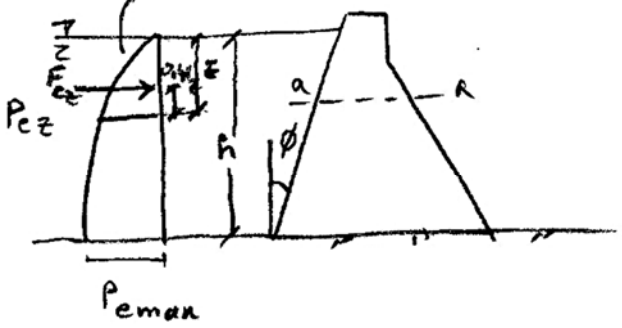
نیروی زلزله ناشی از آب پشت سد (نیروی هیدرودینامیکی)

توزیع غیرخطی فشار هیدرودینامیک

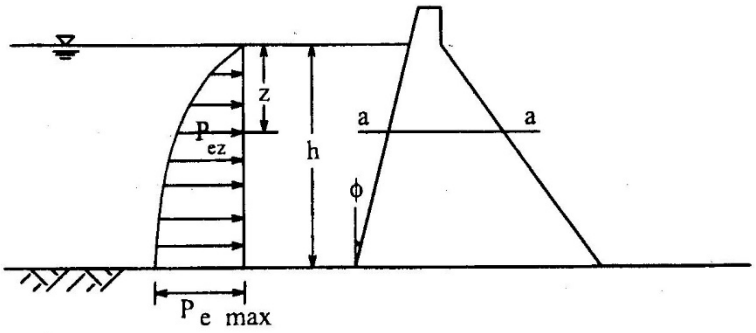


$$P_{ez} = C_e \alpha_h \gamma_w h$$

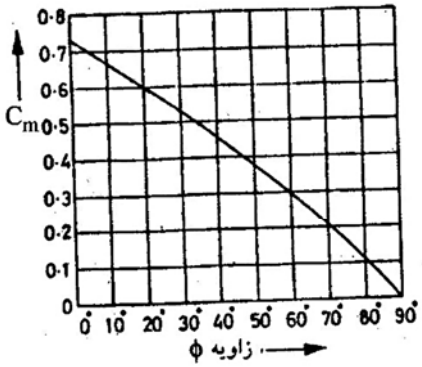
α_h : ضریب شتاب افقی زلزله

h : ارتفاع آب

C_e : ضریب بدون بعد



شکل ۳-۱۶: توزیع فشار هیدرودینامیکی در بالادست سد



شکل ۳-۱۷: مقدار C_m در معادله Zangar برای محاسبهٔ فشار هیدرودینامیکی

جدول ۳-۱: مقدار C_m براساس مقادیر مختلف ϕ

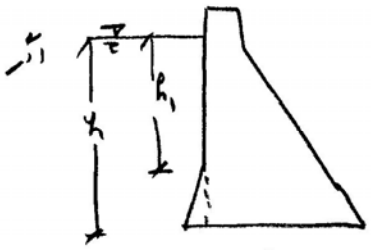
ϕ (درجه)	۰	۱۵	۳۰	۴۵	۶۰	۷۵
C_m	۰/۷۳۵	۰/۶۲۷	۰/۵۲۰	۰/۴۱۰	۰/۲۹۵	۰/۱۶۰

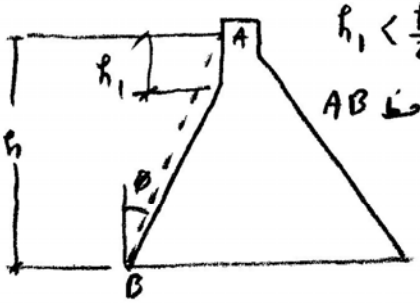
$$C_e = \frac{C_m}{2}\left[\frac{z}{h}\left(2-\frac{z}{h}\right)+\left(\frac{z}{h}\left(2-\frac{z}{h}\right)\right)^{\frac{1}{2}}\right]$$

$z=0 \rightarrow C_e=0$

$z=h \rightarrow C_e=C_m$

$$C_m = 0.735\left[1-\frac{\phi}{90}\right]$$





$h_1 < \frac{h}{2}$

زاویه ϕ با توجه به خط AB تعیین می‌شود.

$h_1 > \frac{h}{2} \Rightarrow$ در مقاطع بالادست سد، عمدتاً فشار مثبت ($\phi = 0$)

$$dF_{ez} = P_{ez}\,dz$$

$$F_{ez} = \int_0^z P_{ez}\,dz = \dots = 0.726\,P_{ez}\,z$$

برآیند فشار هیدرودینامیک در عمق z

$$m_{cz} = F_{ez}(0.41z) = 0.299\,P_{ez}\,z^2$$

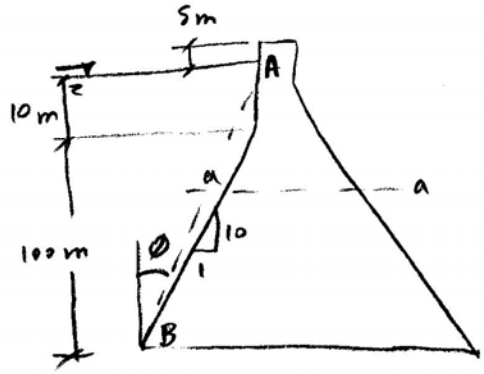
↓

حول a-a

$$V_c = (F_{ez} - F_{e1})\tan\phi$$

F_{e1} : برآیند افقی نیروی هیدرودینامیک تا عمقی که شیب بالادست شروع می‌شود.

از سطح آب



مثال: با فرض $a_h = 0.10$ مطلوب است تعیین نیروهای هیدرودینامیک افقی وارد بر مقطع a-a در عمق 15m سطح آب، فاصله از محل آن تا محل a-a 110m

$h = 110\,m$, $h_1 = 10\,m$ $\Rightarrow h_1 < \frac{h}{2}$ تعیین ϕ با توجه به AB

$$\tan\phi = \frac{10}{110} \Rightarrow \phi = 5.1944^\circ \qquad C_m = 0.735\left[1-\frac{5.1944}{90}\right] = 0.69$$

$$C_e = \frac{0.69}{2}\left[\frac{15}{110}\left(2-\frac{15}{110}\right)+\sqrt{\frac{15}{110}\left(2-\frac{15}{110}\right)}\right] = 0.262$$

$$P_{e15} = 0.262(0.1)(1)(110) = 2.882\ \frac{t}{m^2} = 28.27\ \frac{kN}{m^2}$$

$$F_{e15} = 0.726(2.882)(15) = 31.38\ t = 307.89\ kN$$

$M_{cz} = 0.299\ (2.882)(15^2) = 193.89\ t.m = 1902.03\ kN.m$

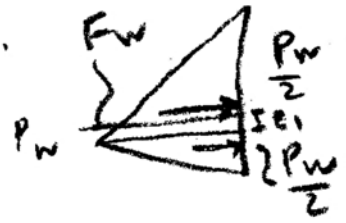
$z = h = 110\ m \qquad c_e = c_m = 0.69$ در پایه سد

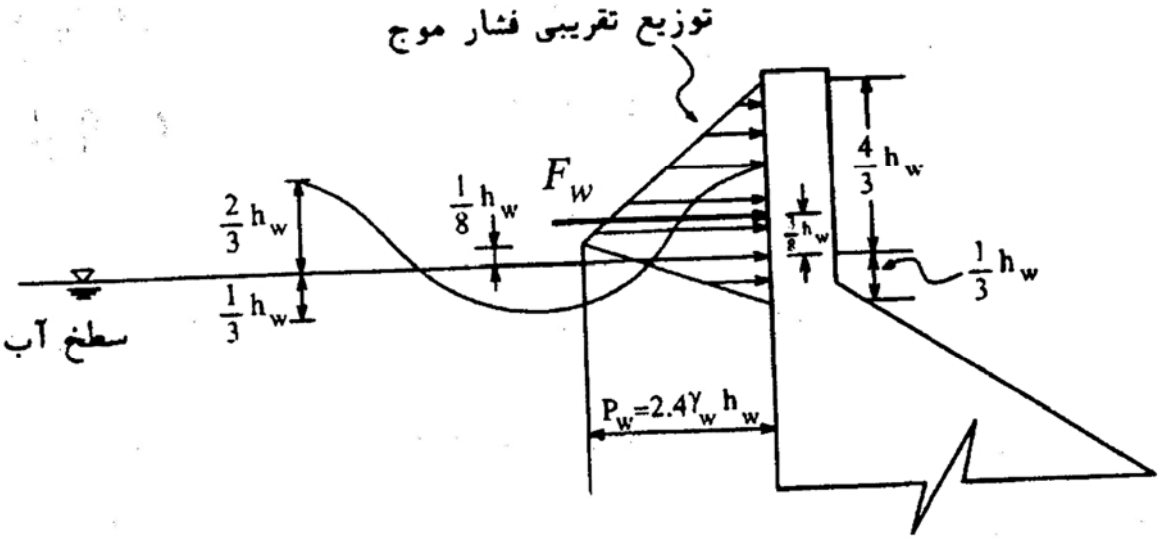
$P_{e110} = 0.69\ (0.1)(1)(110) = 7.59\ \frac{t}{m^2} = 74.46\ \frac{kN}{m^2}$

$F_{e110} = 0.726\ (7.59)(110) = 606.14\ t = 5946.21\ kN$

$M_{e110} = 0.299\ (7.59)(110^2) = 27459.86\ t.m = 269381.24\ kN.m$

نیروی امواج بر بدنه سد



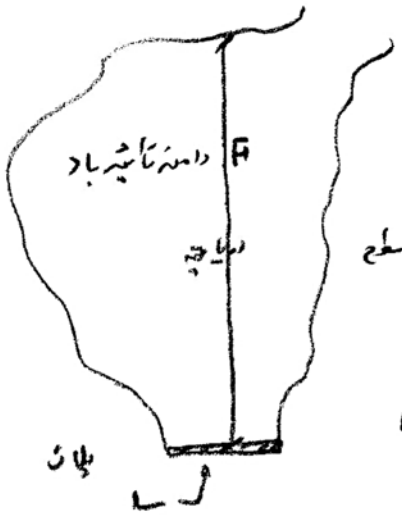


$F_w = \frac{P_w}{2}\left(\frac{4}{3}h_w - \frac{1}{8}h_w\right) + \frac{P_w}{2}\left(\frac{1}{3}h_w + \frac{1}{8}h_w\right) = \frac{P_w}{2}h_w\left[\frac{4}{3} - \frac{1}{8} + \frac{1}{3} + \frac{1}{8}\right] = \frac{5}{6}P_w h_w$

$F_w = \frac{5}{6}h_w\left(2.4\,\gamma_w h_w\right) = 2\gamma_w h_w^2$

محل اثر F_w : $\frac{3}{8}h_w$ بالای سطح آب

تعیین h_w (ارتفاع موج)



F : حاصله افقی و مستقیم دورترین نقطه از ساحل دریا یا دریاچه در تراز سطح آزاد آب تا سد و در جهت عمود بر محور طولی سد

$F > 32\ km$: $h_w = 0.0322\sqrt{F.V}$

h_w بر حسب متر ، F بر حسب km ، V سرعت باد بر حسب $\frac{km}{h}$

$F \leq 32\ km$: $h_w = 0.0322\sqrt{F.V} + 0.763 - 0.271F^{\frac{1}{4}}$