การประยุกต์ใช้แบบจำลองการเสื่อมสภาพของโครงสร้างทางในการวางแผนงานบำรุงทางโดยวิธีวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน

Application of Structural Deterioration Model for Pavement Maintenance Planning Based on Life Cycle Cost Analysis

ทวี ก่อพงศ์เจริญชัย และ วิศณุ ทรัพย์สมพล

Thawee Korpongcharoenchai and Wisanu Subsompon

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

E-mail: thavee.k@gmail.com, wisanu.s@chula.ac.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการวางแผนงบประมาณสำหรับงานเสริมผิวทางและการบูรณะโครงสร้างทางในประเทศไทยใช้การพิจารณาจากค่าดัชนีความขรุขระสากล (International Roughness Index, IRI) เป็นตัวชี้วัดระดับการให้บริการของสายทางเป็นหลัก รวมถึงข้อมูลความเสียหายผิวทาง อายุผิวทางและปริมาณการจราจร เป็นต้น อย่างไรก็ตามปัจจัยดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงความเสียหายในระดับผิวทางเท่านั้น โดยไม่สามารถสะท้อนให้เห็นถึงความแข็งแรงหรืออายุคงเหลือของโครงสร้างทางได้ งานวิจัยนี้จึงนำเสนอกรอบวิธีคิดในการวิเคราะห์หารูปแบบวิธีการซ่อมบำรุงที่ทำให้ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานต่ำที่สุด ระหว่างแนวทางการซ่อมบำรุงแบบเสริมผิวทางและการบูรณะโครงสร้างชั้นทาง โดยอาศัยข้อมูลจากแบบจำลองการเสื่อมสภาพของโครงสร้างทาง

Abstract

At present, budget planning for pavement overlay and road rehabilitation in Thailand is based on International Roughness Index (IRI) as a key indicator which represents road serviceability level. Other considered factors are pavement distresses, pavement age, and traffic volume. However, these factors only present the damage at pavement surface and not reflect strength or remaining service life of pavement structure. Therefore, the objective of this research is to propose analytical framework considering life-cycle cost to help select pavement treatment types between pavement overlay and rehabilitation based on data from structural deterioration model.

1. บทนำ

ความเสียหายของถนนที่เกิดขึ้นโดยทั่วไปมีสาเหตุที่สำคัญ 2 ประการ ได้แก่ การเสื่อมสภาพตามธรรมชาติ เช่น ผลกระทบจากสภาพแวดล้อม สภาพอากาศ การเสื่อมสภาพของวัสดุ เป็นต้น และการเสื่อมสภาพจากการใช้งาน เนื่องจากการรับน้ำหนักของยานพาหนะ ดังนั้นเมื่อถนนถูกใช้งานไปตามระยะเวลา ก็จะทำให้คุณภาพในการให้บริการนั้นลดต่ำลงทั้งในเรื่องของความเสียหายที่เกิดขึ้นบนผิวทางและความสามารถในการรับน้ำหนักของโครงสร้างทาง

ปัจจุบันกรมทางหลวงใช้ระบบบริหารงานบำรุงทาง Thailand Pavement Management System (TPMS) เพื่อวางแผนงบประมาณงานซ่อมบำรุงของทาง โดยใช้ค่าดัชนีความขรุขระสากล (IRI) เป็นปัจจัยหลัก และพิจารณาร่วมกับสภาพความเสียหายของผิวทาง อายุบริการของผิวทาง และปริมาณจราจรในการวางแผนงานซ่อมบำรุง ซึ่งปัจจัยดังกล่าว เป็นปัจจัยที่สะท้อนถึงการเสื่อมสภาพในระดับผิวทางแต่ไม่สะท้อนถึงความสามารถในการรับน้ำหนักของชั้นโครงสร้าง ซึ่งส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกวิธีซ่อมบำรุงระหว่างการเสริมผิวทาง (Pavement Overlay) และการบูรณะโครงสร้างทาง (Rehabilitation) ที่ต้องอาศัย

RECEIVED 3 December, 2012

ACCEPTED 7 January, 2013

ข้อมูลความสามารถในการรับน้ำหนักของโครงสร้างทางโดยวิธีการต่างๆ เช่น การเจาะเก็บตัวอย่างเพื่อทดสอบในห้องปฏิบัติการ การใช้เครื่องมือ Falling Weight Deflectometer (FWD) เป็นต้น ซึ่งวิธีดังกล่าวต้องเสียเวลาและค่าใช้จ่ายในการเก็บข้อมูล ทำให้ปัจจุบันยังขาดข้อมูลดังกล่าวในช่วงเวลาวางแผนงบประมาณ

ด้วยข้อจำกัดของข้อมูลความแข็งแรงของชั้นโครงสร้างทางในช่วงของการวางแผนงบประมาณงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อนำข้อมูลสภาพความแข็งแรงของโครงสร้างทางที่ได้จากแบบจำลองการเสื่อมสภาพของโครงสร้างทาง มาประยุกต์ใช้กับระบบบริหารบำรุงทาง เพื่อเป็นเครื่องมือช่วยในการคัดกรองสายทางจากสภาพความแข็งแรงของโครงสร้างชั้นทางร่วมกับสภาพความเสียหายของผิวทางในการประกอบการตัดสินใจเลือกรูปแบบวิธีการซ่อมบำรุงระหว่างการเสริมผิวทางและบูรณะโครงสร้างทางที่ทำให้ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานของทางต่ำที่สุด

2. การทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในอดีต

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาในอดีต [1, 2] พบว่าปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงของโครงสร้างชั้นทางได้แก่ ปริมาณจราจร ปริมาณน้ำฝน อายุการใช้งาน วิธีการซ่อมบำรุง และลักษณะโครงสร้างชั้นทาง นอกจากนี้จากการศึกษา [3] ค่าความแข็งแรงของโครงสร้างทางด้วยเครื่องมือ Falling Weight Deflectometer (FWD) ซึ่งเป็นการทดสอบหาค่าการแอ่นตัวของผิวทางและใช้โปรแกรมคำนวณย้อนกลับ (Back – Calculation Analysis) วิเคราะห์หาค่าอีลาสติกโมดูลัส เป็นตัวแทนสภาพความแข็งแรงของโครงสร้างชั้นทางในแต่ละชั้น พบว่าค่าอีลาสติกโมดูลัสของชั้นทางจะลดลง เมื่อถนนมีการเปิดใช้งานและรับน้ำหนักกระทำสะสมอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน อย่างไรก็ตามงานวิจัยดังกล่าวมีข้อจำกัดในเรื่องของข้อมูลที่ได้จากการทดสอบเป็นเพียงตัวอย่างของถนนประเภทเดียว เนื่องจากระยะเวลาในการทดสอบที่นานและถูกควบคุมด้วยปัจจัยทางสภาพแวดล้อมในห้องปฏิบัติการอย่างจำกัด ทำให้ผลการทดสอบที่ได้สามารถนำไปใช้พยากรณ์ค่าความแข็งแรงของโครงสร้างทางได้เพียงบางประเภทเท่านั้น ยังไม่สามารถนำมาใช้ในการบริหารงานทางในระดับโครงข่ายที่มีความหลากหลายทางคุณสมบัติมากกว่า

3. การพัฒนาวิธีวิเคราะห์แนวทางการซ่อมบำรุง โดยพิจารณาจากต้นทุนค่าซ่อมบำรุงตลอดอายุการใช้งาน

งานวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ระหว่างวิธีการซ่อมบำรุงแบบเสริมผิวทางและแบบบูรณะโครงสร้างทาง เมื่อถึงระยะเวลาที่กำหนดให้มีการซ่อมบำรุงทางตามเกณฑ์ค่า IRI ของแผนงานบำรุงทางที่ได้กำหนดไว้ แต่เนื่องจากการซ่อมบำรุงทั้งแบบเสริมผิวทาง และแบบบูรณะโครงสร้างทาง จะได้ผิวทางใหม่ที่มีค่า IRI ใกล้เคียงกันผลประโยชน์ต่อผู้ใช้ทางที่ได้หลังการซ่อมบำรุงทั้งสองวิธีจึงแทบจะไม่มีความแตกต่างกัน แต่การซ่อมบำรุงทั้งสองวิธีจะมีความแตกต่างกันในด้านของต้นทุนค่าใช้จ่าย และอายุการใช้งาน ดังนั้นการวิเคราะห์ต้นทุนค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน (Life Cycle Cost Analysis, LCCA) จึงถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในระบบบริหารบำรุงทางระดับโครงการ [4] สำหรับแนวทางการพัฒนาวิธีการวิเคราะห์รูปแบบวิธีการซ่อมบำรุงโดยใช้แนวทาง LCCA ในการศึกษานี้ ใช้ค่า IRI และ ค่าอีลาสติกโมดูลัสของชั้นพื้นทาง (Elastic Modulus of Base Layer, E2) ที่ได้จากการทดสอบ FWD เป็นตัวกำหนดเกณฑ์การตัดสินใจในการซ่อมบำรุงแบบเสริมผิวทางและบูรณะโครงสร้างทาง โดยมีสมมติฐานคืออายุการใช้งานที่เพิ่มขึ้นของโครงสร้างทางจากผลกระทบหลังการเสริมผิวทาง (t_{E2}) มีจำนวนน้อยกว่าอายุการใช้งานของผิวทางใหม่หลังทำการเสริมผิว (t_{IRI}) ซึ่งการเลือกวิธีการซ่อมบำรุงที่เหมาะสมจะพิจารณาจากต้นทุนการซ่อมบำรุงตลอดอายุการใช้งานต่ำที่สุด

3.1 แบบจำลองที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาวิธีวิเคราะห์

(1) แบบจำลองทำนายสภาพทาง อ้างอิงจากแบบจำลองการพยากรณ์ค่า IRI ของผิวทางลาดยาง [5] ใช้เพื่อทำนายค่า IRI ในอนาคต

$$dIRI = Kgp \times (134 \times Exp(Kgm \times m \times AGE3) \times [(1 + SNC \times 0.755)]^{-5} \times YE4 + 0.0121 \times AGE3) + (Kgm \times m \times Rla) \quad (1)$$

AGE3 = อายุสายทางตั้งแต่มีการเสริมผิวทาง การบูรณะ หรือการก่อสร้างใหม่ (ปี)

Rla = ค่าความขรุขระสากลเมื่อต้นปีที่สนใจ (m/km)

m = ค่าสัมประสิทธิ์ผลกระทบจากสภาพแวดล้อม

SNC = ค่าความแข็งแรงของโครงสร้างทางตั้งแต่มีการก่อสร้าง การเสริม ผิวทาง การบูรณะ ครั้งล่าสุด

YE4 = จำนวนเพลาเทียบเท่ามาตรฐานตลอดปี (ล้านESAL/ช่องจราจร/ปี)

Kgp = ค่าปรับแก้อัตราการเสื่อมสภาพของความขรุขระ

Kgm = ค่าปรับแก้ของค่าสัมประสิทธิ์ผลกระทบจากสภาพแวดล้อม

(2) แบบจำลองผลกระทบหลังการซ่อมบำรุง [5] ใช้เพื่อพยากรณ์ค่า IRI หลังจากการซ่อมบำรุงด้วยวิธีการเสริมผิวทาง

$$\Delta Rla = \max\{0, A_0[\min(a1, Rlbw) - a2] + a3\max[0, (Rlbw - a1)]\} \quad (2)$$

$$Rlaw = Rlbw - \Delta Rla \quad (3)$$

A_0 = 0.9 ค่าสัมประสิทธิ์ปรับแก้ (Default) a1 = $\max\{4.0, 2.1\exp[0.019HSNEWaw]\}$

a2 = $1 + 0.018\max[0, (100 - HSNEWaw)]$

a3 = $\min\{A_0, \max[0, (0.01HSNEWaw - 0.15)]\}$

ΔRla = การลดลงของค่า IRI หลังการเสริมผิว

Rlbw = ค่า IRI ก่อนการเสริมผิวทาง (m/km)

Rlaw = ค่า IRI หลังการเสริมผิวทาง (m/km)

HSNEWaw = ความหนาของการเสริมผิวทาง (mm)

(3) แบบจำลองการเสื่อมสภาพของโครงสร้างทาง ในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาแบบจำลองการเสื่อมสภาพของโครงสร้างชั้นพื้นทาง เพื่อใช้ในการพยากรณ์ค่าความแข็งแรงของโครงสร้างชั้นพื้นทางในอนาคต โดยใช้ค่า อีลาสติกโมดูลัสของชั้นพื้นทาง (E2) เป็นตัวแทนสภาพความแข็งแรงของโครงสร้างทาง ซึ่งสามารถรวบรวมข้อมูลสายทางที่มีการจัดเก็บค่าความแข็งแรงของทางด้วยเครื่องมือ FWD ของกรมทางหลวง จำนวน 79 ข้อมูลจากทั้งหมด 20 สายทางโดยในแต่ละข้อมูลเป็นการเฉลี่ยค่า E2 ของทุกๆ 1 กิโลเมตรทดสอบ ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองนั้นได้ถูกคัดกรอง ตามขอบเขตและข้อจำกัดของการทดสอบด้วยเครื่องมือ FWD ต่างๆ จากการศึกษาในอดีตโดยกรมทางหลวง [6] เพื่อป้องกันความผิดพลาดของข้อมูลจากการประมวลผลได้แก่ ขอบเขตของค่าอีลาสติกโมดูลัสที่ได้จากการทดสอบค่าอีลาสติกโมดูลัสของชั้นผิวทางแอสฟัลต์ (E1) จะต้องมีค่าต่ำกว่า 3,000 MPa. ค่าอีลาสติกโมดูลัสของชั้นพื้นทาง (E2) และค่าอีลาสติกโมดูลัสของชั้นรองพื้นทาง (E3) จะต้องมีค่าต่ำกว่า 700 MPa. ความหนาในวัสดุของทางที่ทดสอบในชั้นผิวทางจะต้องใช้แอสฟัลต์เป็นวัสดุและมีความหนาไม่เกิน 10 เซนติเมตร และในส่วนวัสดุของชั้นพื้นทางจะต้องเป็นวัสดุหินคลุกและมีความหนาอยู่ระหว่าง 15 – 25 เซนติเมตร ซึ่งเป็นคุณสมบัติของชั้นทางส่วนใหญ่ในประเทศไทย การคัดกรองข้อมูลดังที่กล่าวมานั้นในการพัฒนาแบบจำลองนี้มีข้อจำกัดในเรื่องของจำนวนข้อมูลที่รวบรวมได้ และเพื่อเป็นการหลีกเลี่ยงความผิดพลาดของข้อมูลที่ได้จากการคำนวณย้อนกลับใน หรือสายทางที่เคยมีการบำรุงทางในรูปแบบหมุนเวียนวัสดุ (Pavement Recycling) แบบจำลองนี้จึงมีข้อจำกัดในการวิเคราะห์สายทางที่มีคุณสมบัติของวัสดุและลักษณะทางโครงสร้างที่มีความคล้ายคลึงกับตัวอย่างข้อมูลที่นำมาพัฒนาแบบจำลองเท่านั้น และจากการศึกษางานวิจัยในอดีต [2-3] เกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่า E2 พบว่า ปริมาณจราจร อายุของทาง และ ความหนาของผิวทาง เป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงอย่างมีนัยสำคัญ งานวิจัยนี้จึงได้รวบรวมข้อมูลดังกล่าวในแต่ละสายทางมาทดสอบหา

ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 1 พบว่า ปริมาณจราจรเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่า E2 อย่างมีนัยสำคัญมากที่สุด รองลงมาคือความหนาผิวทาง

ตารางที่ 1 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ กับค่าอีลาสติกโมดูลัสของชั้นพื้นทาง (E2)

ข้อมูล	ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์	
	Pearson Correlation	N
จำนวนเพลามาตรฐานสะสม (NE4)	-.894	79
ความหนาชั้นผิวทางแอสฟัลต์ (HSOLD)	.408	79

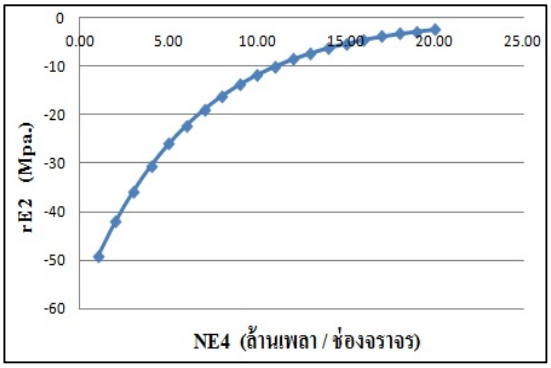
จากความสัมพันธ์ของปัจจัยดังกล่าวจึงเป็นที่มาของการพัฒนาแบบจำลองการเสื่อมสภาพของชั้นพื้นทางโดยใช้ค่า E2 เป็นตัวแปรต้น และนำปัจจัยปริมาณจราจร อายุและความหนาผิวทาง เป็นตัวแปรตาม โดยได้พัฒนาแบบจำลองด้วยวิธีการวิเคราะห์แบบถดถอย (Regression Analysis) ซึ่งจากการวิเคราะห์ด้วยจำนวนข้อมูลตัวอย่างได้แบบจำลองการเสื่อมสภาพของโครงสร้างชั้นพื้นทางดังแสดงในสมการที่ 4 โดยมีค่า $R^2 = 0.790$

$$E2 = \left(377 \times e^{(-23\times(\frac{NE4}{HSNEW}))}\right) + 118 \qquad (4)$$

และดิฟเฟอเรนชิเอตสมการที่ 4 เพื่อวิเคราะห์หาอัตราการเสื่อมสภาพของค่า E2 เปรียบเทียบกับ NE4 จากสมการที่ 4 ได้ผลการวิเคราะห์ดังสมการที่ 5 และรูปที่ 1

$$rE2(NE4) = \left(\frac{-8671}{HSNEW}\right) \times e^{(\frac{-23(NE4)}{HSNEW})} \qquad (5)$$

HSNEW = ความหนาชั้นผิวทางแอสฟัลต์หลังการซ่อมบำรุง (mm)



รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเสื่อมสภาพของ E2 และปริมาณเพลามาตรฐานสะสม

ซึ่งจากผลการวิเคราะห์พบว่าในช่วงต้นอายุการใช้งานในช่วงปริมาณเพลามาตรฐานสะสมที่น้อยกว่า 6 ล้านเพลาต่อช่องจราจร จะมีอัตราการเสื่อมสภาพของ E2 ที่ค่อนข้างเร็ว และจะค่อยๆช้าลงเมื่อใช้งานไปได้สักระยะหนึ่งในช่วงปริมาณเพลามาตรฐานสะสม ตั้งแต่ 8 ล้านเพลาต่อช่องจราจรเป็นต้นไป

3.2 การประยุกต์ใช้แบบจำลอง

การประยุกต์ใช้แบบจำลองนั้นจะนำไปใช้ในกรณีที่ผิวทางมีระดับค่า IRI สูงกว่าค่าที่ยอมรับได้ ซึ่งจำเป็นต้องซ่อมบำรุงโดยวิธีเสริมผิวทางหรือบูรณะโครงสร้างทาง โดยนำข้อมูล E2 ที่ได้จากแบบจำลองไปคำนวณหาอายุคงเหลือของโครงสร้างทาง และเปรียบเทียบกับอายุการใช้งานของผิวทางหลังการเสริมผิวทาง หากอายุคงเหลือของโครงสร้างทางมากกว่าอายุการใช้งานของผิวทางใหม่ ก็สามารถเลือกวิธีเสริมผิวทางได้ทันที เนื่องจากเป็นวิธีที่มีต้นทุนถูกกว่าการบูรณะโครงสร้างทาง แต่ในกรณีที่อายุการใช้งานของโครงสร้างทางเหลือน้อยกว่าอายุการใช้งานของผิวทางหลังการเสริมผิวทางซึ่งหมายความว่า ถ้าซ่อมบำรุงทางแบบเสริมผิวทางแล้วจะไม่สามารถใช้งานได้จนครบอายุการใช้งานของผิวทาง เนื่องจากอาจเกิดความเสียหายของโครงสร้างชั้นพื้นทางก่อน ซึ่งในกรณีนี้จะใช้วิธีวิเคราะห์เปรียบเทียบต้นทุนค่าซ่อมบำรุงตลอดอายุการใช้งานของวิธีเสริมผิวทางและวิธีบูรณะโครงสร้างทาง ในรูปของ Equivalent Uniform

Annual Cost (EUAC) ดังแสดงในสมการที่ 6

$$EUAC = CRF \times NPV \quad (6)$$

$$CRF = \frac{i(1+i)^N}{(1+i)^N-1}$$

$$NPV = C_m + \sum_{t=1}^{N} \frac{C_{mt}}{(i+1)^t}$$

ซึ่งขั้นตอนในการประยุกต์ใช้แบบจำลองโครงสร้างทาง รวมถึงการวิเคราะห์แสดงในรูปที่ 2

3.3 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์

ตัวอย่างในการวิเคราะห์ได้อ้างอิงข้อมูลของทางหลวงรหัสสายทาง 322201010 แก่งคอย-สำนักงานบำรุงทางนครนายก มีความกว้างผิวทาง 7 เมตร อายุการใช้งาน 10 ปี ปริมาณการจราจรเฉลี่ย 6,000 คันต่อวันตลอดปี สัดส่วนยานยนต์หนักเท่ากับ 10 เปอร์เซ็นต์ ค่า IRI ที่ได้จากการสำรวจ 3.66 เมตรต่อกิโลเมตร และความแข็งแรงของโครงสร้างทางที่ได้จากการสำรวจข้อมูลด้วยเครื่องมือ FWD ในปี 2553 เท่ากับ 175.02 Mpa โดยกำหนดระยะทางในการวิเคราะห์ 1 กิโลเมตร ความหนาชั้นผิวทางแอสฟัลต์ 100 มิลลิเมตร และชั้นพื้นทางวัสดุหินคลุก ความหนา 250 มิลลิเมตร และในส่วนการกำหนดค่า IRI สูงสุดที่ยอมรับได้เท่ากับ 3.5 เมตรต่อกิโลเมตร โดยอ้างอิงจากแนวทางการวิเคราะห์ระดับการให้บริการของทางที่เหมาะสม [7] และในการกำหนดค่าความแข็งแรงขั้นต่ำที่ยอมรับได้ (E2) เท่ากับ 150 MPa.ซึ่งเป็นค่าที่ได้โดยการสัมภาษณ์จากประสบการณ์ของวิศวกรชำนาญการฝ่ายออกแบบและบำรุงรักษาของกรมทางหลวง ซึ่งพิจารณาจากข้อมูลที่ได้จาก FWD ของถนนที่มีความเสียหายถึงชั้นพื้นทางในอดีต ซึ่งจะวิเคราะห์แยกออกเป็น 2 แนวทางคือแนวทางการตัดสินใจซ่อมบำรุงแบบเสริมผิวทางโดยจะมีค่าใช้จ่ายเริ่มต้นในปีปัจจุบันและพิจารณาไปจนสิ้นสุดอายุของโครงสร้างหรือจนถึงระดับ E2 เป้าหมาย และแนวทางการซ่อมบำรุงแบบบูรณะโครงสร้างทาง โดยตั้งสมมุติฐานในการซ่อมบำรุงจนถึงชั้นพื้นทางและเสริมผิวทางปิดทับอีก 5 cm. และพิจารณาต้นทุนค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานจนถึงระดับค่าความแข็งแรงเป้าหมายเป็นปีที่สิ้นสุดการวิเคราะห์ ซึ่งราคาซ่อมบำรุงได้อ้างอิงจากราคากลางของกรมทางหลวง ณ ปีที่วิเคราะห์ โดยที่กำหนดอัตราผลตอบแทนขั้นต่ำเท่ากับ 12 % ซึ่งวิเคราะห์ในกรณีที่ปริมาณเพลามาตรฐานสะสมเพิ่มขึ้นในอนาคตได้ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 2

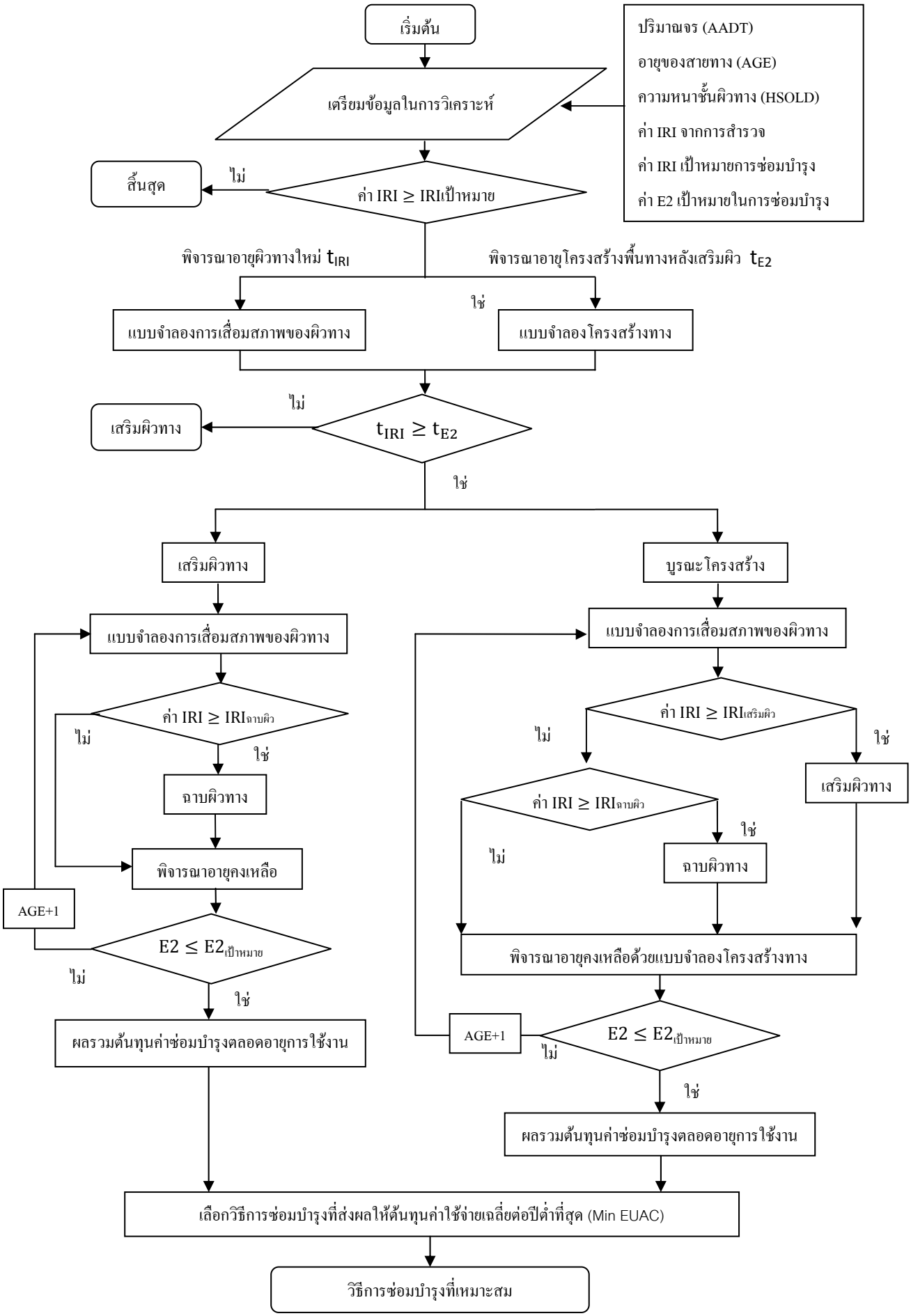
ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบต้นทุนค่าซ่อมบำรุง

ปีที่	NE4 (ล้านเพลาต่อช่องจราจร)	EUAC (บาท/ปี)	
		เสริมผิว	บูรณะ
11	1.81	835,003	1,431,620
12	1.97	990,996	1,269,227
13	2.14	1,253,210	1,403,424
14	2.30	1,781,011	1,484,888
15	2.46	3,371,200	1,484,888

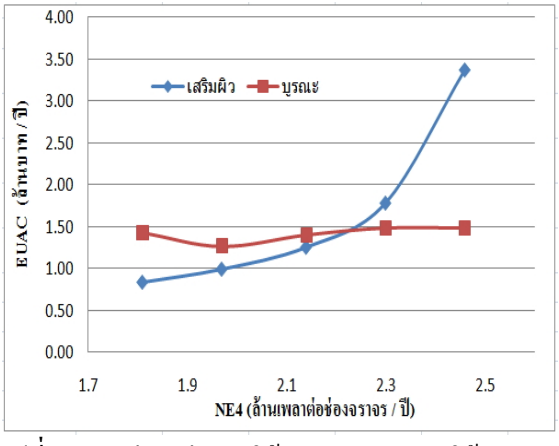
จากผลการวิเคราะห์สายทางตัวอย่าง พบว่าถ้าพิจารณาแนวทางการซ่อมบำรุงในถนนตัวอย่างที่มีปริมาณเพลาสะสมที่น้อยกว่า 2.2 ล้านเพลาต่อช่องจราจร การซ่อมบำรุงแบบเสริมผิวทางจะมีต้นทุนค่าใช้จ่ายเฉลี่ยตลอดอายุการใช้งานถูกกว่าการซ่อมบำรุงแบบบูรณะโครงสร้างทาง และหลังจากผ่านช่วงปริมาณเพลาสะสมมากกว่า 2.2 ล้านเพลาต่อช่องจราจร จะส่งผลให้แนวทางการซ่อมบำรุงแบบบูรณะโครงสร้างทางมีต้นทุนค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่อปีที่ถูกกว่าแบบเสริมผิวทาง ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในรูปที่ 3

4. ปัญหาและข้อจำกัด

จากการศึกษาวิธีการวิเคราะห์วิธีซ่อมบำรุงที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากแนวทางการวิเคราะห์ระดับที่ยอมรับได้ขั้นต่ำของค่าความแข็งแรงชั้นพื้นทาง พบว่าวัสดุก่อสร้างทางนั้นมีผลต่อค่าอีลาสติกโมดูลัสที่สำรวจด้วยเครื่องมือ FWD เป็นอย่างมาก เนื่องจากการบูรณะโครงสร้างทางส่วนใหญ่ของ



รูปที่ 2 ขั้นตอนการวิเคราะห์แนวทางการซ่อมบำรุงโดยพิจารณาจากต้นทุนค่าซ่อมบำรุงตลอดอายุการใช้งานของสายทาง



รูปที่ 3 การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน

กรมทางหลวงมักจะปฏิบัติด้วยวิธีนำวัสดุเดิมมาปรับปรุงและนำกลับไปใช้ใหม่(Pavement Recycling) ซึ่งมีการผสมของซีเมนต์ลงในขั้นตอนการปรับปรุงวัสดุพื้นทางเดิมและจากนั้นจึงทำการปูผิวทางลาดยางทับชั้นบนสุด ดังนั้นจึงเป็นสาเหตุให้วัสดุชั้นพื้นทางมีคุณสมบัติที่แข็งแรงกว่าวัสดุชั้นผิวทางส่งผลให้ค่าอีลาสติกโมดูลัสที่ได้จากการคำนวณย้อนกลับด้วยโปรแกรมนั้นมีค่าสูงเกินกว่าความเป็นจริงค่อนข้างมาก เนื่องจากโปรแกรมจะปรับค่าอีลาสติกโมดูลัสของชั้นผิวทางมีค่าสูงกว่าชั้นพื้นทางอยู่เสมอ ซึ่งงานวิจัยนี้มีข้อจำกัดในการพัฒนาแบบจำลองโครงสร้างทาง โดยที่วัสดุชั้นพื้นทางต้องเป็นวัสดุประเภทหินคลุก และเป็นผิวทางลาดยางที่มีความหนาไม่เกิน 10 เซนติเมตร อีกทั้งการกำหนดเกณฑ์เป้าหมายในการซ่อมบำรุงซึ่งควรกำหนดตามประเภทและวัตถุประสงค์ของการใช้ทางอย่างเหมาะสม รวมถึงดัชนีต้นทุนค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาเนื่องจากปัจจัยต่างๆ เช่น ค่าแรงงาน ค่าเช่าเครื่องจักร รวมถึงราคาน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งมีความแตกต่างกันตามแต่ละพื้นที่

5. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้เสนอกรอบวิธีคิดในการวิเคราะห์รูปแบบการซ่อมบำรุงโดยพิจารณาจากค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานระหว่างวิธีการซ่อมบำรุงแบบเสริมผิวทาง และวิธีบูรณะโครงสร้างทาง เพื่อใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการคัดกรองสายทางที่มีความเสี่ยงต่อความเสียหายระดับโครงสร้างทางในอนาคตอันใกล้ โดยใช้ข้อมูลการสำรวจลักษณะความแข็งแรงของโครงสร้างชั้นทางด้วยเครื่องมือ FWD ในการพัฒนาตัวอย่างแบบจำลองการเสื่อมสภาพของโครงสร้างชั้นพื้นทาง โดยผลการวิเคราะห์ในหลายๆกรณีพบว่า เมื่อพิจารณาสายทางที่มีค่าอีลาสติกโมดูลัสของชั้นพื้นทาง (E2) ใกล้เคียงกับค่า E2 เป้าหมาย วิธีซ่อมบำรุงแบบบูรณะโครงสร้างทางจะมีค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานถูกกว่าวิธีซ่อมบำรุงแบบเสริมผิวทาง ซึ่งประโยชน์ของวิธีคิดนี้สามารถเป็นเครื่องมือช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการวางแผนงบประมาณงานซ่อมบำรุงในระดับโครงข่าย รวมถึงวางแผนงานซ่อมบำรุงในกรณีความเสียหายหนักที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักวิเคราะห์ และตรวจสอบ ตลอดจนแขวงการทางในความรับผิดชอบของกรมทางหลวง ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลและข้อแนะนำต่างๆ และขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่สนับสนุนค่าใช้จ่ายในการทำงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] Lekarp, F.Isacsson, U., and Dawson, A. “State of the art. I: Resilient Response of Unbound Aggregates.”, Journal of Transportation Engineering., ASCE, Vol. 126(1), 2000, pp.66-75.

[2] Atton-Okine, B., N.O. et al. “Pavement Thickness Variability and Its Effect on Determination of Moduli and Remaining Life.”, Transportation Research Record 1499, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 1994, pp.39-45.

[3] Yeo, I., Suh, Y., and Mun, S. “Development of a Remaining Fatigue Life Model for Asphalt Black Base through Accelerated Pavement Testing.”, Construction and Building Materials, Vol. 22, 2008, pp.1881-1886.

[4] Shain, M.Y., “Pavement Management for Airports Roads and Parking Lot.”, Third Edition. Chapman and Hall, Kluwer Academic Publisher. Norwell, Massachusetts, USA, 1998

[5] Jennaro B Odoki and Henry Kerali, “HDM-4 Highway Development and Management volume 4.”, Washington, D.C. World Bank, 2008

[6] ธันวิน สวัสดิศานต์, เศกชัย อนุเวชศิริเกียรติ นวพล พรหมจารีย์ และ จตุพร ทิพย์ทอง, “การสำรวจสภาพความเสียหายและหาสาเหตุของความเสียหายหลักของถนนลาดยางในประเทศไทย”, สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง กรมทางหลวง รายงานวิจัย, ฉบับที่ วพ. 261, 2551

[7] ชานนท์ อมรชัยศักดา และวิศณุ ทรัพย์สมพล, “วิธีการวิเคราะห์ระดับการให้บริการของทางที่เหมาะสมสำหรับสายทางที่มีปริมาณการจราจรต่ำ”, การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ, ครั้งที่.14, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.