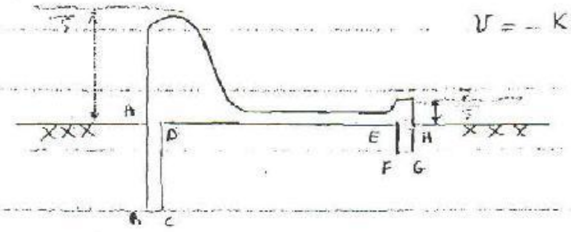


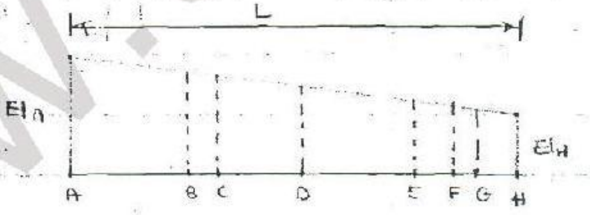
$$V = -K \frac{\partial h}{\partial x}$$

هد در نقطه A مشخص است که برابر با هد در بالادست می باشد. فرض می کنیم تغییرات فشار از A تا H خطی است. هد در H هم مشخص است که برابر با هد در پایین دست می باشد.

$$L = AB + BC + CD + DE + EF + FG + GH$$

$$\text{گرادیان هیدرولیکی} = \frac{El_A - El_H}{L}$$

توزیع فشار منفی از این طریق بدست می آید.

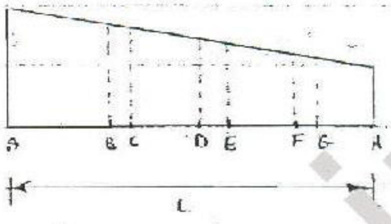


با محاسبه El در هر نقطه با استفاده از رابطه $z + \frac{P}{\gamma}$ می توان فشار در نقاط D و E را بدست آورده و کلیه فشار در زیر بند انحرافی را محاسبه کرد.

- در سال 1935، فردی به نام Lane فرضیه Bligh را نادرست اعلام کرد. Lane گفت که نفوذپذیری در جهت قائم و افقی با هم متفاوت است و در جهت افقی نفوذپذیری بیشتر خواهد بود.

← اتلاف فشار در جهت قائم خیلی بیشتر از جهت افقی است. چون مانع بیشتری وجود دارد.

$$L = \frac{1}{3}(BC + DE + FG) + AB + CD + EF + GH$$



گرادیان هیدرولیکی که از روش Lane به دست می‌آید بیشتر است. (چون طول L کمتر می‌باشد.)

- در محاسبات مربوط به کنترل piping از رابطهٔ Lane استفاده می‌شود و در کف نفوذناپذیر از رابطهٔ Bligh (چون مقادیر به دست آمده از روش Bligh برای L، E.D به دست می‌آید بیشتر است).

- از مطالعات این دو محقق ضریبی به نام Greep-Head Ratio تعریف شده است.

$$\text{Greep-Head Ratio} = \frac{L}{\Delta H}$$

Greep (L) : طول مسیر جریان روی اولین خط جریان در زیر بند انحرافی.
Head (ΔH) : اختلاف هد آب در بالادست و پایین‌دست است.

- در جدول 1 صفحهٔ 166 مقادیر Greep-Head Ratio برای انواع خاک ذکر شده است. مقادیر بین 2 (برای سنگ درشت) و 8.5 (برای سیلت) می‌باشند.

↓

بحرانی‌ترین شرایط (یعنی باید این نسبت معادل 8.5 باشد تا خطرهای ذکر شده در خاک رخ ندهد)

اگر سیلت درشت داشته باشیم، با اینکه آب سرعت زیادی در بین ذرات دارد ولی آب قدرت شستشوی ذرات را ندارد.

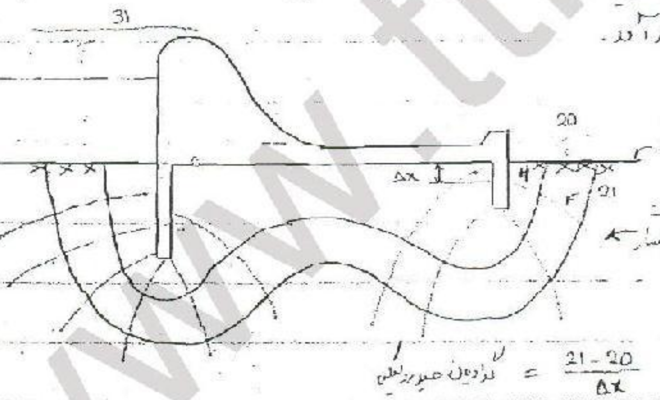
اگر پوکش حجم داشته باشیم، چون سرعت آب در بین ذرات خیلی کم است، قدرت شستن ذرات را ندارد. ولی در ماسه ریز، سرعت آب کافی است و می تواند ذرات خاک را بشوید. پس بیشترین حالت در ماسه ریز رخ می دهد.

- برای ΔH مشخص و خاک زیر سد انحرافی، با پیشنهادهایی که برای Creep_Head Ratio شده است، می توان مقدار L را بدست آورد.

- در این روش ها فشار و نیروی فشار فقط برای اولین خط جریان تخمین زده می شود.

⇐ سالها بعد روش های دقیق تری برای محاسبه نیروی فشار پیشنهاد شده است. ایده کلی در این روش ها، رسم شبکه جریان در زیر سد انحرافی است و گفته شده که معادلات حاکم در این حالت، معادلات لاپلاس می باشد.

پس از رسم شبکه جریان، خطوط هم فشار به طور دقیق بدست خواهد آمد.



گرادیان هیدرولیکی = $\frac{21-20}{\Delta x}$

- با استفاده از شبکه جریان رسم شده، گرادیان هیدرولیکی ($\frac{\partial h}{\partial x}$) را می توان بدست آورد و با معکوس کردن آن، می توان Creep_Head Ratio را محاسبه نمود.

بیشترین خطر piping در نقطه H وجود دارد، در نتیجه با محاسبه فاصله بین دو خط هم فشار در پایین دست و اختلاف فشار بین آنها می توان گرادیان هیدرولیکی را بدست آورد.

(مثال مورد نظر در شکل، در ادامه داده شده است)

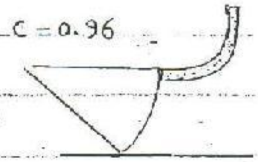
→ Head Gate

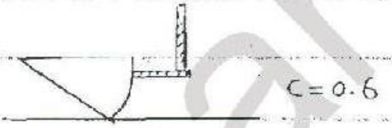
head loss = 0.15 ~ 0.3 m

velocity = 1.5 ~ 2 m/s

Size : $Q = CA\sqrt{2gh}$ → با داشتن دبی سطح مقطع بدست می‌آید

h : اختلاف ارتفاع سطح آب در کانال و مخزن





→ Sluice Way

location : adjacent to head gate

Angle : 45° ~ 90° (زاویه با آبگیر)

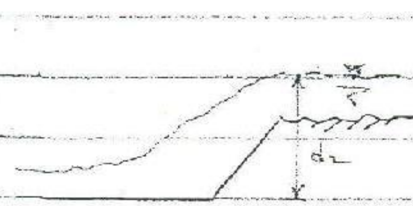
Apron level : −1.00 (کف سرریز به اندازه 1m پایین‌تر از کف کانال می‌باشد.)

Discharge Capacity : Twice as Q

(دبی طراحی ۲ برابر دبی آبگیر می‌باشد)

Basin is needed

(چون دبی زیادی از سیستم عبور می‌کند بعد از سیستم حوضچه آرامش داریم.)



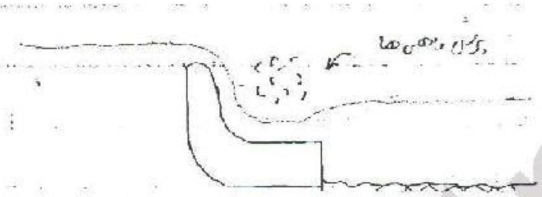
باید که در حوضچه آرامش آن را به اندازه‌ای پایین ببریم تا عمق مزدوج پرش تشکیل شود.

→ Fish ladder

وقتی سد انحرافی می‌زنیم، باید راهی برای حرکت ماهی ها قرار دهیم.

برای حرکت ماهی ها به سمت پائین دست، با همان مکانیزمی که آب را به سمت پائین دست می‌رسانیم، مسیرها برای عبور ماهی ها به سمت پائین دست ایجاد می‌کنیم.

⇐ برای عبور ماهی ها به سمت پائین دست مشکلی نداریم و باید مسیری برای عبور ماهی به سمت بالادست ایجاد کنیم. اگر Fish ladder تعبیه نشده باشد، ماهی ها در محل پشت سد انحرافی از آب بیرون می‌پرند.



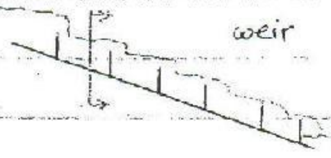
برای امکان حرکت ماهی به سمت بالادست، کانالی از بالادست به سمت پائین دست می‌سازیم و شرایطی را ایجاد می‌کنیم تا آب در کانال با سرعت کمتری حرکت کند.

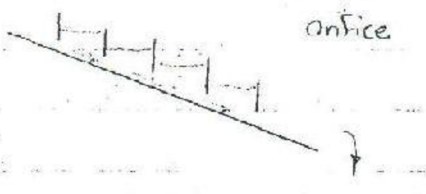
برای کم شدن سرعت، یک سری دیوار در مسیر کانال می‌سازیم تا ماهی بتوانند با پرش از روی این دیوارها بتوانند به بالادست برسند.

به این سازه، نردبان ماهی (Fish Ladder) گفته می‌شود.

نردبان ماهی، آبشارهای کوچکی هستند. مانند شوت که آب از روی دیوارها عبور می‌کند و یا از زیر دیوارها.

در این حالت امکان رسوب گذاری وجود دارد.



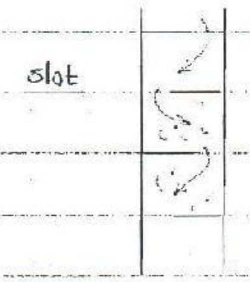


تغییرات سطح آب در بالا و پائین خیلی مهم است.

چون اگر اختلاف سطح زیاد شود، ممکن است ارتباط ماهی با Fish ladder قطع شود.

www.ttmar.ir

شکل slot را آورده، آئین نامه برای نردبان ماهی پیشنهاد می‌کند.



در این حالت سرعت جریان در کل عمق یکسان است و ماهی به راحتی می‌تواند حرکت کند.

ارتباط بین پایین دست و Fish ladder همیشه برقرار است.

← اصول طراحی Fish ladder برای همه انواع ذکر شده یکسان است.

شیب تون slope : $\frac{1}{8} \sim \frac{1}{12}$

آئین نامه می‌گوید حداکثر سرعتی که ما می‌توانیم ایجاد کنیم در محدوده 10 - 8 برای حرکت ماهی است

max velocity : 2.5 m/s

Average " 0.3 ~ 0.45 m/s

↓

اگر اطلاعاتی داده شده باشد از مقادیر حداقل استفاده می‌کنیم

$\Delta H = 0.3$ m (اختلاف ارتفاع دیوارها)

(اگر اطلاعاتی نداشتیم ← 1m) ~ 90 تا 110 cm = عمق متوسط در هر استخر

min volume : 0.06 ~ 0.12 m^3/fish

← در کنار این توصیه‌ها، به یک سری اطلاعات دیگر هم نیاز داریم:

Rate of climb (نرخ صعود ماهی)

Peak migration rate (نرخ مهاجرت ماهی)

مثال) یک سد انحرافی داریم که اختلاف ارتفاع آن 4m می باشد $(\Delta H = 4m)$

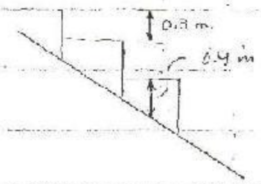
migration rate : 160 fish/h

climb rate : 3 m/h ← مرجع نرخ صعود ماهی که در نظر گرفته

شود. طراحی با لحاظ کردن این است

volume for each fish : 0.1 m^3

Ave. Depth : 0.9 m



$D_1 = 0.9 + \frac{0.3}{2} = 1.05$ m

$D_2 = 0.9 - \frac{0.3}{2} = 0.75$ m

+ زمانی که یک ماهی لازم دارد تا از Fish ladder عبور کند را پیدا کنیم

time for each fish : $\frac{\Delta H}{\text{climb rate}} = \frac{4}{3}$ hr

number of fish : $160 \times \frac{4}{3} = 213$ fish

total volume : $213 \times 0.1 = 21.3$ m^3

سطح مقطع دالان Area : $\frac{\text{total volume}}{\text{ave. depth}} = \frac{21.3}{0.9} = 23.67$ m^2

شیب Slope : $\frac{1}{8}$

طول length : $\Delta H / \text{slope} = 4 / \frac{1}{8} = 32$ m

عرض width : Area / length $= 23.67/32 = 0.74$ m

تعداد حوض‌ها no. of pools : $\frac{4}{0.3} = 13$

طول هر حوض pool length : $\frac{23.67}{13} = 1.82$ m

$$\underbrace{\text{سطح مقطع آبگیر} = 0.9 \times 0.74 = 0.67 \ m^2}_{\text{برای تخلیه‌ی دبی عبوری از سیستم این مقدار را نیاز داریم}}$$

$$Q = 0.67 \times \underbrace{0.3}_{\text{سرعت میانگین}} = 0.2 \ m^3/s$$

- اگر بخواهیم Orifice طراحی کنیم، باید میزان بازشدگی را بدست آوریم:

رابطه‌ی Orifice : $\underbrace{Q}_{0.2 \ m^3/s} = \underbrace{C}_{0.6} A \sqrt{2g \overset{0.3 \ m}{h}} \Rightarrow A = ✓$

$$\text{میزان بازشدگی} = \frac{A}{\text{عرض}}$$

- اگر بخواهیم slot طراحی کنیم، میزان بازشدگی با رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

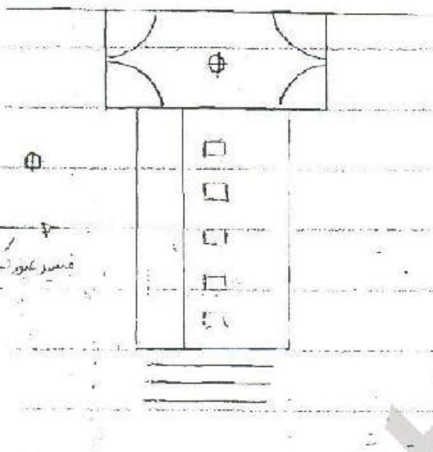
$$Q = 0.7 D_1 W_s \sqrt{2g(D_1 - D_2)} \Rightarrow W_s = ✓$$

◄ باید دقت کنیم که نردبان ماهی را در جایی بسازیم که ارتباط آن با پائین‌دست قطع نشود.
در ابتدای نردبان ماهی هم باید دقت کنیم که نزدیک آبگیر نباشد و به یک نقطه‌ی آزاد از رودخانه برسد تا ماهی‌ها به راحتی بتوانند به بالادست برسند.
می‌توان برای نردبان شکلی مشابه پلکان به Fish lader داد و یا هر شکلی که متخصص اجازه می‌دهد ولی باید محدودیت‌های آنها در مراحل رعایت شود.

- در سدهای بلند دیگر نمی‌توان محدودیت‌ها به خصوص محدودیت شیب را رعایت کرد. در این سدها آسانسور می‌سازند. فقط باید در ورودی آسانسور سرعتی حدود 1 m/s ایجاد کنیم.

→ Navigation lock

در رودخانه‌هایی که کشتیرانی وجود دارد باید مسیری برای عبور کشتی‌ها فراهم کنیم. (اگر بخواهیم سد احداث ایجاد کنیم)



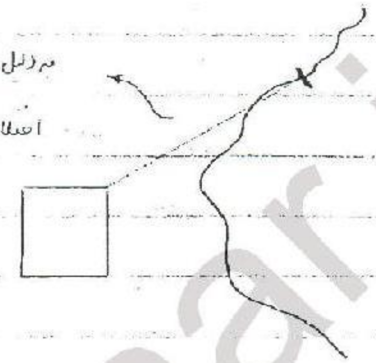
Navigation lock محفظه‌ای است با دریچه‌هایی در بالادست و پایین دست. برای عبور کشتی‌ها ابتدا دریچه‌های بالادست باز می‌شوند تا کشتی‌ها وارد محفظه شوند. تراز آب Navigation lock با تراز رودخانه یکسان است تا کشتی‌ها بتوانند به راحتی وارد آن شوند.

پس از پر شدن محفظه، دریچه‌های بالادست بسته شده و دریچه‌های پایین دست باز می‌شوند تا کشتی‌ها به طرف پایین دست حرکت کنند.

در حقیقت Navigation locks کار آسانسور را برای کشتی‌ها انجام می‌دهند تا بتوانند از این اختلاف ارتفاع عبور کنند.

Chapter VI _ Drop Structures

← سازه‌های آبیاری از اجزای مهم در انتقال آب از نهر انحرافی به محل مصرف می‌باشند.



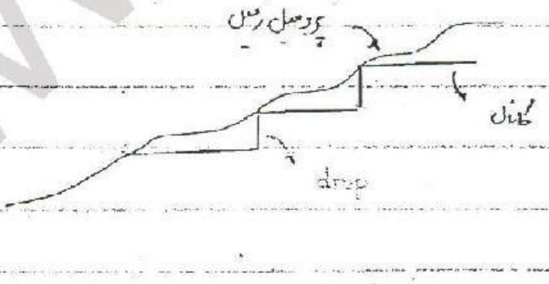
به دلیل فاصله زیاد محل مصرف و نهر انحرافی ممکن است اختلاف ارتفاع طبیعی زمین زیاد شود.

برای انتقال آب در این اختلاف ارتفاع زیاد نیاز به ساخت آبسازه‌های مصنوعی داریم

بدین منظور باید کانالی با شیب ملایم داشته باشیم

اگر شیب زمین از شیب کانال بیشتر باشد مجبوریم در فواصل مختلف drop هایی را ایجاد کنیم.

← باید سازه‌های ایجاد کنیم که این را تأمین کند.



سازه‌های آبشاره‌ای در زمانی که شیب زمین از شیب کانال بیشتر است، برای ایجاد شرایط مساعد برای انتقال آب استفاده می‌شوند.

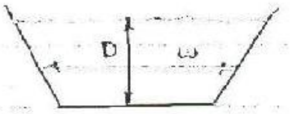
← آیین‌نامه مقاطع عرضی را برای کانالی که در خاک کنده می‌شود، پیشنهاد می‌کند:

Clay → $w = 3Q^{1/2}$, $D = 0.75\,Q^{1/3}$

$$\text{Sand}:\begin{cases}\omega = 4.Q^{1/2}\\ D = 0.6\ Q^{1/3}\end{cases}$$ ← این روابط برای سیستم متریک هستند

ω : عرض متوسط کانال

D : عمق



پس از محاسبه ابعاد کانال به استفاده از رابطه مانینگ یا شزی می توان شیب لازم برای کانال را بدست آوریم.

رابطه مانینگ : $Q = \frac{AR^{2/3} S^{1/2}}{n}$

پس از ساخت سد انحرافی باید ابعاد کانال را با استفاده از روابط تجربی ذکر شده در بالا بدست آورد.

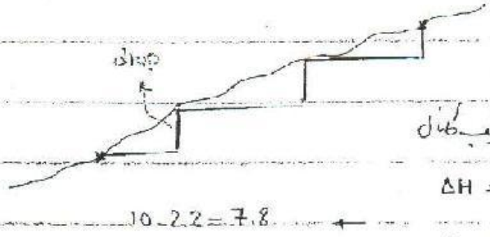
→ Permissible channel slope

با داشتن دبی طراحی و محاسبه ابعاد کانال می توان از رابطه ی مانینگ یا شزی شیب مجاز کانال را بدست آورد. در این شیب فرض می کنیم که دیگر فرسایش و رسوب گذاری در کانال رخ نمی دهد

این شیب معمولاً از شیب زمین کمتر است.

=> برای مستهلک کردن انرژی جریان در فواصلی باید drop بگذاریم

(ارتفاع این drop ها معمولاً 0.9 - 1.0 m می باشد.)



شیب کانال = 0.0002

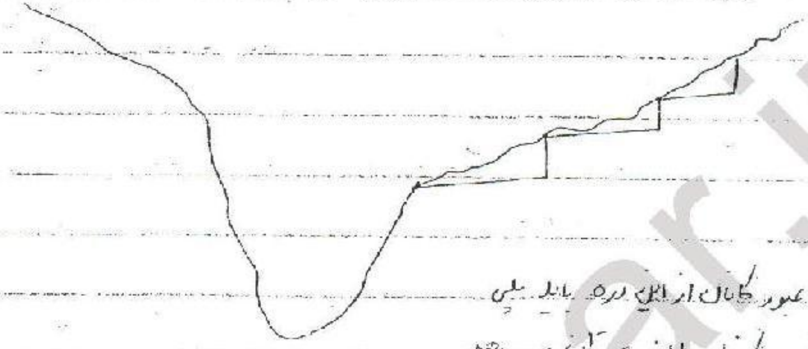
ΔH = 10 m

10 - 2.2 = 7.8 ←

L = 11 km

$\text{ارتفاع آبشار} = \frac{7.8}{\text{تعداد آبشارها}}$

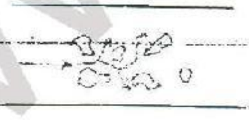
⟵ در مسیر انتقال آب ابعاد کانال و هم چنین عمق آب در کانال یکسان خواهد بود.
قبل و بعد از drop مشخصات کانال (عمق و ابعاد) یکسان خواهد بود.



برای عبور کانال از این دره باید پلی
بزنیم و کانال را از روی آن عبور دهیم
مشخصات کانال باید قبل و بعد از این پل هم یکسان باشد

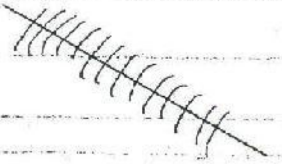
→ Grassed Channel

⟵ بهترین drop که در مناطق دور افتاده هم می توان ساخت، استفاده از پوشش گیاهی می باشد. وجود پوشش گیاهی در مسیر کانال مطلوب نیست. در نتیجه از ایجاد پوشش گیاهی در کل مسیر جلوگیری می کنیم. ولی برای مستهلک کردن انرژی، در فواصل کوتاهی از پوشش گیاهی استفاده می کنیم



اگر پوشش گیاهی غیر یکنواخت باشد، آب از بین آنها عبور کرده و سبب شسته شدن دانه ها می گردد.

⟸ باید پوشش گیاهی یکنواخت باشد

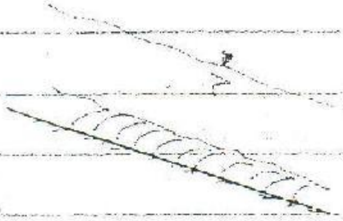


پوشش های گیاهی عملاً مانع از جابجایی دانه ها می شوند که در مستهلک کردن انرژی مؤثر است.

www.ttmar.ir

◄ پوشش گیاهی با دو مکانیزم از فرسایش جلوگیری می کند:

۱) پوشش گیاهی عملاً مانع از جابه‌جایی دانه‌ها می شود.
(در مستهلک کردن انرژی موثر است.)



۲) چون پوشش گیاهی پایینی در کف داریم
یک لایه آرام از جریان در کف تشکیل شده
و فرسایش کمی خواهیم داشت.

نکته: بهتر است عرض drop را برابر با عرض کانال در نظر بگیریم تا تغییر مقطع نداشته باشیم.
باید توجه داشت که وقتی پوشش گیاهی داریم، ضریب مانینگ (n) ثابت نخواهد بود.

n تابعی از سرعت و شعاع هیدرولیکی است ← $n = f(VR)$

(جدول 2 صفحه 187)

VR	
n	

چون n تابعی از VR است باید
یک روش تکراری را به کار ببریم.

نکته: اگر پوشش گیاهی یکنواخت باشد، آیین نامه مقادیری را برای سرعت برحسب
شیب کانال پیشنهاد می کند.

slope	5%	10%	>10%
V	1.8	1.5	1.2

۲. اگر پوشش گیاهی غیر یکنواخت باشد، حداکثر سرعت مجاز 1.0 m/s خواهد بود.

www.ttmar.ir

* مراحل طراحی به صورت زیر می باشد :

۱) مقداری برای n فرض می کنیم

۲) با توجه به شیب ، مقدار سرعت مجاز را بدست می آوریم

۳) با استفاده از جدول صفحه 187 و مقدار n فرض شده ، VR را محاسبه می کنیم

۴) با استفاده از رابطه مانینگ VR را بدست می آوریم $VR = \frac{R^{4/3}\, S^{1/2}}{n}$

۵) اگر مقادیر VR از دو گام ۳ و ۴ یکسان نبود ، مقدار n را تغییر داده و محاسبات را ادامه می دهیم

مثال) دبی طراحی کانال $1.4\ m^3/s$ و شیب 4% می باشد.

$S = 4\% \longrightarrow V = 1.8\ m/s$

۱ فرض : $n = 0.04 \xrightarrow{table} VR = 0.256$

$\Rightarrow R = \frac{0.256}{1.8} = 0.142$

$$VR = \frac{(0.142)^{5/3} \times (0.04)^{1/2}}{0.04} = 0.193$$

محاسبات را باید تا جایی ادامه دهیم که VR بدست آمده از جدول با VR بدست آمده از رابطه مانینگ برابر شود.

2 فرض : $n = 0.035 \xrightarrow{table} VR = 0.351$

$\Rightarrow R = \frac{0.351}{1.8} = 0.195$

$$VR = \frac{(0.195)^{5/3} \times (0.04)^{1/2}}{0.035} = 0.375$$

3 فرض : $n = 0.036 \quad VR = 0.332$

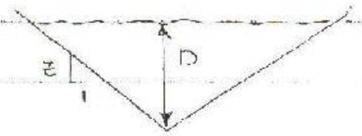
حال باید کانالی طراحی کنیم که R آن برابر با مقدار بدست آمده باشد.

www.ttmar.ir

← برای کانال‌های خاکی معمولاً از مقطع مثلثی استفاده می‌شود

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{1.4}{1.8} = 0.778\ m^2$$

برای مقطع مثلثی : $R = \frac{D}{2} \Rightarrow 0.184 = \frac{D}{2} \Rightarrow D = 0.378\ m$



$$0.368(Z \times 0.368) = 0.778$$

$$\Rightarrow Z = 5.74$$

اگر دبی کانال زیاد باشد، از مقطع ذوزنقه‌ای استفاده می‌کنیم.

→ Stone Paved Chamel

• می‌توانیم برای مستهلک کردن انرژی به جای پوشش گیاهی از پوشش سنگی هم در کف کانال استفاده کنیم.

در این حالت در محل drop ، شیب را زیاد می‌کنیم ولی در بقیهٔ طول کانال، شیب کم است
اساس کار در اینجا این است که اصطکاک را در کف آنقدر زیاد کنیم که برابر با شیب کانال شود
یعنی شرایط اصطکاکی به گونه‌ای باشد که عمق نرمال ایجاد شود

• اگر شیب کف کانال از شیب اصطکاکی کمتر باشد، در طول کانال عمق کاهش می‌یابد که برای ما مطلوب نیست

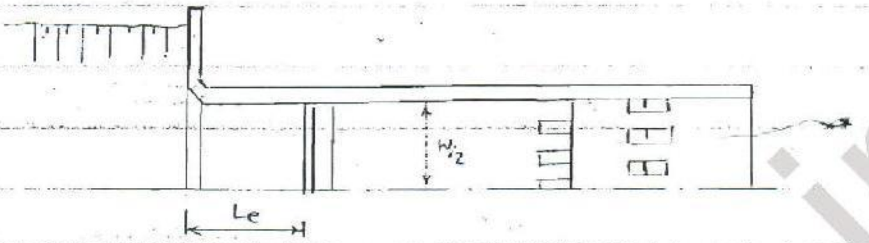
← در طراحی دو نکته را در نظر می‌گیریم

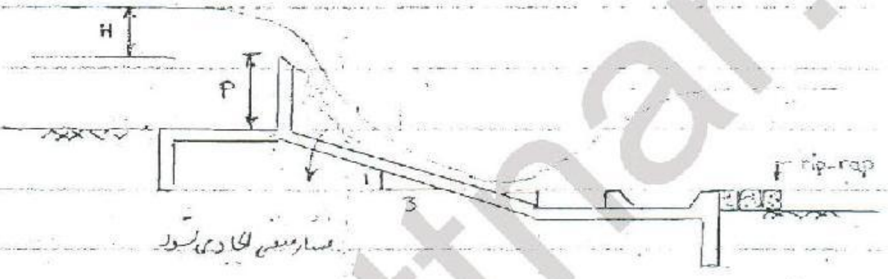
۱) مطمئن شویم که کانال شسته نمی‌شود. (پوشش سنگی یا گیاهی)

۲) عمق نرمال در کانال داشته باشیم

(انرژی متناسب با اختلاف ارتفاع مستهلک شود.)

→ Chute Drop





فشار منفی ایجاد می شود

تفاوت این سازه با سایر شوت ها این است که اختلاف ارتفاع انتقال آب کم است و سازه ساده تر می شود. چون سازه کم اهمیت تر است دیگر شکل اوجی را برای سرریز نمی سازیم وفقط یک دیوار بتنی قرار می دهیم.

عرض شوت : $w = 2Q^{1/2}$

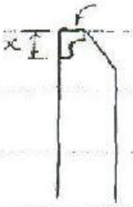
$L_e = 2H \quad ; \quad Q = CLH^{3/2}$

← با داشتن H می توان P را بدست آورد چون عمق آب در کانال مشخص است.

ارتفاع سرریز : $P = D_1 - H + \frac{V_1^2}{2g}$

← شیب شوت معمولاً شیب ثابت ۱ به 3 می باشد.

- در بالای دیوار بتنی به دلایل زیر از لبه بتنی استفاده می‌شود:



۱) جلوگیری از فرسایش بتن

۲) ایجاد شرایط مناسب جریان

در اینجا دیگر نگران ضریب C نیستیم چون ما می‌خواهیم با استفاده drop انرژی را مستهلک کنیم و اگر افت زیاد شود نگران کننده نیست.

این شکل سرریز افت زیادی ایجاد می‌کند که با آزمایش‌های آزمایشگاهی ضریب C برای آن بدست آورده است.

$C = 1.837$

$x = 0.1311$ به پیشنهاد این ماده

◀ در فضای خالی پشت دیواره نگرانی از فشار منفی داریم. ولی چون سرعت زیاد نیست (۱-۴ m/s) رژیم بالایی برای فشار منفی نداریم و آشفتگی جریان هم خیلی کم است.

ولی نگرانی در اینجا از جریان رفت و برگشتی و نوسانات ایجاد شده است.

این هوا در پشت دیوار ایجاد خلاء می‌کند و با جریان به سمت پایین دست حرکت می‌کند وقتی لایه هوا خیلی به دیوار می‌چسبد، فشار خیلی منفی می‌شود و وقتی هوا خارج می‌شود، آب برمی‌گردد و این سیکل تکرار می‌شود.

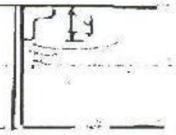
در این حالت صداهای زیاد ایجاد می‌شود. ولی سطح آب زیاد بالا می‌آید و امواجی تشکیل می‌شود که برای ما مطلوب نیست. چون ممکن است آب overtop شود و چون کانال خاکی حساس است باید مراقب باشیم.

پس سیستم‌هایی مانند تشت‌ها را برای تخلیه آب قرار می‌دهیم.

در اینجا به علت فشار منفی نگران نیستیم ولی برای امواج تشکیل شده نگرانیم

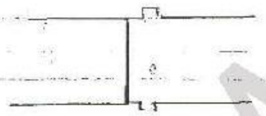
⇐ بالا هوا را به پشت دیواره برسانیم

برای این منظور هواده هایی در پشت دیوار نصب می شود که می توانند مشابه هواده سرریز باشند ولی نگرانی تمام نمی شود. به همین دلیل یک نیشی را روی سرریز قرار می دهند و آب از کنار دیوار فاصله می گیرد ⇐ شرایط ورود هوا به داخل کانال ایجاد می شود



۱۲۰ پیشنهاد این بابه : $y = \sqrt{0.0008\,WH}$

در دیگر تحقیقات برای اندازه گیری دبی، سرریزی تعبیه می شود و با توجه به هد تشکیل شده دبی محاسبه می آورد.



اگر دریچه تحتانی آب موجود داشته باشد نمی توانیم از روابط معمول برای محاسبه دبی استفاده کنیم.

در اینجا برای جلوگیری از نوسانات جریان، در پشت بند

از محل سرریز، شکافی ایجاد شده متصل از سرریز

تا محل در جریان به وجود بیاید.

این شکاف ها مسیر ورود هوا به داخل جریان هستند.

$$d_1 = \frac{q}{\sqrt{2g(E-d_1)}}$$

۳۰
(مقدار انرژی را می توان از اختلاف ارتفاع بدست آورد.)

برای محاسبه افت در طول شوت از جدول صفحه ۱۹۴ استفاده می کنیم

(به ازای اختلاف ارتفاع های مختلف مقدار دبی های در عرض واحد را داریم و افت محاسبه می شود)

← راه ساده‌تر برای محاسبه ات این است که آن را برابر 0.2H فرض کنیم

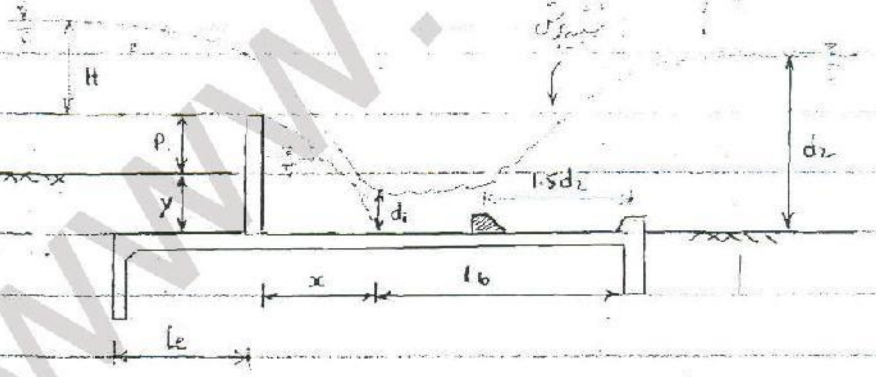
محاسبه d_2 ← محاسبه d_1 ← محاسبه لت

← این d_2 لزوماً همان d_2 کانال نیست. چون ممکن است سطح کانال در تراز کف حوضچه آرامش نباشد

طول حوضچه آرامش $= 3d_2$

← انتهای حوضچه آرامش برای مطمئن بودن از عدم فرسایش، rip-rap قرار می‌دهیم

→ Vertical Drop Structures



۲: اختلاف ارتفاع ← استفاده از drop. این اختلاف ارتفاع را مراحل می‌کند

← چون دبی کم است پرش معمولاً رخ نمی‌دهد ولی محاسبات برحسب پرش هیدرولیکی است (پرش فرضی)

ارتفاع دیوار به لحاظ اقتصادی حداکثر 2.5 m است.

باید تراز کف را تخمین زد و عمق است پایین تراز کف کانال باشد. پس باید عمق تالویسر را حساب کرد

انرژی جریان در نظر گرفتن اتلاف : $E' = H + P + Y + \frac{V^2}{2g}$

چون خیلی کم است صرف نظر میکنیم

$$d_1 = \frac{q}{\sqrt{2g(E - d_1)}}$$

جدول 3 ص 198

$\frac{H}{P+Y}$	0.1	0.2	0.3 ...
X/E'	0.45	0.62	0.72
انرژی باقیمانده در فاصله x ← E/E'	0.45	0.62	0.72

← انرژی در فاصله x برابر مقدار طول x خواهد بود

$E = 0.72 \times E'$ ⟹ اتلاف انرژی تا فاصله x = $(E' - E)$ ← سرعت محاسبه می‌شود

رابطه پرش هیدرولیکی → محاسبه d_2 → $l_b = 3d_2$

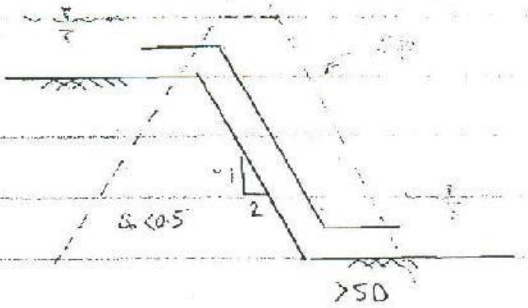
$x = E$ از جدول بدست می‌آید

پیش آبه : $l_e = 2H$

(P را باید به اندازه‌ای گرفت تا ارتفاع قبل از دیوار به d_2 برسد)

→ Pipe Drop Structures

گاهی اوقات کانال، مقطع جاده را قطع می‌کند. در نتیجه در همین مقطع می‌توان dropها را طراحی کرد



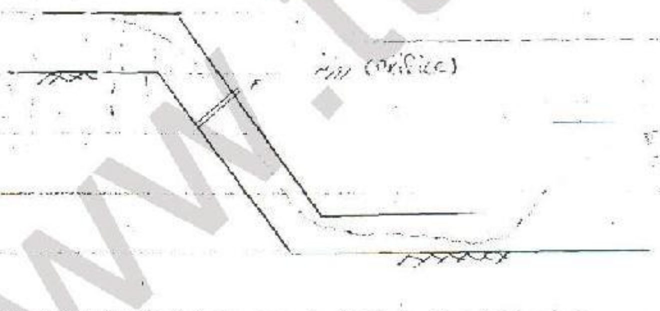
⇐ اگر اتلاف انرژی مستهلک نشود در پائین دست سرعت بیشتری ایجاد می‌شود و باعث خرابی می‌گردد.

⇐ اگر کانال درست طراحی شود سرعت در بالادست با پائین دست برابر می‌شود.

اگر لوله پر کار کند : دبی ورودی = دبی خروجی ⇐ سرعت‌ها برابر هستند

⇐ اما هوا ورود دارد ! در قسمت سقفی داریم ، چون آب در لوله به صورت پر حرکت می‌کند.

(اگر بالا و پائین لوله مستغرق باشد ، دلیل بر پر کار کردن لوله نیست)



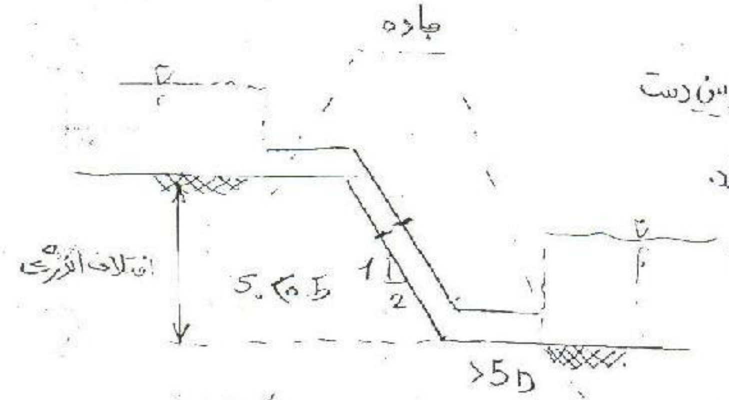
⇐ در پائین دست سطح مقطع کاهش می‌یابد و مقدار V افزایش می‌یابد و دبی‌ها با هم برابر می‌شوند . ولی سرعت زیاد در پائین دست برای ما مطلوب نیست و باید افت ایجاد کنیم تا خرابی در پائین دست رخ ندهد .

راه حل : استفاده از لوله‌های موج‌دار که زبری زیادی دارند . ولی این لوله به تنهایی جواب نمی‌دهد و باید در قسمت شیب‌دار لوله هم روزنه‌ای قرار دهیم .

⇐ حال باید تعداد و فواصل قرار گرفتن روزنه‌ها را محاسبه کنیم :

آشتاه : $L_e = 2H$

Pipe Drop Structure :



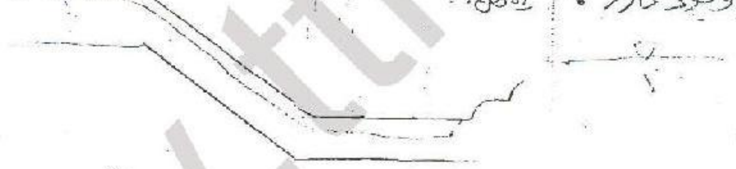
اگر اختلاف انرژی مستهلک نشود، در پایین دست سرعت بیشتری ایجاد شود و باعث خرابی شود.

اگر کانال درست طراحی شود سرعت در بالا دست با پایین دست برابر می‌شود.

اگر لوله پر کار کند: دبی ورودی = دبی خروجی ⇐ سرعت‌ها برابر هستند. (سیال تراکم ناپذیر)

پس تناقض وجود دارد ° راه حل:

یعنی مقدار سطح مقطع کم شده است —
یعنی مقدار V افزایش می‌یابد -
و Q ها هم باهم برابر هستند.



* و علاقه‌ای برای این سرعت بالا نداریم پس باید افت را ایجاد کرد تا سرعت افزایش نیابد.

پس اگر بالا و پایین مستغرق باشد دلیل بر پر کار کردن لوله نیست.

راه حل: استفاده از لوله‌های موج دار (سختی زیاد و انعطاف در جهت طولی) (سبک) (اصطکاک زیاد)

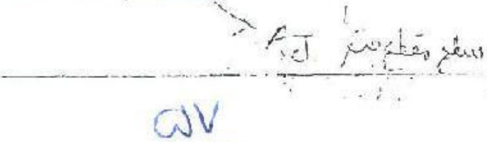
ولی این لوله به تنهایی جواب نمی‌دهد و باید راه حل‌های دیگر هم قرار داد، قرار دادن روزنه در لوله

تعداد و بازشدگی روزنه‌ها = ؟

$$h_l = \frac{(V_J - V_p)^2}{2g}$$

orifice

در orifice سه سطح مقطع داریم:



$A_p \rightarrow V_p$
$A_o \rightarrow V_o$
$A_J \rightarrow V_J$

محاسبه Aj : صفحه 235 جدول 4

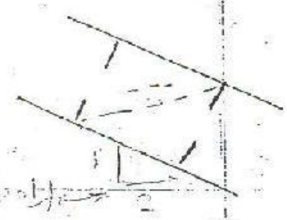
A_0/A_p	0.3	0.4	0.5
C_c	0.65	0.67	0.69

$C_c = \frac{A_j}{A_0}$ ⇒ Aj بدست می‌آید ⇒ مقدار افت بدست می‌آید (hL)

سطح مقطع روزنه (بازشدگی)

سطح مقطع روزنه (A_0) جزء مجهولات است و باید آن را حساب کرد؟ پس باید یک انتخاب اولیه انجام داد تا ببینیم افت ایجاد می‌شود و باید این کار را تکرار کرد

رابطه‌ی داری واسه : تعداد orifice بدست می‌آید ⇒ افت جانبی‌ها ⇒ { افت طولی لوله را بدست می‌آوریم / اختلاف ارتفاع معلوم است



قطر : 0.8

افت 4.5

$\begin{cases} 0.8 \times 2 = 1.6 \\ \frac{4.5}{1.6} \approx 3 \end{cases}$ حداکثر تعداد orific

آشغالگیر : orifice روی شیب قرار بگیرند ، سرعت بیشتر از 2 نباشد. (محاسبه قطر)

دبی را داریم ⇒ $\frac{دبی}{2\ \frac{m}{s}}$ = A بدست می‌آید ⇒ قطر بدست می‌آید ⇒ مثلاً : 750 mm ⇒ ما 800 mm می‌گیریم

تا میزان V کمتر باشد ($2\ \frac{m}{s}$) ، می‌شود میزان بازشدگی زیاد شود و معقول نیست می‌توان تعداد orifice را کم کرد.

* شیب لوله باید کمتر از 0.5 باشد [$S_0 < 0.5$]

اگر تعداد orifice کمتر گرفته شود : سیستم می‌خواهد دبی بیشتر عبور دهد و سطح آب در بالادست افت می‌کند و به همان اختلاف ارتفاع مورد نظر لوله می‌رسد و همان دبی هم عبور می‌کند پس سرعت زیاد می‌شود و فرسایش زیاد. [این کانال‌ها بسیار حساس هستند]

اگر لوله گرفته باشد یا روزنه کوچک باشد و با فرض سطح آب ثابت در پایین دست : ابتدا دبی کمتری عبور می‌کند و آب سطح

Chapter VII : Stone Structures

← مقاومت بالا ، دوام زیاد و در دسترس بودن سنگ سبب شده که در ساختمان‌سازی از آن استفاده شود.

بتن	50 MPa
سنگ ماسه	140 "
سنگ آهک	210 "
سنگ مرمر	210 "
سنگ گرانیت	280 "

سنگ‌ها مقاومت خیلی بیشتری
نسبت به کثیرترین مصالح
ساختمانی یعنی بتن دارند.

← درمکان‌های دورافتاده معمولاً از سازه‌های سنگی استفاده می‌شود. (به خصوص در کشورهای جهان سوم)

سازه‌های سنگی علاوه بر اینکه هزینه کمتری دارند ، نیروی کار زیادی لازم دارند. در کشورهای جهان سوم نیروی کار ارزان وجود دارد و بدین طریق بکارگیری هم کمتر می‌برد.

← معمولاً سنگ را در حفاظت از ساحل رودخانه مورد استفاده قرار می‌دهند.
اگر رودخانه از داخل شهر عبور کند ، نمی‌خواهیم که ساحل رودخانه فرسایش پیدا کند. به همین دلیل از سنگ استفاده می‌کنیم.

وزن سنگ (lb) : $W = \dfrac{0.00002\, V^6\, S_g}{\left[(S_g-1)^3 \sin^3(\rho-\alpha)\right]}$

V : سرعت جریان (fps)

S_g : وزن مخصوص سنگ ($S_g \cong 2.65$)

α : شیب سطحی است که می‌خواهیم سنگ را بر روی آن قرار دهیم

مقدار ثابت : $\rho = 70°$

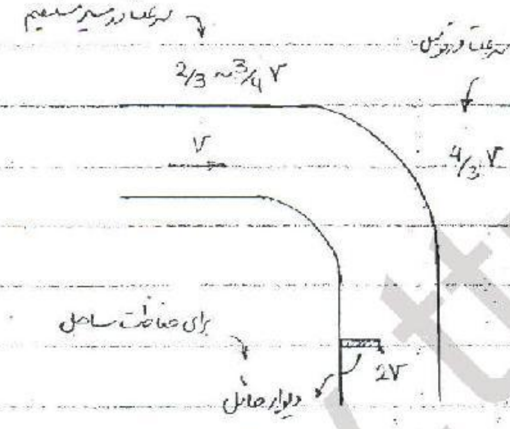
سرعت جریان (m/s)

$$d_{MC} = \frac{20.17\,V^2}{\sin(70-\alpha)} \times \frac{1.65}{(S_g-1)}$$ قطر سنگ (ناشی از جریان)

قطر متوسط دانه‌ها

• قطر متوسط دانه‌ها، قطری است که 50% دانه‌ها از آن بزرگتر باشند.

d_M قطر سنگ حمایتی که می‌تواند در برابر جریان مقاومت کند.

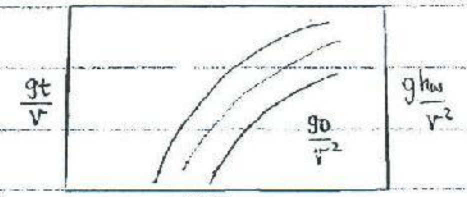

سرعت در مسیر مستقیم
2/3 ~ 3/4 V
سرعت در قوس
V
4/3 V
برای حفاظت ساحل
دیوار حائل
2V

با استفاده از مقادیر داده شده در شکل، می‌توان سرعت جریان را تخمین زد.

$$W = \frac{4.62\,h_w^3 \cdot S_g}{[(S_g-1)\sin^3(\rho-\alpha)]}$$ (فرمول Thijsse)

$$d_{mw} = \frac{337\,h_w}{\sin(\rho-\alpha)}$$ (قطر ناشی از موج)

* از گراف صفحه 219 برای محاسبه h_w استفاده می‌شود.



h_w: ارتفاع موج مشخصه

F: طول بادگیر

V: سرعت باد

t: حداقل زمانی که باید باد بوزد تا موج شکل بگیرد.

◂ اگر در شرایطی هم موج داشته باشیم و هم جریان چگونه می‌توان قطر ذرات را محاسبه نمود؟

در کتاب مسئله‌ای حل کرده و پس از محاسبه d_{mc} و $d_{m,w}$ از رابطه زیر قطر ذرات را بدست آورده است

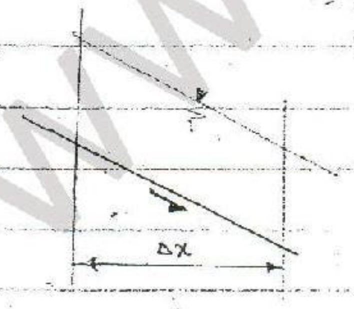
$$d = \sqrt{d_{mc}^2 + d_{m,w}^2}$$

(استفاده از این رابطه را قبول ندارند چون اگر کمیت برداری باشد نمی‌توان از چنین رابطه‌ای استفاده کرد. ولی این رابطه برای تخمین قابل استفاده است و قطر ذراتی بزرگتر از قطر مورد نیاز بدست می‌دهد.)

◂ در drop برای محافظت کف کانال می‌توان از پوشش سنگی استفاده نمود و باید مطمئن شویم شیب هیدرولیکی با شیب زمین برابر است.

- برای یافتن اصول طراحی این نوع drop، ابتدا باید تنش ایجاد شده در کف کانال را بدست آوریم (تنش ناشی از جریان) ——

اگر عمق نرمال باشد، خصوصیات در بالادست و پایین‌دست یکسان است. در عمق نرمال جریان شتاب نداریم. در نتیجه بین نیروها تعادل وجود دارد و اصطکاک ایجاد شده در کف با نیروی ناشی از جریان برابر است



$$\sin\alpha . \Delta x . D . \rho g = \tau . \Delta x$$

$$\Rightarrow \boxed{\tau = \gamma D S}$$

S: شیب کف کانال

- حال باید نیرویی را که باعث حرکت ذرات شود بدست آوریم. برای این منظور از روابط تجربی استفاده می‌کنیم.

τ : تنشی که لازم است تا ذرات رسوب حرکت کند.

$$\tau = 0.06\,\gamma\,(S_g - 1)\,.\,d_m \qquad \text{(رابطه شیلدز)}$$

۲ـ از این رابطه برای طراحی نیز استفاده می کنیم یعنی با داشتن تنش ایجاد شده رسوب ، قطر ذراتی که می توانند در مسیر کانال جابجا شوند را بدست می آوریم.

$$\boxed{d_m = 10\,D\,.\,S}$$

با مساوی قرار دادن دو رابطه تنش فوق

$S_g = 2.65$ رابطه روبرو بدست می آید.

۳ـ با داشتن مقدار دبی (Q) می توان ضریب مانینگ را از رابطه زیر بدست آورد :

$$Q = \frac{A R^{2/3} S^{1/2}}{n} \quad , \quad \boxed{n = 0.049\, d_m^{1/6}}$$

مثال) با داشتن دبی و قطر ذرات داده شده ، شیب لازم برای کف کانال را بدست آورید.

$$q = 1.2 \ m^2/s \quad ; \quad d_m = 250 \ mm$$

R را به طور تقریبی برابر D در نظر می گیریم.

$$n = 0.049\, d_m^{1/6} = 0.0389$$

$$q = \frac{D^{5/3} \cdot S^{1/2}}{n} \rightarrow D^{5/3} \cdot S^{1/2} = 0.0467$$

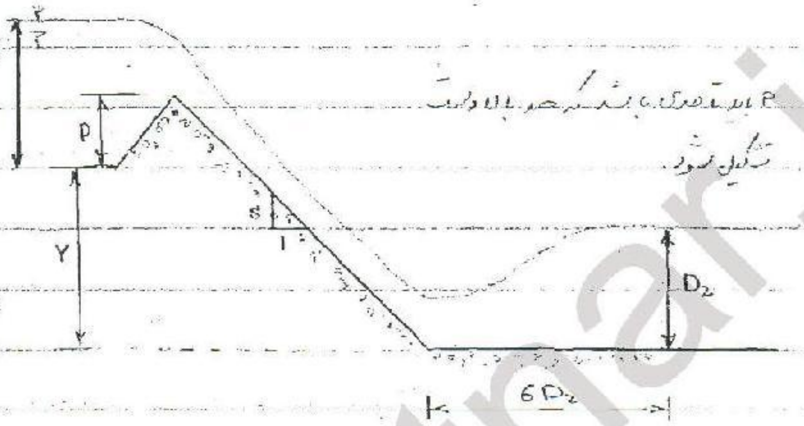
$$d_m = 10\,D\,.\,S \Longrightarrow D\,.\,S = \frac{d_m}{10} = 0.025$$

$$\left\{\begin{array}{l} D^{10/3} \,.\, S = (0.0457)^2 \\ D\,.\,S = 0.025 \end{array}\right. \Rightarrow \left\{\begin{array}{l} D = \\ S = \end{array}\right.$$

www.ttnaf.ir

+ هرچه قطر ذرات کوچکتر باشد، باید شیب ملایم‌تر شود، در نتیجه طول کانال افزایش می‌یابد

+ Ston Paved Sloping Channel

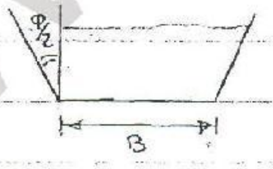


P باید طوری باشد که جهش بالادست تشکیل نشود.

• از مقطع ذوزنقه‌ای استفاده می‌کنیم :

$$Q = C_1 \frac{2}{3} \sqrt{2g}\, B H^{3/2} + C_1 \frac{8}{15} \sqrt{2g}\, H^{5/2}\, tg\, \varphi/2$$

$$\Rightarrow Q = 1.7\, B H^{3/2} + 1.27\, H^{5/2}\, tg\, \varphi/2$$



پس از عبور جریان از روی سرریز، جریان بر روی شوت قرار می‌گیرد

مبنای طرح ما این بود که سرعت یکنواخت باشد یا اینکه عمق نرمال باشد

⇐ عمق جریان بر روی شوت ثابت و برابر با عمق نرمال خواهد بود.

+ طول حوضچه آرامش $6D_2$ خواهد بود. می‌توان محاسبات پرش هیدرولیکی را انجام داد و D_2 را برای عمق کانال در نظر گرفت

www.ttmar.ir

← اگر قطر ذرات یکسان باشد بهتر است یا اینکه توزیع دانه ها غیر یکنواخت باشد ؟

اگر توزیع دانه ها معمولی باشد ، غیر یکنواخت بودن قطر ذرات سبب قفل و بست بهتر دانه ها می شود ، در نتیجه اصطکاک بیشتر شده و شرایط بهتر است

غیر گردی بودن ذرات هم به این کمک می کند چون اصطکاک بیشتر می شود .

← اگر قطر دانه ها از dm [illegible] کمتر باشد ، دانه ها حرکت می کنند و سیستم خراب می شود

گاهی اوقات ما خودمان می خواهیم که در شرایطی سیستم خراب شود . مثلاً در fuse plug

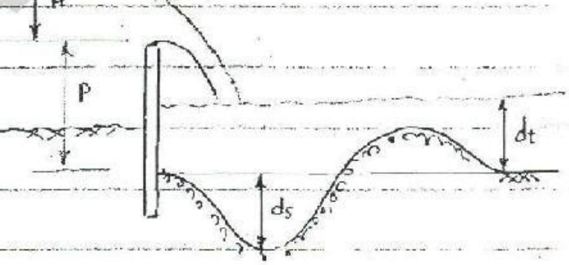
وقتی آب به سطح مشخصی می رسد ، سیستم خراب می شود و آب خارج می شود .

در fuse plug قطر ذرات را طوری تعیین می کنیم که با عبور جریان ، قطر ذرات از مقدار D.S 10 کمتر بود و سیستم خراب شود .

طراحی دانه ها در این حساس است . چون اگر قطر ذرات را دست بالا گرفته باشیم ، با بالا آمدن سطح آب ، سد خراب نمی شود و ممکن است شرایط بحرانی شده باشد

(چون سد خاکی با عبور آب حتماً خراب خواهد شد .)

- Stone Structures
  - Stone Paved Channel
  - Stone Basin Vertical Drop Structures.



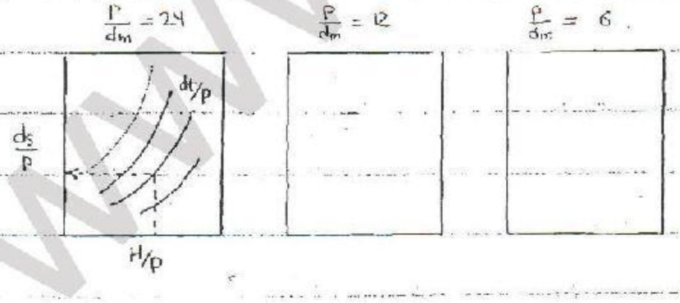
- در جایی که نمی‌توان از بتن استفاده کرد، استفاده از سنگ برای حوضچه آرامش بهترین گزینه است.

- در این سیستم‌ها که فرسایش رخ می‌دهد، وقتی عمق فرسایش زیاد می‌شود، آب انرژی خود را برای شستن ذرات از دست می‌دهد. استخرهای ایجاد شده کار اتلاف انرژی را انجام می‌دهد.
بنابراین عمق فرسایش را بدست آوریم تا بتوانیم ذرات را طراحی کنیم.

◄ مبانی طراحی این حوضچه خیلی پیچیده است و تخمین عمق فرسایش مشکل است. چون جریان آشفته است و رفتار ذرات بسیار متفاوت می‌باشد.
با انجام یک سری آزمایشات می‌توان عمق فرسایش را بدست آورد. بهتر است در این آزمایش‌ها از پارامترهای بی بعد استفاده شود.

عمق فرسایش $d_s = f(H, P, d_t, d_m, S_g)$

$$\frac{d_s}{P} = f\left(\frac{H}{P}, \frac{d_t}{P}, \frac{d_m}{P}\right) \qquad S_g = 2.65$$



(سؤال امتحان)

اگر مقدار $\frac{P}{d_m}$ بین این مقادیر باشد، باید درونیابی انجام دهیم.
d_m ، d_t و H مقادیر معلوم هستند و با استفاده از گراف می‌توان d_s را بدست آورد.
(گراف ص 229)
اگر $\frac{P}{d_m}$ در محدوده 6 تا 24 نباشد، دیگر از این گراف‌ها نمی‌توان استفاده نمود.