كليّة الهندسة

السنة الثالثة

الفصل الأول

الدكتور: أمجد زينو

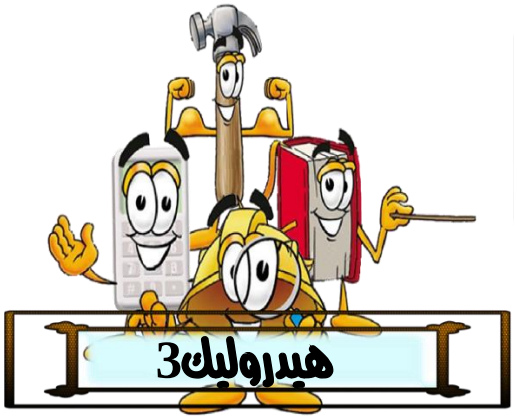
1/12/2013

المحاضرة

9

عدد الصفحات

6



الطبقة الحدية

الجريان حول الأجسام:

عند جريان السائل حول جسم ما، تنشأ قوة تؤثر في هذا الجسم ، ويمكن لهذه القوة أن تكون ناتجة عن:

١ -قوى القص نتيجة لاحتكاك السائل مع سطح الجسم

٢ - أو قوى الضغط المتولد أمام الجسم بسبب اصطدام التيار مع الجسم ،وقوى الضغط المتولد خلفه نتيجة انفصال التيار وتشكل الدوامات

٣ -أو قوى القص والضغط مجتمعة

وفي الحالة العامة وعندما يجري تيار حول جسم ما ،فإن القوة المؤثرة على عنصر ضغير من سطح الجسم تساوي:

$$\vec{dF} = \vec{dF}_{shear} + \vec{dF}_{pressure}$$

وتكون القوة الكلية المؤثرة:

$$\vec{F} = \int \vec{dF}_{shear} + \int \vec{dF}_{pressure}$$

حيث أن قوى القص تعطى بالعلاقة:

$$\vec{dF}_{shear} = \vec{\tau}_w . dA$$

وقوى الضغط بالعلاقة:

$$\vec{dF}_{pressure} = P . \vec{dA}$$

إن القوة الناتجة يمكن تحليلها إلى مركبتين ، المركبة الأولى باتجاه يوازي محور الجريان ، وتدعى **قوة الإعاقة** F_D والمركبة الثانية بشكل عمودي على اتجاه الجريان وتدعى **قوة الرفع** F_L

قوة الإعاقة:

تمثل قوة الإعاقة مركبة القوة الكلية المؤثرة على الجسم باتجاه حركة الجريان

وهي تحسب من العلاقة:

$$F_D = C_D \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot U^2 \cdot A$$

حيث أن:

A: مساحة سطح الجسم

$\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot U^2$: الضغط الديناميكي الناتج عن الحركة

C_D: معامل الإعاقة

في الحالة العامة، تعتمد قيمة معامل الإعاقة لجريان قابل للانضغاط ويخضع لتأثير قوى اللزوجة والثقالة على المتغيرات التالية:

١ -شكل الجسم

٢ -عدد رينولدز Re

٣ -عدد فراود Fr

٤ - عدد ماخ Ma

٥ - الخشونة النسبية $\frac{\varepsilon}{l}$ لسطح الجسم

أي أن العلاقة من الشكل:

$$C_D = f\left(shape, Re, Fr, Ma, \frac{\varepsilon}{l}\right)$$

إن معظم السوائل غير قابلة للنضغاط، وبالتالي لا تاثير لعدد ماخ، أما في الغازات فيؤثر عدد ماخ في معامل الإعاقة عندما يكون $Ma > 0.5$ أما بالنسبة لعدد فراود فيبرز دوره فقط عندما يظهر تأثير قوى الثقالة في الحركة.

في حالة دراسة جريان الهواء بسرعة غير كبيرة نسبيا، حول جسم معين ذو سطح أملس. حيث لا تأثير للخشونة، وقوى الثقالة، وانضغاطية الهواء، فإن معامل الإعاقة يكون تابعا لعدد رينولدز فقط أي أن:

$$C_D = f(Re)$$

وفي حالة جريان الهواء بسرعة كبيرة حول جسم معين، حيث لا يمكن إهمال انضغاطية الهواء، فإن معامل الإعاقة يكون تابعا لعدد رينولدز وعدد ماخ

$$C_D = f(Re, Ma)$$

وعندما تدرس قوة الإعاقة المؤثرة على حركة سفينة ذات شكل معين في البحر

$$C_D = f(Re, Fr)$$

عباقرة الهندسة المدنية

باستثناء بعض الحالات الخاصة من الجريان ، مثل الجريان على صفيحة مستوية ملساء ، فإن تحديد معامل الإعاقة يعتمد على التجارب المخبرية

الجريان يوازي صفيحة مستوية:

إن قوة الإعاقة في الطبقة الحدية الصفحية والطبقة المضطربة:

$$F_D = C_D \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot U^2 \cdot A$$

وإن معامل الإعاقة على صفيحة مستوية ملساء في حالة الطبقة الحدية الصفحية يساوي:

$$C_D = \frac{1.328}{\sqrt{Re_{Ll}}}$$

Re_{Ll}: عدد رينولدز عند نهاية الطبقة الحدية الصفحية

وفي حال الطبقة الحدية المضطربة:

$Re_L \leq 10^7$ يكون عامل الإعاقة:

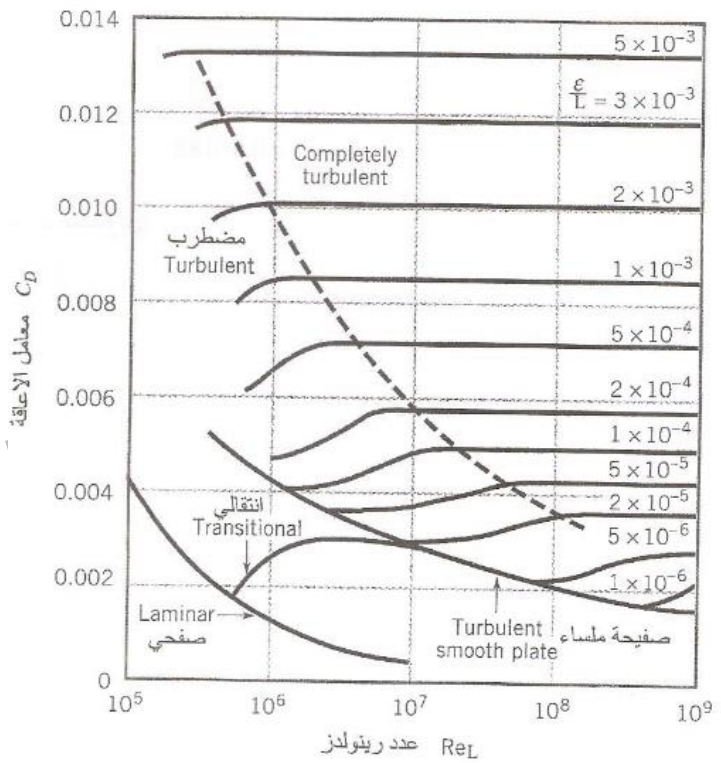
$$C_D = \frac{0.072}{(Re_L)^{\frac{1}{5}}} - \frac{1740}{Re_L}$$

وعندما يكون $Re_L \geq 10^7$ نستخدم العلاقة التالية:

$$C_D = \frac{0.455}{(log Re_L)^{2.58}} - \frac{1740}{Re_L}$$

L: الطول الكامل للصفيحة

ويمكن تحديد معامل الإعاقة في حالة الجريان الموازي لصفيحة مستوية ملساء أو ذات خشونة معينة ، تبعا لعدد رينولدز Re_L والخشونة النسبية $\frac{\varepsilon}{l}$



الجريان بشكل عمودي على صفيحة مستوية:

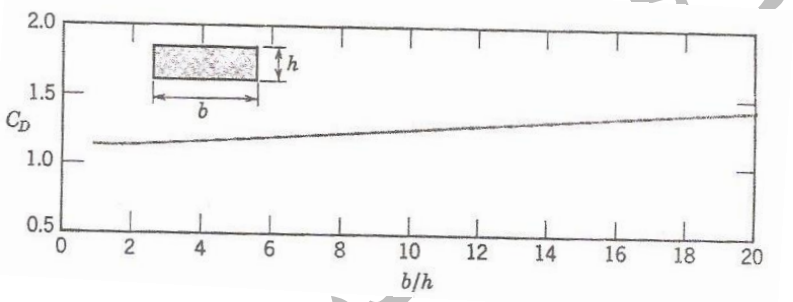
يمكن حساب قوة الإعاقة من العلاقة :

$$F_D = C_D \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot U^2 \cdot A$$
$$A = b \cdot h$$

C_D: معامل الإعاقة وتحدد قيمته تجريبيا

يعطي المخطط التالي قيمة معامل الإعاقة لحالة جريان عمودي على صفيحة حسب نسبة عرض الصفيحة إلى ارتفاعها $\left(\frac{b}{h}\right)$ من أجل عدد رينولدز $\mathrm{Re}_h \geq 1000$

$$\mathrm{Re}_h = \frac{U \cdot h}{\upsilon}$$



الجريان حول كرة ملساء:

$$F_D = C_D \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot U^2 \cdot A$$

يعطي المخطط التالي قيمة معامل الإعاقة للجريان حول كرة ملساء بدلالة عدد رينولدز منسوبا لقطر الكرة حيث:

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

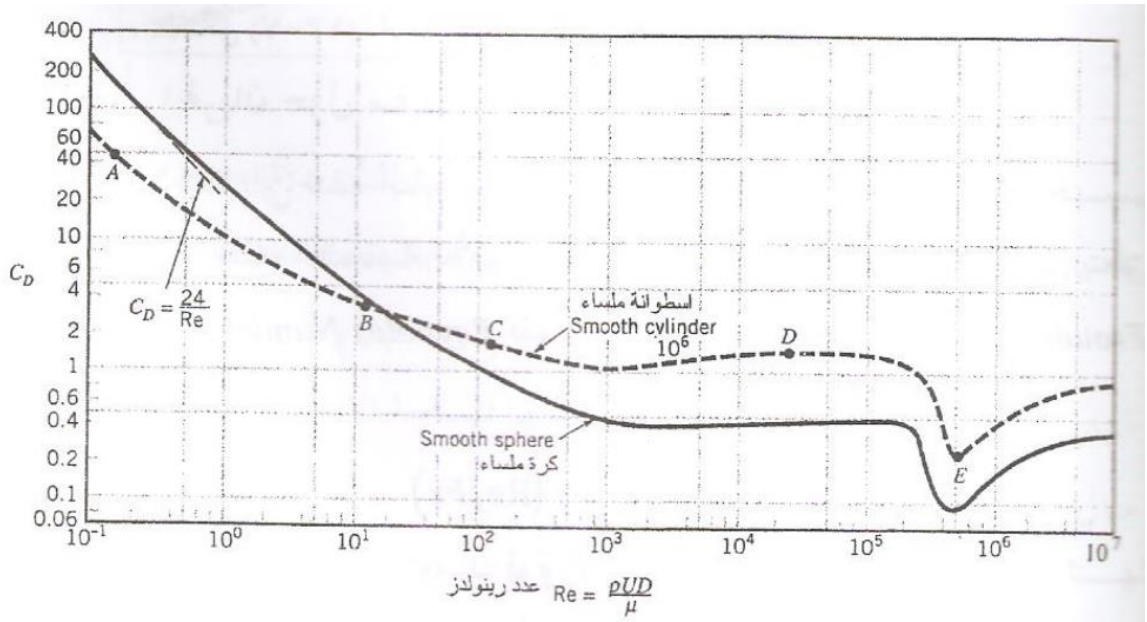
الجريان حول أسطوانة ملساء:

$$F_D = C_D \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot U^2 \cdot A$$

يعطي نفس المخطط قيمة معامل الإعاقة للجريان حول أسطوانة ملساء ، تبعا لعدد رينولدز منسوبا لقطر الأسطوانة حيث:

$$A = L \cdot D$$

عباقرة المدينة



الجريان حول الجناح ذو الشكل الانسيابي المتناظر:

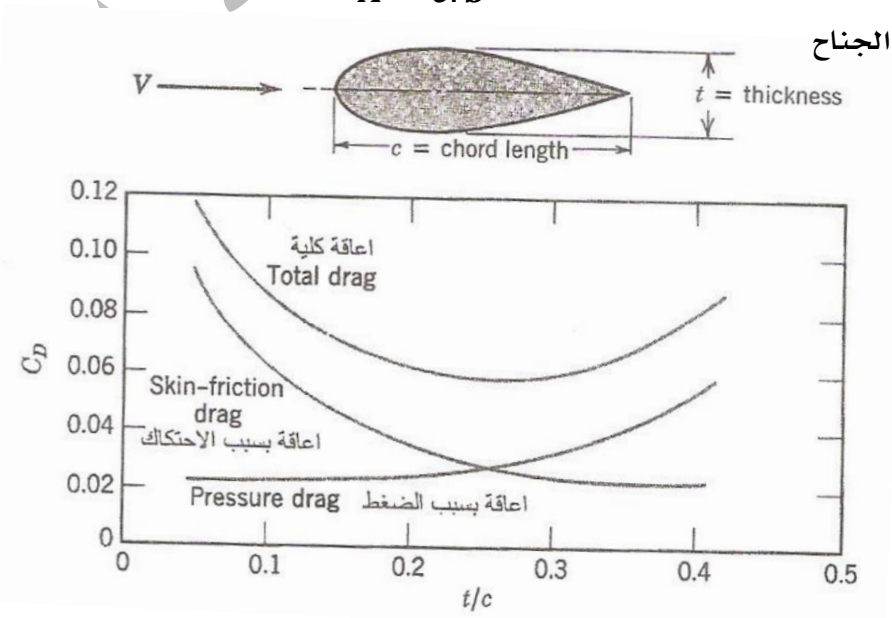
$$F_D = C_D \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot U^2 \cdot A$$

يبين الشكل التالي جناحا ذو شكل انسيابي متناظر ومخطط لحساب معامل الإعاقة ، حسب النسبة $\frac{t}{c}$

ولعدد رينولدز $Re_c = 4 \times 10\text{^}5$ منسوبا لعرض الجناح C حيث:

$$A = c.b$$

b: فتحة الجناح



الجريان حول سفينة:

إن معامل الإعاقة لا يتعلق بعدد رينولدز فقط وإنما بعدد فراود أيضا:

$$C_D = f(Re, Fr)$$

حيث: $Fr = \frac{U}{\sqrt{g.l}}$

وتحسب قوة الإعاقة الناتجة عن مقاومة الأمواج من العلاقة:

$$F_{DW} = \frac{1}{2}.C_{DW}.\rho.U^2.l^2$$

قوة الرفع:

تمثل مركبة القوة الكلية المؤثرة على الجسم بالاتجاه العمودي على اتجاه حركة الجريان وتحسب من العلاقة التالية:

$$F_L = C_L.\frac{1}{2}.\rho.U^2.A$$

A: مساحة سطح الجسم

$\frac{1}{2}.\rho.U^2$: الضغط الديناميكي الناتج عن الحركة

C_L: معامل الرفع

وتعتمد قيمةمعامل الرفع، على شكل الجسم ، وعدد رينولدز Re وعدد فراود Fr وعدد ماخ Ma والخشونة النسبية للجسم أي أن:

$$C_L = f\left(shape, Re, Fr, Ma, \frac{\varepsilon}{l}\right)$$

بالنسبة للجناح ذو الشكل الانسيابي المتناظر ، يعتمد معامل الرفع على زاوية الهجوم α (هي الزاوية بين شعاع سرعة التيار الحر ومحور الجناح 9

والمخططات التالية تستخدم لحساب معامل الرفع ومعامل الإعاقة لجناحين مختلفين حسب وكالة الفضاء الأمريكية ناسا.

Join Us On FACEBOOK
www.facebook.com/groups/civil.geniuses.2011