

บทที่ 8

อภิปรายและบทสรุปของงานวิจัย

ความสามารถในการให้บริการของสะพาน (Serviceability) นั้นประเมินได้จากค่าการแอ่นตัวของสะพานสามารถตรวจสอบได้โดยการทดสอบสะพานจริงหรือทำการควบคุมในระหว่างกระบวนการออกแบบสะพาน กล่าวคือการแอ่นตัวของสะพานจะถูกควบคุมให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานการออกแบบสะพาน อย่างไรก็ตามในบางกรณีถึงแม้ว่าการแอ่นตัวของสะพานมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดแต่ผู้โดยสารภายในรถยนต์กลับรู้สึกได้ถึงอาการสั่นสะเทือนที่เกิดกับรถยนต์จากการสั่นไหวของสะพานโดยเฉพาะในกรณีที่จอดติดอยู่บนสะพาน ซึ่งเหตุการณ์ดังกล่าวเกิดขึ้นทุกครั้งที่มีการวิ่งผ่านของยานพาหนะในทิศทางตรงข้ามที่มีการจราจรคล่องตัว ปัญหาดังกล่าวเป็นปัญหาจากความสามารถในการให้บริการของสะพานที่แม้ว่าจะมีการควบคุมการแอ่นตัวของสะพานในระหว่างกระบวนการออกแบบให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานแล้วก็ตาม ทั้งนี้เมื่อสังเกตถึงลักษณะทางกายภาพของสะพานหลักข้ามทางแยกทำให้ทราบว่าลักษณะของสะพานที่อยู่นบนปลายคานขวางเดียวกันเมื่อเกิดการสั่นไหวจะส่งผลกระทบต่อสะพานที่อยู่ในทิศทางจราจรตรงข้ามที่มีสภาพการจราจรที่หนาแน่นโดยเฉพาะอย่างยิ่งกับรถยนต์ที่จอดติดอยู่บนสะพานในทิศทางดังกล่าว จึงเป็นที่มาของการวิจัยถึงปัญหาที่เกิดขึ้น

การศึกษาปัญหามีความซับซ้อนอย่างยิ่งหากจะทำการทดสอบจริงในสนามด้วยสภาพของเหตุการณ์ความหลากหลายของลักษณะรถยนต์โดยสารที่มีความแตกต่างทางคุณสมบัติช่วงล่าง และอุปสรรคที่สำคัญอย่างยิ่งคือการกีดขวางการจราจรบนสะพานข้ามทางแยกในระหว่างการทำทดสอบเนื่องจากสะพานข้ามทางแยกมีอัตราการให้บริการทางการจราจรที่สูงมากตลอดทั้งวัน ดังนั้นในการศึกษาปัญหาจึงได้อาศัยการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริง แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของสะพานถูกจำลองด้วยการพิจารณาเป็นคานสะพานหลักที่อยู่บริเวณปลายคานขวางของสะพานและคานดังกล่าวมีลักษณะของจุดรองรับที่สามารถเคลื่อนที่ได้ในแนวตั้งเพื่อจำลองเหตุการณ์ที่ปลายคานขวางของสะพานเคลื่อนที่ นอกจากนั้นแบบจำลองคานสะพานยังมีระบบของเสาอิสระเดี่ยวติดอยู่เพื่อใช้เป็นตัวแทนรถยนต์ที่จอดติดอยู่บนสะพาน การใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ข้างต้นทำให้มีความสะดวกในการศึกษาเนื่องจากสามารถจำลองรถยนต์ให้มีคุณสมบัติช่วงล่างที่หลากหลายกรณีทีครอบคลุมลักษณะของรถยนต์ที่มีการใช้บริการสะพานตามสภาพความเป็นจริงได้ การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ทำให้ได้มาซึ่งสมการการเคลื่อนที่ของระบบที่ประกอบด้วยคานสะพานและรถยนต์ที่จอดติดอยู่บนสะพาน โดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นนี้จะต้องอาศัยสัญญาณการสั่นไหวที่จุดรองรับของสะพาน ซึ่งอาจสังเคราะห์ขึ้นได้แต่มีความเป็นไปได้สูงว่าสัญญาณที่สังเคราะห์ขึ้นนี้จะไม่สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริง ทำให้การได้มาซึ่งสัญญาณการสั่นไหวที่จุดรองรับของสะพานจะต้องอาศัยการตรวจวัดสะพานโดยตรงจากการทดสอบสะพานจริงเพื่อให้เกิดความสอดคล้องกับสภาพจริง ในการทดสอบสะพานจริงได้แบ่งการทดสอบออกเป็น 2 กรณีคือการทดสอบสะพานจากการจำลองสถานการณ์ด้วยการวิ่งผ่านของรถบรรทุกในทิศทางตรงข้ามของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ และการทดสอบสะพานภายใต้การจราจรปกติ

การทดสอบสะพานโดยการจำลองสถานการณ์ด้วยการวิ่งผ่านของรถบรรทุกมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้สำหรับการศึกษาและวิเคราะห์ถึงปัญหาในขั้นต้น ซึ่งสามารถประเมินถึงปัญหาที่ทำให้เกิดผลกระทบขึ้นต่อรถยนต์จากการสั่นไหวของสะพานโดยอาศัยสัญญาณที่บันทึกได้จริงจากการวิ่งผ่านของรถบรรทุก โดยผลการวิเคราะห์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์พบว่าการสั่นสะเทือนของรถจะเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนถึง 98 % เมื่อความถี่ช่วงล่างของรถยนต์สูงขึ้นเพียง 0.5 Hz ซึ่งเป็นผลมาจากการสั่นพ้องกับความถี่ในโหมดหลักของสะพาน แต่การสั่นสะเทือนของรถยนต์จะลดลงเล็กน้อยเพียง 5-6 % เมื่อรถยนต์มีมวลมากขึ้นถึง 600 kg นอกจากนั้นยังพบแนวโน้มที่ระดับการสั่นสะเทือนจะเพิ่มขึ้นสูงสุดถึง 50 % เมื่อรถบรรทุกในฝั่งตรงข้ามวิ่งผ่านสะพานด้วยความเร็วที่สูงขึ้น ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากขนาดความเร่งที่เกิดขึ้นที่จุดรองรับสะพานมีแนวโน้มมากขึ้นเมื่อความเร็วยานพาหนะที่วิ่งผ่านในฝั่งตรงข้ามสูงขึ้น และจากผลการวิเคราะห์สามารถนำไปสู่การประเมินผลกระทบจากการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นกับรถยนต์โดยเกณฑ์มาตรฐาน ISO 2631 ซึ่งพบว่าการสั่นสะเทือนดังกล่าวที่เกิดขึ้นกับรถยนต์จากการสั่นไหวของสะพานจากการวิ่งผ่านของรถบรรทุกในทิศทางตรงกันข้ามส่งผลในระดับที่ก่อให้เกิดการรับรู้ถึงการสั่นสะเทือนได้ (Perception) อย่างชัดเจนโดยค่าความเร่งสูงสุดที่วิเคราะห์ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และผ่านการกรองสัญญาณแบบถ่วงน้ำหนักแล้วมีค่าสูงถึง 0.606 m/s^2 แต่ค่าที่มาตรฐาน ISO 2631 ระบุถึงความเร่งขั้นต่ำที่มนุษย์สามารถรับรู้ได้คือ 0.015 m/s^2 ดังนั้นจากผลการวิเคราะห์ความเร่งที่ได้แสดงให้เห็นว่าผู้โดยสารภายในรถยนต์ที่จอดติดอยู่บนสะพานในทิศทางที่มีการจราจรหนาแน่นจึงสามารถรับรู้ได้ถึงถึงการสั่นสะเทือนทุกครั้งที่มีการเคลื่อนที่ผ่านของยานพาหนะในทิศทางตรงข้าม ซึ่งสอดคล้องกันกับการร้องเรียนของผู้ใช้สะพานข้ามทางแยกต่อกรุงเทพมหานครถึงการรับรู้ถึงการสั่นสะเทือนนี้มาตลอด ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการขยายผลในการศึกษาถึงผลกระทบอื่นๆที่เกิดขึ้นจากการสั่นสะเทือนดังกล่าวทั้งในส่วน of ผลกระทบต่อความรู้สึกสะดวกสบาย และผลกระทบต่อสุขภาพ โดยอาศัยสัญญาณการสั่นไหวของสะพานจากการทดสอบภายใต้การจราจรปกติ เนื่องจากตามสภาพความเป็นจริงรถบรรทุกไม่สามารถให้บริการสะพานหลักข้ามทางแยกในกรุงเทพมหานคร อีกทั้งความเร็วในการวิ่งผ่านของรถบรรทุกก็มีค่าที่ต่ำกว่าความเร็วที่วิ่งผ่านโดยยานพาหนะที่ใช้บริการสะพานหลักข้ามทางแยกในสภาพการจราจรที่คล่องตัว ทำให้สัญญาณที่ตรวจวัดได้โดยอาศัยรถบรรทุกเป็นแหล่งกำเนิดจึงมีความแตกต่างจากสภาพการจราจรที่เป็นจริงจึงทำการเก็บบันทึกสัญญาณการสั่นไหวของสะพานภายใต้การจราจรปกติ โดยผลการวิเคราะห์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ภายใต้สัญญาณการสั่นไหวที่จุดรองรับของสะพานจากการทดสอบภายใต้การจราจรปกติ พบว่ามีความสอดคล้องกับกรณีของการวิ่งผ่านของรถบรรทุกในส่วน of แนวโน้มของระดับการสั่นสะเทือนที่เพิ่มขึ้นตามความถี่ช่วงล่างของรถยนต์ และมีระดับที่ลดต่ำลงเล็กน้อยเมื่อรถยนต์มีมวลสูงขึ้น ในทำนองเดียวกันผลการวิเคราะห์สามารถนำไปสู่การประเมินผลกระทบจากการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นกับรถยนต์โดยเกณฑ์มาตรฐาน ISO 2631 พบว่าการสั่นไหวของสะพานจะส่งผลกระทบต่อรับรู้ของผู้โดยสารในรถยนต์นั้นคือค่าความเร่งที่วิเคราะห์ได้มีค่าที่สูงกว่า 0.015 m/s^2 ทุกกรณีโดยค่าความเร่งสูงสุดจากการวิเคราะห์แบบจำลองคณิตศาสตร์โดยไม่ผ่านการกรองสัญญาณแบบถ่วงน้ำหนัก (เนื่องจากค่า crest factor สูงกว่า 9) มีค่าสูงถึง 0.919 m/s^2 นอกจากนี้การสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นกับรถยนต์กว่า 50 % ของกรณีที่ทำการศึกษาทั้งหมดนี้จะอยู่ในเกณฑ์ of ความรู้สึกไม่สะดวกสบายเล็กน้อย (a little uncomfortable) จนถึงความรู้สึกไม่สะดวกสบายในระดับที่รู้สึกได้อย่างชัดเจน (uncomfortable) ดังนั้นปัญหาการสั่นสะเทือนดังกล่าวนี้มีแนวโน้มและความเป็นไปได้สูงที่จะ

ส่งผลกระทบต่อความรู้สึกสะดวกสบายของผู้โดยสารภายในรถยนต์ แต่ทั้งนี้การสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นนี้มีความเป็นไปได้น้อยที่จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของผู้โดยสารภายในรถยนต์โดยสารแม้จอดติดอยู่บนสะพานนานเป็นชั่วโมง เนื่องจากผลการประเมินตามเกณฑ์มาตรฐาน ISO 2631 ในส่วนของผลกระทบต่อสุขภาพพบว่า ความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้โดยสารจากปัญหาการสั่นสะเทือนนี้จะเกิดขึ้นเมื่อเวลาในการอยู่ภายใต้สภาวะดังกล่าวนานเกินกว่า 1 ชั่วโมง 36 นาทีเป็นต้นไป แต่จากการเก็บข้อมูลทางการจราจรจริงพบว่าในช่วงที่การจราจรหนาแน่นโดยเฉลี่ยจะใช้เวลาในการเคลื่อนที่ผ่านสะพานประมาณหนึ่งชั่วโมง อย่างไรก็ตามปัญหาที่เกิดขึ้นควรได้รับการแก้ไขหรือปรับปรุงความสามารถในการให้บริการของสะพาน เนื่องจากสะพานหลักข้ามทางแยกมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการดำเนินชีวิตของผู้โดยสารสำหรับการสัญจรและจากผลการศึกษาได้บ่งชี้ให้เห็นถึงผลกระทบต่อการใช้รถตลอดจนความรู้สึกสะดวกสบายที่มีแนวโน้มสูงที่จะเกิดขึ้นกับผู้โดยสารภายในรถยนต์โดยสารจากเหตุการณ์ที่ผู้ใช้บริการสะพานหลักข้ามทางแยกประสบอยู่เป็นประจำ นอกจากนี้ปัญหาดังกล่าวยังอาจส่งผลกระทบต่อความเชื่อมั่นของผู้ใช้บริการสะพานหลักข้ามทางแยกที่มีจำนวนมากในสภาพการจราจรปกติ โดยเฉพาะในส่วนของความเชื่อมั่นต่อเสถียรภาพของสะพานหลักข้ามทางแยกซึ่งแม้ว่าจะเป็นเพียงในแง่ของความรู้สึกก็ตาม

ข้อเสนอแนะและแนวทางในการแก้ไขปัญหาสำหรับการศึกษาในอนาคต

สะพานหลักข้ามทางแยกมีการเปิดให้บริการเพื่อรองรับการจราจรที่หนาแน่นในกรุงเทพมหานครเป็นระยะเวลานานและมีอัตราการให้บริการที่สูงในช่วงเวลาปกติ แต่เนื่องจากปัญหาจากความสามารถในการให้บริการของสะพานที่ส่งผลกระทบต่อความรู้สึกของผู้โดยสารที่อยู่ในรถยนต์เมื่อจอดติดอยู่บนสะพาน ปัญหาดังกล่าวควรได้รับการแก้ไขหรือปรับปรุงความสามารถในการให้บริการของสะพานหลักข้ามทางแยก โดยแนวทางในการแก้ไขปัญหาที่เหมาะสมจะต้องไม่กระทบต่อการจราจรบนสะพานมากนัก ซึ่งแนวทางในการแก้ปัญหาที่เหมาะสมแนวทางหนึ่งได้แก่การใช้มวลหน่วงปรับค่า ทั้งนี้แนวทางดังกล่าวได้มีการศึกษาในขั้นต้นถึงความสามารถในการลดการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นกับรถยนต์จากการติดตั้งมวลหน่วงปรับค่าที่บริเวณกลางช่วงของสะพาน ซึ่งผลการศึกษาในขั้นต้นนี้พบว่ามวลหน่วงปรับค่าแบบเดียวที่มีขนาดของมวลตามอัตราปกติมีความสามารถในการลดการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นกับรถยนต์ในกรณีที่สะพานมีการสั่นไหวได้เพียงเล็กน้อย แต่พบว่าการเพิ่มมวลให้กับมวลหน่วงปรับค่าทำให้ประสิทธิภาพของการลดการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นกับรถยนต์ได้ดียิ่งขึ้น แต่การเพิ่มมวลให้กับมวลหน่วงปรับค่าที่มากเกินไปอาจส่งผลกระทบต่อความแอ่นตัวสถิตของสะพานเนื่องจากการเพิ่มน้ำหนักบรรทุกคงที่ให้กับสะพาน การศึกษาได้กำหนดให้มวลของมวลหน่วงปรับค่ามีค่าสูงสุดไม่เกิน 10 % ของมวลสะพาน ซึ่งพบว่าในกรณีนี้สามารถลดการสั่นสะเทือนของสะพานได้ถึง 25 % อย่างไรก็ตามความสามารถในการลดการสั่นสะเทือนดังกล่าวของมวลหน่วงปรับค่าแบบเดียวยังคงไม่เพียงพอต่อการลดผลกระทบทางความรู้สึกของผู้โดยสารในรถยนต์ที่จอดติดอยู่บนสะพานได้ เนื่องจากผลการศึกษาพบว่าการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นกับรถยนต์ในกรณีที่มีการติดตั้งมวลหน่วงปรับค่าแบบเดียวที่บริเวณกลางช่วงของสะพานยังมีแนวโน้มที่จะเกิดความรู้สึกไม่สะดวกสบายขึ้นได้ จึงอาจจะต้องพิจารณาถึงแนวทางในการแก้ปัญหา

รูปแบบอื่นๆที่จะมีประสิทธิภาพในการลดการสิ้นไหวของสะพานและการสิ้นสะท้อนของรถยนต์ที่จอดติดบน
สะพานที่ดียิ่งขึ้นต่อไป