# การแก้ไขปัญหาการทรุดตัวของฐานยิงปืน ค.120 มิลลิเมตร ที่ติดตั้งบนรถบรรทุกขนาด 1 ตัน

# THE SOLUTION FOR BASE SUBSIDENCE OF A 120 MM. MORTAR INSTALLED ON THE 1 TON MILITARY TRUCK


ธนาเดช เจริญวิภาค

THANADET CHAROENWIPAK


การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมยานยนต์ทหารบก

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2559


KMITL-2016-EN-M-011-506

# การแก้ไขปัญหาการทรุดตัวของฐานยิงปืน ค.120 มิลลิเมตร ที่ติดตั้งบนรถบรรทุกขนาด 1 ตัน

# THE SOLUTION FOR BASE SUBSIDENCE OF A 120 MM. MORTAR INSTALLED ON THE 1 TON MILITARY TRUCK


**ธนเดช เจริญวิภาค**

THANADET CHAROENWIPAK


**การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต**

**สาขาวิชาวิศวกรรมป้องกันประเทศ**

**คณะวิศวกรรมศาสตร์**

**สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**

**พ.ศ.2559**


KMITL-2016-EN-M-011-506



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# THE SOLUTION FOR BASE SUBSIDENCE OF A 120 MM. MORTAR INSTALLED ON THE 1 TON MILITARY TRUCK

THANADET CHAROENWIPAK

AN INDEPENDENT STUDY SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF ENGINEERING IN DEFENCE ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2016

KMITL-2016-EN-M-011-506

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2016

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**คณะวิศวกรรมศาสตร์**
**สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**
**ใบรับรองการค้นคว้าอิสระ**

---

**หัวข้อ** การแก้ไขปัญหาการทรุดตัวของฐานยิงปืน ค.120 มิลลิเมตรที่ติดตั้งบนรถบรรทุกขนาด 1 ตัน

**Title** The Solution for Base Subsidence of a 120 mm. Mortar Installed on the 1 Ton Military Truck

**นักศึกษา** นายธนเดช เจริญวิภาค

**รหัสประจำตัว** 55614056

**ปริญญา** วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

**สาขาวิชา** วิศวกรรมป้องกันประเทศ

**อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ** รศ.ดร.สุรินทร์ คำฝอย

**หมายเลขการค้นคว้าอิสระ** KMITL-2016-EN-M-011-506

| คณะกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระ | | ลายมือชื่อ |
|---|---|---|
| รศ.ประภาษ | ไพรสุวรรณา | |
| ผศ.ดร.วรชาติ | สุวรรณงาม | |
| รศ.ดร.สุรินทร์ | คำฝอย | |

**วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ** วันอังคาร 5 กรกฎาคม พ.ศ. 2559 เวลา 13.00-14.00 น.

**สถานที่สอบ** ณ อาคาร A ชั้น 5 ห้องประชุม 4

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

**คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว**

**(รองศาสตราจารย์ ดร. คมสัน มาลีสี)**

**คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์**

**วันที่ 5 กรกฎาคม พ.ศ. 2559**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|---|---|
| **หัวข้อการค้นคว้าอิสระ** | การแก้ไขปัญหาการทรุดตัวของฐานยิงปืน ค.120 มิลลิเมตร ที่ติดตั้งบนรถบรรทุกขนาด 1 ตัน |
| **นักศึกษา** | นายธนเดช เจริญวิภาค |
| **รหัสนักศึกษา** | 55614056 |
| **ปริญญา** | วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต |
| **สาขาวิชา** | วิศวกรรมป้องกันประเทศ |
| **พ.ศ.** | 2559 |
| **อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ** | รศ.ดร.สุรินทร์ คำฝอย |

## บทคัดย่อ

การค้นคว้าอิสระนี้นำเสนอการออกแบบฐานสำหรับการติดตั้งปืน ค.120 มิลลิเมตรบนรถบรรทุกขนาด 1 ตัน เพื่อแก้ปัญหาการทรุดตัวของฐานยิงแบบดั้งเดิม ภายใต้การทดสอบยิงลูกระเบิดจริงที่มีแรงระเบิดจากดินขับส่วนบรรจุต่ำสุดถึงส่วนบรรจุสูงสุดที่ 1,380 กก./ตร.ซม. เพื่อให้ทราบถึงสาเหตุและปัจจัยที่มีผลต่อการทรุดตัวของฐานยิงปืน ค.120 มิลลิเมตรที่ติดตั้งบนรถยนต์ขนาด 1 ตัน จากการวิเคราะห์พบว่าปัญหาเกิดจาก 2 ปัจจัยหลัก ได้แก่ 1. วัตถุดิบ คือ เหล็ก (เหล็กรีดร้อน SS400) ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักที่นำมาเป็นโครงสร้างของฐานยิงปืนค.120 มิลลิเมตรมีคุณสมบัติไม่เหมาะสม จึงพิจารณาหาเหล็กชนิดใหม่ที่มีคุณสมบัติสูงขึ้น และ 2. โครงสร้างของฐานยิงสำหรับถ่ายเทแรงกระแทกจากกระบอกปืนสู่พื้นดิน ในงานวิจัยนี้ได้มีการจำลองทางคอมพิวเตอร์ ด้วยวิธีไฟไนต์เอเลเมนต์ เพื่อทำการวิเคราะห์การกระจายตัวของแรงและการเสียรูปของฐานยิง โดยจากผลการจำลองทางคอมพิวเตอร์พบว่า ฐานยิงที่ได้รับการออกแบบและทำการขึ้นรูปด้วยวัสดุที่ได้ถูกเลือกนั้นสามารถทนต่อแรงกระทำจากปืน ค.120 มิลลิเมตรได้เป็นอย่างดี และเมื่อนำผลการจำลองทางคอมพิวเตอร์ที่ได้ไปขึ้นรูปโครงสร้างด้วยเหล็กชนิดใหม่ และทำการทดสอบยิงพบว่าผ่านการทดสอบและให้ผลสอดคล้องกับผลการจำลองทางคอมพิวเตอร์ จึงสรุปได้ว่าโครงสร้างที่ได้รับการออกแบบใหม่นี้สามารถแก้ไขปัญหาการทรุดตัวของฐานยิงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|---|---|
| **Title** | The Solution for Base Subsidence of a 120mm. Mortar Installed on the 1 Ton Military Truck |
| **Student** | Mr. Thanadet Charoenwipak |
| **Student ID** | 55614056 |
| **Degree** | Master of Engineering |
| **Program** | Defence Engineering |
| **Year** | 2016 |
| **Advisor** | Assoc.Prof.Dr.Surin Khomfoi |


# ABSTRACT

This An Independent Study aims at design of a mortar base of a 120 mm. mortar for installation on a 1 Ton military truck. The purpose of this design is to tackle the problem of base subsidence of former designed base. The test firings were performed with the real mortar bombs under 1380 kg/cm$^2$ blast condition. The analysis results show that the normal design incorporating with the material used to construct the base (HSC SS400) cannot withstand the impulse during the firing process. In this research, the finite element program is used for analyzing the force distribution and the deformation of the base under the firing condition. The simulation results show that the designed base can withstand the impulse. The experiment was also performed to substantiate the simulation results. The experimental results are according to the simulation. Therefore, it can be concluded that the new design mortar base can effectively tackle the base subsidence



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการสนับสนุนจากผู้มีพระคุณหลายท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.สุรินทร์ คำฝอย อาจารย์ที่ปรึกษา และอาจารย์ทุกท่าน ผู้ให้ความรู้ คำแนะนำ ข้อเสนอแนะในการดำเนินงานวิจัยนี้ในทุกขั้นตอน ให้คำแนะนำในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทำงาน และคอยควบคุมการดำเนินงานให้เป็นไปตามขั้นตอนอย่างเหมาะสม

ขอขอบคุณ กรมสรรพาวุธทหารเรือ กองทัพเรือ ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้สถานที่ทำการทดสอบ และร่วมทำการทดสอบในการออกแบบและทดสอบติดตั้งฐานยิงปืน ค.120 มิลลิเมตร บนรถยนต์ขนาด 1 ตัน

ขอขอบคุณ น.อ.อภิสิทธิ์ สุนทรเรขา ที่สนับสนุนข้อมูลในงานวิจัยร่วมกันระหว่าง หน่วยบัญชาการนาวิกโยธินและ บริษัท ปรีชาถาวรอุตสาหกรรม จำกัด

ขอขอบคุณ ดร.อาทิตย์ ฤทธิ์เลื่อน (นักวิจัย) นายธาศิน สวนสระแก้ว (นักวิจัย) สถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ (องค์การมหาชน) กระทรวงกลาโหม สำหรับวิธีและแนวคิดในการออกแบบ การทดสอบ ทดลอง ในรูปแบบ Simulation

ขอขอบคุณ คุณเอมอร เจริญวิภาค ที่ช่วยเหลือและให้กำลังใจตลอดการทำงานที่ผ่านมา

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณผู้มีพระคุณทุกท่าน บิดา มารดา และครอบครัว ที่ให้การสนับสนุนด้านการศึกษา ตลอดจนผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในงานวิจัยชิ้นนี้ทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวถึง ขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้เป็นอย่างยิ่ง

คุณค่าและประโยชน์ต่าง ๆ อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยขอมอบให้แด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ธนเดช เจริญวิภาค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

หน้า


บทคัดย่อภาษาไทย ..... I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... II
กิตติกรรมประกาศ ..... III
สารบัญ ..... IV
สารบัญตาราง ..... VI
สารบัญภาพ ..... VII
บทที่ 1 บทนำ ..... 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา ..... 1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย ..... 2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย ..... 2
1.4 ขั้นตอนการศึกษาและวิจัย ..... 2
1.5 ประโยชน์ของการวิจัย ..... 2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ..... 3
2.1 บทนำ ..... 3
2.2 เทคโนโลยีการเคลื่อนย้ายปืน ค. โดยใช้รถบรรทุก ..... 3
2.2.1 เทคโนโลยีการเคลื่อนย้ายปืน ค. ในต่างประเทศ ..... 3
2.2.2 การเคลื่อนย้ายปืน ค. ที่ประจำการในกองทัพไทย ..... 4
2.3 งานวิจัยการออกแบบและทดสอบติดตั้งฐานยิงปืน ค.120 มม. บนรถยนต์ขนาด 1 ตัน ..... 6
2.3.1 การศึกษาคุณสมบัติทางเทคนิค ..... 6
2.3.2 การออกแบบโครงสร้าง และการถ่ายเทแรงของฐานยิงปืน ค.120 มม. ..... 8
2.3.3 การสร้างฐานยิงปืน ค.120 มม. ..... 10
2.3.4 การทดสอบและผลการทดสอบ ..... 12
2.3.5 ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการใช้ฐานยิงแบบเดิม ..... 14
2.3.6 การตั้งสมมติฐานปัจจัยที่ทำให้เกิดการทรุดตัวของฐานยิงปืน ค.120 มม. ..... 16
2.3.7 การจำลองทางคอมพิวเตอร์ (ไฟไนต์เอเลเมนต์) เพื่อยืนยันสมมติฐาน ..... 16
2.3.8 ผลการจำลองทางคอมพิวเตอร์ (ไฟไนต์เอเลเมนต์) ..... 17



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)

หน้า


บทที่ 3 การแก้ไขปัญหาการทรุดตัวของโครงสร้างฐานยิงปืน ค.120 มม. ..... 19
3.1 บทนำ ..... 19
3.2 การออกแบบโครงสร้างของฐานยิงปืน ค.120 มม ..... 19
3.3 การคัดสรรวัสดุสำหรับการสร้างฐานยิงปืน ค.120 มม. ..... 20
3.3.1 การวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี ..... 23
3.3.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกล ..... 24
3.3.3 การวิเคราะห์ต้นทุนที่เพิ่มขึ้นของฐานยิงปืน ค.120 มม.ที่ได้รับการปรับปรุง ..... 24
3.4 การจำลองทางคอมพิวเตอร์ (ไฟไนต์เอเลเมนต์) ..... 25
3.4.1 กำหนดคุณสมบัติของวัสดุและแบบเพื่อการจำลองทางคอมพิวเตอร์ ..... 25
3.4.2 ผลการจำลองทางคอมพิวเตอร์ ..... 26
3.5 การสร้างและการติดตั้งฐานยิงปืน ค.120 มม. ที่ได้รับการปรับปรุง บนรถยนต์ ขนาด 1 ตัน ..... 27

บทที่ 4 การทดสอบและผลการทดสอบ ..... 33
4.1 บทนำ ..... 33
4.2 การออกแบบการทดสอบ ..... 33
4.2.1 พลประจำเครื่องยิง ..... 33
4.2.2 กระสุนปืน ค.120 มม. ..... 34
4.3 การทดสอบ ..... 34
4.4 ผลการทดสอบ ..... 36

บทที่ 5 สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ ..... 38
5.1 สรุปผลวิจัย ..... 38
5.2 ข้อเสนอแนะ ..... 38

เอกสารอ้างอิง ..... 39
ภาคผนวก ..... 40
ประวัติผู้เขียน ..... 56



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง


ตารางที่ หน้า

2.1 คุณลักษณะและขีดความสามารถของปืน ค.120 มิลลิเมตร ....6

2.2 ข้อมูลทางเทคนิครถยนต์ขนาด 1 ตัน....7

2.3 ผลการยิงทดสอบปืน ค.120 มม. ที่ติดตั้งบนรถยนต์ขนาด 1 ตัน .... 14

3.1 อิทธิพลของธาตุที่ผสมในเหล็กกล้า .... 21

3.2 คุณสมบัติของเหล็กชั้นคุณภาพ SS400 ด้วยค่าทางเคมี .... 22

3.3 คุณสมบัติของเหล็กชั้นคุณภาพ SS400 ด้วยคุณสมบัติทางกล .... 22

3.4 เปรียบเทียบคุณสมบัติของเหล็กด้วยค่าทางเคมี .... 23

3.5 เปรียบเทียบคุณสมบัติของเหล็กด้วยคุณสมบัติทางกล .... 23

3.6 เปรียบเทียบการใช้วัสดุของโครงสร้างแบบเดิมและแบบใหม่.... 24

4.1 คุณลักษณะของกระสุนปืน ค.120 มม. ที่ใช้ทำการยิงทดสอบ.... 34

4.2 แสดงผลการยิงทดสอบปืน ค.120 มม.ที่ติดตั้งบนรถยนต์ขนาด 1 ตัน.... 36



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพ


ภาพที่ หน้า

2.1 EXPAK EIMOS รถยนต์หุ้มเกราะ 4x4 ติดตั้งปืน ค.81 มม.หรือ ค.60 มม. จากประเทศสเปน ....4

2.2 รถยนต์หุ้มเกราะติดตั้ง ค.120 อัตโนมัติ จากประเทศสิงคโปร์ ....4

2.3 ค.120 มิลลิเมตร ที่ประจำการอยู่ในกองทัพไทย ....5

2.4 รถรองปืนที่ใช้สำหรับลากจูง ค.120 มม. ที่ประจำการอยู่ในกองทัพ ....5

2.5 รถยนต์บรรทุก ¼ ตัน แบบ M151A ใช้ลากจูง ค.120 มม. ....6

2.6 มุมมองด้านข้างโครงสร้างฐานยิงปืน ค.120 มม. ....8

2.7 มุมมองด้านบนของโครงสร้างฐานยิงปืน ค.120 มม. ....9

2.8 การออกแบบขาหยั่ง (Landing Leg) ของฐานยิงปืน ค.120 มม. ....9

2.9 การถ่ายเทแรงของฐานยิงปืน ค.120 มม. ....9

2.10 ขั้นตอนการตัดเหล็ก I-beam ชั้นคุณภาพ SS400 .... 10

2.11 การขึ้นรูปโครงสร้างในขั้นตอนต่างๆ (ก) ขั้นตอนการขึ้นรูปโครงขอบของฐานยิง (ข) ขั้นตอนการเสริมความเข็งแรง (ค) ขั้นตอนการเชื่อมโครงค้ำยันเพื่อสร้างความเข็งแรงให้แก่โครงสร้างในแนวดิ่ง .... 10

2.12 ขั้นตอนการนำโครงสร้างที่ได้มาทดสอบติดตั้งบนรถยนต์เพื่อกำหนดระยะของขาหยั่ง .... 11

2.13 ขั้นตอนการเชื่อมประกอบโครงสร้างฐานยิงเป็นชิ้นเดียวและเจียรตกแต่ง .... 11

2.14 ขั้นตอนการติดตั้งขาหยั่งเข้ากับตัวรถยนต์ .... 11

2.15 ขั้นตอนการนำโครงสร้างฐานยิงที่ทำสีเรียบร้อยติดตั้งบนรถยนต์ขนาด 1 ตัน .... 12

2.16 รถยนต์ขนาด 1 ตันที่ติดตั้งฐานยิงปืน ค.120 มม.เรียบร้อยแล้ว .... 12

2.17 การเตรียมการทดสอบโดยทำการตั้งขาหยั่งเพื่อถ่ายแรงที่กระทำของปืน ค.120 มม. ลงสู่พื้นดิน .... 13

2.18 การบรรจุลูกระเบิดลงภายในลำกล้องปืน ค 120.มม .... 13

2.19 การลั่นไกยิงด้วยวิธีดึงเชือกลั่นไก .... 13

2.20 การทรุดตัวของฐานยิงเมื่อทำการยิง บจ 9.นัดที่ 1 .... 14

2.21 การถอดโครงสร้างฐานยิงปืน ค.120 มม. เพื่อตรวจสอบการทรุดตัว .... 15

2.22 ผลจากการยิงทดสอบแสดงการทรุดตัวของฐานยิงในแนวทแยงคานรับแรงของฐานรองปลายท้ายกระบอกปืน ค.120 มม. .... 15

2.23 ภาพขยายแสดงการทรุดตัวของฐานยิงในแนวทแยงคานรับแรงของฐานรองปลายท้ายกระบอกปืน ค.120 มม. .... 15


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพ (ต่อ)


ภาพที่ หน้า

2.24 แสดงภาระที่กระทำลงบนหน้าของฐานปืน ค.120 มม. (ในวงกลมสีน้ำเงิน) ..... 17

2.25 ผลการจำลองทางคอมพิวเตอร์ แสดงค่าความเค้นที่เกิดขึ้นบนโครงสร้าง ฐานยิงปืน ค.120 มม. ..... 17

2.26 ผลการจำลองทางคอมพิวเตอร์แสดงค่าความเครียดเมื่อมีแรงกระทำบนโครงสร้าง ฐานยิงปืน ค.120 มม. ..... 18

3.1 มุมมองด้านบนของโครงสร้างฐานยิงปืน ค.120 มม. ที่นำเสนอ..... 19

3.2 มุมมอง 3 มิติ โครงสร้างฐานยิงปืน ค.120 มม. ที่นำเสนอ ..... 20

3.3 มุมมองด้านข้างของขาหยั่ง ที่ได้รับการออกแบบให้สัมพันธ์กับแนวลำกล้อง ปืน ค. 120 มม. ..... 20

3.4 แสดงภาระที่กระทำลงบนหน้าของฐานปืน ค.120 มม. (ในวงกลมสีน้ำเงิน) ..... 26

3.5 ผลการจำลองทางคอมพิวเตอร์ แสดงค่าความเค้นที่เกิดขึ้นบนโครงสร้าง ฐานยิงปืน ค.120 มม. ..... 26

3.6 ผลการจำลองทางคอมพิวเตอร์แสดงค่าความเครียดเมื่อมีแรงกระทำบน โครงสร้างฐานยิงปืน ค.120 มม. ..... 27

3.7 ลำดับขั้นตอนการประกอบโครงสร้างบน..... 28

3.8 ลำดับขั้นตอนการประกอบโครงสร้างล่าง..... 28

3.9 ลำดับขั้นตอนการประกอบโครงบนและโครงล่างเข้าด้วยกัน ..... 29

3.10 ลำดับขั้นตอนการประกอบเบ้ารับกระบอกปืน ค.120 มม. ..... 29

3.11 ลำดับขั้นตอนการประกอบขาหยั่งเข้ากับฐานยิงปืน ค.120 มม. ..... 30

3.12 การนำเหล็กแผ่นเกรด BISPLATE®500 มาตัดเพื่อขึ้นรูปตามแบบ..... 30

3.13 การนำเหล็กที่ได้มาเชื่อมขึ้นรูปเป็นเหล็ก I-beam..... 31

3.14 การนำเหล็กที่ได้มาประกอบขึ้นรูปโครงสร้างฐานยิง ..... 31

3.15 การนำโครงสร้างที่ทำสีเรียบร้อย ทำการติดตั้งบนรถยนต์ (1) ..... 31

3.16 นำโครงสร้างที่ทำสีเรียบร้อย ทำการติดตั้งบนรถยนต์ (2)..... 32

3.17 การติดตั้งขาหยั่งตามแนวลำกล้องปืน ค.120 มม. เพื่อรับแรง..... 32

3.18 ฐานยิงปืน ค.120 มม.ที่ติดตั้งบนรถยนต์ขนาด 1 ตัน ที่ได้รับการปรับปรุงแล้ว ..... 32

4.1 แสดงลูกระเบิด ค.120 ที่ส่วนบรรจุ 8 และส่วนบรรจุ 9..... 35

4.2 การตรวจสอบลูกระเบิดเพื่อเตรียมการทดสอบ..... 35

4.3 การบรรจุลูกระเบิดในลำกล้องปืน ค.120 มม. ..... 35


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.4 การยิงลูกระเบิดโดยใช้วิธีกระตุกเชือกลั่นไกยิง ..... 36
4.5 การตรวจสอบโครงสร้างฐานยิงปืน ค.120 มม. ..... 37
4.6 ขาหยั่งทำมุมในแนวเดียวกับลำกล้องปืน ค.120 มม. ..... 37
4.7 ถ่ายภาพร่วมกับตัวแทนหน่วยบัญชาการนาวิกโยธินเมื่อผ่านการทดสอบ ..... 37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากโครงการพัฒนางานประจำสู่งานวิจัย (R2R) ในชื่อโครงการพัฒนา ค.120 มม.เคลื่อนที่เร็ว โดยเป็นการวิจัยร่วมระหว่างหน่วยบัญชาการนาวิกโยธิน (นย.) กองทัพเรือ และบริษัท ปรีชาถาวร อุตสาหกรรม จำกัด โดย ค.120 มม. ที่ประจำการอยู่ใน นย. ยังเคลื่อนที่ด้วยการลากจูง ซึ่งเหมาะกับการยิงสนับสนุนการรบให้กับหน่วยดำเนินกลยุทธ์เดินเท้า (ทหารราบเดินเท้า) การเข้าที่ตั้งยิงเพื่อยิงสนับสนุนหน่วยดำเนินกลยุทธ์ จะใช้เวลามากพอสมควร ปัจจุบันทหารราบได้มีการพัฒนาเป็นทหารราบเคลื่อนที่เร็วโดยใช้รถหุ้มเกราะ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องพัฒนาอาวุธสนับสนุน (ค.120 มม.) ให้สามารถเคลื่อนที่ด้วยความรวดเร็ว เพื่อให้ทันต่อการยิงสนับสนุนให้กับหน่วยดำเนินกลยุทธ์ และการถอนตัวจากการตั้งยิงด้วยความรวดเร็ว นับว่ามีความจำเป็นเพื่อความอยู่รอดในสนามรบ หากถอนตัวช้าอาจตกเป็นเป้าให้ฝ่ายตรงข้ามยิงทำลายด้วยจรวดหลายลำกล้องได้ โดยเฉพาะพื้นที่ปฏิบัติการของ นย.ในพื้นที่ อ.คลองใหญ่ จ.ตราด

เพื่อให้ ค.120 มม. มีขีดความสามารถในการเคลื่อนที่ได้รวดเร็วขึ้นและสามารถเข้าที่ตั้งยิงสนับสนุนให้กับหน่วยทหารราบเคลื่อนที่เร็วได้ทันเวลา มีขีดความสามารถในการยิงสนับสนุนสอดคล้องประสาน (Synchronization) ในการปฏิบัติการรบ และเพื่อความอยู่รอดในสนามรบ (Survivabiliry) ด้วยการถอนตัวจากที่ตั้งยิงด้วยความรวดเร็ว จึงพัฒนาเพื่อให้ได้รถยนต์บรรทุกขนาด 1 ตัน (4x4) มีฐานที่แข็งแรงรองรับการติดตั้ง ค.120 มม. และมีขาหยั่งติดกับฐานเพื่อรับแรงที่เกิดขึ้นจากการยิง ค.120 มม. ลงสู่พื้นดิน

จากการวิจัยและพัฒนาฐานยิงปืน ค.120 ติดตั้งบนรถยนต์ขนาด 1 ตัน (4x4) ซึ่งเป็นการออกแบบจากประสบการณ์ จากการยิงทดสอบครั้งแรก ณ สนามยิงทุ่งโปรง สพ.ทร. โดยใช้กระสุนจำนวน 8 นัด เริ่มทดสอบยิงจากส่วนบรรจุ 0 (บจ.0) ก่อนในนัดแรก และส่วนบรรจุที่สูงขึ้นไปในนัดต่อๆ ไป (ส่วนบรรจุ 2, 4, 6, และ 8) และเมื่อยิงกระสุนที่ส่วนบรรจุ 9 (นัดที่ 6, 7 และ 8) ซึ่งเป็นส่วนบรรจุสูงสุด จึงหยุดยิง เนื่องจากคานเหล็กเริ่มทรุดตัว เพื่อความปลอดภัยจึงยุติการยิงทดสอบ สรุปผลการทดสอบยิงขั้นต้น ไม่ผ่านเกณฑ์ โดยผู้วิจัยจะนำข้อมูลที่ได้จากการยิงทดสอบไปปรับปรุงแก้ไขในเรื่องความแข็งแรง การยืดหยุ่นของเหล็ก และโครงสร้างที่กระจายแรงลงสู่พื้นดินได้อย่างรวดเร็วในปริมาณมาก โดยสัมพันธ์กับทิศทางแรงกระทำที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อแก้ไขปัญหาการทรุดตัวของฐานยิงปืน ค.120 มม.ที่ติดตั้งบนรถยนต์ขนาด 1 ตัน ที่เกิดจากวัสดุขาดความแข็งแรง และโครงสร้างไม่สามารถกระจายแรงและถ่ายเทแรงได้ดี โดยการคัดสรรวัสดุ การออกแบบและจำลองผลทางคอมพิวเตอร์ (ไฟไนต์เอเลเมนต์) เพื่อสร้างฐานยิงปืน ค.120 มม. ให้สามารถรับแรงกระทำจากปืน ค.120 มม.ได้เป็นอย่างดี

## 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

ขอบเขตของงานวิจัยนี้คือ ศึกษาและวิเคราะห์การทรุดตัวของโครงสร้างฐานยิงปืน ค.120 มิลลิเมตร ศึกษาทิศทางการถ่ายแรงกระทำลงสู่พื้นดิน เพื่อสร้างฐานยิงปืน ค.120 มิลลิเมตร ที่ติดตั้งบนรถยนต์ขนาด 1 ตัน ให้สามารถรับแรงกระทำที่ส่วนบรรจุสูงสุดจากปืน ค.120 มม.ได้

## 1.4 ขั้นตอนการศึกษาและวิจัย

1. วิเคราะห์และตั้งสมมติฐานปัจจัยการเกิดปัญหาการทรุดตัวของฐานยิงปืน ค.120 มม.
2. แก้ไขปัญหาการทรุดตัวของฐานยิงปืน ค.120 มม. โดยปรับปรุงการออกแบบโครงสร้างฐานยิงปืน ค.120 มม. และคัดสรรวัสดุที่มีความเหมาะสม
3. การจำลองผลทางคอมพิวเตอร์ (ไฟไนต์เอเลเมนต์) เพื่อวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงสร้าง ตามข้อ 2.
4. สร้างฐานยิงปืน ค.120 มม. เพื่อติดตั้งบนรถยนต์ขนาด 1 ตัน
5. ทำการยิงทดสอบ
6. สรุปและวิเคราะห์ผลการวิจัย

## 1.5 ประโยชน์ของการวิจัย

1. ทราบถึงปัญหาการทรุดตัวของฐานยิงปืน ค.120 มม. ที่ติดตั้งบนรถยนต์ขนาด 1 ตัน
2. สามารถแก้ไขปัญหาการทรุดตัวของฐานยิงปืน ค.120 มม. ที่ติดตั้งบนรถยนต์ขนาด 1 ตัน
3. สามารถลดค่าใช้จ่าย และขั้นตอนการผลิตด้วยการจำลองทางคอมพิวเตอร์ (ไฟไนต์เอเลเมนต์)
4. ได้ฐานยิงปืน ค.120 มม.ที่ติดตั้งบนรถยนต์ขนาด 1 ตัน ที่สามารถรับแรงกระทำจากปืน ค.120 มม.ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2
# เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 บทนำ

เนื้อหาในบทนี้กล่าวถึงการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยของผู้วิจัย โดยสามารถแบ่งออกได้เป็นสองส่วนคือ 1. เทคโนโลยีการเคลื่อนย้ายปืน ค.โดยใช้รถบรรทุกที่มีการทำวิจัยและผลิตออกมาเพื่อการใช้งานจริง และ 2. งานวิจัยการออกแบบและทดสอบติดตั้งฐานยิงปืน ค.120 มม.บนรถยนต์ขนาด 1 ตัน ซึ่งมีการศึกษาการออกแบบและทดสอบติดตั้งโครงสร้างฐานยิงปืน ค. 120 มม. เพื่อให้ได้มาซึ่งรถบรรทุกเครื่องยิงลูกระเบิด ค.120 มม.ที่สามารถเคลื่อนที่ได้เร็วขึ้น โดยได้ทดสอบยิงจากลูกระเบิดจริงที่มีแรงระเบิดจากดินขับส่วนบรรจุต่ำสุดถึงส่วนบรรจุสูงสุดที่ 1,380 กก./ตร.ซม. (ส่วนบรรจุ 0,2,4,8,8,9) ซึ่งในกรณีดังกล่าว จะกล่าวถึงผลการทดสอบที่ไม่ผ่านการทดสอบที่ส่วนบรรจุ 9

## 2.2 เทคโนโลยีการเคลื่อนย้ายปืน ค. โดยใช้รถบรรทุก

เนื้อหาในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงเทคโนโลยีในการเคลื่อนย้ายปืน ค. ที่มีการผลิตและใช้ในต่างประเทศเพื่อแสดงให้เห็นถึงการพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านนี้ และเมื่อกล่าวถึงเทคโนโลยีดังกล่าวแล้วหัวข้อย่อยถัดไปจะเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้ายปืน ค. ในประเทศไทย โดยจะกล่าวถึงรูปแบบการเคลื่อนย้ายพร้อมด้วยเหตุผลและข้อจำกัดที่จำเป็นจะต้องมีการพัฒนาการเคลื่อนย้ายปืน ค. สำหรับกองทัพไทย

### 2.2.1 เทคโนโลยีการเคลื่อนย้ายปืน ค. ในต่างประเทศ

ปัจจุบันมีการคิดค้นการติดตั้งปืน ค. เคลื่อนที่เร็วบนรถยนต์หลายชนิดจากหลากหลายประเทศ เช่น EXPAL Company ของประเทศสเปน (ภาพที่ 2.1 ) ได้พัฒนาให้ ค.81 มิลลิเมตรหรือ ค.60 มิลลิเมตร ติดตั้งบนรถยนต์หุ้มเกราะ 4x4 ในชื่อ EXPAL EIMOS โดยทำให้สามารถเคลื่อนที่เข้าสู่ตำแหน่งยิงได้อย่างรวดเร็ว และลดการใช้กำลังพล (http:/survincity.com/2011/01/built-mortar-system-eimos-expal/)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ภาพที่ 2.1** EXPAK EIMOS รถยนต์หุ้มเกราะ 4x4 ติดตั้งปืน ค.81 มม.หรือ ค.60 มม. จากประเทศสเปน

ประเทศสิงคโปร์ โดยบริษัท ST Kinetics พัฒนา ค.120 อัตโนมัติซึ่งสามารถติดตั้งบนรถยนต์ทางทหาร (ภาพที่ 2.2 ) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในสนามรบ โดยสามารถยิงต่อเนื่องได้สูงสุดถึง 18 ครั้ง/นาที โดยใช้กำลังพลเพียง 3 คนเท่านั้น Singapore Technologies Kinetics 120 Super Rapid Advanced Mortar System ( SRAMS) on BAE Systems OMC RG- 31Mk 5 (http://www.stengg.com)

**ภาพที่ 2.2** รถยนต์หุ้มเกราะติดตั้ง ค.120 อัตโนมัติ จากประเทศสิงคโปร์

### 2.2.2 การเคลื่อนย้ายปืน ค. ที่ประจำการในกองทัพไทย

เนื่องจากกองทัพไทยมีปืน ค.120 มิลลิเมตรประจำการอยู่เป็นจำนวนมาก แต่ยังใช้วิธีการลากจูงอยู่ ปืน ค.120 มม. เป็นอาวุธที่ภายในลำกล้องเกลี้ยง ไม่มีเกลียวภายในลำกล้อง บรรจุกระสุนทางปากลำกล้อง ยิงได้ทีละนัด ยิงได้ 2 วิธี คือ วิธีปล่อยยิง (DROPFIRE) และยิงโดยวิธีลั่นไก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(TRIGGER) โดยการเปลี่ยนตำแหน่งการยิง ปืน ค.120 มม. แบบนี้ประกอบด้วยส่วนประกอบสำคัญ 3 ส่วน คือ ชุดลำกล้อง ขาหยั่ง และชุดฐานรับลำกล้องดังแสดงในภาพที่ 2.3 นอกจากนี้ยังมีรถรองปืนที่ใช้บรรทุกปืน ค. ดังแสดงในภาพที่ 2.4 โดยใช้รถยนต์บรรทุก ¼ ตัน แบบ M151A ในการลากจูง ดังแสดงในภาพที่ 2.5 เพื่อการเคลื่อนที่เข้าที่ตั้งยิงและเลิกตั้งยิง ซึ่งการปฏิบัติภารกิจ ทหารจำเป็นที่จะต้องทำการติดตั้งฐานปืน ค. ลงบนพื้น ดังแสดงในภาพที่ 2.3 เพื่อทำการยิง และทำการติดตั้งปืนกลับไปที่รถรองปืนในภาพที่ 2.4 เพื่อการเคลื่อนย้าย ส่งผลให้เกิดความล่าช้าในการเคลื่อนย้ายกำลังพล ซึ่งปัจจุบันทหารราบได้มีการพัฒนาเป็นทหารราบเคลื่อนที่เร็วโดยใช้รถหุ้มเกราะ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องพัฒนาอาวุธสนับสนุนให้เคลื่อนที่เร็วด้วย โดยหน่วยบัญชาการนาวิกโยธิน (นย.) กองทัพเรือจึงมีความต้องการพัฒนาอาวุธปืน ค.120 มม. ที่มีประจำการอยู่แล้วให้เคลื่อนที่เร็ว เพื่อเป็นการเสริมสร้างประสิทธิภาพให้กับหน่วยงาน

**ภาพที่ 2.3** ค.120 มิลลิเมตร ที่ประจำการอยู่ในกองทัพไทย

**ภาพที่ 2.4** รถรองปืนที่ใช้สำหรับลากจูง ค.120 มม. ที่ประจำการอยู่ในกองทัพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก) (ข)

**ภาพที่ 2.5** รถยนต์บรรทุก ¼ ตัน แบบ M151A ใช้ลากจูง ค.120 มม.

## 2.3 งานวิจัยการออกแบบและทดสอบติดตั้งฐานยิงปืน ค.120 มม. บนรถยนต์ขนาด 1 ตัน

จากข้อจำกัดในการเคลื่อนย้ายปืน ค. ดังได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 2.1.2 ทำให้ผู้วิจัย ได้ทำการออกแบบ สร้างและทดสอบฐานยิงปืน ค. 120 มม. บนรถยนต์ขนาด 1 ตัน โดยการออกแบบจะต้องสามารถบรรทุกชุดลำกล้องของปืนซึ่งหนัก 95 กิโลกรัมและขาหยั่งหนัก 80 กิโลกรัม โดยขาหยั่งทำหน้าที่ในการถ่ายเทแรงกระแทกจากกระบอกปืนขณะทำการยิง ลงสู่พื้นดิน ส่งผลให้น้ำหนักสุทธิของชุดฐานยิงปืน ค. มีค่าเทากับ 175 กิโลกรัม โดยฐานรับลำกล้องของปืน ค. นั้นได้รับการออกแบบขึ้นมาใหม่เพื่อให้เกิดการกระจายแรงไปสู่ขาหยั่งทั้ง 4 ขา โดยในรายละเอียด ข้อมูลของปืน และการออกแบบฐานได้ถูกนำเสนอโดยเริ่มตั้งแต่การหาข้อมูลจนถึงการประกอบติดตั้งฐานยิงปืน ค. 120 มม. ในหัวข้อย่อยต่อไปนี้

### 2.3.1 การศึกษาคุณสมบัติทางเทคนิค

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลคุณสมบัติทางเทคนิคของปืน ค.120 มม. (ภาคผนวก) และคุณสมบัติทางเทคนิคของรถยนต์ขนาด 1 ตัน ซึ่งเป็นรถยนต์ทางทหาร รยบ. ขนาดเบา 4x4 แบบ 50 [ 1 ] ดังแสดงในตารางที่ 2.1 ถึง 2.2

**ตารางที่ 2.1** คุณลักษณะและขีดความสามารถของปืน ค.120 มิลลิเมตร

| **คุณลักษณะและขีดความสามารถของปืน ค.120 มิลลิเมตร** | |
|---|---|
| 1. ขนาด | |
| 1.1 ความกว้างปากลำกล้อง | 120 มิลลิเมตร |
| 1.2 ความยาวลำกล้องรวมเครื่องปิดท้าย | 1.913 เมตร |
| 1.3 เส้นผ่าศูนย์กลางฐานรับลำกล้อง | 1.1 เมตร |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.1** (ต่อ)

| คุณลักษณะและขีดความสามารถของปืน ค.120 มิลลิเมตร | |
|---|---|
| 2. น้ำหนัก | |
| 2.1 ชุดลำกล้องรวมเครื่องปิดท้าย | 95 กิโลกรัม |
| 2.2 ชุดขาหยั่ง | 80 กิโลกรัม |
| 2.3 ชุดฐานรับลำกล้อง | 110 กิโลกรัม |
| 2.4 น้ำหนักรวมทั้งกระบอก | 285 กิโลกรัม |
| 3. ขีดความสามารถ | |
| 3.1 ระยะยิงไกลสุด (ลบ./ค.M293) | 6,500 เมตร |
| 3.2 อัตรายิงสูงสุด | 10 นัด/นาที |
| 3.3 อัตรายิงต่อเนื่อง | 5 นัด/นาที |
| 4. แรงที่กระทำต่อฐานยิงที่ บจ.สูงสุด | 1,380 กก./ตร.ซม. |

**ตารางที่ 2.2** ข้อมูลทางเทคนิครถยนต์ขนาด 1 ตัน

| ข้อมูลทางเทคนิครถยนต์ขนาด 1 ตัน | |
|---|---|
| **รายการ** | **แบบ PTI-6** |
| เครื่องยนต์ | 4 สูบแถวเรียง DOHC 16 วาล์ว VN Turbo intercooler Diesel 3,000 CC. |
| กำลังสูงสุด | 163 hp (120 KW) @ 3400 rpm |
| ชนิดของเกียร์ | Manual |
| Speed Fwd/Rev | 5/1 w/selective 4 wd |
| ระบบกันสะเทือน | อิสระ แบบปีกนกสองชั้น พร้อมคอยล์สปริงหลังเป็นแบบแหนบแผ่นซ้อนพร้อมโช๊คอัพไขว้ |
| ความเร็วสูงสุด | 120 กม./ชม. |
| รัศมีวงเลี้ยวแคบสุด | 6.2 เมตร |
| ขนาดยาง | 50.7x16 |
| ระบบไฟฟ้า | 12V/24V batteries |
| น้ำหนักบรรทุก | 1,000 กก. |
| ระยะลุยน้ำลึก | 600 มิลลิเมตร |

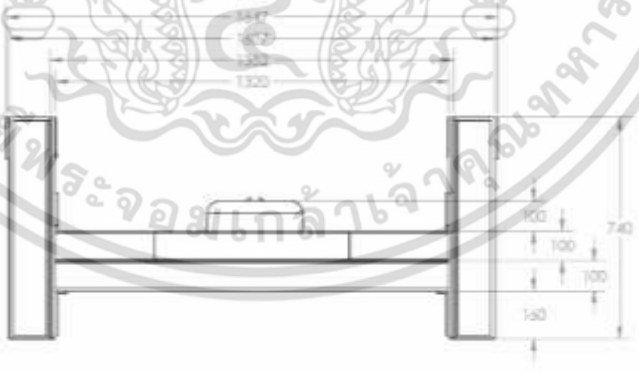
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.2** (ต่อ)

| ข้อมูลทางเทคนิครถยนต์ขนาด 1 ตัน | |
|---|---|
| **รายการ** | **แบบ PTI-6** |
| ความยาวรวม | 4,790 มิลลิเมตร |
| ความกว้างตัวรถ | 1,975 มิลลิเมตร |
| ระยะช่วงล้อหน้าหลัง | 3,100 มิลลิเมตร |
| ระยะความกว้างช่วงล้อ | 1,540 มิลลิเมตร |
| ระยะต่ำสุดของรถ | 235 มิลลิเมตร |
| ระบบขับเคลื่อน | 4x4 / 4x2 |

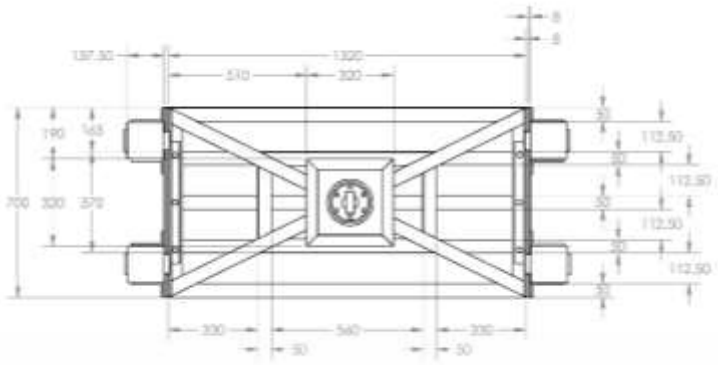
### 2.3.2 การออกแบบโครงสร้างและการถ่ายเทแรงของฐานยิงปืน ค.120 มม.

ในการออกแบบรูปร่างของโครงสร้างของฐานยิงปืน ค. 120 มม. ได้ถูกแสดงไว้ในภาพที่ 2.6 และภาพที่ 2.7 และขาหยั่งสำหรับถ่ายเทแรงไปสู่พื้นดินมีโครงสร้างดังแสดงในภาพที่ 2.8 โดยการออกแบบดังกล่าวเป็นการออกแบบโดยอาศัยประสบการณ์ ซึ่งเมื่อนำโครงสร้างทั้งสองมาประกอบร่วมกันจะได้รูปแบบดังแสดงในภาพที่ 2.9 โดยมีลักษณะการกระจายแรงตามแนวลูกศรสีแดงดังแสดงในภาพดังกล่าว โครงสร้างของฐานยิงและขาหยั่งที่ได้รับการออกแบบนี้ ได้ถูกสร้างขึ้นโดยอาศัยเหล็กชั้นคุณภาพ SS400 ซึ่งเป็นนโยบายของหน่วยบัญชาการนาวิกโยธิน กองทัพเรือ ซึ่งเป็นผู้ร่วมวิจัยต้องการใช้วัสดุภายในประเทศที่สามารถหาซื้อได้ทั่วไปและราคาไม่แพงมาเป็นวัสดุหลักในการสร้าง

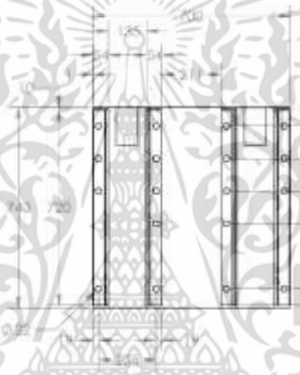


**ภาพที่ 2.6** มุมมองด้านข้างโครงสร้างฐานยิงปืน ค.120 มม.

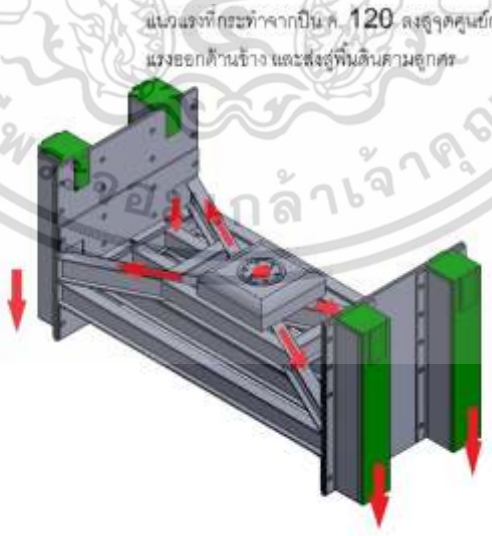
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**ภาพที่ 2.7** มุมมองด้านบนของโครงสร้างฐานยิงปืน ค.120 มม.



**ภาพที่ 2.8** การออกแบบขาหยั่ง (Landing Leg) ของฐานยิงปืน ค.120 มม.




**ภาพที่ 2.9** การถ่ายเทแรงของฐานยิงปืน ค.120 มม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3.3 การสร้างฐานยิงปืน ค.120 มม.

ภายหลังทำการออกแบบโครงสร้างแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือทำการสร้างฐานยิงปืน ค.120 โดยมีขั้นตอนการสร้างออกได้เป็น 3 ขั้นตอนหลัก ได้แก่

1. ขั้นตอนการขึ้นรูปโครงสร้างฐานยิงปืน ค. ดังแสดงในภาพที่ 2.10 ถึง ภาพที่ 2.11
2. ขั้นตอนการประกอบโครงสร้างฐานยิงดังแสดงในภาพที่ 2.12 ถึง ภาพที่ 2.13
3. ขั้นตอนการติดตั้งขาหยั่งและฐานยิงบนรถยนต์ขนาด 1 ตัน ดังแสดงในภาพที่ 2.14 และ ภาพที่ 2.15

**ภาพที่ 2.10** ขั้นตอนการตัดเหล็ก I-beam ชั้นคุณภาพ SS400

(ก)

(ข)

(ค)

**ภาพที่ 2.11** การขึ้นรูปโครงสร้างในขั้นตอนต่างๆ (ก) ขั้นตอนการขึ้นรูปโครงขอบของฐานยิง (ข) ขั้นตอนการเสริมความแข็งแรง (ค) ขั้นตอนการเชื่อมโครงค้ำยันเพื่อสร้างความแข็งแรงให้แก่โครงสร้างในแนวดิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ภาพที่ 2.12** ขั้นตอนการนำโครงสร้างที่ได้มาทดสอบติดตั้งบนรถยนต์เพื่อกำหนดระยะของขาหยั่ง

**ภาพที่ 2.13** ขั้นตอนการเชื่อมประกอบโครงสร้างฐานยิงเป็นชิ้นเดียวและเจียรตกแต่ง

**ภาพที่ 2.14** ขั้นตอนการติดตั้งขาหยั่งเข้ากับตัวรถยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ภาพที่ 2.15** ขั้นตอนการนำโครงสร้างฐานยิงที่ทำสีเรียบร้อยติดตั้งบนรถยนต์ขนาด 1 ตัน

เมื่อขั้นตอนต่างๆ เสร็จสิ้น จะได้รถบรรทุกปืน ค .120 มม. ดังแสดงในภาพที่ 2.16

**ภาพที่ 2.16** รถยนต์ขนาด 1 ตันที่ติดตั้งฐานยิงปืน ค.120 มม. เรียบร้อยแล้ว

### 2.3.4 การทดสอบและผลการทดสอบ

จากการทดสอบยิงที่สนามทดสอบยิงอาวุธหาดยาว ทุ่งโปรง โดยใช้กระสุน ค. จำนวน 8 นัด โดยเริ่มยิงจากส่วนบรรจุ 0, 2, 4, 6, 8, และ 9 (ส่วนบรรจุสูงสุด) โดยมีขั้นตอนการทดสอบ ดังที่แสดงไว้ในภาพที่ 2.17 ถึง ภาพที่ 2.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ภาพที่ 2.17** การเตรียมการทดสอบโดยทำการตั้งขาหยั่งเพื่อถ่ายแรงที่กระทำของปืน ค.120 มม. ลงสู่พื้นดิน

**ภาพที่ 2.18** การบรรจุลูกระเบิดลงภายในลำกล้องปืน ค 120.มม .

**ภาพที่ 2.19** การลั่นไกยิงด้วยวิธีดึงเชือกลั่นไก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 2.3 พบว่า เมื่อทำการยิงทดสอบนัดที่ 6 (บจ.9) ฐานยิงเริ่มมีอาการทรุดตัวเล็กน้อย ดังที่แสดงไว้ในภาพที่ 2.20 และเมื่อยิง บจ.9 นัดที่ 2 ฐานยิงเริ่มมีการทรุดตัวมากขึ้น จึงหยุดการทดสอบ

**ตารางที่ 2.3** ผลการยิงทดสอบปืน ค.120 มม.ที่ติดตั้งบนรถยนต์ขนาด 1 ตัน

| นัดที่ | ส่วนบรรจุ | ความเร็วต้น (วินาที/เมตร) | ระยะยิงไกลสุด (เมตร) | ผลการทดสอบ |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 112 ± 3 | 1,140 | ผ่าน |
| 2 | 2 | 177 ± 3 | 2,700 | ผ่าน |
| 3 | 4 | 226 ± 3 | 3,975 | ผ่าน |
| 4 | 6 | 268 ± 3 | 5,100 | ผ่าน |
| 5 | 8 | 307 ± 3 | 6,100 | ผ่าน |
| 6 | 9 | 322 ± 3 | 6,500 | ไม่ผ่าน |
| 7 | 9 | 322 ± 3 | 6,500 | ไม่ผ่าน |
| 8 | 9 | 322 ± 3 | 6,500 | หยุดการทดสอบ |

**ภาพที่ 2.20** การทรุดตัวของฐานยิงเมื่อทำการยิง บจ. 9 นัดที่ 1

### 2.3.5 ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการใช้ฐานยิงแบบเดิม

ภายหลังทำการทดสอบยิงแล้ว ทางผู้วิจัยได้ทำการถอดโครงสร้างของฐานยิงออกจากตัวรถบรรทุก 1 ตัน เพื่อทำการตรวจสอบความเสียหายที่เกิดขึ้นดังแสดงในภาพที่ 2.21 ซึ่งจากผลการตรวจสอบพบว่าเกิดการทรุดตัวของโครงสร้างของฐานยิง ดังแสดงในภาพที่ 2.22 และระหว่างการทดสอบพบว่า ในขณะที่ทำการทดสอบยิงนั้น รถยนต์มีการเคลื่อนตัวไปข้างหน้าอันเนื่องมากจากแรงกระแทกจากกระบอกปืนไม่ได้รับการถ่ายเทลงสู่พื้นอย่างสมบูรณ์ ซึ่งส่งผลให้เกิดการเสียรูปในบริเวณขอบนอกของฐานยิงด้านหน้าดังแสดงในภาพที่ 2.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ภาพที่ 2.21** การถอดโครงสร้างฐานยิงปืน ค.120 มม. เพื่อตรวจสอบการทรุดตัว

**ภาพที่ 2.22** ผลจาการยิงทดสอบแสดงการทรุดตัวของฐานยิงในแนวทแยงคานรับแรงของฐานรองปลายท้ายกระบอกปืน ค.120 มม.

**ภาพที่ 2.23** ภาพขยายแสดงการทรุดตัวของฐานยิงในแนวทแยงคานรับแรงของฐานรองปลายท้ายกระบอกปืน ค.120 มม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3.6 การตั้งสมมติฐานปัจจัยที่ทำให้เกิดการทรุดตัวของฐานยิงปืน ค.120 มม.

ภายหลังทำการทดสอบยิงและพบปัญหาการทรุดตัวของโครงสร้าง ทางผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานว่า ปัจจัยที่ทำให้เกิดการทรุดตัวของฐานยิงสามารถจำแนกออกได้เป็น 2 ปัจจัย ได้แก่

1. การออกแบบฐานยิงมีการกระจายแรงที่ไม่สมบูรณ์ การกระจายแรงที่เกิดจากการยิงของโครงสร้างฐานยิงไม่สัมพันธ์กับทิศทางแรง เนื่องจากขาหยั่งทำมุมฉากกับพื้น แต่แรงกระทำมีทิศทางแนวเฉียงซึ่งเป็นแนวเดียวกับลำกล้องปืน ค.120 มม.
2. วัสดุ (เหล็ก) ที่ใช้ทำฐานยิงเป็นเหล็กชั้นคุณภาพ SS400 ซึ่งเป็นเหล็กใช้ทำโครงสร้างธรรมดาความแข็งแรงน้อย ไม่มีการเติมธาตุเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติทางกลของเหล็ก

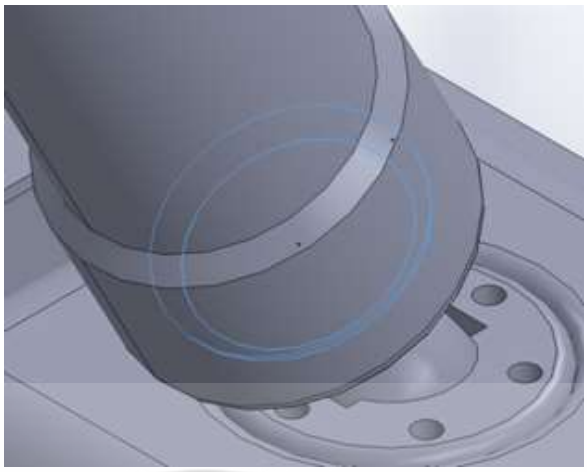
### 2.3.7 การจำลองทางคอมพิวเตอร์ด้วยวิธีไฟไนต์เอเลเมนต์เพื่อยืนยันสมมติฐาน

เพื่อเป็นการยืนยันสมมติฐานดังกล่าว ทางผู้วิจัยจึงทำการจำลองทางคอมพิวเตอร์ (ไฟไนท์เอเลเมนต์) โดยกำหนดค่าคุณลักษณะของฐานยิงปืน ค.120 มม. และคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้สร้างฐานยิง ดังนี้

1. คุณลักษณะของฐานยิงปืน ค.120 มม.
   น้ำหนัก 919.127 กก.
   ปริมาตร 0.116967 ลบ.ม.
2. คุณสมบัติทางกลของวัสดุที่ใช้สร้างฐาน (เหล็กชั้นคุณภาพ SS400)
   Yield Strength 282 MPa
   Tensile Strength 425 MPa

โดยนำแบบที่ได้จากการเขียนแบบด้วยโปรแกรม Solid work มาทำการจำลองภาระที่กระทำลงบนหน้าของฐานปืน ดังแสดงในภาพที่ 2.24 ด้วย Pressure ขนาด 1,380 Kg./$cm^2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

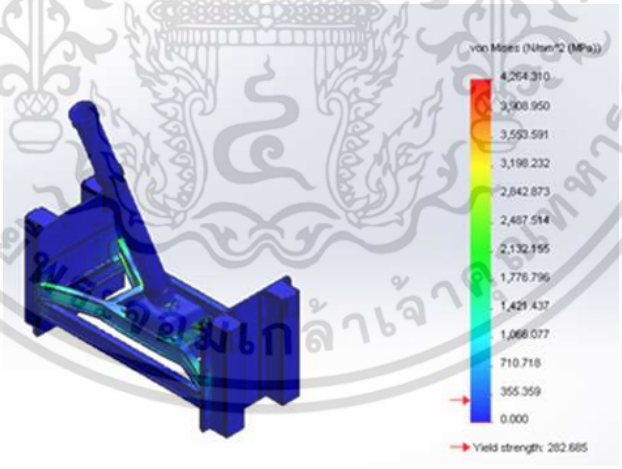


**ภาพที่ 2.24** แสดงภาระที่กระทำลงบนหน้าของฐานปืน ค.120 มม. (ในวงกลมสีน้ำเงิน)

### 2.3.8 ผลการจำลองทางคอมพิวเตอร์

ในส่วนของการจำลองทางคอมพิวเตอร์ได้จำแนกผลออกเป็น 2 ประเภทได้แก่ ค่าความเค้น และค่าความเครียด ณ ตำแหน่งต่างๆ ของโครงสร้าง

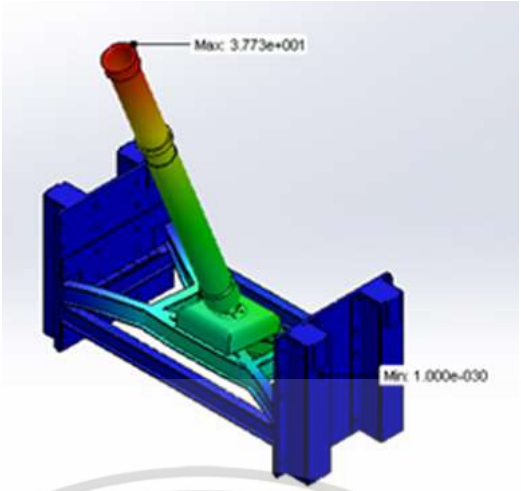
1. ค่าความเค้น (Stress) ดังแสดงในภาพที่ 2.25
   ค่าความเค้นต่ำที่สุด 1.0763 MPa ที่โหนด 115695
   ค่าความเค้นสูงที่สุด 4264.31 MPa ที่โหนด 94199




**ภาพที่ 2.25** ผลการจำลองทางคอมพิวเตอร์ แสดงค่าความเค้นที่เกิดขึ้นบนโครงสร้างฐานยิงปืน ค. 120 มม.

2. ค่าความเครียด (Strain) ดังแสดงในภาพที่ 2.26
   ค่าความเครียดต่ำสุดที่โหนด 2558 ยุบ 0 มม.
   ค่าความเครียดสูงสุดที่โหนด 1492 ยุบ 37.72 มม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**ภาพที่ 2.26** ผลการจำลองทางคอมพิวเตอร์แสดงค่าความเครียดเมื่อมีแรงกระทำบนโครงสร้างฐานยิงปืน ค.120 มม.

จากผลการจำลองทางคอมพิวเตอร์พบว่า วัสดุที่ใช้ทำฐานยิงปืน ค. 120 มม. ซึ่งมีค่า Yield Strength ที่ 245 MPa มีค่าต่ำกว่าค่าความเค้นสูงสุด (4264.31 MPa) ที่กระทำบนฐานยิงปืน ค.120 มม. และพบว่าค่าความเครียดสูงในตำแหน่งที่เกิดการยุบตัวของโครงสร้างภายใต้การทดสอบจริง ซึ่งพบว่าผลการจำลองที่ได้มีความสอดคล้องกับผลการยิงทดสอบจริงได้แสดงไว้ในภาพที่ 2.22 ถึง 2.23 ซึ่งเป็นการยืนยันสมมติฐานว่า โครงสร้างและวัสดุไม่สามารถรับแรงกระทำจากปืน ค. ได้ จึงนำไปสู่การออกแบบโครงสร้าง และการคัดสรรวัสดุที่เหมาะสมต่อการสร้างฐานยิงปืน ค. ที่เหมาะสมต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3
# การแก้ไขปัญหาการทรุดตัวของโครงสร้างฐานยิงปืน ค.120 มม.

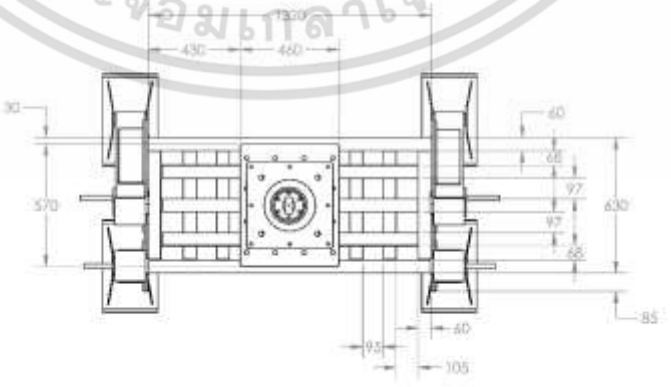
## 3.1 บทนำ

จากที่ได้ตั้งสมมติฐานในข้อที่ 2.3.6 ถึงปัจจัยที่ทำให้เกิดการทรุดตัวของฐานยิงปืน ค.120 มม. ไว้ คือ 1. เกิดจากการออกแบบฐานยิงมีการกระจายแรงที่ไม่สมบูรณ์ 2. เกิดจากวัสดุที่ใช้ทำฐานยิงเป็นเหล็กชั้นคุณภาพ SS400 ซึ่งมีค่าความเค้นวิกฤตก่อนครากต่ำ โดยเนื้อหาในบทนี้กล่าวถึงการออกแบบโครงสร้างฐานยิง การคัดสรรวัสดุ เพื่อทำการจำลองทางคอมพิวเตอร์ จนถึงการสร้างฐานยิงปืน ค.120 มม.

## 3.2 การออกแบบโครงสร้างของฐานยิงปืน ค.120 มม.

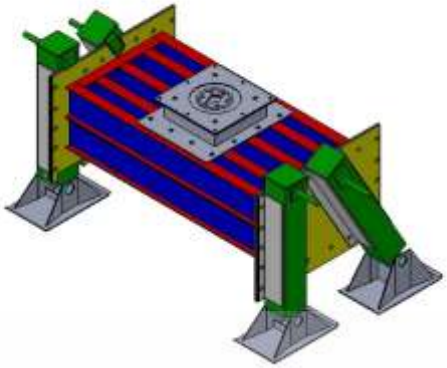
จากผลการยิงทดสอบจริงในครั้งแรก พบว่าปัจจัยที่ทำให้ฐานยิงปืน ค.120 มม.ทรุดตัวลงจากแรงกระแทกของปืน ค.120 มม. เกิดจากการออกแบบฐานยิงมีการกระจายแรงที่ไม่สมบูรณ์ ในขณะยิงทดสอบจริงพบว่าการตั้งปืน ค.120 มม.ทำมุม 60 องศา พบว่ารถยนต์มีการเคลื่อนที่ไปด้านหน้าเนื่องจากแนวแรงทำมุมเฉียงกระทำบนฐานยิง เป็นแนวเดียวกับลำกล้องปืน ค.120 มม. และขณะที่มีแรงกระแทกของปืน ค.120 มม.กระทำต่อฐานยิงบนจุดศูนย์กลางและกระจายแรงออกด้านข้างสู่ฐานยิง การออกแบบในครั้งแรงพบว่าโครงสร้างบริเวณขอบฐานยิงไม่มีความแข็งแรง

จากความเข้าในในพฤติกรรมการถ่ายเทแรงในการออกแบบครั้งแรก นำไปสู่การออกแบบใหม่เพื่อให้โครงสร้างสามารถกระจายแรงจากการยิงได้ดีขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 3.1 ถึง 3.2 และขาหยั่งด้านหน้าจะทำมุมเอียงตามแนวลำกล้องปืน ค.120 มม. เพื่อรับแรงจากการยิง ดังแสดงในภาพที่ 3.3



**ภาพที่ 3.1** มุมมองด้านบนของโครงสร้างฐานยิงปืน ค.120 มม. ที่นำเสนอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**ภาพที่ 3.2** มุมมอง 3 มิติ โครงสร้างฐานยิงปืน ค.120 มม. ที่นำเสนอ

**ภาพที่ 3.3** มุมมองด้านข้างของขาหยั่ง ที่ได้รับการออกแบบให้สัมพันธ์กับแนวลำกล้องปืน ค. 120 มม.

## 3.3 การคัดสรรวัสดุสำหรับการสร้างฐานยิงปืน ค 120 มม.

จากการวิเคราะห์ปัจจัยที่ทำให้เกิดการทรุดตัวของฐานยิงปืน ค.120 มม. ดังที่ได้กล่าวในข้อ 2.3.6 ปัจจัยข้อที่สองเกิดจากวัสดุ เหล็กชั้นคุณภาพ SS400 ที่ใช้ทำฐานยิงปืน ค.120 มม.มีค่าความเค้นวิกฤตก่อนคราก(Yield Strength) ที่ต่ำ ดังผลการจำลองการทดลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (ไฟไนต์เอเลเมนต์) ที่กล่าวแล้วในข้อ 2.3.7 จึงทำการคัดสรรวัสดุชนิดใหม่ โดยศึกษาชนิดของเหล็กชนิดต่างๆ มุ่งเน้นหาวัสดุที่มีค่าความเค้นวิกฤติก่อนคราก ที่สูงขึ้น

เหล็กกล้า (Steel) โดยสามารถแบ่งเหล็กกล้าได้ตามส่วนผสมของคาร์บอนได้ดังนี้ [2]

1. เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ (Low Carbon Steel) มีคาร์บอนผสมอยู่ไม่เกิน 0.3 เปอร์เซ็นต์ เป็นเหล็กที่ใช้กันอยู่ทั่วไปในท้องตลาด สามารถเชื่อม ตัด กลึงได้ง่าย ปั๊มขึ้นรูปหรือพับงอได้ไม่แตกง่าย และสามารถเชื่อมได้ดี หาง่าย และราคาไม่แพง มักนำไปใช้ในงานประเภทตัวถังรถยนต์ เหล็กโครงสร้างอาคาร เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง (Medium Carbon Steel) มีคาร์บอนผสมอยู่ประมาณ 0.3-0.6 เปอร์เซ็นต์ สามารถแปรรูปได้ง่าย มีความเค้นแรงดึง สามารถชุบผิวให้แข็งได้ มักนำไปใช้ในงานประเภทอะไหล่รถยนต์ เช่น ก้านสูบ เกียร์ เฟือง เป็นต้น

3. เหล็กกล้าคาร์บอนสูง (High Carbon Steel) มีคาร์บอนผสมอยู่ประมาณ 0.6-1.2 เปอร์เซ็นต์คาร์บอน เป็นเหล็กประเภทที่มีความแข็งแรงสูง ชุบแข็งได้ดี แต่เปราะหักง่าย มักนำไปใช้ในงานทำเครื่องมือ เช่น ใบมีด กลึง ใบตัด เหล็กสกัด เหล็กตัดเจาะ ตะไบ เป็นต้น

ในปัจจุบันมีการพัฒนาเหล็กจะนิยมเติมธาตุต่างๆ ไปในเหล็กในอัตราส่วนที่เหมาะสมโดยมีวัตถุประสงค์หลายประการ เช่น เพื่อให้สามารถทนต่อแรงกระแทกได้สูง เพื่อเพิ่มความแข็งแรงในการรับภาระ เพิ่มคุณสมบัติทางทางกล ตลอดจนการควบคุมองค์ประกอบซึ่งมีผลต่อความสามารถในการชุบแข็ง และเพิ่มความเหนียว เป็นต้น ดังตารางที่ 3.1 ซึ่งจะแสดงผลของธาตุที่ใช้เป็นส่วนผสมในเหล็ก

**ตารางที่ 3.1** อิทธิพลของธาตุที่ผสมในเหล็กกล้า [3]

| ธาตุที่ใช้ผสม | คุณสมบัติที่เพิ่มขึ้น | คุณสมบัติที่ลดลง |
|---|---|---|
| คาร์บอน C | ความสามารถในการชุบแข็ง ความแข็ง ความแข็งแรง | จุดหลอมตัว ความเหนียว การยืดตัว การเชื่อม การตีขึ้นรูป |
| ซิลิคอน Sl | อัตราการยืดตัว ความแข็งแรง ชุบแข็งได้ดี ทนต่อการกัดกร่อน ทำให้กราไฟต์แตกตัวเหล็กที่หลอมละลายได้ดีขึ้น | การเชื่อม การกลึง |
| ฟอสฟอรัส P | ทำให้น้ำโลหะใสๆ ไหลได้ดีและไม่หดตัวมาก เพิ่มความแข็งแรงเมื่ออุณหภูมิสูง | การยืดตัว ความเหนียว หรือการทนต่อแรงกระแทก |
| ซัลเฟอร์ S | ทนต่อแรงกระแทก | ทำให้น้ำโลหะข้น เปราะเมื่ออุณหภูมิสูง |
| แมงกานีส Mn | ทนต่อแรงกระแทก ทนต่อการสึกหรอ มีความแข็งแรง | ผ่านงาน Cutting ได้ง่าย |
| นิเกิล Ni | ความเหนียว ความแข็งแรง คงทนต่อการกัดกร่อน ความต้านทานไฟฟ้า ทนความร้อน ชุบแข็งได้ง่าย | ขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน |
| โครเมี่ยม Cr | ความแข็ง ความแข็งแรง คงทนต่อความร้อน คงความแข็ง ณ อุณหภูมิสูง ทนการกัดกร่อน | อัตราการขยายตัว |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 3.1** (ต่อ)

| ธาตุที่ใช้ผสม | คุณสมบัติที่เพิ่มขึ้น | คุณสมบัติที่ลดลง |
|---|---|---|
| วาเนเดียม V | การคงทนต่อการล้าตัว ความแข็ง ความเหนียว แข็งแรงเมื่ออุณหภูมิสูง | อัตราการขยายตัวและคุณสมบัติในการตีขึ้นรูป |
| โมลิบดินัม Mo | ความแข็ง การทนต่อการล้าตัว แข็งแรงเมื่ออุณหภูมิสูง | อัตราการขยายตัวและคุณสมบัติในการตีขึ้นรูป |
| โคบอล Co | ความแข็ง รักษาความคมได้นาน | ความเหนียว ความไวต่อการถูกเผาร้อนจัดเกินควร |
| ทังสะเตน W | ความแข็ง ความแข็งแรงทนต่อการกัดกร่อน คงความแข็งที่อุณหภูมิสูง รักษาความคมได้นาน | อัตราการขยายตัว |

เมื่อพิจารณาคุณสมบัติทางเคมีของเหล็กชั้นคุณภาพ SS400 ซึ่งเป็นวัสดุเดิมที่ใช้ในการสร้างฐานยิงปืน ค.120 มม. พบว่าเป็นเหล็กที่มีการผสมธาตุเพื่อปรับคุณสมบัติเพียง 2 ชนิดเท่านั้น ดังแสดงในตารางที่ 3.2 และมีคุณสมบัติทางกลต่ำ มีค่าความเค้นวิกฤตก่อนคราก (Yield Strength) เพียง 245 MPa ดังแสดงในตารางที่ 3.3

**ตารางที่ 3.2** คุณสมบัติของเหล็กชั้นคุณภาพ SS400 ด้วยค่าทางเคมี (ภาคผนวก)

| STEEL GRADE | CHEMICAL COMPOSITION (%) | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | C | P | Mn | Si | S | Cr | Mo | B | CE(IIW) | PCM | Ni |
| SS400 | - | 0.050 | - | - | 0.050 | - | - | - | - | - | - |

**ตารางที่ 3.3** แสดงคุณสมบัติของเหล็กชั้นคุณภาพ SS400 ด้วยคุณสมบัติทางกล (ภาคผนวก)

| STEEL GRADE | MECHANICAL PROPERTIES | | |
|---|---|---|---|
| | YIELD STRENGTH (MPa) | TENSILE STRENGTH (MPa) | ELONGATION MIN % |
| SS400 | 235-245 | 400-510 | 10 |

เมื่อได้วิเคราะห์ข้อมูลคุณสมบัติของเหล็กชั้นคุณภาพ SS400 ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหาการทรุดตัวของฐานยิงปืน ค.120 มม. แล้วจึงเลือกวัสดุชนิดใหม่ซึ่งเป็นวัสดุที่มีใช้ในอุตสาหกรรมประกอบรถยนต์กันกระสุนของผู้วิจัย นำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งเป็นเหล็กกล้าผสม (Alloy Steel) ที่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การผสมธาตุมากกว่า 2 ธาตุขึ้นไป เช่น คาร์บอน (C) แมงกานีส (Mn) โครเมี่ยม (Cr) ซัลเฟอร์ (S) ฟอสฟอรัส (P) ซิลิคอน (Si) เพื่อช่วยปรับคุณสมบัติเหล็กกล้าผสมให้เหมาะกับประเภทการใช้งาน โดยนำมาวิเคราะห์ 2 ชนิดคือ เหล็กชั้นคุณภาพ ARMOX 500t ผลิตโดย SSAB ประเทศสวีเดน และเหล็กชั้นคุณภาพ BISPLATE ®500 ผลิตโดย Bisalloy ประเทศออสเตรเลีย ซึ่งมีส่วนประกอบทางเคมี (Chemical Composition) และคุณสมบัติทางกล (Mechanical Property) ดังตารางที่ 3.3 และ 3.4

**ตารางที่ 3.4** เปรียบเทียบคุณสมบัติของเหล็กด้วยค่าทางเคมี (ภาคผนวก)

| GRADE | CHEMICAL COMPOSITION (%) | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | C | P | Mn | Si | S | Cr | Mo | B | CE(IIW) | PCM | Ni |
| ARMOX 500t | 0.32 | 0.015 | 1.2 | 0.4 | 0.010 | 1.0 | 0.7 | 0.005 | - | - | 1.8 |
| BISPLATE ®500 | 0.29 | 0.015 | 0.3 | 0.3 | 0.003 | 1 | 0.25 | 0.001 | 0.61 | 0.4 | - |

**ตารางที่ 3.5** เปรียบเทียบคุณสมบัติของเหล็กด้วยคุณสมบัติทางกล (ภาคผนวก)

| STEEL GRADE | MECHANICAL PROPERTIES | | |
|---|---|---|---|
| | YIELD STRENGTH(Mpa) | TENSILE STRENGTH(Mpa) | ELONGATION MIN% |
| ARMOX 500t | 1250 | 1450-1750 | 8-10 |
| BISPLATE®500 | 1400 | 1640 | 17-21 |

### 3.3.1 การวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี

จากการวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์ (S) ในวัสดุทั้ง 2 ชนิด ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญที่ทำให้วัสดุมีความเปราะ จากตารางที่ 3.3 พบว่า เหล็กชั้นคุณภาพ ARMOX 500t มีกำมะถันเป็นส่วนประกอบในปริมาณ 0.010% ส่วนเหล็กชั้นคุณภาพ BISPLATE ®500 มีกำมะถันเป็นส่วนประกอบในปริมาณที่น้อยกว่าคือ 0.003%

และเมื่อวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอน (C) ในวัสดุทั้ง 2 ชนิด ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่ทำให้วัสดุมีความแข็ง แต่หากมีมากก็จะทำให้เปราะ และเชื่อมยาก จากตารางที่ 3.3 พบว่า เหล็กชั้นคุณภาพ ARMOX 500t มีคาร์บอนเป็นส่วนประกอบในปริมาณ 0.32% ส่วนเหล็กชั้นคุณภาพ BISPLATE ®500 มีคาร์บอนเป็นส่วนประกอบในปริมาณที่น้อยกว่าคือ 0.29% ส่งผลให้ ARMOX 500t มีความแข็งสูงและเปราะง่ายกว่าเหล็กชั้นคุณภาพ BISPLATE ®500

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกล

จากการวิเคราะห์ค่าความเค้นก่อนครากของวัสดุ (Yield Strength) พบว่าเหล็กชั้นคุณภาพ ARMOX 500t มีค่าความเค้นก่อนครากของวัสดุ ที่ 1,250 MPa ส่วนเหล็กชั้นคุณภาพ BISPLATE ®500 มีค่าความเค้นก่อนครากของวัสดุ ที่มากกว่าคือ 1,400 MPa

แสดงให้เห็นว่าเหล็กชั้นคุณภาพ BISPLATE ®500 มีส่วนประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกลที่เหมาะสมมากกว่า ผู้วิจัยจึงเลือกวัสดุเหล็กชั้นคุณภาพ BISPLATE ®500 เพื่อทำกำหนดค่าวัสดุในการจำลองการทดลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (ไฟไนต์เอเลเมนต์) ต่อไป

### 3.3.3 การวิเคราะห์ต้นทุนที่เพิ่มขึ้นของฐานยิงปืน ค.120 มม. ที่ได้รับการปรับปรุง

การปรับปรุงการออกแบบโครงสร้างและการคัดสรรวัสดุชนิดใหม่ ให้มีความแข็งแรงและสามารถรับแรงได้ดี ซึ่งเหล็กชั้นคุณภาพ BISPLAT®500 สามารถจัดซื้อได้ภายในประเทศ อีกทั้งยังเปลี่ยนวัสดุเพียงบางส่วนเท่านั้น สามารถแสดงเป็นรายละเอียดด้านการเงินได้ดังนี้

โครงสร้างฐานยิงปืน ค.120 มม. แบบเดิมใช้เหล็กชั้นคุณภาพ SS400 จำนวน 322.89 กิโลกรัม คิดเป็นเงิน 7,142.33 บาท

โครงสร้างฐานยิงปืน ค.120 มม. แบบใหม่ใช้เหล็กชั้นคุณภาพ BISPLATE®500 จำนวน 219.56 กิโลกรัม และเหล็กชั้นคุณภาพ SS400 จำนวน 160.08 กิโลกรัม คิดเป็นเงิน 23,562.56 บาท

จะเห็นได้ว่ามีการเพิ่มขึ้นของต้นทุนเป็นจำนวนเงิน 16,536.67 บาท โดยมีรายละเอียดการใช้วัสดุ ดังแสดงในตารางที่ 3.6

โดยยังอยู่ในกรอบการกำหนดนโยบายของหน่วยบัญชาการนาวิกโยธิน กองทัพเรือ ซึ่งเป็นผู้ร่วมวิจัยที่ต้องการใช้วัสดุในประเทศ และราคาไม่แพง

**ตารางที่ 3.6** เปรียบเทียบการใช้วัสดุของโครงสร้างแบบเดิมและแบบใหม่

| ชิ้นส่วนของโครงสร้าง | โครงสร้างแบบเดิม | | โครงสร้างแบบใหม่ | |
|---|---|---|---|---|
| | ชนิดของวัสดุ | น้ำหนัก | ชนิดของวัสดุ | น้ำหนัก |
| โครงสร้างบน | SS400 | 39 กิโลกรัม | BISPLATE®500 | 110.64 กิโลกรัม |
| โครงสร้างล่าง | SS400 | 62.25 กิโลกรัม | BISPLATE®500 | 108.92 กิโลกรัม |
| เพลทด้านข้าง | SS400 | 123.4 กิโลกรัม | SS400 | 115.48 กิโลกรัม |
| ประกอบด้านข้าง | SS400 | 98.24 กิโลกรัม | SS400 | 44.60 กิโลกรัม |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.4 การจำลองทางคอมพิวเตอร์

การนำหลักการจำลองทางคอมพิวเตอร์มาช่วยทำนายผลลัพธ์ของปัญหาในงาน ทำให้ทราบข้อบกพร่องของแบบจำลองก่อนสร้างจริง ช่วยลดต้นทุน ลดขั้นตอนในการสร้างชิ้นงานจริง การแสดงผลลัพธ์โดยการจำลองทางคอมพิวเตอร์ จะแสดงผลเป็นกราฟฟิกที่แบบจำลองโดยมีสีที่ต่างกัน เพื่อให้สะดวกต่อการแก้ไขแบบจำลอง และหาบริเวณที่ต้องแก้ไขได้อย่างถูกต้อง

การสร้างฐานยิงปืน ค.120 มม. ในครั้งแรกซึ่งไม่ผ่านการทดสอบ มีค่าใช้จ่ายที่สูงมาก เช่น ค่าวัสดุ ค่าอุปกรณ์ ค่าแรงงาน ค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปยิงทดสอบ ซึ่งต้องใช้บุคลากรจำนวนมาก รวมไปถึงขั้นตอนต่างๆ ที่ต้องประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อทำการยิงทดสอบจริง ซึ่งหมายถึงการสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายและเวลา ดังนั้นเพื่อลดความเสี่ยงดังกล่าวข้างต้น จึงนำแบบที่ปรับปรุงใหม่และคุณสมบัติของวัสดุที่ผ่านการเลือกแล้วมาทำการจำลองทางคอมพิวเตอร์ (ไฟไนต์เอเลเมนต์) เพื่อช่วยในการวิเคราะห์ และทำนายผลลัพธ์ล่วงหน้าว่าแบบโครงสร้างฐานยิงปืน ค.120 มม. ที่ได้รับการปรับปรุงรูปแบบ และเปลี่ยนวัสดุแล้ว จะสามารถรับแรงกระทำจากปืน ค.120 มม. ที่อัตราส่วนบรรจุสูงสุดได้หรือไม่

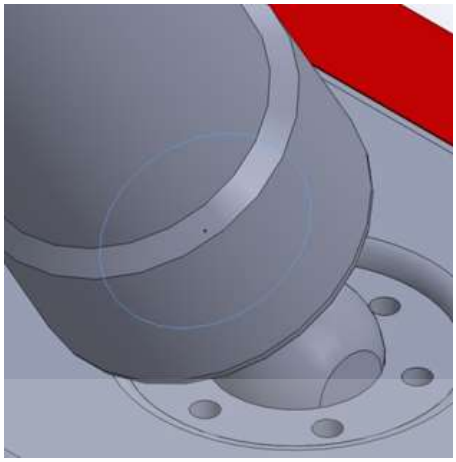
### 3.4.1 กำหนดคุณสมบัติของวัสดุและแบบเพื่อการจำลองทางคอมพิวเตอร์

ทางผู้วิจัยจึงทำการจำลองทางคอมพิวเตอร์กำหนดค่าคุณลักษณะของฐานยิงปืน ค.120 มม. และคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้สร้างฐานยิง ดังนี้

1. คุณลักษณะของฐานยิงปืน ค.120 มม.
   น้ำหนัก 1,294 กก.
   ปริมาตร 0.12944 ลบ.ม.
2. คุณสมบัติทางกลของวัสดุที่ใช้สร้างฐาน (เหล็กชั้นคุณภาพ BISPLATE ®500)
   Yield Strength 1400 MPa
   Tensile Strength 1640 MPa

โดยนำแบบที่ได้จากการเขียนแบบด้วยโปรแกรม Solid work มาทำการจำลองภาระที่กระทำลงบนหน้าของฐานปืน ดังแสดงในภาพที่ 3.4 ด้วย Pressure ขนาด 1,380 Kg./cm$^2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**ภาพที่ 3.4** แสดงภาระที่กระทำลงบนหน้าของฐานปืน ค.120 มม. (ในวงกลมสีน้ำเงิน)

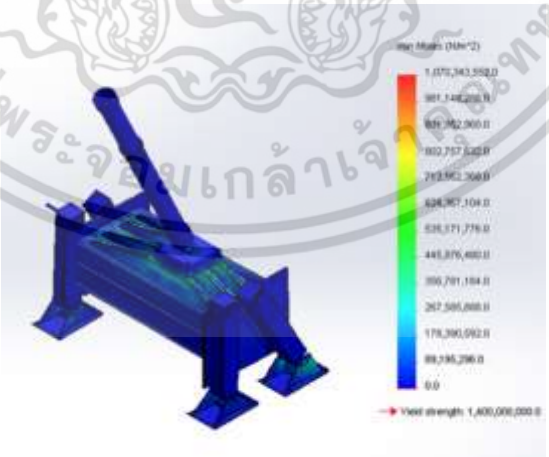
### 3.4.2 ผลการจำลองทางคอมพิวเตอร์

จากผลการจำลองจะเห็นว่าค่าแรงกระทำลงบนฐานปืนสูงสุดที่ 1,380 Kg./cm$^2$ ที่เกิดขึ้นบนฐานยิงปืน ค.120 มม. นั้นมีค่าความเค้นอยู่ที่ 1070 MPa ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า ความเค้นที่เกิดขึ้นจากการจำลองทางคอมพิวเตอร์ (ไฟไนต์เอเลเมนต์) โครงสร้างฐานยิงปืน ค.120 มม. ที่ได้รับการปรับปรุงรูปแบบ และเปลี่ยนวัสดุใหม่ นี้จึงสามารถรับแรงกระทำจากปืน ค.120 มม. ได้โดยไม่เกิดการพังและเสียรูปดังภาพที่ 3.6

ค่าความเค้น (Stress) จากการจำลอง ดังแสดงในภาพที่ 3.5

ค่าความเค้นต่ำที่สุด 0 MPa ที่โหนด 54485

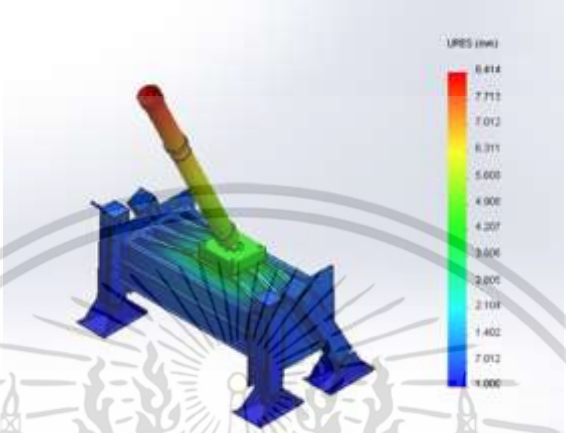
ค่าความเค้นสูงที่สุด 1,070 MPa ที่โหนด 32136



**ภาพที่ 3.5** ผลการจำลองทางคอมพิวเตอร์ แสดงค่าความเค้นที่เกิดขึ้นบนโครงสร้างฐานยิงปืน ค. 120 มม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความเครียด (Strain) จากการจำลอง ดังแสดงในภาพที่ 3.6
ค่าความเครียดต่ำสุด 0 MPa ที่โหนด 2864 ยุบ 0 มม.
ค่าความเครียดสูงสุด 1070 MPa ที่โหนด 79879 ยุบ 8.41 มม. (บริเวณปลายกระบอกปืน) และที่ฐานยิงพบการเลื่อนตัวมากที่สุดเพียง 4.2 มม. เท่านั้น



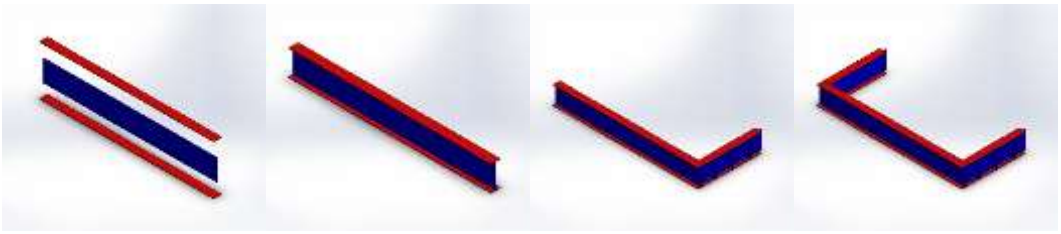
**ภาพที่ 3.6** ผลการจำลองทางคอมพิวเตอร์แสดงค่าความเครียดเมื่อมีแรงกระทำบนโครงสร้างฐานยิงปืน ค.120 มม.

จึงสรุปได้ว่า การออกแบบและการเปลี่ยนวัสดุในการสร้างฐานยิงปืน ค.120 มม. นี้ สามารถรับแรงกระทำจากปืน ค.120 มม.ได้

## 3.5 การสร้างและการติดตั้งฐานยิงปืน ค.120 มม.ที่ได้รับการปรับปรุง บนรถยนต์ขนาด 1 ตัน

การสร้างและการติดตั้งฐานยิงปืน ค. 120 มม. บนรถยนต์ขนาด 1 ตันได้ทำการขึ้นรูปจากเหล็กรีดร้อนชนิดแผ่น ชั้นคุณภาพ BISPLATE®500 โดยตัดเป็นชิ้นและประกอบขึ้นรูปเป็นโครงสร้างฐานยิงปืน ค.120 มม. และติดตั้งขาหยั่งเพื่อกระจายแรงตามแนวลำกล้องปืน ค.120 มม. ซึ่งมีขั้นตอนการผลิตชิ้นส่วนดังแสดงในภาคผนวก และขั้นตอนในการประกอบแสดงในภาพที่ 3.7 ถึง 3.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) (ข) (ค) (ง)

(จ) (ฉ) (ช) (ซ)

**ภาพที่ 3.7** แสดงขั้นตอนการประกอบโครงสร้างบน (ต่อ)

(ก) (ข) (ค)

(ง) (จ) (ฉ)

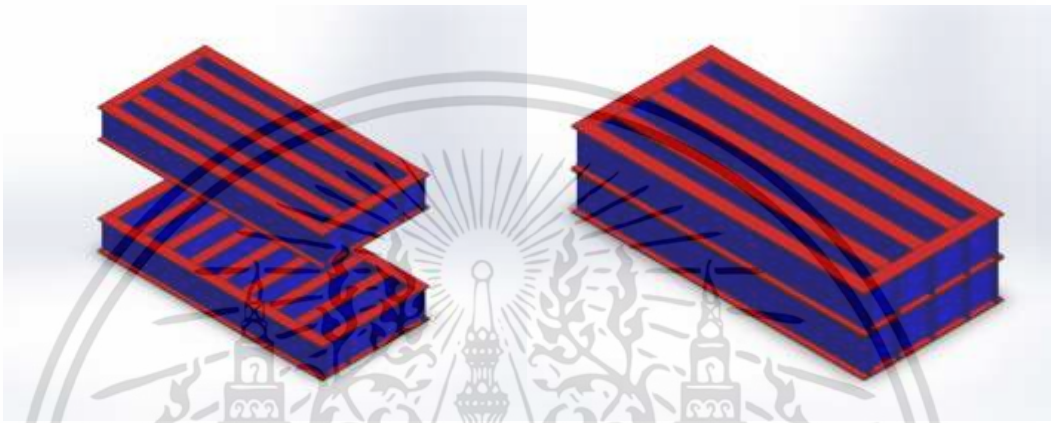
(ช) (ซ) (ฌ)

**ภาพที่ 3.8** ลำดับขั้นตอนการประกอบโครงสร้างล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

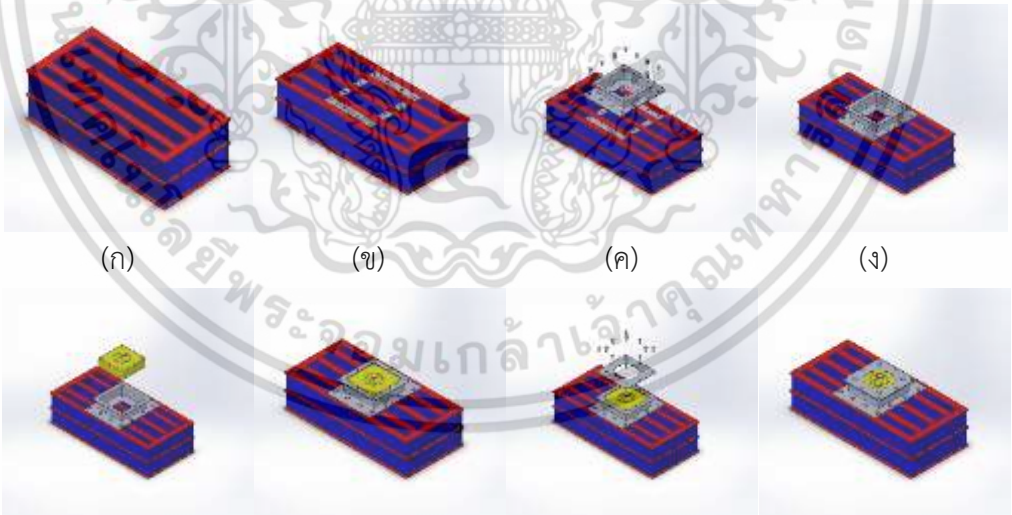
(ญ) (ฎ) (ฏ)

**ภาพที่ 3.8** ลำดับขั้นตอนการประกอบโครงสร้างล่าง (ต่อ)



(ก) (ข)

**ภาพที่ 3.9** ลำดับขั้นตอนการประกอบโครงบนและโครงล่างเข้าด้วยกัน

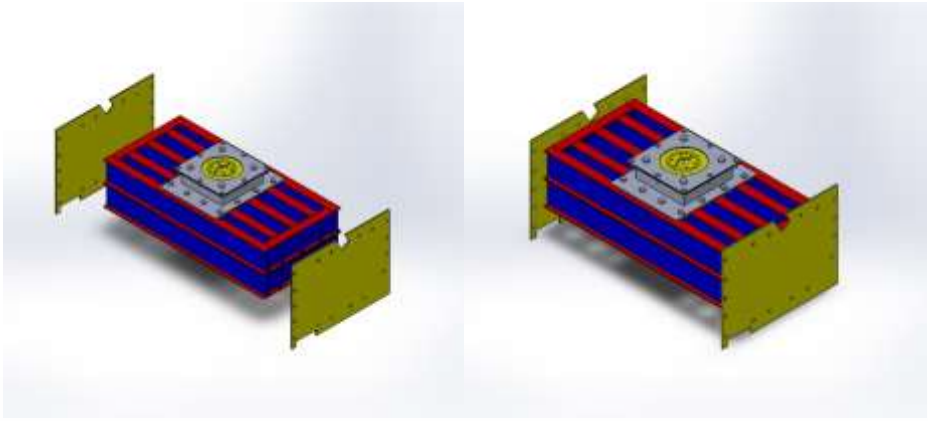


(ก) (ข) (ค) (ง)

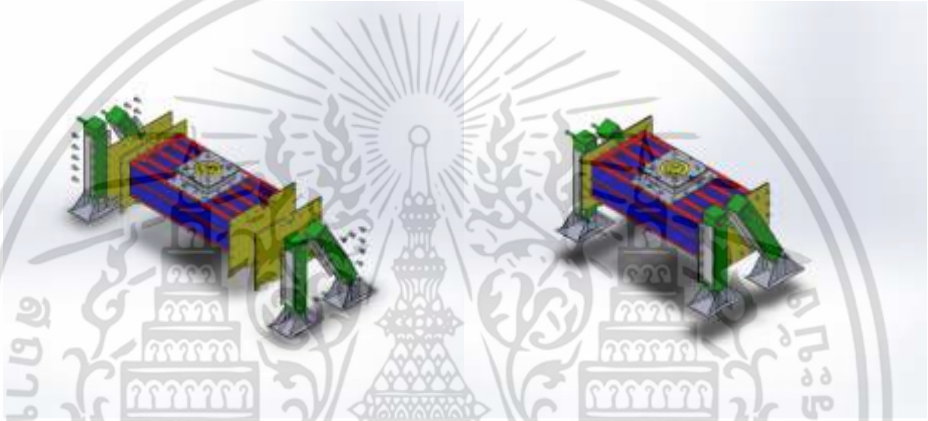
(จ) (ฉ) (ช) (ซ)

**รูปที่ 3.10** ลำดับขั้นตอนการประกอบเบ้ารับกระบอกปืน ค.120 มม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) (ข)



(ค) (ง)

**ภาพที่ 3.11** ลำดับขั้นตอนการประกอบขาหยั่งเข้ากับฐานยิงปืน ค.120 มม. (ต่อ)

**ภาพที่ 3.12** การนำเหล็กแผ่นเกรด BISPLATE®500 มาตัดเพื่อขึ้นรูปตามแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ภาพที่ 3.13** การนำเหล็กที่ได้มาเชื่อมขึ้นรูปเป็นเหล็ก I-beam

**ภาพที่ 3.14** การนำเหล็กที่ได้มาประกอบขึ้นรูปโครงสร้างฐานยิง

**ภาพที่ 3.15** การนำโครงสร้างที่ทำสีเรียบร้อย ทำการติดตั้งบนรถยนต์ (1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ภาพที่ 3.16** การนำโครงสร้างที่ทำสีเรียบร้อย ทำการติดตั้งบนรถยนต์ (2)

**ภาพที่ 3.17** การติดตั้งขาหยั่งตามแนวลำกล้องปืน ค.120 เพื่อรับแรง

**ภาพที่ 3.18** ฐานยิงปืน ค.120 มม.ที่ติดตั้งบนรถยนต์ขนาด 1 ตัน ที่ได้รับการปรับปรุงแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4
# การทดสอบและผลการทดสอบ

## 4.1 บทนำ

หลังจากผ่านการปรับปรุงความแข็งแรงของฐานยิงปืน ค.120 มม. ด้วยการออกแบบ การคัดสรรวัสดุ การจำลองทางคอมพิวเตอร์ (ไฟไนต์เอเลเมนต์) และการสร้างฐานยิงปืน ค.120 มม.เสร็จสิ้นแล้ว จึงสามารถที่จะดำเนินการยิงทดสอบจริงต่อไป

## 4.2 การออกแบบการทดสอบ

ออกแบบการทดสอบโดยใช้มาตรฐานการทดสอบของหน่วยนาวิกโยธินกองทัพเรือ ดังนี้

**4.2.1 พลประจำเครื่องยิง** จำนวน 5 นาย ตามตำแหน่งหน้าที่ ดังนี้

1. ผบ.หมู่ 1 นาย อัตรา พ.จ.อ.

- ควบคุมกับกำกับดูแลการปฏิบัติตามคำสั่งยิงที่ได้รับ ด้วยความถูกต้องรวดเร็ว รายงานเหตุขัดข้องให้ ผบ.มว.ทราบ และแก้ไขข้อขัดข้องตามขีดความสามารถ บังคับบัญชากำลังพลในหมู่ ค. ควบคุมจัดส่วนบรรจุตามคำสั่งยิงที่ได้รับจาก ศอย.
- เป็นผู้คำนวณหลักฐานยิงโดยใช้เครื่องจักรคำนวณขนาดเล็ก (CASIO) แทนการรับคำสั่งยิงจาก ศอย.หาพิกัดที่ตั้งยิงโดยใช้เครื่องหาพิกัดด้วยดาวเทียม (GPS) และส่งคำสั่งยิงให้หมู่ ป. เป็นผู้ใช้วิทยุโทรศัพท์ระหว่างการเคลื่อนที่

2. พลเล็ง 1 นาย อัตรา จ.อ.

- ตั้งหลักฐานมุมทิศ และมุมสูง ตามคำสั่งยิงที่ได้รับจาก ศอย. เป็นผู้ช่วย ผบ.หมู่ ในการควบคุมบังคับบัญชากำลังพลภายในหมู่ ปรับคันบังคับการยิงให้เป็นแบบปล่อยยิงหรือลั่นไกยิงตามคำสั่ง ผบ.หมู่
- ควบคุมการขึ้น-ลง แม่แรงยกขาหยั่งรถ
- ควบคุมคันบังคับแม่แรง

3. ผู้ช่วยพลเล็ง 1 นาย อัตรา จ.ต.กองประจำการ (พลทหาร)

- เป็นผู้ช่วยเหลือพลเล็งในการปรับหวอดระดับ ตรวจสอบสภาพลูกระเบิดยิงก่อนบรรจุภายในลำกล้อง และทำหน้าที่ดึงเชือกลั่นไกในกรณีใช้วิธียิงแบบลั่นไกยิง
- ทำหน้าที่ขึ้น-ลงแม่แรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. พลกระสุน 1 นาย อัตรา พลทหาร

- จัดเตรียมกระสุน จัดส่วนบรรจุตามคำสั่ง ผบ.หมู่
- ทำหน้าที่ขึ้น-ลงแม่แรง

5. พลขับรถ 1 นาย อัตรา จ.อ. (เหล่า สส.)

- ปรนนิบัติยานยนต์ให้เป็นไปตามระยะเวลา และขั้นตอนที่กำหนด ทำหน้าที่รับโทรศัพท์
- ทำหน้าที่เป็นพลวิทยุโทรศัพท์ในการติดต่อกับ ผตน.ในการส่งคำสั่งขอยิง รวมทั้งการปรับแก้ตำบลกระสุนตก

**4.2.2 กระสุนปืน ค.120 มม.**

การยิงทดสอบครั้งนี้ใช้กระสุน 4 นัด โดยเริ่มยิงที่ บจ.8 จำนวน 1 นัด หลังจากนั้นจึงยิงที่ บจ.9 อีก 3 นัด โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 4.1

**ตารางที่ 4.1** แสดงคุณลักษณะของกระสุนปืน ค.120 มม. ที่ใช้ทำการยิงทดสอบ

| นัดที่ | ส่วนบรรจุ | ความเร็วต้น (เมตร/วินาที) | ระยะยิงไกลสุด (เมตร) |
|---|---|---|---|
| 1 | 8 | 307 ± 3 | 6,100 |
| 2 | 9 | 322 ± 3 | 6,500 |
| 3 | 9 | 322 ± 3 | 6,500 |
| 4 | 9 | 322 ± 3 | 6,500 |

## 4.3 การทดสอบ

จากการออกแบบการทดสอบ นำไปสู่การทดสอบจริง ณ สนามทดสอบยิงอาวุธหาดยาว ทุ่งโปรง อ.สัตหีบ จ.ชลบุรี ดังแสดงในภาพที่ 4.1 ถึง 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ภาพที่ 4.1** ลูกระเบิด ค.120 ที่ส่วนบรรจุ 8 และส่วนบรรจุ 9

**ภาพที่ 4.2** การตรวจสอบลูกระเบิดเพื่อเตรียมการทดสอบ

**ภาพที่ 4.3** การบรรจุลูกระเบิดในลำกล้องปืน ค.120 มม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ภาพที่ 4.4** การยิงลูกระเบิดโดยใช้วิธีกระตุกเชือกลั่นไกยิง

## 4.4 ผลการทดสอบ

เมื่อทดสอบยิงปืน ค.120 มม. ที่ติดตั้งบนรถยนต์ขนาด 1 ตัน ด้วยกระสุนปืน ค.ที่มีส่วนบรรจุ 8 จำนวน 1 นัด และ ส่วนบรรจุ 9 (ส่วนบรรจุสูงสุด) จำนวน 3 นัด ผลปรากฏว่าฐานยิงและขาหยั่งมีการรับแรงและกระจายแรงได้ดี ดังตารางที่ 4.2 โครงสร้างสามารถรับแรงกระทำจากปืน ค.120 มม. กระจายสู่ฐานยิงลงพื้นดินตามแนวแรงที่เหมาะสม โดยโครงสร้างฐานยิงไม่มีการทรุดตัว ไม่บิดงอ และไม่มีผลต่อโครงรถยนต์ขนาด 1 ตันแต่อย่างใด จึงผ่านการทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 5.5 ถึง 5.7

**ตารางที่ 4.2** แสดงผลการยิงทดสอบปืน ค.120 มม.ที่ติดตั้งบนรถยนต์ขนาด 1 ตัน

| นัดที่ | ส่วนบรรจุ | ความเร็วต้น (เมตร/วินาที) | ระยะยิงไกลสุด (เมตร) | ผลการทดสอบ |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 8 | 307 $\pm$ 3 | 6,100 | ผ่าน |
| 2 | 9 | 322 $\pm$ 3 | 6,500 | ผ่าน |
| 3 | 9 | 322 $\pm$ 3 | 6,500 | ผ่าน |
| 4 | 9 | 322 $\pm$ 3 | 6,500 | ผ่าน |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ภาพที่ 4.5** การตรวจสอบโครงสร้างฐานยิงปืน ค.120 มม.

**ภาพที่ 4.6** ขาหยั่งทำมุมในแนวเดียวกับลำกล้องปืน ค.120 มม.

**ภาพที่ 4.7** ถ่ายภาพร่วมกับตัวแทนหน่วยบัญชาการนาวิกโยธินเมื่อผ่านการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5
# สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

## 5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการแก้ไขปัญหาการทรุดตัวของฐานยิงปืน ค.120 มม. ซึ่งปัจจัยของปัญหาคือการออกแบบโครงสร้างที่ไม่เหมาะสม และวัสดุเหล็กที่ไม่แข็งแรง ด้วยเหตุนี้ทางผู้วิจัยจึงได้แก้ปัญหาโดยการออกแบบโครงสร้างใหม่และคัดเลือกวัสดุที่มีค่าความเค้นวิกฤตก่อนคราก ที่สูงกว่าค่าความเค้นที่กระทำบนฐานปืน เมื่อนำแบบและค่าวัสดุชนิดใหม่มาจำลองทางคอมพิวเตอร์ ผลการจำลองพบว่าฐานยิงสามารถทนต่อแรงกระทำของปืน ค.120 มม. ได้โดยไม่ทรุดตัว จึงดำเนินการสร้างและทำการยิงทดสอบด้วยกระสุนจริง พบว่าฐานยิงไม่มีการทรุดตัว สอดคล้องกับผลการจำลองทางคอมพิวเตอร์ สรุปว่างานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จในการแก้ไขปัญหา

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

กองทัพไทยมีปืน ค.120 มม. ประจำการอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งมีข้อจำกัดในการเคลื่อนย้าย เนื่องจากต้องใช้การลากจูงด้วยรถยนต์บรรทุก ¼ ตัน แบบ M151A ปัจจุบันทหารราบได้พัฒนาเป็นทหารราบเคลื่อนที่เร็ว ดังนั้นจึงควรพัฒนาปืน ค.120 มม. ให้สามารถเคลื่อนที่ด้วยความรวดเร็วเพื่อสนับสนุนหน่วยทหารราบเคลื่อนที่เร็วได้ทันเวลา หากกองทัพไม่จำกัดเพียงการพึ่งพายุทโธปกรณ์จากต่างประเทศแล้วหันมาให้การสนับสนุนส่งเสริมอุตสาหกรรมป้องกันประเทศของไทย ด้วยการสนับสนุนงบประมาณ ผลักดันงานวิจัยให้สามารถนำไปสู่การผลิตยุทโธปกรณ์และนำเข้าประจำการแทนการจัดหาจากต่างประเทศ อนาคตเราอาจพึ่งพาตนเองได้ ด้วยอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ

จากงานวิจัยนี้ เราสามารถพัฒนาการควบคุมการขึ้นลงของขาหยั่งให้เป็นแบบอัตโนมัติสามารถขึ้นลงได้ด้วยระบบไฮโดรลิค ใช้ PLC ในการควบคุมการขึ้นลง และมีเซ็นเซอร์ตรวจวัดระดับเพื่อให้ฐานยิงปืน ค.120 มม. อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมตั้งยิงได้อย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดความปลอดภัยกับทหารผู้ควบคุมการยิงและพลขับ การยิงแต่ละครั้งเท่ากับเราเปิดเผยจุดตั้งยิงให้ฝ่ายตรงข้ามรู้ ซึ่งฝ่ายตรงข้ามสามารถยิงโต้กลับได้ หากมีการพัฒนาระบบตั้งยิงโดยใช้ระบบอัตโนมัติเข้ามาช่วย เราจะสามารถลดกำลังพลลงได้อีก และสามารถปฏิบัติภารกิจอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# เอกสารอ้างอิง

[1] บริษัท ปรีชาถาวรอุตสาหกรรม จำกัด. 2553. **คู่มือการใช้งาน รยบ.ขนาดเบา 4x4 แบบ 50**

[2] สุรสิทธิ์ แก้วพระอินทร์. 2553. **โลหะวิทยาเบื้องต้น**. กรุงเทพ : บริษัท วี. พริ้นท์ (1991) จำกัด

[3] วัสดุช่างอุตสาหกรรม. 2559. **อิทธิพลของธาตุที่มีต่อโลหะ**. [Online]. https://sites.google.com/site/wasduchangxutsahkrrm/kickrrm-kar-reiyn-ru/xiththiphl-khxng-thatu-thi-mi-tx-loha



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนกวิชาอาวุธ กองการศึกษา โรงเรียนทหารราบ

.....

# หมวดวิชา

# อาวุธ

## เรื่อง

## เครื่องยิงลูกระเบิด

## ขนาด ๑๒๐ มม.

.....

ศูนย์การทหารราบ ค่ายธนะรัชต์ อ.ปราณบุรี จว.ประจวบคีรีขันธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

๑

**แผนกวิชาอาวุธ**

**กองการศึกษา โรงเรียนทหารราบ ศูนย์การทหารราบ**

**ค่ายธนะรัชต์ อ.ปราณบุรี จว.ประจวบคีรีขันธ์**

.....

**บทที่ ๑**

**ตอนที่ ๑**

**เอกสารนำ**

๑.บทเรียนเรื่อง : อาวุธศึกษาเครื่องยิงลูกระเบิดมาตรฐาน และลูกระเบิดยิง ขนาด ๑๒๐ มม. ของ ศอว.ทบ.

๒.ความมุ่งหมาย : เพื่อให้ทราบถึงลักษณะเครื่องยิงลูกระเบิดมาตรฐาน ขนาด ๑๒๐ มม. และลูกระเบิดยิงขนาด กล้องเล็ง เอ็ม ๕๓ รถบรรทุกเครื่องยิงลูกระเบิด และเครื่องชับลูกระเบิดยิง ตอกจากล้ำกล้องเครื่องยิงลูกระเบิดขนาด ๑๒๐ มม.

๓.วิธีสอน : สป., สน., สด.

๔.ขอบเขต : เพื่อปฏิบัติศึกและศึกษา

๕.การเตรียมตัวล่วงหน้า : ค้นและทำความเข้าใจบทเรียนนี้ก่อนเข้าห้องเรียน

๖.งานมอบ : ถ้ามีข้อสงสัยและไม่เข้าใจบทเรียน

๗.หลักฐาน : คู่มือทางเทคนิค ที.เอ็ม ๙ - ๑๐๑๕ ๑๒ ฉบับปีค.ศ. ๒๐๑๑ - ๑๒

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ตอนที่ ๒

**๑. ลักษณะทั่วไป**

๑.๑ ค. มาตรฐาน ขนาด ๑๒๐ มม. เป็นอาวุธที่ภายในลำกล้องเกลี้ยง ไม่มีเกลียวบรรจุทางปากลำกล้องทีละนัด ประกอบด้วยชิ้นส่วนสำคัญ ๓ ชิ้นส่วน คือ ลำกล้องและเครื่องปิดท้ายขาหยั่ง และแผ่นฐาน ชิ้นส่วนเหล่านี้สามารถแยกออกจากกันได้ นอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์ที่สำคัญอีก คือ กล้องเล็ง เอ็ม ๕๓ และรถบรรทุก ค.

๑.๒ แบบของ ค.มาตรฐาน ขนาด ๑๒๐ มม.ของ ศอว.ทบ.

ค.มาตรฐาน ขนาด ๑๒๐ มม. ของ ศอว.ทบ. ที่สร้างและผลิตขึ้นถือเป็นมาตรฐานการสร้างของ ศอว.ทบ.เป็นแบบที่มีเครื่องลั่นไก ซึ่งสามารถทำการยิงโดยวิธีลั่นไก หรือโดยวิธีหย่อน ลย. ลงไปทางปากลำกล้อง เช่นเดียวกับการยิง ค.โดยทั่ว ๆ ไป

**๒. รายการขนาด น้ำหนัก และขีดความสามารถของ ค.มาตรฐาน ขนาด ๑๒๐ มม. ของ ศอว.ทบ.**

๒.๑ ขนาดกว้าง

| | | |
|---|---|---|
| - กว้างปากลำกล้อง | ๑๒๐ | มม. |
| - ความยาวลำกล้องไม่รวมเครื่องปิดท้าย | ๑,๗๓๕ | มม. |
| - ความยาวลำกล้องรวมเครื่องปิดท้าย | ๑,๘๑๓ | มม. |
| - ความยาวขาหยั่งขณะเก็บปกติ | ๑,๒๘๕ | มม. |
| - ความยาวขาหยั่งขณะยืดออกสุด | ๑,๔๐๐ | มม. |
| - เส้นผ่าศูนย์กลางแผ่นฐาน | ๘๐๐ | มม. |
| - ความสูงของแผ่นฐาน | ๒๔๐ | มม. |

๒.๒ น้ำหนัก

| | | |
|---|---|---|
| - ลำกล้องไม่รวมเครื่องปิดท้าย | ๒๕+๒ | กก. |
| - ลำกล้องรวมเครื่องปิดท้าย | ๕๕+๓ | กก. |
| - เครื่องปิดท้าย | ๑๗+๕ | กก. |
| - ขาหยั่ง | ๔๐++๓ | กก. |
| - แผ่นฐาน | ๑๑๐ (รุ่นใหม่ เอ็ม ๑๓๒) | |
| - ค.ทั้งกระบอกไม่รวมกล้องเล็ง | ๒๔๕+ ๕ | กก. |

๒.๓ ขีดความสามารถ

| | | |
|---|---|---|
| - สามารถใช้มุมสูงได้ตั้งแต่ | ๗๖๐ - ๑,๕๐๐ | มิลเลียม |
| - ๒ รอบควงสูง | ๗ | มิลเลียม |
| - ๑ รอบควงส่าย | ๑๐ | มิลเลียม |
| - เขตส่าย | ๒๐๘ | มิลเลียม |
| - ย้ายพื้นยิงด้วยการยกขาหยั่ง | ๖,๔๐๐ | มิลเลียม |
| - ระยะยิงไกลสุด | ๖,๕๐๐ | มิลเลียม |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | |
|---|---|---|
| - กระสุนต่อระยะ | ๘,๒๕๐ | เมตร |
| - อัตราการยิงสูงสุด | ๑๐ | นัด/นาที |
| - อัตราการยิงต่อเนื่อง | ๕ | นัด/นาที |

**๓. รถบรรทุก ค. มาตรฐาน ขนาด ๑๒๐ มม. ของ ศอว.ทบ.**

เป็นรถบรรทุก ค.มาตรฐาน ขนาด ๑๒๐ มม. โดยไม่ต้องแยกส่วนประกอบของ ค. ก่อนการบรรทุก ตัวรถเคลื่อนที่ไปด้วยการใช้ รยบ.ขนาดกลางลากจูง และตัวโครงรถออกแบบให้สามารถจัดแผ่นฐานขึ้นจากพื้น พร้อมขึ้นรถบรรทุกได้ในเวลาเดียวกันเมื่อเลิกยิง รถบรรทุก ค. ประกอบด้วยชิ้นส่วนสำคัญ ๒ ส่วน คือ ชุดโครงรถและชุดล้อเลื่อนซึ่งไม่สามารถแยกจากกันได้

**๔. รายการขนาด, น้ำหนักและขีดความสามารถ รถบรรทุก ค.มาตรฐาน ขนาด ๑๒๐ มม. ของ ศอว.ทบ.**

๔.๑ ขนาด

| | | |
|---|---|---|
| - กว้าง | ๒,๕๐๐ + ๑๐ | มม. |
| - ยาว | ๒๒,๕๐๐ + ๑๐ | มม. |
| - สูง | ๒,๐๒๐ + ๑๐ | มม. |
| - ความสูงเมื่อบรรทุก ค. | ๑,๓๑๐ + ๑๐ | มม. |
| - ใต้ตัวรถสูงจากพื้น | ๓๖๐ + ๑๐ | มม. |

๔.๒ น้ำหนัก

| | | |
|---|---|---|
| - ตัวรถ | ๒๓๖๐ + ๕ | กก. |
| - เมื่อบรรทุก ค. | ๕๕๕ | กก.(รุ่นใหม่ เพิ่ม ๑๓๒) |

๔.๒ ขีดความสามารถ

| | | |
|---|---|---|
| - ความเร็วเมื่อลากจูงบนถนน | ๖๐ | กม./ชม. |
| - ความเร็วเมื่อลากจูงในภูมิประเทศ | ๒๕ | กม./ชม. |
| - ความต้องการกำลัง | ๒๕ | ป้อนดี/ตรน. |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เล็งของเครื่องยิง ฐานกล้องจะทำให้กล้องส่องรูปข้อศอกอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องในส่วนที่เกี่ยวกับมุมฉากและแกนมุมสูงของเครื่องยิง

๓.๒ กล้องส่องรูป ข้อศอก แบบ ๑๐๕

๓.๒.๑ กล้องส่องรูปข้อศอกนี้มีน้ำหนักเบา มีกำลังขยาย ๔ เท่า เป็นกล้องที่มีจุดรวมแสงคงที่ ขอบเขตการมองเห็นกว้าง ๑๐ องศา (ประมาณ ๑๗๐ มิลเลียม) ทำการเล็งด้วยตาใช้มุมภาคและมุมสูงให้ทิศทางแก่เครื่องยิง

๓.๒.๒ กล้องส่องรูปข้อศอก ภายในแว่นแก้วมีรูปกากบาทและมีมาตรามิลเลียมกำกับไว้จากจุดกึ่งกลางจะแบ่งออกเป็น ๑๗ ช่องทั้ง ๔ ด้าน ๑ ช่องมีค่า เท่ากับ ๕ มิลเลียม และจะเขียนเลขกำกับไว้ทุก ๆ ๑๐ มิลเลียม ทั้ง ๔ ด้าน มีค่าด้านละ ๘๕ มิลเลียม

๓.๒.๓ กล้องส่องรูปข้อศอกนี้สามารถใช้ได้ ๒ ท่าด้วยกัน คือ ในท่าที่มีช่องมองอยู่ทางด้านซ้าย ด้านขวา และท่าตั้งตรง โดยสายแหวกยึดลำกล้องสอง จะทำหน้าที่ยึดให้อยู่ในท่านั้น ๆ ตรรชนีของกล้องส่องรูปข้อศอก แสดงถึงท่าอยู่ในทางระดับ และท่าถึง ของรูปกากบาท ในแว่นแก้ว ในขณะที่ปรับเส้นเล็งไม่ว่าในท่าใด ถ้าตรรชนีไม่อยู่ในเส้นเดียวกันแล้วภาพการเห็นจะเอียง

๓.๒.๔ มาตรามุมพื้นที่ จากพื้นระดับสามารถวัดมุมพื้นที่ได้ - (ลบ) ๓๐๐ มิลเลียม ถึง + (บวก) ๓๐๐ มิลเลียม

๓.๒.๕ ช่องมองได้จัดทำไว้ให้บังเกิดความสะดวกสบายแก่ผู้ใช้เป็นอย่างมาก

๓.๓ ฐานกล้อง แบบ ๑๒๘

๓.๓.๑ กล่าวทั่วไป

ฐานกล้องประกอบด้วย ส่วนใหญ่ ๓ ส่วน คือ ส่วนล่าง ส่วนกลางและส่วนบน ส่วนล่างประกอบด้วย กลอนคานยึดควงมุมสูง มาตรามุมสูง และควงยึดมาตรามุมสูง (ปุ่มลดมาตรามุมสูง) ส่วนกลางประกอบด้วย ปลอกแกนมุมสูง ควงมาตรามุมทิศและควงยึดมาตรามุมทิศ (ปุ่มลดมาตรามุมทิศ) มาตรามุมทิศคงที่ (มาตราสีแดง) มาตรามุมทิศเลื่อนได้ (มาตราสีดำ) ก้านพลอดระดับมุมสูง ส่วนบนประกอบด้วยส่วนรองรับกล้องส่องรูปข้อศอก ติดอยู่บนส่วนกลาง ควงแกนระดับรองกล้องส่วนรองรับแนบสนิทอยู่กับฐานยึดเปิด ซึ่งยื่นออกมาเล็กน้อย

๓.๓.๒ ตัวอย่าง

ก. ก้านกล้องเล็ง ตั้งอยู่บนด้านขวาของฐาน ซึ่งสอดเข้าไปอยู่ในช่องรับกล้องเล็งบนฐานกล้อง เพื่อยึดกล้องเข้ากับเครื่องยิง

ข. กระเดื่องยึดกล้องที่อยู่ในส่วนล่างของฐาน มีวัตถุประสงค์อยู่ ๒ ประการ คือ ยึดก้านกล้องเล็งเข้าไปในช่องรับกล้องของฐานกล้อง และกระเดื่องจะทำยอมเมื่อต้องการจะแยกก้านกล้องเล็งออกจากกัน

ค. มาตรามุมส่วนใหญ่รูปครึ่งวงกลม ทางด้านซ้ายแบ่งออกเป็น ๑๕ ช่อง เท่า ๆ กัน แต่ละช่องมีค่าเท่ากับ ๑๐๐ มิลเลียม และจะเขียนเลขกำกับไว้ทุกๆ ๒๐๐ มิลเลียม เริ่มต้นจาก - (ลบ) ๓๐๐ มิลเลียม ไปจนถึง + (บวก) ๑๖๐๐ มิลเลียม มาตราลบ (สีแดง) ใช้สำหรับอ่านมุมต่ำกว่าพื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

๔

# ตอนที่ ๓

## เครื่องลั่นไกและเครื่องเล็ง

**๑. กล่าวทั่วไป**

ก. มาตรฐาน ขนาด ๑๒๐ มม. ของศอว.ทบ. การทำไม่ยุ่งยาก เพราะลักษณะของเครื่องกลไกที่สร้างขึ้นไม่ซับซ้อน โดยแบ่งการทำงานออกได้ดังนี้

๑.๑ ลำกล้อง

๑.๒ การทำงานของเข็มแทงชนวนและเครื่องลั่นไก

๑.๓ การทำงานของชุดต่อนอาการสะเทือน และปลอกรัดลำกล้อง

๑.๔ การทำงานของชุดเครื่องส่าย

๑.๕ การทำงานของชุดเครื่องให้มุมทางสูง

๑.๖ การทำงานของชุดกานแก้เขิน

**๒. ลำกล้อง**

ลำกล้องของ ก.มาตรฐาน ภายในเกลี้ยงไม่มีเกลียว ผิวภายนอกบริเวณท้ายลำกล้องจะโตกว่ามีลักษณะเรียวไปจนถึงปากลำกล้อง จากกึ่งกลางค่อนไปทางปากลำกล้อง จะทำเป็นเอวไว้เพื่อรับปลอกรัดลำกล้อง ซึ่งจะใช้การยิงเมื่อมุมสูงของ ก. มีค่าตั้งแต่ ๑,๑๐๐ มิลเลียม ขึ้นไปและเตรียมบรรทุกบนรถบรรทุก ก. ถ้าจะทำการยิงด้วยมุมสูงที่ต่ำกว่า ๑,๑๐๐ มิลเลียม จะต้องถ่ายปลอกรัดลำกล้องไปยังตำแหน่งที่เหนือร่องที่ทำเอาไว้ และสามารถเลื่อนปลอกรัดลำกล้องไปยังตำแหน่งต่าง ๆ ได้ตามความเหมาะสม

**๓. การทำงานของเข็มแทงชนวนและเครื่องลั่นไก**

เครื่องลั่นไก จะทำงานด้วยการรั้งคันลั่นไก คันลั่นไกจะทำงานต่อเนื่องโดยใบปลดคันกระเดื่องลั่นไกไปรั้งโครงกระเดื่องลั่นไก เป็นการอัดแหนบโครงกระเดื่องลั่นไกให้อัดตัว เมื่อพ้นระยะการรั้งของใบปลดกระเดื่อง แรงจากการอัดของแหนบโครงกระเดื่องลั่นไกจะส่งโครงกระเดื่องลั่นไกขึ้นไปกระแทกกับเข็มแทงชนวน ทำให้เข็มแทงชนวนกระแทกกับท้าย ลย./ค. เป็นการจุดดินเริ่มเผาไหม้ลุกลามดินส่งทำให้เกิดก๊าซร้อนดัน ลย./ค. ออกจากลำกล้อง

ในการยิงแบบอัตโนมัติ ดึงเป็นบังคับแกนเปลี่ยนตำแหน่งการยิงหมุนตามเข็มนาฬิกาแกนเปลี่ยนตำแหน่งการยิง ซึ่งบากเป็นร่องไว้ จะรั้งโครงกระเดื่องลั่นไกให้ขึ้นไปลักเข็มแทงชนวนเพื่อให้ปลายเข็มแทงชนวน โผล่พ้นร่องแป็นเกลียวเข็มแทงชนวนรอรับการกระแทกจาก ลย./ค. เครื่องเล็งเป็นอุปกรณ์สำหรับตั้ง ก. ให้ตรงทิศ และตั้งมุมสูงให้แก่ ก. ได้ตามความต้องการเครื่องเล็งที่ใช้กับ ก.มาตรฐาน ขนาด ๑๒๐ มม. ของ ศอว.ทบ.ทุกแบบมีอ กล้องเล็งแบบ ๕๑

๓.๑ กล่าวทั่วไป

กล้องเล็ง แบบ ๕๑ ประกอบด้วย ฐานกล้องเล็ง แบบ ๑๒๘ และกล้องส่องรูปข้อศอก แบบ ๑๐๕ ตัวกล้องเล็ง และฐานกล้องเล็งเป็นส่วนเดียวกันกับกล้องส่องรูปข้อศอกนี้มีแว่นขยายและใช้เป็นกล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับมาตราบวก (สีดำ) ใช้สำหรับอ่านและตั้งค่ามุมสูง ควรชนิมุมสูงที่ใช้อ่านค่าอยู่บนช่วงล่างของเหล็กหล่อ ถ้ามาตรามุมสูงคลาดเคลื่อนสามารถปรับได้โดยการคลายหมุดเกลียวยึดออกตั้งมาตราให้ถูกต้องแล้วขันให้แน่นตามเดิม

๔. ควงมุมสูง ใช้สำหรับตั้งมาตรามุมสูง ติดอยู่กับด้านควงสูง สำหับเปลี่ยนค่ามุมไปครั้งละมาก ๆ ที่ควงมุมสูงนี้มาตรามุมสูงส่วนย่อยติดอยู่ด้วย ประกอบด้วยมาตราที่ใช้อ่านไป ทางบวกและทางลบ คือ ตัวเลขมาตราสีดำใช้อ่านทางบวก ตัวเลขมาตราสีแดงใช้อ่านทางลบ ม ตรามุมสูงส่วนย่อยนี้แบ่งออกเป็น ๑๐๐ ช่อง เท่า ๆ กัน ๑ ช่อง มีค่าเท่ากับ ๑ มิลเลียม และมีตัวเลขกำกับไว้ทุก ๆ ๑๐ ช่อง จาก ๐ ถึง ๕๐ ควรชนิมาตรามุมสูงส่วนย่อยอยู่บนเหล็กหล่อแห่งใหญ่ถ้าต้องการปรับมาตรามุมสูงส่วนย่อยให้คลายหมุดเกลียว ๒ ตัว ที่อยู่ด้านหน้าควงมุมสูงออก เครื่องกลไกต่าง ๆ จะถูกควบคุมโดยยึดมาตรามุมสูง (ควงสีแดง) เพื่อป้องกันควงมุมสูงเลื่อนไปมาขณะทำการยิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ICE Iron & Steel

**Beijing ICE iron and steel**

**JIS G3101 SS 400 steel plate/sheet**for High Yield Steel

Key words: **SS 400 steel plate/sheet**, JIS G3101 SS 400 steel plate/sheet, SS 400 steel plate/sheet supplier/Chinese supplier, SS 400 steel plate/sheet mechanical property, SS 400 steel plate/sheet price.

**JIS G3101 SS 400 steel** equivalent grade:
SS 400 steel plate/sheet is in JIS G3101 standard, the material number is 1.0044. The equivalent grade of SS 400 steel are EN 10025 S275JR, DIN 17100 St 44-2, NFA 35-501 E 28-2, UNI 7070 Fe 430 B, BS 4360 43 B, UNE 36.080 AE 275 B, ASTM A 283 D - A 36.

| | Comparison of steel grades | |
|---|---|---|
| SS 400<br>JIS G3101<br>Material #: 1.0044 | EN 10025 | S275JR |
| | DIN 17100 | St 44-2 |
| | NFA 35-501 | E 28-2 |
| | UNI 7070 | Fe 430 B |
| | BS 4360 | 43 B |
| | UNE 36.080 | AE 275 B |
| | ASTM | A 283 D - A 36 |

JIS G3101 SS 400 steel chemical composition %:
Main chemical composition in EN 10028-3 P 460 NL1 steel is phosphorus max 0.05, Sulphur max 0.05. More detailed information about P 460 NL1 steel, please refer to the down table:

| Grade | Chemical Composition, % by weight | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | C, max | Si, max | Manganese | P, max | S, max |
| SS400 | - | - | - | 0.050 | 0.050 |

JIS G3101 SS 400 steel mechanical property:
JIS G3101 SS400 is a technical delivery conditions for general purpose structural steel.JIS G3101 SS400 is a type of steel sheet under JIS standard which is used to build ship, bridge, belongs to high strength sheet.

| Grade | Yield Strength min. (Mpa) | | Tensile Strength MPa | Elongation min, % | | | Impact Resistance min.[J] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Thickness < 16 mm | Thickness ≥16mm | | Thickness <5mm | Thickness 5-16mm | Thickness ≥16mm | |
| SS400 | 245 | 235 | 400-510 | 21 | 17 | 21 | - |

ICE steel is the professional Chinese steel exporter, especially in fin-grain structural steel. We keep 10000 tons ex-stock in our warehouse, and the MTC and sample of JIS G3101 SS 400 steel are available, so if need, welcome to contact ICE steel sales team.

**Ice steel — The most professional exporter on weathering resistant steel**

Tel:0086-10-56218820
E-mail: steel@ice-stees.com
Fax: 0086-10-56218821
Web:http://www.ice-steels.com
Oficina Dir: ROOM 3007 1# SOHO MODERN CITY, 88 NO. JIAN GUO ROAD BEI JING OF CHINA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ARMOX®
PROTECTION PLATE

# Armox 500T

Protection Plate

## General Product Description

Armox 500T combines good ballistic properties with excellent toughness.

**Available Dimensions**

Armox 500T is available in thicknesses between 3.0 and 80.0 mm. Other dimensions to be agreed with SSAB.

## Mechanical Properties

| Plate thickness mm | Hardness HBW Min – Max | Charpy-V -40°C [2] 10×10 mm test specimen Min. (J) | Yield Strength $R_{eH}$ Min MPa | Tensile Strength $R_m$ MPa | Elongation $A_5$ Min % | Elongation $A_{50}$ Min % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 3.0 - 80.0 | 480 - 540 | 25 | 1250 | 1450 - 1750 | 8 | 10 |

[1] Average of three tests. Transverse to rolling direction. Single value min. 70% of specified average.
[2] For plate thicknesses under 12 mm sub-size Charpy-V specimen are used. The specified minimum value is then proportional to the specimen cross-section.

## Mechanical Testing

Brinell hardness test according to EN ISO 6506-1 on each heat treatment individual.
Charpy impact test according to EN ISO 148 on each heat and thicknesses from 4 mm.
Tensile test according to EN ISO 6892 on each heat and thicknesses under 19.9 mm.

**Ultrasonic testing**

According to EN ISO 10 160 Class F.S. on each plate in thicknesses between 60 and 80 mm.

## Chemical Composition (ladle analysis)

| C [1] max % | Si [1] max % | Mn [1] max % | P max % | S max % | Cr [1] max % | Ni [1] max % | Mo [1] max % | B [1] max % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.32 | 0.4 | 1.2 | 0.015 | 0.010 | 1.0 [3] | 1.8 [3] | 0.7 | 0.005 |

The steel is grain-refined. [1] Intentional alloying elements.
[3] For plate thicknesses >70 mm Cr ≤ 1.5 and Ni ≤ 3.5.

www.armoxplate.com

SSAB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ARMOX®
PROTECTION PLATE

## Tolerances

More details are given in SSAB's brochure 41-General product information Strenx, Hardox, Armox and Toolox-UK or on www.ssab.com.

### Thickness

| Plate thickness (mm) | Tolerances (mm) | |
|---|---|---|
| 3.0 - 12.9 | - 0.0 | + 0.8 |
| 13.0 - 19.9 | - 0.0 | + 1.0 |
| 20.0 - 39.9 | - 0.0 | + 1.2 |
| 40.0 - 59.9 | - 0.0 | + 1.6 |
| 60.0 - 79.9 | - 0.0 | + 2.0 |
| 80.0 | - 0.0 | + 2.4 |

### Length and width

According to SSAB's dimension program.

- Tolerances conform to EN 10 029 or to SSAB's standard after agreement.
- Dimensional tolerances for plate with mill edge according to special agreement.
- ≤ 45.0 mm mill edge as standard.

### Shape

Tolerances according to EN 10 029.

### Flatness

Tolerances according to SSAB's flatness tolerances which are more restrictive than EN 10 029 Class N (steel type L).

### Surface Properties

According to EN 10163-2 Class B, Subclass 3.

## Delivery Condition

The delivery condition is QT (Quenched and Tempered). Delivery requirements can be found in SSAB's brochure 41-General product information Strenx, Hardox, Armox and Toolox-UK or at www.ssab.com.

## Fabrication and Other Recommendation

### Welding, bending and machining

For information concerning welding and fabrication, see SSAB's brochures on www.armoxplate.com or consult Tech Support, techsupport@ssab.com.

Armox 500T is not intened for further heat treatment. If Armox 500T is heated above 190 °C after delivery from SSAB no guarantees for the properties of the steel are given.

Nitriding or surface coating may be carried out if the temperature is below 190 °C.

Appropriate health and safety precautions must be taken when welding, cutting, grinding or otherwise working on the product. Grinding, especially of primer coated plates, may produce dust with high particle concentration.

## Contact and Information

For information concerning machining, bending, cutting and welding, see SSAB's brochures on www.armoxplate.com or consult TechSupport, techsupport@ssab.com.

The UK English version of this document shall prevail in case of discrepancy. Download the latest version of this document at www.ssab.com.

www.armoxplate.com

SSAB

Armox is a registered trademark of SSAB Technology AB Sweden

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# BISPLATE® 500

Bisalloy Steels

**Bisalloy Steels Pty Ltd**
PO Box 1246, Unanderra, NSW, Australia, 2526
Ph: +61 2 4272 0444/ Fax: +61 2 4272 0456
bismail@bisalloy.com.au
www.bisalloy.com.au

**Applications**

BISPLATE® 500 – is a through hardened, abrasion resistant steel plate, offering long life expectancy in sliding and gouging abrasion applications. BISPLATE® 500 is produced by Bisalloy Steels and offers exceptionally long life in sliding abrasion applications such as:

- Dump Truck Wear Liners
- Ground Engaging Tools
- Earth Moving Buckets
- Wear Liners
- Chutes
- Cutting Edges

**Chemical Composition**

| Thickness (mm) | | C | P | Mn | Si | S | Ni | Cr | Mo | B | CE(IIW)* | CET* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8-100 | Maximum | 0.32 | 0.025 | 0.40 | 0.35 | 0.005 | 0.35 | 1.20 | 0.30 | 0.002 | 0.67 | 0.48 |

**Typical Tensile Properties**

| 0.2% Proof Stress | Tensile Strength | Elongation in 50mm G.L. |
|---|---|---|
| 1460 MPa | 1645 MPa | 10% |

**Typical Charpy Impact Properties (Longitudinal)**

| Plate Thickness (mm) | Energy (J) | Test Temp (°C) | Plate Thickness (mm) | Energy (J) | Test Temp (°C) |
|---|---|---|---|---|---|
| 20 | 35 | +20 | 20 | 25 | -40 |

**Hardness**
Specification 477 – 534 HB
Typical 500 HB

**Testing**
All testing is NATA accredited.

**Reference Specifications**
Welding according to AS/NZS 1554 parts 4 and 5 WTIA technical note 11

**Manufacturing Tolerances**
In accordance with AS/NZS 1365.
Tighter tolerances may be available on negotiation.

**Surface Finish**
Shot blasted

**Plate Colour Code**
Black

**Fabrication**
For advice on fabrication refer to relevant Bisalloy technical brochures.
Contact Bisalloy direct or visit www.bisalloy.com.au

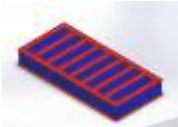
Disclaimer:
Every care has been taken to ensure the accuracy of information contained in this publication but to the extent permitted by law, Bisalloy Steels shall not be liable for any loss or damage howsoever arising from the use of any information contained in this publication. Typical values are provided for information only and no guarantee is given. For a specific plate will provide [illegible] deviation consult Bisalloy. However, information is subject to change without notice.
July 2013

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

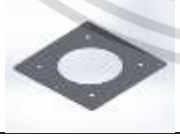
**ขั้นตอนการผลิตชิ้นงานในการประกอบโครงสร้าง**

| ลำดับ | ชื่อชิ้นงาน | จำนวน | ขั้นตอนการผลิต |
|---|---|---|---|
| 1 | โครงสร้างบน | 1 ชุด | - เชื่อมประกอบชิ้นส่วน |
| | แผ่นประกอบโครงสร้างบน แผ่นที่ 1 | 2 ชิ้น | - ตัดเหล็ก Bisplate 500 หนา 8 มม. ขนาด 160 x 1,320 มม. - เจียรตกแต่ง |
| | แผ่นประกอบโครงสร้างบน แผ่นที่ 2 | 4 ชิ้น | - ตัดเหล็ก Bisplate 500 หนา 5 มม. ขนาด 60 x 1,320 มม. - เจียรตกแต่ง |
| | แผ่นประกอบโครงสร้างบน แผ่นที่ 3 | 4 ชิ้น | - ตัดเหล็ก Bisplate 500 หนา 5 มม. ขนาด 60 x 510 มม. - เจียรตกแต่ง |
| | แผ่นประกอบโครงสร้างบน แผ่นที่ 4 | 2 ชิ้น | - ตัดเหล็ก Bisplate 500 หนา 8 มม. ขนาด 160 x 562 มม. - เจียรตกแต่ง |
| | แผ่นประกอบโครงสร้างบน แผ่นที่ 5 | 6 ชิ้น | - ตัดเหล็ก Bisplate 500 หนา 8 มม. ขนาด 26 x 160 มม. - เจียรตกแต่ง |
| | แผ่นประกอบโครงสร้างบน แผ่นที่ 6 | 6 ชิ้น | - ตัดเหล็ก Bisplate 500 หนา 5 มม. ขนาด 60 x 1,200 มม. - เจียรตกแต่ง |

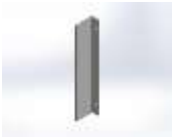
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | | |
|---|---|---|---|
| | แผ่นประกอบโครงสร้างบน แผ่นที่ 7 | 3 ชิ้น | - ตัดเหล็ก Bisplate 500 หนา 8 มม. ขนาด 160 x 1,252 มม.<br>- เจียรตกแต่ง |
| 2 | โครงสร้างล่าง  | 1 ชุด | - เชื่อมประกอบชิ้นส่วน |
| | แผ่นประกอบโครงสร้างล่าง แผ่นที่ 1 | 4 ชิ้น | - ตัดเหล็ก Bisplate 500 หนา 5 มม. ขนาด 60 x 1,320 มม.<br>- เจียรตกแต่ง |
| | แผ่นประกอบโครงสร้างล่าง แผ่นที่ 2 | 2 ชิ้น | - ตัดเหล็ก Bisplate 500 หนา 8 มม. ขนาด 160 x 1,320 มม.<br>- เจียรตกแต่ง |
| | แผ่นประกอบโครงสร้างล่าง แผ่นที่ 3 | 4 ชิ้น | - ตัดเหล็ก Bisplate 500 หนา 5 มม. ขนาด 60 x 510 มม.<br>- เจียรตกแต่ง |
| | แผ่นประกอบโครงสร้างล่าง แผ่นที่ 4 | 2 ชิ้น | - ตัดเหล็ก Bisplate 500 หนา 8 มม. ขนาด 160 x 562 มม.<br>- เจียรตกแต่ง |
| | แผ่นประกอบโครงสร้างล่าง แผ่นที่ 5 | 6 ชิ้น | - ตัดเหล็ก Bisplate 500 หนา 8 มม. ขนาด 26 x 160 มม.<br>- เจียรตกแต่ง |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | | |
|---|---|---|---|
| | แผ่นประกอบโครงสร้างล่าง แผ่นที่ 6 | 14 ชิ้น | - ตัดเหล็ก Bisplate 500 หนา 5 มม. ขนาด 60 x 510 มม.<br>- เจียรตกแต่ง |
| | แผ่นประกอบโครงสร้างล่าง แผ่นที่ 7 | 7 ชิ้น | - ตัดเหล็ก Bisplate 500 หนา 8 มม. ขนาด 160 x 562 มม.<br>- เจียรตกแต่ง |
| 3 | ฐานรองปืน | 1 ชิ้น | - นำเหล็กเกรด ST70 มาทำการมิลลิ่งตามรูปทรง<br>- เจาะรู,ต๊าฟเกลียว |
| 4 | ฝาปิดฐานรองปืน | 1 ชิ้น | - นำเหล็กเกรด ST70 มาทำการมิลลิ่งตาม รูปทรง<br>- เจาะรู |
| 5 | ประกอบฐานรองปืน แผ่นที่ 1 | 1 ชิ้น | - ตัดเหล็ก SS400 หนา 5 มม. ขนาด 460 x 570 มม.<br>- เจาะรู |
| 6 | ประกอบฐานรองปืน แผ่นที่ 2 | 1 ชิ้น | - ตัดเหล็ก SS400 หนา 5 มม.<br>- เจาะรู<br>- พับเหล็ก |
| 7 | ประกอบฐานรองปืน แผ่นที่ 3  | 1 ชิ้น | - ตัดเหล็ก SS400 หนา 5 มม. ขนาด 400 x 400 มม.<br>- เจาะรู |
| 8 | แผ่นเพลดด้านข้าง | 4 ชิ้น | - ตัดเหล็ก SS400 หนา 8 มม. ขนาด 600 x 800 มม.<br>- เจาะรู |
| 9 | แผ่นยึด landing leg แผ่นที่ 1 | 2 ชิ้น | - ตัดเหล็ก SS400 หนา 8 มม. ขนาด 169 x 580 มม.<br>- เจาะรู,พับเหล็ก |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | | |
|---|---|---|---|
| 10 | แผ่นยึด landing leg แผ่นที่ 2  | 2 ชิ้น | - ตัดเหล็ก SS400 หนา 8 มม. ขนาด 169 x 580 มม.<br>- เจาะรู,พับเหล็ก |
| 11 | แผ่นยึด landing leg แผ่นที่ 3 | 2 ชุด | - ตัดเหล็ก SS400 หนา 8 มม. ขนาด 169 x 650 มม.<br>- เจาะรู,พับเหล็ก |
| 12 | แผ่นยึด landing leg แผ่นที่ 4 | 2 ชิ้น | - ตัดเหล็ก SS400 หนา 8 มม. ขนาด 169 x 500 มม.<br>- เจาะรู,พับเหล็ก |
| 13 | Landing leg ตัวที่ 1 | 2 ชิ้น | - Jost Landing leg |
| 14 | Landing leg ตัวที่ 2 | 2 ชิ้น | - Jost Landing leg |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ประวัติผู้เขียน


| | |
|---|---|
| ชื่อ-นามสกุล | นายธนเดช เจริญวิภาค |
| วัน เดือน ปีเกิด | วันที่ 10 ตุลาคม 2513 ที่จังหวัดสมุทรสาคร |
| ที่อยู่ | 3/222 หมู่บ้านสวนปาล์มลากูน หมู่ 9 ตำบล โคกขาม |
| | อำเภอ เมืองสมุทรสาคร จังหวัดสมุทรสาคร 74000 |
| | โทร.0-818-535-223 |
| | email : charoenwipak@gmail.com |
| ประวัติการศึกษา | 2541 วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการเกษตร |
| | มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม |
| ตำแหน่งปัจจุบัน | กรรมการบริหาร บริษัท ปรีชาถาวรอุตสาหกรรม จำกัด |
| | 28/4 หมู่ 4 ถนนเอกชัย ตำบล นาดี อำเภอ เมืองสมุทรสาคร |
| | จังหวัดสมุทรสาคร 74000 |
| | โทร. 034-424-741 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้