บทที่ 5
การออกแบบโครงสร้างถนนที่มี Asphalt Recycled Base เป็นพื้นทาง

หลักการออกแบบโครงสร้างถนนลาดยาง

การออกแบบโครงสร้างถนนลาดยางให้ปลอดภัยจากการจราจรมีหลักการกว้าง ๆ คือ ความหนาของชั้นทางต้องมากพอที่จะลด Stress/Strain อันเนื่องมาจาก Wheel Load/Load Repetitions ได้ และคุณสมบัติความแข็งแรงของวัสดุในชั้นทางจะต้องมากพอที่จะรับ Stress/Strain ที่เกิดในแต่ละชั้นทางได้อย่างปลอดภัย ดังนั้น การจะเพิ่มความมั่นคงแข็งแรงให้กับโครงสร้างถนนลาดยางจึงสามารถทำได้ 2 แนวทาง คือ (1) เพิ่มความหนาของโครสรางชั้นทาง และ (2) เพิ่มคุณสมบัติความแข็งแรงของโครงสร้างชั้นทาง

5.1 การออกแบบโครงสร้างถนนที่มี Cement / Asphalt Treated Base เป็นพื้นทาง

การออกแบบโครงสร้างถนนที่มี Cement / Asphalt Treated Base เป็นพื้นทางให้ใช้วิธีการของ The Asphalt Institute (1970) โดยหาค่า Subgrade CBR จาก Road Inventory หรือจากแบบเก่า ๆ ที่ควรจะมีผลการออกแบบเดิมอยู่ จากนั้น คำนวณ T_A โดยใช้ข้อมูลปริมาณจราจรในขณะนั้น โดยคิดให้ใช้ Design Period 7 ปี ก็จะสามารถหาค่า T_A ได้

ความหนาของแต่ละชั้นทางก็สามารถหาได้ตามวิธีการของ The Asphalt Institute (1970) โดยพิจารณาใช้ Substitution Ratio ของ Cement / Asphalt Treated Base: Asphalt Concrete เท่ากับ (1.5 – 1.8) : 2.0 (พิจารณาให้ Cement / Asphalt Treated Base แข็งแรงกว่าหินคลุกเพราะพื้นทางทั้งสองประเภทสามารถรับ Radial Tensile Strain ได้คล้าย ๆ กับ Asphalt Concrete) รายละเอียดของข้อมูลที่จำเป็นที่จะใช้ในการออกแบบจะกล่าวต่อไป

5.2 การสำรวจเพื่อออกแบบ Cement / Asphalt Recycled Base Pavement

ในการออกแบบโครงสร้างถนนที่มี Cement / Asphalt Recycled Base เป็นพื้นทาง วิศวกรจะต้องทราบข้อมูลต่าง ๆ ของถนนที่ใช้งานอยู่เดิมโดยละเอียด ซึ่งมีขั้นตอนเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่จำเป็นดังต่อไปนี้

5.2.1 Road Inventory - ข้อมูลจาก Road Inventory ทำให้วิศวกรสามารถทราบรายละเอียดต่าง ๆ เกี่ยวกับถนนที่จะออกแบบเป็น Recycled Base Pavement เช่น โครงสร้างถนนประวัติการก่อสร้าง ประวัติการซ่อมบำรุง Soft Spot ต่าง ๆ ข้อมูลจาก Road Inventory เหล่านี้ จะช่วยให้วิศวกรวางแผนงานสำรวจ ออกแบบและก่อสร้าง Recycled Base ได้อย่างมีประสิทธิภาพและประหยัดเวลา

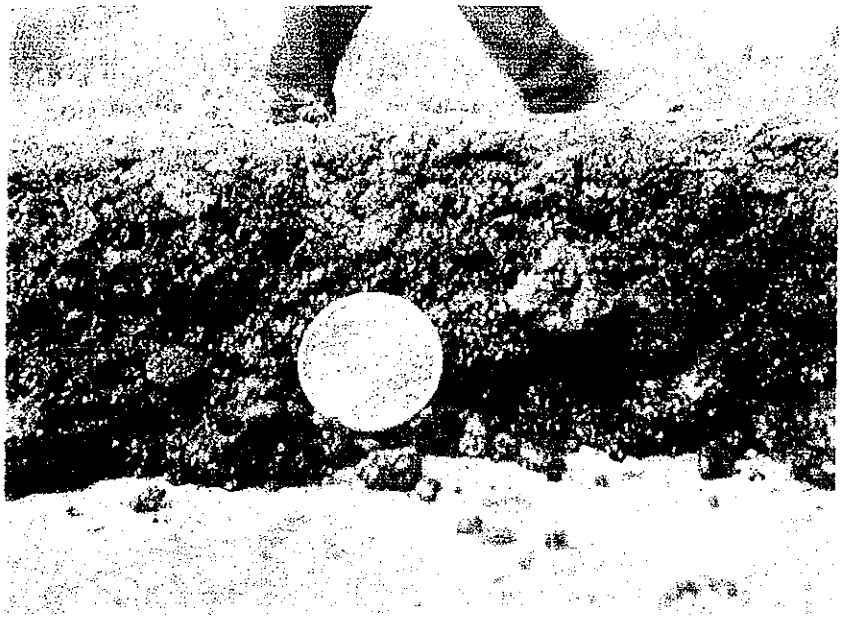
5.2.2 การเจาะเก็บตัวอย่างวัสดุชั้นทาง และการทดสอบ Field Density ของถนน

5.2.2.1 เจาะเก็บตัวอย่างวัสดุชั้นพื้นทาง และรองพื้นทางทุก ๆ 250 เมตร เพื่อ ทดสอบ Sieve Analysis และ Atterberg Limits

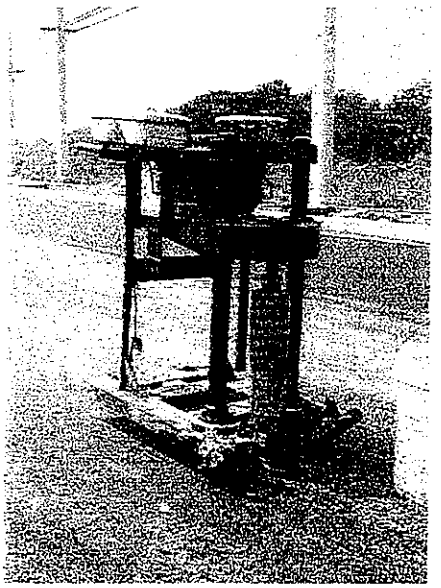
5.2.2.2 ตรวจสอบ Field Density ของชั้นพื้นทาง และรองพื้นทางทุก ๆ 250 เมตร

5.2.2.3 ตรวจวัดความหนาของชั้นพื้นทาง และรองพื้นทางทุก ๆ 250 เมตร

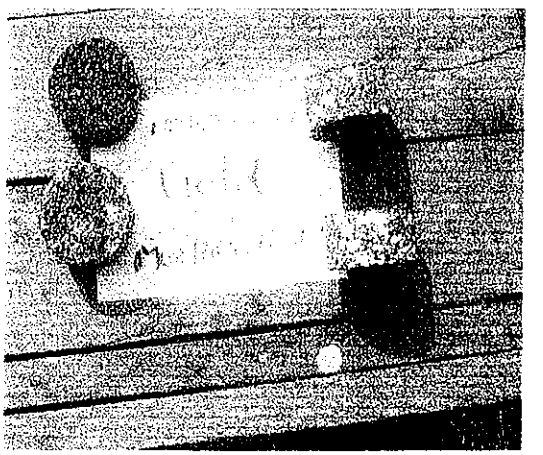
5.2.2.4 ทุก ๆ 1 – 2 กม. เก็บตัวอย่างชั้นพื้นทาง และรองพื้นทางมาทดสอบ Modified Proctor Test และ CBR Test



รูป 5.1 ความหนาของชั้นพื้นทาง



รูป 5.2 เครื่องเก็บตัวอย่าง



รูป 5.3 ก้อนพื้นผิวที่นำมาทดสอบ

5.2.2.5 ข้อมูลตามข้อ 5.2.2.1 ทำให้วิศวกรทราบว่าวัสดุอยู่ใน AASHTO Soil Groups ใด และมีค่า Probable CBR เป็นเท่าใด (จาก Illinois Department of Transportation Nomograph)

5.2.2.6 ข้อมูล ตามข้อ 5.2.2.4 จะให้ค่า CBR ของวัสดุพื้นทาง และรองพื้นทางตลอดสาย

5.2.2.7 ข้อมูลทั้งหมดจะช่วยให้วิศวกรสามารถออกแบบ Cement / Asphalt Recycled Base Pavement ได้

5.2.2.8 การดำเนินการเจาะสำรวจ และทดสอบตามข้อ 5.2.2.1 – 5.2.2.4 สามารถจะปรับเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสมกับสภาพถนน ถ้าข้อมูลจาก Road Inventory ตามข้อ 5.2.1 มีมาก และเชื่อถือได้ การดำเนินการตามข้อ 5.2.2 ก็สามารถจะลดความถี่ของการสำรวจและทดสอบลงได้

5.3 <u>การออกแบบปรับปรุงชั้นทางเดิม</u>

5.3.1 การออกแบบทั่วไป

หมายถึง ข้อแนะนำต่าง ๆ ที่ให้ไว้แก่ผู้ออกแบบเพื่อใช้ประกอบการพิจารณาออกแบบโดยมีหัวข้อแนะนำต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

5.3.2 ในงานใด ๆ อาจออกแบบให้ปรับปรุงชั้นทางเดิม โดยวิธีการปรับปรุงในที่ หรือปรับปรุงที่โรงงาน หรือทั้งสองวิธีก็ได้แล้วแต่ความเหมาะสม

5.3.3 การปรับปรุงชั้นทางเดิมเป็นชั้นทางใหม่ อาจนำวัสดุชั้นทางเดิมใด ๆ ที่เหมาะสมมารวมกันเพื่อปรับปรุงให้เป็นชั้นทางใหม่ก็ได้

5.3.4 ชั้นผิวทางเดิมที่เป็นแอสฟัลต์คอนกรีต ที่มีค่าเพนเนเตรชั่นของแอสฟัลต์ 30 ขึ้นไป ควรพิจารณานำมาหมุนเวียนใช้ในงานผิวทางหรืองานซ่อมบำรุงผิวทางให้เหมาะสม ทั้งนี้ไม่ควรนำมารวบกับวัสดุชั้นพื้นทาง หรือชั้นรองพื้นทาง

5.3.5 ชั้นผิวทางเดิมที่เป็นผิวทางแอสฟัลต์อื่น และที่ไม่ใช่ผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตตามข้อ 5.2.5 อาจนำไปปรับปรุงรวมกับชั้นทางอื่นก็ได้ แล้วแต่ความเหมาะสม

5.3.6 สำหรับการปรับปรุงชั้นทางเดิมในที่ ถ้าชั้นผิวทางแอสฟัลต์เดิมมีความหนามากเกินกว่าขีดความสามารถของเครื่องจักรขุดผสมที่จะดำเนินการได้ผลดี ให้ขุดผิวทางส่วนที่มีความหนาเกินนั้นออก หากไม่สามารถขุดผิวทางออกบางส่วนได้ ให้ขุดรื้อผิวทางแอสฟัลต์นั้นออก แล้วทดแทนด้วยวัสดุใหม่ที่มีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อกำหนดของชั้นทางที่จะปรับปรุงนั้น

5.4 การออกแบบส่วนผสม

5.4.1 ในรูปแบบจะต้องแสดงรูปตัดโครงสร้างชั้นทางเดิม รูปตัดโครงสร้างชั้นทางใหม่ รายละเอียดวิธีการปรับปรุง และการใช้วัสดุต่าง ๆ พร้อมทั้งข้อกำหนดคุณสมบัติของวัสดุ และส่วนผสม ถ้าผู้ออกแบบมิได้กำหนดคุณสมบัติของวัสดุ และส่วนผสมเป็นอย่างอื่น ให้คุณสมบัติของวัสดุและส่วนผสมเป็นไปตามมาตรฐานของกรมทางหลวงสำหรับชั้นทางนั้น ๆ

5.4.2 ก่อนการออกแบบส่วนผสม ให้ผู้รับจ้างต้องสำรวจตรวจสอบ หาข้อมูลชั้นทางที่ปรับปรุงโดยละเอียด เพื่อประโยชน์ในการออกแบบส่วนผสมได้อย่างถูกต้อง เหมาะสมกับสภาพความเป็นจริงในสนาม และก่อนเริ่มงานเป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 30 วัน ให้ผู้รับจ้างเสนอผลการออกแบบส่วนผสมพร้อมด้วยตัวอย่างวัสดุที่ใช้ พร้อมข้อมูลต่าง ๆ ต่อกรมทางหลวงหรือข้อมูลเพิ่มเติมอื่นตามที่กรมทางหลวงต้องการ เพื่อประกอบการพิจารณาให้ความเห็นชอบการออกแบบส่วนผสมนั้น ผู้รับจ้างอาจร้องขอให้กรมทางหลวงเป็นผู้ออกแบบส่วนผสมให้ก็ได้ ค่าใช้จ่ายในการนี้ผู้รับจ้างต้องเป็นผู้รับผิดชอบทั้งสิ้น

5.4.3 กรณีผลการทดสอบส่วนผสมในสนาม หรือในห้องปฏิบัติการ หรือจากแปลงทดสอบในสนาม หรือจากแปลงก่อสร้างใด ๆ ในสนาม ในแต่ละกรณีหรือหลายกรณีที่ไม่เป็นไปตามแบบ หรือข้อกำหนด หรือแบบส่วนผสมตามที่ได้รับความเห็นชอบจากกรมทางหลวง นายช่างผู้ควบคุมงานต้องพิจารณาให้แก้ไขปรับปรุงให้ถูกต้องตามแบบหรือข้อกำหนด หรือให้ออกแบบส่วนผสมใหม่ก็ได้ ทั้งนี้ให้อยู่ในดุลยพินิจของนายช่างผู้ควบคุมงาน

5.4.4 ค่าใช้จ่ายในการสำรวจ ตรวจสอบ การออกแบบส่วนผสม การแก้ไขปรับปรุงแบบส่วนผสม ค่าธรรมเนียมการตรวจสอบ รวมถึงผลความเสียหายใด ๆ ผู้รับจ้างต้องเป็นผู้รับผิดชอบทั้งสิ้น

5.5 การออกแบบและข้อกำหนดในการก่อสร้าง

5.5.1 ต้องมีการตรวจสอบข้อมูลในการสำรวจด้วยการไปตรวจดูพื้นที่ก่อนดำเนินการออกแบบ อาจจะมีการให้สำรวจเพิ่มเติมอีก เพื่อให้ข้อมูลทันสมัย ชัดเจน และเหมาะสมยิ่งขึ้น

5.5.2 รูปตัดของถนนที่ออกแบบใหม่ ต้องแสดงระดับและความลาดเอียงใหม่ว่ามีผลต่อรูปตัดของถนนเดิมหรือไม่ อย่างไร ในส่วนที่เสริมความหนา (Fill) หรือในส่วนที่ตัดออก (Cut) โดยกำหนดขั้นตอนในการทำงานให้ชัดเจน

5.5.3 การออกแบบปรับปรุงชั้นทางนั้น ให้ปรับปรุงถึงชั้นทางที่เสียหาย พร้อมทั้งระบุถึงวัสดุที่ใช้ปรับปรุงด้วย และการปรับปรุงว่าจะใช้วิธีการผสมในที่ หรือวิธีการผสมที่โรงงาน

5.5.4 การออกแบบโครงสร้างชั้นทางใหม่ ควรออกแบบให้หลากหลายรูปแบบ ที่สามารถปรับปรุงชั้นทางเดิมได้ เพื่อนำมาวิเคราะห์หารูปแบบที่เหมาะสมในการตัดสินใจพิจารณาเลือกใช้ต่อไป

5.5.5 ในการออกแบบ สามารถที่จะกำหนดข้อกำหนดพิเศษเพื่อให้เหมาะสมกับโครงการแต่ละโครงการได้ โดยให้พิจารณาและคำนึงถึงสภาพการใช้งาน สภาพลมฟ้าอากาศ วัสดุท้องถิ่น สิ่งแวดล้อม ปริมาณวัสดุที่หมดเปลืองไป งบประมาณ ประสบการณ์ บุคลากรที่ชำนาญงานและการพัฒนาฝีมือแรงงาน รวมทั้งแผนงานการบำรุงดูแลรักษา ทั้งนี้ต้องเป็นไปตามหลักเกณฑ์ทางวิชาการ

5.6 การออกแบบของกรมทางหลวง

Asphalt Hot – Mix Recycling หมายถึง Recycling Asphalt Concrete โดยการใช้แอสฟัลต์คอนกรีตที่ได้จากการรื้อชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตเดิม นำมาใช้เป็นวัตถุดิบ โดยอาจเพิ่มวัสดุใหม่เข้าไปผสมด้วยหรือไม่ก็ได้ตามความจำเป็น วัสดุใหม่ดังกล่าวได้แก่ แอสฟัลต์ซีเมนต์ และหรือสารปรับปรุงคุณภาพแอสฟัลต์ (Asphalt Recycling Agent) และหรือมวลรวม และหรือแอสฟัลต์คอนกรีตใหม่ มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในงานบำรุงทาง หรืองานบูรณะลาดยาง โดยการปูและบดทับบนชั้นทางใด ๆ ที่ได้เตรียมไว้ให้ถูกต้องตามแนว ระดับความลาด ตลอดจนรูปตัดตามที่ได้แสดงไว้ในแบบ

5.6.1 วัสดุ

วัสดุที่ใช้ทำ Recycling Asphalt Concrete ประกอบด้วยวัสดุเก่า คือ แอสฟัลต์คอนกรีตเดิม โดยอาจใช้วัสดุใหม่ คือ แอสฟัลต์ซีเมนต์ และหรือสารปรับปรุงคุณภาพแอสฟัลต์ และหรือมวลรวม และหรือแอสฟัลต์คอนกรีตใหม่ ผสมเพิ่มด้วยก็ได้ตามความจำเป็น ซึ่งขึ้นอยู่กับคุณภาพของวัสดุเก่าที่นำมาใช้ โดยจะต้องดำเนินการทดลองและออกแบบส่วนผสมเฉพาะงานที่เหมาะสม

5.6.1.1 แอสฟัลต์คอนกรีตจากชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตเดิม

แอสฟัลต์คอนกรีตจากชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตเดิม ได้จากการรื้อชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีต โดยอาจใช้วิธีคราด (Ripping) แล้วนำมาย่อมจนได้ขนาดตามที่ต้องการ

หรือวิธีตัดแบบเย็น (Cold Milling) หรือวิธีตัดแบบร้อน (Hot Milling) ก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องจักร เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการ และลักษณะการใช้งาน วัสดุดังกล่าวที่นำมาใช้จะต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

5.6.1.1.1 ปราศจากมวลรวมของชั้นทางด้านล่างที่ไม่ใช่แอสฟัลต์คอนกรีต สิ่งสกปรกและวัสดุไม่พึงประสงค์อื่นๆ ปะปน

5.6.1.1.2 มีขนาดค้างตะแกรงโตสุด สำหรับชุดตะแกรงของขนาดคละที่กำหนด ไม่มากกว่าร้อยละ 5 โดยมวล

5.6.1.1.3 ขนาดคละของมวลรวมเดิม ซึ่งเมื่อผสมกับมวลรวมของแอสฟัลต์คอนกรีตใหม่และหรือผสมกับมวลรวมใหม่ตามข้อ 5.6.1.1.2 แล้ว จะต้องได้ขนาดคละของมวลรวมทั้งหมดเป็นไปตามสูตรส่วนผสมเฉพาะงานที่ได้ออกแบบไว้แล้ว และขนาดคละดังกล่าวจะต้องเป็นไปตามตารางที่ 1 ด้วย

ตารางที่ 5.1 ขนาดคละของมวลรวมภายหลังการผสม

ขนาดที่ใช้เรียก มิลลิเมตร (นิ้ว)		9.5 (3/8)	12.5 (1/2)	19.0 (3/4)	25.0 (1)
สำหรับชั้นทาง		Wearing Course	Wearing Course	Binder Course	Base Course
ความหนา มิลลิเมตร		25 – 35	40 – 70	40 – 80	70 – 100
ขนาดตะแกรง		ปริมาณผ่านตะแกรง ร้อยละ โดยมวล			
มิลลิเมตร	(นิ้ว)				
37.5	(1 ½)				100
25.0	(1)			100	90 – 100
19.0	(3/4)		100	90 – 100	-
12.5	(1/2)	100	80 – 100	-	56 – 80
9.5	(3/8)	90 – 100	-	56 – 80	-

4.75	(เบอร์ 4)	55 – 85	44 – 74	35 – 65	29 – 5
2.36	(เบอร์ 8)	33 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

หมายเหตุ 1. กรมทางหลวงอาจพิจารณาเปลี่ยนแปลงขนาดคละของมวลรวมที่ใช้ แตกต่างจากตารางที่ 1 ก็ได้ ทั้งนี้ Recycling Asphalt Concrete ที่ได้ต้องมีคุณสมบัติและความแข็งแรงถูกต้องตามตารางที่ 3

2. ความหนา ตามตารางที่ 1 เป็นความหนาแนะนำเท่านั้น

5.6.1.2 มวลรวมผสมเพิ่ม ประกอบด้วยมวลหยาบ (Coarse Aggregate) และหรือมวลละเอียด (Fine Aggregate) กรณีที่มวลละเอียดมีส่วนละเอียดไม่พอ หรือต้องการปรับปรุงคุณภาพ และความแข็งแรงของ Recycling Asphalt Concrete อาจเพิ่มวัสดุผสมแทรก (Mineral Filler) ด้วยก็ได้

5.6.1.2.1 มวลหยาบ หมายถึง ส่วนที่ค้างตะแกรงขนาด 4.75 มิลลิเมตร (เบอร์ 4) เป็นหินย่อย (Crushed Rock) หรือวัสดุอื่นใดที่กรมทางหลวงอนุมัติให้ใช้ได้ ต้องเป็นวัสดุที่แข็งและคงทน (Hard and Durable) สะอาด ปราศจากวัสดุไม่พึงประสงค์ใด ๆ ที่อาจทำให้ Recycling Asphalt Concrete มีคุณภาพด้อยลง

ในกรณีที่ไม่ได้ระบุคุณสมบัติของมวลหยาบไว้เป็นอย่างอื่น มวลหยาบต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

(1) เมื่อทดลองตามวิธีการทดลองที่ ทล. –ท. 202/2515 "วิธีการทดลองหาความสึกหรอของ Coarse Aggregate โดยใช้เครื่อง Los Angeles Abrasion" ความสึกหรอต้องไม่เกินร้อยละ 40

(2) เมื่อทดลองตามวิธีการทดลองที่ ทล. –ท. 213/2515 "วิธีการทดลองหาความคงทน (Soundness) ของมวลรวม" โดยใช้โซเดียมซัลเฟต จำนวน 5 รอบ ส่วนที่ไม่คงทน (Loss) ต้องไม่เกินร้อยละ 9

(3) เมื่อทดลองตามวิธีการทดลอง AASHTO T182 – 84 "Coating and Stripping of Bitumen – Aggregate Mixtures" ผิวของมวลหยาบต้องมีแอสฟัลต์เคลือบไม่น้อยกว่าร้อยละ 95

5.6.1.2.2 มวลละเอียด หมายถึง ส่วนที่ผ่านตะแกรงขนาด 4.75 มิลลิเมตร (เบอร์ 4) เป็นหินฝุ่นหรือทรายที่สะอาด ปราศจากสิ่งสกปรกหรือวัสดุอันไม่พึงประสงค์ใด ๆ ปะปนอยู่ซึ่งอาจทำให้ Recycling Asphalt Concrete มีคุณภาพดด้อยลง

ในกรณีที่ไม่ได้ระบุคุณสมบัติของมวลละเอียดไว้เป็นอย่างอื่น มวลละเอียดต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

(1) เมื่อทดลองตามวิธีการทดลองที่ ทล. –ท. 202/2515 "วิธีการทดลองหาค่า Sand Equivalent" ต้องมีค่า Sand Equivalent ไม่น้อยกว่าร้อยละ 50

(2) เมื่อทดลองตามวิธีการทดลองที่ ทล. –ท. 213/2515 "วิธีการทดลองหาความคงทน (Soundness) ของมวลรวม" โดยใช้โซเดียมซัลเฟต จำนวน 5 รอบ ส่วนที่ไม่คงทน (Loss) ต้องไม่เกินร้อยละ 9

มวลละเอียดจากแหล่งเดิมที่มีหลักฐานแสดงผลทดลองหาความคงทนว่าใช้ได้อาจจะยกเว้นไม่ต้องทดลองอีกก็ได้ ทั้งนี้ให้อยู่ในดุลยพินิจของกรมทางหลวง

5.6.1.2.3 วัสดุผสมแทรก ใช้ผสมเพิ่มในกรณีเมื่อผสมมวลหยาบกับมวลละเอียดเป็นมวลรวมแล้วส่วนละเอียดในมวลรวมยังมีไม่พอ หรือใช้ผสมเพื่อปรับปรุงคุณภาพของ Recycling Asphalt Concrete วัสดุแทรกอาจเป็น Stone Dust, Porthand Cement, Silica Cement, Silica Cement, Hydrated Lime หรือ วัสดุอื่นใดที่กรมทางหลวงอนุมัติให้ใช้ได้

วัสดุผสมแทรกต้องแห้ง ไม่จับกันเป็นก้อน เมื่อทดลองตามวิธีการทดลองที่ ทล. –ท. 205/2517 "วิธีการทดลองหาขนาดเม็ดวัสดุโดยผ่านตะแกรงแบบล้าง" ต้องมีขนาดคละตามตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 ขนาดคละของวัสดุผสมแทรก

ขนาดตะแกรง มิลลิเมตร	ปริมาณผ่านตะแกรง ร้อยโดยมวล
0.600 (เบอร์ 30)	100
0.300 (เบอร์ 50)	75 – 100
0.075 (เบอร์ 200)	55 – 100

ในกรณีที่กรมทางหลวงเห็นว่าวัสดุที่มีขนาดคละแตกต่างไปจากตารางที่ 2 แต่เมื่อนำมาใช้เป็นวัสดุผสมแทรกแล้วจะทำให้ Recycling Asphalt Concrete มีคุณภาพเป็นไปตามที่กำหนด ก็อาจอนุมัติให้ใช้วัสดุนั้นเป็นวัสดุผสมแทรกได้

5.6.1.3 แอสฟัลต์

ในกรณีที่ไม่ได้ระบุชนิดของแอสฟัลต์ไว้เป็นอย่างอื่น ให้ใช้แอสฟัลต์ซีเมนต์ AV 60 – 70 ตามมาตรฐานเลขที่ มอก. 851 "มาตราฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแอสฟัลต์ซีเมนต์สำหรับงานทาง"

5.6.1.4 สารปรับปรุงคุณภาพแอสฟัลต์ (Asphalt Recycling Agent)

เป็นสารประกอบที่มีคุณสมบัติทางเคมี และฟิสิกส์ เหมาะสมที่จะใช้ปรับปรุงคุณภาพแอสฟัลต์ซีเมนต์ ในแอสฟัลต์คอนกรีตจากชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตเดิมที่เสื่อมคุณภาพ ให้กลับมีคุณภาพตามข้อกำหนดที่ต้องการ สารปรับปรุงคุณภาพแอสฟัลต์จะต้องมีคุณสมบัติตามข้อกำหนด ASTMD 4552 – 86 "standard Practice for Classifying Hot Mix Recycling Agents"

การเก็บรักษาสารปรับปรุงคุณภาพแอสฟัลต์ ให้เก็บในถังเก็บชนิดที่ควบคุมอุณหภูมิได้โดยอัตโนมัติ ซึ่งสามารถรักษาอุณหภูมิของสารปรับปรุงคุณภาพแอสฟัลต์ไว้ได้คงที่ตามที่กำหนดระหว่าง 38 – 163 องศาเซลเซียส (10 – 325 องศาฟาเรนไฮต์)

5.6.1.5 แอสฟัลต์คอนกรีตใหม่

ในกรณีที่ต้องใช้แอสฟัลต์คอนกรีตใหม่ผสมกับแอสฟัลต์คอนกรีตจากชั้นทางแอสฟัลต์คอนกรีตเดิม แอสฟัลต์คอนกรีตใหม่ที่นำมาใช้จะต้องถูกต้องตามที่ได้ออกแบบไว้ และ

เมื่อผสมกับแอสฟัลต์คอนกรีตเดิมแล้ว จะต้องมีขนาดคละของมวลรวมเป็นไปตามสูตรส่วนผสมเฉพาะงานที่ได้ออกแบบไว้แล้ว และขาดคละดังกล่าวต้องเป็นไปตามตารางที่ 1 คุณสมบัติอื่น ๆ เป็นไปตามตารางที่ 3

5.6.2 การใช้งาน

Recycling Asphalt Concrete นี้ ใช้สำหรับงานบำรุงทางเดิม หรืองานบูรณะลาดยาง ให้สามารถใช้งานได้ต่อไป โดยใช้ปรับปรุงชั้นผิวทางเดิมให้เป็นชั้นผิวทางใหม่ หรือปรับปรุงให้เป็นชั้นทางอื่นใด

5.6.3 การออกแบบส่วนผสม Recycling Asphalt Concrete

5.6.3.1 ก่อนเริ่มงานไม่น้อยกว่า 30 วัน ผู้รับจ้างต้องเสนอเอกสารการออกแบบส่วนผสม Recycling Asphalt Concrete แก่นายช่างผู้ควบคุมงานเพื่อตรวจสอบ ผู้รับจ้างอาจร้องขอให้กรมทางหลวงเป็นผู้ออกแบบส่วนผสมให้ก็ได้ ผู้รับจ้างต้องรับผิดชอบผลความเสียหายใด ๆ ที่เกิดขึ้นรวมทั้งการปฏิบัติงานในสนามต้องสามารถดำเนินการให้เป็นไปตามการออกแบบส่วนผสม Recycling Asphalt Concrete นั้นด้วย ค่าใช้จ่ายในการนี้ผู้รับจ้างต้องเป็นผู้รับผิดชอบทั้งสิ้น

5.6.3.2 คุณภาพทั่วไปของวัสดุที่จะใช้ทำ Recycling Asphalt Concrete ให้เป็นไปตามข้อ 5.1

5.6.3.3 ปริมาณของแอสฟัลต์คอนกรีตเดิมที่ใช้ผสมทำชั้นทาง Recycling Asphalt Concrete ขึ้นอยู่กับคุณภาพของแอสฟัลต์คอนกรีตเดิม และความเหมาะสมกับประเภทชั้นทาง Recycling Asphalt Concrete ที่จะก่อสร้าง ซึ่งจะต้องเป็นไปตามผลการทดลองและออกแบบสูตรส่วนผสมเฉพาะงานที่ได้ทำไว้ล่วงหน้าแล้ว

5.6.3.4 การตรวจสอบสูตรส่วนผสม Recycling Asphalt Concrete โดยทดลองตามวิธี Marshall และจะต้องมีคุณภาพเป็นไปตามข้อกำหนดในตารางที่ 3

5.6.3.5 กรณีที่ผู้รับจ้างออกแบบส่วนผสม กรมทางหลวงจะเป็นผู้ตรวจสอบเอกสารการออกแบบส่วนผสม Recycling Asphalt Concrete ให้เพื่อใช้ควงคุมงานนั้น ๆ

5.6.3.6 ในการผสม Recycling Asphalt Concrete ในสนาม มวลรวมขนาดหนึ่งขนาดใด หรืออปริมาณแแอสฟัลต์ซีเมนต์ยอมให้คลาดเคลื่อนได้ไม่เกินค่าที่กำหนดในตาราง

ที่ 4 ถ้าคลาดเคลื่อนเกินกว่าที่กำหนดนี้ จะถือว่า Recycling Asphalt Concrete นั้น มีคุณภาพไม่ถูกต้องตามที่กำหนด ผู้รับจ้างจะต้องทำการปรับปรุงแก้ไข
ค่าใช้จ่ายในการนี้ผู้รับจ้างต้องเป็นผู้รับผิดชอบทั้งสิ้น

5.6.3.7 ผู้รับจ้างอาจขอเปลี่ยนสูตรส่วนผสมเฉพาะงานใหม่ได้ ถ้าวัสดุที่ใช้ผสม Recycling Asphalt Concrete เกิดการเปลี่ยนแปลงไปด้วยสาเหตุใด ๆ ก็ตาม การเปลี่ยนสูตรส่วนผสมเฉพาะงานทุกครั้งต้องได้รับความเห็นชอบจากกรมทางหลวงก่อน

5.6.3.8 การทดลองออกแบบ และตรวจสอบการออกแบบส่วนผสม Recycling Asphalt Concrete ทุกครั้งหรือทุกสัญญาจ้าง ผู้รับจ้างต้องชำระค่าธรรมเนียมตามอัตราที่กรมทางหลวงกำหนด

ตารางที่ 5.3 ข้อกำหนดในการออบแบบ Recycling Asphalt Concrete

รายการ	ชั้นทาง				
	Wearing Course ขนาด 9.5 มม.	Wearing Course ขนาด 12.5 มม.	Binder Course	Base Course	Shoulder
Blows	75	75	75	75	50
Stability Min N	6672	6672	6672	6672	6672
(lb)	(1500)	(1500)	(1500)	(1500)	(1500)
Flow 0.25 mm (0.01	8 – 16	8 – 16	8 – 16	8 – 16	8 – 16
in)	1 – 5	3– 5	2 – 6	3 – 6	4 – 5
Percent Air Voids					
Percent Voids in	15	14	13	12	14
Mineral					
Aggreate (VMA) Min	556	556	556	556	556
Stability / Flow Min	(125)	(125)	(125)	(125)	(125)
N/0.25 mm					
(lb/0.01 in)	75	75	75	75	75
Percent Strength					

ตารางที่ 5.4 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้สำหรับสูตรส่วนผสมเฉพาะงาน

ผ่านตะแกรงขนาด	เปอร์เซ็นต์
12.5 มม. (1/2 นิ้ว) และขนาดใหญ่กว่า	±8
9.5 มม. (3/8) และ 4.75 มม. (เบอร์ 4)	±7
2.36 มม. (เบอร์ 8)	±6
0.300 มม. (เบอร์ 50)	±5
0.075 มม. (เบอร์ 200)	±3
ปริมาณแอสฟัลต์	±0.5

หมายเหตุ การทดลองหาค่า Percent Strength Index ใช้วิธี Ontario Vacuum Immersion Marshall Test หรือวิธีอื่นที่เทียบเท่า การทดลองรายการนี้กรมทางหลวงจะพิจารณาทำการทดลองตามความเหมาะสม

5.7 การออกแบบการผสมแอสฟัลต์คอนกรีต

การออกแบบส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต (asphalt concrete mix design) จะต้องเลือกการผสมของวัสดุแอสฟัลต์และปริมาณแอสฟัลต์ที่เหมาะสม (optimum asphalt content) ที่ดีที่สุด เพื่อให้ได้วัสดุที่เป็นไปตามข้อกำหนดและให้เกิดการประหยัด

5.7.1 ขั้นตอนของการออกแบบการผสมมีดังนี้

5.7.1.1 เลือกสัดส่วนของวัสดุมวลรวมที่เป็นไปตามมาตรฐานของข้อกำหนด

5.7.1.2 ลองผสมโดยใช้ปริมารแอสฟัลต์เป็นช่วง ๆ และวัดคุณสมบัติทางกายภาพของตัวอย่างจากการผสมครั้งนี้

5.7.1.3 วิเคราะห์ผลการทดลอง เพื่อหาปริมาณแอสฟัลต์ที่เหมาะสมและดูว่าเป็นไปตามข้อกำหนดหรือไม่

5.7.1.4 ทำการทดสอบซ้ำโดยเปลี่ยนสัดส่วนการคละในการผสมวัสดุมวลรวมจนกระทั่งได้การออกแบบที่เหมาะสม

วิธีการทดสอบที่ใช้ในการลองผสมและประเมินค่า คือ วิธีของมาร์แชลล์ (Marshall Method) และวิธีของฮวีม (Hveem Method)

มาตรฐานสำหรับขนาดคละของมวลรวมที่ใช้ผสมในแอสฟัลต์คอนกรีตจะมีต่างๆ กันตามชนิดของแอสฟัลต์ที่ใช้และชนิดของผิวทางที่แตกต่างกัน ข้อกำหนดเหล่านี้มีในมาตรฐานของ ASTM D 3515

ในขั้นตอนแรกของการออกแบบการผสมจะต้องเลือกสัดส่วนของมวลรวมที่เสนอ (รวมวัสดุตัวเดิม) เพื่อให้ได้ขนาดคละของมวลรวมใกล้เคียงกับจุดกึ่งกลางของขีดจำกัดตามข้อกำหนด ในการลองการผสมครั้งแรกอาจจะใช้วิธีของมาร์แชลล์หรือของฮวีม

5.7.2 วิธีของมาร์แชลล์มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

5.7.2.1 ผสมวัสดุมวลรวมในสัดส่วนที่เป็นไปตามข้อกำหนด

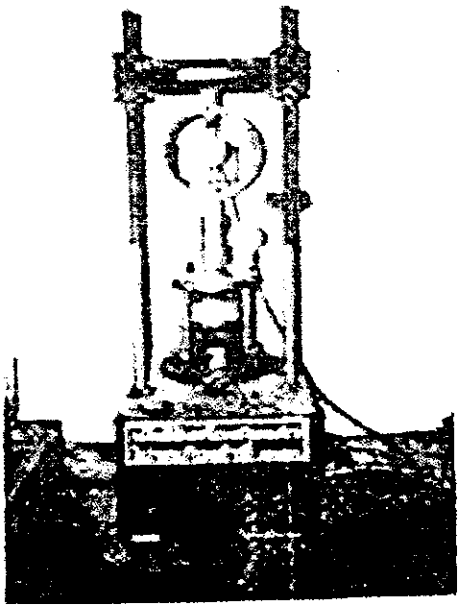
5.7.2.2 อุณหภูมิที่ใช้ในการผสมและการบดอัดสำหรับแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่ใช้ จะหาได้จากกราฟของความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความหนืด อุณหภูมินี้เป็นอุณหภูมิที่ทำให้ได้ความหนืด 1.7 $\pm$.2 cm^2/s (170$\pm$20 เซ็นติสโตค) สำหรับการผสม และ 2.8 $\pm$.3 cm^2/s (280 $\pm$ 30 เซ็นติสโตค) สำหรับการบดอัด

5.7.2.3 ใช้ก้อนตัวอย่าง (briquettes) จำนวนหนึ่งที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 101.6 mm (4 นิ้ว) และสูง 60-65 mm (2/12 นิ้ว) นำก้อนตัวอย่างมาผสมกับวัสดุมวลรวม 1200 g และแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่มีเปอร์เซ็นต์ต่าง ๆ ทั้งที่สูงกว่าและต่ำกว่าค่าปริมาณที่เหมาะสม สำหรับชั้นผิวจราจรใช้มวลรวมขนาด 12.5 mm (1/2นิ้ว) ค่าปริมาณที่เหมาะสมที่คาดหมายอาจจะมีค่าประมาณ 6.5 %ดังนั้นการผสมก้อนตัวอย่างเหล่านี้ให้ใช้ปริมาณแอสฟัลต์ซีเมนต์ 5.5% 6.0 % 6.5% 7.0%และ 7.5%

5.7.2.4 วัดความหนาแน่นของก้อนตัวอย่างเพื่อนำมาใช้ในการคำนวณคุณสมบัติของช่องว่าง

5.7.2.5 ให้ความร้อนกับตัวอย่างที่ 60 $^{\circ}C$ (140$^{\circ}F$)หาค่าเสถียรภาพและการไหลได้จากการทดสอบการบดอัดโดยใช้เครื่องมือของมาร์แชลล์ เพื่อวัดกำลัง และความยืดหยุ่นตัว ค่าเสถียรภาพจะเป็นค่าน้ำหนักสูงสุดที่วัสดุผสมของก้อนตัวอย่างจะสามารถรองรับได้ ส่วนการไหลเป็นการอัดตัว (วัดในหน่วย 1 ส่วน 100 ของนิ้ว หรือมิลลิเมตร) ของตัวอย่างในการทดสอบการอัดตัวจากไม่มีน้ำหนัก จนกระทั่งมีน้ำหนักสูงสุดมากระทำกับก้อนตัวอย่าง

รูปที่ 5.4 แท่นลอง , แบบสำหรับบดทับ , ที่จับแบบและค้อนที่ใช้บดทับ



รูปที่ 5.5 เครื่องทดสอบวิธี Marshall , แบบทดลอง , และเครื่องวัด

ผลของการทดสอบของมาร์แชลล์จะนำไปวาดกราฟดังในรูปที่ 5.6

5.7.3 การพล็อตค่าระหว่าง ความหนาแน่นเสถียรภาพ การไหล ช่องว่างอากาศ และ VMA กับค่าปริมาณของแอสฟัลต์ ซึ่งจะสังเกตความสัมพันธ์ต่าง ๆ ได้ดังนี้

5.7.3.1 ความหนาแน่นเมื่อเริ่มต้นจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณแอสฟัลต์เพิ่มขึ้นเนื่องจากของเหลวทำให้การเคลื่อนที่ของอนุภาคเป็นไปอย่างคล่องตัว ความหนาแน่นจะเพิ่มขึ้นจนถึงจุดสูงสุด แล้วค่าความหนาแน่นจะลดลง เนื่องจากแอสฟัลต์ส่วนที่เบากว่าจะเข้ามาแทนที่มวลรวมเป็นบางส่วนทำให้อนุภาคมีการห่างออกไป

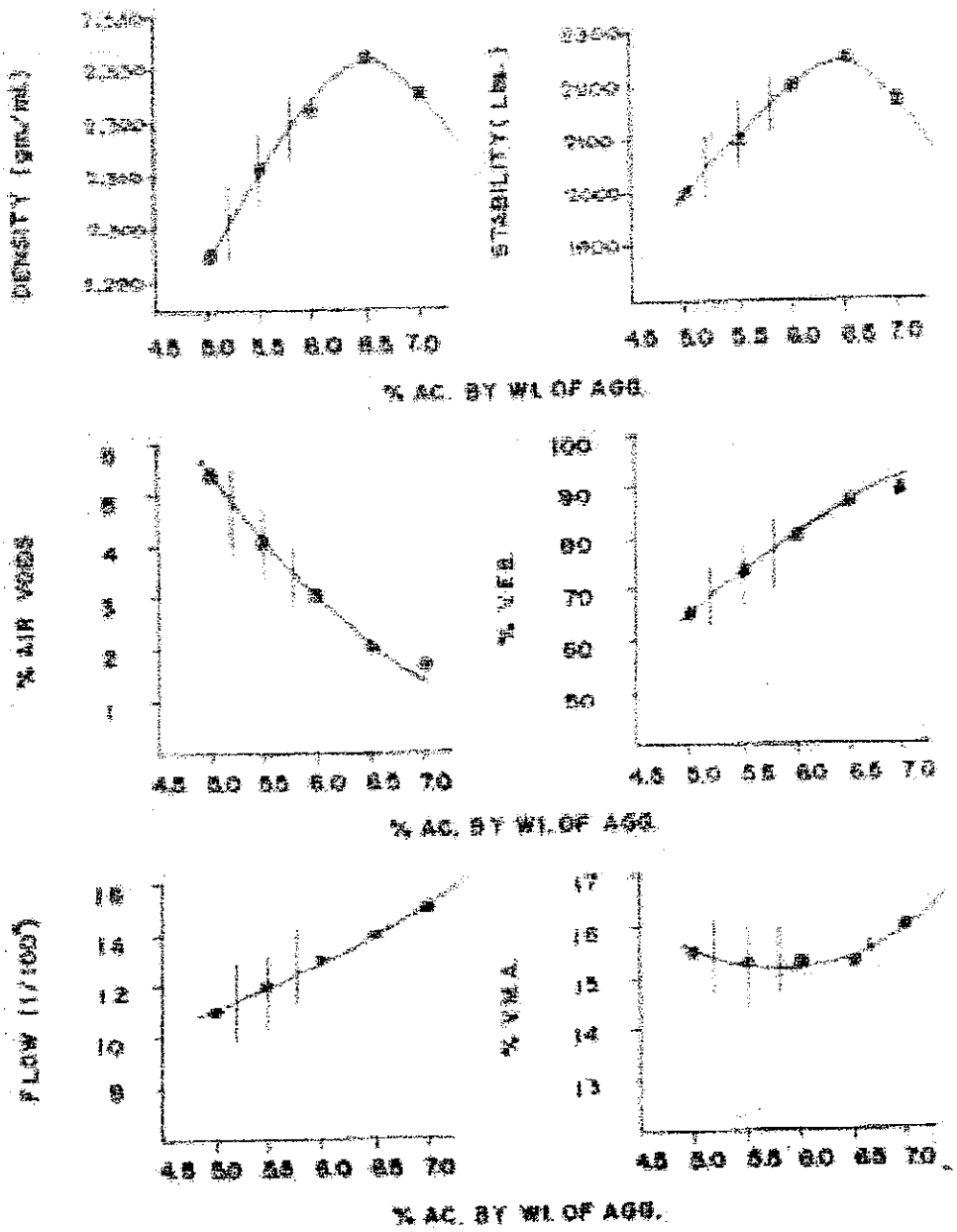
5.7.3.2 เสถียรภาพจะเพิ่มขึ้นและลดลงตามปริมาณแอสฟัลต์บนเส้นโค้ง เช่นเดียวกับกรณีของความหนาแน่น เนื่องจากกำลังเป็นฟังก์ชั่นของแรงเสียดทานระหว่างเม็ดของมวลรวมและความหนาแน่น

5.7.3.3 การไหลจะเพิ่มขึ้นตามค่าที่เพิ่มขึ้นของปริมาณแอสฟัลต์ทั้งนี้เนื่องจากแรงเสียดทานระหว่างอนุภาคลดลงเมื่อความหนาของฟิล์มแอสฟัลต์มากขึ้น

5.7.3.4 เปอร์เซ็นต์ของช่องว่างอากาศจะลดลง เมื่อปริมาณแอสฟัลต์เพิ่มขึ้นเนื่องจากแอสฟัลต์มีแนวโน้มที่เข้าไปอยู่ในช่องว่างทั้งหมด

5.7.3.5 เปอร์เซ็นต์ของช่องว่างระหว่างอนุภาคมวลรวมจะมีลักษณะตรงข้ามกับกราฟของความหนาแน่น เนื่องจากน้ำหนักของมวลรวมเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของน้ำหนักทั้งหมดของการผสม

ปริมาณแอสฟัลต์ที่เหมาะสมเป็นค่าที่ทำให้เกิดการประหยัดและเป็นค่าที่ปลอดภัยตามข้อกำหนดสถาบันแอสฟัลต์ (Asphalt Institute) ได้แนะนำข้อกำหนดสำหรับการออกแบบแอสฟัลต์คอนกรีต ดังแสดงในตารางที่ 5.5



รูปที่ 5.6 กราฟมาร์แชลล์

ตารางที่ 5.5 เกณฑ์ที่แนะนำสำหรับการออกแบบแอสฟัลต์คอนกรีตโดยวิธีของมาร์แชลล์*

รายละเอียด	การจราจรหนาแน่น		การจราจรปานกลาง		การจราจรเบาบาง	
	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด
จำนวนครั้งของการบดอัดแต่ละตัวอย่าง	75	50	35			
เสถียรภาพ (ปอนด์)	750	-	500	-	500	-
(นิวตัน)	3,336		2,224		2,224	
การไหล (หน่วยของ 0.01 นิ้ว)	8	16	8	18	8	20
(mm)	2	4	2	4.5	2	5
เปอร์เซ็นต์ช่องว่างอากาศ%ที่ผิวจราจรหรือแนวราบ	3	5	3	5	3	5
ที่พื้นทาง	3	8	3	8	3	8
เปอร์เซ็นต์ VMA ขนาดระบุที่ใหญ่ที่สุดของมวลรวม						
เบอร์ 4 (4.75mm)	18		18		18	
3/8 นิ้ว (9.5mm)	16		16		16	
ฝนิ้ว (12.5 mm)	15		15		15	
พนิ้ว(19 mm)	14		14		14	
1 นิ้ว (25mm)	13		13		13	
1 ½ นิ้ว (38mm)	12		12		12	

5.7.4.4 ทดสอบการพองตัวของตัวอย่างทั้งสองที่มีค่าปริมาณแอสฟัลต์ที่เหมาะสมโดยประมาณ

จากหนังสือของสถาบันแอสฟัลต์ (Asphalt Institute) ในรายละเอียดของ "วิธีการออกแบบ
การผสมสำหรับแอสฟัลต์คอนกรีต" ตารางที่ 5.5 เป็นข้อกำหนดที่แนะนำ

การออกแบบในห้องปฏิบัติการ เป็นการหาสัดส่วนของมวลรวมแต่ละชนิด ปริมาณแอสฟัลต์ และตัวเติม (filler) หรือสารผสมเพิ่ม (additive) อื่น ๆ สำหรับส่วนผสมช่วงอุณหภูมิสำหรับการปฏิบัติงานในสนาม และคุณสมบัติที่ต้องการในผลขั้นสุดท้าย

ตารางที่ 5.6 ตัวอย่างของการออกแบบส่วนผสมเป็นดังนี้

องค์ประกอบ	**เปอร์เซ็นต์**
แอสฟัลต์ซีเมนต์	6.4
มวลรวม *	
หยาบ (หินบดย่อย)	50
ละเอียด (ทราย)	35
ละเอียด (ได้จากการร่อน)	15
อุณหภูมิ	^{o}C
ในเครื่องผสม ค่าต่ำสุด	148
ในเครื่องผสม ค่าสูงสุด	161
บนรถสำหรับปูผิวทาง ค่าต่ำสุด	128
คุณสมบัติของการผสม	
ความหนาแน่น	2380 kg/m^3 (148.5ปอนด์ / $ฟุต^3$)
เสถียรภาพของมาร์แชลล์	5300 นิวตัน (1190 ปอนด์)
การไหลของมาร์แชลล์	3 mm (12 หน่วยของ 0.01 นิ้ว)
VMA	15.5 %
AV	3.4%

□ ขนาดคละของมวลรวมแต่ละขนาดและเส้นโค้งของการรวมของขนาดคละของมวลรวม รวมอยู่กับข้อมูลของการออกแบบส่วนผสม

5.7.5 การผลิตและการควบคุมคุณภาพ

หลังจากที่ได้ทำการออกแบบส่วนผสมจนเป็นที่ยอมรับแล้วจะต้องทำการผลิตส่วนผสมและเก็บไว้ในที่เก็บที่เป็นที่ยอมรับด้วยและจะต้องมีการตรวจสอบคุณภาพและทดสอบต่อไป

โรงผสมแอสฟัลต์ (asphalt plant) ที่นิยมใช้มีส่วนประกอบ 5 ส่วน ดังแสดงในรูปที่ 5.7 คือ

5.7.5.1 ถังเก็บมวลรวมเย็น (cold aggregate storage bins)

5.7.5.2 ที่อบแห้ง (dryer) (ที่มีที่เก็บกักฝุ่น)

5.7.5.3 หน่วยการคละขนาดของมวลรวม (gradation unit) หรือที่ร่อนวัสดุมวลรวม (screens)

5.7.5.4 ถังเก็บร้อน (hot storage bins)

5.7.5.5 เครื่องผสม (pug mill) สำหรับคลุกเคล้ามวลรวมกับแอสฟัลต์

ถังที่บรรจุแอสฟัลต์ที่ผสมกับมวลรวมแล้วมักจะรวมเป็นส่วนหนึ่งโรงผสม (plant) เพื่อเก็บวัสดุไว้จนกว่าจะมีการปล่อยส่วนผสมลงสู่รถบรรทุก ไซโลที่เก็บมักจะใช้ในการเก็บส่วนผสมที่มีปริมาณมากและเก็บรักษาไว้ได้หลายวัน โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของส่วนผสม จะต้องมีการให้ความร้อนเพื่อรักษาอุณหภูมิของแอสฟัลต์ซีเมนต์ และจะต้องมีการกำจัดของออกซิเจนออกจากไซโล และแทนที่ด้วยก๊าซเฉื่อยเพื่อป้องกันการเกิดออกซิเดชั่นของแอสฟัลต์ซีเมนต์

โรงผสมแอสฟัลต์เหล่านี้จะใช้ 2 วิธีในการวัดค่าต่างๆ ของวัสดุในถังผสมสำหรับการผสม

สำหรับโรงผสมแบบเก่า จะเป็นโรงผสมแบบต่อเนื่อง (continuous plant) จะมีการนำเอาวัสดุมวลรวมออกมาอย่างต่อเนื่องเข้าไปในถังผสม แล้วมีการพ่นด้วยแอสฟัลต์ซีเมนต์ ผสมให้เข้ากัน และปล่อยลงสู่รถบรรทุก ปริมาณของมวลรวมจากถังร้อนแต่ละถังจะถูกควบคุมโดยการเปิดปิดประตู และจะมีการปั๊มแอสฟัลต์ซีเมนต์เข้าไปในถังร้อนในอัตราที่เทียบกับอัตราที่มวลรวมเข้าไปในถังผสม

สำหรับโรงผสมแบบที่ทันสมัยขึ้น จะเป็นแบบไม่ต่อเนื่อง (batch plants) แอสฟัลต์ซีเมนต์ และวัสดุรวมจากแต่ละถังเก็บร้อนจะถูกชั่งและนำเข้าสู่ถังผสมเพื่อผลิตเป็นรุ่น (batch) เมื่อผสมเสร็จแล้วก็ปล่อยออกไปใช้งาน โรงผสมทั้งสองแบบแสดงในรูปที่ 5.7

การควบคุมคุณภาพที่โรงผสมจะเป็นการตรวจสอบรูปแบบของผลิตดังต่อไปนี้

- คุณภาพและสัดส่วนของมวลรวมที่เย็น
- อุณหภูมิ
- สัดส่วนที่เติมจากถังร้อนและปริมาณของแอสฟัลต์ซีเมนต์ วัสดุตัวเดิม และอื่น ๆ
- คุณภาพของส่วนผสมที่ได้

รูปที่ 5.7 โรงผสมแอสฟัลต์ (asphalt plant)

ในทางปฏิบัติจะต้องมีการนำตัวอย่างประจำวันจากวัสดุในแต่ละถังเย็นสำหรับการทดสอบ

ขนาดคละของมวลรวม เพื่อให้แน่ใจว่าชนิดของวัสดุที่ใช้ไม่มีการเปลี่ยนแปลงจากที่ออกแบบไว้ ประตูจากแต่ละถังเก็บจะต้องปรับให้ได้สัดส่วนของวัสดุตามที่ออกแบบ ในโรงผสมบางแห่งจะมีการควบคุมปริมาณของวัสดุจากแต่ละถังเย็น โดยเครื่องควบคุม

นอกจากนั้นต้องมีการบันทึกอุณหภูมิของมวลรวมที่ออกจากที่อบแห้งของแอสฟัลต์ซีเมนต์ และของส่วนผสมสุดท้ายอย่างอัตโนมัติและต่อเนื่อง มวลรวมจากที่อบแห้งมักจะมีอุณหภูมิสูงกว่าของส่วนผสมขั้นสุดท้ายประมาณ 10 °ถึง 20 °C ตัวอย่างของมวลรวมจากที่อบแห้งอาจจะทำการทดสอบเป็นระยะ ๆ เพื่อให้แน่ใจว่าได้กำจัดน้ำออกไปจนหมด

นำมวลรวมมารวมกันในที่อบแห้ง และมีการแยกออกอีกครั้งตามขนาดในหน่วยการคละมวลรวมที่อยู่เหนือถังร้อน ซึ่งจะต้องทำให้ได้ปริมาณที่ต้องการจากแต่ละถังร้อน การคำนวณที่เกี่ยวข้องแสดงในตัวอย่างต่อไปนี้

ถังมวลรวมหยาบ (Coarse Bin)

ผ่านตะแกรงขนาด 25 mm(1นิ้ว)	100%
12.5 mm(1/2 นิ้ว)	75%
9.5 mm (3/8นิ้ว)	18%
2.36 mm(เบอร์ 8)	1%
ถังมวลรวมปานกลาง (Medium Bin)	
ผ่านตะแกรงขนาด 9.5mm (3/8 นิ้ว)	100%
1.75 mm(เบอร์ 4)	75%
2.36 mm (เบอร์ 8)	33%
1.18 mm (เบอร์ 16)	1%
ถังมวลรวมละเอียด (Fine Bin)	
ผ่านตะแกรงขนาด 2.36 mm (เบอร์ 8)	100%
1.18 mm (เบอร์ 16)	73%
600 µm (เบอร์ 30)	52/5
300 µm(เบอร์ 50)	33%

นำตัวอย่างของส่วนผสมที่ได้จากถังผสมมาเตรียมทำก้อนตัวอย่างทดสอบ (briquettes) เพื่อวัดกำลังการไหล และคุณสมบัติของช่องว่างและนำไปทดสอบการสกัด (extraction test) และขนาดคละของมวลรวมเพื่อตรวจสอบองค์ประกอบของส่วนผสม ในการทดสอบการสกัดแอสฟัลต์จะละลายออกและถูกจำกัดออกจากส่วนผสมด้วยการหมุนเหวี่ยง ส่วนขนาดคละของมวลรวมจะหาได้จากการร่อนผ่านตะแกรง

โรงผสมแบบใช้ถังทรงกระบอก (drum mixing plants) จะประหยัดสำหรับการผลิตแอสฟัลต์ซีเมนต์ และเป็นแบบที่ได้รับความนิยมในอุตสาหกรรม

ขั้นตอนในการผลิตจะมีการลดลงจาก 4 ขั้น (ส่งเข้าถังเย็น อบ คละมวลรวมในถังร้อนและผสม) เป็น 2 ขั้น (ส่งเข้าถังเย็น และ อบ – ผสม)

1. ถังเย็นจะเก็บมวลรวม เครื่องจะทำการควบคุมปริมารของวัสดุจากแต่ละถังเพื่อให้แน่ใจว่าได้สัดส่วนที่ถูกต้อง
2. มวลรวมเข้าสู่ถังทรงกระบอก ถังทรงกระบอกนี้จะต้องมีเตาเผาให้ความร้อน (burner) อยู่ที่ทางเข้าของมวลรวมมากกว่าจะอยู่ที่ทางออกเหมือนในโรงผสมแบบอื่น เมื่อมวลรวมผ่านเข้ามาในถังทรงกระบอก จะเกิด

(1) ความชื้นที่ผิวหน้าและความชื้นอิสระจะระเหยไป

(2) อุณหภูมิของมวลรวมจะสูงขึ้นเป็น 75-80 °C(170-180 °F)

(3) การนำแอสฟัลต์ซีเมนต์เข้ามา ซึ่งขณะนั้นอุณหภูมิของมวลรวมเป็น 80-90 °C (180 – 200 °F) ขับความชื้นออกไป แอสฟัลต์จับอนุภาคของฝุ่นหินและไปล้อมรอบมวลรวม

(4) การผสมจะเกิดขึ้นต่อไป และอุณหภูมิจะสูงขึ้นจนถึงระดับที่กำหนด

ในโรงผสมส่วนใหญ่ การควบคุมคุณภาพจะง่ายขึ้น เมื่อมีการควบคุมสัดส่วนอย่างอัตโนมัติและต่อเนื่อง ปริมาณของมวลรวมที่เข้ามาในถังทรงกระบอกในขณะที่มีการลำเลียงวัสดุมาตามสายพาน ซึ่งจะมีการปรับปริมาณของแอสฟัลต์ที่เข้ามาในถังทรงกระบอกโดยอัตโนมัติให้สอดคล้องกับปริมาณของมวลรวม จะต้องมีการวัดปริมาณความชื้นของมวลรวม เพื่อหาตัวประกอบปรับแท้ (correction factor) ให้กับปริมาณของมวลรวมที่เข้ามาในถังทรงกระบอกวัดอุณหภูมิของการผสมที่ออกจากถังทรงกระบอก และที่เตาเผาให้ความร้อนจะมีการปรับโดยอัตโนมัติเพื่อให้ได้อุณหภูมิของการผสมที่ต้องการ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าที่ต้องการในที่ผสมที่ใช้ทั่วไป

โดยทั่วไป ถังเก็บหรือไซโลจะใช้กับโรงผสมแบบใช้ถังทรงกระบอก เพื่อให้ได้อัตราการขนส่งลำเลียงส่วนผสมต่างๆ กันและช่วยควบคุมการแยกที่อาจเกิดขึ้นได้

โรงผสมแบบถังทรงกระบอกมักจะมีอัตราการผลิตสูงกว่า (ผลิตได้มากจนถึง 5000 ตัน หรือ 5500 ตันต่อวัน) โรงผสมแบบที่นิยมใช้กันทั่วไป

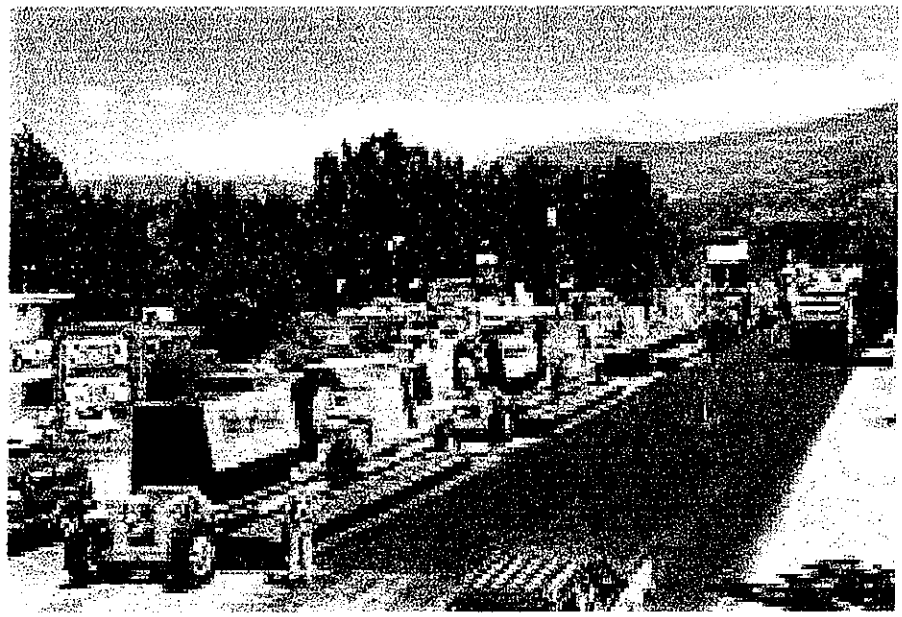
หลังจากทำการขนส่งแอสฟัลต์คอนกรีตไปที่หน้างานแล้วจะต้องทำการปูโดย รถสำหรับปู

ผิวทาง (paver) และบดอัดด้วยการควบคุมคุณภาพเพื่อให้ได้เกรดและความหนาตามข้อกำหนดมีดังนี้

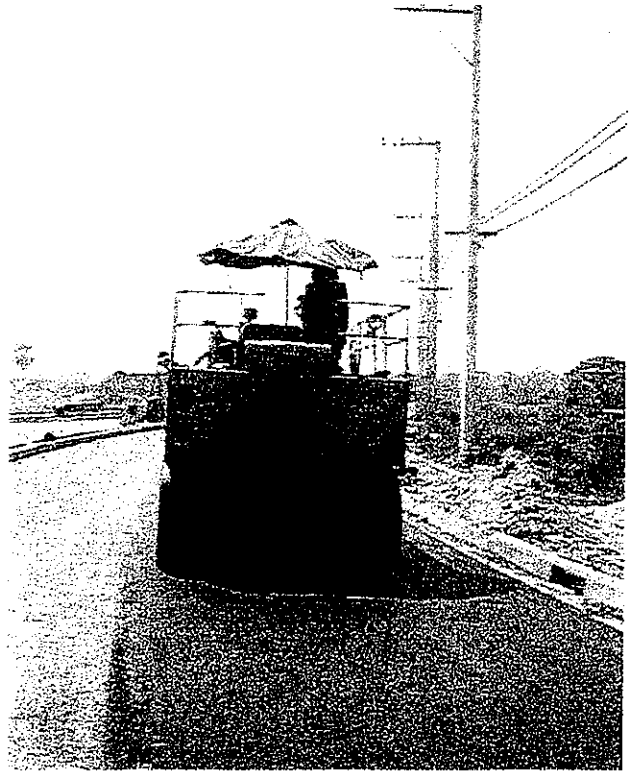
1. อุณหภูมิ จะต้องเป็นอุณหภูมิต่ำสุดที่กำหนดไว้สำหรับรถปู เพื่อให้แน่ใจว่าแอสฟัลต์คอนกรีตจะมีความแน่นดีและอนุภาคของมวลรวมจะทำให้ได้โครงสร้างที่แน่นและแข็งแรง

2. การบดอัดขั้นต่างๆ จะต้องทำการบดอัดเพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนด โดยมักจะแสดงในรูปเปอร์เซ็นต์ของความหนาแน่นในห้องปฏิบัติการ การบดอัดผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตจะใช้รถบดล้อเหล็กสำหรับการบดอัดในขั้นตอนแรก ๆ แล้ว จึงใช้รถบดล้อยางสำหรับการบดอัดในขั้นสุดท้าย ดังรูป 6

ความหนาแน่นจะหาได้จากตัวอย่างที่นำออกมาจากผิวทาง หรือโดยเครื่องหาความหนาแน่นแบบรังสี (nuclear densometer)



รูปที่ 5.8 รถปูพื้นผิวทาง



รูปที่ 5.9 รถบดล้อยาง

5.7.6 การนำวัสดุแอสฟัลต์คอนกรีตในผิวทางกลับมาใช้ใหม่

การนำวัสดุแอสฟัลต์คอนกรีตในทางกลับมาใช้ใหม่ (asphalt concrete recycling) กำลังมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากผลิตภัณฑ์จากน้ำมันมีราคาสูงขึ้นและมีปริมาณน้อยลง และมีการขาดแคลนวัสดุมวลรวมที่มีคุณภาพดีในบางท้องที่

การรีไซคลิ่งประกอบด้วย การเอาผิวทางเดิมออกและนำไปย่อยใหม่ ให้ความร้อน เติมแอสฟัลต์ซีเมนต์ใหม่ หรือเติมสารผสมเพิ่มประเภทฟื้นฟูสภาพ (rejuvenating additives) ชนิดต่างๆ และเติมมวลรวมใหม่เข้าไป แล้วนำกลับไปปูทับที่เดิม

วิธีที่ใช้ในการนำผิวทางปัจจุบันกลับมาใช้ใหม่มีอยู่ 2 วิธีคือ

วิธีดั้งเดิม เป็นการทำให้ผิวทางแตกออกโดยรถปราบดิน (bulldozer) ที่มีฟันเลื่อยแล้วบรรทุกและขนส่งไปที่โรงผสม ซึ่งจะย่อยวัสดุให้ได้ขนาดที่ต้องการ โดยทั่วไปมีขนาด 38 mm (1 ฝนิ้ว) หรือเล็กกว่า

วิธีการบดเย็น (cold milling method) จะมีการตัดย่อยวัสดุผิวทางออกเป็นชิ้นเล็ก ๆ เครื่องตัดบดประกอบด้วยถังทรงกระบอกขนาดใหญ่ที่หมุนได้และมีฟันเลื่อย ซึ่งจะตัดผิวทางและบดจากก้อนใหญ่ให้มีขนาดเล็กลง ขนาดของอนุภาคที่ได้และความลึกของการตัดลงไปในผิวทางสามารถที่จะปรับได้

วิธีการบด จะเป็นวิธีที่ดีกว่า สามารถที่จะนำวัสดุออกมาที่ความลึกจากผิวเท่าใดก็ได้และสามารถที่จะบดให้มีขนาดที่ต้องการได้ ความลึกที่ตัดลงไปในผิวสามารถที่จะแปรเปลี่ยนไปเพื่อที่จะให้ได้ผิวทางที่เป็นไปตามข้อกำหนดสำหรับเกรดที่ไปตามแนวยาวของถนน และตามความลาดตามขวาง ดังนั้น จะเป็นการแก้ไขร่องหรือความผิดปกติในผิวทางด้วย

ในการผสมแบบไม่ต่อเนื่อง หรือแบบต่อเนื่อง โดยทั่วไปจะนำวัสดุกลับมาใช้ได้อีกประมาณ 50% โดยเติมส่วนที่ไม่ได้ให้ความร้อนลงในถังร้อน และมีการให้ความร้อนที่สูงมาก กับมวลรวมใหม่ ซึ่งเมื่อนำมาผสมกับมวลรวมที่นำกลับมาใช้ใหม่ในถังผสม ก็จะทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นจนถึงจุดหลอมตัวของแอสฟัลต์ซีเมนต์เก่า ทำให้มีการผสมกันของแอสฟัลต์ซีเมนต์เก่าและใหม่และทำให้มีการเคลือบ หรือเคลือบซ้ำของอนุภาคของมวลรวม

ในโรงผสมแบบถังผสมรูปทรงกระบอก จะเป็นการผสมกันของวัสดุเก่า 70% และวัสดุใหม่ 30% มวลรวมใหม่จะเข้ามาในถังรูปทรงกระบอกที่ปลายของที่ให้ความร้อนและจะได้รับความร้อนอย่างรวดเร็ว เติมวัสดุเก่าเข้าไปประมาณครึ่งหนึ่งของความยาวถัง ให้ได้รับความร้อนจากมวลรวมใหม่และจากก๊าซร้อนของเตาเผา ต่อจากนั้น จะเติมแอสฟัลต์ใหม่เข้าไปตามถังและมีการผสมกันจนเสร็จสมบูรณ์

ไซโลจะมีความสำคัญมากกับโรงผสมทุกประเภทอุณหภูมิของวัสดุปูผิวทางที่นำกลับมาใช้ใหม่จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในไซโล ทำให้แอสฟัลต์ซีเมนต์เก่าหลอมตัว เพื่อให้มีการผสมกันระหว่างแอสฟัลต์เก่าและใหม่ให้เป็นเนื้อเดียวกัน

วิธีการออกแบบการผสมสำหรับรีไซคลิ่ง จะเหมือนกับการออกแบบการผสมแอสฟัลต์คอนกรีตใหม่ โดยใช้วิธีของมาร์แชลล์ หรือฮวีม โดยจะใช้ปริมาณแอสฟัลต์ใหม่ประมาณ 1.5% ถึง 4.0 % เพื่อเป็นการประหยัดจากช่วง 4% ถึง 8% ของที่ใช้ในแอสฟัลต์คอนกรีตที่ใช้วัสดุใหม่

แอสฟัลต์ใหม่จะมีเกรดที่อ่อนกว่า (หรือมากกว่า) แอสฟัลต์ของผิวทางเดิม ตัวอย่างเช่น AC 5 (pen. 120-150) จะใช้แทน AC 10 (pen.. 85-100) แอสฟัลต์ที่นำกลับมาใช้ใหม่จะมีความแข็งกว่าแอสฟัลต์เดิมเนื่องจากความเสื่อมตามอายุ ส่วนผสมที่ได้ควรจะใกล้เคียงกับเกรดของการออกแบบผิวทางเดิม

สารรีตูวิเนติงอื่นๆ หรือแอสฟัลต์ชนิดอื่นๆ เช่น อีมัลชั่น หรือคัทแบค ก็สามารถนำมาใช้ในการทำโครงการของรีไซคลิ่งได้

การรีไซคลิ่งของผิวทางแอสฟัลต์สามารถที่จะทำในหน้างานได้โดยใช้เครื่องมือ เช่นเครื่องขุดปราบหน้าที่ใช้ความร้อน (heater - planers) เครื่องไถที่ใช้ความร้อน (heater – carifeiers) หรือเครื่องตัดบดที่ใช้ความร้อน (hot milling machine) กระบวนการก่อสร้างจะทำเสร็จในขั้นเดียว ความร้อนจะทำให้แอสฟัลต์ในผิวทางเก่าหลอมตัว จะต้องขุดผิวทางที่ไม่สมบูรณ์ เช่น เป็นร่องหรือชั้นผิวทางที่เสื่อมตามอายุ และผิวทางที่แตก โดยทำการขุดออกตามความลึกที่ประมาณ 25 mm ชั้นผิวทางที่เสื่อมตามอายุ และผิวทางที่แตก โดยทำการขุดออกตามความลึกที่ประมาณ 25 mm (1นิ้ว) โดยเครื่องขุด เครื่องไถ และเครื่องบด โดยปกติจะต้องนำมวลรวมใหม่และแอสฟัลต์ซีเมนต์หรือสารจูวิเนตติงอื่น ๆ มาเติมเข้าไปในวัสดุที่นำกลับมาใช้ใหม่ในระหว่างการผสม แล้วจะมีการปูผิวทางใหม่และบดทับ

เครื่องมือที่ใช้จะทำให้ความหนาของผิวทางแอสฟัลต์แตกออกบดวัสดุให้ละเอียดผสมและปูผิวทางใหม่ลงบนที่เดิม