เอกสารอ้างอิง

1. Bunnag, S., Sukhawan, C., et al "Pavement Surfaces Characteristics and Their Skid 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

2. Csathy, T.I., Burnett, W.C., and Armstrong, M.D. "State of the Art of Skid Resistance Research." Highway Research Board Special Report 95. pp.34-48. Washington D.C., 1968.

3. Hosking, J.R. "Synthetic Aggregates of High Resistance to Polishing: Part 1-Gritty Aggregates." RRL Report LR 350. Crowthorne, Berkshire. 1970.

4. Hosking, J.R. "Synthetic Aggregates of High Resistance to Polishing: Part 3-Porous Aggregates". TRRL Laboratory Report 655 (LR 655) Crowthorne, Berkshire. 1974.

5. Hosking, J.R., and Jacob, F.A. "Synthetic Aggregates of High Resistance to Polishing : Part 4-Specially Shaped Chippings." TRRL Laboratory Report 656 (LR 656). Crowthorne, Berkshire. 1974.

6. Szatkowski, W.S., and Hosking, J.R. "The Effect of Traffic and Aggregates on the Skidding Resistance of Bituminous Surfacings." TRRL Laboratory Report 504 (LR 504). Crowthorne, Berkshire. 1972.

7. Sabey, B.E. "Road Surface Texture and the Change in Skidding Resistance with Speed." RRL Report No. 20. Harmondsworth. 1966.

8. Salt, G.F. "Research on Skid-Resistance at the Transport and Road Research Laboratory (1927-1977)." TRRL Supplementary Report 340. Crowthorne, Berkshire. 1977.

9. Hosking, J.R., and Woodford, G.C. "Measurement of Skidding Resistance Part I. Guide to the Use of SCRIM". TRRL Laboratory Report 737. Growthorne, Berkshire. 1976.

10. Hosking, J.R., and Woodford, G.C. "Measurement of Skidding Resistance Part III. Factors affecting SCRIM measurements". TRRL Laboratory Report 739. Crowthorne, Berkshire. 1976.

11. Csathy, T.I. "A Study of Skid Resistance of Pavement Surfaces". Report No. 32. Ontario : Department of Highway, 1963.

12. Giles C.G., and Sabey, B.E. "Friction Between Tire and Road : Rubber Hysteresis and Skidding Resistance". Engineering 186. (1956) : 840-842.

13. Albert, B.J., and Walker, J.C. "Tire to Wet Road Friction at High Speeds" In The Institution of Mechanical Engineers Proceeding 180. Part 2A. No. 4 (1965-1966) : pp. 105-121.

14. Giles, C.G., Sabey, B.E., and Cardew, H.H.F. "Development and Performance of the Portable Skid Resistance Tester." Road Research Technical Paper No. 66. London : Her Majesty Station Office, 1964.

15. Horne, W.B. "Tire Hydroplaning and Its Effect on Tire Traction." Highway Research Record No. 214. (1968) : pp. 24-33.

16. Maclean, D.J., and Shergold, F.A. "The polishing of the Roadstone in Relation to the Resistance to Skidding of Bituminous Road Surfacings." Road Research Technical Paper No. 43, London : Her Majesty Station Office, 1968.

17. เฉลิม บุญยืด "การศึกษาการใช้เม็ดดินเผา สำหรับผิวทางแอสฟัลท์ติค" วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, พ.ศ. 2523.

18. ปรีชา ไกรลิรเดช์ "การศึกษาคุณสมบัติทางวิศวกรรมของเม็ดดินผสมทรายเผา หินปูนเผา แก้วตะกรันเตาถลุง และตะกรันเตาหลอม เพื่อนำมาใช้เป็นวัสดุผิวทาง." วิทยานิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, พ.ศ. 2521.

19. วิยัย สังวรปทานสกุล "การผลิตและหาคุณสมบัติทางวิศวกรรมของเม็ดดินเผา ซึ่งทำจากดินเหนียว กรุงเทพฯ." วิทยานิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, พ.ศ. 2523.

20. Lupton, G.N. "The Field Testing of Skidding." Presented at a Symposium of the Influence of the Road Surface on Skidding at the Centre for Transport Studies, University of Salford, October 1968.

21. Maycock, G. "Experiments on Tyre Tread Patterns." Ministry of Transport Road Research Laboratory. Report No. LR 122. Crowthorne, Berkshire. 1967.

22. Sabey, B.E. "The Road Surface in Relation to Friction and Wear of Tyre.", Road Tar Vol. 23, No. 1, March 1969.

23. Hosking, J.R., and Woodford, G.C. "Measurement of Skidding Resistance. Part II Factors affecting the Slipperness of a Road Surface." TRRL Laboratory Report 738. Crowthrone, Berkshire. 1976.

24. "Research on Road Safety." Department of Scientific and Industrial Research. Road Research Laboratory, HMSO London. 1963.

25. Herrin, M., Marek, C.R., and Majidzadeh, K. State of the Art : "Summary of Existing Literature of Surface Treatment." Highway Research Board Special Report 96. Washington D.C. 1968.

26. Lohn, R.N., and Nevitt, H.G. "Study of Seal Coating." Proc., Association of Asphalt Paving Technologists, Vol. 16, p. 31, 1947.

27. Kearby, J.P. "Thoughts and Theories on Penetration Surfaces." Roads and Streets, Vol. 95, p.82, August 1952.

28. McLeod, N.W. "Basic Principles for the Design and Construction of Seal Coats and Surface Treatments with Cutback Asphalts and Asphalt Cements." Proc., Association of Asphalt Paving Technologists, Supplement to Vol. 29, p. 1, 1960.

29. Benson, F.J. "Surface Treatment for Highways." Public Works, Vol. 88, No. 5, p. 108, 1957.

30. Hanson, F.M. "Bituminous Surface Treatment of Rural Highways." Proc., New Zealand Society of Civil Engineers, Vol. 21, p. 89, 1934-35.

31. Shelburne, T.E. "Crushing Resistance of Surface-Treatment Aggregates." Engineering Bull., Purdue University, Research Series No. 73, Vol. 24, No. 5, September 1940.

32. Nevitt, H.G. "Aggregate for Seal Coating." Proc., Association of Asphalt Paving Technologists, Vol. 20, p. 343, 1951.

33. Hveem, F.N., Lovering, W.R., and Sherman, G.B. "The Design of Seal Coats and Surface Treatments." California Highways and Public Works, Vol. 28, No. 7-8, p. 3, July-August 1949.

34. Benson, F.J. "Seal Coats and Surface Treatments." Proc., 44th Annual Road School at Purdue University, Engineering Extension Department, Series No. 95, p. 73, April 1958.

35. Benson, F.J., and Gallaway, B.M. "Retention of Coverstone by Asphalt Surface Treatments." Texas Engineering Experiment Station, Texas A & M College, Bull. 133, 1953.

36. Lovering, W.R. "Seal Coats, Economic Usage." Western Construction, Vol. 29, No. 4, p. 60, 1954.

37. Kuipers, J.P. "Modern Surface Dressing." Wegen, Vol. 29, No. 5, p. 129, 1955.

38. Lovering, W.R. "Selecting Asphalt Binders for Seal Coats." Western Construction, June 1958.

39. Wood, T.K. "Double Asphalt Surface Treatments." Rural Roads, Vol. 9, No. 2, March-April 1959.

40. Giles, C.G. "The Skidding Resistance of Roads and the Requirements of Modern Traffic." Proc. Inst. Civ. Eng., Vol. 6, p. 216-249, February 1957.

41. Salt, G.F., and Szatkowski, W.S. "A Guide to Levels of Skidding Resistance for Roads." TRRL Laboratory Report 510 (LR 510) Crowthorne, Berkshire. 1973.

42. British Standard Institution. "Method for Sampling and Testing of Mineral Aggregates, Sand and Fillers." BS. 812. London : British Standard Institution, 1970.

43. พิภัณฑ์ คูหิรัญ เอกสารวิชาการ "งานผิวทาง Surface Treatment" พิมพ์ครั้งที่ 1 โดย งานฝึกอบรมฝ่ายต่างประเทศ กองฝึกอบรม กรมทางหลวง.

44. ทางหลวง, กรม. กองวิเคราะห์และวิจัย. วิธีการทดลองวัสดุก่อสร้าง 2 เล่ม เล่มที่ 1 และ 2 กรุงเทพ : กรมทางหลวง 2517, 2519.

45. "Traffic Volumes and Flow Maps", 1975. Thai Highway Dept., Statistic Section, Planning Division.

46. Dybalski, J.N. "Cationic Surfactants in Asphalt Adhesion". Asphalt Paving Technology, 1982 Vol. 51 pp. 293-297.

47. "Anti-Stripping Agents for Bituminous Surfacings" in Technical Bulletin 1. Scan Road. Singapore October 1982.

48. Road Research Laboratory. "Development and Performance of the Portable Skid-Resistance Tester." Road Research Technical Paper No. 66, London, HMSO, 1964.

49. Rananand, N., Sukhawan, C. "Improvement of Road Surfaces Skid Resistance by Chip Seal Coats in Thailand." Materials and Research Division, Thai Highway Dept., Report No. 16, February 1975.

50. Rananand, N., Sukhawan, C. "Skidding Resistance Values on Some Types of Surfaces on Major Highway No. 1 Section Rangsit-Saraburi." Materials and Research Division, Thai Highway Dept., Report No. 3, Februry 1972.

51. วินิจ ยัยย่ะคิริวิทยา "การนำเม็ดดินเผามาใช้ประโยชน์ในงานผิวทางแอสฟัลท์ติคคอนกรีต" วิทยานิพนธ์ ปัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, พ.ศ. 2527.

ภาคผนวก ก

ก.1 วิธีการคำนวณของ Mcleod,N.W[28]

Mcleod ได้อาศัยหลักเกณฑ์ของ Hanson เป็นหลักในการออกแบบผิวทางเซอร์เฟสทรีตเมนท์ และ ซีลโค้ท ดังนี้คือ

1. วัสดุมวลรวมขนาดเดียว (One-Size Aggregate) เหมาะที่สุดในการก่อสร้างผิวทางเซอร์เฟสทรีตเมนท์ และซีลโค้ท โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณี เซอร์เฟสทรีตเมนท์แบบชั้นเดียว (Single Application)

2. เมื่อโรยวัสดุมวลรวมครั้งแรก วัสดุมวลรวมจะเรียงตัวกันไม่เป็นระเบียบ จึงเกิดช่องว่างระหว่างวัสดุมวลรวม มีค่าประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ ก่อนการบดอัด และหลังจากการบดอัดของยวดยานแล้ว ช่องว่างระหว่างวัสดุมวลรวมจะเหลือประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น ไม่ว่าวัสดุมวลรวมจะมีขนาดเท่าใดก็ตาม

3. ภายใต้การบดอัดของยวดยาน วัสดุมวลรวมจะพยายามเรียงตัวใหม่ให้เกิดเสถียรภาพดีที่สุด คือ จะเรียงตัวในแนวราบ ดังนั้น ความหนาของวัสดุมวลรวมเฉลี่ยหลังจากบดอัดแล้วจะหนาเท่ากับ Average Least Dimension (ALD) ของวัสดุมวลรวมนั้น

4. ปริมาณยางแอสฟัลท์สูงสุดจะต้องมากพอที่จะบรรจุช่องว่าง 20 เปอร์เซ็นต์โดยใช้ยางประมาณ 50-70 เปอร์เซ็นต์ ของยางที่เหลือ (Residual Asphalt) เพื่อจะทำให้วัสดุมวลรวมสามารถคงอยู่ในตำแหน่งเดิมไว้ได้ นั่นคือ วัสดุมวลรวมจะต้องจมลงในยางแอสฟัลท์ประมาณ $\frac{2}{3}$ ของความหนาส่วนที่บางที่สุด

5. เมื่อคำนึงถึงความต้านทานการลื่นไถลของผิวทาง ความลึกผิวของวัสดุมวลรวมควรจะอยู่ในช่วง 0.11-0.185 นิ้ว (เฉลี่ย 0.15 นิ้ว) เพื่อให้ผิวทางมีความฝืดเพียงพอต่อการลื่นไถลของยวดยาน

ก.1.1 <u>ปริมาณวัสดุมวลรวมที่จะใช้ต่อตารางเมตร</u> จากหลักของ Hanson ที่ว่าความหนาเฉลี่ยของเซอร์เฟสทรีตเมนท์กำหนดด้วยค่า ALD ของวัสดุมวลรวมที่ใช้ และภายหลังถูกบดทับโดยยวดยานแล้ว ช่องว่างระหว่างวัสดุมวลรวมจะเหลือ 20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งก็คือวัสดุมวลรวมจะมีปริมาณเพียง 80 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณทั้งหมด ดังนั้น ปริมาณวัสดุมวลรวมที่ใช้คิดต่อตารางเมตร

$$Q_1 = (1-0.4V)HGE \quad \text{กิโลเมตร / ตารางเมตร}$$

เมื่อ V = Void Fraction ของวัสดุมวลรวมในลักษณะหลวม

$$= 1 - \frac{\text{น้ำหนักของวัสดุมวลรวมในลักษณะหลวม (ตัน / ลบ.เมตร)}}{\text{ความถ่วงจำเพาะชนิด Bulk ของวัสดุมวลรวม}}$$

G = ความถ่วงจำเพาะชนิด Bulk ของวัสดุมวลรวมตามมาตรฐานของ ASTM

H = Average Least Dimension (ALD) ของวัสดุมวลรวม จะกล่าวถึงวิธีหาค่าต่อไป เป็น มิลลิเมตร

E = Wastage Factor เนื่องจากเปอร์เซ็นต์ของวัสดุมวลรวมถูก Whip-Off โดยยวดยาน

ก.1.2 <u>ปริมาณยางแอสฟัลท์ที่จะใช้ต่อตารางเมตร</u> โดยทั่วไปจะใช้ปริมาณเป็นลิตร ต่อ ตารางเมตร ปริมาณยางที่ใช้ คิดที่อุณหภูมิ $60^{o}F$ จะหาได้ ดังนี้

$$Q_2 = \frac{0.4HTV + S + A}{R} \times T_p \quad \text{ลิตร / ตารางเมตร}$$

เมื่อ H = Average Least Dimension (ALD) ของวัสดุมวลรวม เป็น มิลลิเมตร

T = Traffic Factor ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณการจราจร ดูในตาราง ก.1

R = ส่วนของยางแอสฟัลท์ที่เหลือ (Residual) โดยปริมาตรในวัสดุประสานปิทูมินัส ที่ใช้ในผิวทางเฮอร์เฟสทรีตเมนท์ และซีลโคัท ดูในตาราง ก.3

S = ค่าที่ใช้ปรับแก้ปริมาณยางแอสฟัลท์ที่จะใช้ เนื่องจากลักษณะของผิวหน้าพื้นที่ที่จะลาด (Surface Texture Correction) ดูในตาราง ก..

A = ค่าที่ใช้ปรับแก้ปริมาณยางแอสฟัลท์ที่จะใช้ เนื่องจากยางแอสฟัลท์อาจจะถูกดูดซึมจากวัสดุมวลรวม (Aggregate Absorption)

T_p = ค่าตัวประกอบซึ่งขึ้นอยู่กับชนิด และ ประเภทของยางแอสฟัลท์ที่ใช้ ดูในตาราง ก.4

ก.1.3 <u>การหาค่ายนาดเฉลี่ย (Median Size) และ Average Least Dimension ของวัสดุมวลรวม</u>

วิธีที่ใช้กันโดยทั่วไป เป็นของ The Country Roads Board Of Victoria Australia (เช่นเดียวกับวิธีที่กรมทางหลวงใช้) โดยการ Plot เปอร์เซ็นต์ของวัสดุมวลรวมที่ผ่านตะแกรงแต่ละขนาด โดยน้ำหนัก (Percent Passing By Weight) กับขนาดของตะแกรง

Cover Aggregate	Values of Traffic Factor " T " Traffic Volume - Vehicles per day				
	under 100	100 to 500	500 to 1000	1000 to 2000	above 2000
Recognized good types of angular cover agg.	0.85	0.75	0.70	0.65	0.60

ตารางที่ ก.1 ค่า " *Traffic Factor (T)* " สำหรับผิวทางเซอร์เฟสทรีตเมนท์ และ ซีลโค้ท

หมายเหตุ สำหรับวัสดุมวลรวมที่มีลักษณะกลมมน (*Rounded*) ค่า *Traffic Factor (T)* จะต้องเพิ่มขึ้นอีก 0.05

Textural Rating of Existing Surface	Required Correction "S" to Asphalt Binder Requirement : Residual Asphalt			
	Operation	us.gall/yd^2	Imp.gall/yd^2	Litre/m^2
Black	Subtract	up to 0.06	up to 0.05	up to 0.272
Smooth	Nil	Nil	Nil	Nil
Hungry 1h	Add	0.03	0.025	0.136
Hungry 2h	Add	0.06	0.050	0.272
Hungry 3h	Add	0.09	0.075	0.408

ตารางที่ ก.2 ค่าปรับแก้ "*S*" สำหรับวัสดุประสานแอสฟัลท์ (*Asphalt Binder*) ขึ้นอยู่กับลักษณะสภาพผิวทางเดิม

Asphalt Binder	Fraction of Residual Asphalt "R" by Volume
Asphalt Cements	1.00
Liquid Asphalts	
RC 3000	0.87
RC 800	0.84
RC 250	0.79
RC 70	0.71
RC 5	0.87
RC 4	0.85
RC 3	0.82
RC 2	0.78
RC 1	0.73
RC 0	0.62
Asphalt Emulsions	
RS 3K	0.69
RS 2K	0.63
RS 2	0.65
RS 1	0.58

ตารางที่ ก.3 ค่าเฉลี่ยสำหรับ *Fraction "R"* ของยางส่วนที่เหลือบนผิวทางโดยปริมาตร (*Residual Asphalt by Volume*) ของวัสดุประสานแอสฟัลท์ทั้งหมดที่ใช้ในผิวทางเซอร์เฟสทรีตเมนท์ และ ซีลโค้ท

[illegible]	[illegible] (80-100)	RC-3000	RC-800	RC-250	RC-5	RC-4	RC-3	RC-2	[illegible]	[illegible]
T_p	1.10	1.08	1.06	1.04	1.08	1.07	1.06	1.04	1.02	1.025

ตารางที่ ก.4 ค่าปรับแก้ "T_p" เนื่องมาจากชนิดของวัสดุประสานแอสฟัลท์ ประเภทต่าง ๆ

นั้น ๆ (Sieve Size)ตามรูป ก.1 ตัวอย่างการคำนวณ แล้วหาขนาดของวัสดุมวลรวมที่มีเปอร์-เซ็นต์วัสดุมวลรวม เล็กกว่าขนาดนั้น 50 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ซึ่งจะเป็นขนาดเฉลี่ยของวัสดุมวลรวมที่ใช้

ต่อมาจะไปหาค่าดัชนีความแบน (Flakiness Index,F.I.) ของวัสดุมวลรวม ซึ่งหาได้จาก ความสัมพันธ์ ดังนี้

$$F.I. = \frac{\text{น้ำหนักของวัสดุมวลรวมที่ผ่าน Slotted Sieve}}{\text{น้ำหนักทั้งหมดของวัสดุมวลรวมที่ใช้ทดลอง}} \times 100 \text{---} \%$$

หมายเหตุ - Slotted Sieve ที่ใช้จะต้องมีขนาดตามมาตรฐานของ BS-812

- น้ำหนักของวัสดุมวลรวมที่ใช้ในการทดลอง Sieve Analysis ให้เป็นไปตามคำแนะนำของกองวิเคราะห์วิจัย กรมทางหลวง ดังนี้ คือ

ขนาดของวัสดุมวลรวม (นิ้ว)	น้ำหนักของวัสดุมวลรวมที่ใช้อย่างน้อย (กิโลกรัม)
1	10.0
$\frac{3}{4}$	5.0
$\frac{1}{2}$	2.0
$\frac{3}{8}$	1.0

เมื่อทราบค่า ขนาดเฉลี่ย, ดัชนีความแบนของวัสดุมวลรวม ก็สามารถหาค่า ALD ของวัสดุมวลรวมที่ใช้ทำผิวทางเซอร์เฟสทรีตเมนท์ และซีลโค้ทได้ ตามรูป ก.2 (ตัวอย่างการคำนวณ)

ก.1.4 <u>การหาน้ำหนักวัสดุมวลรวมต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรในสภาพหลวม</u> (Loose Unit Weight) วิธีการหาเช่นเดียวกันบทที่ 3 หัวข้อที่ 3.9

ก.1.5 <u>การหาปริมาณวัสดุมวลรวมโดยวิธีตรง</u> (Direct Method) โดยทำการโรยวัสดุมวลรวมลงในถาดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่ทราบขนาดพื้นที่ที่แน่นอน เกลี่ยให้ได้ความหนาเท่ากับขนาดของเม็ดวัสดุมวลรวมนั้น โดยให้มีการซ้อนกันระหว่างเม็ดน้อยที่สุด ชั่งหาน้ำหนักวัสดุมวลรวมที่ใช้ในแต่ละครั้ง ทำ 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย นำมาหาปริมาณวัสดุมวลรวมที่ใช้ต่อหนึ่งตารางหน่วยพื้นที่ ดังตัวอย่างการคำนวณ และรูปที่ ก.3

ก.2 <u>ตัวอย่างการคำนวณปริมาณวัสดุเม็ดหินเผาขนาด $\frac{1}{2}$ นิ้ว และปริมาณยางแอสฟัลท์ที่จะใช้ต่อตารางเมตรในการออกแบบ</u>

ตารางที่ ก.1 นั้นเป็นค่าปรับแก้ปริมาณยางแอสฟัลท์ที่ใช้ต่อตารางเมตร เนื่องจากปริมาณการจราจร (Traffic Volume) โดยคิดจำนวนยวดยานเป็นคันต่อวัน (Vehicles/day) ของแต่ละเส้นทางนั้น ตั้งแต่น้อยกว่า 100 คันต่อวัน จนถึง มากกว่า 2,000 คันต่อวันขึ้นไป เมื่อผิวทางเซอร์เฟสทรีตเมนท์และซีลโค้ทนั้น ใช้วัสดุมวลรวมที่มีลักษณะแข็งแรงและมีเหลี่ยมมุม แต่ถ้าวัสดุมวลรวมที่ใช้มีลักษณะกลมมนค่า Traffic Factor (T) ในตารางนี้จะต้องเพิ่มขึ้นอีก 0.05

ตารางที่ ก.2 นั้นเป็นค่าปรับแก้ "S" สำหรับวัสดุประสานแอสฟัลท์ (Asphalt Binder) เนื่องมาจากลักษณะสภาพผิวทางเดิมก่อนที่จะปูผิวทางเซอร์เฟสทรีตเมนท์หรือซีลโค้ทใหม่ โดยแบ่งลักษณะตามสภาพผิวทางเดิม (Textural Rating) ออกเป็น

ในกรณีที่ผิวทางเดิมมียางเยิ้มเห็นเป็นสีดำ (Black) ให้ลดปริมาณยางแอสฟัลท์ที่ใช้ลง โดยลดค่าปรับแก้ "S" ลงในอัตรา 0.06 แกลลอน (US.) /ตร.หลา หรือ 0.05 แกลลอน (Imp.)/ตร.หลา หรือ 0.272 ลิตร/ตร.เมตร

ในกรณีที่ผิวทางเดิมมีลักษณะเรียบ (Smooth) ไม่ต้องปรับแก้หรือเปลี่ยนแปลงปริมาณยางแอสฟัลท์ที่ใช้คือ ค่าปรับแก้ "S" = 0 (Nil)

ในกรณีที่ผิวทางเดิมมีสภาพแห้ง (Hungry) น้อย (1 h) ปานกลาง (2h) และแห้งมาก (3h) จะต้องเพิ่มปริมาณยางแอสฟัลท์ที่ใช้ โดยเพิ่มค่าปรับแก้ "S" ขึ้นในอัตรา 0.03,0.06, 0.09 แกลลอน (US.)/ตร.หลา ตามลำดับ หรือ 0.025, 0.050, 0.075 แกลลอน (Imp.) /ตร.หลา ตามลำดับ หรือ 0.136, 0.272, 0.408 ลิตร/ตร.เมตร ตามลำดับ

ตารางที่ ก.3 นั้นเป็นค่าปรับแก้ปริมาณยางแอสฟัลท์ที่ใช้ เนื่องจากส่วนของยางที่เหลืออยู่บนผิวทางโดยปริมาตร (Residual Asphalt) ของวัสดุประสานแอสฟัลท์ทั้งหมดที่ใช้ในผิวทางเซอร์เฟสทรีตเมนท์และซีลโค้ทซึ่งค่าของ "R" นี้ขึ้นอยู่กับชนิดและประเภทของยางแอสฟัลท์ที่ใช้งาน ตามตารางดังกล่าว นำค่านี้ไปแทนลงในสูตร Q_2 ในหัวข้อ ก.1.2 เพื่อหาปริมาณยางแอสฟัลท์ที่เหมาะสมต่อไป

ตารางที่ ก.4 นั้นเป็นค่าปรับแก้ปริมาณยางแอสฟัลท์ที่ใช้ ค่า "T_p" นี้เป็นตัวประกอบที่ขึ้นอยู่กับชนิดและประเภทของยางแอสฟัลท์ที่ใช้ นำค่านี้ไปแทนลงในสูตร Q_2 ในหัวข้อ ก.1.2 เพื่อหาปริมาณยางแอสฟัลท์ที่เหมาะสมในการใช้งานต่อไป

ส่วนรูป ก.1 เป็นการหาขนาดเฉลี่ย (M.S.) ของเม็ดดินเผาที่ใช้ในผิวทางเซอร์เฟสทรีตเมนท์ โดยนำผลจากการร่อนคัดขนาดด้วยตะแกรงร่อนมาตรฐาน (Sieve Analysis) ในอันดับการทดลองที่ 1 มา Plot ลงในรูป ก.1 นี้ โดย Plot ขนาดของตะแกรงร่อนมาตรฐานกับ % ขนาดของเม็ดดินเผาที่ผ่านตะแกรงร่อนนั้น (% passing) โดยน้ำหนัก ลากเส้น 50% Passing โดยน้ำหนักมาพบกับเส้นที่ Plot ไว้แล้ว จากจุดนี้ลากเส้นดิ่งลงมาพบขนาดของตะแกรงร่อนมาตรฐาน ซึ่งค่าของขนาดนี้จะถือว่าเป็นค่าขนาดเฉลี่ยของเม็ดดินเผาที่ใช้[28]

รูป ก.2 เป็นการหาค่า ALD ของเม็ดดินเผาที่ใช้ในผิวทางเซอร์เฟสทรีตเมนท์ โดยการนำค่าขนาดเฉลี่ย (M.S.) ของเม็ดดินเผามา Plot ลงในรูป ก.2 นี้ ลากเส้นขนานกับแกนนอนตัดกับเส้นดัชนีความแบน (F.I.) ที่หามาแล้วจากข้อมูลในอันดับการทดลองที่ 1 (รายละเอียดในหัวข้อ ก.1.3) แล้วลากเส้นจากจุดตัดดังกล่าวลงในแนวดิ่งพบแกนนอน ค่าที่ได้จะเป็นค่า ALD ที่ต้องการ

หลังจากได้ค่า ALD จากรูป ก.2 ซึ่งเป็นค่า H ในสูตร Q_1 และ Q_2 ในหัวข้อ ก.1.1 และ ก.1.2 ตามลำดับ เราก็จะหาค่าอัตราเม็ดดินเผาและยางแอสฟัลท์ที่ใช้ต่อพื้นที่หนึ่งตารางเมตรได้ ดังตัวอย่างการคำนวณในอันดับการทดลองที่ 1

กองวิเคราะห์และวิจัย

กรมทางหลวง

อันดับทดลองที่ 1

ทำผิวทางสาย แยกอู่ทอง - พนมทวน , แยกอู่ทอง - สุพรรณบุรี .

แหล่งวัสดุ หนองงูเห่า ชนิดของวัสดุ เม็ดดินเผา ขนาด $\frac{1}{2}$"

วันที่รับหนังสือ – วันที่รับตัวอย่าง 15 มีค. 2527

วันที่ทดลอง 15 มีค. 2527 เจ้าหน้าที่ทดลอง ประยูร .

SIEVE ANALYSIS AND SURFACE TREATMENT DESIGN

Sieve Size	Gradation: Wt. retained gm.	Gradation: Wt. passing gm.	Gradation: Passing %	Flakiness Index: Sieve	Flakiness Index: Wt. retained sq. opening (Y)	Flakiness Index: wt. passing Slotted Sieve (X)	Flakiness Index: F.I. % $\left(\frac{X}{X+Y}\times 100\right)$
1 1/2"							
1"				1 1/2"-1"			
3/4"	–	2,290	100	1"-3/4"			
1/2"	110	2,180	95.19	3/4"-1/2"	110	–	
3/8"	2,155	25	1.09	1/2"-3/8"	2,155	–	
No. 4				3/8"-No. 4			
No. 8				Total	2,165	–	0 %
No. 16							
Pan.							

Flakiness Index	%	0
Median Size	M	11.17 mm
A.L.D.	H	9.58 mm
Void Fraction	V	0.395
Bulk Sp. Gr.	G	1.614
Traffic Factor	T	0.75
Wasted Factor	E	1.00

อัตราของหินที่ใช้ กก./ตร. เมตร

$= (1-0.4\,V)\,HGE$ กก./ตร. เมตร

$= \{1-(0.4\times 0.395)\}\,9.58\times 1.614\times 1$ "

$= 13.02$ "

อัตราของยางที่ใช้ ลิตร/ตร. เมตร

$$= \frac{0.4\,HTV + \cancel{S}^{0} + \cancel{A}^{0}}{R}\times T_P \text{ ลิตร/ตร. เมตร}$$

$$= \frac{0.4\times 9.58\times 0.75\times 0.395}{1.00}\times 1.10 = 1.249 \text{ litre/m}^2$$

FOR RS-3K ;

$$= \frac{0.4\times 9.58\times 0.75\times 0.395}{0.67}\times 1.025 = 1.686 \text{ litre/m}^2$$

	AC. * (80–100)	RC.–3000	RC.–800	RC.–250	RC.–5	RC.–4	RC.–3	RC.–2	RS.–2K	RS.–3K
R	1.00	0.87	0.84	0.79	0.87	0.85	0.82	0.78	0.63	0.69
T_P	1.10	1.08	1.06	1.04	1.08	1.07	1.06	1.04	1.02	1.025

A = Aggregate Absorption = 0 สำหรับหินที่ใช้ในสนามทั่ว ๆ ไป

* ยางแอสฟัลท์ที่ใช้ในการวิจัยนี้

Traffic Factor — T

ปริมาณการจราจร คัน/วัน	ต่ำกว่า ๑๐๐	๑๐๐—๕๐๐	๕๐๐—๑๐๐๐	๑๐๐๐—๒๐๐๐	มากกว่า ๒๐๐๐
ค่า Traffic Factor T	๐.๘๕	๐.๗๕	๐.๗๐	๐.๖๕	๐.๖๐

Wastage Factor — E

E = 1.00

Void Fraction

$$V = 1 - \frac{\text{น.น. ของหินหลวม (ตัน/ลบ. เมตร)}}{G}$$

$$= 1 - \frac{0.977}{1.614}$$

$$= 0.395$$

Bulk Sp. Gr.

$$G = \frac{\text{น.น. ในอากาศของหินอบแห้งเป็นกรัม (A)}}{\text{น.น. ในอากาศของหินผิวอิ่มน้ำเป็นกรัม (B)} - \text{น.น. ในน้ำของหินเป็นกรัม (C)}}$$

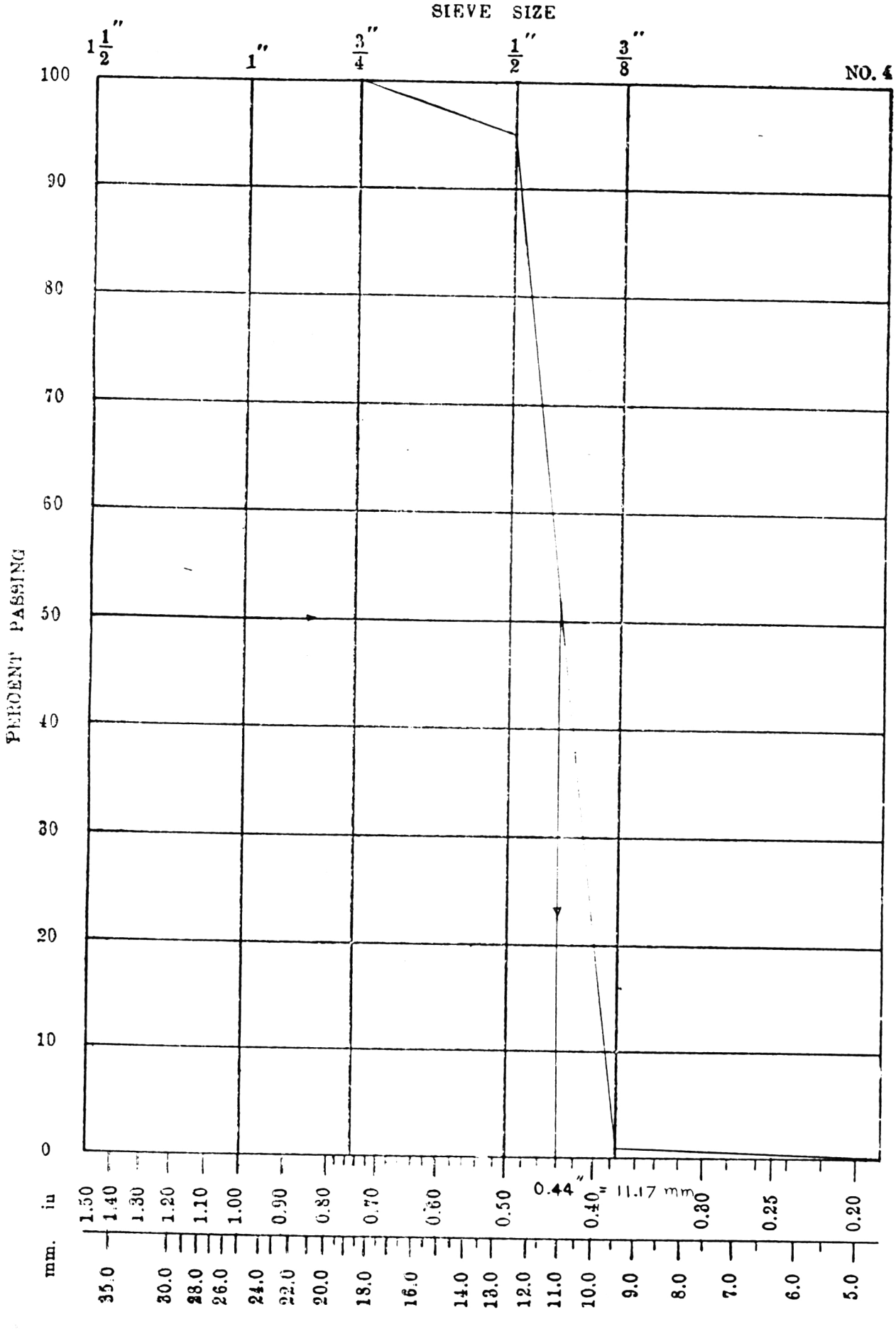
= 1.614

=

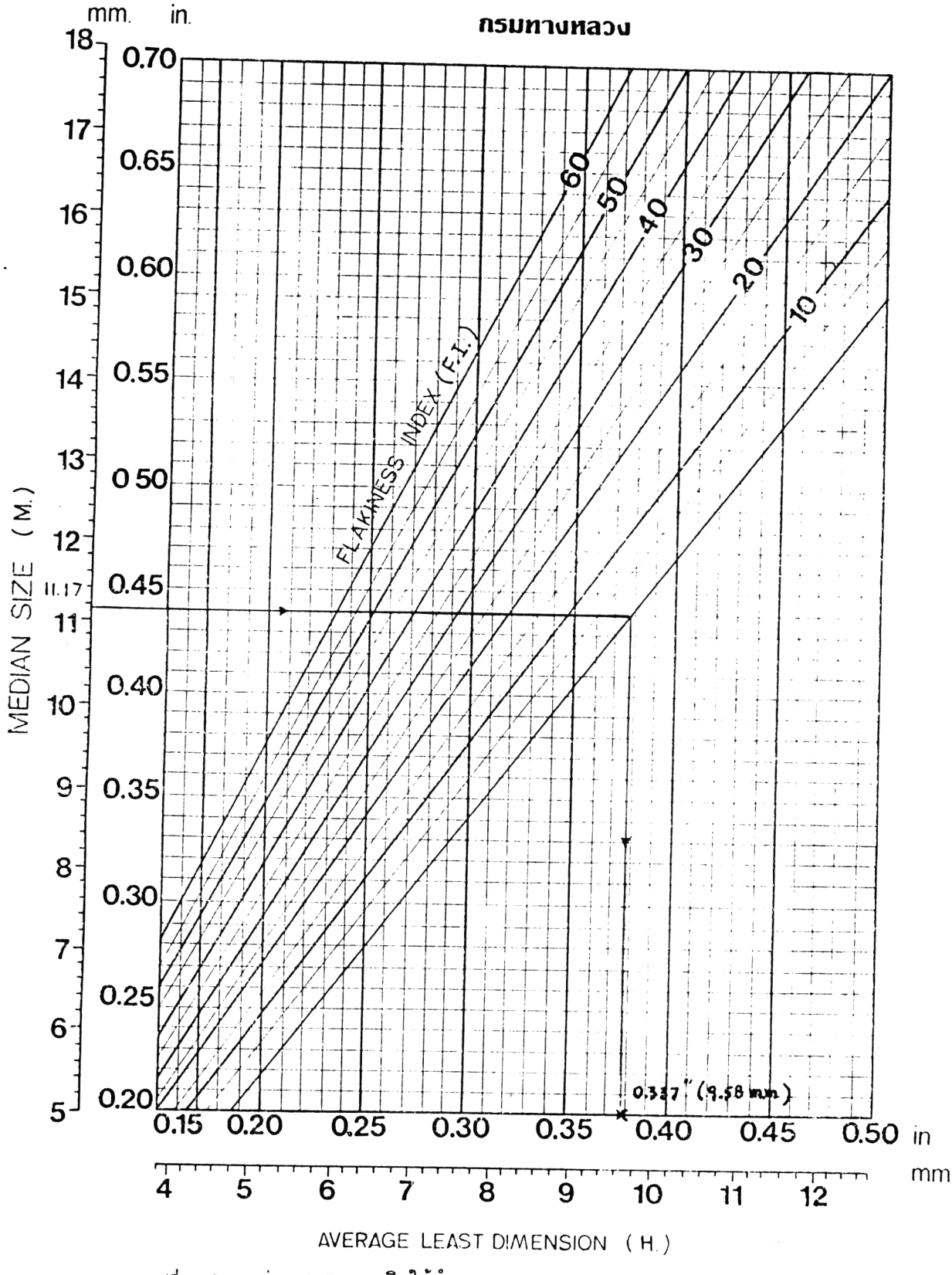
(ดูการทดลองที่ ทล.—ท ๒๐๗/๒๕๑๗)

น้ำหนักของหินที่ใช้ทดลอง Sieve Analysis

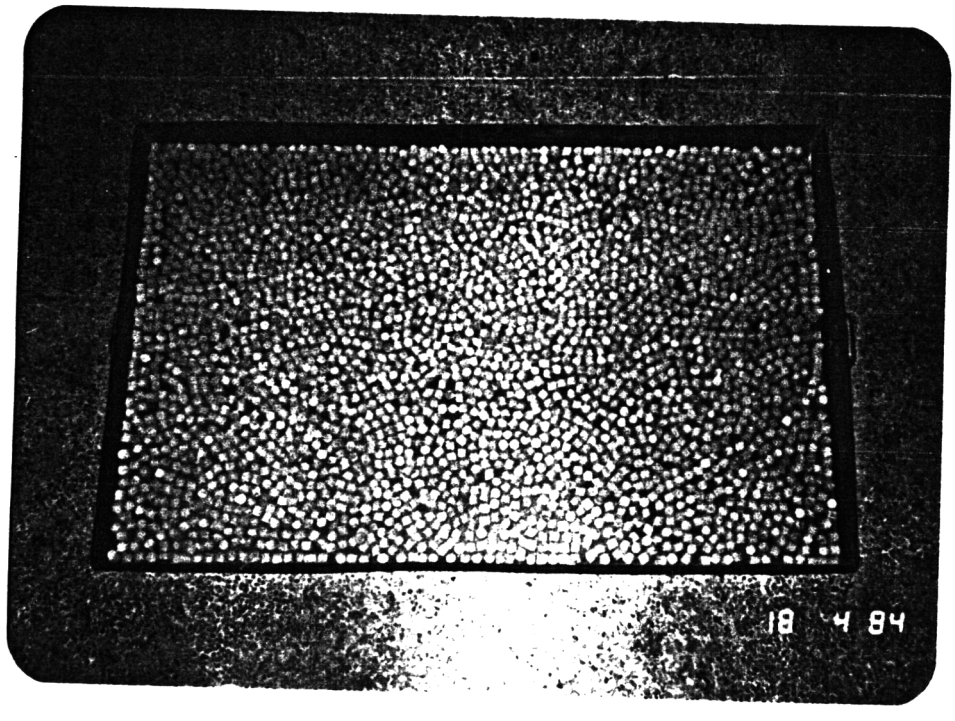
ขนาดของหิน	น.น. ของหินอย่างน้อย กก.
๑"	๑๐.๐
๓/๔	๕.๐
๑/๒	๒.๐
๓/๘	๑.๐



รูปที่ ก.1 การหา MEDIAN SIZE ของหินสำหรับทำ SURFACE TREATMENT



รูปที่ ก.2 หาค่า A.L.D ของหินใช้ทำ SURFACE TREATMENT



รูปที่ ก.3 แสดงการกระจายของอนุภาคดินเบาที่ใช้ในหนึ่งตารางเซนติเมตร โดยวิธีตรง

อันดับทดลองที่ 2

ทางหลวง แยกอู่ทอง - พนมทวน , แยกอู่ทอง - สุพรรณ ชนิดวัสดุ เม็ดดินเผาขนาด $\frac{1}{2}$"

วันที่เก็บตัวอย่าง 15 มก. 2527 เจ้าหน้าที่ทดลอง ประยูร

การหาน้ำหนักวัสดุผสมรวม และการคำนวณปริมาณวัสดุ

การหาน้ำหนักวัสดุในสภาพหลวม (LOOSE UNIT WT. OF CALCINED CLAY)

Mold No. 1 น.น. 8,400 กรัม ปริมาตร 4,190 ซม.^{3}

น.น.ดินโรยครั้งที่ 1 = 4,140 กรัม

" 2 = 4,100 "

" 3 = 4,040 "

น.น.ดินเฉลี่ย = 4,093 "

น.น.ดินต่อรวม = $\frac{\text{น.น.ดินเฉลี่ย}}{\text{ปริมาตร}} = \frac{4,093}{4,190}$

= 0.977 กรัม/ม.^{3}

= 0.977 กก/ม.^{3}

การหาปริมาณวัสดุเม็ดดินเผา (QUANTITY OF CALCINED CLAY)

ภาชนะ = 50.5 x 83.0 ซม.^{2}

น.น.ดินโรยครั้งที่ 1 = 4,950 กรัม

" 2 = 4,800 "

" 3 = 4,890 "

น.น.ดินเฉลี่ย = 4,880 "

ปริมาณวัสดุใน = $\frac{\text{น.น.ดินเฉลี่ย}}{\text{พื้นที่ภาชนะ}} = \frac{4,880}{4,191.5}$

= 1.164 กรัม/ซม.^{2}

= 11.64 กก./ม.^{2}

หาปริมาณวัสดุเม็ดดินเผาเฉลี่ย

คำนวณใช้ ALD ครั้งที่ 13.02 กก./ม.^{2}

-•- ทดลอง 11.64 กก./ม.^{2}

∴ ปริมาณเฉลี่ย = $\frac{13.02+11.64}{2}$ -,-

USED = 12.35 กก./ม.^{2}

กำหนดอัตราการใช้วัสดุ (RATE OF BITUMINOUS BINDER)

วัสดุ แอสฟัลท์ซีเมนต์ AC 80-100 PEN.

อัตราการใช้วัสดุ แอสฟัลท์ 1.25 ลิตร/ม.^{2}

อัตราการใช้วัสดุ ขนาด $\frac{1}{2}$" 12.35 กก/ม.^{2}

อัตราการใช้ ADDITIVE AGENT ชนิด DIAMIN HBG

ปริมาณ 1.50 % โดย น.น.วัสดุแอสฟัลท์ AC 80-100 PEN.

ค่า T. (TRAFFIC FACTOR) ใช้ 0.75 (100-500 vpd)

สำหรับ ยาง RS-3K : ใช้วัสดุแอสฟัลท์ 1.69 ลิตร/ม.^{2}

ใช้วัสดุเม็ดดินเผา 12.35 กก./ม.^{2}

ไม่ใช้ ADDITIVE AGENT

ค่า T. (TRAFFIC FACTOR) ใช้ 0.75 (100-500 vpd)

กองวิเคราะห์และวิจัย

อันดับทดลองที่ 3

เจ้าของตัวอย่าง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สัญญาที่ –

วันที่รับตัวอย่าง – วันที่รับหนังสือ –

หนังสือที่ – วันที่ 9 เมษายน 2527

หมายเส้น (ROUTE 324) แยกอู่ทอง - พนมทวน, แยกอู่ทอง - สุพรรณบุรี (ROUTE 321)

เจ้าหน้าที่ทดลอง ประยูร แผ่นที่ 1 ของ 2 แผ่น

อัตราการใช้วัสดุราดยางผิวทาง

ลงชั้นวัสดุ	ขนาดของหิน					อัตราหินที่ใช้ กก./ตร.ม.	อัตรายางที่ใช้ ลิตร/ตร.ม	ชนิดของยางที่ใช้	Abrasion %	แหล่งวัสดุ
	Nominal Size	Gradation	Flakiness Index (%)	Median Size (มม.)	A.L.D. (มม.)					
ชั้นแรก	1/2"	OK.	0	11.17	9.58	12.35	1.25	AC (80-100)	26.52	หนองงูเห่า
ชั้นรอง	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

หมายเหตุ 1. อุณหภูมิของยาง AC(80-100 pen.) ขณะ SPRAY 285°-350°F (140°-175°C) จะต้องผสม Additive agent ชื่อ DIAMIN HBG ปริมาณ 1.5% โดยน้ำหนัก ของ AC.

2. Bulk Sp. Gr. ของตัวอย่างหินขนาด 1/2" มีค่า 1.614 และของหินขนาด – มีค่า –

3. ถ้าผลของการตรวจสอบขนาดของหินในสนามได้ค่า A.L.D. แตกต่างไปจากที่ต้องการ ได้รับเกิน ± 0.3 จะต้องหาอัตราการใช้วัสดุใหม่

4. ให้ทำการตรวจสอบ Discharge ของ Distributor ที่แต่ละจุดใดของ Spray bar ให้ปริมาณยางออกบางแตกต่างจากค่าเฉลี่ยเกิน ± 15 % จะต้องปรับปรุงแก้ไข Spray bar เพื่อให้อัตรายางสม่ำเสมอตลอด Spray bar

5. ให้ทำการตรวจสอบอัตราการใช้วัสดุทุกๆ ครั้งที่ทำการก่อสร้างผิวทาง และควบคุมการใช้วัสดุให้เป็นไปตามที่ออกแบบไว้ตามตารางข้างบน.

6. ใช้ค่า TRAFFIC FACTOR "T" = 0.75

7. อัตราการราดแอสฟัลท์ตลอดเส้นได้ไม่เกิน ± 0.10 ลิตร ต่อตารางเมตร.

กองวิเคราะห์และวิจัย

ขันดับทดลองที่ 3

เจ้าของตัวอย่าง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สัญญาที่ —

หางสาย แยกอู่ทอง - พนมทวน (ROUTE 324) แยกอู่ทอง - สุพรรณบุรี (ROUTE 321)

วันที่รับตัวอย่าง — วันที่รับหนังสือ —

หนังสือที่ — วันที่ 9 เมษายน 2527

เจ้าหน้าที่ทดลอง ประยูร แผ่นที่ 2 ของ 2 แผ่น

อัตราการใช้วัสดุราดยางผิวทาง

ลงชั้นวัสดุ	ขนาดของหิน					อัตราหินที่ใช้ กก./ตร.ม.	อัตรายางที่ใช้ ลิตร/ตร.ม	ชนิดของยางที่ใช้	Abrasion %	แหล่งวัสดุ
	Nominal Size	Gradation	Flakiness Index (%)	Median Size (มม.)	A.L.D. (มม.)					
ชั้นแรก	1/2"	OK.	0	11.17	9.58	12.35	1.69	RS-3K	26.52	หนองงูเห่า
ชั้นสอง	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

หมายเหตุ 1. อุณหภูมิของยาง RS-3K ขณะ SPRAY 140°-180°F (60°-80°C) โดยไม่ต้องใช้ Additive agent.

2. Bulk Sp. Gr. ของตัวอย่างหินขนาด 1/2" มีค่า 1.614 และของหินขนาด — มีค่า —

3. ถ้าผลของการตรวจสอบขนาดของหินในสนามไม่ผ่าน A.L.D. แตกต่างไปจากที่ออกแบบฯ ได้รับเกิน ± 0.3 จะต้องหาอัตราการใช้วัสดุใหม่

4. ให้ทำการตรวจสอบ Discharge ของ Distributor ทุกๆ จุดในของ Spray bar ให้ปริมาณยางออกมาแตกต่างจากค่าเฉลี่ยเกิน ± 15 % จะต้องปรับปรุงแก้ไข Spray bar เพื่อให้อัตรายางสม่ำเสมอตลอด Spray bar

5. ให้ทำการตรวจสอบอัตราการใช้วัสดุทุกๆครั้งที่ทำการก่อสร้างผิวทาง และควบคุมการใช้วัสดุให้เป็นไปตามที่ออกแบบไว้ตามตารางข้างบน.

6. ใช้ค่า TRAFFIC FACTOR "T" = 0.75

7. อัตราการราดแอสฟัลท์คลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ± 0.10 ลิตรต่อตารางเมตร.

กองวิเคราะห์และวิจัย

อันดับทดลองที่ 4

เจ้าของตัวอย่าง CALCINED CLAY FOR SURFACE TREATMENT

หนังสือที่ – วันรับหนังสือ –

ทางสาย แยกอู่ทอง - พนมทวน (ROUTE 324), แยกอู่ทอง - สุพรรณ (ROUTE 321)

เจ้าหน้าที่ทดลอง ประยูร. วันรับตัวอย่าง 16 มีค. 2527 วันทดลอง 16 มีค. 2527

ABRASION TEST OF COARSE AGGREGATE BY LOS ANGELES MACHINE

Material เม็ดดินเผา

Source หนองงูเห่า

Grading B

Number of abrasive charges

Norminal size $\frac{1}{2}$"

Sample No – of –

Number of revolutions 500

Weight of charges 4584 gm

Sieve size		Accumulative weight of sample
Passing	Retained on	
$\frac{3}{4}$"	$\frac{1}{2}$"	100 gm.
$\frac{1}{2}$"	$\frac{3}{8}$"	5,000 gm.
		gm.
		gm.

Original weight of sample (W_1)	5,000	gm.
Final weight of sample (W_2)	3,674	gm.
Loss ($W_1 - W_2$)	1,326	gm.
Percentage of wear ($\frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100$)	26.52 %	

Remarks :

ประวัติผู้เขียน

นาย ประยูร เตชะจินดา เกิดวันที่ 15 มีนาคม พ.ศ. 2501 ที่กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน ในปี พ.ศ. 2523 และเข้าศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี พ.ศ. 2525.