

ภาคผนวก ข

รายละเอียดวิธีการทดลอง

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นจากน้ำต่อผิวทางแบบสโตนแมสติกแอสฟัลต์ในห้องปฏิบัติการ เพื่อสะท้อนถึงคุณสมบัติเบื้องต้นต่อวัสดุวิศวกรรมทางที่จะนำมาใช้ในการปูทับผิวจราจร โดยในการศึกษานี้แบ่งออกเป็นขั้นตอนต่างๆ ประกอบด้วย การกล่าวถึงที่มาของวัสดุแอสฟัลต์คอนกรีต ทฤษฎีต่างๆ คุณสมบัติของวัสดุที่จะนำมาทดสอบ และวิธีการทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติของสโตนแมสติกแอสฟัลต์

ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้คัดเลือกวัสดุมวลรวม 2 ชนิดด้วยกันคือ หินแกรนิตและตะกรันเตาหลอม ส่วนวัสดุแอสฟัลต์ซีเมนต์นั้นใช้เป็นโพลิเมอร์ โมดิฟายด์แอสฟัลต์ (PMA (ที่มีขายในท้องตลาดทั่วไป

การหาปริมาณที่เหมาะสมของวัสดุเชื่อมประสานประเภทโพลิฟายด์แอสฟัลต์ ที่ใช้ในการเตรียมก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์คอนกรีตจากการบดอัดด้วยวิธีมาร์แชลล์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการเตรียมก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์คอนกรีตสำหรับทดสอบประสิทธิภาพในการใช้งาน (Performance) จากการบดอัดด้วยเครื่อง Gyrotory compactor ตามข้อกำหนดของขนาดกะของวัสดุมวลรวม สำหรับชั้นผิวทางที่ออกแบบด้วยวิธีสโตนแมสติกแอสฟัลต์ โดยใช้ขนาดกะวัสดุมวลรวม 3 ขนาด ได้แก่ ขนาด 12.5 มิลลิเมตรของ NCHRP Project ขนาด 9.5 มิลลิเมตร NCHRP Project และ ขนาด ที่ทำการออกแบบสัดส่วนเพื่อให้เหมาะสมกับสภาพใช้งาน

สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพ ในการใช้งานของวัสดุแอสฟัลต์คอนกรีตนั้น คำที่นำมาศึกษาเปรียบเทียบ ได้แก่ ความต้านทานการเปลี่ยนรูปถาวร (Permanent deformation) ความต้านทานแรงเสียดทาน (Skid Resistance) และการศึกษาผลกระทบที่เกิดจากน้ำ ซึ่งรายละเอียดขั้นตอนการศึกษาต่างๆ จะกล่าวในลำดับต่อไป

นอกจากนี้ ในการศึกษา ยังได้เปรียบเทียบประเภทของวัสดุมวลรวมระหว่างหินแกรนิตกับตะกรันเตาหลอม (Furnace Slag) โดยจะนำผลของปริมาณวัสดุเชื่อมประสานที่เหมาะสมแต่ละชนิดที่ได้จากการทดสอบที่ใช้หินแกรนิต และตะกรันเตาหลอมเป็นวัสดุมวลรวมมาใช้เป็นข้อมูลในการผสมทำแอสฟัลต์คอนกรีต เพื่อเปรียบเทียบค่าความต้านทานการเปลี่ยนรูปถาวร ความต้านทานการหลุดลอก ความต้านทานแรงเสียดทาน และการศึกษาผลกระทบที่เกิดจากน้ำ เมื่อใช้วัสดุเชื่อมประสานชนิดโพลิเมอร์โมดิฟายด์แอสฟัลต์

1. การทดสอบส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตด้วยวิธีมาร์แชลล์

แนวคิดของวิธีมาร์แชลล์ในการออกแบบวัสดุส่วนผสมสำหรับถนนแอสฟัลต์กำหนดขึ้นโดยนาย บรูซ มาร์แชลล์ วิศวกรปิทิวเมน กรมทางหลวงรัฐมิสซิสซิปปี ต่อมา the U.S. Corps of Engineers ได้ศึกษาค้นคว้าวิจัยเพิ่มเติมเพื่อปรับปรุงวิธีการและพัฒนาหลักเกณฑ์ในการออกแบบส่วนผสมจนกระทั่งได้วิธีการทดสอบที่ได้มาตรฐาน และกำหนดเป็นมาตรฐานการทดสอบ ASTM D1559 และ AASHTO T245 ขึ้น

วิธีมาร์แชลล์นี้ใช้กับถนนแอสฟัลต์ที่ผสมแบบร้อน (Hot Mix Asphalt : HMA) ซึ่งประกอบด้วยแอสฟัลต์ซีเมนต์และมวลรวมที่มีการจัดขนาดคละแน่น ที่มีขนาดมวลรวมโตสุด 25 มิลลิเมตร (1 นิ้ว) หรือน้อยกว่า วิธีการนี้ใช้ได้ทั้งการออกแบบในห้องปฏิบัติการและการควบคุมในสนาม

การทดสอบคุณสมบัติของแอสฟัลต์คอนกรีตโดยวิธีมาร์แชลล์ เป็นการใช้เครื่องทดสอบเสถียรภาพและการไหลของแอสฟัลต์คอนกรีตด้วยวิธีมาร์แชลล์ ดังแสดงในภาพผนวกที่ ข1 เพื่อหาค่าคุณสมบัติต่าง ๆ ได้แก่ เสถียรภาพ (Stability) การไหล (Flow) ค่าร้อยละของช่องว่างอากาศ (Air void) หน่วยน้ำหนัก (Unit weight) ค่าร้อยละของช่องว่างระหว่างอนุภาคของมวลรวม (VMA) และค่าร้อยละของช่องว่างที่ถูกแทนที่ด้วยแอสฟัลต์ (VFA) ในส่วนผสมระหว่างแอสฟัลต์ซีเมนต์กับมวลรวมชนิดต่าง ๆ เพื่อนำไปหาค่าร้อยละของปริมาณแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่เหมาะสม (Optimum asphalt content) ที่ทำให้แอสฟัลต์คอนกรีตมีค่าร้อยละของช่องว่างอากาศประมาณร้อยละ 4



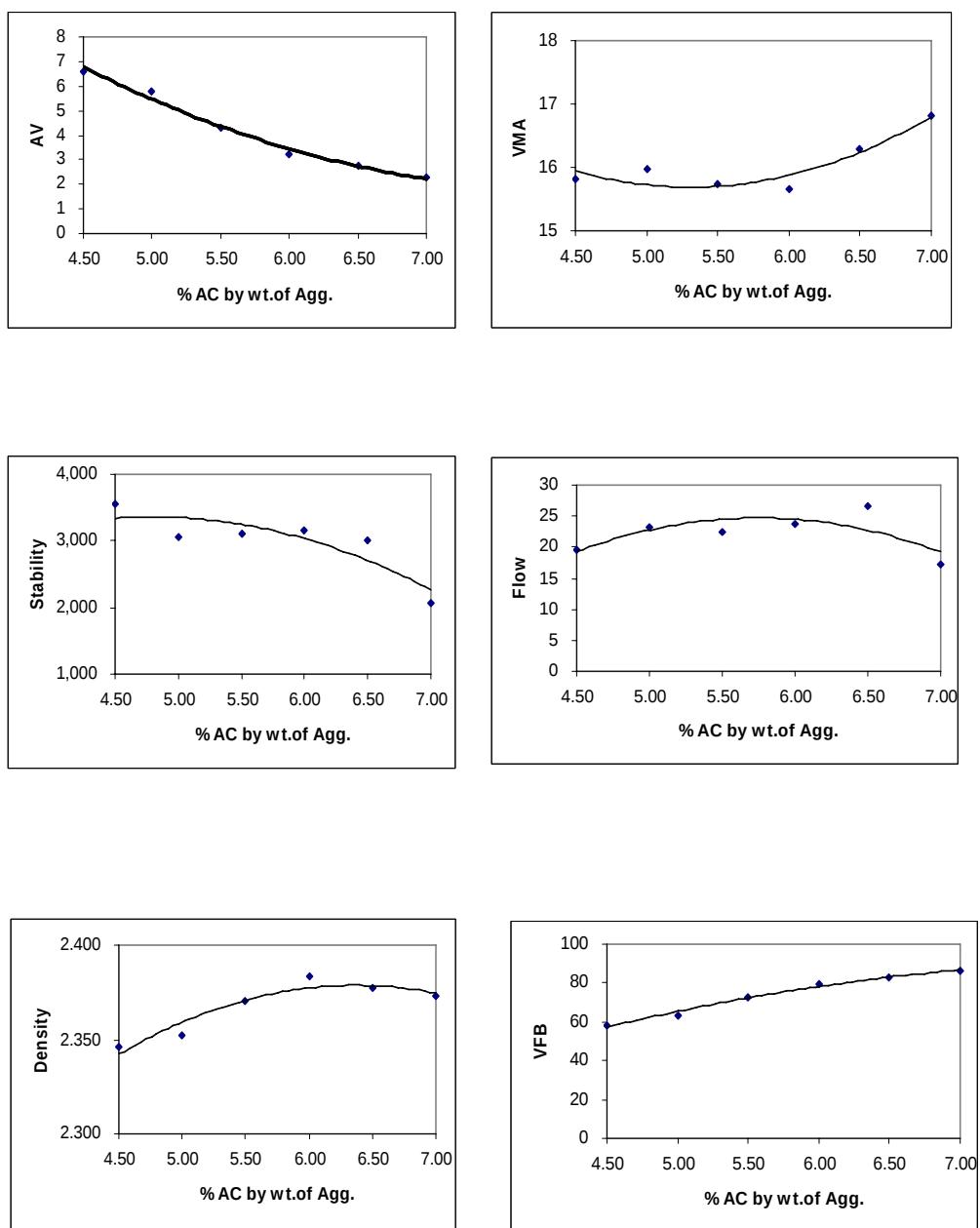
ภาพผนวกที่ ข 1 เครื่องมือทดสอบเสถียรภาพและการไหลของแอสฟัลต์คอนกรีตด้วยวิธีมาร์แชลล์

จากนั้นนำค่าที่ได้จากการทดสอบมาทำการคำนวณ แล้วเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการทดสอบต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ ดังแสดงในภาพผนวกที่ ข 3

- ค่าเสถียรภาพมาร์แชลล์ กับ ค่าร้อยละของแอสฟัลต์ซีเมนต์โดยน้ำหนักของมวลรวม
- ค่าการไหลมาร์แชลล์ กับ ค่าร้อยละของแอสฟัลต์ซีเมนต์โดยน้ำหนักของมวลรวม
- ค่าร้อยละของปริมาณช่องว่างอากาศ กับ ค่าร้อยละของแอสฟัลต์ซีเมนต์โดยน้ำหนักของมวลรวม
- ค่าร้อยละของช่องว่างระหว่างอนุภาคของมวลรวม กับ ค่าร้อยละของแอสฟัลต์ซีเมนต์โดยน้ำหนักของมวลรวม
- ค่าร้อยละของช่องว่างที่ถูกแทนที่ด้วยแอสฟัลต์ กับ ค่าร้อยละของแอสฟัลต์ซีเมนต์โดยน้ำหนักของมวลรวม
- ค่าหน่วยน้ำหนัก กับ ค่าร้อยละของแอสฟัลต์ซีเมนต์โดยน้ำหนักของมวลรวม



ภาพผนวกที่ ข 2 เครื่องมือทดสอบมาร์แชลล์ ติดตั้งอุปกรณ์ทดสอบ Stability Test

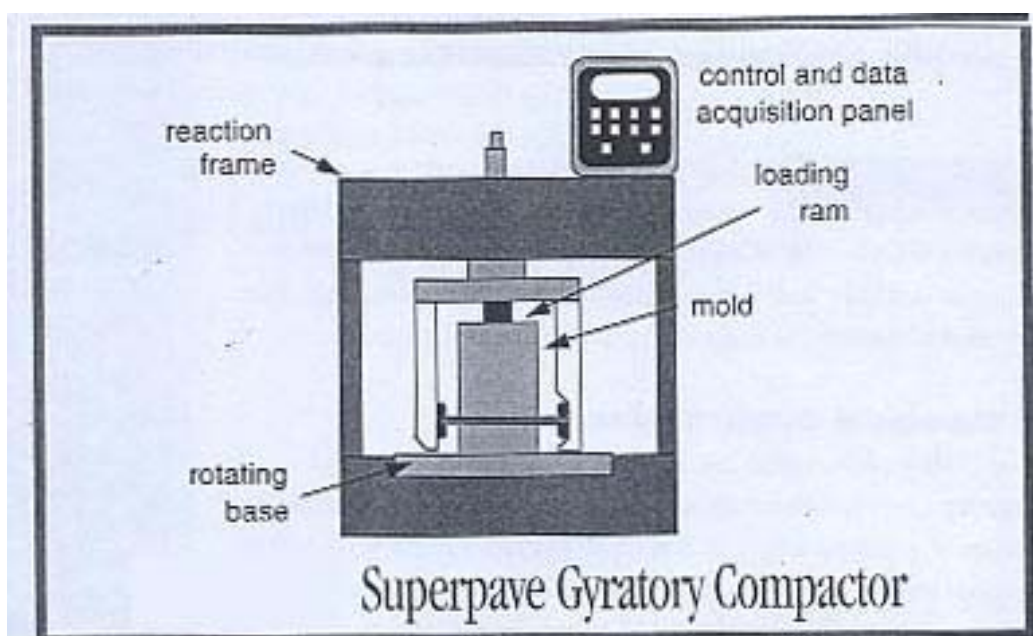


ภาพผนวกที่ ข3 กราฟตัวอย่างข้อมูลของแอสฟัลต์คอนกรีตที่ได้จากการทดสอบด้วยวิธีมาร์แชลล์

2. การทดสอบด้วยวิธี Superpave Gyratory Compactor

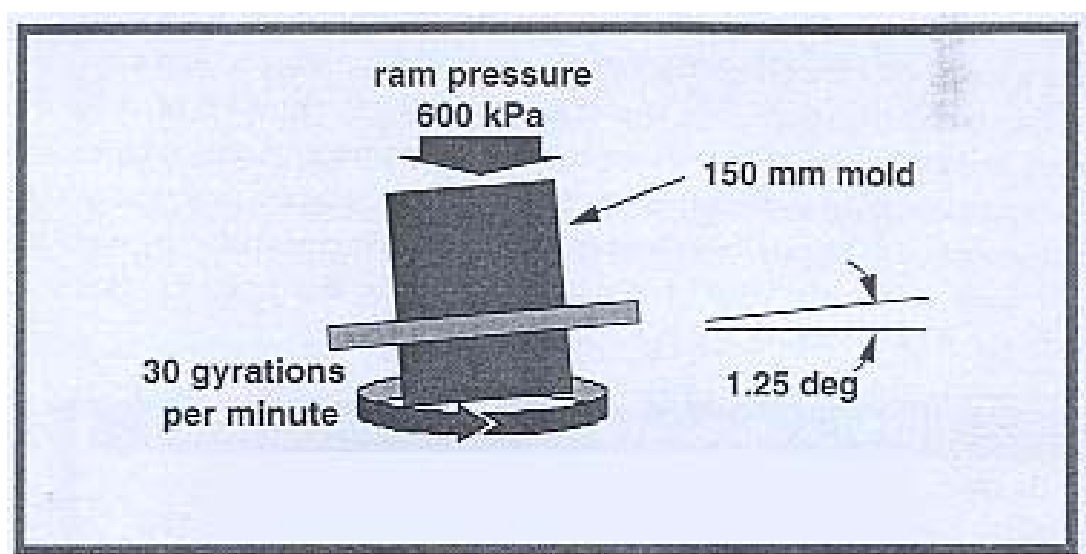
เครื่อง Superpave Gyratory Compactor (SGC) ภาพผนวกที่ ข 4 เป็นเครื่องมือกลึงอัตโนมัติที่สามารถควบคุมการให้น้ำหนักกดที่คงที่ โดยกระบวนการบดอัดจะเริ่มขึ้นเมื่อนำส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตที่จะทำการบดอัดบรรจุลงในแบบ (Mold) ซึ่งมีทั้งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 และ 150 มิลลิเมตร จากนั้นนำ Mold ดังกล่าวเข้าติดตั้งกับส่วนฐานรับก้อนตัวอย่าง (Rotation base) ส่วนฐานนี้จะหมุนในอัตราเร็ว 30 รอบต่อนาที และจะรองรับ Mold ไว้ขณะทำการบดอัด ที่ฐานจะมีขอบเพื่อล็อกเข้ากับ Bearing ที่ทำหน้าที่บังคับวัสดุผสมใน Mold ให้ทำมุมเอียง 1.25 องศา กับหัวของ Loading ram ซึ่งเป็นตัวควบคุมความดันที่กดลงบนวัสดุใน Mold ด้วยความดันคงที่ 0.6 MPa ขณะทำการบดอัดวัสดุในการหมุนแต่ละรอบ และมีระบบการวัดความสูงก้อนตัวอย่างขณะทำการบดอัดและบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ ดังแสดงในภาพผนวกที่ ข 3 การบดอัดดังกล่าวเป็น การลอกเลียนพฤติกรรมที่เกิดขึ้นจากสภาพจริงในสนามที่ล้อเหล็กของรถบดอัดทำกับผิวถนนขณะบดอัด

การบดอัดก้อนวัสดุตัวอย่างโดย Superpave Gyratory Compactor



ภาพผนวกที่ ข 4 เครื่อง Gyratory Compactor

ที่มา : วัชรินทร์ วิทยกุล (2545)



ภาพผนวกที่ ข 5 ลักษณะการทำงานในการบดอัดด้วยเครื่อง Superpave Gyratory Compactor (SGC)
ที่มา : วัชรินทร์ วิทย์กุล (2545)



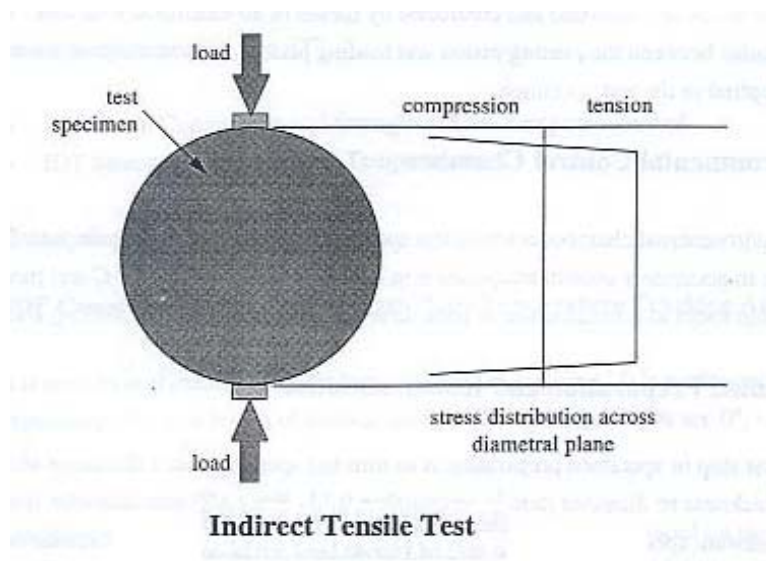
ภาพผนวกที่ ข 6 เครื่องบดอัด Gyratory Compactor ของสำนักวิจัยและพัฒนาทาง
กรมทางหลวง

3. การทดสอบวัสดุโดยวิธีแรงดึงทางอ้อม (Indirect Tensile Test)

การทดสอบแบบ Indirect Tensile Test เป็นการทดสอบโดยการป้อนน้ำหนักที่เป็น Compression load ซึ่งอาจจะเป็นได้ทั้งแบบ Static และแบบ Repeated / Dynamic load แล้วแต่กรณี โดยให้แรงกระทำในแนวนอนตามแนวเส้นผ่านศูนย์กลางตามแนวตั้งของก้อนวัสดุทดสอบ ตามทฤษฎีที่ Stresses พัฒนาขึ้น เนื่องจากการกระทำของแรงที่กระทำต่อก้อนวัสดุทดสอบ ทรงกระบอก ในทางปฏิบัติหากยึดการให้แรงของก้อนวัสดุทดสอบโดยตรงแล้ว จะทำให้ จุดแตกหักของวัสดุเกิดที่ตำแหน่งขอบผิวของก้อนวัสดุทดสอบที่ทำการให้แรง ผลที่ได้จะไม่ถูกต้องตามคุณสมบัติจริงของวัสดุที่ควรจะเป็น ดังนั้นการให้แรงจึงต้องกระทำผ่านแท่งก้นน้ำหนักที่เป็น เหล็กสแตนเลสที่มีขนาดเหมาะสม กล่าวคือ

ในกรณีที่ก้อนวัสดุทดสอบมีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 100 มิลลิเมตร ควรใช้แท่งที่มีความกว้างประมาณ 13 มิลลิเมตร และในกรณีที่ก้อนวัสดุทดสอบมีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 150 มิลลิเมตร ควรใช้แท่งที่มีความกว้างประมาณ 19 มิลลิเมตร โดยที่แท่งก้นน้ำหนักดังกล่าวต้องมีด้านสัมผัสกับผิวของก้อนวัสดุทดสอบซึ่งเป็นส่วนโค้งที่มีรัศมีเท่ากับรัศมีของก้อนวัสดุทดสอบ ทำให้สามารถแนบกันได้สนิทพอดีเพื่อประโยชน์ในการกระจายน้ำหนักและการรักษาพื้นที่ที่น้ำหนักกระทำคงที่ การให้แรงในลักษณะนี้จะทำให้เกิดหน่วยแรงดึง (Tensile stress) ที่ค่อนข้างสม่ำเสมอกระทำตั้งฉากกับแนวของการให้แรง หรือแนวเส้นผ่านศูนย์กลางในแนวตั้ง ทำให้ก้อนวัสดุทดสอบเกิดการแตกแยกขึ้นตามแนวเส้นผ่านศูนย์กลางไม่ว่าจะเกิดจากการป้อน Single load หรือ Repeated load ก็ตาม ดังแสดงในภาพผนวกที่ ข 5

เมื่อพิจารณาลักษณะการกระจายของ Stresses ที่เกิดขึ้นภายในก้อนวัสดุทดสอบขณะทำการทดสอบทั้งในแนวราบและแนวตั้ง จะสังเกตเห็นว่าที่บริเวณกึ่งกลางของก้อนวัสดุทดสอบ Compressive stress ที่เกิดขึ้นในแนวตั้งจะมีขนาดประมาณ 3 เท่าของหน่วยแรงดึงที่เกิดขึ้นในแนวราบ ผลจากทฤษฎีพอจะสรุปสมการที่สามารถใช้ในการคำนวณหาค่า Tensile strength ค่า Tensile strain ค่า Modulus of Elasticity และค่า Poisson's Ratio ได้ โดยอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการคำนวณ



ภาพผนวกที่ ข 7 การป้อนน้ำหนักและลักษณะการแตกร้าวของก้อนตัวอย่างจากการทดสอบด้วย Indirect Tensile Test

4. การทดสอบโดยทั่วไป

การทดสอบ Indirect Tensile แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

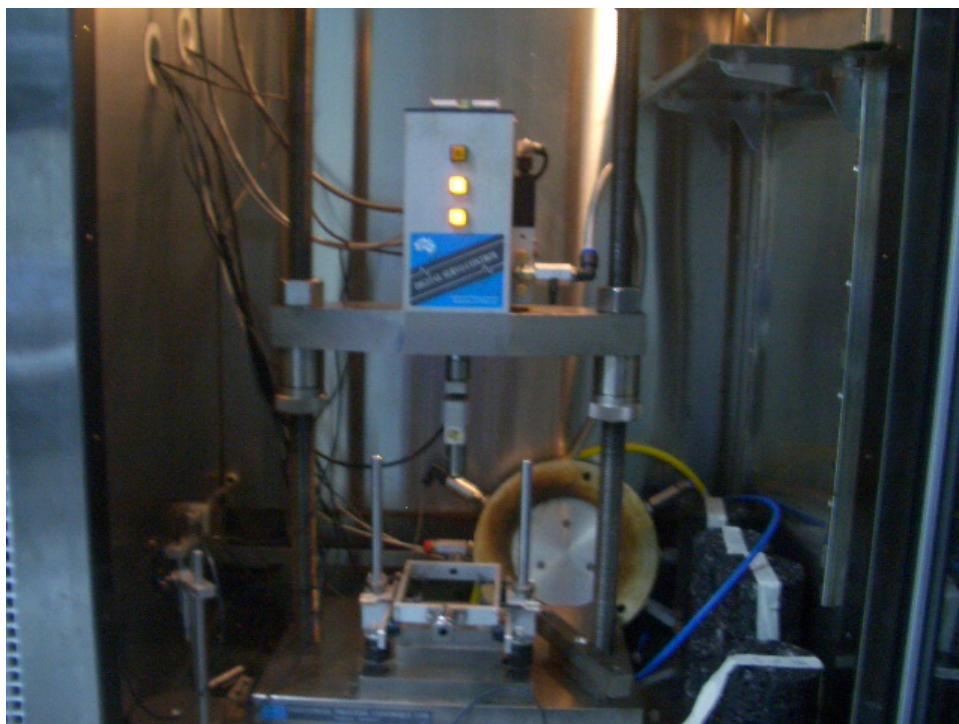
1) การทดสอบแบบ Static หรือการใช้แรงกดในอัตราคงที่ ซึ่งเหมาะกับการทดสอบหาความต้านทานต่อการแตกร้าวเนื่องจากผลของอุณหภูมิ (Thermal cracking) โดยเฉพาะที่อุณหภูมิต่ำ (Low temperature)

2) การทดสอบแบบ Repeated หรือ Dynamic load ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์หาความต้านทานต่อการแตกร้าวเนื่องจากความล้า และสามารถใช้กับสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยได้ โดยจะให้น้ำหนักทดสอบที่คงที่ค่าหนึ่งที่ไม่ถึงกับทำลายก้อนวัสดุทดสอบ จากนั้นกระทำการ Load และ Unload ซ้ำไปมา โดยตรวจสอบและบันทึกค่า Deformation ทั้งแนวราบและแนวดิ่ง แต่จะให้ความสนใจเฉพาะในส่วนของค่า Recoverable deformation ซึ่งพิจารณาได้จากสมมติฐานที่ว่าความสัมพันธ์ระหว่าง Load และ Deformation มีลักษณะเป็นเส้นตรง เพื่อใช้ค่าเหล่านี้ในการคำนวณหาค่า Resilient Modulus

การทดสอบนี้ยังสามารถใช้ประมาณค่า Permanent deformation ที่อาจเกิดขึ้นเนื่องจาก Repeated load ได้อีกด้วย โดยปกติ Repeated stress ที่กระทำกับก้อนวัสดุทดสอบจะป้อนในรูปลักษณะ Haversine wave โดยมีการรักษาค่า Preload ไว้ในปริมาณเล็กน้อยเพื่อรักษาสภาพการสัมผัสที่สม่ำเสมอระหว่างแท่งกดน้ำหนักกับผิวของก้อนวัสดุทดสอบ สำหรับลักษณะความสัมพันธ์ของการให้แรงเทียบกับเวลา และความสัมพันธ์ของค่า Deformation ที่เกิดขึ้นกับก้อนวัสดุทดสอบเทียบกับเวลา แต่ทั้งนี้ถ้าเครื่องมือทดสอบสามารถ ทำได้แนะนำให้เลือกช่วงระยะเวลาการให้แรงที่สั้น ๆ มาใช้ในการทดสอบ เพราะการทดสอบด้วยระยะเวลาการให้แรงที่สั้นจะให้ค่า Fatigue life สูงขึ้นใกล้เคียงกับค่า Fatigue life ที่เกิดขึ้นจริงในสนาม เพราะโดยปกติค่า Fatigue life ที่วิเคราะห์ได้จากการประมาณผลการทดสอบวัสดุในห้องปฏิบัติการ มีแนวโน้มที่จะต่ำกว่าค่าที่เกิดจากสภาพการใช้งานจริงในสนาม สำหรับระยะเวลาการให้แรงที่มักใช้ในการทดสอบจะอยู่ระหว่าง 0.1 – 0.4 วินาที และใช้อัตราเร็ว 50 มิลลิเมตรต่อวินาที อุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบโดยปกติจะเป็นที่อุณหภูมิห้องประมาณ 24 – 25 องศาเซลเซียส



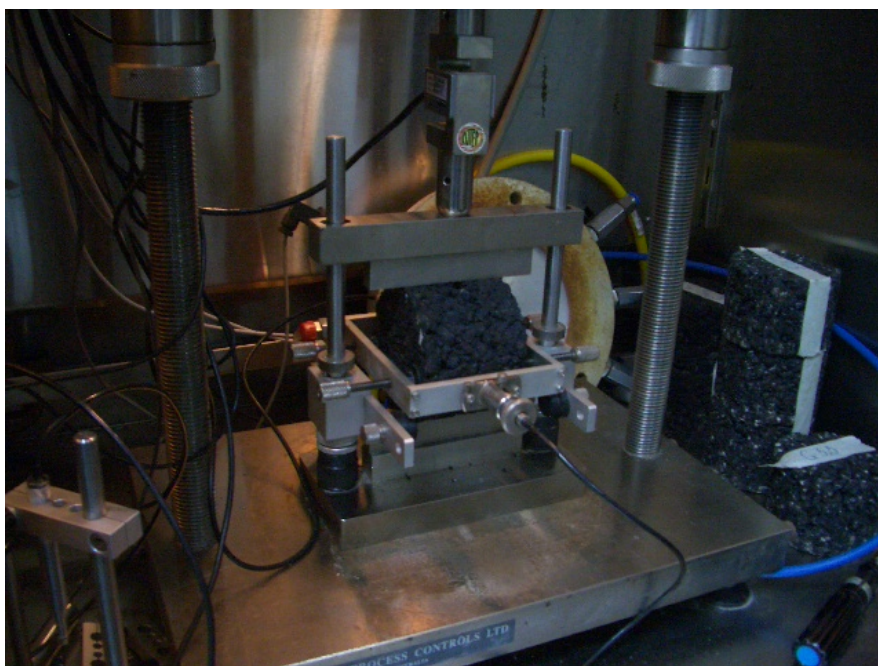
ภาพผนวกที่ ข 8 ชุดเครื่องมือทดสอบ Universal Testing Machine (UTM-5P)



ภาพผนวกที่ ข 9 Reaction Loading Frame พร้อมอุปกรณ์ชุดทดสอบแรงดึงทางอ้อม



ภาพผนวกที่ ข 10 การจัดเตรียมก้อนตัวอย่างทดสอบ ภายในห้องควบคุมอุณหภูมิ



ภาพผนวกที่ ข 11 การจัดชุด LVDTs สำหรับวัดการเคลื่อนตัวด้านข้าง

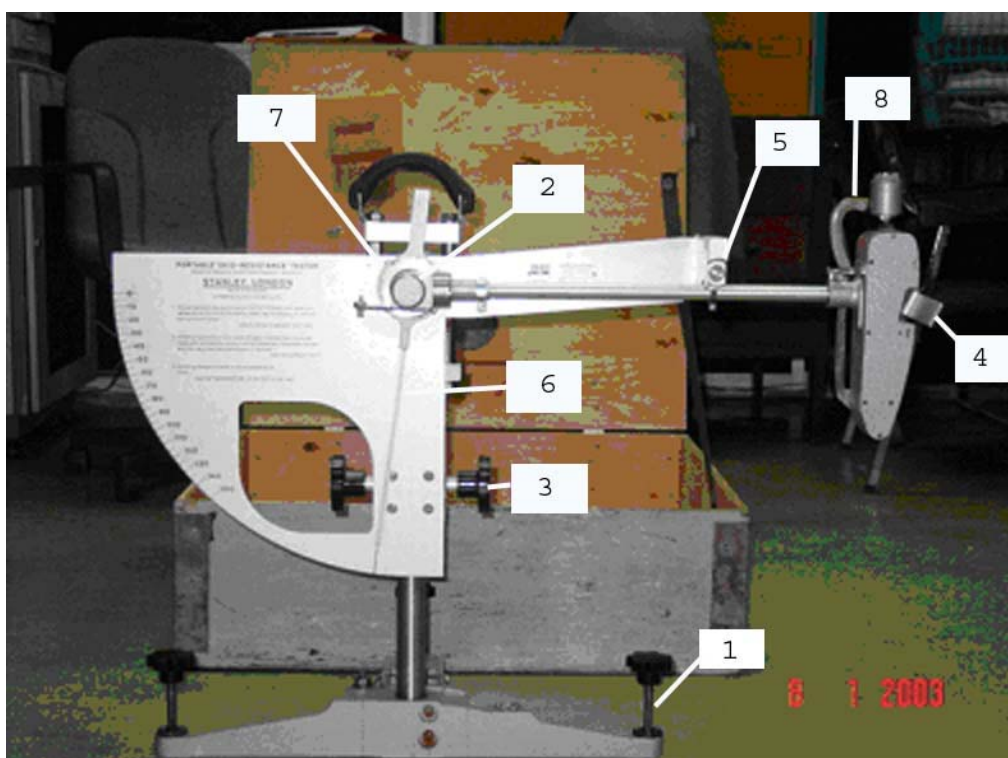
5. การทดสอบหาความต้านทานแรงเสียดทาน

ความต้านทานแรงเสียดทานของพื้นผิว (Skid Resistance) คือ แรงยึดเหนี่ยวระหว่าง ล้อรถกับพื้นผิวถนน ซึ่งมีความสำคัญมากต่อความปลอดภัยในการขับขี่ ในหลายกรณีของการเกิดอุบัติเหตุ เป็นผลเนื่องมาจากแรงเสียดทานระหว่างล้อรถและพื้นผิวถนน เช่น อุบัติเหตุเกิดขึ้นในช่วงเวลาที่ฝนตก อุบัติเหตุที่เกิดจากการเสื่อมสภาพของยางล้อรถ เป็นต้น จากความพยายามที่จะหาวิธีการที่เพิ่มแรงเสียดทานของพื้นผิวถนนทำให้ The Transport and Road Research Laboratory (TRRL) แห่งสหราชอาณาจักร จึงได้ประดิษฐ์คิดค้นเครื่องทดสอบเพื่อวัดค่าแรงเสียดทานที่สามารถเคลื่อนย้ายได้ เพื่อให้สามารถทดสอบได้ทั้งในห้องปฏิบัติการและภาคสนาม นั่นคือ Pendulum Skid Tester เครื่องมือดังกล่าวเป็นการจำลองเพื่อหาค่าแรงเสียดทานของพื้นผิวถนน เมื่อมียานพาหนะเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมงผ่าน โดยค่าที่ได้จะเป็นตัวเลขที่สามารถบ่งบอกถึงค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานของพื้นผิวถนน

6. การทดสอบความต้านทานแรงเสียดทานด้วยเครื่อง British Pendulum Tester

การทดสอบความต้านทานแรงเสียดทาน จะใช้เครื่อง British Pendulum Tester หาค่า BPU วิธีการดังต่อไปนี้

1. ทำการติดตั้งเครื่อง British Pendulum Tester บนพื้นผิวที่จะทำการทดสอบโดยจะต้องปรับระดับลูกน้ำด้วยการหมุนสกรู (1) ที่ขาตั้งทั้งสาม
2. จากนั้นทำการปรับค่าเครื่อง British Pendulum Tester ให้มีค่า ศูนย์ เมื่อมีการปล่อยแกนที่มียางอยู่ที่ปลาย โดยไม่มีแรงต้านทานการเสียดทาน



ภาพผนวกที่ ข 12 เครื่อง British Pendulum Tester

3. หมุนปุ่มยึด(2) ให้คลายออก จากนั้นหมุนปุ่มปรับความสูงของด้ามทดสอบ(3) ให้ด้ามทดสอบ (4) ลอยพ้นจากพื้นถนน หมุนปุ่มยึดให้แน่นยึดด้ามน้ำหนักให้อยู่ในแนวระดับ จากนั้นกดปุ่มยึดด้ามน้ำหนัก(5) เพื่อปลดปล่อยให้ด้ามน้ำหนักแกว่งอย่างอิสระ อ่านค่าเข็มชี้(6) ว่าอ่านค่าได้ศูนย์หรือไม่ ถ้าอ่านค่าได้ไม่เท่ากับศูนย์ให้ปรับแก้เครื่องมือ โดยหมุนแหวนปรับความฝืด(7) ทำซ้ำจนกว่าจะอ่านค่าได้ศูนย์

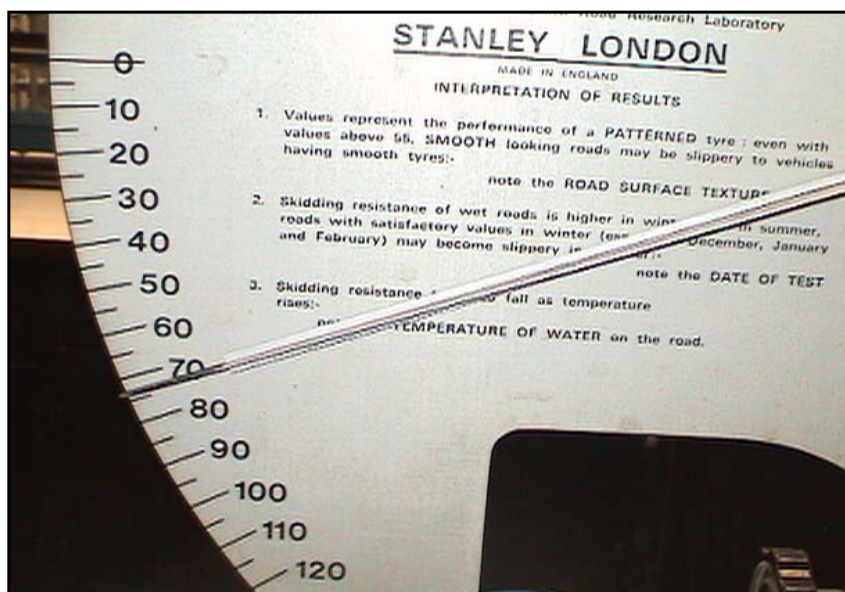
4. ปลดปล่อยด้ามน้ำหนักให้อยู่ในแนวตั้ง นำ spacer ไปใส่ไว้ใต้ lifting handle(8) จากนั้นหมุนปุ่มยึดให้คลายออก แล้วค่อยๆ หมุนปุ่มปรับความสูงของด้ามทดสอบลงอย่างช้าๆ จนกระทั่ง ด้ามทดสอบแตะกับผิวถนน หมุนปุ่มยึดให้แน่น จากนั้นนำ spacer ออก

5. ตรวจสอบว่าระยะสัมผัสของด้ามน้ำหนักมีระยะ 125 -127 มิลลิเมตรหรือไม่ โดยการยก lifting handle แล้วจับด้ามน้ำหนักไปด้านหนึ่ง ปลดปล่อยให้ด้ามน้ำหนักสัมผัสผิวทดสอบเบาๆ ทำเครื่องหมายจุดสัมผัสไว้ จากนั้นยก lifting handle แล้วจับด้ามน้ำหนักไปอีกด้านหนึ่ง ปลดปล่อยให้ด้ามน้ำหนักสัมผัสผิวทดสอบเบาๆ ทำเครื่องหมายจุดสัมผัสแล้วยึดด้ามน้ำหนักให้กลับมาอยู่ในแนวระดับ

6. วัดระยะระหว่างจุดสองจุดที่ทำเครื่องหมายไว้

7. ถ้าระยะสัมผัสไม่อยู่ในช่วง 125-127 มิลลิเมตร ทำซ้ำข้อ 5-6 แต่ไม่ต้องใส่ spacer

8. ยึดด้ามน้ำหนักให้อยู่ในแนวระดับ กดปุ่มยึดด้ามน้ำหนัก เพื่อปลดปล่อยให้ด้ามน้ำหนักแกว่งลงไปสัมผัสผิวทดสอบ อ่านค่าเข็มชี้ ดังแสดงในภาพผนวกที่ ข 13 ทำการบันทึกค่า



ภาพผนวกที่ ข 13 ลักษณะของเข็มชี้ของเครื่องทดสอบความต้านทานแรงเสียดทาน

9. ทำซ้ำข้อ 8 จำนวน 3 ครั้ง บันทึกค่า โดยค่าที่ได้ต้องแตกต่างกันไม่เกิน 3 จากนั้นหาค่าเฉลี่ย
10. ถ้าค่าที่ได้มีความแตกต่างกันมากกว่า 3 ให้ทำซ้ำข้อ 8 จนได้ค่าที่คงที่ 3 ครั้ง บันทึกค่า
11. ยึดตัมน้ำหนักให้อยู่ในแนวระดับ จากนั้นเทน้ำลงพื้นผิวที่จะทำการทดสอบให้เปียก
12. กดปุ่มยึดตัมน้ำหนัก เพื่อปล่อยให้ตัมน้ำหนักแกว่งลงไปสัมผัสผิวทดสอบ อ่านค่าเข็มชี้ บันทึกค่า
13. ทำซ้ำข้อ 11-12 จำนวน 3 ครั้ง บันทึกค่า โดยค่าที่ได้ต้องแตกต่างกันไม่เกิน 3 จากนั้นหาค่าเฉลี่ย
14. หากค่าที่ได้มีความแตกต่างกันมากกว่า 3 ให้ทำซ้ำข้อ 11-12 จนได้ค่าที่คงที่ 3 ครั้ง บันทึกค่า

7. การทดสอบโดยวิธีลอตท์แมน (LOTTMAN TEST) วิธีการทดสอบผลกระทบที่เกิดจากน้ำในผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต ASTM D4867/MN DOT MODIFIED

การทดสอบนี้เป็นวิธีการศึกษาการเปรียบเทียบและทดสอบก่อนตัวอย่างแอสฟัลต์คอนกรีตสำหรับวัตถุประสงค์ในการศึกษาผลกระทบที่เกิดจากน้ำ โดยใช้แรงดึงในการทดสอบก่อนตัวอย่างแอสฟัลต์คอนกรีต

การทดสอบยังสามารถใช้ในการศึกษาส่วนผสมของแอสฟัลต์คอนกรีตที่ได้จากการออกแบบ โดยพิจารณาถึงความเสียหายที่เกิดจากความชื้นภายในของแอสฟัลต์คอนกรีต และพิจารณาถึงความสามารถในการต้านทานการหลุดลอกของวัสดุเชื่อมประสานที่ยึดเกาะกับวัสดุมวลรวม

จากการศึกษาที่กล่าวมาข้างต้น สามารถที่จะการทดสอบทั้งในโรงงานผสม และในพื้นที่ที่มีการทำงานปูผิวทางแอสฟัลต์คอนกรีต

ความเสียหายภายในที่เกิดจากความชื้น) Potential for Moisture Damage (ระดับปฏิบัติการ ความเสียหายภายในที่เกิดจากความชื้นที่มีผลต่อแอสฟัลต์คอนกรีตนั้น สามารถพิจารณาได้จากการเปรียบเทียบจากการทำก้อนตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ โดยสูตรการผสมที่ได้จากการออกแบบผิวแอสฟัลต์คอนกรีตที่ใช้ในการปูแอสฟัลต์คอนกรีตในสนามที่ระดับช่องว่างอากาศ 6 – 8 % โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 ไม่มีการนำก้อนตัวอย่างไปทำปฏิบัติการความชื้น) Untreat (และกลุ่มที่ 2 นำก้อนตัวอย่างไปทำปฏิบัติการความชื้น

จากนั้นนำก้อนตัวอย่างไปทดสอบแรงดึงพิจารณาการทดสอบการหลุดลอกโดยความเสียหายภายในที่เกิดจากความชื้น หาได้จากอัตราส่วนระหว่างแรงดึงที่ทำกรนำก้อนตัวอย่างไปทำปฏิบัติการความชื้น และแรงดึงจากก้อนตัวอย่างที่ไม่ได้นำไปทำปฏิบัติการความชื้น

อัตราส่วนการผสมแอสฟัลต์คอนกรีตที่ใช้ในโรงงานผสม (Plant Produced Mixture) ความเสียหายภายในที่เกิดจากความชื้น สำหรับแอสฟัลต์คอนกรีตที่ผสมในโรงงานผสมนั้นจะพิจารณาได้จากส่วนผสมที่ออกแบบในห้องปฏิบัติการ ซึ่งใช้ช่องว่างอากาศที่ประมาณ 7 ± 1 % สำหรับใช้ในการบดอัดแบบมาร์แชลล์

เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบความเสียหายภายในที่เกิดจากความชื้น

เครื่องมือที่ใช้ในการบดอัดก้อนตัวอย่างแอสฟัลต์คอนกรีตแบบมาร์แชลล์ AASHTO T245
และ เครื่องบดอัด Gyratory Compactor TP4-97

เครื่องดูอากาศพร้อมเกจบอกค่าความดันอากาศ ตามมาตรฐาน AASHTO T209

อ่างแช่ก้อนตัวอย่าง เพื่อทำให้ก้อนตัวอย่างเกิดความชื้น ตามมาตรฐาน AASHTO T166



ภาพผนวกที่ ข 14 เครื่องมือทดลองมาร์แชลล์ ติดตั้งอุปกรณ์ทดสอบ Indirect Tensile