Surface resistance, drag and lift

Mohsen Soltanpour
Email: soltanpour@kntu.ac.ir
URL: http://sahand.kntu.ac.ir/~soltanpour/

مقدمه

هنگامی که اجسامی نظیر کشتی یا هواپیما که در سیال حرکت می‌کنند، سیال مقاومتی در برابر حرکت جسم وارد می‌کند که رانش (drag) نامیده می‌شود. رانش یک جسم مولفه‌ای از نیرو است که در جهت سرعت آزاد جریان عمل می کند.

دو نوع تنش نیروی رانش را تولید می‌کنند:

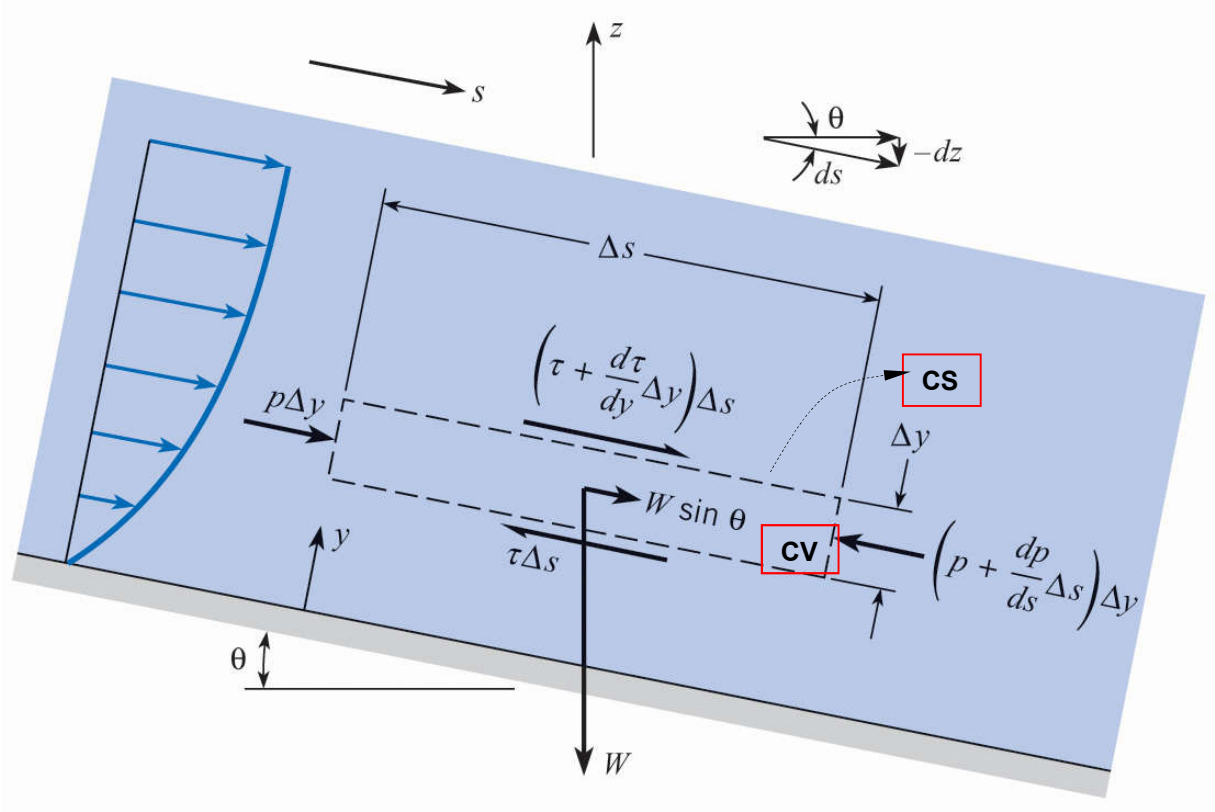
- تنش برشی ← رانش اصطکاک پوسته‌ای ***skin friction drag***

- فشار ← رانش شکلی ***form drag***

در تحلیل «رانش اصطکاک پوسته‌ای» مفهوم لایه مرزی (boundary layer) ارائه می‌شود. لایه مرزی لایه بسیار نازکی از سیال واقع بر سطح صفحه است که در آن سرعت از صفر تا سرعت آزاد جریان تغییر می کند. دو نوع لایه مرزی خطی (laminar boundary layer) و آشفته (turbulent boundary layer) شرح داده شده و نحوه محاسبه ضخامت لایه مرزی، تنش برشی و نیروی رانش ارائه می‌شود.

اصطکاک سطحی در جریان آرام یکنواخت (Surface resistance with uniform laminar flow)

فرض می شود جریان دائمی و یکنواخت* (مقدار ثابت سرعت جریان در طول خط جریان) است، با استفاده از معادله اندازه حرکت برای حجم کنترل شکل با ابعاد $\Delta s \times \Delta y \times unity$ در راستای جریان s:



$$\sum F_s = 0$$

نیروی ناشی از فشار:

$$p\Delta y - \left(p + \frac{dp}{ds}\Delta s\right) = -\frac{dp}{ds}\Delta s\Delta y$$

نیروی خالص ناشی از تنش برشی:

$$\left(\tau + \frac{d\tau}{dy}\Delta y\right)\Delta s - \tau\Delta s = \frac{d\tau}{dy}\Delta y\Delta s$$

مولفه نیروی وزن در راستای s:

$$\rho g\Delta s\Delta y \sin\theta = -\gamma\Delta s\Delta y\frac{dz}{ds}$$

$$\longrightarrow \quad -\frac{dp}{ds}\Delta s\Delta y + \frac{d\tau}{dy}\Delta y\Delta s - \gamma\Delta s\Delta y\frac{dz}{ds} = 0$$

$$\boxed{\frac{d\tau}{dy} = \frac{d}{ds}(p+\gamma z)}$$

و $\tau = \mu\frac{du}{dy}$

$$\longrightarrow \quad \boxed{\frac{d^2u}{dy^2} = \frac{1}{\mu}\frac{d}{ds}(p+\gamma z)}$$