

1. รายละเอียดเกี่ยวกับโครงการวิจัย

- 1.1 โครงการ** การพัฒนาเครื่องวัดการแอ่นตัวแบบตกกระแทกเพื่อใช้ประเมินสภาพของผิวทาง
Development of falling weight deflectometer for evaluation of pavement condition
- แผนงาน** การตรวจสอบสภาพผิวทางโดยใช้เครื่องมือการวัดการแอ่นตัวแบบตกกระแทก
Pavement evaluation by using falling weight deflectometer
- 1.2 หัวหน้าโครงการ** ผศ.ดร.วรัช ก้องกิจกุล
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
โทรศัพท์ 02-470-9144 โทรสาร 02-427-9063
- ผู้ร่วมวิจัยคนที่ 1** ผศ.ดร.สมโพธิ อยู่ไว ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
โทรศัพท์ 02-470-9141 โทรสาร 02-427-9063
- ผู้ร่วมวิจัยคนที่ 2** ดร.ชาครีย์ บำรุงวงศ์
สำนักแผน กรมทางหลวงชนบท
โทรศัพท์ 0-2551-5268 โทรสาร 0-2972-9319
- 1.3 งบประมาณ** โครงการนี้ได้รับการสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2554 จำนวนเงินรวม
1,144,000.- บาท เริ่มงานวิจัยตั้งแต่วันที่ 13 กันยายน 2554 จนถึง 13 กันยายน 2555

2. สรุปโครงการวิจัย

2.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

การบำรุงรักษาถนนให้มีสภาพผิวทางที่ดีและมีความปลอดภัยต่อผู้ใช้ จำเป็นต้องใช้เครื่องวัดการแอ่นตัวแบบตกกระแทก ซึ่งปัจจุบันหน่วยงานที่รับผิดชอบถนน จะต้องซื้อจากต่างประเทศในราคาที่แพงมาก ทำให้จำนวนมีไม่พอต่อการใช้งาน อีกทั้ง เมื่อเกิดปัญหาทางเทคนิคกับเครื่องที่ได้ซื้อจากต่างประเทศ ก็ไม่สามารถที่จะซ่อมแซมด้วยตนเองได้ แต่กระนั้นเครื่องดังกล่าวมีหลักการทำงานและการเก็บบันทึกข้อมูลที่ไม่ได้สลับซับซ้อนมากมายนัก จึงเป็นโอกาสที่จะได้วิจัยและพัฒนาเครื่องต้นแบบให้มีประสิทธิภาพเทียบเท่าเครื่องที่นำเข้าจากต่างประเทศ เพื่อให้สามารถที่จะผลิตออกมาใช้งานได้จริงต่อไป

2.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

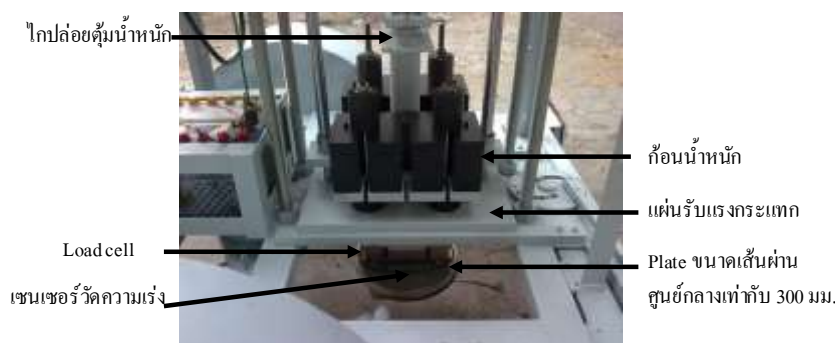
- พัฒนาเครื่องวัดการแอ่นตัวแบบตกกระแทกต้นแบบขนาดเท่าของจริงเพื่อใช้ทดสอบในสนาม
- ทำการทดสอบด้วยเครื่องวัดการแอ่นตัวแบบตกกระแทกต้นแบบกับผิวทางจริงในสนาม
- เปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องวัดการแอ่นตัวแบบตกกระแทกต้นแบบที่ได้พัฒนาขึ้นมา

2.3 ระเบียบวิธีวิจัย

โครงการนี้ได้พัฒนาเครื่องวัดการแอ่นตัวแบบตกกระแทกโดยมีลักษณะเป็นรถพ่วง การทำงานของเครื่องดังกล่าวจะยกค้อนน้ำหนักและปล่อยให้ตกกระแทกลงบนผิวทางถนนแล้วจึงวัดการแอ่นตัวของโครงสร้างทางที่ผิวทาง เครื่องที่ได้พัฒนาขึ้นใหม่ถูกทดสอบประสิทธิภาพโดยเปรียบเทียบกับเครื่องต้นแบบที่นำเข้าจากต่างประเทศโดยทำการทดสอบร่วมกันทั้งหมดจำนวน 16 จุด บนถนน 2 สายทาง เพื่อเปรียบเทียบลักษณะข้อมูล: 1) น้ำหนักตกกระแทก, 2) ค่าการแอ่นตัว และ 3) ลักษณะแอ่งการยุบตัว แล้วนำมาวิเคราะห์หาร้อยละความผิดพลาดซึ่งจะต้องอยู่ในเกณฑ์ที่ได้ตั้งเป้าหมายไว้

2.4 ผลการวิจัย

โครงการนี้ได้พัฒนาเครื่องวัดการแอ่นตัวแบบตกกระแทกดังแสดงในรูปด้านล่าง มีระบบยกค้อนน้ำหนักด้วยกระบอกลม ใช้โหลดเซลล์เพื่อวัดแรงกระแทก และจีโอโฟนเพื่อวัดการแอ่นตัวของผิวทาง การบันทึกข้อมูลทำโดยเครื่องบันทึกข้อมูลแบบไดนามิก เมื่อได้พัฒนาแล้วเสร็จจึงทำการทดสอบประสิทธิภาพพร้อมกับเครื่องต้นแบบของกรมทางหลวงชนบทกับถนน 2 สายทาง มีจุดทดสอบร่วมกันทั้งหมด 16 จุด พบว่า ร้อยละความผิดพลาดเฉลี่ยเท่ากับ 6.5, 5.0 และ 1.8 สำหรับเกณฑ์น้ำหนักตกกระแทก, ค่าการแอ่นตัว และลักษณะแอ่งการยุบตัว ตามลำดับ ซึ่งถือได้ว่า เครื่องที่ได้พัฒนาขึ้นใหม่สามารถให้ผลการทดสอบที่ใกล้เคียงกับเครื่องต้นแบบ



2.5 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากงบประมาณที่ได้รับเพียงพอต่อการพัฒนาระบบยกและปล่อยค้อนน้ำหนักตกกระแทก และระบบบันทึกข้อมูลเท่านั้น การพัฒนาจึงได้มุ่งเน้นไปตรงที่การทำให้เครื่องสามารถทดสอบกับถนนได้จริงเป็นหลักก่อน ดังนั้นหากมีงบประมาณเพิ่มเติมจะสามารถพัฒนาต่อไปให้สามารถใช้งานได้อย่างสะดวกสบายมากยิ่งขึ้นต่อไป

3. บทคัดย่อ

ในการซ่อมบำรุงรักษาทางตามปกติจะต้องประเมินสภาพโครงสร้างทางด้วยเครื่องวัดการแอ่นตัวแบบตกกระแทกซึ่งจะต้องนำเข้าจากต่างประเทศในราคาสูง จึงไม่เพียงพอต่อการใช้งานในปัจจุบัน โครงการวิจัยนี้จึงได้พัฒนาเครื่องวัดการแอ่นตัวแบบตกกระแทกขึ้นมาใหม่ มีหลักการทำงานโดยการปล่อยค้อนน้ำหนักตกกระแทกลงบนผิวทางแล้วทำการวัดการแอ่นตัวที่เกิดขึ้น จากนั้นจึงได้ทดสอบร่วมกับเครื่องวัดการแอ่นตัวแบบตกกระแทกของกรมทางหลวงชนบทเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพทางด้านน้ำหนักตกกระแทก ค่าการแอ่นตัว และลักษณะแอ่งการยุบตัว แล้วจึงวิเคราะห์หาค่าร้อยละความผิดพลาด จากผลการทดสอบพบว่า เครื่องที่ได้พัฒนาขึ้นใหม่ให้ผลการทดสอบที่ใกล้เคียงกับเครื่องที่นำเข้ามาจากต่างประเทศมาก

For evaluations of the pavement structure conditions, it is necessary to perform the Falling Weight Deflectometer (FWD) tests. In Thailand, this FWD must be imported from foreign countries, and therefore, very expensive. As a result, the number of FWD to be used in the road maintenance work is not sufficient. In this research, a prototype FWD was newly developed based on the basic mechanisms in which the deflections were measured upon the impact of the strike hammer. Then, validation tests were performed together with the FWD owned by the Department of Rural Roads (DRR) by which the followings were compared: 1) impact load; 2) deflections measured on the pavement; and 3) deflection basin. Further, the error in each concern was determined. It was found that the newly-developed FWD provided similar test results when compared to the ones by the DRR's FWD.

1. รายละเอียดเกี่ยวกับโครงการวิจัย

- 1.1 โครงการ** การวิเคราะห์การเสียรูปของผิวทางจากการทดสอบการแอ่นตัวแบบตกกระแทกเพื่อประเมินสภาพของผิวทาง
- Analysis of the deformation from falling weight deflectometer for evaluation of pavement condition
- แผนงาน** การตรวจสอบสภาพผิวทางโดยใช้เครื่องมือการวัดการแอ่นตัวแบบตกกระแทก
- Pavement evaluation by using falling weight deflectometer
- 1.2 หัวหน้าโครงการ** ผศ.ดร.สมโพธิ อยู่ไ้ว
- ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- โทรศัพท์ 02-470-9141 โทรสาร 02-427-9063
- ผู้ร่วมวิจัยคนที่ 1** ผศ.ดร.พรเกษม จงประดิษฐ์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
- มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- โทรศัพท์ 02-470-9140 โทรสาร 02-427-9063
- ผู้ร่วมวิจัยคนที่ 2** ดร.คุณามาศ พันธุเศษ
- สำนักบำรุงทาง กรมทางหลวงชนบท
- โทรศัพท์ 0-2551-5268 โทรสาร 0-2972-9319
- 1.3 งบประมาณ** โครงการนี้ได้รับการสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2554 จำนวนเงินรวม 720,500 บาท เริ่มงานวิจัยตั้งแต่วันที่ 13 กันยายน 2554 จนถึง 13 กันยายน 2555

2. สรุปโครงการวิจัย

2.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

วิธีการประเมินหาอายุที่เหลืออยู่ในปัจจุบันจะมีสองวิธีคืออ้างอิงจากการคำนวณย้อนกลับของค่าสถิติในส่วนของของแต่ละชั้นของโครงสร้างผิวทางและการหาอายุผิวทางโดยใช้วิธีกึ่งเชิงประจักษ์ (Semi-empirical) การคำนวณย้อนกลับดังกล่าวต้องใช้วิธี Finite Element โดยต้องใช้โปรแกรมสำเร็จรูปจากต่างประเทศซึ่งมีราคาแพงและต้องต่อลิขสิทธิ์ทุกปี นอกจากนี้โปรแกรมดังกล่าวมักจะให้ค่าที่ไม่สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงของถนนในประเทศไทยอีกด้วย อีกวิธีหนึ่งเป็นวิธีอย่างง่ายโดยใช้วิธี Semi-empirical โดยสามารถคำนวณหาอายุผิวทางโดยตรงจากการเสียรูปของผิวทางจากการทิ้งน้ำหนักในสนาม วิธีนี้เป็นวิธีสามารถให้ผลทันทีทันใดและง่ายต่อการประเมินอายุของถนนโดยไม่ต้องส่งผลการทดสอบให้กับผู้เชี่ยวชาญในการวิเคราะห์แบบไฟไนต์เอลิเมนต์ แต่วิธีดังกล่าวจะต้องมีข้อมูลสภาพถนนจริงเพื่อปรับแก้พารามิเตอร์ ดังนั้นการพัฒนาเทคโนโลยีการประเมินอายุของผิวทางในสองวิธีดังกล่าวจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อประเทศไทยโดยเฉพาะหน่วยงานที่มีหน้าที่หลักในการดูแลถนนอันจะนำไปสู่การจัดสรรงบประมาณในการซ่อมบำรุงที่ถูกต้องและมีถนนที่มีศักยภาพในการบริการที่ดีอยู่เสมอ

2.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

- พัฒนาวิธีการคำนวณย้อนกลับเพื่อหาค่าสถิติในส่วนของถนนจากวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์
- พัฒนาวิธีการหาอายุของถนนอย่างง่ายโดยใช้วิธี Semi-empirical เพื่อให้เหมาะสมกับถนนในประเทศไทย

2.3 ระเบียบวิธีวิจัย

โครงการนี้ได้ใช้โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ PLAXIS ที่เป็นที่ยอมรับในงานวิศวกรรมเทคนิคธรณีและมหาวิทยาลัยมีลิขสิทธิ์ในการจำลองสถานการณ์การแอ่นตัวแบบตกกระแทกของ FWD ต่อถนน หลังจากทำการปรับเทียบกับค่าตรวจวัดจริงแล้ว ทำการศึกษาพารามิเตอร์เพื่อประเมินตัวแปรที่มีอิทธิพลและเป็นการสร้างข้อมูลความรู้สำหรับการวิเคราะห์ต่อไป จากการทบทวนงานศึกษา

ที่ผ่านมา ได้เลือกที่จะพัฒนาสมการในรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างค่าการเสริมผิวทางกับผลต่างของการเสียรูปที่จุดD₀ และจุดD₁₅₀ในรูปของลอการิทึม ด้วยการวิเคราะห์เชิงถดถอย และนำสมการที่พัฒนาได้มาตรวจสอบความถูกต้องโดยการเปรียบเทียบค่าการเสริมผิวทาง กับโปรแกรม ELMOD ของกรมทางหลวง

2.4 ผลการวิจัย

ผลการศึกษาได้พัฒนาสมการเชิงเส้นอย่างง่ายที่เป็นความสัมพันธ์ระหว่างค่าการเสริมผิวทางกับผลต่างของการเสียรูปที่จุดD₀ และจุดD₁₅₀ในรูปของลอการิทึม ในสองลักษณะ 1) ไม่ซับซ้อนสำหรับใช้ในช่วงค่าสถิติในสของผิวทางต่างๆ และ 2) สมการเดียวที่ใช้กับค่าสถิติในสของผิวทางต่างๆได้ โดยมีรูปทั่วไปดังนี้

$$T_A = C_1 \text{Log} (D_0 - D_{150}) + C_2 \text{ เมื่อ}$$

T_A คือค่าความหนาของชั้นผิวทาง ส่วน D₀ และ D₁₅₀ คือค่าการเสียรูปของผิวทางที่จุดที่แรงภายนอกกระทำ และค่าการเสียรูปที่วัดออกมาจากจุดที่แรงกระทำเป็นระยะ 150 ซม. ตามลำดับ C₁ และ C₂ คือค่าคงที่ขึ้นอยู่กับค่าสถิติในสของผิวทาง

เมื่อนำสมการดังกล่าวมาปรับใช้หาค่าเสริมผิวทาง และตรวจสอบความถูกต้องโดยการเปรียบเทียบการเสริมผิวทางจากการใช้สมการที่ได้ กับโปรแกรม ELMOD ของกรมทางหลวง พบว่าค่าการเสริมผิวทางมีค่าที่ได้ใกล้เคียง

2.5 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากยังไม่มีข้อมูลจริงของการตรวจวัดกับค่าการประเมินจากโปรแกรมที่กรมทางหลวงชนบทใช้อยู่อย่างเพียงพอ การพัฒนาจึงได้มุ่งเน้นไปตรงที่การใช้ข้อมูลสังเคราะห์ก่อนเป็นหลัก ดังนั้นหากมีงบประมาณเพิ่มเติมการศึกษาต่อไปสามารถนำวิธีการประเมินที่ได้พัฒนาขึ้นไปใช้ควบคู่กับผลการประเมินจากโปรแกรมดังกล่าวเพื่อเพิ่มความเชื่อมั่นหรือปรับแก้ให้ใกล้เคียงยิ่งขึ้น

3. บทคัดย่อ

งานศึกษานี้เป็นการพัฒนาวิธีการวิเคราะห์อย่างง่ายสำหรับประเมินสภาพของผิวทางจากค่าการเสียรูปของผิวทางจากการทดสอบการแอ่นตัวแบบตกกระแทก ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของชุดโครงการ สมการอย่างง่ายที่พัฒนาขึ้นได้จากการวิเคราะห์เชิงถดถอยของชุดข้อมูลเทียมที่เป็นผลของการวิเคราะห์เชิงตัวเลขของการเสียรูปของผิวทางที่จำลองการตกกระแทกโดยใช้วิธีไฟไนต์อีลิเมนต์ ผลการศึกษาได้พัฒนาสมการเชิงเส้นอย่างง่ายที่เป็นความสัมพันธ์ระหว่างค่าการเสริมผิวทางกับผลต่างของการเสียรูปที่จุดD₀ และจุดD₁₅₀ในรูปของลอการิทึม อย่างไรก็ตามเพื่อเพิ่มความเชื่อมั่นในการใช้สมการนี้ ควรมีการศึกษาต่อในอนาคตด้วยการนำไปประยุกต์ใช้งานกับถนนจริง

This study developed an empirical analytical method for pavement condition evaluation by using the displacement values obtained from FWD tests as a part of a research project. The empirical equations for evaluation are developed from regression analysis of artificial data of pavement displacement values, which in turn, are obtained from FEA of FWD simulation. The obtained equations are simple linear relation between the pavement overlay and difference of pavement deformations at center and 150 mm away from FWD impact point. However, to enhance the reliability of using this equation, the future study on using this equation in actual application is necessary.