



รายงานเรื่อง

การออกแบบและปรับปรุงแพนอากาศด้านหลัง
สำหรับรถแข่งสูตรหนึ่งโดยใช้โปรแกรม ANSYS

เสนอ

ผศ.ดร.นิพนธ์ วรรณโสภาคย์

อ.เสฏฐวรรธ สัจจิตภวัตสกุล

จัดทำโดย

นางสาวนันท์ซพร	นันท์ปิยะวรรณ	รหัสனிสิต 5930281121
----------------	---------------	----------------------

นายสุเจตน์	โพดาพล	รหัสனிสิต 5930537921
------------	--------	----------------------

รายงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชา 2103306 COM AIDED ME DES

ภาคการศึกษาต้น ปีการศึกษา2561

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

ที่มาและความสำคัญ	2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
ปัญหาที่สนใจและวัตถุประสงค์	5
1 st Simulation	6
การออกแบบใหม่	9
1 st Redesign : ปรับมุม Angle of attack (AOA)	10
2 nd Redesign : ขยายขนาดของ Automobile airfoil	12
3 rd Redesign : การทำ Multi element wing	14
4 th Redesign : การใส่ Gurney flap	16
5 th Redesign : การใส่ Plate	18
6 th Redesign : การเพิ่ม airfoil เป็น 2 ชั้น	20
7 th Redesign : รวมทุกแนวคิด	22
สรุปผล	24
อภิปรายผล	24
บรรณานุกรม	25
ภาคผนวก	26

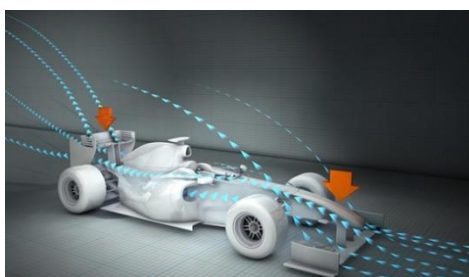
ที่มา และความสำคัญ

รถแข่งสูตรหนึ่งเป็นหนึ่งในยานยนต์ที่จำเป็นต้องมีการควบคุมการเคลื่อนที่เป็นอย่างมากเพื่อให้รถแข่งสูตรหนึ่งสามารถทำความเร็วได้ตามที่ต้องการ โดยแรงต่างๆที่กระทำกับรถแข่งสูตรหนึ่งซึ่งส่งผลต่อลักษณะการเคลื่อนที่จึงมีความสำคัญ และหนึ่งในแรงที่มีผลกับการเคลื่อนที่ของรถแข่งสูตรหนึ่งคือ แรงกดจากของไหลที่ผ่านรถแข่งสูตรหนึ่ง ซึ่งช่วยทำให้รถแข่งสูตรหนึ่งมีพื้นที่สัมผัสของยางกับพื้นถนนมากขึ้น ทำให้มีแรงหมุนที่ล้อมากขึ้น และสามารถเข้าโค้งได้เร็วขึ้น โดยที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าความเฉื่อย (Inertia) ดังนั้นการออกแบบรถแข่งสูตรหนึ่งส่วนใหญ่จึงมีการติดแพนอากาศ (Automobile airfoil) เข้าไปที่ท้ายรถเพื่อเพิ่มแรงกดจากของไหลให้มีขนาดที่เหมาะสม โดยในรายงานฉบับนี้ คณะผู้จัดทำได้ทำการหาขนาดของแรงกดที่เกิดจากแพนอากาศ โดยใช้โปรแกรม Ansys เพื่อแก้ไขการออกแบบให้ได้รูปแบบของแพนอากาศที่ทำให้เกิดแรงกดที่มีขนาดเหมาะสมที่สุดสำหรับรถแข่งสูตรหนึ่ง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

แรงกดจากอากาศ (Downforce)

แรงกดจากอากาศ คือแรงกดที่เกิดจากการอากาศที่ไหลผ่านผิวของรถแข่งสูตรหนึ่ง ซึ่งมีทิศทางไปในทางเดียวกับทิศของน้ำหนักของวัตถุ และทิศทางตรงข้ามกับแรงยก แรงกดจากอากาศเกิดขึ้นจากแรงที่รถแข่งสูตรหนึ่งกระทำกับอากาศ ที่เปลี่ยนทิศทางการไหลของอากาศให้พุ่งขึ้นด้านบนดังที่แสดงในรูปที่ 1 ทำให้เกิดแรงปฏิกิริยาจากอากาศกดรถในทิศทางตรงกันข้าม ซึ่งเป็นไปตามกฎข้อที่ 3 ของนิวตัน



รูปที่ 1 แสดงทิศทางการไหลของอากาศ และแรงกดจากอากาศ

แรงกดจากอากาศสามารถใช้สูตรคำนวณเดียวกับแรงยกได้ดังนี้

$$Downforce = \frac{1}{2} C_l \rho U^2 A$$

เมื่อ

C_l = สัมประสิทธิ์แรงกด

ρ = ความหนาแน่นของอากาศ (kg/m^3)

U = คือความเร็วของอากาศ (m/s)

A = พื้นที่หน้าตัดของรถแข่งสูตรหนึ่ง (m^2)

แรงต้านอากาศ (Drag force)

แรงต้านอากาศ (Drag force) คือแรงฉุดที่เกิดขึ้นบนผิวของรถแข่งสูตรหนึ่งอันเนื่องมาจากแรงดันและแรงเสียดทานของอากาศที่ไหล ซึ่งมีทิศทางตรงกันกับการเคลื่อนที่ของรถแข่งสูตรหนึ่งดังที่แสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงทิศทางของแรงต้านอากาศ

แรงต้านอากาศสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$Drag = \frac{1}{2} C_d \rho U^2 A$$

เมื่อ

C_d = สัมประสิทธิ์แรงต้าน

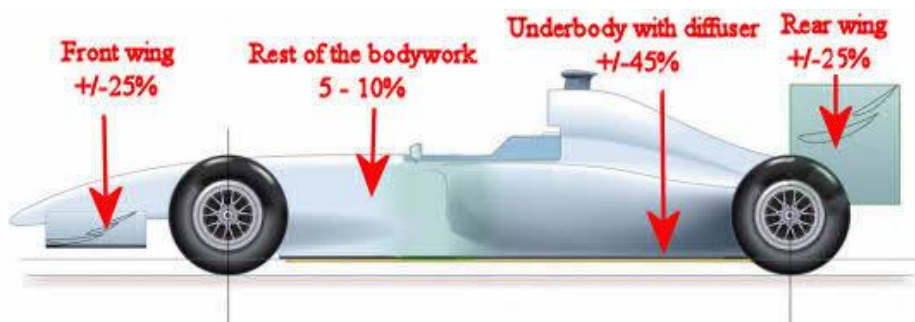
ρ = ความหนาแน่นของอากาศ (kg/m^3)

U = ความเร็วของอากาศ (m/s)

A = พื้นที่หน้าตัดของรถแข่งสูตรหนึ่ง (m^2)

ปัญหาที่สนใจและวัตถุประสงค์

ปัญหาที่สนใจในโครงการนี้คือพิจารณาแรงกดลงของแพนอากาศด้านหลังของรถแข่งสูตร ในการออกแบบรถแข่งนั้นต้องการที่จะสร้างแรงกดโดยประมาณ 2.5 เท่าของน้ำหนักรถ ทั้งนี้แรงที่เกิดที่บริเวณแพนอากาศด้านหลังควรจะมีค่าประมาณ 25% ของแรงกดลงทั้งหมด ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงแรงทั้งหมดที่กดลงบนรถแข่งสูตรหนึ่ง

ในที่นี้พิจารณารถแข่งขับที่อัตราเร็ว 240 กิโลเมตรต่อชั่วโมงหรือ 66.67 เมตรต่อวินาที น้ำหนักรถ 700 กิโลกรัม จึงต้องการแรงกดเท่ากับ $700 \text{ kg} \times 2.5 \times 9.81 \text{ m/s}^2 \times 0.25 \approx 4000 \text{ N}$ ทั้งนี้ให้รถแข่งขับในบริเวณที่อากาศอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

การพิจารณาปัญหา

ในการออกแบบพิจารณาปัญหาเป็นการไหลของอากาศแบบ external flow ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสซึ่งมีค่า dynamic viscosity = $1.6036 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ และ Reynolds number ของ airfoil หาได้จาก

$$Re = \frac{vl}{\nu} \quad (1)$$

เมื่อ

Re = เลขเรย์โนลด์

ν = ความหนืดจลน์ (m^2/s)

l = ความยาวคอร์ด (m)

v = ความเร็วของไหล (m/s)

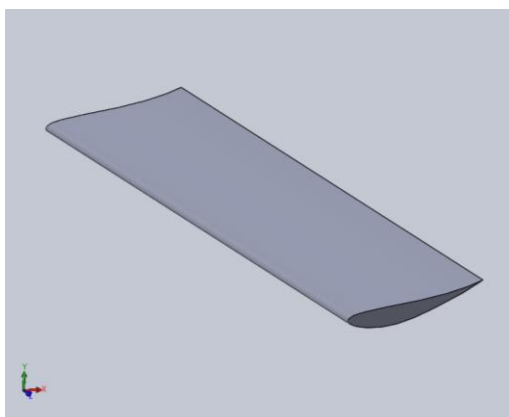
$$\text{ในที่นี้จะได้ } Re = \frac{(66.67 \text{ m/s})(0.248807 \text{ m})}{(1.6036 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s})} = 1,034,420$$

ซึ่ง $1,034,420 > 5 \times 10^5$ ดังนั้นการไหลนี้เป็นแบบ turbulent flow

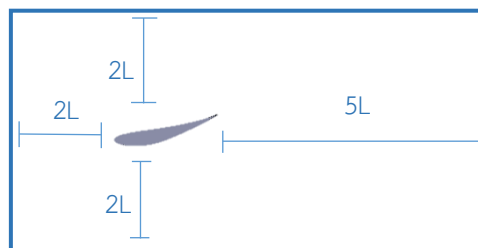
1st Simulation

ขั้นตอนการ Simulation

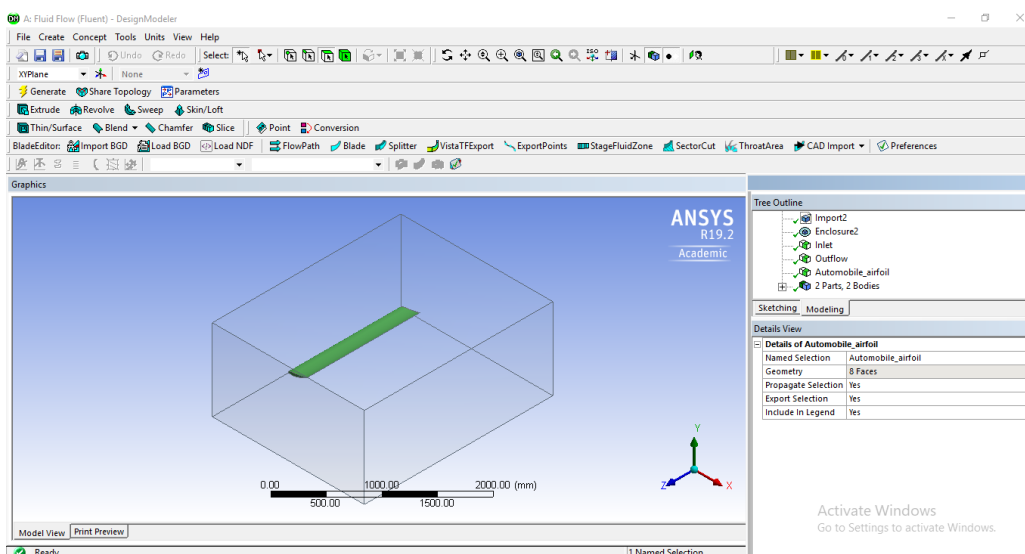
1. เลือก Analysis system เป็น Fluid Flow (Fluent)
2. [ขั้น Geometry] นำ CAD ของ Automobile airfoil ดังที่แสดงในรูปที่ 4 มาโหลดเข้า Geometry ใน Ansys แล้วจึงตั้งค่า enclosureให้มีขนาดตาม L หรือ ความยาวของ Automobile airfoil ดังที่แสดงในรูปที่ 5 โดยในที่นี้ L มีค่าเท่ากับ 241.3 mm และตั้งชื่อผิวของ Automobile airfoil ว่า “Automobile_airfoil”, ผิวด้านที่อากาศไหลเข้าว่า Inlet” และ ผิวด้านที่อากาศไหลออกว่า “Outflow” ดังที่แสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 4 แสดง CAD ของ Automobile airfoil

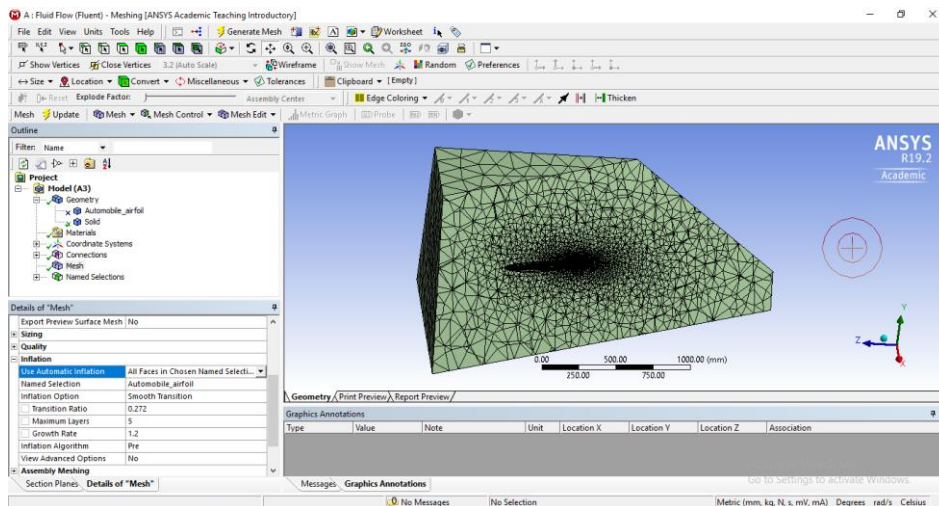


รูปที่ 5 แสดงขนาดของของ enclosure



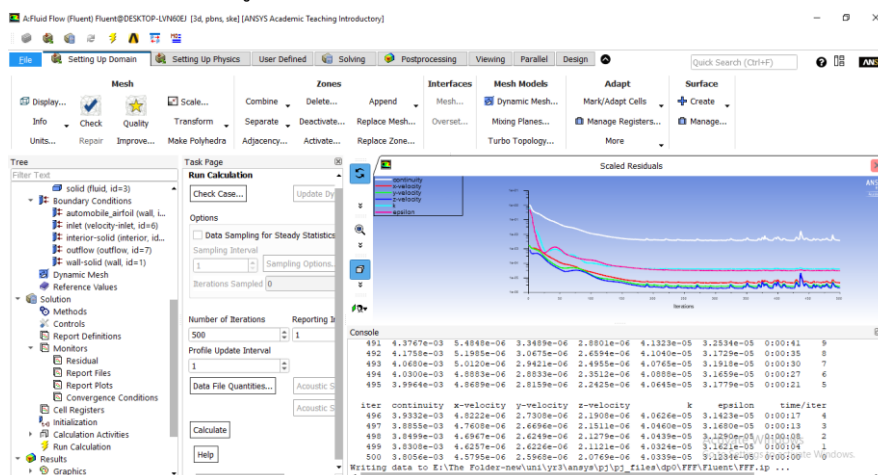
รูปที่ 6 แสดง Automobile airfoil ใน Geometry

3. [ขั้น Mesh] กด suppress Automobile airfoil แล้วจึงสร้าง Section plane ที่ผ่าน Automobile airfoil จากนั้นทำการ mesh โดยตั้งค่า Element size ใน Default ให้มีค่าเป็น 200mm และตั้งค่า Inflation เป็น All Faces in Chosen Named Selection แล้วจึงเลือกที่ผิว Automobile_airfoil และ set ค่า Maximum layers เป็น 5 โดยหลังจากทำการ mesh แล้วจะได้ทั้งหมด 501462 Elements ดังที่แสดงในรูปที่ 7 จากนั้นเปิดหน้าต่างรวมของ Ansys click ขวาที่ Mesh และกด update



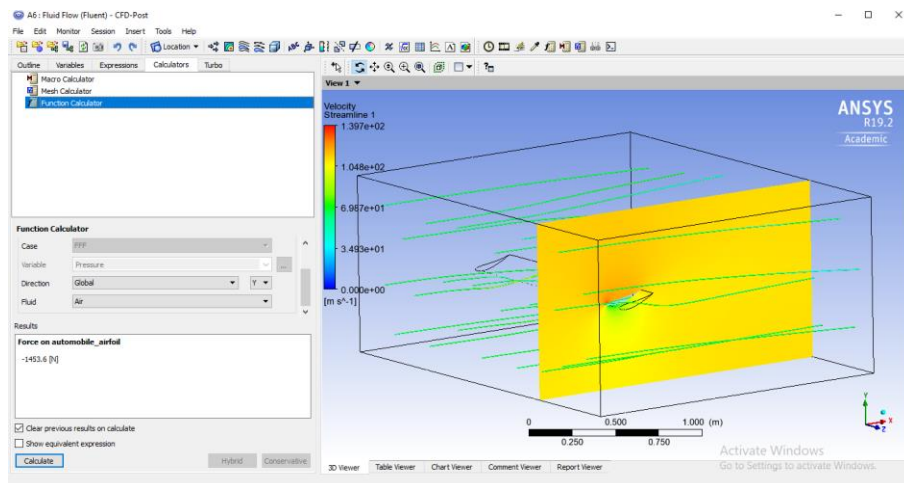
รูปที่ 7 แสดงผลการ mesh

4. [ขั้น Setup และ Solution] ทำการเลือก Model โดยเลือก Viscous Model เป็น k-epsilon (เนื่องจากลักษณะการไหลเป็นแบบ Turbulent) จากนั้นตั้งค่า material ใน setup ให้ fluid เป็น air แล้วจึงตั้งค่า Boundary condition โดยตั้งค่าที่ Automobile_airfoil ให้เป็น Stationary wall, ตั้งค่าที่ Inlet ให้มี Velocity magnitude (ความเร็วของอากาศที่ไหลเข้า inlet) เป็น 66.67m/s (ซึ่งเท่ากับ 240km/hr) และ ตั้งค่าที่ Outflow ให้ค่า Flow Rate Weighting เท่ากับ 1 (เพราะระบบเป็น Steady-state และจากกฎ Conservation of mass) จากนั้นเลือก Monitors > Residual และ set ค่า Absolute Criteria เป็น 0.001 สำหรับทุกค่า แล้วจึงทำการ Initialize และทำการ Calculation ทั้งหมด 500 iterations ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 แสดงผลการ Calculation

5. [ชั้น Results] สร้างเส้นStreamline จำนวน 25 เส้น, สร้าง plane เพื่อแสดงค่าpressureในระนาบ และกด Function Calculator เพื่อค่าแรงกดจากอากาศ (Downforce) และแรงต้านอากาศ (Drag force) และได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 แสดงผลใน Results

ผลลัพธ์จากการ Simulation

ค่าแรงกดจากอากาศ (Downforce) และ แรงต้านอากาศ (Drag force) มีค่าเป็น 1453.6 N และ 139.295 N ตามลำดับ

การออกแบบใหม่

ใน model แรกของ airfoil สามารถสร้าง downforce ได้ 1453.6 N ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าที่กำหนดไว้ที่ 4000 N ทำให้ต้องมีการปรับปรุง model นี้โดยการเปลี่ยนค่าตัวแปรต่าง ๆ การปรับปรุงเริ่มจากการเพิ่มหรือเปลี่ยนพารามิเตอร์ทีละหนึ่งตัว ทั้งนี้พารามิเตอร์ที่สนใจคือ Angle of attack, Size of airfoil, , Multi element flap, Gurney flap, plate และการเพิ่ม airfoil เป็น 2 ชั้น การ redesign ทำได้โดยการ import CAD ที่ผ่านการออกแบบใหม่เข้ามาและปรับขนาด enclosure ใหม่และตั้งค่าต่าง ๆ เหมือนดังใน 1st simulation

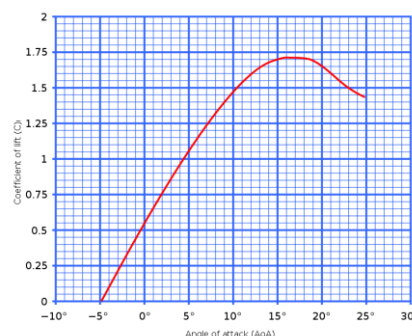
1st Redesign : ปรับมุม Angle of attack (AOA)

แนวคิดและหลักการของ Redesign

ในพลศาสตร์ของไหล มุม Angle of attack (AOA) คือมุมระหว่างที่เส้น Chord line ของ Airfoil และเส้นแสดงทิศทางการไหลของของไหลเทียบกับวัตถุตั้งที่แสดงในรูปที่ 10 โดยมุม Angle of attack (AOA) มีผลต่อขนาดของแรงกดจากอากาศ (Downforce) ที่เกิดขึ้น โดยที่มุม Angle of attack จะมีค่า C_l หรือค่าสัมประสิทธิ์แรงกดที่ต่างกันดังที่แสดงในกราฟในรูปที่ 11



รูปที่ 10 แสดงมุม Angle of attack



รูปที่ 11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างมุม AOA และ C_l

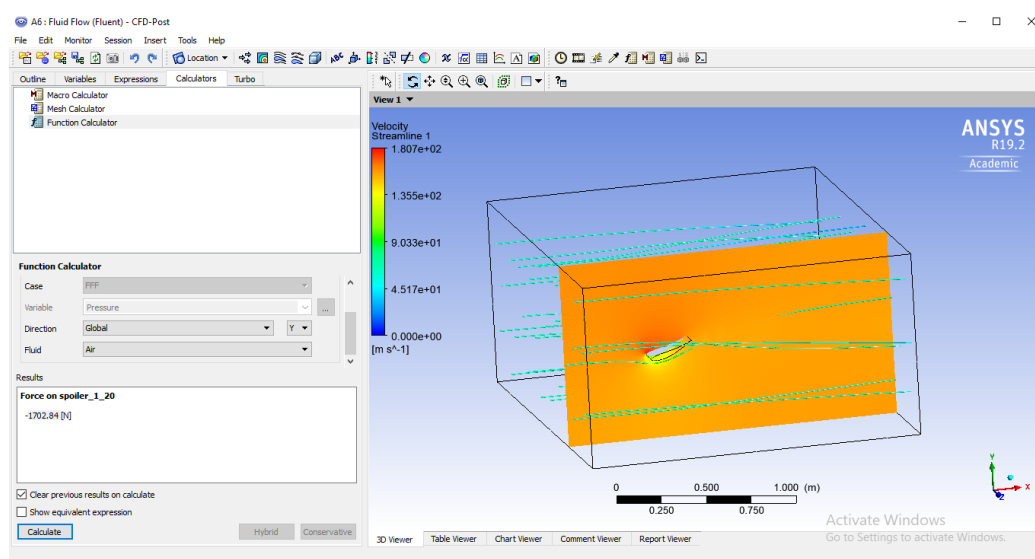
การ redesign ทำโดยการปรับมุม Angle of attack ของ Automobile airfoil และ Simulation ซ้ำจนกว่าจะได้มุม Critical angle of attack หรือมุมที่ให้ค่า C_l และแรงกดจากอากาศ (Downforce) เยอะที่สุด และพบว่าในแผนอากาศส่วนมากค่า Critical angle of attack มักมีค่าประมาณ 15 – 20 องศาจึงออกแบบโดยเลือกค่าตรงกลางคือ 17 องศาและค่าที่ชอบคือ 20 องศามาทำการปรับปรุงและออกแบบใหม่

ผลลัพธ์จากการ Redesign

เนื่องจากเมื่อเพิ่มค่า AOA จาก 13 องศาเป็น 14 องศา, 17 องศาและ 20 องศาตามลำดับพบว่าค่าแรงกดที่ได้มีค่ามากขึ้นจึงเพิ่มค่า AOA ต่อทีละหนึ่งองศาเพื่อหามุม Critical angle of attack พบว่าเมื่อเพิ่มมุมเป็น 20 องศาได้แรงกดเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเพิ่มมุมเป็น 21 องศาพบว่าแรงกดมีค่าลดลง จึงได้ว่าค่า Critical angle of attack มีค่าประมาณ 20 องศา ค่าแรงกด (Downforce) และแรงต้าน (Drag force) ที่มุมต่าง ๆ มีค่าดังแสดงในตารางที่ 1 และตัวอย่างการปรับมุมแสดงในรูปที่ 12

ตารางที่ 1 แสดงค่าแรงกดจากอากาศและ แรงต้านอากาศ ที่เกิดจากมุม Angle of attack ค่าต่าง ๆ

AOA	Downforce	Drag force
(1 st Simulation) 13°	1453.6 N	139.295 N
14°	1530.3 N	154.72 N
17°	1614.88 N	209.824 N
20°(Critical AOA)	1702.84 N	263.252 N
21°	1679.27 N	288.278 N



รูปที่ 12 แสดงผลใน Results ของการ redesign โดยการปรับมุม AOA เป็น 20°

ข้อเสนอแนะ

การออกแบบใหม่โดยการปรับมุม AOA นั้นเป็นวิธีที่ง่ายและมีต้นทุนในการผลิตเท่าเดิม สามารถเพิ่มแรงกดได้ปานกลาง การเลือกมุม AOA นั้นถึงแม้จะสามารถเพิ่มแรงกดได้ แต่ควรพิจารณาถึงแรงต้านอากาศที่เพิ่มขึ้นด้วยว่าช่วยทำให้สมรรถภาพของรถแข่งเพิ่มขึ้นหรือลดลง

2nd Redesign : ขยายขนาดของ Automobile airfoil

แนวคิดและหลักการของ Redesign

จากสูตรการคำนวณของค่าแรงกดจากอากาศ (Downforce)

$$Downforce = \frac{1}{2} C_l \rho U^2 A$$

เมื่อ C_l = สัมประสิทธิ์แรงกด

ρ = ความหนาแน่นของอากาศ (kg/m³)

U = คือความเร็วของอากาศ (m/s)

A = พื้นที่หน้าตัดของรถแข่งสูตรหนึ่ง (m²)

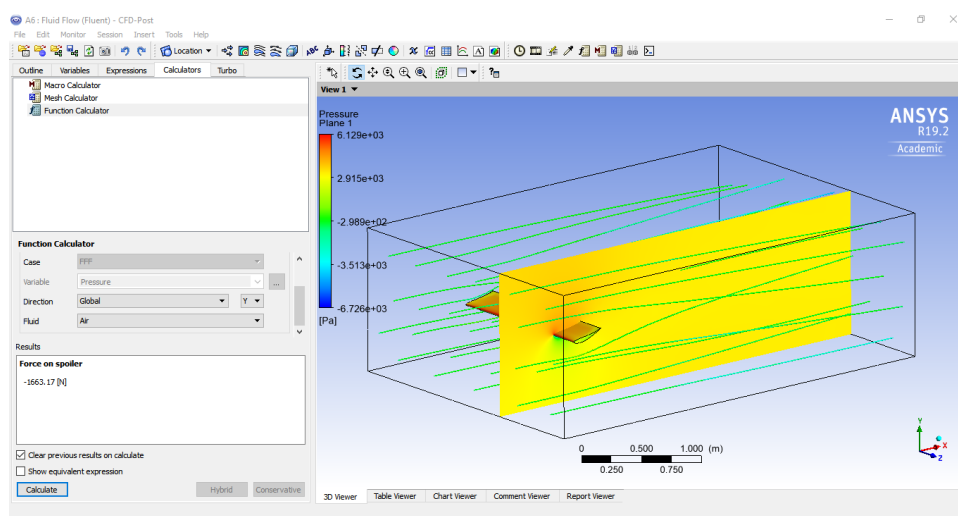
จะเห็นว่าแรงกดจากอากาศ (Downforce) แปรผันตามพื้นที่หน้าตัดที่เปลี่ยนไป ดังนั้นการขยายขนาด Automobile airfoil ซึ่งเพิ่มพื้นที่หน้าตัด จึงส่งผลให้แรงกดจากอากาศมีค่าสูงขึ้น จึงออกแบบใหม่โดยการขยายขนาดของ Automobile airfoil โดยเพิ่มพื้นที่หน้าตัดขึ้น 20%

ผลลัพธ์จากการ Redesign

จากการเพิ่มขนาดของ Automobile airfoil ขึ้น 20% ทำให้สามารถสร้างแรงกดได้มากขึ้น และแรงต้านอากาศมีค่าเพิ่มขึ้นเช่นกัน โดยได้ค่าดังแสดงในตารางที่ 2 และผลการ simulation ดังรูปที่ 13

ตารางที่ 2 แสดงค่าแรงกดจากอากาศและ แรงต้านอากาศ ที่เกิดจากขนาดต่างๆของ Automobile airfoil

Size	Downforce	Drag force
(1 st Simulation) 1x	1453.6 N	139.295 N
1.2x	1663.17 N	176.223 N



รูปที่ 13 แสดงผลใน Results ของการ redesign โดยการเพิ่มพื้นที่หน้าตัดขึ้น 20%

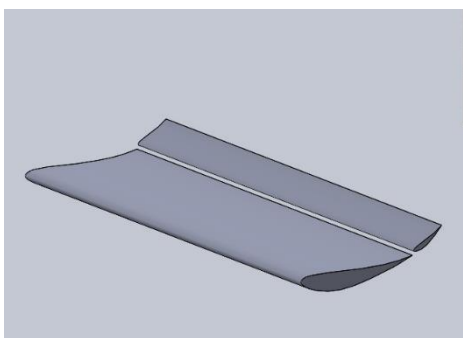
ข้อเสนอแนะ

การออกแบบใหม่โดยเพิ่มขนาดนั้นเป็นวิธีที่ใช้กระบวนการผลิตเหมือนเดิมแต่ใช้ปริมาณวัสดุที่มากขึ้น ทำให้มีต้นทุนที่สูงขึ้น การออกแบบนี้สามารถเพิ่มแรงกดได้แต่เพิ่มแรงต้านอากาศด้วยเช่นกัน และการขยายขนาดนั้นอาจไม่เหมาะสมกับการออกแบบรถแข่งสูตรหนึ่งที่ถูกจำกัดขนาดและน้ำหนักตามกติกา

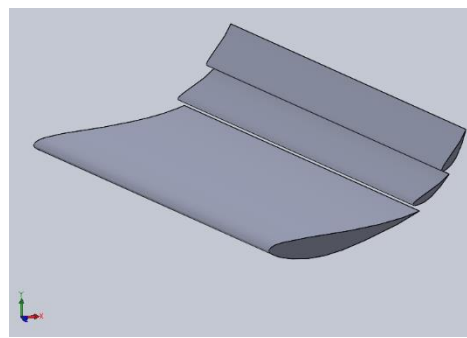
3rd Redesign : การทำ Multi element wing

แนวคิดและหลักการของ Redesign

การทำ Multi element wing คือการเพิ่ม Automobile airfoil ขึ้นเล็กไปทีละส่วนของ Automobile airfoil ขึ้นหลักดังรูปที่ 14 โดยการทำให้อากาศติดกับผิวของ Automobile airfoil มากขึ้นซึ่งเป็นผลมาจากช่องอากาศระหว่าง Automobile airfoil ขึ้นเล็กและขึ้นใหญ่ ส่งผลให้อากาศไหลขึ้นไปในทิศทางพุ่งขึ้นในแนวตั้งมากขึ้น ทำให้แรงปฏิกิริยาจากอากาศที่กด Automobile airfoil มีมากขึ้น และ เพิ่มพื้นที่หน้าตัดรวมของ Automobile airfoil อันเนื่องมาจากพื้นที่หน้าตัดที่เพิ่มมาจาก Automobile airfoil ขึ้นเล็กที่เพิ่มเข้ามา โดยทั้งหมดส่งผลให้แรงกดจากอากาศ (Downforce) มีค่าสูงขึ้น โมเดลใหม่ที่ออกแบบมีลักษณะดังรูปที่ 14



(ก.) Airfoil 2 ขึ้น



(ข.) Airfoil 3 ขึ้น

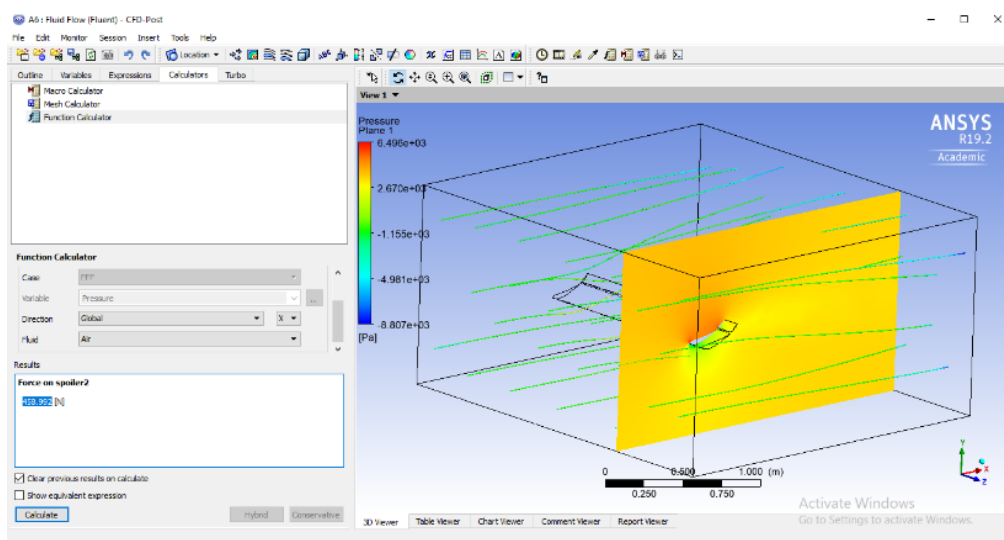
รูปที่ 14 แสดงการทำ Multi element wing

ผลลัพธ์จากการ Redesign

จากการเพิ่ม multi element wing สามารถสร้างแรงกดได้มาก และแรงต้านอากาศมีค่าเพิ่มขึ้นเช่นกัน โดยได้ค่าดังแสดงในตารางที่ 3 และผลการ simulation ดังรูปที่ 15

ตารางที่ 3 แสดงค่าแรงกดจากอากาศและ แรงต้านอากาศ ที่เกิดจากการเพิ่ม multi element wing

จำนวน Airfoil	Downforce	Drag force
1	1453.6 N	139.295 N
2	2141.93 N	458.992 N
3	2420.57 N	935.398 N



รูปที่ 15 แสดงผลใน Results ของการ redesign โดยการทำ Multi element wing (Airfoil 2 ขึ้น)

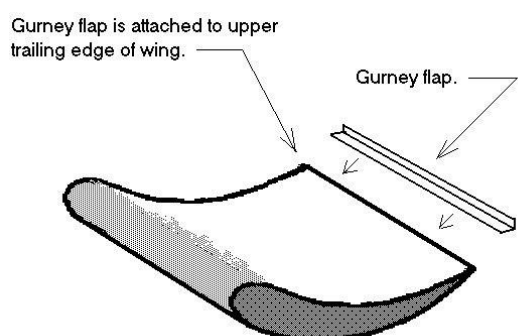
ข้อเสนอแนะ

การออกแบบใหม่โดยเพิ่ม multi element wing นั้นเป็นวิธีที่ใช้กระบวนการผลิตที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้นและใช้ปริมาณวัสดุที่มากขึ้นทำให้มีต้นทุนที่สูงขึ้น การออกแบบตามแนวคิดนี้สามารถเพิ่มแรงกดได้มากแต่ก็สร้างแรงต้านอากาศที่มากด้วยเช่นกัน การออกแบบเช่นนี้เหมาะสำหรับรถแข่งสูตรหนึ่งเนื่องจากเพิ่มน้ำหนักและใช้พื้นที่เพิ่มไม่มากเมื่อเทียบกับแรงกดที่ได้มา

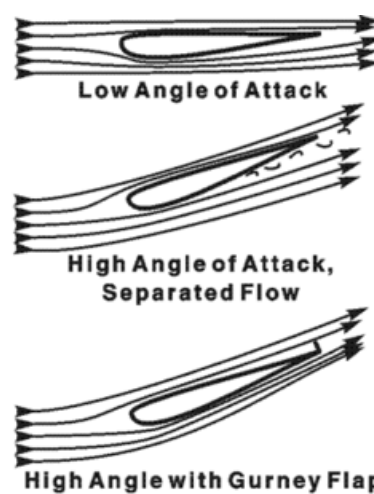
4th Redesign : การใส่ Gurney flap

แนวคิดและหลักการของ Redesign

การออกแบบใหม่ด้วยการเพิ่มขอบตั้งฉากที่บริเวณปลายด้านหลังของ airfoil หรือที่เรียกว่า Gurney flaps ดังรูปที่ 16 Gurney flap จะช่วยให้การเกิด separation ของอากาศถูกเลื่อนออกไปทางด้านหลังทำให้เกิดได้ยากขึ้น จึงสามารถเพิ่ม angle of attack ได้มากขึ้นดังแสดงในรูปที่ 17 จึงทำให้ค่าแรงกดมีค่ามากขึ้น โดยจะได้โมเดลใหม่ที่ออกแบบมีลักษณะดังรูปที่ 18

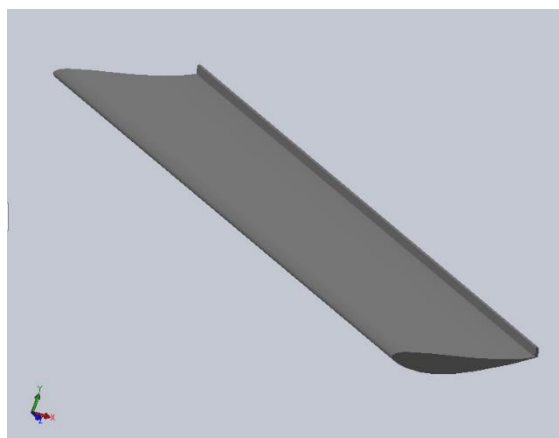


รูปที่ 16 แสดงการติดตั้ง Gurney flap



The Effect of a Gurney Flap

รูปที่ 17 แสดงผลที่เกิดขึ้นจาก Gurney flap



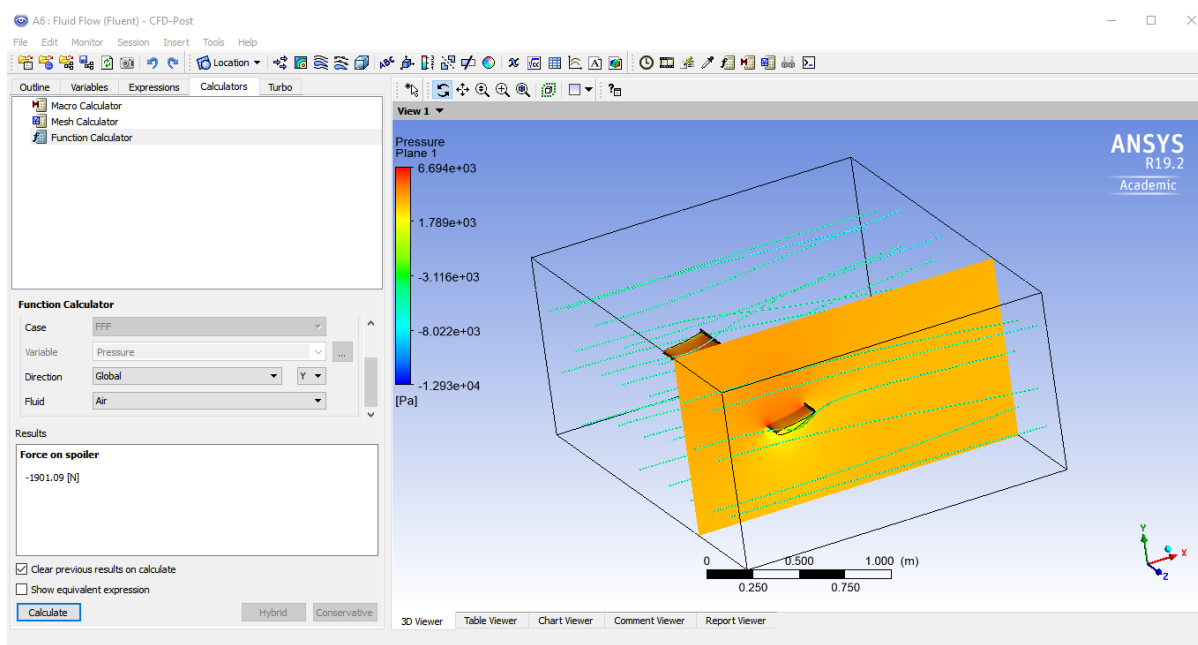
รูปที่ 18 โมเดลใหม่ที่ติดตั้ง Gurney flap

ผลลัพธ์จากการ Redesign

จากการเพิ่ม Gurney flap สามารถสร้างแรงกด โดยที่แรงต้านอากาศมีค่าเพิ่มขึ้นเช่นกัน ซึ่งได้ค่าดังแสดงในตารางที่ 4 และผลการ simulation ดังรูปที่ 19

ตารางที่ 4 แสดงค่าแรงกดจากอากาศและ แรงต้านอากาศ ที่เกิดจากการเพิ่ม multi element wing

Gurney flap	Downforce	Drag force
without	1453.6 N	139.295 N
with	1901.09 N	259.793 N



รูปที่ 19 แสดงผลใน Results ของการ redesign โดยการเพิ่ม Gurney flap

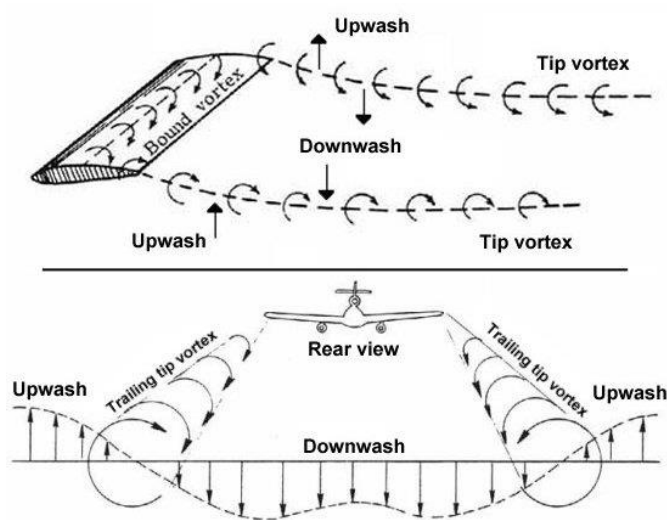
ข้อเสนอแนะ

การออกแบบใหม่โดยการติดตั้ง Gurney flaps เพิ่มนั้นสามารถเพิ่มแรงกดได้อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับการลงทุนที่เพิ่มขึ้นไม่มาก เนื่องจากกระบวนการผลิต Gurney flaps นั้นไม่ซับซ้อนและสามารถนำมาติดตั้งเพิ่มได้โดยง่าย เหมาะแก่การออกแบบรถสูตรหนึ่งเพราะเพิ่มน้ำหนักและใช้พื้นที่น้อย แต่ก็ต้องคำนึงถึงแรงต้านอากาศที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน

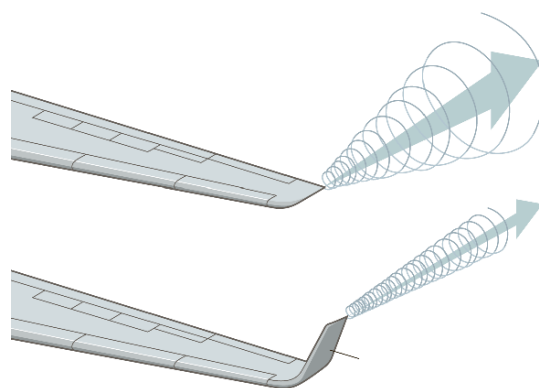
5th Redesign : การใส่ Plate

แนวคิดและหลักการของ Redesign

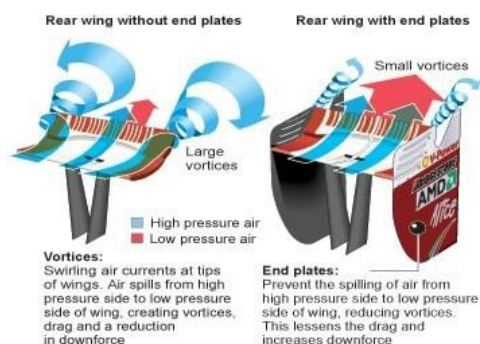
Redesign ด้วยการนำแนวคิดมาจาก winglet ของปีกเครื่องบินซึ่งช่วยลดผลของ downwash effects ดังแสดงในรูปที่ 20 ทำให้สามารถสร้าง lift force ได้มากขึ้น โดย downwash effects เป็นผลที่เกิดขึ้นเมื่อปีกมีขนาดจำกัด เมื่อความเร็วที่ด้านบนของปีกมีค่ามากกว่าด้านล่าง จากสมการเบอร์นูลลีจะได้ว่าความดันที่ปีกด้านล่างมากกว่า เมื่อพิจารณาที่บริเวณปลายปีกเครื่องบินอากาศด้านล่างจะไหลวนขึ้นทำให้เกิด downwash effects ดังแสดงในรูปที่ 21 ทำให้ lift force มีค่าลดลง ในการออกแบบ airfoil ของรถแข่งต้องการ downforce ที่มากขึ้นจึงออกแบบใหม่ด้วยการนำ winglets มากลับด้านทำเป็น plate ดังที่แสดงในรูปที่ 22 และได้โมเดลใหม่ออกมาลักษณะดังรูปที่ 23



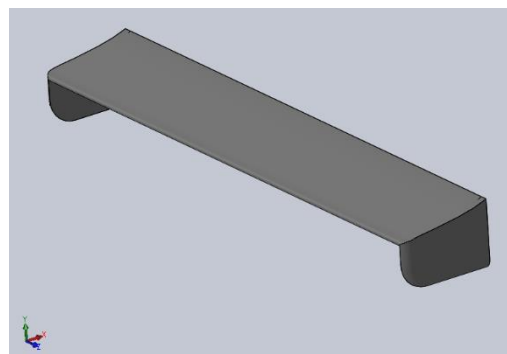
รูปที่ 20 แสดงการเกิด downwash effects



รูปที่ 21 แสดงการเกิด downwash effects บนปีกเครื่องบิน



รูปที่ 22 แสดง plate บนรถแข่งสูตรหนึ่ง



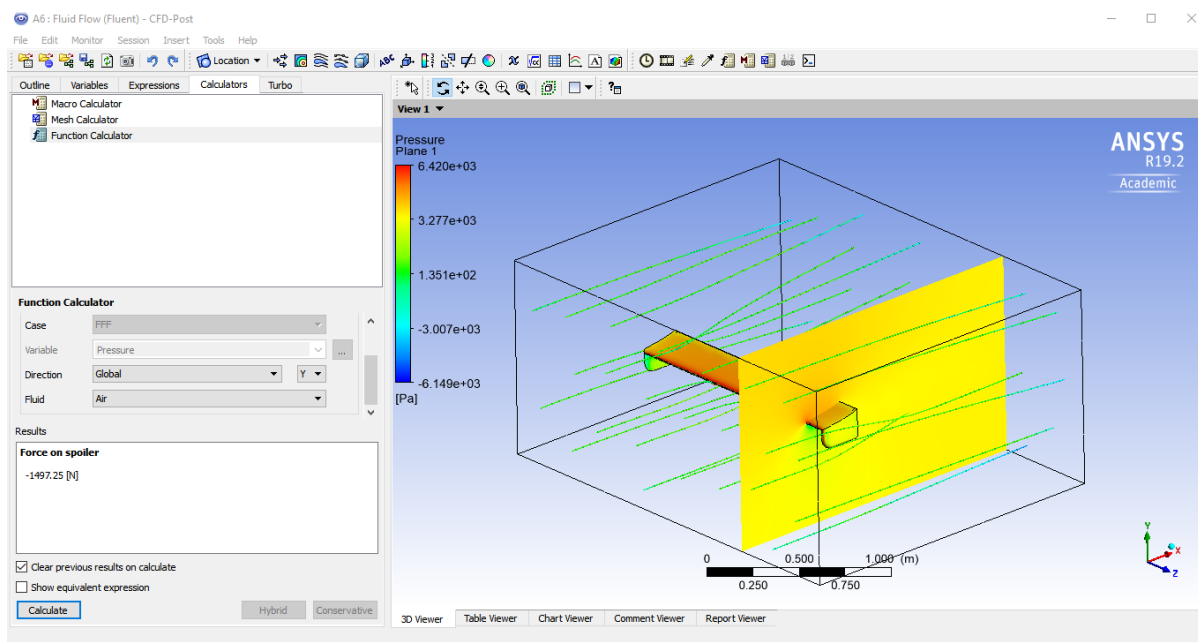
รูปที่ 23 โมเดลใหม่ที่มีการติดตั้ง plate

ผลลัพธ์จากการ Redesign

จากการติดตั้ง Plate เพิ่มสามารถสร้างแรงกด โดยที่แรงต้านอากาศมีค่าเพิ่มขึ้นเช่นกัน ซึ่งได้ค่าดังแสดงในตารางที่ 5 และผลการ simulation ดังรูปที่ 24

ตารางที่ 5 แสดงค่าแรงกดจากอากาศและ แรงต้านอากาศ ที่เกิดจากการเพิ่ม plate

Plate	Downforce	Drag force
without	1453.6 N	139.295 N
with	1497.25	180.44 N



รูปที่ 24 แสดงผลใน Results ของการ redesign โดยการเพิ่ม Plate

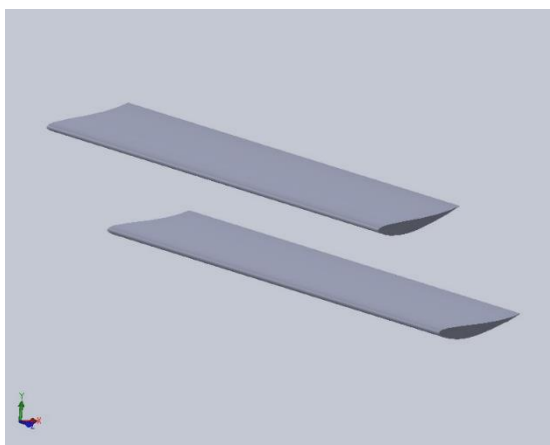
ข้อเสนอแนะ

การออกแบบใหม่โดยการเพิ่ม plate นั้นส่งผลต่อการเพิ่มแรงกดซึ่งถือว่าเพิ่มได้ไม่มากเมื่อเทียบกับพารามิเตอร์ตัวอื่นและยังเพิ่มแรงต้านอากาศ เมื่อพิจารณาในแง่ต้นทุนการเพิ่มเนื้อวัสดุไม่มาก แต่ในการผลิต plate ทำให้ spoiler มีกระบวนการผลิตที่ซับซ้อนมากขึ้น อย่างไรก็ตาม plate ช่วยเพิ่มในด้านความแข็งแรงของ spoiler และใช้พื้นที่ไม่มาก

6th Redesign : การเพิ่ม airfoil เป็น 2 ชั้น

แนวคิดและหลักการของ Redesign

การออกแบบใหม่โดยการทำ airfoil เป็น 2 ชั้นนั้นมีแนวคิดคล้ายคลึงกับการ redesign ในครั้งที่ 2 คือ แรงกดอากาศมีค่าแปรผันตามขนาดพื้นที่ ดังนั้นจึงเพิ่มพื้นที่โดยการเพิ่ม airfoil เป็นสองชั้นแทนการขยายขนาด สาเหตุที่ออกแบบดังนี้เนื่องจากแรงสุทธหนึ่งมีข้อจำกัดในด้านขนาดตามกติกา ทำให้ได้โมเดลใหม่ที่ออกแบบมีลักษณะดังรูปที่ 25



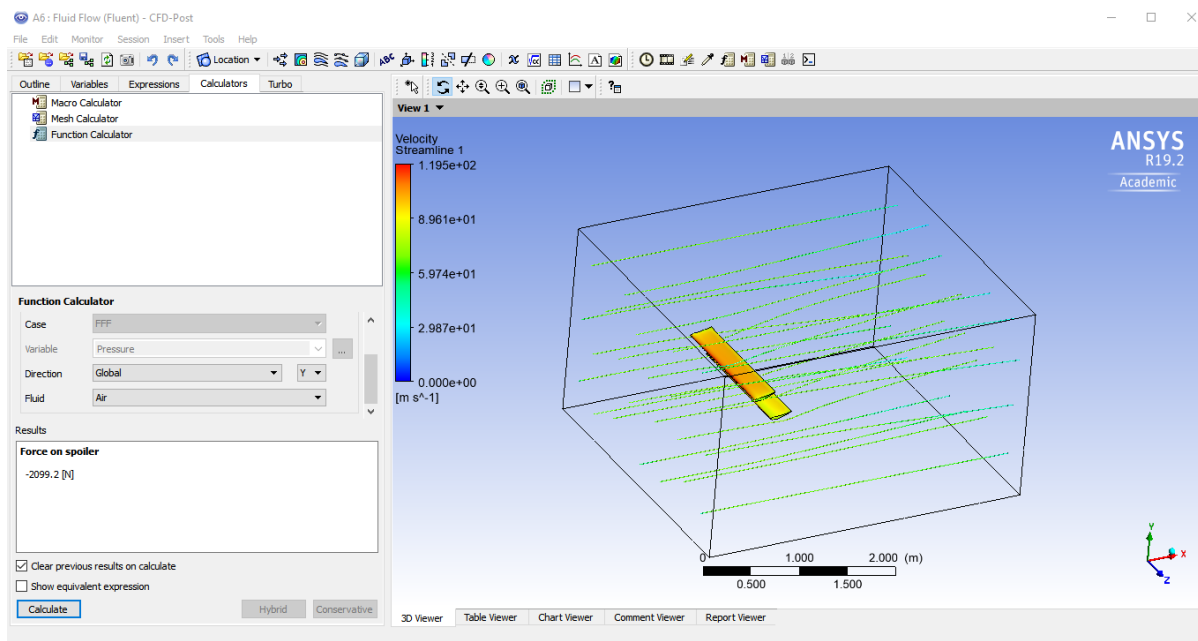
รูปที่ 25 โมเดลใหม่ที่มี airfoil 2 ชั้น

ผลลัพธ์จากการ Redesign

จากการ airfoil เป็น 2 ชั้นสามารถสร้างแรงกด โดยที่แรงดันอากาศมีค่าเพิ่มขึ้นเช่นกัน ซึ่งได้ค่าดังแสดงในตารางที่ 6 และผลการ simulation ดังรูปที่ 26

ตารางที่ 6 แสดงค่าแรงกดจากอากาศและ แรงดันอากาศ ที่เกิดจากการเพิ่ม airfoil เป็น 2 ชั้น

จำนวนชั้น	Downforce	Drag force
1	1453.6 N	139.295 N
2	2099.2 N	254.789 N



รูปที่ 26 แสดงผลใน Results ของการ redesign โดยการเพิ่ม airfoil เป็น 2 ชั้น

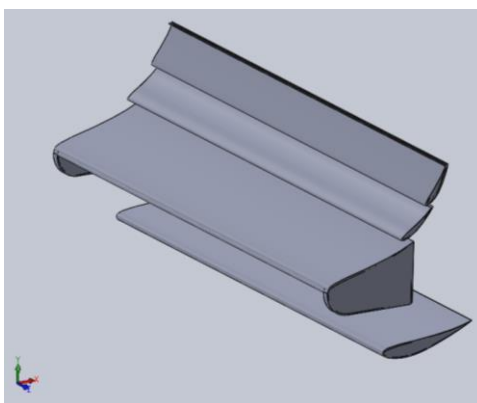
ข้อเสนอแนะ

การออกแบบใหม่โดยการทำ airfoil เป็น 2 ชั้นเป็นวิธีที่เพิ่มต้นทุนมากเพราะต้องเพิ่มปริมาณวัสดุอีกเท่าหนึ่งแต่ในด้านการผลิตนั้นไม่ได้เพิ่มความซับซ้อน สามารถเพิ่มแรงกดขึ้นได้อย่างมีนัยสำคัญ แต่แรงต้านอากาศก็เพิ่มขึ้นเช่นกัน สาเหตุที่เมื่อเพิ่ม airfoil เป็น 2 ชั้นแต่ค่าแรงกดที่ได้ไม่เพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าตามนั้นเนื่องมาขึ้นกับการไหลของอากาศที่ผ่านช่องระหว่าง airfoil 2 ชั้นซึ่งลักษณะการไหลขึ้นกับระยะห่างของทั้ง 2 ชั้น การออกแบบนี้เหมาะกับรถแข่งสูตรหนึ่งที่ถูกจำกัดขนาด

7th Redesign : รวมทุกแนวคิด

แนวคิดและหลักการของ Redesign

เนื่องจากค่าแรงกดที่ได้จาก Redesign เพียงแนวคิดเดียวให้ค่าแรงกดจากอากาศ (Downforce) ที่ไม่สูงมากพอ จึงได้ทำการ Redesign โดยการรวมทุกแนวคิดเข้าด้วยกันเพื่อให้ได้ค่าแรงกดจากอากาศ (Downforce) ที่สูงขึ้น โดยทำการ Redesign คือปรับมุม Angle of attack เป็น Critical angle of attack (20°), ขยายขนาดพื้นที่หน้าตัด 20%, ทำ Multi element wing (Airfoil 3 ชั้น), ติด plate, ติด gurney flap และ ทำ Airfoil 2 ชั้น ดังรูปที่ 27



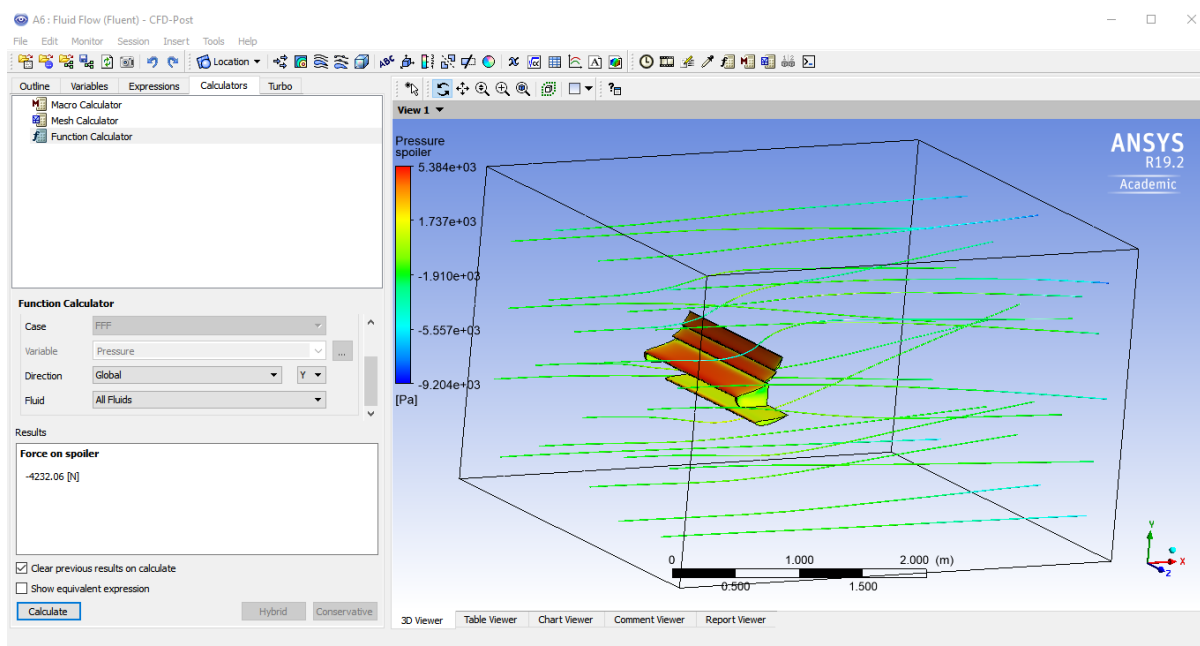
รูปที่ 27 โมเดลใหม่ที่มีการรวมทุกแนวคิด

ผลลัพธ์จากการ Redesign

จากการออกแบบใหม่โดยรวมทุกแนวคิดสามารถสร้างแรงกด โดยที่แรงต้านอากาศมีค่าเพิ่มขึ้นเช่นกัน ซึ่งได้ค่าดังแสดงในตารางที่ 7 และผลการ simulation ดังรูปที่ 28

ตารางที่ 6 แสดงค่าแรงกดจากอากาศและ แรงต้านอากาศ ที่เกิดจากการออกแบบโดยรวมทุกแนวคิด

design	Downforce	Drag force
1 st Simulation	1453.6 N	139.295 N
redesign	4232.06 N	2019.82 N



รูปที่ 28 แสดงผลใน Results ของการรวมทุก redesign

ข้อเสนอแนะ

การออกแบบที่รวมทุกแนวคิดนั้นเป็นวิธีที่ทำให้กระบวนการผลิตมีความซับซ้อนมากขึ้นและการใช้ปริมาณวัสดุที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตเพิ่มขึ้น การออกแบบนี้สามารถสร้างแรงกดได้ตามที่ต้องการแต่ก็สร้างแรงต้านอากาศมากเช่นกัน การออกแบบเช่นนี้เหมาะกับรถแข่งสูตรหนึ่งที่ต้องการแรงกดมหาศาลในขนาดและน้ำหนักที่จำกัด

สรุปผล

การออกแบบใหม่ (Redesign) โดยใช้แนวคิดทั้งหมดรวมกันนั้นหากพิจารณาแรงกดนั้นสามารถสร้างแรงกดได้ 4232.06 N ซึ่งเป็นไปตามที่ตั้งไว้ แต่เมื่อพิจารณาถึงแรงต้านอากาศที่มีค่า 2019.82 N ซึ่งมีค่ามากจึงอาจเป็นการออกแบบที่อาจจะไม่เหมาะสมนักเนื่องจากแรงต้านอากาศที่มากจะไปทำให้รถแข่งสามารถขับได้ช้าลงและเปลืองน้ำมันมากยิ่งขึ้น

อภิปรายผล

การออกแบบใหม่โดยการใช้เพียงแนวคิดเดียวนั้นไม่เพียงพอต่อค่าแรงกดที่ตั้งไว้ จึงต้องใช้แนวคิดรวมเข้าด้วยกัน แต่มีข้อสังเกตที่พบว่าเมื่อนำทุกแนวคิดมารวมกันนั้นกลับไม่ได้ค่าแรงกดที่เพิ่มขึ้นสูงเท่ากับการนำผลลัพธ์ที่ได้จากแต่ละแนวคิดมารวมกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการออกแบบบางแนวคิดอาจไปลดผลของอีกแนวคิดหนึ่ง ดังนั้นจึงควรออกแบบโดยการทำการ multiple optimization หรือการใช้ทุกแนวคิดมารวมแล้วหาค่าที่ดีที่สุดไปพร้อมกันจะเป็นวิธีที่ดีกว่าการหาที่ดีที่สุดของแต่ละแนวคิดแล้วนำมารวมกัน และควรพิจารณาไปยังแรงต้านอากาศด้วยว่าการออกแบบเพื่อเพิ่มแรงกดทำให้แรงต้านอากาศเพิ่มขึ้นตามมา และแรงกดที่ได้นั้นทำให้รถแข่งสามารถเกาะกับพื้นถนนได้ดีขึ้นแต่ทำให้เปลืองน้ำมันมากขึ้นเช่นกัน ดังนั้นในการออกแบบที่ดีควรพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ ประกอบกัน ทั้งนี้ในการออกแบบครั้งนี้พิจารณาแต่เพียงแรงกดเท่านั้น

บรรณานุกรม

Quora. (2561). *What is winglet technology?* (ออนไลน์). สืบค้นจาก : <https://www.quora.com/What-is-winglet-technology> [21 พฤศจิกายน 2561]

ResearchGate. (2559). *Wingtip vortices cause downwash which reduces the effective angle of attack* (ออนไลน์). สืบค้นจาก : https://www.researchgate.net/figure/Wingtip-vortices-cause-downwash-which-reduces-the-effective-angle-of-attack-1_fig1_309476028 [21 พฤศจิกายน 2561]

Reddit. (2559). *How much down force would this spoiler create* (ออนไลน์). สืบค้นจาก : https://www.reddit.com/r/theydidthemath/comments/46gdnl/request_how_much_down_force_would_this_spoiler/ [21 พฤศจิกายน 2561]

ภาคผนวก

Report ของ 1st Simulation



Date

2018/11/30 22:08:03

Contents

[1. File Report](#)

[Table 1](#) File Information for FFF

[2. Mesh Report](#)

[Table 2](#) Mesh Information for FFF

[3. Physics Report](#)

[Table 3](#) Domain Physics for FFF

[Table 4](#) Boundary Physics for FFF

[4. User Data](#)

1. File Report

Table 1. File Information for FFF

Case	FFF
File Path	E:\The Folder-new\uni\yr3\ansys\pj\pj_files\dp0\FFF\Fluent\FFF-4-00500.dat.gz
File Date	30 ๑๑ ๒๕๖๑ ¹ 2018
File Time	05:19:42 PM
File Type	FLUENT
File Version	19.2.0

2. Mesh Report

Table 2. Mesh Information for FFF

Domain	Nodes	Elements
solid	123548	501462

3. Physics Report

Table 3. Domain Physics for FFF

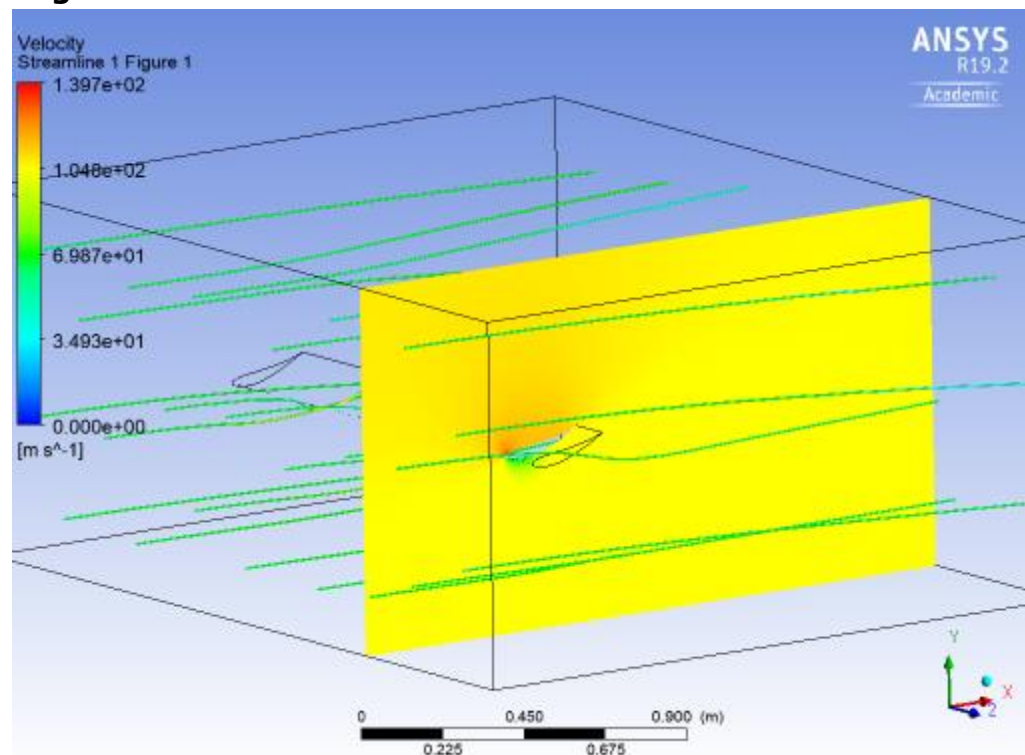
Domain - solid	
Type	cell

Table 4. Boundary Physics for FFF

Domain	Boundaries	
solid	Boundary - automobile_airfoil	
	Type	WALL
	Boundary - inlet	
	Type	VELOCITY-INLET
	Boundary - outflow	
	Type	OUTFLOW
	Boundary - wall solid	
	Type	WALL

4. User Data

Figure 1.



Report ของ 1th Redesign (14°)



Date

2018/11/30 22:10:46

Contents

[1. File Report](#)

[Table 1](#) File Information for FFF

[2. Mesh Report](#)

[Table 2](#) Mesh Information for FFF

[3. Physics Report](#)

[Table 3](#) Domain Physics for FFF

[Table 4](#) Boundary Physics for FFF

[4. User Data](#)

1. File Report

Table 1. File Information for FFF

Case	FFF
File Path	E:\The Folder-new\uni\yr3\ansys\pj\pj\spoiler_14_files\dp0\FFF\Fluent\FFF-4-00500.dat.gz
File Date	29 ๑๑๑๑ ๑๑ ๑ 2018
File Time	04:19:31 PM
File Type	FLUENT
File Version	19.2.0

2. Mesh Report

Table 2. Mesh Information for FFF

Domain	Nodes	Elements
solid	120678	497302

3. Physics Report

Table 3. Domain Physics for FFF

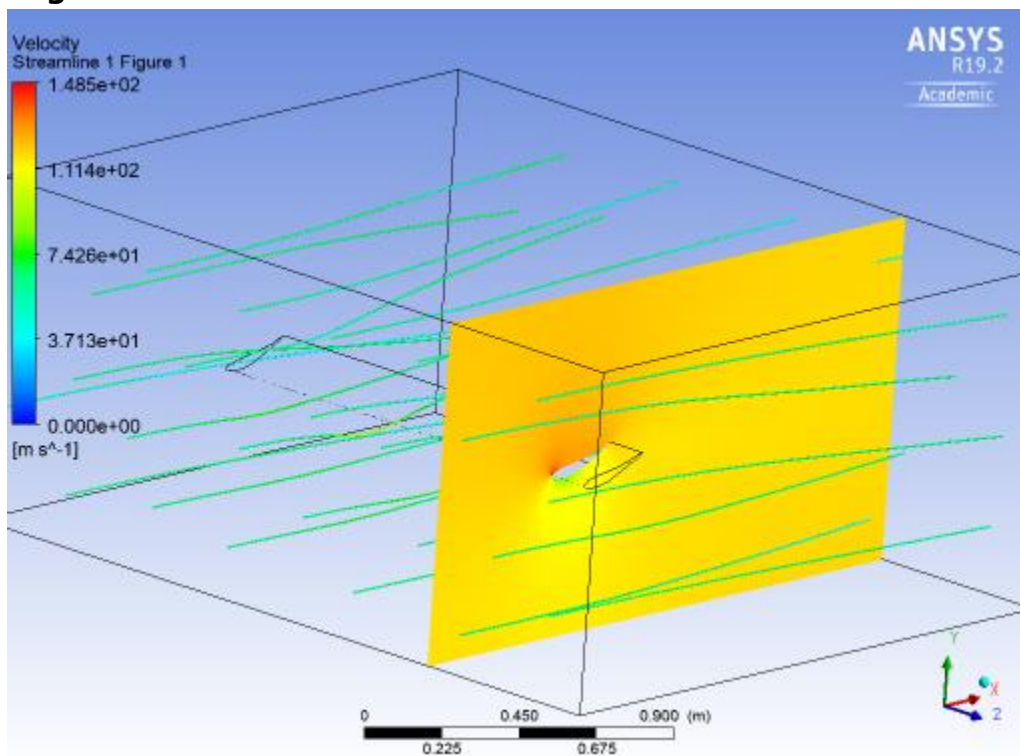
Domain - solid	
Type	cell

Table 4. Boundary Physics for FFF

Domain	Boundaries
solid	Boundary - inlet
	Type VELOCITY-INLET
	Boundary - outflow
	Type OUTFLOW
	Boundary - spoiler14
	Type WALL
	Boundary - wall solid
	Type WALL

4. User Data

Figure 1.



Report ของ 1th Redesign (17°)



Date

2018/11/30 22:14:28

Contents

[1. File Report](#)

[Table 1](#) File Information for FFF

[2. Mesh Report](#)

[Table 2](#) Mesh Information for FFF

[3. Physics Report](#)

[Table 3](#) Domain Physics for FFF

[Table 4](#) Boundary Physics for FFF

[4. User Data](#)

1. File Report

Table 1. File Information for FFF

Case	FFF
File Path	E:\The Folder-new\uni\yr3\ansys\pj\pj\spoiler_1_17_files\dp0\FFF\Fluent\FFF-11-00500.dat.gz
File Date	28 ๑๑ ๒๕๖๑ 2018
File Time	12:59:39 PM
File Type	FLUENT
File Version	19.2.0

2. Mesh Report

Table 2. Mesh Information for FFF

Domain	Nodes	Elements
solid	91357	380008

3. Physics Report

Table 3. Domain Physics for FFF

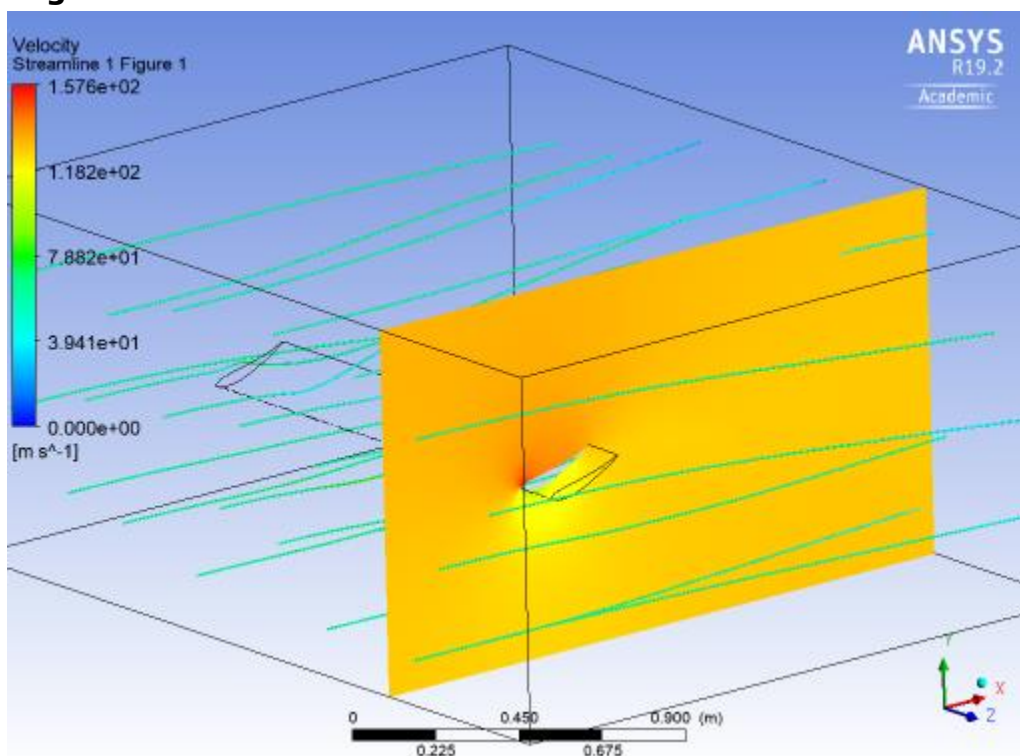
Domain - solid	
Type	cell

Table 4. Boundary Physics for FFF

Domain	Boundaries	
solid	Boundary - inlet	
	Type	VELOCITY-INLET
	Boundary - outflow	
	Type	OUTFLOW
	Boundary - spoiler_1_17	
	Type	WALL
	Boundary - wall solid	
	Type	WALL

4. User Data

Figure 1.



**Date**

2018/11/30 22:17:30

Contents

1. File Report

[Table 1](#) File Information for FFF

2. Mesh Report

Table 2 Mesh Information for FFF

3. Physics Report

Table 3 Domain Physics for FFF

Table 4 Boundary Physics for FFF

4. User Data

1. File Report

Table 1. File Information for FFF

Case	FFF
File Path	E:\The Folder-new\uni\yr3\ansys\pj\pj\spoiler_1_20_files\dp0\FFF\Fluent\FFF-4-00500.dat.gz
File Date	28 11 2018
File Time	06:09:08 PM
File Type	FLUENT
File Version	19.2.0

2. Mesh Report

Table 2. Mesh Information for FFF

Domain	Nodes	Elements
solid	117094	486265

3. Physics Report

Table 3. Domain Physics for FFF

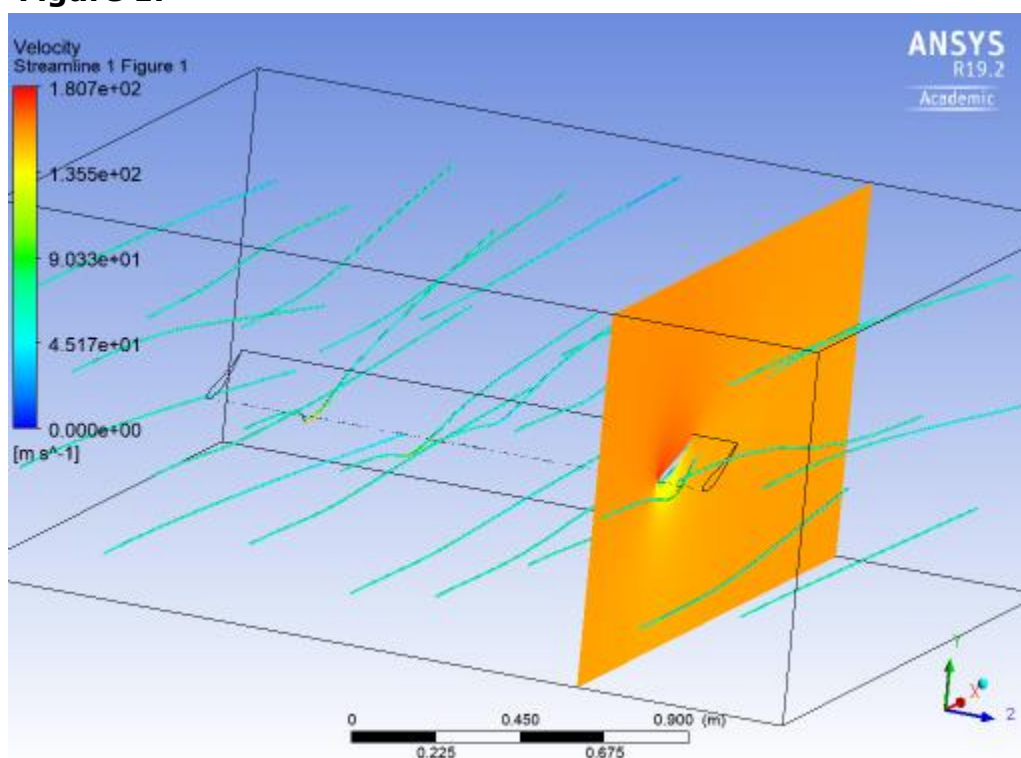
Domain - solid	
Type	cell

Table 4. Boundary Physics for FFF

Domain	Boundaries	
solid	Boundary - inlet	
	Type	VELOCITY-INLET
	Boundary - outflow	
	Type	OUTFLOW
	Boundary - spoiler_1_20	
	Type	WALL
	Boundary - wall solid	
	Type	WALL

4. User Data

Figure 1.



Report ของ 1th Redesign (21°)



Date

2018/12/01 22:40:41

Contents

[1. File Report](#)

[Table 1](#) File Information for FFF

[2. Mesh Report](#)

[Table 2](#) Mesh Information for FFF

[3. Physics Report](#)

[Table 3](#) Domain Physics for FFF

[Table 4](#) Boundary Physics for FFF

[4. User Data](#)

[Figure 1](#)

1. File Report

Table 1. File Information for FFF

Case	FFF
File Path	D:\J\Intania\work\com aid\ansys\Spoiler_1_21_files\dp0\FFF\Fluent\FFF.1-11-00500.dat.gz
File Date	29 November 2018
File Time	03:17:41 PM
File Type	FLUENT
File Version	19.2.0

2. Mesh Report

Table 2. Mesh Information for FFF

Domain	Nodes	Elements
solid	119233	494597

3. Physics Report

Table 3. Domain Physics for FFF

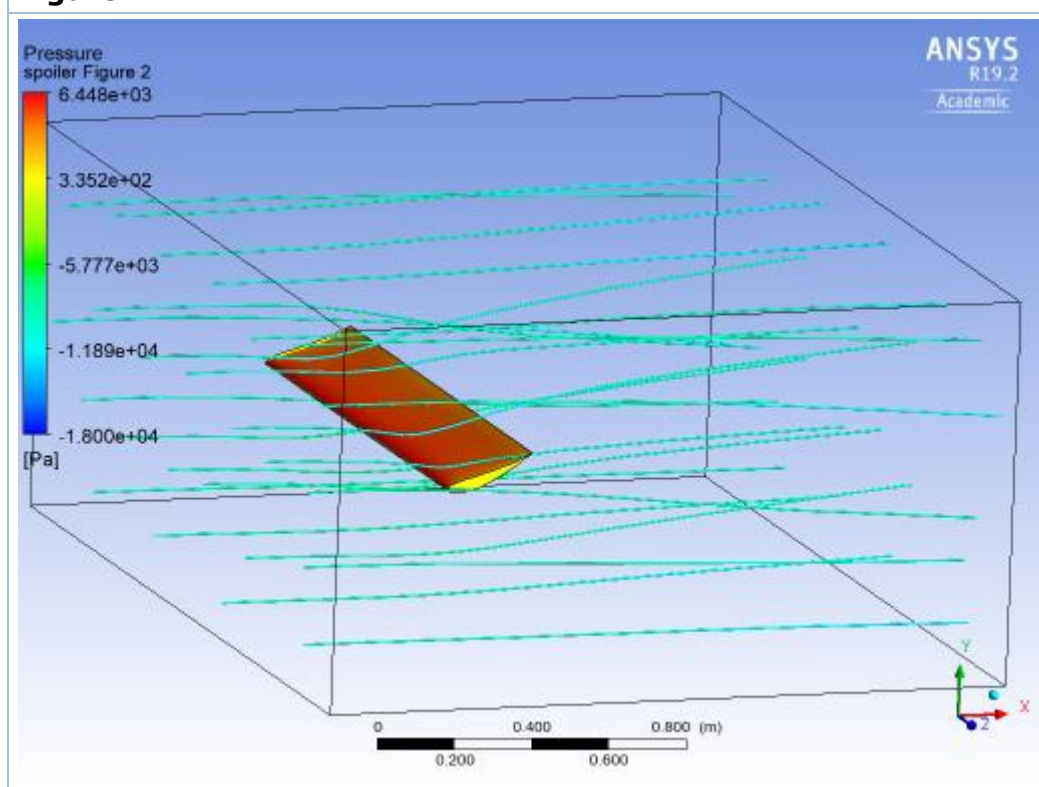
Domain - solid	
Type	cell

Table 4. Boundary Physics for FFF

Domain	Boundaries	
solid	Boundary - inlet	
	Type	VELOCITY-INLET
	Boundary - outflow	
	Type	OUTFLOW
	Boundary - spoiler	
	Type	WALL
	Boundary - wall solid	
	Type	WALL

4. User Data

Figure 1.



Report ของ 2nd Redesign (ขยายขนาด)



Date

2018/12/01 22:52:19

Contents

[1. File Report](#)

[Table 1](#) File Information for FFF

[2. Mesh Report](#)

[Table 2](#) Mesh Information for FFF

[3. Physics Report](#)

[Table 3](#) Domain Physics for FFF

[Table 4](#) Boundary Physics for FFF

[4. User Data](#)

[Figure 1](#)

1. File Report

Table 1. File Information for FFF

Case	FFF
File Path	D:\J\Intania\work\com aid\ansys\Spoiler_1_13_w_files\dp0\FFF\Fluent\FFF.1-8-00500.dat.gz
File Date	28 November 2018
File Time	11:37:13 PM
File Type	FLUENT
File Version	19.2.0

2. Mesh Report

Table 2. Mesh Information for FFF

Domain	Nodes	Elements
solid	109761	466103

3. Physics Report

Table 3. Domain Physics for FFF

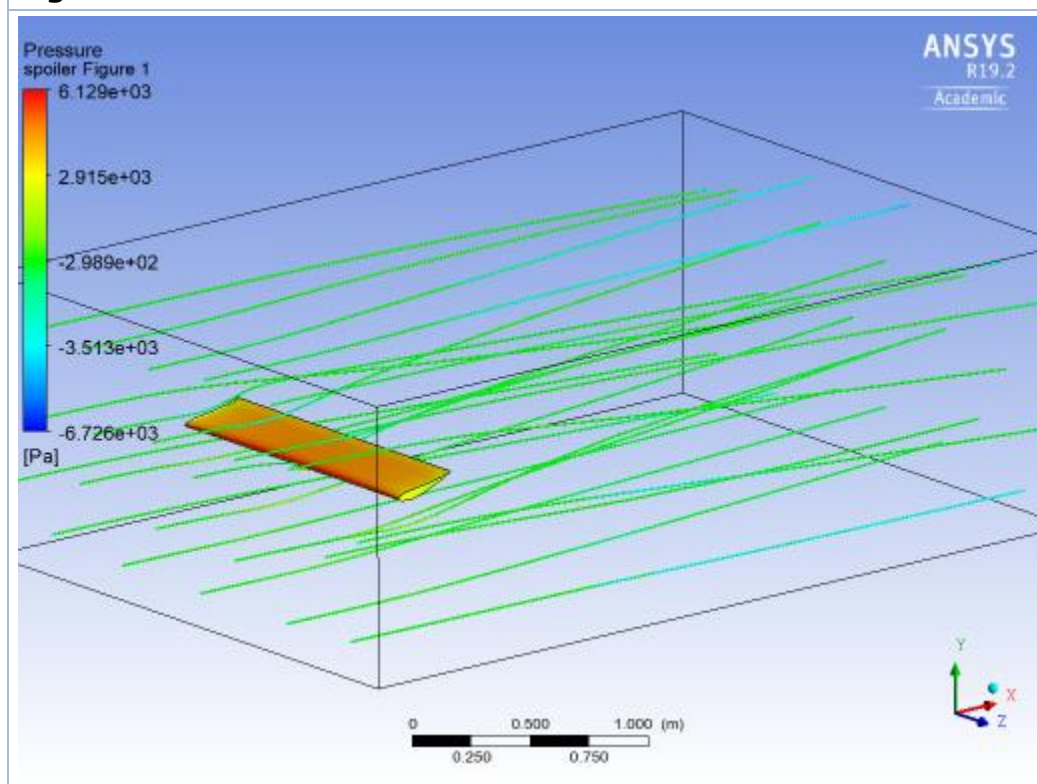
Domain - solid	
Type	cell

Table 4. Boundary Physics for FFF

Domain	Boundaries	
solid	Boundary - inlet	
	Type	VELOCITY-INLET
	Boundary - outflow	
	Type	OUTFLOW
	Boundary - spoiler	
	Type	WALL
	Boundary - wall solid	
	Type	WALL

4. User Data

Figure 1.



Report ของ 3rd Redesign (2 Airfoils)**Date**

2018/11/30 22:21:32

Contents

[1. File Report](#)

[Table 1](#) File Information for FFF

[2. Mesh Report](#)

[Table 2](#) Mesh Information for FFF

[3. Physics Report](#)

[Table 3](#) Domain Physics for FFF

[Table 4](#) Boundary Physics for FFF

[4. User Data](#)

1. File Report

Table 1. File Information for FFF

Case	FFF
File Path	E:\The Folder-new\uni\yr3\ansys\pj\pj2_files\dp0\FFF\Fluent\FFF.1-10-00500.dat.gz
File Date	27 ๑๑ ๒๕๖๑ 2018
File Time	10:24:54 PM
File Type	FLUENT
File Version	19.2.0

2. Mesh Report

Table 2. Mesh Information for FFF

Domain	Nodes	Elements
solid	79589	411068

3. Physics Report

Table 3. Domain Physics for FFF

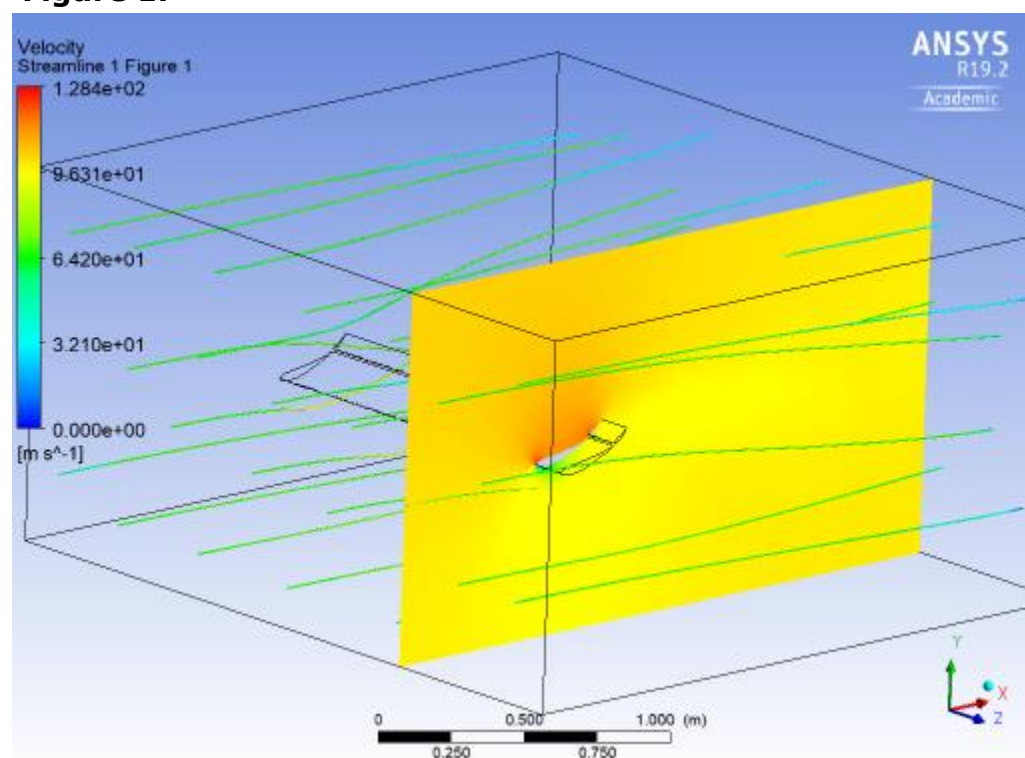
Domain - solid	
Type	cell

Table 4. Boundary Physics for FFF

Domain	Boundaries
solid	Boundary - inlet
	Type VELOCITY-INLET
	Boundary - outflow
	Type OUTFLOW
	Boundary - spoiler2
	Type WALL
	Boundary - wall solid
	Type WALL

4. User Data

Figure 1.



Report ของ 3rd Redesign (3 Airfoils)



Date

2018/11/30 22:23:25

Contents

[1. File Report](#)

[Table 1](#) File Information for FFF

[2. Mesh Report](#)

[Table 2](#) Mesh Information for FFF

[3. Physics Report](#)

[Table 3](#) Domain Physics for FFF

[Table 4](#) Boundary Physics for FFF

[4. User Data](#)

1. File Report

Table 1. File Information for FFF

Case	FFF
File Path	E:\The Folder-new\uni\yr3\ansys\pj\pj3_files\dp0\FFF\Fluent\FFF-11-00500.dat.gz
File Date	30 ๑๑ ๕๓ ๑ 2018
File Time	08:08:57 PM
File Type	FLUENT
File Version	19.2.0

2. Mesh Report

Table 2. Mesh Information for FFF

Domain	Nodes	Elements
solid	125195	495136

3. Physics Report

Table 3. Domain Physics for FFF

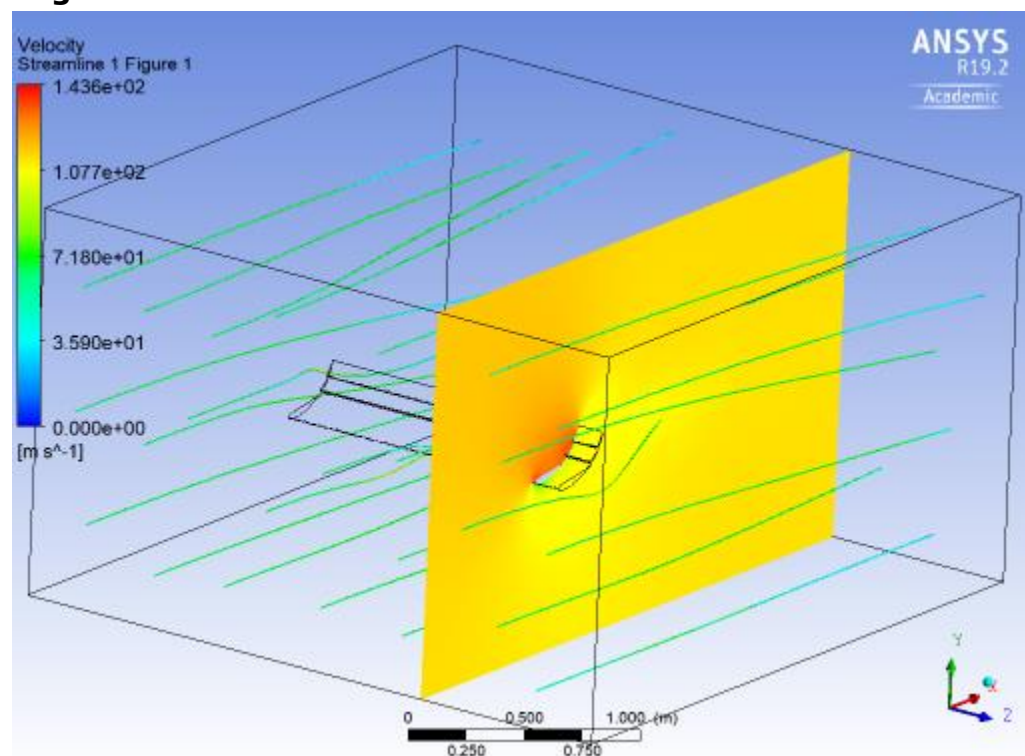
Domain - solid	
Type	cell

Table 4. Boundary Physics for FFF

Domain	Boundaries
solid	Boundary - inlet
	Type VELOCITY-INLET
	Boundary - outflow
	Type OUTFLOW
	Boundary - spoiler3
	Type WALL
	Boundary - wall solid
	Type WALL

4. User Data

Figure 1.



Report ของ 4th Redesign : การใส่ Gurney flap



Date

2018/12/01 22:46:31

Contents

[1. File Report](#)

[Table 1](#) File Information for FFF

[2. Mesh Report](#)

[Table 2](#) Mesh Information for FFF

[3. Physics Report](#)

[Table 3](#) Domain Physics for FFF

[Table 4](#) Boundary Physics for FFF

[4. User Data](#)

[Figure 1](#)

1. File Report

Table 1. File Information for FFF

Case	FFF
File Path	D:\J\Intania\work\com aid\ansys\Spoiler_1_13_gurney_files\dp0\FFF\Fluent\FFF.1-8- 00500.dat.gz
File Date	01 December 2018
File Time	09:44:53 PM
File Type	FLUENT
File Version	19.2.0

2. Mesh Report

Table 2. Mesh Information for FFF

Domain	Nodes	Elements
solid	119156	484508

3. Physics Report

Table 3. Domain Physics for FFF

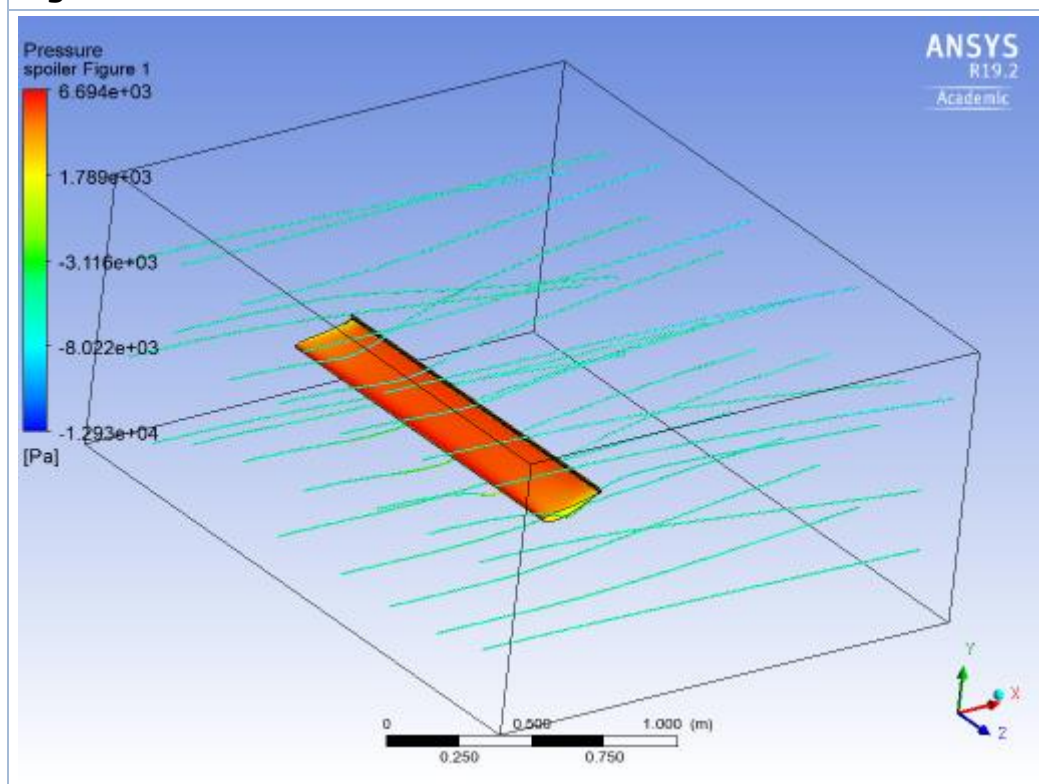
Domain - solid	
Type	cell

Table 4. Boundary Physics for FFF

Domain	Boundaries	
solid	Boundary - inlet	
	Type	VELOCITY-INLET
	Boundary - outflow	
	Type	OUTFLOW
	Boundary - spoiler	
	Type	WALL
	Boundary - wall solid	
	Type	WALL

4. User Data

Figure 1.



Report ของ 5th Redesign : การใส่ Plate



Date

2018/12/01 22:42:11

Contents

[1. File Report](#)

[Table 1](#) File Information for FFF

[2. Mesh Report](#)

[Table 2](#) Mesh Information for FFF

[3. Physics Report](#)

[Table 3](#) Domain Physics for FFF

[Table 4](#) Boundary Physics for FFF

[4. User Data](#)

[Figure 1](#)

1. File Report

Table 1. File Information for FFF

Case	FFF
File Path	D:\J\Intania\work\com aid\ansys\Spoiler_1_13_wing_files\dp0\FFF\Fluent\FFF.1-8- 00500.dat.gz
File Date	01 December 2018
File Time	10:16:49 PM
File Type	FLUENT
File Version	19.2.0

2. Mesh Report

Table 2. Mesh Information for FFF

Domain	Nodes	Elements
solid	55082	238194

3. Physics Report

Table 3. Domain Physics for FFF

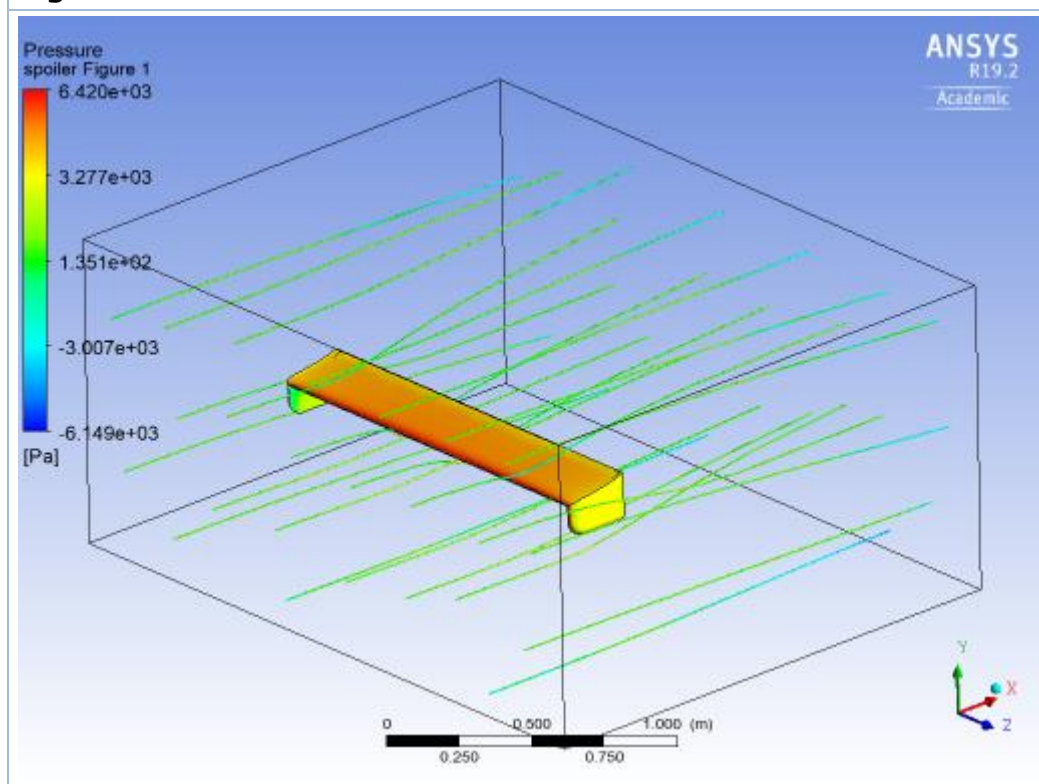
Domain - solid	
Type	cell

Table 4. Boundary Physics for FFF

Domain	Boundaries
solid	Boundary - inlet
	Type VELOCITY-INLET
	Boundary - outflow
	Type OUTFLOW
	Boundary - spoiler
	Type WALL
	Boundary - wall solid
	Type WALL

4. User Data

Figure 1.



Report ของ 6th Redesign : การเพิ่ม airfoil เป็น 2 ชั้น



Date

2018/12/01 22:43:24

Contents

[1. File Report](#)

[Table 1](#) File Information for FFF

[2. Mesh Report](#)

[Table 2](#) Mesh Information for FFF

[3. Physics Report](#)

[Table 3](#) Domain Physics for FFF

[Table 4](#) Boundary Physics for FFF

[4. User Data](#)

[Figure 1](#)

1. File Report

Table 1. File Information for FFF

Case	FFF
File Path	D:\J\Intania\work\com aid\ansys\Spoiler_1_13_d_files\dp0\FFF\Fluent\FFF-12-00500.dat.gz
File Date	29 November 2018
File Time	07:23:21 PM
File Type	FLUENT
File Version	19.2.0

2. Mesh Report

Table 2. Mesh Information for FFF

Domain	Nodes	Elements
solid	93322	390681

3. Physics Report

Table 3. Domain Physics for FFF

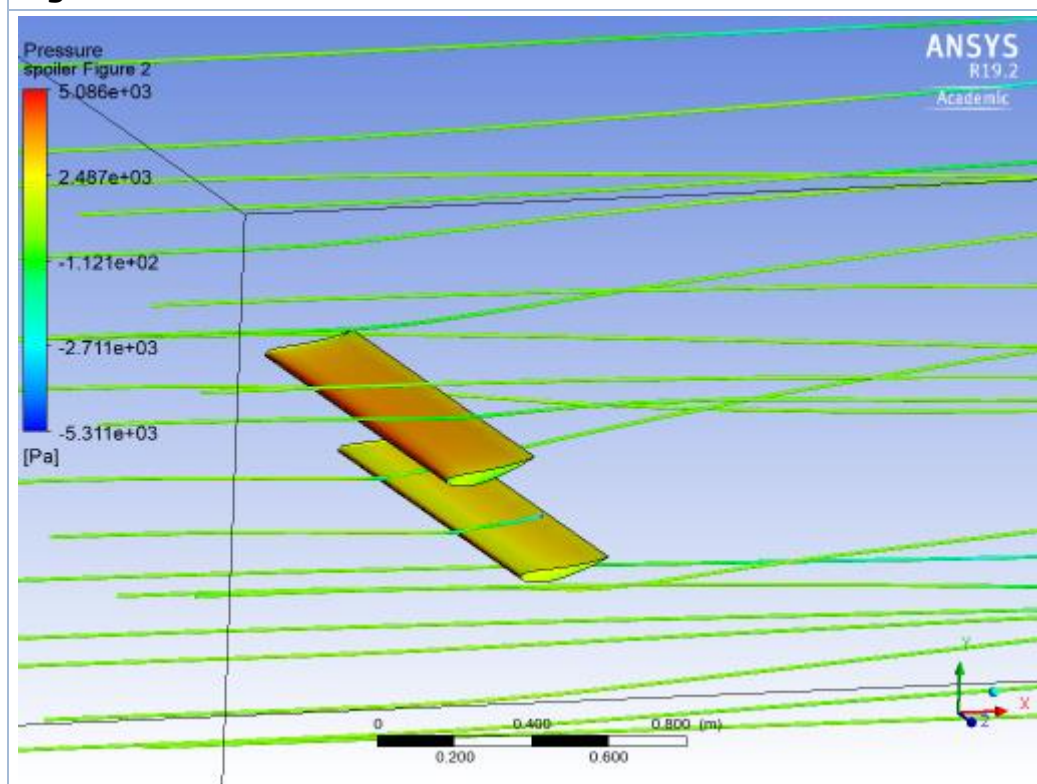
Domain - solid	
Type	cell

Table 4. Boundary Physics for FFF

Domain	Boundaries
solid	Boundary - inlet
	Type VELOCITY-INLET
	Boundary - outflow
	Type OUTFLOW
	Boundary - spoiler
	Type WALL
	Boundary - wall solid
	Type WALL

4. User Data

Figure 1.



Report ของ 7th Redesign : รวมทุกแนวคิด



Date

2018/12/01 22:30:45

Contents

[1. File Report](#)

[Table 1](#) File Information for FFF

[2. Mesh Report](#)

[Table 2](#) Mesh Information for FFF

[3. Physics Report](#)

[Table 3](#) Domain Physics for FFF

[Table 4](#) Boundary Physics for FFF

[4. User Data](#)

[Figure 1](#)

1. File Report

Table 1. File Information for FFF

Case	FFF
File Path	D:\J\Intania\work\com aid\ansys\Spoiler_3_20_L_w_g_d_files\dp0\FFF\Fluent\FFF.2-10- 00500.dat.gz
File Date	28 November 2018
File Time	10:38:01 PM
File Type	FLUENT
File Version	19.2.0

2. Mesh Report

Table 2. Mesh Information for FFF

Domain	Nodes	Elements
solid	114313	456236

3. Physics Report

Table 3. Domain Physics for FFF

Domain - solid	
Type	cell

Table 4. Boundary Physics for FFF

Domain	Boundaries	
solid	Boundary - inlet	
	Type	VELOCITY-INLET
	Boundary - outflow	
	Type	OUTFLOW
	Boundary - spoiler	
	Type	WALL
	Boundary - wall solid	
	Type	WALL

4. User Data

Figure 1.

