

مکانیک سیالات

نیروی وارد بر سطوح منحنی

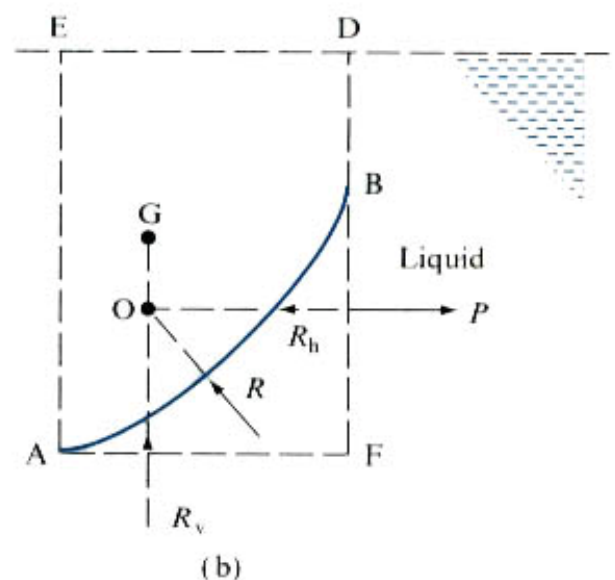
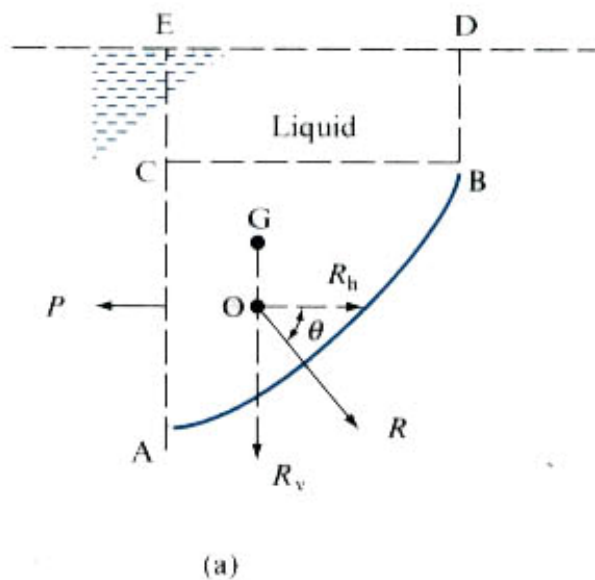
www.hadian.ir



محمدرضا هادیان
دانشگاه یزد – دانشکده مهندسی عمران

نیروی وارد بر سطوح منحنی

- چنانچه سطحی که محاسبه نیروی فشاری روی آن مورد نظر است، یک سطح خمیده باشد، بردار نیروی وارد بر هر المان کوچک از سطح، عمود بر سطح المان خواهد بود.
- با توجه به خمیدگی سطح، امتداد این بردارها یکسان نیست.
- برای محاسبه نیروی فشاری کل وارد بر سطح، باید مولفه‌های بردار نیروی المان محاسبه شده و برای هر مولفه نیرو انتگرال گیری انجام شود.

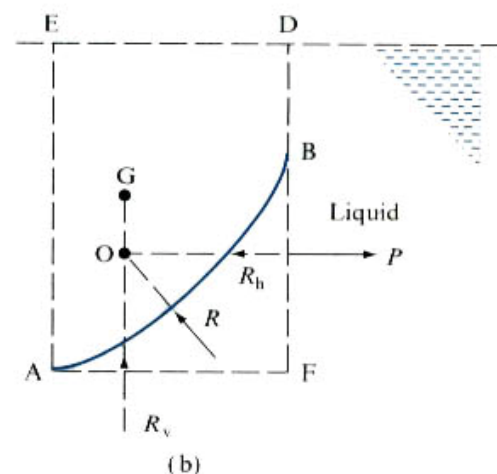
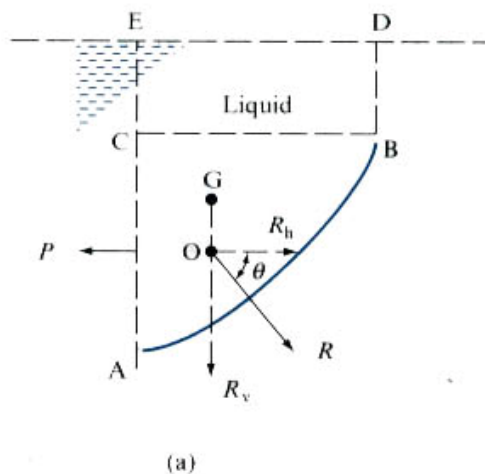


نیروی وارد بر سطوح منحنی

● بجای انجام محاسبات انتگرال گیری می توان مولفه کل نیروی وارد بر سطح را بصورت ساده زیر محاسبه نمود:

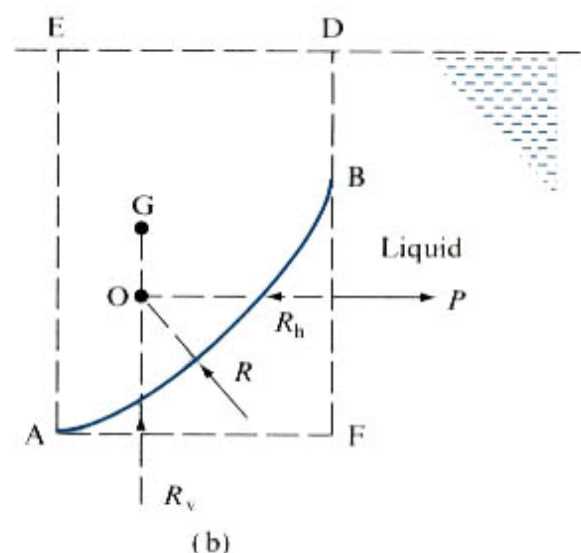
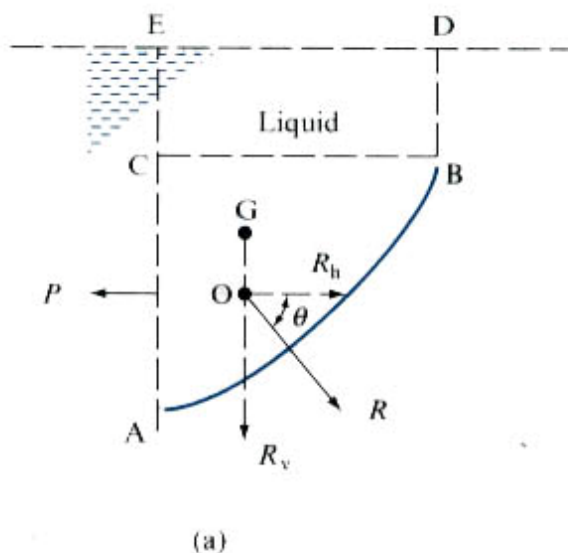
☀ در شکل a، المان سیال بصورت ABC را در نظر می گیریم. با توجه به تعادل سیال، نیروی افقی p وارد بر سطح AC با نیروی افقی وارد بر سطح روی AB برابر است.

☀ در شکل b، المان سیال بصورت AFB را در نظر می گیریم. با توجه به تعادل سیال، نیروی افقی p وارد بر سطح BF با نیروی افقی وارد بر سطح روی AB برابر است.



نیروی وارد بر سطوح منحنی

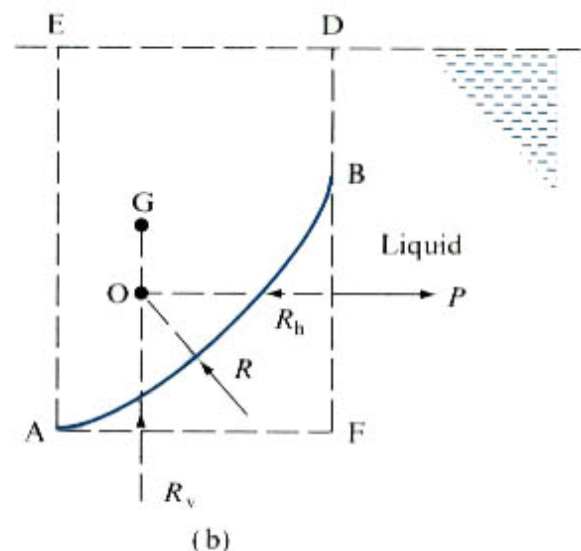
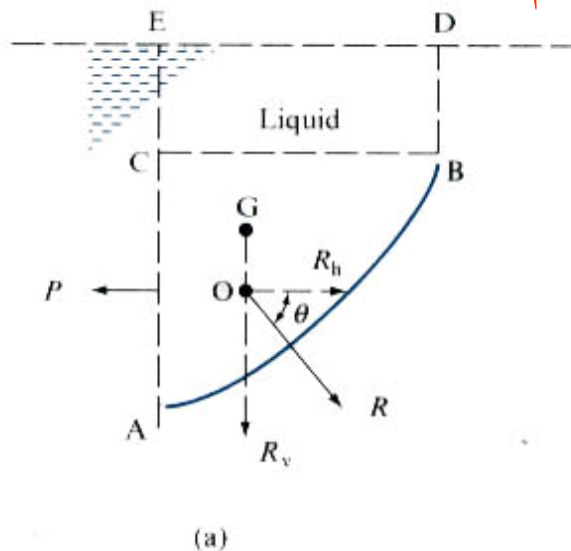
مولفه افقی نیروی فشاری وارد بر یک سطح خمیده برابر با مولفه نیروی افقی وارد بر سطحی است که تصویر سطح خمیده در راستای قائم است.



نیروی وارد بر سطوح منحنی

● برای برقراری تعادل، نیروهای افقی p و نیروی افقی وارد بر سطح باید در یک امتداد باشند.

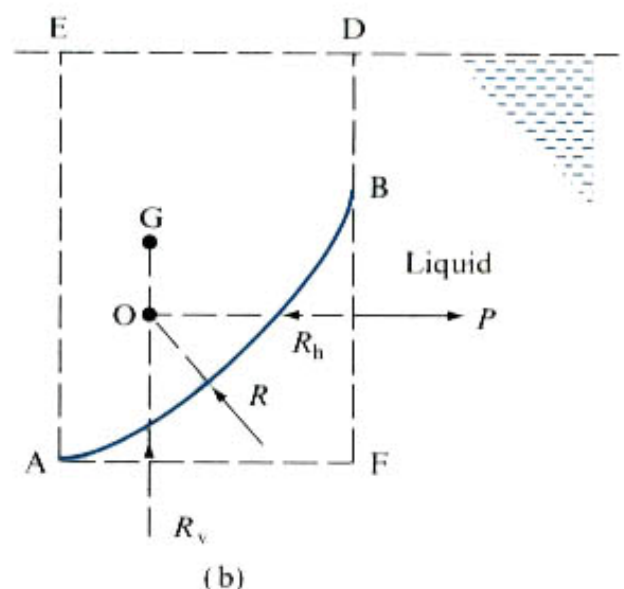
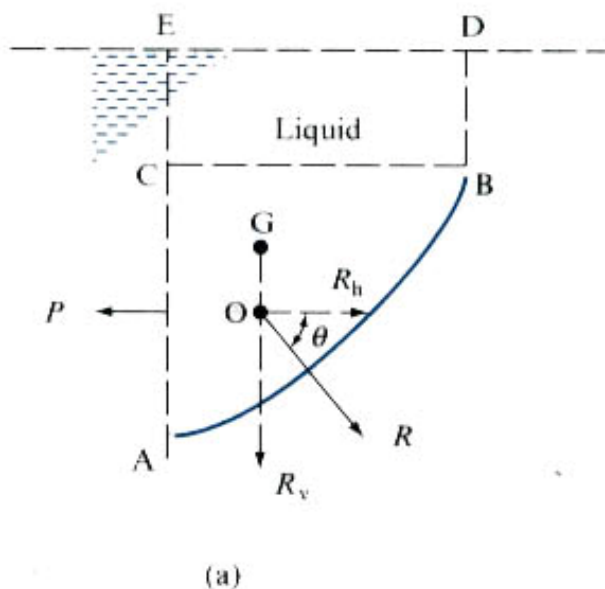
محل اثر مولفه افقی نیروی فشاری وارد بر یک سطح خمیده برابر است با محل اثر نیروی افقی وارد بر سطحی که تصویر سطح خمیده در راستای قائم است.



نیروی وارد بر سطوح منحنی

● در شکل a، نیروی قائم وارد بر سطح، برابر با وزن آب بالای سطح AB است.

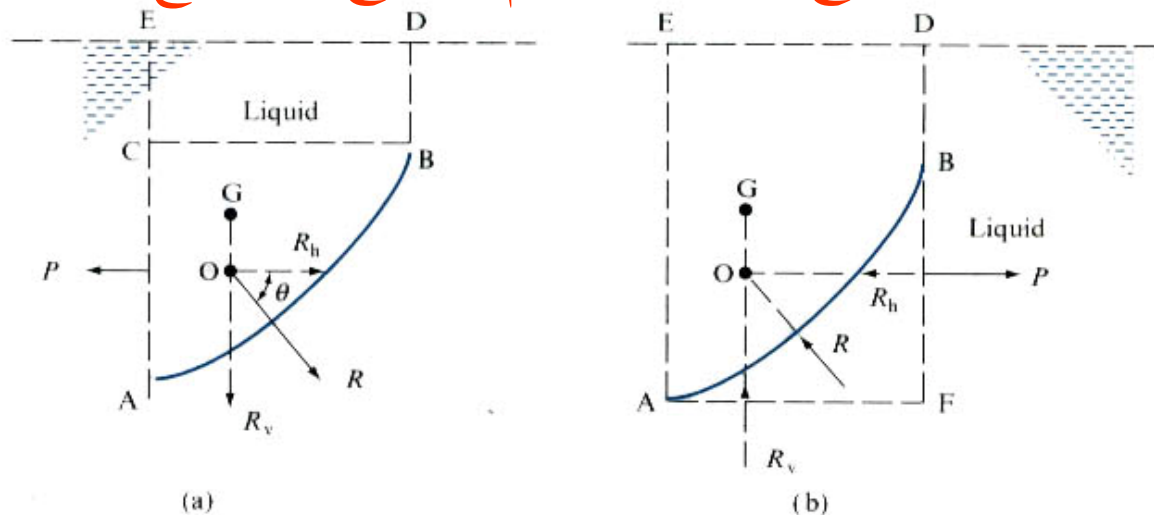
مولفه قائم نیروی فشاری وارد بر یک سطح خمیده برابر وزن مایع روی سطح در راستای قائم تا سطح آزاد مایع است.



نیروی وارد بر سطوح منحنی

- در شکل b، چنانچه سطح منحنی حذف شود و فضای بالای سطح تا سطح آزاد با مایع یکسای پر شود، حالت تعادل برقرار می‌شود.
- نیروی قائم وارد از طرف مایع به سطح با وزن مایع با همان جنس که روی سطح تا سطح آزاد قرار گیرد، برابر است.

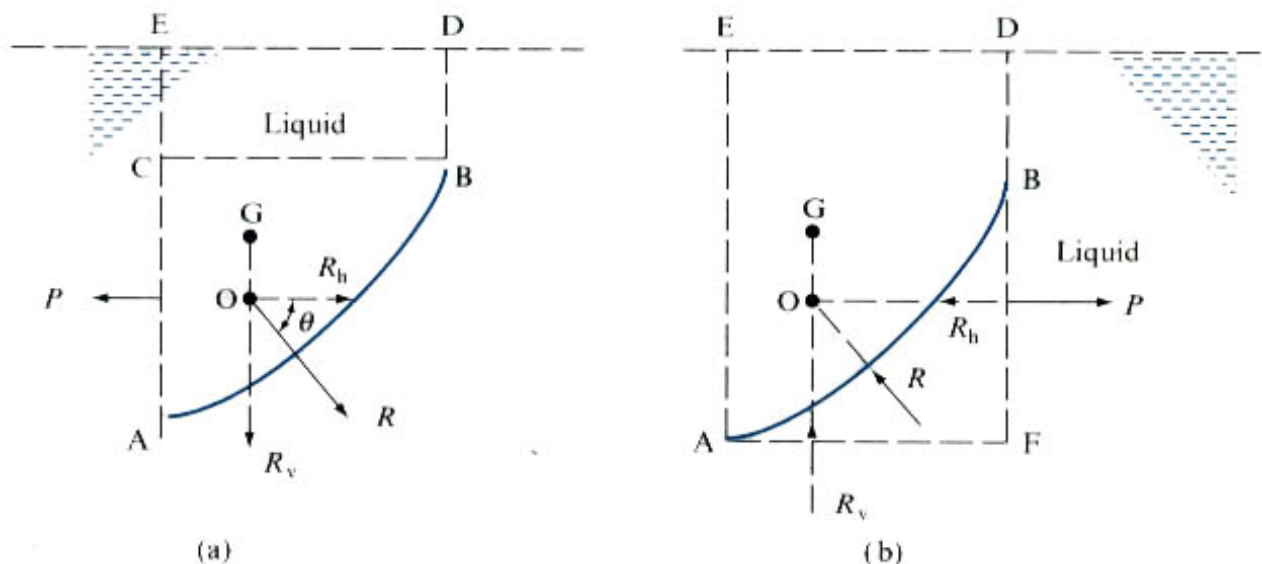
مولفه قائم نیروی فشاری وارد بر یک سطح خمیده برابر وزن مایع یکسان روی سطح در راستای قائم تا سطح آزاد مایع است.



نیروی وارد بر سطوح منحنی

- در هر دو شکل با توجه به برقراری تعادل، مرکز جرم آب بالای سطح و مولفه قائم نیروی وارد بر سطح باید در یک راستا باشند.

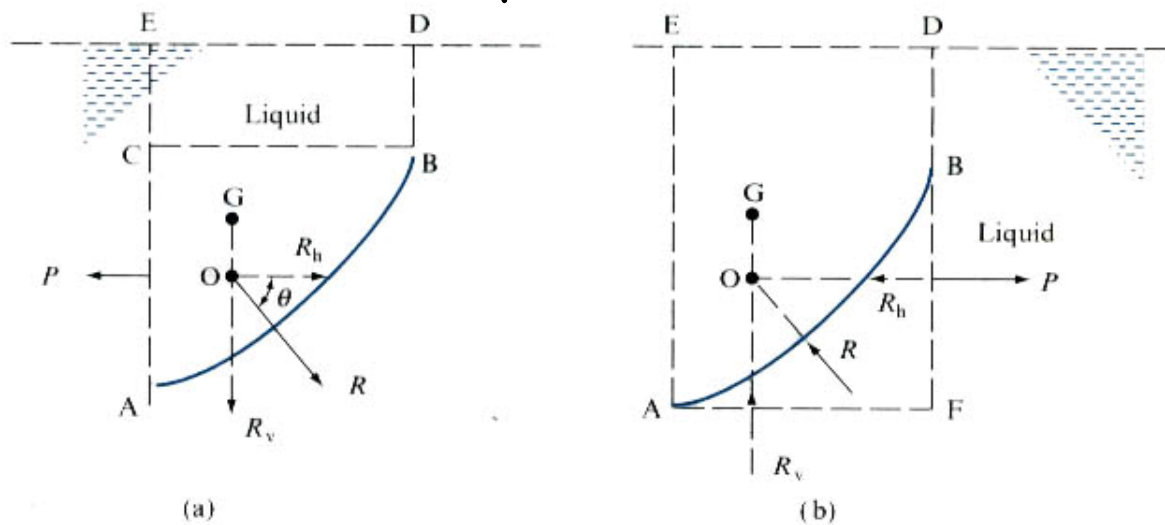
محل اثر مولفه قائم نیروی فشاری وارد بر یک سطح خمیده برابر است با مرکز جرم مایع (حقیقی یا مجازی) روی سطح خمیده تا سطح آزاد مایع است.



نیروی وارد بر سطوح منحنی

● در حالت دوبعدی نیروی برآیند بصورت جمع برداری دو مولفه محاسبه می‌شود:

$$R = \sqrt{R_h^2 + R_v^2}$$



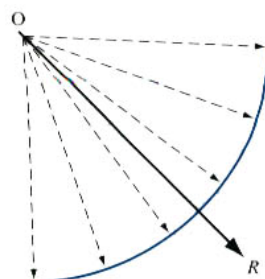
● در حال سه‌بعدی، الزاماً امتداد سه مولفه بردار در یک نقطه تلاقی ندارند و نمی‌توان بردار برآیند را بصورت یک بردار که از یک نقطه مشخص بر سطح اثر می‌کند، بدست آورد.

نیروی وارد بر سطوح منحنی

● ممکن است سطح آزاد بصورت حقیقی وجود نداشته باشد. در اینصورت با مشخص بودن مقدار فشار، سطح آزاد بصورت مجازی در تراز $p/\rho g$ در نظر گرفته می‌شود.

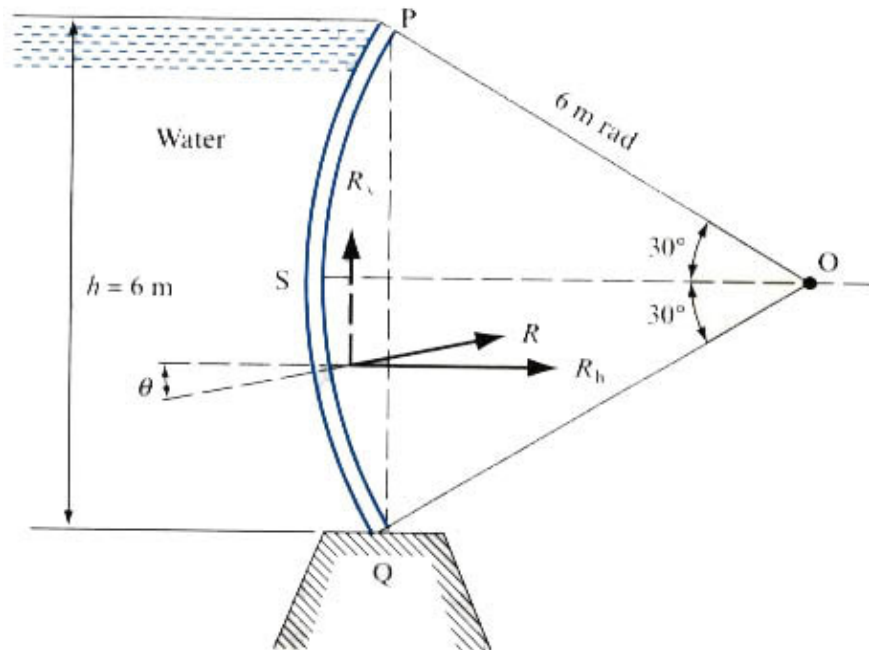
● در صورت وجود چند لایه از سیال، یا عدم وجود سطح آزاد حقیقی، سطح آزاد مجازی با توجه فشار مشخص و جرم حجمی سیالی که در تماس با سطح است، مشخص می‌شود.

● در سطوح دایره‌ای، از آنجا که همه مولفه‌های نیروی وارد بر المان‌های سطح از مرکز انحنا سطح دایره‌ای می‌گذرند، امتداد بردار برآیند از مرکز انحنا می‌گذرد.



مثال ۱

● دریچه قطاعی به شکل کمانی از دایره، به شعاع 6m در مخزنی مطابق شکل تعبیه شده است. برای وضعیت نشان داده شده، بزرگی نیروی وارد بر دریچه و امتداد آن را نسبت به نقطه O بدست آورید. (کلیه محاسبات برای عرض واحد انجام شود.)

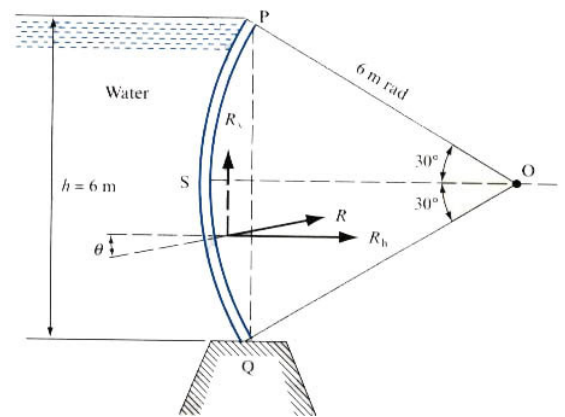


مثال ۱

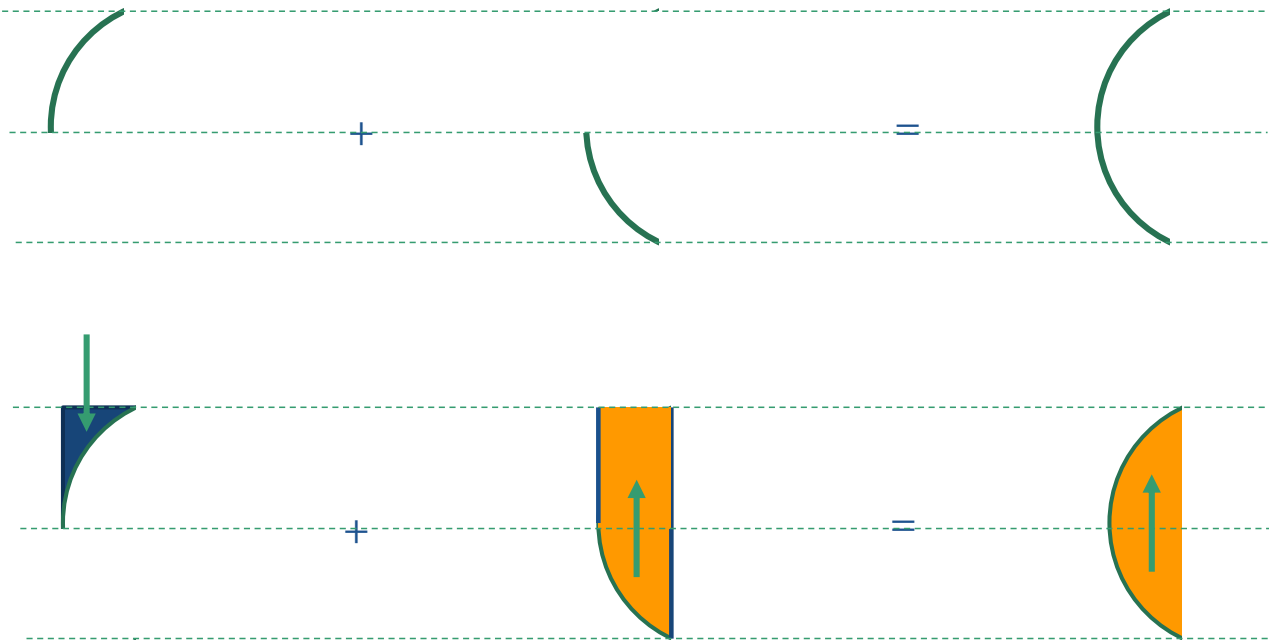
$$h = 2 \times 6 \times \sin 30^\circ = 6 \text{ m}$$

R_h = Resultant force on PQ

$$\begin{aligned} &= \rho g \times h \times \frac{h}{2} = \frac{\rho g h^2}{2} \\ &= \frac{10^3 \times 9.81 \times 6^2}{2} = 176.58 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \end{aligned}$$



مثال ١



مثال ١

$$h = 2 \times 6 \times \sin 30^\circ = 6 \text{ m}$$

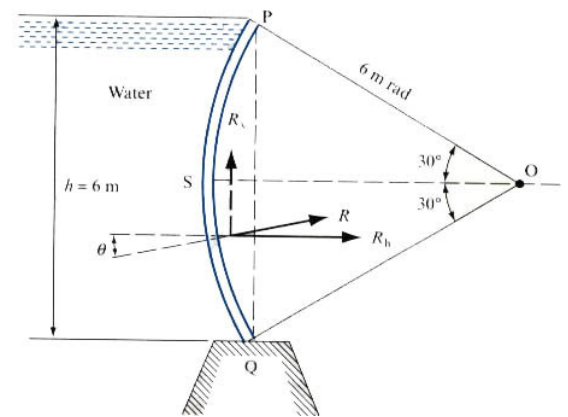
R_h = Resultant force on PQ

$$\begin{aligned} &= \rho g \times h \times \frac{h}{2} = \frac{\rho g h^2}{2} \\ &= \frac{10^3 \times 9.81 \times 6^2}{2} = 176.58 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \end{aligned}$$

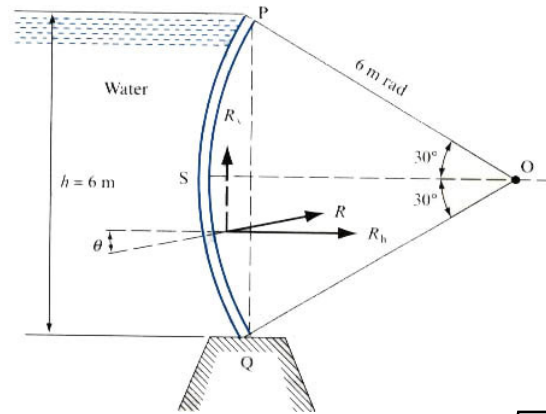
R_v = weight of water displaced by segment PSQ

$$= (\text{sector OPSQ} - \Delta OPQ) \rho g$$

$$\begin{aligned} &= \left(\frac{60}{360} \times \pi \times 6^2 - 6 \sin 30^\circ \times 6 \cos 30^\circ \right) \times 10^3 \times 9.81 \\ &= 32 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \end{aligned}$$



مثال ۱



$$R = \text{Resultant force on Gate, } R = \sqrt{R_h^2 + R_v^2}$$

$$= \sqrt{176.58 + 32}$$

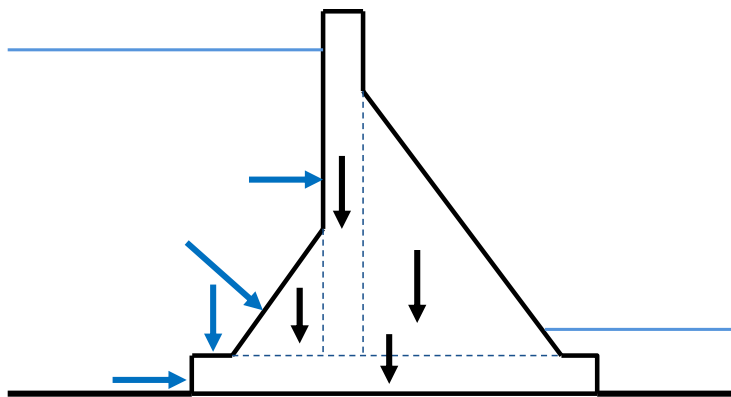
$$= 179.46 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

با توجه به دایره‌ای بودن دریچه، امتداد نیروی R از نقطه O می‌گذرد.

$$\tan \theta = \frac{R_v}{R_h} = \frac{32}{176.58} = 0.18122$$

$$\theta = 10.27^\circ \text{ to the horizontal}$$

محاسبات تعادل یک سد وزنی در حالت استاتیک

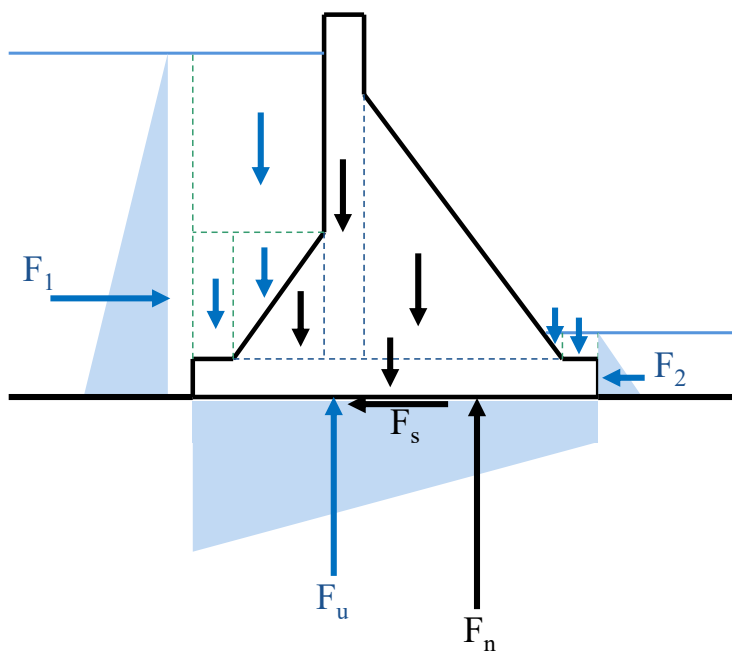


□ بارگذاری

➤ وزن سد

➤ نیروهای وارده از آب

محاسبات تعادل یک سد وزنی در حالت استاتیک



□ بارگذاری

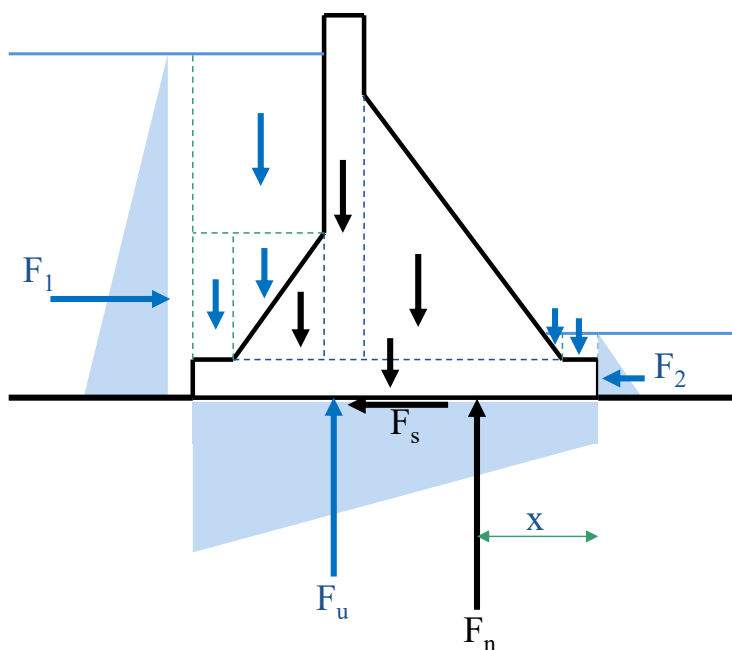
➤ وزن سد

➤ نیروهای وارده از آب

➤ نیروی برآ (Uplift)

➤ نیروهای وارد بر پی

محاسبات تعادل یک سد وزنی در حالت استاتیک



□ محاسبه نیروهای وارد بر پی

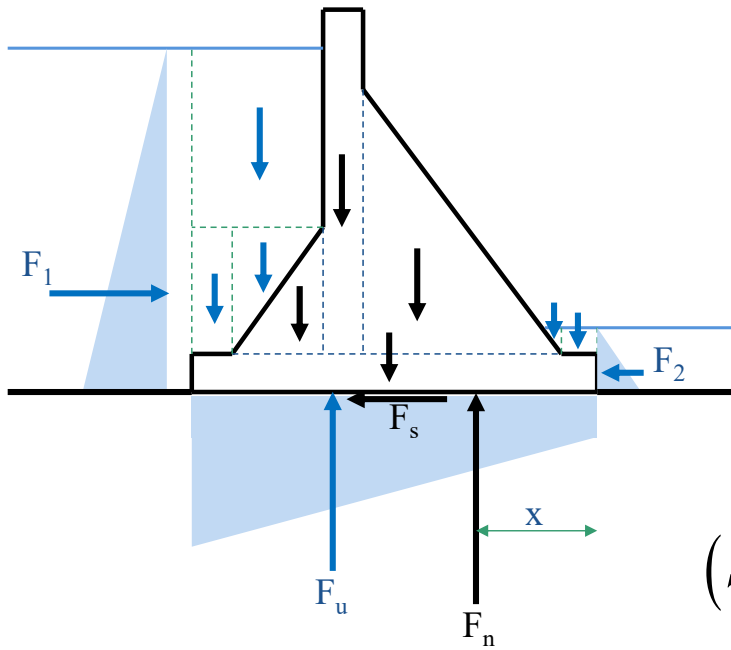
$$\sum F_x = 0 \Rightarrow F_s = ?$$

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow F_n = ?$$

$$\sum M_o = 0 \Rightarrow x = ?$$

محاسبات تعال یک سد وزنی در حالت استاتیک

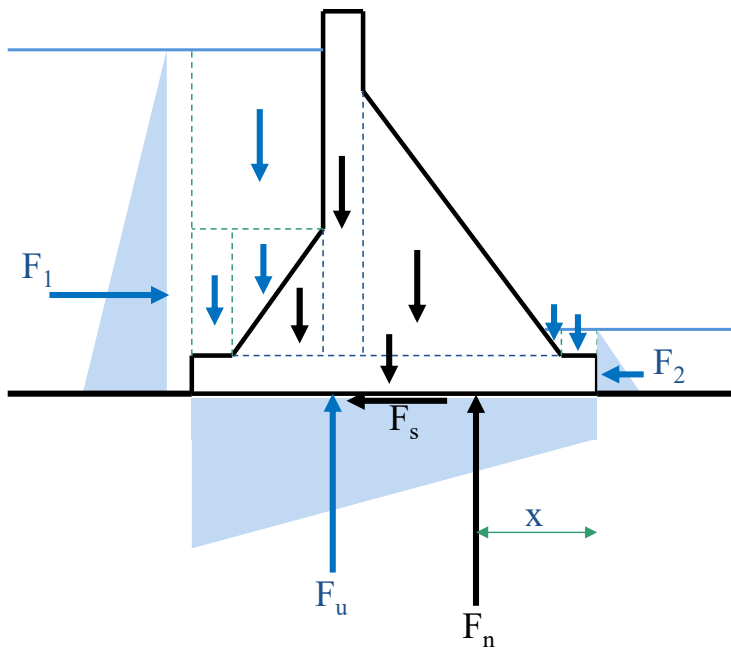
❑ ضریب اطمینان در مقابل لغزش



$$(S_f)_{sliding} = \frac{(F_s)_{\max}}{F_s} = \frac{\mu \cdot F_n}{F_s}$$

محاسبات تعال یک سد وزنی در حالت استاتیک

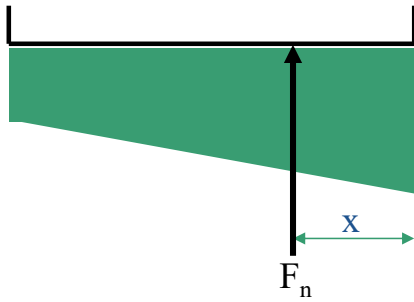
❑ ضریب اطمینان در مقابل واژگونی



$$(S_f)_{turning} = \frac{\sum M_R}{\sum M_O}$$

محاسبات تعال یک سد وزنی در حالت استاتیک

□ تنش‌های وارد بر پی

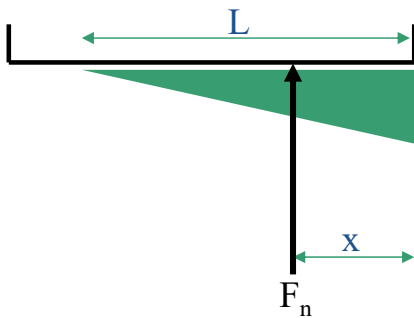


$$\frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2} B = F_n$$

$$\sigma_{\min} \times \frac{B^2}{2} + (\sigma_{\max} - \sigma_{\min}) \frac{B^2}{6} = F_n \times x$$

محاسبات تعال یک سد وزنی در حالت استاتیک

□ تنش‌های وارد بر پی

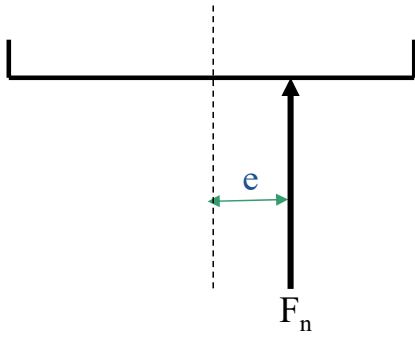


$$\frac{\sigma_{\max} \times L}{2} = F_n$$

$$\frac{L}{3} = x$$

محاسبات تعال یک سد وزنی در حالت استاتیک

□ تنش‌های وارد بر پی



$$e \leq \frac{B}{6}$$