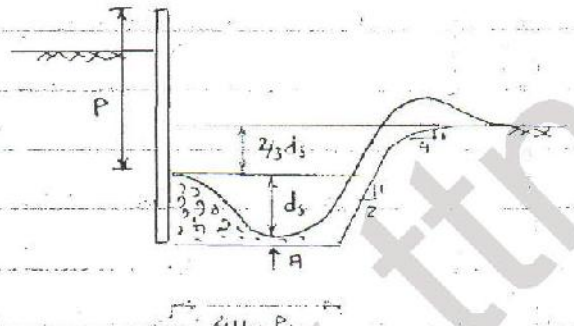
اگر مانعی در وجود داشته باشد که جریان ایجاد شده پس از فرسایش را از بین ببرد شرایط خطرناک می‌شود و عمق فرسایش افزایش می‌یابد

این امر هنگامی که دبی کاهش می‌یابد ممکن است رخ دهد. چون سطح آب در پایین دست پایین می‌افتد و به‌طور ناگهانی پرش با سرعت زیادی ایجاد می‌گردد که سبب شسته شدن ته می‌شود

برای حل این مسئله، آیین نامه پیشنهاد می‌کند که تراز کف را به اندازه $\frac{2}{3}d_s$ پایین ببریم. در این حالت دیگر سرعت زیاد ایجاد نمی‌شود و در نتیجه عمق فرسایش زیاد کم می‌گردد



$d_s < 0.3P$

نکته: اگر بیش از این مقدار شود باید طرح را تغییر دهیم (افزایش قطر ذرات)

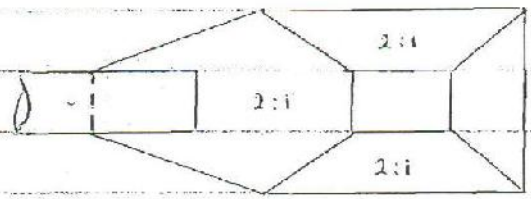
$$\text{Stone layer (A)} > \begin{cases} 1.5\,d_s \\ d_s + 2\,d_m \end{cases}$$

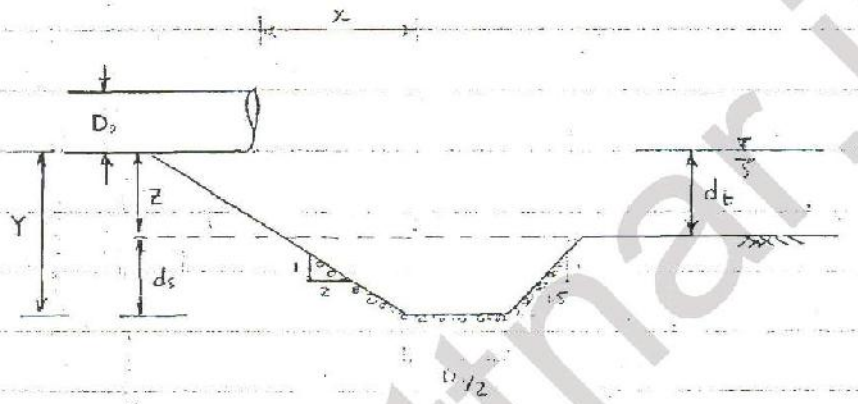
Stone Basin for Overhanging Pipe

گاهی وقتی لوله از چاه بیرون می‌آوریم و می‌خواهیم وارد کانال کنیم، باید ابتدا انرژی آن مستهلک شود، که از این حوضچه استفاده می‌کنیم

در اینجا باید عمق فرسایش را تخمین بزنیم برای اینکه عمق گودبرداری به‌چه میزان است

www.ttnar.ir





! پاسخ کلی، جریان مسئله را تعیین می‌کند ؟

چگونگی جریان و تئوری لازم برای تحلیل روی کل این کلیت تابع پارامترهای مؤثر است :

$$\frac{ds}{D_0} = f\left(Q,\ \frac{z}{D_0},\ \frac{d_t}{D_0},\ \frac{d_m}{D_0}\right)$$

بی‌بعد

$\frac{Q}{D_0^{5/2}}$: پارامتر مورد نظر ما ← پارامتری بی‌بعد است

این پارامتر همچنان بی‌بعد نیست ، پس چرا بر $D_0^{5/2}$ تقسیم می‌کنیم ؟

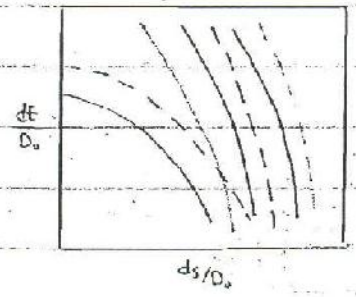
$$\frac{[L^3T^{-1}]}{[L^{5/2}]} = [L^{1/2}T^{-1}]$$ ← باید مزین $\sqrt{g}$ بی‌بعدی شود

$$\frac{Q}{D_0^{5/2}\sqrt{g}}$$ ← پارامتری بی‌بعد

www.tmar.ir

← ولی در گراف های رسم شده از معمال پارامتر $\frac{Q}{D_0^{5/2}}$ استفاده شده است. چون مجهول در مقام اول ما این ها فرض کرده که $\sqrt{g}$ ثابت است.

← با استفاده از گراف های صفحات 233 و 234 می توان مقدار $\frac{d_s}{D_0}$ را بدست آورد.



$\frac{d_m}{D_0} = 0.31$

$\frac{d_m}{D_0} = 0.23$

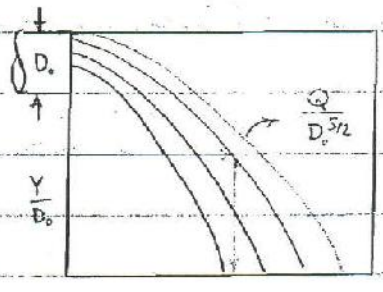
← گراف ها هم برای دو قطر رسم شده اند.

⇐ مخزن ها همگی کاربرد دارند که بین دو مقدار 0.31 و 0.23 باشد تا بتوان درونیابی کرد.

← هریک از این گراف ها هم برای یک $\frac{Q}{D_0^{5/2}}$ مشخص رسم شده اند.

$\frac{Q}{D_0^{5/2}} = 1.66 \;,\; 2.5 \;,\; 3.33$

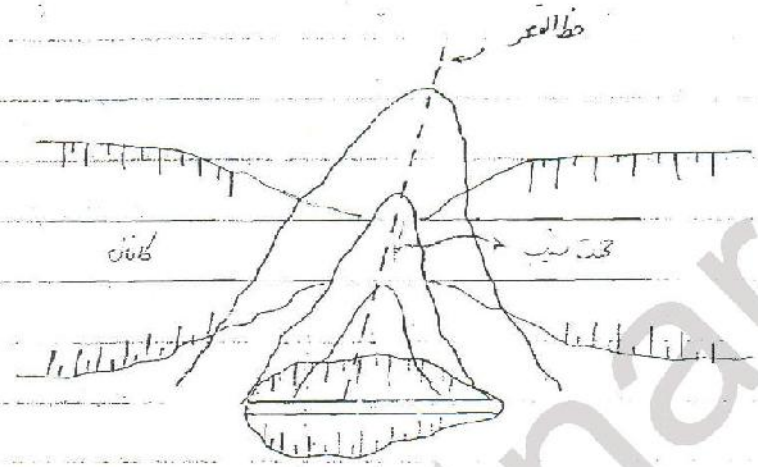
← برای بدست آوردن x از گراف صفحه 237 استفاده می کنیم.



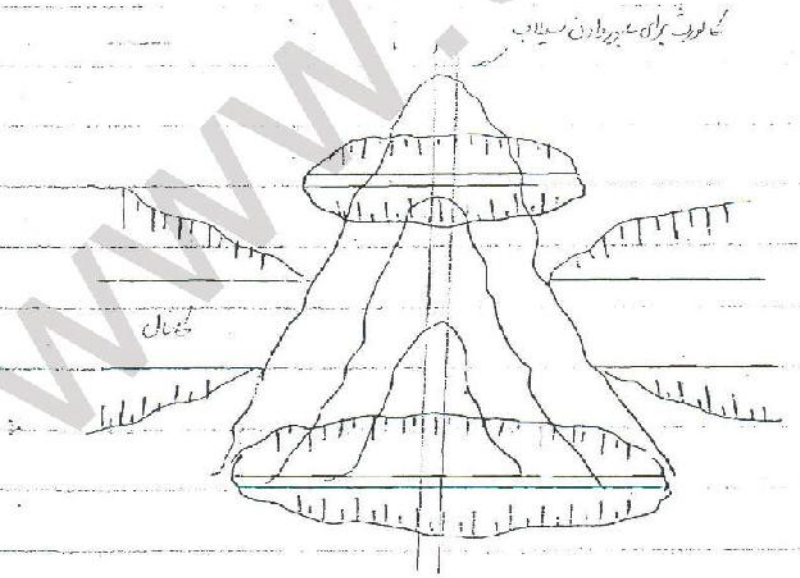
www.ttnar.ir

Chapter VIII — Conveyance Structures

→ Single bank fill



→ Double bank fill



- خط القعر دارای پتانسیل بالا برای دبی است درنتیجه اگر خط القعر را قطع کنیم باید سیلاب های قابل گذر را در نظر بگیریم. چون به محض عبور آب از روی هاگزیز، تخریب می شود.

www.ttnar.ir

- اگر جاده دره بزرگی را قطع کند باید پل بزنیم. اگر دره خیلی بزرگ و عمیق باشد، می‌توانیم جاده را دور دره بزنیم. ولی برای راه آهن چون شیب محدود است، این کار امکان‌پذیر نیست. در نتیجه باید پل بزنیم.

- در کانال هم می‌توانیم شیب لوله را آنقدر زیاد کنیم که خاکی است مجبور شویم پل بزنیم. در این پل که ابعاد کوچکتر ساخته می‌شود و دو طرف کانال را به هم وصل می‌کند، ملوم گفته می‌شود. در ملوم هم مجبوریم شیب را طوری در نظر بگیریم

برای ملوم باید کمترین مقطع را انتخاب کنیم. (منظور مقطع بهینه هیدرولیکی)

نیازهای طراحی ملوم:

۱) افت هیدرولیکی باید به حداقل برسد. در نتیجه پرآبدهی و طول باید حداقل گردد.

$$\frac{b}{d} = 2 \quad \text{مقطع بهینه مستطیلی}$$

۲) اگر شیب در مقطع زیاد باشد، انرژی مقطع کوچک می‌شود و اقتصادی است ولی افت زیاد می‌شود. اگر مقطع بزرگ باشد افت کم می‌شود ولی غیر اقتصادی است.

⇐ باید حالت متعادلی بین این دو پیدا کنیم.

- برای طراحی ۴ برابر سرعت در کانال را مبنای کار قرار می‌دهیم.

$$\frac{\text{ملوم } V_2}{\text{کانال } V_1} = 4$$

- با توجه به قیدهای ذکر شده به مقطع هندسی مورد نظر می‌رسیم.

www.tnar.ir

123

مثال) : کانالی در مقطع ذوزنقه‌ای دارای مشخصات زیر است :

$Q = 6.8 \ m^3/s$; $B = 7.3 \ m$; $D = 1.37 \ m$

ابعاد هندسی را مشخص کنید.

توجه : اگر ابعاد کانال در مسئله داده نشده باشد با استفاده از روابطی که در فصل VI برای کانال در مقطع ذوزنقه‌ای (ترین بهینه‌ای) داده شده است می‌توان B و D را تخمین زد.

$$V_1 = \frac{Q}{B.D} = 0.68 \ m/s$$

$$V_2 = 4V_1 = 4 \times 0.68 = 2.72 \ m/s$$

$$b.d = \frac{6.8}{2.72} = 2.5 \quad ; \quad \frac{b}{d} = 2$$

$$\Rightarrow 2.d(d) = 2.5 \Rightarrow \begin{cases} d = 1.12 \ m \\ b = 2.24 \ m \end{cases}$$

◄ همواره باید این نکته را در نظر داشت که عمق نرمال بدست آمده در داخل مقدار مجاز باشد یعنی از $0.7 \ y_c$ بزرگتر باشد چون هرچه به سمت جریان فوق بحرانی برویم، عمق آب سریعاً کاهش می‌یابد که این امر برای ما مطلوب نیست.

برای جلوگیری از پرش هیدرولیکی : $F_r < 0.7$

$$F = \frac{V}{\sqrt{gd}} = \frac{2.72}{\sqrt{9.81 \times 1.12}} = 0.82 > 0.7$$ ← پرش اتفاق می‌افتد

تخمین اولیه برای y_2 : $0.7 = \frac{V_2}{\sqrt{9.81 \times 1.12}} \Rightarrow V_2 = 2.32 \ m/s$

روش ۱ : $V_2 = 2.3 \ m/s \Rightarrow d.b = \frac{6.8}{2.3} = 2.96$

$$\Rightarrow d(2d) = 2.96 \Rightarrow d = 1.22 \ m$$

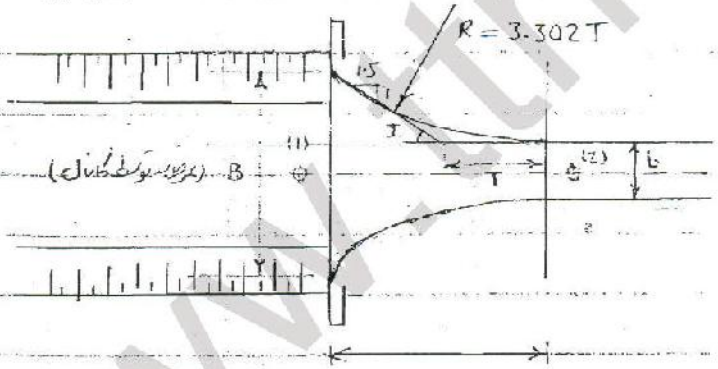
www.tnar.ir

$$\begin{cases} d = 1.22\ m \\ b = 2.44\ m \end{cases} \Rightarrow F_r = \frac{2.3}{\sqrt{g} \times 1.22} = 0.66 < 0.7 \ \checkmark$$

در اینجا از حد ورودی صاف تری باید فرود استفاده کنیم.

تبدیل (Transition)

برای اتصال مقطع بزرگ کانال به مقطع کوچک‌تر از علوم از transition استفاده می‌کنیم.



طول ورودی : $L = 1.25 (B-b)$

مسئله مهم در اینجا تیپ کف یا تراز در ابتدای علوم می‌باشد.

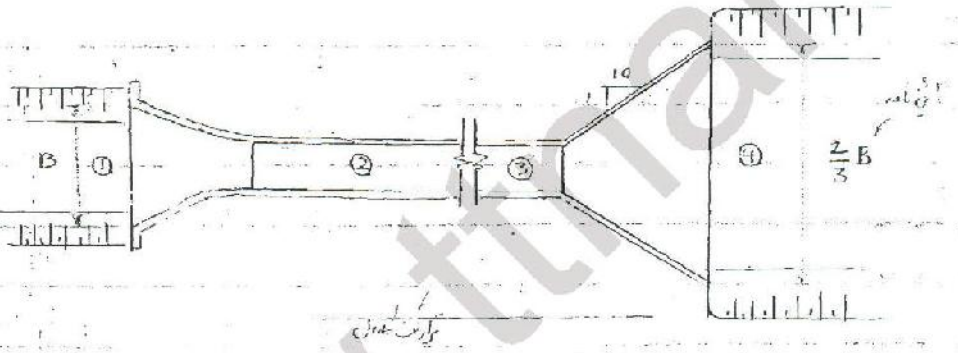
اساس کار: باید سعی کنیم سطح آب در کانال و علوم کاملاً مماس باشد و تغییر ارتفاع آب نداشته باشیم.

رابطه برنولی بین (1) و (2) : $\frac{V_1^2}{2g} + D_1 + z_1 = \frac{V_2^2}{2g} + d + z_2 + h_L$

www.itnar.ir

$$h_L = 0.06\left(1-\frac{b}{B}\right)\frac{V_2^2}{2g}$$

- مجهول در رابطه z_2 است. (برای خلق)
- شیب کف کانال مخلوط است مثبت یا منفی باشد. یعنی ممکن است $z_2 > z_1$ باشد.
- گاهی z_1 را می دهند و شیب کف را می خواهند. در اینجا چون برای محاسبه شیب به اختلاف ارتفاع $(z_2 - z_1)$ نیاز داریم، مستقل نیست.



$$z_1 + D + \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + d + \frac{V_2^2}{2g} + h_L$$

$$h_L = 0.06\left(1-\frac{b}{B}\right)\frac{V_2^2}{2g}$$

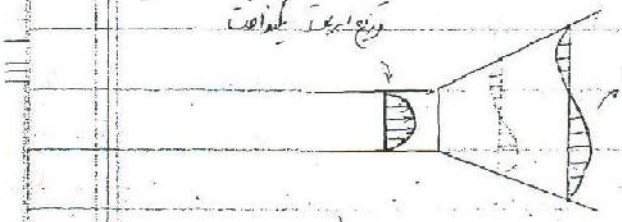
$$h_L = 0.1\left(1-\frac{b}{B}\right)\frac{V_2^2}{2g}$$

$$z_3 + d + \frac{V_3^2}{2g} = z_4 + D + \frac{V_4^2}{2g} + h_L$$

- جریان از یک مقطع کوچک به مقطع بزرگتر می رود و ممکن است ناپایداری در جریان بوجود آید.

راه حل آنین نامه: دیوارها را به شیب کم می سازیم.

شیب دیوارها: 10:1



$\omega = \frac{2}{3}B \Rightarrow$ طول پل $L = S(\frac{2}{3}B - b)$

- چون می خواهیم در طول کانال یکنواخت داشته باشیم، اختلاف ارتفاع بین 2 و 3 را از رابطه مانینگ به دست می آوریم

$$Q = \frac{AR^{2/3}S^{1/2}}{n} \quad (\text{بتن: } n = 0.013)$$

چون شیب ثابت است $\Rightarrow S = S_0$

- محل اتصال فلوم روی پل باشد و یا بر روی زمین بستر با پایدارکن کم باشد که در این صورت فلوم را بر روی یک کف بتنی اجرا می کنیم.

- سرانجام طراحی شده برای فلوم مشخص است و اگر جاده ای را قطع کند باید پیش بینی های لازم را برای اینکه مشکلی برای راه ایجاد نشود در نظر بگیریم.

Syphon

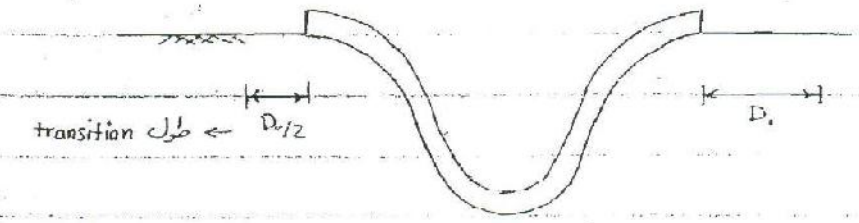
سازه ای است که وظیفه آن تحویل جریان با اندازه بالادست به پایین دست است. جریان وارد لوله ای می شود و از انتها به مسیر اصلی کانال بازمی گردد.

- جریان در سیفون تحت فشار است و سطح آزاد ندارد.

سیفون در transition ورودی و خروجی تفاوتی با فلوم ندارد و فرق آن تحت فشار بودن جریان است.

در اینجا هر چقدر بخواهیم می توانیم سرانجام را پایین ببریم

www.tnar.ir



- در اینجا نگران موج بودن سطح آب نیستیم چون جریان تحت فشار است.
- محدودیت اعمال رابطه‌ای مربوط به عدد فرود بحرانی است.

مقطع مربعی : $V_b < 0.8\sqrt{gh} \Rightarrow F_r < 0.8$

مقطع دایره‌ای : $V_b < \sqrt{gd} \rightarrow F_r < 1.0$

- اگر مقطع بصورت دایره‌ای باشد باید transition برای انتقال مقطع مستطیلی یا مربعی به مقطع دایره‌ای داشته باشیم.
- اصلاح ارتفاع این دو مقطع را باید در دفت محاسبه کنیم.

$$\Delta EL = \left(K_e + K_b + \frac{2g n^2 L}{R^{4/3}} + 1 \right) \frac{V_b^2}{2g}$$

افت ورودی — افت خروجی — افت طولی

$$(K_e + K_b) = 0.16 \left(1 - \frac{b}{B} \right)$$

- در رابطه‌ای که داده شده است در داخل پرانتز 1 نباید در دست باشد چون اگر 1 در داخل نباشد، در صورت صفر شدن افت، به ازای اختلاف ارتفاع مشخص، سرعت بینهایت می‌شود که درست نیست.
- با توجه به 1 در رابطه، در صورت صفر شدن افت، انرژی برابر با $\frac{V_b^2}{2g}$ خواهد شد.

www.tnar.ir

- اگر اختلاف ارتفاع را بیشتر از این مقدار کنیم، سرعت افزایش می‌یابد و چون دبی ثابت است، سطح آب پایین می‌آید (مقطع را بسیط در نظر بگیرید) تا دبی مورد نظر عبور کند.
ولی سرعت جریان در پایین دست زیاد می‌شود و فرسایش‌های کانال خاکی ایجاد می‌شود.
(مشکلات: افت سطح آب در بالادست، افزایش سرعت و ایجاد فرسایش)

- اگر اختلاف ارتفاع را کم کنیم، سرعت کاهش می‌یابد و سطح آب بالا می‌رود تا دبی طراحی عبور کند.

⇐ خطر بالا زدن آب از کانال خاکی وجود دارد و ایجاد رسوب می‌کند.

⇐ این نامه پیشنهاد می‌کند اختلاف ارتفاع را 10٪ افزایش دهیم. چون حل است.
افت مسیر وجود دارد که باید در نظر گرفته باشیم.

www.tmar.ir

Chapter IX Culverts

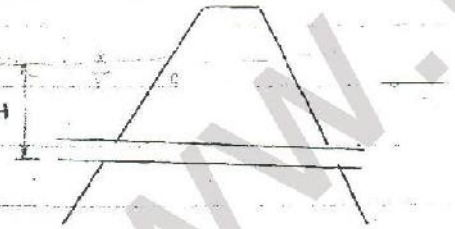
کالورت ها ، کانال ها یا مسیرهای آبی هستند که معمولاً از زیر جاده‌ها عبور می‌کنند تا جریان را در دو طرف جاده تأمین کنند.

بیشتر استفاده از کالورت در راهسازی است ، زمانی که کانال یک خط الفعر را قطع می‌کند . در غیراین صورت ممکن است آب جمع شود و بالا بیاید و راه را خراب کند.

کالورت ها پرمصرف ترین سازه هیدرولیکی هستند که استفاده می‌کنیم . (راهسازی و راه آهن و ...) در عین کم هزینه بودن کالورت ، هم پرمصرف ترین است و هم به لحاظ هیدرولیکی پیچیده ترین.

عوامل متعددی بر طراحی کالورت تاثیر می‌گذارند :

$$Q = f(L, S, D, n, d_t, G, H)$$



عوامل مؤثر بر طراحی کالورت :

- طول ، شیب ، قطر و جنس لوله
- تراز آب بالادست
- شکل ورودی لوله (Geometry)
- هدی که در ورودی سیستم وجود دارد.

معمولاً قطر لوله ، طول لوله و شکل ورودی پارامترهایی است که طراحی می‌کنیم.

← دبی جریان باید قبلاً بدست آورده باشد . برای تخمین دبی استفاده از مطالعات هیدرولوژیک می‌باشد.

به صورت نسبت . به همین منظور از روابط تجربی می‌توان استفاده نمود :

$$Q = C \cdot i \cdot A / 360$$

دبی عبوری از مقطع الفعر (m^3/s) ، شدت بارندگی (mm/hr) ، مساحت حوزه ($hectar$)

www.tmar.ir

- سطح حوزه آبریز را از روی نقشه بدست می آوریم و با فرض شدت بارندگی برای حوزه Q محاسبه می شود.

(در صورتی که اطلاعاتی نداریم برای تخمین دبی از این رابطه استفاده می شود)

دوره بازگشت کالورت { جاده های کم اهمیت : 5-10 سال
جاده های اصلی یا آزادراه ها : 50 سال

- انتخاب دوره بازگشت بیش از 50 سال معمول نیست.
- شدت بارندگی اطلاعاتی است که معمولاً متناسب با دوره بازگشت به ما می دهد.
- ضریب c را از جدول ... صفحه 305 می توان بدست آورد. ($c=0.2 \sim 0.8$)

در منطقه کوهستانی ضریب c بیشتر است. چون دبی در رواناب کمتر فرصت ذخیره می شود، ولی در منطقه کشاورزی بخشی از دبی ذخیره می شود و باعث کاهش دبی پیک می گردد. به همین دلیل پوشش گیاهی در کاهش دبی پیک عامل مؤثر است. چون امکان ذخیره آب را فراهم می کند.

- بعد از محاسبه دبی باید کالورت را طراحی کنیم. در اجرای کالورت دو حالت داریم:

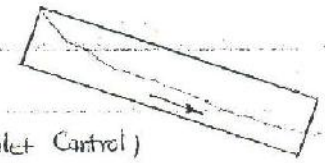
۱) در این حالت از همان ابتدای ورود جریان از حالت بحرانی خارج می شود و دبی به صورتی مستقیم تابع شرایط ورودی است و بعد از اتفاقاتی که در دهانه ورودی می افتد تأثیری بر جریان ورودی ندارد.

جریان به گونه ای است که سیستم فقط تحت تأثیر هندسه ورودی است.

به این حالت کنترل بالادست (Inlet Control) گفته می شود.

www.tinar.ir

$$Q = F(D, G, H)$$



(Inlet Control)

در اینجا همان رابطه orifice برقرار است :

$$Q = C \cdot A \sqrt{2g(H - D/2)}$$

H : اختلاف تراز دهانه تا لوله D : قطر لوله

$$\frac{Q}{D^{5/2}} = 0.785\, C \sqrt{2g\left(\frac{H}{D} - \frac{1}{2}\right)}$$

تقریباً به صورت از رابطه orifice استفاده می‌کنیم که $H > 1.5D$ باشد.

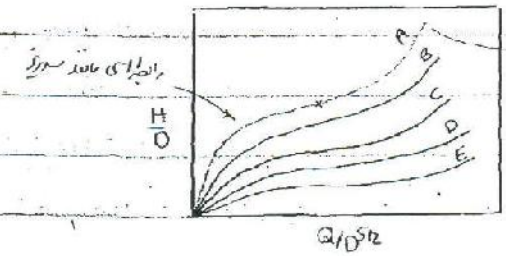
$H < 1.5D$

در این حالت کاملاً مانند سرریز عمل می‌کند ولی محاسبه دبی پیچیده‌تر است.

$$Q = KH^n$$

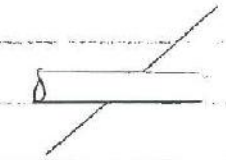
(مقادیر K و n ثابت نیست)

برای محاسبه دبی در حالت کنترل سالت می‌توان از نمودار توصیه شده در صفحه 308 استفاده نمود.



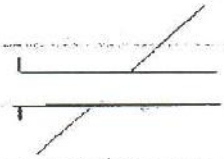
www.tnar.ir

← هرکدام از این سختی ها برای شرایط مختلف ورودی است. پنج نوع شرایط ورودی داریم:

(A) 

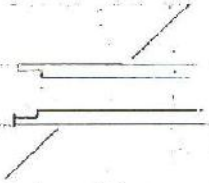
Thin Walled Projecting

$C = 0.5$

(B) 

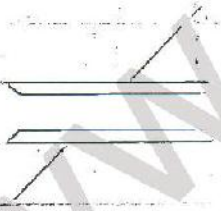
Flush (Square Lip)

$C = 0.6$

(C) 

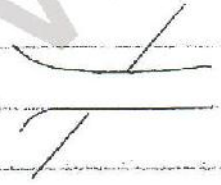
Socket End Concrete

$C = 0.7$

(D) 

Beveled Lip 45°

$C = 0.75$

(E) 

Streamlined

$C = 0.97$

← شکل ورودی اهمیت زیادی در کانورت دارد و از پارامترهای اصلی در طراحی است.

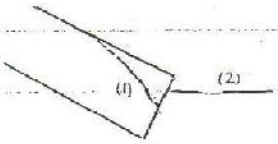
با توجه به شکل ورودی یکی از سختی ها را انتخاب کرده و با معلوم بودن $\frac{H}{D}$ و $\frac{Q}{D^{5/2}}$ را بدست می آوریم.

(برای $H<1.5D$ رابطه تجربی نداریم و باید از گراف استفاده کنیم)

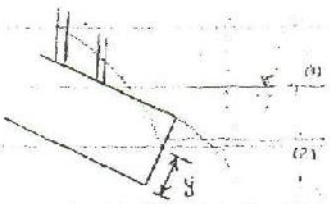
www.ttnar.ir

۲) در این حالت کل لوله به صورت پر عمل می‌کند یا بخشی از آن به صورت پر است.

⇐ طول، شیب و زبری لوله در دبی ورودی تأثیر دارد و حالت پیچیده‌تری است که به آن outlet control گفته می‌شود.



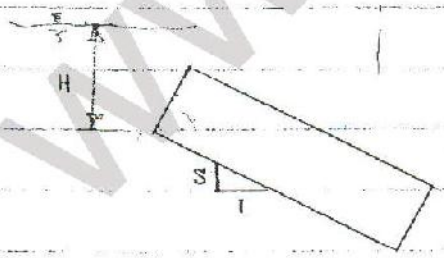
اگر قسمتی از لوله پر باشد، در این حالت یا عمق بحرانی داریم در خروجی و یا تراز سطح آب در پایین دست که از عمق بحرانی بیشتر است.



اگر لوله تا انتها کامل پر باشد:

- لوله در انتها کامل مستغرق ← عمق جریان تراز سطح آب در پایین دست است
- لوله در انتها غیر مستغرق ← عمق جریان در انتهاست که در سیستم‌های کنترل نشده گفته شد.

$$h = h_e + h_f + h_o = K_L \frac{V^2}{2g}$$



$$h = H + S \times L - y$$

مقدار فشار هیدرولیکی است که در پایان گفته شد

$$K_L = K_e + K_f + K_o$$

$$\frac{2gn^2L}{R^{4/3}} \qquad 1.0$$

$$\Rightarrow V = \sqrt{\frac{2g(H + S.L - y)}{K_e + \frac{2gn^2L}{R^{4/3}} + 1.0}}$$

(سرعت جریان)

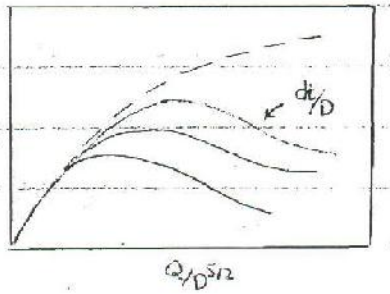
www.tnar.ir

$$K_e = \left(\frac{1}{C} - 1\right)^2 + 0.04$$

↑ ضریب انقباض مقطع

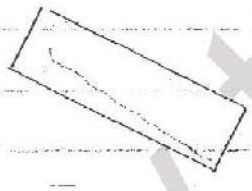
مقدار K_e را از جدول 3 صفحه 315 می‌توان بدست آورد.

برای محاسبه y معمولاً یک گراف در فصل 3 رسم می‌کنیم در اینجا مقدار y را از گراف 7 صفحه 316 بدست می‌آوریم.



در این نمودار در ابتدا فرض کردن عمقی کم است، جریان عمق از جریان آب فوق بحرانی زیاد است.

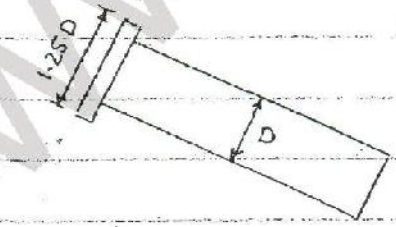
در نتیجه: $\frac{d_t}{D}$ $\frac{y}{D}$



در این حالت: $y = d_t$

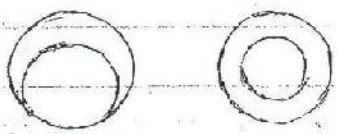
$\frac{1}{2} d_t$

این لوله پیشنهاد می‌کند که ورودی را به صورت تقسیم کنیم.



$$C = \frac{2}{3}$$

در مقطع صفحه 316 نحوه قرارگیری دو دریچه در کنار هم نشان داده شده است.



www.ttnar.ir

Culverts

کالورت ها در جایی نصب می‌شوند که خط انتقال راه وجود دارد. برای محاسبه دبی می‌توان از روابط تجربی استفاده نمود.

$$Q = CiA/360$$

سوال: چرا در فرمول بالا زمان بارش را در نظر گرفتیم؟

یک شدت بارندگی مشخص مانند 10 mm/hr دبی پیکی ایجاد می‌کند که در طراحی از آن استفاده می‌کنیم. اگر این بارندگی به مدت 2 ساعت، 7 ساعت بارد، دبی پیک یکسان ایجاد می‌کند فقط زمان عبور آن از کالورت افزایش می‌یابد.

⇐ مدت بدانیم بارندگی برای ما مهم نیست و ما از شدت بارندگی استفاده می‌کنیم.

مثال) در این پروژه یکی از کالورت استفاده شده است.

$Q = 2.3\ m^3/s$; $H = 1.5\ m$

اگر شرایط inlet control باشد، برای سیستم A و B کالورت را طراحی کنید.

ابتدا مقداری برای D فرض می‌کنیم:

فرض اولیه: $D = 1000\ mm$

$$\frac{H}{D} = 1.5 \xrightarrow{\text{گراف ص (a)}} \frac{Q}{D^{5/2}} = 1.7$$

$$\Rightarrow Q = 1.7\ m^3/s$$

چون دبی کالورتی با قطر 1m می‌دهد که بیشتر از دبی طراحی ما است.

⇐ باید قطر اولیه را کاهش دهیم.

www.tnar.ir

$D = 1200\ mm \rightarrow \frac{H}{D} = 1.25 \xrightarrow{\text{گراف A}} \frac{Q}{D^{5/2}} = 1.45$

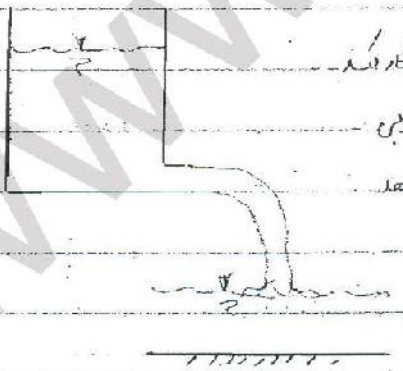
$\Rightarrow Q = 1.45\,(1.2)^{5/2} = 2.29\ m^3/s$

← چون دبی تقریباً برابر دبی طراحی است. در نتیجه این نظر برای سیستم A مناسب است.

← برای حل مسئله سؤال مهم این است که بفهمیم کدام یک inlet control است یا outlet control. برای مشخص شدن یک بار فرض کنیم کانورت inlet control است و دبی را بدست آوریم و یک بار هم فرض کنیم کانورت outlet control است و دبی را محاسبه کنیم. هرکدام که دبی کمتری از خود عبور دهد، شرایط حاکم بر سیستم می باشد. زیرا شرایط معمول inlet control دبی بیشتری از خود عبور نمی دهد.

← اگر سیستم پر کار نکند و سطح آب بالا نیاید، دبی outlet از inlet بیشتر است.

باید کاری کنیم که لوله را پر آب به صورت پر کار کند. در این صورت مکش ایجاد می شود و دبی بیشتری عبور می کند و اضافه هد زیادی می شود.

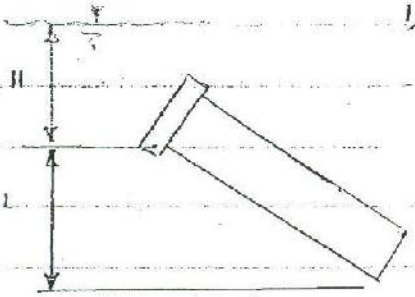


سطح آب را پایین می آوریم تا اضافه هد را داشته و مکش ایجاد شود.

← در این حالت دبی سیستم outlet بیش از inlet خواهد بود.

www.tnar.ir

اگر سیستم پمپاژ کار نکند و مالاب به دریاچه برگردد مدت مستغرق بماند لازم نیست دو حالت را کنترل کنیم و مستقیماً از رابطه زیر استفاده می‌کنیم:



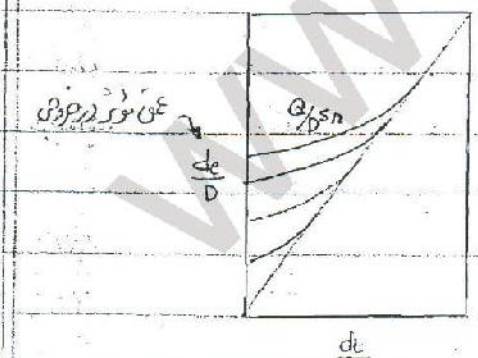
$$V = \sqrt{\frac{2g(H+8L-y)}{K_e + 2g\frac{nL}{R^{4/3}}+1}}$$

فقط نگران شرایط ورودی هستیم که K_e را در رابطه قرار داده‌ایم:

$$K_e = \left(\frac{1}{C}-1\right)^2 + 0.04$$

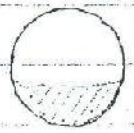
بعد از طراحی کالورت، باید سرعت را در خروجی کنترل کنیم و سیستم برای جلوگیری از فرسایش در پایین دست بسازیم.

سرعت در خروجی به عمق آب بستگی دارد. در صفحه 331 گرافی برای پیدا کردن عمق نرمال در خروجی داده شده است.



عمق جریان همیشه قبل از خروجی اتفاق می‌افتد. در 85٪ عمق خروجی از عمق جریان کمتر است.

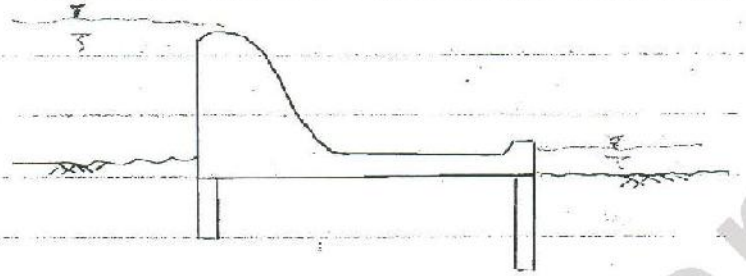
در جدول 7 صفحه 331 مقادیر $\frac{A}{D^2}$ داده شده است. با استفاده از d_c می‌توان سطح مقطع در خروجی را محاسبه نمود.



www.tnar.ir

▶ Assignment II

L seepage Flow

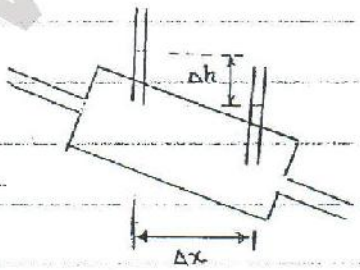


← در پروژه دوم به دنبال محاسبه فشار روزنه نیستیم.
روش های تقریبی در فصل پنجم (V) ذکر شده است. ولی در این پروژه برنامه‌ای داده می‌شود تا بتوان فشار را به صورت دقیق تری نسبت به روش های تقریبی بدست آورد.
در این پروژه: توزیع فشار در خط متخلل را هم می‌توان محاسبه نمود و می‌توان نیروی ناشی از تراوش در زیر سد را بدست آورد.
بعد از محاسبه زیر فشار با برنامه، جواب را با روش های تقریبی باید مقایسه کنیم.

$$v = -k\frac{\partial h}{\partial x}$$ ← قانون دارسی

v: سرعت در محیط متخلل

h: مقدار فشار داخل نیست بلکه فشار نیرو محرکه می باشد.



$$v = -k\frac{\Delta h}{\Delta x}$$

اگر Δx را در جهت افقی بگیریم، سرعتی را که در همین جهت است به ما می دهد.

www.tnar.ir

← یعنی اگر Δx را در جهت لوله در نظر بگیریم ... سرعت را در همان راستا به ما می دهد.

معادله حاکم بر جریان آب در خاک : $\frac{\partial}{\partial x}\left(k_x \frac{\partial h}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(k_y \frac{\partial h}{\partial y}\right) = 0$

(این معادله ترکیبی از معادله حرکت و پیوستگی است.)

$$u = -k_x \frac{\partial h}{\partial x} \quad ; \quad v = -k_y \frac{\partial h}{\partial y}$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0$$

اگر $k_x = k_y \Longrightarrow$ $\boxed{\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} = 0}$

Boundry Value Problem (B.V.P)

مسئله‌ای که صرفاً تابع شرایط مرزی است.

← این معادله بدون شرایط حاصل حل ریاضی می‌شود و نباید از حل عددی استفاده کنیم.

- برای حل مسئله دهانه پیوسته را به یک سری المان‌های گسسته تقسیم می‌کنیم.

Finite Difference

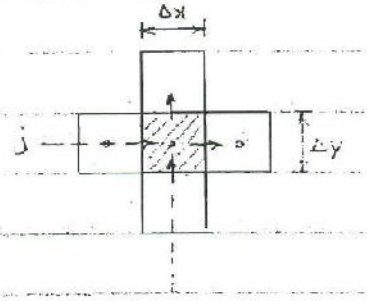
Finite Volume

Finite Element

- مبنای کار روش Finite Diff. استفاده از بسط تیلور است ... دقت این روش بستگی به مرتبه بسط دارد.
- در روش Finite Volume از روش ریاضی به کمک فیزیک می‌رویم و از بقای جرم و بقای انرژی استفاده می‌کنیم.

www.tnar.ir

استفاده از روش Finite Volume



$$u_{i-\frac{1}{2}j} = -K \frac{h_{ij} - h_{i-1j}}{\Delta x}$$

$$q_{i-\frac{1}{2}j} = -K \Delta y \frac{h_{ij} - h_{i-1j}}{\Delta x}$$

$$q_{i+\frac{1}{2}j} = -K \Delta y \frac{h_{i+1j} - h_{ij}}{\Delta x}$$

$$q_{ij-\frac{1}{2}} = -K \Delta x \frac{h_{ij} - h_{ij-1}}{\Delta y} \quad ; \quad q_{ij+\frac{1}{2}} = -K \Delta x \frac{h_{ij+1} - h_{ij}}{\Delta y}$$

رابطه بیلان جرم : $q_{i-\frac{1}{2}j} - q_{i+\frac{1}{2}j} + q_{ij-\frac{1}{2}} - q_{ij+\frac{1}{2}} = 0$

$$\rightarrow \quad a\, h_{ij} + b\, h_{i-1j} + c\, h_{i+1j} + d\, h_{ij-1} + e\, h_{ij+1} = F$$

$$b = +K \frac{\Delta y}{\Delta x} \quad , \quad c = +K \frac{\Delta y}{\Delta x} \quad , \quad d = K \frac{\Delta x}{\Delta y} \quad , \quad e = K \frac{\Delta x}{\Delta y}$$

$$a = -(b + c + d + e)$$

← برای هر نوع معادله‌ای می‌توانیم برحسب شاخص‌های پروفیل‌های هندسه و نوع‌های مجاور

← دراین مورد شاخص در همه جا یکسان نیست

← دراین روش خطا ایجاد نمی‌شود.

← با افزایش تعداد المان‌ها خطا کاهش می‌یابد. روش حجم در اینجا بخوبی مناسب ابعاد شبکه می‌باشد.

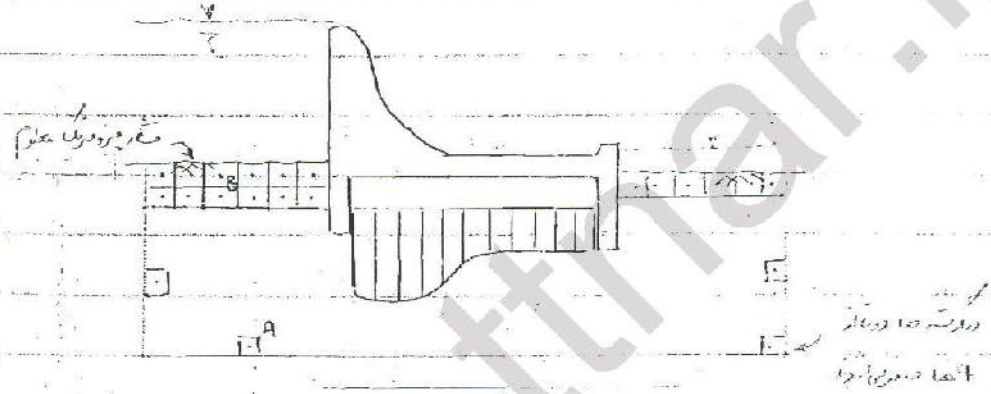
← برای حل معادلات این روش تکراری استفاده می‌کنیم. بدین منظور ابتدا برای همه گره‌ها معادلاتی را تدوین می‌کنیم

www.tnar.ir

در جلسه روش های عددی فضای پیوسته را به المان های گسسته تبدیل می کنیم و مجهولات را در مجهولات فضای گسسته بدست می آوریم.

در جلسه گره های بالادست و پایین دست مقدار h (ارتفاع پیزومتریک) مشخص است.

از المان های بعدی روش تکراری را شروع می کنیم.



پس از محاسبه فشار پیزومتریک باید بکوشیم که به مقدار فشار واقعی نزدیک شویم.

$$h = \frac{P}{\gamma} + z \quad \Rightarrow \quad P = \gamma(h - z)$$

فشار پیزومتریک که از حل مسئله بدست می آید

با وجود اینکه h نقطه A کمتر ← فشار در نقطه B > فشار در نقطه A

از B است تا z_A چقدر کمتر است.

حال باید گرادیان هیدرولیکی و شرایط حاد را بدست آوریم.

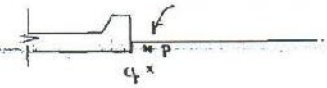
از بحث Piping کم است.

www.tiran.ir

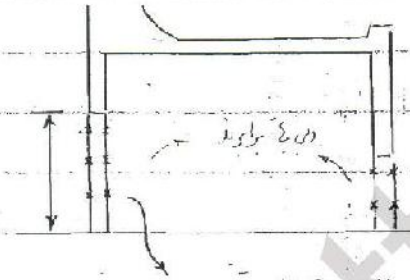
برای کنترل Piping برای دو نقطه انتهایی که در پایین دست سد که عمیق‌ترین است
گرادیان هیدرولیکی را محاسبه می‌کنیم.

$$i = -k \frac{h_p - h_q}{\Delta y}$$

دو نقطه دوایی ی سد



نکته دیگر که باید محاسبه کنیم ، دبی ها هستند



دبی در دو واحد آن زاده شده باید
واحد برابر با شده
در اول دبی محاسبات را انجام کنید

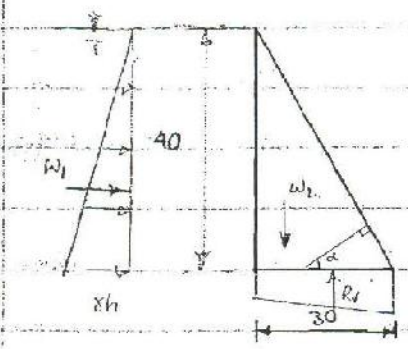
همانطور که Δy و i مقدار هستند

در این دو مقدار دبی را محاسبه کنید

www.tnar.ir

مثال مبحث سوم

۱) اگر مخزن کاملاً پر باشد تنش در کف و پاشنه را محاسبه کنید.



$\gamma_c = 25\ KN/m^3$

$\gamma_w = 9.81\ KN/m^3$

$W_1 = \frac{\gamma h^2}{2} = \frac{1}{2} \times 9.81 \times (40)^2 = 7848\ KN$

$W_2 = 30 \times 40 \times \frac{1}{2} \times 25 = 15000\ KN$

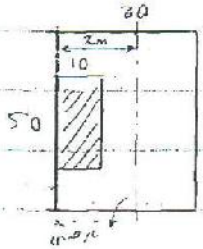
$R_v = W_2 = 15000\ KN$

$x \cdot R_v = W_1 \times \frac{40}{3} + W_2 \times \frac{30}{3} \rightarrow x = 16.976\ m$

$e = x - \frac{b}{2} = 16.976 - 15 = 1.976\ m$

$f = \frac{R_v}{b}\left(1 \pm \frac{6e}{b}\right) = \begin{cases} 697.6\ KN/m^2 \\ 302.4\ KN/m^2 \end{cases}$

ظرفیت باربری مجاز : $F' = \frac{f}{C_d^2 \alpha} = \frac{697.6}{0.64} = 1090\ KN/m^2$

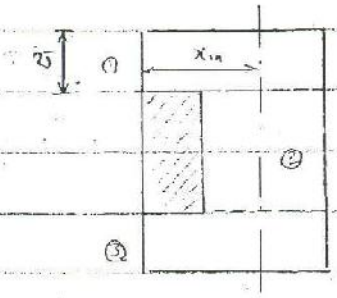


۲) اگر مقاومت خاک زیر پاشنه برای خود را از دست بدهد، عدد اکثر تنش جدید را محاسبه کنید.

www.ttnar.ir

$$f = \frac{Mc}{I} + \frac{P}{A} \qquad c \begin{matrix} +13 \\ -17 \end{matrix}$$

$$x_m = \frac{30 \times 100 \times 15 - 10 \times 50 \times 5}{30 \times 100 - 50 \times 10} = 17 \text{ m}$$



$$I_{1/3} = 2\left[25 \times 30^3/12 + 25 \times 30 \times 2^2\right]$$

$$= 118500 \text{ m}^4$$

$$I_2 = 50 \times 20^3/12 + 50 \times 20 \times 3^2 = 42333 \text{ m}^4$$

$$\rightarrow I = 160833$$

$$P = 15000 \times 100 \quad ; \quad A = 2500 \text{ m}^2$$

$$M = 1.376 \times 15000 \times 100 = 2961000$$

$$f = \begin{cases} 839.58 & \text{KN/m}^2 \\ 236.71 & \text{KN/m}^2 \end{cases}$$

۱۳- ترازناج سرریز $= 187$ m ، ترازآب درمخزن $= 191.5$ m ، طول تاج $= 70$ m ، ترازکف رودخانه $= 110$ m می‌باشد. ترازکف حوضچه آرامش را محاسبه کنید.
دبی طراحی را خالصه کنید.

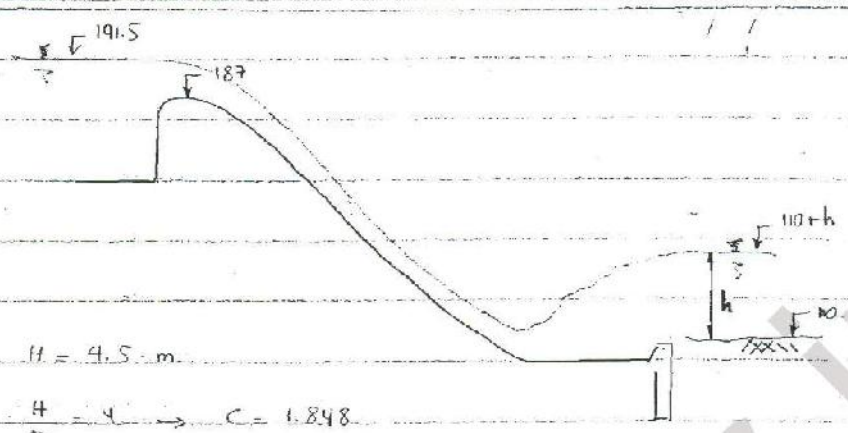
عرض رودخانه $= 250$ m

$S = 0.0005$

$n = 0.017$

$\Delta H = 7.5$ m

www.tnar.ir



$H = 4.5\ m$

$\frac{H}{P} = 4 \rightarrow C = 1.848$

$Q = C L H^{3/2} = 1.848 \times 70 \times (4.5)^{3/2} = 1234.86\ m^3/s$

$Q = \frac{A R^{2/3} S^{1/2}}{n} \Rightarrow 1234.86 = \frac{250\, h^{5/3} \times 0.0005^{1/2}}{0.013}$

$\Rightarrow h = 2.21\ m$

ارتفاع آب بالادست از کف آبشکن $= 105\ m$

$\Rightarrow E = 191.5 - 105 - 7.5 = 79\ m$

$d_1 = \frac{q}{\sqrt{2g(E-d_1)}} \rightarrow d_1 = 0.449\ m$

$V_1 = \frac{q}{d_1} = 39.29\ m/s \Rightarrow F = \frac{V}{\sqrt{gd}} = 18.72$

$d_2 = d_1 \left(\sqrt{8F_1^2+1} - 1\right)/2 = 11.66\ m$

$105 + 11.66 = 116.66\ m > 112.21\ m$

بنابراین دانه‌بندی انتخاب شده مناسب است.

www.ttnar.ir

VCJ

$\Delta = 116.66 - 112.21 = 4.45\ m$

اگر دبی را به اندازه Δ پایین بیاوریم و انرژی مخصوص ثابت باشد

درست است ولی چون اینطور نیست باید تراز را بیش از Δ پایین بریم.

تراز موجود (نقطه ۲) $= 100.3\ m$

$E = 101.5 - 100.3 - 1.5 = 83.7\ m$

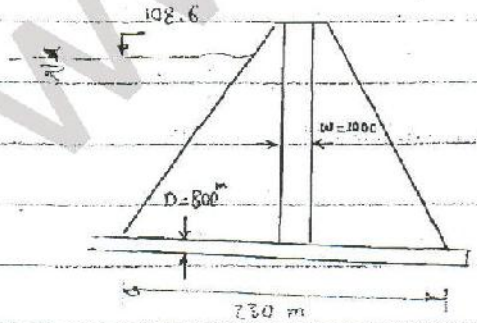
$d_1 = \frac{q}{\sqrt{2g(E-d_1)}} = 0.436\ m \rightarrow V_1 = 90.46\ m/s$

$F = \frac{V}{\sqrt{gd}} = 19.56 \rightarrow d_2 = 1.85\ m$

$100.3 + 1.85 = 112.15 \simeq 112.21\ m$

$\Rightarrow$ تراز موجود پرایمن $= 100.3\ m$

(۵)



$\frac{\omega}{D_b} = 1.25$

$\frac{h_{\omega}}{D} > 2$ $\rightarrow K_g = 0.12$

$K_e = 0.05$

$\frac{R_w}{D} = 1 \rightarrow K_b = 0.18$

$D = 0.015$

$R_b = 800\ m$ $\quad K_F = 19.6\ \frac{n^2 L}{R^{4/3}} = 8.667$

www.tnar.ir

اگر وضعیت ۱ ← $\frac{y}{D_0} = 0.8 \Rightarrow y = 0.64\ m$

$h = 108.6 - 88.1 - 0.64 = 19.86\ m$

$19.86 = (K_e + K_b + K_g + K_s + 1)\frac{V^2}{2g} = 10.019\frac{V^2}{2g}$

$\Rightarrow V = 6.24\ m/s \rightarrow F_r = 2.22$

$\rightarrow \frac{y}{D_0} = 0.5$

$y = 0.4\ m \rightarrow h = 20.1$

$20.1 = 10.017\frac{V^2}{2g} \rightarrow V = 6.27\ m/s$

$F_r = 2.24 \rightarrow \frac{y}{D_0} = 0.5$ ✓

$\rightarrow V = 6.29\ m/s$

$Q = V \cdot \frac{\pi D^2}{4} = 3.15\ m^3/s$

اگر وضعیت ۲ ← اگر سطح آب در فرض 1m بالا برود، زیر صد تغییری می‌کند

$h = 21.1\ m = 10.017\frac{V^2}{2g} \rightarrow V = 6.43\ m/s$

$F_r = 2.29 \rightarrow \frac{y}{D_0} = 0.5$ ✓ همچنان ۰.۵ است

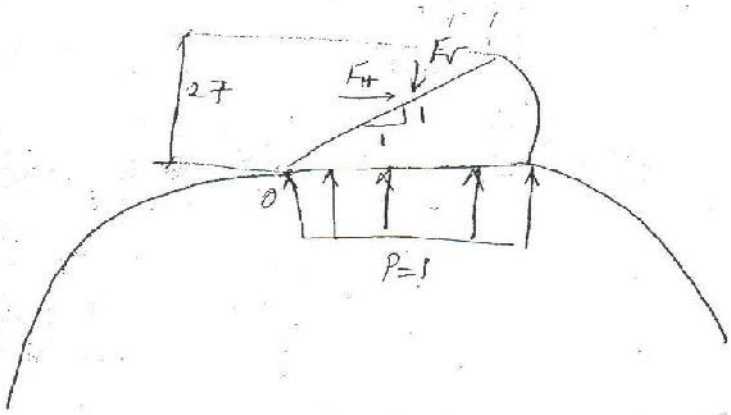
$\Rightarrow Q = 3.22\ m^3/s$

www.ttnar.ir

سوال ۷

فصل ۴

سوال ۴



$F_H = F_V = \frac{1}{2}\gamma_w (2,7)^2 = 35,75$ kN

$r = 2,7\sqrt{2} = 3,82$ m

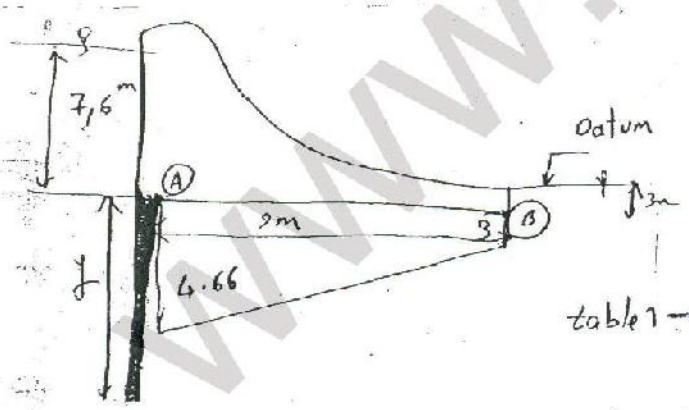
ΣM_O $\quad P \times \frac{3,82^2}{2} = F_H \times \frac{2,7}{3} + F_V \times \frac{2,7}{3}$

$P = 8,81$ kN $\Longrightarrow$ $\frac{P}{\gamma} = 0,9$m

* سوال ۲ و ۳ را حتماً حل کنید.

فصل ۴

سوال ۴



Fine gravel

No drain

table 7 $\rightarrow \frac{L}{h} = 4$m $\Rightarrow h = 7,6 - 3 = 4,6$m

$L = 18,4$m

طبق $L = 2y + 9 \times \frac{1}{3} = 18,4 \Leftrightarrow y = 7,7$m

طبق Light: $\frac{h_x}{h} = \frac{L - L_x}{L}$ $\quad L_B = 2 \times 7,7 + 9 = 24,4$m

www.tmar.ir

(22)

Job : 92
Date: 2/2/2008
Time: 8:23:28 AM

$$L_A = 2 \times 7.7 = 15.4$$

$$h_A = 4.6 \times \frac{(24.4 - 15.4)}{24.4} = 1.66$$

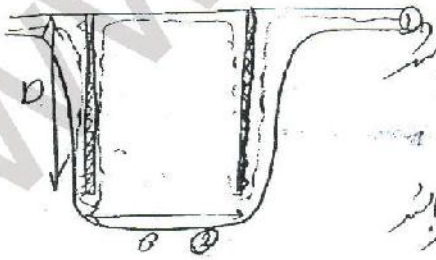
$$\frac{P_A}{\gamma} = h_A - Z_A = 1.66 - (-3)$$

$h_D \Rightarrow$

$$Z_A = Z_D = -3 \longrightarrow \frac{P_B}{\gamma} = 3m$$

$$U = 9 \times 9.81 \left(\frac{4.66 + 3}{2}\right) = 338 \ \frac{kN}{m}$$

سوال 2



حداقل فاصله‌ی آستانه‌ها باید بیشتر از باشد

$$B > \frac{6}{5} D$$

برای آن که از مسیر ① عبور کند از مسیر ② کوتاه‌تر باشد

② مسیر $\Rightarrow 2D + 2B_1$ ← خاکریز عبور کرده

مسیر ② کوتاه‌تر باشد ✓

① مسیر $\Rightarrow 4D + \frac{1}{3} B_1 \longrightarrow B > \frac{6}{5} D$

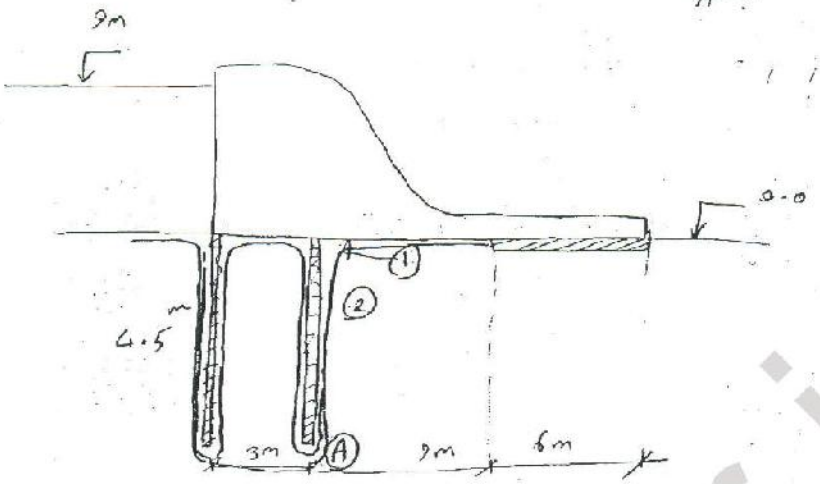
خاکریز عبور کرده

www.ttnar.ir

(23)

سوال 4

$h_A = ?$



$B = 3m < \frac{b}{5} D = \frac{1}{5} \times 4.5 \Rightarrow$ مقطع از سر ① خواهد بود

$L_1 = 2 \times 4.5 + 2 \times 3 + \frac{1}{3} \times 9 = 18$

$L_2 = 4 \times 4.5 + \frac{1}{3} \times 3 + \frac{1}{3} \times 9 = 22$

$22 > 18 \Rightarrow$ سر ① بحرانی

$L_A = 4.5 + 2 \times 3 = 10.5$

$L = 18m$

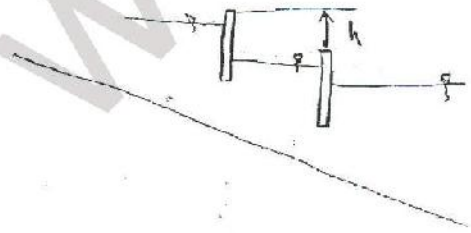
$h_A = \frac{L - L_A}{L} \times h = \frac{18 - 10.5}{18} = 3,75m$

$h_A = \frac{P_A}{\gamma} + Z_A$

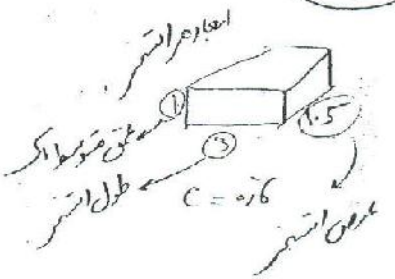
$Z_A = -4.5$

$\longrightarrow \frac{P_A}{\gamma} = 8,25 m$

سوال 7



(a)



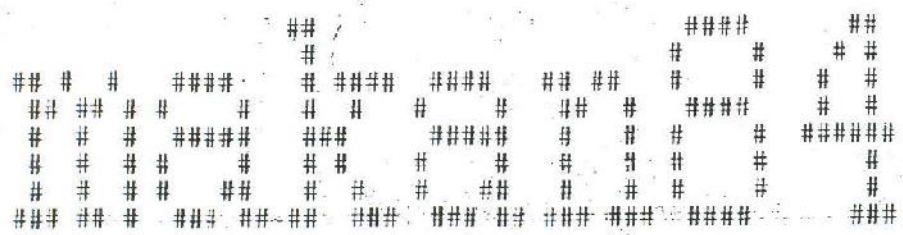
$V = 1 \times 3 \times 1,5 = 4,5 m^3$

$A' = 1 \times 1,5 = 1,5 m^2$ مساحت قائم استر

$Q = V A' = 0,3 A' = 0,45 m^3/s$

www.ftnar.ir

(24)



Job : 179
Date: 4/20/2008
Time: 3:07:33 PM

$Q = CA\sqrt{2gh} = 0.145 \Rightarrow A_{orifice} = 0.31\ m^2$

طبق آیین نامه $h = 0.3$

(b) حجم حوضچه برای ۱۵ ماهی $= 0.03\ m^3/fish$ سرعت عبور ماهی $= 3\ m/hr$

تعداد ماهی در هر حوضچه $= \frac{V}{A} = \frac{4.5}{0.09} = 50$

زمان توقف ماهی $= \frac{0.3}{3} = 0.1\ hr$

نرخ مهاجرت $= \frac{50}{0.1} = 500\ fish/hr$ < سرعت عبور ماهی

سؤال ما هی صد در صد اقتصادی (معدن علاقه‌ی استاد)

www.ttnar.ir

(25)

b جواب

سوال اول

$Q = 28 \ m^3/s$

Sandy soil

$S = 0.001$

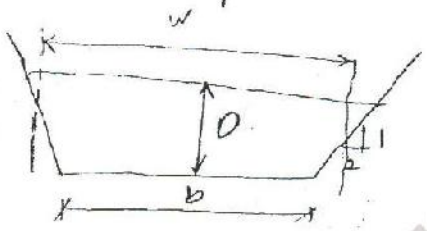
$\Delta x = ?$

drop (افت) در $1.5 \ m$

$h = 0.2$

slope $= 2:1$

$p.184 \Rightarrow \begin{cases} w = 4\sqrt{Q} = 21.2 \ m \\ D = 0.16 Q^{1/3} = 1.82 \ m \end{cases}$



$A = w.D = 38.5 \ m^2$

$b = w - 2D = 17.5 \ m$

$P = b + 2D\sqrt{1+Z^2} = 25.7 \ m$

$R = \frac{A}{P} = 1.5 \ m$

$V = \frac{Q}{A} = 0.727 \ m/s$

$S = \frac{n^2 V^2}{R^{4/3}} = 0.000123$

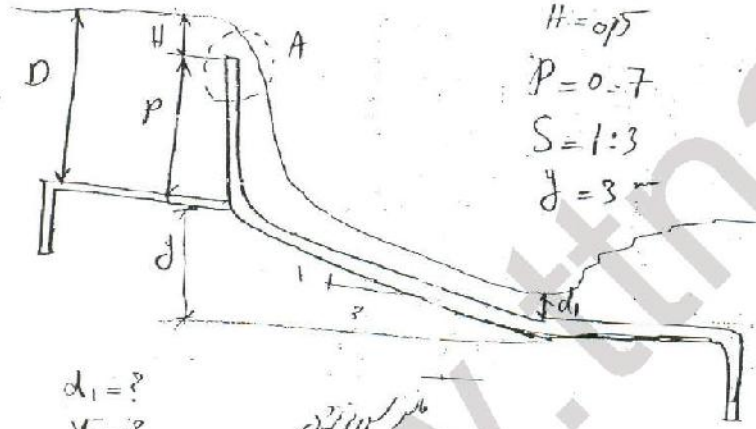
$\Delta S = 0.001 - 0.000123 = 0.000877$

$\Delta x = \frac{\Delta h}{\Delta S} = \frac{1.5}{\Delta S} = 171 \ m$

www.ttnar.ir

Job : 162
Date: 4/20/2008
Time: 3:02:46 PM

مسألة نمبر ۴



$H = 0.5$
$P = 0.7$
$S = 1:3$
$g = 3$ m

$d_1 = ?$
$v_1 = ?$

ماهر سرریز شود

$$\frac{H}{P} = 0.71 \xrightarrow{P.67} C = 2.1565$$

$$q = CH^{1.5} = 0.761 \ m^3/s/m$$

$$E_1 = H + P + \frac{V^2}{2g} = 4.2$$

$\longrightarrow E_1 = 3.25$ m
$P.V4$

سوال: چرا در سرریز مشوت اول از نظر می گیریم و حالی کند، drop E و E' داریم داخل را در نظر می گیریم؟
بدان دلیل که در قسمت A شکل داده شده در شکل در سرریز مشوت curve داشتیم داخل را کم می کرد
و حالی کند در این جا نداریم.

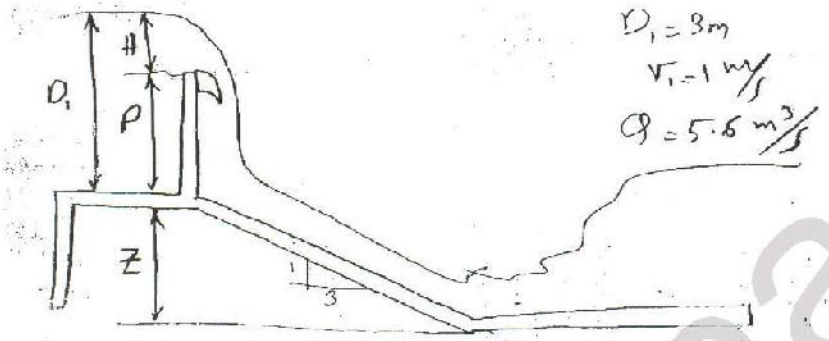
www.tmar.ir

(2*)

$$\left.\begin{aligned} \epsilon_1 &= d_1 + \frac{V_1^2}{2g} \\ q &= V_1 d_1 \end{aligned}\right\} \longrightarrow d_1 = \frac{q}{\sqrt{(\epsilon_1 - d_1)2g}}$$

$d_1 = 0.87\ m$

$V_1 = 7.8\ m/s$



$D_1 = 3m$

$V_1 = 1\ m/s$

$Q = 5.6\ m^3/s$

مسأله بعدی

ضرایب دبی سرریز $C = 1.837$

خواسته‌ها: $P = ?$

$$\left.\begin{aligned} w - 2.3\sqrt{Q} &= 17.21\ m \\ Q &= C(w-2y)H^{1.5} \\ y &= \sqrt{0.0008\,wH} \end{aligned}\right\} \Longrightarrow H = 1.48\ m$$

$$P + H - D_1 + \frac{V_1^2}{2g} \longrightarrow P = 1.57\ m$$

$Z = 6m$

$E_1 = ?$

$E_1' = P + H + Z = 9.05\ m$

$q = \frac{Q}{w-2y} = 3.31\ m^3/s/m$

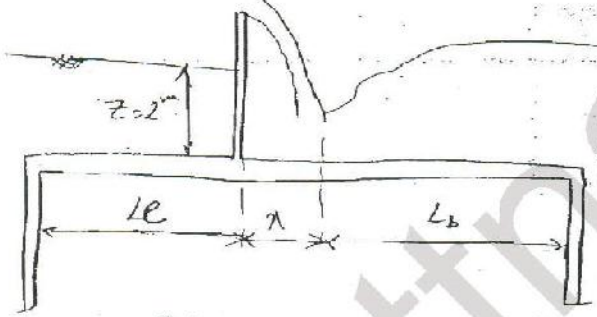
P194 (↔)

Fig 5

$E = 7.8\ m$

www.ttnar.ir

Job : 34
Date: 2/3/2008
Time: 7:44:32 AM



$Q = 30\ m^3/s \qquad V_1 = 1 m/s$

$D_1 = 2.4 m$

$w = 2.3\sqrt{Q} = 13.6 m$

$Q = C(w - 2y)x H^{1.5} \rightarrow H = 1.4 m$

$D_1 + \frac{V_1^2}{2} = P + H \rightarrow P = 1.31 m$

$\frac{H}{P+Z} = 0.134 \xrightarrow{P\ 198} \frac{x}{E_1'} = 0.1772$

$\frac{E_1}{E_1'} = 0.1772$

$E_1' = H + Z + P = 4.45$

$E_1 = x = 3.44 m$

www.ttnar.ir

(4) $E_1 = \frac{V_1}{2g} + d_1$

$q = \frac{Q}{w-2g} = 2.24 = V_1 d_1$

$d_1 = 0,128\ m$

$V_1 = 7,75\ m/s$

$d_2 = \frac{d_1}{2}\left(\sqrt{1+8F_1^2} + 1\right) = 1,174\ m$

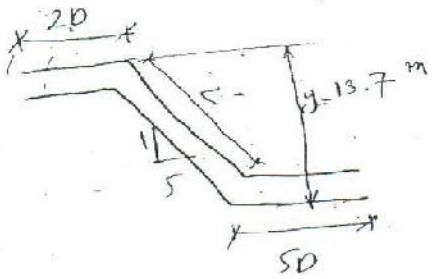
$L_b = 3d_2 = 5,22\ m$

$L_e = 2H = 2,128\ m$

$L = L_b + L_e + x = 10,94\ m$

www.ttnar.ir

سوال ۶



$D = 1.5\ m$

$Q = 3.54\ m^3/s$

$S_0 = 0.2\ \%$

$n = 0.012$

numbers of orifice?

$L' = y\sqrt{1+5^2} = 69.85\ m$

$L = 70 + 69.85 = 80.35$

$h_f = \left(0.5 + \frac{2g n^2 L}{R^{4/3}} + 1\right)\frac{V^2}{2g} = 0.47$

$R = \frac{D}{4} = 0.375$

ارتفاع آب در اوریفیس‌ها با این اختلاف کاهش $= 13.7 - 0.47 = 13.23\ m$

فاصله اوریفیس‌ها $= 2D = 3\ m \Rightarrow$ تعداد اوریفیس $= \frac{L'}{3} \approx 20$ عدد

در استوری کتاب و نکته اوریفیس ۲۰۶ مدت آورده.

$\frac{\Delta h}{20} = 0.685 = h_{orf}$

$h = \frac{(V_J - V_A)^2}{2g}$

$V_A = \frac{Q}{A_P} = 2\ m/s$

$V_J = 5.67\ m/s$

www.ttnar.ir

$\frac{A_o}{A_p}$ ... $A_o = \frac{A_D}{C_c} = 0.84$

$\Rightarrow \frac{A_o}{A_p} = 0.47 \Rightarrow$ ...

$C_c = 0.69 \rightarrow A_o = 0.89 \rightarrow \frac{A_o}{A_D} = 0.5$ ...

$A_o = 0.89 \rightarrow D_o = \boxed{1.06\ m}$

... $\frac{\Delta h}{g} = 1.47$

$V_g = 7.37\ m/s$

$A_o = 0.72\ m^2$

$D_o = 0.96$

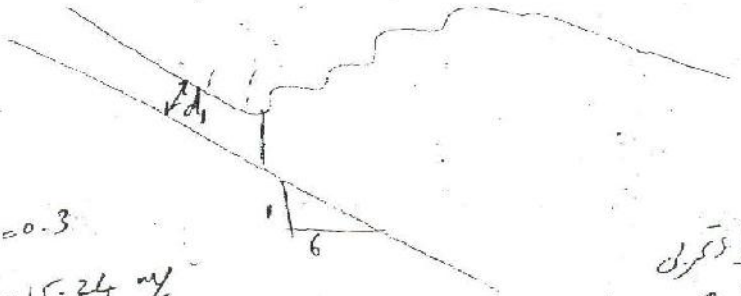
نکته اضافی:

* در اتصال تا حد امکان ...

www.tiaar.ir

Job : 177
Date: 4/20/2008
Time: 3:06:30 PM

سوال ۱۵



$d_1 = 0.3$

$V_1 = 15.24 \ m/s$

$H_w = ?$

$P_{max} = ?$

رابطه دیکرن

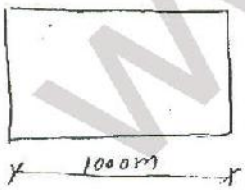
$$\left(H_w = (1.05 + \frac{1}{6}) d_2\right)$$

* گاهی اوقات نرخ عوارک در کلاورت تر باشد ← جای اینا رو جوری میچینن اگر این حالت شروت بارانده‌ی اصلی کمتر طول پرش کمتری میشود و دیگر نیازی نیست

سوال ۱۵ در کلاس نیز داده شده است و حل شده است

فصل 7:

problem 1



Slop = 1:3

$d = 3m$

$V = 100 \ km/hr$

$d_m = ?$

$$d_m = \frac{3.77 \, h_w}{\sin(70 - \alpha)}$$

$$\alpha = \arctan(\frac{1}{3}) = 18.43^\circ$$

$$\frac{gF}{V^2} = \frac{9.81 \times 1000}{(100 \times 10/36)} = 12.71$$

$$\frac{gD}{V^2} = 0.038$$

Fig 1 ⟹ $\frac{g h_w}{V^2} = 0.008$

$h_w = 0.63m \Rightarrow d_m = 303 \ mm$

www.tnar.ir

نکته: در تمام این فصل در تمام روابط فرض بر این است که $S_g = 2.65$ باشد

در صورتی که این گونه نباشد باید d_m را با رابطه زیر اصلاح کرد:

$$d_m' = d_m \times \frac{1.65}{S_g - 1} \times \sqrt[3]{\frac{S_g}{2.65}}$$

در کتاب که ما هر S_g این مقدار تقریباً اون باشد و از آن می‌توان صرف نظر کرد = ۱

www.ttnar.ir

Job : 167
Date: 4/20/2008
Time: 3:03:59 PM

سوال 2

$Q = 2800\ m^3/s$

$B = 400\ m$

$d = 3$

$S_0 = 1:4$

d_m

straight: مستقیم

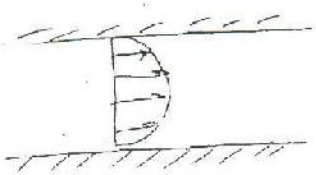
bend: خم

$$d_m = \frac{20.17\,V^2}{\sin(70-\alpha)}$$

$$\alpha = \text{Arctan}\left(\frac{1}{4}\right) = 14^\circ$$

$$A = 400 \times 3 = 1200\ m^2$$

$$\bar{V} = \frac{Q}{A} = 2.33\ m/s$$



مستقیم $V = \frac{2}{3}\bar{V}$

خم $V = \frac{4}{3}\bar{V}$

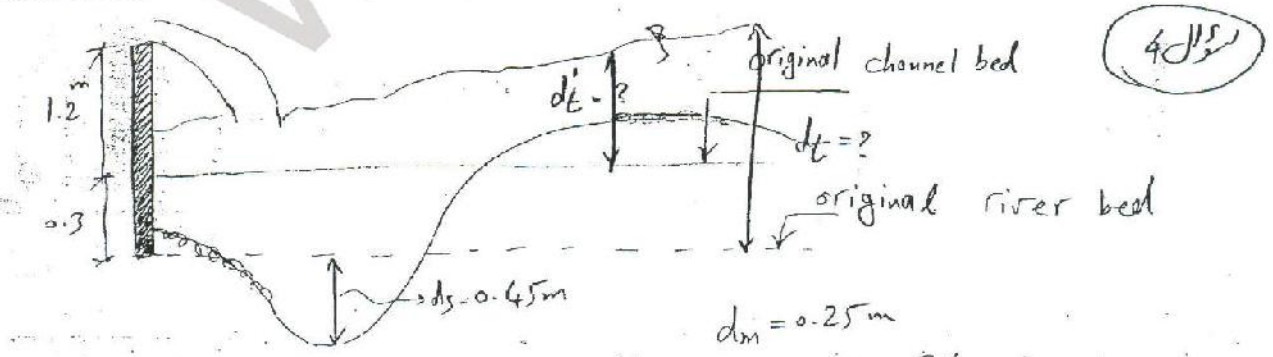
$V = \bar{V}$

$V = 2\bar{V}$

مستقیم $V = \frac{2}{3} \times 2.33 \rightarrow d_m = 60\ mm$

خم $V = \frac{4}{3}\bar{V} \rightarrow d_m = 234\ mm$

سوال 4



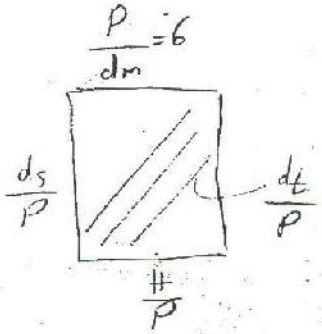
$d_m = 0.25\ m$

$q = 0.89\ m^2/s$

www.ttnar.ir

$P = 1.2 + 0.3 = 1.5\ m$

$H = \left(\frac{q}{C}\right)^{2/3} = \left(\frac{0.88}{1.84}\right)^{2/3} = 0.61\ m$ (اصلاحی)



$p\ 224 \Rightarrow \frac{P}{dm} = 6 \quad \frac{ds}{P} = 0.3$

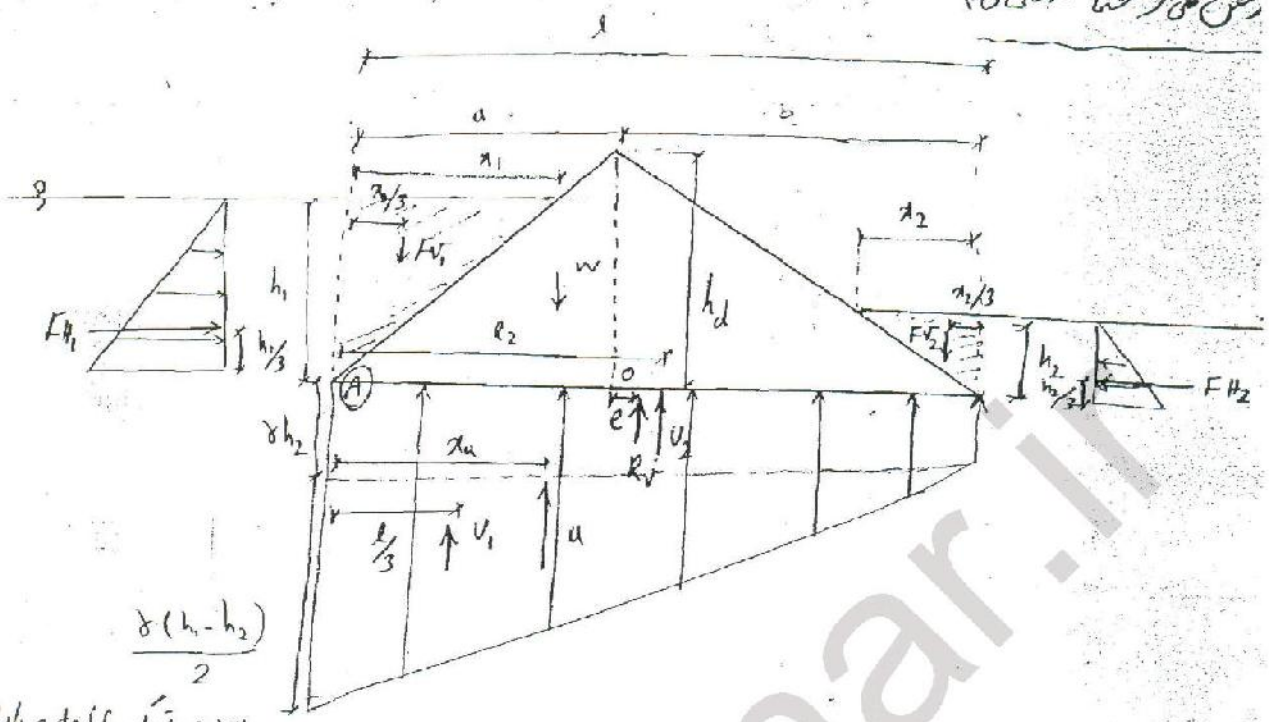
$\frac{H}{P} = 0.41$

$\frac{dt}{P} = 0.63 \rightarrow dt = 0.94\ m$

$d't = dt - 0.3 = \boxed{0.64m}$

www.ttnar.ir

Time : 2:46:07 PM
Date : 4/20/2008
Job : 132



* در صورتی که cut off داشته باشیم ارتفاع δ که در جداول موجود است صفر در نظر گرفته می‌شود (استاد گفتند)

$$R_V = W + FV_1 + FV_2 - u$$

$$u = \gamma\left[h_2 + \frac{\delta(h_1-h_2)}{2}\right]l$$

$$x_u = \frac{U_1 x_{U_1} + U_2 x_{U_2}}{u} = \frac{b(3h_2+\delta(h_1-h_2))}{3(2h_2+\delta(h_1-h_2))}$$

$$FH_1 = \frac{\gamma_w h_1^2}{2} \qquad FH_2 = \frac{\gamma_w h_2^2}{2}$$

$$FV_1 = \frac{\gamma_w x_1 h_1}{2} \qquad FV_2 = \frac{\gamma_w x_2 h_2}{2} \qquad W = \frac{\gamma_c L h_d}{2}$$

$$\Sigma M_A = 0 \Rightarrow R_V\left(\frac{l}{2}+e\right) = FH_1 x_{H_1} + FV_1 x_{V_1} + W x_W - FH_2 x_{H_2} + FV_2 x_{V_2} - u x_u$$

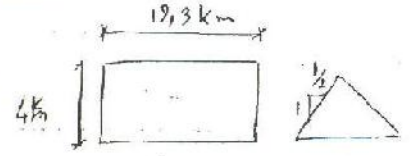
$$\Rightarrow e = \checkmark$$

در صورتی که فرض (راست یا چپ O) منفی شد یعنی عوارض گرفتیم و آن طرف (راست یا چپ O) لوله است.

www.ttnar.ir

(2)

Job : 118
Date: 2/19/2008
Time: 9:43:58 AM



سوال نمره فصل اول

F.B = ?

$V = 80 \frac{km}{hr}$

$D = 9m$

صنعت کاه برای اطمینان

$FB = R + S + E$

$\Rightarrow FB = 3,38 + 0,21 + 0,15 = 4,1 m$

$$S = \frac{FV^2}{63000D} = \frac{19,8 \times 80^2}{63000 \times 9} = 0,21^m$$

$$h_w = 0,00513 \times V^{1,6} \times Fe^{0,47}$$

$Fe = K \times F$ $\quad \frac{\text{عرض مزرعه}}{\text{طول مزرعه}} = \frac{4}{19,3} = 0,21 \Rightarrow$ table 3 p.16 $\Rightarrow K = 0,408$

$\Rightarrow Fe = 19,3 \times 0,408 = 7,87 km$

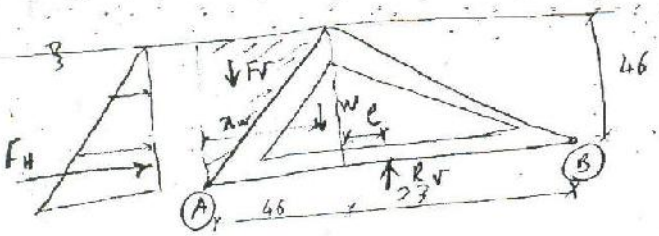
$\Rightarrow h_w = 0,00513 \times 80^{1,6} \times 7,87^{0,47} = 1,41^m \Rightarrow \frac{h_w}{l_0} = 0,5$

$L_0 = 0,187 V^{0,88} \times Fe^{0,56} = 28,15^m$

$\frac{2}{3} 1 \times \frac{1}{2}$, $\frac{h_w}{l_0} = 0,5$ $\Big\}$ Fig 16 $\longrightarrow \frac{R}{h_w} = 2,4 \Leftrightarrow R = 3,38^m$

www.tmar.ir

سوال سوم فصل اول



$$\gamma_{\text{بتن}} = \frac{1}{4}\gamma_C$$

$$F_H = F_V = \frac{\gamma_w \times 46 \times 46}{2} = 10379 \ \frac{kN}{m}$$

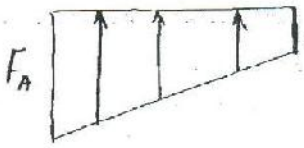
$$W = \frac{1}{4}\gamma_C (46+23)\frac{46}{2} = 9363{,}3 \ \frac{kN}{m}$$

$$R_V = W + F_V = 19742{,}2$$

$$\text{محل } x_w = \frac{46+46+23}{3} = 38{,}33 \ m$$

$$\curvearrowleft \Sigma M_A = 0 \Rightarrow W \times 38{,}33 + F_V \frac{46}{3} + F_H \frac{46}{3} = R_V\left(\frac{46+23}{2} + e\right)$$

$$\Rightarrow e = -0{,}12 \Rightarrow \text{سمت چپ } e$$

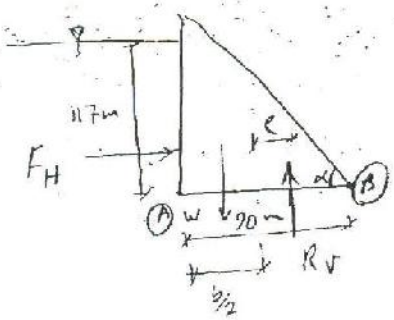


$$f = \frac{R_V}{b}\left(1 \pm \frac{6e}{b}\right) = \frac{19742{,}2}{69}\left(1 \pm \frac{6 \times 0{,}12}{69}\right)$$

$$\rightarrow F_A = 291 \ \frac{kN}{m^2}$$

$$\rightarrow F_B = 281{,}1 \ "$$

www.tnar.ir



دیوار گرانشی نشان داده شده در شکل مفروض است که وزن مخصوص آن $\gamma = 24 \frac{kN}{m^3}$ می‌باشد.

$W = 127440 \frac{kN}{m}$

$F_H = 67144.5 \frac{kN}{m}$

$R_V = W$

$\circlearrowleft \sum M_A = 0$

$\Rightarrow R_V\left(\frac{b}{2} + e\right) = W \times \frac{b}{3} - F_W \times \frac{11.7}{3}$

$e = 15.54$

$f_{toe} = f_B = \frac{R_V}{b}\left(1 + \frac{6e}{b}\right) = 1938.9 \frac{kN}{m^2}$

$f_{max} = \frac{f_{toe}}{\cos^2\alpha}$ $\quad \cos\alpha = 0.8$

$\Rightarrow f_{max} = 3031 \frac{kN}{m^2}$

ب) حداقل ضریب اصطکاک موجود برای پایداری

$R_H \leq (f R_V + c' A) / S_f$

ضریب اطمینان

نیروی چسبندگی بین خاک و دیوار صفر است.

نیروی چسبندگی بین خاک و پی

بدون ضریب اطمینان $S_f = 1$ $\Rightarrow R_H \leq f R_V$

با ضریب اطمینان $S_f = 4.5$

$R_H = f_H$

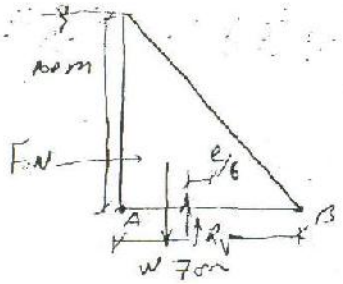
$R_V = W$

$\Rightarrow f \geq 0.527$

www.ttnar.ir

Pg: 9
Te: 2/18/2008
Me: 1:02:02 PM

سوال سوم فصل اول



a) $f_A, f_B = ?$

no uplift & Na tailwater

$$F_W = \frac{9,81 \times 100^2}{2} = 49050 \quad \frac{kN}{m}$$

$$W = \frac{100 \times 70}{2} \gamma_C = 82600 \quad \frac{kN}{m}$$

$$R_V = W$$

$$\sum M_A = W \times \frac{70}{3} + F_W \times \frac{100}{3} = R_V\left(\frac{b}{2} - e\right) \Rightarrow e = 8,16\ m$$

$$f_A, f_B = \frac{R_V}{b}\left(1 \pm \frac{6e}{b}\right) \longrightarrow f_B = 2001 \quad \frac{kN}{m^2}$$

$$f_A = 354 \quad \frac{kN}{m^2}$$

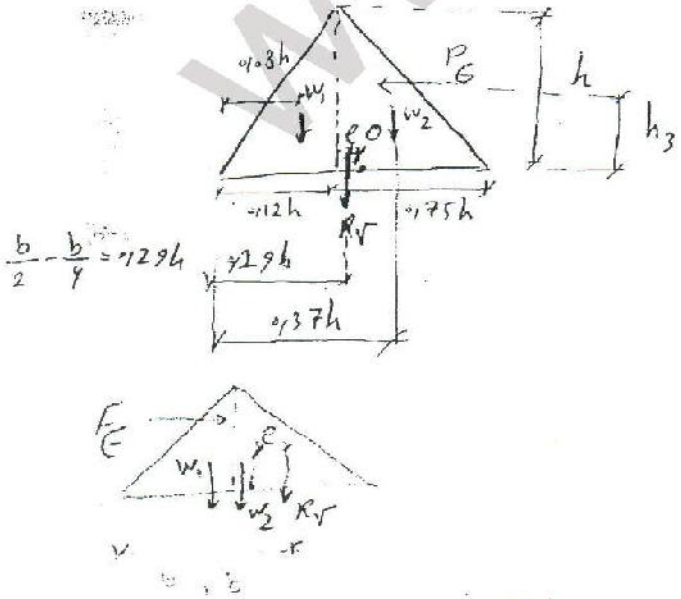
b) در صورتی که uplift وجود داشته باشد $f_{A,B} = ?$ $\delta = 0,6$ است. (زهکشی وجود ندارد)

$$U_A = \gamma_w h_2 + \delta \gamma_w (\quad - h_2) = 0,6 \times 9,81 \times 100 = 588,6$$

$$U_B = \gamma_w h_2 = 0$$

$$f_B = 354 - 588,6 = -234,6 \quad \frac{kN}{m^2}$$

سوال دوم فصل اول



$$W_1 = \frac{0,12}{2} \gamma_C h^2 = 0,06\, \gamma_C h^2$$

$$W_2 = 0,375\, \gamma_C h^2$$

$$R_V = W_1 + W_2 = 0,435\, \gamma_C h^2$$

$$P_E = \alpha W = \alpha (W_1 + W_2)$$

$$M_W = W_1 \times 0,38h + W_2 \times 0,37h$$

$$M_{PE} = P_E \times \frac{h}{3} = 0,145\, \gamma_C h^3 \alpha$$

$$M_W - M_E = R_V\left(\frac{b}{2} - \frac{b}{4}\right) \Rightarrow \boxed{\alpha = 0,12}$$

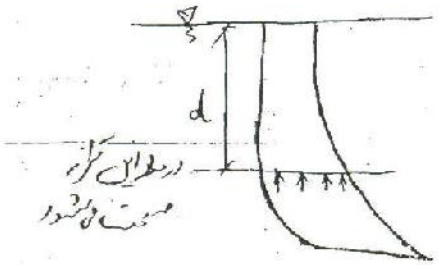
www.ttnar.ir

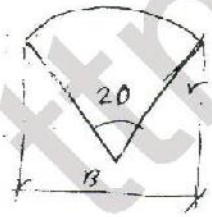
Job : 95
Date : 2/4/2008
Time : 11:05:10 AM

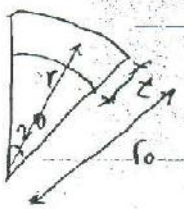
$$M_w + M_E = R_V\left(\frac{b_2}{2} + \frac{b}{6}\right) \Rightarrow \boxed{\alpha = 0{,}75}$$

* طراح برای α کمتر از این مقدار را کنترل کرده است ← $\boxed{\alpha = 0{,}12}$

سوال 13 فصل اول







$B = 80m$

$r_0 = 55m$

$d = 50m$

$t = ?$

$f_{مجاز} = 5500\ kpa$

$f_{زمین} = 700 kpa$

$$\sin\theta = \frac{B}{2r_0} \Rightarrow \theta = 54{,}9^\circ \simeq 55^\circ$$

$$f_{max} = k\frac{pr_0}{t}$$

حول پسند قوس بستگی از انتهای انتشار تنش عمودی از (k) می‌باشد

$\frac{pr_0}{t}$ می‌باشد

$$p = \gamma_w d = 9{,}81 \times 30 = 294{,}3\ kpa$$

$$f_{max} + f_t = f_{مجاز}$$

$$\frac{kpr_0}{t} = 5500 - 700 = 4800\ kpa$$

$$k = 0{,}297 \Rightarrow \text{از جدول} \begin{cases} K = 2 \\ 2\theta = 110 \end{cases} \Rightarrow \frac{r}{t} = 7$$

با توجه به عمق از کتاب

www.tfnar.ir

$\frac{r_0}{t} = \frac{r}{t} + \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{r_0}{t} = 7,5 \Rightarrow t = 7,33$

$\Rightarrow \frac{k}{t} = 1297 \Rightarrow t = 6,93$

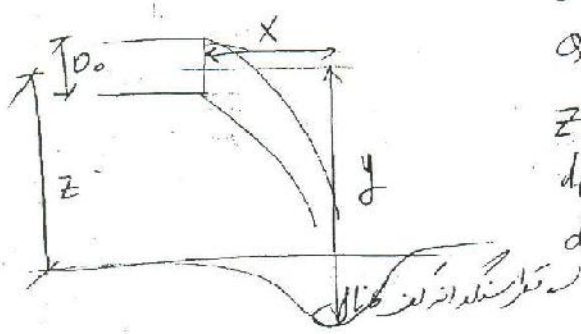
2 راه

$k = 1,9 \Rightarrow \frac{k}{t} = 1297 \Rightarrow t = 6,4m$

یا $\Rightarrow \frac{r}{t} = 8,1 \Rightarrow \frac{r_0}{t} = 8,6 \Rightarrow t = 6,4$

www.ttnar.ir

سوال 5



$D_o = 800\ mm$

$Q = 1.43\ m^3/s$

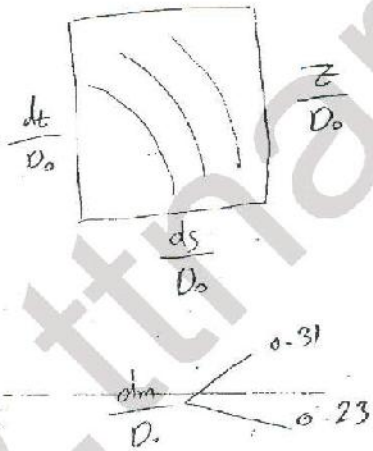
$Z = 1.6\ m$

$d_t = 0.64\ m$

$d_m = 180\ mm$

$X, y = ?$

p 263 $\Rightarrow$ $\frac{Q}{D_o^{5/2}} = 2.5$



$\frac{d_t}{D_o} = 0.8$

$\frac{d_m}{D_o} = 0.225$

$\frac{Z}{D_o} = 2$

با کمک ⇓

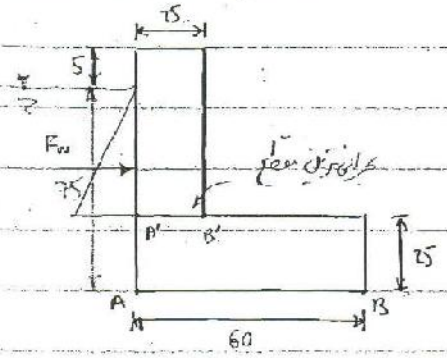
$\frac{d_s}{D_o} = 1.15 \Rightarrow d_s = 0.92\ m$

$y = Z + d_s = 0.92 + 1.6 = 2.52\ m$

p 236 $\Rightarrow$ $\frac{y}{D_o} = 3.15 \Rightarrow \frac{X}{D_o} = 3.25 \Rightarrow X = 2.6\ m$

Fig 11

www.ttnar.ir



$$f = \frac{R_v}{b}\left(1 + \frac{6e}{b}\right)$$

$$\begin{cases} f_A = 1009.1 \ KN/m^2 \\ f_B = 1341.7 \ KN/m^2 \end{cases}$$

$$W = 55 \times 25 \times 2500 g = 33.72 \ MN$$

$$x = 12.5 \ m$$

$$F_w = \frac{1}{2}(50)^2 \times 1000 \times g = 12.26 \ MN$$

$$y = 16.67 \ m$$

$$\bar{x} = \frac{F_w y + W x}{W} = 18.56 \ m$$

$$\Rightarrow e = \frac{25}{2} + 18.56 - 6.06 \ m > \frac{25}{6}$$

$$f = \frac{R_v}{b}\left(1 \pm \frac{6e}{b}\right) \rightarrow \begin{cases} f_{A'} = 3310.9 \ KN/m^2 \\ f_{B'} = -614.7 \ KN/m^2 \end{cases}$$

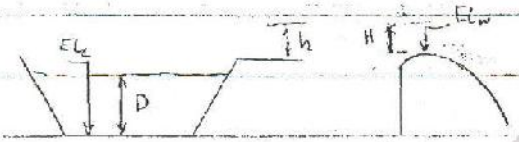
www.ttnar.ir

پایانترم ۸۶ - ۱۳ در سرشاخه‌های سنی $100-800\ m^3/s$ است. می‌خواهیم نیروگاهی بسازیم که آب مورد نیاز شبکه‌ی آبیاری را در فاصله‌ی 25 کیلومتری تأمین کند.

آب مورد نیاز شبکه‌ی آبیاری $= 5.5\ m^3/s$

طول سرریز نیروگاه $90\ m$ و تراز تاج آن $1070.6\ m$ است. ضریب دبی سرریز برابر 2.0 می‌باشد.

تراز کف کانال پس از آبگیر را بدست آورید.



حدود ۱۰ دقیقه

(الف) $EL_w = EL_c + D + h - H$

$Q_{min} = 100 = CLH^{3/2} \longrightarrow H = 0.676\ m$

$h = 0.3\ m \quad ; \quad Q = CA\sqrt{gh'}$

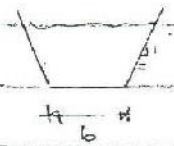
عرض پایین $W = 3\sqrt{Q^{5.5}} = 7.036\ m$

$D = 0.75\,Q^{1/3} = 1.324\ m$

$EL_c = 1070.6 - 1.324 - 0.3 + 0.676 = 1069.65\ m$

(ب) $L = 150\ m \quad ; \quad EL_w = 1056\ m$

$Z = 1V:2H \quad ; \quad n_{Ch} = 0.025 \quad , \quad n_F = 0.013$



$A = WD = 9.316\ m^2$

$V_{ch} = \frac{5.5}{A} = 0.59\ m/s$

$b = W - 2D = 4.39\ m$

www.tnar.ir

3

$P = b + 2D\sqrt{1+z^2} = 10.31\ m$

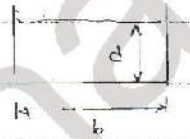
$R = \frac{A}{P} = 0.904\ m$

$Q = \frac{AR^{2/3}\sqrt{S}}{n} \Rightarrow S = 2.5 \times 10^{-4}$

$\Delta H_{dist} = 2.5 \times 10^{-4} \times 25000 = 6.23\ m$

$V_{F_1} = 4 V_{ch} = 2.36\ m/s$

سرعت در مقطع ۴ برای عبور در کانال است



$A_{F_1} = \frac{Q}{V} = 2.33\ m^2 = b.d$

$\frac{b}{d} = 2 \Rightarrow \begin{cases} b = 2.16\ m \\ d = 1.079\ m \end{cases}$

$P = b + 2d = 4.32\ m$

$R = 0.54\ m$

$S' = \frac{V^2 n'^2}{R^{4/3}} = 0.00214$

افت طولی : $\Delta h = S.L = 150 \times 0.00214 = 0.321\ m$

علاوه بر افت طولی ، افت ورودی و خروجی هم در نظر گرفته می‌شود

کم افت ورودی $= 0.6\left(1 - \frac{b_{F_1}}{B_{ch}}\right)\frac{V_F^2}{2g} = 0.018$

کم افت خروجی $= 0.1\left(\quad\right)\quad = 0.0197$

www.ttnar.ir

$h_c + h_{in} + h_{out} = 0.321 + 0.0118 + 0.0127 = 0.353\ m$

کل افتی که در فلکه وجود دارد.

حال افت کل آبشاره را باید محاسبه کنید؟

$\text{افت کل آبشاره} = 1070.6 - 1056 - 6.23 - 2 \times 0.353 = 7.66\ m$

افت کل قابل تامین می‌باشد

پایان کار ۱۲ - ۴ عرض آبشاره را برای کانال دوخط بگیرید و آبشاره سنگی را با $d_m = 30\ mm$ برای کانال مسئله قبل طراحی کنید.

$$q = \frac{5.5}{W} = 0.78\ m^3/s$$

$$n = 0.045\, d_m^{1/6} = 0.0375$$

$$\left.\begin{aligned} d_m &= 10\,D\,S \\ q &= \frac{D^{5/3}\sqrt{S}}{n} \end{aligned}\right\} \Rightarrow \begin{aligned} D &= 0.26\ m \\ S &= 0.077 \end{aligned}$$

پایان کار ۱۲ - ۵

$h = 4\ m$; $Q = 1.5\ m^3/s$; $L = 12\ m$

$n = 0.024$; $D = ?$; $h = ?$

$$\frac{A_o}{A_p} = 0.5 \longrightarrow C_c = 0.69$$

$$C_c = \frac{A_j}{A_o} = 0.69 \Rightarrow A_j = 0.69\, A_o = \frac{0.69}{2} A_p$$

$$Q = A_j V_j = A_p V_p \Rightarrow V_j = 2.89\, V_p$$

www.ttnar.ir

$$h_L = \frac{(V_j - V_p)^2}{2g} = \frac{(2.89 - 1)^2 V_p^2}{2g}$$ (افت هر رینگ)

$V_p = 2 \Rightarrow h_L = 0.735\ m$

$$A_p = \frac{Q}{V_p} = \frac{1.5}{2} = \frac{\pi D^2}{4} \Rightarrow D = 0.977\ m \simeq 1000\ mm$$

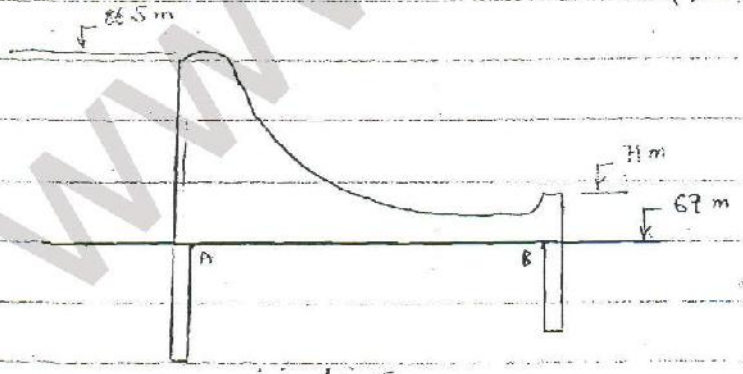
$A = 0.785 \rightarrow V_p = 1.91\ m/s$; $h_L = 0.67\ m$

$$\text{افت اصلی} = \left(0.5 + \frac{2g \times 0.024^2 \times 12}{0.25^{4/3}} + 1\right)\frac{V^2}{2g} = 0.439\ m$$

$\Delta H = 4 - 0.439 = 3.56\ m$

تعداد رینگ: $n = \frac{3.56}{0.67} \simeq 5.3 \simeq 5$

پایان کم ۸۵ـ۲)



تعداد مقطع پایانی = 20

$$\text{افت هر مقطع} = \frac{86.5 - 71}{20} = 0.775\ m$$

برای برابر آوردن دبی در نقطه A باید تعداد مقطع پایانی تا آن نقطه را برابر کنیم

www.ttnar.ir

$h_A = 86.5 - \frac{9.7}{4} \times 0.775 = 78.98\ m$ (نقطه A)

فاصله خط هم پتانسیل نقطه A

$h_B = -15.2 \times 0.775 + 86.5 = 74.72\ m$

$\frac{P_A}{\gamma}$ ستون فشار = $h_A - z_A = 78.98 - 67.5 = 11.48$

$\frac{P_B}{\gamma} = 7.72$

$U = \frac{57}{2}(11.48 + 7.22)\ \gamma_w = 522.8\ kN/m$

- زاویان حیدرولیکی در خروجی

$i = \frac{\Delta h}{L} = \frac{0.775}{2.5}$

- محل شکل حداکثر گرادیان حیدرولیکی کجاست؟

جایی که کمترین فاصله بین خطوط هم پتانسیل باشد همانجا است

زیرا در مخرج کسر ΔL در اول است

ب) $Q = \frac{\Delta h}{\Delta L} \cdot \Delta B \cdot K \cdot N$

$0.01\ m^3/s$

اگر سطح آب بین دو سد پایین بیفتد، زیر فشار کاهش می‌یابد. گرادیان حیدرولیکی نیز کاهش می‌یابد. در این حالت خطر جوشش کمتر می‌شود ← ضریب اطمینان هم افزایش می‌یابد.

www.ttnar.ir

طراحی یک نردبان ماهی با مشخصات داده شده:

$h = 5.5\ m$ ؛ نرخ تخلیه $250\ fish/h$

عمق آب $= 0.9\ m$ ؛ عمق آبگیر $= 4.5\ m/h$

$V = 0.15\ m^3$

تعداد آبگیرها $= \frac{5.5}{0.3} = 18.3 \simeq 18$

زمان لازم برای عبور ماهی از نردبان $= \frac{5.5}{4.5} = 1.22\ h$

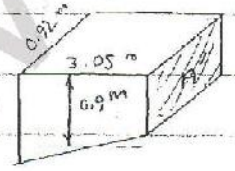
تعداد ماهی $= 1.22 \times 250 = 305$

$\forall = 0.15 \times 305 = 47.75\ m^3$

حجم آبگیر $= \frac{47.75}{18} = 2.54\ m^3$

طول آبگیر $= \frac{5.5}{0.1} = 55\ m$ ← طول حوضچه $= \frac{55}{18} = 3.05\ m$

$A' = \frac{2.54}{3.05} = 0.83\ m^2$



عرض حوضچه $= \frac{A}{3.05 \times 0.9} = 0.92\ m$

سرعت آب در نردبان $V = 0.3\ m/s$

$Q = VA' = 0.249\ m^3/s$

www.ttnar.ir