

การออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบประสิทธิภาพของดินตะขวยยาง Design and Build of a Bench Testing Machine for Rubber Tracks

ประยงค์ ศาลางาม¹ และ อริสรา ชัยกิตติรัตน์^{2*}

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลและการบิน – อวกาศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 ถนนประชาชื่น 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

*เบอร์โทรศัพท์: (66) 02 913 2500 Ext. 8315 เบอร์โทรสาร: (66) 02 586 9541

E-mail: pue.mme@gmail.com¹, acn@kmutnb.ac.th²

บทคัดย่อ

ปัจจุบันประเทศไทยมีแนวโน้มการใช้งานดินตะขวยยาง (Rubber Track) เพิ่มขึ้น แต่ปัญหาในการพัฒนาดินตะขวยยางนั้นกลับเป็นไปอย่างล่าช้าเพราะยังต้องมีการเก็บข้อมูลจากการใช้งานในสภาพจริงทั้งหมด เนื่องจากยังไม่มีเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพของดินตะขวยยาง ดังนั้นจึงทำให้สิ้นเปลืองระยะเวลาและใช้แรงงานจำนวนมากในการเก็บข้อมูลรวมไปถึงค่าใช้จ่ายที่สูงด้วย ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการคิดค้นออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบประสิทธิภาพของดินตะขวยยางที่ประยุกต์มาจากการใช้งานในสภาพจริง โดยจุดเด่นของเครื่องทดสอบคือสามารถทดสอบได้ทั้งแบบเคลื่อนที่เหมือนการใช้งานในสภาพจริง และแบบอยู่กับที่ และยังสามารถทำการทดสอบดินตะขวยยางได้พร้อมกันถึง 2 เส้น ทั้งนี้เพื่อเป็นการลดระยะเวลาในการทดสอบรวมไปถึงประหยัดแรงงานและค่าใช้จ่ายอีกด้วย ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบคือการยืดตัว (Extension) และอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นระหว่างการใช้งานของดินตะขวยยางที่ส่งผลโดยตรงกับสมบัติเชิงกลของผลิตภัณฑ์เช่น ความแข็งแรง และความทนทานต่อการล้าตัว (Fatigue) ข้อมูลที่ได้สามารถนำไปวิเคราะห์เพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป

คำหลัก: ดินตะขวยยาง, การยืดตัว, สมบัติเชิงกล

Abstract

In the present days, the usage of rubber tracks in Thailand is continuously increasing but the rubber track development is still largely needed. The data of actual condition testing is essential for product development but there is no rubber track testing device available yet. In this presented work, a rubber track testing device is designed and invented by referring from both the actual working condition and stationary condition. The advantage of this testing device is that two rubber tracks can be tested simultaneously thus the testing time, labor and marginal cost can be reduced. The testing data obtained from this device are rubber track load-extension characteristic and the temperature variation during service of rubber tracks. These experimental data can be linked to mechanical properties of the product for example; strength and fatigue durability and are essential for rubber track product development.

Keywords: rubber track, extension, mechanical properties

1. บทนำ

อุตสาหกรรมการผลิตตีนตะขาแบบยาง เป็น อุตสาหกรรมหนึ่งที่เป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับยาง ธรรมชาติ ซึ่งมีมากในประเทศไทย และปัจจุบัน ประเทศไทยมีแนวโน้มการใช้งานตีนตะขาแบบยางเพิ่มสูงขึ้น ส่วนมากจะพบในอุตสาหกรรมเกษตร อาทิ รถเกี่ยวข้าว และอุตสาหกรรมการก่อสร้าง อาทิ รถขุด ดิน ฯลฯ ทั้งนี้คุณสมบัติของตีนตะขาแบบยาง จะช่วยลด ปัญหาเรื่องของเสียงดังที่เกิดจากแรงสั่นสะเทือน ลด ปริมาณฝุ่นละออง และลดปัญหาการเกิดรอยที่เกิดจาก การกดทับบนพื้นผิวถนน แต่ปัญหาในการพัฒนา ตีนตะขาแบบยางนั้นกลับเป็นไปอย่างล่าช้าเพราะยังต้อง มีการเก็บข้อมูลจากการใช้งานในสภาพจริงทั้งหมด เนื่องจากยังไม่มีเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ ประสิทธิภาพของตีนตะขาแบบยาง ดังนั้นจึงทำให้ สิ้นเปลืองระยะเวลาและใช้แรงงานจำนวนมากในการ เก็บข้อมูลรวมไปถึงค่าใช้จ่ายที่สูงด้วย

ในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการคิดค้นออกแบบและสร้าง เครื่องทดสอบประสิทธิภาพของตีนตะขาแบบยางที่ ประยุกต์มาจากการใช้งานในสภาพจริง โดยจุดเด่น ของเครื่องทดสอบคือสามารถทดสอบได้ทั้งแบบ เคลื่อนที่เหมือนการใช้งานในสภาพจริง และแบบอยู่กับที่ แล้วยังสามารถทำการทดสอบตีนตะขาแบบยางได้ พร้อมกันถึง 2 เส้น ทั้งนี้เพื่อเป็นการลดระยะเวลาใน การทดสอบรวมไปถึงประหยัดแรงงานและค่าใช้จ่าย อีกด้วย ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบคือการยืดตัว และ อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นระหว่างการใช้งานของตีนตะขา แบบยางที่ส่งผลโดยตรงกับสมบัติเชิงกลของผลิตภัณฑ์เช่น ความแข็งแรง และความทนทานต่อการล้าตัว

Zoz และ Grisso [1] ได้ทำการศึกษากลศาสตร์ ของระบบขับสายพานยางซึ่งมีความคล้ายคลึงกับการ นำล้อจำนวนมากมาต่ออนุกรมกัน แต่การกระจายตัว ของแรงขึ้นอยู่กับตัวแปรของพาหนะ การหาตำแหน่ง ของแรงจลศาสตร์ซึ่งเป็นผลที่ขึ้นอยู่กับการกระจายตัว ของแรงขณะพาหนะอยู่กับที่ และการออกแบบของ ระบบกันสะเทือน กลไกที่ต่ออยู่กับล้อ

Brixius [2] ได้ทำการศึกษาการพัฒนาสมการ สำหรับทำนายพฤติกรรมการตั้งของสายพานยาง (Bias-ply tires) แรงบิดที่ล้อ ความต้านทานการ เคลื่อนที่ แรงดึงทั้งหมดและประสิทธิภาพการตั้งเป็น การทำนายฟังก์ชันความแข็งแรงของดิน แรงที่ล้อ การ ลื่น ขนาดของยางและการหันเหทิศทางของยาง การ พัฒนาสมการใช้การฟิตเส้นโค้ง (fit curve) จากผลการ ทดลองที่ยางกระทำกับดินทั้งหมด 121 สนามทดสอบ

Grisso และคณะ [3] ได้ทำการศึกษาการดัดแปลง สมการของ Brixius [2] โดยการพัฒนาชุดค่าคงที่ตัว ใหม่และค่าสัมประสิทธิ์ที่เป็นสัญลักษณ์ของดิน ลักษณะเฉพาะของแทร็ก (Track) และการกระจาย น้ำหนักจลศาสตร์ และได้ทำการเปรียบเทียบระหว่าง การทำนายกับผลการทดลอง

Yu [4] ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับความตั้งของแทร็ก ที่เป็นปัจจัยของการเปลี่ยนแปลงความฝืดของแรงบิด (Torque) ที่เปลี่ยนแปลงระหว่างล้อขับ (sprocket) และพื้นผิวภายในแทร็ก เมื่อตีนตะขาแบบยางเคลื่อนที่บน พื้นแข็งที่ราบเรียบและแรงดึงถือว่าเพิ่มขึ้นแบบเชิง เส้นตลอดความยาวที่ตีนตะขาแบบยางสัมผัสบนพื้นแข็ง

Rahman และคณะ [5] ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองสำหรับศึกษาพื้นฐานในการ ออกแบบตัวแปรของตีนตะขาแบบยาง กับระบบการ เชื่อมต่อของแทร็กบนพื้นถ่านหินเลน (Sepang peat) ดันแบบตัวแปรสำหรับระบบแทร็กรวมทั้งความกว้าง ของแทร็กที่เหมาะสม ความยาวที่สัมผัสพื้นดิน ระยะพิด (Pitch) และความสูงของฟันเฟือง ขนาด เส้นผ่าศูนย์กลางและการหาตำแหน่งที่ตั้งของล้อตาม และล้อขับ เส้นผ่าศูนย์กลาง Road-wheel และการ จัดการทางเรขาคณิต อัตราส่วนของ Road-wheel กับการปรับระยะพิดและตำแหน่งของจุดศูนย์กลางแรง โน้มถ่วงที่ดีที่สุดของพฤติกรรมการตั้ง ความกว้าง ของแทร็กมีความสำคัญซึ่งมีผลต่อแรงต้านทานการ เคลื่อนที่จากภายนอก ความเร็วในการเคลื่อนที่ของ ล้อมีผลต่อกำลังของเคลื่อนยนต์และในระหว่างการ เลี้ยวบนพื้นถ่านหินเลน

Plessis และ Yu [6] ได้ทำการศึกษาถึงความแตกต่างของรูปร่างการกระจายแรงดันที่เกิดขึ้นภายใต้แท่ง โดยทำการทดลองความดันสัมผัสสูงสุดที่เกิดขึ้นภายใต้ Pneumatic drive และความตึงของยางหาค่าเหมาะสมที่สอดคล้องกันของความดันสัมผัสระหว่างค่าที่ได้จากการวัดกับค่าที่ได้จากการทำนาย

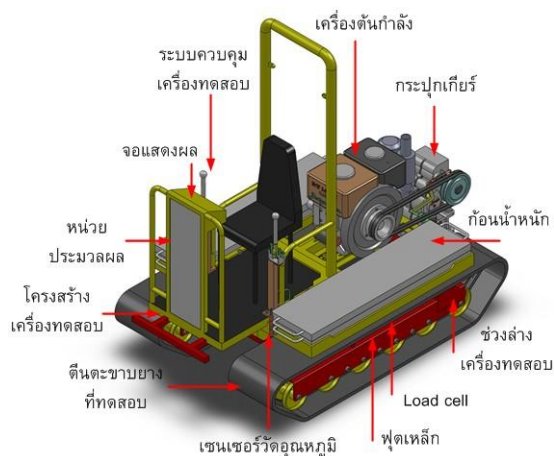
2. การออกแบบ

การออกแบบเครื่องทดสอบประสิทธิภาพของดินตะขบยางสามารถทดสอบการยึดตัว และวัดอุณหภูมิของดินตะขบยางได้ เพื่อศึกษาการยึดตัวและอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นระหว่างการใช้งานของดินตะขบยาง

2.1 คุณสมบัติของเครื่องทดสอบ

- เครื่องทดสอบสามารถทดสอบได้ทั้งแบบเคลื่อนที่ และแบบอยู่กับที่ สามารถควบคุมความเร็วในการเคลื่อนที่ได้ตั้งแต่ 0-6 กม./ชม.
- ดินตะขบยางที่ใช้ทดสอบมีความยาวรอบวงตั้งแต่ 3300 – 3500 มิลลิเมตร และหน้าตัดยางกว้างตั้งแต่ 200 – 320 มิลลิเมตร
- สามารถเพิ่มกอน้ำหนักได้ถึง 700 กิโลกรัม
- สามารถทดสอบได้ต่อเนื่องถึง 16 ชั่วโมง
- สามารถทดสอบการยึดตัว และวัดอุณหภูมิของดินตะขบยางได้

2.2 แนวคิดการออกแบบ



รูปที่ 1 แสดงแนวคิดการออกแบบเครื่องทดสอบ

จากรูปที่ 1 เป็นแนวคิดการออกแบบเครื่องทดสอบ ประกอบด้วยเครื่องต้นกำลัง กระจุกเกียร์ กอน้ำหนักเพื่อให้โหลดแบบคงที่ ช่วงล่างเครื่องทดสอบ โครงสร้างเครื่องทดสอบ โหลดเซลล์ (Load cell) ฟุตเหล็ก เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ หน่วยประมวลผล จอแสดงผล ระบบควบคุมเครื่องทดสอบ ดินตะขบยางที่ทดสอบและแนวคิดการออกแบบเครื่องมือวัดดังแสดงในรูปที่ 2 เมื่อเซนเซอร์ส่งสัญญาณอนาล็อก (Analog signals) ไปยังหน่วยประมวลผล หน่วยประมวลผลทำหน้าที่แปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล (Digital signals) แล้วส่งสัญญาณดิจิทัลไปแสดงผลที่จอแสดงผล



รูปที่ 2 แสดงแนวคิดการออกแบบเครื่องมือวัด

2.3 รายละเอียดการออกแบบ

2.3.1 ระบบขับเคลื่อน

ระบบขับเคลื่อนเครื่องทดสอบประกอบด้วย 2 ส่วนดังนี้ 1. เครื่องต้นกำลัง 2. ระบบส่งกำลัง

- เครื่องต้นกำลัง ใช้เครื่องยนต์ดีเซล คูโบต้า รุ่น RT140 DI Plus ES เป็นเครื่องยนต์ 4 จังหวะ 1 สูบระบายความร้อนด้วยน้ำ ซึ่งใช้ระบบหัวฉีดแบบฉีดตรง และใช้ระบบสตาร์ทแบบอิเล็กทรอนิกส์ กำลังสูงสุด 14hp/2400rpm แรงบิดสูงสุด 5.0 kg-m/1600rpm

- ระบบส่งกำลัง ใช้กระจุกเกียร์รถไถเดินตามสยามคูโบต้า รุ่น NC131 PLUS+ เป็นแบบ 3 เกียร์เดินหน้า 1 เกียร์ถอยหลัง ระบบเบรกแบบดรัมเบรก ระบบคลัตช์แบบคลัตช์แห้งหลายแผ่น อัตราทดรอบเกียร์ (ระหว่างมู่เล่ย์รถไถเดินตามกับเพลาล้อขับ) เกียร์ 1, 44 : 1 ; เกียร์ 2, 23 : 1 ; เกียร์ 3, 8 : 1 และเกียร์ถอยหลัง 56 : 1

2.3.2 โครงสร้างเครื่องทดสอบ

โครงสร้างเครื่องทดสอบแบ่งเป็น 2 ส่วนด้วยกัน คือ 1. ช่วงล่างเครื่องทดสอบ 2. โครงสร้างเครื่องทดสอบ

- ช่วงล่างเครื่องทดสอบ มีไว้สำหรับติดตั้งดินตะขบยาง และระบบส่งกำลัง โดยใช้ช่วงล่างรถดินตะขบแบบ Rubber track carrier ที่มีอยู่เดิมที่บริษัทหาคาวแทรก โดยทำการปรับปรุงเพิ่มเติมเพื่อติดตั้งกระปุกเกียร์ โหลดเซลล์ และฟุตเหล็ก

- โครงสร้างเครื่องทดสอบ เป็นโครงสร้างที่ออกแบบขึ้นมาใหม่ ใช้เหล็กโครงสร้างตามมาตรฐาน AISI 1020 Steel ประกอบด้วยโครงสร้างหลักสำหรับยึดติดกับช่วงล่างเครื่องทดสอบและขาตั้งเครื่องทดสอบ โดยโครงสร้างเครื่องทดสอบสร้างจากเหล็กรางน้ำ (C channel) ขนาด 125x65x8 (mm) โครงถักเชื่อมอยู่บนโครงสร้างหลัก มีไว้สำหรับติดตั้งกอน้ำหนัก เครื่องต้นกำลัง และระบบควบคุมเครื่องทดสอบ สร้างจากเหล็กกล่อง (Rectangular tube) ขนาด 70x30x1.5 (mm) ที่วางกอน้ำหนักเชื่อมอยู่บนโครงถัก สร้างจากเหล็กฉาก (Angle) ขนาด 50x50x5 (mm)

2.3.3 ระบบโหลดแบบคงที่

ระบบโหลดแบบคงที่ จะใช้แผ่นเหล็กตันขนาด 300x800x60 (mm) จำนวนทั้งหมด 4 แผ่น แบ่งเป็นข้างละ 2 แผ่น มีไว้สำหรับถ่วงน้ำหนักเครื่องทดสอบในการทำการทดสอบดินตะขบยางในขณะเคลื่อนที่หรือทดสอบดินตะขบยางในสนามทดสอบหรือทดสอบในพื้นที่ใช้งานจริง โดยการถ่วงน้ำหนักนั้นก็เพื่อให้น้ำหนักของเครื่องทดสอบมีค่าใกล้เคียงกับรถใช้งานจริงที่ใช้ดินตะขบยางขนาดนั้นๆ เพื่อความเที่ยงตรงและแม่นยำในการเก็บผลการทดสอบ

2.3.4 การเลือกใช้เซนเซอร์ หน่วยประมวลผลและการแสดงผล

การเลือกใช้เซนเซอร์ต่างๆนั้นต้องมีความสัมพันธ์กับลักษณะการนำไปใช้งาน โดยที่หน่วยประมวลผลก็ต้องมีความสัมพันธ์กับเซนเซอร์ทั้งหมดที่ใช้กับเครื่องทดสอบด้วย รวมไปถึงการแสดงผล กอนำเซนเซอร์ไปใช้งานต้องสอบเทียบค่า (Calibrate) จากเครื่องมือที่ได้มาตรฐานก่อน

- โหลดเซลล์แบบกด (Compression Load cell) เลือกใช้ยี่ห้อ UWE ขนาดความจุ 5,000 กิโลกรัม ความปลอดภัยของแรงกระทำที่เกินความจุ 150% ระยะการยุบตัวเมื่อมีแรงกระทำสูงสุด 0.3 มิลลิเมตร โหลดเซลล์สอบเทียบค่าจาก Computerized universal testing machine ยี่ห้อ INSTRON รุ่น 5567 มีความคลาดเคลื่อน (Error) 1% ของความจุสูงสุด

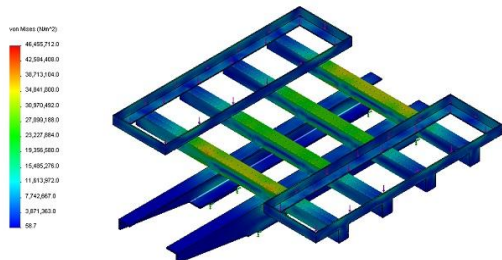
- เซนเซอร์วัดอุณหภูมิแบบไม่สัมผัส (Non-Contact thermometer) เลือกใช้ยี่ห้อ OPTEX รุ่น SA-80T-2A ย่านของการวัด 0-200 °C ตอบสนองไวถึง 100 msec./90% ทนทานต่อสัญญาณรบกวน วัดค่าอุณหภูมิที่เที่ยงตรง ทำงานราบรื่น ระดับการป้องกัน IP 67 กันน้ำได้ โครงสร้างทนอุณหภูมิได้สูงถึง 70°C ทำจากสแตนเลสและซิลิโคน เซนเซอร์วัดอุณหภูมิสอบเทียบค่าจากดิจิตอลมัลติมิเตอร์ (Digital multimeter) ยี่ห้อ UNI-T รุ่น UT30T มีความคลาดเคลื่อน 0.5% ของย่านการวัดสูงสุด

- หน่วยประมวลผล ที่เลือกใช้ต้องสามารถประมวลผลจากเซนเซอร์ต่างๆ และนำค่าไปแสดงที่จอแสดงผลได้ หน่วยประมวลผลที่ใช้คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) ตระกูล PIC เบอร์ 16F877 ขนาด 40 ขา ความถี่ของสัญญาณนาฬิกา 20 MHz หน่วยความจำแฟลช (Flash memory) ขนาด 16,000 ไบต์ (Byte) หน่วยความจำข้อมูลแอสแรม (SRAM) ขนาด 368 ไบต์ หน่วยความจำข้อมูลอีอีพรอม (EEPROM) ขนาด 256 ไบต์ โมดูลแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล (Analog to Digital) ความละเอียด 10 บิต (bit) จำนวน 8 ช่อง

- การแสดงผล เลือกใช้จอแสดงผลแบบจอแอลซีดี (Liquid crystal display ; LCD) ขนาด 16 ตัวอักษร 4 บรรทัด มีแสงไฟภายในตัวทางด้านหลัง (Backlights) เพื่อให้ง่ายต่อการมองเห็นทั้งกลางวันและกลางคืน

2.4 การวิเคราะห์การออกแบบ

การออกแบบจะวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงสร้างเครื่องทดสอบ โดยใช้ Finite Element Analysis (FEA) จากโปรแกรม SolidWork ทำการวิเคราะห์เฉพาะโครงสร้างเครื่องทดสอบเท่านั้น เนื่องจากช่วงล่างเครื่องทดสอบถอดมาจาก Rubber track carrier ที่มีอยู่เดิมที่บริษัทห้าดาวแทรกซึ่งไม่ได้ทำการออกแบบแต่อย่างใด ในการวิเคราะห์โครงสร้างเครื่องทดสอบแบบไหลตดคงที่ ยึดส่วนที่ต่ออยู่กับช่วงล่างเครื่องทดสอบทั้ง 4 จุดอยู่กับที่ แล้วใส่แรงขนาด 6,867 นิวตัน (700 กิโลกรัม) ที่เป็นแบบแรงกระจายลงที่ฐานวางกอน้ำหนักทั้งสองข้างของโครงสร้างเครื่องทดสอบ วิเคราะห์โดยใช้เหล็กตามมาตรฐาน AISI 1020 Steel มีค่าความเค้นวิกฤติที่ทำให้เกิดการคราก (Yield strength) เท่ากับ 352 MPa อัตราส่วนความปลอดภัย (Factor of safety) มีค่าเท่ากับ 2 ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงการวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงสร้างเครื่องทดสอบโดยใช้ Finite Element Analysis

3. การสร้างเครื่องต้นแบบ

การสร้างเครื่องทดสอบประสิทธิภาพของดินตะขบยาง ประกอบด้วยส่วนหลักๆ ดังนี้ ช่วงล่างเครื่องทดสอบ โครงสร้างเครื่องทดสอบ การติดตั้งกระปุกเกียร์ เครื่องยนต์ ระบบควบคุมเครื่องทดสอบ เซนเซอร์ หน่วยประมวลผล จอแสดงผล และการพัฒนาโปรแกรม

3.1 ช่วงล่างและโครงสร้างเครื่องทดสอบ

ทำการสร้างโครงสร้างเครื่องทดสอบโดยขนาดเหล็กได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 2.3.2 เริ่มจากการนำ

เหล็กทรงน้ำมายึดกับช่วงล่างเครื่องทดสอบให้ได้ตำแหน่งที่ต้องการแล้วนำเหล็กกล่องมาเชื่อมบนเหล็กทรงน้ำเพื่อทำเป็นโครงถักโดยที่ปลายของเหล็กกล่องทั้งสองข้างถูกเชื่อมไว้ด้วยเหล็กฉากเพื่อทำเป็นที่วางกอน้ำหนักดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 แสดงช่วงล่างและโครงสร้างเครื่องทดสอบ

3.2 การติดตั้งกระปุกเกียร์และเครื่องยนต์

ทำการติดตั้งกระปุกเกียร์เข้ากับช่วงล่างเครื่องทดสอบโดยให้อยู่ในตำแหน่งกึ่งกลางพอดี จากนั้นติดตั้งเครื่องยนต์เข้ากับโครงสร้างเครื่องทดสอบโดยเชื่อมแท่นเครื่องไว้บนเหล็กกล่องดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 แสดงการติดตั้งกระปุกเกียร์และเครื่องยนต์

3.3 ระบบควบคุมเครื่องทดสอบ

สร้างและติดตั้งคันบังคับเลี้ยวซ้าย-ขวา คันเบรก คันเกียร์ และคันเร่ง ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 แสดงการติดตั้งระบบควบคุมเครื่องทดสอบ

3.4 การติดตั้งเซนเซอร์ หน่วยประมวลผลและจอแสดงผล

จากรูปที่ 7 (ก) แสดงตำแหน่งการติดตั้งโหลดเซลล์ เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ หน่วยประมวลผล และจอแสดงผล โดยติดตั้งโหลดเซลล์เข้าที่ช่วงล่างเครื่องทดสอบทั้งสองข้าง ทุละตัวและติดตั้งฟุตเหล็กข้างโหลดเซลล์ดังแสดงในรูปที่ 7 (ข) พร้อมติดตั้งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิบริเวณด้านหน้าเครื่องทดสอบเหนือผิวดอกยางของดินตะขบยางเป็นระยะ 80 มิลลิเมตร ทั้งสองข้าง ทุละตัวดังแสดงในรูปที่ 7 (ค) ติดตั้งกล่องหน่วยประมวลผลบริเวณด้านล่างคอนโซลด้านหน้าเครื่องทดสอบดังแสดงในรูปที่ 7 (ง) ติดตั้งจอแสดงผลบริเวณด้านบนคอนโซลด้านหน้าเครื่องทดสอบดังแสดงในรูปที่ 7 (จ)



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)



(จ)

รูปที่ 7 (ก)แสดงตำแหน่งการติดตั้งโหลดเซลล์ เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ หน่วยประมวลผล และจอแสดงผล (ข)โหลดเซลล์ (ค)เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ (ง) หน่วยประมวลผล (จ) จอแสดงผล

3.5 การพัฒนาโปรแกรม

ก่อนนำไมโครคอนโทรลเลอร์ไปใช้งาน ต้องเขียนโปรแกรมคำสั่ง เพื่อสั่งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานตามที่ต้องการ ใช้ภาษาซีในการพัฒนาโปรแกรมเริ่มจากเขียนซอร์ซโค้ด (Source code) ในรูปแบบของไฟล์.text แล้วทำการคอมไพล์เลอร์ (Compiler) เพื่อแปลจากไฟล์.text ให้เป็นไฟล์.hex จากนั้นทำการดาวน์โหลดไฟล์.hex ลงบนไมโครคอนโทรลเลอร์ แล้วนำไมโครคอนโทรลเลอร์ไปใช้งานต่อไป

4. การทดสอบและผลการทดสอบ

การทดสอบดินตะขบยางครั้งนี้เป็นการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของดินตะขบยาง 2 เส้นที่ผลิตจากส่วนผสมของสูตรยางที่แตกต่างกัน โดยยางสูตรเอ (A) มีรหัสที่ดินตะขบยางคือ 12102401 และยางสูตรบี (B) มีรหัสที่ดินตะขบยางคือ 12102501 (ส่วนผสมของสูตรยางแต่ละสูตรเป็นความลับบริษัทไม่สามารถเปิดเผยได้) โดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนแรกทดสอบระยะยึดของดินตะขบยาง การทดสอบระยะยึดของดินตะขบยางนั้นสามารถกระทำได้ในขณะเครื่องทดสอบหยุดนิ่งอยู่กับที่และในขณะที่เครื่องทดสอบกำลังเคลื่อนที่อยู่

เพียงแต่ในบทความนี้ต้องการนำเสนอเฉพาะกรณีเครื่องทดสอบหยุดนิ่งเท่านั้น ส่วนที่สองทดสอบอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นระหว่างการใช้งานดินตะขบยาง ทำการทดสอบขณะเครื่องทดสอบกำลังเคลื่อนที่อยู่

4.1 การทดสอบการยึดตัวของดินตะขบยาง

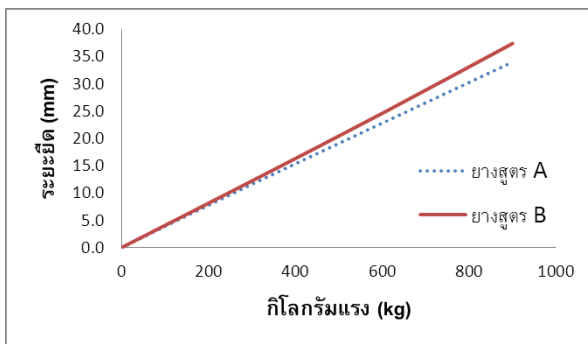
ติดตั้งดินตะขบยางเข้ากับเครื่องทดสอบทั้ง 2 เส้น แล้วทำการทดสอบที่ละเส้น ดังนี้

ก. ตั้งขาตั้งเครื่องทดสอบบนพื้นระดับ

ข. ใช้ประแจล็อกแบบด้ามขันฟรีเพื่อความสะดวกและรวดเร็วในการขันสกรูอัดโพลีคาร์บอเนตแสดงในรูปที่ 7(ข) เข้าไปครึ่งละ 3 รอบ

ค. อ่านค่าน้ำหนักที่จอแสดงผล และอ่านระยะยึดจากฟุตเหล็กหรือไซเวอร์เนียร์วัด ทำการบันทึกผล

ง. ทำการทดสอบซ้ำจากข้อ ข-ค จนบันทึกผลได้ตามจำนวนครั้งที่ต้องการ



รูปที่ 8 แสดงผลทดสอบระยะยึดของดินตะขบยาง

จากรูปที่ 8 แสดงให้เห็นว่ายิ่งเพิ่มแรงมากขึ้นยางสูตรบี ก็จะมีระยะยึดมากกว่ายางสูตรเอ เพิ่มขึ้นตาม

4.2 การทดสอบอุณหภูมิของดินตะขบยาง

ทำการวัดอุณหภูมิที่ผิวดอกยางของดินตะขบยาง โดยทดสอบเหมือนการใช้งานในสภาพจริงมีเงื่อนไขดังนี้

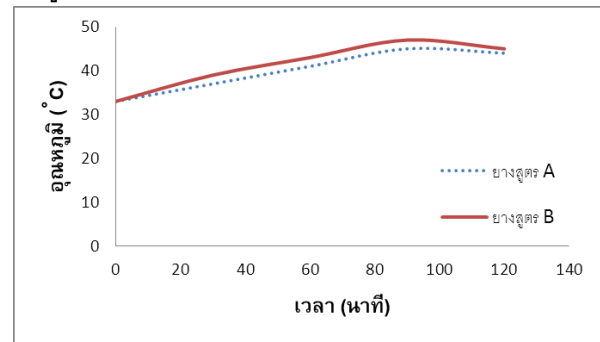
ก. บันทึกผลอุณหภูมิที่จอแสดงผลก่อนเริ่มทำการทดสอบ

ข. วิ่งบนพื้นถนนคอนกรีตรอบโรงงานดังแสดงในรูปที่ 9 ใช้ความเร็วคงที่ 6 กม./ชม. วิ่งวนซ้ายหนึ่งรอบวิ่งวนขวาหนึ่งรอบสลับกันไปเรื่อยๆ บันทึกผลอุณหภูมิที่จอแสดงผลทุกๆ 30 นาที จนกว่าจะครบ 120 นาที

ค. เครื่องทดสอบมีก้อนน้ำหนักข้างละ 225 กิโลกรัม (รวมสองข้าง 450 กิโลกรัม) ซึ่งเมื่อรวมกับน้ำหนักของเครื่องทดสอบแล้วจะมีค่าทั้งหมด 1200 กิโลกรัม (เครื่องทดสอบหนัก 750 กิโลกรัม)



รูปที่ 9 แสดงการวิ่งทดสอบบนพื้นถนนคอนกรีต



รูปที่ 10 แสดงผลทดสอบอุณหภูมิของดินตะขบยาง

จากรูปที่ 10 แสดงให้เห็นว่าช่วงเวลาตั้งแต่ 20 - 90 นาที กราฟอุณหภูมิของสูตรยางทั้งสองมีลักษณะเพิ่มขึ้นแบบเชิงเส้น แต่ช่วง 90-120 นาที กราฟอุณหภูมิของสูตรยางทั้งสองมีลักษณะเริ่มคงที่

5. สรุปผล

จากงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า อุปกรณ์ที่ได้จัดทำขึ้นสามารถนำมาใช้ในการศึกษาพฤติกรรมต่างๆ เช่น การยึดตัวและอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไประหว่างการใช้งานของดินตะขบยางได้ ผลการทดสอบมีความน่าเชื่อถือได้เพราะว่าได้ทำการสอบเทียบค่าเซนเซอร์ต่างๆ กับเครื่องมือที่ได้มาตรฐานก่อนนำเซนเซอร์มาใช้งาน การติดตั้งโพลีคาร์บอเนตติดตั้งในตำแหน่งของสกรูปรับตั้ง

ความตึงของดินตะขบยางซึ่งมีความสัมพันธ์ต่อระยะยืดของดินตะขบยางโดยตรง การขึ้นสกรูอัดโหลดเซลล์ควรใช้ประแจล็อกแบบด้านชั้นฟรีเพื่อความสะดวกรวดเร็วในการขัน การติดตั้งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิติดตั้งเหนือผิวดอกยางของดินตะขบยางเป็นระยะ 80 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นไปตามคู่มือการติดตั้งการใช้งานของเซนเซอร์ดังกล่าว และสามารถนำผลที่ได้จากการทดสอบดินตะขบยางที่ทำมาจากยาง 2 สูตรมาเปรียบเทียบกันได้

จากผลการทดสอบการยืดตัวของดินตะขบยางพบว่าดินตะขบยางที่ผลิตจากยางสูตรเอ มีความต้านทานการยืดตัวมากกว่าดินตะขบยางที่ผลิตจากยางสูตรบี ในลักษณะแปรผันตรงกับแรงที่เพิ่มขึ้น และจากผลการทดสอบอุณหภูมิของดินตะขบยางพบว่าดินตะขบยางที่ผลิตจากยางสูตรเอ มีความร้อนที่เกิดขึ้นภายในดินตะขบยางน้อยกว่าดินตะขบยางที่ผลิตจากยางสูตรบี ตลอดช่วงระยะเวลาการทดสอบและเนื่องจากการวัดอุณหภูมิทำการวัดที่ผิวดอกยางของดินตะขบยางดังนั้นจึงพบว่าอุณหภูมิและความสะอาดของพื้นถนนคอนกรีตที่ทำการวิ่งทดสอบนั้นมีผลโดยตรงต่ออุณหภูมิที่เกิดขึ้นภายในดินตะขบยาง ซึ่งผลการทดสอบนี้จะถูกนำเป็นข้อมูลสำหรับการพัฒนาดินตะขบยางต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัทห้าดาวเทรกกิ้ง จำกัด ที่สนับสนุนทุนวิจัย และทำการจัดซื้อจัดหาอุปกรณ์และช่วยดำเนินการในการสร้างเครื่องทดสอบ พร้อมให้ตัวอย่างดินตะขบยางเพื่อนำมาใช้ในการทดสอบ และโครงการนี้ได้รับทุนสนับสนุนส่วนหนึ่งจากศูนย์เทคโนโลยีและวัสดุแห่งชาติ (MTEC)

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Zoz, F.M., Grisso RD. Traction and tractor performance. ASAE Distinguished Lecture Series #27. St. Joseph, MI: ASAE; 2003.

[2] Brixius W.W. Traction prediction equations for bias-ply tires. ASAE Paper No. 871622. St. Joseph, MI.: ASAE, 1987.

[3] Robert Grisso, John Perumpral, Frank Zoz. An empirical model for tractive performance of rubber- tracks in agricultural soils. Journal of Terramechanics 43 (2006) 225–236.

[4] Yu, T. The tractive performance of a friction-based prototype track. Department Civil and Biosystems Engineering, University of Pretoria, 2006.

[5] Ataur Rahman et al. Design parameters optimization simulation of a prototype segmented rubber track vehicle for sebang peat in Malaysia. American Journal of Applied Sciences 2 (3): 655-671, 2005.

[6] H.L.M. du Plessis, T. Yu. Modelling the traction of a prototype track based on soil-rubber friction and adhesion. Journal of Terramechanics 43 (2006) 487–504