



เอกสารอ้างอิง

1. The Asphalt Institute. Mix Design Methods for Asphalt Concrete and Other Hot - Mix types. Manual Series no. 2 (MS - 2), U.S.A. Third Edition. October 1969.
2. นิพนธ์ รัตนันท์, ชาลิต สุชะวรงค์ Skidding Resistance ของผิวทางบางชนิด บนทางหลวงสายประธาน หมายเลข 1 ตอนรังสิต - สระบุรี รายงานฉบับที่ ว.ว.3 กรุงเทพฯ กองวิเคราะห์วิจัย, กรมทางหลวง 1972
3. E.J. Yoder. Principles of Pavement Design, New York. John Wiley Sons, Inc.
4. Bunnag, S., etal. " Pavement Surface Characteristics and Their Skidding Resistance Values." Proceeding of the First Conference of The Road Engineering Association of Asia and Australia. Vol. 1. pp. 64 - 78, Bangkok. United Production, 1975.
5. Hosking. J.R. and Jacob, F.A. Synthetic Aggregate of High Resistance to Polishing. Part 3 - Porous Aggregate. TRRL Report LR 655. Grownthorne: Transport and Road Research Laboratory, 1974
6. Deparment of Scientific and Industial Rescarch, Road Research Laboratory. Bituminous Materials in Road Construction. Second Impression, London: Her Majesty ' s Stationery office, 1969
7. S.K. Khanna - C. E. G. Justo. Highway Materials Testing. Third Edition India, Nem Chand Bros. Pooree (U.P.), 1977
8. ทางหลวง กรม. กองวิเคราะห์วิจัย วิธีการทดลองวัสดุก่อสร้าง เล่มที่ 1, กรุงเทพฯ. กรมทางหลวง, 2519

9. ปรีชา ไกรสิริเวช การศึกษาคุณสมบัติทางวิศวกรรมของเม็กลินดผสมทรายเผา หินปูน แก้ว
ตะกรัน เตาถลุง และตะกรันเตาหลอม เพื่อนำมาใช้เป็นวัสดุผิวทาง วิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2521
10. American Society for Testing and Minerals. 1968 Book of ASTM Standards
with Related Material, Part 10, Philadelphia, 1968
11. Norton, F.H. Refractories - Third Edition. New York : Mc Graw - Hill, 1969
12. The Asphalt Institute, Asphalt Plant Manual. Manual Series no. 3, Third
Edition. U.S.A. March, 1967
13. Thomas D. Larson. Portland Cement and Asphalt Concretes. New York, Mc
Graw - Hill Book Company. Copyright (c), 1963

การคำนวณ

ภาคผนวก ก.

แหล่งวัสดุ และ วิธีการเตรียมตัวอย่างกรวคินเผา

ก.1 แหล่งของวัสดุที่ทำการวิจัย

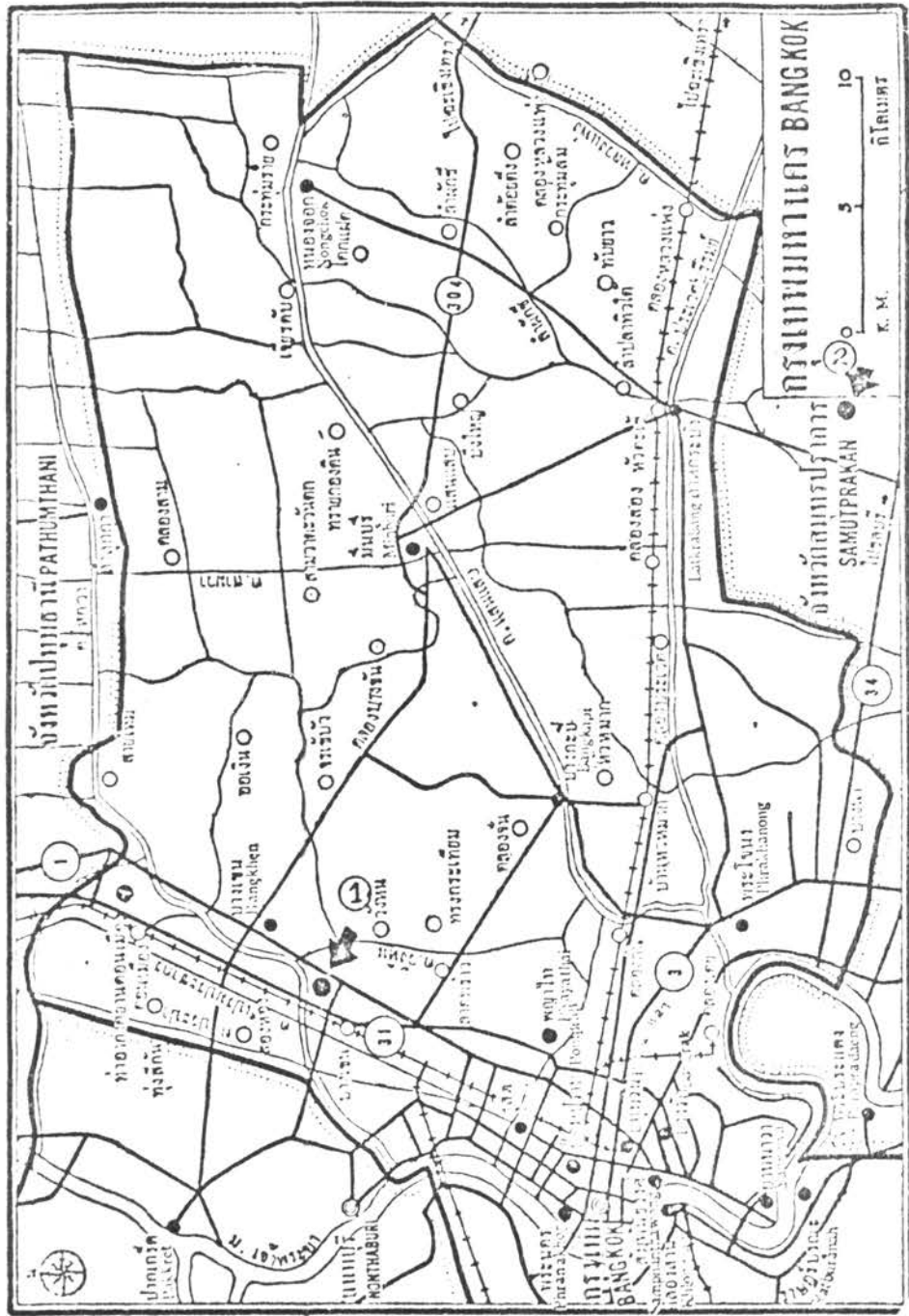
ก.1.1 ดินเหนียว ดินตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง นำมาจาก 3 แหล่ง คือ ดินบางเขน, ดินบางมก และ ดินหนองงูเห่า

ดินบางเขน เก็บตัวอย่างภายในบริเวณมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน โดยเก็บจากระดับความลึก 2 เมตร ถึง 4 เมตร จากระดับดินเค็ม (รูปที่ ก.1)

ดินบางมก เก็บตัวอย่างภายในบริเวณสถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้า ธนบุรี โดยเก็บจากระดับความลึก 2 เมตร ถึง 4 เมตร จากระดับดินเค็ม (รูปที่ ก.2)

ดินหนองงูเห่า เก็บตัวอย่างที่ถนนสาย บางนา - ตราด ตรงหลักกิโลเมตรที่ 24 ถึง 25 ห่างจากถนนใหญ่ไปทางทิศเหนือประมาณ 3 กิโลเมตร โดยเก็บจากระดับความลึก 2 เมตร ถึง 4 เมตร จากระดับดินเค็ม (รูปที่ ก.1)

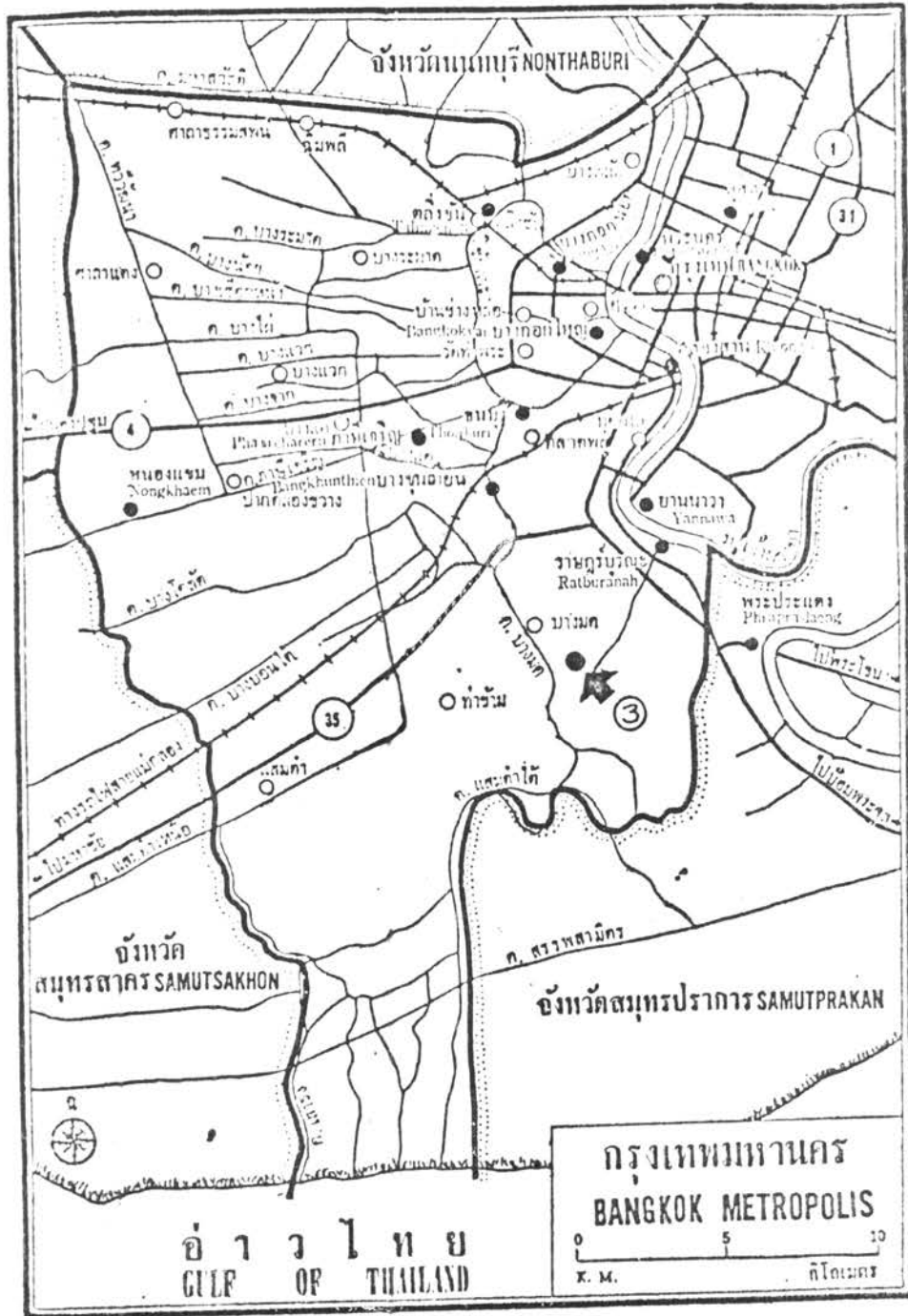
ก.1.2 คุณสมบัติ และ ส่วนประกอบทางเคมีของดินเหนียว ส่วนประกอบของดินเหนียวทั้ง 3 แหล่ง แสดงไว้ในตารางที่ ก.1 คำนี และการแยกประเภทของดิน แสดงไว้ในตารางที่ ก.2



รูป ก.1

แผนผังแสดงสถานที่เก็บคืนเหนียวตัวอย่าง ที่ระดับความลึก 3 - 5 เมตร จากผิวดิน

- (1) บริเวณบางเขน
- (2) บริเวณหนองเต่า



รูป ก.2

แผนผังแสดงสถานที่เก็บคืนเหนียวตัวอย่าง ที่ระดับความลึก 3 - 5 เมตร จากผิวดิน

(3) บริเวณบางมด

ตารางที่ ก. 1			
ส่วนประกอบทางเคมีของดินบางเขน ดินบางมด และดินหนองงูเห่า			
ส่วนประกอบ	% ส่วนประกอบ		
	ดินบางเขน	ดินบางมด	ดินหนองงูเห่า
SiO ₂	63.18	63.22	61.70
Al ₂ O ₃	21.50	21.80	21.80
Fe ₂ O ₃	2.60	2.50	2.40
CaO	0.31	0.36	0.26
MgO	0.14	0.24	0.12
K ₂ O	2.08	2.02	2.08
Na ₂ O	0.52	0.82	0.69

ที่มา. กรมวิทยาศาสตร์ กระทรวงอุตสาหกรรม

ตารางที่ ก. 2			
ดัชนี และการแยกประเภทของดินบางเขน ดินบางมด และดินหนองงูเห่า			
คุณสมบัติ	ดินบางเขน	ดินบางมด	ดินหนองงูเห่า
สี	น้ำตาลปนดำ	ดำปนเทา	ดำปนเทา
LL	64.00	52.75	52.90
PL	23.50	25.53	33.17
PI	40.50	27.22	19.73
IS Classification	CH	CL	CL

ก.2 เครื่องมือในการเตรียมตัวอย่างกรวดหินเผา

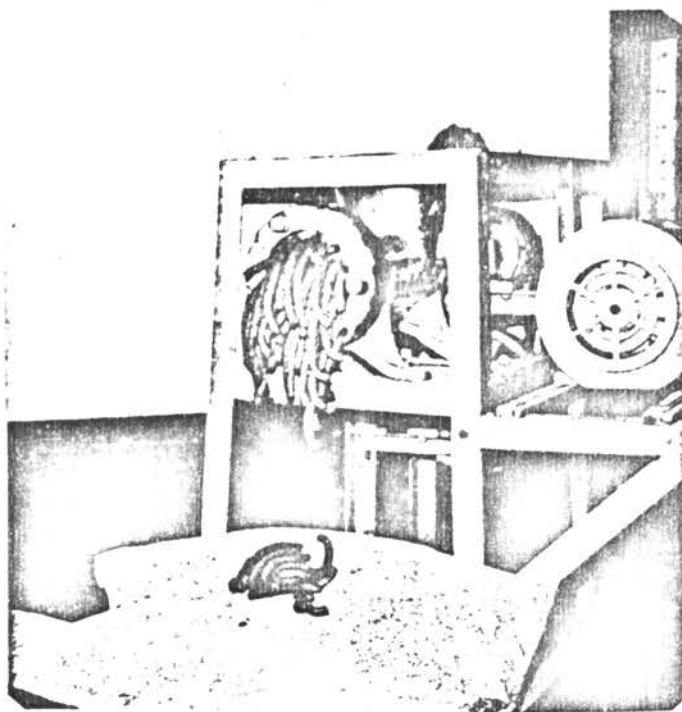
ก.2.1 เครื่องอัดดิน (รูปที่ ก.3) เป็นเครื่องอัดที่ประกอบด้วย ห้องอัดรูปทรงกระบอกกวางอยู่ในลักษณะแนวนอน เส้นผ่าศูนย์กลางโดยเฉลี่ย 11 ซม. ยาว 30 ซม. ภายในเป็นก้านเกลียวใบสว่าน หมุนรอบตัวเองโดยใช้กำลังจากมอเตอร์ไฟฟ้า ส่วนบนมีช่องสำหรับบรรจุดิน มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 10 ซม. ท่อน้ำของห้องอัด มีแผ่นเหล็กเจาะเป็นรู ช่องเล็ก ๆ หลายช่อง สำหรับให้ดินที่ถูกอัดไหลผ่านออกมาได้ แผ่นเหล็กนี้สามารถเปลี่ยนขนาดรูช่องได้ตามต้องการ

ก.2.2 เตาเผาไฟฟ้า (รูปที่ ก.4 ก.5) เตาเผาที่ใช้ทดลองเป็นเตาเผา Rotary Kiln โดยมีระบอบเตาเผา เป็นรูปทรงกระบอก ทำด้วยวัสดุทนความร้อนสูง เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 6 ซม. หนา 1 ซม. ยาว 100 ซม. หมุนรอบตัวเองได้ โดยใช้กำลังจากมอเตอร์ไฟฟ้า ปรบัตการการหมุนให้ช้าหรือเร็วได้ สามารถปรับเยี่ยงใดสูงสุด 10 องศา จากระดับแนวนอน ให้ความร้อนโดยพลังงานไฟฟ้า สามารถเผาได้อุณหภูมิสูงสุด 1600 °C. แต่การจะเพิ่มความร้อนถึง 1600 °C. ต้องใช้เวลาอย่างน้อย 6 ชั่วโมง ถ้าจะเพิ่มความร้อนถึง 1200 °C. ต้องใช้เวลาอย่างน้อย 4 ชั่วโมง

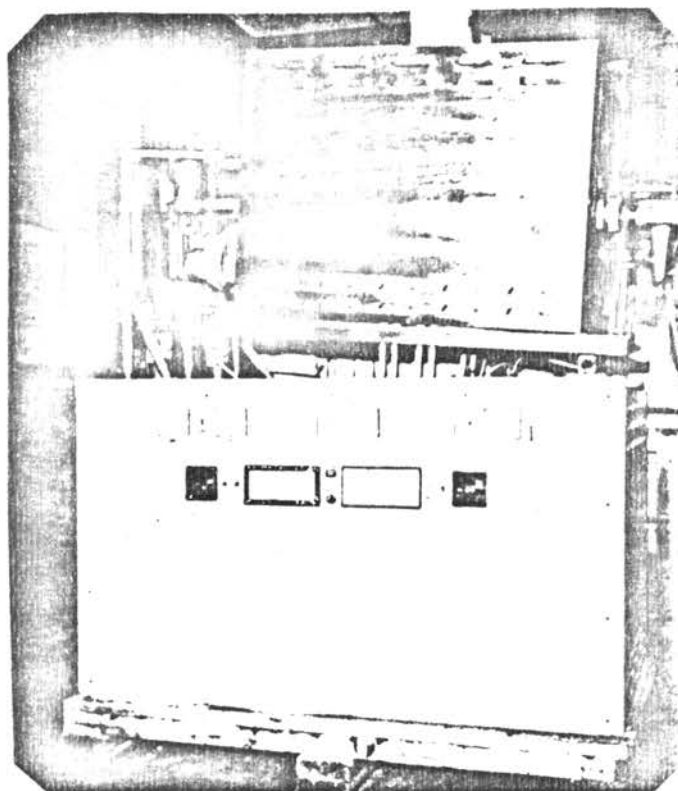
ก.2.3 ตะแกรงร่อน (รูปที่ ก.6) ใช้ตะแกรงร่อนตามมาตรฐาน (U.S. Standard) ตะแกรงร่อนตัวอย่าง กรวดหินเผาที่ใช้แทนมวลรวมหยาบ ใช้ขนาด $\frac{1}{2}$ " , $\frac{3}{8}$ " , $\frac{1}{4}$ " และเบอร์ 4

ก.3 วิธีเตรียมตัวอย่างดินเหนียว รูปที่ ก.3

นำดินเหนียวรองแต่ละแหล่ง มาวัดคคถึงให้เนื้อดินเข้าด้วยกัน และให้มีปริมาณน้ำในดินใกล้เคียงกับปริมาณน้ำที่ Plastic limit แล้วนำเข้าเครื่องอัดดิน อัดออกมาเป็นเส้น โดยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตามต้องการ คัดด้วยเส้นลวด ให้เป็นรูปทรงกระบอก มีขนาดความยาวใกล้เคียงกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางจากนั้น นำเข้าตู้อบความร้อน ให้มีวดินแห้งที่อุณหภูมิ 80° C ประมาณ 6 ชั่วโมง เพื่อป้องกันไม่ให้เนื้อดินติดกับระบอบเตาเผา ในขณะที่ทำการเผาด้วยเตาเผา Rotary Kiln.



รูปที่ ก.3 เครื่องมือสกัดหินเหนียว และตัวอย่างหินเหนียวที่ได้จากการทดลอง



รูปที่ ก.4 เครื่องมือ เตาเผา Rotary Kiln.

ก.4 วิธีการเผาหินควอตซ์ด้วยเตาเผา Rotary Kiln รูปที่ ก.5

นำเม็ดยหินที่อบแห้งแล้ว (ตามหัวข้อ ก.3) ไปร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐาน (U.S. Standard) เพื่อคัดแยก ขนาดไว้ก่อน การเผาแต่ละครั้งจะใช้เม็ดยหินขนาดเดียวกัน ทั้งนี้เพื่อให้อัตราการไหลของเม็ดยหิน ในกระบอกลเตาเผาสม่ำเสมอใกล้เคียงกัน ขนาดเม็ดยหินที่ใช้ทดลอง คือ ขนาดวางบนตะแกรงมาตรฐาน $\frac{3}{8}$ นิ้ว, $\frac{1}{4}$ นิ้ว และเบอร์ 4 การเผาเม็ดยหินจะค่อนข้างค่อย ๆ เพิ่มอุณหภูมิในเตาเผา ทั้งนี้เพราะการเผาเม็ดยหินด้วยอุณหภูมิสูง ๆ เสียทีเดียว อาจทำให้เม็ดยหินแตกเสียหายได้

ขั้นตอนการผลิตกรวดหินเผา เพื่อใช้สำหรับงานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ ก. การเผาขั้นแรก (Preheating) ที่อุณหภูมิเผา $600^{\circ}C$. ประมาณ

30 นาที

ข. การเผาขั้นที่สอง (Burning) ที่อุณหภูมิการเผาสูง คือ 800, 900, 1000, 1100 และ $1200^{\circ}C$. โดยใช้เวลาแต่ละอุณหภูมิการเผาประมาณ 15 นาที

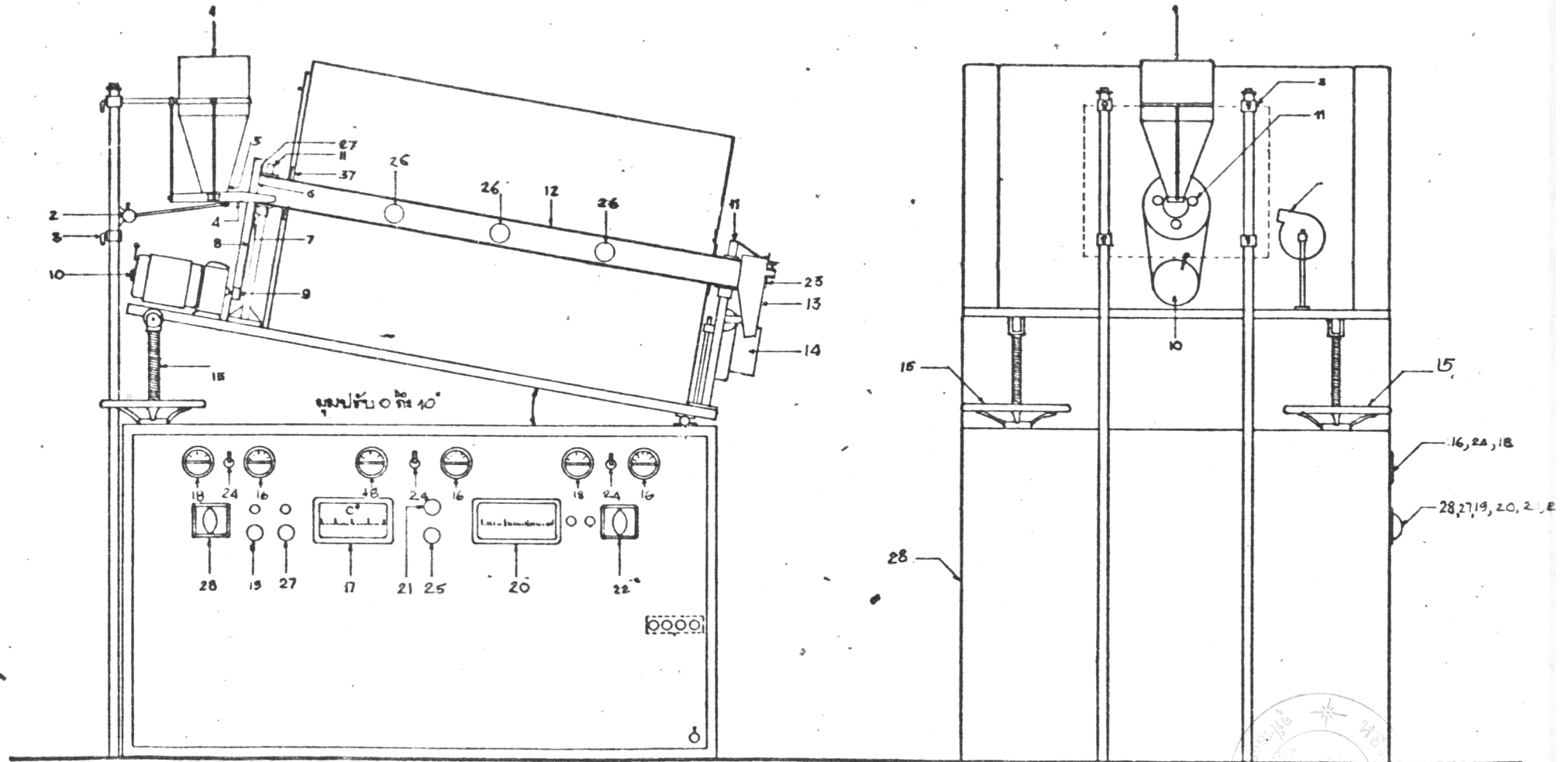
กรวดหินเผาที่ได้จะแยกขนาดและอุณหภูมิการเผา เพื่อใช้ศึกษาคุณสมบัติต่าง ๆ และความเป็นไปได้ในการนำมาใช้ เป็นมวลรวมผลัด สำหรับผิวทางแอสฟัลท์ติกคอนกรีต ขยายผล ในการทดลองนี้ ใช้หม้อต้มของกระบอกลเตาเผาประมาณ 5 องศา ช่วงเวลาการไหลของเม็ดยหินผ่านตะแกรงกระบอกลเตาเผาประมาณ 15 นาที อุณหภูมิที่ใช้ทดลองเผาไม่เกิน $200^{\circ}C$.

ก. 5 ตัวอย่างกรวดหินเผา

ตัวอย่างกรวดหินเผา ที่ได้จากการเผาเม็ดยหิน 3 แห่ง คือ บางเขน บางมด และหนองจุก พบว่าเมื่อเผาอุณหภูมิไม่เกิน $800^{\circ}C$. ถึง $1200^{\circ}C$. ค่าความแว่งจำเพาะจะลดลง โดยเฉพาะกรวดหินเผาบางมด และกรวดหินเผาหนองจุก จะลดลงอย่างมากเมื่อเผาเป็น $1050^{\circ}C$. เนื่องจากเกิดการระคายตัวขึ้น

เมื่อเผาเสร็จแล้ว ต้องทิ้งให้กรวดหินเผาเย็นตัวลง จึงนำไปคัดแยกขนาด ร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐาน (U.S. Standard) อีกครั้ง เพื่อคัดเอาส่วนที่เสียหายในระหว่างการผลิตเผาออก จากนั้นแยกเก็บขนาดกรวดหินเผาไว้ เพื่อใช้ทดลองเป็นมวลรวมกรวดหินเผาต่อไป (รูปที่ ก. 7)

เตาเผา ROTARY KILN



รูปด้านหน้า

รูปด้านข้าง

รูปที่ ก.5 เครื่องเตาเผาแบบหมุน (Rotary Kiln) และ อุปกรณ์

อุปกรณ์ และ เครื่องมือต่าง ๆ ของเตาเผา

1. กรวยสำหรับใส่วัสดุตัวอย่าง
2. มอเตอร์สำหรับเขย่าจานส่งวัสดุตัวอย่าง
3. สกรูสำหรับปรับความสูงของกรวย (1)
4. จานส่งวัสดุตัวอย่าง สกรูระบอบอกเตาเผา
5. ช่องผ่านวัสดุตัวอย่างจากกรวย
6. ปากกระบอกเตาเผา
7. จานเฟืองหมุนกระบอกเตาเผา
8. สายพานหมุนจานเฟือง
9. มอเตอร์ขับเคลื่อนสายพาน
10. คันโยกเร่งความเร็วมอเตอร์
11. แกนยึดกระบอกเตาเผา
12. กระบอกเตาเผา
13. กรวยส่งวัสดุตัวอย่าง หลังจากการเผา
14. มอเตอร์พัดลมไฟฟ้า ช่วยระบายความร้อนที่ปากกระบอกเตาเผา
15. แกนปรับระดับกระบอกเตาเผา
16. หน้าปัดวัดกระแสไฟฟ้าแต่ละช่วง
17. หน้าปัดแสดงอุณหภูมิ ในกระบอกเตาเผา
18. หน้าปัดวัดแรงดันไฟฟ้าแต่ละช่วง
19. สวิตช์เปิดมอเตอร์ไฟฟ้า ขับจานส่งวัสดุตัวอย่าง
20. หน้าปัดสำรอง แสดงอุณหภูมิในเตา
21. หลอดไฟแสดงกระแสไฟฟ้าเข้าสู่เตาเผา
22. ที่ปรับไฟฟ้า เพื่อเพิ่มอุณหภูมิเผา

23. ช่องกระจกภายในกระบอกลเตาเผา
24. สวิตช์เปิดกระแสไฟฟ้า เข้าสู่เตาเผาแต่ละช่วง
25. สวิตช์กักกระแสไฟฟ้าอัตโนมัติ
26. ปรีทวักอุณหภูมิในกระบอกลเตาเผาแต่ละช่วง
27. สวิตช์ขั้วสายพานกระบอกลเตาเผา
28. สวิตช์ปรับกำลังไฟฟ้าให้สัมพันธ์กับ (22)



ก.6 ตะแกรงร่อนวัสดุ



รูป ก.7 ตัวอย่างกรวดดินเผา เเผาที่อุณหภูมิต่างๆ

ภาคผนวก ข.

แหล่งกรวด หินเผา	อุณหภูมิ การเผา °C	ค่าเฉลี่ยความ ถ่วงจำเพาะ ของมวลรวม	ค่าเฉลี่ยความ ถ่วงจำเพาะ ของมวลรวม ผสมกับทราย	%การดูด ซึมของ ยาง แอสฟัลท์	% การ ดีกหรือ ของ มวลรวม
บางเขน	800	1.834	2.1554	0.184	36.0
	900	1.780	2.1185	0.156	30.0
	1000	1.738	2.0891	0.200	27.2
	1100	1.715	2.0728	0.216	25.8
	1200	1.678	2.0461	0.218	25.6
บางมก	800	1.908	2.2046	0.207	37.0
	900	1.835	2.1561	0.208	26.0
	1000	1.802	2.1336	0.216	25.0
	1100	1.260	1.7081	0.223	23.6
	1200	1.242	1.6918	0.235	26.8
หนองงูเห่า	800	1.764	2.1073	0.190	39.2
	900	1.681	2.0483	0.194	22.0
	1000	1.614	1.9988	0.212	23.1
	1100	1.208	1.6607	0.222	25.0
	1200	1.162	1.6177	0.241	30.0

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยความถ่วงจำเพาะของทรายธรรมชาติ = 2.590

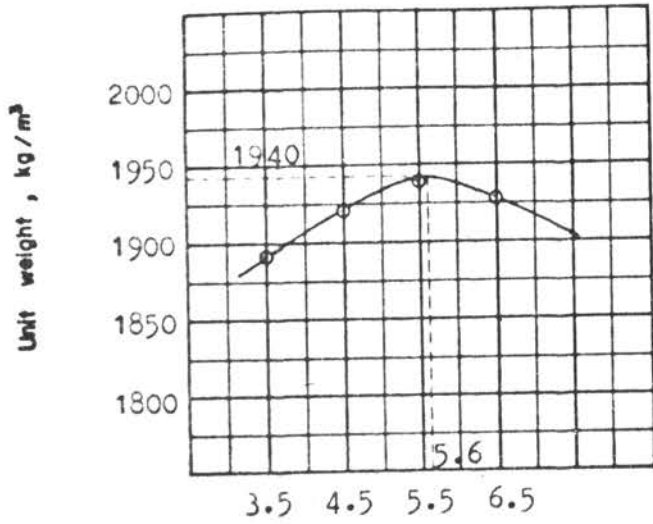
Trial Mix Series: 48.91% CA; 51.09 % FA
 75 Blow Compaction: _____
 Sp Gr AC: 1.0224
 Pen. Grade AC: 85 - 100
 Av Bulk Sp Gr Total Agg: 2.1554

HOT MIX DESIGN DATA
 by the
 MARSHALL METHOD

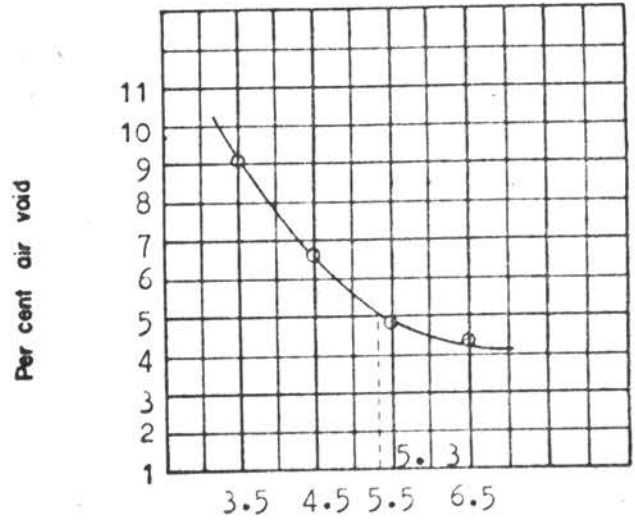
Location: 117-117M 800 °C
 Proving ring calibration factor, 1 Div = 4.545 kg.
 Mixing temp, °C 145 ± 5
 Compacting temp, °C 138
 Absorbed AC, g/100g Dry Agg 0.184

% AC by wt. of agg	% AC by wt. of mix	Spec. hgt. cm.	Weight, g.		Bulk vol., cu. cm	Bulk sp. gr. comp. mix	Volume, % total			% VMA	% Void Filled with AC	Effec. AC % by wt. of mix	Unit wt. kg /m ³	Stability, kg.		Flow 1/100"
			in air	in water			Effec. AC	Agg.	Air voids					Meas.	Adjust	
3.5	A	5.36	767.5	364.0	403.5	1.9021								340.9	453.4	14
	B	5.46	779.6	368.0	411.6	1.8941								295.4	382.2	15
	C	6.50	949.5	446.6	502.9	1.8879								454.5	436.3	13
	AV					1.8947	6.16	84.83	9.01	15.17	7.26	3.322	1894.7		423.9	14
4.5	A	5.62	799.0	385.9	413.1	1.9342								409.1	501.9	15
	B	5.35	787.0	375.5	411.5	1.9125								386.3	513.8	16
	C	6.70	967.5	463.8	503.7	1.9208								545.4	496.3	14
	AV					1.9225	8.13	85.18	6.69	14.82	9.54	4.324	1922.5		504.0	15
5.5	A	5.45	810.5	394.7	415.8	1.9492								386.3	493.4	17
	B	5.42	806.5	390.7	415.7	1.9400								409.1	535.9	18
	C	7.02	1043.0	502.6	540.4	1.9302								613.6	515.4	16
	AV					1.9398	10.11	85.05	4.84	14.95	11.80	5.326	1939.8		516.7	17
6.5	A	5.41	801.5	386.2	415.3	1.9299								386.3	509.9	18
	B	5.41	809.5	390.0	419.5	1.9297								409.1	539.9	19
	C	6.62	985.0	474.3	510.7	1.9287								499.9	469.5	18
	AV					1.9294	11.94	83.70	4.36	16.30	14.30	6.328	1929.4		506.4	18.33

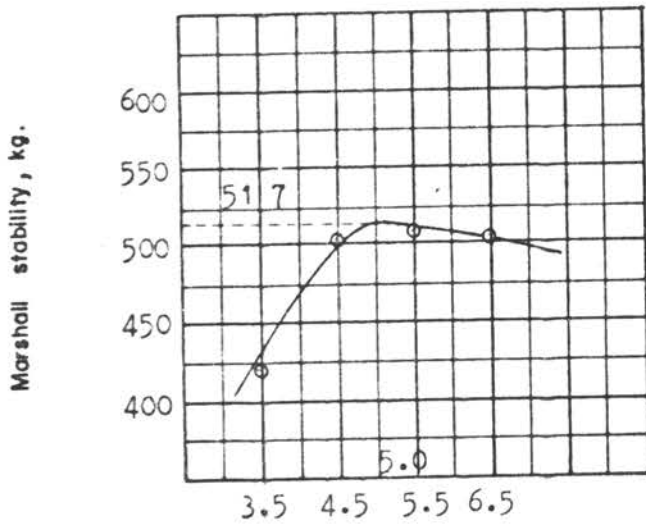
Test property curves for hot-mix design data by the Marshall method.



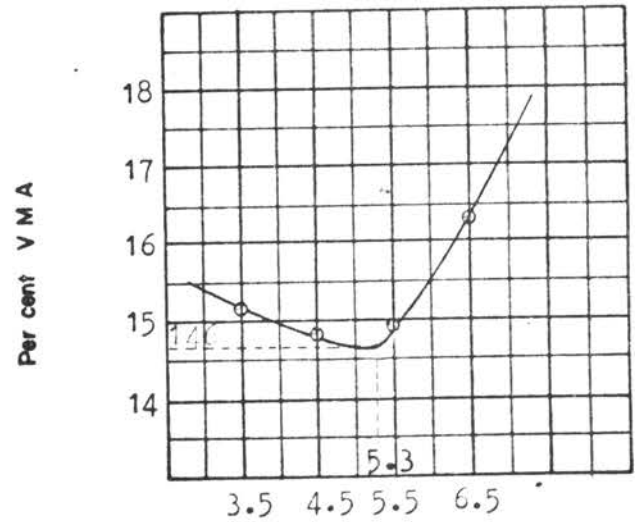
Per cent AC by weight of mix



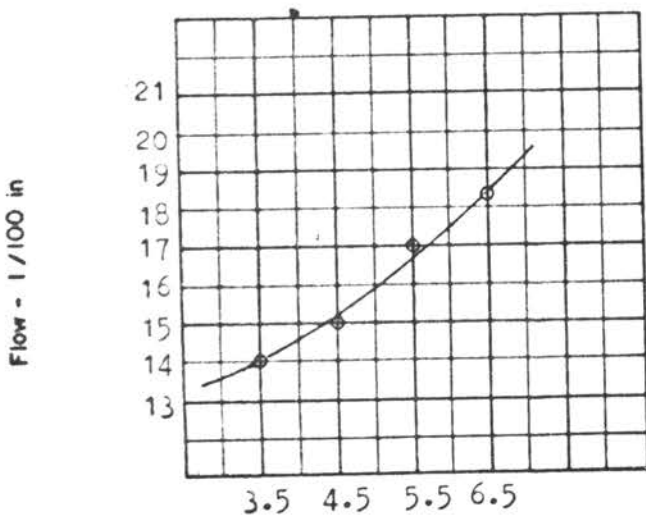
Per cent AC by weight of mix



Per cent AC by weight of mix



Per cent AC by weight of mix



Per cent AC by weight of mix

- 11711711
 Location (48.91% CA; 51.09% FA.) 800°C
- a. Maximum stability = 517.0 kg
 - b. Maximum bulk density = 1940.0 kg/m³
 - c. Percent air voids = 5.0

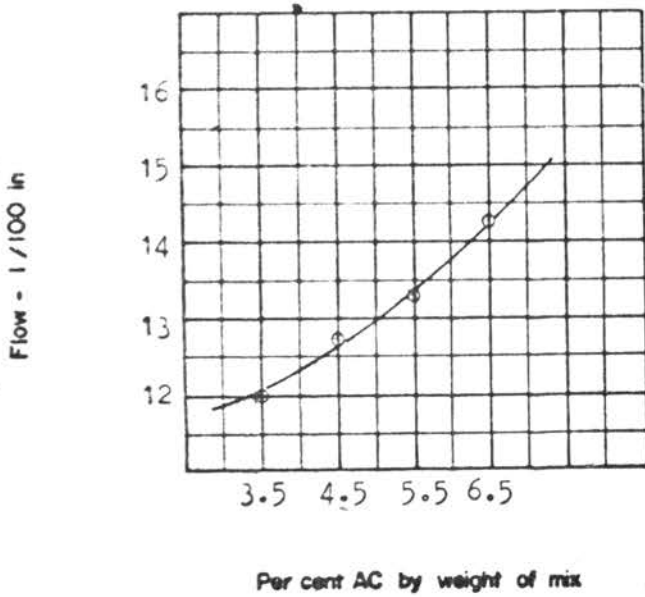
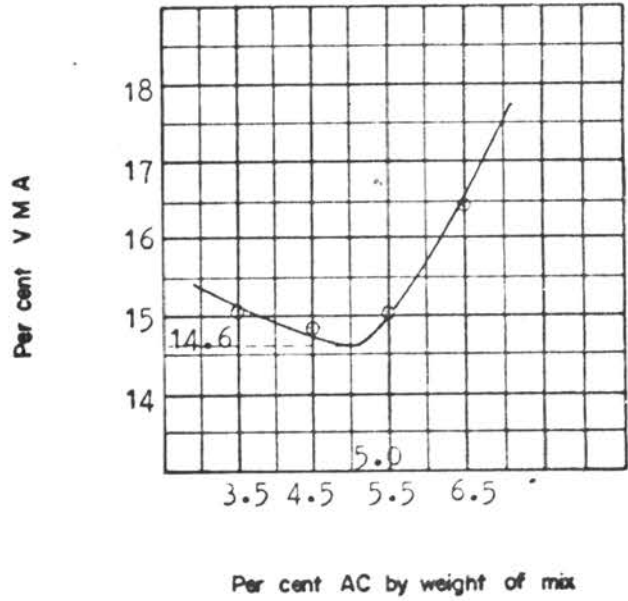
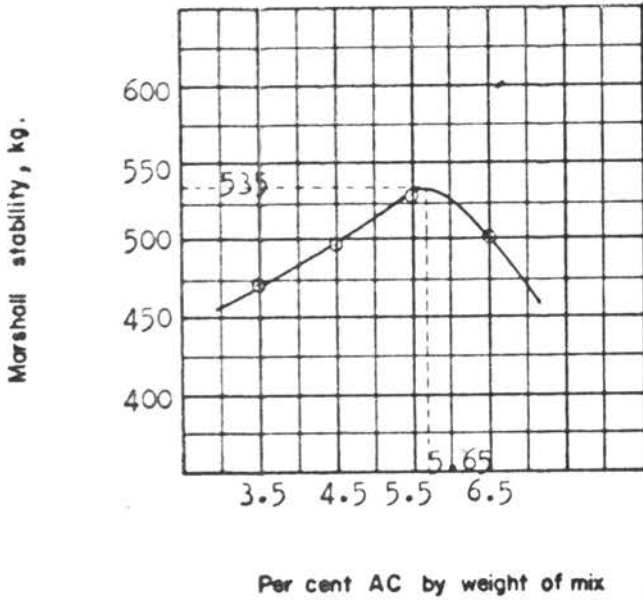
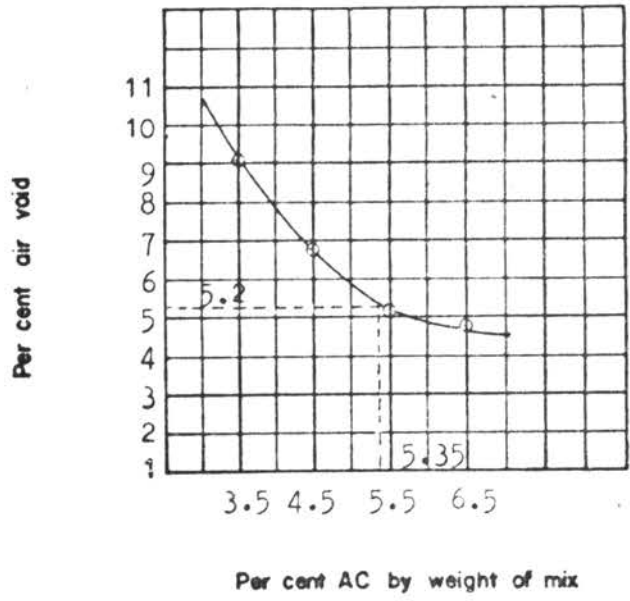
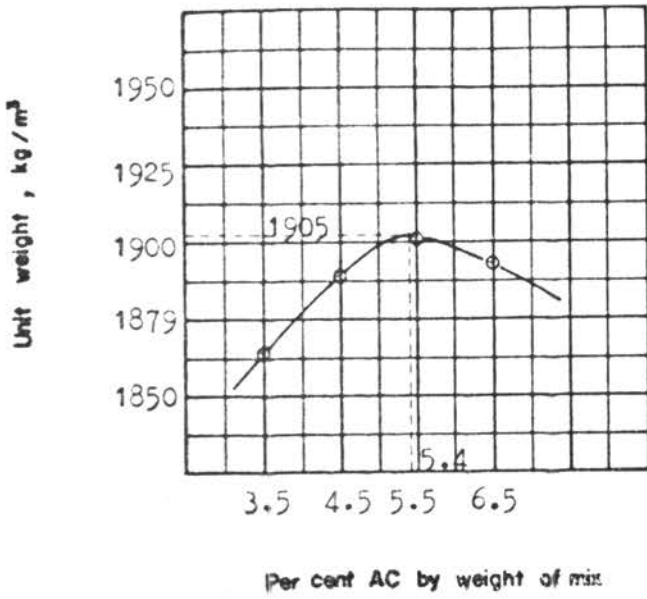
Trial Mix Series: 48.91% CA; 51.09% FA
 75 Blow Compaction: _____
 Sp Gr AC: 1.0224
 Pen. Grade AC: 85 - 100
 Av Bulk Sp Gr Total Agg: 2.1185

HOT MIX DESIGN DATA
 by the
 MARSHALL METHOD

Location: UNION 900 °C
 Proving ring calibration factor, 1 Div = 4.545 kg.
 Mixing temp, °C 145^{±5}
 Compacting temp, °C 138
 Absorbed AC, g/100g Dry Agg 0.196

% AC by wt. of agg	% AC by wt. of mx	Spec. hgt. cm.	Weight, g.		Bulk vol., cu. cm	Bulk sp.gr. comp. mix	Volume, % total			% VMA	% Void Filled with AC	Effec.AC % by wt. of mx	Unit wt. kg /m ³	Stability, kg.		Flow 1/100"
			in air	in water			Effec.AC	Agg.	Air voids					Meas.	Adjust	
3.5	3.63 A	5.66	815.0	376.5	438.5	1.8586								400.0	485.0	13
		B 5.68	819.0	385.5	433.5	1.8893								385.3	465.5	12
		C 6.65	962.5	441.0	521.5	1.8456								499.9	469.9	11
AV					1.8645	6.04	84.93	9.03	15.07	7.11	3.11	1864.5		473.5	12	
4.5	4.72 A	5.71	836.3	394.0	442.3	1.8908								409.1	486.8	13
		B 5.81	854.2	405.0	449.2	1.9016								436.3	505.6	13
		C 6.79	986.0	460.0	525.5	1.8765								545.4	490.9	12
AV					1.8896	7.94	85.18	6.85	14.82	9.36	4.313	1889.6		494.4	12.7	
5.5	5.82 A	5.64	827.8	394.5	433.3	1.9105								431.8	526.8	13
		B 5.70	837.7	402.0	435.7	1.9226								659.0	553.6	14
		C 6.79	990.0	463.7	526.3	1.8810								568.1	511.3	13
AV					1.9047	9.90	84.96	5.14	15.04	11.65	5.315	1904.7		530.6	13.3	
6.5	6.96 A	5.74	840.7	397.5	443.2	1.8968								431.8	509.8	15
		B 5.76	858.0	408.7	449.3	1.9098								431.8	505.6	14
		C 6.71	1003.0	467.2	535.8	1.8720								545.4	490.9	14
AV					1.8929	11.69	83.53	4.78	16.47	13.99	6.317	1892.8		502.1	14.3	

Test property curves for hot-mix design data by the Marshall method.



- Location (48.91 % CA; 51.09 % FA.) 900°C
- Maximum stability = 535.0 kg
 - Maximum bulk density = 1905.0 kg/m^3
 - Percent air voids = 5.2

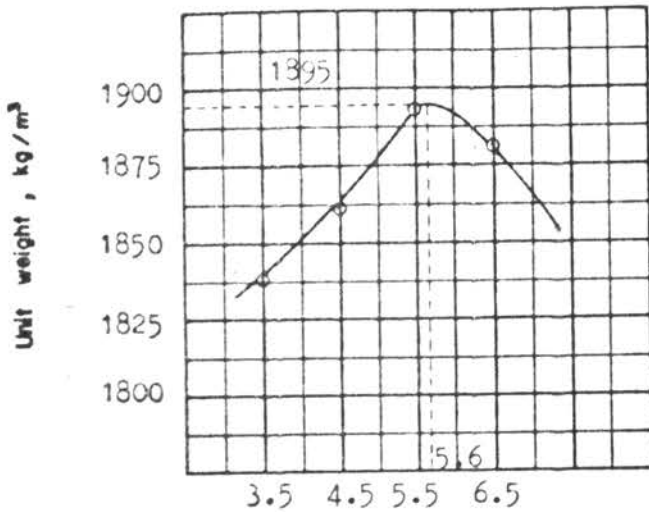
Trial Mix Series: 48.91% CA; 51.09% FA
 75 Blow Compaction: _____
 Sp Gr AC: 1.0224
 Pen. Grade AC: 85 - 100
 Av Bulk Sp Gr Total Agg: 2.0391

HOT MIX DESIGN DATA
 by the
 MARSHALL METHOD

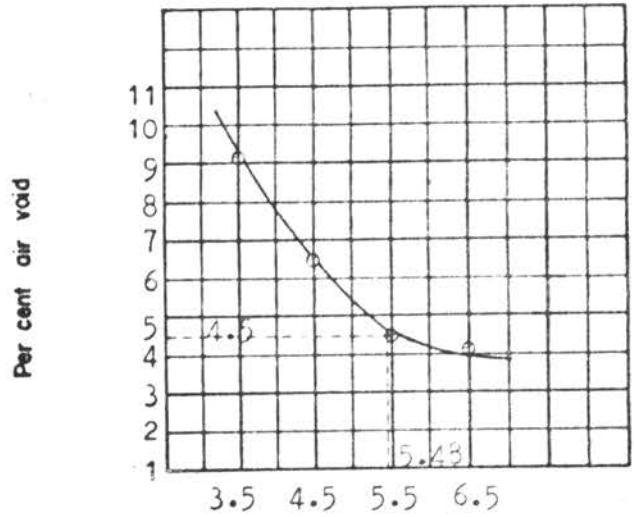
Location: 17317H _____ 1,000 °C
 Proving ring calibration factor, 1 Div = 4.545 kg.
 Mixing temp, °C 145 ± 5
 Compacting temp, °C 138
 Absorbed AC, g/100g Dry Agg 0.200

% AC by wt. of agg	% AC by wt. of mix	Spec. hgt. cm.	Weight, g.		Bulk vol., cu. cm	Bulk sp. gr. comp. mix	Volume, % total			% VMA	% Void Filled with AC	Effec. AC % by wt. of mix	Unit wt. kg / m ³	Stability, kg.		Flow 1/100"
			in air	in water			Effec. AC	Agg.	Air voids					Meas.	Adjust	
3.63	A	5.88	820.5	369.0	451.5	1.8173								422.7	481.9	8
	B	5.82	794.1	362.4	431.7	1.8393								399.9	462.1	8
	C	6.73	957.0	441.5	515.5	1.8565								499.9	455.0	9
AV						1.8377	5.94	84.89	9.17	15.11	6.99	3.307	1837.7		466.3	8.3
4.72	A	6.00	828.5	386.9	441.6	1.8762								477.2	524.6	10
	B	6.28	823.0	380.0	443.0	1.8573								499.9	545.2	11
	C	6.75	968.0	454.0	514.0	1.8831								499.9	455.0	9
AV						1.8724	7.89	85.59	6.52	14.41	9.22	4.309	1872.4		508.3	10
5.82	A	6.25	857.6	404.0	453.6	1.8906								545.4	594.8	11
	B	5.97	843.0	396.5	446.5	1.8880								568.1	629.5	12
	C	6.72	967.5	459.6	507.9	1.9050								636.3	585.4	11
AV						1.8945	9.84	85.69	4.47	14.31	11.48	5.311	1894.5		603.2	11.3
6.96	A	5.71	840.1	393.0	447.1	1.8789								454.5	540.9	15
	B	5.86	822.0	380.5	441.5	1.8618								499.9	569.9	12
	C	6.92	976.0	463.2	512.8	1.9035								590.9	508.1	13
AV						1.8814	11.62	84.20	4.18	15.8	13.80	6.313	1881.4		539.6	13.33

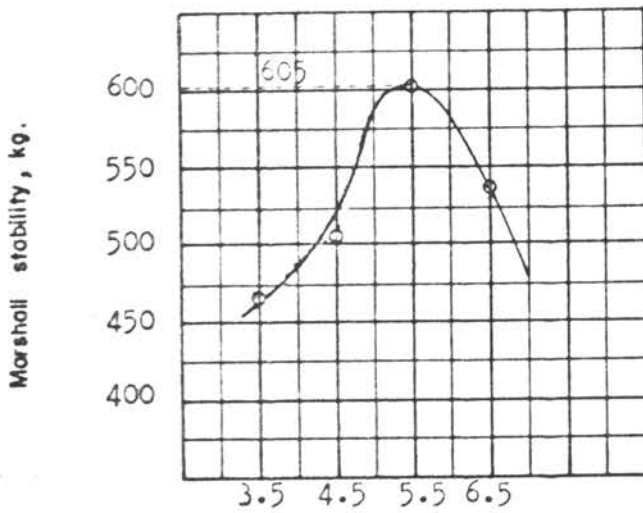
Test property curves for hot-mix design data by the Marshall method.



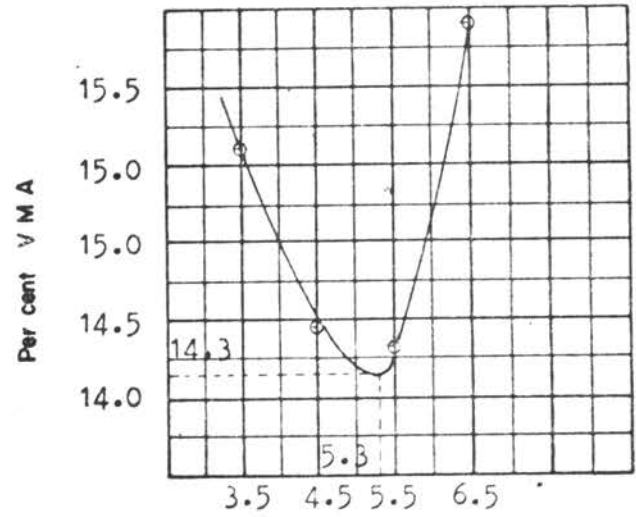
Per cent AC by weight of mix



Per cent AC by weight of mix



Per cent AC by weight of mix



Per cent AC by weight of mix

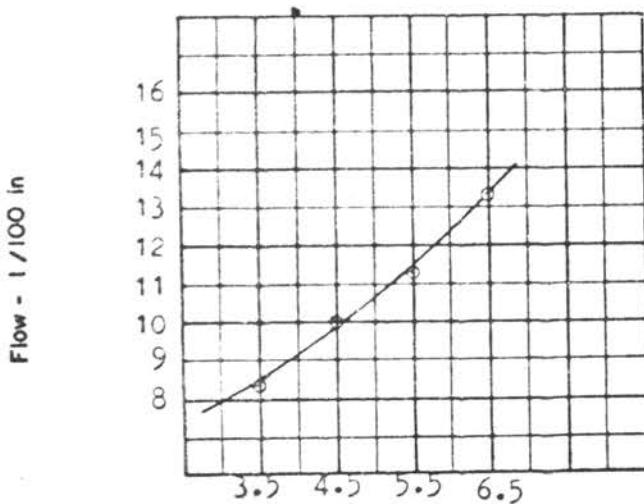
1171211

Location (48.91% CA; 51.09% FA) 1000 °C

a. Maximum stability = 605.0 kg

b. Maximum bulk density = 1895.0 kg/m^3

c. Percent air voids = 4.5



Per cent AC by weight of mix

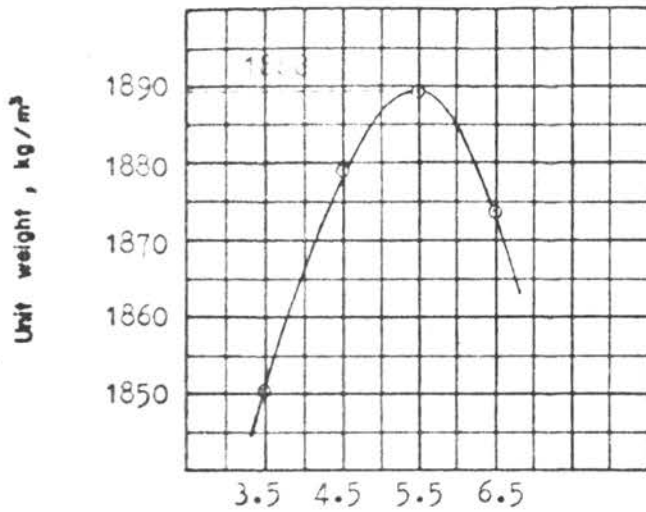
Trial Mix Series: 48.91 % CA; 51.09 % FA
 75 Blow Compaction: _____
 Sp Gr AC : 1.0224
 Pen. Grade AC: 85 - 100
 Av Bulk Sp Gr Total Agg: 2.0728

HOT MIX DESIGN DATA
 by the
 MARSHALL METHOD

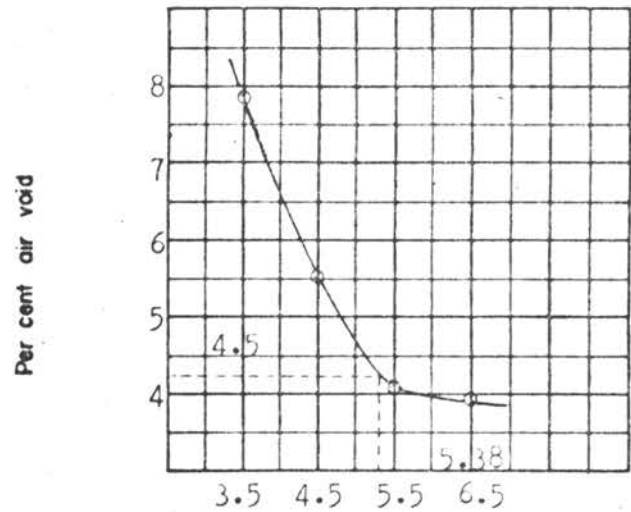
Location: UNITED _____ 1,100 °C
 Proving ring calibration factor, 1 Div = 4.545 kg.
 Mixing temp, °C 145 ± 5
 Compacting temp, °C 138
 Absorbed AC, g/100g Dry Agg 0.216

% AC by wt. of agg	% AC by wt. of mix	Spec. hgt. cm.	Weight, g.		Bulk vol., cu. cm	Bulk sp. gr. comp. mix	Volume, % total			% VMA	% Void Filled with AC	Effec. AC % by wt. of mix	Unit wt. kg / m ³	Stability, kg.		Flow 1/100"
			in air	in water			Effec. AC	Agg.	Air voids					Meas.	Adjust	
3.63	A	6.43	893.5	412.0	481.5	1.8557								454.5	445.4	8
	B	6.20	843.0	389.0	454.0	1.8567								409.1	424.4	9
	C	6.55	956.5	437.5	519.0	1.8430								454.5	427.3	9
	AV					1.8518	5.9	86.21	7.84	13.76	6.90	3.29	1851.8		432.4	8.7
4.72	A	6.50	903.5	425.0	478.5	1.8882								545.4	523.5	10
	B	5.99	830.7	384.5	446.2	1.8618								445.4	485.5	9
	C	6.72	960.0	451.9	508.1	1.8895								522.7	480.9	10
	AV					1.8798	7.88	86.61	5.51	13.39	9.10	4.29	1879.8		496.6	9.6
5.82	A	6.34	909.2	427.0	482.2	1.8855								568.1	568.1	10
	B	5.84	825.3	384.5	440.8	1.8723								568.1	505.0	11
	C	6.75	981.0	466.4	514.6	1.9065								568.1	517.0	11
	AV					1.8881	9.77	86.08	4.15	13.92	11.35	5.29	1888.1		530.0	10.3
6.96	A	6.43	931.2	443.6	497.6	1.8715								545.4	534.5	11
	B	6.18	865.0	402.3	462.7	1.8695								477.2	496.3	11
	C	6.71	992.0	464.1	527.9	1.8790								522.7	480.9	12.5
	AV					1.8733	11.54	84.50	3.96	15.50	13.65	6.30	1873.3		503.9	11.5

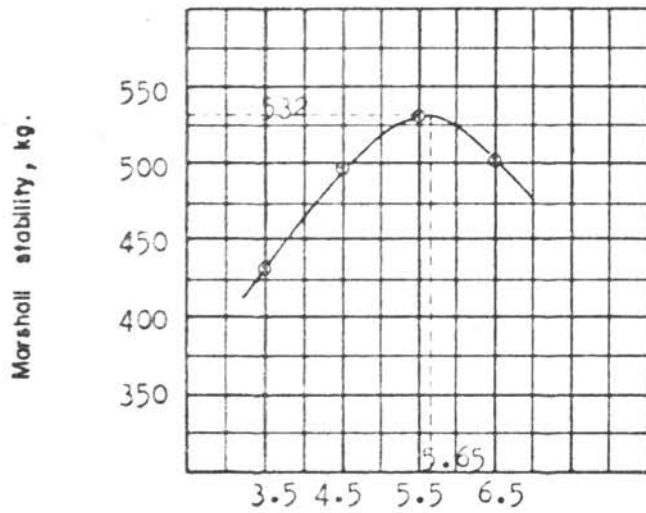
Test property curves for hot-mix design data by the Marshall method.



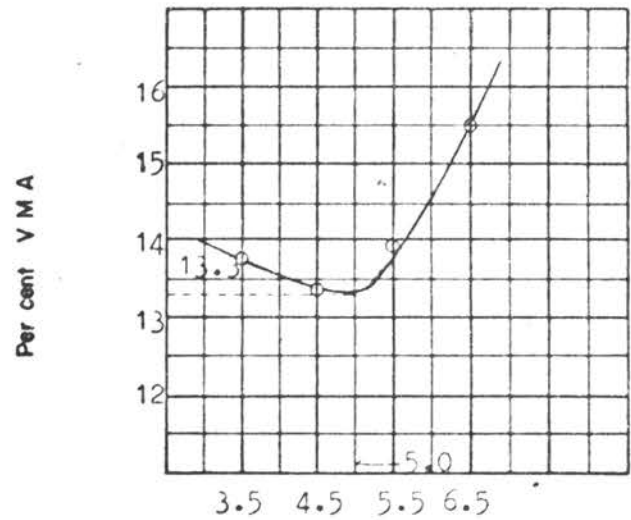
Per cent AC by weight of mix



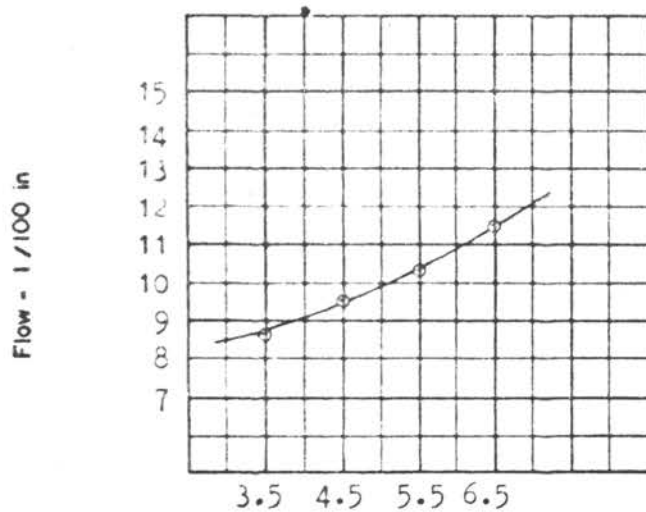
Per cent AC by weight of mix



Per cent AC by weight of mix



Per cent AC by weight of mix



Per cent AC by weight of mix

19411211

Location (48.91 % CA; 51.09 % FA) 1100 °C

- a. Maximum stability = 532.0 kg
- b. Maximum bulk density = 1888.0 kg/m³
- c. Percent air voids = 4.5

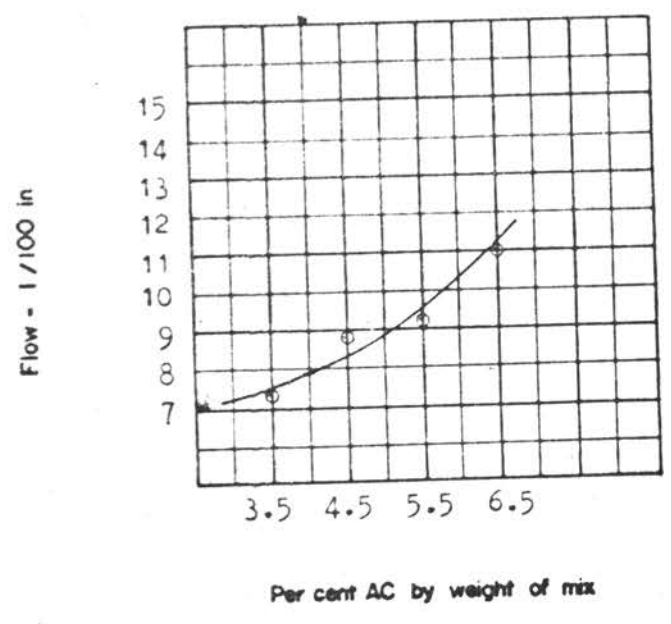
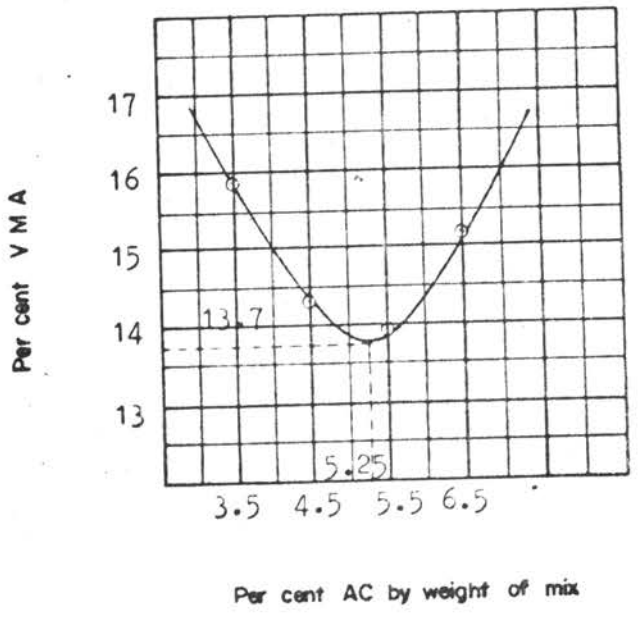
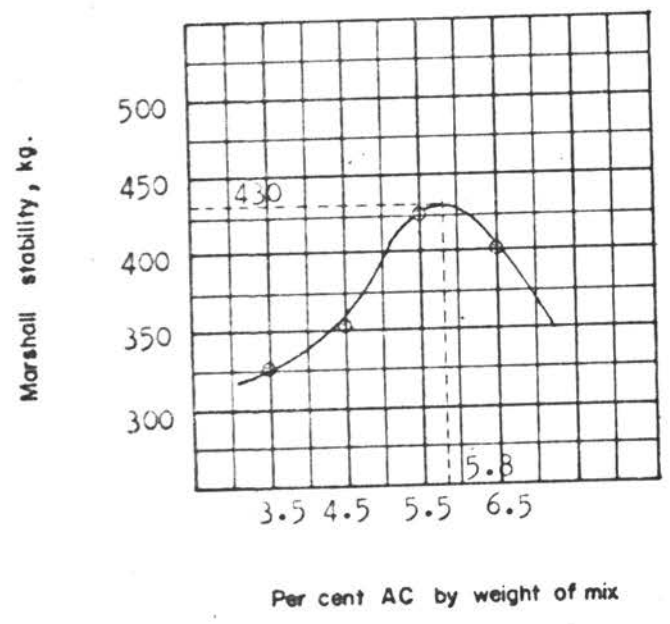
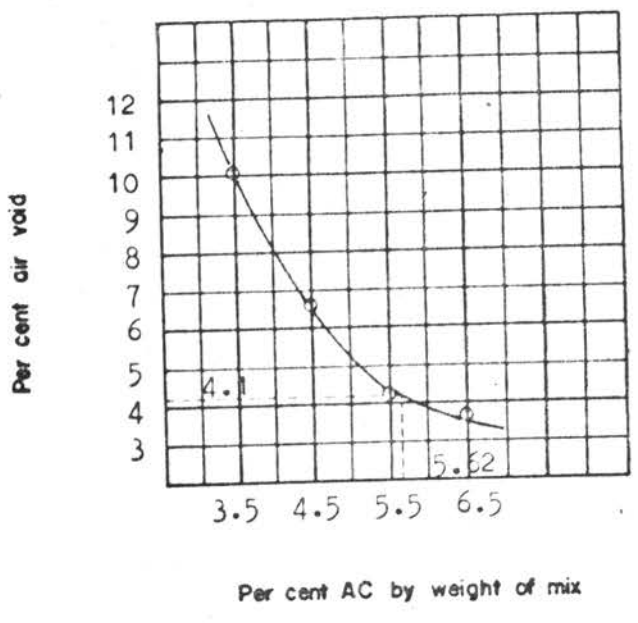
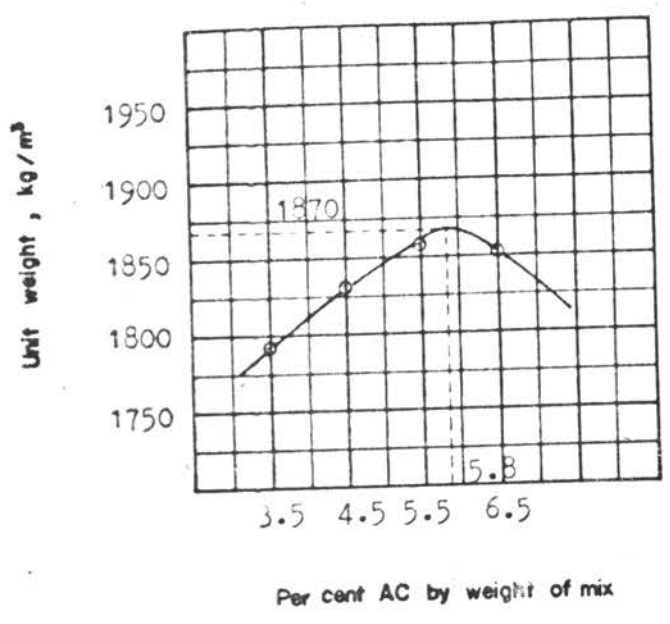
Trial Mix Series: 48.91% CA; 51.09% FA
 75 Blow Compaction: _____
 Sp Gr AC: 1.0224
 Pen. Grade AC: 85 - 100
 Av Bulk Sp Gr Total Agg: 2.0161

HOT MIX DESIGN DATA
 by the
 MARSHALL METHOD

Location: 1172174 1.200 °C
 Proving ring calibration factor, 1 Div = 4.545 kg.
 Mixing temp, °C 145 ± 5
 Compacting temp, °C 138
 Absorbed AC, g/100g Dry Agg 0.218

% AC by wt. of agg	% AC by wt. of mix	Spec. hgt. cm.	Weight, g.		Bulk vol., cu. cm	Bulk sp. gr. comp. mix	Volume, % total			% VMA	% Void Filled with AC	Effec. AC % by wt. of mix	Unit wt. kg /m ³	Stability, kg.		Flow /100 ³
			in air	in water			Effec. AC	Agg.	Air voids					Meas.	Adjust	
3.63	A	7.15	823.0	353.4	469.6	1.7524								386.3	316.8	7
	B	6.86	795.0	349.0	446.0	1.7824								409.1	368.2	8
	C	6.87	959.4	432.5	526.9	1.8210								363.6	298.2	7
	AV					1.7853	5.75	84.20	10.10	15.80	6.83	3.29	1785.3		327.7	7.3
4.72	A	7.02	819.0	369.2	449.8	1.8210								440.9	370.4	8
	B	7.28	859.5	391.1	468.4	1.8350								454.5	372.7	9
	C	7.23	981.2	449.7	531.5	1.8462								409.1	335.4	8.5
	AV					1.8341	7.69	85.61	6.70	14.39	0.98	4.29	1834.1		359.5	8.8
5.82	A	7.20	829.0	383.3	445.7	1.8598								500.0	410.0	9
	B	7.10	809.0	372.9	436.1	1.8549								545.4	458.1	9
	C	7.27	982.0	458.6	523.4	1.8763								499.9	409.9	9.5
	AV					1.8637	9.64	86.08	4.28	13.92	11.12	5.29	1863.7		426.0	9.2
6.96	A	6.91	790.0	363.7	426.3	1.8530								477.2	415.2	10
	B	6.82	803.2	369.8	443.4	1.8532								454.5	404.5	12
	C	7.24	985.0	455.5	529.5	1.8601								477.2	391.3	11
	AV					1.8554	11.43	84.78	3.79	15.22	13.48	6.30	1855.4		403.7	11

Test property curves for hot-mix design data by the Marshall method.



- Location (48.91 % CA; 51.09 % FA.) 1200°C
- a. Maximum stability = 430.0 kg
 - b. Maximum bulk density = 1870.0 kg/m³
 - c. Percent air voids = 4.1

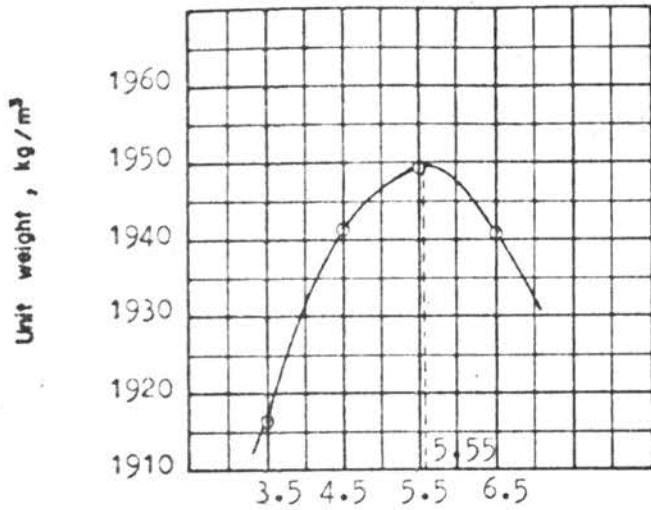
Trial Mix Series: 48.91 % CA; 51.09 % F.A
 75 Blow Compaction: _____
 Sp Gr AC : 1.0224
 Pen. Grade AC: 85 - 100
 Av Bulk Sp Gr Total Agg: 2.2046

HOT MIX DESIGN DATA
 by the
 MARSHALL METHOD

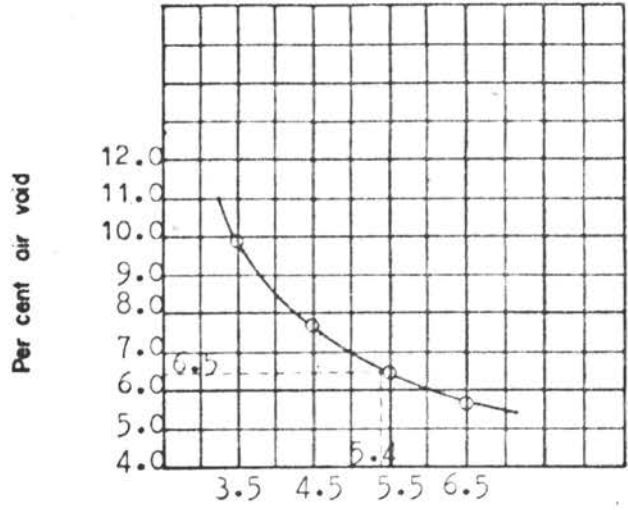
Location: 1173110 800 °C
 Proving ring calibration factor, 1 Div = 4.545 kg.
 Mixing temp, °C 145 ± 5
 Compacting temp, °C 138
 Absorbed AC, g/100g Dry Agg 0.207

% AC by wt. of agg	% AC by wt. of mix	Spec. hgt. cm.	Weight, g		Bulk vol., cu. cm	Bulk sp. gr. comp. mix	Volume, % total			% VMA	% Void Filled with AC	Effec. AC % by wt. of max	Unit wt. kg /m ³	Stability, kg.		Flow 1/100 ^o
			in air	in water			Effec. AC	Agg.	Air voids					Meas.	Adjust	
3.63	A	5.40	814.0	392.5	421.5	1.9312								386.3	509.9	9
	B	5.56	835.0	401.0	434.0	1.9239								409.1	511.3	8
	C	6.59	949.0	448.5	500.0	1.8962								545.4	515.4	7
AV						1.9171	6.19	83.92	9.89	16.08	7.38	3.300	1917.1		512.2	8
4.72	A	5.60	836.5	405.0	431.5	1.9386								454.5	559.0	9
	B	5.50	837.0	406.0	431.0	1.9420								454.5	577.2	9.5
	C	6.65	961.5	467.2	494.3	1.9453								636.3	593.7	10
AV						1.9420	8.17	84.13	7.71	15.87	9.71	4.302	1942.0		576.6	9.5
5.82	A	5.46	837.1	407.5	429.6	1.9486								499.9	644.9	10
	B	5.52	842.5	410.2	432.3	1.9489								522.7	627.2	10
	C	6.56	963.0	469.4	493.6	1.9510								659.1	626.1	10
AV						1.9495	9.96	83.57	6.47	16.43	11.92	5.304	1949.5		632.7	10
6.96	A	5.46	859.5	416.3	443.2	1.9392								445.4	575.9	11
	B	5.40	835.6	407.0	428.6	1.9495								522.7	689.9	12
	C	6.75	996.0	481.4	514.6	1.9350								659.1	599.8	11.5
AV						1.9412	11.97	82.33	5.70	17.67	14.54	6.306	1.9412		621.9	11.5

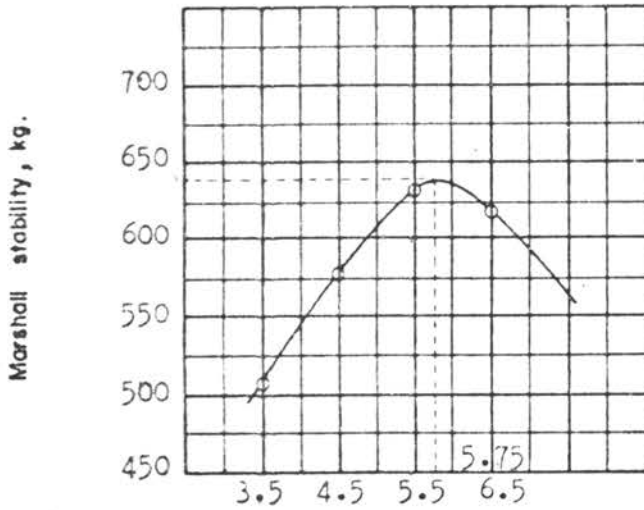
Test property curves for hot-mix design data by the Marshall method.



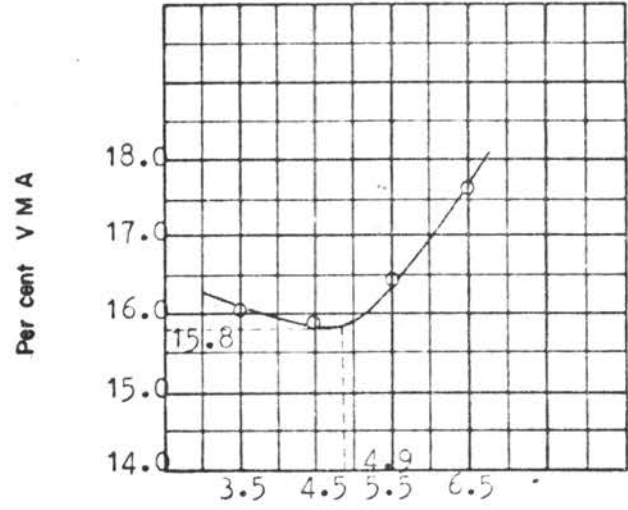
Per cent AC by weight of mix



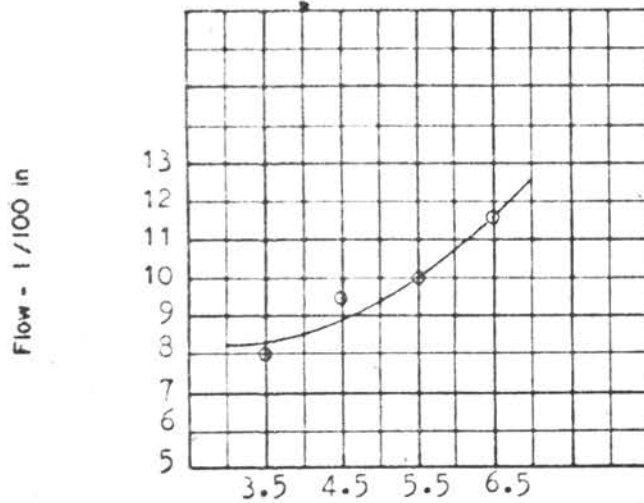
Per cent AC by weight of mix



Per cent AC by weight of mix



Per cent AC by weight of mix



Per cent AC by weight of mix

Location (48.91% CA; 51.09% FA.) 800°C

- a. Maximum stability = 640.0 kg
- b. Maximum bulk density = 1950.0 kg/m³
- c. Percent air voids = 6.5

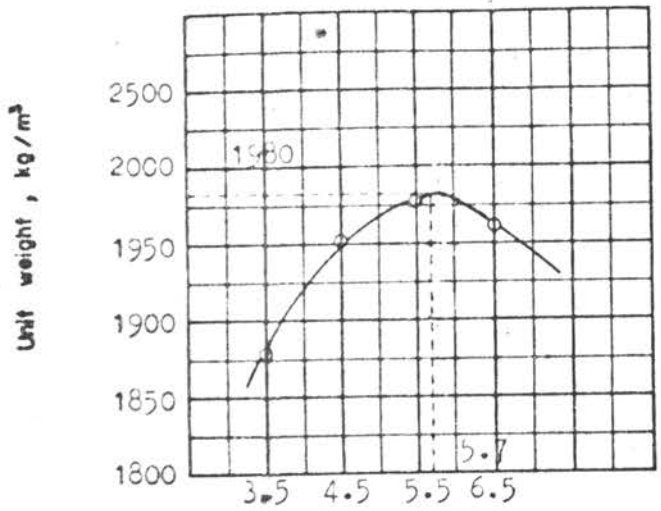
Trial Mix Series: 48.91% CA; 51.09% F.A
 75 Blow Compaction: _____
 Sp Gr AC : 1.0224
 Pen. Grade AC: 85 - 100
 Av Bulk Sp Gr Total Agg: 2.1561

HOT MIX DESIGN DATA
 by the
 MARSHALL METHOD

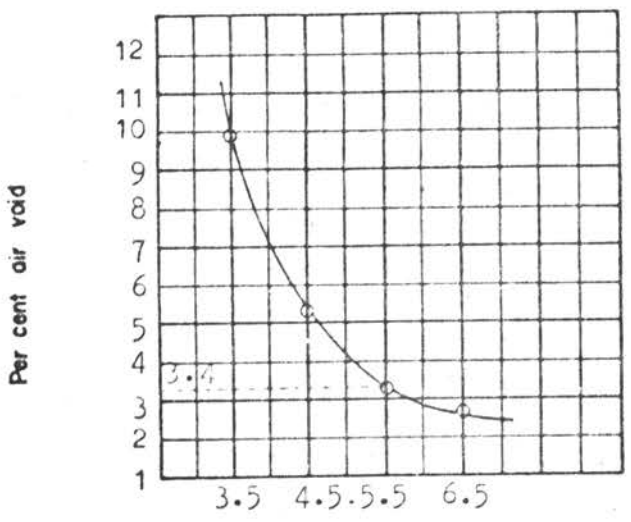
Location: 117-117 900 °C
 Proving ring calibration factor, 1 Div = 4.545 kg.
 Mixing temp, °C 145 + 5
 Compacting temp, °C 138
 Absorbed AC, g/100g Dry Agg 0.208

% AC by wt. of agg	% AC by wt. of mix	Spec. hgt. cm.	Weight, g.		Bulk vol., cu. cm	Bulk sp. gr. comp. mix	Volume, % total			% VMA	% Void Filled with AC	Effec. AC % by wt. of mix	Unit wt. kg /m³	Stability, kg.		Flow 1/100"
			in air	in water			Effec. AC	Agg.	Air voids					Meas.	Adjust	
3.63	A	5.71	820.0	381.0	439.0	1.8679								386.3	459.7	10
	B	5.75	828.2	385.8	442.4	1.8721								454.5	535.2	12
	C	6.84	972.0	458.3	513.7	1.8922								545.4	480.0	9
	AV					1.8773	6.04	84.02	9.94	15.98	7.19	3.29	1877.3		491.6	10.3
4.72	A	5.75	852.5	413.6	438.9	1.9422								568.1	668.9	12
	B	5.45	840.0	412.5	427.5	1.9645								431.8	560.5	11
	C	6.81	986.5	480.9	505.6	1.9512								681.8	608.8	10
	AV					1.9526	8.21	86.49	5.30	13.51	9.49	4.30	1952.6		612.7	11
5.82	A	5.62	825.0	409.1	415.9	1.9832								590.0	728.7	12
	B	5.45	836.0	412.8	423.2	1.9754								522.7	678.5	15
	C	6.85	997.0	490.8	506.2	1.9694								704.5	624.2	11
	AV					1.9760	10.25	86.61	3.15	13.39	11.83	5.303	1976.0		677.1	12.7
6.96	A	5.60	853.5	417.6	435.9	1.9580								454.5	561.3	14
	B	5.51	827.0	408.0	419.0	1.9737								545.4	693.7	15
	C	6.88	1000.0	490.3	509.7	1.9620								659.0	585.2	11.5
	AV					1.9646	12.12	85.20	2.60	14.80	14.22	6.306	1964.6		613.4	13.5

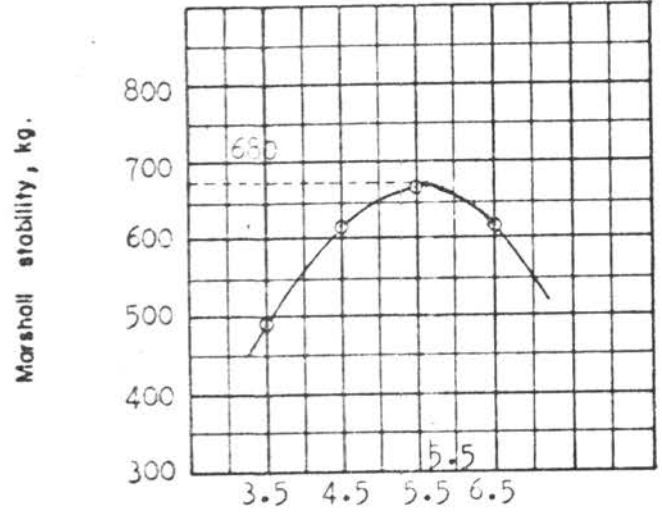
Test property curves for hot-mix design data by the Marshall method.



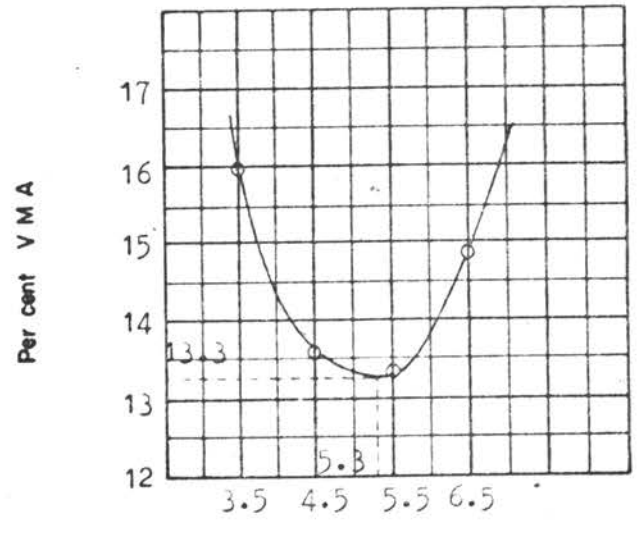
Per cent AC by weight of mix



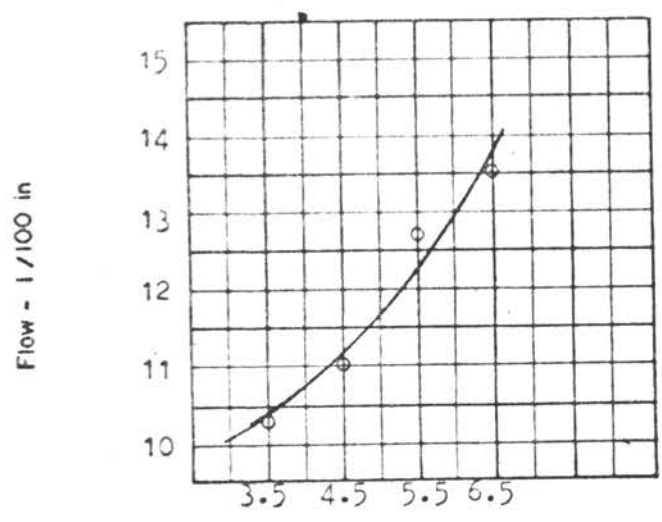
Per cent AC by weight of mix



Per cent AC by weight of mix



Per cent AC by weight of mix



Per cent AC by weight of mix

- Location (48.91% CA; 51.09% FA.) 900°C
- a. Maximum stability = 680.0kg
 - b. Maximum bulk density = 1980.0kg/m³
 - c. Percent air voids = 3.4

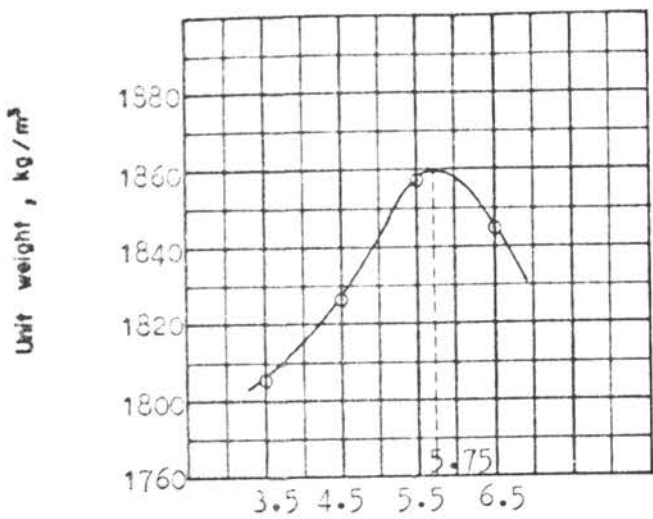
Trial Mix Series: 48.01% CA; 51.09% F.A
 75 Blow Compoction: _____
 Sp Gr AC : 1.0224
 Pen. Grade AC : 85 - 100
 Av Bulk Sp Gr Total Agg: 2.1336

HOT MIX DESIGN DATA
 by the
 MARSHALL METHOD

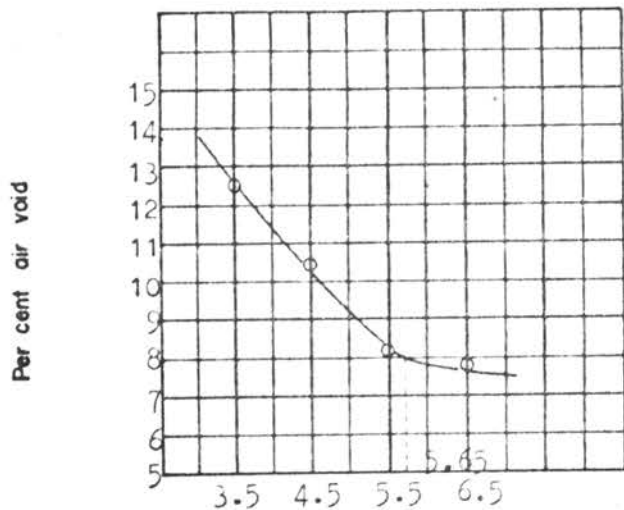
Location: 17310 1,000 °C
 Proving ring calibration factor, 1 Div = 4.545 kg.
 Mixing temp, °C 145 ± 5
 Compacting temp, °C 138
 Absorbed AC, g/100g Dry Agg 0.216

% AC by wt. of agg	% AC by wt. of mix	Spec. hgt. cm.	Weight, g.		Bulk vol., cu. cm	Bulk sp. gr. comp. mix	Volume, % total			% VMA	% Void Filled with AC	Effec. AC % by wt. of mix	Unit wt. kg / m ³	Stability, kg.		Flow /100"
			in air	in water			Effec. AC	Agg.	Air voids					Meas.	Adjust	
3.63	A	5.72	780.0	347.0	433.0	1.8014								431.8	512.1	11
	B	5.32	750.0	338.0	412.0	1.8204								386.3	523.5	12
	C	6.75	957.0	424.2	532.8	1.7962								522.7	478.2	11
	AV					1.8060	5.81	81.68	12.51	18.32	7.11	3.290	1806.0		504.6	11.3
4.72	A	5.75	816.0	371.8	444.2	1.8370								499.9	589.9	12
	B	5.45	760.5	346.0	414.5	1.8347								454.5	586.3	12
	C	6.74	954.8	427.9	526.9	1.8121								613.6	558.4	12
	AV					1.8279	7.67	81.82	10.51	18.18	9.37	4.290	1827.9		578.2	12
5.82	A	5.55	777.0	355.5	421.5	1.8434								522.7	653.3	12
	B	5.65	770.0	357.6	412.4	1.8672								545.4	665.4	13
	C	6.80	971.0	450.0	521.0	1.8637								749.9	667.4	12.5
	AV					1.8581	9.61	82.30	8.09	17.70	11.68	5.290	1858.1		662.0	12.5
6.96	A	5.42	782.0	357.5	424.5	1.8420								454.5	595.3	13
	B	5.55	800.0	365.0	434.9	1.8391								499.95	625.0	14
	C	6.88	988.8	455.0	533.8	1.8524								727.2	645.7	13
	AV					1.8445	11.35	80.83	7.82	19.17	14.04	6.290	1.8445		622.0	13.3

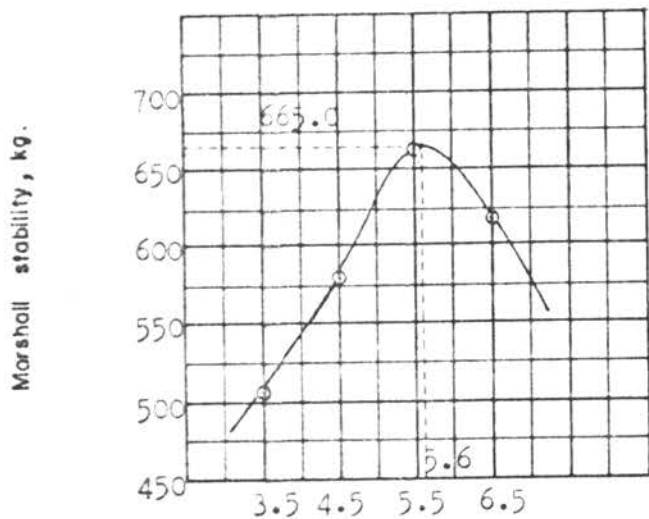
Test property curves for hot-mix design data by the Marshall method.



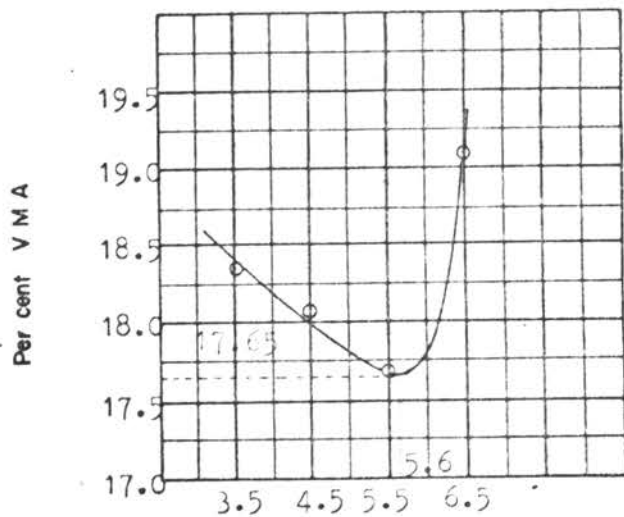
Per cent AC by weight of mix



Per cent AC by weight of mix



Per cent AC by weight of mix

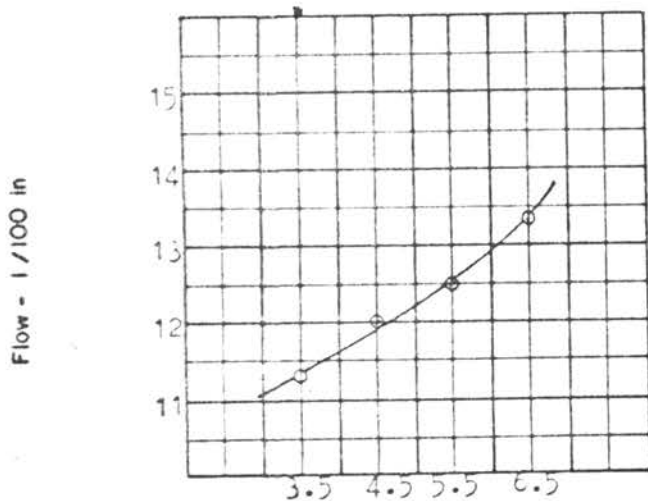


Per cent AC by weight of mix

177377

Location (48.91% CA; 51.09% FA.) 100°C

- a. Maximum stability = 665 kg
- b. Maximum bulk density = 1860.0 kg/m³
- c. Percent air voids = 8



Per cent AC by weight of mix

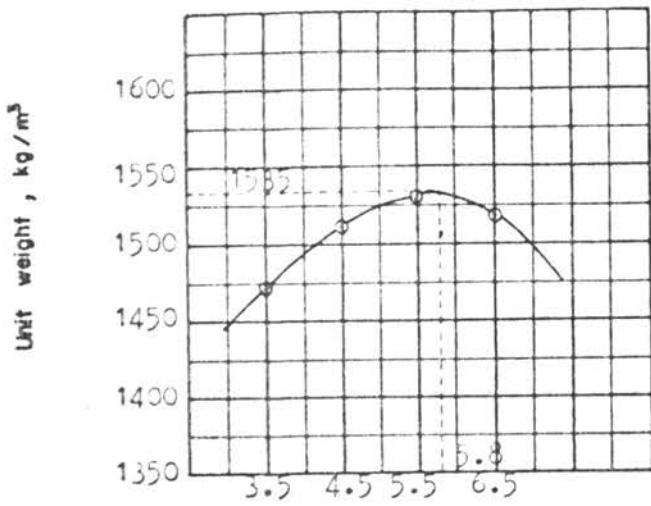
Trial Mix Series: 48.91 % CA; 51.09 % FA
 75 Blow Compaction: _____
 Sp Gr AC: 1.0224
 Pen. Grade AC: 85 - 100
 Av Bulk Sp Gr Total Agg: 1.7081

HOT MIX DESIGN DATA
 by the
 MARSHALL METHOD

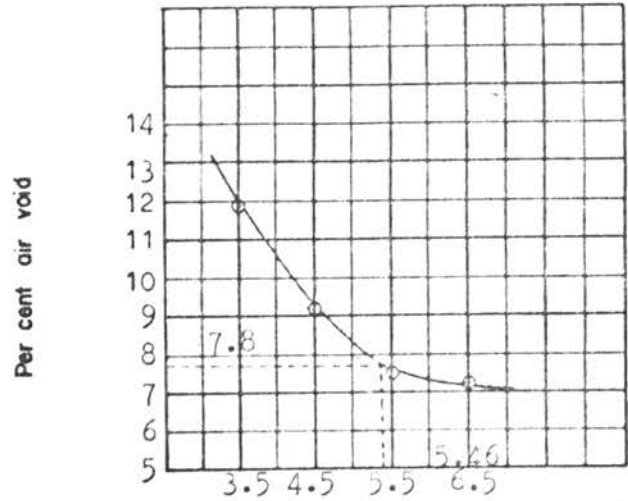
Location: U7311A 1,100°C
 Proving ring calibration factor, 1 Div = 4.545 kg.
 Mixing temp, °C 154 ± 5
 Compacting temp, °C 138
 Absorbed AC, g/100g Dry Agg 0.223

% AC by wt. of agg	% AC by wt. of mix	Spec. hgt. cm	Weight, g.		Bulk vol., cu. cm	Bulk sp. gr. comp. mix	Volume, % total			% VMA	% Void Filled with AC	Effec. AC % by wt. of mix	Unit wt. kg /m ³	Stability, kg.		Flow /100"
			in air	in water			Effec. AC	Agg.	Air voids					Meas.	Adjust	
3.63	A	5.71	795.0	251.3	543.7	1.4620								372.7	443.5	10
	B	5.90	814.5	262.6	551.9	1.4760								381.8	431.7	11
	C	7.11	981.9	320.7	661.2	1.4850								522.7	439.1	9.5
	AV					1.4743	4.74	83.29	11.97	16.71	5.69	3.285	1474.3		438.1	10.2
4.72	A	5.55	764.5	253.5	551.0	1.4960								409.1	512.9	11
	B	5.70	807.5	276.0	531.5	1.5192								477.2	567.9	12
	C	7.13	990.0	338.7	651.3	1.5200								636.3	528.1	11.5
	AV					1.5117	6.33	84.52	9.15	15.48	7.45	4.287	1511.7		536.3	11.5
5.82	A	5.81	820.0	283.8	536.2	1.5294								499.9	575.0	12
	B	5.65	805.0	275.4	529.6	1.5201								454.5	549.9	13
	C	7.08	991.8	347.4	644.4	1.5390								636.3	547.2	12
	AV					1.5295	7.91	84.62	7.47	15.38	9.35	5.289	1529.5		557.4	12.3
6.92	A	5.61	803.5	274.4	529.1	1.5186								431.8	531.7	13
	B	5.60	812.5	278.0	534.5	1.5200								440.9	542.9	13
	C	6.90	972.5	336.6	635.9	1.5293								545.4	474.5	12.5
	AV					1.5226	9.37	83.35	7.28	16.65	11.24	6.292	1522.6		516.9	12.8

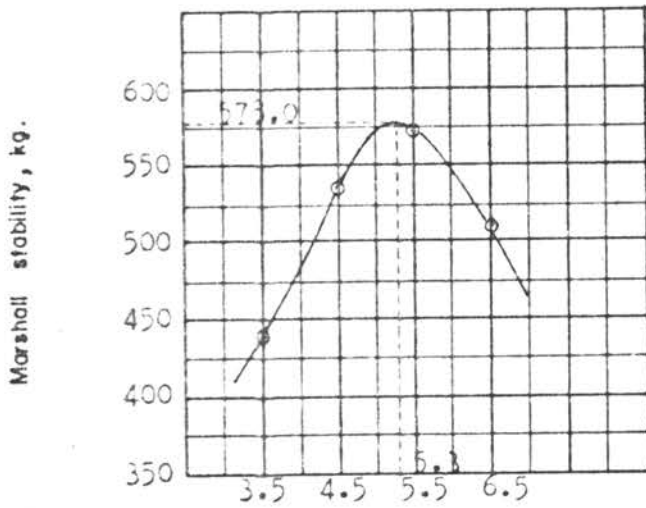
Test property curves for hot-mix design data by the Marshall method.



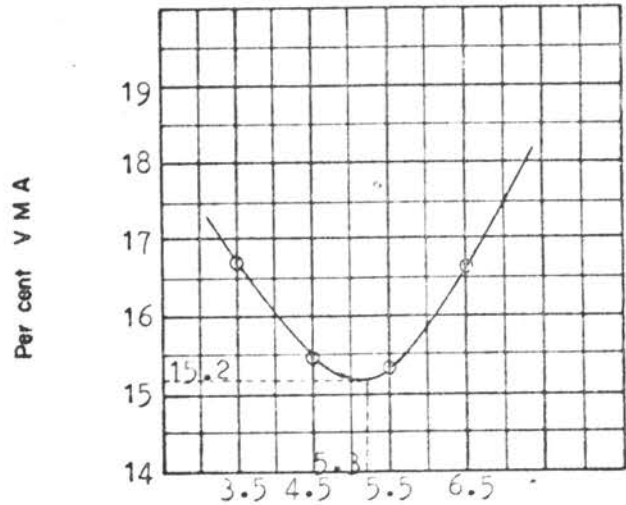
Per cent AC by weight of mix



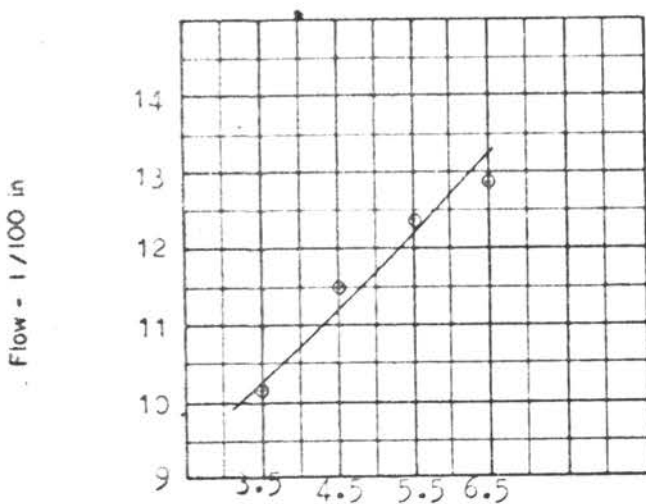
Per cent AC by weight of mix



Per cent AC by weight of mix



Per cent AC by weight of mix



Per cent AC by weight of mix

Location (48.91% CA; 51.09% FA.) 1100 °C

- a. Maximum stability = 573.0 kg
- b. Maximum bulk density = 1535.0 kg/m³
- c. Percent air voids = 7.8

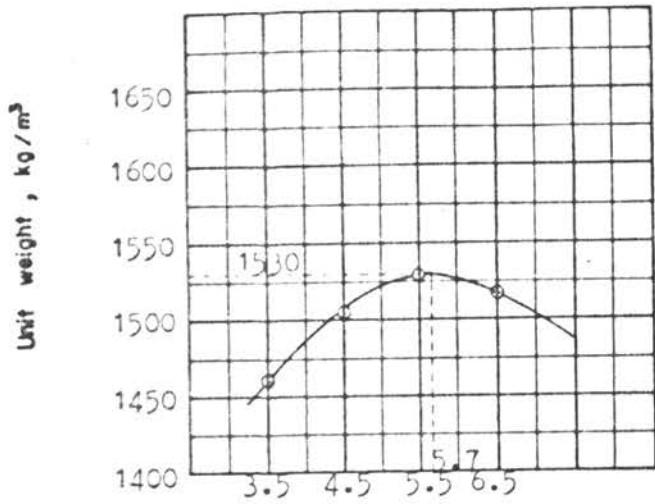
Trial Mix Series: 48.91 % AC; 51.09 % FA.
 75 Blow Compoction: _____
 Sp Gr AC : 1.0224
 Pen. Grade AC: 85 - 100
 Av Bulk Sp Gr Total Agg: 1.6918

HOT MIX DESIGN DATA
 by the
 MARSHALL METHOD

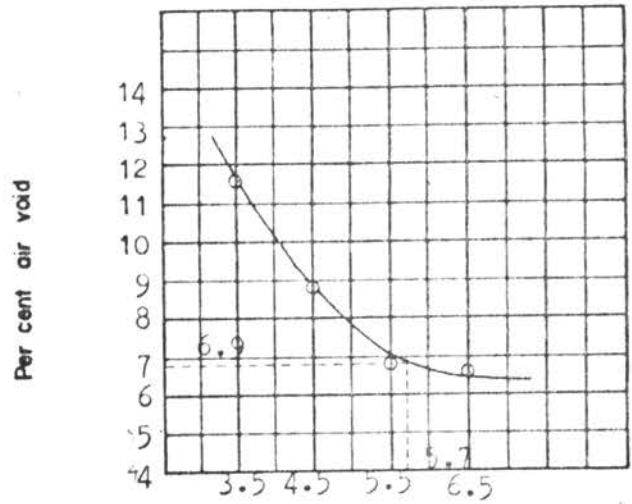
Location: 117 JJH 1200 °C
 Proving ring calibration factor, 1 Div = 4.545 kg.
 Mixing temp, °C 145 ± 5
 Compacting temp, °C 138
 Absorbed AC, g/100g Dry Agg 0.235

% AC by wt. of agg	% AC by wt. of mix	Spec. hgt. cm.	Weight, g.		Bulk vol., cu. cm	Bulk sp. gr. comp. mix.	Volume, % total			% VMA	% Void Filled with AC	Effec. AC % by wt. of mix	Unit wt. kg / m ³	Stability, kg.		Flow /100"
			in air	in water			Effec. AC	Agg.	Air voids					Meas.	Adjust	
3.63	A	6.40	848.5	276.8	611.7	1.4525								500.0	493.8	10
	B	6.20	880.0	278.5	603.5	1.4582								454.5	471.6	10
	C	7.38	923.1	302.3	620.8	1.4870								590.9	478.6	10
AV						1.4659	4.69	83.61	11.69	16.39	5.61	3.273	1465.9		481.3	10
4.72	A	6.24	884.1	291.5	592.6	1.4919								522.7	537.1	10
	B	6.40	902.5	303.0	599.5	1.5054								545.4	538.6	11
	C	7.41	942.9	320.5	622.4	1.5150								613.6	478.6	10.5
AV						1.5041	6.29	84.90	8.80	15.16	7.74	4.276	1504.1		518.1	10.5
5.82	A	6.39	916.2	315.1	601.1	1.5241								499.9	495.0	11
	B	6.36	909.0	317.7	591.3	1.5372								545.4	539.9	12
	C	7.40	954.5	326.3	628.2	1.5195								727.2	567.2	11.5
AV						1.5269	7.88	85.28	6.84	14.72	9.24	5.278	1526.9		534.0	11.5
6.96	A	6.31	917.0	312.1	604.9	1.5160								500.0	495.0	12
	B	6.38	911.0	311.7	599.3	1.5200								568.1	502.5	12
	C	7.42	986.0	337.7	648.3	1.5210								613.5	478.6	13
AV						1.5190	9.33	83.94	6.72	16.06	11.12	6.280	1519.0		512.0	12.3

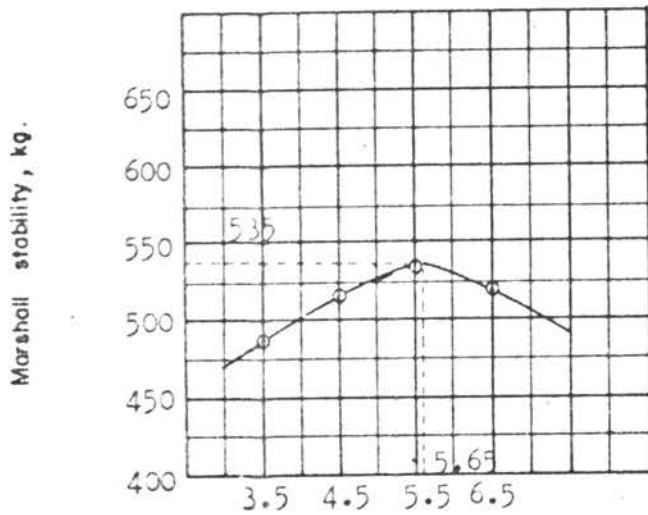
Test property curves for hot-mix design data by the Marshall method.



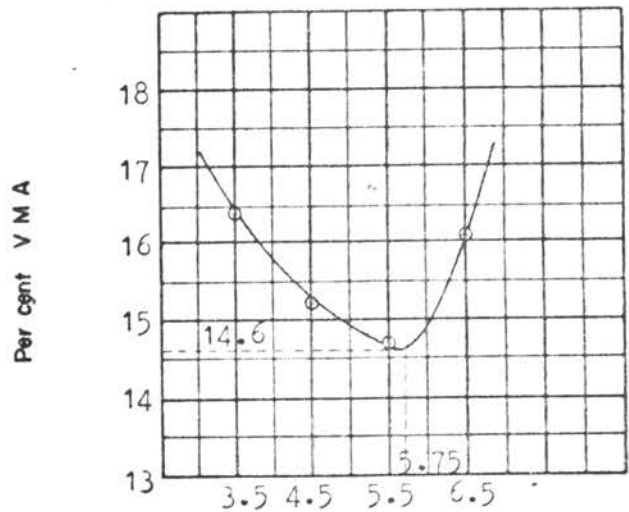
Per cent AC by weight of mix



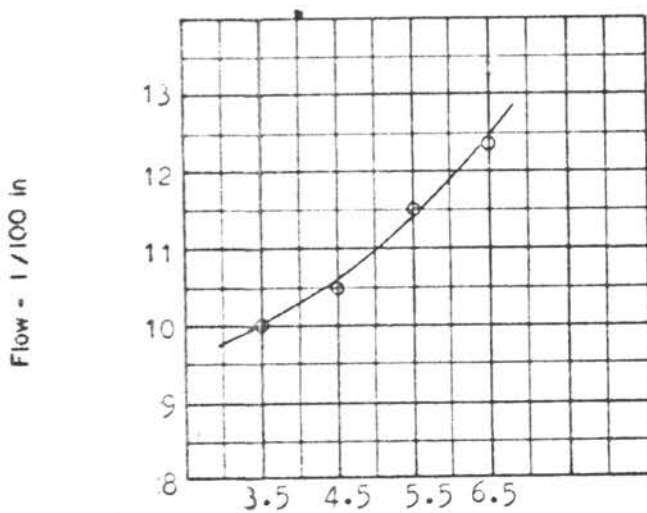
Per cent AC by weight of mix



Per cent AC by weight of mix



Per cent AC by weight of mix



Per cent AC by weight of mix

1172110

Location (48.91% CA; 51.09% FA.) 1200 °C

- a. Maximum stability = 535.0 kg
- b. Maximum bulk density = 1530.0 kg/m^3
- c. Percent air voids = 6.9

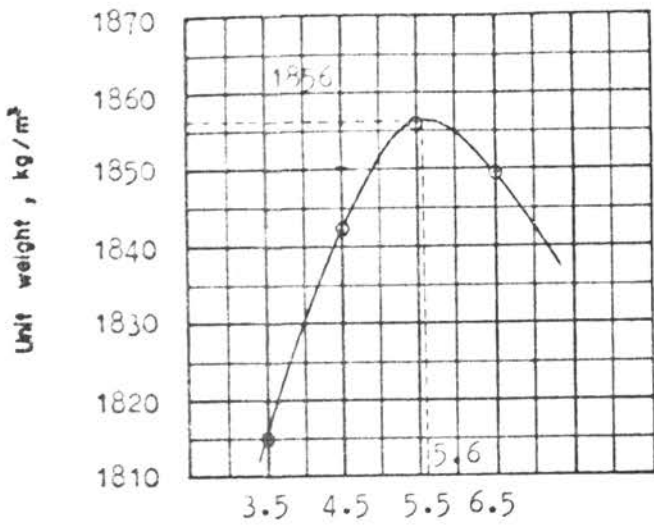
Trial Mix Series: 48.91 A CA; 51.09 A BA
 75 Blow Compaction: _____
 Sp Gr AC : 1.0224
 Pen. Grade AC : 85/100
 Av Bulk Sp Gr Total Agg: 2.1073

HOT MIX DESIGN DATA
 by the
 MARSHALL METHOD

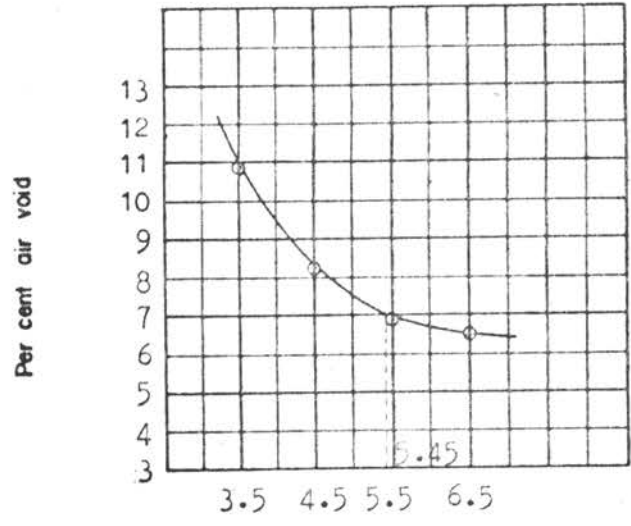
Location: WISCONSIN 800°C
 Proving ring calibration factor, 1 Div = 4.545 kg.
 Mixing temp, °C 145 ± 5
 Compacting temp, °C 138
 Absorbed AC, g/100g Dry Agg 0.190

% AC by wt. of agg	% AC by wt. of mix	Spec. hgt. cm.	Weight, g.		Bulk vol., cu. cm	Bulk sp. gr. comp. mix	Volume, % total			% VMA	% Void Filled with AC	Effec. AC % by wt. of mix	Unit wt. kg /m ³	Stability, kg.		Flow "/100"
			in air	in water			Effec. AC	Agg.	Air voids					Meas.	Adjust	
3.63	4.5 A	6.65	918.0	413.0	505.0	1.8178								409.05	381.9	8
		6.55	935.0	422.0	513.0	1.8226								436.32	415.6	9
		6.83	952.5	424.9	527.6	1.8053								409.1	364.1	9.5
	AV					1.8152	5.89	83.12	10.99	16.88	7.09	3.317	1815.2		387.2	8.8
4.72	4.5 A	6.40	912.0	416.0	496.0	1.8387								454.5	448.8	10
		6.40	908.0	414.0	494.0	1.8381								463.59	458.0	9
		6.70	948.2	435.6	512.6	1.8498								454.5	413.6	9.5
	AV					1.8422	7.78	83.49	8.73	16.51	9.32	4.319	1842.2		440.0	9.5
5.82	5.5 A	6.62	943.0	436.0	507.0	1.8599								509.04	478.2	11
		6.52	935.0	430.5	504.0	1.8533								481.77	461.6	10
		6.92	976.0	452.4	523.6	1.8639								499.9	435.0	10
	AV					1.8590	9.67	83.37	6.96	16.63	11.60	5.320	1859.0		458.3	10.3
6.96	6.5 A	6.60	946.0	436.0	512.0	1.8477								477.23	450.5	12
		6.55	950.0	435.5	514.5	1.8465								454.50	433.2	12
		6.81	988.2	454.9	533.3	1.8529								499.9	445.0	12
	AV					1.8490	11.43	82.04	6.53	17.96	13.93	6.322	1849.0		442.7	12

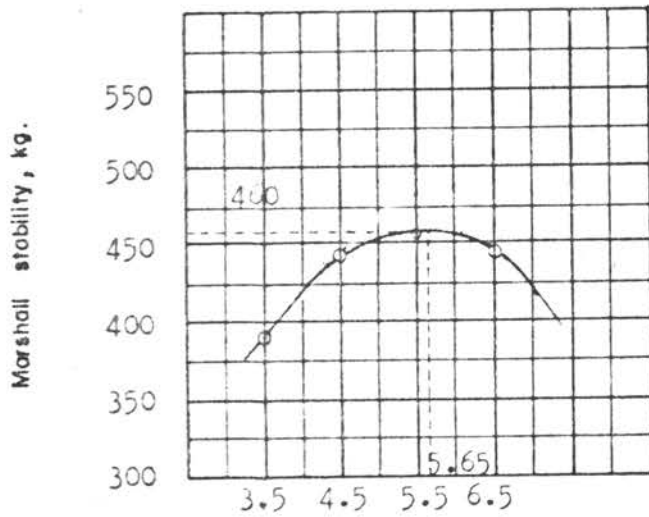
Test property curves for hot-mix design data by the Marshall method.



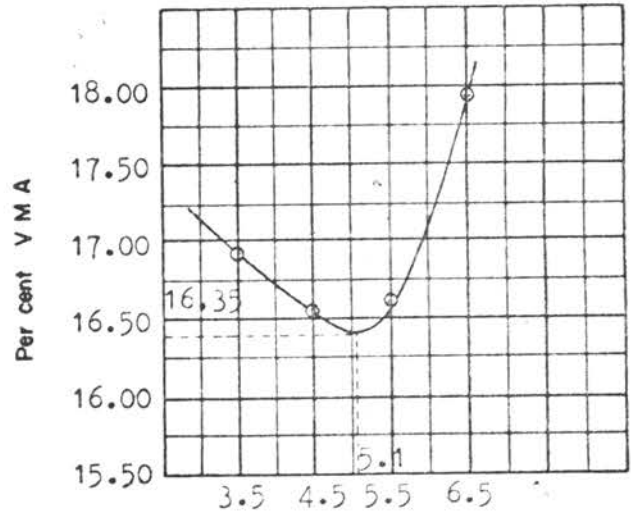
Per cent AC by weight of mix



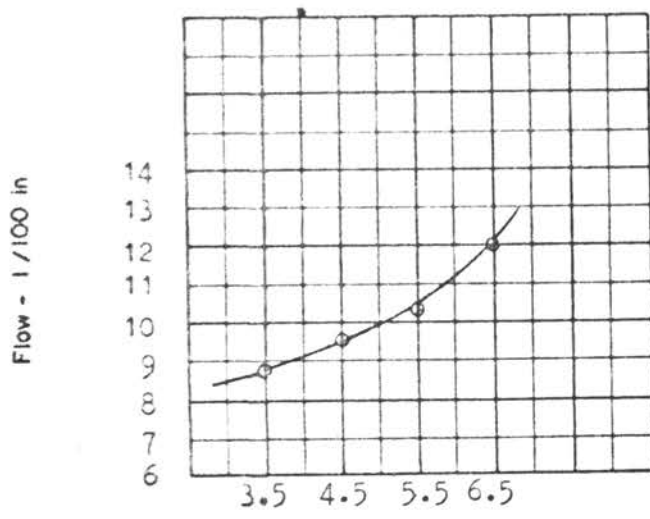
Per cent AC by weight of mix



Per cent AC by weight of mix



Per cent AC by weight of mix



Per cent AC by weight of mix

- Location (48.91% CA; 50.0% FA) 800 °C
- a. Maximum stability = 460.0kg
 - b. Maximum bulk density = 1856.0kg/m³
 - c. Percent air voids = 7

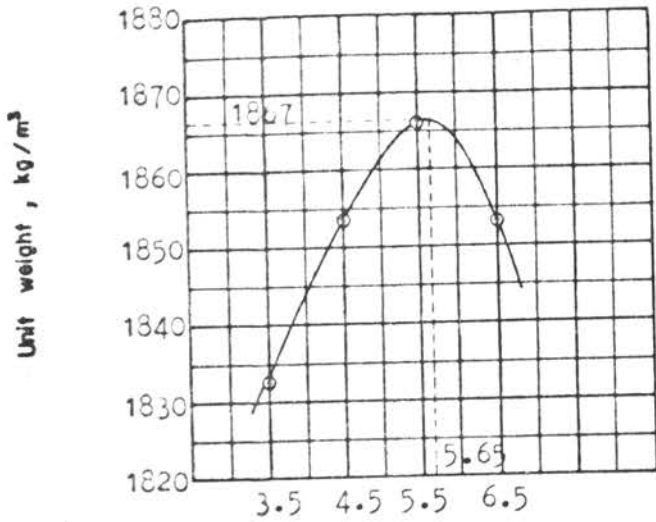
Trial Mix Series: 48.91% CA; 51.09% F.A.
 75 Blow Compaction: _____
 Sp Gr AC : 1.0224
 Pen. Grade AC : 85 - 100
 Av Bulk Sp Gr Total Agg: 2.0483

HOT MIX DESIGN DATA
 by the
 MARSHALL METHOD

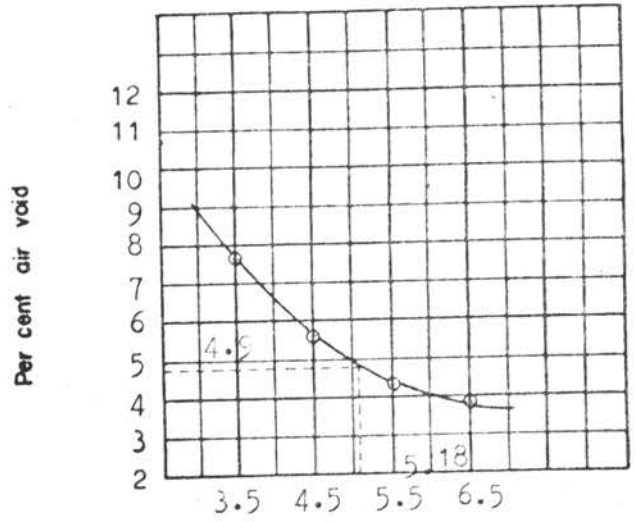
Location: WINDY HILL 900 °C
 Proving ring calibration factor, 1 Div = 4.545 kg.
 Mixing temp, °C 145 ± 5
 Compacting temp, °C 138
 Absorbed AC, g/100g Dry Agg 0.194

% AC by wt. of agg	% AC by wt. of mix	Spec. hgt. cm.	Weight, g.		Bulk vol., cu. cm	Bulk sp. gr. comp. mix	Volume, % total			% VMA	% Void Filled with AC	Effec. AC % by wt. of mix	Unit wt. kg / m ³	Stability, kg.		Flow /100"
			in air	in water			Effec. AC	Agg.	Air voids					Meas.	Adjust	
3.63	A	6.20	378.5	401.0	477.5	1.8397								431.8	448.0	8
		B	6.30	885.5	402.0	483.5	1.8314							454.5	460.2	9
		C	7.00	973.0	440.7	532.3	1.8297							431.8	362.7	10
	AV					1.8330	5.94	86.36	7.70	13.64	6.88	3.313	1833.0		423.6	9
4.72	A	6.20	880.0	406.0	474.0	1.8565								477.3	495.2	9
		B	6.25	890.0	410.5	479.5	1.8561							463.6	475.2	9
		C	7.10	995.0	457.0	538.0	1.8494							522.7	433.8	11
	AV					1.8540	7.83	86.44	5.73	13.56	9.06	4.315	1854.0		468.1	9.7
5.82	A	6.30	913.0	422.0	491.0	1.8595								440.9	446.4	10
		B	6.33	900.0	418.0	482.0	1.8672							454.5	460.2	10
		C	6.78	971.8	452.7	519.1	1.8721							590.9	531.8	11
	AV					1.8663	9.71	86.10	4.19	13.90	11.28	5.317	1866.3		479.5	10.3
6.96	A	6.25	901.0	415.0	486.0	1.8539								454.5	468.1	10
		B	6.30	902.0	416.0	486.0	1.8559							431.8	440.4	11
		C	6.95	996.0	458.0	538.0	1.8513							522.7	454.7	12
	AV					1.8537	11.46	84.62	3.92	15.38	13.54	6.319	1853.7		454.4	11

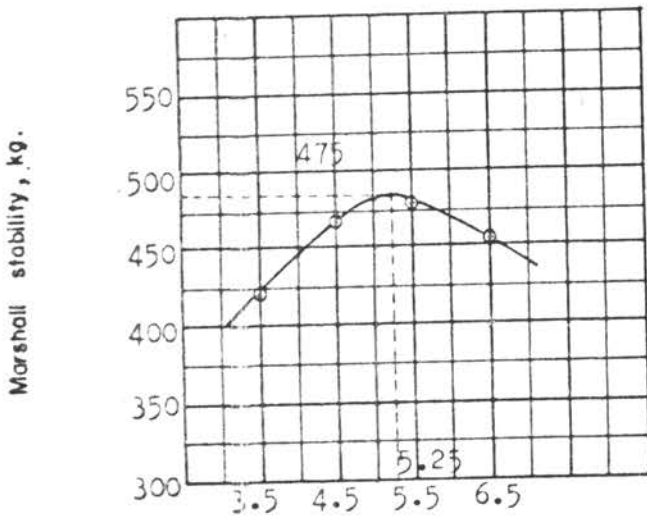
Test property curves for hot-mix design data by the Marshall method.



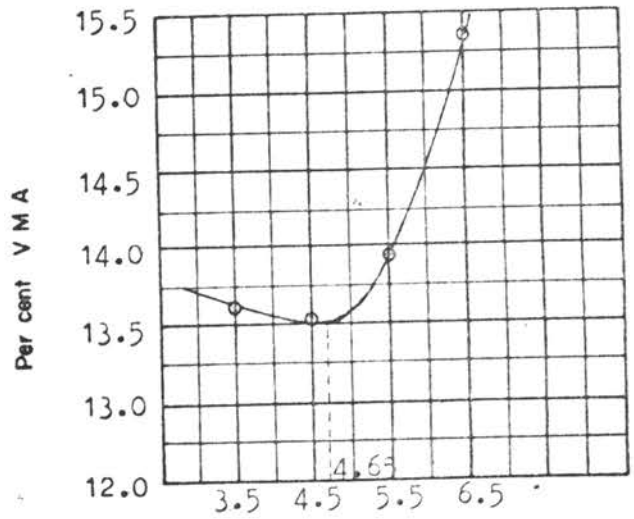
Per cent AC by weight of mix



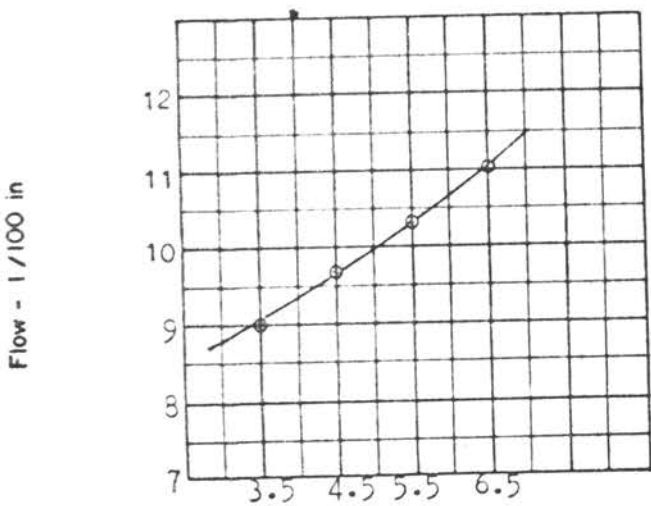
Per cent AC by weight of mix



Per cent AC by weight of mix



Per cent AC by weight of mix



Per cent AC by weight of mix

- Location (48.91% CA; 50.09% FA) 900 °C
- Maximum stability = 475.0 kg
 - Maximum bulk density = 1867.0 kg/m^3
 - Percent air voids = 4.9

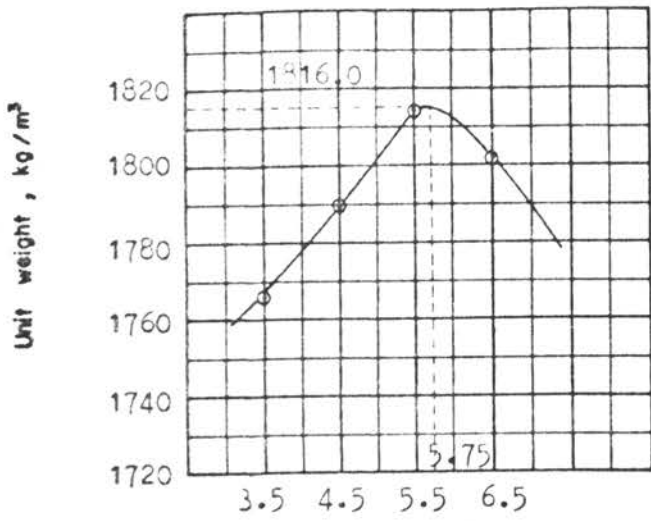
Trial Mix Series: 48.51 % CA; 51.09 % FA
 75 Blow Compaction: _____
 Sp Gr AC: 1.0224
 Pen. Grade AC: 85 - 100
 Av Bulk Sp Gr Total Agg: 1.9988

HOT MIX DESIGN DATA
 by the
 MARSHALL METHOD

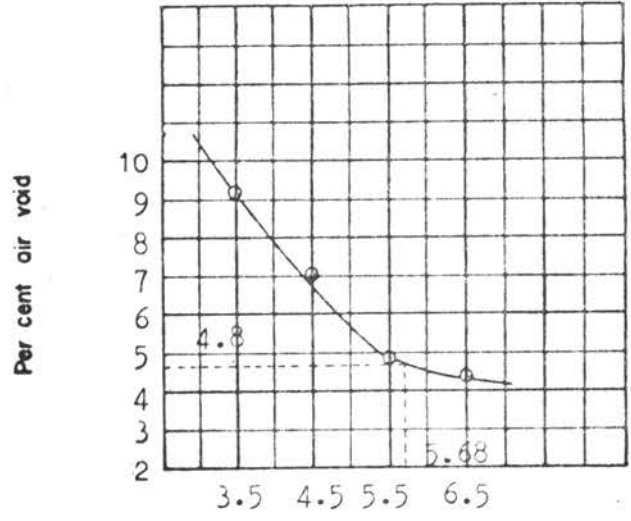
Location: WUBJJIM 1,000 °C
 Proving ring calibration factor, 1 Div = 4.545 kg.
 Mixing temp, °C 145 ± 5
 Compacting temp, °C 138
 Absorbed AC, g/100g Dry Agg 0.212

% AC by wt. of agg	% AC by wt. of mix	Spec. hgt. cm.	Weight, g.		Bulk vol., cu. cm	Bulk sp. gr. comp. mix	Volume, % total			% VMA	% Void Filled with AC	Effec. AC % by wt. of mix	Unit wt. kg /m ³	Stability, kg.		Flow /100"
			in air	in water			Effec. AC	Agg.	Air voids					Meas.	Adjust	
3.63	A	6.80	919.5	397.4	552.1	1.7612								363.6	326.3	9
	B	6.75	945.5	410.5	535.0	1.7673								409.1	372.3	8
	C	6.93	952.5	415.0	537.5	1.7721								477.2	417.6	9
	AV					1.7669	5.69	85.30	9.01	14.70	6.67	3.295	1766.9		372.1	8.7
4.72	A	6.67	944.0	416.0	520.0	1.7877								454.5	422.7	9
	B	6.45	915.0	403.1	512.0	1.7871								499.9	481.5	10
	C	6.84	959.0	424.0	535.0	1.7925								545.4	480.0	9
	AV					1.7890	7.52	85.48	7.00	14.52	8.79	4.298	1789.0		461.4	9.3
5.82	A	6.68	931.3	416.5	514.8	1.8091								545.4	505.9	10
	B	6.78	947.0	424.6	522.4	1.8128								590.9	533.3	10
	C	7.16	999.0	450.8	548.2	1.8223								613.6	503.1	11
	AV					1.8147	9.41	85.79	4.80	14.21	10.96	5.299	1814.7		514.1	10.3
6.96	A	6.72	963.0	429.0	534.0	1.8033								522.7	479.6	11
	B	6.75	969.3	430.2	539.1	1.7979								500.0	455.0	13
	C	6.90	984.5	443.6	540.9	1.8201								568.1	494.3	12
	AV					1.8071	11.14	84.53	4.33	15.47	13.18	6.302	1807.1		476.3	12

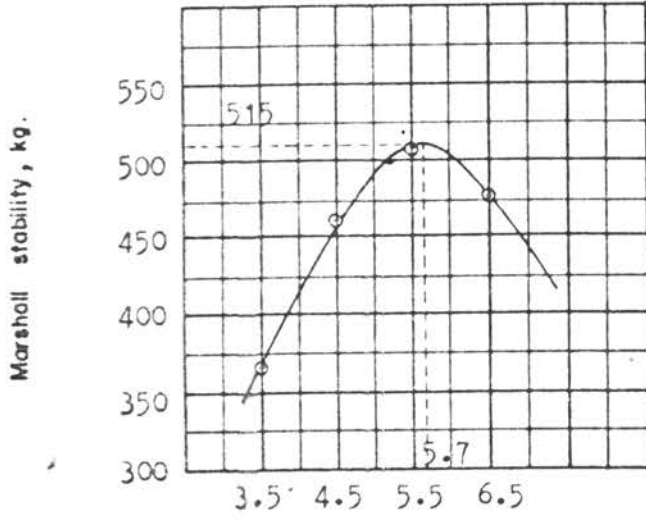
Test property curves for hot-mix design data by the Marshall method.



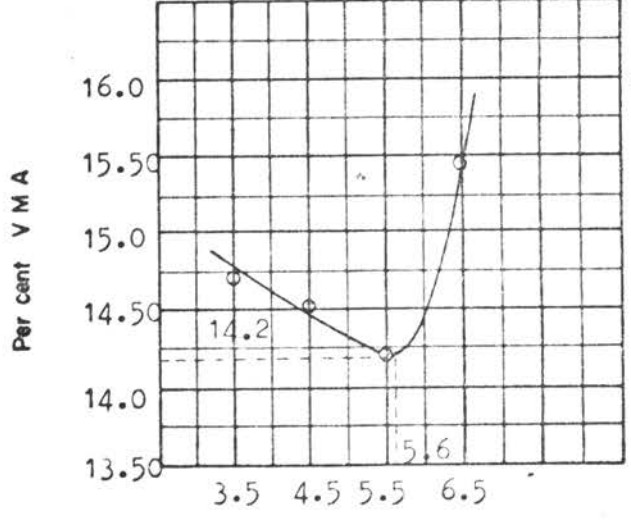
Per cent AC by weight of mix



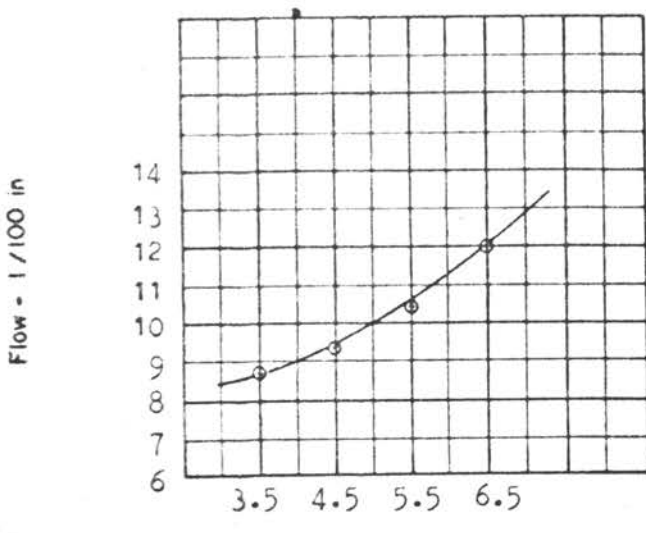
Per cent AC by weight of mix



Per cent AC by weight of mix



Per cent AC by weight of mix



Per cent AC by weight of mix

- Location (48.91 % CA; 50.09 % FA) 1000 °C
- a. Maximum stability = 515.0kg
 - b. Maximum bulk density = 1816.0kg/m³
 - c. Percent air voids = 4.8

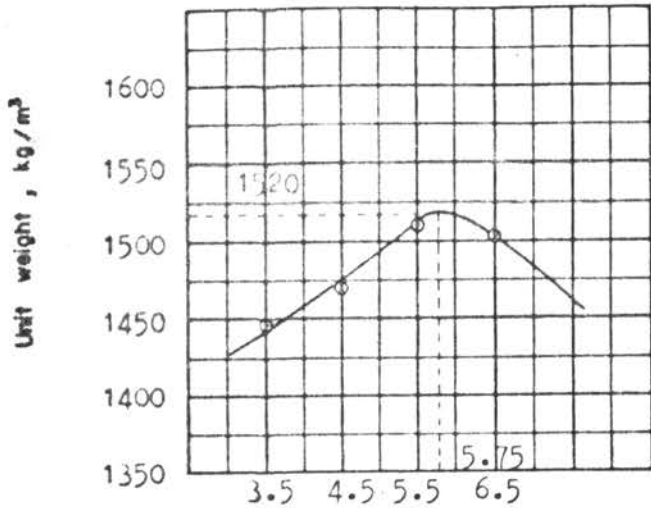
Trial Mix Series: 48.91% CA; 51.09% F.A.
 75 Blow Compaction: _____
 Sp Gr AC: 1.0224
 Pen. Grade AC: 85 = 100
 Av Bulk Sp Gr Total Agg: 1.6607

HOT MIX DESIGN DATA
 by the
 MARSHALL METHOD

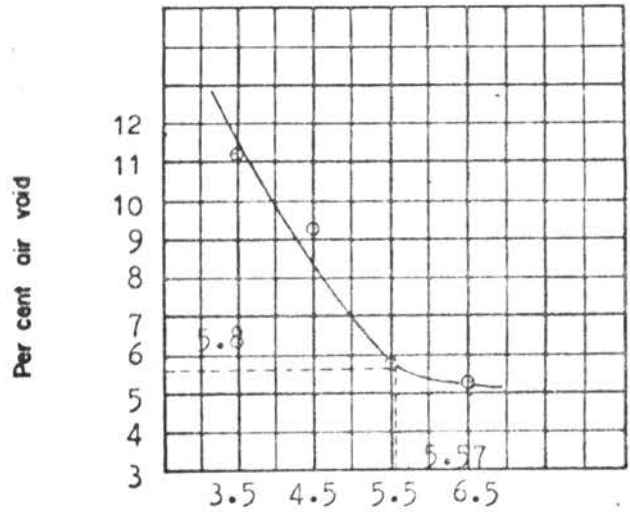
Location: INDONESIA 1,100 °C
 Proving ring calibration factor, 1 Div = 4.545 kg.
 Mixing temp, °C 145 ± 5
 Compacting temp, °C 138
 Absorbed AC, g/100g Dry Agg 0.222

% AC by wt. of agg	% AC by wt. of mix	Spec. hgt. cm	Weight, g.		Bulk vol., cu. cm	Bulk sp. gr. comp. mix	Volume, % total			% VMA	% Void Filled with AC	Effec. AC % by wt. of mix	Unit wt. kg / m ³	Stability, kg.		Flow 1/100"
			in air	in water			Effec. AC	Agg.	Air voids					Meas.	Adjust	
3.63	3.5 A	6.28	821.0	252.1	568.9	1.4431								341.0	405.3	9
	B	6.20	814.0	248.2	565.8	1.4387								340.9	385.2	10
	C	6.98	784.0	248.0	536.0	1.4627								409.1	351.8	11
	AV					1.4482	4.65	84.15	11.2	15.85	5.53	3.286	1448.2		380.8	10
4.72	4.5 A	6.07	814.0	259.8	554.2	1.4687								363.6	454.5	11
	B	6.00	819.0	270.5	548.5	1.4932								386.3	459.7	11
	C	7.00	800.0	247.0	553.0	1.4467								545.4	458.1	10
	AV					1.4695	6.16	84.50	9.34	15.50	7.29	4.288	1469.5		457.4	10.7
6.16	5.5 A	6.16	831.2	282.5	548.7	1.5149								409.1	474.5	12
	B	6.03	822.0	285.5	534.5	1.5322								386.3	471.3	11
	C	7.21	801.0	266.6	534.4	1.4988								568.1	465.8	13
	AV					1.5153	7.84	86.23	5.93	13.77	9.09	5.290	1515.3		470.5	12
6.96	6.5 A	6.00	829.2	280.0	549.2	1.5098								386.3	475.5	13
	B	6.80	838.0	285.8	552.2	1.5176								363.6	447.6	13
	C	7.04	818.0	272.8	545.2	1.5004								545.4	458.1	14
	AV					1.5093	9.29	84.98	5.73	15.02	10.93	6.292	1509.3		460.4	13.3

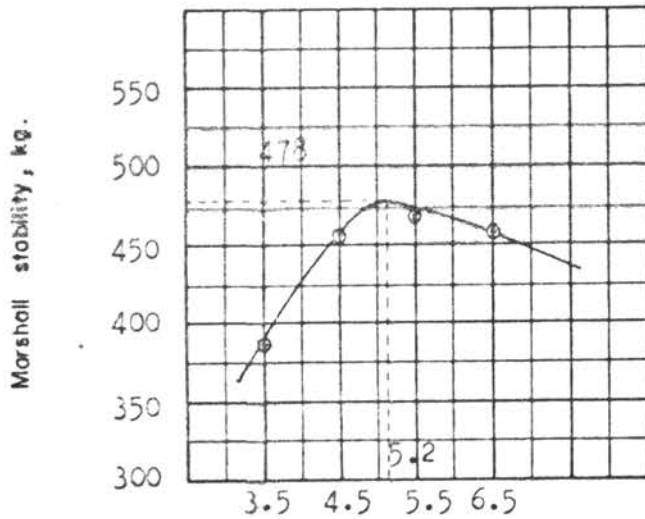
Test property curves for hot-mix design data by the Marshall method.



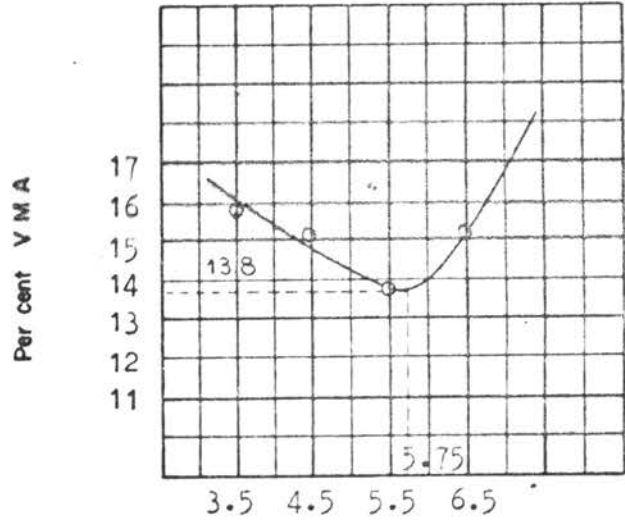
Per cent AC by weight of mix



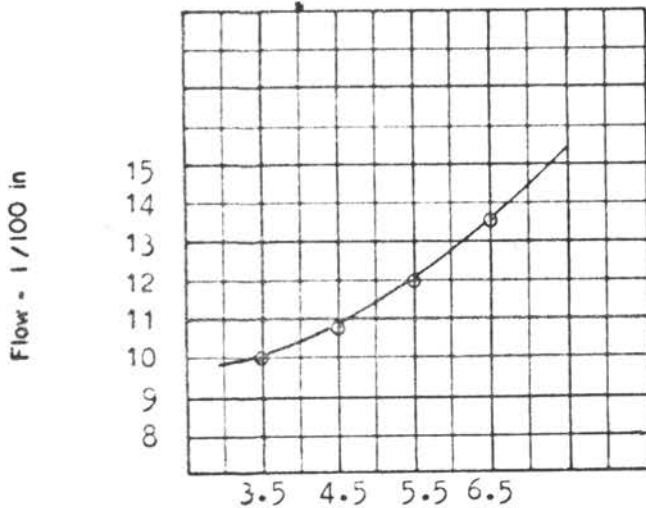
Per cent AC by weight of mix



Per cent AC by weight of mix



Per cent AC by weight of mix



Per cent AC by weight of mix

- Location (48.91% CA; 50.09% FA) 1100°C
- a. Maximum stability = 478.0 kg
 - b. Maximum bulk density = 1520.0 kg/m³
 - c. Percent air voids = 5.8

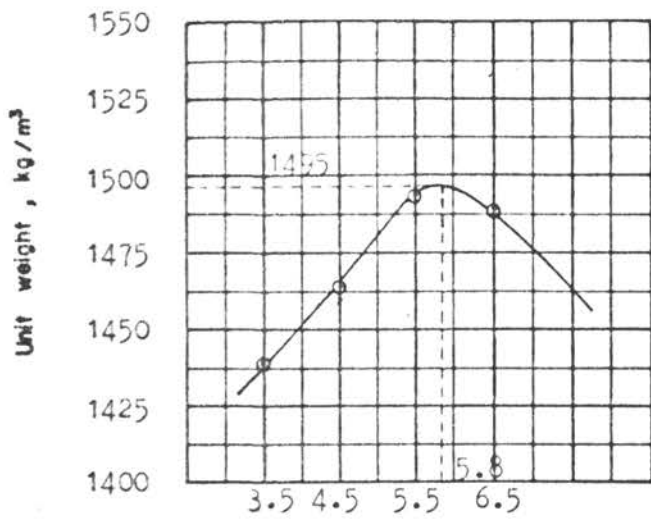
Trial Mix Series: 48.91 % CA; 51.09 % F.A
 75 Blow Compaction: _____
 Sp Gr AC: 1.0224
 Pen. Grade AC: 85 - 100
 Av Bulk Sp Gr Total Agg: 1.6177

HOT MIX DESIGN DATA
 by the
 MARSHALL METHOD

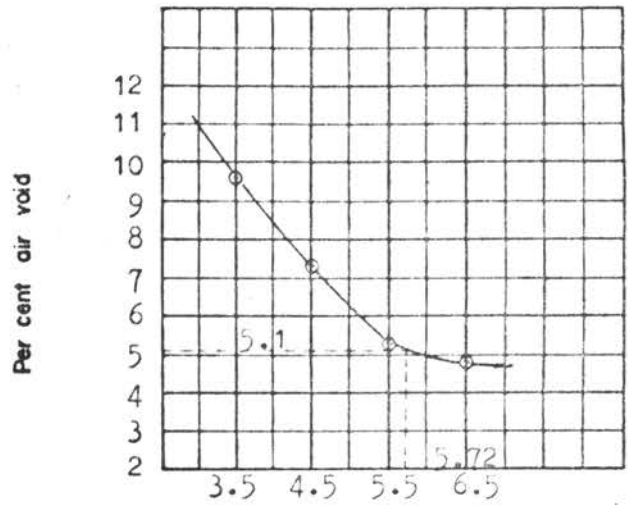
Location: WINDY HILL 1,200 °C
 Proving ring calibration factor, 1 Div = 4.545 kg.
 Mixing temp, °C 145 ± 5
 Compacting temp, °C 138
 Absorbed AC, g/100g Dry Agg 0.241

% AC by wt. of agg	% AC by wt. of mix	Spec. hgt. cm.	Weight, g.		Bulk vol., cu. cm	Bulk sp. gr. comp. max	Volume, % total			% VMA	% Void Filled with AC	Effec. AC % by wt. of max	Unit wt. kg /m ³	Stability, kg.		Flow /100"
			in air	in water			Effec. AC	Agg.	Air voids					Meas.	Adjust	
3.63	A	5.92	764.2	238.0	526.2	1.4523								431.8	358.3	7
	B	5.68	736.0	220.5	515.5	1.4277								395.4	344.0	8
	C	7.36	938.2	283.3	654.9	1.4325								454.5	363.6	9
AV						1.4375	4.95	85.75	9.66	14.25	5.35	3.270	1437.5		355.3	8
4.72	A	6.30	822.0	262.3	552.7	1.4872								431.8	362.7	8
	B	6.03	783.0	250.1	532.9	1.4692								522.7	428.6	9
	C	7.35	957.2	291.5	665.7	1.4378								522.7	418.1	11
AV						1.4647	6.12	86.47	7.41	13.53	7.08	4.270	1464.7		403.1	9.3
5.82	A	6.10	803.5	257.9	545.6	1.4727								590.9	487.6	9
	B	6.25	834.0	277.1	556.9	1.4975								545.4	452.7	10
	C	7.48	966.2	322.4	643.8	1.5008								590.9	454.9	12
AV						1.4903	7.68	87.06	5.26	12.94	8.82	5.270	1490.3		465.1	10.3
6.96	A	5.95	845.0	281.5	563.5	1.4996								499.9	444.1	12
	B	6.13	808.5	263.6	544.9	1.4837								454.5	404.5	11
	C	7.44	976.0	316.9	659.1	1.4808								545.4	436.3	13
AV						1.4880	9.13	86.00	4.87	14.00	10.62	6.270	1488.0		428.3	12

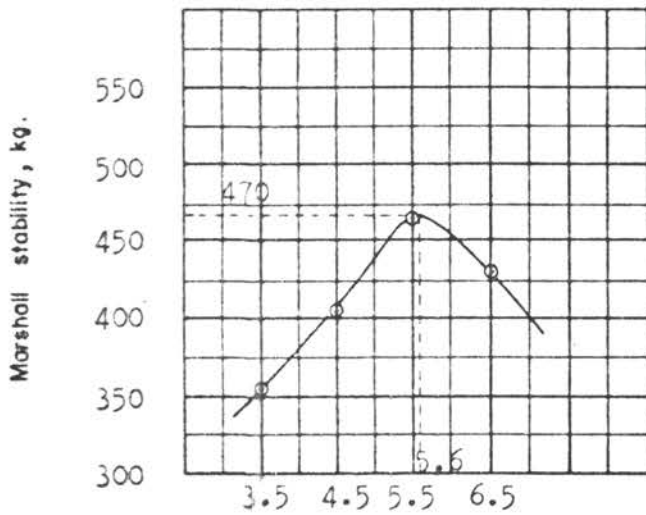
Test property curves for hot-mix design data by the Marshall method.



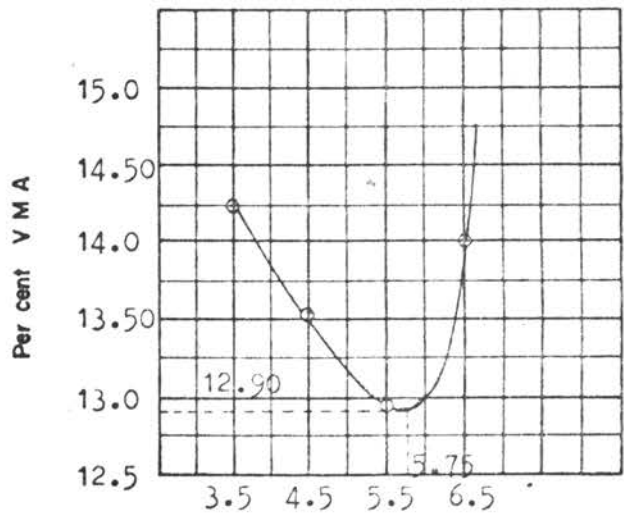
Per cent AC by weight of mix



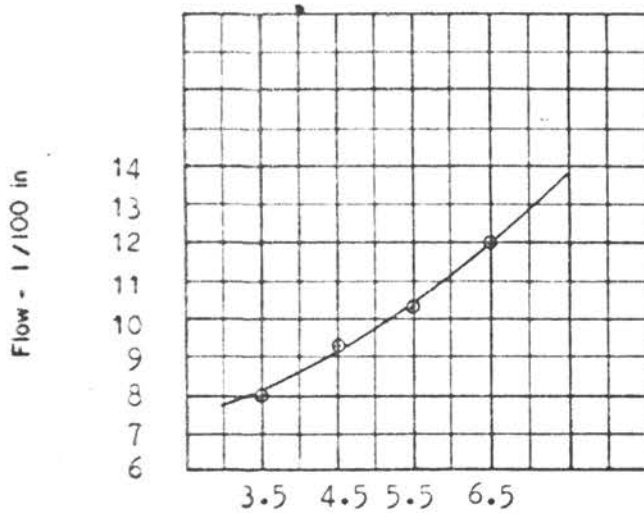
Per cent AC by weight of mix



Per cent AC by weight of mix



Per cent AC by weight of mix



Per cent AC by weight of mix

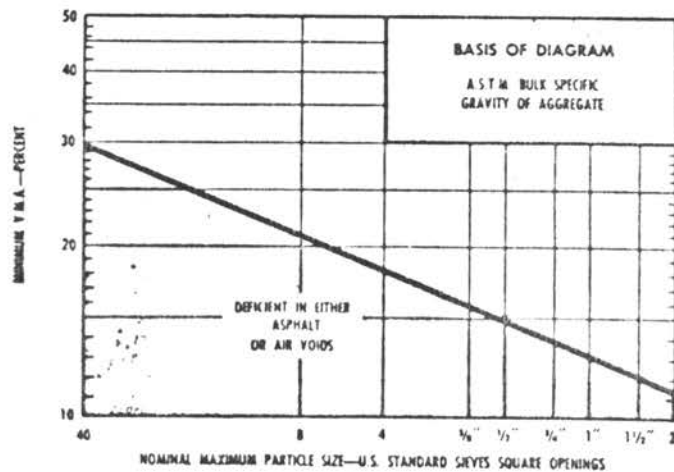
- Location (48.91% CA; 50.09% FA) 1200 °C
- Maximum stability = 470.0 kg
 - Maximum bulk density = 1495.0 kg/m³
 - Percent air voids = 5.1

มาตรฐานการทดสอบ การทดสอบ Marshall Stability Test

Traffic Category	Heavy		Medium		Light	
No. of Compaction Blows Each End of Specimen	75		50		35	
Test Property	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Stability, all mixtures (lbs.)	750	—	500	—	500	—
Flow, all mixtures	8	16	8	18	8	20
Percent Air Voids						
Surfacing or Leveling	3	5	3	5	3	5
Base	3	8	3	8	3	8
Percent Voids in Mineral Aggregate						

NOTES:

- Laboratory compactive efforts should closely approach the maximum density obtained in the pavement under traffic.
- The flow value refers to the point where the load begins to decrease.
- The portion of the asphalt cement lost by absorption into the aggregate particles must be allowed for when calculating percent Air Voids.
- Percent Voids in the Mineral Aggregate is to be calculated on the basis of the ASTM bulk specific gravity for the aggregate.
- All criteria, and not stability value alone, must be considered in designing an asphalt paving mix.
- Hot-mix asphalt bases, which do not meet the above criteria when tested at 140° F., should be satisfactory if they meet the criteria when tested at 100° F. and are placed 4 inches or more below the surface. This recommendation applies only to regions having climatic conditions similar to those prevailing throughout most of the United States. Guidelines for applying the lower test temperature in regions having more extreme climatic conditions are being studied.



Relationship between minimum VMA and nominal maximum particle size of the aggregate for compacted dense-graded paving mixtures

ผลการทดสอบหาค่า PSV ของกรวดดินเผา						
แหล่งกรวด ดินเผา	อุณหภูมิ การเผา ° C.	อุณหภูมิ การทดลอง t° C.	ค่า PSV เฉลี่ยที่ t° C.		ค่า PSV เฉลี่ยที่ 20° C.	
			ก่อนซัก	หลังซัก	ก่อนซัก	หลังซัก
บางเขน	800	28	60	57	64	60*
	900	28	65	57	70	60*
	1000	28	66	59	70	63
	1100	28	70	58	75	61
	1200	28	68	60	72	64
บางมก	800	28	68	56	73	60*
	900	28	69	56	74	60*
	1000	28	72	58	76	64
	1100	28	76	62	81	66
	1200	28	74	65	79	69
หนองงูเห่า	800	29	63	56	68	60*
	900	29	68	55	74	55*
	1000	29	68	58	74	62
	1100	29	73	62	75	67
	1200	29	71	65	77	70
Lime Stone (ชลบุรี)	-	29	61	45	65	49

หมายเหตุ * ตัวอย่างหลังซักจะเป็นแอ่งเว้าและลึก ความหนาฟิล์มน้ำ
เฉลี่ย 0.5 มม. โดยตลอด

ประวัติผู้เขียน

นายเจน บุญชื้อ เกิดวันที่ 5 พฤศจิกายน 2494 ที่จังหวัดน่าน
สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี
ปี 2519
ปัจจุบันทำงานที่ แผนกทางถาวร กองแบบแผน ฝ่ายการช่างโยธา การรถไฟแห่งประเทศไทย

