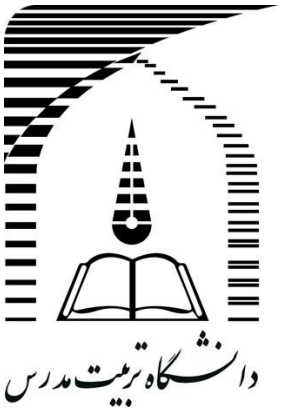


"بارهای وارد بر سازه های هیدرولیکی"

www.Prozhe.com

فهرست مطالب

مقدمه: 4

سدها: 4

فهرست بارها: 5

بار اولیه: 6

بار آب (water load) : 6

بار ناشی از وزن (self-weight load) : 6

بارهای ناشی از تراوش (seepage loads) : 6

بارهای ثانویه: 8

بار رسوب (sediment load) : 8

بارموج هیدرودینامیکی (hydrodynamic wave load): 8

بار یخ (ice load) : 8

بار حرارتی (thermal load): 9

اثرات متقابل (interactive effects) : 9

بار هیدرواستاتیکی تکیه گاه (abutment hydrostatic loads) : 9

بارهای استثنایی: 9

بار لرزه ای (seismic load) : 9

اثرات زمین ساخت (tectonic effects) : 10

سرریزها: 11

بار استاتیکی: 12

1- نیروهای ناشی از وزن مصالح ساختمانی: 12

2- نیروی آب خارجی، فشار ناشی از بار گل و لای: 12

3- فشار یخ : 14

4- تنش های حرارتی : 14

بارهای دینامیکی: 14

www.Prozhe.com

1- بار بالا برنده : 14

2- فشار موج : 15

3- نیروهای زلزله : 15

4- نیروی کششی ناشی از جریان : 16

دریچه ها: 17

حوضچه آرامش: 18

نیروی وارد بر بلوک های کف (floor blocks) : 18

نیروی بالابرنده (uplift) دال کف : 19

کالورت (culvert) : 20

بارهای متمرکز (Concentrated Loads) : 20

بارهای یکنواخت (uniform distributed loads) : 21

وزن دیواره های کناری (weight of side walls) : 21

فشار آب کنار کالورت (water pressure inside culvert) : 22

فشار زمین بردیوارهای عمودی (earth pressure on vertical side walls) : 23

پایه پل (bridge piers) : 24

بار مرده (dead load) : 24

بار زنده (live load) : 24

بار باد (wind load) : 25

نیروی ناشی از جریان سیلاب (force of stream current) : 25

رانش (bouyancy) : 26

یخ (ice) : 26

منابع: 27

www.Prozhe.com

مقدمه:

هدف در این تحقیق، محاسبه بارهای وارد بر سازه های هیدرولیکی است که در اینجا شش سازه ی سد، سرریز، دریچه، حوضچه آرامش، کالورت، و پایه های پل را به تفکیک بررسی می کنیم.

سدها:

کفایت سازه ای یک سد بایستی در طول تغییرات شرایط یا حوادثی که در طول زمان استفاده از سد رخ می دهد، حفظ شود.از این رو ، طراحی سدها نیز با در نظر گرفتن طیف پاسخ احتمالی آن ها در شرایط بار گزاری مختلف، صورت می گیرد.

در تمامی شرایط قابل پیش بینی، ثبات سد و پی آن بایستی با نگه داشتن تنش ها در یک سطح قابل قبول و لزوم وجود همیشگی نفوذناپذیری، تضمین شود.

بارهای قطعی وارده بر سد، با توجه به نحوه توزیع، بزرگی، و نحوه عملکرد، عینا مشخصند؛ به عنوان مثال بار آب و بار وزن. دیگر بارهای مهم، که برخی از آنها به اهمیت بارهای قبل می باشند، وابسته به زمان بوده و از این رو تشخیص قبلی آن ها با اطمینان کمتری صورت می گیرد.

این گونه بار ها به عنوان مثال می توانند ناشی از تراوش آب، توزیع دوباره نیرو بدلیل تغییر شکل های پی، ویا ، در سدهای بتنی، گرادیان حرارتی ناشی از هیدراتاسیون سیمان، باشند.

در اینجا بارهای وارد بر سد را به سه دسته بارهای اولیه (primary)، بارهای ثانویه (secondary) ، و بارهای استثنایی (exceptional) ، تقسیم بندی می کنیم.

- بارهای اولیه، به عنوان بارهایی با انمیت بیشتر در تمامی انواع سد، بدون در نظر گرفتن نوع آن، شناخته می شوند؛ از جمله بار آب و بارهای در ارتباط با نفوذ آب، و بار وزن.

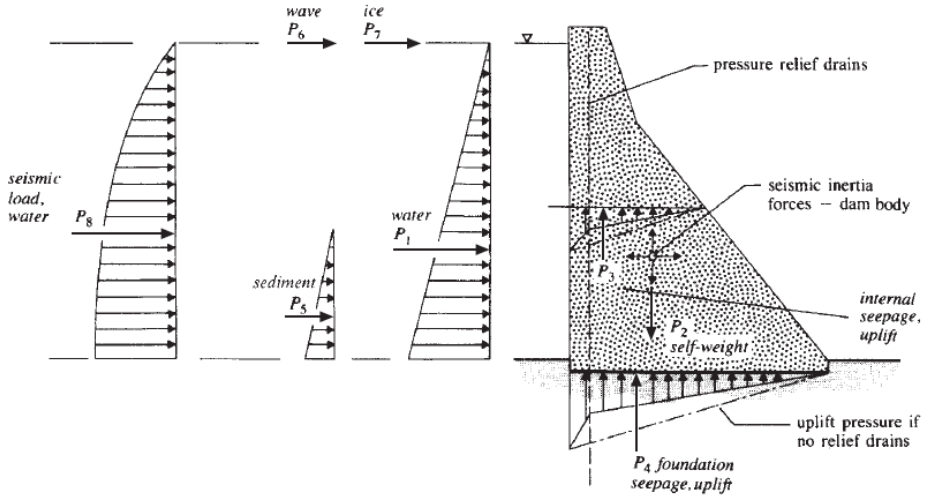
- بارهای ثانویه، گرچه از بزرگی کمتری نسبت به بارهای اولیه برخوردا می باشند، عموما قابل اعمالند ؛ مانند بار گل و لای، و یا متناوبا در برخی سدهای خاص از اهمیت بسزایی برخوردارند ؛ مانند بار حرارتی در سدهای بتنی.

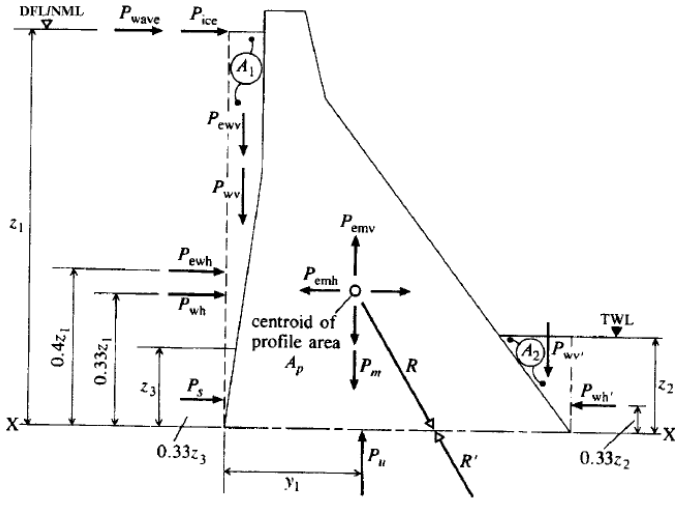
www.Prozhe.com

- بارهای استثنایی، احتمال وقوع کمتری دارند؛ مانند تاثیرات تکتونیکی یا نیروهای اینرسی همراه با فعالیت های لرزه ای.

فهرست بارها:

در این قسمت پیرامون محدوده مورد توجه در آنالیز سدها به طور مختصری بحث می شود. منبع بارهای اولیه، ثانویه، و استثنایی، به صورت شماتیک در تصویر زیر نشان داده شده که جهت نیل به این هدف، مقطع یک سد وزنی انتخاب شده است.





www.Prozhe.com

تمام بارهایی که مشخص می شوند، قابل اعمال به تمامی انواع سد نیستند. بارهایی که در زیر به آن ها می پردازیم، در ارتباط با آنالیز مقطع سد وزنی (نمایش داده شده در تصاویر) می باشند.

بار اولیه:

بار آب (water load) :

توزیع هیدرواستاتیک فشار که در نتیجه نیروی p1 را تولید می کند. (دقت شود که یک مولفه عمودی از آب نیز در وجه بالا دست سد، وجود دارد.

$$P_{wh} = \frac{\gamma_w z_1^2}{2}\ kNm^{-1} \quad \& \quad P_{wh'} = \frac{\gamma_w z_2^2}{2}$$

$$P_{wv} = \gamma_w(area\ A_1)\ \ kNm^{-1} \quad \& \quad P_{wv} = \gamma_w(area\ A_2)$$

بار ناشی از وزن (self-weight load) :

با توجه به یک واحد وزن مناسب از مصالح، مشخص می شود. در یک آنالیز الاستیک، بار p2 به عنوان این بار شناخته شده که به مرکز مقطع وارد می شود،

$$P_m = \gamma_c A_p \quad kNm^{-1}$$

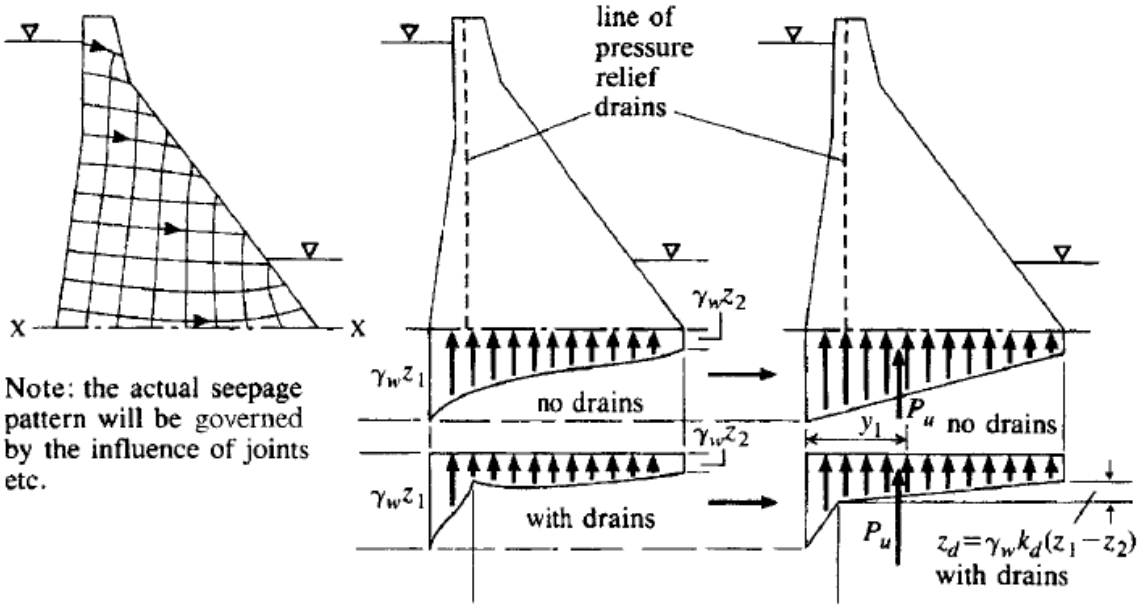
که در آن γ_c وزن مخصوص بتن می باشد.

بارهای ناشی از تراوش (seepage loads) :

الگوهای نشت آب، در زیر و درون سد ، برای مثال در خلل و فرج و نا پیوستگی ها، توسعه می یابد. در اینجا این بارها با نمادهای p3 و p4 ، به ترتیب به عنوان بار بالابرنده (uplift) درونی و بیرونی، نمایش داده شده اند.

بار بالا برنده P_u توسط مولفه های عمودی موثر فشار آب بینابینی u_w ارائه می شود. در صورتی که بار بالا برنده با توجه به یک پلان افقی در طول سد بدست بیاد، بار بالابرنده درونی، و در صورتی که به عنوان بار بالابرنده بستر در مرز مشترک سد و سنگ ویا به عنوان بار بالا برنده پی در لایه های افقی سنگ های زیرین، تعیین شود، بار بالابرنده بیرونی نامیده می شود.

www.Prozhe.com



در صورتی که در مقطع سد زهکش هایی جهت تخلیه فشار تعبیه شده باشند، داریم:

$$P_u = \eta A_h (u_{w\,avg}) \quad kNm^{-1}$$

در صورت عدم استفاده از زهکش داریم:

$$P_u = \eta A_h \gamma_w \frac{z_1 + z_2}{2} \quad kNm^{-1}$$

در این روابط، A_h سطح مقطع اسمی پلان، η ضریب کاهش سطح مقطع، و $u_{w\,avg}$ فشار آب بینابینی متوسط در طول پلان می باشند.

www.Prozhe.com

بارهای ثانویه:

بار رسوب (sediment load) :

سیلت و لای انباشته شده در پشت سد، نیرویی افقی تولید کرده و به عنوان یک نیروی اضافی هیدرواستاتیک معادل، تعریف شده و با p5 نمایش داده شده است.

$$P_s = K_a \gamma_s' \frac{z_3^2}{2} \quad kNm^{-1}$$

$$\gamma_s' = \gamma_s - \gamma_w$$

$$K_a = \frac{1 - sin\emptyset_s}{1 + sin\emptyset_s}$$

که در این روابط P_s نیروی ناشی از رسوب، K_a ضریب فشار جانبی فعال، z_3 عمق رسوب، γ_s' وزن مخصوص مستغرق، و $\emptyset_s$ زاویه مقاومت برشی رسوب می باشند.

بارموج هیدرودینامیکی (hydrodynamic wave load):

این یک بار محلی و زود گذر است؛ که با عملکرد موج در برابر سد (که عموما مقدار آن بزرگ نیست) ، تولید می شود. این بار با مولفه p6 نمایش داده شده است.

$$P_{wave} = 2\gamma_w H_s^2$$

در این رابطه، H_s ارتفاع موج شاخص بوده که به هنگام ضربه به جداره عمودی، با دو برابر دامنه منعکس میشود.

بار یخ (ice load) :

نیروی یخ (p7)، ناشی از تاثیرات حرارتی و وزش باد بوده، و تابعی از ضخامت یخ، افزایش حرارت ، و درجه مقاومت موجود در محیط ورقه های یخ، می باشد؛ و در شرایط حاد آب و هوایی، تاثیر گذار است. مقدار این بار نیز عموما قابل توجه نیست.

www.Prozhe.com

مطابق USBR 1976 مقدار این بار در شرایطی که ضخامت یخ بیش از 0.6m است، برابر $P_{ice} = 145\frac{KN}{m^2}$بوده و در ضخامت های کمتر قابل صرفنظر کردن است.

بار حرارتی (thermal load):

این نوع بار، یک بار درونی است که تحت اثر گرادیان حرارتی ناشی از تغییر شرایط محیط و همچنین هیدراتاسیون سیمان و سرد شدن، تولید می شود. این بار عموما در سدهای بتنی مطرح است.

اثرات متقابل (interactive effects) :

این ها نیز داخلی بوده و ناشی از تغییر شکل های متغیر سد و پی آن که برای مثال می توان آن را به اختلاف سختی پی و سد، و یا حرکات تکتونیکی زمین ، نسبت داد ، می باشند.

بار هیدرواستاتیکی تکیه گاه (abutment hydrostatic loads) :

این بار، یک نوع نفوذ داخلی در جرم سنگ تکیه گاه می باشد که عموما در سدهای قوسی یا گنبدی دارای اهمیت است.

بارهای استثنایی:

بار لرزه ای (seismic load) :

با توجه به نوع سد و آب باقی مانده در آن، بارهایی افقی و عمودی ناشی از نوسانات و توسط اختلالات لرزه ای، تولید می شود. برای سد، این بارها بصورت نمادهایی در مرکز مقطع، و برای نیروی اینرسی آب، بار استاتیکی ساده شده معادل ، p8 ، نشان داده شده اند.

به طور کلی بارهای لرزه ای به دو دسته ی بارهای اینرسی (inertia forces) ، ناشی از جرم سد، و بارهای هیدرودینامیک (hydrodynamic forces) ، ناشی از عکس العمل آب، تقسیم بندی می گردند.

www.Prozhe.com

$$inertia\ forces: \begin{cases} horizontal \rightarrow P_{emh} = \pm\alpha_h P_m \\ vertical \rightarrow P_{emv} = \pm\alpha_v P_m \end{cases}$$

$$hydrodynamic\ forces: \begin{cases} P_{ewh} = C_e \alpha_h \gamma_w z_{max} \quad kNm^{-1} \\ P_{ewv} = \pm\alpha_v P_{wv} \end{cases}$$

Ratio z_1/z_{max}	*Pressure factor,* C_e	
	$\phi_u = 0°$	$\phi_u = 15°$
0.2	0.35	0.29
0.4	0.53	0.45
0.6	0.64	0.55
0.8	0.71	0.61
1.0	0.73	0.63

ϕ_u is the angle of the upstream slope to the vertical.

در این روابط، α_v و α_h ضرایب شتاب لرزه ای، P_m بار ناشی از وزن خود سد، C_e فاکتور بی بعد فشار، z_{max} حداکثر عمق آب در مقطع مورد نظر، و $\emptyset_u$ زاویه شیب بالادست نسبت به قائم می باشند.

اثرات زمین ساخت (tectonic effects) :

میزان اشباع بود و یا اختلالات ناشی از حفاری های عمیق در سنگ تکیه گا یا بستر ، می تواند باعث ایجاد بارهایی در اثر حرکات آرام تکتونیکی شود.

www.Prozhe.com

سرریزها:

نیروهای اعمالی بر سرریزها ، عموما همان نیروهای اعمالی بر سدها می باشند که علاوه بر آن ها، نیروهای دینامیکی ناشی از حرکت آب نیز بایستی بررسی شوند.

به طور کلی نیروهای وارد بر سرریزها را به دو دسته استاتیکی و دینامیکی تقسیم میکنیم. در زیر به تقسیم بندی و تفسیر بیشتر این نیروها پرداخته می شود.

نیروهای استاتیکی (static forces) :

- نیروهای عمودی ناشی از مصالح ساختمانی سرریز
- نیروهای عمودی ناشی از فشار آب
- فشار افقی ناشی از بار آب مخزن
- فشار افقی ناشی از آب سرریز شده (tailwater)
- فشار ناشی از بار گل و لای
- فشار یخ
- تنش های حرارتی

نیروهای دینامیکی (dynamic forces) :

- بارهای عمودی ناشی از شتاب زمین لرزه اعمالی بر سازه
- بارهای عمودی ناشی از نیروهای زلزله اعمالی بر آب مخزن و آب کانال سرریز (tailwater)
- نیروی اینرسی افقی ناشی از شتاب زمین لرزه اعمالی بر سازه
- افزایش فشار افقی ناشی از شتاب زلزه اعمالی بر آب مخزن و آب کانال سرریز (tailwater)
- عملکرد موج
- بارهای دینامیکی ناشی از آب لبریز شده از تاج سرریز

www.Prozhe.com

- بارهای دینامیکی ناشی از آب جاری شده روی سطح کانال پایین دست

- فشار بالا برنده (uplift)

- فشار ناشی از آب تراوش کرده

- فشار ناشی از باد

- نیروهای دینامیکی حاصل از آب جاری شده در deflector و flipbucket

- بار دینامیکی ناشی از مقطع خروج پرش اسکی (ski jump exit section)

بار استاتیکی:

1- نیروهای ناشی از وزن مصالح ساختمانی:

مصالح تشکیل دهنده سرریزها عموما بتن یا مصالح بنایی می باشند. محاسبه بار عمودی ناشی از وزن بتن یا مصالح بنایی به سادگی و با توجه به وزن مخصوص مصالح و حجم آن، صورت میگیرد.

2- نیروی آب خارجی، فشار ناشی از بار گل و لای:

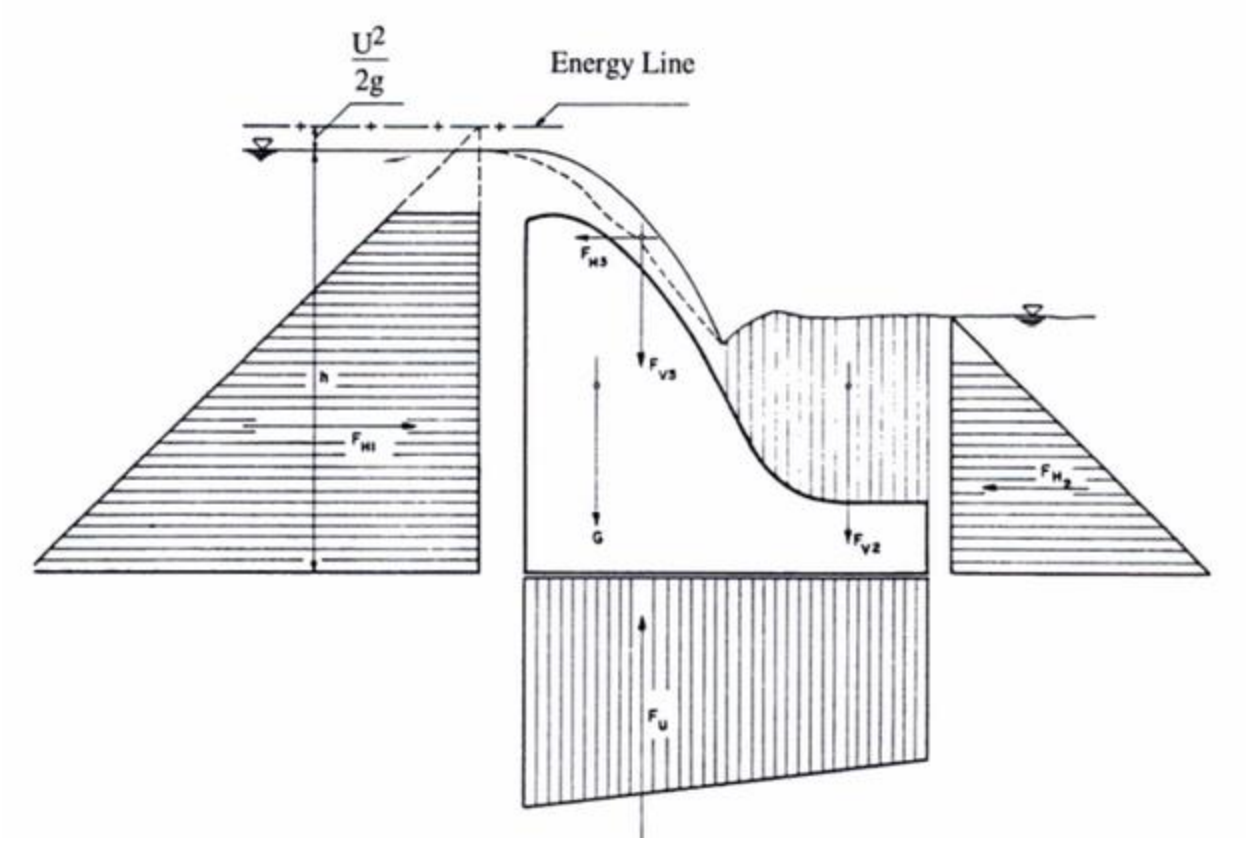
2-1- نیروی آب خارجی:

فشار هیدرواستاتیک ناشی از آب با توجه به روندهای گفته شده در منابع هیدرولیک به صورت زیر محاسبه می شود:

$$f_v = \frac{\gamma_w h l}{2} \quad \& \quad f_H = \frac{\gamma_w h^2}{2}$$

جاییکه "h" عمق آب و "l" بعد افقی منشور است.

www.Prozhe.com



2-2- فشار گل و لای:

گل و لای به عنوان بار معلق و به شکل تحکیم یافته وارد مخزن می شوند و در مقابل وجه بالادست سد قرار می گیرند. زمانی که معلقند، مانند یک مایع عمل کرده و مخلوط جسم مایع بوجود آمده غلظتی متغر بین $1.3\frac{kg}{m^3}$ و $1.6\frac{kg}{m^3}$ را داراست.

فشار ناشی از گل و لای تحکیم یافته با استفاده از فرمول رنکین (rankine) به صورت زیر محاسبه می شود:

$$H_s = \frac{\gamma'_s h^2}{2}\left(\frac{1-sin\emptyset}{1+sin\emptyset}\right)$$

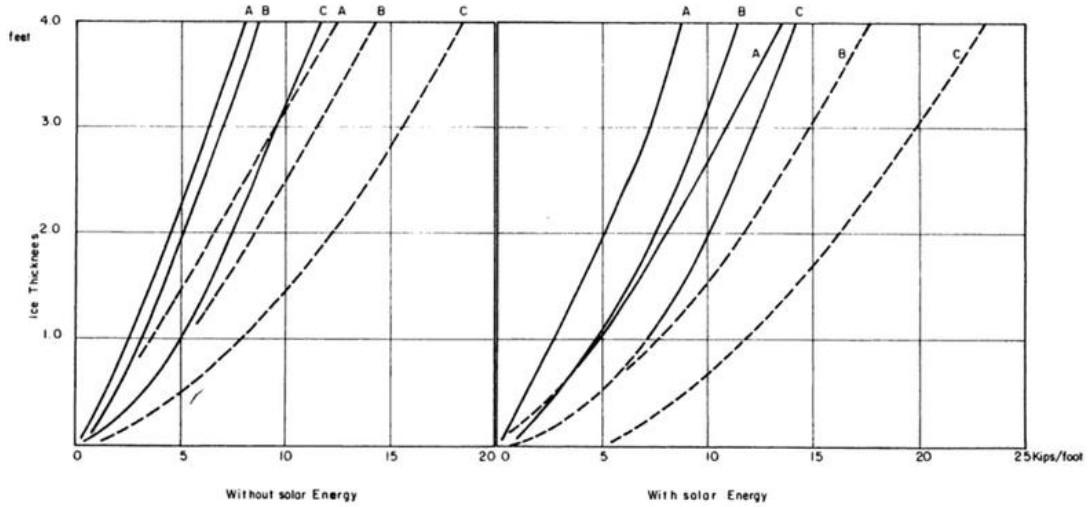
جاییکه H_s مؤلفه افقی بار ناشی از گل و لای ، γ'_s وزن مخصوص غوطه ور مصالح ، h ضخامت مصالح ، و $\emptyset$ زاویه اصطکاک داخلی ، می باشند.

www.Prozhe.com

3- فشار یخ :

با کاهش دما، سطح مخزن با یخ پوشانده می شود که آب شدن این یخ ها نیرویی را به سد یا سرریز یا دریچه وارد کرده، در طول زمان ذوب شدن یخ ها فشار اعمالی افزایش می یابد. پس یخ که قادر به تحمل ممان خمشی نیست، شکسته، و قطعات بزرگ یخ مستقیم به سوی جسم سد یا سرریز می روند.

USBR تقریبی جهت محاسبه فشار یخ، زمانی که ضخامت یخ مشخص است، ارائه کرده که در زیر می بینیم.



4- تنش های حرارتی :

تغییرات درجه حرارت ایجاد تنش هایی ناشی از مقاومتی که تکیه گاه ها در مقابل هرگونه کوشش سد برای تغییر ابعاد ، از خود نشان میدهد ، می کند.

بارهای دینامیکی:

1- بار بالا برنده :

جریان آب از یک مقطع خلل و فرج دار ، باعث هدر رفت آب که با استفاده از قانون دارسی محاسبه می شود، می گردد. لین (lane) روشی جهت تعیین افت هد در این شرایط ارائه کرده است.

www.Prozhe.com

2- فشار موج :

موج ناشی از وزش باد یا دیگر عوامل ، بر جسم سد و بخصوص دریچه های سرریز عمل می کند. فشار ناشی از عملکرد موج بایستی جهت طراحی دریچه ها در نظر گرفته شود. در زیر روشی جهت محاسبه میزان این فشار ارائه شده که در آن جهت موج عمود بر محور دریچه فرض می گردد.

$$a = \frac{z_a}{\cosh\left(\frac{2\pi d}{\lambda}\right)}$$

که در آن λ طول مشخصه موج ، d عمق آب ، a پارامتر فشار پایین ، و z_a ارتفاع موج می باشد.

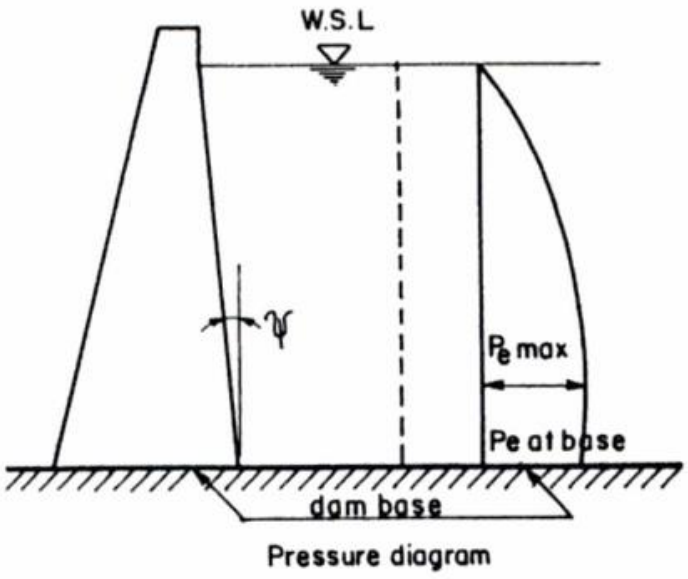
3- نیروهای زلزله :

3-1- نیروهای افقی :

افزایش فشار آب اعمالی به وجه بالا دست سد که توسط شتاب زلزله ایجاد می شود، توسط فرمول وسترگارد (westergaard) به صورت زیر محاسبه می گردد:

$$P_e = c\alpha\gamma h$$

که در آن P_e افزایش فشار آب ناشی از زمین لرزه ، α شتاب زلزله ، و γ وزن مخصوص آب می باشند.



www.Prozhe.com

3-2- نیروهای عمودی :

وزن آب یا وزن مصالح سازه را با شتاب مناسب ، اصلاح می کنیم.

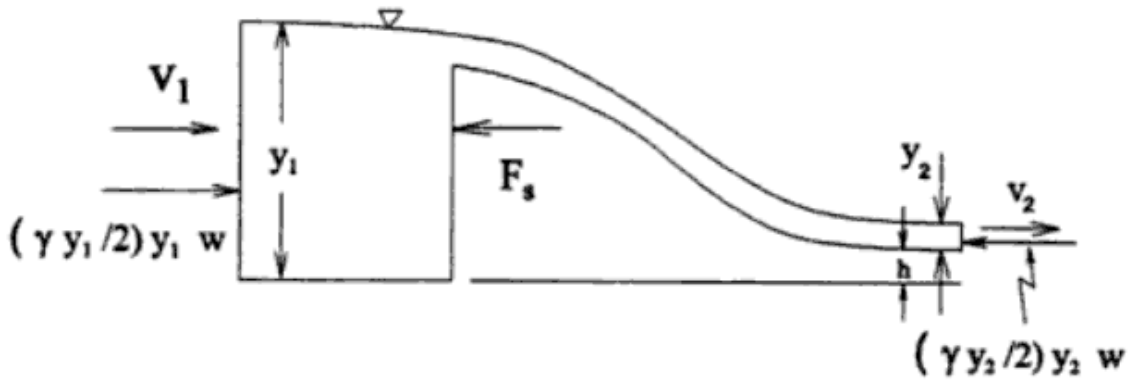
4- نیروی کششی ناشی از جریان :

آبی که از روی سرریز سد جاری می گردد، می تواند تولید نیرو کند. اگر سطح سرریز به گونه ای طراحی شده باشد که تغییر در شکل سرریز به صورتی ملایم صورت گیرد، این فرضیات تحقق می یابند که : 1- توزیع فشار در فواصلی دور از بالادست و پایین دست سرریز هیدرواستاتیک است ، و 2- انرژی با جریان یافتن آب از روی سرریز، حفظ می شود.

نهایتا از معادلات انرژی و پیوستگی و مومنتوم، نیروی وارده بر سرریز ناشی از جریان آب، بصورت زیر بدست می آید:

$$F_s = 0.5\rho g w(y_1^2 - y_2^2) - \rho Q(V_2 - V_1)$$

جاییکه w عرض سرریز می باشد.



www.Prozhe.com

دریچه ها:

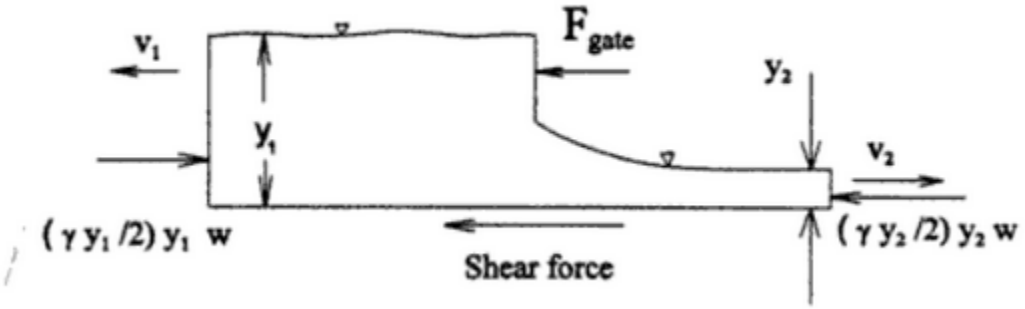
نیروهای افقی وارد بر دریچه ها عمدتا می تواند ناشی آب یا موج یا یخ باشد. زمانی که در مخزن فضای کافی جهت تولید موج قابل توجه وجود داشته باشد، نیروی پریودیک حاصل از موج اهمیت می یابد.

نیروی مقابل یک دریچه به شکل های متفاوتی توسط یخ نیز می تواند ایجاد شود. گسترش ورق یخ یا نیروی ناشی از تخته یخ های شناور موضوعات قابل بررسی در این زمینه می باشند.

نیروی دیگر وارد بر دریچه، نییروی ناشی از خرج آب است که از رابطه زیر و با توج به حجم کنترل نشان داده شده در تصویر، بدست می آید.

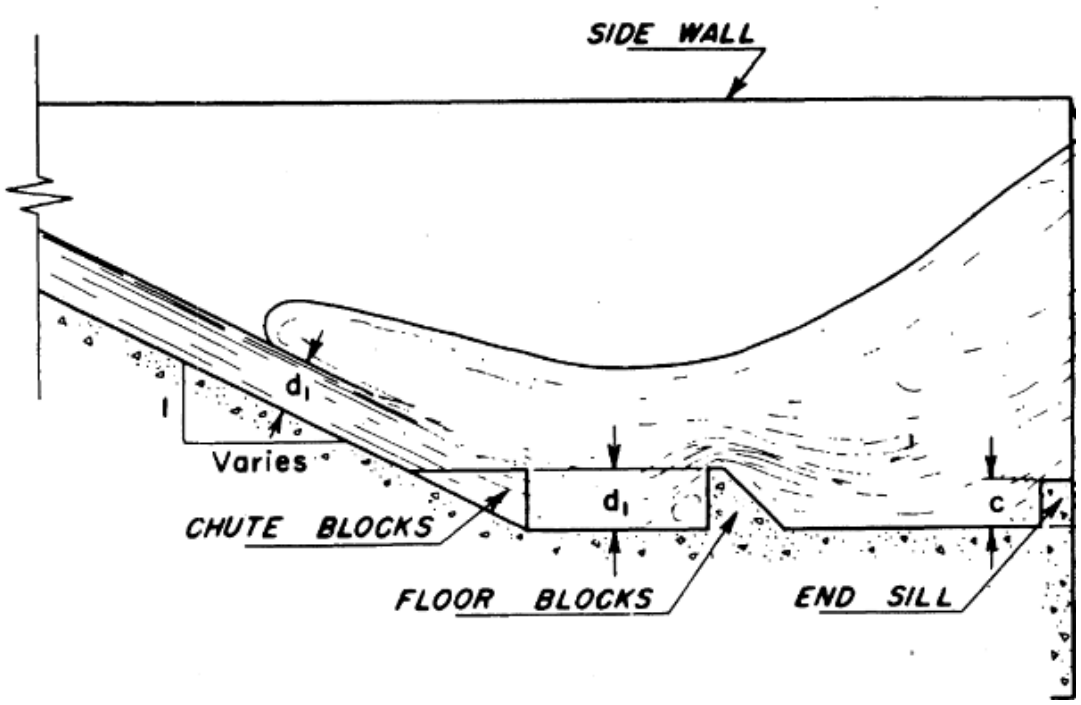
$$f_g = (0.5\rho g y_1) w y_1 - (0.5\rho g y_2) w y_2 - \rho Q v_1 \left(\frac{y_1}{y_2} - 1\right)$$

که در آن f_g، نیروی وارد بر حجم کنترل توسط دریچه می باشد.



www.Prozhe.com

حوضچه آرامش:



احداث حوضچه های آرامش در پایاب سازه های آبی یکی از راه های ممکن و معمولی است که برای کاهش و اتلاف انرژی جریان فوق بحرانی خروجی از آنها طراحی و اجرا می گردد.

نیروی وارد بر بلوک های کف (floor blocks) :

حداکثر نیروی ضربه وارد بر واحد عرض بلوک های کف برابر است با:

$$f = \gamma_w d_1^2 F$$

در این رابطه F عدد فرود جریان، و d_1 عمق جریان بالادست پرش می باشد. مطابق آزمایشات انجام شده پیشنهاد می شود که نیروی ضربه ناشی از جریان وارد بر بلوک های کف، 40 درصد کل نیروی محاسبه شده باشد.

www.Prozhe.com

نیروی بالابرنده (uplift) دال کف :

مطابق تحقیقات Bellin and Fiorotto (1995) ، نیروی بالابرنده روی دال برابر است با:

$$F_{max}(t) = \Omega\left(C_p^+ + C_p^-\right)\gamma\frac{v^2}{2g}l_x l_y$$

در این رابطه، Ω ضریب بالابرندگی (uplift coefficient)، l_y و l_x به ترتیب ابعاد دال کف در جهت Y و x ، و C_p^- و C_p^+ ضرایب فشار دینامیکی منفی و مثبت می باشند.

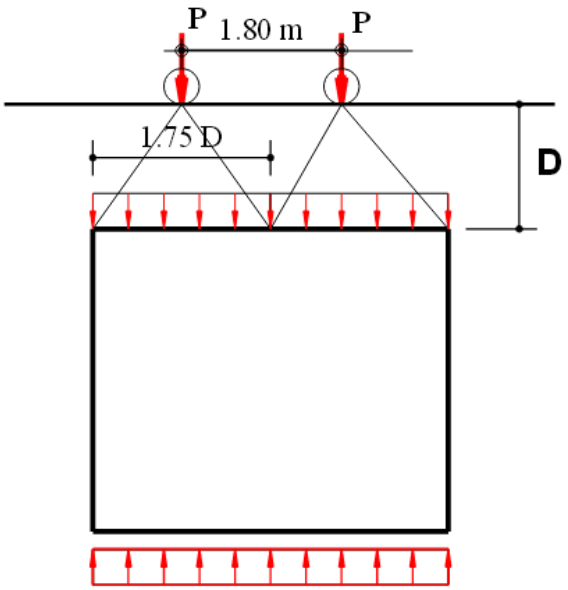
www.Prozhe.com

کالورت (culvert) :

آبگذر زیرزمین یا کالورت مجرائی است که به منظور هدایت آب یک کانال یا هرزه آب وسیلاب از یک طرف تپه به طرف دیگر مورد استفاده قرار می گیرد. دراینجا برای نمونه بارهای وارد بر کالورت جعبه ای (box culvert) را مورد مطالعه قرار می دهیم.

بارهای وارد بر کالورت به پنج دسته کلی تبدیل می شوند که در ادامه هر یک بررسی می گردد.

بارهای متمرکز (Concentrated Loads) :



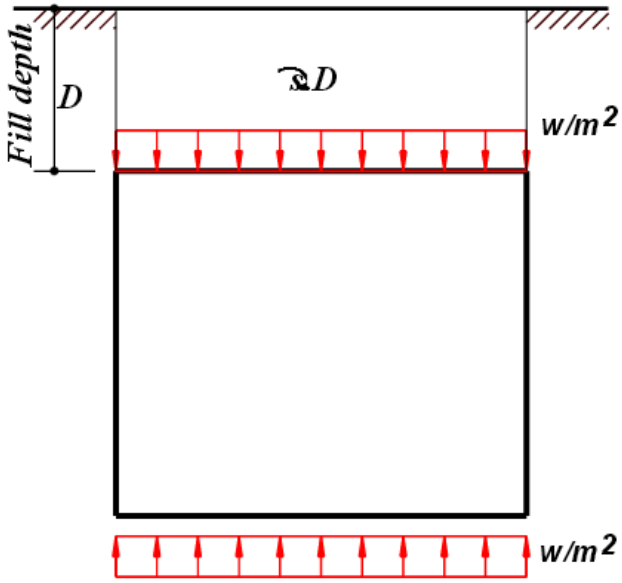
Case 1(b)

در شرایطی که دال فوقانی کالورت ، کف پل را تشکیل می دهد، بارهای متمرکز ناشی از بار چرخ بایستی مورد مطالعه قرار گیرد. در این شرایط جهت محاسبه بار وارد روی دال کالورت داریم:

$$W = \frac{P}{1.75D} \quad \frac{kN}{m}$$

www.Prozhe.com

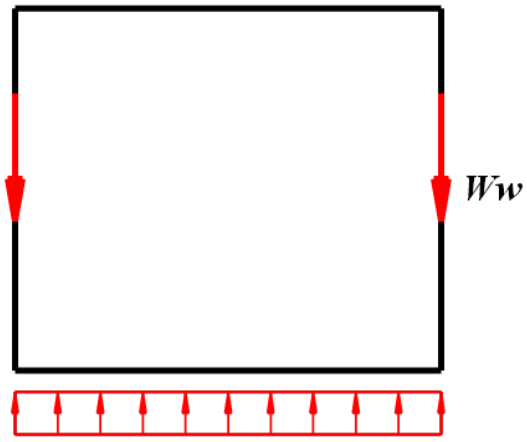
بارهای یکنواخت (uniform distributed loads) :



فرض می گردد وزن خاک و دال و همچنین عکس العمل خاک روی کف دال ، بصورت یکنواخت پخش شده اند. در این شرایط حداقل D برابر است با:

$$D_{min} = 300\ mm$$

وزن دیواره های کناری (weight of side walls) :



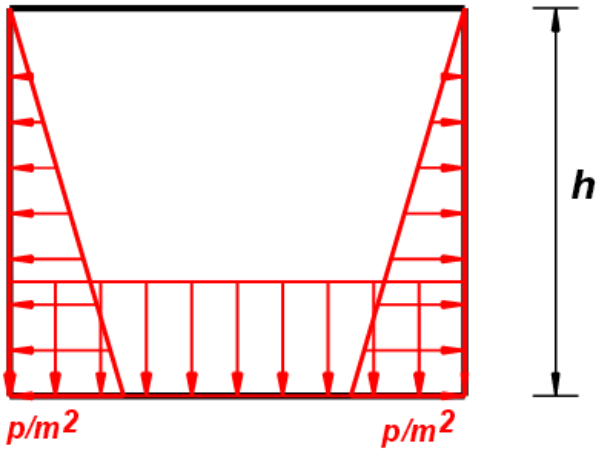
www.Prozhe.com

فرض می شود وزن دیواره های کناری که به عنوان بار متمرکز وارد می گردند، عکس العمل یکنواخت خاک روی کف دال را ایجاد کنند. جهت محاسبه این بار داریم:

$$W_w = t_w H \gamma_c \ \frac{KN}{m}$$

جاییکه W_w وزن یک دیوار ، t_w ضخامت دیوار ، H ارتفاع دیوار ، و γ_c وزن مخصوص مصالح تشکیل دهنده که برای بتن (که عمدتا مورد استفاده قرار می گیرد) برابر با $\gamma_c = 24 \frac{KN}{m^3}$ می باشد.

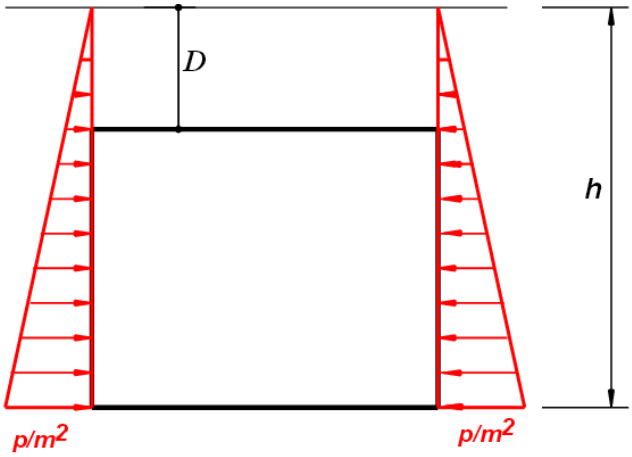
فشار آب کنار کالورت (water pressure inside culvert) :



زمانی که کالورت پر از آب است، توزیع فشار روی دیواره ها مثلثی و با ماکزیمم مقدار $p = \gamma_w h$ در پایین، فرض می گردد.

www.Prozhe.com

فشار زمین بردیوارهای عمودی (earth pressure on vertical side walls) :



این نیرو مطابق تئوری کولمب به صورت زیر محاسبه می گردد:

$$P = \gamma_s h(\frac{1-sin\emptyset}{1+sin\emptyset})$$

www.Prozhe.com

پایه پل (bridge piers) :

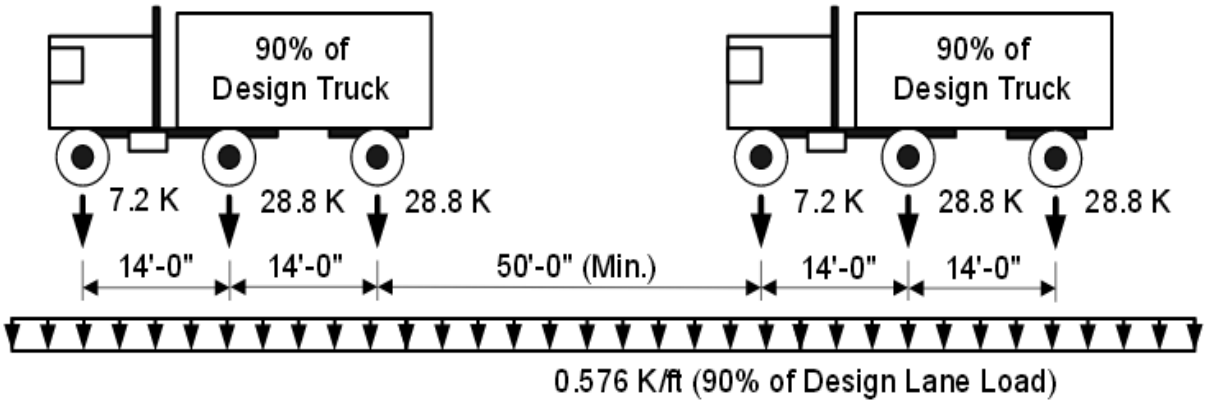
پایه ها، سازه هایی حساس جهت انتقال بار بین سازه اصلی و فونداسیون می باشند. از این رو بایستی جهت مقاومت در برابر این گونه بارها به خوبی طراحی گردند. بارهای وارده به 6 دسته کلی تقسیم شده که در ادامه به آن می پردازیم.

بار مرده (dead load) :

نیروی بار مرده وارد بر پایه ها شامل تمامی اجزای سازه ای و غیر سازه ای روی آن می باشد.

بار زنده (live load) :

جهت طراحی پایه ها، بار زنده وارده مطابق HL-93 بصورت زیر محاسبه می گردد:



www.Prozhe.com

بار باد (wind load) :

فشار پایه بار وارد بر اجزای سازه ای اصلی مطابق جدول زیر و بر حسب زاویه وزش باد، بدست می آید:

Wind Skew Angle (deg.)	Trusses, Columns and Arches		Girders	
	Lateral Load (ksf)	Longitudinal Load (ksf)	Lateral Load (ksf)	Longitudinal Load (ksf)
0	0.075	0.000	0.050	0.000
15	0.070	0.012	0.044	0.006
30	0.065	0.028	0.041	0.012
45	0.047	0.041	0.033	0.016
60	0.024	0.050	0.017	0.019

نیروی ناشی از جریان سیلاب (force of stream current) :

نیروی آب جاری وارد بر پایه ها، مطابق استاندارد LRFD به صورت زیر محاسبه می گردد:

نیروی طولی (longitudinal force) :

$$P = \frac{C_D V^2}{1000}$$

که در آن P فشار ناشی از آب در جریان (ksf) ، V سرعت طراحی آب ($\frac{ft}{\sec}$) ، و C_D ضریب درگ برای پایه ها می باشد.

نیروی جانبی (lateral load) :

$$P = \frac{C_D V^2}{1000}$$

که در آن P فشار جانبی ناشی از آب در جریان (ksf) ، و C_D ضریب درگ جانبی برای پایه ها می باشد که مطابق جدول محاسبه می گردد:

www.Prozhe.com

Angle Between the Flow Direction and the Pier's Longitudinal Axis	C_D
0°	0.0
5°	0.5
10°	0.7
20°	0.9
≥ 30°	1.0

رانش (bouyancy) :

رانش، مولفه ای از بار آب بوده و به عنوان جمع مولفه های قائم رانش وارد بر اعضای مستغرق، برآورد می گردد. این نیرو زمانی که اجزای سازه زیر سطح تراز موقت یا دائم آب ساخته شوند، موثر واقع شده و برابر حجم بتن زیر سطح آب ضربدر وزن مخصوص آب ، می باشد.

یخ (ice) :

قدرت تخریب یخ به طور کلی به دما و اندازه ذرات تشکیل دهنده یخ بستگی دارد. مطابق استاندارد LRFD مقدار این نیرو برابر است با:

$$F = F_C = C_a P t w \quad \& \quad C_a = \left(\frac{5t}{w} + 1\right)^{0.5}$$

که در آن P فشار موثر ضربه یخ (ksf) ، t ضخامت یخ (ft) ، و w عرض پایه ها در تراز یخ (ft) می باشند.

www.Prozhe.com

منابع:

- Hydraulic structures . p.novak
- Engineering fluid machanics . William Graebel
- Hydraulics of dams and reservoirs . fuat Şentürk
- Hydraulic design of spillways . American society of civil engineering
- the SAF stilling basin. United states department of agriculture
- dynamic uplift of concrete linings: theory and case studies. E.F.R. Bollaert
- loading to box-culverts. University of Dar es salaam. Dr-Ing. Jk Makunza
- WisDOT Bridge Manual . chapter 13

www.Prozhe.com