เอกสารอ้างอิง

1. Narong Kularb. Asphalt Technology and Construction. Khon-Kaen: Department of Civil Engineering, Khon-Kaen University, 1979.

2. United States of America. National Research Council. Transportation Research Board. Recycling Materials for Highways. National Cooperative Highway Research Program Synthesis of Highway Practice, No. 54., Washington, D.C., 1978.

3. Gannon, Charles R.; Wombles, Robert H.; Ramey, Charles A.; Davis, James P., and Little, William V. "Recycling Conventional and Rubberized Bituminous Concrete Pavements Using Recycling Agents and Virgin Asphalt as Modifiers". In Proceedings of the Association of Asphalt Paving Technologists 49, pp. 95-122. Edited by Eugene L. Skok, Jr. Michigan: Cushing-Malloy, 1980.

4. Davidson, Donald D; Canessa, William, and Escobar, Steven J. "Single Additive for Recycling Asphalt Pavements". Civil Engineering ASCE 48 (December 1978): 35-38.

5. Little, D.H.; Holmgreen, R.J., Jr., and Epps, J.A. "Effect of Recycling Agents on the Structural Performance of Recycled Asphalt Concrete Materials". In Proceedings of the Association of Asphalt Paving Technologists 50, pp. 32-63. Edited by Eugene L. Skok, Jr. Michigan:Cushing-Malloy, 1981.

6. Epps, J.A.; Little, D.N.; Holmgreen, R.J., and Terrel, R.L. Guidelines for Recycling Pavement Materials. National Cooperative Highway Research Program Report, No. 224. Washington, D.C.: Transportation Research Board, 1980.

7. Terrel, R.L.; Oguara, T.M., and Epps, J.A. "Recycling of Existing Bituminous Materials for Rehabilitation of Pavements in Developing Countries". In Materials of Construction for Developing Countries. Vol. 2, pp. 567-582. Edited by R.P. Pama; P. Nimityongskul, and D.J. Cook. Bangkok:August 1978.

8. Servas, Vladis. "Cold Mix Recycling". Civil Engineering (Morgan-Grampian) (March 1981):34-35; (April 1981):8-12.

9. Dunning, Robert L; Mendenhall, Robert L, and Tischer, Kenneth K. "Recycling of Asphalt Concrete Description of Process and Test Sections". In Proceedings of the Association of Asphalt Paving Technologists 44, pp. 537-562. Edited by Eugene L. Skok, Jr. Michigan:Cushing-Malloy 1975.

10. Davidson, Donald D; Canessa, William, and Escobar, Steven J. "Recycling of Substandard or Deteriorated Asphalt Pavements- A Guideline for Design Procedures". In Proceedings of the Association of Asphalt Paving Technologists 46, pp. 496-525. Edited by Eugene L. Skok, Jr. Michigan:Cushing-Malloy, 1977.

11. Jones, George M. "Recycling of Bituminous Pavements on the Road". In Proceedings of the Association of Asphalt Paving Technologists 48, pp. 240-251. Edited by Eugene L. Skok, Jr. Michigan:Cushing-Malloy, 1979.

12. Carbett, L.W., and Schweyer. "Composition and Rheology Considerations in Age Hardening of Bitumen". In Proceedings of the Association of Asphalt paving Technologists 50, pp. 571-582. Edited by Eugene L. Skok, Jr. Michigan:Cushing-Malloy, 1981.

13. Kari, W.J.;Santucci, L.E., and Coyne, L.D. "Hot Mix Recycling of Asphalt Pavements". In Proceedings of the Association of Asphalt Paving Technologists 48, pp. 192-220. Edited by Eugene L. Skok, Jr. Michigan Cusing-Malloy, 1979.

14. Khosla, N. Paul. "Effect of Emulsified Modifiers on the Characteristics of Recycled Mixtures". In Proceedings of the Association of Asphalt Paving Technologists 51, pp. 522-539. Edited by Eugene L. Skok, Jr. Michigan:Cushing-Malloy, 1982.

15. Brown, Donglas J. "Energy Saving from Asphalt Recycling", Civil Engineering (Morgan-Grampian) (September 1979):56-59.

16. Edge, Duane E. "Mix Design Formulas for Recycled Hot-Asphalt Plant Mixtures". Civil Engineering-ASCE 51 (December 1981):63-65.

17. Servas, Vladis. "Recycling Additives. "Civil Engineering (Morgan-Grampian) (June 1981):34-36.

18. Kari, W.J.; Anderson, N.E.; Davidson, D.D.; Davis, H.L.;Doty, R.N.; Escobar, S.J.; Kline, D.L., and Stone, T.K. "Prototype Specifications for Recycling Agents Used in Hot-Mix Recycling". In Proceedings of the Association of Asphalt Paving Technologists 49, pp. 177-198. Edited by Eugene L. Skok, Jr. Michigan:Cushing-Malloy, 1980.

19. Rostler, Fritz, and Rostler, Kathleen S. "Basic Considerations in Asphalt Research Pertaining to Durability", In Proceedings of the Association of Asphalt Paving Technologists 50, pp. 582-619. Edited by Eugene L. Skok, Jr. Michigan:Cushing-Malloy, 1981.

20. Potts, C.F.; Ruth, B.E.; Schweyer, H.E., and Murphy, K.H. "Asphalt Emulsion Hot Mix Recycling Project:Analysis and Development of Guidelines". In Proceedings of the Association of Asphalt Paving Technologists 50, pp. 64-97. Edited by Eugene L. Skok, Jr. Michigan:Cushing-Malloy, 1981.

21. Little, Dallas N., and Epps, Jon A. "Evaluation of Certain Structural Characteristics of Recycled Pavement Materials". In Proceedings of the Association of Asphalt Paving Technologists 49, pp. 219-251. Edited by Eugene L. Skok, Jr. Michigan:Cushing-Malloy, 1980.

22. Servas, Vladis. "Energy Conservation". Civil Engineering (Morgan-Grampian) (July 1981):25-29.

23. Whitcomb, William; Hicks, R.G., and Escobar, Steven J. "Evaluation of A Unified Design for Asphalt Recycling by means of Dynamic and Fatigue Testing". In Proceedings of the Association of Asphalt Paving Technologists 50, pp. 1-31. Edited by Eugene L. Skok, Jr. Michigan:Cushing-Malloy, 1981.

24. ทางหลวง, กรม. รายการละเอียดควบคุมการก่อสร้างทางหลวง. กรุงเทพมหานคร: กรมทางหลวง, 2513.

25. ทางหลวง, กรม. กองวิเคราะห์และวิจัย. วิธีการทดลองวัสดุก่อสร้าง, เล่มที่ 1. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร:กองวิเคราะห์และวิจัย กรมทางหลวง, 2520.

26. ทางหลวง, กรม. กองวิเคราะห์และวิจัย.วิธีการทดลองวัสดุก่อสร้าง. เล่มที่ 2. กรุงเทพมหานคร:กองวิเคราะห์และวิจัย กรมทางหลวง, 2519.

27. ทางหลวง, กรม. กองวิเคราะห์และวิจัย. วิธีการทดลองวัสดุก่อสร้าง. เล่มที่ 3, กรุงเทพมหานคร:กองวิเคราะห์และวิจัย กรมทางหลวง, 2524.

28. American Association of State Highway and Transportation Officials, Stantdard Specifications for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing Part II. Methods of Sampling and Testing. Washington, D.C.:The American Association of State Highway and Transportation Officials, 1978.

29. American Society for Testing and Materials. 1983 Annual Book of ASTM Standards. Vol. 04.02. Easton, MD., U.S.A.:American Society for Testing and Materials, 1983.

30. American Society for Testing and Materials. 1983 Annual Book of ASTM Standards. Vol. 04.03, Easton, MD., U.S.A.:Amierican Society for Testing and Materials, 1983.

31. American Society for Testing and Materials. 1983 Annual Book of ASTM Standards. Vol. 04.04. Easton, MD., U.S.A.:American Society for Testing and Materials, 1983.

32. British Standard Institution. British Standard 812:1967 Method for Sampling and Testing of Mineral Aggregates. England: Waterlow and Sons, 1967.

33. Asphalt Institute. Mix Design Methods for Asphalt Concrete and Other Hot-Mix Types. Manual Series No. 2. 4th ed. U.S.A.: The Asphalt Institute, 1974.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ข้อกำหนดวัสดุแอสฟัลติกคอนกรีต

ก.1 ข้อกำหนดวัสดุแอสฟัลท์ติคคอนกรีตของกรมทางหลวง

ก.2 ข้อกำหนดวัสดุแอสฟัลท์ติคคอนกรีตของกรุงเทพมหานคร

ภาคผนวก ข การทดสอบแอสฟัลท์

ข.1 วิธีการทดสอบหาค่าพีนีเตร์ชั่น (Penetration)

ข.2 วิธีการทดสอบหาค่าการดึงเป็นเส้น (Ductility)

ข.3 วิธีการทดสอบหาจุดอ่อนตัว (Softening point)

ข.4 วิธีการทดสอบหาจุดวาบไฟ (Flash point)

ข.5 วิธีการทดสอบหาความถ่วงจำเพาะ

ข.6 วิธีการทดสอบการละลายของวัสดุบิทูเมนในสารทำละลายอินทรีย์

ข.7 วิธีการทดสอบหาการสูญเสียเมื่อให้ความร้อน (Loss on heating)

ภาคผนวก ค การทดสอบวัสดุมวลรวม (Aggregate)

ค.1 วิธีการทดสอบหาขนาดวัสดุเล็กกว่า 0.075 มม. โดยผ่านตะแกรงแบบล้าง

ค.2 วิธีการทดสอบหาขนาดวัสดุ โดยผ่านตะแกรงแบบไม่ล้าง

ค.3 วิธีการทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะของวัสดุชนิดเม็ดหยาบ

ค.4 วิธีการทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะของวัสดุชนิดเม็ดละเอียด

ค.5 วิธีการทดสอบหาการดูดซึมแอสฟัลท์

ค.6 วิธีการทดสอบหาความสึกหรอโดยใช้เครื่อง Los Angeles

ค.7 วิธีการทดสอบหาค่า Sand Equivalent

ค.8 วิธีการทดสอบการหลุดลอกของแอสฟัลท์

ค.9 วิธีการทดสอบหา Soundness ของวัสดุชนิดเม็ดหยาบ

ค.10 วิธีการทดสอบหาค่าดรรชนีความแบน (Flakiness Index)

ค.11 วิธีการทดสอบหาค่าดรรชนีความยาว (Elongation Iedex)

ภาคผนวก ง การทดสอบแอสฟัลติกคอนกรีต

ง.1 วิธีการแยกและหาปริมาณของบิทูเมนจากส่วนผสมแอสฟัลท์ติคคอนกรีต

ง.2 วิธีการนำแอสฟัลท์จากสารละลายแอสฟัลท์ในตัวทำละลาย

ง.3 วิธีการทดสอบแอสฟัลท์ติคคอนกรีตแบบผสมร้อน (Hot Mix) โดยวิธีมาร์แชลล์

ภาคผนวก ก

ข้อกำหนดวัสดุแอสฟัลติกคอนกรีต

ภาคผนวก ก.1 ข้อกำหนดวัสดุแอสฟัลท์ติคคอนกรีตของกรมทางหลวง[24]

วัสดุ (Materials)

1.1 วัสดุแอสฟัลท์ (Bituminous Materials) วัสดุแอสฟัลท์ที่ใช้ต้องเป็นแอสฟัลท์ซีเมนต์ (Asphalt Cement - A.C.) ชนิด 80-100 Penetration, Specifications ของแอสฟัลท์ให้เป็นไปตามข้อกำหนดของกรมทางหลวง ซึ่งได้ทำการวิเคราะห์ให้ใช้ได้แล้ว

1.2 วัสดุ Aggregate Aggregates ที่มีขนาดค้างตะแกรง No. 4 (U.S. Standard Sieve) เรียกว่า"Coarse Aggregates" ส่วนที่ผ่านตะแกรง No. 4 เรียกว่า "Fine Aggregates"

1.2.1 Coarse Aggregates จะต้องเป็นหินย่อย (Crushed Stone) กรวดย่อย (Crushed Gravel) หรือหินย่อยและกรวดย่อยผสมกัน หรืออย่างอื่นใดที่กรมทางหลวงอนุมัติให้ใช้ได้

1.2.2 วัสดุ Coarse Aggregates จะต้องสะอาดปราศจากสิ่งสกปรก ดินเหนียว Silt หรือ Organic Matter ผสมหรือปนอยู่และจะต้องไม่มีปฏิกริยากับวัสดุแอสฟัลท์ ทำให้คุณภาพของ Asphaltic Concrete เสื่อมเสีย

1.2.3 Coarse Aggregates จะต้องมีเปอร์เซนต์ความสึกหรอไม่เกิน 40 เปอร์เซนต์ หรืออย่างอื่นใดที่กรมทางหลวงอนุมัติให้ใช้ได้ เมื่อทดลองโดยวิธี Los Angeles Abration Test (AASHO T 96)

1.2.4 Coarse Aggregates เมื่อทดลองโดยวิธี Soundness Test (AASHO T 104-57) น้ำหนัก Aggregates ที่หายไปจะต้องไม่เกิน 9 เปอร์เซนต์

1.2.5 Coarse Aggregates เมื่อทดลองโดยวิธี Stripping Test for Bitumen Aggregates Mixtures (AASHO T 182-57) ผิว Aggregates จะต้องมีแอสฟัลท์เคลือบไม่น้อยกว่า 95 เปอร์เซนต์

1.2.6 Coarse Aggregates เมื่อทดลองหา Flakiness Index และ Elongation Index ต้องมีค่า Flakiness Index และ Elongation Index ไม่มากกว่า 30 เปอร์เซนต์ ตามวิธีของ B.S. 812

1.2.7 Coarse Aggregates ที่ใช้หลังจากผ่านเครื่องไม่หรือเครื่องย่อยจนได้ขนาดที่ต้องการแล้ว จะต้องมีหน้าหนึ่งหน้าใดแตกอย่างน้อย 50 เปอร์เซนต์ของปริมาณทั้งหมดที่ใช้ทำ Asphaltic Concrete

1.2.8 Fine Aggregates จะต้องเป็นหินฝุ่นหรือทรายที่สะอาดปราศจากสิ่งสกปรก ดินเหนียว Silt หรือ Organic matter ผสมหรือปะปนอยู่และจะต้องไม่มีปฏิกริยากับวัสดุแอสฟัลท์ ทำให้คุณภาพของ Asphaltic Concrete เสื่อมเสีย

1.2.9 Fine Aggregates เมื่อทดลองโดยวิธี Sand Equivalent Test (AASHO T 176-56) จะต้องมีค่าของ Sand Equivalent Test มากกว่า 50

1.3 Mineral Filler ถ้าจำเป็นต้องใช้ในกรณีที่ส่วนละเอียดไม่พอ ต้องเป็น Stone Dust, Portland Cement, Silica Cement หรือวัสดุพวก Non Plastic ซึ่งได้รับอนุมัติจากกรมทางหลวงให้ใช้ได้ Mineral Filler จะต้องแห้ง ไม่จับกันเป็นเม็ดกลม เมื่อทดสอบหา Sieve Analysis จะต้องมีส่วนผ่านตะแกรง ดังต่อไปนี้

ตาราง ผ-1 ขนาดผ่านตะแกรงต่าง ๆ ของ Mineral Filler ตามข้อกำหนดของกรมทางหลวง

Sieve Size (U.S. Standard Sieve)	Percent Passing by Weight
No. 30	100
No. 80	95-100
No. 200	65-100

1.4 ส่วนประกอบของวัสดุผสม Asphaltic Concrete (Composition of Mix) วัสดุ Aggregates แต่ละขนาดที่นำมาผสมจะต้องมีขนาดคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงมาก ซึ่งอยู่ในดุลพินิจของผู้ควบคุมงานของกรมทางหลวงและเมื่อนำมาผสมกันแล้วต้องได้ขนาดตามตารางข้างล่างในข้อนี้

ตารางที่ ผ-2 ตารางแสดงขนาดของวัสดุ Aggregates และปริมาณ A.C. ที่ผสมตามข้อกำหนดของกรมทางหลวง

Sieve Size (U.S. Standard Sieve) (Openning)	Percent Passing by Weight	
	Grade A Dense Grade	Grade B Coarse Grade
3/4 in	100	100
1/2 in	80-100	75-100
3/8 in	70-90	60-85
No. 4	50-70	35-55
No. 8	35-50	20-35
No. 30	18-2	10-22
No. 50	13-23	6-16
No. 100	8-16	4-12
No. 200	4-10	2-8
Asphalt Cement (A.C. 80-100) Content, % by Wt. of total mix	3.5-7.0	3.0-6.5

ตารางที่ ผ-3 ขนาดของวัสดุ Aggregate ต่าง ๆ ที่นำมาคละกันตามข้อกำหนดของกรมทางหลวง

Recommended Size of Aggregates and Mineral Filler

Percent Passing by Weight

Sieve Sizes Openning	3/4"	1/2"	3/8"	4	8	16	30	50	100	200
หินหรือ Coarse Agg.	100	70-90	40-60	5-20	0-5					
หินฝุ่นหรือ Fine Agg.			100	80-100				30-50		10-25
ทรายหยาบหรือทรายละเอียด				100						0-15
Mineral Filler							100	95-100	90-100	70-100

1.5 กรมทางหลวงอาจพิจารณาเห็นว่า เพื่อประโยชน์ของทางราชการและเพื่อความสะดวกของการปฏิบัติงาน ส่วนผสมขนาดของ Aggregates ปริมาณยางแอสฟัลท์อาจจะเปลี่ยนแปลงไปจากตารางที่กำหนดไว้ในข้อ 1.4 ก็ได้ ในเมื่อได้ความแข็งแรงถูกต้องตามความประสงค์แล้ว

มาตรฐานสำหรับ Asphalt Cement AASHO Designation : 20-54

1. Asphalt Cement ต้องได้มาจากการกลั่น Petroleum มีเนื้อสม่ำเสมอ ไม่มีน้ำเจือปนและไม่เป็นฟองเมื่อได้รับความร้อนถึง 347°F

2. Asphalt Cement ต้องมีคุณสมบัติดังแสดงในรายการต่อไปนี้

ตารางที่ ผ-4 มาตรฐานของแอสฟัลท์ซีเมนต์ตามข้อกำหนดกรมทางหลวง

	MIN.	MAX.
Penetration	80	100
Flash Point, Cleveland open cup °C	232	-
Ductility at 77°F, 5 cm. per min, cm .	100	-
Loss on heating, 325°F, 5 hr., percent	-	1.0
Solubility in CCl_4, percent	99.0	-

การออกแบบส่วนผสมโดยวิธี Marshall ประกอบด้วย

1. preparation of test specimens
2. bulk specific gravity determination
3. Stability and flow test
4. density and void analysis

Marshall Design Criteria แสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ ผ-5 ข้อกำหนดในการออกแบบโดยวิธีมาร์แชลล์ของกรมทางหลวง

Traffic Category No. of Compaction Blows Each End of Speciman	Heavy 75		Medium 50		Light 35	
Test Property	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Stability, all mixtures, lb	750	-	500	-	500	-
Flow, all mixtures, 0.01 in	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 Agg.	(ดูตารางต่อไป)					

ตารางที่ ผ-6 เปอร์เซนต์ของช่องว่างต่ำสุดในวัสดุมวลรวม

Minimum Percent Voids in Mineral Aggregate (VMA)

U.S.A. Standard Sieve Designation	Nominal Maximum Particle Size		Minimum Voids in Mineral Aggregate Percent
	in	mm	
No. 16	0.0469	1.18	23.5
No. 8	0.093	2.36	21
No. 4	0.187	4.75	18
3/8"	0.375	9.5	16
1/2"	0.500	12.5	15
3/4"	0.750	19.0	14
1"	1.0	25.0	13
1 1/2"	1.5	37.5	12
2"	2.0	50	11.5
2 1/2"	2.5	63	11

ภาคผนวก ก.2 ข้อกำหนดวัสดุแอสฟัลท์ติคคอนกรีตของกรุงเทพมหานคร

แอสฟัลท์ผสม (Hot Mixed หรือ Asphaltic Concrete) หมายถึงการผสมหิน (Aggregate) ที่มีส่วนขนาดคละต่าง ๆ ทำให้ร้อนแล้วใช้ผสมกับแอสฟัลท์ (Asphalt หรือ Bituminous Material) กำลังร้อนอย่างปราณีตในเครื่องผสม ส่วนผสมที่อาจใช้ทรายกับวัตถุแทรก (Filler) ผสมด้วยก็ได้ ทั้งนี้ได้กำหนดคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ดังนี้

1. วัสดุหินย่อย

1.1 ประกอบด้วยส่วนที่หยาบที่ค้างตะแกรงเบอร์ 8 และส่วนที่ละเอียดที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200

1.2 ต้องสะอาด เหนียว ผิวหน้าทนทานและไม่มีชิ้นส่วนที่แบนย่อยและผุมากเกินควร

1.3 เปอร์เซนต์ของความสึกหรอ (Percentage of Wear) เมื่อทดลองด้วยวิธี Los Angeles Abrasion Test และจะต้องไม่เกิน 40

1.4 ส่วนที่หยาบจะต้องเป็นหินย่อย (Crushed Stone) หากจะใช้กรวดจะต้องเป็นกรวดย่อย (Crushed Gravel) หรืออื่นใดที่ทำการทดลองให้ใช้แล้ว

1.5 ส่วนที่ละเอียดต้องเป็นหินฝุ่น (Lime Stone dust) หรือปูนซีเมนต์หรือปูนขาว (Hydrated Lime) ในกรณีที่ไม่สามารถหาหินส่วนละเอียดได้จะใช้ทรายก็ได้ แต่หินส่วนหยาบจะต้องเป็นหินย่อย (Crushed Stone) แต่เพียงอย่างเดียว หรืออื่นใดที่ได้ทำการทดลองให้ใช้แล้ว

2. วัสดุแอสฟัลท์ (Asphalt หรือ Bituminous Material)

2.1 แอสฟัลท์ซีเมนต์ (Asphalt Cement ชนิด 80-100 Penetration) Specifications ของแอสฟัลท์ตามข้อนี้เป็นไปตามกำหนดของกรุงเทพมหานครหรือของกรมทางหลวง ซึ่งได้ทำการวิเคราะห์ให้ใช้แล้ว

๓. ส่วนผสม ผิวทางนี้ประกอบด้วยหินย่อยตามขนาดของผิวและอัตราส่วนผสมของแอสฟัลท์ดังต่อไปนี้

๓.๑ ส่วนผสมอย่างละเอียด ซึ่งใช้เป็นทั้งชั้นปรับระดับบางและตื้น (Leveling Course) และชั้นผิวจราจร (Wearing Course)

ตารางที่ ผ-7 ขนาดของส่วนผสมอย่างละเอียดตามข้อกำหนดกรุงเทพมหานคร

ขนาดตะแกรงร่อน	เปอร์เซนต์ผ่านตะแกรง
3/4"	100
1/2"	81-91
3/8"	66-76
4 Mesh	57-65
8 Mesh	49-57
20 Mesh	19-27
50 Mesh	10-19
100 Mesh	7-15
200 Mesh	6-8

๓.๒ ส่วนผสมอย่างหยาบ ซึ่งใช้กับชั้นปรับระดับหนาและลึก (Leveling Course)

ตารางที่ ผ-8 ขนาดของส่วนผสมอย่างหยาบตามข้อกำหนดกรุงเทพมหานคร

จำนวนแอสฟัลท์เป็นเปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก 4.5-5.2 ไม่เกิน 6	
ขนาดตะแกรงร่อน	เปอร์เซนต์ผ่านตะแกรง
1 1/2"	100
1"	70-100
3/4"	50-80
3/8"	25-60
4 Mesh	10-30
8 Mesh	5-20
200 Mesh	0-4

4. วิธีการผสม ใช้วิธีผสมแอสพัลท์กับหินด้วย Hot Mix Plant และให้มีอุณหภูมิของวัสดุดังนี้

แอสพัลท์ซีเมนต์	80-100	140-160°C
อุณหภูมิของหินย่อย		140-160°C

5. อุณหภูมิของแอสพัลท์ผสม หลังจากผสมเสร็จแล้วต้องมีคุณสมบัติเมื่อทำการทดสอบด้วยวิธีการของมาร์แชลล์มีอุณหภูมิ 140°C และอัดด้วย Hammer มาตรฐานข้างละ 75 ครั้งแล้วดังนี้

5.1 จะต้องมีค่า Stability ไม่ต่ำกว่า 750 ปอนด์

5.2 ค่า Flow อยู่ระหว่าง 8-16

5.3 Void in Total Mixer 3-5 %

6. ผู้ขายจะต้องมีวิศวกรควบคุมการผลิตและส่งผลการทดสอบตามข้อ 5 ให้ทราบเป็นระยะ ๆ ไม่น้อยกว่า 2-3 ครั้งที่จัดซื้อครั้งหนึ่ง ๆ

การส่งมอบ ผู้ส่งมอบแอสพัลท์นี้จะต้องจัดรถบรรทุกสำหรับบรรทุกแอสพัลท์ผสมร้อน จะต้องมั่นคงสะอาดและผิวภายในกะบะเป็นโลหะเรียบและผิวภายในกะบะต้องพ่นด้วยน้ำสบู่หรือน้ำมันโซล่า เพื่อป้องกันแอสพัลท์ผสมร้อนกับพื้นรถกะบะ รถบรรทุกแอสพัลท์ผสมร้อนต้องเดินทางมาภายในระยะกำหนดที่สั่งการและแอสพัลท์ผสมจะต้องมีความร้อนอยู่ไม่น้อยกว่า 110° และหากมีระยะไกลจะต้องคลุมด้วยผ้าใบกันการสูญเสียความร้อนหรือถูกน้ำฝน เพื่อให้รถบรรทุกทุกคันรักษาอุณหภูมิของแอสพัลท์ผสมตามที่ต้องการขณะใช้งานได้

แหล่ง: งานพัสดุ กองก่อสร้างและบูรณะ สำนักการโยธา กรุงเทพมหานคร

ภาคผนวก ข

การทดสอบแอสฟัลท์

ภาคผนวก ข.1 วิธีการทดสอบหาค่าพีนีเตรชั่น (Penetration)[26,28,30,31] (เทียบเท่า ทล. ท. 403/2518, ASTM D 5-73, AASHTO T 49-78)

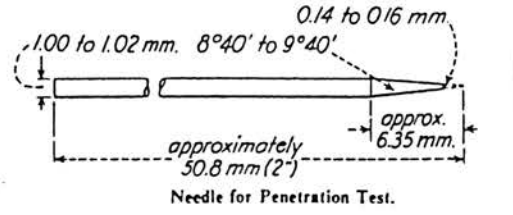
ความมุ่งหมาย

วิธีการทดลองนี้เป็นการหาค่า Penetration ของวัสดุบิทูมินัสหรือแอสฟัลท์ที่อยู่ในสภาพแข็งหรือกึ่งแข็ง การทดสอบนี้ใช้ได้กับวัสดุที่มีค่า Penetration ต่ำกว่า 350 ค่าของ Penetration วัดจากระยะทางที่เข็มมาตรฐานจมลงในเนื้อวัสดุภายใต้น้ำหนัก เวลา และอุณหภูมิที่กำหนด โดยที่ 1 Penetration เท่ากับ 1 ใน 10 ของมิลลิเมตร

อุปกรณ์

1. Penetration Apparatus ประกอบด้วยแกนยึดเข็มที่เคลื่อนที่ในแนวดิ่ง โดยมีแรงเสียดทานน้อยที่สุดและสามารถอ่านระยะการเคลื่อนที่ได้ละเอียด 0.1 มม. น้ำหนักของแกนเคลื่อนที่นี้เท่ากับ 47.5±0.05 กรัม เมื่อรวมน้ำหนักของเข็มแล้วเท่ากับ 50.0±0.05 กรัม น้ำหนักถ่วงที่ใช้หนัก 50±0.05 กรัม และ 100±0.05 กรัม เพื่อที่จะให้น้ำหนักกดรวม 100 และ 200 กรัมตามแต่ข้อกำหนดในการทดลอง ผิวที่ใช้วางตัวอย่างจะต้องราบและทำมุมกับแกนยึดเข็มประมาณ 90 องศา

2. Penetration Needle แสดงในรูปที่ ผ-1 ทำจากแสตนเลสที่แข็ง เกรด 440 C หรือ HRC (Rockwell hardness) 54 ถึง 60 ยาวประมาณ 50 มม. เส้นผ่าศูนย์กลาง 1.00 ถึง 1.02 มม. ปลายข้างหนึ่งแหลมเป็นรูปกรวย มีมุมแหลมระหว่าง 8.7 และ 9.7 องศา กรวยแหลมนี้ต้องมีแกนตรงและตัดปลายให้มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.14 ถึง 0.16 มม. ปลายนี้ต้องคมและเรียบ ปลายอีกด้านหนึ่งของเข็มฝังในโลหะทรงกระบอก มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.2±0.05 มม. ยาว 38±1 มม. ทำด้วยทองเหลืองหรือแสตนเลสสตีล เข็มมาตรฐานจะยาวออกมาภายในระยะ 40 และ 45 มม. น้ำหนักรวมของเข็มและโลหะทรงกระบอกเท่ากับ 2.50±0.05 กรัม



Needle for Penetration Test.

รูป ผ-1 เข็มมาตรฐานใช้ในการทดสอบหาค่า Penetration

3. ภาชนะบรรจุตัวอย่าง ทำด้วยแก้วหรือโลหะทรงกระบอก ก้นแบนเรียบ สำหรับวัสดุที่มีค่า Penetration ต่ำกว่า 200 ภาชนะบรรจุจะต้องมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 55 มม. ลึก 35 มม. ค่า Penetration ระหว่าง 350 ถึง 200 ภาชนะบรรจุจะต้องมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 70 มม. ลึก 45 มม.

4. อ่างน้ำปรับอุณหภูมิ สามารถบรรจุน้ำได้ไม่น้อยกว่า 10 ลิตร และควบคุมอุณหภูมิที่ 25±0.1 C หรือข้อกำหนดการทดลองอื่น ๆ ภายใน 0.1 C อ่างน้ำจะต้องมีชั้นโปร่งสูงจากก้นอ่างไม่น้อยกว่า 50 มม. และต่ำจากผิวน้ำไม่น้อยกว่า 100 มม.

5. Transfer Dish ภาชนะย้ายตัวอย่างต้องมีความจุไม่น้อยกว่า 350 มม. และลึกพอสมควรที่จะให้ตัวอย่างจมมิดในน้ำ เส้นผ่าศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 90 มม. ลึกไม่น้อยกว่า 55 มม.

6. นาฬิกาจับเวลา อ่านได้ละเอียด 0.1 วินาที

7. Thermometers สำหรับการทดสอบที่ 25 C(77F) เทอร์โมมิเตอร์จะต้องมีช่วงระหว่าง 19 ถึง 27 C (66 ถึง 80 F) และจมอยู่ในอ่างลึก 150±15 มม.

8. เตาอบ (Heater) สำหรับละลายตัวอย่าง

วิธีการทดลอง

1. ทำตัวอย่างให้เหลวโดยใช้ความร้อนและคนอย่างสม่ำเสมอ ป้องกันการร้อนมากเกินไปที่จุดใดจุดหนึ่ง จนตัวอย่างมีอุณหภูมิสูงกว่าจุดอ่อนตัว (Softening point) ประมาณ

80-90^{0}C สำหรับแอสฟัลท์ และอย่าให้ความร้อนนานกว่า 30 นาที ระวังไม่ให้เกิดฟองอากาศภายในตัวอย่าง

2. เทตัวอย่างลงในภาชนะบรรจุตัวอย่างให้มีปริมาณมากพอ โดยที่คาดว่าเข็มมาตรฐานจะจมลงห่างจากก้นภาชนะไม่น้อยกว่า 10 มม.

3. ปิดภาชนะบรรจุตัวอย่างเพื่อป้องกันฝุ่น แล้วปล่อยให้เย็นลงในบรรยากาศที่อุณหภูมิ 15 ถึง 30^{0}C นาน 1 ถึง 1 $\frac{1}{2}$ ชั่วโมง สำหรับภาชนะเล็ก และ 1 $\frac{1}{2}$ ถึง 2 ชั่วโมง สำหรับภาชนะใหญ่ หลังจากนั้นวางไว้ในภาชนะย้ายตัวอย่างแล้วนำไปแช่ในอ่างน้ำปรับอุณหภูมิที่ทดลองประมาณ 1 ถึง 1 $\frac{1}{2}$ ชั่วโมง สำหรับภาชนะบรรจุตัวอย่างเล็ก และ 1 $\frac{1}{2}$ ถึง 2 ชั่วโมง สำหรับภาชนะใหญ่

4. ในการทดลอง ถ้ามิได้กำหนดเงื่อนไขใด ๆ ใช้การทดสอบที่ 25^{0}C (77F) น้ำหนัก 100 กรัม และเวลา 5 วินาที ย้ายภาชนะบรรจุตัวอย่างโดยให้อยู่ในอุณหภูมิคงที่วางบนที่ตั้งของเครื่องมือ

5. ทำความสะอาดเข็มมาตรฐานด้วยผ้าสะอาดชุบคาร์บอนเตตระคลอไรด์และใช้ผ้าแห้งเช็ดอีกครั้งหนึ่ง ปรับเครื่องมือให้ปลายเข็มมาตรฐานสัมผัสผิวของตัวอย่างพอดี อาจสังเกตได้จากเงาของเข็มที่เกิดจากการสะท้อนบนผิวหน้าของตัวอย่าง ในบริเวณที่รับแสงสว่างพอเหมาะ ตั้งหน้าปัดให้อ่านค่าทดลองที่ศูนย์ ปล่อยเข็มให้จมลงบนตัวอย่างตามระยะเวลาที่กำหนด จากนั้นปรับหน้าปัดให้อ่านระยะทางที่เข็มจมลงไปในตัวอย่าง ในขณะทดลองถ้าภาชนะบรรจุตัวอย่างเคลื่อนที่ การทดลองนั้นถือว่าใช้ไม่ได้

6. ทำการทดลองให้ได้ค่าอย่างน้อย 3 ครั้ง ตำแหน่งในแต่ละครั้งที่กดเข็มลงบนตัวอย่างให้ห่างจากผิวภาชนะไม่น้อยกว่า 10 มม. และจุดทดลองแต่ละจุดห่างกันไม่น้อยกว่า 10 มม.

การรายงาน

รายงานค่าที่ได้จากการเฉลี่ยค่า Penetrations ที่ได้ทั้ง 3 ครั้ง โดยที่ค่าแตกต่างระหว่างค่าที่ได้ในแต่ละครั้งต้องไม่เกินกว่าค่าที่กำหนดในตารางที่ ผ-9

ตารางที่ ผ-9ก ค่าแตกต่างสูงสุดที่ได้จากการทดลอง Penetration

Penetration	0-49	50-149	150-249	250
Maximum difference between highest and lowest determination	2	4	6	8

ถ้าค่าที่ได้แตกต่างมากกว่าตารางที่ ผ-9ก ให้ทำการทดลองใหม่ สำหรับการทดสอบหลาย ๆ ตัวอย่าง หรือผลการทดลองจากผู้ทดสอบหลายคน ค่าแตกต่างที่จะยอมรับผลการทดลองนั้น แสดงในตารางที่ ผ-9ข

ตารางที่ ผ-9ข ค่าแตกต่างในการยอมรับผลการทดลองหาค่า Penetration

Material	Standard Deviation or Coefficient of Variation (1S) or (1S%)	Acceptable Range of two Test Results (D2S) or (D2S %)
Single-operator precision:		
Asphalts at 77 F (25 C) below 50 penetration, units	0.35	1
Asphalts at 77 F (25 C) 50 penetration and above, percent of their mean	1.1	3
Tar pitches at 77 F (25 C),[a] percent of their mean	5.2	15
Multilaboratory precision:		
Asphalts at 77 F (25 C) below 50 penetration, units	1.4	4
Asphalts at 77 F (25 C) 50 penetration and above, percent of their mean	2.8	8
Tar pitches at 77 F (25 C),[a] units	1.4	4

[a] Estimates of precision for tar pitches are based on results from 2 pitches with penetration of 7 and 24. Estimates may not be applicable to appreciably harder or softer materials.

ภาคผนวก ข.2 วิธีการทดสอบหาค่าการดึงเป็นเส้น (Ductility)[26,28,30] (เทียบเท่า ทล. ท. 405/2519, ASTM D 113-79, AASHTO T 51-74)

ความมุ่งหมาย

ค่า Ductility คือค่าที่วัดจากระยะทางที่วัสดุแอสฟัลท์ถูกดึงเป็นเส้นก่อนที่จะขาด โดยที่ปลายทั้ง 2 ของแอสฟัลท์ยึดอยู่กับแบบมาตรฐาน และดึงด้วยอัตราความเร็วและอุณหภูมิที่กำหนด โดยทั่วไปจะทดสอบที่อุณหภูมิ 25±0.5 C (77±1.0F) อัตราความเร็ว 50 มม. ต่อนาที ±5.0 เปอร์เซนต์

อุปกรณ์

1. แบบมาตรฐาน (Mold) แสดงในรูปที่ ผ-2 ความยาวต่าง ๆ แสดงไว้ในรูป แบบนี้ทำด้วยทองเหลือง ปลายที่ตำแหน่ง b และ b' เรียกว่า ตัวยึด (Clips) ส่วนของ a และ a' เป็นด้านข้างของแบบ ซึ่งจะทำให้ตัวอย่างแอสฟัลท์มีขนาดดังนี้คือ

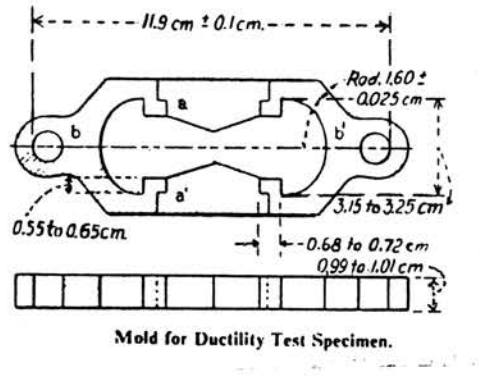
ความยาวทั้งหมด	7.45 ถึง 7.55 ซม.
ระยะระหว่างตัวยึด	2.97 ถึง 3.03 ซม.
ความกว้างที่ปากตัวยึด	1.98 ถึง 2.02 ซม.
ความกว้างที่กึ่งกลางของแบบ (ส่วนที่แคบที่สุดของตัวอย่าง)	0.99 ถึง 1.01 ซม.
ความหนาทั้งหมด	0.99 ถึง 1.01 ซม.

2. อ่างน้ำปรับอุณหภูมิ สามารถปรับน้ำให้มีอุณหภูมิคงที่ตามที่กำหนดในการทดลอง เปลี่ยนแปลงได้ไม่มากกว่า 0.1C (0.2F) ความจุของน้ำไม่น้อยกว่า 10 ลิตร และตัวอย่างจมอยู่ในน้ำลึกไม่น้อยกว่า 10 ซม. และวางอยู่บนชั้นโปร่งที่สูงจากก้นอ่างไม่น้อยกว่า 5 ซม.

3. เครื่องดึงยืด สำหรับดึงตัวอย่างตามความเร็วสม่ำเสมอที่กำหนด โดยไม่เกิดการสั่นสะเทือนและตัวอย่างต้องจมอยู่ในน้ำตลอดเวลา

4. Thermometer มีช่วงระหว่าง -8 ถึง 32°C

5. Sieve No. 50



รูปที่ ผ-2 แบบมาตรฐานในการทดสอบ Ductility

วิธีการทดลอง

1. ให้ความร้อนตัวอย่างและคนสม่ำเสมอไม่ให้เกิดความร้อนมากเกินไปที่จุดหนึ่งจุดใด เทตัวอย่างผ่านตะแกรง เบอร์ 50 หลังจากนั้นเทตัวอย่างลงในแบบมาตรฐานที่วางอยู่บนแผ่นทองเหลือง ในการป้องกันตัวอย่างยึดกับแผ่นทองเหลืองและส่วนข้างของแบบ ให้ทาผิวแผ่นทองเหลืองและแบบข้างด้วยปรอทหรือสะบู่ ถ้าแผ่นทองเหลืองสกปรกให้ล้างด้วยกรดเกลือเจือจางเสียก่อน ในการเทตัวอย่างลงในแบบ ระมัดระวังอย่างให้แบบขยับเขยื้อน เทเป็นสายเล็ก ๆ จากปลายด้านหนึ่งไปยังปลายอีกด้านหนึ่งจนเต็มล้นออกมาจากแบบเล็กน้อย ปล่อยให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้องประมาณ 30 ถึง 40 นาที และแช่ไว้ในอ่างน้ำปรับอุณหภูมิที่ทดสอบประมาณ 30 นาที หลังจากนั้นตัดส่วนของแอสพัลท์ที่เกินจากแบบออก โดยใช้ Spatula เพื่อให้ตัวอย่างเรียบเต็มพอดี

2. วางแผ่นทองเหลืองและแบบในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่กำหนดประมาณ 85 ถึง 95 นาที ต่อจากนั้นเอาแผ่นทองเหลืองและแบบข้างออก แล้วนำไปทำการทดลองทันที

3. นำห่วงที่ปลายของตัวยึดทั้งสองข้างใส่ลงในหมุดยึดของเครื่องดึง แล้วเดินเครื่องให้ดึงตัวอย่างออกจากกัน ด้วยอัตราความเร็วสม่ำเสมอที่กำหนด จนกระทั่งเส้นของตัวอย่างที่ยืดออกขาดจากกัน อ่านระยะทางที่ตัวอย่างสามารถยืดออกได้ทันทีที่ตัวอย่างขาด

จากกันเป็นเซนติเมตร

4. ระหว่างการทดลอง ถ้าเส้นตัวอย่างลอยขึ้นมาที่ผิวน้ำ ให้เติมเมทิลแอลกอฮอล์ลงในน้ำเพื่อให้น้ำมีความถ่วงจำเพาะน้อยลง ถ้าเส้นตัวอย่างสัมผัสพื้นล่างอ่างให้เติมโซเดียมคลอไรด์ลงในน้ำเพื่อให้น้ำมีความถ่วงจำเพาะมากขึ้น

การรายงาน

รายงานค่าเฉลี่ยของการทดสอบ 3 ครั้งของการดึงตัวอย่างเป็นค่า Ductility ของตัวอย่างนั้น

ภาคผนวก ข.3 วิธีการทดสอบหาจุดอ่อนตัว (Softening point)[31] (เทียบเท่า ASTM D 36-76)

ความมุ่งหมาย

วิธีการนี้เป็นการหาจุดอ่อนตัวของวัสดุบิทูเมนที่มีจุดอ่อนตัวอยู่ในช่วง 30 ถึง 200°C (85 ถึง 392°F) โดยการใช้เครื่องมือ Ring-and-ball

อุปกรณ์

1. Ring ห่วงทองเหลืองมีขนาดดังรูปที่ ผ-3 (a)

2. Ball ลูกเหล็กกลม เส้นผ่าศูนย์กลาง 9.53 มม. น้ำหนักระหว่าง 3.45 และ 3.55 กรัม

3. Ball-Centering Guide แนวสำหรับให้ลูกกลมอยู่กึ่งกลางห่วง ทำด้วยทองเหลือง ดังแสดงในรูปที่ ผ-3 (c)

4. Ring Holder เป็นที่ยึดห่วง ดังแสดงในรูปที่ ผ-3 (b) ยึดอยู่กับแกนหรือขาตั้ง ดังแสดงในรูปที่ ผ-3 (d) โดยที่ห่วงจะวางในตำแหน่งแนวนอนห่างจากพื้นล่าง 25 มม. พื้นผิวนี้จะวางอยู่ระหว่าง 13 ถึง 19 มม. สูงจากก้นอ่างและเทอร์โมมิเตอร์จะแขวนไว้โดยที่กระเปาะของเทอร์โมมิเตอร์อยู่ระดับเดียวกับห่วงห่างจากห่วงไม่เกิน 13 มม.

5. Brass Pouring Plate แผ่นทองเหลืองแบนเรียบ ขนาดประมาณ 75X50 มม.

6. อ่างน้ำ ทำด้วยแก้วทนความร้อน เส้นผ่าศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 85 มม. และลึกไม่น้อยกว่า 120 มม.

7. เทอร์โมมิเตอร์ สำหรับจุดอ่อนตัวต่ำ เทอร์โมมิเตอร์มีช่วงจาก -2 ถึง 80°C สำหรับจุดอ่อนตัวสูง เทอร์โมมิเตอร์มีช่วง 30 ถึง 200°C

วิธีการทดลอง

1. ให้ความร้อนแก่ตัวอย่างจนเหลวพอที่จะเท คนให้สม่ำเสมอเพื่อป้องกันความร้อนมากเกินไปที่จุดใดจุดหนึ่ง เทลงในห่วงทองเหลืองจนล้นเล็กน้อย โดยที่ห่วงทองเหลืองวางอยู่บนแผ่นทองเหลืองซึ่งทา Glycerin ผสม dextrin, talc หรือ china clay เพื่อไม่ให้แอสฟัลท์ติด

2. ปล่อยให้ตัวอย่างเย็นลงประมาณ 30 นาทีเป็นอย่างน้อยและไม่มากกว่า 240 นาที ก่อนทำการทดสอบ ทำให้ตัวอย่างเย็นลงที่อุณหภูมิ 8°C (15°F) ต่ำจากจุดอ่อนตัวที่คาดไว้เป็นอย่างน้อยประมาณ 30 นาที เป็นอย่างน้อย หลังจากนั้นตัดแอสฟัลท์ส่วนที่เกินจากห่วงด้วย Spatula ที่ร้อน

3. วัสดุแอสฟัลท์ที่มีจุดอ่อนตัวต่ำกว่า 80°C(176°F) วางห่วงที่มีตัวอย่างลงบนตำแหน่งแล้วเติมน้ำกลั่นลงในอ่างลึกไม่น้อยกว่า 102 มม. และไม่มากกว่า 108 มม. ควบคุมอุณหภูมิที่ 5±1°C (41±2°F) นาน 15 นาที วางลูกเหล็กกลมลงใน Ball centering guide

4. ให้ความร้อนแก่น้ำให้สูงขึ้น 5°C (9°F) ต่อนาที ในอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิที่สม่ำเสมอ

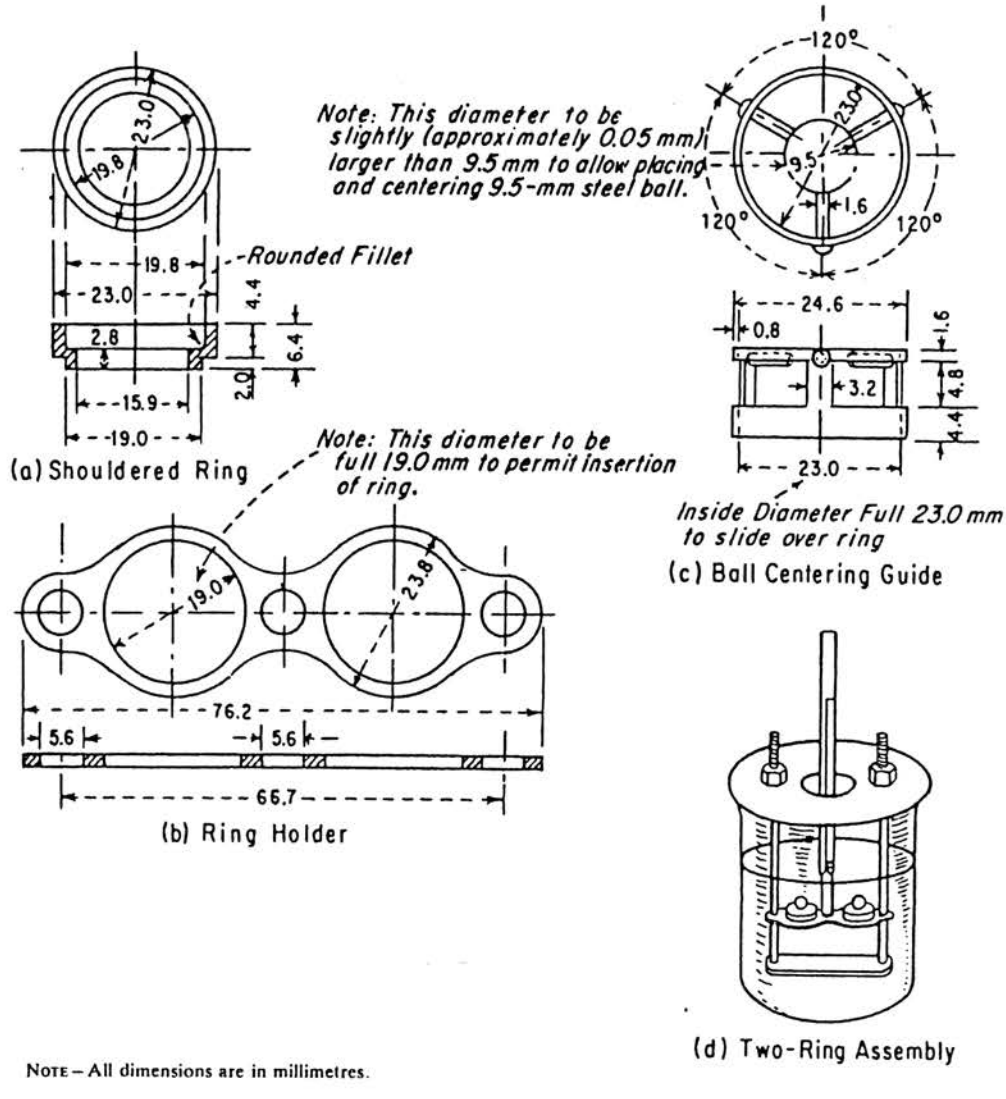
5. บันทึกอุณหภูมิที่ลูกเหล็กกลมสัมผัสกับพื้นล่างเป็นค่าของจุดอ่อนตัวของแอสฟัลท์ตัวอย่างนั้น

6. วัสดุแอสฟัลท์ที่มีจุดอ่อนตัวสูงกว่า 80°C (176°F) ใช้วิธีการทดลองเช่นเดียวกัน เพียงแต่ใช้ USP glycerin แทนน้ำและเริ่มต้นอุณหภูมิที่ 32°C (90°F)

การรายงาน

วัสดุแอสฟัลท์ที่มีจุดอ่อนตัวต่ำกว่า 80°C ค่าเฉลี่ยของจุดอ่อนตัวที่วัดได้ละเอียด 0.2°C (0.5°F) เป็นค่าจุดอ่อนตัวของแอสฟัลท์นั้น ถ้าจุดอ่อนตัวสูงกว่า 80°C ใช้ค่าที่

ละเอียด 0.5°C (1°F) ในการทดสอบโดยผู้ทดสอบคนเดียว ค่าแตกต่างที่ได้จากการทดสอบ 2 ครั้ง ไม่มากกว่า 1°C (2°F) ผลการทดสอบจากห้องปฏิบัติการ 2 แห่ง ค่าที่ได้แตกต่างกันได้ไม่มากกว่า 2°C (3.5°F)



รูปที่ ผ-3 เครื่องมือทดสอบจุดอ่อนตัว โดยวิธี Ring-and-Ball

ภาคผนวก ข.4 วิธีการทดสอบหาจุดวาบไฟ (Flash point)[26,28,31] (เทียบเท่า ทล.-ท. 406/2519, ASTM D 92-78, AASHTO T 48-78)

ความมุ่งหมาย

วิธีการนี้เป็นการทดสอบหาจุดวาบไฟของผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม โดยวิธี Cleveland Open Cup ยกเว้นน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีจุดวาบไฟต่ำกว่า 175°F(79°C)

อุปกรณ์

1. เครื่องมือ Cleveland Open Cup ประกอบด้วย ถ้วยทดลองมีที่จับ ดังรูปที่ ผ-4 ที่รองรับถ้วยทดลอง เป็นแผ่นเหล็กหรือทองเหลืองมีช่องตรงกลาง (รูปที่ ผ-5) เป็นที่วางถ้วยทดลอง ที่จุดเปลวไปทดลอง โดยที่ปลายมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1.6 มม. มีรูกลวงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.8 มม. จุดศูนย์กลางของรูในที่จุดเปลวไฟจะต้องอยู่สูงจากขอบของถ้วยทดลองไม่เกิน 2 มม. ส่วนให้ความร้อน ที่จับเทอร์โมมิเตอร์ ขาตั้งที่รองรับถ้วยเครื่องมือนี้แสดงไว้ ดังรูปที่ ผ-6

2. ที่บังแสงและลม เป็นแผ่นสี่เหลี่ยมจัตุรัส 460 มม. สูง 610 มม. เปิดด้านหน้าไว้

3. เทอร์โมมิเตอร์ วัดได้ละเอียด 1°C และวัดได้สูงถึง 400°C

วิธีการทดลอง

1. ตั้งเครื่องมือบนโต๊ะที่มั่นคงและไม่มีลมพัดผ่าน บังส่วนบนของเครื่องมือด้วยที่บังแสงและลม เพื่อให้สามารถสังเกตแสงวาบไฟได้ชัดเจน

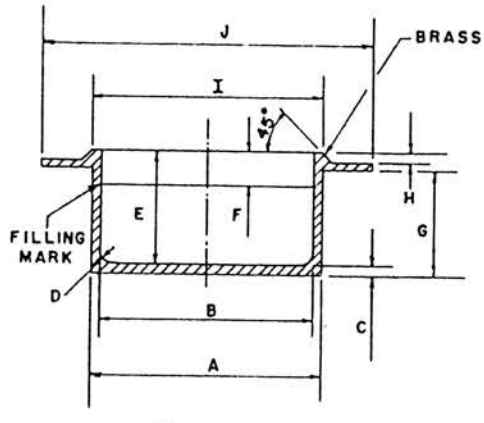
2. ล้างถ้วยทดลองให้สะอาดด้วยตัวทำละลายที่เหมาะสม ใช้ฝอยโลหะขัดคาร์บอนที่ติดค้างอยู่ในถ้วยและนำไปให้ความร้อน เพื่อให้น้ำและตัวทำละลายระเหยออกให้หมด ปล่อยให้ถ้วยทดลองเย็นตัวลงอย่างน้อย 100°F (56°C) ต่ำกว่าจุดวาบไฟที่คาดไว้

3. ตั้งเทอร์โมมิเตอร์ไว้ ให้กระเปาะอยู่เหนือก้นถ้วย 6.4 มม. และห่างจากขอบถ้วยประมาณ 1 ใน 4 ของเส้นผ่าศูนย์กลางถ้วย

4. เทตัวอย่างลงในถ้วยทดลองจนถึงขีดหมาย ถ้ามากเกินไปต้องนำออกโดยไม่ให้เลอะเทอะด้านนอกของถ้วย ไล่ฟองอากาศที่ผิวหน้าของตัวอย่างโดยใช้เปลวไฟผ่านผิวหน้าของตัวอย่างจนหมด

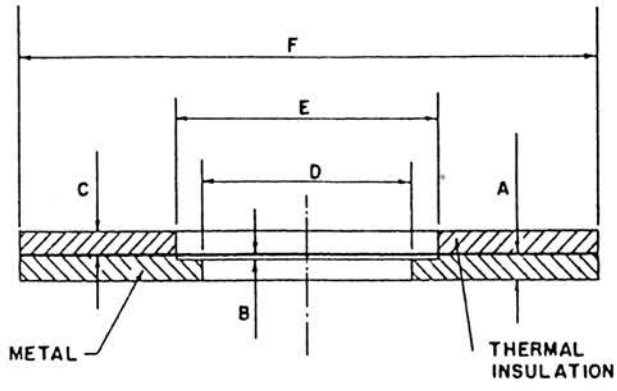
5. ติดไฟที่จุดเปลวไฟทดลอง ปรับให้เปลวไฟมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.2 ถึง 4.8 มม.

6. ให้ความร้อนแก่ตัวอย่าง โดยให้อัตราการเพิ่มอุณหภูมิของตัวอย่าง 25 ถึง 30°F (14 ถึง 17°C) ต่อนาที จนอุณหภูมิสูงถึง 100°F (56°C) ต่ำจากจุดวาบไฟที่คาดไว้ จึงลดความร้อนลงเรื่อย ๆ จนมีอัตรา 9 ถึง 11°F (5 ถึง 6°C) ต่อนาที



	millimetres		inches	
	min	max	min	max
A	67.5	69	2.658	2.717
B	63	64	2.480	2.520
C	2.8	3.5	0.110	0.138
D—Radius	4	nominal	0.157	nominal
E	32.5	34	1.280	1.339
F	9	10	0.354	0.394
G	31	32.5	1.221	1.280
H	2.8	3.5	0.110	0.138
I	67	70	2.638	2.756
J	97	100	3.819	3.937

รูปที่ ผ-4 ถ้วยทดลอง Cleveland Open Cup

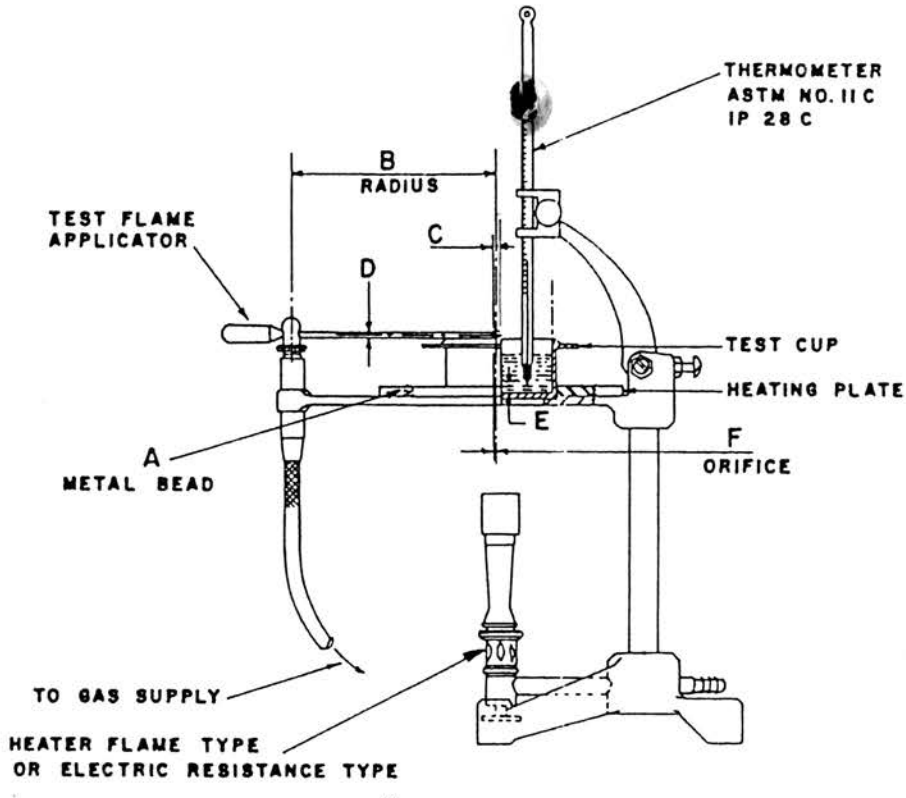


	millimetres		inches	
	min	max	min	max
A	6	7	0.26	0.276
B	0.5	1.0	0.020	0.039
C	6	7	0.236	2.276
D—Diameter	55	56	2.165	2.205
E—Diameter	69.5	70.5	2.736	2.776
F—Diameter	146	159	5.748	6.260

รูปที่ ผ-5 ที่รองรับถ้วยทดลอง

7. เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจนถึงประมาณ 50°F (28°C) ต่ำกว่าจุดวาบไฟ ให้ใช้เปลวไฟเคลื่อนที่ผ่านถ้วยทดลองทุก ๆ อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น 5°F (2°C) การผ่านเปลวไฟให้ผ่านจุดศูนย์กลางของถ้วยทดลองด้วยความเร็วสม่ำเสมอ เป็นแนวเส้นตรงหรือเส้นโค้งรัศมีไม่น้อยกว่า 150 มม. ระยะเวลาที่เปลวไฟผ่านถ้วยทดลองประมาณ 1 วินาที

8. เมื่อเกิดการวาบไฟขึ้นบนผิวหน้าของตัวอย่าง ให้บันทึกอุณหภูมิจากเทอร์โมมิเตอร์เป็นจุดวาบไฟ



	millimetres		inches	
	min	max	min	max
A—Diameter	3.2	4.8	0.126	0.189
B—Radius	152	nominal	6	nominal
C—Diameter	1.6	nominal	0.063	nominal
D		2		0.078
E	6	7	0.236	0.276
F—Diameter	0.8	nominal	0.031	nominal

รูปที่ ผ-6 เครื่องมือ Cleveland Open Cup

การรายงาน

บันทึกอุณหภูมิที่เกิดการวาบไฟบนผิวหน้าตัวอย่างเป็นจุดวาบไฟ จุดวาบไฟของการทดลอง 2 ครั้ง โดยผู้ทดลองคนเดียวกันต้องไม่แตกต่างกันเกิน $15^{o}F$ ($8^{o}C$) และผลการทดลองจากผู้ทดลองและห้องทดลองต่างกัน ต้องมีค่าไม่แตกต่างกันมากกว่า $30^{o}F$ ($17^{o}C$)

ภาคผนวก ข.5 วิธีการทดสอบหาความถ่วงจำเพาะ[28,30,31] (เทียบเท่า ASTM D 70-82, AASHTO T 228-78)

ความมุ่งหมาย

วิธีการนี้เป็นการหาความถ่วงจำเพาะและความหนาแน่นของวัสดุมิฐมินัสที่มีสภาพกึ่งแข็ง แอสฟัลท์ โดยการใช้ Pycnometer ความถ่วงจำเพาะของวัสดุมิฐมินัส คืออัตราส่วนของมวลวัตถุที่ปริมาณหนึ่งที่อุณหภูมิ 77°F (25°C) หรือที่ 60°F (15 6°C) ต่อมวลของน้ำที่มีปริมาตรเท่ากัน ที่อุณหภูมิเดียวกัน

อุปกรณ์

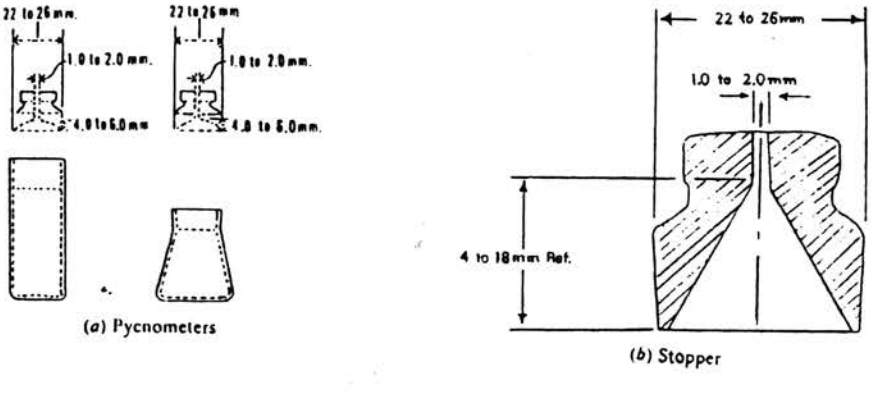
1. Pycnometer ทำด้วยแก้ว ขนาดดังแสดงในรูปที่ ผ-7 พร้อมฝาปิด กึ่งกลางฝามีรูตามแนวดิ่ง เส้นผ่าศูนย์กลาง 1.0 ถึง 2.0 มม. ฝาด้านบนเรียบ Pycnometer มีความจุ 24 ถึง 30 มิลลิลิตร และมีน้ำหนักไม่เกิน 40 กรัม

2. อ่างน้ำปรับอุณหภูมิ เปลี่ยนแปลงได้ไม่เกิน 0.2°F (0.1°C) จากอุณหภูมิที่ทดสอบ

3. เทอร์โมมิเตอร์ อ่านละเอียด 0.2°F (0.1°C)

4. เครื่องชั่งน้ำหนัก อ่านละเอียด 0.001 กรัม

5. น้ำกลั่น



รูปที่ ผ-7 Pycnometer และฝาปิด

วิธีการทดลอง

1. ทำความสะอาด Pycnometer ทำให้แห้งและชั่งน้ำหนักเท่ากับ A

2. เติมน้ำกลั่นลงใน Pycnometer แช่ทิ้งไว้ในน้ำที่อุณหภูมิที่ทดสอบไม่น้อยกว่า 30 นาที แล้วจึงนำขึ้นมาเช็ดผิวนอกของ Pycnometer และฝาปิดให้แห้งและทำการชั่งน้ำหนักทันที เท่ากับ B

3. ทำความสะอาด Pycnometer ทำให้แห้ง ให้ความร้อนแก่ตัวอย่างจนเหลวพอที่จะเท คนสม่ำเสมอไม่ให้เกิดความร้อนที่จุดหนึ่งจุดใดมากเกินไป และอย่าให้อุณหภูมิสูงมากกว่า $100^{o}F$ ($56^{o}C$) เหนือจุดอ่อนตัวสำหรับ Tar และไม่มากกว่า $200^{o}F$ ($111^{o}C$) เหนือจุดอ่อนตัวสำหรับแอสฟัลท์ และอย่าให้ความร้อนนานเกิน 30 นาที เทตัวอย่างลงใน Pycnometerประมาณ 3 ใน 4 ของความจุ อย่างให้เลอะเทอะด้านนอกของ Pycnometer และอย่าให้เกิดฟองอากาศภายในวัสดุ

4. ปล่อยให้ Pycnometer และวัสดุเย็นลงจนถึงอุณหภูมิที่ทดสอบไม่น้อยกว่า 40 นาที นำไปชั่งน้ำหนัก เท่ากับ C

5. เติมน้ำกลั่นลงใน Pycnometer ปิดฝาและนำไปแช่ในอ่างปรับอุณหภูมิไม่น้อยกว่า 30 นาที นำขึ้นจากอ่าง เช็ดผิวนอกของ Pycnometer ให้แห้งและชั่งน้ำหนัก เท่ากับ D

การคำนวณ

$$\text{ค่าความถ่วงจำเพาะ} = (C-A)/[(B-A)-(D-C)]$$

โดยที่ A = น้ำหนักของ Pycnometer

B = น้ำหนักของ Pycnometer และน้ำ

C = น้ำหนักของ Pycnometer และน้ำหนักของแอสฟัลท์

D = น้ำหนักของ Pycnometer น้ำหนักของแอสฟัลท์และน้ำ

การรายงาน

รายงานค่าความถ่วงจำเพาะและอุณหภูมิที่ทดสอบ สำหรับอุณหภูมิที่ 25^{o}C การทดสอบ 2 ครั้ง โดยที่ผู้ทดสอบคนเดียวกัน ค่าที่แตกต่างกันต้องไม่มากกว่า 0.002 สำหรับผู้ทดสอบ 2 คน ในห้องทดลองต่างกัน ค่าที่แตกต่างกันต้องไม่มากกว่า 0.005

ภาคผนวก ข.6 วิธีการทดสอบการละลายของวัสดุบิทูเมนในสารทำละลายอินทรีย์[27,28,30,31]

(เทียบเท่า ทล. ท 409/2520, ASTM D2042-81, AASHTO T 44-78)

ความมุ่งหมาย

การทดสอบนี้เป็นการตรวจสอบคุณสมบัติการละลายของวัสดุบิทูเมนในสารทำละลายอินทรีย์และเป็นวิธีการคำนวณของวัสดุบิทูเมนที่ละลายในคาร์บอนเตตระคลอไรด์

อุปกรณ์

1. ถ้วยกรอง (Gooch Crucible) เป็นถ้วยกระเบื้องเคลือบผิวทั้งภายในและภายนอก เส้นผ่าศูนย์กลางที่ปากถ้วยและก้นถ้วยประมาณ 44 มม. และ 36 มม. ตามลำดับ และความลึกของถ้วยเท่ากับ 28 มม.

2. หลอดกรอง (Filter tube) เส้นผ่าศูนย์กลาง 40 ถึง 42 มม.

3. ขวดกรอง (Filter Flash) เป็นแก้วหนาและมีท่อที่คอขวด ขนาดความจุ 250 มิลลิลิตร

4. ยางสำหรับยึดถ้วยกรองและหลอดกรอง

5. Asbestos เส้นใยสำหรับใช้กับถ้วยกรอง

6. เครื่องดูดอากาศ (Suction pump)

7. เตาเผาไฟฟ้าและเตาอบ

8. สารทำละลายอินทรีย์

เครื่องมือที่ใช้ในการกรอง แสดงไว้ในรูปที่ ผ-8

รูปที่ ผ-8 เครื่องมือที่ใช้ในการกรองสารละลายของวัสดุมิฐเมน

วิธีทดลอง

1. เขย่าใยหินในน้ำกลั่น เพื่อให้เป็นแผ่นบาง ๆ เตรียมเครื่องมือดังแสดงในรูปที่ ผ-8 แล้วใส่แผ่นใยหินลงในถ้วยกรอง ใช้เครื่องดูดให้ใยหินอัดแน่นอยู่ที่ก้นถ้วยกรอง เติมใยหินเพิ่มอีกจนกระทั่งเมื่อนำไปเผาแล้วจะมีใยหินอยู่ 0.5±0.1 กรัม นำถ้วยกรองเข้าเตาอบให้แห้ง แล้วนำไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 600 ถึง 650C(1100 ถึง 1200F) ทิ้งให้เย็นลง แล้วนำไปชั่งให้ได้ละเอียด 0.0001 กรัม แล้วนำไปเผาใหม่ ชั่งให้ได้น้ำหนักคงที่ โดยน้ำหนักเปลี่ยนแปลงได้ ±0.0003 กรัม

2. ชั่งตัวอย่างหนักประมาณ 2 กรัมในขวดแก้วรูปกรวยขนาด 125 มิลลิลิตร ชั่งน้ำหนักให้ได้ละเอียด 0.001 กรัม เติม 100 มิลลิลิตรของตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้ เทลงในขวดทีละน้อยจนละลาย วัสดุตัวอย่างจนหมด ทิ้งไว้ไม่น้อยกว่า 15 นาที

3. นำถ้วยกรองที่เตรียมไว้และชั่งน้ำหนักแล้ว ใส่ตัวทำละลายเล็กน้อยให้แผ่นใยหินเปียก แล้วจึงเทขวดละลายตัวอย่างที่เตรียมไว้ในข้อ 2 ลงในถ้วยกรอง ใช้เครื่องดูดดูดเบา ๆ เทตัวอย่างจนหมดแล้วใช้ตัวทำละลายล้างขวดที่ละลายตัวอย่างอีกครั้ง แล้วเทลงในถ้วยกรองจนหมด ล้างถ้วยกรองด้วยตัวทำละลายจนกระทั่งส่วนที่กรองได้ไม่มีสี

4. นำถ้วยกรองออกจากขวดกรอง ล้างด้านล่างภายนอกด้วยตัวทำละลาย แล้วนำไปวางไว้ในเตาอบจนแห้ง ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 110±5°C อย่างน้อย 20 นาที ทำให้เย็นลง แล้วจึงนำไปชั่ง นำไปอบในเตาใหม่ แล้วนำมาชั่งเพื่อให้ได้น้ำหนักคงที่ เปลี่ยนแปลงได้ ±0.0003 กรัม

การคำนวณ

ส่วนที่ไม่ละลาย = $(A/B) \times 100$ เปอร์เซนต์

ส่วนที่ละลาย = $100 - |(A/B) \times 100|$ เปอร์เซนต์

โดยที่ A = น้ำหนักของส่วนที่ไม่ละลายทั้งหมด

B = น้ำหนักของวัสดุตัวอย่างทั้งหมด

การรายงาน

การรายงานส่วนเป็นเปอร์เซนต์ของส่วนที่ไม่ละลายน้อยกว่า 1.0 ให้รายงานให้ได้ค่าละเอียด 0.01 เปอร์เซนต์ สำหรับเปอร์เซนต์ของส่วนที่ไม่ละลายมากกว่า 1.0 ให้รายงานให้ได้ค่าละเอียด 0.1 เปอร์เซนต์ ผลการทดลอง 2 ครั้ง โดยผู้ทดลองคนเดียวกัน ผลทดลองที่ได้เป็นตัวเลขต่างกันไม่มากกว่า 0.10 ผลการทดลองซึ่งทำโดยผู้ทดลอง 2 คน ต่างห้องทดลองกัน ผลทดลองที่ได้เป็นตัวเลขต่างกันไม่มากกว่า 0.26

ภาคผนวก ข.7 วิธีการทดสอบหาการสูญเสียเมื่อให้ความร้อน (Loss on heating) (26,28,31)
(เทียบเท่า ทล. ท 404/2518, ASTM D 6-80, AASHTO T 47-76)

ความมุ่งหมาย

การทดลองนี้เพื่อหาน้ำหนักของส่วนประกอบแอสฟัลท์ที่หายไปเมื่อได้รับความร้อน

อุปกรณ์

1. เตาอบ เป็นเตาไฟฟ้าสี่เหลี่ยมสูงกว้างและลึกไม่น้อยกว่า 350 มม. ประตูเปิด-ปิดมีช่องกระจกใส 2 ชั้น ขนาด 100X100 มม. เพื่อให้สามารถอ่านเทอร์โมมิเตอร์ซึ่งแขวนอยู่ภายในได้โดยไม่ต้องเปิดประตูเตาอบ เตาอบนี้ต้องมีช่องระบายอากาศเข้าและออกได้ ภายในเตาอบจะมีชั้นหมุนได้สำหรับวางตัวอย่าง มีลักษณะเป็นโลหะกลมมีเส้นผ่าศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 250 มม. ดูรูปที่ ผ-9 ชั้นวางตัวอย่างนี้จะแขวนยึดกับแกนโลหะและสามารถหมุนรอบตัวเองตามแนวราบด้วยอัตราการหมุน 5 ถึง 6 รอบต่อนาที

2. เทอร์โมมิเตอร์ ชนิดที่มีช่วงอ่านอุณหภูมิระหว่าง 155 ถึง 170^{0}C

3. ภาชนะบรรจุตัวอย่าง ทำด้วยแก้วหรือโลหะทรงกระบอก มีก้นแบน ขนาดภายในมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 55 มม. ลึก 35 มม.

วิธีการทดลอง

1. เตรียมตัวอย่างโดยให้ความร้อนเล็กน้อย คนให้เข้ากัน ตัวอย่างต้องไม่มีน้ำรวมอยู่ด้วย เทตัวอย่างน้ำหนัก 50.0±0.5 กรัมในภาชนะบรรจุตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักแล้ว ชั่งน้ำหนักของตัวอย่างให้ได้ละเอียด 0.01 กรัม ถ้าวัสดุตัวอย่างได้รับความร้อนมาก่อนในการถ่ายเท ปล่อยให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้องก่อนการชั่งน้ำหนัก

2. เปิดเตาอบให้มีอุณหภูมิที่ 163^{0}C (325^{0}F) นำภาชนะบรรจุตัวอย่างวางลงในชั้นสำหรับวางตัวอย่าง ปิดประตูเตาอบและหมุนชั้นวางตัวอย่างในอัตรา 5 ถึง 6 รอบต่อนาที และให้อุณหภูมิอยู่ที่ 163±1^{0}C เป็นเวลา 5 ชั่วโมง ช่วงเวลาดังกล่าวเริ่มเมื่ออุณหภูมิถึง

$162^{o}C$ ($324^{o}F$) เวลาทั้งหมดไม่ควรมากกว่า 5 ชั่วโมง 15 นาที

3. เมื่อครบเวลาแล้ว นำภาชนะออกจากเตาอบ ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้องและนำไปชั่งให้ได้ความละเอียด 0.01 กรัม

การคำนวณ

ค่าสูญเสียเมื่อให้ความร้อนคิดเป็นร้อยละ

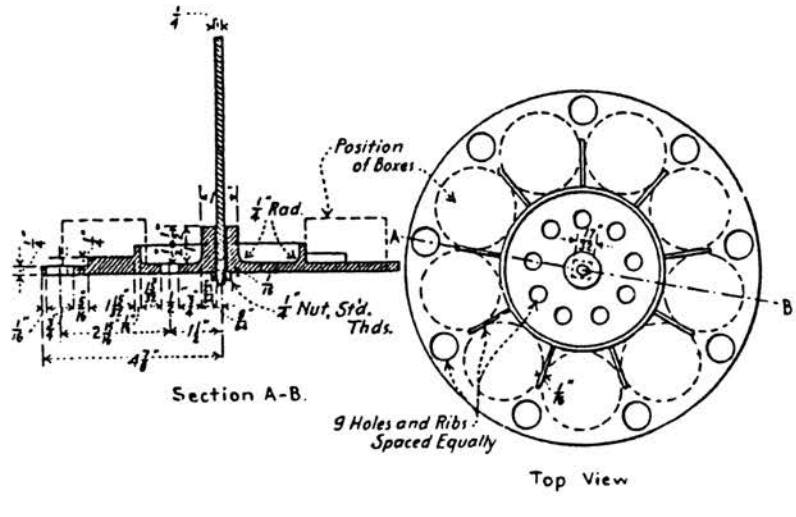
$$= \frac{\text{นน. ของตัวอย่างก่อนอบ-นน.ของตัวอย่างหลังอบ}}{\text{นน.ของตัวอย่างก่อนอบ}} \times 100$$

การรายงาน

รายงานค่าสูญเสียที่ได้จากการคำนวณ ผลการทดลองซึ่งทำโดยผู้ทดลอง 2 คน ถ้าค่าสูญเสียไม่เกินร้อยละ 5 ผลการทดลองต่างกันได้ไม่มากกว่า 0.5 ถ้าค่าสูญเสียเกินกว่าร้อยละ 5 ผลการทดลองจะเชื่อถือได้เมื่อเป็นไปตามตารางที่ ผ-10

ตารางที่ ผ-10 ผลการทดสอบ Loss on heating ที่ต่างกัน

Volatilization Loss, %	Numerical Correction	True Volatilization Loss, %
5.0	±0.50	4.50 to 5.50
5.5	±0.51	4.99 to 6.01
6.0	±0.52	5.48 to 6.52
10.0	±0.60	9.40 to 10.60
15.0	±0.70	14.30 to 15.70
25.0	±0.90	24.10 to 25.90
40.0	±1.20	38.80 to 41.20



รูปที่ ผ-9 ชั้นวางตัวอย่างของการทดสอบ Loss on heating

ภาคผนวก ค.

การทดสอบวัสดุมวลรวม (Aggregate)

ภาคผนวก ค.1 วิธีการทดสอบหาขนาดวัสดุเล็กกว่า 0.075 มม. โดยผ่านตะแกรงแบบล้าง[25,28,29,30]

(เทียบเท่า ทล. ท 205/2517, ASTM C 117-80, AASHTO T 11-78)

ความมุ่งหมาย

วิธีการทดลองนี้เพื่อหาขนาดวัสดุที่เล็กกว่า 0.075 มม. (ตะแกรงเบอร์ 200) โดยการล้าง

อุปกรณ์

1. ตะแกรง ขนาดเบอร์ 200 และเบอร์ 16 ซ้อนกันโดยตะแกรงเบอร์ 16 อยู่บน
2. ภาชนะ มีขนาดใหญ่เพียงพอที่จะใส่น้ำและวัสดุที่ล้างผ่านตะแกรงได้
3. เครื่องชั่ง ชั่งได้ละเอียด 0.1 กรัม
4. เตาอบ ขนาดใหญ่พอเพียงและควบคุมอุณหภูมิที่ 110±5°C (230±9°F)

วิธีการทดลอง

1. อบตัวอย่างให้แห้งที่อุณหภูมิ 110±5°C (230±9°F) และชั่งให้ได้ความละเอียด 0.1 กรัม
2. นำตัวอย่างใส่ในภาชนะและเติมน้ำพอที่จะให้ตัวอย่างชุ่ม กวนให้ส่วนที่ละเอียดแยกออกจากวัสดุขนาดใหญ่และวัสดุเม็ดเล็กลอยขึ้น เทน้ำที่ล้างนี้ที่มีวัสดุเม็ดละเอียดอยู่ผ่านตะแกรง
3. เติมน้ำอีกครั้งลงในภาชนะ กวนอีกครั้งและกระทำซ้ำจนกระทั่งน้ำล้างใส

4. ใส่วัสดุที่ค้างในตะแกรงคืนใส่ภาชนะและอบวัสดุที่ค้างตะแกรงในภาชนะให้แห้งที่อุณหภูมิ 110±5°C (230±9°F) และนำไปชั่งให้ได้ละเอียด 0.1 กรัม

การคำนวณ

เปอร์เซนต์ของจำนวนวัสดุที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 $A = |(B-C)/B| \times 100$

โดยที่ B = น้ำหนักแห้งก่อนทำการล้างผ่านตะแกรง

C = น้ำหนักแห้งหลังทำการล้างผ่านตะแกรง

การรายงาน

รายงานเปอร์เซนต์ของวัสดุที่ละเอียดกว่า 0.075 มม. (ตะแกรงเบอร์ 200) ละเอียด 0.1 เปอร์เซนต์

ภาคผนวก ค.2 วิธีการทดสอบหาขนาดวัสดุ โดยผ่านตะแกรงแบบไม่ล้าง[25,28,29,30]

(เทียบเท่า ทล. ท. 204/2516, ASTM C 136-82, AASHTO T 27-78)

ความมุ่งหมาย

วิธีการทดลองนี้เพื่อหาขนาดของวัสดุเม็ดหยาบและละเอียด โดยการร่อนผ่านตะแกรง

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่ง สำหรับวัสดุเม็ดละเอียด อ่านได้ความละเอียด 0.1 กรัม หรือ 0.1 % ของน้ำหนักตัวอย่างสำหรับวัสดุเม็ดหยาบ อ่านได้ความละเอียด 0.5 กรัม หรือ 0.1 % ของน้ำหนักตัวอย่างที่ทดสอบ

2. ตะแกรงขนาดต่าง ๆ ที่ต้องการและมีส่วนป้องกันการสูญหายของวัสดุขณะทำการร่อน

3. เครื่องเขย่าตะแกรง สามารถสั่นได้ในแนวดิ่งและแนวราบ

4. เตาอบ มีขนาดที่เหมาะสมและควบคุมอุณหภูมิที่ 110±5°C (230±9°F)

วิธีการทดลอง

1. ตัวอย่างที่นำมาทำการหาขนาดจะต้องมีจำนวนมากเพียงพอดังตารางที่ ผ-11

ตารางที่ ผ-11 น้ำหนักตัวอย่างในการหาขนาดจากขนาดที่ใหญ่ที่สุดของวัสดุ

Nominal Maximum Size, Square Openings, mm (in.)	Minimum Weight of Test Sample, kg (lb)
9.5 (⅜)	1 (2)
12.5 (½)	2 (4)
19.0 (¾)	5 (11)
25.0 (1)	10 (22)
37.5 (1½)	15 (33)
50 (2)	20 (44)
63 (2½)	35 (77)
75 (3)	60 (130)
90 (3½)	100 (220)
100 (4)	150 (330)
112 (4½)	200 (440)
125 (5)	300 (660)
150 (6)	500 (1100)

นำตัวอย่างมาอบให้มีน้ำหนักคงที่ที่อุณหภูมิ 110±5°C (230±9°F)

2. จัดเรียงตะแกรงขนาดใหญ่จนถึงขนาดเล็ก จากบนลงล่างและเทตัวอย่างวัสดุบนตะแกรงที่อยู่บนสุด เขย่าตะแกรงด้วยมือหรือใช้เครื่องเขย่า เขย่านานจนกระทั่งตัวอย่างผ่านตะแกรงแต่ละขนาดใน 1 นาที ไม่เกิน 1 เปอร์เซนต์ของตัวอย่างในตะแกรงนั้นหรือใช้เวลาในการเขย่าทั้งหมดประมาณ 15 นาที สำหรับตะแกรงที่เล็กกว่า 4.75 มม. (เบอร์ 4) น้ำหนักที่ค้างอยู่ในแต่ละตะแกรงจะต้องไม่มากกว่า 6 กิโลกรัม/ตารางเมตร (4 กรัม/ตารางนิ้ว) ของพื้นที่ตะแกรง สำหรับตะแกรงที่ใหญ่กว่าตะแกรงเบอร์ 4 น้ำหนักที่ค้างตะแกรงต้องไม่เกินผลคูณของ 2.5 กับขนาดของตะแกรงเป็น มม. กิโลกรัม/ตารางเมตร

3. ในการแยกวัสดุเม็ดหยาบและวัสดุเม็ดละเอียด ส่วนของวัสดุที่มีขนาดใหญ่กว่า 4.75 มม. (ตะแกรงเบอร์ 4) จะเป็นวัสดุเม็ดหยาบ ส่วนที่ผ่านตะแกรงเป็นวัสดุเม็ดละเอียด

4. ชั่งน้ำหนักที่ค้างอยู่ในแต่ละตะแกรงให้มีความละเอียด 0.1 % ของน้ำหนักวัสดุแห้ง น้ำหนักรวมทั้งหมดของวัสดุที่ค้างตะแกรงจะต้องตรวจสอบกับน้ำหนักแห้งของวัสดุทั้งหมดก่อนทำการร่อน ถ้าจำนวนแตกต่างกันเกินกว่า 0.3 % ของน้ำหนักก่อนทำการร่อนถือว่าใช้ไม่ได้

การรายงาน

การรายงานขึ้นอยู่กับรูปแบบที่ใช้ได้แก่

1. จำนวนเปอร์เซนต์ทั้งหมดของวัสดุที่ผ่านตะแกรงแต่ละขนาด

2. จำนวนเปอร์เซนต์ทั้งหมดของวัสดุที่ค้างตะแกรงแต่ละขนาด

3. เปอร์เซนต์ของวัสดุที่ค้างระหว่างตะแกรง 2 ขนาด

รายงานเปอร์เซนต์ให้ได้ใกล้เคียงจำนวนทั้งหมด ถ้าส่วนที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 น้อยกว่า 10 % การรายงานให้ได้ความละเอียด 0.1 เปอร์เซนต์

ภาคผนวก ค.3 วิธีการทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะของวัสดุชนิดเม็ดหยาบ[25,28,29,30]
(เทียบเท่า ทล. ท. 207/2517, ASTM C 127-81, AASHTO T 85-77)

ความมุ่งหมาย

วิธีการทดลองนี้ เพื่อหาค่าความถ่วงจำเพาะของวัสดุชนิดเม็ดหยาบ ได้แก่

Bulk specific gravity เป็นอัตราส่วนของน้ำหนักที่ปริมาตรหนึ่งในอากาศ (รวมทั้งช่องว่างที่น้ำซึมผ่านได้และซึมผ่านไม่ได้ แต่ไม่รวมช่องว่างระหว่างเม็ดวัสดุ) ที่อุณหภูมิหนึ่งต่อน้ำหนักของน้ำปริมาตรเท่ากับที่อุณหภูมิเดียวกัน

Bulk specific gravity (Saturated-surface-dry (SSD)) เป็นอัตราส่วนของน้ำหนักที่ปริมาตรหนึ่งในอากาศ รวมทั้งน้ำหนักของน้ำที่ซึมอยู่ในช่องว่างหลังจากแช่ไว้ในน้ำ 24 ชม. (แต่ไม่รวมช่องว่างระหว่างเม็ดวัสดุ) ที่อุณหภูมิหนึ่งต่อน้ำหนักของน้ำปริมาตรเท่ากับที่อุณหภูมิเดียวกัน

Apparent specific gravity เป็นอัตราส่วนของน้ำหนักที่ปริมาตรหนึ่ง (ปริมาตรส่วนที่น้ำซึมผ่านไม่ได้) ในอากาศที่อุณหภูมิหนึ่งต่อน้ำหนักของน้ำปริมาตรเท่ากันที่อุณหภูมิเดียวกัน

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่ง มีความละเอียด 0.05 % ของน้ำหนักตัวอย่าง หรือ 0.5 กรัม
2. ตะกร้าลวดตาข่าย ขนาด 3.35 มม. หรือละเอียดกว่า
3. ถังน้ำ มีขนาดพอที่จะให้ตะกร้าใส่โดยการชั่งในน้ำได้ใต้เครื่องชั่ง
4. เตาอบ ควบคุมอุณหภูมิที่ 110±5 ^{o}C
5. ผ้าซับน้ำ

วิธีการทดลอง

1. วัสดุชนิดเม็ดหยาบ คือขนาดวัสดุที่ใหญ่กว่า 4.75 มม. (เบอร์ 4) นำตัวอย่างมาทำการอบให้แห้งที่ 110±5°C จนมีน้ำหนักคงที่ ปล่อยให้เย็นในอุณหภูมิห้องประมาณ 1 ถึง 3 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักวัสดุในอากาศ

2. นำตัวอย่างวัสดุไปแช่ในน้ำเป็นเวลา 24±4 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง หลังจากนั้นนำขึ้นจากน้ำวางลงผ้าซับน้ำแล้วคลึงจนกระทั่งฟิล์มของน้ำหมดไป ระมัดระวังอย่าให้เกิดการระเหยของน้ำจากรูในวัสดุ ทำการชั่งน้ำหนักลักษณะนี้เป็นลักษณะของ Saturated surface dry.

3. หลังจากชั่งแล้ว ใส่ตัวอย่างลงในตะกร้าตาข่ายแล้วนำไปชั่งหาน้ำหนักในน้ำที่อุณหภูมิ 23±1.7°C (73.4±3°F) ระวังฟองอากาศที่ค้างอยู่ ควรจะเขย่าตะกร้าขณะที่แช่อยู่ในน้ำ

การคำนวณ

Bulk Specific Gravity = A/(B-C)

Bulk Specific Gravity (SSD) = B/(B-c)

Apparent Specific Gravity = A/(A-C)

โดยที่ A = น้ำหนักของตัวอย่างแห้ง

B = น้ำหนักของตัวอย่างในสภาพ Saturated-surface-dry

C = น้ำหนักของตัวอย่างในน้ำ

ในการเฉลี่ยค่าความถ่วงจำเพาะของวัสดุหลายชนิด เป็นไปตามสมการดังต่อไปนี้คือ

$$G = \frac{1}{\frac{P_1}{100G_1} + \frac{P_2}{100G_2} + \cdots \frac{P_n}{100G_n}}$$

โดยที่ G = ค่าความถ่วงจำเพาะเฉลี่ย (ทุก ๆ แบบของความถ่วงจำเพาะสามารถเฉลี่ยได้โดยสมการนี้)

$G_1, G_2 .. G_n$ = ค่าความถ่วงจำเพาะของแต่ละส่วนของวัสดุที่นำมาผสมกัน

$P_1, P_2 .. P_n$ = น้ำหนักเป็นเปอร์เซนต์ของแต่ละส่วนของวัสดุที่นำมาผสมกัน

การรายงาน

รายงานค่าความถ่วงจำเพาะมีความละเอียด 0.01 และบ่งชี้ชนิดของความถ่วงจำเพาะนั้นด้วย

ภาคผนวก ค.4 วิธีการทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะของวัสดุชนิดเม็ดละเอียด[26,28,29,30]

(เทียบเท่า ทล. ท. 209/2518, ASTM C 128-79, AASHTO T 84-77)

ความมุ่งหมาย

วิธีการทดลองนี้ เพื่อหาค่าความถ่วงจำเพาะของวัสดุชนิดเม็ดละเอียด เป็นการหาค่า Bulk specific gravity (SSD) และ apparent specific gravity ดังได้กล่าวมาแล้วในภาคผนวก ค.3

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่ง อ่านค่าได้ละเอียดอย่างน้อย 0.1 กรัม

2. Pycnometer เป็นขวดแก้วแบบ Flask หรืออื่น ๆ ที่เหมาะสม สามารถใส่วัสดุชนิดเม็ดละเอียดเข้าไปได้และวัดปริมาตรได้แตกต่างไม่เกิน ±0.1 ลบ.ซม.

3. แบบโลหะ เป็นรูปกรวยมีเส้นผ่าศูนย์กลางด้านบน 40±3 มม. และเส้นผ่าศูนย์กลางด้านล่าง 90±3 มม. ความสูง 75±3 มม. ความหนาของแผ่นโลหะอย่างน้อย 0.8 มม.

4. โลหะกระทุ้ง น้ำหนัก 340±15 กรัม ผิวหน้าด้านที่ใช้กระทุ้งราบเป็นวงกลมมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 25±3 มม.

วิธีการทดลอง

1. นำตัวอย่างประมาณ 1 กิโลกรัมใส่ในภาชนะอบที่อุณหภูมิ 110±5°C ให้แห้งแล้วปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำไปแช่ในน้ำเป็นเวลา 24±4 ชั่วโมง

2. นำตัวอย่างมาแผ่ กระจายบนภาชนะที่ไม่ดูดซึมน้ำ เพื่อให้ตัวอย่างค่อย ๆ แห้ง อาจใช้ลมร้อนเป่าผ่านตัวอย่างและผสมให้แห้งเท่า ๆ กัน จนอยู่ในสภาพที่จะได้ Saturated-surface dry ทำเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จนวัสดุเกือบจะอยู่ในสภาพที่จะไหลหรือเคลื่อนไหวได้ (Free flowing condition)

3. นำตัวอย่างใส่ลงในแบบอย่างหลวม ๆ จนเต็ม นำโลหะกระทุ้งทำการกระทุ้งตัวอย่างเบา ๆ 25 ครั้ง แล้วค่อย ๆ ยกแบบขึ้นตรง ๆ ถ้าตัวอย่างยังคงรูปอยู่ในลักษณะตามแบบ แสดงว่ายังคงมีน้ำที่ผิวอยู่ ทำซ้ำ ๆ จนกระทั่งเมื่อยกแบบออก ตัวอย่างวัสดุเริ่มทะลาย แสดงว่า ตัวอย่างวัสดุอยู่ในสภาวะ Saturated-surface-dry

4. นำตัวอย่างนั้น หนัก 50 ถึง 500 กรัม ซึ่งหาน้ำหนักของตัวอย่าง และใส่ลงใน Pycnometer เติมน้ำจนมีปริมาตรเกือบถึงขีดหมาย ทำการไล่ฟองอากาศจนหมดโดยการเขย่าและหมุนขวดกลับไปกลับมาแล้วจึงเติมน้ำจนถึงขีดหมาย

5. ทำการหาน้ำหนักของขวด, ตัวอย่างวัสดุและน้ำ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ถึงขีดหมายและหาน้ำหนักขวดและน้ำถึงขีดหมายที่อุณหภูมิต่าง ๆ เพื่อ Calibrated ขวด Pycnometer ที่ใช้

6. นำวัสดุตัวอย่างออกจาก Pycnometer อบให้แห้งที่อุณหภูมิ 110±5^{o}C และปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้องประมาณ 1±1/2 ชั่วโมง แล้วจึงนำไปชั่งหาน้ำหนัก

การคำนวณ

Bulk specific gravity = A/(B+W-C)

โดยที่ A = น้ำหนักของตัวอย่างแห้งในอากาศ

B = น้ำหนักของ Pycnometer และน้ำถึงขีดหมาย

W = น้ำหนักของตัวอย่างที่ SSD

C = น้ำหนักของ Pycnometer ตัวอย่างและน้ำถึงขีดหมาย

Bulk specific gravity (SSD) = W/(B+W-C)

Apparent specific gravity = A/(B+A-C)

การรายงาน

รายงานค่าความถ่วงจำเพาะมีความละเอียด 0.01 และบ่งชี้ชนิดของความถ่วงจำเพาะนั้น

ภาคผนวก ค.5 วิธีการทดสอบหาการดูดซึมแอสฟัลท์[28,30,32]

(เทียบเท่า ASTM D 2041-78, AASHTO 209-74)

ความมุ่งหมาย

วิธีการทดลองนี้ เพื่อหาค่าความถ่วงจำเพาะสูงสุดทางทฤษฎีของส่วนผสมแอสฟัลท์ติคคอนกรีตที่ไม่ได้ทำการบดอัด และใช้ค่าความถ่วงจำเพาะนี้หาการดูดซึมแอสฟัลท์ของวัสดุมวลรวม

อุปกรณ์

1. ขวดแก้ว (Flask) มีความจุ 1000 มิลลิลิตร ที่คอขวดมีท่อต่อเข้าเครื่องดูดอากาศ

2. จุกยางปิดขวดแก้ว

3. เครื่องชั่ง สามารถชั่งวัตถุในน้ำได้ มีความละเอียด 0.1 กรัม

4. เครื่องดูดอากาศ สามารถดูดอากาศได้มีความดัน 30 มม. ปรอท (4.0 kPa) หรือน้อยกว่า

5. เครื่องวัดความดันของสูญญากาศ

6. อ่างน้ำ สามารถใส่ขวดแก้ว ขณะที่นำไปชั่งในน้ำได้

วิธีการทดลอง

1. ชั่งหาน้ำหนักของขวดในอากาศและในน้ำที่อุณหภูมิ $25\pm0.5^{o}C$ ($77\pm0.9^{o}F$)

2. นำตัวอย่างของแอสฟัลท์ติคคอนกรีตที่ทำการผสมและทราบปริมาณของแอสฟัลท์แล้ว ขนาดของตัวอย่างจะเป็นดังตารางที่ ผ-12 นำมาแยกกระจายออกโดยให้ส่วนของวัสดุมวลรวมเม็ดละเอียด มีขนาดไม่ใหญ่กว่า 6.4 มม. (1/4 นิ้ว) ถ้าวัสดุยากแก่การแยกออกให้นำไปให้ความร้อนเล็กน้อย แล้วปล่อยทิ้งให้เป็นที่อุณหภูมิห้อง

3. ใส่วัสดุตัวอย่างลงในขวดแก้วและทำการชั่งหาน้ำหนักในอากาศ เติมน้ำที่อุณหภูมิ $25^{o}C$ ($77^{o}F$) จนมิดตัวอย่าง

4. ดูดอากาศออกโดยเครื่องดูดอากาศ ให้มีความดันสูญญากาศ 30 มม. ปรอท (4 kPa) หรือน้อยกว่า เป็นเวลา 5 ถึง 15 นาที เขย่าขวดทุก ๆ ช่วง 2 นาที

5. หลังจากนั้น ทำการชั่งน้ำหนักของขวดและตัวอย่างในน้ำหลังจากแช่ไว้ในน้ำ 10±1 นาที อุณหภูมิของน้ำเท่ากับ 25±1 ^{o}C (77±1.8 ^{o}F)

การคำนวณ

คำนวณหาค่าความถ่วงจำเพาะของตัวอย่าง (ค่าความถ่วงจำเพาะสูงสุดทางทฤษฎี) จากสมการ

$$\text{Max. sp. gr.}, G_{mm} = \frac{A}{A-C}$$

โดยที่ A = น้ำหนักของตัวอย่างแห้งในอากาศ

C = น้ำหนักของตัวอย่างในน้ำ

การคำนวณหาการดูดซึมแอสฟัลท์หาได้จากสมการ

$$P_{ba} = 100 \frac{G_{se}-G_{sb}}{G_{sb}G_{se}} G_b$$

โดยที่ P_{ba} = การดูดซึมแอสฟัลท์, เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักของวัสดุมวลรวม

G_{se} = Effective specific gravity ของวัสดุมวลรวม

G_{sb} = Bulk specific gravity ของวัสดุมวลรวม

G_b = Specific gravity ของแอสฟัลท์ที่ใช้

การคำนวณหาค่า Effective specific gravity ของวัสดุมวลรวม หาได้จากสมการ

$$G_{se} = \frac{P_{mm}-P_b}{\frac{P_{mm}}{G_{mm}} - \frac{P_b}{G_b}}$$

โดยที่ G_{se} = Effective specific gravity of aggregate

P_{mm} = Total loose mixture, percent by total weight of mixture = 100 percent

P_b = ปริมาณแอสฟัลท์, เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักทั้งหมดของส่วนผสม

G_{mm} = ค่าความถ่วงจำเพาะสูงสุดทางทฤษฎีของส่วนผสม

G_b = ค่าความถ่วงจำเพาะของแอสฟัลท์

การรายงาน

การดูดซึมแอสฟัลท์ของวัสดุมวลรวม จะมีค่าเป็นเปอร์เซนต์โดยน้ำหนกของวัสดุมวลรวมมากกว่าเปอร์เซนต์โดยน้ำหนักของส่วนผสม หรือเป็นปริมาณแอสฟัลท์เป็นกรัมต่อน้ำหนัก 100 กรัมของวัสดุมวลรวม

ตารางที่ ผ-12 ขนาดของตัวอย่างในการหาความถ่วงจำเพาะสูงสุดทางทฤษฎีของแอสฟัลท์ติดคอนกรีต

Size of Largest Particle of Aggregate in Mixture, mm. (in.)	Minimum Sample Size, g
50.0 (2)	6000
37.5 (1½)	4000
25.4 (1)	2500
19.1 (3/4)	2000
12.5 (½)	1500
9.5 (3/8)	1000
4.75 (No. 4)	500

ภาคผนวก ค.6 วิธีการทดสอบหาความสึกหรอโดยใช้เครื่อง Los Angeles [25,28,29,30]

(เทียบเท่า ทล. ท. 202/2515, ASTM C 131-81, AASHTO T 96-77)

ความมุ่งหมาย

วิธีการทดสอบนี้ เพื่อหาความต้านทานการสึกหรอของวัสดุมวลรวมชนิดเม็ดหยาบ โดยใช้เครื่องทดสอบลอสแองเจลิส

อุปกรณ์

1. Los Angeles Machine แสดงได้ดังรูปที่ ผ-10 เป็นลักษณะและขนาดของเครื่องมือประกอบด้วยถังเหล็กกลมทรงกระบอก ปิดทั้ง 2 ด้าน ติดอยู่กับแกนและสามารถหมุนรอบตัวเองในแนวนอน มีช่องสำหรับใส่วัสดุและแผ่นโลหะปิดโดยที่ผิวด้านในไม่ทำให้ ลูกเหล็กกลมสดุด ภายในถังเหล็กมีเหล็กขวางติดแน่นกับถังเหล็ก

2. ตะแกรงหาขนาดต่าง ๆ ของวัสดุ

3. Abrasive Charge เป็นลูกเหล็กทรงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 27/32 นิ้ว (46.8 มม.) น้ำหนักแต่ละลูกอยู่ระหว่าง 390 และ 445 กรัม จำนวนและน้ำหนักของลูกเหล็กกลมที่ใช้ขึ้นอยู่กับเกรดต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ ผ-13

4. เครื่องชั่ง มีความละเอียด 0.1 เปอร์เซนต์ของน้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ

วิธีการทดลอง

1. ตัวอย่างที่นำมาทดสอบจะต้องล้างและอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 105 ถึง 110^{o}C (221 ถึง 230^{o}F) ให้มีน้ำหนักคงที่ แบ่งแยกออกเป็นขนาดต่าง ๆ ให้เป็นไปตามเกรดของตัวอย่างดังแสดงไว้ในตารางที่ ผ-14 น้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้ทดสอบบันทึกให้มีความละเอียด 1 กรัม

2. ใส่ตัวอย่างและลูกเหล็กกลมในเครื่องลอสแองเจลิส หมุนเครื่องด้วยความเร็ว 30 ถึง 33 รอบต่อนาที จำนวน 500 รอบ หลังจากนั้นนำตัวอย่างออกจากเครื่อง

3. แบ่งตัวอย่างหาขนาดที่ใหญ่กว่า 1.70 มม. (ตะแกรงเบอร์ 12) โดยทำการล้างผ่านตะแกรง นำตัวอย่างที่ค้างบนตะแกรงอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 105 ถึง 110°C (221 ถึง 230°F) แล้วนำไปชั่งให้มีความละเอียด 1 กรัม

การคำนวณ

$$\text{ความสึกหรอ} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \text{ เปอร์เซนต์}$$

โดยที่ W_1 = น้ำหนักตัวอย่างทั้งหมดก่อนการทดลอง

W_2 = น้ำหนักตัวอย่างที่ค้างบนตะแกรงเบอร์ 12

การรายงาน

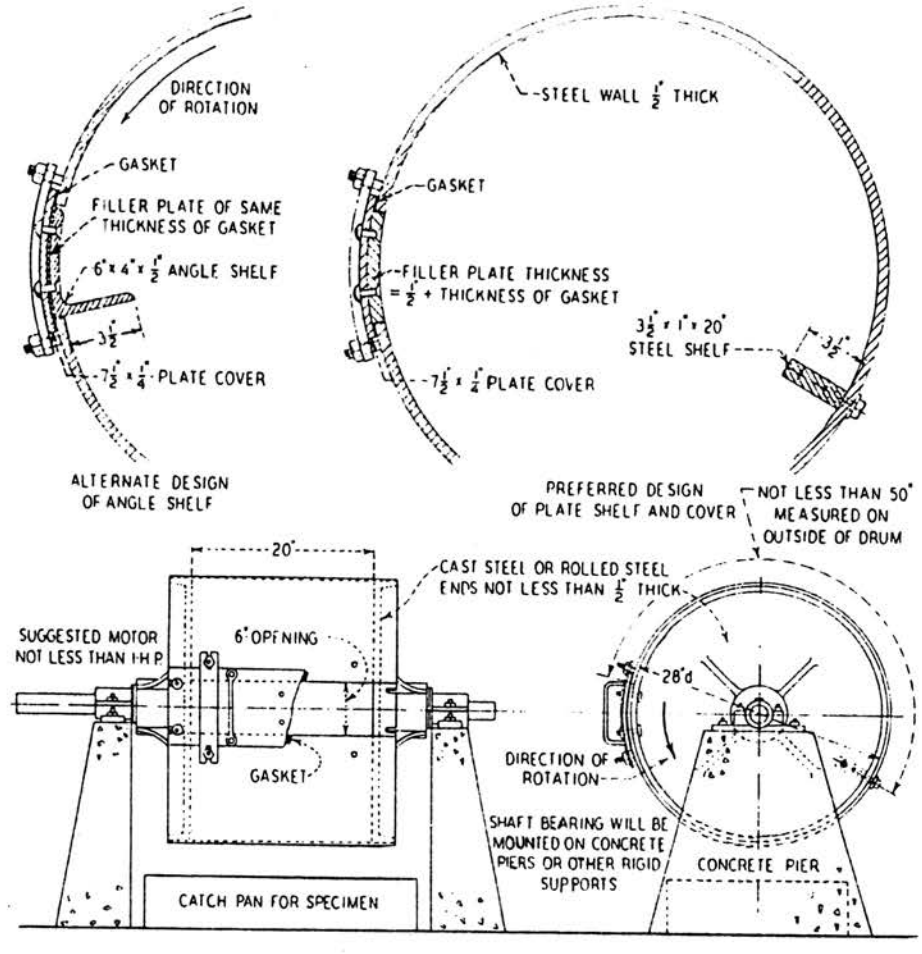
รายงานการสูญเสีย (วัสดุที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 12) คิดเป็นเปอร์เซนต์ของการสูญเสีย

ตารางที่ ผ-13 จำนวนและน้ำหนักลูกเหล็กกลมในการทดสอบความสึกหรอ

Grading	Number of Spheres	Weight of Charge, g
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	8	3330 ± 20
D	6	2500 ± 15

ตารางที่ ผ-14 การแบ่งเกรดของตัวอย่างในการทดสอบความสึกหรอ

Sieve Size (Square Openings)		Weight of Indicated Sizes, g			
		Grading			
Passing	Retained on	A	B	C	D
37.5 mm (1½ in.)	25.0 mm (1 in.)	1 250 ± 25	...	...	...
25.0 mm (1 in.)	19.0 mm (¾ in.)	1 250 ± 25	...	...	...
19.0 mm (¾ in.)	12.5 mm (½ in.)	1 250 ± 10	2 500 ± 10	...	...
12.5 mm (½ in.)	9.5 mm (⅜ in.)	1 250 ± 10	2 500 ± 10	...	...
9.5 mm (⅜ in.)	6.3 mm (¼ in.)	...	...	2 500 ± 10	...
6.3 mm (¼ in.)	4.75-mm (No. 4)	...	...	2 500 ± 10	...
4.75-mm (No. 4)	2.36-mm (No. 8)	...	...	...	5 000 ± 10
Total		5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10



รูปที่ ผ-10 เครื่องมือลอสแองเจลิสในการทดสอบความสึกหรอ

ภาคผนวก ค.7 วิธีการทดสอบหาค่า Sand Equivalent[25,28,29,30]

(เทียบเท่า ทล. ท 203/2515, ASTM D 2419-74, AASHTO T 176-73)

ความมุ่งหมาย

วิธีการทดลองนี้ เพื่อหาความสัมพันธ์ของส่วนของวัสดุเม็ดละเอียดคล้ายดินเหนียวและส่วนของวัสดุเม็ดละเอียดพวกทราย ในวัสดุชนิดเม็ดละเอียด

อุปกรณ์

1. หลอดทรงกระบอกพลาสติกไปร่งแสง จุกยางเปิดปากกระบอก ท่อส่งน้ำยา และขาน้ำหนักของเครื่องมือ ขนาดของเครื่องมือ แสดงดังรูปที่ ผ-11

2. กระป๋องตีบุก มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 1/4 นิ้ว (57 มม.) มีความจุ 85±5 มิลลิลิตร

3. กรวยปากกว้าง สำหรับใส่ตัวอย่างลงในกระบอกพลาสติก

4. นาฬิกาจับเวลา

5. เครื่องเขย่ากระบอก สามารถเขย่าได้ 175±2 รอบต่อนาที กว้าง 8±0.04 นิ้ว หรือการเขย่าด้วยมือ ในอัตรา 100 รอบใน 45±5 วินาที ความกว้างของการเขย่า 5.0±0.2 นิ้ว แสดงดังรูปที่ ผ-12

6. สารละลายแคลเซี่ยมคลอไรด์ โดยใช้ 454 กรัม Anhydrous calcium chloride 2050 กรัมของ USP glycerin และ 47 กรัมของ Formaldehyde (40 เปอร์เซนต์โดยปริมาตรของสารละลาย

การเตรียมสารละลายให้ละลายแคลเซี่ยมคลอไรด์ในน้ำกลั่น 1/2 แกลลอน (1.89 ลิตร) กรองผ่าน Ready-pleated rapid filtering paper เติม glycerin และ formaldehyde ผสมให้เข้ากันแล้วทำให้เจือจางจนมีปริมาตร 1 แกลลอน (3.78 ลิตร) สารละลายที่ใช้ Working Solution เตรียมได้จากนำสารละลายที่ได้ปริมาณ 1 กระป๋องตีบุก 85±5 มิลลิลิตรและทำให้เจือจางเป็นสารละลาย 1 แกลลอน (3.78 ลิตร)

วิธีการทดลอง

1. นำตัวอย่างวัสดุเม็ดละเอียด (ผ่านตะแกรงเบอร์ 4) ตวงใส่กระป๋องดีบุก 1 กระป๋อง ขนาด 85±5 มิลลิลิตร ใช้ที่ปาดวัสดุที่ขอบบนให้ได้ตัวอย่างเต็มกระป๋องตวง

2. เติมสารละลาย Working Solution ลงในกระบอกพลาสติคให้สูง 4±0.1 นิ้ว โดยใช้ท่อส่งน้ำยา วางกรวยปากกว้างบนปากกระบอกแล้วเทตัวอย่างจากกระป๋องตวงลงในกระบอก ไล่ฟองอากาศออกโดยใช้ก้นกระบอกกระแทกกับฝ่ามือจนตัวอย่างเปียกทั่วถึงกัน

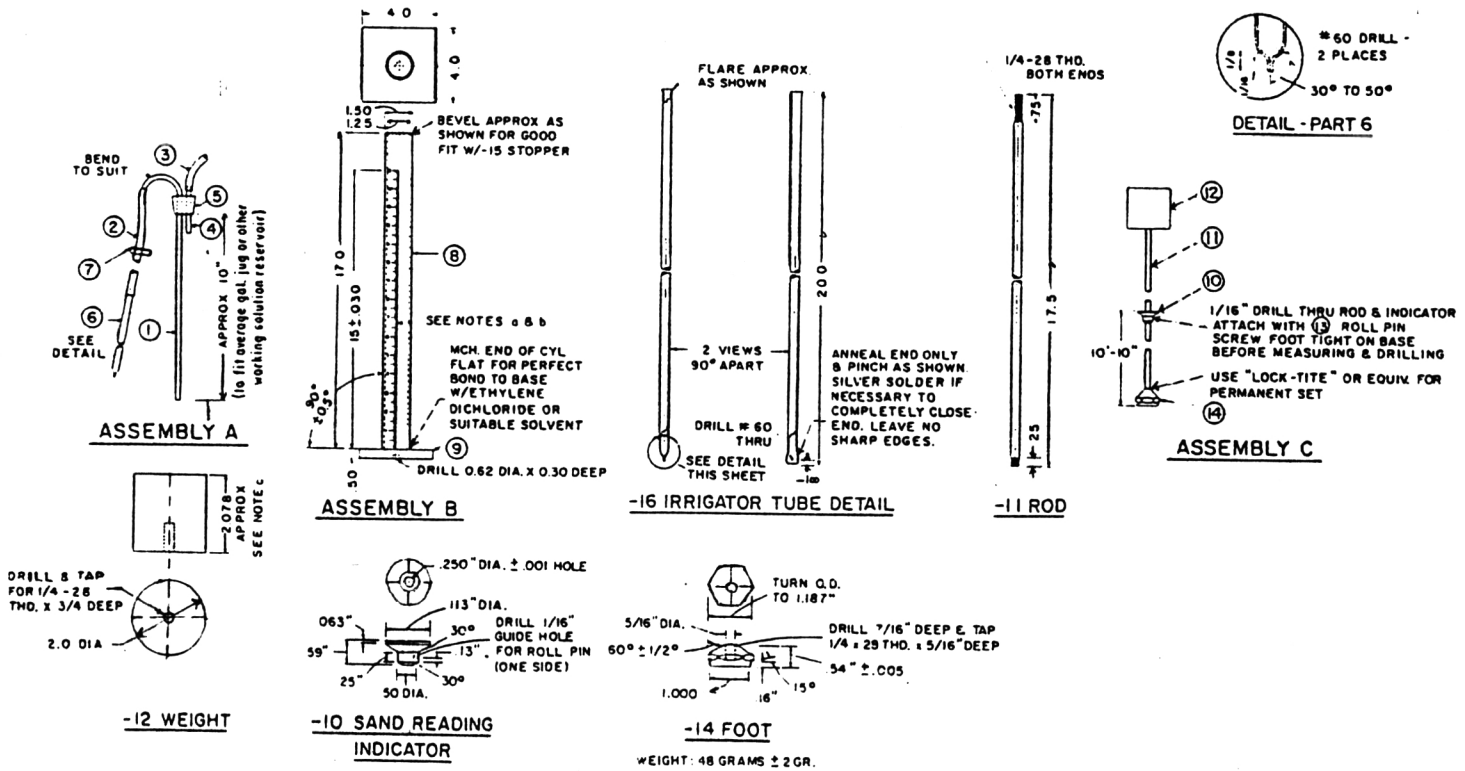
3. ปล่อยทิ้งไว้ 10±1 นาที แล้วอุดกระบอกตวงด้วยจุกยาง พลิกกระบอกคว่ำไปมาและเขย่าไม่ให้วัสดุตกค้างที่ก้นกระบอกตวง

4. ทำการเขย่ากระบอก ถ้าใช้เครื่องเขย่า ใช้เวลานาน 45±5 วินาที ถ้าใช้กระบอกตวงยึดติดกับเครื่องที่เขย่าด้วยมือ ให้เขย่า 100 รอบใน 45±5 วินาที ถ้าเขย่าด้วยมือ ต้องเขย่าด้วยความกว้าง 9±1 นิ้ว ให้ได้ 90 รอบ ในเวลาประมาณ 30 วินาที

5. หลังทำการเขย่า ตั้งกระบอกตวงพลาสติคบนโต๊ะ เอาจุกยางออก หย่อนท่อส่งน้ำยาลงไปที่ก้นกระบอก เปิดให้สารละลายผ่านออกไปล้างวัสดุที่ติดข้างกระบอกจนระดับน้ำในกระบอกอยู่ที่ขีด 15 นิ้ว จึงค่อย ๆ ยกท่อส่งน้ำยาขึ้นและเติมน้ำยาให้ระดับอยู่ที่ 15 นิ้ว

6. ปล่อยกระบอกตวงทิ้งไว้ 20 นาทีโดยไม่ให้ถูกรบกวน ดินเหนียวจะลอยอยู่โดยแยกเป็นชั้นอย่างชัดเจน อ่านค่าระดับชั้นบนสุดของดินเหนียว เป็นค่า "Clay reading" ถ้าดินเหนียวยังตกตะกอนไม่หมด ใช้เวลานานออกไปแต่ไม่ควรเกิน 30 นาที

7. หาค่า "Sand reading" โดยนำขาน้ำหนัก (Weighted foot assembly) ค่อย ๆ หย่อนลงในกระบอกตวง ไปวางบนวัสดุทราย อ่านค่าบนกระบอกตวงตรงระดับบนสุดของขีดหมายที่อยู่ที่ขาน้ำหนัก แล้วลบด้วย 10 ก็จะได้ค่า "Sand reading"



NOTE—The sand reading indicator and foot specified by ASTM Method D 2419 - 69, Fig. 1, may be used where this equipment is previously available.

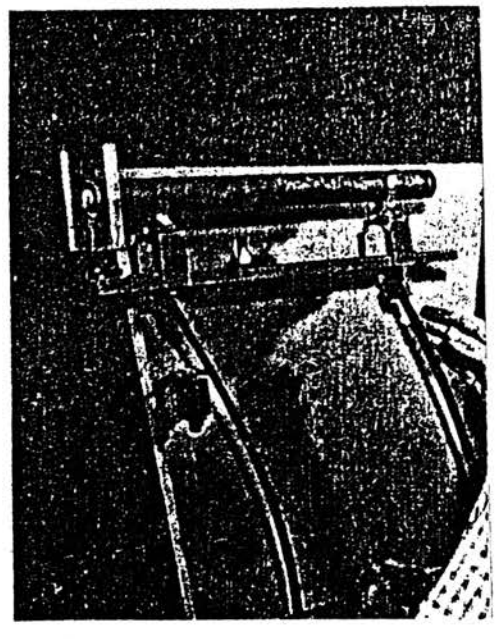
รูปที่ ผ-11 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบหาค่า Sand Equivalent

การคำนวณ

$$\text{ค่า Sand Equivalent, SE} = \frac{\text{Sand reading}}{\text{Clay reading}} \times 100 \text{ เปอร์เซนต์}$$

การรายงาน

ค่าของ Sand reading และ Clay reading ใช้เลขทศนิยม 1 ตำแหน่ง สำหรับค่า Sand Equivalent เป็นเลขจำนวนเต็ม ให้ปัดทศนิยมเป็นเลขจำนวนเต็ม



รูปที่ ผ-12 การเขย่าด้วยเครื่องที่ใช้แรงมือในการเขย่า

ภาคผนวก ค.8 วิธีการทดสอบการหลุดลอกของแอสฟัลท์[28,30]

(เทียบเท่า ASTM D 1664-80, AASHTO T 182-70)

ความมุ่งหมาย

วิธีการทดสอบนี้เพื่อทดสอบการยึดเกาะและการหลุดลอกของแอสฟัลท์จากผิวของวัสดุมวลรวม

อุปกรณ์

1. ภาชนะสำหรับการผสม

2. แอสฟัลท์ใช้ในการทดสอบ

3. Spatula กว้าง 1 นิ้ว ยาว 4 นิ้ว

4. เตาอบ สามารถควบคุมอุณหภูมิที่ 135 ถึง 149°C (275 ถึง 300°F)

5. ภาชนะใส่น้ำความจุ 600 มิลลิลิตร

6. โคมไฟสำหรับส่องดูวัสดุ

วิธีการทดลอง

1. นำตัวอย่างของวัสดุมวลรวม 100±1 กรัม ผสมกับแอสฟัลท์ในภาชนะสำหรับการผสม โดยให้อุณหภูมิของวัสดุมวลรวม 135 ถึง 149°C (275 ถึง 300°F) เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และให้ความร้อนแก่แอสฟัลท์ที่นำมาผสม 135 ถึง 149°C (275 ถึง 300°F) ในการผสมเติมแอสฟัลท์ที่ร้อนปริมาณ 5.5±0.2 กรัมลงในวัสดุมวลรวมที่ร้อน

2. ใช้ Spatula ในการผสมประมาณ 2 ถึง 3 นาที หรือจนกว่าวัสดุมวลรวมจะถูกหุ้มด้วยแอสฟัลท์ หลังจากนั้นปล่อยให้อุณหภูมิของส่วนผสมลดลงที่อุณหภูมิห้อง

3. นำส่วนผสมใส่ลงในภาชนะใส่น้ำกลั่นประมาณ 400 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ $77^{o}F$ หรือ $25^{o}C$) แช่ส่วนผสมในน้ำเป็นเวลา 16 ถึง 18 ชั่วโมง โดยไม่ให้เกิดการรบกวน

4. เอาฟิลม์ที่ลอยอยู่ที่ผิวน้ำออก ส่องแสงสว่างด้วยหลอดไฟ ขนาด 75 วัตต์ ผ่านลงในน้ำไปที่ตัวอย่าง สังเกตดูที่ตัวอย่างว่า พื้นที่ผิวของวัสดุมวลรวมถูกปกคลุมด้วยแอสฟัลท์มากกว่าหรือน้อยกว่า 95 %

การรายงาน

รายงานพื้นที่ผิวของวัสดุมวลรวมถูกปกคลุมด้วยแอสฟัลท์ "มากกว่า 95 %" หรือ "น้อยกว่า 95 %"

ภาคผนวก ค.9 วิธีการทดสอบหา Soundness ของวัสดุชนิดเม็ดหยาบ[28,29,30]

(เทียบเท่า ASTM C 88-76, AASHTO T 104-77)

ความมุ่งหมาย

วิธีการทดลองนี้ เพื่อหาความต้านทานต่อการสึกกร่อน โดยใช้สารละลายของโซเดียม ซัลเฟต หรือ แมกเนเซี่ยม ซัลเฟต (Sodium Sulfate or Magnesium Sulfate) เป็นค่าความแข็งแรง (Soundness) ของวัสดุมวลรวมที่มีต่อสภาพอากาศ (Weathering action)

อุปกรณ์

1. ตะแกรง ขนาดต่าง ๆ ตามแต่ขนาดวัสดุที่ใช้

2. ภาชนะสำหรับแช่ตัวอย่างในสารละลาย จำนวนของสารละลายจะมีปริมาตรอย่างน้อยห้าเท่าของปริมาตรตัวอย่าง ตะกร้าใส่ตัวอย่างเป็นลวดตาข่ายหรือตะแกรงขนาดพอเหมาะกับตัวอย่าง

3. เครื่องชั่ง มีความละเอียด 1 กรัม สำหรับวัสดุชนิดเม็ดหยาบ

4. เตาอบ สามารถควบคุมอุณหภูมิที่ 110±5°C (230±9°F) และมีอัตราการระเหยที่อุณหภูมินี้อย่างน้อย 25 กรัมต่อชั่วโมง เป็นเวลา 4 ชั่วโมง อัตรานี้หาได้จากการระเหยของน้ำ 1 ลิตรในถ้วย เติมน้ำแต่ละครั้ง 500 กรัม ที่อุณหภูมิ 21±2°C (70±3°F) โดยที่ไม่มีสิ่งอื่นใดอยู่ในเตาอบ นอกจากถ้วยใส่น้ำเท่านั้น

5. เครื่องวัดความถ่วงจำเพาะของสารละลาย

6. สารละลายที่ใช้

6.1 Sodium Sulfate Solution ละลายเกลือโซเดียม ซัลเฟต เกรด USP ในน้ำที่อุณหภูมิ 77 ถึง 86°F (25 ถึง 30°C) โดยใช้ 215 กรัมของ anhydrous (Na_2SO_4) ต่อน้ำ 1 ลิตร ทำละลายจนอิ่มตัวและมีผลึกเกิดขึ้นเล็กน้อย ถ้ายังไม่อิ่มตัวให้เติมเกลือโซเดียม ซัลเฟต เข้าไปอีก สารละลายต้องทำการคนอยู่สม่ำเสมอจนกระทั่งใช้งาน และทำให้เย็นที่

อุณหภูมิ 21±1°C (70±2°F) เป็นเวลาอย่างน้อย 48 ชั่วโมง ก่อนนำไปใช้ ความถ่วงจำเพาะของสารละลายต้องไม่น้อยกว่า 1.151 และไม่มากกว่า 1.174

6.2 Magnesium Sulfate Solution ละลายเกลือแมกเนเซี่ยม ซัลเฟต เกรด USP ในน้ำที่อุณหภูมิ 77 ถึง 86°F (25 ถึง 30°C) โดยใช้ 350 กรัม ของ anhydrous ($MgSO_4$) ต่อน้ำ 1 ลิตร ทำละลายจนอิ่มตัวและมีผลึกเกิดขึ้นเล็กน้อย ถ้ายังไม่อิ่มตัวให้เติมเกลือแมกเนเซี่ยม ซัลเฟต เข้าไปอีก สารละลายต้องทำการคนอยู่สม่ำเสมอจนกระทั่งใช้งานและทำให้เย็นที่อุณหภูมิ 21±1°C (70±2°F) เป็นเวลาอย่างน้อย 48 ชั่วโมงก่อนนำไปใช้ ความถ่วงจำเพาะของสารละลายต้องไม่น้อยกว่า 1.295 และไม่มากกว่า 1.308

วิธีทดลอง

1. วัสดุเม็ดหยาบที่นำมาใช้ทดสอบประกอบด้วยขนาดต่าง ๆ ดังตารางที่ ผ-15 ทำการล้างตัวอย่างและอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 110±5°C (230±9°F) และแยกเป็นขนาดต่าง ๆ โดยการร่อนด้วยตะแกรง ชั่งน้ำหนักแต่ละขนาดของวัสดุ

2. แช่ตัวอย่างไว้ในสารละลายที่เตรียมไว้ไม่น้อยกว่า 16 ชั่วโมง และไม่มากกว่า 18 ชั่วโมง โดยที่สารละลายคุมตัวอย่างมีความลึกอย่างน้อย 1/2 นิ้ว ปิดภาชนะกันการระเหย และให้ตัวอย่างแช่อยู่ในสารละลายที่อุณหภูมิ 70±2°C (21±1°F)

Size (Square-Opening Sieves)	Weight, g
⅜ in. (9.5 mm) to No. 4 (4.75 mm)	300 ± 5
¾ (19.0 mm) to ⅜ in.	1000 ± 10
Consisting of:	
½ (12.5 mm) to ⅜-in. material	330 ± 5
¾ to ½-in. material	670 ± 10
1½ (37.5 mm) to ¾ in.	1500 ± 50
Consisting of:	
1 (25.0 mm) to ¾-in. material	500 ± 30
1½ to 1-in. material	1000 ± 50
2½ (63 mm) to 1½ in.	5000 ± 300
Consisting of:	
2 (50 mm) to 1½-in. material	2000 ± 200
2½ to 2-in. material	3000 ± 300
Larger sizes by 1-in. spread in sieve size, each fraction	7000 ± 1000

ตารางที่ ผ-15 ขนาดตัวอย่างที่ใช้ใน Soundness Test

3. หลังจากแช่ในสารละลายแล้ว นำตัวอย่างออกจากสารละลาย ปล่อยให้สารละลายระบายออกเป็นเวลา 15±5 นาที และนำไปไว้ในเตาอบที่อุณหภูมิ 230±9°F (110±5°C) อบให้แห้งจนมีน้ำหนักคงที่ ประมาณ 2 ถึง 4 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำตัวอย่างออกมาปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

4. นำไปทำการแช่ในสารละลายในข้อ 2 อีก ทำเช่นนี้เป็นจำนวน 5 ครั้ง

5. หลังทำครบ 5 รอบแล้ว นำตัวอย่างที่ปล่อยให้เย็นแล้ว นำไปล้างให้หมดจากเกลือ ตรวจสอบได้จากปฏิกริยาของน้ำที่ล้างกับแบเรียม คลอไรด์ ($BaCl_2$)

6. นำตัวอย่างไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 110±5°C (230±9°F) นำวัสดุไปร่อนในตะแกรงขนาดต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ ผ-16 และชั่งน้ำหนักที่ค้างบนตะแกรงในแต่ละขนาด

ตารางที่ ผ-16 ตะแกรงที่ใช้ทดสอบการสึกกร่อนใน Soundness Test

Size of Aggregate	Sieve Used to Determine Loss
2½ (63 mm.) to 1½ in. (37.5 mm.)	1½ (31.5 mm.)
1½ to 3/4 in. (19.0 mm.)	5/8 (16.0 mm.)
3/4 to 3/8 in. (9.5 mm.)	5/16 (8.0 mm.)
3/8 to No. 4 (4.75 mm.)	No. 5 (4.0 mm.)

การรายงาน

1. รายงานน้ำหนักของตัวอย่างแต่ละขนาดที่ใช้ก่อนทำการทดลอง

2. น้ำหนักของตัวอย่างแต่ละขนาดหลังทำการทดลอง ซึ่งจะได้น้ำหนักที่สูญหายไป คิดเป็นเปอร์เซนต์ของน้ำหนักก่อนทำการทดสอบ

3. เฉลี่ยน้ำหนักที่สูญหายเป็นเปอร์เซนต์ของน้ำหนักทั้งหมดของตัวอย่างที่ใช้ทดลอง

4. สารละลายที่ใช้ในการทดลอง

ภาคผนวก ค.10 วิธีการทดสอบหาค่าดรรชนีความแบน (Flakiness Index) [26,32]

(เทียบเท่า ทล. ท 210/2518, BS 812:1967)

ความมุ่งหมาย

วิธีการทดสอบนี้ เพื่อหาค่าดรรชนีความแบนของวัสดุชนิดเม็ดหยาบ ซึ่งเป็นค่าเปอร์เซนต์โดยน้ำหนักของวัสดุที่มีความหนาน้อยกว่า 3/5 เท่าของขนาดเฉลี่ยของวัสดุ

อุปกรณ์

1. ช่องวัดความหนา เป็นแผ่นโลหะมีขนาดและรูปร่างดังแสดงในรูปที่ ผ-13 ตัวเลขที่กำหนดข้างช่องวัดเป็นตัวเลขที่บอกถึงวัสดุที่ผ่านตะแกรงและค้างบนตะแกรงที่จะใช้กับช่องวัดความหนานี้

2. เครื่องชั่ง มีความละเอียด 0.1 กรัม

3. ตะแกรงสำหรับแบ่งวัสดุออกเป็นขนาดต่าง ๆ

วิธีการทดลอง

1. ตัวอย่างที่จะนำมาทดสอบต้องใช้ตัวอย่างอย่างน้อย 200 ชิ้นในแต่ละขนาดเมื่อวัสดุขนาดนั้นมีมากกว่า 15 เปอร์เซนต์ของตัวอย่าง ถ้าขนาดวัสดุนั้นมีระหว่าง 5 ถึง 15 เปอร์เซนต์ของตัวอย่างต้องใช้วัสดุขนาดนั้นอย่างน้อย 100 ชิ้น แต่ถ้าวัสดุนั้นมีไม่ถึง 5 เปอร์เซนต์ของตัวอย่างไม่จำเป็นต้องทดสอบ ทำการแบ่งตัวอย่างออกเป็นขนาดต่าง ๆ ตามตัวเลขที่บอกไว้ข้างช่องวัดความหนา และชั่งน้ำหนักแต่ละขนาด มีความละเอียด 0.1 กรัม

2. นำตัวอย่างที่แยกขนาดไว้ไปผ่านช่องวัดความหนาของแต่ละขนาดนั้นทีละก้อน โดยใช้ส่วนที่แบนที่สุดลอดผ่านและอย่ากดวัสดุเพื่อบังคับให้ผ่านช่อง

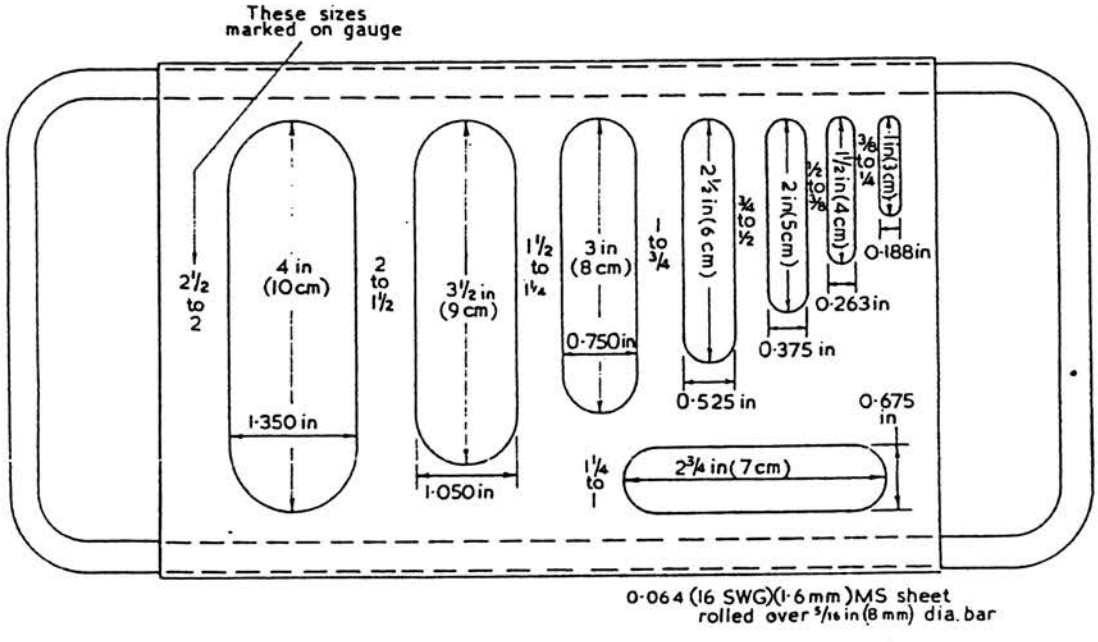
3. นำส่วนที่ผ่านและไม่ผ่านช่องวัดความหนาแต่ละขนาดไปชั่ง มีความละเอียด 0.1 กรัม

การคำนวณ

$$\text{ค่า Flakiness Iedex} = \frac{\text{น้ำหนักของวัสดุที่ผ่านช่องวัดความหนา}}{\text{น้ำหนักของวัสดุทั้งหมด}} \times 100 \text{ เปอร์เซนต์}$$

การรายงาน

รายงานค่า Flakiness Index เป็นเปอร์เซนต์เลขจำนวนเต็ม



รูปที่ ผ-13 ช่องวัดความหนาในการหาค่าดรรชนีความแบน

ภาคผนวก ค.11 วิธีการทดสอบหาค่าดรรชนีความยาว (Elongation Index) [26,32]

(เทียบเท่า ทล. ท. 211/2518, BS 812:1967)

ความมุ่งหมาย

วิธีการทดสอบนี้ เพื่อหาค่าดรรชนีความยาวของวัสดุชนิดเม็ดหยาบ ซึ่งเป็นค่าเปอร์เซนต์โดยน้ำหนักของวัสดุที่มีความยาวมากกว่า 1 4/5 เท่าของขนาดวัสดุเฉลี่ย

อุปกรณ์

1. ช่องวัดความยาว เป็นโลหะมีขนาดและรูปร่างดังแสดงในรูปที่ ผ-14 ตัวเลขที่กำหนดแต่ละช่อง หมายถึง ขนาดของวัสดุที่ผ่านและค้างบนขนาดตะแกรงและใช้ขนาดของวัสดุนั้นกับช่องวัดความยาวนี้

2. เครื่องชั่ง มีความละเอียด 0.1 กรัม

3. ตะแกรงสำหรับแบ่งวัสดุออกเป็นขนาดต่าง ๆ

วิธีการทดลอง

1. ตัวอย่างที่นำมาทดสอบแต่ละขนาดถ้ามีมากกว่า 15 เปอร์เซนต์ของตัวอย่างต้องใช้อย่างน้อย 200 ชิ้น ถ้ามีอยู่ระหว่าง 5 ถึง 15 เปอร์เซนต์ของตัวอย่าง ต้องใช้อย่างน้อย 100 ชิ้น และถ้ามีน้อยกว่า 5 เปอร์เซนต์ของตัวอย่าง ไม่จะเป็นต้องนำมาทดสอบ ใช้ตะแกรงร่อนคัดขนาดต่าง ๆ ตามตัวเลขที่บอกไว้ในแต่ละช่องวัดความยาว และชั่งน้ำหนักแต่ละขนาด มีความละเอียด 0.1 กรัม

2. นำตัวอย่างที่แยกขนาดไว้ไปผ่านช่องวัดความยาวของแต่ละขนาดนั้นทีละก้อน โดยใช้ส่วนที่ยาวที่สุดลอดผ่านและอย่ากดวัสดุหรือเอียงวัสดุเพื่อบังคับให้ผ่านช่อง

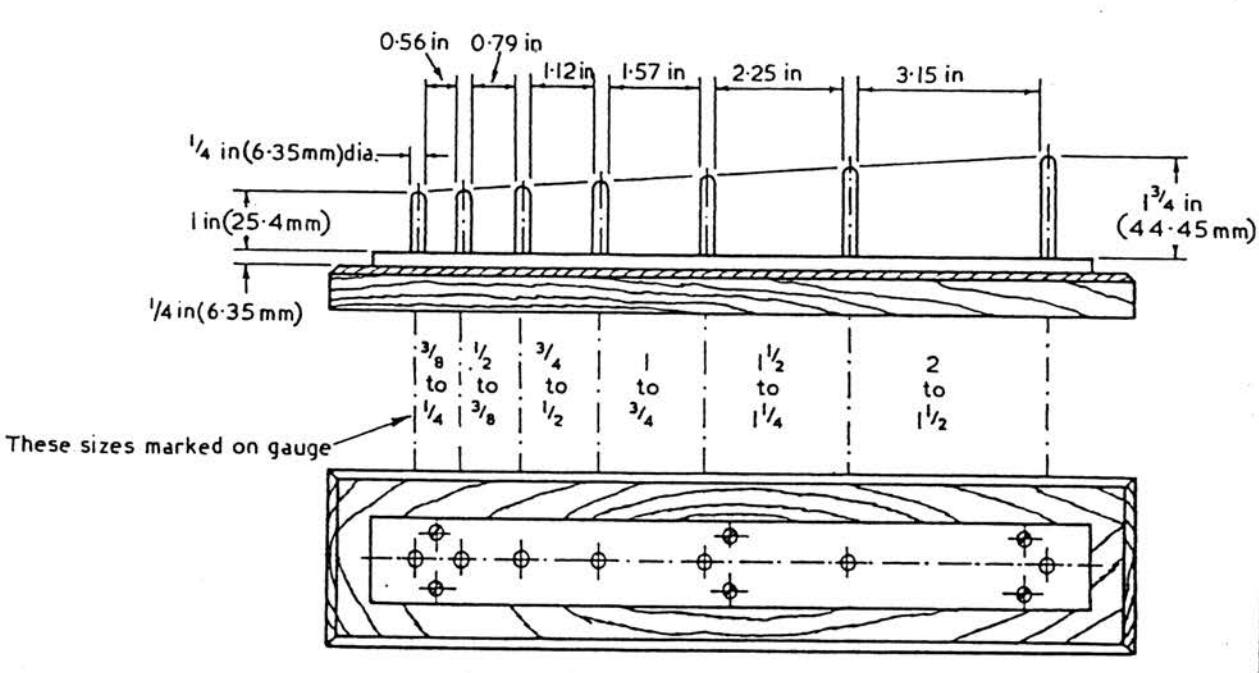
3. นำส่วนที่ผ่านและไม่ผ่านช่องวัดความยาวแต่ละขนาดไปชั่ง มีความละเอียด 0.1 กรัม

การคำนวณ

$$\text{ค่า Elongation Index} = \frac{\text{น้ำหนักของวัสดุที่ไม่ผ่านช่องวัดความยาว}}{\text{น้ำหนักของวัสดุทั้งหมด}} \times 100 \text{ เปอร์เซนต์}$$

การรายงาน

รายงานค่าดรรชนีความยาวเป็นเปอร์เซนต์เลขจำนวนเต็ม



รูปที่ ผ-14 ช่องวัดความยาวในการหาดรรชนีความยาว

ภาคผนวก ง

การทดสอบแอสฟัลติกคอนกรีต

ภาคผนวก ง.1 วิธีการแยกและหาปริมาณของบิทูเมนจากส่วนผสมแอสฟัลติกคอนกรีต[28,30] (เทียบเท่า ASTM D 2172-81, AASHTO T 164-76)

ความมุ่งหมาย

วิธีการทดลองนี้เป็นการหาปริมาณของบิทูเมนในส่วนผสมแอสฟัลท์ติคคอนกรีตและเป็นการแยกบิทูเมนและวัสดุมวลรวม ซึ่งสามารถนำไปทดสอบคุณสมบัติของแต่ละส่วนได้

อุปกรณ์

1. เตาอบ ควบคุมอุณหภูมิได้ที่ 110±5°C (230±9°V)
2. จานก้นแบน ยาว 12 นิ้ว กว้าง 8 นิ้ว ลึก 1 นิ้ว
3. เครื่องชั่ง มีความละเอียด0.01 % ของตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ
4. เตาไฟฟ้า สามารถปรับอัตราความร้อนได้
5. กระบอกเก็บตัวอย่าง 1000 หรือ 2000 มิลลิลิตร
6. จานสำหรับผสม ขนาด 125 มิลลิลิตร
7. สารทำละลายที่ใช้ในการทดสอบนี้ ใช้ Trichloroethylene
8. Extraction Apparatus มีขนาดและรูปร่างดังแสดงในรูปที่ ผ-15 สามารถควบคุมความเร็วได้ถึง 3,600 รอบต่อนาที มีภาชนะรองรับสารละลายที่ออกจากเครื่องมือ
9. กระดาษกรอง ใช้กับ Extraction Apparatus ชนิด Medium fast filter paper

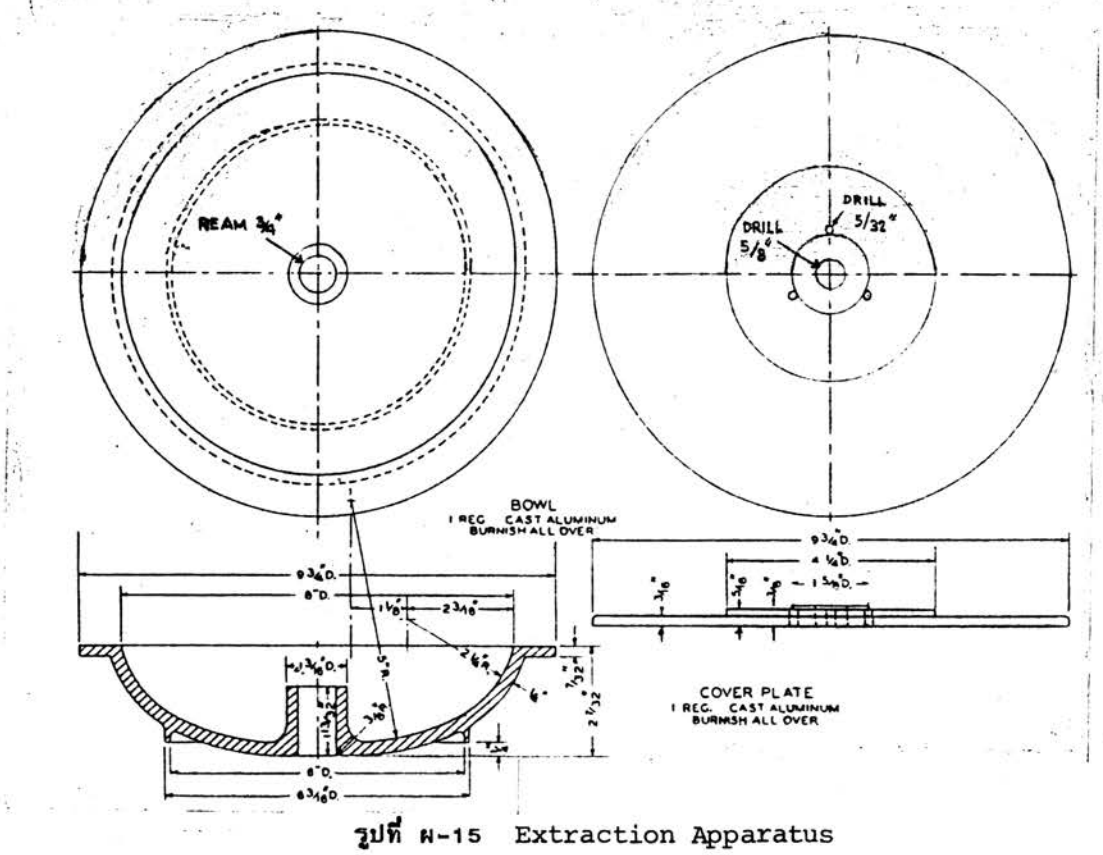
วิธีการทดลอง

1. ถ้าส่วนผสมไม่อ่อนพอที่จะแยกออกได้ด้วย Spatula ให้วางส่วนผสมในจานและให้ความร้อนได้สูงสุด $110\pm5^{o}C$ ($230\pm9^{o}F$) ใช้ตัวอย่างประมาณ 650 ถึง 2500 กรัม

2. หาความชื้นในส่วนผสม โดยนำตัวอย่างไปหาความชื้น คำนวณหามวลของน้ำในส่วนที่จะทำการแยกบิทูเมนออก (W_2) โดยการคูณเปอร์เซนต์ความชื้นกับมวลของตัวอย่างทั้งหมด (W_1)

3. ใส่ตัวอย่างในชามของเครื่องมือ และเท Trichloroethylene จนคลุมตัวอย่างทั้งหมด ปล่อยทิ้งไว้ให้เวลาในการทำละลาย แต่ไม่เกินกว่า 1 ชั่วโมง นำกระดาษกรองมาทำให้แห้งและชั่งน้ำหนัก แล้วจึงใส่กระดาษกรองรอบ ๆ ขอบชามของเครื่องมือ ปิดฝาชามให้แน่น และวางถ้วยที่จะรองรับสารละลายที่แยกบิทูเมนออกมา

4. เปิดเครื่องเหวี่ยงหมุนชามไปช้า ๆ แล้วค่อย ๆ เพิ่มความเร็วจนถึงความเร็วสูงสุดที่ 3600 รอบต่อนาที หรือจนกระทั่งสารละลายไหลออกจากชาม แล้วจึงหยุดเครื่อง เติมสารทำละลาย Trichloroethylene เข้าไปอีก 200 มิลลิลิตร และหมุนเหวี่ยงให้สารละลาย



รูปที่ ผ-15 Extraction Apparatus

บิทูเมนไหลออกมา เติมสารทำละลายเข้าไปอีก 200 มิลลิลิตร ทำเช่นนี้ไม่น้อยกว่า 3 ครั้ง จนกระทั่งสารละลายที่ไหลออกมามีสีใส เก็บสารละลายนั้นไว้ในกระบอกเก็บตัวอย่าง

5. นำกระดาษกรองออก ทิ้งให้แห้งในอากาศ ปัดวัสดุเม็ดละเอียดที่ติดบนผิวของกระดาศกรองและใส่ลงในวัสดุมวลรวมที่แยกออกมาได้ในชามของเครื่องมือ นำกระดาษกรองไปอบให้แห้งที่ 110±5°C (230±9°F) จนมีน้ำหนักคงที่ นำไปชั่งน้ำหนักหาน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นจากเดิม

6. นำวัสดุมวลรวมในชามไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 110±5°C (230±9°F) ชั่งน้ำหนักของวัสดุมวลรวมที่ได้จากชาม รวมกับน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นในกระดาษกรอง เป็นน้ำหนักของวัสดุมวลรวมที่แยกออกมา (W_3)

7. นำสารละลายที่แยกออกมาได้ไปเหวี่ยงในเครื่องเหวี่ยง (Centrifuge) ในอัตรา 100 ถึง 150 มิลลิลิตร/นาที ของสารละลายจนหมด เติมสารทำละลายเข้าไปในเครื่องจนสารละลายที่ได้ออกมามีสีใส หยุดเครื่องและชั่งหาส่วนละเอียดในชามของเครื่องมือ (W_4)

การคำนวณ

คำนวณหาเปอร์เซนต์ของบิทูเมนในส่วนผสมได้จาก

$$\text{Bitumen content \%} = \left[\frac{(W_1-W_2)-(W_3+W_4)}{W_1-W_2}\right] \times 100$$

โดยที่ W_1 = น้ำหนักของตัวอย่างทั้งหมด

W_2 = น้ำหนักของน้ำในตัวอย่าง

W_3 = น้ำหนักของวัสดุมวลรวมที่แยกได้

W_4 = น้ำหนักของส่วนละเอียดในสารละลายบิทูเมน

การรายงาน

รายงานเปอร์เซนต์ของบิทูเมนในส่วนผสมจากการคำนวณ

ภาคผนวก ง.2 วิธีการนำแอสฟัลท์จากสารละลายแอสฟัลท์ในตัวทำละลาย[28,30,31]
(เทียบเท่า ASTM D 1856-79, AASHTO T 170-73)

ความมุ่งหมาย

วิธีการทดลองนี้ เพื่อนำแอสฟัลท์ออกจากสารละลายแอสฟัลท์ในตัวทำละลายโดยวิธี Abson แอสฟัลท์จะถูกแยกจากสารละลาย โดยที่มีคุณสมบัติเช่นเดียวกับที่มีในส่วนผสมแอสฟัลท์ติดคอนกรีต

อุปกรณ์

1. เครื่องมือในการกลั่น ดังแสดงในรูปที่ ผ-16 ประกอบด้วย

1.1 ขวดทนไฟ มีความจุ 250 มิลลิลิตร ใช้เป็นขวดสำหรับกลั่น

1.2 ท่อแก้วทนไฟ มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 10 มม. เป็นรูปคอห่าน ต่อจากขวดกลั่นไปยังส่วนควบแน่น

1.3 ท่ออากาศเข้า มีความยาวอย่างน้อย 180 มม. มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 6 มม. และมีกระเปาะขนาด 10 มม. เจาะรูขนาด 1.5 มม. 6 ช่อง

1.4 เตาไฟฟ้า ให้ความร้อนในการกลั่น

1.5 ส่วนควบแน่นด้วยน้ำ มีความยาว 200 มม.

1.6 เทอร์โมมิเตอร์ มีช่วงระหว่าง -2 ถึง 300°C (30 ถึง 580°F)

1.7 เครื่องวัดการไหลของแก๊ส วัดได้ถึง 1000 มิลลิลิตรต่อนาที

1.8 จุกก๊อกเจาะรูดังแสดงในรูปที่ ผ-16

1.9 ท่อยืดหยุ่นได้ ทนต่อตัวทำละลาย มีขนาดและความยาวพอที่จะต่อท่ออากาศเข้ากับเครื่องวัดการไหลของแก๊ส

2. ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีวาล์วเปิดปิดได้

วิธีการทดลอง

1. ตัวอย่างจะต้องมาจากการแยกบิทูเมนในภาคผนวก ง.1 มีปริมาณมากเพียงพอที่จะเหลือแอสฟัลท์ 75 ถึง 100 กรัม ขบวนการทั้งหมดตั้งแต่การแยกบิทูเมนจนถึงการนำออกจาก

สารละลาย ต้องเสร็จสมบูรณ์ภายใน 8 ชั่วโมง

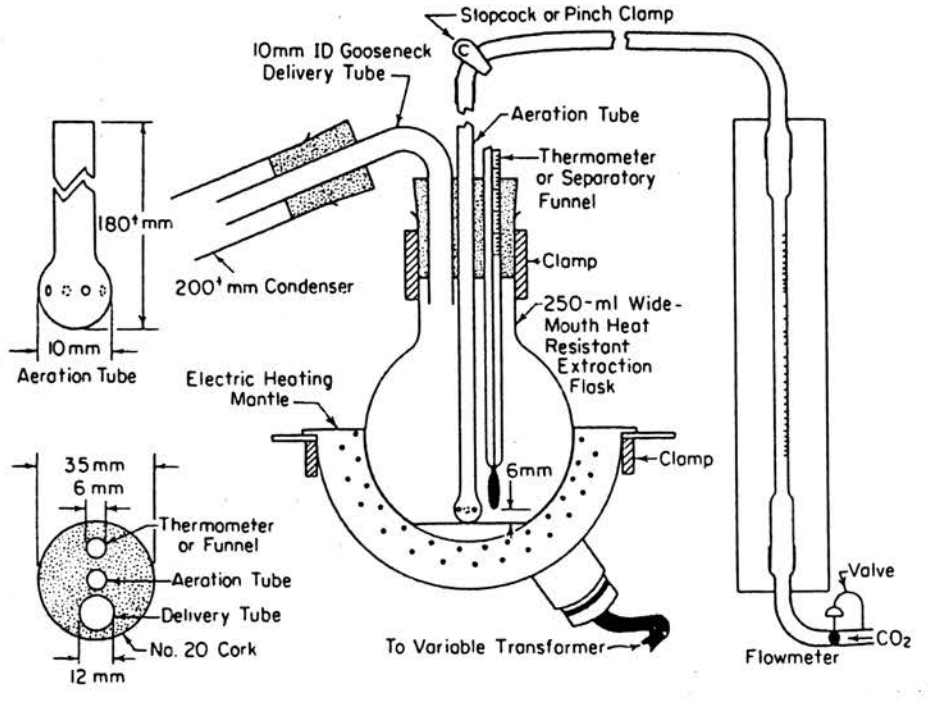
2. ทำการกลั่นเริ่มแรกให้สารละลายมีความเข้มข้นมากขึ้นจนเหลือสารละลายประมาณ 200 มิลลิลิตร นำสารละลายนี้ใส่ลงในขวดสำหรับทำการกลั่น ใช้ตัวทำละลาย ละลายบิทูเมนทั้งหมดในขวดกลั่น และจัดเตรียมเครื่องมือดังในรูปที่ ผ-16 โดยให้ท่ออากาศอยู่เหนือผิวของตัวอย่าง

3. เริ่มทำการกลั่น จนอุณหภูมิขึ้นถึง 135^{o}C (275^{o}F) จึงปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์อัตราต่ำ (ประมาณ 100 มิลลิลิตร/นาที) ลดท่ออากาศจนฟองของแก๊สแตะที่ผิวของก้นขวด การใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อกวนตัวอย่างและป้องกันการเกิดฟอง (Foaming) หรือเดือด (Bumping) ของตัวอย่าง ถ้าตัวอย่างเกิดฟองหรือเดือดขึ้นในระยะแรกของการกลั่น ให้ปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยอัตรา 100 มิลลิลิตร/นาที

4. เมื่ออุณหภูมิขึ้นสูงถึง 157 ถึง 160^{o}C (315 ถึง 320^{o}F) เพิ่มแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในอัตราประมาณ 900 มิลลิลิตร/นาที ปล่อยแก๊สในอัตรานี้เป็นเวลา 10 นาทีและควบคุมอุณหภูมิของแอสฟัลท์ในขวดกั่นที่ 160 ถึง 166^{o}C (315 ถึง 320^{o}F)

5. หลังจาก 10 นาทีแล้ว ถ้าการหยดของตัวทำละลายจากส่วนควบแน่นยังเกิดขึ้นให้ปล่อยแก๊สและควบคุมอุณหภูมิต่อไปจนกระทั่งหลังจากที่การหยดของตัวทำละลายหยุดลง 5 นาที เพื่อให้ตัวทำละลายระเหยออกจากขวดกลั่น

6. แอสฟัลท์ที่ได้หลังจากทำการกลั่น สามารถทำให้เหลวโดยให้ความร้อนเพื่อนำไปทดสอบคุณสมบัติอื่น ๆ ได้



รูปที่ ผ-16 เครื่องมือสำหรับกลั่นแยกบิทูเมนออกจากสารละลาย

ภาคผนวก ง.3 วิธีการทดลองแอสฟัลท์ติคคอนกรีตแบบผสมร้อน (Hot Mix) โดยวิธีมาร์แชลล์[26,33]
(เทียบเท่า ทล. ท. 604/2517 ASTM D 1559)

ความมุ่งหมาย

วิธีการทดลองนี้เพื่อหาคุณภาพของวัสดุแอสฟัลท์ติคคอนกรีตที่ใช้เป็นผิวทางหรือพื้นทางแบบแอสฟัลท์ติคคอนกรีต

อุปกรณ์

1. กะละมังเคลือบหรือภาชนะโลหะที่มีขอบสูงประมาณ 7 ซม. เส้นผ่าศูนย์กลางระหว่างขอบประมาณ 25 ซม. สำหรับใส่วัสดุ Aggregate

2. ภาชนะโลหะมีขอบสูงประมาณ 15 ซม. เส้นผ่าศูนย์กลางของขอบประมาณ 30 ซม. สำหรับใช้ผสมวัสดุ Aggregate กับแอสฟัลท์

3. เตาอบที่สามารถให้อุณหภูมิสูงถึง 250^{o}C สำหรับอบ Aggregate

4. เตาแบบ Hot Plate ที่สามารถให้อุณหภูมิได้สูงถึง 200^{o}C สำหรับให้ความร้อนแอสฟัลท์และเครื่องมือที่ใช้ในการบดทับ

5. หม้อโลหะสำหรับใส่แอสฟัลท์เพื่อให้ความร้อนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 20 ซม.

6. เกรียงใช้ผสมวัสดุ Aggregate กับยางแอสฟัลท์

7. เทอร์โมมิเตอร์ชนิดมีก้านเป็นโลหะ สามารถวัดอุณหภูมิได้ถึง 250^{o}C

8. เครื่องชั่งสามารถชั่งน้ำหนักได้ถึง 5 กิโลกรัม มีความละเอียดถึง 1 กรัม สำหรับชั่งวัสดุ Aggregate และยางแอสฟัลท์

9. เครื่องชั่ง สามารถชั่งน้ำหนักได้ถึง 2 กิโลกรัม มีความละเอียดถึง 0.1 กรัม ใช้สำหรับชั่งวัสดุแอสฟัลท์ติคคอนกรีตที่บดทับแล้ว

10. อ่างต้มน้ำ (Boiling water bath) มีตะแกรงลวดสำหรับวางวัสดุแอสฟัลท์ติดคอนกรีตที่บดทับแล้ว สามารถควบคุมอุณหภูมิตามต้องการได้

11. แท่นรอง (Compaction Pedestal) ประกอบด้วยฐานไม้ขนาดประมาณ 20X20X45 ซม. (8X8X18 นิ้ว) มีแผ่นโลหะขนาดประมาณ 30X30X2.5 ซม. (12X12X1 นิ้ว) ติดอยู่ที่ขอบบนของฐานไม้ ฐานไม้ควรเป็นไม้ที่มีความแน่นแห้ง 0.65-0.80 กรัม/ลบ.ซม. (ประมาณ 42-48 ปอนด์/ลบ.ฟุต) แผ่นเหล็กจะต้องยึดแน่นกับฐานไม้ ดังรูปที่ ผ-17

12. แบบสำหรับบดทับ (Compaction mold) มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 10.16 ซม. (4 นิ้ว) สูง 7.62 ซม. (3 นิ้ว) ดังรูปที่ ผ-17

13. ค้อน (Compaction hammer) ประกอบด้วยแผ่นเหล็กกลมหนา 1.27 ซม. (0.5 นิ้ว) มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 9.842 ซม. (3.875 นิ้ว) ติดกับก้านเหล็กซึ่งมีแท่งเหล็กหนัก 4.45 กก. (10 ปอนด์) สำหรับทิ้งน้ำหนักลงบนแผ่นเหล็กกลม ในขณะทำการบดอัดให้มีระยะตกของแท่งเหล็กเท่ากับ 45.72 ซม. (18 นิ้ว) ดังรูปที่ ผ-17

14. ที่จับแบบ (Mold holder) ใช้บังคับให้แบบสำหรับบดทับอยู่กับที่ในขณะทำการบดทับ

15. เครื่องดันตัวอย่าง (Sample extruder)

16. ถุงมือกันความร้อนชนิดใยหิน (Asbestos)

17. ถุงมือกันความร้อนชนิดหนังหรือยาง สำหรับหยิบตัวอย่างที่แช่ในน้ำ

18. เครื่องทดลอง Marshall (Marshall Testing Machine) ใช้สำหรับทดสอบหาค่า Stability เป็นเครื่องกดที่สามารถรับแรงกดได้ไม่น้อยกว่า 3,000 กก. (6,000 ปอนด์) เป็นแบบขุดด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า อัตราเร็วของมอเตอร์ที่หมุนขุดต้องทำให้ฐานหรือ proving ring อ่านค่าแรงกดหรือเครื่องกดอื่นใดที่มีคุณสมบัติเทียบเท่าดังรูปที่ ผ-18

19. แบบทดลอง Stability (Stability mold) สำหรับใส่ตัวอย่างทดลองหาค่า Stability ดังรูปที่ผ-18

20. เครื่องวัด Flow (Flow meter) สำหรับทดลองหาค่า Flow ของตัวอย่าง ระหว่างกดอ่านค่าได้เป็น 1/10 มม.

การเตรียมตัวอย่าง

นำวัสดุ Aggregate มาดำเนินการดังนี้

1. ทดลองหาขนาดวัสดุชนิดเม็ดหยาบ โดย "วิธีการทดลองหาขนาดเม็ดวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบไม่ล้าง" (ดูภาคผนวก ค.2)

2. ทดลองหาขนาดวัสดุชนิดเม็ดละเอียดโดย "วิธีการทดลองหาขนาดเม็ดวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง" (ดูภาคผนวก ค.1)

3. ทดลองหาความถ่วงจำเพาะของวัสดุเม็ดหยาบโดย "วิธีการทดลองหาค่าความถ่วงจำเพาะของวัสดุเม็ดหยาบ" (ดูภาคผนวก ค.3)

4. ทดลองหาค่าความถ่วงจำเพาะของวัสดุเม็ดละเอียดโดย "วิธีทดลองหาค่าความถ่วงจำเพาะของวัสดุชนิดเม็ดละเอียด" (ดูภาคผนวก ค.4)

5. หาอัตราส่วนผสมของวัสดุ Aggregate เมื่อรวมกันแล้วได้ขนาดตามที่ต้องการ

6. นำวัสดุ Aggregate ตามอัตราส่วนที่หาได้จากข้อ 5 หนัก 1200 กรัม (เมื่อบดทับแล้วตัวอย่างจะหนาประมาณ 6.35 ซม. หรือ 2.5 นิ้ว) ใส่ในกะละมังเคลือบไปอบในเตาอบให้ได้อุณหภูมิสูงถึง 160±5^{o}C)

7. นำแบบสำหรับบดทับและค้อนไปวางบน Hot plate ที่มีอุณหภูมิระหว่าง 90-150^{o}C

8. นำวัสดุแอสฟัลท์ที่จะใช้ผสมไปให้ความร้อนจนมีอุณหภูมิที่ทำให้แอสฟัลท์มีค่า Viscosity เท่ากับ 85±10 second Saybolt Furol (สำหรับแอสฟัลท์ AC. 80-100 ต้องให้ความร้อนถึง 145±5^{o}C)

วิธีการทดลอง

1. นำกะละมังใส่ตัวอย่างวัสดุ Aggregate ออกจากเตาอบแล้วเทวัสดุ Aggregate ลงในจานผสม ใช้เกรียงผสมให้วัสดุ Aggregate แต่ละขนาดคละกันให้ทั่ว ทิ้งไว้ให้อุณหภูมิของ Aggregate ลดลงถึง 145±5°C (เมื่อใช้แอสฟัลท์ AC. 80-100) ใช้เกรียงเกลี่ยตรงกลางวัสดุให้เป็นแอ่ง แล้วเทแอสฟัลท์ที่เตรียมไว้ ตามปริมาณที่ต้องการลงในแอ่งตัวอย่างดังกล่าว

2. นำภาชนะโลหะที่ได้จากข้อ 1 ขึ้นตั้งบน Hot plate ใช้เกรียงผสมวัสดุ Aggregate และแอสฟัลท์ให้เข้ากันโดยเร็วที่สุด โดยปกติประมาณ 1 นาที พยายามให้แอสฟัลท์เคลือบวัสดุทุกเม็ด

3. นำแบบสำหรับบดทับ มาประกอบเข้าที่

4. เทตัวอย่างวัสดุผสมลงในแบบที่ประกอบแล้ว ใช้เกรียงแซะรอบ ๆ ตัวอย่างข้างในแบบประมาณ 15 ครั้ง และแซะเข้าในตัวอย่างอีก 10 ครั้ง ทิ้งไว้ให้อุณหภูมิของตัวอย่างลดลงที่อุณหภูมิเมื่อแอสฟัลท์ที่มี Viscosity เท่ากับ 140±15 second Saybolt Furol (สำหรับแอสฟัลท์ AC. 80-100 ให้ทิ้งตัวอย่างไว้จนอุณหภูมิลดลงถึง 140±5°C)

5. วางค้อนลงบนตัวอย่างในแบบ ทำการบดทับตัวอย่างโดยการยกน้ำหนักและปล่อยให้น้ำหนักตกลงบนแผ่นเหล็ก จำนวนครั้งขึ้นอยู่กับการออกแบบซึ่งแบ่งออกเป็น

ก. แอสฟัลท์ติคคอนกรีต สำหรับถนนที่มีการจราจรชั้น Light traffic และ Medium traffic จำนวนครั้งใช้ 50 ครั้ง

ข. แอสฟัลท์ติคคอนกรีต สำหรับถนนที่มีการจราจรชั้น Heavy traffic และ Very heavy traffic จำนวนครั้งใช้ 75 ครั้ง

6. เมื่อครบจำนวนการบดทับแล้ว ทำการกลับตัวอย่าง โดยการกลับแบบ เอาด้านล่างขึ้นด้านบนแล้วทำการบดทับเช่นเดียวกับข้อ 5

7. ทิ้งตัวอย่างที่บดทับเรียบร้อยแล้วไว้ในแบบ จนกระทั่งอุณหภูมิของตัวอย่างลดลงต่ำกว่า 60^{o}C จึงนำตัวอย่างออกจากแบบ โดยการใช้เครื่องดันตัวอย่าง ทิ้งตัวอย่างไว้ในอากาศธรรมดาไม่น้อยกว่า 18 ชั่วโมง จึงนำไปทำการทดลองขั้นต่อไป

8. ในปริมาณของการผสมโดยใช้แอสฟัลท์เปอร์เซนต์อันหนึ่งอันใด ให้เตรียมตัวอย่างอย่างน้อย 3 ตัวอย่าง สำหรับการออกแบบให้ใช้ตัวอย่างแต่ละเปอร์เซนต์ของแอสฟัลท์อย่างน้อย 5 ค่า และแต่ละค่าต่างกัน 0.5 %

9. ทำการทดลองหาค่าความแน่นของตัวอย่างโดย

ก. นำตัวอย่างไปชั่งหาน้ำหนักในอากาศ (d)

ข. นำตัวอย่างไปแช่ในน้ำธรรมดาประมาณ 5 นาที แล้วนำตัวอย่างขึ้นเช็ดตัวอย่างให้ผิวแห้ง ชั่งหาน้ำหนักในอากาศ (d_1)

ค. นำตัวอย่างจากข้อ ข. ไปชั่งน้ำหนักในน้ำ (e)

10. ทำการทดลองหาค่า Stability และ Flow

ก. นำตัวอย่างที่เสร็จจากการทดลองตามข้อ 9 แล้วไปแช่ในน้ำที่มีอุณหภูมิ 60±1^{o}C เป็นเวลา 30 นาที ในอ่างต้มน้ำ

ข. เมื่อครบกำหนดนำตัวอย่างขึ้นจากอ่างต้มน้ำ เช็ดให้ผิวตัวอย่างแห้งแล้วนำไปใส่ในแบบทดลอง Stability เพื่อไปกดหาค่า Stability และค่า Flow

ค. นำแบบทดลอง Stability ที่ได้จากข้อ ข. ไปวางบนเครื่องทดลอง Marshall ให้แบบทดลอง Stability อยู่ในท่อนกด (piston)ซึ่งติดกับ proving ring สำหรับอ่านน้ำหนักกด

ง. เดินเครื่องให้แบบทดลอง Stability เคลื่อนไปสัมผัสกับท่อกดจนกระทั่งเข็มของ dial gauge ที่ติดกับ proving ring ขยับตัว หยุดเครื่อง ทำการตั้งเข็มของ dial gauge ที่เลข 0

จ. นำเครื่องวัด Flow ไปวางบนแกนที่สำหรับทดลองหาค่า Flow ซึ่งติดกับแบบทดลอง Stability ตั้งเข็ม dial gauge ของเครื่องวัด Flowให้อยู่ที่เลข o ใช้มือจับเครื่องวัด Flow ให้นิ่งอยู่กับที่

ฉ. เดินเครื่องให้กดเพื่อทดลองหาค่า Stability โดยอ่านค่าน้ำหนักสูงสุดที่กดจาก proving ring เป็นค่าที่อ่านได้ (measured) ซึ่งต้องแก้ไข (adjust) สำหรับตัวอย่างมาตรฐานที่หนา 6.35 ซม. (2.5 นิ้ว) ตามตารางที่ ผ-17

ช. ขณะที่ทำการทดลองหาค่า Stability เข็ม Dial gauge ของเครื่องวัด Flow จะเคลื่อนที่ อ่านค่า Flow จาก Dial gauge ที่น้ำหนักกดสูงสุด

การคำนวณ

คำนวณหาค่าความถ่วงจำเพาะอิ่มตัวผิวแห้งของส่วนผสม (Bulk Specific gravity) ช่องอากาศในมวลรวมวัสดุ (Voids in mineral aggregate, V.M.A.) ช่องอากาศในส่วนผสม (Air Void) และช่องอากาศที่ถูกแอสฟัลท์แทนที่ (Voids filled with bitumen, V.F.B.) ดังนี้

1. คำนวณหาเนื้อแอสฟัลท์สุทธิโดยน้ำหนักของส่วนผสม (Effective asphalt cement by weight of mix), b_1

สูตร $$b_1 = b - \frac{x(100-b)}{100}$$

เมื่อ b = เปอร์เซนต์ของแอสฟัลท์โดยน้ำหนักของส่วนผสม

x = แอสฟัลท์ที่สูญเสียไปจากการดูดซึมของหิน (Asphalt lost by absorption), 1 กก. ของแอสฟัลท์/100 กก. ของหิน

2. คำนวณหาความถ่วงจำเพาะอิ่มตัวผิวแห้งของส่วนผสม (Bulk Specific Gravity of Specimen), g

สูตร $g = \frac{d}{d_1 - e}$

เมื่อ d = ชั่งน้ำหนักของตัวอย่างในอากาศ (กรัม)

d_1 = ชั่งน้ำหนักตัวอย่างอิ่มตัวผิวแห้งในอากาศ (กรัม)

e = ชั่งน้ำหนักตัวอย่างอิ่มตัวในน้ำ (กรัม)

3. คำนวณหาปริมาตรสุทธิของแอสฟัลท์, หน่วยเป็นเปอร์เซนต์ (Percent Total volume of effective asphalt cement (i)

สูตร $i = \frac{b_1 g}{G_{ac}}$

เมื่อ G_{ac} = ความถ่วงจำเพาะของแอสฟัลท์

4. คำนวณหาปริมาตรทั้งหมดของมวลรวมวัสดุ, หน่วยเป็นเปอร์เซนต์ (Percent total volume of aggregate) ในตัวอย่างที่บดทับแล้ว (j)

สูตร $j = \frac{(100-b)}{G_{ag}} g$

เมื่อ G_{ag} = ความถ่วงจำเพาะที่อิ่มตัวผิวแห้งของมวลรวมวัสดุ (Bulk Specific Gravity of Blended Aggregate)

5. คำนวณหาช่องอากาศ, หน่วยเป็นเปอร์เซนต์ (Percent air voids) ในตัวอย่างที่บดทับแล้ว

สูตร ช่องอากาศ = $100-i-j$

6. คำนวณหา V.M.A. (Voids in mineral aggregate), (L)

สูตร V.M.A. = $100-j$

7. คำนวณหา V.F.B. (Voids filled with bitumen)

สูตร $V.F.B. = 100 \frac{i}{L}$

8. นำค่าต่าง ๆ ที่คำนวณได้ไปเขียนโค้ง (Curves) แสดงความสัมพันธ์ดังนี้

8.1 ความสัมพันธ์ระหว่างเสถียรภาพกับเปอร์เซนต์ของแอสฟัลท์โดยน้ำหนักของมวลรวมวัสดุ

8.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการยุบตัว (Flow) กับเปอร์เซนต์ของแอสฟัลท์โดยน้ำหนักของมวลรวมวัสดุ

8.3 ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยน้ำหนักของส่วนผสม (Unit weight of total mix) กับเปอร์เซนต์ของแอสฟัลท์โดยน้ำหนักของมวลรวมวัสดุ

8.4 ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซนต์ของช่องอากาศ (% Air Voids) กับเปอร์เซนต์ของแอสฟัลท์โดยน้ำหนักของมวลรวมวัสดุ

8.5 ความสัมพันธ์ระหว่าง % V.M.A. กับเปอร์เซนต์ของแอสฟัลท์โดยน้ำหนักของมวลรวมวัสดุ

8.6 ความสัมพันธ์ระหว่าง % V.F.B. กับเปอร์เซนต์ของแอสฟัลท์โดยน้ำหนักของมวลรวมวัสดุ

ตารางที่ ผ-17

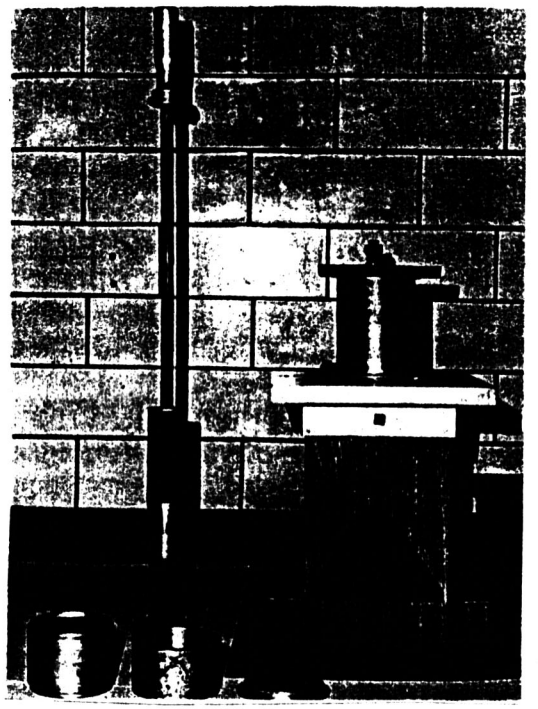
Stability Correlation Ratios

ปริมาตรของตัวอย่าง (cc.)	ความหนาของตัวอย่าง (ประมาณ) (cm.)	Correlation Ratios
200-213	2.54	5.56
214-225	2.70	5.00
226-237	2.85	4.55
238-250	3.01	4.17
251-264	3.18	3.85
265-276	3.33	3.57
277-289	3.49	3.33
290-301	3.65	3.03
202-316	3.81	2.78
317-328	3.97	2.50
329-340	4.13	2.27
341-353	4.29	2.08
354-367	4.45	1.92
368-379	4.60	1.79
380-391	4.76	1.67
393-405	4.92	1.56
406-420	5.08	1.47
421-431	5.24	1.39
432-443	5.40	1.32
444-456	5.56	1.25
457-470	5.71	1.19
471-482	5.87	1.14
483-495	6.03	1.09
496-508	6.19	1.04
509-522	6.35	1.00*
523-535	6.51	0.96
536-546	6.67	0.93
547-559	6.83	0.89
560-573	6.98	0.86
574-585	7.14	0.83
586-598	7.30	0.81
599-610	7.46	0.78
611-625	7.62	0.76

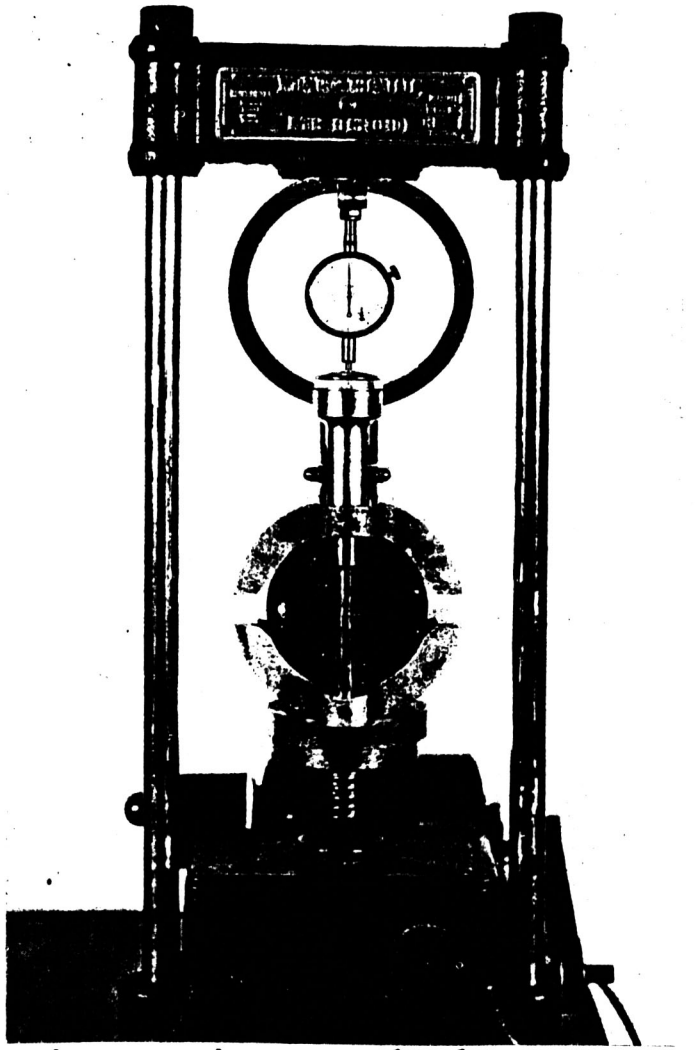
หมายเหตุ

1. ค่า Stability ที่อ่านได้คูณด้วย Correlation ratio สำหรับความหนาหรือปริมาตรของตัวอย่าง คือค่าที่ได้แก้ไขสำหรับตัวอย่างมาตรฐานหนา 6.35 ซม. (2 1/2 นิ้ว) (Adjust Stability)

2. ความเกี่ยวข้องระหว่างความหนาและปริมาตรตามตารางข้างบนนี้ ใช้สำหรับตัวอย่างที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 10.16 ซม. (4 นิ้ว)



รูปที่ ผ-17 แท่นรองแบบสำหรับบดทับและค้อนใช้ในการเตรียมตัวอย่าง มาร์แชลล์



รูปที่ ผ-18 เครื่องทดสอบ มาร์แชลล์

ประวัติผู้เขียน

นายสมเกียรติ เตรียมแจ้งอรุณ เกิดเมื่อวันที่ 10 ตุลาคม พ.ศ. 2500 ที่กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต จากมหาวิทยาลัยขอนแก่น เมื่อปี พ.ศ. 2523