

การออกแบบและวิเคราะห์ความแข็งแรงของงปรตุลื้อหัว สำหรับยึดบานพับประตูตำแหน่งหน้าของเครื่องบินแบบ บ.ขฝ.1

Strength Design and Analysis of L-39ZA/ART

Nose Landing Gear Door Forward Rib

สมชาย เรืองบุญสุข^{1*}, สมชาย หาญกล้า² และ ณัฐพล นิยมไทย³

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมการบินและอวกาศ ภาควิชาวิศวกรรมการบินและอวกาศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บางเขน กรุงเทพฯ 10900 โทร 0-2668-2112 *อีเมลล์ falconnet_sr@hotmail.com

² สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล กองวิชาวิศวกรรมศาสตร์ โรงเรียนนายเรืออากาศ ดอนเมือง กรุงเทพฯ 10220

โทร 0-2534-3674 โทรสาร 0-2534-3674 อีเมลล์ somchai_hanklar@hotmail.com

³ สาขาวิชาวิศวกรรมอากาศยาน กองวิชาวิศวกรรมศาสตร์ โรงเรียนนายเรืออากาศ ดอนเมือง กรุงเทพฯ 10220

โทร 08-7012-1720 โทรสาร 0-2534-3674 อีเมลล์ ucaview@yahoo.com

Somchai Ruangbunsuk¹, Somchai Hanklar², Nattapol Niyomthai³

¹ Department of Aeronautical Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University,

Bangkheng, Bangkok 10900, Thailand, Tel: 0-2668-2112, *E-mail: falconnet_sr@hotmail.com

² Department of Mechanical Engineering, Engineering Division, The Royal Thai Air Force Academy,
Bangkok, 10220, Thailand, Tel: 0-2534-3674, Fax: 0-2534-3674, E-mail: somchai_hanklar@hotmail.com

³ Department of Aeronautical Engineering, Engineering Division, The Royal Thai Air Force Academy,
Bangkok, 10220, Thailand, Tel: 08-7012-1720, E-mail: ucaview@yahoo.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการหารูปแบบและตำแหน่งที่เหมาะสม ในการติดตั้งวัสดุเสริมความแข็งแรงให้กับงปรตุยึดบานพับตำแหน่งหน้าของเครื่องบินแบบ บ.ขฝ. 1 เพื่อลดความเค้นที่เกิดขึ้น ณ ตำแหน่งวิกฤต (Critical Position) หรือตำแหน่งที่เกิดรอยแตกร้าวบนงปรตุยึดบานพับตำแหน่งหน้า โดยใช้การคำนวณทางพลศาสตร์ของไหล (Computational Fluid Dynamics, CFD) กับแบบจำลองของงปรตุฐานล้อหัวที่สร้างขึ้นในคอมพิวเตอร์ และใช้การวิเคราะห์ความแข็งแรงด้วยวิธีไฟไนต์อีลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) จากนั้นจึงทำการออกแบบวัสดุเสริมความแข็งแรงเป็นรูปตัว C ซึ่งมีรัศมีความโค้งของมุม (Fillet) ขนาด 1, 2 และ 3 มม. และทำการติดตั้งกับงปรตุยึดบานพับตำแหน่งหน้าในตำแหน่งขนานและตั้งฉากกับ Web สลับกันไป จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ความแข็งแรง

แนวทางอากาศพลศาสตร์ที่กระทำต่องปรตุฐานล้อหัวส่งผลให้มีความนอกบริเวณช่องว่างระหว่างงปรตุเกิดการโก่งตัว และเมื่อทำการติดตั้งวัสดุเสริมความแข็งแรงแล้ว พบว่าวัสดุเสริมความแข็งแรงซึ่งมีรัศมีความโค้งของมุมขนาด 3 มม. วางตั้งฉากกับ Web ของงปรตุ

ยึดบานพับตำแหน่งหน้าสามารถลดความเค้นลงได้มากกว่ารัศมีความโค้งของมุมขนาดอื่น ๆ โดยสามารถลดค่าความเค้นสูงสุดบนงปรตุยึดบานพับตำแหน่งหน้าลงได้ร้อยละ 59.61

คำหลัก งปรตุ, งปรตุฐานล้อหัว, ความเค้น, ระยะกระจัด, การคำนวณทางพลศาสตร์ของไหล, ตำบลวิกฤต, วิธีไฟไนต์อีลิเมนต์, โครงร่างตาข่าย, การโก่งตัว, รัศมีความโค้งของมุม

Abstract

This research was concentrated on the selection of best model and proper location for installing the reinforce materials to the rib at front hinge assy. of L39ZA/ART, to reduce stress at critical position on the rib of front hinge assy, by using Computational Fluid Dynamics Analysis and Finite Element Method. Then a reinforce material was designed to be c-shape component with fillet radius of 1, 2 and 3 mm and installed to the rib at front hinge assy. in parallel and perpendicular positions

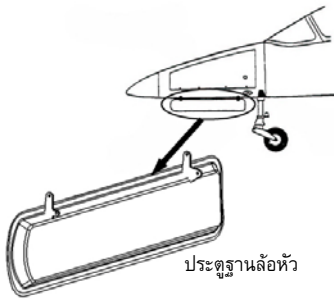
correspondingly to analyze the strength of materials.

The result of Aerodynamic force applied on the NLG Door has caused buckling on outside skin. However after installing a reinforce material with fillet dimension 1 mm could reduce the maximum stress on the rib at front hinge assy. 59.61%

Key Words : Rib, Nose Landing Gear Door, Stress, Displacement , Computational Fluid Dynamics, Critical Position, Finite Element Method, Mesh, Buckling, Fillet

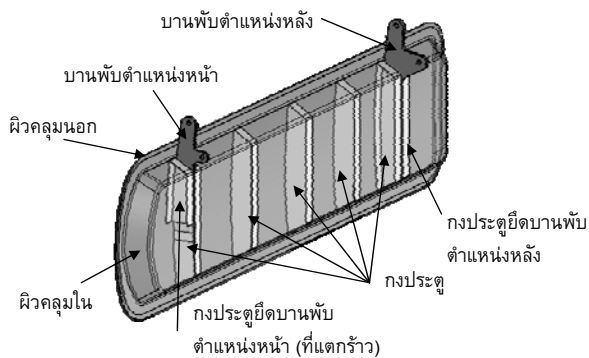
1. บทนำ

ประตูฐานล้อหัวของเครื่องบินแบบ บ.ขฝ.1 เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปิด - ปิด เมื่อต้องการกางและเก็บฐานล้อหัว (Nose Landing Gear) ในอากาศ ติดตั้งอยู่บริเวณด้านหน้าของฐานล้อหัว ดังรูปที่ 1



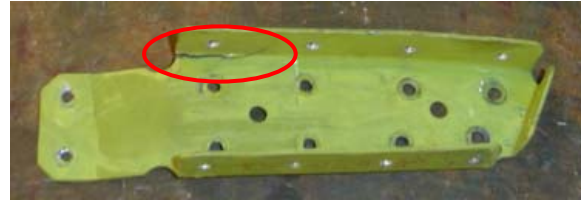
รูปที่ 1 แสดงตำแหน่งติดตั้งประตูฐานล้อหัว

ประตูฐานล้อหัวประกอบด้วยชิ้นส่วนโครงสร้าง ได้แก่ บานพับ ตำแหน่งหน้าและหลัง, กงประตูยึดบานพับตำแหน่งหน้าและหลัง, กงประตู และ ผิวคลุมนอกและใน ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงการจัดวางชิ้นส่วนโครงสร้างภายในประตูฐานล้อหัว

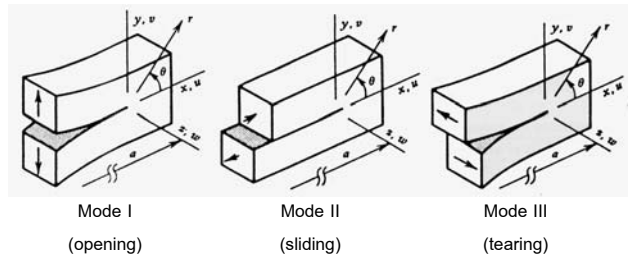
การชำรุดของประตูฐานล้อหัวของเครื่องบินแบบ บ.ขฝ.1 จากการตรวจพบ จำนวน 8 เครื่อง มีลักษณะของการชำรุด ได้แก่ ผิวคลุมนอกบริเวณที่ยึดบานพับตำแหน่งหน้าเป็นลอนคลื่น และกงประตูยึดบานพับตำแหน่งหน้าแตก ความยาวประมาณ 3/4 - 1 นิ้ว ดังรูปที่ 3 โดยทั้ง 8 เครื่อง มี ชม.บิน เฉลี่ย 1,800 ชม.บิน



รูปที่ 3 ลักษณะรอยแตกร้าวที่เกิดขึ้นบนกงประตูยึดบานพับตำแหน่งหน้า

2. ทฤษฎี

2.1 การแตกหักมี 3 ประเภท ดังรูปที่ 4 ได้แก่ การแตกหักแบบที่ 1 เป็นการเปิดรอยแตกออกด้วยแรงดึงทำให้พื้นผิวรอยแตกเปิดออกในทิศทางตั้งฉากกับแรง การแตกหักแบบที่ 2 แรงเฉือนทำให้พื้นผิวของรอยแตกไถลไปในทิศทางตั้งฉากกับด้านหน้ารอยแตก (หน้ารอยแตกคือระนาบ y-z) ส่วนการแตกหักแบบที่ 3 แรงเฉือนทำให้ผิวรอยแตกเคลื่อนที่ในทิศทางขนานกับหน้ารอยแตก



รูปที่ 4 แสดงชนิดของการแตกหัก

2.2 การคำนวณหาการกระจายความดันบนผิวของประตูฐานล้อหัวสามารถหาได้จากสมการ

$$P - P_\infty = C_p (\rho_\infty V_\infty^2) / 2 \tag{1}$$

โดย P คือความดันสถิตที่จุดใด ๆ บนประตูฐานล้อหัว ซึ่งเป็นค่าที่ต้องการหา และความดันนี้จะกระทำในแนวตั้งฉากกับผิวของประตูฐานล้อหัว, P_∞ คือความดันบรรยากาศ, C_p คือสัมประสิทธิ์ความดัน, ρ_∞ คือความหนาแน่นของอากาศ และ V_∞ คือความเร็วของอากาศยานที่พิจารณา

3. การจำลองแบบ

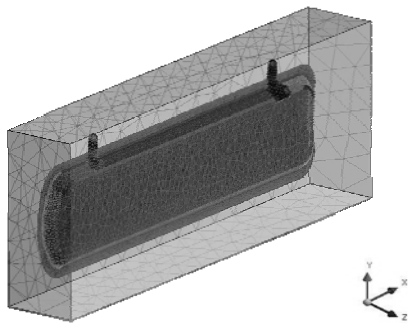
การจำลองแบบแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

3.1 การวิเคราะห์การไหลของกระแสอากาศผ่านแบบจำลอง

การวิเคราะห์การไหลของกระแสอากาศผ่านแบบจำลองเป็นการจำลองการไหลของกระแสอากาศด้วยโปรแกรมการคำนวณทางพลศาสตร์ของไหลผ่านแบบจำลองของประตูฐานล้อหัว เพื่อหาค่าความดันของอากาศที่กระจายตัวอยู่รอบ ๆ ผิวของประตูฐานล้อหัว โดยจะพิจารณาการไหลของกระแสอากาศภายใต้สภาพการบินขณะประตูเปิดกางออกสุดด้วยมุม 90 องศา และจะไม่พิจารณาถึงผลกระทบของกระแสอากาศที่เกิดจากการกาง - เก็บฐานล้อหัวในอากาศ ด้วยความเร็วของกระแสอากาศ 140 Knot (20.58 m/s) ซึ่ง

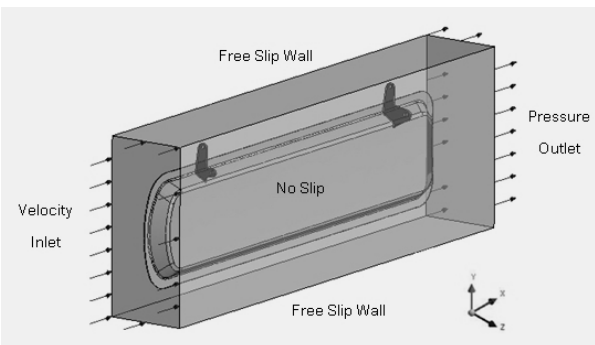
เป็นย่านความเร็วสูงสุดที่เครื่องบินแบบ L-39 ใช้ในการเปิด-ปิดประตูฐานล้อหัว ที่ความเร็วนี้การไหลของกระแสอากาศจะถูกพิจารณาเป็นแบบไม่อัดตัว (Incompressible Flow) ความหนาแน่นของอากาศมีค่าคงที่เท่ากับ 1.23 kg/m^3 และจะพิจารณาความเค้นที่เกิดขึ้นกับประตูฐานล้อหัวเฉพาะที่เกิดจากความดันของอากาศที่กระจายอยู่รอบผิวประตูฐานล้อหัวเท่านั้น

ขั้นตอนเริ่มจากการกำหนดปริมาตรควบคุม (Control Volume) ให้กับแบบจำลอง จากนั้นทำการสร้างโครงร่างตาข่ายโดยใช้คำสั่งสร้างโครงร่างตาข่ายแบบอัตโนมัติ (Auto-Mesh) ด้วยคำสั่งนี้ Region ของแบบจำลองจะถูกแบ่งออกเป็นอิเลเมนต์แบบ Tetrahedron 3 มิติ 4 โหนด โดยมีจำนวนโหนดทั้งสิ้น 18,152 โหนด และมีจำนวนอิเลเมนต์ทั้งสิ้น 55,812 อิเลเมนต์ ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 แสดงการสร้างโครงร่างตาข่ายบนปริมาตรควบคุมของแบบจำลอง

จากนั้นสร้างโดเมนให้กับแบบจำลอง โดยกำหนดความดันบรรยากาศมีค่าเท่ากับ $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ กำหนดเงื่อนไขขอบ (Boundary Condition) โดยให้ด้านหน้าของปริมาตรควบคุมเป็นทางเข้า (Inlet) มีความเร็วของกระแสอากาศเท่ากับ 140 Knot (20.58 m/s) และด้านหลังของปริมาตรควบคุมเป็นทางออก (Outlet) กำหนดคุณสมบัติของกระแสอากาศเป็นความดันสถิต (Static Pressure) มีความดันเท่ากับ 0 Pa กำหนดให้ ด้านบน ด้านล่าง และด้านข้างของปริมาตรควบคุมเป็นผนังลื่นอิสระ (Free Slip Wall) และผนังของแบบจำลองไม่มีการลื่น (No Slip) ดังรูปที่ 6



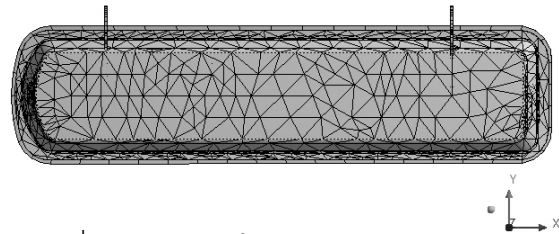
รูปที่ 6 แสดงการกำหนดเงื่อนไขขอบบนแบบจำลอง

จากนั้นจึงกำหนดค่าเริ่มต้น (Initial Value) และทำการประมวลผล

3.2 การวิเคราะห์ความแข็งแรงของแบบจำลอง

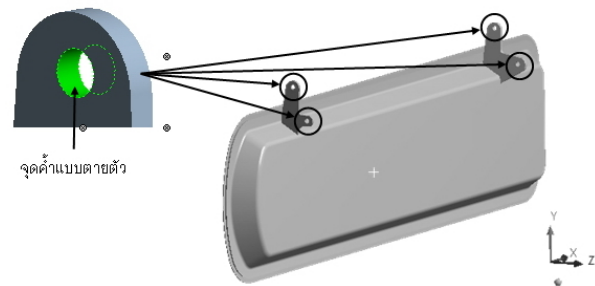
การวิเคราะห์ความแข็งแรงของแบบจำลองประตูฐานล้อหัวเป็นการวิเคราะห์ความแข็งแรงด้วยโปรแกรมไฟไนต์อิเลเมนต์ เพื่อหาค่าความเค้น และระยะกระจัด ที่เกิดขึ้น รวมทั้งพิจารณาลักษณะของแรงที่กระทำต่อประตูยึดบานพับตำแหน่งหน้า โดยส่งผลทำให้เกิดค่าลวิกฤตลักษณะคล้ายที่เกิดขึ้นจริง

ขั้นตอนเริ่มจากการระบุชนิดของวัสดุให้แก่แบบจำลอง ซึ่งได้จากวัสดุจริง ในที่นี้กำหนดให้วัสดุเป็น AI 2024 ซึ่งมีค่า $E = 7.3 \times 10^{10} \text{ Pa}$, $\nu = 0.33$, $\rho = 2.8 \text{ kg/m}^3$ ส่วนชิ้นส่วนอื่นเป็น Stainless Steel ซึ่งมีค่า $E = 1.93 \times 10^{11} \text{ Pa}$, $\nu = 0.31$, $\rho = 2.77 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ จากนั้นทำการสร้างโครงร่างตาข่าย โดยใช้คำสั่งสร้างแบบอัตโนมัติ (Auto-Mesh) ด้วยคำสั่งนี้ Region ของแบบจำลองจะถูกแบ่งออกเป็นอิเลเมนต์แบบ Tetrahedron 3 มิติ 4 โหนด โดยมีจำนวนโหนดทั้งสิ้น 18,152 โหนด และมีจำนวนอิเลเมนต์ทั้งสิ้น 7,901 อิเลเมนต์ ดังรูปที่ 7



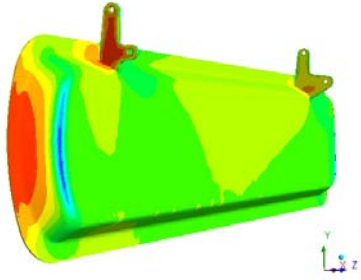
รูปที่ 7 แสดงการสร้างโครงร่างตาข่ายบนแบบจำลอง

จากนั้นทำการสร้างเงื่อนไขบังคับ (Constraints) ลงบนแบบจำลอง ในที่นี้ใช้เงื่อนไขบังคับแบบตายตัว (Fixed Support) ที่ตำแหน่งของบานพับตำแหน่งหน้าและหลัง ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 แสดงการสร้างเงื่อนไขบังคับลงบนแบบจำลอง

จากนั้นกำหนดแรงกระทำลงบนแบบจำลอง ในที่นี้กำหนดให้แรงเป็นความดันที่ได้จากการวิเคราะห์การไหลของกระแสอากาศ ด้วยวิธีการคำนวณพลศาสตร์ของไหล โดยโปรแกรมจะทำการสร้างความดันลงบนพื้นผิวของแบบจำลองโดยอัตโนมัติ ดังรูปที่ 9

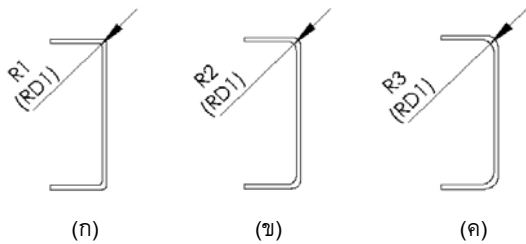


รูปที่ 9 แสดงการกระจายตัวของความดันที่กระทำบนแบบจำลองของประตูล้อหัวไนโปแกรมไฟในต้อลิเมนต์

3.3 การออกแบบและวิเคราะห์ความแข็งแรงของวัสดุ

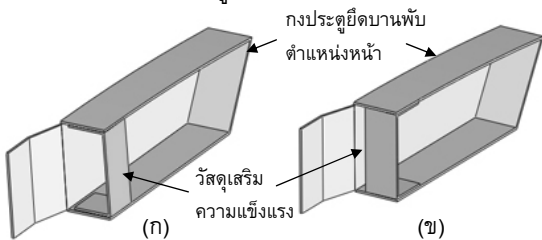
เสริมความแข็งแรง

ในงานวิจัยนี้ใช้การออกแบบวัสดุเสริมความแข็งแรงเป็นรูปตัว C เนื่องจากเป็นรูปแบบที่สามารถสร้างได้ง่าย มีความกว้าง 13 มม. ยาว 15 มม. สูง 35.28 มม. และหนา 1 มม. โดยออกแบบทั้งหมด จำนวน 3 ชั้น ซึ่งมีรัศมีความโค้งของมุมขนาด 1, 2, และ 3 มม. ดังรูปที่ 10 เพื่อเปรียบเทียบความเค้นที่เกิดขึ้น และใช้วัสดุเดียวกับกึ่งประตูดัดบานพับตำแหน่งหน้า คือ AI 2024



รูปที่ 10 แสดงลักษณะของวัสดุเสริมความแข็งแรงรูปตัว C มีรัศมีความโค้งของมุมขนาด (ก) 0 มม., (ข) 1 มม., (ค) 2 มม. และ (ง) 3 มม.

จากนั้นนำวัสดุเสริมความแข็งแรงติดตั้งกับกึ่งประตูดัดบานพับตำแหน่งหน้า โดยตำแหน่งที่ใช้ติดตั้งจะต้องเป็นตำแหน่งที่กึ่งประตูดัดบานพับตำแหน่งหน้าได้รับแรงกระทำมากที่สุด ซึ่งในที่นี้จะทำการทดลองติดตั้ง 2 ตำแหน่ง เพื่อทำการเปรียบเทียบการลดความเค้นบริเวณตัวปลอกกุด โดยตำแหน่งแรกเป็นการติดตั้งในลักษณะ Web ของวัสดุเสริมความแข็งแรงขนานกับ Web ของกึ่งประตูดัดบานพับตำแหน่งหน้า และตำแหน่งที่สองเป็นการติดตั้งในลักษณะ Web ของวัสดุเสริมความแข็งแรงตั้งฉากกับ Web ของกึ่งประตูดัดบานพับตำแหน่งหน้า ดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 แสดงการติดตั้งวัสดุเสริมความแข็งแรงในตำแหน่ง (ก) ขนาน และ (ข) ตั้งฉาก กับ Web ของกึ่งประตูดัด

บานพับตำแหน่งหน้า

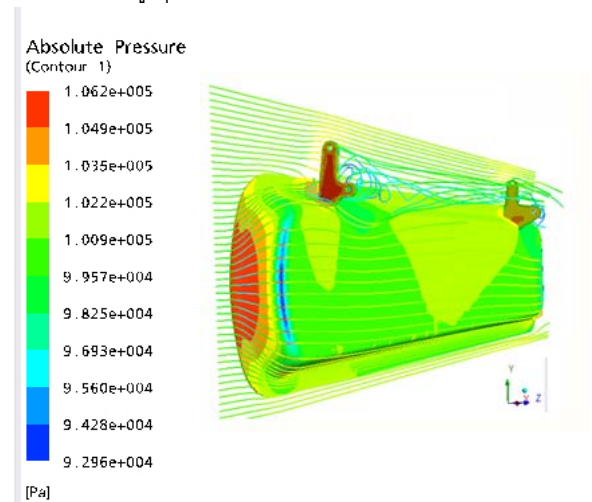
หลังจากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ความแข็งแรงของประตูล้อหัวเมื่อทำการติดตั้งวัสดุเสริมความแข็งแรงเรียบร้อยแล้ว

4. ผลการทดลอง

4.1 ผลการวิเคราะห์การไหลของกระแสอากาศผ่าน

แบบจำลองของประตูล้อหัว

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์การไหลของกระแสอากาศผ่านแบบจำลองของประตูล้อหัว ด้วยโปรแกรมการคำนวณทางพลศาสตร์ของไหล ได้ผลการทดลอง ดังรูปที่ 12 ซึ่งแสดงการไหลของกระแสอากาศผ่านแบบจำลอง ทำให้เกิดการกระจายความดันบนผิวของแบบจำลอง จะเห็นได้ว่าบริเวณผิวด้านหน้าและบริเวณบานพับตำแหน่งหน้าของแบบจำลองเป็นบริเวณที่มีความดันเกิดขึ้นสูงกว่าบริเวณอื่น ซึ่งเป็นส่วนที่ตั้งฉากกับการไหลของกระแสอากาศ โดยมีค่าความดันสูงสุดเท่ากับ 1.06 MPa

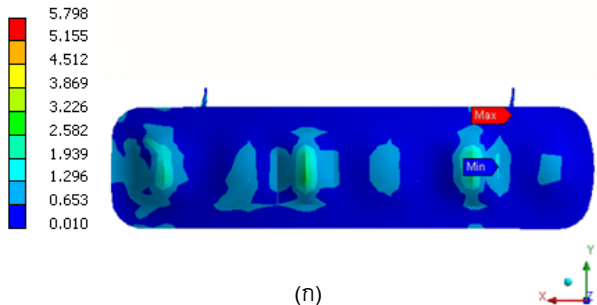


รูปที่ 12 แสดงแถบระดับความดันที่เกิดขึ้นบนแบบจำลองของประตูล้อหัว

4.2 ผลการวิเคราะห์ความแข็งแรงของแบบจำลองประตูล้อหัว

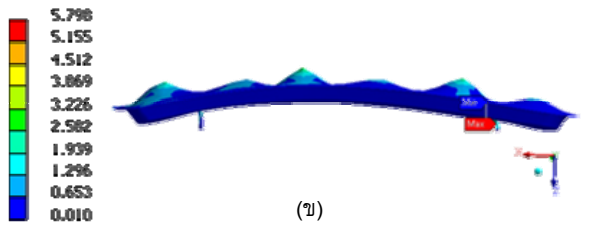
ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความแข็งแรงของประตูล้อหัวด้วยโปรแกรมไฟไนต์อีลิเมนต์ ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 13 ซึ่งแสดงแถบระดับความเค้นแบบ Von Mises ที่เกิดขึ้นบนแบบจำลอง จะเห็นว่าค่าความเค้นสูงสุดแบบ Von Mises เกิดขึ้นบริเวณรูปร่างของบานพับตำแหน่งหน้า และมีค่าเท่ากับ 5.798 MPa และ ผิวคลุมนอกบริเวณช่องว่างระหว่างกึ่งประตูดัดแต่ละอัน มีค่าความเค้นแบบ Von Mises สูงกว่าบริเวณอื่น และจากรูปที่ 14 แสดงแถบระดับระยะกระจัดที่เกิดขึ้นบนแบบจำลอง จะเห็นได้ว่าระยะกระจัดสูงสุดเกิดขึ้นที่ผิวคลุมนอก และมีค่าเท่ากับ 0.0189 มม. และ ผิวคลุมนอกเกิดลักษณะเป็นลอนคลื่นเหมือนกับที่พบบนประตูล้อหัวของจริง ซึ่งบริเวณช่องว่างระหว่างกึ่งประตูดัดจะมีระยะกระจัดสูงกว่าบริเวณอื่น

Equivalent (von-Mises) Stress
MPa
Max: 5.798e+000
Min: 9.598e-003
2007/3/9 14:21



(ก)

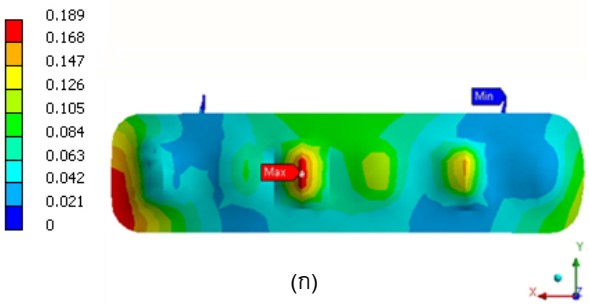
Equivalent (von-Mises) Stress
MPa
Max: 5.798e+000
Min: 9.598e-003
2007/6/15 23:36



(ข)

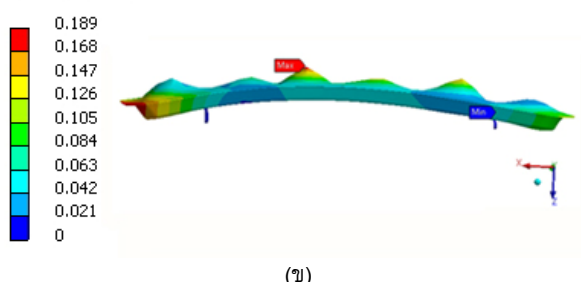
รูปที่ 13 แสดงแถบระดับความเค้นแบบ Von Mises บนแบบจำลองของประตูล้อหัว (ก) Top View และ (ข) Side View

Total Deformation
x 1e-1 mm
Max: 1.890e-002
Min: 0.000e+000
2007/3/9 14:23



(ก)

Max: 1.890e-002
Min: 0.000e+000
2007/6/15 23:44



(ข)

รูปที่ 14 แสดงแถบระดับระยะกระจัดบนแบบจำลองของประตูล้อหัว (ก) Top View และ (ข) Side View

เมื่อพิจารณาเฉพาะกึ่งประตูด้านหน้าพบตำแหน่งหน้า พบว่าค่าความเค้นสูงสุดแบบ Von Mises (σ_{max}) เกิดขึ้นบริเวณมุมรอยพับระหว่าง Upper flange กับ Web ซึ่งเป็นตำแหน่งที่เกิดขึ้นกับของจริง และมีค่าความเค้นสูงสุดแบบ Von Mises เท่ากับ 1.0645 MPa ดังรูปที่ 15 สาเหตุที่อาจจะเป็นไปได้เนื่องจากการโก่งตัวของผิวคลุ่มนอกรวมทั้งการโก่งตัวของประตูด้านหน้า ทำให้เกิดแรงดึง (Tensile Force) กระทำที่บริเวณ Upper Flange ดังรูปที่ 16 ซึ่งทำให้เกิดรอยแตกหรือการแตกหักแบบที่ 1 โดยเป็นการเปิดรอยแตกออกด้วยแรงดึง ซึ่งจุดที่กึ่งประตูด้านหน้าตำแหน่งหน้าได้รับแรงดึงสูงสุดกระทำอยู่ที่มุมบนสุดของ Upper Flange และเมื่อกึ่งประตูด้านหน้าได้รับแรงกระทำซ้ำ ๆ เป็นระยะเวลานาน ๆ จึงทำให้เกิดรอยแตกมีความยาวเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาจุดตำแหน่งอื่น ๆ เห็นได้ว่าจะได้รับแรงดึงกระทำที่บริเวณ Upper Flange เช่นเดียวกัน เนื่องจากการโก่งตัวของผิวคลุ่มนอก แต่สาเหตุที่ไม่ทำให้กึ่งประตูด้านอื่นเกิดการแตกหรืออาจเนื่องมาจากรูปแบบของประตูด้านอื่นที่มีความยาวในการรับแรงตลอดแนวตัดขวางของประตูล้อหัว ซึ่งเป็นส่วนช่วยในการกระจายการรับแรง

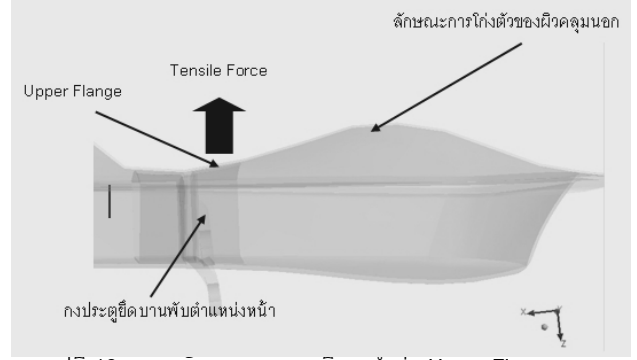


(ก)



(ข)

รูปที่ 15 (ก) แสดงบริเวณที่มีความเค้นสูงสุดแบบ Von Mises บนแบบจำลองของกึ่งประตูด้านหน้าเปรียบเทียบกับ (ข) ของจริง



รูปที่ 16 แสดงลักษณะของแรงที่กระทำต่อ Upper Flange ของแบบจำลองของกึ่งประตูด้านหน้า

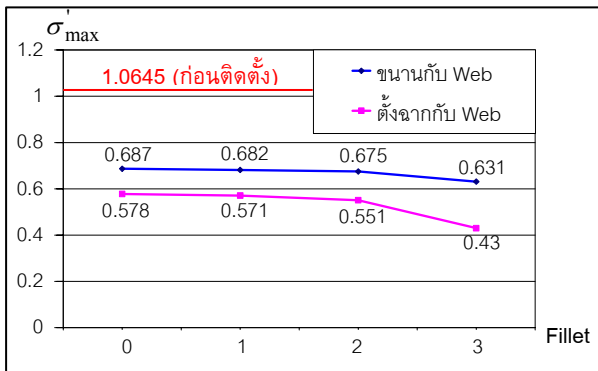
4.3 ผลการวิเคราะห์ความแข็งแรงเมื่อติดตั้งวัสดุเสริม

ความแข็งแรง

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความแข็งแรงของวัสดุเสริมความแข็งแรง หลังจากนำไปติดตั้งกับแบบจำลองของประตูดานล้อหัว ซึ่งได้ผลการทดลองตามตารางที่ 1 และกราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าความเค้นกับการเพิ่มรัศมีความโค้งของมุมขนาดต่าง ๆ ดังรูปที่ 17

ตารางที่ 1 แสดงค่าความเค้นที่เกิดขึ้นบนงปรตูดานล้อหัวติดตั้งวัสดุเสริมความแข็งแรง

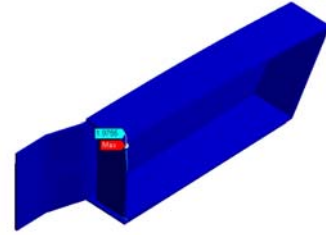
ตำแหน่งติดตั้ง	ขนาด Fillet (mm)	σ' ตำบลวิกฤต (MPa)	σ'_{max} (MPa)
ขนาน	0	0.687	1.167
	1	0.682	2.630
	2	0.675	2.795
	3	0.631	4.691
ตั้งฉาก	0	0.578	2.264
	1	0.571	3.010
	2	0.551	4.213
	3	0.430	1.975



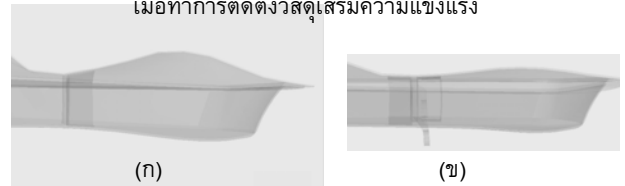
รูปที่ 17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง σ'_{max} กับ Fillet บนงปรตูดานล้อหัวเมื่อติดตั้งวัสดุเสริมความแข็งแรง

จากตารางที่ 1 และกราฟในรูปที่ 17 จะเห็นได้ว่า เมื่อทำการติดตั้งวัสดุเสริมความแข็งแรงที่มีรัศมีความโค้งของมุมขนาดต่าง ๆ ทำให้ความเค้น ณ ตำบลวิกฤตมีค่าลดลงต่ำกว่าก่อนติดตั้ง โดยค่าความเค้นแบบ Von Mises จะมีค่าลดลงเมื่อรัศมีความโค้งของมุมมีขนาดลดลง และค่าความเค้นแบบ Von Mises มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.43 MPa เมื่อติดตั้งวัสดุเสริมความแข็งแรงที่มีรัศมีความโค้งของมุมขนาด 3 mm ในตำแหน่งตั้งฉากกับ Web ของงปรตูดานล้อหัว และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าความเค้นก่อนทำการติดตั้ง (1.0645 MPa) พบว่าความเค้นมีค่าลดลงร้อยละ 59.61 และค่าความเค้นเลื่อนตำแหน่งไปอยู่บริเวณมุมรอยพับของวัสดุเสริมความ

แข็งแรง มี σ'_{max} เท่ากับ 1.975 MPa ดังรูปที่ 18 และมีผลทำให้ช่วยลดแรงดึงที่เกิดจากการโก่งตัวของผิวคลุ้มนอกบริเวณ Upper Flange ของงปรตูดานล้อหัวตำแหน่งหน้าลงได้ ดังรูปที่ 19



รูปที่ 18 แสดงบริเวณที่มีความเค้นสูงสุดแบบ Von Mises บนแบบจำลองของงปรตูดานล้อหัวตำแหน่งหน้าเมื่อทำการติดตั้งวัสดุเสริมความแข็งแรง



รูปที่ 19 ลักษณะการโก่งตัวของผิวคลุ้มนอกบริเวณ Upper Flange ของแบบจำลองงปรตูดานล้อหัวตำแหน่งหน้า (ก) ก่อนและ (ข) หลัง ติดตั้งวัสดุเสริมความแข็งแรง

5 สรุป

แรงทางอากาศพลศาสตร์ทำให้ผิวคลุ้มนอกของแบบจำลองประตูดานล้อหัวเกิดการโก่งตัวที่บริเวณ Upper Flange ของงปรตูดานล้อหัวตำแหน่งหน้า ซึ่งทำให้เกิดแรงดึงกระทำต่อ Upper Flange ทำให้เกิดความเค้นสูงสุดที่บริเวณรอยต่อระหว่าง Upper Flange กับ Web ของงปรตูดานล้อหัวตำแหน่งหน้า และเมื่อติดตั้งวัสดุเสริมความแข็งแรงแล้ว พบว่าวัสดุเสริมความแข็งแรงที่มีรัศมีความโค้งของมุมขนาด 3 mm ติดตั้งในตำแหน่งตั้งฉากกับ Web ของงปรตูดานล้อหัวตำแหน่งหน้า ทำให้ค่าความเค้นสูงสุดแบบ Von Mises มีค่าต่ำสุด และลดลงจากก่อนติดตั้งร้อยละ 59.61 ซึ่งเป็นการเพิ่มความแข็งแรงให้กับงปรตูดานล้อหัวตำแหน่งหน้า ทำให้ทนต่อแรงดึงได้เพิ่มขึ้น และส่งผลต่อการรับภาระกรรมได้นานขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] Robert D. Cook et al., 2002. Concepts and Applications of Finite Element Analysis. 4 th. ed., John Wiley & Sons, Inc., United States. 719 p.
- [2] T.L.Anderson, 1995. Fracture Mechanics Fundamentals and Applications. 2se ed., CRC Press, Inc., United States. 688 p.
- [3] John D. Anderson, Jr., 1995. Computational Fluid Dynamics. McGraw-Hill. Inc., United States. of America. 163 p.
- [4] RTAF, 1993. T.O. 1T-L39ZA/ART-2-5, Landing Gear and Brake Systems., Thailand, 163 p.