



เครื่องจำลองการชนคนเดินเท้า

วรวิทย์ วรรณาวิน  
ศุภชัย หลักคำ  
พิเชษฐ์ บุญญาลัย

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2558  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร



เครื่องจำลองการชนคนเดินเท้า

วรวิทย์ วรรณาวิน  
ศุภชัย หลักคำ  
พิเชษฐ์ บุญญาลัย

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2558  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อเรื่อง : เครื่องจำลองการชนคนเดินเท้า  
 ผู้วิจัย : นายวรวิทย์ วรรณาวิน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร  
 นายศุภชัย หลักคำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร  
 นายพิเชษฐ์ บุญญาลัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร  
 พ.ศ. : 2558

### บทคัดย่อ

ปัจจุบันอัตราการใช้รถยนต์เพิ่มมากขึ้นตามอัตราการขยายตัวทางเศรษฐกิจ ส่งผลเกิดความคับคั่งทางจราจร และความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุระหว่างรถยนต์กับคนเดินเท้ามีมากขึ้น โดยสถิติพบว่าเหยื่อที่เสียชีวิตส่วนใหญ่คือคนเดินเท้าที่ถูกรถยนต์ชนจากด้านหน้า จากปัญหาดังกล่าว คณะผู้วิจัยได้ตระหนักถึงความสำคัญ จึงได้ศึกษาความเป็นไปได้และสร้างเครื่องจำลองการชนระหว่างรถยนต์และขาคนเดินเท้าต้นแบบ เพื่อเป็นเครื่องมือในการจำลองและทดสอบ โดยอาศัยแผนการทดสอบ EURO NCAP (Pedestrian protection) มาเป็นแนวทางในการออกแบบ เครื่องทดสอบดังกล่าวสามารถปรับตำแหน่งการทดสอบได้ 3 แกน อีกทั้งมีชุดกลไกขับเคลื่อนอวัยวะจำลองความเร็วสูงซึ่งใช้มอเตอร์เชิงเส้น (Linear motor) เป็นต้นกำลังในการผลักรถจำลอง ในขณะที่ชุดผลักรถจำลองดังกล่าวสามารถปรับตั้งมุมปะทะได้ระหว่าง  $0^\circ$  ถึง  $65^\circ$  จากแนวระนาบ ผลการทดสอบชุดกลไกขับเคลื่อนอวัยวะจำลองความเร็วสูงของเครื่องทดสอบยังมีข้อจำกัดในการสร้างความเร็วเนื่องจากอุปกรณ์ต้นกำลังสามารถทำความเร็วสูงสุดได้เพียง  $3,000 \text{ mm/s}$  ด้วยอัตราเร่งสูงสุด  $19.46 \text{ mm/s}^2$  เท่านั้น แต่ยังสามารถทำงานได้ แม้กระนั้น คณะผู้จัดทำได้ออกแบบชุดผลักรถดังกล่าวให้รองรับการพัฒนาขีดความสามารถโดยการเพิ่มอุปกรณ์ต้นกำลังและระบบควบคุม โดยจะต้องเพิ่มอัตราเร่งสูงสุดเป็น  $35.06 \text{ m/s}^2$  ภายใต้อายุารางแม่เหล็ก  $1.76 \text{ m}$  เพื่อให้เทียบเท่าแผนการทดสอบ EURO NCAP (Pedestrian protection) ต่อไป

Title : Pedestrian protection testing machine  
Researcher : Mr.Vorawit Voranavin, Faculty of Engineering, RMUTP  
Mr.Supachai Lakkam, Faculty of Engineering, RMUTP  
Mr.Pichest Boonyalai, Faculty of Engineering, RMUTP  
Year : 2015

### ABSTRACT

Recently, the consumption rate of vehicle is continuously an increase as an economic growth. This not only causes the massive traffic but also effects on the accidental capacity, especially, the road accident between car and pedestrian. The most of victims who dead are Vulnerable Road Users are crashed by the front-end structure. Regarding this problem; the possibility of the Pedestrian Crash Simulator has studied and established following the Euro New Car Assessment Programs in Pedestrian Protection. This simulator can be adjusted in 3 axles of tested position. Besides, the body forms are used as impactors which are pushed the high speed drive unit via the iron less linear motor. In addition, the simulator can be adjusted from 0 to 65 of degree comparing the horizontal line. As a result, the limitation of the Pedestrian Crashed Simulator is linear speeds because of budget limitation. The highest of performance is not more than 3,000 mm/s with  $19.46 \text{ mm/s}^2$  of speeds and acceleration respectively. However, this simulator can be developed the ability by addition of the power unit and control equipment. The highest acceleration should be  $35.06 \text{ m/s}^2$  within 1.76 m. of magnetic track rail to equivalent the specified condition of the EURO NCAP (in Pedestrian protection).

### กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จด้วยการสนับสนุนทุนการวิจัยจากงบประมาณประจำปีงบประมาณ 2558 ทางคณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณต่อคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้ ตลอดจนขอขอบคุณผู้ที่ให้ความร่วมมือและให้ความอนุเคราะห์ทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวไว้ในที่นี้

คณะผู้วิจัย



## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	<b>1</b>
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 สมมติฐานและกรอบแนวคิดของการวิจัย	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
<b>บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</b>	<b>5</b>
2.1 การเคลื่อนที่ตามแนวเส้นตรง	5
2.2 ทฤษฎีโมเมนต์ตัดและแรงเฉือนของคาน	6
2.3 ค่าความปลอดภัย	7
2.4 สกรูส่งกำลัง	8
2.5 มอเตอร์เชิงเส้น	9
2.6 มอเตอร์	11
<b>บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย</b>	<b>15</b>
3.1 การศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง	16
3.2 การออกแบบโครงสร้างเครื่องจำลองการชนระหว่างรถยนต์และคนเดินเท้า	17
3.3 การออกแบบชุดขับเคลื่อนตามแนวแกน(X, Y, Z)	21
3.4 การออกแบบกลไกขับเคลื่อนอวัยวะจำลองความเร็วสูง	24
3.5 การสร้างเครื่องจำลองการชน	25
3.6 การเตรียมและวิธีทดสอบ	28

บทที่ 4 ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ข้อมูล	40
4.1 ผลการทดสอบ	40
4.2 สรุปผลการทดสอบ	43
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	44
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน	44
5.2 ปัญหาและอุปสรรค	45
5.3 ข้อเสนอแนะ	45
บรรณานุกรม	46
ภาคผนวก ก	47
ภาคผนวก ข	60
ประวัติผู้วิจัย	64



## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ค่าความปลอดภัย	8
3.1 Headform legform	16





## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 ยอดขายรถยนต์ภายในประเทศ ปี 2012	1
1.2 จำลองลักษณะการชนคนเดินเท้า	2
1.3 ลักษณะการทดสอบการชนคนเดินเท้าโดยสังเขป	3
1.4 ลักษณะโครงสร้างหลักโดยสังเขป	4
2.1 ระบบการรองรับของคานแบบง่าย	6
2.2 แรงกระจายสม้ำเสมอ	6
2.3 Simply supported beam มีแรงแบบจุดกระทำตรงกลาง	6
2.4 สกรูส่งกำลัง	8
2.5 Linear bushing	9
2.6 Slide guide	10
2.7 Ball screw	10
2.8 มอเตอร์ไฟฟ้า	11
2.9 สเต็ปป์มอเตอร์	11
2.10 เซอร์โวมอเตอร์	12
2.11 โรเตอร์	13
2.12 มอเตอร์เชิงเส้น	14
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน	15
3.2 ศีรษะจำลอง	16
3.3 ขาจำลอง	17
3.4 แผนการการทดสอบ EURO NCAP (Pedestrian Protection)	18
3.5 แบบจำลองโครงสร้างเครื่องจำลองการชน	18
3.6 คานรับน้ำหนัก	19
3.7 การพิจารณาสมดุลของคาน	19
3.8 แผนภาพโมเมนต์ตัด	20
3.9 การเคลื่อนตำแหน่งตามแนวแกน (X)	21
3.10 การเคลื่อนตำแหน่งตามแนวแกน (Y)	22
3.11 การเคลื่อนตำแหน่งตามแนวแกน (Z)	23
3.12 การเชื่อมโครงสร้างเครื่องจำลองการชน	25
3.13 การติดตั้งรางเลื่อน	26
3.14 การติดตั้งเซอร์โวมอเตอร์และสกรูส่งกำลัง	26
3.15 การติดตั้งมอเตอร์เชิงเส้น	27
3.16 Ironless Linear Motor	27
3.17 การติดตั้งตัวระบุตำแหน่ง	28

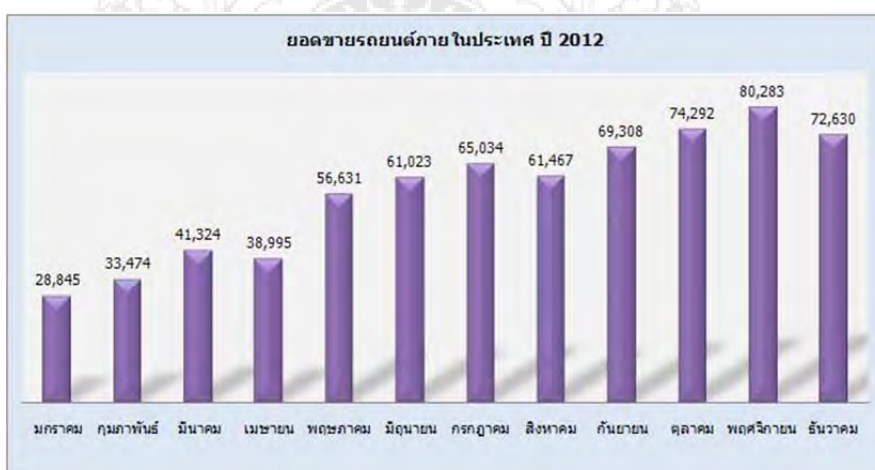
## สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.18 การกำหนดตำแหน่งองศาการทดสอบ	28
3.19 การยืดศีรษะจำลอง	29
3.20 การเคลื่อนตำแหน่งในแนวแกน (X, Y, Z)	29
3.21 การเปิดหัวข้อค้นหาอุปกรณ์ที่จะควบคุม	30
3.22 การค้นหาอุปกรณ์ที่จะควบคุม	30
3.23 การเชื่อมต่อระบบคอมพิวเตอร์เข้ากับอุปกรณ์ทดสอบ	31
3.24 โปรแกรมเชื่อมต่อระบบคอมพิวเตอร์เข้ากับอุปกรณ์ทดสอบ	31
3.25 Linear Motor Setup	32
3.26 การเลือก I Agree	32
3.27 การเลือก Upload	32
3.28 การเลือก Motor Settings	33
3.29 การเลือก External Encoder Settings	33
3.30 การเลือก Magnetic Pole Settings	34
3.31 การเลือก Result of Settings	34
3.32 การเลือก Linear System Auto Setup	35
3.33 การเลือก Test Run	35
3.34 การเลือกทิศทาง Linear Motor	36
3.35 การเลือก Data	36
3.36 การเลือกลักษณะ Data	37
3.37 การเลือก Sampling Interval	37
3.38 การเลือก Trigger Settings	38
3.39 การเริ่มเก็บข้อมูล	38
3.40 การหยุดเก็บข้อมูล	39
3.41 การบันทึกข้อมูล	39
4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและเวลา แนวการเคลื่อนที่ 0°	41
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและเวลา แนวการเคลื่อนที่ 65°	42
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและระยะทาง แนวการเคลื่อนที่ 0°	43

## บทที่ 1 บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากปัจจุบันอุตสาหกรรมยานยนต์ได้มีการเติบโตและเข้ามามีบทบาทอย่างมากต่อการขยายตัวทางเศรษฐกิจภายในประเทศไทย ในขณะที่รถยนต์ส่วนใหญ่ถูกออกแบบโดยวิศวกรต่างชาติ ซึ่งรวมถึงระบบความปลอดภัยในรถยนต์ด้วย เนื่องด้วยระบบดังกล่าวมีความจำเป็นจะต้องผ่านการทดสอบ ซึ่งถูกนำไปเป็นข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ในการพัฒนาและวิจัย อีกทั้งเป็นตัวชี้วัดความสามารถด้านการใช้งานของชิ้นส่วนยานยนต์ แต่กลับพบว่าไม่ได้ถูกให้ความสำคัญเท่าที่ควรสำหรับการออกแบบและผลิตภายในประเทศ อีกทั้งไม่มีการทดสอบดังกล่าวในประเทศไทย ซึ่งเป็นฐานการผลิตและประกอบรถยนต์ขนาดใหญ่ในภูมิภาคเอเชีย แต่ในทางตรงกันข้ามต่างประเทศ โดยเฉพาะประเทศที่กำลังพัฒนาใกล้เคียงกับประเทศไทยในภูมิภาคเอเชีย ได้มีการตระหนักและให้ความสำคัญต่อความปลอดภัยจากการใช้รถยนต์ ส่งผลให้เกิดการก่อตั้งองค์กรประเมินความปลอดภัยของยานยนต์ที่เกิดขึ้นมาใหม่ในภูมิภาคเอเชีย ASEAN NCAP (Asean New Car Assessment Programs) ณ ประเทศมาเลเซีย แต่ไม่สามารถจัดตั้งองค์กรประเมินความปลอดภัยของยานยนต์ได้ในประเทศไทย ทั้งที่เป็นประเทศที่มีการดำเนินอุตสาหกรรมยานยนต์ที่ใหญ่ที่สุดในภูมิภาคนี้ อีกทั้งยังเป็นการตอกย้ำถึงความไม่พร้อมในการพัฒนาชิ้นส่วนด้านความปลอดภัย และการพลาดโอกาสการเป็นศูนย์กลางการทดสอบ



รูปที่ 1.1 ยอดขายรถยนต์ภายในประเทศ ปี 2012

ที่มา (<http://www.nstda.or.th/prs/index.php/database-article/319-database-e-e-market-table21>)

จากรูปที่ 1.1 แสดงให้เห็นถึงยอดจำหน่ายรถยนต์ภายในประเทศเพิ่มขึ้น ทำให้อัตราการใช้รถเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้อัตราการเกิดอุบัติเหตุระหว่างรถยนต์กับคนเดินเท้ามีมากขึ้นตามลำดับ ซึ่งสถิติการเสียชีวิตจากอุบัติเหตุบางส่วนเกิดจากคนเดินเท้าถูกชนจากด้านหน้าของรถยนต์ โดยมีลักษณะท่าทางการถูกชน ดังรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 จำลองลักษณะการชนคนเดินเท้า

ที่มา ([http://www.carpages.co.uk/honda/honda\\_pop\\_up\\_bonnet\\_25\\_11\\_04.asp](http://www.carpages.co.uk/honda/honda_pop_up_bonnet_25_11_04.asp))

จากปัญหาดังกล่าว ทำให้คณะผู้จัดทำโครงการตระหนักถึงปัญหาที่จะเกิดขึ้นในอนาคต และเล็งเห็นถึงความสำคัญและจำเป็นที่จะต้องสร้างเครื่องจำลองการชนระหว่างรถยนต์และคนเดินเท้า ชนิดปรับรูปแบบได้ (Universal pedestrian crash simulator) โดยอ้างอิงรูปแบบการชนตามแผนการทดสอบ EURO NCAP (Pedestrian protection) ได้ทุกรูปแบบ อีกทั้งยังสามารถปรับเป็นรูปแบบการทดสอบ Passenger protection ได้บางส่วน ซึ่งจะทำให้เกิดความคุ้มค่าในการลงทุนสร้างเครื่องทดสอบดังกล่าว

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

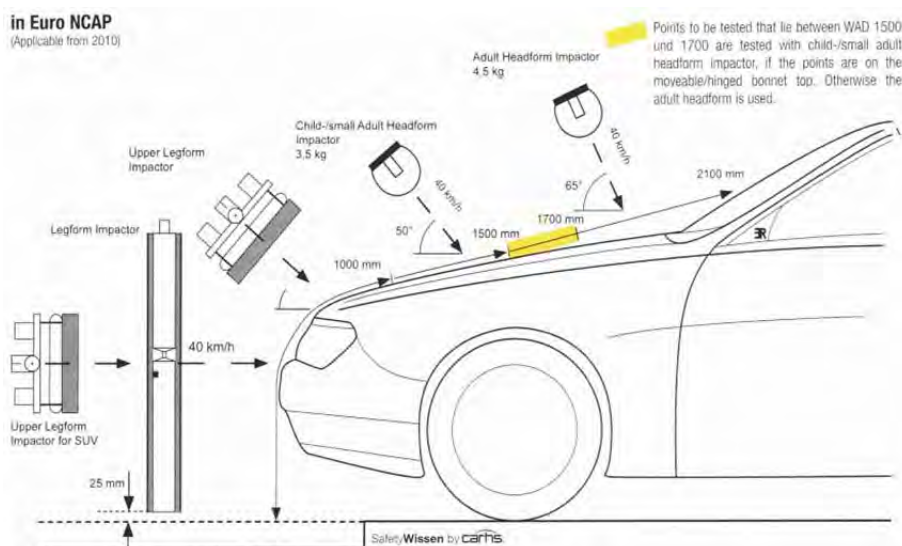
- 1.2.1 เพื่อสร้างเครื่องจำลองการชนคนเดินเท้า
- 1.2.2 เพื่อศึกษาแนวทางการทดสอบการเกิดอุบัติเหตุกับคนเดินเท้าที่เหมาะสมกับคนไทย
- 1.2.3 เพื่อสร้างศูนย์กลางการเรียนรู้และทดสอบด้านความปลอดภัยชิ้นส่วนยานยนต์

## 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

- 1.3.1 สร้างเครื่องจำลองการชนคนเดินเท้าสำหรับรถยนต์ขนาดไม่เกิน 3 ตัน
- 1.3.2 เครื่องจำลองการชนสามารถทดสอบได้มากกว่า 4 รายการทดสอบ
- 1.3.3 สภาวะการทดสอบเป็นไปตามมาตรฐาน EURO NCAP (Pedestrian protection procedures)

## 1.4 สมมติฐานและกรอบแนวคิดของการวิจัย

จากการศึกษาการทดสอบตามมาตรฐาน EURO NCAP (Pedestrian protection procedures) ดังรูปที่ 1.3 สามารถจำแนกชิ้นส่วนของเครื่องทดสอบตามหน้าที่การทำงานได้ 2 ส่วน คือ เครื่องจำลองการชนคนเดินเท้า และ ชิ้นงานทดสอบ(เปลี่ยนแปลงตามรายการการทดสอบ)



รูปที่ 1.3 ลักษณะการทดสอบการชนคนเดินเท้าโดยสังเขป

### 1.4.1 เครื่องจำลองการชนคนเดินเท้า

จากการศึกษาในขั้นต้นพบว่า มีความเป็นไปได้ในการออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบ เริ่มต้นจากการสร้างโครงสร้างหลักที่ได้ทำการออกแบบไว้ ภายใต้ขนาดและมิติที่รองรับรูปแบบการทดสอบที่หลากหลายตามมาตรฐาน EEVC-WG17 โดยโครงสร้างหลักจะมีลักษณะโดยสังเขปดังแสดงในรูปที่ 1.4



รูปที่ 1.4 ลักษณะโครงสร้างหลักโดยสังเขป

(ที่มา : <http://www.frontone-automotive.com/en/services/test-facilities/e-liner-universal/>)

#### 1.4.2 ชิ้นงานทดสอบ

ชิ้นงานทดสอบเป็นอุปกรณ์สำคัญที่ใช้ในการวัดค่าความหน่วงของกันชนที่เหมาะสม โดยออกแบบให้มีลักษณะเป็นอวัยวะมนุษย์ส่วนต่างๆที่มีความเสี่ยงต่อการได้รับการบาดเจ็บจากการชนจากรถยนต์ โดยอวัยวะจำลองส่วนหลักๆที่นำมาใช้เป็นชิ้นงานทดสอบ คือ ชุดศีรษะจำลอง และชุดเข้าจำลอง

#### 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 ได้เครื่องจำลองการชนคนเดินเท้าที่ตอบสนองความต้องการผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ขนาดกลางและขนาดย่อย
- 1.5.2 รองรับการแข่งขันอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ในภูมิภาคเอเชีย
- 1.5.3 ผลักดันให้เกิดแรงจูงใจในการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ด้านความปลอดภัย
- 1.5.4 ก่อให้เกิดความร่วมมือทางด้านงานวิจัยระหว่างหน่วยงานภาครัฐและเอกชน
- 1.5.5 ศูนย์การเรียนรู้ด้านความปลอดภัยวิศวกรรมยานยนต์ สำหรับนักศึกษา และผู้สนใจ
- 1.5.6 ผลิตนนักวิจัยรุ่นใหม่ และพัฒนานักวิจัยรุ่นเก่าให้กับหน่วยงาน



## บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงหลักทางทฤษฎี และหลักการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ เพื่อศึกษาความเป็นไปได้และสร้างเครื่องจำลองการชนคนเดินเท้า ซึ่งในการออกแบบนั้นยึดหลักตามแผนการทดสอบของ EURO NCAP (Pedestrian Protection) ซึ่งได้ทำการศึกษาค้นคว้า และรวบรวมมาซึ่งมีรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้

### 2.1 การเคลื่อนที่ตามแนวเส้นตรง

การเคลื่อนที่ตามแนวเส้นตรง เป็นการศึกษาเพื่อพิจารณาตำแหน่ง ความเร็ว และความเร่งของวัตถุ แต่ในที่นี้จะพิจารณาที่ความเร่ง เพื่อหาความเร่งของเครื่องทดสอบเพื่อให้ได้ความเร่งตามที่แผนการทดสอบ EURO NCAP (Pedestrian Protection)

$$v^2 = u^2 + 2as \quad (2.1)$$

โดยที่	v	คือ	ความเร็ว ณ จุดสุดท้าย (m/s)
	u	คือ	ความเร็ว ณ เริ่มต้น (m/s)
	a	คือ	ความเร่ง ( $m/s^2$ )
	s	คือ	ระยะขจัด (m)

เมื่อทราบความเร่งและมวล จึงสามารถหาแรงกิริยาได้

$$F = ma \quad (2.2)$$

โดยที่	F	คือ	แรงกิริยา(N)
	m	คือ	มวล(kg)
	a	คือ	ความเร่ง ( $m/s^2$ )

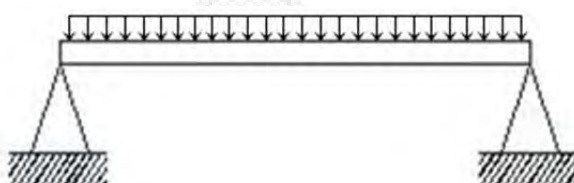
ดังนั้นแรงกิริยา (F) จะแปรผันตามมวล (kg) และ ความเร่ง ( $m/s^2$ )

## 2.2 ทฤษฎีโมเมนต์ตัดและแรงเฉือนของคาน (รุ่งสุรีย์, 2545)

การพิจารณาท่อนโลหะ ซึ่งอยู่ภายใต้ความเค้นดึง ความเค้นอัด และความเค้นเฉือน ซึ่งมีค่าคงที่ตลอดภาคตัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งคานอยู่ภายใต้แรงที่กระทำในแนวตั้ง ความเค้นที่เกิดขึ้นจะมีทั้งความเค้นดึง ความเค้นอัด และความเค้นเฉือน แต่มีค่าไม่คงที่ตลอดภาคตัดอันหนึ่ง การรองรับของคาน เป็นระบบการรองรับคานแบบง่าย (Simple supported beam) มีลักษณะการรองรับเป็นคมมิตหรือลูกกลิ้งรองรับอยู่ ดังรูปที่ 2.1 และมีแรงกระจาย ดังรูปที่ 2.2

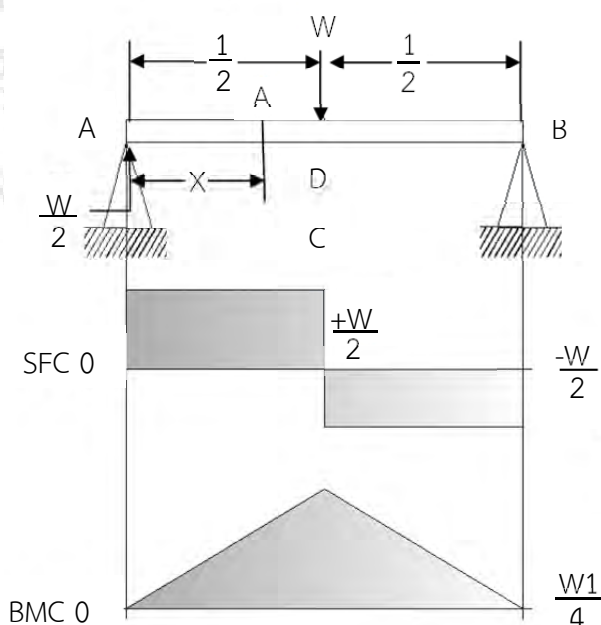


รูปที่ 2.1 ระบบการรองรับของคานแบบง่าย



รูปที่ 2.2 แรงกระจายสม่ำเสมอ

จากรูปที่ 2.2 สามารถที่จะพิจารณาให้อยู่ในรูปแบบของแรงแบบจุดกระทำตรงกึ่งกลางของคาน (Simply Supported beam) และเขียนเป็นแผนภาพโมเมนต์ตัดได้ ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 Simply supported beam มีแรงแบบจุดกระทำตรงกลาง



การหาแรงเฉือน SF ก่อนอื่นต้องหาแรงปฏิกิริยาที่ A และ B เนื่องจากแรงกระทำตรงกลางแรงปฏิกิริยามีค่าเท่ากัน

$$= \frac{W}{2}$$

และในช่วง AC จะได้ค่า

$$V = +\frac{W}{2} \quad \text{ซึ่งเป็นค่าคงที่}$$

เมื่อผ่านจุด C

$$V = +\frac{W}{2} - W$$

ถ้าคิดจากด้านขวามือ แรงเฉือนที่จุด

$$B = -\frac{W}{2}$$

เพราะแรงปฏิกิริยาที่ B เฉือนวัสดุทวนเข็มนาฬิกา

ความเค้นดัด ชิ้นส่วนโครงสร้างที่รับโมเมนต์ซึ่งมีขนาดเท่ากันและมีทิศทางตรงกันข้ามกระทำอยู่ในระนาบเดียวกันซึ่งเป็นระนาบในแนวความยาวนั้น เรียกว่าอยู่ในสภาพแรงดัดล้วน (Pure bending) ซึ่งจะพบว่าถ้าตัดหน้าตัดผ่านชิ้นส่วน จะทำให้แรงเล็ก ๆ ที่กระทำบนชิ้นส่วนเทียบเท่ากับโมเมนต์  $M$  ( ดังนั้นแรงภายในหน้าตัดใด ๆ ในชิ้นส่วนโครงสร้างที่รับแรงดัดล้วนจะเทียบเท่ากับโมเมนต์ดัดนั้น ๆ โมเมนต์นี้เรียกว่า (Bending moment) สามารถหาโมเมนต์ดัดจากการพิจารณาสมดุลของคานและคำนวณได้จาก

$$M = R \times x \quad (2.3)$$

และหาโมเมนต์สูงสุดได้จาก

$$M = V \times x \quad (2.4)$$

โดยที่	M	คือ	โมเมนต์(N·mm)
	R	คือ	แรงปฏิกิริยา (N)
	V	คือ	แรงเฉือน(N)
	x	คือ	ระยะทางจากแรงไปยังจุดรองรับ(mm)

### 2.3 ค่าความปลอดภัย (รุ่งสุรีย์, 2545)

ค่าความปลอดภัยหมายถึง ตัวเลขที่นำไปหารค่าความต้านทานแรงดึงครากของวัสดุเพื่อให้ได้ความเค้นสำหรับใช้งาน (Working stress) ในชิ้นส่วนที่ต้องการออกแบบหรือเรียกว่าความเค้นออกแบบ (Design stress) สามารถหาได้จากตารางที่ 2.1

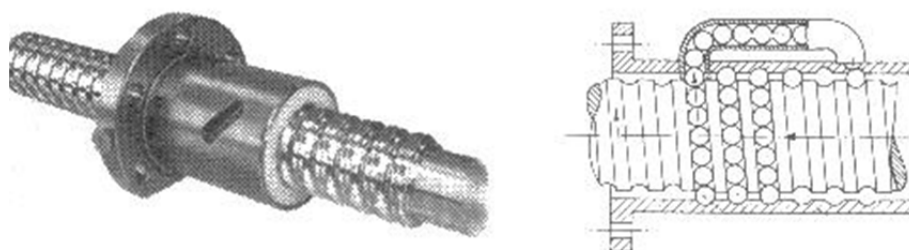
ตารางที่ 2.1 ค่าความปลอดภัย

ชนิดของแรง	เหล็กเหนียว และโลหะเหนียว		เหล็กหล่อ และโลหะเปราะ
	$N_y$	$N_u$	$N_u$
แรงอยู่นิ่ง	2-1.5	4-3	6-5
แรงซ้ำทิศทางเดียว หรือแรงกระแทกเล็กน้อย	3	6	8-7
แรงซ้ำสองทิศทางหรือแรงกระแทกเล็กน้อย	4	8	12-10
แรงกระแทกอย่างหนัก	7-5	15-10	20-15

ค่าความปลอดภัยสำหรับแรงซ้ำทิศทางเดียว(Repeated one direction) หรือแรงซ้ำ 2 ทิศทาง (Repeated and reversed 2) หมายถึงค่าความปลอดภัยที่จะนำไปใช้เมื่อสมมติให้เป็นแรง นิ่ง (Dead load) ในขณะที่ออกแบบสำหรับการวิเคราะห์ปัญหาโดยคิดละเอียดลงไปถึง ลักษณะการ เปลี่ยนแปลงของแรง และความทนของวัสดุต่อแรงที่เปลี่ยนอยู่เสมอจะใช้ค่าความปลอดภัยแตกต่างกัน ไป

#### 2.4 สกรูส่งกำลัง (อภิสัทรี และคณะ, 2553)

ใช้ในการส่งกำลังจากรูปของแรงบิดและการหมุนเป็นรูปการเคลื่อนที่ในแนวเชิงเส้นการใช้ สกรูขับ(Power/Lead/Ball screw) เมื่อสกรูถูกขับให้หมุน เกลียวของสกรูจะทำให้ Ball nut เคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงได้



รูปที่ 2.4 สกรูส่งกำลัง(Ball screw)

จากรูปที่ 2.4 เป็นสกรูขับชนิด (Ball screw) ซึ่งจะมีแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นในการเคลื่อนที่ น้อยมาก และมีประสิทธิภาพอยู่ระหว่างร้อยละ 70-90 จากแรงเสียดทานที่น้อยมากระหว่าง Screw กับ Ball nut เนื่องจากมี bearing ball ทำให้ไม่เกิด Self-Locking คือถ้าเราเอามือดึงที่ Ball nut ให้เคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง ก็จะทำให้ (Ball screw) หมุนได้ด้วย ข้อเสียของ Ball screw คือมีราคา แพง บอลสกรูที่ใช้มีระยะพิตซ์ 10 mm ซึ่งการคำนวณหาแรงบิดของสกรูส่งกำลังสามารถหาได้ดัง สมการที่ 2.4

$$F_a = \mu mg \quad (2.4)$$

$$T = \frac{F_a \times Ph}{2 \times \pi \times \eta_1} \quad (2.5)$$

โดยที่	T	คือ	แรงบิดหรือทอร์ค (N·m)
	F <sub>a</sub>	คือ	แรงทั้งหมดที่กระทำ (N)
	m	คือ	มวล (kg)
	g	คือ	ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง (m/s <sup>2</sup> )
	Ph	คือ	Feed screw lead (m)
	η	คือ	ประสิทธิภาพของบอลสกรู
	μ	คือ	สัมประสิทธิ์ความเสียดทานของบอลสกรู

## 2.5 มอเตอร์เชิงเส้น (Linear motion)

โดยทั่วไปแล้วอุปกรณ์ Linear motion แบ่งออกเป็นหลายประเภท แต่ที่นิยมใช้กันมีอยู่ 3 ประเภทหลัก ๆ คือ

1) Linear bushing เป็นอุปกรณ์ที่มีราคาถูก อายุการใช้งานยาวนาน สามารถรับภาระ (Load) ได้พอสมควรจากทุกทิศทาง สามารถใช้งานได้ด้วยความเร็วสูง ทั้งมีประสิทธิภาพทางกลสูง การบำรุงรักษาต่ำดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 Linear bushing

2) Linear guide เป็นอุปกรณ์ Linear motion ที่มีการพัฒนาขึ้นมาอีกขั้นหนึ่ง เพื่อให้สามารถรับภาระได้สูงกว่า Linear bushing ทั้งที่มีขนาดที่ใกล้เคียงกัน แต่เนื่องจากการออกแบบโครงสร้างภายในทางกลที่มีความซับซ้อนกว่า ทำให้ราคาของอุปกรณ์ชนิดนี้ต่อหน่วยมีราคาสูงกว่า Linear bushing แต่ก็มีข้อดีอีกหลายอย่างเมื่อเทียบกับราคาที่เพิ่มขึ้น จึงทำให้ผู้ออกแบบเครื่องจักรหรือผู้ใช้งานเครื่องจักรหันมานิยมใช้ Slide guide กันมากยิ่งขึ้น ในอนาคตคาดว่าอาจจะมาแทนที่ Linear bushing ได้ในท้ายที่สุด หรืออย่างน้อยก็มีราคาถูกจนอาจจะเกือบเท่ากับ Linear bushing

คุณลักษณะของอุปกรณ์ชนิดนี้โดยทั่วไปจะมีความสามารถในการรับภาระได้ตั้งแต่ 30 kg สำหรับตัวเล็กสุด size 5 mm ขึ้นไปจนถึง 1,790 kg สำหรับตัวใหญ่สุด size 25 mm มีความแข็งแรงสูง การเคลื่อนที่สามารถทำได้ดีและมีความสม่ำเสมอ มี clearance น้อยมากจึงเหมาะกับงานที่ต้องการความละเอียดสูง มีค่า rigidity ที่สูงกว่า อีกทั้งยังมีรุ่น preload ให้เลือกใช้อีกด้วย



รูปที่ 2.6 Slide guide

3) Ball screw เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนการหมุนของ motor ให้เป็นการเคลื่อนที่ในแนวเชิงเส้น อุปกรณ์ชนิดนี้มีคุณลักษณะที่โดดเด่นและสำคัญหลายประการเช่นการเคลื่อนที่ในแนวแกนมีความราบรื่นสม่ำเสมอสูงมาก เพราะเนื่องจากเม็ดลูกปืนที่อยู่ภายในและร่องเกลียวที่มีการเจียรระไนเป็นอย่างดีการรับภาระสามารถรับได้สูงเนื่องจากจำนวนเม็ดลูกปืนที่มีมากเป็นพิเศษ การรับแรงในแนวรัศมีก็สามารถรับได้สูงเช่นเดียวกัน สามารถใช้งานที่ความเร็วสูงได้ ประสิทธิภาพทางกลสูง ขนาดของ Ball screw สามารถเลือกใช้ได้ตั้งแต่  $\varnothing 8$  mm lead 2 mm ไปจนถึง  $\varnothing 32$  mm lead 32 mm ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 Ball screw

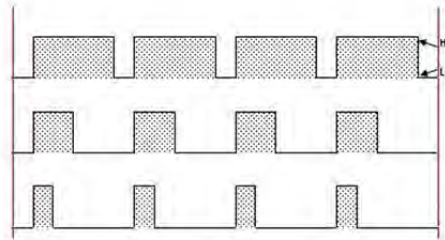
## 2.6 มอเตอร์ (Motor)

หมายถึง เครื่องกลไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่เปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้า มาเป็นพลังงานกล

2.6.1 การแบ่งชนิดของมอเตอร์(Types of electric motors) สามารถแบ่งได้ 3 ชนิด ดังนี้

### 1) มอเตอร์ไฟฟ้า(Induction motor)

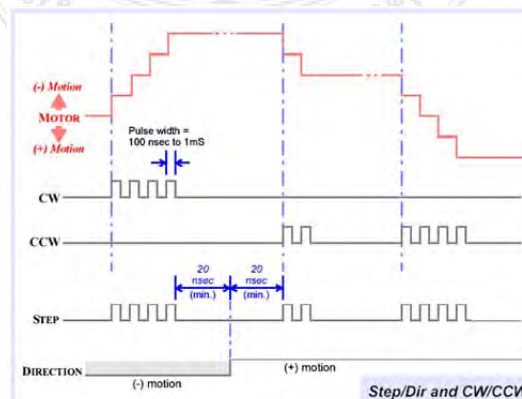
มอเตอร์ไฟฟ้า หมายถึงเครื่องกลไฟฟ้าชนิดหนึ่ง ใช้สำหรับเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล เพื่อไปขับเคลื่อนอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น พัดลม บีม เครื่องปรับอากาศหรือใช้ในโรงงาน เพื่อควบคุมเครื่องจักรกลต่าง ๆ ในโรงงาน มอเตอร์ไฟฟ้ามีทั้งใช้พลังงานไฟฟ้ากระแสสลับและพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงการเกิดเส้นแรงแม่เหล็กและสนามแม่เหล็กในแท่งแม่เหล็ก เมื่อตัวนำไฟฟ้าเคลื่อนที่ตัดสนามแม่เหล็กจะเกิดแรงดันเหนี่ยวนำขึ้นบนแท่งตัวนำ เมื่อตัวนำที่มีกระแสไหลเมื่อวางอยู่ในสนามแม่เหล็กจะเกิดแรงกระทำกับแท่งตัวนำ



รูปที่ 2.8 มอเตอร์ไฟฟ้า(Induction motor)

### 2) สเต็ปป์มอเตอร์(Stepping motor)

สเต็ปป์มอเตอร์เป็นอุปกรณ์เอาต์พุต อย่างหนึ่งซึ่งสามารถนำไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์มาทำการควบคุมได้สะดวกและเป็นมอเตอร์ ที่เหมาะสมสำหรับใช้ในงานควบคุมการหมุนที่ต้องการตำแหน่ง และทิศทางที่แน่นอน การทำงานของสเต็ปป์มอเตอร์จะขับเคลื่อนทีละขั้น ๆ (Step 0.9, 1.8, 5, 7.5, 15 หรือ 50 องศา) ซึ่งขึ้นอยู่กับคุณสมบัติแต่ละชนิดของสเต็ปป์มอเตอร์ตัวนั้น ๆ สเต็ปป์มอเตอร์จะแตกต่างจากมอเตอร์กระแสตรงทั่วไป(DC motor) โดยการทำงานของมอเตอร์กระแสตรงจะหมุนไปแบบต่อเนื่อง ไม่สามารถหมุนเป็นแบบสเต็ป ๆ ได้ดังนั้นในการนำไปกำหนดตำแหน่งจึงควบคุมได้ยากกว่า แต่ในส่วนใหญ่เราจะใช้สเต็ปป์มอเตอร์มาทำการควบคุมโดยใช้วิธีในระบบดิจิทัล เช่น พรินเตอร์(Printer) พล็อตเตอร์(Plotter) ดิสก์ไดรฟ์(Disc drive) ฯลฯ

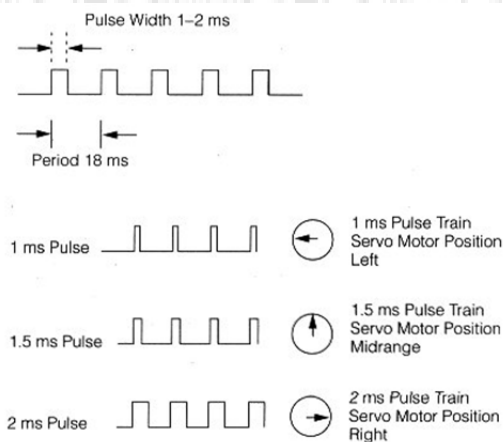


รูปที่ 2.9 สเต็ปป์มอเตอร์(Stepping motor)

### 3) เซอร์โวมอเตอร์(Servo motor)

เซอร์โวมอเตอร์เป็นอุปกรณ์เครื่องต้นกำลัง ที่สามารถเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบได้อย่างรวดเร็วและมีคุณสมบัติของการเคลื่อนที่เชิง ความเร็ว อัตราเร่ง ตำแหน่ง และแรงบิด โดยการตอบสนองนั้นมีความถูกต้องแม่นยำมากที่สุดในระยะเวลาที่สั้น ซึ่งมอเตอร์ทั่วไปไม่ว่าจะเป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับหรือกระแสตรงไม่สามารถตอบสนองได้

เซอร์โวมอเตอร์มีทั้งแบบที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับและไฟฟ้ากระแสตรง ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาการใช้งานเซอร์โวมอเตอร์แบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นที่แพร่หลายมาก เนื่องจากการควบคุมกระแสไฟสูง ๆ ที่จ่ายให้กับมอเตอร์ต้องใช้เอสซีอาร์ (SCRs) ในการควบคุม ต่อมาการพัฒนาการของอุปกรณ์เพาเวอร์อิเล็กทรอนิกส์ทำให้ทรานซิสเตอร์ (Transistor) มีขีดความสามารถในการควบคุมกระแสสูง ๆ เพิ่มขึ้นและยังสามารถทำงานได้ที่ความถี่สูง ทำให้การใช้งานเซอร์โวมอเตอร์แบบไฟฟ้ากระแสสลับเป็นที่นิยมในปัจจุบัน การควบคุมเซอร์โวมอเตอร์การควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ผู้ใช้สามารถที่จะควบคุมพารามิเตอร์ทางกลต่าง ๆ เช่นการควบคุมตำแหน่ง การควบคุมความเร็ว และการควบคุมแรงบิดโดยการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์จะต้องมีการป้อนกลับของสัญญาณเพื่อเปรียบเทียบค่าและประมวลผลการทำงานเพื่อใช้ในการควบคุมพารามิเตอร์ทางกลโดยระบบควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ประกอบด้วยส่วนหลัก ๆ สำคัญ 3 ส่วน คือ คอนโทรลเลอร์ ไดรเวอร์ และตัวระบุตำแหน่ง คอนโทรลเลอร์ (Controller) คอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่ในการสร้างสัญญาณพัลส์ (Pulse train Input) สัญญาณอนาล็อก (Analog Input) จ่ายให้กับชุดควบคุมการขับเคลื่อน (Servo amplifier, Driver) เพื่อส่งสัญญาณผ่านไปยังเซอร์โวมอเตอร์ให้ทำงานตามการควบคุมตำแหน่งการควบคุมความเร็วและการควบคุมแรงบิดตามต้องการ ไดรเวอร์ (Driver) ไดรเวอร์ทำหน้าที่ในการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์จะประกอบไปด้วยพารามิเตอร์หลายอย่าง เช่น ความเร็ว ตำแหน่ง สัญญาณจากเอนโค้ดเดอร์ การปรับตั้งค่าความผิดพลาด ซึ่งสัญญาณต่าง ๆ เหล่านี้ไม่สามารถส่งไปยังเซอร์โวมอเตอร์ได้โดยตรง ต้องอาศัยเซอร์โวไดรเวอร์เป็นตัวรวบรวมสัญญาณทั้งหมดเข้าด้วยกันเพื่อส่งไปควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ให้ทำงานตามต้องการ ตัวระบุตำแหน่ง (Encoder)



รูปที่ 2.10 เซอร์โวมอเตอร์(Servo motor)

ซึ่งการคำนวณกำลังของมอเตอร์สามารถหาได้ดังสมการที่ 2.6

$$P = 2\pi Tn \quad (2.6)$$

โดยที่	P	คือ	กำลังขับ (W)
	T	คือ	โมเมนต์แรงบิด (N m)
	n	คือ	ความเร็วรอบ (rpm)

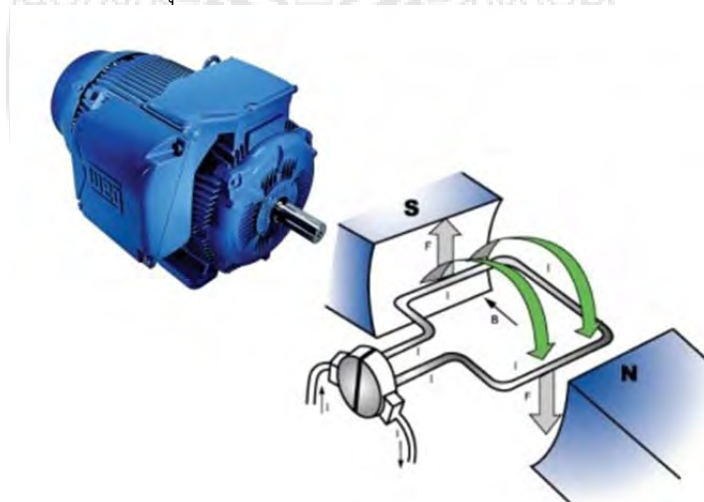
### 2.6.2 การแบ่งลักษณะการทำงานของมอเตอร์สามารถแบ่ง 2 ลักษณะได้ดังนี้

#### 1) มอเตอร์รีซมี (Rotation motor)

มอเตอร์ไฟฟ้าหมุนได้โดยอาศัยหลักการเหนี่ยวนำทางแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งสามารถเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล โดยมีส่วนประกอบหลัก ส่วน 2 คือ

1) สเตเตอร์ (Stator) คือส่วนที่อยู่กับที่ทำด้วยวัสดุแม่เหล็กเป็นทรงกระบอกกลวง มีขดลวดทองแดงพันอยู่ในร่องสลิต เมื่อขดลวดทองแดงที่พันอยู่กับสเตเตอร์มีกระแสไฟฟ้าสลับไหลผ่านจะเกิดสนามแม่เหล็ก (Rotating Magnetic Fields) หมุนอยู่ในช่องอากาศรอบๆ แกนหมุน โดยความเร็วของสนามแม่เหล็กหมุนนี้ จะเรียกว่า ความเร็วซิงโครนัส หรือ Synchronous Speed

2) โรเตอร์ (Rotor) คือส่วนที่หมุนได้ ทำด้วยวัสดุแม่เหล็กเป็นรูปทรงกระบอกตัน หมุนได้รอบแกนหมุนและโรเตอร์จะหมุนอยู่ในสเตเตอร์ การที่โรเตอร์หมุนได้เกิดจากสนามแม่เหล็กหมุนที่เกิดจากสเตเตอร์ เหนี่ยวนำให้เกิดแรงดันและกระแสไฟฟ้าขึ้นในขดลวดโรเตอร์ ซึ่งกระแสไฟฟ้านี้จะสร้างสนามแม่เหล็กที่โรเตอร์ ซึ่งเป็นผลให้เกิดแรงบิดจากการผลักรันของสนามแม่เหล็กระหว่างสเตเตอร์และโรเตอร์ทำให้มอเตอร์หมุนได้



รูปที่ 2.11 โรเตอร์(Rotor)

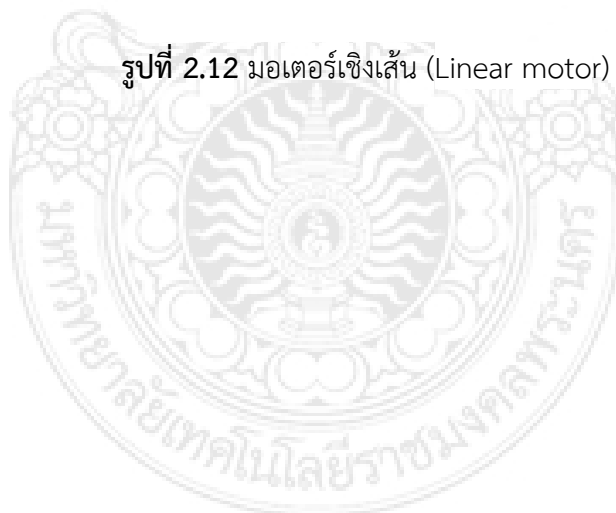
## 2) มอเตอร์เชิงเส้น(Linear motor)

มอเตอร์เชิงเส้นแบ่งออกเป็นสองชนิด คือ แบบความเร่งต่ำ และแบบความเร่งสูง มอเตอร์เชิงเส้น แบบความเร่งต่ำเหมาะกับรถไฟพลังแม่เหล็ก (maglev train) หรือการขนส่งบนพื้นดิน แต่มอเตอร์เชิงเส้นความเร่งสูงถูกนำไปใช้ในการเคลื่อนวัตถุความเร็วสูงมาก ๆ เช่นปืนแม่เหล็กไฟฟ้าหรือในการศึกษาเกี่ยวกับการชนที่รุนแรง เช่นอาวุธ หรือการทดสอบผู้ขับเคลื่อนยานอวกาศ โดยทั่วไปมอเตอร์เชิงเส้นความเร่งสูงจะใช้ AC มอเตอร์เหนี่ยวนำเชิงเส้น (Linear Induction Motor, LIM) ที่มีขดลวด 3 เฟสที่แอคทีฟที่ด้านหนึ่งของช่องว่างอากาศ (air-gap) อีกด้านเป็นแผ่นตัวนำแบบพาสซีฟ แต่สำหรับปืนแม่เหล็กไฟฟ้า จะใช้ DC มอเตอร์เชิงเส้นแบบขั้วเหมือน (Homopolar)

มอเตอร์เชิงเส้นความเร่งต่ำปกติจะออกแบบให้เป็นซิงโครนัสมอเตอร์ LSM (Linear Synchronous Motor) ที่มีขดลวดแอคทีฟด้านเดียว และอีกด้านหนึ่งเป็นแฉกแม่เหล็กขั้วสลับ แฉกแม่เหล็กนี้อาจเป็นแม่เหล็กชั่วคราวหรือแม่เหล็กถาวร



รูปที่ 2.12 มอเตอร์เชิงเส้น (Linear motor)

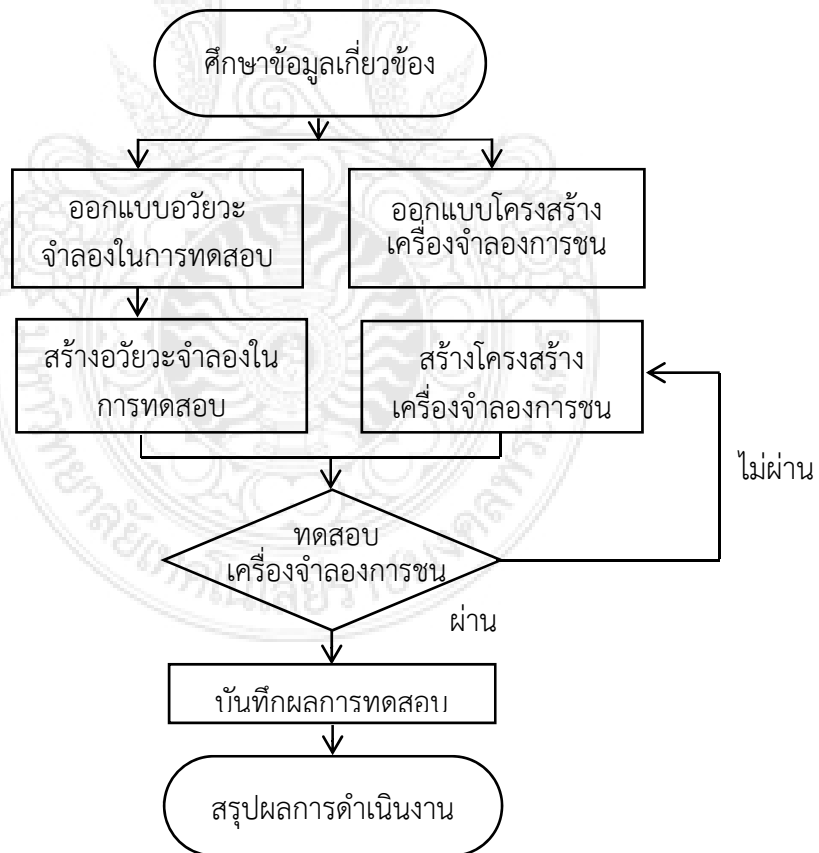




### บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการออกแบบเพื่อศึกษาความเป็นไปได้และสร้างเครื่องจำลอง  
การชนคนเดินเท้า โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังต่อไปนี้ ดังรูปที่ 3.1

- 1) ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
- 2) ออกแบบอวัยวะจำลองในการทดสอบ
- 3) สร้างอวัยวะจำลองในการทดสอบ
- 4) ออกแบบโครงสร้างเครื่องจำลองการชน
- 5) สร้างเครื่องจำลองการชน
- 6) ทดสอบเครื่องจำลองการชน
- 7) บันทึกผลการทดสอบ
- 8) สรุปผลการดำเนินงาน



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

### 3.1 การศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

เนื่องจากการศึกษาความเป็นไปได้และสร้างเครื่องจำลองการชนคนเดินเท้าต้องใช้อวัยวะจำลองสำหรับการทดสอบ ซึ่งประกอบด้วย ศีรษะ และขา โดยอ้างอิงมาจากแผนการทดสอบของ EURO NCAP (Pedestrian Protection) ซึ่งได้กำหนดมวลของอวัยวะจำลอง และความเร็วในการทดสอบดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 Headform legform

Impactor Item	Velocity (km/h)	Mass (kg)
Adult Headform	40	4.5
Adult Legform	40	14

จากข้อกำหนดของแผนการทดสอบของ EURO NCAP (Pedestrian Protection) ทางคณะผู้จัดทำโครงการจึงได้ทำการออกแบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรม solid works โดยคำนึงถึงขนาดและมวลของอวัยวะจำลองตามแผนการทดสอบของ EURO NCAP (Pedestrian Protection) และได้สร้างอวัยวะจำลองตามการออกแบบได้ดังรูปที่ 3.2

#### 3.1.1 การออกแบบและสร้างศีรษะจำลอง (Headform)

Mass properties ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

Configuration: Default

Coordinate: -- default --

Mass = 4.31 kg.

Volume = 972748.44 cubic millimeters

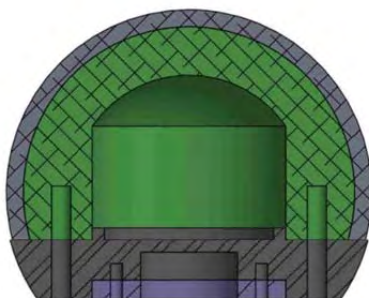
Surface = 138543.56 square millimeters

Center of mass: (millimeters)

X=-8.40

Y= 2.60

Z= -4.61



รูปที่ 3.2 ศีรษะจำลอง

### 3.1.2 การออกแบบขาจำลอง (Leg form)

Mass properties of A 01

Configuration: Default

Coordinate: -- default --

Mass = 13.87 kg.

Volume = 3951919.58 cubic millimeters

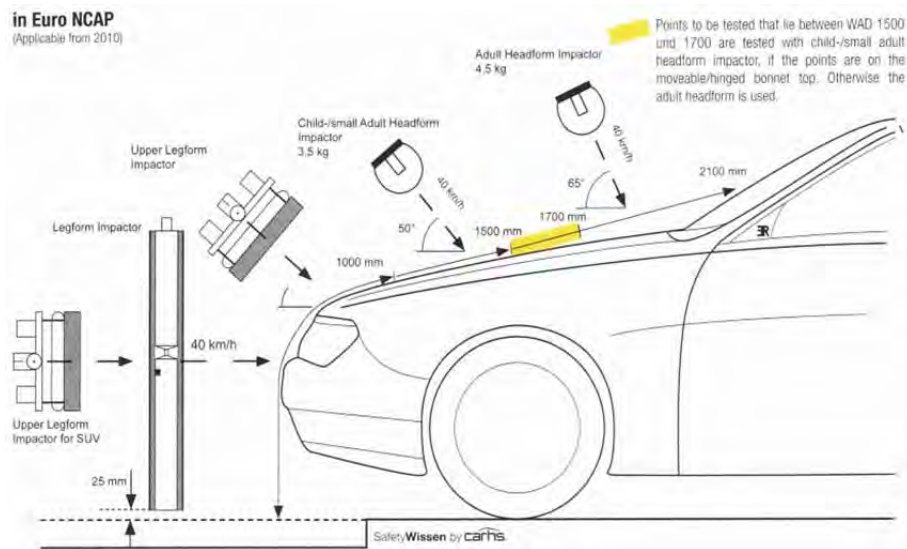
Surface = 974063.83 square millimeters



รูปที่ 3.3 ขาจำลอง

### 3.2 การออกแบบโครงสร้างเครื่องจำลองการชนระหว่างรถยนต์และคนเดินเท้า

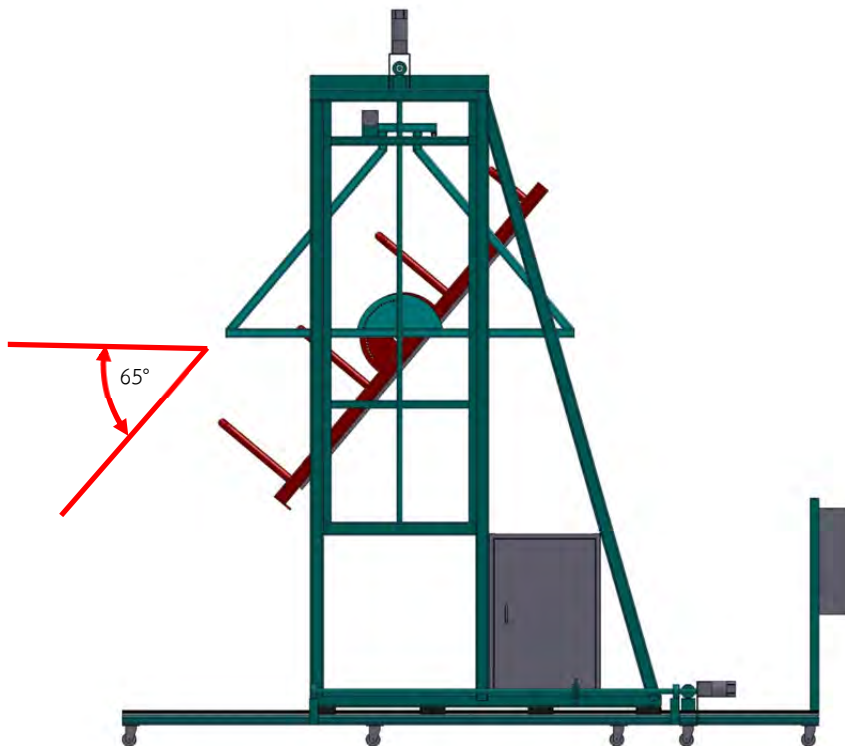
เนื่องจากการศึกษาความเป็นไปได้และสร้างเครื่องจำลองการชนคนเดินเท้า นั้น ได้อ้างอิงมาจากแผนการทดสอบของ EURO NCAP (Pedestrian Protection) ดังรูปที่ 3.4 เพื่อรองรับการทดสอบการชนระหว่างรถยนต์และคนเดินเท้าซึ่งครอบคลุมมิติรถยนต์นั่งส่วนบุคคลขนาดไม่เกิน 2 ตัน ดังนั้นโครงสร้างเครื่องจำลองการชนระหว่างรถยนต์และคนเดินเท้าจึงควรออกแบบให้มีความแข็งแรงและปลอดภัย



รูปที่ 3.4 แผนการการทดสอบ EURO NCAP (Pedestrian Protection)

### 3.2.1 การออกแบบชุดกลไกการป้องกัน

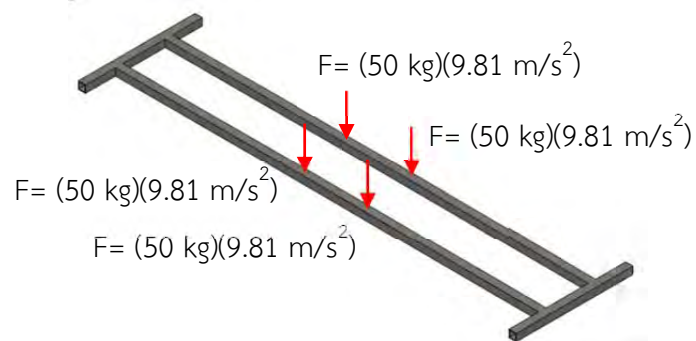
จากรูปที่ 3.4 ทางคณะผู้จัดทำโครงการได้มีการออกแบบชุดกลไกการป้องกันด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ SolidWorks ซึ่งสามารถปรับมุมระหว่าง 0 ถึง 65 องศา จากแนวระนาบเพื่อให้ครอบคลุมองศาในการทดสอบ ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แบบจำลองโครงสร้างเครื่องจำลองการชน

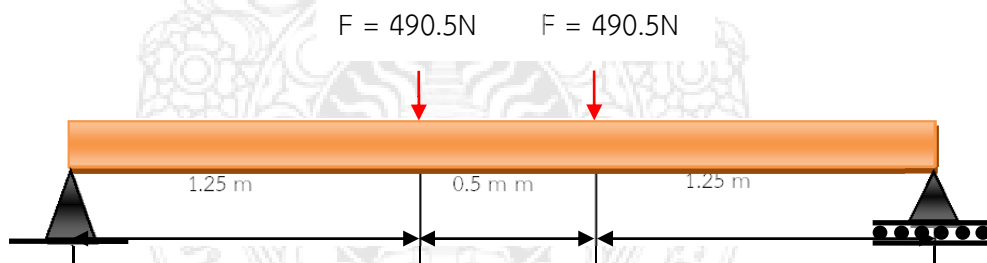
### 3.2.2 การออกแบบคานรับชุดยิง

จากการออกแบบด้วยโปรแกรม SolidWorks สามารถวิเคราะห์หามวลของตัวโครงสร้างชุดกลไกขับเคลื่อนอวัยวะจำลองความเร็วสูงได้ โดยมีชุดกลไกขับเคลื่อนอวัยวะจำลองความเร็วสูงแขวนอยู่บนโครงสร้างคานรับเท่ากับ 200 kg ทำให้เกิดแรงใน 4 จุดบนคานช่วงจึงต้องมีการคำนวณหาขนาดพื้นที่หน้าตัดของคานเพื่อใช้ในการเลือกวัสดุ เพื่อให้เกิดความปลอดภัยในการใช้งาน สามารถพิจารณาแรงกระจายดังรูปที่ 3.6

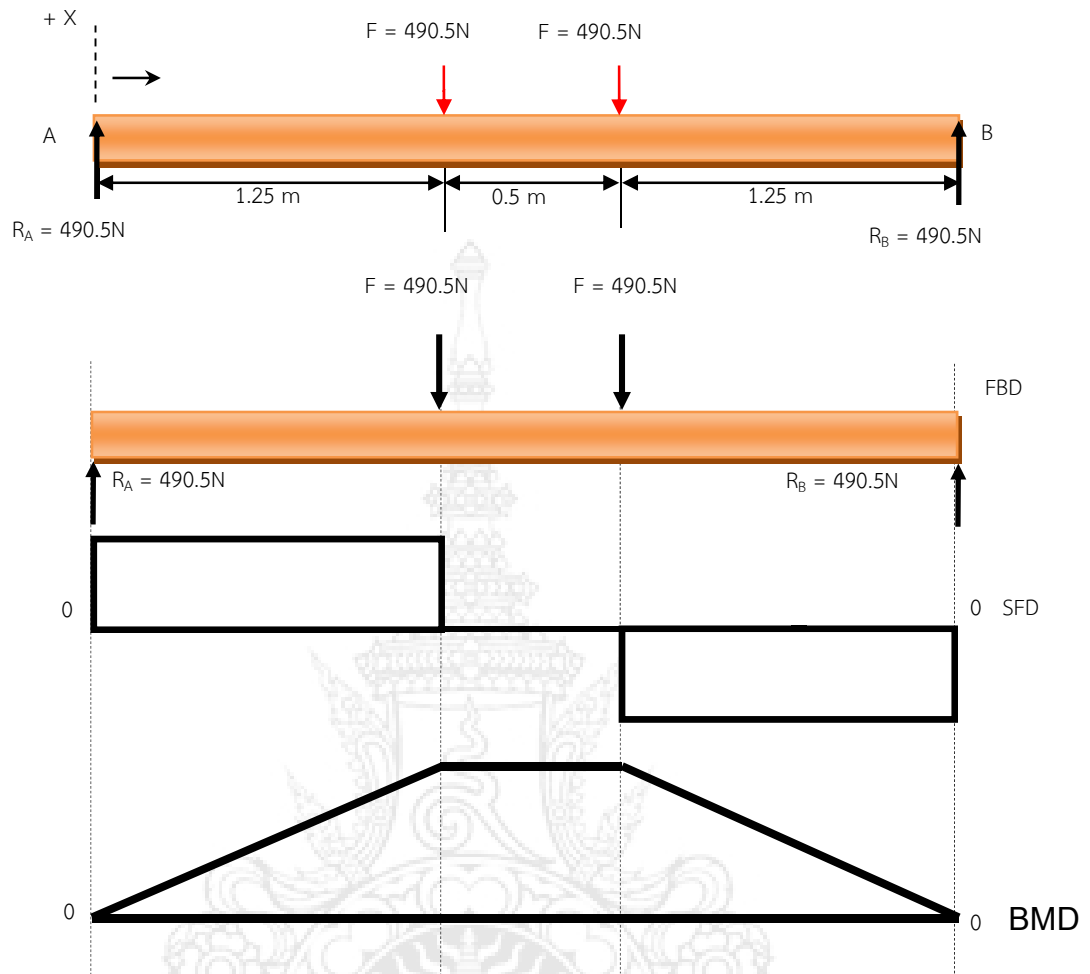


รูปที่ 3.6 คานรับน้ำหนัก

จากรูปที่ 3.3 สามารถหาคัดสมมูลของคานเพื่อหาแรงปฏิกิริยาที่จุดรองรับ และคำนวณหาค่าโมเมนต์สูงสุดดังนี้



รูปที่ 3.7 การพิจารณาสมมูลของคาน



รูปที่ 3.8 แผนภาพโมเมนต์ดัด

จากแผนภาพโมเมนต์ดัดสามารถพิจารณาสมมูลของคานทั้งหมดและคำนวณหาแรงปฏิกิริยาที่จุด A และจุด B ได้ดังนี้  
จากสมการที่ (2.3)

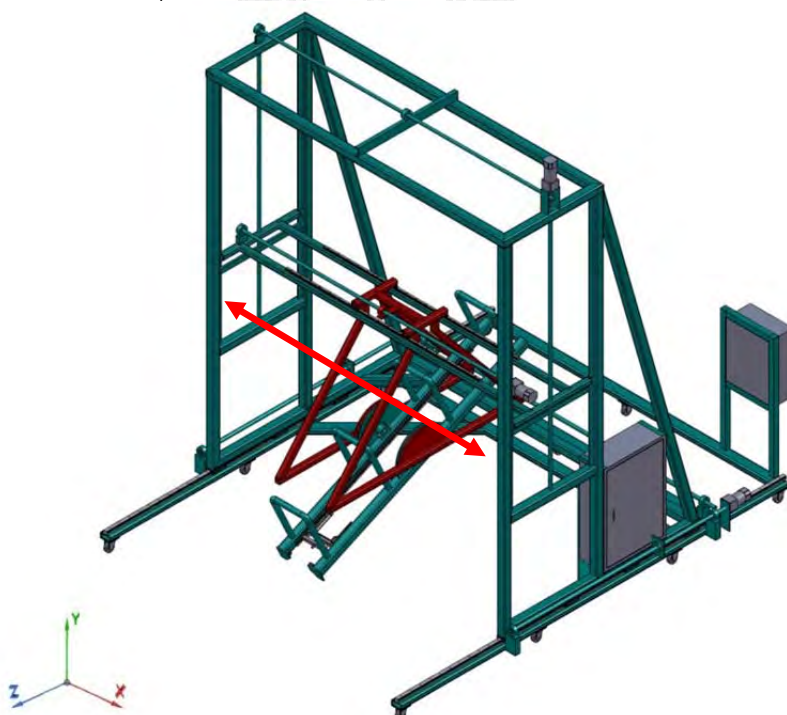
$$\begin{aligned}
 + \tilde{N} \sum M_B &= 0 \\
 -(R_A)(x) + (F_1)(s) + (F_2)(s) + (R_B)(x) &= 0 \\
 -(R_A)(3\text{m}) + (490.5\text{N})(1.75\text{m}) + (490.5\text{N})(1.25\text{m}) + (R_B)(0\text{m}) &= 0 \\
 -(R_A)(3\text{m}) + (858.375\text{N}\cdot\text{m}) + (613.125\text{N}\cdot\text{m}) &= 0 \\
 (R_A)(3\text{m}) &= 1471.5 \text{ N}\cdot\text{m} \\
 R_A &= \frac{1471.5 \text{ N}\cdot\text{m}}{3 \text{ m}} \\
 R_A &= 490.5 \text{ N} \\
 + \tilde{N} \sum M_A &= 0 \\
 (R_B)(x) - (F_2)(x) - (F_1)(x) + (R_A)(x) &= 0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 (R_B)(3\text{m}) - (490.5\text{N})(1.75\text{m}) - (490.5\text{N})(1.25\text{m}) + (R_A)(0\text{m}) &= 0 \\
 (R_A)(3\text{m}) - (858.375\text{N}\cdot\text{m}) - (613.125\text{N}\cdot\text{m}) &= 0 \\
 (R_B)(3\text{m}) &= 1471.5 \text{ N}\cdot\text{m} \\
 R_B &= \frac{1471.5 \text{ N}\cdot\text{m}}{3 \text{ m}} \\
 R_B &= 490.5 \text{ N}
 \end{aligned}$$

### 3.3 การออกแบบชุดขับเคลื่อนตามแนวแกน(X, Y, Z)

เนื่องจากการศึกษาความเป็นไปได้และสร้างเครื่องจำลองการชนคนเดินเท้า นั้น ได้อ้างอิงการแผนการทดสอบของ EURO NCAP (Pedestrian Protection) ครอบคลุมมิติรถยนต์นั่งส่วนบุคคลขนาดไม่เกิน 2 ตัน จากข้อจำกัดการดังกล่าวนี้ ทางคณะผู้จัดทำโครงการได้ออกแบบเครื่องจำลองการชนคนเดินเท้าให้สามารถเคลื่อนตำแหน่งตามแนวแกน (X, Y, Z) ได้ ดังนั้นจึงเลือกใช้เซอร์โวมอเตอร์เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนโดยจะส่งแรงผ่านชุดบอลสกรูเพื่อขับเคลื่อนได้ทำการออกแบบแต่ละช่วง เพื่อให้เครื่องจำลองการชนคนเดินเท้าสามารถเคลื่อนที่

#### 3.3.1 การออกแบบชุดเคลื่อนตำแหน่งตามแนวแกน (X)



รูปที่ 3.9 การเคลื่อนตำแหน่งตามแนวแกน (X)

จากรูปที่ 3.9 การคำนวณหาขนาดของเซอร์โวมอเตอร์เพื่อใช้ขับเคลื่อนเครื่องทดสอบตามแนวแกน X โดยกำหนดมวลทั้งหมดตกลงบนสกรูส่งกำลัง 200 kg มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

จากสมการที่ (2.4)

$$\begin{aligned} F_a &= \mu mg \\ &= 0.03 \times 200 \text{ kg} \times 9.81 \text{ m/s}^2 \\ &= 58.86 \text{ N} \end{aligned}$$

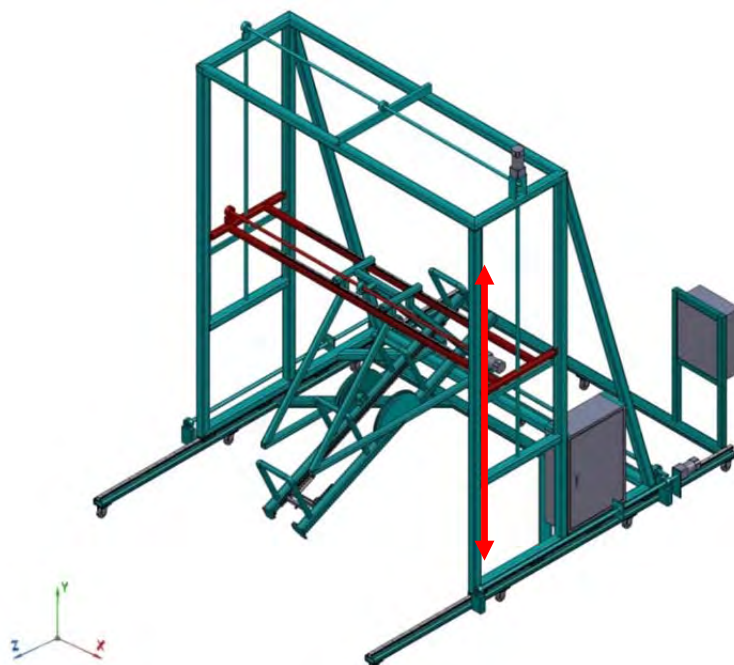
จากสมการที่ (2.5)

$$\begin{aligned} T &= \frac{F_a Ph}{2 \times \pi \times \eta_1} \\ &= \frac{57.86 \text{ N} \times 0.01 \text{ m}}{2 \times \pi \times 0.9} \\ &= 0.104 \text{ N} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

จากสมการที่ (2.6)

$$\begin{aligned} \text{Power} &= \frac{2 \times \pi \times T n}{60} \\ &= \frac{2 \times \pi \times 0.104 \text{ Nm} \times 1550 \text{ rpm}}{60} \\ &= 16.881 \text{ W} \end{aligned}$$

### 3.3.2 การออกแบบชุดเคลื่อนตำแหน่งตามแนวแกน (Y)



รูปที่ 3.10 การเคลื่อนตำแหน่งตามแนวแกน (Y)

จากรูปที่ 3.10 การคำนวณหาขนาดของเซอร์โวมอเตอร์โดยกำหนดมวลทั้งหมดกดลงบน สกรูส่งกำลัง 248 kg เพื่อออกแบบชุดเคลื่อนตำแหน่งในแนวแกน Y มีรายละเอียดดังต่อไปนี้



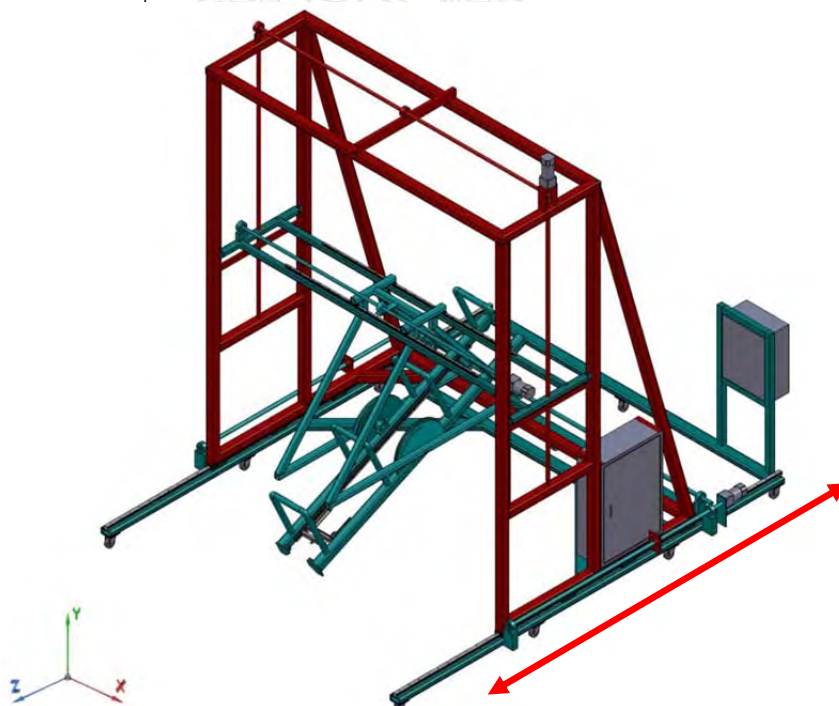
จากสมการที่ (2.4)

$$\begin{aligned} F_a &= \mu mg \\ &= 0.03 \times 248 \text{kg} \times 9.81 \text{m/s} \\ &= 72.98 \text{ N} \end{aligned}$$

จากสมการที่ (2.5)

$$\begin{aligned} T &= \frac{F_a Ph}{2 \times \pi \times \eta_1} \\ &= \frac{72.98 \text{N} \times 0.01 \text{m}}{2 \times \pi \times 0.9} \\ &= 0.129 \text{ N}\cdot\text{m} \\ \text{Power} &= \frac{2 \times \pi \times T n}{60} \\ &= \frac{2 \times \pi \times 0.129 \text{Nm} \times 1550 \text{rpm}}{60} \\ &= 20.939 \text{ W} \end{aligned}$$

### 3.3.3 การออกแบบชุดเคลื่อนตำแหน่งตามแนวตั้ง (Z)



รูปที่ 3.11 การเคลื่อนตำแหน่งตามแนวแกน (Z)

จากรูปที่ 3.11 การคำนวณหาขนาดของเซอร์โวมอเตอร์โดยกำหนดมวลทั้งหมดกดลงบนสกรูส่งกำลัง 420 kg เพื่อออกแบบชุดขับเคลื่อนตามแนวแกน z มีรายละเอียดดังต่อไปนี้  
จากสมการที่ (2.4)

$$\begin{aligned} F_a &= \mu mg \\ &= 0.03 \times 420 \text{ kg} \times 9.81 \text{ m/s} \\ &= 123.6 \text{ N} \end{aligned}$$

จากสมการที่ (2.5)

$$\begin{aligned} T &= \frac{F_a \times Ph}{2 \times \pi \times \eta_1} \\ &= \frac{123.60 \text{ N} \times 0.01 \text{ m}}{2 \times \pi \times 0.9} \\ &= 0.2185 \text{ N} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

จากสมการที่ (2.6)

$$\begin{aligned} \text{Power} &= \frac{2 \times \pi \times T_n}{60} \\ &= \frac{2 \times \pi \times 0.2185 \text{ Nm} \times 1550 \text{ rpm}}{60} \\ &= 35.46 \text{ W} \end{aligned}$$

### 3.4 การออกแบบกลไกขับเคลื่อนอวัยวะจำลองความเร็วสูง

เนื่องจากการศึกษาความเป็นไปได้และสร้างเครื่องจำลองการชนคนเดินเท้า มีการอ้างอิงความเร็วในการทดสอบมาจากแผนการทดสอบของ EURO NCAP (Pedestrian Protection) เพื่อให้ชุดกลไกขับเคลื่อนอวัยวะจำลองความเร็วสูงสามารถเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง ดังนั้นจึงเลือกใช้มอเตอร์เชิงเส้น (Linear motor) เป็นต้นกำลังในขับเคลื่อนชุดกลไกการเคลื่อนที่อวัยวะจำลอง

การคำนวณหาขนาดของมอเตอร์เชิงเส้น (Linear motor) โดยกำหนดมวลทั้งหมด 30 kg ระยะขจัด 2 m เพื่อเลือกใช้ขนาด Linear motor ให้เหมาะสม มีรายละเอียดดังนี้

จากสมการที่ (2.1)

$$\begin{aligned} v^2 &= u^2 + 2as \\ (11.11 \text{ m/s})^2 &= 0^2 + (2 \times a \times 2 \text{ m}) \\ a &= \frac{(11.11 \text{ m/s})^2}{2 \times 2 \text{ m}} \\ a &= 30.86 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

จากสมการที่ (2.2)

$$F = ma$$

$$F = 30 \text{ kg} \times 30.86 \text{ m/s}^2$$

$$F = 925.8 \text{ N}$$

จากสมการ (2.2) คณะผู้จัดทำโครงการได้ทำการเลือกมอเตอร์เชิงเส้น (Linear motor) โดยศึกษาจากคู่มือของอุปกรณ์

Ironless Linear motor ที่เลือกใช้ คือ Ironless Linear motor ของ Omron รุ่น GW-0309-ANPS เนื่องจากศึกษาตารางข้อมูลของ Ironless Linear motor จากภาคผนวก ข. โดยเปรียบเทียบค่าระหว่างความเร็วสูงสุดของ Ironless Linear motor ซึ่งความเร็วสูงสุดของ Ironless Linear motor มีค่าเท่ากับ 16 m/s และแรงสูงสุดในการทำงานของ Ironless Linear motor มีค่าเท่ากับ 80 N

### 3.5 การสร้างเครื่องจำลองการชน

จากการออกแบบดังรูปที่ 3.8 เป็นแผนภาพโมเมนต์ตัด และการคำนวณการรับแรงของโครงสร้างเครื่องจำลองการชนคนเดินเท้าสามารถทำการเลือกวัสดุสำหรับทำโครงสร้างเครื่องจำลองการชนคนเดินเท้าจากวัสดุที่สามารถรับแรงได้ ซึ่งต้องคำนึงถึงความคงทนแข็งแรง ความสะดวกในการซ่อมบำรุง และความสวยงาม มีขั้นตอนในการทำดังนี้

#### 3.5.1 การเชื่อมต่อโครงสร้างเครื่องจำลองการชนคนเดินเท้า

จากการออกแบบโครงสร้างเครื่องจำลองการชนคนเดินเท้าสามารถเลือกวัสดุเพื่อใช้ในการสร้างเครื่องจำลองการชน จากนั้นทำการเชื่อมประกอบส่วนต่างๆ เข้าด้วยกันโดยทำการเชื่อมไฟฟ้าดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 การเชื่อมโครงสร้างเครื่องจำลองการชน

### 3.5.2 การติดตั้งรางเลื่อน (Linear guide)

ทำการติดตั้งรางเลื่อน (Linear guide) เพื่อให้โครงสร้างสามารถเคลื่อนที่ได้ตามระยะทางที่กำหนด โดยการยึดสกรูหัวจมนเข้ากับคานชุดกลไกการเคลื่อนที่ ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 การติดตั้งรางเลื่อน (Linear guide)

### 3.5.3 การติดตั้งเซอร์โวมอเตอร์(Servo motor) และสกรูส่งกำลัง(Ball screw)

ทำการติดตั้งเซอร์โวมอเตอร์และสกรูส่งกำลัง เพื่อให้โครงสร้างสามารถปรับระยะทางการเคลื่อนที่ ดังรูปที่ 3.14



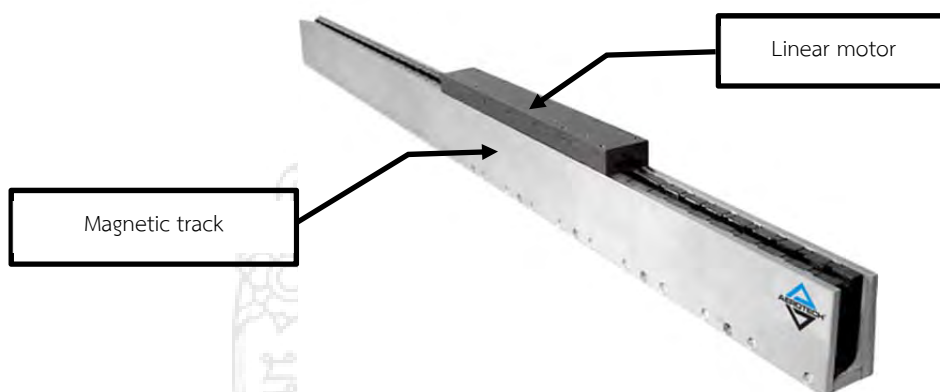
รูปที่ 3.14 การติดตั้งเซอร์โวมอเตอร์(Servo motor) และสกรูส่งกำลัง(Ball screw)

### 3.5.1 การติดตั้งมอเตอร์เชิงเส้น (Linear motor)

ทำการติดตั้งมอเตอร์เชิงเส้น(Linear motor) เพื่อให้ขับเคลื่อนอวัยวะจำลองด้วยความเร็วสูงได้ความเร็วมตามแผนการทดสอบของ EURO NCAP (Pedestrian Protection) ดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 การติดตั้งมอเตอร์เชิงเส้น(Linear motor)



รูปที่ 3.16 Ironless Linear Motor

### 3.5.2 การติดตั้งตัวระบุตำแหน่ง (Encoder)

ทำการติดตั้งตัวระบุตำแหน่ง เพื่อควบคุมความเร็วให้อวัยวะจำลองสามารถเคลื่อนที่ได้ตามแผนการทดสอบของ EURO NCAP (Pedestrian Protection) โดยยึดกับคานชุดกลไกการปรับองศา ดังรูปที่ 3.17

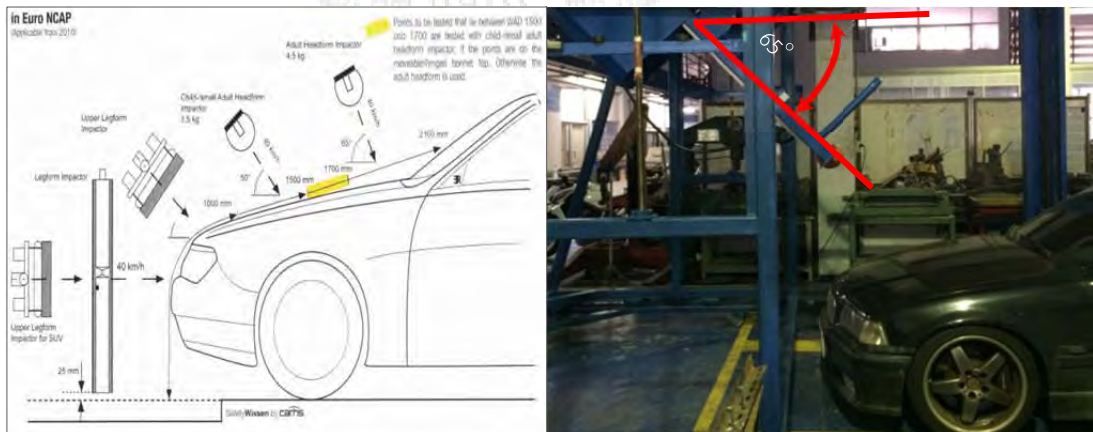


รูปที่ 3.17 การติดตั้งตัวระบุตำแหน่ง (Encoder)

### 3.6 การเตรียมและวิธีทดสอบ

#### 3.6.1 การเตรียมการทดสอบ

1 การกำหนดตำแหน่งองศาการทดสอบ ถูกกำหนดจากแผนการทดสอบของ (EURO NCAP (Pedestrian Protection) ดังรูปที่ 3.18 (ก) อย่างไรก็ตาม เนื่องจากการทดสอบใช้ศีรษะจำลองมีขนาดมวล 4.5 kg ดังนั้นการทดสอบจึงถูกกำหนดองศาการทดสอบจากแนวระนาบ  $65^\circ$  ดังรูปที่ 3.18 (ข)



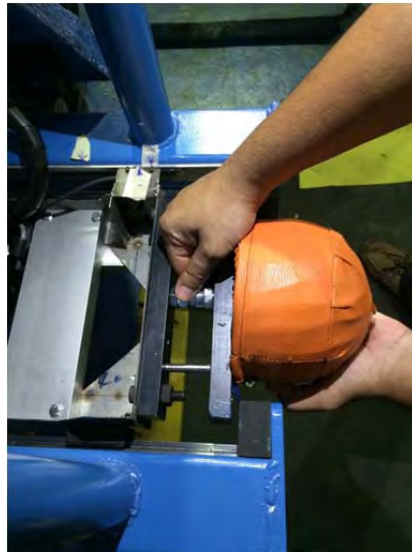
ก) องศาการทดสอบตาม EURO NCAP

ข) องศาการทดสอบจริง

รูปที่ 3.18 การกำหนดตำแหน่งองศาการทดสอบ

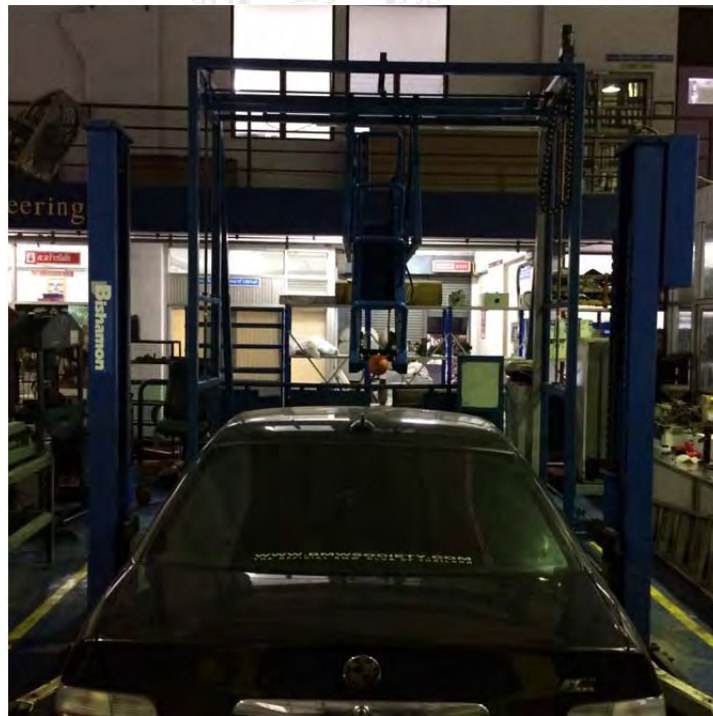
2 ทำการยึดศีรษะจำลองเข้ากับชุดกลไกขับเคลื่อนอวัยวะจำลองความเร็วสูง โดยยึดศีรษะจำลองเข้ากับกลไกการยึดอวัยวะจำลองในสปีด ดังรูปที่ 3.19





รูปที่ 3.19 การยึดศีรษะจำลอง

3 ทำการเคลื่อนตำแหน่งในแนวแกน (X, Y, Z) ให้ตรงกับตำแหน่งจุดทดสอบ ดังรูปที่ 3.20

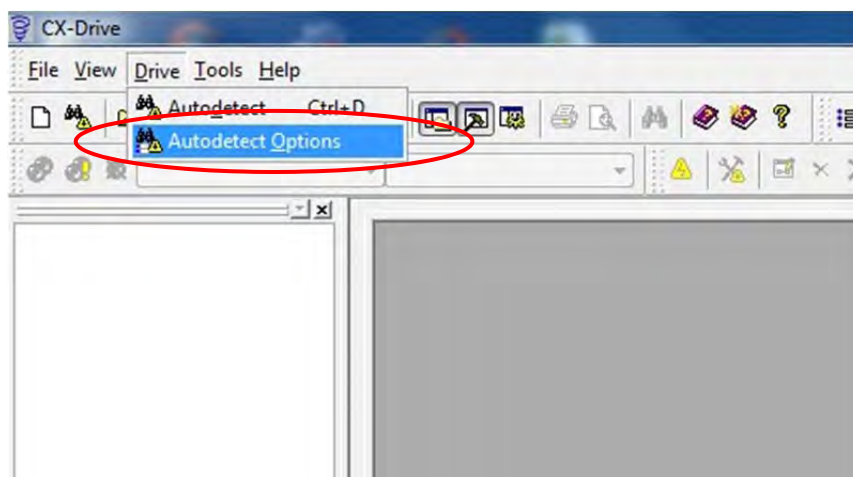


รูปที่ 3.20 การเคลื่อนตำแหน่งในแนวแกน (X, Y, Z)

3.6.2 การตั้งค่าโปรแกรมควบคุมการทดสอบ

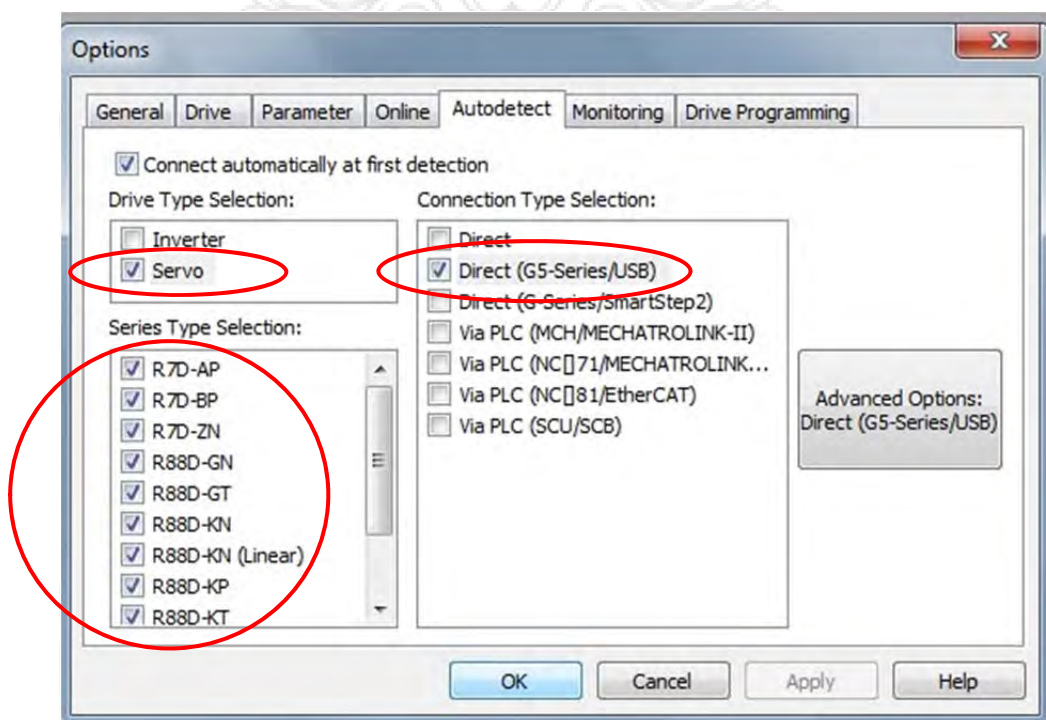
3.6.2.1 การเชื่อมต่อโปรแกรมคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์

- เปิดโปรแกรม CX-Drive จาก Desktop ในคอมพิวเตอร์ เลือกหัวข้อ Drive> Autodetect Options ในแถบ Menu Bar ดังรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 การเปิดหัวข้อค้นหาอุปกรณ์ที่จะควบคุม

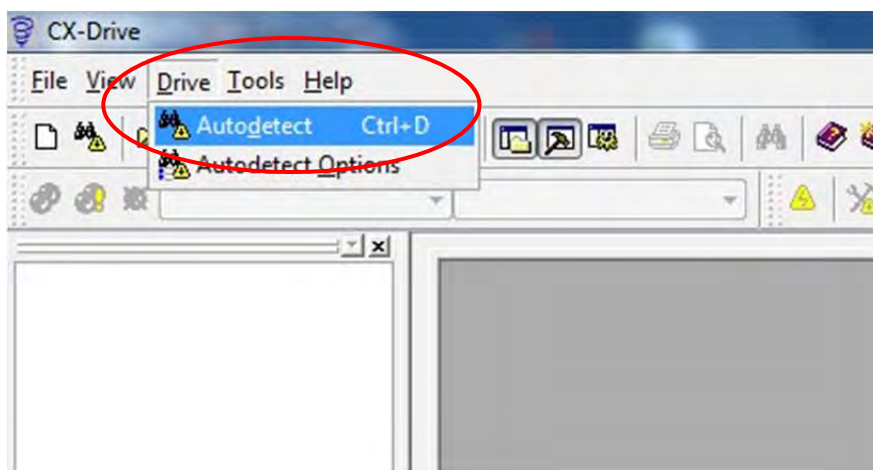
- เพื่อทำการค้นหาอุปกรณ์ที่จะควบคุมด้วยตัวโปรแกรมเอง โดยเลือกหัวข้อ Autodetect เลือก Drive Type Selection> Servo Connection Type Selection> Direct (G5-Series/USB) Series Type Selection>ทุกอุปกรณ์ที่แสดงในโปรแกรม โดยการคลิกเมาส์ซ้ายให้แสดงเครื่องหมายถูก แล้วกด OK ดังรูปที่ 3.22



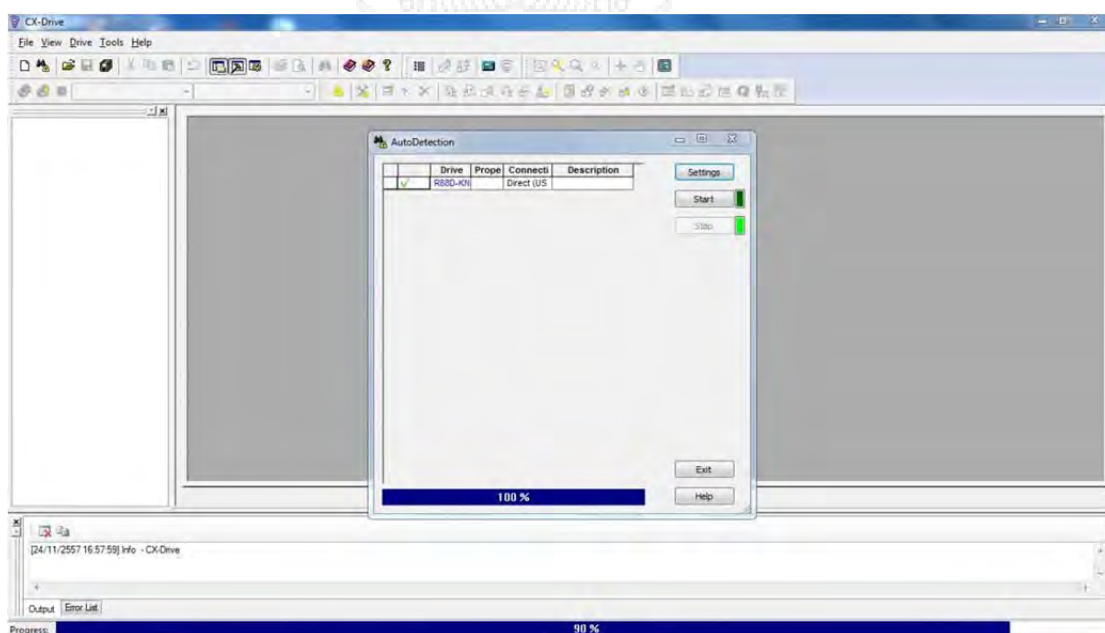
รูปที่ 3.22 การค้นหาอุปกรณ์ที่จะควบคุม



- เลือกหัวข้อ Drive> Autodetect ในแถบ Menu Bar เพื่อเชื่อมต่อระบบคอมพิวเตอร์เข้ากับอุปกรณ์ทดสอบดังรูปที่ 3.23 และ 3.24

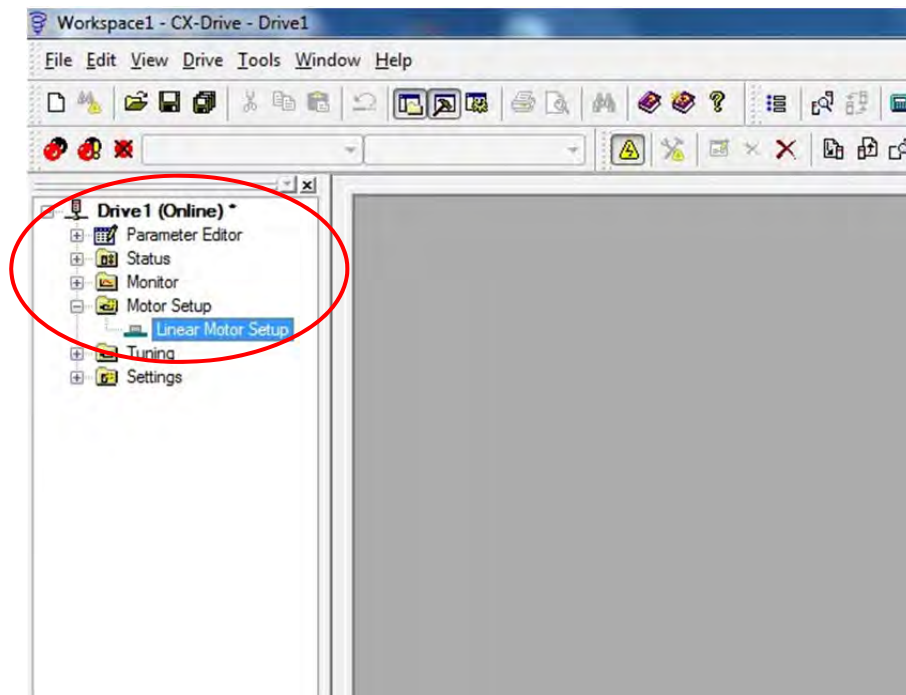


รูปที่ 3.23 การเชื่อมต่อระบบคอมพิวเตอร์เข้ากับอุปกรณ์ทดสอบ



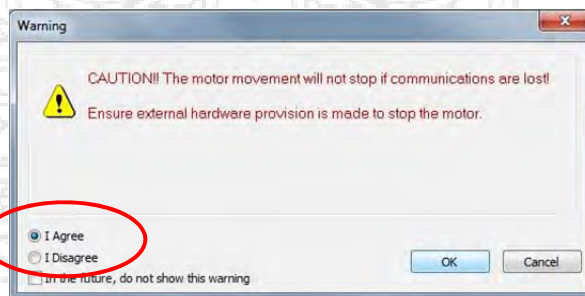
รูปที่ 3.24 โปรแกรมเชื่อมต่อระบบคอมพิวเตอร์เข้ากับอุปกรณ์ทดสอบ

- เลือกหัวข้อ Drive1 (Online)> Motor Setup> Linear Motor Setup ในแถบ Menu ด้านซ้าย โดยการคลิกเมาส์ซ้าย ดังรูปที่ 3.25

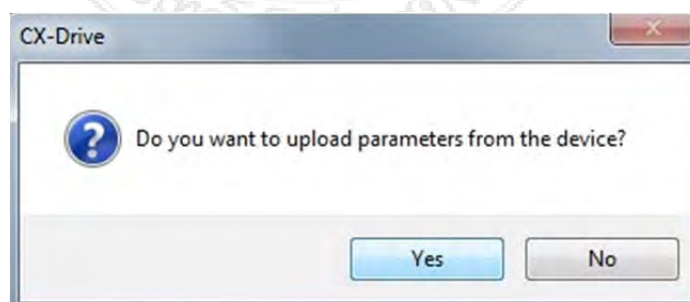


รูปที่ 3.25 Linear Motor Setup

3.26 และ 3.27 - เลือกหัวข้อ I Agree จากนั้นทำการกด OK ทำการคลิกเมาส์ซ้ายที่ Yes ดังรูปที่



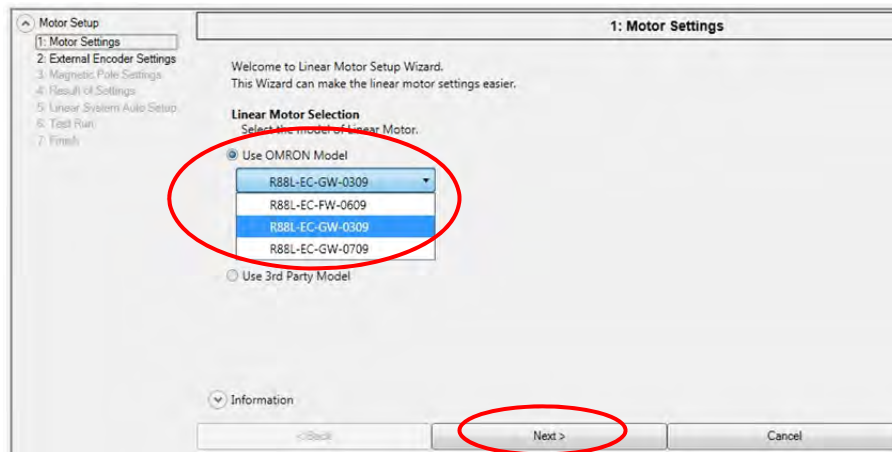
รูปที่ 3.26 การเลือก I Agree



รูปที่ 3.27 การเลือก Upload

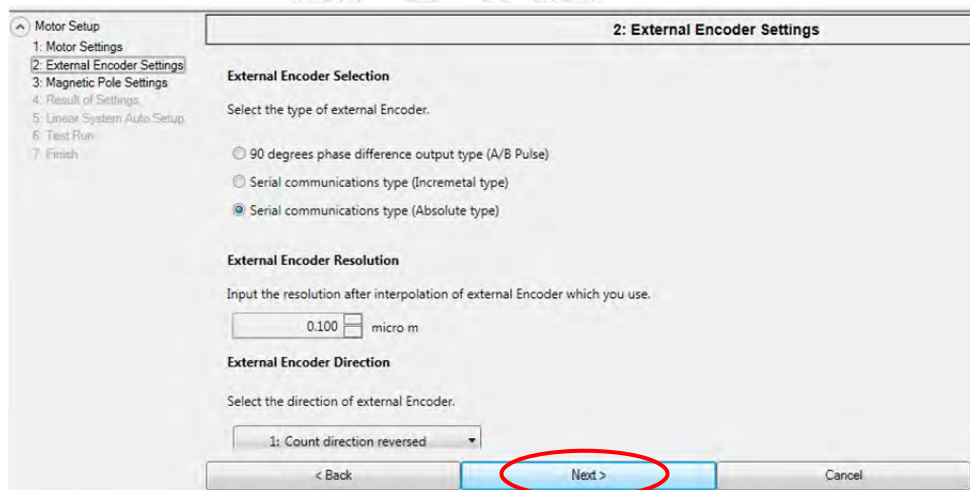
### 3.6.2.2 การตรวจสอบการตั้งค่าอุปกรณ์

- ขั้นตอนที่ 1 Motor Settings เลือกหัวข้อ Use OMRON Motor> RBBL-EC-GW-0309 โดยการคลิกเมาส์ซ้ายที่ Next ดังรูปที่ 3.28



รูปที่ 3.28 การเลือก Motor Settings

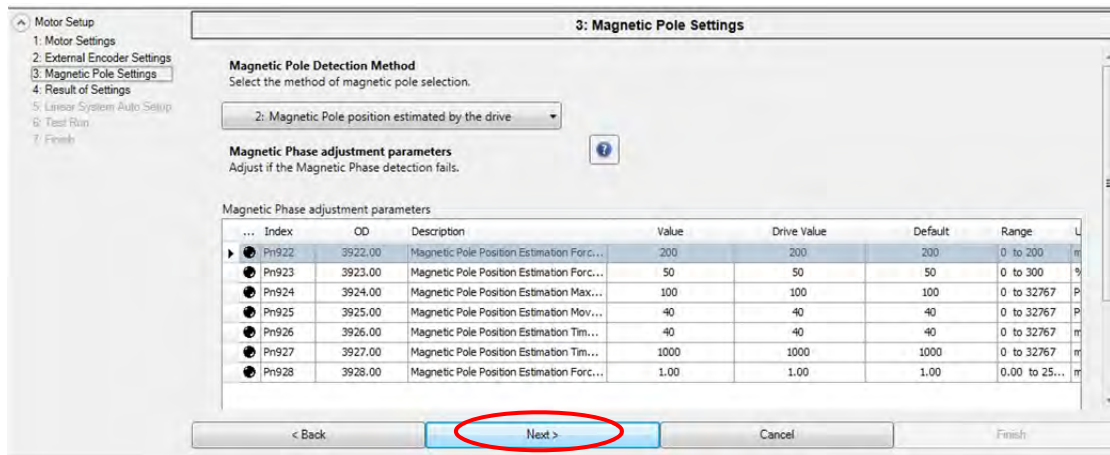
- ขั้นตอนที่ 2 External Encoder Settings โดยการคลิกเมาส์ซ้ายที่ Next ดังรูปที่ 3.29



รูปที่ 3.29 การเลือก External Encoder Settings

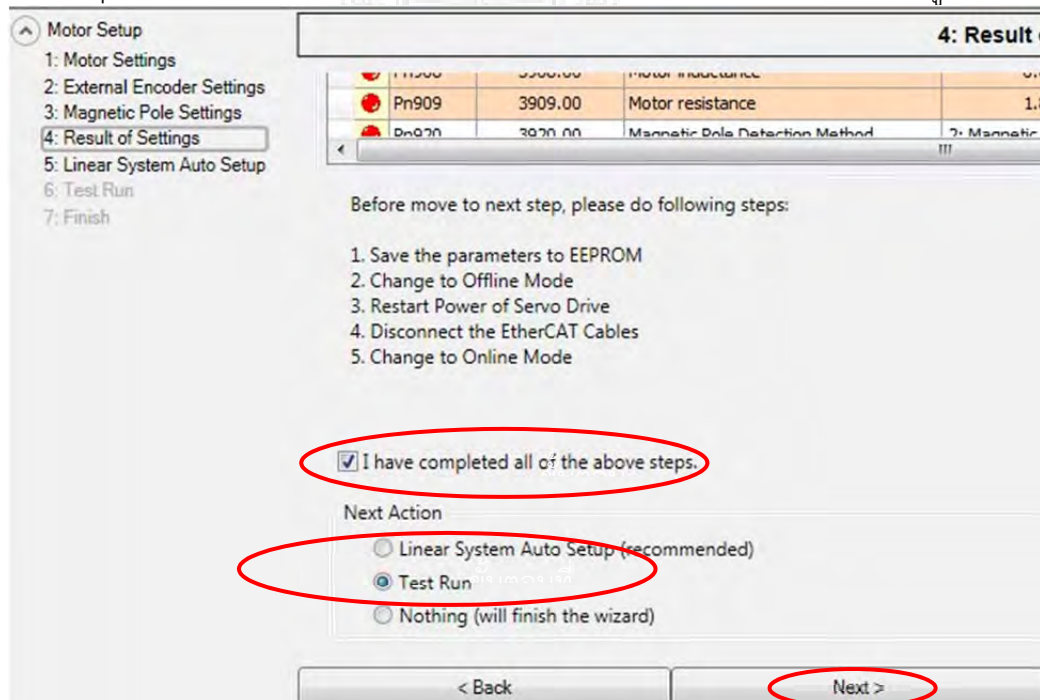
- ขั้นตอนที่ 3 Magnetic Pole Settings โดยการคลิกเมาส์ซ้ายที่ Next ดังรูปที่

3.30



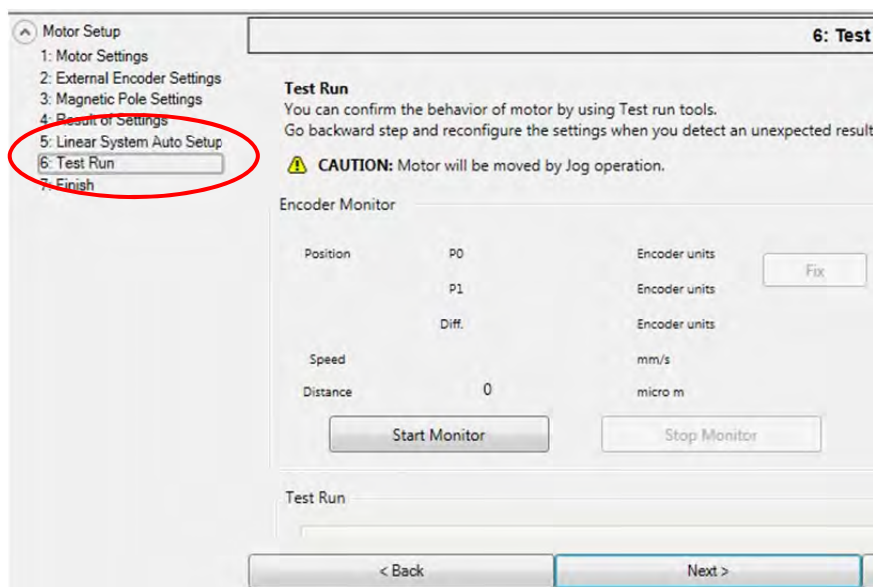
รูปที่ 3.30 การเลือก Magnetic Pole Settings

- ขั้นตอนที่ 4 Result of Settings เลือกหัวข้อ I have completed all of the above steps เลือกหัวข้อ Next Action > Test Run โดยการคลิกเมาส์ซ้ายที่ Next ดังรูปที่ 3.31



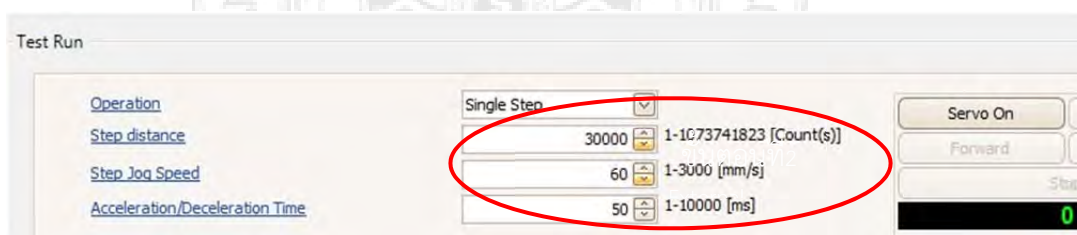
รูปที่ 3.31 การเลือก Result of Settings

- ขั้นตอนที่ 5 Linear System Auto Setup เป็นการตั้งค่าอัตโนมัติโปรแกรม เมื่อตั้งค่าในขั้นตอนที่ 4 เสร็จ โปรแกรมจะข้ามขั้นตอนที่ 5 ไปสู่ขั้นตอนที่ 6 ดังรูปที่ 3.32



รูปที่ 3.32 การเลือก Linear System Auto Setup

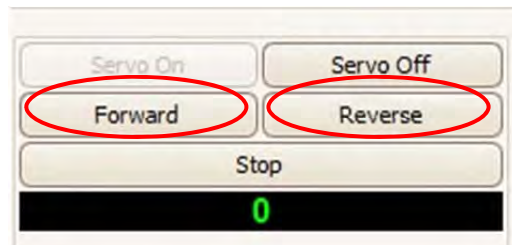
- ขั้นตอนที่ 6 Test Run ตั้งค่าระยะทางการเคลื่อนที่ (Step distance) โดยกำหนดความเร็วที่ 17.6 ล้าน Count) 1 mm = 10,000 Count (ตั้งค่าความเร็ว (Step Jog Speed) โดยกำหนดความเร็วที่ 3,000 mm/s ตั้งค่าระยะเวลาเร่งและระยะเวลาชะลอตัว (Acceleration/Deceleration time) โดยกำหนดระยะเวลาที่ 1 ms โดยการคลิกเมาส์ซ้ายที่ Servo On ดังรูปที่ 3.33



รูปที่ 3.33 การเลือก Test Run

- กดหัวข้อ Forward – Reverse เพื่อให้กำหนดทิศทางของ Linear Motor ดัง

รูปที่ 3.34

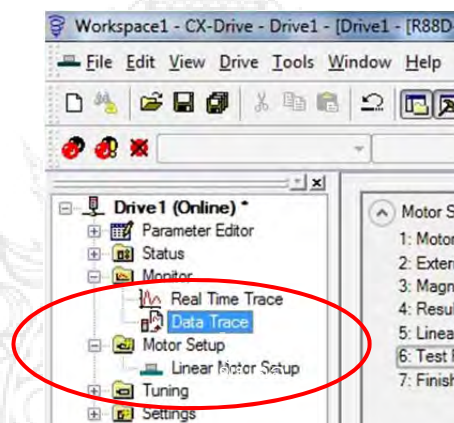


รูปที่ 3.34 การเลือกทิศทาง Linear Motor

### 3.6.3 การบันทึกข้อมูลการทดสอบ

- เลือกหัวข้อ Monitor> Data Trace ในแถบ Menu ด้านซ้าย โดยการคลิกเมาส์ซ้าย

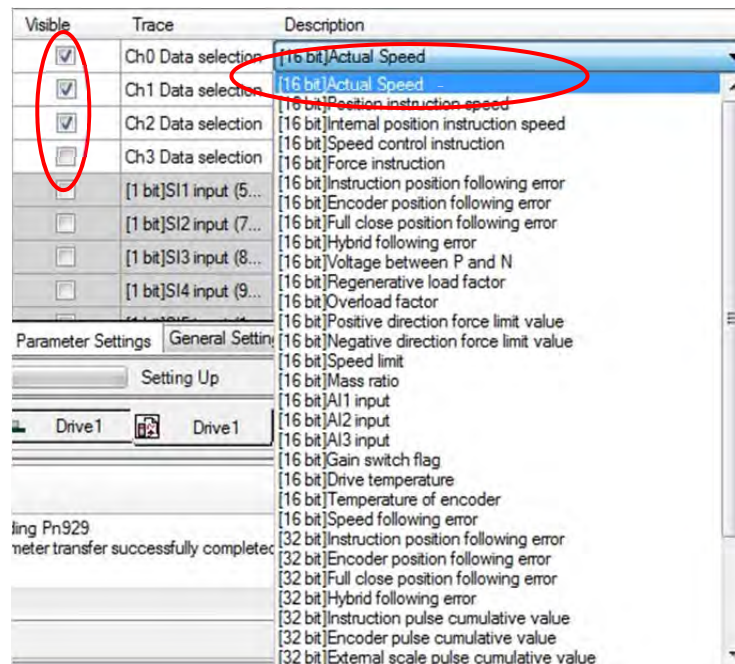
ดังรูปที่ 3.35



รูปที่ 3.35 การเลือก Data



- เลือกหัวข้อ Parameter เลือกข้อมูลที่จะเก็บ Settings> Visible โดยการคลิกเมาส์ซ้าย เพื่อให้ปรากฏ Data ที่ต้องการ หัวข้อ Description โดยการคลิกเมาส์ซ้ายเพื่อให้เลือกลักษณะ Data ที่ต้องการ โดยเลือกเก็บค่า Actual Speed ดังรูปที่ 3.36



รูปที่ 3.36 การเลือกลักษณะ Data

- เลือกหัวข้อ General Settings เลือกการเก็บข้อมูล Sampling Interval โดยกำหนดการเก็บข้อมูลทุก ๆ 1 ms ดังรูปที่ 3.37

Parameter	Value	Units
Sampling Interval	1.000	ms
Total Trace Time	1024	ms
X-Axis Scale (division)	FULL	ms
Time Scale	Relative	ms
Set as Left Axis	Ch2 Data selection - [16 bit]Voltag...	V
Set as Right Axis	Ch0 Data selection - [16 bit]Actual ...	mm/s

รูปที่ 3.37 การเลือก Sampling Interval

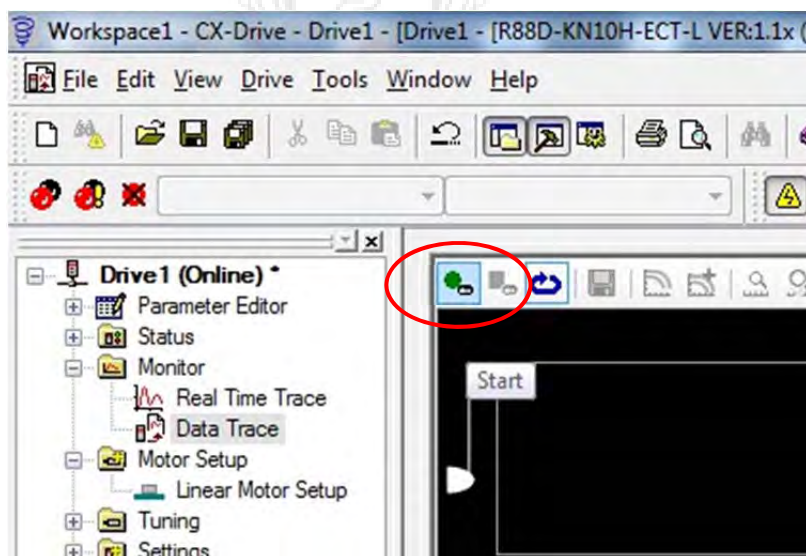
- เลือกหัวข้อ Trigger Settings เลือกหัวข้อ Multi Trigger Settings > 1: Trigger A เลือกการเริ่มเก็บข้อมูล 1 : Trigger A โดยกำหนดการเริ่มเก็บข้อมูลเมื่ออุปกรณ์มีความเร็ว (1mm/s ดังรูปที่ 3.38

Parameter	Selection	Units
Multi Trigger Setting	1: Trigger A	
Trigger Position	0: 0	
Trigger Selection A	0: [16 bit]Actual Speed	mm/s
Trigger Level A	1	mm/s
Trigger Filter A	0: None	
Trigger Slope A	0: Rise	
Trigger Selection B	0: [16 bit]Actual Speed	mm/s
Trigger Level B	0	mm/s

Parameter Settings | General Settings | Trigger Settings | Cursors

รูปที่ 3.38 การเลือก Trigger Settings

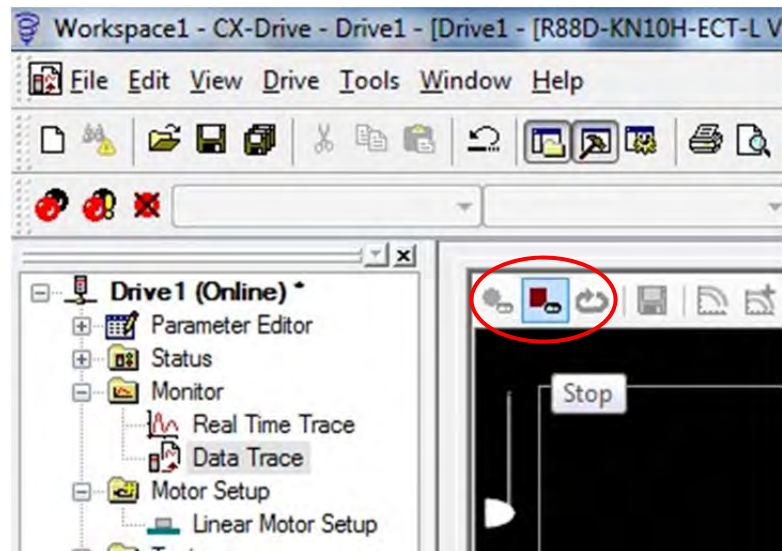
- เลือกหัวข้อ Start เพื่อเริ่มเก็บข้อมูล ดังรูปที่ 3.39



รูปที่ 3.39 การเริ่มเก็บข้อมูล

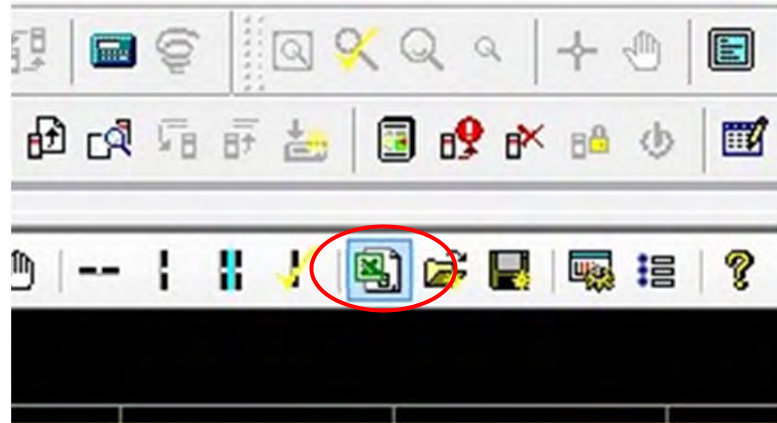


- เลือกหัวข้อ Stop เพื่อหยุดเก็บข้อมูล ดังรูปที่ 3.40



รูปที่ 3.40 การหยุดเก็บข้อมูล

- เลือกหัวข้อ Excel เพื่อบันทึกข้อมูล ดังรูปที่ 3.41



รูปที่ 3.41 การบันทึกข้อมูล

## บทที่ 4

### ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการดำเนินโครงการตามวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาความเป็นไปได้และสร้างเครื่องจำลอง การชนคนเดินเท้า ได้ถูกนำไปทดสอบหาความสามารถการขับเคลื่อนชุดศีรษะจำลอง ภายใต้สภาวะ แผนการทดสอบของ EURO NCAP (Pedestrian Protection)

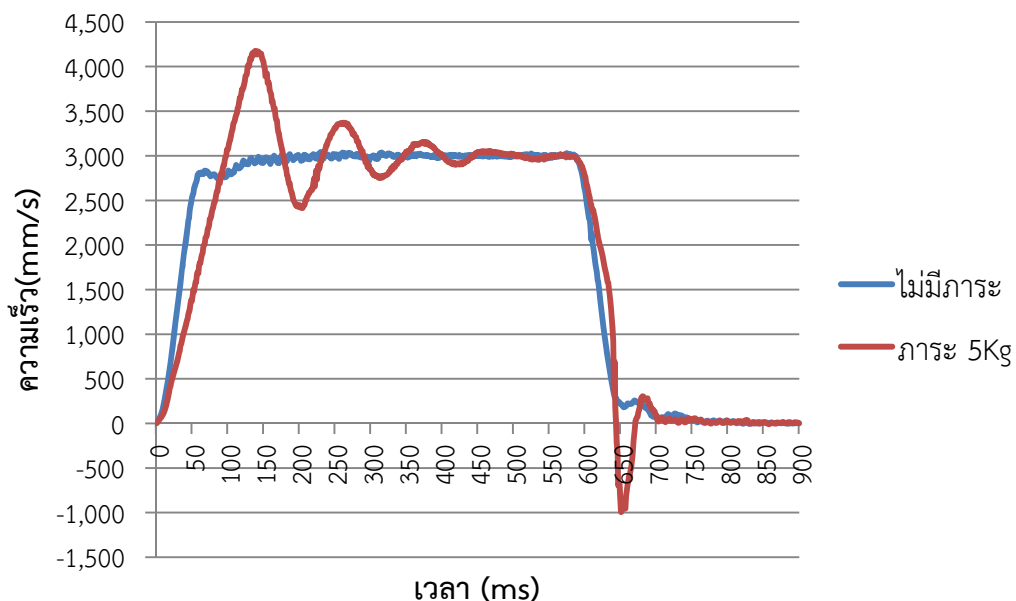
#### 4.1 ผลการทดสอบ

จากการทดสอบผลักวัตถุที่แนวการเคลื่อนที่  $0^\circ$  และ  $65^\circ$  จากแนวระนาบ ทั้งแบบไม่มีภาระและมีภาระ 5 kg โดยมีระยะทางการเคลื่อนที่ทั้งหมด 1.76 m เพื่อทดสอบหาความเร็วสูงสุดที่ ชุดกลไกขับเคลื่อนอวัยวะจำลองความเร็วสูงสามารถผลักอวัยวะจำลอง (ศีรษะจำลอง) ได้ ภายใต้ขีดจำกัดของซอฟต์แวร์ที่สามารถกำหนดความเร็วสูงสุดได้เพียง 3 m/s และกำหนดอัตราเร่งจากความเร็วเริ่มต้น (0 mm/s) ถึงความเร็วสูงสุด (3,000 mm/s) ภายในเวลา 1 ms ซึ่งข้อจำกัดดังกล่าว ถูกนำมาใช้เป็นสัญญาณในการควบคุมชุดกลไกขับเคลื่อนอวัยวะจำลองความเร็วสูง

##### 4.1.1 ผลการทดสอบผลักวัตถุที่แนวการเคลื่อนที่ $0^\circ$

จากผลการทดสอบผลักวัตถุที่แนวการเคลื่อนที่  $0^\circ$  แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการสร้าง อัตราเร่งในแนวการเคลื่อนที่  $0^\circ$  จากแนวระนาบ โดยในสภาวะไร้ภาระ (Unloaded) ชุดกลไกขับเคลื่อนอวัยวะจำลองความเร็วสูงสามารถสร้างความเร็วจากจุดหยุดนิ่งไปถึงความเร็วเป้าหมาย (3,000 mm/s) อย่างมีประสิทธิภาพได้ภายในเวลา 165 ms ซึ่งช้ากว่าคำสั่งที่กำหนดไว้ ก่อนเริ่มลดความเร็วอย่างทันทีทันใดที่เวลา 590 ms และลดความเร็วเหลือ 0 mm/s ที่เวลา 690 ms ทั้งนี้ สามารถคำนวณหาอัตราเร่งและอัตราหน่วงสูงสุดในสภาวะดังกล่าว คือ  $97 \text{ m/s}^2$  และ  $146 \text{ m/s}^2$  ตามลำดับดังรูปที่ 4.1

สำหรับในสภาวะภาระ 5 kg (Loaded 5 kg) ชุดกลไกขับเคลื่อนอวัยวะจำลองความเร็วสูง สามารถเร่งความเร็วจากจุดหยุดนิ่งผ่านความเร็วเป้าหมาย (3,000 mm/s) ที่เวลา 97 ms และเกินค่าเป้าหมาย (Overshoot) ก่อนเริ่มเข้าสู่เสถียรภาพที่เวลา 450 ms จากนั้นเริ่มลดความเร็วอย่างทันทีทันใดที่เวลา 673 ms และความเร็วเหลือ 0 m/s ที่เวลา 644 ms ทั้งนี้สามารถคำนวณหาอัตราเร่งและอัตราหน่วงสูงสุดในสภาวะดังกล่าว คือ  $87 \text{ m/s}^2$  และ  $546 \text{ m/s}^2$  ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าชุดกลไกขับเคลื่อนอวัยวะจำลองความเร็วสูงได้ปะทะกับตัวหยุดการเคลื่อนที่ ส่งผลให้เกิดการเคลื่อนที่ย้อนกลับอย่างทันทีทันใดที่เวลา 644 ms ถึง 671 ms

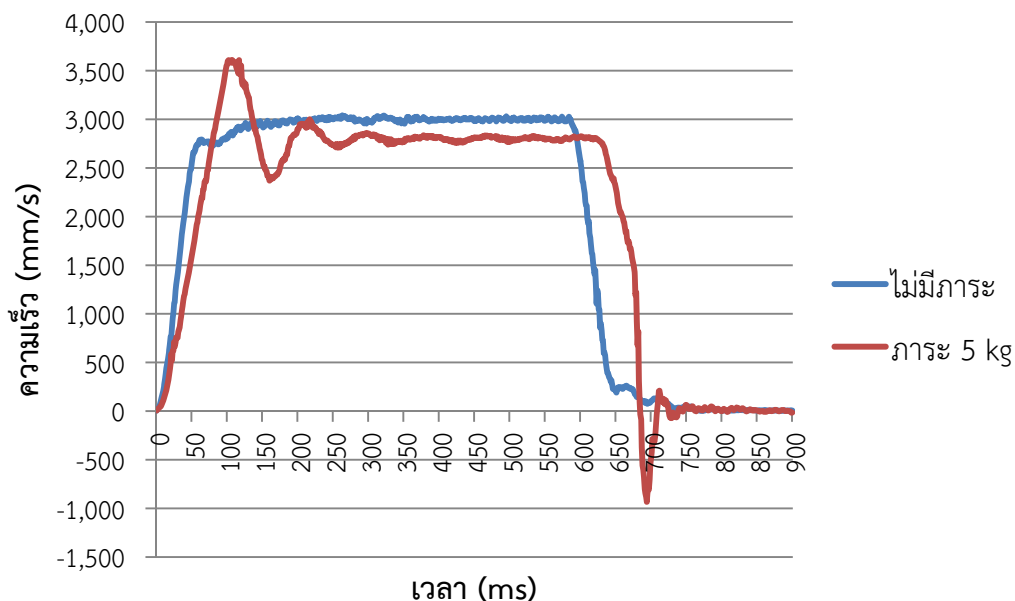


รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและเวลา แนวการเคลื่อนที่ 0°

#### 4.1.1 ผลการทดสอบผลกั้วัตถุที่แนวการเคลื่อนที่ 65°

ผลการทดสอบผลกั้วัตถุที่แนวการเคลื่อนที่ 65°แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการสร้างอัตราเร่งในแนวการเคลื่อนที่ 65° จากแนวระนาบ โดยในสภาวะไร้ภาระ (Unloaded) ชุดกลไกขับเคลื่อนอวัยวะจำลองความเร็วสูง สามารถสร้างความเร็วจากจุดหยุดนิ่งไปถึงความเร็วเป้าหมาย (3,000 mm/s) อย่างมีเสถียรภาพได้ภายในเวลา 198 ms ซึ่งช้ากว่าคำสั่งที่กำหนดไว้ ก่อนเริ่มลดความเร็วอย่างทันทีทันใดที่เวลา 586 ms และลดความเร็วเหลือ 0 mm/s ที่เวลา 771 ms ทั้งนี้สามารถคำนวณหาอัตราเร่งและอัตราหน่วงสูงสุดในสภาวะดังกล่าวได้ 112 m/s<sup>2</sup> และ 214 m/s<sup>2</sup> ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.2

สำหรับในสภาวะภาระ 5 kg (Loaded 5 kg) ชุดกลไกขับเคลื่อนอวัยวะจำลองความเร็วสูงสามารถเร่งความเร็วจากจุดหยุดนิ่งผ่านความเร็วเป้าหมาย (2,800 mm/s) ที่เวลา 81 ms และเกินค่าเป้าหมาย (Overshoot) ก่อนเริ่มเข้าสู่เสถียรภาพที่เวลา 365 ms จากนั้นเริ่มลดความเร็วอย่างทันทีทันใดที่เวลา 624 ms และความเร็วเหลือ 0 m/s ที่เวลา 684 ms ทั้งนี้สามารถคำนวณหาอัตราเร่งและอัตราหน่วงสูงสุดในสภาวะดังกล่าว คือ 99 m/s<sup>2</sup> และ 510 m/s<sup>2</sup> ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าชุดกลไกขับเคลื่อนอวัยวะจำลองความเร็วสูงได้ปะทะกับตัวหยุดการเคลื่อนที่ ส่งผลให้เกิดการเคลื่อนที่ย้อนกลับอย่างทันทีทันใดที่เวลา 685 ms ถึง 709 ms



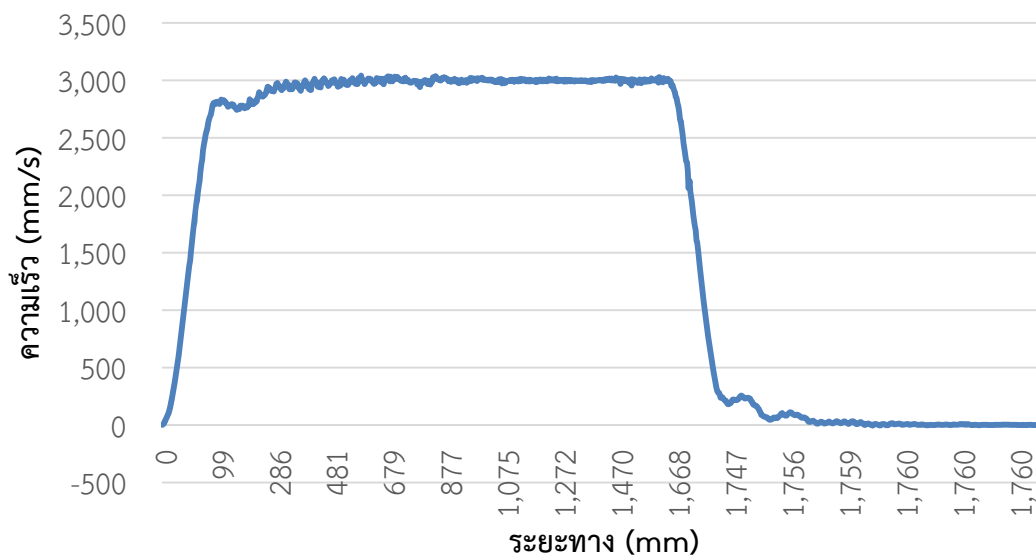
รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและเวลา แนวการเคลื่อนที่ 65°

#### 4.1.1 การวิเคราะห์ความสามารถชุดกลไกขับเคลื่อนอวัยวะจำลองความเร็วสูง

จากผลการทดสอบข้างต้น ซึ่งไม่สามารถสร้างความเร็วได้ถึง 40 km/hr เนื่องจากติดข้อจำกัดด้านงบประมาณ อย่างไรก็ตาม ชุดกลไกขับเคลื่อนอวัยวะจำลองความเร็วสูง ของเครื่องจำลองการชนระหว่างรถยนต์และคนเดินเท้า ได้ออกแบบรองรับให้สามารถพัฒนาขีดความสามารถในการเพิ่มความเร็วได้ ดังนั้นจึงต้องทำการวิเคราะห์ความสามารถการผลักวัตถุของชุดกลไกขับเคลื่อนอวัยวะจำลองความเร็วสูง โดยนำผลการทดสอบในกรณี แนวการเคลื่อนที่ 0° จากแนวระนาบ ในสถานะไร้ภาระ (Unloaded) เพื่อแปลงผลการทดสอบจากโดเมนเวลาให้เป็นโดเมนระยะทาง ก่อนนำมาวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการสร้างความเร็วตามมาตรฐานการทดสอบของ EURO NCAP (Pedestrian Protection) คือ 40 km/hr หรือ 11.11 m/s

ผลการทดสอบแบบโดเมนระยะทางแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการสร้างอัตราเร่งในแนวการเคลื่อนที่ 0° จากแนวระนาบ โดยในสถานะไร้ภาระ (Unloaded) ชุดกลไกขับเคลื่อนอวัยวะจำลองความเร็วสูง สามารถสร้างความเร็วจากจุดหยุดนิ่งไปถึงความเร็วเป้าหมาย (3,000 mm/s) ได้ในระยะทาง 104 mm ซึ่งอาศัยสมการที่ 2.1 มาคำนวณหาอัตราเร่งเฉลี่ยในสถานะดังกล่าว คือ  $19.46 \text{ m/s}^2$  ดังรูปที่ 4.3

ดังนั้นหากไม่สามารถเพิ่มอัตราเร่งของชุดกลไกขับเคลื่อนอวัยวะจำลองความเร็วสูงดังกล่าว แนวทางการพัฒนาเพื่อศึกษาความเป็นไปได้และสร้างเครื่องจำลองการชนคนเดินเท้า จำเป็นต้องเพิ่มความยาวของรางแม่เหล็กจากเดิม 1.76 m เป็น 3.17m เพื่อให้ได้ความเร็ว 40km/hr หรือ 11.11m/s ในทางกลับกัน หากไม่สามารถเพิ่มความยาวของรางแม่เหล็กได้ ก็จำเป็นต้องเพิ่มอัตราเร่งของชุดกลไกขับเคลื่อนอวัยวะจำลองความเร็วสูง จากเดิม  $19.46 \text{ m/s}^2$  เป็น  $35.06 \text{ m/s}^2$



รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและระยะทาง แนวการเคลื่อนที่ 0°

#### 4.2 สรุปผลการทดสอบ

จากผลการทดสอบความสามารถการทำงาน เพื่อศึกษาความเป็นไปได้และสร้างเครื่องจำลองการชนคนเดินเท้าพบว่าชุดกลไกขับเคลื่อนด้วยระบบจำลองความเร็วสูง

ในแนวการเคลื่อนที่ 0° จากแนวระนาบ ในสภาวะไร้ภาระ (Unloaded) และในสภาวะภาระ 5 kg (Loaded 5 kg) สามารถสร้างความเร็วจากจุดหยุดนิ่งไปถึงความเร็วเป้าหมาย (3,000 mm/s) ภายในเวลา 165 ms และ 97 ms ตามลำดับ ในแนวการเคลื่อนที่ 65° จากแนวระนาบ ในสภาวะไร้ภาระ (Unloaded) สามารถสร้างความเร็วจากจุดหยุดนิ่งไปถึงความเร็วเป้าหมาย (3,000 mm/s) ภายในเวลา 198 ms และในสภาวะภาระ 5 kg (Loaded 5 kg) สามารถเร่งความเร็วจากจุดหยุดนิ่งผ่านความเร็วเป้าหมาย (2,800 mm/s) ที่เวลา 81 ms

ในแนวการเคลื่อนที่ 0° จากแนวระนาบ ในสภาวะไร้ภาระ (Unloaded) สามารถสร้างความเร็วจากจุดหยุดนิ่งไปถึงความเร็วเป้าหมาย (3,000 mm/s) ได้ในระยะเวลา 104 mm สามารถคำนวณหาอัตราเร่งเฉลี่ยในสภาวะดังกล่าว คือ  $19.46 \text{ m/s}^2$

## บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ

บทนี้จะกล่าวถึงการสรุปผลการดำเนินงาน, ปัญหาอุปสรรค และข้อเสนอแนะ ของการดำเนินงานที่ผ่านมา ซึ่งจะสะท้อนให้เห็นถึงระดับผลความสำเร็จของการดำเนินงานสร้างเครื่องจำลองการชนคนเดินเท้า

### 5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

จากการดำเนินงานวิจัยซึ่งมีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างเครื่องจำลองการชนคนเดินเท้า เพื่อรองรับการทดสอบด้านแผนการทดสอบความปลอดภัยของรถยนต์ ตามเกณฑ์ EURO NCAP (Pedestrian Protection) ซึ่งมีแนวโน้มจะถูกบังคับใช้ในภูมิภาคอาเซียนในอนาคตอันใกล้นี้ อีกทั้งเป็นการสร้างความตระหนักด้านความปลอดภัยและนำความรู้ทางวิศวกรรมมาประยุกต์ในการออกแบบเครื่องทดสอบดังกล่าว

จากผลการทดสอบความสามารถการทำงานพบว่า ชุดเคลื่อนตำแหน่งตามแนวแกนทั้ง 3 แกน (x, y และ z) สามารถทำงานได้ตามที่ได้รับการออกแบบ อีกทั้งสามารถปรับมุมการปะทะได้ระหว่าง  $0^\circ$  ถึง  $65^\circ$  จากแนวระนาบ ในขณะที่ชุดกลไกขับเคลื่อนอวัยวะจำลองความเร็วสูงยังไม่สามารถทำความเร็วได้ตามกำหนดของ แผนการทดสอบ EURO NCAP (Pedestrian Protection) เนื่องจากมีข้อจำกัดด้านงบประมาณในการจัดซื้ออุปกรณ์ซึ่งต้องลงทุนสูง โดยในสภาวะไร้ภาระ (Unloaded) ชุดกลไกขับเคลื่อนอวัยวะจำลองความเร็วสูงสามารถเคลื่อนที่ได้ด้วยความเร็วสูงสุด  $3,000 \text{ mm/s}$  ที่  $0^\circ$  เช่นเดียวกับที่  $65^\circ$  ในขณะที่สภาวะการผลัดศีรษะจำลอง (Loaded  $5 \text{ kg}$ ) ชุดกลไกขับเคลื่อนอวัยวะจำลองความเร็วสูงสามารถผลัดให้ศีรษะจำลองเคลื่อนที่ได้ด้วยความเร็วสูงสุด  $3,000 \text{ mm/s}$  และ  $2,800 \text{ mm/s}$  ที่  $0^\circ$  และ  $65^\circ$  ตามลำดับ

อย่างไรก็ตาม คณะผู้จัดทำโครงการได้ทำการออกแบบให้รองรับการเพิ่มอุปกรณ์ เพื่อให้สามารถทำความเร็วได้ตามแผนการทดสอบของ EURO NCAP (Pedestrian Protection) กำหนด โดยมีปัจจัยหลัก 2 ปัจจัยที่ใช้พิจารณา คือ อัตราเร่งและระยะทางการเคลื่อนที่ สำหรับการกำหนดอัตราเร่งโดยยึดอัตราเร่งสูงสุดที่สามารถทำได้ ณ ปัจจุบัน คือ  $19.46 \text{ mm/s}^2$  จำเป็นจะต้องเพิ่มความยาวของรางแม่เหล็กจากเดิม  $1.76 \text{ m}$  เป็น  $3.17 \text{ m}$  ในทางกลับกัน หากไม่สามารถเพิ่มความยาวของรางแม่เหล็กได้

ก็จำเป็นต้องเพิ่มอัตราเร่งของชุดกลไกขับเคลื่อนอวัยวะจำลองความเร็วสูง จากเดิม  $19.46 \text{ mm/s}^2$  เป็น  $35.06 \text{ m/s}^2$  ซึ่งแนวทางทั้ง 2 จะนำไปสู่การเพิ่มขีดความสามารถด้านความเร็วเป็น  $40 \text{ km/hr}$  หรือ  $11.11 \text{ m/s}$  ทั้งนี้แนวทางดังกล่าวทั้งสองจะต้องมีการเพิ่มอุปกรณ์มอเตอร์เชิงเส้น (Linear motor) ให้เหมาะสมกับภาระที่ถูกขับเคลื่อนด้วย

## 5.2 ปัญหาและอุปสรรค

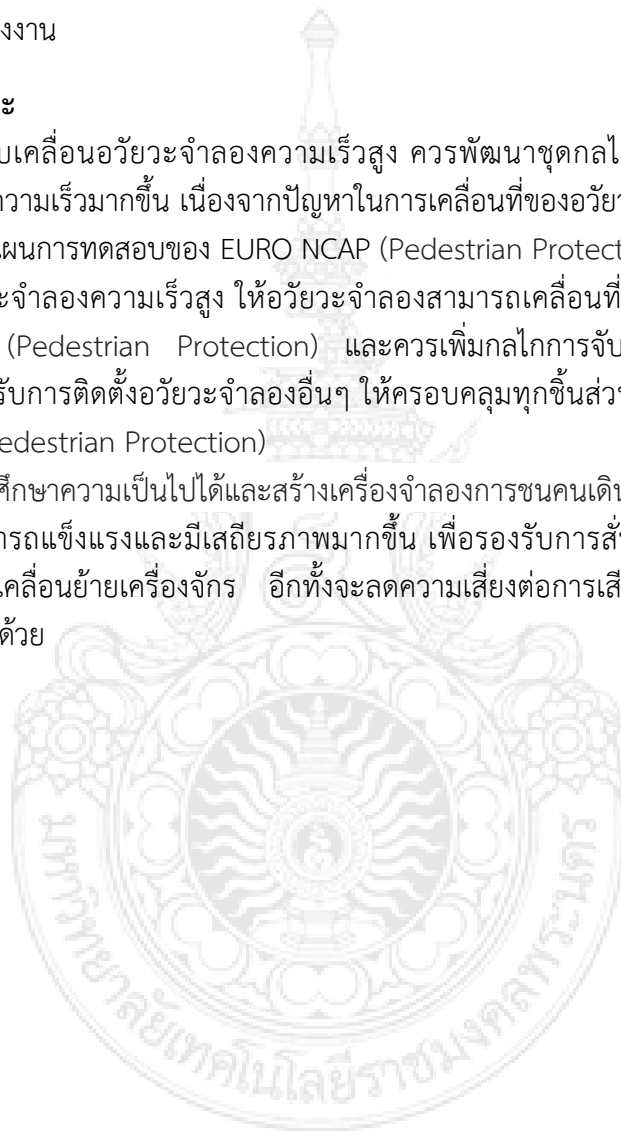
5.2.1 เนื่องจากตัวชุดอุปกรณ์ต้นกำลังที่ใช้สร้างชุดกลไกขับเคลื่อนอวัยวะจำลองความเร็วสูงเป็นอุปกรณ์ที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศจึงทำให้มีความล่าช้าในการดำเนินการสร้างเครื่องจำลองดังกล่าว

5.2.2 อุปกรณ์มอเตอร์เชิงเส้น (Linear motor) และอุปกรณ์ตรวจจับตำแหน่ง (Encoder) เป็นอุปกรณ์ที่มีความอ่อนไหวต่อการติดตั้ง จำต้องใช้ความละเอียดและประณีตสูง ส่งผลให้เกิดความล่าช้าในการดำเนินโครงการ

## 5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ชุดขับเคลื่อนอวัยวะจำลองความเร็วสูง ควรพัฒนาชุดกลไกขับเคลื่อนอวัยวะจำลองความเร็วสูงให้มีความเร็วมากขึ้น เนื่องจากปัญหาในการเคลื่อนที่ของอวัยวะจำลองที่ยังไม่สามารถทำความเร็วได้ตามแผนการทดสอบของ EURO NCAP (Pedestrian Protection) จึงควรพัฒนาชุดกลไกขับเคลื่อนอวัยวะจำลองความเร็วสูง ให้อวัยวะจำลองสามารถเคลื่อนที่ได้ตามแผนการทดสอบของ EURO NCAP (Pedestrian Protection) และควรเพิ่มกลไกการจับยึดอวัยวะจำลองให้มีความหลากหลายรองรับการติดตั้งอวัยวะจำลองอื่นๆ ให้ครอบคลุมทุกชิ้นส่วนตามแผนการทดสอบของ EURO NCAP (Pedestrian Protection)

5.3.2 การศึกษาความเป็นไปได้และสร้างเครื่องจำลองการชนคนเดินเท้า ควรพัฒนาชุดเคลื่อนตำแหน่งให้สามารถแข็งแรงและมีเสถียรภาพมากขึ้น เพื่อรองรับการสั่นสะเทือนทั้งจากขณะการทดสอบและการเคลื่อนย้ายเครื่องจักร อีกทั้งจะลดความเสี่ยงต่อการเสียหายและการเกิดอุบัติเหตุขณะใช้งานได้อีกด้วย



## บรรณานุกรม

- อภิสิทธิ์ ช่อจำปา และคณะ. (2553) ชุดสาธิตเครื่องคัดแยกและจัดเก็บชิ้นงานควบคุมด้วยพีแอลซี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
- รุ่งสุรีย์ ใจเขื่อนแก้ว. (2545) กลศาสตร์ของวัสดุ สำนักพิมพ์ห่อป/แมคกรอฮิล
- Davoodi, M.M., Sapuan, S.M., Aidy, A., Abu Osman, N.A., Oshkour, A.A. and Wan Abas, W.A.B. (2012) Development process of new bumper beam for passenger car: A review. *Materials and Design*, 40. pp. 304–313.
- EURO New Car Assessment Programs (Pedestrian protection procedures)
- Fredriksson, R., Rosén, E. and Kullgren, A. (2010) Priorities of pedestrian protection—A real-life study of severe injuries and car sources. *Accident Analysis & Prevention*, 42(6): pp. 1672–1681.
- Habibovic, A. and Davidsson, J. (2012) Causation mechanisms in car-to-vulnerable road user crashes: Implications for active safety systems. *Accident Analysis and Prevention*, 49: pp.493– 500.
- Han, Y., Yang, J., Mizuno, K. and Matsui, Y. (2012) A study on chest injury mechanism and the effectiveness of a headform impact test for pedestrian chest protection from vehicle collisions. *Safety Science*, 50(5): pp. 1304–1312.
- Huang, S. and Yang, J. (2010) Optimization of a reversible hood for protecting a pedestrian's head during car collisions. *Accident Analysis & Prevention*, 42(4): pp. 1136–1143.
- Kopczyski, A., Ptak, M. and Harnatkiewicz P. (2011) The influence of frontal protection system design on pedestrian passive safety. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 11(2): pp. 345–364.
- Matsui, Y., Hitosugi, M. and Mizuno, K. (2011) Severity of vehicle bumper location in vehicle-to-pedestrian impact accidents. *Forensic Science International*, 212(1-3): pp. 205–209.
- Taneerananon, P. and Somchainuek, O. (2005) BUS CRASH SITUATION IN THAILAND: CASE STUDIES. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol. 6. pp. 3617-3628.
- The European Enhanced Vehicle-safety Committee Working Group (EEVC-WG17)



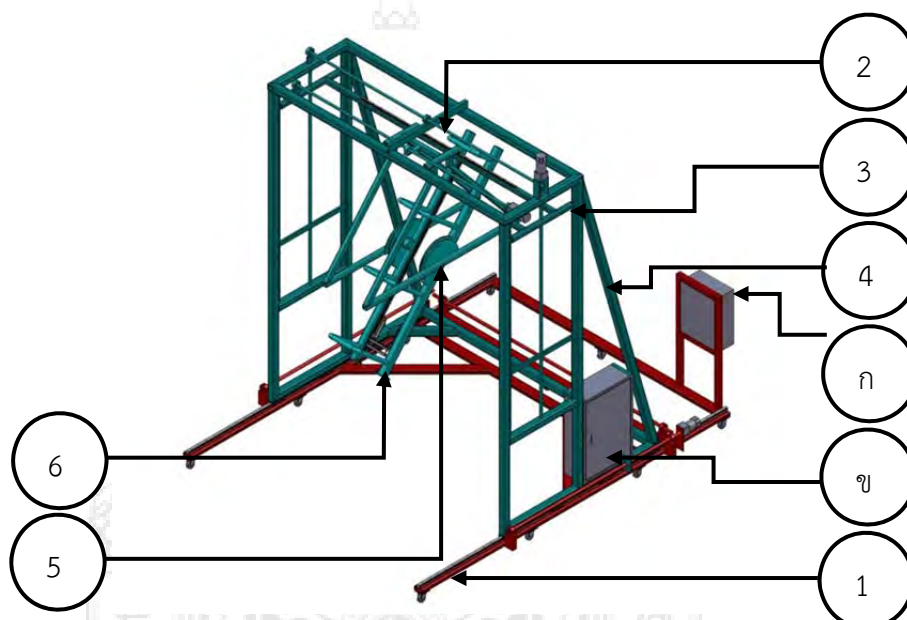
ภาคผนวก ก  
คู่มือการใช้เครื่อง



## คู่มือการใช้งานเครื่อง

### 1. ส่วนประกอบ

เครื่องจำลองการชนคนเดินเท้าประกอบด้วยชิ้นส่วนสำคัญ 8 ชิ้นคือ (1).ตู้ควบคุมชุดเคลื่อนตำแหน่ง (2).ตู้ควบคุมชุดกลไกขับเคลื่อนอวัยวะจำลองความเร็วสูงตามแนวแกน (X, Y, Z) (3).ฐานรับโครงสร้าง (4).ชุดเคลื่อนตำแหน่งตามแนวแกน X (5).ชุดเคลื่อนตำแหน่งตามแนวแกน Y (6).ชุดเคลื่อนตำแหน่งตามแนวแกน Z (7) ชุดกลไกการปรับองศา (8).ชุดกลไกขับเคลื่อนอวัยวะจำลองความเร็วสูง ดังรูปที่ ก.1 และตำแหน่งชิ้นส่วนสำคัญของเครื่องจำลองการชนดังกล่าวแสดงดังตารางที่ ก.1



รูปที่ ก.1 ส่วนประกอบเครื่องจำลองการชน

ตารางที่ ก.1 ส่วนประกอบเครื่องจำลองการชน

ลำดับ	ชื่อชิ้นส่วน
ก.	ตู้ควบคุมชุดเคลื่อนตำแหน่งตามแนวแกน (X, Y, Z)
ข.	ตู้ควบคุมชุดกลไกขับเคลื่อนอวัยวะจำลองความเร็วสูง
1	ฐานรับโครงสร้าง
2	ชุดเคลื่อนตำแหน่งตามแนวแกน X
3	ชุดเคลื่อนตำแหน่งตามแนวแกน Y
4	ชุดเคลื่อนตำแหน่งตามแนวแกน Z
5	ชุดกลไกการปรับองศา
6	ชุดกลไกขับเคลื่อนอวัยวะจำลองความเร็วสูง

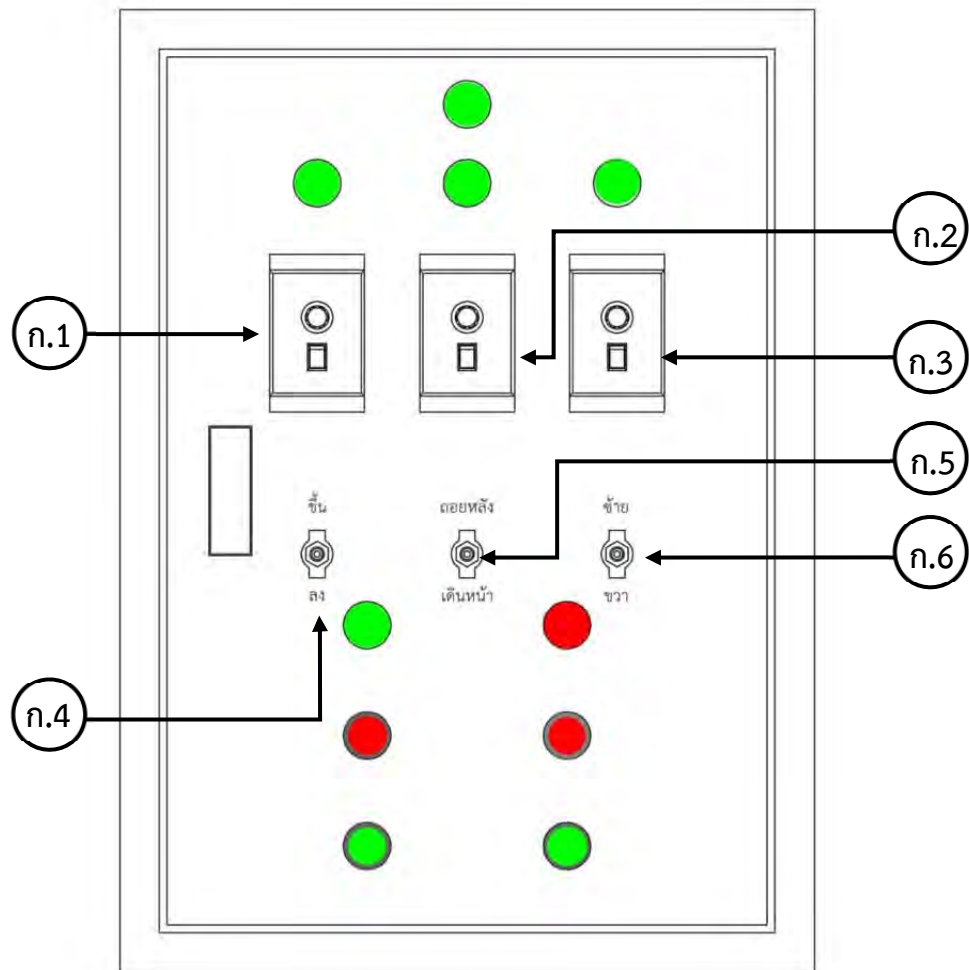
## 2. วิธีการใช้เครื่อง

- 1) ติดตั้งอวัยวะจำลองเข้ากับชุดกลไกขับเคลื่อนอวัยวะจำลองความเร็วสูงแล้วยึดให้เรียบร้อย
- 2) ปรับชุดกลไกการปรับองศา (5) ให้ได้ตามการทดสอบแล้วใส่สลักยึดให้เรียบร้อย
- 3) เชื่อมต่อสายไฟฟ้างำลิงแล้วเปิดเครื่องทดสอบที่อยู่ในตู้ควบคุม (ก)
- 4) เชื่อมต่อสายไฟฟ้างำลิงเปิดอุปกรณ์ขับเคลื่อนมอเตอร์เส้นตรง (Linear motor)(ข) และ คอมพิวเตอร์
- 5) ปรับตั้งตัวระบุตำแหน่ง (Encoder) ให้ได้ระยะ หรือดูจากไฟสีที่ตัวระบุตำแหน่ง (Encoder) ให้ มีสีฟ้าหรือเขียว (ห้ามไฟเป็นสีแดงเด็ดขาด) ดังรูป ก.1



รูปที่ ก.2 ไฟแสดงตัวระบุตำแหน่ง (Encoder)

- 6) ปรับชุดเคลื่อนตำแหน่ง (X, Y, Z) ให้ได้ตำแหน่งตามการทดสอบที่ตู้ควบคุม (ก) ดังรูปที่ ค.3
  - เปิดสวิตช์ (ก.2) โยกสวิตช์ (ก.5) เพื่อควบคุมการเคลื่อนตำแหน่งตามแนวแกน (Z)
  - เปิดสวิตช์ (ก.1) โยกสวิตช์ (ก.4) เพื่อควบคุมการเคลื่อนตำแหน่งตามแนวแกน (Y)
  - เปิดสวิตช์ (ก.3) โยกสวิตช์ (ก.6) เพื่อควบคุมการเคลื่อนตำแหน่งตามแนวแกน (X)
 และตำแหน่งสวิตช์ดังกล่าวแสดงดังตารางที่ ก.2

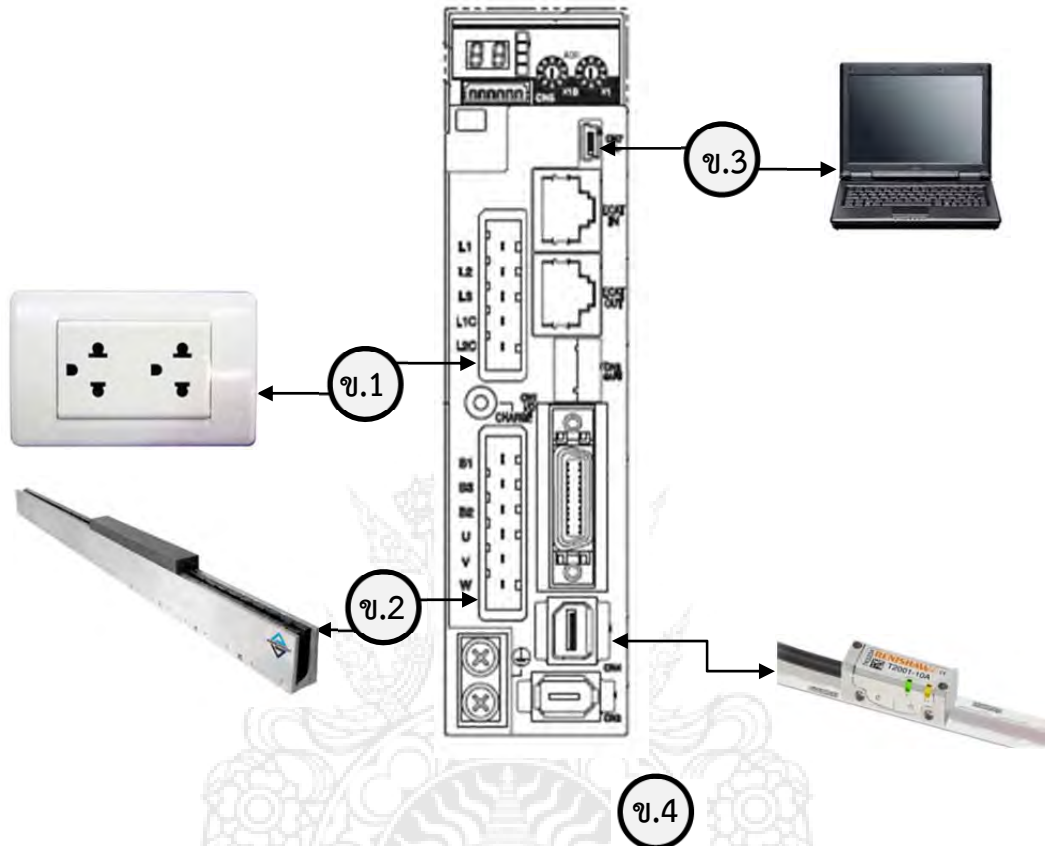


รูปที่ ก.3 ตู้ควบคุมชุดเคลื่อนตำแหน่ง (X, Y, Z)

ตารางที่ ก.2 ตำแหน่งสวิตช์ควบคุมชุดเคลื่อนตำแหน่ง (X, Y, Z)

ลำดับ	ตำแหน่ง
ก.1	สวิตช์ ปิด-เปิด ควบคุมการเคลื่อนตำแหน่งตามแนวแกน (Y)
ก.2	สวิตช์ ปิด-เปิด ควบคุมการเคลื่อนตำแหน่งตามแนวแกน (Z)
ก.3	สวิตช์ ปิด-เปิด ควบคุมการเคลื่อนตำแหน่งตามแนวแกน (X)
ก.4	สวิตช์โยกควบคุมตามแนวแกน (Y)
ก.5	สวิตช์โยกควบคุมตามแนวแกน (Z)
ก.6	สวิตช์โยกควบคุมตามแนวแกน (X)

- 7) เชื่อมต่อสายสัญญาณเข้าอุปกรณ์ขับเคลื่อนในตู้ควบคุม (ข) ดังรูป ก.4
- เชื่อมต่อสายสัญญาณตัวระบุตำแหน่ง (Encoder) เข้ากับเต้าเสียบ (ข.4)
  - เชื่อมต่อสายสัญญาณคอมพิวเตอร์ (ลงโปรแกรม CX-Driveแล้ว) เข้ากับเต้าเสียบ (ข.3) และตำแหน่งเต้าเสียบดังตารางที่ ก.3



รูปที่ ก.4 อุปกรณ์ขับเคลื่อนมอเตอร์เส้นตรง (Linear motor)

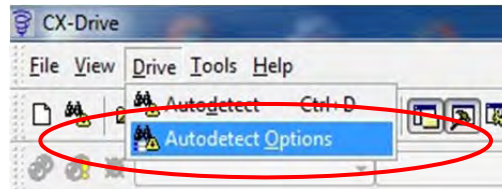
ตารางที่ ก.3 ตำแหน่งเต้าเสียบอุปกรณ์ขับเคลื่อนมอเตอร์เส้นตรง (Linear motor)

ลำดับ	ชื่อชิ้นส่วน
ข.1	เต้าเสียบสายไฟฟ้ากำลัง
ข.2	เต้าเสียบสายควบคุมมอเตอร์เส้นตรง (Linear motor)
ข.3	เต้าเสียบสายสัญญาณคอมพิวเตอร์
ข.4	เต้าเสียบสายสัญญาณตัวระบุตำแหน่ง (Encoder)

8) ตั้งค่าโปรแกรมควบคุมมอเตอร์เส้นตรง (Linear motor)

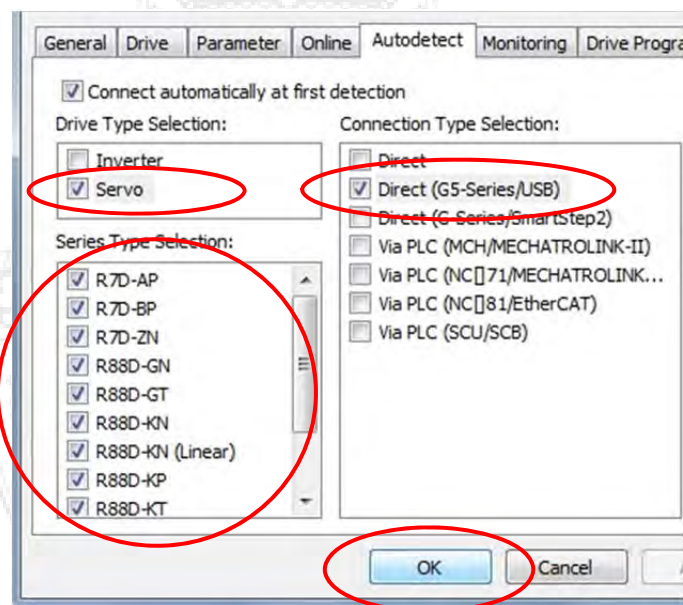
8.1) การเชื่อมต่อโปรแกรมคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์

- เปิดโปรแกรม CX-Drive จาก Desktop ในคอมพิวเตอร์ เลือกหัวข้อ Drive> Autodetect Options ในแถบ Menu Bar ดังรูปที่ ก.5



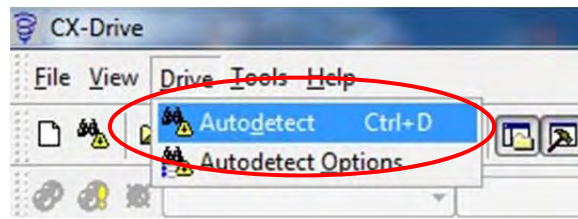
รูปที่ ก.5 การเปิดหัวข้อค้นหาอุปกรณ์

- ค้นหาอุปกรณ์ที่จะควบคุมด้วยตัวโปรแกรมเอง โดยเลือกหัวข้อ Autodetect เลือก Drive Type Selection> Servo Connection Type Selection> Direct (G5-Series/USB) Series Type Selection>ทุกอุปกรณ์ที่แสดงในโปรแกรม โดยการคลิกเมาส์ซ้ายให้แสดงเครื่องหมายถูก แล้วกด OK ดังรูปที่ ก.6



รูปที่ ก.6 การค้นหาอุปกรณ์ที่ควบคุม

- เลือกหัวข้อ Drive> Autodetect ในแถบ Menu Bar เพื่อเชื่อมต่อระบบคอมพิวเตอร์เข้ากับอุปกรณ์ทดสอบดังรูปที่ ก.7 และ ก.8

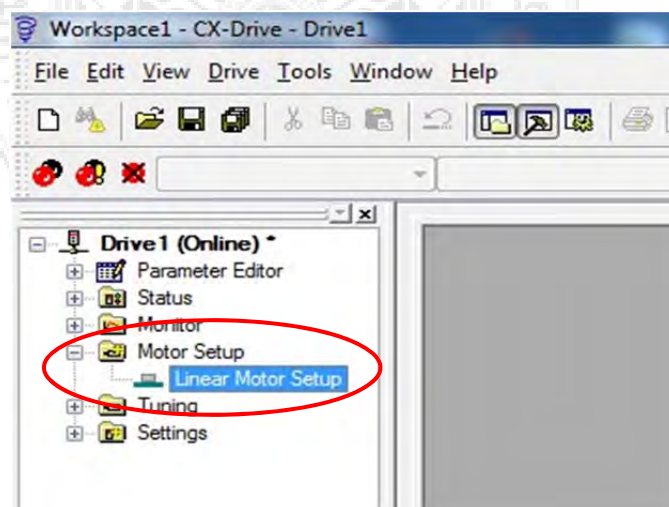


รูปที่ ก.7 การเชื่อมต่อระบบคอมพิวเตอร์เข้ากับอุปกรณ์



รูปที่ ก.8 โปรแกรมเชื่อมต่อระบบคอมพิวเตอร์เข้ากับอุปกรณ์

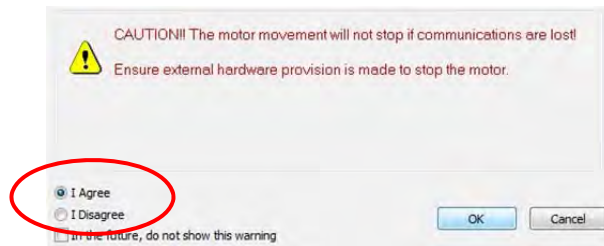
- เลือกหัวข้อ Drive1 (Online)> Motor Setup> Linear Motor Setup ในแถบ Menu ด้านซ้าย โดยการคลิกเมาส์ซ้าย ดังรูปที่ ก.9



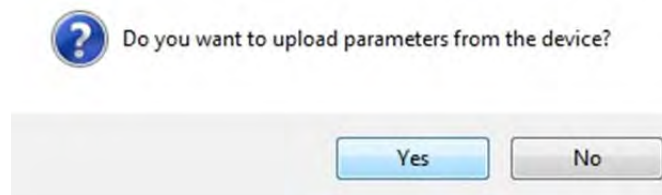
รูปที่ ก.9 ตั้งค่ามอเตอร์เส้นตรง (Linear Motor)

- เลือกหัวข้อ I Agree จากนั้นทำการกด OK ทำการคลิกเมาส์ซ้ายที่ Yes ดังรูปที่ ก.10

และ ก.11



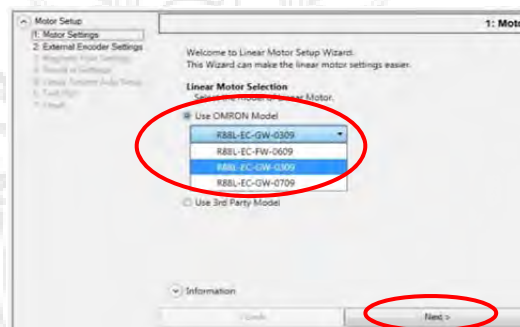
รูปที่ ก.10 การยอมรับเงื่อนไข



รูปที่ ก.11 การ Upload

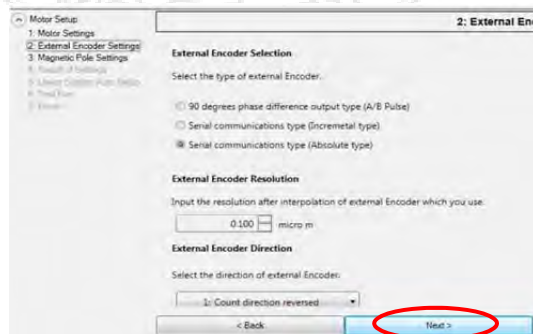
## 8.2) ตรวจสอบการตั้งค่าอุปกรณ์

- ขั้นตอนที่ 1 Motor Settings เลือกหัวข้อ Use OMRON Motor > RBBL-EC-GW-0309 โดยการคลิกเมาส์ซ้ายที่ Next ดังรูปที่ ก.12



รูปที่ ก.12 การตั้งค่ามอเตอร์

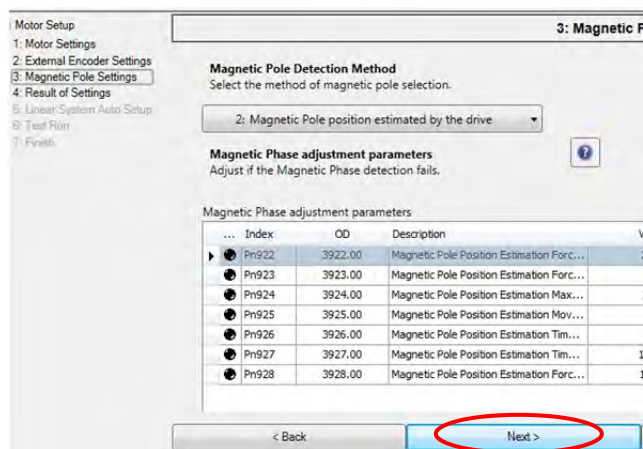
- ขั้นตอนที่ 2 External Encoder Settings โดยการคลิกเมาส์ซ้ายที่ Next ดังรูปที่ ก.13



รูปที่ ก.13 การตั้งค่าตัวระบุตำแหน่ง (Encoder)

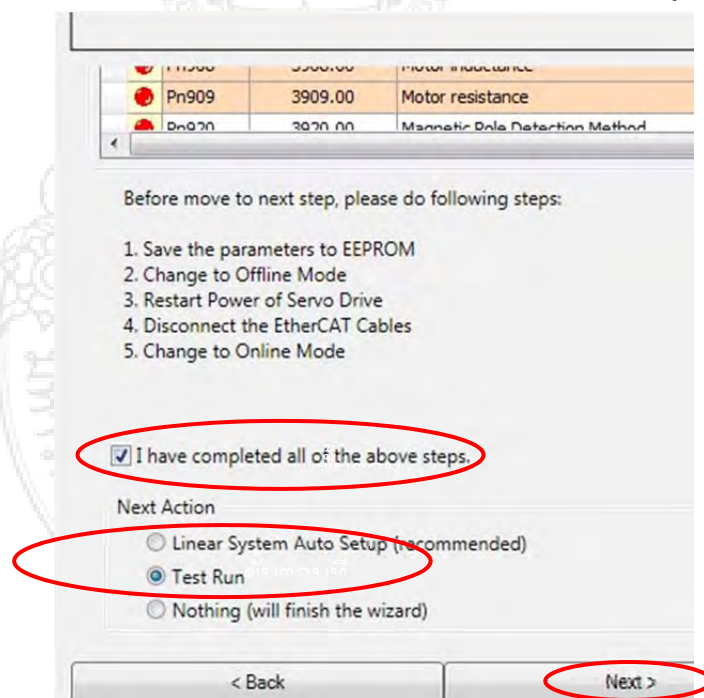


- ขั้นตอนที่ 3 Magnetic Pole Settings โดยการคลิกเมาส์ซ้ายที่ Next ดังรูปที่ ก.14



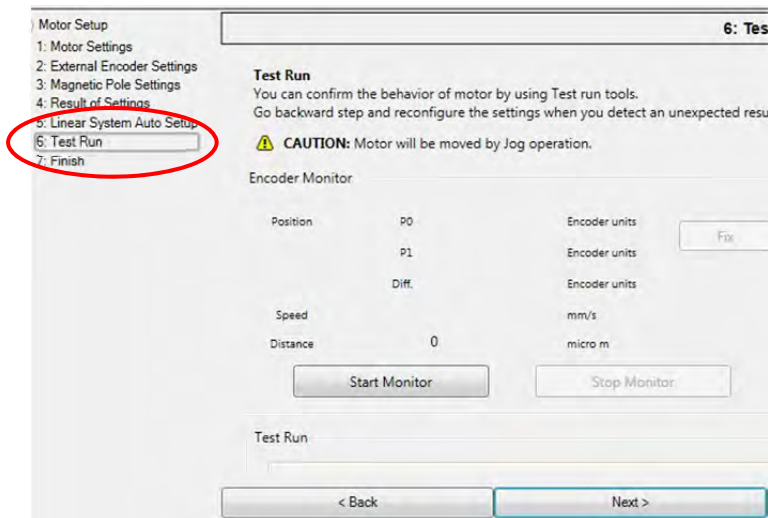
รูปที่ ก.14 การตั้งค่าแม่เหล็ก

- ขั้นตอนที่ 4 Result of Settings เลือกหัวข้อ I have completed all of the above steps เลือกหัวข้อ Next Action> Test Run โดยการคลิกเมาส์ซ้ายที่ Next ดังรูปที่ ก.15



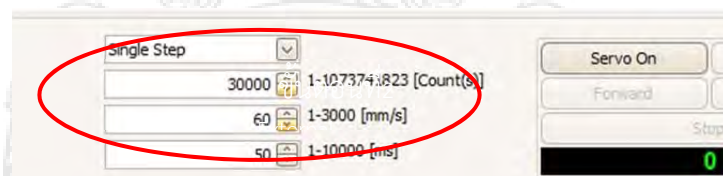
รูปที่ ก.15 การแสดงผลการตั้งค่า

- ขั้นตอนที่ 5 Linear System Auto Setup เป็นการตั้งค่าอัตโนมัติโปรแกรม เมื่อตั้งค่าในขั้นตอนที่ 4 เสร็จ โปรแกรมจะข้ามขั้นตอนที่ 5 ไปสู่ขั้นตอนที่ 6 ดังรูปที่ ก.16



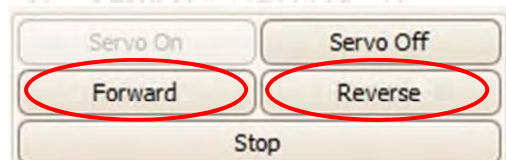
รูปที่ ก.16 ติดตั้งมอเตอร์เชิงเส้น

- ขั้นตอนที่ 6 Test Run ตั้งค่าระยะทางการเคลื่อนที่ (Step distance) (1 mm = 10,000 Count) ตั้งค่าความเร็วในการเคลื่อนที่ (Step Jog Speed) ตั้งค่าระยะเวลาเร่งและระยะเวลาชะลอตัว (Acceleration/Deceleration time) แล้วคลิกเมาส์ซ้ายที่ Servo On ดังรูปที่ ก.17



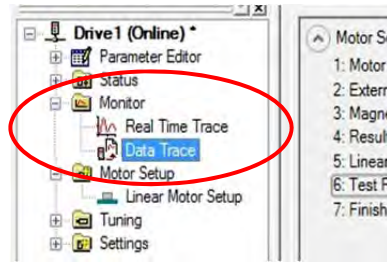
รูปที่ ก.17 การทดสอบการทำงาน

- กดหัวข้อ Forward – Reverse เพื่อให้กำหนดทิศทางของ Linear Motor ดังรูปที่ ก.18



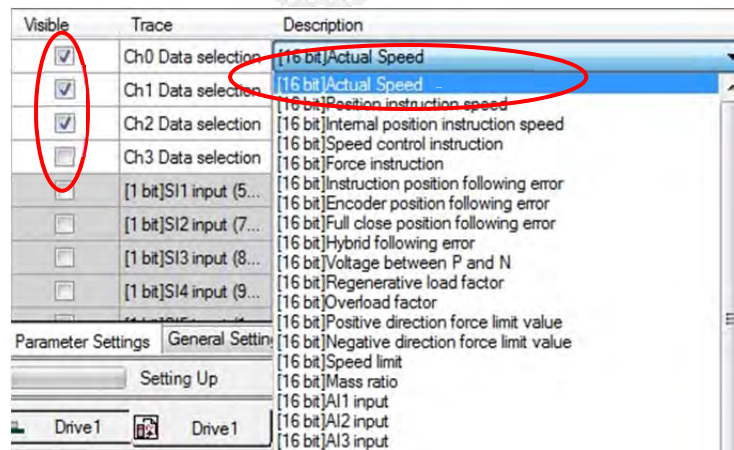
รูปที่ ก.18 การควบคุมทิศทาง

9) บันทึกข้อมูลที่ต้องการเก็บค่า  
- เลือกหัวข้อ Monitor> Data Trace ในแถบ Menu ด้านซ้าย โดยการคลิกเมาส์ซ้าย  
ดังรูปที่ ก.19



รูปที่ ก.19 การเลือกเก็บข้อมูลการทดสอบ

- เลือกหัวข้อ Parameter เลือกข้อมูลที่จะเก็บ Settings > Visible โดยการคลิกเมาส์ซ้าย เพื่อให้ปรากฏข้อมูลที่ต้องการเก็บค่า หัวข้อ Description โดยการคลิกเมาส์ซ้ายเพื่อให้เลือกลักษณะข้อมูลที่ต้องการจะเก็บค่า ดังรูปที่ ก.20



รูปที่ ก.20 การเลือกลักษณะข้อมูล

- เลือกหัวข้อ General Settings เลือกการเก็บข้อมูล Sampling Interval โดยกำหนดการเก็บข้อมูล ดังรูปที่ ก.21

Parameter	Value	Units
Sampling Interval	1.000	ms
Total Trace Time	1024	ms
X-Axis Scale (division)	FULL	ms
Time Scale	Relative	ms
Set as Left Axis	Ch2 Data selection - [16 bit]Volutag...	V
Set as Right Axis	Ch0 Data selection - [16 bit]Actual ...	mm/s

รูปที่ ก.21 การเลือกช่วงเวลา

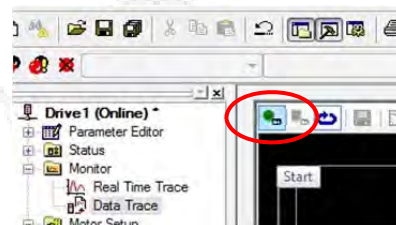
- เลือกหัวข้อ Trigger Settings เลือกหัวข้อ Multi Trigger Settings > 1: Trigger A เลือกการเริ่มเก็บข้อมูล (1 : Trigger A) โดยกำหนดการเริ่มเก็บข้อมูลเมื่ออุปกรณ์มีความเร็วเท่าไร ดังรูปที่ ก.22

Parameter	Selection
Multi Trigger Setting	1: Trigger A
Trigger Position	0: 0
Trigger Selection A	0: [16 bit]Actual Speed
Trigger Level A	1
Trigger Filter A	0: None
Trigger Slope A	0: Rise
Trigger Selection B	0: [16 bit]Actual Speed
Trigger Level B	0

Parameter Settings | General Settings | Trigger Settings | Cursors

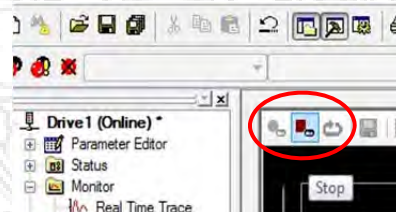
รูปที่ ก.22 การเลือกตั้งค่า Trigger

- เลือกหัวข้อ Start เพื่อเริ่มเก็บข้อมูล ดังรูปที่ ก.23



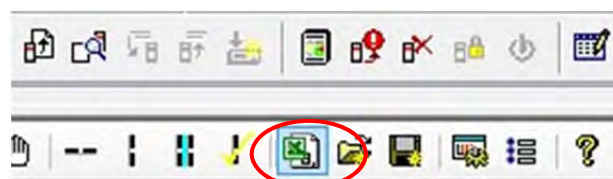
รูปที่ ก.23 การเริ่มบันทึกข้อมูล

- เลือกหัวข้อ Stop เพื่อหยุดเก็บข้อมูล ดังรูปที่ ก.24



รูปที่ ค.24 การหยุดบันทึกข้อมูล

- เลือกหัวข้อ Excel เพื่อบันทึกข้อมูล ดังรูปที่ ก.25



รูปที่ ก.25 การบันทึกข้อมูล

- 10) ยึดตำแหน่งมอเตอร์เส้นตรง (Linear motor) ทดสอบเคลื่อนที่ในระยะสั้น ๆ ก่อนทำการทดสอบจริง
- 11) บันทึกค่าการทดสอบ
- 12) เมื่อทำการทดสอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้ปรับชุดเคลื่อนตำแหน่งตามแนวแกน (X, Y, Z) ให้อยู่ในตำแหน่งเดิม และทำการปรับองศาให้อยู่ในตำแหน่งเดิม แล้วจึงทำการปิดสวิตซ์ OFF ในตู้ควบคุมของเครื่องทดสอบ
- 13) ถอดปลั๊ก เครื่องทดสอบและอุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์เส้นตรง (Linear motor) ทุกครั้งหลังใช้การทดสอบเสร็จ

### 3. ข้อควรระวังในการทำงาน

- 1) ก่อนการใช้งานเครื่องทดสอบควรตรวจสอบอุปกรณ์ ชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องว่าอยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน
- 2) อุปกรณ์ระบุตำแหน่ง (Encoder) มีความละเอียดสูง จึงไม่ควรให้แถบระบุตำแหน่งมีรอยขีดข่วนเพราะอาจทำให้อุปกรณ์ดังกล่าวเสียหายได้
- 3) ห้ามเล่นกันระหว่างการทดสอบเพราะอาจทำให้เกิดอันตรายได้
- 4) ไม่ควรเข้าใกล้ชุดกลไกขับเคลื่อนอวัยวะจำลองความเร็วสูงในขณะที่ทำการทดสอบ
- 5) ปฏิบัติงานควรประจำอยู่ใกล้สวิตซ์ควบคุมขณะทำการทดสอบ เพื่อให้สามารถหยุดการทำงานได้โดยทันทีเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน (Emergency stop)

### 4. การบำรุงรักษา

- 1) ทำสะอาดและทาสารหล่อลื่นชิ้นส่วนต่างๆ ที่มีการเคลื่อนที่ของเครื่องทดสอบ (ยกเว้นมอเตอร์เส้นตรง (Linear motor) และตัวระบุตำแหน่ง (Encoder))
- 2) ทำความสะอาดตัวเครื่องด้วยผ้าสะอาดทุกครั้งหลังใช้งานเสร็จ
- 3) ใช้ผ้าคลุมชุดอุปกรณ์มอเตอร์เส้นตรง (Linear motor) และตัวระบุตำแหน่ง (Encoder) เพื่อป้องกันฝุ่นละอองเข้าไปติดในอุปกรณ์ดังกล่าว

ภาคผนวก ข  
ข้อมูลจำเพาะ



### ข้อมูลจำเพาะชุดมอเตอร์เส้นตรง (Linear motor)

#### 1. ข้อมูลจำเพาะตัวขับเคลื่อนมอเตอร์เส้นตรง (Linear motor)

Item		R88D-KN10H-ECT-L	
Input power supply (200-VAC)	Main circuit	Power supply capacity	2.3 KVA
		Power supply voltage	Single-phase or 3-phase 200 to 240 VAC (170 to 264 VAC) 50/60 Hz
		Rated current	9.1/5.2 A <sup>*1</sup>
		Heat value <sup>*2</sup>	104/93 W <sup>*1</sup>
	Control circuit	Power supply voltage	Single-phase 200 to 240 VAC (170 to 264 VAC) 50/60 Hz
		Heat value <sup>*2</sup>	7 w
Mass		Approx. 1.8 Kg	
Maximum Motor capacity	Rated effective current of motor	5.9 Arms	
	Maximum current of motor	16.9 Arms	

\*1. The first value is for single-phase input power and the second value is for 3-phase input power.

\*2. The heat value is given for rated operation.

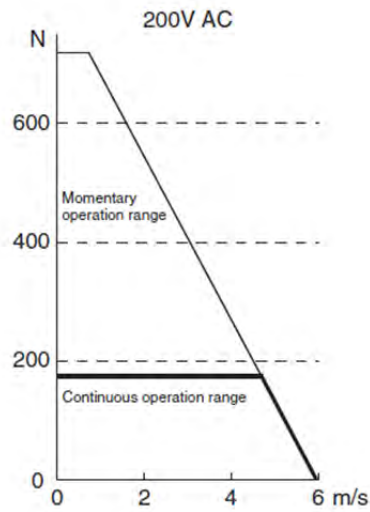
## 2. ข้อมูลจำเพาะมอเตอร์เส้นตรงแบบ Ironless (Ironless Linear Motors)

Item	Unit	R88L-EC-
		GW-0309-ANPS
Maximum speed (100VAC)	m/s	-
Maximum speed (200VAC)	m/s	16
Continuous force*1	N	80
Momentary maximum force*2	N	300
Continuous current*2	Arms	4.0
Momentary maximum current*1	Arms	15.0
Motor force constant	N/Arms	19.9
Back electromotive force	V.s/m	6.6
Motor constant	N/√w	8.43
Phase resistance	Ω	1.8
Phase inductance	mH	0.6
Electrical time constant	ms	0.35
Maximum continuous power consumption	W	1.42
Thermal resistance	K/W	0.71
Thermal time constant	s	36
Magnetic attractive force	N	0
Magnetic pole pitch	mm	30
Mass (except cables)	kg	0.24
Application Servo Drive (R88D-□-ECT-L)		KN10H
Magnet Trac (R88L-EC-)		GM-03090-A/GM-03120-A/GM-03390-A
Magnet Trac Unit Length	Mm	90/120/390

\*This shows a value measured when the Motor Coil Unit is at 100°C and the Magnet Trac is at 25°C.

\*The Motor Coil Unit is subjected to a temperature rise of 40 K/s.



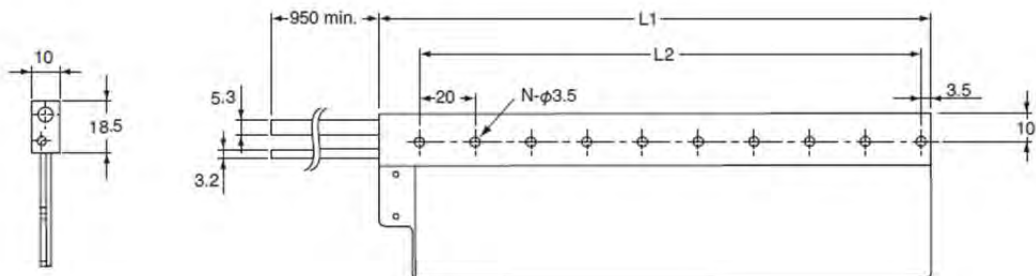


รูปที่ ข.1 Speed - Force Characteristics of Ironless Linear Motors

ภาคผนวกที่ ข.2 ข้อมูลจำเพาะขนาดมอเตอร์เส้นตรงแบบ Ironless (Ironless Linear motor)

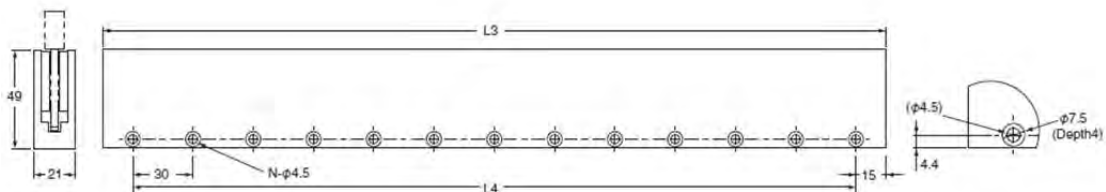
1. ขนาด Motor Coil Unit

Model	L1[mm]	L2[mm]	Number of holes [N]	Mass [kg]*
R88L-EC-GW-0309	198	180	10	0.36



2. ขนาด Magnet Trac

Model	L3[mm]	L4[mm]	Number of holes[N]	Mass [kg]*
R88L-EC-GM-03390-A	390	360	13	Approx. 1.97



ประวัติผู้วิจัย



### หัวหน้าโครงการ

1. ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) ผศ.วรวิทย์ วรนาวิน  
(ภาษาอังกฤษ) Asst.Prof.Vorawit Voranavin
2. หมายเลขประจำตัวประชาชน 3 1002 02319 32 0
3. ตำแหน่งบริหาร/วิชาการ ที่เป็นปัจจุบัน  
ตำแหน่งบริหาร - ตำแหน่งวิชาการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์  
เงินเดือน 30,470.- เวลาการทำงาน 20ชม./สัปดาห์
4. หน่วยงานและสถานที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail  
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
1381 ถ.พิบูลสงคราม แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อกรุงเทพฯ 10800  
โทรศัพท์:02-9132424 ต่อ 138  
โทรสาร: 02-9132424 ต่อ 138  
E-mail: vorawit\_nbk@hotmail.com

### 5. ประวัติการศึกษา

ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญา	วิชาเอก	สถานศึกษา	ปีที่สำเร็จ	ประเทศ
ปริญญาโท	วศ.ม.	วิศวกรรมการจัดการ อุตสาหกรรม	ม.พระจอมเกล้าพระนครเหนือ	2551	ไทย
ปริญญาตรี	คอบ.	วิศวกรรมเครื่องกล	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	2540	ไทย

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
  - ความปลอดภัยในงานอุตสาหกรรม (Industrial Safety)
  - เครื่องจักรการเกษตร (Agricultural Machinery)
  - การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ (Economic Analysis)
  - การอนุรักษ์พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม (Industrial Energy Conservation)
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัยหัวหน้าโครงการวิจัยหรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย
  - 7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย :
    - การพัฒนาวิศวกรรมชาติเหลือใช้ภายในประเทศเพื่อผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ด้านความปลอดภัย
  - 7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย :
    - การศึกษาปัจจัยของโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์ที่ส่งผลต่อการดูดซับพลังงาน
    - การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์จากกากผักตบชวา

## 7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว :

ผลงานวิจัย	ปีที่พิมพ์	การเผยแพร่	แหล่งทุน	ตำแหน่ง
1.เครื่องกวนน้ำมะขามเปียก	2549	การประชุมวิชาการ เครือข่าย วิศวกรรมเครื่องกลแห่ง ประเทศไทย ครั้งที่ 20	ทุนงบประมาณแผ่นดิน ปี 2548	หัวหน้า โครงการ
2.The Specific Energy Consumption of Robusta Coffee Bean Separating	2553	<a href="#">การประชุมวิชาการนานาชาติ ครั้งที่ 2 : Green Technology and Productivity</a>	ม. เทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้ร่วมวิจัย
3.เครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้า	2553	ระบบฐานข้อมูลงานวิจัย วช.	ทุนงบประมาณแผ่นดิน ปี 2553	ผู้ร่วมวิจัย
4. ลิขสิทธิ์วรรณกรรมเรื่องเครื่องคัดขนาดเมล็ดสารกาแฟโรบัสต้า	2554	กรมทรัพย์สินทางปัญญา	ส่วนตัว	ผู้ร่วมจัด ลิขสิทธิ์
5.การวิเคราะห์ความเข้มของความเค็มที่เกิดขึ้นในหัวรีฟอร์มด้วยวิธีไฟโนตอสิลิเมนต์	2554	วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร และ ลิขสิทธิ์ประเภท วรรณกรรม	ม. เทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้ร่วมวิจัย
6. เครื่องบดเมล็ดถั่วเหลืองเป็นผงแป้งแบบจากร่วมกับลูกกลิ้ง	2555	ลิขสิทธิ์ ประเภท วรรณกรรม	ม. เทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้ร่วมวิจัย
7. เครื่องสีกลากาแฟโรบัสต้ามลพิษต่ำ	2556	การประชุมวิชาการ มทร. ครั้งที่5(5 <sup>TH</sup> RMUTNC)	ม. เทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้ร่วมวิจัย
8. การศึกษาโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์ที่ส่งผลต่อการดูดซับพลังงาน	2556	วารสารวิจัย มช.	ม. เทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	หัวหน้า โครงการ

## 7.4 งานวิจัยที่กำลังทำ: -

**ผู้ร่วมวิจัย**

1. ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) นายศุภชัย หลักคำ  
(ภาษาอังกฤษ) Mr.Supachai Lakkam
2. หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน 3 1201 01788 03 1
3. ตำแหน่งบริหาร/วิชาการที่เป็นปัจจุบัน  
ตำแหน่งบริหาร - ตำแหน่งวิชาการ อาจารย์ (พนักงานมหาวิทยาลัย)  
เงินเดือน 25,000.- เวลาการทำวิจัย 20ชม./สัปดาห์
4. หน่วยงานและสถานที่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail  
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
1381 ถ.ประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800  
โทรศัพท์:02-9132424 ต่อ 138  
โทรสาร:02-9132424 ต่อ 138  
E-mail: bus\_supachai@hotmail.com

## 5. ประวัติการศึกษา

ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญา	วิชาเอก	สถานศึกษา	ปีที่สำเร็จ	ประเทศ
ปริญญาโท	M.Sc.	Automotive Engineering	The SirindhornInternational Thai-German Graduate School of Engineering (TGGS) มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	2552	ไทย
ปริญญาตรี	วศ.บ.	วิศวกรรมเครื่องกล (เกียรตินิยมอันดับสอง)	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	2549	ไทย

## 6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญเป็นพิเศษ (ซึ่งอาจแตกต่างจากวุฒิการศึกษา)ระบุสาขาวิชาการ

- เทคนิคการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์ (Computation and Simulation Techniques)
- เทคโนโลยีและการจัดการด้านพลังงาน(Energy Technology and Management)

## 7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัยหรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย

7.1 ผู้อำนวยการงานวิจัย : -

7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย :

- เครื่องทดสอบพฤติกรรมวัสดุความเสียดทาน
- การศึกษาปัจจัยการออกแบบท่อพักไอเสียเพื่อลดเสียงรบกวนและรักษาสมรรถนะของเครื่องยนต์

## 7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว :

ลำดับ	ผลงานวิจัย	ปีที่พิมพ์	การเผยแพร่	แหล่งทุน	ตำแหน่ง
1	ผลกระทบและประสิทธิภาพ ผ้าเบรกเชิงเสีียงรบกวน และสัมประสิทธิ์ความเสียด ทาน	พ.ศ.2552	Industry Subcontracting Exhibition of Thailand 2009	บริษัท คอมแพ็คอินเตอร์ เนชั่นแนล จำกัด (1994) และIndustrial Technology Assistance Program (iTAP)	นักวิจัย
2	Investigation of Brake Noise Parameters Using Single Dynamometer	Apr.2009	The 5 <sup>th</sup> International Conference on Automotive Engineering ICAE-5	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระ จอมเกล้าพระนครเหนือ	นักวิจัย/ ผู้นำ เสนอ
3	Econo Power Car	Jun.2010	The 2 <sup>nd</sup> RMUTP International Conference : Green Technology and Productivity	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้ร่วม วิจัย/ผู้นำ เสนอ
4	Analysis of Clutch Materials behaviour : Comparison between Coefficient of Friction Testing and Full Size Testing	Jun.2012	World Academe of Science, Engineering and Technology 66, 2012	EXEDY Friction Material Co. LTD	ผู้ช่วย วิจัย
5	Study and Trend of Development for Electric Railway and Related Industries in Thailand) Phase 2)		รอเผยแพร่	Industrial Technology Assistance Program (iTAP)	ผู้ร่วม วิจัย
6	โครงการศึกษาเครื่องยนต์ แก๊สโซลีนและดีเซลขนาด เล็ก 1 สูบ เพื่อจัดทำร่าง กฎกระทรวงเฉพาะด้าน ประสิทธิภาพพลังงาน ตาม พ.ร.บ.การส่งเสริมการ อนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2550	พ.ศ.2555	RMUTP Research Journal, Vol.6, No.2,	กรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน	ผู้ร่วม วิจัย
7	Design and Development of Bus structure for single and double deck		รอเผยแพร่	กรมขนส่งทางบก	ผู้ช่วย วิจัย
8	เครื่องทดสอบพฤติกรรม วัสดุความเสียดทาน	พ.ศ.2555	วารสารวิชาการพระจอม เกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 22 ฉบับที่	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	หัวหน้า โครงการ

9	การทดสอบการอัดตัวของวัสดุผสมภายใต้สภาวะอุณหภูมิต่างๆ	พ.ศ.2556	KKU Research Journal Vol.18, No.2	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้ร่วมวิจัย
10	การออกแบบงานเบรคเชิงการสะสมความร้อนเพื่อความปลอดภัย	2013	Songklanakarin J. Sci. Technol. (6) 35, -671 681, Nov. - Dec. 2013	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้ร่วมวิจัย
11	การศึกษาปัจจัยของโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์ที่ส่งผลต่อการดูดซับพลังงาน	พ.ศ.2556	วารสารวิจัย มข. ปีที่ 18 ฉบับที่ 3 ประจำเดือน พฤษภาคม - มิถุนายน 2556	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้ร่วมวิจัย
12	การศึกษาลักษณะทางกายภาพของงานเบรครถจักรยานยนต์ที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการเบรค	พ.ศ.2556	วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 23 ฉบับที่ 2 พ.ค.- ส.ค.2556	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้ร่วมวิจัย
13	การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตโครงสร้างกันแรงกระแทกของรถยนต์จากกากผักตบชวา	พ.ศ.2557	วารสารวิจัย มทร.ตะวันออก ปีที่ - กรกฎาคม 2 ฉบับที่ 7 2557 ธันวาคม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	ผู้ร่วมวิจัย
14	การศึกษาปัจจัยการออกแบบท่อพักไอเสียเพื่อลดเสียงรบกวนและรักษาสมรรถนะของเครื่องยนต์	พ.ศ.2557	วารสารวิจัย มทร.อีสาน ปีที่ 8 ฉบับที่ 3 กันยายน - 2557 ธันวาคม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	หัวหน้าโครงการ

## 7.4 งานวิจัยที่กำลังทำ :-



**ผู้ร่วมวิจัย**

1. ชื่อ – นามสกุล (ภาษาไทย) นายพิเชษฐ์ บุญญาลัย  
(ภาษาอังกฤษ) Mr.Pichest Boonyalai
2. หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน 3 1005 01696 87 7
3. ตำแหน่งบริหาร/วิชาการ ที่เป็นอย่างปัจจุบัน  
ตำแหน่งบริหาร -  
ตำแหน่งวิชาการ อาจารย์ ระดับ -
4. หน่วยงานและสถานที่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail  
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร  
1381 ถ.ประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800  
โทรศัพท์:02-9132424 ต่อ 138  
โทรสาร:02-9132424 ต่อ 138  
E-mail: tiew\_pichest@hotmail.com

## 5. ประวัติการศึกษา

ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญา	วิชาเอก	สถานศึกษา	ปีที่สำเร็จ	ประเทศ
ปริญญาตรี	อส.บ.	เทคโนโลยีเครื่องกล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	2550	ไทย
ปริญญาโท	วศ.ม.	การจัดการอุตสาหกรรม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	2554	ไทย

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญเป็นพิเศษ ระบุสาขาวิชาการ (ซึ่งอาจแตกต่างจากวุฒิการศึกษา)
  - เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม (Economics)
  - เทคโนโลยีและการจัดการด้านพลังงาน )Energy Technology and Management(
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัยหรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย
  - 7.1 หัวหน้าโครงการวิจัย : -
  - 7.2 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : -
  - 7.3 งานวิจัยที่กำลังทำ : -