บทที่ 3

วิธีการในการศึกษา

ขั้นตอนวิธีการในการศึกษาจะแบ่งเป็นส่วนต่าง ๆ ประกอบด้วย การเตรียมและทดสอบหาคุณสมบัติเบื้องต้นของวัสดุที่จะใช้ในการศึกษา ซึ่งประกอบด้วยแอสฟัลต์ซีเมนต์และมวลรวมตามมาตรฐานงานทางที่ได้กำหนด การออกแบบส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตโดยวิธีมาร์แชล และการทดสอบหาค่าโมดูลัสคืนตัวของแอสฟัลต์คอนกรีต เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างถนนโดยโปรแกรม Kenlayer ต่อไป ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 การเตรียมและทดสอบหาคุณสมบัติเบื้องต้นของแอสฟัลต์ซีเมนต์

แอสฟัลต์ซีเมนต์ที่นำมาใช้ในการทดสอบนั้นได้แก่ แอสฟัลต์ซีเมนต์ประเภท AC 60/70 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแอสฟัลต์ซีเมนต์สำหรับงานทาง มาตรฐานเลขที่ มอก.851 โดยคุณสมบัติต่างๆ ที่ทำการตรวจวัดในเบื้องต้นจะอ้างอิงตาม มอก.851 และนอกจากนี้ยังทำการทดสอบบางคุณสมบัติที่อยู่ในวิธีการแบ่งประเภทแอสฟัลต์ซีเมนต์วิธีอื่นด้วย นั่นก็คือค่าความหนืด เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานของวัสดุที่นำมาใช้ สำหรับการทดสอบทั้งหมดของแอสฟัลต์ซีเมนต์นั้นจะแสดงไว้ตามตารางที่ 3.1 และ 3.2 ซึ่งแยกเป็นแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่ยังไม่ผ่านและที่เหลือจากการอบตามมาตรฐาน ASTM D 1754

ตารางที่ 3.1 การตรวจวัดคุณสมบัติต่างๆ ของแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่ยังไม่ผ่านการอบ

คุณสมบัติ	วิธีทดสอบ
- ค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity)	AASHTO T228
- ค่าเพนิเทรชั่น (Penetration)	ASTM D5
- จุดวาบไฟ (Flash Point)	ASTM D92 หรือ ทล.-ก.401
- การยืดดึง (Ductility)	ASTM D113
- การละลายในไตรคลอโรเอทิลีน (Solubility)	ASTM D2042 หรือ ทล.-ก.401
- ความหนืด (Kinematic Viscosity) ที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส	ASTM D 2170

ตารางที่ 3.2 การตรวจวัดคุณสมบัติต่างๆของแอสฟัลต์ซีเมนต์
ที่เหลือจากการอบตาม ASTM D 1754

คุณสมบัติ	วิธีทดสอบ
- น้ำหนักที่สูญเสีย (Loss on Heating) ของกากที่เหลือจากการอบ	ASTM D1754
- ค่าเพนิเทรชั่น (Penetration) ของกากที่เหลือจากการอบ	ASTM D1754 และ ASTM D5
- การยืดดึง (Ductility) ของกากที่เหลือจากการอบ	ASTM D1754 และ ASTM D113

3.2 การเตรียมและทดสอบหาคุณสมบัติเบื้องต้นของมวลรวม

มวลรวมที่นำมาทดสอบนั้นสามารถแบ่งได้สองประเภท คือ มวลรวมหยาบ (Coarse Aggregate) และมวลรวมละเอียด (Fine Aggregate) ซึ่งมวลรวมทั้งสองประเภทนี้ได้จากโรงโม่หิน 4 แห่งในภาคกลาง และ 1 แห่งในภาคตะวันออก คือ

1. โรงโม่หิน หจก.ศิลา (เขาน้อย) จังหวัดกาญจนบุรี
   กำลังผลิต 1,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
2. โรงโม่หิน พระราม 9 จังหวัดเพชรบุรี
   กำลังผลิต 2,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
3. โรงโม่หิน ศิลากาญจน์ จังหวัดราชบุรี
   กำลังผลิต 2,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
4. โรงโม่หิน ศิริพัฒนา จังหวัดสระบุรี
   กำลังผลิต 3,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
   ที่มา : สมหวัง ช่างสุวรรณ์ (2538)
5. โรงโม่หินชลลดา จังหวัดชลบุรี
   กำลังผลิต 2,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

โดยมวลรวมที่นำมาทดสอบนั้นจะเป็นหินปูน (limestone) ซึ่งคุณสมบัติพื้นฐานของวัสดุชั้นทางดังกล่าวที่เรานำมาทดสอบนั้น จะนำมาทดสอบตามมาตรฐานแอสฟัลต์คอนกรีต (Asphalt Concrete or Hot-Mix Asphalt) ของกรมทางหลวง มาตรฐานที่ ทล.-ม. 408/2532

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2.1 มวลรวมหยาบ

หมายถึง ส่วนที่ค้างตะแกรงขนาด 4.75 มิลลิเมตร (เบอร์ 4) เป็นหินย่อย (Crushed rock) หรือวัสดุอื่นใดที่กรมทางหลวงอนุมัติให้ใช้ได้ ต้องเป็นวัสดุที่แข็งและคงทน สะอาด ปราศจากวัสดุไม่พึงประสงค์ใดๆ ที่อาจทำให้แอสฟัลต์คอนกรีตมีคุณภาพด้อยลง สำหรับการทดสอบทั้งหมดสำหรับมวลรวมหยาบนั้นจะแสดงไว้ตามตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 การตรวจวัดคุณสมบัติของมวลรวมหยาบ

คุณสมบัติ	วิธีทดสอบ
- ค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) และค่าการดูดซึม (Absorption)	ASTM C127
- ค่าความสึกหรอ (Abration)	ASTM C131 หรือ ทล.-ท.202
- ค่าความคงทน (Soundness)	AASHTO T104 หรือ ทล.-ท.213
- แอสฟัลต์ที่เคลือบ (Coating) ผิว	AASHTO T182

3.2.2 มวลรวมละเอียด

หมายถึง ส่วนที่ผ่านตะแกรงขนาด 4.75 มิลลิเมตร (เบอร์ 4) เป็นหินฝุ่นหรือทรายที่สะอาด ปราศจากสิ่งสกปรกหรือวัสดุอันไม่พึงประสงค์ใดๆ ปะปนอยู่ ซึ่งอาจทำให้แอสฟัลต์คอน กรีตมีคุณภาพด้อยลง สำหรับการทดสอบทั้งหมดสำหรับมวลรวมละเอียดนั้น จะแสดงไว้ตามตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 การตรวจวัดคุณสมบัติของมวลรวมละเอียด

คุณสมบัติ	วิธีทดสอบ
- ค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) และค่าการดูดซึม (Absorption)	ASTM C128
- ค่าสมมูลย์ของทราย (Sand Equivalent)	AASHTO T176 หรือ ทล.-ท.203
- ค่าความคงทน (Soundness)	AASHTO T104 หรือ ทล.-ท.213

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3 การออกแบบส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตโดยวิธีมาร์แชล

การทดสอบนี้ปกติมีจุดประสงค์ เพื่อใช้ประมาณหาค่าปริมาณแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่เหมาะสม(Optimum) ในการออกแบบส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีตโดยวิธีมาร์แชล ซึ่งวัสดุแอสฟัลต์ซีเมนต์และมวลรวมที่ผ่านการทดสอบตามเกณฑ์ข้อกำหนดต่าง ๆ เบื้องต้นนั้น จะถูกนำมาทำการออกแบบส่วนผสมแอสฟัลต์คอนกรีต ให้มีขนาดคละของมวลรวมอยู่ในช่วงขนาดคละมาตรฐานของกรมทางหลวงเลขที่ ทล.-ม. 408/2532 เป็นหลักเกณฑ์ในการคัดเลือกขนาดคละ โดยหลักเกณฑ์ที่ใช้นี้จะแสดงได้ดังตารางที่ 3.5 และรูปที่ 3.1

ตารางที่ 3.5 สัดส่วนขนาดคละ ข้อกำหนดของกรมทางหลวง
สำหรับมวลรวมขนาด 9.5 มิลลิเมตร (3/8 นิ้ว)

ขนาดตะแกรง (มิลลิเมตร)	ปริมาณที่ผ่านตะแกรง (ร้อยละโดยมวล)			
	ข้อกำหนดกรมทางหลวง		ปริมาณขนาดคละที่ใช้	
			4 จังหวัดภาคกลาง	จังหวัดชลบุรี
12.5	100	100	100	100
9.5	90	100	93	92
4.75	55	85	75	70
2.36	32	67	49.5	45
1.18	20.9	47.5	33	32
0.6	12.9	33.5	21	20
0.3	7	23	11	10
0.075	2	10	3	3

ที่มา : กรมทางหลวง (2535)

การออกแบบส่วนผสมโดยวิธีมาร์แชลจะอ้างอิงตามการทดลอง ทล-ท.604 "วิธีการทดลองแอสฟัลต์คอนกรีตโดยวิธี Marshall" ปริมาณจราจรที่ใช้ในการออกแบบจะทำทั้งหมด 2 ระดับ คือ ปริมาณจราจรปานกลาง (Medium) และมาก (Heavy) ซึ่งเทียบเท่ากับจำนวนการปล่อยก้อนน้ำหนักต่อแต่ละด้านของก้อนตัวอย่างเท่ากับ 50 และ 75 ครั้ง ตามลำดับ ดังนั้นหลังจากเสร็จสิ้นขั้นตอนนี้จะได้ผลการออกทดสอบวัสดุทั้งหมด 10 ค่า (มวลรวม 5 จังหวัด จังหวัดละ 2 ระดับปริมาณจราจร) โดยถ้ามวลรวมขนาดคละใดขนาดคละหนึ่งที่เลือกใช้ไม่ผ่านข้อกำหนดตามมาตรฐาน ก็ให้เปลี่ยนไปใช้มวลรวม

ขนาดคละอื่น แต่ยังคงอยู่ในหลักเกณฑ์การเลือกขนาดคละของมวลรวมตามมาตรฐานดังกล่าว ซึ่งผลจากการออกแบบส่วนผสมก็จะทำให้ทราบปริมาณแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่เหมาะสมและคุณลักษณะทางปริมาตรที่ได้จากแต่ละวิธี ซึ่งได้แก่ ค่าปริมาณแอสฟัลต์ซีเมนต์ (%AC) ปริมาณช่องว่างในมวลรวม (VMA) และปริมาณช่องว่างที่ถูกเติมด้วยแอสฟัลต์ซีเมนต์ (VFA) โดยผลลัพธ์และการคำนวณจะแสดงอย่างละเอียดในภาคผนวก ก

3.4 การหาค่าโมดูลัสคืนตัวจากการทดสอบแรงดึงทางอ้อม

การทดสอบในขั้นตอนนี้ จะเป็นการทดสอบคุณสมบัติค่าโมดูลัสคืนตัวของวัสดุแอสฟัลต์คอนกรีตที่ผสมด้วยปริมาณแอสฟัลต์ซีเมนต์ที่ได้จากการออกแบบส่วนผสมในแต่ละจังหวัดโดยวิธีของมาร์แชล สำหรับค่าโมดูลัสคืนตัวเป็นตัวแปรที่สำคัญที่ใช้ในการออกแบบโครงสร้างชั้นทางตามแนวทางการออกแบบด้วยวิธีเชิงวิเคราะห์ โดยผลลัพธ์และการคำนวณจะแสดงอย่างละเอียดในภาคผนวก ข โดยรายละเอียดในการทดสอบสามารถกล่าวได้ดังนี้

การเตรียมตัวอย่างสำหรับแต่ละจังหวัด จะผสมแอสฟัลต์ซีเมนต์กับมวลรวมที่ปริมาณซึ่งได้จากการออกแบบส่วนผสมโดยวิธีของมาร์แชลข้างต้นปริมาณละ 4 ตัวอย่าง โดย 3 ตัวอย่างแรกจะใช้สำหรับทดสอบค่าโมดูลัสคืนตัว เพื่อให้ได้ผลการทดสอบที่น่าเชื่อถือในแต่ละสภาวะทดสอบ ส่วนตัวอย่างที่เหลือจะใช้ทดสอบหาค่าความต้านทานแรงดึงทางอ้อมเฉลี่ยเพื่ออ้างอิงแรงกดที่ใช้ในการทดสอบข้างต้น ดังนั้นจะต้องทำการเตรียมตัวอย่างทั้งหมด 20 ตัวอย่าง โดยทำการบดอัดให้ได้ตัวอย่างด้านละ 75 ครั้งตามการออกแบบปริมาณการจราจรสูง (Heavy) ซึ่งเป็นการบดอัดตามมาตรฐานการก่อสร้างผิวทางของประเทศไทย

การทดสอบหาค่าความต้านทานต่อแรงดึงทางอ้อมและค่าโมดูลัสคืนตัวจะใช้วิธีทดสอบในลักษณะของแรงดึงทางอ้อม โดยการทดสอบหาค่าความต้านทานต่อแรงดึงทางอ้อมจะอ้างอิงตามมาตรฐานวิธีทดสอบ AASHTO T283 (Resistance of Compacted Bituminous Mixture to Moisture Induced Damage) และจะทำการทดสอบที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยความเร็วในการให้น้ำหนักแก่ก้อนตัวอย่างทดสอบเท่ากับ 0.8333 มิลลิเมตรต่อวินาที สำหรับค่าความต้านทานต่อแรงดึงทางอ้อมสามารถคำนวณได้โดยใช้สมการต่อไปนี้

$$S_t = \frac{P_{max}}{(\pi dt/2)} \qquad (3.1)$$

เมื่อ S_t คือ ค่าความต้านทานต่อแรงดึงทางอ้อม

P_{max} คือ ค่าน้ำหนักทดสอบที่กระทำในแนวขนานตามแนวเส้นผ่านศูนย์กลางตามแนวดิ่งของก้อนวัสดุทดสอบ

d คือ เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของก้อนตัวอย่างทดสอบ

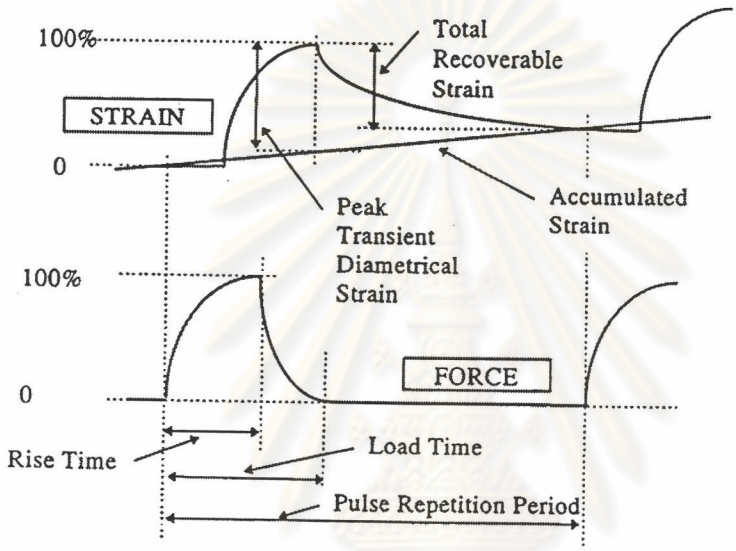
t คือ ความหนาเฉลี่ยของก้อนตัวอย่างทดสอบ

สำหรับการทดสอบค่าโมดูลัสคืนตัวจะอ้างอิงตามมาตรฐานวิธีทดสอบ ASTM D4123 (Standard Test Method for Indirect Tension Test for Resilient Modulus of Bituminous Mixtures) และ AASHTO TP31 (Standard Test Method for Determining the Resilient Modulus of Bituminous Mixtures by Indirect Tension) โดยการทดสอบควรกระทำที่อุณหภูมิอย่างน้อย 3 ตำแหน่ง คือที่ 15 องศาเซลเซียส 25 องศาเซลเซียส และ 40 องศาเซลเซียส สำหรับตัวอย่างจาก 4 จังหวัดภาคกลางจะทำการทดสอบที่ 3 ค่าอุณหภูมิดังกล่าว โดยตัวอย่างจากจังหวัดชลบุรีจะทำการทดสอบที่ 4 ค่าอุณหภูมิดังกล่าว โดยเพิ่ม ณ อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียสเพิ่มเข้าไป เพื่อที่จะแสดงถึงผลกระทบของความเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่มีต่อคุณสมบัติทางวิศวกรรมของวัสดุด้วย สำหรับค่าอุณหภูมิ 15 และ 35 องศาเซลเซียสนี้ไม่ได้มีการอ้างถึงในมาตรฐานวิธีทดสอบ เพราะมาตรฐานวิธีทดสอบจะแนะนำค่าที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส แต่เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศที่ตั้งอยู่ในเขตร้อน จึงได้เปลี่ยนมาใช้ค่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นในการทดสอบแทน ซึ่งอุณหภูมิดังกล่าวเป็นอุณหภูมิที่สามารถเกิดขึ้นได้ในช่วงฤดูหนาวและฤดูร้อนของประเทศไทยมากกว่า

สำหรับน้ำหนักกดที่ใช้ในการทดสอบ จะอ้างอิงจากการทดสอบหาค่าแรงดึงทางอ้อมโดยใช้ที่ 20 เปอร์เซ็นต์ 15 เปอร์เซ็นต์ และ 10 เปอร์เซ็นต์ของ Failure Load สำหรับที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส 25 องศาเซลเซียส และ 35 กับ 40 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (สำหรับค่าที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และ 40 องศาเซลเซียส จะอ้างอิงจาก AASHTO TP31 ส่วนค่าที่ใช้สำหรับอุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส จะเลือกใช้ค่าที่มากกว่าที่ 25 องศาเซลเซียส เนื่องจาก ณ อุณหภูมินี้แอสฟัลต์ซีเมนต์ที่ผสมจะมีการแข็งตัวกว่า)

อุปกรณ์ที่สำคัญที่สุดในการใช้ทดสอบหาค่าโมดูลัสยืดหยุ่นคือเครื่อง Loading โดยเครื่อง Loading จะทำหน้าที่ควบคุมการป้อน Load ตามรูปแบบที่กำหนดทั้งระดับแรงที่กระทำ ระยะเวลาในการ Load และความถี่ในการ Load ส่วนใหญ่เครื่องมือที่ใช้จะเป็นระบบ Electro-hydraulic แต่ระบบ Electro-pneumatic ก็สามารถใช้งานได้เช่นกัน สำหรับการศึกษานี้ได้ใช้เครื่อง Loading ประเภท Electro-hydraulic ซึ่งมีชื่อว่า Digital Servo Control Testing Machine ที่มีการควบคุมด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการคำนวณเพื่อหาค่าโมดูลัสคืนตัว และ Recoverable Deformation ซึ่งเครื่องดังกล่าวสามารถให้น้ำหนักได้หลายรูปแบบคือ Ram Load, Sine Wave, Haversine Wave, Rectangular Wave, Triangular Wave หรือตามรูปแบบที่กำหนดสัญญาณป้อนเข้าสู่เครื่องควบคุม

สำหรับการศึกษานี้ได้เลือกใช้รูปแบบน้ำหนักกระทำตามสัญญาณที่ป้อนเข้าสู่เครื่องควบคุมให้มีลักษณะเป็น Haversine Wave ซึ่งความถี่ในการให้น้ำหนักกระทำกับก้อนตัวอย่างทดสอบที่ความถี่ 1 เฮิร์ตซ์ (1 รอบต่อวินาที) ซึ่งเป็นค่าที่ ASTM D4123 แนะนำว่าเป็นความถี่ที่ใกล้เคียงกับความถี่ที่เกิดจากปริมาณจราจรจริง และช่วงการให้น้ำหนัก (Load Period) มีค่าเท่ากับ 0.1 วินาที ส่วนช่วงการปล่อยน้ำหนักเพื่อรอน้ำหนักในรอบต่อไป (Rest Period) มีค่าเท่ากับ 0.9 วินาที หรือเทียบเป็นสัดส่วนได้คือ 1:9 โดยรูปแบบสัญญาณที่ใช้ในการควบคุม Load และค่าที่ใช้ในการคำนวณของโปรแกรม จะแสดงไว้ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.1 แสดงรูปแบบสัญญาณที่ใช้ในการควบคุม Load ในการทดสอบ และค่าที่ใช้ในการคำนวณของโปรแกรม

ที่มา : Ministry of Transportation and Communications. Department of Highways (2000)

โดยการทดสอบหาค่าโมดูลัสคืนตัว จะใช้สูตรในการคำนวณ ดังนี้

$$E_R = \frac{P_R (0.27 + \upsilon)}{t \times H_R} \qquad (3.2)$$

$$\varepsilon_R = H_R / D \qquad (3.3)$$

เมื่อ E_R คือ ค่า Resilient Modulus

P_R คือ ค่า Applied repeated load

t คือ ความหนาของก้อนตัวอย่างทดสอบ

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของก้อนตัวอย่างทดสอบ

H_R คือ ค่า horizontal resilient deformation

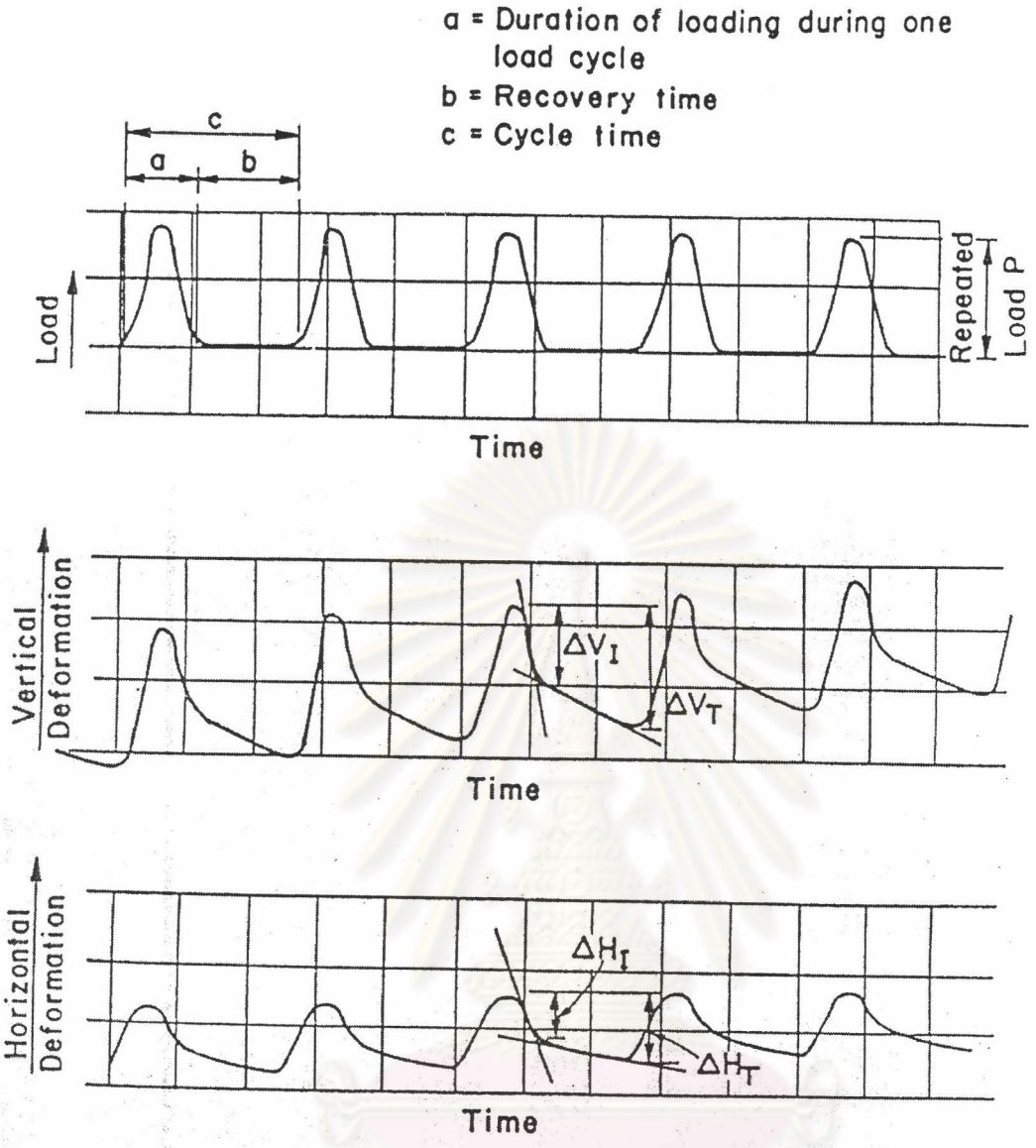
υ คือ ค่าอัตราส่วนของปัวซอง

ε_R คือ ค่าการคืนตัวทั้งหมด (Total Recoverable Strain ในรูปที่ 3.2)

โดยค่าอัตราส่วนของปัวซองจะกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 0.40 ซึ่งเป็นค่าที่นักวิจัยหลายๆ ท่านแนะนำว่าเหมาะสมสำหรับประเทศในเขตร้อนที่มีอุณหภูมิของชั้นผิวทางสูง เช่นประเทศไทย

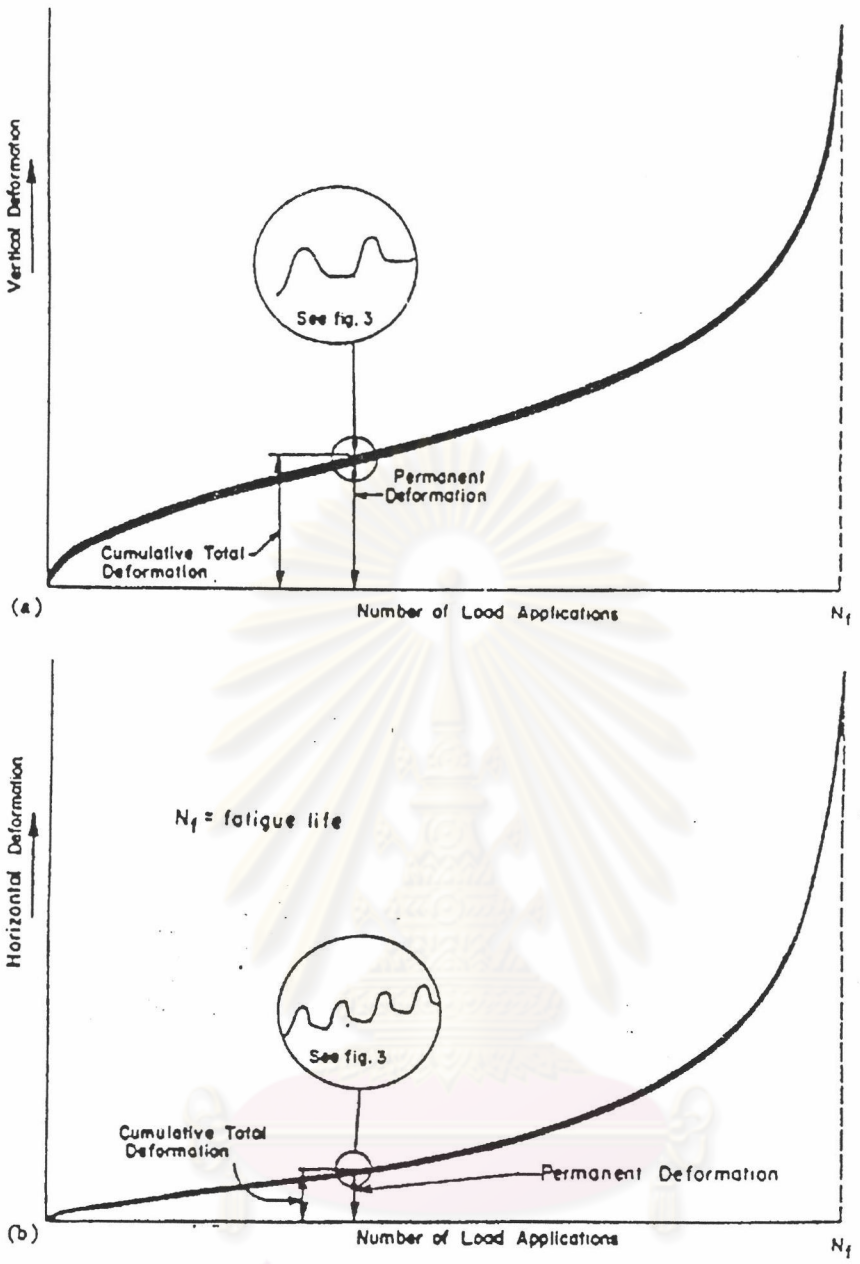
สำหรับค่า Load และค่า Recoverable Deformation ที่ใช้ในการคำนวณในสมการที่ 3.2 และ 3.3 นั้นจะใช้ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการ Load ตัวอย่าง 5 รอบสุดท้าย ซึ่งจำนวนรอบที่เหมาะสมในการทดสอบคือจำนวนรอบของการ Load เป็นระยะเวลาช่วงหนึ่งให้เพียงพอที่จะทำให้ค่า Recoverable Deformation อ่านได้สม่ำเสมอ ซึ่งโดยทั่วไปนิยมทำการ Load ต่อเนื่องกันเป็นจำนวนประมาณ 50 ถึง 200 ครั้ง และสำหรับช่วงขนาดของการLoad มักจะแนะนำไว้ที่ค่าประมาณประมาณ 10 ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ของค่า Failure Load ที่ได้จากการทดสอบแบบแรงดึงทางอ้อม นอกจากนี้แล้วระยะเวลาในการ Load ก็เป็นอีกตัวแปรหนึ่งที่สำคัญที่จะส่งผลถึงค่าโมดูลัสในการทดสอบจะแนะนำให้ทำการทดสอบที่ความถี่ 1Hz โดยมีระยะเวลาการ Load ในแต่ละครั้งประมาณ 0.4 วินาที

นอกจากนี้ยังมีรายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับการให้ load แก่ก้อนตัวอย่างทดสอบอีกด้วย กล่าวคือการให้ load กระทำในแนวขนานตามแนวเส้นผ่านศูนย์กลางตามแนวดิ่งของก้อนวัสดุทดสอบตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.9 นั้น การป้อนน้ำหนักทดสอบต้องกระทำจากหัวสำหรับ Loading ผ่านแท่งกดน้ำหนักที่เป็นเหล็กสแตนเลสรองรับเพื่อถ่ายน้ำหนักจากหัว Loading ไปยังก้อนตัวอย่างวัสดุทด สอบทั้งด้านบนและด้านล่างของก้อนตัวอย่าง ซึ่งมีขนาดแนะนำให้ใช้ที่มีความกว้างประมาณ 13 มิลลิเมตร สำหรับก้อนวัสดุทดสอบมีความยาวเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตร โดยที่แท่งกดน้ำหนักดังกล่าวมีด้านสัมผัสกับผิวของก้อนวัสดุทดสอบเป็นส่วนโค้งที่มีรัศมีเท่ากับรัศมีของก้อนวัสดุทดสอบทำให้สามารถแนบกันได้พอดีเพื่อประโยชน์ในการกระจายน้ำหนักและในการรักษาพื้นที่ที่น้ำหนักกระทำให้คงที่ ซึ่งการ load ในลักษณะนี้จะทำให้เกิด tensile stress ที่ค่อนข้างสม่ำเสมอ กระทำตั้งฉากกับแนวของการ load หรือแนวเส้นผ่านศูนย์กลางในแนวดิ่งจริงดังแสดงในรูปที่ 2.9 นอกจากนี้แล้วขอบของแท่งกดน้ำหนักควรที่จะได้รับการเจียรให้มนเพื่อไม่ให้ความคมของขอบแท่งเหล็กกดตัดแท่งตัวอย่างด้วย



รูปที่ 3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Load และ Deformation ที่เกิดขึ้น
ในการทดสอบแบบ Repeated Load Indirect Tensile Test
ที่มา : ชยธันว์ พรหมศร (2541)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Load และการยุบตัวที่เกิดขึ้น
ในการทดสอบแบบ Repeated Load Indirect Tensile Test
ที่มา : ชยธันว์ พรหมศร (2541)

เมื่อพิจารณาถึงอัตราการได้รับ load ตามลักษณะดังรูปที่ 2.9 ได้มีการแนะนำให้ใช้ที่อัตราการยุบตัว 50 มิลลิเมตรต่อนาที อย่างไรก็ตามอัตราการ load ที่ช้ากว่านี้อาจได้รับการพิจารณาใช้ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่การทดสอบกระทำที่อุณหภูมิต่ำ เพื่อการพิจารณาความต้านทานต่อการเกิด Thermal cracking ของวัสดุ (แต่ในประเทศไทยมักจะไม่ประสบปัญหานี้เท่าใดนัก) นอกจากนี้อัตราการ load ที่ช้าอาจจำเป็นต้องพิจารณาใช้กับการทดสอบวัสดุที่แข็งเปราะ เช่น ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์คอนกรีต

สำหรับการ preload ให้กับก้อนตัวอย่างเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้แท่งเหล็กที่ทำหน้าที่กระจาย load นั้นมีความกระชับกับก้อนตัวอย่าง เพื่อป้องกันการทำลายก้อนตัวอย่างเนื่องจากการกระแทก ขณะ load โดยวางก้อนตัวอย่างในแท่นกดน้ำหนัก จัดให้แกนของแท่งตัวอย่างอยู่ในแนวศูนย์กลางของน้ำหนักกด เลื่อนแท่นกดให้สัมผัสกับแท่งตัวอย่าง จากนั้นให้น้ำหนักกด preload เล็กน้อยเพื่อให้แน่ใจว่าก้อนตัวอย่างสัมผัสกับกับแท่งเหล็กถ่ายน้ำหนักจริง แต่อย่างไรก็ตามขนาดของน้ำหนักกด preload ควรจะให้มีขนาดน้อยที่สุดเท่าที่เป็นไปได้เพื่อความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบ โดยรูปที่ 3.5 จะแสดงถึงวิธีการศึกษาตามขั้นตอนต่างๆ อย่างคร่าวๆ ของการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.4 แสดงวิธีการดำเนินการศึกษา