وزارت تحصیلات عالی
موسسات تحصیلات خصوصی
پوهنتون خصوصی دعوت
فاکولته انجنیری
دیپارتمنت سیول

لکچر نوت

مضمون : هایدرولیک انجنیری

استاد مضمون : پوهنوال دکتور محمد قاسم صدیقی

سال 1392

فهرست عناوین

فصل اول Chapter I

مقدمه
1.1.هدف هایدرولیک انجنیری Scope of Hydraulic Engineering
1.2. پروژه های عنعنوی ، پرابلم ها و انکشاف اخیر Recent Developments
1.3.پروژه های آب گردان
1.4. انکشاف دورنمای ساختمانهای هایدرولیکی در افغانستان Water Diversion Projects and perspective Development Hydraulic structures in Afghanistan
1.5.کشمکش ها در انکشاف آب Conflicts in Water Development
1.6. سوالات

فصل II مجراهای باز Open Channel Flow

2.1. ملاحظات عمومی General Considerations
2.2. مقایسه جریان درکانالهای باز و مجراهای تحت فشار Comparing of flow in Open Channel and Closed Conduit Flow
2.3. صنف بندی کانالها
2.4. انواع مقاطع کانالهای باز
2.5. مشخصات هندسی مجراهای باز
2.6. طبقه بندی و تشخیص انواع جریان در کانالهای باز
2.7. وضعیت جریان در کانالهای باز
2.8. رژیم جریان و سوالات
2.9. تاثیرات مقاومت با استفاده از ضریب اصطکاک Resistance Effect Using the Friction Factor
2.10. انرژی و معادله آن
2.11. استفاده از معادله انرژی و سوالات
2.12. انرژی مخصوص
2.13. عمق بحرانی و محاسبات عمق بحرانی
2.14. حل سوالات فصل دوم
2.15. سوالات

فصل III جریان پایدار در کانالهای باز
Steady Flow in Open Channel

3.1. سرعت متوسط در جریانهای منظم
3.2. معادله شزی
3.3. تعیین ضریب شزی نظر به ضریب اصطکاک درسی – ویسباخ (Darcy –Weisbach) و سوالات
3.4. تعیین ضریب شزی با استفاده ضریب بازین (Bazin) و تعیین ضریب شزی با استفاده رابطه گانگلیت – کاتر (Ganguillete –Kutter) و سوالات
3.5. معادله مانینگ (Manning) و سوالات
3.6. تخمین ضریب درشتی(n)مانینگ و سوالات
3.7. محاسبه جریان منظم Calculation of Uniform flow
3.8. حل سوالات فصل سوم
3.9. سوالات

فصل IV . تیوری جریان متغیر تدریجی پایدار Steady Gradual Varied flow

4.1. تصنیف پروفایل طولی سطح آب درمجراهای باز Classification of Water Surface Profile و سوالات
4.2. بررسی کیفی میلان سطح اب در پروفایل های مختلف
4.3. محاسبات جریان متغیر تدریجی پایدار در کانالهای باز Calculation of Steady Gradual Varied Flow in Open Canal و سوالات
4.4. جریانهای متغیر مکانی Spatially Varied Flow
4.5. حل سوالات فصل چارم
4.6. سوالات

فصل V جریان در مجراهای بسته

5.1. معلومات عمومی
5.2. معادله انرژی جریان
5.3. هید سرعتی
5.4. هید پمپ و توربین
5.6. ضایعات انرژی
5.7. ضایعات انرژی و استفاده از فورمول هزن ویلیم
5.8. ضایعات انرژی در مجراهای بسته غیر دایره وی
5.9. ضایعات انرژی از اثر فتنگ ها و خورد شدن آنی وبزرگ شدن آنی نل
5.10. معادلات برای Hf , Q, D

5.11. خط انرژی و هایدرولیکی
5.12. روابط هید و مقدار جریان برای پمپ و توربین
5.13. سیستم نل ها
5.14. نلهای منشعب
5.15. نلهای موازی
5.16. حل سوالات فصل پنجم
5.17 . سوالات

فصل VI .ساختمانهای هایدرولیکی

6.1.ساختمانهای سیفون
6.2. ساختمانهای ترناب
6.3. ساختمانهای سریع الجریان
6.4. ساختمانهای شرشره
6.5
6.6.ساختمانهای آب سنج
6.7. ساختمانهای ترسبگاه
6.8. دیوار های استنادی
6.9. حل سوالات فصل ششم
6.10. سوالات

فصل VII بندها و مخازن ذخیره

7.1. پروسه های پلانگذاری
7.2. انواع بندها
7.3. بند های سنگریزه ای
7.4. بندهای گراویتی کانکریتی
7.5. بندهای آبگردان
7.6. استوار ی بند
7.7. حل سوالات فصل هفتم
7.8. سوالات

Hydraulics Engineering
هایدرولیک انجنیری

Chapter I. Introduction
فصل اول مقدمه
Scope of Hydraulic Engineering

1.1. هدف هایدرولیک انجنیری

هایدرولیک یکی از علوم تطبیقی انجنیری است که حل مسایل انجنیری را با استفاده از میخانیک سیالات و علوم دیگر انجنیری و ساینسی به منظور رشد و انکشاف تاسیسات آبی و پروژه ها ی منابع آب واضح میسازد. به عباره دیگراساس هایدرولیک را میخانیک مایعات تشکیل داده که در مورد حل مسایل انجنیری مایعات در حالت ساکن و حرکت بحث مینماید . هایدرولیک عبارت از مایعات تقریباً تراکم ناپذیر هستند. این خاصیت سبب شده است که از مایعات به عنوان وسیله مناسبی برای تبدیل و انتقال کار استفاده شود. بنابراین می‌توان از آنها برای دیزاین ماشینهایی که در عین سادگی، با قوه محرک خیلی کم بتواند قوه مقاوم فوق العاده زیادی را ایجاد نماید، استفاده نمود. تصور هایدرولیک انجنیری عموما با پروژه های آبی مانند بندهای چندین هدفه ، سیستم های ابیاری و امور کشتی رانی ارتباط میگیرد آغاز شد . .

1.2. پروژه های عنعنوی ، پرابلم ها و انکشاف اخیر
Traditional Projects problems and Recent Development

علم هایدرولیک انجنیری با ساختمانهای عنعنوی ارتباط داشته وتوسعه علم **هایدرولیک** زمانی شروع شد که پاسکال دانشمند فرانسوی قوانین مربوط به فشار را کشف کرد(1650 میلادی) و هایدرولیک را به عنوان یک علم نوین پایه گذاری نمود. از آن تاریخ به بعد دوران پیشرفت هایدرولیک بوجو د آمد و این علم به نحو چشمگیری وارد بازار گردید. امروزه هایدرولیک درتمام تاسیسات آبی ،ساختمان ماشین آلات صنعتی، زراعت ، سرکسازی ، هوانوردی ، کشتی سازی، موتر سازی، تاسیسات صنایع سنگین، معدن و غیره در مقیاس وسیعی استفاده میشود و روز به روز نیز افزایش میابد. مثال اولین ساختمان های عنعنوی در مصر، عراق امروزی، ایران، هند و چین احداث گردیدند. به مرور زمان با انکشا ف علم ساینس و تخنیک ساحه و پروسه استفاده از آب نیز توسعه یافته و شکل مغلق تری را بخود گرفت که بدین ترتیب ساختمان های هایدروتخنیکی متنوع چه از لحاظ شکل و اندازه و چه از نقطه نظر بهره برداری ساخته شدند امروز هیچ مملکتی در جهان وجود ندارد که در آن از منابع آبی به منظور اهداف مختلف مانند :تولید انرژی برق آبی، آبیاری زمینها، آبرسانی شهرها ودهات، کشتی رانی وترانسپورت آبی ، صنعت تربیه و پرورش ماهی و غیره استفاده به عمل نیامده باشد. تصور هایدرولیک انجنیری عموما با پروژه های آبی مانند بندهای چندین هدفه ، سیستم های ابیاری و امور کشتی رانی آغاز گردید . بند کینتکی Kentucky بالای دریای تینیسی و بند چندین هدف با ارتفاع 50 فوت با ظرفیت 160000 کیلووات در کشور امریکا احداث شد .

پرابلم ها ی آبی

حجم جریا ن د ریا یی یا آ ب د ریا ها ی روی زمین به اسا س احصا ئیه ها ی معاصر و قا بل اطمینا ن به(km^3 38150) میرسد که از این جمله ($2950\ km^3$)آن حجم سالانه دریا های اروپائی و($12860\ km^3$) حجم سالانه دریا های آسیائی میباشد. اگر تنها همین د و بر اعظم را د ر نظر گرفته و آنها را از لحا ظ پرابلم های آ بی مورد مطا لعه قرا ر دهیم به ا ین نتیجه میرسیم که:

1 . تقریباً یک حجم زیا د از جریا ن دریا ها ی آسیا ئی به بحر منجمد شمالی و بحر هند میریزد. ویا هم اکثر دریا های اروپا ئی به اقیا نوس اطلس منتهی میگردند. به همین ترتیب بخش دیگر از د ریا ها ی ا ین د و براعظم به جهیل ها سرازیرمیگرد د. بطور مثال دریا های اوبی ، ینیسی و لینا به بحر منجمد شما لی، دریا گنگا به بحر هند، دریا آمو به جهیل اورال دریای هلمند به جهیل سیستان می ریزد.

2 . تقسیم جریان دریا یی در طول سا ل و حتی هم در طول یک فصل تغیر می نماید.(در بعضی موارد حتی در طول یک شبا نه روز نیز تغیر می نماید).

3 . آب دریا ها و ترسبات اتمسفری در فصل بهار که آنقد ر ضرورت به آبیا ری زمین ها ی زراعتی احسا س نمی گرد د زیا د می باشد.

4 . آبهای دریا ها در زمان طغیان اکثراً زمین های زراعتی، بند های آبگردان، منازل مسکونی، شهر ها ودهات را زیر آب نموده و صدها و هزاران انسان را متضرر مسازد.

5. آب دریاها در اکثر موارد بدون تصفیه قبلی به منظور نوشیدن ورفع سایرضرورت های معیشتی قابل استفاده نمی باشد.

6 . آب های دریا یی و آب های زیر زمینی (تحت الارضی) اکثراً پایین تر ویا دور تر از منابع مصرف کننده واقع میباشند.

7 . جریان دریائی سواحل دریا ها را شستشو و تخریب نموده که به این ترتیب بود باش و فعالیت انسانها را در سواحل دریا ها که بهترین امکانات رشد زراعت و تهیه خوارکه و مواد خام صنعتی در آنحا فراهم است محدود و حتی نا ممکن می سازد.

8 . بلند بودن سطح آبهای زیر زمینی باعث دلدلزار شدن و شوره زار شدن زمین ها می گردد که در هر دو صورت مانع استفاده و فعالیت انسان میشود

بشر برای تنظیم و رفع مشکلات حیاتی خویش مجبور به جدو جهد برای آموختن فن تنظیم کردن طبیعیت , آغا ز نموده تا موانع فوق را از سر راه خویش دور نماید. همین بود که به اعمار ساختمان های مانع کننده آب از قبیل بندها، دکه ها، ساختمان های توجیه کننده آب و ساختمان های تحکیم کننده سواحل پرداختند. هم زمان با مروج شدن زمین داری مردم به فکر پیدا کردن ویا ایجاد ذخایردایمی آب برآمدند که در نتیجه کاسه های ذخیره،جهیل ها، کانال های آبیا ری وغیره را ایجاد نمودند. بند گراویتی با ارتفاع 9 متر و عرض قله آن 1 متر یکی از قد یمیتر ین بند ها در اردن 3000 سا ل قبل از میلاد اعما ر کر دید ه است. بند ساد الکفاره در25 کیلومتری جنو ب قا هره موقعیت داشته دارای 87 متر عرض قسمت تحتانی و 102 متر طول در سالهای 2600 و 2800 قبل از میلاد سا خته شد ه است .

بند هوور یکی از بزرگـترین بند های ها ایالات متحده است که بر روی دریای کلرادو در جنوب شرقی شهر لاس وگاس در ایالت نوادا ساخته شده‌است. این بند تا پیش از احداث بند گراند کولیی در سال ۱۹۴۵ میلادی، بزرگترین ساختمان کانکریتی و بزرگترین برق‌آبی در جهان بود.

Private Higher Education
Dawat private University Institute
Engineering Faculty
Department of Civil
Subject : Hydraulics

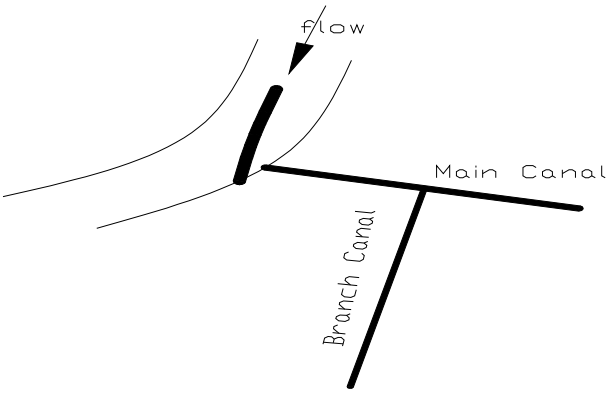
prepared by:Ass.Prof.M.Q.Sediqy .Dr.M.Qasim.Sediqy

Date: 2012.03.22 , 1391/01/03, 29/04/1433

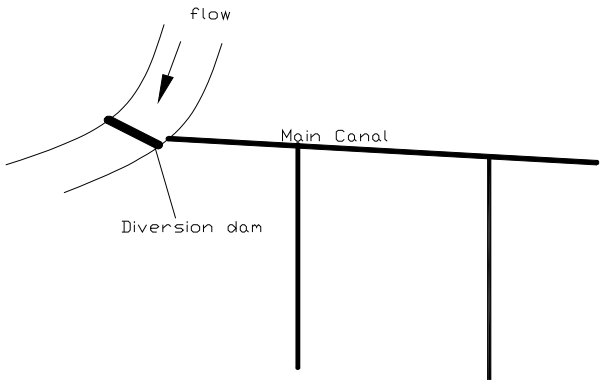
1.2. پروژه های آبگردان ودورنمای Water Diversion Projects

اکثرا بند های آبگردان به منظور تامین سرکوب اب بالای کانال در مسیردریا هااعمار میگردد. بند های آبگردان میتوانند به منظور آبیاری ساحات زراعتی ، آبرسانی ، ترانسپورت آبی ، ستیشن های برق آبی و یا آبیاری غرقابی اعمار گردد .این نوع پروژه ها محاسبات هایدرولیکی و دیزاین بخصوص دارد که با علم هایدرولیک ارتباط دارد .

اشکال(الف ، ب ، ج ، د ، و ، ی) دیده شود

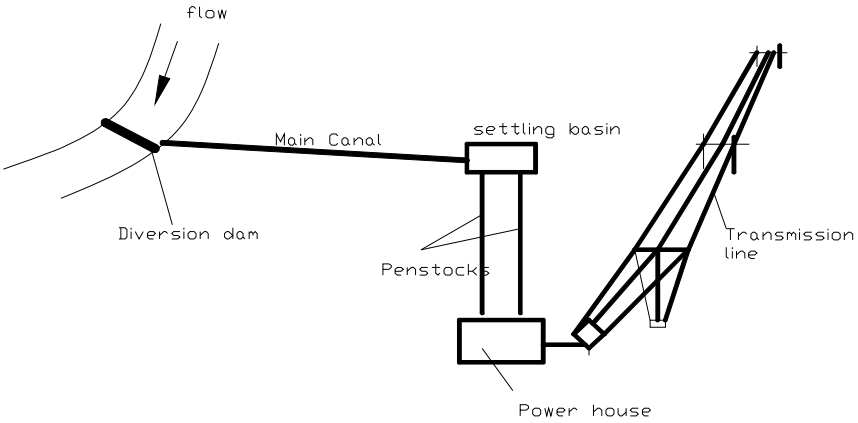


ب

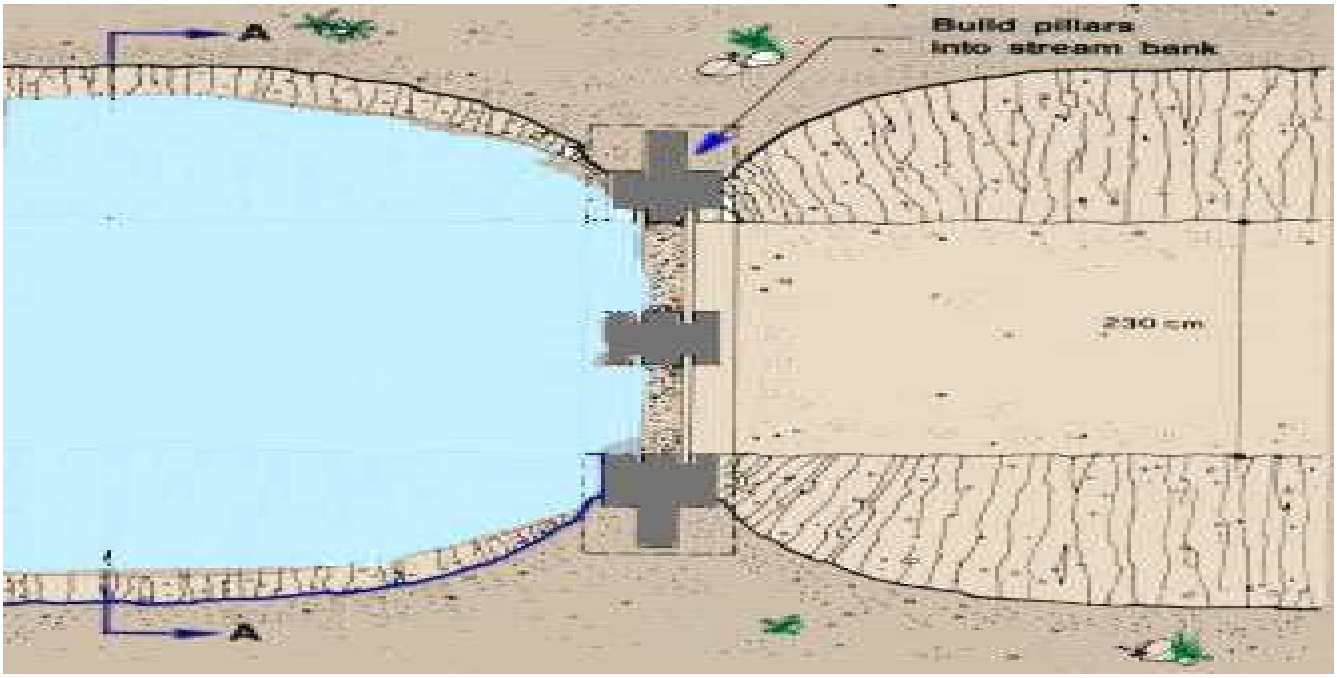


الف

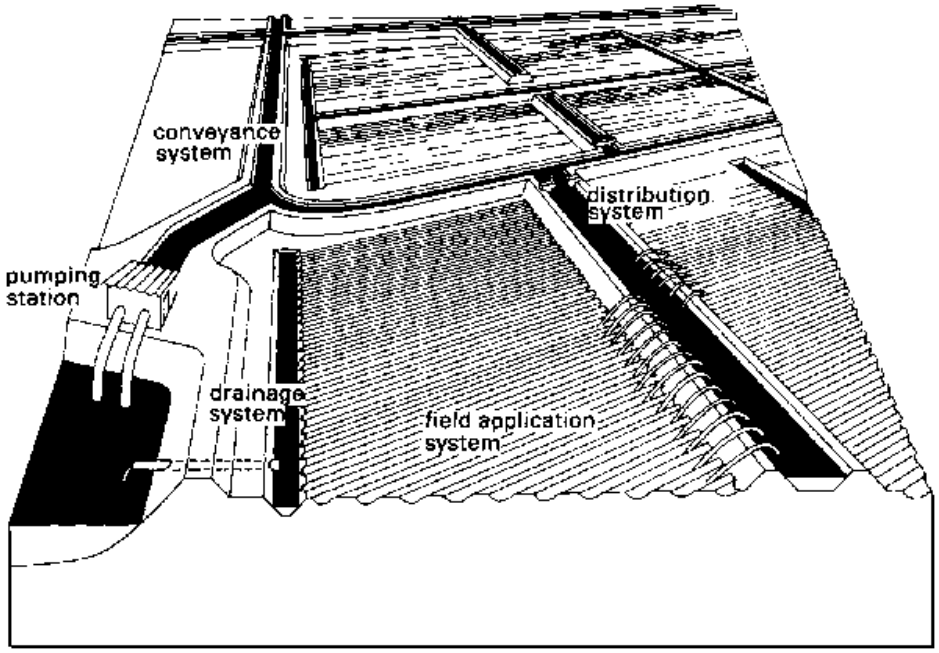
شکل ا. الف . بند آبگردان ، ب . دیوار توجهه کننده برای تامین سرکوب اب ،ج. بند ابگردان به منظورتولید انرژی آب



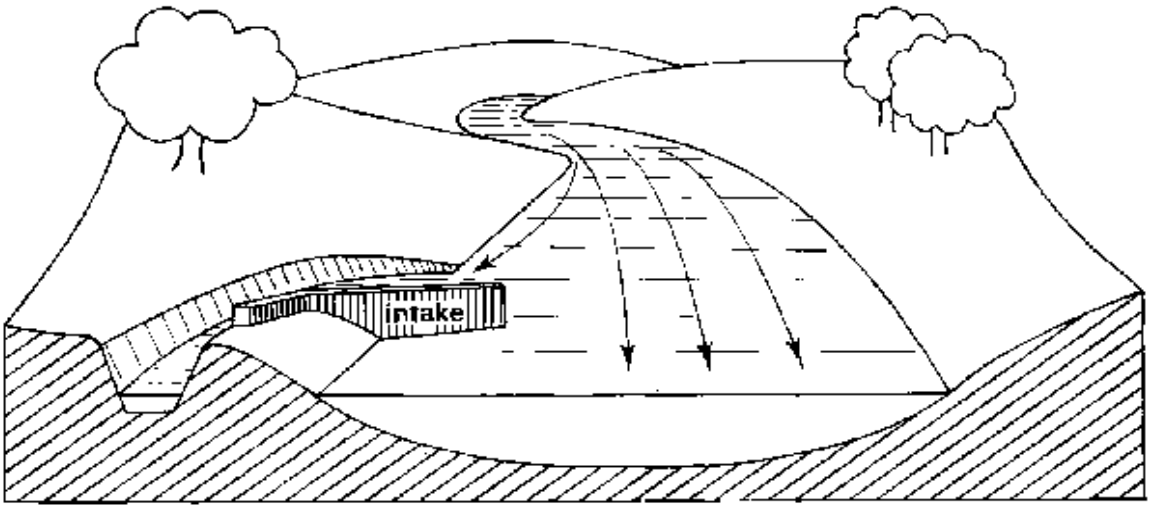
ج . بند آبگردان به منظور تولید انرژی آب



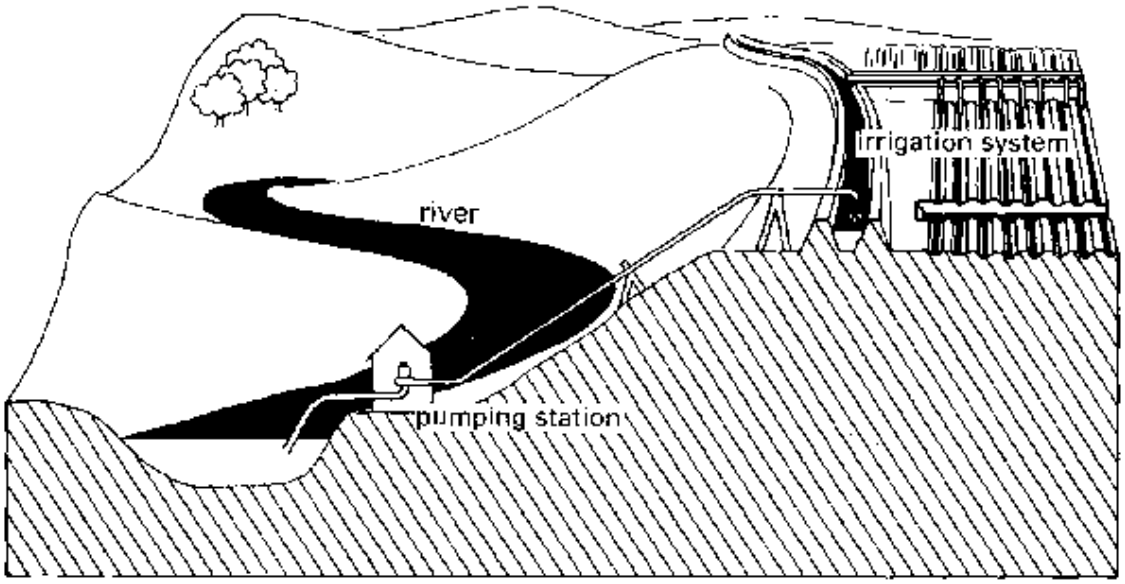
شکل دوم : پل و تنظیم کننده



شکل سوم .سیستم ابیاری ماشینی



شکل چارم . ساختمانهای آبگیر بالای دریا و یا کانال



شکل 5 . آبیاری ماشینی

1.4. دورنمای انکشاف ساختمانهای هایدرولیکی در افغانستان

Prospective Development Hydraulic structures in Afghanistan

قبلا از سالهای 1375 پروژه های ذیل شامل پلان انکشافی سال 1376 وزارت آب وبرق بوده است.

1.پروژه بند با غدره برای تولید 80MW برق و ارتفاع بند 125 متر بالای دریای پنجشیر

در قسمت زیمه

2. پروژه بند های سروبی دوم و سوم

3. پروژه بند کنر در قسمت تحتانی 7 کیلومتری از اسمار به ارتفاع 180 مترو به ارتفاع 1080 متر

از سطح بحر

4. پروژه بند کنر در قسمت فوقانی اسمار به فاصله 22 کیلومتر به ارتفاع 125 متر به طول 870متر و یک کیلومتر

پائین از قریه چونیک

5. پروژه بند گلبهار که به فاصله 2 کیلومتر در شمال گلبهار در تنگی پنجشیر موقعیت دارد به ارتفا ع 200 متر درنظر گرفته شده است

6. پروژه بند آبگردان کامه به ارتفاع 5 الی 6 متر توسط کانال عمومی به طول 18 کیلومتر آبرا به سا حه زراعتی میرساند.

7. نصب دروازه پرچاوه بند کجکی بالای دریا ی هلمند به ارتفاع 11 متر که ارتفاع بند را 2 متر افزایش میبخشد.

8. پروژه بند اولمباغ به ارتفاع 55 متر که به فاصله 75 کیلومتر از قسمت فوقانی بند کجکی موقعیت دارد.

9.تکمیل پروژه بند آبگردان کمال خان که مربوط ولایت نیمروز میباشد در قریه چاربجک موقعیت دارد.

10. تکمیل پروژه بند برق خان آباد که بالای دریای خان آباد موقعیت دارد .

11. مطالعه تخنیکی پروژه بند کیله گی بالای دریای کند ز

12 . پروژه اعمار بند بدخشان درقسمت تحتانی یکجا شدن دریای پنج وواخان درخاک تا جکستان به ارتفاع 30 متر.

13.پروژه بند سنگی سلما به ارتفاع 104 متر و به طول 430 متر

14.پروژه بند کانکریتی کانتر فورسی بخش آباد به ارتفاع 87 متر و طول 285 متر

1.5. Conflict in Water Developmentکشمکش ها در انکشاف آب

طوریکه نفوس کشور ما روز افزون بوده بنا تقاضا برای غذا ، انرژی ، و تفریح نیز بیشتر میشود ، ازینرو باید اراضی زیاد تحت آبیاری قرارگیرد ، آب بیشتر برای تولید انرژی استفاده شود ، و هکذا آب زیاد برای استفاده تفریح ضرورت است . وکارشناسان امور آب پیش بینی می کنند که در آینده نه چندان دور تشنج ها ، درگیری ها ی ملی ، منطقه ای و بین المللی بر سر مسئله آب بیشتر خواهد شد و از آنجا که همگان به آب شرین و پاک نیاز دارند ، دور از ذهن نخواهد بود که جنگ های آینده جهان بر سر منابع آب صورت گیرد . در 50 سال گذشته 37 مورد خشونت بین کشور ها بر سر آب گزارش شده است .که همه آنها به جز 7 مورد مربوط به شرق میانه می باشد . طبقه اعلام

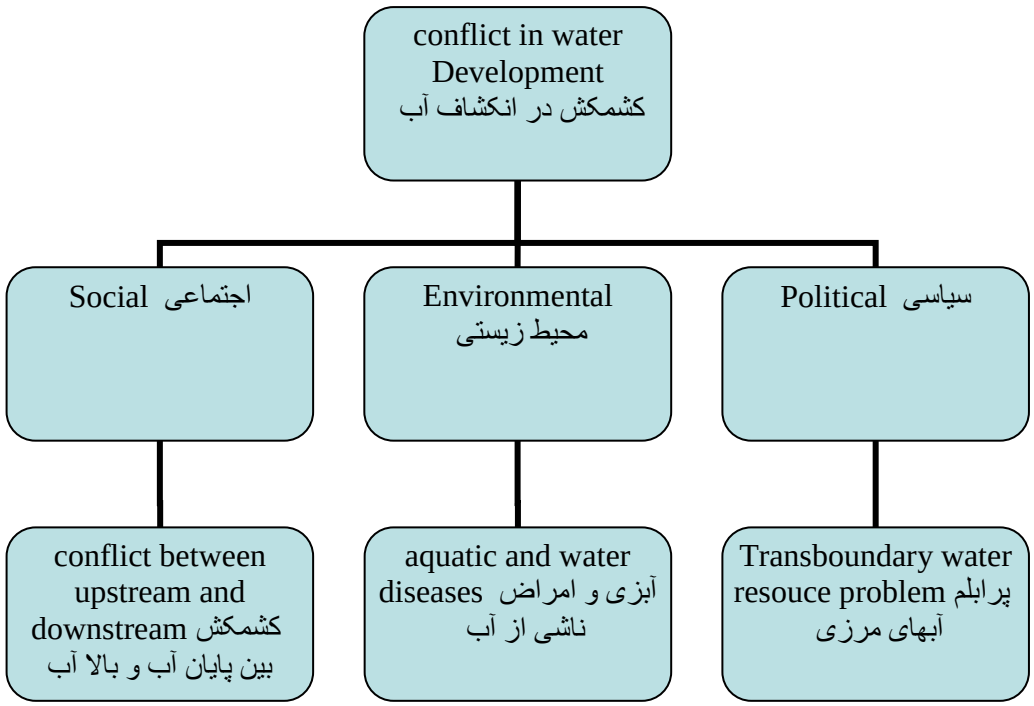
مطالعا ت سازمان ملل متحد کمبود آب بحرانی حاد در سراسر شرق میانه میباشد . بحرانی که تنها از طریق عملی نمودن برنامه های بزرگ و واقع بینانه و مبتنی بر تعاملات بین المللی و با استفاده از تمامی امکانات و ظرفیت ها قابل کنترول خواهد بود .

کشمکش ها روی انکشاف آب از سه بعد مطالعه میگردد : اجتماعی ، محیط زیستی ، سیاسی

اجتماعی – همیشه در یک منطقه مناقشه و مشکلات بین پایان اب و سرآب وجود دارد

محیط زیستی – همیشه آبزی ها از اثر انکشاف تاسیسات آبی متضرر میشود و بعضی اوقات سبب شیوع امراض گوناگون انسان ها میگردد.

سیاسی – مشکلات آبهای مرزی بین کشور های که در یا های مشترک دارند ویا دریاهای که از بین ممالک میگذرد .



شکل 6. کشمکش در انکشاف آب

کشمکش ها روی مسئله اب می تواند بین مردم منطقه با لا آب و پایان آب ، بین مملکت ها ، باشد . و همچنان این کشمکش ها میتواند بین تاسیسات آبی و تاثیرات آن از لحاظ محیط زیستی باشد که در زیر چند مثال از آن ذکر گردیده است :

مثال این کشمکش ها عبارتند از :

1. آبیکه از دریا به منظور آبیاری گرفته میشود اب کم در قسمت پایان آب باقیمانده و سبب خطر زنده گی حیوانات آبزی میگردد و از سوی دیگر کسانیکه در پایان آب قراردارند از آب کافی نمی توانند استفاده نمایند.
2. پرچاوه آب از ساحات آبیاری و از ساحات زابرها به دریا ها و خلیج ها سبب پرشدن دریا و خلیج و هکذا الوده گی آنها میگردد.
3. فعالیت ستیشن های برق آبی سبب تغییر نوسانات سطح اب گردیده و سبب زیان حیات آبزی ها گردیده ، درصورتیکه خطرناک نباشد میتواند برای قایق رانی مساعد باشد .
4. خروج آب گرم از ستیشن های حرارتی سبب اذ یت آبزی ها میگردد.
5. اعمار بند ها مانع حرکت ماهی ها میگردد.
6. ساختمان بند ها به منظور کنترول سیلاب ها مقدار تولید انرژی را کاهش داده و محیط نا خوشایند را ایجاد مینماید.
7. رها کردن اب از کاسه های ذخیره آب برای ضرورت حیات سالم ابزی ها باعث هزینه زیاد تولید انرژی و استفاده برای آبیاری میگردد.

فصل دوم : مجرا های باز

2.1. ملاحظات عمومی :

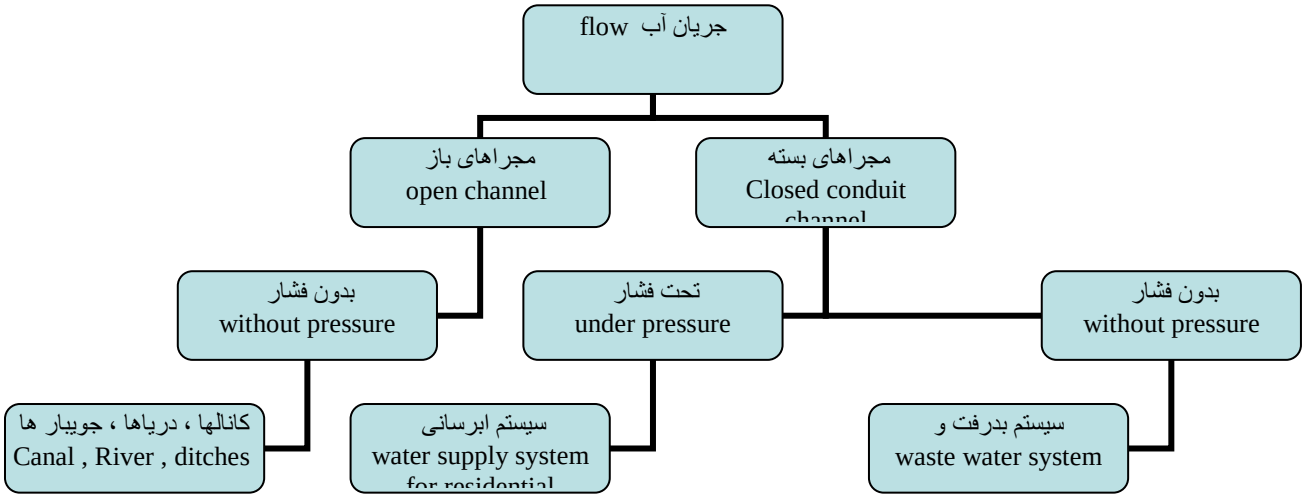
انجنیر جهت اعمار کانالهای باز برای انتقال اب از دریا به ساحات تحت ابیاری ویا آبرسانی به مشکلات مانند تثبیت میل بستر کانال ، عمق ،عرض کف ، میلان نشیب جانبی کانال ،سراشیبی ها ، لغزش خاک ، انتقال آب از کاسه ذخیره توسط کانال به منظور تولید انرژی برق و غیره برخورده ، در موقع دیزاین باید موضوعات متذکره را با استفاده از قوانین هایدرولیک حل نماید.

2.2. مقایسه جریان درکانالهای باز و مجراهای تحت فشار

اب میتواند در مجراهای باز و بسته جریان داشته باشد . مجراهای باز عموما به اتمسفر ارتباط داشته و همیشه بدون فشار گفته میشود درهایدرولیک مجراهای باز عموما سطح بالائی جریان با اتمسفر تماس دارد .مانند دریا ها ، کانالهای باز ، سیستم بدرفت . جویچه های کنار سرک ها .

اما مجراهای بسته مجراهاییکه اطراف ان با جسم جامد و یا مایع در فضای بسته بالای زمین و تحت خاک درحرکت باشد . مجراهای بسته بدو دسته تقسیم میگردد که تحت فشار و بدون فشار میباشد . مجراهای تحت فشار که میتوان آنرا در بعضی موارد مجرای بسته نیز نامید در مجراهای تحت فشار مایع از همه جهات توسط حدود جامد محصور شده باشد. مثلا شبکه های آبرسانی شهری که آب آشامیدنی را به مصارف مردم میرساند همه تحت فشار اند. سیستم بدرفت

همیشه بدون فشار است . شکل 7. در زیر نشان داده شده است



شکل 7 . انواع جریان آب

در مورد مقایسه جریان های تحت فشار و بدون فشار می توان گفت که جریان تحت فشار را جریان در مجراي بسته نیز نامید ،یعنی تمام مایع ، درون يك مرز جامد محصور شده است ، مرزهاي حركت مايع در تماس با جدار جامد مي باشد ولي در كانال باز مايع در حالت حركت ، در تمام مرزها با تماس با جدار جامد نمي باشد بلكه يك مرز جريان در تمام مسير با فشار اتمسفر در تماس بوده و ثابت است البته يک نكته را خاطر نشان ساخت كه يك مجراي بسته نيز مي تواند به صورت كانال باز عمل كند

چنانكه ديده مي شود در كانال هاي باز جريان در سطح بالايي خود آزاد بوده و در اين مرز جريان همواره با فشار ثابت اتمسفر روبرو مي باشد . جريان در كانال هاي باز را مي توان در مقايسه با جريان در مجاري تحت فشار در شكل (8) با خط انرژي و خط هيدروليكي نشان مي دهد

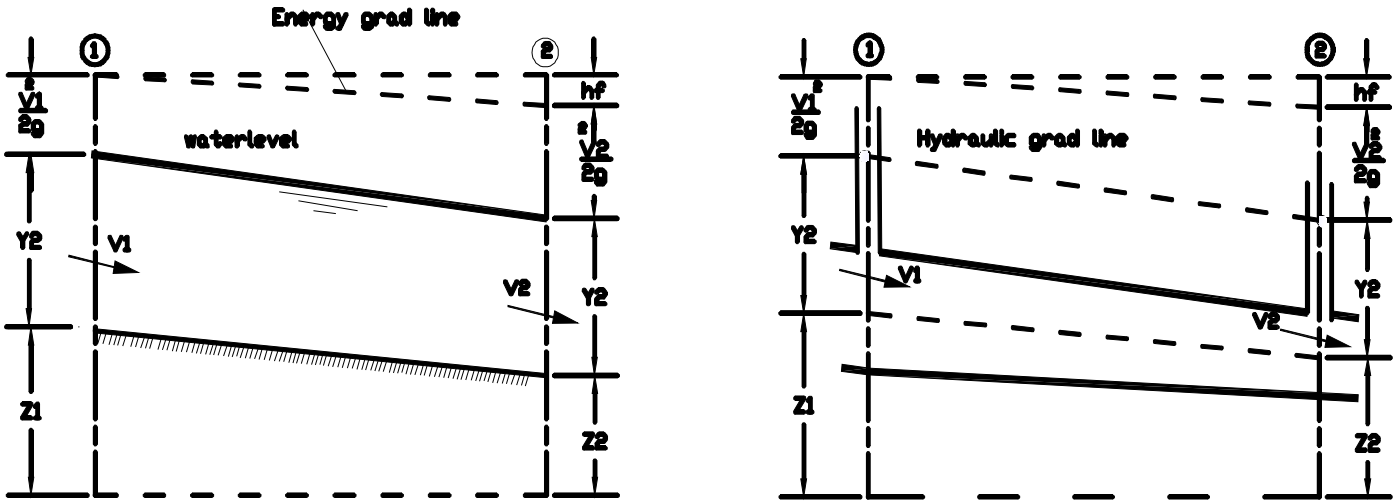
اگر در شکل الف 8 ملاحظه گردد . جریان آب در یک نل را نشان میدهد . جریان در این نل تحت فشار بوده و چنانچه یک پیزومتر در بدنه این نل نصب گردد آب در داخل این پیزومتر بالا خواهد رفت . انرژی مکمل یا انرژی قابل دسترس در هر مقطع از جریان عبارت از مجموع ارتفاع معادل سرعت $\frac{V^2}{2g}$ ، ارتفاع معادل فشار $\frac{P}{\gamma}$ و ارتفاع از سطح مقایسوی Z خواهد بود .

. درمجراهای تحت فشار سرعت تابع قطر و مساحت مقطع جریان بوده ، اما در مجراهای بدون فشار سرعت آب تابع میل ، درشتی مجرا ، شکل مجرا ، مساحت مقطع ، عمق آب میباشد .

$$H = \frac{V^2}{2g} + \frac{P}{\gamma} + Z \qquad \text{(1-2)}.....$$

درزمان حرکت آب در نل مقدار از انرژی در گرم شدن آب به مصرف میرسد و یا به صورت حرارت از محیط خارج میشود که بنام ضایعات انرژی درمسیر حرکت نامیده میشود .خط طولی ایکه مقدار انرژی را در مقاطع مختلف جریان نشان میدهد خط سطح انرژی (Energy Grade Line) نامیده میشود . خط سطح هایدرولیکی یا خط پیزومتریکی (Hydraulic Grade Line) که ارتفاع آب را در پیزومتر نشان میدهد واگر این دوسطح را درپیزومتر 1 و 2 وصل نمائیم خط و میلان هایدرولیکی را بدست میدهد .

در مجرای تحت فشار سرعت هنگامی تغییر میکند که مقطع جریان تغییر کند و لی سرعت در کانال باز ، مربوط میل طولی ، درشتی بستر و جدار مقطع ، مساحت مقطع ، شکل مقطع میباشد.



الف – جریان تحت فشار ب : جریان در کانا باز

شکل 8. مقایسه جریان در نل های تحت فشار و کانالهای باز

درساحه عمل جریان تحت فشار عمدتا شامل جریان آب در نل های آبرساني شهري ، شبکه هاي توزيع آب شهري و نل دوانی ساختمان ها مي باشد ولي جريان در کانال هاي باز ، حرکت آب در مجراهای طبيعي

(مانند دریا ها و نهرها) مجراهای هاي مصنوعي (مانند كانال هاي آبرساني و كانال هاي آبياري و زهكشي) ، شبكه هاي جمع آوري و انتقال بدرفت ، جریان در جویچه های سرک ویا کنار سرک های فرعی کوچه ها را شامل می گردد.

2.3. صنف بندی کانالها :

ساده ترین صنف بندی کانال بر مبنای مصنوعی یا طبیعی بودن کانال میباشد.

1. کانالهای طبیعی (دریاها)
2. کانالهای مصنوعی (توسط بشر به منظور مقاصد مختلف مانند : آبرسانی ، آبیاری ، جمع آوری و انتقال فاضلابها ساخته میشود.)

صنف بندی کانال بر مبنای تغییرات در سطح مقطع کانالها

1. کانالهای منشوری Prismatic Canals (مسیر شان دارای مساحت مقطع و میل ثابت باشد)
2. کانالهای غیر منشوریNon Prismatic Canals (مسیرشان دارای مساحت مقطع متفاوت و میل متغیر باشد)

صنف بندی کانال نظر به مفهوم

1. کانالهای ابیاری
2. کانالهای آبرسانی
3. کانالها به منظور رساندن آب درستیش های برق آبی
4. کانالهای تغذیوی
5. کانالهای ترانسپورتی
6. کانالهای محافظتی
7. کانالها ی فاضلاب
8. کانالهای صنعتی

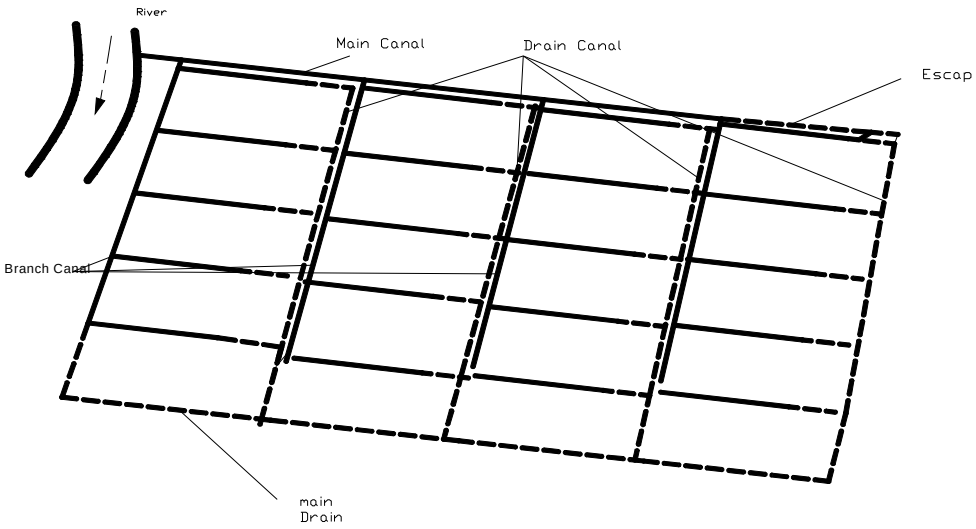
صنف بندی کانال بر مبنای مقدار جریان

1. کانال عمومی Main Canal
2. کانال شاخه ای و یا تقسیماتی درجه یک Branch Canal
3. کانالهای تقسیماتی درجه دوم و داخل ملیکتی Distributary Canal
4. کانالهای ساحوی Field Canal

صنف بندی کانالها برمبنای مواد ساختمانی

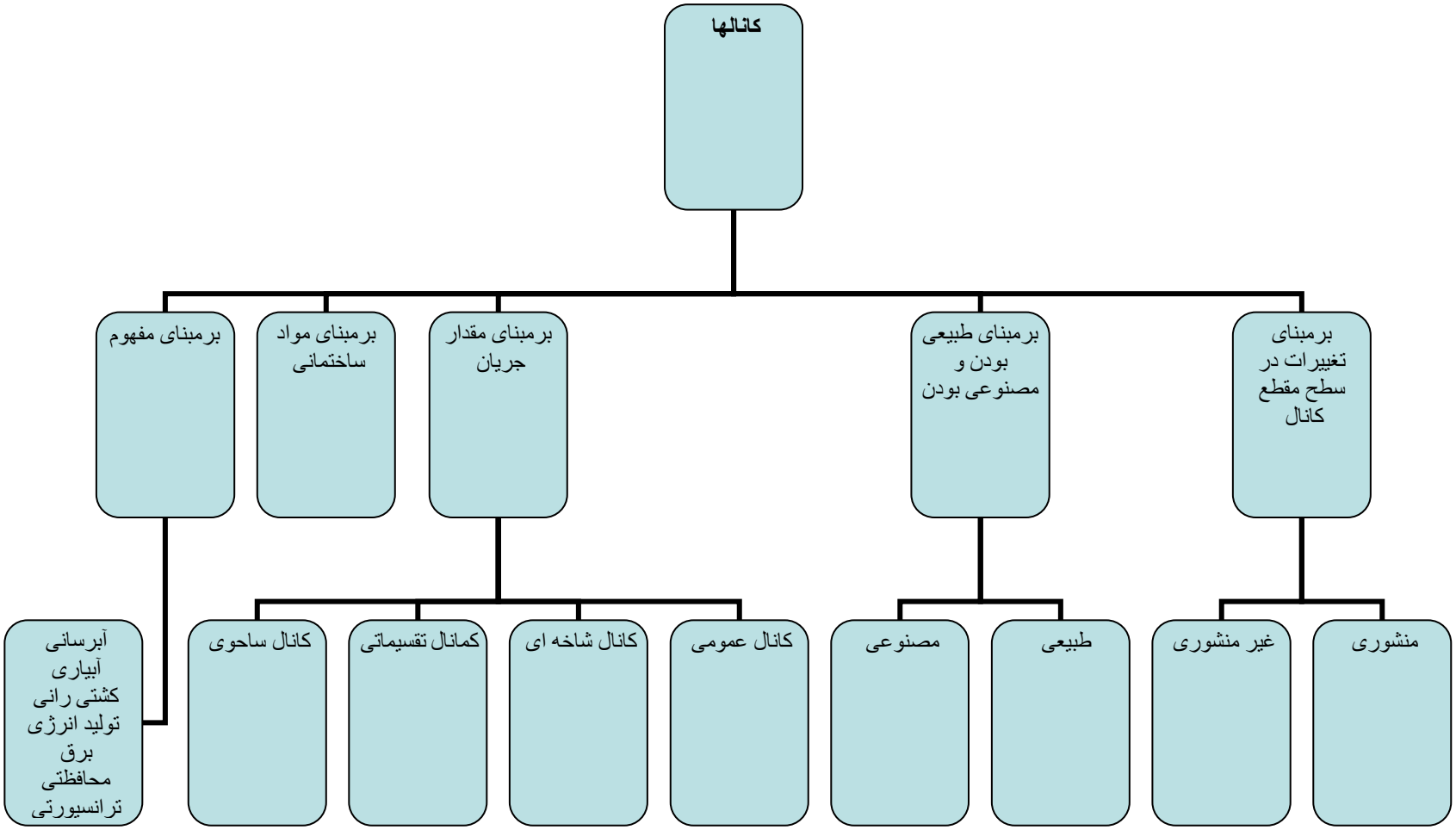
1. کانالها با مواد ساختمانی ثابت و سخت (کانکریت ، چوب ، فلز)

2. کانالها با مواد ساختمانی غیر ثابت (گل ، ریگ و غیره)



شکل 9. شیمای کانالها بر مبنای مقدار جریان

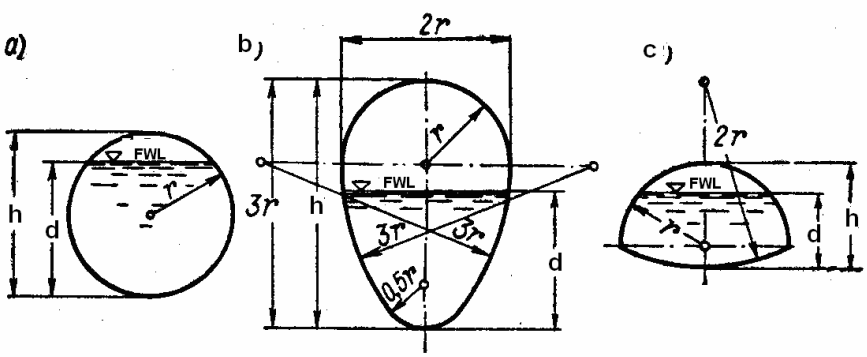
Private Higher Education
Dawat private University Institute
Engineering Faculty
Department of Civil
Subject : Hydraulics
prepared by:Ass.Prof.M.Q.Sediqy .Dr.M.Qasim.Sediqy
Date: 2012.03.22 , 1391/01/03, 29/04/1433

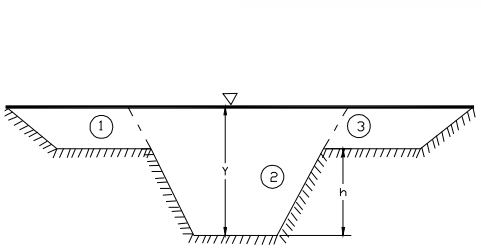


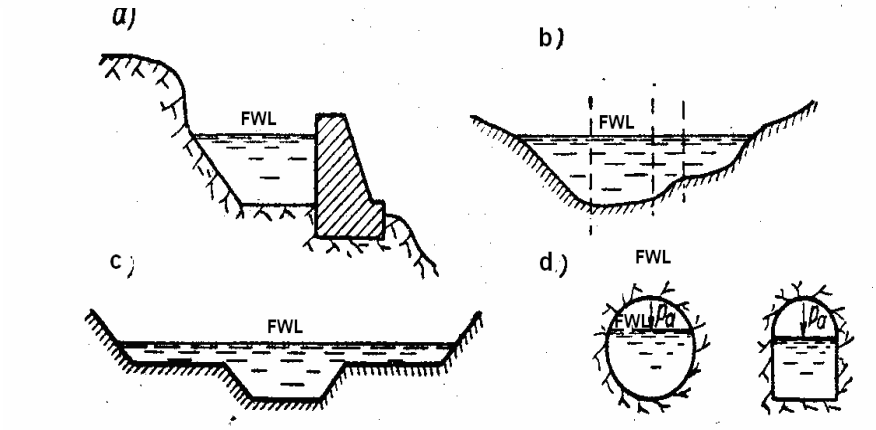
شکل 10 . انواع کانالها

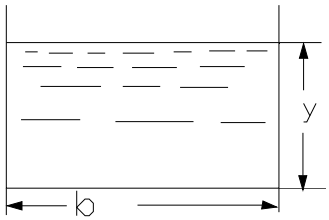
انواع مقاطع کانالهای باز

1. مقطع ذوذنقه ای معمولترین شکل برای کانالهای آبیاری میباشد و میلان نشیب جانبی آن در مقابل لغزش پایدار میباشد .
2. مقطع مستطیلی میتواند در صورتیکه مسیر از سنگ با شد حفر میگردد و مواد ساختمانی این کانالها سخت میباشد
3. مقطع مثلثی : برای مقادیر جریان کم استعمال میشود
4. مقاطع دایروی: این مقاطع برای انتقال جمع آوری فاضلاب و انتقال فاضلاب بکار میرود.
5. مقاطع پارابولی : معمولا برای مقاطع کانالهای کوچک طبیعی استفاده گردد.
6. مقاطع نعل اسپی و تخم مرغی : معمولا در تاسیسات جمع آوری و انتقال فاضلاب استفاده میشود

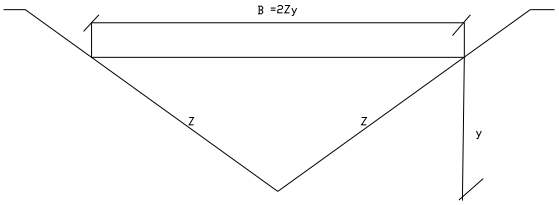


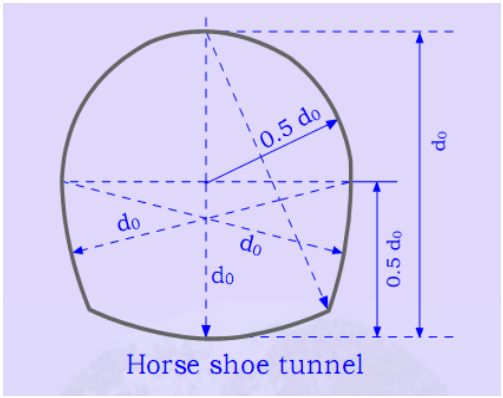






شکل 11. انواع مقاطع کانالهای باز و بسته

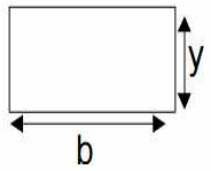
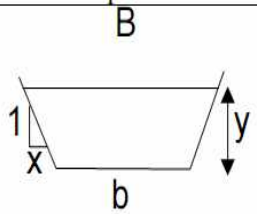
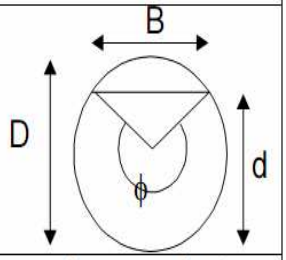




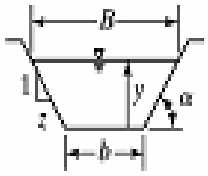
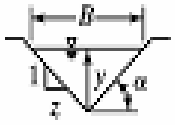
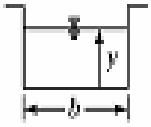
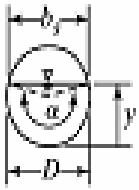
2.5. مشخصات هندسی مقاطع کانالهای باز :

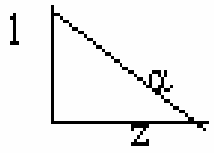
1. عمق جریان (y) عمود بر کف بعضا به حرف d نشان داده شده در صورتیکه کانالها میل کمتر از $\theta<6^0$ باشد . اگر میل تند تر باشد در آنصورت $d= y\cos\theta$
2. سطح آب : سطح آزاد نظر به یک سطح مبنائی را بنام سطح اب میگویند.
3. مساحت مقطع زنده : مساحت مقطع جریان عمود در یک بر جهت جریان بوده ویا جائیکه آب جریان دارد .
4. عرض سطح آزاد B و یا بعضا به حرف T نشان داده میشود.
5. محیط ترشده : محیطی که با آب تماس داشته باشد P.
6. شعاع هایدرولیکی R نسبت مساحت مقطع زنده برمحیط ترشده
7. عمق هایدرلیکی عبارت از A/B

جدول 1. مشخصات هندسی کانالها

	Rectangle	Trapezoid	Circle
			
Area, A	by	$(b+xy)y$	$\frac{1}{8}(\phi-\sin\phi)D^2$
Wetted perimeter P	$b+2y$	$b+2y\sqrt{1+x^2}$	$\frac{1}{2}\phi D$
Top width B	b	$b+2xy$	$(\sin\phi/2)D$
Hydraulic radius R	$by/(b+2y)$	$\frac{(b+xy)y}{b+2y\sqrt{1+x^2}}$	$\frac{1}{4}\left(1-\frac{\sin\phi}{\phi}\right)D$
Hydraulic mean depth D_m	y	$\frac{(b+xy)y}{b+2xy}$	$\frac{1}{8}\left(\frac{\phi-\sin\phi}{\sin(1/2\phi)}\right)D$

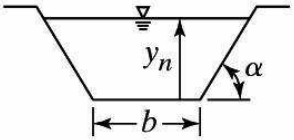
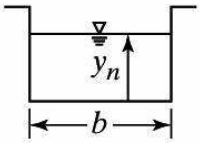
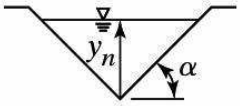
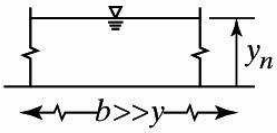
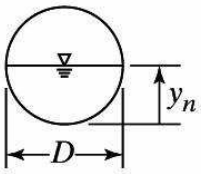
جدول 2. مشخصات هندسی مقاطع

SHAPE	SECTION	FLOW AREA A	WETTED PERIMETER P	HYDRAULIC RADIUS R
Trapezoidal		$y(b+y\cot\alpha)$	$b+\frac{2y}{\sin\alpha}$	$\frac{y(b+y\cot\alpha)}{b+\frac{2y}{\sin\alpha}}$
Triangular		$y^2\cot\alpha$	$\frac{2y}{\sin\alpha}$	$\frac{y\cos\alpha}{2}$
Rectangular		by	$b+2y$	$\frac{by}{b+2y}$
Wide flat		by	b	y
Circular		$(\alpha-\sin\alpha)\frac{D^2}{8}$	$\frac{\alpha D}{2}$	$\frac{D}{4}\left(1-\frac{\sin\alpha}{\alpha}\right)$



$$\text{Cot}\,\alpha = z/1$$

جدول 3.مشخصات هند سی مقاطع مناسب کانالها

SHAPE	SECTION	OPTIMUM GEOMETRY	NORMAL DEPTH y_n	CROSS-SECTIONAL AREA A
Trapezoidal		$\alpha = 60°$ $b = \frac{2}{\sqrt{3}} y_n$	$0.968\left[\frac{Qn}{S_b^{1/2}}\right]^{3/8}$	$1.622\left[\frac{Qn}{S_b^{1/2}}\right]^{3/4}$
Rectangular		$b = 2y_n$	$0.917\left[\frac{Qn}{S_b^{1/2}}\right]^{3/8}$	$1.682\left[\frac{Qn}{S_b^{1/2}}\right]^{3/4}$
Triangular		$\alpha = 45°$	$1.297\left[\frac{Qn}{S_b^{1/2}}\right]^{3/8}$	$1.682\left[\frac{Qn}{S_b^{1/2}}\right]^{3/4}$
Wide flat		None	$1.00\left[\frac{(Q/b)n}{S_b^{1/2}}\right]^{3/8}$	——
Circular		$D = 2y_n$	$1.00\left[\frac{Qn}{S_b^{1/2}}\right]^{3/8}$	$1.583\left[\frac{Qn}{S_b^{1/2}}\right]^{3/4}$

2.6. طبقه بندی و تشخیص انواع جریان در کانالهای باز

1. جریان پایدار Steady Flow : عمق جریان ، سرعت و مقدارجریان نظر به زمان ثابت باشد ویا تغیرنکند dQ/dt =0 ، dV/dt=0, dy/dt =0

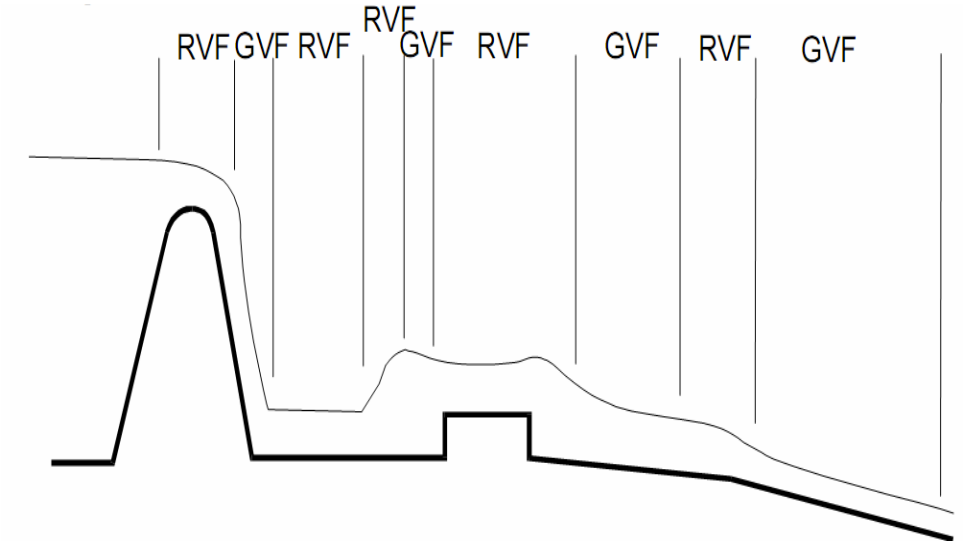
2. جریان نا پایدار Unsteady Flow dQ/dt≠ 0, dV/dt≠, dy/dt ≠0

3. جریان منظم Uniform Flow عمق جریان نظر به فاصله معین تغییر نکند.

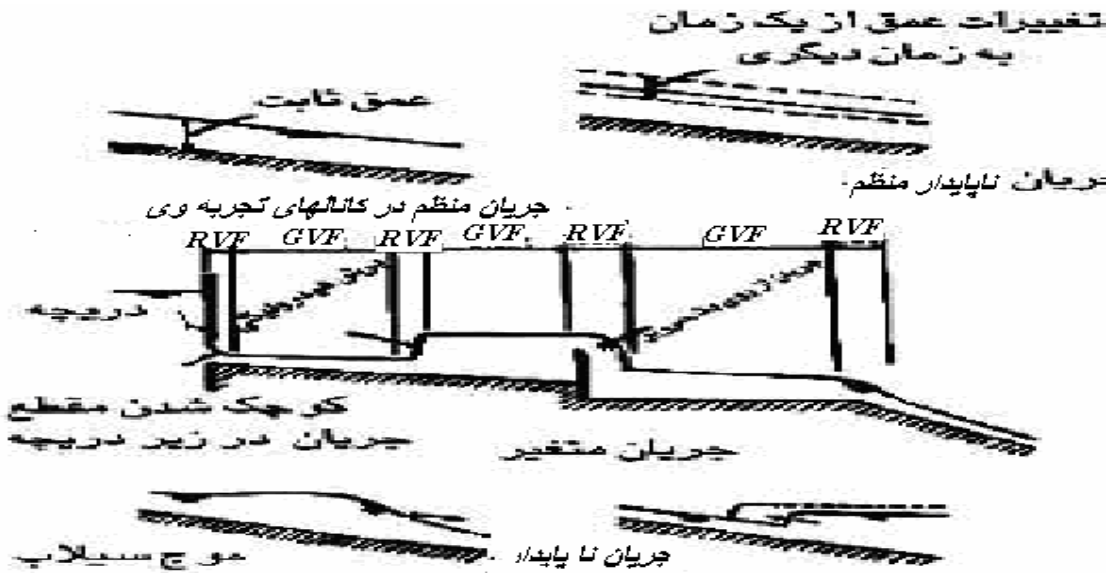
$$dy/dx = 0$$

جریان غیر منظم UF (Nonuniform Flow) عمق جریان نظر به فاصله معین تغییر کند و یا سطح اب دارای انحنا باشد dy/dx≠0 ، بنام جریان متغیر نیز یاد میشود .جریان غیر منظم به صورت های زیر طبقه بندی میشود:

- جریان متغیر تدریجی GVF (Gradually Varied Flow) . هرگاه تغییرات عمق جریان درفاصله زیاد از مسیر صورت گیرد .
- جریان متغیر سریع RVF (Rapidly Varied Flow) .دراین جریان تغییرات زیاد عمق جریان درفاصله کوتاهی از مسیر صورت گیرد و سطح آب انحناء قابل ملاحظه دارد.
- جریان متغیر مکانی SVF (Spatially Varied Flow) اگر مقدار جریان از کانال اصلی گرفته شود ویا به آن اضافه گردد . شکل زیر دیده شود



شکل 12. انواع جریا ن



2.7. وضعیت جریان در کانالهای باز

وضعیت جریان نظر به سه قوه : ثقل ، لزجیت و کشش سطحی تثبیت میشود اما در مسایل عملی انجنیری از قوه کشش سطحی صرف نظر مینماید.

وضعیت جریان نظربه قوه لزجیت : نظر به این قوه سه حالت متفاوت جریان در کانالهای باز مشاهده میشوند:

1. جریان لمیناری Laminar Flow (آرام یا قشری) : درین جریان نظربه قوه لزجیت ذرات مایع به آرامی برروی یکدیگر میلغزند
2. جریان مختلط (Turbulent flow) درین حالت قوه تعجیل دهنده بیشتر از قوه لزجیت است
3. جریان انتقالی (Transitional flow)

تشخیص این این سه وضعیت جریان نظر به عدد رینولدس میباشد

$Re = \rho VL / \mu$ عدد رینولدس = قوه تعجیل بر قوه لزجیت

ρ – کثافت اب ،

V – سرعت در کانال به متر فی ثانیه

L – طول مشخص جریان

درنتیجه عدد رینولدس مساوی خواهد بود .

$Re = \rho VR / \mu = VR / \nu$

ν - لزجیت سنماتیک آب میباشد.

براساس تحقیقات علمی برای کانالهای باز میتوان گفت که :

$Re < 500$ جریان لمیناری یا آرام است

$500 \leq Re \leq 2000$ جریان انتقالی است

$Re \geq 2000$ جریان مختلط و یا متلاطم است .

وضعیت جریان نظربه قوه ثقل : قوه ثقل منحیث پارامتر دینامیکی با عدد فرود مورد بررسی قرار میگیرد . این عدد در هر مقطع از جریان به صورت زیر تعریف میشود:

عدد فرود : قوه تعجیل بر قوه ثقل

$$Fr = V / (gL)^{1/2}$$

درکانالهای باز نسبت مساحت مقطع زنده و عرض سطح آزاد آب عبارت از عمق هایدرولیکی (D)میباشد که در نتیجه عدد فرود به شکل زیر محاسبه میگردد:

$$Fr = V / (gD)^{1/2}$$

ودر کانالهای مستطیلی $y=D$ عدد فرود مساویست :

$$Fr = V / (gy)^{1/2}$$

- اگر $Fr > 1$ جریان فوق بحرانی است در ین حالت سرعت زیاد و عمق کم میباشد و مقدار جریان ثابت باشد.
- اگر $Fr < 1$ جریان تحت بحرانی است درین حالت درصورت مقدار جریان ثابت سرعت کم و عمق زیاد باشد درینصورت موج حاصله در قسمت تحتانی با قسمت فوقانی منتقل میشود .
- اگر $Fr = 1$ باشد جریان بحرانی در کانال وجود خواهد داشت .

2.8. رژیم جریان و حل سوالات

چار نوع رژیم جریان وجود دارد . رژیم جریان در کانالهای باز تحت تاثیر مشترک قوه ثقل و قوه لزجیت مشخص گردیده و مربوط به عدد رینولد س و عدد فرود می باشد .که طور زیر می باشد:

رژیم تحت بحرانی – آرام $Fr < 1$ و $Re < 500$

رژیم تحت بحرانی – مختلط $Fr < 1$ و $Re > 2000$

رژیم فوق بحرانی – آرام $Fr > 1$ و $Re < 500$

رژیم فوق بحرانی – مختلط $Fr > 1$ و $Re > 2000$

سوال اول : آبی به صورت منظم و با مقدار جریان 8.5 m3/sec دریک کانال ذوذنقه ای با مشخصات $b = 3.05$ m و $z = 1.5$ در جریان است . عمق جریان 1.22 m میباشد. رژیم جریان را مشخص نمائید ($\nu=10^{-6}$ m2/sec)

حل : رژیم جریان و حالت جریان توسط دو عد د مشخص می شود :عدد رینولدس Re و عدد فرود Fr

عدد رینولدس مساویست به :

$$R e = \frac{\rho V R}{\mu} = \frac{V R}{\nu}$$

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

$$V = \frac{Q}{A}, m / s e c$$

در فورمولهای فوق : ρ - کثافت آب به کیلوگرام فی مترمکعب

R – شعاع هایدرولیکی به متر m

V- سرعت جریان آب به متر فی ثانیه m/sec

A – مساحت مقطع زنده به متر مربع m2

ν - لزجیت سینماتیکی به متر مربع بر ثانیه به سیستم SI و به سیستم CGSبه ستوکس ویا سانتی ستوکس (cSt) اندازه می شود واحد ستوکس بنام George Gabriel Stokes مسمی است .

.پس یک ستوکس مساویست :

$$1 \text{ St} = 1 \text{ cm}^2\cdot\text{s}^{-1} = 10^{-4} \text{ m}^2\cdot\text{s}^{-1}.$$
$$1 \text{ cSt} = 1 \text{ mm}^2\cdot\text{s}^{-1} = 10^{-6}\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}.$$

آب در 20 درجه سانتی گرید دارای لزجیت یک سانتی ستوکس می باشد .

μ - لزجیت دینامیکی در سیستم CGS به ویا پو از و به سیستم بین المللی S I یا پاسکال ثانیه (Pa·s))معادل .(equivalent to $N\cdot s/m^2$, or $kg/(m\cdot s)$) می باشد

درسیستم CGS یک پواز (*poise*) که بنام Jean Louis Marie Poiseuille مسمی است .

آب در 20 درجه سانتی گرید دارای 1.0020 سانتی پواز (cP) centipoise می باشد

درسیستم SI آب در 20 درجه سانتی گرید دارای 0.001002 باسکال ثانیه(Pa·s)و تیل موتر در حدود 0.250 پاسکال ثانیه(Pa·s)

می باشد . پس مرکب از هردو سیستم مساوی است :

1 P = 0.1 Pa·s,
1 cP = 1 mPa·s = 0.001 Pa·s

$$R = \frac{A}{P} = \frac{(b + zy)y}{b + 2y\sqrt{1 + z^2}} = \frac{(3.05 + 1.5 \times 1.22)1.22}{3.05 + 2 \times 1.22\sqrt{1 + 1.5^2}} =$$

$$= \frac{5.95}{7.445} = 0.8m$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{8.5cumec}{5.954m^2} = 1.43m / \sec$$

$$\mathrm{Re} = \frac{VR}{v} = \frac{1.43 \times 0.8}{10^{-6}} = 1.144 \times 10^6 >> 2000$$

چون عدد رینولدس به مراتب بیشتر از 2000 است بنا رژیم مختلط و یا متلاطم است .

حا لا حالت جریا ن را از لحاظ بحرانی بودن و یا غیر بحرانی بودن بررسی می نمائییم که توسط عدد

فرود بررسی می شود .

$$F\ r\ = \frac{V}{g\ \sqrt{D}}$$

درینجا : g- تعجیل زمین به متر فی ثانیه مربع m/sec^2

D- عمق هایدرولیکی به متر عبارت از نسبت مساحت مقطع بر عرض سطح آزاد آب

$$D = \frac{A}{B} = \frac{(3.05 + 1.5 \times 1.22)1.22}{3.05 + 2 \times 1.5 \times 1.22} = 0.887m$$

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{gD}} = \frac{1.43}{\sqrt{9.81 \times 0.887}} = 0.485 < 1$$

بنا جریان زیر بحرانی می باشد . در نتیجه می توان گفت رژیم جریان تحت بحرانی و مختلط است .

سوال دوم : آبی به صورت منظم و با مقدارجریان 8.5 m3/sec دریک کانال ذوذنقه ای با مشخصات b/d =2.5 سرعت جریان 1.43 متر فی ثانیه باشد و z = 1.5 در جریان است رژیم جریان را مشخص نمائید ($\nu=10^{-6}$ m2/sec)

حل :

حل : رژیم جریان و حالت جریان توسط دو عد د مشخص می شود :عدد رینولدس Re و عدد فرود Fr

عدد رینولدس مساویست به :

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

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

$$V = \frac{Q}{A}, m/\sec$$

در فورمولهای فوق : ρ - کثافت آب به کیلوگرام فی مترمکعب

R – شعاع هایدرولیکی به متر m

V- سرعت جریان آب به متر فی ثانیهm/sec

A- مساحت مقطع زنده به متر مربع m2

$$\frac{b}{d} = \frac{b}{y} = 2.5 \Rightarrow b = 2.5y$$

$$A = by + zy^2 = 2.5y^2 + 1.5y^2$$

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{8.5cumec}{1.43m/\sec} = 5.954m^2$$

پس می توان قیمت y را از روی قیمت A دریافت نمائیم

$$A = by + zy^2 = 2.5y^2 + 1.5y^2$$

$$5.954 = by^2 + zy^2$$

$$5.944 = 2.5 \times y^2 + 1.5y^2 \Rightarrow y = \sqrt{\frac{5.944}{4}} = 1.22m$$

b = 2.5 y = 2.5 x 1.22 = 3.05 m

$$R = \frac{A}{P} = \frac{(b + zy)y}{b + 2y\sqrt{1 + z^2}} = \frac{(3.05 + 1.5 \times 1.22)1.22}{3.05 + 2 \times 1.22\sqrt{1 + 1.5^2}} =$$

$$= \frac{5.95}{7.445} = 0.8m$$

$$\mathrm{Re} = \frac{VR}{v} = \frac{1.43 \times 0.8}{10^{-6}} = 1.144 \times 10^6 >> 2000$$

چون عدد رینولدس به مراتب بیشتر از 2000 است بنا رژیم مختلط و یا متلاطم است .

حا لا حالت جریا ن را از لحاظ بحرانی بودن و یا غیر بحرانی بودن بررسی می نمائییم که توسط عدد

فرود بررسی می شود .

$$Fr = \frac{V}{g\sqrt{D}}$$

درینجا : g- تعجیل زمین به متر فی ثانیه مربع m/sec^2

D- عمق هایدرولیکی به متر عبارت از نسبت مساحت مقطع بر عرض سطح آزاد آب

$$D = \frac{A}{B} = \frac{(3.05+1.5\times1.22)1.22}{3.05+2\times1.5\times1.22} = 0.887m$$

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{gD}} = \frac{1.43}{\sqrt{9.81\times0.887}} = 0.485 < 1$$

بنا جریان زیر بحرانی می باشد . در نتیجه می توان گفت رژیم جریان تحت بحرانی و مختلط است .

2.9. تاثیرات مقاومت با استفاده از ضریب اصطکاک Resistance Effect Using the Friction Factor

ضریب مقاومت C_f و ضریب شزی C تابع درشتی بستر و جوانب کانال میباشد. در جریان نلها ، ضریب مقاومت C_f مساوی یک بر چارم ضریب اصطکاک دارسی ویسباخ f درنظر گرفته میشود. ($C_f = f/4$)

فورمول ویسباخ دارسی $V = (8g/f)^{1/2} (RS)^{1/2}$

درمعادله فوق ضریب اصطکاک f تابع عدد رینولدس و درشتی نسبی $k_s / 4R$ ویا e/D در فصل پنجم

مطالعه می گردد

مقدار جریان را میتوان طور ذیل تعیین کرد

$$VA = (8g/f)^{1/2} (RS)^{1/2} A$$

$$Q = (8g/f)^{1/2} (RS)^{1/2} A$$

برای مجراهای مستقیم با بستر صخره ای که سنگ های بزرگ مقاومت زیاد در برابر جریان ایجاد مینماید.

$f = 1/ (1.2 + 2.03 \log (R/d_{84}))^2$

d_{84} اندازه سنگ

2.10. انرژی در کانالهای باز

معادله انرژی:

مقدار انرژی در هر مقطع جریان از یک کانال باز را میتوان به شکل زیر بیان نمود:

$$H = d\cos\theta + \alpha(V^2/2g) + Z$$

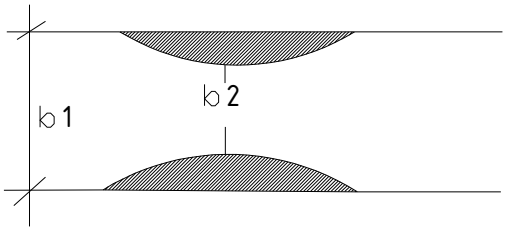
$$H = d\cos^2\theta + \alpha(V^2/2g) + Z$$

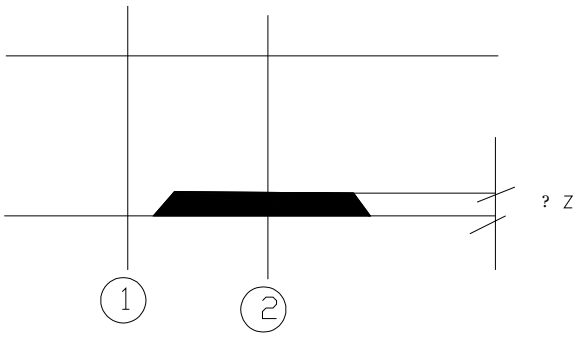
اگر جریان در کانال با میل کم ($\theta < 6^0$) باشد و $\alpha = 1$ فرض گردد معادله به شکل ساده تر زیر تبدیل میگردد:

$$H = y + (V^2/2g) + Z$$

2.11. استفاده از معادله انرژی و حل سوالات

استفاده از معادله انرژی درحالت اول دراثر تغیر ارتفاع کف کانال می باشد و در حالت دوم دراثر تغیر عرض کانال و درحالت سوم در اثر تغیر عمق با عرض ثابت می باشد. طور مثال عرض یک کانال مستطیلی که مقدارجریان ثابت Q در آن جریان دارد در یک قسمت به تدریج تنگ تر میشود و از b_1 به b_2 کاهش بدهیم شکل ( )





ب الف

شکل (13) الف . برآمده گی در کف کانال ب : پلان کانال مستطیلی با تنگ شده گی در عرض

$$y_1 + \frac{\alpha V_1^2}{2g} = y_2 + \frac{\alpha V_2^2}{2g} + \Delta z$$

$$V = \frac{Q}{A}$$

بنا معادله انرژی در صورت برآمده گی در کف کانال شکل زیر را می گیرد:

$$y_1 + \frac{Q_1^2}{2gA_1^2} = y_2 + \frac{Q_2^2}{2gA_2^2} + \Delta z$$

با دانستن مقدار جریان مخصوصه در واحد عرض کانال $q = \frac{Q}{B}$ می توان معادله انرژی را به شکل زیر نوشت:

$$y_1 + \frac{q^2}{2gy_1^2} = y_2 + \frac{q^2}{2gy_2^2} + \Delta z$$

با معلوم بودن y_1 ,q, و Δz دو جواب برای y_2 بدست خواهد آمد که جواب منفی آن قابل اعتبار نیست .

اگر در یک کانال مستطیلی با مقدارجریان ثابت که عرض آن به تدریج تنگ تر تدریج تنگ تر میشود و از b_1 به b_2 کاهش بیابد در آنصورت عمق جریان در محل تنگ شدن کانال با استفاده از معادله انرژی طور زیر دریافت می گردد.

$$y_1 + \frac{V_1^2}{2g} = y_2 + \frac{V_2^2}{2g}$$

$$q_1 = V_1 y_1 = \frac{Q}{b_1}$$

$$q_2 = V_2 y_2 = \frac{Q}{b_2}$$

$$y_1 + \frac{q^2}{2gy_1^2} = y_2 + \frac{q^2}{2gy_2^2}$$ لذا

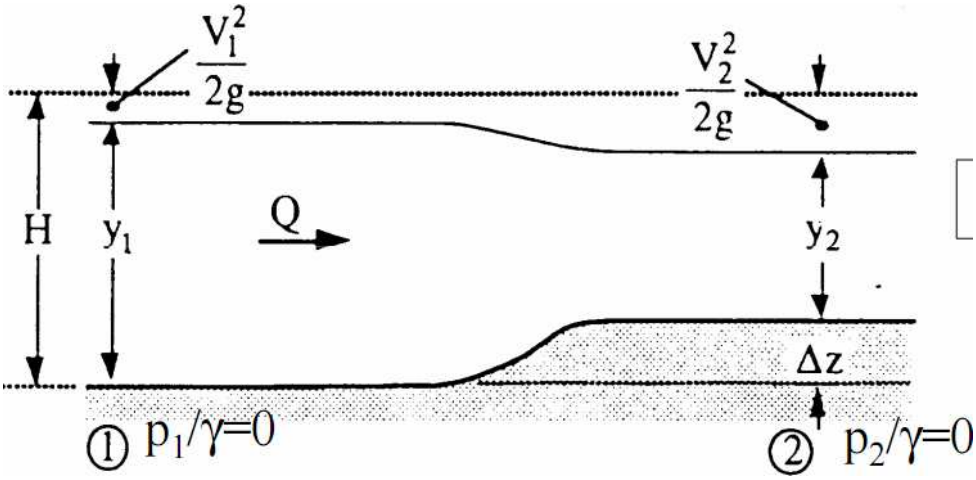
$$y_1 + \frac{q^2}{2gy_1^2} = y_2 + \frac{q^2}{2gy_2^2}$$

بدین ترتیب با استفاده از روابط فوق معادله انرژی بین دو مقطع به صورت زیر میباشد:

$$d_1 \cos\theta + \alpha_1 (V_1^2/2g) + Z_1 = d_2 \cos\theta + \alpha_2 (V_2^2/2g) + Z_2 + h_f$$

$$y_1 + (V_1^2/2g) + Z_1 = y_2 + (V_2^2/2g) + Z_2 + h_f$$

سوال 1. در یک کانال مستطیلی آب جریان دارد در کف کانال برآمده گی به اندازه ΔZ ، عمق آب در قسمت تحتانی به اندازه y1 می باشد . عمق آبرا در قسمت 2 دریافت نمائید ؟



حل :از ضایعات انرژی در مقطع 1-1 و 2-2 نسبت فاصله کم صرف نظر می نمائیم

$$y_1 + \frac{\alpha V_1^2}{2g} = y_2 + \frac{\alpha V_2^2}{2g} + \Delta z$$

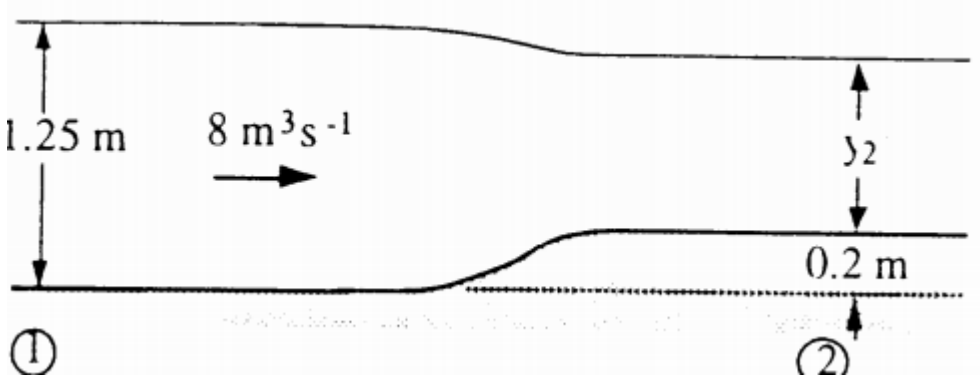
$$q_1 = V_1 y_1 = \frac{Q}{b_1}$$

$$q_2 = V_2 y_2 = \frac{Q}{b_2}$$

$$\rightarrow 2gy_2^3 + y^2(2g\Delta z - 2gy_1 - \frac{q^2}{y_1^2}) + q^2 = 0$$

بدین ترتیب برای y1 سه قیمت بدست می که یکی درست است .

سوال دوم : دریک کانال مستطیلی با عرض 5 متر مقدار جریان 8 مترمکعب فی ثانیه جریا ن دارد . عمق نورمال 1.25 متر. عمق آبرا در مقطع 2 که سطح بستر به اندازه 0.2 متر برامده گی دارد دریافت نمائید ؟ با استفاده از طریقه گرافیک دریافت نمائید؟



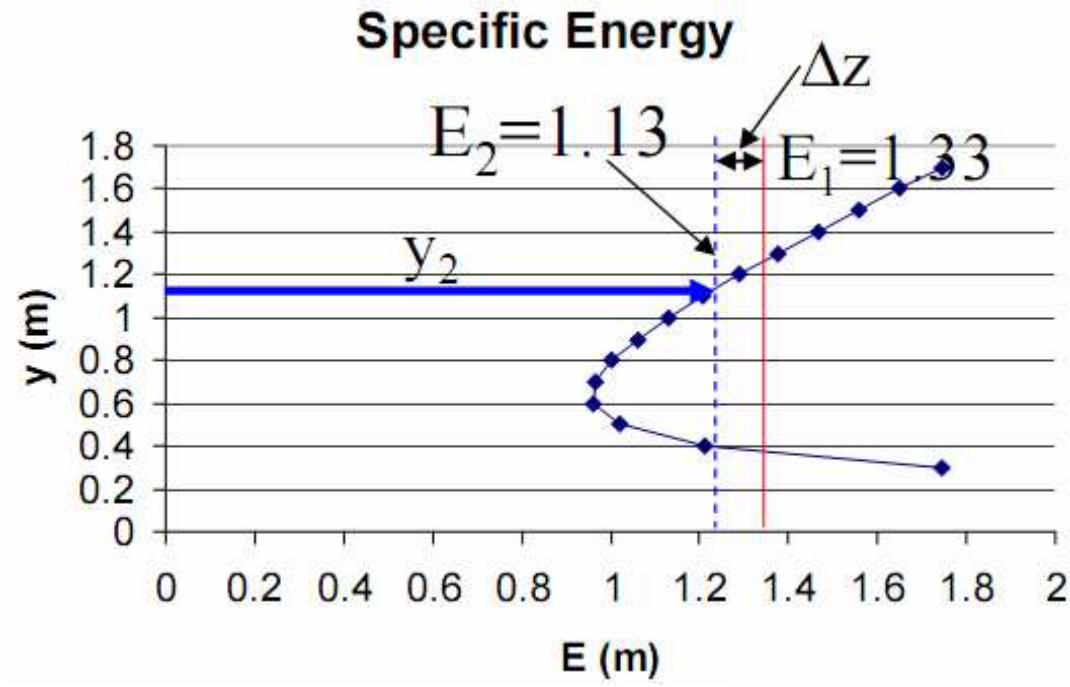
Solution:

Q = 8 m³/s; b = 5 m;

q = Q/b = 8/5 = 1.6 m²/s

$$E = y + q^2/(2gy^2) = y + 0.13/y^2$$

$$E_1 = y_1 + V_1^2/2g = 1.33m$$



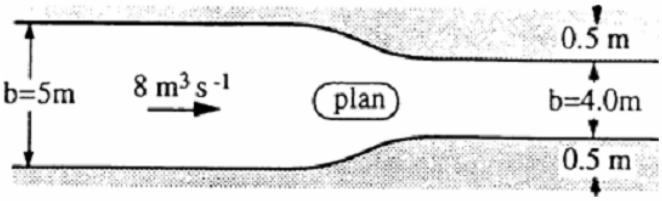
From energy Eq., $E_1 = E_2 + \Delta z$

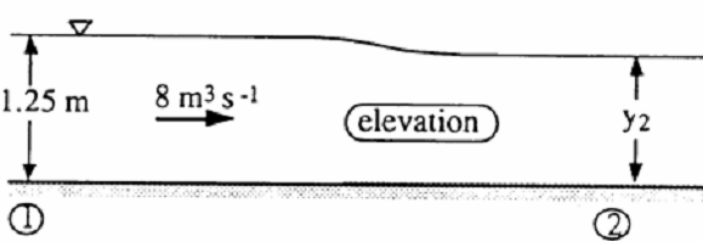
$\Longrightarrow \quad E_2 = E_1 - \Delta z = 1.13m$

From the figure we get: $y_2 = 1m$

سوال 3 : دریک کانال مستطیلی با عرض 5 متر مقدار جریان 8 مترمکعب فی ثانیه جریا ن دارد . عمق نورمال 1.25 متر. عمق آبرا در مقطع که از دو جانب به اندازه 0.5 متر که جمعا 1.0 متر برامده گی دارد با استفاده دز طریقه ریاضیکی و گرافیکی دریافت نمائید ؟

حل : با استفاده شکل زیر داریم :





$$V_1 = Q / A_1 = 8/(5\times 1.25) = 1.28 m/s$$

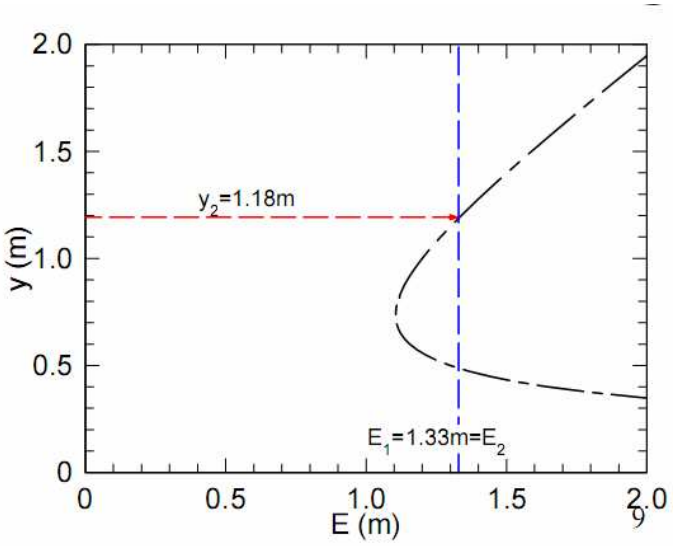
$$E_1 = y_1 + V_1^2 / 2g = 1.33m$$

$$V_2 = Q / A_2 = 8/(4\times y_2) = 2/y_2$$

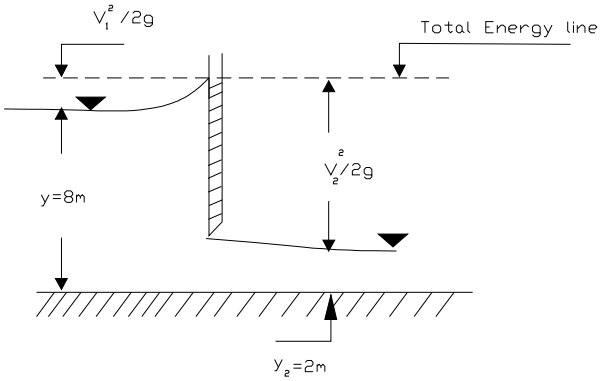
$$E_2 = y_2 + V_2^2 / 2g = y_2 + 0.204/y_2^2$$

From energy Eq. $E_1 = E_2$

we get y_2=1.18m



سوال4. : دریک کانال مستطیلی افقی (شکل زیر دیده شود) اعماق آب به فاصله کمی از دوطرف دروازه مساوی به 8 متر و 2 متر میباشند . عرض کانال 10 متر فرض گردد، مقدار جریانی را که از زیر دروازه عبور میکند محاسبه کنید(, $g = 10\ m/sec^2$ $h_f=0$)



شکل 13. جریان آب از تحت دروازه

حل : سطح مقایسوی را کف کانال فرض میکنیم ، در این صورت :

Z1=Z2=0

فرض میکنیم که $\alpha_1 = \alpha_2 = 0$

$$y_1 + (V_1^2/2g) + Z_1 = y_2 + (V_2^2/2g) + Z_2 + h_f$$

پس معادله انرژی $y_1 + (V_1^2/2g) = y_2 + (V_2^2/2g)$

$$8 + (V_1^2/2g) = 2 + (V_2^2/2g)$$

از طرفی داریم :

$$A_1 V_1 = A_2 V_2$$

$$8 \times 10 \times V_1 = 2 \times 10 \times V_2$$

$$V_2 = 4 V_1$$

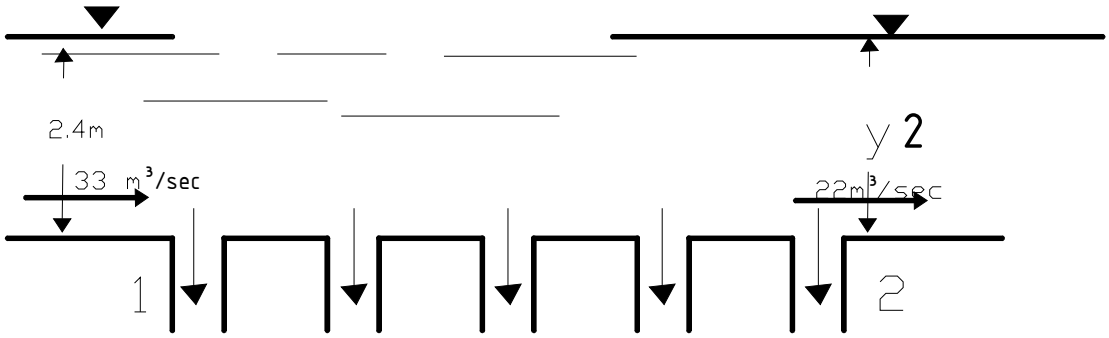
با وضع نمودن معادله انرژی خواهیم داشت :

$$8 + (V_1^2/2g) = 2 + (16V_1^2/2g)$$

$$V_1 = 2.83 m/sec$$

$$Q = A_1 V_1 = 2.83 \times 80 = 226.4 \ m^3/sec$$

سوال5. : 11 مترمکعب فی ثانیه از کانال مذکور بعد از قسمت 1 گشتانده میشود در صورتیکه عرض کانال در قسمت 1 و دو مساوی به 4.5 متر باشد آب در قسمت 1 مساویست به 33 مترمکعب فی ثانیه ، در قسمت 2 مساویست به 22 مترمکعب فی ثانیه ، آب در قسمت 1 مساوی به 2.4 متر ، درصورتیکه عمق کانال در قسمت 2 مساوی به 2.5 شود در آنصورت عرض کانال را در قسمت 2 دریافت نمائید ؟



شکل 14. اخذ اب از کانال عمومی توسط چندین دهنه

حل : سطح مقایسوی را کف کانال فرض میکنیم ، در این صورت :

$$Z1 = Z2 = 0$$

فرض میکنیم که $\alpha_1 = \alpha_2 = 0$ و هکذا ضایعات انرژی صرف نظر مینائیم

$$E = y_1 + (V_1^2/2g) + Z_1 = y_2 + (V_2^2/2g) + Z_2 + h_f$$

پس معادله انرژی $E= y_1 + (V_1^2/2g) = y_2 + (V_2^2/2g)$

$2.4 + (V_1^2/2g) = y_2 + (V_2^2/2g)2$

$q_1 = Q_1/b_1 = 33/4.5=7.33 m^3/m.sec$

$q_2 = Q_2/b_2 = 22/4.5=4.89 m^3/m.sec$

معاده انرژی نظر به نقطه 1 و 2 مساویست :

$$y_1 + \left(\frac{q_1}{y_1}\right)^2 \frac{1}{2g} = y_2 + \left(\frac{q_2}{y_2}\right)^2 \frac{1}{2g}$$

$$2.4 + \left(\frac{7.33}{2.4}\right)^2 \frac{1}{2g} = y_2 + \left(\frac{4.89}{y_2}\right)^2 \frac{1}{2g}$$

حالت جریان در قسمت 1

$$Fr_1 = \frac{u_1}{\sqrt{gy_1}} = \frac{q_1/y_1}{\sqrt{gy_1}} = \frac{7.33/2.4}{\sqrt{g2.4}} = 0.63 < 1$$

جریان زیر بحرانی میباشد.

$$y_2 = 2.72 \text{ m (found by trial-and-error)}$$

$$2.4 + \left(\frac{7.33}{2.4}\right)^2 \frac{1}{2g} = 2.5 + \left(\frac{22}{2.5b_2}\right)^2 \frac{1}{2g}$$

$$\rightarrow b_2 = 3.22 \text{ m}$$

فرض میشود که عمق $2.5m=y_2$ عرض کانال در قسمت 2 چند خواهد بود؟ معادله بیلانس انرژی را برای قسمت 1 و 2 مینویسیم :

$$2.4+\left(\frac{7.33}{2.4}\right)^2\frac{1}{2g}=2.5+\left(\frac{22}{2.5b_2}\right)^2\frac{1}{2g}$$

$$\rightarrow b_2 = 3.22\ \text{m}$$

2.12. انرژی مخصوص

انرژی مخصوص در کانالهای مستطیلی با میل کم ، تعین عمق بحرانی، میل بحرانی ، و عمق های متناوب (Aternate Depths) و تثبیت حالت جریان

انرژی مخصوص عبارت از انرژی در هر سطح مقطع در واحد وزن ، زمانی که سطح مقایسوی نظر به کف کانال درنظر گرفته شود . به عبارت دیگر انرژی مخصوص نشاندهنده فاصله از خط انرژی الی کف کانال میباشد. در جریان های منظم ویا یکنواخت چون خط انرژی موازی به خط پیزومتریکی (سطح آزاد آب) و موازی به کف کانال است ازینرو E1 =E2میباشد .
نظر به هر انرژی مخصوص ثابت دوعمق جریان وجود دارد که یک عمق بزرگتراز عمق بحرانی (yc<y2 و Fr<1) وعمق دیگرکوچکتراز عمق بحرانی(y1<yc و Fr>1) میباشد .این دو عمق بنام اعماق متناوب یاد میشود . بااین تغییر یک شاخه منحنی E-y وضعیت جریان فوق بحرانی و شاخه دیگر وضعیت جریان زیر بحرانی نظربه مقدار جریان عبوری در واحد عرض ثابت را نشان میدهد . شکل (17) .

خصوصیات جریان بحرانی قرار زیر است :

1. عدد فرود مساوی به یک است . درنتیجه سرعت متوسط جریان مساوی به سرعت حرکت موج سطحی ناشی از طغیان موضعی در کانال میباشد .
2. نظر به مقدار جریان ثابت ، انرژی مخصوص اصغری است .
3. نظر به انرژی مخصوص ثابت ، مقدارجریان عبوری اعظمی است .
4. نظر به مقدارجریان مخصوص ثابت ، قوه مخصوص اصغری است .
5. نظربه قوه مخصوص ثابت ، مقدارجریان اعظمی است .

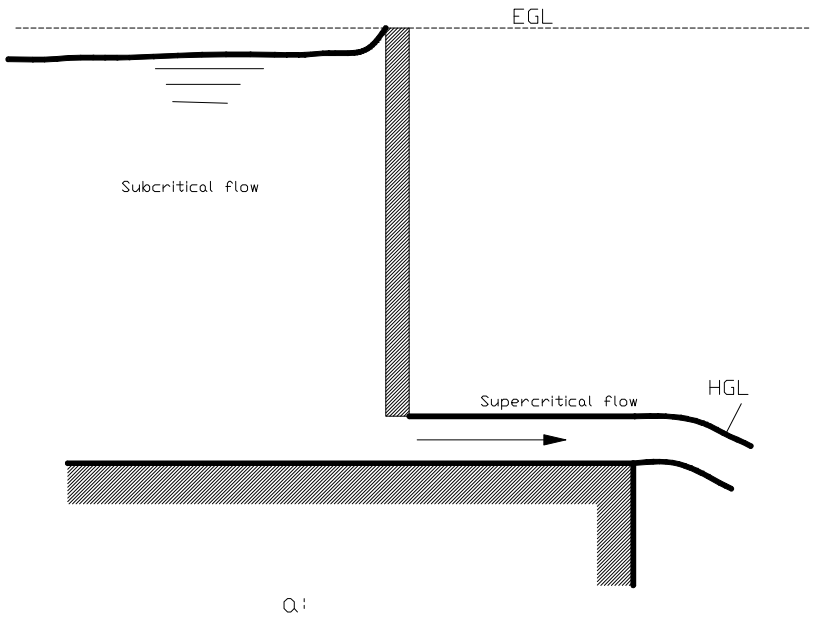
عمق بحرانی به آن عمقی گفته میشود که در مقطع انرژی مخصوص اصغری باش بنا عمق بحرانی می تواند از معادله انرژی مخصوص استخراج گردد

$$E = y\cos^2\phi + \alpha\frac{V^2}{2g} = y\cos^2\phi + \alpha\frac{Q^2}{A^2 2g}$$

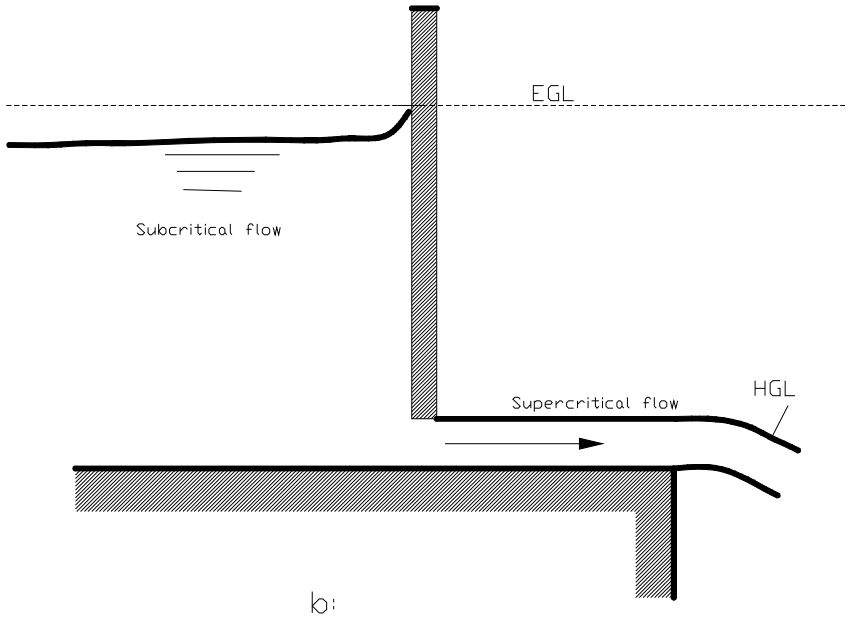
$$\frac{dE}{dy} = \cos^2\phi + \alpha\frac{Q^2}{2g}\left[\frac{-2A\frac{dA}{dy}}{A^4}\right] = \cos^2\phi - \frac{\alpha Q^2\frac{dA}{dy}}{gA^3}$$

$$dA = T\,dy\cos\phi$$

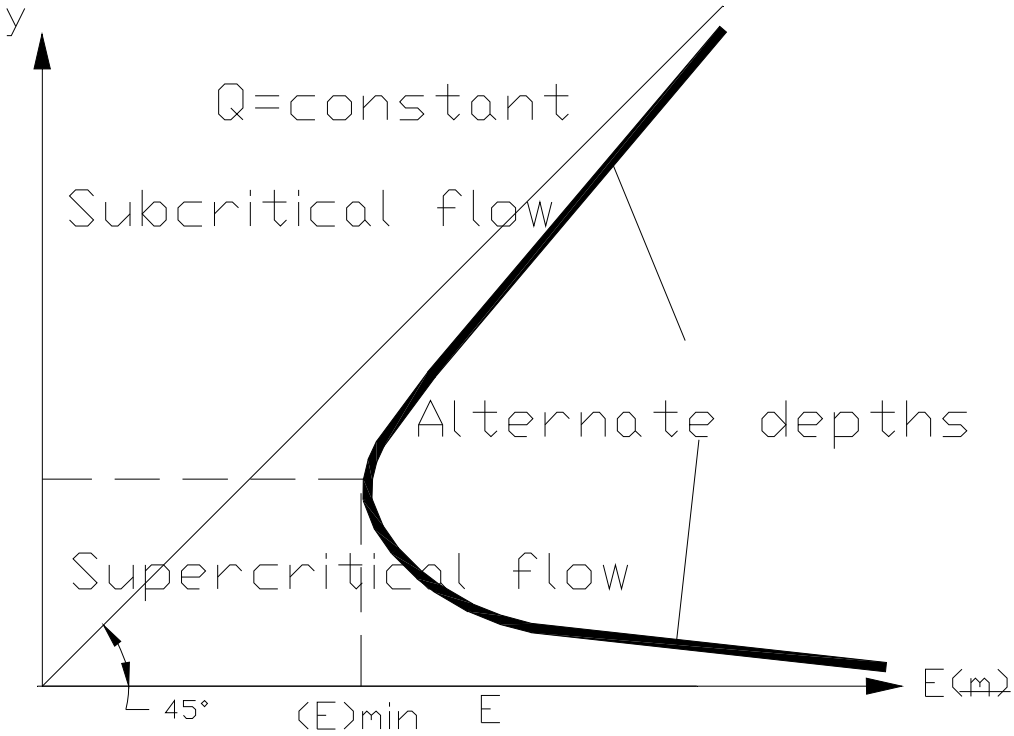
$$\frac{dA}{dy} = T\cos\phi$$



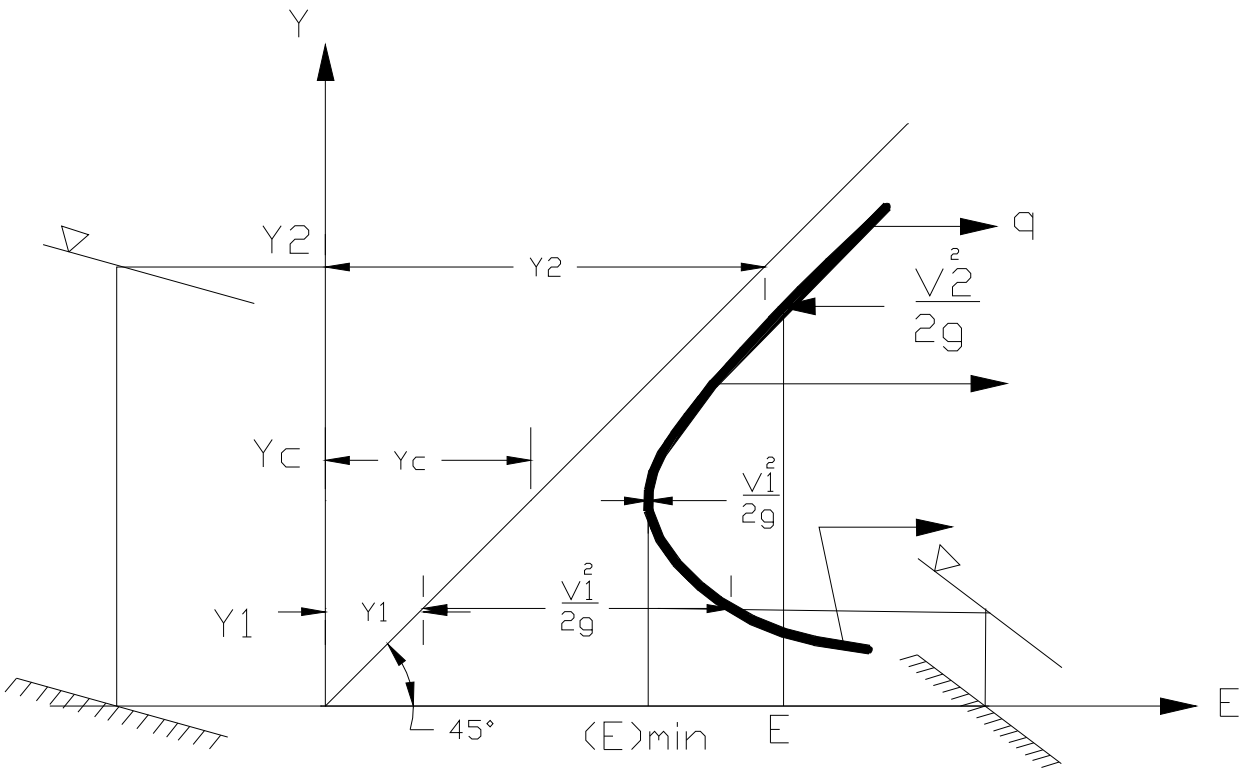
شکل 15. جریان زیر بحرانی و فوق بحرانی از تحت دروازه درصورتیکه سطح آب با آستانه دروازه مطابقت می نماید



شکل 16. **جریان زیر بحرانی و فوق بحرانی از تحت دروازه درصورتیکه سطح آب از آستانه دروازه پائین تر موقعیت داشته باشد .**



شکل 17. وضعیت جریان ، ساحه آرام ، طغیانی و اعماق متناوب



شکل 18. عمق بحرانی ، انرژی حرکی و اعماق متناوب

حل سوالات :

سوال اول :

آب با مقدار جریان 20m3/sec دریک کانال مستطیلی به عرض 10 متر جریان دارد .منحنی E-y را رسم کرده در صورتی که عمق جریان در مقطع مساوی به 0.6 متر باشد. عمق بحرانی ، وضعیت جریان را در این مقطع مشخص و عمق متناوب را درین مقطع تعیین کنید.

حل :

$$q = \frac{Q}{b} = \frac{20}{10} = 2\frac{m^3}{\sec.m}$$

$$E = y + \frac{V^2}{2g} = y + \frac{q^2}{2gy^2} = y + \frac{4}{2gy^2} = y + \frac{2}{gy^2}$$

$$E = y + \frac{2}{gy^2}$$

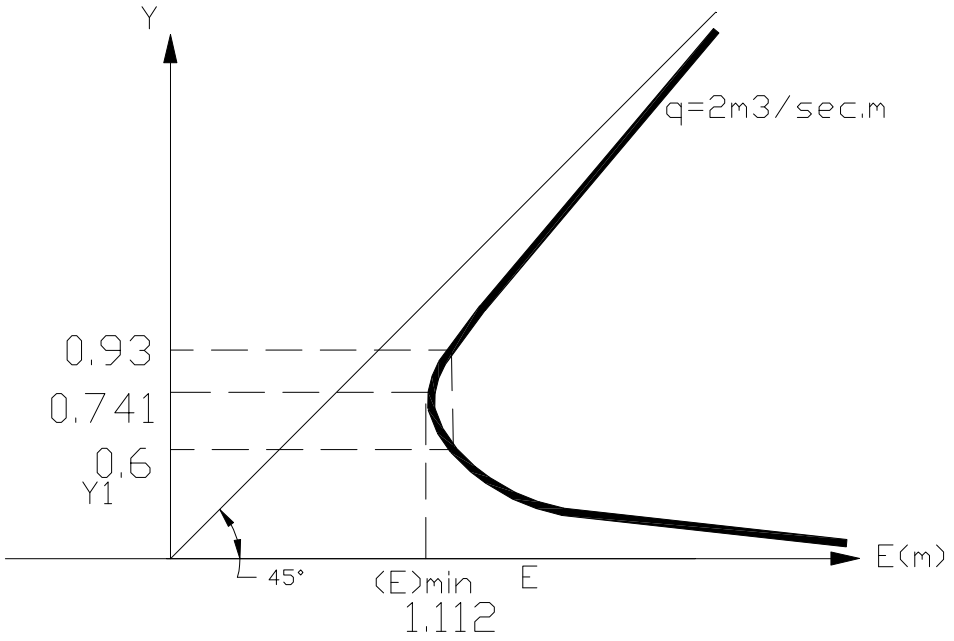
معادله اخیر به ساده گی میتواند رسم گردد در صورتیکه در محور افقی قیمت E ودر محور عمودی قیمت های y گذاشته شود .
نقطه مهم منحنی عبارت از نقطه اصغری منحنی است که با استفاده از زیر بدست میا ید .

$$y_c = \left(\frac{q^2}{g}\right)^{\frac{1}{3}} = \left(\frac{4}{9.81}\right)^{\frac{1}{3}} = 0.741m$$

$$E_c = E_{\min} = \frac{3}{2} y_c = \frac{3}{2} \times 0.741 = 1.112m$$

درمحلی که عمق جریان مساوی به 0.6 متر باشد :

$$y_1 = 0.6m < y_c = 0.741m$$



شکل 19. تعین عمق بحرانی مطابق سوال اول

در نتیجه جریان فوق بحرانی بوده و مقدار انرژی مخصوص در این عمق مساوی است به :

$$\overline{E} = 0.6 + \frac{4}{2 \times 9.81(0.6)^2} = 1.166m$$

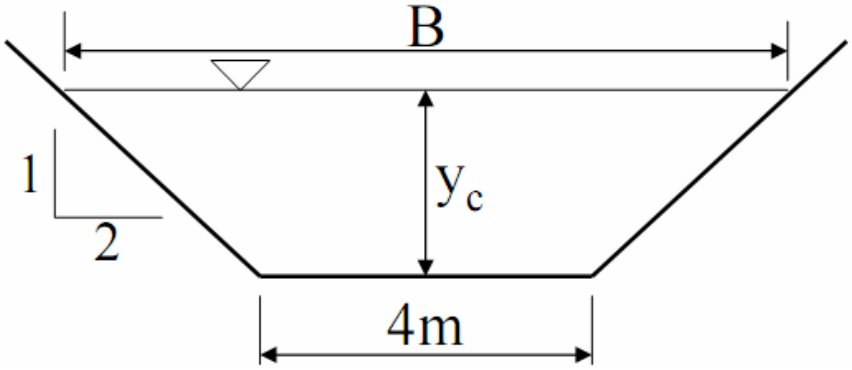
به منظور بدست آوردن عمق متناوب y1 ، باید معادله زیر را با استفاده طریقه Trail and Erorr حل شود و جواب صحیح انتخاب گردد.:

$$1.166 = y_2 + \frac{4}{2gy_2^{\,2}} \xrightarrow{Trail-and-Erorr} y_2 = 0.93m$$

عموما عمق بحرانی از معادله اساسی حالت بحرانی بحرانی بودن جریان تعین میشود.

$$\frac{A_c^{\,3}}{B_c} = \frac{\alpha Q^2}{g}$$

سوال دوم : مقدار جریان **یک کانال ذوذنقه ای 30 مترمکعب فی ثانیه می باشد . عرض بستر کانال 4 متر و میلان جانبی 1:2 می باشد . عمق بحرانی را دریافت نمائید در صورتیکه درشتی مجرا مساوی به n= 0.022**



(1) At critical water depth,

$$Fr = \frac{Q^2 B}{gA^3} = 1$$

حل :

$$\text{With } Q = 30m^3/s,\ B = 4 + 4y_c,\ A = (4+B)y_c/2 = (4+2y_c)y_c$$

$$\Longrightarrow \quad \frac{30^2(4+4y_c)}{9.81\times(4+2y_c)^3 y_c^{\,3}} = 1 \quad \Longrightarrow \quad y_c = 1.4m$$

(2) Critical slope:

Using Eq. (5.6), $Q = \frac{A}{n} R_h^{\,2/3} S_c^{\,1/2}$ (1)

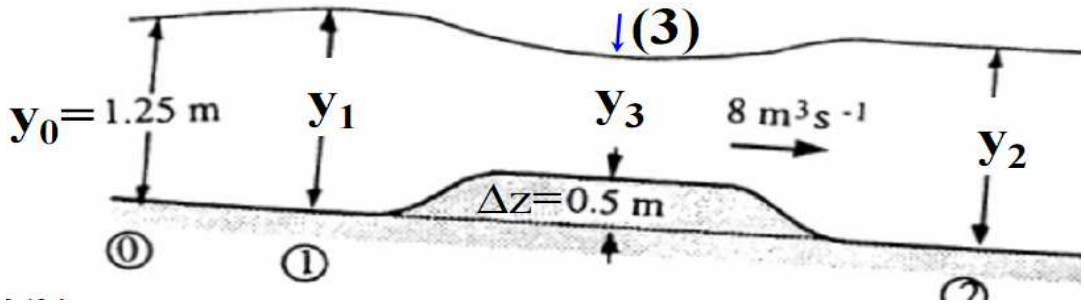
At critical flow, $y = y_c$

$$\Longrightarrow \quad 30 = \frac{A_c}{n} R_{hc}^{\,2/3} S_c^{\,1/2} \qquad (2)$$

Using $n = 0.022$, $A_c = (4+2y_c)y_c$, $R_{hc} = \frac{(4+2y_c)y_c}{4+2\sqrt{5}y_c}$

Substituting into (2) with $y_c = 1.4m$ $\Longrightarrow$ $S_c = \ldots\ldots$

سوال سوم : مقدار جریان در یک کانال مستطیلی با عرض 5 متر که مقدارجریان 8 مترمکعب فی ثانیه در آن جریان دارد . عمق نورمال 1.25 متر است .عمق جریان را قبل ار برآمده گی و و بعد از برآمده گی دریافت نمایید در صورتیکه اندازه برآمده گی مساوی به 0.5 متر باشد.



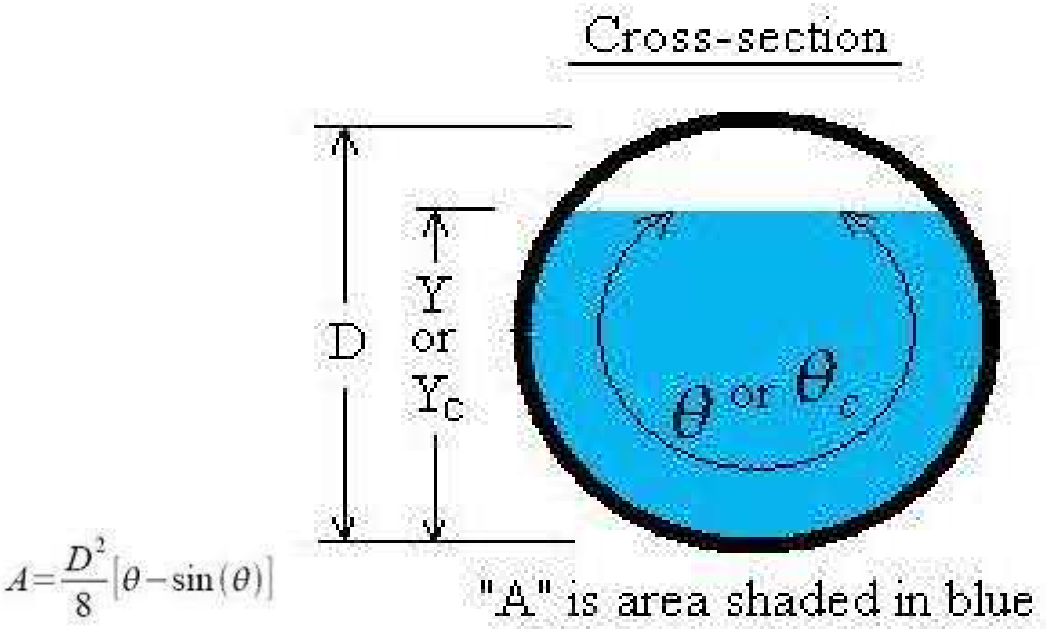
حل : اول باید مسایل ذیل را حل نمائیم :

y_0 - عمق اصلی آب به متر

y_1 - عمق قبل از برآمده گی

y_2 – عمق آب بعد از برآمده گی

y_3 – عمق آب بالای برآمده گی

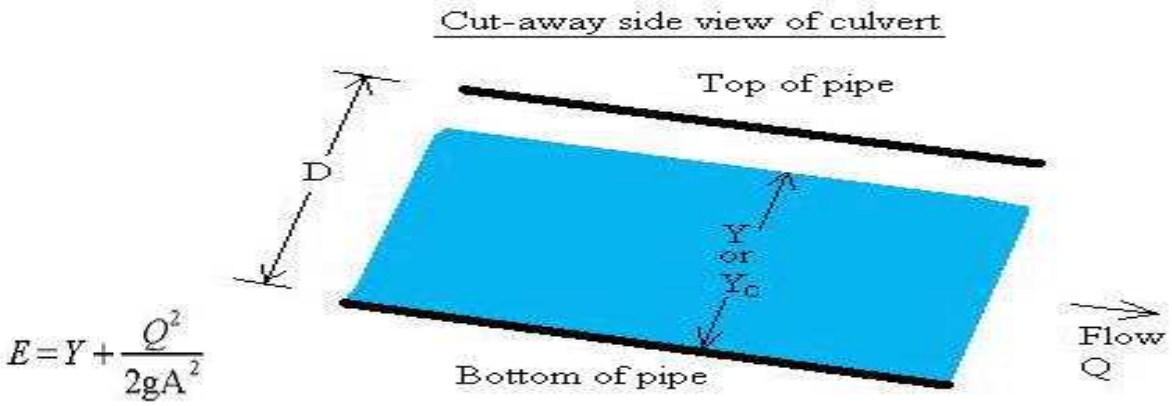


$$A=\frac{D^2}{8}\left[\theta-\sin(\theta)\right]$$

$$16Q\left[\frac{2}{g}\ \sin\left(\frac{\theta_c}{2}\right)\right]^{1/2}=D^{5/2}\ \left[\theta_c-\sin(\theta_c)\right]^{3/2}$$

شکل 20. مقطع عرضی کانالهای مدور

برای جریان آب در پلچک ها دانستن عمق بحرانی مهم پنداشته میشود .امکان دارد که آب به عمق بحرانی جریان نه نماید ، مؤثر است که دانسته شود عمق حقیقی آب زیاد و یا کمتر از عمق بحرانی است. عمق بحرانی یک اساس مهم برای دانستن مشخصات جریان است .اگر عمق حقیقی اضافه از عمق بحرانی باشد ، درآنصورت جریان زیر بحرانی است .
جریان زیر بحرانی عبارت از جریان آرام است که بالای حالت قسمت تحتانی تاثیر گذار میباشد.اگر عمق حقیقی کمتر از عمق بحرانی باشد درآنصورت توسط قسمت فوقانی تاثیر گذار است .

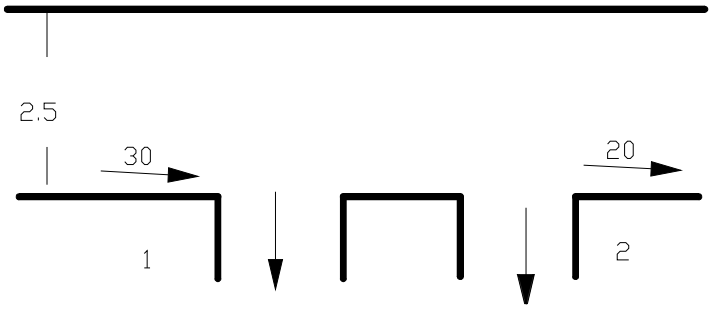


شکل 21 . نمای از قطع طولی یک جهت از پلچک

عمق بحرانی زمانی واقع میشود هنگامیکه انرژی اصغری باشد .dE/dY=0 ,

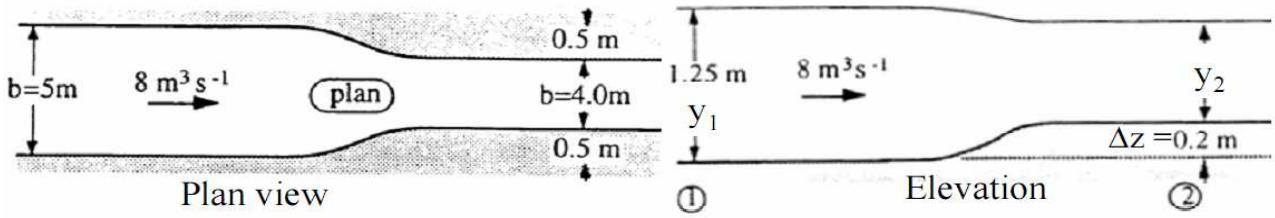
سوالات فصل دوم

سوال اول : در یک کانال عمومی 30 مترمکعب آب جریان دارد اما بعد از قسمت یک 10 مترمکعب فی ثانیه از کانال مذکورتوسط دو دهنه گشتانده میشود در صورتیکه عرض کانال در قسمت 1 و دو مساوی به 5 متر باشد ،و بعد از قسمت 2 مقدار جریان در کانال عمومی به 20 مترمکعب فی ثانیه میرسد ، عمق آب در قسمت 1 مساوی به 2.0 متر ، درصورتیکه عمق کانال در قسمت 2 مساوی به 2.2 شود در آنصورت عرض کانال را در قسمت 2 دریافت نمائید ؟شکل (22)



شکل 22. جریان در کانال دودهنه آبرا اخذ می نماید

The discharge in a rectangular channel of width 5m is 8 m^3/s. The normal depth is 1.25 m. Determine the depth of flow where the section contracts by 1.0 m and the bed gradually rises by 0.2 m. Use graphical methods to find the solution.



$$V_1 = Q/A_1 = 8/(5\times1.25) = 1.28m/s \implies E_1 = y_1 + V_1^2/2g = 1.33m$$

$$V_2 = Q/A_2 = 8/(4\times y_2) = 2/y_2 \implies E_2 = y_2 + V_2^2/2g = y_2 + 0.204/y_2^2 \qquad (1)$$

سوال دوم : نظر به اصول دینامیک ، جریان آب دریک کانال با میل طولی صفر (افقی) لزوما غیر منظم میباشد این نظریه را تفسیر نمائید؟

سوال سوم : چرا از نظر تیوری جریان یک سیال خیالی (بدون اصطکاک) در یک کانال میل دار نمی تواند به صورت منظم باشد ؟

سوال چارم : جریان های زیر را از از نقطه پایدار و ناپایدار ،منظم و نامنظم و یا زیر بحرانی و فوق بحرانی بررسی نمائید ؟

الف – جریان با مقدارثابت دریک دره تنگ شونده Fr = 0.2

ب – موج ناشی از شکست یک بند (Fr =1)

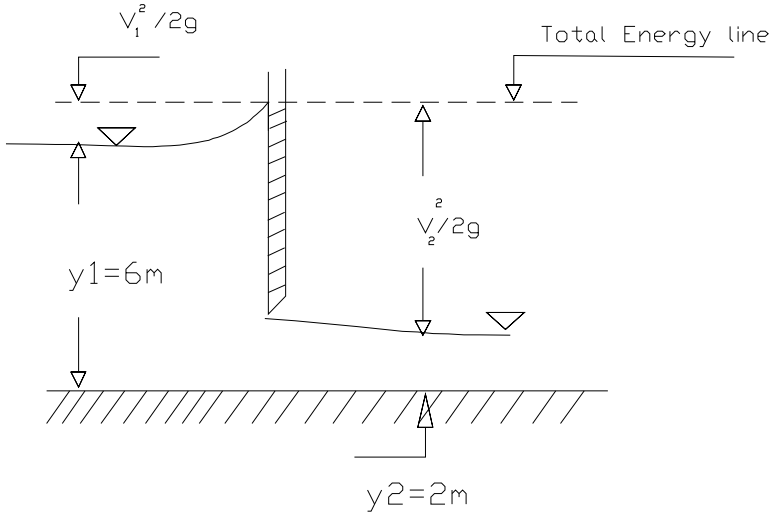
ج – تغییرات تدریجی عمق جریان دریک کانال مستطیلی در هنگام نزدیک شدن جریان به محل یک بند (ثابت =Q, و Fr<1)

د- جریان در یک کانال با عمق و سرعت ثابت (Fr=1.2)

ه- جریان دریا با مقدارجریان ثابت در اطراف پایه های یک پل

سوال پنجم : انرژی مخصوص در کانالهای مستطیلی با میل کم ، تعین عمق بحرانی، میل بحرانی ، و عمق های متناوب Aternate Depths) را واضح سازید ؟

سوال ششم : دریک کانال مستطیلی افقی (شکل زیر دیده شود) اعماق آب به فاصله کمی از دوطرف دروازه مساوی به 6 متر و 2 متر میباشند . عرض کانال 6 متر فرض گردد، مقدار جریانی را که از زیر دروازه عبور میکند محاسبه کنید(, $g = 10\ m/sec^2$ $h_f=0$) شکل 23



شکل 23 . جریان از تحت یک دروازه بالای کانال مستطیلی

سوال هفتم : مقدار جریان یک کانال مثلثی 4 مترمکعب فی ثانیه میباشد ، ضریب میلان جانبی 1: 1.5 است ، عمق بحرانی را دریافت نمائید ؟

سوال هشتم : مقدار جریان کانال مثلثی 2 مترمکعب فی ثانیه ، عمق بحرانی را برای کانالهای زیر دریافت نمائید ؟
الف : مثلثی در صورتیکه میلان جانبی کانال 1:1 میباشد
ب : مستطیلی در صورتیکه عرض کانال 1 متر باشد .

سوال نهم : **:** یا به طریقه های آزمایش واشتباه و یا به طریقه ترسیم گراف عمق بحرانی را برای مجرای ذوذنقه ای شکل در صورت z =1:1.5 ، b= 2.0 m ، Q = 3 cumec دریابید ؟

سوال دهم : به طریقه های آزمایش و خطا و طریقه ترسیم گراف عمق بحرانی را برای مجرای ذوذنقه ای شکل در صورت z =1:2 ، b= 3.5 m ، Q = 5 cumec دریابید ؟

سوال یازدهم : آبی به صورت منظم و با مقدارجریان 10 m3/sec دریک کانال ذوذنقه ای با مشخصات b/d =2.5 سرعت جریان 1.2 متر فی ثانیه باشد و z = 1.5 در جریان است رژیم جریان را مشخص نمائید ($\nu=10^{-6}$ m2/sec)

سوال دوازدهم : آبی به صورت منظم دریک کانال ذوذنقه ای با مشخصات b =2.0 m ، y =1.5m سرعت جریان 1.3 متر فی ثانیه باشد و z = 1.0 در جریان است رژیم جریان را مشخص نمائید ($\nu=10^{-6}$ m2/sec)

سوال سیزدهم : آبی به صورت منظم با مقدار جریان 8 مترمکعب فی ثانیه دریک کانال ذوذنقه ای با مشخصات b =3.0 m و y= 1.5m ومیلان جانبی z = 1.0 در جریان است رژیم جریان را مشخص نمائید؟
($\nu=10^{-6}$ m2/sec)

سوال چاردهم : آب با مقدارجریان 15m3/sec دریک کانال مستطیلی به عرض 8 متر جریان دارد . منحنی E-y را رسم کرده درصورتیکه عمق جریان در مقطع مساوی به 0.8 متر باشد . عمق بحرانی ، وضعیت جریان را در این مقطع مشخص و عمق متناوب را درین مقطع تعیین نمائید؟

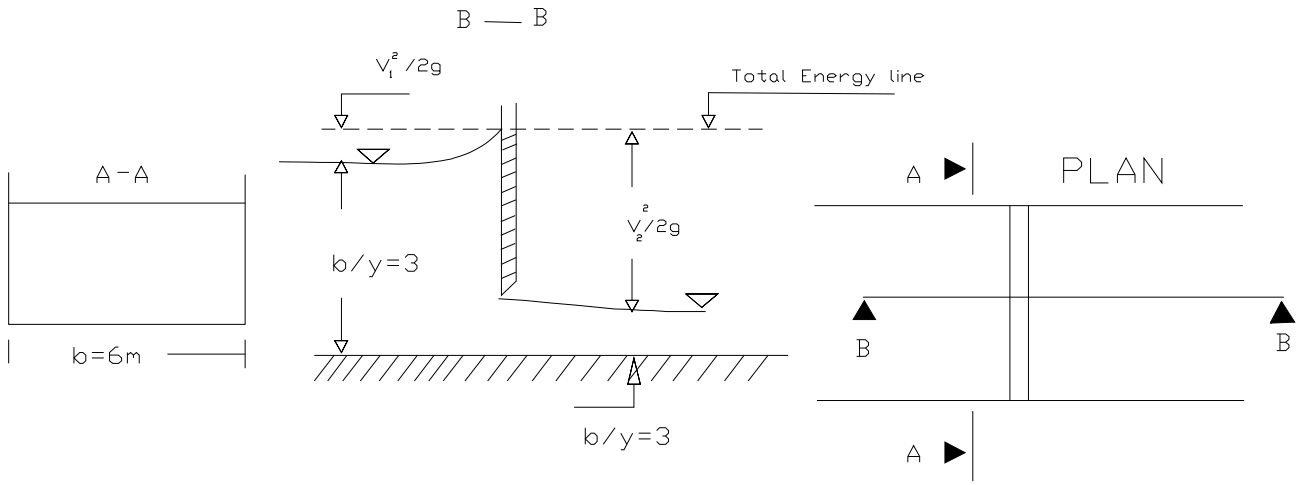
سوال پانزدهم : انواع کانال ها و مقاطع کانالها را نام گرفته و درشکل واضح سازید؟

سوال شانزدهم : دریک کانال مثلثی که میلان نشیب جانبی آن z=1:1 است مقدارجریان 2.5 مترمکعب فی ثانیه جریان دارد ، عمق بحرانی را دریافت نمائید ؟

سوال هفد هم : طبقه بندی و انواع جریان را مشخص نمایید ؟

سوال هژدهم : دریک کانال مستطیلی افقی (شکل زیر دیده شود) اعماق آب به فاصله کمی به دو طرف دروازه b/y مساوی 1 و 3 متر باشد و عرض کانال 6 متر فرض گردد، مقدار جریانی را که از زیر دروازه عبور میکند

محاسبه کنید($g = 10\ m/sec^2$, $h_f=0$) شکل 24



شکل 24. جریان آب دریک کانال مستطیلی از تحت دروازه با پلان و مقطع کانال

فصل III
جریان پایدار در کانالهای باز
Steady Flow in Open Channel

حرکت منظم در مجراهای باز

Uniform water flow through open channels

3.1. سرعت متوسط در جریانهای منظم

فورمول شزی : $V = C\sqrt{RS}$

C -ضریب شزی است واحد آن جذر متر بر ثانیه است که می تواند توسط فورمولهای مختلف محاسبه گردد .

R- شعاع هایدرولیکی عبارت از نسبت مساحت مقطع زنده بر محیط ترشده است که واحد آن متر است .

S – میل بستر کانال ویا میل زمین به امتداد مسیر کانال است بدون واحد است ، و یا می تواند به فیصدی ، درجه زاویه ، متر بر کیلومتر (m/km)، ویا متر بر متر (m/m) باشد .

سرعت متوسط در جریان های منظم به سیستم بین المللی می تواند توسط فورمول مانینگ طورزیر محاسبه شود:

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}, m/\sec - SI$$

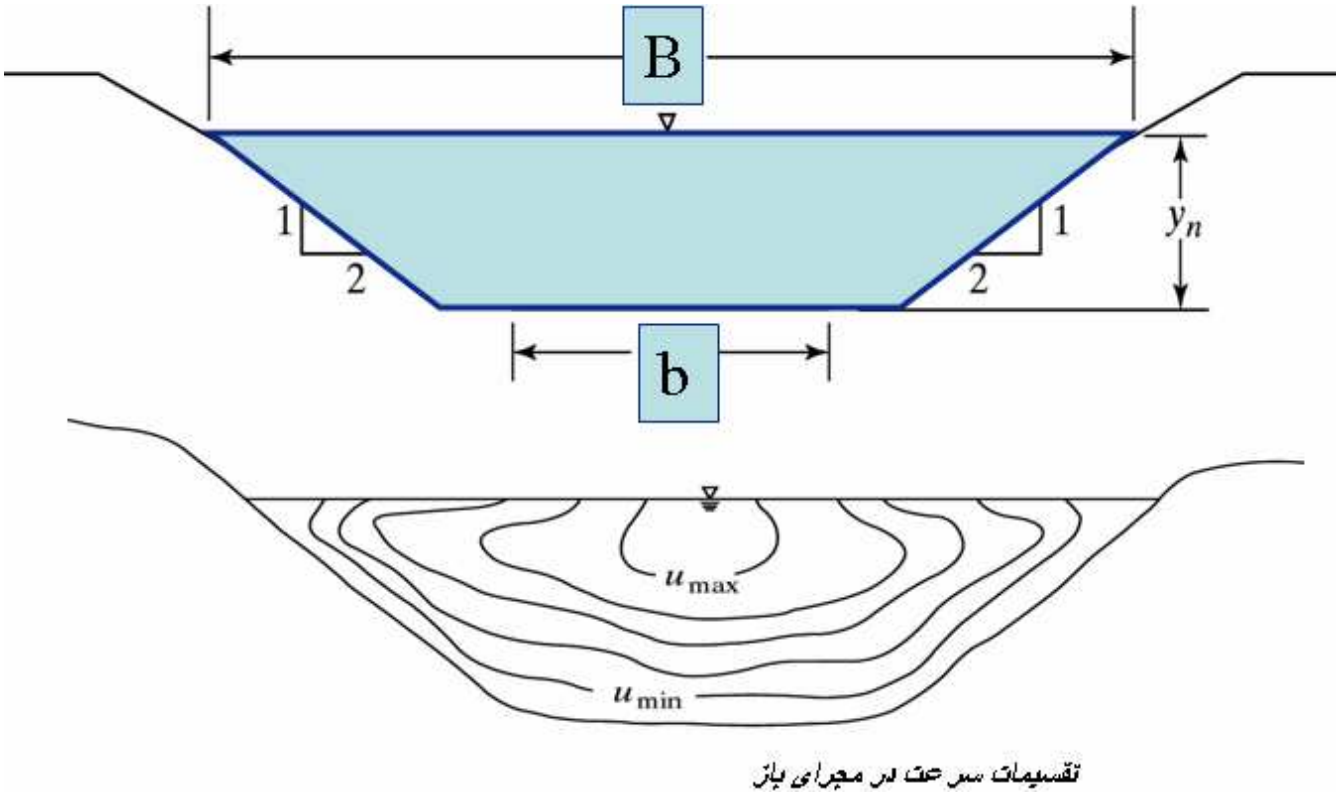
به سیستم انگلیسی می تواند به شکل زیر باشد :

$$V = \frac{1.49}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}, ft/\sec - BGI$$

$$Q = ACR^{\frac{1}{2}} S^{\frac{1}{2}} = A\frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} = A\frac{1}{n} R^{0.66} S^{0.5}, m^3/\sec$$

n – ضریب درشتی مانینگ می باشد که مربوط نوعیت خاک در مسیر کانال میباشد .

تعیین سرعت متوسط در کانال ها اکثرا با دقت کمتر بیاشد . سرعت مربوط به لزجیت آب ، درشتی بستر و میلان جانبی ، سطح آزاد آب ، و نا منظمیت مقطع میباشد و توزیع سرعت در کانالها پیچیده و و سه بعدی بوده و بدست آوردن یک رابطه عمومی که توزیع سرعت را در کانالها که با خصوصیات مختلف باشد میسر نمی باشد . زیرا ثابت بودن سرعت در مقطع جریان درست نبوده و با اندازه گیری سرعت در طول کانال در چند نقطه ازیک مقطع جریان می توان منحنی های هم سرعت را دریک مقطع معین رسم نمود شکل



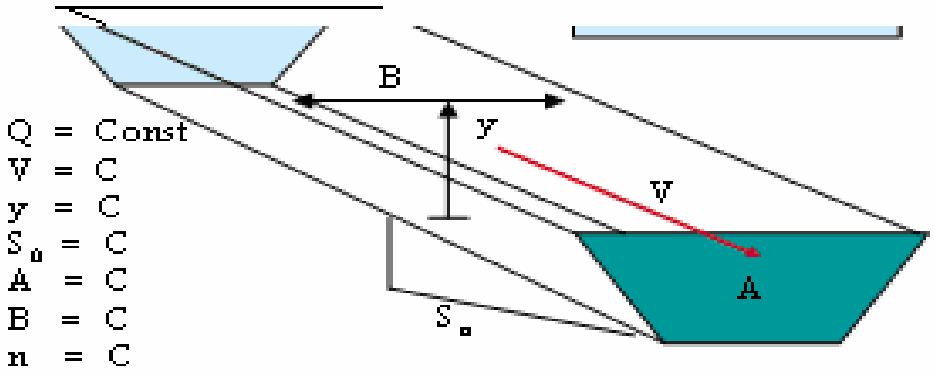
شکل 25. توزیع ویا تقسیمات سرعت در مجرای باز

2. تعیین ضریب شزی با استفاده از رابطه بیزن (Bazin)

رابطه بیزن برای تعیین ضریب شزی به شکل زیر میباشد.

$$C = \frac{A\ V}{1 + \frac{n}{\sqrt{R}}}$$

عمق نورمال درصورت تامین میگردد که مقدارجریان سرعت ، میل بستر، مساحت ، عرض قسمت بالائی و ضریب درشتی در مجراهای منشوری ثابت باقی بماند



شکل (26) اکسنومتری کانال ذوذنقه ای

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6}$$

اگر فورمول فوق را در معادله شزی بگذاریم پس سرعت متوسط

$$Q = A \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

درسیستم انگلیسی طورزیر دیده میشود

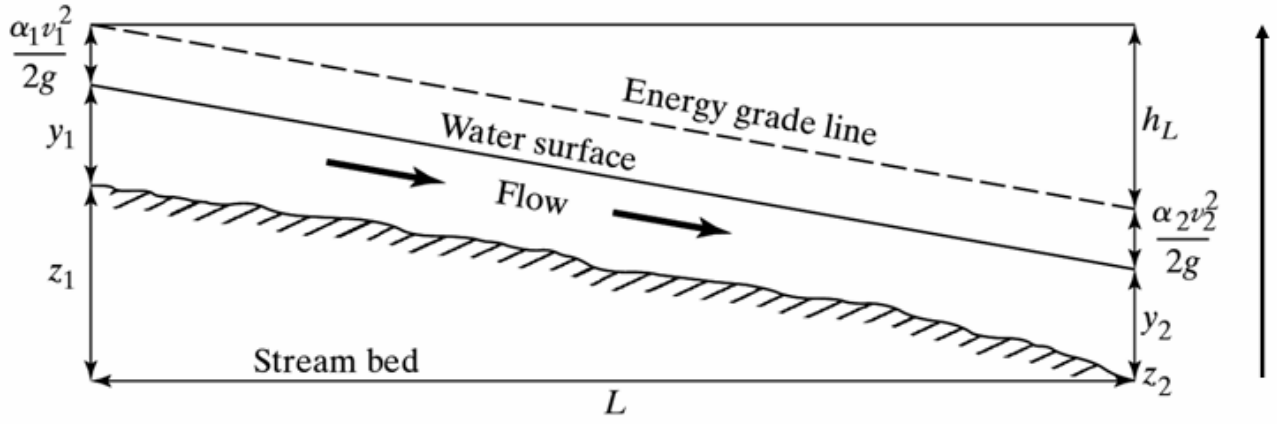
$$Q = A \frac{1.49}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

$$H = z + y + \alpha v^2/2g = \text{Total Energy}$$

$$E = y + \alpha v^2/2g = \text{Specific Energy}$$

α often near 1.0 for most channels

$$\alpha = \frac{\Sigma\, v_i^2\, Q_i}{V^2\, Q_T}$$



سوال اول : کانال کانکریتی با جریان منظم دارای عمق نورمال 2متر ، عرض بستر 5 متر ، میلان نشیب جانبی :1:2 ، ضریب درشتی مجرا 0.015 و میلان بستر کانال So =0.001 مقدارجریان ، سرعت متوسط ، و عدد رینولدس را دریافت نمائیید ؟

حل : مساحت مقطع را دریافت می نمایئیم :

$$A = (b+zy)y = (5+2 \times 2)2 = 18m2$$

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

$$= 5 + 2 \times 2\sqrt{1+2^2} = 13.94m$$

$$Q = AC\sqrt{RS} = (\frac{A}{P})^{\frac{1}{2}} A\frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}} S^{\frac{1}{2}}$$

با استفاده از معادله $= (\frac{A}{P})^{1/2} A\frac{1}{n}(\frac{A}{P})^{1/6} S^{\frac{1}{2}} = (\frac{A^{5/3}}{P^{2/3}})\frac{1}{n} S^{1/2}$

$$Q = \frac{1}{n}\frac{A^{5/3}}{P^{2/3}} S_o^{1/2}$$

$$Q = \frac{1}{n}\frac{A^{5/3}}{P^{2/3}}S_o^{1/2} = \frac{1}{0.015}\frac{18^{5/3}}{13.94^{2/3}}0.001^{1/2}$$
$$= 45m^3/s$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{45}{18} = 2.5m/s$$

$$\mathrm{Re}_{\mathrm{channel}} = \frac{\rho uR}{\mu} = \frac{\rho uA}{\mu P} = \frac{10^3 \times 2.5 \times 18}{1.14 \times 10^{-3} \times 13.94} = 2.83 \times 10^6$$

سوال دوم : کانال کانکریتی با جریان منظم دارای ، عرض بستر 5 متر ، میلان نشیب جانبی :1:2 ، ضریب درشتی مجرا 0.015 و میلان بستر کانال So =0.001 مقدارجریان = 30 مترمکعب فی ثانیه ، ، عمق نورمال ،سرعت متوسط ، و عدد رینولدس را دریافت نمائید ؟

حل : $A = (5 + 2y)y$

$$P = 5 + 2y\sqrt{1 + 2^2}$$

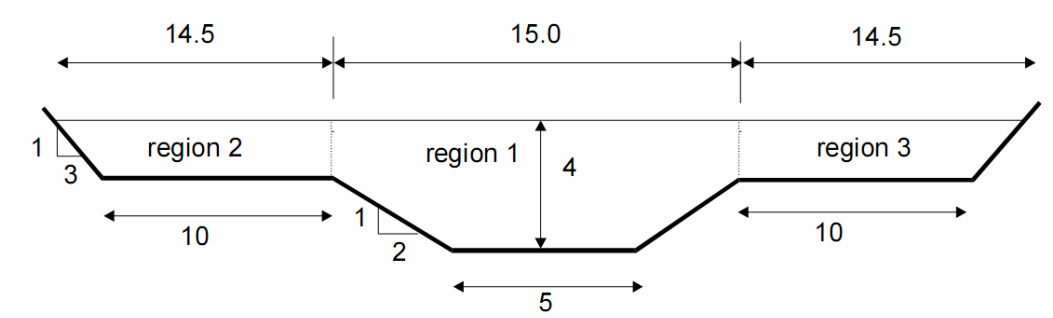
$$Q = \frac{1}{0.015}\frac{((5+2y)y)^{5/3}}{\left(5+2y\sqrt{1+2^2}\right)^{2/3}}0.001^{1/2}$$

$$30 = 2.108\frac{((5+2y)y)^{5/3}}{\left(5+2y\sqrt{1+2^2}\right)^{2/3}}$$

Guessed y (m)	Discharge Q (m^3/s)
1.7	32.7
1.6	29.1
1.63	30.1

قیمت عمق را تا زمان قیمت میدهیم که طرف راست معادله مساوی به 30 شود.

سوال سوم : مطابق شکل زیر اگر مجراهای سیل عرض بستر آن به هر دوطرف 10 متریاشد و میلان نشیب جانبی به هر دو طرف z=1:3 و ضریب مانینگ در هردو جناح 0.035 است . عمق آب در زمان سیلاب مساوی 4 متر است مقدار جریان را دریافت نمائید ؟



حل :

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3.$$

$$A_1 = \left(\frac{5+15}{2}\right)2.5 + (15 \times 1.5) = 47.5m^2$$

$$A_2 = A_3 = \left(\frac{10+14.5}{2}\right)1.5 = 18.38m^2$$

$$P_1 = 5 + \left(2\sqrt{5} \times 2.5\right) = 16.18m$$

$$P_2 = P_3 = 10 + \left(1.5\sqrt{10}\right) = 14.75m$$

$$K_1 = \frac{47.5^{5/3}}{0.015 \times 16.18^{2/3}} = 6492.5$$

$$K_2 = K_3 = \frac{18.38^{5/3}}{0.035 \times 14.74^{2/3}} = 608.4$$

$$Q_1 = \frac{1}{0.015}\frac{47.5^{5/3}}{16.18^{2/3}}0.001^{1/2}$$

$$Q_1 = K_1 0.001^{1/2} = 205.3m^3/s$$

$$Q_2 = Q_3 = \frac{1}{0.035}\frac{18.38^{5/3}}{14.74^{2/3}}0.001^{1/2}$$

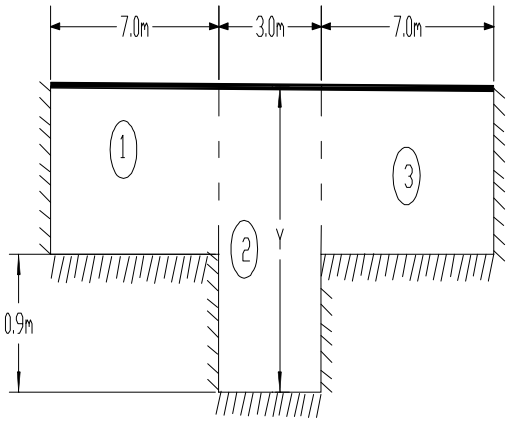
$$Q_2 = Q_3 = K_2 0.001^{1/2} = 19.2m^2/s$$

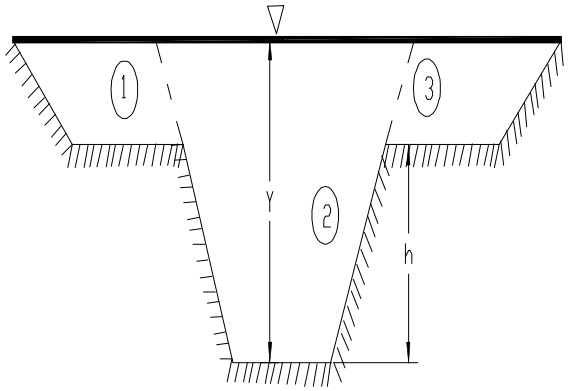
$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 243.7m^3/s$$

$$V_1 = \frac{Q_1}{A_1} = 4.32m/s$$

$$V_2 = V_3 = \frac{Q_2}{A_2} = 1.04m/s$$

سوال چارم : برای مقطع مرکب با ضریب درشتی 0.02 و میل طولی 0.0002 ، مقدارجریان را برای عمق های 1.2 متر و 1.6 متر محاسبه نمائید؟





حل : الف – عمق جریان مساوی به 1.2 متر میباشد. نخست مساله به روش تجزیه مقطع حل میشود:

A_1= 7 x 0.3 = 2.1 m2

P_1 = 0.3+7.0 = 7.3 m

R_1= A_1/P_1 = 2.1/7.3 = 0.288m

$$Q_1 = A\frac{1}{n}R^{2/3}S^{1/2}$$

$$Q = A\frac{1}{n}R^{2/3}S^{1/2} = \frac{1}{0.02}(2.1)(0.288)^{\frac{2}{3}}(0.0002)^{\frac{1}{2}} = 0.647 m^3/\sec$$

و به طور مشابه : Q = 0.647 m3/sec

مقطع 2:

A_2= 3 x 1.2 = 3.6 m2

P_2 = 3.0+0.9+0.9 = 4.8 m

R_2= A_2/P_2 = 0.75m

$$Q_2 = A\frac{1}{n}R^{2/3}S^{1/2} = \frac{1}{0.02}(3.6)(0.75)^{\frac{2}{3}}(0.0002)^{\frac{1}{2}} = 2.101 m^3/\sec$$

Q_T=2 x 0.647 + 2.101 =3.395 m3/sec

درصورتیکه به طریقه مقطع واحد عمل شود :

A=2.1+2.1+3.6=7.8 m2

P= 0.3+7+0.9+3+0.9+7++0.3=19.4

R =0.402m

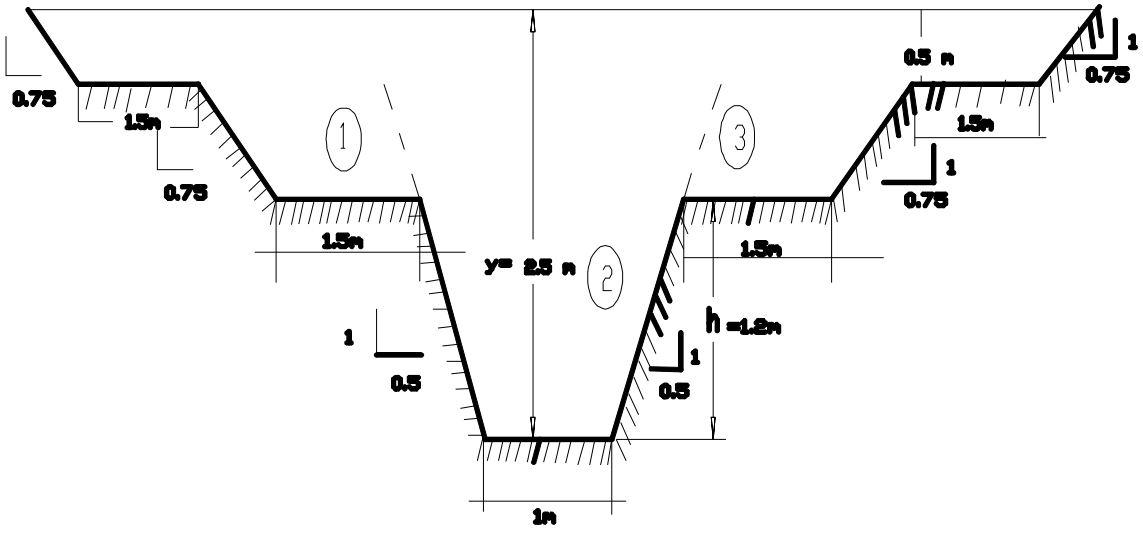
$$Q = \frac{1}{0.02}(7.8)(0.402)^{\frac{2}{3}}(0.0002)^{\frac{1}{2}} = 4.005 m^3/\sec$$

چونکه $Q < Q_T$ میباشد ، در نتیجه مقدارجریان محاسبه شده در کانال معادل 3.237 مترمکعب فی ثانیه در نظر گرفته میشود .

حالت دوم : اگر عمق مقطع مساوی به 1.6 متر باشد محاسبه را به همین طریقه انجام داده وQ_T مساوی 7.988 مترمکعب فی ثانیه و اگر به طریقه مقطع واحد عمل شود : در آنصورت Q=8.315 m3/sec درینحالت ازآنجا که مقدار $Q_T < Q$ میباشد ، مقدارجریان مساوی به 8.315 مترمکعب فی ثانیه انتخاب میشود.

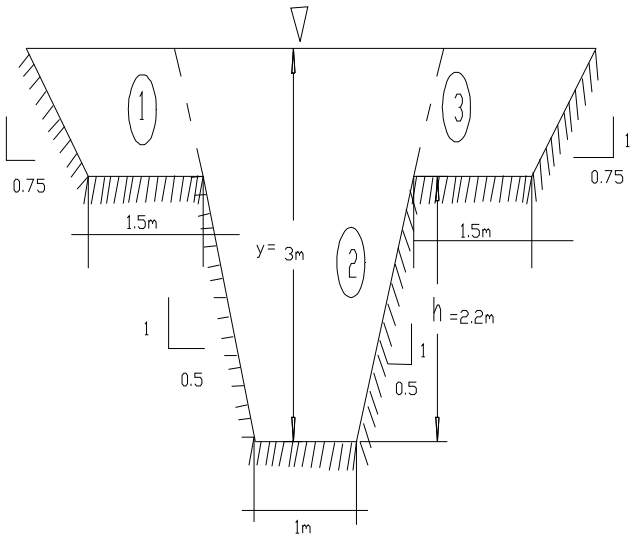
سوالات فصل سوم :

سوال اول : مقدار جریان برای مقطع مرکب با ضریب درشتی 0.03 و میل طولی 0.0004 ، مقدارجریان را برای عمق های 2 متر محاسبه نمائید؟



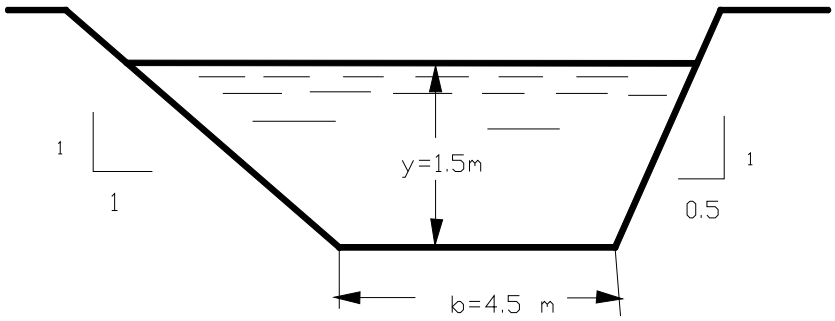
سوال چارم : آب با مقدار جریان 30m3/sec دریک کانال مستطیلی به عرض 12متر جریان دارد .منحنی E-y را رسم کرده در صورتی که عمق جریان در مقطع مساوی به0.8 متر باشد. عمق بحرانی ، وضعیت جریان را در این مقطع مشخص و عمق متناوب را درین مقطع تعیین کنید؟.

سوال پنجم : مقدار جریان برای مقطع مرکب با ضریب درشتی 0.02 و میل طولی 0.002 ، مقدارجریان را برای عمق 3 متر محاسبه نمائید



:

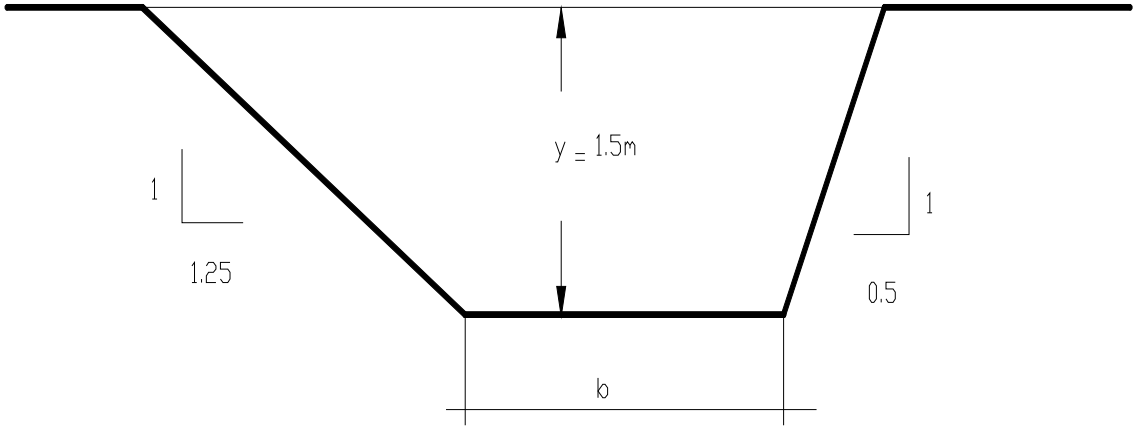
سوال ششم : مقدار جریان کانال ، سرعت و میل بستر کانال را دریافت نمائید در صورتیکه عرض کانال 5 متر، عمق آب در کانال 1.5 متر، میلان نشیب های جانبی باالترتیب 1.: 1 با ضریب درشتی n=0.025 و میلان نشیب جانبی 1:0.5با ضریب درشتی n=0.017 باشد .



سوال هفتم : سوال اول : کا نا ل ذو ذنقه ای د ارای قا بلیت عبو ری 20متر مکعب فی ثا نیه ، نسبت b/y= 2.0 متر ، سرعت جریان آب در کانال 0.8 متر فی ثانیه ، ضریب درشتی 0.03 ، میلا ن نشیب جا نبی 1:1.5 بو ده است . میلا ن کف کا نا ل و عرض بستر را در یا بید؟

سوال هشتم :اگر میل یک کانال 0.002 ، سرعت نورمال Vn=1.5 m/sec، Vnonscouring = 1.3 m/sec، b= 5 m ، Q =15 cumec ، Z=1:1، n =0.03 درینصورت کانال مذکور شستشو گردیده و استوار نیست ، بنا آن عمق و میل بستر کانال را دریابید که کانال شستشو نگردد؟

سوال نهم : مقدارجریان ، عرض کانال ، سرعت و میل بستر کانال را دریافت نمائید
در صورتیکه عمق کانال y = 1.5 m و میلان نشیب های جانبی 1:0.5 و 1:1.25 ، نسبت b/y = 3 ، ضریب درشتی مجرا 0.03 میباشد



سوال دوازدهم : سرعت شستشوئی ، میل بستر ، سرعت نورمال ، سرعت اصغری و سرعت اعظمی را در کانال دریافت نمائید در صورتیکه عمق اصغری آب 1.0 متر، عمق اعظمی اب 2.3 متر ، عمق نورمال آب 2 متر باشد . عرض کانال 5 متر ، مقدار جریان غیر خالص کانال 12 مترمکعب فی ثانیه ، ، میلان نشیب جانبی کانال 1:1 ، ضریب درشتی مجرا n=0.0 باشد .

سوال سیزدهم : اگر میل یک کانال 0.003 ، سرعت نورمال Vn=1.7 m/sec، Vnonscouring = 1.3 m/sec، b= 8 m ، Q =15 cumec ، Z=1:1، n =0.03 درینصورت کانال مذکور شستشو گردیده و استوار نیست ، بنا آن عمق و میل بستر کانال را دریابید که کانال ته نشین و شستشو نگردد؟

دیزاین مجراهای قابل فرسایش Desing of Erodible Channels

اگر مجرا از مواد قابل فرسایش و یا اینکه در زمین های قابل فرسایش اعمارگردد مانند کانالهای آبیاری که در خاکهای سست و یا ریگ وجغل اعمار میگردد درآنصورت در صورت سرعت زیاد کف و جدار جانبی شستشو میگردد.
دو طریقه برای دیزاین کانالها در مجراها ییکه از مواد سست و قابل فرسایش تشکیل شده و جود دارد : طریقه سرعت مجازی و قوه کشش در قدم اول انجنیر باید میلان نشیب جانبی را نظر نوعیت خاک انتخاب کند جدول زیر دیده شود

قیمت ضریب میلان جدار های جانبی کانال ها – Value of side slope of canals

ت	نوعیت مواد جدار های کانال	ضریب میلان جدار های جانبی کانال ها (z)	
		تحت اب	بالای اب
1	صخره که در نتیجه عملیه وزش باد تحریب نشده باشد	0,10 – 0,25	0,00
2	صخره که در نتیجه عملیه وزش باد تحریب شده باشد	0,25 – 0,50	0,25
3	خاک های نیمه صخره ای مقاوم در مقابل باد	1,00 – 1,00	0,50
4	سنگچل و جغل با ریگ که تحت انها مواد تورف موجود باشد	1,00 – 1,50	0,50
5	گل ریگدار نرم پلاستیکی که تحت ان به عمق 7،0 گل موجود باشد	1,25 – 2,00	1,00
6	ریگ میده	1,50 – 2,50	2,50
7	تورف	0,50 – 1,50	
8	قشر نباتی	0,25 – 0,75	

9	مواد تورف مانند دارای پوسیده گی بیشتر از 50 فیصد	2,00 – 2,00	

قیمت های اصغری شعاع گولائی کانال ها برای مقادیر جریان مختلف

ظرفیت کا نال (m3/sec)	شعاع اصغری (m)
کمتر از 0.3	100
0.3 -3	150
3- 15	300
15 -30	600
30-80	1000
اضافه تر از 80	1500

سرعت بحرانی آب در داخل کا نال ها در جدول زیر داده شده است

نوعیت خاک	سرعت بحرانی آب (m /sec)
خاک	0.3 - 0.6
جغل	1.5-1.8
سنگ نرم	1.8-2.4
سنگ سخت	>3

ضریب درشتی مجرا در کانالها با پوشش مختلف

نوعیت خاک / حالت مجرا	ضریب درشتی (n)
مجرای خاکی بدون پلستر کاری	
1. صاف ، مستقیم ، و منظم	0.0225
2.بعد از فرسایش	0.025
3.ریگ وطبقه جغل دار	0.03
4.جویچه های مزرعه	0.03
5.زابر های ساحوی	0.04
مجراهای بدون پلستر در صخره	
1.لیوس نا هموار و نسبتا منظم	0.03 الی 0.04
2.درشت ، غیر منظم ونا هموار	0.04 الی 0.05
کا نالهای پلستر کاری شده	
1.پوشش کانکریت یک ریخت	0.018
2.پوشش کانکریت فابریکه ای و خشت کاری	0.02

میل کف کانال نظر به ظرفیت کا نال

نوعیت کا نال	ظرفیت کا نال	میل و یا گرادینت کف کا نال
کانال عمومی	30 الی 100	1 در 5000 الی 1 در 10000
کانال عمومی	10 الی 30	1 در 3000 الی 1 در 5000
کا نال عمومی	3 الی 10	1 در 2000 الی 1 در 3000
کانال تقسیماتی	1 الی 3	1 در 1500 الی 1 در 2000
کا نال تقسیماتی	0.1 الی 1	1 در 750 الی 1 در 1500
کانال سا حوی	0.03 الی 0.1	1 در 500 الی 1 در 750

میلان نشیب جانبی کا نا لها

موقعیت / نوعیت خاک	میلان نشیب جانبی استوار
الف) در مجرای کند نکاری	افقی - عمودی
1. صخره سخت	¼ :1 الی ½ : 1
2. صخره متلاشی شده ، صخره نرم	¾ الی 1:1
3. خاکهای ریز دانه ، ریگ ، جغل و مت	1:1 الی 1.5 : 1
4. گل ریگدار ، خاک نرم	1.5 : 1 الی 2:1
5. ریگ نرم و بدون چسپش	1 :2
پشته و یا حریم مجرا	
خاکهای ریز دانه ، ریگی ، خاکهای مت دار	1 : 1.5
گل های نرم و گل های ریگدار خیلی نرم	1: 2
ریگ نرم و بدون چسپش	1 : 2 الی 1 : 3

قیمت میلان نشیب خارجی حریم کانال

نوعیت خاک	میلان نشیب جانبی (افقی : عمودی) H : V
گل ریگدار	1 : 3
خاکهای مت دار	1 : 4
مت های ریگدار	1 : 5
ریگ ، خاکهای جغل دار	1: 6

نسبت b /y نظر به مقدار جریان مجرا در کا نال

مقدار جریان مجرا به مترمکعب فی ثانیه	نسبت b /y (در مقطع خاکی)
0.1	2.5 – 1

0.5	3 - 1.25
1	3.5- 1.5
2	4 - 2
5	4.5 - 2.5
10	5.5 - 3
15	6 - 3.5
30	6.5 - 3.75
35	7 - 4
50	9 - 4.5
75	10.5 - 5
100	11.5 - 5.5

سوال اول :کانال ذوذنقه ای شکل که از گل ریگدار نرم ساخته شده است مقدارجریان در کانال 2 مترمکعب فی ثانیه میباشد ، عرض بستر کانال 2.5 متر میباشد ، سرعت ، میل بستر کانال قابل فرسایش را دریافت نمائید؟

حل : ضریب میلان جانبی کانال را از روی جداول بالا نظر به نوعیت خاک مساوی 1:1.5 انتخاب نموده و همچنان ضریب درشتی مجرا را نیز نظر به نوعیت خاک از روی جدول n= 0.025 انتخاب می نمائیم
رابطه مناسب ترین مقطع هایدرولیکی را برای کانال ذوذنقه می نویسسم :

$$\left(\frac{b}{y}\right) = \beta = 2\left(\sqrt{1+z^2} - z\right) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

مسایل اساسی محاسبه کانال های ذوذنقه ای

در حالت حرکت منظم اب

کانال های ذوزنقه ای توسط 6 کمیت ذیل که سه کمیت اولی b ، y و z ابعاد مقطع زنده کانال را تعیین می نماید ،وسه کمیت دیگر n، S و Q و یا $V = \frac{Q}{A}$ را مشخص می نماید. بعضی از کمیت های متذکره با درنظرداشت شرایط توپوگرافی هنگام دیزاین (design) داده می شوند.

I– مسایل نوع اول :

در این نوع مسایل ابعاد مقطع زنده معلوم بوده یعنی b ، y و z شامل می باشد به شکل مستقیم حل می گردد .

مثال اول :

تمام کمیت های مقطع زنده از قبیل b ، y ، z ، میلان کف کانال S و ضریب درشتی مجرا n داده شده ، باید کمیت مجهول ششمی یعنی مقدارجریان Q در یافت گردد .

شیوه حل :

1 – A و P محاسبه می گردد .

2 – Rمحسبه میگردد
3 – مقدار سرعت V می گردد .

4 – با دانستن مقادیرA و کمیت مجهول مطلوب Qرا در یافت می نماییم .

مثال دوم :

تمام کمیت های مقطع زنده از قبیل b ، d ، z ، n و Q داده شده ، باید میل کف کانال S در یافت گردد .

شیوه حل :

1 – طبق مثال اول کمیت های A، P و R را محاسبه می نمایم .
2 – ضریب C در یافت گردد .

3 .سرعت وسطی V را محاسبه نمایم .
4 – میتوان کمیت مجهول مطلوب S را دریافت نمود .

II– مسایل نوع دوم :

در این نوع مسایل کمیت های که ابعاد مقطع زنده را تعین می نماید ، داده

نشده ، یعنی کمیت های b و d از جمله کمیت های مجهول می باشند .

همچو مسا یل دایما با استفا ده از میتودانتخا ب ویا تقر ب مسلسل
Selection and consecutive method حل می گردد .

مثا ل سو م :

کمیت های b، z، n، S و Q داده شده ، لازم است تا
کمیت مجهو ل ششمی که عبارت ازعمق جریان d می باشد ، دریا فت گرد د

شیو ه حل :

1 – با استفاده از فورمول مود ول مقدار جریا ن لازمی یا مطلوب که به علامت $K_{t\arg.}$ ارائه می گرد د ، در یا فت می گرد د .

$$K_{t\arg.} = \frac{Q}{\sqrt{S}} \text{.....}$$

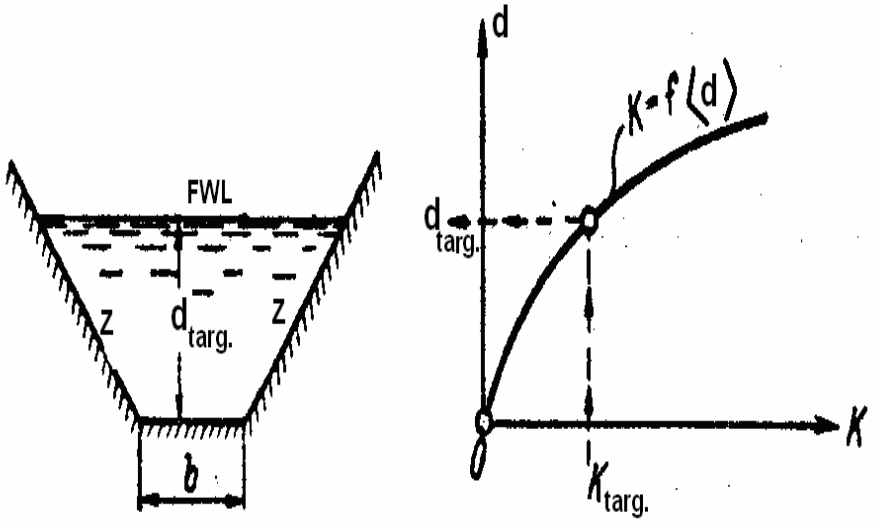
2 – جد و ل را ترتیب دا ده ، بادرنظرداشت قیمت $K_{t\arg.}$ به d قیمت های مختلف داده و برای هر کدام قیمت مودو ل مقدار جریان K را محا سبه می نماییم .

3 – بر مبنای ارقام ستون افقی اول و نها ی ، گراف تابع $K = f(d)$ ترسیم می گرد د .

ملا حظا ت	کمیت های داده شده و محا سبه شده					واحد های اندازه گیری	فورمول های محاسبو ی	چ ن
	d_5	d_4	d_3	d_2	d_1			
$b =$ ..... $z =$ ..... $n =$	.....	.....	.....	.....	.....	m	d	1
	.....	.....	.....	.....	.....	m	zd	2

3	**b+zd**	**m**	.....	.....	.....	.....	.....	$S =$ .....
4	**A=b+zd**	m^2	.....	.....	.....	.....	.....	$Q =$ .....
5	$2d\sqrt{1+z^2}$	**m**	.....	.....	.....	.....	.....	$d = ?$
6	$\rho=b+2d\sqrt{1+z^2}$	**m**	.....	.....	.....	.....	.....	
7	$R=A;\rho$	**m**	.....	.....	.....	.....	.....	
8	$\sqrt{R}$	$\sqrt{m}$	.....	.....	.....	.....	.....	
9	$C=\frac{1}{n}R^{1/6}$	$\sqrt{m/s^2}$	.....	.....	.....	.....	.....	
10	$K = AC\sqrt{R}$	m^3/s	.....	.....	.....	.....	.....	

4 – با استفاده از گراف K-f(d) ، نظر به قیمت محا سبه شده مودول مقدار جریان لازمی یا مطلوب $K_{t\arg.}$ ، به شکل گرافیکی عمق مطلوب $d_{t\arg.}$ را د ریا فت می گرد د .



مثال چهارم :

کمیت های d، z، n، S و Q داده شده است ، کمیت مجهول b باید در یافت گردد .

شیوه حل :

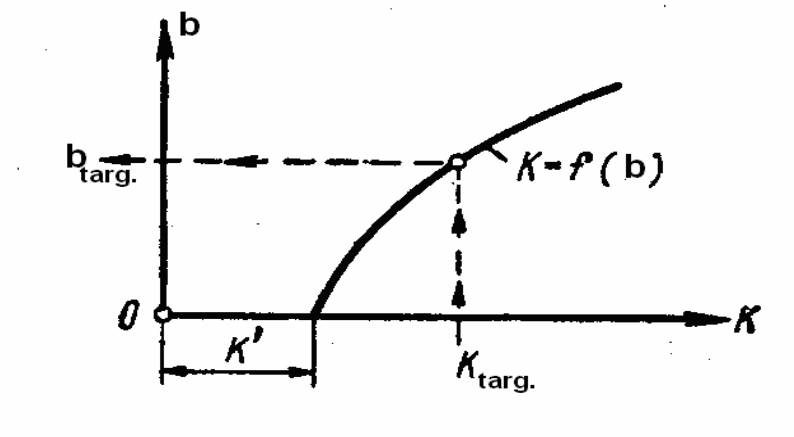
1 – مودول مقدار جریان لازمی یا مطلوب $K_{t\arg.}$ محاسبه می گردد .

ملاحظات	کمیت های داده شده و محاسبه شده					واحد های بنیادی	فورمول های محاسبوی	گام
	b_5	b_4	b_3	b_2	b_1			
b=.....	.....	.....	.....	.....	.....	m	b	1
z=.....	.....	.....	.....	.....	.....	m	zd	2
n=.....	.....	.....	.....	.....	.....	m	b+zd	3
S=.....	.....	.....	.....	.....	.....	m^2	$A=bd+zd^2$	4
Q=.....	.....	.....	.....	.....	.....	m	$2d\sqrt{1+z^2}$	5
b = ?								

6	$\rho=b+2d\sqrt{1+z^2}$	m	.....	.....	.....	.....	.....	
7	$R=A:\rho$	m	.....	.....	.....	.....	.....	
8	$\sqrt{R}$	$\sqrt{m}$	.....	.....	.....	.....	.....	
9	$C=\frac{1}{n}R^{1/6}$	$\sqrt{m/s^2}$	.....	.....	.....	.....	.....	
10	$K=AC\sqrt{R}$	m^3/s	.....	.....	.....	.....	.....	

3 -- طبق ارقام ستون اول وستون نهای جدول فوق ، گراف تابع $k = f(b)$ را مطابق شکل زیر رسم می نما یم .

4 – با استفاده از گراف $k = f(b)$ د ر صفحه ، برمبنای قیمت محا سبه شده $K_{t\,arg.}$ ، قیمت مطلوب عرض کف کا نا ل $b_{t\,arg}$. را د ریا فت می نما یم .



مثال پنجم :

کمیت های z، S، n، Q و β داده شده است ، با ید قیمت کمیت های b و d در یا فت گرد د .

شیوه حل :

1 - مود ول مقد ار جریان و انتقالیت جریان لازمی یا مطلوب K_{stan} را با استفاده از فورمول دریافت می نما یم .

$K = Q/(s)^{1/2}$

2 – جد ول را مطا بق جد ول قبلی ترتیب داده ، در جد ول متذ کره بعد از ستون افق سوم ، ستون افقی دیگر را علاوه نموده و در ستون مذ کور فورمول $b = \beta d$ را می نوسیم . د ر جد ول مذ کور به d قیت های متعد د با درنظرداشت قیت محا سبوی مود ول مقدار جریا ن لازمی یا مطلوب (K_{stan}) داده و برای هر کدام قیمت انها ، قیمت K محاسبه می گرد د .

3– برمبنای ارقام ستون اول و ستونهای جد ول متذکره گراف تا بع $K=f(d)$

4 – نظر به قیمت محاسبه شده $K_{t\arg.}$ مطابق بند شماره یک ، به شکل گرافیکی قیمت عمق مطلوب جریان در کانال $d_{t\arg.}$ با استفاده از گراف k تابع h شکل گرا فیکی دریافت می گرد د .

5 -- بر مبنا ی رابط $\beta=\frac{b}{d}$ قیمت مطلوب b_{stan} را د ریا فت می نما ییم .

III -- مسا یل نوع سو م :

در این نوع مسا یل ، کمیت سرعت وسطی جریا ن V د ر جمله کمیت های معلوم داده شده شامل می با شد .

مثال ششم :

کمیت های b، d، z (مقطع زنده داده شده)، ضریب درشتی - n و سرعت وسطی جریانV داده شده، باید کمیت های مقدار جریان Q و میلا ن کف کا نال S دریا فت گرد د .

شیوه حل :

1. طبق مثا ل اول قیمت کمیت های A، P، R و C دریافت می گرد د .
2 - مقدار چریا ن Q را با استفا ده از فورمول دریا فت می نما ییم .

3 - میلان کف کانال S را می توان برمبنای فورمول و یا با استفاده از فورمول بدون محاسبه ضریب C دریافت نمایم .

مثال هفتم :

در اینجا کمیت های ذیل داده می شود :
a- کمییت های z، n، Q و V .
b - یکی از کمیت های b و یا d .
کمیت های ذیل باید دریافت گردد .
a - میلان کف کانال S .
b - کمیت b و یا کمیت d .

شیوه حل :
1– قیمت عددی مساحت مقطع زنده A دریافت می گردد.
2 - فورمول مساحت مقطع زنده رامینویسیم

$$A=d(b+zd).....$$

3. در معادله فوق الذکر صرف یک کمیت مجهول b ویا d با درنظرداشت شرایط مسله ، موجود می باشد . بعد از حل معادله متذکره کمیت مجهول مطلوب b ویا d را دریافت می نمایم .
4 - میل کف کانال S را می توانیم محاسبه نمود ن ضریب C دریافت نمایم .

مثال هشتم :

کمیت های z ، n ، Q، V و S داده شده ، باید کمیت های مجهول b و d دریافت گردد .
شیوه حل :

1. قیمت عددی مساحت مقطع زنده A وقیمت عددی مودول سرعت W محاسبه می گردد .

$$A=\frac{Q}{V}=a.....$$

$$W=\frac{V}{\sqrt{S}}=b.....$$

2 - سیستم معادلات را برای مساحت مقطع زنده A و مودول مقدار سرعت Wکه دارای دو کمیت مجهول b و d می باشد، به شکل ذیل می نویسیم .

$$A=d(b+zd)=f(b,d)$$
$$W=C\sqrt{R}=f(b,d)$$

3 - سیستم معادلات فوق را می توان به شکل ذیل نوشت .

$$d(b+z)=a$$
$$C\sqrt{R}=b$$

در اینجا a و b کمیت های معلوم اند .

4 - معادلات متذکره را می توان با استفاده از وضع نمودن قیمت یکی از کمیت های مجهول از یک معادله در معادله دیگر و یا با استفاده از میتود انتخاب وتقرب مسلسل وگرافیکی مطابق مثال های سوم و چهارم ویا با استفاده از شیوه تقرب مسلسل به شکل جدول ، قیمت های کمیت های مجهول b و d را دریافت نماییم.

محدودیت سرعت جریان اب در موقع محاسبه کانال ها

در موقع طرح ریزی کانال ها ، تحقق یافتن شرایط ذیل یک مسله حتمی پنداشته میشود.

$$V_{nonsilting.}<V_{normal}<V_{nonscouring.}$$

در اینجا :

$V_{nonscour.}$ - سرعت اعظمی مجازی شستشو نشونده Permissible scouring velocity را در حالت حرکت اب نشان می دهد . در حالت که سرعت

وسطی محاسبه شده جریان اب در مجرا V بزرگتر از سرعت شستشو نشونده $V_{scour.}$ باشد $\left(V>V_{nonscouring.}\right)$ ، دربستر مجرا عملیه تخریب یا شستشو (scouring) رخ میدهد .

$V_{nonsilting.}$ - سرعت اصغری مجازی ته نشین نشونده Permissible sediment velocity را در حالت حرکت اب نشان می دهد . در حالت که سرعت وسطی محاسبه شده جریان اب در مجرا V کوچکتر از سرعت مجازی تهنشین شونده $V_{nonsilting}$ باشد $\left(V<V_{sed.}\right)$ ، در این حالت پروسه ته نشین شدن یا عملیه رسوب ذرات معلق در اب (sediment) دربستر مجرا صورت می گیرد .سرعت وسطی جریان V در حدود زیاد تابع میلان کف کانال S بوده ،ولی قیمت $V_{nonscour.}$ یا $V_{\max}$. تابع نوعیت مواد بستر مجرا می باشد . قیمت سرعت متذکره با درنظرداشت نوعیت مواد بستر مجرا برمبنای جدول زیر ، تعین و تثبیت می گردد .

شماره	مواد کف وجدار های کانال	$V_{\max}...m/s$	شماره	مواد کف و جدار های کانال	$V_{\max}.m/s$
1	خاک های غیرمرتبط :		3	مواد صخره ای :	
1 - 1	ریگ میده دانه	0,20 - 0,15	1 - 3	ترسبی	4.50 - 2,50
2 - 1	ریگ	0,60 - 0,20	2 - 3	کرستالی	25,0 - 20,0
3 - 1	جغل	1,20 - 0,60	4	تحکیم کاری :	
2	خاک های مرتبط :		1 - 4	سنگ فرش یک طبقه ای	3,50 - 3,00
1 - 2	ریگ گلدار و گل ریگدار	1,00 - 0,70	2 - 4	سنگ فرش دو طبقه ای	4,50 - 3,50

2 - 2	گل	1,80 - 1,00	3 - 4	پوشش کانکریتی	10,0 - 5,00

مقدار سرعت $V_{nonsilting}$ یا سرعت $V_{\min.}$ برمبنای نورم و قواعد تخنیکی دریافت می گردد .

سرعت متذکره را میتوان به کمک فورمول لیوی Leewee's formula که ذیلا ارایه میگردد ،دریافت نمود .

$$V_{\min.} = e\sqrt{R} \text{.....}$$

ویا میتوان توسط فورمول زیر محاسبه کرد :

$$V_{sed} = Vsilting = \sqrt{\frac{\rho R_{\min} \overline{W}}{18}}, m / \sec$$

در اینجا : R - شعاع هایدرولیکی مجرا که با عمق اصغری مطابقت مینماید.
ρ – گل آلوده گی و یا خت آلوده گی به کیلوگرام فی مترمکعب
$\overline{W}$ - بزرگی متوسط هایدرولیکی به ملی متر فی ثانیه که از جدول بالا اخذ میشود. -
e - ضریب است که مفدار ، ترکیب ذرات معلق و درشتی مجرای اب -- را درنظر می گیرد . ضریب متذکره برمبنای فورمول ذیل دریافت می گردد .

$$e = 0,01\frac{\omega}{d}\frac{0,0225}{n}\sqrt[4]{\rho/0,01}\sqrt{R} \text{.....}$$

در اینجا :

d - قطر ذرات معلق به mm ،
$\overline{W}$ - بزرگی هایدرولیکی ذرات معلق در اب (سرعت ته نشین شدن ذرات معلق در اب ساکن به cm/ s) ، سرعت متذکره با در نظرداشت قطر

ذرات معلق از جدول زیر اخذ میگردد:

رکشن ذرات منتقله d , mm	قیمت های بزرگی ها یدرولیکی		قیمت متوسط بزرگی ها یدرولیکی W= (W1+3W2)/4	مقدار فرکشن α , %	αW
	W1,mm/sec	W2,mm/sec			
0.5- 0.25	27.2	27	38.23	4	153
0.25-0.1	27	6.92	11.94	19	227
0.1-0.05	6.92	1.73	3.04	22	67
0.05	0.277	0.277	0.277	55	15/462

ρ - فیصدی ذرات معلق (نظر به وزن) با بزرگی $d>0.25mm$ را نشان می دهد .

مقدار $V_{sed.}$ یا $V_{\min.}$ که برمبنای فورمول محاسبه می گردد ،مقدار سرعت متذکره را میتوان با استفاده از ماخذ مختلف علم هاید رولیک دریافت نمود .برعلاوه میتود فوق بخاطر محاسبه $V_{sed.}$ از طرف عالم هایدرولیک بنام گیرشکان - Gershkan فورمول ذیل پشنهاد می گردد .

$$V_{nonsilting} = A_G Q^{0,2}$$

در اینجا :

A_G - راضریب گیرشکان - Gershkan's coefficient نامیده و برمبنای جدول که ذیلا اراۀ می شود، دریافت می گردد .

حدود بزرگی ذرات معلق mm/s	>2,5	<1,5	1,5 - 2,5
A_G	0,55	0,33	0,44

با در نظرداشت شرایط محل ، در بعضی حالت ها در موقع طرح ریزی کانال ها ، تحقق شرایط ($V > V_{nonsilting}$) امکان پذیر نمی باشد . در این حالت ذرات مواد معلق در اب Suspended material in water flow - در بستر مجرای اب (کانال) رسوب نموده ، ایجاب می نماید تا بستر مجرا اب به شکل وقفوی پاک کاری شود .ولی در مورد سرعت مجازی شستشو نشونده می باید گفت که شرایط ($V < V_{nonscouring.}$)باید دایما تحقق یابد.

I - تدابیر بمنظور رافزایش بخشیدن سرعت مجاری شستشو نشونده $V_{nonscouring.}$:

بمنظور افزایش بخشیدن سرعت مجازی شستشو نشونده $V_{nonscouring.}$ از تدابیر ضد نفوذی مبنی برتحکیم کاری جدار ها و کف کانال توسط سنگ فرش ، طبقه کانکریتی و غیره استفاده می نمایند . درنتیجه اتخاذ همچو تدابیر مقدار سرعت مجازی شستشو نشونده $V_{nonscouring.}$ بصورت طبعی تزئید می یابد .

II - تدابیر بخاطر کاهش بخشیدن سرعت وسطی محاسبوی حرکت اب در کانال V :

فورمول شیزی - Chesy's formula ذیلا" ارایه می گردد .

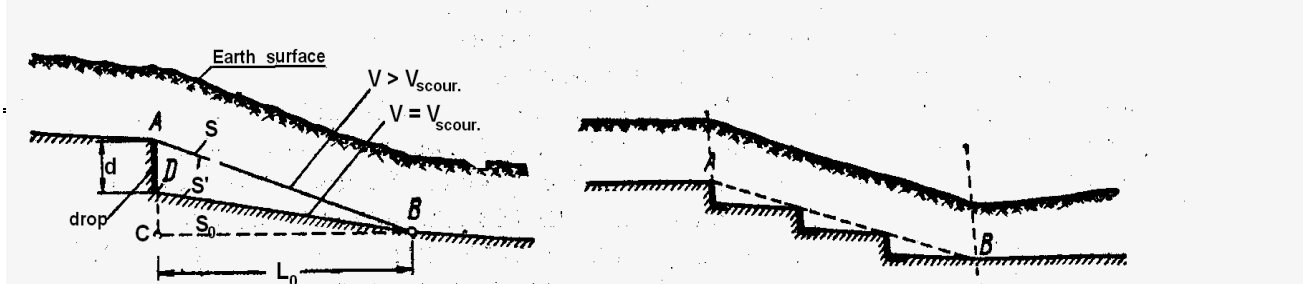
$$V = C\sqrt{RS} \text{.....}$$

به اساس فورمول متذکره، مسله را می توان ذیلا" تحلیل و بررسی نمود :

1 - از طریق تغیر دادن اندازه ها و شکل مقطع زنده کانال ، سعی بعمل می اید تا مقدار شعاع هایدرولیکی مقطع موردنظر کانال R کاهش یابد . ولی با تغیر دادن مقدارR ، امکانات لازم بطور موثر بخاطر کاهش بخشیدن سرعت وسطی محاسبوی حرکت اب دردر کانالV فراهم نمی گردد .

2. با استفاده از ضریب درشتی - Coefficient of roughness n در بستر کانال ،مقدار ضریب شیزی Cheese's coefficient، C کاهش یافته ، ولی در حالت که طول کانال زیاد باشد ، شیوه متذکره از نقطه نظر اقتصادی قابل قبول نمی باشد .

کاهش بخشیدن میل کف کانال S از طریق ساختمان ابشار - drop به امتداد طول کانال . در فعالیت های انجینری اکثرا از شیوه سوم ، مبنی بر اعمار ساختمان ابشار استفاده می نمایند . بمنظور درک بهتر موضوع بر مبنای شکل زیر ساختمان ابشار و نقش ان در کاهش بخشیدن میلان کف کانال S ، توضیح می گردد .



بمنظور تقلیل بخشیدن حجم کار های زمینی ، خط کف کانال AB موازی به سطح زمین تعین و تثبیت می گردد. بدین سبب در مرحله مقدماتی محاسبات طرحریزی کانال ،میلان کف کانال S ، مساوی به میلان سطح زمین تعیین می گردد .
هرگاه به اساس میل متذکره در نتیجه انجام دادن محاسبات هایدرولکی $\left(V>V_{nonscouring.}\right)$ حاصل گردد ، در این حالت به امتداد طول کانال ، ساختمان ابشار AD درنظرگرفته می شود که در نتیجه ان مطابق شکل فوق ، میلان کف کانال از مقدار S به مقدار S' کاهش می یابد در مرحله مقدماتی محاسبات هایدرولیکی می باید شرایط ذیل تحقق یابد .

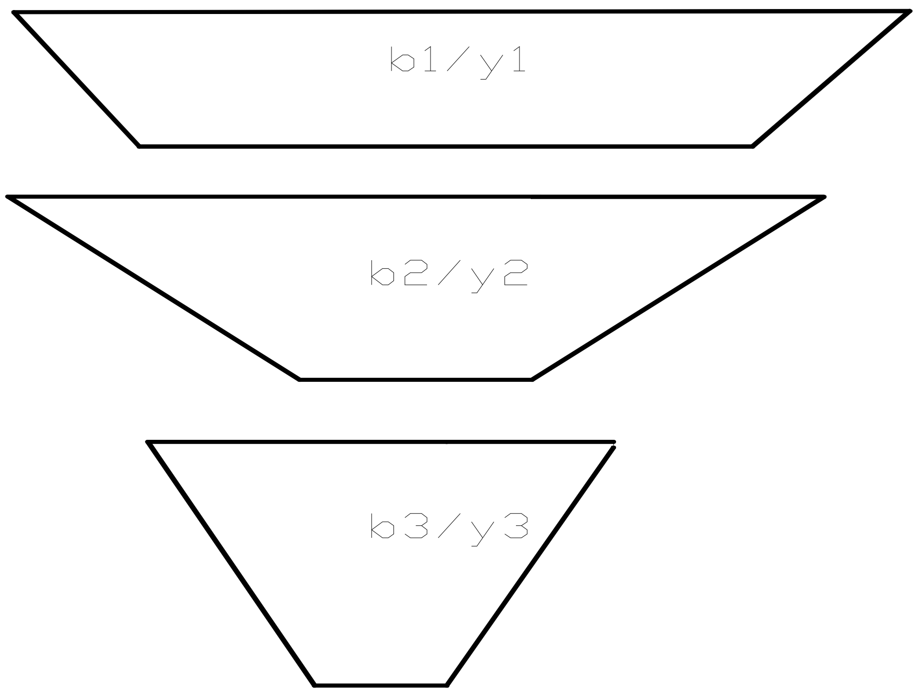
$$V = V_{nonscouring.}$$

از معادله فوق می توان به این نتیجه رسید که همچو حل از یک طرف از نگاه اقتصادی و تخنیکی قابل قبول بوده و ازطرف دیگر از نقطه نظر اقتصادی دارای موثریت بیشتر می باشد .
در حالت موجودیت شرایط $V<V_{nonscouring.}$ ، مساحت مقطع زنده کانال بزرگترگردیده و مقدار S' کوچکتر میگردد ، در نتیجه حجم کار های ساختمانی افزایش می یابد .
باید متذکر شد که خود ساذختمان ابشار - drop عبارت از دیوار استنادی بوده که بعد ازان می باید ساختمان مطمین تحکیم کاری که معمولا - apronنامیده می شود ، بخاطر خاموش ساختن انرژی حرکی و جلوگیری از شستشو و تخریب مجرا در قسمت تحتانی ابشار ، در نظر گرفته می شود .

بهترین مقطع هایدرولیکی کانال Best Hydraulic Section

یکی از سوالات اساسی که در ذهن هر دیزاین کننده بروز میکند این است که پارامتر های هندسی متفاوت در یک مقطع و جود دارد بنا کدام تناسب از اندازه ها بهتر ین می باشد . به این سوال میتوان از نقطه نظر ریاضی چنین پاسخ داد : اگربه رابطه مانینگ توجه شود :

بهترین مقطع هایدرولیکی ذوذنقه ای



بمنظور درک بهتر موضوع در شکل فوق مقاطع متعدد عرضی کانال را که مقدار مساحت مقاطع زنده ا نها با هم مساوی بوده ، ولی دارای قیمت های مختلف عرض نسبی – Relative width

$$\left(\beta = \frac{b}{d} \right)$$

می باشد ، مد نظر می گیریم .

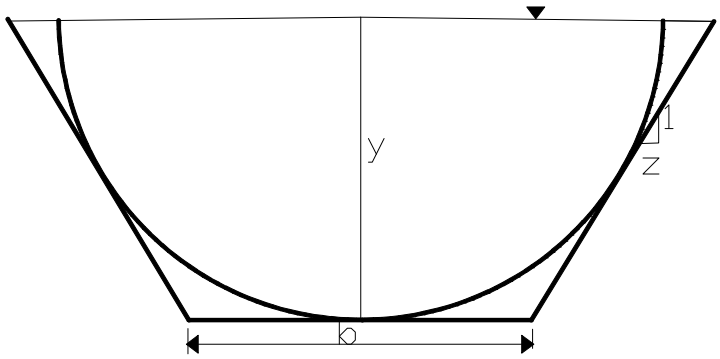
از معادله زیر واضحا" معلوم می گردد که

$$Q = AC\sqrt{RS} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

با درنظر داشت قیمت های داده شده مساوی مساحت مقطع زنده A و میل کف کانال S ، بزرگترین مقدار جریان Q از همان مقطع زنده عبور خواهد نمود که دارای بزرگترین قیمت شعاع هایدرولیکی R باشد . ازانجا یکه :

$$R=\frac{A}{\rho}.....$$

بهترین مقطع عرضی هایدرولیکی کانال ذوذنقه ای ، همان مقطع را می نامند که نظر به قیت های معین داده شده کمیت های A و S دارای کوچکترین قیمت محیط تر شده P باشد . و یا به عبارت دیگر ، مناسبترین مقطع عرضی کانال ذوذنقه ای ، عبارت از همان مقطع است که در حالت قیمت های معین داده شده کمیت های z، S، n و Q دارای بزرگترین قیمت سرعت وسطی V باشد .



در حالت مقطع عرضی کانال ذزنقه ای می توان روابط ذیل را نوشت .

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

$$P=b+2y\sqrt{1+z^2}=\frac{A}{y}-zy+2y\sqrt{1+z^2}.....$$

قیمت b را از معادله دریافت نموده و به عوض ان در معادله وضع می نماییم .

$$b=\frac{A}{y}-zy.....$$

$$P=\frac{A}{y}-zy+2y\sqrt{1+z^2}.....$$

نسبت b/y میتواند طور زیر ارائه گردد :

$$b=2y(\sqrt{1+z^2}-z)=0$$

ویا

$$\left(\frac{b}{y}\right)=\beta=2\left(\sqrt{1+z^2}-z\right).....$$

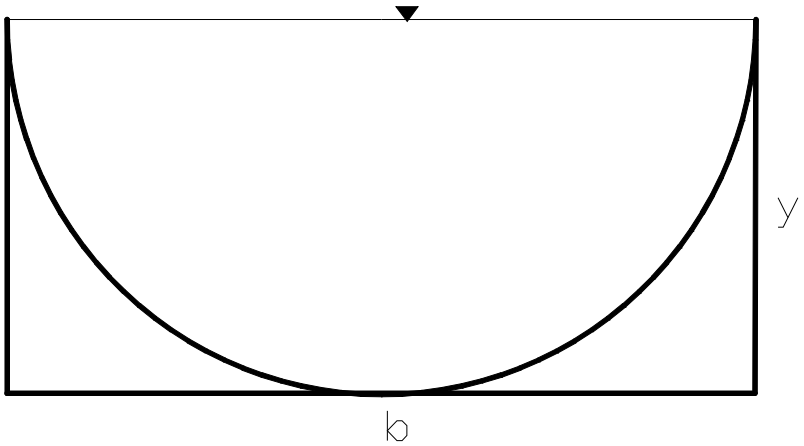
در اخیر باید خاطر نشان ساخت که در فعالیت های انجینری در موقع حل مسایل هایدرولیکی به منظور انتخاب مناسبترین مقطع هایدرولیکی کانال ذوزنقه ای یعنی تعین و تثبیت مناسبترین نسبت بین b و d بر مبنای میتود – Agruskeen's method که ذیلا" توضیح می گردد ، صورت می گیرد .

تابع مناسب ترین شعاع هایدرولیکی یعنی ($R_{\text{ر ه}}$) F برای مقاطع مختلف مقطع زنده به اساس فورمول های ذیل محاسبه می گردد .

$$\frac{P^2}{A}=\frac{P}{R}\geq 4\left(2\sqrt{Z^2+1}-Z\right)$$

1 – بهترین مقطع هایدرولیکی مستطیلی

b=2y



بهترین مقطع هایدرولیکی مثلثی :
بهترین مقطع هایدرولیکی مثلثی عبارت از مقطع است که زاویه راس آن 90 درجه خواهد بود.

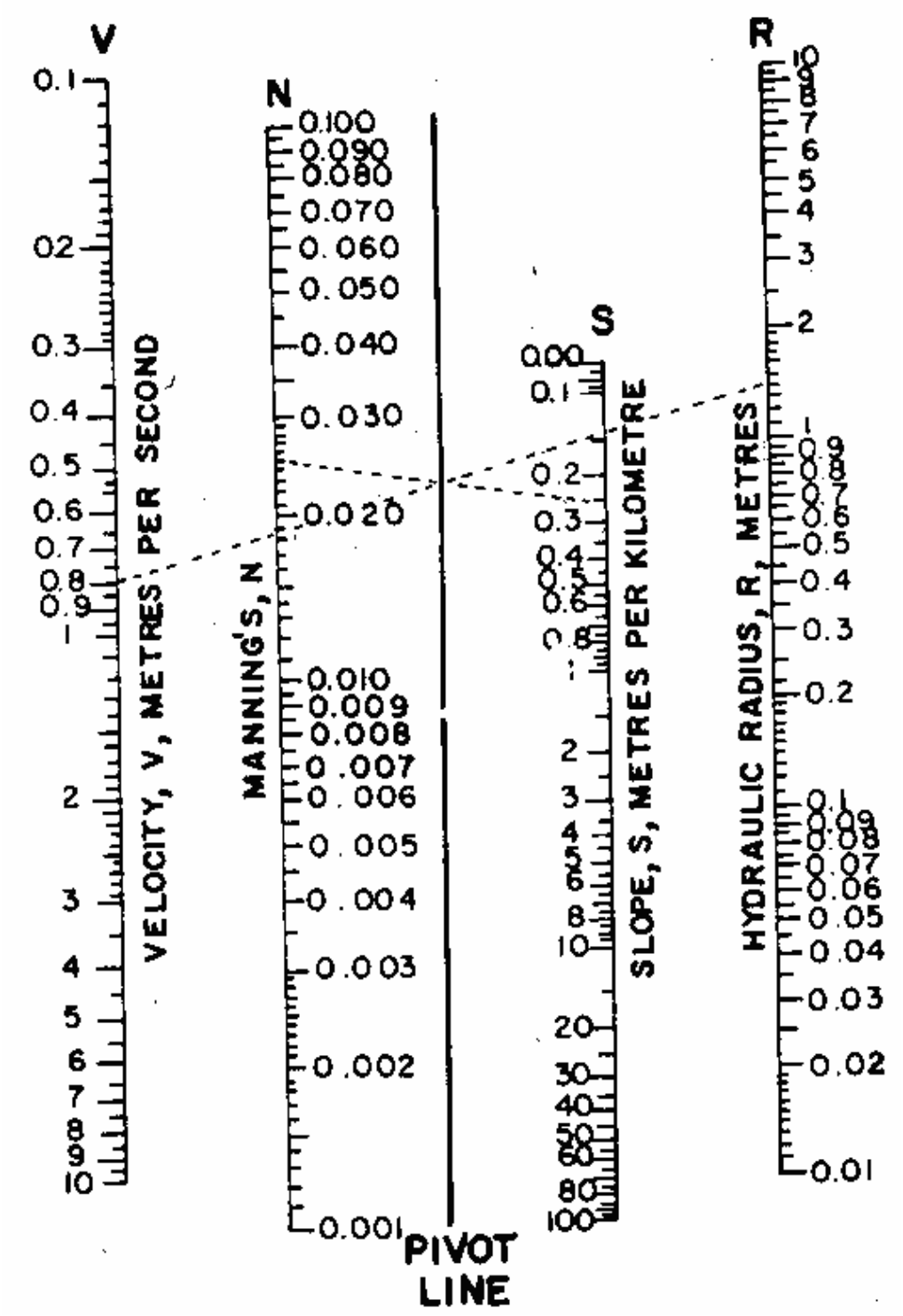
2 – مقطع زنده پارابولی– Parabolic cross section :

$$F\left(R_{GH}\right)=0,1534\frac{Q}{\sqrt{i}}.....$$

3 – مقطع زنده قطاعی – Segment cross section :

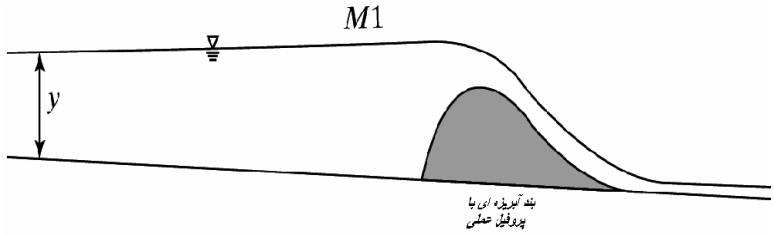
$$k=\frac{Q}{\sqrt{i}}.....$$

در اینجا :
i – میلان کف کانال ،

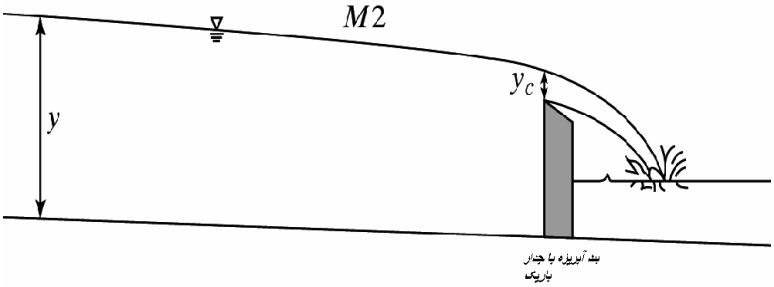

V
VELOCITY, V, METRES PER SECOND
N
MANNING'S, N
0.100
0.090
0.080
0.070
0.060
0.050
0.040
0.030
0.020
0.010
0.009
0.008
0.007
0.006
0.005
0.004
0.003
0.002
0.001
PIVOT LINE
S
SLOPE, S, METRES PER KILOMETRE
R
HYDRAULIC RADIUS, R, METRES

فصل IV . تیوری جریان متغیر تدریجی پایداردر کانالهای باز
Steady Gradual Varied Flow in Open Channel

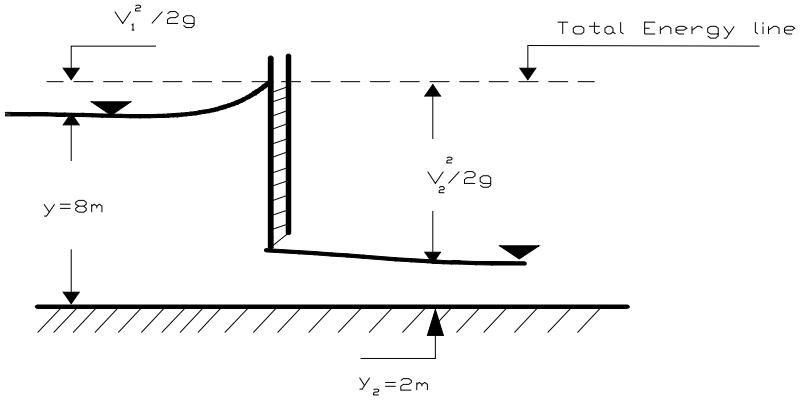
اگر درطول مسیر مقدارجریان ، عمق ، و سرعت تغییر نکند درآنصورت حرکت منظم جریان است . در صورتیکه در مسیر کانال بند و یا ابشارویا کدام موانع دیگر ایجاد شود حرکت منظم به حرکت غیر منظم تبدیل میگردد ، و درین صورت عمق جریان از عمق نورمال مجزا میباشد .ممکن است عمق کم ویا زیاد شود .اگر عمق جریان به امتداد آن dh/dl >0 زیاد شود درنتیجه منحنی تشکیل شدهM1 بنام منحنی صعودی و اگر عمق به امتداد جریان کم شود منحنی تشکیل شدهM2 را بنام منحنی نزولی یاد میشود اشکال زیر دیده شود.



(a)



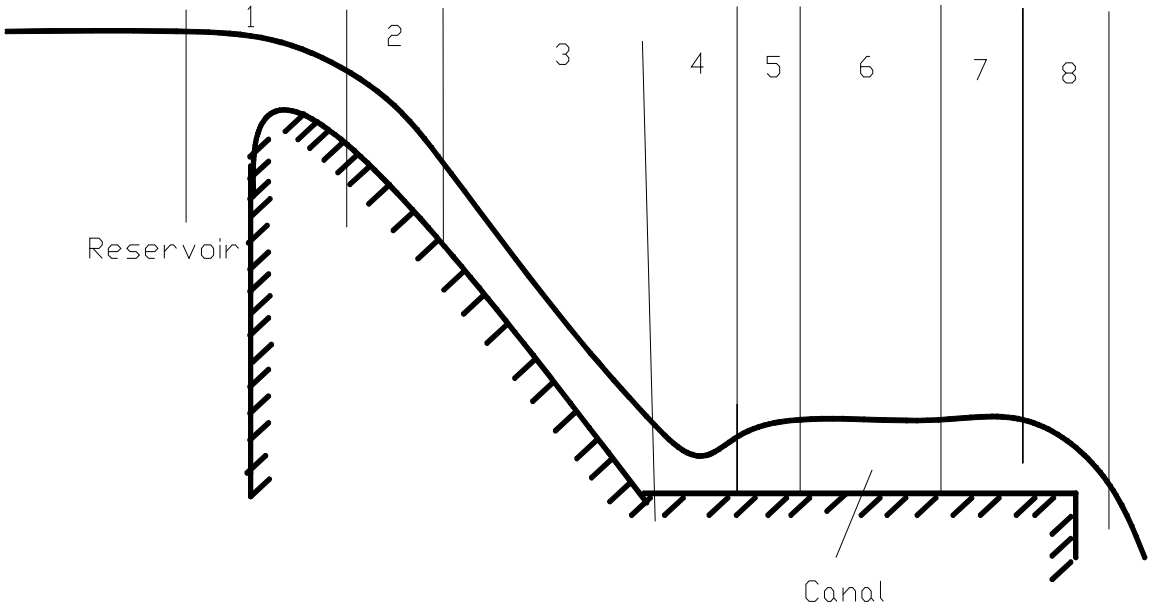
(b)



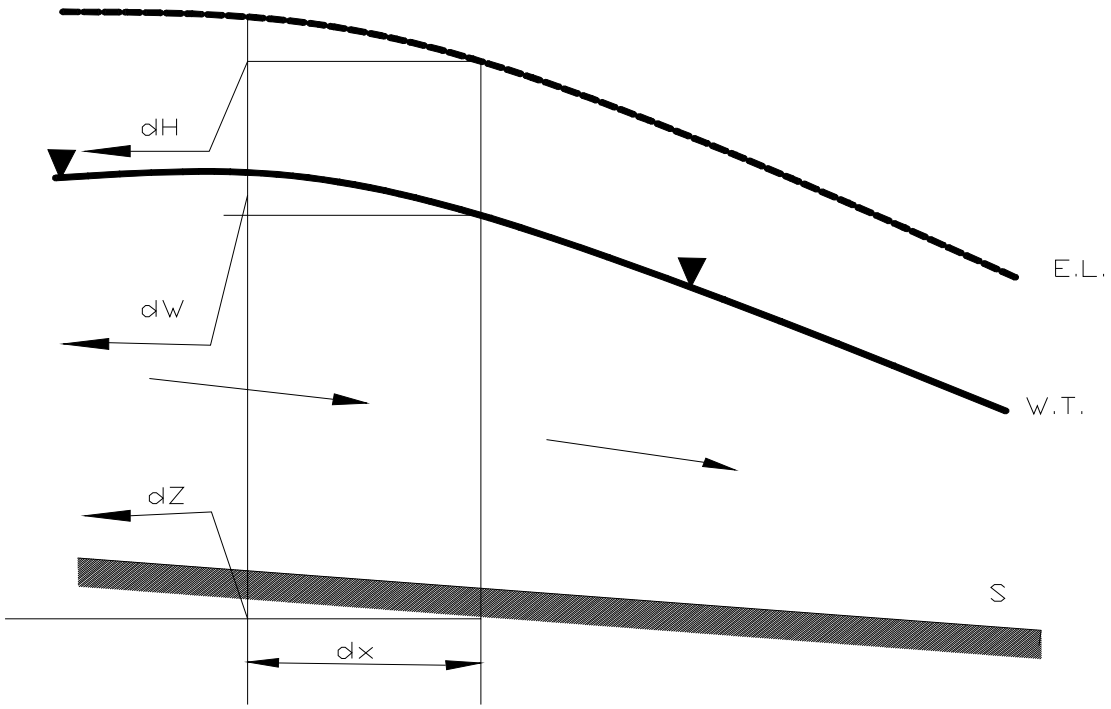
شکل (4-1) شکل گیری جریان متغیر تدریجی
در شکل 4-1 (a) منحنی صعودی ، (b) منحنی نزولی

4.1. شکل گیری جریان متغیر تدریجی

جریان متغیر تدریجی عبارت از آن جریانیست که انحناء جریان کوچک بوده و تغییرات عمق در فاصله طولانی از مسیر جریان صورت میگیرد .



حالتهای مختلفی که میتواند در چنین جریان مشاهده شود به صورت زیر بیان می گردد:
ناحیه 1: جریان در قسمت ورود از مخزن ذخیره به کانال با یک انحنای واضح از نوع جریان متغیر سریع (R.V.F) میباشد . این انحناء در طول کوتاه از مسیر جریان صورت میگیرد .
ناحیه 2: عمق در یک فاصله کوتاه مگر خیلی ناچیز تغییر می کند پس جریا ن متغیر تدریجی است (G.V.F)
ناحیه 3: جریان یکنواخت(UF) است زیرا عمق در طول ناحیه 3 منظم است .
ناحیه 4: جریان متغیر سریع وجود دارد (RVF)
ناحیه 5: جریان متغیر تدریجی است (G.V.F)
ناحیه 6: در این قسمت مجدا جریان منظم ویا یکنواخت برقرار است .
ناحیه 7: دراین ناحیه جریان با اندک تغیر عمق شکل میلان را بخود میگیرد که بنام متغیر تدریجی است (G.V.F)
ناحیه 8: جریان متغیر سریع یاد میگردد(R.V.F)
در اشکال فوق شکل گیری جریا ن متغیر تدریجی قبل از بند آبریزه و پس از یک دروازه نشان داده شده اند.
درجریان متغیر تدریجی ، که مشخصات آنها دریک فاصله کوتاه dx از مسیر می توان در شکل فوق ملاحظه نمود با مقدار جریان ثابت در کانال عمق و سرعت در امتداد طول جریان تغییر می کند و لذا : $dV/dx \neq 0$ $dQ/dx = 0$ $dy/dx \neq 0$
و از طرفی با پایدار بودن جریان ، تغییر مشخصات در هر مقطع نسبت به زمان صفرمیباشد باید متذکر شد که در این نوع جریان ، از آنجا که سرعت و عمق در امتداد طولی جریان تغیر می کنند میل طولی کانال (S_0) ، میل سطح آب (S_w) و میل خط انرژی (S_f) با یکدیگر مساوی نخواهد بود: $S_0 \neq S_f \neq S_w$



$$S_0 = \frac{dZ}{dx}$$

$$S_w = \frac{dW}{dx}$$

$$S_f = \frac{dH}{dx}$$

سافت وییر ها در مورد محاسبات و دیزاین هایدرولیکی کانال های باز وبسته (نلها)

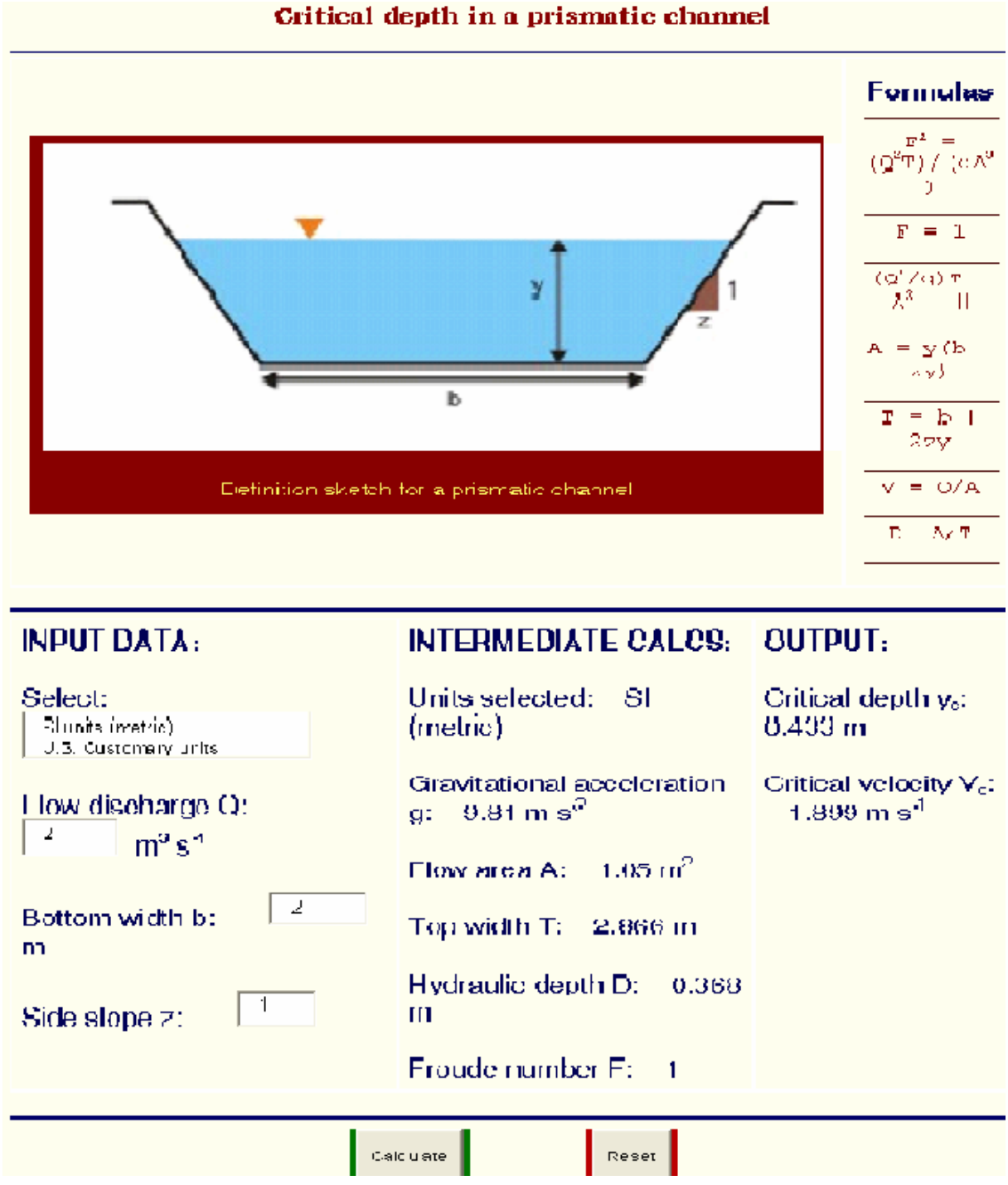
سافت وییر ها در مورد محاسبات هایدرولیکی تاسیسات آبی خیلی ها زیاد است اما، در این جا صرف سافت وییر های هایدرولیک که ازآن در زیر نامبرده شده است بیشتر معمول است . اما سافت وییر هاییکه با استفاده از قوانین و فورمولهای هایدرولیکی طرح و دیزاین میشود مانند:طرح و دیزاین ستیشن های برق آبی ، انتخاب پمپ ها ، انتخاب توربین ها ، محاسبات هایدرولوژیکی ، محاسبات هایدروجیولوژیکی ، تعیین نورم مصرف آب برای نبات و ساحات تحت آبیاری ، دیزاین ساختمانی تاسیسات آبی و غیره درین پاراگراف نامبرده نشده است .

1. **Water GEMS**
2. **Pipe Data –Pro.V8.c.27**
3. **Pip Flow Expert 2007**
4. **FLAC 2d -3d**
5. **SEWER CAD**
6. **WATER CAD**
7. **HEC-RAS**
8. **SEWER GEMS**
9. **Microstation**
10. **STAND Alone**
11. **EPENET**
12. **Trapezoidal open Channel**
13. **ARC GIS**
14. **MATLAB**
15. **Design Flood V1, V2, V3**
16. **USDA-NRCS Hydraulic formula**
17. **Critical depth in a prismatic channel**

طور مثال در مورد تعیین عمق بحرانی که مربوط سافت وییر نمبر 17 میشود باید چنین عمل کرد :

- **انترنت را فعال نموده و بعدا google .com را نوشته و Interمی نمائیم**
- **صفحه گوگل باز می شود و در چوکات علامه کرسر زده میشود کلمه**

Critical depth in a prismatic channel را نوشته و ENTER می نمائیم . در شکل زیر یکی از صفحا ت گوکل است عمق بحرانی درآن محاسبه میگردد .

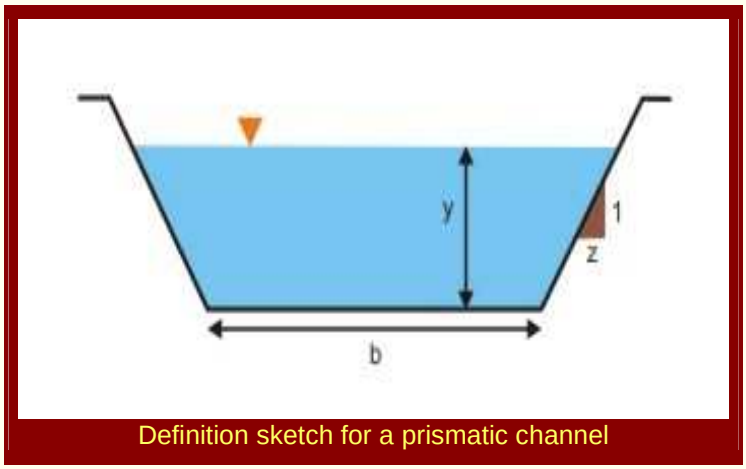


در چوکات زیر هر خانه به ذات خود یک سافت ویبر است اگر بالای آن ENTERنموده یک صفحه محاسباتی باز می شود که می توانید انرا محاسبه کنید .

online calc					
normal depth	critical depth	discharge in culvert	critical slope	normal and critical depth	tractive force
M1 wsprofile	M2 wsprofile	M3 wsprofile	S1 wsprofile	S2 wsprofile	S3 wsprofile
C1 wsprofile	H2 wsprofile	A2 wsprofile	C3 wsprofile	H3 wsprofile	A3 wsprofile
sequent depth HJ	energy loss HJ	discharge sluice	discharge weir	discharge channel	initial sequent HJ
critical constriction	efficiency HJ	ogee spillway	Hazen-Williams	parallel pipes	three reservoirs
Creager	rational	slope-area	linear reservoir	storage indication 1	storage indication 2
Muskingum	Muskingum-Cunge	time-area	Clark UH	cascade of linear reservoirs	
Blaney-Criddle	Penman	Penman-Monteith reference crop	Thornthwaite	Priestley-Taylor	Penman-Monteith ecosystems
Gumbel	Gumbel 2	Log Pearson	Log Pearson 2	TR-55 graphical	curve number
convolution		S-hydrograph		time of concentration	
UH cascade	dimensionless UH cascade		general UH cascade	series UH cascade	all series UH cascade
hyperbolic regression		one-predictor linear	one-predictor nonlinear	two-predictor linear	two-predictor nonlinear
fall velocity	Lane & Koelzer	USLE	USLE2	Dendy-Bolton	Shields
Duboys	Meyer-Peter	Modified Einstein	Colby 1957	Colby	reservoir design life
DO sag	DO sag analysis		Oxygenation	Salinity (EC to TDS)	

در سافت ویر زیر عمق نورمال و عمق بحرانی محاسبه می گردد

Ronlinechannel05.php: Normal and critical depth in a prismatic channel



Definition sketch for a prismatic channel

Normal depth formulas

$A = y(b + zy)$

$P = b + 2y(1 + z^2)^{1/2}$

$T = b + 2zy$

$R = A/P$

$D = A/T$

$Q = (k/n) AR^{2/3}S^{1/2}$

$V = Q/A$

$F = V/(gD)^{1/2}$

Critical depth formulas

$F^2 = (Q^2T)/(gA^3)$

$F = 1$

$(Q^2/g)T - A^3 = 0$

$A = y(b + zy)$

$T = b + 2zy$

$V = Q/A$

$D= A/T$

INPUT DATA:

Select:
SI units (metric)
U.S. Customary units

Flow discharge Q:

Bottom width b:

Side slope z:

Bottom slope S:

INTERMEDIATE CALCS (normal depth):

Units selected:

Gravitational acceleration g:

Units constant k: 0

Flow area A_n: 0

Wetted

OUTPUT (normal depth):

Depth y_n: 0

Velocity V_n: 0

Froude number F_n: 0

INTERMEDIATE CALCS (critical depth):

Units selected:

Gravitational acceleration g:

Flow area A_c: 0

Wetted perimeter P_c: 0

Top width T_c:

OUTPUT (critical depth):

Depth y_c: 0

Velocity V_c: 0

Froude number F_c: 0

Manning's n:	perimeter P_n: 0 Top width T_n: 0 Hydraulic radius R_n: 0 Hydraulic depth D_n: 0		0 Hydraulic radius R_c: 0 Hydraulic depth D_c: 0

Calculate Reset

Your request was processed at 01:07:13 am on April 24th, 2012 [120424 01:07:13].

همچنان با لای هر خانه ENT

online calc					
normal depth	critical depth	discharge in culvert	critical slope	normal and critical depth	tractive force
M1 wsprofile	M2 wsprofile	M3 wsprofile	S1 wsprofile	S2 wsprofile	S3 wsprofile
C1 wsprofile	H2 wsprofile	A2 wsprofile	C3 wsprofile	H3 wsprofile	A3 wsprofile
sequent depth HJ	energy loss HJ	discharge sluice	discharge weir	discharge channel	initial sequent HJ
critical constriction	efficiency HJ	ogee spillway	Hazen-Williams	parallel pipes	three reservoirs
Creager	rational	slope-area	linear reservoir	storage indication 1	storage indication 2
Muskingum	Muskingum-Cunge	time-area	Clark UH	cascade of linear reservoirs	
Blaney-Criddle	Penman	Penman-Monteith	Thornthwaite	Priestley-Taylor	Penman-Monteith

		reference crop			ecosystems
Gumbel	Gumbel 2	Log Pearson	Log Pearson 2	TR-55 graphical	curve number
convolution		S-hydrograph		time of concentration	
UH cascade	dimensionless UH cascade		general UH cascade	series UH cascade	all series UH cascade
hyperbolic regression		one-predictor linear	one-predictor nonlinear	two-predictor linear	two-predictor nonlinear
fall velocity	Lane & Koelzer	USLE	USLE2	Dendy-Bolton	Shields
Duboys	Meyer-Peter	Modified Einstein	Colby 1957	Colby	reservoir design life
DO sag	DO sag analysis		Oxygenation	Salinity (EC to TDS)	

سوال : عمق بحرانی را در یک مجرا با مقطع مثلثی دریافت نمائید در صورتیکه مقدار جریان Q= 0.4 m3/sec ، میلان نشیب جانبی کانال Z = 1.0

حل : معادله اساسی حالت بحرانی جریان را مینویسیم :

$$\frac{A_c^{\ 3}}{B_c} = \frac{\alpha Q^2}{g}$$

از روی معادله فوق عمق بحرانی را برای مقطع مثلثی دریافت مینمائیم :

$$\frac{A_c^{\ 3}}{B_c} = \frac{\alpha Q^2}{g} =$$

$$\frac{(zy^2)^3}{B} = \frac{\alpha Q^2}{g}$$

$$\frac{(zy^2)^3}{2zy} = \frac{\alpha Q^2}{g} \Rightarrow y_c = \sqrt[5]{\frac{2\alpha}{g}\left[\frac{Q}{z}\right]^2} =$$

$$= \sqrt[5]{\frac{2\times 1.1}{9.81}\left[\frac{0.4}{2}\right]^2} = \sqrt[5]{0.00896} = 0.39m$$

سوال : به طریقه های انتخابی و ترسیم گراف عمق بحرانی را برای مجرای کانال با مقطع ذوذنقه ای شکل در صورت Q=1.1m3/sec ; b=1.0 m ;z=1 دریافت نمائید؟

حل : طریقه انتخابی

معادله اساسی حالت بحرانی جریان را مینویسیم :

$$\frac{A_c^{\ 3}}{B_c} = \frac{\alpha Q^2}{g}$$

چون یک طرف معادله مساوی به طرف دیگر است .بدین ترتیب با درنظرداشت ارقام دست داشته صرف یک طرف معادله را حل مینمائیم :

$$\frac{\alpha Q^2}{g} = \frac{1.1\times 1.10^2}{9.81} = 0.136$$

چندین قیمت به عمق آب میدهیم ، پس برای $y_1 = 0.2m$

$$A_1 = (b + zy_1)y_1 = (1+1\times 0.2)0.2 = 0.24m^2$$

$$B_1 = b + 2zy_1 = 1 + 2 \times 1 \times 0.2 = 1.4\,m$$

$$\frac{A_1^3}{B_1} = \frac{0.24^3}{1.4} = 0.0099 < \frac{\alpha Q^2}{g}$$

بدین ترتیب برای $y_2 = 0.4m$

$$A_2 = (b + zy_2)y_2 = (1+1\times 0.4)0.4 = 0.56m^2$$

$$B_1 = b + 2zy_2 = 1 + 2\times 1\times 0.4 = 1.8m$$

$$\frac{A_2^3}{B_2} = \frac{0.56^3}{1.8} = 0.098 < \frac{\alpha Q^2}{g}$$

همچنان برای $y_3 = 0.5m$

$$A_3 = (b + zy_3)y_3 = (1+1\times 0.5)0.5 = 0.75m^2$$

$$B_3 = b + 2zy_3 = 1 + 2\times 1\times 0.5 = 2m$$

$$\frac{A_3^3}{B_3} = \frac{0.75^3}{2} = 0.211 > \frac{\alpha Q^2}{g}$$

چون نظربه عمق 0.5 متر قیمت $\frac{A_3^3}{B_3} = 0.211$ است فلهذا $0.211 > \frac{\alpha Q^2}{g}$

پس برای عمق کمتر از 0.5 متر قیمت میدهیم که درینجا قیمت y را مساوی 0.44 متر قیمت میدهیم $y_4 = 0.44m$ و طبق آن مساحت مقطع زنده و متباقی محاسبات راانجام میدهیم

$$A_4 = (b + zy_4)y_4 = (1+1\times 0.44)0.44 = 0.634m^2$$

$$B_4 = b + 2zy_4 = 1 + 2\times 1\times 0.44 = 1.88m$$

$$\frac{A_4^3}{B_4} = \frac{0.634^3}{1.88} = 0.136 = \frac{\alpha Q^2}{g}$$

پس عمق بحرانی مساوی به y_4 بوده که قیمت آن 0.44 متر است .

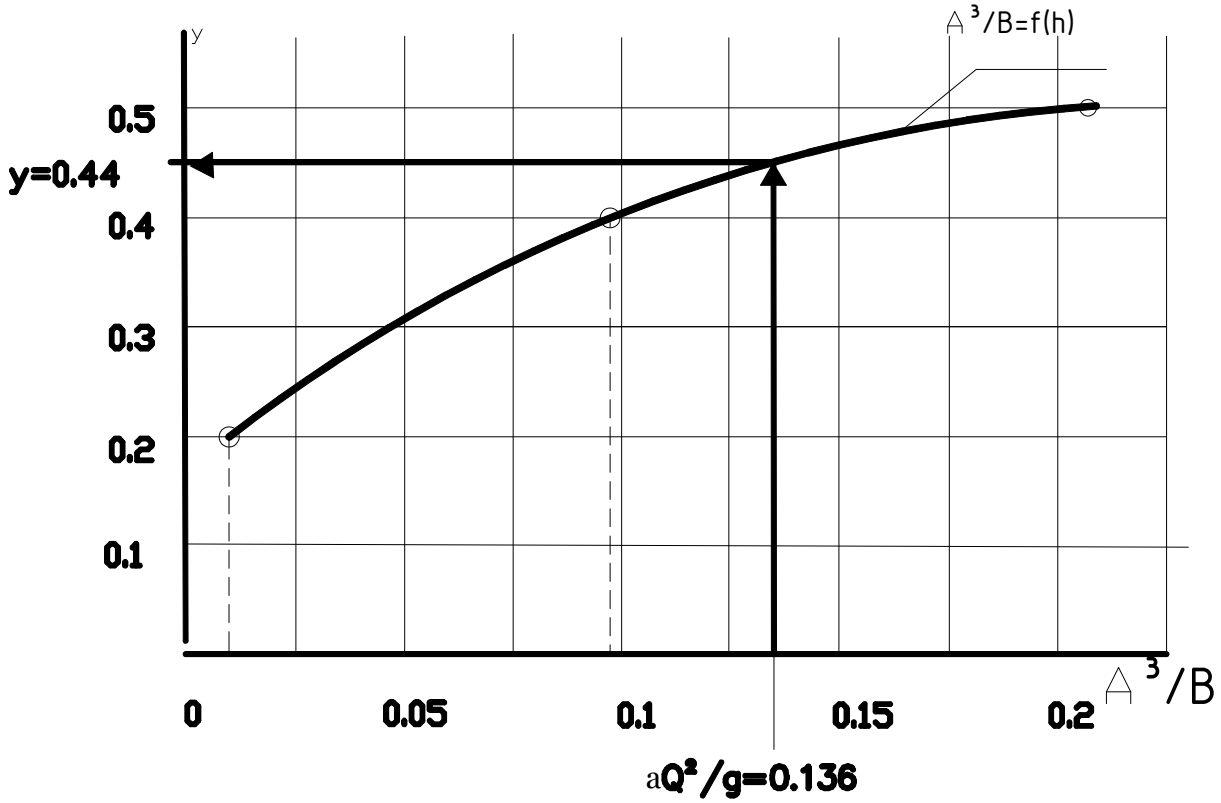
طریقه گرافیکی : $\frac{A^3}{B} = f(y)$

$$\frac{\alpha Q^2}{g} = \frac{1.1 \times 1.10^2}{9.81} = 0.136$$

مانند قبل برای y قیمت های مختلف داده y1=0.2m , y2=0.4m, y3=0.5m و قیمت های زیر را محاسبه مینمائیم و درج جدول زیر مینائیم :

y ,m	A,m2	A^3,m^6	B,m	A^3/B
0.2	0.24	0.0138	1.4	0.009
0.4	0.56	0.1756	1.8	0.098
0.5	0.75	0.4219	2.0	0.211

گراف A^3/B تابع y را $A^3/B = f(y)$ رسم مینمائیم



مثال : آب با مقدارجریان 11.27 مترمکعب فی ثانیه دریک کانال مستطیلی به عرض 6.1 متر و میل طولی 0.001 جریان دارد .ضریب درشتی مجرا مساوی به n=0.017 .
الف : نوع میل کانال را مشخص نمائید ؟

ب : اگر بند در مسیر کانال ساخته شده است که عمق آب را به 4.57 متر برساند ، ناحیه جریان را مشخص نموده و نوع پروفایل سطح اب را نیز مشخص نمائید؟

حل : ابتداء عمق نورمال و عمق بحرانی درین کانال مشخص میگردند . این محاسبات می توانند با استفاده از فورمول مانینگ صورت گیرد.

$$Q = \frac{1}{n} S_0^{1/2} R^{2/3} A$$

$$11.27 = \frac{1}{0.017} 0.001^{1/2} \left(\frac{6.1 \times y_0}{6.1 + 2y_0}\right)^{2/3} (6.1 y_0) \rightarrow y_o = 1.13m$$

$$q = \frac{Q}{b} = \frac{11.27}{6.1} = 1.848$$

$$y_c = \left(\frac{q^2}{g}\right)^{1/3} = \left(\frac{1.848^2}{9.81}\right)^{1/3} = 0.7\,m$$

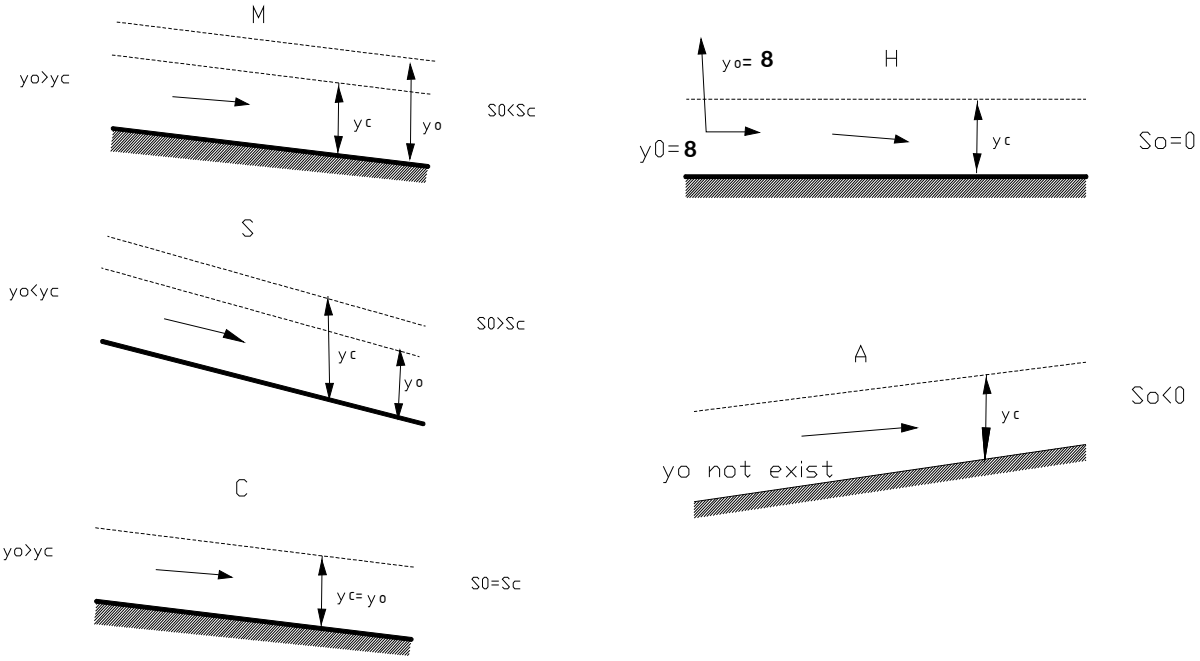
با توجه به اینکه $y_0 > y_c$ پس میل کانال میل ملایم M میباشد .

ب : ازآنجا که ناحیه جریان در منطقه ای با عمق 4.57 متر میباشد و درین ناحیه yc<yo<y=4.57 است ، جریان در ناحیه یک اتفاق افتاده و لذا پروفایل نوع M1 خواهد بود.

طبقه بندی پروفایل سطوح آب
(Classification of Water Surface Profile)

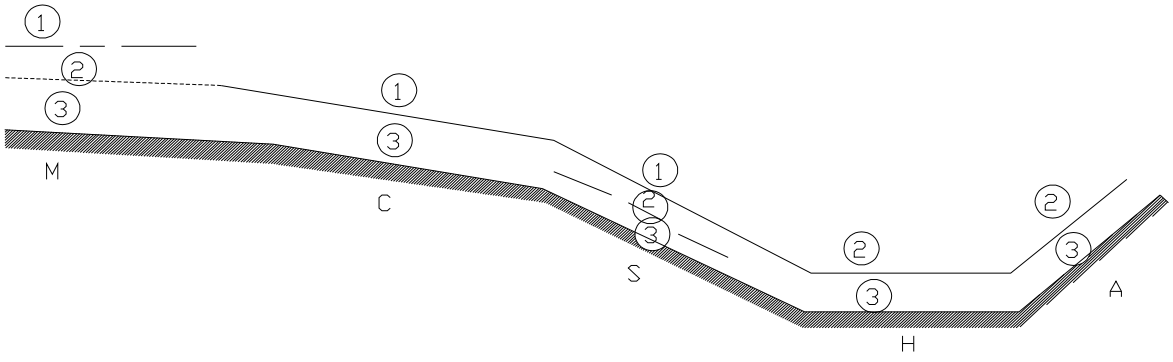
برای طبقه بندی پروفایل سطح اب عموما از دو علامت مشخصه که یکی نوع میل کانال بوده و با یکی از حروف M,S,C,H,A مشخص میشود و دیگری نشاندهنده ناحیه جریان است و به صورت اعداد 1، 2ویا 3 استفاده میگردد .
به طور مثال پروفایل سطح آب نوع M2 بیانگر آنست که جریان در یک میل ملایم (Mild) قرار دارد و تغییرات عمق در ناحیه 2 صورت میگیرد.
جدول زیر انواع میل های ممکن را دریک کانال منشوری نشان میدهد بدین ترتیب .نظر به مقدار جریان ، میل ، مشخصات هندسی و درشتی بستر کانال ، عمق نورمال مربوطه از رابطه مانینگ محاسبه میشود .سپس با تعیین شدن مقدارجریان و مشخصات هندسی مقطع ، عمق بحرانی نیز تعیین و از مقایسه این دوعمق نوع میل معین میگردد.و هکذا

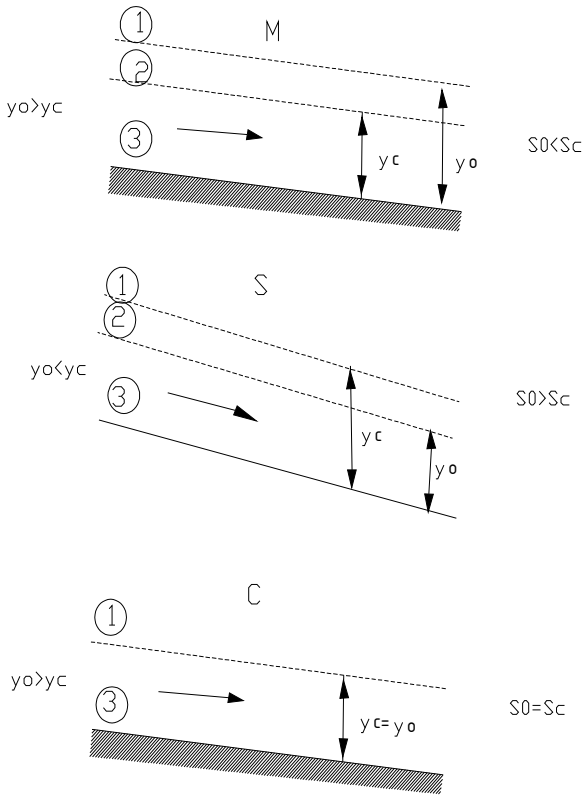
می توان از مقایسه میل طولی کانال (S_0) با میل بحرانی (Sc) که راه دیگر قضاوت در مورد نوع میل می باشد

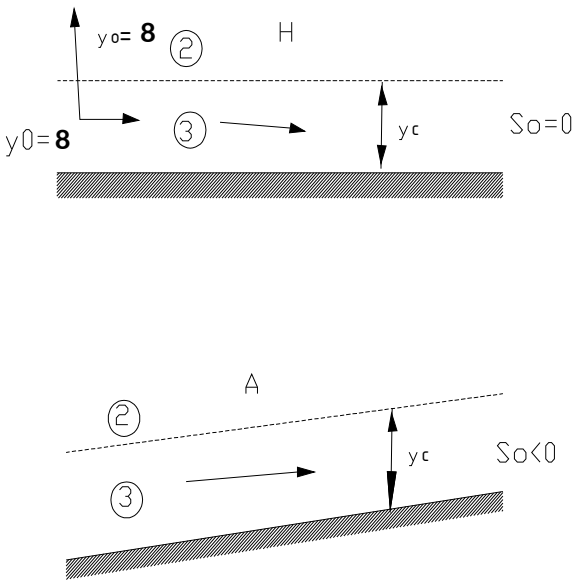


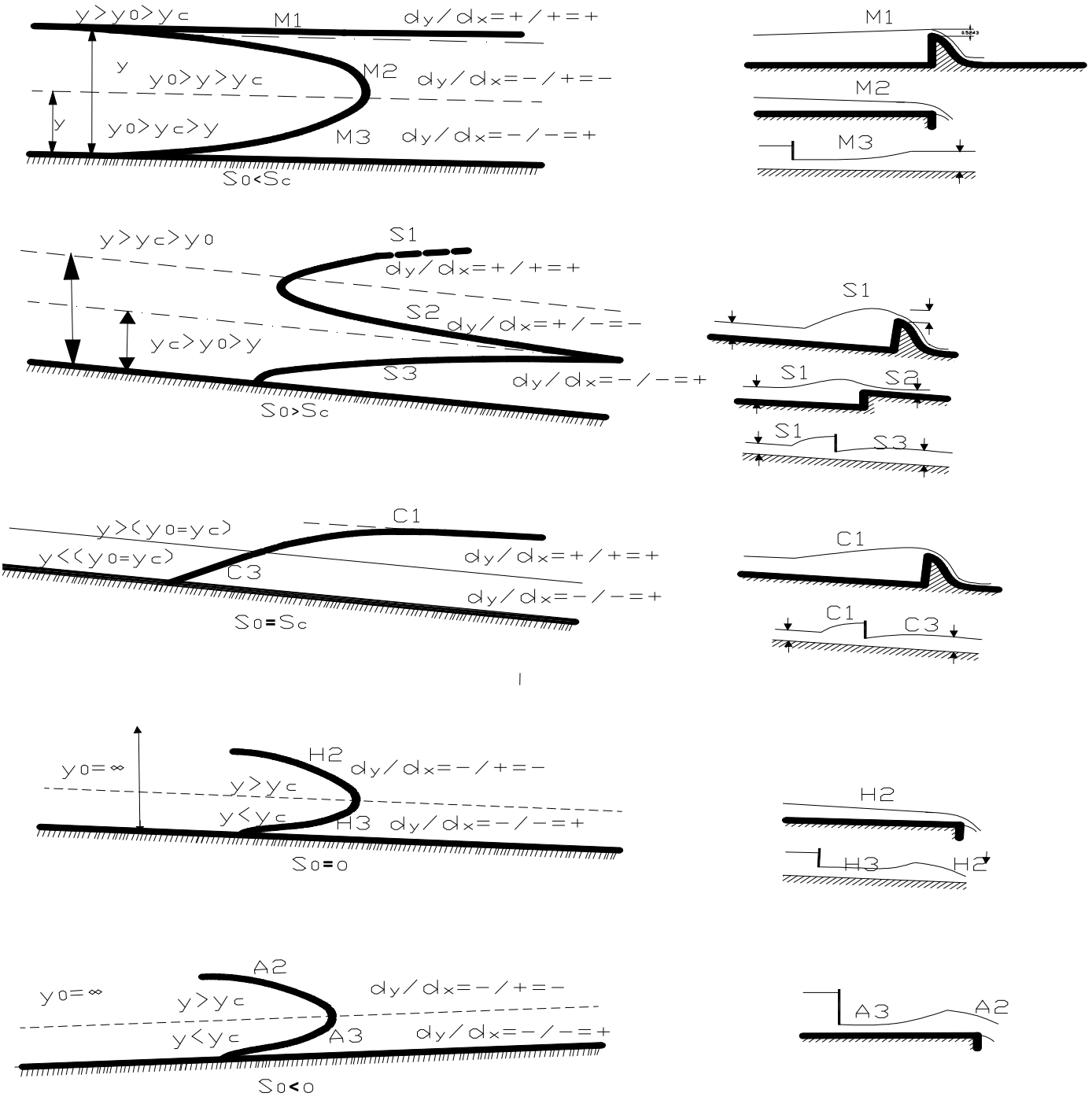
نیزاستفاده نمود .

به طور مثال اگر در یک میل ملایم M ، تغییرات عمق بالاتر از عمق نورمال صورت گیرد ناحیه جریان (1) بوده و هکذا بین عمق نورمال و عمق بحرانی صورت گیرد ناحیه (2) و در صورتیکه پائین تر از عمق بحرانی صورت پذیرد ، ناحیه 3 نامیده میشود.باید نتیجه گیرد نمود که در میل های ملایم (M) ، تند(S) و بحرانی (C) پروفایل سطوح آب M1,M2,M3,S1,S2,S3,C1,C3 تشکیل می گردند . در کانالهای با میل افقی $yo \to \infty$ و میل معکوس ، دراین میل ها فقط سطوح نوع H2,H3,A2,A3 وجود خواهد داشت . شکل زیر انواع میل ها و نواحی جریان را در شناختن پروفایل سطوح آب مختلف را نشان میدهد




M
yo>yc
S0<Sc
yc
yo
S
yo<yc
S0>Sc
C
yo>yc
S0=Sc
yc=yo


H
yo= 8
y0= 8
So=0
yc
A
So<0
yc


y>y0>yc
M1
dy/dx=+/+=+
y
y0>y>yc
M2
dy/dx=-/+=-
y0>yc>y
M3
dy/dx=-/-=+
S0<Sc
y>yc>y0
S1
dy/dx=+/+=+
S2
dy/dx=+/-=-
yc>y0>y
S3
dy/dx=-/-=+
S0>Sc
y>(y0=yc)
y<(y0=yc)
C1
C3
dy/dx=+/+=+
dy/dx=-/-=+
S0=Sc
y0=∞
H2
dy/dx=-/+=-
y>yc
y<yc
H3
dy/dx=-/-=+
S0=0
A2
dy/dx=-/+=-
y0=∞
y>yc
y<yc
A3
dy/dx=-/-=+
S0<0

CLASSIFICATION OF WATER SURFACE PROFILES

$$S_y/S_c = [(S_o/S_c) - F^2]/(1 - F^2)$$

I. SUBNORMAL SUBCRITICAL FLOW

Subnormal flow: $S_o > S_c F^2 \Rightarrow F^2 < S_o/S_c$

Subcritical flow: $1 > F \Rightarrow 1 > F^2$

Governing inequality: $1 > F^2 < S_o/S_c$

Therefore: $S_o/S_c > 1$; or $S_o/S_c = 1$; or $S_o/S_c < 1$.

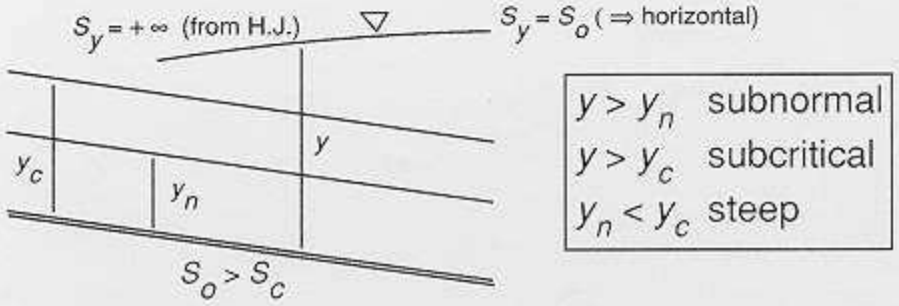
Since $S_y = dy/dx$ is positive, the profiles are backwater.

There are three possible cases:

$S_o/S_c > 1$	$\Rightarrow$	$S_o > S_c$: S_1 Profile	(1)
$S_o/S_c = 1$	$\Rightarrow$	$S_o = S_c$: C_1 Profile	(2)
$S_o/S_c < 1$	$\Rightarrow$	$S_o < S_c$: M_1 Profile	(3)

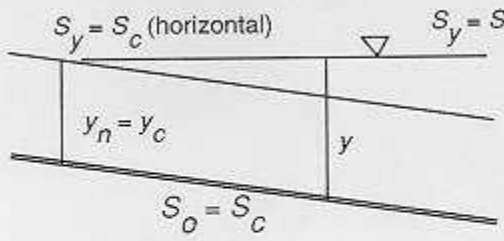
Since $S_o/S_c > F^2$, and $F^2 > 0$, no horizontal or adverse profiles are possible in subnormal subcritical flow.

S_1 PROFILE: $y > y_c > y_n$



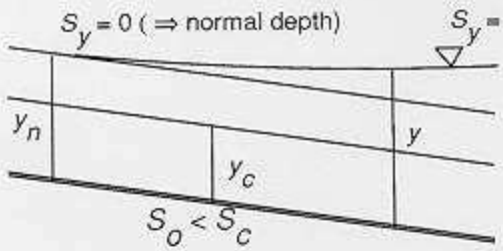
$y > y_n$	subnormal
$y > y_c$	subcritical
$y_n < y_c$	steep

C_1 PROFILE: $y > y_c = y_n$



$y > y_n$	subnormal
$y > y_c$	subcritical
$y_n = y_c$	critical

M_1 PROFILE: $y > y_n > y_c$



$y > y_n$	subnormal
$y > y_c$	subcritical
$y_n > y_c$	mild

II. SUBNORMAL SUPERCRITICAL FLOW

Subnormal flow: $S_o > S_c \mathbf{F}^2 \Rightarrow \mathbf{F}^2 < S_o/S_c$

Supercritical flow: $1 < \mathbf{F} \Rightarrow 1 < \mathbf{F}^2$

Governing inequality: $1 < \mathbf{F}^2 < S_o/S_c$

Therefore: $S_o/S_c > 1.$

Since $S_y = dy/dx$ is negative, the profile is drawdown.

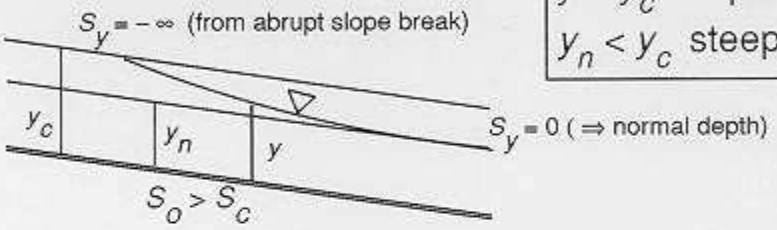
There is only one possible case:

$S_o/S_c > 1 \Rightarrow S_o > S_c$: S_2 Profile (4)

Since $S_o/S_c > F^2$, and $F^2 > 0$, no horizontal or adverse profiles are possible in subnormal supercritical flow.

S_2 PROFILE: $y_c > y > y_n$

$y > y_n$	subnormal
$y < y_c$	supercritical
$y_n < y_c$	steep



III. SUPERNORMAL SUBCRITICAL FLOW

Supernormal flow: $S_o < S_c F^2 \Rightarrow F^2 > S_o/S_c$

Subcritical flow: $1 > F \Rightarrow 1 > F^2$

Governing inequality: $1 > F^2 > S_o/S_c$

Therefore: $S_o/S_c < 1$.

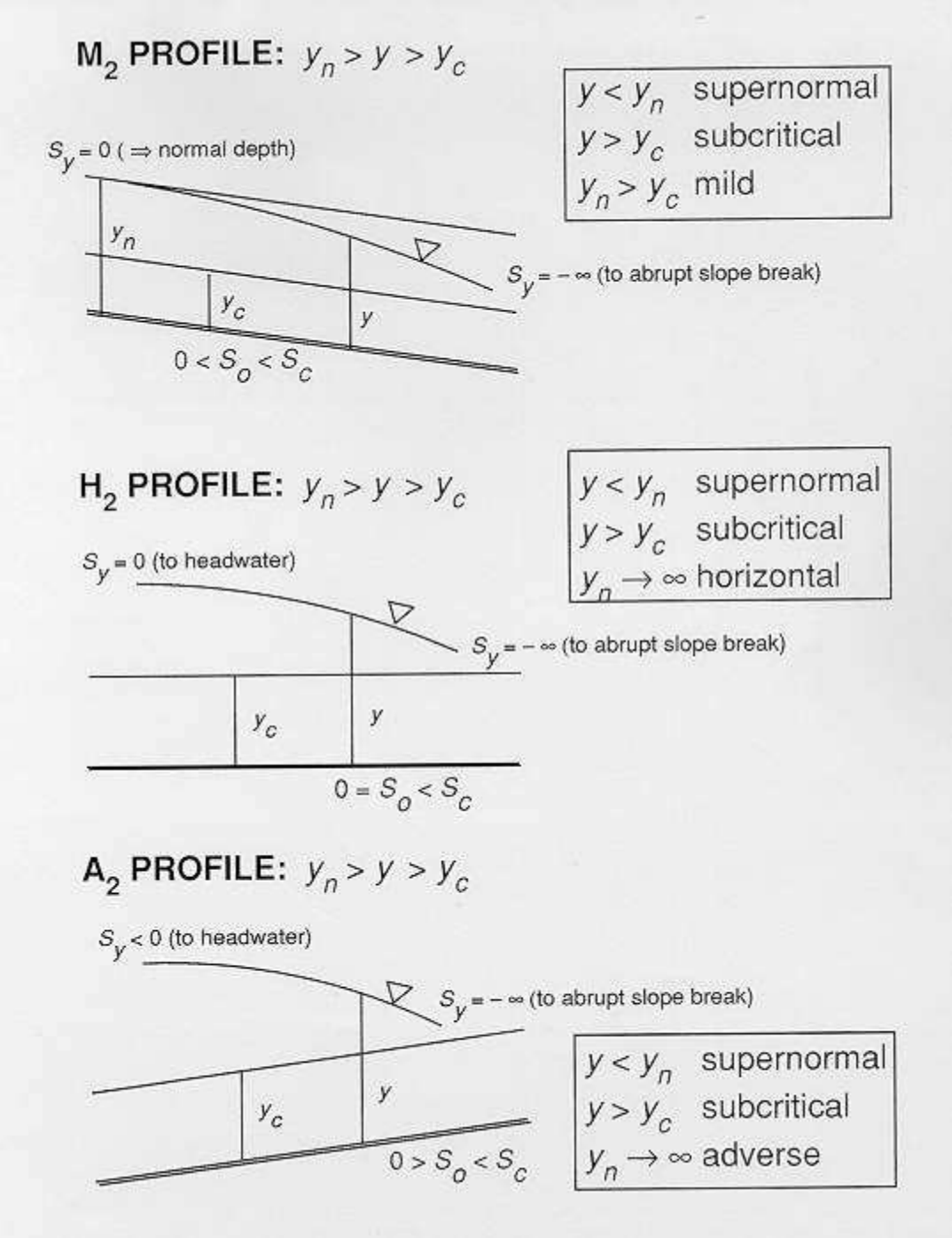
Since $S_y = dy/dx$ is negative, the profiles are drawdown.

There are three possible cases:

$0 < S_o/S_c < 1 \Rightarrow 0 < S_o < S_c$: M_2 Profile (5)

$0 = S_o/S_c < 1 \Rightarrow 0 = S_o < S_c$: H_2 Profile (6)

$0 > S_o/S_c < 1 \Rightarrow 0 > S_o < S_c$: A_2 Profile (7)


M2 PROFILE: yn > y > yc
y < yn supernormal
y > yc subcritical
yn > yc mild
Sy = 0 (⇒ normal depth)
yn
Sy = – ∞ (to abrupt slope break)
yc
y
0 < So < Sc
H2 PROFILE: yn > y > yc
y < yn supernormal
y > yc subcritical
yn → ∞ horizontal
Sy = 0 (to headwater)
Sy = – ∞ (to abrupt slope break)
yc
y
0 = So < Sc
A2 PROFILE: yn > y > yc
Sy < 0 (to headwater)
Sy = – ∞ (to abrupt slope break)
y < yn supernormal
y > yc subcritical
yn → ∞ adverse
yc
y
0 > So < Sc

IV. SUPERNORMAL SUPERCRITICAL FLOW

Supernormal flow: $S_o < S_c F^2 \Rightarrow F^2 > S_o/S_c$

Supercritical flow: $1 < F \Rightarrow 1 < F^2$

Governing inequality: $1 < F^2 > S_o/S_c$

Therefore: $S_o/S_c > 1$; or

$S_o/S_c = 1$; or

$S_o/S_c < 1$.

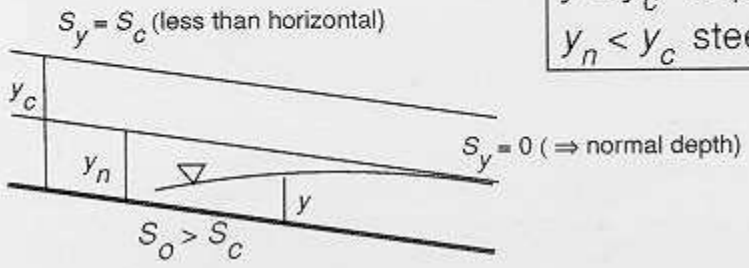
Since $S_y = dy/dx$ is positive, the profiles are backwater.

There are five possible cases:

$S_o/S_c > 1 \Rightarrow$	$S_o > S_c$:	S_3 Profile	(8)
$S_o/S_c = 1 \Rightarrow$	$S_o = S_c$:	C_3 Profile	(9)
$S_o/S_c < 1 \Rightarrow$	$S_o < S_c$:	M_3 Profile	(10)
$S_o/S_c = 0 \Rightarrow$	$S_o = 0$:	H_3 Profile	(11)
$S_o/S_c < 0 \Rightarrow$	$S_o < 0$:	A_3 Profile	(12)

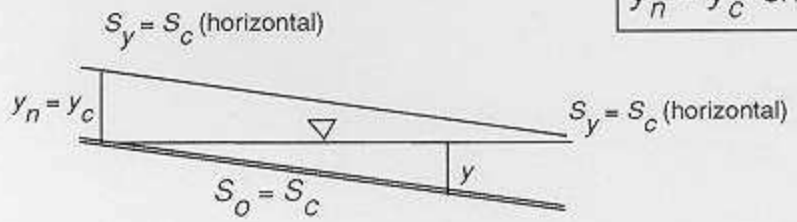
S_3 PROFILE: $y_c > y_n > y$

$y < y_n$	supernormal
$y < y_c$	supercritical
$y_n < y_c$	steep



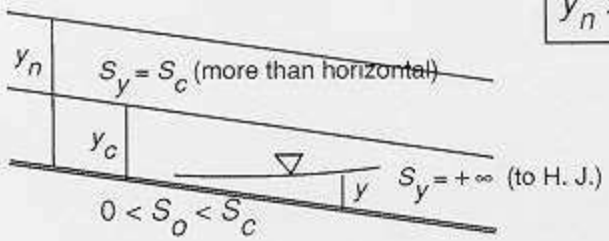
C_3 PROFILE: $y_n = y_c > y$

$y < y_n$	supernormal
$y < y_c$	supercritical
$y_n = y_c$	critical



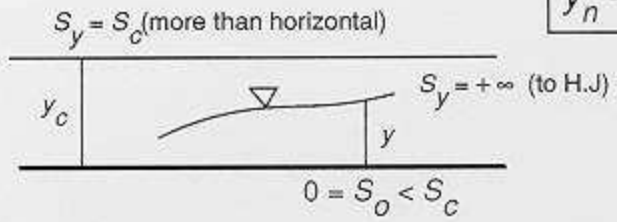
M_3 PROFILE: $y_n > y_c > y$

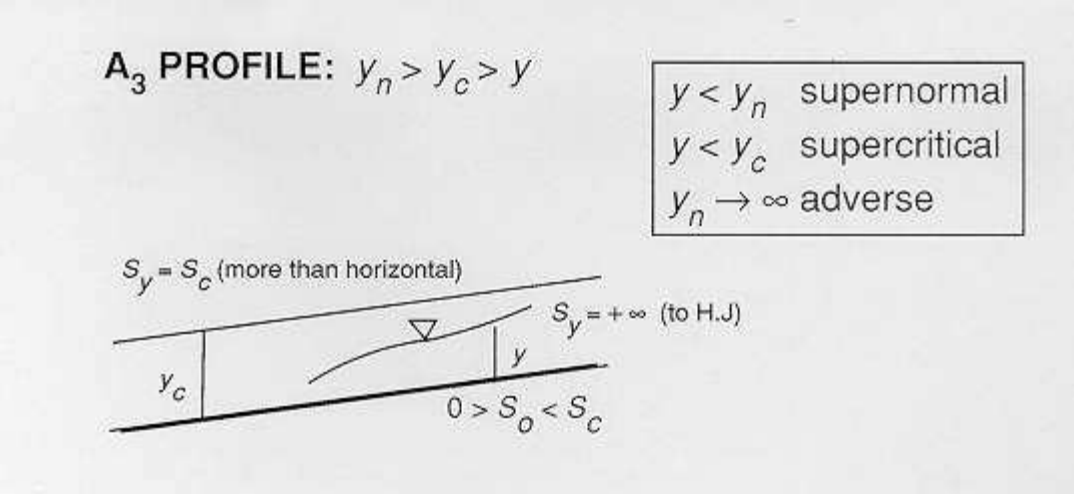
$y < y_n$	supernormal
$y < y_c$	supercritical
$y_n > y_c$	mild



H_3 PROFILE: $y_n > y_c > y$

$y < y_n$	supernormal
$y < y_c$	supercritical
$y_n \to \infty$	horizontal





محاسبات پروفایل سطح آب

طرق محاسبات به دو گروپ زیر می توانند تقسیم شوند :

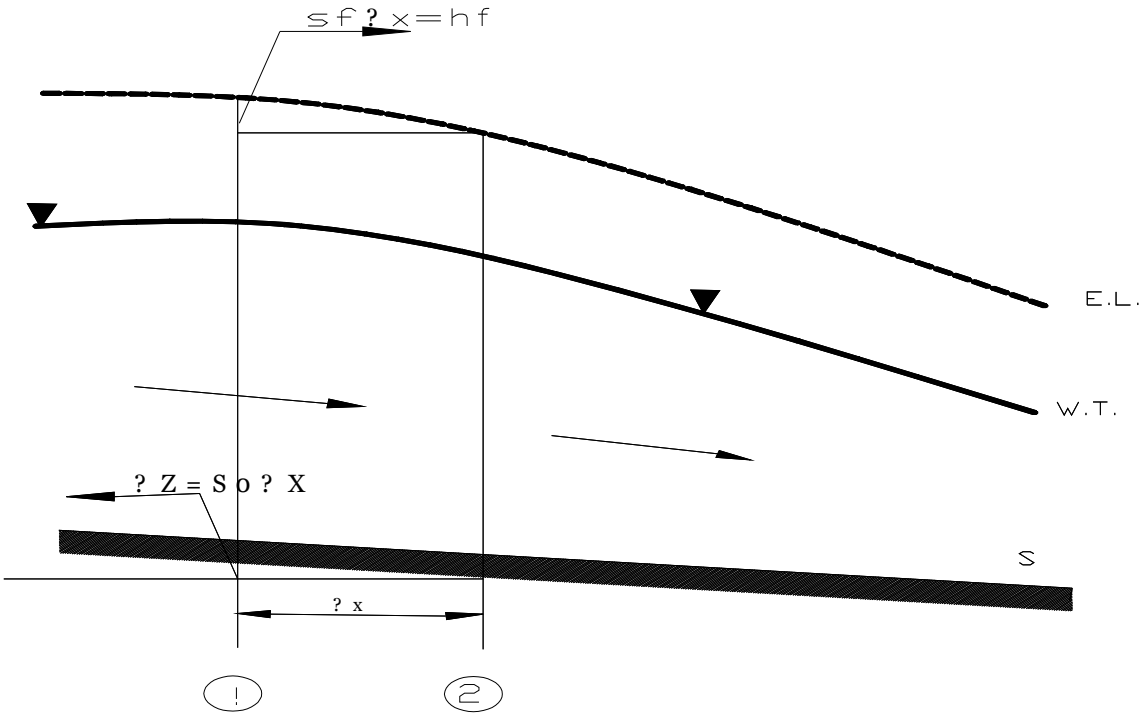
1. طرق مناسب برای کانالهای منشوری

2.طرق مناسب برای کانالهای طبیعی (دریاها)

طرق مناسب برای کانالهای منشوری عبارتند از :

طرق عددی ساده (Simple Numerical Method) به دونوع اند :

الف : طریق قدم به قدم مستقیم (Direct Step Method) (محاسبه فاصله از روی عمق)



$$\Delta X = L = \frac{(y_2 + \frac{\alpha V_2^2}{2g}) - (y_1 + \frac{\alpha V_1^2}{2g})}{S_0 - S_f} = \frac{E_2 - E_1}{S_0 - S_f} \text{.....(1)}$$

$$V = \frac{1}{n} S_f^{1/2} R^{2/3} \rightarrow S_f = \frac{V^2 n^2}{R^{2/3}}$$

$$Q = \frac{1}{n} S_f^{1/2} R^{2/3} A \rightarrow S_f = \frac{Q^2 n^2}{A^2 R^{2/3}}$$

$$h_f = f \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g} \rightarrow \frac{h_f}{L} = S_f = \frac{f}{D} \times \frac{V^2}{2g}$$

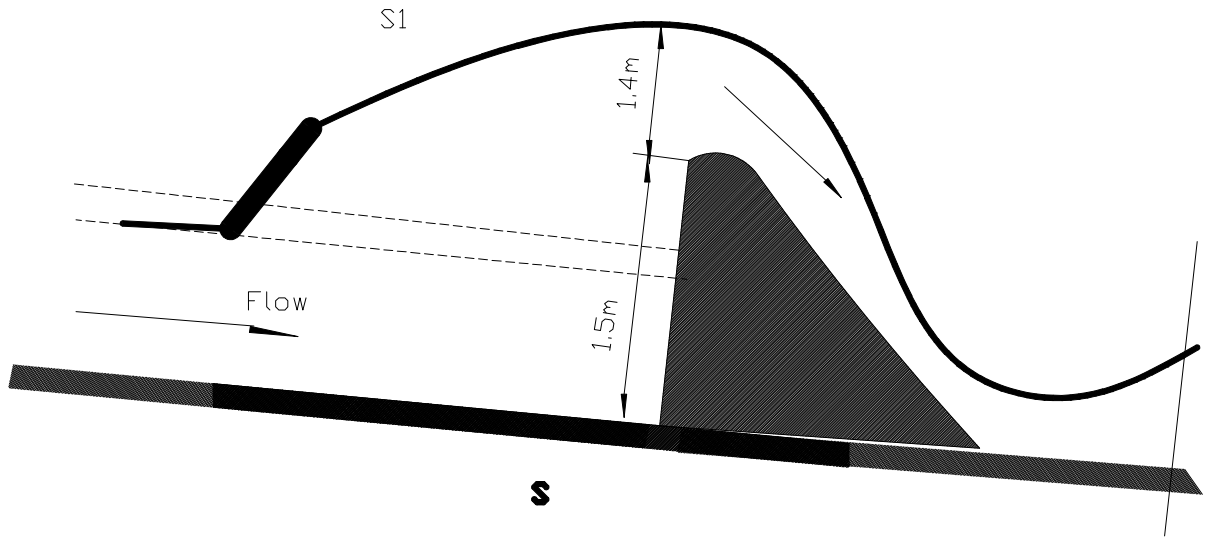
معادله (1) که برای دو مقطع با اعماق y1 و y2 به دست آمده است باید قیمت متوسط دومیل خط انرژی دریافت گردد.

$$S_f = \frac{S_{f1} + S_{f2}}{2} = \overline{S_f}$$

لذا رابطه (1) را به شکل زیر نوشت و از آن در تعین فاصله بین دو عمق دلخوا1y و y2 استفاده نمود :

$$\Delta X = \frac{E_2 - E_1}{S_0 - S_f} = \frac{\Delta E}{S_0 - S_f}$$

مثال : در مسیر یک کانال مستطیلی به عرض 3 متر و میل طولی 0.02 که مقدار جریان 11.3 مترمکعب فی ثانیه در آن جریان دارد یک بند به ارتفاع 1.5 متر ساخته شده است . (شکل زیر دیده شود) . اگر عمق آب در پیشروی بند (درقسمت فوقانی) 2.9 متر باشد ، نوع پروفایل سطح آب را مشخص و در ضمن فاصله محل بند را تا محل خیز در صورتیکه احتمال وقوع خیز هایدرولیکی باشد ببا استفاده از طریقه قدم به قدم (Direct step Method) تعین نمائید ؟ اگر ضریب درشتی مجرا n=0.017 باشد .



خیز هایدرولیکی hydraulic Jump

در علم هایدرولیک خیز هایدرولیکی از نوع جریانهای متغیر سریع است وقتی مایع با سرعت زیاد به منطقه‌ای وارد می‌شود سطح آب در آن منطقه به طور ناگهانی بالا می‌رود و یک موج تقریبا ساکن تشکیل می‌شود که به این حالت **خیز هیدرولیک** گویند. ویا به بیان دیگر در اثر تغییرات فزیکی مسیر از حالت عمق کم و سرعت زیا د به حالت عمق زیاد و سرعت کم تبدیل میگردد که این حالت بنام خیز هایدرولیکی یاد میشود .ویا میتوان بطور ساده گفت که حالت تبدیل جریان از حالت طغیانی به حالت آرام بنام خیز هایدرولیکی یاد میشود .

استفاده از خیز هایدرولیکی در موارد زیر میباشد:

1. کاهش انرژی آب درجریان از روی بند ها ، آبریزه ها و دیگر ساختمانهای هایدرولیکی و محافظت قسمت های پائین دست
2. هوادهی جریانها و کلورین زدائی فاضلاب

انواع خیز هایدرولیکی :

1 . خیز هایدرولیکی مکمل زمانیکه عمق بعد از خیر بزرگتر از دوچند خیز در قسمت اولی باشد $y'' > 2y'$

$$y'' < 2y'$$

$$y'' > 2y'$$

تفاضل ارتفاع y'' و y' بنام خیز یاد میکنند . شکل دیده شود :

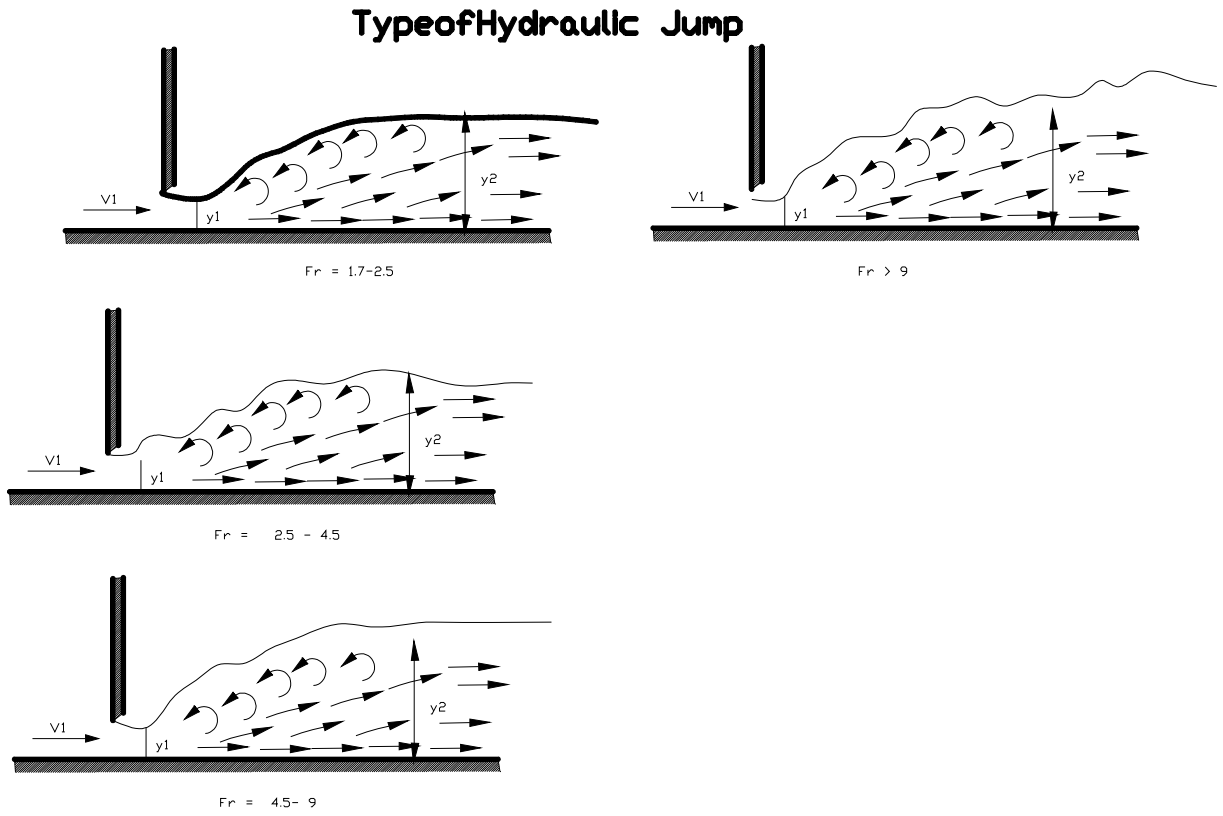
$$1 < Fr_1 < 2.5 \rightarrow L_j = 3y_2 Fr_2^{1/2}$$

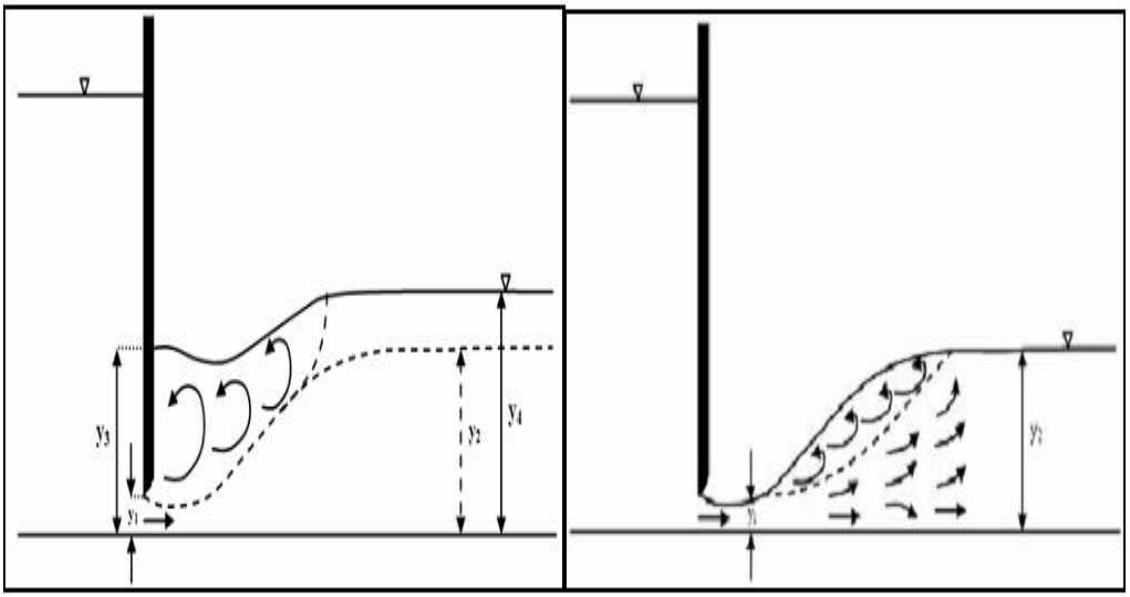
$$2.5 \le Fr_1 < 4.5 \rightarrow L_j = 5(y_2 - y_1)$$

$$4.5 \le Fr_1 < 9 \rightarrow L_j = 6y_2$$

$$Fr_1 \ge 9 \rightarrow althrough \frac{L_j}{y_2} gradually - decreased$$

$$L_j = 6y_2$$


TypeofHydraulic Jump
V1
y1
y2
Fr = 1.7-2.5
Fr > 9
Fr = 2.5 - 4.5
Fr = 4.5- 9



شکل ۱- خیزهایدرولیکی آزاد ومغروق درقسمت تحتانی دروازه

فصل پنجم
Closed
Conduit
دیزاین شبکه های بسته و یا آبرسانی

1. معادله غیر منقطع بودن جریان (قانون بقاء ماده)

در هر سیستم نلد وانی آبرسانی که ماده به داخل و خارج نفوذ ننماید مقدار جریان حجمی در هر مقطع نل ثابت است و یا به بیان دیگر مقدار جریان در هر مقطع نل یکسان است بنا میتوانیم بنویسیم :

$$Q = A_1V_1 = A_2V_2 = A_3V_3 = \text{const}$$

2. معادله برنولی (قانون بقاء انرژی)

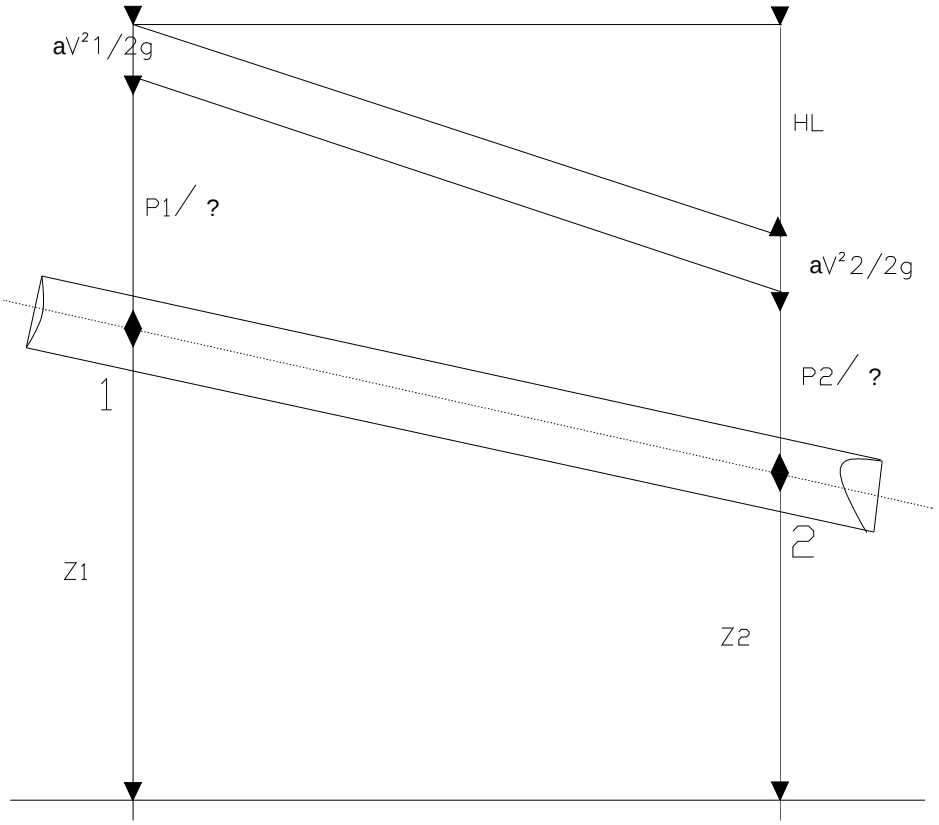
مجموع انرژی حرکی و پتنسیلی در مقاطع مختلف مقدار ثابت است :

$$V^2/2g) + P/\nu + Z = \text{const}$$

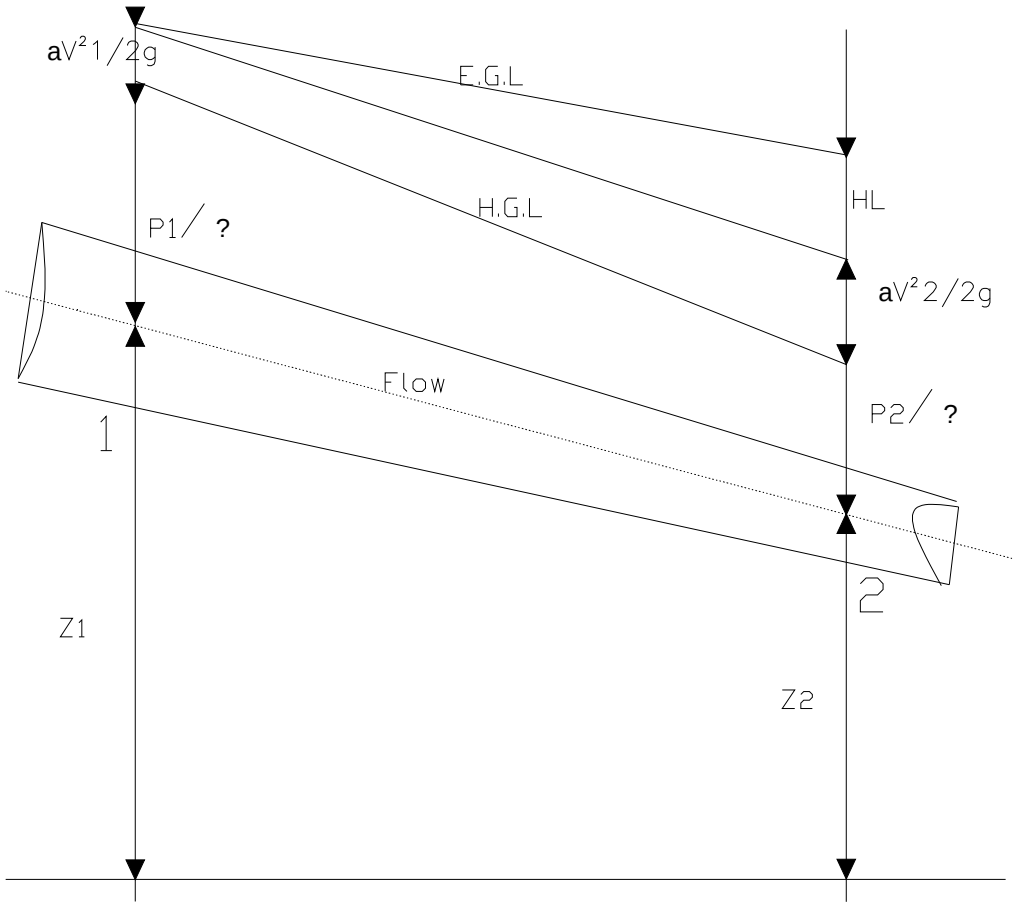
مطابق شکل زیر فرض شود که یک نل به طول L و قطر D باشد و مایعی ایکه دارای لزجیت سینماتیکی باشد در آن حرکت مینماید که د راثر اصطکاک بین ذرات مایع با جدار داخل نل ضایعات فشار مانند ارتفاع برابر HL را سبب می گردد میتوان نوشت :

$$V_1^{\,2}/2g) + P_1/\nu + Z_1 = V_2^{\,2}/2g + P_2/\nu + Z_2$$

معادله فوق بنام برنولی مسمی بوده مفهوم اصلی بقای انرژی را بین نقطه 1- 2 نل میباشد.



شکل ( )


aV²1/2g
E.G.L
H.G.L
HL
P1/ ?
aV²2/2g
Flow
P2/ ?
1
2
Z1
Z2

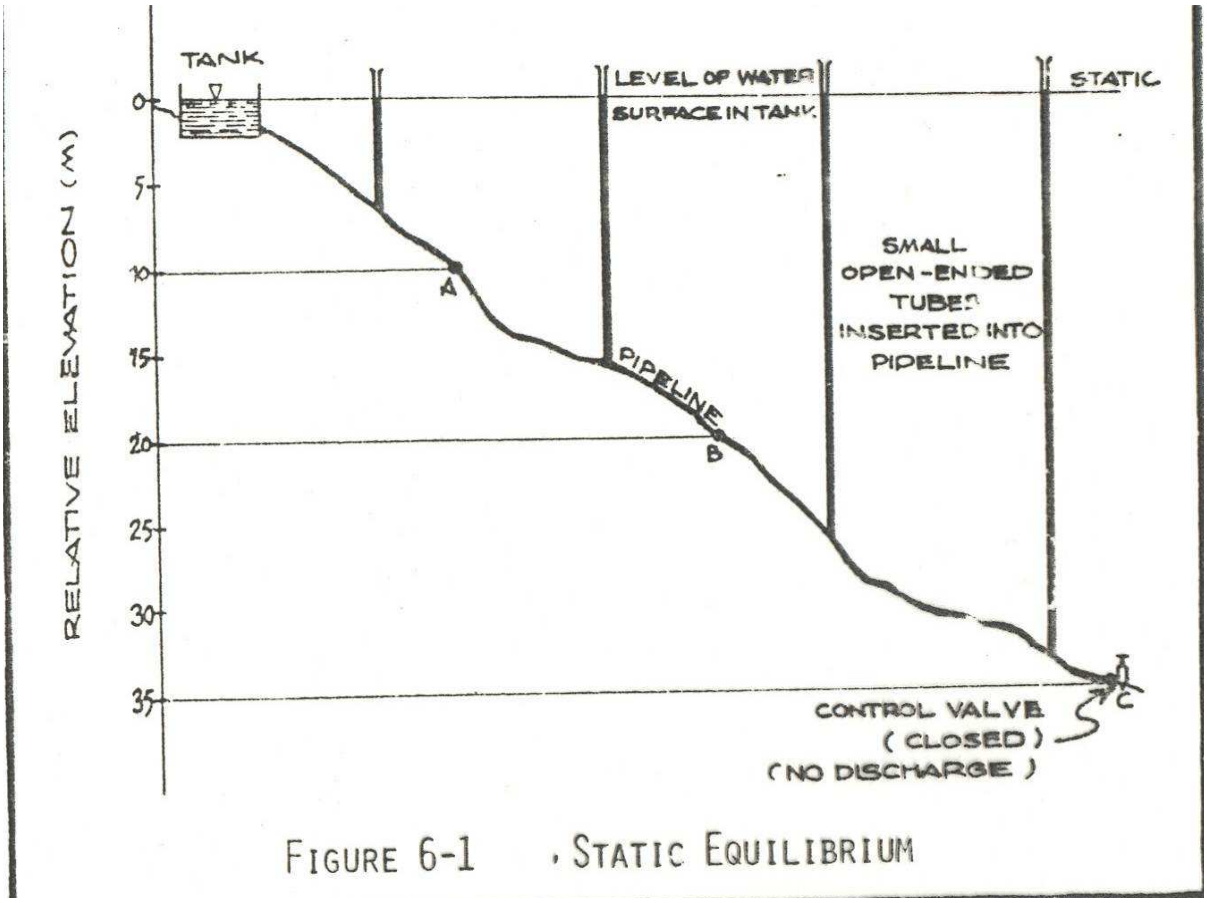


FIGURE 6-1 , STATIC EQUILIBRIUM

-38-

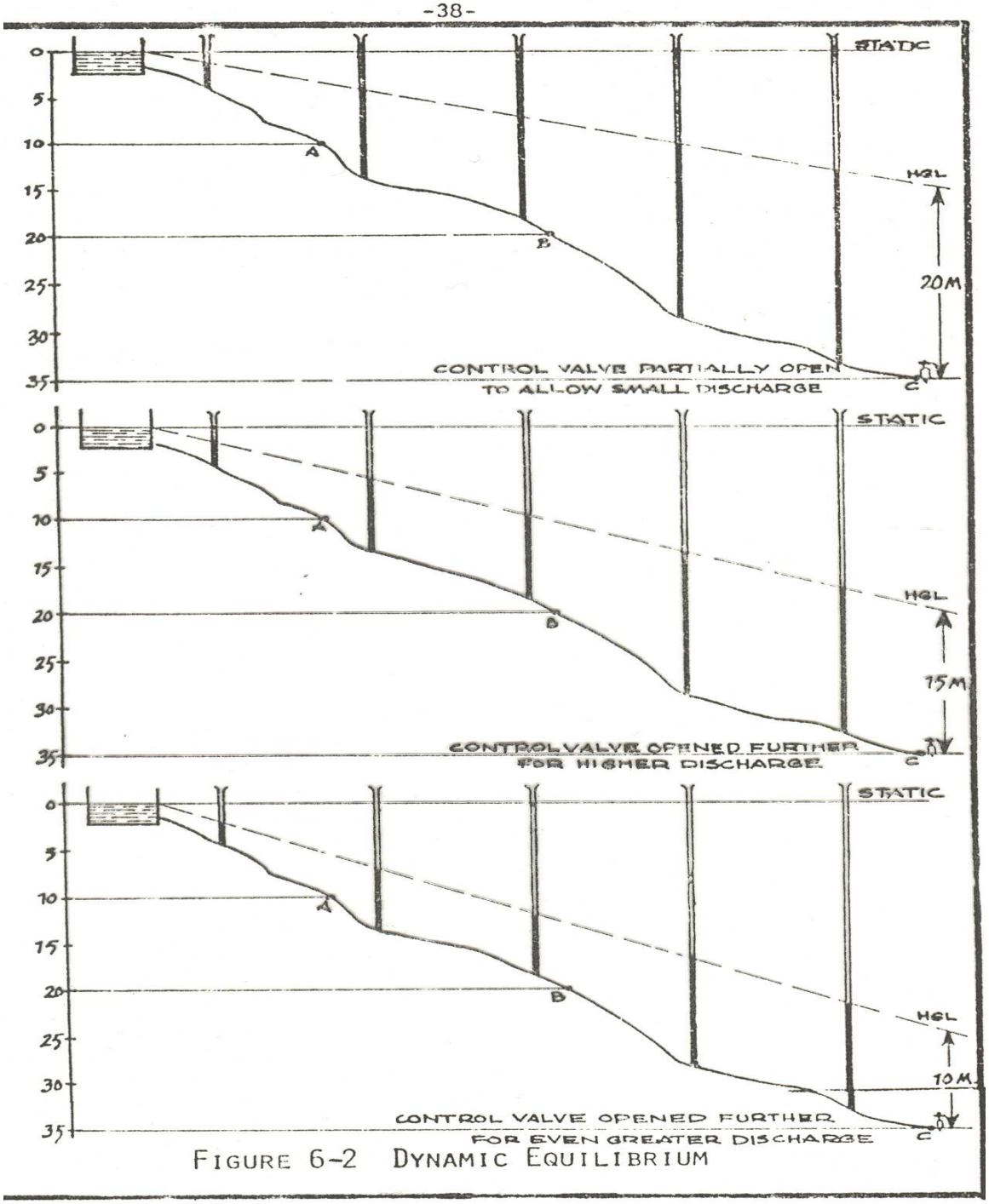


FIGURE 6-2 DYNAMIC EQUILIBRIUM

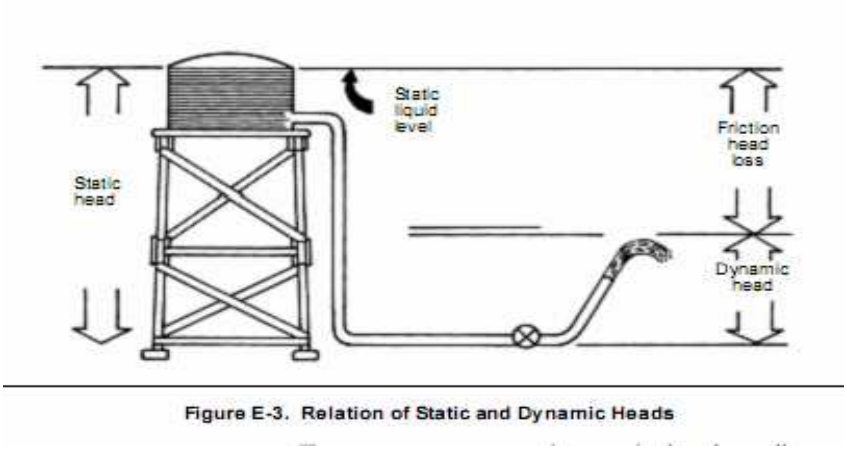


Figure E-3. Relation of Static and Dynamic Heads

3. معادله دارسی ویسباخ Darci Weisbach Equation
درمعادله قبلی ضایعات فشار HL نامبرده شد ه که از اثر اصطکاک مایع با جدارنل بوجود میاید که اندازه ضریب اصطکاک را همواره به حرف f نشان میدهند . ازینرو ضایعات فشار چنین پیشنهاد نموده است .

$$h_L = f\, L / D \;\; x \;\; V^2 / 2g$$
$$V = 4Q / \pi D^2$$
پس فورمول دارسی شکل زیر را میگیرد:
$$h_L = f\, 8\, Q^2\, L / g\, \pi^2\, D^5$$

سوال 1 : تیل خام که دارای کثافت 860 کیلو گرام فی مترمکعب ، لزجیت دینامیکی μ مساویست 0.008 پاسکال ، جریان از طریق نل که دارای قطر 100میلی متر ، طول نل 5 کیلومتر ، مقدار جریان تیل خام 5 مترمکعب فی ساعت میباشد . ضایعات را از اثر اصطکاک توسط فورمول دارسی دریافت نمائید ؟

حل :
$$V = \frac{Q}{A} = \frac{5/3600}{\frac{\pi}{4}(0.1^2)} = 0.1768\, m/\sec$$
$$\nu = \frac{\mu}{\rho} = \frac{0.008}{860} = 9.302\times10^{-6}, m^2/\sec$$
$$R_e = \frac{VD}{\nu} = \frac{0.1768\times0.1}{9.302\times10^{-6}} =, 1.900\times10^{-7}$$
چون عدد رینولدس کمتر از 2000 است بنا رژیم حرکت لمیناری است پس ضریب مقاومت در اصطکاک مساویست :
$$f = \frac{64}{R_e} = \frac{64}{1.900\times10^{-7}} =, 0.03367$$
پس ضایعات مساویست :
$$h_f = \frac{8fLQ^2}{\pi^2 gD^5} = \frac{8\times0.03367\times5000\times(5/3600)^2}{\pi^2\times9.81\times(0.1)^5} = 2.683m$$

ویا میتواند ضایعات توسط رابطه زیر دریافت گردد

$$h_f = \frac{fLQ^2}{12.1D^5}, m$$ ویا

در فورمولها Q به متر مکعب فی ثانیه ، L به متر ، D به متر تبدیل شود و ضایعات hf به متر میباشد .
قیمت ضریب f را میتوان از معادله گلبروک برای ساحه انتقالی رژیم توربولنتی طور زیر محاسبه کرد :

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2\log\left(\frac{2.51}{Re\sqrt{f}} + \frac{e}{3.7D}\right)$$

سوال 2 : جریان از طریق نلی چدنی جدید که دارای قطر 300 میلی متر است و طول آن 1 کیلومتر عبور مینماید ، اگر مقدار جریان درنل 0.1 مترمکعب فی ثانیه باشد ، ضایعات را توسط چار فورمول درسی ، هزن ، مانینگ و فورمول تعدیل شده هزن ویلیامز محاسبه نمائید؟
حل : 1. فورمول دارسی ویسباخ
برای نلهای چدنی جدید از جدول ( ) e مساویست 0.26 میلی متر پس

$$\frac{e}{D} = \frac{0.26}{300} = 8.667\times10^{-4}$$

$$R_e = \frac{4Q}{\pi D\nu} = \frac{4\times0.1}{\pi\times0.3\times1\times10^{-6}} = 424413$$

چون عدد رینولدس از 100000 بالا است بنا رژیم توربولنتی است بنا میتوان توسط فورمول گلبروک میتوان ضریب مقاومت نل در اصطکاک را دریافت کرد : $\frac{1}{\sqrt{f}} = -2\log\left(\frac{2.51}{Re\sqrt{f}} + \frac{e}{3.7D}\right)$

به طریقه تقربی قیمت f را دریافت نموده :

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2\log\left(\frac{2.51}{424413\sqrt{f}} \times \frac{8.667\times10^{-4}}{3.7}\right)$$

قیمت f را مساوی به 0.01974 دریافت مینمائیم
پس ضایعات به طریق دارسی مساویست :

$$h_f = \frac{fLQ^2}{12.1D^5}, m$$

$$h_f = \frac{fLQ^2}{12.1D^5} = \frac{0.01974 \times 1000 \times (0.1)^2}{12.1 \times (0.3)^5} = 6.714m$$

2.قیمت ضایعات توسط فورمول هزن ویلیامز مساویست :

$$h_f = \frac{4.351 \times 10^{15} L Q^{1.852}}{C_{HW}^{1.852} D^{4.87}} =$$

$$\frac{4.351 \times 10^{15} \times 1000 \times 0.1^{1.852}}{130^{1.852} \times 300^{4.87}} = 6.427m$$

3. قیمت ضایعات توسط فورمو ل تعدیلی هزن ویلیامز مساویست :

$$h_f = \frac{LQ^{1.8099}}{994.26 C_R^{1.8099} D^{4.8099}}$$

درفورمول فوق C_R ضریب اصطکاک مساویست :

$$C_R = \frac{-2(2)^{0.5}}{3.83 R_e^{0.105}} \log\left(\frac{e}{3.7D} + \frac{1.78}{R_e}\right)$$

از فورمول 1 ما داریم که e/D مساویست $\frac{e}{D} = \frac{0.26}{300} = 8.667 \times 10^{-4}$

و $R_e = \frac{4Q}{\pi D \nu} = \frac{4 \times 0.1}{\pi \times 0.3 \times 1 \times 10^{-6}} = 424413$

$$C_R = \frac{-2(2)^{0.5}}{3.83 R_e^{0.105}} \log\left(\frac{e}{3.7D} + \frac{1.78}{R_e}\right) =$$

$$= \frac{-2(2)^{0.5}}{3.83 \times 424413^{0.105}} \log\left(\frac{8667 \times 10^{-4}.}{3.7} + \frac{1.78}{424413}\right) = 0.6862$$

$$h_f = \frac{LQ^{1.8099}}{994.26 \times C_R^{1.8099} D^{4.8099}} = \frac{1000 \times 0.1^{1.8099}}{994.62 \times 0.686^{1.8099} \times 0.3^{4.8099}} = 10.08m$$

$$h_f = \frac{LQ^{1.8099}}{994.26 \times C_R^{1.8099} D^{4.8099}} = \frac{1000 \times 0.1^{1.8099}}{994.62 \times 0.686^{1.8099} \times 0.3^{4.8099}} = 10.08m$$

اگر نل را پاک کاری نموده و لشم سازیم در آنصورت قیمت C_R مساویست به 1 پس ضایعات مساویست به :

$$h_f = \frac{LQ^{1.8099}}{994.26 \times C_R^{1.8099} D^{4.8099}} = \frac{1000 \times 0.1^{1.8099}}{994.62 \times 1^{1.8099} \times 0.3^{4.8099}} = 5.0984m$$

4. دریافت ضایعات توسط فورمول مانینگ

$$h_f = \frac{10.29 N^2 L}{D^{16/3}} Q^2 = \frac{10.29 \times (0.013)^2 \times 1000}{0.3^{16/3}} \times 0.1^2 = 10.69m$$

دریافت قیمت f

قیمت های f برای رژیم های حرکت مایعات مختلف متفاوت میباشد برای رژیم لمیناری که عدد رینولدس کمتر از 2000 باشد
قیمت fمساویست :

$$f = \frac{64}{R_e}$$

در صورتیکه عدد رینولدس 4000>Re >2000 در آنصورت قیمت f مساویست : قیمت آن بین 0.03 الی 0.08 در تغییر است
در صورتیکه عدد رینولدس 100000>Re >4000

$$f = \frac{0.3164}{R_e^{0.25}}$$

برای رژیم های توربولنتی که قیمت درشت را دارا باشد قیمت f میتواند توسط رابطه زیر دریافت شود :

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{e}{3.7D} \right)$$

از فورمول هزن ویلیام $V = 1.3/8\ C\ R^{0.63}\ S^{0.54}$ میتوان قیمت f را تعیین کرد
در معادله فوق V به f t / sec و R که بنام شعاع هایدرولیکی یاد میشود به فت اندازه گردیده و طورزیر دریافت میشود :

$$R = \frac{\frac{\pi D^2}{4}}{\pi D} = \frac{D}{4}$$

باید متذکر شد که فورمول فوق برای نلهای کاملا تحت فشار ویا پر بکارمیرود

میل هایدرولیکی S مساویست به

$$S = \frac{h_L}{L}, \ldots\ldots \left(ft \middle/ ft \right)$$

$$f = \frac{194 D^{-0.015}}{C^{1.85} v^{0.15} R^{0.15}}$$

قیمت f در نل ثابت نیست زیرا به تغییر سرعت و مقدار جریان قیمت آن متغیر است .
قیمت f میتواند با بزرگ شدن عدد رینولدس تا 0.007 کاهش مییابد وبا کم شدن عدد رینولدس در صورتیکه رژیم توربولنتی باشد قیمت آن تا 0.028 کاهش مییابد و در صورتیکه رژیم لمیناری باشد قیمت f از 0.029 الی 0.1 تغییر مییابد.

4. معادله گلبروک Colebrook Equation

معادله گلبروک یک معادله تجربی است که برای تمام نلها قابل تطبیق است

$$1/'\sqrt{f} = -2\log [\xi /3.7d + 2.51/R_e\sqrt{f}\ ]$$

f - ضریب اصطکاک بین جدار نل و مایع
ξ - ضریب درشتی جدار نل
$R_e = VD/\nu$ عدد رینولد س 0.00243

در هر نل چار پارامتر است قطر نل D ، مقدار جریان Q ، سرعت جریان مایع V، ضایعات فشار h_L
بدین ترتیب میتوان با دانستن دو پارامتر دو پارامتر دیگر رادریافت کرد بنا چار حالت برای دریافت پارامتر های نل وجود دارد که قرار زیر است :

حالت اول : $Q , h_L \leftarrow V, D$
حالت دوم: $D , h_L \leftarrow V, Q$
حالت سوم: $V , h_L \leftarrow D, Q$
حالت چارم: $V , Q \leftarrow D , h_L$
حالت پنجم: $V,D , \leftarrow Q, h_L$
:

4. **<u>Hazen – William Formula ویلیام هزن</u>**

$V = 0.849\ C\ HR^{0.63}\ S^{0.5}$ سرعت جریان مایع
V = Flow velocity (m /s)
C = Friction Coefficient
HR = Hydraulic Radius (D/4 in circular sections)
S = Hydraulic gradient = HL/L
HL = Head Loss
$Q = 0.278\ C\ D^{2.63}\ S^{0.5}$
Q = Discharge (m3/sec) مقدارجریان
D = Pipe diameter (m)

C = From table (100, 120, 130, 140)

ویا به سیستم fps سرعت مساویست :

$V = 1.3/8\ C\ R^{0.63}\ S^{0.54}$

$Q_{cfs} = 0.432\ CD^{2.63}\ S^{0.54}$

$$h_L = 4.67 \frac{L}{D^{4.87}} \left[\frac{Q_{cfs}}{C} \right]^{1.85}$$

Manning Formula. 5

فورمول مانتنگ

$V = HR^{2/3}\ S^{1/2}/n$

$Q = 0.3116\ D^{2.67}\ S^{0.5}/n$

$$h_f = \frac{10.29 N^2 L}{D^{\frac{16}{3}}} Q^2$$

جدول ( )مقادیر C نظر به معادله هزن ویلیامز برای انواع مختلف نلها

شماره	مشخصات نلها	قیمت C
	برای تمام نلها جدار داخلی ان صاف و پاک باشد	140
	نلهای چدنی جدید	130
	نلهای چدنی ایکه از مدت کار آن پنج سال گذشته شده باشد	120
	نلهای چدنی ایکه از مدت کار آن ده سال گذشته شده باشد	107-113
	نلهای چدنی ایکه از مدت کار آن بیست سال گذشته شده باشد	90 -100
	نلهای چدنی ایکه از مدت کار آن سی سال گذشته شده باشد	75 -90
	نلهای کانکریتی و نلهای ازبست سمنتی	120 -140
	نلهای فولادی ولدنک کاری شده	120
	نلهای فولادی با لبه های پرچی شده	107 -113
	نلهای چوبی	120
	نلهای پلاستیکی PVC	130 -140

جدول ( ) خواص میخانیکی آب در فشار یک اتمسفر با در جات مختلف حرارت

درجه حرارت به F	لزجیت دینامیکی به $IP .sec/ft^2$	لزجیت سینیماتیکی به $IP .sec/ft^2$
32	3.75×10^{-5}	1.664×10^{-5}
40	3.24×10^{-5}	1.410×10^{-5}

50	2.74×10^{-5}	1.217×10^{-5}
60	2.36×10^{-5}	1.059×10^{-5}
70	2.04×10^{-5}	0.93×10^{-5}
80	1.8×10^{-5}	0.826×10^{-5}
90	1.59×10^{-5}	0.739×10^{-5}
100	1.42×10^{-5}	0.667×10^{-5}
120	1.17×10^{-5}	0.61×10^{-5}

جدول ( ) قیمت ضریب درشتی جدار داخلی نلهای مختلف نظر به فورمول گلبروک ع

شماره	نوع نلها یا پوشش داخلی نل	قیمت ع به فوت ft	
		استفاده محدود	برای دیزاین
	برنجی	0.00005	0.000005
	مسی	0.000005	0.000005
	کانکریتی	0.001-0.1	0.004
	چدنی بد ون پوشش داخلی	0.0002-0.0004	0.0005
	چدنی با اندود اسفالت	0.0002-0.0006	0.0004
	چدنی با سمنت مالی شده	0.000008	0.000008
	چدنی قیر مالی شده	0.000008	0.000008
	جستی	0.0002-0.0008	0.0005
	فولادی	0.0001-0.0008	0.0002
	فولادی ولدنک کاری شد ه	0.0001-0.0008	0.0002
	فولادی پرچی شده	0.03-0.003	0.006
	نل های چوبی	0.003 -0.0006	0.002

جدول ( ) درشتی سطحی معادل برای نلها ییکه از مواد مختلف ساخته شده باشند (دیاگرام مودی)

نوع مواد نل	درشتی سطحی معادل e (mm)
فولاد پرچی شده	9.0-0.9
کانکریت	3-0.3
نل چوبی	0.9-0.2
چدنی	0.26
جستی و گالوانیزه شده	0.15
چدنی اسفالت شده	0.13

فولاد تجارتی ، اهن کارگرفته شده	0.05
آزبست سمنت بدون لایه ، نلهای PVC با موج یا پستی و برامده گی داشته باشد	0.04
PVC	0.0021
نلهای المونیمی پوک ، برنجی ، مسی ، سربی ، شیشه ای ،و پلاستیکی ، ازبست سمنتی با لایه ، قیر ی	0.0015

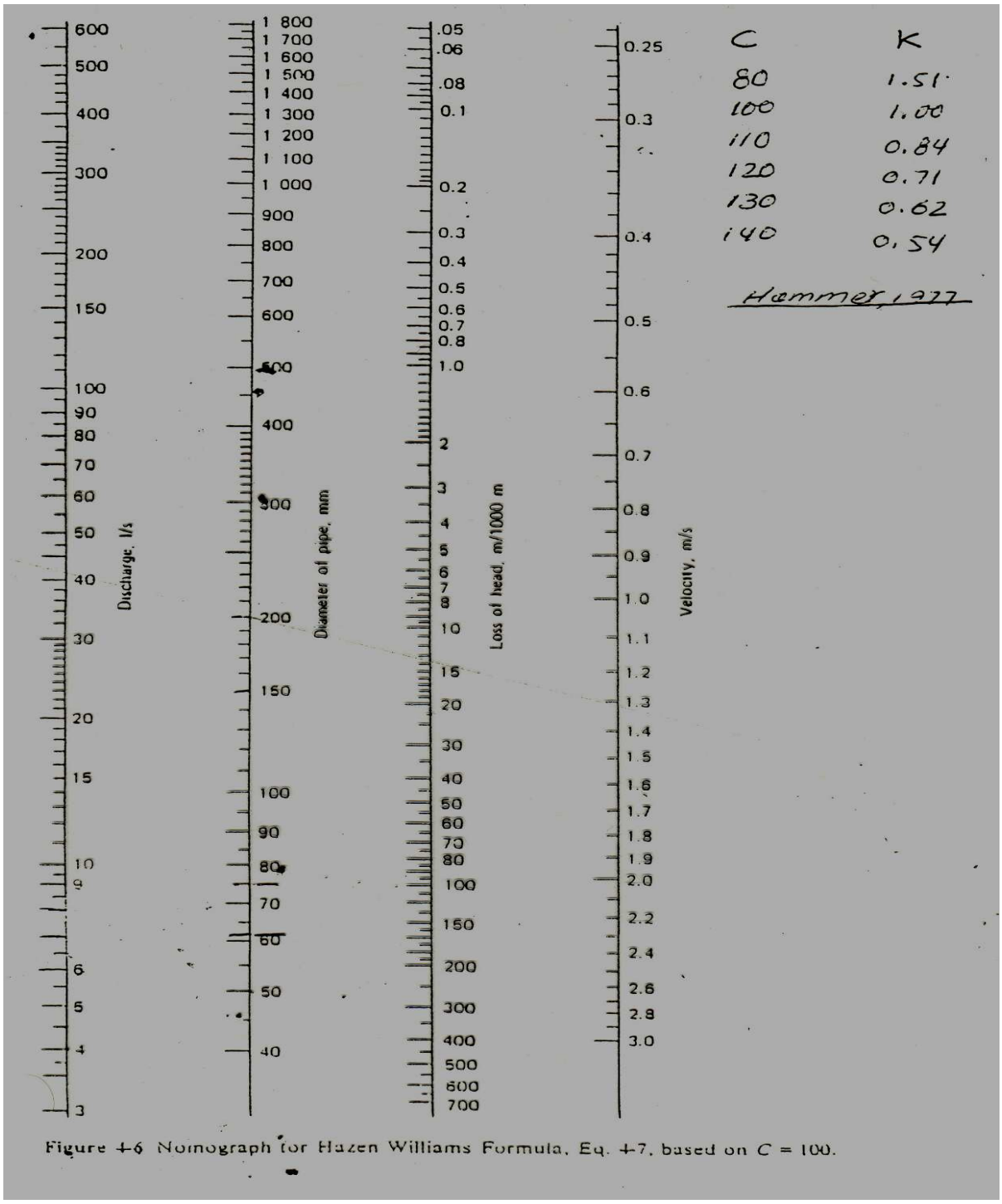
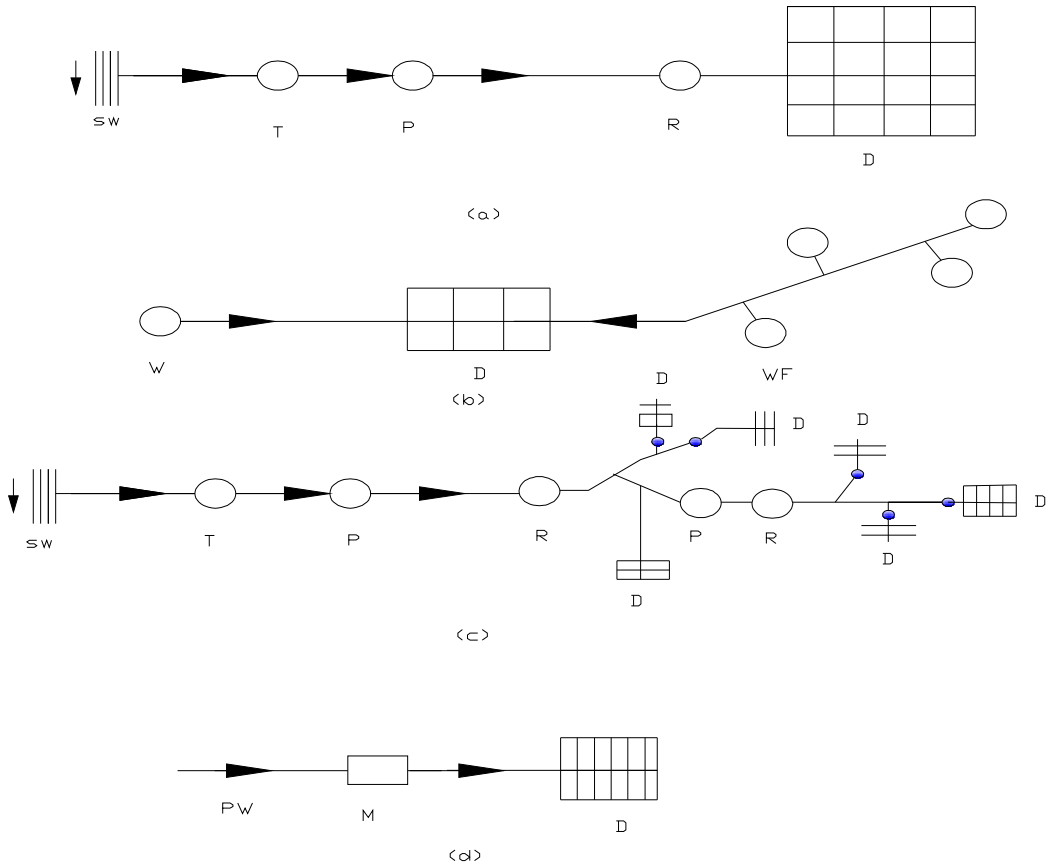


Figure 4-6 Nomograph for Hazen Williams Formula, Eq. 4-7, based on $C = 100$.

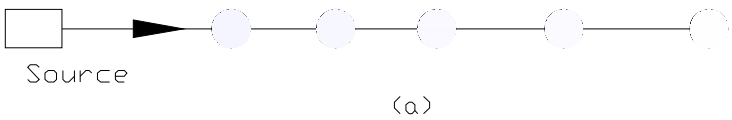
سیستم های آبرسانی در شهر ها و دهات



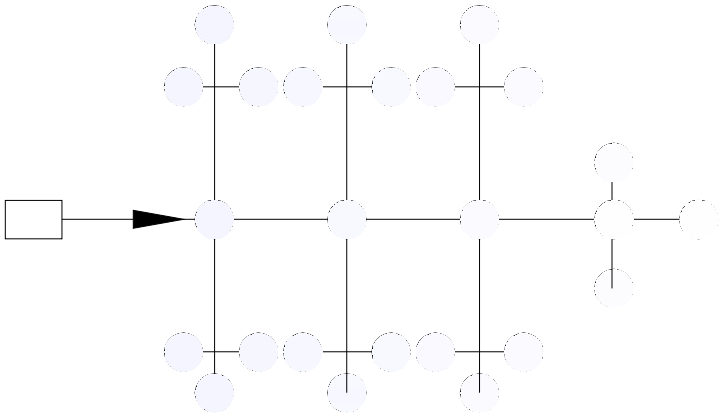
D: Distribution network شبکه تقسیماتی
R : Reservoir مخزن
W: Well چاه
M: Meter میتر
SW : Surface water آب سطحی
WF : well field چاه مذرعه
PW : Purchased water آب خریداری شده
T : Treatment plant دستگاه تصفیه
○ village reservoir مخزن قریه

شکل ( ). انواع سیستم های آبرسانی

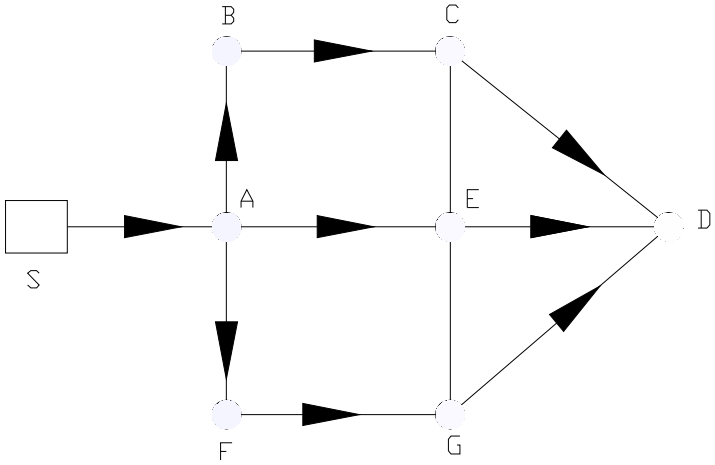
(a) – آب سطحی (b) آب زیرزمینی (C) دهات منطقوی (d) آب خریداری شده



(a)



(b)



(c)

شکل ( ) انواع شبکات توزیع آب (a) مسلسل ، (b) شاخه ای ، (C) حلقوی

d, mm	So, Sec2/m2,for pipe		d ,mm Steel	So, Sec2/m2,for pipe	
	Steel	Cast iron		Steel	Cast iron
75		1709	400	0.206	0223
100	267	368	500	0.062	0.068
125	106	111	600	0.024	0.026
150	45	41.8	700	0.0115	0.0115
175	19	-	800	0.00566	0.00566
200	9.27	9.03	900	0.00303	0.00303
225	4.82	-	1000	0.00174	0.00174
250	2.58	2.75	1200	0.00066	-
300	0.94	1.03	1400	0.00029	-

H_L=Hst –H end=So x Q^2 x L
Where So =8λ / π^2g d^2 - specific resistance for two type of pipes

Specific resistance for اسبست سمنت So

D, mm	Velocity , V , m/sec			
	0.5	0.75	1.0	1.5
75	931	873	835	788
100	210	196	188	177
123	71.5	67	64.1	60.5
147	28.3	26.5	25.4	24
189	8.81	8.26	7.9	7.46
235	2.49	2.33	2.23	2.11
279	1.01	0.95	0.91	0.86
322	0.48	0.45	0.43	0.41
368	0.25	0.23	0.22	0.21
386	0.19	0.18	0.17	0.16
456	0.079	0.074	0.071	0.067
546	0.031	0.029	0.028	0.026
576	0.023	0.022	0.021	0.020
672	0.0106	0.0099	0.0095	0.0090
768	0.0054	0.005	0.0018	0.0045
864	0.0029	0.0027	0.0026	0.0025

950	**0.0017**	**0.0016**	**0.0015**	**0.0014**

d= 1.13√ Q/V

So for plotline pipe

D, mm	**Velocity ,V, m/sec**				
	0.5	**0.75**	**1**	**1.5**	**2**
70	**1286**	**1177**	**1104**	**1011**	**950**
80	**641**	**586**	**550**	**503**	**472**
100	**200**	**183**	**171**	**157**	**147**
125	**62.4**	**57.2**	**53.6**	**49.1**	**46.1**
150	**24**	**21.9**	**20.6**	**18.9**	**17.7**

For small diameter V = 0.7-1 m/sec ,for Q = =6-50 l/sec
For big deameter V=1.0-1.4 m/sec ,for Q =50 -1200 l /sec

For approximately V= 1.0 m/sec

If along the pipe there is much branch or much tap so on that case
Q calc = Q tr + 0.55 Q distance
Q distance=q_o L
q_o = specific distance discharge in one meter ,

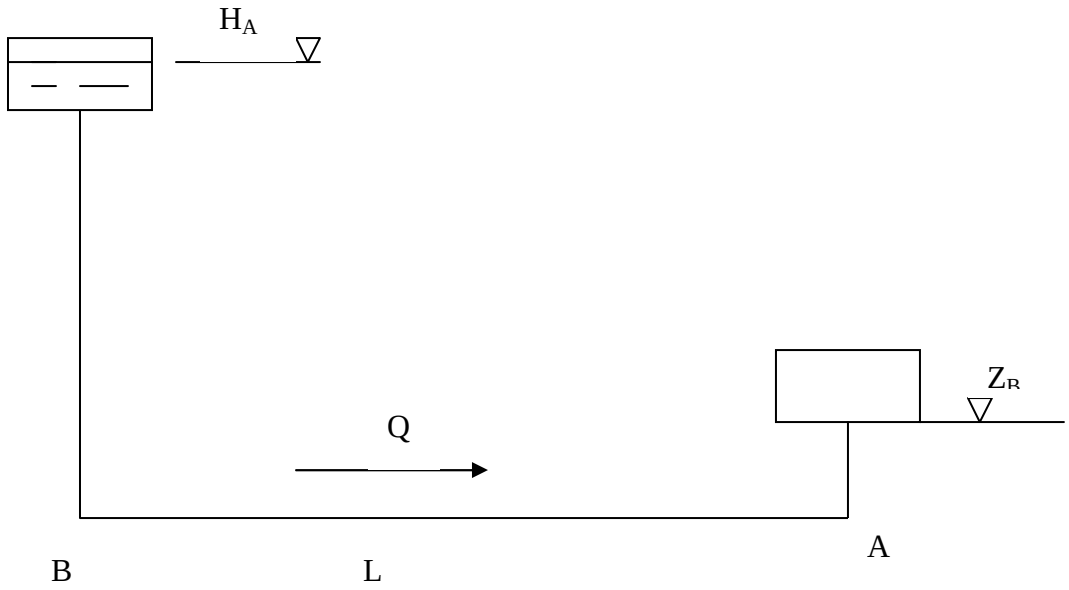
H_L=Hst –H end=So x Q^2 x L

1000 (h_L/L) =0.27 ($Q^{1.78}$ /$d^{4.78}$) , for Q in l /sec and d in dm

Example 1:

Determine the diameter of pipe for discharge of 15 l /sec from reservoir tank A to reservoir tank B , the length of pipe L = 1000 m , elevation of water level in reservoir tank B is 32 m , and geodesic elevation in the end of pipes $Z_{A=}$ 2.00m and residual head H .H> 12 m, if A.the pipe is steel ,B. asbestos cement ,C. Polly it Ellen

Solution :



From above formula H_L=Hst –H end=So x Q^2 x L

So = (Hst –H end)/ Q^2 x L = {32- (2+12)}/ (0.015^2 x 1000) =80.1 sec 2/ m6

From table above diameter accept about d=150 mm , So = 46 sec2 /m6

Head in the end of pipe H_A = H_B- So x Q^2 x L =32 -45 x 0.015^2 x 1000= 21.9 m
4 . residual head in the end of pipe

$R_{esidual}$ = H_A- Z_A=21.9-2=19.9 m >12

Example 2 :

Data : L_{1-2} =300m ,L_{2-3}= 200m, L_{3-4} = 150 m ,L_{3-5} =,$Z_2$250 m ,L_{2-6} =100 m, L_{6-7} =100m, L_{6-8} =150m ,geodesic points $_1$ = 41,00m ,Z_2,= 40.50 ,Z_3= 40.50 m, Z_4= 38 m , Z_5, =37 m Z_6, =38.00 m , Z_7, =36 m , Z_8, = 37 m , joint discharge Q_2 =6 L/sec ,
Q_3 = 15 l/sec Q_4 = 11 l/sec ,Q_5 = 14 l/sec ,Q_6 = 8 l /sec ,Q_7 = 9 l/sec,Q_8 = 8 l/sec specific distance dis charge in 2-3 and 6-8 , q_o =0.02 l /sec /m , residual head > 12 m Please determine the diameter of line and head in joint point if pipes :
A: cast iron , B: asbestos cement

Solution **: first of all we have to select the main line , so in this case up to 7 and 8 point not possible to be the main point , because the level of these points , distance up to these points and discharge in these points less than points 4 and 5 . In point 5 the discharge more than point 4 and distance too. While the ground level in point 4 high than point 5 so necessary to compare the head in joint 3 which the water transfer to points 4 and 5**

In first approximate calculation the velocity in points 3-4 and 4-5 accepted V = 0.85 m /sec

$d_{3-4} = 1.13 \sqrt{q_{3-4}} / V = 1.13 \sqrt{0.011}/0.85 = 0.129$ **m**

$d_{3-5} = 1.13 \sqrt{q_{3-4}} / V = 1.33 \sqrt{0.014}/0.85 = 0.145$ **m/sec**

the standard diameter of line 3-4 accepted 125 mm and So = 111 sec2 /m6) and for d 3-5 =150 mm (So= 41.8 sec2/m 6) , Determining the necessary head in point 3 for transferring of water to point 4

$H_{3(4)} = H4 + (Soq2\ L)_{3-4} = H\ residual + Z_4 + (Soq2\ L)_{3-4} = 12 + 38 + 111 \times 0.011^2 \times 150 = 52.01$ **m**

Determining the necessary head in point 3 for transferring of water to point 5

$H_{3(5)} = H5 + (Soq2\ L)_{3-5} = H\ residual + Z_5 + (Soq2\ L)_{3-5} = 12 + 37 + 41.8 \times 0.014^2 \times 250 = 52.05$ **m ,**

Since for transferring of water for point 4 necessary head more than transferring of water for point 5 , therefore the main line is 1-2-3-4

Admitting the head in point 3 , H3 = 52.01 m ,

And also residual head in this point 3

$H_{3(residual)} = H_3 - Z_3 = 52.01 - 40.50 = 11.51 < 12.00$ **m ,**

Thus the head got less than given . Because necessary increase pizometric level in the point 3 equal :

$H'_3 = 40.5 + 12 = 52.5$ **m**

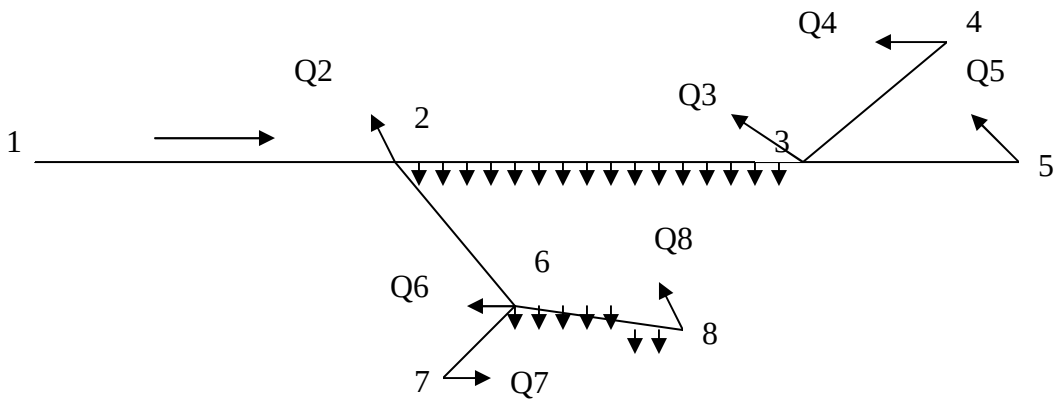
To assign the calculated discharge in points 2-3

$q_{2-3} = Q3 + Q4 + Q5 + 0.5\ qo\ L_{2-3} = 15 + 11 + 24 + 0.5 \times 0.02 \times 200 = 42$ **L/sec**

to give the velocity = 1.0 m /sec and determine the diameter

accepted s

$d_{2-3} = 1.13 \sqrt{q_{3-4}} / V = 1.13 \sqrt{0.042}/1 = 0.232$ **m**



S/No	L,m	q ,L/sec	V limit ,m/sec	d ,mm	So,sec2/m6	head losses ,hl=Soq2L ,m	geodesic level ,Z,m	Pezometric Head ,H,m	Head , adjustable H ,m	Residual Head ,Hres. ,m
4	150	11	0.85	125	111	2.01	38	50	50.49	12.49
3							40.5	52.01	52.5	12
2	200	42	1	250	2.75	0.97	40.5	53.47		12.97
1	300	78	1	300	1.03	1.88	41	55.35		14.35

سوال بیست و چارم : مطابق شیمای زیر مقدار جریان ، سرعت ، قطر و ضایعات فشار را در شبکه دریافت نمائید؟

محاسبات مربوط مقدار جریان

Qa-b=∑Q=19.73 lit/sec
Qb-c=500*30*1.5*5/86400=1.3 lit/sec
Qb-d=2600*30*5*1.5*/86400=6.77lit/sec
Qd-e=700*30/8/3600= 1.822 lit/sec
Qd-f=1900*30/8/3600=4.94lit/sec
Qf-g=1000*30/8/3600=2.6 lit/sec
Qf-h=900*30/8/3600=2.34.lit/sec
∑Q=1.3+6.77+1.82+2.34+4.9+2.6=19.73 lit/sec

محاسبات مربوط قطر پایپ

برای محاسبات قطر پایپ از فرمول $D=1.13\sqrt{Q}$ استفاده میکنیم.

Da-b=1.13√19.73 lit/sec/1000 =0.158m*1000=158mm
Db-c=1.13√1.3 = 40mm
Db-d=1.13√6.77 = 92mm
Dd-e=1.13√1.82 = 48mm
Dd-f=1.13√4.9 = 79mm
Df-g=1.13√2.6 = 71mm
Df-h=1.13√2.34 = 54mm

محاسبات مربوط سرعت

$Q=V*A$ ---------- $V= 4\ Q/\pi\ D^2$
Va-b=4*19.73 /1000/3.14*(158/1000) ^{2}= 1m/sec
Vb-c=0.51m/sec
Vb-d=0.5m/sec
Vd-e=0.52m/sec
Vd-f=0.5m/sec
Vf-g=0.51m/sec
Vf-h=0.52m/sec

محاسبـــــــات مربوط دریافـــت فشـــار

برای دریافت فشار به جـــدول مراجـــعه نموده ضـــریب اصطحـــکاک را بنا بر دســـچارج و سرعت دریافت شـــده قبـــلی بدست می آوریم.

(The pipe is galvanized Iron, GI)
Q_{a-b}= 7.91 lit/sec
V_{a-b}= 0.5 m/sec
Head loss (a-b) = 0.26 %
Total head loss= 0.26*100/100= 0.26m
Head (a-b) = 1000-995= 5m
Pressure at point (b) = 5-0.26= 4.74m

(The pipe is PVC)
Q_{b-c} = 0.52 lit/sec
V_{b-c} = 0.51 m/sec
Head loss (b-c) = 0.59%
Total head loss = 0.59*120/100 = 0.708m
Head (b-c) = 995-995 = 0
Pressure at point (c) = Pressure at point (b) - 0.708 =
4.74-0.708= 4.032m

(The pipe is PVC)
Q_{b-d} = 2.71 lit/sec
V_{b-d} = 0.5 m/sec
Head loss (b-d) = 0.32 %
Total head loss = 0.32*80/100 = 0.256 m
Head (b-d) =995-992= 3m
Pressure at point (d) = 4.74+3-0.256 = 7.484m

(The pipe is PVC)
Q_{d-e} = 0.73 lit/sec
V_{d-e} = 0.52 m/sec
Head loss (d-e) = 0.27 %
Total head loss = 0.27*160/100 = 0.432 m
Head (b-d) =992-987= 5m

Pressure at point (e) = 7.484+5-0.432 = 12m

Number of Pipe	Length of Pipe (m)	Population (Family)	Q lit/sec	D mm	Pressure (m)
A-B	100	3100	7.91	142	4.74
B-C	120	500	0.52	36	4.032
B-D	80	2600	2.71	83	7.484

(The pipe is PVC)
Q_{d-f} = 1.98 lit/sec

V_{d-f} = 0.5 m/sec
Head loss (d-f) = 0.4 %
Total head loss = 0.4*90/100 = 0.36 m
Head (d-f) = 992-986=6m
Pressure at point (f) = 7.484+6-0.36 = 13.124m

(The pipe is PVC)
Q_{f-g} = 1.04 lit/sec
V_{f-g} = 0.5 1m/sec
Head loss (f-g) = 0.52 %
Total head loss = 0.52*100/100 = 0.52 m
Head (f-g) = 986-977=9m
Pressure at point (g) = 13.124+9-0.52 = 21.6m

(The pipe is PVC)
Q_{f-h} = 0.93 lit/sec
V_{f-h} = 0.5 2m/sec
Head loss (f-h) = 0.58 %
Total head loss = 0.58*110/100 = 0.638 m

D-E	160	700	0.73	43	12
D-F	90	1900	1.98	71	13.124
F-G	100	1000	1.04	51	21.6
F-H	110	900	0.93	48	23.5

جدول زیر برای محاسبه

شبکه حلقوی در نظر گرفته شده که از 13 ستون تشکیل شده است
ستون اول : تعداد تصحیحات است که باید عملیه تصحیح را آنقدر ادامه داد که به حد مجاز یعنی 0.02 برسد .
ستون دوم : تعداد حلقه ها است که با شماره گذاری مشخص شده است
ستون سوم :نمبر نلها میباشد

ستون چارم : قطر نلها به انچ داده شده است میتواند توسط فورمول زیر محاسبه گردد $D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}}$

کوشش شود که اقتصادی ترین سرعت در نل تعیین شود که میتواند بین 0.9 -1.2 متر فی ثانیه ویا 3- 4 فت فی ثانیه

لیکن سرعتهای بین 1fps<V<9 f.p.s نیز قابل قبول میباشد ویا 0.3 mps < V< 2.7m.p.s

ستون پنجم : طول نلها به فوت داده شده است s/

ستون ششم : مقدار جریان هر نل به c.f.s نشان داده شده است

ستون هفتم : با دانستن D,Q,C,L میتوان قیمت ضایعات فشار HL را دریافت کرد.قیمت ضایعات فشار را میتوان به کمک مونوگرام هزن ویلیامز ویا توسط فورمول زیر محاسبه کرد:

$$H_L = \left\{\frac{L}{0.212 C^{1.85} D^{4.87}}\right\} Q^{1.85}$$

درفورمول Qبه فت مکعب فی ثانیه cfs

D به فت نشان داده میشود.

L – به فت نشان داده میشود

C- ضریب درشتی هزن ویلیامز است که بدون واحد میباشد بین 30 الی 140 نظر به نوع نل متفاوت میباشد.

هم جهت عقرب ساعت را مثبت و خلاف عقرب ساعت را منفی در نظرمیگیریم و در مقابل ستون مربوطه مینویسیم

ستون هشتم : برای هر نل قیمت H_L /Q را محاسبه مینماییم باید متذکر شد که قیمت این ستون همیشه مثبت است

ستون نهم :مجموع الجبری $\sum H_L$ را در هر حلقه مینویسیم

ستون دهم : مجموع H_L /Q را محاسبه نموده و ضرب قیمت n (1.85) مینمائیم .

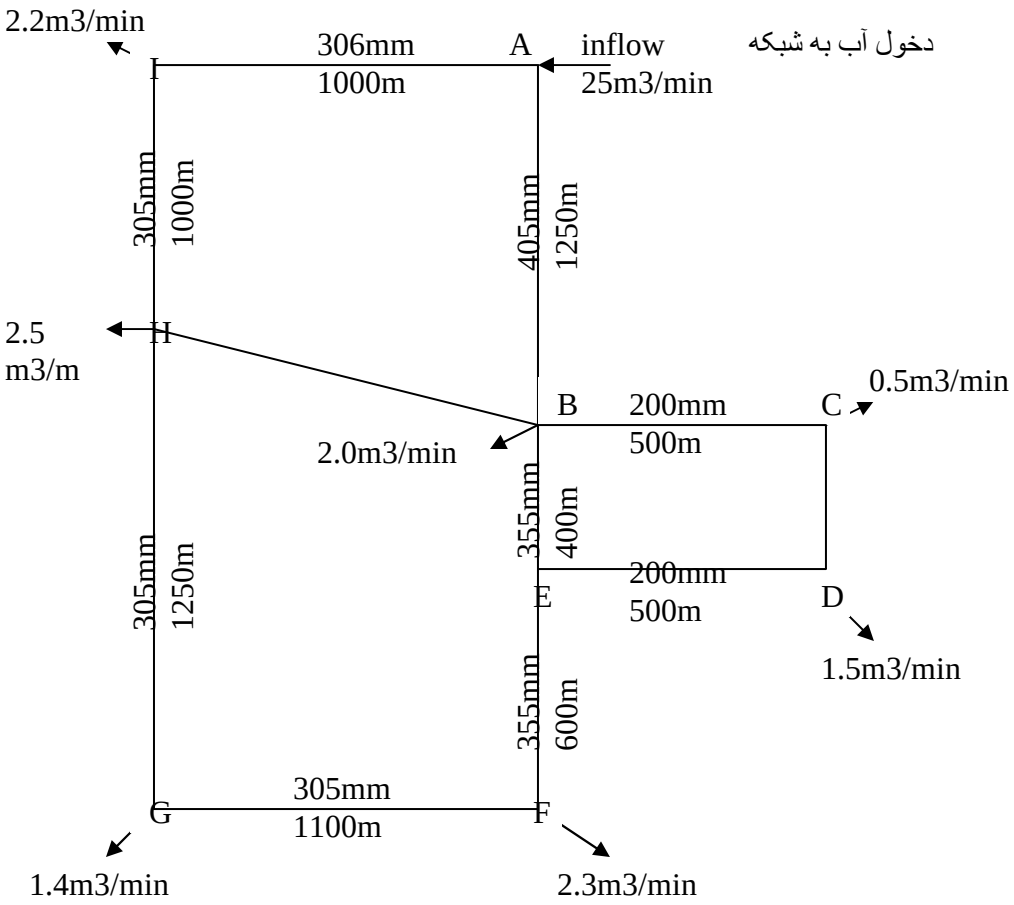
ستون یازدهم : قیمت مشخصه هاردی کراس توسط فورمول زیر محاسبه میگردد: $\Delta Q = -\left\{\frac{\sum h_L}{n\sum \frac{h_L}{Q}}\right\}$

ستون دوازدهم : دریک شبکه آبرسانی میتواند نلها در دو ویا سه حلقه مشترک باشد بنا ΔQ^1 به هر علامه ایکه در نظر گرفته میشود منفی میباشد .

ستون سیزدهم : عبارت از حاصل جمع ΔQ و ΔQ^1 میباشد

یعنی ΔQ^1+ ΔQ + Qnew = Q

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
TRAIL NO	RING NO	PIPE NO	DIA (in)	LENG (ft)	Q (c.f.s)	H_L (ft)	H_L /Q	$\sum H_L$	$n\sum \frac{H_L}{Q}$	ΔQ	ΔQ^1	Qnew



سیستم تقسیماتی شبکه

تصحیح اول به طریقه هاردی کراس حلقه اول

خطوط آبرسانی	جریان به m3/min	قطر به m	طول به m	میل s	ضایعات فشار h ,m	h/Q m/(m3/min)
AB	13	0.4	1250	0.0110	13.75	1.058
BH	3	0.25	1100	0.0033	3.63	1.815
HI	-9.8	0.30	1000	0.0260	-26.00	2.655
IA	-12	0.30	1000	0.0380	-37.80	3.150
					∑-46.42	∑8.676

$$\Delta_I = -\frac{\Sigma h}{1.85\Sigma h/Q} = -\frac{-46.42}{1.85(8.676)} = 2.9$$

تصحیح اول به طریقه هاردی کراس حلقه دوم

خطوط آبرسانی	جریان به m3/min	قطر به m	طول به m	میل s	ضایعات فشار h ,m	h/Q m/(m3/min)
BE	7.5	0.35	400	0.0175	3.00	0.4
EF	7	0.35	600	0.0066	3.96	0.566
FG	4.7	0.30	1000	0.0067	6.68	1.423
GH	-9.3	0.30	1250	-0.0236	-29.54	3.177
HB	-2.0	0.25	1100	-0.0033	-3.63	1.815
					∑-19.23	∑7.381

$$\Delta_{II} = -\frac{\Sigma h}{1.85\Sigma h/Q} = -\frac{-19.53}{1.85(7.381)} = 1.4$$

تصحیح اول به طریقه هاردی کراس حلقه سوم

خطوط آبرسانی	جریان به m3/min	قطر به m	طول به m	میل s	ضایعات فشار h ,m	h/Q m/(m3/min)

1.937	2.91	0.0058	500	0.20	1.5	BC
1.110	1.10	0.0028	400	0.20	1	CD
0.762	-0.38	0.0008	500	0.20	-0.5	DE
0.400	-3.0	-0.0075	400	0.35	-7.5	EB
4.209	0.63					

∑4.209 ∑0.63

$$\Delta_{III} = -\frac{\Sigma h}{1.85\Sigma h / Q} = -\frac{0.63}{1.85(4.209)} = 0.1$$

تصحیح دوم به طریقه هاردی کراس حلقه اول

خطوط آبرسانی	جریان به m3/min	قطر به m	طول به m	میل s	ضایعات فشار h ,m	h/Q m/(m3/min)
AB	15.9	0.4	1250	0.0157	19.65	1.236
BH	.53	0.25	1100	0.0094	10.34	2.954
HI	6.9-	0.30	1000	0.0136	-13.60	1.971
IA	9.1-	0.30	1000	0.0227	-22.70	2.495
					∑-6.31	∑8.656

$$\Delta_{I} = -\frac{\Sigma h}{1.85\Sigma h / Q} = -\frac{-6.31}{1.85(8.656)} = 0.4$$

تصحیح دوم به طریقه هاردی کراس حلقه دوم

خطوط آبرسانی	جریان به m3/min	قطر به m	طول به m	میل s	ضایعات فشار h ,m	h/Q m/(m3/min)
BE	9.0	0.35	400	0.0105	4.20	0.467
EF	8.4	0.35	600	0.0093	5.58	0.664
FG	6.1	0.30	1000	0.0108	10.80	1.770
GH	-7.9	0.30	1250	-0.0175	-21.88	2.769
HB	-3.5	0.25	1000	-0.0094	-10.34	2.954
					∑-11.64	∑8.624

$$\Delta_{II} = -\frac{\Sigma h}{1.85\Sigma h / Q} = -\frac{-11.64}{1.85(8.624)} = 0.7$$

تصحیح دوم به طریقه هاردی کراس حلقه سوم

خطوط آبرسانی	جریان به m3/min	قطر به m	طول به m	میل s	ضایعات فشار h ,m	h/Q m/(m3/min)
BC	41.	0.20	500	0.0051	2.55	1.821
CD	0.9	0.20	400	0.0023	0.92	1.022
DE	6-0.	0.20	500	0.0011	-0.55	0.917
EB	9.0-	0.35	400	-0.0105	-4.2	0.467
					-1.28	4.227

∑4.227 ∑-1.28

$$\Delta_{III} = -\frac{\Sigma h}{1.85\Sigma h / Q} = -\frac{-1.28}{1.85(4.227)} = 0.2$$

تصحیح سوم به طریقه هاردی کراس حلقه اول

خطوط آبرسانی	جریان به m3/min	قطر به m	طول به m	میل s	ضایعات فشار h ,m	h/Q m/(m3/min)
AB	16.9	0.4	1250	0.0165	20.63	1.265
BH	3.2	0.25	1100	0.0080	8.80	2.750
HI	-6.5	0.30	1000	0.0122	-12.20	1.877
IA	-8.7	0.30	1000	0.0209	-20.90	2.402
					∑-3.67	∑8.294

$$\Delta_I = -\frac{\Sigma h}{1.85\Sigma h / Q} = -\frac{-3.67}{1.85(8.294)} = 0.2$$

تصحیح سوم به طریقه هاردی کراس حلقه دوم

خطوط آبرسانی	جریان به m3/min	قطر به m	طول به m	میل s	ضایعات فشار h ,m	h/Q m/(m3/min)
BE	9.5	0.35	400	0.0116	4.64	0.488
EF	9.1	0.35	600	0.0107	6.42	0.705
FG	6.8	0.30	1000	0.0132	13.20	1.941
GH	-7.2	0.30	1250	-0.0147	-18.38	2.552
HB	-3.2	0.25	1000	-0.0080	-8.80	2.750

∑8.436 ∑-2.92

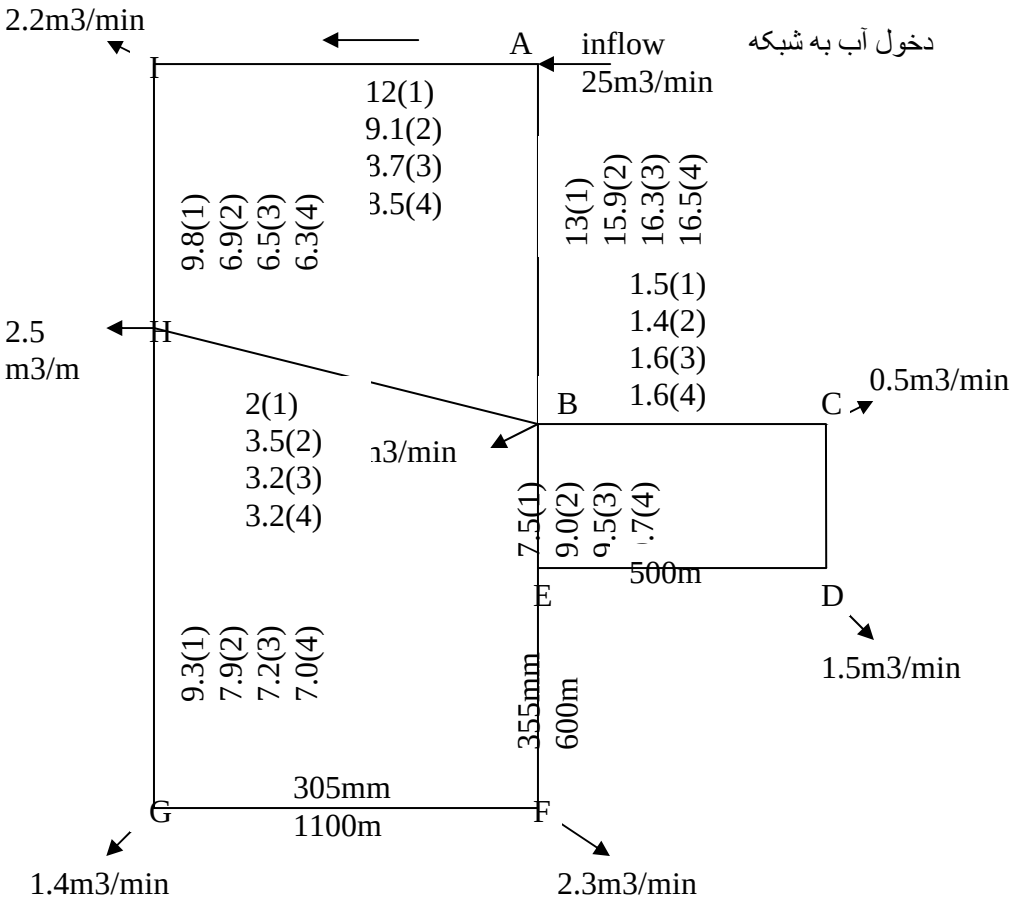
$$\Delta_{II} = -\frac{\Sigma h}{1.85\Sigma h / Q} = -\frac{-2.92}{1.85(8.436)} = 0.2$$

تصحیح سوم به طریقه هاردی کراس حلقه سوم

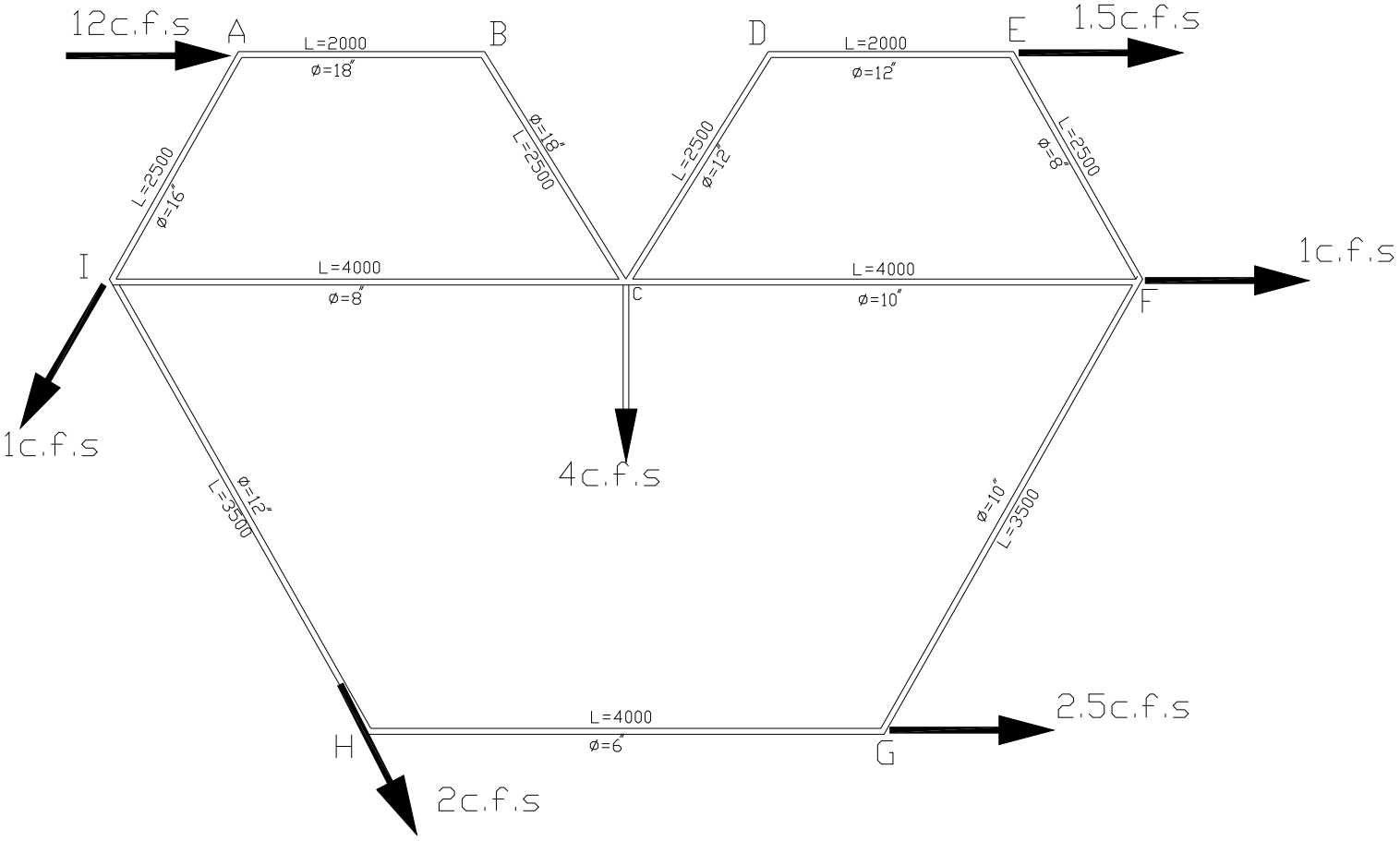
خطوط آبرسانی	جریان به m3/min	قطر به m	طول به m	میل s	ضایعات فشار h ,m	h/Q m/(m3/min)
BC	1.6	0.20	500	0.0066	3.3	1.821
CD	1.1	0.20	400	0.0033	1.32	1.022
DE	-0.4	0.20	500	0.0005	-0.25	0.917
EB	-9.5	0.35	400	-0.0116	-4.64	0.467
					-0.27	4.376

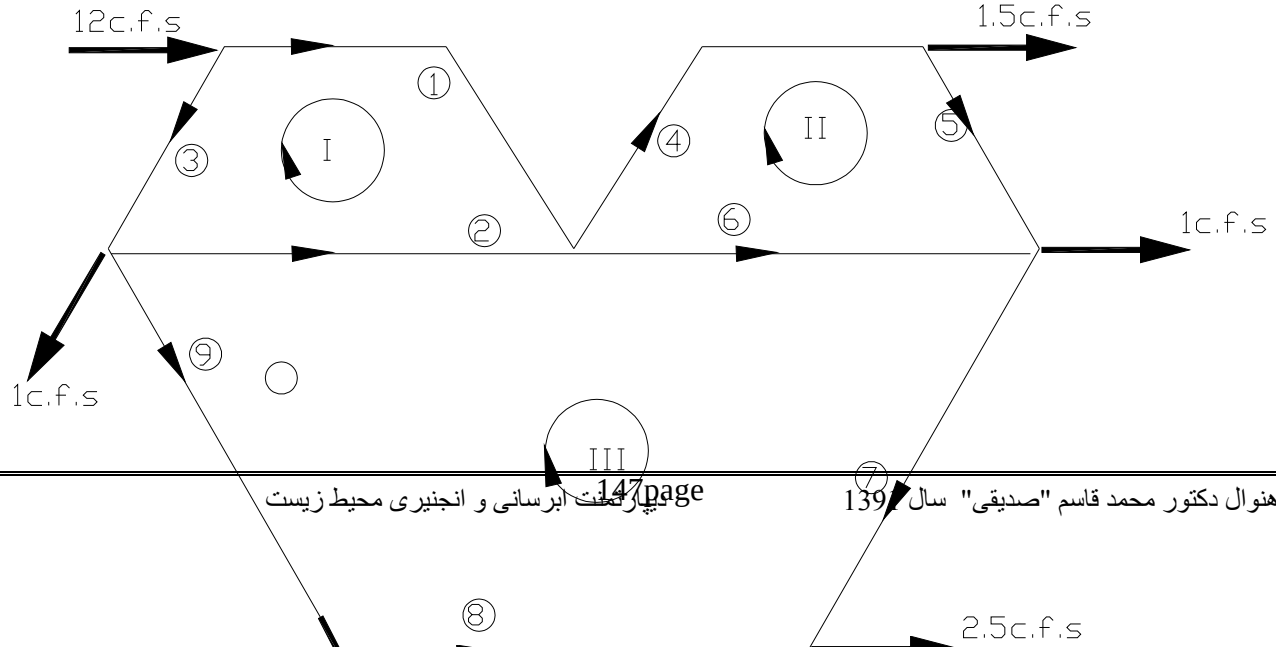
∑4.376 ∑-0.27

$$\Delta_{III} = -\frac{\Sigma h}{1.85\Sigma h / Q} = -\frac{-0.27}{1.85(4.376)} = 0.03$$



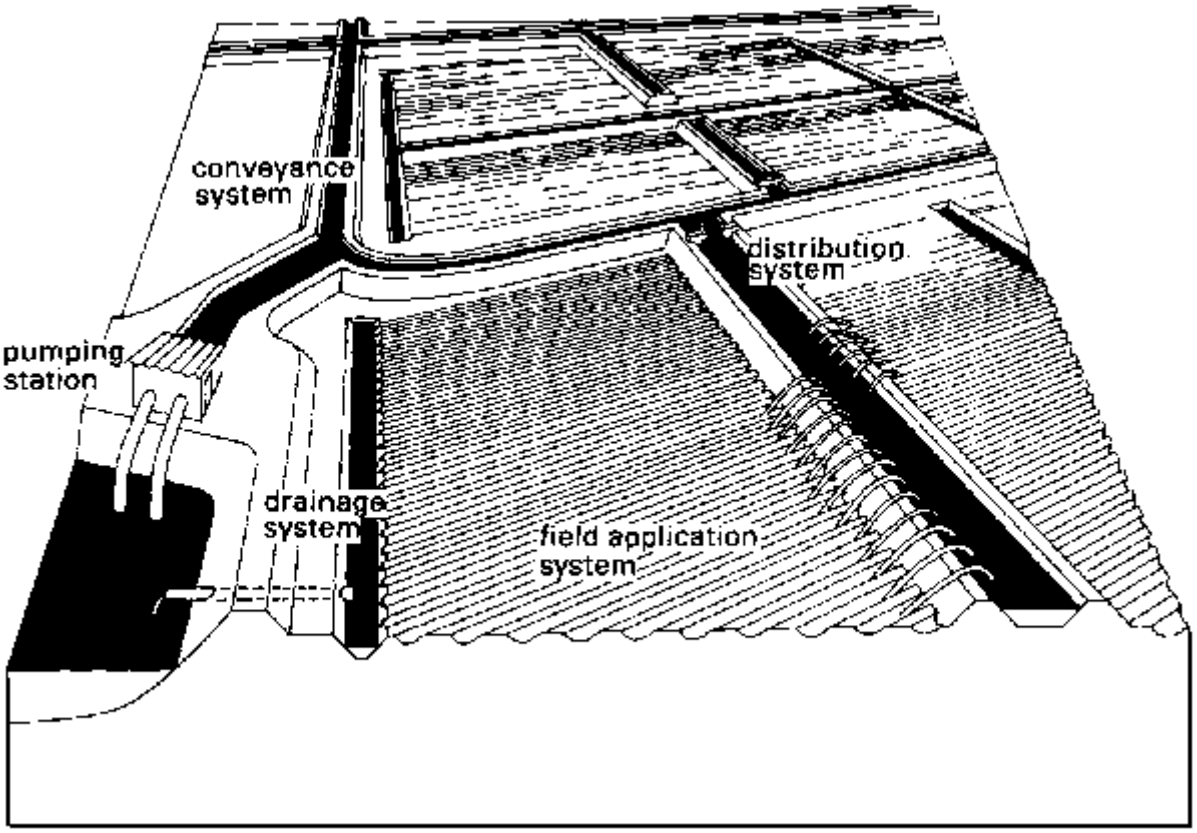
سیستم تقسیماتی شبکه


12c.f.s
A
B
D
E
1.5c.f.s
L=2000
ø=18″
L=2000
ø=12″
L=2500
ø=16″
L=2500
ø=18″
L=2500
ø=12″
L=2500
ø=8″
I
L=4000
ø=8″
C
L=4000
ø=10″
F
1c.f.s
1c.f.s
4c.f.s
ø=12″
L=3500
ø=10″
L=3500
L=4000
ø=6″
2.5c.f.s
H
G
2c.f.s

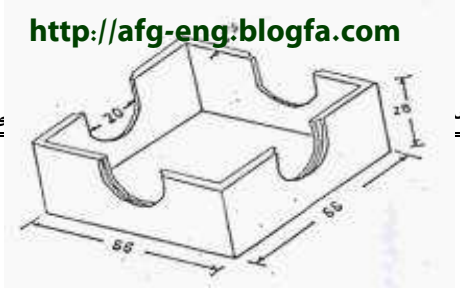

12c.f.s
1.5c.f.s
①
I
II
③
④
⑤
②
⑥
1c.f.s
1c.f.s
⑨
III
⑦
⑧
2.5c.f.s

فصل ششم
ساختمانـــــــــــــــــــها ی هایدرولیکی

انواع مختلف ساختمانهای هایدرولیکی در سیستم آبیاری ، آبرسانی ، فاضلاب ، مرکزگرمی ها به منظور انتقال مؤثر ، تنظیم ، اندازه گیری مقدار جریان ، حفاظت کانال از سیلاب و خطر جریان اب ضرور میباشد .ساختمانهای هایدرولیکی ایکه به منظور آبیاری بکار میرود نظر به توپوگرافی و نشانه سطح اب قرار ذیل تصنیف بندی میشود:



شکل 1. سیستم ابیاری ماشینی

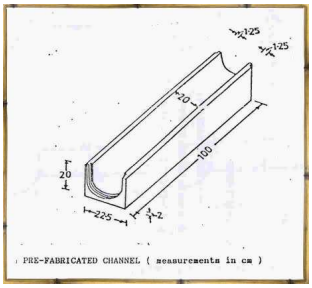


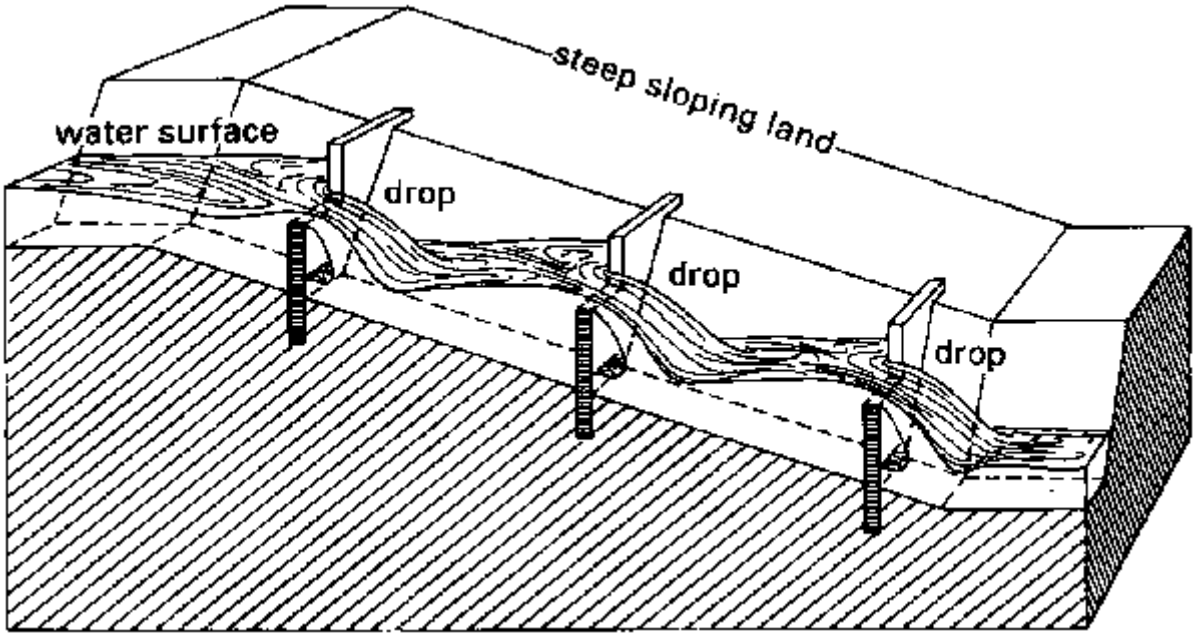
Conveyance Hydraulic structures. A ساختمانهای هایدرولیکی ناقل آب

هرگاه کانال باموانع مانند دریا , سیلبر , سرک , جر وغیره روبروشود درینصورت جهت انتقال آب ازموانع مذکور میتواند از ساختمانهای زیر استفاده گردد :

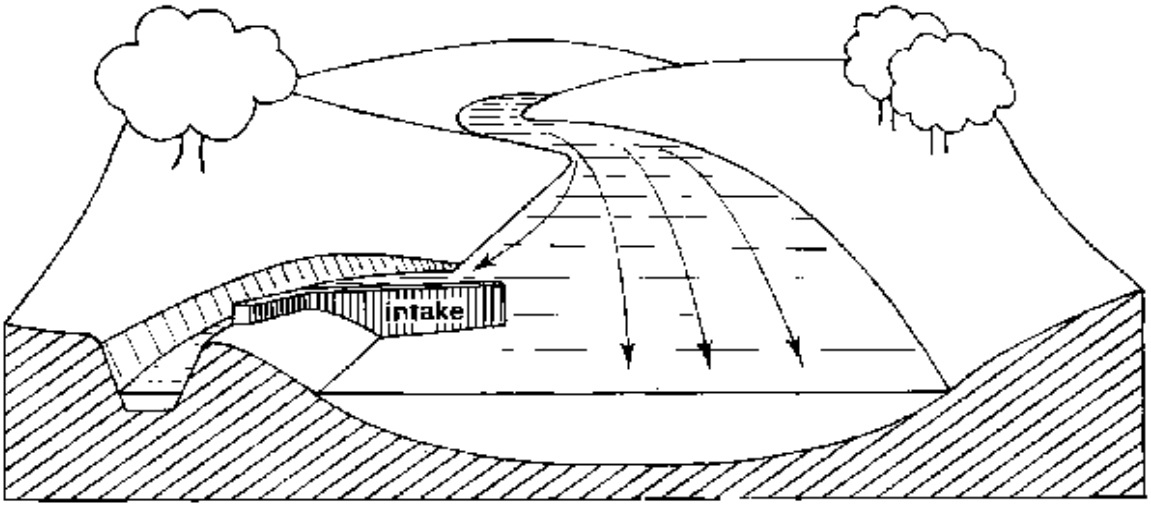
a: invert siphon سیفون معکوس
b: elevated flumes or aqueduct ترنآب
c:crossing pipe بلول یا نل کانکریتی و فلزی تحت سرک
d: chute and drop سریع الجریان و شرشره

!Error

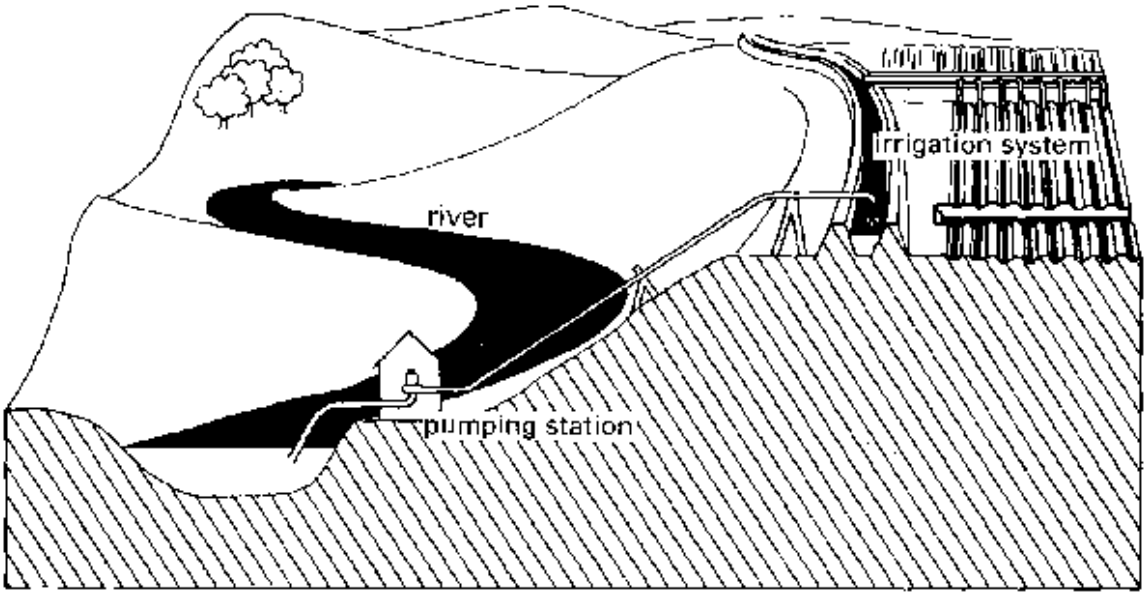




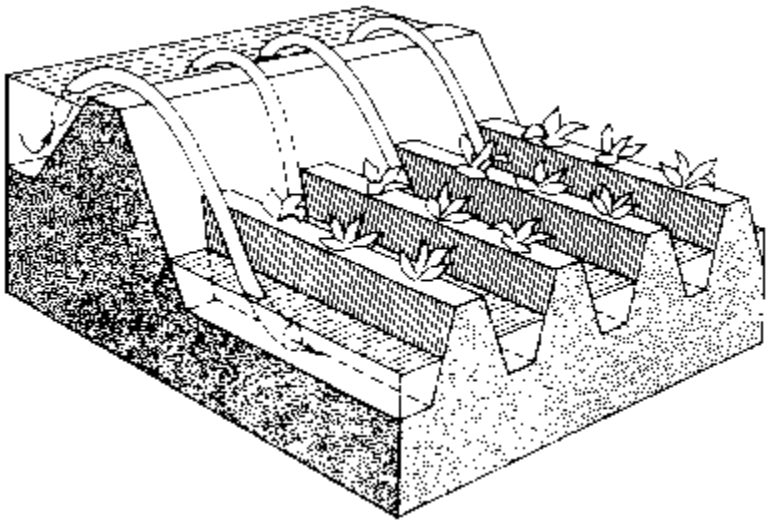
شکل 2 ساختمانهای شرشره



شکل 3. ساختمانهای ابگیر بالای دریا و یا کانال عمومی



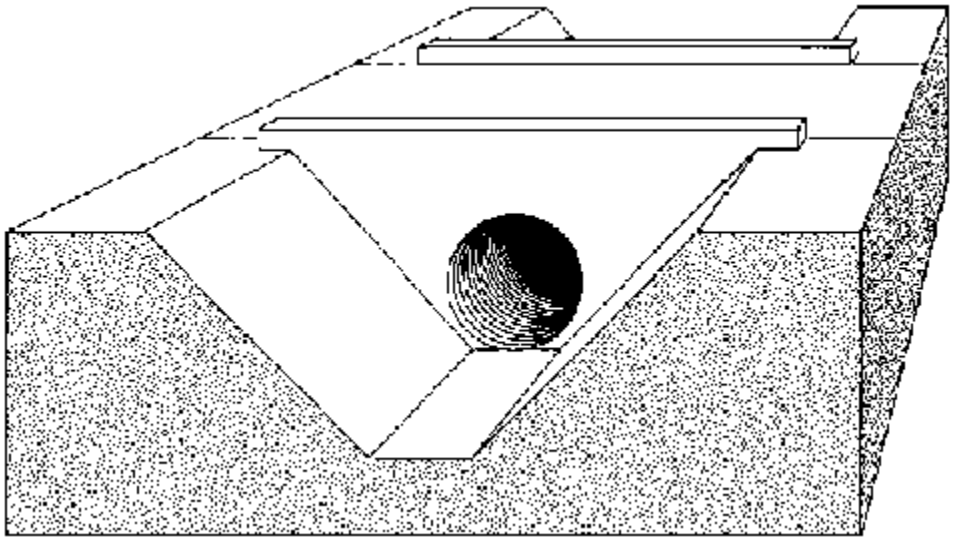
شکل 4. ابیاری ماشینی (توسط پمپ) از دریا



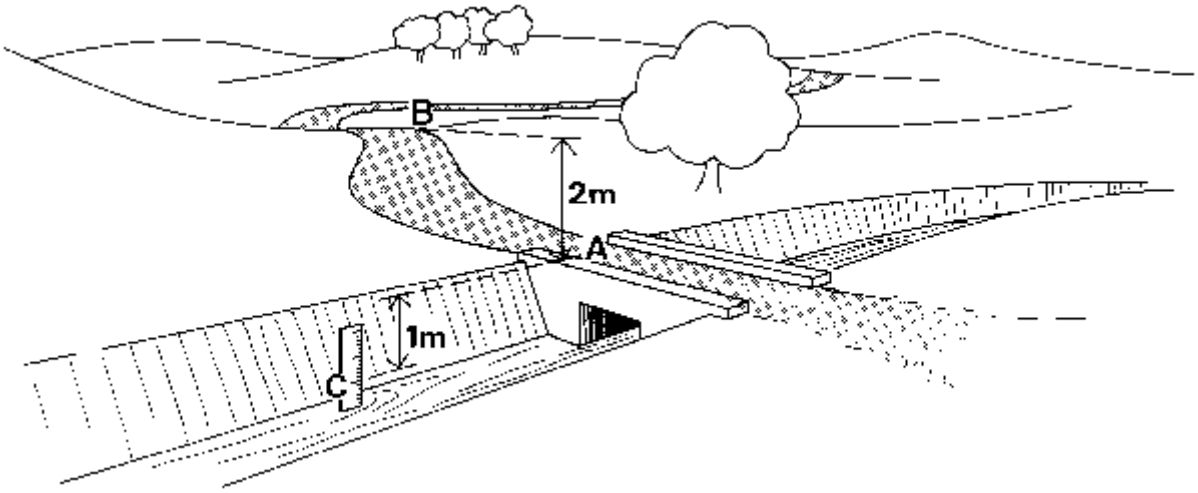
شکل 5. سیفون از کانال ساحوی به جویچه آبدهی

B: protective Hdyraulic structures ساختمانهای هایدرولیکی محافظتی

a: culvert پلچک
b: over chute or supper passage
c: drain inlet
d: waste way or spillway or escape
e: retaining walls



شکل 6. ساختمان بلول تحت سرک ویا پلچک

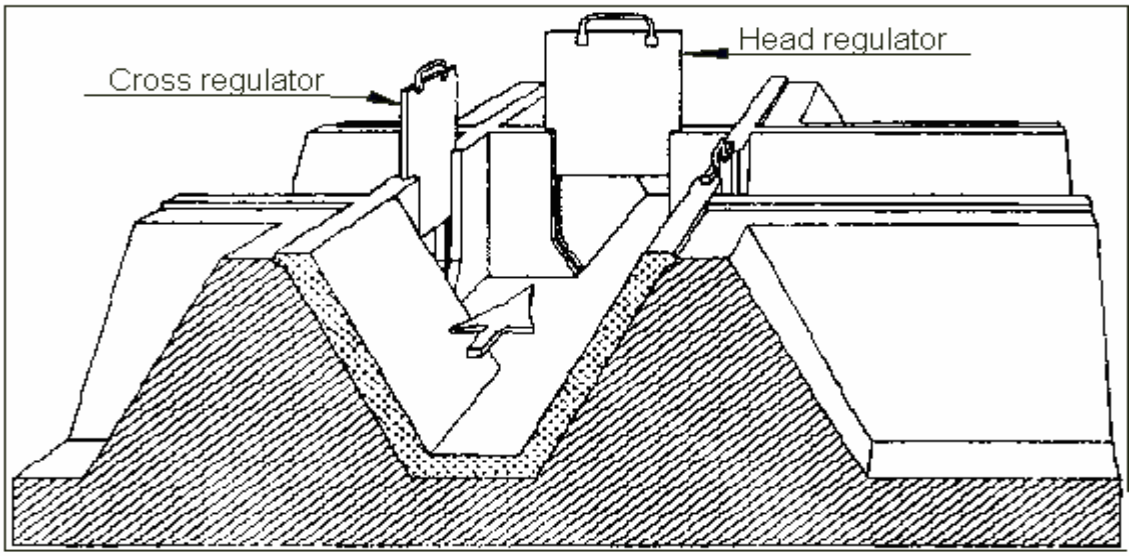


شکل 7. پلچک و خط کش اندازه گیری عمق

Regulating Hydraulic structures : C

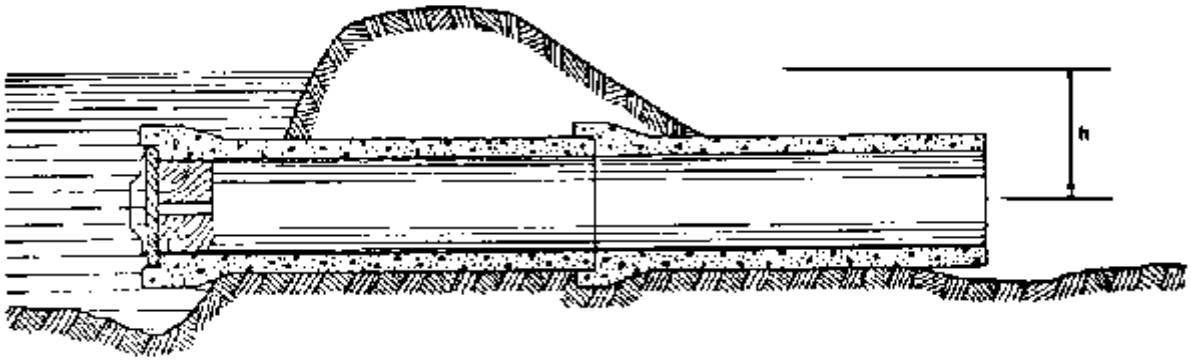
turnout or offtake or bifurcation structure (head regulator): a
checks (cross regulator):b
silt ejector or silt trap :c ساختمان شستشوئی (ترسبات قعری) وترسبگاه

کانال که از کانال عمومی آب میگیرند بنام head regulator وکانال که ازدیگرکانال ها آب میگیرند آنرا بنام cross regulator یاد میکنند .



شکل 8. ساختمانهای تنظیم کننده (تقسیم کننده) با سه دروازه

شکل 9. فوتوی تنظیم کننده ها بالای کانال برق در جبل السراج

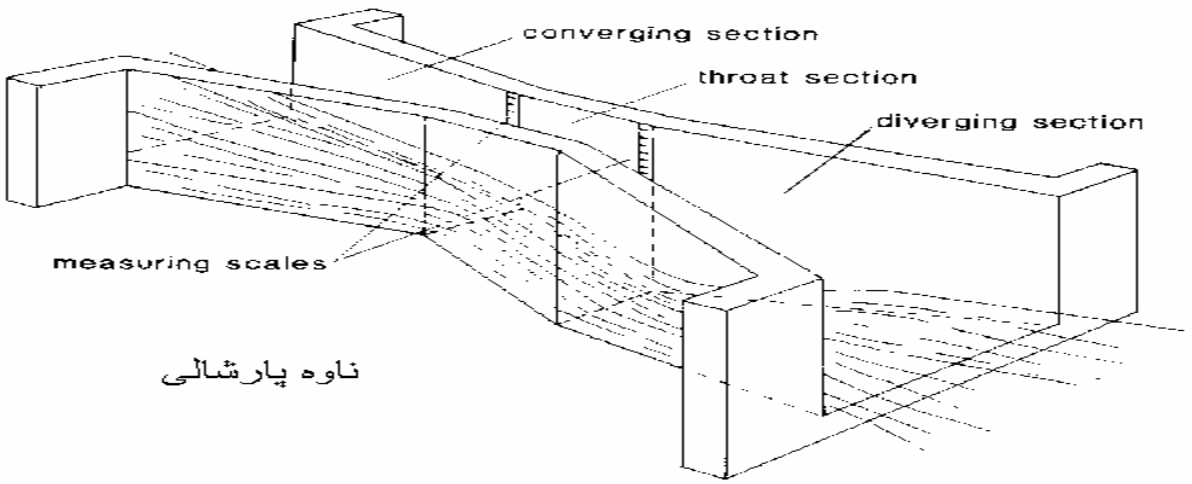


شکل 10. دهنه بالای کانال تقسیماتی درجه یک

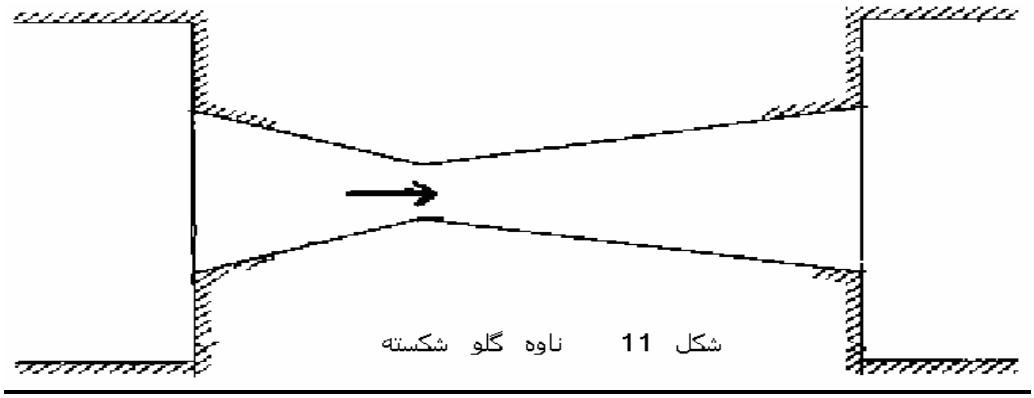
D: - water measurement Hydraulic structures

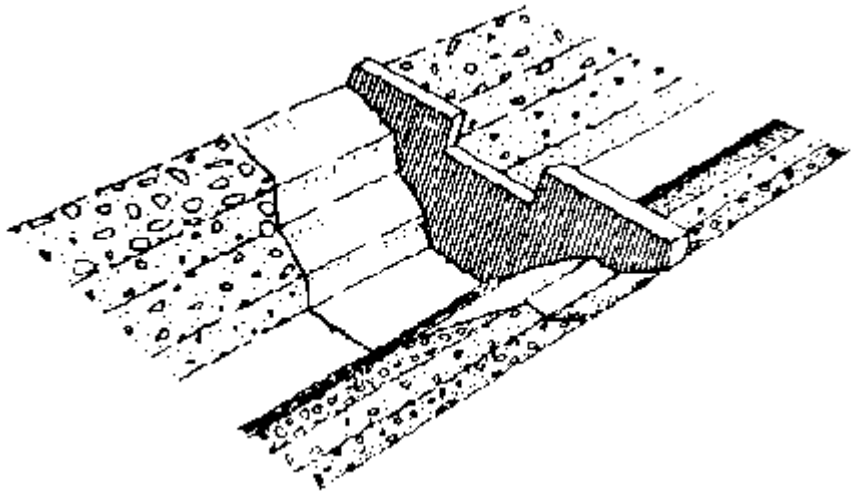
a: pashall flume(ناوه پارشالی (هدف ازاین ناوه دریافت نمودن ضایعات درسیستم است
b: constant head orifice ساختمانهای نوزل باسرکوب
c: noches –weirs روزنه (سوراخ) – آبریزه

ناوه پارشالی درشکل ذیل نشان داده شده است .



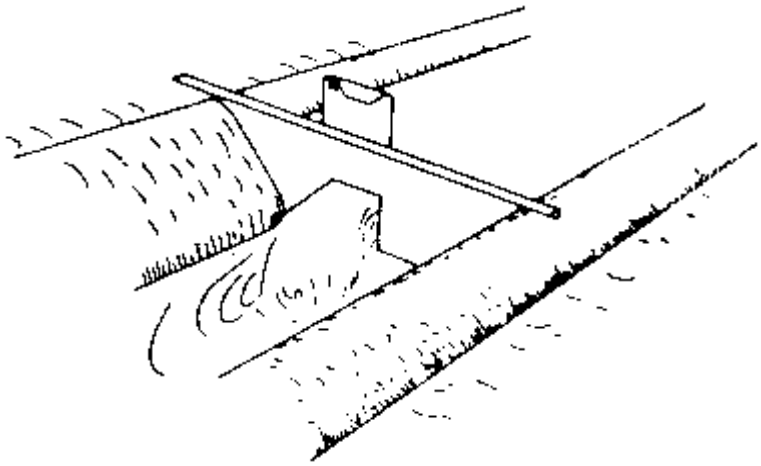
شکل 12. ناوه پارشالی برای اندازه گیری مقدار جریان اب



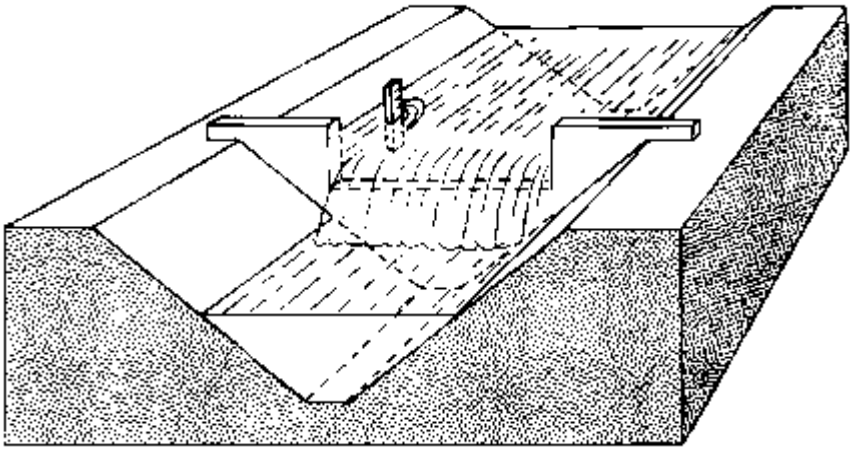


شکل 13. ساختمانهای ابریزه با جدار باریک برای اندازه گیری مقدار جریان آب

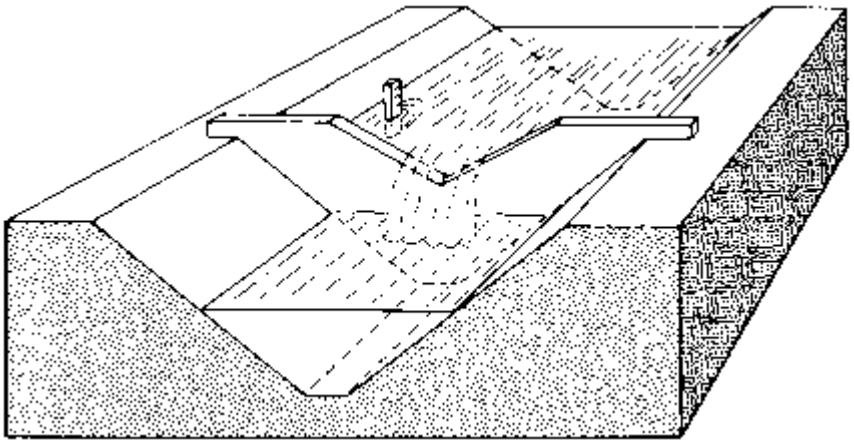
شکل 14. فوتوی ساختمانهای آبسنج از طریق سوراخ به شکل دایروی بالای کانال ساحوی



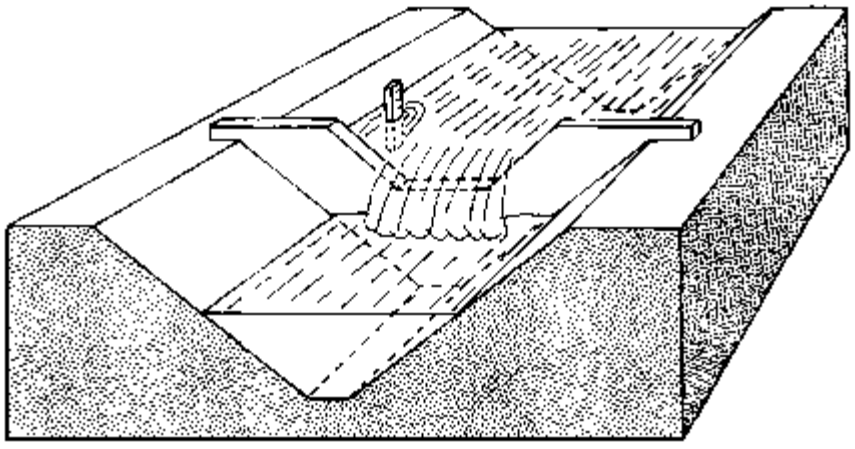
شکل 15. ساختمانهای آب سنج از تحت دروازه بالای کانال ساحوی



شکل 16. ساختمانهای ابریزه مستطیل شکل برای اندازه گیری آب



شکل 17. ساختمانهای ابریزه مثلثی شکل برای اندازه گیری آب



شکل 18. ساختمانهای ابریزه ذوذنقه ای شکل برای اندازه گیری آب

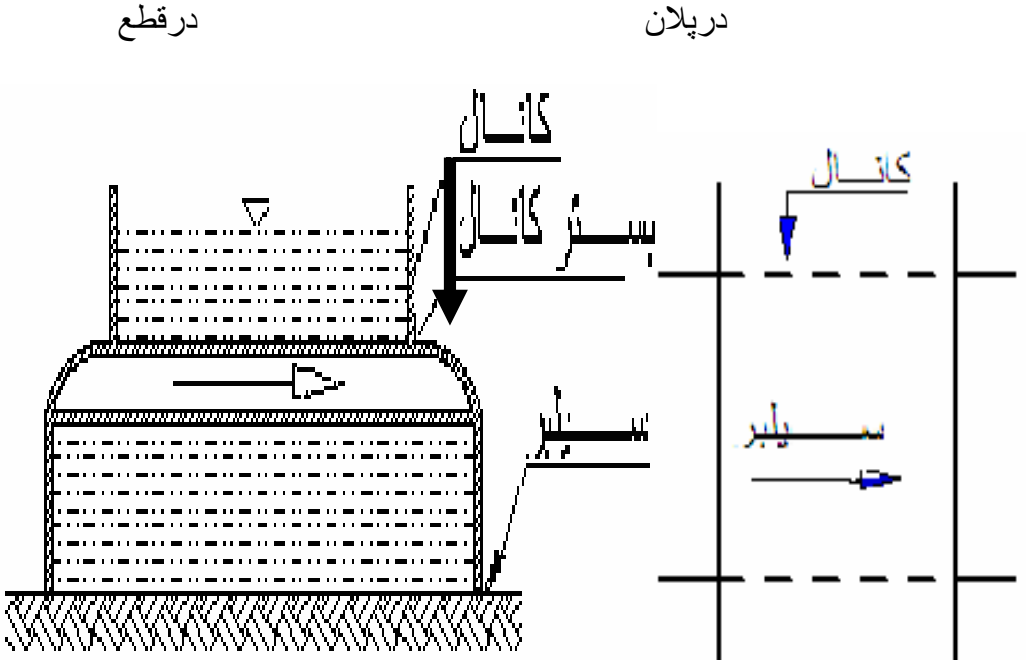
Conveyance Hydaulic structures:A ساختمانهای هایدرولیکی ناقل اب

ساختمانهای هایدرولیکی ناقل آب دریک سیستم آبیاری به اساس دوفکتوراساسی ذیل انتخاب میگردد.

1- ارتفاع نسبی بین نشانه کف کانال عبوردهنده آب ونشانه بستر سیلبر, دریا, جر وغیره
2- ارتفاع نسبی سطوح اعظمی آب درکانال عبوردهنده آب و سیلبرها , دریا , جر...

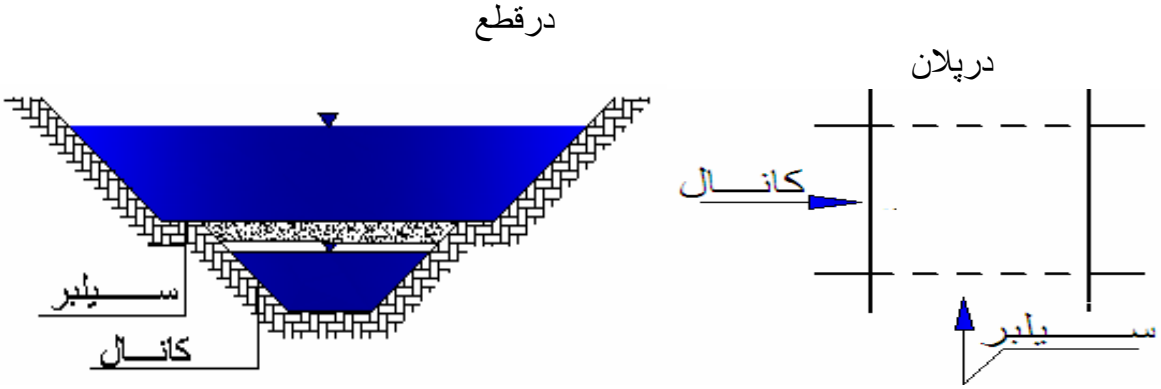
شرائط انتخاب ساختمانهای ناقل آب :

1- هرگاه بستر کانال نسبت به بستر سیلبر , دریا, جر ویا سرک بلند موقعیت داشته باشد از ساختمانهای aqueduct or elevated flumes (ترنابها) استفاده بعمل می آید شکل (1) .



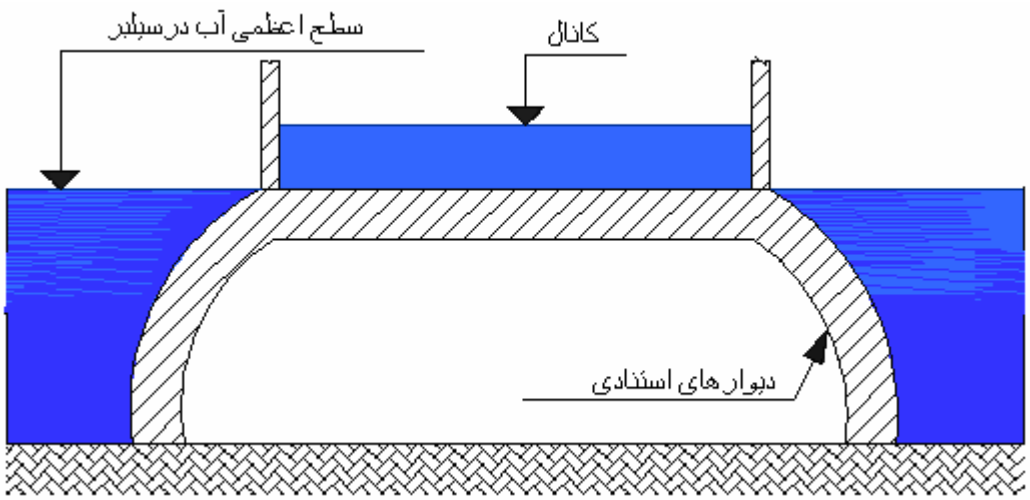
شکل 19. شیمای ساختمان ترناب

2- هرگاه بستر سیلبر از کانال بلند تر موقعت داشته باشد درآنصورت از ساختمانهای over chute- یا supper passage استفاده تعمل می آید . شکل (13)

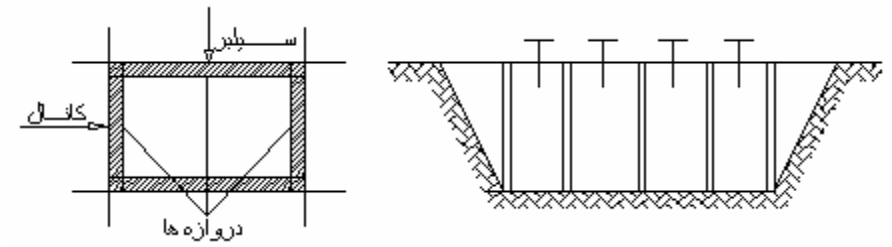


شکل 20. شیمای ساختمان سوپر پسیج
درصورتیکه دره ، دریا ویا سیلبر بسیار فراخ باشد وسطح بستر آنها نظر به سطح بستر کانال به مراتب پائین تر باشد درینصورت از سیفون های استفاده بعمل می آید .

3- هرگاه بستر کانال ازبستر سیلبر دریا , جر , کانال وغیره بلند موقعت داشته باشد اما سطح اعظمی آب درسیلبر بلند تراز بستر کانال قرار گیرد درآنصورت از ساختمانهای siphon-
Aqueduct(سیفون – ترناب) استفاده بعمل می آید.شکل (14).



شکل 21. ساختمان سیفون –ترنآب
4- هرگاه بسترسیلبرنظربه بستر کانال دریک سطح قرار گیرد درآنصورت از ساختمانهای Cross regulatorاستفاده بعمل می آید.شکل (14) .



شکل (22)

5- درصورتیکه بستر کانال نظر به بستر سیلبر یادریا پائین تر قرارداشته باشد اماسطح آب درکانال ازبستر سیلبر کمی بلند تراشد درآنصورت از ساختمانهای سیفون استفاده میگردد .
کلیه ساختماها بالای سیستم آبیاری به سه نوع دیزائن میگردد .

1- دیزاین هایدرولیکی Hydraulics Design
2- دیزاین ساختمانی Structural Design
3- دیزاین استواری (ستاتیکی) Stability Design

1- دیزاین هایدرولیکی Hydraulics Design

دردیزاین هایدرولیکی مسائل ذیل حل وفصل میگردد .

1. تعین مقدار جریان اعظمی درسیلبر , دریا , جر وغیره . میتواند ازفورمول زیر دریافت گردد .

$$Q_{max} = CIA \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (m^3/sec)$$

درفورمول فوق :

C- عبارت ازضریب جریان است که نظر به حالت جریان قیمت های آن متفاوت است قیمت های C طوری ذیل دریافت میشود .

- حالت جریان کم (low run off condition):

برای شدت بارنده گی (for intensity of rainfall 1-5 cm/hour) قیمت C مساوی است :

$$C = (0.0000854) \cdot (100,07)^{\log 10^I}$$

I –عبارت ازشدت بارنده گی به سانتی متر فی ساعت

درصورتیکه if I>5cm/hour پس درینصورت طوری ذیل محاسبه مینمائیم

$$C = (0.0001465) \cdot (46.54)^{\log I^7}$$

- درصورت که حالت جریان خفیف و یا اصغری باشد (Moderate runoff condition)درینصورت بارنده گی توسط فورمول ذیل دریافت میشود .

$$C = (0.0001649) \times (17.29)^{\log I^8}$$

- درصورت که حالت جریان متوسط باشد (average runoff condition)

$$C=(0.002521) \times (5,69)^{\log 10^I}$$

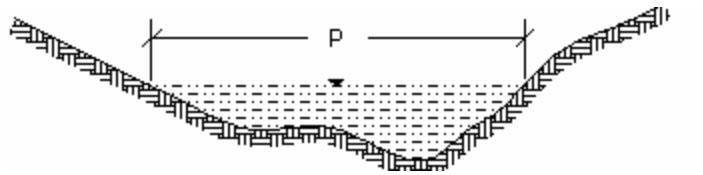
- حالت جریان اعظمی (High runoff condition)

$$C=(0.005601)\times(3,265)^{\log 10^{9}}$$

2- نشانی نمودن ویا تثبیت نمودن سطح اعظمی آب درسیلبر , دریا ویا جر نظر به H_{max} و Q_{max}

3- تثبیت عرض آبریز سیلبر , دریا وغیره توسط فورمول ذیل

$$P = 4,75\sqrt{Q_{max}}$$



شکل 23. تثبیت عرض ابرو

تثبیت عرض ابریز سیلبر به منظور تعیین تعداد وایه ها وپایه ها صورت میگیرد :

4- تثبیت عرض قسمت دخولی سیفون ویا ترسبات که به شکل تدریجی کم میگردد .همچنان تثبیت عرض خروجی ترناب و بعضآ سیفون که به شکل تدریجی فراخ میگردد .

5- تعین سرکوب مکمل درسیفون (بادرنظرداشت ضایعات مجموعی)وتثبیت ارتفاع هندسی سطوح اب درقسمت فوقانی وتحتانی

2 – دیزاین ساختمانی Structural Design

دردیزاین ساختمانی مسائل ذیل حل میگردد :

1- تعین ابعاد مقطع (طول .عرض . قطر)
2- تعین مقدارفولاد وکانکریت
3- دیزاین پایه ها Design of peirs
4- دیزاین تهدابها Design of footing

3- دیزاین استواری Design of stability

دردیزاین استواری مسائل ذیل حل و تعیین میگردد :

1- کنترول درلغزش .
2- کنترول درچپه شدن .
3- کنترول درکشش دراساس .
4- نشست .

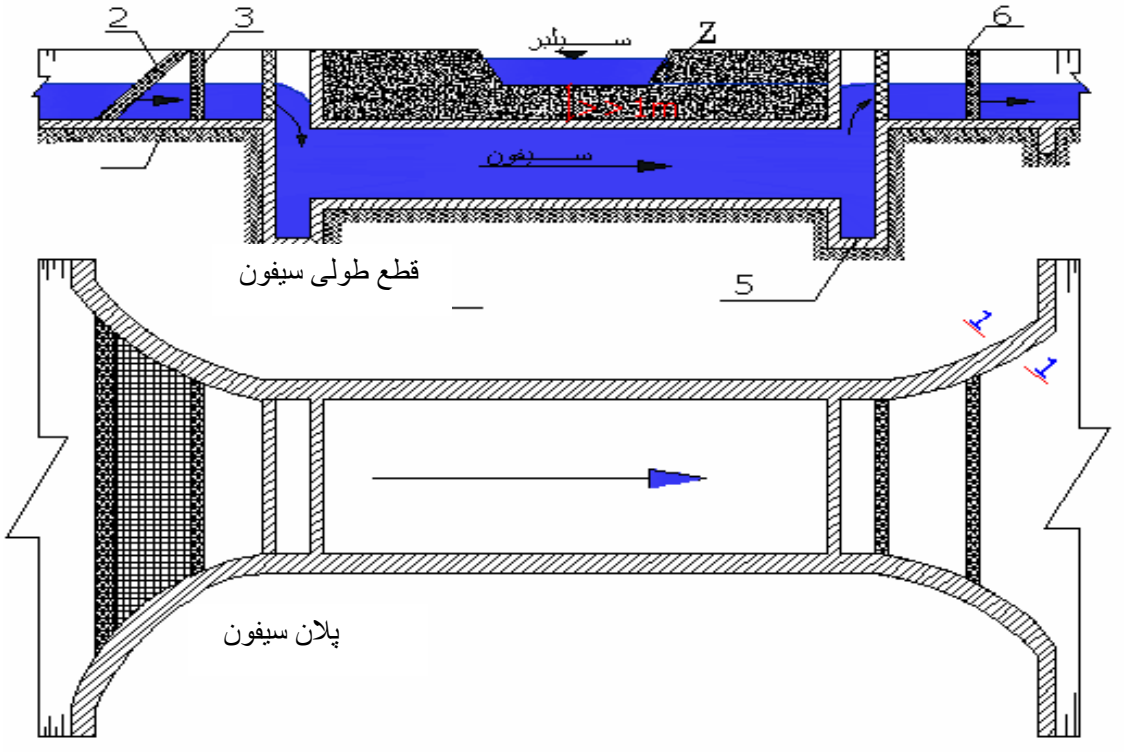
سیفون ها (برق ها)Siphons

برق ها عبارت از نل های تحت فشار Head است که در صور ت تقاطع کانالها با سرکها ، جرها ، دریاها ، خطوط ریل ، کانالها اعمار میگردد برق ها (سیفونها) به عوض ترناب ها دردرهای فراخ , وسیع وعمیق که اعمار ترناب مشکل باشد ساخته میشود .

سیفونها ازکانکریت , آهن کانکریت , چوب وفولاد تهیه میگردد , برقها کانکریتی بامقطع عرضی دائروی وباسرکوب m (3-5) وبرق های اهن کانکریتی باسرکوب m (50 -5) وبعضا" تا شصت متر وبرق های فولادی باسرکوب های بیشتر از پنجاه متر استعمال میگردد.
برق ها میتوانند بامقطع عرضی دائروی ومستطیلی تهیه گردد (اما خوبتر آن دائروی است زیرا قوه ها رابه محیط خود تقسیم مینماید) .
برق ها نظربه عناصر ساختمانی آن به برقها صوف نما , منحنی الخط وسرباز تقسیم میگردد.

برق های صوف نما باسرکوب :
برق های صوف نما با سرکوب m(3-5) تهیه گردیده , قسمت دخولی وخروجی این برق ها ترسبگاه برای مواد رسوبی جهت ته نشین شدن ودفع نمودن آن مدنظر گرفته میشود .
درموقع پاک کاری برق دروازه تحتانی و فوقانی آن مسدود میشود .
برای پاک کاری درست نل افقی برق وترسب گاها باید سیفون خالی ازآب گردیده واب ازسربند متوقف گردید ه ودروازه ها مسدود باشد.

شکل 24. اکسنومتری برق منحنی الخط



شکل 25. برق صوف نما : الف قطع طولی ، ب . پلان درشکل فوقانی
1- دامن

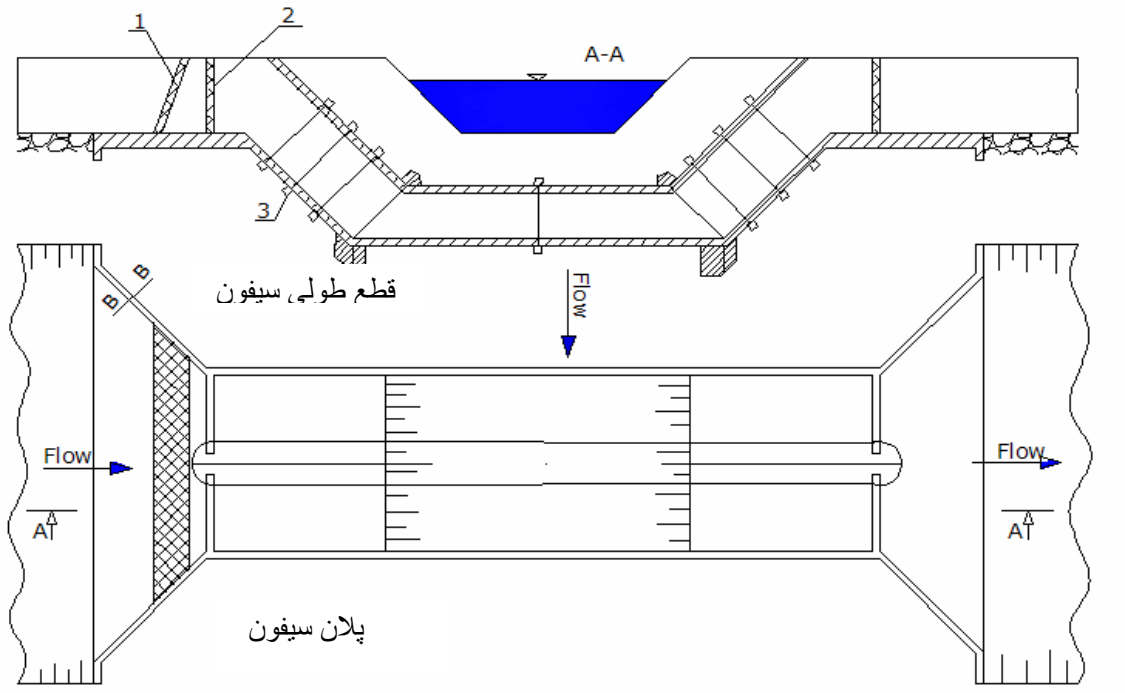
2- جالی گیرینده کثافات
3- شاندور (دروازه ای است که درجای آن تخته فلزی وچوبی نصب میشود)

4- چاه درقسمت دخولی ترسبی
5- چاه درقسمت خروجی
6- دروازه

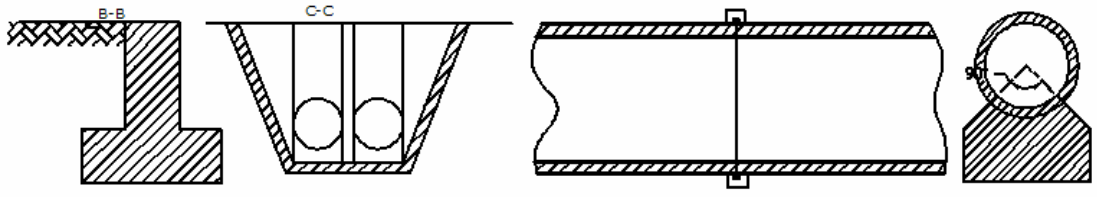
زمانیکه دروازه ها مسدود باشد جریان مسدود میگردد درینصورت چاهای ترسبی راپاک کاری میگردد .
برای پاک کاری درست نل افقی برق وترسب گاها باید برق خالی ازآب گردیده وآب ازسربند متوقف گردیده ودروازه ها مسدود باشد .درقسمت پیشروی برق باید جالی مانع کثافات نصب گردد

سیفون های (برق ها) منحنی الخط :

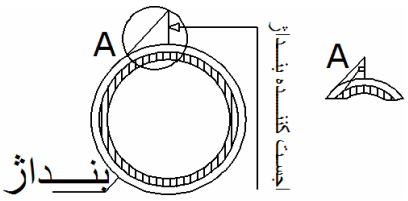
درصورت سرکوب های بیشتر از 5 متر برقهای منحنی الخط با مقطع عرضی مدور ومستطیلی ازآهن کانکریت , کانکریت , چوب وفولاد استفاده میگردد .
دردره های عمیق وعریض بهتر است ازبرق های منحنی الخط استفاده گردد .
عموما" نلهای برق منحنی الخط بالای قشر آماده گی به اندازه t=(8-12) cm ازکانکریت ضعیف مارک 100 گذاشته شود .شکل ذیل .



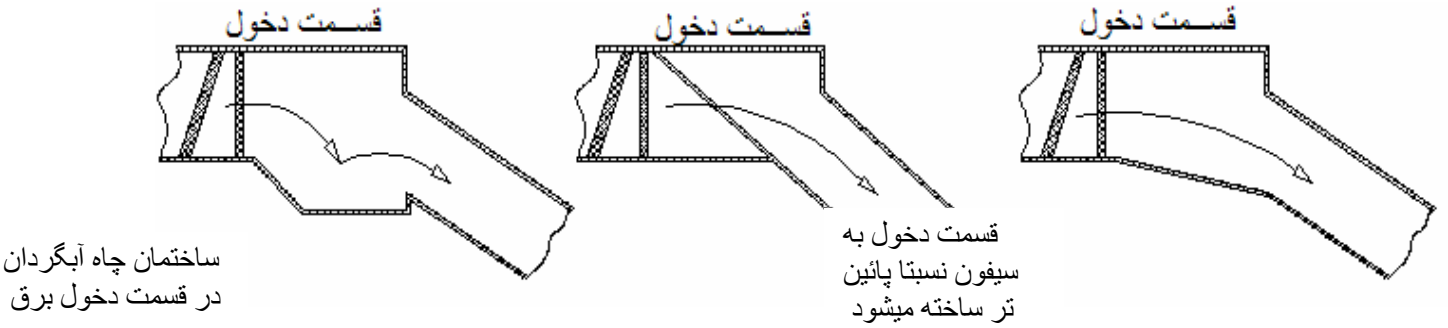
شکل 26. برق منحنی الخط :
1- جالی 2- دروازه 3- اتکاءکانکریتی 4- اتکاء 5- بولدر



α=95-180(زاویه احاطوی است)
شکل 27.

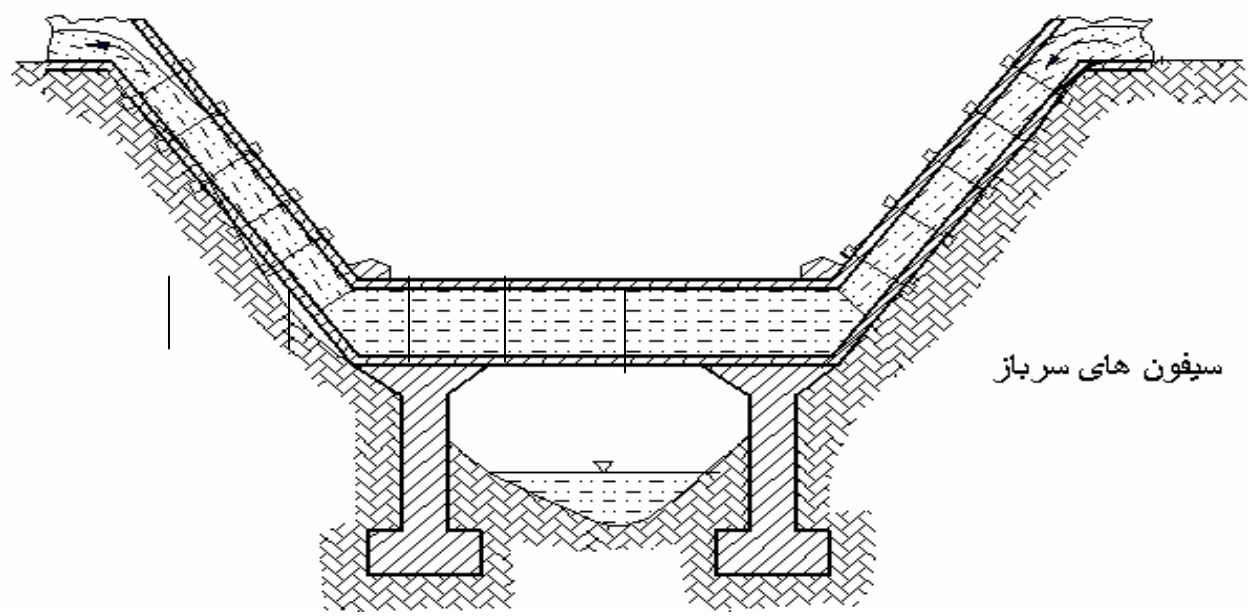


نظر به مقدارجریان این نوع برق ها میتوانند از(3-2) خاده نل موازی تشکیل گردد .
اتکاءها بعداز فاصله (4-2) متر درنظر گرفته میشود .
زاویه احاطوی اتکاءهای کانکریتی خصوصا" درقسمت های کج گردشی بین (180-95) درجه درنظر گرفته میشود .
عموما"طول نل های کانکریتی بین (2-1) متر ساخته میشود , درقسمت دخول جالی گیرینده کثافات ودروازه به منظور قطع آب در سیفون وپاک کاری آن درنظر گرفته میشود .
درسیفون های منحنی الخط که طول آنها به چند صد متر میرسد قسمت دخول آن بخاطر جلوگیری ازخیزهایدرولیکی چاه آبگردان ومیله های نصب میگردد.
در زمان طرحریزی برق های طویل که در صورت مقدار جریان متغیر کار میکند ، لازمست که در ساختمان آن به خاطر جلوگیری از تشکیل خیز هایدرولیکی قسمت های دخولی سیفون ها میتواند نظر به اشکال زیر دیزاین گردد:



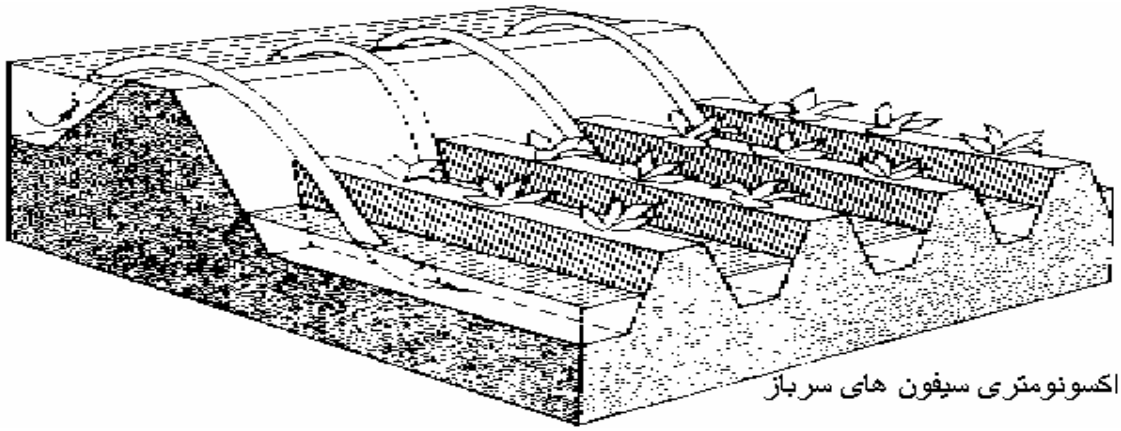
شکل 28 . قسمت های دخول به سیفون ها

سیفون های سرباز :
دردره های کم عرض وعمیق همچنان سواحل صخره ئی واقلیم خشک میتوانند ازبرق های سرباز استفاده گردد .
معمولا"انن نوع برق ها ازفولاد ویاچوب ساخته میشود , برق های سرباز که از تخته های چوبی ساخته میشوند ضخامت تخته های آن cm(12-8) طول آن m (6-4) وتخته های مذکور بعد از m (6-4) توسط بندا ژهای فلزی محکم میگردد.
عموما"تخته های چوبی ازچوب کاج وصنوبر که درجه سختی آنها بالا بوده و کثافت آن نیز بلند باشد درنظرگرفته میشود .

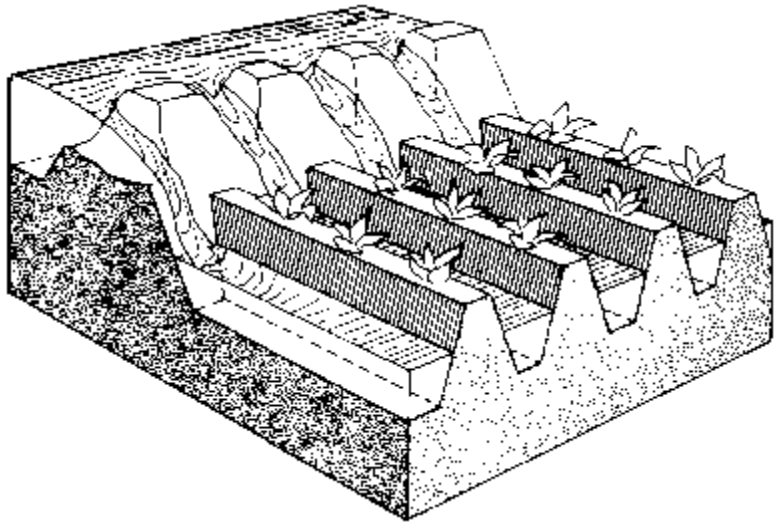


شکل 28 . سیفون سرباز

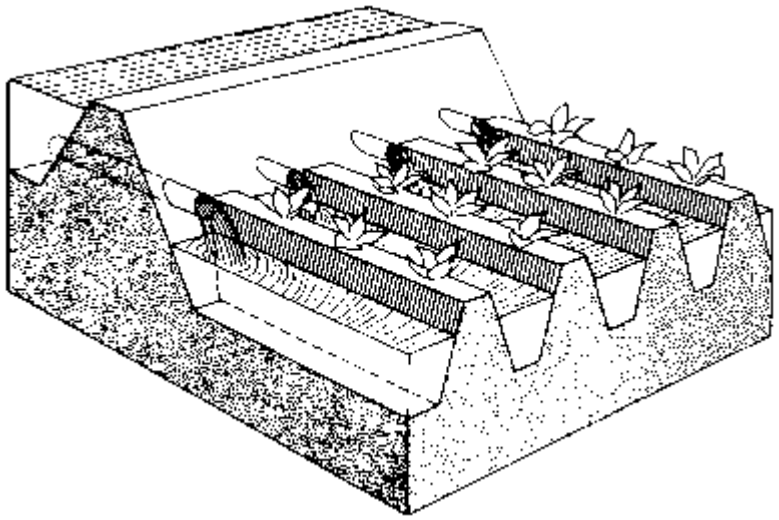
شکل 29. فوتوی از نوع سیفون



شکل 30 . سیفون جهت اخذ اب از کانال ساحوی به جویچه های آبدهی



شکل 31. دهنه از ابرسان موقتی به جویچه های ابدهی از طریق کنارهای جانبی کانالهای مؤقتی



شکل 32. طرز انتقال آب از آبرسان مؤقتی به جویچه های ابدهی از طریق نلهای کوتاه و یا بلول ها

محاسبات هایدرولیکی سیفون ها :

سیفون ها که طول آنها به چند صد متر ودارای سرکوب بیشتر از 5m میباشد , به اساس مقدارجریان اعظمی محاسبه گردیده وبه اساس مقدارجریان اصغری کنترول میگردد .
اما سیفون های کوچک صرف به اساس مقدار جریان اعظمی کنترول محاسبه میگردد.

دردیزائن سیفون ها ارقام ذیل ضرورت است :
1- پلان توپوگرافی ساحه به مقیاس 1:100 الی 1:500 ومنحنیات بعد از 0,1 الی 1m
2- نشانه کف سیلبر , نشانه سطح اعظمی آب درسیلبر وعرض ابرو سیلبر ودریا
3- نشانه بستر کانال درقسمت دخول وخروج , نشانه سطح اعظمی آب وحریم کانال درقسمت دخول وخروج.
4- مقاطع عرضی سیلبر بعد از 5m که سواحل سیلبر راالی کانال دخولی وخروجی دربرگیرد.
5- درهر مقطع عرضی از(10-15)نقطه درنظرگرفته میشود .
6- تثبیت نوع خاک سواحل وکف سیلبر (چون برای پایه ها عمق شستشو دریافت گردد)
7- مقدارجریان کانال عمومی ومقدارجریان سیلابی درسیلبر
8- مساحت عمومی ساحه آبگیر سیلبر ودریا درمحور مطالعه .
9- ارقام متورولوژیکی (بارنده گی , تبخیروتعرق , درجه حرارت , ساعات روزهای آفتابی , مقدارتشعشعات آفتابی و سرعت وزش باد)

مقدارجریان سیفون به اساس فومول ذیل تعین میگردد.

$$Q=\mu\times F\times\sqrt{2gZ}.....(m^3/sec)$$

درفورمول فوق الذکر :
μ - ضریب مقدارجریان
F - مساحت مقطع زنده
Z - تفاوت سطوح آب درقسمت فوقانی وتحتانی
ضایعات مکمل درسیفون های منحنی الخط ازرابطه ذیل دریافت میگردد.

$$Z \geq \sum h=(hinlet+2hb+hout+hfri+htranshra)$$

hinlet - ضایعات درمقطع دخولی
hb - ضایعات درکج گردشی های سیفون
hout - ضایعات درمقطع خروجی
hfri - ضایعات دراصطکاک
htranshra - ضایعات درجالی
10 – عرض قسمت دخول (فراخ شده) ودرقسمت خروج محاسبه گردد.

محاسبات هایدرولیکی سیفون ها

دردیزائن سیفون ها باسه نوع مسائل عملی روبرومیگردیم .
1- مقدارجریان , طول سیفون , وقطرسیفون داده شده .ضایعات مجموعی درسیفون دریافت میگردد.
2- مقدارجریان , طول سیفون , ضایعات مجموعی داده شده . قطرسیفون دریافت میگردد.
3- طول سیفون ,, ضایعات مجموعی , وقطرسیفون داده شده مقدارجریان دریافت میگردد.
میدانیم که اندازه ضایعات درسیفون ها با استفاده ازرابطه ذیل دریافت میگردد.

$$\sum H=(hinlet+2hb+hout+hfri+htranshra)<Z$$

دررابطه فوق الذکر

1) –ضایعات درقسمت دخول طوری ذیل دریافت میگردد.

$$hinlet=K_{inlet}\left(\frac{V_1^2}{2g}-\frac{V_2^2}{2g}\right).....(m)$$

درفورمول فوق الذکر:

K_{inlet} - ضریب ضایعات درقسمت دخول که $K_{inlet}=0,3$ قبول میگردد.

V_1- سرعت درقسمت دخول سیفون که بصورت عموم بین $V_1^2=(2\div 4)m/\sec$ قبول میگردد.

V_2- سرعت درقسمت دخول وخروج سیفون (قسمت فوقانی وتحتانی).

2) – ضایعات درقسمت کج گردشی سیفون وتوسط رابطه ذیل دریافت میگردد :

$$H_b=F\left(\frac{V^2}{2g}\times\frac{\varphi}{180}\right).....(m)$$

دررابطه فوق الذکر:

F - عبارت ازضریب است که قیمت آن توسط رابطه $F=0,124+3,104\left(\frac{S}{2R}\right)^{1/2}$ دریافت میگردد

ϕ - زاویه کج گردشی که درحدود $\phi=(30\div 180)^0$ گرفته میشود

V- سرعت آب درسیفون.

R - عبارت ازشعاع کج گردشی نل ودارای دروحالت ذیل بوده .

1- درصورت که مقطع سیفون دائروی باشد قطرنل سیفون رانشان میدهد.

2- درصورت که مقطع سیفون مربعی یا مستطیلی باشد عرض قسمت تحتانی سیفون رانشان میدهد.

3)- ضایعات دراصطکاک :

ضایعات دراصطکاک درطول سیفون توسط رابطه ذیل دریافت میگردد:

$$H_{fr}=L\left(\frac{V^2\times n^2}{R^{4/3}}\right).....(m)$$

دررابطه فوق الذکر:

V- عبارت ازسرعت آب درسیفون
n - ضریب درشتی نل که مربوط به نوعیت مواد نل سیفون بوده وقیمت آن برای کانکرت درحدود $n = (0,013 \div 0,015)$ درنظر گرفته میشود
R - عبارت ازشعاع هایدرولیکی مقطع سیفون بوده

4)- ضایعات درقسمت خروج:
ضایعات درقسمت خروج ازرابطه ذیل دریافت میگردد

$$houtlet=K_{outlet}(\frac{V_1^2}{2g}-\frac{V_2^2}{2g}).....(m)$$

دررابطه فوق الذکر:

K_{outlet} - ضریب ضایعات درقسمت دخول که $K_{inlet} = 0,5$ قبول میگردد

V_1- سرعت آب درقسمت دخول سیفون که بصورت عموم بین $V_1^2 = (2 \div 4)m/\sec$ قبول میگردد .

V_2- سرعت در کانال درقسمت تحتانی .

5)- ضایعات درجالی:
ضایعات درجالی توسط رابطه ذیل دریافت میگردد:

$$H_{Trashrak} = 0,316(\frac{V \cdot T}{D}) \cdot (\sin A)(\sec^{15/8} B).....(m)$$

دررابطه فوق الذکر:

T- ضخامت سیخ های جالی را $T = 2cm$ درنظرمیگیرند .

D - عبارت ازفاصله بین سیخ های (ازیک مرکزقطر الی مرکزقطر دیگرسیخ که درحدود الی $20cm$ درنظرگرفته میشود .

A - زاویه میلان سیخ ها نظر به محورافقی .

B - زاویه میلان افقی سیخ ها نظر به محورافقی که مساوی به صفربود .

قیمت های ضریب مقدار جریان و ضریب سرعت نظر به نوعیت آستانه آبریزه در جدول زیر درج است:

نوعیت آستانه	ضریب مقدارجریان	ضریب سرعت
آستانه مستطیلی درشتی دار	0.3	0.78-0.76
آستانه مستطیلی لشم	0.32	0.84
آستانه با دخول منحنی قبرغه دار	0.35	0.93
آستانه ایکه کاملا مدور باشد	0.37	0.98
آبریزه قعری بدون آستانه	0.38	0.99

قسمت دخولی از کانال به سیفون و ترناب 2 در 1 و قسمت فراخ شد ه 3 در 1 رسم میگردد

مثال عملی :

سیفون کانکریتی بامقطع مستطیلی که قابلیت عبوری آن $Q=3,8m^3/\sec$ است بادرنظرداشت ارقام اولیه ذیل ضایعات کلی را درسیفون موردنظر دریابید؟

ارقام اولیه :

عرض مقطع مستطیلی سیفون $b_{syp}=1,2cm$, عرض کف کانال $b_c=3m$

عمق آب درقسمت دخولی کانال $d_c=1,5m$, زاویه گردش $\Phi=30^0$

ضریب درشتی $n=0,0025$ که ازجدول نظربه نوعیت مواد سیفون اخذگردیده اند

میلان نشیب جانبی $S(Slope)=1:2700$, $SS(sideSlope)=1,5$

شعاع گردش $R=3,5m$ طول سیفون 60 m

نشانه کف کانال درقسمت فوقانی وتحتانی $\nabla U/s=202,5, \nabla D/s=200,0$

حل سوال :

1)- سرعت آب ر ادرقسمت دخول محاسبه مینمائیم :

$$length-ofcontraction-transition=\frac{Bc-Bf}{2}\times 2$$

حالا سرعت $V_1=2,5m/\sec$ راقبول نموده وبا استفاده ازرابطه ذیل ارتفاع سیفون راازتخته پوشش تحتانی الی تخته پوشش فوقانی دریافت مینمائیم .

$$Q=F\times V_1 \Rightarrow V_1\times h_{syp}\times b_{syp} \Rightarrow h_{syp}=\frac{Q}{V_1.b_{syp}} \Rightarrow \frac{3,8}{2,5\times 1,2}=1,27m\cong 1,3m$$

حالا سرعت حقیقی درسیفون دریافت مینمائیم .

$$V_1^{real}=\frac{Q}{F} \Rightarrow \frac{3,8}{1,3\times 1,2}=2,43m/sec$$

2)- ضایعات درقسمت دخول دریافت مینمایم .

$$hinlet=K_{inlet}(\frac{V_1^2}{2g}-\frac{V_2^2}{2g}) \Rightarrow 0,3(\frac{2,43^2}{2\times 9,81}-\frac{0,48^2}{2\times g})=0,086m$$

3)-ضایعات درقسمت کج گردشی رادریافت مینمائم :

$$H_b=F(\frac{V^2}{2g}\times\frac{\varphi}{180}) \Rightarrow F=0,124+3,104(\frac{1,2}{2\times 3,5})^{1/2}(\frac{2,43^2}{2\times 9,81}\times\frac{30^0}{180})=0,0706m$$

4)- ضایعات دراصطکاک رادریافت میداریم :

$$R=\frac{A}{P} \Rightarrow \frac{b\times h}{b+2h}=\frac{1,56}{3,8}=0,410$$

$$H_{fr}=L(\frac{V^2\times n^2}{R^{4/3}}) \Rightarrow 60(\frac{2,43^2\times 0,015^2}{0,41^{4/3}})=0,265m$$

5)– ضایعات درجالی دریافت مینمائم:

$$H_{Trashrak} = 0,316(\frac{V\times T}{D})\times(\sin A)(\sec^{15/8}B) \Rightarrow 0,316(\frac{2,43\times 2}{20})\times(\sin 75)(\sec^{15/8}0) = 0,018$$

6)– ضایعات درخروج کانال دریافت مینمائم :

ضایعات درخروج کانال توسط رابطه ذیل محاسبه مینمائیم :

$$H_{outlet} = K_{outlet}(\frac{V_1^2}{2g} - \frac{V_2^2}{2g}) \Rightarrow 0,5(\frac{2,43^2}{2\times 9,18} - \frac{0,48^2}{2\times 9,18}) = 0,092m$$

ضایعات مکمل درسیستم مساوی میشود :

$$\sum H = (0,087 + 2\cdot 0.07 + 0,092 + 0,41 + 0,018) = 0,65m \le Z$$

$$\Rightarrow 0,65m \le (202,5 - 200) = 2,5m$$

درصورت که تفاوت $\sum H$ و Z ناچیزباشد درآنصورت ارتفاع ذخیره وی(freeboard)

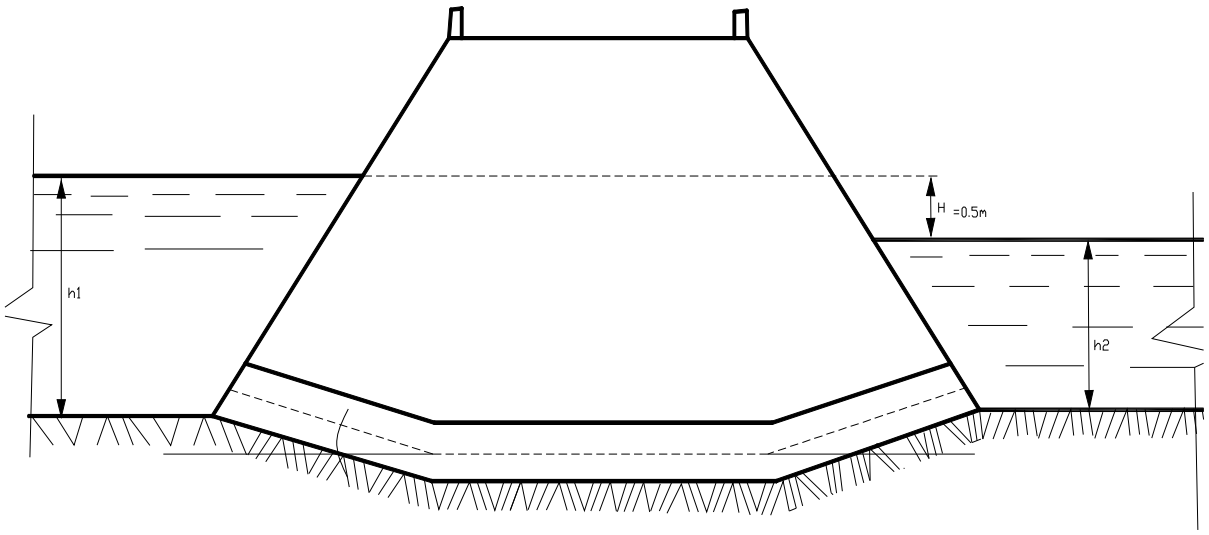
که بالاترازسطح اعظمی آب میباشد افزایش میدهیم درآنصورت سرکوب اضافه گردیده وقیمت Z از $\sum H$ بیشترگردید ه و درینصورت آب میتواند از قسمت فوقانی به قسمت تحتانی عبور نماید .

اگر شرایط فوق صدق نکرد در آنصورت قطر سیفون را بیشتر انتخاب نموده و زوایای کج گردشی را بیشتر ساخته تااینکه ضایعات مجموعی کمتر از قیمت Z بدست اید .

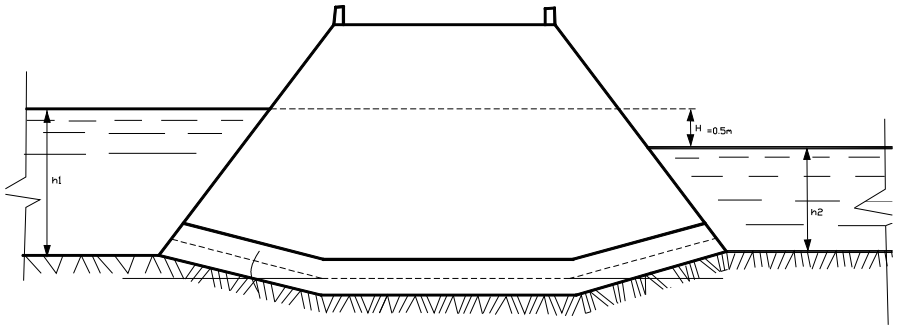
سوال :

ضایعات ، قطر و شرایط عبور جریان آبرادر سیفون آهن کانکریتی که از تحت سرک مقدار جریان کانال را از یک جهت به جهت دیگر انتقال میدهد دریافت نمایید در صورتیکه تفاوت سطح آب در قسمت فوقانی و تحتانی سیفون 0.5 متر، سرعت در قسمت دخول 0.8 متر فی ثانیه ، سرعت در قسمت خروج 0.9 متر فی ثانیه باشد طول سیفون 20 متر ، مقدار جریان سیفون 1.2 مترمکعب فی ثانیه و سرعت در سیفون 2.0 متر فی ثانیه باشد زاویه کج گردشی سیفون نظر به سطح افق 30 درجه و لزجیت مایع 0.0101 cm^2/sec و ضریب درشتی نل آهنکریتی n = 0.012 میباشد . ضرایب مقاومت های موضعی مساویست :

ξ_{inlet} **=0.5.** ، ξ_{bendt} **= 0.2**

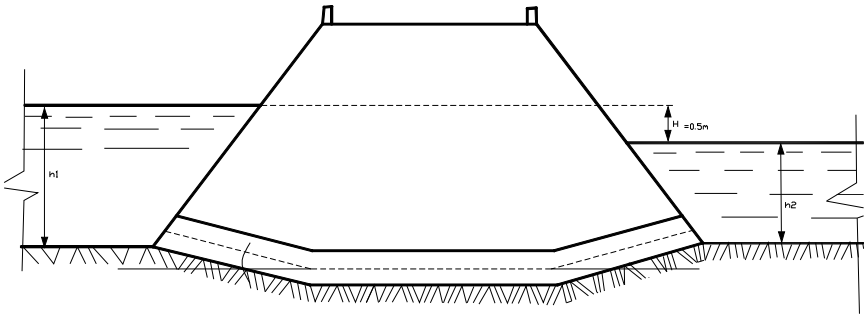

H =0.5m
h1
h2

سوال دوم : ضایعات ، سرعت و شرایط عبور جریان آبرادر سیفون آهن کانکریتی که از تحت سرک مقدار جریان کانال را از یک جهت به جهت دیگر انتقال میدهد دریافت نمایید در صورتیکه تفاوت سطح آب در قسمت فوقانی و تحتانی سیفون 0.7 متر، سرعت در قسمت دخول 1.0 متر فی ثانیه ، سرعت در قسمت خروج 1.2 متر فی ثانیه باشد طول سیفون 40 متر ، مقدار جریان سیفون 5.0 مترمکعب فی ثانیه ، قطر نل سیفون 1.0 متر ، زاویه کج گردشی سیفون نظر به سطح افق 30 درجه و لزجیت مایع $0.0101\ cm^2/sec$ و ضریب درشتی نل آهنکریتی n = 0.012 میباشد.ضرایب مقاومت های موضعی مساویست : ξ_{inlet} =0.5. ξ_{bendt}= 0.2 ضریب اطکاک نل سیفون f=0.02



, outle

سوال سوم : **ضایعات ، مقدارجریان و شرایط عبور جریان آبرادر سیفون آهن کانکریتی که از تحت سرک مقدار جریان کانال را از یک جهت به جهت دیگر انتقال میدهد دریافت نمایید در صورتیکه تفاوت سطح آب در قسمت فوقانی و تحتانی سیفون1.0 متر، سرعت در قسمت دخول 0.9 متر فی ثانیه ، سرعت در قسمت خروج 1.0 متر فی ثانیه باشد طول سیفون 60متر ، سرعت آب در سیفون 1.5 فی ثانیه ، قطر نل سیفون 1.5 متر ، زاویه کج گردشی سیفون نظر به سطح افق 30 درجه و لزجیت مایع 0.0101 cm^2/sec و ضریب درشتی نل آهنکریتی n = 0.012 میباشد.ضرایب مقاومت های موضعی مساویست : .0.5= ξ_{inlet} 0.2 =ξ_{bendt} ،**



اتصا لات :

سوالات کارخانگی :

بادرنظرداشت ارقام اولیه ذیل اتصال قسمت دخولی وخروجی سیفون راکه توسط دیوارهای استنادی بشکل فراخ شد ه محاط گردید ه دریافت وهمچنان مجموع ضایعات را درسیستم محاسبه نمائید ؟

مقدارجریان سیستم $Q = 3,8m^3/\sec$, , $b_c = 3m$ $d_c = 1,5m$

مقطع عرضی مستطیلی بوده که $b_s = 1,2m$ $n = 0,013$, $S.S = 1:1,5$ $S = 1:2700$, $\theta = 30^0$

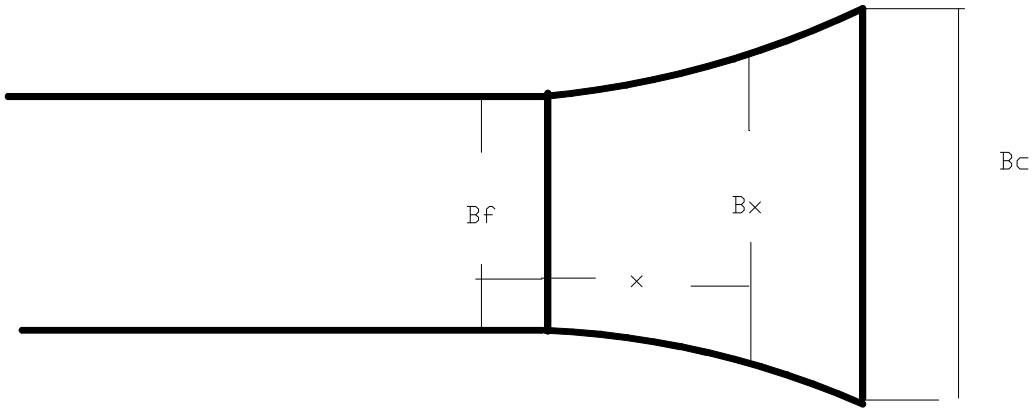
, $\nabla_{dr/s} = 198,5m$, $\nabla_{d/s} = 201,9m$ $n = 0,025$, $\nabla_{u/s} = 202,5m$, $R = 3,5m$, $L_{sip} = 80m$

نوت :برای دریافت نمودن اتصال خواسته شد ه ازفورمول ذیل استفاده نمائید

$$B_x = \frac{b_c \cdot b_s \cdot L}{b_c \cdot L - (b_c - b_s)x} \text{.....(m)}$$

$$length-ofcontraction-transition=\frac{Bc-Bf}{2}\times 2$$

$$length-ofepanstion-transition=\frac{Bc-Bf}{2}\times 3$$



سوال دوم :

طول عمومی سیفون دریابید درصورت داشتن ارقام ذیل

$\nabla_{CBL}=100m \quad \alpha=25^0-30^0 \quad S=1:3000 \quad S.S=1:1,5 \quad d_c=1,5m \quad b_c=3m$

$S.S=1:2 \quad Bd=50m \quad \nabla_{CBL}=98,9m \quad \nabla_{DBL}=70m$

مقطع عرضی مستطیلی آهن کانکریتی بوده که $b_s=1,2m \quad n=0,013$

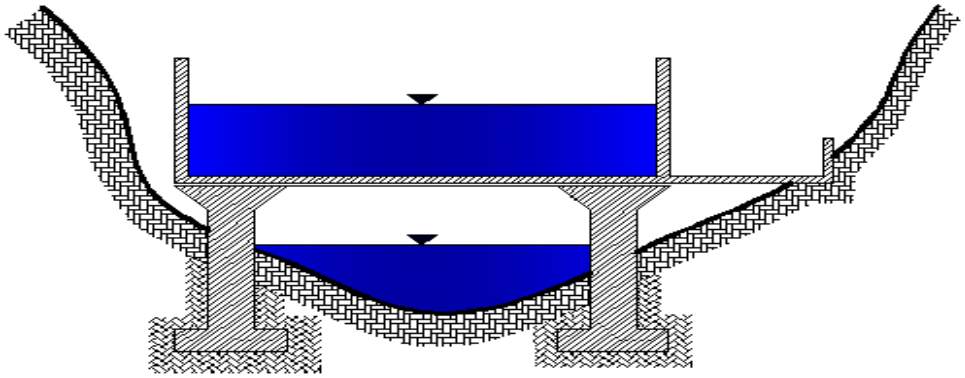
سوال سوم :

ضایعات سیفون وطول قسمت اتصالی رادردخول وخروج رادریابید درصورتیکه ارقام ذیل داده شده باشد :

$\alpha = 25^0 - 30^0$ $S = 1:4000$ $SS = 1:1,5$ $d_c = 2m$ $d_s = 1,2m$ $b_c = 4m$
$R = 4m$ $SS_s = 1:1,5$ $Bd = 60m$ $\nabla_{CBL} = 225,5m$ $\nabla_{DBL} = 202m$ $\nabla_{CBL} = 227m$
$n = 0,013$ $\alpha = 30^0$

ترناب ها (Aqueducts)

درصورتیکه کانال درمسیرخود جر , سیلبر , دریا ویاسرک راقطع نمائد همچنان آب درسیلبر نظربه سطح آب درکانال ویانشانه کف سیلبر نظربه نشانه کف کانال خیلی پائین قرارداشته باشد ازساختمان ترناب استفاده بعمل می آید .
ترناب ها عموما ازکانکریت , آهن کانکریت , فلزوچوب ساخته میشود
مقطع عرضی ترناب ها نزدیک به ناوه ها بوده که شکل مستطیلی ویامربعی رادارا میباشد درناوه های عریض به امتداد کنارهای آن پل خدمتی به شکل کنسول اعمارمیگردد.



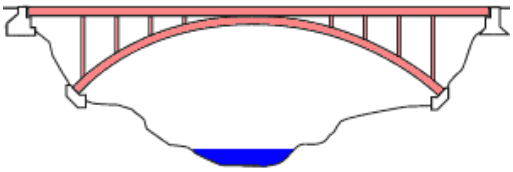
مقطع عرضی ترناب

انواع ترناب ها

عموما درساحات عمل به سه نوع شیمای ترناب برمیخوریم :
1- شیمای کمانی
2- شیمای چوکاتی
3- شیمای گادری

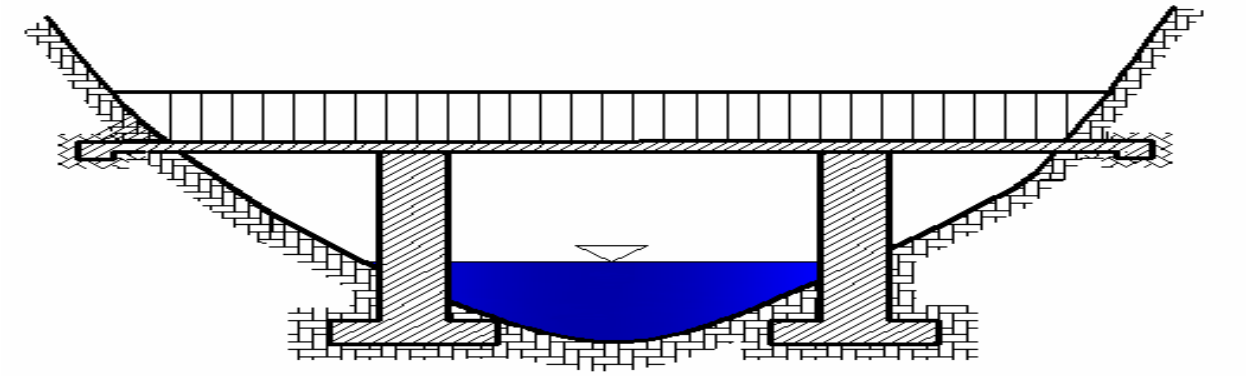
1- شیمای کمانی:

درینوع ترنابها ناوه ها بالای خوازه های مخصوص قرارگرفته وخوازه ه جداگانه بالای کمان حامل اتکاءمینمائد .
اینوع ترناب ها عموما درشیله های تنگ وعمیق استعمال وسیع دارد . همچنان دردریاهای که مجرای آن استوارنباشد استفاده وسیع نموده اشکال ذیل .



2- شیمای چوکاتی:

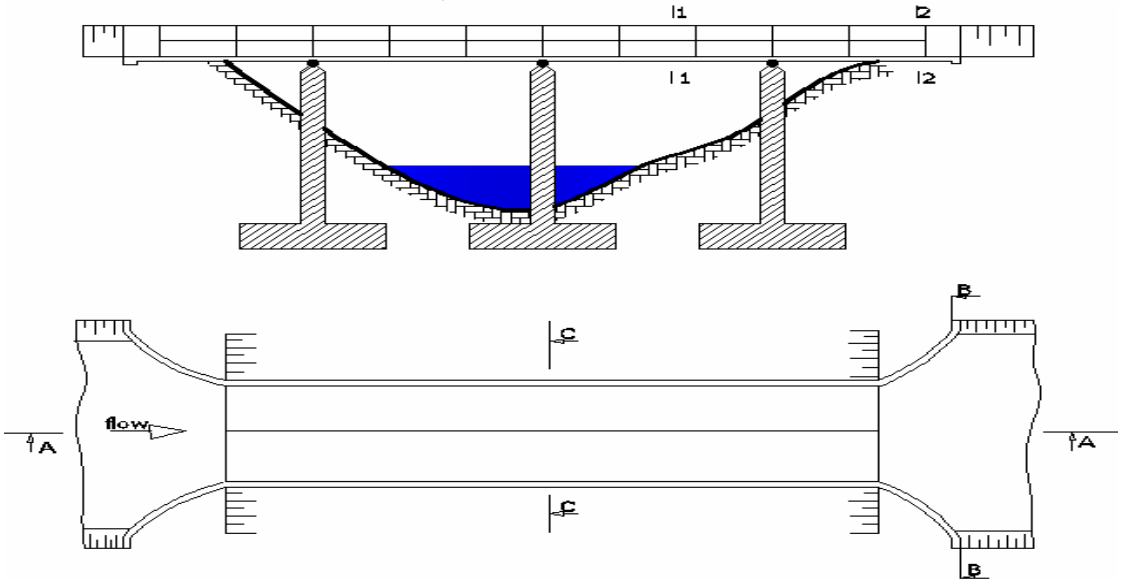
درینوع شیما کف ناوه ودیوارهای آن ازعناصر حامل تشکیل شده است این نوع شیما عموما دروایه های عریض وکم عمق استعمال میگردد عرض آن درحدود (60 -20) متر بوده وهمچنان عمق دریاویاجرکم میباشد شکل ذیل :



3- شیمای گادری:

دراین نوع شیما گادرها به شکل تیرهای قطع شده فلزی آهن کانکریتی با اتکاهای چپراسی اعمارمیگردد.

تیرها بالای اتکاهای جداگانه قرارداده میشود .ازاین نوع ترناب ها درمناطق زلزله خیز استفاده میگردد
شکل ذیل
سرعت درترناب عموما به اندازه قبول میگردد درطول ترناب کلکینچه ها به منظورپرچاوه آب درزمان آبخیزی درنظرگرفته میشود .
نشانه کف کانال دخول ترناب بانشانه کف ترناب مطابقت داشته اما نشانه کف کانال درقسمت خروج نظر به نشانه کف ترناب درنظرگرفته میشود تااینکه دمه شدن آب درقسمت پائین تردخول صورت نگیرد .شکل ذیل .



قسمت دخول ترناب توسط دیوارهای استنادی ودیوارهای معکوس به شکل فراخ شده اعمارمیگردد .
دیوارهای استنادی درقسمت دخول $30^o \div 27,5^o$ وقسمت خروج $25^o \div 22,5^o$ درنظر گرفته میشود وبعضا قسمت دخول ترناب را $1:3,5$ وقسمت خروج آن $1:2,5$ دیزائن مینمائد .

درقسمت دخول وخروج جهت تنظیم آب جری ها برای شاندورها (دروازه ها)درنظرگرفته میشود .
محاسبا ت هایدرولیکی ترناب:
محاسبات هایدرولیکی ترناب به اساس فورمول ابریزه با استانه مغروق صورت میگیرند .
فورمول ابریزه نوع مغروق بااستانه عریض .

$$Q=\varepsilon\times\varphi\times b_{aq}\times d_{aq}\sqrt{2g(H_0-d_{aq})}.....(cumecs)$$

دررابطه فوق الذکر:

ε -ضریب انقباض جانبی میباشد که توسط رابطه ذیل دریافت میگردد .

$$\varepsilon=1-0,2a\frac{H_0}{b_{aq}}$$

a -عبارت ازضریب شکل آبریزه بوده که مربوط به شکل ابریزه بوده ونظربه شکل آن طوری ذیل درنظرگرفته میشود .

φ -ضریب مقدارجریان بوده .

H_0 - عبارت ازسرکوب مکمل بادرنظرداشت سرکوب سرعتی .

$$H_0=d_c+\frac{\alpha V_c^2}{2g}$$

سرعت آب درقسمت دخول کانال راتوسط رابطه ذیل دریافت میگردد .

$$V=\frac{Q}{F}=\frac{Q}{b_c\times d_c+S.S\times d_c^2}$$

ضایعات درناوه ترناب (درقسمت دخول)طبق رابطه ذیل دریافت میگردد:

$$h=\frac{(V_{aq}-V_c)^2}{2g}$$

عموما افتیده گی کف کانال درقسمت ترناب به اساس معادله برنولی دردومقطع 1-1 و2-2 صورت میگیرد .

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

میل ترناب به اساس فورمول حرکت منظم تعین میگردد.

$$Q=F\times C\sqrt{RI}=F\frac{1}{n}R^{2/3}I^{1/2}\text{Þ}b_{aq}\times d_{aq}\frac{1}{n}R^{2/3}I^{1/2}$$

مثال :

ارتفاع افتیده گی کف کانال خروجی رانظربه کف ترناب ازقسمت خروج دریافت نمائد درصورت که ارقام اولیه ذیل داده شده باشد ؟

$Q=7m^3/sec$, $b_c=4,5m$, $SS=1:1,5$, $n=0,025$, $d_c=1,6m$

مقطع عرضی ترناب بشکل مستطیلی ونوع آهن کانکریتی بوده .

$b_cu/s\&b_cd/s=4,5m$ $d_cu/s\&d_cd/s=1,6m$

حل :

سرعت آب رادرترناب مساوی به $v=1,5m/\sec$ قبول مینمائم وعمق آب رادرترناب درقدم نخست به اندازه 10 سانتی متر ازعمق آب درکانال درقسمت فوقانی کمتردرنظرمیگیریم عرض کق ترناب رادریافت میداریم :

$$b_{aq}=\frac{Q}{v_{aq}\times d_{aq}}=\frac{7}{1,5\times 1.5}=3,1m$$

سرعت آب رادرکانال دریافت مینمائم :

$$V_{aq}=\frac{Q}{b_cd_c+ssd_c^2}=\frac{7}{4,6\times 1,6+1,5\times 1,6^2}=0,63m/sec$$

هید مکمل درقسمت دخول ترناب دریافت مینمائم :

$$H_0 = d_c + \frac{\alpha V_c^2}{2g} = 1,6 + \frac{1 \times 0,64^2}{2 \times 9,81} = 1,62m$$

ضریب انقباض جانبی رادریافت مینمائم :

$$\varepsilon = 1 - 0,2a \frac{H_0}{b_{aq}} = 1 - 0,2 \times 0,7 \frac{1,62}{3,1} = 0,93$$

ضریب سرعت نظربه جداراستانه ازجدول رهنما تعین میگردد که درینصورت درصورت که جدارمدور باشد ضریب سرعت مساوی به0,98 قبول میگردد پس فورمول آبریزه بااستانه مغروق رامینویسیم :

$$Q = \varepsilon \times \varphi \times b_{aq} \times d_{aq} \sqrt{2g(H_0 - d_{aq})} = 0,93 \times 0,98 \times 3,1 \times d_{aq} \sqrt{19,61(1,62 - d_{aq})}$$

ازروی معادله فوق به صورت به طریقه تقرب مسلسل دریافت مینمائم تا یک طرف معادله به دیگرطرف معادله مساوی گردد

بعد ازیک سلسله عملیات ریاضیکی داریم که $d_{aq} = 1,6m$

سرعت حقیقی آب رادرناوه ترناب دریافت میداریم :

$$V_{aq} = \frac{Q}{b_{aq} \times d_{aq}} = \frac{7}{3,1 \times 1,6} = 1,41m/\sec$$

میل ترناب رادریافت میداریم :

$$\sqrt{i} = \frac{Q}{F \times C\sqrt{R}} = \frac{Q}{F \times C\sqrt{R}}$$

برای دریافت نمودن شعاع هایدرولیکی باید محیط ترشد ه دریابیم :

$$P = b_{aq} + 2d_{aq} = 3,1 + 2 \times 1,6 = 6,3m$$

ازاین جا :

$$R = \frac{F}{P} = \frac{b_{aq} \times d_{aq}}{P} \Rightarrow \frac{3,1 \times 1,6}{6,3}$$

پس داریم :

$$\sqrt{i} = \frac{Q}{F \times C\sqrt{R}} = \frac{7}{4,96 \times \frac{1}{0,025}(0,78)^{3/4}} = 0,0017$$

به اساس معادله برنولی درقطع 1-1 و 2-2 قیمت افتیده گی بدست می آوریم :

$$d_{aq}+P+\frac{\alpha_1 V_{aq}^2}{2g}=d_c+\frac{\alpha_1 V_c^2}{2g}+h_w$$

$$hw=\frac{(v_1-v_2)^2}{2g}=\frac{(v_{aq}-v_c)^2}{2g}=(\frac{(1,41-0,64)^2}{19,61}=0,03m$$

$$1,6+P+\frac{1\times 1,41^2}{19,61}=1,6+\frac{1\times 0,64}{19,61}+0,03\Rightarrow P=0,04m$$

سوال اول:

نظربه ارقام داده شده طول ترناب , تعداد وایه های مورد ضرورت دریافت نموده همچنان خط انرژی وپروفایل سطح آب رارسم نموده ؟

ارقام اولیه :

$S=0,0033$, $S.S=1:1,5$, $b_c=4m$, $d_c=1,4m$, $Q=6m^3/sec$

$Q_d=40m^3sec$, $CBL=for(d/s)=100m$, $n=0,015(forflume)$, $n=0,025(forCanal)$

حل :

عرض آبرو سیلبرتوسط رابطه ذیل دریافت میگردد .

$$P=(4,75\div 4,85)\sqrt{Q_d}\Rightarrow 4,85\sqrt{40}=30,67m$$

فرض میکنیم تعداد وایه ها را 4 عدد وفاصله بین هروایه 7 متروضخامت پایه ها را 80 سانتی متر قبول مینمائم بدینترتیب عرض آبرو ازکنارساحل فوقانی الی کنارساحل تحتانی طوری ذیل بوده :

$$P=4\times 7+3\times 0,8=30,4m$$

سرعت آب رادرناوه ترناب مساوی به $V_{aq}=(1,5\div 2)m^2/sec$ قبول مینمائم وعمق آب رادرناوه ترناب به اندازه 10 سانتی متر الی 20 سانتی متر کمترازعمق آب درکانال فرض مینمائم پس داریم :

$$d_{aq}=d_c-0,1=1,4-0,1=1,3m$$

عرض ناوه رادریافت مینمائم :

$$b_{aq}=\frac{Q}{d_{aq}\times V_{aq}}=\frac{6}{1,3\times 1,5}=3,07m$$

سرعت آب رادرکانال دخولی وخروجی دریافت مینمائم :

$$V_{aq}=\frac{Q}{b_c\cdot d_c+S.S\cdot d_c^2}=\frac{6}{4\cdot 1,4+1,5\cdot 1,4^2}=0,7m/sec$$

چون عرض آبروسیلبر ازکناریک ساحل الی کنار ساحل دیگر 30.4 متر بدست آمد درینصورت طول ترناب نیز مساوی به 30.4 متر قبول میگردد .

سرکوب های سرعتی (هید سرعتی) درقسمت های دخولی وخروجی کانال دریافت میداریم :

$$H_{v(Canal)}=\frac{\alpha V_c^2}{2g}=\frac{1\times 0,7^2}{19,61}=0,025m$$

نشانه سطح آب درنقطه (1) دریافت میداریم :

$$\nabla_1=\nabla_{CBL}+d_c=100+1,4=101,4m$$

نشانه خط انرژی را دریافت میداریم :

$$TEL_{(1)}=\nabla_1+H_{v(Canal)}=101,4+0,025=101,425m$$

نشانه کف ترناب درنقطه 2 دریافت میداریم :

$$\nabla_{aq}=\nabla_{CBL}+h_{w(2)}$$

ضایعات رادرقسمت دخول وخروج ترناب توسط فورمول ذیل دریافت مینمائم .

$$h_w=K(\frac{\alpha_1\times V_{aq}^2}{2g}+\frac{\alpha_2\times V_c^2}{2g})$$

$$h_w=0,5(\frac{1\times 1,5^2}{19,61}+\frac{1\times 0,7^2}{19,61})=0,027m$$

بناء نشانه کف کانال درخروج نقطه 2 دریافت میداریم :

$$V_{aq(2)}=\nabla_{CBL}+h_{w(2)}\Rightarrow 100+0,027=100,127m$$

نشانه سطح آب رادرنقطه 2 دریافت مینمائم :

$$\nabla_{w(2)}=\nabla_{aq(2)}+d_{aq}\Rightarrow 100,027+1,3=101,327m$$

نشانه خط انرژی رادرنقطه 2 دریافت مینمائم :

$$\nabla_{tel}=\nabla_{w(2)}+\frac{\alpha\cdot V_{aq}^2}{2g}\Rightarrow 101,33+\frac{1,5^2}{19,61}=101,44m$$

نشانه کف رادرنقطه 3 دریافت مینمائم :

$$\nabla_{BL(3)}=\nabla_{BL(2)}+h_{w(3-2)}$$

ضایعات طولی درناوه ($h_{w(3-2)}$)توسط رابطه ذیل دریافت میداریم :

$$h_{w(3-2)}=S\cdot L=\frac{L\cdot V^2\cdot n^2}{R^{4/3}}=\frac{30,4\cdot 1,5^2\cdot 0,015^2}{\frac{1,3\cdot 3,07}{3,07+2\cdot 1,3}}=0,025m$$

پس نشانه کف درنقطه 2 مساوی است به :

$$\nabla_{w(3)}=100,027+0,025=100,025m$$

نشانه سطح آب در نقطه 3 دریافت مینمائم :

$$\nabla_{w(3)}=\nabla_{BL(3)}+d_{aq}\Rightarrow 100,025+1,3=101,352m$$

نشانه خط انرژی درنقطه 3 دریافت مینمائم :

$$\nabla_{tel(3)}=\nabla_{w(2)}+\frac{\alpha\times V_{aq}^2}{2g}\Rightarrow 101,352+\frac{1,5^2}{19,61}=101,467m$$

نشانه کف رادرقسمت دخول کانال دریافت میداریم :

$$\nabla_{CBL(4)}=\nabla_{aq}+h_{w(3-4)}\Rightarrow 100,052+h_{w(3-4)}\Rightarrow h_w=0,3(\frac{1\times 1,5^2}{19,61}+\frac{1\times 0,7^2}{19,61})=0,027m$$

$$\nabla_{CBL(4)}=100,052+0,027=100,079m$$

نشانه سطح آب رادرنقطه 4 دریافت میداریم :

$$\nabla_{w(4)}=\nabla_{CBL(4)}+d_C\Rightarrow 100,079+1,4=101,479m$$

نشانه خط انرژی رادریافت مینمائم :

$$\nabla_{tel(4)}=\nabla_{w(4)}+\frac{\alpha\cdot V_{aq}^2}{2g}\Rightarrow 101,479+\frac{0,7^2}{19,61}=101,505m$$

حالا جهت ترسیم خط پیزومتریکی طول قسمت داخل شده درساحل دره دریافت مینمائم :
طول قسمت دخولی وخوجی ترناب :

$$L_{(4-3)}=\frac{4-3}{2}\cdot 2,5=1,25m$$

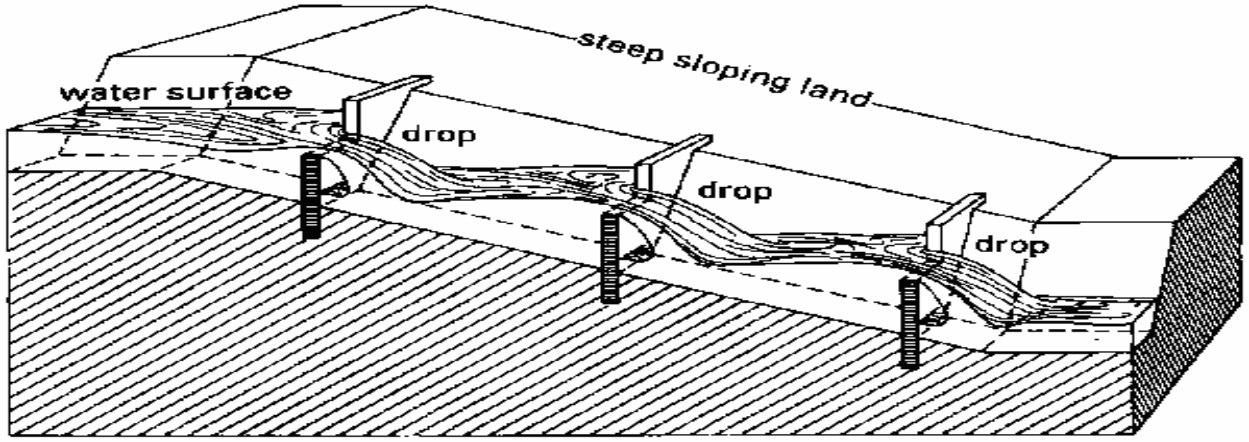
$$L_{(1-2)}=\frac{4-3}{2}\cdot 3,5=1,75m$$

یا میتوانیم درقسمت دخول زاویه 22.5 درجه وخروج 27.5 درجه (برعکس سیفون)درنظربگیریم وازطریق فومولهای مثلثات آنرادریابیم .

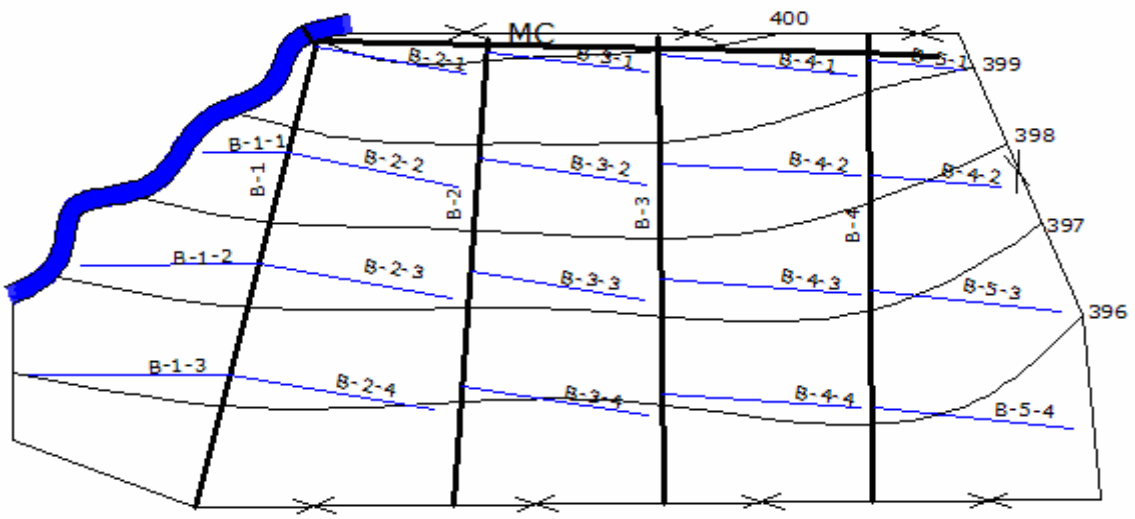
Drops & chute structures

ساختمانهاي شرشره وسريع الجريان

ساختمانهاي شرشره وسريع الجريان ازجمله ساختماهاي عبوردهنده آب ميباشد كه بمنظورجلوگيري ازشستشوئي كانال وانتقال آب ازقسمت بالابه قسمت پائين بكاربرده ميشود .
هرگاه تفاوت نشانه هاي سطح زمين درقسمت هاي فوقاني وتحتاني بيشتراز 5m باشد وكانال ازاين نشانه هاي عبورنمائد بايد ازساختما نهاي شرشره ويا سريع الجريان استفاده ميگردد شكل ذيل ديده شود .

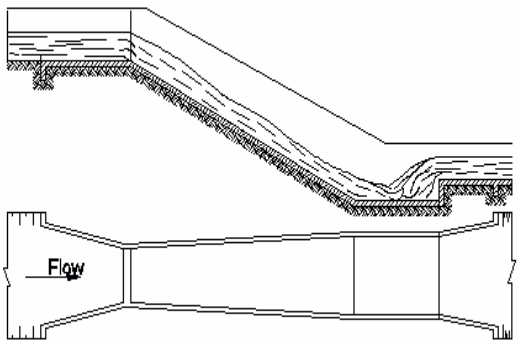


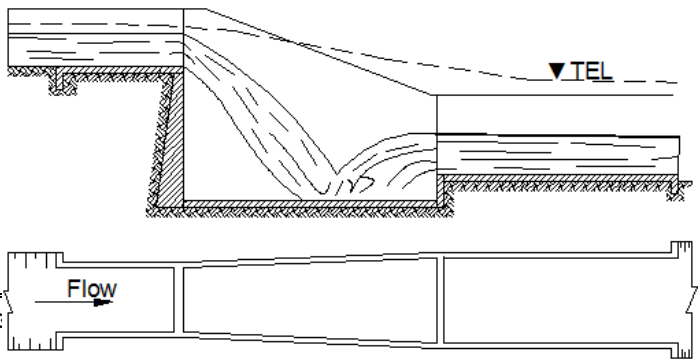
اکسونومتری شرشره های



پلان ساحه تحت آبیاری درصورت که Vn<Vscou

درصورت که ساحه طوري باشد مثليکه درشکل فوق ديده ميشود به ساختمانهاي شرشره ضرورت نيست ساختمانهاي شرشره نظربه ساختمانهاي سريع الجريان غيراقتصادي بوده . امانظربه شرائط توپوگرافيکي ساحه وبخصوص درمحلاتيکه کانال کوچك ازکانال بزرگ آب اخذ مينمائد درصورت که سرعت نورمال درآنجا ازسرعت شستشوئي بيشترباشد ازساختمانهاي شرشره(شکل b) استفاده بعمل مي آيد درغيرآن ساختمانهاي سريع الجريان (شکل a) علويت داده ميشود .





شکل b شرشره
شکل a سريع الجريان
هرکانال که درمسيرخود به

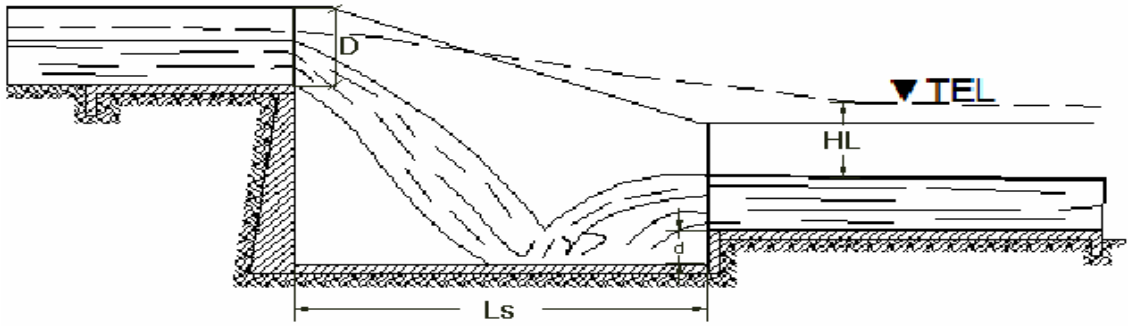
اساس محاسبات هايدروليكي سرعت نورمال بزرگترازسرعت شستشوئي بدست آمد درينصورت تدابيرذيل درنظر گرفته ميشود .

1- كانال تحكيم كاري ميشود .
2- كانال پلستركاري ميشود .
3- ساختمانهاي سريع الجريان ويا از شرشره استفاده ميگردد .

عموما ساختمانهاي شرشره به چهارنوع ميباشد .

1) – شرشره هاي عمودي (vertical drop):

شرشره هاي عمودي درصورت كه تفاوت نشانه هاي سطح آب درقسمت فوقاني وتحتاني الي 1m باشد ومقدارجريان تا 5cubmecبرسد ازاين نوع شرشره ها استفاده ميگردد .



درشكل فوق:

depth of water on the crest : D
depth of cistern : d
length of cistern : ls
drop : H

طول چاه آبگردان درينصورت مساوي است به :

$$Ls=\sqrt{5(H_L \cdot D)} \qquad d=\frac{1}{4}(H_L \cdot D)^{3/2}$$

درصورت كه خيز %(10-20) مغروق باشد و drop=1m باشد .

درينصورت ازفورمول هاى ذيل استفاده بعمل مى آيد .

$$Ls=[0,76+0,34\frac{d_c}{h}+0,21(\frac{d_c}{h})^3]\sqrt{d_c \cdot h}$$

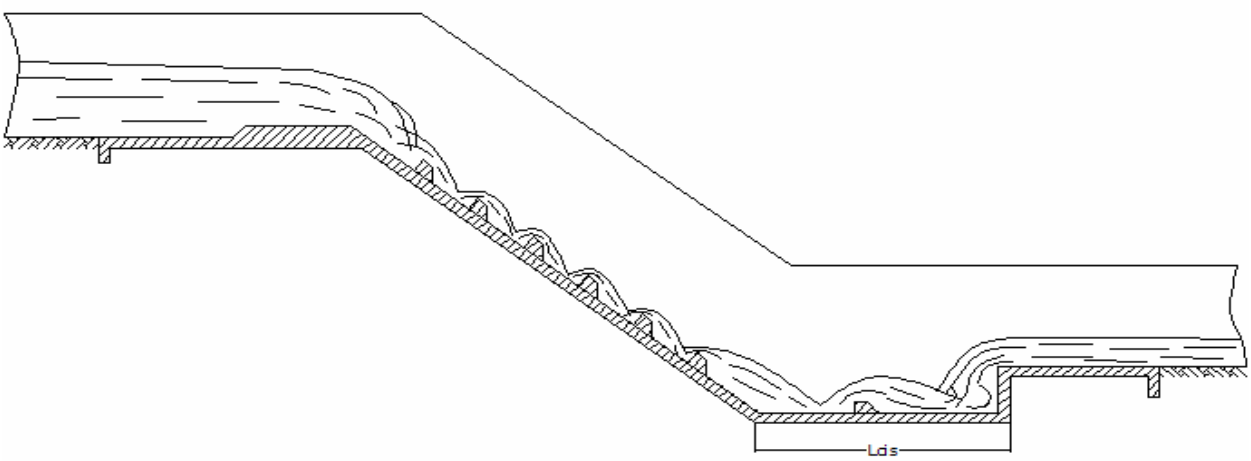
2) – شرشره هاي مستطيلي (rectangular drops) :

ازاين نوع شرشره ها درصورت كه مقدارجريان از (5-50)cubmecs باشد و drops = 1-5 m باشد وبعضا بشتر از5m باشد استفاده ميگردد .

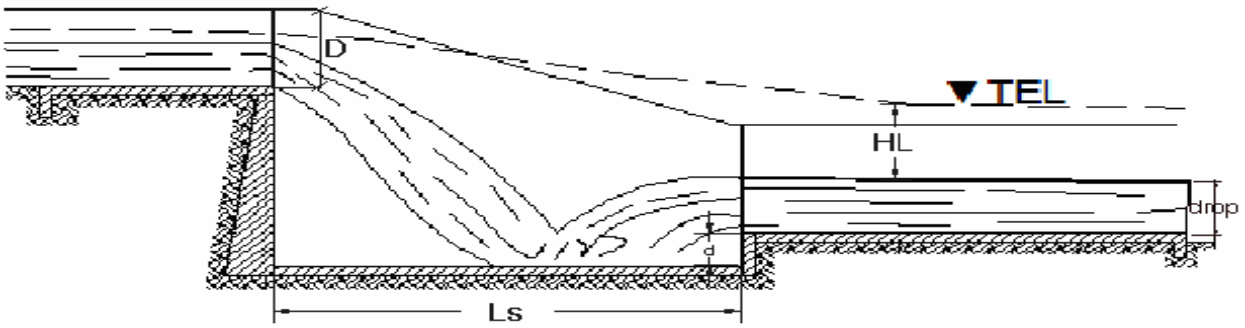
زمانيكه سرعت آب دركانال به مراتب بيشترازسرعت بحراني باشد وميل كانال به مراتب ازميل بحراني بيشتر باشد درآنصورت ازاين نوع شرشره ها استفاده ميگردد .

ميل بحراني : ميل بحراني به آن ميل گفته ميشود كه كانال درآن نه شستشو شود ونه ته نشين شود .

3 – شرشره هاي با دامن كاهش دهنده سرعت :



4– شرشره هاي پيپ مانند pipe drops :
اين نوع شرشره ها براي مقادير جريان الي 2,5cubmecs وdrop<1m باشد استفاده ميگردد . اين نوع شرشره ها خيلي اقتصادي ميباشد .
براي ديزائن ساختمانهاي شرشره ها وسريع الجريان ارقام ويا پارامترها ذيل ضرورت است .
1 – پلان توپوگرافي محل اعمار ساختمان شرشره اي ويا سريع الجريان به مقياس 1:50 ويا 1:100
2 – پروفايل طولي كانال مورد نظربخصوص درنقطه ايكه درآنجا ساختمان شرشره ويا سريع الجريان اعمارميگردد .
3 – قطع عرضي جيوديزيكي درمحور ساختمان شرشره ويا سريع الجريا ن بعدازهر 5m (البته طولي وعرضي) كه به مقياس 1:100رسم ميگردد .
درشكل فوق الذكر :
ساختمانهاي شرشره وسريع الجريان عموما زمان كه سرعت نورمال آب دركانال بزرگترازسرعت مجازي شستشوئي باشد ويااميل طبعي زمين ازميل كف كانال بيشترباشد اعمارميگردد .
مثال :
شرشره رانظربه ارقام اوليه ذيل ديزائن نمائد ؟ design drops with the following portion
Side slope =1,5:1 F.S.D=1,4m Canal discharge = 5 cubmecs
Q=? Dc=? Lcis=? H=? Drop=1m Bed width =2,2.5,3
حل :شيماي محاسبوي راترسيم نموده بعدا به ديزاين هايدروليكي پرداخته وتمام نتائج رادرج جدول نموده .



$$A=\frac{7,2+3}{2}\cdot 1,4=7,14sqm$$

$$v=\frac{Q}{A}=\frac{5}{7,14}=0,7m/sec$$

$$d_c=\sqrt[3]{\frac{\alpha\cdot q^2}{g}}=\sqrt[3]{\frac{1,1\cdot 1,66^2}{9,81}}=0,65m$$

$$L_{cis}=[0,76+0,34\frac{d_c}{n}+0,2(\frac{d_c}{n})^3]\sqrt{d_c}\cdot h\Rightarrow$$

$$[0,76+0,34\frac{0,65}{1}+0,2(\frac{0,65}{1})^3]\sqrt{0,65}\cdot 1=0,84$$

$$h_1=\frac{d_c}{2}=\frac{0,65}{2}=0,32m$$

$$h_2=\frac{d_c}{2}=\frac{0,65}{2}=0,32m$$

$$h_3=\frac{d_c}{2}=\frac{0,86}{2}=0,43m$$

جدول درج نتائج محاسبات شرشره .

Bed width	3,0m	2,5m	2,0m
q=Q/b	5/3=1,6		
h_{drop}	1,0	1,0	1,0
$d_{depth}^{critical}$	0,65	0,74	0,86
Lc	0,84	0,94	1,1
h 1	0,327	0,37	0,43

سریع الجریانها chutes

ساختمانهاي سريع الجريان نيز مانند شرشره زمانيكه ميل طبعي زمين بيشترازكف كانال باشد وسرعت نورمال دركانال ازسرعت شستشوئي كمتروازسرعت ته نشين شدن بزرگترباشد وطول ساحه افاده گي بيشتراز50m باشد ازساختمان هاي سريع الجريان استفاده بعمل مي آورد .

اين نوع ساختمانها نظربه ساختمان هاي شرشره اقتصادي ترمي باشد .

انواع ساختمانهاي سريع الجريان :

1 – سريع الجريان هاي لشم smooth chutes

2 – سريع الجريان كنسولي cantilever chutes

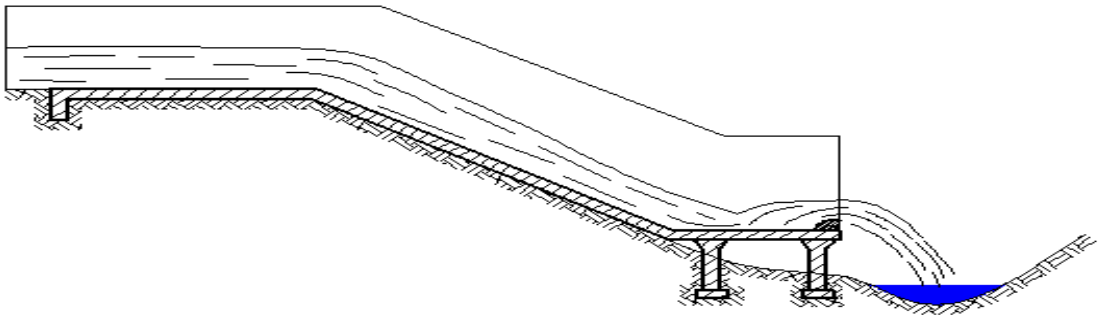
3 –سريع الجريان جالي دار screen chutes

1 - سريع الجريان هاي لشم :

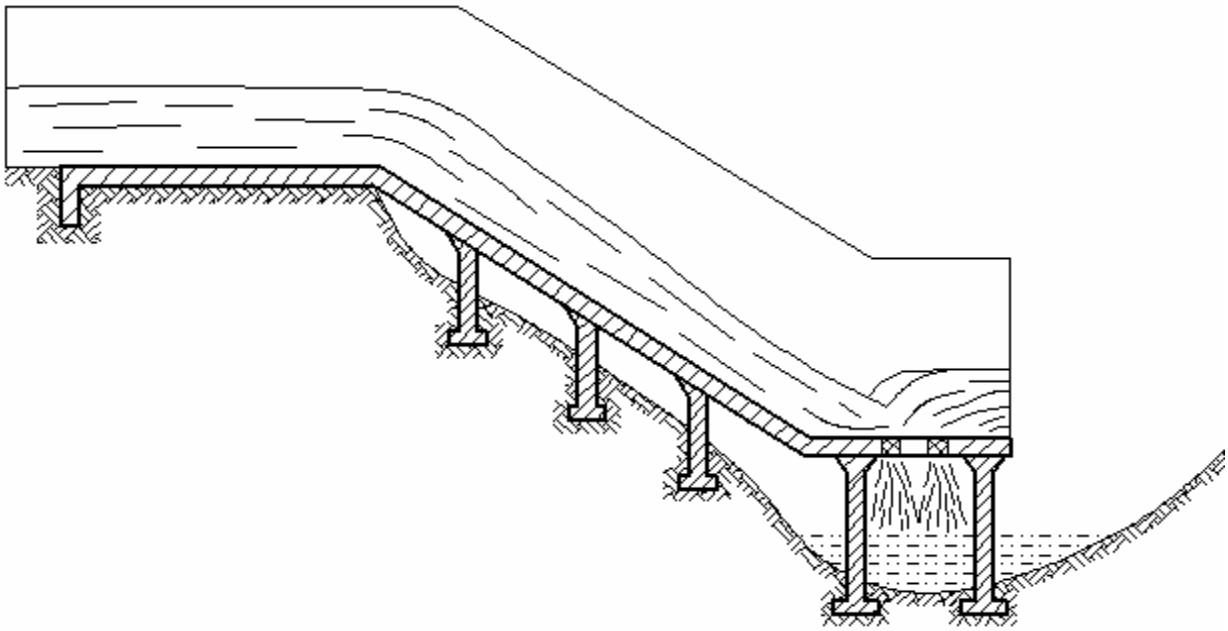
سريع الجريان لشم معمولا براي مقدارهاي جريان هاي كم تا 10 cubmecs وبعضي تا 15 cubmecs استفاده ميگردد . اكثرا مربوط به توپوگرافي محل بوده كه نوعيت سريع الجريان ثبت ميگردد .

2 – سريع الجريان كنسولي :

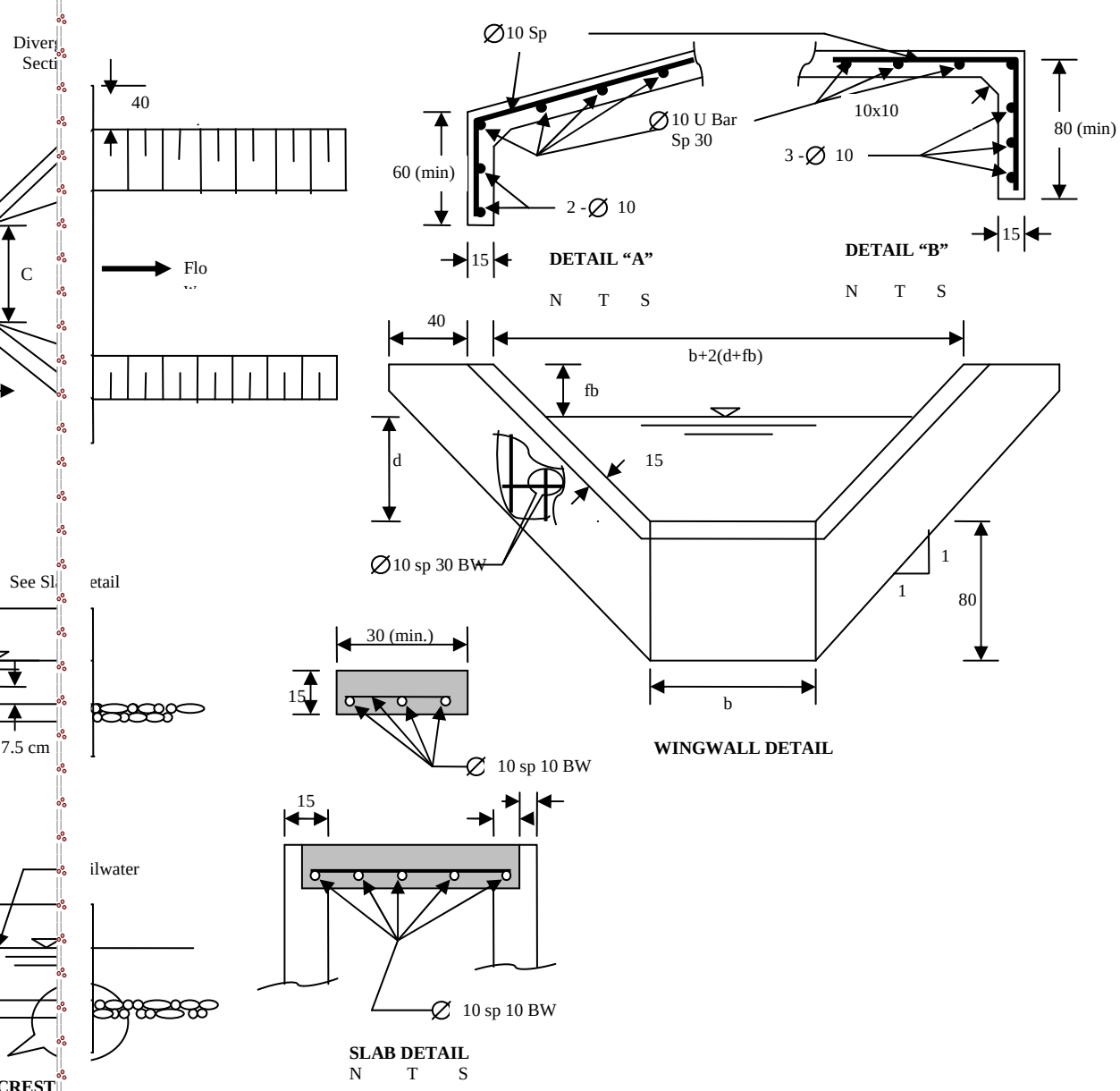
اين نوع سريع الجريان هاي نظربه شرائط توپوگرافي معمولا به منظور پرچاوه آب هاي اضافي بوده .



3 – سريع الجريان های جالی دار:



ساختمانهای آب سنج : پارشال فلوم ، آبریزه ها ، سوراخ ها ، نوزل ها میتواند از جمله ساختمانهای آب سنج به حساب بیایند.



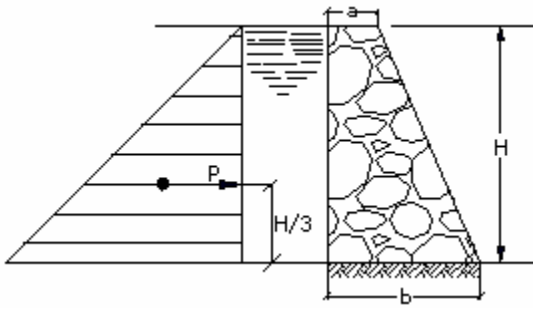
MINISTRY OF IRRIGATION, WATER RESOURCES AND ENVIRONMENT	RECOMMENDING	APPROVED BY	PROJECT AND LOCATION	SHEET CONTENTS	SHT NO	DWG NO.
EMERGENCY INFRASTRUCTURE REHABILITATION AND RECONSTRUCTION PROJECT TRADITIONAL IRRIGATION COMPONENT	DATE	DATE		PARSHALL FLUME PLAN, SECTION, AND DETAILS	1 / 1	1

Table 1 – Dimensions and Discharges of Parshall Flume

THROAT WIDTH W	A	B	C	D	E	F	G	M	N	P	FREE FLOW CAPACITY	
											MINIMUM	MAXIMUM
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	l /s	L / s
15.2	62.1	60.9	39.4	39.7	61.0	30.5	61.0	30.4	11.4	90.1	1.42	110.4
22.9	87.9	86.4	38.1	57.5	76.3	30.5	76.2	30.4	11.4	107.9	2.55	251.8
30.5	137.0	134.4	61.0	84.5	91.5	60.9	91.5	38.1	22.9	149.2	3.11	455.6
45.8	144.8	142.3	76.2	102.6	91.5	60.9	91.5	38.1	22.9	167.6	4.29	696.2
61.0	152.4	149.6	91.5	120.7	91.5	60.9	91.5	38.1	22.9	185.4	11.89	936.7
91.5	167.6	164.6	122.0	157.3	91.5	60.9	91.5	38.1	22.9	222.2	17.26	1,426.0
122.0	182.9	179.5	152.5	193.8	91.5	60.9	91.5	45.7	22.9	271.1	36.79	1,922.0
152.5	198.1	194.4	183.0	230.3	91.5	60.9	91.5	45.7	22.9	307.9	45.28	2,422.0
183.0	213.4	209.4	213.5	266.9	91.5	60.9	91.5	45.7	22.9	344.1	73.58	2,929.0
213.5	234.0	224.2	243.8	304.1	91.5	60.9	91.5	45.7	22.9	381.0	91.4	4,801.0
244.0	244.0	238.9	274.3	340.8	91.5	60.9	91.5	45.7	22.9	417.2	104.1	5,520.9

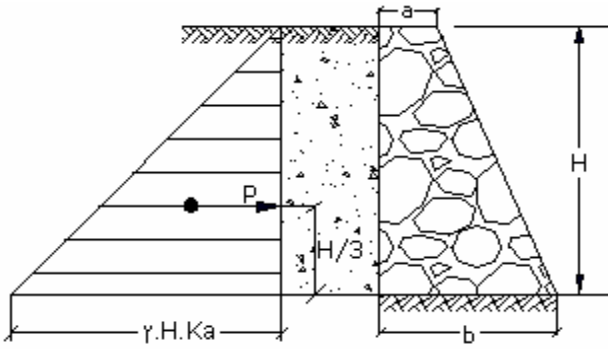
دیوارهای استنادی retaining walls

زمانیکه خاک محل ازحد طبعی میلان بیشترداشته باشد به منظورجلوگیری ازریزش خاک ازدیوار های استنادی استفاده میگردد .
دیوارهای استنادی نظربه شرائط ساحه ,دسترسی به محل موادساختمانی , توپوگرافی محل , به دیوارهای استنادی گراویتی , کانترافورسی آهن کانکریتی تقسیم میگردد .
محاسبات دیوارهای استنادی نظربه توپوگرافی ساحه , شرائط ساحه ودسترسی به موادساختمانی متفاوت بوده , نظربه حالت های ذیل طوری ذیل محاسبه میگردد .
1 –حالت اول : درصورت که دیواراستنادی گراویتی باشد وعقب آن تنها آب باشد .



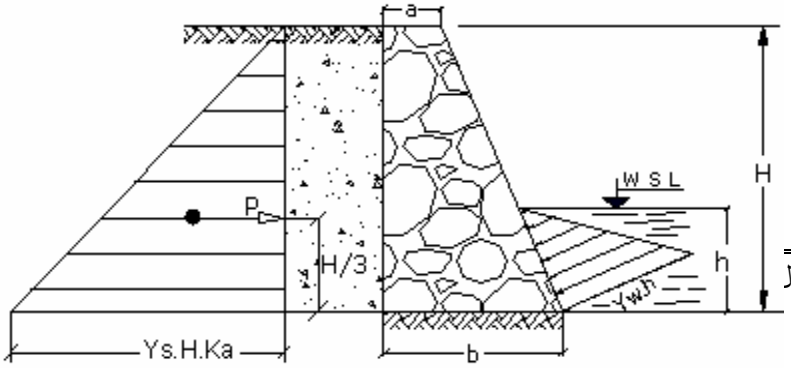
$$P=\frac{\gamma_w \cdot H^2}{2}..$$

2 – حالت دوم :درصورت که عقب دیواراستنادی تنها خاک باشد .



$$P=\frac{\gamma_s \cdot H^2}{2} \cdot K_a = \frac{\gamma_s \cdot H^2}{2}\left(\frac{1-\sin\varphi}{1+\sin\varphi}\right).$$

3 –حالت سوم : درصورت که عقب دیواراستنادی خاک باشد ودرقسمت فوقانی آب عمل نمائد .
نوت : قسمت عقبی ساختمانهای هایدروتخنیکی عبارت ازآن قسمت میباشد که ازمحورآن به طرف قسمت تحتانی موقعت داشه باشد .وبرعکس قسمت فوقانی ساختمانهای هایدروتخنیک است .



$$P_1 = \frac{\gamma_w \cdot h^2}{2}$$

$P=P_1-P_2$

$$P_2=\frac{\gamma_w \cdot H^2}{2} \cdot K_a = \frac{\gamma_w \cdot H^2}{2}\left(\frac{1-\sin\varphi}{1+\sin\varphi}\right)\cdot$$

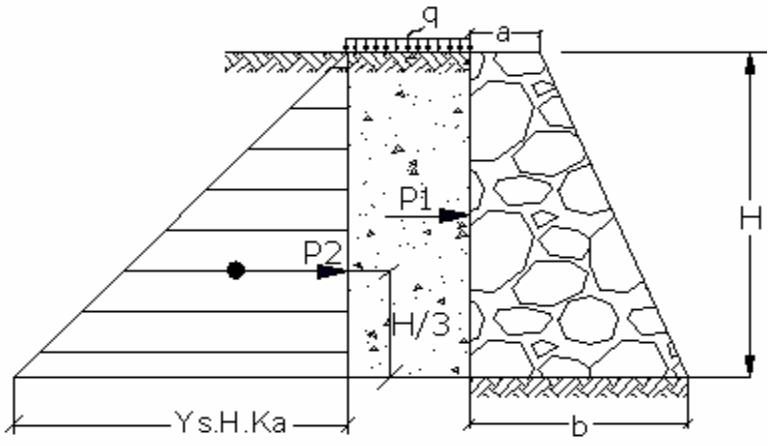
4 –حالت چهارم : درصورت که عقب دیوار استنادی همزمان خا ک وبارهای اضافی عمل نمائد .

$$P_1 = q \cdot H \cdot K_a \Rightarrow$$

$$= q \cdot H \left(\frac{1-\sin\varphi}{1+\sin\varphi}\right)$$

$$P_2 = \frac{\gamma_s \cdot H^2}{2} \cdot K_a \Rightarrow$$

$$= \frac{\gamma_s \cdot H^2}{2}\left(\frac{1-\sin\varphi}{1+\sin\varphi}\right)$$

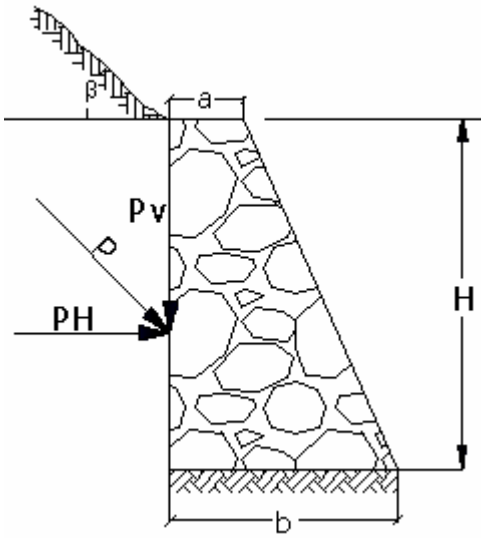


5 – حالت پنجم :درصورت که بالای دیوار استنادی خاک ها به یک زاویه عمل نمائد (سرچارج).

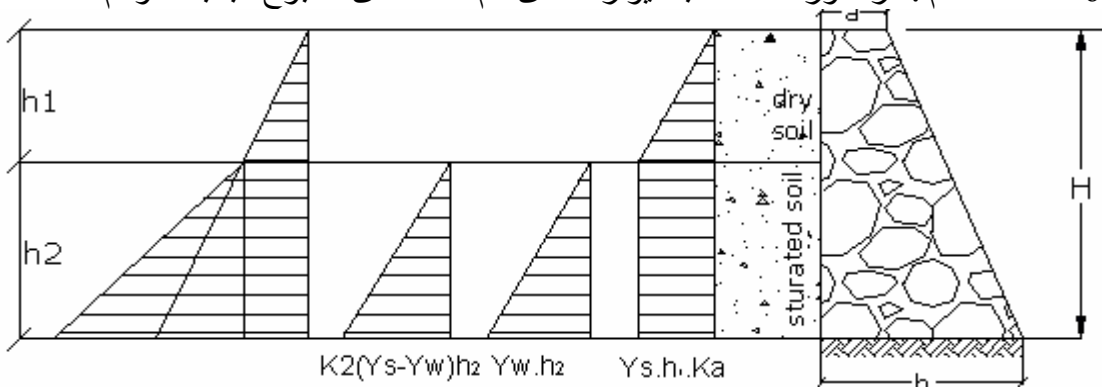
$$P_H = P \cdot \cos\alpha$$

$$P_v = P \cdot \sin\alpha$$

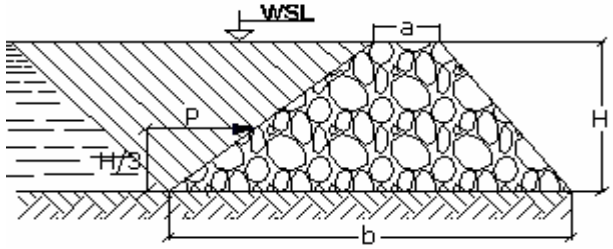
$$P_1=\frac{\gamma \cdot H^2}{2} \cdot \cos\alpha\left(\frac{\cos\alpha-\sqrt{\cos^2\alpha-\cos\varphi}}{\cos\alpha+\sqrt{\cos^2\alpha-\cos\varphi}}\right)$$



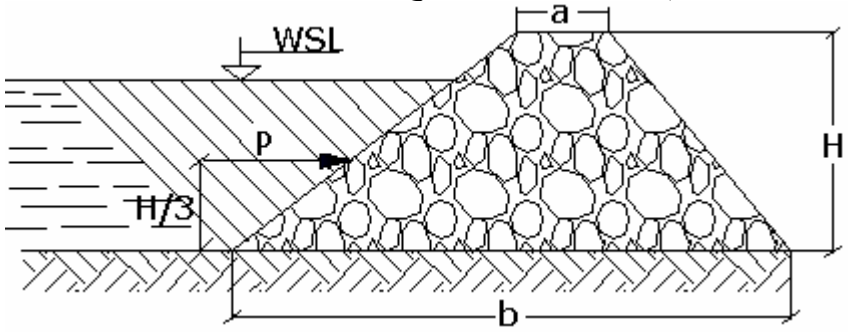
6 –حالت ششم : درصورت که عقب دیوارستنادی هم خاک های مشبوع آب باشد وهم خاک های خشک عمل نمائد .



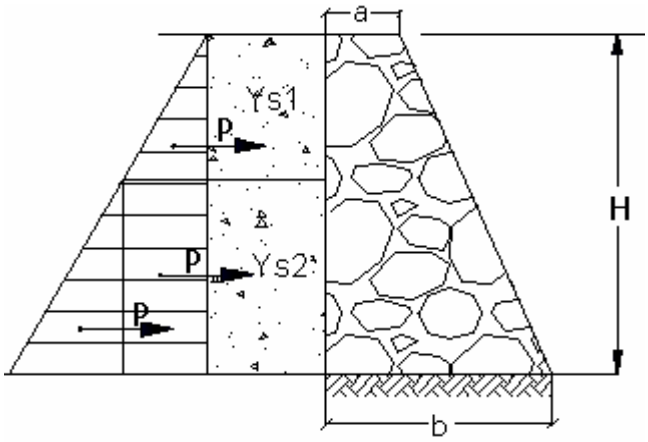
7 –حالت هفتم : درصورت که دیواربشکل بند موادمحلی بوده وعقب آن آب باشد .



8 – حالت هشتم : درصورت که سطح آب درعقب دیواراستنادی تا به یک سطح وجود داشته باشد .



9 –حالت نهم : درصورت که عقب دیواراستنادی خاک ها وجودداشته باشد اما نوعیت شان فرق داشته باشد .

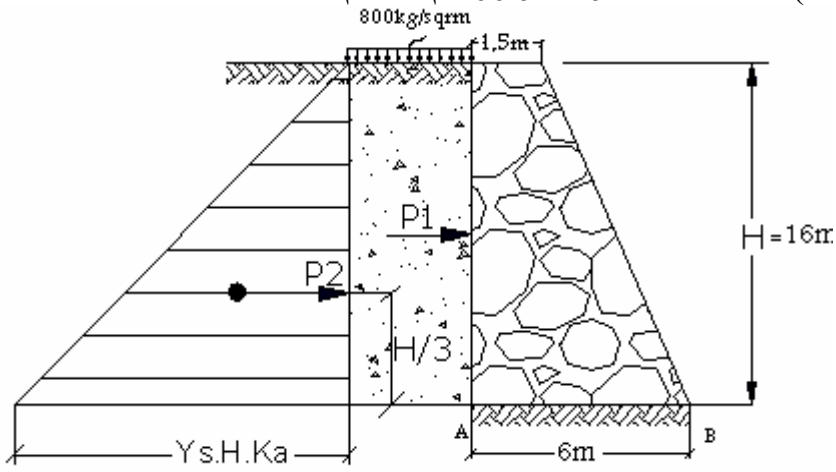


سوال اول :

دیواراستنادی که ارتفاع آن 16m است شکل ذوذنقه ئی راداشته عرض بالائی آن 1,5m عرض تحتانی 6m وبالای سرک باراضافی $q = 1800K_g / sqrm$ عمل میکند وزن مخصوصه خاک $\gamma_{soil} = 1800K_g / cubecm$ ووزن مخصوصه موادساختمانی (مواددیوار) $\gamma_{soil} = 2400K_g / cubecm$ زاویه اصطحکاک داخلی خاک 30 درجه میباشد تشنجات اعظمی واصغری رادرقاعده دیواردریابید ؟

حل :

1) - شیمای محاسبوی دیواررا سم مینمائم .



2) - فشارکه ازاثرباراضافی بالای دیوارورارد میشود دریافت مینمائم .

$$P_1 = q \cdot H \cdot K_a = 800 \cdot 16\left(\frac{1-\sin 30^0}{1+\sin 30^0}\right) = 4266 k_g/m$$

3) - قوه فشارخاک که بالای دیواردرH/3 عمل میکند طوری ذیل دریافت میگردد.

$$P_2 = \frac{\gamma_s \cdot H^2}{2} \cdot K_a = \frac{1800 \cdot 16^2}{2}\left(\frac{1-\sin 30^0}{1+\sin 30^0}\right) = 76800 k_g/m$$

4) - وزن دیواررادریافت مینمائم .

$$G_{wall} = \frac{a+b}{2} \cdot H \cdot \gamma_{st} \cdot 1m = \frac{1,5+6}{2} \cdot 16 \cdot 2400 \cdot 1m = 144000K_g$$

5) - فاصله موقعت مرکزثقل دیوارادریافت مینمائم (فاصله ازنقطه A تا نقطه Ö):

$$\ddot{O} = \frac{a^2 + ab + b^2}{3(a+b)} = \frac{1,5^2 + 1,5 \cdot 6 + 6^2}{3(1,5+6)} = 2,1m$$

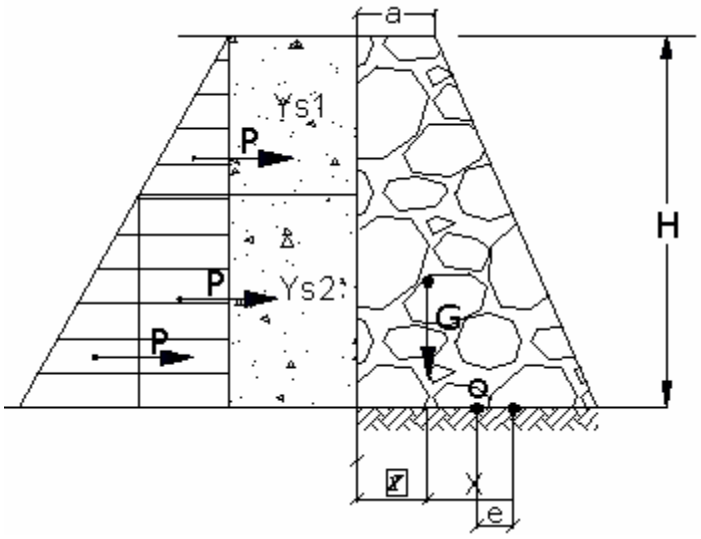
6) - موقعت مرکز قوه محصله رادریافت میداریم :

عن المرکزیت عبارت ازفاصله ازمرکزاساس الی نقطه عمل قوه محصله .

7) - موقعت قوه محصله رانظربه ثقل دریافت میداریم :

بخاطردریافت مرکزموقعت قوه محصله ازنقطه A میتوانیم به دوطریقه ذیل عمل نمائم :

نظربه نقطه E شکل (®) ذیل مومنت میگیریم .



$$G \cdot X_1 = P_1 \cdot \frac{H}{2} + P_2 \cdot \frac{H}{3} \Rightarrow X_1 = \frac{4260 \cdot 16/2 + 76800 \cdot 16/2}{144000} = 3,08m$$

8) - فاصله عن المرکزیت رادریافت میداریم :

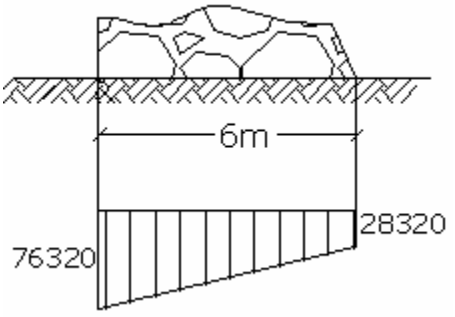
$$e = \bar{X} + X_1 - \frac{b}{2} \Rightarrow 2,1 + 3,08 - \frac{6}{2} = 2,18m$$

9) - تشنجات اعظمی واصغری رادریافت میداریم :

$$\sigma_{max-min} = \frac{V}{b}(1 \pm \frac{6e}{b})$$

$$\sigma_{max} = \frac{144000}{6}(1 + \frac{6 \cdot 2,18}{6}) = 76320K_g / m^2$$

$$\sigma_{max} = \frac{144000}{6}(1 - \frac{6 \cdot 2,18}{6}) = 28326K_g / m^2$$

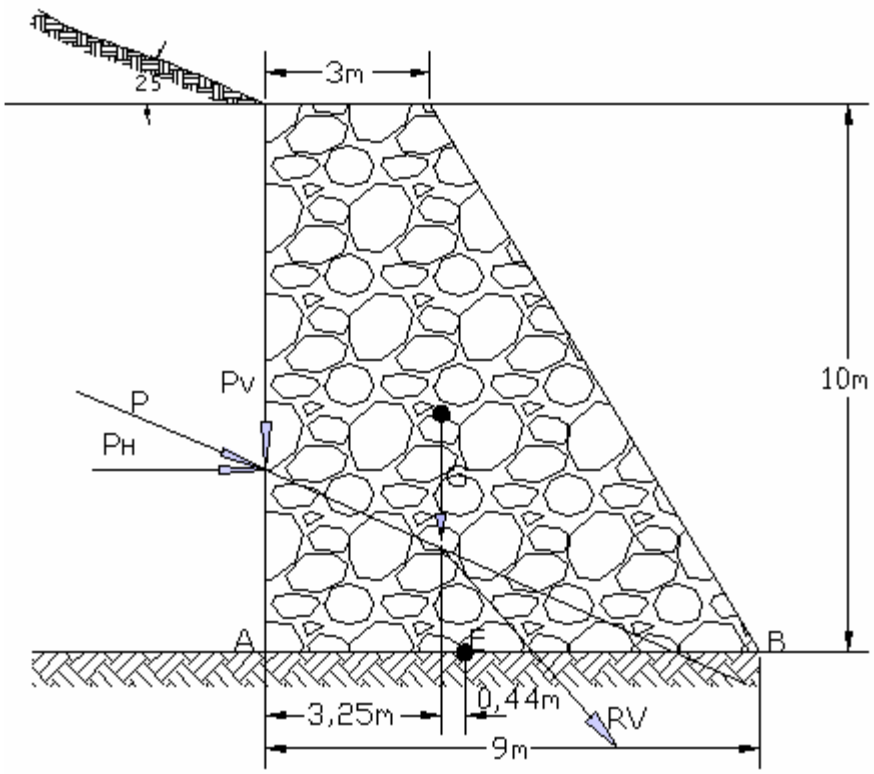


سوال دوم :

دیواراستنادی که ارتفاع آن 10m است شکل ذوذنقه ئی راداشته عرض بالائی آن 3m عرض تحتانی 9m زاویه سرچارچ25 درجه عمل میکند وزن مخصوصه خاک $\gamma_{soil} = 1800K_g / cubecm$ ووزن مخصوصه موادساختمانی $\gamma_{soil} = 2400K_g / cubecm$ (مواددیوار) زاویه اصطحکاک داخلی خاک 30 درجه میباشد تشنجات اعظمی واصغری رادرقاعده دیوار واستواری دیواراردرسه حالت (لغزش , چپه- شدن, نشست)محاسبه نمائد؟

حل :

شیمای محاسبوی رارسم مینمائم .



ازشکل دیده میشود که قوه سرچارج به دومرکبه تجزیه میشود یعنی .

$$\left.\begin{aligned} P_H &= \cos\alpha \cdot P \\ P_v &= \sin\alpha \cdot P \end{aligned}\right\rangle \mathrm{P}=\frac{\gamma \cdot H^{2}}{2}\cdot\cos\alpha\left(\frac{\cos\alpha-\sqrt{\cos^{2}\alpha-\cos\alpha}}{\cos\alpha+\sqrt{\cos^{2}\alpha-\cos\alpha}}\right)$$

$$\mathrm{P}=\frac{1800\cdot 10^{2}}{2}\cdot\cos 25^{0}\left(\frac{\cos 25^{0}-\sqrt{\cos^{2}25^{0}-\cos 30^{0}}}{\cos 25^{0}+\sqrt{\cos^{2}25^{0}-\cos 30^{0}}}\right)=44818K_{g}/m$$

ازاینجا مرکبات عمودی وافقی دریافت میداریم :

$$P_H = \cos\alpha \cdot P = \cos 25^{0}\cdot 44818 \Rightarrow 39713K_{g}/m$$

$$P_v = \sin\alpha \cdot P = \sin 25^{0}\cdot 44818 \Rightarrow 18518K_{g}/m$$

وزن دیواراستنادی رادریک مترطول دریافت میداریم :

$$G_{wall}=\frac{a+b}{2}\cdot h\cdot\gamma_{conc}\cdot 1m=\frac{3+9}{2}\cdot 10\cdot 2400\cdot 1m=144000K_{g}/m$$

فاصله موقعت مرکزثقل ازنقطه آخری قسمت تحتانی دراساس دریافت مینمائم .یعنی فاصله ازمرکزثقل دیوارتا نقطه A راطوری ذیل دریافت میداریم .

$$\ddot{\mathrm{O}}=\frac{\mathrm{a}^{2}+ab+b^{2}}{3(a+b)}=\frac{3^{2}+3\cdot 9+9^{2}}{3(3+9)}=3,25m$$

محصله قوه های عمودی رابدست می آوریم .

$$R_v = G + P_v = 144000+18518 = 162518K_{g}/m$$

برای دریافت نمودن فاصله AE نظربه نقطه A مومنت میگیریم :

$$\mathrm{P_H}\cdot\frac{\mathrm{H}}{3}+\mathrm{G}\cdot\bar{\mathrm{O}}\text{-}\mathrm{R_v}\cdot\mathrm{AE}$$

$$AE=\frac{\mathrm{P_H}\cdot\frac{\mathrm{H}}{3}+\mathrm{G}\cdot\bar{\mathrm{O}}}{R_v}=\frac{39713\cdot\frac{10}{3}+144000\cdot 3,25}{162518}=3,694M$$

حالا عن المرکزیت رادریافت مینمائم :

$$e=AE-\bar{O}=3,96-3,25=0,44m$$

ازاینجا تشنجات اعظمی واصغری رادریافت مینمائم :

$$\sigma_{max-min} = \frac{R_v}{b}(1 \pm \frac{6e}{b})$$

$$\sigma_{max} = \frac{162518}{9}(1 + \frac{6 \cdot 0,44}{9}) = 23454,4 K_g / m^2$$

$$\sigma_{max} = \frac{162518}{9}(1 - \frac{6 \cdot 0,44}{9}) = 12760,6 K_g / m^2$$

استواری دیواردرچپه شدن کنترول مینمائم :

استواری دیواردرچپه شدن باید بزرگتراز2 باشد یعنی مجموع مومنت های گیرینده برمجموع مومنت های چپه کننده باید قیمت بزرگتراز2 بدهد .

$$\sum M_{streignten} = G \cdot (b - \bar{O}) + P_v \cdot b = 144000 \cdot (9 - 3,25) + 18518 \cdot 9 = 994662 K_g \cdot M$$

$$\sum M_{overtuning} = P_H \cdot \frac{H}{3} = 39713 \cdot \frac{10}{3} = 132376,6 K_g \cdot M$$

$$K_{c1} = \frac{\sum M_{streignten}}{\sum M_{overtuning}} = \frac{994662}{132376,6} \Rightarrow 7,5 > 2$$

چون ضریب استواری دیواردرچپه شدن بزرگتراز2 شد پس دیواردرمقابل چپه شدن استواراست .

کنترول نمودن استواری دیواردرلغزش :

ضریب استواری دیواردرچپه شدن باید بزرگتراز1,5 باشد .

$$P \leq R_v \cdot \mu \leq 1,5$$

$$39713 \leq 162518 \cdot 0,6 \leq 1,5 \Rightarrow 39713 < 97510,8$$

$$K_{c2} = \frac{97510,8}{39713} = 2,45 > 1,5$$

دیده میشود که استواری دیوارتامین است .

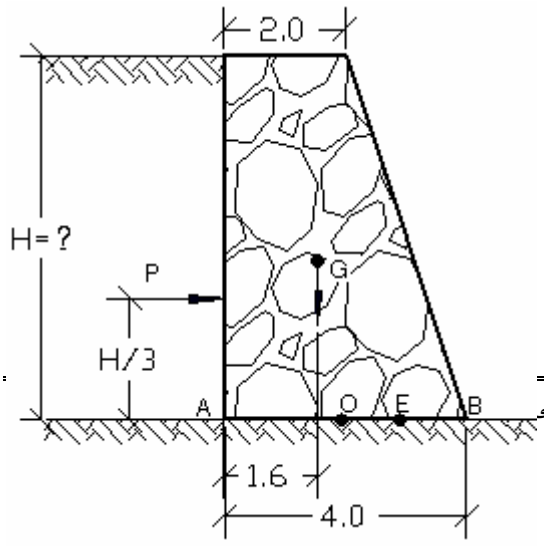
سوال سوم :

ارتفاع دیوارسنگی- کانکریتی رادرسه حالت دریافت نمائد . که لغزش صورت نگیرد , چپه نگردد وکشش دراساس بوجود نه آید ؟ بنا برارقام ذیل محاسبه اجراء نمائید ؟

$\mu = 0,6$ $\gamma_w = 10KN / m^3$ $a = 2M$ $b = 4M$ $h = ?$

حل :

شیمای محاسبوی دیواراستنادی سنگی- کانکریتی رارسم مینمائم .



$$G_{wall}=\frac{a+b}{2}\cdot h\cdot\gamma_{conc}\cdot 1m=\frac{2+4}{2}\cdot h\cdot 24\cdot 1m=72h$$

$$\bar{O}=\frac{a^2+ab+b^2}{3(a+b)}=\frac{2^2+2\cdot 4+4^2}{3(2+4)}=1,55m$$

$$P=\frac{\gamma_s\cdot h^2}{2}=\frac{16\cdot h^2}{2}=8h^2$$

$$(m=AE)=AF+FE\Rightarrow\bar{O}+\frac{P}{2}\cdot\frac{h}{3}=1,55+\frac{8h^2}{72h}\cdot\frac{h}{3}\Rightarrow 1,55+0,037h^2$$

$$M_o < M_r$$

$$\frac{Ph}{3}\le G\cdot\bar{O}\Rightarrow\frac{8h^2}{3}\le 72h\cdot 1,55$$

$$\frac{8h^2}{3}\le 111,6\Rightarrow h\le 6,46m$$

To be safe and tension

$$AE=m\le\frac{2}{3}b\qquad h\le 5,5m\qquad 1,55+0,037h^2\le\frac{2}{3}\cdot 4$$

To be safe against sliding

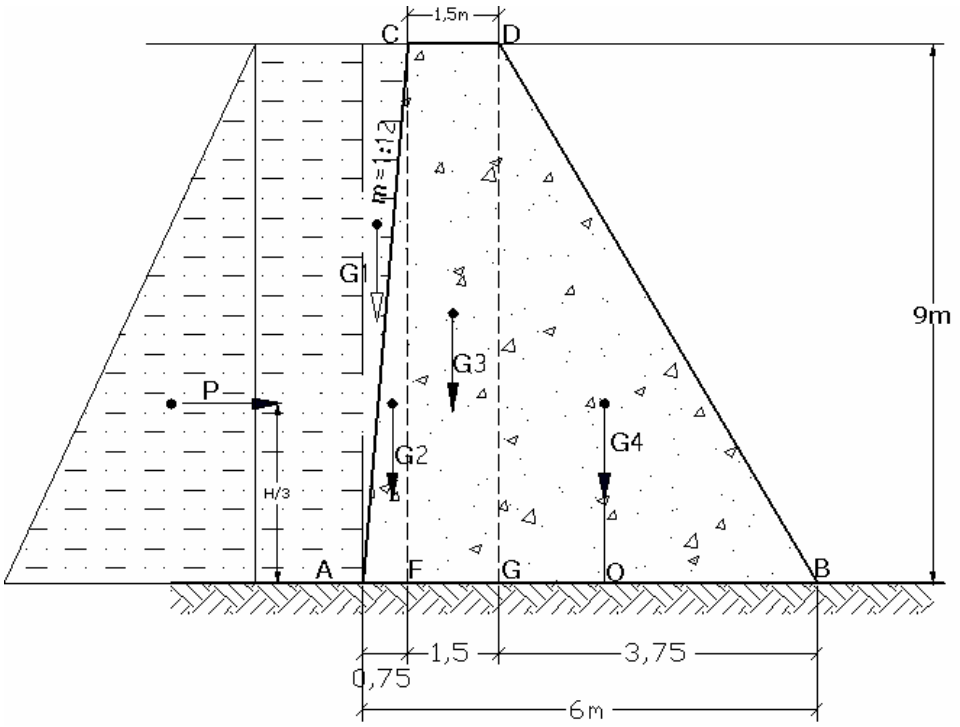
$$P\le\mu\cdot G\qquad 8h^2\le 0,6\cdot 72h\qquad h\le 5,4m$$

سوال چهارم :

بند سنگی – کانکریتی که ارتفاع آن 9m بوده وشکل ذوذنقه ئی دارد عرض قسمت بالائی آن 1,5m وعرض قسمت تحتانی آن 6m است قسمت فوقانی بند که با آب تماس دارد میلان جانبی ان 1:12 وآب تا قسمت فوقانی بند می رسد تشنج رادرقسمت تحتانی بند محاسبه نمائید درصورت که کثافت سنگ کاری $23KN/cubm$ باشد ؟

حل :

1) - شیمای محاسبوی بند سنگی – کانکریتی رارسم مینمائم .



2) - فشار هایدروستاتیکی آب مساوی میشود به :

$$P=\frac{\gamma_w \cdot H^2}{2}=\frac{10\cdot 9^2}{2}=405KN$$

3) - مومنت ازاثرفشار هایدروستاتیکی نظربه اساس :

$$M_0=P\cdot\frac{H}{3}\Rightarrow 405\cdot\frac{9}{3}=1215KN\cdot M$$

4) - وزن آب مثلث ΔAEC مساوی است به :

$$G_1=\frac{b\cdot H}{2}\cdot\gamma_w=\frac{0,75\cdot 9}{2}\cdot 10=33,75KN$$

5) - مومنت ازاثروزن آبΔAEC نظربه نقطهA :

$$M_1=G_1\cdot\frac{1}{3}\cdot b=33,75\cdot\frac{1}{3}\cdot 0,75=8,44KN\cdot M$$

6) - وزن بند درقسمت مثلث ΔACH مساوی است به :

$$G_2=\frac{AF\cdot H}{2}\cdot\gamma_s=\frac{0,75\cdot 9}{2}\cdot 23=77,625KN$$

7) - مومنت ازاثروزن مثلثΔACH نظربه نقطه A:

$$M_2=G_2\cdot\frac{2}{3}\cdot AF=77,625\cdot\frac{2}{3}\cdot 0,75=38,812KN\cdot M$$

8) - وزن بند درقسمت مستطیلی مساوی است به :

$$G_3 = A_{CDFG} \cdot \gamma_s = 1,5 \cdot 9 \cdot 23 = 310,5K_N$$

9) - مومنت ازاثروزن G_3 نظربه نقطهA مساوی است به:

$$M_3 = G_3 \cdot 1,5 = 310,5 \cdot 1,5 = 465,755K_N \cdot M$$

10) - وزن بند درقسمت مثلث Δ BDG مساوی است به :

$$G_4 = \frac{GB \cdot H}{2} \cdot \gamma_s = \frac{3,75 \cdot 9}{2} \cdot 23 = 388,125KN$$

11) - مومنت راازاثر وزن G_4 نظربه نقطه Aمساوی است به :

$$M_4 = G_4 \cdot (L_1) = 388,125 \cdot (2,25 + \frac{1}{3} \cdot 3,75) = 1358,44K_N \cdot M$$

12) - موقعت مرکزعمل قوای محصله نظربه نقطه A مساوی است به :

$$m = AE = \frac{\sum M}{\sum G} = \frac{M_1 + M_2 + M_3 + M_4}{G_1 + G_2 + G_3 + G_4} = \frac{1215 + 844 + 38,812 + 465,7 + 1358,4}{33,75 + 77,625 + 310,5 + 388,12} = 3,809$$

13) - فاصله عن المرکزیت مساوی است به :

$$excentricity = AE - AO = m - \frac{b}{2} \Rightarrow 3,809 - \frac{6}{2} = 0,809m$$

14) - تشنج اعظمی واصغری مساوی است به .

$$\sigma_{max-min} = \frac{G}{b}(1 \pm \frac{6e}{b})$$

$$\sigma_{max} = \frac{810}{6}(1 + \frac{6 \cdot 0,809}{6}) = 244,25K_N / m^2$$

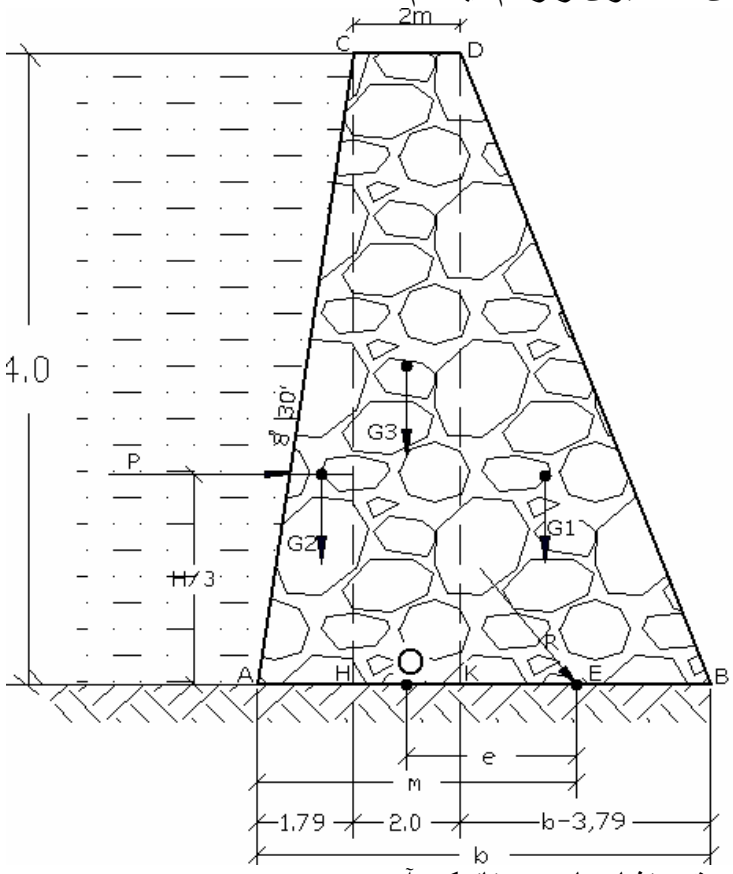
$$\sigma_{max} = \frac{810}{6}(1 - \frac{6 \cdot 0,809}{6}) = 25,78K_N / m^2$$

سوال پنجم :

بند آبگردان سنگی که ازتفاع ان 12m ودارای مقطع ذوذنقه ئی می باشد عرض قسمت فوقانی آن 2m ومیل فوقانی بند که با آب تماس دارد $8^0 30'$ است عرض اصغری تحتانی بند را که کشش دراساس بند بوجود نیابد دریابید درصورتیکه وزن مخصوصه کانکریت وسنگ کاری بند $22,4KN/cubm$ باشد ؟

حل :

شیمای محاسبوی رارسم مینمائم .



1) – قوه فشار هایدروستاتیکی آب :

$$P=\frac{\gamma_w \cdot H^2}{2}=\frac{10\cdot 12^2}{2}=720KN$$

2) – مومنت چپه کننده ازاثرقوه فشار هایدورستاتیکی آب :

$$M_1=P\cdot\frac{H}{3}\Rightarrow 720\cdot\frac{12}{3}=2880KN\cdot M$$

3) – وزن آب مثلث ΔACB مساوی است به :

$$G_1 = \frac{b \cdot H}{2} \cdot \gamma_w = \frac{1,79 \cdot 12}{2} \cdot 10 = 1074KN$$

4) - مومنت ازاثروزن آب مثلث ΔACB نظربه نقطه A مساوی است به :

$$M_2 = G_1 \cdot \frac{1}{3} \cdot b = 1074 \cdot \frac{1}{3} \cdot 1,79 = 640,8KN \cdot M$$

5) – وزن مثلث ΔACH مساوی است به :

$$G_3 = \frac{AH \cdot HC}{2} \cdot \gamma_s = \frac{1,79 \cdot 12}{2} \cdot 22,4 = 240,58KN$$

6) – مومنت که ازثر وزن مثلث ΔACH بوجود می آید مساوی است به :

$$M_3 = G_3 \cdot \frac{2}{3} \cdot AH = 240,58 \cdot \frac{2}{3} \cdot 1,79 = 287,09KN \cdot M$$

7) - وزن CDHK مساوی است به :

$$G_4 = CD \cdot CH \cdot \gamma_s = 2 \cdot 12 \cdot 22,4 = 537,6KN$$

8) – مومنت که ازاثروزن CDHK بوجود می آید :

$$M_4 = G_4 \cdot \frac{CD}{2} \cdot AH = 537,6(\frac{2}{2} + 1,79) = 1499,904KN \cdot M$$

9) – وزن سنگ کاری مثلث DKB مساوی است به :

$$G_5 = \frac{1}{2} \cdot (b\text{-}3,79) \cdot CH \cdot \gamma_s = \frac{1}{2} \cdot (b\text{-}3,79) \cdot 12 \cdot 22,4 \Rightarrow 134,4 \cdot (b\text{-}3,79)KN$$

10) – مومنت ازاثروزن ΔDKBنظربه نقطه Aطوری ذیل دریافت مینمائم :

$$M_5 = 134,4(b\text{-}3,79) \cdot [3,79 + \frac{1}{3}(b\text{-}3,79)] \Rightarrow 134,4(b\text{-}3,79) \cdot [\frac{11,37 + b - 3,79}{3}] \Rightarrow$$

$$= 44,8(b\text{-}3,79)(b+7,58)$$

مومنت قوه محصله نظربه نقطه A رادریافت مینمائم :

$$M = \frac{M}{G} = \frac{M_1 + M_2 + M_3 + M_4 + M_5}{G_1 + G_2 + G_3 + G_4 + G_5} \Rightarrow \frac{2880 + 640,8 + 287.09 + 1499,904 + 44,8(b-3,79)(b+7,58)}{1074 + 240,58 + 537,6 + 334,4(b-3,79)}$$

$$\Rightarrow \frac{4731,074 + 44,8(b^2 - 3,79b - 28,73)}{1314,584 + 334,4(b-3,79)b}$$

برای اینکه کشش دراساس صورت نگیرد باید $M \leq \frac{2}{3}b$ گردد .

یعنی

$$M = \frac{4731,074 + 44,8(b^2 - 3,79b - 28,73)}{1314,584 + 334,4(b - 3,79)b} \leq \frac{2}{3}b$$

ازمعادله فوق الذکربعد ازاجرای عملیات ریاضیکی قیمت b طوری ذیل بدست می آید .

$b=7,91m$

سوال ششم :

یک دیوار استنادی سنگی – کانکریتی که عرض قسمت بالائی آن 1m وعرض قسمت تحتانی آن 3m وارتفاع آن 5m است درعقب دیوار دونوع خاک که اوزان حجمی هریکی آن مساوی است به :

وزن حجمی قسمت بالائی $\gamma_s = 1700Kg/cubm$

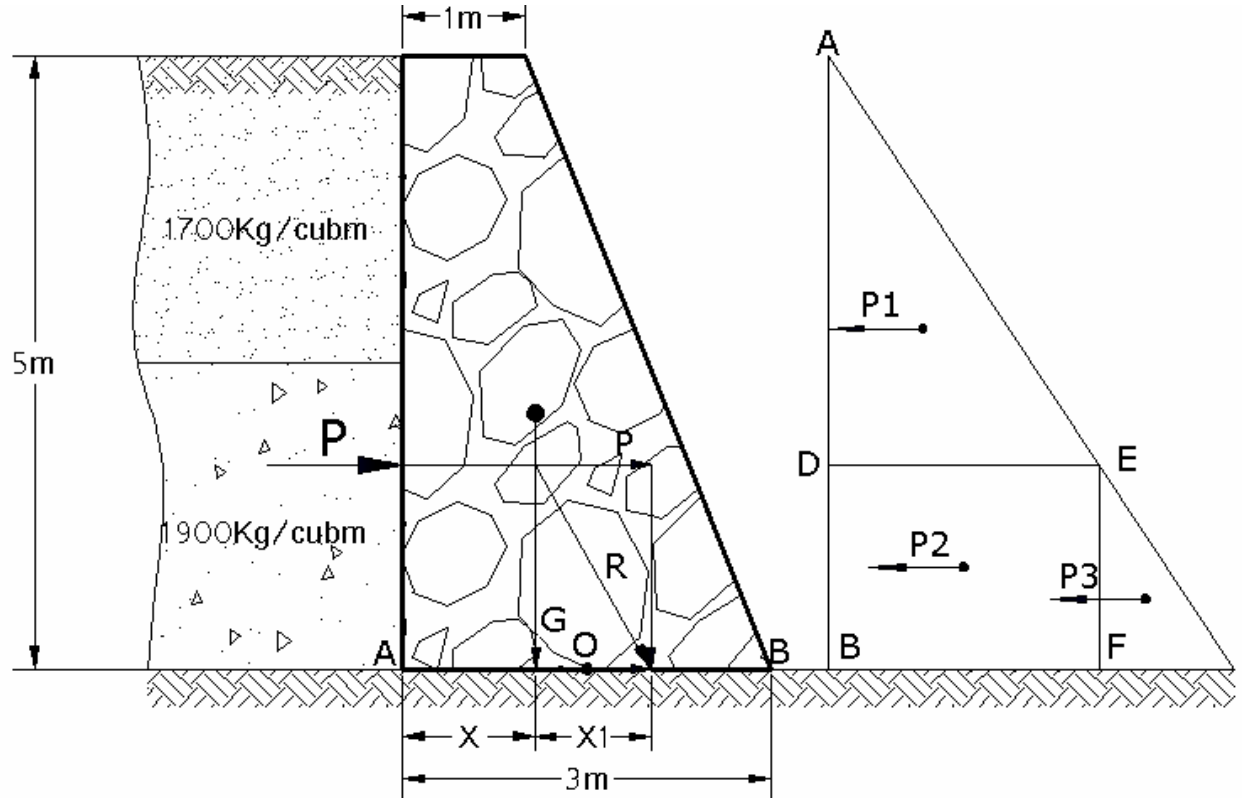
وزن حجمی قسمت تحتانی $\gamma_s = 1900Kg/cubm$

ارتفاع خاک $h_1 = h_2 = 2,5m$ زاویه اصطحکاک داخلی خاک30 درجه است

وزن مخصوصه موادساختمانی مساوی است به $\gamma_m = 2300Kg/cubm$ مجموع فشاریکه ازاثرخاک بالای دیوارعمل مینمائد دریافت نموده ونیزتشنجات اعظمی واصغری دراساس دیواردریابید

حل :

1) - شیمای محاسبوی رارسم مینمائم .



نظربه شکل داریم :

$$DE=\gamma_1 \cdot h_1 \cdot K_a = 1700 \cdot 2,5 \cdot \frac{1-\sin 30^0}{1+\sin 30^0} = 1416,7 Kg/sqrm$$

$$FC=\gamma_2 \cdot h_2 \cdot K_a = 1900 \cdot 2,5 \cdot \frac{1-\sin 30^0}{1+\sin 30^0} = 1583,4 Kg/sqrm$$

$$P_1 = \gamma_1 \cdot \frac{h_1^2}{2} \cdot \frac{1-\sin\varphi}{1+\sin\varphi} \Rightarrow P_1 = A_{ADE} \cdot 1m = \frac{1}{2} \cdot 1416,7 \cdot 2,5 = 1770,8 Kg$$

$$P_2 = A_{DEBF} = DE \cdot h_1 = 1416,7 \cdot 2,5 = 3541.75 Kg$$

$$P_3 = \frac{1}{2} \cdot FC \cdot 2,5 = \frac{1}{2} \cdot 1583,4 \cdot 2,5 = 1979,25 Kg$$

$$P = P_1 + P_2 + P_3 = 1770,8 + 3541.75 + 1979,25 = 7291,8 Kg$$

2) - حالا برای دریافت نمودن نقطه عمل مجموع فشارنظربه اساس دیوارمومنت میگیریم .

$$h \cdot P = P_1 \cdot (2,5 + \frac{2,5}{3}) + P_2 \cdot \frac{2,5}{2} + P_3 \cdot \frac{2,5}{3} \Rightarrow$$

$$h=\frac{P_1\cdot(2,5+\frac{2,5}{3})+P_2\cdot\frac{2,5}{2}+P_3\cdot\frac{2,5}{3}}{P}=\frac{1770,8\cdot(2,5+\frac{2,5}{3})+3541,75\cdot\frac{2,5}{2}+1979,25\cdot\frac{2,5}{3}}{7291,8}=1,64m$$

3) - وزن دیوار استنادی رادریافت مینمائم :

$$G_{wall}=\frac{a+b}{2}\cdot H\cdot 1m\cdot\gamma_{s\text{-}c}=\frac{1+3}{2}\cdot 5\cdot 1m\cdot 2300=23000Kg$$

4) - موقعت مرکزثقل رادریافت مینمائم :

$$\overline{X}=\frac{a^2+ab+b^2}{3(a+b)}=\frac{1^2+1\cdot 3+3^2}{3(1+3)}=\frac{13}{12}=1,08m$$

$$X_1=\frac{P}{G}\cdot\frac{H}{3}=\frac{7291,8}{23000}\cdot\frac{5}{3}=0,52m$$

5) - فاصله عن المرکزیت رادریافت مینمائم :

$$e=X+X_1-\frac{b}{2}=1,08+0,52-\frac{3}{2}=0,1m$$

6) - تشنجات اعظمی واصغری رادراساس دیواردریافت مینمائم :

$$\sigma_{max-min}=\frac{G}{b}(1\pm\frac{6e}{b})$$

$$\sigma_{max}=\frac{23000}{3}(1+\frac{6\cdot 0,1}{3})=7666K_g/m^2$$

$$\sigma_{max}=\frac{23000}{3}(1-\frac{6\cdot 0,1}{3})=6133K_g/m^2$$

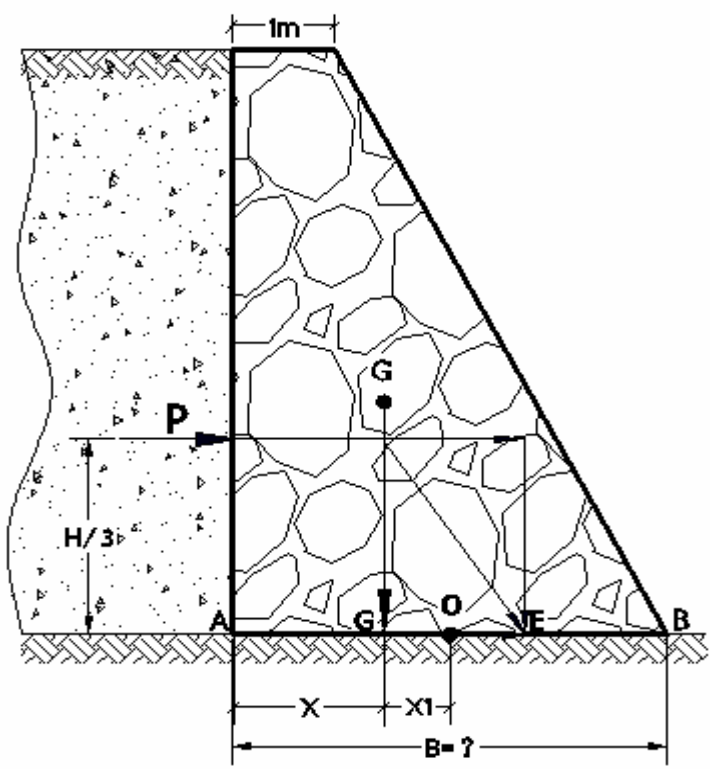
سوال هفتم :

عرض اساس دیوار استنادی مطلوب است درصورت که :

عرض بالائی a=1m ارتفاع دیوار H=6m وبه ارتفاع متذکره درعقب دیوارخاک موجودبوده . وزن مخصوصه خاک مذکور $\gamma_s=16K_N/cubm$ وزن مخصوصه مواد ساختمانی که دردیواربکاربرده شده است $\gamma_{wall}=23K_N/cubm$ زاویه اصطحکاک داخلی خاک $\varphi=30^0$ است ؟

حل :

1)- شیمای محاسبوی دیوار استنادی رارسم مینمائم :



2) – فشارخاک ازطرف قسمت فوقانی مساوی میشودبه :

$$P = \gamma \cdot \frac{h^2}{2} \cdot K_a = 16 \cdot \frac{6^2}{2} \cdot \frac{1-\sin 30^0}{1+\sin 30^0} = 96KN$$

3) – وزن دیوارادریافت مینمائم :

$$G_{wall} = \frac{a+b}{2} \cdot H \cdot 1m \cdot \gamma_{s-c} = \frac{1+b}{2} \cdot 6 \cdot 1m \cdot 23 = 69(1+b)$$

4) – فاصله مرکزموقعت ثقل رانظربه نقطه A دریافت مینمائم :

$$\bar{X} = \frac{a^2+ab+b^2}{3(a+b)} = \frac{1^2+1 \cdot b+b^2}{3(1+b)} = \frac{1+b+b^2}{3(1+b)}$$

$$X_1 = \frac{P}{G} \cdot \frac{H}{3} = \frac{96}{69(1+b)} \cdot \frac{6}{3} = \frac{2,78}{(1+b)}$$

5) – فاصله AE رادریافت مینمائم :

$$\overline{X} = \frac{a^2+ab+b^2}{3(a+b)} = \frac{1^2+1\cdot b+b^2}{3(1+b)} = \frac{1+b+b^2}{3(1+b)}$$

$$X_1 = \frac{P}{G}\cdot\frac{H}{3} = \frac{96}{69(1+b)}\cdot\frac{6}{3} = \frac{2,78}{(1+b)}$$

$$AE = X_1 + \overline{X} \Rightarrow \frac{1+b+b^2}{3(1+b)} + \frac{2,78}{(1+b)} = \frac{b+b^2+9,34}{3(1+b)}$$

$$e = AE - \frac{b}{2} \Rightarrow \frac{b+b^2+9,34}{3(1+b)} - \frac{b}{2}$$

6) – عن المرکزیت رادریافت مینمائم :

$$\frac{b}{6} = \frac{b+b^2+9,34}{3(1+b)} - \frac{b}{2} \Rightarrow \frac{b}{6} = \frac{2(b+b^2+9,34)-b(3(1+b))}{2\cdot 3(1+b)} = \frac{-b^2-b+18,68}{6+6b} =$$

$$\Rightarrow -6b^2-6b+6\cdot 18,68 = 6b+6b^2 \Rightarrow -12b^2-12b+112,08 = 0$$

معادله فوق الذکریک معادله درجه دو یک مجهوله است که میتوانیم به چند طریق (تکمیل مربع , توسط فورمول محمد بن موسی , چارت وغیره) حل نمائم که ازحل آن چنین نتیجه بدست می آید :

$$b_{min} = 2,59m \succ b_{max} = 3,59m$$

Diversion works (Head work)(سربند) ساختمانهای آبگردان

مجموع ساختمانهای هایدرولیکی ایکه در انها بلند شدن سطح آب برای کانال تآمین میگردد بنام ساختمانهای سربند ویا آبگردان یاد میگردد. برای ایجاد سرکوب ویا نپور ساختمان اختصاصی سطح آب که بنام بند هایاد میشود اعمار میگردد. ساحه مخزن اب یا آبیکه ذخیره شده بنام قسمت فوقانی بند یاد شده، وقسمت تحتانی آن ساحه خروجی آب از بند است. تفاوت نشانه های سطوح آب درقسمت فوقانی وتحتانی بند بنام سرکوب ویا نپور مسمی است ساختمانهای سربند شامل: بند های ذخیره ، بند های آبگردان، پرچاوه ها ،آبگیرها، دیوارهای استنادی ساحلی ، د که ها ، شلوز های شستو شوئی ، ترسبگاه ها، پل های خد متی وپل ها میباشد .

مجموعه ساختمانهای هایدرولیکی که رژیم کار آبگیر را تآمین میکند بنام ساختمانهای سربند یاد میشود .

اب از دریا برای مقاصد مختلف اقتصاد آبی با مقادیر متفاوت از طریق کانالهای سرباز با جریان خودی ، نا وه ها ، تونلها، نلهای تحت فشار به مصرف کننده ها انتقال میبابد .شکل (1) دیده شود

ساختمانهای سربند بانظر داشت نکات زیر دیزاین میگردد:

1. انتقال مقدار آب مورد ضرورت به صورت منظم در زمان معین به کانالها ؛
2. جلوگیری از ترسبات مواد منتقله وداخل شدن یخ در کانال ویا آبرسان ،
3. جلوگیری از آبهای سیلابی و پرچاوه آن ،
4. ساختمان باید ساده ، مناسب ، اقتصادی و استوار باشد.،

درمسائل دیزائن مسائل ذیل باید درنظرگرفته شود :

1 – فشارزمین (earth pressure):

فشارزمین توسط رابطه ذیل دریافت میگردد :

$$p_e = \frac{1}{2} \times \gamma_s \times h^2 \times K_s \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (Kg)$$

دررابطه فوق الذکر :

γ_s -وزن مخصوصه خاک Ton/m

h - ارتفاع افقی خاک که بالای دیوارویاساختمان دیگرعمل مینمائد Ton/m

K_s -ضریب فشارخاک که توسط فورمول $K_s = \frac{1-\sin\varphi}{1+\sin\varphi}$ دریافت میگردد .

2 – فشارهایدروستاتیکی آب Hydrostatic pressure :

$$p_w = \frac{1}{2} \times \gamma_w \times H^2 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (Kg)$$

3 – فشارفلتری که ازاساس دیوارعمل میکند up lit pressure :

$$F_u = 0,5(H_1 - H_2) \cdot L \cdot \gamma_w$$

4- قوه زلزله earth quake pressure :

$$F_{eq} = 0,5 \cdot G_{structure} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (Kg)$$

0,15 ضریب زلزله بوده که نظربه شدت زلزله قیمت آن متفاوت بوده که درینجا اکثرا برای ناوه ها مساوی به0,15 بوده (ناوه که وایه آن 100 متر بود ه).

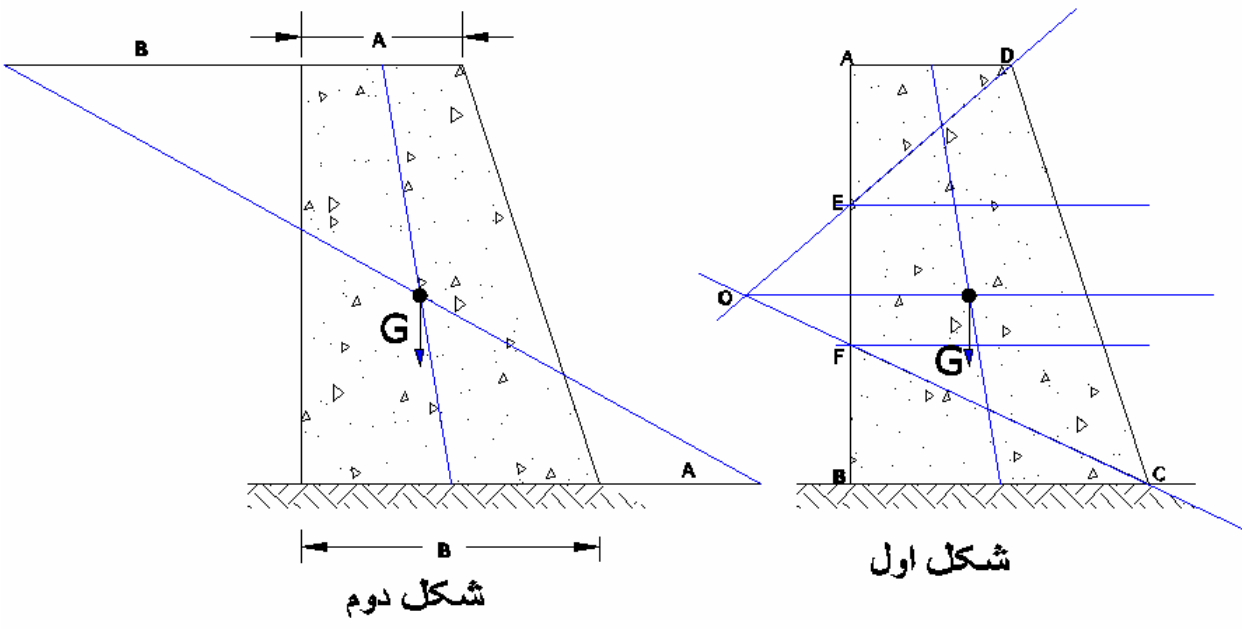
مرکزثقل یک دیواراستنادی راطوری ذیل دریافت مینمائم :

چون دیواراستنادی عموما شکل ذوذنقه داشته میباشد پس مرکزثقل آن میتوانیم طوری ذیل دریافت نمائم

1 – میتوانیم به دومثلث تقسیم نمائم

2 - ضلع عمودی رابه سه حیصه مساوی تقسیم مینمائم وازنقاط E وF خطوط رابه رأس های B وC رسم مینمائم ازنقطه تقاطع این دوخط نقطه O بوجود می آید که ازنقطه مذکور یک خط را موازی به افق رسم مینمائم . حالا ازنصف اضلاع AB وBC یک خط راعبورمیدهیم که درینصورت خط مذکورباخط افقی ازنقطه O تقاطع مینمائد که ازهمین تقاطع مرکزثقل ذوذنقه بوجود می آید (شکل اول)

3 – درین طریقه ضلع فوقانی ذوذنقه رابه ضلع تحتانی وصل نموده وضلع تحتانی به ضلع فوقانی وصل نموده وازانجا مهای هریک آنها رابا همدیگروصل نموده حالا ازنصف ضلع فوقانی وتحتانی راباهم وصل نموده که ازتقاطع آن مرکزثقل بدست می آید (شکل دوم)



موقعت مرکزفشاردراساس راازفورمول ذیل دریافت مینمائم

$$\overline{X} = \frac{a^2 + ab + b^2}{3(a+b)}$$

دررابطه فوق الذکر:

a– عرض ضلع فوقانی

b - عرض ضلع تحتانی

5 – قوه فشارباد wind pressure :

عموما ساختمان های مانند ناوه , تانک فشارآب , مخازن ذخیره هوائی آب , ناوه ها , پل ها برای فشار $100K_g/cm^2 \div 150K_g/cm^2$ دیزائن میگردد .

مثال :

محاسبه ترناب که دارای عرض 4 مترمیباشد ازبالای یک سیلبر که عرض ساحه آبرو آن 12 متر میباشد دارای مقطع مستطیلی وعمق آب درناوه ترناب 1,5 مترمیباشد دیزائن نمائد ؟

حل :

نوت : مقطع عرضی ناوه ترناب راشیماتیک رسم مینما ئم

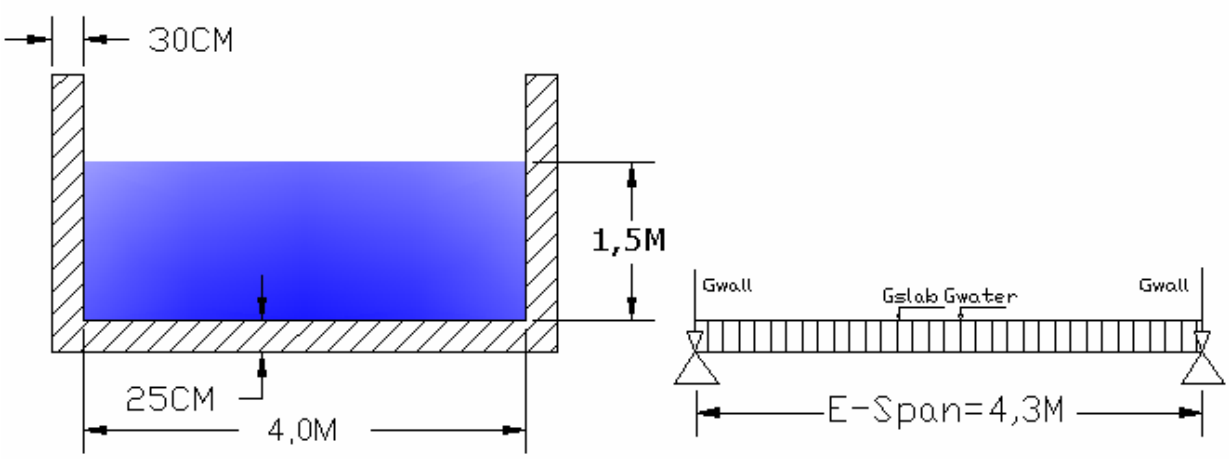
ضخامت تخته پوشش تحتانی را25cm قبول مینمائم , ضخامت دیوارهای جانبی را30cm وارتفاع ذخیره وی درین مثال مساوی به 15cm قبول مینمائم.

ارتفاع ذخیره وی نظربه مقدارجریان درساختمانهای مختلف متفاوت میباشد که قرارذیل تعین میگردد .

جدول ارتفاع آزاد آب درکانال ها

Free board	Water depth
0,3d	Up to 1m
0,2d+0,1m	1-2 m
0,1d+0,3m	2m<

درجدول فوق d عمق آب است
عموما قیمت اصغری free board ازcm10 تا به cm75 وبعضا تا به m1 میرسد
پس وایه موثرناوه رامساوی به m4,3 بوده (شکل ذیل دیده شود)



تخته پوشش تحتانی Base slab (base slab with thickness of 25 cm):
قوه هادرفي مترمربع دراين پليت مساوي ميشود به :

$$Weight_{slab} = 25 \times 24 = 600 k_g / cm^2 \leftrightarrow or \rightarrow 0,25 \times 2400 = 600 k_g / cm^2$$

قوه هادرفي مترمربع (weight of water &down slab per square meter)ازاثر آب وتخته پوشش تحتاني كه بالاي تخته پوشش تحتاني عمل مينمائد .به اين ترتيب .

$$G_w = \gamma_w \times H = 1000 \times 1,75 = 1750 K_g / m^2$$

چون دراينجا ناوه ترناب درحالت درنظرميگيريم كه بصورت اعظمي پر ازآب باشد (حالت حادثوي) پس ارتفاع آب درآن مساوي به 1,75 مترميباشد .پس داريم :

$$G_s = \gamma_c \times t_c = 2400 \times 0,25 = 600$$

ازاينجا وزن مجموعي رادريافت ميداريم يعني :

$$G_{Total} = G_w + G_s \Rightarrow 1750 + 1750 = 2350 K_g / m^2$$

مومنت اعظمي انحنائي(Maximum sagging moment due to weight of water) راازرابطه ذيل دريافت ميداريم .
ازاثرعمل وزن آب :

$$M_{max}^{water} = \frac{ql^2}{8}$$

$$q = \gamma_w \cdot H = 1000 \cdot 1,75 = 1750 k_g / m^2$$

$$M_{max}^{water} = \frac{1750 \cdot 4,3^2}{8} = 4044,7 K_g \cdot m$$

ازاثرعمل وزن تخته انحنائي(Maximum sagging moment due to weight of slab) پوشش :

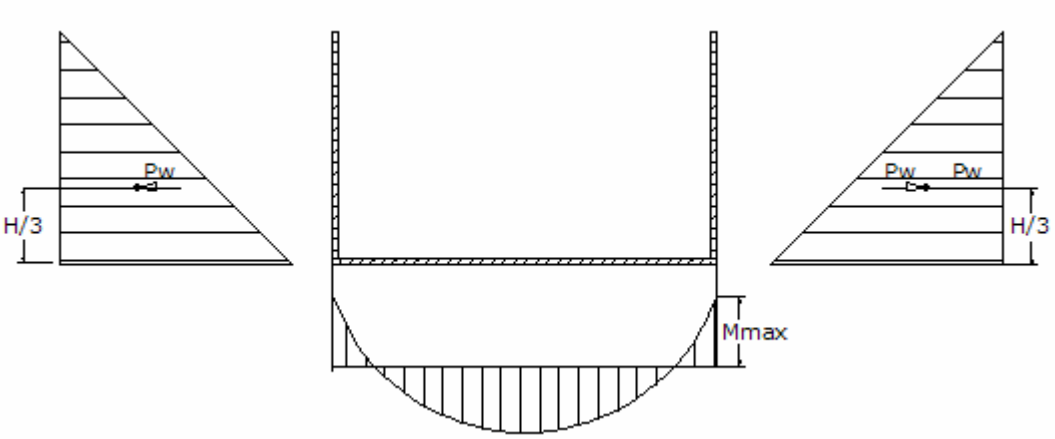
$$M_{max}^{slab} = \frac{ql^2}{8}$$

$$q = \gamma_c \cdot t_c = 2400 \cdot 0,25 = 600 k_g/m^2$$

$$M_{max}^{slab} = \frac{600 \cdot 4,3^2}{8} = 1386,7 K_g \cdot m$$

قوه فشار هایدروستاتیکي بالاي دیوارهاي جانبي ترناب مساوي است به :

$$P = \frac{\gamma \times H^2}{2} = \frac{1000 \times 1,75^2}{2} = 1531,2 K_g/m^2$$



مومنت انحنائي (Hogging moment due to water pressure is calculating as below) ازاثرفشارآب :

$$M_{max} = P(\frac{H}{3} + 0,125) = 1531,2(\frac{1,75}{3} + 0,125) = 1084,6 K_g \cdot m$$

مساحت سیخ رابراي دیوارهاي جانبي دریافت میداریم :

$$M_f = A_{st} \cdot F_{st} \cdot J \cdot d \Rightarrow A_{st} = \frac{M_f}{F_{st} \cdot J \cdot d} = \frac{1084,6 \cdot 100}{1250 \cdot 0,87 \cdot 25,4} = 3,92 cm^2$$

دررابطه فوق الذکر d عبارت ازعمق فعال ضخامت دیوارجانبي بوده که مساوي میشود به :

$$d = 30 - (4 + \frac{1,2}{2}) = 25,4 cm$$

قطرسیخ را 12mm قبول مینمائم که ازاینجا تعداد سیخ ها طوري دریافت مینمائم :

$$N_{bar} = \frac{A_{st}}{A_{st}^1} = \frac{A_{st}}{\Pi d^2/4} = \frac{3,92}{3,14 \cdot 1,2^2/4} = 3,46 \cong 4 Nos$$

که ($4\phi 12mm (A_{st} = 3,92 cm^2$ A-I) قبول میگردد .

سیخ هاي تقسیماتي(distribution bars) راطوري ذیل دریافت مینمائم :

این سیخ ها به قطر 8mm قبول مینمائم که مساحت آن مساوي میشود به :

$A_{st}=50\%\times A_{st}^{1}=0,5\times 3,92=1,96cm^2$

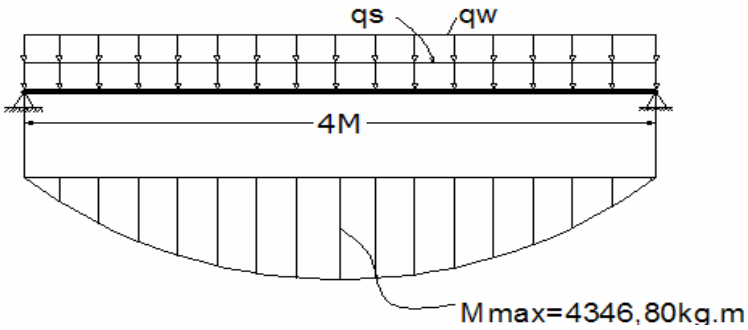
تعداد این سیخ ها مساوي ميشود به :

$$N_{bars}^{dist}=\frac{A_{st}^{dist}}{A_{st}^{1}}=\frac{A_{st}^{dist}}{\Pi d^2/4}=\frac{1,96}{3,14\cdot 0,8^2/4}=3,90\cong 4Nos$$

که ($4\phi 8mm(A_{st}=3,90cm^2$ A-I) قبول ميگردد .

مومنت اعظمي رانظربه مركز تخته پوشش تحتاني(Maximum bending moment at center of base slab) دريافت مينمائم :

$$M_{max}=M_1^{water}+M_1^{slab}+M_1^{sidewall}=4044,7+1386,7+1084,6\Rightarrow 4346,8K_g.M$$



مقدارسيخ رابراي تخته پوشش تحتاني دريافت ميداريم (البته سيخ به قطر 12mm قبول مينمائم :
درينجا عمق موثر تخته پوشش تحتاني مساوي ميشود به :

$$d=25-(4+\frac{1,2}{2})=20,4cm$$

$$M_r=A_{st}\cdot F_{st}\cdot J\cdot d\Rightarrow A_{st}=\frac{M_r}{F_{st}\cdot J\cdot d}=\frac{4346,8\cdot 100}{1250\cdot 0,87\cdot 20,4}=19,59cm^2$$

تعداد سيخ ها دريافت ميداريم :

$$N_{bar}=\frac{A_{st}}{A_{st}^{1}}=\frac{A_{st}}{\Pi d^2/4}=\frac{19,59}{3,14\cdot 1,2^2/4}=17,3\cong 17Nos$$

که ($17\phi 12mm(A_{st}=17,3cm^2$ A-I)قبول ميگردد .

فاصله بين سيخ ها(spacing between bars)دريافت ميداريم :

$$spacing=\frac{A_{st}^{1}\times 100}{A_{st}}=\frac{1,13\times 100}{19,59}=5,76cm=6cm$$

چون نظربه نورم هاي ساختماني فاصله بين سيخ ها نبايد كم از 10cm باشد پس بايد اين فاصله ازسرمحاسبه نمائم يعنيق قطر سيخ ها را 16mm درنظرميگيريم .

چون قطرراتغیردادیم پس عمق موثرنیزتغیرمیخورد یعني :

$$d = 30 - (4 + \frac{1,6}{2}) = 20,2cm$$

$$M_r = A_{st} \cdot F_{st} \cdot J \cdot d \Rightarrow A_{st} = \frac{M_r}{F_{st} \cdot J \cdot d} = \frac{4346,8 \cdot 100}{1250 \cdot 0,87 \cdot 20,2} = 19,87cm^2$$

$$N_{bar} = \frac{A_{st}}{A_{st}^1} = \frac{A_{st}}{\Pi d^2/4} = \frac{19,87}{3,14 \cdot 1,6^2/4} = 10Nos$$

که $(10\phi 16mm (A_{st} = 19,87cm^2 A\text{-}I)$ قبول میگردد.

$$spacing = \frac{A_{st}^1 \times 100}{A_{st}} = \frac{\Pi d^2/4 \times 100}{19,59} = \frac{3,14 \cdot 1,6^2/4 \times 100}{19,87} = 10cm$$

پرنسیب سیخ بندي درشکل ذیل نشان داده شده است .

نوت :

فشارمجازي فولاد میتوانیم ازجدول ذیل دریافت نمائم :

فولاد سخت high yield stress	فولاد نرمMild steel	فشارمجازي فولاد
230N/sqrmm	140N/sqrmm	Up to 20 mm
275N/sqrmm	130N/sqrmm	Over 20 mm

اما زیادترازفولاد که داراي تشنج مجازي 1200-1400 کیلوگرام درفي مترمربع داشته باشد استفاده مینمائد .

سوال کارخانگي :

ناوه ترناب رادیزائن نمائید (دیزائن ساختماني وهایدرولیکي) درصورت که ارقام ذیل داده شده باشد .

مقدارجریان درکانال 20cumecs

میلان نشیب جانبي کانال m 1:1

ضریب درشتي کانال n=0,025

ضریب درشتي ناون ترناب n=0,014

عرض کف کانال درقسمت دخول b= 4m

عمق آب درکانال درقسمت دخول وخروج h=1,6m

عرض آبرو سیلبر B=40m

M200مارك کانکریت که درناوه ترناب بکاربرده میشود

$b_{aq}, h_{aq}, H_{Total} = ?$ خواسته شد ه.

فاصله , ودربخش دیزائن ساختماني مقدارسیخ هاي فعال وساختماني ,طول قسمت اتصالي رادرقسمت دخول وخروج بین سیخها ومقدارسیخ هاي مورد ضرورت درتمام طول ترناب دریابید ؟

فصل VII بند ها و مخازن ذخیره

Dams

بند عبارت ازساختما ن جسیم وبزرگی است که از مواد مختلف ساختمانی به منظورمسدود ساختن مسیر دریاها و ذخیره نمودن آبهای اضافی دریاهادرزمان زیاد آبی وسیلابها، ایجاد سرکوب(نپور Head)ساخته میشوند تا از ا ین آب ذخیره شده درموقع ضرورت در جهات مختلف اقتصاد آبی ازقبیل تولید انرژی برق آبی ، رفع نیازمندی های کشاورزی ،آبرسانی شهر ها ، دهات وتأ سیسات صنعتی ، تربیه وپرورش ماهیان ، ایجاد تفریحگاه هاونواحی سرسبز وغیره استفاده بعمل آید. بر اساس اهداف بهره برداری که فوقاً ذ کر گرد ید ند ضروری خواهد بود که بند ها صرف نظر ازمواد ساختمانی که در اعمار تنه یا جسم شان بکاررفته اند باید خواسته های ذیل را تأمین نمایند.

6 - 1 تصنیف بند ها Classification of dams

بندها نظر به مشخصات وکتیگوری های ذیل تصنیف بندی وگروپ بندی میشوند.

6– 1 .1. نظربه اهداف بهره برداری. Clasification according to use

بندها نظربه اهداف بهره برداری شان به انواع ذیل تقسیم میشوند:

1 – بندهای ذخیره (Storage dams) : بند ها بیکه بمنظور ایجاد کاسه های ذخیره آب سا خته میشوند.

2 – بندهای آبگردان(Diversion dams):که بمنظورتغیردادن مسیرآب دریاها وکانالها ساخته میشوند.

3 –بندهای محافظوی یا دفاعی وبازدارنده (Detention dams) : که به شکل سد دفاعی جهت محافظت شهرها، دهات ، زمینهای زراعتی ، راهها وسایر خطوط مواصلا تی ساخته میشوند.این نوع بندها رابعضا بنام بندهای تاخیری نیز یاد مینمایند زیراسیلا بهای مخرب را که در اکثر موارد شد ید وکم دوام میبا شند در کا سهٔ مربوط خویش ذخیره نموده و از شد ت شا ن میکاهد وبدین ترتیب از تخریبات و فاجعه ها ی احتما لی جلوگیری به عمل می آورد. علاوتاً آبهای ذخیره شده بمرور زمان بدا خل منفذهای اسا س وسواحل

کا سه ذخیره نفوذ نموده؛ کاریزها ، چشمه ها و چاه های محلا ت اطراف خویش را تغذیه مینما ید ودر نتیجه میتواند که حالت آبهای تحت الارضی بهبود قابل ملا حظهء کسب نما ید. این خود یکی از شیوه های خوب انکشاف منابع آبی و مجادله در برابر تأثیرات خشکسالی ها شمرده میشود.

4 – بندها یا سد های موقتی (Coffer dams) : این بندها جهت جلوگیری ازدخول آب دریا به ساحه تهداب ساختمان اسا سی ؛ درقسمت های قبل و بعد از ساحه موقعیت ساختما ن اصلی که اعما ر آن مدنظر است ساخته میشوند.

6– 1 .2. نظر به ارتفاع: Clasification according to hight (head)

از لحاظ ارتفاع یا بلندی بند ها به انواع ذیل تقسیم میگردد.

1. بند های کم ارتفاع (Small dams): که ارتفاع شان الی 15 متر باشد.
2. بند متوسط (Medium hight dams): که ارتفاع شان بین 15 الی 50 متر باشد.
3. بند های مرتفع (Hight dams) : که ارتفاع شان بیشتر از 50 متر باشد.

6– 1 .3. از لحاظ مواد ساختمانی :(Clasification by materials)

نظر به مواد ساختمانی بند های به سه نوع ذیل تقسیم میشود

1. بند های مواد محلی (Dams of local materials): بند های را گویند که مقطع عرضی شان شکل ذوذنقه را دارا بوده در ساختمان بخش بیشتر از جسم شان از مواد محلی مثلاً گل ها، ریگ ها و سنگهای مختلف استفاده به عمل امده باشد. بند های مواد محلی به سه نوع ذیل اند:

الف- بند های خاکی Earth filled dams .

ب - بند های سنگ ریزه ئی Rockfill dams.

ج - بندهای سنگی - خاکی Combined earth and rocfill dams.

2 – بند های کانکریتی (Concrete dams) : بندهای کانکریتی بند های راگویند که در تمام جسم شا ن کانکریت یا آهن کانکریت بکار رفته باشد. بند های کانکریتی نیز به اشکا ل وانواع ذیل تقسیم میشوند :

الف- بند های گراویتی (Gravity concret dams) :بندهای را گویند که از کانکریت ویا سنگ کاری با مسا له ساخته شده و ثبا ت یا ا ستوا ری شان د رمقا بل قوه ها ی لغزا نند ویا چپه کنند ه د ر نتیجه عمل وزن جسم آ نها (قوه ثقل شان)تا مین میگردد.بندهای گراویتی میتوانند به ارتفا ع واشکال متفاوت ساخته شوند. اگراسا س وسوا حل دره ها درمحل اعمار از صخره های محکم تشکیل شده باشند درآنصورت بند های گراویتی میتوانند به ا رتفاع بلند ساخته شوند. اما ا گر اساس وسواحل د رمحل اعماربند ازخا کها وموا د غیر صخره ای تشکیل گردیده باشند دز آنصورت بند های مذکور با ارتفاع محدود (الی 25 – 30 متر) ساخته میشوند.

ب- بند های کا نترافورسی (Concrete buttress dams): مفکوره اعماراین بند ها برای با ر نخست درکشور ایتا لیا به میان آمد که مطلب اساسی ازاعمارشان کاهش مصرف کانکریتمیباشد.زیرا دربندهای گراویتی مصرف کانکریت زیاد بوده درحالیکه ازمحکمی آن استفاده کامل بعمل نمی آید. بند های کانترافورسی طوری طراحی میگردد که جدار جلوی شان بشکل مسدودساخته شده اما جدار عقبی بشکل ردیفی ازدیوار های کانکریتی یا آهنکا نکریتی که جدارجلوی بالای آنها متکی باشد انتخاب می شود . قوه فشار هایدرو ستاتیکی آب ازطرف قسمت فوقانی بالای جدار جلوی بند (جدار مسدود) عمل نموده، جدار مسدود قوهً متذکره را به قسم تمرکز یافته به کانترا فورسها انتقا ل داده وکانترافورسهابه نوبه خویش قوه های مذکور را به اساس یا تهداب (زمین) انتقال میدهند .نام کا نترافورس هم ازهمین جا برای این بند ها داده شده است که معنی متمرکزکننده قوه (Contro force) راافاده می نماید .

ج - بند های کمانی یا قوسی (Arched concrete dams) :-

این بندها از کانکریت ساخته شده ودر پلان افتاده شکل کمان (Arch) را دارند.وجه تسمیه این بند ها نیز از همین جا نشأ ت نموده است.بنا برشکل کمانی بودن شان بندهای متذ کره قوه فشارهایدروستا تیکی آب را که از جانب کاسه ذخیره (قسمت فوقانی) متحمل میشوند به سواحل دوطرف انتقال میدهند. این خصوصیت کار شان باعث میشود که از محکمی کانکریت جسم شان استفاده مکمل به عمل آ مده ومصرف کانکریت در آنها کاهش یابد . بندهای کمانی میتوانند به ارتفاع زیاد ساخته شوند .مگرتأ کید میشود که بندهای کانکریتی کمانی صرف در محلا تی ساخته میشوند که اساس وسواحل دره ازصخره های محکم تشکیل شده و عرض دره در محل اعمار کم باشد.

3 - بندهای فولادی(Steel dams): بند های فولادی صرف در ایالات متحده امریکا در سا لهای قبل از 1905 ساخته شده اند در سایر کشور های جها ن بنابر عوامل مختلف موارد استعما ل چندانی تا کنون کسب ننموده است. بندهای فولادی به انواع ذیل اند :

- بندهای فولادی مستقیما متکی به اساس Direct strutted type .
- بند فولادی کنسولی .Contilever type

4 - بند های چوبی (Tember dams): که در ساختمان جسم شان از چوب استفاده به عمل امده باشد.استعمال بند های چوبی در این اواخر به علت پرمصرف بودن و کم بودن مداومت عمر شان کم گریدیده و در مورد بسیار خاص و استثنائی ساخته میشوند.

5 . بند های پلاستیکی یا لاستیکی (Rubber dams): این بندهابه اخیراًبه ارتفاع الی 6 متر مواردااستعمال پیدا نموده اند .بندهای متذ کره از صفحه های پلا ستیکی (پولی میر ها) ویا صفحه های رابری که مقاومت شان در مقابل قوه های کششی ومحیط ماحول (آب وهوا) زیاد با شد ساخته میشوند. ظاهراً بندهای مذکور شکل مشک طویل را دارد که به امتداد عرض دریا (مسیر آب) از یک گوشه آن به کف دریا محکم بندی شده و هرگاه مطلوب باشد که سطح آب درقسمت فوقانی بلند برده شود بداخل مشک آب یا هوا را پمپ مینمایند وبرعکس هرگاه پایین آمدن سطح آب در کاسه بند ضرورت باشد آنگاه محتوای داخل مشک را تخلیه مینمایند

D – ازلحا ظ دیزاین هایدر لیکی : (Classification according to hydraulic design)
از لحاظ رژیم ودیزاین هایدرولیکی بند ها بدو نوع ذیل تقسیم می شوند:
1 – بندهای مسد ود (Non – overflow dams) بند های اند که هیچ مجرای آزاداز طریق قله شا ن به منظور عبوردادن آب درنظر گرفته نشده باشد.
2 – بندهای آ بریزه ای سر ریز (Overflow dams): درین نوع بندها بخا طر عبور دادن آبها ی اضافی (پرچاوه ای) مجراهای سرباز به شکل آبریزه ها گذاشته میشوند .

E–از لحا ظ د رجه سختی(سفتی) مواد : (Classification by hardnece of materials)
بندها ا زلحا ظ درجه سختی مواد جسم شان بدونوع ذیل اند :
1 – بندهای سخت(سفت) Rigid dams : جسم این بندها کاملا سخت بوده وتغیرشکل آنها ازاثرعمل قوه فشارهایدرو ستاتیکی آب وسایر نیروهای عامل بسیارکم است .بندهای سخت ازمواد ساختمانی نظیر کانکریت، آهنکا نکریت، سنگکاری بامسا له، فولاد وچوب ساخته میشوند.
2 – بندهای غیر سخت (نرم) Non – rigid dams: این بندها درمقایسه با بند های سخت از تغیرشکل پذیری بیشتری برخوردار اند . بندهای خاکی، سنگی – خاکی وسنگریزه ای از ین قبیل بندها اند .

. ارزیابی عمومی وانتخاب محل اعمار بند .
برای اعمار یک بند خاص ،ساختمان و محل اعماربند باید تامین کنندهً نیاز های فنی و بهره برداری باشد و وجود تناسب بین ابعاد ساختمان ومحل اعمار می تواند باعث تعادل بین ویژگیها فزیکی طبیعی آن و اهداف اصلی بند گردد. توپوگرافی منطقه، ظرفیت مخزن (ارتفاع آب و حجم کاسهً ذخیره) نوعیت جیولوجی اساس و سواحل ،هیدرولوژی و میزان رسوب، وجود مواد ساختمانی مناسب و عدم موجودیت ضایعات آب از کاسهً ذخیره و وهمچنان اثرات و پیآمد های ناشی از اعما ر بند بالای محیط زیست از مهمترین عواملی هستند که بر روی تعادل مذکور اثر می گذارند . در اینجا برخی از عوامل فوق به اختصار تذکر داده میشوند.

الف - توپوگرافی منطقه و ظرفیت کاسه ذخیره.
اولین عامل برای تعیین محل محوربند وجود درهً ای مناسب است که بتوا ن بند را با طول مورد نظردر داخل آ ن جا بجا نمود. برای

ا قتصادی بود ن و کاهش مصرف ا، لازم است تا برای یک ارتفاع معین، طول بند درنشانهٔ قله تا حد امکان کم و د ر مقابل ظرفیت مخزن حتی المقد ور زیاد باشد. بنا بر این از لحاظ توپوگرافی محلی برای احداث بند مناسب خواهد بود که در ناحیه موقعیت محور بند، دره خیلی کم عرض (تنگ) بوده ولی درقسمت بالا تر از محور (درقسمت موقعیت کاسه ذخیره) عرض دره زیاد شود . که درینصورت مخارج اعمار بند کم و برخلاف ظرفیت ذخیروی کاسهٔ بند زیاد خواهد بود . هرگاه د و دریا در نقطه ای بهم یکجا شده ویک دریای واحد را تشکیل دهد د رآنصورت بهتر خواهد بود که درصورت امکان محور بند درقسمت پایین تر از محل اتصال انتخاب شود.

ب- اساس بند، شرایط ساختمان زمین و جیو تکتونیک محل .

در بند های کانکریتی می بایست کف و جناحین (سواحل) دریا دارای سنگ مقاوم بوده و همچنین عمق سنگ کف (ضخامت آبرفت) در حد قابل قبولی باشد، بدیهی است با استفاده از نتایج آزمایشات سطحی، انفجار های آزمایشی و نتایًج حاصله، پروفیل عرضی و محور بند تثبیت میشود . ساختمان زمین وسایر گسیختگی های موجود مانند سیستم درزها و ترک ها، لایه بندی و جهت لایه ها مناسب بودن و قابلیت برداشت اساس در مقابل قوه ها و ظرفیت باربری آن، تغیر شکل پذیری عوامل هستند که می توانند درتعین محل و موقعیت محور و نوع بند اثر گذاشته و در صورت ضرورت تدابیر مشخص انجینیری بخاطر بهبود اساس اتخاذ گردند .

ج- هایدرولوژی و مقدار رسوبات .

مشخصات هیدرولوژیکی منطقه از جمله عوامل مهم در انتخاب محل بند، می باشد که می بایست مقادیرجریان ناشی از بارندگی یا ذوب برف در حدی باشد که از نظر اقتصادی امکان استفاده عادی از بند در طول عمر مفید پروژه وجود داشته باشد. بطور کلی هر چه نوسانات خصوصیات هیدرولوژیکی نظیر بارند گیها و سیلابها در سالهای مختلف کمتر باشد، شرایط بهتری را جهت استفاده دائمی فراهم مینمایند . تیخیر آب از کاسهٔ ذخیره که خود رابطهٔ مستقیم بامساحت سطح آیًنوی , حرارت محیط ما حول وسرعت وزش باد دارد عامل دیگری است که در محاسبات هایدرو لوؤیکی کاسهٔ ذخیره باید در نظر گرفته شود .

مقدار رسوبات وترکیب دانه ای شان نیز تأ ثیر ات مهمی بالای ظرفیت کاسهٔ ذخیره و مداومت عمر پروژه (بند) دا شته واز جمله عواملی هستند که در محاسبات هایدرولوژیکی و تعین احجام مفید وعاطل کاسهٔ ذخیره باید تا حد امکان بصورت دقیق بر آورد شوند. تا بدینوسیله اطمینان کافی از عدم پرشدن کاسهٔ بند بوسیله رسوبات، در کوتاه مدت، وجود داشته باشد.

د- محل تعین موقعیت پرچاوه ها (سرریز ها)

سرریز ها بطور معمول گرانترین و پرهزینه ترین ساختمان جانبی بندبه حساب می آید. در بندهای مواد محلی باید موقعیت پرچاوه ها درماحول خارج تنهٔ بند تعین شود زیرا عبور آب از بالای باد های مواد محلی مجاز نمیباشد در حلیکه در اغلب بند های کانکریتی می توان پرچاوه ها را بر روی خود بد نهٔ شان در نظر گرفت ، اما وجود مناطق دیگر در منطقه که بتوان به راحتی سرریز را در آن قرار داد و یا از آنها برای ساخت پرچاوه های اضطراری استفاده نمود، می تواند امتیازی برای محل احداث سد بشمار آید ازینرودر مطالعات می بایست موقعیت های مناسب برای احداث سرریز در نظر گرفته شود.

هـ - موجود یت مواد ساختمانی مناسب.

بطور کلی وجودمواد ساختمانی مناسب و قابل دسترس در کاهش هزینه های کلی پروزه های بند سازی نقش بسیار مهمی دارند.درانتخاب نوعیت بند های مواد محلی , موجودیت معادن مواد ساختمانی محلی کافی و مناسب درحوالی محل اعمار یکی از امتیازات و اولویت های مهم به حساب می آید . به عین ترتیب دربند های کانکریتی به لحاظ اینکه

مواد خاصی نظیر ریگ وجغل با دانه بندی مشخص و سمنت به مقدار نسبتاً زیادی مورد نیاز است لذا هر چه منبع تامین این مواد به محل موقعیت بند نزدیک تر باشد بهتر خواهد بود . استفاده از مواد ساختمانی که بطور مصنوعی تهیه میشوند به علت غیر اقتصادی بودن شان توصیه نمیشوند.

و- انحراف مسیر رود خانه (عبور آبهای زمان ساختمان).

در زمان اعمار ساختمان بمنظور فراهم نمودن تسهیلات امور اعمار, خشک نگه داشتن تهداب یک امر ضروری پنداشته میشود .ازینرو لازم میافتد تا دری طی این مدت جریان آب دریا ازطرق دیگری بطرف قسمت تحتانی عبور داده شود . اشکال ساختمان های عبوردهندهٔ آبهای زمان اعمارنظر به شرایط توپوگرافیکی وجیولوجیکی منطقه میتوانند نهایت متفاوت باشند . درین جا کوشش بعمل میآید تا براساس مقایسهٔ اقتصادی بین واریانتهای مختلف انحراف و همچنین پیش بینی لازم جهت استفاده از ساختمانهای انحراف دهنده در طی دوره بهره برداری به منظور تامین اهداف دیگر نظیر پرچاوه ها ,نلهای آبرسان برای ستیشن های برق های آبی و یا بخشی از ساختمانهای عبور دهندهًآبهای اضافی واریانت موًثرتر انتخاب گردد.

ز- جلوگیری ضایعات از کاسهٔ ذخیرهً بند و پایداری سواحل آن.

یکی از مهمترین اهداف بند نگهداری و ذخیرهً آب می باشد و می بایست مطالعات لازم جهت حصول اطمینان از آب بندی کاسهٔ ذخیره و جلوگیری از فرار نامطلوب آن بعمل آید. ارزیابی کامل زمین شناسی برای این منظور، نهایت مهم میباشد . خصوصاً قسمت های متصل با کاسهٔ ذخیره که با اشباع شدن طبقات زیرین آنها امکانات لغزش ونا پایًداری دارند، باید از نظر پایداری کاملاً بررسی شوند. ناپایداری در نشیب های متصل با محیط کاسهٔذخیره وبمیان آمدن لغزش ها می توانند خطرات بالقوهً زیادی, از جمله کاهش حجم ذخیره ویا تولید امواج بزرگ در درآن را بمیان آورد .

ح- انتخاب محل مناسب برای تشکیل کاسهً ذخیره , قصبه های رهایشی وراه های مواصلاتی.

در تعیین محل احداث بند، شرایط محلی از قبیل راه های مواصلاتی ,پل ها , ورکشاپ ها وسایًر تاسیسات وموًقتی و زیربنائی از مسائلی هستند که حتماً بایدمورد بررسی قرار گیرند. سهولت های د سترسی به محل موقعیت بند در زمان اعمار و بهره برداری

موجود یت راه های اصلی وفرعی , وبا لاخره انتخاب واریانتی که درنتیجهً تطبیق آن کمترین ساحهً زمینهای زراعتی زیر آب میگردند وکمترین خساره را ازبابت بلند آمدن سطح آبهای تحت الا رضی در ماحول کاسهً ذخیره موجب میشوند نهایت مهم میباشد ..

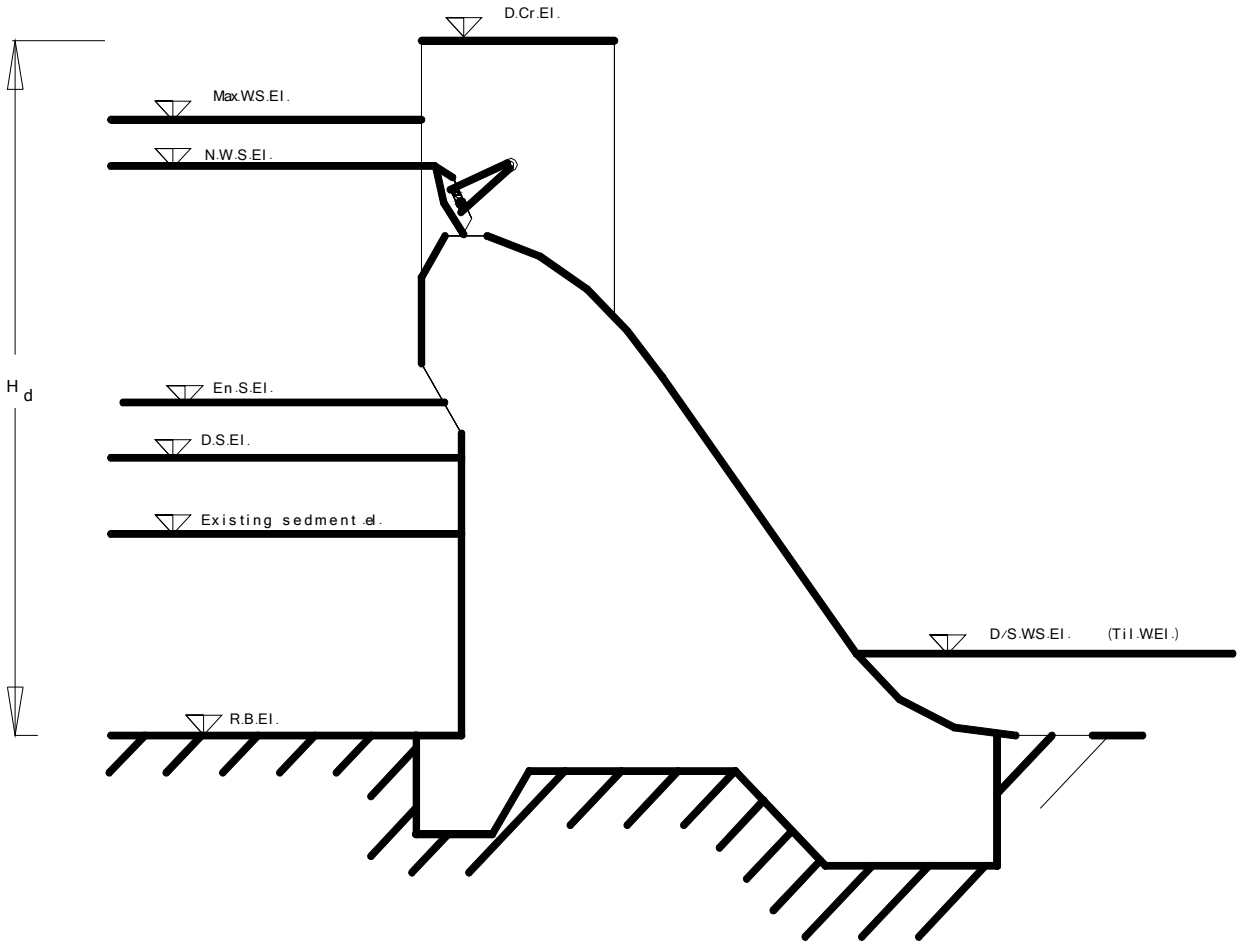
همچنین وجود محل مناسب برای تعین موقعیت ستیشن برق آبی و تجهیزات مورد نیاز آن , موجود یت امکانات رفاه وبود وباش برای پرسونل زمان اعماروبهره برداری بند وستیشن برق(نظیر محل اسکان، خدمات برق رسانی، آب و تلفن و غیره)) نیز از جمله عواملی هستند که باید مد نظر گرفته شوند.

6. برخی از تعاریف و اصطلاحات.

به منظور استفادهً بهتر از محتوای علمی این بخش برخی از اصطلاحات انجینیری که برای ظرفییت ها ,احجام و سطوح مختلف آب در کاسهً ذخیره بکار رفته اند ودر طرحریزی بند ها موارد استعمال بیشتر دارند ذیلاً تشریح میگردند. شکل (A) دیده شود .

1 – 6 . سطح نورمال یا سطح عادی آب در کاسهٔ ذخیره (. N.W.S.El):

عبارت از چنان سطح آب در کاسۀ ذخیره است که مطابق به آستانۀ بالایًی پرچاوه های سطحی بوده ودرصورت بلند رفتن آن جریان آب از طریق آستانۀ پرچاوه بطرف قسمت تحتانی آغاز میشود . شکل (A)
سطح نورمال آب در کاسۀ ذخیره پایًینتر ازنشانۀ قلۀ بند واقع میباشد .



2 – 6 . سطح اعظمی آب در کا سۀ ذخیره .(Max.W.S.El.)
بالاترین سطح آب درکاسۀ ذخیره که احتمال آن در زمان طغیان دریا ممکن باشد و درزمان طرح ریزی استواری وپا یًیداری بند به اساس آن محاسبه صورت میگیرد ، سطح اعظمی یا سطح حاد ثوی آب نامیده میشود.

3 – 6 . سطح حد اقل آب

عبارت است از پایین ترین سطحی که آب مخزن می تواند در شرایط بهره برداری عادی به آن برسد. این سطح ، حد زیرین ذخیره قابل استفاده به شماره می رود.

4- 6 . ارتفاع آزاد

ارتفاع آزاد یا ارتفاع قائم آزاد(که گاه پیشانی بند نیز نامیده می شود) عبارت است از فاصله قائم بین یک سطح مشخصی از آب تا قله بند. عموماً دریند ها ارتفاع آزاد را فاصله قائم بین سطح اعظمی آب مخزن (در زمان سیل طرح) و قله بند در نظر می گیرند یا به عبارتی ارتفاع خالی مخزن از محل حد اکثر سطح آب تا بالاترین نقطه ای که مانع خروج آب از روی بند میگردد، ارتفاع آزاد نام دارد. در عمل معمولاً قله بند یا مقطع بدون روگذری را برتر از حد اکثر سطح آب مخزن منطبق گرفته و از دیواره ای (Parapet) در قسمت فوقانی قله بند به ارتفاع 110 سانتیمتر (3.5 فوت) به عنوان ارتفاع آزاد استفاده می نمایند. مقادیر بیشتر از 110 سانتیمتر نیز مطابق مورد و بر اساس محاسبات مربوط به ارتفاع موج، می تواند انتخاب گردد. گاه دو نوع ارتفاع آزاد نا خالص ویا ارتفاع آزاد نرمال و فاصله بین سطح اعظمی آب تا قله بند یا بالای Parapet را حد اقل ارتفاع آزاد می نامند. بطور کلی ارتفاع آزاد به منظور جلوگیری از سرریز شدن و پاشیده شدن آب بر روی قله بند و بدنه آن در پایین دست در نظر گرفته می شود بگونه ای که بدین وسیله، چنانچه در زمان حد اکثر سطح آب در مخزن، موجی اتفاق افتد ویا مقدارجریان سیلاب به اندازه مختصری نسبت به مقدار جریان طرح افزایش یابد، از قله و بدنه بند در قسمت تحتنانی محافظت به عمل می آید

5- 6 . ارتفاع عاطل .

سطحی ازآب کاسه که حجم رسوبات وارد شده به مخزن را در طول زمان بهره برداری بند نشان می دهد به نام ارتفاع عاطل موسوم است.

6- 6 . حجم مکمل آب کاسۀ بند .

حجم مجموعی آبی که فاصله بین بستر دریا (در شروع بهره برداری) و سطح نورمال آب می تواند در بند جمع و ذخیره شود بنام حجم مجموعی کاسۀ ذخیره یا (ظرفیت کلی بند) یاد میگرد د.

7- 6 . حجم عاطل.

حجمی از مخزن که در نهایت توسط رسوبات اشغال می گردد، و در زمان های قبل، امکان خروج آب آن قسمت بصورت ثقلی مهیا نباشد، به نام حجم عاطل یا (حجم مرده) موسوم است.

8- 6 . حجم کاری یا حجم مفید .

قسمتی از حجم آب کاسۀ ذخیره که فاصله بین ارتفاع عاطل و ارتفاع نورمال آب قرار دارد وا مکان خروج آن به شکل گراویتی (ثقلی) موجود باشد، بنام (حجم زنده) یا (حجم مفید) و یا هم(ظرفیت مفید) نامیده می شود. بدیهی است این حجم مساویست به حجم مکمل منفی حجم عاطل .

9- 6 . حجم اضافی یا سربا ر.

عبارت است از حجمی آن قسمت کاسۀ ذخیره میباشد که فاصله بین سطح نورمال(.Max.W.S.El) وسطح اعظمی آب

(Max.W.S.El) قرار دارد و در زمان طغیان دریا (سیلآب)، باعث کنترول سیل و تشکیل ذخیره اضافی آب در مخزن می گردد.

10- 6 . حجم یاذخیرۀ غیر فعال .

حجمی از کاسهٔ ذخیره میباشد که بالا تراز ارتفاع عاطل به منظور های استفاده در حالات استثنایًی وحاد حفظ میشود . آب ذخیره شدهٔ این قسمت در شرایط عادی و طبیعی مورد استفاده قرار نمی گیرد بلکه در شرایط استثنائی مانند کم آبی شدید یا لزوم تعمیرات ساختمانی ازین حجم استفاده بعمل آمده و سپس مجدداً پر میشود.

11- 6 . حجم فعال

حجم یا ذخیره فعال قسمتی از حجم مخزن است که می تواند جهت استفاده های معمولی و نیز تنظیم جریان دریا، و به تناسب نیاز و موقعیت مورد استفاده قرار گیرد وتقریباً هرسال مجدداً پر میشود.

در حالت کلی، ذخیره فعال می تواند به سه قسمت تقسیم گردد، یک قسمت که درسطوح بالا یًی قرار دارد برای وقوع سیل استثنائی استفاده میشود که معمولاً قبل از وقوع سیلاب تخلیه شده و مجدداً توسط سیلاب پر میشود که بدینوسیله حجم بیشتری از سیلاب در پشت بند ذخیره شده و با کاهش جریان سیلاً بی آن (برای قسمت تحتانی) وبه تاخیر انداختن زمان این حد اعظمی مقدارجریان ، باعث کنترول بیشتر سیل و کاهش صدمات احتمالی ناشی از آن می گردد. این قسمت به (ظرفیت سیل استثنائی) معروف است. منطقه دوم که (ظرفیت استفاده الحق) نامیده می شود، هم برای استفاده های معمولی وهم برای تله اندازی سیلاب در فصول خاص استفاده میشود. منطقه سوم که پایین ترین منطقه بوده (ظرفیت فعال حفظ محیط زست) نامیده میشود. عبارت است از حجمی از ذخیره فعال مخزن که برای حفظ محیط زست، پرورش ماهی، حیات وحش، کشتیرانی، تفریحات و ... بکار برده میشود و در مواقع نیاز می تواند به مصارف نوشیدن ، کشاورزی، تولید برق، مصارف صنعتی و ... برسد (شکل(2-2)

12- 6 . تقسیم بندی

در یک تقسیم بندی حجم کال مخزن به دو قسمت، (ذخیره منشوری) و (ذخیره گوه ای) تقسیم میشود. بر اساس این نوع تقسیم بندی، حجم ذخیره شده در فاصله بستر دریا و سطحی موازی بستر (از محل شروع دریاچه) را ذخیره منشوری و مازاد بر آن را ذخیره گوه ای می نامند (شکل 2-3) ؟

بند های مواد محلی
Dams of local materials

مواد اساسی که در اعمار چنین بند ها بکار میروند عبارت از ریگ ها، خاکها و سنگهای مختلف میباشند. اعمار بندهای مواد محلی بنابریکتعداد برتریها درحال حاضرخیلی مروج گردیده اند . بطورخلص برتری ها وکمبودات بند های مواد محلی را میتوان چنین فورمول بندی نمود :

الف – برتری ها :

a .بندهای موادمحلی میتوا نند تقریبا بالای هرنوع اساس ساخته شوند .صرف برای بندهای سنگریزه ای وسنگی-خاکی ازین بابت یکعده محدودیت ها وضع میشوند وبس.

b . پروسه وتکنالوژی اعمار بندهای مواد محلی در مقایسه با سایر انواع بندها بسیط وساده بوده وبه افراد فنی کمتری ضرورت دارند. علاوتا امور ساختمان با سرعت زیاد انجام شده میتوانند .

c . قیمت تمام شد فی واحد حجم کار های ساختما نی درین بند ها در مقا یسه با سایر انواع بندها به مراتب ارزانتر میباشد .

d . ارتفاع این بندها میتواند درصورت ضرورت طی سالهای بهره برداری بطور مرحله وار افزایش داده شود که این کار باعث افزایش طول عمر وموثریت اقتصادی شان میگردد.

ب – کمبودات :

a . بند های مواد محلی ازاثر آبخیزی ها در کاسه ذخیره بیشتر آسیب پذیر بوده ومیتوانند بد ون اثرات و علایم هوشدار دهنده سریعا تخریب گردیده که فاجعه ها را ببا ر می آورد .

b .عبور داد ن آب از بالای این بندها مجاز نمیباشد ازینروبخاطر عبوردادن آبهای اضافی وآبهای مصرفی با ید مسیرها ومجراهای دیگری در ما حول خارج از جسم بند جستجو وتدارک دیده شوند که این خودازیک طرف مخارج اضافی را ایجاب نموده واز جانب دیگردر زمان بهره برداری، امور حفظ ومراقبت را دشوارتر میسازد.

c . در مناطقیکه بارند گیهای شدید وزیاد دارند بندهای مواد محلی آسیب پذیری بیشتری دارند. زیرا جاری شدن آبهای بارانی بروی نشیبهای بند آنها را تخریب نموده که ترمیم واحیای بموقع شان به دقت ومصارف زیادی نیاز دارد.

d . این بندها درزما ن بهره برداری به نظارت و مراقبت دقیق ومتواتر نیاز دارند.

بندهای مواد محلی طوری قبلاً نیز تذکر رفت به سه نوع تقسیم میگردد

1 . بند های خاکی (Earth filled dams) : که در مقطع عرضی شان گل های ریگدار ، ریگهای گلدار و ریگهای مختلف به کار رفته باشند.

2 بندهای سنگی- خاکی (Combined earth and rockfill dams) : بند های اند که در مقطع عرضی شان حد اقل 50 فیصد سنگ پارچه های مختلف و در قسمت باقیمانده ان خاکهای مختلف بکار برده شده باشد.

3 - بند های سنگریزه ئی (Rockfill dams) : بندها ی را گویند که تقریباً د ر تما می مقطع عرض شا ن (به استثنائی ساختمانهای ضد فلتری) از سنگ ریزه ها که خود از انفجار مصنوعی احجار صخره ای محکم استحصال میشود استفاده به عمل امده باشد.مگرساختما نهای ضد فلتری شان ا زمواد غیر خا کی از قبیل کا نکریت ،آهن کا نکریت، فولا د ، صفحه های پولی میر(پلا ستیک ها)وغیره ساخته میشوند

بند های خا کی .Earthfill dams .

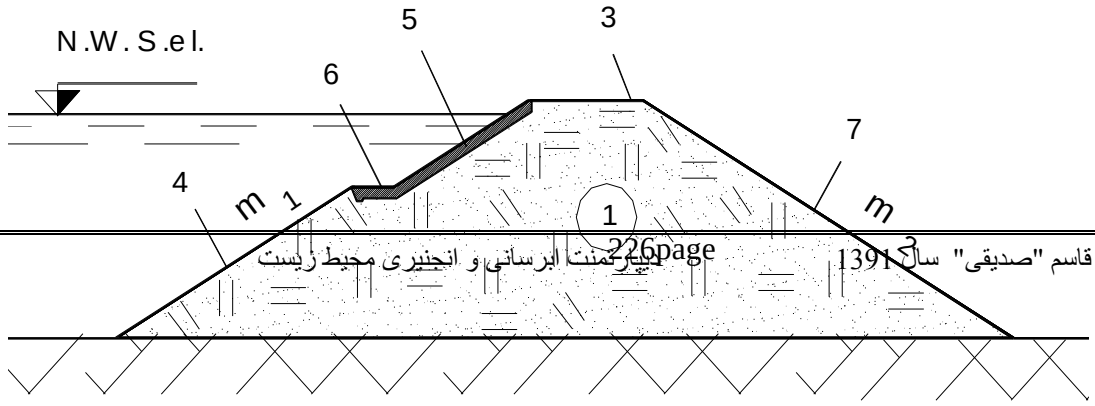
بند های خاکی به نوبه خود نظر به خصوصیات ذیل تصنیف میشود :

A- نظر به طریق اعمار Classification by method of construction.

1. بند های که به طریق پر کاری خشکه ساخته میشوند. (Rolled fill dams)
2. بند های که به طریق هایدرومیکانیزه ساخته میشوند (Hydraulic filled dams) طریقه ها ید ر ومیکا نیزه بنام طریق (گل آب) نیز مسما شده میتوا ند.
3. بند های که به طریقه مختلط یا طریقه مرکب(نیمه پرکاری و نیمه هایدرومیکانیزه) ساخته میشوند (Combined rolled and hydraulic filled dams)
4. بند هایکه به طریق انفجار توجیهی ساخته میشوند (Explosive filled dams)

B – از لحاظ ترکیب خاکها در مقطع عرضی بند های خاکی میتوانند به انواع ذیل تقسیم گردد

a- بند های خاکی متجانس Homogenius earth dams : بندهای اند که در مقطع عرضی شان صرف یک نوع خاک به کار رفته باشد. بند های متجانس فاقد ساختمان های ضد فلتری اضافی میباشند. در جسم این بندها خاکهای ریخت میشوند که درحوالی ساختمان به اندازه کافی موجودبوده، ترکیب دانه ای وقابلیت نفوذ آب در آنها درحدود مناسب و مجازباشد

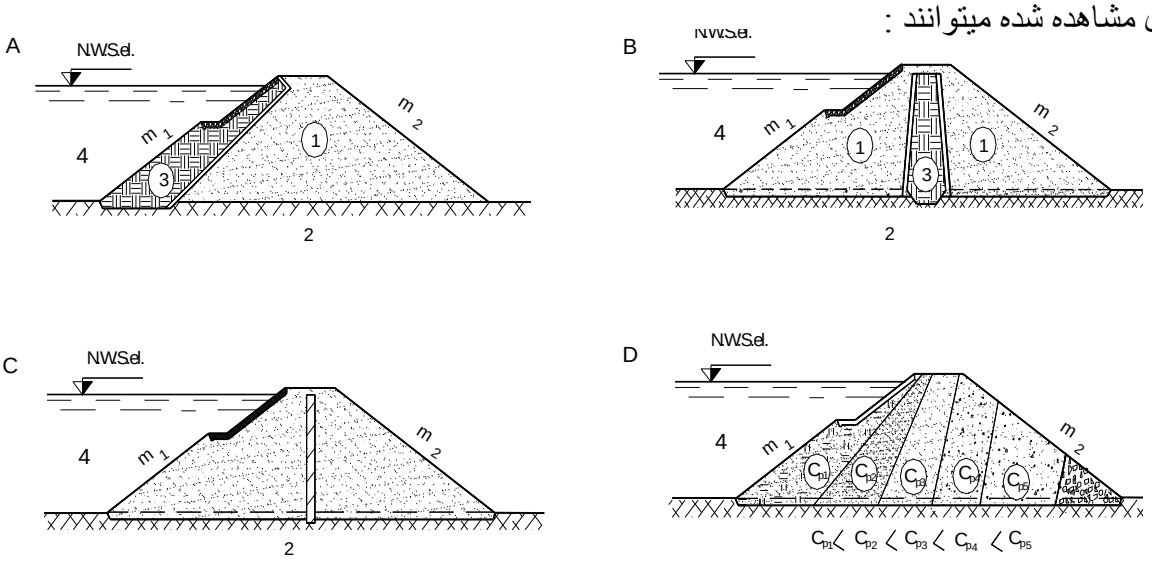


در شکل (1- 1) :
1- جسم یا تنه بند.
2- اسا س یا قاعده بند.
3- قله بند. 4 - بند

شکل (1-1):بند خاکی متجانس

5 - تحکیم کاری نشیب فوقا نی بند .6 –پته یا برم . 7 – نشیب عقبی یا نشیب تحتانی..
بندهای متجانس در شرایطی ساخته میشوند که خاکهای مناسب به اندازه کافی در حوالی محل اعما ر ساختما ن موجود باشند.

b- بند های غیر متجانس Non-homogeius earth dams : بند های اند که در مقطع عرضی شان از دو نوع خاک ویا بیشتر از ان استفاده به عمل امده باشد(شکل 2-1) دیده شئد .
این بندها به اشکال ذیل مشاهده شده میتوانند :



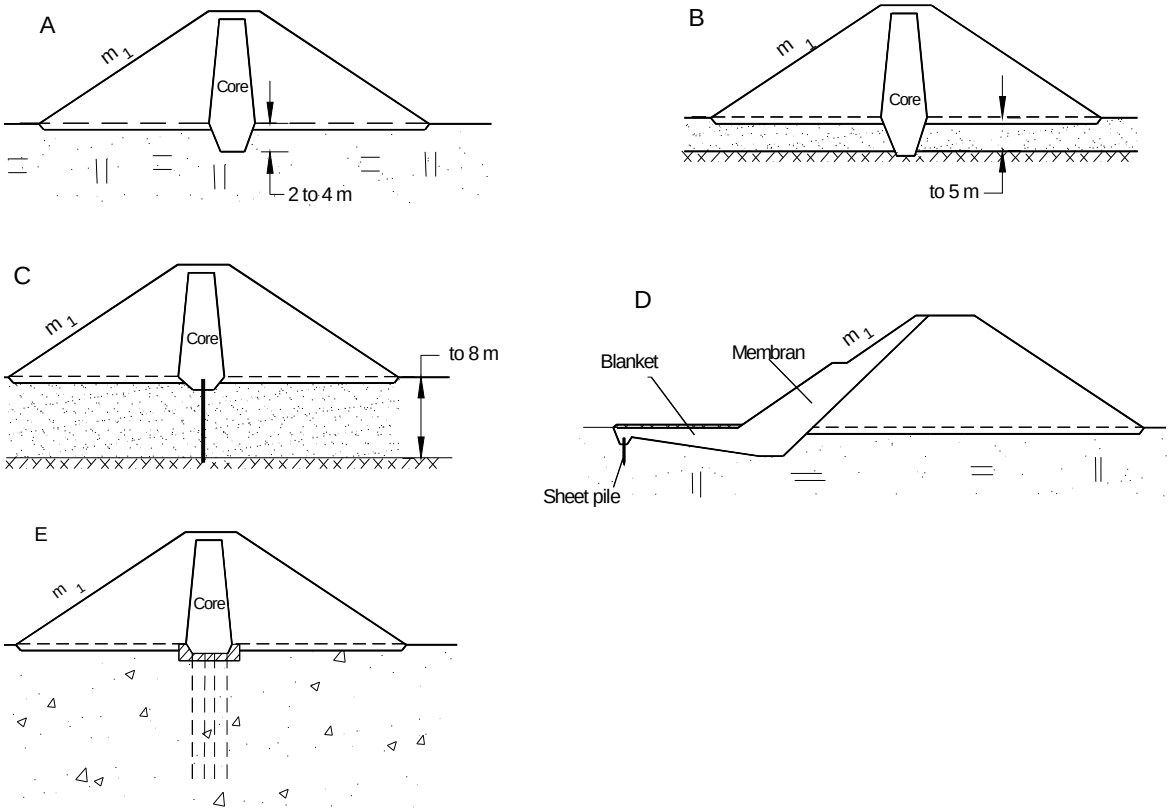
شکل (2 - 1): اشکال بندهای خا کی غیرمتجانس.

درشکل (2-1) : a - بند غیر متجا نس دارای پرده. b - بند غیر متجانس با هسته.
c - بند های غیر متجانس با دیافراگم. d – بند غیر متجانس مرکب یا مختلط.

1 – جسم یا تنه بند. 2 - اسا س یا قا عد ه بند . 3 - پرده وهسته (ساختمان ضد فلتری)
4 - قسمت فوقا نی بند (کا سه ذخیره). 5 - قسمت تحتانی بند(قسمت عقبی). 6 – د ند ا نه اساس.
7 - د یا فراگم (ساختمان ضد فلتری)

درشکل (1-2d) دیده میشود که درجسم بندهای خاکی مختلط ، خاکهای مختلف به ترتیبی ریخت میشوند که قیمت های ضریب فلتری (Permability Coefficient) شان از نشیب جلوی (نشسب فوقانی) به طرف نشیب عقبی (نشیب تحتا نی) بیشتر شده رود.

C- نظر به ساختمان های ضد فلزی اساس بند های خاکی دارای انواع ذیل اند :
1- بند های دارای دندانه اویزان شکل (1-3A)
2- بند های که دندانه اساس شان به طبقه غیر قابل نفوس آب میرسد شکل (1 – 3 B)



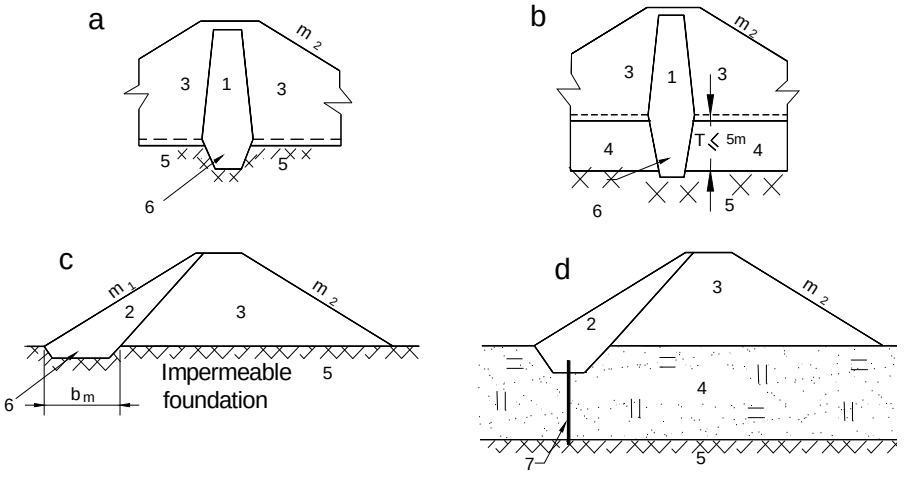
شکل (3 – 1) :ساختمانهای ضد فلتری در
بند های موادمحلی .

3- بند های با دندانه و شپونت . شکل (1-3C)
4- بنده ای با پرده ، دامن و شپونت درقسمت شروع دامن . شکل (1-3D)
5- بند های با هسته و پرده سیمنتی (1-3E)
بند های با هسته و پرده سمنتی در صورت ساخته میشوند که ضخامت طبقه قابل نفوذ اساس زیاد بوده و از ریگ و جغل فاقد محتویائی گل تشکیل شده باشد.

ساختمان های ضد فلتری در بند های مواد محل Anti-seapage structurse in earth dams body.

طوریکه از نام این ساختمانها بر میاید تمام ساختمان های ضد فلتری به منظور جلوگیری از فلتر شد ن و ضایع شدن آب از کاسه ذخیره ساخته میشوند. ساختمان های ضد فلتری میتوانند از مواد خاکی ویا غیر خاکی (مصنوعی) باشند . نوع دوم ساختمان های ضد فلتری هنگام در نظر گرفته میشوند که خاک های مناسب بخاطر استعمال در ساختمان های ضد فلتری در درسترس نباشند.

مواد مصنوعی(غیرخاکی) که ساختمان های ضد فلتر از آنها ساخته میشوند عبارت اند از کانکریت، اهن کانکریت، صحفه های مخصوص (پلاستیک ها و پولیمیر ها ی مختلف) میباشند. استعمال مخلوط مصنوی به علت غیر اقتصادی بودن شان (از نقطه تکنالوژی تهیه و مشکل بودن تهیه مغلوط متجانس) توصیه نمیشود. مواد غیر خاکی از قبیل کانکریت اهن کانرکریت ، فولاد ،اسفالت کا نکریت و غیره صرف در صورت در ساختمان های ضد فلتری استعمال شده میتوانند که خاک های مناسب در محل ساختمان و حوالی شان میسر شده نتواند. اتصال ساختمان های ضد فلتری جسم بند و اساس ان باید طوری باشد که از طریق سرحد تما س شان جریان آب های فلتری صورت گرفته نتواند . در صورت عدم موجودیت ساختمان های ضد فلتری در اساس بند، ساختمان های ضد فلتری جسم بند طوری باید به اساس اتصال داده شود که خواسته فوق الذکر تامین باشد .شکل (4 - 1) دیده شود



شکل (4 -1) : ساختمانهای ضد فلتری جسم بندهای خاکی.

درشکل (4-1) ، 1. هسته Core . 2 - پرده Membran . 3 – جسم یا تنه بند Dams body

4 . طبقه قابل نفوذ آب در اساس بند Pervious layer in foundation

5 . طبقه غیرقابل نفوذ آب دراساس Impervious layer in foundation

6 . د ند ا نه اساس Cut off . 7 . شپونت Sheet pile

اگربه اجزای شامل در شکل (4 – 1) دقت شود به این نتیجه میرسیم که اکر قاعده بند مستقیما بالای خاکهای غیر قا بل نفوذ آ ب ویا بروی صخره های مختلف قرا گیرند درآنحا لت قاعده ساختما ن ضد فلتری جسم بند(که به شکل هسته، پرده ویا دیافراگم خواهد بود) به اندازه الی 3 متر درتهداب فرو برده میشود.تا بد ینترتیب امکات عبور آب های فلتری ازطریق سرحد تماس ساختمان ضدفلتری و اسا س بند قطع گردد. شکلهای (A 3 – 1) و(c , a 4- 1) دیده شوند .

به همین ترتیب هرگاه در اساس وسواحل بندها یک طبقه قابل نفوذ آب به الی 5 متر واقع شده باشد درآنصورت بهتر خواهد بود که ساختما ن ضد فلتری جسم بند بشکل دندانه درطبقه قابل نفوذ به اندازه فروبرده شود که یک مقدار درطبقه غیر قابل نفوذ نیز داخل شود که با ین کارمسیر آبهای فلتری ازین طریق قطع خواهد شد. اشکا ل (B 3- 1) و(b 4- 1 , f) دیده شوند .

اگر در اساس بند ها طبقه از خاکهای قابل نفوذ آب بضخامت الی 12 متر قرار داشته با شد در صورت مساعد بودن امکانات وشرایط طبق شکل های (C 3 – 1) و (d 4- 1) جهت مسدود ساختن مکمل مسیر جریان فلتری ازینطریق شپونت ها (Sheet pile) کوبیده میشوند . باید خاطر نشان گرددکه شپونت ها در خاکها و ریگ های میده ومتوسط که فاقد سنگ پارچه ها ی بزرگتر باشند کوبیده شده میتوانند .

ا گرد را سا س بندهای مواد محلی طبقه قابل نفوذ به ضخامت خیلی زیاد واقع شده باشد درآنصورت عمد تا دوحا لت ذیل میتوانند به مشاهد ه رسند :

a- اگر طبقه قابل نفوذ آب اسا س ازریگ ها وجغلهای مختلف تشکیل شده ودر ترکیب خویش فا قد گل باشد درآ نصورت ما نند شکل(E 3-1) . با تزریق نمود ن شیره سمنت بداخل آن یک پرده ضد فلتری ساخته شده میتواند . با اعمار این پرده طول راه فلتریشن افزایش یافته ونتیجتا درا ثرزیا د شد ن مقاومت طولی ، جریان فلتری ا زطریق اساس بند کم میشود.

b - اگر طبقه قا بل نفوذ آ ب اسا س ازریگ ها وجغلهای مختلف تشکیل شده ودر ترکیب خویش گل نیزداشته با شد درآنصورت با اعمار دا من (Blankete) میتواند که جریان فلتری ازطریق ا ساس بند کاهش د ا ده شود. درصورت ایجاب میتواند درانجام چپ دامن(نقطه m شکل : e 4-1) شپونت نیزکوبیده شود.

واریانت های اتصا ل ساختمانهای ضدفلتری جسم بند با اساسهای قابل نفوذ زیاد اند .در ساحه عمل در بعضی مو رد نیاز پیدا میشود که همزمان عین بند موادمحلی دارای پرده (Membrane) ، دامن(Blankete) ،

شپونت (Sheet pile) ویاشپونت ها باشد .
ساختمانها ی ضدفلتری جسم بندهای موادخاکی اکثرآبه شکل پرده Membrane وهستهCore میباشند. هسته در بندهای مواد محلی میتواند نازک، عریض ، عمودی ومایل باشد.

هسته زمانی کم ضخامت نامیده میشود که نسبت عرض اساس آن (b_d) بر ارتفاع مکمل آن (h_c) در حدود های (الی) باشد . اما اگر این نسبت بیشتر از حدود فوق الذ کر باشد هسته بنام عریض یاد میشود . هسته های عریض در شرایًطی انتخاب میشوند که
اگر تمامی شرایط اعما ر، بهره برداری ، اقلیمی وغیره را در نظرگرفته ، هسته وپرده را با هم بمقایسه بگذاریم به این نتیجه میرسیم که هریک ازین دو درپهلوی برتریها دارای کمبوداتی نیز هستند .ما درینجا مختصرا این برتریها رایاد آوری مینماییم :

الف - برتری های هسته:
- هسته بند به صورت نسبتاً مطمین تری از یخ بندی وقایه بوده و از تغیر شکل جسم بند کمتر متاثر میشود.
- در صورت عین اندازه های بند حجم موادکه در هسته بکار میرود، نظر به پرده کمترمیباشد.
- هسته همزما ن با جسم بند ساخته میشود.(هسته نیز مانند تنه بند طبقه طبقه ریخت و متراکم میشود) که این خود تکنا لوژی اعمار هسته را مغلق تر میسازد.

ب - برتری های پرده:
- پرده در هنگام نظارت بیشتر قابل دسترس میباشد یعنی میتواند ترمیم شود.
- در صورتیکه بند دارای پرده باشد، حجم کمتر آن توسط آب مشبوع میباشد.
- پرده میتواند بعد از ریخت .تکمیل جسم بند ریخت و ساخته شود.

محاسبه اندازه های هسته وپرده .
عرض پرده یا هسته مربوط گرا د ینت متوسط مجازی فلتری ($J = H / I$) میباشد چون گرادینت فلتری از قلعه بند به طرف اساس ان زیاد شده میرود بناً عرض پرده یا هسته نیز متناسب به ان افزایش میابد. عرض پرده یا هسته در نشانه قلعه مربوط شرایط تکنالوژی اعمار میباشد که معمولاً بین سه الی چهار متر ا نتخاب میگرد د. اما عرض هسته یا پرپده در نشا نه اسا س از شرایط ذ یل تعین میگردد.

$$I_{C.R.} < I_{c.t} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (1 - 1)$$

در رابطه(1-1):
$I_{c.r}$ ـ گراد ینت کنترولی محاسبوی و
$I_{c.t}$ - گرادینت کنترولی مجازی میباشد

در صورت هسته :

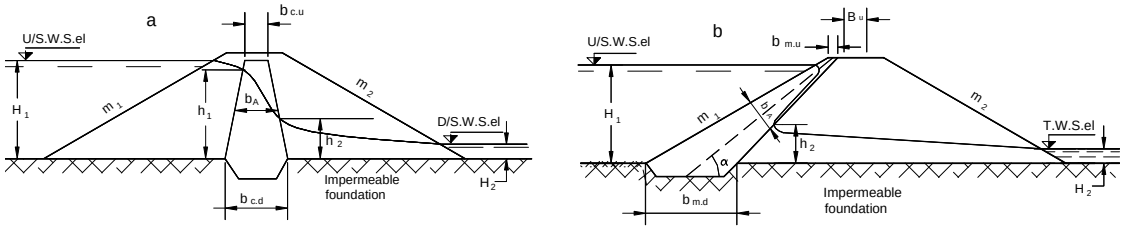
$$I_{C.R} = \frac{h_1 - h_2}{b_{A.C}} \qquad \ldots\ldots\ldots (1 - 2)$$

در صورت پرده :

$$I_{C.R} = \frac{h_1 - h_2}{b_{A.m}} \qquad \ldots\ldots\ldots (1 - 3)$$

اگر در فومول(2 – 1) و (3 - 1) به عوض($I_{C.R}$)قیمت گرادیانت کنترولی مجازی ($I_{C.T}$) وضع گردد

و از ان قیمت ها $b_{A.C}$ و $b_{A.T}$ دریا فت گرد ند حاصل میشود که:



شکل (5 – 1): شیما های محاسبوی ابعاد ه هسته وپرده.

در شکل (5 – 1) : a – شیمای محاسبوی ابعاد هسته. b - شیمای محاسبوی ابعاد پرده.

$$b_{A.C} = \frac{h_1 - h_2}{I_{C.t}} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots (1-4)$$

$$b_{A.t} = \frac{h_1 - h_2}{I_{C.t}} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots (1-5)$$

از طرف دیگر نظر به شکل(5 – 1) دیده میشود که:

$$b_{A.C} = \frac{b_{c.d} + b_{C.U}}{2} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots (1-6)$$

ویا از رابطه (6 – 1) :

$$b_{C.d} = 2b_{A.C} - b_{C.U} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots (1-7)$$

قیمت $b_{A.C}$ را از رابطه (4-1) در فورمول ,(7 – 1) وضع نموده، قیمت عرض هسته $b_{c.d}$ در اساس بند را میبابیم. فورمول (8 – 1) دیده شود.

$$b_{C.d} = 2\frac{h_1 - h_2}{I_{C.t}} - b_{C.U} \qquad \ldots\ldots\ldots (1-8)$$

به همین ترتیب میتوانیم عرض پرده (b md) را در نشانه اساس نیز دریا فت نماییم.

$$b_{m.d} = 2\frac{h_1 - h_2}{I_{C.t}} - b_{m.u} \qquad \ldots\ldots\ldots (1-9)$$

اگردر روابطه (8 – 1) و (9 – 1) ، قیمت های h_1 و h_2 به قیمت های حدی آن یعنی H_1 و H_2 تعویض گردد (زیرا از نزول منحنی رکود در قسمت هاقبل و بعد از هسته صرف نظربعمل آمده است).

فورمولهای مذ کوربه شکل ذیل در میآ یند :
برای هسته:

$$b_{C.d} = 2\frac{H_1 - H_2}{I_{C.t}} - b_{c.u} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots (1-10)$$

برای پرده :

$$b_{m.t} = 2\frac{H_1 - H_2}{I_{C.t}\cos\alpha} - b_{m.u} \qquad \ldots\ldots\ldots (1-11)$$

قیمت های گرا د نیت مجا زی ($I_{c.t}$) مربوط نوعیت خاک و قبل از همه مربوط قیمت ضریب فلتری (Coefficient of permeability)خاکهای هسته یا پرده میباشد که در جدول (1 – 1) داشته شده اند.
جدول (1 – 1)

شماره	قیمت ضریب فلتري به cm/sec	$I_{c.t}$	نا م خا ک	شماره	قیمت ضریب فلتري به cm/sec	$I_{c.t}$	نا م خا ک
1	$K \leq 1X10^{-9}$	10	گل ها ي ریگ دار	5	$1x10^{-7} < K \leq 1X10^{-6}$	6	ریگهاي میده
2	$1x10^{-9} < K \leq 1X10^{-8}$	9		6	$1x10^{-6} < K \leq 1X10^{-5}$	5	ریگها ي متوسط
3	$1x10^{-8} < K \leq 5X10^{-8}$	8		7	$1x10^{-5} < K \leq 1X10^{-4}$	4	
4	$5x10^{-8} < K \leq 1X10^{-7}$	7	ریگ ها ي گذار	8	$K > 1X10^{-4}$	4 الي 2	ریگهاي جغذار

خاکهای قابل استفاده در جسم بندهای خاکی. Specification of soil used for earth dams.

در بند های خاکی که به طریقه پرکاری خشک ساخته میشود به اساس رهنمائی نورمها و قواعد ساختمانی میتواند از تمام انواع خاک ها استفاده به عمل اید به شرطیکه:

1- خاک های شور(املاحی) که مقدار نمک های کلورین $CaCl_2$ و $Mg\ Cl_2$ الی 5 فیصد وزنی ویا کمتر از ان را تشکیل داده باشد و نیز خاک های سلفاید$Ca\ SO_4$و $Mg\ SO_4$ الی 2 فیصد وزنی ویا کمتر از انرا در حجم خاکهای مورد استفاده در جسم بند تشکیل داده باشد. میتواند بخاطر اعمار بند بکار روند
2- خاک هایکه در جسم بند بکار میروند باید فاقد عناصر عضوی و بقایائی فوسیل های حیوانی و نباتی باشد ویا هم اینکه مقدار این مواد در خاکهای مورد استعمال کمتر از 5 فیصد وزنی باشد.
3- رطوبت طبیعیی خاک هایکه در ساختمانها ضد فلتری استعمال میشود باید در حدود ذیل باشد

$$W_{SL} < W_N < W_{LL} \qquad \ldots\ldots (1-17)$$

در مساوات فوق : W_{LL} ـ رطوبت خاک در سرحد سیا لیت (Liquid Limit) ، W_{Sl} - رطوبت خاک درسرحد لو لش (Shrankage limit) میباشد .
4- در فلتر های معکوس یا ساحات تبد یلی باید از ریگ های جغل دار استفاده به عمل اید.

علاوه بر خصوصیات فوق باید برخی از خواص ضروری فزیکی – میخانیکی خاکهای مورد استفاده در بندها که در ذیل از انها نام برده میشود نیز معلوم باشد.

1- ترکیب دانه خاک ها (منحنی ترکیب دانه ئی) برای هر قسمت از خاکها جسم بند ، ساختمان های ضد فلتری و فلتر های معکوس.
2- منفذ داری خاک (n) ویا ضریب منفذ داری (ε).
3- ضریب غیر متجانسیت خاک های هر قسمت جسم بند(η).
4- وزن مخصوص اسکلیت خاک (γ_{sk}).
5- وزن مخصوص خاک (γ) .
6- رطوبت خاک (w) ویا درجه مرطوب بودن.
7- کثافت و حد استقامت خاکها.
8- ظرفیت اعظمی رطوبت مالیکولی .
9- ضریب فلتری خاک C_p .

هریک ازخواص فزیکی-میخانیکی فوق الذکر را مختصراً توضیح مینماییم .

1 – ترکیب دانه ای خا ک. Particale Size Distribution of Soil.

یکی از مشخصات مهم خاک ها عبارت از ترکیب دانه ای شان می باشد ترکیب دانه ای نشان میدهد که در ترکیب یک حجم معین خاک ، دانه های با قطر (d_i) کدام فیصدی وزنی را احتوا مینمایند.

ترکیب دانه ای خاکها بترتیب ذیل تعین میگردد:

- یک حجم معین از خاکهای مطلوب را که وزن آن (G) است ، از طریق غربال های دارای شکاف های ستندرد ومعلوم (d_i) عبورداده وخاک باقی مانده در هر غربال را وزن مینماییم . فرضاً وزن خاک باقیمانده در هر غربال (g_i) باشد . آنگاه فیصدی وزنی خاک (P %) که قطر دانه های شان بزرگتر ویا مساوی به (d_i) است چنین محاسبه میشود :

$$P_i = \frac{g_i}{G}.100 \qquad \ldots\ldots\ldots (1-18)$$

بعدازدریافت قیمت های (P %) برای قطرهای مختلف هریک از غربال های شامل سیت گراف تابع P =f(d) راترسیم نموده وبدین ترتیب منحنی ترکیب دانه ای(Granugometric curve) حاصل خواهد شد.غربالهای که بخاطر تعین ترکیب د ا نه ای استعمال میشوند ازلحاظ قطر سوراخهای شان، درکشورهای مختلف به ستندرد های متفاوت ساخته شده اند. درینجا بطور مثال سیت غربالهای ستندرد امریکایی را که درسایر کشورهای جهان نیز استعمال بیشتری دارند آورده شده است.

جدول (3 – 1) دیده شود.

جدول (3 – 1)

نمبر غربال SeivesNo	4	6	8	10	12	16	20	30	40	50	60	80	100	140	200	270
سوراخها Opening [mm]	4.75	3.35	2.36	2.00	1.68	1.18	0.85	0.60	0.425	0.300	0.250	0.180	0.150	0.106	0.075	0.053

جهت توضیح بهترمفهوم ترکیب دانه ای وترسیم منحنی آن درذیل مثال بسیط حل میشود.

مثا ل : فرضاًاگر بخواهیم برای یک نمونه خا ک که وزن آن (2.50 kg) است و ازساحه ساختمان بخاطرتحقیق آورده شده ، ترکیب دانه ای را تعین ومنحنی ترکیب دانه ای را نیزبرایش رسم نماییم چنین عمل مینماییم:

- درستند مخصوص سیت ستندرد غربالهای جدول (3 – 1) نظر به قطر سوراخهای شان بترتیب ازبالا به پایین طوری جابجا مینماییم که غربال (No 4) دربالا وغربال (No 270) در پایین قرار گیرند.
- نمونه خاک را که (2.5) کلوگرام است در غربال (No 4) میریزیم.
- ستند را بحرکت میآوریم وتا زمانی حرکت ستند را ادامه که کتله خاک درهر غربال حالت ثابت را بگیرد یعنی عبور دانه های خاک از طریق سوراخهای درتمام غربالها متوقف گردد .
- کتله خاکهای باقیمانده درهریک از غربالهای سیت را وزن نموده ووزن خاک هرغربال را بترتیب یادداشت مینماییم.
- فیصدی وزنی خاک هرغربال رابه اساس فورمول (18 – 1) محاسبه مینماییم .
- منحنی ترکیب دانه ای خاکهای مذکوررا رسم مینماییم .شکل (17 – 1) دیده شود.

محاسبات مذکور در جدول (4 – 1) درج گردیده اند .

جدول(– 1)

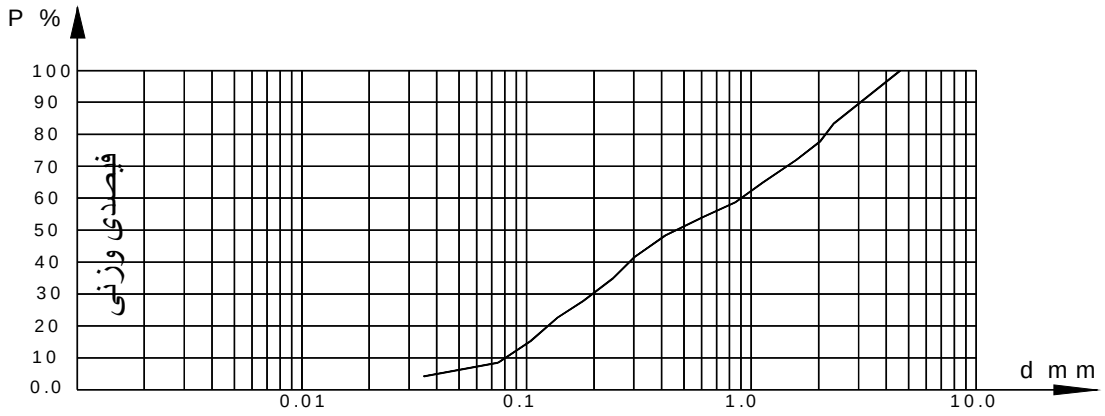
4

نمبر غربال SeivesNo	4	6	8	10	12	16	20	30	40	50	60	80	10	14	20	27
قطرسوراخها (d) Opening [mm]	4.75	3.35	2.36	2.00	1.68	1.18	0.85	0.60	0.425	0.300	0.250	0.180	0.150	0.106	0.075	0.053
وزن خاک با قیما نده درغربال که قطردانه های شان کوچک یا مساوی به d غربال است	0.18	0.20	0.17	0.13	0.19	0.15	0.14	0.12	0.16	0.17	0.19	0.15	0.13	0.20	0.12	0.10

فیصدی وزنی(%) خاک هرغربال بفورمول (1-18)	7.2	8.0	6.8	5.2	7.6	6.0	5.6	4.8	6.4	6.8	7.6	6.0	5.2	8.0	4.8	4.0
حاصل جمع فیصدی وزنی (P %) ازچپ به راست.	100	92.8	84.8	78.0	72.8	65.2	59.2	53.6	48.8	42.4	35.6	28.0	22.0	16.8	8.8	4.0

اکنون اگر گراف P % = f (d) ، یعنی گراف سطر پنجم جدول (4-1) وسطر دوم (d) را رسم نماییم ، گراف منحنی ترکیب د انه ای خاکهای مذکور بدست میآ ید.

جهت ایجاد سهولت مقیاسی در ترسیم گراف ترکیب دانه ای ، تقسیمات محور (d) بشکل لوگارتمی صورت گرفته است .



بزرگی دانه های خاک

شکل (17 – 1) : منحنی ترکیب دانه ای.

درپراکتیک ساختمانهای هایدرولیکی، ترکیب دانه ای یکی از مشخصات مهم خاک میباشد که بکمک آن میتوان بسیاری از خواص فزیکی – میخانیکی خاک مذکور دریافت گردند. مثلاً اگر ترکیب دانه ای خاک معلوم باشد میتواند فریکشن های جدا گانه آن وبالا خره نام خاک دریافت گردد.

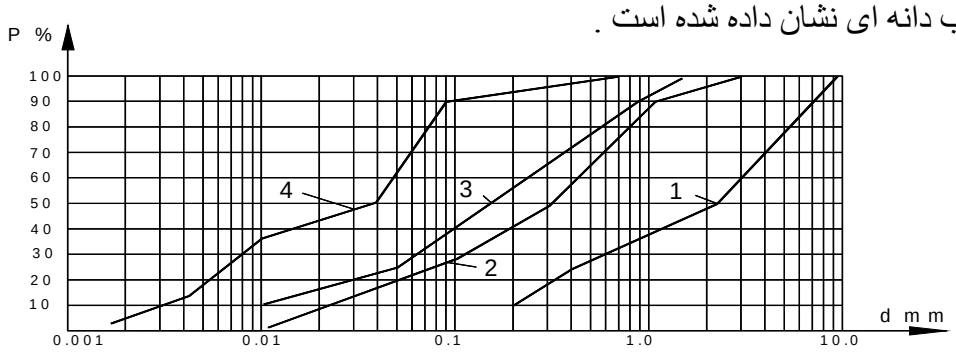
به اساس نورمها وقواعد ساختمانی خاکها ازلحاظ ترکیب دانه ای شان به انواع ذیل تقسیم میشوند. جدول (5 – 1) دیده شود.

جدول (5 – 1)

نوع خاک	نام خاک	بزرگی دانه ها.	فیصدی وزنی	نمبر منحنی ترکیب دانه ای درشکل -1) 18)
خاکهای بزرگ دانه	جغله های بزرگ. جغله های میده.	بزرگتراز 10 mm بزرگتراز 2 mm	بیشتر از 50 % بیشتر از 50 %	N 1
خاکهای ریگی بزرگدانه	ریگهای جغله دار. ریگهای بزرگ دانه. ریگهای متوسط دانه.	بزرگتراز 2 mm بزرگتراز 0.5 mm بزرگتراز 0.25 mm	بیشتر از 25 % بیشتر از 50 % بیشتر از 50 %	N 2
خاکهای ریگی میده دانه	ریگهای میده دانه. سرمه ریگ ها.	بزرگتراز 0.1 mm بزرگتراز 0.1 mm	بیشتر از 75 % کمتر از 75 %	N 3
خاکهای گلی خاکهای گلی نظر به عدد پلاستیکیت شان(W_p) نیز به ریگهای گلدار ، گلهای ریگدار و گلها تقسیم میشوند.	ریگهای گل دار. گل های ریگ دار. گل ها.	کمتر از 0.005mm بیشتراز 0.005mm کمتر از 0.005mm	کمتر از 20 % (20الی 30) % بیش از 30 %	N 4

درشکل (18 – 1) موقعیت خاکهای مختلف که به اساس جدول (5 – 1) تقسیم بندی گردیده اند

بداخل ساحه گراف ترکیب دانه ای نشان داده شده است .



شکل(18 – 1) : زونهای موقعیت خاکهای مختلف در گراف ترکیب دانه ای

با استفاده از منحنیات ترکیب دانه ای میتوانیم دومشخصه مهم خاک که جهت تعین سایر خواص فزیکی – میخانیکی لا زم و ضروری میباشند دریافت گردند . این دو مشخصه عبارت اند ار :

الف.قطرمتوسط دانه های خاک d_{50}

قطر دانه های خاک است که کمتر از آن (% 50) وزنی خاکرا تشکیل میدهد . مثلا درشکل (17 – 1) ، d_{50} = 0.43mm. ودرشکل (18 – 1) ، برای خاک N 4 ، $d_{50} = 0.04$ mm ، وبرای خاک N 2 ، $d_{50} = 0.31$ mm میباشد .

ب . ضریب غیر متجانسیت خاک η. (Nonhomogeniuse Coeficeint of soil)

نسبت قطر دانه های که کمتر از (% 60) وزنی خاک را احتوا نموده (d_{60}) ، برقطر دانه های که کمتر از (% 10 وزنی هما ن خاک را تشکیل داده است (d_{10}) ، بنام ضریب غیر متجانسیت یاد میگردد. یعنی:

$$\eta = \frac{d_{60}}{d_{10}} \qquad \ldots\ldots\ldots \quad (1-19)$$

بطور مثال اگر بخواهیم برای خا ک (N 4) در شکل (18 – 1) ضریب غیر متجانسیت η را محاسبه نماییم قیمت آن مساوی میشود به :

$$\eta = 0.05 / 0.003 = 16.666$$

به همین ترتیب منحنی ترکیب دانه ای خاک داده شده باشد میتوانیم نام آنرا به آسانی قرار ذیل پیدا نماییم :

بطور مثال خاکی که توسط منحنی (N 1) درشکل (18 – 1) ارایه گردیده است ، نام آنرا قرار ذیل میبابیم .

در شکل مذکوردانه های خاک که قطر شان بزرگتراز (2 mm) است ، % 52 را تشکیل میدهد. همین قطردر جد ول (5 – 1) با ریگ جغله دار مطابقت دارد . همچنین خاکی که توسط منحنی (N 2) مشخص گردیده است، دانه با قطر بیشتر از (2 mm) ، % 5 وزنی را احتوانموده وقطر بیش از (0.5 mm) ، بیش از % 30 وزنی را تشکیل داده است. بناءأ نام آن با ریگ متوسط دانه مطابقت مینماید . بالاخره خاکی که توسط منحنی (N 3) افاده شده است در جدول با سرمه ریگ تطا بق دارد .

ضریب فلتری C_p Coefficient of Permability .

در مورد ضریب فلتری باید گفته شود که قیمت حقیقی این مشخصه به کمک تحقیقات ساحوی تعین میگردد.یا اینکه با استفاده از تحقیقات لابراتواری دریافت میشود. قیمت ضریب فلتری در محاسبات مقدماتی برای خاک ها گل دار از جدول ها و گراف ها یافت میشود. مثلا درجدول (12 – 1) قیمتهای ضریب فلتری برای یکتعداد خاکها داده شده است.

جدول (12 – 1)

شماره	نام خاک	قیمت ضریب فلتری C_p [cm/sec]	شماره	نام خاک	قیمت ضریب فلتری C_p [cm/sec]
1	گل	$< 1 \times 10^{-7}$	6	ریگ متوسط	$1x10^{-2}$ - $1x10^{-3}$
2	گل ریگدار	$1x10^{-5}$ - $1x10^{-7}$	7	ریگ بزرگدانه	$1x10^{-1}$ - $1x10^{-2}$
3	ریگ گلدار	$1x10^{-3}$ - $1x10^{-5}$	8	جغله و سنگچل دریایی	$1x10^{-1}$ - 1x10
4	ریگ لجنی	$1x10^{-2}$ - $1x10^{-3}$			
5	ریگ میده دانه	$1x10^{-3}$ - $1x10^{-4}$			

ضریب فلتری خاکهای غیر مرتبط (ریگی وجغله ای) را درصورتیکه ترکیب دانهای وضریب غیر متجانسیت شان معلوم باشد میتواند به اساس فورمول (N.P.Pavchach)قرار ذیل دریافت میشود.

$\varphi = 1$

$$C_P = \frac{4\varphi}{\nu}(\eta)^{1/3}\frac{n^2}{(1-n)^2}(d_{17})^2 \qquad \ldots\ldots\ldots (1-29).$$

(φ) ضریب فورم دانه های ریگی بوده که برای دانه لشم وصاف ($\varphi = 1$)، و برای دانه های رخدار ($\varphi = 0.4$) گرفته میشود.

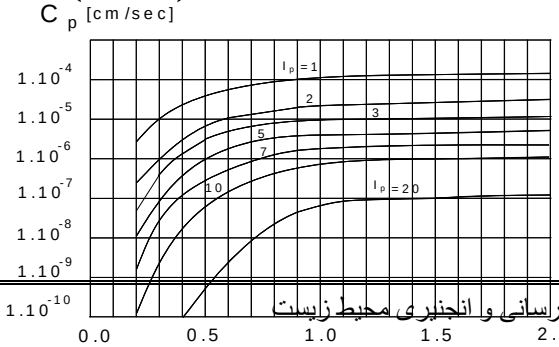
(ν) - ضریب سینیتماتیکی لزجیت آب بوده که مربوط به درجه حرارت آب میباشد .برای شرایط کشورما قیمت آن میتواند در حدود (0.01 $cm^2/sec.$) قبول گردد.

(η) - عبارت از ضریب غیر متجانسیت خاک است ،(n) - منفذ درای خاک به فیصد میباشد

(d_{17}) – قطر دانه های خاک است که 17 فیصد وزنی ویا کمتر از آنرا در خاک تشکیل داده باشد.

در فورمول(16-1) قیمت d_{17} به سانتی متر گذ اشته میشود . (d_{17}) را بنام قطر موثر نیز یاد مینمایند .

ضریبفلتری برای خاکهای مرتبط (خاکهای گلی) ، نظر به عدد پلاستیکیت شان از گراف شکل (20 – 1) دریافت شده میتواند.



شکل (20 – 1) : گراف تابع $C_p = f(\varepsilon, I_p)$

ضریب فلتری احجار صخره ای مربوط درزداری شان و خصوصیات درز های مذکور میباشد . خاکهای صخره ای نظر به قابلیت نفوذ آب خویش به انواع ذیل تقسیم میشوند : جدول (13 – 1) دیده شود .

جدول (13 – 1)

شماره	درجه نفوذ آب	قابلیت جذب آب مخصوصه [Li/min]	Cp [m/24 hours]
1	باقابلیت نفوذ خیلی زیاد	بیشتر از *10* .	بیشتر از *20*
2	باقابلیت نفوذ زیاد	*10 - 1*	*20 - 2*
3	باقابلیت نفوذ متوسط	*1 - 0.1*	*2 - 0.2*
4	باقابلیت نفوذ کم	*0.1 - 0.01*	*0.2 - 0.02*
5	غیر قابل نفوذ.	کمتر از *0.01*	کمتر از *0.02*

ضزیب فلتری نظر به قابلیت جذب آب که به اساس تحقیقات لابراتواری دریافت میگردد تدقیق وتثبیت میگردد.

فشار نورما تیفی (R^N kg / cm^2)احجار صخره ای تا اندازه زیادی مربوط د رجه درزداری آنها میباشد. همچنین فشار نورماتیفی دراحجار رسوبی مربوط شکستگی ومیلان طبقات آنها نیز میباشد . به همین علت است که مقاومت محاسبوی احجار مذکور در داخل کتله بزرگ اکثرا کمتر از مقاومت محاسبوی نمونه ها یا سمپل های شان میباشد. وباید این قیمت در محل موقعیت حاصل گردد. به همین ترتیب باید تشنجات مجازی اساس های صخره ای طوری قبول گردند که دارای یک ضریب ذخیروی نسبتا بزرگی نظر به قیمت مقاومت موقتی باشد یعنی :
($C s = 10 - 15$).

$$[\sigma] = (R^N / C_s) . . . . . (1 – 30)$$

قیمت های فشار نورماتیفی یا معیاری [R^N kg / cm^2]، برای احجار صخره ای و نیمه صخره ای در جدول (1 – 16) داده شده اند .

جدول (1 – 16)

شماره	تصنیف احجار	نام احجار	R^N [kg / cm^2]	ضریب اصطکاک کانکریت با احجار f

1	احجار مذاب فورانی(مواد گداخته داخل زمین). a	عمقی :(گرانیت، سیانیت،دیوریت، گابرو وپریدوتیت).	2000 - 3000	0.65 - 0.70
	b	سطحی :(بازالت، دیاباز،اندیزیت،تراخیت، فلیزیت ، پروفیریت).	1000 - 2000	
2	احجارمیتامارفیک.	گینایس، میکاشیت کرستالی، کوارتس، فیلیت ومرمر.	500 - 1500	0.5 - 0.6
3	احجار رسوبی. a	تریگینی :کانگلومیرات وسنگهای ریگی.	از 30 الی 2000	0.55 - 0.65
	b	ارگانا گینی:سنگ چونه و دولامیت.	از 15 الی 1500	
4	احجار نیمه صخره ای.	آرژیلیت والیورالیت.	از 10 الی 300	0.3 - 0.5

زاویه اصطکاک داخلی و چسپش . Angle of repose and Cohesiv of Soil

زاویه اصطکاک داخلی (φ) و چسپش (C)خاکهای گلی تا اندازه زیادی مربوط حالت (پیوستگی) و موجودیت ذ رات گلی در حجم مجموعی خاک میباشد . در جدول (17 – 1) ، قیمت های تقریبی زاویه اصطکاک داخلی (φ) و چسپش (C) برای خاک های مختلف گلی داده شده ا

جدول (17 – 1)

شماره	حالت خاک	نام خاک	وزن حجم (T / γ m 3)	زاویه اصطکاک φ^o	چسپش C به kg/cm^2
1	جامد و نیمه جامد	گل ها	2.1 - 2.15	20 - 22	0.6 - 1.0
		گلهای ریگدار	2.1 - 2.15	23 - 25	0.4 - 0.6

		ریگهای گلدار	2.0 - 2.05	26 - 28	0.15 - 0.2
2	با حالت پلاستیکی	گل ها	1.9 - 2.05	8 - 18	0.1 - 0.4
		گلهای ریگدار	1.85 - 2.0	13 - 21	0.1 - 0.25
		ریگهای گلدار	1.85 - 1.95	18 - 24	0.02 - 0.1
3	با حالت سیال	گل ها	1.8	6	0.05
		گلهای ریگدار	1.8	10	0.05
		ریگهای گلدار	1.8	14	0.0

درصورت خاکهای ریگی ، ضریب منفذداری (ε) واندازه قطر دانه های شان تاثیر قابل ملاحظه بالای قیمت زاویه اصطکاک داخلی (φ) دارد . در محاسبات مقد ما تی قیمت های زوایای اصطکاک داخلی را با استفاده از جدول (1 – 18) میتوانیم بدست آریم .

جدول (1 – 18)

شماره	ضریب منفذ داری ε	منفذ داری n	نوعیت خاکهای ریگی وقیمتهای زاویه اصطکاک داخلی φ			
			جغله دار وبزرگدانه	با بزرگی متوسط	میده دانه	سرمه ریگ
1	0.7	0.41	36	33	30	28
2	0.6	0.375	38	36	34	32
3	0.5	0.333	41	38	36	34

مشخصه مهم دیگری احجار کوهی (ریگی ، گلی وصخره ای) عبارت از ضریب مقاومت برشی(ضریب سختی) آنها میباشد ، که به حرف (f) نشان داده شده و معمولاً د ر نتیجه تحقیقات ساحوی (تحقیقات طبیعی) حاصل میشود .

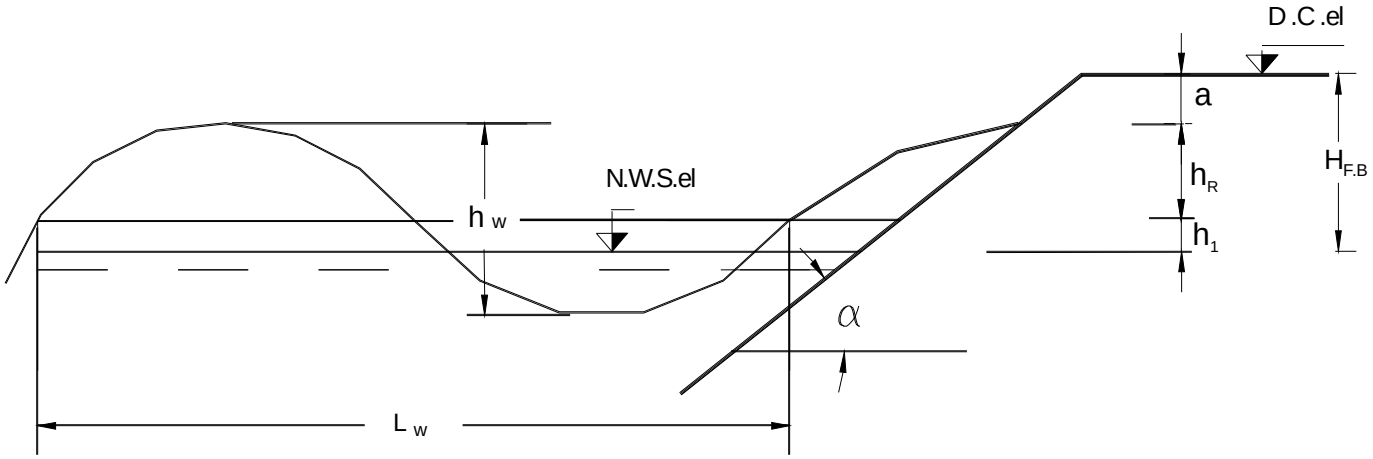
$$f = \frac{1}{\sigma}(c + \sigma tg\varphi) \qquad \ldots\ldots\ldots (1-31)$$

اگر به فورمول (1 – 31) به دقت نظر اندازی شود دیده میشود که نسبت بین قوه برشی وقوه فشاری ،ضریب مقاومت یا ضریب سختی خاک ها و احجارکوهی را افاده مینماید .

تعین نشانه قله بند: Calculation of dam crest elevation

در پراکتیک ساختمانهای هایدروتخنیکی ، اعمار بند ها اغلبا درپیشروی خویش کاسه های ذخیره را ایجا د مینما یند که درآنجا یک حجم زیا د آ ب ذخیره شده ویک حصه سطح زمین را می پوشاند.بدیهی ا ست که وزش بادها باعث بوجود آوردن امواج در کا سه ذخیره میشود .هرگا ارتفاع موج زیاد باشد امواج از بالای قله بند عبور نموده وتهدیدی بزرگی را متوجه نشیب عقبی بند میسازد. علاوتا مکان دارد درهنگام آب خیزی های زیاد وشدید غیر قابل پیش بینی یا هم وقوع حا د ثه وعدم کفایت در کار ساختمانهای پرچاوه ای، سطح آب درکاسه ذخیره بلند رفته وآب از طریق قله بند سر ریز گردد . چون سرازیرشدن آب از طریق قله بند های مواد محلی در هیچ صورت مجاز نمی باشد ازینرو نشانه قله بند باید دقیقا محاسبه وتعین گردد. اگرا ند ازه بلندی قله بند نظر به سطح اعظمی آ ب درکا سه ذخیره (Max.W.S.E) قرا ر ذ یل د ریا فت میشود. اگرا ین اند ا زه را به ($H_{F.B}$) نشا ن دهیم. شکل (7 – 1) ، د ر آ ن صورت ا رتفاع مکمل بند(H_d) مسا وی خواهد شد به :

$$H_d = H_1 + H_{F.B} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (1\text{-}9)$$



شکل (1-8) : شیمای محا سبوی جهت تعین نشانه قله بند .

$$D\,cr\,El. = R.B.El. + H_1 + H_{F.B} \quad \ldots\ldots (1\text{-}10)$$

$$H_{F.B} = h_1 + h_R + a \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (1-11)$$

در فورمولهای فوق :

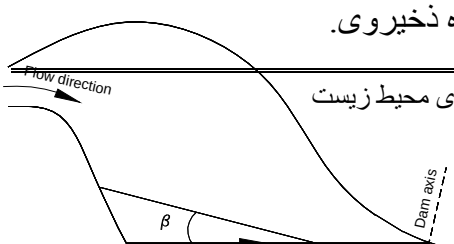
H_1 - عمق آب درپیش روی بند درصورتیکه سطح آب درکاسه ذخیره اعظمی (Max. W.S.El) باشد

D.Cr.El. – نشانه قله بند.

R.B.El. _ نشانه کف دریا . شکل (6 – 1)

h_h – اندازه بلندی خط وسطی موج نظربه سطح اعظمی آب در کاسه ذخیره(Max.W.S.El)

h_R - ارتفاع دوش موج بروی نشیب فوقانی شکل(7 – 1) دیده شود. a - اندازه ذخیروی.



$$h_h = 0.006\frac{W^2 L}{gH}\cos\beta \qquad \ldots\ldots\ldots (1-12)$$

در فورمول (12-1) : کاسه ذخیره

W – سرعت وزش باد به m/sec .

L – طول کاسه ذخیره به سمت وزش باد به km

g– یعجیل جاذبه زمین .

b – زاویه ایست که سمت وزش با د با خط عمود بر محور بند تشکیل میدهد

H – عمق متو سط آب در کاسه ذخیره به سمت وزش باد.

ارتفاع دوش موج بروی نشیب(h_R) مساویست به:

$$h_R = 2K_r\, h_w tg\alpha \quad \sqrt[3]{\frac{L_w}{h_w}} \qquad \ldots\ldots\ldots (1-13)$$

در فورمول (13 – 1) :

K_r – ضریبیست که قیمت آن مربوط درشتی تحکیم کاری نشیب میشود.

در صورت تحکیم کاری سنگریزه ای $K_r = 0.55$ در صورت تحکیم کاری سنگفرش

$K_r = 0.55$ ودر صورت تحکیم کاری ذریعه پلیت های کانکریتی Kr = 0.9 قبول میشود .

h_w – ارتفاع موج که مساویست به :

$$h_W = 0.075\left[1+e^{0.4\frac{L}{W}}\right]W\sqrt{L\varepsilon} \qquad \ldots\ldots (1-14)$$

α– زاویه ایست که نشیب جلوی بند با افق تشکیل میدهد .

L_w – طول موج که مساوی میشود به .

$$L_W = 0.073W\sqrt{\frac{L}{\varepsilon}} \qquad \ldots\ldots\ldots (1-15)$$

همچنین درفورمول (14 – 1) :

e- اساس لوگارتم طبیعی، وε – ضریبی است که قیمت آن مربوط خصوصیت سرعتی باد بوده وقیمت آن چنین محاسبه میگردد:

$$\varepsilon = \frac{1}{9+19e^{-14/w}} \qquad \ldots\ldots (1-16)$$

a- عبارت از اندازه ذخیروی است که قیمت آن نظر به کلاس بند در حدود 1 الی 1.5 قبول میشود.

بعد از محاسبه قیمتها را در فورمول (11 – 1) وضع نموده و قیمت H_{FB} را میبابیم . وبا لا خره ارتفاع مکمل بند Hd و نشانه قله بند D.C.El. را قرار ذ یل محاسبه مینماییم :

$$H_d = H_1 + H_{F.B}$$

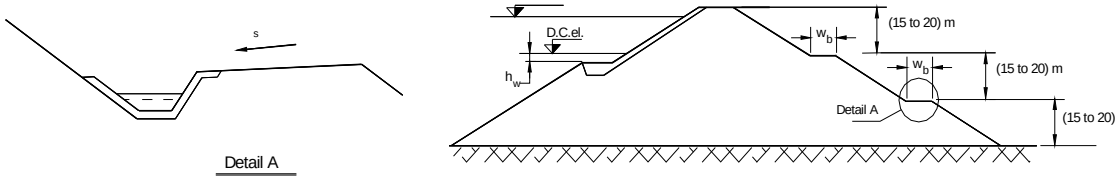
$$D.C.El. = R.B.El. + H_d$$

2- برم ها .

برم های بروی نشیب ها ی بندهائیکه ارتفاع شان بیشتر از (15) متر باشد مد نظر گرفته میشوند. بیرم باعث هموار تر ساختن میلان وسطی نشیب گردیده و رول اتکا های قسمت فوقانی را ایفا می نماید. موجودیت بریم های کمک مینمایندکه آبهای بارانی که بروی نشیب های خاکی جاری میشود بدون کدام ضرر به سواحل هدایت گردد و نیز در صورت ایجاب ترمیم نشیب ها در زمان بهره برداری تسهیلا ت لازم تکنا لوژیکی را د ر اجرای کا ر ها

عرض برم ها درحدود 2 الی 6 متر قبول میشود و برم ها به ارتفاع 10 الی 15 متر از همد یگر

گذ ا شته میشوند در نشیب فوقانی صرف یک بیرم در نشانه 2hw یاپینتر از سطح عاطل .D.S.El در نظر گرفته میشود که منحیث اتکای تحکیم کاری نشیب مذکور ایفای وظیفه مینماید. در حال حاظر به منظور جلوگیری از افزایش حجم بند ها اکثراً در نشیب های تحتانی از بیرم های صرف نظر به عمل میا ید



III)

). میلان نشیب ها ی بند های خاکی .

میلان های نشیب های بند های خاکی قبل از همه مربوط به نوعیت خاک میباشد که جسم بند از آن ساخته میشود. قیمت نهائی ضریب میلان نشیب های بند از شرایط تا مین استواری نشیب ها تعین میشود. بطور مقدماتی قیمت ضریب میلان برای بند های ریگی به کمک جدول ذیل دریافت شده میتواند

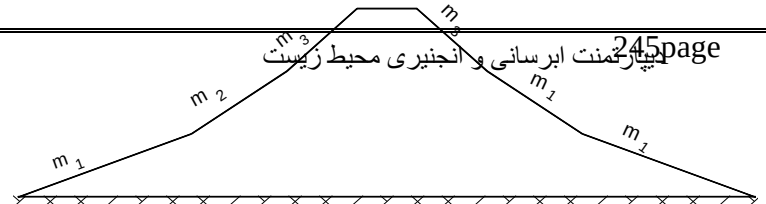
قیمت ها ی m_1 و m_2 که درجدول (2 – 1) داده شده اند صرف برای بند های ریگی قابل قبول اند در صورت که بند ها از خاک های گلدار ساخته شوند، قیمت های میلان نشیب شامل جدول فوق به اندازه 0.5 بیشتر قبول میشوند.در حال حاضر بند های مرتفع اکثراً طوری ساخته میشوند که نشیب های شان بشکل شکسته یا منکسر باشند. شکل(2 – 1) دیده شود.

جدول (2 – 1)

ارتفاع بند H_d به متر	ضریب میلان نشیب جلوی m_1	ضریب میلان نشیب عقبی m_2 بدون زابر	m_2 با زا بر
5 الی 10	2.5	2.0	1.5 - 2.0
11 الی 15	2.75 - 3.0	2.5	2.0 - 2.25
15 الی 20	3.0 - 3.25	2.5 - 2.75	2.25 - 2.5
20 الی 30	3.25 - 3.5	2.75 - 3.0	2.5 - 2.75

اخته شوند، قیمت های میلان نشیب شامل جدول فوق به اندازه 0.5 بیشتر قبول میشوند.در حال حاضر بند های مرتفع اکثراً طوری ساخته میشوند که نشیب های شان بشکل شکسته یا منکسر باشند.

شکل (11 – 1) دیده شود.

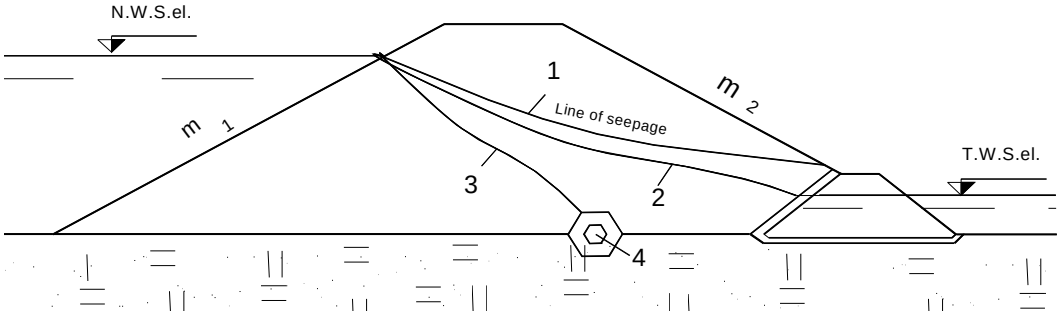


.

شکل (11 – 1) : بند با نشیب
های شکسته

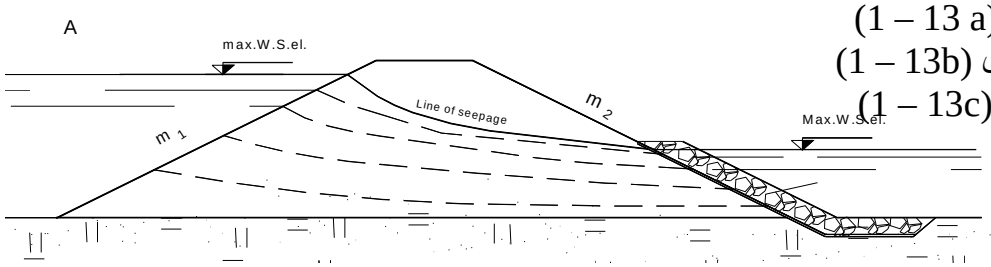
(VI) : ساختمانهای زابری در جسم بند های خاکی.

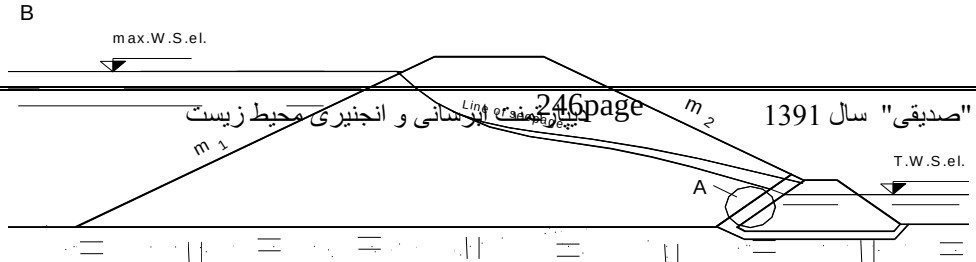
ساختمانهای زابری در جسم بند های خاکی به منظور های ذیل ساخته میشون د.
a - جلو گیری از خروج منحنی رکود به روی نشیب تحتانی و نتیجتا بلند بردن استواری نشیب .
b - جلوگیری از تغیر شکل فلتری جسم بند وهسته .
c - تو جیه نمودن مصون آب های فلتری به قسمت تحتانی .

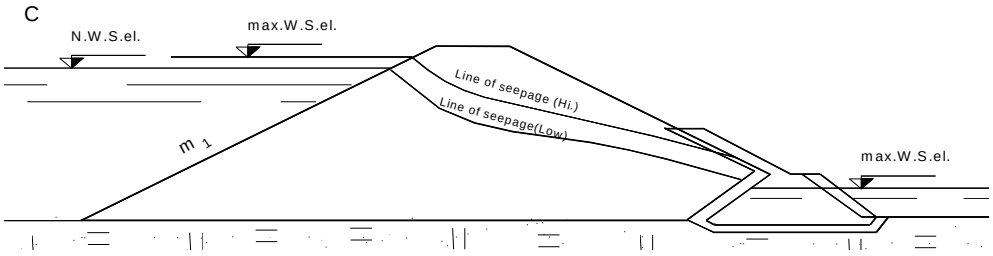


شکل (12 – 1) :تاثیر زابرها بالای موقعیت منحنی رکود .

1- موقعیت منحنی رکود در صورت نبودن زابر. 2 - موقعیت منحنی رکود در صورت موجودیت زابر منشوری.
3 - موقعیت منحنی رکود در صورت موجودیت زابر بلول مانند . 4 – بلول های زابری .
نظر به موقعت در جسم بند ها و ساختمان شان زابر ها به دو گروپ ذیل تقسیم میشوند.
الف - زابر های خارجی : که به سه شکل ذیل میباشند .
- زابر ا تکائی . شکل (a 13 – 1)
b- زابر منشوری. شکل (13b – 1)
c- زابر مرکب . شکل (13c – 1)

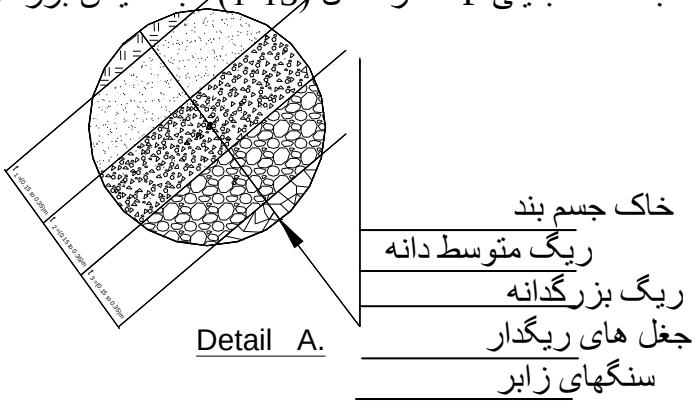






شکل (13 – 1) : زابر های خارجی در بند های خا کی .

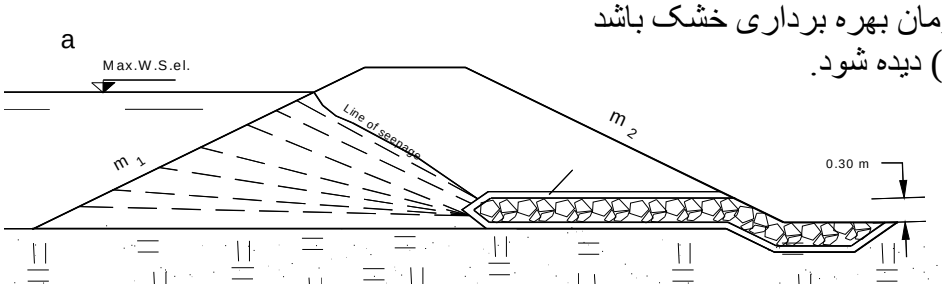
زابر های اتکائی در صورت ساخته میشوند که نوسا ن نقطه خروجی منحنی رکود بروی نشیب عقبی زیاد باشد .زیرا زابر اتکایی در همچو حالات از تجرید خاک توسط جریان فلتری جلو گیری مینماید.
زابر منشوری در حالات در نظر گرفته میشود که علاوه بر خروج بیخطرآب های فلتری بلند بردن استواری نشیب عقیبی نیز مطلوب باشد. زابر های مرکب در صورت ساخته میشود ساحه نوسان منحنی رکود در داخل جسم بند خیلی زیاد باشد به طور مثال در صورت موقعیت اعظمی منحنی رکود زابر اتکائی از تجرید مماسی و نتیجتاً از تخریب نشیب تحتانی جلوگیری مینماید، در حالیکه در صورت موقعیت پاینتر منحنی رکود صرف زابر منشوری این وظیفه را به عهده دارد. در قسمت بین زابر و جسم بند ویا اساس بند باید حتماً یک ساحه تبد یلی یا به عباره دیگر فلتر معکوس در نظر گرفته شود وظیفه فلتر های معکوس آنست که نگذارد تا زرات میده دانه خاک های جسم بند ویا اساس ان از طریق منفذ های مواد زابری توسط جریان فلتری برده شود. زیرا زابر از سنگ پارچه های کوهی ساخته میشود و دارای منفذ های زیاد میباشد به خاطر توضیح بهتر این مطلب ساحه تبدیلی F در شکل (13-1) به مقیاس بزرگتر گردیده است.



شکل (13 – 1) : ساختمان فلتر معکوس یا ساحه تبدیلی

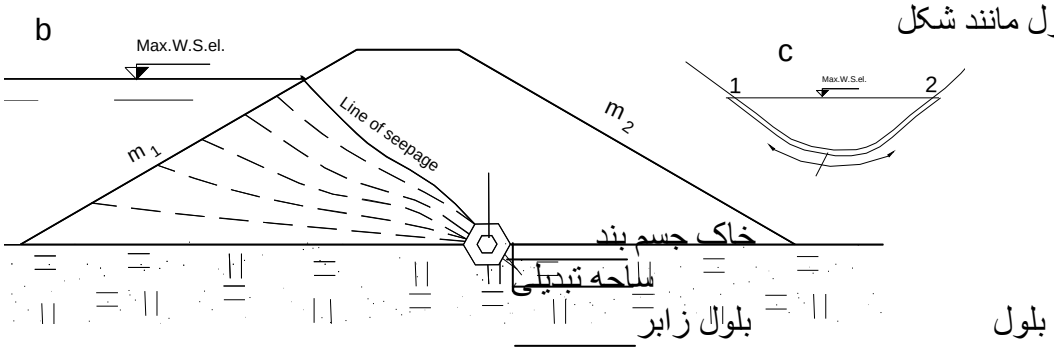
ب - زابر های داخلی

a - زابر مسطح افقی : این زابر ها در صورت ساخته میشود که بنا بر کدام علت ضرورت باشد تا قسمت بیشتر از تنه بند در زمان بهره برداری خشک باشد شکل (14 – 1) دیده شود.



شکل (14 – 1) : زابر مسطح افقی.

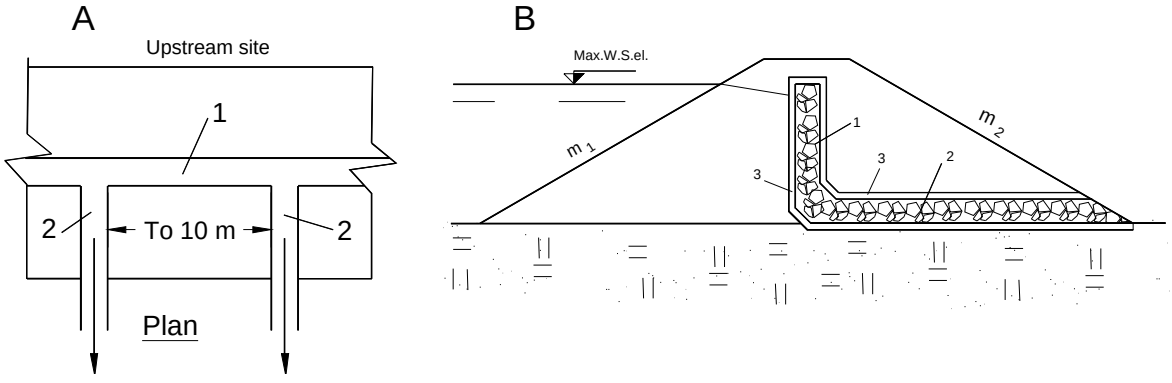
a- زابر بلول مانند شکل



شکل (15 – 1) :زابر بلول مانند

زابرهای بلولی یا نلی عبارت ازنل های سمنتی ،آ هنکانکریتی ویا هم ندرتاً نل های آهنی زد زنگ بوده بودهکه از یک ساحل تا ساحل دیگر بطول قاعده بند گذاشته شده شکل (15 a – 1) ومحیط خارجی شان دارای مجرا ها بخاطر داخل شد ن آبهای فلتری میباشند. اطراف محیط بلول یا نل مذکور ذریعه فلتر معکوس یا ساحه تبدیلی احاطه میشود تا از نفوذ خاکهای جسم بندبداخل بلولهاجلو گیری بعمل آمده ودر زمان بهره برداری نلهای زابری پر ومسدود نگردند.

c - زابر عمودی با آبرو های افقی: شکل (16 – 1) . در صورت موجودیت زابر عمودی طوریکه از شکل نیز دیده میشود نیمه عقبی بند کاملاً خشک میباشد



شکل (16 – 1) : زابر عمودی با آبرو های افقی

A – موقعیت زابردرپلان افتاده . B – موقعیت زابر درمقطع عرضی بند .

در شکل (16 – 1) : 1 –زابر عمودی . 2 – آبروهای افقی 3 – ساحه تبدیلی یا فلتر معکوس.

ساختمان این زابر ها طوریست که به امتداد محور طولی بند یک دیوار عمودی از سنگکاری خشکه طوری اعمارمیشود که دردو طرف جدار جلوی وعقبی آن ساحه تبدیلی ریخت میشود. آبهای فلتری که ازطرف نیمه جلوی تنه بند بداخل زابرعمودی سرازیر میگردند ازطریق آبرو های افقی بطورامن به قسمت تحتانی خارج میگردند. اندازه های زابر عمودی وفاصله بین آبروهای افقی تابع ارتفاع بندومقدار جریان فلتری میباشد .

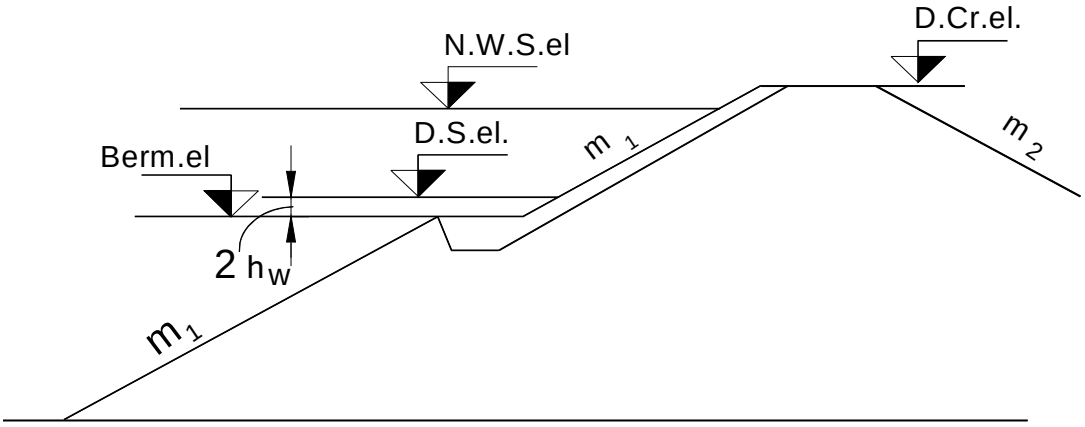
V - تحکیم کاری نشیب بند های خاکی . Slops Protection of earth dams

به منظور جلوگیری از تخریب شدن نشیب های بند از اثر امواج آب در کاسه ذخیره، بارنده گی های موسومی ، وسایرعوامل اتومسفیری ،لازم است تا نشیب های بند های خاکی تحکیم کاری گردند. انتخاب نوع تحکیمکاری نشیب مربوط به ارتفاع ، کلاس و شرایط اقلیمی بند میباشد. مثلاً در بند های کوچک که از خاک های گلی ساخته میشوند نشیب تحتانی ذریعه کبل کاری و چم کاری تحکم کاری میشود . دربند های کوچک کلاس 6 معمولاً کدام تحکیم کاری خاص در نظر گرفته نمیشود و صرف با هموار تر ساختن میلان های بند اکتفا میشود. هم چنین در بند های کوچک که ضریب میلان شان کم باشد، نشیب ها توسط جغلها و سنگچل ها پوش میشوند که این عمل از یکطرف نشیب های بند ها را تحکیم کاری نموده و از طرف دیگر استواری نشیب ها را در مقابل قوه های دینامیکی (زلزله و غیره) بیشتر میسازد.

مواد و عناصریکه در تحکیم کاری نشیب های فوقانی ازآن ها استفاده به عمل میاید ،قرار ذیل اند:

1- تحکیم کاری توسط سنگ ریزه .
2- تحکیم کاری توسط سنگ فرش.
3- تحکیم کاری توسط پلیت های کانکریتی و اهن کانکریتی.
4- تحکیم کاری توسط اسفا لت کانکریت.

حدودهای بالایی وپائینی نشیب فوقانی درشکل (21 – 1) نشان داده شده اند .



شکل (21 – 1) :حد ود های بالایی وپائینی تحکیم کاری

مواد سنگ ریزه ای که در تحکیم کاری نشیب به کار میروند باید از جمله محصولات احجار میتامارفیک (مذاب فورانی) باشد. مواد سنگریزه ئی تقریباً در تمام شرایط قابل استفاده اند. برتری های عمده این تحکیم کاری در آنست که از یک طرف امکا نات میکا نیزه ساختن امور استحصا ل ، بارگیری و ریخت سنگ ریزه در محل بیشتر میباشد و از طرف دیگر تحکیم کاری سنگ ریزه ای انحنا پذیر بوده و زودتر ترمیم میشود. که این خود کیفیت تحکیم کاری را بلند میبرد.

وزن محاسبوی سنگ ها در صورت تحکیم کاری سنگ ریزه و سنگ فرش چنین محاسبه میشود.

$$Q = \frac{\mu \gamma_k L_w h_w^2}{\left(\gamma_{st}\gamma_w^{-1/2} - 1\right)\sqrt{1+m^2}} \qquad \ldots\ldots\ldots (1-32)$$

(μ) – ضریبی است که قیمت آن چنین گرفته میشود. $\mu = 0.017$ - در صورت تحکیم کاری سنگ فرش
و $\mu = 0.025$ - در صورت تحکیم کاری سنگ ریزه ئی.
(γ_{st} و γ_w) - با ا لترتیب ا وزان حجمی سنگ وآ ب میباشند .
(L_w و h_w) – با الترتیب طول و ارتفاع موج میباشند که از اثر وزش باد و غیره عوامل در کاسه ذخیره در قسمت پیشروی بند تشکیل میشود.
$m = 1/S_1$ – ضریب میلان نشیب فوقانی میباشد.
ضخامت قشر تحکیم کاری سنگ فرش و سنگریزه و در حدود ذیل تعین میشود

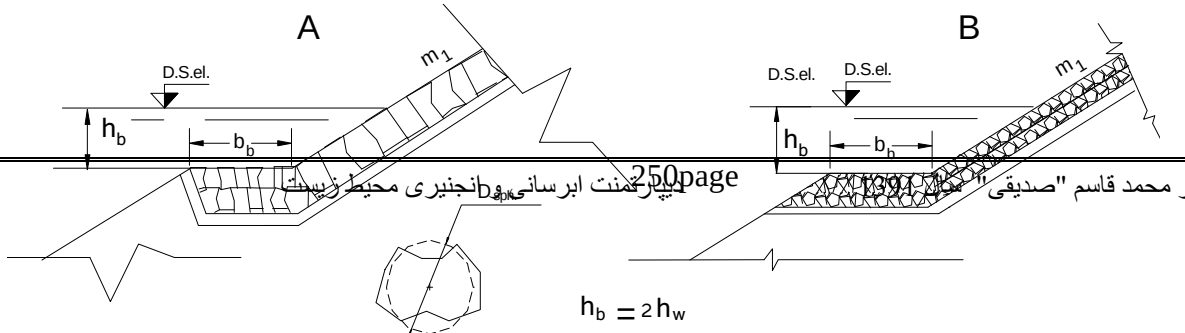
$$t_p = (2.5 - 3.0)\ D_{sph} \ldots\ldots\ldots (1-33)$$

در فورمول (1-18) D_{sph} - قطر تبدیل شده سنگ به چنان یک کره فرضی است که وزن ان Q باشد.

$$D_{sph} = n\left(Q/\gamma_{st}\right)^{1/2} \qquad \ldots\ldots\ldots (1-34)$$

n=1.25 - در صورت که فورم سنگ نزدیک به کروی باشد
n=1.36 - در صورت که سنگ رخدار باشد

تحکیم کاری سنگ فرش در بند های مرتفع به شکل دو قشر و در بند های کم ارتفاع به شکل یک قشره انتخاب میشود شکل (1-14) A . B دیده شود.
در سنگ های سورت ناشده سنگ هایکه قطر شان از قطر محاسبوی D_{sph} بیشتر باشد باید 60 فیصد ویا

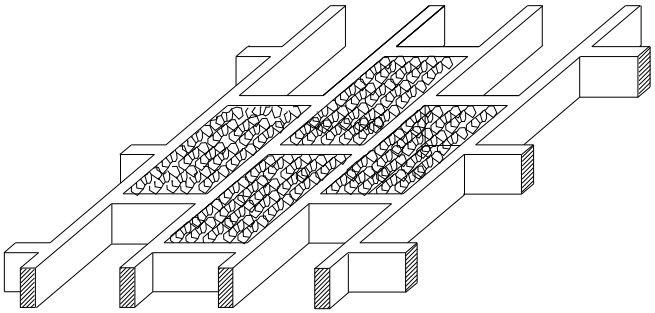


شکل (14 – 1): تحکیم کاری نشیب فوقانی.
A -تحکیمکاری یک قشره . B – تحکیمکاری دو قشره .

بیشتر از انرا تشکیل داده باشد
در سنگریزه های سورت بندی شده سنگ های که وزن شان کمتر از وزن محاسبوی Q باشد الی 5 فیصد مجاز میباشد . ضخامت مجموعی قشر تحکیم کاری میتواند به فرومول ذیل محاسبه گردد.

$$t_p = \frac{1}{(\gamma_{st} - 1)} \frac{\sqrt{1 + m_1^2}}{m_1 (m_1 + 2)} h_w \qquad \ldots\ldots\ldots (1 - 35)$$

قشر اماده گی تحت تحکیم کاری از ریگهاری جغله دار تهیه میگردد ضخامت ان در حدود 20 الی 25 سانتی متر انتخاب میشود ویا اینکه از سنگچل ها به ضخامت 15 الی 20 سانتی متر قبول میگردد.
مصرف سنگ در تحکیم کاری سنگفرش نظربه تحکیم کاری سنگریزه کمتر میباشد اما در صورت نشت بند بند یک پارچه بودنش زودتر تخریب میگردد.
تحکیم کاری نشیب ها به شکل جعبه ها نیز صورت میگیرد. دیوار های جعبه ها از کانکریت ویا آهن کانکریت با سیخ بندی نسبتاً ضعیف ساخته میشود. داخل جعبه ها نوسط مواد سنگی (سنگریزها وسایر پرکننده های سنگی)پر میگردد . شکل (15 – 1) دیده شود .



جعبه ها در پلا ن

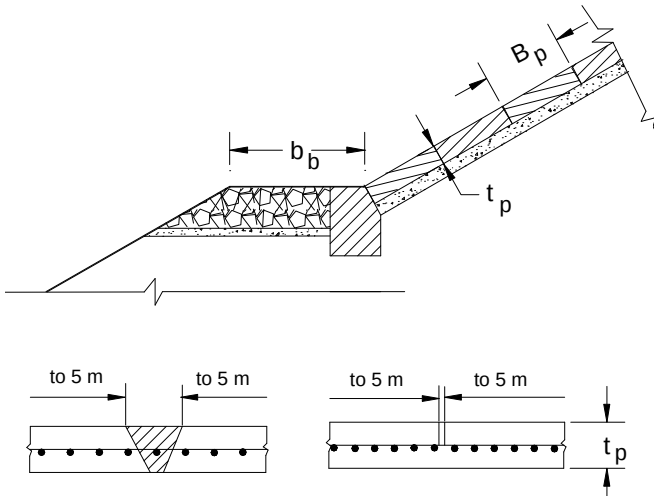
شکل (15 – 1) : تحکیم کاری نشیب ها به شکل جعبه ها

اگر در نتیجه محاسبه قطر D_{sph} بیشتر از 0.5 متر حاصل گردد درآنصورت بهتر است از تحکیم کاری کانکریتی یا آهن کانکریتی استفاده به عمل اید. شکل (16 -1) .

ضخامت پلیت های آهن کانکریتی به فورمول ذیل دریافت میگردد.

$$t_p = 0.1\frac{0.77h_w}{m_1}\left(m_1^2+1\right)^{1/2}\left(L_w/B\right)^{1/3} \qquad .\ .\ .\ .\ .\ (1-36)$$

در فورمول فوق:
B – طو ل پلیت به امتداد نشیب میباشد.



شکل (16 – 1): تحکیم کاری نشیب توسط پلیت های آهن کانکریتی .

اکثراً ضخامت پلیت های اهنکانکریتی بدون محاسبه در حدود (8 الی 20) سانتی متر ، واندازه های آن در پلان بین (1.5 x1.5 الی 5 x 5) متر انتخاب می شود های کلان.که بعداً اتصال پلیت های خرد به قسم یک نقشه یک ریخت که اندازه های ان در حدود (20x20) متر باشد صورت میگیرد. به امتداد محیط نقشه درز های حرارتی در نظر گرفته میشود. پلیت های مذکور بالای قشر آ ماده گی که به شکل فلتر معکوس ریخت میشود قرار داده شده و اتصال بین پلیت ها به قسم مفصلی ویا نیمه مفصلی تامین میگردد

به طور عموم بند های مواد محلی باید خواسته های ذیل را تامین نمایند.

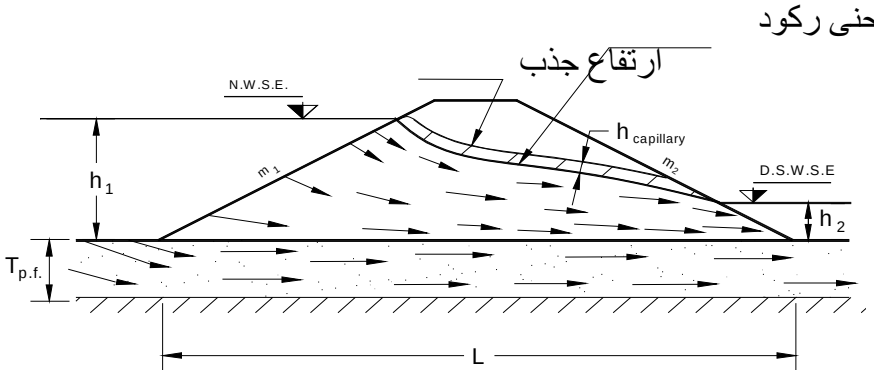
1- چون سرازیز شدن آب از طریق قلهٔ این نوع بند ها مجاز نمیباشد بناً ساختمان های پرچاوه ئی باید به صورت مطمین عبور مقدارهای جریان اعظمی را گرانتی نماید.
2- پروفیل عرضی بند ها ، ساختمان های ضد فلتری و ساختمان های زابری باید استواری نشیب بند ها را در کلیه شرایط اعمار و بهره برداری تامین نماید.
3- تحکیم کاری نشیب و قله بند باید بطور مطمین بند را از تخریب شدن و تاثیر عوامل اتومسفیری محافظه ووقایه نماید.
4- نشانه قله بند باید طوری تعین گردد که در صورت ایجاد شدن امواج در کاسه های ذخیره آ ب از طریق قله بند سرازیز شده

محاسبات فلتر در بند های مواد محلی Seepage analysis in earth dams

طوریکه میدانیم جسم بند های مواد محلی یک محیط منفذ دار بوده که آب کاسهٔ ذخیره درآن نفوذ نموده میتواند . به اثر موجودیت تفاوت سطوح آب بدو طرف بند, آب در داخل منفذ ها ازطرف قسمت فوقانی بطرف قسمت تحتانی به حرکت در آمده وضایع میگردد . عملیهٔ نفوذ وحرکت آب از طریق منفذ های خاک بنام فلتریشن یا (seepage) یاد میگردد . مقدار آبیکه در فی واحد زمان از طریق منفذ های مذکور عبور نموده واز کاسهٔ ذخیره ضایع میشود بنام جریان فلتری یا (seepage discharge)نامیده میشود .

درشکل (17 – 1) دیده میشود که جریان فلتری جسم یا تنهٔ بند را به دوحصهٔ تر یامشبوع وخشک تقسیم مینماید. سطحیکه قسمت های تر وخشک جسم بند را از همد یگرتفکیک وجدا میسازد بنام سطح رکود ویا بنام منحنی رکود (Line of seepage) یادمینمایند . (نام منحنی رکود از آن جهت بالای این سطح گذاشته شده است که مرتسم جانبی آن بالای سطح ارتسام شکل منحنی را دارد. کلمهٔ رکود هم به خاطری آورده شده است که ازدیاد فاصلهٔ فلتری کاهش آردینات منحنی متذکره را در پی دارد) .

فاصله بین دو نشیب را که جریان فلتری هنگام عبور از طریق جسم بند آنراطی مینماید بنام فاصله یاراه فلتری یاد مینمایند . تفاوت بین سطوح آزاد آب در قسمتهای قبل وبعد از بند بنام نپور یا سرکوب عامل (Head) یادگردیده است . خارج قسمت نپور بر فاصلهٔ فلتری بنام گرادینت هایدرولیکی (Hydraulic gradient) یاهم میل هایدرولیکی یاد گردیده است. نشیب جلوی یا فوقانی بنام سر حد دخولی ونشیب عقبی بنام سرحد خروجی جریان فلتری یاد میشوند .



شکل (17 – 1) : شیمای عمومی فلتر شدن آ ب ازطریق جسم و اساس بند

تمام طرق اجرای محاسبات فلتری بدوگروپ ذیل تقسیم میگردند.

گروپ اول . طرق هایدرو میخانیکی . Hydromechanical methods

محاسبات فلتری که با استفاده ازین طرق اجرا میگردند دارای دقت بیشتر میباشند زیرا تقریباً تمام عوامل فزیکی ومیخانیکی مؤثر برعملیهٔ فلترشدن آب از طریق ساحهٔ منفذدار مکمل تر در نظر گرفته میشوند .ازینرو نتایج حاصل شده نیز قرینتر به واقعیت میبا شند . علاوتاً استفاده ازین طریق امکان میدهد تا پارامتر های جریان

فلتری (مثلاً سرعت جریان فلتری،فشار هادرودینامیکی فلتری،گرادینت جریان فلتری وغیره) در هر نقطهٔ مقطع عرضی بند که خواسته باشیم هم برای بند های با اساسهای قابل نفوذ آب و هم برای بند های با اساسهای غیرقابل نفوذ آب بدون اشکال دریافت نمائیم . چون حرکت آبهای فلتری کاملاً مشابه به حرکت آبهای تحت الارضی وغیر منقطع میباشد (Q1 = Q2 = Q3 = ...= Qn) میباشد بناءاً این حرکت میتواند توسط معادلا ت لا پلاس برای جریا ن دوبعده(Laplace Equation for two dimensional flow) افاده گردند .برای این کار طوریکه میدانیم که مقدار

آبیکه دریک ساحهٔ منفذدار جریان مینماید میتواند به کمکتیوری جریان در ساجهٔ منفذدار محاسبه گردد. برای این کار فرضیات ذیل را در نظر میگیریم :

1 - ساحهٔ پرکاری شده (بند)و اساس قابل نفوذ آن غیر قابل انقباض بوده ومنفذ داری علیرغم فشار متحول تغیر نمی نماید .

2- جریان مایع در ساحهٔ منفذدار تابع قانون دارسی میباش

3 -درجهٔ اتشباع محیط فلتری ثابت وقانون تحفظ جریان برای حتی کوچکترین حجم ساحهٔ فلتری عامل است

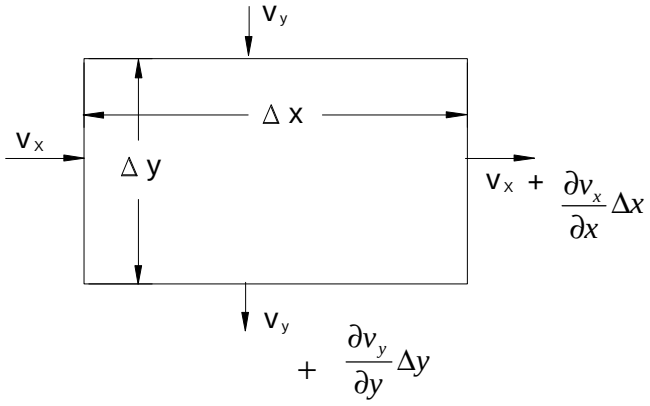
4- شرائیط حدی هایدرو لیکی درساحات دخولی وخروجی معلوم وثابت اند.

5- به نسبت ناچیزبودن از انقباض آب در اثر عمل فشار صرف نظر به عمل آمده است

معادلهٔ لا پلاس برای جریان دو بعده . Laplace equation for tow dimention flow.

طوریکه معلوم است جریان فلتری از طریق جسم بند های مواد محلی یک جریان دوبعده میباشد . بادر نظر داشت این مطلب در یک قسمت کیفی ساحهٔ فلتری مساحت کوچکی به اندازهٔ ($\Delta x . \Delta y$) را طوری درنظر میگیریم.

شکل (17 – 1) دیده شود . که عرض آن بهسمت عمود بر مستوی رسم مساوی به یک واحد باشد .اکنون اگر v_x و v_y مرکبه های سرعت در سر حدات دخولی ساحهٔ کوچک باالترتیب به سمت های محورات X , Y باشند .به آسانی دیده میشوند که قیمتهای سرعت های مذکور در سر حدات خروج از ساحهٔ مذکور مساوی خواهند شد به :



$$v_Y + \frac{\partial v_y}{\partial y}\Delta y \qquad v_X + \frac{\partial v_x}{\partial x}\Delta x$$

شکل (17 – 1): مساحت ابتدائی در ساحهٔ جریان فلتری .

.به اساس قانون تحفظ جریان ، مقدار جریان دخولی به این ساحهٔ کوچک مساویست به مقدار جریانیکه از آن خارج میشود .بنائاً مینویسیم که :

$$v_X(\Delta y.1)+v_Y(\Delta x.1)=\left(v_X+\frac{\partial v_x}{\partial x}\Delta x\right)(\Delta y.1)+\left(v_Y+\frac{\partial v_y}{\partial y}\Delta y\right)(\Delta x.1)$$

ازین جا حاصل میگردد که :

$$\frac{\partial v_x}{\partial x}+\frac{\partial v_y}{\partial y}=0 \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots (1\text{-}37)$$

چون تابع (37 – 1) تابع مسلسل بوده ونظر به قانون دارسی (Darci) داریم که سرعت جریان فلتری در در ساحهٔ منفذ دار مساویست به ضریب فلتری(C_p) ضرب در گراد ینت جریان فلتری (I) . یعنی :

$$v_x = C_{P.x} I_x = C_{P.x} \frac{\partial h}{\partial x}$$
$$v_y = C_{P.y} I_y = C_P \frac{\partial h}{\partial y} \qquad \ldots\ldots\ldots (1-38)$$

درفورمولهای فوق (h) عبارت از نپور یا سرکوب عامل میباشد .

اگر ساحه حرکت جریان فلتری به سمت های محورات x و y متجانس باشد یعنی ($C_{px} = C_{py}$) باشد ، درآنصورت معادلهٔ (37 – 1) بادر نظر داشت (38 – 1) شکل ذیل را اختیار مینماید .

$$\frac{\partial^2 (C_{Px} h)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 (C_{PY} h)}{\partial y^2} = 0 \qquad \ldots\ldots\ldots (1-39)$$

اگرخاک های ساحهٔ فلتری ایزوتروپ (متجانس) باشند یعنی (Cpx=Cpy= Cp) : درآنصورت معادلهٔ (39- 1) شکل ذیل را اختیار مینماید .

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} = 0 \qquad \ldots\ldots\ldots (1-40)$$

اگردرمعادلهٔ (40- 1) یک تعویض (ϕ = Cp h = velocity potential) که مساوی به پوتنشیل سرعت است به عمل آورده شود ، حاصل میشود که :

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} = 0 \qquad \ldots\ldots\ldots (1-41)$$

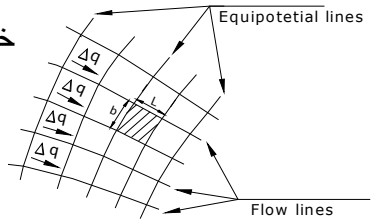
انتیگرال ازمعا د لهٔ (37 – 1) کار دشواری نخواهد بود .ولی درصورت عدم موجودیت تجانس در ساحهٔ حرکت جریان فلتری (مثلاً تغیر ضریب فلتری خاک به سمت محور های x و y ودرصورت مطالعهٔ هرسه بعد ساحهٔ فلتری همزمان به سمت محورهای x , y و z)، کار حل معادلهٔ لاپلاس خیلی ها دشوار گردیده ونمیتواند روابط محاسبوی جهت محاسبهٔ پارامترهای جریان فلتری به آسانی دریافت شوند.از همین سبب است که معادلهٔ لاپلا س در حال حاضر بیشتر از همه در تهیهٔ شبکه های هایدرودینامیکی موارد استعمال عملی کسب نموده است.

محاسبهٔ پارامترهای جریان فلتری بطریقهٔ شبکهٔ هایدرو دینامیکی — Computation of rate of seepage from flow net .

حل دوبعدهٔ معادلهٔ لا پلاس درحقیقت شبکهٔ منحنیاتی را به سمت های محورهای x و h نشان میده

که متقابلاً یک بر دیگر عمودبوه ویک شبکه یا (Net) راتشکیل مینمایند .

خطوط با نپور مساوی



شکل(17 – 1) : یک قسمت ازشبکهٔ هاید رو دینامیکی جریان فلتری .

خطوط جریان

معادلهٔلاپلاس در واقعیت امر عبارت از تابع جریان است که درآن خطوط جریان (Flow line) و خطوط هم پوتنسیال(Equipotential lines) با همدیگر متقابلاً عمود بوده ودرساحهٔ مربوطه شبکهٔ جریانراتشکیل میدهد . بادرنظرداشت مفهوم فزیکی جریان فلتری میتوانیم بگوئیم که معادلهٔ لاپلاس برای جریان فلتری مفهوم ذیل را افاده مینماید :

- خطوط جریان مسیر حرکت مایع را ارائه مینماید که مماس بالای آن درنقطهٔ کیفی عبارت از سرعت جریان آب در همان نقطه خواهدبود .
- خطوط پوتنسیال مساوی یا (Equipotential) از لحاظ جریان فلتری عبارت از خطوط خواهد بود که درتمام نقاط آنهاعین نپور یا (Head) عمل مینماید.

بادر نظرداشت مفاهیم فوق تفاوت بین دوخط مجاور هم پوتنسیال(Equipotentia) رابه ΔH و مقدار جریان در بین دو خط مجاور جریان (Flow line) را به Δq نشان دهیم ، با استفاده ازقانون دارسی (Darcy law) میتوانیم مقدار جریان فلتری از طریق یک نوار (ساحهٔ بین دو خط مجاورجریان) را چنین دریابیم .

$$\Delta q = C_P \frac{\Delta H}{L}(b*1) \qquad \ldots\ldots\ldots (1-42)$$

اگر تفاوت مجموعی بین سطوح آب قسمتهای فوقانی (h1) وتحتانی (h2) مساوی به (H) باشد قیمت (ΔH) ، وتعداد نوار های نپور مساوی به (n) باشد پس قیمت (ΔH) چنین خواهد بود .

$$\Delta H = \frac{H}{n} \qquad \ldots\ldots\ldots (1-43)$$

ومقدار جیان فلتری از طریق یک نوار جریان مساویست به :

$$\Delta q = C_P \frac{H}{n}(b/L) \qquad \ldots\ldots\ldots (1-44)$$

اگر m - تعداد مجموعی نوارها یا چینل های جریان در ساحۀ فلتری باشد جریان فلتری مجموعی چنین محاسبه میگردد :

$$q = \Sigma \Delta q = C_P H \frac{m}{n}(b/L) \qquad \ldots\ldots (1-45)$$

ا زطر ف د یگر چون خا نه ها ی شبکه ا ز مربعات تشکیل گرد یده ا ند ،بناءأ (b = L) گردیده وفورمول (1 – 41) شکل ذیل را میگیرد .

$$q = C_P H(m/n) \qquad \ldots\ldots (1-46)$$

رابطۀ (42 – 1) فورمول نهائی جهت محاسبۀ مقدار جریان مخصوصۀ فلتری میباشد ازطریق تمام شبکۀ هایدرودینامیکی کاملاً متجانس عبور مینماید . متجانس بدان معنی که خاکهای موجود درآن متجانس بوده وضریب فلتری شان به سمت های محورهای x و y باهم مساوی میباشد یعنی : ($C_{px} = C_{py} = C_p$) .

لازم به تذکر است که ترسیم شبکۀ هایدرو دینا میکی جریان فلتری به سه طریقۀ ذیل صورت میپذیرد :

- ـ طریقۀ تحلیلی : که ازحل ریاضیکی معا د لۀ لاپلاس در حدود های معین ساحۀ جریا ن فلتری (حدودهای انتیگرال) حاصل میشود .
- ـ طریقۀ گرافیکی : که با حفظ اصل عمود بودن خطوط هم پوتنسیال (Line of equipotential)، وخطوط جریان (Flow line) ساحۀ که ازآن جریان فلتری عبور مینماید، به چارضلعی های متعد د تقسیمات میشوند که اضلاع متقابل شان ازخطو جریان وخطوط هم پوتنسیال تشکیل گردیده وباهدیگر عمود باشند . درین طریق به هر اندازه که تعداد مربعات زیاد باشند به همان اندازه نتائج حاصله دقیق تر خواهند بود.
- طریقۀ لابراتواری: این طریقه بنام های طریقۀ " تشابه الکترو هایدرو دینامیکی(E. H. D . A)"
-

ویا " طریقۀ تشابه برقی (Electrical analogy)" یادمیگردد . درین طریقه از قانون دارسی برای جریان فلتری آب وقانون اوم (Ohme) برای جریان برقی ،که هردو کاملاً مشلبه یکدیگر اند استفاده به عمل آمده است. جدول ذیل دیده شود .

جدول (19 – 1)

قانون دارسی برای جریان فلتری.	قانون اوم برای جریان برقی .
$Q = C_p (H / l) A$. درفورمول دارسی : Q – مقدار جریان آب درخاک . C_p – ضریب فلتری خاک . H – سرکوب یا نپور عامل (Head) l – طول فاصلۀ فلتری . A – مساحت مقطع جریان .	$I = C (E / l) A$. درفورمول اوم : I – جریان برقی . C – ضریب هادیت برقی . E - پوتانسیل برقی (Electric potential). L – طول فاصلۀ جریان برقی . A – مساحت مقطع هادی .

هرگاه ساحۀ جریان فلتری غیر متجانس باشد یعنی اینکه قیمتهای ضریب های فلتری حاکهای جسم بند به سمت های محورهای x و y متفاوت باشند یعنی ($C_{p\,x} \neq C_{p\,y}$) باشد . درآنصورت معادلۀ لاپلاس به شکل ذیل تحریر میشود .

$$C_{PX}\frac{\partial^2 h}{\partial x^2}+C_{PY}\frac{\partial^2 h}{\partial y^2}=0 \qquad \ldots\ldots\ldots (1-47)$$

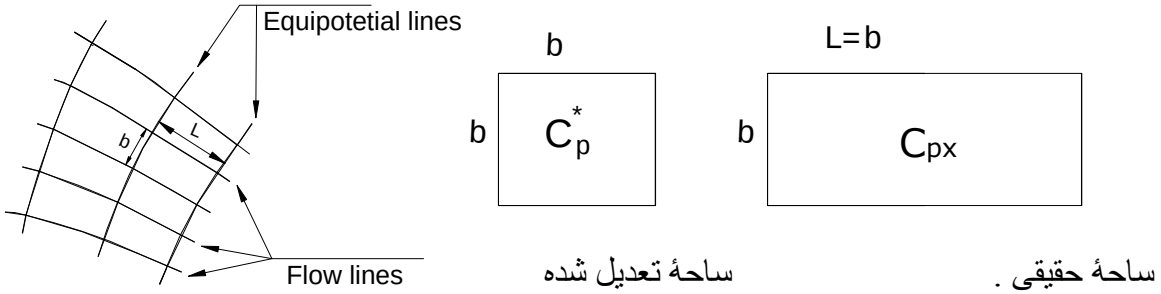
معادلۀ (1 – 43) شکل سوا از معادلۀ لاپلاس را دارد که نمیتواند شبکۀ هایدرو دینامیکی جریان فلتری راافاده نماید . ازینرو آنرا بشکل دیگری در میآوریم .

$$\frac{C_{PX}}{C_{PY}}\frac{\partial^2 h}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 h}{\partial y^2}=0 \qquad \ldots\ldots\ldots (1-48)$$

اگر در رابطۀ(1 – 44) به عوض x^2 قیمت x^n را طوری تعویض نمائیم که $x^n = x\,(C_{py}/C_{px})^{1/2}$ باشد فورمول مذکور شکل ذیل را میگیرد .

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 h}{\partial y^2}=0 \qquad \ldots\ldots\ldots (1-49)$$

معادلۀ (1 – 45) شکل معادلۀ لاپلاس را دارد که حل آ ن شبکۀ هایدرو دینا میکی را ترسیم مینماید .اما به خاطر باید داشت برای ساحۀ نا همگون جریان فلتری که درآن ($C_{p\,x} \neq C_p$) باشد اندازه های طول وعرض مربعات شبکه باهم مساوی نبوده بلکه دارای نسبت ذیل میباشند . شکل (1 – 18) دیده شود .



ساحۀ تعدیل شده ساحۀ حقیقی .

شکل (1 – 18) : جریان فلتری در ساحۀ نا همگون (Anisotropic)

اگر Cpx - ضریب فلتری خاکهای ساحۀ حقیقی جریان و Cp* - ضریب فلتری خاکهای ساحۀ تعدیل شدۀ جریان فلتری باشد ، درآنصورت :

جریان ابتدائی برای ساحۀ تعدیل شده مساویست به :

$$\Delta q = C_P^*\frac{\Delta H}{L}(L*1) \qquad \ldots\ldots\ldots (1-50)$$

جریان ابتدائی برای ساحۀ حقیقی مساویست به :

$$\Delta q = C_P^* \frac{\Delta H}{L\sqrt{C_{PX}/C_{PY}}}(L*1) \qquad .\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ (1-51)$$

چون طرف چپ معادلات (46 – 1) و (47 – 1) باهم مساوی بوده بناءأ طرف راست شان را نیز مساوی قرار داده وازآن قیمت *Cp را مییابیم .

$$C_P^* \frac{\Delta H}{L} L = C_{PX} \frac{\Delta H}{L\sqrt{C_{PX}/C_{PY}}} L \qquad .\ .\ .\ .\ .\ .\ (1-52)$$

$$C_P^* = \sqrt{C_{PX} * C_{PY}} \qquad .\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ (1-53)$$

پس مقدار جریان فلتری مخصوصهٔ مکمل (q) مساوی میشود به :

$$q = C_P^* H \frac{m}{n} = \sqrt{C_{PX} * C_{PY}} H \frac{m}{n} \qquad .\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ (1-54)$$

به همین ترتیب در صورت موجود بودن شبکهٔ هایدرو دینا میکی جریان فلتری به آسانی میتوانیم سرعت جریان، گرادینت جریان فلتری ،نپورعامل وغیره پارامتر های جریان فلتری رادرهر نقطهٔ که خواسته باشیم دریافت نمائیم.

گروپ دوم . طرق هاید رولیکی محاسبات فلتری . (Hydraulic methods)

طرق هایدرولیکی محاسبات فلتری برای جریانهای آزاد (غیر نپوری) خاصتأ محاسبات فلتری بندهای مواد محلی نتائج خوبی را میدهند . مثلأموقعیت منحنی رکود ،سرعت متوسط جریان وگرادینت جریان فلتری که براساس طرق هایدرولیکی تعین میگردد درساحهٔعمل ازدقت کافی برخوردار میباشند . تمامی طرق محاسبات هایدرولیکی براین فرضیه استواراند که دراکثر موارد جریان فلتری در ساحهٔ منفذ دار به قسم جریان متغییر تدریجی قبول میشود . لذا سرعت جریان گرادینت فلتری در مقطع عرضی نیزمتوسط بوده وبرای چنین حالات فورمول دارسی به خوبی مورد استفاده خواهد بود . به هرصورت اجرای محاسبات فلتری با استفاده از طرق هایدرو لیکی صرف درپارهٔ از موارد (مثلأ محاسبات مقدما تی وشرائط نه چندان پیچیده) قابل قبول اند . مگر در عدهٔ از حالات صحیح نخواهد بود که اگر سرعت جریان فلتری نظر به عمق درتمام مقطع عمودی جریان یکسان ومساوی به سرعت متوسط قبول گردد. اگر به منظور افزایش دقت محاسبات درصورت شرائط نا مساعد وپیچیده تر ساحهٔ ساختمان از میتودهای مرکب ازهایدرولیکی و هایدرو دینامیکی ، اجرای تحقیقات روی مودل های لابراتواری ، تحقیقات ساحوی وبالاخره تجاربی که از نتائج محاسبات بند های مشابه وجود دارند کار گرفته میشود.

در ساحهٔ عملی تاکنون بندهای مواد محلی زیادی وجود دارند که محاسبات فلتری شان با استفاده از طرق هایدرو لیکی صورت گرفته وکار شان در زمان بهره برداری تا الحال کاملأ قناعت بخش ارزیابی گردیده است . محاسبات

مذکور برای بند های مواد محلی مختلف مثلأ متجانس ، غیر متجانس ، با پرده و هسته ، اساس قابل نفوذ وغیر قابل نفوذ با زابر وبدون زابر صورت گرفته است .

درجهٔ دقت اجرای محاسبات فلتری نه تنها بخاطر تعین درست موقعیت منحنی رکود و مقدار جریان فلتری ضروری میباشد . بلکه در نتیجهٔ محاسبات فلتری باید تمامی پارامترهای جریان فلتری که در دیزاین بند ها جهت محاسبه سنجش محکمی فلتری خاکهای قسمت های خاص ومورد تهدید مقطع عرضی بند ، تجرید مماسی در قسمتهای خروج جریان فلتری از مقطع عرضی ، در زونهای دخول به زابر ها ، تأمین استواری فلتری خاکهای اساس وجسم بند وغیره ضروری اند ، دریافت گردند . لذا بادر نظر داشت نکات فوق الذ کر میتوانیم اهداف اساسی محاسبات فلتری را چنین خلاصه نمائیم.

محاسبات فلتری در بند های مواد محلی به منظور های ذیل اجرا می شوند.

A- در نتیجه محاسبات فلتری موقعیت منحنی رکود (Line of seepage) تعین گردیده که منحنی رکود (سطح رکود) قسمت های خشک وتر جسم بند را از همد یگر جدا می سازد.

B- در نتیجه محاسبات فلتری مقدار جریان فلتری (Seepage discharge) از طریق جسم دریافت میشود. معلوم بودن مقد ار جریان فلتری از یک طرف در محاسبات بیلانس آب کاسه ذخیره ضروری بوده و از طرف دیگر ما میتوانیم قیمت سرعت فلتری را در هر قسمت از جسم بند که خواسته باشم بدست آوریم.

C- قیمت گرادنیت فلتری(Seepage gradient) در قسمت های مختلف بند از یک طرف در قسمت های سرحد تماس بین ساختمان های مختلف مقطع عرضی از طرف دیگر، در نتجیه همین محاسبات فلتری تعین شده می تواند.

محاسبات فلتری در بند های مواد محلی برای دو حالت ذیل صورت میگیرد.

1- در قسمت فوقانی سطح سطح اعظمی در کاسهٔ ذخیره (Max.W.S.El.) ودر قسمت تحتانی سطح اصغری آب.(Min.W.S.El) .

2- در قسمت فوقانی سطح نورمال آب یعنی(. N.W.S.El) ودر قسمت تحتانی سطح اعظمی آب Max.W.S.El ( )

جریان آب در ساحه منفذ دار (بین خاکهای جسم بند) تابع قانون د ارسی (Darci) می باشد یعنی سرعت جریان (V) درساحهٔ منفذ دار (شکل 17 – 1) مساوی میشود به :

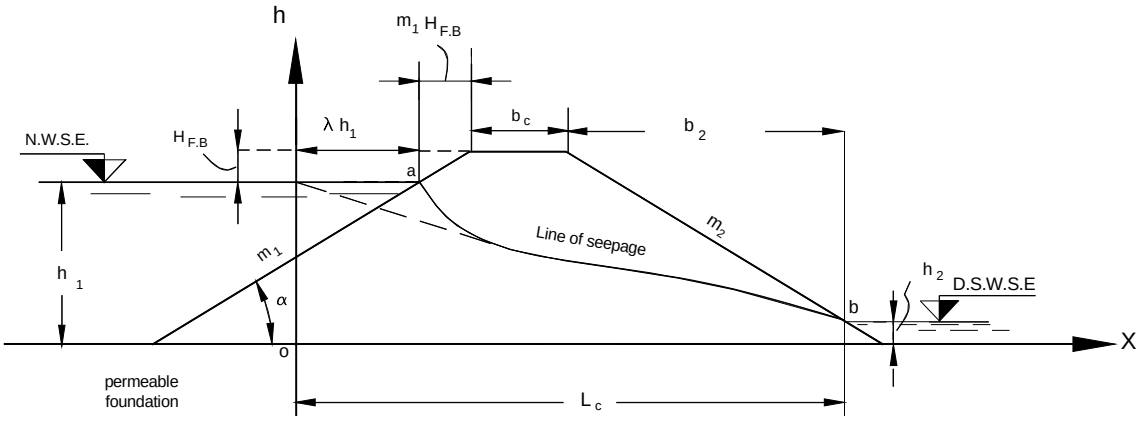
$$V = C_p I \quad . . . . . .(1 – 55)$$

درفورمول(37 – 1). C_p – ضریب فلتری خاک (درموضوع مورد بحث ضریب فلتری خاک جسم بند)

$I = (h_1 - h_2) / Lc = dhx/ dx$ - عبارت از گرادینت (میل هایدرولیکی) جریان فلتری میباشد .

مقدار جریان (Q) مساویست به :

$$Q = A V = b h_x C_p I = - b h_x C_p dhx / dx \quad . . . . . .(1 – 56)$$



شکل (17 – 1) : شیمای محاسبوی پارامترهای جریان فلتری .

مقدار جریان (Q) مساویست به :

$$Q = A\,V = b\,h_x\,C_p\,I = -\,b\,h_x\,C_p\,dhx/dx \quad \ldots\ldots\ldots (1-57)$$

چون گرادینت جریان فلتری نظر به سم محور x دارای میل معکوس بوده ، یعنی باافزایش x قیمت h_x کاهش مییابد ازینرو درفورمول (38 – 1) علامۀ منفی گذاشته شده است .
مقدار جریان مخصوصۀ یعنی جریان در فی متر جبهۀ فلتری (q)مساویست به :

$$q = Q/b = -\,h_x\,C_p\,dhx/dx \quad \ldots\ldots\ldots (1-58)$$

معادلۀ تفاضلی (39 – 1) را میتوانیم بشکل ذیل بنویسیم .

$$q\,dx = -\,C_p\,h_x\,dhx \quad \ldots\ldots\ldots (1-59)$$

از معادلۀ (40 – 1) انتیگرال میگیریم . جهت گرفتن انتیگرال از معادله فوق فرضیات ذیل را قبول می نمایم.
- مسئله فوق را به قسم مستوی در نظر میگیریم.
- مبداء کاردینات محورهای X و h_x را از نقطۀ تقاطع سطح نورمالآب در کاسۀ ذخیره یعنی (N.W.S.El.) با نشیب فوقانی را به اندازه (λH1) به طرف کاسه ذخیره انتخاب می نمایم طوریکه $\lambda = m_1/(1+2m_1)$.و ($m_1 = 1/S1$) باشد . تا بدین ترتیب جدار جلوی بند که ما یل میباشد به جدار عمودی تبدیل گردد. اکنون با در نظر داشت فرضیات فوق از معادله (40 – 1) انتیگرال می گیریم.

$$q\int_0^x dx = -C_p\int_{h1}^{hx} h_x\,dh_x \quad \ldots\ldots\ldots (1-60)$$

ویا

$$qx\Big|_0^{L_c} = -C_p\Big|_{hi}^{h2}\frac{h_1^2}{2} - \frac{h_x^2}{2} \quad \ldots\ldots\ldots (1-61)$$

درطرف چپ فورمول (42 – 1). به سمت محور X ، حدود نهائی انتیگرال عبارت از (L_c) میباشد که طول مکمل فاصلۀ فلتری را نشان میدهد . قیمت (Lc) ازروی شکل (17 – 1) به آسانی دریافت شده میتواند.یعنی:

$$L_c = \lambda\,h_1 + H_{F.B}/S_1 + b_c + b_2 \quad \ldots\ldots\ldots (1-62)$$

بعد از اجرای عملیات مختصر ریاضی از رابطۀ (42 – 1)میبابیم که :

$$q = C_P\,\frac{h_1^2 - h_2^2}{2L_c}$$

. . . . . (1 – 63)

فورمول (43 – 1) عبارت از فورمول محاسبوی برای مقدار جریان مخصوصهٔ (q) میباشد، که ازیکمتر طول بند فلتر میشود . به همین ترتیب اگرازمعادلهٔ (42 – 1) قیمت (hx) را استخراج نمائییم ما رابطهٔ محاسبوی را برای تعین موقعیت منحنی رکود (Line of seepage) حاصل مینمائیم .بدین ترتیب :

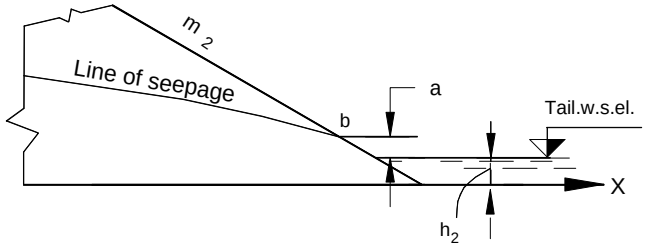
$$h_x = \sqrt{h_1^2 - \frac{\left(h_1^2 - h_2^2\right)x}{2L_C}} \qquad \text{. . . . . (1 –64)}$$

اگر در فورمول (45– 1) ، برای X قیمتهای مختلف در انتروال a_* الی b ($0 \le X \le L_c$) داده شوند وبرای هریک از قیمتهای مذکور قیمتهای h_x محاسبه گردیده وبالاخره نقاط مذکور باهم وصل گردند ، موقعیت منحنی رکود (Line of seepage) حاصل میشود . که این منحنی در شکل (17 – 1) نشانداده شده است .

خط منحنی (a_* b) موقعیت تیوریتیکی منحنی رکود رانشان میدهد زیرا درحقیقت کم شدن آردینات h_x در حقیت از نقطهٔ a آغاز میگردد نه از نقطهٔ a_* ، ازینروموقعیت منحنی مذکور در قسمت بعد از نقطهٔ a بطور بصری تدقیق گردیده ومطابق شکل بامنحنی تیوریتیکی مماس ترسیم میشود همچنان در فورمول (44 – 1) دیده میشود که قیمت جریان فلتری علاوه بر نپور عامل مربوط قیمت ضریب فلتری C_p نیز میباشد درحالیکه از فورمول (45– 1) به این نتیجه میرسیم که موقعیتمنحنی رکود صرف تابع قیمتهای (h1 – h2) بوده وبا C_p کدام رابطهٔ ندارد . علاوتاً منحنی رکود درقسمت خروج از بند بروی نشیب عقبی (درنقطهٔ b) به اندازهٔ a بلند تر ازسطح آب در قسمت تحتانی از بند خارج میشود .که این حالت در شکل (18 – 1) بخوبی مشاهده میشود

قیمت a هم بشکل گرافیکی دریافت شده میتواند وهم توسط فورمول ذیل محاسبه میشود :

$$a = 0.19.\frac{q}{C_P}$$



شکل (18 – 1): تفاوت ارتفاعی نقطهٔ خروج منحنی رکود

با در نظر داشت اندازهٔ a فورمولهای (44 –1)و(45–1)شکل نهائی ذیل رابه خود خواهند گرفت .

$$q = C_P \frac{h_1^2 - (h_2 + a)^2}{2L_C} \qquad \text{. . . . . (1 – 65)}$$

$$h_x = \sqrt{h_1^2 - \frac{h_1^2 - (h_2 + a)^2 x}{2L_C}} \qquad \text{. . . . . (1 – 66)}$$

روابط (46 – 1) و (47 – 1) برای بند های متجانس که بالا ی اساس هایغیر قابل نفوذ آ ب ساخته میشوند ،بدست آمده اند . اما در ساحهٔ عمل بند هامیتوانند غیر متجانس باشند یعنی در مقطع عرضی شان از چند نوع خاک استفاده بعمل آمده باشد (دارای هسته یا پرده باشند) ویا هم اینکه بالای اساسهای قابل نفوذ آب اعمار گردیده باشند طوریکه ضخامت طبقهٔ قابل نفوذ آ ب محدود ویا غیر محدود باشد . ازینرو مسئلهٔ مطالعهٔ همه جانبهٔمحاسبات فلتری

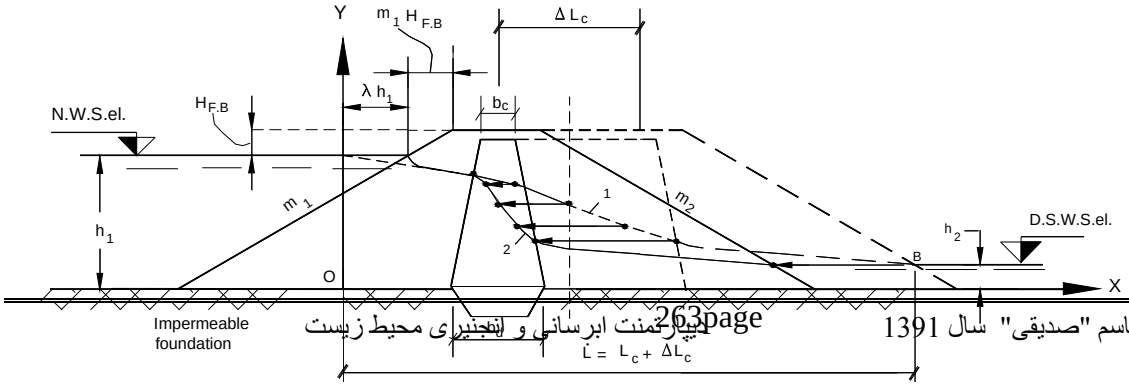
یک بخش وسیع ازساختمانهای هایدرو لیکی را احتوا مینماید .در صورت ضرورت درین مورد باید ازمأخذ های مربوط استفاده بعمل آید .[ ] . درین کتاب درسی سعی به عمل آمده است که روابط وشیماهای محاسبوی نظری برای تعدادی از اشکال که در ساحۀ عملی ازهمه بیشتر بمشاهده میرسند تذکرداده شوند. تاباشد در اجرای محاسبات نظری خوانندگان محترم ازآنها استفاده نمایند .

محاسبات فلتری برای بند های Seepage analisis for nonhomogenios earth
غیر متجانس اساس غیر قابل نفوذ . . dams on impermable foundations

مسله محاسبات فلتری در بندهای خاکی غیر متجانس که بالای اساس های غیر قابل نفوذ آب اعمار شده باشند برای دوحالت ذیل در نظرگفته میشود.
حالت اول: اگر نسبت قیمت های ضرب فلتری خاک های جسم بند ($C_{p.b}$) و خاکهای ساختمان ضد فلتری مثلاً هسته یا پرده ($C_{p.c}$ or $C_{p.m}$) کمتر از 100 باشد یعنی ($C_{p.b}/C_{p.c} < 100$) باشد.

درین حالت محاسبات فلتری (محاسبات پارامتر های جریان فلتری) بطریقه طول های مجازی یا طولهای موهومی (Virtual lengths) یا طول های تبدیل شده صورت می پذیرد. هدف طول های مجازی اینست که تمام خاکهای مختلف که در مقطع عرض بند ریخت شده اند طوری باهم دیگر معادل میگردند که قیمت ضریب های فلتری شان باهم دیگر مساوی گردند. یا به عباره دیگر قسمت های مختلف از مقطع عرض بند به سمت محورx به اندازه طویل ساخته میشود که قیمت های ضریب فلتری شان مساوی به ضریب فلتری خاکهای آن قسمت جسم بند گردد که با نشیب تحتانی در تماس است. بعد از اجرای این عمل یعنی تبدیل کردن خیالی(موهوی) بند غیر متجانس به بند متجانس با استفاده از فورمول های که در قبل جهت محاسبات فلتری بند های متجانس گفته شد محاسبات فلتری بند های غیر متجانس نیز اجرا میگردند.
بطور مثال: فرض مینمائیم که بند غیر متجانس دارای هسته مطابق شکل (19 – 1) طوری داده شده است که قیمت ضریب فلتری خاک جسم بند ($C_{p.b}$) و قیمت ضریب فلتری خاک هسته ($C_{p.c}$) باشد . میخواهیم برای این بند پارامتر های جریان فلتری را محاسبه نمائیم . محاسبۀ مذکوررا به ترتیب ذیل اجرا مینمائیم .
1 . نسبت قیمتهای ضریب های $C_{p.b}$ و $C_{p.c}$ را مییابیم . فرضاً این نسبت کوچکتر از عدد 100 باشد.یعنی :

$$C_{p.b}/C_{p.c} < 100 .$$



شکل (1-19) : ترسیم منحنی رکود برای بند غیر متجانس با هسته بطریقهٔ موهومی .
در شکل فوق : 1 – موقعیت منحنی موهومی . 2 – موقعیت منحنی حقیقی .

2 . اندازهٔ طول موهومی هسته (ΔL_c) را مییابیم . برای این کا ر اولاً ضخامت متوسط هسته (b_m) را طور ذیل محاسبه مینمائیم .

$$b_m = (b_1 + b_d) / 2 \quad . . . . . (1 – 67)$$

حالا (ΔL_c) را محاسبه مینمائیم .

$$\Delta L_c = (C_{p.b} / C_{p.c}) b_m \quad . . . . . (1 – 68)$$

طول موهومی فاصلهٔ فلتری را ازروی شکل (19 – 1) محاسبه مینمائیم .

$$L^*_c = Lc + \Delta L_c = \lambda h_1 + H_{F.B} / S_1 + b_{cr} + [(h_1 + H_{F.B} / S_1) – h_2] \; 1 / S2 + + (C_{p.b} / C_{p.c}) b_m \quad . . . . . (1 – 69)$$

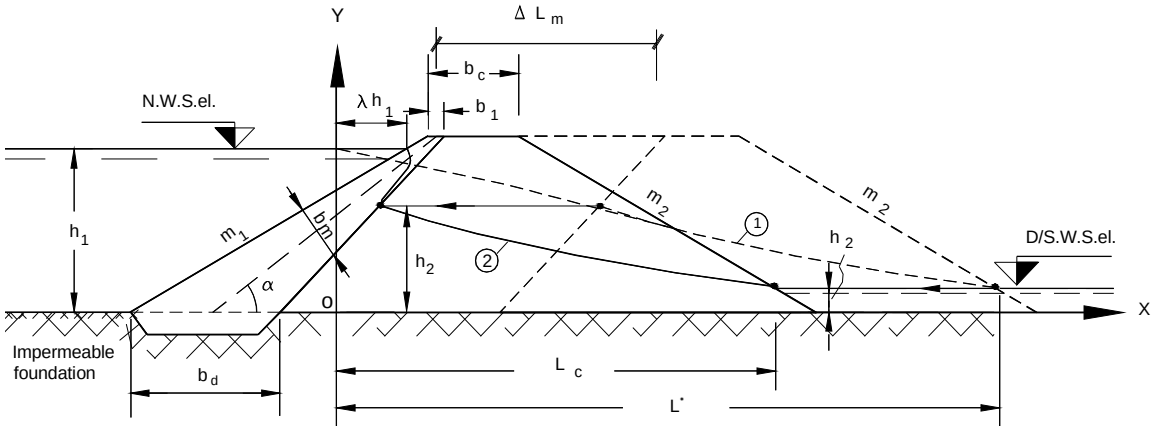
هرگاه فورمولهای (49 – 1) و (50 – 1) تحلیل گردند نتیجه میشود که اگر ما مقطع عرضی بند غیر متجانس دارای هسته را بطور خیالی یا موهومی به سمت محور X به اندازهٔ ΔL_c اضافه نمائیم بند مورد مطالعهٔ مابه یک بند متجانس خیالی تبدیل خواهد شد که قیمت ضریب فلتری خاک آن $C_{p.b}$ وطول فاصلهٔ فلتری درآن عبارت از L^*_c میباشد.

3 . پارا متر های جریان فلتری (q و h_x) را با استفاده از فورمولهای (46 – 1) و (47 – 1) محاسبه مینمائیم طوریکه در آنها به عوض Lc ، قیمت L^*_c و به عوض C_p ، قیمت $C_{p.b}$ را وضع نموده و منحنی رکود را برای قیمت های مختلف X ، ($0 \leq X \leq L^*_c$) رسم مینمائیم .

4 . نقاط مختلف منحنی را بطور افقی و موازی با هم دیگربروی مقطع اصلی بند غیر متجانس انتقال داده واز اتصال آنها موقعیت حقیقی منحنی رکود برای مقطع اصلی بند حاصل خواهد گردید . شکل (19 – 1) .

مثال دوم : اگر بند دارای پرده باشد و قیمتهای $C_{p.b}$ و $C_{p.m}$ دارای نسبت ذیل باشند. شکل (20 –1) دیده شود . یعنی : $C_{p.b} / C_{p.m} < 100$. درآنصورت طول معادل فاصلهٔ فلتری در هسته ΔL_m مساویست به :

$$\Delta L_m = (C_{p.b} / C_{p.m}) b_m \; Sin \alpha \quad . . . . . (1 – 70)$$



شکل (20 - 1) : ترسیم منحنی رکود برای بند غیر متجانس با هسته بطریقهٔ موهومی .
در شکل فوق : 1 – موقعیت منحنی موهومی . 2 – موقعیت منحنی حقیقی .

$$b_m = (b_1 + b_d) / 2 \quad . . . . . (1-71)$$

طول مکمل غاصلهٔ فلتری L^*_c مساویست به :

$$L^*_c = L_c + \Delta L_m = \lambda h_1 + H_{F.B} / S_1 + b_{cr} + [(h_1 + H_{F.B} / S_1) - h_2] 1 / S2 +$$

$$+ (C_{p.b} / C_{p.m}) b_m \sin \alpha \quad . . . . . (1-72)$$

پارا متر های جریان فلتری (q و h_x) را با استفاده از فورمولهای (1 – 46) و (1 – 47) محاسبه مینمائیم طوریکه در آنها به عوض Lc ، قیمت L^*_c و به عوض C_p ، قیمت $C_{p.b}$ را وضع نموده و منحنی رکود را برای قیمت های مختلف X ، ($0 \leq X \leq L^*_c$) رسم مینمائیم .

4 . نقاط مختلف منحنی را بطور افقی و موازی با هم دیگربروی مقطع اصلی بند غیر متجانس انتقال داده واز اتصال آنها موقعیت حقیقی منحنی رکود برای مقطع اصلی بند حاصل خواهد گردید . شکل (20 – 1) .

حالت دوم: اگر ($C_{p.b}/ C_{p.c}$) ≥ 100 باشد.
در صورت برقرار بودن شرائط فوق از نزول منحنی رکور در قسمت قبل و بعد از هسته ویا پرده صرف نظر گردیده و محاسبات فلتری صرف برای پرده ویا هسته اجرا میگردد.

جهت محاسبه مقدارجریان فلتری q و تعین موقعیت منحنی رکود درین حالت دو طریقهٔ ذیل بکار برده میشوند:
طریقهٔ اول .

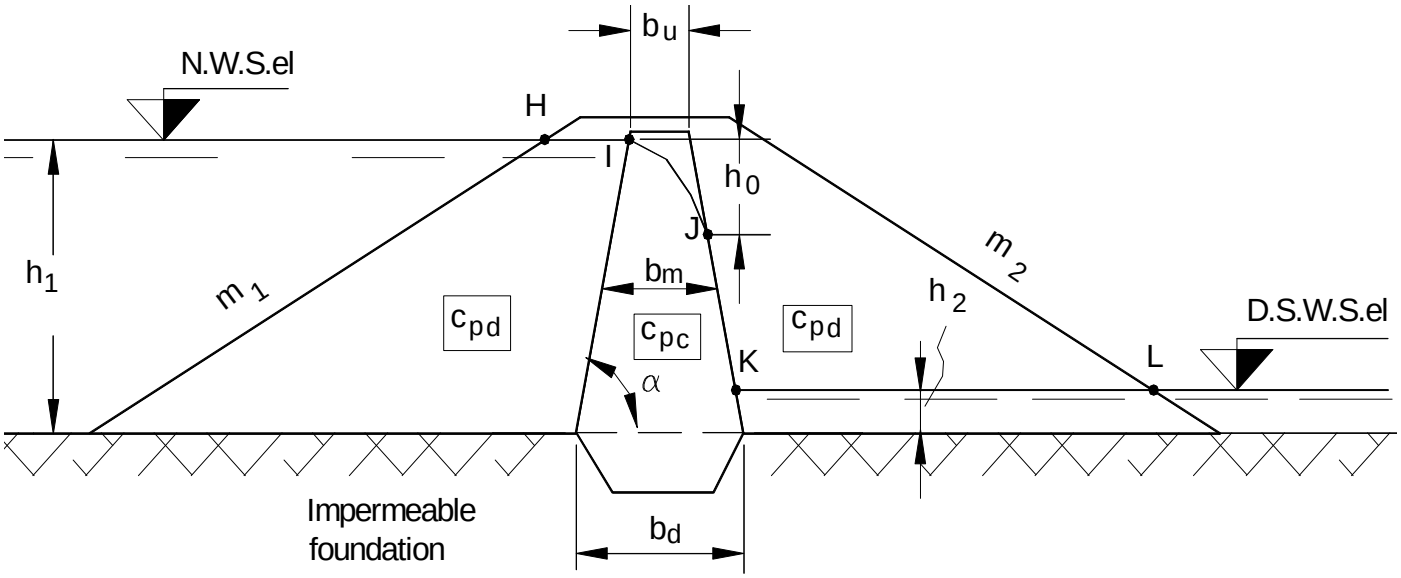
هسته یاپرده به قسم یک بند خاکی متجانس فرض گردیده و با استفاده از هما ن شیوه وفورمولهای که برای بند های متجانس در قبل توصیه گردیده اند (فورمولهای 43 – 1 ، 46 – 1 و 47 – 1 ، با فرضیات مربوطهٔ شان) مقدار جریان q ومنحنی تابع $h_x = f(x)$ ترسیم میگردد .

طریقهٔ دوم .

طریق دوم محاسبهٔ پارامتر های جریان درصورت برقرار بودن شرط حالت دوم طوریست که :

- اولاً به قرار شکل (21 – 1) ، سطح آب در قسمت قبل از هسته مساوی به سطح اعظمی کاسهٔ ذخیره یعنی (Max.W.S.El) ودرقسمت بعد از هسته مساوی به سطح نورمال آب درقسمت تحتانی (D/S.W.S.El) قبول گردیده ، اندازهٔ پائین آمدن منحنی رکود در حدود هسته (h_0) محاسبه میگردد . h_0 در شکل (21 – 1) نشان داده است . فورمول محاسبوی h_0 شکل ذیل را دارد .

$$h_0 = 0.65\frac{b_m}{1-tg(90-\alpha)} \qquad \ldots\ldots\ldots (1-73)$$



شکل (21 – 1) : شیمای محاسبوی پارامترهای فلتری در بند ها ی با هستهٔ کم ضخامت.

در فورمول (54 – 1) :

$b_m = (b_u + b_d) / 2$ – عبارت از ضخامت متوسط هسته (ضخامت در نصف ارتفاع)و

α – زاویهٔ است که نشیب هسته با افق تشکیل میدهد . زاویهٔ (α) در شکل (21 – 1) نشانداده شده است

درشکل (21 – 1) دید میشود که نقطهٔ J یا نقطهٔ خروجی منحنی رکود $h_x = f(x)$ به اندازهٔ h_0 پائینتر از سطح آب در کاسهٔ ذخیره بروی نشیب عقبی هسته واقع است.که بعداز آن بروی همین نشیب ادامه یافته وتا نقطهٔ تقاطع

سطح آب درقسمت تحتانی بانشیب عقبی هسته (نقطهٔ K) میرسد . بدین ترتیب خط (HIJKL) عبارت از بلند ترین موقعیت سطح رکود خواهد . آن قسمت خاکهای مقطع عرضی بند که بالا تر ازین خط واقع گردیده اند در حالت خشک قرار دارند .

جهت دریافت مقدار جریان فلتری میتواند دو طریقهٔ ذیل بکار روند :

طزیقهٔ اول. فورمول دارسی(Darci Formula) :

طوریکه از شکل (1 – 21) دیده می شود هستهٔ بند یک ساحهٔ منفذ داربوده که ضخامت متوسط آن (ضخامت در نصف ارتفاع) مساوی به [$b_m = (b_u + b_d)/2$]، نپور یا سرکوب عامل برآن مساوی به ($h_1 – h_2$) واز طریق آن آبهای فلتری جریان مینما یند . به اساس فورمول دارسی میتوانیم سرعت جریان فلتری در هسته (V) را قرار ذیل محاسبه نما ئیم:

$$V = C_p I = C_p (h_1 – h_2) / b_m \quad \ldots \quad (1 – 74)$$

$$q = V h_1 1 = V h_1 \quad \ldots \quad (1 – 75)$$

$$Q = V A \quad \ldots \quad (1 – 76)$$

شکل (1 – 22) : نمای طولی بند در محل اعمار .

درفورمولهای فوق I - عبارت از گرادینت جریان فلتری بوده که درشکل (1 – 21) قیمت آن مساوی خواهد بود به [$I = (h_1 – h_2) / b_m$] ، C_p – ضریب فلتری خاک هسته ، Q - مقدار مکمل جریان فلتری ، q - مقدار جریان مخصوصهٔ فلتری (مقدار جریان در یک متر طول بند) بوده و با لاخره A – عبارت از مساحت مکمل مقطع طولی بند میباشد که در شکل (1 – 22) در اطراف حرف A خط کشی گردیده است .

طریقهٔ دوم . طریقهٔ شبکهٔ هایدرودینامیکی یا مختصراً طریقهٔ شبکهٔ جریان (Flow net method) :

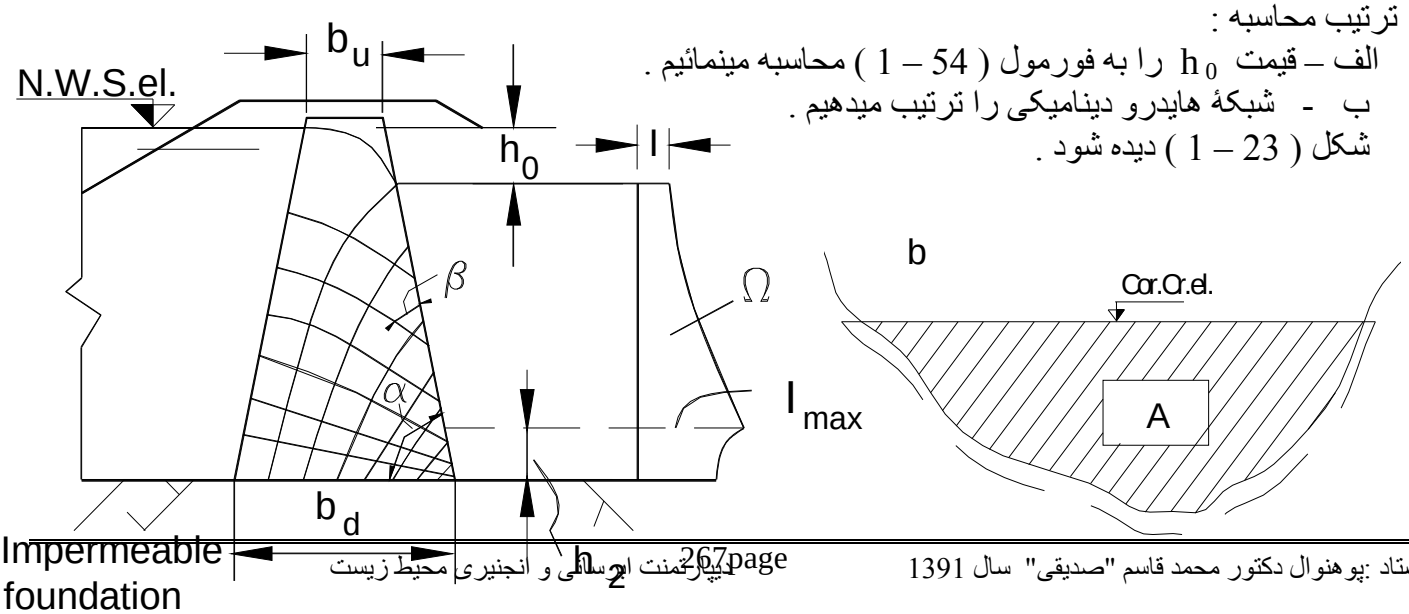
این طریقه نیز در حقیقت براساس نظر یهٔ دارسی استوار بوه که اولاً یک شبکهٔ از خطوط جریان که بنام (Flow lines) و خطوط نپور مساوی (Equipotential lines) مطابق شکل (1 – 23) ترتیب گردیده وسپس مقدار جریان وسائر پارامترهای فلتری محاسبه میگردند .

ترتیب محاسبه :

الف – قیمت h_0 را به فورمول (1 – 54) محاسبه مینمائیم .

ب - شبکهٔ هایدرو دینامیکی را ترتیب میدهیم .

شکل (1 – 23) دیده شود .



شکل (23 – 1) :شبکهٔ هایدرودینا-
میکی جهت محاسبهٔ پارا مترهای
فلتری هستهٔ بند .

ج – گرادینت جریان فلتری (I) را در نقاط مختلف نشیب عقبی هسته قرار ذیل محاسبه مینمائیم .

$$I = \sin\alpha / \cos\beta \quad . . . . . .(1 – 77)$$

در فورمول فوق : α – زاویهٔ است که نشیب عقبی هسته با افق تشکیل میدهد . و β – زاویهٔ است که هرخط جریان با نشیب عقبی هسته میسازد .

د – مقدار جریان فلتری مخصوصه (q) را از طریق هسته ذیلاً محاسبه مینمائیم .

$$q = C_{p.c}\ \Omega \quad . . . . . .(1 – 78).$$

در فورمول فوق الذ کر : Ω - عبارت از مساحت اپیور (دیاگرام) گرادینت جریان فلتری میبا شد که در شکل

(23 – 1) ترسیم گردیده است .

مقدار جریان مکمل از طریق هستهٔ بند مساویست به :

$$Q = q\ L \quad . . . . . .(1 – 79)$$

L – عبا رت از طول معادل هسته به امتداد محور بند میباشد وچنین تعین میگردد .

$$L = A / h_1 \quad . . . . . .(1 – 80)$$

A و h_1 در اشکال (21 – 1) و (22 – 1) نشان داده شده اند .

محاسبات فلتری د ر بندهای متجانس که بالای اساس های قابل نفوذ آب اعمار میگرد ند.

Seepage analysis of hougenius earth dams on permeable foundations

اگر اساس بندهای مواد محلی قابل نفوذ آب باشند آنگاه ترتیب محاسبهٔ پارامتر های جریان فلتری برای بند های متجانس مطابق مطابق به دو شیمای ذیل محاسبه وتعین میشوند.

شیما ی I .

اگر قیمت ضریب فلتری خاکهای جسم بند ($C_{p.b}$) وخاکهای اساس آن($C_{p.f}$) باهم مساوی بوده و عمق طبقه قابل نفوذ آب در اساس(T^*_p) محدود باشد یعنی ($C_{p.f} = C_{p.d}$ و $T^*_p = T_{pf}$) باشد .

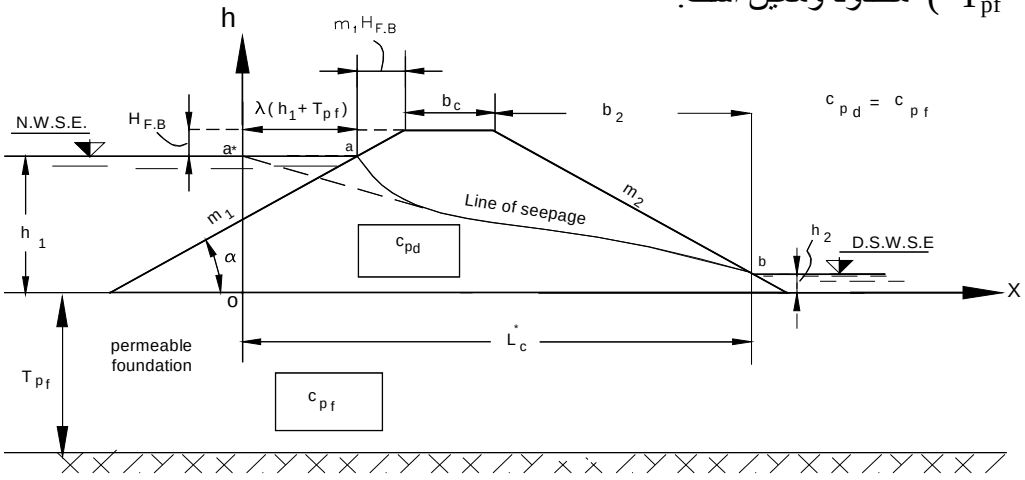
شیمای II

اگر قیمت ضریب فلتری خاکهای جسم بند ($C_{p.d}$) وخاکهای اساس آن($C_{p.f}$) باهم دیگر مساوی نبوده و عمق طبقه قابل نفوذ آب در اساس (T^*_p) محدود یعنی ($C_{p.f} \neq C_{p.d}$ و $T^*_p = T_{pf}$) باشد .

محاسبات فلتری را برای هریک از شیما های فوق توضیح مینمائیم.

محاسبهٔ فلتری بند متجانس اساس قابل نفوذ . (شیمای I .)

در شکل (24 - 1) بند متجانس داده شده است که بالای اساس قابل نفوذآب ساخته شده است طوریکه قیمت های ضریب فلتری خاکهای جسم بند (C_{pd}) و ضریب فلتری خاکهای اساس آن .(C_{pf}) باهم مساوی بوده وضخامت طبقهٔ قابل نفوذ اساس بند (T_{pf}) محدود ومعین است.



شکل (24 - 1) : شیما برای محاسبهٔ پارامترهای جریان فلتری بند متجانس با اساس قابل نفوذ آب.

ترتیب محاسبه .

1 - مبداء کاردینات محورهای X و h را از نقطهٔ تقاطع سطح نورمالآب در کاسهٔ ذخیره یعنی (N.W.S.El.) با نشیب فوقانی را به اندازه [$\lambda (h_1 + T_{pf})$] به طرف کاسه ذخیره انتخاب می نمایم طوریکه : $\lambda = m_1 /(1 + 2m_1)$ ، ($m_1 = ctg\ \alpha$) و باشد . تا بدین ترتیب جدار جلوی بند که ما یل میباشد به جدار عمودی تبدیل گردد.

2 - طول فاصلهٔ فلتری (L^*_c) را از شکل (24 – 1) ذیلاً میبابیم :

$$L^*c = \lambda (h_1 + T_{pf}) + 2 m_1 H_{F B} + b_c + (h_1 - h_2) m_2 , \quad . .(1 - 81) \quad . . . . . .$$

4 - مقدارجریان فلتری (q) را به فورمول ذیل محاسبه مینمائیم:

$$q = C_{pd} \frac{\left(h_1 + T_{Pf}\right)^2 - \left(h_2 + T_{Pf}\right)^2}{2 L_C^*} \qquad . . . . . (1 - 82)$$

5 - موقعیت منحنی رکود راقرارذیل تعین مینمائیم :

$$h_X = \sqrt{2 \frac{q}{C_{Pd}} \left(L_C^* - m_2 a_0 - a\right) + \left(h_2 + T_{Pf} + a_0\right)^2} \qquad . . . . . (1 - 83)$$

در فورمول (1 – 64) : a و a_0 - قیمتهای ذیل را دارند .

$$a_0 = a + \left[a^2 + 0.45 T_{Pf} \left(\frac{q}{C_{Pd}} - \frac{h_2}{m_2} \right) \right]^{1/2} \qquad . . . . . (1 - 84)$$

$$a = 0.5 \left[h_2 - m_2 \frac{q}{C_{Pd}} + T_{Pf} \left(1 + \frac{0.4}{m_2} + 0.4 \frac{T_{Pf}}{L_C^*} \right) \right] \qquad . . . . . (1 - 85)$$

شیما ی II : هرگاه بند مواد محلی بالای اساس قابل نفوذ آب اعمار شده باشد و قیمت های ضریب های فلتری خاکهای جسم بند و اساس آن از همد یگر متفا وت باشند یعنی ($C_{p.f} > C_{p.d}$ و $T^*_p = T_{pf}$) . درین حالت مبدأ کاردینات به اندازه (ΔL_B) بطرف کاسه ذخیره انتخاب گردیده و محاسبات چنین اجرا میشوند . ترتیب محاسبه طورذیل است :

1 - طول فاصلهٔ فلتری را میابیم .

$$L_C^* = L_C + \Delta L_B \qquad \Delta L_B = \frac{\sigma \alpha_3 + \alpha_1 \alpha_2}{\sigma \alpha_1} \qquad \sigma = \sqrt{\frac{C_{Pf}}{C_{Pd}}}$$

$$\alpha_1 = 2 m_1 \frac{h_1 - h_2}{T_{Pf}} + \frac{1.32}{m_1} - 1 \qquad \alpha_2 = \frac{m_1 (h_1 - h_2)}{2 m_1 + 1} ,$$

$$\alpha_3 = m_1 \left(h_1 - h_2\right) + 0.4 T_{Pf} ,$$

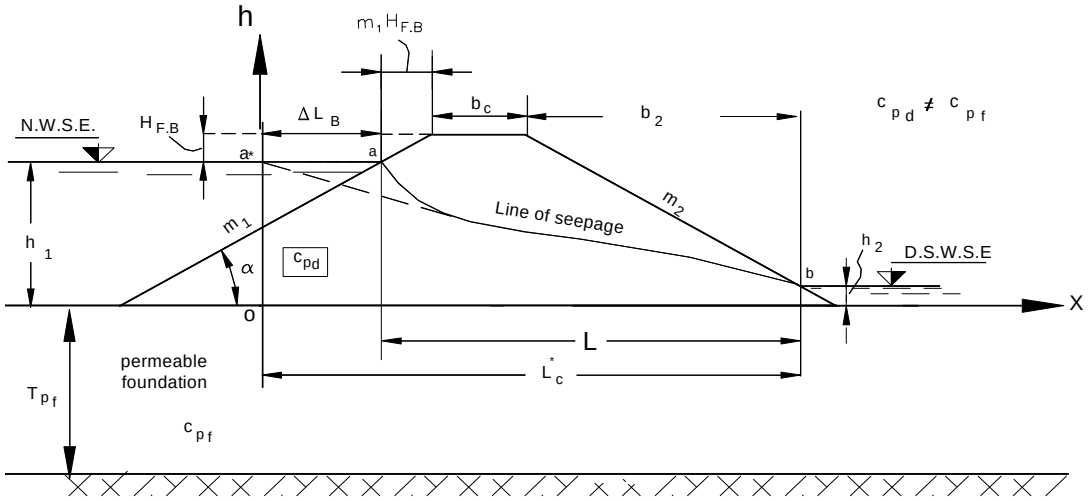
2 - مقدار جریان رامحاسبه مینماییم .

مقدار جریان فلتری درین حالت ازمجموعهٔ جریان های فلتری جسم بند (q_d) و اساس آن (q_f) عبا رت میباشد . یعنی

$$q = q_d + q_f = C_{Pd}\frac{h_1-(h_2-a)^2}{2\left(L_C^*-m_2a\right)}+C_{Pf}T\frac{h_1-\left(h_2+a\right)}{L_C^*-\left(0.5+m_2\right)a} \quad \ldots\ldots(1-86)$$

3 - موقعیت منحنی رکود راتعین مینمائیم .
فورمول تعین موقعیت منحنی رکود شکل ذیل را دارد .

$$h_x=\sqrt{2\frac{q}{C_{Pd}}(L_C-m_2a-x)+\left(\frac{C_{Pf}}{C_{Pd}}T_{Pf}+h_2+a\right)}-\frac{C_{Pf}}{C_{Pd}}T_{PF} \quad \ldots\ldots(1-87)$$



شکل (24 - 1) : شیما برای محاسبهٔ پارامترهای جریان فلتری بند متجانس با اساس قابل نفوذ آب.

علل وعوامل تخریب بند های خاکی.

با وجود اتخاذ همه تدابیر که در مباحث قبلی جهت جلوگیری از تخریب بند های خاکی (بطور عام بند های مواد محلی) وتأمین استواری ومحکمی شان ذکر گردیدند , باز هم تاکنون تعدادی زیادی از از بند های مواد محلی تخریب گردیده اند که خسارات هنگفت مالی وجانی را ببار آورده است .که مثال مهم شان تخریب بند خاکی تیتون (Teton Dam) به ارتفاع 70 متر در ایالات متحدهٔ امریکا میباشد که در سال 197 اتفاق افتاد. درنتیجهٔاین حادثه بیش از 400 میلیون دالر خساره وارد گردید وتعداد زیادی کشته وزخمی بر جا گذاشت .

بر اساس بررسی های به عمل آ مده در مورد عوامل تخریب بند های خاکی درطی یکصد سال گذشته بعمل آمده عوامل اساسی تخریب به ترتیب اهمیت به شرح زیر دسته بندی گردیده اند :

- سرریز گردیدن آب از بالای قلهٔ یا تاج بند . (% 30)
- عوامل ناشی از تأثیرات فلتریشن (تجرید , سوفوزی ایجاد گردیدن مسیر های فلتریشن متمرکز وغیره). (% 23) .
- لغزش نشیب ها . (% 15)
- فلتریشن وزا زدن مجراهای عبور دهندهٔ آب . (% 10)
- نشست اساس . (% 7)
- خسارات ناشی از تخریب تحکیم کاری های نشیب ها . (% 5)
- خسارات ناشی از نشست نا متوازن بند . (% 5)
- کمبودات دراجرای عملیات ساختمانی وریخت تنهٔ بند واجزای متشکلهٔ آن . (% 5) .

اثرات بعضی از عوامل فوق بعضی که منشاء مشترک دارند بطور همزمان در نظر گرفته میشوند .
تمام عوامل تخریب بند های خاکی بطور عام میتوانند در سه گروپ ذیل طبقه بندی گردند :

الف . تخریبات هایدرولیکی .
ب . تخریبات فلتری .
ج . تخریبات ساختمانی .

هریک از گروپ های فوق را توضیح مینماییم.

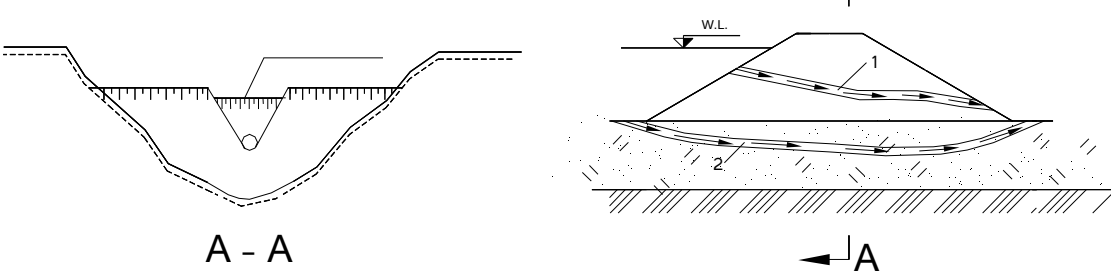
الف .تخریبات هایدرولیکی .

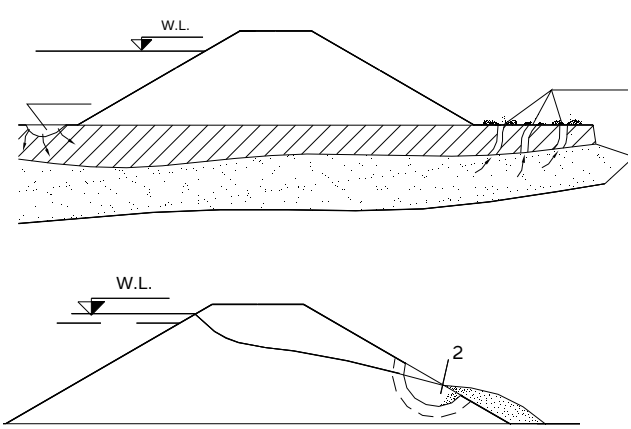
تخریبات هایدرولیکی به آنعده از عوامل تخریب اطلاق میشوند که در نتیجهٔ جریان آزاد آب رخ میدهند .این عوامل عبارت اند از :

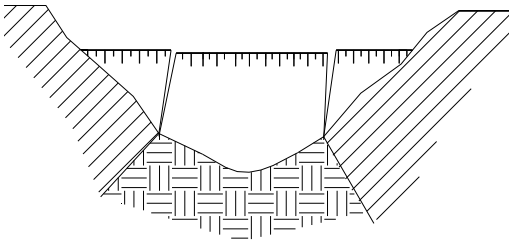
I – سرازیر گردیدن آب از بالای قلهٔ بند .
II – تخریب وفرسایش ناشی از اثرات تخریبی امواج در قسمت فوقانی (کاسهٔذخیره).
III – تخریبات ناشی از حرکت آب در قسمت تحتانی .
IV – تخریبات ناشی از جاری شدن آبهای زمان بارندگی برروی نشیب عقبی .

ب . تخریبات فلتری .

طوریکه میدانیم بدنهٔ بندهای خاکی وساختمانهای وعناصر متشکلهٔ آن(مثلاً هسته , پرده وفلتر های معکوس) از مواد ریزان یعنی خاکهای منفذ دار تشکیل گردیده اند که آب کاسهٔذخیره به آسانی در آن نفوذ نموده وتحت عمل انرژی پوتنسیالی بطرف قسمت تحتانی جریان مینماید . همچنین آبهای فلتری در مسیر خویش از قسمت های مختلف پروفیل عرضی بند عبور مینماید که از لحاظ ترکیب دانه ای باهمدیگر تفاوت دارند . واضح است که این چنین جریان آب در ساحهٔ منفذ دار اثرات میخانیکی از قبیل سوفوزی میخانیکی وکیمیاوی,تجرید محلی وتجرید مماسی ,اشکال مختلف تغیر شکلها وتغیر محل های فلتری, ایجاد فشار منفذی حتی کلماتاژ های غیرمطلوب وغیره را همراه دارد . جهت جلوگیری از تخریبات فوق نظر به محلات وقوع شان تدابیر مقتضی اتخاذ میگردند . (اشکال ,علت ها وعوامل بروز تخریبات وتغیر شکل ها ,تأثیرات هریک وتدابیر جلوگیری از تخریبات ناشی از آنها







شکل ( ) . انواع تخریبات وتغیر شکل های ناشی از اثرات نامطلوب جریان فلتری دربند های مواد محلی .

در فصل قبلی به تفصیل داده شده اند .درین جا از تذکر مجد د شان با تفصیلات بیشتر صرف نظر گردیده است) صرف چند نمونهٔ ا ز ا نواع تخریبا ت نا شی ا ز تأ ثیرات جریا ن فلتری د ر ا شکا ل ذ یل نشان داده شده اند.اشکا ل مذکور مثال های خوبی از چنین تخریبات میباشند .

ج . تخریبات ساختمانی .

تخریبات ساختمانی به اثر عدم کفایهٔ قوه های گیرنده که بتوانند در مقابل قوه های تخریب کنند ه مقاومت نمایند واقع میشوند . دلایل عمدهٔ که باعث چنین تخریبات میشوند عبارت اند از :

1 . لغزش نشیب جلوی یا عقبی بر اثر فشار منفذی (فشار مسامه ای) ناشی از عملیات ساختمانی .
2 . لغزش نشیب جلوی (فوقانی) در نتیجهٔ پایین آمدن سریع سطح آب در کاسهٔ ذخیره .
3 . لغزش نشیب عقبی در وقتیکه کاسهٔ ذخیره کاملاً پر بوده وعملیهٔ فلتریشن هم ادامه داشته باشد .
4 . لغزش نشیب ها براثر عمل فشار منفذی در قسمت های سیال (لینز ها) ویا عملیهٔ (Liquefaction).
5 . لغزش نشیب در اثر ضعف اساس ویا یکی از لایه های آن .
6 . تخریب ناشی از زلزله .
7 . تخریب از اثر فعالیت های حیوانات حفار .
8 . تخریب ناشی از شسته شدن مواد محلول در آب ویا هم در اثر تأثیر سوفوزی کیمکاوی .

هریک ازین تخریبات را توضیح مینمایم .

تدابیر لازمی جهت حفظ استواری ومحکمی بند های خاکی .

در طرحریزی هرساختمان منجمله بندهای خاکی یک اصل کلی موجود است که باید هیچگاه از نظر دور نشود.وآن طوریست که "مصارف زمان اعمار وبهره برداری حتی الا مکان کم , کیفیت ساختمان عالی و توانمندی زمان بهره برداری آن در بلند ترین حد ممکن باشد " .

با در نظر داشت جدی اصول فوق متوجه باید بود که نباید کاهش بیش از حد مخارج زمان اعمار باعث افزایش مصارف زمان بهره برداری گردیده و ا شکالاتی در امور بهره برداری رونما گردند که به مصارف جداگانه نیاز پیداشود . یکی از بهترین راه کاهش بهترین شیوهٔ کاهش مصارف اعمار در بند های خاکی (بصورت عموم تمامبند های مواد محلی) که دراعمار قسمت بیشتر تنهٔ آن از مواد ساختمانی ارزان وموجود در محل کار طوری گرفته شود که درتمام شرایًط اعمار وبهره برداری استواری آن تأمین باشد .

جهت رسیدن به اهداف فوق باید تدابیر ومعیار های ذیل در نظر گرفته شوند .

- جسم بند باید درمقابل سرریز شدن مقادیر اعظمی جریان دارای ایمنی کا فی بوده , ساختمانهای پرچاوه ای وسایر مجرا های عبور دهندّ آب باید طوری طرح ریزی شوند که در هنگام صورورت قادر باشند تا مقادیر جریان ضروری را باندازهٔ کافی وبطور بلا انقطاع عبور داده بتوانند .
- نشیب های بند های خاکی باید طوری انتخاب شوند که در تمام شرایًط احتمالی ساختمان وبهره برداری دارای استواری کافی ومطمًن باشند .
- قلهٔ بند های خاکی بمنظور جلوگیری از سرازیر شدن آب باید به ندازهٔ کافی نظر به سطح اعظمی آب در کاسهٔ ذخیره بلند تر انتخاب گردد . (ارتفاع آزاد $H_{F.B}$ باید کافی وبسنده باشد .)
- موقعیت منحنی رکود باید حتی المقد ور پایًینتر باشد . این کار امکان میدهد تا درنتیجهٔ خشک بودن کتلهٔ جسم خاکی از گزند های جریان فلتری بیشتر در امان باشد .
- ساختمانهای ضد فلتری جسم واساس بند باید دقیقاً دیزاین گردند تا خطرات تغیر شکلهای فلتری و ضایعات فلتری آب از کاسهٔ ذخیره یا کاملاً قطع گردد ویا هم اینکه در حدود مجاز باشند .
- جریان آبهای بارانی که در صورت بارندگی برروی نشیب ها (مخصوصاًنشیب عقبی) وقلهٔبند تشکیل میشود باید بطور امن وبی خطر به قسمت تحتانی هدایت گردد.
- نشیب قوقانی (جلوی) باید درمقابل تأثیرات مخرب امواج بطور مطمًن تحکیم ومحافظه شده باشد .
- قوه های داخلی که از عمل قوه های خارجی نشی میشوند در تمامی شرایًط اعمار وبهره برداری ودر تما می نقاط جسم بند نباید از حدود مجاز بیشترگردند .
- اگر بند های خاکی در مناطق زلزله خیز ساخته میشوند باید در حالت وقوع شد ید ترین زلزلهٔ ممکن استواری ومحکمی را تا درجهٔ مطلوب حفظ نمایند .

محاسبه استواری نشیب بند های خاکی

Calculation of slops stability for earth dams.

استواری ساختمان به چهار نوع یا چهار شکل ذیل تقسیم می شود.

- استواری قسمی: که هر یک از عناصر متشکله و تمامی اجزای ساختمان درمجموع باید در مقابل قوه های عامل استوار باشد.
- استواری کلی که ساختمان باید در مجموع یا صورت کل در مقابل قوه های عامل استوار باشد.
- استواری در نغرش: که تمام ساختمان بصورت کل ویا اجزای جداگانه و متشکله آن به اثر عمل قوه های وارده (قوه های عامل) نغزش نکرده و از جای خود تغیر محل نکند.
- استواری در چپه شدن: که ساختمان باید از اثر عمل مونت های چپه کننده واژگون نشود.

درساختمان ها اکثراً استواری کلی در نتیجه از بین رفتن استواری قسمی برهم می خورد و صرف در موارد خیلی نادر از قبیل زلزله ، طوفان ها وغیره امکان دارد که استواری عمومی ساختمان دفعتاً برهم بخورد.

برهم خوردن استواری قسمی عبارت از آنست که یک قسمت از ساختمان در اثر عمل قوه های مختلف استواری و پایداری خود را از دست میدهد.

نسبت مجموعه قوه های گیرنده برمجموعهٔ قوه های که باعث تغیر محل ساختمان میگردند بنام ضریب استواری در نغزش یاد میگردد. به اساس تعریف فوق میتوانیم افادهٔ عمومی را جهت تعین ضریب استواری در لغزش (Factor of safety against sliding) چنین بنویسیم .

$$\text{ضریب استواری در لغزش ویا تغیر محل (S. F)} = \frac{\Sigma \text{ Righting forces}}{\Sigma \text{ Sliding forces}} = \frac{\text{مجموعهٔ قوه های گیرنده}}{\text{مجموعهٔ قوه های لغزاننده}}$$

وافادهٔ عمومی جهت تعین ضریب استواری در چپه شدن (Factor of safety against overturning) چنین خواهد بود.

$$\text{ضریب استواری در چپه شدن (S.F)} = \frac{\Sigma \text{ Righting moments}}{\Sigma \text{Overturning moments}} = \frac{\text{مجموعهٔ مومنت های گیرنده}}{\text{مجموعهٔ مومنت های چپه کننده}}$$

جهت افادهٔ ریاضیکی روابط فوق سمبول های ذیل را قبول مینمائیم :

S.F.s - ضریب استواری در لغزش.
S.F.o - ضریب استواری در چپه شدن.
R.F. – قوه های گیرنده .
S.F. - قوه های لغزاننده .
R.M. – مومنت (مومنت های) گیرنده .
O.M - مومنت های چپه کننده .

با در نظر داشت سمبول های فوق الذ کر فورمول های تعین ضریب های استواری در لغزش وچپه شدن را به شکل ذیل بنویسیم .

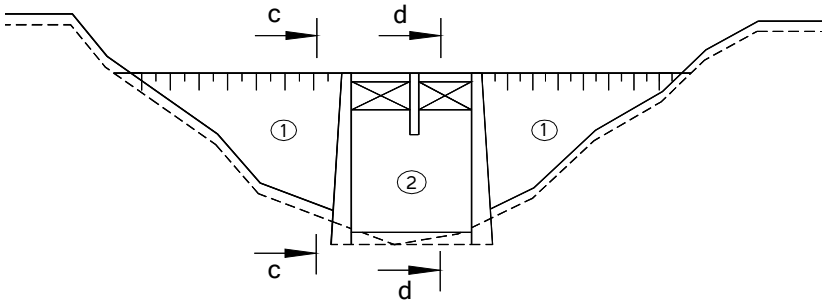
$$S.F.s = \frac{\Sigma R.F.}{\Sigma S.F.} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots (1-88)$$

$$S.F.o = \frac{\Sigma R.M.}{\Sigma O.M.} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots (1-89)$$

قیمت های حدی ضریب های ذخیره نظر به خصوصیات اعمار و کار ساختمان در زمان اعمار و بره برداری تعین میگردد.همچنین کلاس سرمایه گذاری نیز درتعین قیمت ضریب استواری رول عمده دارد.

طوریکه تجارب بهره بردار بند های خاکی نشان میدهد ، برهم خوردن استواری بند های مذکور از اثر برهم خوردن استواری نشیب بند آغاز میگردد . از این رو مسئله محاسبه استواری نشیب از اهمیت خاص برخوردار است . تخریب نشیب معمولاً از اثر لغزش بمیان میاید که کتله لغزنده در آن میتواند به شکل یک استوانه فرض گردیده و بنام سطوح استوانه ای لغزش یاد میشوند . منظور اساسی از محاسبه استواری نشیب آنست که چنان سطح استوانه ای لغزش دریافت گردد که قیمت ضریب استواری آن اصغری باشد و همین قیمت اصغری ضریب استواری باید بزرگتر از یک باشد.

محاسبه برای مقاطع بزرگ و خاص(مقطع خطرناک) اجرا میگرد د مثلاً در شکل (25 – 1) محاسبه استواری برای مقاطع 1-1 و 2-2- زیرا مقطع 1-1 بزرگترین مقطع برای قسمت خاکی بند و مقطع 2-2 که در حدود بند کانکریتی آبریزه ای انتخاب شده نیزایجاب محاسبه استواری را مینماید.



شکل (25 – 1) : انتخاب مقاطع محاسبوی .

اگر در نتیجه محاسبه استواری نشیب معلوم گردد که قیمت ضریب ذخیره کمتر از یک است جهت تامین استوا ری لازم می افد تا تدا بیر مقتضی بخاطر ا فزایش آن اتخاذ گردد. در بند های مواد محلی یکی از ا ین قبیل تدابیر

عبارت از هموا رتر ساختن میلا ن های نشیب میباشد . قیمت های اصغری مجازی و ضریب استواری در حدود ذیل داده شده اند .جدول (19 – 1) دیده شود .

جدول (19 – 1)

ترکیب قوه ها	قیمت ضریب استواری S.F نظر به کلاس سرمایه گذاری			
	I	II	III	IV
ترکیب اساسی	1.3	1.2	1.15	1.1
ترکیب خاص	1.1	1.1	1.05	1.05

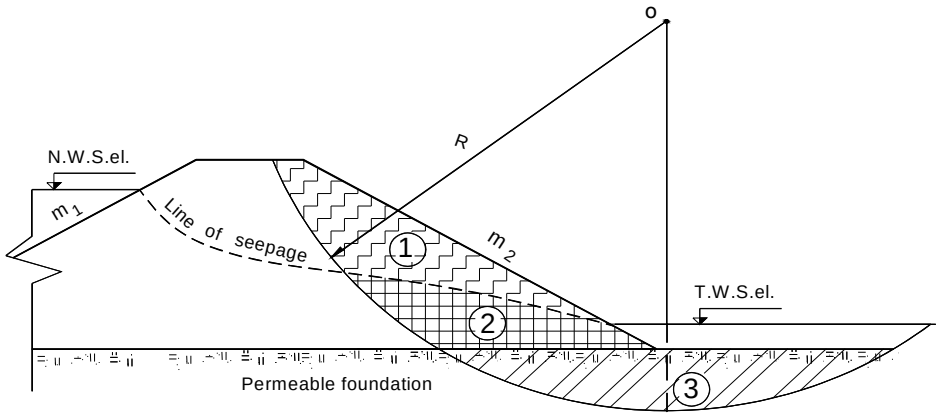
کلاس سه سرمایه گذاری ساختمان از روی اهمیت ان در اقتصاد ملی تعین میگردد

ترتیب محاسبه استواری نشیب های بند های خاکی

محاسبه استواری نشیب بند های خاکی با در نظر داشت لغزش خاک به شکل سطح مدور(استوانه ای) صورت میگیرد که شعاع آن(R) باشد . برای این کار کتله لغزنده به دو شکل ذیل در نظر گرفته میشود.

الف - کتله لغزنده یک جسم واحد بوده که حالت متوسط آ ن در نظر گرفته میشود مثلاً در شکل (26-1) کلته لغزنده از مجموع قسمت ها ی 1 ، 2 و 3 تشکیل شده است وهریک ازین قسمت ها دارای حالت های وخصوصیات ذیل است .

.



شکل (26 – 1) : کتلۀ لغزنده وتقسیم آن نظر به حالت .

در قسمت 1 خاک جسم بند میباشد که حالت خشک را دارا است .
در قسمت 2 خاک جسم بند که توسط آب های فلتری مشبوع شده است .وقسمت پائین تر از سطح (T.W.S.el.) تحت عمل قوای ارشیمیدس نیز قرار دارد .
در قسمت 3 خاک اساس بند بوده که علاوه بر مشبوع بودن قوه ارشمیدس نیز بالای آ ن عمل مینماید (وزن خود را از دست میدهد)

ب - کتله لغزش کننده نشیب بند میتواند به قطعات کوچکتر تقسیم گردد وزن هر قطع جدا گانه با در نظر داشت نوعیت وحالت خاک ، موقعیت منحنی رکود و قوه ارشمیدس محاسبه گردیده و بلاخره اوزان تمام قطعات باهم جمع گردیده که بدین ترتیب وزن مجموعی کتله لغزنده بدست میاید. در ساحه عمل همین طریقۀ اخیرالذ کر (طریقۀ تقسیمات به قطعات جداگانه بهعلت دقیق بودن آن موارد استعمال بیشتر دارد زیرا در صورت اثرات نامتجانسیت خاک و متغیر بودن قوه های عامل به شکل کاملتر آن در نظر گرفته میشود.
قوه های عامل عبارت از قوه های سناتیکی ، قوه های دینامیکی (قوه های هایدرودینامیکی فلتری و قوه زلزله و غیره میباشند) . در حال حاضر چندین طریقه محاسبه استواری نشیب بند وجود دارد که در همه ایشان کتلۀ

لغزنده نشیب به قطعات کوچکتر جداگانه تقسیم میشود طوریکه عرض هر قطع جداگانه به (10%) شعاع منحنی لغزش باشد یعنی

$$b = 10\%R = 0.1R \qquad \ldots\ldots\ldots (1-90)$$:

<u>قطعات کوچکتر مذکور طور ذیل نامگذاری میشود</u>

از نقطه 0 یعنی مرکز شعاع R عمود بالای خط اساس بند ترسیم نموده ، نقطۀ تقاطع عمود مذکور را با منحنی لغزش بنام حجره صفری (0) یاد مینمائیم.
سپس به طرف راست و چپ نقطه صفری کتله لغزنده را به قطعات کوچک که عرض هر کدان آن B=0.1 R

باشد تقسیمات نموده و طوری نامگذاری مینمایم که قطعات طرف راست نقطه صفری دارای علامه منفی بوده مثلاً منفی یک و منفی دو و قطعات طرف چپ حجره صفری دارای علایم مثبت (1+ ، 2+ ، 3+ و غیره) باشد.

برای هر یک از قطعات کوچک مذکور قیمت های $\sin\alpha$ و $\cos\alpha$ را میابیم .

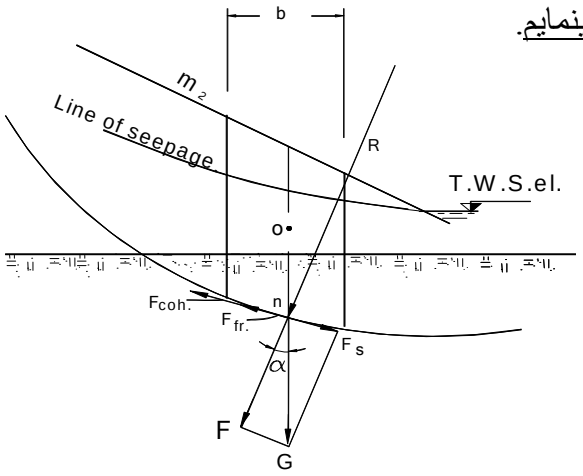
α - زاویه است که شعاع مرکز هر حجره از مرکز 0 ترسیم میشود. با خط عمودی Oo تشکیل میدهد. هرگاه n نمبر ترتیبی حجره باشد قیمت های$\cos\alpha$) و ($\sin\alpha$ چنین محاسبه میشوند :

$$\sin\alpha_n = \frac{nb}{R} = \frac{n.0.1R}{R} = 0.1n \qquad \ldots\ldots\ldots (1-91)$$

$$\cos\alpha_n = \sqrt{1-\sin^2\alpha_n} \qquad \ldots\ldots\ldots (1-92)$$

قوه های عامل را بالای یکی از حجرات مذکور به تفصیل مطالعه مینمایم.

شکل (27 – 1) دیده شود.



شکل (27 – 1) : قوه های عامل بالای قطعهٔ کوچک .

قطع کوچک (n) در شکل مذکور تحت عمل قوه های ذیل قرار دارد

- وزن خاک (G) با در نظر داشت حالت آن .

وزن G به دو مرکبه ذیل تجزیه میگردد

قوه های نارمل : $F = G.\cos\alpha$

قوه های مماس : $F_s = G\sin\alpha$

قوه چسپش خاک : $F_{coh.} = C\,b\,1$

C - چسپش مخصوصه خاک بوده که برای ریگها(C = 0) و برای گل خالص ($C = 5\ T/m^2$)

b - عرض حجره کوچک

- قوهٔ اصطکاک ($F_{fr.}$) . این قوه مساوی میشود به :

$$F_{fr.} = G.\cos\alpha.tg\varphi$$

تعادل قطع کوچک را تحت عمل قوه های فوق مطالعه مینمایم .

قوه های گیرنده عبارت از قوه اسطکاک($F_{fr.}$) و قوه چسپش($F_{coh.}$) میباشند . که هریک آن مساوی میشود به :

$$F_{fr.} = F.C_{fr.`} = G.\cos\alpha,.tg\varphi_{f.s} \qquad \ldots\ldots\ldots (1-93)$$

در فورمول فوق (φ) – عبارت از زاویهٔ اصطکاک داخلی خاک قاعدهٔ قطعهٔ کوچک میباشد .

$$F_{coh.} = C.A_f = \frac{C.b.1}{\cos\alpha} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots (1-94)$$

$$G = \gamma_{s.}.b.h.1 \qquad \ldots\ldots\ldots (1-95)$$

قوهٔ لغزاننده (F_S) مساوی میشود به :

$$F_S = G.\sin\alpha \qquad \ldots\ldots\ldots (1-96)$$

افادهٔمحاسبهٔ ضریب استواری در لغزش را که در فورمول (88 – 1) داده شده است مینویسیم .

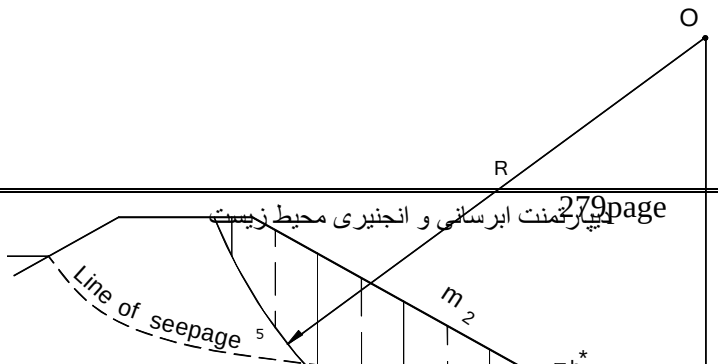
$$S.F.s = \frac{\Sigma R.F}{\Sigma S.F.} = \frac{\Sigma F_{fr.} + \Sigma F_{COh.}}{\Sigma F_S}. \qquad \ldots\ldots\ldots (1-97)$$

قیمت های ($F\ fr.\ ,\ F\ coh.\ ,Fs$) را بالترتیب از (1-93 ، 1-94 و 1-95) در رابطهٔ (97 – 1) وضع نموده ، رابطهٔ نهائی را جهت محاسبهٔ ضریب استواری در لغزش بشکل ذیل حاصل مینمائیم :

$$S.F.s = \frac{\Sigma G.\cos\alpha.tg\alpha + \Sigma C.b/\cos\alpha}{\Sigma G.\sin\alpha} \qquad \ldots\ldots\ldots (1-98)$$

در جسم بند جریان فلتری نیز وجود دارد که این جریان تاثیرات منفی خویش را وارد نموده و استواری نشیب را کا هش مید هد . جهت د ر نظر د ا شت ا ین عا مل د ر فورمو ل استوا ری هر قطع کوچک با ید قیمت ($\gamma_w h_w / \cos\alpha$) هم دو صورت و هم در مخرج با علامه منفی وضع گردد . با در نظر داشت این امر فورمول نهائی محاسبوی ضریب استواری نشیب شکل ذیل را به خود خواهد گرفت :

$$S.F.s = \frac{\Sigma(\gamma_S h.\cos\alpha - \gamma_w h_w/\cos\alpha)tg\varphi + \Sigma C.b/\cos\alpha}{\Sigma(\gamma_S.h - \gamma_w h_w/\cos\alpha).\sin\alpha} \qquad \ldots\ldots (1-99)$$



شکل (1-26)

به منظور فراهم آوری تسهیل ات در محاسبا ت عملی و جلوگیری ا ز ا شتباهات محا سبوی بهتر ا ست که محا سبه استوا ری نشیب که فوقاً تشریح گرد ید به شکل جد ولی ا جرا گرد د ، که نمونهٔ ا جرای آ ن درجدول (20 – 1) داده شده است .

جدول (20 – 1)

نمبرترتیبی	Sin α	cos α	h*	h**	h***	γ1h *	γ2 h**	γ3h ***	Σ γ h	10cos x α	w h γ w	12 /cos α	11 - 13	tg φ	14tg φ	C/cos α	10 - 12	18sin α
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
-3																		
-2																		
-1																		
0																		
+1																		
+2																		
+3																		
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	....	...	...	...	...	...		

Σ 16 Σ 17 Σ19

ازروی کمیت های داخل جدول (20 – 1) ضریب استواری را چنین میبابیم :(

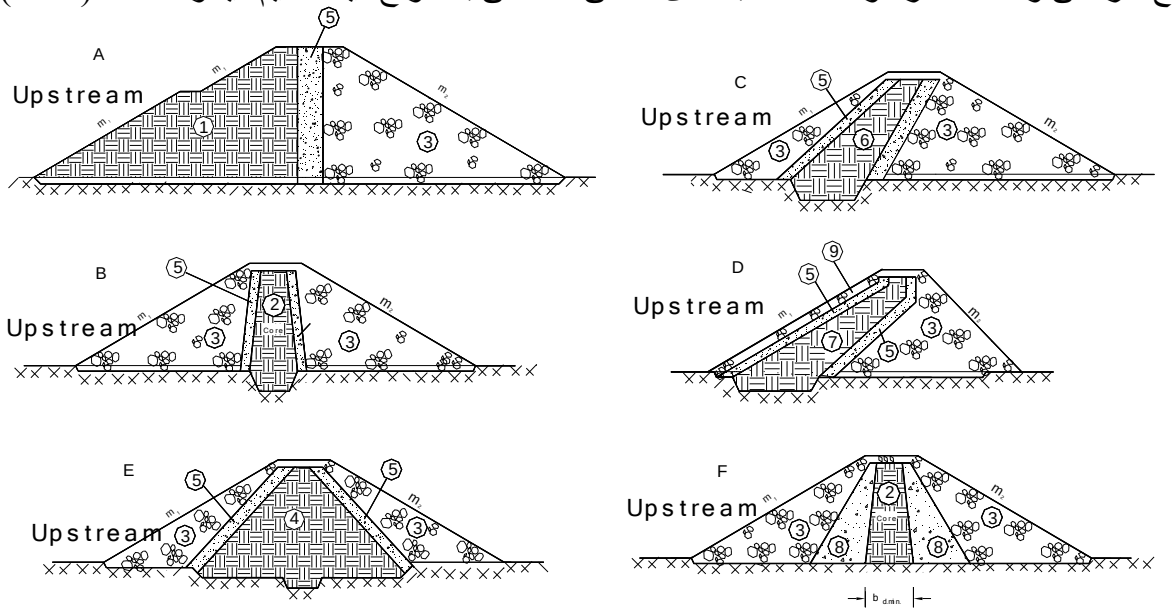
$$\delta.F.s = \frac{\Sigma(16)+\Sigma(17)}{\Sigma(19)}$$

درنتیجهٔ محاسبه که بر اساس جدول (20 – 1) اجرا میگردد ما خواهیم توانست قیمت ضریب استواری را صرف برای یک منحنی دریابیم . ولی امکان دارد که چنان منحنیات وجود داشته باشد که ضریب استواری برای آ نها نظر به ضریب استواری که قبلاً ازآ ن یاد آ وری گردید کمتر باشد. از اینرو هدف اساسی از محاسبه استواری نشیب آنست که چنان منحنی لغزش با شعاع R دریافت شود که ضریب استواری برایش کوچکترین قیمت را دارا باشد. جهت رسیدن به این هدف طرق متعد د وجود دارد. یعنی چند ین منحنی لغزش در نظر گرفته میشود و برای هر کدام آ نها به ترتیبی که فوقاً گفته شد ، ضریب استواری محاسبه میگردد . بعداً اصغری ترین قیمت از بین آ نها انتخاب گردیده و همین ضریب اصغری خصوصیات کاملتری استواری نشیب را ارایه خواهد کرد . اگر قیمت اصغری ضریب استواری بیشتر از 1 حاصل گرد د بدین معنی است که نشیب بند در لغزش استوار است .

بند های سنگی خاکی .Rock and earth fill dams

ا ین بند ها عبارت از ساختمان های اند که در مقطع عرضی شان از سنگ های مختلف و خاکهای استفاده به عمل آمده باشد . به عباره دیگر جسم بند از سنگ و سنگریزه تشکیل شده و ساختمان های ضد فلتری آن از خاک های مختلف تشکیل گردیده باشند .

ساختمان بند های سنگی - خاکی وبندهای سنگریزه ای در دهٔ 60 قرن بیستم زمانی انکشاف بیشتری یافت که ساختمان بند های بزرگ از قبیل بند اراویل در کانادا به ارتفاع (220 متر) ، بند نورک در اتحاد شوروی سابق به ارتفاع (300 متر) ، بند انفرنیلا در مکسیکو به ارتفاع (140 متر) وغیره آغاز گردید .زیرا درین زمان نظر به اشکال مختلف مقطع عرضی و استفاده از مواد مختلف بندهای سنگی – خاکی به انواع ذیل تقسیم میشوند شکل (31-1) دیده شود.



شکل (31 – 1) :انواع واشکال بند های سنگی خاکی .

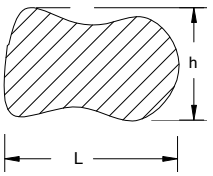
درشکل (A 31 – 1) .بند سنگی خاکی نشانداده شده است که نیمهٔ جلوی تنهٔ آن از خاکها ونیمهٔ عقبی آن ازسنگریزه های تشکیل گردیده است . در شکل (B 31 – 1) بند سنگی خاکی با هستهٔ کم عرض ، در شکل (31C – 1) بند باهستهٔ مائیل ، در شکل (D 31 – 1) بند سنگی – خاکی دارای پرده وقشر محافظوی و بالاخره در شکل (E 31 – 1) بند سنگی خاکی با هستهٔ عریض نشان داد ه شده است .

شرایًط اعمار بند های سنگی خاکی .

بند های سنگی- خاکی در شرایط ساخته میشوند که سواحل دره در محل اعمار دارای شکستگی زیاد نبوده و زاویه 45^{o} الی 60^{o} را با افق تشکیل داده باشند. اساس بند های سنگی- خاکی باید دارای محکمی کافی باشد (محکمی احجار باید در حدود 15 الی 25 kg/cm^2 باشد)

د ر محل اعمار باید معادن احجار صخره ای مناسب جهت استحصال سنگریزه موجود باشند .همچنان در ساختمان جسم این بند ها باید از سنگهای رخدار که از انفجار صخره ها حاصل شده باشد کار گرفته شود .(از انفجار مصنوعی احجار میتامارفیک).

از لحاظ هند سی بین اندازه های کوچک و بزرگ پارچه سنگ های مذکور باید نسبت ذیل برقرارباشد :



$$\frac{h}{L} = \frac{1}{4}$$

قیمت ضریب میلان نشیب در بندهای سنگی- خاکی مربوط زاویه اصطکاک داخلی سنگریزه میباشد و زاویه اصطکاک داخلی سنگریزه در حدود ذیل میباشد. $m = (2\ to\ 3.5);\ m = 2\ to\ 3.5$

ریخت سنگ ویا سنگریزه در جسم بند باید طوری صورت گیرد. که منفذ داراری شان در جسم بند از 25% تجاوز نکند

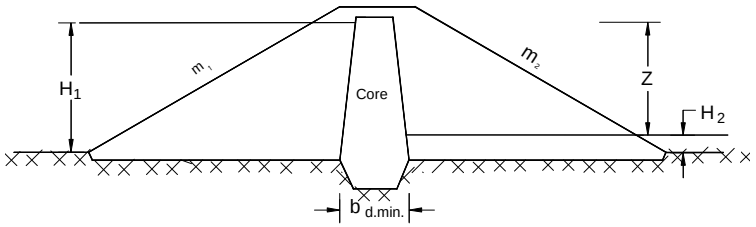
تعداد برم ها در نشیب و عرض شان ، از شرایط تامین بودن استواری نشیب، خواسته های تکنالوژی اجرای کار و خواسته های مخصوص به زما ن بهره برداری (انتقال پلیت ها ، راه های عبور و مرور موتر و وسایل ترمیماتی و غیره) تعین میشود.

خصوصیا ت طرح ریزی , ا جزا و Design Specification & Construction
E عنا صرسا ختما نی بند های سنگی خا کی .

1 - ساختمان های ضد فلتری . . Antiseepage structures

در انتخاب نوع مشخص بند های مذکوروساختمان ضد فلتری آن حتی الا مکان کوشش به عمل می آید تا پرده ویا هسته در مقابل تغیر شکل های فلتری پائیدار بوده وابعاد شان مناسب وکافی باشند . نکتهٔ قابل یادآوری اینست که هسته ویا پرده در بند های خاکی تقریباً به مثابهٔ یک ساختمان ضد فلتری ضمنی وکمکی است زیرا جسم یا تنهٔ بند هم تا اندازهٔ زیادی در کاهش جریان فلتری تأثیر خویش را وارد میسازد . اما در بند های سنگی خاکی هسته ویا پرده یگانه ساختمان ضد فلتری میباشد که باید تمامی اثرات منفی جریان فلتری را دفع نمایند .

سنگریزه ها ی جسم بند صرف وظیفهٔ ستاتیکی دارد یعنی ساختمان ضد فلتری را استوار نگه میدارد وبس . لذا در بند های سنگی خاکی موضوع طرح ریزی ساختمان های ضد فلتری اهمیت بخصوص داشته وباید با دقت کا مل د یزاین وانتخاب گرد ند. ازینروفورمولی که به ا ساس آ ن ضخامت ا صغری هسته ویا پرده د ر نشا نهٔ ا سا س ($b_{d\,min.}$) باید انتخاب گرددشکل ذیل را میتواند داشته باشد . شکل (32 – 1) دیده شود .



شکل (32 – 1) : شیمای محاسبهٔ هستهٔ کم ضخامت در بند های سنگی – خاکی .

$$b_{d.\min.} = \frac{H_1 - H_2}{I_{C.T.}} = \frac{Z}{I_{C.T.}} \qquad \ldots\ldots\ldots (1-104)$$

در فورمول فو ق ($H1 - H2 = Z$) - سرکوب عامل بوده که در شکل (32 – 1) نشان داده شده است $I_{C.T}$ - عبارت از گرادینت کنترولی بوده که خاکهای هسته آنرا تحمل نموده بتواند . به اساس تجارب وتوصیه ها ی سا ختما نی جهت تعین ا ند ا زهٔ عرض هسته د ر نشا نهٔ اساس برای بند های سنگی خاکی که توسط فورمول (1 – 104) محا سبه میشود , قیمت گرا د ینت کنترولی مجا زی($I_{C.}$) با ید در حدود های (2.0 الی 6.0) قبول گردد .

بند های

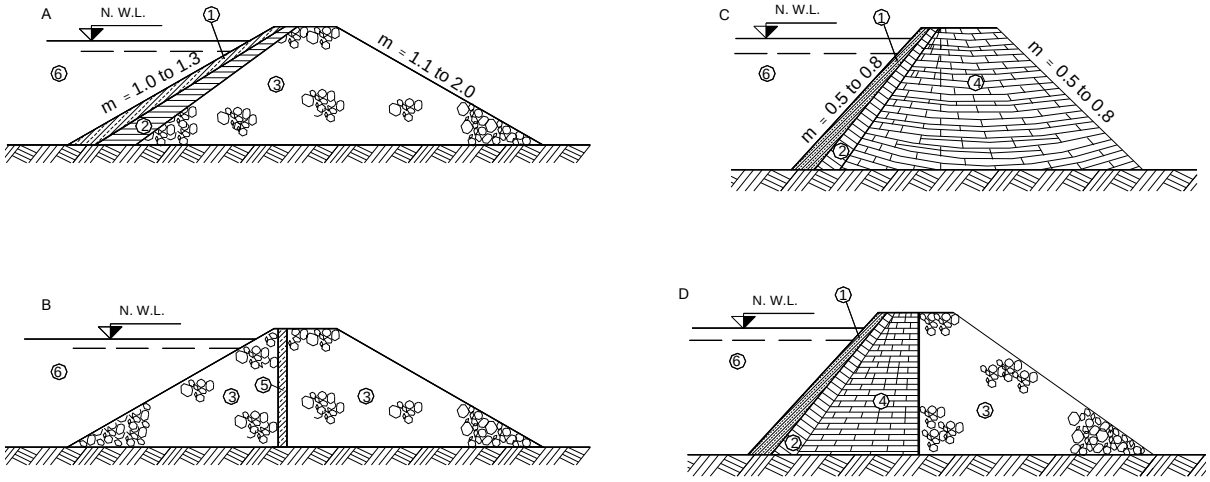
سنگریزه ای .

Rock fill dams

بند های سنگریزه ای بند های را گویند که جسم یا تنهٔ شان از از سنگریزه و ساختمان های ضد فلتری آنها از مواد غیر خاکی از قبیل کانکریت , آهن کانکریت , اسفالت کانکریت , فولاد های صفحه ای ویا صفحه های پلاستیکی (پولی میر ها) ساخته شده باشند .

جسم بند به نوبهٔ خویش میتواند به قسم ریخت آزاد سنگریزه ها , سنگ چین بدون مصاله ویا سنگ کاری با مصاله ساخته شوند .

ساختمانهای ضد فلتری این بند ها عموماً بشکل پرده ویا دیافراگم انتخاب میشوند . پرده ها میتوانند از مواد مختلف غیر خاکی ساخته شوند در حالیکه دیافراگم ها بهتر است صرف از آ هن کانکریت ویا صفحه های فولادی ساخته شوند . بند های سنگریزه ای مرتفع به علت زیاد بودن وزن شان باید صرف بالا ی اساس های صخره محکم ساخته شوند . اشکال معمول بند های سنگریزه ای در شکل ( ) نشانداده شده اند .



تصنیف بند های سنگریزه ای .
بند های سنگریزه ای نظر به خصوصیات ذیل تصنیف میشوند :

A . نظر به جابجا ساختن سنگریزه ها در جسم بند .
1 . بند های سنگریزه اتی که در آ نهاد سنگریزه های محکم بطور عادی ریخت گردیده وتوسط هایدرو مانیتور ها متراکم ساخته میشوند .
2 . بند های سنگریزه ای سنگ چین که در آ نها سنگریزه بطور خشکه (بدون مصاله) توسط دست در جسم بند جا بجا میگردد .
3 . بند های سنگریزه ای که بشکل سنگکاری با مصاله ساخته میشوند .
4 . بند های مختلط که قسماً از سنگچین وقسماً از سنگکاری با مصاله ویا سنگریزه ساخته شده باشند .
B . نظر به سا ختمانهای ضد فلتری :

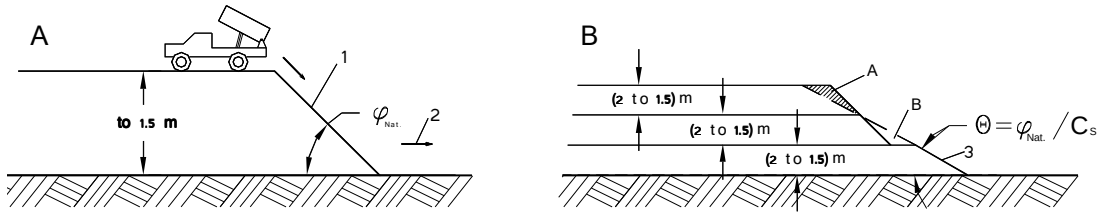
نظر به تدابیر ضد فلتری بند های سنگریزه ای به انواع ذیل اند .
1 . بند های پرده دار .
2 . بند های با دیافراگم .

C . نظر به ساختار اساس .
1 . بند های سنگریزه ای اساس صخره ای .
2 . بند های سنگریزه ای اساس غیر صخره ای .
بندهای سنگریزه ای که توسط سنگکاری خشکه ویا سنگکاری با مصاله ساخته میشوند اولاً باید سنگهای مورد استفاده دارای محکمی کافی بوده ومحصول احجار میتا مارفیک باشد . ثانیاً اندازۀ بزرگیسنگ های مذکور در حدود های 0.2 الی 0.3 متربوده و نسبت بین اندازه های هر سنگ بطور تقریبی (3 : 2 : 1) باشد .
قبل از گذاشتن سنگها در جسم بند بعضاً سطوح سنگ ذریعۀ چکش کاری مطابق ضرورت اصلاح گردیده ودر جسم بند طوری گذاشته میشوند که به سمت های عمودی و افقی با همدیگر بافته شوند (درز ها یک بر دیگر قرار

نگیرند). خلاهای بین سنگهای مذکور توسط جغله های مختلف السایز پر میشوند . به همین ترتیب سنگها در تنهٔ بند به شکلی مایل طوری جابجا میگردند که درز های بین طبقات مختلف بالای نشیب های بند تقریباً عمود قرار گیرند . شکل( ) دیده شود . خلا های بین سنگها در تنهٔ بند نباید بیشتر از(20 الی 30) فیصد باشد .

در حال حاضر سعی بعمل میآید تا درایام ریخت سنگریزه در تنهٔ بند نکات ذیل مراعات گردد .

1 . ریخت سنگریزهٔ بند به طبقات ضخیم . در ین طریقه سنگ توسط موتر های دمترکبه محل ریخت انتقال گردیده وبه طبقات الی (10) متر به قسم پیشرونده (Pioner) ریخت وذریعهٔ هایدرو مانیتور ها متراکم میگردند. شکل (A) دیده شود .



2 . ریخت به طبقات یا قشر های کم ضخامت . این طریقه در صورتی انتخاب میشود که اندازه های سنگ کمتر باشد . سنگ توسط دمترک ها به محل ریخت آورده شده بعد از تخلیه توسط بولدوزر ها هموارشده وذریعهٔ رول ها متراکم میگردند . ضخامت قشرهای ریخت درین طریقه (1.5 الی 2.0) متر انتخاب میگردد. شکل(B) دیده شود . همزمان با ریخت سنگریزه در جسم بند کیفیت پرکاری نیز کنترول میشود که طریقهٔ کنترول مذکور قرار ذیل است .

a .ازساحهٔ پرکاری ومتراکم شده یک حجم معین آ نرا اخذ نموده ووزن مینمایند . سپس حجم حفره را که سنگریزه از آ ن اخذ گردیده است نیز محاسبه مینمایند .

b . اندازهٔ جغل های کوچک را که در ترکیب نمونهٔ اخذ شده موجود است نیز تعین می نمایند .

c . اندازهٔ نشست (متراکم شدن) سنگریزه که در جسم بند ریخت شده محاسبه میگردد .

d . وزن آ برا که بخاطر متراکم کاری سنگریزه بکار رفته در نظر میگیرند .

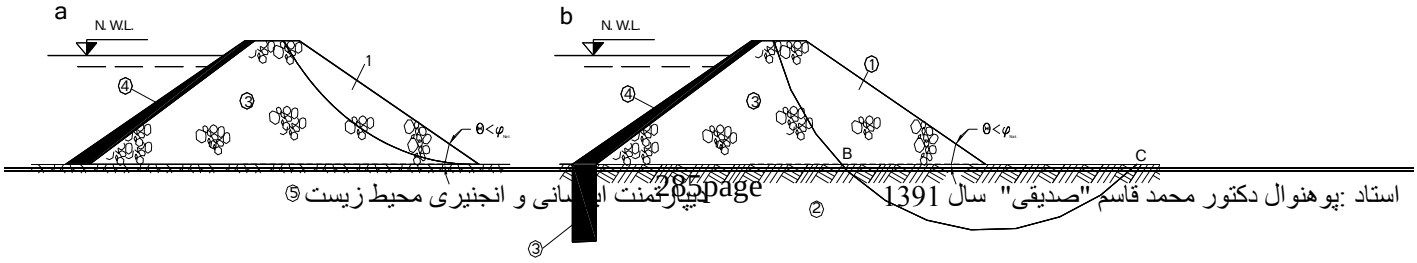
در صورت سنگکاری خشکه باید سنگهای بزرگ در نزدیک نشیب ها وسنگهای کوچک در قسمتهای وسطی تنهٔ بند جابجا گردند .

شرایط کار بند های سنگریزه ای .

1 . استواری نشیب های بند های سنگریزه ای .

اگر اساس بند های سنگریزه ای صخره باشد در آ نصورت استواری نشیب بند های مذکور در حالتی تأ مین خواهد بود که زاویهٔ میلان نشیب بند کمتر از زاویهٔ میلان طبیعی سنگریزهٔ جسم بند باشد . شکل (a) دیده شود .

هرگا اساس بند های سنگریزه ای غیر صخره ای باشد در آ نصورت خطر لغزش نشیب به امتداد (ABC) موجود بوده که یک قسمت اساس را نیز تهدید مینماید . شکل (b) .



در حالات فوق استواری نشیب بند های مذکور عیناً به همان طریقه ها ی محاسبه میشود که که برای بند های خاکی در پاراگراف ( ) ذکر گردید . (درینصورت باید مشخصات لغزش واصطکاک اساس و جسم بند دقیقاً تحلیل گردیده ودر نظر گرفته شوند). در نتیجهٔ این محاسبه امکان دارد بر اساس نیاز های تأ مین استواری قیمت بیشتر ضریب میلان ضرورت شود . یا به عبارهٔ دیگر زاویهٔ میلان نشیب بند خیلی کمتر باشد .

استواری پرده در لغزش بروی قشر آمادگی آن .
در بند های سنگریزه ای پرده ها بروی قشر آ مادگی (قشر هموار کننده) که عمد تأ جغله ای ویا سنگناری با مصاله میباشد قرار داده میشوند . واضح است که ضریب اصطکاک مواد پرده با قشر جغله ای تحت آن خیلی کمتر از ضریب اصطکاک عین پرده با سنگکاری خشکه خواهد بود .ازینرو اگر قشر تحت پرده جغله ای باشد , باید ضریب میلان نشیب تحت پرده بیشتر انتخاب گردد . مگر بیشتر شدن ضریب میلان نشیب افزایش حجم بند ونتیجتاً صعود قیمت تمام شد را در پی خواهد داشت .
از طرف دیگر به علت خیلی محدود بودن امکانات میکانیزه کردن امور سنگکاری مصارف نیروی کارخیلی بیشتر خواهد بود . ازینرو مسئلهٔ انتخاب قشر تحت پرده باید نظر به تحلیل های تخنیکی – اقتصادی بررسی وحل گردد.

استواری منشور عقبی جسم بند در صورت دیا فراگم . مقایسهٔ پرده و دیافراگم .
در شکل (   ) دو نمونهٔ از بند های سنگریز های داده شده اند که یکی دارای پرده ودیگری با دیافراگم است .
علا وتأ باید امکان لغزش کتلهٔ منشور های عقبی برای هریک از حالات فوق (پرده ودیافراگم) بترتیب به امتداد خطوط (AB) و (A_1B_1) نیز بررسی گرد د .
بطور عام استواری کتلهٔ سنگی (منشور عقبی) در صورتی تأ مین خواهد بود که شرط ذیل تأمین باشد .

$$C_S.P \le f.G_0 \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (\quad)$$

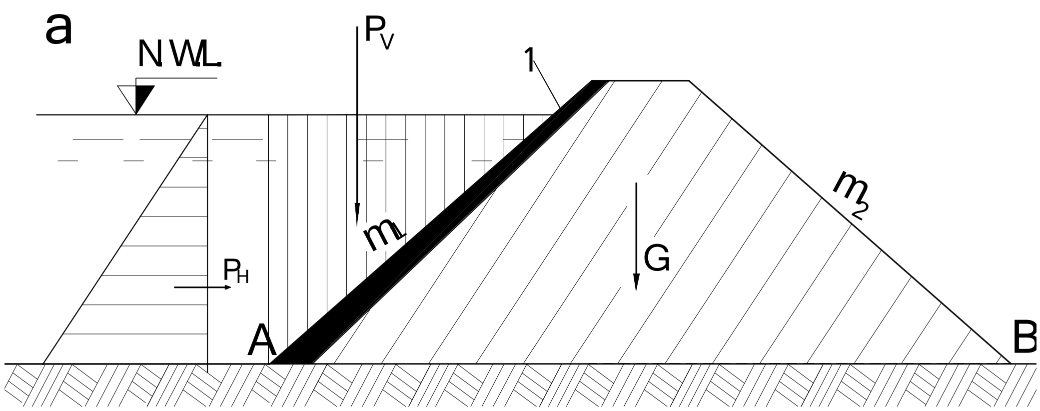
در فورمول فوق : C_S - قیمت مجاز ضریب استواری , f - ضریب اصطکاک سنگریزه با اساس , G_0 -فشار عمودی بالای سطح (AB) اساس و P - قوهٔ افقی لغزاننده میباشد .
حالا عمل همین قوه های عامل را در صورت پرده ودیافراگم بطور جدا گانه بررسی مینمائیم .

- در صورت پرده . شکل (a   ) .

$$G_0 = G + P_W \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (\quad)$$

در فورمول فوق : G – وزن مجموعی جسم بند و P_V- قوهٔ فشار هایدرو ستاتیکی که به سمت عمود بر اساس بالای پرده عمل مینماید .

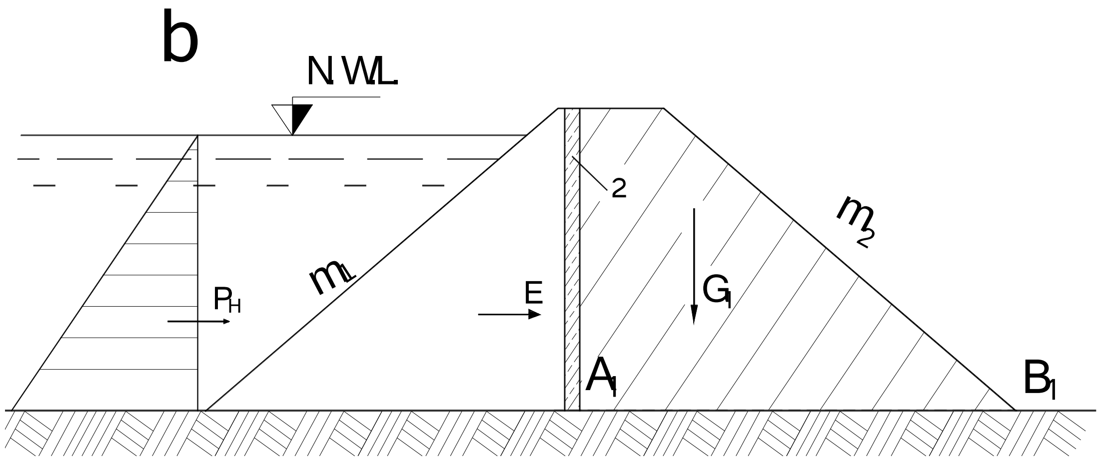
- در صورت دیافراگم . شکل (b (   )



شکل (   ) :

a - بند با پرده .

b - بند با پرده .



$$G_d = G_1 \quad . . . . (\qquad)$$

در فورمول فوق : G_1 – وزن نیمهٔ عقبی تنهٔ بند (قسمت بعد دیافراگم).
قسمیکه د ید ه میشو د قیمت مجموعی قوهٔ عمو د ی که با لا ی سطح (AB) د ر صورت پرد ه عمل مینما ید (G) , تا حدود زیادی نظربه قوهٔ (G_1) که در صورت دیافراگم بالای سطح (A_1B_1) وارد میگردد بیشترمیباشد . ازینرو در بند های سنگریزه ای پرد ه دار قیمت قوهٔ اصطکاک (قوهٔ گیرنده) در مقایسه با بند های با دیافراگم نیز بیشتر حاصل میشود .
به همین ترتیب قوه های افقی عامل بالای کتلهٔ سنگی رابرای هردو شکل فوق را بررسی مینماییم .

- برای بند های پرده دار :

$$P = P_H$$

. . . . . ( )

در فوق P_H - عبارت از مرکبهٔ افقی قوهٔ فشار ها ید رو ستا تیکی میبا شد که با لا ی ساختما ن ضد فلتری (پرده ودیافراگم) عمل مینماید .

- برای بند با دیافراگم :

$$P = P_H + E_a \qquad \text{. . . . . ( )}$$

E_a - فشار فعال سنگریزهٔ نیمهٔ جلوی جسم بند (با در نظر داشت عمل قوهٔ تعلیقی) که بالای دیافراگم وارد میگردد میباشد . شکل ( ) دیده شود .

از شکل دیده میشود که قوهٔ لغزا نند ه در صورت دیافراگم در مقایسه با پرده بیشتر میباشد .

از مقایسهٔ هردو حالت فوق نتیجه میشود که ضریب ذخیره در لغزش در صورت بند های سنگریزه ای پرد ه داردر مقایسه با بند های دیافراگم دار خیلی بیشتر میباشد .

قیمت ضریب اصطکاک (f) که در فورمول ( ) شامل است مربوط نوعیت مواد اساس میباشد . در صورت اساس های صخره ای قیمت آ ن (f = 0.55 to 0.65) ودر صورت اساس های گلی (f = 0.2 to 0.3) قبول می گردد .

از تحلیل فورمو ل ( ) به آ سانی بر می آ ید که در صورت اساس های گلدار استواری بند های سنگریزه ای در لغزش به امتداد سطح (AB) برای هریک از بند های فوق ا لذ کر در حالاتی تأ مین میشود که :

(1.5 - 1.0) ≥ m در صورت پرده .

(4.0 - 3.0) ≥ m در صورت دیافراگم .

طوریکه معلوم است در صورت اساس های گلدار زاویهٔ میلان نشیب عقبی بند سنگریزه ای با دیافراگم باید تا حدود زیادی نظر به زاویهٔ میلان طبیعی سنگریزهٔ تنهٔ بند کمتر انتخاب گردد .منظور ازین کاهش آنست تا استواری نیمهٔ عقبی بند در لغزش برروی اساس های گلی تأ مین شده بتواند . درذ مورد بند های پرده دار نیز باید به عین ترتیب عمل شود . یعنی اینکه در پارهٔ از موارد ضریب میلان نشیب تا اندازهٔ بیشتر انتخاب گردد .

مواد ساختمانی یند های سنگریزه ای .

کیفیت سنگریزه که در معادن استحصال میشوند ویا هم اینکه در نتیجهٔ کندنکاری های اساس وسواحل بند , تونل های ساختمانی , پر چاوه ها وغیره بدست می آید , براساس خواص فزیکی – میخانیکی شان ارز یابی میشوند . برای بند های کلا س های I و II که ارتفاع شان بیش از 50 متر باشد , خواص عمده ومهم سنگریزه عبارت میباشد از وزن مخصوصهٔ سنگ , منفذ داری سنگریزه در تنهٔ بند , ترکیب دانه ای وزا ویهٔ میلان طبیعی سنگریزه میباشد . ارز یابی خواص فوق الذ کر بکمک تحقیقات ساحوی و لابراتواری نمونه های حقیقی مواد جسم واساس بند صورت میگیرد . در صورت بندهای مرتفع (بیش ا ز 50 متر) اکثراً طوری واقع میشود که در زونهای پایِین بند (نواحی فشار بلند) از سنگ ریزه های محکم که از انفجار احجار میتا مارفیک یدست می آیند , استفاده میگردد . سنگ های که مقاومت شان در مقابل یخبندی کم باشد در قسمتهای وسطی مقطع عرضی بند بکا ربرده میشوند . اگر سنگریزه در جسم بند ریخت میشود در آنصورت معمولاً سنگریزه های معدن بدون سورت بندی به محل ریخت انتقال یا فته ودر جسم بند ریخت میشوند . اندازه های نهایِی وترکیب دانه ای سنگریزه های سورت نا شده در مرحلهٔ طرح ریزی نظر به تکنالوژی اعمار و ترا نسپورتیشن مواد به محل ریخت تعین وتثبیت مشود . حتی بخاطر استحصال سنگریزهٔ با ترکیب مناسب ولازم برای استفادهٔ بند ها تکنالوژی مشخص و مناسب برمه کاری وانفجار بخاطر تهیهٔ سنگریزه های مورد

ضرورت انتخاب میگردد . بطور عام سنگریزه های که بخاطر ریخت در ین بند ها انتخاب میشوند باید خواسته های ذیل را بر آورده سازند :

الف . اگر شیمای ریخت سنگریزه در جسم بند به شکل قشر های کم ضخامت باشد , باید قطر سنگ 0.5 الی 0.6 برابر ضخامت هر قشر باشد .

ب . حتی الا مکان کوشش به عمل می آ ید فورم سنگ مکعبی ویا نزدیک به کره با شد .

ج . سنگهای که در زونهای زیر آب (مغروق) بکار میروند , باید ضریب نرمش شان کمتر از 0.8 (احجار رسوبی) الی 0.9 (احجار میتا مارفیک) نباشد . (ضریب نرمش : عبارت از نسبت محکمی سنگ بعد از تر شدن کامل بر ضریب محکمی همان سنگ در حالت خشک میباشد).

در ترکیب سنگریز ه های مورد استفاده در تنهٔ بند های فوق ا لذکر باید نکات ذیل در نظر کرفته شوند :

1 . در ترکیب سنگریزه محتویات گلی , ریگی وجغله ای نباید بیشتر از (5 %) وزنی را احتوا نماید .همچنان محتویات سنگریزه های ضعیف وتخریب شده که قدرت برداشت وزن طبقات بالایًی را ندارند نباید بیشتر از (10 %) وزنی باشد .

2 . در صورت امکان کوشش شود تا سنگریزه ها از لحاظ جسامت دانه ای دارای غیر متجانسیت بیشتری باشد . زیرا دریصورت تراکمیت سنگریزه بیشتر ونتیجتاً نشست کمتر خواهد بود .

هرگاه ریخت سنگریزه در تنهٔ بند بهشکل طبقات ضخیم اجرامیشود . در آ نصورت لا زم است که تأثیرات پارچه شدن (Segregaion) سنگها وتغیرات ترکیب دانه ای آن در هنگام ریخت در جسم بند از نظر دور نشود . زیرا در هنگام ریخت به شکل طبقات ضخیم , سنگریزه های کلان در سطوح پایًین طبقه و دانه های کوچکتر آن درسطوح بالا یًی قرار میگیرند .

در اخیر باید یاد آوری گردد که برای استفاده در بند های سنگریزه ای در قدم اول کوشش شود که از سنگهای محصولات احجار میتا مارفیک چون گرانیت, دیاباز ,بازلت و غیره کار گرفته شود . ودر قدم دوم از محصولات سنگ چونهٔ محکم استفاده به عمل آید . احجار ضعیف مثل سلانس ها (سلیت ها) , میرگیل وغیره نباید در بند های سنگریزه ای بکار برده شوند .

اندازه های پروفیل عرضی , عناصر ساختمانی قلهٔ بند وتحکیم کاری نشیب ها در بند های سنگریزه ای

ابعاد واندازه های اساسی مقاطع عرضی بندهای سنگریزه ای (بجز از عرض برم ها و قیمت ضریب های میلان نشیب ها) عیناً به ترتیبی که برای بند های خاکی گفته شد تعین میگرد ند (پاراگراف دیده شود).

عرض برم ها در بند های سنگریزه ای در هیچ صورت نباید از 3 متر کمتر باشد . علاوتاً عرض برم ها از شرایًط استواری وبافت سنگهای روی برم با در نظر داشت ضخامت قشر ریخت دریافت میشود .

قیمت ضریب میلان نشیب های که فاقد پرده وتحکیم کاری بوده , بدون در نظر داشت قوه های سایز میکی نباید کمتر از حدود ذیل باشد :

$$m = C_S . ctg\varphi_N \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots (\quad)$$

د ر فورمول فوق : φ_N - زاویهٔ میلان طبیعی سنگریزه و C_S - ضریب ذخیروی است . (قیمت C_S نظر به کلاس سرمایه گذاری ساختمان انتخاب میشود .)

هرگاه اساس بند از احجار صخره ای تشکیل شده باشد قیمت متوسط ضریب میلان های نشیب سنگریزه ای فاقد پرده وتحکیم کاری (بدون در نظر داشت قوه های سایز میکی) نیز باید بر اساس فورمول ( ) تعین گردد. بطور تقریبی برای همچو نشیب ها ضریب میلان در حدود های ذیل انتخاب میگردد .

- - نشیب جلوی (1.3 - 1.2 = m_1).
- - نشیب عقبی (1.4 - 1.3 = m_2) .

اما اگر اساس بند ها احجار غیر صخره ای باشد , ضریب میلان m بکمک محاسبات تعین میشود .
(پاراگراف دیده شود).

تذکر داده میشود که در صورت اخیرا لذ کر زاویهً میلان خط نشیب با افق به اندازهً قابل ملا حظهً کمتر از اززاویهً میلان طبیعی سنگریزه قبول میشود . در مناطق زلزله دار قیمت ضریب میلان به اندازهً %(15 الی 20) بیشترگرفته میشود .

هرگاه نشیب ها دارای پرده ویا تحکیم کاری باشد وضریب اصطکاک مواد پرده وتحکیم کاری (پوشش) کمتر باشد در آنصورت ضریب میلان نشیب نظر به مشخصات محکمی وتغیر شکل مواد ساختمانی پرده وتحکیم کاری انتخاب میشود .

عنا صر ساختمانی قلهً بند نیز عیناً به ترتیبیکه برای بند های خاکی گفته شد گرفته میشوند . (پاراگراف).
(کمی باید از پاراگراف های 24 - 11 , 23 – 11 علاوه گردد) .

در زمان ریخت در جسم بند , سنگریزه میلان طبیعی را به خود اختیار مینماید . ازینرو بخاطر کاهش آن با استفاده از بولدوزر هاسنگریزهً ریخت شده از موقعیت A به موقعیت B انتقال وجابجا میگردد . (شکل) .

ساختمان های ضد فلتری در بند های سنگریزه ای .

تمام انواع ساختمانهای ضد فلتری بندهای سنگریزه ای بدو شکل ذیل اند :

1 . پرد ه .
2 . د یا فرا گم

پرده ها در بند های سنگریزه ای دارای انواع واشکال ذیل اند :

بند های کانکریتی و آهن کانکریتی
Gravity dams.

این بند های است که مواد ساختمانی شان عمدتاً عبارت از کانکریت و وآهن کانکریت (کانکریت همراه با سیخ های فولادی) میباشد. بندهای کانکریتی دارای یک سلسله خصوصیات مثبت میباشد. از همین لحاظ است که باوجود مصارف زیاد ت ترجیح داده میشود تا بند های کانکریتی وآهنکانکریتی انتخاب و اعمار گردند. خصوصیات مذکور میتواند قرار ذیل شمرده شود.

- قابلیت میکانیزه ساختن بهتر امور تهیه وریخت کانکریت در جسم بند ونتیجتاً سرعت بیشتر پروسه اعمار
- در صورتیکه مواد ساختمانی کانکریت باشد می تواند ساختمان های اعمار گردند که از لحاظ شکل و فورم ونمای ظاهری (فن مهندسی) خیلی متفاوت باشند. در بسیاری موارد مواد میتواند که انتخاب فورم به مصارف اضافی نیازی نداشته باشد.
- امورترمیم جاری و اساسی در زمان بهر برداری در ساختمان ها ی کانکریتی ساده بوده و بزودی اجرا گردیده می توانند.

- در آن قسمت های جسم بندهای کانکریتی که احتمال به میان آمدن تشنجات کششی (انبساط) وجود داشته باشد میتواند سیخ ها بکار برده شوند. علاوتاً فولاد به حیث مواد اساسی تجهیزات و عناصر میخانیکی ساختمان های هایدروتخنیکی از قبیل دروازه ها، میخانیزم بلند کننده ، نلها ، جالی ها و غیره مورد استفاده قرار میگرد.
- ساختمان ها کانکریتی وآهنکانکریتی دارای محکمی خوبتر بوده وطول عمر(مداومت) شان بیشتر است.
- با اتخاذ تدابیر نسبتاً ساده و کم مصرف می تواند که مخارج ساختمان های کانکریتی هنوز هم کمتر گردند.
- چون قابلیت پذیرش فورم را دارا بناً میتوانند ساختمان های کانکریتی وآهنکانکریتی وبطور اخص بند های کانکریتی آهنکانکریتی شکل ظاهری زیبا تری را دارا باشند.

یاد آوری میگردد که با پیشرفت تخنالوژی طرق جد ید و بهتر ریخت کانکریت در جسم بندهای بوجود آمده اند که در کاهش مصارف زمان اعمار اول بس ارزنده را دارا میباشد. بند های کانکریتی به شکل های گرویتی، کمانی و کانترافورس تقسیم میشود.

2. 1 - بند های گراویتی کانکریتی .Gvavity Dams

بند های گراویتی عبارت از ساختمان های جسیم کانکریتی (بعضی اوقات آهن کانکریتی) اند که به منظور ایجاد ذخیره آب، نپور (سرکوب) و مسدود ساختمان مجرای دریا اعمار میگردند. نام گراویتی از کلمه ، لایتی Gravitas گرفته شده که معنی ثقل را میدهد. قسمیکه از نام این بندها بر می آید استواری یا ثبات بندهای گراویتی درمقابل لغزش و چپه شدن از اثر عمل وزن جسم شان تامین میگردد. اصل اساسی تأمین استواری بندهای گراویتی طوریست که : وزن جسم بند عمود براساس بطرف پائین عمل نموده وباعث ایجاد قوۀ اصطکاک درسرحد تماس قاعده بند وصخره های اساس میگردد. چون مقدار قوه اصطحکاک (قوه گیرنده) نظر به قوه فشار هایدروستاتیکی آب (قوه لغزاننده) بیشتر میباشد بناً استواری بند تامین میگردد.

بند های کانکریتی میتوانند بشکل مسدود ویا آبریزه ای ساخته شوند. اساس بندهای کانکریتی مرتفع باید صخره ای باشد ولی اگر ارتفاع بند های کانکریتی کم و یا متوسط باشد انگاه بند های مذکور می توانند بروی اساس های غیر صخره ای نیز ساخته شوند. در صورت اساس های غیر صخره ای بندهای گراویتی معمولاً بشکل آبریزه ای در نظر گرفته میشوند.

بند های کانکریتی میتوانند بشکل مسدود ویا آبریزه ای ساخته شوند. اساس بندهای کانکریتی مرتفع باید صخره ای باشد ولی اگر ارتفاع بند های کانکریتی کم و یا متوسط باشد انگاه بند های مذکور می توانند بروی اساس های غیر صخره ای نیز ساخته شوند. در صورت اساس های غیر صخره ای بندهای گراویتی معمولاً بشکل آبریزه ای در نظر گرفته میشوند.از مثال های برجسته بند های بزرگ که بروی اساس های صخره ای ساخته شده اند میتواند از بند گوویر( ) در ایالات متحده امریکا به ارتفاع 222 متر ، بند گراند دیکسانس ( ) به ارتفاع 284 متر در سو یتیزرلند، بند تکه گول به ارتفاع 215 متر در قزاقستان، بند کراسنایارسک ( ) به ارتفاع 128 در روسیه و بند نغلو به ارتفاع 102 متر در افغانستان نام برده شود.

سروی و مطالعات که بخاطر اعمار بند های طی سال های 1969-1978 در کشور ما صورت گرفته است نشان میدهد که مستقبل اعمار بند های گراویتی کانکریتی درین کشورخیلی نوید بخش میباشد .

2.2 - تصنیف بندهای کانکریتی گراویتی . Classification of concret gravity dams

بند های گراویتی نظر به خصوصیات چارگانۀ ذیل تصنیف گیشوند :

- نظر به ارتفاع . By head (hight)
- نظربه نوعیت خاکهای اساس . By type of foundation materials
- نظر به اشکال وانواع مقاطع عرضی. By forms of cross sections

- نظر به تدابیر ضد فلتری اساس . By antiseepage measurs of foundation

2. 2. 1 - تصنیف بند های گراویتی نظربه ارتفاع .
بند های گراوتی نظر به ارتفاع شان به شه نوع ذیل تقسیم میشوند :

A – بند های مرتفع : عبارت از بندهای گراویتی اند که ارتفاع شان بیشتر از 50 متر باشد .
B – بند های متوسط : بند های اند که ارتفاع شان کمتر از 50 متر و بیشتر از 15 متر باشد .
C – بند های کم ارتفاع یا کوچک : بند های را گویند که ارتفاع شان 15 متر ویا کمتر از آن باشد.

2. 2. 2 - تصنیف بند های گراویتی نظربه نوعیت خاکهای اساس .
بند های گراویتی نظر به نوعیت مواد اساس شان بدونوع ذیل تقسیم میشوند :

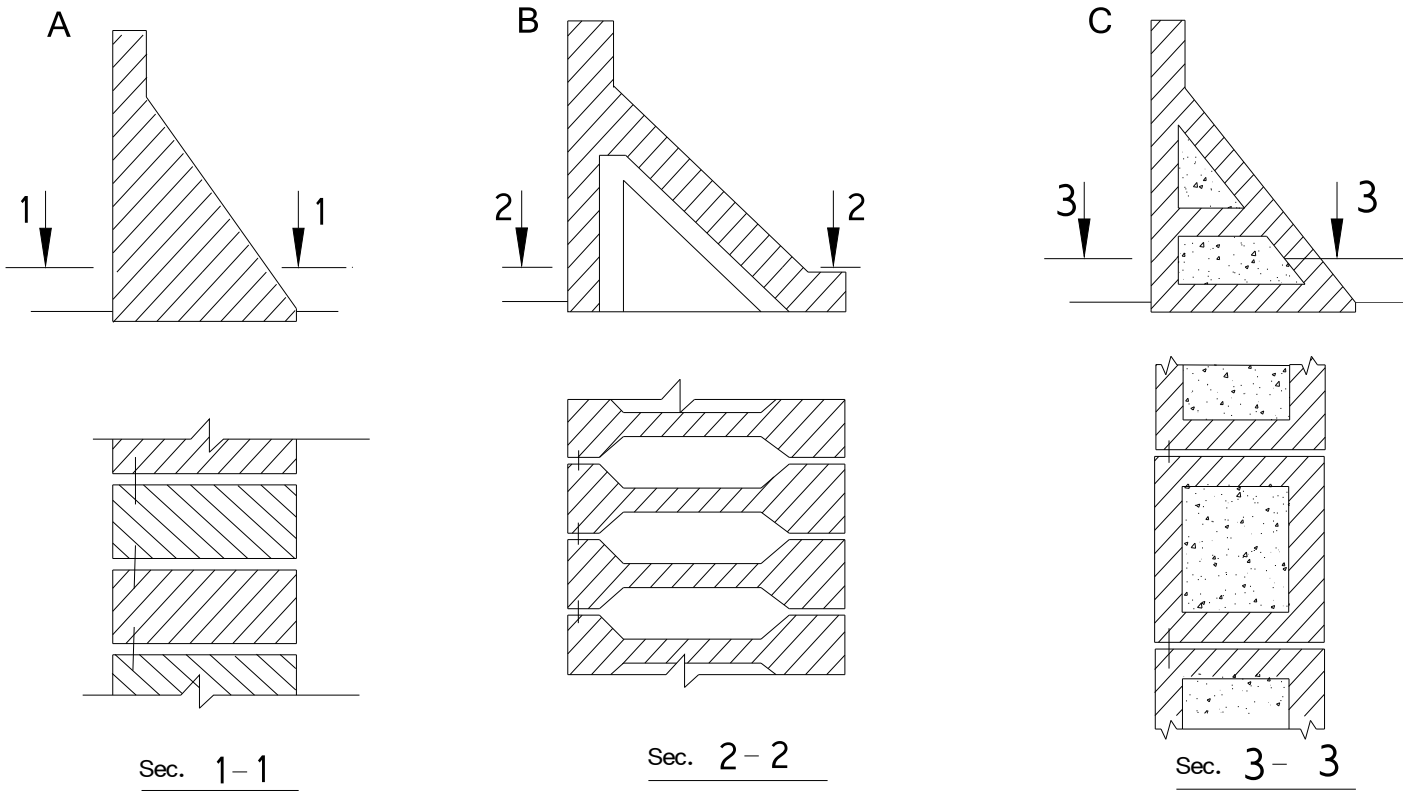
A - بندها ی گراویتی اساس صخرهای :

شکل (1 – 2): اتصال قسمتهای فوقانی
وتحتانی پرچاوۀ آبریزه ای بشکل
سقوط آزاد فوارۀ جریان .

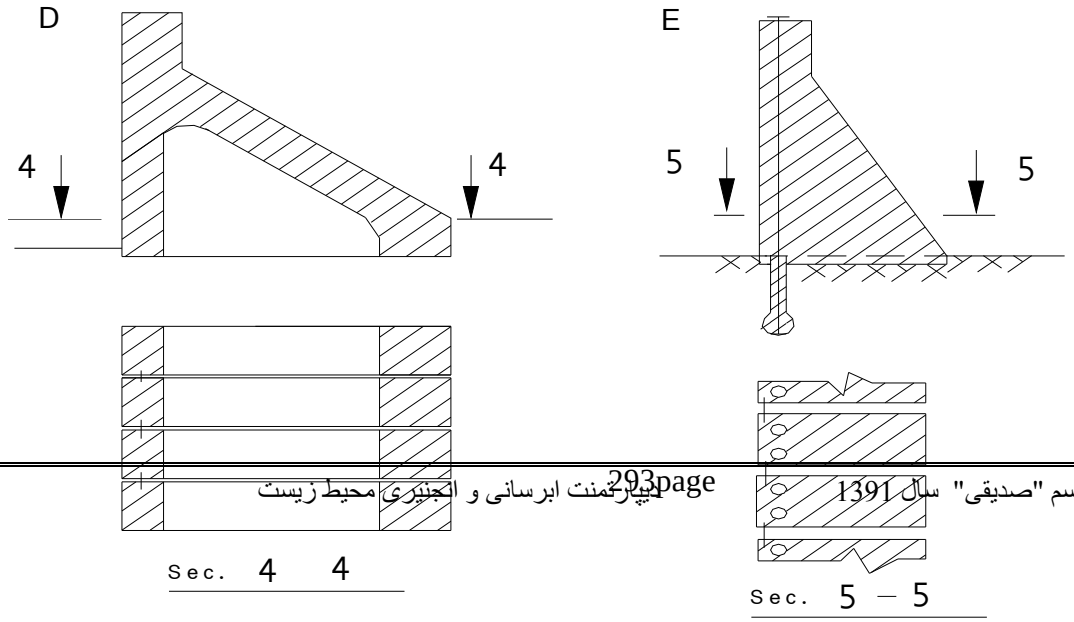
B – بند های گراویتی اساس غیر صخره ای : بند های اند که بالای اساس های غیر صخره ای اعمار میگردند.
این بند ها عموماً با ارتفاع کم ویا ندرتاً متوسط ساخته شده و بشکل آبریزه ای انتخاب میشوند . به منظور افزایش

مؤثریت اقتصادی اکثراً قسمت های مسدود بند های مذکور از موادمحلی از قبیل گلهای ریگدار ویا ریگهای گلدار ساخته میشوند وصرف قسمت پرچاوۀ شان به شکل بند کانکریتی آبریزه ای انتخاب میشود . درین بند ها تدابیر ضد فلتری اساس ، اعمار ساختمانهای خاموش کنندۀ انر ژی درقسمت تحتانی و اتخاذ تدابیرمعقول انجینیری جهت پیوند مطمئن قسمتهای خاکی وکانکریتی بند تقریباً در تمام موارد حتمی میباشند .

2 .2. 3 - تصنیف بند های گراویتی نظربه اشکال وانواع مقاطع عرضی .
انواع واشکا ل مقاطع عرضی بند ها ی گراویتی که تا کنون د رجهان ساخته شده اند نهایت متنوع اند . اما انواع



شکل (1 – 2):
اشکال مقاطع عرضی بند های کانکریتی گراویتی.



در شکل : A - بند گراویتی جسیم.
B - بند گراویتی با درز های عریض.
(مصرف کانکریت درین بندها کمتر است)
C – بند های گراویتی با خالیگاه ها
که توسط مواد بلاستی (ریگ وجغل) پرمیشوند
D - بند های گراویتی با جوفها در
نزدیک اساس(مصرف کانکریت درین بند ها به
اندازۀ قابل ملاحظه کم بوده اما تکنالوژیاعمار آن
یک اندازه مشکل میباشد) .
E - بند های گراویتی انکربندی شده با اساس.

اشکال مقاطع عرضی که ازنقطۀ نظرانجینیری ساختمانی درینجاحایزاهمیت محسوب میشونددرشکل(1 – 2) آورده شده اند . لازم به یاد آوریست که بند های گراویتی جسیم شکل (A 2 – 2) ، وکاملاً مسدود به علت غیر اقتصادی بودن شان موارد استعمال کمتر دارند .
در بند های بادرز های عریض شکل (B 2- 2) قوۀ فشار فلتری عمودی خیلی کم بوده که کمبود وزن بند را از بابت موجودیت درزهای عریض تلافی مینماید .
در بند های گراویتی با خالیگاه ها شکل (C 2 – 2) ،بدون اینکه وزن جسم شان خیلی کم گردد ، مصرف کانکریت میتواند الی 60 فیصد کاهش داده شود.
در بندهای گراویتی با جوف ها در نزدیک اساس کانکریت کمتر مصرف میشود ، اما تکنالوژی اعمار شان مشکل بوده وبه مخارج اضافی نیاز پیدا میشود.

4 . 2 . 2 – اقسام بند های گراویتی نظر یه تدابیر ضد فلتری اساس .

اگثراً چنین اتفاق می افتد که صخره های اساس باوجود صخره ای بودن شان دارای درزداریهای مختلف بوده که از طریق درزهای مذکور از یک طرف آب کاسه ذخیره فلتر و صنایع گردیده و از طرف دیگر جریان آبهای فلتری در صخره های اساس بند باعث بوجود آمدن قوه فشار فلتری می شود که قوه مذکور عموداً از پائین بطرف بالا بر سطح قاعده بند عمل نموده و باعث کم ساختن استواری بند میگردد. جهت ازبین بردن تاثیر فشار فلتری در اساس بند یک سلسله تدابیر مشخص اتخاذ می گردد با در نظر داشت تدابیر مذکور بندهای گراویتی میتوانند به انواع ذیل تقسیم گردیده است.شکل (3 – 2)دیده شود .

دهلیز نظارتی. دهلیز نظارتی.

سمنت کاری سطحی

زابر پردۀ سمنتی پردۀ سمنتی

شکل (3 – 2) : تدابیر ضد فلتری در اساس های بند های گراویتی اساس صخره ای.
در شکل : A - بندهای گراویتی فاقد ساختمان های ضد فلتری در اساس شکل(A 3 – 2)
B - بندهای گراویتی با حایل (پرده) سمنتی در اساس شکل (B 3 – 2)
C - بندهای گراویتی با پرده ضد فلتری و رابر شکل (C 3 – 2)

پرده های ضد فلتری که بنام پرده ها یا حایل های سمنتی نیز یاد میگردند، عبارت از یک ویا دو ردیف از چاها بوده که بقطره 100 الی 150 ملی متر بشکل عمودی ویا کمی مایل بطرف قسمت فوقانی در نزدیک قاعده جدار نپوری بند به فاصله های 1.5 الی 2.5 متر از همدیگر برمه میشوند. در داخل چاه ها متذکره شیرۀ سمنت (محلول سمنت وآب) تحت فشار تذریق میشود. شیره سمنت بعد از تذریق شدن در درزهای صخرۀ اساس داخل گردیده و در همان جا سخت شده، درز های موجوده در صخره های اساس را کاملاً پر و غیره قابل نفوذ آب میسازد.
سمنت کاری علاوه بر آنکه اساس بند را در مقابل آب غیر قابل نفوذ میسازد تا اندازه زیادی حالت محکمی صخره های اساس را نیز بهبود بخشیده و قابلیت برداشت شان را افزایش میدهد.

زابر های اساس که در شکل (C 3 – 2) نشانداده شده ودر فوق از آنها نام برده شده است عبارت از سیستم نل های عمودی ویا مایل است که آب های فلتری را جمع آوری نموده ا ولاً بدهلیز نظارتی داخل جسم بند وسپس بطور امن وبدون خطربه قسمت تحتانی هدایت میشوند که بدین ترتیب از قوه فشار فلتری به مقدار زیاد کاسته میشود.

d- نظر به شکل مسدود ساختمان مجرای دریا:

1- بندهای گراویتی مسدود
2- بندهای گراویتی آبریزه ئی

بند های گروایتی مسدود که ارتفاع شان زیاد بوده و روی اساس های صخره ای ساخته میشود در مقایسه یا بند های مواد محلی اقتصاد تر حاصل میشود زیرا اعمار بندهای مواد محلی به علت زیاد بودن میلان های نشیب های شان به حجم خیلی زیاد مواد محلی ضرورت دارند. هر گاه فراخی دره در محل اعمار کم باشد در آنصورت انتخاب بند گراویتی میتواند که باعث کوتا شدن مسیر تونل ساختمانی، ساختمان های پرچاوه ای و آبگیر ها گردیده و موثریت اقتصادی بند های گروایتی در مقایسه با بند های مواد محلی هنوز هم بیشتر میشود.

بند های گراویتی آبریزه ئی در صورت ساخته میشوند که ارتفاع شان کم بوده ویا اینکه اساس بند مواد غیر صخره ای باشد در حال حاضر کوشش به عمل می آید که بندهای مرتفع به شکل آبریزه ای اعمار نگردند علت آنست که تا کنون مسله اتصال قسمت ها در صورت نپورهای زیاد بطور کامل مطالعه نگردیده است.

- تعین اندازه های اساسی بندهای گراویتی مسدود.
اندازه های اساسی مقاطع عرض بندهای گراویتی عبارت از ارتفاع h عرض بند در نشانه b اساس و میل جدار عقبی بند m میباشد که با در نظر داشت بر آورده شدن حتمی خواسته اساس ذیل تعین میگردد.

Memarinews
.com

Memarinews
.com

Memarinews

Memarinews