บทที่ 2
หลักการ ทฤษฎี และมาตรฐานการทดสอบ

2.1 หลักการ

เป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่า อุณหภูมิของอากาศ เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อวัสดุที่นำมาใช้ในงานด้านวิศวกรรม และเป็นสาเหตุให้เกิดปัญหาต่างๆที่วิศวกรจำเป็นต้องคำนึงถึงปัจจัยดังกล่าว เพื่อที่จะได้ศึกษาพฤติกรรมนำไปสู่การป้องกันและแก้ไขปัญหาที่จะเกิดขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับงานด้านวิศวกรรมการทางที่ผิวงานจะต้องสัมผัสกับความเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิตลอดเวลา ซึ่งวัสดุที่นำมาใช้ในการปูผิวทาง จะต้องมีการขยายตัวเมื่อโดนความร้อน และมีการหดตัวเมื่อกระทบกับความเย็น ซึ่งจะส่งผลกระทบโดยตรงต่อวัสดุที่ใช้ในงานปูผิวทาง สำหรับในงานวิจัยเล่มนี้จะกล่าวถึงวัสดุที่ชื่อว่า แอสฟัลต์คอนกรีต (Asphalt Concrete) ซึ่งเป็นวัสดุที่ได้รับความนิยมในการเลือกไปใช้งานอย่างมากในปัจจุบัน ไม่ว่าจะเป็น งานถนน งานผิวทางสนามบิน ลานจอดรถขนาดใหญ่ เป็นต้น

2.2 แอสฟัลต์คอนกรีต

แอสฟัลต์คอนกรีต (Asphalt Concrete) หมายถึง วัสดุผิวทางที่มีคุณภาพสูง ประกอบด้วย แอสฟัลต์ซีเมนต์ (Asphalt Cement) และมวลรวม (Aggregates) ผสมกันอย่างร้อนในอุณหภูมิสูง จากนั้นจึงนำไปปูลาดทำเป็นผิวทาง และในขณะที่ส่วนผสมยังร้อนอยู่ให้ทำการบดอัดให้แน่นและเรียบ จึงรู้จักกันดีในนามของ แบล็คท็อป (Blacktop) หรือส่วนผสมร้อน (Hot Mix)

2.2.1 ส่วนประกอบของแอสฟัลต์คอนกรีต

แอสฟัลต์คอนกรีตประกอบด้วย แอสฟัลต์ซีเมนต์ มวลรวม และอากาศ ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมประสานอนุภาคของมวลรวม แต่เมื่อแอสฟัลต์ซีเมนต์บางส่วนถูกดูดซึมเข้าไปในอนุภาคของมวลรวม ทำให้เกิดช่องว่างของอากาศในส่วนผสม (Air Void)

2.3 องค์ประกอบที่มีผลต่อคุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีต

คุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีตขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่างๆ ได้แก่ ความหนาแน่น ช่องว่างอากาศ ช่องว่างระหว่างอนุภาคของมวลรวม และปริมาณของแอสฟัลต์

2.3.1 ความหนาแน่น (Density)

ความหนาแน่นของแอสฟัลต์คอนกรีต หมายถึง มวลของแอสฟัลต์คอนกรีตต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร ผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีความหนาแน่นมากจะทำให้มีอายุการใช้งานได้นานและมีคุณภาพดี โดยทั่วไปการบดอัดโดยรถบดในงานจริงจะได้ค่าความหนาแน่นน้อยกว่าความหนาแน่นที่ออกแบบไว้ซึ่งใช้เครื่องมือในห้องปฏิบัติการ ดังนั้นจึงได้กำหนดค่าความหนาแน่นต่ำสุด ที่บดได้จากงานจริงให้เป็นค่าร้อยละของค่าความหนาแน่นที่ได้จากห้องปฏิบัติการ โดยกำหนดให้ใช้ไม่ต่ำกว่า 98% ของความหนาแน่นที่ได้จากห้องปฏิบัติการ

2.3.2 ช่องว่างอากาศ (Air Void)

ช่องว่างอากาศของแอสฟัลต์คอนกรีต หมายถึง ช่องว่างเล็กๆ ที่อยู่ระหว่างอนุภาคของมวลรวมที่เคลือบด้วยแอสฟัลต์ สำหรับผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต ที่ได้รับการบดอัดแล้ว จะต้องมีปริมาตรช่องว่างอากาศที่เพียงพอ เนื่องจากหลังเปิดให้ใช้บริการแอสฟัลต์คอนกรีต จะแน่นขึ้นกว่าเดิม ทำให้มีปริมาตรช่องว่างอากาศน้อยลง ถ้าปริมาตรช่องว่างอากาศหลังก่อสร้างเสร็จใหม่ไม่เพียงพอ จะทำให้แอสฟัลต์ซีเมนต์ทะลักขึ้นมาบนผิวแอสฟัลต์คอนกรีต นอกจากนี้ช่องว่างอากาศยังเป็นที่รองรับแอสฟัลต์ที่ขยายตัวเมื่ออากาศร้อนอีกด้วย ซึ่งสำหรับผิวทางชั้นบนสุดจะออกแบบให้มีปริมาตรช่องว่างอากาศประมาณร้อยละ 3 ถึง 5 ส่วนผิวทางชั้นล่างจะออกแบบให้มีปริมาตรช่องว่างอากาศประมาณร้อยละ 4 ถึง 7

2.3.3 ช่องว่างระหว่างอนุภาคของมวลรวม (Void in Mineral Aggregates)

ช่องว่างระหว่างอนุภาค (VMA) ของมวลรวม หมายถึง ปริมาตรช่องว่างทั้งหมดที่มีอยู่ระหว่างอนุภาคของมวลรวมในแอสฟัลต์คอนกรีตที่บดอัดแล้ว ทั้งนี้รวมถึงช่องว่างที่ถูกแทนที่ด้วยแอสฟัลต์ แอสฟัลต์คอนกรีตที่มีค่า (VMA) สูงกว่าจะมีความทนทานต่อการใช้งานนานกว่าแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีค่า (VMA) น้อยกว่า

2.3.4 ปริมาณแอสฟัลต์(Asphalt Content)

ปริมาณแอสฟัลต์ ในแอสฟัลต์คอนกรีตมีผลต่อคุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีตเป็นอย่างมาก ดังนั้นปริมาณแอสฟัลต์ที่จะใช้ต้องถูกต้องแน่นอน ปริมาณแอสฟัลต์ที่เหมาะสมสำหรับแอสฟัลต์คอนกรีตขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของมวลรวม ได้แก่ ขนาดคละ และคุณสมบัติในการดูดกลืนแอสฟัลต์

2.4 คุณสมบัติที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบส่วนผสม

2.4.1. เสถียรภาพ (Stability)

เสถียรภาพ ของผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต หมายถึง ความสามารถในการรับน้ำหนัก โดยที่ไม่ทำให้เกิดร่องล้อ หรือเป็นคลื่น หรือมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างไปจากเดิม โดยทั่วไปแล้วความมีเสถียรภาพของแอสฟัลต์คอนกรีต จะขึ้นอยู่กับความเสียดทานภายใน และแรงยึดประสานระหว่างอนุภาคของมวลรวม

โดยทั่วไปแล้ว มวลรวมที่มีรูปร่างอนุภาคเป็นเม็ดเหลี่ยม ผิวขรุขระจะให้ค่าเสถียรภาพสูง แรงยึดเกาะจะมีมาก การเพิ่มปริมาณแอสฟัลต์ในส่วนผสมจะทำให้ค่าแรงยึดเกาะมีค่าเยอะขึ้น แต่เมื่อเพิ่มปริมารแอสฟัลต์จนถึงค่าหนึ่ง จะทำให้แอสฟัลต์ที่เคลือบอนุภาคของมวลรวมหนาเกินไป ซึ่งจะส่งผลให้ค่าความเสียดทานระหว่างอนุภาคของมวลรวมมีค่าลดลง จึงมีผลทำให้ค่าเสถียรภาพของคอนกรีตมีค่าลดลงตามไปด้วย แต่ในการออกแบบก็ไม่ควรออกแบบให้มีค่าเสถียรภาพมากเกินไปด้วย เนื่องจากจะทำให้แอสฟัลต์คอนกรีตแข็งเกินไป ขาดการยืดหยุ่น และเมื่อนำไปใช้ในงานผิวทางที่มีการแอ่นตัวของผิวทางสูง จะทำให้เกิดความเสียหายได้ง่าย

2.4.2. ความทนทาน (Durability)

ความทนทาน ของแอสฟัลต์คอนกรีต หมายถึง ความต้านทานต่อความเสื่อมสภาพ ปัจจัยที่ทำให้แอสฟัลต์คอนกรีตเสื่อมสภาพ ส่วนใหญ่เกิดมาจากสภาพการใช้งาน และอุรหภูมิของอากาสที่มีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งในงานวิจัยเล่มนี้ได้ยกหัวข้อปัจจัยด้านอุณหภูมิของอากาศ มาเป็นตัวที่ทำการศึกษาและวิจัย ปัจจัยที่กล่าวมานี้จะทำให้แอสฟัลต์คอนกรีตเสื่อมสภาพอันเนื่องมาจากกระบวนการดพลิเมอไรเซชั่น และกระบวนการออกซิเดชั่น

2.4.3. ความต้านทานต่อการซึมผ่านของน้ำและอากาศ (Impermeability)

ความต้านทานต่อการซึมผ่านของน้ำและอากาศ เป็นคุณสมบัติที่สำคัญของแอสฟัลต์คอนกรีต ที่จะส่งผลโดยตรงต่อความทนทานของแอสฟัลต์คอนกรีต

2.4.4. ความสามารถในการปูหรือบดอัด (Workability)

ความสามารถในการปูหรือบดอัด เป็นคุณสมบัติที่สำคัญอีกประการหนึ่งของแอสฟัลต์คอนกรีต เพราะแอสฟัลต์คอนกรีตที่ดีนั้น จะต้องสามารถทำการปูและบดอัดได้ง่าย ไม่หนืดหรืออ่อนจนเกินไป สำหรับแอสฟัลต์คอนกรีตที่ทำการปูและบดอัดได้ยาก สามารถแก้ปัญหาโดยการออกแบบใหม่ หรือทำการเปลี่ยนชนิดของมวลรวม หรือเปลี่ยนขนาดคละของมวลรวม

2.4.5. ความสามารถในการยืดหยุ่นตัว (Flexibility)

ความสามารถในการยืดหยุ่นตัว ได้โดยที่แอสฟัลต์คอนกรีตไม่แตก เป็นสิ่งที่ต้องการอย่างมากในการออกแบบแอสฟัลต์คอนกรีต เนื่องจากผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตจะเกิดการแอ่นตัวและทรุดต่ำลงเมื่อมีการรับน้ำหนักจากด้านบน และจะเกิดการโป่งนูนเนื่องจากชั้นดินที่อยู่ข้างล่างเกิดการขยายตัว แอสฟัลต์คอนกรีตที่มีคุณสมบัติในการแอ่นตัวได้ดีมักจะมีค่าเสถียรภาพต่ำกว่าแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีคุณสมบัติในการแอ่นตัวได้น้อยกว่า

2.4.6. ความต้านทานต่อการล้า (Fatigue Resistance)

ความต้านทานต่อการล้า คือ ความสามารถในการดัดโค้งแบบซ้ำๆ (Repeated Bending) ของผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีตที่เกิดจากน้ำหนักมากระทำ ปริมาตรของช่องว่างอากาศที่เกี่ยวข้องกับปริมาณแอสฟัลต์ และความหนืดของแอสฟัลต์ จะมีผลต่อความต้านทานต่อการล้าของแอสฟัลต์คอนกรีตที่มีปริมาตรช่องว่างของอากาศมากไม่ว่าจะเป็นผลจากการออกแบบ หรือจากการบดอัดที่ไม่แน่นดีพอ ก็จะส่งผลกระทบทำให้ความสารถในการต้านทานความล้าลดลงด้วย

2.4.7. ความต้านทานต่อการลื่นไถล (skid resistance)

ความต้านทานต่อการลื่นไถล เป็นคุณสมบัติอีกประการหนึ่งของแอสฟัลต์คอนกรีตที่สำคัญ เนื่องจากสามารถช่วยลดปริมาณอุบัติเหตุ

2.5 การออกแบบแอสฟัลติกคอนกรีตด้วยวิธีมาร์แชลล์

2.5.1. พัฒนาการและการใช้

แนวคิดมูลฐานของวิธีมาร์แชลล์ในการออกแบบวัสดุผสมสำหรับผิวทางลาดยาง กำหนดขึ้นโดย บรูซ มาร์แชลล์ (Bruce Marshall) วิศวกร บิทูเมน กรมทางหลวงรัฐมิสซิสซิปปี้ (The Mississippi State Highway Department) ต่อมา the U.S. Corps of Engineers ได้ศึกษาวิจัยเพิ่มเติม แล้วปรับปรุงวิธีการ และพัฒนาหลักเกณฑ์ออกแบบส่วนประสมจนกระทั่งการทดสอบได้มาตรฐาน และกำหนดเป็นมาตรฐานการทดสอบ ASTM 1559

วิธีมาร์แชลล์นี้ใช้กับวัสดุผสมผิวทางลาดยางแบบผสมร้อนซึ่งประกอบด้วยแอสฟัลต์ซีเมนต์ และมวลรวมที่มีการลัดขนาดลงแน่นหรือลงเอียด ที่มีขนาดโตสุด 25 mm. (1 นิ้ว) หรือน้อยกว่า วิธีการนี้มีข้อดีคือใช้ได้กับทั้งการออกแบบในห้องปฏิบัติการทดสอบ และการควบคุมงานสนาม สามารถนำไปวิเคราะห์ความแน่นกับโพรง ความแข็ง ความล้า และการทดสอบเสถียรภาพกับการไหลของก้อนตัวอย่างวัสดุผสมอัดแน่นของผิวทางลาดยาง

2.5.2. เค้าโครงของวิธีการ

การเตรียมเบื้องต้นของก้อนตัวอย่างทดสอบ ให้ปฏิบัติตามขั้นตอนดังนี้

1. วัสดุต้องได้ตามข้อกำหนดของโครงการ
2. มวลรวมผสมต้องมีการจัดขนาดคละตามข้อกำหนดของโครงการ
3. ต้องทราบความถ่วงจำเพาะของวัสดุทุกชนิดที่ใช้ในการออกแบบส่วนผสมถนนลาดยาง

การออกแบบส่วนผสมวิธีมาร์แชลล์ประกอบด้วย

ก. การเตรียมก้อนตัวอย่างทดสอบ

ข. การหาความถ่วงจำเพาะรวม

ค. การทดสอบเสถียรภาพและการไหล

ง. การวิเคราะห์ความหนาแน่นและโพรง

จ. การวิเคราะห์ความแข็ง

ฉ. การวิเคราะห์ความล้า

วิธีมาร์แชลล์ใช้ก้อนตัวอย่างทดสอบอัดแน่นมีขนาดมาตรฐาน คือ เส้นผ่านศูนย์กลาง 102 mm. (4 นิ้ว) สูง 64 mm. (2.5 นิ้ว) เตรียมได้จากวิธีการมาตรฐานการชั่งน้ำหนักของก้อนตัวอย่างอัดแน่นต้องกระทำก่อนการทดสอบซึ่งจำเป็นสำหรับการหาค่าความถ่วงจำเพาะรวม

2.5.3. การเตรียมก้อนตัวอย่างทดสอบ

เค้าโครงต่อไปนี้คือวิธีการเตรียมก้อนตัวอย่างทดสอบ

1. จำนวนของก้อนตัวอย่าง
2. การเตรียมมวลรวม
3. การพิจารณากำหนดอุณหภูมิ
4. การเตรียมแบบและค้อนที่ใช้บดอัด
5. การเตรียมวัสดุผสม
6. การบดอัดก้อนตัวอย่าง
7. การทำให้ก้อนตัวอย่างเย็นและการดันก้อนตัวอย่างออกจากแบบ

จำนวนของก้อนตัวอย่างในการพิจารณาหาค่าประมาณแอสฟัลต์ที่เหมาะสม (Optimum Asphalt Content) ครั้งแรกต้องประมาณค่าก่อนต้องจัดเตรียมชุดของก้อนตัวอย่างทดสอบสำหรับปริมาณแอลฟัลต์ บรรจุที่แตกต่างกัน โดยมีปริมาณบรรจุเพิ่มขึ้นทีละ 5 % อย่างน้อยที่สุด 2 ค่า เกินจากจุดเหมาะสม และ 2 ค่า ก่อนจุดเหมาะสม เพื่อให้มีข้อมูลเพียงพอจึงต้องใช้ก้อนตัวอย่าง 3 ก้อน สำหรับแต่ละปริมาณแอลฟัลต์ บรรจุแต่ละการรวมมวลรวม ซึ่งต้องใช้มวลรวมประมาณ 23 kg (50 ปอนด์) และแอลฟัสต์ประมาณ 4 ลิตร (1 แกลลอน)

การเตรียมมวลรวมต้องอบมวลรวมให้แห้งที่ 105 °C (122 °F) ถึง 110 °C (130 °F) เพื่อให้มีน้ำหนักคงที่ จากนั้นช้อนผ่านตะแกรงแบบแห้งเพื่อแยกขนาดตามกำหนด ซึ่งมักจะแยกเป็น 25.4 ถึง 19.0 mm. (1 ถึง ¾ นิ้ว) 19.0 ถึง 9.5 mm. (3/4 ถึง 3/8 นิ้ว), 9.5 ถึง 4.75 mm. (3/8 นิ้วถึงเบอร์ 4), 4.75 mm. ถึง 2.36 mm. (เบอร์ 4 ถึง เบอร์ 8) และส่วนที่ผ่าน 2.36 mm. (เบอร์ 8)

อุณหภูมิการผสมและการบดอัดควรเป็นอุณหภูมิที่ยอมให้แอลฟัลต์มีความหนืด 170 ± 20 เซนติสโตก สำหรับการผสมและ 280 ± 30 เซนติสโตก สำหรับการบดอัด

การเตรียมแบบและค้อนต้องให้แบบและค้อนมีความสะอาดโดยตลอดอาจจะอุ่นในน้ำร้อนหรือวางบนแผ่นร้อน (Hot Plate) ที่อุณหภูมิระหว่าง 93 ถึง 149 °C (200 ถึง 300 °F) ก่อนใช้ต้องเช็ดแบบและค้อนให้แห้งแล้วสอดกระดาษกรองรองก้นแบบก่อนบรรจุวัสดุผสมลงในแบบ

การเตรียมวัสดุผสมสำหรับแต่ละก้อนตัวอย่างทดสอบให้ใช้ภาชนะบรรจุแยกต่างหาก ชั่งน้ำหนักปริมาณที่เหมาะสมของมวลรวมจากชิ้นส่วนแต่ละขนาดแล้วใส่ลงในภาชนะบรรจุ ความสูงกำหนดของก้อนตัวอย่างเท่ากับ 63.5 ± 1.27 mm. (2.5 ± 0.05 นิ้ว) ซึ่งโดยปกติประกอบด้วยมวลรวมประมาณ 1,200 กรัม และโดยทั่วไป จะเตรียมก้อนตัวอย่างทดลอง (Trial Specimen) ก่อนการเตรียมมวลรวมผสม ถ้าก้อนตัวอย่างทดลองมีความสูงไม่อยู่ในขีดจำกัด จำเป็นต้องมีการปรับแก้ปริมาณของมวลรวมต่อจากนั้นให้ความร้อนแก่มวลรวมที่ประมาณ 28 °C (50 °F) เกินกว่าอุณหภูมิการผสมที่กำหนดไว้เทมวลรวมลงในชามอ่างสำหรับผสมแล้วคลุกเคล้าผสมให้แห้ง และจัดเป็นรูปปากปล่องภูเขาไฟ ที่จุดนี้อุณหภูมิของมวลรวมต้องอยู่ในขีดจำกัดของอุณหภูมิการผสม นำแอสฟัลต์ร้อนที่ชั่งน้ำหนักเตรียมพร้อมอยู่เทใส่ลงมวลรวมรูปปล่องภูเขาไฟนั้น ผสมแอสฟัลต์กับมวลรวมอย่างรวดเร็วคลุกเคล้าให้ทั่วถึง ควรใช้เครื่องผสมแบบเครื่องจักร จนกระทั่งแอสฟัลต์แผ่กระจายสม่ำเสมอ โดยตลอดอย่างทั่วถึง

การบดอัดก้อนตัวอย่าง ประกอบแบบ และใส่กระดาษกรองไว้ที่ก้นของแบบ เมื่อบรรจุ Asphalt Concrete ผสมใส่ลงในแบบแล้วให้ใช้พายร้อนแซมรอบๆ ตัวอย่างข้างในแบบ 15 ครั้ง และแซะเข้าในตัวอย่าง อีก 10 ครั้ง ถอดปลอกออกแล้วแต่งผิวส่วนผสมให้เรียบมีลักษณะมนเล็กน้อย ก่อนที่จะบดอัดอุณหภูมิของส่วนผสมต้องอยู่ในขีดจำกัดของข้อกำหนดการบดอัด ถ้า Asphalt Concrete ที่ผสมเย็นเกินไปต้องทิ้ง สวมปลอกอีกครั้งและนำแบบที่ประกอบแล้วพร้อมตัวอย่างบรรจุอยู่ไปวางเข้าที่ยึดแบบบนแผ่นบดอัด วางค้อนลงบนตัวอย่าง ตามจำนวนครั้งที่กำหนด (35 , 50 หรือ 75 ครั้ง) ซึ่งขึ้นอยู่กับการออกแบบจากนั้นเอาส่วนประกอบของแบบออกจากที่ยึดแบบสลับที่ระหว่างแผ่นรองก้นกับปลอก และกลับแบบตัวอย่างเอาด้านล่างขึ้นเป็นด้านบนแล้วนำแบบที่ประกอบนี้ไปวางเข้าที่ยึดแบบอีกครั้ง จากนั้นเริ่มบดทับตัวอย่าง สำหรับหน้าซึ่งกลับด้านเช่นเดียวกับหน้าซึ่งถูกบดทับไปแล้วด้วยจำนวนครั้งที่เท่ากัน

การทำให้เย็นและการดันตัวอย่างภายหลังการบดอัดถอดแผ่นรองก้นปลอกออกจากแบบปล่อยให้ก้อนตัวอย่างในแบบเย็นตัวลงเพียงพอในอากาศเพื่อไม่ให้เกิดการเสียรูปในระหว่างการดันก้อนตัวอย่างออกจากแบบถ้าต้องการให้เย็นเร็วขึ้นให้ใช้พัดลมเป่าแบบที่บรรจุตัวอย่างนั้นการดันก้อนตัวอย่างที่เย็นแล้วออกจากแบบให้ใช้แม่แรงดัน หรือเครื่องมือดันชนิดอื่น เมื่อดันตัวอย่างออกมาแล้วให้นำตัวอย่างวางไว้บนผิวเรียบได้ระดับจนพร้อมที่จะทดสอบโดยปกติควรปล่อยทิ้งไว้ข้ามคืน เพื่อให้เย็นตัวลงเพียงพอ

ตารางที่ 2.1 แสดงส่วนผสมของแอสฟัลติกคอนกรีต ชั้น Binder Course ของผิวทาง สนามบินสุวรรณภูมิ

Type	Combination				Grade Combine From Job Mix Tolerance										A/C %
	B1	B2	B3	B4	1"	3/4"	1/2"	3/8"	#4	#8	#16	#30	#50	#100	#200	
Binder Course	45	35	20	-	-	100	91-100	79-88	53-67	35-47	22-36	15-25	8-18	4-10	3-9	5.8
PMB																5.3-6.1

จากตาราง อัตราส่วนผสมของแอสฟัลติกคอนกรีตชั้น Binder Course ของผิวทางสนามบินสุวรรณภูมิ จะมีอัตราส่วนผสมดังนี้

B1 หินฝุ่น = 45 %

B2 หิน 3/8" = 35 %

B3 หิน 1/2" = 20 %

B4 หิน 1" = 0 %

โดยที่จะใช้ยาง PMB ทั้งหมด 5.8 % โดยน้ำหนักมวลรวม

2.6 มาตรฐานการทดสอบ

มาตรฐานการทดสอบ BSi STANDARDS (BS-DD 213 1993)

ตามมาตรฐานการทดสอบ BSi STANDARDS (BS-DD 213 1993) ได้กำหนดให้มีการควบคุมคุณภาพขององค์ประกอบต่างๆ ดังนี้

2.6.1 การตรวจสอบเครื่อง Dynamic Load Test ให้ได้ตามมาตรฐาน

การตรวจเช็คอุปกรณ์และเครื่องมือให้ได้ตรงตามมาตรฐาน ต้องทำที่อุณหภูมิห้องปกติควรทำอย่างน้อยวันละ 1 ครั้ง ในการทดสอบมาตรฐานจะใช้ Steel Annulus ซึ่งมีลักษณะเป็นเหล็กกล้ารูปวงแหวน ที่ใช้แทนก้อนตัวอย่าง ทั้งนี้การทดสอบมาตรฐานจะสามารถยอมรับได้ ถ้าอัตราส่วนระหว่างค่าเฉลี่ยสูงสุดของแรงในแนวตั้ง และค่าเฉลี่ยสูงสุดของแรงในแนวเส้นผ่านศูนย์กลางกระทำให้ Steel Annulus เปลี่ยนรูป โดยที่ค่าแรงสูงสุดทั้ง 5 แรงต้องทำให้ Steel Annulus เปลี่ยนรูปไป 2 % ถ้าค่าที่ได้อยู่นอกเหนือจากนี้ให้ทำการทดสอบใหม่อีกครั้ง และทำการตรวจสอบจนได้มาตราฐานหรือให้ได้ค่าตามที่เราต้องการจะนำไปใช้งาน

ค่าของ Steel Annulus สามารถหาได้ทันทีจาก load ที่ส่งผ่านและทำให้ Steel Annulus เปลี่ยนรูป นำค่าที่ได้จากการทดสอบที่ทำการเปรียบเทียบกับมาตราฐานบันทึกเก็บไว้ด้วยกัน

การตรวจสอบก้อนตัวอย่าง

2.6.2 การเตรียมก้อนตัวอย่างสำหรับการทดสอบ

ใช้เลื่อย ในการตัดแต่งก้อนตัวอย่างสำหรับทดสอบ โดยก้อนตัวอย่างที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 , 200 และ 300 mm. สามารถตกแต่งได้ไม่เกิน ± 5 mm. โดยตกแต่งให้เป็นรูปทรงกระบอก

ในการตกแต่งก้อนตัวอย่าง ให้ใช้เลื่อยเฉือนที่ผิวบริเวณส่วนหนา ในระยะระหว่าง 30–80mm. ตรวจสอบดูให้แน่ใจว่า ผิวของก้อนตัวอย่างเรียบเสมอกัน และไม่ควรนำก้อนตัวอย่างมาวางซ้อนทับกันเป็นชั้น

สำหรับการวัดความหนาของก้อนตัวอย่างให้กระทำตามขั้นตอนดังนี้

- นำก้อนตัวอย่างวางบน Glass plate หรือ Steel Plate
- วาง Straightedge ขวางตามแนวเส้นผ่านศูนย์กลางที่ผิวด้านบนของก้อนตัวอย่าง
- ใช้ Steel rule วัดระยะจาก Straightedge ถึง plate ที่บริเวณผิวด้านข้างของก้อนตัวอย่าง การอ่านค่าให้อ่านในหน่วย มิลลิเมตร

สำหรับการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของก้อนตัวอย่าง ให้ใช้เวอร์เนียคาลิปเปอร์ วัดที่บริเวณรอบๆ ก้อนตัวอย่าง

2.6.3 การเก็บรักษาก้อนตัวอย่าง

การเก็บรักษาจำเป็นต้องเก็บในสภาวะอากาศที่แห้ง (โดยที่มีความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกิน 65%) และสถานเก็บรักษาต้องมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 20° C ± 5° C และต้องสามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ได้โดยที่ยอมให้มีความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ± 2° C ในการวางก้อนตัวอย่างต้องวางในแนวราบ และต้องไม่นำมาวางซ้อนทับกัน

การคำนวณหาค่า Stiffness Modulus (Sm) in Mpa

$$Sm = \frac{L}{(D \times t)} \times (v + 0.27)$$

โดยที่

L คือ ค่าสูงสุดของแรงประยุกต์ในแนวตั้ง (นิวตัน)

D คือ ค่าสูงสุดของแรงประยุกต์ในแนวนอน ที่กระทำตรงเส้นผ่านศูนย์กลางจนทำให้เกิดการเปลี่ยนรูป (มิลลิเมตร)

t คือ ความหนาของก้อนตัวอย่าง (มิลลิเมตร)

v คือ ค่าอัตราส่วน Poisson's สำหรับก้อนตัวอย่าง ในการทดสอบที่อุณหภูมิต่างๆ

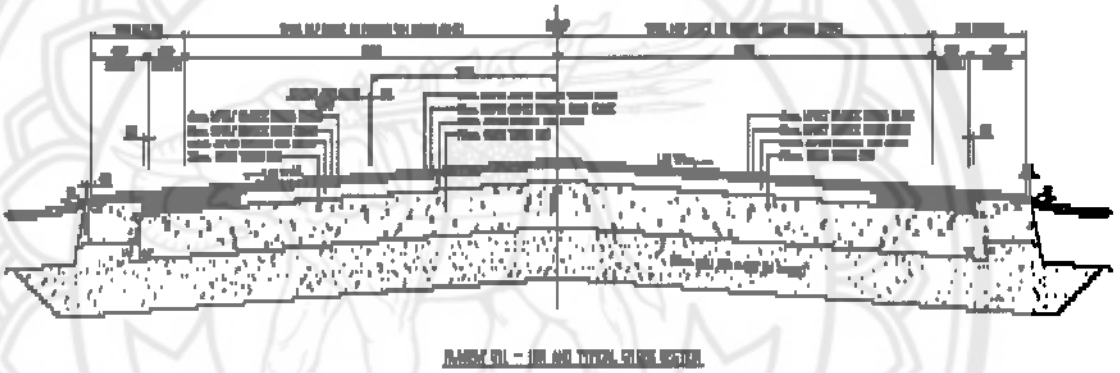
ตารางที่ 2.2 แสดงค่าอัตราส่วน Poisson's สำหรับคำนวณหา Stiffness Modulus

ค่าอัตราส่วน Poison's สำหรับคำนวณหา Stiffness Modulus	
Test Temperature °C	Poisson's ratio
0	0.25
10	0.25
20	0.35
30	0.45

2.7 ความแข็งแกร่ง (Stiffness)

เป็นคุณสมบัติทางกลชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญมากในการออกแบบ เพราะเป็นคุณสมบัติของวัสดุที่แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการต้านทานการแปรรูป หรือเปลี่ยนแปลงรูปร่างในช่วงพิกัดความยืดหยุ่น (Elastic Limit) ขณะรับแรง

ความแข็งแกร่งของวัสดุนั้น จะขึ้นอยู่กับค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่น คือ วัสดุใดมีค่าโมดูลัส ของความยืดหยุ่นสูง วัสดุนั้นก็จะมีความแข็งแกร่งสูงด้วย ตรงกันข้าม ถ้าวัสดุใดมีค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นน้อย วัสดุนั้นก็จะมีความแข็งแกร่งน้อยเช่นกัน



รูปที่ 2.1 แสดงรูปตัด Runway สนามบินสุวรรณภูมิ

ชั้นผิวทางสนามบินสุวรรณภูมิ

- Runway กว้าง 75 m
- Runway ฝั่งตะวันออกยาว 3,700 m, Runway ฝั่งตะวันออกยาว 4,000 m
- 0.80 m minimum sand blanket
- 0.72 m Cement Treated Base (CTB)
- 0.23 m Asphalt concrete base course
- 0.06 m. Asphalt concrete binder course **ซึ่งชั้นนี้เป็นชั้นที่ใช้ในศึกษา**
- 0.04 m Asphalt concrete wearing course
- 0.75 m. Sand cement base course for Stabilized area at both side of runway