

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- ทางหลวง, กรม. สำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนางานทาง. มาตรฐานวิธีการทดลอง, กรุงเทพฯ : 2543.
- ทางหลวง, กรม. สำนักวิเคราะห์วิจัยและพัฒนางานทาง. คู่มือการทดสอบแอสฟัลต์คอนกรีตโดยใช้เครื่องมือ UTM-5P, กรุงเทพฯ : 2545.
- ชยธรรพ์ พรหมศร. การศึกษาคุณสมบัติทางวิศวกรรมของยางแอสฟัลต์และวัสดุผสมแอสฟัลต์คอนกรีตที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยสารพอลิเมอร์. รายงานฉบับที่ วพ.166. ศูนย์วิจัยและพัฒนางานทาง, กรมทางหลวง. กรุงเทพฯ : 2541.
- ชยธรรพ์ พรหมศร. การวิเคราะห์หาคุณสมบัติพื้นฐานทางวิศวกรรมของวัสดุงานทางโดยวิธี INDIRECT TENSILE TEST เพื่อใช้ออกแบบโครงสร้างถนนเชิงวิเคราะห์. รายงานฉบับที่ วพ.167. ศูนย์วิจัยและพัฒนางานทาง, กรมทางหลวง. กรุงเทพฯ : 2541.
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, สำนักงาน. มอก. 851-2542 แอสฟัลต์ซีเมนต์สำหรับงานทาง. กรุงเทพฯ : 2544.
- วัชรินทร์ วิทยกุล. วัสดุการทางชั้นสูง. กรุงเทพฯ, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ; 2537.
- วัชรินทร์ วิทยกุล. แอสฟัลต์เทคโนโลยีสำหรับถนนลาดยาง. กรุงเทพฯ, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ; 2543.
- วัชรินทร์ วิทยกุล. การออกแบบแอสฟัลต์คอนกรีตชนิดผสมร้อนวิธีมาร์แชล. กรุงเทพฯ, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ; 2544.
- วัชรินทร์ วิทยกุล. แอสฟัลต์ระบบซูเปอร์เพฟ. กรุงเทพฯ, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ; 2545.
- ปรีชา ไกรศิริเดช. 2521. การศึกษาคุณสมบัติทางวิศวกรรมของเม็ดดินผสมทรายผาหินปูนเผาแก้ว ตะกรันเตาถลุง และตะกรันเตาหลอม เพื่อนำมาใช้เป็นวัสดุผิวทาง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมขนส่งและจราจร คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ศรันยา เดชะพรหมพันธุ์ 2545. การศึกษาการนำตะกรันเตาหลอมมาทดแทนวัสดุมวลรวมของผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สิทธิศักดิ์ อัครพรหมธาดา และ สมัคร สันทอง . **ผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตชนิดผสมร้อนโดยใช้ตะกรันเหล็กเป็นวัสดุมวลรวม**. รายงานฉบับที่ วพ. 167. ศูนย์วิจัยและพัฒนางานทาง, กรมทางหลวง. กรุงเทพฯ : 2545.

พาริส่า จันนุ้ย .2546. **อิทธิพลของวัสดุเชื่อมประสานในสโตนมาستيكแอสฟัลต์** .
วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกพล อัครภาณิชย์กร .2546. **สมบัติของวัสดุผิวทางระบายน้ำเพื่อใช้ในประเทศไทย**.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมขนส่งและจราจร คณะ
วิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วรภัทร เกตุนุติ .2546. **การประยุกต์เทคนิคโฟมแอสฟัลต์มาใช้ในการนำวัสดุชั้นทางเก่า
กลับมาใช้งานใหม่ในประเทศไทย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชา
วิศวกรรมขนส่งและจราจร คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาษาอังกฤษ

E.R. Brown. 1994. **Stone Matrix Asphalt – Properties Related to Mixture Design** ,
NCAT Report No. 94-2

JTG Richardson . 1999. **Stone Mastic Asphalt in the UK**. SCI Lecture Paper Series.
From: <http://www.soci.org/lps>

New Zealand Bitumen Contractor's Association . 1999. **Specification for Stone
Mastic Asphalt**
Material. From:<http://www.bitumen.org.nz/documents/bca9808sma.pdf>

Susanne Obert . 2000. **Predicting The Performance pf Stone Mastic Asphalt** .
From: <http://www.soci.org>

Callum Wood . 2002. **Stone Mastic Asphalt (SMA) Performance Monitoring from 1999
in Coastal Otago**. 2002 NZ ROADING SYMPOSIUM "An in-depth overview of all
aspects of New Zealand roading including future trends"

Robert B. Schmiedlin ,P.E. , Debra L. and Debra L. Bischoff . 2002. **Stone Matrix Asphalt
The Wisconsin Experience . Final Report** REPORT NUMBER: WI/SPR-02-02

L. Allen Cooley, Jr. and Graham C. Hurley. 2004. **Potential of Usings StoneMatrix
Asphalt (SMA) in Mississippi** , National Center for Asphalt Technology , pp 1-3

Georgia Department of Transportation (GDOT). Summary of Georgia's Experience with Stone Matrix Asphalt Mixes

E. Ray Brown, Rajib B. Mallick, John E. Haddock and John bukowski. 1997. Performance Of Stone Matrix Asphalt (SMA) Mixtures in The United States. National Center for Asphalt Technology. NCAT Report No. 97-1

O. Neubauer, M.N. Partl (2004). Impact of Binder Content on Selected Properties of Stone Mastic Asphalt. 3rd Eurasphalt & Eurobitume Vienna 2004 – Paper 093

Rod Troutbeck, Chris Kennedy (2005). Review of the use of Stone Mastic Asphalt (SMA) surfacings by the Queensland Department of Main Roads.

Atkins, N.H. 1997. Highway Materials, Soils and Concretes. 3rd ed. Prentice-Hall. U.S.A. : 2545.

Australian Standard. Determination of the Permanent Compressive Strain Characteristics of Asphalt : Dynamic Creep Test: AS 2891.12.1. 1995.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ผลการทดสอบคุณสมบัติของสโตนแมสติกแอสฟัลต์

ตารางที่ ก1 ผลการทดสอบวัสดุมวลรวมหินแกรนิตขนาด 3/8 (9.5 mm)

Description	Filler	Hot Bin 1			Hot Bin			Total
		Passing	Retain	Total	Bin 2	Bin 3	Bin 4	
		#200	#200					
Mix Proportion (%)	8	-	-	21	65	6	-	100
Bulk Specific Gravity	-	-	2.712	2.719	2.644	2.664	-	2.667
Apparent Specific Gravity	2.717	2.795	2.779	2.780	2.719	2.717	-	2.732
Effective Specific Gravity	-	-	-	-	-	-	-	2.699
Water Absorption (%)	-	-	0.890	-	1.031	0.740	-	-
Flakiness Index (%)					28	12	-	27
Elongation Index (%)					13	33	-	15
Asphalt Absorption (%)								0.31
Los Angeles Abrasion (%)	Aggregate 3/4* = 25.2							
Soundness (% WT.Loss)	Aggregate 3/4* = 1.1 ,Fine Aggregate = 3.6							
Sand Equivalent (%)	Hot Bin 1 = 61							

ตารางที่ ก2 อัตราส่วนผสมวัสดุมวลรวมหินแกรนิตขนาด 3/8 (9.5 mm)

อัตราส่วนผสม Filler : Bin 1 : Bin 2 : Bin 3 เป็น 8 : 21 : 65 : 6

SIEVE SIZE	% PASSING					Com'b	DESIRED
	Filler	BIN 1	BIN 2	BIN 3	BIN 4		
1/2"			100	100		100.00	100
3/8"		100	18	0.42		40.73	90-100
#4		94.69	6.72	0.2		32.26	26-60
#8		71.95	4.21	0.11		25.85	20-28
#16		51.35	3.16			20.84	-
#30	100	35.28				15.41	13-21
#50	99.3	23.51				12.88	12-18
#100	98.7	15				11.05	12-15
#200	97.1	7.86				9.42	8-10
MIX PROPORTION	8	21	65	6		100	

ตารางที่ ก3 การออกแบบบดโตนแมสติกแอสฟัลต์ด้วยวิธีมาร์แชล มวลรวมหินแกรนิตขนาด 3/8 (9.5 mm) และวัสดุเชื่อมประสานชนิด PMA

Mix Proportion Filler: Hot Bin1 : Hot Bin2 : Hot Bin 3= 8 : 21 : 65 : 6 Binder Type = PMA

Sp.Gr of agg Gsb= 2.667

Sp.Gr of binder Gb= 1.02

Binder Absorption x = 0.31

เลขหมายตัวอย่าง	1	2	3	1	2	3	1	2	3
% AC โดยน้ำหนักของมวลรวม (a)	4.50			5.00			5.50		
% AC โดยน้ำหนักของส่วนผสม (b)	4.30			4.70			5.20		
% Eff.AC โดยน้ำหนักของส่วนผสม (C) = (a-x)*100/(100+a)	4.01			4.41			4.91		
ความสูงของตัวอย่าง (d)	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"
ความหนาแน่น									
น้ำหนักในอากาศ, g (e)	1241.8	1241.6	1233.1	1245.3	1245.5	1237.8	1252.5	1252.0	1253.4
น้ำหนักอิฐมวลแห้ง, g (f)	1257.9	1252.0	1236.3	1261.5	1261.2	1252.6	1260.1	1265.0	1260.2
น้ำหนักในน้ำ, g (g)	718.2	725.5	718.0	730.6	733.0	726.3	736.5	727.1	736.2
ปริมาตรทั้งหมด, ml (h) = (f)-(g)	539.7	526.5	518.3	530.9	528.2	526.3	523.6	537.9	524.0
ความหนาแน่นทั้งหมด, g/ml (i) = (e)/(h)	2.301	2.358	2.379	2.346	2.358	2.352	2.392	2.328	2.392
ความหนาแน่นเฉลี่ย	2.346			2.352			2.371		
การวิเคราะห์ช่องว่างอากาศ									
ปริมาตร AC % รวม (j) = (c)x(i)/G _b	9.22			10.16			11.4		
ปริมาตร Agg. % รวม (k) = [100-(b)](i)/G _{sb}	84.18			84.04			84.3		
VMA % (l) = 100-(k)	15.81			15.96			15.7		
AV % (m) = (l)-(j)	6.59			5.80			4.33		
VFB % (n) = 100 x(j)/(l)	58.30			63.63			72.5		
เสถียรภาพ									
ค่าจากการวัด lbs	3703	3742	3859	3274	3859	3196	3352	3118	4132
ค่าปรับแก้ lbs	3443	3480	3704	2913	3434	2844	2983	2681	3677
เสถียรภาพเฉลี่ย	3542			3064			3114		
การไหล ค่าจากการวัด 1/100"	20	23	16	24	32	14	22	20	25
การไหลเฉลี่ย	20			23			22		

**ตารางที่ ก3 (ต่อ) การออกแบบสโตนแมสติกแอสฟัลต์ด้วยวิธีมาร์แชล มวลรวมหินแกรนิต
ขนาด 3/8 (9.5 mm) และวัสดุเชื่อมประสานชนิด PMA**

Sp.Gr of agg Gsb= 2.667

Sp.Gr of binder Gb= 1.02

Binder Absorption x = 0.31

เลขหมายตัวอย่าง	1	2	3	1	2	3	1	2	3
% AC โดยน้ำหนักของมวลรวม (a)	6.00			6.50			7.00		
% AC โดยน้ำหนักของส่วนผสม (b)	5.60			6.10			6.54		
% Eff.AC โดยน้ำหนักของส่วนผสม (C) = (a-x)*100/(100+a)	5.31			5.81			6.25		
ความสูงของตัวอย่าง (d)	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"
ความหนาแน่น									
น้ำหนักในอากาศ, g (e)	1264.7	1256.5	1260.5	1253.4	1264.7	1263.9	1271.4	1266.5	1264.7
น้ำหนักอิมตัวผิวแห้ง, g (f)	1269.1	1257.4	1263.4	1257.4	1267.6	1264.9	1271.6	1268.4	1266.5
น้ำหนักในน้ำ, g (g)	729.7	736.9	736.1	722.0	733.8	743.2	738.6	730.5	735.2
ปริมาตรทั้งก้อน, ml (h) =(f)-(g)	539.4	520.5	527.3	535.4	533.8	521.7	533.0	537.9	531.3
ความหนาแน่นทั้งก้อน, g/ml (i) =(e)/(h)	2.345	2.414	2.390	2.341	2.369	2.423	2.385	2.355	2.380
ความหนาแน่นเฉลี่ย	2.383			2.378			2.373		
การวิเคราะห์ช่องว่างอากาศ									
ปริมาตร AC % รวม (j) =(c)x(i)/G _b	12.40			13.54			14.5		
ปริมาตร Agg. % รวม (k) =[100-(b)](i)/G _{sb}	84.35			83.71			83.17		
VMA % (l)=100-(k)	15.65			16.29			16.83		
AV % (m)=(l)-(j)	3.25			2.74			2.28		
VFB % (n)=100 x(j)/(l)	79.24			83.15			86.44		
เสถียรภาพ									
ค่าจากการวัด lbs	3508	3586	3469	3157	3391	3469	2494	2300	2222
ค่าปรับแก้ lbs	3016	3334	3087	2809	3017	3226	2220	1978	1977
เสถียรภาพเฉลี่ย	3146			3017			2058		
การไหล ค่าจากการวัด 1/100"	23	25	23	29	27	24	18	17	17
	24			27			17		

ตารางที่ ก4 ผลการทดสอบสโตนแมสติกแอสฟัลต์หินแกรนิตขนาด 3/8 (9.5 mm) และวัสดุ
เชื่อมประสานชนิด PMA ด้วยวิธีมาร์แชล

		MIXTURE
Asphalt Content (PMA) (% by mass of Aggregate)		5.7
Marshall Density	gm./ml.	2.374
Marshall Air Voids	%	4.0
Voids in the Mineral Aggregate	%	15.7
Voids Filled with Bitumen	%	74.5
Marshall Stability	Lbs.	3124
Marshall Flow	0.01"	22.7
Marshall Stability / Marshall Flow	lbs./0.01"	137

ตารางที่ ก5 ผลการทดสอบวัสดุมวลรวมหินแกรนิตขนาด 1/2 (12.5 mm)

Description	Filler	Hot Bin 1			Hot Bin			Total
		Passing	Retain	Total	Bin 2	Bin 3	Bin 4	
		#200	#200					
Mix Proportion (%)	8	-	-	17	55	15	5	100
Bulk Specific Gravity	-	-	2.712	2.719	2.644	2.664	2.671	2.667
Apparent Specific Gravity	2.717	2.795	2.779	2.780	2.719	2.717	2.717	2.729
Effective Specific Gravity	-	-	-	-	-	-	-	2.698
Water Absorption (%)	-	-	0.890	-	1.031	0.74	0.634	-
Flakiness Index (%)					28	12	18	24
Elongation Index (%)					13	33	16	17
Asphalt Absorption (%)								0.27
Los Angeles Abrasion (%)	Aggregate 3/4" = 25.2							
Soundness (% WT.Loss)	Aggregate 3/4" = 1.1 , Fine Aggregate = 3.6							
Sand Equivalent (%)	Hot Bin 1 = 61							

ตารางที่ ก6 อัตราส่วนผสมวัสดุมวลรวมหินแกรนิตขนาด 1/2 (12.5 mm)

อัตราส่วนผสม Filler : Bin 1 : Bin 2 : Bin 3 : Bin 4 เป็น 8 : 17 : 55 : 15 : 5

SIEVE SIZE	% PASSING					Com'b	DESIRED
	Filler	BIN 1	BIN 2	BIN 3	BIN 4		
3/4"				100	100	100.00	100
1/2"			100	31.94	18.77	85.73	90-100
3/8"		100	18	0.42	2.35	35.08	26-78
#4		94.69	6.72	0.2	0.58	27.85	20-28
#8		71.95	4.21	0.11		22.56	16-24
#16		51.35	3.16			18.47	-
#30	100	35.28				14.00	13-21
#50	99.3	23.51				11.94	12-18
#100	98.7	15				10.45	12-15
#200	97.1	7.86				9.10	8-10
MIX PROPORTION	8	17	55	15	5	100	

ตารางที่ ก7 การออกแบบสโตนแมสติกแอสฟัลต์ด้วยวิธีมาร์แชล มวลรวมหินแกรนิตขนาด

1/2 (12.5 mm) และวัสดุเชื่อมประสานชนิด PMA

Mix Proportion Filler: Hot Bin1 : Hot Bin2 : Hot Bin 3 : Hot Bin4 = 8 : 17 : 55 : 15 : 5

Binder Type = PMA

Sp.Gr of agg Gsb= 2.667

Sp.Gr of binder Gb= 1.02

Binder Absorption x = 0.27

เลขหมายตัวอย่าง	1	2	3	1	2	3	1	2	3
% AC โดยน้ำหนักของมวลรวม (a)	4.50			5.00			5.50		
% AC โดยน้ำหนักของส่วนผสม (b)	4.30			4.70			5.20		
% Eff.AC โดยน้ำหนักของส่วนผสม (C) = (a-x)*100/(100+a)	4.04			4.44			4.94		
ความสูงของตัวอย่าง (d)	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"
ความหนาแน่น									
น้ำหนักในอากาศ, g (e)	1237.2	1241.5	1241.9	1242.1	1244.1	1244.2	1252.6	1253.3	1252.1
น้ำหนักอิมตัวผิวแห้ง, g (f)	1248.0	1256.1	1254.3	1250.7	1253.4	1252.2	1256.2	1258.4	1261.3
น้ำหนักในน้ำ, g (g)	730.8	729.3	727.2	730.4	727.0	727.3	736.9	730.2	728.0
ปริมาตรทั้งก้อน, ml (h) =(f)-(g)	517.2	526.8	527.1	520.3	526.4	524.9	519.3	528.2	533.3
ความหนาแน่นทั้งก้อน, g/ml (i) =(e)/(h)	2.392	2.357	2.356	2.387	2.363	2.370	2.412	2.373	2.348
ความหนาแน่นเฉลี่ย	2.368			2.374			2.378		
การวิเคราะห์ช่องว่างอากาศ									
ปริมาตร AC % รวม (j) =(c)x(i)/G _e	9.37			10.33			11.5		
ปริมาตร Agg. % รวม (k) =[100-(b)](i)/G _{sb}	84.98			84.82			84.5		
VMA % (l)=100-(k)	15.01			15.18			15.5		
AV % (m)=(l)-(j)	5.64			4.85			3.97		
VFB % (n)=100 x(j)/(l)	62.44			68.07			74.4		
เสถียรภาพ									
ค่าจากการวัด lbs	3586	3589	3469	3781	3352	3313	3547	2923	2962
ค่าปรับแก้ lbs	3335	3335	3226	3516	2983	3081	3298	2601	2636
เสถียรภาพเฉลี่ย	3299			3193			2845		
การไหล ค่าจากการวัด 1/100"	20	23	16	22	23	24	17	13	17
การไหลเฉลี่ย	20			23			16		

ตารางที่ ก7 (ต่อ) การออกแบบสโตนแมสติกแอสฟัลต์ด้วยวิธีมาร์แชล มวลรวมหินแกรนิต
ขนาด 1/2 (12.5 mm) และวัสดุเชื่อมประสานชนิด PMA

Sp.Gr of agg Gsb= 2.667

Sp.Gr of binder Gb= 1.02

Binder Absorption x = 0.27

เลขหมายตัวอย่าง	1	2	3	1	2	3	1	2	3
% AC โดยน้ำหนักของมวลรวม (a)	6.00			6.50			7.00		
% AC โดยน้ำหนักของส่วนผสม (b)	5.60			6.10			6.54		
% Eff.AC โดยน้ำหนักของส่วนผสม (C) = (a-x)*100/(100+a)	5.34			5.84			6.29		
ความสูงของตัวอย่าง (d)	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"
ความหนาแน่น									
น้ำหนักในอากาศ, g (e)	1265.1	1265.4	1261.3	1267.0	1268.9	1257.1	1275.1	1277.5	1268.0
น้ำหนักอิมตัดผิวแห้ง, g (f)	1267.8	1269.6	1264.7	1270.0	1270.8	1260.5	1276.8	1277.7	1270.6
น้ำหนักในน้ำ, g (g)	741.9	738.5	729.5	730.8	748.2	726.2	740.5	744.3	730.6
ปริมาตรทั้งก้อน, ml (h) = (f)-(g)	525.9	531.1	535.2	539.2	522.6	534.3	536.3	533.4	540.0
ความหนาแน่นทั้งก้อน, g/ml (i) = (e)/(h)	2.406	2.383	2.357	2.350	2.428	2.353	2.378	2.395	2.348
ความหนาแน่นเฉลี่ย	2.382			2.377			2.374		
การวิเคราะห์ช่องว่างอากาศ									
ปริมาตร AC % รวม (j) = (c)x(i)/G _a	12.47			13.62			14.6		
ปริมาตร Agg. % รวม (k) = [100-(b)](i)/G _{sb}	84.29			83.69			83.2		
VMA % (l) = 100-(k)	15.70			16.31			16.8		
AV % (m) = (l)-(j)	3.22			2.69			2.19		
VFB % (n) = 100 x(j)/(l)	79.46			83.48			86.96		
เสถียรภาพ									
ค่าจากการวัด lbs	3274	2884	3157	2923	3196	3001	2222	2339	2300
ค่าปรับแก้ lbs	3044	2566	2809	2513	2972	2670	1977	2081	1978
เสถียรภาพเฉลี่ย	2806			2718			2012		
การไหล ค่าจากการวัด 1/100"	17	18	20	18	17	18	20	18	22
	18			18			20		

ตารางที่ ก8 ผลการทดสอบสโตนแมสติกแอสฟัลต์หินแกรนิตขนาด 1/2 (12.5 mm)และวัสดุ
เชื่อมประสานชนิด PMA ด้วยวิธีมาร์แชล

		MIXTURE
Asphalt Content (PMA) (% by mass of Aggregate)		5.5
Marshall Density	gm./ml.	2.377
Marshall Air Voids	%	4.0
Voids in the Mineral Aggregate	%	15.5
Voids Filled with Bitumen	%	74.2
Marshall Stability	Lbs.	2847
Marshall Flow	0.01"	15.6
Marshall Stability / Marshall Flow	lbs./0.01"	183

ตารางที่ ก9 ผลการทดสอบวัสดุรวมหินแกรนิตขนาด 1/2 (12.5 mm) ที่ออกแบบขนาด
คละใหม่

Description	Filler	Hot Bin 1			Hot Bin			Total
		Passing	Retain	Total	Bin 2	Bin 3	Bin 4	
		#200	#200					
Mix Proportion (%)	8	-	-	18	51	17	6	100
Bulk Specific Gravity	-	-	2.712	2.719	2.644	2.664	2.671	2.668
Apparent Specific Gravity	2.717	2.795	2.779	2.780	2.719	2.717	2.717	2.729
Effective Specific Gravity	-	-	-	-	-	-	-	2.699
Water Absorption (%)	-	-	0.890	-	1.031	0.74	0.634	-
Flakiness Index (%)					28	12	18	24
Elongation Index (%)					13	33	16	18
Asphalt Absorption (%)								0.25
Los Angeles Abrasion (%)	Aggregate 3/4" = 25.2							
Soundness (% WT.Loss)	Aggregate 3/4" = 1.1 ,Fine Aggregate = 3.6							
Sand Equivalent (%)	Hot Bin 1 = 61							

ตารางที่ ก10 อัตราส่วนผสมวัสดุมวลรวมหินแกรนิตขนาด 1/2 (12.5 mm) ที่ออกแบบขนาด
 คณะใหม่

อัตราส่วนผสม Filler : Bin 1 : Bin 2 : Bin 3 : Bin 4 เป็น 8 : 18 : 51 : 17 : 6

SIEVE SIZE	% PASSING					Com'b
	Filler	BIN 1	BIN 2	BIN 3	BIN 4	
3/4"				100	100	100.00
1/2"			100	31.94	18.77	83.56
3/8"		100	18	0.42	2.35	35.39
#4		94.69	6.72	0.2	0.58	28.54
#8		71.95	4.21	0.11		23.12
#16		51.35	3.16			18.85
#30	100	35.28				14.35
#50	99.3	23.51				12.18
#100	98.7	15				10.60
#200	97.1	7.86				9.18
MIX PROPORTION	8	18	51	17	6	100

ตารางที่ ก11 การออกแบบบดโตนแมสติกแอสฟัลต์ด้วยวิธีมาร์แชล มวลรวมหินแกรนิตขนาด 1/2 (12.5 mm) ที่ออกแบบขนาดคละใหม่และวัสดุเชื่อมประสานชนิด PMA

Mix Proportion Filler: Hot Bin1 : Hot Bin2 : Hot Bin3 : Hot Bin4 = 8 : 18 : 51 : 17 : 6 Binder Type = PMA

Sp.Gr of agg Gsb= 2.668

Sp.Gr of binder Gb= 1.02

Binder Absorption x = 0.25

เลขหมายตัวอย่าง	1	2	3	1	2	3	1	2	3
% AC โดยน้ำหนักของมวลรวม (a)	4.50			5.00			5.50		
% AC โดยน้ำหนักของส่วนผสม (b)	4.30			4.76			5.21		
% Eff.AC โดยน้ำหนักของส่วนผสม (C) = (a-x)*100/(100+a)	4.07			4.52			4.98		
ความสูงของตัวอย่าง (d)	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"
ความหนาแน่น									
น้ำหนักในอากาศ, g (e)	1235.7	1237.1	1239.8	1247.1	1245.3	1240.1	1249.8	1251.2	1250.9
น้ำหนักอิมด้วแห้ง, g (f)	1251.8	1252.8	1255.1	1255.4	1253.6	1249.1	1255.0	1254.1	1258.2
น้ำหนักในน้ำ, g (g)	729.1	731.1	732.1	730.2	733.3	723.1	731.1	730.7	727.2
ปริมาตรทั้งก้อน, ml (h) =(f)-(g)	522.7	521.7	523.0	525.2	520.3	526.0	523.9	523.4	531.0
ความหนาแน่นทั้งก้อน, g/ml (i) =(e)/(h)	2.364	2.371	2.371	2.375	2.393	2.358	2.386	2.391	2.356
ความหนาแน่นเฉลี่ย	2.369			2.375			2.377		
การวิเคราะห์ช่องว่างอากาศ									
ปริมาตร AC % รวม (j) =(c)x(i)/G _b	9.44			10.53			11.60		
ปริมาตร Agg. % รวม (k) =[100-(b)](i)/G _{sb}	84.9			84.8			84.5		
VMA % (l)=100-(k)	15.0			15.2			15.5		
AV % (m)=(l)-(j)	5.60			4.68			3.90		
VFB % (n)=100 x(j)/(l)	62.8			69.2			74.6		
เสถียรภาพ									
ค่าจากการวัด lbs	3859	3820	3664	3703	3703	3157	3469	3781	3274
ค่าปรับแก้ lbs	3588	3552	3407	3295	3443	2809	3087	3365	2913
เสถียรภาพเฉลี่ย	3516			3182			3122		
การไหล ค่าจากการวัด 1/100"	18	18	17	24	19	18	19	24	21
การไหลเฉลี่ย	18			20			21		

ตารางที่ ก11 (ต่อ) การออกแบบสโตนแมสติกแอสฟัลต์ด้วยวิธีมาร์แชล มวลรวมหินแกรนิต

ขนาด 1/2 (12.5 mm) ที่ออกแบบขนาดคละใหม่และวัสดุเชื่อมประสานชนิด

PMA

Sp.Gr of agg Gsb= 2.668

Sp.Gr of binder Gb= 1.02

Binder Absorption x = 0.25

เลขหมายตัวอย่าง	1	2	3	1	2	3	1	2	3
% AC โดยน้ำหนักของมวลรวม (a)	6.00			6.50			7.00		
% AC โดยน้ำหนักของส่วนผสม (b)	5.66			6.10			6.54		
% Eff.AC โดยน้ำหนักของส่วนผสม (C) = (a-x)*100/(100+a)	5.42			5.87			6.31		
ความสูงของตัวอย่าง (d)	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"
ความหนาแน่น									
น้ำหนักในอากาศ, g (e)	1257.2	1260.0	1252.2	1263.0	1262.4	1263.1	1275.7	1273.4	1277.4
น้ำหนักอิมตัดผิวแห้ง, g (f)	1260.9	1262.4	1258.0	1261.0	1260.3	1261.3	1277.7	1275.3	1277.6
น้ำหนักในน้ำ, g (g)	737.6	733.3	732.9	736.0	734.0	735.4	744.7	741.7	746.2
ปริมาตรทั้งก้อน, ml (h) = (f)-(g)	523.3	529.1	525.1	525.0	526.3	525.9	533.0	533.6	531.4
ความหนาแน่นทั้งก้อน, g/ml (i) = (e)/(h)	2.402	2.381	2.385	2.406	2.399	2.402	2.393	2.386	2.404
ความหนาแน่นเฉลี่ย	2.390			2.402			2.395		
การวิเคราะห์ช่องว่างอากาศ									
ปริมาตร AC % รวม (j) = (c)x(i)/G _b	12.70			13.82			14.8		
ปริมาตร Agg. % รวม (k) = [100-(b)](i)/G _{sb}	84.5			84.5			83.9		
VMA % (l) = 100-(k)	15.5			15.5			16.1		
AV % (m) = (l)-(j)	2.80			1.64			1.31		
VFB % (n) = 100 x(j)/(l)	81.9			89.4			91.9		
เสถียรภาพ									
ค่าจากการวัด lbs	3742	3586	3274	3664	3313	2923	2494	2183	2066
ค่าปรับแก้ lbs	3480	3334	2913	3407	2948	2601	2220	1942	1838
เสถียรภาพเฉลี่ย	3242			2985			2000		
การไหล ค่าจากการวัด 1/100"	22	29	18	23	21	18	23	18	16
	23			21			19		

ตารางที่ ก12 ผลการทดสอบสโตนแมสติกแอสฟัลต์หินแกรนิตขนาด 1/2 (12.5 mm) ที่
ออกแบบขนาดคละใหม่และวัสดุเชื่อมประสานชนิด PMA ด้วยวิธีมาร์แชล

		MIXTURE
Asphalt Content (PMA) (% by mass of Aggregate)		5.5
Marshall Density	gm./ml.	2.377
Marshall Air Voids	%	4.0
Voids in the Mineral Aggregate	%	15.5
Voids Filled with Bitumen	%	74.3
Marshall Stability	Lbs.	3116
Marshall Flow	0.01"	21.3
Marshall Stability / Marshall Flow	lbs./0.01"	147

ตารางที่ ก13 ผลการทดสอบวัสดุรวมตะกั่วหยาบขนาด 3/8 (9.5 mm)

Description	Filler	Hot Bin 1			Hot Bin			Total
		Passing	Retain	Total	Bin 2	Bin 3	Bin 4	
		#200	#200					
Mix Proportion (%)	10	-	-	17	69	4	-	100
Bulk Specific Gravity	-	-	2.977	2.978	3.148	3.188	-	3.078
Apparent Specific Gravity	2.717	3.436	3.411	3.411	3.367	3.354	-	3.309
Effective Specific Gravity	-	-	-	-	-	-	-	3.193
Water Absorption (%)	-	-	4.240	-	2.064	1.548	-	-
Flakiness Index (%)					7	5	-	7
Elongation Index (%)					2	7	-	2
Asphalt Absorption (%)								0.53
Los Angeles Abrasion (%)	Aggregate 3/4" = 26.8							
Soundness (% WT.Loss)	Aggregate 3/4" = 0.4 ,Fine Aggregate = 3.1							
Sand Equivalent (%)	Hot Bin 1 = 74							

ตารางที่ ก14 อัตราส่วนผสมวัสดุรวมตะกรันเตาหลอมขนาด 3/8 (9.5 mm)

อัตราส่วนผสม Filler : Bin 1 : Bin 2 : Bin 3 เป็น 10 : 17 : 69 : 4

SIEVE SIZE	% PASSING					Com'b	DESIRED
	Filler	BIN 1	BIN 2	BIN 3	BIN 4		
1/2"			100	100		100.00	100
3/8"		100	91.09	22.04		90.73	90-100
#4		93.58	7.93	0.13		31.39	26-60
#8		63.68	0.88	0.05		21.43	20-28
#16		40.59	0.70			17.38	-
#30	100	24.25				14.12	13-21
#50	99.3	13.36				12.20	12-18
#100	98.7	5.80				10.86	12-15
#200	97.1	0.21				9.75	8-10
MIX PROPORTION	10	17	69	4		100	

ตารางที่ ก15 การออกแบบสโตนแมสติกแอสฟัลต์ด้วยวิธีมาร์แชล มวลรวมตะกรันเตาหลอม
ขนาด 3/8 (9.5 mm) และวัสดุเชื่อมประสานชนิด PMA

Mix Proportion Filler: Hot Bin1 : Hot Bin2 : Hot Bin 3 : Hot Bin4 = 10 : 17 : 69 : 4 Binder Type = PMA

Sp.Gr of agg Gsb= 3.078

Sp.Gr of binder Gb= 1.02

Binder Absorption x = 0.53

เลขหมายตัวอย่าง	1	2	3	1	2	3	1	2	3
% AC โดยน้ำหนักของมวลรวม (a)		4.50			5.00			5.50	
% AC โดยน้ำหนักของส่วนผสม (b)		4.30			4.76			5.21	
% Eff.AC โดยน้ำหนักของส่วนผสม (C) = (a-x)*100/(100+a)		3.80			4.26			4.71	
ความสูงของตัวอย่าง (d)	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"
ความหนาแน่น									
น้ำหนักในอากาศ, g (e)	1508.9	1532.8	1525.2	1541.9	1540.5	1539.6	1551.5	1544.7	1556.2
น้ำหนักอิมตัวผิวแห้ง, g (f)	1519.6	1554.1	1547.2	1564.1	1563.6	1559.6	1577.1	1575.1	1572.9
น้ำหนักในน้ำ, g (g)	961.6	982.7	980.0	988.2	999.2	988.6	1002.5	997.3	1005.8
ปริมาตรทั้งหมด, ml (h) = (f)-(g)	558.0	571.4	567.2	575.9	564.4	571.0	574.6	577.8	567.1
ความหนาแน่นทั้งหมด, g/ml (i) = (e)/(h)	2.704	2.683	2.689	2.677	2.729	2.696	2.700	2.673	2.744
ความหนาแน่นเฉลี่ย		2.692			2.701			2.706	
การวิเคราะห์ช่องว่างอากาศ									
ปริมาตร AC % รวม (j) = (c)x(i)/G _s		10.03			11.28			12.5	
ปริมาตร Agg. % รวม (k) = [100- (b)](i)/G _{sb}		83.69			83.58			83.3	
VMA % (l) = 100-(k)		16.30			16.42			16.7	
AV % (m) = (l)-(j)		6.27			5.14			4.16	
VFB % (n) = 100 x(j)/(l)		61.54			68.70			75.0	
เสถียรภาพ									
ค่าจากการวัด lbs	3703	3859	3859	4873	4249	4795	4989	4678	4873
ค่าปรับแก้ lbs	3184	3202	3202	4044	3654	3979	4140	3882	4044
เสถียรภาพเฉลี่ย		3196			3892			4022	
การไหล ค่าจากการวัด 1/100"	21	27	20	26	26	33	24	32	25
การไหลเฉลี่ย		23			28			27	

**ตารางที่ ก15 (ต่อ) การออกแบบสโตนแมสติกแอสฟัลต์ด้วยวิธีมาร์แชล มวลรวมตะกั่ว
หลอมขนาด 3/8 (9.5 mm))และวัสดุเชื่อมประสานชนิด PMA**

Sp.Gr of agg Gsb= 3.078

Sp.Gr of binder Gb= 1.02

Binder Absorption x = 0.53

เลขหมายตัวอย่าง	1	2	3	1	2	3	1	2	3
% AC โดยน้ำหนักของมวลรวม (a)	6.00			6.50			7.00		
% AC โดยน้ำหนักของส่วนผสม (b)	5.66			6.10			6.54		
% Eff.AC โดยน้ำหนักของส่วนผสม (C) = (a-x)*100/(100+a)	5.16			5.61			6.05		
ความสูงของตัวอย่าง (d)	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"
ความหนาแน่น									
น้ำหนักในอากาศ, g (e)	1576.0	1566.1	1558.3	1571.2	1578.1	1583.3	1592.4	1589.7	1581.1
น้ำหนักอิมตัดผิวแห้ง, g (f)	1583.8	1581.1	1570.0	1576.7	1585.3	1587.0	1595.4	1591.5	1583.9
น้ำหนักในน้ำ, g (g)	1001.2	999.3	997.3	996.9	996.5	1003.7	1005.9	1000.7	986.7
ปริมาตรทั้งก้อน, ml (h) = (f)-(g)	582.6	581.8	572.7	579.8	588.8	583.3	589.5	590.8	597.2
ความหนาแน่นทั้งก้อน, g/ml (i) = (e)/(h)	2.705	2.692	2.721	2.710	2.680	2.714	2.701	2.691	2.648
ความหนาแน่นเฉลี่ย	2.706			2.701			2.680		
การวิเคราะห์ช่องว่างอากาศ									
ปริมาตร AC % รวม (j) = (c)x(i)/G _b	13.69			14.86			15.9		
ปริมาตร Agg. % รวม (k) = [100- (b)](i)/G _{sb}	82.93			82.41			81.4		
VMA % (l) = 100-(k)	17.06			17.59			18.6		
AV % (m) = (l)-(j)	3.36			2.73			2.73		
VFB % (n) = 100 x(j)/(l)	80.29			84.47			85.32		
เสถียรภาพ									
ค่าจากการวัด lbs	5106	4678	4483	4678	4366	4873	3079	3001	2689
ค่าปรับแก้ lbs	4135	3789	3720	3789	3536	3947	2493	2430	2097
เสถียรภาพเฉลี่ย	3881			3757			2340		
การไหล ค่าจากการวัด 1/100"	28	26	23	22	22	26	27	26	24
การไหลเฉลี่ย	26			23			26		

ตารางที่ ก16 ผลการทดสอบสโตนแมสติกแอสฟัลต์ตะกรันเตาหลอมขนาด 3/8 (9.5 mm) และ
วัสดุเชื่อมประสานชนิด PMA ด้วยวิธีมาร์แชล

		MIXTURE
Asphalt Content (PMA) (% by mass of Aggregate)		5.6
Marshall Density	gm./ml.	2.706
Marshall Air Voids	%	4.0
Voids in the Mineral Aggregate	%	16.7
Voids Filled with Bitumen	%	76.1
Marshall Stability	Lbs.	3993
Marshall Flow	0.01"	26.7
Marshall Stability / Marshall Flow	lbs./0.01"	149

ตารางที่ ก17 ผลการทดสอบวัสดุมวลรวมตะกรันเตาหลอมขนาด 1/2 (12.5 mm)

Description	Filler	Hot Bin 1			Hot Bin			Total
		Passing	Retain	Total	Bin 2	Bin 3	Bin 4	
		#200	#200					
Mix Proportion (%)	10	-	-	15	54	14	7	100
Bulk Specific Gravity	-	-	2.977	2.978	3.148	3.188	3.216	3.090
Apparent Specific Gravity	2.717	3.436	3.411	3.411	3.367	3.354	3.373	3.307
Effective Specific Gravity	-	-	-	-	-	-	-	3.198
Water Absorption (%)	-	-	4.240	-	2.064	1.548	1.449	-
Flakiness Index (%)					7	5	3	6
Elongation Index (%)					2	7	6	3
Asphalt Absorption (%)								0.52
Los Angeles Abrasion (%)	Aggregate 3/4" = 26.8							
Soundness (% WT.Loss)	Aggregate 3/4" = 0.4 ,Fine Aggregate = 3.1							
Sand Equivalent (%)	Hot Bin 1 = 74							

ตารางที่ ก18 อัตราส่วนผสมวัสดุรวมตะกรันเตาหลอมขนาด 1/2 (12.5 mm)

อัตราส่วนผสม Filler : Bin 1 : Bin 2 : Bin 3 : Bin 4 เป็น 10 : 15 : 54 : 14 : 7

SIEVE SIZE	% PASSING					Com'b	DESIRED
	Filler	BIN 1	BIN 2	BIN 3	BIN 4		
3/4"				100	100	100.00	100
1/2"			100	46.08	41.72	88.37	90-100
3/8"		100	91.09	22.04	18.88	78.60	26-78
#4		93.58	7.93	0.13	0.17	28.35	20-28
#8		63.68	0.88	0.05		20.03	16-24
#16		40.59	0.70			16.47	-
#30	100	24.25				13.64	13-21
#50	99.3	13.36				11.93	12-18
#100	98.7	5.80				10.74	12-15
#200	97.1	0.21				9.74	8-10
MIX PROPORTION	10	15	54	14	7	100	

ตารางที่ ก19 การออกแบบสโตนแมสติกแอสฟัลต์ด้วยวิธีมาร์แชล มวลรวมตะกรันเตา
หอลมขนาด 1/2 (12.5 mm) และวัสดุเชื่อมประสานชนิด PMA

Mix Proportion Filler: Hot Bin1 : Hot Bin2 : Hot Bin3 : Hot Bin4 = 10 : 15 : 54 : 14 : 7 Binder Type = PMA

Sp.Gr of agg Gsb= 3.092

Sp.Gr of binder Gb= 1.02

Binder Absorption x = 0.52

เลขหมายตัวอย่าง	1	2	3	1	2	3	1	2	3
% AC โดยน้ำหนักของมวลรวม (a)	4.50			5.00			5.50		
% AC โดยน้ำหนักของส่วนผสม (b)	4.30			4.76			5.21		
% Eff.AC โดยน้ำหนักของส่วนผสม (C) = (a-x)*100/(100+a)	3.81			4.27			4.72		
ความสูงของตัวอย่าง (d)	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"
ความหนาแน่น									
น้ำหนักในอากาศ, g (e)	1526.4	1541.3	1547.1	1555.4	1550.4	1543.5	1559.3	1559.3	1565.0
น้ำหนักอิมดิวแห้ง, g (f)	1543.7	1560.5	1573.9	1579.7	1574.6	1564.7	1577.7	1576.8	1580.0
น้ำหนักในน้ำ, g (g)	975.2	984.6	998.1	1005.0	1003.0	998.6	1000.1	1004.2	1005.8
ปริมาตรทั้งก้อน, ml (h) =(f)-(g)	568.5	575.9	575.8	574.7	571.6	566.1	577.6	572.6	574.2
ความหนาแน่นทั้งก้อน, g/ml (i) =(e)/(h)	2.685	2.676	2.687	2.706	2.712	2.727	2.700	2.723	2.726
ความหนาแน่นเฉลี่ย	2.683			2.715			2.716		
การวิเคราะห์ช่องว่างอากาศ									
ปริมาตร AC % รวม (j) =(c)x(i)/G _b	10.02			11.36			12.6		
ปริมาตร Agg. % รวม (k) =[100- (b)](i)/G _{sb}	83.03			83.63			83.3		
VMA % (l)=100-(k)	16.96			16.37			16.7		
AV % (m)=(l)-(j)	6.95			5.01			4.16		
VFB % (n)=100 x(j)/(l)	59.05			69.41			75.1		
เสถียรภาพ									
ค่าจากการวัด lbs	3781	4405	3898	4747	4522	4288	4795	4288	5028
ค่าปรับแก้ lbs	3251	3656	3235	3915	3753	3687	3979	3559	4173
เสถียรภาพเฉลี่ย	3381			3785			3904		
การไหล ค่าจากการวัด 1/100"	21	26	19	22	26	20	20	28	28
การไหลเฉลี่ย	22			23			25		

ตารางที่ ก19 (ต่อ) การออกแบบสโตนแมสติกแอสฟัลต์ด้วยวิธีมาร์แชล มวลรวมตะกั่ว
หลอมขนาด 1/2 (12.5 mm) และวัสดุเชื่อมประสานชนิด PMA

Sp.Gr of agg Gsb= 3.092

Sp.Gr of binder Gb= 1.02

Binder Absorption x = 0.52

เลขหมายตัวอย่าง	1	2	3	1	2	3	1	2	3
% AC โดยน้ำหนักของมวลรวม (a)	6.00			6.50			7.00		
% AC โดยน้ำหนักของส่วนผสม (b)	5.66			6.10			6.54		
% Eff.AC โดยน้ำหนักของส่วนผสม (C) = (a-x)*100/(100+a)	5.17			5.62			6.06		
ความสูงของตัวอย่าง (d)	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"
ความหนาแน่น									
น้ำหนักในอากาศ, g (e)	1571.8	1573.3	1574.7	1574.4	1578.9	1566.1	1580.8	1585.6	1591.0
น้ำหนักอิมตัดผิวแห้ง, g (f)	1578.3	1580.0	1582.2	1579.1	1581.9	1569.7	1582.4	1588.4	1592.4
น้ำหนักในน้ำ, g (g)	998.8	1000.2	1002.7	995.0	1005.1	992.6	986.5	996.1	1006.2
ปริมาตรที่ก้น, ml (h) = (f)-(g)	579.5	579.8	579.5	584.1	576.8	577.1	595.9	592.3	586.2
ความหนาแน่นที่ก้น, g/ml (i) = (e)/(h)	2.712	2.714	2.717	2.695	2.737	2.714	2.653	2.677	2.714
ความหนาแน่นเฉลี่ย	2.714			2.716			2.681		
การวิเคราะห์ช่องว่างอากาศ									
ปริมาตร AC % รวม (j) = (c)x(i)/G _b	13.76			14.95			15.9		
ปริมาตร Agg. % รวม (k) = [100-(b)](i)/G _{sb}	82.81			82.47			81.0		
VMA % (l) = 100-(k)	17.18			17.53			18.95		
AV % (m) = (l)-(j)	3.42			2.58			3.03		
VFB % (n) = 100 x (j)/(l)	80.09			85.28			84.0		
เสถียรภาพ									
ค่าจากการวัด lbs	4522	4600	4288	4249	4950	4366	2339	2261	3040
ค่าปรับแก้ lbs	3662	3818	3559	3441	4108	3623	1894	1831	2462
เสถียรภาพเฉลี่ย	3680			3724			2062		
การไหล ค่าจากการวัด 1/100"	33	28	20	32	24	30	25	27	28
การไหลเฉลี่ย	27			29			27		

ตารางที่ ก20 ผลการทดสอบสโตนแมสติกแอสฟัลต์ตะกรันเตาหลอมขนาด 1/2 (12.5 mm) และวัสดุเชื่อมประสานชนิด PMA ด้วยวิธีมาร์แชล

		MIXTURE
Asphalt Content (PMA) (% by mass of Aggregate)		5.6
Marshall Density	gm./ml.	2.716
Marshall Air Voids	%	4.0
Voids in the Mineral Aggregate	%	16.8
Voids Filled with Bitumen	%	76.2
Marshall Stability	Lbs.	3855
Marshall Flow	0.01"	25.7
Marshall Stability / Marshall Flow	lbs./0.01"	150

ตารางที่ ก21 ผลการทดสอบวัสดุมวลรวมตะกรันเตาหลอมขนาด 1/2 (12.5 mm) ที่ออกแบบขนาดคละใหม่

Description	Filler	Hot Bin 1			Hot Bin			Total
		Passing	Retain	Total	Bin 2	Bin 3	Bin 4	
		#200	#200					
Mix Proportion (%)	9	-	-	17	26	23	25	100
Bulk Specific Gravity	-	-	2.977	2.978	3.148	3.207	3.216	3.111
Apparent Specific Gravity	2.717	3.436	3.411	3.411	3.367	3.386	3.373	3.322
Effective Specific Gravity	-	-	-	-	-	-	-	3.216
Water Absorption (%)	-	-	4.240	-	2.064	1.656	1.449	-
Flakiness Index (%)					7	5	3	5
Elongation Index (%)					2	7	6	5
Asphalt Absorption (%)								0.51
Los Angeles Abrasion (%)	Aggregate 3/4" = 26.8							
Soundness (% WT.Loss)	Aggregate 3/4" = 0.4 , Fine Aggregate = 3.1							
Sand Equivalent (%)	Hot Bin 1 = 74							

ตารางที่ ก22 อัตราส่วนผสมวัสดุมวลรวมตะกั่วหินเตาหลอมขนาด 1/2 (12.5 mm) ที่ออกแบบ
ขนาดคละใหม่

อัตราส่วนผสม Filler : Bin 1 : Bin 2 : Bin 3 : Bin 4 เป็น 9 : 17 : 26 : 23 : 25

SIEVE SIZE	% PASSING					Com'b
	Filler	BIN 1	BIN 2	BIN 3	BIN 4	
3/4"				100	100	100.00
1/2"			100	46.08	41.72	73.03
3/8"		100	91.09	22.04	18.88	59.47
#4		93.58	7.93	0.13	0.17	27.04
#8		63.68	0.88	0.05		20.07
#16		40.59	0.70			16.08
#30	100	24.25				13.12
#50	99.3	13.36				11.21
#100	98.7	5.80				9.87
#200	97.1	0.21				8.77
MIX PROPORTION	9	17	26	23	25	100

ตารางที่ ก23 การออกแบบสโตนแมสติกแอสฟัลต์ด้วยวิธีมาร์แชล มวลรวมตะกรันเตา
หลอมขนาด 1/2 (12.5 mm) ที่ออกแบบขนาดคละใหม่และวัสดุเชื่อมประสาน
ชนิด PMA

Mix Proportion Filler: Hot Bin1 : Hot Bin2 : Hot Bin 3 : Hot Bin4 = 9 : 17 : 26 : 23 : 25 Binder Type
= PMA

Sp.Gr of agg Gsb= 3.111

Sp.Gr of binder Gb= 1.02

Binder Absorption x = 0.51

เลขหมายตัวอย่าง	1	2	3	1	2	3	1	2	3
% AC โดยน้ำหนักของมวลรวม (a)	4.50			5.00			5.50		
% AC โดยน้ำหนักของส่วนผสม (b)	4.30			4.76			5.21		
% Eff.AC โดยน้ำหนักของส่วนผสม (C) = (a-x)*100/(100+a)	3.82			4.28			4.73		
ความสูงของตัวอย่าง (d)	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"
ความหนาแน่น									
น้ำหนักในอากาศ, g (e)	1539.9	1537.9	1523.2	1554.3	1544.6	1563.2	1560.1	1563.2	1556.4
น้ำหนักอิมตัดผิวแห้ง, g (f)	1562.8	1563.9	1550.3	1567.9	1563.2	1578.9	1568.5	1571.9	1565.0
น้ำหนักในน้ำ, g (g)	999.7	1000.8	986.7	1001.0	989.6	1001.9	1003.0	1002.4	1002.5
ปริมาตรทั้งหมด, ml (h) =(f)-(g)	563.1	563.1	563.6	566.9	573.6	577.0	565.5	569.5	562.5
ความหนาแน่นทั้งหมด, g/ml (i) =(e)/(h)	2.735	2.731	2.703	2.742	2.693	2.709	2.759	2.745	2.767
ความหนาแน่นเฉลี่ย	2.723			2.715			2.757		
การวิเคราะห์ช่องว่างอากาศ									
ปริมาตร AC % รวม (j) =(c)x(i)/G _B	10.18			11.38			12.8		
ปริมาตร Agg. % รวม (k) =[100- (b)](i)/G _{sa}	83.76			83.10			84.00		
VMA % (l)=100-(k)	16.24			16.90			16.0		
AV % (m)=(l)-(j)	6.05			5.52			3.22		
VFB % (n)=100 x(j)/(l)	62.74			67.34			79.88		
เสถียรภาพ									
ค่าจากการวัด lbs	5340	5379	5262	5652	4795	4873	5067	4873	4989
ค่าปรับแก้ lbs	4592	4625	4525	4860	4123	4044	4357	4190	4290
เสถียรภาพเฉลี่ย	4581			4342			4279		
การไหล ค่าจากการวัด 1/100"	19	18	19	18	18	19	18	19	18
การไหลเฉลี่ย	19			18			18		

ตารางที่ ก23 (ต่อ) การออกแบบสโตนแมสติกแอสฟัลต์ด้วยวิธีมาร์แชล มวลรวมตะกรันเตา
หลอมขนาด 1/2 D (12.5 mm) และวัสดุเชื่อมประสานชนิด PMA

Sp.Gr of agg Gsb= 3.111

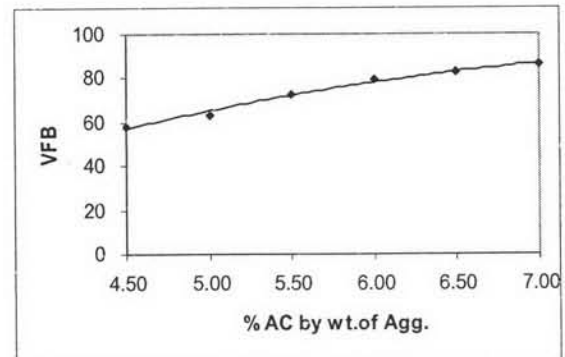
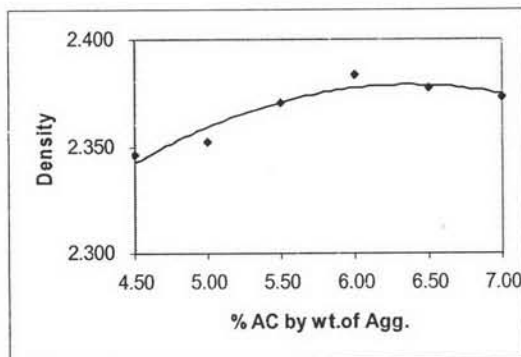
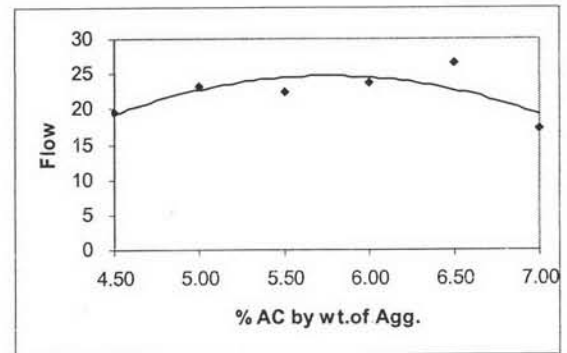
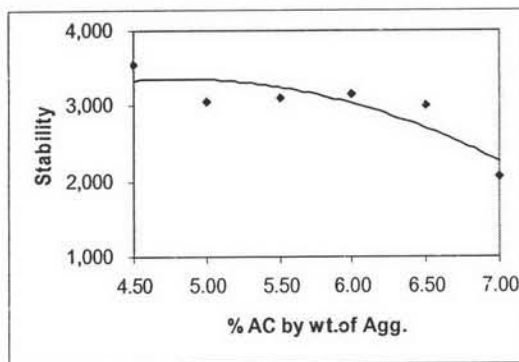
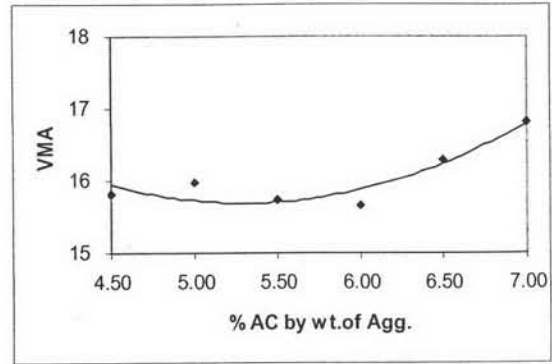
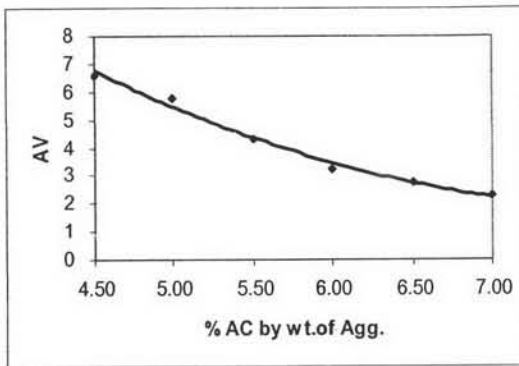
Sp.Gr of binder Gb= 1.02

Binder Absorption x = 0.51

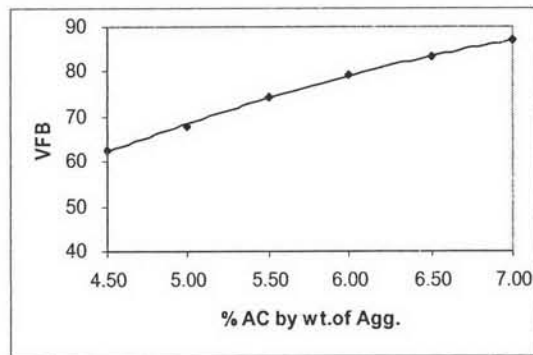
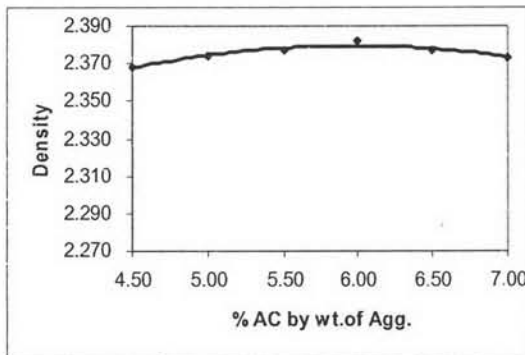
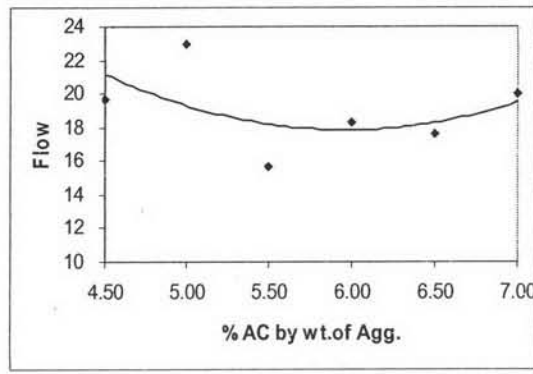
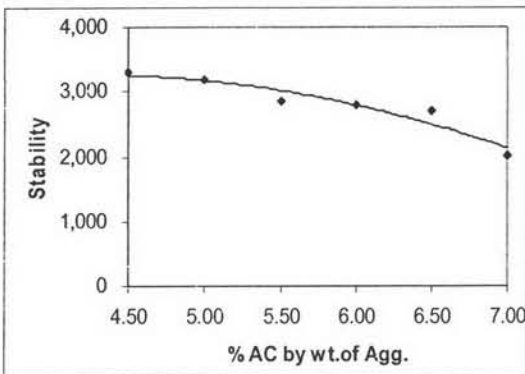
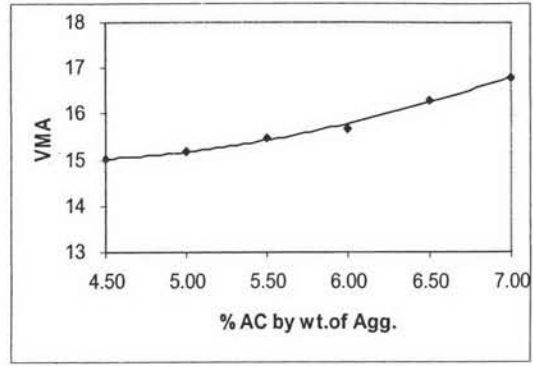
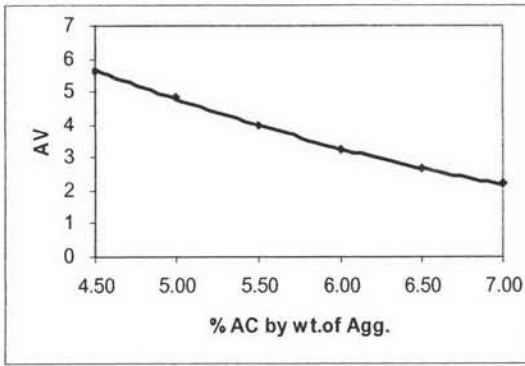
เลขหมายตัวอย่าง	1	2	3	1	2	3	1	2	3
% AC โดยน้ำหนักของมวลรวม (a)	6.00			6.50			7.00		
% AC โดยน้ำหนักของส่วนผสม (b)	5.66			6.10			6.54		
% Eff.AC โดยน้ำหนักของส่วนผสม (C) = (a-x)*100/(100+a)	5.18			5.62			6.06		
ความสูงของตัวอย่าง (d)	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"
ความหนาแน่น									
น้ำหนักในอากาศ, g (e)	1558.1	1557.0	1559.9	1565.1	1568.0	1563.4	1583.5	1585.2	1592.7
น้ำหนักอิมตัวผิวแห้ง, g (f)	1566.2	1562.1	1562.9	1566.1	1569.9	1569.0	1584.4	1586.9	1593.4
น้ำหนักในน้ำ, g (g)	996.7	989.8	997.2	992.5	996.9	999.3	1006.3	1007.4	1009.4
ปริมาตรทั้งหมด, ml (h) = (f)-(g)	569.5	572.3	565.7	573.6	573.0	569.7	578.1	579.5	584.0
ความหนาแน่นทั้งหมด, g/ml (i) = (e)/(h)	2.736	2.721	2.757	2.729	2.736	2.744	2.739	2.735	2.727
ความหนาแน่นเฉลี่ย	2.738			2.736			2.734		
การวิเคราะห์ช่องว่างอากาศ									
ปริมาตร AC % รวม (j) = (c)x(i)/G _B	13.90			15.09			16.3		
ปริมาตร Agg. % รวม (k) = [100- (b)](i)/G _{SB}	83.02			82.59			82.1		
VMA % (l) = 100-(k)	16.97			17.41			17.9		
AV % (m) = (l)-(j)	3.07			2.32			1.61		
VFB % (n) = 100 x (j)/(l)	81.90			86.68			91.0		
เสถียรภาพ									
ค่าจากการวัด lbs	4249	4717	4873	4483	4249	4366	2884	3040	3352
ค่าปรับแก้ lbs	3654	4056	4190	3855	3654	3754	2393	2462	2715
เสถียรภาพเฉลี่ย	3967			3754			2523		
การไหล ค่าจากการวัด 1/100"	18	22	18	18	18	22	22	22	26
การไหลเฉลี่ย	19			19			23		

ตารางที่ ก24 ผลการทดสอบสโตนแมสติกแอสฟัลต์ตะกรันเตาหลอมขนาด 1/2 (12.5 mm) ที่
ออกแบบขนาดคละห่มและวัสดุเชื่อมประสานชนิด PMA ด้วยวิธีมาร์แชล

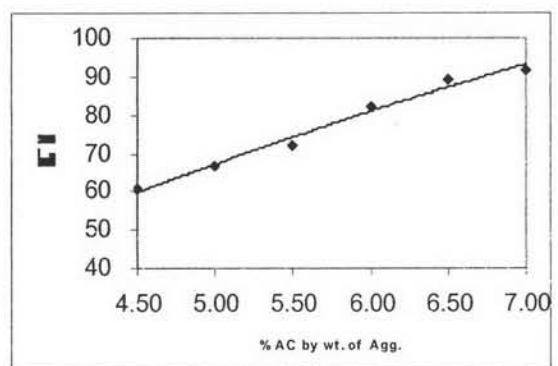
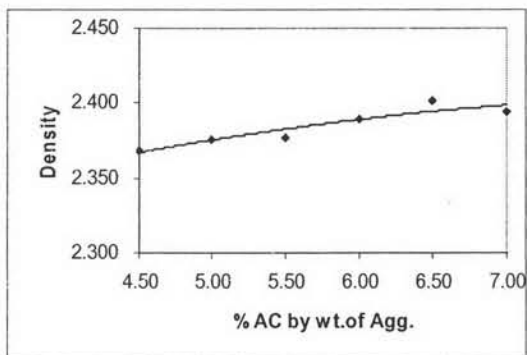
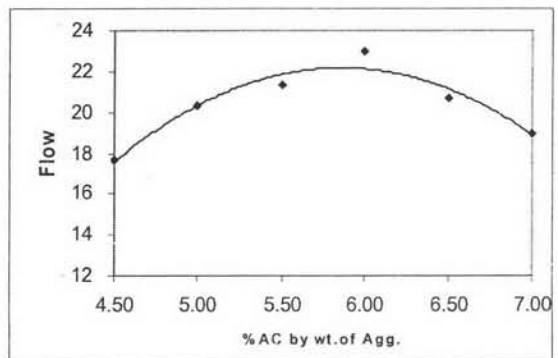
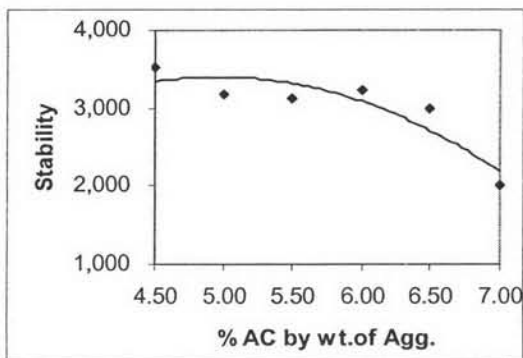
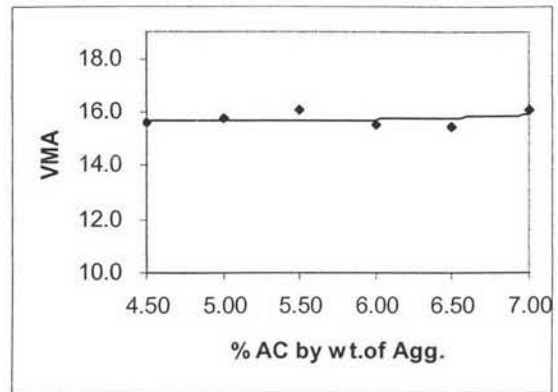
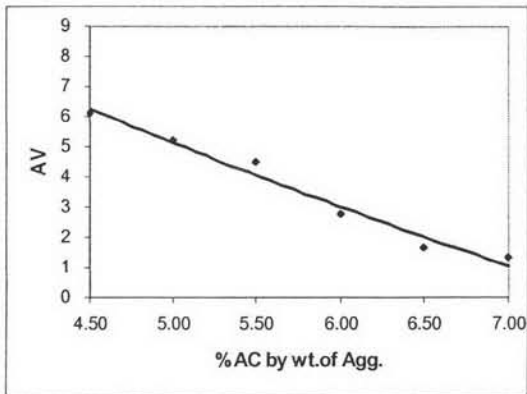
		MIXTURE
Asphalt Content (PMA) (% by mass of Aggregate)		5.3
Marshall Density	gm./ml.	2.742
Marshall Air Voids	%	4.0
Voids in the Mineral Aggregate	%	16.3
Voids Filled with Bitumen	%	75.6
Marshall Stability	Lbs.	4301
Marshall Flow	0.01"	18.3
Marshall Stability / Marshall Flow	lbs./0.01"	235



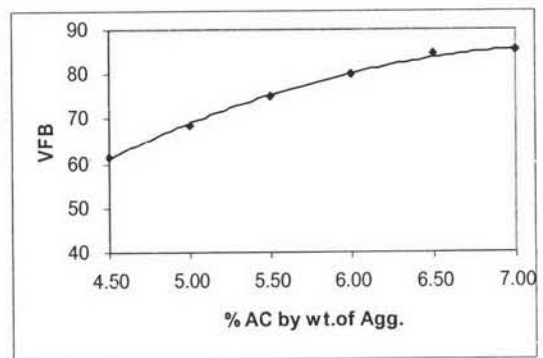
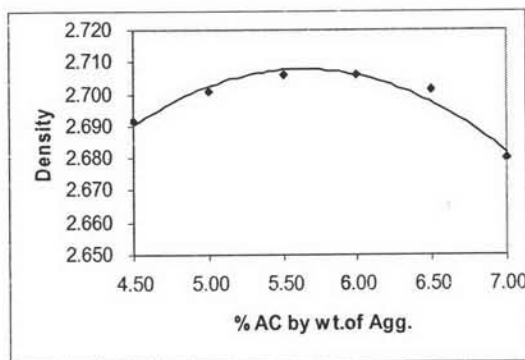
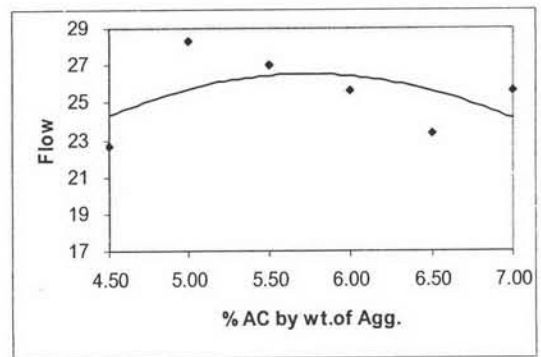
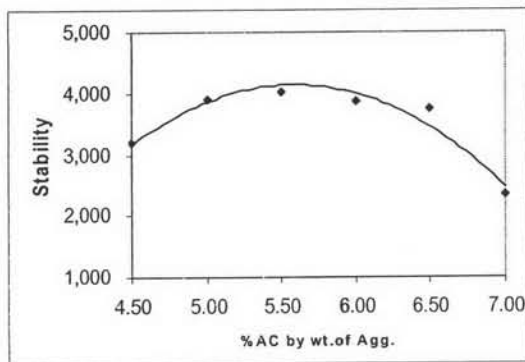
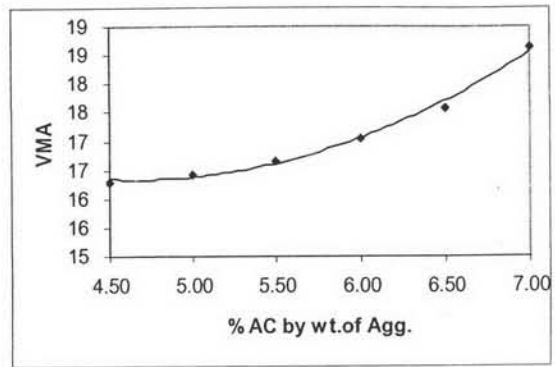
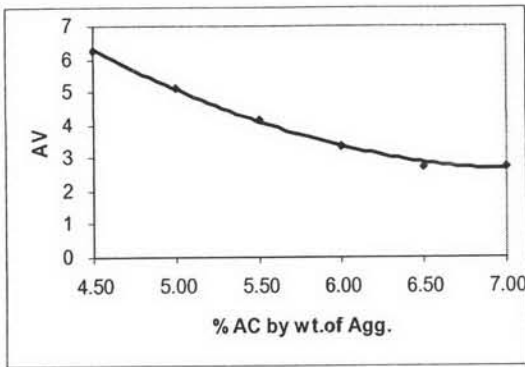
รูปที่ ก1 กราฟความสัมพันธ์ต่างๆ ของการทดสอบสโตนแมสติกแอสฟัลต์ ที่ใช้วัสดุมวลรวมหินแกรนิตขนาด 3/8 (9.5 mm) เมื่อใช้วัสดุเชื่อมประสาน PMA



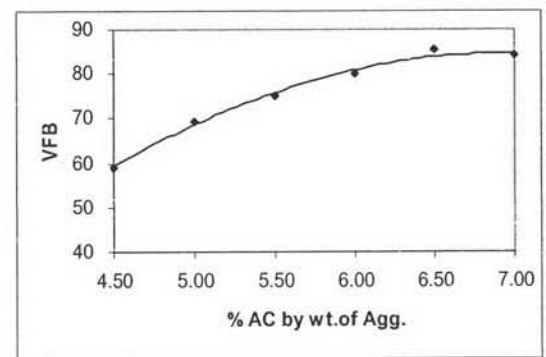
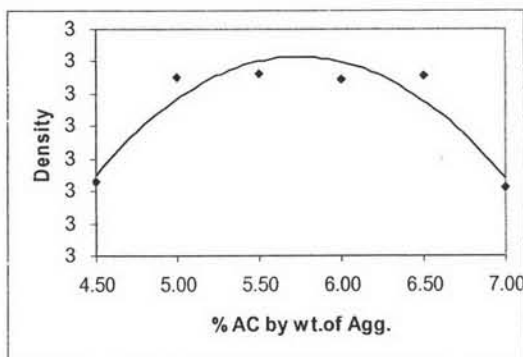
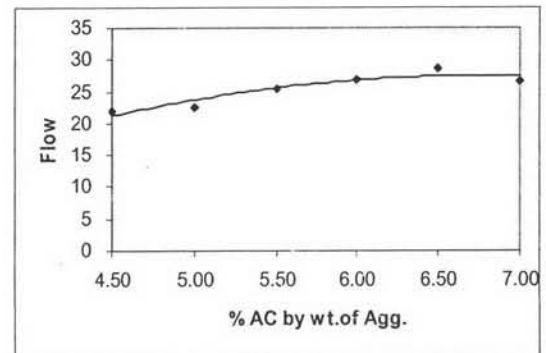
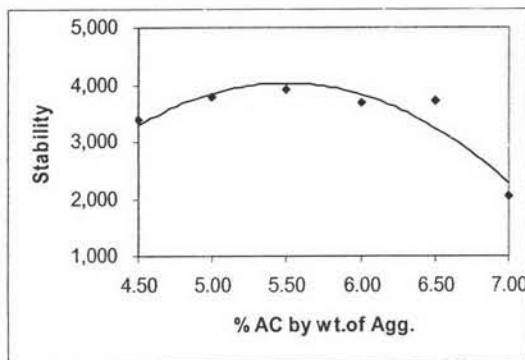
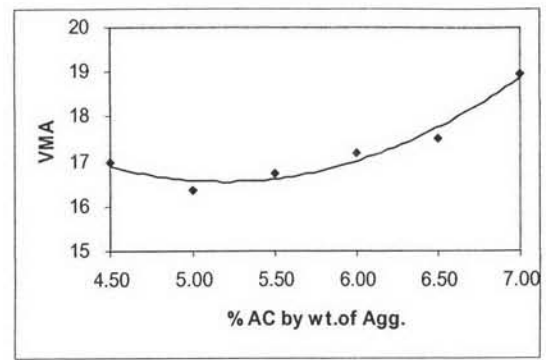
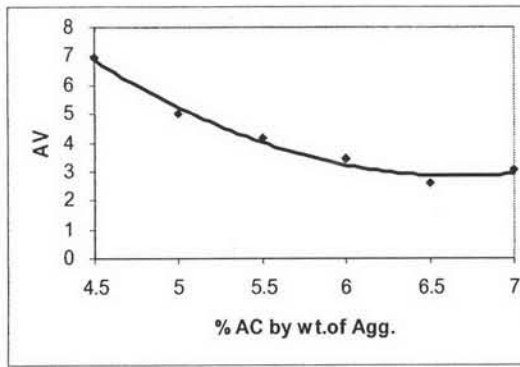
รูปที่ ก2 กราฟความสัมพันธ์ต่างๆ ของการทดสอบสโตนแมสติกแอสฟัลต์ ที่ใช้วัสดุมวลรวม หินแกรนิตขนาด 1/2 (12.5 mm) เมื่อใช้วัสดุเชื่อมประสาน PMA



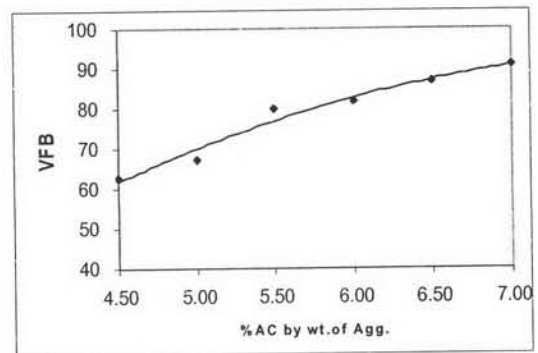
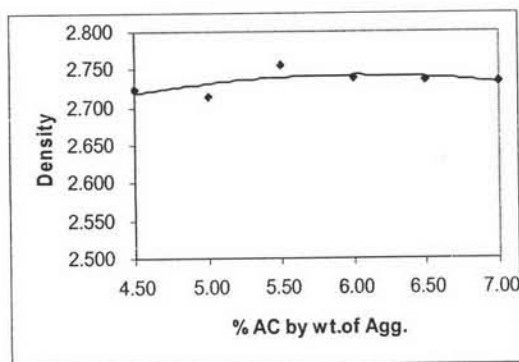
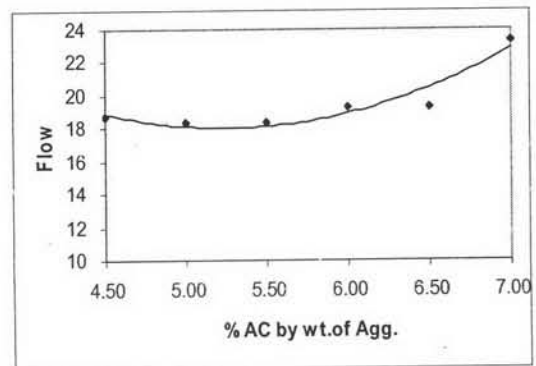
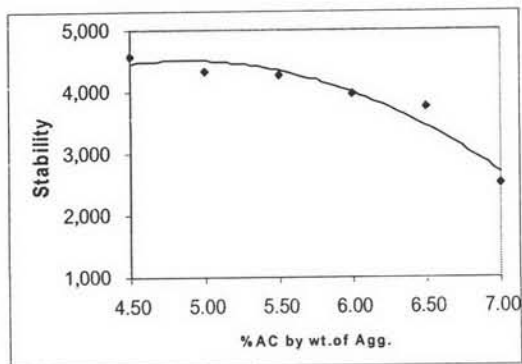
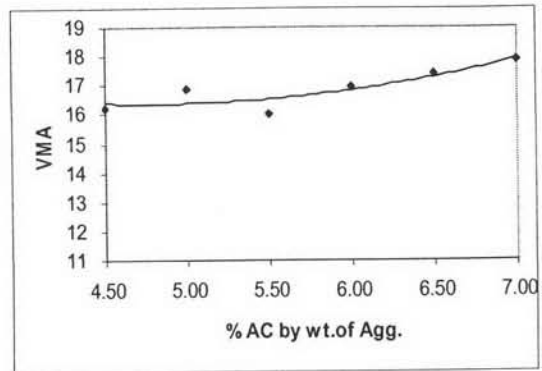
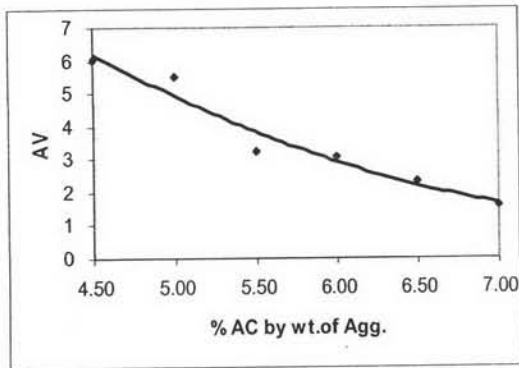
รูปที่ 3 กราฟความสัมพันธ์ต่างๆ ของการทดสอบสโตนแมสติกแอสฟัลต์ ที่ใช้วัสดุมวลรวม หินแกรนิตขนาด 1/2 D (12.5 mm) เมื่อใช้วัสดุเชื่อมประสาน PMA



รูปที่ ก4 กราฟความสัมพันธ์ต่างๆ ของการทดสอบสโตนแมสติกแอสฟัลต์ ที่ใช้วัสดุมวลรวม ตะกรันเตาหลอมขนาด 3/8 (9.5 mm) เมื่อใช้วัสดุเชื่อมประสาน PMA

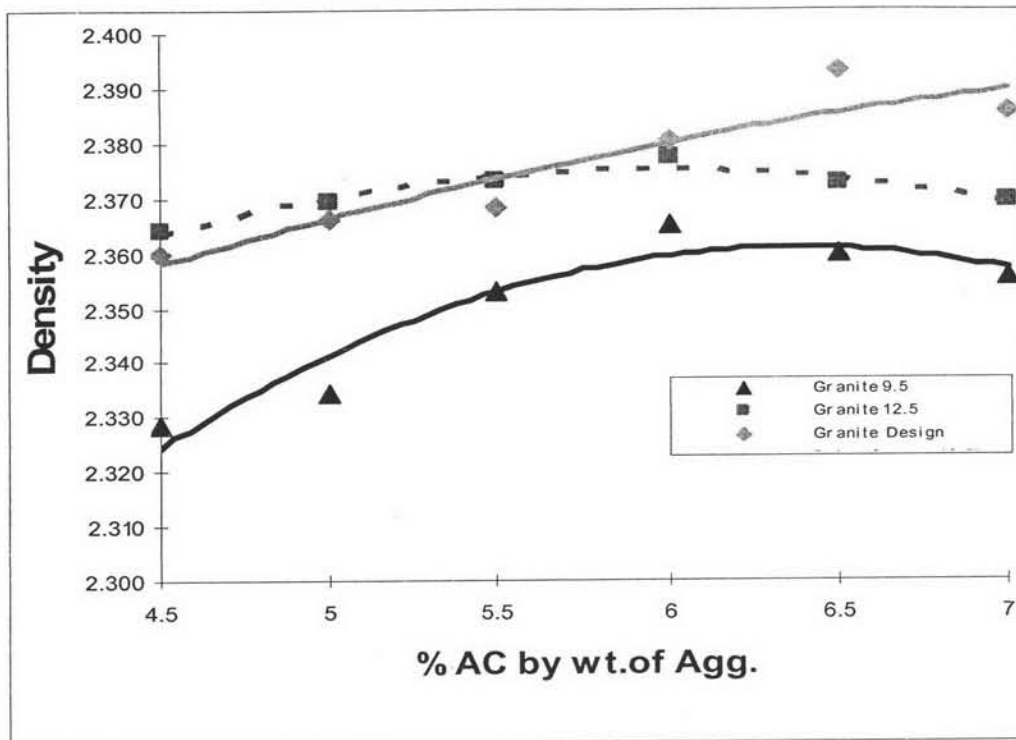


รูปที่ ก5 กราฟความสัมพันธ์ต่างๆ ของการทดสอบสโตนแมสติกแอสฟัลต์ ที่ใช้วัสดุมวลรวม ตะกรันเตาหลอมขนาด 1/2 (12.5 mm) เมื่อใช้วัสดุเชื่อมประสาน PMA

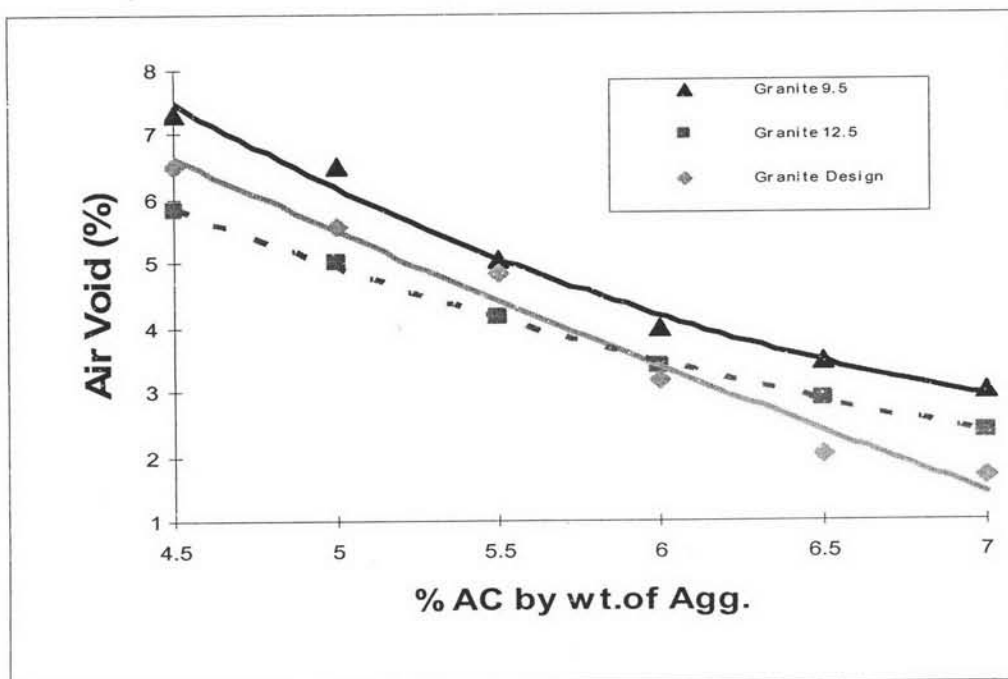


รูปที่ ก6 กราฟความสัมพันธ์ต่างๆ ของการทดสอบสโตนแมสติกแอสฟัลต์ ที่ใช้วัสดุมวลรวม
ตะกรันเตาหลอมขนาด 1/2 D (12.5 mm) เมื่อใช้วัสดุเชื่อมประสาน PMA

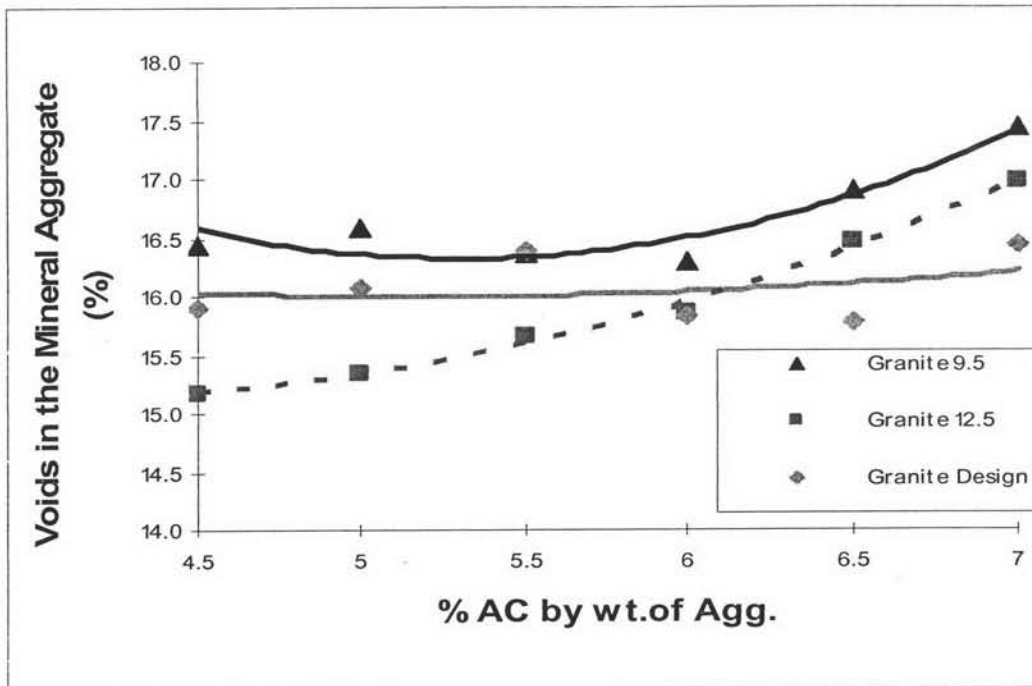
]



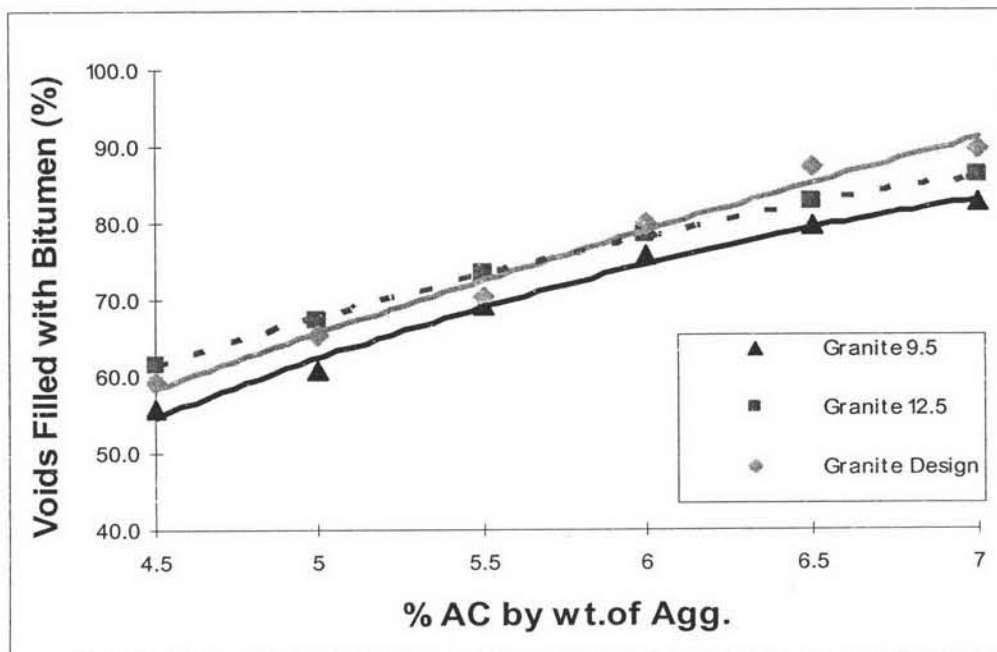
รูปที่ ก7 กราฟเปรียบเทียบค่าความหนาแน่น (Density) ของสโตนแมสติกแอสฟัลต์ ที่ใช้วัสดุมวลรวมหินแกรนิต ขนาดต่างๆ



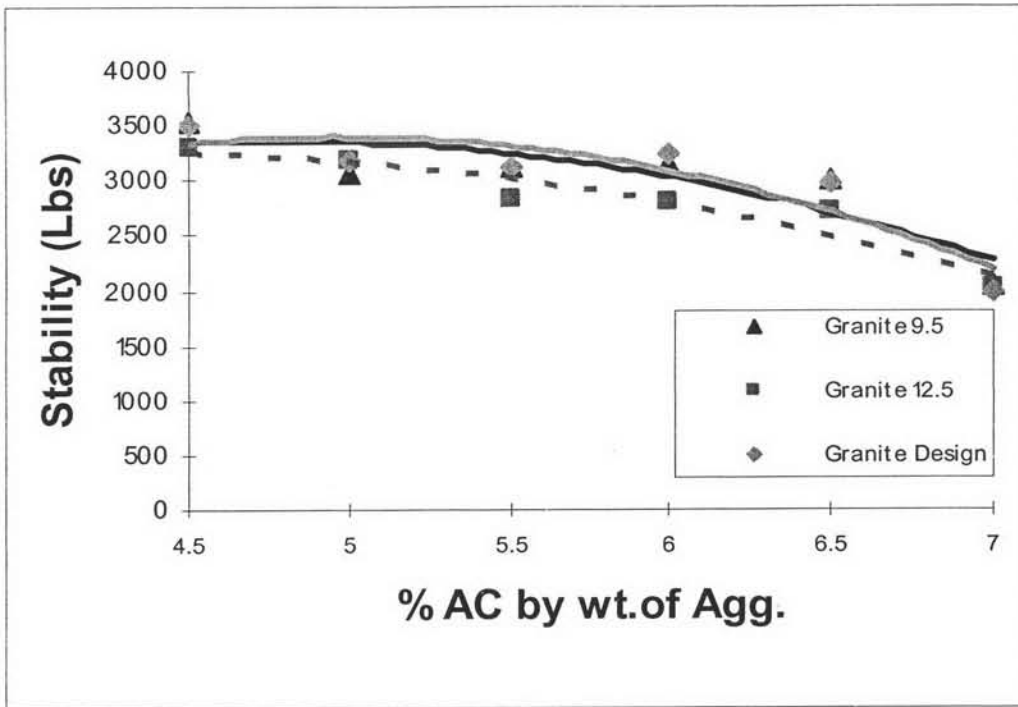
รูปที่ ก8 กราฟเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์โพรงอากาศ (Air Voids) ของสโตนแมสติกแอสฟัลต์ ที่ใช้วัสดุมวลรวมหินแกรนิตขนาดต่างๆ



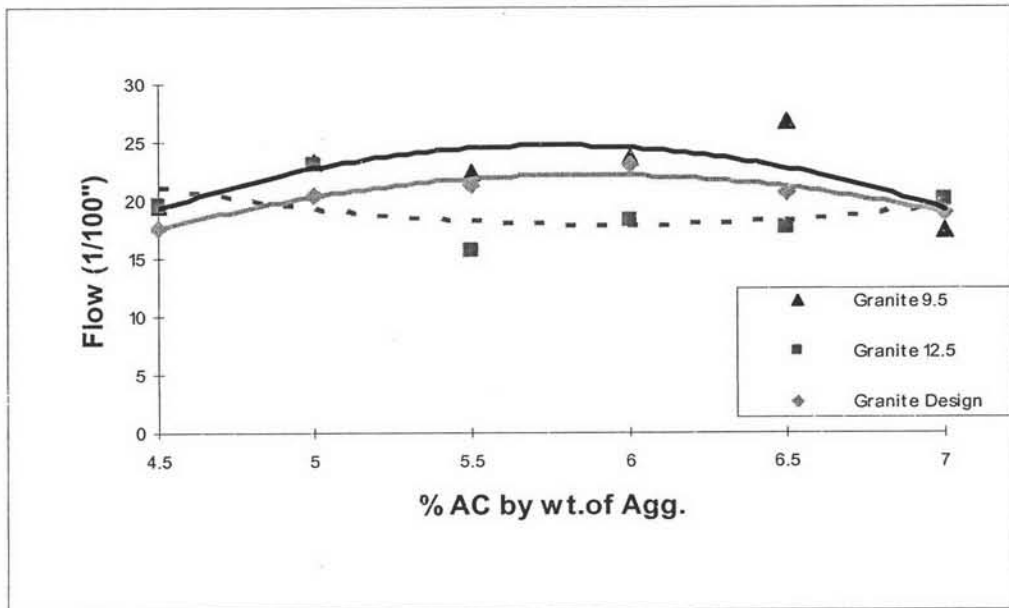
รูปที่ ก9 กราฟเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์โพรงอากาศระหว่างมวลรวม (VMA) ของสโตนแมสติกแอสฟัลต์ ที่ใช้วัสดุมวลรวมหินแกรนิตขนาดต่างๆ



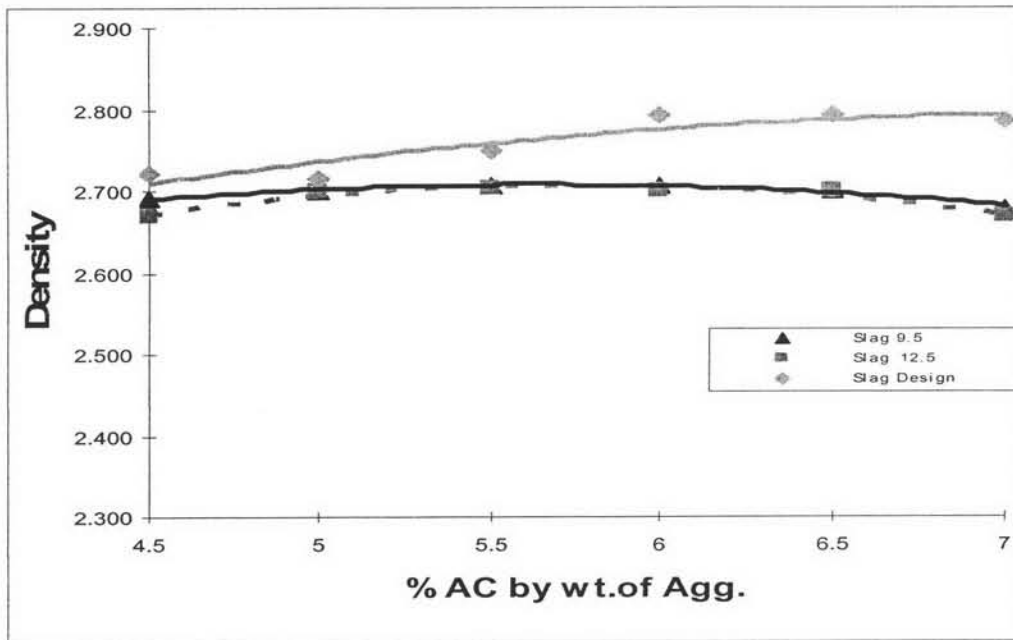
รูปที่ ก10 กราฟเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์โพรงที่เติมเต็มด้วยแอสฟัลต์ (VFB) ของสโตนแมสติกแอสฟัลต์ ที่ใช้วัสดุมวลรวมหินแกรนิตขนาดต่างๆ



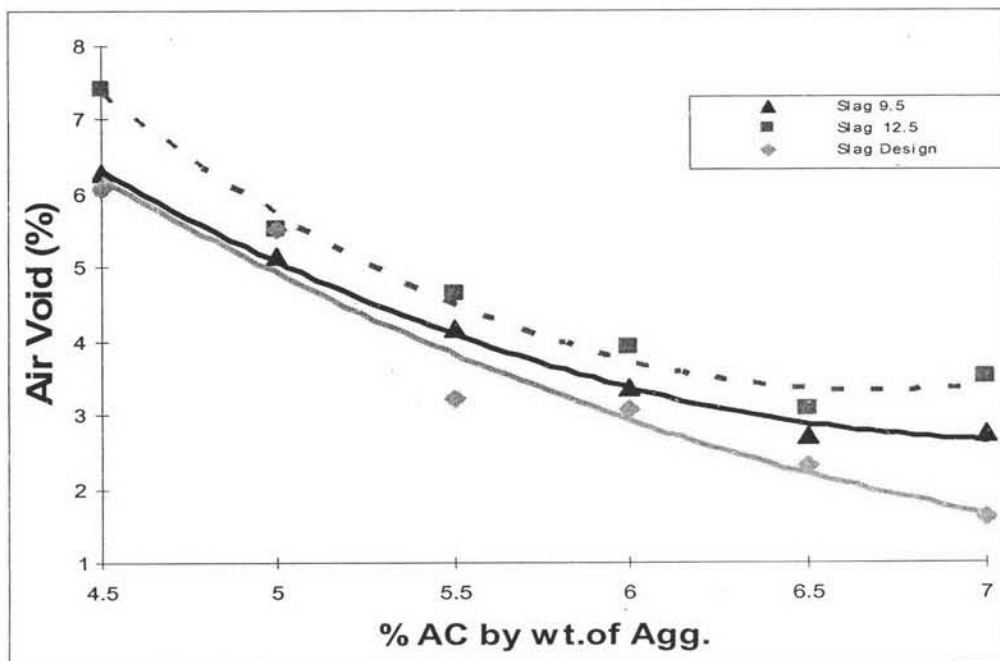
รูปที่ ก11 กราฟเปรียบเทียบค่าเสถียรภาพ (Stability) ของสโตนแมสติกแอสฟัลต์ ที่ใช้วัสดุรวมรวมหินแกรนิต ขนาดต่างๆ



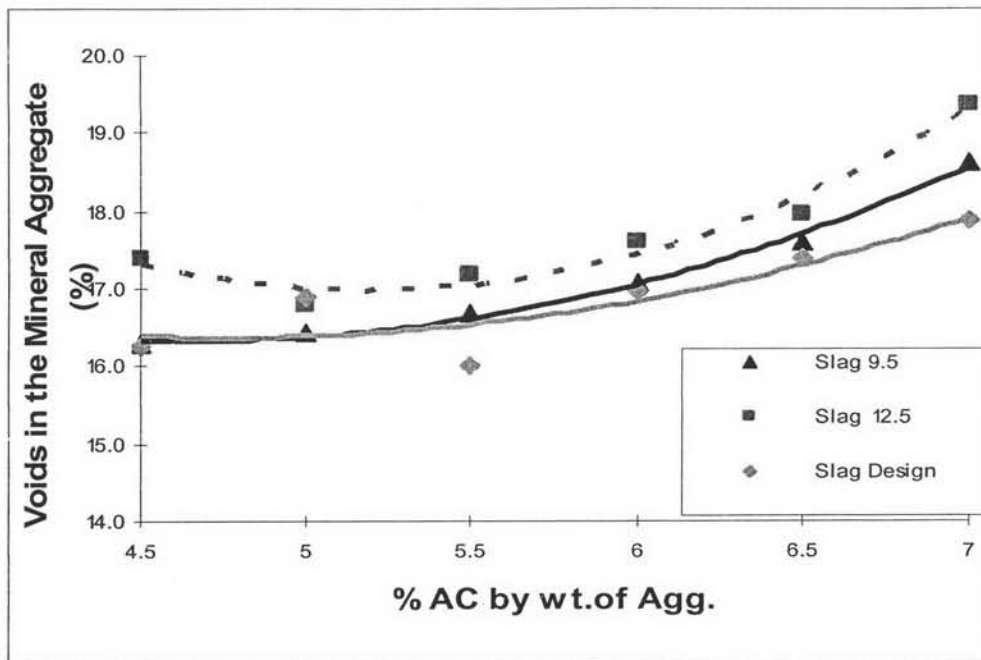
รูปที่ ก12 กราฟเปรียบเทียบค่าการไหล (Flow) ของสโตนแมสติกแอสฟัลต์ ที่ใช้วัสดุรวมรวมหินแกรนิตขนาดต่างๆ



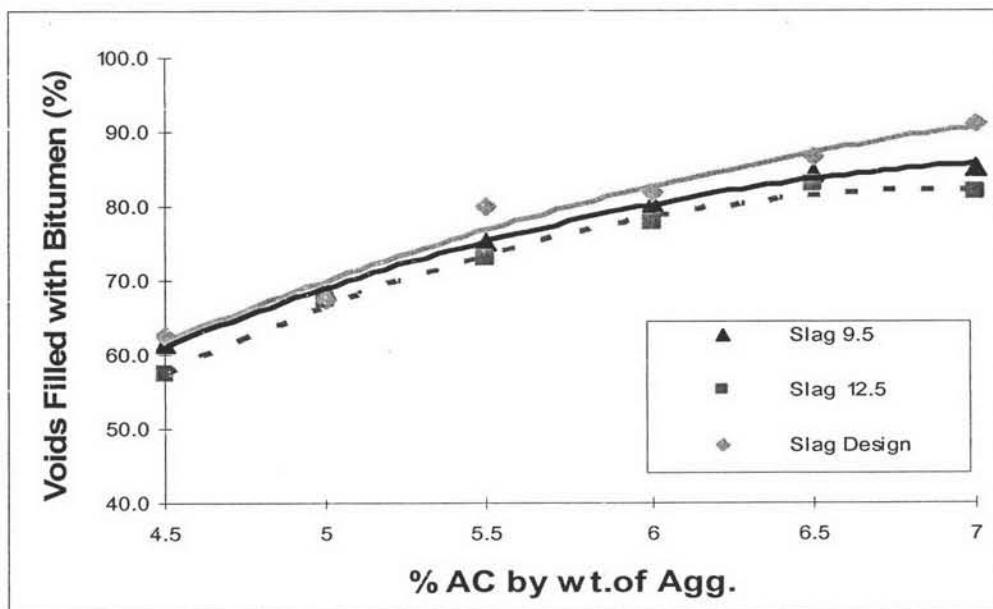
รูปที่ ก13 กราฟเปรียบเทียบค่าความหนาแน่น (Density) ของสโตนแมสติกแอสฟัลต์ที่ใช้วัสดุ
มวลรวมตะกรันเตาหลอม ขนาดต่างๆ



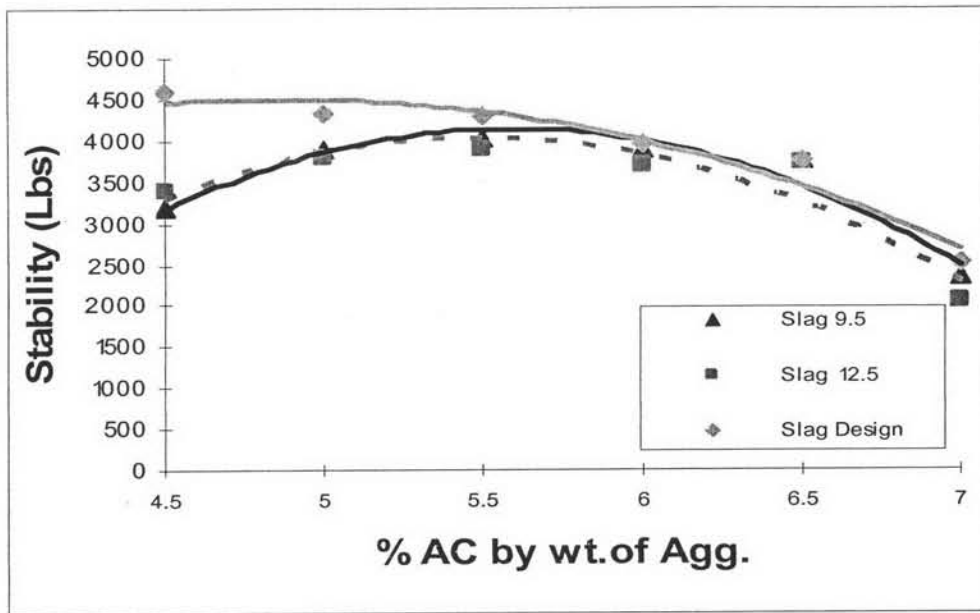
รูปที่ ก14 กราฟเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์โพรงอากาศ (Air Voids) ของสโตนแมสติกแอสฟัลต์ที่
ใช้วัสดุมวลรวมตะกรันเตาหลอม ขนาดต่างๆ



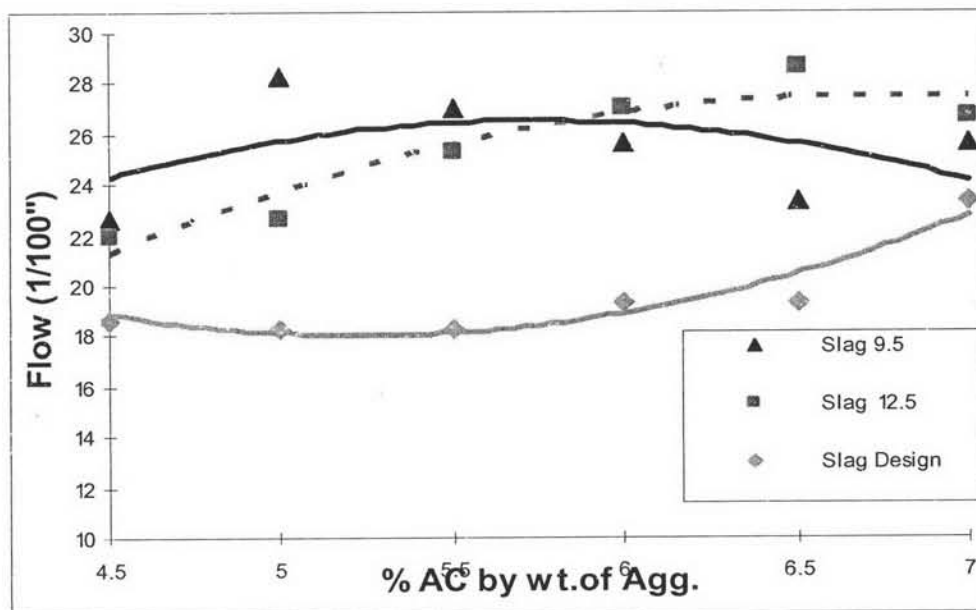
รูปที่ 15 กราฟเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์โพรงระหว่างมวลรวม (VMA) ของสโตนแมสติกแอสฟัลต์ ที่ใช้วัสดุมวลรวมตะกรันเตาหลอม ขนาดต่างๆ



รูปที่ 16 กราฟเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์โพรงที่เติมเต็มด้วยแอสฟัลต์ (VFB) ของสโตนแมสติกแอสฟัลต์ ที่ใช้วัสดุมวลรวมตะกรันเตาหลอม ขนาดต่างๆ



รูปที่ ก17 กราฟเปรียบเทียบค่าเสถียรภาพ (Stability) ของสโตนแมสติกแอสฟัลต์ ที่ใช้วัสดุมวลรวมตะกรันเตาหลอม ขนาดต่างๆ



รูปที่ ก18 กราฟเปรียบเทียบค่าการไหล (Flow) ของสโตนแมสติกแอสฟัลต์ ที่ใช้วัสดุมวลรวมหินตะกรันเตาหลอม ขนาดต่างๆ

ตารางที่ ก25 ผลการทดสอบ Tensile Strength โดยวิธี Indirect Tensile ของสโตนแมสติก แอสฟัลต์ เมื่อใช้วัสดุมวลรวมชนิดต่างๆ และวัสดุเชื่อมประสาน PMA

Type of Aggregate	Type of Binder	No. Specimen	Diameter (mm)	Height (mm)	Load (N)	Indirect Tensile (MPa)
Slag	PMA	1	101.7	71.00	3020.00	0.266
		2	101.4	77.35	3220.00	0.261
		3	101.5	74.30	3120.00	0.264
Granite	PMA	1	101.9	72.8	2910	0.250
		2	101.6	72.4	2610	0.226
		3	101.5	72.6	2760	0.238

ตารางที่ ก26 ผลการทดสอบโมดูลัสคืนตัว (Resilient Modulus) ที่อุณหภูมิ 25 °C วัสดุมวลรวมหินแกรนิต

ชนิดวัสดุ เชื่อม ประสาน	ก้อน ตัวอย่าง	เส้น ผ่าน ศูนย์กลาง (มม.)	ความ หนา (มม.)	ค่าโมดูลัสคืนตัว (Resilient Modulus)(MPa)		ค่าการคืน ตัว (Resilient Strain) (Micro Strain)	
				ค่าจาก 5 รอบสุดท้าย	เฉลี่ย ทั้งหมด	ค่าจาก 5 รอบ สุดท้าย	เฉลี่ยทั้งหมด
PMA	1	101.2	71.9	5906	6271.2	2.896	2.722
				6898		2.461	
				6515		2.606	
				5820		2.896	
				6217		2.751	
	2	101.7	71.3	6224	7785.8	2.737	2.2186
				7826		2.161	
				9096		1.873	
				8447		2.017	
				7336		2.305	

ตารางที่ ก27 ผลการทดสอบโมดูลัสคืนตัว (Resilient Modulus) ที่อุณหภูมิ 35 °C วัสดุมวลรวมหินแกรนิต

ชนิดวัสดุเชื่อมประสาน	ก้อนตัวอย่าง	เส้นผ่านศูนย์กลาง (มม.)	ความหนา (มม.)	ค่าโมดูลัสคืนตัว (Resilient Modulus)(MPa)		ค่าการคืนตัว (Resilient Strain) (Micro Strain)	
				ค่าจาก 5 รอบสุดท้าย	เฉลี่ยทั้งหมด	ค่าจาก 5 รอบสุดท้าย	เฉลี่ยทั้งหมด
PMA	1	101.8	71.1	1746	1743.8	10.79	10.818
				1746		10.79	
				1746		10.79	
				1746		10.79	
				1735		10.93	
	2	101.1	71.9	5196	5129.8	3.768	3.826
				5038		3.913	
				4969		3.913	
				5442		3.623	
				5004		3.913	

ตารางที่ ก28 ผลการทดสอบโมดูลัสคืนตัว (Resilient Modulus) ที่อุณหภูมิ 45 °C วัสดุมวลรวมหินแกรนิต

ชนิดวัสดุเชื่อมประสาน	ก้อนตัวอย่าง	เส้นผ่านศูนย์กลาง (มม.)	ความหนา (มม.)	ค่าโมดูลัสคืนตัว (Resilient Modulus)(MPa)		ค่าการคืนตัว (Resilient Strain) (Micro Strain)	
				ค่าจาก 5 รอบสุดท้าย	เฉลี่ยทั้งหมด	ค่าจาก 5 รอบสุดท้าย	เฉลี่ยทั้งหมด
PMA	1	101.4	72.6	1687	1717	6.778	6.6628
				1762		6.49	
				1687		6.778	
				1687		6.778	
				1762		6.49	
	2	101.05	77.6	4399	4533.8	2.601	2.543
				4712		2.456	
				4658		2.456	
				4450		2.601	
				4450		2.601	

ตารางที่ ก29 ผลการทดสอบโมดูลัสคืนตัว (Resilient Modulus) ที่อุณหภูมิ 25 °C วัสดุมวลรวมตะกรันเตาหลอม

ชนิดวัสดุเชื่อมประสาน	ก้อนตัวอย่าง	เส้นผ่านศูนย์กลาง (มม.)	ความหนา (มม.)	ค่าโมดูลัสคืนตัว (Resilient Modulus)(MPa)		ค่าการคืนตัว (Resilient Strain) (Micro Strain)	
				ค่าจาก 5 รอบสุดท้าย	เฉลี่ยทั้งหมด	ค่าจาก 5 รอบสุดท้าย	เฉลี่ยทั้งหมด
PMA	1	101.4	78.6	6850	6899.6	2.746	2.7168
				6808		2.746	
				7186		2.601	
				7186		2.601	
				6468		2.890	
	2	101.6	77.6	5131	5644	3.749	3.432
				5870		3.317	
				5559		3.461	
				6101		3.172	
				5559		3.461	

ตารางที่ ก30 ผลการทดสอบโมดูลัสคืนตัว (Resilient Modulus) ที่อุณหภูมิ 35 °C วัสดุมวลรวมตะกรันเตาหลอม

ชนิดวัสดุเชื่อมประสาน	ก้อนตัวอย่าง	เส้นผ่านศูนย์กลาง (มม.)	ความหนา (มม.)	ค่าโมดูลัสคืนตัว (Resilient Modulus)(MPa)		ค่าการคืนตัว (Resilient Strain) (Micro Strain)	
				ค่าจาก 5 รอบสุดท้าย	เฉลี่ยทั้งหมด	ค่าจาก 5 รอบสุดท้าย	เฉลี่ยทั้งหมด
PMA	1	101.6	71.8	4330	4319.8	4.712	4.708
				4413		4.718	
				4263		4.652	
				4249		4.856	
				4344		4.602	
	2	102.3	77.8	4722	4850.4	4.44	4.3256
				4722		4.44	
				5048		4.154	
				4880		4.297	
				4880		4.297	

ตารางที่ ก31 ผลการทดสอบโมดูลัสคืนตัว (Resilient Modulus) ที่อุณหภูมิ 45 °C วัสดุมวลรวมตะกรันเตาหลอม

ชนิดวัสดุเชื่อมประสาน	ก้อนตัวอย่าง	เส้นผ่านศูนย์กลาง (มม.)	ความหนา (มม.)	ค่าโมดูลัสคืนตัว (Resilient Modulus)(MPa)		ค่าการคืนตัว (Resilient Strain) (Micro Strain)	
				ค่าจาก 5 รอบสุดท้าย	เฉลี่ยทั้งหมด	ค่าจาก 5 รอบสุดท้าย	เฉลี่ยทั้งหมด
PMA	1	101.4	72.6	3293	3345.2	3.913	3.855
				3325		3.913	
				3325		3.913	
				3522		3.623	
				3261		3.913	
	2	101.05	77.6	4068	3731.8	3.178	3.4384
				3851		3.323	
				3543		3.612	
				3691		3.467	
				3506		3.612	

ตารางที่ ก32 ผลการทดสอบหาความต้านทานแรงเสียดทาน (Skid Resistance)

Type	specimen no.	Dry condition					average	Wet condition					average
แกรนิต 9.5	1	55	54	55	55	56	55.0	45	45	44	45	45	44.8
	2	53	54	54	54	55	54.0	42	41	41	41	41	41.2
	3	56	56	57	58	56	56.6	45	46	45	44	45	45.0
	average					55.2	average					43.7	
แกรนิต 12.5	1	58	58	57	57	57	57.4	50	50	49	49	50	49.6
	2	58	57	58	58	57	57.6	46	45	45	44	45	45.0
	3	58	56	57	55	58	56.8	48	46	46	47	47	46.8
	average					57.3	average					47.1	
แกรนิต 12.5 ที่ ทำการ ออกแบบใหม่	1	65	66	65	66	65	65.4	52	51	51	51	52	51.4
	2	60	58	58	58	59	58.6	49	48	49	48	48	48.4
	3	65	64	63	64	64	64.0	51	50	50	49	50	50.0
	average					62.7	average					49.9	
ตะแกรง 9.5	1	75	76	75	75	76	75.4	55	54	53	54	55	54.2
	2	75	75	76	75	75	75.2	55	55	54	54	55	54.6
	3	75	76	75	75	75	75.2	56	55	54	55	55	55.0
	average					75.3	average					54.6	
ตะแกรง 12.5	1	75	76	75	75	75	75.2	56	56	55	55	54	55.2
	2	77	76	76	75	75	75.8	58	58	56	55	55	56.4
	3	72	72	72	71	72	71.8	56	55	55	54	54	54.8
	average					74.3	average					55.5	
ตะแกรง 12.5 ที่ ทำการ ออกแบบใหม่	1	74	73	74	73	73	73.4	54	55	54	56	56	55.0
	2	75	75	76	74	75	75.0	54	55	54	56	53	54.4
	3	75	76	74	75	75	75.0	55	55	56	56	56	55.6
	average					74.5	average					55.0	

ตารางที่ ก33 ผลการทดสอบการหลุดลอก (Stripping test) สโตนแมสติกแอสฟัลต์วัสดุผสมรวม
หินแกรนิต ขนาดคละ 9.5 mm

Avg. Sp.Gr.of Agg. And Filler (Gag) = 2.667 Sp. Gr. Of AC(Gac) = 1.02
Asphalt Absorbtion(X) = 0.31

No. of Specimen	Soak Sample			Unsoak Sample		
	1	2	3	1	2	3
%AC by Mass of Agg. (a)	5.7			5.7		
%AC by Mass of Mix (b)	5.39			5.39		
%Eff.AC by Mass of Mix (C) = $b-x(100-b)/100$	5.10			5.10		
Specimen Height in. (d)	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"
Density						
Mass in Air gm. (e)	1292.6	1300.6	1296.2	1291.5	1291.8	1296.8
Mass Sat. Surface Dry gm. (f)	1309.5	1317.8	1311.1	1310.5	1310.4	1312.8
Mass in Water gm. (g)	731.7	739.6	733.5	734.1	734.1	733.9
Bulk Volume ml. (h) = f-g	577.8	578.2	577.6	576.4	576.3	578.9
Bulk Density gm./ml. (i) = e/h	2.237	2.249	2.244	2.241	2.242	2.240
Average Density	2.244			2.241		
VOIDS ANALYSIS						
Volume AC %Total (j) = $c*i/Gac$	11.216			11.202		
Volume Agg. %Total (k) = $(100-b)*i/Gag$	79.586			79.487		
VMA % (l) = $100-k$	20.414			20.513		
Air Voids % (m) = $l-j$	9.198			9.310		
VFB % (n) = $100*j/l$	54.9			54.6		
Stability						
Meas Lbs.	6198.5	7251	5730.6	6666.3	6900.2	7134.1
Adjust Lbs.	5144.7	6018.3	4756.4	5533	5727.1	5921.3
Average Stability	5306.5			5727.1		
FLOW						
Meas 1/100"	14	17	14	12	11	14
Average Flow	15			12		

$$\text{Strength_Index} = \frac{\text{Stability of Soaked Sample}}{\text{Stability of Unsoaked Sample}} \times 100 = 92.7\%$$

ตารางที่ ก34 ผลการทดสอบการหลุดลอก (Stripping test) สโตนแมสติกแอสฟัลต์วัสดุผสมรวม

หินแกรนิต ขนาดคละ 12.5 mm

Avg. Sp.Gr.of Agg. And Filler (Gag)= 2.667 Sp. Gr. Of AC(Gac) = 1.02
 Asphalt Absorbtion(X) = 0.27

No. of Specimen	Soak Sample			Unsoak Sample		
	1	2	3	1	2	3
%AC by Mass of Agg. (a)	5.5			5.5		
%AC by Mass of Mix (b)	5.21			5.21		
%Eff.AC by Mass of Mix (C) = b-x(100-b)/100	4.96			4.96		
Specimen Height in. (d)	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"
Density						
Mass in Air gm. (e)	1255.2	1255.4	1258.1	1260.1	1257.6	1263.7
Mass Sat. Surface Dry gm. (f)	1267.1	1268.9	1267.2	1274.5	1271.1	1271.9
Mass in Water gm. (g)	714.1	715.8	716.5	718.5	717.9	718.7
Bulk Volume ml. (h) = f-g	553.0	553.1	550.7	556.0	553.2	553.2
Bulk Density gm./ml. (i) = e/h	2.270	2.270	2.285	2.266	2.273	2.284
Average Density	2.275			2.275		
VOIDS ANALYSIS						
Volume AC %Total (j) = c*i/Gac	11.055			11.055		
Volume Agg. %Total (k) = (100-b)*i/Gag	80.844			80.843		
VMA % (l) = 100-k	19.156			19.157		
Air Voids % (m) = l-j	8.100			8.101		
VFB % (n) = 100*j/l	57.7			57.7		
Stability						
Meas Lbs.	6432.4	6900.2	8069.7	8420.5	7601.9	8771.4
Adjust Lbs.	5724.8	6141.1	7182	7494.3	6765.7	7806.5
Average Stability	6349.3			7355.5		
FLOW						
Meas 1/100"	11	16	10	5	8	14
Average Flow	12			9		

$$\text{Strength_Index} = \frac{\text{Stability of Soaked Sample}}{\text{Stability of Unsoaked Sample}} \times 100 = 86.3\%$$

ตารางที่ ก35 ผลการทดสอบการหลุดลอก (Stripping test) สโตนแมสติกแอสฟัลต์วัสดุผสมรวม
หินแกรนิต ขนาดคละ 12.5 mm ที่ออกแบบใหม่

Avg. Sp.Gr.of Agg. And Filler (Gag)= 2.685 Sp. Gr. Of AC(Gac) = 1.02
Asphalt Absorbtion(X) = 0.25

No. of Specimen	Soak Sample			Unsoak Sample		
	1	2	3	1	2	3
%AC by Mass of Agg. (a)	5.6			5.6		
%AC by Mass of Mix (b)	5.30			5.30		
%Eff.AC by Mass of Mix (C) = b-x(100-b)/100	5.07			5.07		
Specimen Height in. (d)	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"
Density						
Mass in Air gm. (e)	1254.7	1261.4	1260.3	1256.2	1254	1254.7
Mass Sat. Surface Dry gm. (f)	1260.2	1268.2	1265.5	1262.2	1265.6	1262.5
Mass in Water gm. (g)	717.7	721.4	718.9	721.6	715.9	717.7
Bulk Volume ml. (h) = f-g	542.5	546.8	546.6	540.6	549.7	544.8
Bulk Density gm./ml. (i) = e/h	2.313	2.307	2.306	2.324	2.281	2.303
Average Density	2.308			2.303		
VOIDS ANALYSIS						
Volume AC %Total (j) = c*i/Gac	11.466			11.437		
Volume Agg. %Total (k) = (100-b)*i/Gag	81.417			81.213		
VMA % (l) = 100-k	18.583			18.787		
Air Voids % (m) = l-j	7.117			7.350		
VFB % (n) = 100*j/l	61.7			60.9		
Stability						
Meas Lbs.	8537.5	8654.4	8186.6	9005.3	8303.6	9122.3
Adjust Lbs.	7939.9	8048.6	7613.6	8374.9	7722.3	8483.7
Average Stability	7867.4			8193.7		
FLOW						
Meas 1/100*	16	14	10	5	9	6
Average Flow	13			7		

$$\text{Strength_Index} = \frac{\text{Stability of Soaked Sample}}{\text{Stability of Unsoaked Sample}} \times 100 = 96.0\%$$

ตารางที่ ก36 ผลการทดสอบการหลุดลอก (Stripping test) สโตนแมสติกแอสฟัลต์วัสดุผสมรวม
ตะกั่วกันเตาหลอม ขนาดคละ 9.5 mm

Avg. Sp.Gr.of Agg. And Filler (Gag)= 3.078 Sp. Gr. Of AC(Gac) = 1.02
Asphalt Absorbtion(X) = 0.53

No. of Specimen	Soak Sample			Unsoak Sample		
	1	2	3	1	2	3
%AC by Mass of Agg. (a)	5.6			5.6		
%AC by Mass of Mix (b)	5.30			5.30		
%Eff.AC by Mass of Mix (C) = $b-x(100-b)/100$	4.80			4.80		
Specimen Height in. (d)	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"
Density						
Mass in Air gm. (e)	1463.7	1455.6	1454.5	1443.8	1462.8	1462.6
Mass Sat. Surface Dry gm. (f)	1484.1	1479.6	1478.3	1461.8	1482.1	1479.8
Mass in Water gm. (g)	928.1	926.1	926.6	912.4	925.3	924.7
Bulk Volume ml. (h) = f-g	556.0	553.5	551.7	549.4	556.8	555.1
Bulk Density gm./ml. (i) = e/h	2.633	2.630	2.636	2.628	2.627	2.635
Average Density	2.633			2.630		
VOIDS ANALYSIS						
Volume AC %Total (j) = $c*i/Gac$	12.393			12.379		
Volume Agg. %Total (k) = $(100-b)*i/Gag$	81.004			80.913		
VMA % (l) = $100-k$	18.996			19.087		
Air Voids % (m) = $l-j$	6.603			6.707		
VFB % (n) = $100*j/l$	65.2			64.9		
Stability						
Meas Lbs.	5613.7	5145.9	5379.8	7017.1	6783.2	6315.4
Adjust Lbs.	4996.2	4579.8	4788	6245.2	6037.1	5620.7
Average Stability	4788.0			5967.7		
FLOW						
Meas 1/100"	9	7	7	11	12	12
Average Flow	8			12		

$$Strength_Index = \frac{\text{Stability of Soaked Sample}}{\text{Stability of Unsoaked Sample}} \times 100 = 80.2\%$$

ตารางที่ ก37 ผลการทดสอบการหลุดลอก (Stripping test) สโตนแมสติกแอสฟัลต์วัสดุผสมรวม
ตะกรันเตาหลอม ขนาดคละ 12.5 mm

Avg. Sp.Gr.of Agg. And Filler (Gag)= 3.092 Sp. Gr. Of AC(Gac) = 1.02
Asphalt Absorbtion(X) = 0.52

No. of Specimen	Soak Sample			Unsoak Sample		
	1	2	3	1	2	3
%AC by Mass of Agg. (a)	5.6			5.6		
%AC by Mass of Mix (b)	5.30			5.30		
%Eff.AC by Mass of Mix (C) = b-x(100-b)/100	4.81			4.81		
Specimen Height in. (d)	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"
Density						
Mass in Air gm. (e)	1448.6	1451.2	1449.7	1453.4	1452.5	1453.2
Mass Sat. Surface Dry gm. (f)	1469.6	1468.2	1468.0	1472.4	1472.6	1472.7
Mass in Water gm. (g)	915.9	917.3	917.5	919.4	920.4	920.5
Bulk Volume ml. (h) = f-g	553.7	550.9	550.5	553.0	552.2	552.2
Bulk Density gm./ml. (i) = e/h	2.616	2.634	2.633	2.628	2.630	2.632
Average Density	2.628			2.630		
VOIDS ANALYSIS						
Volume AC %Total (j) = c*i/Gac	12.394			12.404		
Volume Agg. %Total (k) = (100-b)*i/Gag	80.485			80.550		
VMA % (l) = 100-k	19.515			19.450		
Air Voids % (m) = l-j	7.121			7.046		
VFB % (n) = 100*j/l	63.5			63.8		
Stability						
Meas Lbs.	6198.5	6432.4	5847.6	6900.2	7017.1	6315.4
Adjust Lbs.	5516.6	5724.8	5204.4	6141.1	6245.2	5620.7
Average Stability	5481.9			6002.4		
FLOW						
Meas 1/100*	12	9	10	10	12	15
Average Flow	10			12		

$$Strength_Index = \frac{\text{Stability of Soaked Sample}}{\text{Stability of Unsoaked Sample}} \times 100 = 91.3\%$$

ตารางที่ ก38 ผลการทดสอบการหลุดลอก (Stripping test) สโตนแมสติกแอสฟัลต์วัสดุผสมรวม
ตะกั่วกันเตาหลอม ขนาดคละ 12.5 mm ที่ออกแบบใหม่

Avg. Sp.Gr.of Agg. And Filler (Gag)=

3.111

Sp. Gr. Of AC(Gac) =

1.02

Asphalt Absorbtion(X) =

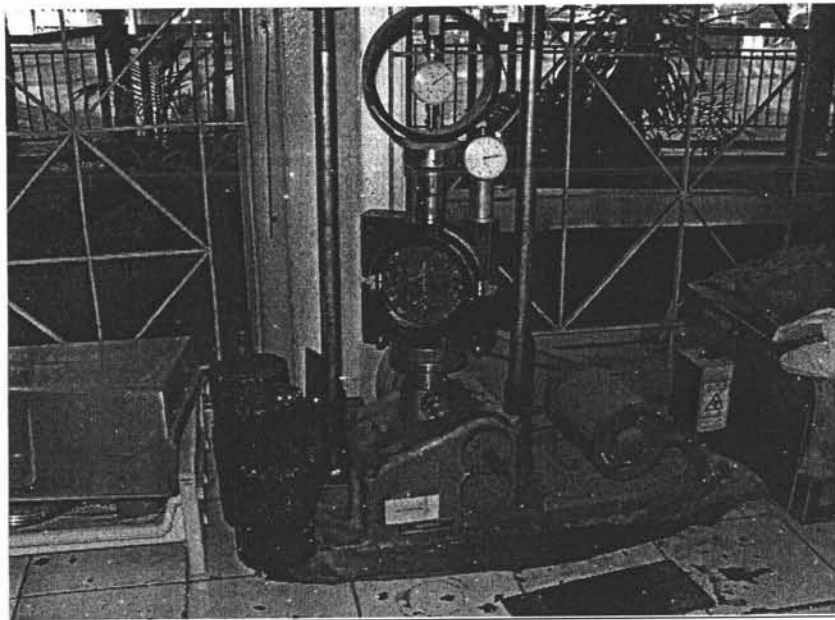
0.51

No. of Specimen	Soak Sample			Unsoak Sample		
	1	2	3	1	2	3
%AC by Mass of Agg. (a)	5.3			5.3		
%AC by Mass of Mix (b)	5.03			5.03		
%Eff.AC by Mass of Mix (C) = b-x(100-b)/100	4.55			4.55		
Specimen Height in. (d)	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"	2 3/8"
Density						
Mass in Air gm. (e)	1465.8	1468.2	1462.1	1462.6	1463.7	1464.9
Mass Sat. Surface Dry gm. (f)	1483.9	1484.9	1480.8	1482.5	1485.2	1483.8
Mass in Water gm. (g)	936.2	937.9	936.7	936.8	940.3	937.3
Bulk Volume ml. (h) = f-g	547.7	547.0	544.1	545.7	544.9	546.5
Bulk Density gm./ml. (i) = e/h	2.676	2.684	2.687	2.680	2.686	2.681
Average Density	2.683			2.682		
VOIDS ANALYSIS						
Volume AC %Total (j) = c*/i/Gac	11.963			11.962		
Volume Agg. %Total (k) = (100-b)*i/Gag	81.887			81.880		
VMA % (l) = 100-k	18.113			18.120		
Air Voids % (m) = l-j	6.150			6.157		
VFB % (n) = 100*j/l	66.0			66.0		
Stability						
Meas Lbs.	7017.1	7251	6783.2	8069.7	7484.9	7484.9
Adjust Lbs.	6245.2	6453.4	6037.1	7182	6661.6	6661.6
Average Stability	6245.2			6835.1		
FLOW						
Meas 1/100"	13	11	14	12	14	14
Average Flow	13			13		

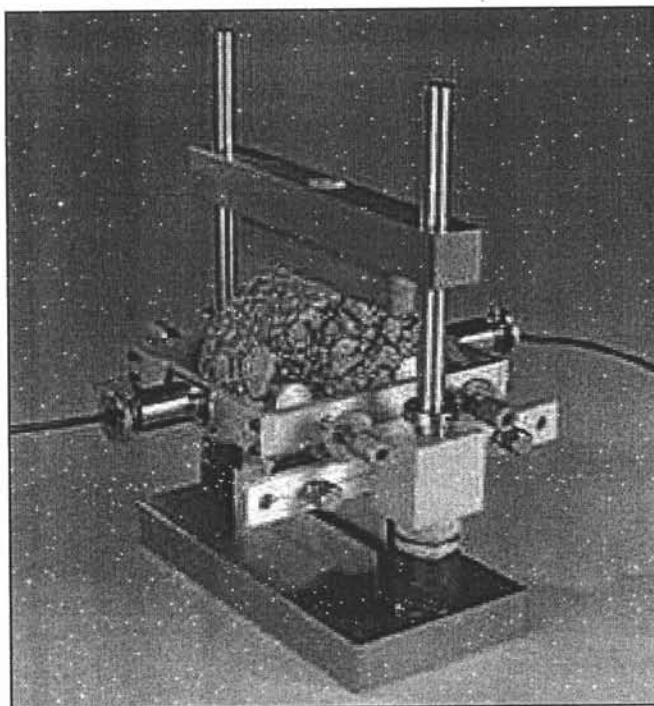
$$\text{Strength_Index} = \frac{\text{Stability of Soaked Sample}}{\text{Stability of Unsoaked Sample}} \times 100 = 91.4\%$$

ภาคผนวก ข

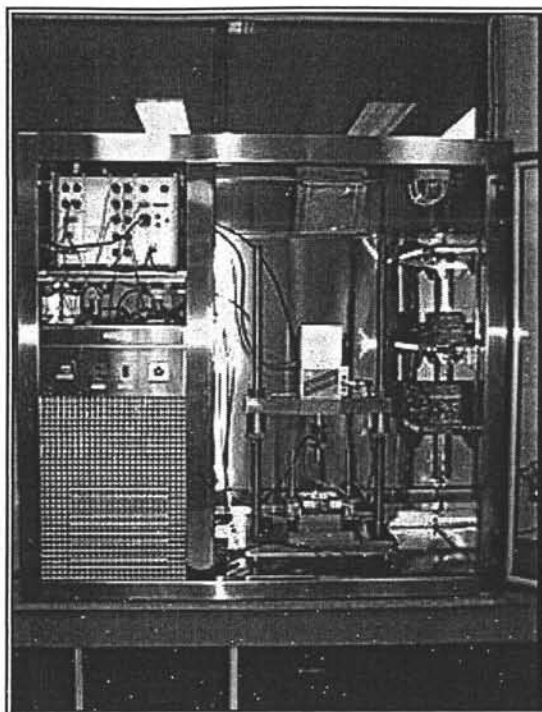
ภาพเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ



รูปที่ ๑ 1 เครื่องมือทดลองมาร์แชลล์ ติดตั้งอุปกรณ์ทดสอบ Stability Test



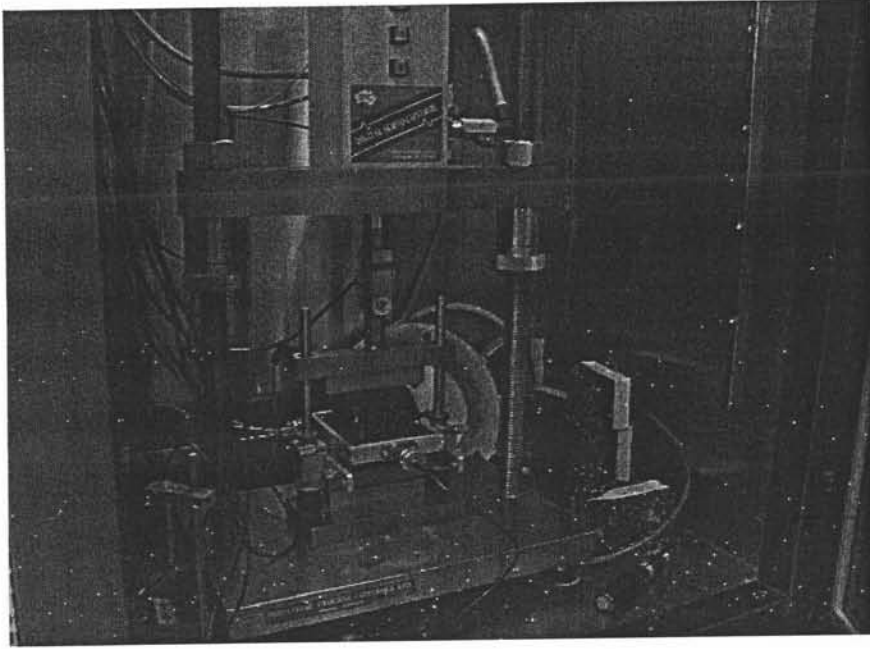
รูปที่ ๒ 2 การจัดวางก้อนตัวอย่างสำหรับการทดสอบความต้านทานต่อแรงดึงทางอ้อม



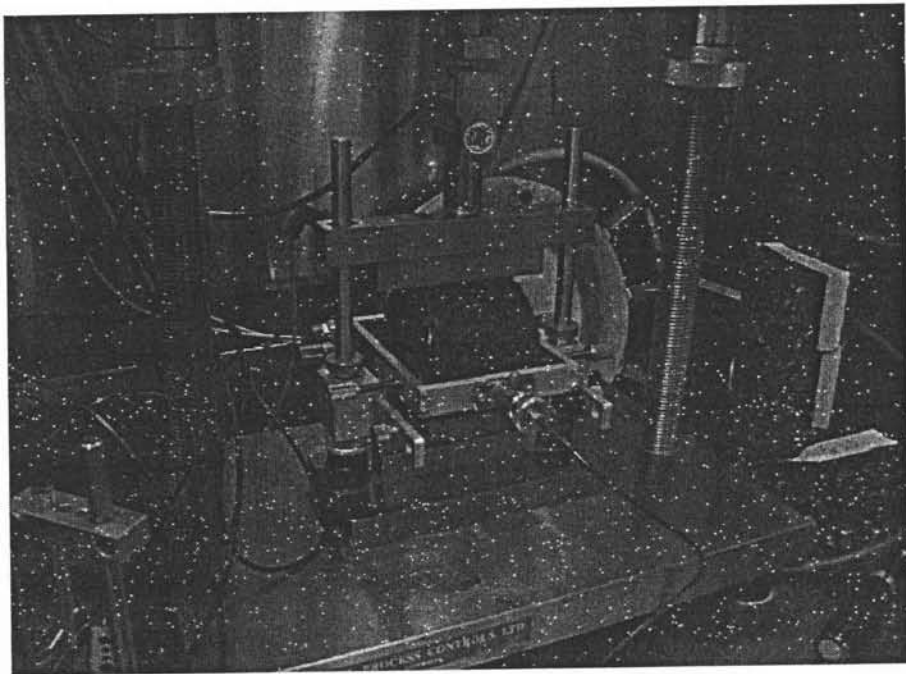
รูปที่ ๓ ชุดเครื่องมือทดสอบ Universal Testing Machine (UTM-5P)



รูปที่ ๔ Reaction Loading Frame พร้อมอุปกรณ์ชุดทดสอบแรงดึงทางอ้อม



รูปที่ ๕ การจัดเตรียมก่อนตัวอย่างทดสอบ ภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ



รูปที่ ๖ การจัดชุด LVDTs สำหรับวัดการเคลื่อนตัวด้านข้าง

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นาย นิรันดร์ ศรีสุข เกิดวันที่ 20 เมษายน พ.ศ. 2520 ที่จังหวัด ชลบุรี สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เมื่อปีการศึกษา 2537 จาก โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย จังหวัด กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมโยธา เมื่อปีการศึกษา 2541 จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เข้าศึกษาปริญญาโท สาขาวิศวกรรมโยธา สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่งและจราจร ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2546 สถานที่ทำงานปัจจุบัน ตำแหน่ง วิศวกร 6 กองบำรุงรักษาทาง ฝ่ายบำรุงรักษา การทางพิเศษแห่งประเทศไทย