สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

อากาศยานบินต่ำวิทยุบังคับ

Low altitude radio-control aircraft

T104232

โดย

นายชัยวุฒิ พรวิวัฒน์สุข

นายพิทยาธร ธระเสนา

นายโอฬาร เพลินธรรมคุณ

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์สยาม สงวนรัมย์

เลขหมู่.....................

เลขทะเบียน 104232

วัน,เดือน,ปี 3 0 ต.ค. 2552

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2551

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง อากาศยานบินต่ำวิทยุบังคับ

(Low altitude radio-control aircraft)

ผู้จัดทำ

1. นายชัยวุฒิ พรวิวัฒน์สุข		รหัสนักศึกษา	48010199
2. นายพิทยาธร ธระเสนา		รหัสนักศึกษา	48010621
3. นายโอฬาร เพลินธรรมคุณ		รหัสนักศึกษา	48011159

________________ (อาจารย์ที่ปรึกษา)

(อาจารย์สยาม สงวนรัมย์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อากาศยานบินต่ำวิทยุบังคับ

นายชัยวุฒิ พรวิวัฒน์สุข
นายพิทยาธร ธระเสนา
นายโอฬาร เพลินธรรมคุณ
อาจารย์สยาม สงวนรัมย์ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2551

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและสร้างอากาศยานวิทยุบังคับที่ทำการบินในระดับต่ำ โดยใช้ทฤษฎีทางกลศาสตร์วัสดุและกลศาสตร์ของไหลเป็นหลักการในการออกแบบ ขั้นแรกเป็นการหาแรงยก, แรงต้าน, โมเมนต์ดัด และกำลังมอเตอร์ จากนั้นจึงทำการสร้างอากาศยานด้วยโฟมและนำไปทดลองบิน สุดท้ายนำผลจากการทดลองบินไปแก้ไขและปรับปรุงอากาศยานให้ดีขึ้น

อากาศยานที่สร้างขึ้นมีน้ำหนัก 0.61 กิโลกรัม และความยาวปีก 1.07 เมตรขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ขนาด 2,200 เควี (kv) ใช้วิทยุบังคับควบคุมสองส่วนด้วยกันคือ หางเสือเลี้ยวและแพนหางขึ้นลง มีความเร็วขณะวิ่งขึ้น 7.47 เมตรต่อวินาที ระยะวิ่งขึ้น 18.4 เมตร อย่างไรก็ตาม อากาศยานที่สร้างขึ้นยังไม่มีเสถียรภาพ เป็นเพราะว่าเครื่องบินที่สร้างไม่มีความสมดุล และเทคนิคในการควบคุมยังต้องปรับปรุงให้ดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Low altitude radio-control aircraft

Chaiwud Pornvivatsuk
Pitthayatorn Tharasena
Olarn Plearntummakun
Advisor. Sayam Saguanrum

Abstract

The objective of this project is to develop and build a small radio-control aircraft flying at low altitude. The design bases on theory of the fundamentals of solid and fluid mechanics. First, lift force, drag force, bending moment and power of motor are determined. Second, the aircraft made by foam is constructed and tested. Finally, the results from testing are brought to redesign an improved aircraft.

The final design is the 0.61-kilogram and 1.07 – metre wing span aircraft with 2,200-kv motor. The radio controller is able to control 2 degree-of-freedoms, one rudder, and one elevator. The take-off speed is at 7.47 m/s with 18.4-metre runway. After take-off, however, the instability is suddenly loss because the airplane is not balance and the control technique is needed to improve.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่อาจเสร็จได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือและความร่วมมือจากหลาย ๆ ฝ่ายด้วยกัน บุคคลแรกที่ต้องกล่าวถึงเพราะเป็นบุคคลสำคัญที่ทำให้ปริญญานิพนธ์นี้เสร็จลงได้ก็คือ อาจารย์สยาม สงวนรัมย์ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้คำปรึกษา แนะนำ เอาใจใส่ที่ดีมาโดยตลอด และบุคคลท่านที่สอง คือ รศ.ดร.จารุวัตร เจริญสุข อาจารย์ที่ปรึกษาท่านที่สอง ผู้ให้ความรู้ในการออกแบบและสร้างอากาศยานบินต่ำวิทยุบังคับพร้อมทั้งผู้สนับสนุนสถานที่ในการทำงาน และแนะนำสถานที่ซื้อวัสดุอุปกรณ์ที่มีคุณภาพดี และเพื่อน ๆ ในภาค ที่ให้กำลังใจในเวลาทำการทดสอบการบิน ที่ขาดไม่ได้คือ เพื่อนวิเชียร สุวัฒนพูนลาภ เพื่อนที่ให้ความช่วยเหลืออย่างดี เรื่องการใช้ระบบควบคุมวิทยุบังคับ และพี่กัน พี่บอล พี่นน ที่เอื้อเฟื้ออุโมงค์ลมให้ทำการทดลอง พี่ก้อย พี่เป๊า พี่ป้อม ป้านก สำหรับหมูย่างอร่อย ๆ ที่ทำให้ได้มีแรงทำงานกัน ซึ่งต้องขอขอบคุณเป็นอย่างมาก

และต้องขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุดที่ทำให้พวกข้าพเจ้ามีวันนี้คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูผู้เขียนมาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจ เอาใจใส่เสมอมาในทุก ๆ ด้านอันหาที่เปรียบมิได้ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณ และขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

นายชัยวุฒิ พรวิวัฒน์สุข
นายพิทยาธร ธระเสนา
นายโอฬาร เพลินธรรมคุณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VII
สารบัญตาราง	IX
รายการสัญลักษณ์	X
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	1
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	1
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ชิ้นส่วนประกอบหลักของอากาศยาน	3
2.2 แกน 3 แกนของอากาศยาน และการเคลื่อนไหวรอบแกนต่างๆ	4
2.3 แรงที่เกิดขึ้นกับเครื่องบิน	5
2.4 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของแพนอากาศ (Airfoil)	5
2.5 ทฤษฎีทางอากาศพลศาสตร์ของปีก	6
2.5.1 สัมประสิทธิ์แรงต้านและสัมประสิทธิ์แรงยก	8
2.6 โครงสร้างปีกเครื่องบิน	8
2.6.1 พื้นผิวของปีกเครื่องบิน	8
2.7 ทฤษฎีทางกลศาสตร์	9
2.7.1 จุดศูนย์ถ่วง	9
2.7.2 การหาจุดศูนย์ถ่วง	9
2.7.3 โมเมนต์ดัด ความเค้นอันเนื่องมาจากโมเมนต์ดัด และความเค้นเฉือนภายในคาน	10
2.7.3.1 โมเมนต์ดัด	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.7.3.2 ตำแหน่งรับโมเมนต์ดัดสูงสุด	11
2.7.3.3 ความเค้นในคานแบบยื่น	11
2.7.3.4 การหาตำแหน่งของแนวแกนกลาง	13
2.7.3.5 ความเค้นเฉือนในคาน	13
2.8 การหาระยะวิ่งขึ้นของเครื่องบิน	16
2.9 อุปกรณ์ในการควบคุม	17
2.9.1 มอเตอร์	17
2.9.2 สปีดคอนโทรล	17
2.9.3 แบตเตอรี่	18
2.9.4 ใบพัด	19
2.9.5 ระบบวิทยุ	20
2.9.6 เครื่องรับ	20
2.9.7 เซอร์โว	20
2.9.8 อุปกรณ์ส่วนประกอบอื่นๆ	21
บทที่ 3 การออกแบบและการคำนวณ	22
3.1 ลักษณะจำเพาะของเครื่องบิน	22
3.2 การหาความยาวของปีก (Span)	23
3.3 การหา σ_{max} ของโฟม	23
3.4 การหาค่าโมเมนต์ที่กระทำ	24
3.5 การหาค่าโมเมนต์ความเฉื่อย (I)	25
3.6 การหาค่าระยะตั้งฉากจากแกนกลาง	25
3.7 การหาค่าความเค้นที่เกิดจากโมเมนต์ดัด	25
3.8 การคำนวณแรงต้านของปีก	26
3.9 การคำนวณแรงต้านลำตัว	26
3.10 การคำนวณแรงต้านที่ล้อ	27
3.11 การหาแรงขับ	27
3.12 กำลังที่ต้องใช้	28
บทที่ 4 การสร้างเครื่องบิน	30
4.1 น้ำหนักของอุปกรณ์ต่าง ๆ	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2 ราคาวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้	31
4.3 แบบของส่วนต่าง ๆ ที่ต้องการสร้าง	32
4.4 การสร้างส่วนประกอบต่าง ๆ	32
4.5 การประกอบ	32
บทที่ 5 บทสรุป	35
5.1 การทำการทดสอบสมรรถนะของเครื่องบิน	35
5.2 สรุปผลการทดลอง	36
5.3 ประโยชน์ที่ได้รับ	37
บรรณานุกรม	38
ภาคผนวก	39
คู่มือการใช้งานรีโมทคอนโทรล	40
แบบของส่วนต่าง ๆ	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบหลักของอากาศยาน 3

รูปที่ 2.2 การเคลื่อนไหวรอบแกนต่างๆ 4

รูปที่ 2.3 แรงกระทำต่างๆที่เกิดกับเครื่องบิน 5

รูปที่ 2.4 ส่วนประกอบของแพนอากาศ 6

รูปที่ 2.5 แรงยกที่เกิดจากปีกเครื่องบิน 7

รูปที่ 2.6 การหาจุดศูนย์ถ่วง 9

รูปที่ 2.7 คานยื่น 10

รูปที่ 2.8 ภาพแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดที่กระทำต่อคาน 11

รูปที่ 2.9 การโก่งตัวของคานหลังรับภาระดัด 12

รูปที่ 2.10 แรงเฉือน 14

รูปที่ 2.11 การกระจายของความเค้นเฉือน 15

รูปที่ 2.12 แรงที่กระทำกับเครื่องบินขณะทำการวิ่งขึ้น 16

รูปที่ 2.13 แรงที่กระทำกับเครื่องบินขณะบิน 17

รูปที่ 2.14 การต่ออุปกรณ์ต่างๆ 20

รูปที่ 3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างมุมปะทะ (Angle of attack) และสัมประสิทธิ์แรงยก (C_L) 22

รูปที่ 3.2 ชิ้นส่วนของโฟมที่นำมาทดสอบหาค่า σ_{max} 23

รูปที่ 3.3 การกระจายสม่ำเสมอของแรงยก 24

รูปที่ 3.4 แรงยกที่เสมือนกระทำเป็นจุด 24

รูปที่ 3.5 การกระจายสม่ำเสมอของแรงต้าน 24

รูปที่ 3.6 แรงต้านที่เสมือนกระทำเป็นจุด 24

รูปที่ 3.7 ค่าระยะตั้งฉากจากแกนกลาง (c) 25

รูปที่ 4.1 กราฟวงกลมแสดงน้ำหนักของอุปกรณ์ต่าง ๆ 31

รูปที่ 4.2 ภาพด้านข้างของเครื่องบิน 33

รูปที่ 4.3 ภาพด้านหน้าของเครื่องบิน 33

รูปที่ 4.4 ภาพด้านบนของเครื่องบิน 34

รูปที่ 4.5 ภาพถ่ายมุมทแยงของเครื่องบิน 34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 5.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางกับเวลา 35

รูปที่ 5.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา 36

ภาคผนวก

รูปที่ 1 รายละเอียดปุ่มบังคับวิทยุ 41

รูปที่ 2 การต่อเซอร์โว 44

รูปที่ 3 การตรวจสอบเซอร์โว 45

รูปที่ 4 การต่อเซอร์โวและรีซีฟเวอร์ 46

รูปที่ 5 หน้าจอแอลซีดีและปุ่มควบคุมต่าง ๆ 47

รูปที่ 6 หน้าจอแสดงผล 48

รูปที่ 7 ค่าโวลต์เตจของถ่านวิทยุที่หน้าจอแอลซีดี 49

รูปที่ 8 ฟังก์ชันการเลือกโมเดล 50

รูปที่ 9 การรีเซ็ตข้อมูล 51

รูปที่ 10 ปีกเครื่องบิน 55

รูปที่ 11 ลำตัวเครื่องบิน 56

รูปที่ 12 หางเสือเลี้ยว 57

รูปที่ 13 แพนหางขึ้นลง 58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.1 น้ำหนักของอุปกรณ์ต่าง ๆ 30

ตารางที่ 4.2 ราคาวัสดุและอุปกรณ์ 31

ตารางที่ 5.1 ผลการทดลอง 35

ภาคผนวก

ตาราง ก) ช่องสัญญาณและฟังก์ชันต่าง ๆ 46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการสัญลักษณ์

สัญลักษณ์/คำย่อ	ชื่อ/ความหมาย
AR	อัตราส่วนลักษณะ
b	ความกว้างของคาน (m)
c	ระยะตั้งฉากจากแกนกลาง (m)
C_D	สัมประสิทธิ์แรงต้าน
C_f	สัมประสิทธิ์แรงต้านของรูปทรง
C_L	สัมประสิทธิ์แรงยก
C_P	สัมประสิทธิ์ของใบพัด
C_T	สัมประสิทธิ์แรงขับ
CG	จุดศูนย์ถ่วง (Center of Gravity)
D	แรงต้าน (N)
E	โมดูลัสความยืดหยุ่น (N/m^2)
FF	ตัวประกอบของรูปทรง
FR	สัดส่วนลำตัว
F_{eff}	แรงลัพธ์ (N)
F_f	แรงเสียดทาน (N)
I	โมเมนต์ความเฉื่อยของพื้นที่หน้าตัดคำนวณรอบแกนกลาง (m^4)
L	แรงยก (N)
M	โมเมนต์ลัพธ์ภายใน หาจากพื้นที่หน้าตัด (N·m)
P_{elec}	กำลังไฟฟ้า (watt)
P_{shaft}	กำลังของใบพัด (watt)
$P_{required}$	กำลังที่ต้องการ (watt)
Q	โมเมนต์ของพื้นที่รอบแกนกลาง $= \int_{y0}^{c} y\,dA$
Q_P	แรงบิดของใบพัด (N·m)
r	รัศมีแกนของมอเตอร์ (m)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญลักษณ์/คำย่อ	ชื่อ/ความหมาย
S	พื้นที่ของปีก (m^2)
S_{wet}	พื้นที่ผิวรอบแพนอากาศ (m^2)
S_{ref}	พื้นที่ผิวของแพนอากาศส่วนที่ปะทะลม (m^2)
s_{Lo}	ระยะการวิ่งขึ้นของเครื่องบิน (m)
$T_{required}$	แรงขับ (N)
V	ความเร็วอากาศ (m/s)
V	แรงเฉือนในแนวดิ่ง (N)
V_{L0}	ความเร็วเมื่อแรงยกเท่ากับน้ำหนัก (m/s)
V_{stall}	ความเร็วต่ำสุดที่เครื่องบินจะลอยอยู่ได้ (m/s)
W	น้ำหนัก (N)
y	ระยะจากแกนกลางไปยังตำแหน่งที่ต้องการหาความเค้นที่เกิดจากโมเมนต์ดัด (m)
σ	ความเค้นดัด (N/m^2)
η_{motor}	ประสิทธิภาพของมอเตอร์
η_{prop}	ประสิทธิภาพของใบพัด
$\eta_{overall}$	ประสิทธิภาพรวม
ρ	ความหนาแน่นของอากาศ (kg/m^3)
τ	ความเค้นเฉือน (N/m^2)
μ_r	สัมประสิทธิ์ของยางบนคอนกรีต
ω	ความเร็วรอบของมอเตอร์ (rad/s)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงงาน

ในปัจจุบันการคมนาคมมีบทบาทในการพัฒนาคุณภาพชีวิตความเป็นอยู่ของมนุษย์เป็นอย่างยิ่ง ซึ่งหากมีการคมนาคมที่สะดวกรวดเร็วและปลอดภัย ชีวิตประจำวันของคนในสังคมจะสามารถพัฒนาไปได้อีกมาก นอกจากนี้ยังเป็นส่วนหนึ่งในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม อากาศยานเป็นทางเลือกหนึ่งในการคมนาคมที่มีความสะดวกรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพสูงกว่ายานพาหนะอื่น ๆ ดังนั้น หากมีการพัฒนาอากาศยานให้มีขอบเขตในการใช้งานมากขึ้นก็จะเป็นผลดีอย่างยิ่ง

ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการออกแบบอากาศยานบินต่ำบังคับวิทยุ เพื่อศึกษาหลักการบิน และทราบถึงข้อดีข้อเสีย และนำไปพัฒนาให้มีขอบเขตและประสิทธิภาพทางการบินที่สูงขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาองค์ประกอบที่จำเป็นของอากาศยานที่ใช้ในการเคลื่อนที่

1.2.2 เพื่อศึกษาวิธีการออกแบบและสร้างอากาศยานบินต่ำวิทยุบังคับ

1.2.3 ทดสอบการบินและแก้ไขอากาศยานให้มีประสิทธิภาพ

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 ระยะการควบคุมอากาศยานไม่เกิน 100 เมตร

1.3.2 ใช้งบประมาณไม่เกิน 9,000 บาทในการสร้างและปรับปรุงอากาศยานบินต่ำนี้ให้มีประสิทธิภาพ

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.4.1 ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับทฤษฎีและการทำงานของอากาศยานบินต่ำ

1.4.2 คำนวณและออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.3 เตรียมอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้พร้อมลงมือทำ

1.4.4 สร้างจริงตามแบบที่ได้คำนวณและออกแบบไว้

1.4.5 ทดสอบสมรรถนะของอากาศยานบินต่ำ พร้อมปรับปรุง แก้ไขและสรุป

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ชิ้นส่วนประกอบหลักของอากาศยาน

ชิ้นส่วนประกอบหลักของอากาศยานโดยทั่วไป ประกอบด้วย 3 ชิ้นส่วนด้วยกัน คือ

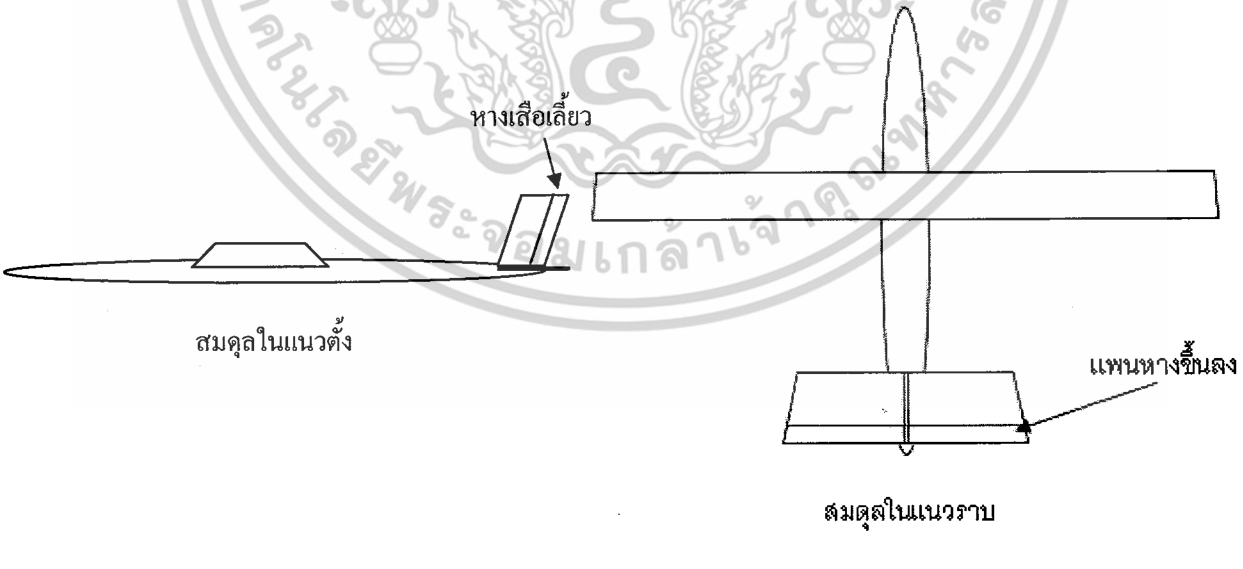
ก) ลำตัว (Fuselage) เป็นโครงสร้างหลักของอากาศยาน สำหรับให้ปีกและท่อนหางยึดเกาะอยู่

ข) ปีก (Wing) เป็นส่วนที่ทำให้เกิดแรงยก ซึ่งจำเป็นในการทำให้อากาศยานนั้นสามารถบินอยู่ในอากาศได้ ชิ้นส่วนประกอบย่อยที่ติดอยู่กับปีกของอากาศยานโดยทั่วไป คือ

-ปีกเล็กแก้เอียง (Aileron)

ค) ท่อนหาง (Empennage) หรือชุดประกอบหาง (Tail assembly) เป็นส่วนที่ประกอบติดอยู่กับลำตัว เพื่อให้สามารถบังคับอากาศยานให้เคลื่อนไหว และทรงตัวอยู่ได้ ท่อนหางของอากาศยานโดยทั่วไปประกอบด้วย

- แพนหางดิ่ง (Vertical stabilizer) ซึ่งมีหางเสือเลี้ยว (Rudder) ติดอยู่
- แพนหางระดับ (Horizontal stabilizer) ซึ่งมีแพนหางขึ้นลง (Elevator) ติดอยู่



รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบหลักของอากาศยาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

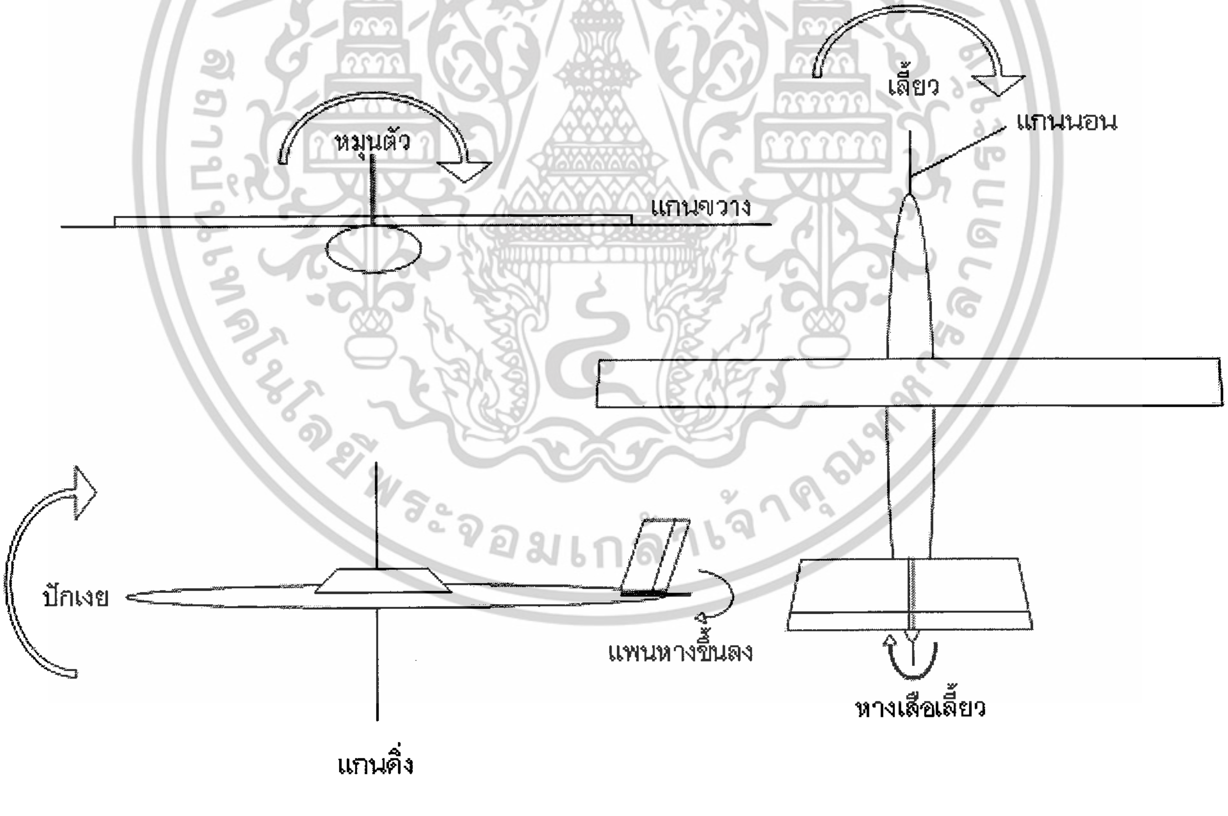
2.2 แกน 3 แกนของอากาศยาน และการเคลื่อนไหวรอบแกนต่าง ๆ

ก) แกน 3 แกนของอากาศยาน การที่กำหนดให้มีแกนต่าง ๆ ในอากาศยานมีเป้าหมายเพื่อใช้สำหรับเรียกชื่อในการเคลื่อนไหวของอากาศยานในขณะที่ทำการบิน แกนทั้ง 3 คือ

- แกนนอน (Longitudinal axis) คือ แกนตามยาวที่ลากจากหัวไปหางของอากาศยาน
- แกนขวาง (Lateral axis) คือ แกนซึ่งตั้งฉากกับแกนนอนและอยู่ในระนาบเดียวกัน
- แกนดิ่ง (Vertical axis) คือ แกนซึ่งตั้งฉากกับทั้งแกนนอนและแกนขวาง

ข) การเคลื่อนไหวรอบแกนต่าง ๆ ของอากาศยาน มีชื่อเรียกดังนี้

- การหมุนตัว (Roll) คือ การเคลื่อนไหวรอบแกนนอน ซึ่งบังคับโดยปีกเล็กแก้เอียง (Aileron)
- การปักเงย (Pitch) คือ การเคลื่อนไหวรอบแกนขวาง ซึ่งบังคับโดยแพนหางขึ้นลง (Elevator)
- การเลี้ยว (Yaw) คือ การเคลื่อนไหวรอบแกนดิ่ง ซึ่งบังคับโดยหางเสือเลี้ยว (Rudder)



รูปที่ 2.2 การเคลื่อนไหวรอบแกนต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

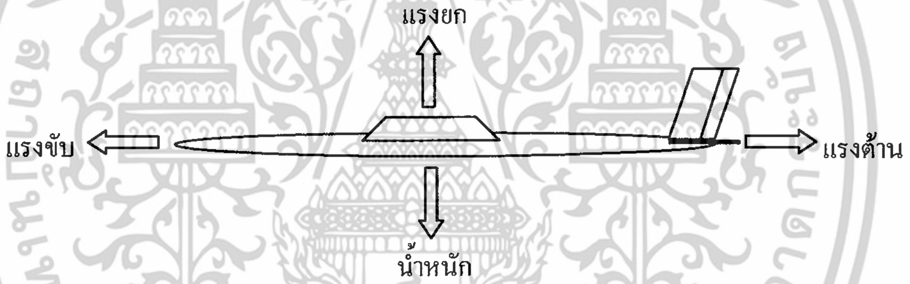
2.3 แรงที่เกิดขึ้นกับเครื่องบิน

ขณะบินเครื่องบินมีแรงกระทำทั้งหมด 4 ชนิด คือ แรงยก (Lift force), น้ำหนัก (Weight), แรงขับ (Thrust force), แรงต้าน (Drag force)

2.3.1 แรงยก (Lift force) คือ แรงที่เกิดขึ้นเนื่องจากความเร็วของกระแสอากาศใต้ปีกน้อยกว่าความเร็วของกระแสอากาศเหนือปีก เกิดความแตกต่างของความกดอากาศ ทำให้เกิดแรงกระทำใต้ปีก เรียกว่า “แรงยก”

2.3.2 แรงขับ (Thrust force) คือ แรงที่เกิดจากเครื่องยนต์หรือมอเตอร์ดึงเครื่องบินให้เคลื่อนที่ไปข้างหน้า

2.3.3 แรงต้าน (Drag force) คือ แรงที่เกิดจากกระแสอากาศกระทำต่อส่วนประกอบทั้งหมดของเครื่องบินขณะเคลื่อนที่ แรงต้านมีทิศตรงข้ามกับแรงขับ



รูปที่ 2.3 แรงกระทำต่าง ๆ ที่เกิดกับเครื่องบิน

หลักการเบอร์นูลลี่[1] กล่าวว่า “ในขณะที่ความเร็วของของไหลเพิ่มขึ้น ความดันของของไหลจะลดลง” ปีกเครื่องบินถูกทำให้ส่วนบนมีความโค้งมากกว่าส่วนล่าง ความโค้งที่มากกว่าของส่วนบนนี้ทำให้อากาศที่ไหลผ่านส่วนบนมีความเร็วมากกว่าอากาศที่ไหลผ่านส่วนล่าง เกิดความแตกต่างของความดันระหว่างด้านบนและด้านล่างของปีก เป็นผลทำให้เกิดแรงยกขึ้นดังรูปที่ 2.3

2.4 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของแพนอากาศ (Airfoil)

2.4.1 แพนอากาศ (Airfoil) คือ พื้นผิวใด ๆ ที่สามารถสร้างความแตกต่างของความกดอากาศระหว่างพื้นผิวทั้งสองด้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

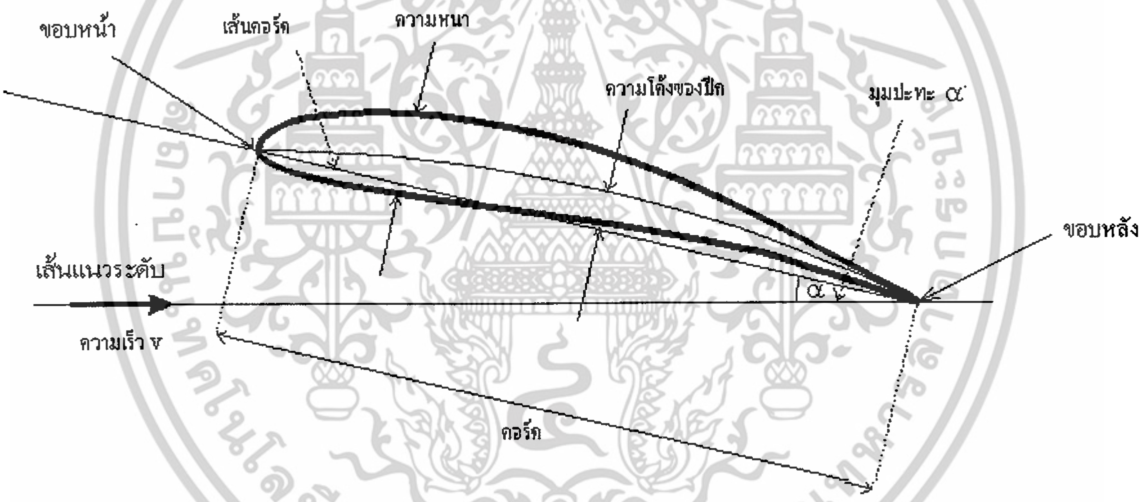
2.4.2 ขอบหน้าของปีก (Leading edge) คือ พื้นผิวส่วนหน้าสุดของแพนอากาศ เป็นส่วนแรกที่กระทบกับกระแสอากาศ

2.4.3 ขอบหลังของปีก (Trailing edge) คือ พื้นผิวส่วนสุดท้ายที่กระแสอากาศสัมผัสก่อนเคลื่อนที่ออกจากพื้นผิว

2.4.4 คอร์ด (Chord line) คือ เส้นตรงที่ถูกจินตนาการซึ่งลากผ่านแพนอากาศจากขอบหน้าของปีกไปยังขอบหลังของปีก

2.4.5 ความโค้งของปีก (Camber) คือ รูปแบบความโค้งของพื้นผิวของแพนอากาศทั้งด้านบนและด้านล่าง

2.4.6 มุมปะทะ (Angle of attack) คือ มุมที่เกิดขึ้นระหว่างเส้นคอร์ดและเส้นแนวระดับ



รูปที่ 2.4 ส่วนประกอบของแพนอากาศ

2.5 ทฤษฎีทางอากาศพลศาสตร์ของปีก

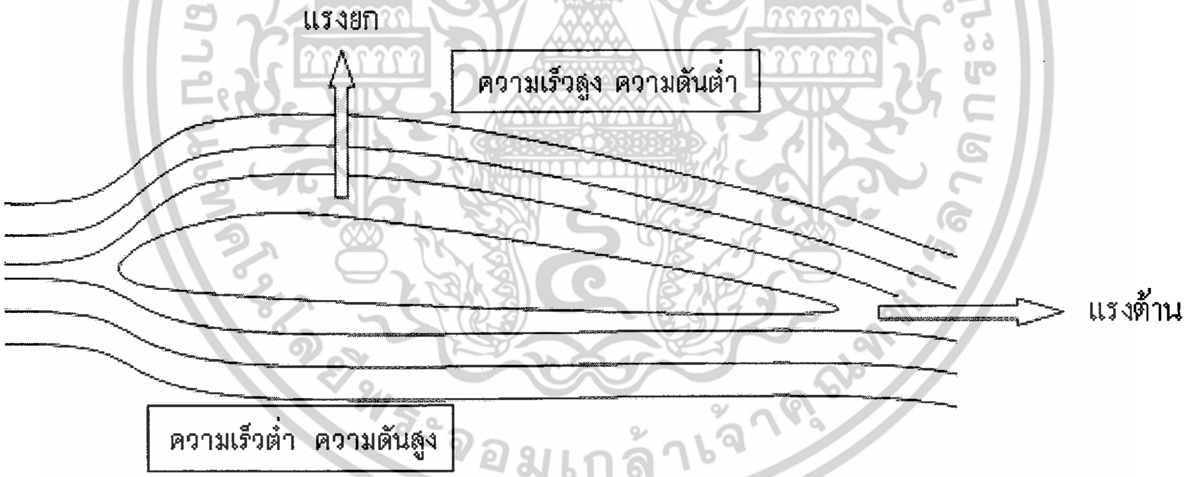
อากาศพลศาสตร์ (Aerodynamics) คือ การศึกษาเกี่ยวกับผลของแรงที่อากาศกระทำต่อวัตถุขณะวัตถุนั้นเคลื่อนที่ผ่านกระแสอากาศ นักวิทยาศาสตร์ได้ศึกษาถึงแรงดังกล่าว เพื่อนำความรู้มาออกแบบ และสร้างเครื่องบินหรือยานพาหนะอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับแรงที่อากาศกระทำต่อสิ่งเหล่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อากาศพลศาสตร์เกี่ยวข้องกับแรงที่อากาศกระทำต่อวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ ประกอบด้วย 2 แรง คือ แรงยก และแรงต้าน เนื่องจากปีกเครื่องบินมีลักษณะโค้งทางด้านบน โดยขอบด้านหนึ่งสูง แล้วลาดลงไปยังอีกข้างหนึ่ง ส่วนด้านล่างของปีกแบนราบ ดังรูปที่ 2.5

ดังนั้นขณะเครื่องบินเคลื่อนที่ผ่านอากาศ อากาศที่เคลื่อนที่เหนือปีกเครื่องบินจึงมีความเร็วกว่าอากาศที่เคลื่อนที่ใต้ปีกเครื่องบิน เป็นเหตุให้ความดันอากาศใต้ปีกเครื่องบิน มีค่ามากกว่าความดันอากาศเหนือปีกเครื่องบิน จึงทำให้เกิดแรงยกกระทำต่อเครื่องบิน

แรงต้าน เป็นแรงที่อากาศต้านการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าของวัตถุ แรงต้านจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับรูปร่างของวัตถุ ยิ่งวัตถุมีรูปร่างเพรียว แรงต้านก็ยิ่งน้อยลง ดังนั้น การออกแบบยานพาหนะต่าง ๆ เช่น เครื่องบิน รถไฟ รถยนต์ รถบรรทุก เรือ จึงพยายามให้มีรูปร่างเพรียวเพื่อให้เกิดแรงต้านน้อยที่สุด เครื่องบินที่มีแรงต้านน้อยจะมีความต้องการพลังเครื่องยนต์เพื่อการบินน้อยลง ทำให้มีการพัฒนาการออกแบบและสร้างเครื่องบินเพื่อลดแรงต้านของอากาศ



รูปที่ 2.5 แรงยกที่เกิดจากปีกเครื่องบิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1 สัมประสิทธิ์แรงต้านและสัมประสิทธิ์แรงยก[2]

สำหรับปีกความยาวจำกัดที่มีหน้าตัดแพนอากาศเหมือนกัน สังเกตได้ว่า C_L แสดงถึงสัมประสิทธิ์แรงยกของแพนอากาศ โดยที่

$$C_L = \frac{L}{(\rho V^2/2)S} \quad (2.1)$$

สำหรับสัมประสิทธิ์แรงต้านของปีกความยาวจำกัดสามมิติ C_D ก็มีลักษณะเช่นเดียวกัน

$$C_D = \frac{D}{(\rho V^2/2)S} \quad (2.2)$$

เมื่อ C_L : สัมประสิทธิ์แรงยก

C_D : สัมประสิทธิ์แรงต้าน

L : แรงยก (N)

D : แรงต้าน (N)

ρ : ความหนาแน่นของอากาศ (kg/m^3)

V : ความเร็วอากาศ (m/s)

S : พื้นที่ของปีก (m^2)

นอกจากนั้นค่าของสัมประสิทธิ์แรงยกยังมีค่าเปลี่ยนไปตามมุมปะทะต่าง ๆ ของปีกอีกด้วย

2.6 โครงสร้างปีกเครื่องบิน

ปีกของเครื่องบินทำให้เครื่องบินถูกแบ่งออกเป็นแบบต่าง ๆ กัน ซึ่งปีกเครื่องบินโดยทั่วไปประกอบด้วย 2 ส่วนที่สำคัญ โดยแบ่งเป็นโครงสร้างภายใน คือ สปาร์, ริป และส่วนที่เป็นพื้นผิว แต่ในโครงงานนี้มีเพียงพื้นผิวของปีกเครื่องบิน

2.6.1 พื้นผิวของปีกเครื่องบิน

วัสดุที่เป็นพื้นผิวของปีกเครื่องบินสามารถใช้วัสดุได้หลายชนิด ดังนี้

ก) คาร์บอนไฟเบอร์ คุณสมบัติ มีความเบาและแข็ง แต่มีราคาแพง

ข) พลาสติก มีความเบาและราคาถูก แต่เมื่อตกแล้วไม่สามารถซ่อมได้

ค) โฟมอัด หาง่าย ราคาไม่สูงมากนัก มีความยืดหยุ่น และสามารถทนต่อโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นได้ เมื่อเครื่องบินตกแล้วพังสามารถซ่อมแซมได้ ในโครงงานนี้จึงเลือกใช้โฟมอัดมาทำเป็นลำตัวและปีกเครื่องบิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 ทฤษฎีทางกลศาสตร์

2.7.1 จุดศูนย์ถ่วง

จุดศูนย์ถ่วง (Center of Gravity หรือ CG) คือ จุดที่เสมือนจุดรวมของน้ำหนักของวัตถุทั้งก้อน จุดศูนย์ถ่วงเกี่ยวข้องกับการทรงตัวของเครื่องบินขณะบินอยู่ในอากาศ เครื่องบินที่ลอยอยู่บนอากาศนั้นไม่มีอะไรรองรับ ดังนั้น จึงต้องถ่ายเทน้ำหนักในเครื่องบินให้เหมาะสม เพื่อให้เครื่องบินสามารถบินไปได้ในแนวขนานกับพื้นดิน

2.7.2 การหาจุดศูนย์ถ่วง

รูปที่ 2.6 การหาจุดศูนย์ถ่วง

การหาตำแหน่งศูนย์ถ่วงของเครื่องบินเป็นสิ่งที่สำคัญอันดับแรกในการทำให้เครื่องบินสามารถบินอยู่อย่างเสถียรภาพบนอากาศได้ การหาจุดศูนย์ถ่วงของเครื่องบินสามารถทำได้หลังจากติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ รวมถึงแบตเตอรี่ในเครื่องบินเรียบร้อยแล้ว วิธีการ คือ ให้นำเครื่องบินวางบนพื้นราบ หันหัวเครื่องบินเข้าหาตัว จากนั้นใช้นิ้วชี้ทั้งสองข้าง แตะชี้ขึ้นตรงแนวจุดสูงสุดของความโค้งปีกประมาณร้อยละ 30 จากชายปีกหน้าดังรูปที่ 2.6 แล้วออกแรงยกเครื่องบินทั้งลำขึ้นจากพื้นในแนวตั้งตรง หาก

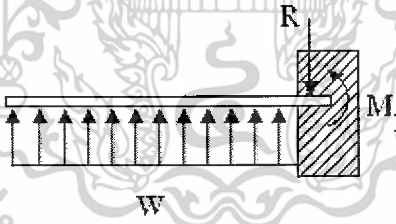
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดศูนย์ถ่วงอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง เครื่องบินต้องทรงตัวอยู่ได้ในแนวระดับหรือก้มลงเล็กน้อย ประมาณ 5-10 องศา หากเครื่องบินทรงตัวไม่ได้ระดับ ให้ขยับตำแหน่งการวางแบตเตอรี่ใหม่โดยเลื่อนไปข้างหน้า หรือถอยมาข้างหลังทีละเล็กน้อย จนได้ระดับที่ถูกต้อง แล้วทำเครื่องหมายการวางแบตเตอรี่ที่เหมาะสมไว้ หากจุดศูนย์ถ่วงไม่ถูกต้อง เช่น หัวเครื่องบินหนักกว่าหางเครื่องบิน เวลาบิน หัวเครื่องบินจะต่ำกว่าหาง ทำให้มุมปะทะปีกลดลงเรื่อย ๆ แรงยกจึงลดลงเรื่อย ๆ ทำให้เครื่องบินหัวปักพื้นอย่างรวดเร็ว หรือหากหัวเครื่องบินเบากว่าหาง หัวเครื่องบินจะสูงกว่าหาง มุมปะทะปีกจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งอากาศด้านบนปีกกับด้านล่างปีกแยกออกจากกัน ปีกจะสูญเสียแรงยกทันที เครื่องบินจะหล่นจากอากาศ

2.7.3 โมเมนต์ดัด [3] ความเค้นอันเนื่องมาจากโมเมนต์ดัด และความเค้นเฉือนภายในคาน[4]

คาน หมายถึง ส่วนต่าง ๆ ของโครงสร้างที่ถูกกระทำด้วยแรงหรือน้ำหนักตามขวางที่มีทิศทางตั้งฉากกับแนวแกนของท่อนวัสดุ

จากการวิเคราะห์แรงที่กระทำต่อปีกของเครื่องบิน เปรียบเสมือนมีลักษณะเป็นแบบคานยื่น คือ คานที่มีปลายด้านหนึ่งเป็นอิสระ ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งมีจุดรองรับแบบฝังแน่นจนกระทั่งไม่สามารถหมุนได้ ฉะนั้นปลายที่ถูกยึดแน่นนั้นจะเกิดทั้งแรงปฏิกิริยาและ โมเมนต์ขึ้นดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 คานยื่น

2.7.3.1 โมเมนต์ดัด

เมื่อคานถูกกระทำด้วยแรง หรือน้ำหนักและโมเมนต์ภายนอก จะเกิดความเค้นขึ้นภายในคาน ในการหาขนาดของความเค้นที่หน้าตัดใด ๆ ของคาน จำเป็นต้องคำนวณหาแรงและโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นที่หน้าตัดนั้น ๆ ให้ได้เสียก่อน โดยการใช้หลักสมดุลทางสถิตยศาสตร์

โมเมนต์ดัด คือ โมเมนต์ที่เกิดขึ้นอันเนื่องจากแรงเฉือนที่กระทำต่อคาน โมเมนต์ดัดนี้เองที่พยายามให้คานที่รับแรงเฉือนนั้นโค้งงอจนไม่สามารถใช้งานได้ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.8 ภาพแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดที่กระทำต่อคาน

2.7.3.2 ตำแหน่งรับโมเมนต์ดัดสูงสุด

ในการหาความเค้นดัดที่เกิดขึ้นในคาน มีความจำเป็นต้องใช้ค่าโมเมนต์ดัดที่มีขนาดสูงสุด (ค่าเป็นบวก หรือลบสูงสุด) ตำแหน่งที่เกิดโมเมนต์ดัดสูงสุดในคานแบบยื่นซึ่งปลายข้างหนึ่งถูกยึดแน่นเกิดที่ปลายของคาน

2.7.3.3 ความเค้นในคานแบบยื่น

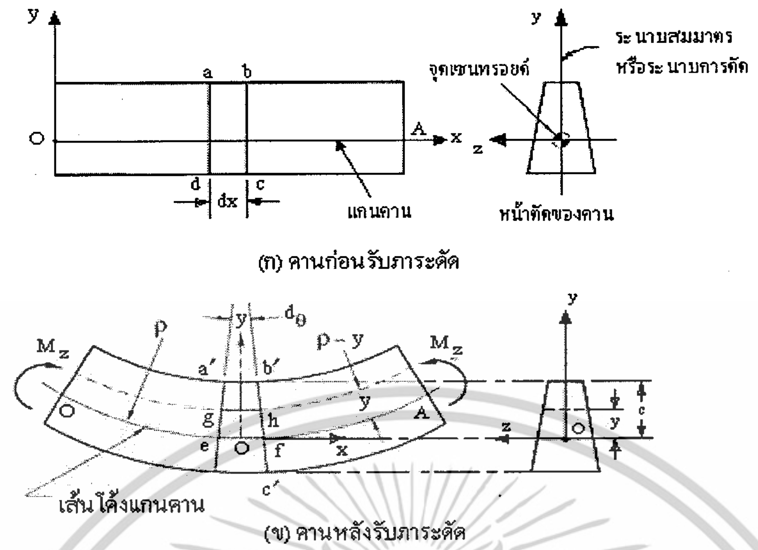
เมื่อคานถูกแรงภายนอกมากระทำหรือคานรับน้ำหนักไว้ จะเกิดแรงต้านทานขึ้นในคานนั้น ผลของแรงภายนอกและแรงคู่ควบที่มากระทำกับคาน โดยทั่วไปทำให้เกิดแรงปฏิกิริยาดังนี้

ก) ความเค้นอันเนื่องมาจากโมเมนต์ดัด เกิดขึ้นที่หน้าตัดของคานที่ตั้งฉากกับแกนตามความยาวของคานนั้น

ข) ความเค้นเฉือน เกิดขึ้นที่หน้าตัดของคานที่ตั้งฉากกับแกนตามความยาวของคานนั้น ๆ

ค) การโก่งของคาน ซึ่งกระทำตั้งฉากตามความยาวของคานนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 การโก่งตัวของคานหลังรับภาระดัด

พิจารณาคานตรงที่มีค่าโมเมนต์ดัดมากระทำที่ปลายคานทั้งสองโดยความเค้นกดมีค่าเป็นลบและความเค้นดึงมีค่าเป็นบวก

จากทฤษฎีความเค้นดัดในคาน

ความเค้นดัด $$-\sigma = \frac{Ey}{\rho} \qquad (2.3)$$

โมเมนต์ของแรงนี้กระทำรอบแกนกลาง (จากรูปที่ 2.9 แกนกลางคือเส้น OA) จะได้ว่า

$$M = \frac{E}{\rho} \times I \qquad (2.4)$$

เมื่อ $I = \int y^2 dA$ เป็นโมเมนต์ของความเฉื่อย ของรูปหน้าตัดของคานรอบแกนกลางนั้น

ฉะนั้น $$\frac{M}{I} = -\frac{\sigma}{y} \qquad (2.5)$$

ถ้าให้ c เป็นระยะจากแนวแกนกลางของหน้าตัดนั้น ไปยังขอบบนสุดและล่างสุดของหน้าตัดของคานนั้น จะได้ความสัมพันธ์ว่า

$$\sigma_{max} = \frac{Mc}{I} \qquad (2.6)$$

เมื่อ y : ระยะจากแกนกลางไปยังตำแหน่งที่ต้องการหาความเค้นดัด (m)

σ : ความเค้นดัด (N/m^2)

E : โมดูลัสสภาพยืดหยุ่น (N/m^2)

M : โมเมนต์ลัพธ์ภายใน หาจากพื้นที่หน้าตัด ($N \cdot m$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

c : ระยะตั้งฉากจากแกนกลาง (m)

I :โมเมนต์ความเฉื่อยของพื้นที่หน้าตัดคำนวณรอบแกนกลาง (m^4)

2.7.3.4 การหาตำแหน่งของแนวแกนกลาง

แกนกลาง (Neutral axis, N.A.) คือ เซนทรอยด์ (Centroid) ของพื้นที่หน้าตัดโดย I เป็นค่าของโมเมนต์ของความเฉื่อยรอบแกนกลาง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาตำแหน่งของแนวแกนกลางของรูปหน้าตัดของคานให้ได้เสียก่อน

จากการสมดุลของแรงในแนวราบ

$$\frac{\Sigma y}{y\int ydA} = 0 \tag{2.7}$$

แต่ $\frac{\Sigma y}{y}$ ไม่เป็นศูนย์แสดงว่า $\int ydA$ จะต้องเป็นศูนย์ ซึ่งค่า $\int ydA$ คือค่าของโมเมนต์ของพื้นหน้าตัดของคานรอบแกนกลาง เขียนแทนได้ด้วย $A y''$ โดยที่ y'' เป็นระยะห่างจากแกนศูนย์ถ่วงของรูปหน้าตัดกับ แกนกลาง ดังนั้น

$$\int ydA = A y'' = 0 \tag{2.8}$$

แต่ A ไม่เท่ากับศูนย์ดังนั้น y" จะต้องเป็นศูนย์ ซึ่งแสดงว่าตำแหน่งของแกนกลางอยู่ที่เดียวกับตำแหน่งของแกนศูนย์ถ่วงของรูปหน้าตัดนั้น ถ้าทราบค่าจุดศูนย์ถ่วงของวัตถุนั้นก็สามารถทำการหาแนวแกนกลางได้ การหาจุดศูนย์ถ่วงของวัตถุนั้นสามารถหาได้จากที่ศึกษามาแล้วในกลศาสตร์

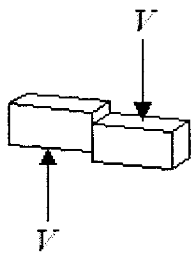
2.7.3.5 ความเค้นเฉือนในคาน

แรงเฉือน คือ แรงที่ทำให้คานที่รับแรงนี้ถูกเฉือนขาดในแนวดิ่งดังรูปที่ 2.10 ปกติแล้วแรงนี้มีผลต่อการเฉือนขาดของวัสดุที่ใช้ทำคานในงานโครงสร้างต่าง ๆ มากมาย

ตำแหน่งรับแรงเฉือนมากที่สุด ในการหาค่าและตำแหน่งของแรงเฉือนสูงสุดนั้น ต้องทำการสร้างแผนภาพของแรงเฉือน ทั้งนี้เพราะไม่มีวิธีการคำนวณวิธีใดที่บอกได้ว่าแรงเฉือนสูงสุดที่เกิดขึ้น ณ ที่ใด ของคาน แต่โดยทั่วไปแล้วแรงเฉือนสูงสุดมักเกิดบริเวณจุดรองรับของคานนั้นเป็นส่วนใหญ่

ความเค้นเฉือนในคาน เมื่อคานถูกกระทำด้วยแรงภายนอกหรือมีน้ำหนักกระทำกับคานแล้ว จะทำให้เกิดแรงต้านทานภายในขึ้นมาสองชนิดด้วยกัน คือ แรงเฉือนในแนวดิ่งและโมเมนต์ดัด สำหรับค่าของโมเมนต์ดัดจะทำให้เกิดความเค้นดัดตั้งฉากขึ้นบนหน้าตัดทางขวางของคาน และในขณะเดียวกันแรงเฉือนในแนวดิ่งก็ทำให้เกิดความเค้นเฉือนได้อีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 แรงเฉือน

จากรูปที่ 2.11 การกระจายแรงเฉือน เมื่อหน้าตัดคานเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า สำหรับคานที่มีรูปหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยมีความกว้าง b ความสูง h และมีแรงเฉือน V ที่กระทำกับพื้นที่หน้าตัด

จากสูตรความเค้นเฉือน $$\tau = \frac{VQ}{Ib} \qquad (2.9)$$

โดยที่ τ คือ ความเค้นเฉือน (N/m^2)

I คือ โมเมนต์ของความเฉื่อยรอบแกนกลางของคาน (m^4)

V คือ แรงเฉือนในแนวดิ่ง (N)

b คือ ความกว้างของคาน (m)

Q คือ โมเมนต์ของพื้นที่รอบแกนกลาง = $\int_{y0}^{c} y\,dA$

จากรูปที่ 2.12 ค่า Q ของพื้นที่ที่อยู่เหนือ ระยะ y_1 ขึ้นไป = a y′

เมื่อ $$a = [\frac{h}{2} - y_1] \times b$$

$$y' = \frac{1}{2}[\frac{h}{2} - y_1] + y_1 = \frac{h}{4} - \frac{y_1}{2} + y_1 = \frac{h}{4} + \frac{y_1}{2}$$

จะได้ $$Q = \frac{b}{2} \times [\frac{h^2}{4} - y_1^2] \qquad (2.10)$$

ความเค้นเฉือน $$\tau = \frac{VQ}{Ib}$$

$$= \frac{V}{2I} \times [\frac{h^2}{4} - y_1^2] \qquad (2.11)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกระจายของแรงเฉือนที่เกิดขึ้นบนหน้าตัดของคานรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าเป็นรูปพาราโบลา ดังรูปที่ 2.11 (ค) ตามระยะของ y_1^2 จากแนวแกนกลาง เมื่อค่า $y_1 = \pm\frac{h}{2}$ ที่ผิวบนและล่างของคาน ค่าความเค้นเฉือนจะเท่ากับศูนย์ และเมื่อ $y_1 = 0$ ที่แกนกลาง ค่าความเค้นเฉือนจะมีค่าสูงสุดในคานนั้น เพราะฉะนั้น ความเค้นเฉือนสูงสุด $\tau_{max} = \frac{Vh^2}{8I}$

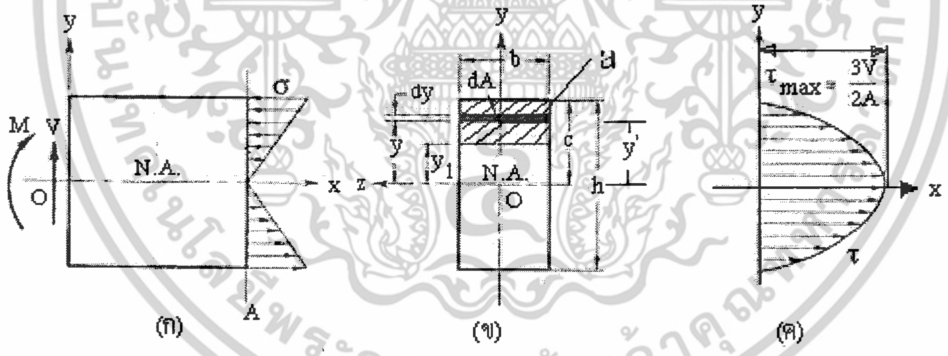
โดย $$I = \frac{1}{12} bh^3 \tag{2.12}$$

แทนค่าในสมการ และ [bh = A]

ฉะนั้น $$\tau_{max} = \frac{3}{2} \times \frac{V}{A}$$

แต่ค่าความเค้นเฉลี่ย $$\tau_{max} = \frac{V}{A}$$

ดังนั้น $$\tau_{max} = 1.5\,\tau_{mean} \tag{2.13}$$



รูปที่ 2.11 การกระจายของความเค้นเฉือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 การหาระยะวิ่งขึ้นของเครื่องบิน[2]

การหาระยะการวิ่งขึ้นของเครื่องบิน (Take off distance, s_{Lo}) นับเป็นสิ่งสำคัญอย่างหนึ่ง ซึ่งจำเป็นต้องคำนวณค่าออกมาเพื่อนำไปหาสถานที่ที่เหมาะสมในการนำเครื่องบินขึ้น โดยระยะนี้ขึ้นอยู่กับ น้ำหนัก (W), ความหนาแน่นอากาศ (ρ_∞), แรงขับ (T) และ $C_{L,max}$ สามารถคำนวณได้จากสูตรดังนี้

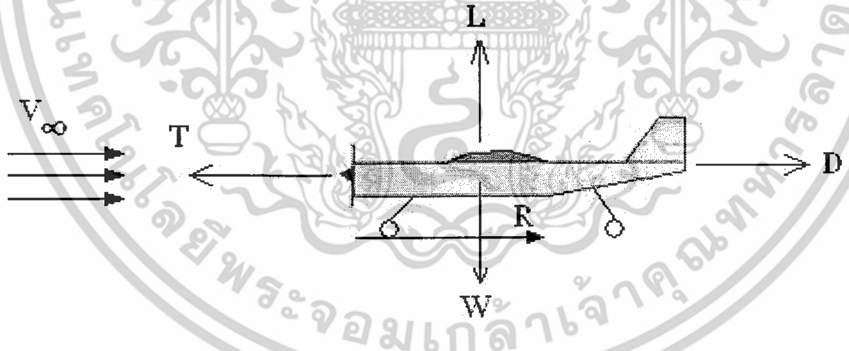
$$s = \frac{2V^2m}{F} \tag{2.14}$$

$$F = T - D - R = T - D - \mu_r(W - L) \tag{2.15}$$

$$V_{Lo} = 1.2\,V_{stall} = 1.2\sqrt{\frac{2W}{\rho_\infty S C_{L,\max}}} \tag{2.16}$$

นำ (2.15) และ (2.16) แทนใน (2.14)

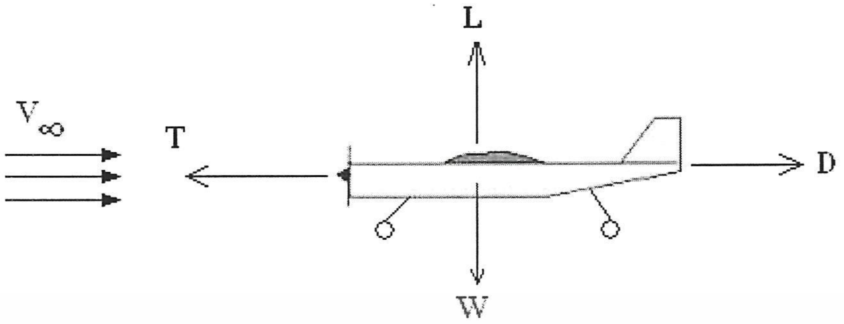
$$s_{Lo} = \frac{1.44W^2}{g\rho_\infty\, SC_{Lmax}\,\{T - [D + \mu_r\,(W - L)]_{av}\}} \tag{2.17}$$



รูปที่ 2.12 แรงที่กระทำกับเครื่องบินขณะทำการวิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 2.13 แรงที่กระทำกับเครื่องบินขณะบิน

2.9 อุปกรณ์ในการควบคุม

2.9.1 มอเตอร์

ในเครื่องบินวิทยุบังคับ ใช้มอเตอร์ในการขับใบพัดแทนเครื่องยนต์เล็ก โดย 4 ถึง 5 ปีที่ผ่านมา เครื่องบินวิทยุบังคับส่วนใหญ่ใช้เครื่องยนต์เล็กในการขับใบพัด ต่อมาเริ่มหันมาทดลองใช้มอเตอร์ในการขับใบพัดโดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ จึงมีการเริ่มผลิตมอเตอร์รอบจัดที่ใช้ไฟกระแสตรง ซึ่งมอเตอร์จะมีน้ำหนักเบา แต่มีรอบการทำงานที่สูงมอเตอร์ที่ผลิตออกมาจำหน่ายในปัจจุบันอาจแบ่งแยกได้เป็น 2 ประเภท คือ

ก) มอเตอร์แบบมีแปรงถ่าน (Brush motor) มีหลายขนาด ตั้งแต่ 150 ถึง 550 วัตต์ ใช้ไฟกระแสตรง ระหว่าง 6 ถึง 8.4 โวลต์ ความทนทานน้อย สึกหรอง่าย แต่ราคาถูก

ข) มอเตอร์แบบไม่มีแปรงถ่าน (Brushless motor) เป็นมอเตอร์ที่ใช้ไฟกระแสสลับ ให้แรงบิดสูง มีความทนทาน สึกหรอน้อยกว่า แต่ราคาแพงกว่าชนิดแรก ซึ่งปัจจุบันมอเตอร์แบบไร้แปรงถ่านเริ่มได้รับความนิยมจากผู้เล่นเครื่องบินวิทยุบังคับมากขึ้น เนื่องจากสามารถตอบสนองความต้องการของผู้เล่นได้ เช่น การให้ความเร็วรอบที่สูงกว่ามอเตอร์แบบมีแปรงถ่าน ทนทานกว่า น้ำหนักเบากว่า ในโครงงานนี้จึงเลือกใช้มอเตอร์ชนิดนี้

2.9.2 สปีดคอนโทรล

สปีดคอนโทรล คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ควบคุมความเร็วของมอเตอร์ มักมีสายไฟออกมาทั้งสองด้าน ด้านหนึ่งใช้จ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่มอเตอร์ ส่วนอีกด้านหนึ่งจะมีสายไฟออกมาอีก 2 เส้นเพื่อรับกระแสไฟจากแบตเตอรี่และในด้านที่มีสายไฟนี้ก็จะมีสายไฟเส้นเล็กพร้อมแจ็กอีก 1 ตัวเพื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
104232

เสียบเข้ากับเครื่องรับหรือรีซีฟเวอร์ เพื่อรับคำสั่งจากเครื่องส่งวิทยุผ่านรีซีฟเวอร์อีกที เมื่อทำการเร่งเดินเบาที่เครื่องส่งวิทยุ เครื่องรับวิทยุจะรับคำสั่งจากเครื่องส่งผ่านสปีดคอนโทรล เพื่อจ่ายกระแสไฟมากน้อยให้มอเตอร์เร่งหรือเดินเบาได้ตามความต้องการ สปีดคอนโทรลแบ่งได้ 2 ชนิด คือ

ก) แบบกระแสตรง ใช้ควบคุมความเร็วมอเตอร์แบบมีแปรงถ่าน สปีดคอนโทรลชนิดนี้ควบคุมการจ่ายไฟกระแสตรงจากแบตเตอรี่สู่มอเตอร์ ถ้าจ่ายไฟมากมอเตอร์ก็หมุนเร็ว จ่ายไฟน้อยมอเตอร์ก็หมุนช้า ตามแต่การบังคับผ่านเครื่องส่งวิทยุ

ข) แบบกระแสสลับ ใช้ควบคุมความเร็วมอเตอร์แบบไร้แปรงถ่าน สปีดคอนโทรลชนิดนี้จะแปลงไฟจากกระแสตรงที่ได้รับจากแบตเตอรี่เป็นไฟกระแสสลับเพื่อจ่ายไฟให้แก่มอเตอร์แบบไร้แปรงถ่าน ซึ่งมักมีสายไฟออกมาจากตัวสปีด 3 เส้น

สปีดคอนโทรล นอกจากทำหน้าที่ควบคุมความเร็วของมอเตอร์แล้ว ยังทำหน้าที่จ่ายกระแสไฟให้แก่เครื่องรับหรือรีซีฟเวอร์อีกด้วย โดยทำการควบคุมกระแสของแบตเตอรี่ที่ถูกใช้ไปกับมอเตอร์ไม่ให้ต่ำกว่า 5 โวลต์ เมื่อกระแสไฟในแบตเตอรี่ถูกมอเตอร์ใช้ไปจนถึงจุดที่ 5 โวลต์ สปีดคอนโทรลจะทำหน้าที่ตัดกระแสไฟที่จ่ายไปยังมอเตอร์ เพื่อให้เหลือพลังงานไฟฟ้าเพียงพอที่จะหล่อเลี้ยงเครื่องรับหรือรีซีฟเวอร์ให้สามารถควบคุมเซอร์โวได้เพื่อบังคับทิศทางของเครื่องบินให้เดินทางกลับมายังสนามได้ เพราะหากสปีดคอนโทรลไม่ตัดการทำงานของมอเตอร์ กระแสไฟจากแบตเตอรี่จะถูกมอเตอร์ใช้ไปจนหมดหรืออาจมีกระแสไฟที่ต่ำมากจนเครื่องรับหรือรีซีฟเวอร์ไม่สามารถทำงานได้ เครื่องบินก็จะขาดการบังคับกับเครื่องส่งวิทยุ เครื่องบินก็อาจหลุดลอยไป ไม่อาจบังคับทิศทางได้หรือหัวปักลงพื้นดินเสียหาย

2.9.3 แบตเตอรี่

ในอดีตแบตเตอรี่มักมีความจุไม่มากและมีขนาดใหญ่และน้ำหนักมาก ทำให้ไม่สามารถใช้งานกับเครื่องบินวิทยุบังคับได้ แต่เมื่อเริ่มมีมอเตอร์ที่กินกระแสไฟน้อยและมีรอบการทำงานที่สูง จึงเริ่มมีการพัฒนาแบตเตอรี่ให้มีขนาดเล็กลง น้ำหนักเบาขึ้น และสามารถจ่ายกระแสได้มาก ที่สำคัญก็คือแบตเตอรี่ที่สามารถชาร์จกระแสไฟได้หลาย ๆ ครั้ง แบตเตอรี่ปัจจุบันที่สามารถชาร์จกระแสไฟได้สามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเภท คือ

ก) นิกเกิลแคดเมียม (Ni-Cd) มีแรงดันเซลล์ละ 1.2 โวลต์ มีความสามารถในการจ่ายกระแสได้ดีแต่ไม่คงที่และจ่ายกระแสได้ไม่นาน น้ำหนักค่อนข้างมาก ราคาปานกลาง ไม่ค่อยนิยมนำมาใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข) นิกเกิลเมททอลไฮดราย์ส (Ni-Mh) มีแรงดันเซลล์ละ 1.2 โวลต์ มีความสามารถในการจ่ายกระแสได้คงที่ แต่จ่ายได้น้อยและจ่ายได้นาน น้ำหนักค่อนข้างมาก ราคาปานกลาง ไม่ค่อยเป็นที่นิยม

ค) ลิเธียมไอออน (Litium ion) มีแรงดันเซลล์ละ 3.7 โวลต์ มีความสามารถในการจ่ายกระแสได้ดีคงที่และจ่ายกระแสได้นาน น้ำหนักเบา มีราคาแพง

ง) ลิเธียมพอลิเมอร์ (Litium polymer) มีแรงดันเซลล์ละ 3.7 โวลต์ มีความสามารถในการจ่ายกระแสได้ดีคงที่และจ่ายได้นาน น้ำหนักเบา แต่มีราคาแพง เป็นที่นิยมใช้กันมากในกลุ่มคนเล่นเครื่องบิน โครงงานนี้จึงใช้แบตเตอรี่ชนิดนี้

แบตเตอรี่ที่นำมาใช้กับเครื่องบินไฟฟ้ามักนิยมนำแบตเตอรี่แต่ละเซลล์มาต่ออนุกรมกันเพื่อให้ได้แรงดันตั้งแต่ 6 ถึง 12 โวลต์ ตามแต่ประเภทการใช้งานและมอเตอร์ที่สามารถรับพลังงานไฟฟ้าได้ โดยทำการเชื่อมเซลล์เข้าด้วยกัน เพื่อสะดวกในการติดตั้งลงในลำตัวเครื่องบิน ซึ่งรวมขั้วบวกและขั้วลบออกจากเซลล์แล้วต่อด้วยสายไฟและขั้วต่อตัวเมีย เพื่อเสียบเข้ากับสปีดคอนโทรลอีกต่อหนึ่ง

2.9.4 ใบพัด

ใบพัดเครื่องบินปัจจุบันมีหลายขนาดและวัสดุที่นำมาทำนั้นก็มีหลายแบบ แต่ส่วนใหญ่มักมีส่วนผสมของพลาสติกเป็นหลัก มีความคงทนแตกต่างกันไป ใบพัดประกอบด้วยใบ 2 ใบขึ้นไป ใบพัดที่ใช้ในเครื่องบินวิทยุบังคับมีหลายขนาดตั้งแต่ 1 นิ้วเป็นต้นไปจนถึง 14 หรือ 15 นิ้ว ซึ่งราคามีความแตกต่างกันไปตามแต่วัสดุที่ทำขึ้น การทำงานของใบพัดเครื่องบินไม่ว่าจะเป็นเครื่องบินมอเตอร์ไฟฟ้าหรือเครื่องบินน้ำมัน ล้วนมีหลักการเดียวกัน คือ การหมุนดันอากาศไปด้านหลังเพื่อให้เกิดแรงขับ (Thrust) แรงขับ เป็นแรงที่ใช้ขับเคลื่อน อากาศยานไปในอากาศ แรงขับเป็นระบบที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ผลักดันอากาศยาน ซึ่งมีอยู่หลายแบบและหลายวิธีการในการสร้างระบบผลักดันนี้ขึ้นมา จุดมุ่งหมายของใบพัดก็คือการขับเคลื่อนอากาศยานให้เคลื่อนที่ไปในอากาศ

หลักการทำงาน ใบพัดสร้างขึ้นให้มีลักษณะหรือรูปร่าง เป็น แพนอากาศคล้ายกับลักษณะของปีกเครื่องบิน เมื่อใบพัดหมุนโดยการหมุนของเครื่องยนต์หรือมอเตอร์ไฟฟ้า ใบพัดจะสร้างแรงยกไปทางด้านหน้าของเครื่องบินและแรงยกส่วนนี้เรียกว่าแรงขับ ทำให้เครื่องบินเคลื่อนที่ไปข้างหน้า อากาศยานส่วนใหญ่มีใบพัดแบบที่ใช้ดึงเครื่องบินผ่านไปในอากาศ ใบพัดประเภทนี้เรียกว่า ใบพัดแบบแทรกเตอร์ (Tractor) อากาศยานบางเครื่องใช้ใบพัดแบบผลักให้เครื่องบินเคลื่อนที่ไปในอากาศ เรียกใบพัด ประเภทนี้ว่าพุชเชอร์ (Pusher)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.5 ระบบวิทยุ

วิทยุ คือ อุปกรณ์ส่งสัญญาณไปเครื่องรับ (Receiver) ซึ่งสัญญาณที่ใช้ส่งมี 2 ระบบ คือ

ก) PPM (Pulse position modulation) คือ ระบบที่เครื่องวิทยุส่งข้อมูลของสัญญาณที่ทำการควบคุมเซอร์โวแต่ละช่องโดยตรงโดยที่รีซีฟเวอร์ไม่ต้องตีความอะไร

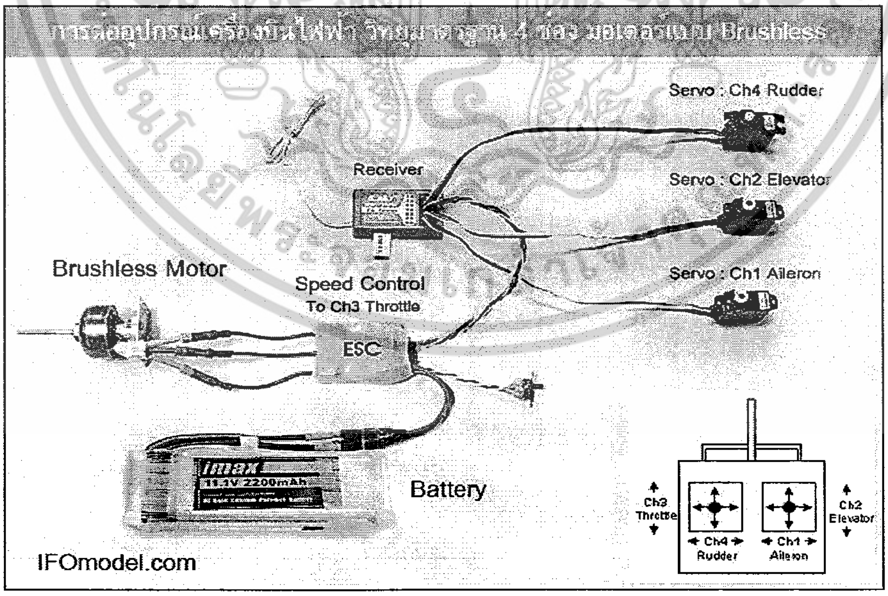
ข) PCM (Pulse code modulation) คือ ระบบที่รับและส่งสัญญาณโดยการเข้ารหัสทั้งภาครับและภาคส่ง ทำให้คลื่นมีความบริสุทธิ์มากกว่า โดยวิทยุที่มี PCM จะมีระบบเฟลเซฟ (Fail safe) เมื่ออยู่ในจุดอับสัญญาณ คลื่นกวน หรือสัญญาณจางจนแปลไม่ได้ ซึ่งภาครับจะไม่ส่งสัญญาณใด ๆ ไปที่เซอร์โวจนกว่าจะรับสัญญาณได้อีกครั้ง ซึ่งในโครงงานนี้เป็นวิทยุแบบ PCM

2.9.6 เครื่องรับ

คือ อุปกรณ์รับสัญญาณจากเครื่องบังคับวิทยุ และส่งสัญญาณที่ได้ไปยังเซอร์โว (Servo) เพื่อควบคุมการทำงานของเครื่องบิน

2.9.7 เซอร์โว

คือ อุปกรณ์เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกลในการส่งแรงไปบังคับส่วนต่าง ๆ ของเครื่องบินวิทยุบังคับให้เคลื่อนไหวสอดคล้องกับความต้องการในท่าทางการบินต่าง ๆ ใช้สำหรับบังคับแพนหางดิ่ง แพนหางท้าย และแพนหางระดับ



รูปที่ 2.14 การต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.8 อุปกรณ์ส่วนประกอบอื่น ๆ

ก) ล้อเครื่องบิน

ข) คอนโทรลฮอล เป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่บริเวณแพนหางระดับหรือแพนหางดิ่ง เพื่อไว้ใช้เกี่ยวลวดคันชักที่ต่อมาจากเซอร์โว เพื่อให้แขนเซอร์โวสามารถบังคับให้แพนหางระดับกับแพนหางดิ่งทำงานตามคำสั่ง

ค) อะแดปเตอร์ใบพัด เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับติดตั้งระหว่างแกนมอเตอร์กับใบพัด คล้ายอุปกรณ์ของเครื่องบินที่เรียกว่า ฮับ (Hub)

ง) ลวดคันชัก ทำหน้าที่ต่อจากแขนของเซอร์โวเพื่อไปต่อกับแพนหางบังคับทิศทางของเครื่องบิน

จ) เครื่องชาร์จแบตเตอรี่

ฉ) พาวเวอร์ซัพพลาย หรือ เรียกง่าย ๆ ว่าหม้อแปลงไฟจากกระแสสลับมาเป็นกระแสตรง อุปกรณ์เหล่านี้จ่ายแรงดันไฟฟ้าระหว่าง 10 ถึง 15 โวลต์ มีจำหน่ายในท้องตลาดทั่วไป

ช) หนังยาง สำหรับติดปีกเครื่องบินเข้ากับลำตัว

ซ) อะลูมิเนียมแผ่นสำหรับทำขาล้อ

ฌ) สายไฟ ดำแดง

ญ) แจ็กตัวผู้และแจ็กตัวเมีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและการคำนวณ

3.1 ลักษณะจำเพาะของเครื่องบิน

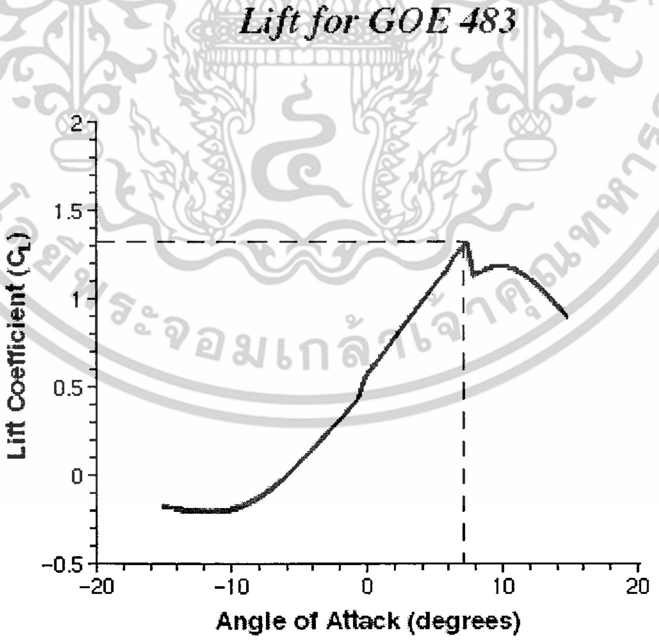
วัสดุของเครื่องบินทำจากโฟมอัด เป็นเครื่องบินแบบมอเตอร์อยู่ข้างหน้า และปีกใช้ปีกเป็นแบบแพนอากาศ (Airfoil) แบบ GOE-483 เนื่องจากมีส่วนล่างเว้าทำให้สร้างแรงยกได้ง่ายและกำหนดค่าต่าง ๆ ดังนี้

Weight : 0.7 kg. Lift : 6.867 N

Angle of attack/Camber/Thick : 7°/7%/4 % Chord : 0.12 m

V : 10 m/s

มุมปะทะกำหนดให้เป็น 7° เนื่องจาก เป็นมุมปะทะที่ให้ค่าแรงยกสูงสุดจากรูปที่ 3.1 หากมุมปะทะมากกว่านี้แรงยกจะลดลง ความเร็วในการวิ่งขึ้นกำหนดให้เท่ากับ 10 m/s เนื่องจากพื้นที่ที่ทำการทดสอบบินน้อยคือยาวประมาณ 30 เมตร แคมเบอร์และความหนา (Thick) เป็นค่าเฉพาะของแพนอากาศ



รูปที่ 3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างมุมปะทะ (Angle of attack) และสัมประสิทธิ์แรงยก (C_L)[1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การหาความยาวของปีก (Span)

จาก (2.16) $V_{Lo} = 1.2\,V_{stall} = 1.2\sqrt{\dfrac{2W}{\rho_{\infty} S C_{L,\max}}}$

$$10 = 1.2\sqrt{\frac{2\times 6.867}{1.163\times 1.34\times 0.12\times Span}}$$

จะได้ความยาวของปีก (Span) = 1.058 หรือประมาณ 1.06 m. แต่การสร้างได้สร้างเผื่ออีกด้านละ 0.5 cm. เพื่อให้ปีกมีพื้นที่เท่าเดิมกรณีที่ปีกมีการเสียหาย เช่น บิ่น หรือ ขาด ทำให้ปีกจริงมีขนาด 1.07 m.

3.3 การหา σ_{max} ของโฟม

ตัดโฟมขนาดดังรูปที่ 3.2 จากนั้นทำการหา σ_{max} โดย วัดความหนาแน่น

Mass = 0.034 kg.

Volume = 1044.775 cm^3 = 0.0010448 m^3

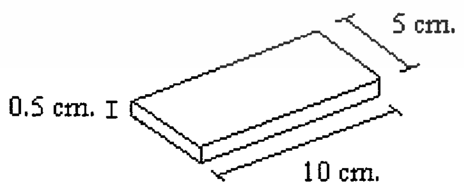
= 32.54 kg/m^2

= 7.16 lb/35.287 ft.

= 2 pcf (Pound per cubic foot)

จากค่าที่ได้นำไปเปิดตารางหาค่า Tensile ของโฟม

Tensile = 23 × 6.895 = 158.58 kPa หรือประมาณ 0.16 MPa



รูปที่ 3.2 ชิ้นส่วนของโฟมที่นำมาทดสอบหาค่า σ_{max}

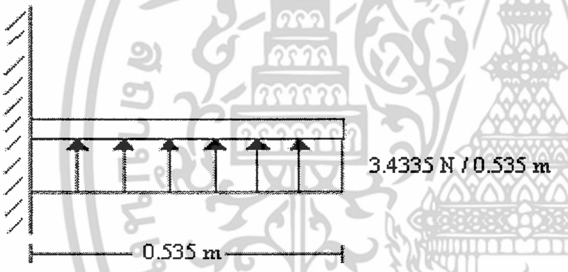
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การหาค่าโมเมนต์ที่กระทำ

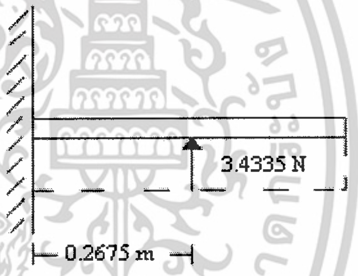
โมเมนต์ที่กระทำต่อปีกมีทั้งหมด 2 แนว คือ โมเมนต์ที่เกิดจากแรงยก และ โมเมนต์ที่เกิดจากแรงต้าน

จากแรงยกทั้งหมดเท่ากับ 6.867 N จะได้ว่า มีแรงยกต่อปีกหนึ่งข้างเท่ากับ 3.4335 N ต่อความยาวปีก 0.535 m กระทำต่อปีกแบบสม่ำเสมอดังรูปที่ 3.3 จะได้ว่าเสมือนมีแรงที่กระทำเป็นจุดบนปีกดังรูปที่ 3.4 ดังนั้น สามารถหาโมเมนต์ที่เกิดจากแรงยกได้เท่ากับ $3.4335 \times 0.2675 = 0.918$ N·m

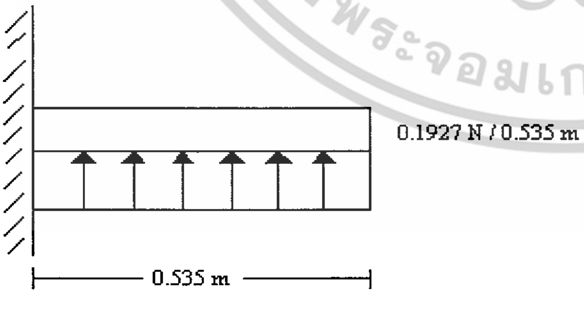
การคิดโมเมนต์จากแรงต้านทำในวิธีการเดียวกันโดยแรงต้านทั้งหมดเท่ากับ 0.3853 N แรงต้านต่อปีกหนึ่งข้างเท่ากับ 0.1927 N ต่อความยาวปีกเท่ากับ 0.535 m กระทำต่อปีกแบบสม่ำเสมอดังรูปที่ 3.5 จะได้ว่ามีแรงเสมือนกระทำเป็นจุดบนปีกดังรูป 3.6 จะได้ว่าโมเมนต์จากแรงต้านเท่ากับ $0.1927 \times 0.2675 = 0.052$ N·m



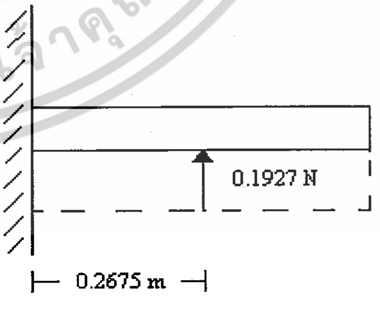
รูปที่ 3.3 การกระจายสม่ำเสมอของแรงยก



รูปที่ 3.4 แรงยกที่เสมือนกระทำเป็นจุด



รูปที่ 3.5 การกระจายสม่ำเสมอของแรงต้าน



รูปที่ 3.6 แรงต้านที่เสมือนกระทำเป็นจุด

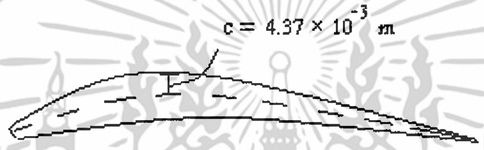
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การหาค่าโมเมนต์ความเฉื่อย (I)

เนื่องจากปีกเป็นแพนอากาศ (Airfoil) การหาค่าโมเมนต์ความเฉื่อยจึงใช้วิธีหาแบบแยกส่วน โดยคิดเป็นสี่เหลี่ยมเล็ก ๆจำนวน 17 รูป ได้ค่าโมเมนต์ความเฉื่อยเท่ากับ 2.14×10^{-6} m^4

3.6 การหาค่าระยะตั้งฉากจากแกนกลาง

ค่าระยะตั้งฉากจากแกนกลาง (c) คือระยะตั้งฉากจากจุดศูนย์ถ่วงถึงขอบ โดยใช้ค่าที่มากที่สุด จะได้ค่า c เท่ากับ 4.37×10^{-3} m ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 ค่าระยะตั้งฉากจากแกนกลาง (c)

3.7 การหาค่าความเค้นที่เกิดจากโมเมนต์ดัด

การหาค่าความเค้นที่เกิดจากโมเมนต์ดัดหาได้จากสูตร $\sigma_{max} = \frac{Mc}{I}$

โดย σ = ค่าความเค้นฉาก (N/m^2)

M = โมเมนต์ดัด (N·m)

c = ระยะจากแกนกลาง (Neutral axis) (m)

I = โมเมนต์ความเฉื่อยเชิงพื้นที่ (m^4)

เมื่อได้ค่าต่าง ๆ ครบแล้ว นำค่าที่ได้มาแทนในสูตร $\sigma_{max} = \frac{Mc}{I}$ ได้ค่า σ เท่ากับ 1.876×10^3 N/m^2 ซึ่งเป็นโมเมนต์ดัดที่เกิดจากแรงยกซึ่งมีค่ามากกว่าโมเมนต์ดัดที่เกิดจากแรงต้าน ดังนั้นต้องใช้วัสดุที่มีค่าความเค้นสูงสุดมากกว่า 1.876×10^3 N/m^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8 การคำนวณแรงต้านของปีก

เริ่มจากการหาค่าสัมประสิทธิ์แรงยก (C_L)

จาก $C_L = \dfrac{L}{(\rho V^2/2)S} = \dfrac{W}{(\rho V^2/2)S}$

$$= \frac{6.867}{0.5\times1.163\times100\times0.12\times1.07}$$

$$= 0.92$$

$$AR = \frac{1.07}{0.12} = 8.917$$

$$C_D = C_{D0} + \frac{C_L^2}{\pi e AR} = 0.0138 + \frac{0.92^2}{\pi\times0.8\times8.917} = 0.0516$$

$$D = \frac{1}{2}\rho V^2 S C_D = 0.5 \times 1.163 \times 100 \times 0.12 \times 1.07 \times 0.0516$$

$$= 0.385 \text{ N}$$

3.9 การคำนวณแรงต้านลำตัว

$$C_D = FF \times C_f \frac{S_{wet}}{S_{ref}}$$

$$FF = 1 + \frac{60}{FR^3} + 0.0025\,FR$$

$$FR = \frac{\text{length}}{\text{diameter}} = \frac{0.4}{0.138} = 2.8985$$

$$FF = 1+ \frac{60}{(2.8985)^3} + 0.0025(2.8985) = 3.4712$$

$$C_D = 3.4172 \times 0.0055\left(\frac{0.11}{0.0093}\right) = 0.2258$$

$$D = 0.5 \times 1.163 \times 100 \times 0.0093 \times 0.2258$$

$$= 0.122 \text{ N}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.10 การคำนวณแรงต้านที่ล้อ

$F_f = \mu_r W$; μ_r คือ μ ของยางบนคอนกรีต = 0.025 – 0.035

$F_f = 0.035(9.81) = 0.343\ \text{N}$

3.11 การหาแรงขับ

ทำการหาแรงขับที่ความเร็ว (V) = 10 m/s , ระยะทางในการเทคออฟ (s_{Lo}) = 20 m

$$\Sigma F_T = ma = m\frac{dV}{dt}$$

$$\int_0^V dV = \frac{F_T}{m}\int_0^t dt$$

$$t = \frac{Vm}{F_T}$$

$$\int_0^s ds = \frac{F_T}{m}\int_0^t tdt$$

$$s = \frac{F_T t^2}{2m} \quad ; \quad t = \frac{s}{V}$$

$$F_T = \frac{2V^2 m}{s}$$

$$F_T = T - D - F_f = m\frac{dV}{dt}$$

$$F_{eff} = T - [D + F_f]_{av} \ ; \quad [D + F_f]_{av} = [D + F_f]_{0.7VLo}$$

$$s_{L0} = \frac{2(V_{Lo}^2)(W/g)}{\{T - [D + F_f]_{av}\}} \quad ; \ V_{L0} = 1.2V_{stall} = 1.2\sqrt{\frac{2W}{\rho_\infty SC_{L\max}}}$$

$$s_{L0} = \frac{5.76W^2}{g\rho_\infty SC_{Lmax}\{T - [D + \mu_r(W - L)]_{av}\}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$T = \frac{5.76W^2}{S_{Lo} g \rho_\infty S C_{Lmax}} + [D + \mu_r (W - L)]_{av} \; ; \; [D + \mu_r (W - L)]_{av} = [D + \mu_r (W - L)]_{0.7V_{Lo}}$$

โดยที่ C_{Lmax} = 1.34 และ V_{L0} = 10 m/s

แทนค่าจะได้

$$T_{required} = 8.09 \text{ N}$$

3.12 กำลังที่ต้องใช้

จากข้อมูลทั่วไป $\eta_{moter} = 0.6$, $\eta_{prop} = 0.5$ เนื่องจากคุณลักษณะของมอเตอร์ตามท้องตลาดบอกเพียง ค่าคงที่ของมอเตอร์ (kv) หรือความเร็วรอบต่อแรงดัน ดังนั้นจึงกำหนดค่าได้ตามคุณลักษณะ 2,200 kv หรือ 24,420 rpm เมื่อแรงดันเป็น 11.1 โวลต์ดังนั้น จาก $\eta_{moter} = 0.6$ จะได้ความเร็ว = 14,652 rpm = 1,534.35 rad/s

หา Q_{prop} จาก แรงขับที่ต้องการ

จาก
$$T_{required} = \frac{1}{2} \rho V^2 A C_T$$

$$T_{required} = \frac{1}{2} \rho (\omega r)^2 \pi r^2 C_T$$

$$8.09 = \frac{1}{2} \times 1.163 \times (1{,}534.35 \times 0.1016)^2 \times \pi \times 0.1016^2 \times C_T$$

$$C_T = \frac{8.09}{458.2719} = 1.77 \times 10^{-2}$$

จาก
$$\eta_{prop} = \frac{V_\infty}{\omega r} \left(\frac{C_T}{C_P} \right)$$

$$= \frac{10}{1534.35 \times 0.1016} \left(\frac{1.77 \times 10^{-2}}{C_p} \right)$$

$$C_P = 2.27 \times 10^{-3}$$

$$Q_P = \frac{1}{2} \rho (\omega r)^2 \pi r^3 C_P$$

$$= \frac{1}{2} \times 1.163 \times (1{,}534.35 \times 0.1016)^2 \times \pi \times 0.1016^3 \times 2.266 \times 10^{-3}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$Q_P = 0.106\ N{\cdot}m$

$P_{shaft} = \omega Q_m\ ;\ Q_m = Q_P$

$= 1{,}534.35 \times 0.106$

$P_{shaft} = 162\ watt$

$\eta_m = \dfrac{P_{shaft}}{P_{elec}}\ ;\quad P_{elec} = \dfrac{162}{0.6} = 270\ watt$

จาก $P_{required} = T_{required} \times V_{\infty} = 8.094 \times 10 = 80.9\ watt$

$\eta_{overall} = \eta_m \times \eta_p = 0.6 \times 0.5 = 0.3$

$\eta_{overall} = \dfrac{P_{require}}{P_{elec}}\ ;\quad P_{elec} = \dfrac{80.9}{0.3} = 270\ watt$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การสร้างเครื่องบิน

หลังจากทำการคำนวณหาขนาดของส่วนประกอบต่าง ๆ เรียบร้อยแล้ว จึงลงมือสร้างเครื่องบิน โดยมีน้ำหนักของอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังนี้

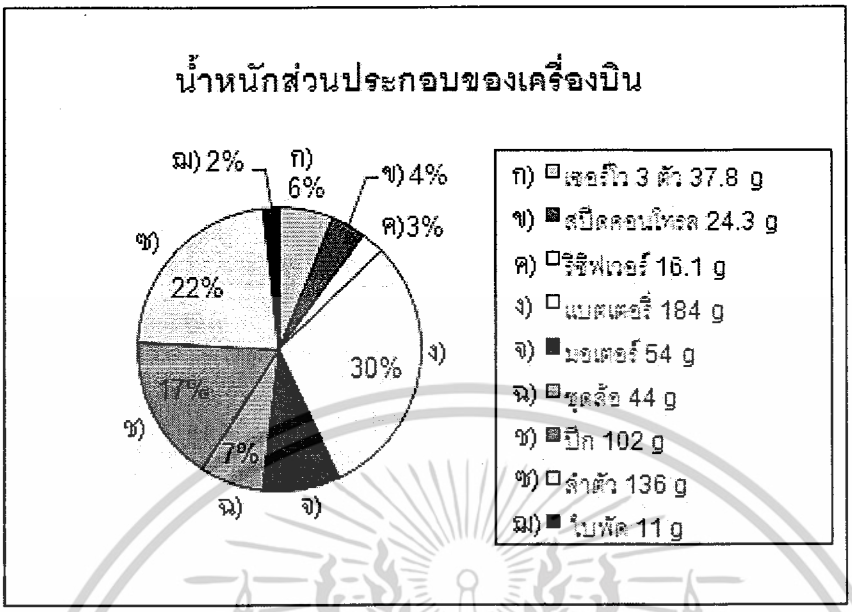
4.1 น้ำหนักของอุปกรณ์ต่าง ๆ

น้ำหนักส่วนมากของเครื่องบินอยู่ที่แบตเตอรี่คือประมาณร้อยละ 30 ของน้ำหนักทั้งหมด

อุปกรณ์	น้ำหนัก (g.)
เซอร์โว × 3	37.8 (ตัวละ12.6)
รีซีฟเวอร์	16.1
แบตเตอรี่	184
มอเตอร์	54
ล้อ	44
ปีก	102
ลำตัว	136
ใบพัด	11
สปีดคอนโทรล	24.3
รวม	609.2

ตารางที่ 4.1 น้ำหนักของอุปกรณ์ต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 กราฟวงกลมแสดงน้ำหนักของอุปกรณ์ต่าง ๆ

4.2 ราคาวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้

การเลือกใช้วัสดุนั้นเลือกที่มีความแข็งแรงพอประมาณและมีราคาไม่แพง จึงเลือกวัสดุโฟมซึ่งมีคุณสมบัติตรงตามที่ต้องการ

วัสดุและอุปกรณ์	ราคา (บาท)
โฟม	50
กาว Uhu Por	70
เซอร์โว	390
รีซีฟเวอร์	380
สปีดคอนโทรล	580
แบตเตอรี่ ขนาด 11.1 โวลต์	780
อะลูมิเนียมฉากขนาด 1 มม.	100
ไม้อัดแผ่นหนา 3 มม.	50
เทปกาวผ้า	50
ตีนตุ๊กแก	30

ตารางที่ 4.2 ราคาวัสดุและอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัสดุและอุปกรณ์	ราคา (บาท)
ลวดคันชัก	30
อะลูมิเนียมขนาด 2 มม.	100
ล้อโฟม	30
ชุดรีโมทคอนโทรล	2,900
ใบพัด	360
แร่กำเนิดคลื่น	300

ตารางที่ 4.2 (ต่อ) ราคาวัสดุและอุปกรณ์

4.3 แบบของส่วนต่าง ๆ ที่ต้องการสร้าง

สามารถดูภาพขนาดใหญ่ได้ในภาคผนวก

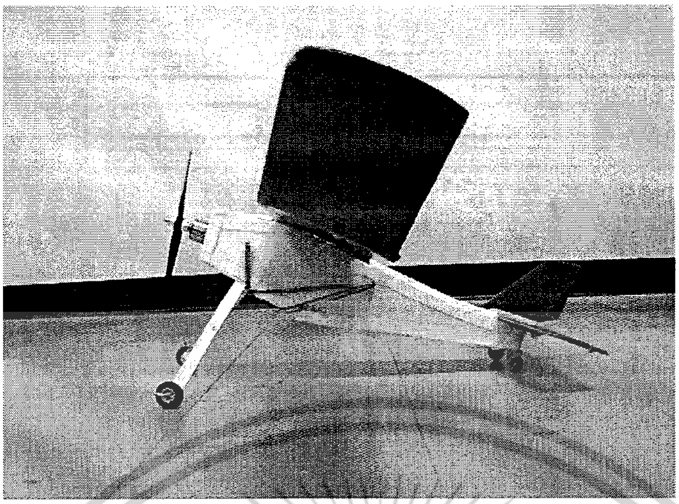
4.4 การสร้างส่วนประกอบต่าง ๆ

จากแบบที่ได้ออกแบบมา นำมาแปะกับโฟมเพื่อตัดให้ได้ขนาดตามที่ออกแบบมา โดยส่วนที่ต้องสัมผัสกับลมที่ปะทะ ต้องมีการขัดให้ได้ความโค้งและมุมเพื่อลดแรงต้าน

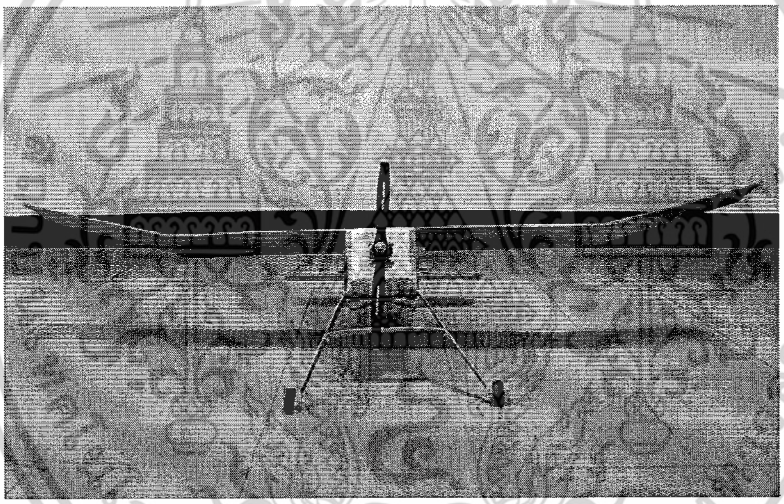
4.5 การประกอบ

หลังจากตัดส่วนประกอบต่าง ๆ จนหมดแล้ว นำมาประกอบตามแบบโดยการใช้กาวยูฮูพอร์ (Uhu por) และใช้เทปกาวปิดอีกครั้งเพื่อความแข็งแรง ไม่ใช้กาวยูฮูปกติเพราะอาจทำให้โฟมละลายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



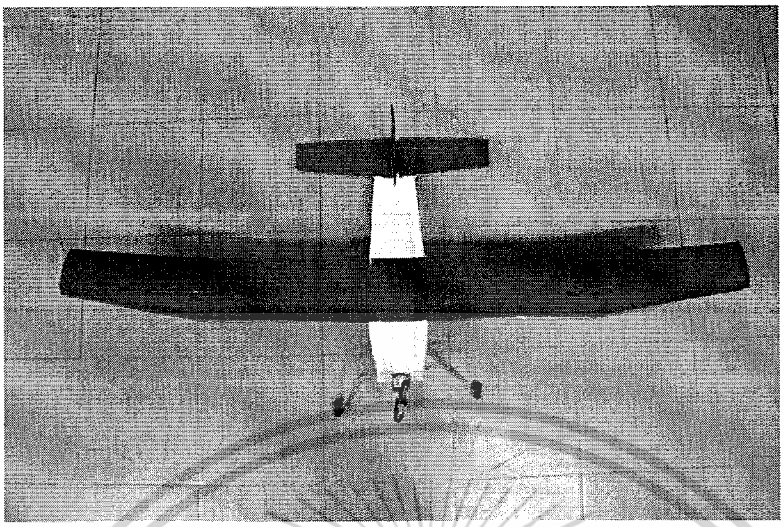
รูปที่ 4.2 ภาพด้านข้างของเครื่องบิน



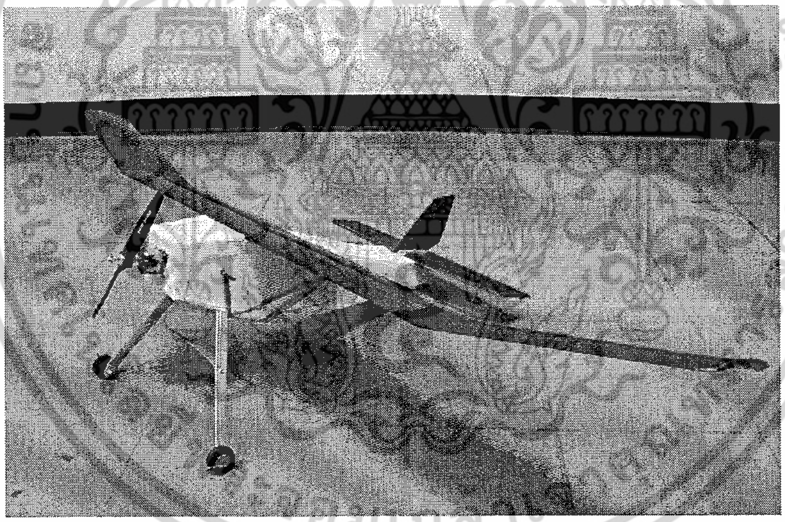
รูปที่ 4.3 ภาพด้านหน้าของเครื่องบิน

จากรูปที่ 4.7 ปีกเครื่องบินสองข้างเป็นมุมยก มีประโยชน์คือ ในขณะที่ทำการบิน มุมยกนี้ช่วยให้เครื่องบินไม่พลิกง่ายและเอียงกลับเข้าสู่สมดุลได้ง่ายกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 ภาพด้านบนของเครื่องบิน



รูปที่ 4.5 ภาพถ่ายมุมทแยงของเครื่องบิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทสรุป

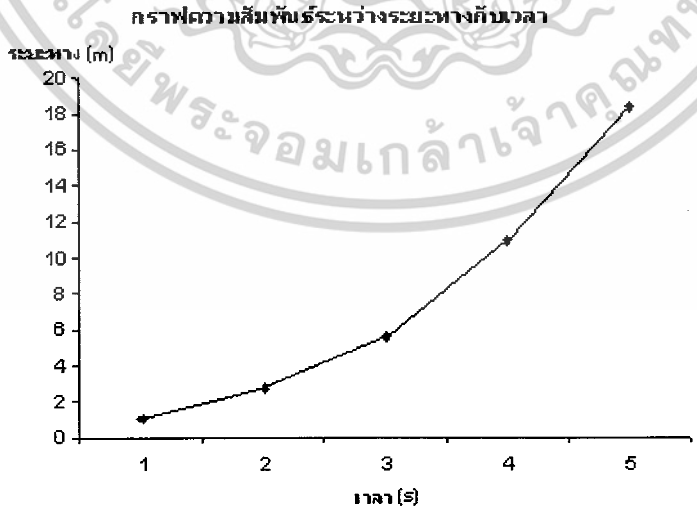
5.1 การทำการทดสอบสมรรถนะของเครื่องบิน

จากการทดสอบการบินจริง ได้ผลการทดลองคือ

วินาทีที่ (s)	ระยะทาง (m)	ความเร็ว (m/s)
0-1	1	1
1-2	1.42	1.42
2-3	3.35	3.35
3-4	5.16	5.16
4-5	7.47	7.47
รวม	18.4	$V_{เฉลี่ย} = 3.68$

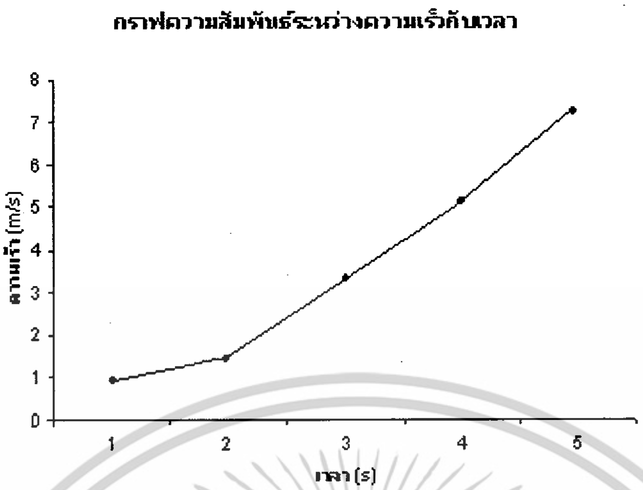
ตารางที่ 5.1 ผลการทดลอง

จากค่าที่ได้นำมาพล็อตกราฟ



รูปที่ 5.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางกับเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับเวลา

5.2 สรุปผลการทดลอง

จากการสร้างเครื่องบิน พบว่า

- เครื่องบินที่สร้างขึ้นมีน้ำหนัก 609.2 กรัม มีความยาวคอร์ด 12 เซนติเมตร ความยาวปีก 1.07 เมตร ใช้งบประมาณในการสร้าง 6,200 บาท และงบประมาณในการซ่อม 2,700 บาท
- เครื่องบินมีระยะวิ่งขึ้น 18.4 เมตร
- มีความเร็วในขณะวิ่งขึ้น 7.47 m/s
- เวลาวิ่งบนพื้นเรียบปกติ มีแรงจากลมมากระทำ ทำให้การวิ่งบนพื้นเรียบไม่เป็นทางตรงการแก้ไขทำได้โดยการปรับหางเสือเลี้ยว และการปรับแก้ล้อให้วิ่งเป็นทางตรง
- ทักษะการบินของผู้บังคับไม่เพียงพอ การแก้ไขคือ หาผู้มีประสบการณ์และมีทักษะการบังคับมาทำการทดสอบ
- เมื่อขึ้นบินแล้วมีลมมากระทำ ทำให้การบินไม่มีเสถียรภาพ การแก้ไขคือทำการบินในเวลาเช้าที่ไม่ค่อยมีลม
- การวัดแรงขับทำได้ยากเนื่องจากอุปกรณ์ไม่เอื้ออำนวย ทำให้ค่าที่ได้อาจไม่ตรงกับค่าที่เป็นจริง การแก้ไขคือ หาอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดโดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ประโยชน์ที่ได้รับ

ก) ทำให้ทราบถึงทฤษฎีต่าง ๆ และหลักการทำงานของอากาศยาน

ข) รู้ถึงข้อดีและข้อเสียของอากาศยานที่มีปีกแบบต่าง ๆ

ค) สามารถคาดเดาปัญหาที่จะเกิดขึ้นได้จากโครงสร้างที่ได้ออกแบบมา

ง) สามารถแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. Anderson, J. D., Jr., *Fundamentals of Aerodynamics*, 4th Edition, McGraw-Hill, Singapore, 2001.

2. Anderson, J. D., Jr., *Introduction to Flight*, 4th Edition, McGraw-Hill, Singapore, 2000.

3. R.C. Hibbeler, *Mechanics of materials*, 3rd Edition, Prentice Hall, Inc., New York, 1999.

4. Beer, F. P., Johnston, E. R., Jr., and Dewolf, J. T., *Mechanics of Materials*, 3rd Edition, Pearson Education, New York, 2002.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งานรีโมทคอนโทรล[1]

1. บทนำสู่ 6EXHP

สิ่งสำคัญ: เปิดวิทยุก่อนเสียบแบตเตอรี่รีซีฟเวอร์ทุกครั้ง เวลาเลิกใช้งานให้ดึงแบตเตอรี่รีซีฟเวอร์ออกก่อนปิดวิทยุทุกครั้งเช่นกัน จุดประสงค์เพื่อป้องกันรีซีฟเวอร์ทำงานขึ้นมาเองโดยไม่มีการควบคุมซึ่งอาจทำให้เซอร์โวและแพนปีกเครื่องบินเกิดการเสียหายได้

สิ่งสำคัญ: อย่าหดเสาอากาศวิทยุเข้าไปด้วยการกดท่อนปลายสุดของเสาอากาศเพราะถ้าท่อนใดท่อนหนึ่งเกิดการงอและดีดตัว เสาวิทยุอาจจะตีใส่หน้าของผู้ทำการบินได้ ควรจะหดเสาอากาศโดยจับที่ท่อนล่างสุดและค่อย ๆ หดเข้าไปทีละท่อน

2. ตัววิทยุ

ตัววิทยุสามารถส่งคลื่นสัญญาณได้ทั้งระบบเอฟเอ็ม และระบบพีซีเอ็ม โดยเลือกโมดุเลชันที่วิทยุซึ่งต้องใช้รีซีฟเวอร์ใน ระบบเดียวกัน หน้าจอแอลซีดีถูกออกแบบมาให้มีขนาดกะทัดรัดแต่สามารถตั้งค่าและอ่านค่าได้อย่างชัดเจนเนื่องจากตัวอักษรที่ใช้มีขนาดค่อนข้างใหญ่ ตัววิทยุสามารถตั้งโมเดลการบินที่แตกต่างกันได้ถึง 6 โมเดล วิทยุรุ่นนี้ปรับความยาวของก้านสติ๊กได้ด้วยเพื่อเพิ่มความสะดวกสบายให้แก่นักบิน มีสวิตช์สำหรับฟังก์ชัน D/R, Idle up, Throttle hold และ Gyro sense นอกจากนี้ยังสามารถใช้งานกับไจโรที่มีการปรับค่าความไวได้สองช่วงอย่าง GY 401, 502 หรือ 601 ผ่านฟังก์ชันไจโรในตัววิทยุได้อีกด้วย

3. แร่ตัวรับ

สามารถปรับเปลี่ยนค่าความถี่ของแร่ตัวรับได้ภายในช่วงความถี่ต่ำ (Low band) หรือช่วงความถี่สูง (High band) ถ้ารีซีฟเวอร์ที่ใช้มีความถี่เป็นช่องใดช่องหนึ่งในช่วงช่องที่ 11 ถึง 35 รีซีฟเวอร์จะถูกจัดอยู่ในกลุ่มความถี่ต่ำ และสามารถปรับเปลี่ยนความถี่ได้ในช่วงช่องที่ 11 ถึงช่องที่ 35 โดยไม่ต้องเข้าศูนย์บริการเพื่อปรับระบบในตัววิทยุเพิ่มเติมแต่ถ้ารีซีฟเวอร์ที่ใช้อยู่ในช่องตั้งแต่ 36 ถึง 60 รีซีฟเวอร์นี้จะถูกจัดอยู่ในกลุ่มความถี่สูง ในการสั่งซื้อแร่ตัวรับให้เติมช่อง ** ในเบอร์สำหรับสั่งซื้อข้างล่างนี้ด้วย

---

[1] คู่มือการใช้งานรีโมทคอนโทรล Futaba รุ่น 6EXHP ฉบับภาษาไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

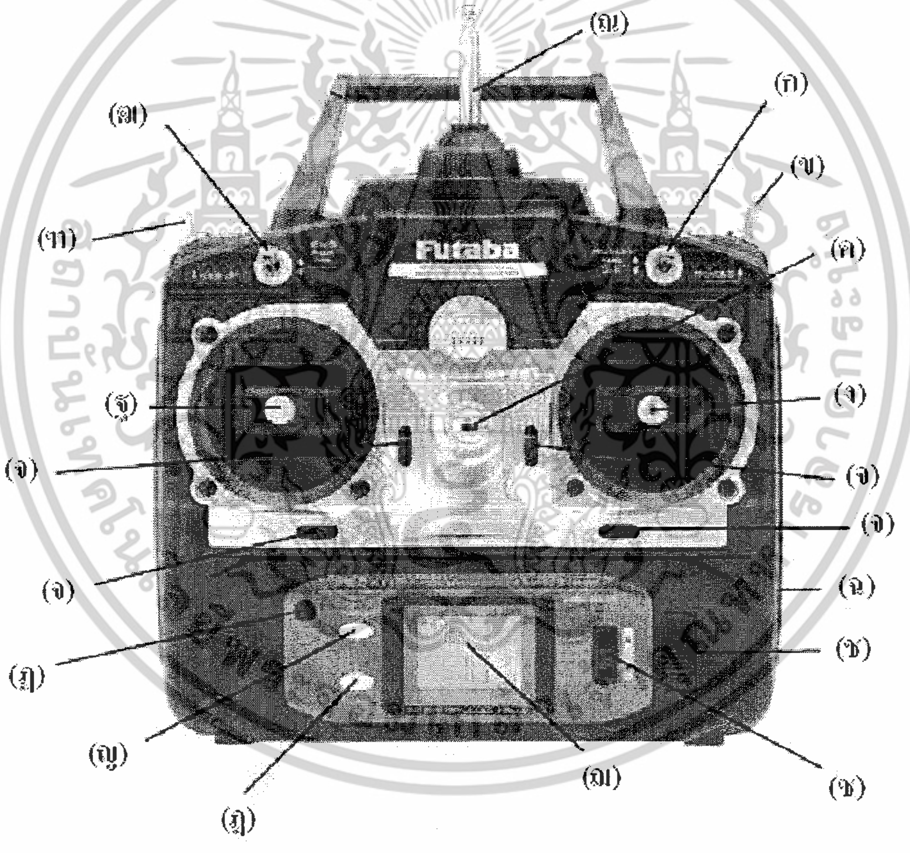
เลขช่องสัญญาณของตัวรีซีฟเวอร์เช่นต้องการสั่งซื้อแร่ตัวรับสำหรับช่องสัญญาณที่ 30 ก็ต้องสั่งซื้อด้วยโค้ด FUTL5730

FM Dual Conversion 72 MHz low band (Channels 11-35) receiver crystal FUTL57**

FM Dual Conversion 72 MHz high band (Channels 36-60) receiver crystal FUTL58**

4. รีโมทคอนโทรล

ภาพด้านล่างนี้แสดงรายละเอียดและฟังก์ชันการควบคุมบนวิทยุ 6EXHP คู่มือโดยละเอียดเกี่ยวกับการใช้งานและการควบคุมได้ทำการอธิบายในหัวข้อการตั้งโปรแกรมวิทยุ 6EXHP



รูปที่ 1 รายละเอียดปุ่มบังคับวิทยุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 1 มีรายละเอียดดังนี้

(ก) Aileron, Elevator and Rudder dual rate switch

(ข) Throttle-hold switch - สวิตช์ตัวนี้ใช้ในการตัดการสั่งการจากสติ๊กคันเร่งไปยังมอเตอร์ โดยเครื่องจะหมุนด้วยรอบคงที่อิสระจากสติ๊กคันเร่ง

(ค) Neck strap hook – ใช้เกี่ยวกับสายคล้องคอ

(ง) Aileron/elevator control stick – ควบคุมการทำงานของเซอร์โวที่ต่อกับรีซีฟเวอร์ในช่องสัญญาณที่ 1 (Aileron) และช่องสัญญาณที่ 2 (Elevator)

(จ) Trim levers (ทั้งหมด) – ใช้ในการปรับตำแหน่งศูนย์ของเซอร์โวแต่ละตัว

หมายเหตุ: ทริมคันเร่งนั้นใช้สำหรับปรับละเอียดเซอร์โวคันเร่งในขณะที่เครื่องยนต์หมุนอย่างอิสระ (Idle) โดยทริมคันเร่งนี้ไม่สามารถใช้งานได้ถ้าสติ๊กคันเร่งไม่ได้อยู่ในตำแหน่งต่ำสุด (ฉะนั้นรอบหมุนอิสระ (Idle) ของเครื่องยนต์สามารถปรับตั้งได้โดยไม่เกี่ยวข้องกับการตั้งสติ๊กคันเร่งเลยตราบเท่าที่ไม่มีการขยับสติ๊กคันเร่ง)

(ฉ) Charging jack – ช่องสำหรับชาร์จแบตเตอรี่วิทยุด้วยเครื่องชาร์จที่มากับชุดวิทยุ

(ช) On/off switch – สวิตช์เปิด/ปิด

(ซ) Data input lever – ใช้ในการปรับเปลี่ยนค่าในการเซ็ตฟังก์ชันต่าง ๆ บนหน้าจอแอลซีดี

(ฌ) Liquid crystal display screen (LCD) – สำหรับแสดงโหมดการตั้งโปรแกรมและค่าต่าง ๆ ที่ทำการป้อน

(ญ) Mode key – ใช้แสดงฟังก์ชันต่าง ๆ ทั้ง 13 ถึง 14 ฟังก์ชัน

(ฎ) Select key – แสดงค่าต่าง ๆ สำหรับฟังก์ชันที่กำลังถูกตั้งค่า

(ฏ) Throttle – cut button – ใช้สำหรับดับเครื่องยนต์โดยลดสติ๊กคันเร่งลงต่ำสุดแล้วกดปุ่ม THR. Cut คาร์บูเรเตอร์จะถูกปิดและมอเตอร์จะดับลง

(ฐ) Throttle/rudder control stick – ควบคุมการทำงานของเซอร์โวที่ต่อกับรีซีฟเวอร์ในช่องสัญญาณที่ 3 (Throttle) และช่องสัญญาณที่ 4 (Rudder)

(ฑ) Idle – up switch – ใช้เปลี่ยนแปลงโหมดการบินจากธรรมดาเป็นโหมดที่ตั้งไว้สำหรับบินในท่าต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ฆ) Gyro switch/Channel 5 – สามารถเสียบสายสัญญาณจากไจโรเข้าที่ช่องสัญญาณนี้ได้เพื่อใช้ในการปรับแต่งค่าความไว (sensitive) ของไจโรซึ่งเรียกใช้งานโดยใช้สวิตช์ตัวนี้

(ณ) Antenna – ใช้ส่งสัญญาณไปยังรีซีฟเวอร์ ต้องชักเสาอากาศออกจนสุดก่อนขึ้นบิน ห้ามนำเครื่องขึ้นบินถ้าพบว่าความถี่คลื่นที่ใช้บินซ้ำซ้อนกับความถี่คลื่นของนักบินคนอื่น

5. การควบคุมทิศทางการบินของเครื่องบินจากวิทยุบังคับ ทำได้ดังนี้

5.1 สติ๊กขวามือ โยกไปซ้าย-ขวา สังเกตว่าปีกแก้เอียงยกขึ้นลงได้ โดยโยกไปทางซ้าย ปีกแก้เอียงด้านซ้ายยกขึ้น ด้านขวายกลง เครื่องบินจะเลี้ยวไปทางด้านซ้าย โยกไปทางขวา ปีกแก้เอียงด้านขวายกขึ้น ด้านซ้ายยกลง เครื่องบินจะเลี้ยวไปทางขวา (กรณีถ้าเครื่องบินที่ไม่มีปีกเล็กแก้เอียง (Aileron) ก็ใช้เป็นช่องของแพนหางดิ่ง (Rudder) แทนได้ การเลี้ยวซ้ายขวาก็จะคล้าย ๆ กัน

5.2 สติ๊กขวามือ โยกขึ้น-ลง สังเกตว่า แพนหางระดับ (Elevator) ยกขึ้นลงได้ โยกขึ้นแพนหางกดลง เครื่องบินจะกดหัวลง โยกลง แพนหางกระดกขึ้น เครื่องบินจะบินเชิดหัวขึ้น

5.3 สติ๊กซ้ายมือโยกไปซ้าย-ขวา สังเกตว่า แพนหางดิ่ง (Rudder) เอียงไปซ้ายขวาได้โดยโยกไปทางขวาแพนหางดิ่งจะเอียงไปขวา เครื่องบินจะเลี้ยวขวา โยกไปทางซ้ายแพนหางดิ่งเอียงไปซ้าย เครื่องบินจะเลี้ยวซ้าย

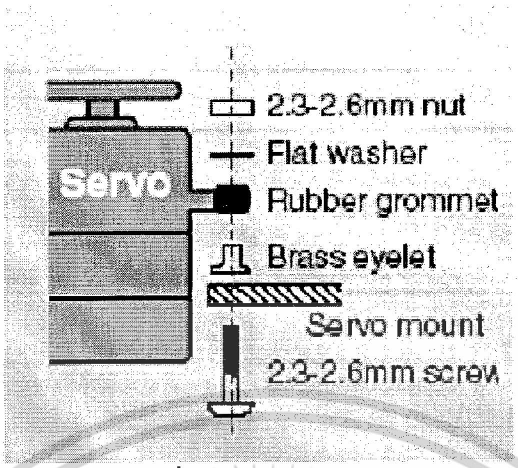
5.4 สติ๊กซ้ายมือ โยกขึ้นลง มอเตอร์ใบพัดหมุน เร่งเดินเบาได้ โยกลง มอเตอร์จะหยุดทำงาน โยกขึ้นมอเตอร์จะทำงาน ใบพัดหมุน (ควรระวังใบพัดอาจเกิดอุบัติเหตุได้)

6. การติดตั้งวิทยุ

ให้ติดตั้งเซอร์โวรีซีฟเวอร์และแบตเตอรี่ตามคำแนะนำต่อไปนี้

6.1 ต้องแน่ใจว่าได้ใส่ขั้วสายสัญญาณของแบตเตอรี่, สวิตช์และเซอร์โวไว้ถูกด้านแล้วโดยลิ่มที่อยู่บนขั้วสายสัญญาณต้องสวมอย่างถูกต้องในร่องที่อยู่บนตัวรีซีฟเวอร์ ถ้าต้องการดึงสายสัญญาณออกจากรีซีฟเวอร์ให้ดึงที่ขั้วพลาสติก อย่าดึงที่สายสัญญาณโดยตรง การต่อเซอร์โวสามารถดูได้จากรูปที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



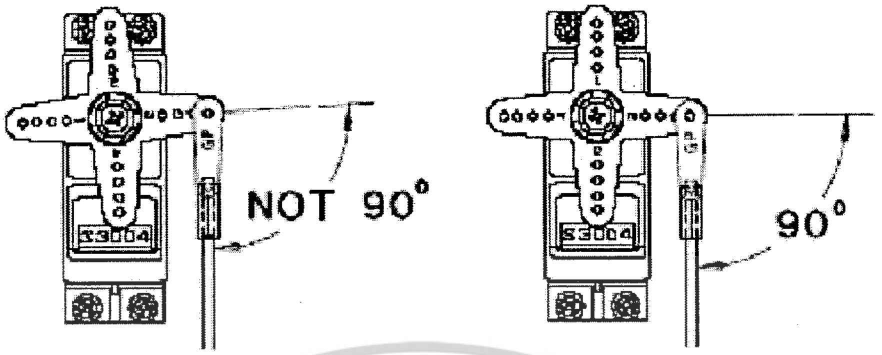
รูปที่ 2 การต่อเซอร์โว

6.2 ควรใช้ลูกยางที่ให้มาในชุดยึดขาเซอร์โวด้วยทุกครั้ง อย่าขันสกรูจนแน่นจนเกินไปเพื่อหลีกเลี่ยงความเสียหายของเซอร์โวเนื่องจากการได้รับแรงสั่นสะเทือนที่ถ่ายทอดมาจากโครงสร้างของเครื่องบิน ระวังอย่าติดตั้งให้เคสของเซอร์โวสัมผัสกับช่องยึดเซอร์โว

6.3 ในการตั้งศูนย์เซอร์โวให้ต่อสายสัญญาณเข้ากับรีซีฟเวอร์ เปิดวิทยุและรีซีฟเวอร์ปรับปุ่มทริมบนวิทยุไปที่กึ่งกลางหลังจากนั้นพยายามติดตั้งแขนเซอร์โวเข้ากับแกนเซอร์โวในตำแหน่งที่แขนเซอร์โวตั้งฉากกับตัวเซอร์โวและก้านพุช ร็อด (Push rod) ให้มากที่สุด

6.4 เมื่อติดตั้งเซอร์โวเรียบร้อยแล้วให้ตรวจสอบการทำงานโดยขยับแขนเซอร์โวแต่ละตัวไปจนสุดทั้งด้านดึงและด้านดันแล้วดูว่าทั้งแขนและพุช ร็อด ไม่โก่งหรือยันกับชิ้นส่วนอื่น ๆ ดังรูปที่ 3 ให้สังเกตว่ามีเสียงดังมาจากเซอร์โวหรือไม่ ถ้ามีอาจเกิดจากชิ้นส่วนควบคุมมีความฝืดต้องหาสาเหตุและแก้ไข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3 การตรวจสอบเซอร์โว

6.5 ข้อสำคัญ: ห้ามตัดสายอากาศรีซีฟเวอร์หรือติดตั้งสายอากาศในลักษณะพันทบไปมาบนตัวรีซีฟเวอร์เอง ซึ่งการปฏิบัติดังกล่าวมีผลทำให้ระยะในการควบคุมเครื่องนั้นลดลงได้

6.6 ติดตั้งสายอากาศรีซีฟเวอร์ไว้ภายในหรือภายนอกลำตัวเครื่องบินก็ได้

7. การติดตั้งสายอากาศ

7.1 การติดตั้งสายอากาศไว้ภายใน

- ถ้าลำตัวเครื่องบินไม่ใช่โลหะอาจติดตั้งสายอากาศตามความยาวของตัวลำตัวก็ได้แต่อาจมีปัญหาถ้าสายอากาศนั้นติดตั้งไว้ใกล้ ๆ ชิ้นส่วนที่เป็นโลหะ, ก้านคาร์บอนไฟเบอร์หรือสายไฟฟ้า อย่าพันสายอากาศเข้ากับเซอร์โว, สวิตช์หรือแบตเตอรี่และควรตรวจสอบระยะรับส่งก่อนขึ้นบิน

7.2 การติดตั้งสายอากาศไว้ภายนอก

- ควรใช้ลูกยางหรือท่อยางกันบาดในการร้อยสายอากาศผ่านรูบนตัวลำของเครื่องหรือฝาครอบ

- ติดตั้งสายอากาศให้ห่างจากส่วนตัวลำของเครื่อง ร้อยสายอากาศในท่อที่ไม่ใช่โลหะและติดตั้งให้ห่างจากชิ้นส่วนที่เป็นโลหะหรือคาร์บอนกราไฟท์

- รีซีฟเวอร์นั้นประกอบด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีความแม่นยำสูงและมีความละเอียดอ่อนที่สุดจึงจำเป็นที่จะต้องป้องกันไม่ให้เกิดการสั่นสะเทือน, การถูกกระแทกหรืออุณหภูมิที่สูงเกินไป ในการป้องกันรีซีฟเวอร์นั้นให้หุ้มตัวรีซีฟเวอร์ด้วยโฟมหรือวัสดุป้องกันการสั่นสะเทือนอย่างอื่นและจะยิ่งดีกว่านั้นหากใส่ลงในกล่องที่ป้องกันน้ำก่อนที่จะห่อหุ้มด้วยโฟมกันสะเทือนเนื่องจากความชื้นจะทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีซีฟเวอร์ทำงานรวนได้นอกจากนั้นการหุ้มรีซีฟเวอร์ด้วยถุงพลาสติกสามารถป้องกันรีซีฟเวอร์จากละอองน้ำได้

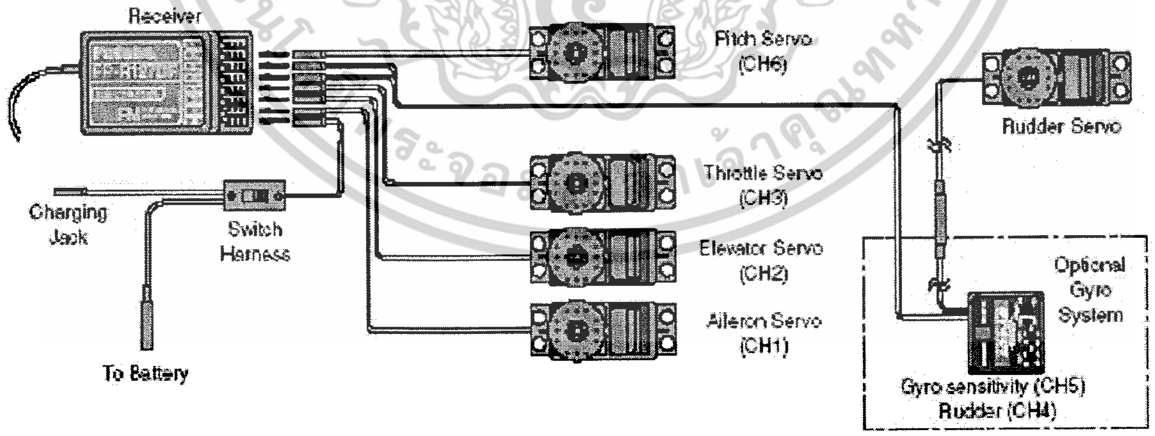
8. การต่อเซอร์โวและรีซีฟเวอร์

Connect the servos to the receiver to perform the functions indicated:

Receiver output channel	Function
1	Aileron
2	Elevator
3	Throttle
4	Rudder
5	Gyro sensitivity
6	Pitch
7	Not used
B	Receiver on/off switch (the plug colored red goes into the receiver)

The diagram shown is for helicopter models only. It is necessary to buy an additional gyro separately.

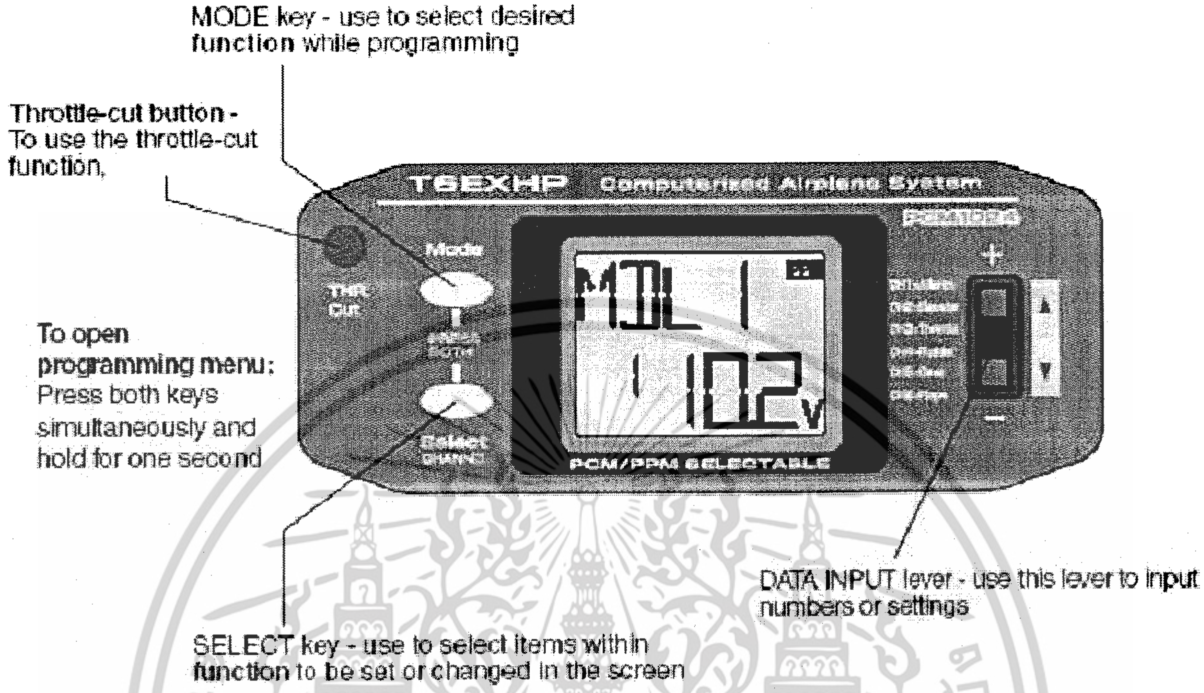
ตาราง ก) ช่องสัญญาณและฟังก์ชันต่าง ๆ



รูปที่ 4 การต่อเซอร์โวและรีซีฟเวอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. หน้าจอแอลซีดี และปุ่มควบคุมการตั้งโปรแกรม



รูปที่ 5 หน้าจอแอลซีดีและปุ่มควบคุมต่าง ๆ

จากรูปที่ 5

MODE key – ใช้เลือกฟังก์ชันที่ต้องการขณะทำการโปรแกรม

Throttle-cut button – ใช้ทำ Throttle cut

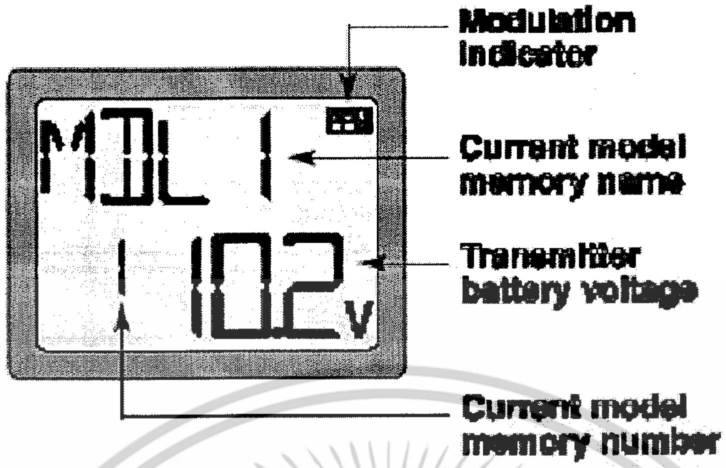
SELECT key – ใช้เลือก Item ภายในฟังก์ชันที่ต้องการจะเซ็ตหรือปรับเปลี่ยนค่า

DATA INPUT lever – สำหรับป้อนค่าตัวเลขหรือเซ็ตค่าในการเปิดเมนูโปรแกรมให้กดปุ่ม MODE key และ SELECT key พร้อม ๆ กันและกดแช่ไว้ 1 วินาที

9.1 หน้าจอแสดงผลแอลซีดี

เมื่อเปิดวิทยุในตอนแรกหน้าจอจะแสดงเลขโมเดล (Model memory number), ชื่อโมเดล (Model memory name), โมดุเลชั่น (Modulation type) และโวลต์ของแบตเตอรี่วิทยุ (Transmitter battery voltage) ค่าต่าง ๆ เหล่านี้จะแสดงขึ้นบนหน้าจอเมื่อผู้ใช้งานเรียกขึ้นมาดังรูปที่ 6 ผู้ใช้งานสามารถเรียกดู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6 หน้าจอแสดงผล

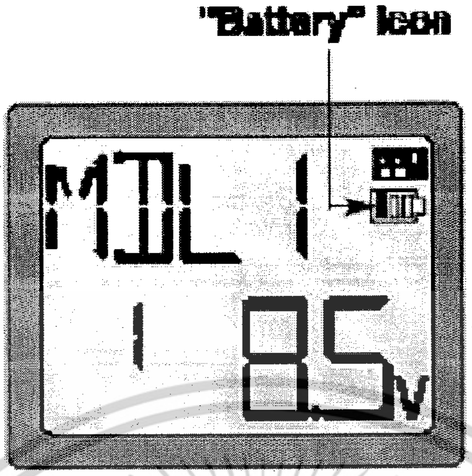
ฟังก์ชันอื่น ๆ ได้โดยใช้ปุ่ม MODE และปุ่ม SELECT และใช้ปุ่ม DATA INPUT lever ในการปรับเปลี่ยนและเซ็ตค่าต่าง ๆ

10. ค่าโวลต์เตจของแบตเตอรี่วิทยุ

วิทยุจะแสดงค่าโวลต์เตจ (Voltage) ของถ่านวิทยุที่หน้าจอแอลซีดีพร้อม ๆ กันกับที่แสดงเลขโมเดลดังรูปที่ 7 เมื่อโวลต์ของถ่านวิทยุมีค่าต่ำกว่า 8.5 โวลต์โดยประมาณ สัญลักษณ์รูปแบตเตอรี่จะกระพริบพร้อม ๆ กับจะมีเสียงสัญญาณเตือนแบตเตอรี่อ่อนดังต่อเนื่อง จนกว่าจะนำเครื่องลงและปิดวิทยุเมื่อเสียงสัญญาณเตือนดังกล่าวดังขึ้นจะมีเวลาประมาณ 4 นาที (หรืออาจจะน้อยกว่านั้น) ในการที่จะรีบนำเครื่องลงก่อนที่ถ่านจะอ่อนเกินไปจนควบคุมเครื่องไม่ได้ใน ขณะทำการบินไม่ควรปล่อยให้ถ่านวิทยุอ่อนจนถึงค่านี้ อย่างไรก็ตามถ้าเกิดเหตุการณ์เช่นนั้นให้นำเครื่องลงทันที

หมายเหตุ: เมื่อโวลต์ของถ่านวิทยุเหลือ 8.9 โวลต์จะมีเวลาเหลือประมาณ 10 นาที (หรือน้อยกว่านั้น) ก่อนที่ถ่านจะอ่อนเกินไปจนควบคุมเครื่องไม่ได้ ดังนั้นค่าโวลต์ดังกล่าวนี้เป็นค่าโวลต์ต่ำสุดที่ทางผู้ผลิตแนะนำเมื่อโวลต์ของถ่านวิทยุลดต่ำลงถึงค่านี้ควรจะนำเครื่องลงจอดเพื่อความปลอดภัย นอกเหนือจากที่กล่าวไปข้างต้นควรจะหยุดบิน (หรือควรนำไปชาร์จแบตเตอรี่เสียก่อน) เมื่อโวลต์ของถ่านวิทยุเหลือน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7 ค่าโวลต์เตจของถ่านวิทยุที่หน้าจอแอลซีดี

ข้อแนะนำ

9.4 โวลต์ – โวลต์ไม่เพียงพอที่จะทำการบินให้ไปชาร์จถ่านวิทยุเสียก่อน

8.9 โวลต์– รีบนำเครื่องลงจอดให้เร็วที่สุดเพื่อความปลอดภัย

8.5 โวลต์ – ฉุกเฉินนำเครื่องลงทันที

11. การตั้งโปรแกรมวิทยุ 6EXHP

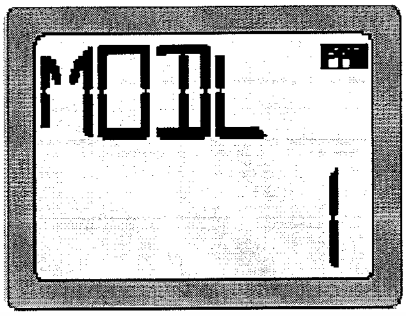
การปรับเปลี่ยนค่าต่าง ๆ ที่ได้ตั้งไว้ในวิทยุ ขั้นแรกทำการเปิดโปรแกรมขึ้นมาก่อนโดยเปิดวิทยุแล้วกดปุ่ม " MODE " กับปุ่ม " SELECT " พร้อมกันและกดค้างไว้ประมาณ 1 วินาที เมื่อเข้าไปในโปรแกรมให้ใช้ปุ่ม MODE ในการไล่ดูฟังก์ชันทั้ง 13 หรือ 14 ฟังก์ชันไปทีละฟังก์ชันและใช้ปุ่ม SELECT ในการเรียกดูค่าที่เซ็ตไว้แล้วในฟังก์ชันต่าง ๆ เมื่อต้องการปรับเปลี่ยนค่าต่าง ๆ ที่อยู่บนจอแสดงผลให้ใช้ปุ่ม DATA INPUT ในการเพิ่มหรือลดค่าต่าง ๆ เหล่านั้น

สามารถกลับไปสู่หน้าจอหลัก (หน้าจอที่แสดงเลขโมเดลและโวลต์ของถ่านวิทยุ) ได้โดยการกดปุ่ม MODE และปุ่ม SELECT พร้อมกันและค้างไว้ 1 วินาที

11.1 การเลือกโมเดล

11.1.1 เข้าไปในฟังก์ชันการเลือกโมเดล (โดยกดปุ่ม MODE และปุ่ม SELECT พร้อม ๆ กันและค้างไว้ 1 วินาที) ตัวเลขโมเดลจะกระพริบบนหน้าจอดังรูปที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8 ฟังก์ชันการเลือกโมเดล

11.1.2 ถ้าต้องการโมเดลอื่นกดปุ่ม DATA INPUT ไปเรื่อย ๆ จนถึงโมเดลที่ต้องการ

11.1.3 ตอนนี้อยู่ในโมเดลที่ต้องการแล้ว จากนี้ไปค่าต่าง ๆ ที่ทำการป้อนเข้าไปจะเป็นค่าที่เซ็ตไว้สำหรับโมเดลนี้เท่านั้น (จนกว่าจะเปลี่ยนไปเลือกโมเดลอื่น)

11.2 ฟังก์ชันการรีเซ็ตข้อมูล

สามารถรีเซ็ตค่าต่าง ๆ ที่ตั้งไว้ในโมเดลให้กลับไปยังค่าเดิมที่ถูกเซ็ตมาจากโรงงานได้ ควรจะใช้ฟังก์ชันนี้ในการตั้งโปรแกรมใหม่และลบข้อมูลเก่าออกให้หมดเสียก่อนทำการตั้งค่าใหม่

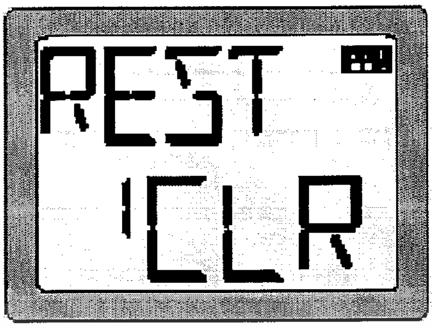
11.3 การรีเซ็ตข้อมูล

11.3.1 เข้าไปที่ฟังก์ชันเลือกโมเดล (โดยกดปุ่ม MODE และปุ่ม SELECT พร้อม ๆ กันค้างไว้ 1 วินาที) ใช้ปุ่ม INPUT DATA เลือกโมเดลที่ต้องการ

11.3.2 เมื่อโมเดลที่ต้องการปรากฏบนหน้าจอแล้วกดปุ่ม SELECT ที่หน้าจอจะแสดงสัญลักษณ์ “REST” ดังรูปที่ 9

11.3.3 กดปุ่ม INPUT DATA ขึ้นหรือลงก็ได้ค้างไว้ประมาณ 2 วินาทีเพื่อทำการลบและ รีเซ็ตหน่วยความจำจะมีตัวอักษร “CLR” กระพริบและจะหยุดลงพร้อมกับเสียงบี๊บ 2 ครั้ง ตอนนี้ค่าต่าง ๆ ในโมเดลนี้ถูกรีเซ็ตกลับไปเป็นค่าเดิมที่ตั้งมาจากโรงงานเรียบร้อยแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9 การรีเซ็ตข้อมูล

คำเตือน: การรีเซ็ตค่าต่าง ๆ ในโมเดลจะเป็นการลบค่าต่าง ๆ ภายในโมเดลนั้นทั้งหมด ข้อมูลที่ลบไปแล้วไม่สามารถกู้กลับคืนมาได้ อย่ารีเซ็ตข้อมูลในโมเดลถ้ายังไม่แน่ใจว่าจะไม่ใช้หรืออาจจะยังใช้ค่าต่าง ๆ ในโมเดลนั้นอยู่ ในการเซ็ตค่าต่าง ๆ ในโมเดลควรจะเซ็ตกับเครื่องบินจริง ๆ เพื่อสังเกตการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ว่าทำงานได้ตามที่ผู้เซ็ตต้องการหรือไม่

12. การตั้งเซอร์โวให้ได้ศูนย์กลาง

12.1 เปิดวิทยุและเสียบแบตรีซีฟเวอร์ลองขยับเซอร์โวดู ต้องแน่ใจว่าเซอร์โวขยับถูกทางถ้าไม่ถูกให้รีเวอร์สเซอร์โว

12.2 ปรับสติ๊กคันเร่งให้อยู่กึ่งกลาง

12.3 ใส่แขนเซอร์โวให้ตั้งฉากกับตัวเซอร์โวและลิงก์ให้มากที่สุด แขนเซอร์โวที่ยาวเกินความจำเป็นสามารถตัดออกได้

12.4 ต่อลิงก์เข้ากับพาร์ทแมคคานิคอื่น ๆ ปรับความยาวของลิงก์ให้ชิ้นส่วนทุกตัววางตัวได้ถูกต้อง

13. ข้อแนะนำเพื่อความปลอดภัยในการบิน

ถ้าผู้ที่จะทำการบินเป็นมือใหม่ที่ยังไม่ได้สังกัดกับชมรมอาร์ซีใด ๆ มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องหากลุ่มหรือชมรมแล้วไปเล่นในสนามที่จัดไว้สำหรับทำการบินโดยเฉพาะ

สิ่งสำคัญ: ถ้ามีความจำเป็นอย่างมากที่จะต้องบินให้ได้ ต้องมั่นใจว่าไม่มีสนามบินเล็กหรือการเล่น RC ในรัศมี 6 ไมล์ (ประมาณ 2.5 กม.) รอบ ๆ นั้น ซึ่งอาจมีการใช้คลื่นความถี่ที่ซ้ำกันและเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สาเหตุทำให้เครื่องตกหรือเป็นเหตุให้บุคคลอื่นได้รับบาดเจ็บได้ แนวทางที่ดีที่สุดคือควรจะไปเล่นที่สนามที่จัดไว้โดยเฉพาะเพื่อให้เกิดความมั่นใจว่ามีเพียงคนเดียวเท่านั้นที่ใช้คลื่นความถี่นั้นทำการบินอยู่ เพื่อหลีกเลี่ยงกรณีใช้คลื่นความถี่ที่ซ้ำซ้อนกัน

14. การชาร์จแบตเตอรี่

หนึ่งในหลาย ๆ ทักษะที่สำคัญสำหรับนักบินมีแฟกเตอร์สำคัญอันหนึ่งที่จะช่วยยืดอายุของเครื่องบิน ไม่ให้ตกก่อนเวลาอันควร แฟกเตอร์ที่ว่านี้คือสภาวะที่ใช้ในการชาร์จแบตเตอรี่ (State of charge of the batteries) โดยเฉพาะอย่างยิ่งแพ็คถ่านรีซีฟเวอร์ในเครื่องจำพวกน้ำมัน หากชาร์จแบตเตอรี่ในเวลาที่สั้นเกินไปอาจทำให้แบตเตอรี่มีไฟไม่เพียงพอในการทำการบิน ประกอบกับถ้านักบินไม่มีการตรวจสอบแพ็คถ่านอย่างถี่ถ้วนด้วยแล้วก็อาจทำให้กำลังของแบตเตอรี่ตกลงขณะทำการบินซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ควบคุมเครื่องไม่ได้และเครื่องตกในที่สุด เพื่อเป็นการหลีกเลี่ยงเหตุการณ์เช่นนี้ควรชาร์จแบตเตอรี่ไว้คืนหนึ่งก่อนทำการบิน ถ้าไม่แน่ใจว่าจะต้องใช้เวลาในการชาร์จนานเท่าไหร่ลองสังเกตคำเตือนที่ติดไว้ที่แพ็คถ่านหรือถ้าจะให้แน่ก็ชาร์จเหมือนกับที่ชาร์จสำหรับการบินในไฟล์ทที่แล้วและด้วยหลาย ๆ ปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการจ่ายไฟของแบตเตอรี่ (เช่นแบบและจำนวนของเซอร์โวบนเครื่อง, ความหนักหน่วงในการบิน, ระยะรับส่งคลื่นขณะทำการบิน, ขนาดของเครื่องบินเป็นต้น) ทำให้ไม่สามารถบอกได้ว่าจะทำการบินได้กี่ไฟล์ทหรือบินต่อไฟล์ทได้นานเท่าไหร่ต่อการชาร์จแบตเตอรี่หนึ่งครั้ง ทางที่ดีที่สุดในการตรวจสอบกำลังของแบตเตอรี่และหาระยะเวลาสำหรับการบินต่อไฟล์ทคือการใช้มิเตอร์ตรวจวัดแบตเตอรี่หลังการบินในแต่ละไฟล์ทเพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับทำการบินในไฟล์ทต่อไป การเช็คโวลต์สามารถวัดได้ที่ปลั๊กซึ่งต่อมาจากสวิตช์มีมิเตอร์หลาย ๆ ตัวที่สามารถนำมาใช้งานกับเครื่องเล่น RC ได้เช่นโวลต์มิเตอร์ของ Hobbico รุ่น MK III

15. การเตรียมการเพื่อทำการบิน

การเตรียมการเพื่อขึ้นบินที่ต้องทำที่สนามบิน

สิ่งสำคัญ: วิทยุบังคับที่ใช้จะส่งคลื่นความถี่ที่แน่นอนค่าหนึ่ง ต้องมั่นใจว่ารู้ค่าความถี่ดังกล่าวนั้นซึ่งจะบอกเป็นตัวเลขสองตัว (ช่องความถี่นั่นเอง) เช่น 42, 56 เป็นต้นอยู่ที่ข้างกล่องวิทยุ, บนตัววิทยุและที่ตัวรีซีฟเวอร์ ปกติแล้ววิทยุคนละเครื่องจะมีค่าความถี่ที่แตกต่างกันแต่ที่สนามบินอาจมีวิทยุที่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความถี่ที่ซ้ำซ้อนกันได้ ในการขึ้นบินไม่สามารถทำการบินเครื่องบินสองเครื่องพร้อมกันโดยใช้คลื่นความถี่เดียวกันได้ไม่ว่าวิทยุจะเป็นระบบใดก็ตาม (AM, FM, PCM)

15.1 เช็คการควบคุมเครื่อง

15.1.1 เมื่อไปถึงสนามบินก่อนการตรวจเช็คใด ๆ ให้ไปเอาไม้หนีบแจ้งคลื่นที่บอร์ดแจ้งคลื่นมาหนีบไว้กับวิทยุ

15.1.2 ประกอบปีกเข้ากับเครื่องบิน เปิดวิทยุก่อนแล้วเปิดรีซีฟเวอร์ (จำไว้ว่าต้องเปิดวิทยุก่อนแล้วจึงเสียบแบตที่รีซีฟเวอร์และให้ทำกลับกันเวลาจะปิดเครื่อง) ตรวจสอบให้แน่ใจว่าใช้โมเดลสำหรับการบินในวิทยุได้ถูกต้องตรงกับเครื่องที่จะขึ้นบิน

15.1.3 ขยับสติ๊กและสังเกตดูการทำงานของเซอร์โวว่าทิศทางและระยะเคลื่อนที่ถูกต้องหรือไม่และฟังเสียงที่ดังผิดปกติของเซอร์โวด้วยถ้ามีปัญหาใด ๆ ต้องจัดการแก้ไขก่อนขึ้นบิน

15.1.4 ขยับสติ๊กทีละฟังก์ชันการทำงานแล้วตรวจดูว่าเซอร์โวทำงานได้ถูกต้องหรือไม่และต้องตรวจสอบเช่นนี้ทุกครั้งก่อนขึ้นบิน

15.2 ตรวจสอบระยะรับส่งคลื่น

สำหรับการบินครั้งแรกของเครื่องบินลำใหม่จะต้องทำการตรวจสอบระยะรับส่งคลื่นก่อนเป็นอันดับแรกทุกครั้งแต่ก็ไม่มีความจำเป็นที่จะต้องตรวจสอบระยะรับส่งคลื่นก่อนขึ้นบินทุกไฟล์ท (แต่ก็เป็นความคิดที่ดีมาก ๆ ที่จะทำการตรวจระยะรับส่งคลื่นก่อนขึ้นบินครั้งแรกในแต่ละวัน) การตรวจระยะรับส่งคลื่นเป็นเรื่องสุดท้ายที่จะต้องทำในส่วนของการเซ็ตวิทยุเพื่อเป็นการยืนยันว่าวิทยุมีระยะรับส่งคลื่นที่เพียงพอในการทำการบิน

15.2.1 เปิดวิทยุก่อนแล้วจึงเสียบแบตรีซีฟเวอร์ (อย่าลืมเด็ดขาด) ดันเสาอากาศกลับเข้าไปในวิทยุให้หมดเดินห่างออกมากจากเครื่องบินขณะเดียวกันก็โยกสติ๊กไปด้วยให้ผู้ช่วยยืนดูอยู่ที่เครื่องบินแล้วคอยแจ้งว่าเซอร์โวยังคงทำงานได้อย่างถูกต้อง ปกติแล้วควรจะควบคุมเครื่องด้วยวิทยุเสาสั้น ๆ ได้เมื่ออยู่ห่างจากเครื่องประมาณ 20-30 ก้าวโดยที่ไม่เสียการควบคุมและเซอร์โวไม่มีอาการสั่น

15.2.2 ถ้าสามารถควบคุมทุกฟังก์ชันได้ปกติให้กลับมาที่เครื่องวางวิทยุในที่ที่ปลอดภัยแต่สามารถหยิบฉวยได้สะดวกหลังจากสตาร์ตเครื่องยนต์ติดแล้วเช็คให้แน่ใจว่าสติ๊กคันเร่งอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในตำแหน่งต่ำสุดแล้วจึงสตาร์ตเครื่องยนต์ (ถ้าเป็นไฟฟ้าก็ให้เช็คสติ๊กคันเร่งว่าต้องอยู่ตำแหน่งต่ำสุดก่อนที่จะเสียบแบตรีซีฟเวอร์) นอกนั้นต้องแน่ใจว่าเครื่องไม่หลุดระยะคลื่นถ้าเซอร์โวออกอาการสั่นหรือเคลื่อนที่ได้เองแสดงว่าเกิดปัญหาขึ้นแล้วอย่าทำการบิน ให้หาสาเหตุซึ่งอาจเกิดจากสายสัญญาณหลวมหรือก้านลิงก์ยันเข้ากับสิ่งกีดขวาง สุดท้ายต้องมั่นใจว่าไม่มีใครใช้คลื่นความถี่เดียวกัน และแบตเตอรี่ต้องมีไฟอยู่เต็ม

15.2.3 เมื่อพร้อมที่จะขึ้นบินอย่าลืมดึงเสาอากาศวิทยุออกจนสุด อย่าชี้ปลายเสาอากาศวิทยุเล็งตรงไปที่เครื่องบินเพราะจะทำให้คลื่นที่ส่งจากวิทยุไปยังรีซีฟเวอร์มีกำลังอ่อนที่สุด

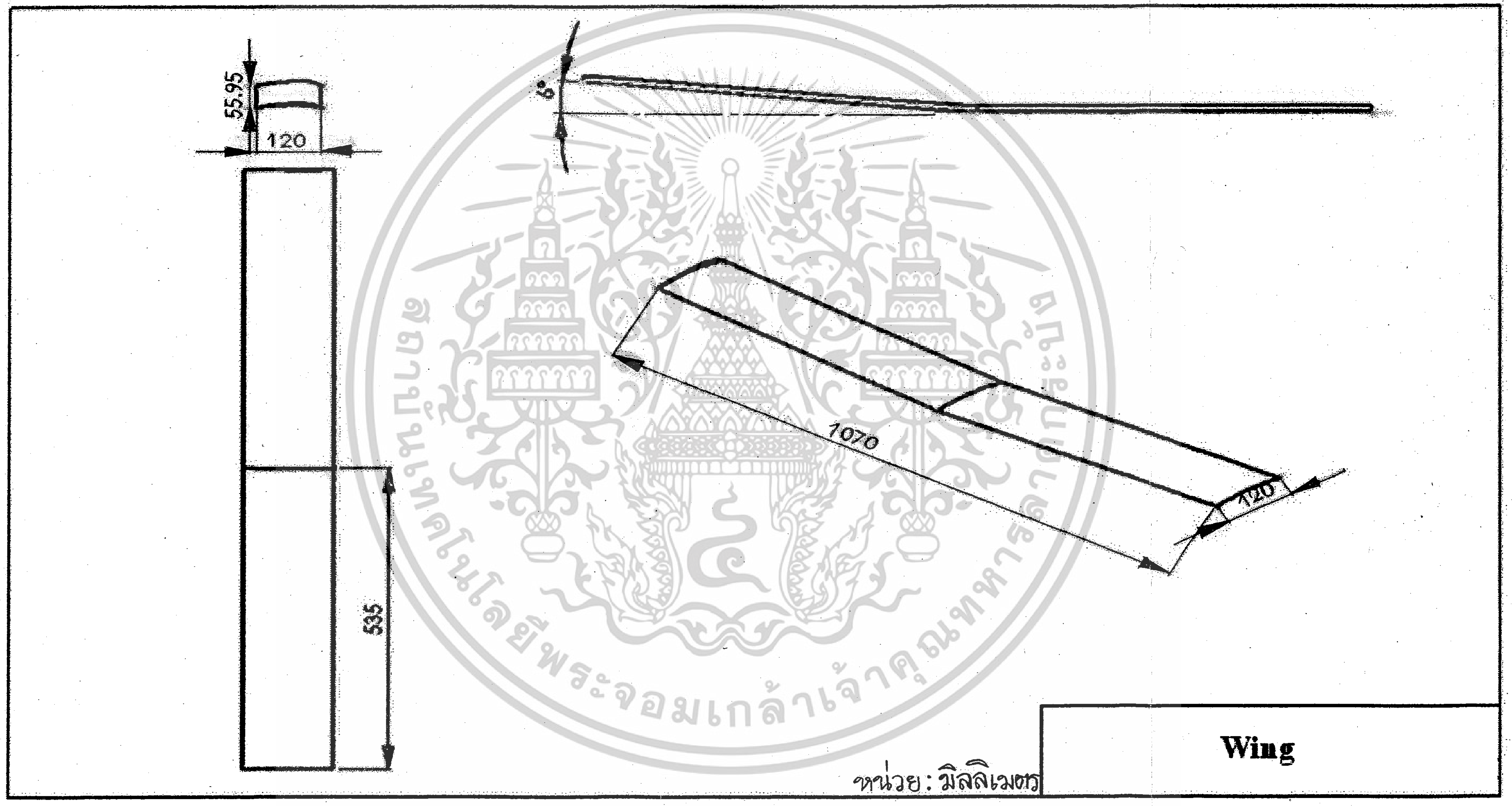
15.3 อย่าบินกลางสายฝน

เพราะความชื้นอาจเข้าไปในตัววิทยุผ่านทางรูเสาอากาศหรือช่องเปิดเล็ก ๆ แถว ๆ ก้านสติ๊กและอาจทำให้การควบคุมผิดเพี้ยนไปหรือควบคุมเครื่องไม่ได้เลย แต่ถ้าจำเป็นต้องบินกลางสภาพอากาศที่ชื้นแฉะก็ให้เอาวิทยุใส่ถุงกันน้ำไว้ก็จะสามารถใช้วิทยุได้อย่างปลอดภัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบของส่วนต่าง ๆ ที่ต้องการสร้าง

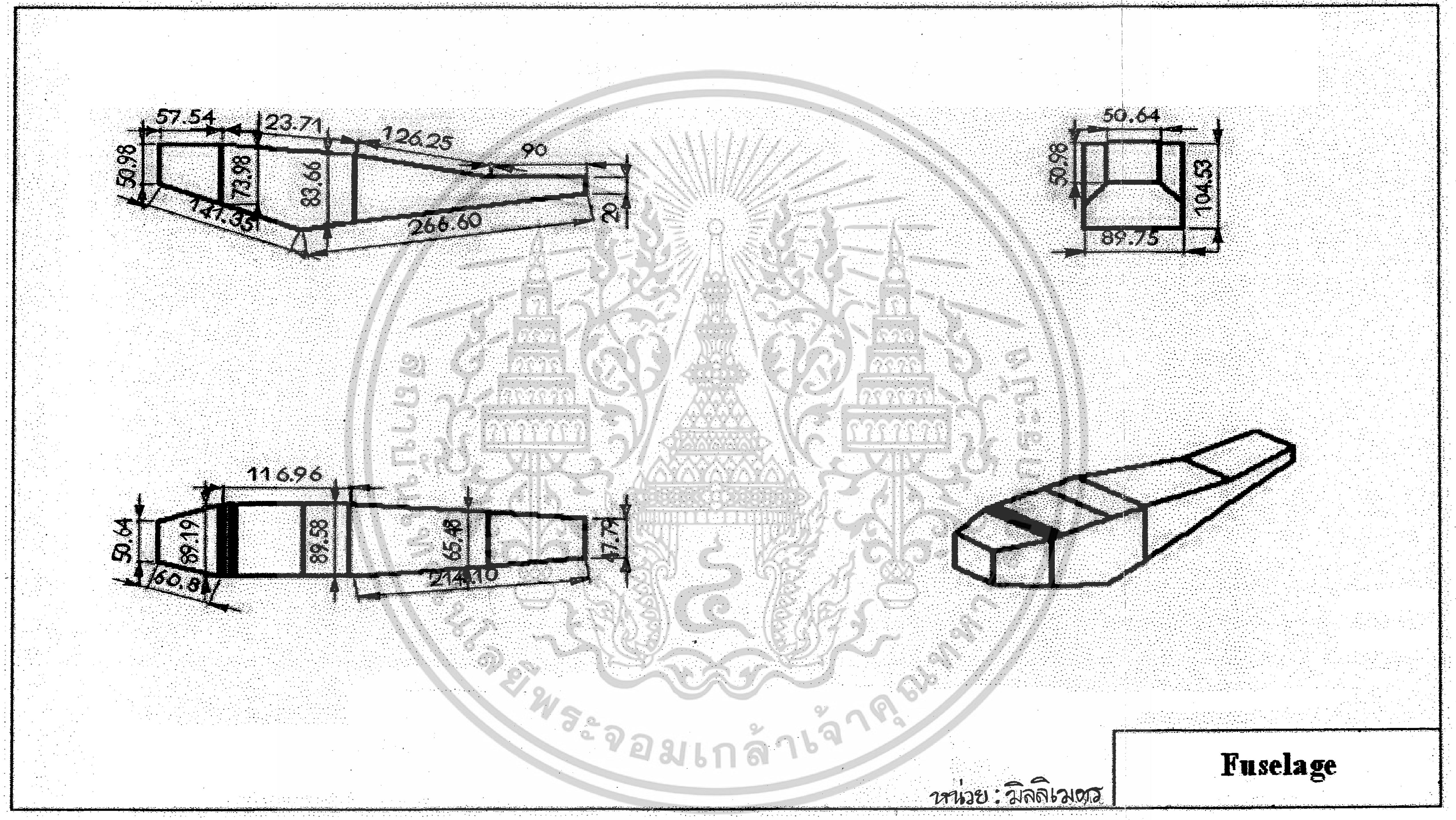
ก) ปีกเครื่องบิน



รูปที่ 10 ปีกเครื่องบิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

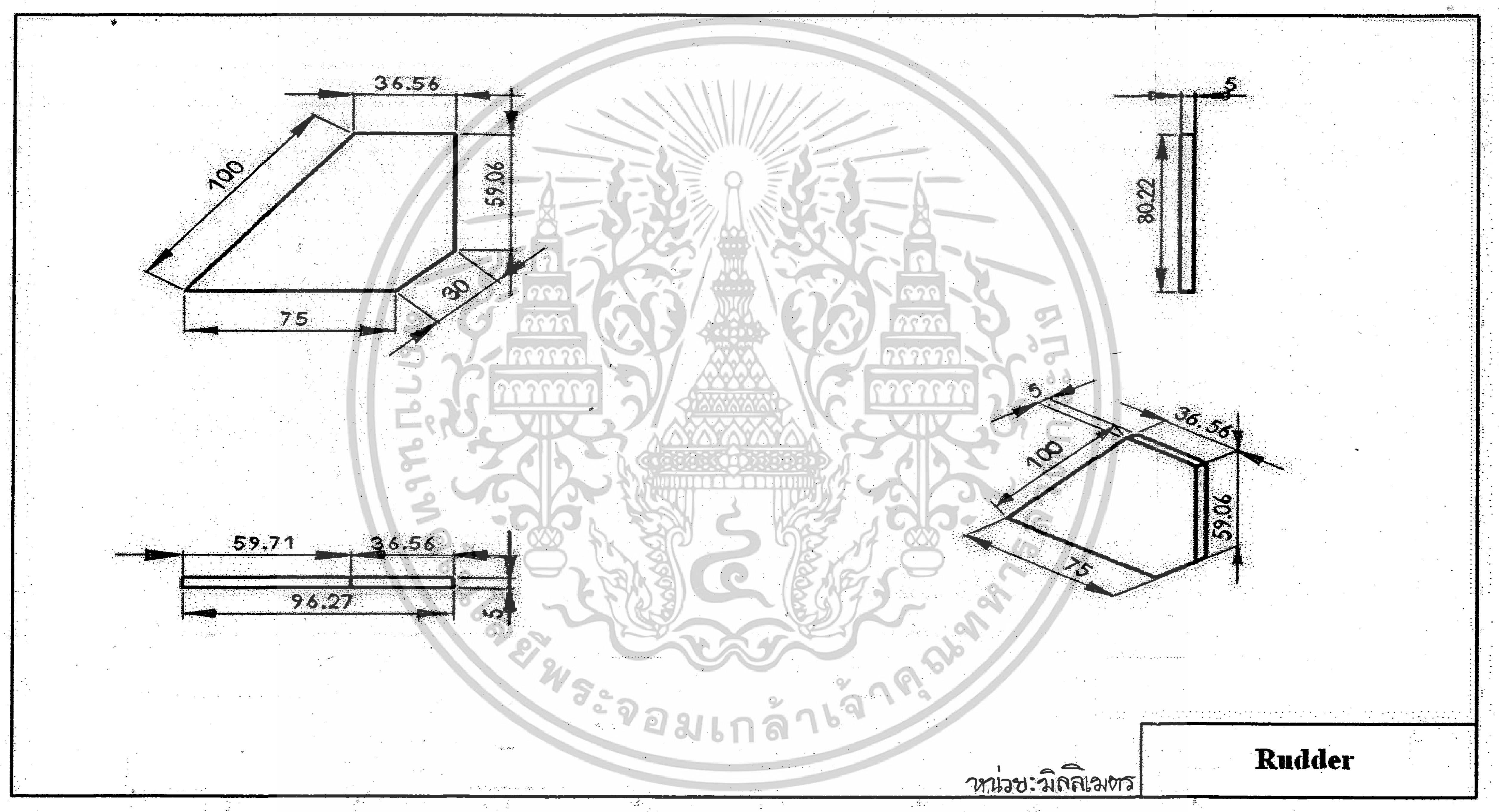
ข) ลำตัวเครื่องบิน



รูปที่ 11 ลำตัวเครื่องบิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

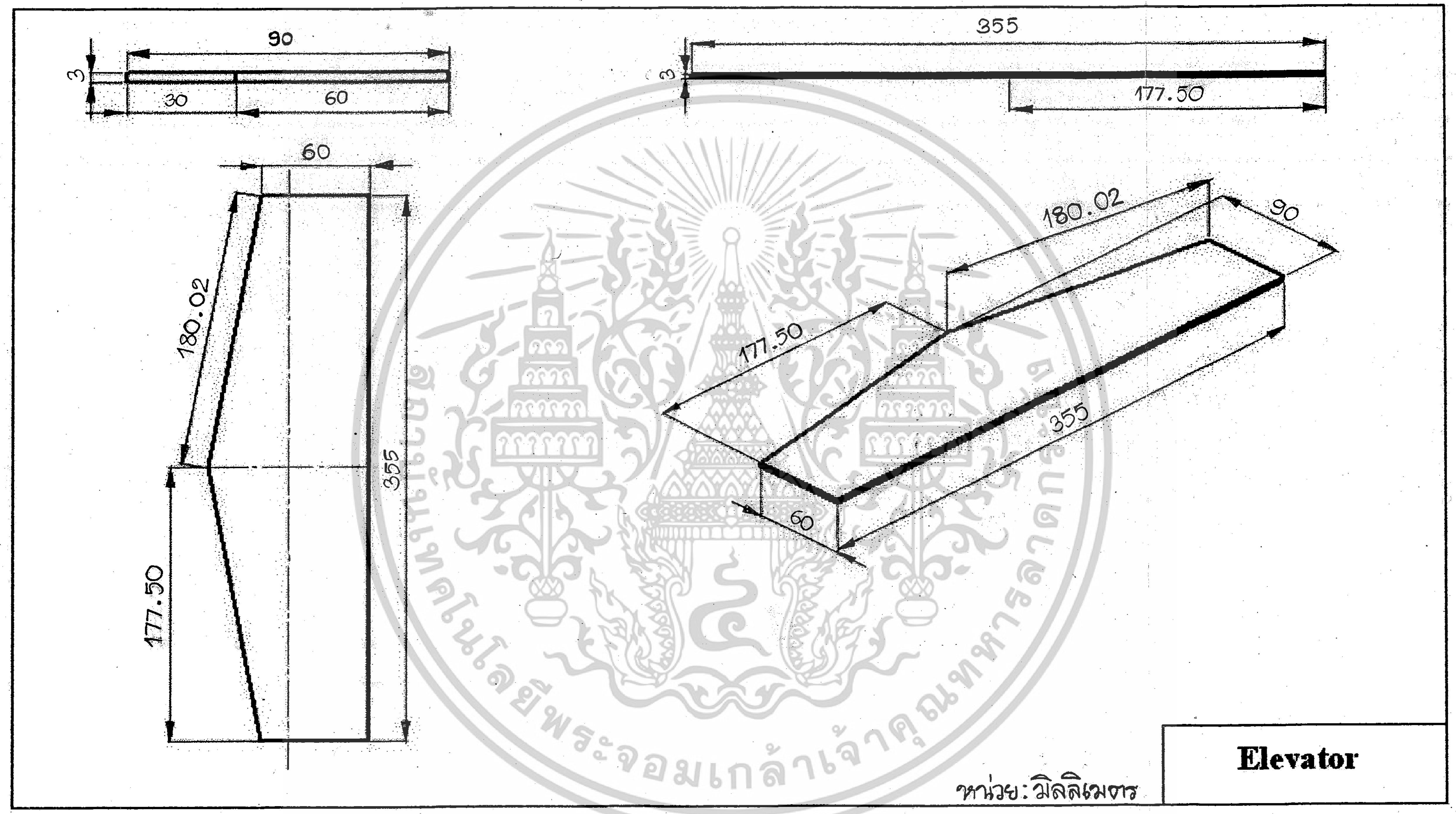
ค) หางเสือเลี้ยว



รูปที่ 12 หางเสือเลี้ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง) แพนหางขึ้นลง



รูปที่ 13 แพนหางขึ้นลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้