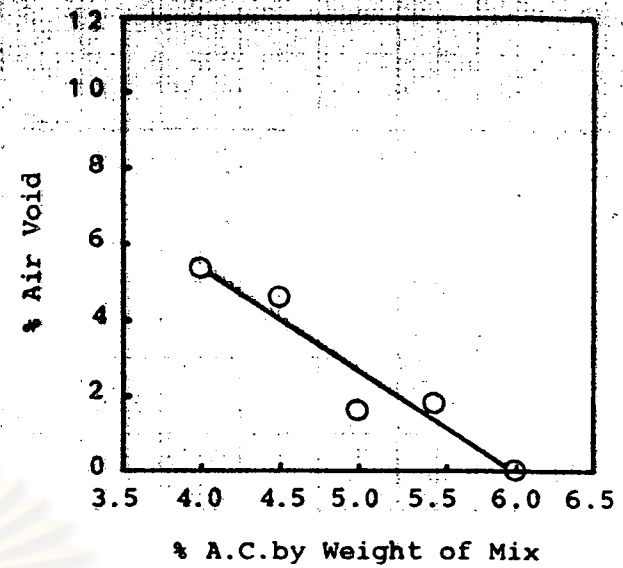
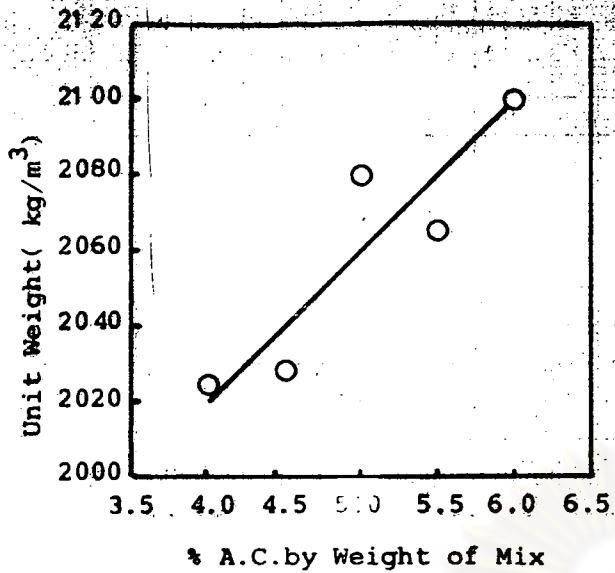
Trial Mix Series: แบบผสม (ก)
 75 Blow Compaction: _____
 Sp Gr AC: 1.02
 Pen Grade AC: 80/100
 Av Bulk Sp Gr Total Agg: 2.168

ตารางที่ 5.4

HOT MIX DESIGN DATA
 by the
 MARSHALL METHOD

Location: ข่อยวัดบางปะกอก
 Proving ring Calibration factor, 1 Div = 4.545 kg
 Mixing temp, °C 150
 Compacting temp, °C 135
 Absorbed AC, g/100 g Dry Agg. 1.472 %

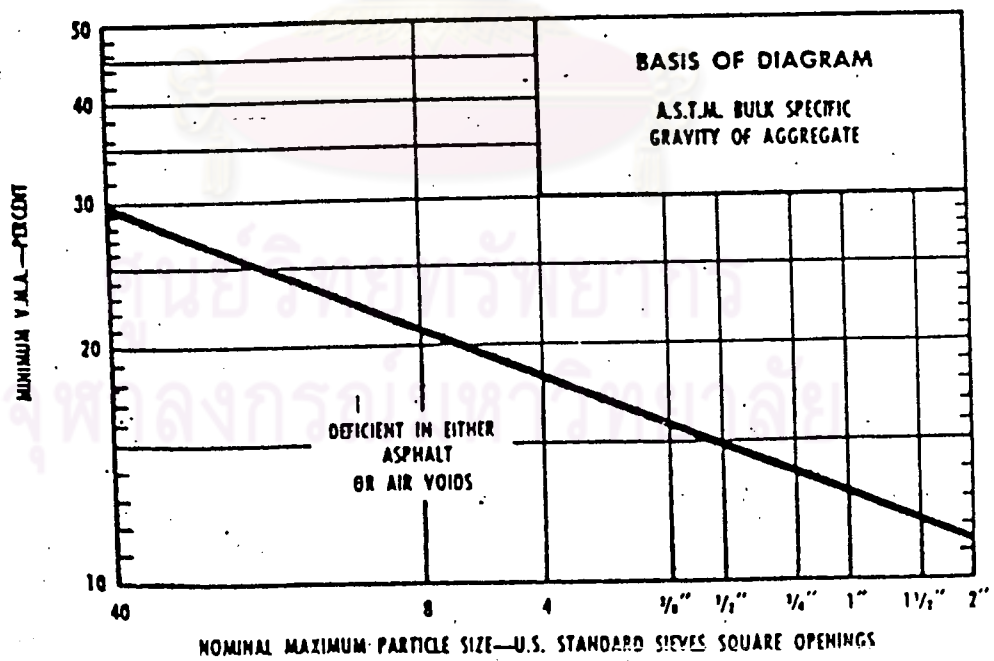
% AC by wt. of agg	% AC by wt. of mix	% Eff AC by wt. of mix	Spec Hgt. cm.	Weight gm			Bulk Vol. cc.	Bulk Density gm/cc.	Volume % Total			% VMA	% VMAF	Unit wt. Kg/m ³	Stability lbs		Flow 1/100
				- in air	Sat sur. dry	in Water			AC.	Agg.	Air Void				Meas	Adjust	
4.17	4.00	2.587	5.706	912.5	922.4	469.7	452.7	2.017							1800	2151	7
			5.753	926.0	936.3	478.4	457.9	2.022							1750	2063	6
			5.705	921.5	926.4	472.7	453.7	2.031							1420	1697	7
		AV.						2.023	5.13	89.58	5.29	10.42	49.23	2023	-	1970	6.7
4.71	4.50	3.094	5.777	918.3	935.6	479.9	455.7	2.015							2780	3255	7
			5.768	918.9	933.2	480.2	453.0	2.028							1720	2019	6
			5.670	928.2	933.2	479.8	453.4	2.036							1750	2116	8
		AV.						2.026	6.15	89.24	4.61	10.76	57.16	2026	-	2463	8.6
5.26	5.00	3.602	5.639	927.5	931.2	487.7	443.5	2.091							2520	3075	12
			5.644	927.9	931.8	485.4	446.4	2.079							1590	1938	10
			5.740	935.3	938.2	486.9	451.3	2.072							2500	2958	10
		AV.						2.081	7.35	91.19	1.46	8.81	83.43	2081	-	2657	10.5
5.82	5.50	4.109	5.707	937.3	940.2	489.3	450.9	2.079							2380	2844	13
			5.751	949.0	951.0	493.7	457.3	2.075							1940	2289	8
			5.896	949.1	955.6	491.6	464.0	2.045							1580	1789	8.5
		AV.						2.066	8.32	90.06	1.62	9.94	83.70	2066	-	2307	9.8
6.38	6.00	4.616	5.697	952.2	953.3	503.9	449.4	2.119							1820	2181	17
			5.578	923.0	924.8	482.1	442.7	2.085							1720	2138	16
			5.629	938.0	940.4	493.2	447.2	2.097							1640	2008	11
		AV.						2.100	9.5	91.05	0.55	8.95	106	2100	-	2109	14.7



รูปที่ 5.9 ผลการทดลองโดยวิธีมาร์แชลของแอสฟัลต์คัตติกคอนกรีตกรวดคินเผา

ประเภทของการจราจร	หนาแน่นมาก		ปานกลาง		หนาแน่นน้อย	
จำนวนครั้งของการบดอัด ตัวอย่างแต่ละตาดัน	75		50		35	
การทดสอบคุณสมบัติ	ต่ำสุด	สูงที่สุด	ต่ำสุด	สูงที่สุด	ต่ำสุด	สูงที่สุด
ค่าเสถียรภาพ, ปอนด์	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 5.10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า V.M.A. ต่ำสุดกับขนาดใหญ่สุดของก้อน-
มวลรวม สำหรับก้อนตัวอย่าง Dense Graded