

การพัฒนาที่จอดรถอัจฉริยะแบบหน่วยแยก

Development of Smart Car Parking with Modular System

ไชยอนันต์ ดิยะวัฒน์วิทยา¹ ธัญญะ เกียรติวัฒน์¹ ประกอบ สุรวฒนาวรรณ¹ และ กริธา สมเกียรติกุล^{1, 2}

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

² ภาควิชาวิศวกรรมการผลิตยานยนต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

E-mail: chaianan27580@hotmail.com¹, fengtyk@ku.ac.th¹, fengpsw@ke.ac.th¹, kreetha.d@gmail.com^{1, 2}

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันการจราจรในเขตเมืองหลวงและปริมณฑลมีปริมาณรถยนต์เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง จึงส่งผลให้เกิดการปรับเปลี่ยนรูปแบบการเดินทางโดยใช้การเดินทางแบบจอดและจรเข้ามาแก้ปัญหาดังกล่าว ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการพัฒนาและออกแบบที่จอดรถอัจฉริยะแบบเลื่อนและยก และมีรูปแบบเป็นแบบหน่วยแยกที่สามารถนำมาประยุกต์ประกอบเข้าด้วยกันให้สามารถใช้งานได้อย่างเหมาะสมกับสภาพพื้นที่ในรูปแบบต่างๆ ที่จะนำไปติดตั้ง ตลอดจนสามารถใช้งานได้กับประเภทของรถยนต์ต่างๆ ที่มีอยู่ในประเทศไทยได้อย่างเหมาะสมและปลอดภัย ในการพัฒนาชิ้นส่วนและกลไกต่างๆ ของที่จอดรถอัจฉริยะนั้นใช้วัสดุที่มีใช้ทั่วไปในประเทศ มีกลไกไม่ยุ่งยากซับซ้อน และสามารถซ่อมบำรุงรักษาได้ง่าย ทั้งนี้ได้พัฒนาชิ้นส่วนกลไกที่สำคัญ ได้แก่ ภาตจอดรถยนต์ ระบบกลไกการขับเคลื่อนภาตจอดรถยนต์ และโครงสร้างที่จอดรถอัจฉริยะ หลังจากพัฒนาชิ้นส่วน และกลไกต่างๆ ของที่จอดรถอัจฉริยะแบบหน่วยแยกเรียบร้อยแล้ว จึงได้สร้างที่จอดรถอัจฉริยะแบบหน่วยแยกต้นแบบตามแบบพิมพ์เขียวของที่จอดรถอัจฉริยะที่ได้พัฒนาขึ้นมา โดยที่จอดรถต้นแบบดังกล่าวมีรูปแบบเป็นหน่วยแยกอิสระแบบ 2 หน่วย จำนวน 2 ชุด ต่อกับหน่วยแยกอิสระแบบ 3 หน่วย จำนวน 1 ชุด ในแนวนอน และประกอบขึ้นเป็นจำนวน 2 ชั้น โดยสามารถจอดรถยนต์ได้เป็นจำนวนทั้งสิ้น 13 คัน ใช้พื้นที่ในการติดตั้ง กว้าง x ยาว เท่ากับ 6,100 mm x 18,458 mm หลังจากนั้นได้ทดสอบการใช้งานของที่จอดรถอัจฉริยะต้นแบบโดยการใช้งานจริงพบว่าที่จอดรถอัจฉริยะต้นแบบสามารถใช้งานได้มีประสิทธิภาพและปลอดภัยต่อการใช้งาน นอกจากนี้ได้ตรวจสอบเทียบเคียงระหว่างผลการวิเคราะห์ความแข็งแรงโดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์กับการตรวจวัดจริง โดยวิธีการใช้เกจวัดความเครียดพบว่าความเค้นที่เกิดขึ้นจริงและความเค้นที่ได้จากการคำนวณมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน และมีความคลาดเคลื่อนโดยเฉลี่ยเท่ากับ 7.895% ผลการทดลองนี้แสดงว่าในการออกแบบเครื่องจักรกลใดๆ สามารถใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ทดแทนการสร้างเพื่อทดสอบได้

คำสำคัญ :

รถยนต์ ที่จอดรถยนต์ หน่วยแยก การออกแบบ

Abstract

With the number of cars exceedingly outgrowing the capacity of the roads in Thailand especially in cities, traffic jams and parking space have become major problems. These problems are changing people's preference from driving personal car to workplace to driving to parking lots and taking public transport instead. The practice, also popularly known as "park and ride" though, still require big parking land areas to accommodate the ever increasing number of cars. This research was thus conducted to design and develop a smart parking lot module that can accommodate as many cars as possible and be easily installed and operated in a suitable area. The parking lot module design was based on the slide (horizontal) and lift (vertical) movement principle. Its main components include: a car loading tray, a tray driving mechanism and a steel structural frame. Development of the components was based on the stress analyses using finite element analysis method and machine design theory. A smart car parking module prototype consisting of 2 two - unit modules attached horizontally to 1 three - unit module was then fabricated for flexibility in assembling and fitting any space contour. The module consisting of 2 floors with a full capacity of 13 cars was constructed in a 6,100 mm x 18,458 mm (W x L) space, using locally available materials and simple mechanism for ease in repair and maintenance. Results of the module components' stress analyses using finite elements analyses and the actual stress measurement of the prototype using a strain gauge were quite comparable with only 7.895% tolerance value. The results thus suggest that the designed module is safe and strong enough to support.

Keywords :

car, parking lot, module, design

1. บทนำ

จากสถิติจำนวนรถจดทะเบียน (สะสม) ของวันที่ 2 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 [1] มีรถยนต์ส่วนบุคคลภายในเมืองหลวงหรือกรุงเทพมหานครจำนวน 8,918,224 คัน แบ่งเป็นรถขนาดเล็ก (Sedan) เป็นอันดับที่ 1 รถกระบะ (Pick Up) และรถตู้ (Van) เป็นอันดับที่ 2 และ 3 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบต่อพื้นที่ของกรุงเทพมหานครพบว่า มีรถยนต์ส่วนบุคคล 56,855 คันต่อตารางกิโลเมตร

จากตัวเลขข้างต้นแสดงให้เห็นถึงปริมาณของรถยนต์ที่จดทะเบียนมีจำนวนมากเกินกว่าถนนในเมืองหลวงหรือเมืองใหญ่ของประเทศไทยจะรองรับได้

สภาวะการคมนาคมในปัจจุบันได้มีการขยายเส้นทางเดินรถสาธารณะในประเภทต่างๆ อย่างมากมาย และมีระบบการขนส่งมวลชนในรูปแบบของรถไฟฟ้าใต้ดินหรือรถไฟฟ้า เป็นต้น จึงเป็นสาเหตุให้ในภาวะปัจจุบันเริ่มมีการใช้ระบบการคมนาคมต่อเนื่องในรูปแบบของการจอดและจร (Park and Ride) เข้ามาใช้งาน

และคาดว่าจะเป็นที่นิยมและรองรับกับการแก้ปัญหาจราจรที่ติดขัดอย่างมากในปัจจุบันได้เป็นอย่างดี แต่อย่างไรก็ดีสถานที่จอดรถที่ให้บริการอยู่โดยทั่วไปนั้น ไม่สามารถรองรับปริมาณของจำนวนรถยนต์ที่เพิ่มมากขึ้นได้เพียงพอ และการเพิ่มพื้นที่ที่จอดรถทำได้ยาก เนื่องจากราคาที่ดินในเขตเมืองหลวงค่อนข้างสูง และความยุ่งยากต่อการสร้างอาคารจอดรถแบบถาวร

ดังนั้นหากมีพื้นที่จอดรถที่ค่อนข้างจำกัดแต่สามารถจอดรถได้จำนวนมาก จะทำให้ระบบการจอดและจรมีประสิทธิภาพ และช่วยทำให้ระบบการจราจรที่ติดขัดบรรเทาลงไปได้อย่างมาก

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยมีดังนี้

1) เพื่อปรับปรุงระบบการคมนาคมและการจราจรในเมืองหลวงและเมืองใหญ่ในรูปแบบของการขนส่งมวลชนด้วยระบบการจอดและจร โดยการเพิ่มศักยภาพของพื้นที่จอดรถให้สามารถจอดรถในพื้นที่ที่จำกัดได้เป็นจำนวนมากขึ้น

2) พัฒนาที่จอดรถอัจฉริยะแบบหน่วยแยกต้นแบบให้มีประสิทธิภาพ และเหมาะสมต่อการใช้งานในเมืองหลวงและเมืองใหญ่ของประเทศไทย

ขอบเขตการวิจัยมีดังนี้

1) มุ่งเน้นพัฒนาโครงสร้างและระบบส่งกำลังของที่จอดรถอัจฉริยะแบบหน่วยแยกประเภทเลื่อนและยกจำนวน 2 ชั้น ให้สามารถรองรับรถยนต์ภายในประเทศด้วยวิธีการออกแบบเครื่องจักรกล และตรวจสอบด้วยการวิเคราะห์ความแข็งแรงด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์-เอลิเมนต์ประกอบด้วยการวัดค่าความเค้นด้วยगेวัดความเครียด

2) ในการพัฒนาและสร้างขึ้นส่วนของที่จอดรถอัจฉริยะมุ่งเน้นใช้วัสดุที่ผลิตได้ภายในประเทศไทยเป็นส่วนใหญ่ ทั้งนี้เพื่อให้การดูแลบำรุงรักษาทำได้ง่าย

การทบทวนเอกสาร

1 ที่จอดรถอัจฉริยะ เป็นระบบบริหารจัดการที่จอดรถยนต์ ทำหน้าที่หาที่ว่างเพื่อนำรถยนต์เข้าจอดในที่นั้นๆ และนำรถยนต์เข้าไปยังส่วนที่ให้บริการในการจัดเก็บรถยนต์รวมถึงการนำออกมา โดยมีระบบควบคุมโดย PLC (Programmable Logic Controller) ที่จอดรถอัจฉริยะที่มีใช้งานทั่วไปมี 3 ประเภท ได้แก่

1) ที่จอดรถอัจฉริยะแบบหอคอย (Tower)

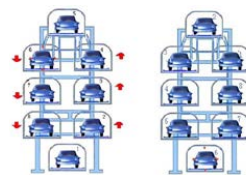
ที่จอดรถอัจฉริยะประเภทนี้สามารถสร้างได้สูงจึงทำให้สามารถรองรับปริมาณรถยนต์ได้เป็นจำนวนมาก ลักษณะโดยรวมเหมือนกับอาคารจอดรถแบบถาวรที่ต้องการตัวอาคาร แต่สามารถรองรับรถยนต์ได้มากกว่าอาคารจอดรถแบบถาวรเนื่องจากต้องการช่องทางการเดินรถน้อยกว่า ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ที่จอดรถอัจฉริยะแบบหอคอย

2) ที่จอดรถอัจฉริยะแบบหมุน (Rotary)

ที่จอดรถอัจฉริยะแบบหมุนมีลักษณะเหมือนกับเครื่องเล่นชิงช้าสวรรค์ ที่สามารถติดตั้งบนพื้นได้และใช้พื้นที่น้อย สามารถรองรับปริมาณรถยนต์ได้จำนวนหนึ่งขึ้นอยู่กับความกว้างของฐาน มีความสูงไม่มากนัก เนื่องจากขนาดและน้ำหนักของรถยนต์ ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ที่จอดรถอัจฉริยะแบบหมุน

3) ที่จอดรถอัจฉริยะแบบเลื่อนและยก (Slide and Lift)

ที่จอดรถอัจฉริยะชนิดเลื่อนและยกเป็นระบบหนึ่งภายในของที่จอดรถอัจฉริยะแบบหอคอยที่สามารถติดตั้งบนพื้นได้ และไม่ต้องการตัวอาคาร แต่ที่จอดรถอัจฉริยะประเภทนี้ต้องเว้นพื้นที่จอดรถยนต์ชั้นล่างจำนวน 1 คัน เพื่อให้ภาคจอดรถยนต์อื่นๆ ของระบบสามารถเคลื่อนที่ได้ ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ที่จอดรถอัจฉริยะแบบเลื่อนและยก

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1) การออกแบบเพลลา ออกแบบตามมาตรฐานของสมาคมวิศวกรเครื่องกลแห่งอเมริกา (ASME) โดยออกแบบตามสมการ

$$d^3 = \frac{16}{\pi \tau (1-K^4)} [(C_t T)^2 + (C_m M)^2]^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

เมื่อ d = เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก
 d_i = เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน
 $K = d_i / d$
 τ = ความเค้นเฉือนที่เพลลาได้รับได้
 T = แรงบิดสูงสุดที่กระทำต่อเพลลา
 M = โมเมนต์ดัดสูงสุดที่กระทำต่อเพลลา
 C_t = ตัวประกอบความล้าที่เกิดจากแรงบิด
 C_m = ตัวประกอบความล้าที่เกิดจากโมเมนต์ดัด

2) การออกแบบตลับลูกปืน

$$C_{req} = F_e K_a \left(\frac{L}{K_r L_R} \right)^{0.3} \quad (2)$$

เมื่อ C_{req} = ความสามารถในการรับภาระของตลับลูกปืน

F_e = แรงเทียบเท่าที่กระทำต่อตลับลูกปืน

K_a = ค่าตัวประกอบสำหรับลูกปืน

L = ระยะเวลาการใช้งาน

K_r = ค่าตัวประกอบความน่าเชื่อถือ

L_R = ระยะเวลาการใช้งานที่สามารถรับได้

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 อุปกรณ์

2.1.1 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการเขียนแบบและสร้างแบบจำลอง 3 มิติ

2.1.2 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงสร้างและชิ้นส่วนเครื่องจักรกล

2.1.3 เครื่องคอมพิวเตอร์

2.1.4 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างที่จอดรถอัจฉริยะต้นแบบ

การสร้างที่จอดรถอัจฉริยะต้นแบบ ใช้เครื่องมือช่างต่างๆ ไป เช่น ตลับเมตร เหล็กฉาก เครื่องเจียร ประแจ เครื่องเชื่อมโลหะด้วยไฟฟ้า เป็นต้น รวมถึงอุปกรณ์ควบคุมไฟฟ้า มอเตอร์ไฟฟ้า

2.2 วิธีการ

2.2.1 ศึกษารวบรวมและค้นคว้าข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

ศึกษารายละเอียดและรวบรวมข้อมูลที่จอดรถอัจฉริยะ และข้อมูลในรายละเอียดของรถยนต์ประเภทต่างๆ ที่มีใช้กันอยู่ในประเทศไทย เพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนาที่จอดรถอัจฉริยะต้นแบบ

2.2.2 พัฒนาที่จอดรถอัจฉริยะ

การพัฒนาที่จอดรถอัจฉริยะต้นแบบนี้ใช้วิธีการพัฒนาและปรับปรุงชิ้นส่วนเครื่องจักรกล กลไก และอุปกรณ์ต่างๆ ของที่จอดรถอัจฉริยะแบบเดิม

ให้เหมาะสมกับการใช้งานกับระบบจราจรและการขนส่งของประเทศไทย โดยใช้ทฤษฎีการออกแบบเครื่องจักรกลและตรวจสอบผลการออกแบบด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์-เอลิเมนต์ร่วมกับเกจวัดความเครียด [2] แล้วเขียนแบบในรายละเอียดในรูปแบบของแบบพิมพ์เขียวเพื่อการสร้างเครื่องต้นแบบ

ทั้งนี้แนวทางในการพัฒนาสามารถกำหนดแนวทางในการดำเนินงานได้ดังต่อไปนี้

- 1) พัฒนาที่จอดรถอัจฉริยะต้นแบบให้มีรูปแบบเป็นที่จอดรถอัจฉริยะแบบประเภทเลื่อนและยก
- 2) พัฒนาที่จอดรถอัจฉริยะเป็นแบบหน่วยแยก (Modular System) โดยหน่วยแยกแต่ละหน่วยสามารถนำไปประกอบเข้าด้วยกันได้ (เช่น ประกอบจากหนึ่งหน่วยเป็นสองหน่วย เป็นต้น)
- 3) พัฒนาที่จอดรถอัจฉริยะต้นแบบ ตลอดจนชิ้นส่วนต่างๆ ให้เหมาะสม และสามารถใช้ได้กับการจอดของรถยนต์ที่มีใช้กันอยู่ในประเทศไทย
- 4) พยายามเลือกใช้วัสดุและอุปกรณ์ที่มีจำหน่ายในประเทศไทยให้มากที่สุด เพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิตในเชิงพาณิชย์ และลดการนำเข้าชิ้นส่วนเครื่องจักรกลจากต่างประเทศ
- 5) ในการพัฒนาที่จอดรถอัจฉริยะต้นแบบจะต้องมีความปลอดภัยในการใช้งาน และการทำงานสูงที่สุด

2.2.3 สร้างที่จอดรถอัจฉริยะต้นแบบ

สร้างชิ้นส่วนเครื่องจักรกล กลไก และอุปกรณ์ต่างๆ ของที่จอดรถอัจฉริยะต้นแบบตามแบบพิมพ์เขียวที่ได้พัฒนาขึ้นมา

2.2.4 ทดสอบและประเมินผล

ทดสอบและประเมินผลที่จอดรถอัจฉริยะแบบหน่วยแยกต้นแบบด้วยการะงานสูงสุด และการตรวจสอบด้วยเกจวัดความเครียด

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

3.1 ศึกษาข้อมูลต่างๆ ของที่จอดรถอัจฉริยะ

3.1.1 ได้ดำเนินการศึกษารวบรวมและค้นคว้าข้อมูลของที่จอดรถอัจฉริยะของบริษัท คอนสโก เอ็นเตอร์ไพรเซส จำกัด ที่นำเข้าจากประเทศจีน ซึ่งจะมีรูปแบบเป็นแบบที่จอดรถอัจฉริยะประเภทเลื่อนและยก คุณลักษณะที่สำคัญของที่จอดรถอัจฉริยะแบบนี้ได้แก่ ในหนึ่งหน่วยของด้านความกว้างสามารถจอดรถยนต์ได้จำนวน 2 คัน มีความสูง 4 ชั้นแต่ละชั้นมีระยะห่างกันเท่ากับ 2.59 m สามารถเคลื่อนที่ในแนวตั้งด้วยระบบเฟืองและโซ่ โดยใช้มอเตอร์ขนาด 2.2 kW เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อน และเคลื่อนที่ในแนวราบด้วยระบบล้อและราง โดยใช้มอเตอร์ขนาด 0.2 kW เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อน และได้ดำเนินการเขียนแบบในรายละเอียดของโครงสร้าง อุปกรณ์ และกลไกต่างๆ ในรูปแบบของภาพจำลอง 3 มิติของที่จอดรถอัจฉริยะดังกล่าวด้วยโปรแกรม SolidWorks 2014 ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ภาพแบบจำลองสามมิติของที่จอดรถอัจฉริยะของบริษัท คอนสโก เอ็นเตอร์ไพรเซส จำกัด นำเข้าจากประเทศจีน

3.1.2 ศึกษาค้นคว้าข้อมูลในรายละเอียดของขนาดและชนิดของประเภทรถยนต์ต่างๆ ที่มีใช้กันอยู่ในประเทศไทย จากสถิติข้อมูลของรถจดทะเบียนดังที่กล่าวมาแล้วนั้น พบว่ารถยนต์ที่ใช้กันอย่างทั่วไปในประเทศไทยมีอยู่ 3 ประเภท ได้แก่ รถขนาดเล็ก รถกระบะ และรถตู้ จากการวิเคราะห์และการรวบรวมข้อมูลสามารถจัดแสดงขนาดของมิติต่างๆ และน้ำหนักของรถยนต์ทั้ง 3 ประเภทได้ ดังแสดงในตารางที่ 1 [3]

ตารางที่ 1 แสดงมิติและน้ำหนักของของรถยนต์ประเภทต่างๆ ที่มีมิติมากที่สุด และลำดับรองลงมา

ประเภทรถยนต์	WxHxL (mm x mm x mm)	ฐานล้อ (mm)	น้ำหนักรถยนต์ (kg)
รถขนาดเล็ก			
MERCEDES 350SL	2,130 x 1,493 x 5,246	3,165	1,995
HONDA ACCORD	1,854 x 1,435 x 4,813	2,725	1,601
รถกระบะ			
CHEVROLET COLORADO	1,886 x 1,794 x 5,403	3,258	1,995
FORD RANGER	1,850 x 1,815 x 5,359	3,220	2,063
รถตู้			
TOYOTA COMMUTER	1,880 x 2,285 x 5,380	3,110	2,110
MAZDA MAZDA 5	1,750 x 1,615 x 4,585	2,750	1,572

3.2 ผลการพัฒนาที่จอดรถอัจฉริยะ

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วการพัฒนาที่จอดรถอัจฉริยะนั้นใช้วิธีการพัฒนาและปรับปรุงชิ้นส่วนเครื่องจักรกล กลไก และอุปกรณ์ของที่จอดรถอัจฉริยะแบบเดิม ซึ่งเป็นแบบที่จอดรถอัจฉริยะของบริษัท คอนสโก เอ็นเตอร์ไพรเซส จำกัด ที่นำเข้าจากประเทศจีน โดยมีรูปแบบเป็นที่จอดรถอัจฉริยะประเภทเลื่อนและยกให้เหมาะสมกับการใช้งานกับระบบจราจรและการขนส่งของประเทศไทย

ในการพัฒนาที่จอดรถอัจฉริยะดังที่ได้กล่าวมาแล้วนั้นมีการมุ่งเน้นการพัฒนาอุปกรณ์ กลไก และชิ้นส่วนในส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วนประกอบ คือ 1) ถาดจอดรถยนต์ 2) ระบบส่งกำลังในการขับเคลื่อนถาดจอดรถยนต์ และ 3) โครงสร้างของที่จอดรถอัจฉริยะ สามารถจัดแสดงได้ในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ชิ้นส่วนหลักของที่จอดรถอัจฉริยะแบบหน่วยแยก

การวิจัยได้เลือกใช้วัสดุเหล็กกล้ามาตรฐาน SS-41 มาเป็นวัสดุในการพัฒนาถาดจอดรถยนต์ และโครงสร้างของที่จอดรถอัจฉริยะ ซึ่งเหล็กกล้าชนิดนี้สามารถหาได้ง่ายในท้องตลาดในประเทศ โดยมีคุณสมบัติดังแสดงในตารางที่ 2 [4]

ตารางที่ 2 คุณสมบัติของเหล็กกล้ามาตรฐาน SS-41

คุณสมบัติ	หน่วย
โมดูลัสยืดหยุ่น (Elastic Modulus)	200 GPa
อัตราส่วนปัวซอง (Poisson's Ratio)	0.394
โมดูลัสเฉือน (Shear Modulus)	318.9 MPa
ความหนาแน่น (Mass Density)	7,700 kg/m ³
ค่าความแข็งแรงต้านการดึง (Tensile Strength)	410 MPa
ค่าความแข็งแรงต้านจุดดคลาก (Yield Strength)	328 MPa

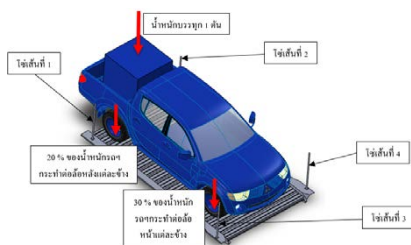
3.2.1 ผลการพัฒนาถาดจอดรถยนต์

1) การกำหนดมิติของถาดจอดรถยนต์

ถาดจอดรถยนต์เป็นส่วนประกอบเริ่มต้นที่สำคัญที่จะนำมาพิจารณาในการพัฒนา เนื่องจากถาดจอดรถยนต์เป็นส่วนประกอบที่รับภาระโดยตรงจากน้ำหนักของรถยนต์ อ้างอิงจากผลของการศึกษาค้นคว้าข้อมูลในรายละเอียดของขนาดและชนิดของประเภทรถยนต์ต่างๆ ที่มีใช้กันอยู่ในประเทศไทย ดังแสดงในตารางที่ 1 ดังนั้นจึงกำหนดขนาดของถาดจอดรถยนต์มีมิติดังนี้ คือ 1) ความกว้างของถาดจอดรถยนต์เท่ากับ 2,260 mm 2) ความยาวเท่ากับ 4,164 mm และยังได้เพิ่มความหนาของถาดจอดรถยนต์ให้กับส่วนที่โซ่ยึดเข้ากับถาดจอดรถยนต์

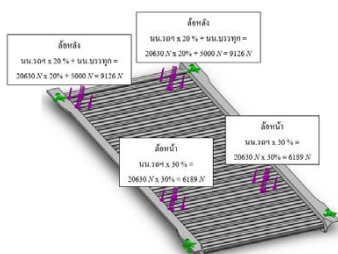
2) การวิเคราะห์ความแข็งแรงของถาด จอตรถยนต์

การพิจารณาหาแรงที่กระทำต่อถาดจอตรถยนต์เนื่องจากน้ำหนักของรถยนต์นั้นกำหนดให้น้ำหนักโดยรวมของรถยนต์มีการกระจายน้ำหนักไปที่ล้อหน้าประมาณ 60% และกระจายน้ำหนักไปที่ล้อหลังประมาณ 40% [3] สำหรับการพิจารณาน้ำหนักบรรทุกที่อยู่ภายในรถยนต์นั้นพิจารณาจากความสามารถในการบรรทุกน้ำหนักของรถกระบะเท่ากับ 1 ตัน และกำหนดให้น้ำหนักบรรทุกทั้งหมดขนาด 1 ตันกระทำไปที่ล้อหลังของรถกระบะ ดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 แสดงภาพการวิเคราะห์ขนาดของแรงที่กระทำต่อถาดจอตรถยนต์

การวิเคราะห์ความแข็งแรงได้ดำเนินการวิเคราะห์ความแข็งแรงภายใต้แรงที่กระทำแบบสถิตย์ (Static Load) โดยกำหนดจุดยึดบริเวณรูสำหรับยึดโซ่ และมีภาระเนื่องจากน้ำหนัก โดยจัดแสดงภาพผังวัตถุอิสระ (Free Body Diagram) ของถาดจอตรถยนต์ดังภาพที่ 7



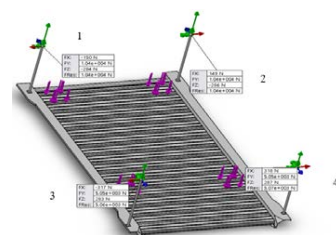
ภาพที่ 7 ผังวัตถุอิสระของถาดจอตรถยนต์

จะเห็นได้ว่าบริเวณช่วงรูยึดโซ่จะมีค่าความเค้น Von Mises สูงสุดเท่ากับ 175.5 MPa รองลงมา คือ บริเวณกึ่งกลางของขอบด้านซ้ายและขวา โดยมีค่าความเค้น Von Mises ไม่เกิน 13.16 MPa ดังแสดงในภาพที่ 8 ดังนั้นจากผลการวิเคราะห์ความแข็งแรงนั้นเห็นว่าค่าความเค้น Von Mises ที่เกิดขึ้นบนถาดจอตรถยนต์นั้นมีค่าน้อยกว่าค่าความแข็งแรงด้านจุดศูนย์กลางของวัสดุ



ภาพที่ 8 ผลการวิเคราะห์การกระจายของค่าความเค้นในถาดจอตรถยนต์

และได้วิเคราะห์หาแรงที่กระทำต่อโซ่แต่ละเส้นที่ใช้ในการยกถาดจอตรถยนต์ดังแสดงในภาพที่ 6 พบว่าแรงที่กระทำต่อโซ่ในแนวตั้งในโซ่เส้นที่ 1 2 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 10,400 N, 10,400 N, 5,050 N และ 5,050 N ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 9



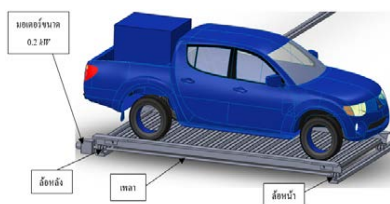
ภาพที่ 9 ผลการวิเคราะห์แรงรับของโซ่

3.2.2. ผลการพัฒนาระบบส่งกำลังในการขับเคลื่อนถาดจอตรถยนต์

ที่จีโอดรอกอ์ดริยะต้นแบบมีจำนวน 2 ชั้น ในชั้นที่ 1 ใช้ระบบขับเคลื่อนถาดจอตรถยนต์ในแนวนอนเพียงระบบเดียว และชั้นที่ 2 ใช้ระบบขับเคลื่อนถาดจอตรถยนต์ในแนวตั้งเพียงระบบเดียว

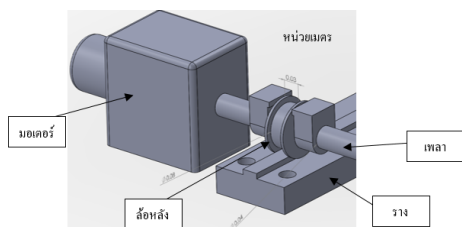
1) ระบบขับเคลื่อนถาดจอตrolleyยนต์ในแนวนอนสำหรับถาดจอตrolleyยนต์ชั้นที่ 1

ระบบขับเคลื่อนในแนวนอนจะใช้ระบบล้อและรางเหมือนกับระบบของที่จอตrolleyจอตrolleyแบบเดิมโดยจะมีพื้นที่ว่างแทนถาดจอตrolleyยนต์ในชั้นที่ 1 จำนวน 1 คัน เพื่อเป็นพื้นที่ไว้สำหรับการเคลื่อนที่ของถาดจอตrolleyยนต์ ซึ่งเป็นระบบที่ง่ายไม่ซับซ้อน สามารถสร้างได้ง่ายภายในประเทศ ทั้งนี้รูปแบบของการขับเคลื่อนของถาดจอตrolleyยนต์ในแนวนอนโดยใช้ระบบล้อและรางนั้นจะทำงานได้โดยมอเตอร์จะขับเคลื่อนให้หมุนเคลื่อนที่ไปตามแนวรางซึ่งสามารถจัดแสดงได้ดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 กลไกของระบบขับเคลื่อนถาดจอตrolleyยนต์ในแนวนอน

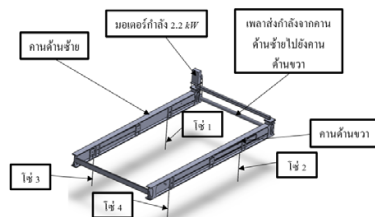
เนื่องจากได้เลือกใช้มอเตอร์ขนาด 0.2 kW มีความเร็วรอบเท่ากับ 24 rpm เป็นเคลื่อนต้นกำลังในการขับเคลื่อนระบบการเคลื่อนที่ในแนวนอนของถาดจอตrolleyยนต์ ดังนั้นจากเหตุผลดังกล่าวจึงกำหนดใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของล้อมีค่าเท่ากับ 80 mm และมีความกว้างของหน้าสัมผัสระหว่างล้อและรางมีค่าเท่ากับ 30 mm ซึ่งมีมิติต่างๆ เท่ากับที่จอตrolleyจอตrolleyแบบเดิม ดังแสดงในภาพที่ 11



ภาพที่ 11 แสดงขนาดมิติของล้อและเพล

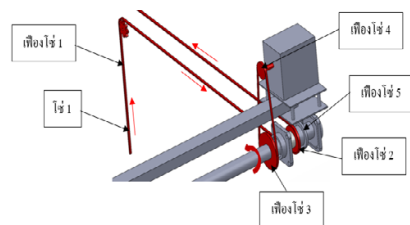
2) ระบบขับเคลื่อนถาดจอตrolleyยนต์ในแนวดิ่ง สำหรับถาดจอตrolleyยนต์ชั้นที่ 2

ระบบขับเคลื่อนถาดจอตrolleyยนต์ในแนวดิ่งสามารถจัดแสดงรูปแบบของการขับเคลื่อนได้ดังแสดงในภาพที่ 12 ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีโซ่ที่ใช้ยกถาดจอตrolleyยนต์ในแนวดิ่งจำนวน 4 เส้น โดยโซ่ 1 และโซ่ 2 ทำหน้าที่ยกถาดจอตrolleyยนต์ด้านหลัง โซ่ 3 และโซ่ 4 ทำหน้าที่ยกถาดจอตrolleyยนต์ด้านหน้า ซึ่งโซ่ทั้งหมดจะต้องทำงานสัมพันธ์กันในการเคลื่อนที่เพื่อส่งถาดจอตrolleyยนต์ของชั้นที่ 2 ไปยังชั้นที่ 1 โดยชั้นที่ 1 จะต้องมีความกว้างเพื่อรองรับถาดจอตrolleyยนต์ของชั้นที่ 2



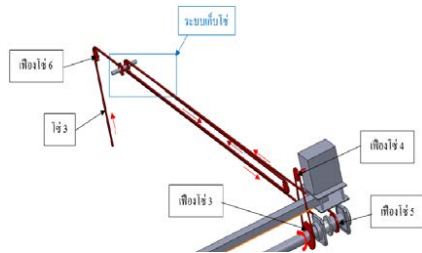
ภาพที่ 12 แสดงระบบขับเคลื่อนถาดในแนวดิ่งโดยใช้โซ่จำนวน 4 เส้น

ในภาพที่ 13 แสดงกลไกของระบบส่งกำลังของโซ่ด้านหลัง (โซ่ 1 และโซ่ 2) ซึ่งใช้มอเตอร์ต้นกำลังขนาด 2.2 kW มีความเร็วเท่ากับ 22 rpm (เป็นมอเตอร์ต้นกำลังแบบเดิมที่ใช้กับที่จอตrolleyจอตrolleyแบบเดิม) ขับเคลื่อนเฟืองโซ่ 4 และถ่ายทอดกำลังผ่านโซ่ไปยังเฟืองโซ่ 3 ที่ประกอบติดกับเพลาส่งกำลังและจะมีเฟืองโซ่ 2 ที่ประกอบติดตั้งอยู่บนเพลาส่งกำลังเช่นกันถ่ายทอดกำลังไปยังเฟืองโซ่ 1 เพื่อยกถาดจอตrolleyยนต์ต่อไป



ภาพที่ 13 กลไกของระบบส่งกำลังของโซ่ด้านหลัง

ส่วนกลไกของระบบส่งกำลังของโซ่ด้านหน้า (โซ่ 3 และโซ่ 4) แสดงได้ดังภาพที่ 14 เฟืองโซ่ 5 ที่ประกอบติดตั้งอยู่บนเพลาส่งกำลังถ่ายทอดกำลังไปยังโซ่ 3 ผ่านเฟืองโซ่ 6 เพื่อยกภาคจอตrolleyนต นอกจากนี้จะเห็นได้ว่าจะมีระบบเก็บโซ่ ซึ่งเคลื่อนที่ไปพร้อมกับโซ่เส้นบนตลอดเวลา



ภาพที่ 14 กลไกของระบบส่งกำลังของโซ่ด้านหน้า

หลังจากนั้นได้ดำเนินการเลือกขนาดของโซ่ โดยใช้แรงที่กระทำต่อโซ่ตามที่ไดกล่าวมาแล้วในภาพที่ 7 มาเลือกขนาดของโซ่ตามคุณลักษณะของโซ่ของบริษัท มิซูมิ จำกัด (ไทยแลนด์) ดังแสดงในภาพที่ 15

Features: JSA Type 1 chain. Selectable for desired number of links.

Standard Roller Chains

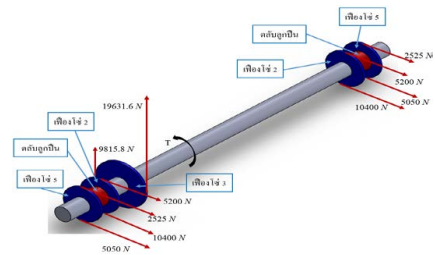
Number of Links Configuration

Part Number	Pitch	P	h	m	T	Q	W	Max. Allowable Speed (m/min)	Unit Price (per link or 100 links)	Ordering Code
15	4.75	3.35	3.85	4.40	0.57	1.62	2.48	4.3	0.31	CHE 15
25	4.75	3.35	3.85	4.40	0.75	2.20	3.50	3.8	0.44	CHE 25
35	5.00	3.70	4.20	4.75	1.25	3.50	5.00	3.8	0.76	CHE 35
45	5.00	3.70	4.20	4.75	1.50	3.80	5.50	3.7	0.93	CHE 45
55	5.00	3.70	4.20	4.75	2.00	4.20	6.00	3.6	1.10	CHE 55
65	5.00	3.70	4.20	4.75	2.50	4.50	6.50	3.5	1.27	CHE 65
75	5.00	3.70	4.20	4.75	3.00	4.80	7.00	3.4	1.44	CHE 75
85	5.00	3.70	4.20	4.75	3.50	5.10	7.50	3.3	1.61	CHE 85
95	5.00	3.70	4.20	4.75	4.00	5.40	8.00	3.2	1.78	CHE 95
105	5.00	3.70	4.20	4.75	4.50	5.70	8.50	3.1	1.95	CHE 105
115	5.00	3.70	4.20	4.75	5.00	6.00	9.00	3.0	2.12	CHE 115
125	5.00	3.70	4.20	4.75	5.50	6.30	9.50	2.9	2.29	CHE 125
135	5.00	3.70	4.20	4.75	6.00	6.60	10.00	2.8	2.46	CHE 135
145	5.00	3.70	4.20	4.75	6.50	6.90	10.50	2.7	2.63	CHE 145
155	5.00	3.70	4.20	4.75	7.00	7.20	11.00	2.6	2.80	CHE 155
165	5.00	3.70	4.20	4.75	7.50	7.50	11.50	2.5	2.97	CHE 165
175	5.00	3.70	4.20	4.75	8.00	7.80	12.00	2.4	3.14	CHE 175
185	5.00	3.70	4.20	4.75	8.50	8.10	12.50	2.3	3.31	CHE 185
195	5.00	3.70	4.20	4.75	9.00	8.40	13.00	2.2	3.48	CHE 195
205	5.00	3.70	4.20	4.75	9.50	8.70	13.50	2.1	3.65	CHE 205
215	5.00	3.70	4.20	4.75	10.00	9.00	14.00	2.0	3.82	CHE 215
225	5.00	3.70	4.20	4.75	10.50	9.30	14.50	1.9	3.99	CHE 225
235	5.00	3.70	4.20	4.75	11.00	9.60	15.00	1.8	4.16	CHE 235
245	5.00	3.70	4.20	4.75	11.50	9.90	15.50	1.7	4.33	CHE 245
255	5.00	3.70	4.20	4.75	12.00	10.20	16.00	1.6	4.50	CHE 255
265	5.00	3.70	4.20	4.75	12.50	10.50	16.50	1.5	4.67	CHE 265
275	5.00	3.70	4.20	4.75	13.00	10.80	17.00	1.4	4.84	CHE 275
285	5.00	3.70	4.20	4.75	13.50	11.10	17.50	1.3	5.01	CHE 285
295	5.00	3.70	4.20	4.75	14.00	11.40	18.00	1.2	5.18	CHE 295
305	5.00	3.70	4.20	4.75	14.50	11.70	18.50	1.1	5.35	CHE 305
315	5.00	3.70	4.20	4.75	15.00	12.00	19.00	1.0	5.52	CHE 315
325	5.00	3.70	4.20	4.75	15.50	12.30	19.50	0.9	5.69	CHE 325
335	5.00	3.70	4.20	4.75	16.00	12.60	20.00	0.8	5.86	CHE 335
345	5.00	3.70	4.20	4.75	16.50	12.90	20.50	0.7	6.03	CHE 345
355	5.00	3.70	4.20	4.75	17.00	13.20	21.00	0.6	6.20	CHE 355
365	5.00	3.70	4.20	4.75	17.50	13.50	21.50	0.5	6.37	CHE 365
375	5.00	3.70	4.20	4.75	18.00	13.80	22.00	0.4	6.54	CHE 375
385	5.00	3.70	4.20	4.75	18.50	14.10	22.50	0.3	6.71	CHE 385
395	5.00	3.70	4.20	4.75	19.00	14.40	23.00	0.2	6.88	CHE 395
405	5.00	3.70	4.20	4.75	19.50	14.70	23.50	0.1	7.05	CHE 405

ภาพที่ 15 คุณลักษณะของโซ่ของบริษัท มิซูมิจำกัด (ไทยแลนด์)

ตารางที่ 3 แสดงค่าต่างๆ ของเฟืองโซ่ของระบบส่งกำลัง

	เฟืองโซ่ 4	เฟืองโซ่ 3	เฟืองโซ่ 2	เฟืองโซ่ 1	เฟืองโซ่ 5	เฟืองโซ่ 6
จำนวนฟัน	14	24	14	12	14	12
เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)	114.15	194.57	114.15	98.14	114.15	98.14
ความเร็วเชิงมุม (rad/s)	2.304	1.344	1.344	1.568	1.344	1.568
ความเร็วเชิงมุม (rpm)	22	12.833	12.833	14.972	12.833	14.972
ความเร็วเชิงเส้น (m/min)	7.889	7.844	4.602	4.616	4.602	4.616



ภาพที่ 16 ภาพผังวัตถุอิสระของเพลาส่งกำลังของระบบขับเคลื่อนในแนวตั้ง

เนื่องจากแรงที่กระทำต่อโซ่สูงสุดมีค่าเท่ากับ 10,400 N ดังนั้นจากภาพที่ 15 จึงเลือกใช้โซ่ขนาด 80B โดยที่โซ่ขนาด 80B สามารถรับแรงดึงได้สูงสุดเท่ากับ 14,710 N

เมื่อเลือกโซ่ขนาด 80B มาใช้เป็นโซ่ส่งกำลังแล้ว จึงต้องเลือกใช้เฟืองโซ่ต่างๆ ให้เหมาะสมแสดงดังตารางที่ 3 เพื่อทำให้ความเร็วของการยกภาคจอตrolleyนตขึ้นไปในแนวตั้งมีค่าเท่ากับ 5 m/min ซึ่งมีค่าเท่ากับที่จอตrolleyนตแบบเดิม พบว่าเฟืองโซ่ที่ทำหน้าที่ถ่ายทอดกำลังไปยังโซ่ทั้ง 4 เส้น เพื่อยกภาคจอตrolleyนตขึ้นในแนวตั้ง (เฟืองโซ่ 1 และเฟืองโซ่ 6) นั้นมีความเร็วเท่ากับ 4.602 m/min ซึ่งมีความเร็วใกล้เคียงกับความเร็วในการยกภาคจอตrolleyนตขึ้นในแนวตั้งของที่จอตrolleyนตแบบเดิม ซึ่งมีค่าเท่ากับ 5 m/min

การถ่ายทอดกำลังของเพลาส่งกำลังแสดงดังภาพที่ 16 โดยแรงที่กระทำต่อเฟืองโซ่นั้นประกอบด้วยกัน 2 แรง 1) แรงดึงโซ่ด้านตึง 2) แรงดึงโซ่ด้านหย่อน ทั้งนี้กำหนดให้โซ่ด้านตึงนั้นมีแรงกระทำเป็นสองเท่าของโซ่ด้านหย่อน แรงที่กระทำต่อเฟืองโซ่ 2 และเฟืองโซ่ 5 ดังกล่าวแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แรงที่กระทำต่อเฟืองโซ่ 2 และเฟืองโซ่ 5

	เฟืองโซ่ 2		เฟืองโซ่ 5	
	โซ่ด้าน ตึง (kN)	โซ่ด้าน หย่อน (kN)	โซ่ด้าน ตึง (kN)	โซ่ด้าน หย่อน (kN)
แรงตึงโซ่	10.4	5.2	5.05	2.525

ตารางที่ 5 แสดงรายละเอียดของมิติและน้ำหนักของเฟืองโซ่บนเพลาส่งกำลัง จะเห็นได้ว่าน้ำหนักของเฟืองที่มากที่สุดมีค่าเท่ากับ 4.525 kg หรือเท่ากับ 45.25 N และจากภาพที่ 16 เมื่อเปรียบเทียบแรงสูงที่สุดที่กระทำต่อเพลาส่งกำลังที่มีค่าเท่ากับ $10,400 + 5,200 = 15,600 \text{ N}$ เห็นได้ว่าแรงกระทำจากน้ำหนักของเฟืองโซ่นั้นมีค่าน้อยกว่าแรงที่กระทำต่อเพลามาก ดังนั้นจะไม่นำแรงกระทำจากน้ำหนักมาเป็นส่วนประกอบในการคำนวณ

ตารางที่ 5 รายละเอียดของมิติและน้ำหนักของเฟืองโซ่บนเพลาส่งกำลัง

	เฟืองโซ่ 2	เฟืองโซ่ 3	เฟืองโซ่ 5
เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)	114.15	194.57	114.15
น้ำหนัก (kg)	2.15	4.525	2.15

แรงบิดที่เกิดขึ้นบนเฟืองโซ่ 2 พิจารณาได้จากแรงตึงโซ่ด้านตึงและด้านหย่อนในตารางที่ 4 ดังนี้

$$T = F \frac{d_p}{2}$$

$$T = (5,050 - 2,525) \left(\frac{0.114}{2} \right)$$

$$T_{\text{เฟืองโซ่ 2}} = 144.114 \text{ N} \cdot \text{m}$$

แรงบิดที่เกิดขึ้นบนเฟืองโซ่ 5 พิจารณาได้จากแรงตึงโซ่ด้านตึงและด้านหย่อนในตารางที่ 4 ดังนี้

$$T = F \frac{d_p}{2}$$

$$T = (10,400 - 5,200) \left(\frac{0.114}{2} \right)$$

$$T_{\text{เฟืองโซ่ 5}} = 296.79 \text{ N} \cdot \text{m}$$

ดังนั้นแรงบิดรวมที่เฟืองโซ่ 3

$$T_{\text{เฟืองโซ่ 3}} = 2T_{\text{เฟืองโซ่ 2}} + 2T_{\text{เฟืองโซ่ 5}}$$

$$= 2(144.114) + 2(296.79)$$

$$= 881.808 \text{ N} \cdot \text{m}$$

จากภาพที่ 16 มอเตอร์ที่ใช้ในการส่งกำลังไปยังเฟืองโซ่ 3 มีขนาดเท่ากับ 2.2 kW ทำงานที่ความเร็วรอบเท่ากับ 22 rpm ดังนั้นแรงบิดที่สามารถส่งกำลังได้โดยมอเตอร์ต้นกำลังดังกล่าวมีขนาดเท่ากับ

$$P = T\omega$$

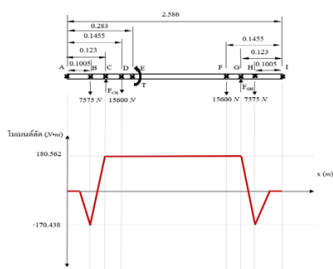
$$2,200 = \left(\frac{22(2\pi)}{60} \right) T$$

$$T_{\text{มอเตอร์}} = 954.93 \text{ N} \cdot \text{m}$$

เนื่องจาก $T_{\text{มอเตอร์}} > T_{\text{เฟืองโซ่ 3}}$ ดังนั้นมอเตอร์ที่เลือกใช้งานมีขนาดเพียงพอต่อความต้องการในการทำงาน

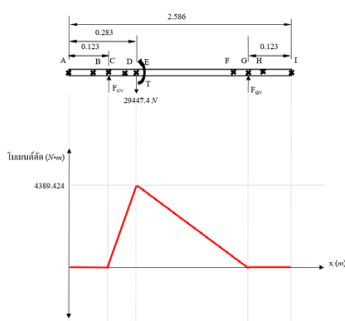
จากภาพที่ 16 แสดงภาวะที่กระทำโดยรวมต่อเพลาส่งกำลังซึ่งภาเรดังกล่าวประกอบไปด้วยแรงที่กระทำจากแนวแกน 2 แกน ดังนั้นในการวิเคราะห์ออกแบบหาขนาดของเพล่าจะวิเคราะห์แรงที่กระทำในแต่ละแนวแกน คือ 1) ภาเรที่กระทำต่อเพลาส่งกำลังในแนวแกนนอน และ 2) ภาเรที่กระทำต่อเพลาส่งกำลังในแนวแกนตั้ง

การวิเคราะห์คำนวณหาโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นในเพลาส่งกำลังในแกนนอนของระบบขับเคลื่อนในแนวดิ่งดังแสดงในภาพที่ 17



ภาพที่ 17 แสดงค่าของโมเมนต์ดัด
ที่ตำแหน่งต่างๆ บนเพลาส่งกำลังในแกนนอน
ของระบบขับเคลื่อนในแนวดิ่ง

การวิเคราะห์คำนวณหาโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้น
ในเพลาส่งกำลังในแกนดิ่งของระบบขับเคลื่อนใน
แนวดิ่งดังแสดงในภาพที่ 18



ภาพที่ 18 แสดงค่าของโมเมนต์ดัด
ที่ตำแหน่งต่างๆ บนเพลาส่งกำลังในแกนดิ่ง
ของระบบขับเคลื่อนในแนวดิ่ง

ดังนั้นจากภาพที่ 17 และภาพที่ 18 พบว่า
โมเมนต์ดัดสูงสุดจะเกิดขึ้นที่จุด D มีขนาดเท่ากับ

$$M_{max} = \sqrt{M_{แนวนอน}^2 + M_{แนวดิ่ง}^2}$$

$$= \sqrt{180.562^2 + 4389.424^2}$$

$$= 4383.136 \text{ N} \cdot \text{m}$$

และจากภาพที่ 16 แรงบิดสูงสุดเกิดขึ้นที่
เฟืองโซ่ 3 และมีขนาดเท่ากับ

$$T_{max} = T_{เฟืองโซ่ 3} = 2T_{เฟืองโซ่ 2} + 2T_{เฟืองโซ่ 5}$$

$$= 2(144.114) + 2(296.79)$$

$$= 881.808 \text{ N} \cdot \text{m}$$

สำหรับตัวแปรอื่นๆ ของสมการ ASME
ที่ใช้ในการหาขนาดของเพลาคำค่าดังต่อไปนี้ [5]

เนื่องจากเพลาส่งกำลังดังกล่าวเป็นเพลาดัน
มีร่องลิ่มดังนั้น

$$T_d = (0.3)(0.75)\sigma_y \quad (3)$$

เนื่องจากเพลาคำที่ใช้ทำจากเหล็กกล้า SS-41
มี $\sigma_y = 328 \text{ MPa}$ ดังนั้น

$$\tau_d = (0.3)(0.75)\sigma_y = (0.3)(0.75)(328) = 73.8 \text{ MPa}$$

เนื่องจากเพลาส่งกำลังดังกล่าวเป็นเพลาดัน
หมุนพิจารณาในกรณีที่มีแรงกระทำแบบกระตุก ดังนั้น

$$C_t = 3 \text{ และ } C_m = 3$$

จากสมการ ASME ที่ใช้ในการหาขนาด
ของเพลาคำ

$$d^3 = \frac{16}{\pi \tau_d} ((C_t T)^2 + (C_m M)^2)^{1/2}$$

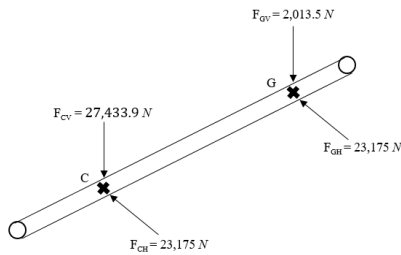
แทนค่า

$$d^3 = \frac{16}{(73.8 \times 10^6) \pi} (((3)(881.808))^2 + ((3)(4383.136))^2)^{1/2}$$

$$d = 53 \text{ mm}$$

ดังนั้นจากการคำนวณข้างต้นจึงเลือกใช้
เพลามาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 55 mm

หลังจากได้ขนาดของเพลาลำแล้วจึงออกแบบ
ตลับลูกปืน โดยคัดเลือกขนาดของตลับลูกปืน [7]
เพื่อที่ใช้รองรับเพลาส่งกำลังที่ตำแหน่ง C และ G
ดังแสดงในภาพที่ 19



ภาพที่ 19 แสดงแรงปฏิกิริยาที่กระทำต่อ
ตลับลูกปืนและเพลาส่งกำลัง

ตัวแปรสำคัญในการคัดเลือกขนาดของ
ตลับลูกปืนมีดังต่อไปนี้ [6]

ความเร็วเชิงมุมของเพลาส่งกำลัง:

$$\omega = 12.833 \text{ rpm} = 1.344 \text{ rad/s}$$

ค่าตัวประกอบสำหรับลูกปืนภายใต้แรง
กระตุกปานกลาง:

$$K_a = 1$$

ระยะเวลาการใช้งานที่สามารถรับได้:

$$L_R = 90 \times 10^6 \text{ รอบ และ } K_r = 1$$

ระยะเวลาการใช้งาน 8 ชั่วโมงต่อวัน ($C = 25,000$
ชั่วโมง):

$$L = C\omega$$

$$L = (25,000 \text{ ชั่วโมง})(60 \text{ นาที/ชั่วโมง})(12.833 \text{ rpm}) \\ = 19.25 \times 10^6 \text{ รอบ}$$

จากภาพที่ 18 ภาระรวมที่กระทำต่อตลับ
ลูกปืน C และตลับลูกปืน G สามารถหาได้จาก

$$F_C = \sqrt{F_{CV}^2 + F_{CH}^2} = \sqrt{27,433.9^2 + 23,175^2} \\ = 35,912.4 \text{ N}$$

และ

$$F_G = \sqrt{F_{GV}^2 + F_{GH}^2} = \sqrt{2,013.5^2 + 23,175^2} \\ = 23,262.3 \text{ N}$$

เนื่องจาก $F_C > F_G$ ดังนั้นจึงออกแบบ
คัดเลือกตลับลูกปืนที่ตำแหน่ง C

$$F_r = F_c = 35,912.4 \text{ N}$$

เนื่องจากไม่มีแรงในแนวแกนของเพลาส่งกำลัง ดังนั้น $F_t = 0$ และเนื่องจาก $0 < F_t / F_r < 0.35$ ดังนั้นแรงเทียบเท่าที่กระทำต่อตลับลูกปืน (Pure Radial Equivalent Load, F_e)

$$F_e = F_r = 35.912 \text{ kN}$$

ความสามารถในการรับภาระของตลับลูกปืน
คำนวณได้จาก

$$C_{req} = F_e K_a \left(\frac{L}{K_r L_R} \right)^{0.3}$$

$$C_{req} = (35.912)(1) \left(\frac{19.25 \times 10^6}{(1)(90 \times 10^6)} \right)^{0.3} \\ = 22.61 \text{ kN}$$

ในการออกแบบหาขนาดของเพลาดังที่ได้
กล่าวมาแล้วในข้างต้นได้เลือกใช้เพลขนาด 55 mm
ดังนั้นเพื่อให้เกิดความสอดคล้องจึงเลือกใช้ตลับลูกปืน
แบบ Roller ที่มีขนาด 1300 Medium Series ซึ่ง
มีค่าของความสามารถในการรับภาระของตลับลูกปืน
เท่ากับ 27.1 kN

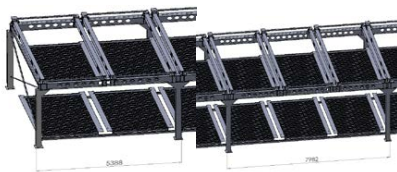
3.2.3 ผลการพัฒนาโครงสร้างของที่จอดรถ อัจฉริยะ

1) การกำหนดมิติของโครงสร้างที่จอดรถ อัจฉริยะ

จากตารางที่ 1 พบว่าขนาดความสูงที่มาก
ที่สุดมีค่าเท่ากับ 2,285 mm และรถยนต์ที่มีความยาว
มากที่สุดของข้อมูลเท่ากับ 5,403 mm เนื่องจากภายใน
ที่จอดรถอัจฉริยะนั้นต้องการพื้นไว้สำหรับทางเดินสายไฟ
รวมถึงตู้ควบคุมการทำงานของระบบ ดังนั้นจึงกำหนด
ขนาดของโครงสร้างที่จอดรถอัจฉริยะให้มีมิติดังนี้ คือ
1) ความสูงระหว่างชั้นของที่จอดรถอัจฉริยะมีขนาด
เท่ากับ 2,378 mm และ 2) ความยาวของที่จอดรถ
อัจฉริยะมีขนาดเท่ากับ 6,100 mm

หลักจากกำหนดขนาดของโครงสร้างที่จอดรถอัจฉริยะเรียบร้อยแล้ว จึงออกแบบที่จอดรถอัจฉริยะเป็นแบบหน่วยแยก โดยหน่วยแยกแต่ละหน่วยสามารถนำไปประกอบเข้าด้วยกันได้ ทั้งนี้เพื่อเป็นการเพิ่มต่อขยายของที่จอดรถฯ ให้เหมาะสมกับขนาดของพื้นที่ติดตั้งที่จอดรถอัจฉริยะมากที่สุด โดยออกแบบด้วยกัน 2 ประเภท 1) หน่วยแยกแบบ 2 คัน 2) หน่วยแยกแบบ 3 คัน

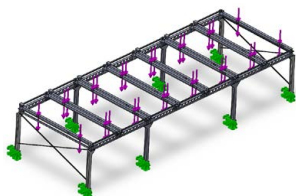
หน่วยแยกแบบ 2 คัน จะมีมิติของโครงสร้าง กว้าง x ยาว เท่ากับ $6.1\text{ m} \times 5.388\text{ m}$ และหน่วยแยกแบบ 3 คัน จะมีมิติของโครงสร้าง กว้าง x ยาว เท่ากับ $6.1\text{ m} \times 7.982\text{ m}$ ดังแสดงได้ในภาพที่ 20



ก) หน่วยแยกแบบ 2 คัน ข) หน่วยแยกแบบ 3 คัน
ภาพที่ 20 แสดงหน่วยแยกของที่จอดรถอัจฉริยะ

2) การวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงสร้างที่จอดรถอัจฉริยะ

การวิเคราะห์ความแข็งแรงจะวิเคราะห์ความแข็งแรงภายใต้แรงที่กระทำแบบสถิตย์ โดยกำหนดจุดยึดที่ฐานของเสา และมีการเนื่องจากแรงดึงโซ่บริเวณคานชั้นที่ 2 โดยจัดแสดงภาพผังวัตถุอิสระ โครงสร้างที่จอดรถอัจฉริยะดังภาพที่ 21



ภาพที่ 21 ภาพผังวัตถุอิสระของโครงสร้างที่จอดรถอัจฉริยะ

จะเห็นได้ว่าบริเวณเสาที่ยึดติดกันกับคานแนวนอนมีค่าความเค้น Von Mises สูงสุดเท่ากับ 174.7 MPa รองลงมา คือ บริเวณหน้าสัมผัสระหว่างคานที่รับแรงดึงโซ่และคานแนวนอน โดยมีค่าความเค้น Von Mises ไม่เกิน 13.16 MPa ดังแสดงในภาพที่ 22 ดังนั้นจากผลการวิเคราะห์ความแข็งแรงนั้นเห็นว่าค่าความเค้น Von Mises ที่เกิดขึ้นบนโครงสร้างที่จอดรถยนต์นั้นมีค่าน้อยกว่าค่าความแข็งแรงด้านจุดคลากของวัสดุ



ภาพที่ 22 ผลการวิเคราะห์การกระจายของความเค้นในโครงสร้างที่จอดรถอัจฉริยะ

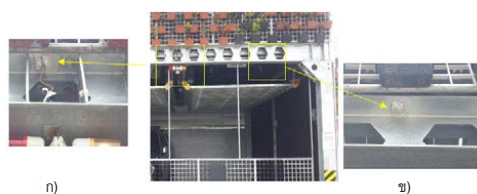
3.3 ผลการสร้างที่จอดรถอัจฉริยะต้นแบบ

ได้จากการร่วมปรึกษาหารือกับผู้ประกอบการวิศวกร และช่างประจำโรงงาน พิจารณาการสร้างที่จอดรถอัจฉริยะต้นแบบตามแบบพิมพ์เขียว

3.4 ผลการทดสอบและประเมินผลการทำงาน

ได้ทดสอบและประเมินผลที่จอดรถอัจฉริยะต้นแบบนี้ใน 2 รูปแบบ คือ 1) การเปรียบเทียบค่าความเค้นที่เกิดขึ้นจริงด้วยวิธีการวัด โดยใช้เกจวัดความเครียด (Strain Gauges) และผลที่เกิดขึ้นจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และ 2) การทดสอบด้วยการนำรถยนต์เข้าจอดด้วยปริมาณสูงสุดที่สามารถรับได้

1) ผลการเปรียบเทียบค่าความเค้นจากการวัดค่าความเครียดด้วยเกจวัดความเครียด และค่าความเค้นจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมในคอมพิวเตอร์ ได้ติดตั้งเกจวัดความเครียดแบบธรรมดาซึ่งสามารถวัดค่าได้ในเพียง 1 แกน ด้วยกัน 2 ตำแหน่ง เนื่องจากทั้ง 2 ตำแหน่งนั้นมีโมเมนต์ดัดเกิดขึ้นสูงที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 23 และแสดงการเปรียบเทียบดังแสดงในตารางที่ 6



ภาพที่ 23 แสดงตำแหน่งติดตั้งเกจวัดความเครียด

ตารางที่ 6 ค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัดด้วย
เกจวัดความเครียดและโปรแกรม
คอมพิวเตอร์

	เกจวัด ความเครียด (MPa)	โปรแกรม คอมพิวเตอร์ (MPa)	ค่า ความคลาด เคลื่อน (%)
ตำแหน่ง ก	24.7967	26.76	7.34
ตำแหน่ง ข	19.0312	20.64	8.45

จากตารางที่ 6 พบว่าค่าความเค้นที่เกิดขึ้นจริงนั้นมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำกว่าโดยเฉลี่ยประมาณ 7.895%

2) หลังจากได้สร้างที่จอดรถอัจฉริยะต้นแบบตามวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัยและพัฒนาที่จอดรถอัจฉริยะแบบหน่วยแยกแล้ว จึงได้ทดสอบความสามารถในการทำงานของที่จอดรถอัจฉริยะแบบหน่วยแยกต้นแบบ ดังภาพที่ 24 โดยการนำรถยนต์เข้าจอดด้วยปริมาณสูงสุดที่สามารถรับได้จำนวน 13 คัน



ภาพที่ 24 แสดงการทดสอบด้วยการใช้งาน
ที่จอดรถอัจฉริยะแบบหน่วยแยกต้นแบบ

จากการทดสอบความสามารถในการทำงานของที่จอดรถอัจฉริยะแบบหน่วยแยกต้นแบบ ผลปรากฏว่าที่จอดรถอัจฉริยะต้นแบบประเภทเลื่อนและยกนี้มีพื้นที่ขนาดความกว้าง x ความยาว เท่ากับ 6,100 mm x 18,458 mm สามารถรองรับรถยนต์ได้จำนวน 13 คัน ซึ่งโดยทั่วไปแล้วนั้นสามารถรองรับรถได้จำนวน 7 คันในพื้นที่ที่เท่ากัน

4. สรุป

ที่จอดรถอัจฉริยะประเภทเลื่อนและยกสามารถรองรับรถยนต์ที่นิยมใช้ในประเทศ ซึ่งที่จอดรถอัจฉริยะนี้ช่วยเพิ่มพื้นที่จอดรถยนต์ให้มากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ที่ติดตั้ง และหน่วยแยกแบบ 2 หน่วย และ 3 หน่วยนั้น สามารถประกอบเข้าด้วยกันเพื่อเพิ่มพื้นที่จอดรถยนต์ให้สอดคล้องกับพื้นที่ที่ต้องการติดตั้งโดยวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างที่จอดรถอัจฉริยะนั้นสามารถหาได้ง่ายในประเทศ

5. คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สมาคมเครื่องจักรกลไทย กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี บริษัทคอนสโกลเอนเตอร์ไพรส์จำกัด ที่ได้อนุเคราะห์สถานที่ เครื่องมือ อุปกรณ์ และยานพาหนะ รวมถึงความอนุเคราะห์งบประมาณ ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานรัฐบาลอิเล็กทรอนิกส์ (องค์การมหาชน) (สรอ.) .2016. จำนวนรถจดทะเบียน สะสม. <https://data.go.th/DatasetDetail.aspx?id=21372366-e78b-4d4a-b040-8a702eceddd5f&AspxAutoDetectCookieSupport=1>
- [2] สุธากร บุญเลิศไพศาล. 2555 การออกแบบพัฒนาเครื่องซักผ้าอุตสาหกรรมแบบปั่นหมาดในตัว. วิศวกรรมสาร มก. ปีที่ 24 ฉบับที่ 76, 2555
- [3] Edmunds. 2015. Road Test Specification. Available Source: <http://www.edmunds.com>, December 10, 2015
- [4] Longhai Special Steel Limited and Licensors. 2015. Carbon-Steel SS-41. Available Source: <http://www.steelgr.com/Steel-Grade/Carbon-Steel/ss41.html>, December 10, 2015
- [5] ัญญะ เกียรติวัฒน์. 2549. การออกแบบเครื่องจักรกล 1. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร
- [6] ัญญะ เกียรติวัฒน์. 2549. การออกแบบเครื่องจักรกล 2. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.