บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษา ผลตอบสนองของยานพาหนะและโครงสร้างพื้นฐานจากการเคลื่อนที่ของยานพาหนะรถไฟความเร็วสูงบนโครงสร้างพื้นฐาน แบบสะพานช่วงเดียว และ ทำการสร้างความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์เกี่ยวเนื่องของตัวแปรอิสระ ระบบพื้นผิว ระบบโครงสร้างพื้นฐาน และ ระบบยานพาหนะ ในรูปแบบสมการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ แบบ โพลิโนเมียล โดยทำการสร้างแบบจำลองความขรุขระของพื้นผิว ด้วยสเตชั่นนารี่ เกาส์เซียน แรนดอม โพรเซส ผ่านตัวกรองไวท์นอยซ์ และ ทำการสร้างแบบจำลองยานพาหนะ 2 เพลา 4 ลำดับขั้นความเป็นอิสระ เคลื่อนที่บนพื้นผิวสะพานช่วงเดียว จากนั้นทำการจัดรูปสมการการเคลื่อนที่ ในรูปแบบตัวแปรไร้หน่วย และ ทำการแก้ปัญหาสมการอนุพันธ์ ด้วยวิธีการรุงเงคุตตา อันดับที่ 4 และ 5 โดยใช้โปรแกรม MATLAB เพื่อคำนวณค่าผลตอบสนองที่เกิดขึ้นต่อยานพาหนะ และ โครงสร้างพื้นฐาน และ จัดรูปสมการถดถอยพหุคูณ โพลิโนเมียล ต่อไป ผลการวิจัยพบว่า โดยทั่วไป ผลตอบสนองของยานพาหนะ เข้าสู่สเตชั่นนารี่ คือ เมื่อยานพาหนะเคลื่อนที่บนพื้นผิวที่ไม่สม่ำเสมอ ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง จะส่งผลทำให้ค่าความแปรปรวนคงที่ แต่ผลตอบสนองต่อโครงสร้าง กลับตรงข้าม คือ จะไม่เข้าสู่สเตชั่นนารี่ และ ในขณะที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 150 กม. ต่อ ชม. ค่าความแปรปรวนจะขยับขึ้น-ลง อย่างรุนแรง จากนั้นทำการสร้างความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์เกี่ยวเนื่อง พบว่า ผลตอบสนองต่อยานพาหนะ และ โครงสร้างพื้นฐาน โดยทั่วไป จัดอยู่ในรูปแบบสมการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ แบบโพลิโนเมียลลำดับที่ 2 และผลตอบสนอง จากสมการถดถอย มีค่าใกล้เคียงกับ ผลตอบสนองจากผลการทดลอง แต่มีผลตอบสนองบางกลุ่ม คือ ค่า $RMS[V_v pp/g]$ ของพารามิเตอร์ระบบการเคลื่อนที่ยานพาหนะบนโครงสร้างพื้นฐาน แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสูงมาก เนื่องจากผลของค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ β_i ลำดับที่ i ใดๆ และ จากการปรับค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ แสดงให้เห็นว่า วิธีการพื้นผิวตอบสนอง เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์ตัวแปรที่ซับซ้อน เชิงมิติ ของ ระบบการเคลื่อนที่ยานพาหนะบนโครงสร้างพื้นฐาน

บทสรุปผู้บริหาร (Executive Summary)

ปัจจุบันการขนส่งคมนาคมทางบกเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจอุตสาหกรรม และคุณภาพชีวิตของประชาชน แต่เนื่องจากตอนนี้ภาวะเศรษฐกิจที่มีการแข่งขันอย่างรุนแรง ประกอบกับราคาน้ำมันที่ปรับตัวสูงขึ้น การจราจรทางถนนที่หนาแน่น และอุบัติเหตุที่เพิ่มขึ้นจากการจราจรที่เร่งรีบทำให้การขนส่งคมนาคมทางบก ประเภทรถไฟความเร็วสูง จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่พึงนำมาใช้เป็นตัวเลือกในการเดินทางของประเทศไทย จากการศึกษาแผนแม่บทรถไฟความเร็วสูงในประเทศไทยนั้น ได้ข้อสรุปว่า เส้นทางสาย (กรุงเทพ – สนามบินหนองงูเห่า – ระยอง) เป็นเส้นทางสายแรก รวมระยะทาง 190 กิโลเมตร เนื่องจากช่วยพัฒนาทางเศรษฐกิจ สังคม และสภาพแวดล้อมพื้นที่ชายฝั่งทะเลตะวันออกให้มีความเจริญ โดยหลีกเลี่ยงความแออัดในกรุงเทพ ความหมายของรถไฟความเร็วสูงคือ ยานพาหนะที่เคลื่อนที่บนพื้นผิวระบบราง หรือระบบแม่เหล็กไฟฟ้า (MAGLEV) บนความเร็ว 150 กิโลเมตรต่อชั่วโมงขึ้นไป จากการวิจัยที่ผ่านมาด้านการเคลื่อนที่ของยานพาหนะความเร็วสูงบนโครงสร้างพื้นฐานเป็นที่แพร่หลายในต่างประเทศ แต่ในประเทศไทยส่วนใหญ่จะมุ่งเน้นการวิจัยการเคลื่อนที่เป็น ประเภท รถยนต์ รถบรรทุก จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทำให้เห็นถึงความสำคัญในการวิเคราะห์ตัวแปรในระบบรถไฟความเร็วสูง ด้วยวิธีของพื้นผิวตอบสนอง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์ผลตอบสนองที่เกิดขึ้นต่อยานพาหนะและโครงสร้างพื้นฐานโดยทำการจำลองความขรุขระพื้นผิว เป็นชุดข้อมูล สเตชั่นนารี่ เกาส์เซียน แรนดอม โฟรเซส โดยใช้ฟิลเตอร์ไวท์นอยซ์ และสร้างแบบจำลองของพาหนะ 2 เพลา 4DOF ที่มีระบบรถไฟเป็นตัวหน่วง (Damping) และระบบสปริงเพลา ตามข้อกำหนดของรถไฟ ส่วนงานโครงสร้างพื้นฐานพิจารณาเป็นโครงสร้างสะพานช่วงเดียว เนื่องจากมีค่าการโก่งตัวสูงกว่าโครงสร้างแบบสะพานสองช่วง และหลายช่วง จากนั้นนำค่าของความขรุขระพื้นผิว แบบจำลองพาหนะ แบบจำลองโครงสร้างพื้นฐาน มาสร้างสมการเคลื่อนที่ระบบคู่ควบ ยานพาหนะต่อโครงสร้างพื้นฐาน แล้วปรับค่าตัวแปรให้อยู่ในรูปของตัวแปรไร้หน่วย และทำการสมการเคลื่อนที่ (Equation of motion) เพื่อคำนวณผลต่อยานพาหนะ และโครงสร้างพื้นฐาน รวมทั้งคำนวณค่าความแปรปรวนที่จะเกิดขึ้น เพื่อหาค่าเฉลี่ยรากที่สอง (Root mean square ,RSM) จากรากที่สองของผลรวมค่าคาดหวังยกกำลังสองกับความแปรปรวน คือค่าเฉลี่ยที่สองนั้นคือ ผลตอบสนองที่เกิดขึ้นจริงของพาหนะ และของโครงสร้างพื้นฐาน โดยการเคลื่อนที่ของยานพาหนะบนโครงสร้างพื้นฐานนั้น ทั้งหมดเกี่ยวเนื่องจากตัวแปรจำนวนมาก จากตัวแปรดังกล่าวทำการสร้างความสัมพันธ์ทางสถิติของพารามิเตอร์ที่เกี่ยวเนื่องด้วยวิธีการพื้นผิวตอบสนอง (Response Surface Methodology) จากนั้นทำการสร้างสมการถดถอยพหุคูณ พารามิเตอร์ระบบการเคลื่อนที่ยานพาหนะบนโครงสร้าง

การดำเนินการวิจัยนี้ เกิดขึ้นจากการที่ยานพาหนะเคลื่อนที่บนโครงสร้างพื้นฐาน จะก่อให้เกิดการสั่นสะเทือน เนื่องจากความขรุขระของพื้นผิว คุณสมบัติของยานพาหนะ และคุณสมบัติของโครงสร้างพื้นฐาน โดยการสร้างแบบจำลอง และกำหนดคุณสมบัติให้ใกล้เคียงกับคุณสมบัติยานพาหนะและโครงสร้างพื้นฐานระบบรางที่ใช้งานจริงในปัจจุบัน จากนั้นปรับให้อยู่ในรูปแบบของตัวแปรไร้หน่วย และทำการสร้างสมการเคลื่อนที่ (Equation of motion) เพื่อคำนวณผลตอบสนองต่อยานพาหนะ และโครงสร้างพื้นฐาน โดยการคำนวณการเคลื่อนที่ของยานพาหนะบนโครงสร้างพื้นฐานนั้น เกี่ยวเนื่องกับตัวแปรจำนวนมาก ที่สำคัญได้แก่ ตัวแปรความยาวคาน ตัวแปรความเร็วพาหนะ ตัวแปรความขรุขระของพื้นผิว ตัวแปรความเข้มของขบวนการไวท์นอยซ์ ตัวแปรระบบสปริงรถไฟ และตัวแปรของความหน่วง และตัวแปรของสปริงเพลา จากตัวแปรดังกล่าวทำการสร้างความสัมพันธ์ทางสถิติของพารามิเตอร์ที่เกี่ยวเนื่องด้วยวิธีการพื้นผิวตอบสนอง (Response Surface Methodology) จากนั้นทำการสร้างสมการถดถอยพหุคูณ ของพารามิเตอร์ของระบบพื้นผิว พารามิเตอร์ระบบโครงสร้างพื้นฐาน พารามิเตอร์ระบบยานพาหนะ และพารามิเตอร์ระบบการเคลื่อนที่ยานพาหนะบนโครงสร้างพื้นฐาน โดยแสดงรายละเอียดการศึกษาการเคลื่อนที่ของยานพาหนะบนโครงสร้างพื้นฐานด้วยวิธีการพื้นผิวตอบสนอง เรียงตามลำดับ ดังนี้ 1.การวิเคราะห์พื้นผิวแบบสุ่ม (Random surface analysis) 2. แบบจำลองยานพาหนะ (Vehicle Model) 3. แบบจำลองโครงสร้างพื้นฐาน (Structure system) 4. ความสัมพันธ์พื้นผิวทาง ยานพาหนะ และโครงสร้างพื้นฐาน (Interface Models) 5.วิธีการพื้นผิวตอบสนอง (Response Surface Methodology) แสดงถึงลำดับขั้นตอนการศึกษาการเคลื่อนที่ของยานพาหนะบนโครงสร้างพื้นฐานด้วยวิธีการพื้นผิวตอบสนอง

จากผลของการดำเนินการวิจัยจะพอสรุปได้ว่าผลตอบสนองยานพาหนะ ของค่าเฉลี่ยความเร่งในแนวดิ่งของห้องผู้โดยสารอยู่ในเกณฑ์ที่ผู้ใช้ยานพาหนะรู้สึกสะดวกสบาย แต่ถ้าความขรุขระของพื้นผิวที่เพิ่มขึ้น จะแสดงผลตอบสนองของยานพาหนะ ในรูปของค่าความแปรปรวนโดยจากการศึกษาจะพบว่าขณะที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ไปในระยะเวลาหนึ่ง ค่าความแปรปรวนจะคงที่หรือผลตอบสนองของยานพาหนะจะเข้าสู่สเตชั่นนารี่ จากผลของค่าความแปรปรวนจะได้ค่า RMS ความเร่งแนวดิ่งของห้องผู้โดยสาร และพิจารณาจาก ISO 2631 พบว่า ผู้โดยสารจะยังคงรู้สึกสะดวกสบาย ดังนั้นค่า RMS ของห้องผู้โดยสารอาจจะสูงถึงระดับผู้ใช่ไม่สะดวกสบาย ด้วยอิทธิพลของค่าความขรุขระระดับพื้นผิว ในส่วนของผลตอบสนองของโครงสร้างพื้นฐาน ไม่เข้าสู่ความถี่ธรรมชาติพื้นฐานลำดับที่ 1 เนื่องจากค่าความสัมพันธ์ของ ค่าระยะห่างระหว่างเพลา ความยาวคาน และความเร็วยานพาหนะที่กำหนด และพบว่าโครงสร้างพื้นฐานมีการสั่นสะเทือนตลอดเวลา และเมื่อยานพาหนะเคลื่อนที่บนโครงสร้างพื้นฐาน จะก่อให้เกิดการสั่นสะเทือนทางพลวัต มากกว่าการสั่นสะเทือนทางสถิติ โดยพิจารณาในรูปของค่าเฉลี่ยของ DAF ของระยะโก่ง

กึ่งกลางคาน มีค่าสูงสุดที่พาหนะเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 350 กม/ชม. และสูงกว่ามาตรฐาน AASHTO สำหรับค่าความแปรปรวนของโครงสร้างพื้นฐาน พบว่าค่าความแปรปรวนจะไม่เข้าสู่สเตชั่นนารี่ และในขณะที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 150 กม/ชม. ค่าความแปรปรวนมีค่าสูงสุด และมีการขยับขึ้นลงอย่างรุนแรง และจากการวิจัยจะทราบถึงว่าวิธีการ พื้นผิวตอบสนองเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการสร้างความสัมพันธ์ของตัวแปร ระบบคู่ควบยานพาหนะต่อโครงสร้างพื้นฐาน ในรูปของสมการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ แบบโพลิโนเมียลลำดับที่ 2 และในส่วนของการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของยานพาหนะบนโครงสร้างพื้นฐาน พบว่าผลตอบสนองจากสมการถดถอย จะมีผลใกล้เคียงกับผลตอบสนองจากการแก้สมการอนุพันธ์ และมีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนที่อยู่ในระดับต่ำซึ่งทั้งหมดนี้คือสิ่งที่ได้จากการศึกษาตัวแปรในระบบรางรถไฟความเร็วสูงด้วยวิธีการพื้นผิวตอบสนอง