

www.icivil.ir

پرتابل جامع دانشجویان و مهندسین عمران

ارائه کتابها و مجلات رایگان مهندسی عمران

بهترین و عتیقین مقالات روز عمران

ازهن های تخصصی مهندسی عمران

فرمودشگاه تخصصی مهندسی عمران

هیدرولیک

- ۱- هیدرولیک کنالها، تالیف نصرت الله مقصودی و صلاح کوچک زاده، دانشگاه تهران
 - ۲- جریان در آبراهه های رویاز، تالیف ک. سویرامقیا، ترجمه جواد فرهودی، دانشگاه ارومیه
 - ۳- هیدرولیک مهندسی، تالیف آقای دکتر محمد نجمایی، دانشگاه علم و صنعت
 - ۴- مکانیک سیالات و هیدرولیک، تالیف حسن مدنی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر
 - ۵- جریان کنالهای باز، تالیف حنیف چادری، ترجمه دکتر علی اکبر صالحی نیشابوری و مهندس سید مهدی تقدبیسان، انتشارات جزیل
 - ۶- هیدرولیک جریان در کنالها و رودخانه ها، تالیف گراف، ترجمه دکتر محمدی، دانشگاه ارومیه
 - ۷- هیدرولیک کنالهای باز، تالیف سید محمود حسینی و جلیل ابریشمی، دانشگاه فردوسی مشهد
امتحان میان قرم سومین شنبه بعد از تعطیلات نوروز، ۷ نمره از کل، کتاب بسته، مسئله، قسمت میان قرم حذف نمی گردد.
- تکالیف ۳ نمره از کل، زمان تحويل هر سری تا ۲ هفته بعد از ارائه هر سری، بعد از آن به هیچ وجه پذیرفته نیست.
- امتحان پایان قرم ۱۷ نمره از کل، کتاب بسته، فقط مسئله

هیدرولیک: علم جریان آب

جریان آب در یک مجراء:

۱- تحت فشار

۲- جریان آزاد

هیدرولیک محاطی:

۱- هیدرولیک محاطی تحت فشار

۲- هیدرولیک کنال های باز

جریان تحت فشار یا جریان در مجرای بسته:

۱- تمامی مایع محصور در یک مرز جامد

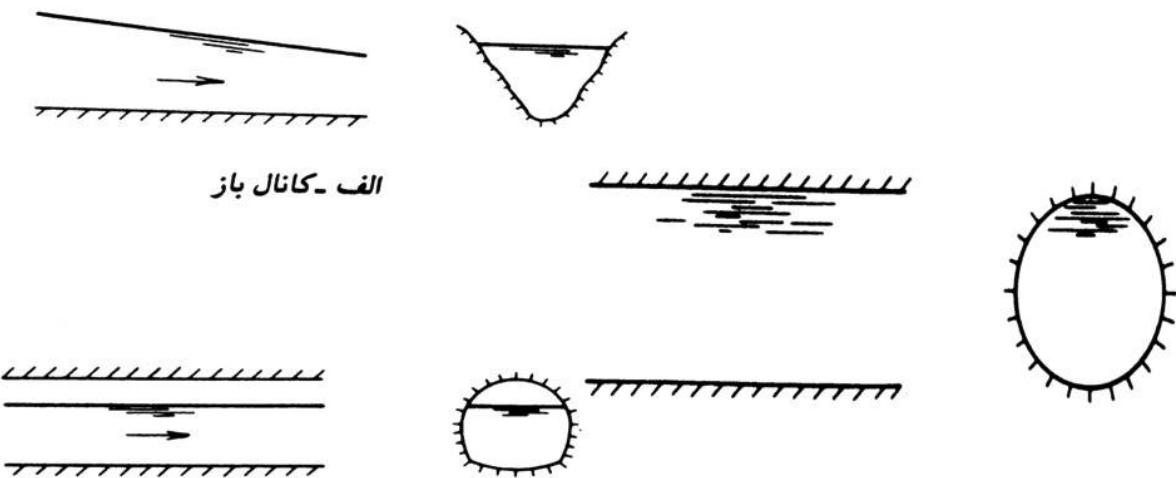
۲- مرزهای مایع در تماس با جدار جامد

مثال: جریان در لوله های آبرسانی شهری، شبکه های توزیع آب شهری، لوله کشی ساختمان ها

جریان در کنال باز: تمامی مرزهای مایع در تماس با جدار جامد نبوده و یکی از مرزها در تمامی مسیر در معرض فشار اتمسفر می باشد

مثال: حرکت آب در آبراهه های طبیعی (رودخانه ها، نهرها، ...)، آبراهه های مصنوعی (کنال های آبرسانی و کنال های آبیاری و زهکشی)، شبکه های جمع آوری فاضلاب و ...

نکته: جریان در یک مجرای بسته نیز می تواند بصورت کنال باز عمل کند و این در صورتی است که تعریف عمومی کنال باز را ارضاء نموده و سطح آزاد آن در تماس با یک فشار ثابت قرار داشته باشد



انرژی مکانیکی یا انرژی در دسترس در هر مقطع از جریان:

$$H = \frac{V^2}{2g} + \frac{P}{\gamma} + Z$$

= انرژی مکانیکی کل

= انرژی پتانسیل فرات آب

= کار نیروی فشاری

= انرژی جنبشی

$$H = \frac{V^2}{2g} + \frac{P}{\gamma} + Z$$

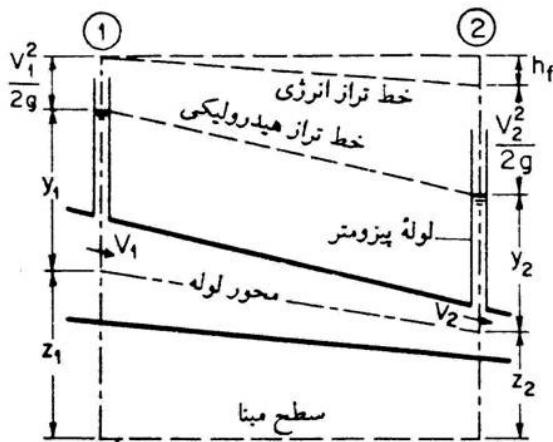
= انرژی مکانیکی یا انرژی در دسترس

$$= \frac{P}{\gamma}$$

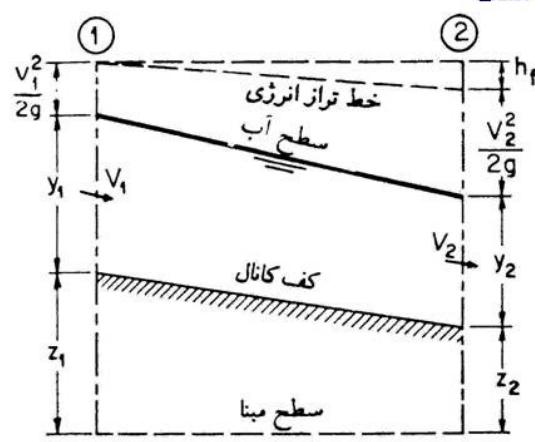
$$= \frac{V^2}{2g}$$

= ارتفاع معادل سرعت
= ارتفاع از مبناء

انرژی کل در هر مقطع از جریان در واحد وزن بیان می شود ($N / N \cdot m$) و دارای بعد طول است



الف) جریان تحت فشار



ب) جریان در کanal باز

مقیسه جریان در مجرای تحت فشار و جریان در کنال های باز:

۱- کنال های باز محدوده وسیعتری از جریان آب را شامل می شوند لذا دامنه تغییرات مشخصات هندسی مانند سطح مقطع و مشخصات دیگر مانند زیری در کنال های باز بیشتر است.

زیرا جریان در رودی به بزرگی رود نیل تا جریان در یک نهر کوچک و حتی جریان ورقای نقشی از روابط بارندگی از قوانین عمومی کنال های باز پیروی می کنند.

۲- جریان در کنال های باز درجه آزادی بیشتری نسبت به جریان در مجرای تحت فشار دارد و آن قابلیت تغییر عمق می باشد.

با تغییر در شبکه کنالها و یا ایجاد موانع و تغییرات در مسیر جریان نیروی تقلیل تغییر نموده و در قیچه موقعیت سطح آزاد آب و بدنبال آن سایر مشخصات جریان تغییر خواهد نمود.

۳- در کنال های باز وابستگی بیشتری بین پارامتر های هیدرولیکی مشاهده می شود.

در یک جریان تحت فشار، سرعت هندامی تغییر می کند که مقطع جریان تغییر گند ولی سرعت در کنال باز، بستگی به شبکه طولی کنال، زیری جدار مقطع، مساحت مقطع، شکل مقطع و سایر پارامتر های هیدرولیکی جریان دارد.

۴- اطلاعات تجربی و آزمایشگاهی از جریان در مجرای تحت فشار بیش از کنال های باز می باشد.



أنواع مقطاع کنال های باز:

مقاطع ذوزنقه: معمول ترین شکل کنال های آبیاری و کنال هایی که در مصالح خاکی که از جنس سخت نیستند ساخته می شود.

مقاطع منطقه: حالت خاصی از مقطع ذوزنقه ای است. برای انتقال دبی های کم و بیشتر در آزمایشگاه ها

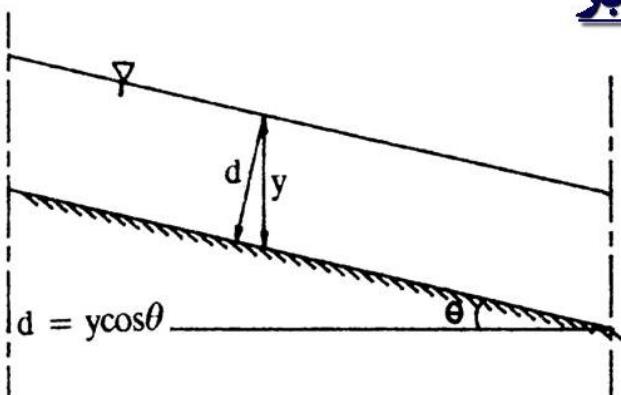
مقاطع مستطیلی: حالت خاصی از مقطع ذوزنقه ای است. در مصالح سنگی یا مصالح از جنس سخت

مقاطع دایره ای: معمول برای جمع آوری و انتقال آب و فاضلاب، بصورت پیش ساخته

مقاطع سهمنی شکل: به عنوان تقریبی از کنال های طبیعی استفاده می شود

مقاطع نعل اسبی و تخم مرغی شکل: برای جمع آوری آب و فاضلاب

مشخصات هندسی مقاطع کانال‌های باز

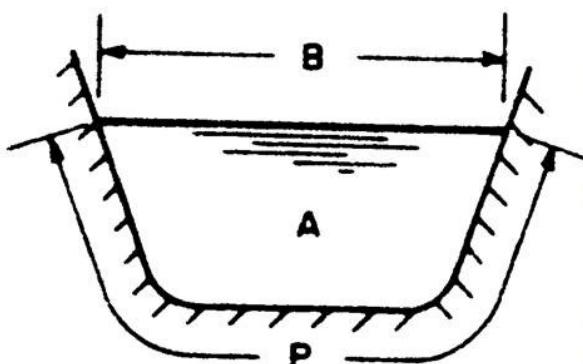
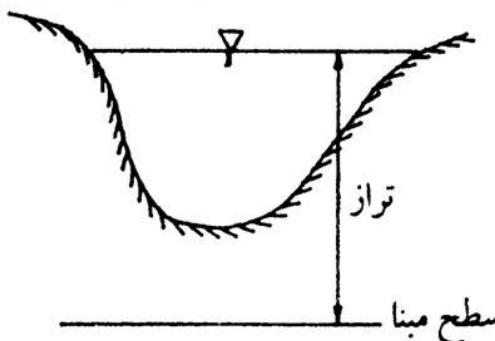


عمق جریان (y): در یک مقطع از کanal
فاصله قائم بائین ترین نقطه کف کanal
تا سطح آزاد آب

$$d = y \cdot \cos \theta$$

$$\text{IF } \theta < 6^\circ \Rightarrow d = y$$

تراز: در یک مقطع از کanal فاصله قائم سطح آزاد آب نسبت به یک سطح مبنای دلخواه (در اندازه‌گیری دبی رودخانه‌ها کاربرد دارد)



سطح مقطع جریان (A): در یک محل مساحت
مقطع جریان در صفحه عمود بر جهت عمومی
جریان.

عرض سطح آزاد (T): به طولی از مقطع جریان
که می‌شود که با هوای آزاد در تماس باشد.

پیرامون مرطوب (P): اگر از محیط کلی مقطع
جریان عرض سطح آزاد را کم کنیم پیرامون
مرطوب بدست می‌آید.

$$R = \frac{A}{P} \quad \begin{matrix} \text{شعاع هیدرولیکی (R): نسبت سطح مقطع جریان را به پیرامون} \\ \text{مرطوب شعاع هیدرولیکی گویند.} \\ \text{برای مجرای تحت فشار} \end{matrix} \Rightarrow R = \frac{\pi (D^2 / 4)}{\pi D} = \frac{D}{4} \quad \begin{matrix} \text{قطр لوله} \\ = D \end{matrix}$$

$$D = \frac{A}{T} \quad \begin{matrix} \text{عمق هیدرولیکی (D): نسبت سطح مقطع جریان را به عرض} \\ \text{سطح آزاد آب عمق هیدرولیکی گویند.} \end{matrix}$$

$$Z = A\sqrt{D} = A\sqrt{A/T} = \frac{A^{3/2}}{T^{1/2}} \quad \begin{matrix} \text{فاکتور سطح (Z): این فاکتور در محاسبه عمق} \\ \text{بحارانی به کار می‌رود.} \end{matrix}$$

نمکناری مختلف کنالهای مصنوعی:

کنال: آبراهه طولانی با شیب ملائم که در زمین حفر می‌شود.

کنال پایه‌دار (فلوم): جهت انتقال آب از یک سوی دره به سوی دیگر آن.

تند آبراه (شوت): به کنال دارای شیب کف قند که آب را از ارتفاع نسبتاً زیادی به ارتفاع پایین تر برساند (اختلاف ارتفاع بیش از $4/5$ متر).

شیب شکن (دراب): شبیه تند آبراه می‌باشد ولیکن برای اختلاف ارتفاع کم کاربرد دارد (اختلاف ارتفاع $9/4$ الی $5/4$ متر).

آبرو (کالورت): جهت عبور دادن آب از زیر جاده و یا راه آهن به کار می‌رود.

تبديل: هرگونه تغییر در جهت و یا سطح مقطع جریان که در فاصله کوتاهی از مسیر کنال صورت گیرد.

طبقه‌بندی و تشخیص انواع جریان:

۱- جریان دائمی و غیر دائمی: در این طبقه‌بندی تغییر در مشخصات جریان در واحد زمان معیار قرار می‌گیرد.

هرگاه در یک مقطع ثابت از جریان آبde عمق جریان با زمان تغییر نکند جریان دائمی و در صورت تغییر جریان را غیر دائمی گویند.

$$(x = \text{cont.}) \frac{\partial y}{\partial t} = 0 \Rightarrow \text{جریان دائمی}$$

در هر مقطع مشخص از جریان

$$(x = \text{cont.}) \frac{\partial y}{\partial t} \neq 0 \Rightarrow \text{جریان غیر دائمی}$$

$$\Rightarrow \frac{\partial Q}{\partial t} = 0 \quad \text{و} \quad \frac{\partial V}{\partial t} = 0 \quad \text{سرعت متوسط } V$$

جریان دائمی

۲- جریان یکنواخت و غیر یکنواخت (متغیر): در این طبقه‌بندی تغییر در مشخصات جریان بر حسب مکان معیار قرار می‌گیرد.

اگر در هر لحظه زمانی ثابت در مقاطع مختلف و در راستای طولی جریان، عمق جریان تغییر نکند جریان یکنواخت و در صورت تغییر جریان را غیر یکنواخت گویند.

$(t = \text{cont.}) \frac{\partial y}{\partial x} = 0 \Rightarrow$ جریان یکنواخت
در هر لحظه زمانی ثابت:

$(t = \text{cont.}) \frac{\partial y}{\partial x} \neq 0 \Rightarrow$ جریان غیر یکنواخت

جی - جریان می تواند ثابت باقی بماند $\Rightarrow \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad \text{و} \quad \frac{\partial V}{\partial x} = 0 \quad \text{سرعت متوسط} = V$

جی - جریان غیر یکنواخت $\Rightarrow \frac{\partial V}{\partial x} \neq 0 \Rightarrow$ انحنای سطح آب قبل ملاحظه نیست.

جریان غیر یکنواخت با متغیر:

الف - جریان متغیر تدریجی (Gradually Varied flow):

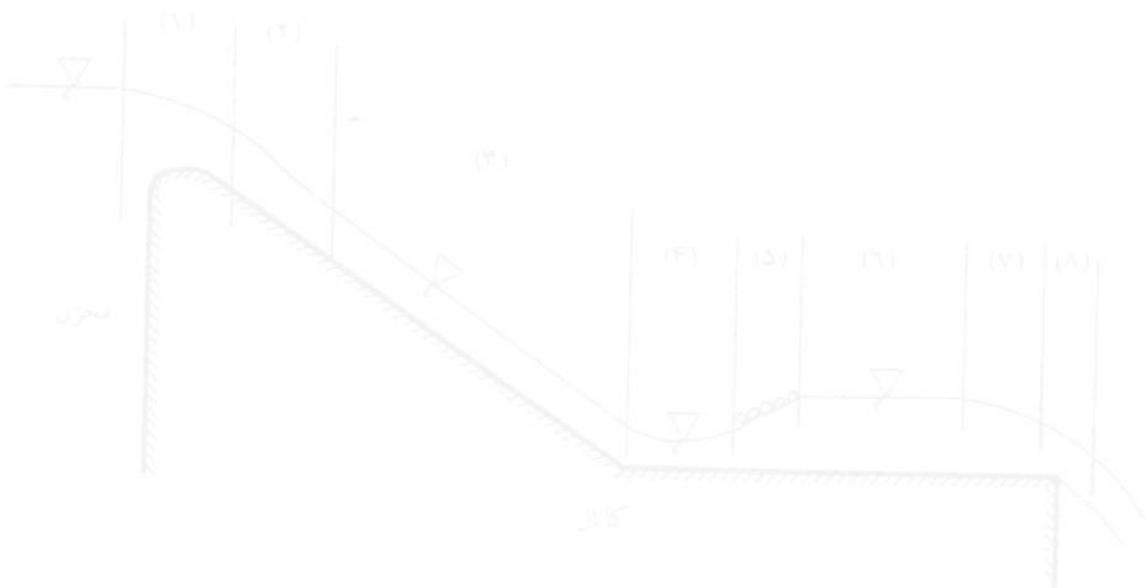
هرگاه تغییرات عمق جریان در فاصله طولانی از مسیر کوتایل صورت گیرد.
انحنای سطح آب قبل ملاحظه نیست.

از نظر فیزیکی مؤلفه شتاب عمود بر خط جریان (V^2/r) ناجیز می باشد.

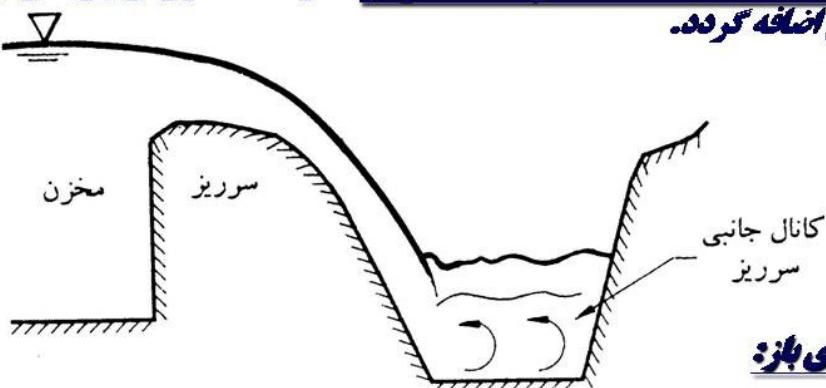
ب - جریان متغیر سریع (Rapidly Varried Flow): هرگاه تغییرات شدید عمق جریان

در فاصله کوتاهی از مسیر کوتایل صورت گیرد.
انحنای سطح آب قبل ملاحظه است.

پدیدهای موضعی است و مؤلفه شتاب عمود بر خط جریان (V^2/r) قبل صرفنظر کردن نمی باشد.



ج - جریان متغیر مکانی (*Spatially Varried Flow*): هرگاه مقداری از جریان از کنال اصلی گرفته و یا به آن اضافه گردد.



وضعیت جریان در کنال‌های باز:

- نیروهای مؤثر بر عناصر جریان:
- ۱- نیروی تقلیل
 - ۲- نیروی لزجت
 - ۳- نیروی کشش سطحی
 - ۴- نیروی شتاب دهنده

تغییر نیروی لزجت: تحت تأثیر نیروی لزجت به نیروی شتاب دهنده سه حالت مختلف جریان در کنال‌ها مشاهده می‌گردد.

جریان آرام (لاپهای):

- ۱- نیروی لزجت قوت بیشتری نسبت به نیروی شتاب دهنده دارد.
- ۲- فرات آب در راستای اصلی حرکت به آرامی بر روی یکدیگر می‌لغزند.
- ۳- حرکات پراکنده ملکول‌ها و نیز نیروی‌های بین ملکولی سبب بروز خاصیت لزجت در آب می‌گردد.

جریان آشفته (متلاطم):

- ۱- نیروی شتاب دهنده قوت بیشتری نسبت به نیروی لزجت دارد.
 - ۲- فرات آب از مسیر اصلی خود خارج شده و دارای حرکات پراکنده، غیر مشخص و نامنظم در عرض آب می‌باشد.
 - ۳- علاوه بر لزجت مطلق حرکات پراکنده ملکول‌ها سبب بروز خاصیتی از جریان تحت عنوان لزجت گردابهای می‌گردد.
- نکته: جریان آشفته به دلیل نوسانات سرعت نسبت به زمان در یک نقطه از نوع غیر دائمی است.

و لیکن از نظر تحلیلی به جریان آشفته از دیدگاه ماقروسکوپی نکاه می‌شود بنابراین در صورتیکه سرعت متوسط جریان در یک نقطه (صرفنظر از نوسانات) بر حسب زمان ثابت باشد جریان دائمی و در غیر این صورت غیر دائمی در نظر گرفته می‌شود.

جریان انتقالی:

- ۱- حالت حد وسط جریان آشفته و جریان آرام می‌باشد.
- ۲- جریان به راحتی از آشفته به آرام و بالعکس تبدیل می‌گردد.

معیار طبقه‌بندی و تشخیص: معیار طبقه‌بندی و تشخیص این سه حالت پارامتر بدون بعدی به نام عدد رینولدز می‌باشد که متناسب با نسبت نیروی شتاب دهنده به نیروی لزجت است.

$$Re \propto \frac{\text{نیروی شتاب دهنده}}{\text{نیروی لزجت}} = \frac{\rho V L}{\mu}$$

ρ = جرم مخصوص آب
 μ = لزجت دینامیکی آب
 V = سرعت مشخصه در کنال (معمولاً سرعت متوسط)
 L = طول مشخصه جریان (در کنال‌ها شاعع هیدرولیکی)

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \Rightarrow Re = \frac{VR}{\nu}$$

Re ≤ 500	⇒ جریان آرام
500 \leq Re ≤ 2000	⇒ جریان انتقالی
2000 \leq Re	⇒ جریان آشفته

تغییر نیروی تقلیل تحت تأثیر نیروی شتاب دهنده سه حالت مختلف جریان در کانال‌ها مشاهده می‌گردد.

معیار طبقه‌بندی و تشخیص: تأثیر نیروی تقلیل در قالب پارامتر بدون بعدی به نام عدد فرود بررسی می‌گردد.

$$Fr \propto \sqrt{\frac{\text{نیروی شتاب دهنده}}{\text{نیروی تقلیل}}} = \frac{V}{\sqrt{gL}}$$

شتاب تقلیل = ρ

V = سرعت مشخصه در کانال (معمولاً سرعت متوسط)

L = طول مشخصه جریان (در کانال‌ها عمق هیدرولیکی)

$$D = \frac{A}{T} \Rightarrow Fr = \frac{V}{\sqrt{gD}}, C = \sqrt{gD}$$

سرعت موج سطحی = C

: $Fr > 1$

۱- جریان فوق بحرانی

۲- به ازاء یک دبی ثابت عمق جریان کم و سرعت زیاد وجود دارد.

۳- به دلیل بیشتر بودن سرعت جریان از سرعت موج سطحی، ارقباط هیدرولیکی بین پائین دست و بالا دست مشاهده نگردیده و موج حاصله قابلیت انتقال به بالا دست را ندارد.

: $Fr < 1$

۱- جریان زیر بحرانی

۲- به ازاء یک دبی ثابت عمق جریان زیاد و سرعت کم وجود دارد.

۳- به دلیل کمتر بودن سرعت جریان از سرعت موج سطحی، موج حاصله قابلیت انتقال به بالا دست را ندارد و رفتار بالا دست از پائین دست جریان تأثیر می‌پذیرد.

: $Fr = 1$ ۱- جریان بحرانی

نکته: ۱- تغییر ناچیز لزجت (متلاً تحت تأثیر درجه حرارت) به دلیل آنکه اصولاً جریان آب در کانال‌ها در محدوده آشفته می‌باشد، تأثیر چندانی در وضعیت جریان ندارد.

۲- به دلیل آنکه جریان آب در کانال‌ها دارای سطح آزاد می‌باشد به نیروی تقلیل حساسیت زیادی داشته و با تغییر در شیب (تغییر در نیروی تقلیل) وضعیت جریان سریعاً تغییر می‌کند.

بنابراین تأثیر نیروی تقلیل (عدد فرود) نقش مهمی در مطالعه جریان آب در کانال‌ها دارد.

رزیم جریان: تأثیر مشترک نیروی تقل و نیروی لزجت

$Re \leq 500, Fr < 1 \Rightarrow$ جریان زیر بحرانی - آرام

$Re > 2000, Fr < 1 \Rightarrow$ جریان زیر بحرانی - آشفته

$Re < 500, Fr > 1 \Rightarrow$ جریان فوق بحرانی - آرام

$Re > 2000, Fr > 1 \Rightarrow$ جریان فوق بحرانی - آشفته

توزیع سرعت در کنال ها به دلیل تأثیر لزجت آب، وجود جدارها و زیری آنها، وجود سطح آزاد آب و نامنظمی مقاطع، توزیع سرعت در کنال های پیچیده و سه بعدی است.

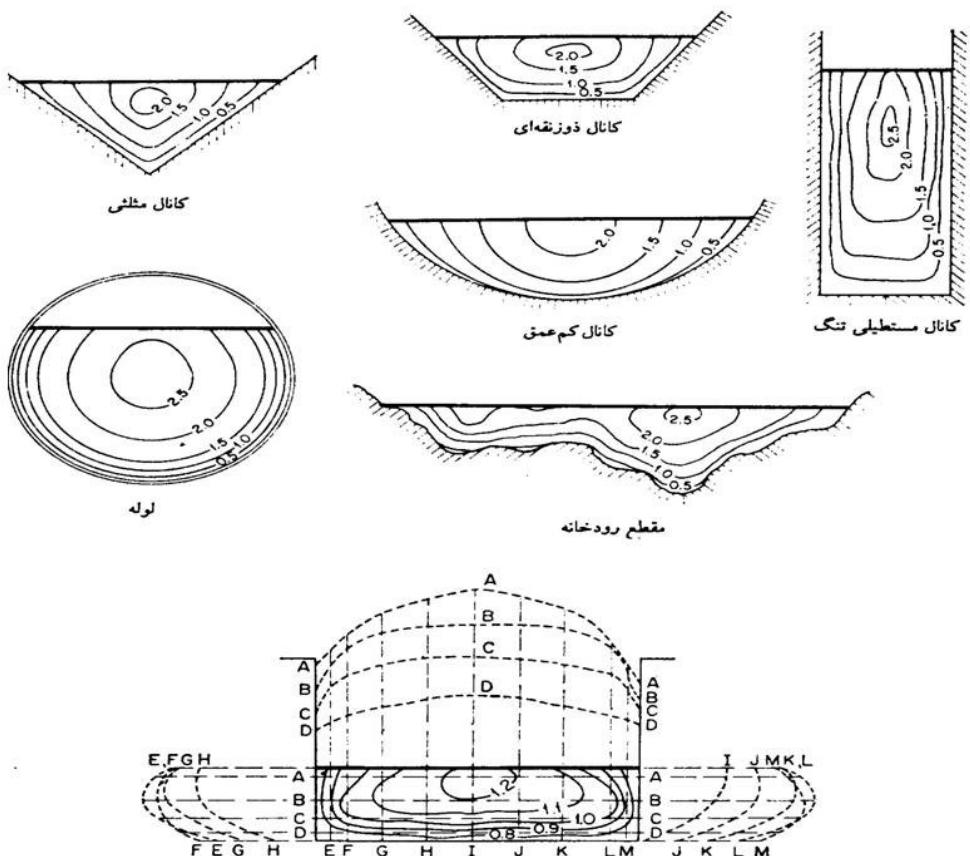
بنابراین فرض ثابت بودن سرعت در مقطع جریان درست نبوده و باستثنی منحنی های هم سرعت در مقاطع رسم گردد.

فرض هایی جهت رسم منحنی های هم سرعت:

۱- مقدار سرعت در جدارها صفر و با فاصله گیری از جدارها افزایش می یابد.

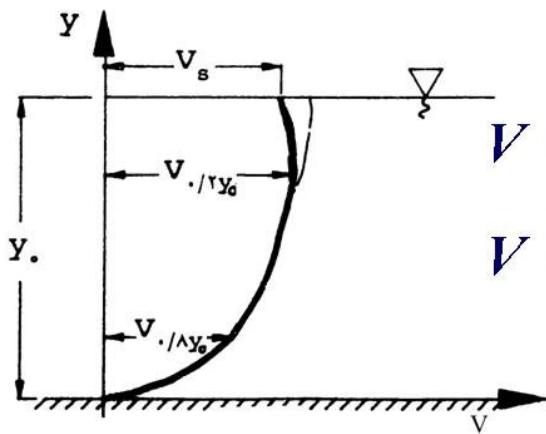
۲- گرادیان سرعت در محلات مرزها شدیدتر می باشد.

۳- سرعت ماقریم در هر مقطع قائم، در نزدیکی سطح آب و در فاصله ۵٪ تا ۲۵٪ عمق جریان از سطح آزاد آب اتفاق می افتد.



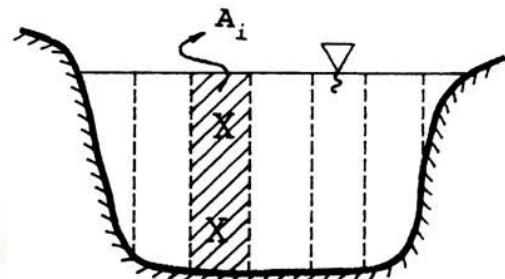
عملت وقوع سرعت مانگزینم در نزدیکی سطح آزاد پیش می‌آید:

- ۱- تنش برشی فلکسی از مقلومت هوا
- ۲- تغییر جریانهای تلفویه ضعیف. این جریانات در صفحه مقطع جریان وبا حول محوری عمود بر صفحه مقطع جریان بوجود می‌آید. عملت پیدایش آن در کنال‌های بدون انحنای به دلیل زیری جداگار و ناامنگذاری سطح مقطع.



$$V = \frac{V_{0.2y_0} + V_{0.8y_0}}{2}$$

وقتی عمق کم است



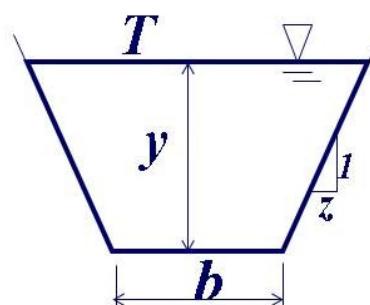
روابط مشخصات هندسی مقطع

$$A = (b + zy)y$$

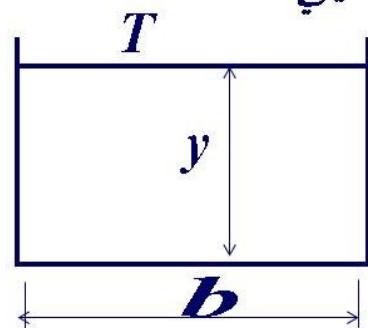
$$T = b + 2zy$$

$$P = b + 2y\sqrt{1+z^2}$$

۱- ذوزنقه‌ای



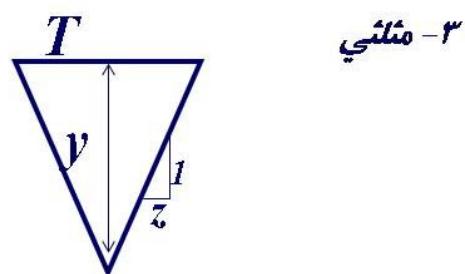
۲- مستطیلی



$$z = 0 \implies \begin{cases} A = b \cdot y \\ T = b \\ P = b + 2y \end{cases}$$

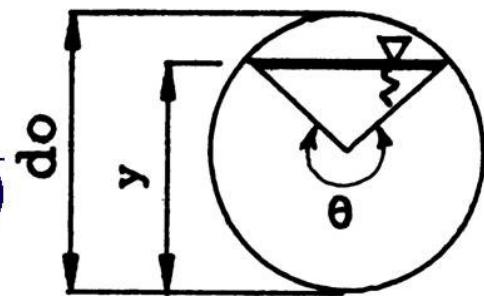
روابط مشخصات هندسی مقاطع

$$b=0 \Rightarrow \begin{cases} A = z y^2 \\ T = 2zy \\ P = 2y\sqrt{1+z^2} \end{cases}$$



4 - دائريه

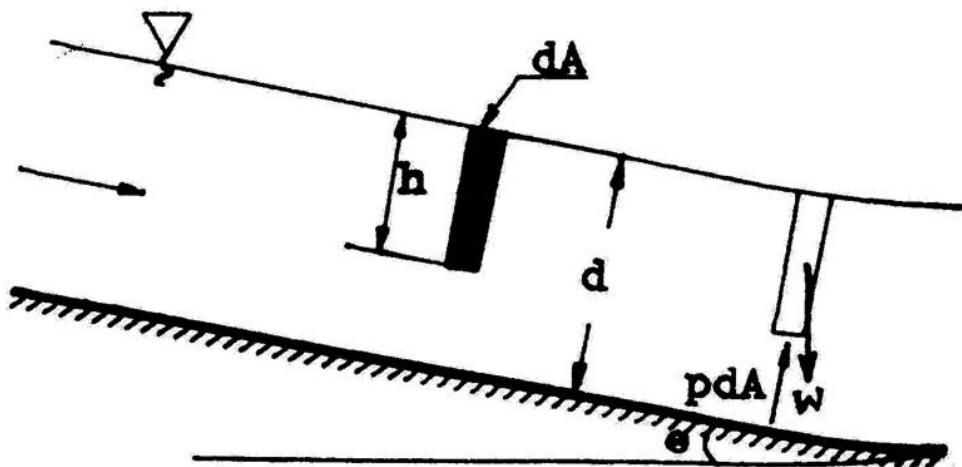
$$\begin{aligned} A &= \frac{1}{8}(\theta - \sin\theta)d_o^2 \\ T &= (\sin\frac{1}{2}\theta)d_o \text{ or } 2\sqrt{y(d_o - y)} \\ P &= \frac{1}{2}\theta d_o \end{aligned}$$



توزيع فشار در کنال‌ها: هدف مشخص نمودن نحوه تعییرات پارامتر فشار در عرض و در عمق در مقطع خاصی از کنال می‌باشد.

با داشتن توزیع فشار در کنال‌ها و با انتکرال گیری از نیروهای جزء فشاری می‌توان برآیند حاصل از این نیروهای فشاری را بر روی تأسیسات هیدرولیکی تعیین نمود.

توزيع فشار در جریان‌های یکنواخت: کنالی با هر سطح مقطع دلخواه



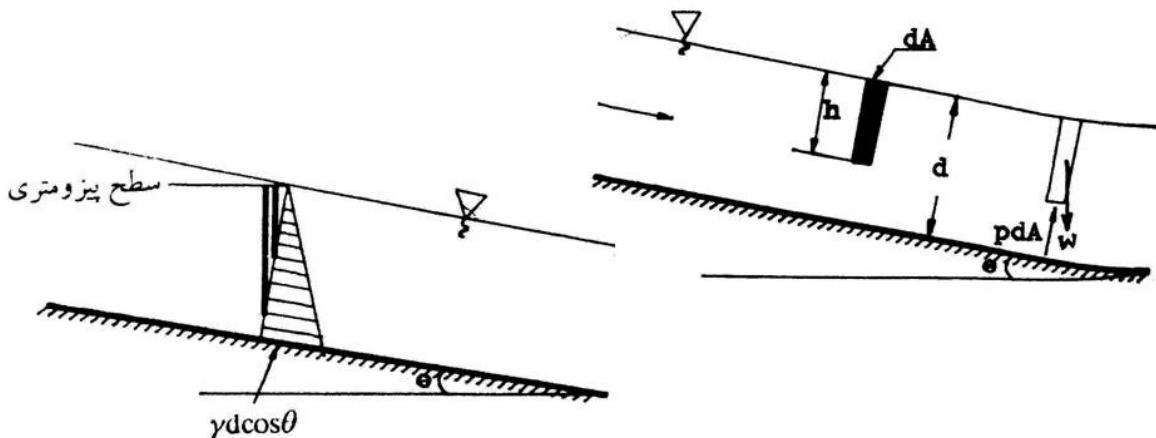
مُؤلفه وزن در جهت عمود بر خطوط جريان = نیروهای فشاری

قطون تغییرات هیدرولستیکی فشار

مقدار فشار در کف کنال

$$IF \theta < 6^\circ \Rightarrow P = \gamma h \cos \theta \approx \gamma h$$

$$P = \gamma d \cos \theta = \gamma y \cos^2 \theta \approx \gamma y$$



توزيع فشار در جریان‌های متغیر تدریجی: توزیع فشار در این حالت از قانون توزیع هیدرولستیک فشار تعیین خواهد کرد و روابط جریان یکنواخت صادق می‌باشد.

توزيع فشار در جریان‌های با انحنای در صفحه قائم: مانند تغییرات فشار در قسمت تاچ سروریزها و یا در انحنای پای سروریزها که به دلیل انحنای شدید جریان دیگر نمی‌توان از روابط جریان یکنواخت استفاده نمود.

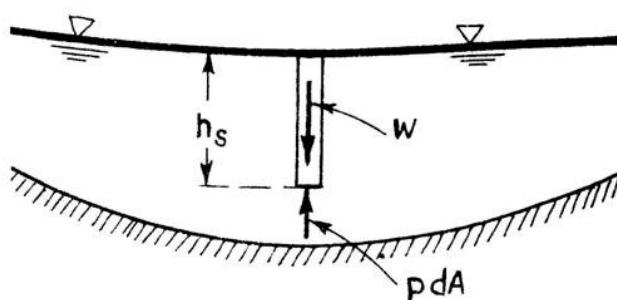
$$\sum F_n = m a_n$$

$$P dA - \gamma h dA = \rho dA h \frac{V^2}{r}$$

$$P = \gamma h + \frac{\gamma V^2 h}{gr}$$

$$\frac{P}{\gamma} = h' = h + \frac{V^2 h}{gr}$$

$$h' = h_s + \frac{V^2 h}{gr} \Rightarrow h' = h_s + c$$

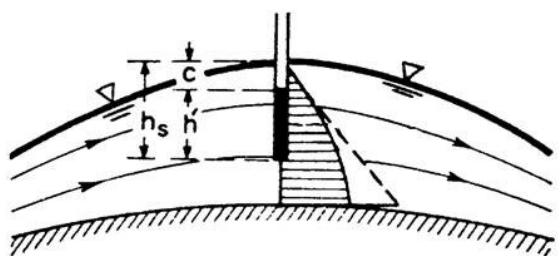


شتاب جانب مرکز = a_n

سرعت یکنواخت و متوسط در مقطع = V

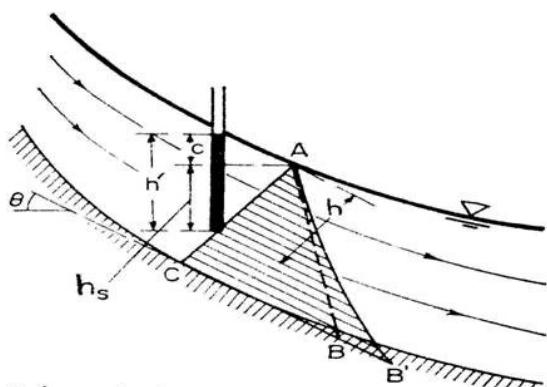
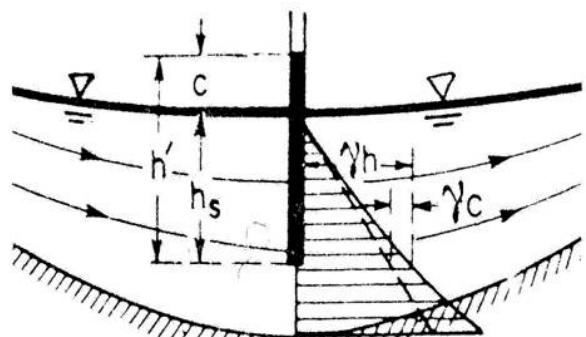
شعاع انحنای = r

ارتفاع معادل فشار بر حسب سنتون آب = h'



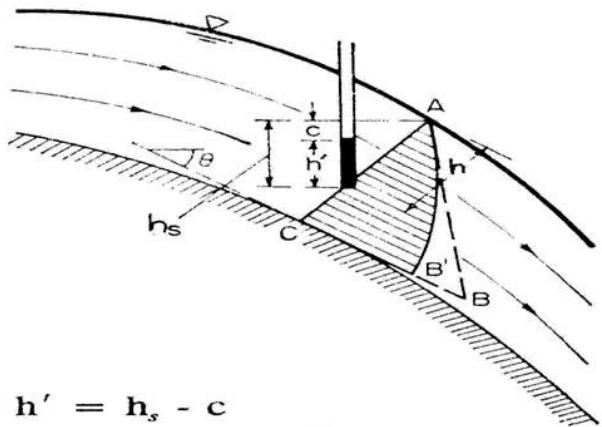
$$h' = h_s - c$$

$$h' = h - \frac{V^2 h}{g r}$$



$$h' = h_s + c$$

$$h' = h \cos\theta + \frac{V^2 h}{g r}$$

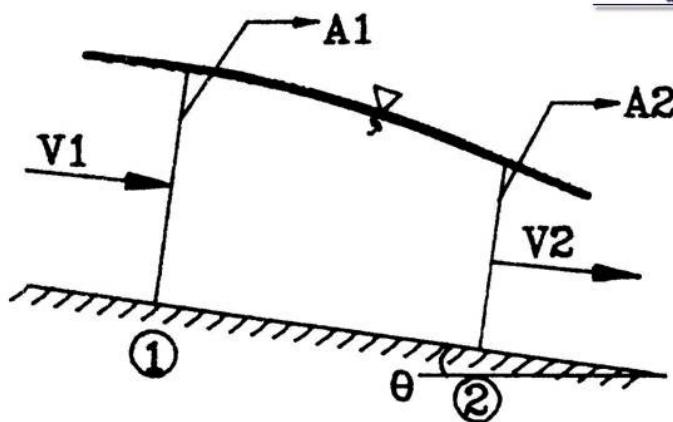


$$h' = h_s - c$$

$$h' = h \cos\theta - \frac{V^2 h}{g r}$$

بررسی معادلات اصلی حاکم بر حرکت سیالات:

رابطه پیوستگی:

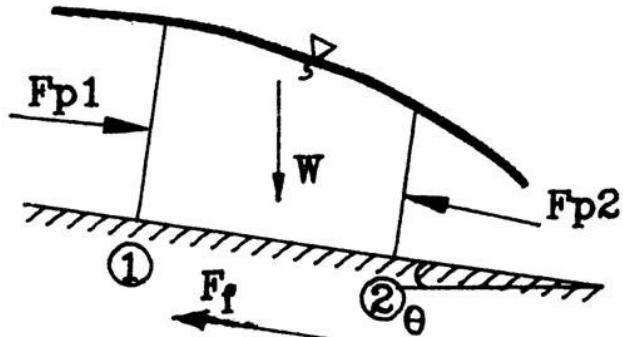


جرم ورودی در واحد زمان از حجم کنترل = جرم خروجی در واحد زمان از حجم کنترل

$$\rho V_1 A_1 = \rho V_2 A_2 \Rightarrow V_1 A_1 = V_2 A_2 = Q$$

$$Q = V A = \int_A v dA \Rightarrow V = \frac{Q}{A} = \frac{\int_A v dA}{A}$$

رابطه اندازه حرکت



- فرضیات: ۱- جریان دائمی
۲- کanal منشوری
۳- سطح مقطع دلخواه

$$\sum \vec{F} = \vec{M}_{out} - \vec{M}_{in}$$

$$Fp_1 - Fp_2 - F_f + W \sin\theta = \rho V_2 A_2 V_2 - \rho V_1 A_1 V_1$$

$$Fp_1 - Fp_2 - F_f + W \sin\theta = \rho Q (V_2 - V_1)$$

W = وزن آب داخل حجم کنترل

F_{p1} = نیروی فشاری در مقطع ۱

F_{p2} = نیروی فشاری در مقطع ۲

F_f = نیروی اصطکاک کف کanal که در صورت غیر منشوری بودن می تواند دربرگیرنده نیروی ناشی از جداره ها یا هر مانع دیگر باشد

تصویح رابطه اندازه حرکت بر اساس سرعت حقیقی:

= اندازه حرکت جاری شده در مقطع در واحد زمان بر اساس سرعت متوسط

$$= \rho V A \times V = \rho V^2 A$$

$$= \text{اندازه حرکت جاری شده در مقطع در واحد زمان بر اساس سرعت حقیقی} = \int_A \rho v^2 dA$$

سرعت حقیقی در هر جزء مقطع v

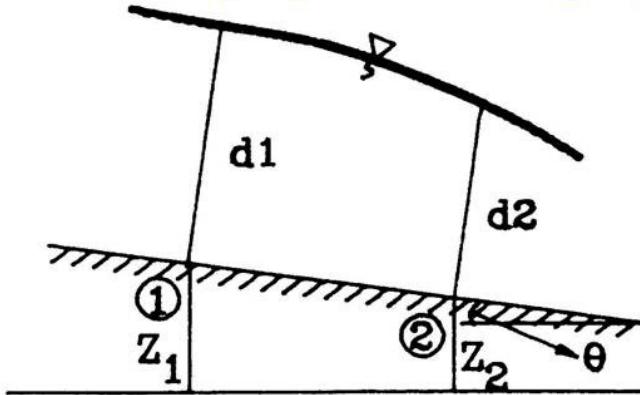
$$\beta = \frac{\int_A \rho v^2 dA}{\rho V^2 A} = \frac{\int_A v^2 dA}{V^2 A} = \frac{\sum_{i=1}^n v_i^2 \Delta A_i}{V^2 A}$$

= ضریب یک بعدی فرض نمودن جریان که اگر در اندازه حرکت جاری شده بر مبنای سرعت متوسط ضرب گردد اندازه حرکت حقیقی را ایجاد می کند

$$Fp_1 - Fp_2 - F_f + W \sin\theta = \rho Q (\beta_2 V_2 - \beta_1 V_1)$$

$$\Rightarrow \beta_1 = \frac{A_1}{V_1^2 A_1}, \quad \beta_2 = \frac{A_2}{V_2^2 A_2}$$

۱=تابع توزیع سرعت در مقطع ۱
۲=تابع توزیع سرعت در مقطع ۲



رابطه انرژی:

- فرضیات: ۱- جریان دائمی
۲- کانال منشوری
۳- سطح مقطع دلخواه

انرژی ورودی در واحد زمان به حجم کنترل + افت انرژی در واحد زمان = انرژی خروجی در واحد زمان از حجم کنترل

$$H_1 - h_f = H_2 \Rightarrow \frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma} + Z_1 - h_f = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma} + Z_2$$

تصویح رابطه انرژی بر اساس سرعت حقیقی:

= انرژی جنبشی جاری شده از سطح مقطع در واحد زمان بر اساس سرعت متوسط

$$= m \frac{V^2}{2} = \rho V A \frac{V^2}{2} = \rho \frac{V^3}{2} A = \frac{\mathcal{W}^3}{2g} A$$

= انرژی جنبشی جاری شده از سطح مقطع در واحد زمان بر اساس سرعت حقیقی

$$= \int_A \rho \frac{v^3}{2} dA = \int_A \frac{\gamma v^3}{2g} dA$$

v = سرعت حقیقی در هر جزء مقطع

$$\alpha = \frac{\int_A \rho \frac{v^3}{2} dA}{\rho \left(\frac{V^3}{2} \right) A} = \frac{\int_A v^3 dA}{V^3 A} = \frac{\sum_{i=1}^n v_i^3 \Delta A_i}{V^3 A}$$

= ضریب یک بعدی فرض نمودن جریان که اگر در انرژی جنبشی بر مبنای سرعت متوسط ضرب گردید انرژی جنبشی حقیقی را ایجاد می کند

$$\alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma} + Z_1 - h_f = \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma} + Z_2$$

$$\alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} + d_1 \cos\theta + Z_1 - h_f = \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} + d_2 \cos\theta + Z_2$$

$$\alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} + y_1 \cos^2\theta + Z_1 - h_f = \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} + y_2 \cos^2\theta + Z_2$$

$$\Rightarrow \alpha_1 = \frac{\int v_1^3 dA}{V_1^3 A_1}, \quad \alpha_2 = \frac{\int v_2^3 dA}{V_2^3 A_2}$$

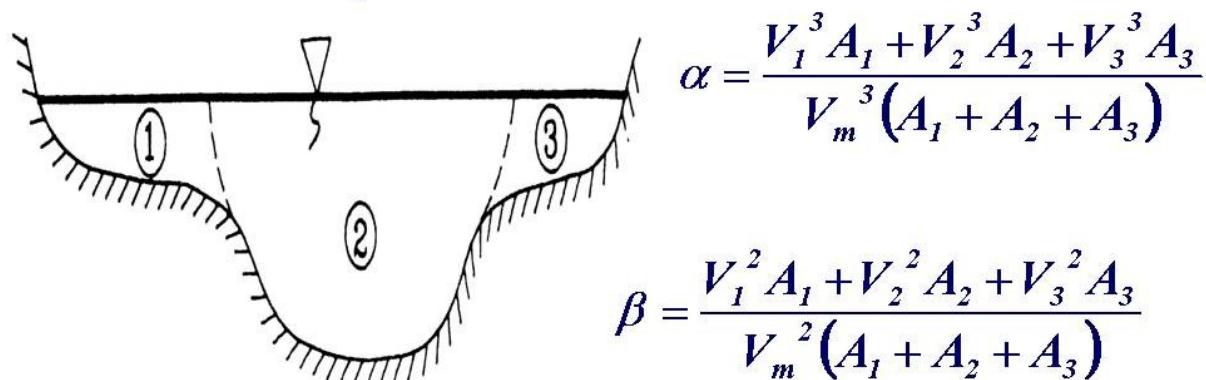
$\alpha \rangle \beta \rangle 1$

نکته: مقدار α در جریان آرام بیش از جریان آشفته می‌باشد و این بدلیل یکنواخت بودن توزیع سرعت در جریان آشفته می‌باشد.

روابط تجربی:

$$\frac{\alpha-1}{\beta-1} = 2.7 - 2.8$$

$$\varepsilon = \frac{V_{\max}}{V} - 1 \Rightarrow \begin{aligned} \alpha &= 1 + 3\varepsilon^2 - 2\varepsilon^3 \\ \beta &= 1 + \varepsilon^2 \end{aligned} \quad \begin{array}{l} \text{سرعت ماکزیمم} = V_{\max} \\ \text{سرعت متوسط} = V \end{array}$$



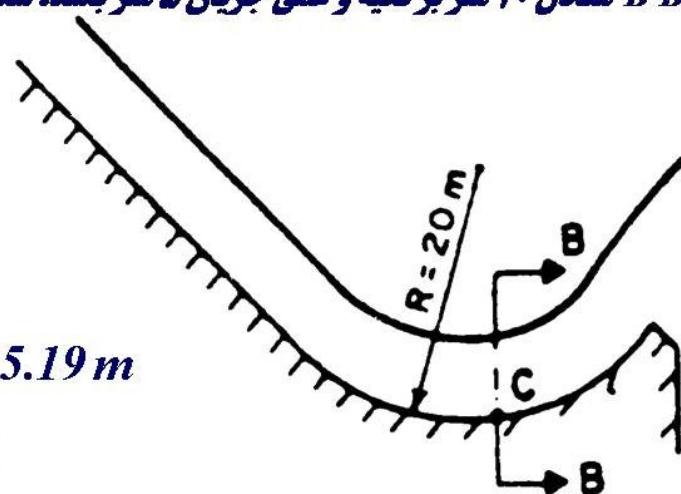
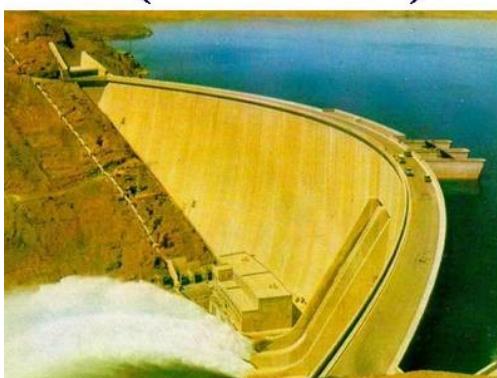
$$V_m = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3}{A_1 + A_2 + A_3} = \frac{V_1 A_1 + V_2 A_2 + V_3 A_3}{A_1 + A_2 + A_3}$$

مثال: پرتاب کننده جامی شکل یک سریز دارای شعاع ۲۰ متر است. اگر سرعت جریان در مقطع معادل ۲۰ متر بر ثانیه و عمق جریان ۵ متر باشد، شد فشار در نقطه C را محاسبه کنید.

$$h' = h_s + \frac{V^2 h_s}{gr}$$

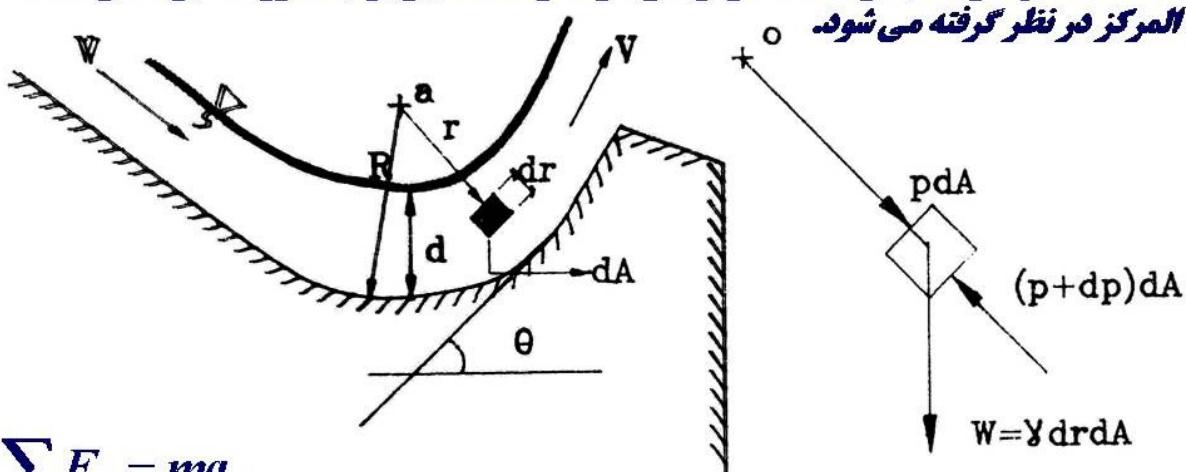
$$h' = h_s \left(1 + \frac{V^2}{gr} \right)$$

$$h' = 5 \left(1 + \frac{20^2}{9.81 \times 20} \right) = 15.19 \text{ m}$$



$$\begin{aligned} P_C &= \gamma h = 15.19 \times 9810 \\ &= 149000 \text{ Pa} = 149 \text{ KPa} \end{aligned}$$

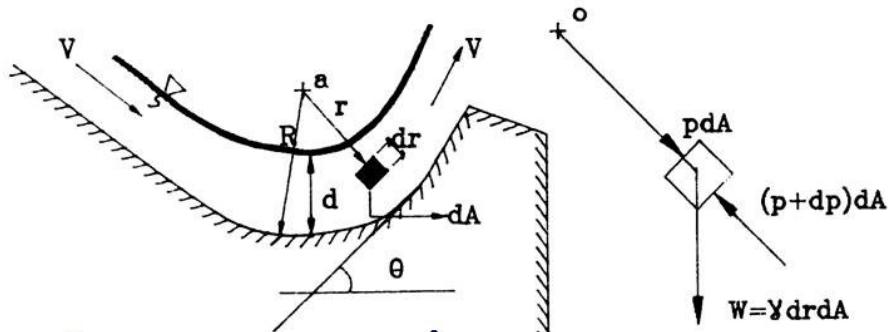
مثال: در قسمت انتهایی یک سریز جامی شکل با شعاع انحنای R محلول است تعیین واحدهای برای تغییر فشار نسبت به عمق در محلی که دارای شیب θ باشد. عمق جریان ثابت و سرعت نیز قبل از انحنای معادل سرعت یکنواخت V فرض می گردد و انحنای جریان به صورت دایره های متعدد المراکز در نقطه گرفته می شود.



$$\sum F_n = ma_n$$

$$(P + dP)dA - PdA - \gamma dr dA \cos\theta = \rho dA dr \frac{V^2}{r}$$

$$dP = \gamma dr \cos\theta + \rho dr \frac{V^2}{r} \Rightarrow \frac{dP}{dr} = \gamma \cos\theta + \frac{\gamma V^2}{gr}$$

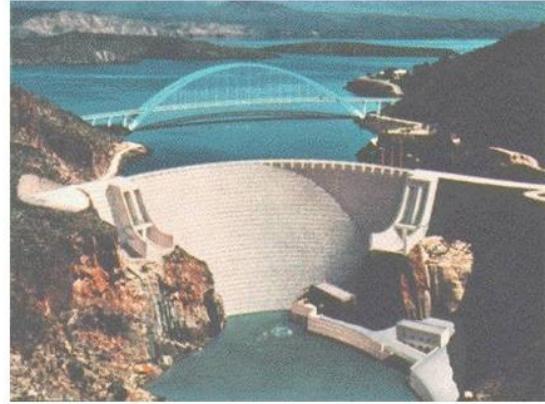


$$\frac{dP}{dr} = \gamma \cos\theta + \frac{\gamma V^2}{gr}$$

$$\int_0^{(r)} dP = \int_r^{R-d} \left(\gamma \cos\theta + \frac{\gamma V^2}{gr} \right) dr$$

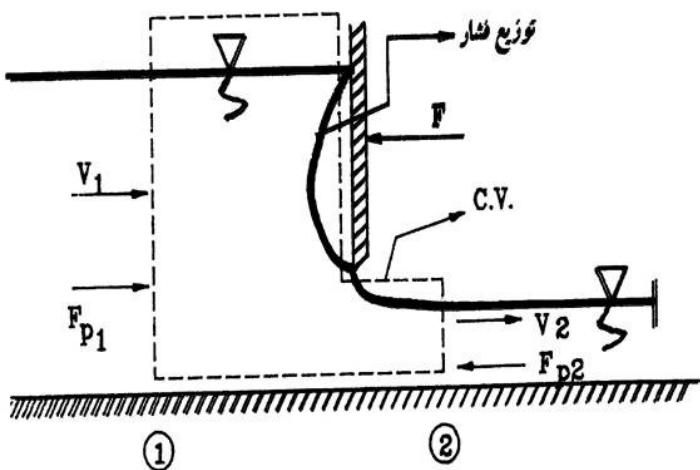
$$P(r) = \gamma \cos\theta r + \frac{\gamma V^2}{g} \ln r \Big|_{R-d}^r$$

$$h' = \frac{P(r)}{\gamma} = \cos\theta (r + d - R) + \frac{V^2}{g} \ln \left(\frac{r}{R-d} \right)$$



مثال: نیروی وارد بر دریچه کشویی قرار گرفته در یک کanal مستطیلی را بدست آورید.
کanal نسبتاً افقی است و α و β برابر واحد فرض می شوند.

$$q = V_1 y_1 = V_2 y_2$$



$$Fp_1 = \frac{1}{2} \gamma y_1^2$$

$$Fp_2 = \frac{1}{2} \gamma y_2^2$$

F = مقدار نیروی وارد از طرف دریچه بر حجم کنترل
 F_{p1} = نیروی فشاری در مقطع ۱ بر اساس توزیع هیدرولاستیک فشار
 F_{p2} = نیروی فشاری در مقطع ۲ بر اساس توزیع هیدرولاستیک فشار

$$q = V_1 y_1 = V_2 y_2 \quad (I)$$

$$\frac{1}{2} \gamma y_1^2 - \frac{1}{2} \gamma y_2^2 - F = \rho q (V_2 - V_1) \quad (II)$$

$$\xrightarrow{(I), (II)} \Rightarrow \frac{1}{2} \gamma (y_1 - y_2)(y_1 + y_2) - F = \rho q \left(\frac{q}{y_2} - \frac{q}{y_1} \right)$$

$$\frac{1}{2} \gamma (y_1 - y_2)(y_1 + y_2) - F = \rho q^2 \left(\frac{y_1 - y_2}{y_1 y_2} \right)$$

$$F = \frac{1}{2} \gamma \frac{(y_1 - y_2)}{y_1 y_2} \left[y_1 y_2 (y_1 + y_2) - \frac{2q^2}{g} \right]$$

با توجه به ناچیز بودن افت انرژی بین دو مقطع ۱ و ۲، رابطه انرژی نیز به صورت زیر دارد

$$y_1 + \frac{V_1^2}{2g} = y_2 + \frac{V_2^2}{2g} \quad \Rightarrow y_1 + \frac{q^2}{2gy_1^2} = y_2 + \frac{q^2}{2gy_2^2}$$

$$\frac{q^2}{g} = \frac{2y_1^2 y_2^2}{(y_1 + y_2)} \quad F = \frac{1}{2} \gamma \frac{(y_1 - y_2)}{y_1 y_2} \left[y_1 y_2 (y_1 + y_2) - \frac{2q^2}{g} \right]$$

$$F = \frac{1}{2} \gamma \frac{(y_1 - y_2)}{y_1 y_2} \left[y_1 y_2 (y_1 + y_2) - 4 \frac{y_1^2 y_2^2}{(y_1 + y_2)} \right]$$

$$F = \frac{1}{2} \gamma (y_1 - y_2) \left[\frac{(y_1 + y_2)^2 - 4y_1 y_2}{(y_1 + y_2)} \right]$$

$$F = \frac{1}{2} \gamma (y_1 - y_2) \left[\frac{y_1^2 + y_2^2 - 2y_1 y_2}{(y_1 + y_2)} \right]$$

$$F = \frac{1}{2} \gamma (y_1 - y_2) \left[\frac{(y_1 - y_2)^2}{(y_1 + y_2)} \right] \quad \Rightarrow F = \frac{1}{2} \gamma \frac{(y_1 - y_2)^3}{(y_1 + y_2)}$$

مثال: توزیع سرعت در یک مقطع قائم یک آبراهه را می‌توان بصورت زیر نشان داد مطلوب است
محاسبه ضرایب تصحیح α و β .

$$\frac{v}{v_{max}} = \left(\frac{y}{y_0} \right)^{\frac{1}{n}}$$

که y_0 = عمق جریان، v = سرعت در ارتفاع y از کف و n = عددی ثابت

$$\bar{V} = \frac{\int v dA}{\int dA} \Rightarrow \bar{V} = \frac{\int v dy}{\int dy} \Rightarrow \bar{V} = \frac{\int v_{max} \left(\frac{y}{y_0} \right)^{\frac{1}{n}} dy}{\int dy}$$

$$\Rightarrow \bar{V} = \frac{\int_0^{y_0} v_{max} \left(\frac{y}{y_0} \right)^{\frac{1}{n}} dy}{\int_0^{y_0} dy} \Rightarrow \bar{V} = \frac{\frac{v_{max}}{y_0^{\frac{1}{n}}} \int_0^{y_0} y^{\frac{1}{n}} dy}{\int_0^{y_0} dy}$$

$$\Rightarrow \bar{V} = v_{max} \frac{\frac{n}{1+n} y_0^{\frac{1+n}{n}}}{y_0^{\frac{1}{n}} y_0} \Rightarrow \bar{V} = v_{max} \frac{\frac{n}{1+n} y_0^{\frac{1+n}{n}}}{y_0^{\frac{1+n}{n}}} \quad \bar{V} = \frac{n}{1+n} v_{max}$$

$$\frac{v}{v_{max}} = \left(\frac{y}{y_0} \right)^{\frac{1}{n}} \quad \alpha = \frac{\int v^3 dA}{V^3 A}$$

$$\Rightarrow \alpha = \frac{\int v_{max}^3 \left(\frac{y}{y_0} \right)^{\frac{3}{n}} dy}{\left(\frac{n}{1+n} \right)^3 v_{max}^3 \cdot y_0} \Rightarrow \alpha = \frac{\frac{v_{max}^3}{y_0^{\frac{3}{n}}} \cdot \int_0^{y_0} y^{\frac{3}{n}} dy}{\left(\frac{n}{1+n} \right)^3 \cdot v_{max}^3 \cdot y_0}$$

$$\Rightarrow \alpha = \frac{\frac{n}{3+n} y_0^{\frac{3+n}{n}}}{\left(\frac{n}{1+n} \right)^3 \cdot y_0^{\frac{3+n}{n}}} \Rightarrow \alpha = \frac{(1+n)^3}{n^2 (3+n)^3}$$

$$\frac{v}{v_{max}} = \left(\frac{y}{y_0} \right)^{\frac{1}{n}}$$

$$\beta = \frac{\int v^2 dA}{V^2 A} \Rightarrow \beta = \frac{\int v_{max}^2 \left(\frac{y}{y_0} \right)^{\frac{2}{n}} dy}{\left(\frac{n}{1+n} \right)^2 v_{max}^2 \cdot y}$$

$$\Rightarrow \beta = \frac{\frac{v_{max}^2}{y_0^{\frac{2}{n}}} \cdot \int_0^{y_0} y^{\frac{2}{n}} dy}{\frac{n^2}{(1+n)^2} \cdot v_{max}^2 \cdot y_0} \Rightarrow \beta = \frac{\frac{n}{2+n} y_0^{\frac{2+n}{n}}}{\frac{n^2}{(1+n)^2} y_0^{\frac{2+n}{n}}}$$

$$\beta = \frac{(1+n)^2}{n(2+n)^2}$$

مثال: در یک کانال مستطیلی به عرض ۴ متر، عمق آب یک هزار است و توزیع سرعت نسبت به عمق یکنواخت و مطابق شکل می باشد. دلیل جریان، سرعت متوسط و ضرائب ضرايب تصحیح α و β را تعیین کنید.

$$v = ax + b$$

$$\begin{cases} x = 0, v = 0 \\ x = 2, v = 2 \end{cases} \Rightarrow v = x$$

$$Q = 2 \int_0^2 v dA = 2 \int_0^2 x (y \cdot dx)$$

$$Q = 2 \int_0^2 x \times 1 \times dx = 2 \left[\frac{x^2}{2} \right]_0^2 = 4 \text{ m}^3/\text{s} \quad \bar{V} = \frac{Q}{A} = \frac{4}{4 \times 1} = 1 \text{ m/s}$$

$$\alpha = \frac{1}{A} \int \left(\frac{v}{V} \right)^3 dA \Rightarrow \alpha = \frac{1}{1 \times 2} \int_0^2 \left(\frac{x}{1} \right)^3 (1 \times dx) \Rightarrow \alpha = \frac{1}{2} \left(\frac{x^4}{4} \right)_0^2 = 2$$

$$\beta = \frac{1}{A} \int \left(\frac{v}{V} \right)^2 dA \quad \beta = \frac{1}{1 \times 2} \int_0^2 \left(\frac{x}{1} \right)^2 (1 \times dx) \quad \beta = \frac{1}{2} \left(\frac{x^3}{3} \right)_0^2 = \frac{4}{3}$$

