บทที่ 5
บทสรุป

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาตัวแปรในระบบรางรถไฟความเร็วสูงด้วยวิธีการพื้นผิวตอบสนอง เริ่มจากการศึกษาความไม่สม่ำเสมอของพื้นผิว จากภาคสนาม ทำให้ทราบว่า โดยทั่วไปพื้นผิวมีความขรุขระ เนื่องจาก คุณสมบัติของวัสดุ การรับแรงกระทำซ้ำจากน้ำหนักบรรทุกของยานพาหนะ และสภาพแวดล้อม ดังนั้น วิธีการวิเคราะห์พื้นผิวแบบสุ่ม เป็นทางเลือกในการศึกษาข้อมูลระดับพื้นผิวในรูปของสมการอนุพันธ์สโตแคสติก ลำดับขั้นหนึ่ง ของตัวกรองไวท์นอยซ์ และ ทำการแปลงรูปจากสัญญาณโดเมนของเวลา เป็นสัญญาณโดเมนของความถี่ ด้วยฟังก์ชันแปลงรูปฟูเรียร์ เพื่อใช้คำนวณ ค่าความหนาแน่นกำลังสเปคตรัลที่ระดับความขรุขระของพื้นผิวต่าง ๆ เปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานระบบรางของสหรัฐอเมริกา และ ตัวแปรที่สำคัญของระบบพื้นผิว ได้แก่ ตัวแปรระยะทางสหสัมพันธ์ ตัวแปรความเข้มของไวท์นอยซ์ และ ตัวแปรความเร็วยานพาหนะ จากนั้นทำการศึกษา แบบจำลองของยานพาหนะ โดยเริ่มจากการศึกษาแบบจำลองของยานพาหนะทั้งแบบ เพลาเดียว สองเพลา และ หลายเพลา ที่มีจุดสัมผัสระหว่างยานพาหนะ และพื้นผิว แบบสปริง แบบตัวหน่วง และ แบบแข็งแกร็ง ทำให้ทราบว่า แบบจำลองยานพาหนะ แบบสองเพลา ลำดับขั้นความเป็นอิสระ 4 เหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นแบบจำลองการเคลื่อนที่ของรถไฟความเร็วสูง และ ตัวแปรที่สำคัญของระบบยานพาหนะ ได้แก่ ตัวแปรความเร็วยานพาหนะ ตัวแปรระบบกันสะเทือนตู้รถไฟ ตัวแปรระบบยืดหยุ่นของเพลา และ ตัวแปรระบบโช๊คอัพรถไฟ จากนั้นทำการศึกษาแบบจำลองโครงสร้างพื้นฐาน 2 แบบ คือ แบบวางบนพื้นผิวดิน และแบบยกระดับ สำหรับแบบวางบนพื้นผิวดินนั้น จากคุณสมบัติของดินที่มีค่าความหน่วงสูง ทำให้กรองความถี่สูงจากแรงกระทำของยานพาหนะบนโครงสร้างพื้นฐาน และส่งผลให้ผลตอบสนองต่อโครงสร้างลดลง เมื่อระยะทางด้านข้างของระบบรางเพิ่มขึ้น แต่สำหรับโครงสร้างพื้นฐานแบบยกระดับ แรงกระทำจะกระจายภายในโครงสร้างคาน ที่มีทั้งแบบคานช่วงเดียว คานสองช่วง และแบบคานต่อเนื่อง และ จากการศึกษาพบว่า ค่าการโก่งตัวของโครงสร้าง คานช่วงเดียว มีค่าสูงสุด

เมื่อเปรียบเทียบกับ ค่าการโก่งตัวของคานแบบสองช่วง สามช่วง หรือ แบบต่อเนื่อง ดังนั้น ควรทำการสร้างแบบจำลองโครงสร้างพื้นฐานแบบคานช่วงเดียว

ผลของการสร้างแบบจำลองพื้นผิว แบบจำลองยานพาหนะ และ แบบจำลองโครงสร้างพื้นฐาน ทำการสร้างความสัมพันธ์ในรูปแบบจำลองสัมพันธ์ ของระบบสมการการเคลื่อนที่ และแก้ปัญหาสมการเชิงอนุพันธ์ ด้วยวิธีการรุงเงคุตตา โดยใช้โปรแกรม MATLAB ผลลัพธ์ที่ได้ คือ ผลตอบสนองของยานพาหนะ และ ผลตอบสนองของโครงสร้างพื้นฐาน จากนั้นทำการสร้างความสัมพันธ์เกี่ยวเนื่องของตัวแปรกลุ่มแต่ละระบบ ด้วยวิธีการพื้นผิวตอบสนอง โดยแสดงผลวิเคราะห์สรุปดังนี้

1. ผลตอบสนองของยานพาหนะ ของค่าเฉลี่ยความเร่งในแนวดิ่งของห้องผู้โดยสาร อยู่ในเกณฑ์ที่ผู้ใช้ยานพาหนะรู้สึกสะดวกสบาย แต่ถ้าค่าความขรุขระของพื้นผิวเพิ่มขึ้น จะแสดงผลตอบสนองของยานพาหนะ ในรูปของค่าความแปรปรวน โดยจากการศึกษา พบว่า ขณะที่ยานพาหนะ เคลื่อนที่ไปได้ช่วงระยะเวลาหนึ่ง ค่าความแปรปรวนจะคงที่ หรือผลตอบสนองของยานพาหนะเข้าสู่สเตชั่นนารี่ จากผลของค่าความแปรปรวน ทำการคำนวณค่า RMS ความเร่งในแนวดิ่งของห้องผู้โดยสาร และ พิจารณาตามมาตรฐาน ISO 2631 พบว่า ผู้โดยสารยังคงรู้สึกสะดวกสบาย ดังนั้น ค่า RMS ความเร่งในแนวดิ่งของห้องผู้โดยสาร อาจจะสูงถึงระดับที่ผู้ใช้ยานพาหนะรู้สึกไม่สะดวกสบาย ด้วยอิทธิพลของค่าความขรุขระระดับพื้นผิว

2. ผลตอบสนองของโครงสร้างพื้นฐาน ไม่เข้าสู่ความถี่ธรรมชาติพื้นฐานลำดับที่ 1 เนื่องจาก ความสัมพันธ์ของ ค่าระยะห่างระหว่างเพลา ความยาวคาน และ ความเร็วยานพาหนะที่กำหนด และ พบว่า โครงสร้างพื้นฐานมีการสั่นสะเทือนตลอดเวลา และ เมื่อยานพาหนะเคลื่อนที่บนโครงสร้างพื้นฐาน จะก่อให้เกิดการสั่นสะเทือนทางพลวัต มากกว่าการสั่นสะเทือนทางสถิต โดยพิจารณาในรูปของค่าเฉลี่ยของ DAF ของระยะโก่งกึ่งกลางคาน และ โมเมนต์กึ่งกลางคาน มีค่าสูงสุด เมื่อยานพาหนะเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 350 กม. ต่อ ชม. และ สูงกว่ามาตรฐาน AASHTO และ ถ้าความยาวของคานเพิ่มขึ้น จะส่งผลทำให้ ค่าเฉลี่ยของ DAF ของระยะโก่งกึ่งกลางคาน และ โมเมนต์กึ่งกลางคาน ลดลง สำหรับค่าความแปรปรวนของโครงสร้างพื้นฐาน พบว่า ค่าความแปรปรวนจะไม่เข้าสู่สเตชั่นนารี่ และ ในขณะที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 150 กม. ต่อ ชม. ค่าความแปรปรวนมีค่าสูงสุด และ มีลักษณะการขยับขึ้นลงอย่างรุนแรง

3. วิธีการพื้นผิวตอบสนอง เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการสร้างความสัมพันธ์ของตัวแปรระบบพื้นผิว ระบบยานพาหนะ ระบบโครงสร้างพื้นฐาน และ ระบบคู่ควบยานพาหนะของโครงสร้างพื้นฐาน ส่วนใหญ่อยู่ในรูปแบบสมการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ แบบโพลิโนเมียลลำดับที่ 2 และ การเพิ่มลำดับที่ของฟังก์ชันโพลิโนเมียล จะช่วยให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเพิ่มขึ้น หรือตัวแปรอิสระของแต่ละระบบ สามารถอธิบายความผันแปรที่เกิดขึ้นกับตัวแปรตามผลตอบสนองของยานพาหนะ และ ของโครงสร้างพื้นฐานได้มากขึ้น

4. การวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของยานพาหนะบนโครงสร้างพื้นฐาน พบว่า ผลตอบสนองจากสมการถดถอย ใกล้เคียงกับผลตอบสนองจากการทดลอง โดยส่วนใหญ่มีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนอยู่ในระดับต่ำ แต่มีบางส่วนค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน อยู่ในระดับปานกลางถึงสูง เนื่องจาก ผลของช่วงห่างค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ ในแต่ละกลุ่ม ที่ช่วงความเชื่อมั่น 95%

ข้อเสนอแนะ

1. การศึกษาการเคลื่อนที่ของยานพาหนะบนโครงสร้างพื้นฐาน ส่วนใหญ่เน้นการศึกษาถึงผลตอบสนองของยานพาหนะ และ ของโครงสร้างพื้นฐานในแนวดิ่ง ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมผลตอบสนองของยานพาหนะ และ โครงสร้างพื้นฐานในแนวด้านข้าง เนื่องจาก ขณะที่ยานพาหนะเคลื่อนที่จะก่อให้เกิดผลตอบสนองทั้งแนวดิ่ง และ แนวด้านข้าง และ เมื่อรวมผลตอบสนองที่เกิดขึ้นทั้งสองแนว จะก่อให้เกิดผลตอบสนองโดยรวม และ เพิ่มความแม่นยำในการหาผลตอบสนองที่เกิดขึ้นของยานพาหนะ และ ของโครงสร้างพื้นฐาน

2. จากการศึกษาการเคลื่อนที่ของยานพาหนะบนโครงสร้างพื้นฐาน ทำให้ทราบถึงความสำคัญของการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นตลอดเวลา และ ควรทำการศึกษารูปแบบการสั่นสะเทือนของระบบอื่น ยกตัวอย่าง การศึกษาการสั่นสะเทือนของเครื่องจักรกลภายในโรงงาน โดยเฉพาะค่าความรู้สึกของผู้ใช้เครื่องจักรกล ที่ส่งผลกระทบต่อ ร่างกาย และ จิตใจ ของผู้ปฏิบัติงาน เพราะค่าความถี่บางค่าจะก่อให้เกิดการสั่นพ้องขึ้นต่อผู้ใช้งาน และ อาจจะนำมาซึ่งความเสียหายต่อชิ้นส่วนภายในเครื่องจักรกลโรงงานได้

3. การเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนาม นับว่ามีความสำคัญในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของยานพาหนะต่อโครงสร้าง แต่ในระบบรถไฟความเร็วสูง ทำการศึกษาในรูปแบบจำลอง เนื่องจาก โครงการรถไฟความเร็วสูงยังไม่เริ่มดำเนินการก่อสร้างในประเทศไทย ดังนั้น ควรทำการศึกษา และ เก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนามของการเคลื่อนที่ยานพาหนะบนโครงสร้างพื้นฐาน ของหน่วยงาน การรถไฟแห่งประเทศไทย รถไฟฟ้ามหานคร และ รถไฟฟ้าบีทีเอส เพื่อเป็นข้อมูลในการ นำไปสู่การออกแบบระบบขนส่งมวลชนระบบรางต่อไป