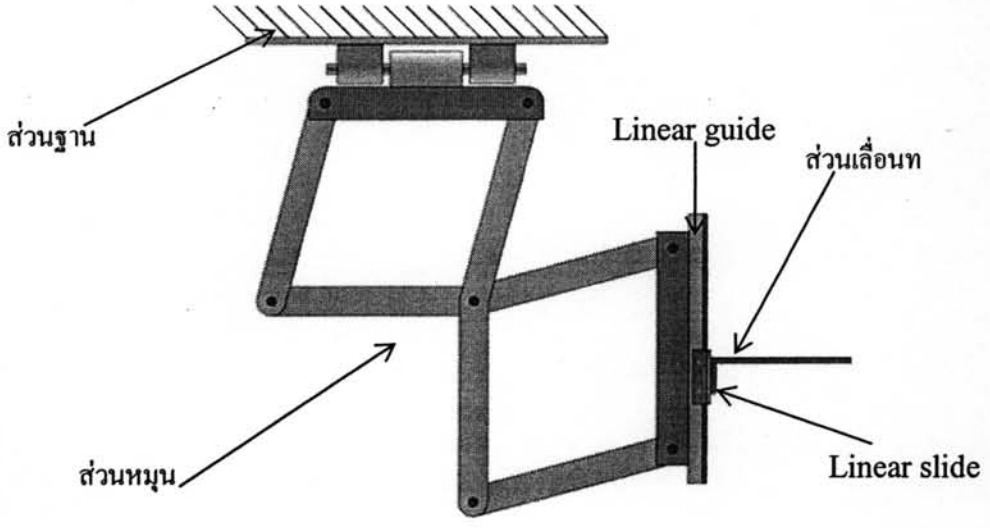
บทที่ 7

ต้นแบบขนาดย่อส่วนของเครื่องจำลองการเคลื่อนที่แบบ 3 องศาอิสระ

เพื่อทดสอบการเคลื่อนที่ของเครื่องจำลองการเคลื่อนที่ที่ออกแบบ คณะวิจัยได้สร้างต้นแบบขนาดย่อส่วนของเครื่องจำลองการเคลื่อนที่ เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่ต้องใช้ร่วมกับมนุษย์ จึงต้องมั่นใจว่าเครื่องจำลองการเคลื่อนที่มีความปลอดภัยสามารถทำงานได้จริง และควบคุมได้ และเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการสร้างเครื่องจำลองการเคลื่อนที่ขนาดจริง ในหัวข้อ 7.1 อธิบายถึงโครงสร้างของต้นแบบขนาดย่อส่วนของเครื่องจำลองการเคลื่อนที หัวข้อ 7.2 และ7.3 กล่าวถึงการออกแบบก้านต่อและส่วนขับเคลื่อนกลไก และในหัวข้อที่ 7.4 แสดงถึงต้นแบบขนาดย่อส่วนที่สร้างเสร็จสมบูรณ์ โดยได้ทดสอบหาขอบเขตการเคลื่อนที่ของต้นแบบขนาดย่อส่วน และได้ทดสอบการทำงานของต้นแบบขนาดย่อส่วนของเครื่องจำลองการเคลื่อนที่

7.1 โครงสร้างต้นแบบขนาดย่อส่วนของเครื่องจำลองการเคลื่อนที่

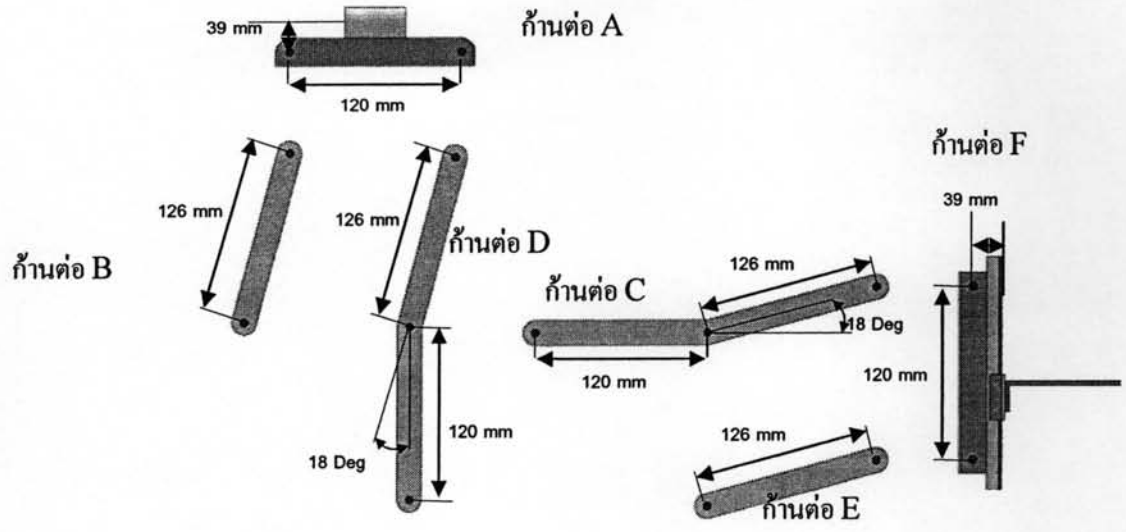
ต้นแบบขนาดย่อส่วนของเครื่องจำลองการเคลื่อนที่มีขนาดเป็น 1:5 เท่าของเครื่องจำลองการเคลื่อนที่จริง โครงสร้างของต้นแบบขนาดย่อส่วนแบ่งเป็น 3 ส่วนหลักๆที่สำคัญคือ ส่วนเคลื่อนที่แบบหมุน ส่วนเคลื่อนที่แบบเลื่อนที่ และส่วนฐาน ดังรูปที่ 7.1



รูปที่ 7.1 โครงสร้างของต้นแบบขนาดย่อส่วนของเครื่องจำลองการเคลื่อนที่

ความยาวก้านต่อแต่ละชิ้นนั้น กำหนดจากระยะระหว่างจุดหมุนถึง Moving platform จากขนาดจริง 1.2 เมตร ขนาดย่อส่วนจะเป็น 0.24 เมตร เมื่อได้ระยะจุดหมุนจึงสามารถกำหนด

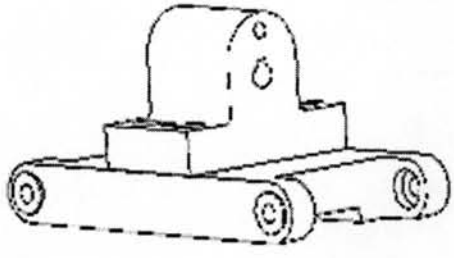
ความยาวของก้านต่อแต่ละชิ้นจากสมการที่ 5.1 ถึง 5.5 ขนาดของก้านต่อแต่ละชิ้นเป็นดังรูปที่ 7.2



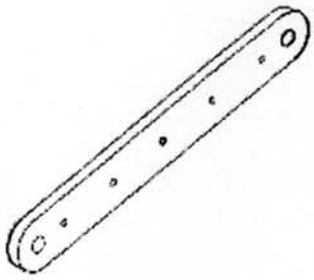
รูปที่ 7.2 โครงสร้างโดยรวมของต้นแบบขนาดย่อส่วน

7.2 การออกแบบโครงสร้างของก้านต่อ

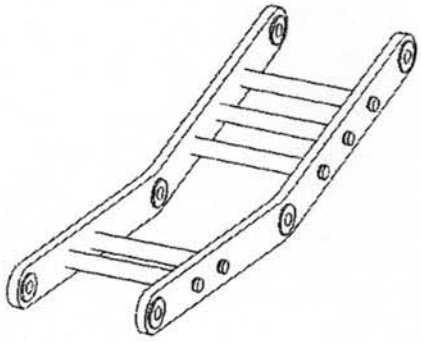
จากผลการวิเคราะห์ภาระในของหัวข้อที่ 6.2 พบว่าก้านต่อต่างๆเครื่องจำลองการเคลื่อนที่รับภาระภายในสูง ดังนั้นเพื่อให้ต้นแบบขนาดย่อส่วนของเครื่องจำลองการเคลื่อนที่มีความมีความแข็งแรงพอ จึงเสริมโครงสร้างกลไกเช่นเดียวกับเครื่องจำลองการเคลื่อนที่ขนาดจริงที่ออกแบบไว้ในบทที่ 5 โดยวัสดุที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นอลูมิเนียมเกรด 7 ซึ่งโครงสร้างของก้านต่อแต่ละชิ้นเป็นดังรูป



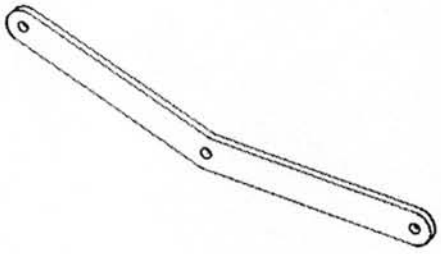
รูปที่ 7.3 ก้านต่อ A



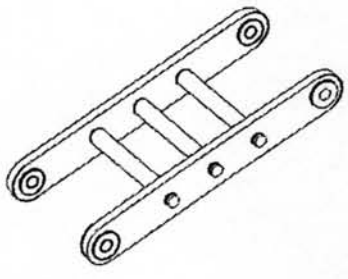
รูปที่ 7.4 ก้านต่อ B



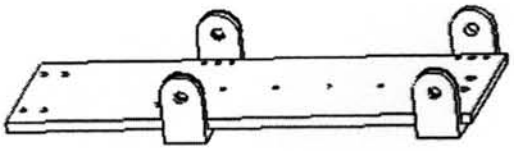
รูปที่ 7.5 ก้านต่อ C



รูปที่ 7.6 ก้านต่อ D

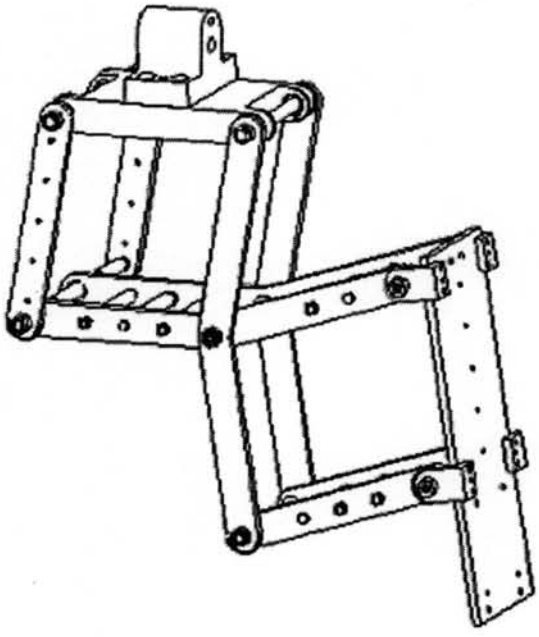


รูปที่ 7.7 ก้านต่อ E



รูปที่ 7.8 ก้านต่อ F

เมื่อนำก้านต่อต่าง ๆมาประกอบกันจะได้โครงสร้างกลไกสวนหมุนของต้นแบบขนาดย่อส่วนดังแสดงในรูปที่ 7.9



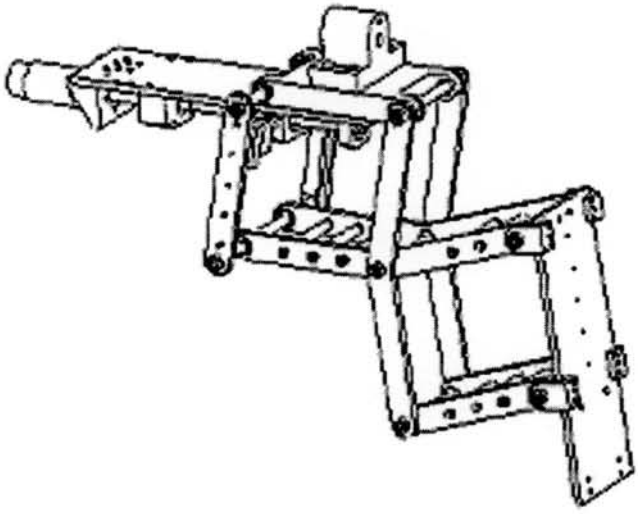
รูปที่ 7.9 ภาพประกอบกลไกส่วนหมุนของต้นแบบขนาดย่อส่วน

7.3 การออกแบบส่วนขับเคลื่อนกลไกของเครื่องจำลองการเคลื่อนที่ขนาดย่อส่วน

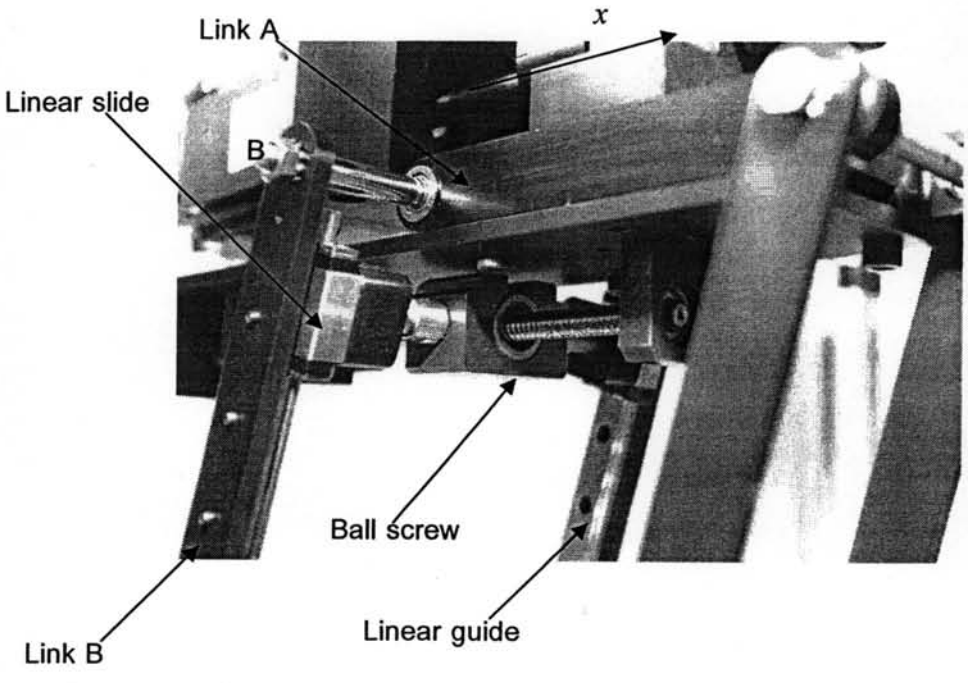
เนื่องจากขนาดและความเหมาะสมในการใช้ตัวขับของกลไกแตกต่างกับขนาดจริง ดังนั้นการขับกลไกบางส่วนจะพิจารณาตามความเหมาะสมกับขนาดโครงสร้าง ตัวขับกลไกของต้นแบบขนาดย่อส่วนเครื่องจำลองการเคลื่อนที่แบ่งเป็น 3 ส่วนคือ หนึ่งส่วนหมุนเพื่อจำลองความเร่งด้านหน้า สองส่วนหมุนเพื่อจำลองความเร่งด้านข้าง และสามส่วนเลื่อนที่เพื่อจำลองความเร่งในแนวดิ่ง

7.3.1 การออกแบบส่วนขับเคลื่อนมุม *Pitch*

ตัวขับมุม *Pitch* มีลักษณะเช่นเดียวกันกับตัวขับของเครื่องจำลองการเคลื่อนที่ขนาดจริง ชุดบอลสกรูซึ่งติดตั้งสำหรับกลไกมีลักษณะดังรูปที่ 7.10



รูปที่ 7.10 ส่วนขับเคลื่อนมุม *Pitch* ของต้นแบบขนาดย่อส่วน



รูปที่ 7.11 ส่วนขับเคลื่อนมุม *Pitch* ของต้นแบบขนาดย่อส่วนที่สร้าง

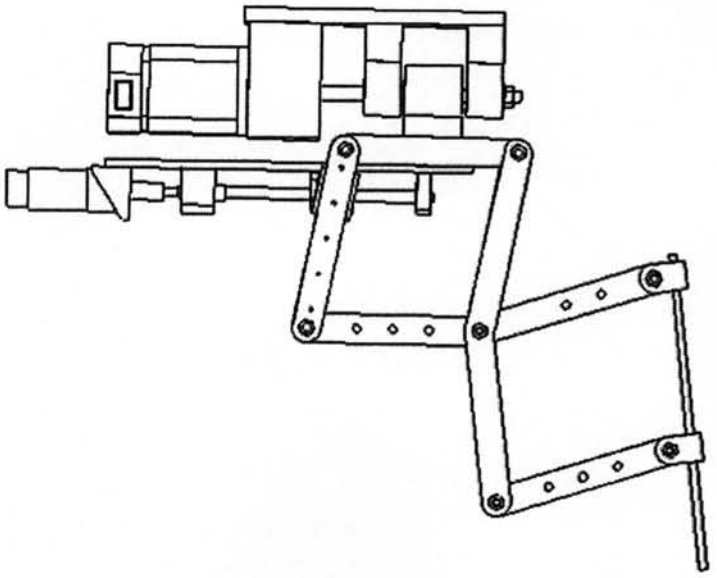
พิจารณารูปที่ 7.11 ฐานของบอลสกรูและมอเตอร์ยึดติดกับก้านต่อ A ตามแนวแกน x ตัวลูกปืนของบอลสกรูต่อกับลูกปืนเชิงเส้นทั้งสองข้างด้วยข้อต่อหมุน ซึ่งตัวลูกปืนเชิงเส้นทั้งสองชิ้นจะสวมอยู่กับรางลูกปืนเชิงเส้นที่ยึดติดกับก้านต่อ B ทั้งสอง

ด้าน ดังนั้นเมื่อมอเตอร์หมุนจะขับให้ตัวบอลของบอลสกรูเลื่อนที่ตามแนวแกน x และขณะที่ตัวบอลเลื่อนที่จะผลักให้ลูกปืนเชิงเส้นทั้ง 2 ตัวเคลื่อนที่ตามไปด้วย เมื่อลูกปืนเชิงเส้นเคลื่อนที่ทำให้รางลูกปืนเชิงเส้นและก้านต่อ B หมุนรอบจุด B

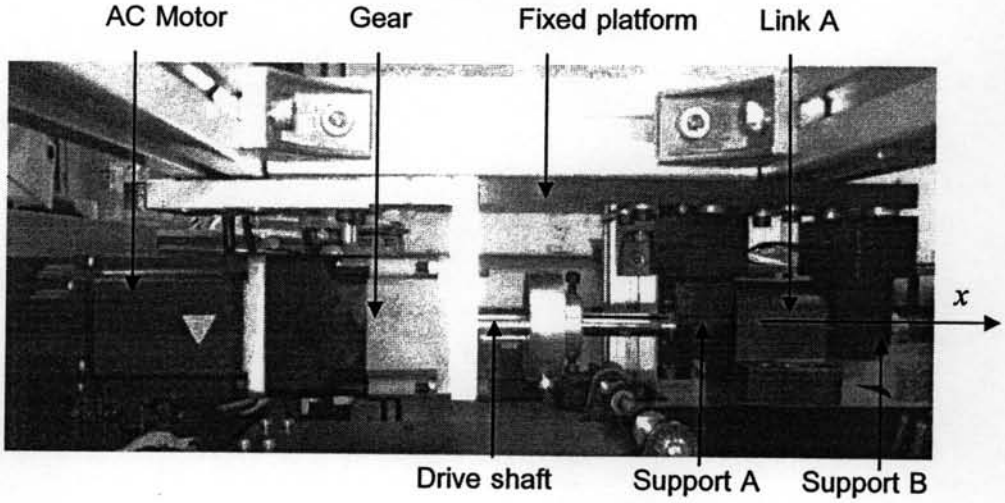
ตัวมอเตอร์ที่ใช้ขับเป็นมอเตอร์กระแสตรงรุ่น Remax 29 ของ Maxzon และตัวสกรูของชุดบอลสกรูจะมีระยะพิทช์ 2 มิลลิเมตร

7.3.2 การออกแบบส่วนขับเคลื่อนมุม *Roll*

ในส่วนของตัวขับมุม *Roll* นั้นเพื่อความเหมาะสมจึงเปลี่ยนจากกลไกบอลสกรูเป็นตัวขับมอเตอร์และมีชุดเกียร์ทด โดยมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 7.12



รูปที่ 7.12 ส่วนขับเคลื่อนมุม *Roll* ของต้นแบบขนาดย่อส่วน



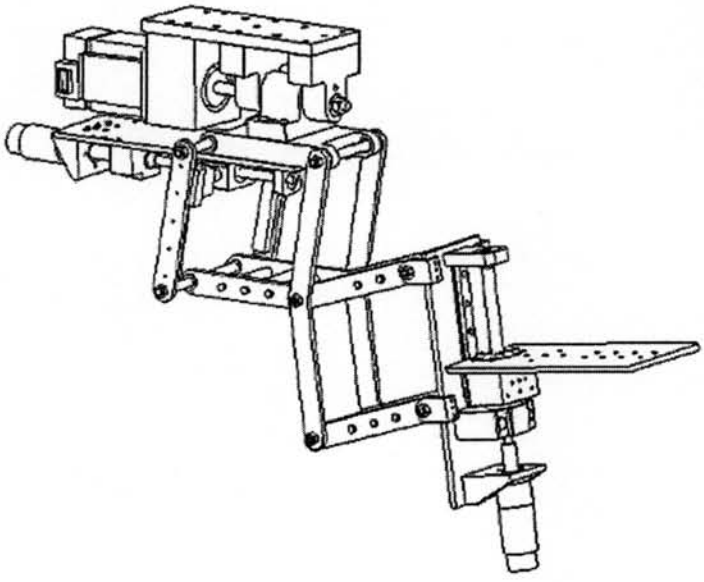
รูปที่ 7.13 ส่วนขับเคลื่อนมุม *Roll* ของต้นแบบขนาดย่อส่วนที่สร้าง

พิจารณารูปที่ 7.13 แสดงส่วนขับด้านข้างมอเตอร์ต่อกับเกียร์และยึดติดกับส่วนฐานของต้นแบบเครื่องจำลองการเคลื่อนที่ โดยเพลาขับของเกียร์ต่อกับเพลาของก้านต่อ A ดังนั้นเมื่อมอเตอร์หมุนจะทำให้ก้านต่อ A หมุนรอบแกน x

เนื่องจากส่วนขับนี้ต้องรับภาระภายในสูงดังนั่นเพื่อความแข็งแรงตัวรับเพลาจึงเสริมเป็นสองจุดคือตัวรับ A และตัวรับ B ในส่วนมอเตอร์เป็นมอเตอร์กระแสสลับรุ่น HF-KP43 ของมิซูมิชิ โดยใช้เกียร์ที่มีอัตราทดเป็นหนึ่งต่อสิบ

7.3.3 การออกแบบส่วนขับเคลื่อนในแนวดิ่ง

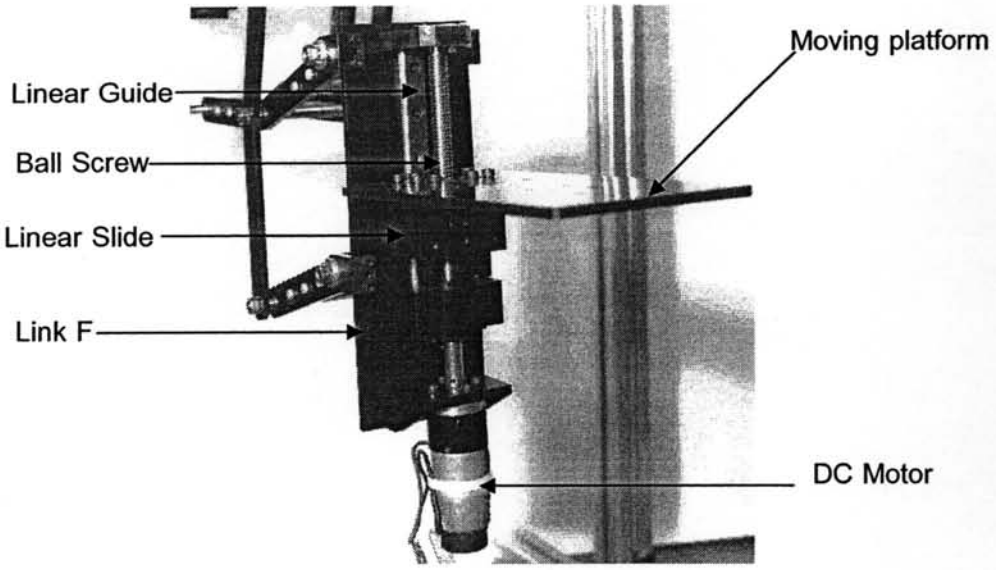
ส่วนเลื่อนที่ในแนวดิ่งถูกขับด้วยบอลสกรูเชิงเส้นเช่นเดียวกับเครื่องจำลองขนาดจริงแต่ใช้รางลูกปืนเชิงเส้นในการรับภาระของกลไก



รูปที่ 7.14 ส่วนขับเคลื่อนในแนวดิ่งของต้นแบบขนาดย่อส่วน

ตัวขับในแนวดิ่งยึดติดกับก้านต่อ F ตัวบอลของบอลสกรูจะยึดติดกับ Moving platform และลูกปืนเชิงเส้น ส่วนตัวลูกปืนเชิงเส้นจะสวมกับรางลูกปืนเชิงเส้น ดังนั้นเมื่อมอเตอร์หมุนจะทำให้ตัวบอลของบอลสกรูเลื่อนที่ตามแนวแกนของสกรู เป็นผลให้ Moving platform ที่ยึดติดกันเลื่อนที่ตามไปด้วย

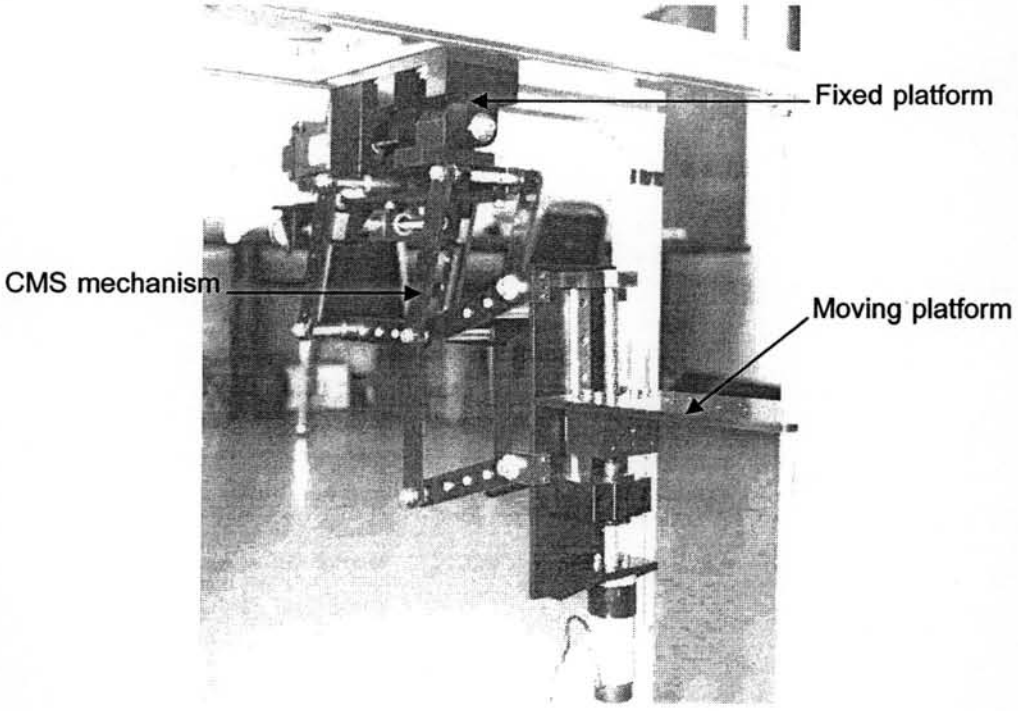
มอเตอร์สำหรับขับการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งนั้นเป็นมอเตอร์กระแสตรงรุ่นเดียวกับมอเตอร์ที่ขับมุม *Pitch* ในส่วนบอลสกรูจะมีระยะพิทช์เป็น 2 มิลลิเมตร



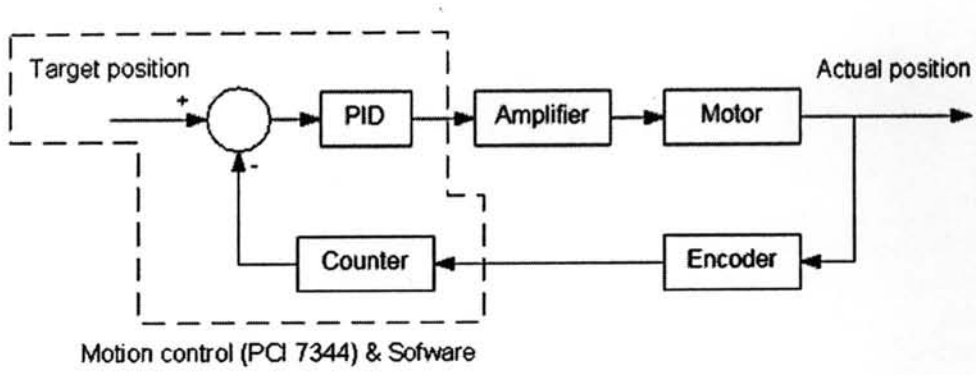
รูปที่ 7.15 ส่วนขับเคลื่อนในแนวดิ่งของต้นแบบขนาดย่อส่วน

7.4 ต้นแบบขนาดย่อส่วนของเครื่องจำลองการเคลื่อนที่ที่สมบูรณ์

เมื่อนำก้านต่อ และส่วนประกอบต่างๆ ประกอบเข้าด้วยกันกับฐานจะได้ต้นแบบขนาดย่อส่วนดังแสดงในรูปที่ 7.16 ต้นแบบแขวนอยู่บนฐานโครงสร้างอลูมิเนียม มอเตอร์และชุดขับสำหรับกลไกในส่วนต่างๆถูกควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ โดยมีฟังก์ชันการควบคุมดังรูปที่ 7.17



รูปที่ 7.16 ต้นแบบขนาดย่อส่วนเครื่องจำลองการเคลื่อนที่ที่สร้าง



รูปที่ 7.17 ไดอะแกรมของการควบคุมต้นแบบขนาดย่อส่วนเครื่องจำลองการเคลื่อนที่

จากรูปที่ 7.17 ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของต้นแบบขนาดย่อส่วนของเครื่องจำลองการเคลื่อนที่นั้นใช้ Motion control card รุ่น 7344 ควบคุมตำแหน่งของมอเตอร์ทั้งสาม ตัวการ์ดควบคุมมอเตอร์แบบ PID ค่าสัญญาณที่ออกจากการ์ดเป็นแรงดันไฟฟ้าอยู่ในช่วง -10 ถึง 10 โวลต์ ส่งไปที่วงจรขับเพื่อขยายสัญญาณขับให้มอเตอร์เคลื่อนที่ ตำแหน่งของการเคลื่อนที่จะถูกวัดจากเอ็นโคดเดอร์ที่ติดตั้งอยู่ที่มอเตอร์ด้วยการส่งค่ากลับมายังการ์ดควบคุม

7.5 ขอบเขตการเคลื่อนที่ของต้นแบบ

เมื่อสร้างและประกอบต้นแบบอย่างสมบูรณ์แล้วได้ทดลองหาขอบเขตการเคลื่อนที่ โดยเขียนโปรแกรมสั่งให้ต้นแบบเครื่องจำลองการเคลื่อนที่เคลื่อนที่ไปยังจุดที่การเคลื่อนที่ได้มากที่สุด ในแต่ละแนวแกน ซึ่งช่วงของการเคลื่อนที่ของต้นแบบนี้เป็นดังตารางที่ 7.1

องศาอิสระ	การเคลื่อนที่มากสุด	การเคลื่อนที่น้อยสุด
หมุนรอบแกน Y (Pitch)	55 Degree	-45 Degree
หมุนรอบแกน X (Roll)	50 Degree	-50 Degree
เคลื่อนที่ขึ้นลงแกน Z	60 mm	0 mm

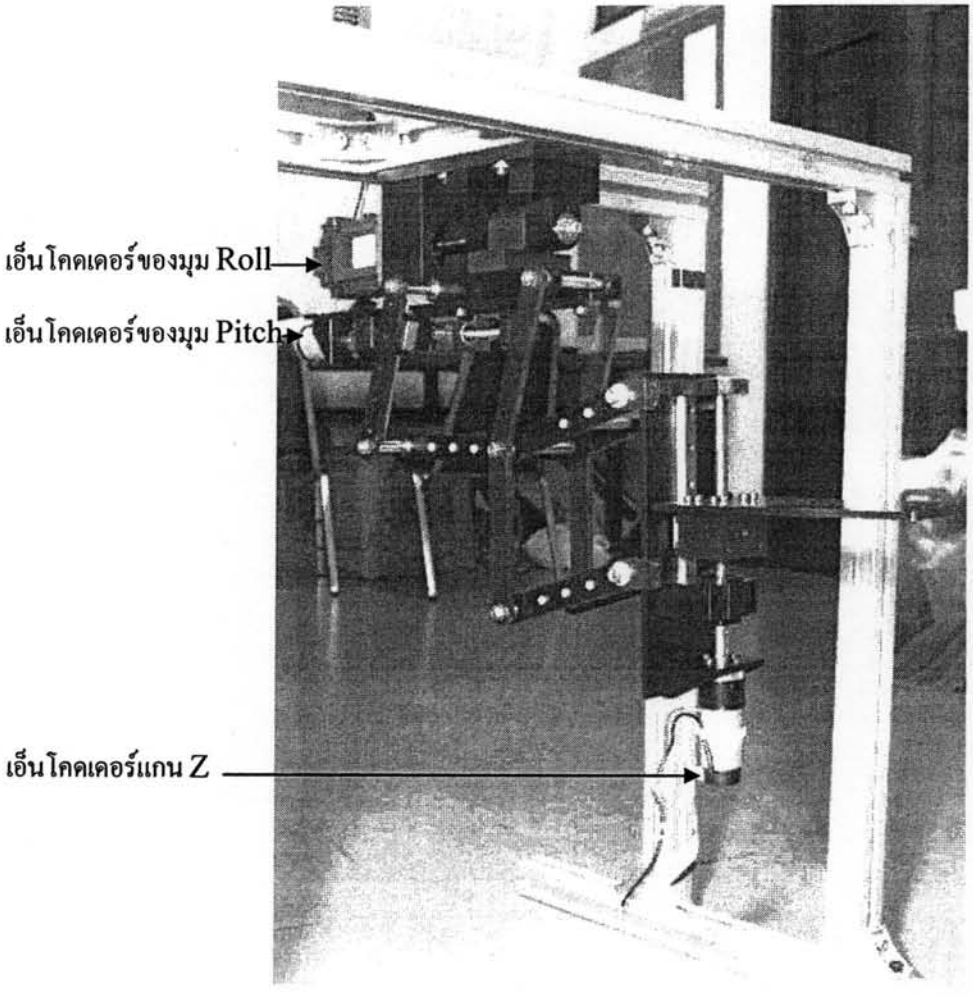
ตารางที่ 7.1 ขอบเขตการเคลื่อนที่ของเครื่องจำลองการเคลื่อนที่

7.6 การทดลองการเคลื่อนที่เบื้องต้นของต้นแบบ

ในหัวข้อนี้อธิบายการทดลองการเคลื่อนที่ของต้นแบบเครื่องจำลองการเคลื่อนที่โดยกำหนดจุดการเคลื่อนที่ของเครื่องจำลองการเคลื่อนที่ ซึ่งโปรแกรมที่เขียนนั้นจะสามารถกำหนด

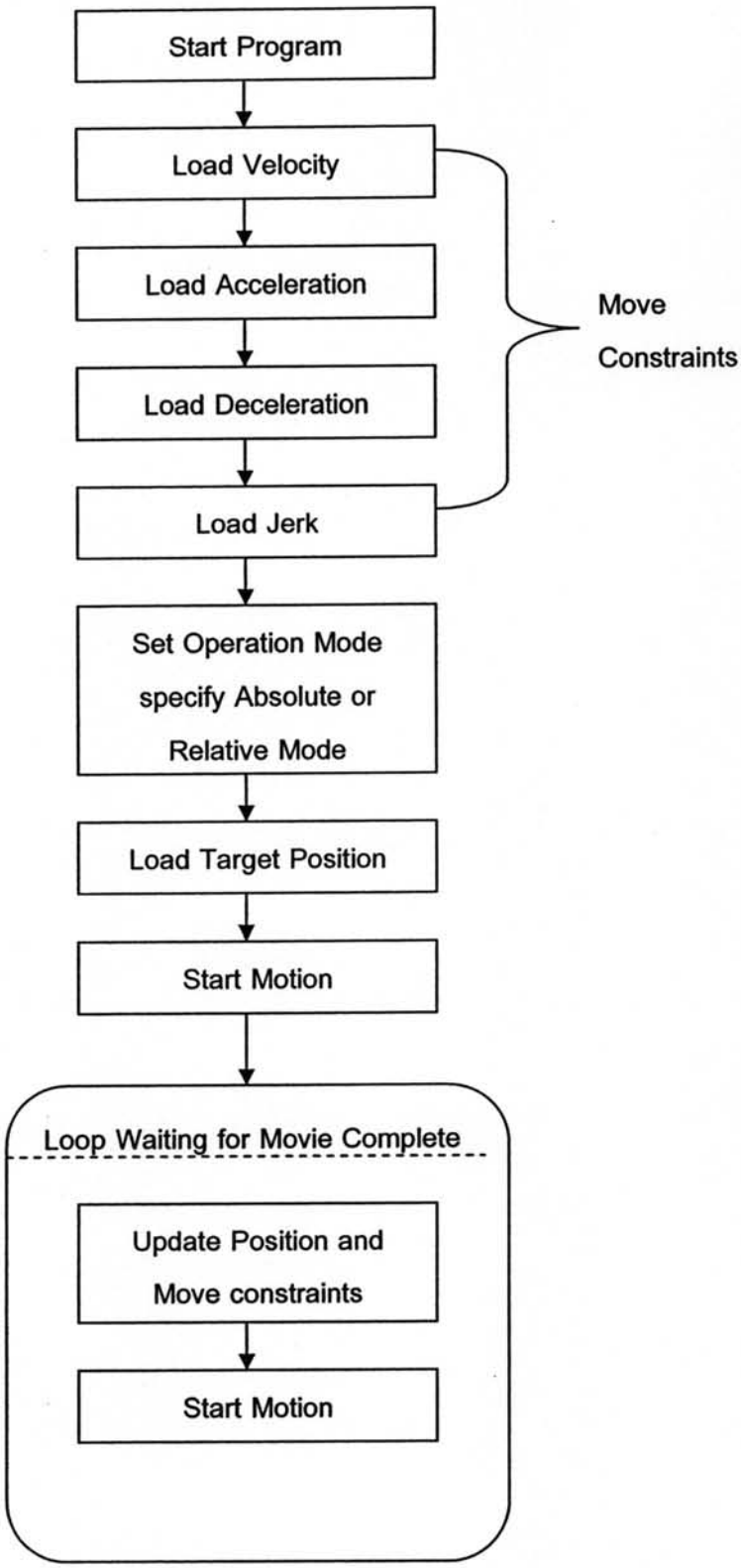
ตำแหน่ง ความเร็ว ความเร่ง และความหน่วง ของการเคลื่อนที่ และสามารถอ่านข้อมูลจากเอ็นโคดเดอร์ที่ติดตั้งไว้ในแต่ละแนวแกน โดยตำแหน่งที่ติดตั้งแสดงในรูปที่ 7.18

การทำงานเริ่มจากรับค่าความเร่งของทั้ง 3 แนวแกนคือ ความเร่งด้านหน้า ความเร่งด้านข้าง และความความเร่งในแนวดิ่งของรถยนต์ ซึ่งความเร่งด้านหน้านำมาเปลี่ยนเป็นมุม *Pitch* ตามสมการที่ 6.19 ส่วนความเร่งด้านข้างนั้นนำมาเปลี่ยนเป็นมุม *Roll* ตามสมการที่ 6.18 ความเร่งในแนวแกน Z นั้นจะนำไปแทนค่าในสมการ 6.20 ในเบื้องต้นจะนำเสนอเฉพาะการควบคุมตำแหน่งของแกน Z เท่านั้น นำค่าที่ได้ทั้งสามคำนวณหาตำแหน่งที่ต้องเคลื่อนที่ (Target position) ของต้นแบบเครื่องจำลองการเคลื่อนที่ตามสมการ 6.21 ถึง 6.23



รูปที่ 7.18 ตำแหน่งการติดตั้งเอ็นโคดเดอร์

ตัวโปรแกรมควบคุมเขียนด้วย Lab view version 7.0 ซึ่งรายละเอียดของโปรแกรมแสดงที่ภาคผนวก ข ส่วนผังการทำงานของโปรแกรมแสดงในรูปที่ 7.19



รูปที่ 7.19 ไดอะแกรมการเขียนโปรแกรม

การทดลองนั้นจะกำหนด ความเร่งที่จำลองของยานพาหนะ (ตำแหน่งการเคลื่อนที่ของ Moving platform) และความเร็วในการเคลื่อนที่ ซึ่งตำแหน่งที่กำหนดนั้นมีจุดประสงค์เพื่อทดสอบการทำงานของกลไก ผลการทดลองจะได้จากการอ่านค่าเอ็นโคดเดอร์ ขณะเคลื่อนที่ซึ่งจะทำซ้ำกัน 3 ครั้ง นำค่าที่วัดได้จากเอ็นโคดเดอร์ไปเปลี่ยนเป็นค่าความเร่งที่สามารถจำลองได้แล้วนำไปเขียนกราฟเทียบกับเวลา ซึ่งตำแหน่งที่กำหนดมีรายละเอียดดังนี้

1. จำลองความเร่งและความหน่วงด้านหน้าของยานพาหนะที่ 6 เมตร/วินาที^{2} และ -6 เมตร/วินาที^{2} ตำแหน่งนี้ moving platform ของเครื่องจำลองการเคลื่อนที่ จ ะเคลื่อนที่ไปที่มุม *Pitch* เท่ากับ 37.5 องศา และ -37.5 องศาตามลำดับ ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 7.20 และรูปที่ 7.21

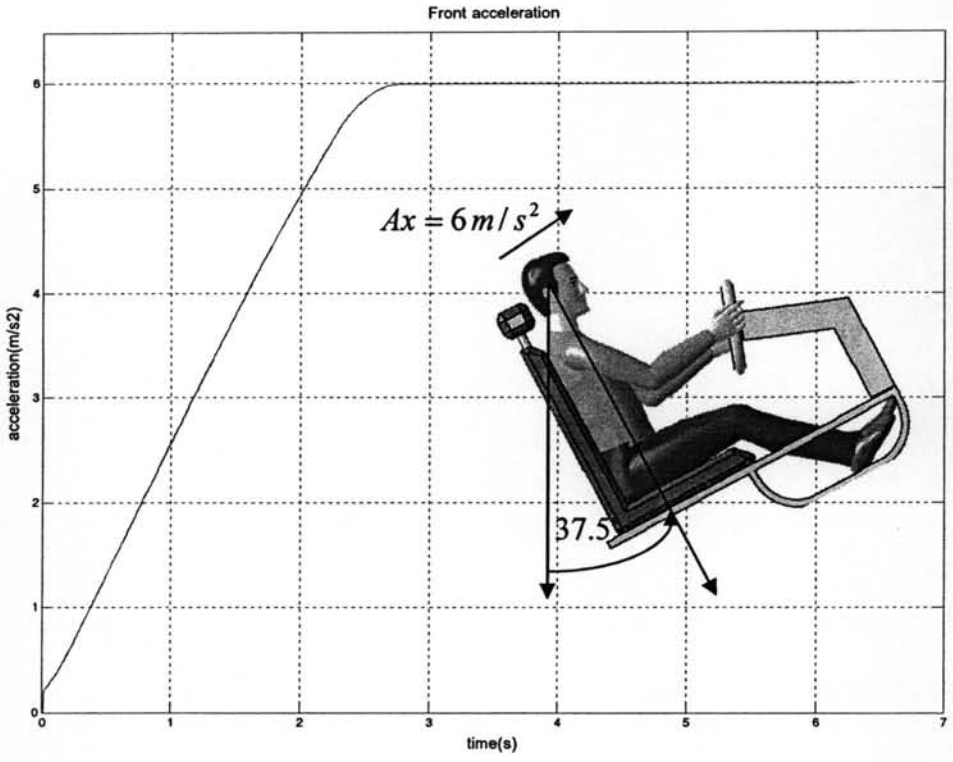
2. จำลองความเร่งด้านหน้าของยานพาหนะจาก 0 เมตร/วินาที^{2} ไป 6 เมตร/วินาที^{2} และไป -6 เมตร/วินาที^{2} ตำแหน่งนี้ moving platform จะเคลื่อนที่จากมุม *Pitch* ที่ 0 องศา ไปที่ 37.5 องศาแล้วเคลื่อนต่อไปยังตำแหน่งที่ -37.5 องศา ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 7.22

3. จำลองความเร่งด้านข้างของยานพาหนะที่ 6 เมตร/วินาที^{2} และ -6 เมตร/วินาที^{2} ตำแหน่งนี้ moving platform ของเครื่องจำลองการเคลื่อนที่ จะเคลื่อนที่ไปที่มุม *Roll* ที่ 37.5 องศา และ -37.5 องศาตามลำดับ ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 7.23 และรูปที่ 7.24

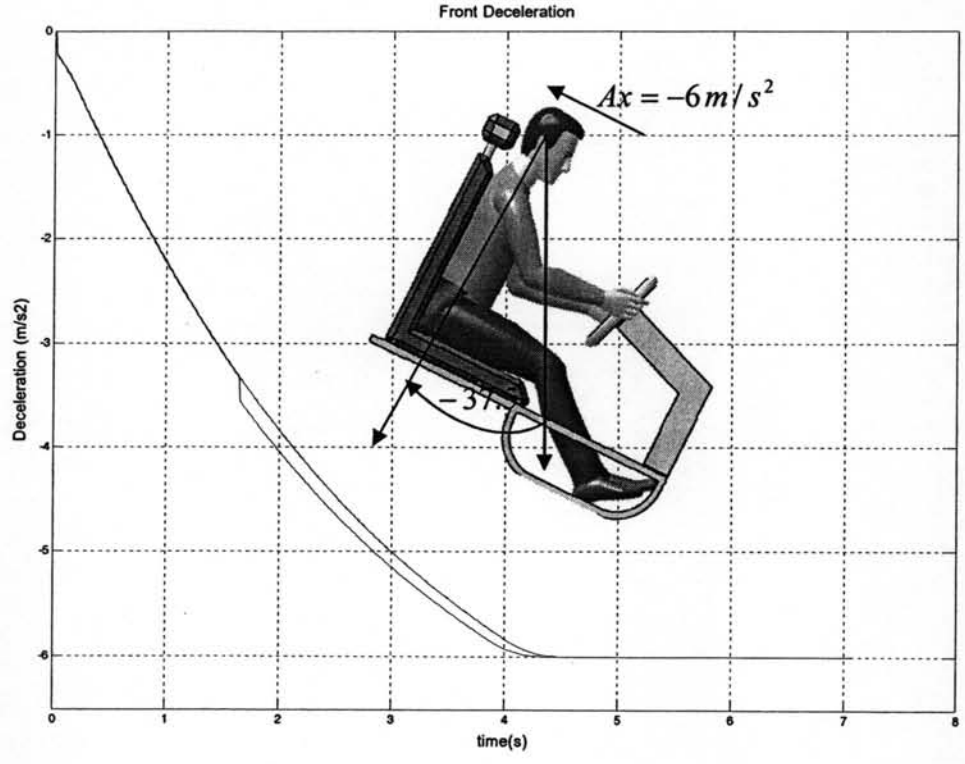
4. จำลองความเร่งด้านหน้าของยานพาหนะที่ 6 เมตร/วินาที^{2} และจำลองความเร่งความเร่งด้านข้างของยานพาหนะที่ 6 เมตร/วินาที^{2} ตำแหน่งนี้ moving platform ของเครื่องจำลองการเคลื่อนที่ จะเคลื่อนที่ไปที่มุม *Pitch* เท่ากับ 37.5 องศา และมุม *Roll* เท่ากับ 49 องศา ดังแสดงในรูปที่ 7.25

5.จำลองความหน่วงด้านหน้าของยานพาหนะที่ -6 เมตร/วินาที^{2}และจำลองความเร่งด้านข้างของยานพาหนะ 6 เมตร/วินาที^{2} ตำแหน่งนี้ moving platform ของเครื่องจำลองการเคลื่อนที่ จะเคลื่อนที่ไปที่มุม *Pitch* เท่ากับ -37.5 องศา และมุม *Roll* เท่ากับ 49 องศา ผลการทดลองดังรูปที่ 7.26

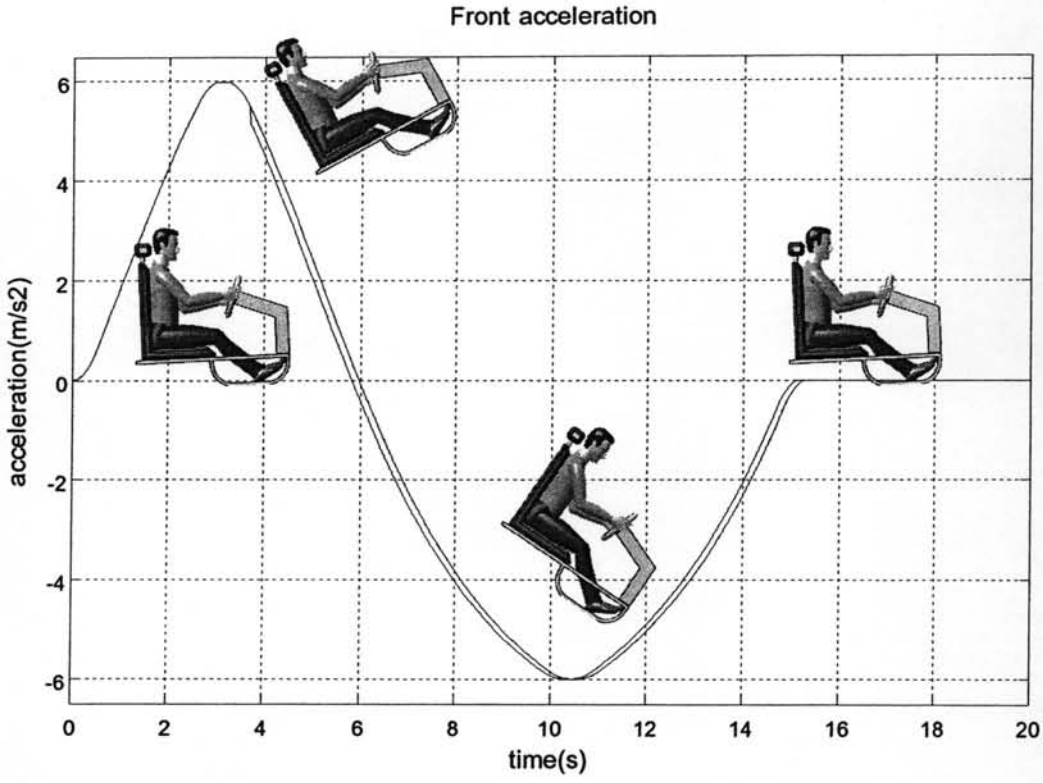
8.จำลองตำแหน่งการเคลื่อนที่ในแนวแกน Z ของยานพาหนะจาก 0 ไป 60มิลลิเมตร ตำแหน่งนี้ moving platform จะเคลื่อนที่จาก 0 ไป 60 มิลลิเมตร ผลการเคลื่อนที่แสดงในรูปที่ 7.27



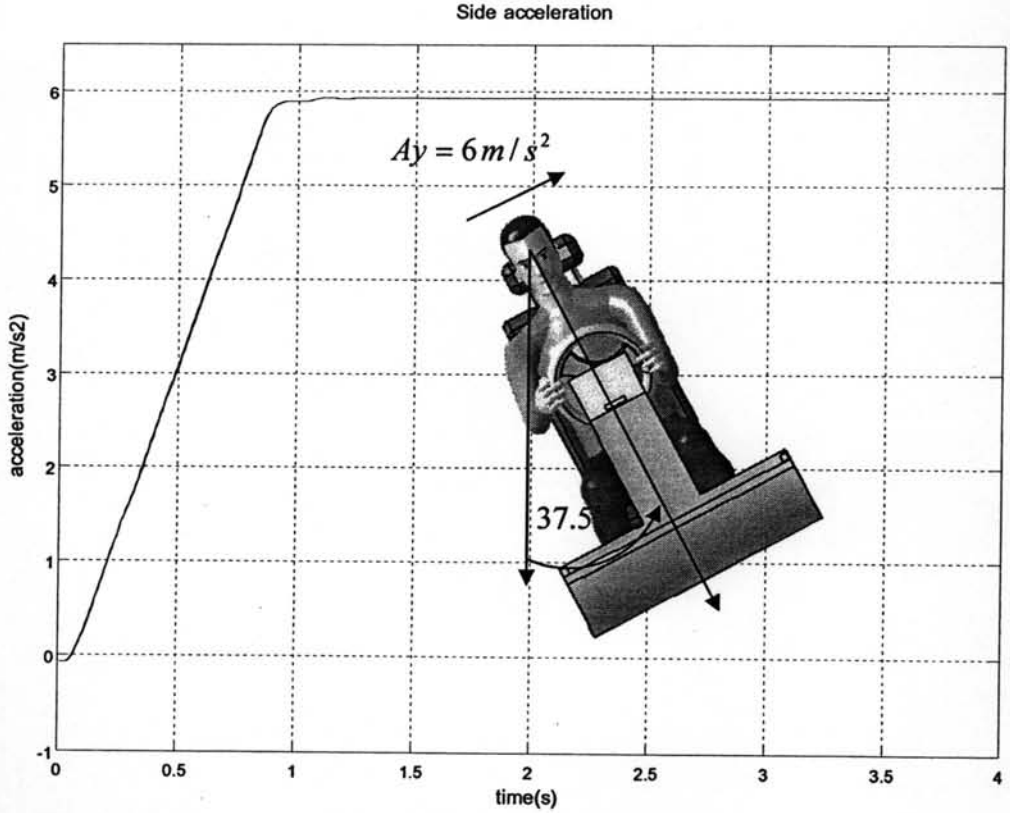
รูปที่ 7.20 จำลองความเร่งด้านหน้า 6 เมตร/วินาที^{2}



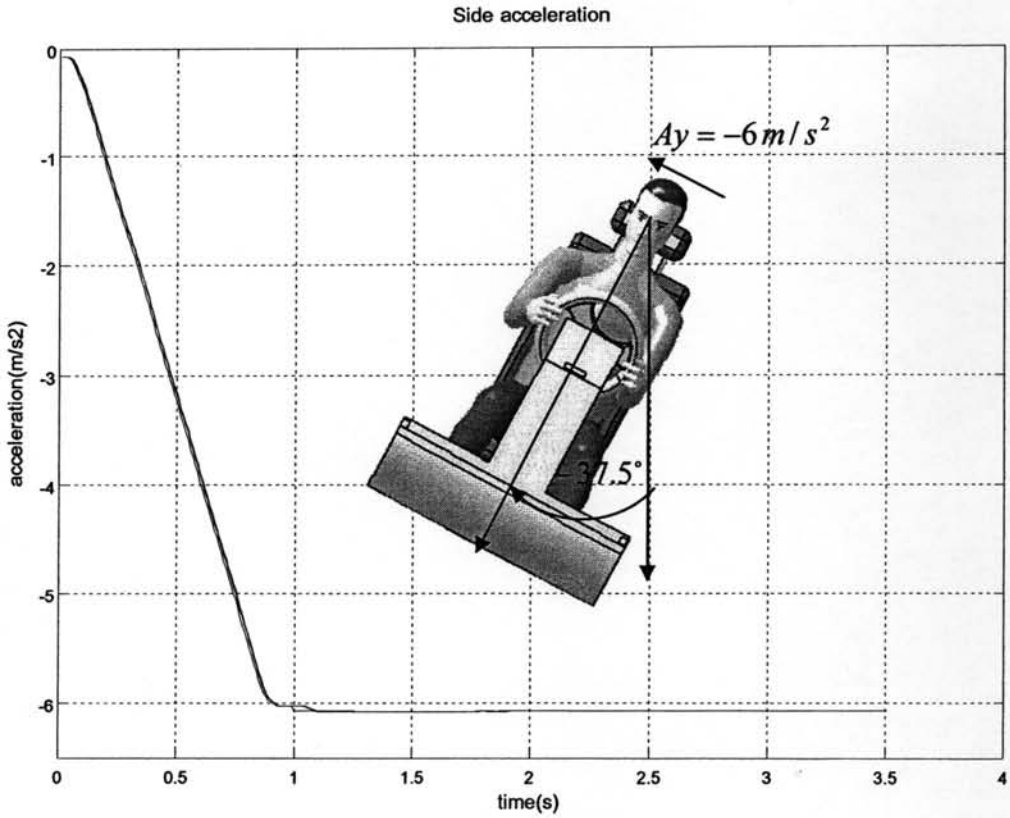
รูปที่ 7.21 จำลองความหน่วงด้านหน้า 6เมตร/วินาที^{2}



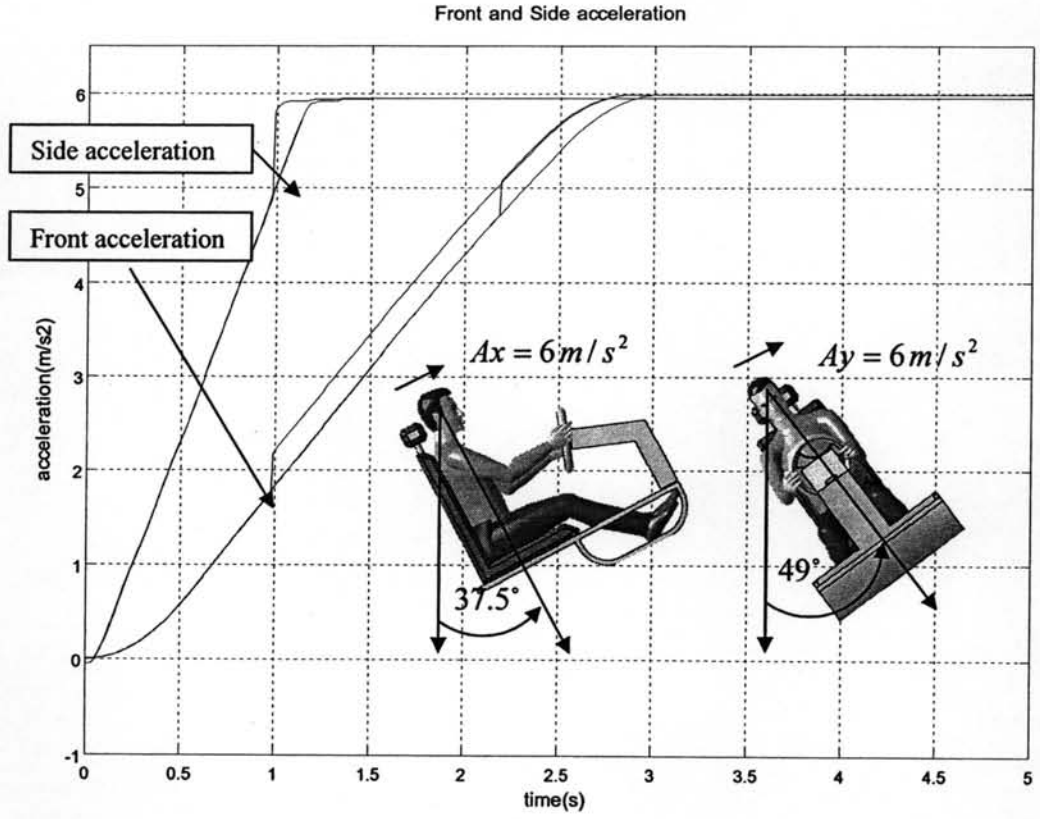
รูปที่ 7.22 จำลองความเร่งและหน่วงด้านหน้า 6เมตร/วินาที^{2}



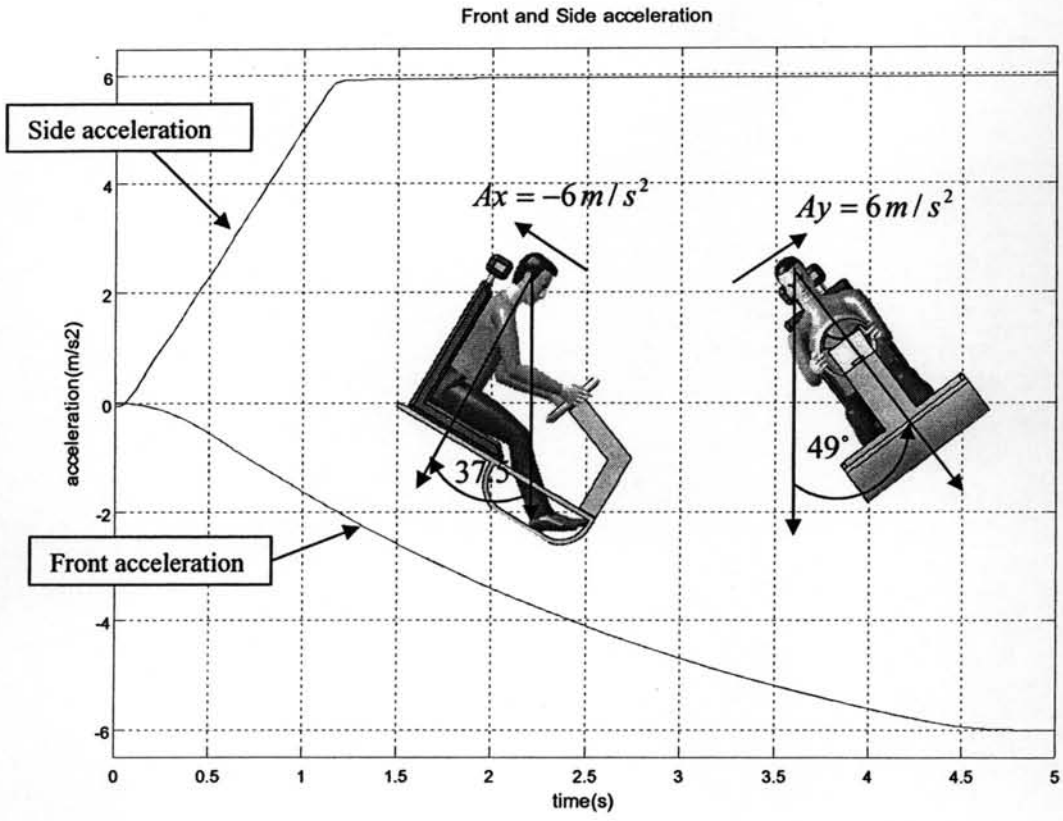
รูปที่ 7.23 จำลองความเร่งด้านข้าง 6เมตร/วินาที^{2}



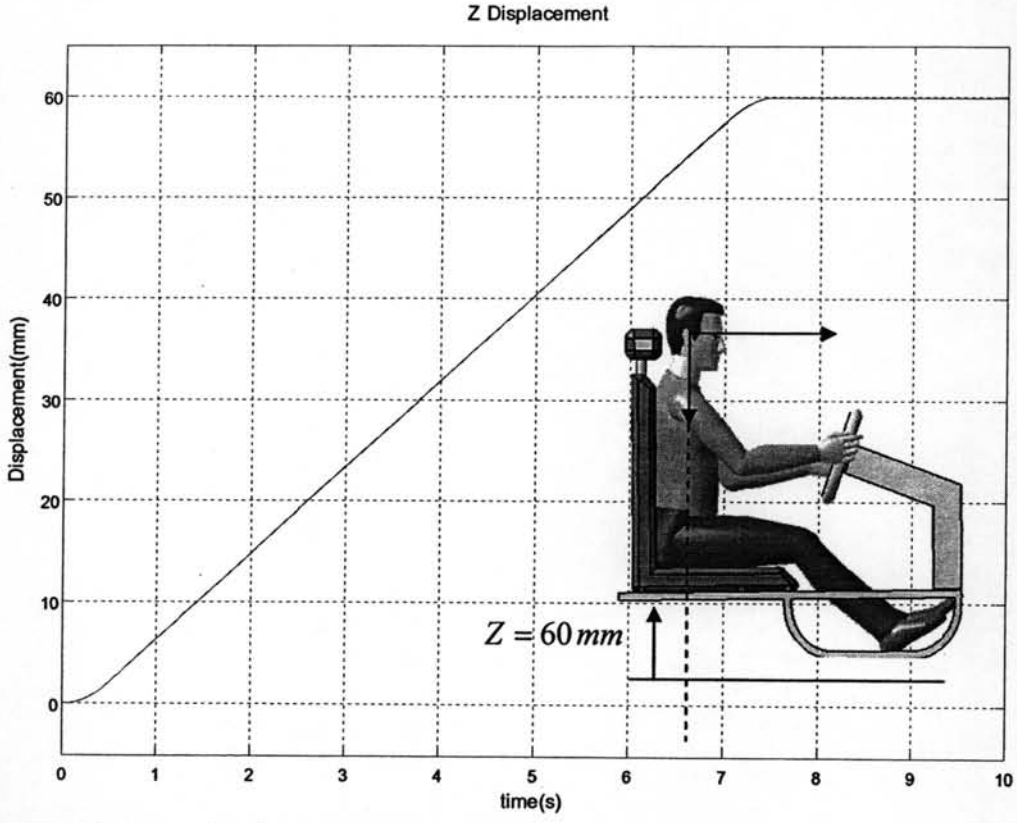
รูปที่ 7.24 จำลองความเร่งด้านข้าง -6เมตร/วินาที^{2}



รูปที่ 7.25 จำลองความเร่งด้านหน้าและด้านข้าง 6เมตร/วินาที^{2}



รูปที่ 7.26 จำลองความหน่วงด้านหน้า และความเร่งด้านข้าง 6เมตร/วินาที^{2}



รูปที่ 7.27 เคลื่อนที่ในแนวแกนรัศมี 60 มิลลิเมตร

จากผลการทดลองทั้งหมดพบว่ากลไกสามารถเคลื่อนที่ได้ตามที่ออกแบบไว้ บางครั้งในขณะเคลื่อนที่ตัวโครงสร้างจะเกิดการสั่น และตำแหน่งการเคลื่อนที่ของมุม Pitch นั้นจะเกิดการคลอนตัว ซึ่งเกิดจากกลไกการยึดกันของระหว่างบอลสกูลและลูกปืนเชิงเส้น เป็นผลให้เกิดความผิดพลาดของตำแหน่งการเคลื่อนที่ และพบว่าบางตำแหน่งมีระยะคลอน ซึ่งต้องปรับปรุง อย่างไรก็ตามโดยรวมต้นแบบขนาดย่อส่วนของเครื่องจำลองการเคลื่อนที่สามารถใช้ในการศึกษาระบบควบคุมสำหรับการจำลองการเคลื่อนที่ของยานยนต์ได้