เอกสารการสอนรายวิชา 31-407-012-314

การทดสอบวัสดุการทาง
(Highway Materials Testing)

ผศ.ดร.ปฏิภาณ แก้ววิเชียร
ผศ.ดร.วุฒิไกร ไชยปัญหา
อ.ธนพล พรหมรักษ์

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

คำนำ

เอกสารการสอน รายวิชา 31-407-012-314 การทดสอบวัสดุการทาง (Highway Materials Testing) ซึ่งเป็นรายวิชาเอกบังคับสำหรับนักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น การจัดทำเอกสารการสอนเล่มนี้ ประกอบด้วยเนื้อหาทั้งสิ้น 12 ปฏิบัติการ โดยได้ทำการเรียบเรียง อ้างอิงเนื้อหาจากแหล่งข้อมูล เว็บไซต์ เอกสาร และตำราทั้งในและต่างประเทศ ซึ่งมีเนื้อหาครบถ้วนและสอดคล้องกับตาม แผนการสอนประจำรายวิชาและคำอธิบายรายวิชา (Course Description) โดยเนื้อหาบางส่วนมี การอธิบายเพิ่มเติมโดยผู้เขียน เพื่อให้ผู้อ่านสามารถเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายและรวดเร็วยิ่งขึ้น

ผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่า นักศึกษาที่ได้ใช้เอกสารการสอนเล่มนี้จะได้รับความรู้จากเนื้อหาที่ ผู้เขียนได้ทำการรวบรวมและคัดกรองจากแหล่งความรู้ต่างๆ นำมาถ่ายทอดลงเอกสารการสอน เพื่อให้นักศึกษาสามารถเข้าใจหลักการในงานการทดสอบวัสดุการทางได้โดยง่าย และสามารถใช้ เป็นพื้นฐานในการศึกษาในรายวิชาอื่นที่เกี่ยวข้องได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผศ.ดร.ปฏิภาณ แก้ววิเชียร
ผศ.ดร.วุฒิไกร ไชยปัญหา
อ.ธนพล พรหมรักษา
2564

สารบัญ

		หน้า
คำนำ		ก
สารบัญ		ค
บทนำ		1
ปฏิบัติการที่ 1 :	การทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะและความหนาแน่นของวัสดุบิทูเมนสภาพกึ่งแข็ง Test for Specific Gravity and Density of Semi solid Bituminous Materials	5
ปฏิบัติการที่ 2 :	การทดสอบค่าเพนิเทรชันของวัสดุบิทูเมน Tests for Penetration of Bituminous Materials	17
ปฏิบัติการที่ 3 :	การทดสอบจุดวาบไฟ และจุดติดไฟโดยใช้ Cleveland Open Cup Tests for Flash and Fire Points by Cleveland Open Cup Tester	27
ปฏิบัติการที่ 4 :	การทดสอบจุดอ่อนตัวของวัสดุบิทูเมนโดยใช้เครื่องวงแหวนกับลูกปืน Tests for Softening Point of Bitumen (Ring and Ball Apparatus)	37
ปฏิบัติการที่ 5 :	การทดสอบความยืดดึงของวัสดุบิทูเมน Tests for Ductility of Bituminous Materials	47
ปฏิบัติการที่ 6 :	การทดสอบความข้นเหลวโดยใช้ถ้วยลอย Test for Float Test for Bituminous Materials	57
ปฏิบัติการที่ 7 :	การทดสอบหาขนาดเม็ดของวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบไม่ล้าง Test for Gradation of Aggregate by Dry Sieve Analysis	67
ปฏิบัติการที่ 8 :	การทดสอบหาขนาดเม็ดของวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง Test for Gradation of Aggregate by Wash Sieve Analysis	77
ปฏิบัติการที่ 9 :	การทดสอบความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมน้ำของวัสดุมวลรวมละเอียด Test for Specific Gravity and Absorption of Fine Aggregate	89
ปฏิบัติการที่ 10 :	การทดสอบความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมน้ำของวัสดุมวลรวมหยาบ Test for Specific Gravity and Absorption of Coarse Aggregate	99
ปฏิบัติการที่ 11 :	การออกแบบส่วนผสมแอสฟัลต์โดยวิธีมาร์แชล Mix Design of Asphalt Cement Using Marshall Method	107
ปฏิบัติการที่ 12 :	การทดสอบความต้านทานการไหลของแอสฟัลต์โดยวิธีมาร์แชล Test for Resistance to Plastic Flow of Bituminous Mixtures Using Marshall	133
ภาคผนวก		149

บทนำ

การทดสอบวัสดุการทาง

(Highway Materials Testing)

การควบคุมคุณภาพและมาตรฐานงานทางเป็นกุญแจสำคัญที่จะทำให้การดำเนินงานด้านโครงสร้างพื้นฐานงานทางให้มีประสิทธิภาพ โดยการทดสอบวัสดุงานทางสามารถนำไปใช้ในด้านการควบคุมคุณภาพวัสดุและงานก่อสร้างทาง การทดสอบวัสดุการทาง ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ (1) แอสฟัลต์ซีเมนต์ คัตแบกแอสฟัลต์และอิมัลซิไฟด์แอสฟัลต์ (2) วัสดุมวลรวม และ (3) แอสฟัลต์คอนกรีต

แอสฟัลต์ซีเมนต์ คัตแบกแอสฟัลต์ และอิมัลซิไฟด์แอสฟัลต์

มนุษย์รู้จักและนำแอสฟัลต์ (หรือยางมะตอย) มาใช้ประโยชน์ต่างๆ เช่น สร้างถนน ก่อผนัง สร้างบ่อเก็บน้ำมานานกว่าสองพันปีแล้ว เมื่อประมาณ 300 ปี ก่อน ค.ศ. ชาวอียิปต์ใช้แอสฟัลต์มาช่วยในการเก็บรักษามัมมี่ ปี ค.ศ. 1802 ชาวฝรั่งเศสใช้แอสฟัลต์ที่เกิดเองตามธรรมชาติมาลาดบนผิวสะพานและทำบาทวิถี ปี ค.ศ. 1807 ในประเทศสหรัฐอเมริกา มลรัฐนิวเจอร์ซี่ เริ่มใช้แอสฟัลต์ลาดยึดผิวถนนทำผิวจราจร ปัจจุบันผลิตภัณฑ์แอสฟัลต์รู้จักใช้กันแพร่หลายทั่วโลก ส่วนใหญ่ใช้ในการทำถนน เพราะมีความสะดวกรวดเร็วในการก่อสร้างและทนทานให้นานปี นอกจากนี้อาจนำมาใช้ในลักษณะอื่น เช่นการทาผิววัสดุเพื่อป้องกันสนิมหรือกันน้ำ กันซึมมาตรฐาน

ASTM ให้คำจำกัดความของแอสฟัลต์ ว่าเป็นวัสดุสีดำหรือน้ำตาลเหนียวเชื่อมยึดติดผิวได้ มีสภาพเป็นของแข็ง กึ่งแข็ง หรือเหลว ได้มีส่วนประกอบสำคัญคือบิทูเมน (Bitumen) เกิดขึ้นเองโดยธรรมชาติ หรือ จากผลพลอยได้ทางอุตสาหกรรมการกลั่นน้ำมัน เพราะเป็นส่วนผสมสำคัญที่อยู่ในน้ำมันดิบตามธรรมชาติ แอสฟัลต์มีคุณสมบัติที่สำคัญทางวิศวกรรมคือมีความเหนียวยึดเกาะผิวได้ดีมาก ป้องกันน้ำได้ และมีความทนทาน มีลักษณะยืดหยุ่นคล้ายพลาสติกทำให้สามารถยึดเกาะระหว่างผิวของมวลรวมหยาบได้อย่างดี มีความคงทนต่อ กรด ด่างเกลือ แอสฟัลต์จะกลายเป็นของเหลวเมื่อได้รับความร้อนและละลายได้ดีในน้ำมันการเลือกใช้แอสฟัลต์ชนิดต่างๆ ให้เหมาะสมกับการก่อสร้างแต่ละชนิดวิศวกรจำเป็นจะต้องรู้ได้ถึงคุณสมบัติต่างๆ ของวัสดุแอสฟัลต์ ยกตัวอย่างในส่วนของงานก่อสร้างถนนลาดยาง (Flexible pavement) การใช้แอสฟัลต์ที่เหนียว มีคุณภาพดีและสามารถยึดเกาะ (binding capability) กับวัสดุมวลรวมหยาบขนาดต่างๆ จะ ช่วยป้องกันการแตกร้าว ลดการกัดเซาะอันจะก่อให้เกิดความเสียหายของถนน

แอสฟัลต์ซีเมนต์

ชนิดของยางมะตอย

(1) **แอสฟัลต์ซีเมนต์** เป็นยางมะตอยแท้ที่เป็นพื้นฐานของยางมะตอยอีกสองชนิด ผลิตได้จากการกลั่นน้ำมันดิบ มีลักษณะเป็นสีดำหรือสีน้ำตาลปนดำ มีลักษณะเป็นกึ่งของแข็งประกอบด้วยบิทูเมนเป็นหลัก สามารถหลอมเหลวเมื่อได้รับความร้อน ซึ่งก่อนใช้ต้องผ่านความร้อนประมาณ 140-150 องศาเซลเซียสก่อน เมื่อแห้งจะแข็งทำให้เป็นวัสดุประสาน และยึดเกาะวัสดุต่างๆได้ดี แบ่งเป็นเกรดต่างๆ ตามค่าเพนิเทรชันเป็น 5 เกรด คือ 40-50, 60-70, 80-100, 120-150และ 200-300 โดยเกรดที่มีค่าตัวเลขมากจะแสดงถึงความอ่อนของยางมะตอยที่มากด้วย ซึ่งเกรด 200-300 จะอ่อนที่สุด โดยที่อุณหภูมิห้องเมื่อใช้นิ้วกดเบาๆจะเกิดรอยบุ๋มได้ง่าย ส่วนเกรด 40-50 เป็นเกรดที่แข็งที่สุด ต้องใช้แรงกดเพิ่มขึ้นจึงจะทำให้เกิดรอย นอกจากนั้น แอสฟัลต์ซีเมนต์ ยังแบ่งออกเป็น 3 เกรด ได้อีก คือ

- เกรดเพนิเทรชัน (Penetration grade) ได้แก่ AC 60/70
- เกรดเป่า (Blown grade) คือ ยางมะตอยที่ได้จากการนำยางมะตอยเกรดเพนิเทรชันไปเป่าที่ความร้อน 250-300 องศาเซลเซียส ทำให้มีความแข็ง และทนความร้อนได้ดีขึ้น ยางมะตอยเกรดนี้ ได้แก่ R 85/25, R 85/40, R 115/15, R 138/10 และ R 155/7 เป็นต้น
- เกรดแข็ง (Hard grade) คือ ยางมะตอยที่ได้จากการนำยางมะตอยเกรดเพนิเทรชันไปกลั่นในระบบสูญญากาศที่อุณหภูมิสูง ทำให้ยางมะตอยมีความแข็งมากขึ้น เกรดยางมะตอยชนิดนี้ ได้แก่ H 80/90 (H หมายถึง ยางมะตอยที่มีความแข็งสูง, ตัวเลขด้านหน้า หมายถึง อุณหภูมิของยางมะตอยที่จุดอ่อนตัว และตัวเลขด้านหลัง หมายถึง ค่าเพนิเทรชันของยางมะตอย)

(2) **คัทแบคแอสฟัลต์** เป็นยางมะตอยที่มีส่วนผสมของแอสฟัลต์ซีเมนต์กับตัวทำละลายเพื่อลดความหนืดเหมาะ และสะดวกต่อการใช้งานโดยไม่ต้องผ่านความร้อน เมื่อตัวทำละลายระเหยไปจะทำให้ยางมะตอยมีเนื้อแข็งขึ้น ทำหน้าที่ประสานวัสดุต่างให้ยึดเกาะกันแน่น โดยยางมะตอยชนิดนี้จะแบ่งเป็นเกรดต่างๆตามสัดส่วน และชนิดของตัวทำละลาย เช่น ชนิด RC ใช้แก๊สโซลีนเป็นตัวทำละลาย ชนิด MC ใช้คีโรซีนเป็นตัวทำละลาย

(3) **อิมัลซิไฟด์แอสฟัลต์ หรือ แอสฟัลต์อิมัลชัน หรือ ยางมะตอยน้ำ** เป็นยางมะตอยที่เกิดจากการผสมระหว่างแอสฟัลต์ซีเมนต์กับน้ำที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ด้วยการเติมสารอิมัลซิไฟด์เพื่อให้ยางมะตอยสามารถรวมตัวกับน้ำได้ดี ซึ่งจะทำให้แอสฟัลต์ซีเมนต์แตกตัวกระจายออกในรูปของหยดขนาดเล็กผสมกับน้ำ ซึ่งโดยทั่วไปแอสฟัลต์อิมัลชันจะประกอบด้วยแอสฟัลต์ซีเมนต์ 55-75% สารอิมัลซิไฟด์ 3% และส่วนที่เหลือจะเป็นน้ำ 22-42% แต่ทั้งนี้ อาจมีการเพิ่มสารอื่นๆด้วย เช่น สารเพิ่มความเสถียร สารป้องกันการหลุดลอก สารบำรุงการเคลือบ เป็นต้น ยางมะตอยชนิดนี้เมื่อใช้งาน น้ำจะระเหยออกไป และเกิดการรวมตัวของแอสฟัลต์ซีเมนต์เป็นของแข็งยึดเกาะวัสดุ

มวลรวม

มวลรวม คือ วัสดุที่ใช้สำหรับผสมกับแอสฟัลต์ซีเมนต์ ทำให้ผลผลิตที่ได้ออกมาเป็น แอสฟัลต์คอนกรีต (Asphalt Concrete) ซึ่งวัสดุมวลรวมสำหรับใช้ทำแอสฟัลต์คอนกรีต ประกอบด้วย วัสดุมวลหยาบ (Coarse Aggregates) หมายถึง วัสดุที่มีขนาดค้างตะแกรงขนาด 4.75 มิลลิเมตร (เบอร์ 4) ขึ้นไป ได้แก่ หินย่อย (Crushed Rock) หรือวัสดุอื่นใดซึ่งมีคุณสมบัติตามที่กำหนด และวัสดุมวลละเอียด (Fine Aggregates) หมายถึง วัสดุที่มีขนาดผ่าน

ตะแกรงขนาด 4.75 มิลลิเมตร (เบอร์ 4) ลงมา ได้แก่ วัสดุหินฝุ่น ทราย หรือวัสดุอื่นใด ซึ่งมีคุณสมบัติตามที่กำหนด และวัสดุผสมแทรก (Mineral Filler) หมายถึง วัสดุที่มีขนาดผ่านตะแกรงขนาด 0.600 มิลลิเมตร (เบอร์ 30) ลงมา ได้แก่ วัสดุหินฝุ่น ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ ซิลิกาซีเมนต์ หรือวัสดุอื่นใด ซึ่งมีคุณสมบัติตามที่กำหนด

มวลรวม

แอสฟัลต์คอนกรีต

แอสฟัลติกคอนกรีต (Asphaltic Concrete) ประกอบด้วยส่วนผสมของหินย่อยกับยางแอสฟัลต์ ส่วนผสมดังกล่าวเหมาะที่จะใช้เป็นผิวจราจร ใช้ดาดท้องคลอง หรือสระน้ำ การผลิตคอนกรีตแอสฟัลต์ทำ ได้หลายวิธี แต่วิธีที่เหมาะสำหรับประเทศไทยมี 2 วิธี คือ แบบผสมเสร็จจากโรงงาน (Plant mix) และแบบผสมในสนาม (Field mix) กรรมวิธีในการทำ คอนกรีตแอสฟัลต์ผสมเสร็จคือต้องมีโรงงานหรือสถานที่ผสม (Plant) โดยให้ความร้อนแก่หิน และยางจนได้อุณหภูมิที่ต้องการแล้วจึงผสมคลุกเคล้ากันในเครื่องในอัตราส่วนที่ถูกต้องตามที่ออกแบบไว้ เมื่อผสมจนได้ที่จึงเทใส่รถบรรทุกแล้วนำ ไปยังสถานที่ก่อสร้างเทลงในเครื่องปูคอนกรีตแอสฟัลต์ (Asphalt concrete paving machine or paver) ปูตามความหนาที่ต้องการแล้วบดอัดด้วยรถบดล้อเหล็ก หรือล้อยางตามลำดับ แอสฟัลต์คอนกรีตแอสฟัลต์ที่ผสมโดยวิธีนี้ถือว่ามีคุณภาพดีที่สุดแต่มีราคาค่อนข้างแพง เพราะต้องใช้เครื่องจักร และเครื่องมือหลายชนิด ส่วนคอนกรีตแอสฟัลต์แบบผสมในสนามทำ ได้โดยลาดแอสฟัลต์บนพื้นผิวที่ได้เตรียมไว้ แล้วเกลี่ยมวลรวม เช่น หินย่อย หรือกรวดย่อยปิดทับแล้วทำ การบดทับให้เรียบ เรียก “Surface Treatment” ผิวทางประเภทนี้อาจทำ เพียงชั้นเดียว (Single Bituminous Surface Treatment, SBST) สองชั้น (Double Bituminous Surface Treatment, DBST) หรือหลายชั้น (Multi Bituminous Surface Treatment, MBST) ผิวทางแบบนี้คุณภาพไม่ดีเท่าแบบผสมเสร็จ แต่ทำได้รวดเร็ว และมีราคาถูกกว่า

แอสฟัลต์คอนกรีต

ปฏิบัติการที่ 1

การทดสอบความถ่วงจำเพาะและความหนาแน่นของวัสดุบิทูเมนสภาพกึ่งแข็ง

Test for Specific Gravity and density of Semi-Solid Bituminous Materials

ค่าความถ่วงจำเพาะและความหนาแน่นของวัสดุบิทูเมน ใช้สำหรับการแปลงปริมาตรไปยังหน่วยของมวลตามข้อกำหนดของมาตรฐาน ASTM ใช้ในการคำนวณหาปริมาตรแอสฟัลต์ที่อุณหภูมิแน่นอน เพื่อการซื้อขายและใช้ในการออกแบบวัสดุผสมระหว่างแอสฟัลต์กับวัสดุมวลรวม

1.1 วัตถุประสงค์

เพื่อทำการทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะและความหนาแน่นของวัสดุบิทูเมน แอสฟัลต์ซีเมนต์และทาร์พิตช์อ่อน (Soft Tar Pitches) ที่อยู่ในสภาพกึ่งแข็ง ด้วยการใช้ขวดแก้ววัดความถ่วงจำเพาะ

1.2 มาตรฐานอ้างอิง

ASTM D 70-82 (Reapproved 1990) และ AASHTO T228-85

1.3 บทนิยาม

ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) ของวัสดุบิทูเมน แอสฟัลต์ซีเมนต์และทาร์พิตช์อ่อน คือ อัตราส่วนของมวลของวัสดุที่มีปริมาตรตามกำหนดที่อุณหภูมิ 25˚C (77˚F) หรืออุณหภูมิ 15.6˚C (60˚F) ต่อมวลของน้ำที่มีปริมาตรเท่ากันที่อุณหภูมิเดียวกัน การเขียนค่าความถ่วงจำเพาะจะเขียนบอกเป็น ความถ่วงจำเพาะ 25/25˚C (77/77˚F) หรือที่อุณหภูมิ 15.6/15.6˚C (60/60˚F)

ความหนาแน่น (Density) คือ มวลต่อหน่วยปริมาตร จะเขียนบอกเป็น ความหนาแน่น 25˚C (77˚F) มีหน่วยเป็นต่อลูกบาศก์เซนติเมตรหรือที่ 15.6˚C (60˚F) มีหน่วยเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

1.4 วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องทดสอบ

1) ตัวอย่างที่ใช้ทำการทดสอบ เช่น วัสดุบิทูเมน แอสฟัลต์ซีเมนต์

2) น้ำกลั่น

3) ขวดแก้ววัดความถ่วงจำเพาะ (Pycnometer Glass) มีลักษณะรูปทรงกระบอกหรือรูปกรวย ที่ปากขวดมีจุกแก้ว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 22 – 26 มิลลิเมตร สำหรับปิดปากขวดสนิทพอดี จุกแก้วจะมีรูตรงกลางตามแนวดิ่ง ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.0 – 2.0 มิลลิเมตร ผิวของด้านบนจุกแก้วราบเรียบผิวด้านใต้โค้งเข้าข้างในเพื่อให้อากาศผ่านรูเข้าออกไปได้ ส่วนโค้งเข้าข้างในมีความสูงตรงศูนย์กลางขนาด 4.0 – 6.0 มิลลิเมตร ขวดแก้ววัดความถ่วงจำเพาะเมื่อปิดจุกแล้วมีความจุ 24 - 30 มิลลิเมตร และมีมวลไม่มากกว่า 40 กรัม

4) อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water Bath) สามารถควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ภายใน ±0.1˚C (0.2˚F) ของอุณหภูมิการทดสอบ

5) เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometers) ชนิดจุ่มในของเหลว มีช่วงแบ่งขีดอย่างน้อยที่สุดทุกๆ 0.1˚C และความคลาดเคลื่อนสูงสุด 0.1˚C ตามข้อกำหนด Specification E1 โดยทั่วไปใช้หมายเลข ASTM 63C หรือ 63F

6) **บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 600 มิลลิลิตร**

7) เครื่องชั่ง อ่านได้ละเอียดถึง 0.001 กรัม

8) เครื่องจับเวลา (Timing Device) ชนิดอ่านได้ละเอียด อาจใช้นาฬิกาจับเวลาที่ให้เสียงสัญญาณหรือเครื่องจับเวลาแบบอัตโนมัติก็ได้

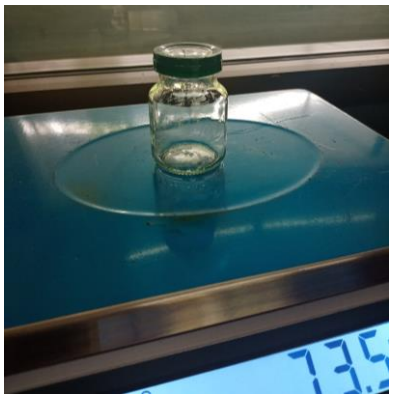
9) สารโทลูอีน (Toluene) หรือน้ำมันก๊าด

1.5 วิธีการทดสอบ

1) ปรับเทียบขวดแก้ววัดความถ่วงจำเพาะ โดยเติมน้ำกลั่นบางส่วนลงในบีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร จนน้ำกลั่นมีระดับสูงกว่าขวดแก้ววัดความถ่วงจำเพาะไม่น้อยกว่า 40 มิลลิเมตร เมื่อนำขวดแก้ววัดความถ่วงจำเพาะใส่ลงในบีกเกอร์

2) แช่บีกเกอร์ลงในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิให้จมน้ำบางส่วนโดยก้นของบีกเกอร์ต้องจมน้ำไม่น้อยกว่า 100 มิลลิเมตรในขณะที่ส่วนของบีกเกอร์อยู่เหนือระดับน้ำในอ่าง จัดวางบีกเกอร์ให้อยู่กับที่ โดยรักษาอุณหภูมิในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ภายใน 25 ±0.1˚C

3) ทำความสะอาดขวดแก้ววัดความถ่วงจำเพาะเช็ดให้แห้ง แล้วชั่งมวลให้ละเอียดถึง 1 มิลลิเมตร กำหนดให้เป็นมวล A



4) นำบีกเกอร์ออกจากอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ เติมน้ำกลั่นลงในขวดแก้ววัดความถ่วงจำเพาะ อุดจุกขวดแก้วอย่างหลวมๆ

5) นำบีกเกอร์ออกจากอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ วางขวดแก้ววัดความถ่วงจำเพาะลงในบีกเกอร์แล้วกดจุกแก้วให้แน่น นำบีกเกอร์กลับไปวางไนอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ การปรับเทียบนี้จะต้องกระทำที่อุณหภูมิ 25 ±0.1˚C ปล่อยให้ขวดแก้ววัดความถ่วงจำเพาะแช่จมในน้ำเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 30 นาที

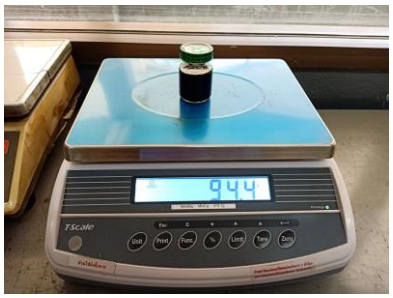
6) ยกขวดแก้ววัดความถ่วงจำเพาะออกเช็ดขวดแก้วให้แห้งทันที โดยใช้ผ้าแห้งเช็ดส่วนบนของจุกแก้วเพียงหนึ่งครั้ง แล้วเช็ดบริเวณด้านนอกของขวดแก้ววัดความถ่วงจำเพาะอย่างรวดเร็ว

7) นำไปชั่งมวลให้ละเอียดถึง 1 มิลลิกรัม กำหนดมวลของขวดแก้ววัดความถ่วงจำเพาะบวกมวลของน้ำเป็น B

8) ให้ความร้อนแก่ตัวอย่างด้วยความระมัดระวัง คนตัวอย่างให้ทั่วเพื่อป้องกันไม่ให้จุดใดจุดหนึ่งร้อนจนเกินไปจนตัวอย่างเหลวพอที่จะเทได้ อุณหภูมิที่ใช้ไม่ควรสูงกว่าจุดอ่อนตัวของทาร์ (Tar) มากกว่า 56˚C (100˚F) หรือไม่ควรสูงกว่าจุดอ่อนตัวของแอสฟัลต์มากกว่า 111˚C (200˚F) ไม่ควรให้ความร้อนนานเกิน 30 นาที และหลีกเลี่ยงการเกิดฟองอากาศในตัวอย่างด้วย

9) เทตัวอย่างลงในขวดแก้ววัดความถ่วงจำเพาะที่สะอาด แห้งและอุ่น มีปริมาณ 3/4 ของความจุของขวดแก้ววัดความถ่วงจำเพาะ ระวังไม่ให้วัสดุติดด้านข้างขวด (เหนือระดับสุดท้ายของการบรรจุ) และระวังไม่ให้มีฟองอากาศ ถ้ามีฟองอากาศเกิดขึ้นให้ใช้เปลวไฟตะเกียงบุนเซนปัดออกอย่างเร็ว อย่าให้เปลวไฟสัมผัสหน้าแอสฟัลต์จุดใดจุดหนึ่งนานหลายวินาที

10) ปล่อยให้ขวดแก้ววัดความถ่วงจำเพาะและตัวอย่างเย็นลงตามอุณหภูมิห้องทดสอบเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 40 นาที จากนั้นนำไปชั่งพร้อมด้วยจุกแก้วให้ละเอียดถึง 1 มิลลิกรัม กำหนดมวลของขวดแก้ววัดความถ่วงจำเพาะบวกมวลของตัวอย่างเป็น C

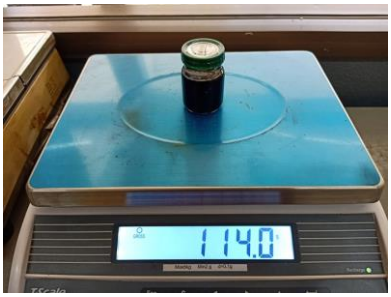


11) เติมน้ำกลั่นลงในขวดแก้ววัดความถ่วงจำเพาะซึ่งบรรจุตัวอย่างให้เต็มอุดจุกแก้วอย่างหลวมๆ อย่าให้มีฟองอากาศในขวดแก้ววัดความถ่วงจำเพาะ

12) นำบีกเกอร์ออกจากอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ วางขวดแก้ววัดความถ่วงจำเพาะในบีกเกอร์แล้วกดจุกแก้วให้แน่น

13) นำบีกเกอร์และขวดแก้ววัดความถ่วงจำเพาะกลับไปแช่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 30 นาที

14) เมื่อครบกำหนดเวลา นำขวดแก้ววัดความถ่วงจำเพาะออกจากอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิแล้วเช็ดบริเวณด้านนอกขวดแก้ววัดความถ่วงจำเพาะอย่างรวดเร็ว จากนั้นนำไปชั่งมวลละเอียดถึง 1 มิลลิกรัม กำหนดมวลของขวดแก้ววัดความถ่วงจำเพาะบวกมวลของแอสฟัลต์บวกมวลของน้ำเป็น D



1.6 ตารางการทดสอบ

Specific Gravity and Density of Semi-solid Bituminous Materials		
Project :	Owner :	
Material :		
Grade :		
Source :		
Tested by :	Date :	
Checked by :	Date :	
Test No.	1	2
Pycnometer No.		
Temperature, ˚C		
Mass of Pycnometer plus Stopper (A), g		
Mass of Pycnometer Filled with Water (B), g		
Mass of Pycnometer Partially Filled with Asphalt (C),g		
Mass of Pycnometer plus Asphalt plus Water (D), g		
Specific Gravity of Bituminous Materials = $\frac{(C-A)}{[(B-A)-(D-C)]}$		
Density of Water (W_T), g/cm^3		
Density of Bituminous Materials = Specific Gravity × W_T		
Remarks :		

1.7 การคำนวณ

1) คำนวณหาค่าความถ่วงจำเพาะ (ความละเอียด 0.001)

$$\text{ความถ่วงจำเพาะ} = \frac{(C-A)}{[(B-A)-(D-C)]} \qquad (1.1)$$

เมื่อ A = มวลของขวดแก้ววัดความถ่วงจำเพาะ (รวมจุกแก้ว), กรัม

B = มวลของขวดแก้ววัดความถ่วงจำเพาะ (เติมน้ำเต็มรวมจุกแก้ว), กรัม

C = มวลของขวดแก้ววัดความถ่วงจำเพาะ (บรรจุแอสฟัลต์บางส่วนไม่เต็มขวดรวมจุกแก้ว), กรัม

D = มวลของขวดแก้ววัดความถ่วงจำเพาะ (บรรจุแอสฟัลต์และน้ำรวมจุกแก้ว), กรัม

2) คำนวณหาค่าความหนาแน่น (ความละเอียด 0.001)

$$\text{ความหนาแน่น} = \text{ความถ่วงจำเพาะ} \times W_T \qquad (1.2)$$

เมื่อ ความถ่วงจำเพาะ = ค่าที่ได้จากการคำนวณในข้อ1

W_T = ความหนาแน่นของน้ำที่อุณหภูมิของการทดสอบ, กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (ตารางที่ 1.1)

ตารางที่ 1.1 อุณหภูมิการทดสอบและความหนาแน่นของน้ำ

อุณหภูมิการทดสอบ, ˚C(˚ F)	**ความหนาแน่นของน้ำ, กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร(ปอนด์ต่อแกลลอน)**
15.6(60)	0.9990(8.337)
25(77)	0.9971(8.321)

ที่มา : Handbook of Chemistry Physics, 47th Ed.

1.8 การพิจารณาความถูกต้องของผลการทดสอบ

1) ความแน่นอนจากการทดสอบโดยผู้ทดสอบคนเดียว(Single-Operator Precision) จะเชื่อถือได้เมื่อความเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับความถ่วงจำเพาะของวัสดุบิทูเมนกึ่งแข็งที่อุณหภูมิ 15.6 ˚C มีค่าไม่มากกว่า 0.0013 ดังนั้น ผลการทดสอบ 2 ครั้งโดยผู้ทดสอบคนเดียว จะต้องได้ค่าความถ่วงจำเพาะที่แตกต่างกันไม่มากกว่า 0.003 ส่วนการทดสอบที่อุณหภูมิ 25 ˚C ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับความถ่วงจำเพาะต้องไม่มากกว่า 0.00082 ดังนั้น ผลการทดสอบได้ค่าความถ่วงจำเพาะแตกต่างกันไม่มากกว่า 0.002 (ส่วนผลของความหนาแน่นโดยผู้ทดสอบของคนเดียวกัน ไม่ควรแตกต่างกันมากกว่าข้อกำหนด ดังตารางที่ 1.2)

ตารางที่ 1.2 ผลความแตกต่างของความหนาแน่นโดยผู้ทดสอบของคนเดียวกัน

อุณหภูมิการทดสอบ, ˚C(˚ F)	**ความหนาแน่นของน้ำ, กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร(ปอนด์ต่อแกลลอน)**
15.6(60)	0.003(0.025)
25(77)	0.002(0.017)

2) ความแน่นนอนจากการทดสอบจากห้องทดสอบคนละห้อง (Multi-laboratory Precision) จะเชื่อถือได้เมือความเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับความถ่วงจำเพาะของวัสดุบิทูเมนกึ่งแข็งที่อุณหภูมิ 15.6 ˚C มีค่าไม่มากกว่า 0.0024 ดังนั้น ผลการทดสอบ 2 ครั้ง จะต้องได้ค่าความถ่วงจำเพาะที่แตกต่างกันไม่มากกว่า 0.007 ส่วนการทดสอบที่อุณหภูมิ 25 ˚C ความเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่ควรมากกว่า 0.0019 ดังนั้นผลการทดสอบ 2 ครั้งแตกต่างกันไม่มากกว่า 0.005 (ส่วนผลของความหนาแน่นจากห้องทดสอบคนละห้องผลการทดสอบไม่ควรแตกต่างกันมากกว่าข้อกำหนดดังตารางที่ 1.3)

ตารางที่ 1.3 ผลความแตกต่างของความหนาแน่นจากห้องทดสอบคนละห้อง

อุณหภูมิการทดสอบ, ˚C(˚ F)	ความหนาแน่นของน้ำ, กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร(ปอนด์ต่อแกลลอน)
15.6(60)	0.00(0.058)
25(77)	0.005(0.042)

1.9 ข้อควรระวัง

1) ก่อนใช้ผ้าแห้งเช็ดส่วนบนของจุกแก้ว ควรระมัดระวังไม่ให้ผ้าแห้งเข้าไปในจุกแก้วจะทำให้น้ำที่อยู่ภายในจุกแก้วถูกดูดออกไปได้
2) การเทตัวอย่างลงในขวดแก้ววัดความถ่วงจำเพาะ ระวังไม่ให้วัสดุติดด้านข้างขวด (เหนือระดับสุดท้ายของการบรรจุ

1.10 สรุปและวิจารณ์ผลการทดสอบ

……

……

……

……

……

……

……

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ปฏิบัติการที่ 2

การทดสอบเพนิเทรชันของวัสดุบิทูเมน

Test for Penetration of Bituminous Materials

การทดสอบเพนิเทรชันเป็นวิธีการวัดความข้นเหลวของวัสดุบิทูเมน ค่าเพนิเทรชันที่สูงกว่าบ่งชี้ถึงความข้นเหลวที่อ่อนกว่า ซึ่งการแบ่งเกรดของแอสฟัลต์ซีเมนต์ตามช่วงมาตรฐานของความข้นเหลว โดยวิธีการทดสอบเพรนิเทรชันแบ่งออกเป็น 5 มาตรฐาน คือ AC 40-50, AC 60-70, AC 85-100, AC 120-150, AC 200-300 ตัวเลขของเกรดบ่งบอกถึงช่วงความลึกของเข็มจมลงในผลิตภัณฑ์แอสฟัลต์ที่ยอมให้ได้ของแต่ละเกรด แอสฟัลส์ซีเมนต์ที่มีเกรดอ่อนที่สุด (200-300 Prenetration) จะแข็งพอประมาณที่อุณหภูมิปกติ เมื่อใช้นิ้วมือกดเบาๆ จะเป็นรอยบุ๋มปรากฏรอยนิ้วมือเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

2.1 วัตถุประสงค์

เพื่อทำการทดสอบเพนิเทรชันของวัสดุแอสฟัลต์ที่อยู่ในสภาพกึ่งแข็ง(Semi-solid) และสภาพแข็ง (Solid) วัสดุที่มีค่าเพนิเทรชันต่ำกว่า 350 สามารถทดสอบได้โดยใช้เครื่องมือมาตรฐานและวิธีการทดสอบตามขั้นตอนที่จะกล่าวต่อไป ส่วนวัสดุที่มีค่าเพนิเทรชันระหว่าง 350 และ 500 จะทดสอบได้โดยใช้เครื่องมือพิเศษดัดแปลง

2.2 มาตรฐานอ้างอิง

ASTM D 5-94 AASHTO T 49-84 และ มอก.1201-2536

2.3 วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องทดสอบ

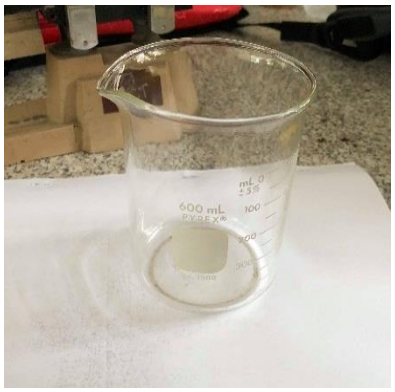
1) วัสดุบิทูเมน เช่น แอสฟัลต์ซีเมนต์

2) น้ำกลั่น

3) อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ

4) เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometers) ชนิดจุ่มในของเหลว มีช่วงแบ่งขีดอย่างน้อยที่สุดทุกๆ 0.1˚C และความคลาดเคลื่อนสูงสุด 0.1˚C ตามข้อกำหนด Specification E1 โดยทั่วไปใช้หมายเลข ASTM 63C หรือ 63F

5) บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 600 มิลลิลิตร



6) เครื่องจับเวลา

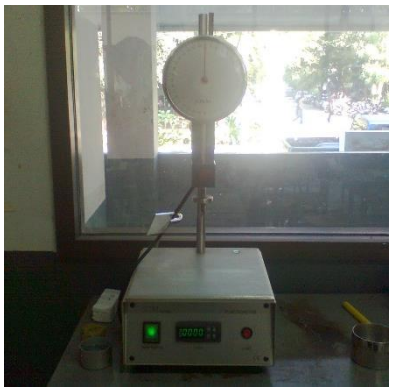
7) สารโทลูอีน (Toluene) หรือน้ำมันก๊าด

8) ภาชนะบรรจุตัวอย่าง (Sample Container) มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกก้นแบน ทำด้วยโลหะหรือแก้วมีขนาดดังนี้

(1) สำหรับวัสดุที่มีค่าเพนิเทรชันต่ำกว่า 200 ต้องมีความจุ 3 (ออนซ์) : เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 55 มิลลิเมตร ความลึกภายใน 35 มิลลิเมตร

(2) สำหรับวัสดุที่มีค่าเพนิเทรชันในช่วง 200 – 350 มีความจุ 6 (ออนซ์) เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 70 มิลลิเมตรความลึกภายใน 45 มิลลิเมตร

9) เครื่องทดสอบเพนิเทรชัน (Penetration Apparatus) ประกอบด้วยแกนที่เคลื่อนขึ้นลงได้ตามแนวดิ่งโดยมีความเสียดทานน้อยที่สุดและสามารถวัดความลึกที่เข็มจมลงได้ละเอียดถึง 0.1 มิลลิเมตร มวลของแกนเท่ากับ 47.5 ± 0.05 กรัม ที่แกนจะมีปากจับเข็มมาตรฐาน มวลรวมเมื่อประกอบ เข็มมาตรฐานเข้ากับแกนมีค่า 50 ± 0.05 กรัม เครื่องทดสอบจะต้องมีน้ำหนักถ่วงขนาด 50 ± 0.05 กรัม และ 100 ± 0.05 กรัม เพื่อให้ได้น้ำหนัก



กด 100 กรัมและ 200 กรัม ตามกำหนดของการทดสอบ ผิวสำหรับวางภาชนะบรรจุตัวอย่างจะต้องราบและแกนกดจะต้องทำมุม 90° กับผิวนี้แกนที่ใช้สามารถถอดออกตรวจสอบมวลได้

10) เข็มมาตรฐาน (Penetration Needle) ด้วยเหล็กกล้าไร้สนิมชุบแข็ง (Stainless Steel) ชั้นคุณภาพ 440 – C หรือเทียบเท่า ชุบแข็งได้มีค่าความแข็งรอกเวลล์ (Rockwell Hardness) อยู่ในช่วง 54 – 60 ยาวประมาณ 50.8 มิลลิเมตร (2นิ้ว) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.00 – 2.00 มิลลิเมตร (0.0394 – 0.0402 นิ้ว) ปลายข้างหนึ่งแหลมเป็นรูปกรวยมีมุม 8 °40' - 9 °40' ปลายกรวยตัดในแนวตั้งฉากกับแกนของเข็มและคลาดเคลื่อนไม่เกิน 2° ปลายกรวยที่ตัดนี้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.14 – 0.16 มิลลิเมตร(0.0055 – 0.0063 นิ้ว) ขอบปลายเข็มมาตรฐานต้องเรียบปละปราศจากเสี้ยน ความขรุขระเฉลี่ยของผิวด้านข้างปลายเข็มอยู่ในช่วง 0.2 – 0.3 ไมโครเมตร เมื่อทดสอบตาม American National Standard B 46.1 โคนเข็มมาตรฐานฝังและยึดในตัวยึดทำด้วยทองเหลืองหรือเหล็กกล้าไร้สนิมเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.2 ± 0.05 มิลลิเมตร(0.12 ± 0.003 นิ้ว๗ และยาว 38 ± 1 มิลลิเมตร(1.50 ± 0.04 นิ้ว) โดยให้แกนของเข็มกับแกนของตัวยึดเป็นแกนเดียวกันให้เข็มโผล่ออกจากตัวยึด 40 – 45 มิลลิเมตร (1.57 – 1.77 นิ้ว) มวลรวมของเข็มกับตัวยึดเท่ากับ 2.50 ± 0.05 กรัม

2.4 วิธีการทดสอบ

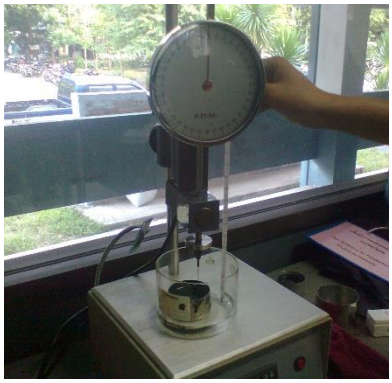
1) ทำตัวอย่างให้เหลวด้วยความร้อนคนตัวอย่างให้สม่ำเสมอ เพื่อไม่ให้จุดใดจุดหนึ่งร้อนมากเกินไป จนตัวอย่างมีอุณหภูมิสูงกว่าจุดอ่อนตัว(Softening Point) สำหรับตัวอย่างวัสดุแอสฟัลต์ไม่ควรให้อุณหภูมิสูงกว่า 90˚C สำหรับวัสดุทาร์พิตช์ ไม่ควรให้อุณหภูมิสูงกว่า 60˚C การให้ความร้อนแก่ตัวอย่างต้องไม่นานเกิน 30 นาที หลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดฟองอากาศในตัวอย่าง

2) เทตัวอย่างลงในภาชนะบรรจุตัวอย่างให้มีปริมาณมากพอ เมื่อตัวอย่างเย็นลงจนถึงอุณหภูมิที่จะทดสอบแล้ว ความลึกของตัวอย่างในภาชนะจะต้องมากกว่าความลึกที่คาดว่าเข็มมาตรฐานจะจมลงไปอย่างน้อย 20 มิลลิเมตร สังเกตดูถ้ามีฟองอากาศปะปนอยู่ ให้ความร้อยอีกเล็กน้อยแล้วคนไล่ฟองอากาศให้หมด

3) ปล่อยให้เย็นลงในบรรยากาศที่อุณหภูมิระหว่าง 15 – 30˚C เป็นเวลา 1 – 1½ ชั่วโมง สำหรับตัวอย่างที่บรรจุในภาชนะขนาดเล็ก ส่วนตัวอย่างที่บรรจุในภาชนะขนาดใหญ่ใช้เวลา 1½ – 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำตัวอย่างไปแช่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิซึ่งมีอุณหภูมิ 25˚C(77 ˚F) สำหรับตัวอย่างที่บรรจุในภาชนะขนาด 3 ออนซ์ ใช้เวลา 1 – 1½ ชั่วโมง ส่วนตัวอย่างที่บรรจุในภาชนะขนาด 6 ออนซ์ ใช้เวลา 1½ – 2 ชั่วโมง

4) ประกอบเข็มมาตรฐานเข้ากับแกนของเครื่องทดสอบเพนิเทรชัน ตรวจสอบแกนตัวยึดเข็มให้ปราศจากน้ำและวัตถุที่ไม่พึงประสงค์ ทำความสะอาดเข็มมาตรฐานด้วยสารโทลูอีนหรือ ตัวทำละลายอื่นที่เหมาะสมใช้ผ้าสะอาดเช็ดให้แห้ง

5) ใช้น้ำหนักถ่วง 50 กรัม ถ่วงบนแกนเพื่อให้ได้น้ำหนักกดรวมเท่ากับ 100 ± 0.1 กรัม การทดสอบทำได้ 2 วิธี คือ



(1) เครื่องทดสอบเพนิเทรชันอยู่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิทำได้โดยตั้งเครื่องทดสอบเพนิเทรชันไว้ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ แล้ววางภาชนะบรรจุตัวอย่างลงบนที่ตั้งของเครื่องมือซึ่งจมอยู่ในน้ำ และต้องให้น้ำในอ่างท่วมภาชนะบรรจุตัวอย่าง

(2) เครื่องทดสอบเพนิเทรชันอยู่ภายนอกอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิทำได้โดยตั้งเครื่องทดสอบเพนิเทรชันไว้ภายนอกอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ นำภาชนะบรรจุตัวอย่างใส่ลงในภาชนะย้ายตัวอย่างซึ่งบรรจุน้ำจากอ่างควบคุมอุณหภูมิอยู่เต็ม วางภาชนะย้ายตัวอย่างบนที่ตั้งเครื่องมือ แล้วทำการทดสอบทันที

6) ปรับเครื่องมือให้เข็มมาตรฐานที่มีน้ำหนักกดตามที่ระบุสัมผัสกับผิวของตัวอย่างพอดี ทำได้โดยการปรับปลายเข็มให้สัมผัสกับเงาของตัวเข็ม ซึ่งเกิดจากการสะท้อนมาจากผิวหน้าของตัวอย่าง โดยการตั้งเครื่องมือให้ได้รับแสงสว่างที่พอเหมาะตั้งหน้าปัดให้อ่านค่าศูนย์เมื่อเข็มสัมผัสผิวหน้าตัวอย่าง

7) ปล่อยเข็มให้จมลงไปในตัวอย่าง 5 วินาที จากนั้นวัดหาค่าระยะทางที่เข็มจมลงในตัวอย่างด้วยการปรับหน้าปัด ระยะทางที่วัดได้เป็นค่าเพนิเทรชันซึ่งวัดในหน่วย 0.1 มิลลิเมตร ถ้าภาชนะบรรจุตัวอย่างมีการเคลื่อนที่ในระหว่างการปล่อยเข็มมาตรฐานตัวอย่างให้ถือว่า การทดสอบนั้นใช้ไม่ได้

8) ให้ทดสอบตัวอย่างทดสอบแต่ละตัวอย่างอย่างน้อย 3 ครั้ง โดยให้ตำแหน่งที่เข็มทิ่มลงบนผิวหน้าของตัวอย่างอยู่ห่างจากของของภาชนะบรรจุตัวอย่างไม่น้อยกว่า 10 มิลลิเมตร และแต่ละจุดอยู่ห่างกันไม่น้อยกว่า 10 มิลลิเมตร ถ้าการทดสอบต้องใช้ภาชนะย้ายตัวอย่างจะต้องนำภาชนะย้ายตัวอย่างที่มีตัวอย่างอยู่ กลับไปแช่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิทุกครั้งก่อนที่จะทำสอบจุดต่อไปเพื่อรักษาอุณหภูมิการทดสอบให้คงที่ตามกำหนด ต้องทำความสะอาดเข็มทุกครั้งก่อนที่จะทดสอบแต่ละจุด ถ้าวัสดุตัวอย่างที่มีค่าเพนิเทรชันมากกว่า 200 ขึ้นไป ให้ใช้เข็มใหม่ทุกครั้งที่ทดสอบ โดยทิ้งเข็มมาตรฐานไว้ในตัวอย่างหลังการทดสอบแต่ละตำแหน่ง แล้วเริ่มทดสอบด้วยเข็มอันใหม่จนกระทั่งได้จำนวนค่าเพนิเทรชันตามต้องการ

2.5 ตารางการทดสอบ

Penetration of Bituminous Materials					
Project :		Owner :			
Material :					
Grade :					
Source :					
Penetrometer :					
Dial :	mm/division	Load :	g.		
Time :	s	Temperature :	˚C		
Tested by :		Date :			
Checked by :		Date :			

Sample No.	Test No. (Divisions)				Penetration Grade
	1	2	3	Average	
1					
2					
3					

Remarks:

2.6 การพิจารณาความถูกต้องของผลการทดสอบ

1) รายงานค่าเฉลี่ยของการทดสอบอย่างน้อย 3 ครั้ง เป็นเลขจำนวนเต็มและระบุภาวะทดสอบ (อุณหภูมิ น้ำหนักกดและเวลา) ด้วย ความแตกต่างของการทดสอบจะต้องไม่เกินข้อกำหนดดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ความแตกต่างของการทดสอบเพนิเทรชัน จากการทดสอบอย่างน้อย 3 ครั้ง

ค่าเพนิเทรชัน	0 -49	50 – 149	150 – 249	250 **ขึ้นไป**
ค่าแตกต่างระหว่างค่าทดสอบสูงสุดและต่ำสุด	2 หน่วย	4 หน่วย	6 หน่วย	8 หน่วย

2) การทดสอบซ้ำ(Repeatability) ผลการทดสอบ 2 ครั้ง โดยผู้ทดสอบคนเดียวกัน ตัวอย่างเดียวกัน ห้องทดสอบและเครื่องทดสอบเดียวกัน ในเวลาที่ต่างกัน จะเชื่อถือได้เมื่อผลการทดสอบแตกต่างกันไม่มากกว่าที่กำหนดดังนี้

ตารางที่ 2.2 ความแตกต่างของการทดสอบเพนิเทรชัน จากการทดสอบซ้ำ โดยผู้ทดสอบคนเดียวกัน ห้องทดสอบและเครื่องทดสอบเดียวกัน

วัสดุทดสอบที่ 25˚C(77˚ F)	**ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน** (Standard Deviation)	**ความแตกต่างที่ยอมให้ของผลการทดสอบ 2 ครั้ง**
วัสดุแอสฟัลต์ ค่าเพนิเทรชันต่ำกว่า 50	0.35	1 หน่วย
วัสดุแอสฟัลต์ ค่าเพนิเทรชันตั้งแต่ 50 ขึ้นไป	1.1	3 เปอร์เซ็นต์ ของค่าเฉลี่ย
ทาร์พิตช์(Tar Pitches)[A]	5.2	15 เปอร์เซ็นต์ ของค่าเฉลี่ย

หมายเหตุ :

[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.

3) การทดสอบเปรียบเทียบ (Reproduciblity) ผลการทดสอบซึ่งทำได้โดยผู้ทดสอบ 2 คน จากห้องทดสอบต่างกัน จะเชื่อถือได้เมื่อผลการทดสอบนั้นแตกต่างกันไม่มากกว่ากำหนดดังนี้

ตารางที่ 2.2 ความแตกต่างของการทดสอบเพนิเทรชัน จากการทดสอบซ้ำ โดยผู้ทดสอบ 2 คน จากห้องทดสอบต่างกัน

วัสดุทดสอบที่ 25˚C(77˚ F)	ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)	ความแตกต่างที่ยอมให้ของผลการทดสอบ 2 ครั้ง
วัสดุแอสฟัลต์ ค่าเพนิเทรชันต่ำกว่า 50	1.4	4 หน่วย
วัสดุแอสฟัลต์ ค่าเพนิเทรชันตั้งแต่ 50 ขึ้นไป	2.8	8 เปอร์เซ็นต์ ของค่าเฉลี่ย
ทาร์พิตช์ (Tar Pitches)[A]	1.4	4 เปอร์เซ็นต์ ของค่าเฉลี่ย

หมายเหตุ :

[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.

2.7 ข้อควรระวัง

1) ในการเตรียมตัวอย่าง โดยการให้ความร้อนก่อนที่จะเทตัวอย่างลงใจภาชนะบรรจุตัวอย่างจะต้องให้ความร้อนสม่ำเสมอ เมื่อเทตัวอย่างแล้วต้องสังเกตดูถ้ายังมีฟองอากาศปะปนอยู่ ควรให้ความร้อนอีกเล็กน้อยแล้วคนไล่ฟองอากาศให้หมด
2) ตรวจสอบมวลของแกน เข็มและน้ำหนักถ่วงต้องรวมกันให้ได้ครบตามข้อกำหนด
3) ถ้าการทดสอบเพนิเทรชันมีเข็มมาตรฐานจำนวน 1 เล่ม เมื่อจะทดสอบในจุดต่อไปก่อนดึงเข็มขึ้นควรใช้มือจับและกดภาชนะบรรจุตัวอย่างไม่ให้เคลื่อนที่ตามขณะที่เลื่อนแกนขึ้น

2.8 สรุปและวิจารณ์ผลการทดสอบ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ปฏิบัติการที่ 3

การทดสอบจุดวาบไฟและจุดติดไฟโดยใช้ถ้วยเปิดคลีฟแลนด์

Test for Flash and Fire Points by Cleveland Open Cup

จุดวาบไฟเป็นจุดที่บ่งบอกถึงอุณหภูมิที่ให้ความร้อนกับแอสฟัลต์ได้อย่างปลอดภัยโดยไม่ลุกติดไฟ เมื่อมีเปลวไฟมาสัมผัสใกล้ๆ จุดที่ลุกไหม้ เรียกว่า “จุดติดไฟ” การเดือดเป็นฟองของแอสฟัสต์จะเป็นอันตรายมาก ตามข้อกำหนดมาตรฐานแอสฟัลต์จะต้องไม่เป็นฟองเมื่อให้ความร้อนถึง 175 ˚C (347˚ F) แอสฟัลต์เมื่อได้รับอุณหภูมิสูงพอจนมีไอและติดไฟได้เมื่อสัมผัสกับประกายไฟหรือเปลวไฟ แต่อุณหภูมิที่จะทำให้เกิดจุดวาบไฟนี้มีค่าสูงกว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการปฏิบัติงานทั่วๆ ไป อย่างไรก็ตาม เพื่อความปลอดภัยก่อนการใช้ แอสฟัลต์จำเป็นต้องทราบจุดวาบไฟและจุดติดไฟของแอสฟัลต์

3.1 วัตถุประสงค์

เพื่อหาจุดวาบไฟและจุดติดไฟสำหรับผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมต่างๆ ยกเว้นน้ำมันเชื้อเพลิงและผลิตภัณฑ์ที่มีจุดวาบไฟต่ำกว่า 79 ˚C(175˚ F) โดยถ้วยเปิดคลีฟแลนด์

3.2 มาตรฐานอ้างอิง

ASTM D 92-90 AASHTO T 48-84 และ มอก. 1182 เล่ม 2-2537

3.3 บทนิยาม

จุดวาบไฟ (Flash Point) หมายถึง อุณหภูมิต่ำสุดของผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมที่จะติดไฟ เมื่อมีเปลวไฟผ่านภายใต้ภาวะมาตรฐาน

จุดติดไฟ (Fire Point) หมายถึง อุณหภูมิต่ำสุดของผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมที่จะติดไฟ เมื่อมีเปลวไฟผ่านและยังคงลุกไหม้ต่อไปเป็นเวลาอย่างน้อย 5 วินาที ภายใต้ภาวะมาตรฐาน

3.4 วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องทดสอบ

1) วัสดุบิทูเมน เช่น แอสฟัลต์ซีเมนต์

2) เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometers) ชนิดจุ่มในของเหลว มีช่วงแบ่งขีดอย่างน้อยที่สุดทุกๆ 0.1˚C และความคลาดเคลื่อนสูงสุด 0.1˚C ตามข้อกำหนด Specification E1 โดยทั่วไปใช้หมายเลข ASTM 63C หรือ 63F

3) เครื่องจับเวลา

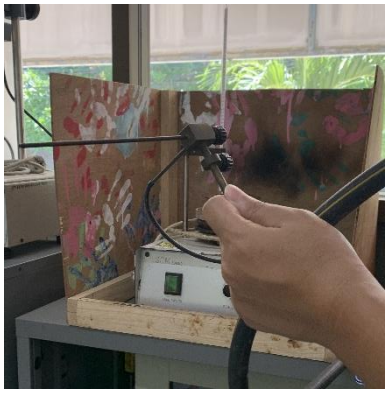
4) สารโทลูอีน (Toluene) หรือน้ำมันก๊าด

5) เครื่องทดสอบแบบถ้วยเปิดคลีฟแลนด์ (Cleveland Open Cup Apparatus) ประกอบด้วย

(1) ถ้วยทดสอบ (Test Cup) ทำด้วยทองเหลืองหรือโลหะอื่นที่ไม่เป็นสนิมและเป็นตัวนำความร้อนได้เทียบเท่าทองเหลือง อาจมีด้ามจับหรือไม่ก็ได้ แผ่นรองรับถ้วยทอสอบ(Heater Plate) เป็นแผ่นโลหะ เช่น แผ่นทองเหลือง แผ่นเหล็กหล่อ แผ่นเหล็กเหนียวหรือแผ่นเหล็กกล้ามีรูตรงกลางและมีบ่าต่ำลงมาลึก 0.5 – 1.0 มิลลิเมตร เพื่อวางถ้วยทดสอบ รอบนอกถัดจากบริเวณที่วางถ้วยทดสอบมีแผ่นใยหิน(Asbestos) ปิดบนแผ่นโลหะอีกชั้นหนึ่ง ลักษณะของแผ่นโลหะอาจเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือแผ่นกลมก็ได้และอาจมีขนาดใหญ่กว่าที่กำหนดเพื่อติดตั้งที่จุดเปลวไฟทดสอบ ที่

ยึดเทอร์โมมิเตอร์และปุ่มโลหะสำหรับใช้ปรับเทียบของเปลวไฟทดสอบ

(2) ที่จุดเปลวไฟทดสอบ(Test Frame Applicator) อาจเป็นแบบใดก็ได้ที่เหมาะสมซึ่งเป็นท่อตามแนวนอน เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2 มิลลิเมตร ปลายงอนขึ้น มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1.6 มิลลิเมตร(1/16 นิ้ว) และมีรูเปิดเส้นผ่านศูนย์กลางปราณ 0.8 มิลลิเมตร(1/32 นิ้ว) ที่ปลายนี้ ที่จุดไฟทดสอบนี้อาจติดตั้งในลักษณะที่หันไปมาได้ในแนวราบ ระดับรูเปิดอยู่สูงกว่าขอบของถ้วยทดสอบไม่เกิน 2 มิลลิเมตร(5/64 นิ้ว) ควรมีปุ่มโลหะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.2 – 4.8 มิลลิเมตร(1.8 – 3/16 นิ้ว) ติดตั้งไว้ในตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับเทียบขนาดเปลวไฟ

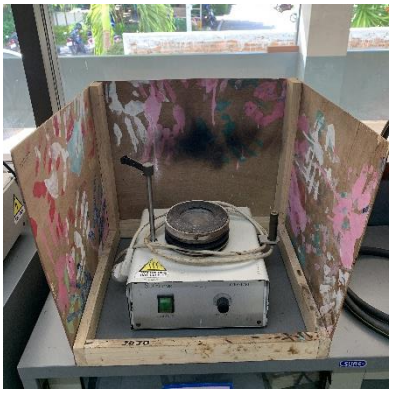


(3) เครื่องให้ความร้อน(Heater) เป็นเครื่องที่สามารถปรับอัตราการให้ความร้อนได้ เช่น เตาไฟฟ้า เตาแก๊ส ตะเกียงแอลกอฮอล์ หรืออย่างอื่น ต้องไม่ให้มีสิ่งที่เกิดจากการเผาไหม้หรือเปลวไฟขึ้นมาสัมผัสข้างถ้วยทดสอบ เครื่องให้ความร้อนต้องอยู่ตรงกึ่งกลางก้นถ้วยทดสอบ ถ้าใช้เครื่องให้ความร้อนแบบมีเปลวไฟต้องป้องกันการแผ่นรังสีความร้อนและลมโดยใช้แผ่นกำบังที่เหมาะสมซึ่งต้องไม่สูงกว่าระดับผิวบนของแผ่นใยหิน

(4) ที่ยึดเทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer Support) สามารถยึดเทอร์โมมิเตอร์ให้อยู่ในตำแหน่งที่ต้องการได้ในขณะทดสอบและสามารถถอดเทอร์โมมิเตอร์ออกจากถ้วยทดสอบได้โดยง่าย

(5) ขาตั้งที่รองรับแผ่นรองถ้วยทดสอบ (Heating Plate Support) สามารถยึดแผ่นรองถ้วยทดสอบให้มีระดับคงที่และมั่นคงได้ตลอดการทดสอบ

(6) ที่บัง(Shield) ใช้สำหรับบังแสงและลม ใช้บังสามด้านเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 460 มิลลิเมตร(18 นิ้ว) สูง 610 มิลลิเมตร(24 นิ้ว) ส่วนบนและส่วนหน้าปิด



3.5 วิธีการทดสอบ

1) ตั้งเครื่องทดสอบบนโต๊ะที่ราบเรียบมั่นคงในห้องที่ไม่มีลมพัดผ่านหรือในตู้ควัน บังส่วนบนของเครื่องทดสอบด้วยที่บัง เพื่อไม่ให้มีแสงสว่างมากเกินไปในขณะที่สังเกตจุดวาบไฟ ช่วงก่อนถึงจุดวาบไฟประมาณ 17˚C (30˚ F) อย่าทำให้ไอที่เกิดในถ้วยทดสอบถูกรบกวนหรือหายใจใกล้ถ้วยทดสอบ

2) เสียบเทอร์โมมิเตอร์เข้ากับที่ยึดให้อยู่ในแนวดิ่งและอยู่ตรงข้ามกับด้านที่จุดเปลวไฟทดสอบ ปลายกระเปาะของเทอร์โมมิเตอร์อยู่ในถ้วยทดสอบเหนือก้นถ้วย 6.4 มิลลิเมตร(1.4 นิ้ว) และอยู่ห่างจากขอบถ้วย 1 ใน 4 ของเส้นผ่านศูนย์กลางถ้วยทดสอบ

3) ทำถ้วยทดสอบให้แห้งเป็นเวลา 2 – 3 นาที โดยลนไฟหรือวางบนแผ่นความร้อน

4) ให้ความร้อนแก่ตัวอย่างเพื่อให้เหลวพอที่จะเทได้สะดวก อุณหภูมิที่ใช้ในการให้ความร้อนจะต้องมีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดวาบไฟไม่น้อยกว่า 56˚C

5) เทตัวอย่างลงในถ้วยทดสอบถึงขีดกำหนด

6) ไล่ฟองอากาศที่ผิวหน้าของตัวอย่าง โดยใช้เปลวไฟจากตะเกียงบุนเซนผ่านผิวหน้าตัวอย่างจนไม่เห็นฟองอากาศ

7) จุดเปลวไฟทดสอบและปรับให้เปลวไฟนั้นมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3.2 – 4.8 มิลลิเมตร(1.8 – 3/16 นิ้ว) โดยเปรียบเทียบกับปุ่มโลหะที่ติดอยู่บนเครื่องมือ

8) ให้ความร้อนแก่ตัวอย่าง อัตราการเพิ่มอุณหภูมิระยะแรกประมาณ 14 -17˚C (25 -30˚ F) ต่อนาที จนกระทั่งตัวอย่างมีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดวาบไฟที่คาดไว้ประมาณ 56˚C ให้ลดความร้อนลงเพื่อให้อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 5 - 6˚C(9 -11˚ F) ต่อนาที จนกระทั่งตัวอย่างมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าจุดวาบไฟประมาณ 28˚C(50˚ F)

9) เมื่อตัวอย่างมีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดวาบไฟประมาณ 28˚C (50˚ F) ให้เริ่มต้นใช้เปลวไฟทดสอบเคลื่อนที่ผ่านถ้วยทดสอบทุกครั้งเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 2˚C (5˚ F) การผ่านเปลวไฟทดสอบให้ผ่านจุดศูนย์กลางของถ้วยทดสอบและให้ก้านของที่จุดเปลวไฟผ่านถ้วยทดสอบจะต้องมีความเร็วสม่ำเสมอ จะเป็นแนวเส้นตรงหรือส่วนโค้งของวงกลมที่มีรัศมีอย่างน้อย 150 มิลลิเมตร (6 นิ้ว) จุดศูนย์กลางของเปลวไฟที่เคลื่อนที่ผ่านถ้วยทดสอบ จะต้องอยู่ในระดับที่สูงกว่าขอบบนของถ้วยไม่เกิน 2 มิลลิเมตร (5/64 นิ้ว) และให้เคลื่อนผ่านไปในทางเดียวก่อนเท่านั้นครั้งต่อไปจึงให้ผ่านในทางตรงกันข้ามระยะ เวลาที่เปลวไฟผ่านถ้วยทดสอบประมาณ 1 วินาที

10) เมื่อเกิดไฟที่วาบขึ้นที่จุดใดจุดหนึ่งบนผิวหน้าของตัวอย่าง อ่านอุณหภูมิจากเทอร์โมมิเตอร์แล้วบันทึกเป็นจุดวาบไฟ แต่ต้องแน่ใจว่าไม่ใช้ไฟวาบที่เกิดขึ้นจากรอบนอกของเปลวไฟทดสอบ

11) ถ้าต้องการหาจุดติดไฟให้ความร้อนตัวอย่างต่อไป โดยให้อัตราการเพิ่มอุณหภูมิเป็น 5 – 6˚C ต่อนาที ลองใช้เปลวไฟผ่านถ้วยทดสอบทุกครั้งที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น 2˚C จนกระทั่งตัวอย่างติดไฟและเกิดการลุกไหม้อยู่นานอย่างน้อย 5 วินาที อุณหภูมิที่จุดนี้คือจุดติดไฟ

3.6 ตารางการทดสอบ

Flash and Fire Points by Cleveland Open Cup	
Project :	Owner
Material :	
Grade :	
Source :	
Barometric Pressure (P) :	mm.Hg
Tested by :	Date :
Checked by :	Date :
Test No.	1
Observed Flash Point (C_1), ˚C	
Corrected Fire Point, (C_1), ˚C	
Remarks :	

3.7 การคำนวณ

ในกรณีที่ห้องทดสอบมีความดันบรรยากาศแตกต่างจาก 760 มิลลิเมตรปรอท (101.3 กิโลพาสคัล) ให้คำนวณค่าจุดวาบไฟและจุดติดไฟจากสมการดังนี้

จุดวาบไฟหรือจุดติดไฟที่ปรับแก้ = $C + 0.03(760 – P)$

หรือ = $F + 0.006(760 – P)$

เมื่อ C = อุณหภูมิที่สังเกตเห็นจุดวาบไฟหรือจุดติดไฟ, ˚C

F = อุณหภูมิที่สังเกตเห็นจุดวาบไฟหรือจุดติดไฟ, ˚ F

P = ความดันบรรยากาศขณะทดสอบ, มิลลิเมตรปรอท

3.8 การพิจารณาความถูกต้องของผลการทดสอบ

1) การทดสอบซ้ำ ผลการทดสอบ 2 ครั้งโดยผู้ทดสอบคนเดียว ตัวอย่างเดียวกัน ห้องทดสอบและเครื่องมือทดสอบเดียวกันในเวลาต่างกัน จะเชื่อถือได้เมื่อผลการทดสอบแตกต่างกันไม่มากกว่าค่าดังนี้
   (1) จุดวาบไฟ 8˚C(15˚ F)
   (2) จุดติดไฟ 8˚C(15˚ F)

2) การทดสอบเปรียบเทียบ ผลการทดสอบซึ่งทำโดยผู้ทดสอบ คน จากห้องทดสอบต่างกันในเวลาต่างกัน จะเชื่อถือได้เมื่อผลการทดสอบนั้นแตกต่างกันไม่มากกว่ากำหนดดังนี้
   (1) จุดวาบไฟ 17˚C(30˚ F)
   (2) จุดติดไฟ 14˚C(25˚ F)

3.9 ข้อควรระวัง

1) ในการเทตัวอย่างลงถ้วยทดสอบต้องระวังไม่ให้เกิดฟองอากาศ โดยการเทตัวอย่างช้าๆ อย่างสม่ำเสมอ ให้ค่อยๆ เพิ่มระดับขึ้นมาจนเต็ม
2) ห้ามเปิดภาชนะบรรจุหรือถ่ายเทตัวอย่างโดยไม่จำเป็น การเปิดภาชนะบรรจุหรือถ่ายเทตัวอย่างให้ทำที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดวาบไฟที่คาดไว้ 10˚C
3) ห้ามเก็บตัวอย่างไว้ในภาชนะพลาสติก

3.10 สรุปและวิจารณ์ผลการทดสอบ

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ปฏิบัติการที่ 4

การทดสอบจุดอ่อนตัวของวัสดุบิทูเมนโดยใช้เครื่องวงแหวนกับลูกปืน

Tests for Softening Point of Bitumen (Ring and Ball Apparatus)

วัสดุบิทูเมนเป็นวัสดุที่มีความเหนียวหนืดยืดหยุ่นได้โดยไม่จำกัดจุดหลอมเหลว เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นวัสดุบิทูเมนจะค่อยๆ อ่อนตัวและมีความหนืดลดลง ด้วยเหตุผลนี้ จุดอ่อนตัวเป็นคุณสมบัติที่สำคัญและต้องการ ตัวอย่างเช่น วัสดุโบลนแอสฟัลต์ จึงทดสอบหาจุดอ่อนตัวโดยใช้เครื่องวงแหวนกับลูกปืนมากกว่าที่จะใช้การทดสอบความหนืด (Viscosity) หรือเพนิเทรชัน (Prenetration)

4.1 วัตถุประสงค์

เพื่อทำการทดสอบหาจุดอ่อนตัวของบิทูเมนในช่วง 30 - 157°C (86 - 315°F) โดยใช้เครื่องวงแหวนและลูกปืน แช่ในน้ำกลั่น (ช่วงอุณหภูมิ 30-80°C) ใน USP กลีเซอรีน (ช่วงอุณหภูมิ 80 - 157°C) และในเอทีลีนไกลคอล (Ethylene Glycol) (ช่วงอุณหภูมิ 30 - 110°C)

4.2 มาตรฐานอ้างอิง

ASTM D 36-86 (Reapproved 1989) AASHTO T 53-84 และ มอก. 1216-2537

4.3 บทนิยาม

จุดอ่อนตัว หมายถึง อุณหภูมิที่วัสดุบิทูเมนอ่อนตัวถึงระดับที่กำหนด ภายใต้ภาวะทดสอบมาตรฐาน

4.4 วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องทดสอบ

1) วัสดุบิทูเมน เช่น แอสฟัลต์ซีเมนต์

2) น้ำกลั่น

3) เทอร์โมมิเตอร์

(1) สำหรับจุดอ่อนตัวต่ำ ใช้เทอร์โมมิเตอร์ที่วัดอุณหภูมิได้ในช่วง -2 - 80°C (30 - 180°F) และตรงตามข้อกำหนดของเทอร์โมมิเตอร์ 15C หรือ 15F ดังระบุใน Specification E1 ของ ASTM

(2) สำหรับจุดอ่อนตัวสูง ใช้เทอร์โมมิเตอร์ที่วัดอุณหภูมิได้ในช่วง 30 - 200°C (85 - 392°F) และตรงตามข้อกำหนดของเทอร์โมมิเตอร์ 16C และ 16F ดังระบุใน Specification E1 ของ ASTM

(3) สำหรับจุดอ่อนตัวของวัสดุบิทูเมน ใช้เทอร์โมมิเตอร์ที่วัดอุณหภูมิได้ในช่วง -1 - 175°C (30 -350°F) และตรงตามข้อกำหนดของเทอร์โมมิเตอร์ 113C หรือ 113F ดังระบุใน Specification E1 ของ ASTM

4) เครื่องให้ความร้อน (Hot plate)

5) เครื่องจับเวลา

6) สารกันติด เช่น กลีเซอรีน (Glycerine) ผสมกับเดกซ์ทริน (Dextrin) ทัลก์ (Talc) หรือเคโอลิน (Kaolin) ใช้ฉาบแผ่นรองเพื่อกันตัวอย่างทดสอบติด

7) เกรียงหรือพาย

8) วงแหวน (Rings) เป็นวงแหวนทองเหลือง มีบ่าในตั้งฉากจำนวน 2 วง

9) แผ่นรอง (Pouring Plate) เป็นแผ่นทองเหลืองราบเรียบขนาดประมาณ 50 × 75 มิลลิเมตร (2 × 3 นิ้ว) สำหรับรองวงแหวนขณะเตรียมตัวอย่างทดสอบ

10) ลูกปืน (Balls) เป็นเหล็กกล้า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9.5 มิลลิเมตร (3/8 นิ้ว) หนัก 3.50±0.05 กรัม จำนวน 2 ลูก

11) ตัวนำศูนย์ (Ball-Centering Guides) ทำด้วยทองเหลืองใช้สำหรับบังคับลูกปืนให้วางอยู่ตรงศูนย์กลางวงแหวน

12) กระบอกแก้ว (Bath) ทำด้วยแก้วทนความร้อนสูง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในไม่น้อยกว่า 85 มิลลิเมตร และลึกไม่น้อยกว่า 120 มิลลิเมตร หรืออาจใช้บีกเกอร์ทนความร้อนสูงขนาดจุ 800 มิลลิเมตร ก็ได้

13) ชุดวางวงแหวน (Ring Holder and Assembly) ทำด้วยทองเหลืองใช้รองรับแหวนให้วางอยู่ในแนวราบ ผิวล่างของวงแหวนสูงจากผิวบนของแผ่นรองรับ (Bottom Plate) 25 มิลลิเมตร (1 นิ้ว) และผิวล่างของแผ่นรองรับนี้อยู่สูงจากกระบอกแก้ว 16 ± 3 มิลลิเมตร (5/8 ± 1/8 นิ้ว)

4.5 วิธีการทดสอบ

1) การเตรียมตัวอย่างและการทดสอบวัสดุแอสฟัลต์จะต้องเสร็จสมบูรณ์ภายใน 6 ชั่วโมง ถ้าเป็นวัสดุโคลทาร์พิตช์จะต้องเสร็จสมบูรณ์ภายใน 4 ½ ชั่วโมง ให้ความร้อนกับตัวอย่างบิทูเมนด้วยความระมัดระวัง คนตัวอย่างให้ทั่วอย่างให้จุดใดจุดหนึ่งร้อนเกินไปจนกระทั่งเหลวพอที่จะเทได้ง่ายและต้องระมัดระวังไม่ให้มีฟองอากาศ

   (1) การให้ความร้อนตัวอย่างแอสฟัลต์ไม่ควรเกิน 2 ชั่วโมง และอุณหภูมิของตัวอย่างต้องไม่สูงกว่าจุดอ่อนตัวที่คาดไว้เกิน 110 °C (200°F)
   (2) สำหรับตัวอย่างโคลทาร์พิตช์ให้ความร้อนไม่ควรเกิน 30 นาที และอุณหภูมิของตัวอย่างต้องไม่สูงกว่าจุดอ่อนตัวที่คาดไว้เกิน 55°C (100°F)
   (3) หากจำเป็นต้องเตรียมตัวอย่างทดสอบเพิ่มเติมหลังจากที่ตัวอย่างนี้เย็นลงแล้ว ให้ใช้ตัวอย่างใหม่ห้ามนำตัวอย่างนี้ไปหลอมและใช้ซ้ำอีก

2) ให้ความร้อนกับวงแหวนทองเหลืองทั้งสองวง (แต่ไม่ให้ความร้อนกับแผ่นรอง) จนมีอุณหภูมิใกล้เคียงอุณหภูมิของตัวอย่าง

3) ทาสารกันติด เช่น น้ำมันกลีเซอรีน (glycerine) หรือ เดกซตริน (dextrine) บนแผ่นทองเหลืองสี่เหลี่ยมผืนผ้า ถ้าไม่มีสารกันติดดังกล่าว อาจจะใช้สบู่ทาก็ได้

4) นำวงแหวนทองเหลืองไปวางบนแผ่นรองที่เคลือบสารกันติดไว้แล้วเทตัวอย่างลงในวงแหวนทั้งสองจนปริ่มจวนล้น ปล่อยตัวอย่างทดสอบไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลาอย่างน้อย 30 นาที สำหรับวัสดุที่มีคุณสมบัติอ่อนตัวที่อุณหภูมิห้อง ให้ปล่อยวัสดุเย็นลงที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดอ่อนตัวที่คาดไว้อย่างน้อย 10°C (18°F) เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 30 นาที และต้องทดสอบให้เสร็จภายในเวลา 4 ชั่วโมง นับตั้งแต่เริ่มเทตัวอย่างลงในวงแหวน

5) หลังจากตัวอย่างทดสอบเย็นแล้ว ใช้มีดหรือพายที่ทำให้ร้อนเล็กน้อย ปาดส่วนเกินที่ปากวงแหวนออก

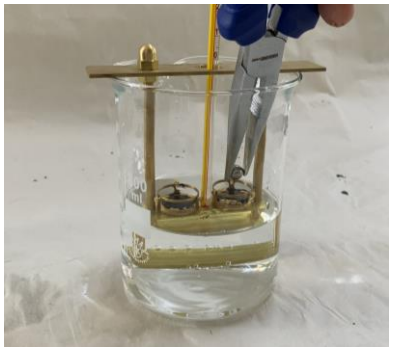
6) เลือกของเหลวที่จะใส่ในกระบอกแก้ว ซึ่งใช้เป็นตัวกลางแช่ตัวอย่างทดสอบและเทอร์โมมิเตอร์ให้เหมาะสมกับจุดอ่อนตัวของตัวอย่างทดสอบดังนี้
   (1) น้ำกลั่น สำหรับค่าจุดอ่อนตัวอยู่ในช่วง 30 – 80°C (86 - 176°F) เทอร์โมมิเตอร์ที่วัดอุณหภูมิได้ในช่วง -2 -80°C (30 - 180°F) และอุณหภูมิเริ่มต้นในกระบอกแก้ว 5 ± 1°C (41 ± 2°F)
   (2) USP กลีเซอรีน สำหรับค่าจุดอ่อนตัวมากกว่า 80 ขึ้นไปถึง 157°C (มากกว่า 176 ขึ้นไปถึง 315°F) เทอร์โมมิเตอร์ที่วัดอุณหภูมิได้ในช่วง 30-200°C (85 - 392°F) และอุณหภูมิเริ่มต้นในกระบอกแก้ว 30 ± 1°C (86 -392°F)
   (3) เอทิลีนไกลคอล สำหรับค่าจุดอ่อนตัวอยู่ในช่วง 30 -110°C (86 - 230°F) เทอร์โมมิเตอร์ที่วัดอุณหภูมิได้ในช่วง -1 -175°C (30 -350°F) และอุณหภูมิเริ่มต้นในกระบอกแก้ว 5 ± 1°C(41 ± 2°F)

เติมของเหลวที่ได้ปรับอุณหภูมิเริ่มต้นแล้วตามกำหนด ลงในกระบอกแก้วให้มีระดับสูงประมาณ 105 ± 3 มิลลิเมตร (4 1/8 ± 1/8 นิ้ว)

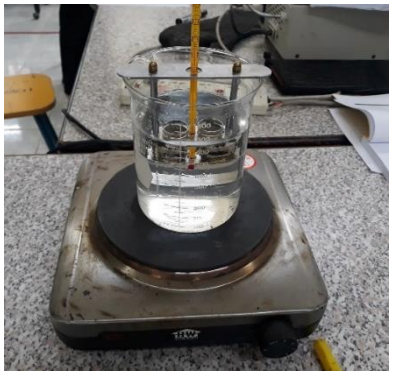
7) จัดวงแหวนที่เตรียมตัวอย่างไว้แล้วทั้งสองวงเทอร์โมมิเตอร์และตัวนำศูนย์เข้าตำแหน่งของชุดวางวงแหวน และหย่อนลูกปืน 2 ลูกลงไปที่ก้นกระบอกแก้ว

8) แช่กระบอกแก้วในอ่างซึ่งควบคุมอุณหภูมิเพื่อให้ของเหลวในกระบอกแก้วมีอุณหภูมิคงที่ที่อุณหภูมิเริ่มต้นเป็นเวลา 15 นาที

9) ยกเครื่องทดสอบออกจากอ่างควบคุมอุณหภูมิ ใช้ปากคีบคีบลูกปืนที่แช่ไว้นั้นวางลงในช่องตัวนำศูนย์



10) เพิ่มอุณหภูมิของของเหลวในกระบอกแก้วให้สูงขึ้นด้วยอัตรา 5°C ต่อนาที (9°F ต่อนาที) ป้องกันลมไม่ให้ลบกวน อาจใช้ที่กำบังที่จำเป็นในช่วง 1 นาที และหลัง 3 นาทีแรก เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนของอัตราการควบคุมอุณหภูมิทุกนาทีต้องไม่เกิน ± 0.5°C (± 1.0°F) ถ้าอัตราการเพิ่มอุณหภูมิไม่อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด ให้ถือว่าการทดสอบนั้นใช้ไม่ได้



11) อ่านอุณหภูมิทันทีที่ตัวอย่างทดสอบพร้อมลูกปืนแต่ละวงย้อยลงมาสัมผัสกับแผ่นรองรับ ถ้าอุณหภูมิที่อ่านได้สำหรับ 2 ตัวอย่างทดสอบต่างกันเกิน 1°C ให้ยกเลิกการทดสอบที่ทำมาแล้วทั้งหมดและเริ่มต้นการทดสอบใหม่ โดยใช้ตัวอย่างทดสอบที่เตรียมขึ้นใหม่จากตัวอย่างใหม่ซึ่งไม่ได้หลอมมาก่อน

4.6 ตารางการทดสอบ

Softening Point of Bitumen (Ring-and-Ball Apparatus)	
Project :	
Owner :	
Material :	
Grade :	
Source :	
Tested by : Date :	
Checked by : Date :	
Test No.	1
Softening Point (Sample No.1), °C	
Softening Point (Sample No.2), °C	
Average Softening Point, °C	
Remarks :	

4.7 การคำนวณ

1) จุดอ่อนตัวในกระบอกแก้วที่บรรจุน้ำจะมีค่าต่ำกว่าจุดอ่อนตัวในกระบอกแก้วที่บรรจุกลีเซอรีน ในการแปลงค่าของจุดอ่อนตัวซึ่งหาในน้ำและมีค่าสูงกว่า 80°C (176°F) เล็กน้อย เป็นค่าจุดอ่อนตัวในกลีเซอรีน ให้ใช้ค่าดังนี้
   (1) ค่าปรับแก้ + 4.2°C (+7.6°F) สำหรับแอสฟัลต์
   (2) ค่าปรับแก้ + 1.7°C (+3.0°F) สำหรับโคลทาร์พิตช์
2) ผลการทดสอบที่ใช้เอทิลีนไกลคอลบรรจุในกระบอกแก้ว จะมีค่าแตกต่างจากผลการใช้น้ำหรือกลีเซอรีน ซึ่งการแปลงค่าใช้สูตรดังนี้

(1) แอสฟัลต์

- จุดอ่อนตัว (ใช้กลีเซอรีน) = 1.026583 × จุดอ่อนตัว (ใช้เอทิลีนไกลคอล) - 1.334968°C
- จุดอ่อนตัว (ใช้น้ำ) = 0.974118 × จุดอ่อนตัว (ใช้เอทิลีนไกลคอล) - 1.44459°C

(2) โคลทาร์

- จุดอ่อนตัว (ใช้กลีเซอรีน) = 1.044795 × จุดอ่อนตัว (ใช้เอทิลีนไกลคอล) - 5.063574°C
- จุดอ่อนตัว (ใช้น้ำ) = 0.061111 × จุดอ่อนตัว (ใช้เอทิลีนไกลคอล) - 8.413488°C

4.8 การพิจารณาความถูกต้องของผลการทดสอบ

1) เมื่อใช้น้ำหรือ USP กลีเซอรีน
   (1) การทดสอบโดยผู้ทดสอบคนเดียวกัน ผลการทดสอบแตกต่างกันได้ไม่เกิน 1.2°C (2.0°F)
   (2) การทดสอบจากห้องปฏิบัติการคนละแห่ง ผลการทดสอบแตกต่างกันได้ไม่เกิน 2.0°C (3.5°F)
2) เมื่อใช้เอทิลีนไกลคอล
   (1) การทดสอบโดยผู้ทดสอบคนเดียวกัน ผลการทดสอบแตกต่างกันได้ไม่เกิน 2.0°C (3.5°F)
   (2) การทดสอบจากห้องปฏิบัติการคนละแห่ง ผลการทดสอบแตกต่างกันได้ไม่เกิน 2.2°C (5.5°F)

4.9 สรุปและวิจารณ์ผลการทดสอบ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ปฏิบัติการที่ 5

การทดสอบความยืดดึงของวัสดุบิทูเมน

Tests for Ductility of Bituminous Materials

ความยืดดึงของวัดสุบิทูเมนเป็นวิธีการทดสอบโดยการวัดคุณสมบัติของการดึงของวัสดุบิทูเมนและอาจใช้วัดความยืดดึงตามข้อกำหนดที่ต้องการ ความยืดดึงถือเป็นคุณสมบัติที่สำคัญประการหนึ่งของ แอสฟัลต์ซีเมนต์ แอสฟัลต์ซีเมนต์บางชนิดมีโอกาสที่จะเปลี่ยนแปลงความข้นเหลวได้ง่ายเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ความยืดดึงของแอสฟัลต์ซีเมนต์วัดโดยการยืดหรือการดึง โดยการนำแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่หล่อในแบบมาตรฐานแบบบริเคท แล้วทำการทดสอบที่อุณหภูมิมาตรฐานปกติ 25°C (77°F) โดยการดึงให้อีกส่วนยืดออกจากกันในอัตราเร็ว 5 เซนติเมตรต่อนาที จนกระทั่งแอสฟัลต์ซีเมนต์ยืดขาดออกจากกัน ความยาวที่ได้วัดเป็นหน่วยเซนติเมตรซึ่งถือว่าเป็นความสามารถในการยืดตัว

5.1 วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบหาความยืดดึงของวัสดุบิทูเมนตามข้อกำหนด

5.2 มาตรฐานอ้างอิง

ASTM D 113-86 (Reapproved 1992) AASHTO T 51-86 และ มอก.1202-2536

5.3 บทนิยาม

ความยืดดึงของวัสดุบิทูเมน หมายถึง สมบัติของวัสดุบิทูเมนเมื่อถูกดึงให้ยืดออกในอัตราเร็ว 5 เซนติเมตรต่อนาที และอุณหภูมิทดสอบ 25±0.5°C (77±0.9°F) วัดเป็นความยืดสูงสุดของชิ้นทดสอบมาตรฐานก่อนขาดออกจากกัน

5.4 วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องทดสอบ

1) วัสดุบิทูเมน เช่น แอสฟัลต์ซีเมนต์

2) น้ำกลั่น

3) เทอร์โมมิเตอร์

(1) สำหรับจุดอ่อนตัวต่ำ ใช้เทอร์โมมิเตอร์ที่วัดอุณหภูมิได้ในช่วง -2 - 80°C (30 - 180°F) และตรงตามข้อกำหนดของเทอร์โมมิเตอร์ 15C หรือ 15F ดังระบุใน Specification E1 ของ ASTM

(2) สำหรับจุดอ่อนตัวสูง ใช้เทอร์โมมิเตอร์ที่วัดอุณหภูมิได้ในช่วง 30 - 200°C (85 - 392°F) และตรงตามข้อกำหนดของเทอร์โมมิเตอร์ 16C และ 16F ดังระบุใน Specification E1 ของ ASTM

(3) สำหรับจุดอ่อนตัวของวัสดุบิทูเมน ใช้เทอร์โมมิเตอร์ที่วัดอุณหภูมิได้ในช่วง -1 - 175°C (30 -350°F) และตรงตามข้อกำหนดของเทอร์โมมิเตอร์ 113C หรือ 113F ดังระบุใน Specification E1 ของ ASTM

4) เครื่องให้ความร้อน (Hot plate)

5) สารกันติด เช่น กลีเซอรีน (Glycerine) ผสมกับเดกซ์ทริน (Dextrin) ทัลก์ (Talc) หรือเคโอลิน (Kaolin) ใช้ฉาบแผ่นรองเพื่อกันตัวอย่างทดสอบติด

6) เกรียงหรือพาย

7) แผ่นรอง (Pouring Plate) เป็นแผ่นทองเหลืองราบเรียบขนาดประมาณ 50 × 75 มิลลิเมตร (2 × 3 นิ้ว) สำหรับรองวงแหวนขณะเตรียมตัวอย่างทดสอบ

8) เครื่องดึงชิ้นทดสอบ (Testing Machine) เป็นเครื่องที่สามารถดึงชิ้นทดสอบโดยปราศจากการสั่นสะเทือนขณะที่ชิ้นทดสอบจมอยู่ในน้ำลึกจากผิวน้ำและสูงจากก้นอ่างไม่น้อยกว่า 250 มิลลิเมตร ด้วยอัตราเร็วสม่ำเสมอ 5 เซนติเมตรต่อนาที และคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน± 5 เปอร์เซ็นต์

9) แบบหล่อทองเหลือง (Ductility Briquette Mold) ทำด้วยทองเหลืองประกอบด้วย 4 ส่วน คือ ส่วนข้าง A และ A’ และส่วนปลาย B และ B’ ซึ่งทำหน้าที่เป็นหัวจับชิ้นทดสอบด้วยมีขนาดและลักษณะดังรูป

5.5 วิธีการทดสอบ

1) ให้ความร้อนแก่ตัวอย่างเพื่อให้เหลวพอที่จะเทได้สะดวก อุณหภูมิที่ใช้ในการให้ความร้อนจะต้องมีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดวาบไฟไม่น้อยกว่า 56˚C

2) ทาน้ำมันกลีเซอรีน (Glycerine)และ เดกซตริน (Dextrine) บนแผ่นทองเหลืองสี่เหลี่ยมผืนผ้า เพื่อไม่ให้ตัวอย่างยึดติดกับแผ่นทองเหลือง

3) ทาน้ำมันกลีเซอรีน (Glycerine)และ เดกซตริน (Dextrine) บริเวณส่วนข้างของแบบหล่อด้านใด (ส่วน A และA’) ถ้าไม่มีสารกันติดดังกล่าว อาจจะใช้สบู่ทาก็ได้ เพื่อไม่ให้ตัวอย่างยึดติดกับส่วนข้างของแบบ

4) ประกอบแบบ และเทแอสฟัลต์ตัวอย่างที่ผ่านการหลอมเหลวแล้วลงในแบบบรรจุหล่อทองเหลือง ที่ถูกจัดวางบนแผ่นทองเหลืองสี่เหลี่ยมผืนผ้า ทิ้งไว้ประมาณ 30 ถึง 40 นาทีให้เย็น

5) นำตัวอย่างที่เตรียมไว้ (แอสฟัลต์พร้อมแบบทองเหลือง) แช่ลงในอ่างน้ำที่อุณหภูมิ 25±0.5°C เป็นเวลา 30 นาที

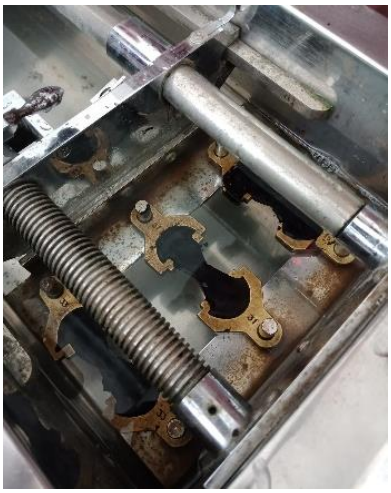
6) นำตัวอย่างออกจากอ่างน้ำ แล้วใช้มีดอังไฟค่อยๆ แต่งผิวหน้าให้เรียบที่สุดเท่าที่จะเรียบได้ จากนำลงไปแช่ในอ่างอีก 85-90 นาที

7) เติมน้ำลงในเครื่องดึงชิ้นทดสอบ (Testing Machine)ให้ท่วมตัวอย่าง โดยกำหนดให้ระดับน้ำภายหลังจากเติมอยู่สูงจากผิวบนและล่างของตัวอย่างที่จะทำการทดสอบอยู่ที่ 2.5 เซนติเมตร

8) ปรับอุณหภูมิน้ำให้คงที่ 25±0.5˚C

9) ยกตัวอย่างขึ้นจากอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ เอาแผ่นทองเหลืองสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่รองไว้ออก ถอดแบบทองเหลืองที่อยู่บริเวณด้านข้างทั้งซ้ายและขวาออก

10) ทำการติดตั้ง (ยึดตัวอย่างบริเวณหัวและท้าย) ในเครื่องทดสอบความเหนียวอัตโนมัติ ระวังไม่ให้วัสดุเกิดการยืดตัวแล้วทำการทดสอบทันที



11) ปรับตัวอ่านค่าการยืดตัวในเครื่องทดสอบความเหนียวอัตโนมัติให้อยู่ที่ตำแหน่งศูนย์ เดินเครื่องทดสอบที่ความเร็ว 5 เซนติเมตรต่อนาที

12) ถ้าในระหว่างการทดลอง เส้นของตัวอย่างที่ดึงออกนั้นลอยขึ้นมาที่ผิวน้ำหรือสัมผัสกับพื้นล่างอ่าง จะต้องทำการปรับความถ่วงจำเพาะของน้ำในอ่าง ถ้าเส้นตัวอย่างลอยขึ้นมาที่ผิวน้ำ ให้เติมเมทิลแอลกอฮอล์ ลงไปในน้ำ เพื่อทำให้น้ำมีความถ่วงจำเพาะน้อยลง แต่ถ้าเส้นตัวอย่างสัมผัสกับพื้นล่างของอ่างให้เติมเกลือลงไปในน้ำ เพื่อทำให้น้ำมีความถ่วงจำเพาะมากขึ้น ข้อสำคัญต้องให้เส้นตัวอย่างอยู่ในน้ำตลอดเวลาของการทดลอง

13) บันทึกระยะยืดสุดท้ายก่อนที่วัสดุตัวอย่างจะขาด ซึ่งก็คือค่าดรรชนีความเหนียวของยางมะตอย หรือแอสฟัลต์นั่นเอง

5.6 ตารางผลการทดสอบ

Ductility of Bituminous Materials				
Project : ..... Owner :				
Material :				
Grade :				
Source :				
Speed : ..... cm/min. Temperature :				
Tested by : ..... Date :				
Checked by : ..... Date :				
Test NO.	Sample NO. (cm.)			Average (cm)
	1	2	3	
1				
Remarks :				

5.7 สรุปและวิจารณ์ผลการทดสอบ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ปฏิบัติการที่ 6

การทดสอบความข้นเหลวโดยใช้ถ้วยลอย

Float Test for Bituminous Materials

การทดสอบโฟลตเทสต์สำหรับวัสดุบิทูเมนเป็นการอธิบายถึงลักษณะพฤติกรรมการไหล ทดสอบได้โดยนำวัสดุบิทูเมนไปหลอมเหลวแล้วหล่อลงในหลอดใส่ตัวอย่างปล่อยให้เย็นตัวลง จากนั้นประกอบหลอดใส่ตัวอย่างเข้ากับถ้วยทดสอบ นำส่วนประกอบทั้งหมดไปลอยน้ำในอ่างทดสอบตามอุณหภูมิที่กำหนดไว้ เวลาตั้งแต่การนำส่วนประกอบลอยน้ำจนถึงเวลาที่น้ำดันผ่านวัสดุขึ้นมาทำให้ถ้วยทดสอบจม นั่นคือ เวลาของการทดสอบโฟลตเทสต์สำหรับวัสดุบิทูเมน หน่วยเป็นวินาที

6.1 วัตถุประสงค์

วิธีการทดลองนี้เป็นวิธีการหาค่าความข้นเหลวหรือคุณสมบัติการไหลของวัสดุบิทูเมน ซึ่งสามารถใช้เป็นการตรวจสอบถึงความสม่ำเสมอของเนื้อวัสดุที่ขนส่งจากแหล่งผลิต

6.2 มาตรฐานอ้างอิง

ASTM D 139-83 AASHTO T 50-81 และ มอก.1319-2538

6.3 วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องทดสอบ

1) วัสดุบิทูเมน เช่น แอสฟัลต์ซีเมนต์

2) เทอร์โมมิเตอร์

(1) สำหรับจุดอ่อนตัวต่ำ ใช้เทอร์โมมิเตอร์ที่วัดอุณหภูมิได้ในช่วง -2 - 80°C (30 - 180°F) และตรงตามข้อกำหนดของเทอร์โมมิเตอร์ 15C หรือ 15F ดังระบุใน Specification E1 ของ ASTM

(2) สำหรับจุดอ่อนตัวสูง ใช้เทอร์โมมิเตอร์ที่วัดอุณหภูมิได้ในช่วง 30 - 200°C (85 - 392°F) และตรงตามข้อกำหนดของเทอร์โมมิเตอร์ 16C และ 16F ดังระบุใน Specification E1 ของ ASTM

(3) สำหรับจุดอ่อนตัวของวัสดุบิทูเมน ใช้เทอร์โมมิเตอร์ที่วัดอุณหภูมิได้ในช่วง -1 - 175°C (30 -350°F) และตรงตามข้อกำหนดของเทอร์โมมิเตอร์ 113C หรือ 113F ดังระบุใน Specification E1 ของ ASTM

3) เครื่องให้ความร้อน (Hot plate)

4) สารกันติด เช่น กลีเซอรีน (Glycerine) ผสมกับเดกซ์ทริน (Dextrin) ทัลก์ (Talc) หรือเคโอลิน (Kaolin) ใช้ฉาบแผ่นรองเพื่อกันตัวอย่างทดสอบติด

5) เกรียงหรือพาย

6) แผ่นรอง (Pouring Plate) เป็นแผ่นทองเหลืองราบเรียบขนาดประมาณ 50 × 75 มิลลิเมตร (2 × 3 นิ้ว) สำหรับรองวงแหวนขณะเตรียมตัวอย่างทดสอบ

7) ถ้วยทดสอบ ทำด้วยอลูมิเนียมหรือโลหะผสมอลูมิเนียม

8) หลอดใส่ตัวอย่าง (Collar) เป็นปลอกทองเหลือง

9) อ่างควบคุมอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส อาจใช้น้ำแข็งปรับอุณหภูมิได้

10) อ่างทดสอบ (Testing bath)

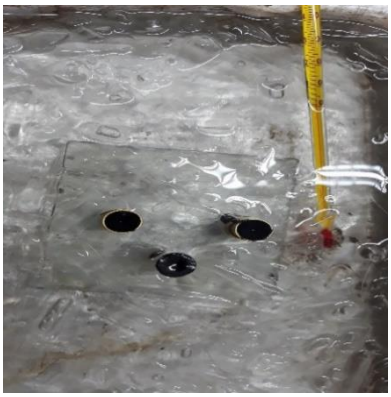
6.4 วิธีการทดสอบ

1) ให้ความร้อนแก่ตัวอย่างเพื่อให้เหลวพอที่จะเทได้สะดวก อุณหภูมิที่ใช้ในการให้ความร้อนจะต้องมีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดวาบไฟไม่น้อยกว่า 56˚C

2) ทาสารกันติด เช่น น้ำมันกลีเซอรีน (glycerine) หรือเดกซตริน (dextrine) บนแผ่นทองเหลืองสี่เหลี่ยมผืนผ้า ถ้าไม่มีสารกันติดดังกล่าว อาจจะใช้สบู่ทาก็ได้

3) เทตัวอย่างที่ผ่านการหลอมเหลวแล้วลงในแบบบรรจุหล่อทองเหลือง ที่ถูกจัดวางบนแผ่นทองเหลืองสี่เหลี่ยมผืนผ้าจนปริ่มจวนล้น ทิ้งไว้ประมาณ 15-60 นาทีให้เย็น

4) นำตัวอย่างที่เตรียมไว้แช่ลงในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที



5) ใช้มีดอังไฟค่อยๆ แต่งผิวหน้าให้เรียบที่สุดเท่าที่จะเรียบได้

6) ปรับอุณหภูมิในอ่างทดสอบจนมีอุณหภูมิคงที่ที่ 60± 0.5° C โดยไม่ต้องกวนน้ำในอ่าง การวัดอุณหภูมิให้กระเปาะของเทอร์โมมิเตอร์ลึกจากระดับผิวน้ำ 40 ± 2 มิลลิเมตร

7) ประกอบหลอดตัวอย่างและแผ่นรอง

8) นำหลอดตัวอย่างและแผ่นรองรับลงไปลอยในอ่างทดสอบทันที (เริ่มจับเวลา)

9) จับเวลาที่ใช้เป็นวินาทีจะเป็นค่าวัดความข้นเหลวของวัสดุตัวอย่างระหว่างทดสอบ ตั้งแต่วางจานลอยลงบนน้ำในอ่างน้ำทดลองจนกระทั่งน้ำดันตัวอย่างทะลุขึ้นมา

6.5 ตารางผลการทดสอบ

Float Test for Bituminous Materials		
Project :	Owner :	
Material :		
Grade :		
Source :		
Tested by :	Date :	
Checked by :	Date :	
Test NO.	1	2
Temperature, °C		
Time, s		
Average Time,s		
Remarks :		

6.6 การพิจารณาความถูกต้องของผลการทดสอบ

1) การทดสอบซ้ำ ผลการทดสอบ 2 ครั้ง โดยผู้ทดสอบคนเดียวกัน ตัวอย่างเดียวกัน ห้องทดสอบและเครื่องมือเดียวกัน ในเวลาต่างกัน จะเชื่อถือได้เมื่อผลการทดสอบแตกต่างไม่มากกว่าในตารางที่กำหนด

ตารางที่ 6.1 ช่วงการยอมรับของผลการสอบ 2 ครั้ง เปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย กรณีผู้ทดสอบคนเดียวกัน ตัวอย่างเดียวกัน ห้องทดสอบและเครื่องมือเดียวกัน ในเวลาต่างกัน

การทดสอบ	สัมประสิทธิ์การแปรผันเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย	ช่วงการยอมรับของผลการสอบ 2 ครั้ง เปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย
แอสฟัลต์ซีเมนต์และกากของแอสฟัลต์อิมัลชัน (ค่าเพนิเทรชันตั้งแต่ 120 ขึ้นไป)	1.7	4.8

2) การทดสอบเปรียบเทียบ ผลการทดสอบทำโดยผู้ทดสอบ 2 คน ตัวอย่างเดียวกัน ห้องทดสอบต่างกัน ในเวลาต่างกัน จะเชื่อถือได้เมื่อผลการทดสอบแตกต่างไม่มากกว่าในตารางที่กำหนด

ตารางที่ 6.2 ช่วงการยอมรับของผลการสอบ 2 ครั้ง เปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย กรณีผู้ทดสอบ 2 คน ตัวอย่างเดียวกัน ในเวลาต่างกัน

การทดสอบ	สัมประสิทธิ์การแปรผันเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย	ช่วงการยอมรับของผลการสอบ 2 ครั้ง เปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ย
แอสฟัลต์ซีเมนต์และกากของแอสฟัลต์อิมัลชัน (ค่าเพนิเทรชันตั้งแต่ 120 ขึ้นไป)	10.7	30.2

6.7 สรุปและวิจารณ์ผลการทดสอบ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ปฏิบัติการที่ 7

การทดสอบหาขนาดเม็ดของวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบไม่ล้าง

Test for gradation of aggregate by dry sieve analysis

การจัดขนาดคละของวัสดุมวลรวม คือ การกระจายของขนาดเม็ดเมื่อเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์กับมวลของวัสดุมวลรวมทั้งหมด วิธีหาการจัดขนาดคละของวัสดุมวลรวมทำได้ทั้งการร่อนแบบล้างและแบบไม่ล้างทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพของวัสดุมวลรวม ทำได้โดยร่อนวัสดุมวลรวมตัวอย่างผ่านตะแกรงมาตรฐานขนาดต่าง ๆ โดยวางขนาดของตะแกรงใหญ่อยู่ชั้นบนสุดและตะแกรงขนาดเล็กวางลดหลั่นกันมาตามลำดับ เมื่อร่อนวัสดุมวลรวมตัวอย่างแล้วจึงชั่งมวลของวัสดุมวลรวมที่ค้างอยู่บนตะแกรงขนาดต่าง ๆ แล้วคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ค้าง (Retained) และเปอร์เซ็นต์ผ่าน (Passing) ได้ขนาดของวัสดุมวลรวมที่ใช้ในงานทาง

ค่าขนาดโตสุดของวัสดุมวลรวมจะควบคุมโดยข้อกำหนดในการใช้งานแต่ละอย่าง (Specifications) วัสดุมวลรวมบางครั้งจะบอกในเทอมของการกระจายของเม็ด เช่น เรียงขนาดแน่น (Dense-Graded) เรียงขนาดโปร่ง (Open-Graded) เรียงขนาดเดี่ยว (Single-Sized) เรียงขนาดหยาบ (Coarse-Graded) เรียงขนาดละเอียด (Fined-Graded) และเรียงข้ามขนาด (Gap-Graded)

ข้อมูลในการออกแบบส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต เพื่อให้ได้คุณสมบัติของงานตามข้อกำหนดขนาดคละของวัสดุมวลรวม (Gradation of Aggregate) เป็นคุณสมบัติหนึ่งที่ใช้เป็นขนาดคละของวัสดุมวลรวมจะมีผลต่อเสถียรภาพ (Stability) ความคงทน (Durability) ความต้านทานต่อการซึมผ่านของน้ำและอากาศ (Impermeability) ความง่ายในการปูและการบัดอัด (Workability) ความสามารถในการแอ่นตัว (Flexibility) ความต้านทานต่อการล้า (Fatigue Resistance) ความต้านทานต่อการลื่นไถล (Skid Resistance) ความแน่น (Density) ช่องว่างอากาศ (Air Voids) ช่องว่างระหว่างวัสดุมวลรวม (Voids in Mineral Aggregate) และปริมาณแอสฟัลต์ (Asphalt Content) การออกแบบส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตที่ดีนั้น แต่ละก้อนของวัสดุมวลรวมจะถูกเคลือบด้วยแอสฟัลต์ซีเมนต์ไม่ว่าวัสดุนั้นจะมีขนาดเล็กหรือใหญ่ก็ตาม นอกจากนั้นวัสดุมวลรวมที่จะนำมาผสมจะต้องมีสัดส่วนที่เหมาะสมเมื่อนำมาผสมรวมกันแล้ววัสดุมวลรวมที่มีขนาดเล็กกว่าจะต้องบรรจุอยู่ในช่องว่างระหว่างก้อนของวัสดุมวลรวมที่มีขนาดใหญ่กว่าให้มากที่สุด

7.1 วัตถุประสงค์

เพื่อทำการทดสอบหาขนาดเม็ดดิน (particle size distribution) ของวัสดุมวลรวมละเอียดและวัสดุมวลรวมหยาบ โดยผ่านตะแกรงจากขนาดใหญ่ถึงขนาดเล็ก มีขนาดช่องผ่านตะแกรงเบอร์ 200 (0.075มิลลิเมตร) แล้วเปรียบเทียบกับมวลของตัวอย่างที่ป่านหรือค้างตะแกรงขนาดต่างๆกับมวลทั้งหมดของตัวอย่าง

7.2 มาตรฐานอ้างอิง

AASHO T 27-70 และ T37-70

7.3 วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องทดสอบ

1) วัสดุมวลรวม เช่น Hot Bin4 เป็นต้น

2) ตะแกรง ช่องผ่านเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาดช่องผ่านตามต้องการ

3) เครื่องมือเขย่าตะแกรง

4) เครื่องชั่ง สามารถชั่งได้ละเอียด 0.2 เปอร์เซ็นต์ของตัวอย่างทั้งหมด

5) เครื่องแบ่งตัวอย่าง (simple splitter) ขนาดต่างๆ

6) แปรงทำความสะอาดตะแกรง ชนิดแปรงลวดทองเหลืองและแปรงขน

7) เตาอบ สามารถควบควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ที่ 100±5°C (230±10°F)

7.4 วิธีการทดสอบ

1) นำตัวอย่างมาคลุกให้เข้ากันแล้วแยกด้วยวิธีแบ่งสี่(Quartering) หรือใช้เครื่องแบ่งตัวอย่าง (Sample splitter) ในตัวอย่างมีความชื้นเพื่อลดการแยกตัว ถ้าตัวอย่างไม่มีความละเอียดอาจจะแบ่งขณะที่ตัวอย่างแห้งอยู่ก็ได้ ประมาณให้ได้ตัวอย่างเมื่อแห้งแล้ว

2) ตักตัวอย่างใส่ภาชนะของเครื่องแบ่งตัวอย่าง

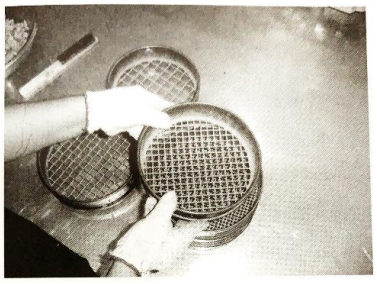
3) ยกภาชนะที่บรรจุตัวอย่าง เทตัวอย่างในเครื่องแบ่งตัวอย่างนำตัวอย่างที่ถูกแบ่งแล้วมาทดสอบตามปริมาณที่กำหนด

ตารางที่ 1.1 ปริมาณของตัวอย่างที่นำมาใช้ในการทดสอบ

ขนาดตะแกรง	เปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงต่อมวลรวม	ตัวอย่างมวลไม่น้อยกว่า(กิโลกรัม)
4.75 มิลลิเมตร (เบอร์4)	90-100	0.5
9.5 มิลลิเมตร (3/8 นิ้ว)	90-100	1.0
12.5 มิลลิเมตร (1/2 นิ้ว)	90-100	2.0
19.0 มิลลิเมตร (3/4 นิ้ว)	90-100	5.0
25.0 มิลลิเมตร (1 นิ้ว)	90-100	10.0
37.5 มิลลิเมตร (1 1/2 นิ้ว)	90-100	15.0
50.0 มิลลิเมตร (2 นิ้ว)	90-100	20.0
63.0 มิลลิเมตร (2 1/8 นิ้ว)	90-100	25.0
75.0 มิลลิเมตร (3 นิ้ว)	90-100	30.0
90.0 มิลลิเมตร (3 1/8 นิ้ว)	90-100	35.0

4) ถ้ามีส่วนละเอียดจับก้อนใหญ่หรอมีส่วนละเอียดจับกันเองเป็นก้อน ต้องทำให้ส่วนละเอียดหลุดออกจากก้อนใหญ่หรือส่วนละเอียดจับกันเองเป็นก้อนแตกให้หมด ตากหรืออบตัวอย่างให้แห้ง (surface dry) ที่อุณหภูมิ 110±5°C (230±10°C)

5) เลือกตะแกรงจากขนาดใหญ่ไปหาขนาดเล็กพร้อมถาด



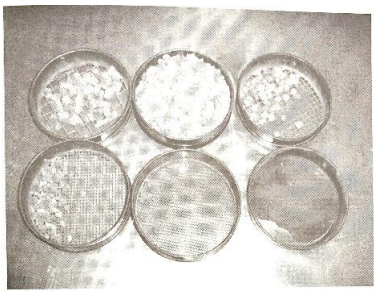
6) ใช้แปรงทำความสะอาดตะแกรง ตะแกรงขนาดหยาบควรใช้แปรงทองเหลือง ส่วนแปรงขนาดละเอียดควรใช้แปรงขนอ่อน

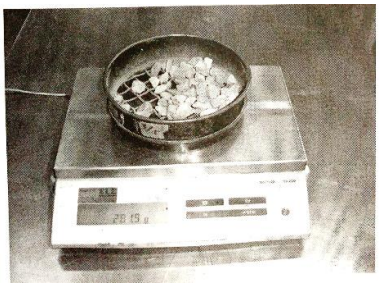
7) ชั่งมวลของตะแกรงเปล่าจากขนาดใหญ่ไปหาขนาดเล็กพร้อมถาด บันทึกมวลของตะแกรงและถาด

8) ประกอบชุดทดสอบด้านล่างด้วยถาดและเรียงลำดับของตะแกรงขนาดละเอียดไปหาขนาดหยาบ เทตัวอย่างลงในตะแกรงบนสุดปิดฝาด้านบน

9) นำตัวอย่างไปเขย่าในตะแกรงขนาดต่างๆตามต้องการการเขย่านี้ต้องให้ตะแกรงเคลื่อนที่ทั้งในแนวราบและแนวดิ่งทั้งมีแรงกระแทกขณะเขย่าด้วย เขย่านานจนกระทั่งตัวอย่างผ่านตะแกรงแต่ละขนาดใน 1 นาที ไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์ของตัวอย่างในตะแกรงนั้น หรือใช้เวลาเขย่าทั้งหมดประมาณ 15 นาที

10) เมื่อเขย่าเสร็จแล้วตัวอย่างก้อนใหญ่กว่าตะแกรงขนาด 4.75 มิลลิเมตร (เบอร์ 4) ต้องมีตัวอย่างค้างตะแกรงแต่ละขนาดไม่เกิน 6 กรัมต่อ 1000 ตารางมิลลิเมตร หรือไม่เกิน 2000 กรัม สำหรับตะแกรงเส้นผ่านศูนย์กลาง 03 มิลลิเมตร (8นิ้ว) ถ้าตัวอย่างค้างตะแกรงเกินกว่าที่กำหนดให้แบ่งตัวอย่างทดสอบสองครั้ง หรือเพิ่มตะแกรงขนาดใหญ่กว่าตะแกรงที่ค้างเกินเข้าไปอีกขนาดหนึ่ง นำตัวอย่างที่ค่างตะแกรงแต่ละขนาดไปชั่ง





7.5 ตารางการทดสอบ

Gradation of Aggregate by Dry Sieve Analysis											
Project :						Owner					
Material :											
Source :											
Tested by :						Date :					
Checked by :						Date :					
Sieve No.	1st Trial					2nd Trial					Average % Passing
	Mass of Sieve (g)	Mass of Sieve and Sample (g)	Mass Retained (g)	Mass Passing (g)	% Passing	Mass of Sieve (g)	Mass of Sieve and Sample (g)	Mass Retained (g)	Mass Passing (g)	% Passing	
Remarks :											

Sieve Analysis
Project
Description
Tested by
Test Date
US. Standard
Sieve Openings Inch
US. Standard Sieve Numbers
3" 2" 1 1/2" 1" 3/4" 1/2" 3/8"
4 6 10 16 20 40 50 100 200
PASSING %
RETAINED %
0.001 mm
0.005
0.01
0.05
0.1
0.5
1
5
10
50
100

7.6 การคำนวณ

$$\text{เปอร์เซ็นต์การผ่านตะแกรงต่อมวลรวม} = \frac{P}{T} \times 100$$

เมื่อ P = มวลของตัวอย่างผ่านตะแกรงขนาดนั้น,กรัม

T = มวลของตัวอย่างทั้งหมด, กรัม

7.7 ข้อควรระวัง

1) การแบ่งตัวอย่างด้วยเครื่องแบ่งตัวอย่างต้องใช้เครื่องที่มีขนาดช่วงกว้างประมาณ 1 ½ เท่าของก้อนที่โตที่สุด
2) ตรวจดูตะแกรงบ่อยๆถ้าชำรุดต้องซ่อมก่อนใช้

7.8 สรุปและวิจารณ์ผลการทดสอบ

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ปฏิบัติการที่ 8

การทดสอบหาขนาดเม็ดของวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง

Test for gradation of aggregate by washed sieve analysis

ตัวอย่างของวัสดุมวลรวมที่มีทั้งวัสดุมวลรวมหยาบและวัสดุมวลรวมละเอียด ให้นำตัวอย่างมาแยกด้วยตะแกรงเบอร์ 4 (4.75 มิลลิเมต1) ก็จะได้ตัวอย่างแยกเป็น 2 ส่วน การร่อนผ่านตะแกรงจะได้ผลดีก็ต่อเมื่อขนาดของวัสดุบนตะแกรงไม่มากเกินไป ครั้งแรกตัวอย่างจะถูกแยกออกโดยตะแกรงเบอร์ 4 และส่วนหยาบซึ่งผ่านตะแกรงขนาดหยาบจะค้างบนตะแกรง

ให้นำวัสดุที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ไปรวมกับตัวอย่างส่วนละเอียด เมื่อได้ส่วนผ่านตะแกรงตามต้องการแล้ว ประมาณ 500 กรัม นำมาล้างและอบให้แห้ง และร่อนผ่านตะแกรงละเอียดอีกครั้งหนึ่ง นำเปอร์เซ็นต์ที่ค้างบนแต่ละตะแกรงมาคูณกับอัตราส่วนละเอียดต่อตัวอย่างทั้งหมด ก็จะสามารถหาการกระจายขนาดคละของวัสดุมวลรวมการที่มีข้อกำหนดการจัดขนาดคละวัสดุมวลรวมเพื่อควบคุมวัสดุก่อสร้าง เพื่อให้ได้โครงสร้างถนนที่มีคุณภาพตามความต้องการและการใช้ประโยชน์จากวัสดุภายในห้องถิ่นให้ได้มากที่สุดและเพื่อควบคุมราคาวัสดุตามมาตรฐานของขนาดด้วยการจัดขนาดคละของวัสดุมวลรวมอาจแสดงในรูปของ

1. เปอร์เซ็นต์ผ่าน (Percent Passing)
2. เปอร์เซ็นต์ค้าง (Percent Retained)
3. เปอร์เซ็นต์ผ่าน-ค้าง (Percent Passing-Retained)

ทั้งนี้วัสดุมวลรวมหยาบ (Coarse Aggregate) หมายถึง วัสดุมวลรวมที่มีขนาดค้างอยู่บน ตะแกรงเบอร์ 4 ในขณะที่วัสดุมวลรวมละเอียด (Fine Aggregate) หมายถึง วัสดุมวลรวมที่มีขนาดผ่านตะแกรง เบอร์ 4 หรือที่เรียกว่า หินฝุ่น

8.1 วัตถุประสงค์

เพื่อทำการทดสอบหาขนาดเม็ดดิน (particle size distribution) ของวัสดุมวลรวมละเอียดและวัสดุมวลรวมหยาบ โดยผ่านตะแกรงจากขนาดใหญ่ถึงขนาดเล็ก มีขนาดช่องผ่านตะแกรงเบอร์ 200 (0.075มิลลิเมตร) แล้วเปรียบเทียบกับมวลของตัวอย่างที่ป่านหรือค้างตะแกรงขนาดต่างๆกับมวลทั้งหมดของตัวอย่าง

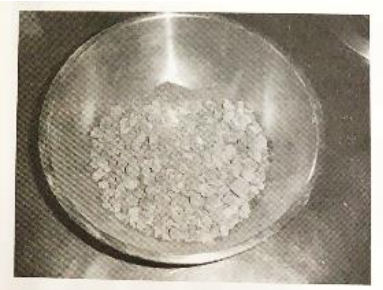
8.2 มาตรฐานอ้างอิง

AASHO T 27-70

8.3 วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องทดสอบ

1) ตัวอย่าง เช่น หินคลุก (Crushed Rock Soil Aggregate) วัสดุมวลรวม (Soil Aggregate) หรือวัสดุอื่นใดที่ต้องการทดสอบ

2) วัสดุมวลรวม เช่น hot bin 4 เป็นต้น



3) น้ำยาสำหรับใช้ล้างส่วนละเอียด เตรียมได้จากการละลายผลึก sodium Hexametaphosphate Buffered with Sodium carbonate (Napo3)6 45.7 กรัม ในน้ำ 1000 มิลลิลิตร คนผสมกันให้ทั่วจนไม่มีเม็ดผลึกเหลืออยู่ ตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 4 ชั่วโมง ก่อนนำไปใช้ ใช้น้ำยานี้ 125 มิลลิลิตร อาจจะผสมไว้ทีละมากๆหรือทดสอบครั้งหนึ่งก็ผสมครั้งหนึ่ง ครั้งละ 1000 มิลลิลิตรต่อวัสดุหนึ่งตัวอย่าง

4) ตะแกรง ช่องผ่านเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาดช่องผ่านตามต้องการ พร้อมเครื่องมือเขย่าตะแกรง

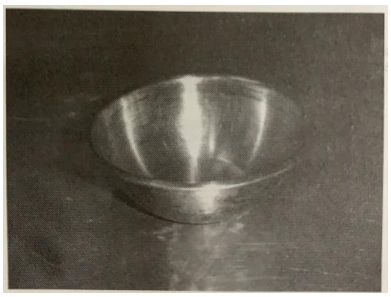
5) เครื่องชั่ง สามารถชั่งได้ละเอียด 0.2 เปอร์เซ็นต์ ของตัวอย่างทั้งหมด

6) เครื่องแบ่งตัวอย่าง (simple splitter) ขนาดต่างๆ

7) แปรงทำความสะอาดตะแกรง ชนิดแปรงลวดทองเหลืองและแปรงขน

8) เตาอบ สามารถควบควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ที่ 100±5°C (230±10°F)

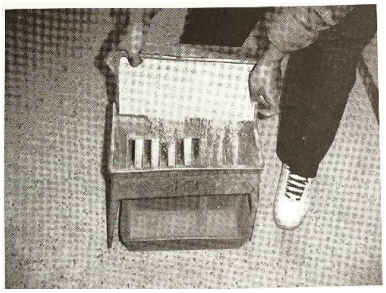
9) ภาชนะสำหรับใช้แช่และล้างตัวอย่างด้วยมือหรือภาชนะล้างตัวอย่างชนิดใช้เครื่องเขย่า (ความจุประมาณ 8000 มิลลิลิตร)



8.4 วิธีการทดสอบ

1) นำตัวอย่างมาคลุกให้เข้ากันแล้วแยกด้วยวิธีแบ่งสี่(Quartering)หรือใช้เครื่องแบ่งตัวอย่าง(simple splitter) ในตัวอย่างมีความชื้นเพื่อลดการแยกตัว ปริมาณตัวอย่างที่ใช้ ดังตารางที่ 2.2 หรือตารางที่ 2.2

2) เทตัวอย่างลงในเครื่องแบ่งตัวอย่าง นำตัวอย่างที่ถูกแบ่งแล้วมาทดสอบตามปริมาณที่กำหนด



ตารางที่ 2.1 ปริมาณของตัวอย่างที่นำมาใช้ในการทดสอบ

ขนาดตะแกรง	เปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงต่อมวลรวม	ตัวอย่างมวลไม่น้อยกว่า(กิโลกรัม)
4.75 มิลลิเมตร (เบอร์4)	90-100	0.5
9.5 มิลลิเมตร (3/8 นิ้ว)	90-100	1.0
12.5 มิลลิเมตร (1/2 นิ้ว)	90-100	2.0
19.0 มิลลิเมตร (3/4 นิ้ว)	90-100	5.0
25.0 มิลลิเมตร (1 นิ้ว)	90-100	10.0
37.5 มิลลิเมตร (1 1/2 นิ้ว)	90-100	15.0
50.0 มิลลิเมตร (2 นิ้ว)	90-100	20.0
63.0 มิลลิเมตร (2 1/8 นิ้ว)	90-100	25.0
75.0 มิลลิเมตร (3 นิ้ว)	90-100	30.0
90.0 มิลลิเมตร (3 1/8 นิ้ว)	90-100	35.0

ตารางที่ 2.2 ปริมาณตัวอย่างของวัสดุมวลรวม

ขนาดตะแกรง	เปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงต่อมวลรวม	ตัวอย่างมวลไม่น้อยกว่า(กิโลกรัม)
4.75 มิลลิเมตร (เบอร์4)	90-100	0.5
9.5 มิลลิเมตร (3/8 นิ้ว)	90-100	1.0
12.5 มิลลิเมตร (1/2 นิ้ว)	90-100	2.0
19.0 มิลลิเมตร (3/4 นิ้ว)	90-100	5.0
ใหญ่กว่า25.0 มิลลิเมตร (1 นิ้ว)	90-100	10.0

8.4.1 การทดสอบหาขนาดเม็ดวัสดุสำหรับวัสดุที่มีขนาดเล็กกว่าเบอร์ 4 (4.75มิลลิเมตร)

1) ถ้ามีส่วนละเอียดจับก้อนใหญ่หรอมีส่วนละเอียดจับกันเองเป็นก้อน ต้องทำให้ส่วนละเอียดหลุดออกจากก้อนใหญ่หรือส่วนละเอียดจับกันเองเป็นก้อนแตกให้หมด ตากหรืออบตัวอย่างให้แห้ง (surface dry) ที่อุณหภูมิ 110±5°C (230±10°C) จะได้มวลตัวอย่างแห้ง

2) การหาความชื้นของตัวอย่าง (Water Content of Fine Aggregate) เพื่อคำนวณหามวลตัวอย่างแห้ง ทำได้โดยนำตัวอย่างใส่ภาชนะสำหรับล้างตัวอย่าง เทน้ำหรือน้ำยาลงไปในภาชนะจนท่วมตัวอย่างแช่ไว้ประมาณ 1 ชั่วโมงแล้วนำไปเขย่าประมาณ 10 นาที ขณะเขย่าระวังอย่าให้น้ำกระฉอกออกจากภาชนะ

3) ถ้าไม่ใช้เครื่องเขย่าควรแช่น้ำไว้ในภาชนะสำหรับล้างตัวอย่างด้วยมือนานประมาณ 3-4 ชั่วโมง

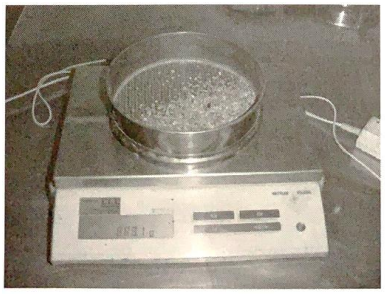
4) เทตัวอย่างลงบนตะแกรงเบอร์ 200(0.075 มิลลิเมตร) ถ้าหากมีตัวอย่างขนาดใหญ่ปนอยู่มากควรใช้ตะแกรงที่มีขนาดใหญ่กว่าเบอร์ 200 ซ้อนไว้ข้างบน

5) เพื่อลดปริมาณตัวอย่างบนตะแกรงเบอร์ 200 ใช้น้ำล้างจนไม่มีวัสดุผ่านตะแกรงเบอร์ 200

6) เทตัวอย่างลงในภาชนะแล้วนำไปอบให้แห้ง (Dry weight of Fine Aggregate) ที่อุณหภูมิ 110±5°C

7) นำตัวอย่างไปเขย่าในตะแกรงขนาดต่างๆตามต้องการการเขย่านี้ต้องให้ตะแกรงเคลื่อนที่ทั้งในแนวราบและแนวดิ่งทั้งมีแรงกระแทกขณะเขย่าด้วย เขย่านานจนกระทั่งตัวอย่างผ่านตะแกรงแต่ละขนาดใน 1 นาที ไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์ของตัวอย่างในตะแกรงนั้น หรือใช้เวลาเขย่าทั้งหมดประมาณ 15 นาที

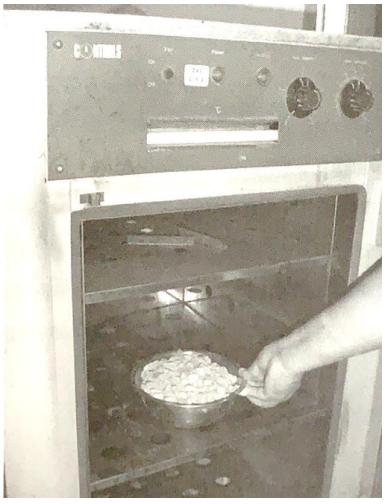
8) เมื่อเขย่าเสร็จ ถ้ามีตัวอย่างก้อนใหญ่กว่าตะแกรงเบอร์ 4 ต้องไม่มีก้อนตัวอย่างซ้อนกันในตะแกรงและตัวอย่างขนาดเล็กกว่าตะแกรงเบอร์ 4 ต้องมีตัวอย่างค้างตะแกรงแต่ละขนาดไม่เกิน 6 กรัมต่อ 1000 ตารางมิลลิเมตร หรือไม่เกิน 200 กรัม สำหรับตัวอย่างเส้นผ่านศูนย์กลาง 203 มิลลิเมตร (8นิ้ว) นำตัวอย่างที่ค้างแต่ละตะแกรงไปชั่ง



8.4.2 การทดสอบหาขนาดเม็ดวัสดุสำหรับวัสดุที่มีขนาดใหญ่และเล็กกว่าเบอร์ 4 วิธีที่ 1

1) ถ้าตัวอย่างมีส่วนละเอียดจับก้อนใหญ่หรือมีส่วนละเอียดจับกันเป็นก้อน ต้องทำให้ส่วนละเอียดหลุดออกจากก้อนใหญ่และส่วนละเอียดที่จับกันเป็นก้อนหลุดออกจากกันหมดโดยใช้ค้อนยางทุบ แล้วนำตัวอย่างไปเขย่าในตะแกรงเบอร์ 4 เพื่อแยกส่วนที่ค้างและผ่านตะแกรง ถ้ามีตัวอย่างมากให้แบ่งทำหลายๆครั้ง

2) นำส่วนที่ค้างตะแกรงเบอร์ 4 ไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 110±5°C ชั่งมวลของตัวอย่างแห้งหรือจะหาความชื้นของตัวอย่างเพื่อคำนวณหามวลของตัวอย่างแห้งก็ได้ แล้วนำตัวอย่างไปเขย่าในตะแกรงขนาดต่างๆตามต้องการ



3) นำส่วนที่ค้างตะแกรงเบอร์ 4 ไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 110±5°C ชั่งมวลของตัวอย่างแห้งหรือจะหาความชื้นของตัวอย่างเพื่อคำนวณหามวลของตัวอย่างแห้งก็ได้ แล้วนำตัวอย่างทั้งหมดหรือแยกตัวอย่างเพียงบางส่วนดำเนินการทดสอบหาขนาดเม็ดวัสดุสำหรับวัสดุที่มีขนาดเล็กกว่าเบอร์ 4

8.4.3 การทดสอบหาขนาดเม็ดวัสดุสำหรับวัสดุที่มีขนาดใหญ่และเล็กกว่าเบอร์ 4 วิธีที่ 2

1) นำตัวอย่างที่ได้เตรียมไว้แล้วในการเตรียมตัวอย่าง ไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 110±5°C ชั่งมวลของตัวอย่างแห้งหรือจะหาความชื้นของตัวอย่างเพื่อคำนวณหามวลของตัวอย่างแห้งก็ได้ แล้วนำตัวอย่างไปทดสอบหาขนาดเม็ดวัสดุสำหรับวัสดุที่มีขนาดเล็กกว่าเบอร์ 4 ถ้ามีขนาดก้อนใหญ่มากควรจัดตะแกรงที่จะล้างให้มีขนาดลดหลั่นกัน

8.5 ตารางการทดสอบ

Gradation of Aggregate by Dry Sieve Analysis

Project : Owner

Material :

Source :

Tested by : Date :

Checked by : Date :

Sieve No.	Mass of Sieve (g)	Mass Retained (g)	Mass Passing (g)	% Passing
Pan				

Coarse Aggregates

(1) Total Mass of Aggregate = ... g. (Wet sample)

(2) Total Coarse Aggregate = ... g. (Retained on No.4)

(3) Total Find Aggregate = ... g. (Passing No.4 = (1) –(2))

(4) Water Content of Find (w) = ... %

(5) Dry Mass of Fine Aggregate = ... g. $((3) \div \frac{100+w}{100})$

(6) Total Mass of Aggregate =..... g. (2) + (5)

Sieve No.	Mass of Sieve (g)	Mass Retained (g)	Mass Passing (g)	% Passing
Pan				

Coarse Aggregates

(1) Total Mass of Fine Aggregate = ... g.

(2) Wet Mass of Fine Aggregate Used = ... g.

(3) Water Content of Find Aggregate = ... g.

(4) Dry Mass of Fine Aggregate = ... g.

Remark :

Can No. .....

Wet Soil + Can = ... g.

Dry Soil + Can = ... g.

Mass of Water = ... g.

Mass of Can = ... g.

Mass of Dry Soil = ... g.

w/c = ... %

Total %Passing = %Passing of Fine Aggregate x %Passing No.4 of Coarse Aggregate ÷100

Remarks :

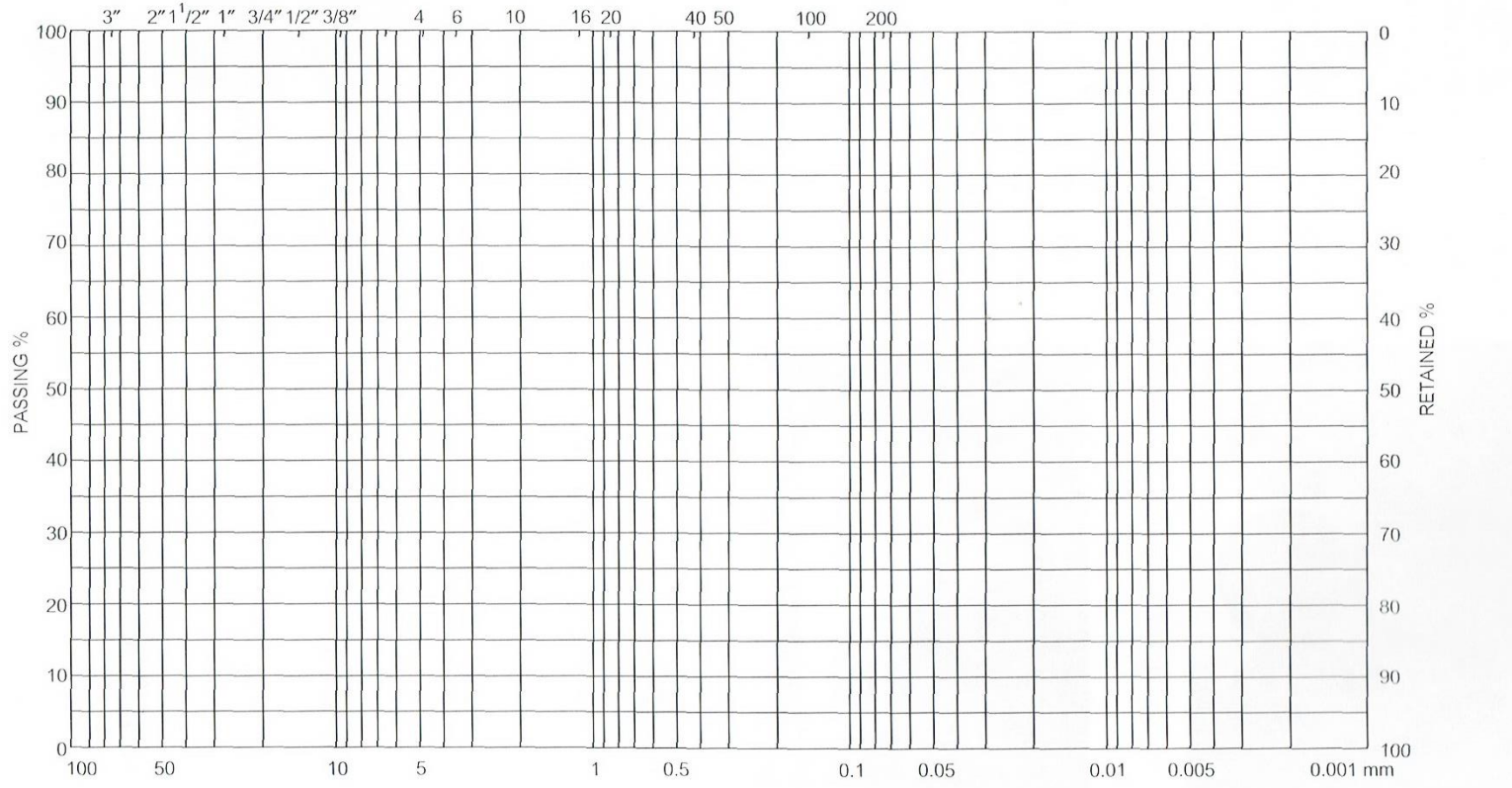
Sieve Analysis

Project _____

Description _____

Tested by _____ Test Date _____

US. Standard Sieve Openings Inch US. Standard Sieve Numbers



8.6 การคำนวณ

8.6.1 คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงต่อมวลรวมของวัสดุซึ่งมีขนาดเล็กกว่าตะแกรงเบอร์ 4

1) หามวลที่ค้าง (Mass Retained) บนตะแกรงแต่ละขนาด โดยชั่งหามวลของตัวอย่างที่ค้างบนแต่ละตะแกรง ส่วนมวลที่หายไป (เมื่อเอามวลของตัวอย่างที่ค้างในทุกตะแกรงรวมกันแล้ว หักออกจากมวลของตัวอย่างอบแห้งทั้งหมดซึ่งใช้ทดสอบ) คือ มวลของตัวอย่างที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 รวมกับน้ำหนักที่ค้างบนถาด (Pan)
2) หามวลที่ผ่าน (Mass Passing) แต่ละขนาด โดยคิดจากบรรทัดล่างของช่องมวลที่ค้างขึ้นไป เอามวลของช่องมวลที่ค้างบนถาดเป็นช่องมวลที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 รวมมวลของมวลที่ค้าง กับมวลช่องมวลที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 เป็นมวลของช่องมวลที่ผ่านของตะแกรงถัดขึ้นไป คำนวณต่อไปเรื่อยๆจนถึงมวลของมวลที่ผ่านในบรรทัดบนสุดจะเท่ากับมวลของตัวอย่างแห้งทั้งหมดซึ่งใช้ทดลอง
3) คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงต่อมวลรวม $= \frac{\text{มวลของตัวอย่างที่ผ่านตะแกรงขนาดต่างๆ}}{\text{มวลของตัวอย่างแห้งทั้งหมดที่ใช้ทดสอบ}} \times 100$

8.6.2 คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงต่อมวลรวมของวัสดุซึ่งมีขนาดทั้งใหญ่และเล็กกว่าเบอร์ 4

1) คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงต่อมวลรวมของวัสดุซึ่งมีขนาดทั้งใหญ่กว่าเบอร์ 4
   - หามวลที่ค้าง (Mass Retained) บนตะแกรงแต่ละขนาด โดยชั่งหามวลของตัวอย่างที่ค้างบนแต่ละตะแกรง ส่วนมวลที่หายไป (เมื่อเอามวลของตัวอย่างที่ค้างในทุกตะแกรงรวมกันแล้ว หักออกจากมวลของตัวอย่างอบแห้งทั้งหมดซึ่งใช้ทดสอบ) คือ มวลของตัวอย่างที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ที่ค้างบนถาด
   - หามวลที่ผ่านตะแกรงแต่ละขนาด เช่นเดียวกับข้อ 1(2)
   - คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงต่อวัสดุมวลรวม เช่นเดียวกับข้อ 1(3)
2) คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงต่อมวลรวมของวัสดุซึ่งมีขนาดเล็กกว่าเบอร์ 4 เช่นเดียวกับข้อ 1
3) คำนวณหาเปอร์เซ็นต์รวมผ่านตะแกรงต่อมวลรวมของ(Total Percent Passing)วัสดุซึ่งมีขนาดเล็กกว่าเบอร์ 4 ได้ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงต่อมวลรวม} = \frac{(X)(Y)}{100}$$

เมื่อ X = เปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงต่อมวลรวมของตัวอย่างซึ่งมีขนาดเล็กกว่าตะแกรงเบอร์ 4

Y = เปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงต่อมวลรวมของตัวอย่างที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 4 ในการทดสอบพวกวัสดุที่มีขนาดใหญ่กว่าตะแกรงเบอร์ 4

8.7 ข้อควรระวัง

1) การแบ่งตัวอย่างด้วยเครื่องแย่งตัวอย่างต้องใช้เครื่องที่มีช่องกว้างประมาณ 11/2 เท่าของก้อนที่โตที่สุด
2) ห้ามใส่ตัวอย่างลงในตะแกรงที่ยังร้อนอยู่
3) ควรตรวจสอบตะแกรงอยู่เสมอ โดยเฉพาะตะแกรงเบอร์ 200

8.8 สรุปและวิจารณ์ผลการทดสอบ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ปฏิบัติการที่ 9

การทดสอบหาความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมน้ำของวัสดุมวลรวมละเอียด

Test for Specific Gravity and Absorption of Fine Aggregate

ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) หมายถึง อัตราส่วนของมวลของวัสดุต่อมวลของน้ำที่มีปริมาตรเท่ากัน ที่อุณหภูมิเดียวกันความถ่วงจำเพาะ แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

1. ความถ่วงจำเพาะปรากฏ (Apparent Specific Gravity) จะพิจารณาปริมาตรทั้งหมดของวัสดุมวลรวมยกเว้นปริมาตรส่วนที่เป็นรูเล็ก ๆ ที่น้ำซึมเข้าไปได้ (V_{pp}) หลังจากแช่ทิ้งไว้ในน้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง
2. ความถ่วงจำเพาะรวม (Bulk Specific Gravity) จะพิจารณาปริมาตรทั้งหมดของวัสดุมวลรวม ซึ่งรวมทั้งปริมาตรของเล็ก ๆ ที่น้ำซึมเข้าไปได้ (V_{pp}) หลังจากแช่ทิ้งไว้ในน้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง
3. ความถ่วงจำเพาะประสิทธิผล (Effective Specific Gravity) จะพิจารณาปริมาตรทั้งหมดของวัสดุมวลรวม ยกเว้นปริมาตรของรูเล็ก ๆ ในส่วนที่ดูดซึมแอสฟัลต์เข้าไปได้ (V_{ap}) เท่านั้น เลือกใช้ค่าความถ่วงจำเพาะทั้ง 3 ประเภท มีผลกระทำต่อการคำนวณค่าผสมของแอสฟัลต์คอนกรีต กาใช้ค่าความถ่วงจำเพาะแบบประสิทธิผลจะให้ค่าใกล้ความจริง ในการพิจารณาช่องว่างในส่วนผสมโครงสร้างถนนลาดยางอัดแน่น

9.1 วัตถุประสงค์

เพื่อทำการทดสอบหาค่าความถ่วงถ่วงจำเพาะและการดูดซึมน้ำของวัสดุมวลรวมละเอียดซึ่งมีขนาดเล็กกว่าเบอร์ 4(4.75มิลลิเมตร)

9.2 มาตรฐานอ้างอิง

ASTM 128-93 และ AASHTO T 84-95

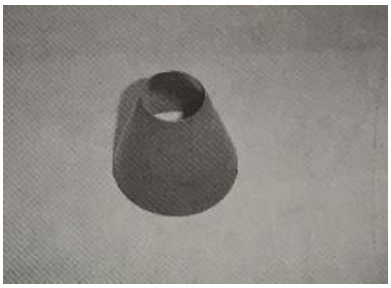
9.3 วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องทดสอบ

1) วัสดุมวลรวม เช่น หินฝุ่นของ hot bin 1 เป็นต้น

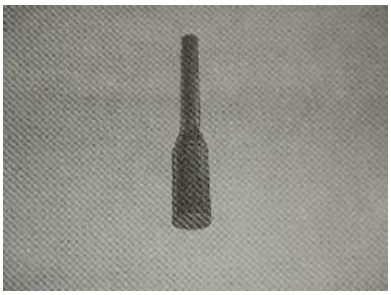
2) เครื่องชั่งแบบ Scale ที่สามารถชั่งได้ไม่น้อยกว่า 1 กิโลกรัม ซึ่งมีความไว 0.1 กรัม เมื่อชั่งมวลที่ใช้ต้องได้ความละเอียดไม่เกิน 0.1 เปอร์เซ็นต์

3) ขวดแก้ววัดความถ่วงจำเพาะ (Pycnometer Glass) ซึ่งสามารถใส่วัสดุละเอียดเข้าไปทดสอบได้ง่ายและวัดปริมาตรได้ไม่แตกต่างกันเกิน ± 0.1 มิลลิลิตร ความจุของขวดถึงขีดที่บอกปริมาตรต้องมีขนาดอย่างน้อยเป็น 2เท่าของปริมาตรตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ

4) แบบ (Sand Absorption Cone) เป็นแบบโลหะรูปกรวยที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางตอนบน 38 มิลลิเมตร (1.5นิ้ว) เส้นผ่านศูนย์กลางล่าง 89 มิลลิเมตร (3.5นิ้ว) และมีความสูง 79 มิลลิเมตร (2.9นิ้ว) และความหนาอย่างน้อย 0.9 มิลลิเมตร (20 gage)

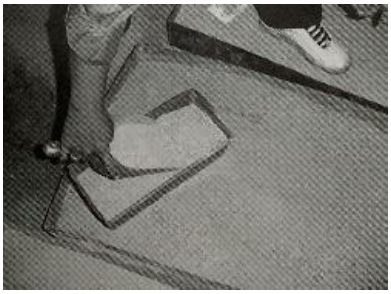


5) โลหะกระทุ้ง (Tamping Rod) เป็นโลหะหนัก 340 ± 15 กรัม (12±12 ออนซ์) ผิวด้านที่ใช้กระทุ้งราบเป็นรูปวงกลมมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 25±3 มิลลิเมตร (1±1/8นิ้ว)

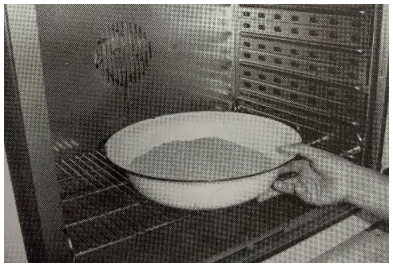


9.4 วิธีการทดสอบ

1) ทำการแบ่งตัวอย่างทั้งหมดโดยการแบ่งสี่ (Quartering) หรือใช้เครื่องแบ่งตัวอย่าง (simple splitter)



2) นำตัวอย่างที่แบ่งแล้วประมาณ 1000 กรัม ไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 115±5°C (230±10°F) แล้วปล่อยให้เย็นพอมือจับได้



3) ล้างตัวอย่างด้วยน้ำสะอาด เตรียมตะแกรงเบอร์ 4 และเบอร์ 200 วางซ้อนกัน เทตัวอย่างลงตะแกรงล้างจนสะอาด

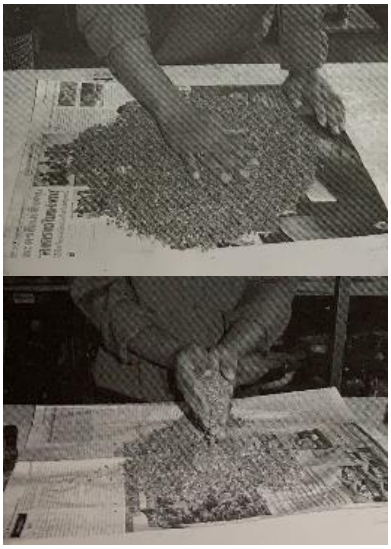
4) เทตัวอย่างที่ผ่านการล้างลงในตะแกรง

5) ล้างตัวอย่างจนสะอาด (สังเกตได้จากน้ำที่ผ่านการล้างจะใส)

6) นำตัวอย่างไปแช่ในน้ำเป็นเวลาประมาณ 15±4 ชั่วโมง

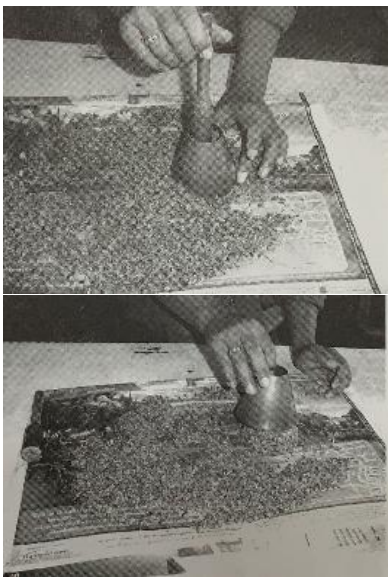
7) นำตัวอย่างขึ้นจากน้ำมาแผ่ แล้วค่อยๆเกลี่ยไปมาจนกระทั้งตัวอย่างเกือบอยู่ในสภาพที่เคลื่อนไหวได้ง่าย อาจจะใช้กระดาษปูทับบนโต๊ะที่มีผิวหน้าราบเรียบเพื่อช่วยซับน้ำจากตัวอย่างที่ขึ้นจากน้ำ

8) ใช้มือเกลี่ยไปมาเพื่อให้ผิวหน้าของตัวอย่างสัมผัสกับอากาศ ทดสอบตัวอย่างโดยกำตัวอย่าง ถ้าตัวอย่างคงรูปตามมือที่กำ แสดงว่า ยังมีน้ำที่ผิวสัมผัสของตัวอย่างอยู่



9) นำตัวอย่างใส่ลงในแบบอย่างหลวมๆจนเต็ม โดยเอาด้านที่เส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่าอยู่ด้านล่าง

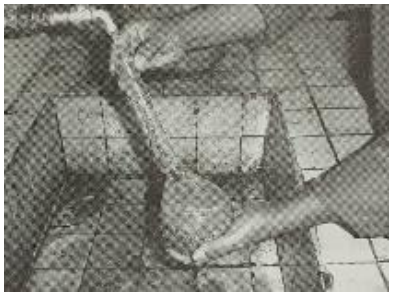
10) ทำการกระทุ้งตัวอย่างเบาๆ 25ครั้ง ด้วยโลหะกระทุ้งแล้วค่อยๆยกแบบขึ้นตรงๆ



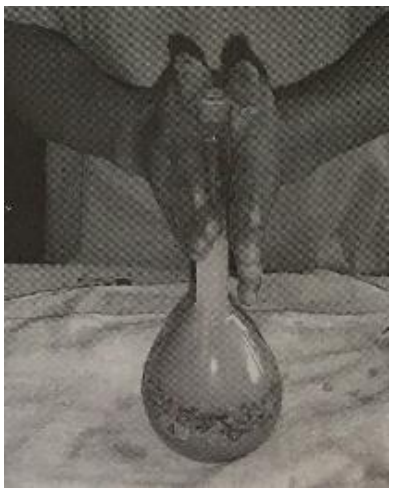
11) ถ้าตัวอย่างยังคงรูปตามแบบ แสดงว่ายังคงมีน้ำอยู่ ให้ทำตามข้อ 3-5 ซ้ำจนเมื่อยกแบบตัวอย่างเริ่มทลาย

12) นำตัวอย่างที่ได้เตรียมไว้แล้วในสภาพอิ่มตัวผิวแห้ง หนัก 500 กรัม ใส่ลงในขวดวัดความถ่วงจำเพาะแล้ว

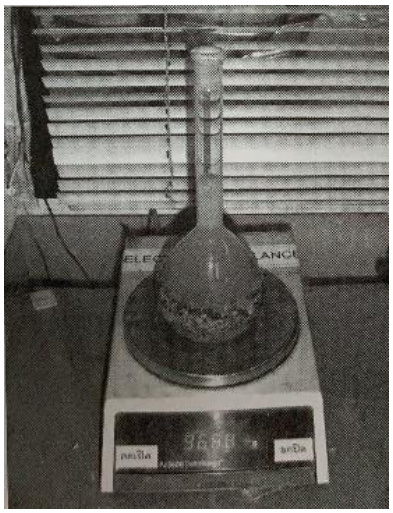
13) เติมน้ำลงไปจนได้ปริมาตรประมาณ 450 มิลลิเมตร ทำการ



14) ไล่ฟองอากาศจนหมดโดยเขย่าและหมุนขวดแก้ว กลับไปกลับมาแล้วเติมน้ำจนถึงขีดที่บอกปริมาตร



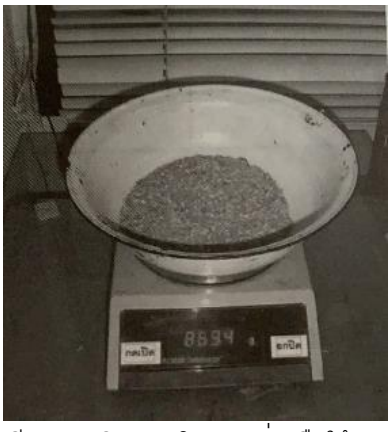
15) ทำการหามวลรวมทั้งหมดของขวดแก้ววัดความถ่วงจำเพา ตัวอย่างวัสดุและน้ำ โดยชั่งเป็นค่า C บันทึกมวลนี้และมวลอื่นๆ ให้ได้ละเอียด 0.1 กรัม



16) นำตัวอย่างวัสดุออกจากขวดแก้ววัดความถ่วงจำเพาะ

17) ไปอบแห้งอุณหภูมิ 115±5°C (230±10°F) แล้วปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิปกติเป็นเวลา ½ - 1 1/2 ชั่วโมง

18) ทำการชั่งเป็นค่า A



19) ทำการหามวลของขวดวัดความถ่วงจำเพาะที่มีน้ำจนถึงขีดบอกปริมาตร โดยการชั่งหรือใช้สูตรเป็นค่า B

ตารางที่ 9.1 ความถ่วงจำเพาะของน้ำ (t)

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0.9999	0.9999	1.0000	1.000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9999	0.9999	0.9998
10	0.9997	0.9996	0.9995	0.9994	0.9993	0.9991	0.9990	0.9988	0.9986	0.9984
20	0.9982	0.9980	0.9978	0.9976	0.9973	0.9971	0.9968	0.9965	0.9963	0.9960
30	0.9957	0.9954	0.9951	0.9947	0.9944	0.9941	0.9937	0.9934	0.9930	0.9926
40	0.9922	0.9919	0.9915	0.9911	0.9907	0.9902	0.9898	0.9894	0.9890	0.9885
50	0.9881	0.9876	0.9872	0.9867	0.9862	0.9857	0.9852	0.9848	0.9842	0.9838
60	0.9832	0.9827	0.9822	0.9817	0.9811	0.9806	0.9800	0.9795	0.9789	0.9784
70	0.9778	0.9772	0.9767	0.9761	0.9755	0.9749	0.9743	0.9737	0.9731	0.9724
80	0.9718	0.9712	0.9706	0.9699	0.9693	0.9686	0.9680	0.9673	0.9667	0.9660
90	0.9653	0.9647	0.9640	0.9633	0.9626	0.9619	0.9612	0.9605	0.9598	0.9591

9.5 ตารางการทดสอบ

Specific Gravity and Absorption of Fine Aggregate			
Project :	Owner		
Material :			
Source :			
Tested by :	Date :		
Checked by :	Date :		
Pycnometer No. :	Container No. :		
Mass Pycnometer + SSD Sample : g.	Mass Container + Dry Sample : g.		
Mass Pycnometer : g.	Mass Container : g.		
Mass SSD Sample (A) : g.	Mass Dry Sample : g.		
Determination No.	1	2	3
Temperature (t) ˚C			
Density of Water (d_t), g/ml			
Mass Pycnometer + Water + Sample (W_1), g			
Mass Pycnometer + Water (W_2), g			
Apparent Specific Gravity			
GA (t ˚C) = $\frac{B \times d_t}{(B + W_2 - W_1)}$			
GA (30 ˚C) = $\frac{GA \times d_t}{0.9957}$			
Bulk Specific Gravity (Oven – Dry Basis)			
GB (t ˚C) = $\frac{B \times d_t}{(A + W_2 - W_1)}$			
GB (30 ˚C) = $\frac{GB \times d_t}{0.9957}$			
Average GA (30 ˚C) =			
Average GB (30 ˚C) =			
Water Absorption = $\frac{A-B}{B} \times 100$ = %			
Remarks :			

9.6 การคำนวณ

1) คำนวณหาความถ่วงจำเพาะทั้งหมด

(1) Bulk Specific Gravity (Over Dry Basis) = $\frac{A}{B+500-C}$

(2) Bulk Specific Gravity (Saturated Surface – Dry Basis) = $\frac{500}{B+500-C}$

2) คำนวณหาความถ่วงจำเพาะแบบปรากฏ

$$\text{Apparent Specific Gravity} = \frac{A}{B+A-C}$$

3) คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำที่วัสดุดูดซึม

$$\text{Water Absorption, (\%)} = \frac{500-A}{A} \times 100$$

เมื่อ A = มวลของวัสดุอบแห้งในอากาศ , กรัม

B = มวลของขวดแก้ววัดความถ่วงจำเพาะกับมวลของน้ำ, กรัม

C = มวลของขวดแก้ววัดความถ่วงจำเพาะกับมวลของวัสดุกับมวลของน้ำ, กรัม

9.7 สรุปและวิจารณ์ผลการทดสอบ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ปฏิบัติการที่ 10

การทดสอบความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมน้ำของวัสดุมวลรวมหยาบ

Test for Specific Gravity and Absorption of Coarse Aggregate

ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) หมายถึง อัตราส่วนของมวลของวัสดุต่อมวลของน้ำที่มีปริมาตรเท่ากัน ที่อุณหภูมิเดียวกันความถ่วงจำเพาะ แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

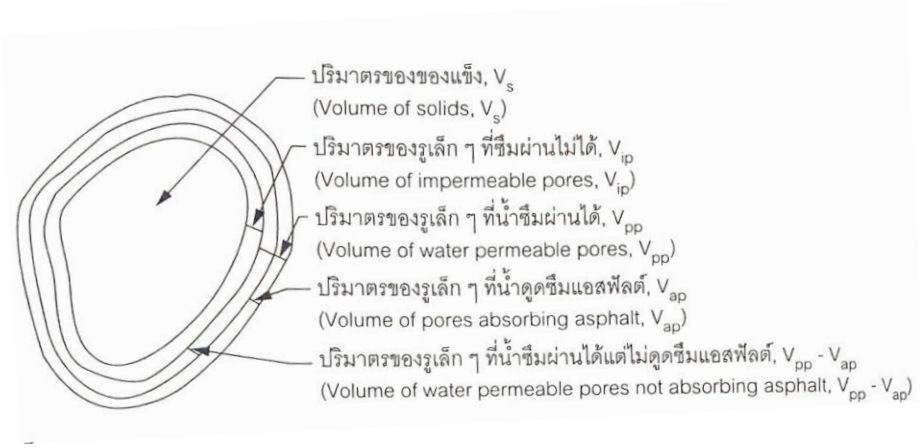
น้ำหนักของมวลรวมอบแห้ง (Oven-dry weight of aggregate) = W_s

ความหนาแน่นของน้ำ (Density of water) γ_w = 1 กรัมต่อมิลลิลิตร

ความถ่วงจำเพาะปรากฏ (Apparent Specific Gravity) $G_{sa} = \frac{W_s}{(V_s+V_{ip})\gamma_w}$

ความถ่วงจำเพาะรวม (Apparent Specific Gravity) $G_{sb} = \frac{W_s}{(V_s+V_{ip}+V_{pp})\gamma_w}$

ความถ่วงจำเพาะประสิทธิผล (Effective Specific Gravity) $G_{se} = \frac{W_s}{(V_s+V_{ip}+V_{pp}-V_{ap})\gamma_w}$



10.1 วัตถุประสงค์

เพื่อทำการทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะและการดูดซึมน้ำของวัสดุมวลรวมหยาบซึ่งมีขนาดเม็ดโตกว่าตะแกรงเบอร์ 4 (4.75 มิลลิเมตร)

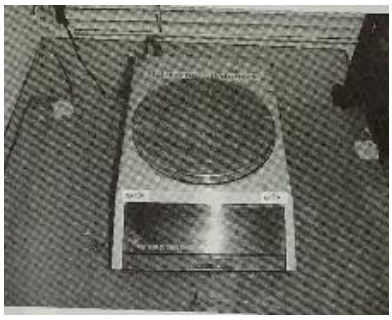
10.2 มาตรฐานอ้างอิง

AASHO T 85-70 (ปรับปรุงมาจาก AASHO T 80-70 และ Calif.206-C)

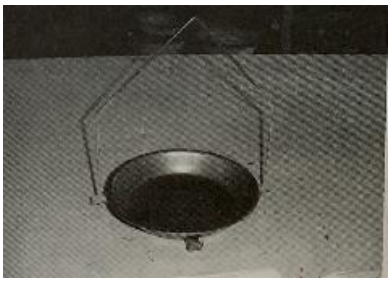
10.3 วัสดุและอุปกรณ์ทดสอบ

1) วัสดุมวลรวมหยาบ เช่น Hot bin4 เป็นต้น

2) เครื่องชั่ง เป็นเครื่องชั่งแบบ Balance สามารถชั่งได้อย่างน้อย 5,000 กรัม อ่านได้ละเอียดถึง 0.5 กรัม



3) ตะกร้าลวดตาข่าย(Wire Mesh Basket) เป็นตะแกรงมีช่องขนาด 2.00 – 3.00 มิลลิเมตร ขนาดใหญ่พอที่จะบรรจุวัสดุ 5,000 กรัม ได้ คือ มีขนาดประมาณ 200 × 200 × 120 มิลลิเมตร หรือจะทำเป็นรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 200 มิลลิเมตร และสูงประมาณ 300 มิลลิเมตร มีขนาดบรรจุประมาณ 4,000 – 7,000 มิลลิเมตรหรืออาจจะใช้ที่เป็นแบบสาแหรกแทนก็ได้

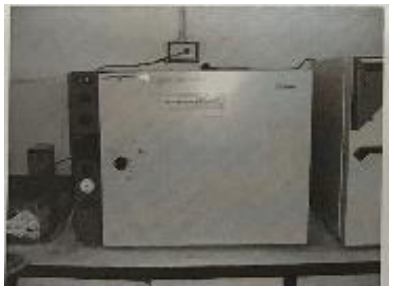


4) ถัง(Container) เป็นถึงใส่น้ำสี่เหลี่ยมลูกบาศก์หรอทรงกระบอกก็ได้ แต่ต้องมีขนาดใหญ่พอที่จะเอาตะกร้าลวดตาข่ายหรอสาแหรกใส่ เพื่อทำการชั่งในน้ำได้และต้องมีรูอยู่ตอนบนเพื่อรักษาระดับน้ำให้คงที่อยู่ตลอดเวลา

5) ชามอ่าง เป็นภาชนะใหญ่พอที่จะแช่วัสดุประมาณ 5,000 กรัม โดยให้วัสดุจมในน้ำทั้งหมดทุกก้อน

6) ผ้าซับน้ำ มีขนาดใหญ่พอกับปริมาณของตัวอย่างที่ใช้

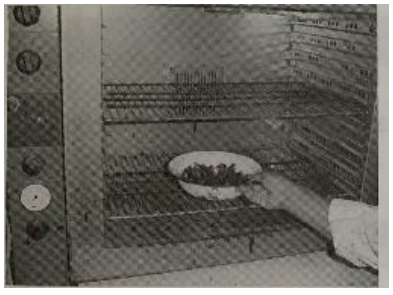
7) เตาอบ สามารควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้ 110 ± 5° C



10.4 วิธีการทดสอบ

1) นำตัวอย่างทั้งหมดมาทำการแบ่งโดยวิธีแบ่งสี่ หรือใช้เครื่องแบ่งตัวอย่าง นำตัวอย่างที่แบ่งแล้วมาร่อนตะแกรงเบอร์ 4แล้วนำส่วนที่ค้างตะแกรงหนักประมาณ 5,000 กรัม มาทดสอบ

2) นำตัวอย่างที่ได้เตรียมไว้แล้วมาอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 110 ± 5°C ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง



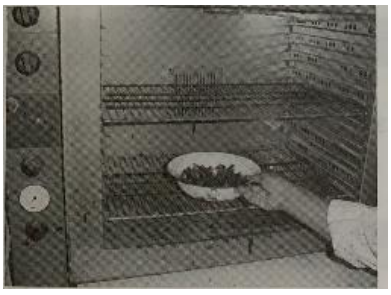
3) นำไปแช่ในน้ำเป็นเวลาประมาณ 15 ± 4 ชั่งโมง หลังจากล้างตัวอย่างให้สะอาด นำไปแช่ในน้ำเป็นเวลา 15 ± 4 ชั่งโมง

4) เอาตัวอย่างขึ้นจากน้ำวางบนผ้าซับน้ำ แล้วคลึงเช็ดตัวอย่างด้วยผ้าซับน้ำ สำหรับตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่จะใช้ผ้าเช็ดทีละก้อนก็ได้ จนกระทั้งชั้นบางๆ ของน้ำ (Visible Film) ที่เคลือบผิวตัวอย่างออกหมดแล้วรีบทำการชั่งตัวอย่างทันที ถึงแม้จะเห็นว่าผิวตัวอย่างยังชื้น (Damp) อยู่ก็ตาม การชั่งให้ชั่งละเอียดถึง 0.5 กรัม

5) มวลที่ได้เป็นมวลของตัวอย่างที่อยู่ในสภาพอิ่มตัวผิวแห้ง (Saturated Surface-Dry) ที่ชั่งในอากาศ เป็นค่า B ตัวอย่างที่ผ่านการซับน้ำแล้ว

6) นำตัวอย่างที่อยู่ในสภาพอิ่มตัวผิวแห้ง ไปชั่งในน้ำ โดยใช้ตะกร้าลวดตาข่ายหรอสาแหรก มวลที่ได้เป็นมวลของตัวอย่างที่ชั่งในน้ำ เป็นค่า C

7) นำตัวอย่างขึ้นจากน้ำมาอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 110 ± 5˚C แล้วปล่อยทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้องประมาณ 1 – 3 ชั่งโมง



8) แล้วชั่งหามวล มวลที่ได้เป็นมวลของตัวอย่างที่อยู่ในสภาพแห้งด้วยเตาอบ (Oven Dry) ที่ชั่งในอากาศเป็นค่า A

10.5 ตารางการทดสอบ

Specific Gravity and Absorption of Coarse Aggregate						
Project :			Owner			
Material :						
Source :						
Tested by :			Date :			
Checked by :			Date :			
Sample No.	Mass of Sample			GB	GA	Absorption (%)
	In Oven – Dry Condition (g) A	In Saturated Surface – Dry (g) B	Immersed in Water (g) C	$\frac{A}{B-C}$	$\frac{A}{A-C}$	$\frac{(B-A)}{A} \times 100$
1						
2						
3						
4						
Total						
Average						
Remarks :						

10.6 การคำนวณ

1) คำนวณหาความถ่วงจำเพาะแบบทั้งหมด

(1) Bulk Specific Gravity (Oven Dry Basis) = $\frac{A}{B-C}$

(2) Bulk Specific Gravity (Saturated Surface-Dry Basis) = $\frac{B}{B-C}$

2) คำนวณหาความถ่วงจำเพาะแบบปรากฏ

$$\text{Apparent Specific Gravity} = \frac{A}{B-C}$$

3) คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำที่ตัวอย่างดูดซึม

$$\text{Water Absorption, (\%)} = \frac{B-A}{A} \times 100$$

เมื่อ A = มวลของตัวอย่างที่อยู่ในสภาพแห้งด้วยเตาอบที่ชั่งในอากาศ, กรัม

B = มวลของตัวอย่างที่อยู่ในสภาพอิ่มตัวผิวแห้งที่ชั่งในอากาศ, กรัม

C = มวลของตัวอย่างที่ชั่งในน้ำ, กรัม

10.7 สรุปและวิจารณ์ผลการทดสอบ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

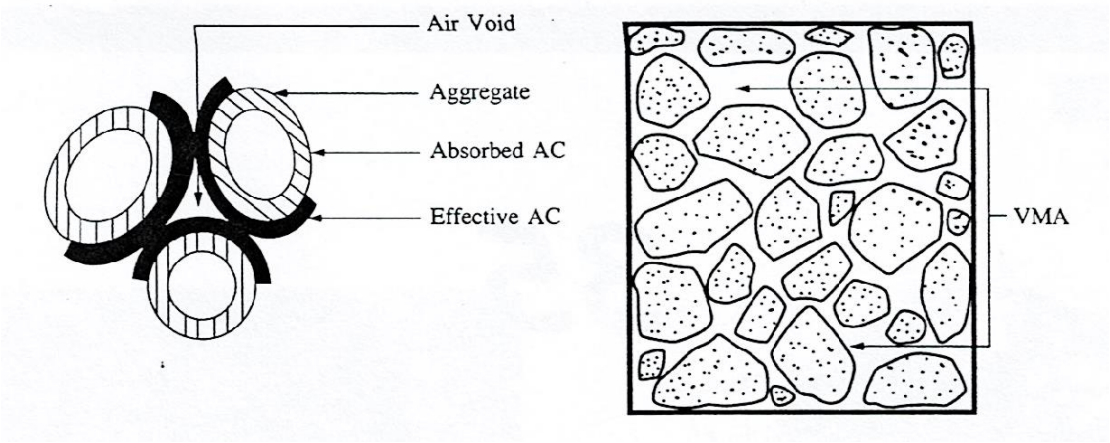
.....

ปฏิบัติการที่ 11

การออกแบบส่วนผสมแอสฟัลต์โดยวิธีมาร์แชล

Mix Design of Asphalt Cement Using Marshall Method

แอสฟัลต์คอนกรีต คือ วัสดุผสมที่ได้จากการผสมร้อนระหว่างวัสดุมวลรวม (Aggregate) กับแอสฟัลต์ซีเมนต์ (Asphalt Cement) ที่โรงงานผสม โดยการควบคุมอัตราส่วนผสมและอุณหภูมิตามที่กำหนด มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในงานก่อสร้าง งานบูรณะและงานบำรุงทาง โดยการปูหรือเกลี่ยแต่งและบดทับวัสดุผสมที่ยังร้อนอยู่บนชั้นทางใด 1 ที่ได้เตรียมไว้แล้ว และผ่านการตรวจสอบแล้วให้ถูกต้องตามแนว ระดับ ความลาด ขนาด ตลอดจนรูปตัดตามที่ได้ไว้ในแบบในบทนี้จะกล่าวถึงคุณลักษณะทั่วไปของแอสฟัลต์คอนกรีต วัสดุที่ใช้ทำแอสฟัลต์คอนกรีต และการออกแบบส่วนผสมตามวิธีมาร์แชลล์ (Marshall Method) ซึ่งเป็นวิธีการออกแบบที่กรมทางหลวงใช้อยู่ในปัจจุบัน



รูปที่ 11.1 (ก) ช่องว่างอากาศและรูป (ข) ช่องว่างระหว่างวัสดุมวลรวมของแอสฟัลต์คอนกรีต

จากรูปแสดงถึงช่องว่างอากาศ (Air Voids) และช่องว่างระหว่างวัสดุมวลรวม (Voids in Mineral Aggregate, VMA) ของแอสฟัลต์คอนกรี

รูปที่ 11.1 (ก) แสดงถึงแอสฟัลต์คอนกรีต ประกอบด้วย วัสดุมวลรวมและแอสฟัลต์ซีเมนต์ แอสฟิลต์ส่วนหนึ่งจะถูกดูดเข้าไปในเม็ดวัสดุมวลรวม (Absorbed Asphalt) แอสฟัลต์ส่วนที่เหลือเรียกว่าแอสฟัลต์ประสิทธิผล (Effective Asphalt) ทำหน้าที่เคลือบผิวเม็ดวัสดุมวลรวม ช่องว่างระหว่างวัสดุมวล
รวมที่ถูกเคลือบด้วยแอสฟัลต์ เรียกว่า ช่องว่างอากาศ (Air Voids)

รูปที่ 11.1 (ข) แสดงถึงช่องว่างระหว่างวัสดุมวลรวม (VMA) ค่าเท่ากับปริมาตรทั้งหมดของแอสฟัต์คอนกรีตหักออกด้วยปริมาตรของวัสดุมวลรวม องค์ประกอบต่าง ๆ ที่มีผลต่อคุณสมบัติของแอสฟิลต์คอนกรีต

11.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

11.1.1 ส่วนประกอบของแอสฟัลต์คอนกรีต

1) **ความหนาแน่น** (Density) หมายถึง ปริมาณมวลของแอสฟัลต์คอนกรีตต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร ผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีความหนาแน่นมากพอ จะทำให้มีอายุการใช้งานยืนยาวและมีคุณภาพดี อย่างไรก็ตามการบดทับด้วยรถบดในสนามจะได้ความหนาแน่นน้อยกว่าความหนาแน่นที่ออกแบบไว้ซึ่งบดด้วยเครื่องมือในห้องทดสอบดังนั้นการกำหนดความหนาแน่นต่ำสุดที่บดทับให้ได้ในสนามจะกำหนดเป็นเปอร์เซ็นต์ของความหนาแน่นที่ทดสอบได้ในห้องทดสอบ สำหรับกรมทางหลวงกำหนดไว้ว่า ต้องบดทับให้ได้ความหนาแน่นไม่น้อยกว่า 98% ของความหนาแน่นที่ทดสอบได้ในห้องทดสอบ

2) **ช่องว่างอากาศ** (Air Voids) แอสฟัลต์คอนกรีตประกอบด้วยเม็ดวัสดุมวลรวมซึ่งถูกเคลือบด้วยฟิล์มของ แอสฟัลต์ ระหว่างเม็ดวัสดุมวลรวมที่ถูกเคลือบด้วยแอสฟัลต์เหล่านี้จะมีช่องว่างเล็ก ๆ เรียกว่า ช่องว่างอากาศ ผิวทางแอสฟัลต์ที่บดทับแล้วจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีปริมาตรช่องว่างอากาศที่เพียงพอ แต่ไม่มากเกินไปจำนวนหนึ่ง ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อเปิดการจราจรแล้ว รถที่แล่นบนผิวทางจะทำให้แอสฟัลต์คอนกรีตแน่นขึ้นจากเดิมทำให้ปริมาณช่องว่างลดลง ถ้าปริมาตรช่องว่างอากาศขณะก่อสร้างเสร็จใหม่มีไม่เพียงพอ จะทำให้แอสฟัลต์ทะลักขึ้นมาบนผิวทาง เกิดการเยิ้ม (Bleeding) นอกจากนี้ช่องว่างอากาศยังเป็นที่รองรับแอสฟัลต์ที่ขยายตัวเมื่ออากาศร้อนด้วย สำหรับผิวทางชั้นบนสุดจะออกแบบให้มีปริมาตรช่องว่างอากาศ 3-5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณและน้ำหนักของรถที่แล่นบนผิวทาง ส่วนผิวทางชั้นล่าง ๆ อาจออกแบบให้มีปริมาตรช่องว่างได้มากกว่านี้ เช่น 4-7 เปอร์เซ็นต์เป็นต้น

   ปริมาตรช่องว่างอากาศมีผลต่อความคงทน (Durability) ของผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต กล่าวคือ ปริมาตรช่องว่างอากาศยิ่งน้อยเท่าใด น้ำและอากาศจะซึมผ่านเข้าไปทำลายแอสฟัลต์ และการยึดเกาะระหว่างมวลวัสดุรวมกับแอสฟัลต์ได้ยากเท่านั้นทำให้ผิวทางมีอายุยืนยาว แต่อย่างไรก็ตามหากปริมาตรช่องว่างอากาศมีน้อยเกินไปแล้ว จะทำให้เกิดการเยิ้ม (Bleeding) ด้วยเหตุผลดังกล่าวมาแล้ว

   ความหนาแน่นและปริมาตรช่องว่างอากาศมีความสัมพันธ์กันโดยตรง กล่าวคือ ความหนาแน่นยิ่งมาก ปริมาตรช่องว่างอากาศยิ่งจะน้อยและเป็นจริงในทางกลับกัน การกำหนดค่าความแน่นต่ำสุดของผิวทางจะต้องคำนึงถึงปริมาตรช่องว่างอากาศด้วย

3) **ช่องว่างระหว่างวัสดุมวลรวม** (Voids in Mineral Aggregate, VMA) คือปริมาตรช่องว่างที่ทั้งหมดที่มีอยู่ระหว่างเม็ดของวัสดุมวลรวมในแอสฟัลต์คอนกรีตที่บดทับแล้ว ซึ่งรวมช่องว่างอากาศส่วนที่ถูกแทนที่ด้วยแอสฟัลต์ (Voids Filled with Bitumen, VFB) ด้วย

โดยที่ VMA คือ ปริมาตรช่องว่างสำหรับปริมาตรของแอสฟัลต์ประสิทธิผล ซึ่งหมายถึงปริมาตรแอสฟัลต์ทั้งหมดที่ใส่ลงไปผสมหักด้วยปริมาตรแอสฟัลต์ส่วนที่ถูกดูดซึมเข้าไปในเม็ดวัสดุมวลรวม ปริมาตรช่องว่างที่เหลือจากการแทนที่ของแอสฟัลต์สิทธิผล คือ ปริมาตรช่องว่างอากาศดังกล่าวมาแล้ว ดังนั้น หากออกแบบส่วนผสมให้แอสฟัลต์คอนกรีตมีปริมาตรช่องว่างอากาศเท่ากันแล้ว แอสฟัลต์คอนกรีตที่มีค่า VMA สูงกว่าจะมีความคงทนต่อการใช้งานนานกว่าแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีค่า VMA ต่ำกว่า อธิบายได้โดยอาศัยหลักความจริงว่าการที่วัสดุมวลรวมมีค่า VMA สูงย่อมหมายถึง มีปริมาตรช่องว่างสำหรับใส่แอสฟัลต์มากทำให้ฟิล์มแอสฟัลต์ที่ห่อหุ้มผิววัสดุมวลรวมหนาซึ่งทำให้แอสฟัลต์คอนกรีตมีความคงทนต่ออายุการใช้งานยืนยาว การออกแบบส่วนผสมที่มีค่า VMA น้อยกว่าข้อกำหนดทำให้ใช้แอสฟัลต์ผสมน้อยซึ่งประหยัดแต่ไม่ควรกระทำเพราะจะทำให้ได้ผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีความคงทนลดลง

4) **ปริมาณแอสฟัลต์** (Asphalt Content) ปริมาณแอสฟัลต์ที่ใส่ลงไปผสมในแอสฟัลต์คอนกรีต มีผลต่อคุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีตเป็นอย่างมาก ดังนั้นปริมาณเบสที่ใช้จะต้องถูกต้องและแน่นอน ไม่ว่าจะเป็นการผสมในห้องทดสอบหรือที่โรงผสม (Mixing Plant) ในการออกแบบส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตเงื่อนไขที่ใช้ในการออกแบบ (Design Criteria) ซึ่งได้แก่ข้อกำหนดต่าง ๆ เกี่ยวกับคุณภาพของแอสฟัลต์คอนกรีตที่ต้องการ จะเป็นตัวกำหนดถึงปริมาณแอสฟัลต์ที่ต้องใช้ผสม

ปริมาณแอสฟัลต์ที่เหมาะสมสำหรับแอสฟัลต์คอนกรีตจะเป็นเท่าใดนั้น ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัสดุมวลรวม ได้แก่ ขนาดคละและคุณสมบัติในการดูดซึมแอสฟัลต์ วัสดุมวลรวมซึ่งมีขนาดคละประกอบด้วยเม็ดขนาดเล็กต้องการแอสฟัลต์สำหรับผสมมากกว่าวัสดุมวลรวมที่ประกอบด้วยเม็ดขนาดใหญ่กว่าเหตุผลก็คือวัสดุมวลรวมเม็ดเล็กมีพื้นที่ผิวมากกว่าวัสดุมวลรวมเม็ดใหญ่ที่ปริมาตรเท่ากันจึงต้องใช้แอสฟัลต์มากกว่าเพื่อเคลือบผิวเม็ดวัสดุมวลรวมและวัสดุมวลรวมที่ดูดซึมแอสฟัลต์มาก ทำให้ต้องใช้แอสฟัลต์ผสมมากเพื่อชดเชยส่วนที่ถูกดูดซึมเช่นกัน

11.1.2 คุณสมบัติที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต

1) **เสถียรภาพ** (Stability) คือ ความสามารถในการรับน้ำหนักจากการจราจรโดยไม่เกิดร่องล้อเป็นคลื่นหรือการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง (Deformation) ในลักษณะอื่น ๆ และแรงยึดเกาะ (Cohesion) ระหว่างเม็ดของวัสดุมวลรวม ความเสียดทานเป็นผลมาจากคุณสมบัติของวัสดุมวลรวม ได้แก่ รูปร่างของเม็ดวัสดุ ลักษณะความเรียบ หยาบ หรือผิวขรุขระของผิว ส่วนแรงยึดเกาะเป็นผลมาจากคุณสมบัติของแอสฟัลต์ว่าสามารถยึดเม็ดวัสดุมวลรวมให้ติดกันได้ดีเพียงใด ผลรวมของความเสียดทานและแรงยึดเกาะระหว่างเม็ดวัสดุมวลรวมจะช่วยป้องกันไม่ให้เม็ดวัสดุเกิดการเคลื่อนที่ผ่านซึ่งกันและกันเมื่อมีน้ำหนักลดมากระทำ

โดยปกติแล้ววัสดุมวลรวมที่มีลักษณะเป็นเหลี่ยม ผิวหยาบขรุขระ จะทำให้ค่าเสถียรภาพสูง ส่วนแรงยึดเกาะจะมีมากถ้าเกิดวันที่ใช้มีความหนืดสูงหรือขณะที่แอสฟัลต์มีอุณหภูมิต่ำ การเพิ่มปริมาณแอสฟัลต์ในส่วนผสมจะทำให้ค่าแรงยึดเกาะเพิ่มขึ้นแต่เมื่อเพิ่มปริมาณแอสฟัลต์จนถึงจุดหนึ่ง จะทำให้แอสฟัลต์ที่เคลือบเม็ดวัสดุมวลรวมหนาเกินไปเป็นผลให้ความเสียดทานระหว่างเม็ดวัสดุมวลรวมลดลง ทำให้ค่าเสถียรภาพลดลงด้วย

ในการออกแบบส่วนผสมจะต้องออกแบบให้มีค่าเสถียรภาพสูงพอที่จะรับน้ำหนักการจราจรได้ แต่มีข้อควรคำนึงถึง คือ ค่าเสถียรภาพที่สูงมากเกินไปจะทำให้แอสฟัลต์คอนกรีตแข็งเกินไป ขาดความยืดหยุ่นซึ่งอาจทำให้ผิวทางเสียหายได้โดยเฉพาะแอสฟัลต์คอนกรีตที่ปูลงพื้นทางหรือผิวทางเดิมที่มีค่าการแอ่นตัว (Deflection) สูง

สาเหตุที่ทำให้แอสฟัลต์คอนกรีตมีค่าเสถียรภาพต่ำ

(1) ใช้แอสฟัลต์ในปริมาณที่มากเกินไป ทำให้เป็นคลื่นลูกระนาดหรือเกิดร่องล้อ หรือเกิดการเยิ้มของผิว
(2) ใช้ทรายที่มีเม็ดขนาดกลาง (Medium Size Sand) มากเกินไป ทำให้บดทับยากขณะที่ทำการบดทับ หรือแม้กระทั่งบดทับเสร็จใหม่จะมีลักษณะเคลื่อนตัวได้ง่าย (ไม่อยู่ตัว)
(3) วัสดุมวลรวมมีลักษณะกลม ผิวเรียบ ขยับตัวง่าย ทำให้เกิดร่องล้อ

2) **ความคงทน** (Durability) หมายถึง ความต้านทานต่อการเสื่อมสภาพ ปัจจัยที่ทำให้แอสฟัลต์คอนกรีตเสื่อมสภาพเป็นผลมาจากภูมิอากาศ สภาพการจราจรหรือทั้งสองอย่าง ปัจจัยเหล่านี้ทำให้แอสฟัลต์ที่ใช้สภาพเนื่องจากกระบวนการโพลีเมอร์เซอไรเซชั่น (Polymerization) และออกซิเดชัน (Oxidation) วัสดุมวลรวมเสื่อมสภาพจนเกิดการแตกตัว (Disintegration) และฟิล์มแอสฟัลต์ที่เคลือบวัสดุมวลรวมหลุดออก (Stripping)

การออกแบบส่วนผสมเพื่อให้ได้แอสฟัลต์คอนกรีตที่มีความคงทน ทำได้ 3 วิธี คือ

(1) ปริมาตรแอสฟัลต์ให้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ การใช้ปริมาณสัมพันธ์มากทำให้ได้แอสฟัลต์ที่เคลือบผิววัสดุมวลรวมหนาฟิล์มแอสฟัลต์ที่หนาจะเสื่อมสภาพช้ากว่าฟิล์มที่บาง นอกจากนั้นการใช้แอสฟัลต์มากจะช่วยอุดช่องว่างอากาศที่อ่านต่อเนื่องกัน (Interconnected Air Voids) ทำให้น้ำและอากาศผ่านเข้าไปทำลายแอสฟัลต์คอนกรีตได้ยาก
(2) เลือกขนาดคละที่ทำให้ส่วนผสมมีลักษณะแน่นรวมทั้งใช้วัสดุมวลรวมที่มีความแข็งแกร่งและมีคุณสมบัติในการยึดเกาะแอสฟัลต์ได้ดี ขนาดคละที่มีลักษณะแน่นทำให้น้ำและอากาศผ่านได้ยาก ความแข็งแกร่งของวัสดุมวลรวมป้องกันการแตกเนื่องจากน้ำหนักจราจร คุณสมบัติการยึดระหว่างวัสดุมวลรวมกับแอสฟัลต์จะช่วยไม่ให้หินหลุดในสภาวะการใช้งานขณะที่ผิวทางเปียกน้ำ
(3) ออกแบบส่วนผสมรวมทั้งการบดทับในสนามในลักษณะที่ทำให้ได้แอสฟัลต์คอนกรีตที่กันน้ำและอากาศผ่านได้มากที่สุด (Maximum Impermeability)

สาเหตุที่ทำให้ผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตขาดความคงทน

(1) ปริมาณแอสฟัลต์น้อยไปทำให้ผิวทางมีลักษณะแห้ง หินหลุด

(2) ช่องว่างอากาศมากไป ซึ่งอาจเนื่องมาจากออกแบบไม่เหมาะสมหรือบดทับไม่พอทำให้แอสฟัลต์เสื่อมสภาพอย่างรวดเร็ว เป็นผลทำให้เกิดรอยแตกหรืออาจแตกออกเป็นชิ้นเล็ก ๆ ก็ได้

(3) คุณสมบัติในการยึดเกาะระหว่างวัสดุมวลรวมกับแอสฟัลต์ภายใต้สภาวะเปียกน้ำไม่ดีพอ ทำให้ฟิล์มแอสฟัลต์ออกจากวัสดุมวลรวม ทำให้หินหลุดหรือหินโผล่

3) **ความต้านทานต่อการซึมผ่านของน้ำและอากาศ** (Impermeability) ปริมาตรช่องช่องว่างอากาศเป็นตัวบ่งชี้ถึงความยากง่ายต่อการซึมผ่านของน้ำและอากาศ แต่ที่สำคัญยิ่งกว่าปริมาตรช่องว่าง ก็คือลักษณะของช่องว่าง ได้แก่ ขนาดของช่องว่าง (แต่ละช่อง) ช่องว่างทะลุติดต่อกันหรือไม่ และช่องว่างทะลุถึงผิวนอกของแอสฟัลต์คอนกรีตหรือไม่

ถึงแม้ว่าความต้านทานต่อการซึมผ่านของน้ำและอากาศจะเป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้แอสฟัลต์คอนกรีตมีความคงทน แต่ในความเป็นจริงแล้วแอสฟัลต์คอนกรีตทั้งหมด น้ำและอากาศจะสามารถซึมผ่านได้ในระดับหนึ่งซึ่งหากมีค่าไม่เกินกำหนดแล้วก็ถือว่าใช้ได้

สาเหตุที่ทำให้น้ำและอากาศซึมผ่านผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต

(1) ปริมาณแอสฟัลต์น้อยไปทำให้ แอสฟัลต์เสื่อมสภาพอย่างรวดเร็ว ทำให้หินหลุด

(2) การออกแบบส่วนผสมให้ปริมาณช่องว่างอากาศมากเกินไป น้ำซึมผ่านได้ง่าย

4) **ความง่ายในการปูและการบดทับ** (Workability) แอสฟัลต์คอนกรีตที่ปูและบดทับยากอาจแก้ไขได้โดยการออกแบบใหม่ หรือเปลี่ยนวัสดุมวลรวมใหม่ และ/หรือเปลี่ยนขนาดคละของวัสดุมวลรวมใหม่

สาเหตุที่ทำให้แอสฟัลต์คอนกรีตปูและบดทับยาก

(1) ขนาดโตสุดของมวลรวมโตเกินไป ทำให้ผิวหน้าหยาบและปูยาก

(2) วัสดุมวลรวมมีส่วนที่หยาบมากเกินไปทำให้บดทับยาก

(3) อุณหภูมิขณะผสมต่ำทำให้แอสฟัลต์เคลือบผิววัสดุมวลรวมไม่ทั่ว

(4) ใช้ทรายที่มีเม็ดขนาดกลางผสมมากเกินไปทำให้ส่วนผสมไม่อยู่ตัว อ่อนยวบยาบขณะบดทับ

(5) ปริมาณวัสดุผสมแทรกน้อยเกินไป ส่วนผสมมีลักษณะอ่อนยวบยาบน้ำซึมผ่านได้ง่าย

(6) ปริมาณวัสดุผสมแทรกมากเกินไป ส่วนผสมจะมีลักษณะแห้งหรือเหนียวหนืดทำงานยากและไม่คงทน

5) **ความสามารถในการแอ่นตัว** (Flexibility) โดยที่ผิวจราจรไม่แตกเป็นสิ่งที่ต้องการในการออกแบบผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต ทั้งนี้เนื่องจากผิวทางจะเกิดการแอ่นตัว โดยการทรุดตัวเนื่องจากน้ำหนักกดหรือโดยการโป่งขึ้นเนื่องจากการขยายตัวของดินชั้นทางข้างล่างตลอดเวลา
   (1) แอสฟัลต์คอนกรีตชนิดเรียงขนาดโปร่ง (Open-Graded) จะสามารถแอ่นตัวได้ดีกว่าชนิดเรียงขนาดแน่น (Dense-Graded)
   (2) แอสฟัลต์คอนกรีตที่มีคุณสมบัติในการแต่งตัวได้ดี มักจะมีค่าเสถียรภาพต่ำกว่าที่แอ่นตัวได้น้อย

6) **ความต้านทานต่อการล้า** (Fatigue Resistance) คือความสามารถในการต้านทานการดัดโครงแบบซ้ำซาก (Repeated Bending) ของผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตเกิดจากน้ำหนักรถกระทำ ปริมาตรช่องว่างอากาศจะเกี่ยวข้องกับปริมาณแอสฟัลต์และความหนืดของแอสฟัลต์มีผลต่อความต้านทานต่อการล้ากล่าวคือแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีปริมาตรช่องว่างอากาศมาก ไม่ว่าจะเป็นผลจากการออกแบบหรือการบดทับไม่เพียงพอจะทำให้ความต้านทานต่อการลาลดลง ในทำนองเดียวกันการใช้แอสฟัลต์ที่เสื่อมสภาพและแข็งตัวได้ง่ายจะทำให้ความต้านทานต่อการล้าลดลงเช่นกันนอกจากนั้นความหนาและความแข็งแรงของชั้นผิวทางตลอดจนความแข็งแรงของชั้นโครงสร้างที่รองรับผิวทางก็มีผลต่ออายุและความสามารถรับน้ำหนักของผิวทางโดยไม่เกิดรอยแตกกล่าวคือผิวทางที่หนารวมทั้งชั้นโครงสร้างที่รองรับผิวทางแข็งแรงจะทำให้ไม่เกิดการแอนตัวมากจึงมีอายุน้ำหนักลดซึ่งกระทำซ้ำได้นานกว่า

   สาเหตุที่ทำให้ผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตมีความต้านทานต่อการล้าไม่ดี
   (1) ปริมาณแอสฟัลต์น้อยเกินไปจะทำให้รอยแตกมีน้ำหนักกระทำซ้ำมากๆ
   (2) ออกแบบใหม่มีช่องว่างอากาศมากทำให้แอสฟัลต์เสื่อมสภาพเร็วเกิดรอยแตกได้ง่าย
   (3) การบดทับที่ไม่เพียงพอทำให้แอสฟัลต์เสื่อมสภาพเร็วเกิดรอยแตกได้ง่าย
   (4) ผิวทางหนาไม่พอทำให้เกิดการแอนตัวมากเกินควรเมื่อมีน้ำหนักกระทำทำให้เกิดรอยแตกได้ง่าย

7) **ความต้านทานต่อการลื่นไถล** (Skid Resistance)
   สาเหตุที่ทำให้ผิวทางลื่น
   (1) ปริมาณแอสฟัลต์มากเกินไปทำให้เกิดการเยิ้มทำให้ผิวทางลื่น
   (2) ขนาดคละและลักษณะผิวของวัสดุมวลรวมไม่เหมาะสมทำให้ผิวทางมีลักษณะเรียบเกินไปน้ำมีโอกาสท่วมเม็ดวัสดุมวลรวมทำให้เลื่อน
   (3) เม็ดวัสดุมวลรวมถูกคัดสีให้เรียนได้ง่าย

11.1.3 วัสดุที่ใช้ทำแอสฟัลต์คอนกรีต

วัสดุที่จะนำมาใช้ทำแอสฟัลต์คอนกรีต ประกอบด้วย วัสดุมวลรวมและแอสฟัลต์ซีเมนต์

1) **วัสดุมวลรวมประกอบด้วยวัสดุมวลรวมหยาบ (Coarse Aggregate) วัสดุมวลรวมละเอียด (Fine Aggregate)**

(1) วัสดุมวลรวมหยาบหมายถึงวัสดุมวลรวมที่มีค้างบนตะแกรงร่อนเบอร์ 4 ซึ่งมีวัสดุมวลรวมละเอียดปนอยู่บ้างปกติวัสดุมวลรวมหยาบจะใช้หินโม่ตั้งแต่ 2 ขนาดขึ้นไปผสมกันเช่นใช้หินขนาดโตสุด19.0มิลลิเมตรผสมกับหินขนาดโตสุด9.5มิลลิเมตรเป็นต้น หินแต่ละขนาดที่ใช้จะมีลักษณะค่อนข้างเป็นขนาดเดียว (Single Size) ทั้งนี้เพื่อลดการแยกตัว (Segregation) ตามข้อกำหนดของกรมทางหลวงวัสดุมวลรวมหยาบจะต้องมีคุณสมบัติดังนี้

(1.1) สะอาดปราศจากสิ่งสกปรกดินเหนียว ตะกอนหรืออินทรีย์วัตถุผสมหรือปนและจะต้องไม่มีปฏิกิริยากับแอสฟัลต์ซึ่งทำให้คุณภาพของแอสฟัลต์คอนกรีตเสริมสภาพ

(1.2) เมื่อทดสอบหาการสึกหรอของวัสดุมวลรวมหยาบโดยใช้เครื่อง Los Angeles (Abration Off course Aggregate Buy large Angeles machine) ทดสอบตามวิธี ASTM C 131 และ C535 การสึกหรอต้องไม่เกิน40เปอร์เซ็นต์

(1.3) เมื่อทดสอบความคงทนของวัสดุมวลรวมโดยใช้โซเดียมซัลเฟสหรือแมกนีเซียมซัลเฟส (Soundness of Aggregate by Use of Sodium Sulfate or Magnesium Sulfale) เมื่อทดสอบตามวิธี ASTM C 88 ส่วนที่ไม่คงทน Loss คงไม่เกิน 9 เปอร์เซ็นต์

(1.4) เมื่อทดสอบการเคลือบและการหลุดออกของวัสดุผสมแอสฟัลต์ ผิวของสายวัสดุมวลรวมหยาบต้องมีแอสฟัลต์เคลือบไม่น้อยกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ ทดสอบได้โดย

- ร้อนเห็นผ่านตาแกรง 3/8 นิ้วและค้างตะแกรง 1/4 นิ้ว ปริมาณ 100 กรัม
- นำตัวอย่างไปอบที่อุณหภูมิ 135-149 องศาเซลเซียล เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
- นำตัวอย่างหินที่ผ่านการอบแล้วทีเอสฟาสซีเมนต์ที่อุณหภูมิตามกำหนด (140องศาเซลเซียล) ปริมาณ 5.5 กรัมลงไปในหินจำนวนหนึ่งหลอด 100 กรัม ใช้สแปร์ทูร่าคนเป็นเวลาสองถึง 3 นาทีหรือเคลือบหินให้สมบูรณ์แล้วทิ้งไว้ให้เย็น
- แล้วนำตัวอย่างใส่ลงในถ้วยแก้วมีความจุ 600 มิลลิลิตรเทน้ำกันทันที 400 มิลลิลิตรทิ้งไว้ 16 - 18 ชั่วโมงห้ามกระทบกระเทือน
- เมื่อครบเวลาตามกำหนดถ้ามีฟิล์มยางให้ช้อนออกแล้วเอาหลอดไฟขนาด 75 วัตต์สองในตำแหน่งที่ไม่มีแสงสะท้อนให้มองผ่านลงน้ำแล้วประเมินค่าร้อยละของพื้นที่ผิวของหินทั้งหมดซึ่งถูกเคลือบด้วยแอสฟัลต์
- การพิจารณาให้พิจารณาว่ามากกว่าหรือน้อยกว่า 95% ผิวที่มีสีน้ำตาลให้ถือว่าเคลือบ

(1.5) เมื่อทดสอบดัชนีความแบนและดัชนีความยาวเมื่อทดสอบตามวิธีBS 812 ไม่เกิน 30 เปอร์เซ็นต์

(1.6) ผิวต้องถูกโม่แตกอย่างน้อยหนึ่งหน้าไม่น้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์

(2) วัสดุมวลรวมละเอียด(Sand Equivalent) หมายถึง วัสดุมวลรวมที่มีรอดผ่านตะแกรงเบอร์ 4 และต้องมีคุณสมบัติดังนี้

(1.1) ต้องเป็นหินฝุ่นหรือทราย

(1.2) สะอาดปราศจากสิ่งสกปรก ดินเหนียว ตะกอนหรืออินทรีย์วัตถุ ผสมที่ปะปนอยู่และจะต้องไม่มีปฏิกิริยากับแอสฟัลต์ซึ่งทำให้คุณภาพของแอสฟัลต์คอนกรีตเสื่อมสภาพ

(1.3) เมื่อทดสอบค่ามวลผสมเทียบเป็นทราย (Sand Equivalent) เมื่อทดสอบตามวิธี ASTM D 2419-74 มากกว่า 50%โดยปกติถ้าไม่จำเป็นไม่ควรใช้ทรายจะใช้เมื่อจำเป็น เช่นต้องการปรับปรุงขนาดคละวัสดุมวลรวมหรือเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติบางอย่างของแอสฟัลต์คอนกรีต

2) **วัสดุผสมแทรก** (Mineral Filler)

หมายถึง วัสดุมวลรวมที่มีความละเอียดสำหรับใช้ผสมกับวัสดุมวลรวมคละเพื่อปรับปรุงคุณลักษณะ ในกรณีเมื่อผสมวัสดุมวลรวมหยาบและวัสดุมวลรวมละเอียดเป็นวัสดุมวลรวมคละแล้วส่วนละเอียดมีไม่เพียงพอ

ตามข้อกำหนดของกรมทางหลวงวัสดุผสมแทรก ได้แก่ ฝุ่นหิน (Stone Dust) ปูนซีเมนต์ (Portland Cement) ปูนขาว (Hydrate Lime) ต้านทานการหลุดออก (Anti-Stripping) ของฟิล์มแอสฟัลต์ที่เคลือบหินปูนซีเมนต์ซิลิก้า (Silica Cement) หรือวัสดุพวก Non-Plastic ซึ่งกรมทางหลวงเห็นชอบให้ใช้ได้และจะต้องแห้งไม่จับกันเป็นก้อน เมื่อทดสอบตามวิธีการทดสอบหาขนาดเม็ดวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง ต้องมีขนาดคละดังต่อไปนี้

ตารางที่ 11.1 ขนาดตะแกรงและปริมาณผ่านตะแกรง, เปอร์เซ็นต์โดยมวล

ขนาดตะแกรง	ปริมาณผ่านตะแกรง, เปอร์เซ็นต์โดยมวล
เบอร์ 30 (0.600 มิลลิเมตร)	100
เบอร์ 50 (0.300 มิลลิเมตร)	75-100
เบอร์ 200 (0.075 มิลลิเมตร)	55 -100

3) **แอสฟัลต์** ในกรณีที่ไม่ได้ระบุชนิดของแอสฟัลต์ไว้เป็นอย่างอื่น ตามข้อกำหนดของกรมทางหลวงให้ใช้แอสฟัลต์ซีเมนต์ AC 60-70 และต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

(1) เพนิเทรชัน (Penetration)

(2) จุดวาบไฟ (Flash Point)

(3) จุดอ่อนตัว (Softening Point)

(4) ความยืดดึง (Ductility)

(5) การละลายในไตรคลอโรเอทิลีน (Solubility in Trichloroethylene) B/724

(6) ผลของความร้อนและอากาศ (Thin-Film Oven)

(6.1) มวลที่สูญเสียไปเมื่อให้ความร้อน

(6.2) เพนิเทรชัน

(6.3) ความยืดดึง

4) **วัสดุอื่น ๆ** อาจใช้วัสดุอื่น ๆ นอกจากวัสดุมวลรวมและแอสฟัลต์ซีเมนต์ตามที่กล่าวมาแล้วด้วยก็ได้ วัสดุเหล่านี้ เช่น สารผสมเพิ่มแอสฟิลต์ (Asphalt Additive) ชนิดต่าง ๆ ใช้เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติคอนกตให้มีลักษณะเด่นเฉพาะอย่าง เช่น สามารถรับน้ำหนักได้มากกว่าปกติ

11.1.4 ขั้นตอนการผลิตแอสฟัลต์คอนกรีตโดยสังเขป

1) **แอสฟัลต์** ให้ความร้อนแอลฟัลต์ในถังเก็บจนได้อุณหภูมิตามที่ต้องการ พร้อมที่จะนำไปใช้งาน
2) **วัสดุมวลรวม** ซึ่งได้แก่ หินโม่ขนาดต่าง ๆ และทราย (กรณีที่ต้องใช้ด้วย) จะถูกขนจากแหล่งมากองเก็บไว้ที่บริเวณโรงผสม (Mixing Plant!) กรกองต้องแยกชนิดและขนาดไม่ให้ปะปนกัน เช่น กองแยกขนาดเป็นหิน 3/4 นิ้ว หิน 3/8 นิ้ว หินฝุ่นและทราย
   (1) ตักวัสดุมวลรวมใส่ยุ้งหินเย็น (Cold Bins) โดยแต่ละยุ้งใส่วัสดุมวลรวมได้ชนิดและขนาดเดียวกันเท่านั้น
   (2) ปิดประตูยุ้งหินเย็นให้วัสดุมวลรวมหลออกตามปริมาณและอัตราส่วนผสมที่ต้องการผลิตแอสฟิลต์คอนกรีตปริมาณ 60 ตันต่อชั่วโมง (ไม่คิดน้ำหนักแอสฟัลต์) โดยใช้วัสดุมวลรวม 4 ชนิดคือ หิน 34 นิ้ว หิน 3/8 นิ้ว หินฝุ่นและทราย ผลการออกแบบปรากฏว่าต้องใช้หิน 3/4 นิ้ว หิน 348 นิ้ว หินฝุ่นและทราย เป็นสัดส่วน 20 : 30 : 40 : 10 โดยมวล จะต้องเปิดประตุยังหินให้ไหล ดังนี้

$$\text{หิน } 3/4 \text{ นิ้ว} = \frac{(20 \times 60)}{(20+30+40+10)} = 12 \text{ ตันต่อชั่วโมง}$$

$$\text{หิน } 3/8 \text{ นิ้ว} = \frac{(30 \times 60)}{(20+30+40+10)} = 18 \text{ ตันต่อชั่วโมง}$$

$$\text{หินฝุ่น} = \frac{(40 \times 60)}{(20+30+40+10)} = 24 \text{ ตันต่อชั่วโมง}$$

$$\text{ทราย} = \frac{(10 \times 60)}{(20+30+40+10)} = 6 \text{ ตันต่อชั่วโมง}$$

รวม = 60 ต้นต่อชั่วโมง

   (3) วัสดุมวลรวมที่เปิดให้ไหลออกจากยุ้งหินเย็น จะถูกส่งเข้าไปเผาให้แห้งและได้อุณหภูมิตามที่ต้องการ
   (4) วัสดุมวลรวมที่ผ่านการเผาแล้ว จะถูกส่งต่อไปยังตะแกรงเพื่อแยกขนาดให้เป็นขนาดเดี่ยว ปกติตะแกรงจะแยกวัสดุมวลรวมออกเป็น 4 ขนาด (ตามข้อกำหนดของกรมทางหลวง ต้องไม่น้อยกว่า 3 ขนาด)
   (5) วัสดุมวลรวมแต่ละขนาดที่ได้จากการแยกด้วยตะแกรงตามข้อ (4) จะถูกส่งไปเก็บในยุ้งหินร้อน (Hot Bins) ยุ้งละขนาดไม่ปะปนกัน พร้อมที่จะนำไปใช้งานต่อไป

3) **วัสดุผสมแทรก** ในกรณีที่ต้องใช้วัสดุผสมแทรกด้วยก็ให้ลำเลียงเข้าเก็บไว้ในถังเก็บวัสดุผสมแทรกพร้อมที่จะนำไปใช้งานต่อไป

4) **การผสม**

(1) ปล่อยวัสดุมวลรวมลงสู่ห้องผสม (Pugmill) ตามอัตราส่วนการผสมซึ่งทำให้ได้ขนาดคละตามที่ได้ออกแบบไว้ การปล่อยวัสดุมวลรวมให้เริ่มจากขนาดโตสุดก่อนเรียงตามลำดับจนถึงขนาดเล็กสุด

(2) ในกรณีที่ต้องใช้วัสดุผสมแทรกด้วย ให้ปล่อยลงห้องผสมตามปริมาณที่ได้ออกแบบไว้

(3) ให้เครื่องผสมผสมวัสดุทั้งหมดในห้องผสมจนเข้ากันดี ใช้เวลาประมาณ 5 วินาที

(4) ปล่อยแอสฟัลต์ลงไปผสมตามปริมาณที่ได้ออกแบบไว้

(5) ให้เครื่องผสมผสมจนกระทั่งวัสดุมวลรวมกับแสฟัลต์เข้ากันดี ซึ่งใช้เวลาประมาณ 30 - 60 วินาที หรือคำนวณเวลาในการผสม โดยใช้มวลตามสูตรดังนี้

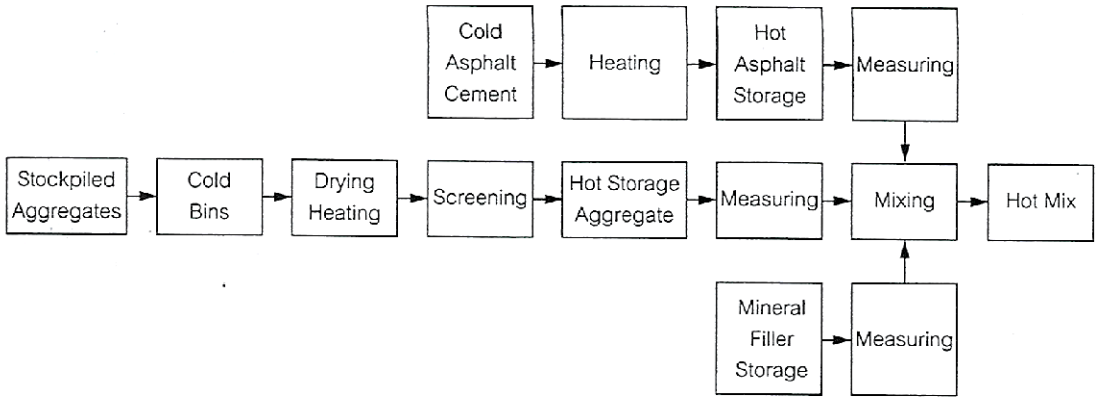
$$\text{เวลาในการผสม, วินาที} = \frac{A}{B}$$

เมื่อ

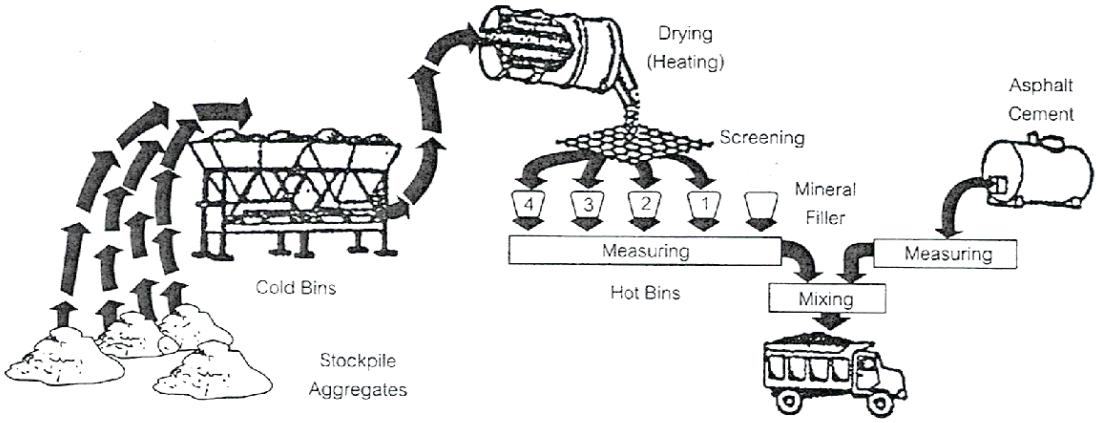
A = ปริมาณของสวนผสมทั้งหมดในห้องผสม (Pugmill Dead Capacity), กิโลกรัม

B = ส่วนผสมที่ออกจากห้องผสม (Pugmill Output), กิโลกรัมต่อวินาที

ก็จะได้แอสฟัลต์คอนกรีตพร้อมที่จะนำไปใช้งานต่อไป ขั้นตอนการผลิตแอสฟัลต์คอนกรีต ดังรูปที่ 11.2 และ 11.3



รูปที่ 11.2 ขั้นตอนการผลิตแอสฟัลต์คอนกรีตแบบ Flow-Chart Form



รูปที่ 11.3 ขั้นตอนการผลิตแอสฟัลต์คอนกรีตแบบ Schematically

11.2 วัตถุประสงค์

เพื่อการออกแบบส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตโดยวิธีมาร์แชลล์

11.3 มาตรฐานอ้างอิง

- ASTM D 546
- ASTM D 854 หรือ C 188
- ASTMD 1559
- ASTM C 117 และ C 136
- BS 812
- BS 812
- ASTM C 127
- ASTM C 128
- ASTM D 2728 หรือ 1188
- ASTM D 1559
- ASTM D 2041

11.4 การออกแบบส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตโดยวิธีมาร์แชลล์

คุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีตนอกจากจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัสดุที่นำมาใช้ผสมแล้ว ยังขึ้นอยู่กับอัตราส่วนผสมของวัสดุที่ใช้ด้วย ดังนั้น การออกแบบเพื่อหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมจึงเป็นสิ่งที่จำเป็น ทั้งนี้เพื่อให้ได้แอสฟัลต์คอนกรีตที่มีคุณสมบัติตามที่ต้องการและถูกต้องตามข้อกำหนดของงาน ด้วยขั้นตอนที่ต้องดำเนินการตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งได้สูตรส่วนผสมสำหรับทำงาน (Job Mix Formula) มีดังต่อไปนี้

11.4.1 การเลือกแหล่งวัสดุ

ก่อนอื่นต้องศึกษารายละเอียดของแบบก่อสร้างและข้อกำหนดอย่างละเอียด รวมทั้งปริมาณจราจร ภูมิประเทศ ภูมิอากาศ ฯลฯ เพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลสำหรับพิจารณาว่า ควรใช้วัสดุชนิดใด จากแหล่งใด โดยคำนึงถึงความสะดวก ประหยัด กำลังการผลิต ตลอดจนผลการใช้งานในอดีตของวัสดุแหล่งนั้นด้วย

11.4.2 การเก็บตัวอย่างแอสฟัลต์ซีเมนต์

(1) ตัวอย่างส่วนแรก ใช้สำหรับทดสอบเพื่อตรวจสอบว่า มีคุณสมบัติถูกต้องตามข้อกำหนดหรือไม่

(2) ตัวอย่างสวนที่สอง ใช้สำหรับทดสอบหาคุณสมบัติซึ่งจำเป็นต้องทราบ สำหรับใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบคุณสมบัติเหล่านี้ ได้แก่

(2.1) ความถ่วงจำเพาะ ตามวิธีการทดสอบ ASTM D 70

(2.2) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดจลน์ (ASTM D 2170) กับอุณหภูมิ

(3) ตัวอย่างสวนที่สาม ใช้สำหรับผสมทำก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์คอนกรีตตามวิธีการทดสอบ ASTM D 1559

11.4.3 การเก็บตัวอย่างวัสดุมวลรวม

(1) วัสดุผสมแทรก

(1.1) ทดสอบเพื่อตรวจสอบคุณสมบัติตามที่ระบุไว้ในข้อกำหนด

(1.2) ทดสอบหาขนาดคละ ตามวิธีการทดสอบ ASTM D 546

(1.3) ทดสอบหาความถ่วงจำเพาะ ตามวิธีทดสอบ ASTM D 854 หรือ C 188

(1.4) ตัวอย่างที่เหลือเก็บไว้เตรียมก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์คอนกรีต ตามวิธีทดสอบ ASTMD 1559

(2) วัสดุมวลรวมจากยุ้งหินเย็นหรือจากกอง (Stockpile) หรือจากแหล่งผลิต

(2.1) ทดสอบเพื่อตรวจสอบคุณสมบัติตามที่ระบุไว้ในข้อกำหนด

(2.2) ทดสอบหาขนาดคละ ตามวิธีการทดสอบ ASTM C 117 และ C 136

(2.3) ทดสอบหาดัชนีความแบนและดัชนีความยาว ตามวิธีการทดสอบ BS 812

(2.4) หาอัตราส่วนผสมซึ่งทำให้ขนาดคละรวม (Combined Gradation) ตรงตามข้อกำหนด

(2.5) กรณีที่ใช้วัสดุผสมแทรกให้นำมาคิดด้วย

(2.6) ป้อนวัสดุมวลรวม (ไม่รวมวัสดุผสมแทรก) จากยุ้งหินเย็น (Cold Bins) ตามอัตราส่วน

(2.7) ผสมที่ได้ออกแบบ เข้าหม้อเผา (Dryer) เพื่อเก็บตัวอย่างจากยุ้งหินร้อน (Hot Bins)

(3) วัสดุมวลรวมจากยุ้งหินร้อน

(3.1) ทดสอบหาขนาดคละ ตามวิธีการทดสอบ ASTM C 117 และ C 136

(3.2) ทดสอบหาดัชนีความแบนและดัชนีความยาว ตามวิธีการทดสอบ BS 812

(3.3) ทดสอบหาค่าความถ่วงจำเพาะแบบ Bulk (Oven-Dry Basis)

- วัสดุมวลรวมหยาบ ตามวิธีการทดสอบ ASTM C 127
- วัสดุมวลรวมละเอียด ตามวิธีการทดสอบ ASTM C 128

(4) หาอัตราส่วนผสมซึ่งทำให้ได้ขนาดคละรวม (Combined Gradation) ใกล้เคียงกับขนาดคละรวมของวัสดุจากยุ้งหินเย็นมากที่สุดและอยู่ในข้อกำหนด กรณีที่ใช้วัสดุผสมแทรกให้นำมาคิดด้วย

(5) จากผลทดสอบที่ได้ตามข้อ 3(2) และอัตราส่วนผสมที่ได้จากข้อ 3(4) คำนวณหาดัชนีความแบนและดัชนีความยาวของวัสดุมวลรวมที่ผสมกันแล้ว ซึ่งจะต้องใช้ได้ตามข้อกำหนด

(6) ผสมทดลองเพื่อทำก้อนตัวอย่าง แอสฟัสต์คอนกรีตขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 101.6 มิลติเมตร (4 นิ้ว) สูง 63.5 $\pm$ 1.3 มิลลิเมตร (2.5 $\pm$ 0.05 นิ้ว) ตามวิธีการทดสอบ ASTMD 1559 โดย

(6.1) ใช้อัตราส่วนผสมของวัสดุมวลรวมตามข้อ 3(4)

(6.2) การทดสอบวัสดุการทาง (Highway Materials Testing) ใช้ปริมาณแอสฟัลต์ผสมอย่างน้อย 5 ค่า โดยเพิ่มหรือลดครั้งละ 0.5 เปอร์เซ็นต์โดยมวลของวัสดุมวลรวมแต่ละค่าของปริมาณแอสฟัลต์ที่ใช้ผสมให้ทำตัวอย่างไม่น้อยกว่า 3 ก้อน

(7) นำตัวอย่างแอสฟัลต์คอนกรีตจากข้อ 3(6) ทุกก้อน มาทดสอบดังนี้

(7.1) ทดสอบหาความแน่น (Density) ตามวิธีการทดสอบ ASTM D 2728 หรือ 1188 แล้วหาค่าเฉลี่ย (ค่าที่ผิดปกติไม่นำมาเฉลี่ยด้วย)

(7.2) ทดสอบหาความเสถียรภาพ (Stability) และค่าการไหล (Flow) ตามวิธีการทดสอบ ASTM D 1559 แล้วหาค่าเฉลี่ย (ค่าที่ผิดปกติไม่นำมาเฉลี่ยด้วย)

(8) ทดสอบหา Theoretical Maximum Specific Gravity ของแอสฟัลต์คอนกรีต ตามวิธีการทดสอบ ASTM D 2041

(9) คำนวณหาค่าต่าง ๆ จากสูตรต่อไปนี้

$$Gag = \frac{100}{(\frac{P_F}{G_F} + \frac{P_1}{G_1} + \frac{P_2}{G_2} + \frac{P_3}{G_3} + \frac{P_4}{G_4})}$$

$$b = \frac{100a}{(100 + a)}$$

$$Gv = \frac{(100 - b)}{(\frac{100}{G_m} - \frac{b}{G_{ac}})}$$

$$x = 100\frac{(G_v - G_{ag})}{(G_v - G_{ag})}G_{ac}$$

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

$$j = \frac{c \cdot i}{G}$$

เมื่อ

P_F = ปริมาณวัสดุผสมแทรก เป็นเปอร์เซ็นต์โดยมวลของวัสดุมวลรวมทั้งหมด

P_1 = ปริมาณวัสดุมวลรวมจาก Hot Bin 1 เป็นเปอร์เซ็นต์โดยมวลของวัสดุมวลรวมทั้งหมด

P_2 = ปริมาณวัสดุมวลรวมจาก Hot Bin 2 เป็นเปอร์เซ็นต์โดยมวลของวัสดุมวลรวมทั้งหมด

P_3 = ปริมาณวัสดุมวลรวมจาก Hot Bin 3 เป็นเปอร์เซ็นต์โดยมวลของวัสดุมวลรวมทั้งหมด

P_4 = ปริมาณวัสดุมวลรวมจาก Hot Bin 4 เป็นเปอร์เซ็นต์โดยมวลของวัสดุมวลรวมทั้งหมด

G_{ag} = ความถ่วงจำเพาะของวัสดุมวลรวมที่ผสมกันแล้ว (Average Specific Gravity Blend)

G_m = Theoretical Maximum Specific Gravity

G_v = Virtual Specific Gravity

G_F = ความถ่วงจำเพาะของวัสดุผสมแทรก

G_1 = ความถ่วงจำเพาะของวัสดุมวลรวมจาก Hot Bin 1

G_2 = ความถ่วงจำเพาะของวัสดุมวลรวมจาก Hot Bin 2

G_3 = ความถ่วงจำเพาะของวัสดุมวลรวมจาก Hot Bin 3

G_4 = ความถ่วงจำเพาะของวัสดุมวลรวมจาก Hot Bin 4

b = ปริมาณแอสฟัลต์ เป็นเปอร์เซ็นต์โดยมวลของแอสฟัลต์คอนกรีต (%Asphalt by Mass of Mix)

x = ปริมาณแอสฟัลต์ที่ถูกดูดซึมโดยวัสดุมวลรวม เป็นเปอร์เซ็นต์โดยมวลของวัสดุมวลรวม (Asphalt Lost by Absorption, A_{ac})

c = ปริมาณแอสฟัลต์ประสิทธิผล (Effective Asphalt) เป็นเปร์เซ็นต์โดยมวลของแอสฟัลต์คอนกรีต (%Effective Asphalt Cement by Mass of Mix)

j = ปริมาตรของแอสฟัลต์ประสิทธิผลเป็นเปอร์เซ็นโดยปริมาตรแอสฟัลต์คอนกรีต (%Volume of Effective Asphalt Cement by Volume of Mix)

i = ความหนาแน่น (Density) ของแสฟัลต์คอนกรีต, กรัมต่อมิลลิลิตร

k = ปริมาตรของวัสดุมวลรวม เป็นเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรของแอสฟัลต์คอนกรีต (%Volume of Aggregate by Volume of Mix)

l = ปริมาตรช่องว่างระหว่างวัสดุมวลรวม (VMA) เป็นเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรของแอสฟัลต์คอนกรีต (%Voids in the Mineral Aggregate by Volume of Mix)

m = ปริมาตรช่องว่างอากาศ (Air Voids) เป็นเปอร์เซ็นโดยปริมาตรของแอสฟัลต์คอนกรีต (%Air Voids by Volume of Mix)

n = ปริมาตรช่องว่างในวัสดุมวลรวมที่ถูกแทนที่ด้วยแอสฟัลต์ (%6Voids Filled with Bitumen by Voids in the Mineral Aggregate)

(10) เลือกปริมาณแอสฟัลต์ที่เหมาะสมที่สุด เพื่อใช้เป็นสูตรส่วนผสมสำหรับทำงาน (Job Mix Formula)

(11) สูตรส่วนผสมสำหรับทำงานควรมีรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้

(11.1) ชนิด แหล่ง และคุณสมบัติของวัสดุทุกชนิดที่ใช้

(11.2) อัตราส่วนผสมของวัสดุมวลรวมทั้งยั่งหินเย็นและยุ้งหินร้อน กรณีที่มีวัสดุผสมแทรกด้วยให้ระบุไว้ด้วย

(11.3) ขนาดคละรวม (Combined Gradation) ของวัสดุมวลรวม

(11.4) ส่วนคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ (Alowable Tolerance) ดังข้อ 5

(11.5) คุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีตเมื่อผสมตามที่ออกแบบไว้นี้

(11.6) อุณหภูมิต่าง 1 ได้แก่ อุณหภูมิวัสดุมวลรวมและแอสฟัลต์ก่อนผสมกัน อุณหภูมิเมื่อผสมเสร็จอุณหภูมิขณะปูและอุณหภูมิขณะบดทับ

(11.7) เงื่อนไขที่ใช้ออกแบบ เช่น ออกแบบโดยวิธีทำ 50 หรือ 75 ครั้ง เป็นต้น

(12) กรณีผลการออกแบบได้แอสฟัลต์คอนกรีตที่มีคุณสมบัติไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ให้เปลี่ยนอัตราส่วนผสมของมวลรวมและทดสอบใหม่

11.4.4 **เงื่อนไขที่ใช้ในการออกแบบ (Design Criteria)**

เงื่อนไขที่ใช้ในการออกแบบ (Design Criteria) ดังตารางที่ 11.2

ตารางที่ 11.2 ข้อกำหนดในการออกแบบแอสฟัลต์คอนกรีต

รายการ	ชั้นทาง				
	Wearing Course 9.5 mm.	Wearing Course 12.5 mm.	Binder Course 19 mm.	Base Course 25 mm.	Shoulder Course
Blows	75	75	75	75	50
Stability, N (lb)	8006 (1800)	8006 (1800)	8006 (1800)	7117 (1600)	7117 (1600)
Flow 0.25 mm (0.01 in.)	8-16	8-16	8-16	8-16	8-16
Percent Air Voids	3-5	3-5	3-6	3-6	3-5
Percent Voids in Mineral Aggregate (VMA), Min.	15	14	13	12	14
Stability/Flow, Min N/0.25 mm. (lb/0.001 in.)	712 (160)	712 (160)	712 (160)	645 (145)	645 (145)
Percent Strength Index, Min.	75	75	75	75	75

11.4.5 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ (Allowable Tolerance)

เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้ (Allowable Tolerance) สำหรับสูตรส่วนผสมเฉพาะงาน ตามข้อกำหนดของกรมทางหลวง ดังตารางที่ 10.1

ตารางที่ 11.3 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้สำหรับสูตรส่วนผสมเฉพาะงาน

ผ่านตระแกรงขนาด	เปอร์เซ็นต์
2.36 มิลลิเมตร (เบอร์ 8) และขนาดใหญ่กว่า	±5
1.18 มิลลิเมตร (เบอร์ 16) 0.600 มิลลิเมตร (เบอร์ 30) และ 0.300 มิลลิเมตร (เบอร์ 50)	±4
0.150 มิลลิเมตร(เบอร์ 100)	±3
0.075 มิลลิเมตร (เบอร์ 200)	±2
ปริมาณแอสฟัลต์	±0.3

11.4.6 ขนาดคละของวัสดุมวลรวมและปริมาณแอสฟัลต์ซีเมนต์

ขนาดคละของวัสดุมวลรวมและปริมาณแอสฟัลต์ซีเมนต์ ดังตารางที่ 11.4

ตารางที่ 11.4 ขนาดคละของวัสดุมวลรวมและปริมาณแอสฟัลต์ซีเมนต์

ขนาดที่ใช้เรียก	มิลลิเมตร (นิ้ว)	9.5 (3/8)	12.5 (1/2)	19.0 (3/4)	25.0 (1)
สำหรับชั้นทาง		Wearing Course 9.5 mm.	Wearing Course 12.5 mm.	Binder Course 19 mm.	Base Course 25 mm.
ความหนา (มม.)		25-35	40-70	40-80	70-100
ขนาดตะแกรง		ปริมาณผ่านตะแกรง เปอร์เซ็นต์โดยมวล			
มม.	นิ้ว				
37.5	1 ½				100
25.0	1			100	90-100
19.0	¾		100	90-100	-
12.5	½	100	80-100	-	56-80
9.5	3/8	90-100	-	56-80	-
4.75	เบอร์ 4	55-85	44-74	35-65	29-59
2.36	เบอร์ 8	32-67	28-58	23-49	19-45
1.18	เบอร์ 16	-	-	-	-
0.600	เบอร์ 30	-	-	-	-
0.300	เบอร์ 50	7-23	5-21	5-19	5-17
0.150	เบอร์ 100	-	-	-	-
0.075	เบอร์ 200	2-10	2-10	2-8	1-7
ปริมาณแอสฟัลต์ซีเมนต์ เปอร์เซ็นต์โดยมวลของวัสดุมวลรวม		4.0-8.0	3.0-7.0	3.0-6.5	3.0-6.0

11.4.7 ค่าต่ำสุดของเปอร์เซ็นต์ช่องว่างระหว่างวัดสุมวลรวม

Mcleod (1959) ได้เสนอแนะขีดจำกัดค่าต่ำสุดของช่องว่างระหว่างวัสดุมวลรวมในแอสฟัลต์คอนกรีต ซึ่งจะให้ความหนาที่น้อยที่สุดของชั้นแอสฟัลต์ที่เคลือบวัสดุมวลรวมอยู่ได้ โดยไม่ทำให้มีช่องว่างอากาศน้อยเกินไป ดังตารางที่ 11.5

ตารางที่ 11.5 ค่าต่ำสุดของเปอร์เซ็นต์ช่องว่างระหว่างวัดสุมวลรวม

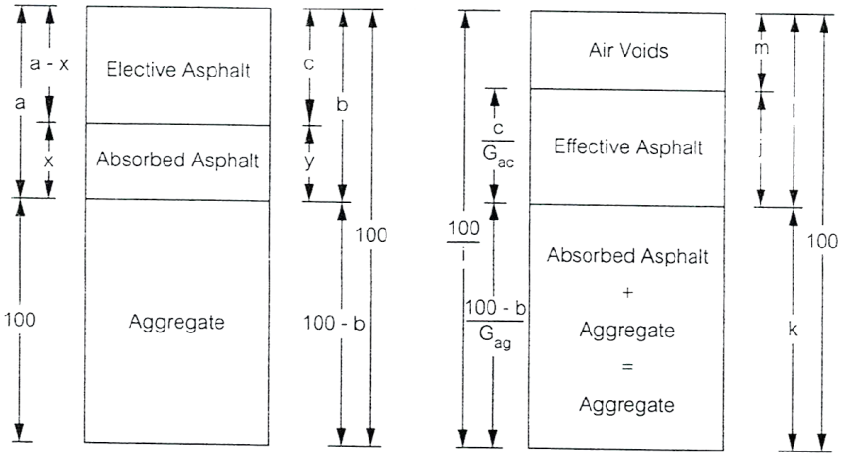
ขนาดตะแกรง* มาตรฐาน U.S.A.	ขนาดระบุสูงสุดของอนุภาค**		ค่าต่ำสุดของช่องว่างระหว่างวัสดุมวลรวม (%)
	มิลลิเมตร*	นิ้ว*	
1.18 mm.	1.18	0.0469	23.5
2.36 mm.	2.36	0.093	21
4.75 mm.	4.75	0.187	18
9.5 mm.	9.5	0.375	16
12.5 mm.	12.5	0.500	15
19.0 mm.	19.0	0.750	14
25.0 mm.	25.0	1.0	13
37.5 mm.	37.5	1.5	12
50 mm.	50	2.0	11.5
63 mm.	63	2.5	11

*หมายเหตุ :*ข้อกำหนดมาตรฐานสำหรับ Wire Cloth Sieve for Testing Purposes, ASTM Designation E 11 (AASHTO Designation M92)*

*** สำหรับวัสดุมวลรวมกรรมวิธี (Processed Aggregate) อนุภาคขนาดระบุสูงสุด คือ ขนาดตะแกรงเบอร์ใหญ่สุด ที่ใช้ในข้อกำหนดและวัสดุยังคงค้างอยู่*

11.4.8 การคำนวณหาค่าปริมาตรของส่วนต่าง ๆ ของแอสฟัลต์คอนกรีต

ส่วนต่างๆ ของแอสฟัลต์คอนกรีตแสดงโดยมวลและปริมาตร แสดงดังรูปที่ 11.4



รูปที่ 11.4 (ก) ส่วนต่างๆ ของแอสฟัลต์คอนกรีตแสดงโดยมวล

(ข) ส่วนต่างๆ ของแอสฟัลต์คอนกรีตแสดงโดยปริมาตร

รูปที่ 11.4 (ก) ส่วนต่าง ๆ ของแอสฟัลต์คอนกรีตแสดงโดยมวล มิติด้านซ้ายมือของรูป เป็นมวลของส่วนต่าง ๆ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของมวลของวัสดุมวลรวม มิติด้านขวามือของรูป เป็นมวลของส่วนต่าง ๆ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของมวลของวัสดุมวลรวม

รูปที่ 11.4 (ข) ส่วนต่าง ๆ ของแอสฟัลต์คอนกรีตแสดงโดยปริมาตร มิติด้านซ้ายมือของรูป เป็นปริมาตรของสวนต่าง ๆ ซึ่งคำนวณจากมิติด้านขวามือของรูปที่ 11.4 (ก) มิติด้านขวามือของรูป เป็นปริมาตรของส่วนต่าง 1 คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของปริมาตรทั้งหมด

เมื่อ

a = ปริมาณแอสฟัลต์ที่ใช้ผสม, เปอร์เซ็นต์โดยมวลของวัสดุมวลรวม

x = ปริมาณแอสฟัลต์ที่ถูกดูดซึมโดยวัสดุมวลรวม, เปอร์เซ็นต์โดยมวลของวัสดุมวลรวม

i = ความหนาแน่นของแอสฟัลต์คอนกรีต, กรัมต่อมิลลิลิตร

G_{ac} = ความถ่วงจำเพาะของแอสฟัลต์ซีเมนต์

G_{ag} = ความถ่วงจำเพาะของวัสดุมวลรวม

รูปที่ 35.4 (ก) เทียบอัตราส่วนด้านซ้ายมือกับด้านขวามือของรูป จะได้

$$\frac{b}{100} = \frac{a}{(100+a)} \qquad \therefore \qquad b = \frac{100a}{(100+a)}$$

$$\frac{x}{100} = \frac{y}{(100-b)} \qquad \therefore \qquad y = x\frac{(100-b)}{100}$$

$$c = b - y \qquad \therefore \qquad c = b - \frac{x(100-b)}{100}$$

รูปที่ 35.4 (ข) เทียบอัตราส่วนด้านซ้ายมือกับด้านขวามือของรูปจะได้

$$\frac{j}{100} = \frac{\frac{c}{G_{ac}}}{(\frac{100}{i})} \qquad \therefore \qquad j = \frac{c \cdot i}{G_{ac}}$$

$$\frac{k}{100} = \frac{(\frac{(100-b)}{G_{ac}})}{(\frac{100}{i})} \qquad \therefore \qquad k = \frac{(100-b)}{G_{ac}} i$$

โดยคำนิยาม

I = VMA = 100 – k

M= Air Voids = I – j

VFB = $\frac{100j}{I}$

11.5 การพิจารณาข้อมูลที่ได้จากการทดสอบโดยวิธีแมร์แชลล์

11.5.1 การพิจารณาข้อมูลที่ได้จากการทดสอบโดยวิธีมาร์แชลล์

(1) เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอสฟัลต์กับค่าต่าง ๆ ดังนี้

(1.1) ความแน่น (Density)

(1.2) เปอร์เซ็นต์ช่องว่างอากาศ (%Air Voids)

(1.3) ค่าการไหล (Flow)

(1.4) เสถียรภาพ (Stability)

(1.5) เปอร์เซ็นต์ช่องว่างอากาศส่วนที่ถูกแทนที่ด้วยแอสฟิลต์ (9%6Voids Filled with Bitumen, VFB

(1.6) เปอร์เซ็นต์ช่องว่างระหว่างวัสดุมวลรวม (%Voids in Mineral Aggregate, VMA)

(2) เลือกปริมาณแอสฟัลต์ที่เหมาะสมที่สุด (Optimum Asphalt Content) ของส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต จะพิจารณาจากกราฟที่ได้จากข้อมูลโดยพิจารณาจากขีดจำกัดกลางของเปอร์เซ็นต์ช่องว่างอากาศเป็นค่าแรก (ดูจากข้อกำหนดในการออกแบบแอสฟัลต์คอนกรีต) นำเปอร์เซ็นต์ช่องว่างอากาศที่ได้เลือกไว้มาพล็อตลงในกราฟ (ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอสฟัลต์กับเปอร์เซ็นต์ช่องว่างอากาศ) อ่านปริมาณแอสฟัลต์ที่ได้จากการพล็อตนำปริมาณแอสฟัลต์ที่ได้มาลองพล็อตลงในกราฟของค่าอื่น ๆ แล้วพิจารณาว่าค่าต่าง ๆ ที่ได้มีค่าอยู่ในข้อกำหนดหรือไม่ ถ้าค่าใดค่าหนึ่งไม่อยู่ในข้อกำหนดก็ต้องปรับค่าเปอร์เซ็นต์ช่องว่างอากาศใหม่อีกครั้ง แล้วทำซ้ำเหมือนกับครั้งแรก (ข้อสังเกต : การปรับค่าเปอร์เซ็นต์ช่องว่างอากาศจะต้องคำนึงถึงผลเนื่องจากการเปิดการจราจร รถที่แล่นบนผิวทางจะทำให้แอสฟัลต์คอนกรีตแน่นขึ้นจากเดิมทำให้ปริมาณช่องว่างลดลง ถ้าปริมาณช่องว่างอากาศขณะก่อสร้างเสร็จใหม่มีไม่เพียงพอ จะทำให้แอสฟัลต์ทะลักขึ้นมาบนผิวเกิดการเยิ้ม ข้อแนะนำควรเลือกใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ช่องว่างอากาศไปทางมากและเข้าใกล้ค่ากลางของเปอร์เซ็นต์ช่องว่างอากาศ)

(3) การเลือกใช้ส่วนผสมควรใช้ส่วนผสมที่ประหยัดและเป็นไปตามหลักเกณฑ์ของข้อกำหนด ส่วนผสมที่ให้เสถียรภาพแบบมาร์แชลล์สูงผิดปกติและให้ค่าการไหลต่ำผิดปกติมักไม่นิยมใช้ เพราะส่วนผสมแบบนี้จะทำให้ถนนผิวลาดยางค่อนข้างแข็งและเปราะ ซึ่งแตกหักง่ายภายใต้การจราจรที่หนาแน่น

(4) อาจมีกรณีที่ส่วนผสมไม่ได้คุณสมบัติตามหลักเกณฑ์ของข้อกำหนด เนื่องจากการประหยัดหรือเหตุผลอื่น ในกรณีเช่นนี้อนุญาตให้ช่องว่างอากาศเกินขีดจำกัดได้ 1 เปอร์เซ็นต์ แต่อย่างไรก็ตามจะต้องไม่ให้มีการไหลเกินข้อกำหนดและเสถียรภาพต้องไม่น้อยกว่าค่าระบุของข้อกำหนด

(5) เมื่อได้ปริมาณแอสฟัลต์ที่เหมาะที่สุดในงานนั้น ๆ แล้ว ให้ทำการทดสอบหาคุณสมบัติดัชนีของความแข็งแรง (Strength Index) โดยวิธี Vacuum Immersion Marshall Test เตรียมตัวอย่างวัสดุมวลรวมและปริมาณแอสฟัลต์ซีเมนต์ตามอัตราส่วนที่ได้ออกแบบไว้ จำนวน 8 ตัวอย่าง ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 130C กดอัดตามวิธี Double Plunger Method (ASTM D 1074-55) ที่ Pressure 3,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้วเป็นเวลา 2 นาที ภายหลังจากดันก้อนตัวอย่างออกจากแบบหล่อตัวอย่าง (เมื่อตัวอย่างเย็นแล้ว) ให้ ดำเนินการต่อไปนี้

(5.1) นำก้อนตัวอย่างทั้งหมด เข้าอบที่อุณหภูมิคงที่ 60 C (140'F ใช้เวลาประมาณ 16 - 18 ชั่วโมง

(5.2) ค่า Bulk Density ของก้อนตัวอย่างทั้งหมด (จำนวน 8 ตัวอย่าง) (ให้มีค่า Density ใกล้เคียงกัน)

(5.3) แบ่งก้อนตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม จำนวนเท่า ๆ กัน (กลุ่มละ 4 ก้อน)

- กลุ่มที่ 1 (Unsoaked) นำไปแช่น้ำอุณหภูมิคงที่ 25'C (77*F) เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลาและนำตัวอย่างไปทดสอบหาค่าเสถียรภาพและค่าการไหล

- กลุ่มที่ 2 (Soaked) นำตัวอย่างไปแช่น้ำเกลือความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ ใน Vacuum Cell และทำการดูดอากาศออกให้อยู่ในภาวะสูญญากาศนาน 1 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดนำตัวอย่างออกมาแช่น้ำเกลือความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีอุณหภูมิ 60 C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำตัวอย่างมาแชน้ำที่อุณหภูมิคงที่ 25' C เป็น เวลา 1 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลาแล้วนำตัวอย่างไปทดสอบหาค่าเสถียรภาพและค่าการไหลเมื่อหาค่าเฉลี่ยเสถียรภาพได้แล้ว ให้นำมาแทนค่าในสูตรดังนี้

$$Strength\ Index, (\%) = \frac{verage\ Stability\ of\ Soaked\ Sample}{verage\ Stability\ of\ Unsoaked\ Sample} \times 100$$

ผลที่ได้ให้นำไปตรวจสอบกับข้อกำหนดในการออกแบบแอสฟัลต์คอนกรีตว่า คุณสมบัติด้านดัชนีของความแข็งแรงอยู่ในข้อกำหนดหรือไม่

ตัวอย่างการออกแบบส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตสำหรับชั้น Binder Course ของกรมทางหลวง มีดังนี้

อันดับทดลองที่ AC-73/1/2545 **โครงการ ฯ** อุดรธานี-หนองบัวลำภู ตอนอุดรธานี-แยกทางหลวงหมายเลข 2313

ชนิดของวัสดุ หินปูน (Limestone) **แอสฟัลต์คอนกรีตชั้น** Binder Course

แหล่งวัสดุ โรงโม่หินสุรัตน์การศิลา ต.ผาน้อย อ.วังสะพุง จ.เลย กม. 6+400 LT. 7 กม. สาย 210

Sieve Size	Cold Bin % Passing					Combined	Hot Bin % Passing					Combined	Desired	*Tolerant Limit*
	Sand	Bin 1	Bin 2	Bin 3	Bin 4		Lime / Cement	Bin 1	Bin 2	Bin 3	Bin 4			
1 1/2″														
1″					100	100					100	100	100	100
3/4″					82.7	97.1					88.9	98.4	90 – 100	*93 – 99*
1/2″				100	42.5	90.2				100	28.3	90.0	–	*85 – 95*
3/8″			100	55.7	13.7	77.4			100	34.3	4.8	78.1	56 – 80	*73 – 83*
# 4		100	38.1	4.0	1.1	53.5		100	29.7	1.0	0.7	52.1	35 – 65	*47 – 57*
# 8		83.0	1.5	0.9		37.8		82.2	2.3	0.5		36.1	23 – 49	*31 – 41*
# 16		56.4	0.4			25.5		57.5	1.0			25.0	–	*21 – 29*
# 30		37.3				16.8		33.1				14.2	–	*10 – 18*
# 50		24.7				11.1		19.9				8.6	5 – 19	*5 – 13*
# 100		17.0				7.7		13.0				5.6	–	*3 – 9*
# 200		12.8				5.8		8.0				3.4	2 – 8	*2 – 4*

Mix Proportion		45	20	18	17		43	30	13	14

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

HOT MIX DESIGN DATA BY THE MARSHALL METHOD

TEST NO AC.-73/1/2545 PROJECT อุดรธานี-หนองบัวลำภู ตอน อุดรธานี-แยกทางหลวงหมายเลข 2313

LAYER Binder Course STA. Date 29 ต.ค. 2545 INSPECTOR มาโนช

Mix Proportion Hot Bin 1 : 2 : 3 : 4 = 43 : 30 : 13 : 14 (by Mass) Pen. Grade AC 60-70

Avg. Sp. Gr. Agg. and Filler (Gag) = 2.681 Sp. Gr. AC (Gac) = 1.02

Compaction, Number of Blows each end = 75 Asphalt Absorption (x) = 0.25%

No. of Sample	1	2	3	1	2	3	1	2	3
%AC by Mass of Agg. (a)	4.50			5.00			5.50		
%AC by Mass of Mix (b)	4.31			4.76			5.21		
%Eff. AC by Mass of Mix(c): b - x(100 - b)/100	4.07			4.52			4.97		
Spec. Hgt. in (d)	2 1/2"	2 1/2"	2 1/2"	2 1/2"	2 1/2"	2 1/2"	2 1/2"	2 1/2"	2 1/2"
DENSITY									
Mass in Air g (e)	1235.3	1232.5	1225.6	1234.9	1237.1	1231.6	1245.5	1245.8	1248.5
Mass Sat. Surface Dry g (f)	1238.5	1234.1	1228.0	1235.9	1238.9	1232.7	1247.8	1246.7	1249.1
Mass in Water g (g)	719.5	715.3	712.2	723.3	723.8	718.5	732.7	732.9	731.9
Bulk Volume ml (h): f – g	519.0	518.8	515.8	512.6	515.1	514.2	515.1	513.8	517.2
Bulk Density g/ml (i): e/h	2.380	2.376	2.376	2.409	2.402	2.395	2.418	2.425	2.414
Average Density	2.377			2.402			2.419		
VOIDS ANALYSIS									
Volume AC %Total (j): c * i/Gac	9.5			10.6			11.8		
Volume Agg. %Total (k): (100-b) i/Gag	84.8			85.3			85.5		
VMA % (l): 100 – k	15.2			14.7			14.5		
Air Voids % (m): l – j	5.7			4.1			2.7		
VFB % (n): 100*j / l	62.5			72.1			81.4		
STABILITY TEST									
Measurement lbs	1640	1730	1660	2000	1960	2040	2110	2200	2120
Adjust lbs	1640	1730	1660	2000	1960	2040	2110	2200	2120
Average Stability lbs	1680			2000			2140		
FLOWS TEST									
Measurement 1/100 in (0.25 mm)	10	10	9	11	11	10	10	12	12
Average Flows 1/100 in (0.25 mm)	10			11			12		

REMARKS .....

.....

.....

.....

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

HOT MIX DESIGN DATA BY THE MARSHALL METHOD

TEST NO AC.-73/1/2545 PROJECT อุดรธานี-หนองบัวลำภู ตอน อุดรธานี-แยกทางหลวงหมายเลข 2313

LAYER Binder Course STA. Date 29 ต.ค. 2545 INSPECTOR มาโนช

Mix Proportion Hot Bin 1 : 2 : 3 : 4 = 43 : 30 : 13 : 14 (by Mass) Pen. Grade AC 60-70

Avg. Sp. Gr. Agg. and Filler (Gag) = 2.681 Sp. Gr. AC (Gac) = 1.02

Compaction, Number of Blows each end = 75 Asphalt Absorption (x) = 0.25%

No. of Sample	1	2	3	1	2	3	1	2	3
%AC by Mass of Agg. (a)	6.00			6.50			7.00		
%AC by Mass of Mix (b)	5.66			6.10			6.54		
%Eff. AC by Mass of Mix(c): b - x(100 - b)/100	5.42			5.87			6.31		
Spec. Hgt. in (d)	2 1/2"	2 1/2"	2 1/2"	2 1/2"	2 1/2"	2 1/2"	2 1/2"	2 1/2"	2 1/2"
DENSITY									
Mass in Air g (e)	1256.7	1254.6	1256.7	1260.0	1255.4	1255.2	1259.8	1259.7	1264.5
Mass Sat. Surface Dry g (f)	1257.0	1255.5	1257.4	1260.5	1256.2	1256.0	1261.2	1260.5	1265.1
Mass in Water g (g)	740.0	739.9	742.2	743.0	740.1	740.4	740.5	739.5	742.6
Bulk Volume ml (h): f - g	517.0	515.6	515.2	517.5	516.1	515.6	520.7	521.0	522.5
Bulk Density g/ml (i): e/h	2.431	2.433	2.439	2.435	2.432	2.434	2.419	2.418	2.420
Average Density	2.434			2.434			2.419		
VOIDS ANALYSIS									
Volume AC %Total (j): c * i/Gac	12.9			14.0			15.0		
Volume Agg. %Total (k): (100-b) i/Gag	85.6			85.2			84.3		
VMA % (l): 100 – k	14.4			14.8			15.7		
Air Voids % (m): l – j	1.5			0.8			0.7		
VFB % (n): 100*j / l	89.6			94.6			95.5		
STABILITY TEST									
Measurement lbs	2130	2180	2110	1980	1970	1940	1800	1780	1820
Adjust lbs	2130	2180	2110	1980	1970	1940	1800	1780	1820
Average Stability lbs	2140			1960			1800		
FLOWS TEST									
Measurement 1/100 in (0.25 mm)	13	12	14	14	14	14	15	16	15
Average Flows 1/100 in (0.25 mm)	13			14			15		

REMARKS .....

.....

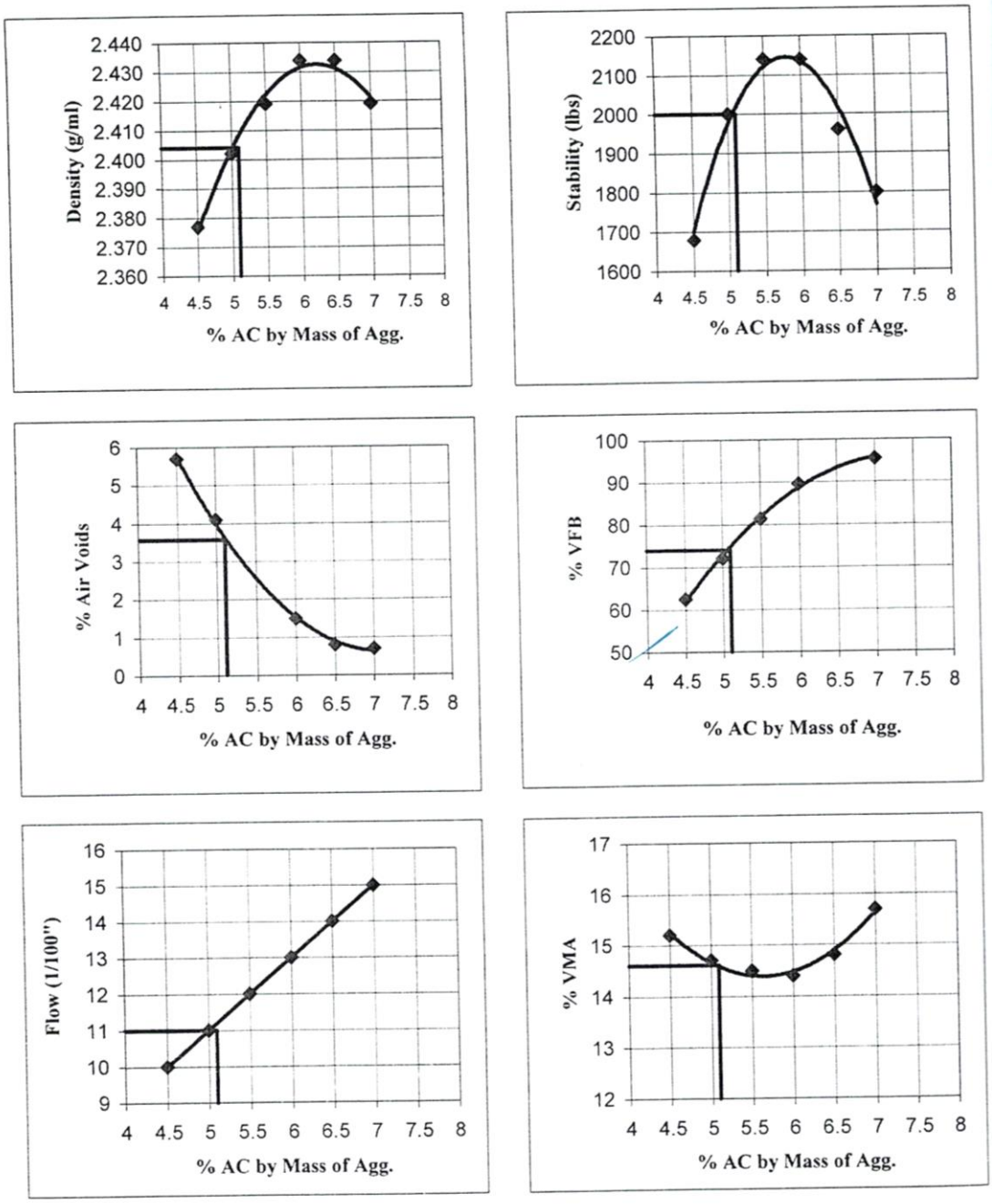
.....

.....

MARSHALL METHOD TEST

โครงการฯ อุดรธานี--หนองบัวลำภู ตอนอุดรธานี-แยกทางหลวงหมายเลข 2313

อันดับการทดลองที่ AC-73/1/2545 ชั้น Binder Course



ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีตกับปริมาณแอสฟัลต์ซีเมนต์ของ Hot Bin 1 : 2 : 3 : 4 เท่ากับ 43 : 30 : 13 : 14

ปฏิบัติการที่ 12

การทดสอบความต้านทานการไหลของแอสฟัลต์คอนกรีตโดยวิธีมาร์แชล

Test for Resistance to Plastic Flow of Bituminous Mixtures Using Marshall Apparatus

12.1 วัตถุประสงค์

วิธีการทดสอบนี้เป็นวิธีการวัดความต้านทานการไหลของก้อนตัวอย่างรูปกระบอก ที่ได้จากการเตรียมวัสดุผสมที่ใช้ในงานผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต วิธีนี้ใช้กับวัสดุผสมที่ประกอบด้วย แอสฟัลต์ซีเมนต์หรือคัตแบกแอสฟัลต์ หรือ น้ำมันดิน (Tar) กับวัสดุมวลรวมที่มีมวลรวมที่มีขนาดโตสุด 25.4 มิลลิเมตร (1นิ้ว)

12.2 มาตรฐานอ้างอิง

ASTM 1559-89 และ AASHTO T 245-82

12.3 วัสดุและอุปกรณ์ทดสอบ

1) แอสฟัลต์ซีเมนต์

2) วัสดุมวลรวมที่มีขนาดโตสุด 25.4 มิลลิเมตร (1 นิ้ว)

3) ส่วนประกอบหล่อตัวอย่าง (Specimen Mold Assembly) ประกอบด้วย แบบหล่อ (Mold) แผ่นฐาน (Base Plates) และปลอกต่อ (Extension Collars)

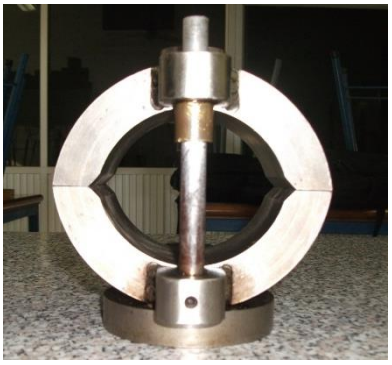
4) เครื่องดันตัวอย่าง (Specimen Extrator) ใช้สำหรับดันตัวอย่างที่ได้รับการบดทับออกจากแบบ โดยประกอบกับปลอกต่อ

5) ค้อนบดทับ (Compaction Hammer) ปลายค้อนเป็นแผ่นเหล็กกลมหน้าแบนหนา 12.7 มิลลิเมตร (0.5 นิ้ว) เส้นผ่านศูนย์กลาง 98.42 มิลลิเมตร (3.875 นิ้ว) ติดกับก้านเหล็กซึ่งมีแท่งเหล็กหนัก 4,536 กรัม (10 ปอนด์) เลื่อนขึ้นลงได้อิสระสำหรับทิ้งน้ำหนักลงบนแผ่นเหล็กกลมในขณะบดทับ ระยะตกของแท่งเหล็กเท่ากับ 457.2 มิลลิเมตร (18 นิ้ว)ปลายค้อนเป็นแผ่นเหล็กกลมหน้าแบนติดกับก้านเหล็กซึ่งมีแท่งเหล็ก 4.536 กรัม เลื่อนขึ้นลงได้

6) แท่นรองการบดทับ (Compaction Pedestal) ประกอบด้วยฐานไม้ขนาด 203.2 x 203.2 x 457.2 มิลลิเมตร (8 x 8 x 18 นิ้ว) มีแผ่นเหล็กกล้าขนาด 304.8 x 304.8 x 25.4 มิลลิเมตร (12 X 12 x 1 นิ้ว) ติดประกบด้านบน ฐานไม้ควรเป็นไม้ที่มีความหนาแน่นแห้งเฉลี่ยประมาณ 0.67 - 0.77 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (42 - 48 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต) ฐานของแท่นร่องการบดทับต้องยึดกับพื้นคอนกรีตทั้ง 4 ด้าน ตั้งอยู่ในแนวดิ่งและแผ่นเหล็กด้านบนต้องได้ระดับ

7) ที่ยึดแบบ (Specimen Mold Holder) ติดตั้งบนแท่นรองบดทับใช้บังคับให้แบบบดทับอยู่กับที่ใช้ทำการบดทับ

8) แบบทดสอบเสถียรภาพ (Stability Mold or Breaking Head) ประกอบด้วย ส่วนบนและส่วนล่างของรูปทรงกระบอกผ่าซีก สำหรับใส่ตัวอย่างที่จะทดสอบหาเสถียรภาพแบบทดสอบนี้มีขนาดรัศมีภายใน 50.8 มิลลิเมตร (2 นิ้ว) ส่วนล่างของแบบติดตั้งอยู่บนฐานและมีแกนนำ 2 แกนตั้ง-ขึ้นสำหรับให้ส่วนบนสวมประกอบ



9) แม่แรงกดทับตัวอย่าง (Loading Jack) ประกอบด้วยเกลียวของแม่แรงซึ่งเคลื่อนที่ขึ้นลงอย่างสม่ำเสมอ ด้วยอัตราเร็ว 50.8 มิลลิเมตรต่อนาที (2 นิ้วต่อนาที) อาจใช้มอเตอร์ในการขับเคลื่อน

10) ชุดวงแหวนวัดแรง (Ring Dynamometer Assembly) เป็นวงแหวนวัดแรงกดได้ถึง 2,267 กิโลกรัม (5,000 ปอนด์ มีความไวในการวัดน้ำหนัก 4.536 กิโลกรัม (10 ปอนด์) ถึง 453.6 ปอนด์ (1,000 ปอนด์) และ 11.340 กิโลกรัม (25 ปอนด์) ในช่วง 453.6 - 2,267 กิโลกรัม (1,000 - 5,000 ปอนด์ มีเกจติดอยู่สำหรับอ่านค่าแรงกด ซึ่งมีขีดแบ่งละเอียดถึง 0.0025 มิลลิเมตร (0.0001 นิ้ว) ชุด วงแหวนวัดแรงนี้ยึดติดกับโครงของแม่แรงกดทับตัวอย่างเพื่อถ่ายแรงกดไปยังแบบทดสอบเสถียรภาพในขณะทดสอบหาเสถียรภาพของตัวอย่างชุดวงแหวนวัดแรงนี้ยึดติดกับโครงของแม่แรงกดทับตัวอย่าง

11) เครื่องวัดการไหล (Flow Meter) ประกอบด้วย ลอกนำและเกจวัดการไหล ปลอกนำของเครื่องวัดการไหล จะมีไว้สำหรับสวมลงบนแกนของแบบทดสอบเสถียรภาพแกนใดแกนหนึ่ง เกจที่ใช้วัดการไหลจะต้องมีขีดแบ่งสำหรับวัดการไหลได้ละเอียดถึง 0.25 มิลลิเมตร (0.01 นิ้ว)

12) เตาอบหรือแผ่นร้อน (Oven or Hot plates) สำหรับให้ความร้อนแก่วัสดุมวลรวม แอสฟัลต์ แบบหล่อตัวอย่าง ค้อนบดทับและอุปกรณ์อื่นๆ ตามอุณหภูมิที่กำหนดไว้ สำหรับการผสมและการหล่อตัวอย่าง เตาอบหรือแผ่นร้อนต้องมีเครื่องมือควบคุมความร้อนให้คงที่ได้ตามกำหนดและถูกต้องภายใน 2.8°C (5°F)

13) อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water Bath) มีความลึกอย่างน้อยที่สุด 152.4 มิลลิเมตร (6 นิ้ว) สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ที่ 60 + 1°C (140 + 1.8°F) หรือ 37.8+1°C (100 + 1.8 °F)ภายในอ่างมีชั้นตะแกรงอยู่สูงจากกันอ่าง 50.8 มิลลิเมตร (2 นิ้ว) สำหรับวางตัวอย่างที่บดทับแล้วอ่างที่ใช้สำหรับวัสดุผสมคัดแบกแอสฟัลต์ควบคมอุณหภูมิอากาศ

14) ภาชนะสำหรับใส่วัสดุมวลรวมเพื่อให้ความร้อนอาจเป็นถาดโลหะก้นแบนหรือภาชนะอื่นที่เหมาะสม เช่น กะละมังเคลือบหรือภาชนะโลหะที่มีขอบสูงประมาณ 70มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่างขอบประมาณ 250 มิลลิเมตร

15) ภาชนะสำหรับใส่วัสดุบิทูเมนเพื่อให้ความร้อน อาจเป็นกระป๋อง บีกเกอร์ หรือหม้อก้นแบนมีด้ามจับ เช่น หม้อหะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 200 มิลลิลิตร

16) เครื่องมือผสม ได้แก่ เกรียงโลหะ

17) ถุงมือสำหรับจับเครื่องมือที่ร้อน

18) เทอร์โมมิเตอร์

19) เครื่องชั่ง ชั่งได้ถึง 2 กิโลกรัม ด้วยความไว 0.1 กรัม ใช้สำหรับชั่งก้อนตัวอย่าง

20) ที่ตักก้นแบน สำหรับตักวัสดุมวลรวมเพื่อการผสม

21) กระดาษรอง

12.4 วิธีการทดสอบ

การเตรียมตัวอย่าง

1) จำนวนตัวอย่างจากแต่ละส่วนผสมของวัสดุมวลรวม และแอลฟัลต์ให้เตรียมตัวอย่างอย่างน้อย 3 ก้อน

2) การเตรียมวัสดุมวลรวมโดยทำวัสดุมวลรวมให้แห้งเพื่อ ให้น้ำหนักคงที่ด้วยอุณหภูมิ 105 - 110 C (221 - 230'F) และแยกวัสดุมวลรวมออกเป็นนาดต่าง ๆ ด้วยการ ร่อนผ่านตะแกรงที่ได้ระบุไว้ในข้อกำหนด

3) อุณหภูมิของการผสมและการบดทับ
   (1) อุณหภูมิของการผสมคือ อุณหภูมิที่ทำให้แอสฟัลต์ซีเมนต์หรือคัตแบกแอสฟัลต์เมื่อได้รับความร้อนแล้วมีความหนืด 170 ± 20 cSt
   (2) อุณหภูมิของการบดทับเมื่อใช้แอสฟัลต์ซีเมนต์ คือ อุณหภูมิที่ทำให้แอสฟัลต์ซีเมนต์เมื่อได้รับความร้อนแล้วมีความหนืด 280 ± 30 cSt
   (3) อุณหภูมิขอการบดทับเมื่อใช้คัตแบกแอสฟัลต์ คือ อุณหภูมิที่ทำให้คัตแบกแอสฟัลต์เมื่อได้รังความร้อนแล้วมีความหนืด 280 ± 30 c cSt หลังจากสูญเสียตัวทำละลาย 50เปอร์เซ็นต์

4) การเตรียมวัสดุผสมนำวัสดุมวลรวมชนิดต่าง ๆ ซึ่งได้แบ่งขนาดออก ตามตะแกรงร่อน (Seve) ที่ได้ระบุไว้จากข้อกำหนด ใช้วัสดุมวลรวม 1,200 กรัม เช่น Mix Proportion Hot Bin 1 : 2 : 3 : 4 เท่ากับ 43 : 31 : 13 : 13 โดย มวลของวัสดุมวลรวม แต่ละ Bin คูณด้วย 1,200 กรัม ดังนี้ (0.43x1,200)+(0.31x1,200) +(0.13 x 1,200) + (0.13 x 1,200) เท่ากับ 1,200 กรัม เป็นต้น

5) แยกวัสดุมวลรวมออกแต่ละ Bin เอาเข้า เตาอบใช้อุณหภูมิประมาณ 200˚C (เผื่ออุณหภูมิ- เอาไว้) ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมงอุณหภูมิขณะบดทับ 150˚C

-

6) เทวัสดุมวลรวมทั้ง 4 Bin ลงในภาชนะโลหะใช้ช้อนใหญ่หรือเกรียงคลุกวัสดุมวลรวมชนิดต่างๆ ให้เข้ากันดี ใช้เกรียงคลุกวัสดุมวลรวมชินต่าง ๆ ให้เข้ากัน

7) อุ่นแอสฟัลต์ให้แอสฟัลต์ซีเมนต์ได้รับความร้อนแล้ว มีความหนืด 170 ± 20 cSt (ปริมาณแอสฟัลต์ที่ใช้เท่ากับ %AC by Mass of Agg. คูณกับ 1,200 กรัม อุ่นด้วยเปลวไฟอ่อน ๆ ใช้เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิบ่อย ๆ ต้องควบคุมอุณหภูมิไม่ให้เกินจากที่กำหนดไว้

8) หลังจากใช้เกรียงคลุกเคล้าวัสดุมวลรวมให้เข้ากันดีแล้วชั่งน้ำหนักอีกครั้งให้ได้ 1,200 กรัม แล้วจึงใช้ช้อนตักแอสฟัลต์ให้ได้น้ำหนักของแอสฟัลต์ที่คำนวณไว้ เทแอสฟัลต์ลงในแอ่งของวัสดุมวลรวม

9) การผสมอย่าให้เกิดการสูญหาย ในกรณีที่ต้องการรักษาอุณหภูมิของ การผสมให้คงที่ให้วางภาชนะโลหะลงบนแผ่นร้อน จากนั้นจึงทำการผสม

10) ทำความสะอาดชุดแบบหล่อตัวอย่างและผิวหน้าของค้อนบดทับแล้ว นำไปรับความร้อนบนแผ่นร้อนที่อุณหภูมิระหว่าง 93.3 ˚C และ148.9˚C (200˚F และ 300˚F)

11) ประกอบแบบแล้วให้นำกระดาษกรองขนาดพอดีกับแบบรองไว้ที่ก้นแบบ

12) นำส่วนผสมเทใส่ลงในแบบเมื่อเทส่วนผสมลงในแบบแล้วใช้เกรียงร้อนแซะตัวอย่างบริเวณรอบแบบ 15 ครั้ง และบริเวณกลางแบบ 10 ครั้งถอดปลอกต่อออกแล้วให้เกรียงแต่ผิวหน้าส่วนผสมเรียบ

13) วางชุดของแบบที่บรรจุตัวอย่างในที่ยึดแบบบนแท่นรองการบดทับ

14) วางค้อนลงบนตัวอย่างในแบบแล้วบดทับ 75 ครั้ง ด้วยการยกท่อนน้ำหนักกดสูง 457.2 มิลลิเมตร (18 นิ้ว) แล้วปล่อยให้ตกอย่างอิสระลงบนแผ่นเหล็กกลมของค้อน ระหว่างการบดทับผู้ปฏิบัติจะต้องจับแกนเหล็กของค้อนให้อยู่ในแนวตั้งฉากกับฐานของแบบ

15) เมื่อครบการบดทับให้ถอดแผ่นฐานและปลอกต่อกลับแบบเอาด้านล่างขึ้นบนดึงหรือลอกพร้อมนำกระดาษแผ่นใหม่มาใส่ไว้ด้านล่างของแบบแล้วประกอบแบบอีกครั้งจากนั้นจึงบดทับด้านที่กลับด้วยจำนวนครั้งที่เท่ากัน

16) หลังจากการบดทับให้ถอดแผ่นฐานออกเสร็จใช้แม่แรงดึงตัวอย่างออก ใช้ปากกาทำเครื่องหมายแล้วนำตัวอย่างไปวางไว้บนผิวหน้าที่แบนเรียบ ปล่อยให้เย็นลงตามอุณหภูมิห้อง 1 คืน

17) นำไปวางบนเครื่องดันตัวอย่างโดยเอาด้านที่สวมปลอกต่อไว้ด้านบนจากนั้นดันตัวอย่างเข้าไปในปลอกต่อ ยกปลอกต่อออกจากตัวอย่าง นำตัวอย่างไปทำการทดสอบคุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีตต่อไป

การทดสอบเพื่อหาความหนาแน่นของตัวอย่างทดสอบ

สมบัติอย่างหนึ่งในการออกแบบส่วนผสมแอสฟลต์คอนกรีต คือ ความหนาแน่นของตัวอย่างทดสอบ วิธีการทดสอบมีดังนี้

1) นำตัวอย่างซึ่งบดทับเรียบร้อยแล้วมาทิ้งไว้ให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้อง 25'C (77 F)
2) ชั่งก้อนตัวอย่างทดสอบในอากาศ

3) ชั่งก้อนตัวอย่างทดสอบในน้ำ

4) เช็ดผิวตัวอย่างให้แห้ง ชั่งมวลในอากาศ ได้มวลของก้อนตัวอย่าง สภาพอิ่มตัวผิวแห้ง

การทดสอบตัวอย่างทดสอบโดยวิธีมาร์แชลล์

การยอกแบบถนนแอสฟัลต์คอนกรีต จำเป็นจะต้องอาศัยความสัมพันธ์ที่เหมาะสมกันระหว่างปริมาณวัสดุมวลรวมและปริมาณแอสฟัลต์ ปริมาณที่เลือกใช้นั้นจะต้องเหมาะสมและพอดีกับปริมาณวัสดุมลวรวมใช้ ถ้าหากใช้แอสฟัลต์มากหรือน้อยเกินไปจะเกิดปัญหาเรื่องความทนทานของถนน ถนนอาจจะชำรุดหรือหมดอายุก่อนกำหนดด้วยสาเหตุดังกล่าวปริมาณแอสฟัลต์ที่เลือกใช้จึงเป็นสิ่งสำคัญขั้นตอน ในการเลือกปริมาณแอสฟัลต์ที่เหมาะสม (Optimum Asphalt Content) สามารถทดสอบได้โดยวิธี มาแชลล์ หลักการโดยทั่วไป คือ จะทำการทดสอบค่าเสถียรภาพ (Stability) การไหล (Flow) ความหนาแน่น (Density) และช่องว่าง (Vod) ของก้อนตัวอย่างทดสอบ คุณสมบัติเหล่านี้จะนำมาคัดเลือกพิจารณา หาปริมาณแอสฟัลต์ที่เหมาะสม วิธีการทดสอบมีดังนี้

1) นำตัวอย่างทดสอบซึ่งได้ทดสอบหาความหนาแน่นแล้วมาวัดขนาดบันทึกความสูงหรือความหนาของตัวอย่างทดสอบแต่ละก้อนให้มีค่าใกล้เคียง 1/16 นิ้ว

2) นำตัวอย่างทดสอบไปแช่ในอ่างน้ำปรับอุณหภูมิที่ 60"C (140F) ทิ้งไว้ประมาณ 30 - 40 นาที

3) เมื่อครบกำหนดให้นำตัวอย่างทดสอบขึ้นมา ใช้ผ้าเช็ดผิวให้แห้ง

4) วางตัวอย่างบนแบบทดสอบเสถียรภาพที่ทาสารกันติดแล้ว

5) นำแบบทดสอบเสถียรภาพมาวางบนเครื่องทดสอบมาร์แชลล์ ให้แบบทดสอบเสถียรภาพอยู่ใต้ท่อนกด (Piston) ท่อนกดนี้จะอยู่ติดกับ Proving Ring เดินเครื่องทดสอบมาร์แชลล์ให้แบบทดสอบค่อย ๆ เลื่อนขึ้นมาสัมผัสกับท่อนกด ระมัดระวังพยายามให้แบบทดสอบ สัมผัสกับท่อนกดพอดี สังเกตได้จากเข็มบน Dial Gage ซึ่งติดกับ Proving Ring จะเคลื่อนไหว

6) ตั้งเข็มบน Dial Gage ให้เท่ากับศูนย์ จากนั้นตั้งเข็มบน Dial Gage ของเครื่องวัดค่าการไหลซึ่งติดอยู่กับแบบทดสอบเสถียรภาพให้เท่ากับศูนย์ตั้งเข็มบน Dial Gage ของเครื่องวัดคำการไหลให้เท่ากับศูนย์

7) จากนั้นเดินเครื่องทดสอบ ให้ Load กระทำต่อตัวอย่างทดสอบด้วยอัตราการเคลื่อน 2 นิ้วต่อนาที ให้ Load กระทำต่อตัวอย่างทดสอบจนกระทั่งตัวอย่างทดสอบเริ่มแตก ที่จุดนี้จะเป็น Load ที่สูงสุดที่ตัวอย่างทดสอบสามารถต้านทานได้

8) อ่านค่าที่เข็มแสดงบน Dial Gage พร้อมบันทึกผลการทดสอบขณะทำการทดสอบว่า เมื่อ Load สูงสุดปรากฏ เข็มบน Dial Gage จะเริ่มถอยหลังกลับไปที่ศูนย์ เมื่อเข็มเริ่มบันทึกค่าการไหลในหน่วย 1/100 นิ้ว

หมายเหตุ :

*ค่าเสถียรภาพ ซึ่งวัดจาก Dial Gage ของ Proving Ring จะต้องนำไปเทียบมาตรฐาน(Calibrated) ให้มีหน่วยเป็นปอนด์ บันทึกค่าเสถียรภาพที่เทียบมาตรฐานเรียบร้อย

*เนื่องจากค่าเสถียรภาพจะเปลี่ยนไปตามความหนา (ความสูง) ของตัวอย่างทดสอบ ดังนั้นในการทดสบถ้าหากตัวอย่างทดสอบมีความหนามากหรือน้อยกว่า 2.5 นิ้ว จำต้องมีการปรับ (Adjusted) ให้ถูกต้อง การปรับสามารถกระทำได้โดยใช้อัตราส่วนเทียบเสถียรภาพ (Stability Correlation Ratios) ดังตารางที่ 12.1 คูณกับคำเสถียรภาพ

ตารางที่ 12.1 อัตราส่วนเทียบเสถียรภาพ (Stability Correction Ratios)

ปริมาตรของก้อนตัวอย่าง (ลูกบาศก์เซนติเมตร)	ความหนาของก้อนตัวอย่าง (นิ้ว) [2]	ความหนาของก้อนตัวอย่าง	อัตราส่วนเทียบ
200-213	1	25.4	5.56
214-225	1 1/16	27.0	5.00
226-237	1 1/18	28.6	4.55
238-250	1 3/16	30.2	4.17
251-264	1 ¼	31.8	3.85
265-276	1 5/16	33.3	3.57
277-289	1 3/8	34.9	3.33
290-301	1 7/16	36.5	3.03
302-316	1 ½	38.1	2.78
317-328	1 9/16	39.7	2.50
329-340	1 5/8	41.3	2.27
341-353	1 11/16	42.9	2.08
354-367	1 ¾	44.4	1.92
368-379	1 13/16	46.0	1.79
380-392	1 7/8	47.6	1.67
393-405	1 15/16	49.2	1.56
406-420	2	50.8	1.47
421-431	2 1/16	52.4	1.39
432-443	1 1/18	54.0	1.32
444-456	2 3/16	55.6	1.25
457-470	2 ¼	57.2	1.19
471-482	2 5/16	58.7	1.14
483-495	2 3/8	60.3	1.09
496-508	2 7/16	31.9	1.04
509-522	2 ½	63.5	1.00
523-535	2 9/16	64.0	0.96
536-546	2 5/8	65.1	0.93
547-559	2 11/16	66.7	0.89
560-573	2 ¾	68.3	0.86
574-585	2 13/16	71.4	0.83
586-598	2 7/8	73.0	0.81
599-610	2 15/16	74.6	0.78
611-625	3	76.2	0.76

[1] ค่าอัตราส่วนเทียบนี้ใช้คูณกับค่าเสถียรภาพที่อ่านได้จากการทดสอบ เพื่อปรับเทียบกับตัวอย่างที่มีความหนามาตรฐาน 63.5 มิลลิเมตร (2.5 นิ้ว)

[2] ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรกับความหนา เมื่อเทียบกับก้อนตัวอย่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 101.6 มิลลิเมตร (4 นิ้ว)

12.5 ตารางผลการทดสอบ

Resistance to Plastic Flow of Bituminous Mixtures Using Marshall Apparatus										
Project :				Owner :						
Material :										
Source :										
Tested by :				Date :						
Mix Proportion Hot bin 1:2:3:4 =					Pen. Grade AC 60-70					
Avg. Sp.Gr.Agg. And Filler (Gag) =					Sp. Gr. AC (Gac) =					
Compaction, number of blows each end =					Asphalt Absorption (x) = %					
No of Sample		1	2	3	4	5	6	7	8	9
% AC By Mass of Agg.	(a)									
% AC By Mass of Mix	(b)									
% Eff. AC By Mass Of Mix	(c) = b-x(100-b)/100									
Spec. Hgt. in	(d)									
DENSITY										
Mass in Air, g	(e)									
Mas Sat. Surface Dry, g	(f)									
Mass in Water, g	(g)									
Bulk Volume, ml	(h) = f-g									
Bulk Density, g/ml	(i) = e/h									
Average Density										
VOIDS ANALYSIS										
Volume Eff. AC, % Total	(j) = c*i/Gac									
Volume Agg., % Total	(k) = (100-b)i/Gag									
VMA, %	(l) = 100-k									
Air Voids, %	(m) = l-j									
VFB, %	(n) = 100*j/l									
STABILITY										
Measurement, Divisions										
Measurement, kgs										
Measurement, lbs										
Adjust, lbs										
Average Stability										
FLOWS										
Measurement, 1/100 in (0.25 mm)										
Average Flows										

10.8 สรุปและวิจารณ์ผลการทดสอบ

หนังสืออ้างอิง

นิรชร พึ่งแดง. (2550). **การทดสอบวัสดุการทาง (Highway materials testing)** สำนักพิมพ์ สสท., กรุงเทพฯ : 2550

ภาคผนวก

ตัวอย่างการจัดทำรายงานปฏิบัติการ

(หน้าปก)

ปฏิบัติการทดลองที่ 1

การทดสอบความถ่วงจำเพาะ และความหนาแน่นของวัสดุบิทูเมนสภาพกึ่งแข็ง

(Test for Specific Gravity and Density of Semi-Solid Bituminous Materials)

เสนอ

..... (ชื่อ – สกุล อาจารย์ผู้สอน) .....

..... (ชื่อ – สกุล อาจารย์ผู้สอน) .....

..... (ชื่อ – สกุล อาจารย์ผู้สอน) .....

สมาชิกกลุ่ม

ชื่อ-สกุล ..... รหัส..... กลุ่ม.....

ชื่อ-สกุล ..... รหัส..... กลุ่ม.....

ชื่อ-สกุล ..... รหัส..... กลุ่ม.....

ชื่อ-สกุล ..... รหัส..... กลุ่ม.....

ชื่อ-สกุล ..... รหัส..... กลุ่ม.....

ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563

วิชา (31-407-012-314) Highway Materials Testing Laboratory

(เนื้อหา)

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

ปฏิบัติการทดลองที่.....

.....(ชื่อการทดลองภาษาไทย).....

.....(ชื่อการทดลองภาษาอังกฤษ).....

1. **วัตถุประสงค์**
2. **มาตรฐานอ้างอิง**
3. **บทนิยาม** (ถ้ามี)
4. **วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องทดสอบ** (พร้อมภาพประกอบ)
5. **วิธีการทดสอบ** (พร้อมภาพประกอบ)
6. **ตารางการทดสอบ**
7. **ตัวอย่างการคำนวณ**
8. **สรุปและวิจารณ์ผลการทดสอบ** (เปรียบเทียบผลกับมาตรฐาน)

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น