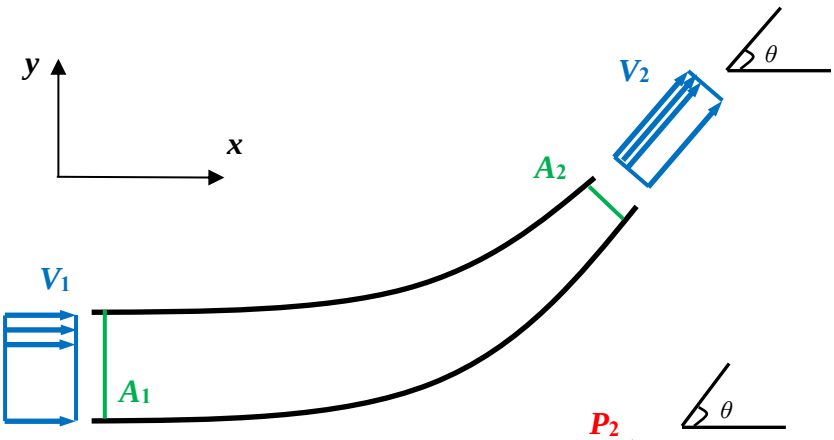
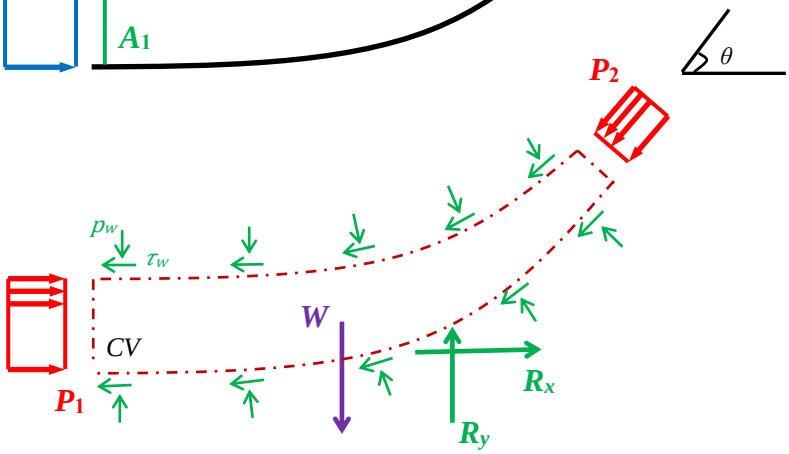
- نیروی وارده از جریان دائمی آب به زانویی شکل مقابل را بدست آورید. جریان در مقطع یکنواخت فرض شده و ابعاد هندسی زانویی معلوم می باشد.



جواب:

حجم کنترلی در فضای داخلی زانویی در نظر می گیریم. با در نظر گرفتن کمیتهای معلوم در ورودی و خروجی (فشار داخلی و سرعت آب) می توان نیروی وارده از طرف جداره زانویی به حجم کنترل (آب) را بدست آورد. برآیند تنشهای افقی و قائم (τ_w,p_w) وارده بر حجم کنترل (آب) از طرف زانویی را با R_x و R_y نشان می دهیم.



دبی جرمی ($\dot{m} = \rho Q$) در ورودی و خروجی برابر است. با استفاده از معادله عمومی اندازه حرکت خطی در جریان دائمی با یک ورودی و خروجی با فرض یکنواخت بودن جریان در سطح مقطع (جریان یک بعدی)،

$$\sum \vec{F} = \rho Q(\vec{v}_2 - \vec{v}_1)$$

که در آن $\sum \vec{F}$ مجموع برآیند نیروهای سطحی و حجمی وارده می باشد:

$$\begin{cases} \sum F_x = \rho Q(v_{2x} - v_{1x}) \\ \sum F_y = \rho Q(v_{2y} - v_{1y}) \end{cases} \qquad \begin{cases} P_1A_1 - P_2A_2\cos\theta + R_x = \rho Q(V_2\cos\theta - V_1) \\ -P_2A_2\sin\theta - W + R_y = \rho Q(V_2\sin\theta) \end{cases}$$

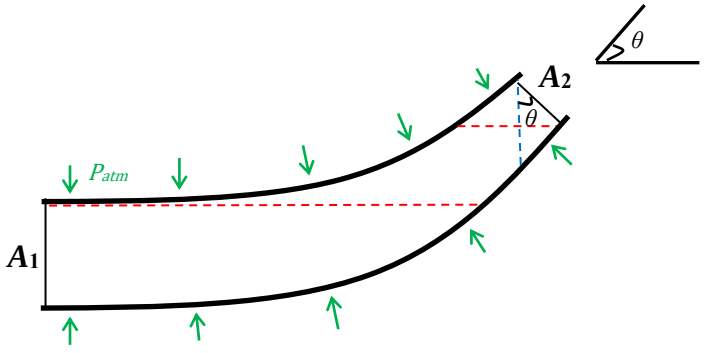
$$\begin{cases} R_x = \rho Q(V_2\cos\theta - V_1) - P_1A_1 + P_2A_2\cos\theta \\ R_y = \rho Q(V_2\sin\theta) + P_2A_2\sin\theta + W \end{cases}$$

که در آن P_1 و P_2 به ترتیب فشار مطلق آب داخل لوله در مقطع ۱ و ۲ می باشد. نیروهای وارده از طرف آب (حجم کنترل) به زانویی خلاف جهت R_x و R_y هستند:

$$\begin{cases} k_x = -R_x = P_1A_1 - P_2A_2\cos\theta - \rho Q(V_2\cos\theta - V_1) \\ k_y = -R_y = -P_2A_2\sin\theta - W - \rho Q(V_2\sin\theta) \end{cases} \quad (I)$$

نیروی وارده از طرف فشار هوای پیرامون (P_{atm}) به زانویی برابر است با:

$$\begin{cases} k'_x = -P_{atm}A_1 + P_{atm}A_2\cos\theta \\ k'_y = P_{atm}A_2\sin\theta \end{cases}$$



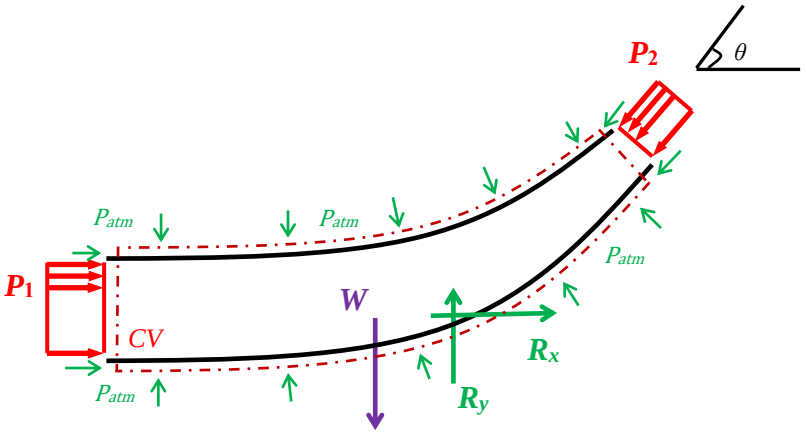
با ترکیب نیروهای اعمال شده به زانویی از طرف سیال داخلی (آب) و سیال خارجی (هوا):

$$\begin{cases} K_x = k_x + k'_x = (P_1 - P_{atm})A_1 - (P_2 - P_{atm})A_2 \cos\theta - \rho Q(V_2 \cos\theta - V_1) \\ K_y = k_y + k'_y = -(P_2 - P_{atm})A_2 \sin\theta - W - \rho Q(V_2 \sin\theta) \end{cases}$$

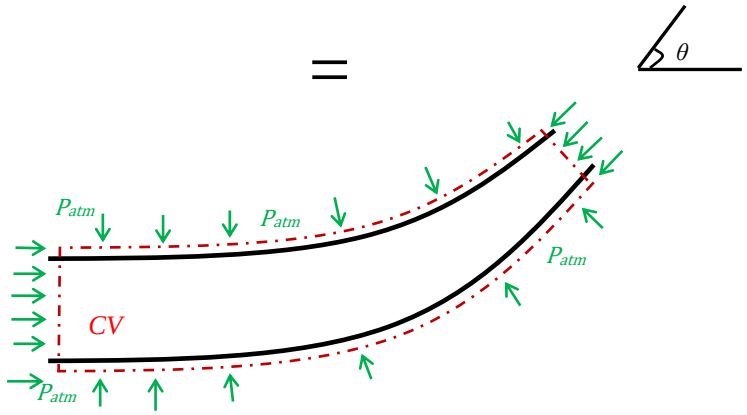
$$\rightarrow \quad \boxed{\begin{cases} K_x = P_{1g}A_1 - P_{2g}A_2 \cos\theta - \rho Q(V_2 \cos\theta - V_1) \\ K_y = -P_{2g}A_2 \sin\theta - W - \rho Q(V_2 \sin\theta) \end{cases}}$$

مقایسه این نتیجه با معادلات (I) نشان می دهد برای تعیین کل نیروی وارد بر زانویی (از طرف سیال داخلی و خارجی) کافیست به جای محاسبه مجزای نیروهای وارده از آب داخل لوله و هوای خارج آن، در محل ورودی و خروجی حجم کنترل از فشار نسبی آب (به جای فشار مطلق) استفاده شود.

اگر از ابتدا حجم کنترل بزرگتری در نظر گرفته می شد به گونه ای که همچنان از مقاطع ۱ و ۲ عبور کرده ولی کل زانویی را در بر بگیرد نیز همین نتیجه مجددا بدست می آمد. در این حالت در محل مقاطع ۱ و ۲، حجم کنترل جداره فلزی زانویی را قطع کرده و بنابراین مشابه دیاگرام آزاد باید نیروهای داخلی (نیروی محوری، نیروی برشی و لنگر) در این دو مقطع در نظر گرفته شوند که برآیند اثر آنها بر روی زانویی معادل R_x و R_y (در محل مشخصی که لنگر حذف شود) خواهد بود. ضمنا باید دقت کرد که W در این حالت وزن آب و زانویی (کل وزن جرم داخل حجم کنترل) را نشان می دهد.



=



+