บทที่ 5

สรุปการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปเทคนิคและวิธีการ

5.1.1 วิธีการปรับสภาพวัสดุผิวจราจรแอสฟัลท์ติคคอนกรีตเก่า นำมาใช้งานใหม่ เป็นวิธีการปรับปรุงซ่อมแซมถนนใหม่ที่มีประโยชน์ทั้งทางเศรษฐกิจและการสงวนรักษาทรัพยากรทางธรรมชาติ สามารถใช้ประโยชน์จากวัสดุได้เต็มที่ เป็นการประหยัดค่าวัสดุ ค่าขนส่งและสามารถใช้เครื่องจักรที่ใช้ปูผิวจราจรที่มีอยู่ วิธีการปรับสภาพวัสดุแอสฟัลท์ติคคอนกรีต ได้มีการใช้มาเป็นเวลานานและปรับปรุงวิธีการให้ดีขึ้นเป็นลำดับ จนเป็นที่นิยมใช้ในการซ่อมแซมในหลายประเทศที่มีการพัฒนาทางเทคนิคและการก่อสร้างงานทางด้านนี้

5.1.2 วิธีการปรับสภาพวัสดุผิวจราจร สามารถแบ่งเทคนิคในการก่อสร้างออกได้เป็น 3 ลักษณะคือ การปรับสภาพเฉพาะผิวบน (Surface recycling) การปรับสภาพในสนาม (In-place recycling) และการปรับสภาพภายในโรงงาน (Central plant recycling) การเลือกใช้วิธีการใดขึ้นอยู่กับสภาพและลักษณะความเสียหายที่เกิดขึ้นบนผิวจราจร การมีวัสดุ ราคาและค่าขนส่ง ตลอดจนการมีเครื่องมือ เครื่องจักรกลและโรงงานผสมแอสฟัลท์ติคคอนกรีตใกล้บริเวณสถานที่ก่อสร้าง

5.1.3 นอกจากการแบ่งวิธีการปรับสภาพวัสดุผิวจราจรตามเทคนิคการก่อสร้าง ดังที่กล่าวมาแล้ว ผิวจราจรแอสฟัลท์ติคคอนกรีต สามารถแบ่งวิธีการปรับสภาพออกได้เป็น 2 ขบวนการตามลักษณะการผสม คือการใช้ความร้อนในการผสม (Hot-mix recycling) และไม่ใช้ความร้อนในขบวนการการผสม (Cold-mix recycling) การใช้ความร้อนหรือไม่ใช้ความร้อนในการปรับสภาพวัสดุผิวจราจร ขึ้นอยู่กับลักษณะของวัสดุผิวจราจรที่นำไปปรับสภาพ ความต้องการและหน้าที่ที่จะนำวัสดุที่ปรับสภาพไปใช้ ลักษณะและคุณสมบัติของวัสดุหรือสารที่ใช้ในการปรับสภาพ ตลอดจนเครื่องมือที่มีอยู่

5.1.4 สารปรับสภาพ คือสารประกอบประเภทไฮโดรคาร์บอน ที่นำไปผสมในแอสฟัทติคคอนกรีตเพื่อที่จะปรับคุณสมบัติแอสฟัลท์เก่าที่มีลักษณะแข็ง เนื่องจากการเกิด Hardening

และคุณสมบัติอื่นที่ผิดไปจากข้อกำหนดสำหรับแอสฟัลท์ที่ใช้ในการผสมในวัสดุแอสฟัลท์ติคคอนกรีต สารปรับสภาพนี้อาจจะใช้แอสฟัลท์เกรดที่มีความอ่อนเหลวหรือผลิตภัณฑ์ทางปิโตรเลียมที่ได้รับการวิเคราะห์นำมาสำหรับใช้ในการปรับสภาพได้โดยเฉพาะ

5.2 สรุปผลการวิจัย

5.2.1 การใช้น้ำมันเตา

ในประเทศไทยยังไม่มีการนำวิธีการนี้มาศึกษาใช้งาน จึงยังไม่มีสารปรับสภาพจำหน่ายในประเทศ และไม่มีแอสฟัลท์ที่มีเกรดอ่อนกว่า ค่า Penetration 80-100 จำหน่ายในประเทศด้วย อย่างไรก็ตาม การวิจัยนี้ได้ทดสอบใช้น้ำมันเตาเป็นสารปรับสภาพแอสฟัลท์ติคคอนกรีตที่ใช้งานมาแล้ว เนื่องจากน้ำมันเตาเป็นผลิตภัณฑ์ทางปิโตรเลียมและเป็นสารประกอบประเภทไฮโดรคาร์บอน มีลักษณะอ่อนเหลว สามารถผสมเข้ากับแอสฟัลท์เก่าได้เป็นเนื้อเดียวกัน ในการทดสอบคุณสมบัติแอสฟัลท์เก่าและแอสฟัลท์เก่าที่ผสมกับน้ำมันเตาในอัตราส่วน แอสฟัลท์เก่า:น้ำมันเตาเท่ากับ 82:18 ได้ผลการทดสอบเปรียบเทียบกับข้อกำหนดสำหรับแอสฟัลท์ที่ใช้ในการผสมในแอสฟัลท์ติคคอนกรีต แสดงไว้ในตารางที่ 5-1 จะเห็นได้ว่า แอสฟัลท์เก่าจะมีค่าของ Penetration และ Ductility ต่ำกว่าข้อกำหนดของ

ตารางที่ 5-1 ผลการทดสอบคุณสมบัติแอสฟัลท์เก่าและส่วนผสมของแอสฟัลท์เก่ากับน้ำมันเตา

การทดสอบ	แอสฟัลท์เก่า	แอสฟัลท์เก่า:น้ำมันเตา 82 : 18	ข้อกำหนดกรมทางหลวง (ภาคผนวก ก.1)
Penetration, 77F,5 Sec, 100 gm, 1/10 mm.	25.0 (หัวข้อ4.2.4.1)	95.8 (หัวข้อ4.2.6.1)	80-100
Ductility, 77F,5 cm/min, cm.	25.25 (หัวข้อ4.2.4.2)	+100 (หัวข้อ4.2.7.1)	+100
Softening point, ^{o}C	63.2 (หัวข้อ4.2.4.3)	45.2 (หัวข้อ4.2.7.2)	-
Flash point, COC, ^{o}F(^{o}C)	+450F (232C) (หัวข้อ4.2.4.4)	+450F (232C) (หัวข้อ4.2.7.3)	+450F (232C)
Solubility in CCl_4 , %	-	99.76 (หัวข้อ4.2.7.4)	+99.0
Loss on heating,325 ^{o}F, 5hr. , percent	-	0.78 (หัวข้อ4.2.7.5)	-1.00

กรมทางหลวง และค่า Softening point สูงที่ 63.2°C เมื่อนำน้ำมันเตาไปผสมแล้วนำมาทดสอบคุณสมบัติ ได้ค่า Penetration ที่ 95.8 ค่า Ductility มากกว่า 100 ซม. ค่า Flash point สูงกว่า 450F (232C) ค่า Solubility in CCl_4 99.76 เปอร์เซนต์ และค่า Loss on heating 0.78 ทั้งหมดอยู่ในข้อกำหนดของกรมทางหลวงทุกประการ ค่าของ Softening point เท่ากับ 45.2°C แสดงว่า การนำน้ำมันเตาเข้าไปผสมแอสฟัลท์เก่าสามารถปรับให้แอสฟัลท์เก่ามีสภาพอ่อนตัวลงและมีคุณสมบัติอยู่ในข้อกำหนดของกรมทางหลวงสำหรับแอสฟัลท์ที่ใช้ผสมในแอสฟัลท์ติคคอนกรีต สามารถนำไปใช้งานได้

5.2.2 การทดสอบวัสดุมวลรวมใหม่

ในการทดสอบคุณสมบัติวัสดุมวลรวมใหม่ที่นำไปผสมปรับสภาพวัสดุแอสฟัลท์ติคคอนกรีต ผลของการทดสอบแสดงเปรียบเทียบข้อกำหนดของกรมทางหลวงในตารางที่ 5-2

ตารางที่ 5-2 คุณสมบัติของวัสดุมวลรวมใหม่ที่ใช้ปรับสภาพแอสฟัลท์ติคคอนกรีตเก่า

การทดสอบ	วัสดุมวลรวมใหม่	ข้อกำหนดกรมทางหลวง (ภาคผนวก ก.1)
<u>วัสดุชนิดเม็ดหยาบ</u>		
ความสึกหรอ, Los Angeles Abrasion, percent (AASHO T 96)	20.88 (หัวข้อ 4.2.8.4)	-40
Soundness, percent loss (AASHO T 104)	2.85 (หัวข้อ 4.2.8.7)	-9
Stripping, ผิววัสดุที่มีแอสฟัลท์เคลือบ, percent (AASHO T 182)	+95 (หัวข้อ 4.2.8.6)	+95
Flakiness Index, percent (B.S. 812)	24 (หัวข้อ 4.2.8.8)	-30
Elongation Index, percent (B.S. 812)	21 (หัวข้อ 4.2.8.9)	-30
<u>วัสดุชนิดเม็ดละเอียด</u>		
Sand Equivalent, (AASHO T 176) percent	62 (หัวข้อ 4.2.8.5)	+50

จากผลการทดสอบจะเห็นว่าวัสดุมวลรวมใหม่ที่นำไปผสมกับแอสฟัลท์ติคคอนกรีตเก่า มีคุณสมบัติอยู่ในข้อกำหนดของกรมทางหลวงทุกประการ สามารถนำไปใช้งานได้ในการผสมในวัสดุแอสฟัลท์ติคคอนกรีต

5.2.3 การทดสอบวัสดุแอสฟัลท์ติคคอนกรีต

ในการปรับสภาพแอสฟัลท์ติคคอนกรีต โดยใช้น้ำมันเตาและวัสดุมวลรวมใหม่ผสมรวมเข้าไป พบว่า ปริมาณแอสฟัลท์ในส่วนผสมที่เหมาะสมในแอสฟัลท์ติคคอนกรีต โดยวิธีการทดสอบมาร์แชลล์ ได้แอสฟัลท์ปริมาณ 4.83 เปอร์เซนต์ โดยน้ำหนักของวัสดุมวลรวมเป็นเปอร์เซนต์ที่เหมาะสม ผลของการทดสอบแอสฟัลท์ติคคอนกรีตโดยวิธีการทดสอบมาร์แชลล์ของแอสฟัลท์ติคคอนกรีตที่ปรับสภาพแล้ว แอสฟัลท์ติคคอนกรีตเก่าและเปรียบเทียบกับข้อกำหนดของกรมทางหลวงสำหรับวัสดุแอสฟัลท์ติคคอนกรีตที่ใช้ในการทำวัสดุผิวจราจร แสดงไว้ในตารางที่ 5-3 จะพบว่าแอสฟัลท์ติคคอนกรีตที่ปรับสภาพแล้ว อยู่ในข้อกำหนดของกรมทางหลวงที่จะนำไป

ตารางที่ 5-3 ผลการทดสอบแอสฟัลท์ติคคอนกรีตเก่าและแอสฟัลท์ติคคอนกรีตที่ปรับสภาพแล้ว โดยวิธีการทดสอบมาร์แชลล์

Traffic Category:Heavy	No. of Compaction Blows Each End of Specimen : 75			
Test Property	แอสฟัลท์ติคคอนกรีตเก่า	แอสฟัลท์ติคคอนกรีตที่ปรับสภาพแล้ว	ข้อกำหนดกรมทางหลวง (ภาคผนวก ก.1)	
			Min	Max
Stability, all mixtures, lb.	2,230	2,760	750	-
Flow, all mixtures, 0.01 in.	12.5	9.7	8	16
Percent air Voids	7.35	3.6		
Surfacing or Leveling			3	5
Base			3	8
Percent voids in mineral Aggregate	17.89	14.1 (สำหรับขนาด Agg. ใหญ่ที่สุด 3/4")	14	

ใช้เป็นวัสดุผิวทาง (Surfacing) ได้เหมาะสม สำหรับแอสฟัลท์ติคคอนกรีตเก่าที่ทำการผสมใหม่ พบว่ามีเปอร์เซนต์ของช่องอากาศเท่ากับ 7.35 มากกว่าข้อกำหนดที่ให้มีค่าได้สูงสุดเท่ากับ 5 สำหรับวัสดุชั้นผิวทาง อย่างไรก็ตาม สามารถนำไปใช้เป็นวัสดุชั้นพื้นทาง (Base) ได้ เนื่องจากข้อกำหนดยอมให้มีช่องอากาศได้สูงสุดเท่ากับ 8

จากผลของการทดลองที่ได้กล่าวมาแล้ว สรุปได้ว่า การนำน้ำมันเตาผสมเพื่อปรับสภาพแอสฟัลท์ติคคอนกรีตเก่าเพื่อนำมาใช้งานใหม่ สามารถจะกระทำได้ ด้วยเหตุผลที่สามารถทำให้คุณสมบัติของแอสฟัลท์และแอสฟัลท์ติคคอนกรีตเป็นไปตามข้อกำหนดของกรมทางหลวงทุกประการ

5.3 ข้อเสนอแนะ

การนำวิธีการปรับสภาพวัสดุผิวจราจรยังให้ประโยชน์อีกหลายประการดังได้กล่าวมาแล้ว ดังนั้นจึงควรที่จะได้มีการศึกษาค้นคว้าวิจัยในวิธีการนี้ต่อไป เช่น การนำไปทดสอบในภาคสนามเพื่อศึกษาถึงสภาพการใช้งาน ความแข็งแรงทนทานและการกำหนดขบวนการที่มาตรฐานเพื่อจะนำวิธีการนี้ไปใช้ในการซ่อมแซมถนนและปรับปรุงโรงงานผสมแอสฟัลท์ติคคอนกรีตให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ค่าลงทุนต่ำลงและประหยัดค่าใช้จ่ายในโครงการต่าง ๆ การวิจัยอื่น ๆ ได้แก่การปรับปรุงทำสารปรับสภาพหรือน้ำมันเตาที่จะนำมาใช้ปรับสภาพแอสฟัลท์เก่าให้ดีขึ้น เช่นการทำให้มีจุดวาบไฟสูงขึ้นเพื่อความสะดวกและปลอดภัยในการขนส่งและการผสม การปรับคุณสมบัติและส่วนประกอบของสารปรับสภาพให้เหมาะสมสำหรับแอสฟัลท์เก่าแต่ละชนิด และเมื่อมีการใช้วิธีการนี้สำหรับการปรับปรุงซ่อมแซมอย่างแท้จริงแล้วก็จะสามารถให้ประโยชน์อย่างเต็มที่ในการประหยัดและสงวนทรัพยากรธรรมชาติ การใช้น้ำมันตลอดจนลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมผิวจราจร