

## สารบัญ

### หน้า

|                            |   |
|----------------------------|---|
| กิตติกรรมประกาศ            | ก |
| บทคัดย่อภาษาไทย            | ง |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ         | จ |
| สารบัญตาราง                | ช |
| สารบัญภาพ                  | ฉ |
| รายงานอักษรย่อและสัญลักษณ์ | ฎ |

### บทที่ 1 บทนำ

|                                         |   |
|-----------------------------------------|---|
| 1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการ         | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา             | 1 |
| 1.3 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง | 2 |
| 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ           | 6 |
| 1.5 ขอบเขตของการศึกษา                   | 6 |

### บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| 2.1 รถแทรกเตอร์                    | 8  |
| 2.2 โครงสร้างรถแทรกเตอร์           | 10 |
| 2.3 ระบบบังคับเลี้ยว               | 11 |
| 2.4 ระบบเบรกรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก    | 14 |
| 2.5 จุดศูนย์ถ่วงรถแทรกเตอร์        | 16 |
| 2.6 สมรรถนะการนุดลากของรถแทรกเตอร์ | 20 |
| 2.7 ระบบส่งกำลังของรถแทรกเตอร์     | 22 |
| 2.8 เฟืองท้าย                      | 27 |
| 2.9 การวัดความสามารถในการทำงาน     | 28 |

## สารบัญ (ต่อ)

หน้า

### บทที่ 3 วิธีการสร้าง

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| 3.1 วิธีการออกแบบรถแทรกเตอร์         | 31 |
| 3.2 วิธีการออกแบบรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก | 32 |
| 3.3 การประกอบรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก     | 37 |
| 3.4 วิธีการทดสอบรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก  | 38 |

### บทที่ 4 ผลการดำเนินโครงการ

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| 4.1 การปรับปรุงระบบส่งกำลัง          | 43 |
| 4.2. โครงสร้างของรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก | 44 |
| 4.3 การสร้างระบบบังคับขับเคลื่อน     | 46 |
| 4.4 การสร้างระบบตัดต่อกำลัง          | 46 |
| 4.5 ผลการทดสอบรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก    | 47 |

### บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินโครงการและข้อเสนอแนะ

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 5.1 สรุปผลการดำเนินโครงการ | 59 |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ             | 60 |

### บรรณานุกรม

61

### ภาคผนวก

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| ภาคผนวก ก ตัวอย่างการคำนวณ    | 64  |
| ภาคผนวก ข แบบรถแทรกเตอร์      | 71  |
| ภาคผนวก ค รูปขั้นตอนการสร้าง  | 87  |
| ภาคผนวก ง ค่าใช้จ่าย          | 94  |
| ภาคผนวก จ ตารางประกอบการคำนวณ | 105 |
| ภาคผนวก ช งานวิจัยที่เผยแพร่  | 112 |

## สารบัญตาราง

หน้า

|                                                                            |     |
|----------------------------------------------------------------------------|-----|
| ตารางที่ 2.1 ค่า C ของสายพานวี                                             | 25  |
| ตารางที่ 3.1 แสดงสัดส่วน (Dimension) ของรถแทรกเตอร์ขนาดเล็กที่ผลิตในประเทศ | 32  |
| ตารางที่ 4.1 การทดสอบมุมเอียงของรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก                        | 47  |
| ตารางที่ 4.2 การทดสอบน้ำหนักที่ลงล้อหน้าและล้อหลัง                         | 48  |
| ตารางที่ 4.3 ความสามารถในการเลี้ยวรถแทรกเตอร์บนพื้นซีเมนต์                 | 49  |
| ตารางที่ 4.4 ความสามารถในการเลี้ยวรถแทรกเตอร์โดยเหยียบเบรกบนพื้นซีเมนต์    | 49  |
| ตารางที่ 4.5 ความสามารถในการเลี้ยวรถแทรกเตอร์บนพื้นดิน                     | 50  |
| ตารางที่ 4.6 ความสามารถในการเลี้ยวรถแทรกเตอร์โดยเหยียบเบรกบนพื้นดิน        | 50  |
| ตารางที่ 4.7 การทดสอบสมรรถนะของระบบเบรกรถแทรกเตอร์บนพื้นซีเมนต์            | 53  |
| ตารางที่ 4.8 การทดสอบสมรรถนะของระบบเบรกรถแทรกเตอร์บนพื้นดิน                | 53  |
| ตารางที่ 4.9 การทดสอบความสามารถในการทำงาน                                  | 58  |
| ตารางที่ ๖.1 ค่าวัสดุอุปกรณ์                                               | 95  |
| ตารางที่ จ.1 ค่าตัวประกอบความล่า $C_m$ และ $C_t$                           | 98  |
| ตารางที่ จ.2 ตารางเบอร์มาตรฐานของสายพาน                                    | 98  |
| ตารางที่ จ.3 ความกว้างของสายพานแบบส่งกำลังและความกว้างล้อสายพาน            | 99  |
| ตารางที่ จ.4. ผลการทดสอบแรงฉุดลากบนพื้นคอนกรีตแบบล้อคู่                    | 100 |
| ตารางที่ จ.5. ผลการทดสอบแรงฉุดลากบนพื้นคอนกรีตแบบล้อเดี่ยว                 | 100 |
| ตารางที่ จ.6. ผลการทดสอบแรงฉุดลากบนพื้นดินแบบล้อคู่                        | 101 |
| ตารางที่ จ.7. ผลการทดสอบแรงฉุดลากบนพื้นดินแบบล้อเดี่ยว                     | 101 |
| ตารางที่ จ.8. ผลการทดสอบความเร็วของรถแทรกเตอร์ ของเกียร์ 1                 | 102 |
| ตารางที่ จ.9. ผลการทดสอบความเร็วของรถแทรกเตอร์ ของเกียร์ 2                 | 102 |
| ตารางที่ จ.10. ข้อมูลจำเพาะรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก                             | 103 |

## สารบัญภาพ

|                                                                          | หน้า |
|--------------------------------------------------------------------------|------|
| รูปที่ 1.1 แทรกเตอร์นั่งขับของสยามคูโบต้า                                | 3    |
| รูปที่ 1.2 แทรกเตอร์นั่งขับของทะเลทอง                                    | 4    |
| รูปที่ 1.3 รถแทรกเตอร์นั่งขับของเกษตรพัฒนา                               | 4    |
| รูปที่ 1.4 รถแทรกเตอร์ที่พัฒนาโดยบริษัทร่วมมิตรพัฒนาการเกษตร             | 5    |
| รูปที่ 1.5 ภาพภายนอกของชุดเกียร์รุ่นเพชรที่ใช้รุ่นเกษตร 72               | 6    |
| รูปที่ 1.6 ภาพภายในของชุดเกียร์รถไถเดินตามเกษตร 72                       | 6    |
| รูปที่ 2.1 รถแทรกเตอร์ล้อตะขาบ                                           | 8    |
| รูปที่ 2.2 รถแทรกเตอร์แบบกึ่งล้อตะขาบ                                    | 9    |
| รูปที่ 2.3 รถแทรกเตอร์แบบล้อ                                             | 9    |
| รูปที่ 2.4 โครงสร้างรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก                                  | 10   |
| รูปที่ 2.5 การเลี้ยงแบบแอคเคอร์มัน                                       | 12   |
| รูปที่ 2.6 ความสัมพันธ์ของมุมเกี่ยวกับระยะต่างๆ                          | 13   |
| รูปที่ 2.7 เบรกชนิดขยายใน                                                | 14   |
| รูปที่ 2.8 เบรกชนิดรีดภายนอก                                             | 15   |
| รูปที่ 2.9 เบรกชนิดจาน                                                   | 15   |
| รูปที่ 2.10 ภาพแสดงตำแหน่งของจุดศูนย์ถ่วงของรถแทรกเตอร์โดยการชั่งน้ำหนัก | 18   |
| รูปที่ 2.11 ภาพแสดงการพิจารณาเงื่อนไขการพลิกคว่ำ                         | 19   |
| รูปที่ 2.12 จุดศูนย์ถ่วงโดยวิธียกข้าง                                    | 20   |
| รูปที่ 2.13 ลักษณะการส่งกำลังด้วยสายพาน                                  | 23   |
| รูปที่ 2.14 รูปหน้าตัดของสายพานลิ้มหน้าเคบ                               | 23   |
| รูปที่ 3.1 ชุดเกียร์ที่ทำการปรับปรุง                                     | 33   |
| รูปที่ 3.2 ชุดเฟืองท้ายที่ประกอบเข้ากับเกียร์                            | 33   |
| รูปที่ 3.3 เกียร์ของรถไถเดินตามที่นำมาประกอบเป็นแทรกเตอร์ขนาดเล็ก        | 34   |
| รูปที่ 3.4 โครงสร้างด้านหน้า                                             | 35   |
| รูปที่ 3.5 โครงสร้างด้านชุดเกียร์ส่งกำลัง                                | 35   |

## สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| รูปที่ 3.6 แสดงมุมล้อและมุมเลี้ยว                                        | 36 |
| รูปที่ 3.7 ระบบบังคับเลี้ยวแบบคานแข็ง                                    | 37 |
| รูปที่ 3.8 ระบบเบรกหลักของรถแทรกเตอร์ล้อขนาดเล็ก                         | 37 |
| รูปที่ 3.9 รถแทรกเตอร์ที่ทำการออกแบบ                                     | 38 |
| รูปที่ 3.10 ระบบเบรกพร้อมคลัตช์ของรถแทรกเตอร์ล้อขนาดเล็ก                 | 38 |
| รูปที่ 3.11 แสดงการขึ้นน้ำหนักรถหาจุดศูนย์ถ่วง                           | 40 |
| รูปที่ 3.12 แสดงจุด CG และมุมวิกฤตพลิกคว่ำ                               | 40 |
| รูปที่ 3.13 แสดงวงเลี้ยวของรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก                           | 41 |
| รูปที่ 3.14 แสดงวงเลี้ยวของรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก                           | 42 |
| รูปที่ 3.15 แสดงการทดสอบสมรรถนะการฉุดลากของรถแทรกเตอร์                   | 42 |
| รูปที่ 4.1 รถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก                                           | 43 |
| รูปที่ 4.2 การปรับปรุงชุดเพื่อง่ายประกอบเกียร์                           | 44 |
| รูปที่ 4.3 โครงสร้างรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก                                  | 44 |
| รูปที่ 4.4 โครงสร้างชุดห้องเกียร์                                        | 45 |
| รูปที่ 4.5 โครงสร้างตัวรถ                                                | 45 |
| รูปที่ 4.6 ระบบบังคับเลี้ยว                                              | 46 |
| รูปที่ 4.7 ระบบตัดต่อกำลัง                                               | 46 |
| รูปที่ 4.8 แสดงการทดสอบความเร็วของรถแทรกเตอร์ขนาดเล็กโดยใช้เกียร์ 2      | 51 |
| รูปที่ 4.9 แสดงการทดสอบความเร็วของรถแทรกเตอร์ขนาดเล็กโดยใช้เกียร์ 1      | 52 |
| รูปที่ 4.10 แสดงการทดสอบสมรรถนะการฉุดลากของรถแทรกเตอร์                   | 54 |
| รูปที่ 4.11 ผลการทดสอบแรงในการฉุดลากของรถแทรกเตอร์บนพื้นซีเมนต์ ล้อคู่   | 54 |
| รูปที่ 4.12 ผลการทดสอบแรงในการฉุดลากของรถแทรกเตอร์บนพื้นซีเมนต์ล้อเดี่ยว | 55 |
| รูปที่ 4.13 ผลการทดสอบสมรรถนะการฉุดลากของรถแทรกเตอร์บนพื้นดิน ล้อคู่     | 56 |
| รูปที่ 4.14 ผลการทดสอบสมรรถนะการฉุดลากของรถแทรกเตอร์บนพื้นดิน ล้อเดี่ยว  | 56 |
| รูปที่ ค.1 เกียร์รถไถเดินตามที่ประกอบเป็นรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก             | 88 |

## อักษรย่อและคำอธิบายสัญลักษณ์

| สัญลักษณ์  | ความหมาย                                                                            | หน่วย          |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| $A_s$      | พื้นที่รับความเค้น                                                                  | $\text{mm}^2$  |
| $a$        | มุมเอียงของล้อยด้านใน                                                               | $\theta$       |
| $b$        | มุมเอียงของล้อยด้านนอก                                                              | $\theta$       |
| $C$        | ค่าคงที่ เท่ากับ 75                                                                 | ตัวแปรไร้มิติ  |
| $F$        | อัตราการหยุด                                                                        | $\text{m/s}^2$ |
| $H$        | ความกว้างของช่วงล้อหลัง                                                             | $\text{mm}$    |
| $h$        | ความสูงของตำแหน่งศูนย์กลางถ่วงเหนือพื้นดิน                                          | $\text{mm}$    |
| $K$        | ความยาวของช่วงล้อหน้าถึงล้อหลัง                                                     | $\text{mm}$    |
| $L$        | รัศมีการเอียงของล้อหลัง                                                             | $\text{m}$     |
| $l$        | ระยะความกว้างฐานล้อ                                                                 | $\text{mm}$    |
| $l_1$      | ระยะห่างตามแนวยาวจากกึ่งกลางแกนเพลาล้อหลังไปยังจุดศูนย์กลางถ่วง                     | $\text{mm}$    |
| $l_2$      | ระยะห่างตามแนวราบจากแกนกลางของรถแทรกเตอร์ไปยังตำแหน่งจุดศูนย์กลางถ่วงของรถแทรกเตอร์ | $\text{mm}$    |
| $N$        | ค่าความปลอดภัย                                                                      | ตัวแปรไร้มิติ  |
| $P$        | ความกว้างของสลักล้อหน้า                                                             | $\text{mm}$    |
| $P_{db}$   | กำลังจุดลาก                                                                         | PS , KW        |
| $P_{axle}$ | กำลังที่เพลาล้อขับ                                                                  | kw             |
| $R$        | รัศมีการเอียงของล้อหน้า                                                             | $\text{m}$     |
| $r_1$      | ความสูงของจุดกึ่งกลางล้อหลัง                                                        | $\text{mm}$    |
| $r_2$      | ความสูงของจุดกึ่งกลางล้อหน้าเหนือพื้นดิน                                            | $\text{mm}$    |
| $r_1'$     | ความสูงของจุดกึ่งกลางล้อหน้าเหนือพื้นดินขณะที่ล้อหน้าถูกยกขึ้น                      | $\text{mm}$    |
| $r_2'$     | ความสูงของจุดกึ่งกลางล้อหน้าเหนือพื้นดินขณะที่ล้อหน้าถูกยกขึ้นบนความสูง $y$         | $\text{mm}$    |

| สัญลักษณ์  | ความหมาย                                   | หน่วย             |
|------------|--------------------------------------------|-------------------|
| $TE$       | ประสิทธิภาพการดูดกลืน                      | %                 |
| $t$        | ความกว้างของช่วงล้อหน้า                    | mm                |
| $v$        | ความเร็วก่อนเบรก                           | m/s               |
| $w$        | น้ำหนักของรถแทรกเตอร์                      | kg                |
| $w_1$      | น้ำหนักที่ลงตำแหน่งล้อหน้าของรถแทรกเตอร์   | kg                |
| $w_s$      | น้ำหนัก static                             | kg                |
| $w_d$      | น้ำหนัก dynamic                            | kg                |
| $y$        | ความสูงของล้อหน้าที่ถูกยกเหนือระดับพื้นดิน | mm                |
| $\theta$   | มุมของการยกรถแทรกเตอร์                     | องศา              |
| $\mu_s$    | สัมประสิทธิ์การดูดกลืน                     | ตัวแปรไร้มิติ     |
| $\sigma$   | ความเค้นแรงดึง                             | N/mm <sup>2</sup> |
| $\tau$     | ความเค้นเฉือน                              | N/mm <sup>2</sup> |
| $\sigma_y$ | ความเค้นวิกฤต                              | N/mm <sup>2</sup> |

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
 Copyright© by Chiang Mai University  
 All rights reserved