

جدول ۲-۱ شیب جانبی مناسب در کانال‌ها

شیب جانبی (m)	نوع مصالح بستر	شیب جانبی (m)	نوع مصالح بستر
۳	ماسه‌ای بسیار سست	صفر تا ۰/۵	سنگی مقاوم
۱/۵	لومی	۰/۵	سنگی ورقه ورقه شده
۱/۲۵	شنی از نوع درشت	۰/۷۵	سنگی با ملات سیمان
۱/۵	خاکی در کانالهای کوچک	۱	رسی متراکم
۱ تا ۱/۵	بتنی در کانالهای غیرآبیاری	۲	ماسه ای سست

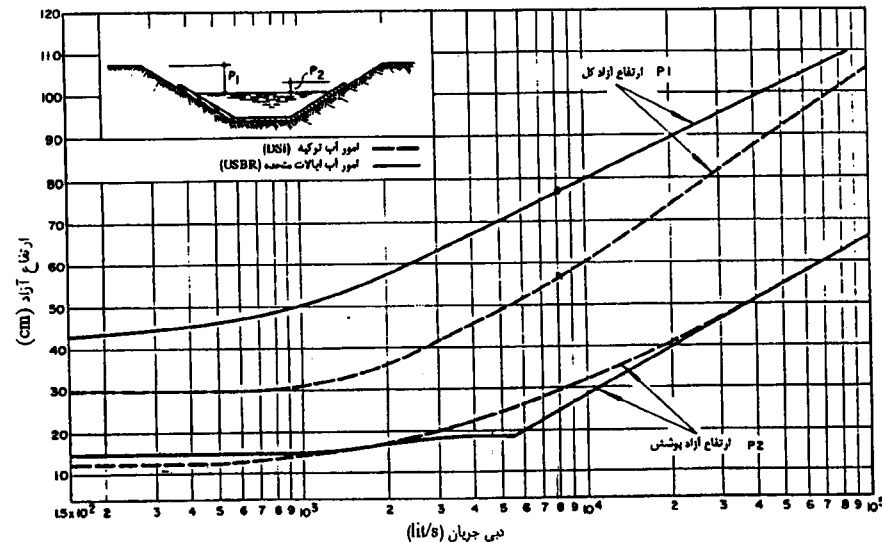
در این رابطه، V = سرعت متوسط جریان و R_m = شعاع انحنا متوسط، R_i و R_o به ترتیب شعاع انحنا ساحل بیرونی و درونی می باشد.

جدول ۲-۲ مقادیر ارتفاع آزاد نرمال مطابق استانداردهای هندوستان

$Q(m^3/s)$	< 0.15	0.15 تا 0.75	0.75 تا 1.5	1.5 تا 9	> 9
$F_b(m)$	۰/۳۰	۰/۴۵	۰/۶۰	۰/۷۵	۰/۹۰

۲-۲-۲ بهترین مقطع هیدرولیکی^۱

برای سطح مقطع جریان معین چنانچه پیرامون تر شده حداقل شود، سرعت و دبی جریان حداکثر خواهند شد. در صورتی که دبی مقداری معین باشد سطح مقطع جریان زمانی مینیمم می شود که پیرامون تر شده مینیمم شود. این تعاریف براساس معادله مانینگ عنوان شده است. برای کانالهای دوزنقه ای که در عمل بیشتر ساخته می شوند، در زمانی که شیب جانبی مقداری



شکل ۱-۲ ارتفاع آزاد نرمال (P_1) و ارتفاع آزاد پوشش سخت (P_2) در کانالها براساس استاندارد USBR (آمریکا) و DSI (ترکیه)

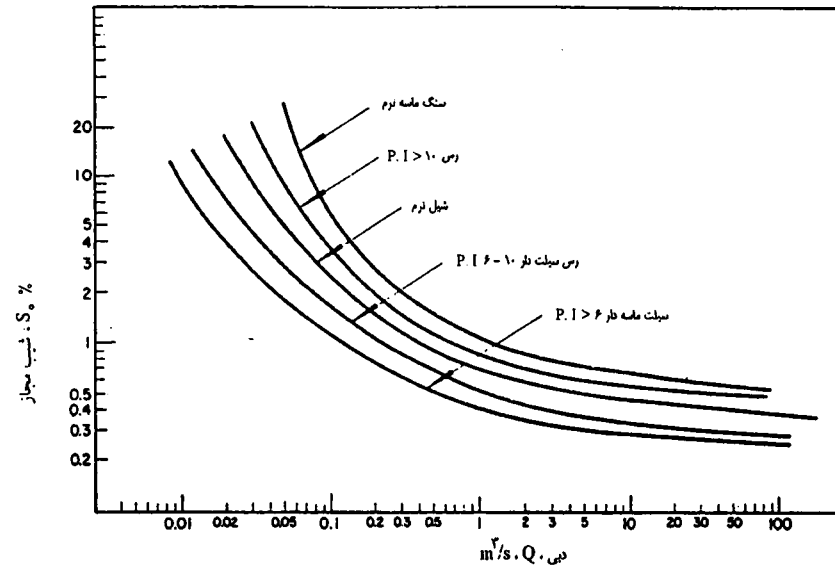
جدول ۲-۳ مشخصات هندسی بهترین مقطع هیدرولیکی بعضی از کانالها

نوع کانال	سطح مقطع جریان	پیرامون تر شده	شعاع هیدرولیکی	عرض در سطح آزاد	عمق هیدرولیکی ($D=A/T$)
ذوزنقه‌ای	$\sqrt{3}y^2$	$2\sqrt{3}y$	$\frac{1}{2}y$	$4\frac{\sqrt{3}}{3}y$	$\frac{3}{4}y$
مستطیلی	$2y^2$	$4y$	$\frac{1}{2}y$	$2y$	y
مثلثی	y^2	$2\sqrt{2}y$	$\frac{\sqrt{2}}{4}y$	$2y$	$\frac{y}{2}$
نیم‌دایره	$\frac{\pi}{2}y^2$	πy	$\frac{1}{2}y$	$2y$	$\frac{\pi}{4}y$
سه‌می	$\frac{4}{3}\sqrt{2}y^2$	$\frac{8}{3}\sqrt{2}y$	$\frac{1}{2}y$	$2\sqrt{2}y$	$\frac{2}{3}y$

جدول ۲-۲ عرض کف توصیه شده توسط USBR برای کانال‌های دوزنقه‌ای غیرفرسایشی

۱۰۰	۸۰	۶۰	۵۰	۴۰	۳۰	۲۰	۱۵	۱۰	۵	۱	$Q, m^3/s$
۸/۰	۶/۶	۴/۸	۴/۲	۳/۸	۳/۳	۲/۹	۲/۶	۲/۳	۱/۸	۱/۲	b, m

صیه اول: در شکل ۲-۲ حداکثر شیب مجاز کف کانال^۱ برای خاکهای مختلف داده شده است. این کل اهمیت انتخاب درست دبی جریان را برای مسیر انتخاب شده و یا بالعکس انتخاب درست ب کف کانال را برای دبی طرح نشان می دهد. چنانچه از این شکل استفاده شود مقطع پایدار^۲ برای مال در نظر گرفته شده است.



شکل ۲-۲ حداکثر شیب مجاز کف کانال برای خاکهای مختلف بستر براساس دبی جریان

جدول ۲-۶ نسبت b/y توصیه شده در کانالهای دوزنقه ای فرسایشی نسبت به دبی جریان

$Q, m^3/s$	۰/۳	۳	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۳۰	۵۰
b/y	۲	۴	۴/۵	۵	۶/۵	۷	۷/۵	۹

معمولاً دو روش متفاوت برای محاسبه کانالهای فرسایشی ارائه می شود: روش اول: استفاده از حداکثر سرعت مجاز^۱ و روش دوم: استفاده از نیروی برشی مجاز^۲ است. با وجودی که در بسیاری از موارد هر دو روش یک نتیجه را بدست می دهد ولی از آنجایی که روش نیروی برشی مجاز متکی بر یک سری معادلات تحلیلی می باشد، بیشتر مورد پسند مهندسين قرار گرفته است. روش حداکثر سرعت مجاز قدیمی تر و ساده تر از روش دیگر است که در ابتدا مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۲-۴-۱ روش حداکثر سرعت مجاز

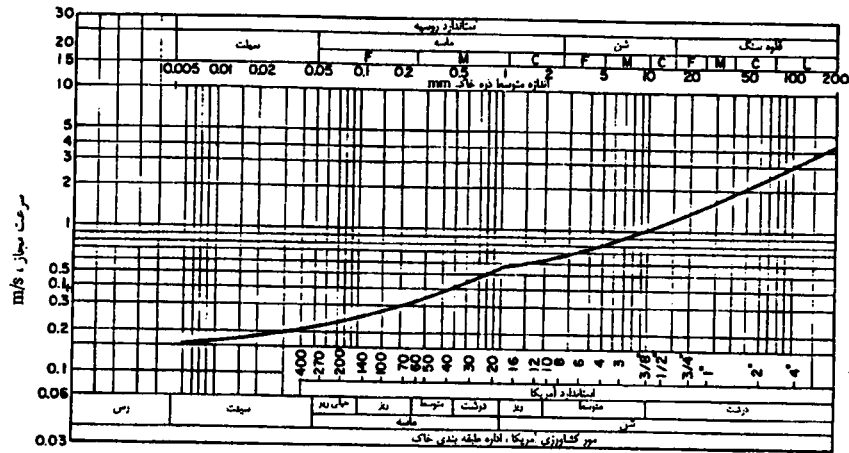
حداکثر سرعت مجاز به سرعتی اطلاق می شود که در کانال فرسایش ایجاد نمی گردد. حداکثر سرعت مجاز به عواملی از قبیل بافت خاک، رسوبات معلق در آب، عمق آب و عمر کانال بستگی دارد.

کانالهای مستعمل معمولاً در مقابل جریان، نسبت به کانالهای تازه ساز مقاومت بیشتری دارند. در کانالهای عمیق تلاطم جریان کمتر به کف و دیوارهای جانبی منتقل می شود و نسبت به کانالهای کم عمق در مقابل جریان مقاوم ترند. در کانالهایی که رسوبات ریز دانه جریان دارد

جدول ۲-۷ حداکثر سرعت مجاز در کانال‌های خاکی بر اساس پیشنهاد فورتیه و اسکویی^۳ در مؤسسه USBR برای کانال‌های تا عمق آب یک متر

نوع خاک بستر	سرعت مجاز (m/s)		نوع خاک بستر	سرعت مجاز (m/s)		نوع خاک بستر
	آب صاف	آب حاوی سیلت کلئیدی		آب صاف	آب حاوی سیلت کلئیدی	
ماسه ریز کلئیدی	۰/۴۶	۰/۷۶	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۲۵	سیلت آبرفتی کلئیدی
لوم ماسه‌ای غیرکلئیدی	۰/۵۳	۰/۷۶	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۲۵	شیل و سنگ رس
لوم سیلتی غیرکلئیدی	۰/۶۱	۰/۹۱	۰/۰۲	۰/۷۶	۰/۵۲	شن ریز
سیلت آبرفتی غیرکلئیدی	۰/۶۱	۱/۰۷	۰/۰۲	۱/۱۴	۱/۵۲	لوم لایه‌بندی شده تاحد قلوه سنگ بدون موادکلئیدی
لوم سخت معمولی	۰/۷۶	۱/۰۷	۰/۰۲	۱/۲۲	۱/۶۸	سیلت لایه بندی شده تاحد قلوه سنگ باموادکلئیدی
خاکستر آتشفشانی	۰/۷۶	۱/۰۷	۰/۰۲	۱/۲۲	۱/۸۳	شن درشت غیرکلئیدی
رس سخت، خیلی کلئیدی	۱/۱۴	۱/۵۲	۰/۰۲۵	۱/۵۲	۱/۶۸	ریگ با قلوه سنگ

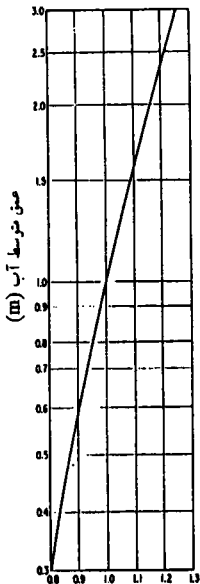
پیش‌نیاز اصلی برای استفاده از این جدول، این است که درجه مارپیچ بودن آن از ضریب تصحیح سرعت در چنانچه مسیر کانال مارپیچ باشد، بسته به درجه مارپیچی بودن آن از ضریب تصحیح سرعت در جدول ۲-۸ استفاده می‌شود. ضمناً این منحنی‌ها برای آب صاف در نظر گرفته شده است.



شکل ۲-۳ حداکثر سرعت مجاز در خاکهای غیرچسبنده

۳- حداکثر سرعت مجاز (برحسب متر بر ثانیه) در خاکهای غیرچسبنده بصورت تقریبی زیر محاسبه می‌شود:

$$V_{\max} = 3 \left(\frac{d_{50}}{D_{\max}} \right)^{0.2} (y)^{0.5} (d_{50} + 0.0014)^{0.3} \quad (2-8)$$

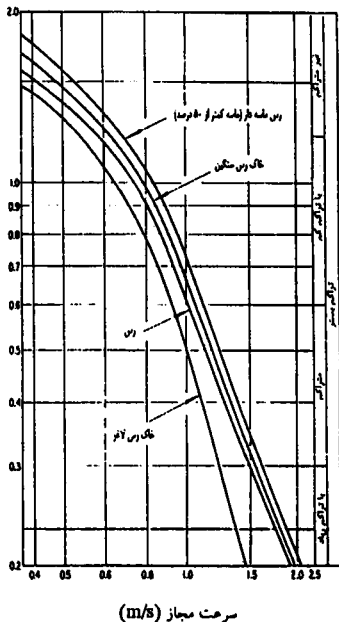


ضرب تصحیح

شکل ۲-۵ ضرب تصحیح سرعت

بر مبنای عمق متوسط جریان

درجه پوکی (c)



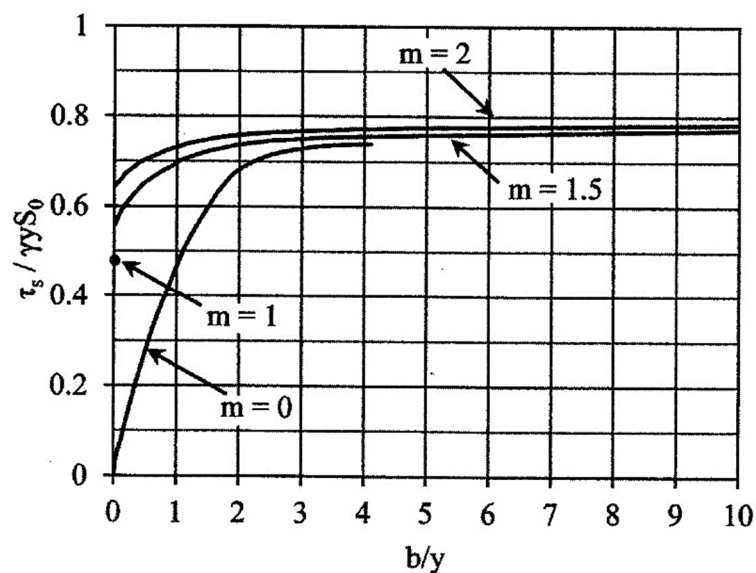
سرعت مجاز (m/s)

شکل ۲-۶ حداکثر سرعت مجاز در خاکهای

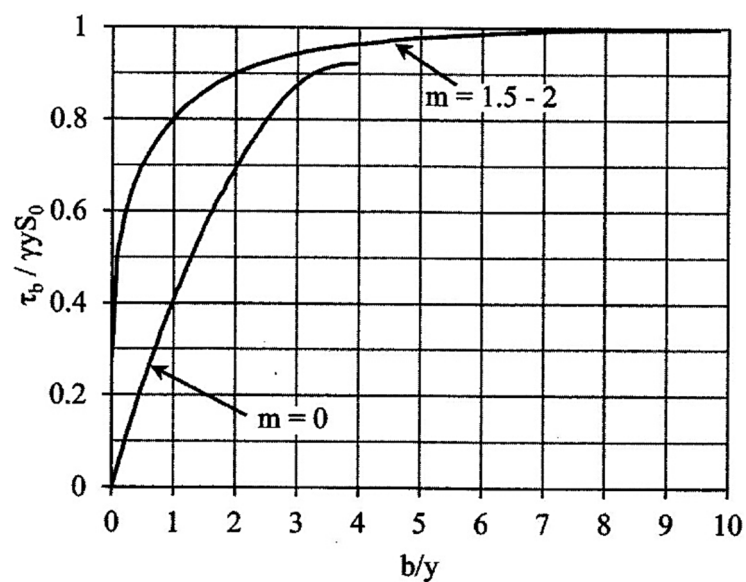
$$c = \frac{V_{u-0.1}}{V_{u-0.1}} \quad (e) \quad \text{چسبیده بر حسب درجه پوکی}$$

جدول ۲-۸ ضرب تصحیح سرعت برای کانال‌های مارپیچ

ضرب تصحیح، C_f		نسبت طول مسیر دارای انحنا به مسیر مستقیم	نوع مسیر کانال
نیروی برشی مجاز	حداکثر سرعت مجاز		
۱	۱	< 1	مستقیم
۰/۹	۰/۹۵	$1 - 1/2$	بامارپیچی کم
۰/۷۵	۰/۸۷	$1/2 - 1/5$	بامارپیچی متوسط
۰/۶۰	۰/۷۸	$> 1/5$	کاملاً مارپیچ

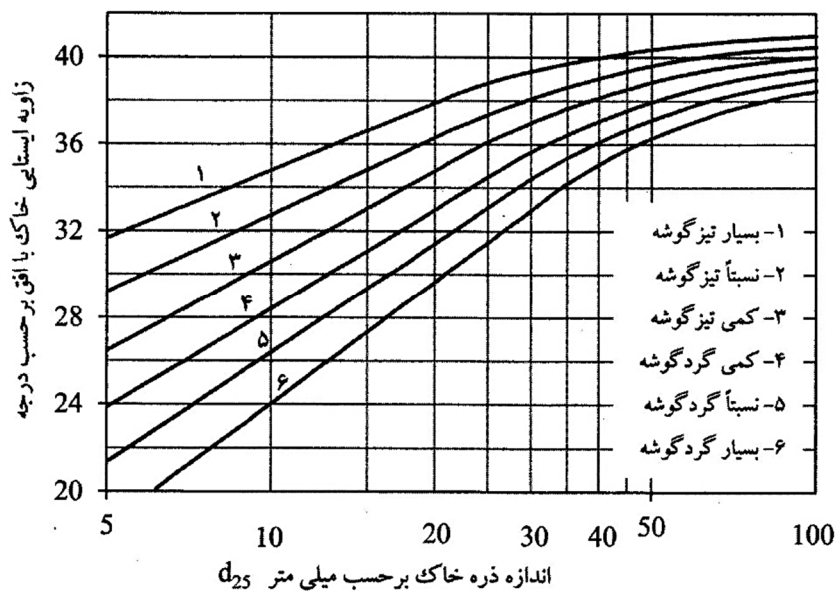


(ب) در دیوارهای جانبی کانال

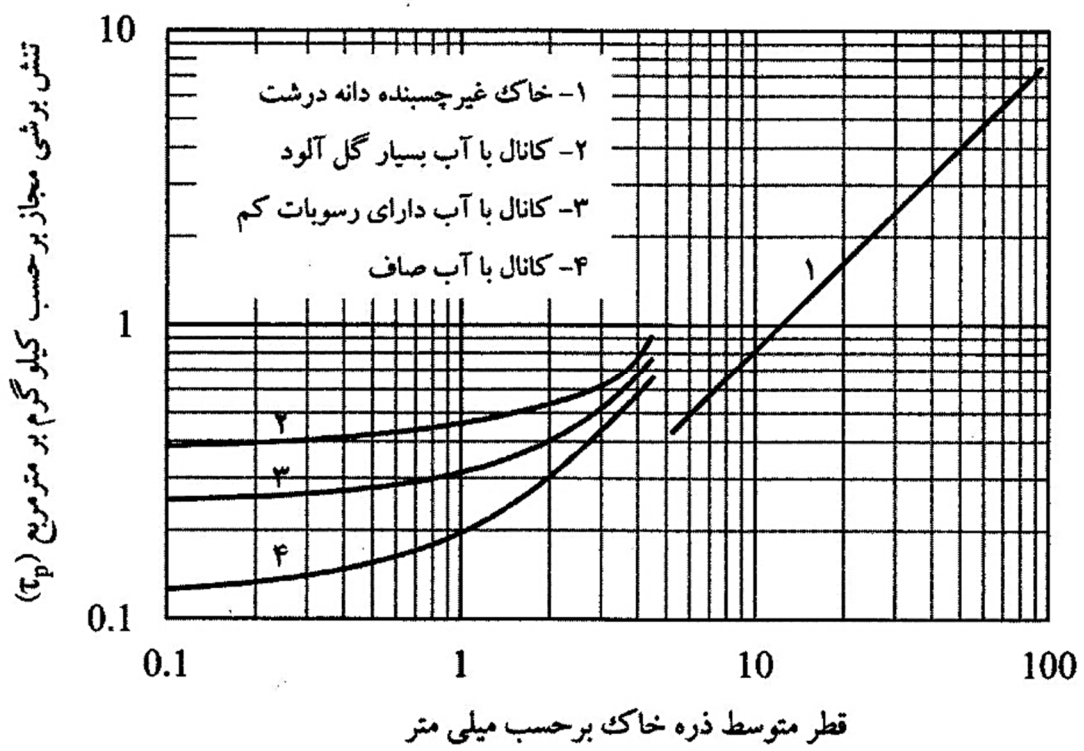


(الف) در کف کانال

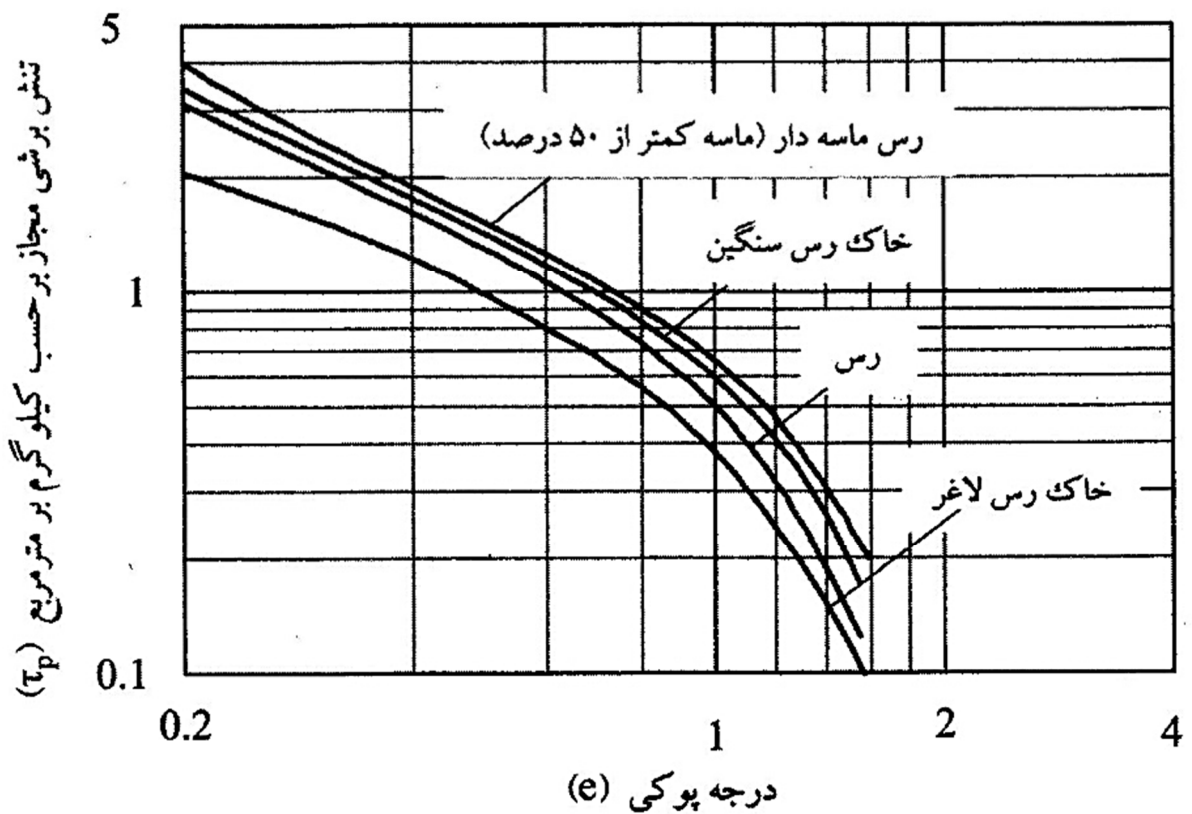
شکل ۶-۲ حداکثر تنش برشی در سطح بدنه کانال‌های مستطیلی و دوزنقه‌ای (الف) تنش در کف، (ب) تنش در شیب‌های جانبی



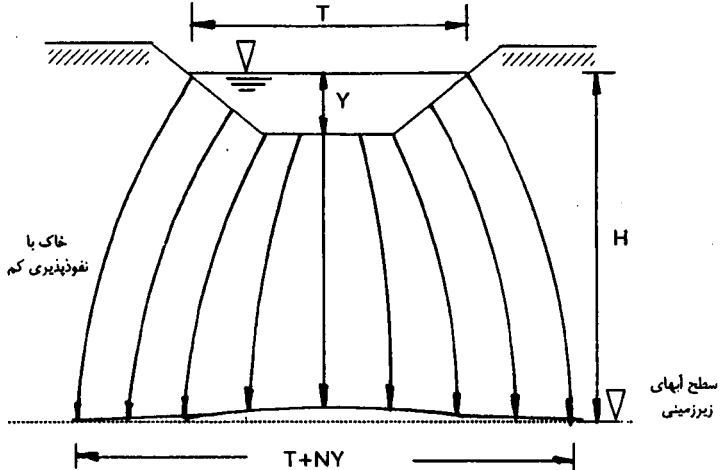
شکل ۸-۲ نمودار تعیین زاویه ایستایی خاک (USBR)



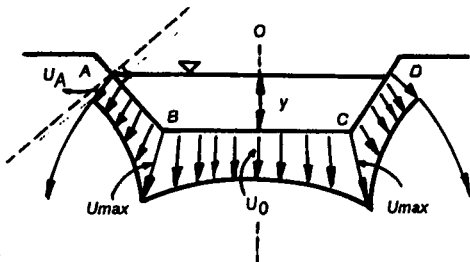
شکل ۹-۲ تنش برشی مجاز در خاکهای غیر چسبنده



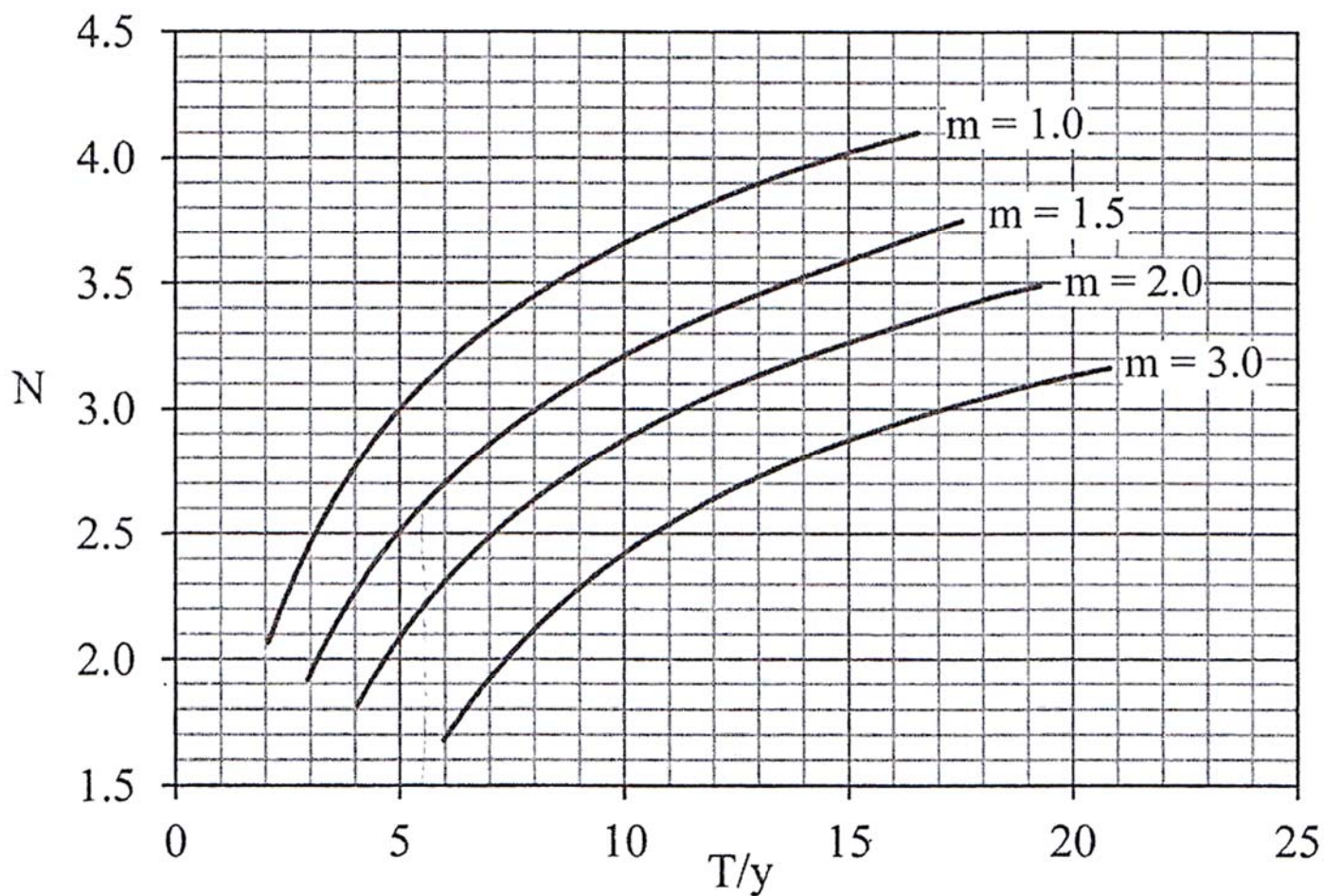
شکل ۹-۲ تنش برشی مجاز در خاکهای چسبنده بر حسب نسبت پوکی (e)



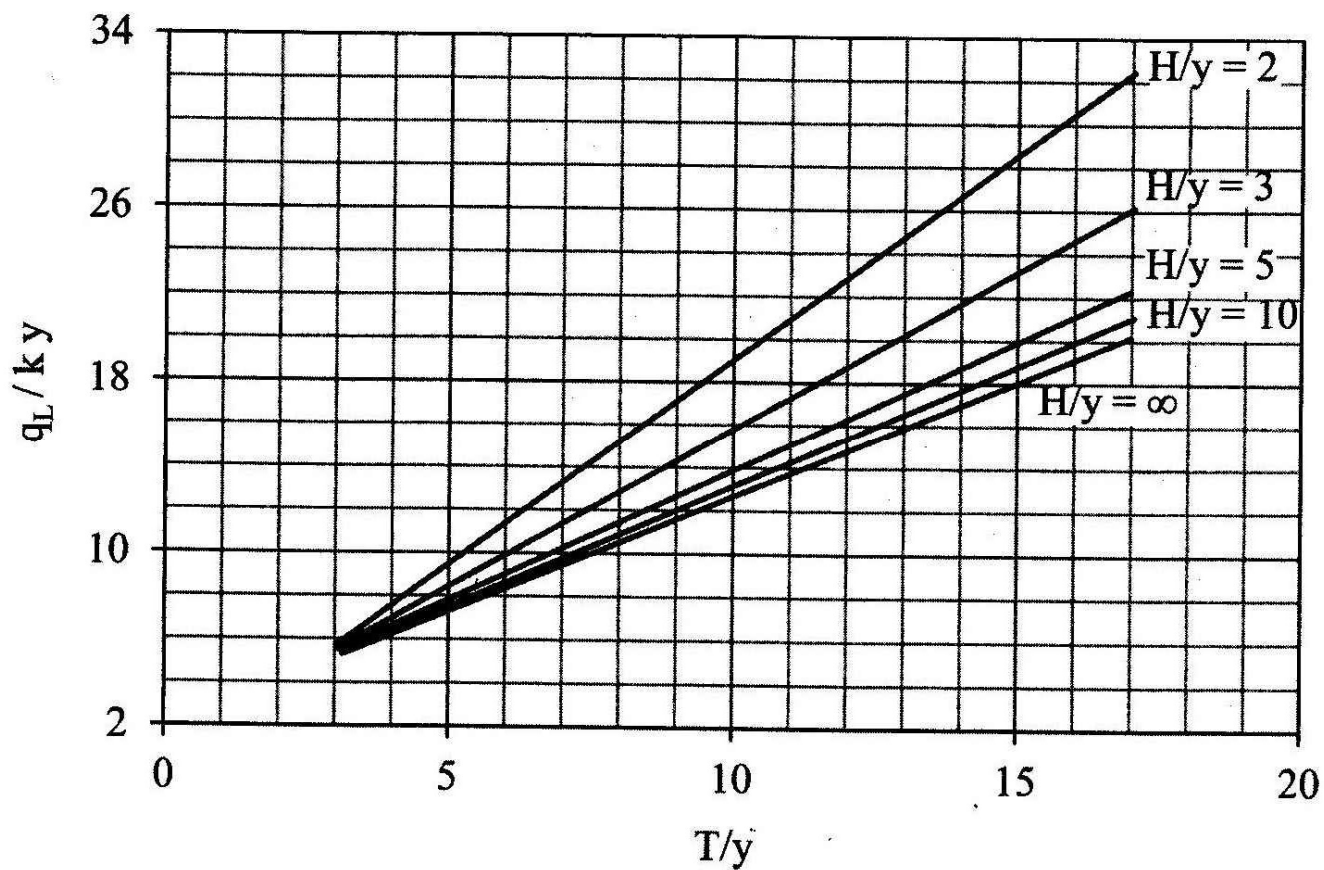
شکل ۲-۱۲ خطوط جریان ناشی از نشت آب در بدنه کانال



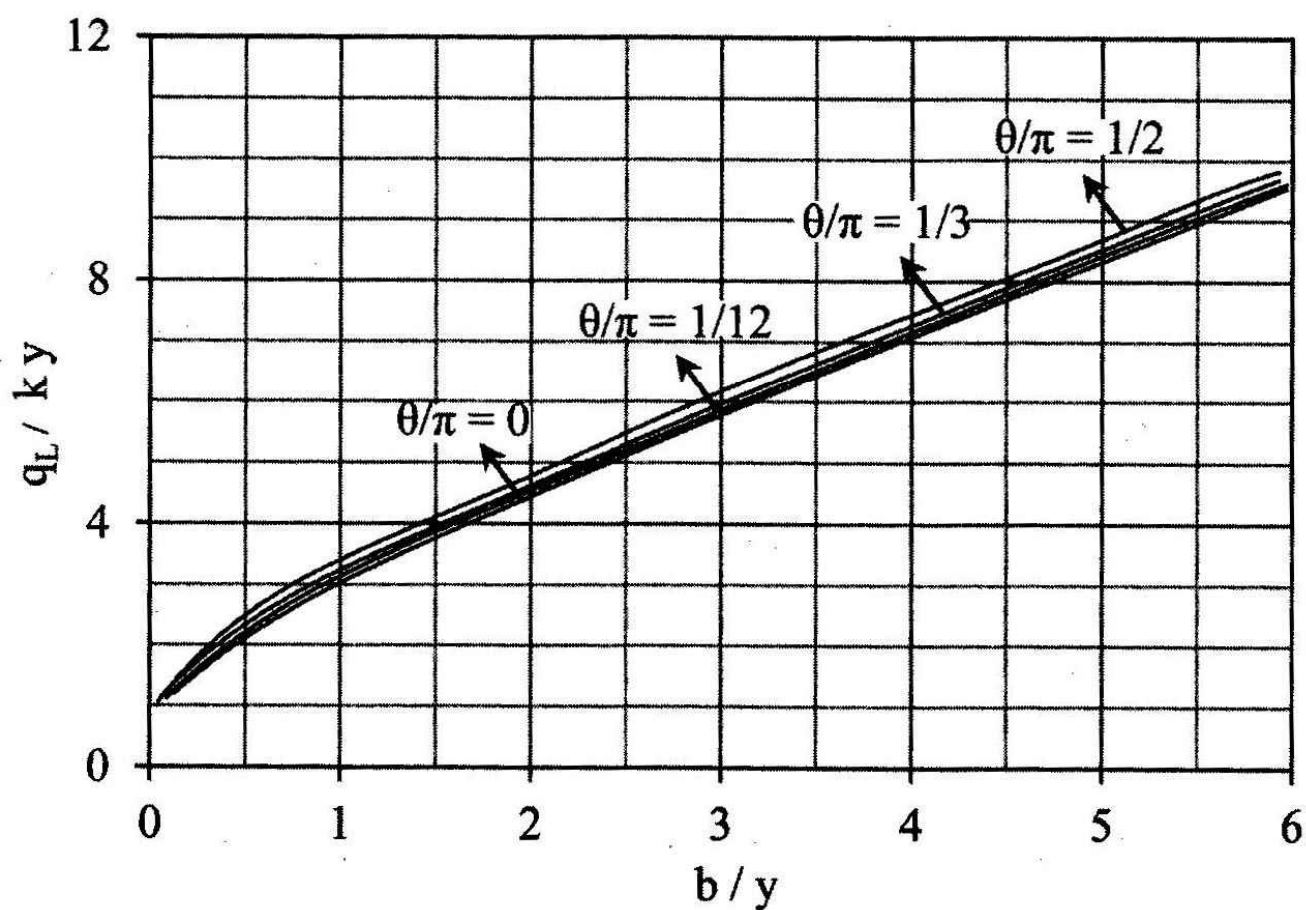
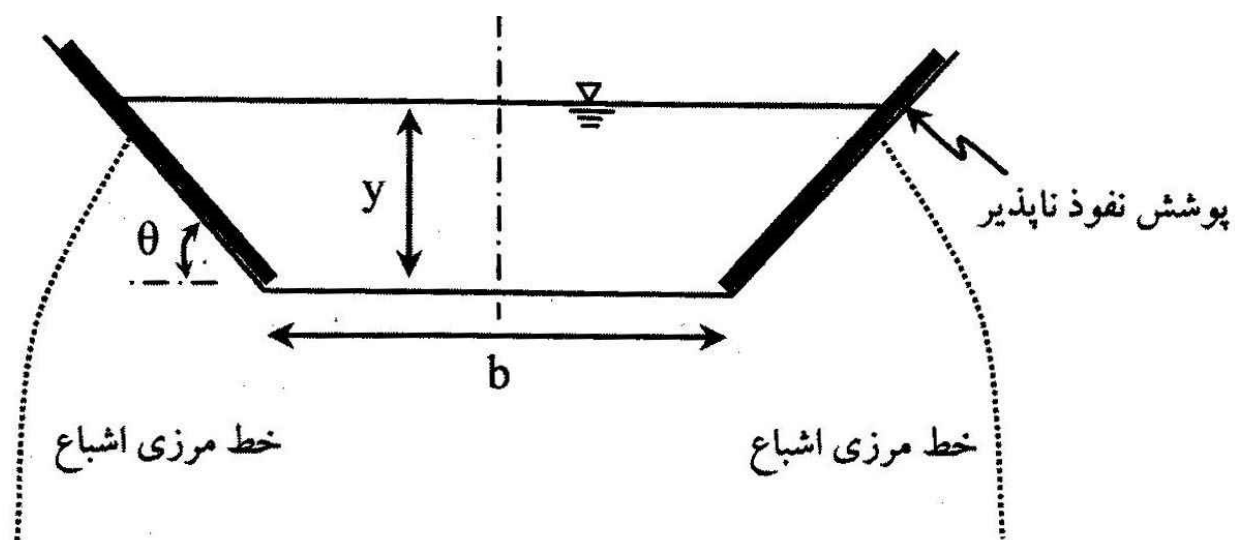
شکل ۲-۱۳ توزیع سرعت ناشی از نشت آب در بدنه کانال



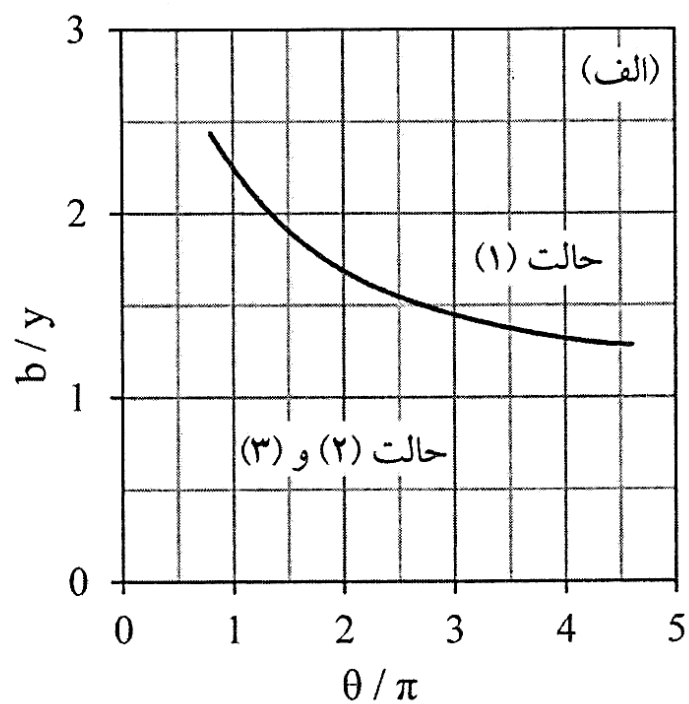
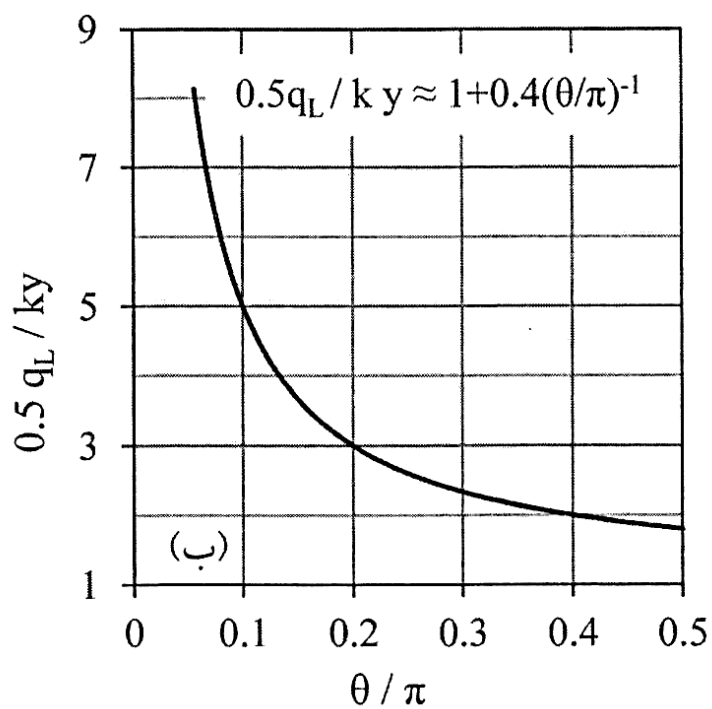
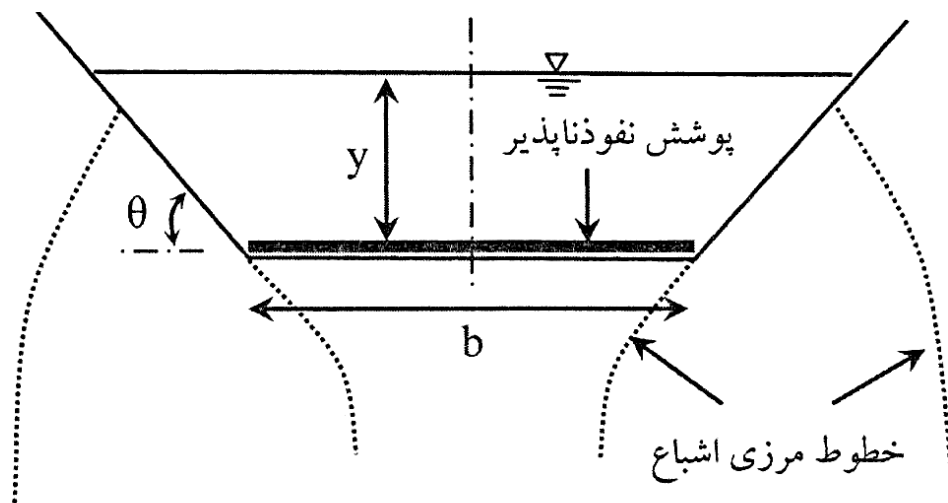
شکل ۲-۱۴ مقادیر N در رابطه (۲-۲۵) برای کانال‌های دوزنقه‌ای



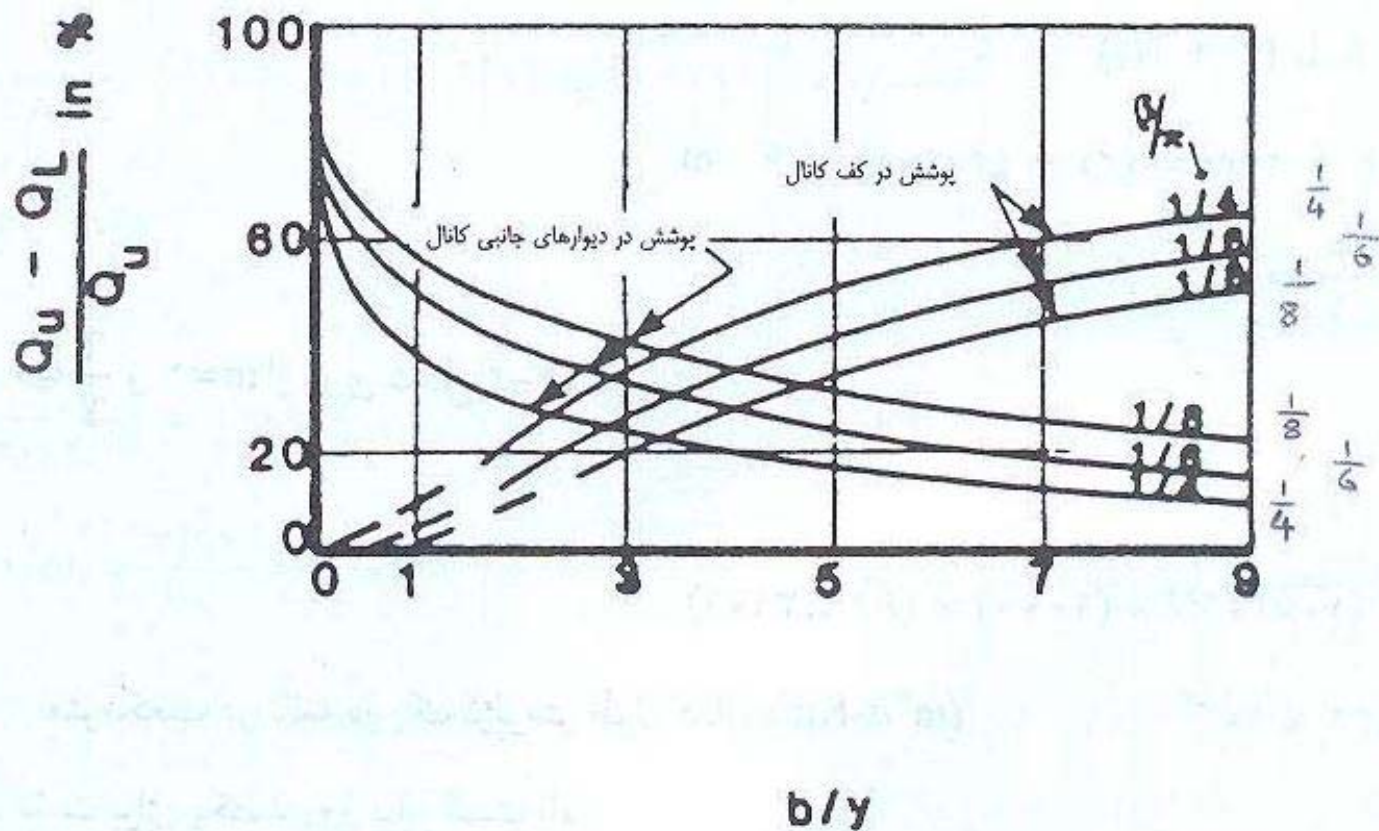
شکل ۲-۱۵ نمودار موسکات برای محاسبه دبی نشت در کانال‌های دوزنقه‌ای با شیب جانبی $m_0 = 1/5$



شکل ۱۶-۲ تغییرات $\frac{q_L}{k.y}$ نسبت به $\frac{b}{y}$ و $\frac{\theta}{\pi}$ برای کانال دارای پوشش در دیوارهای جانبی



شکل ۲-۱۷ (ب) تغییرات $\frac{1}{2} \frac{q_L}{k \cdot y}$ نسبت به $\frac{\theta}{\pi}$ برای کانال دارای پوشش در کف



شکل ۲-۱۸ تغییرات درصد کاهش دبی نسبت به b/y و β/π برای پوشش در کف و در دیوارهای جانبی

جدول ۲-۹ تلفات ناشی از نشت در کانال‌های خاکی

تلفات ناشی (مترمکعب در مترمربع در روز)	نوع خاک
۰/۰۷ - ۰/۱۰	لوم رسی نفوذناپذیر
۰/۱۰ - ۰/۱۵	لوم رسی متوسط، لایه نفوذناپذیر در زیرکف کانال در عمقی که از ۶۰ تا ۷۰ سانتیمتر تجاوز ننماید
۰/۱۵ - ۰/۲۳	لوم رسی، خاک سیلتی
۰/۲۳ - ۰/۳۰	لوم رسی با شن، لوم رسی ماسه دار، شن که دانه‌های آن بوسيله ذرات رس به یکدیگر چسبیده باشند
۰/۳۰ - ۰/۴۵	لوم ماسه‌ای
۰/۴۵ - ۰/۵۵	خاک ماسه‌ای
۰/۵۵ - ۰/۷۵	خاکهای ماسه‌آی همراه با شن
۰/۷۵ - ۰/۹۰	خاکهای شنی نفوذناپذیر
۰/۹۰ - ۱/۸۰	شن همراه با مقداری خاک

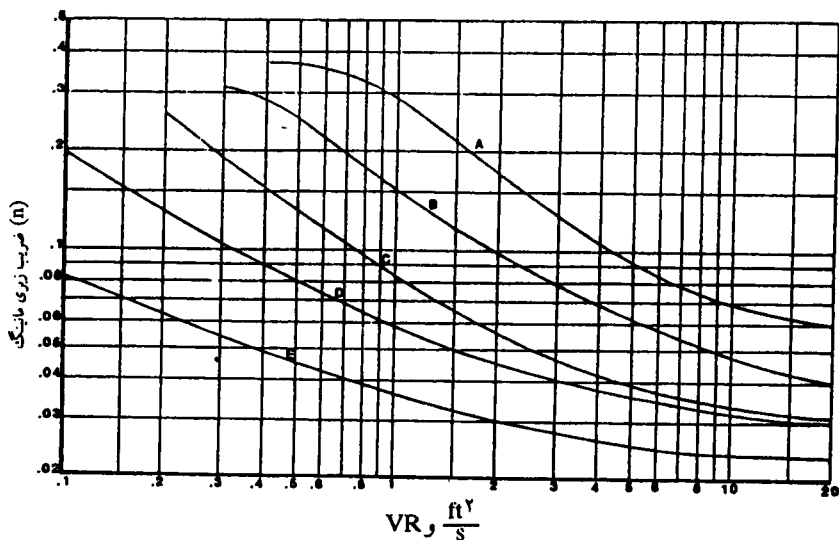
توجه- سطح (مترمربع) مورد بحث در این جدول، سطح خیس شده در طول یک متر از کانال است.

جدول ۲-۱۰ ضخامت لایه پوششی کانال برحسب حداکثر دبی جریان

ظرفیت ماکزیمم تقریبی در کانال	ضخامت لایه پوششی
	بتون غیر مسلح
۵/۷ - ۰ m ^۳ /sec	۵/۲ سانتیمتر
۵/۷ - ۱۴/۲ "	" ۶/۲۵
۱۴/۲ - ۴۲/۸ "	" ۷/۹
۴۲/۸ - ۹۰/۱ "	" ۸/۷۵
۹۰/۱ به بالا "	" ۱۰/۴
	بتون اسفالتی
۵/۷ - ۰ "	۵ سانتیمتر
۵/۷ - ۴۲/۸ "	" ۸/۲
۴۲/۸ به بالا "	" ۱۰
	بتون مسلح
۱۴/۲ - ۰ "	۸/۷۵ سانتیمتر
۱۴/۲ - ۵۷/۱ "	" ۱۰/۴
از ۵۷/۱ به بالا "	" ۱۱/۲۵
	گانیٹ (بتن با فشار هوای فشرده) Gunite
۲/۸۵ - ۰ "	۳/۱۵ سانتیمتر
۲/۸۵ - ۵/۷۱ "	" ۳/۷۵
۵/۷۱ - ۱۱/۴ "	" ۴/۴۰
از ۱۱/۴ به بالا "	" ۵/۰۰

جدول ۱-۲ درجه بندی ضریب تعویق برای پوشش گیاهی

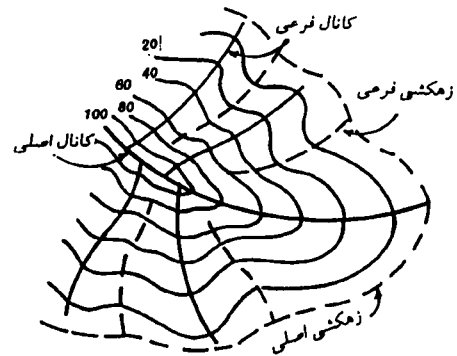
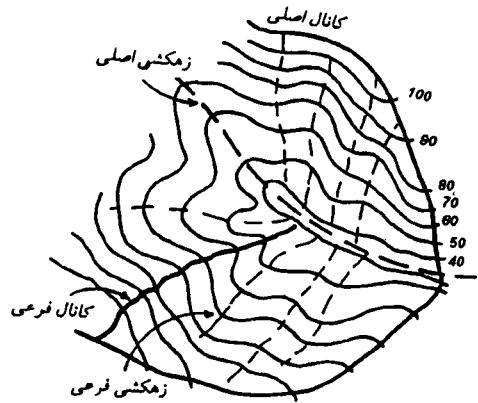
درجه تعویق	A (بسیار بلند)	B (بلند)	C (متوسط)	D (کوتاه)	E (بسیار کوتاه)
رشد و تراکم گیاه خوب است (ارتفاع گیاه بر حسب سانتیمتر)	> 75	۷۵ تا ۲۵	۲۵ تا ۱۵	۱۵ تا ۵	< 5
رشد و تراکم گیاه متوسط است (ارتفاع گیاه بر حسب سانتیمتر)	-	> 75	۷۵ تا ۲۵	۲۵ تا ۵	< 5



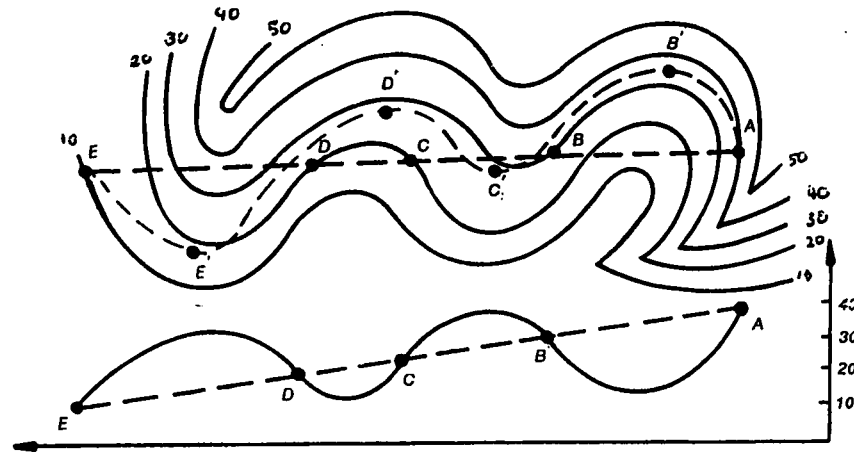
شکل ۲-۱ ضریب زبری مانینگ n بصورت تابعی از VR و درجه تعویق

جدول ۲-۱۲ سرعت مجاز در کانال‌های با پوشش گیاهی

سرعت مجاز به m/sec		حذیب	نوع پوشش گیاهی
خاکهای غیرمقاوم	خاکهای مقاوم	کف کانال، درصد	
۱/۸	۲/۴	۰ - ۵	Bermuda grass
۱/۵	۲/۱	۵ - ۱۰	
۱/۲	۱/۸	> ۱۰	
۱/۵	۲/۱	۰ - ۵	Buffalo grass,
۱/۲	۱/۸	۵ - ۱۰	Kentucky bluegrass,
۰/۹	۱/۵	> ۱۰	Smooth brome, blue grama چهار دانه
۱/۲	۱/۵	۰ - ۵	Grass mixture
۰/۹	۱/۲	۵ - ۱۰	در شیب‌های بیشتر از ۱۰ درصد استفاده نکنید
۰/۷۵	۱/۰۵	۰ - ۵	Lespedeza scricea, weeping love grass, ischaemum (yellow bluestem), kudzu, alfalfa, crabgrass بوم‌ترانه
			در شیب‌های بیش از ۵ درصد استفاده نکنید.
۰/۷۵	۱/۰۵	۰ - ۵	گیاهانی که روی شیب‌های ملایم بعنوان پوشش موقتی کاشته می‌شود تا گیاهان دائمی رویش نماید. از این گیاهان میتوان Lespedeza و Sudan grass را نامبرد در شیب‌های بیشتر از ۵ درصد استفاده نکنید.



شکل ۲-۲۴ کانال و زمکش های اصلی و فرعی در شبکه آبیاری

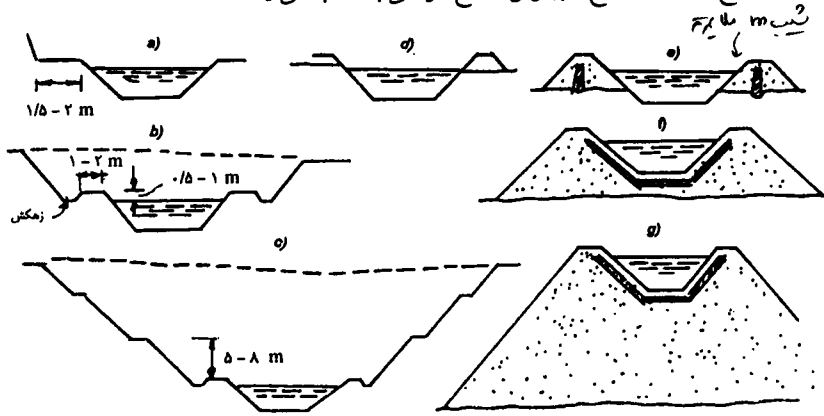


شکل ۲-۲۳ پلان و پروفیل طولی کانال

۲-۹-۲ مسیر کانال در شبکه های آبیاری

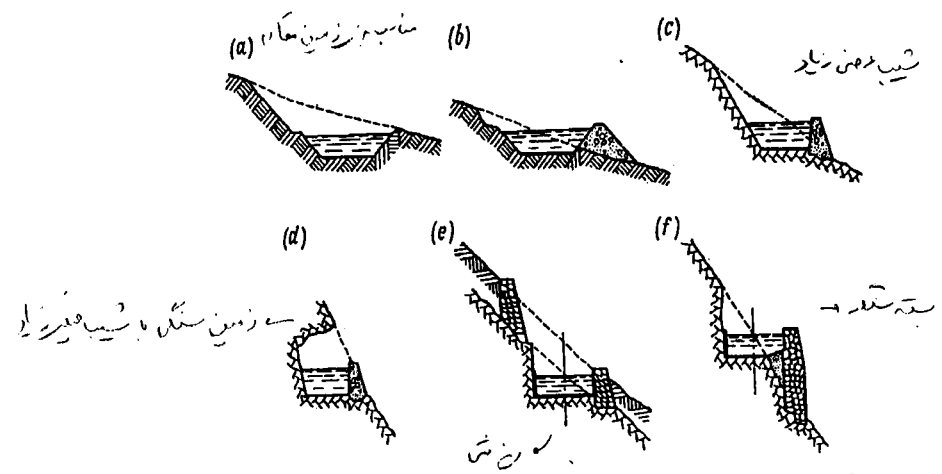
در شبکه های آبیاری اصل برای این است که کانال اصلی (درجه یک) در مسیر خط الرأس اصلی و کانال های فرعی (درجه ۲ و ۳) در مسیر خط الرأس های فرعی قرار می گیرند. از آنجایی که در هر شبکه

در صورت لزوم می‌توان به وسیلهٔ یک سازهٔ مناسب، آب را از سطح کانال به سطح زمین هدایت کرد.

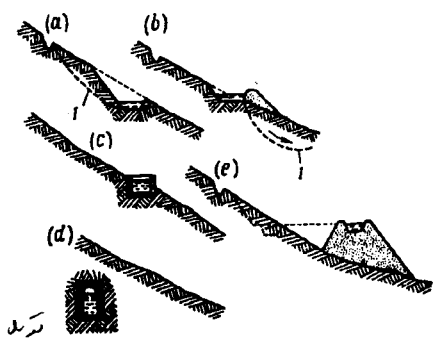


شکل ۲-۲۵ مقاطع عرضی کانال در ناحیه دشت

باشد از مقطع e و برای شیب تند و بستر سنگی از مقطع f استفاده می شود.



شکل ۲-۲۶ مقاطع عرضی کانال در کنار کوهپایه

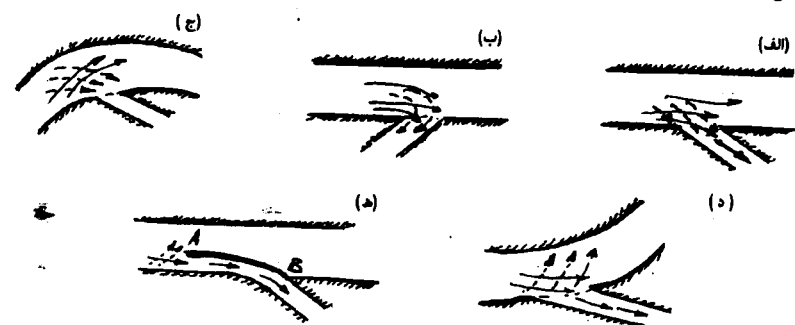


شکل ۲-۲۷ مقاطع عرضی کانال در سطوح شیب دار خاکی

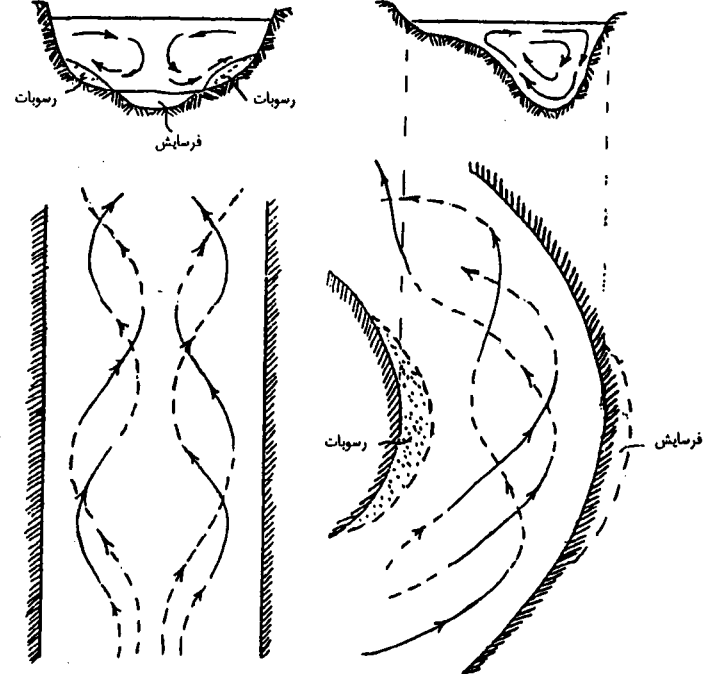
آبگیری از ساحل متعرج شده انجام پذیرد.

میزان رسوبات وارده از رودخانه به کانال آبگیر را میتوان با روش های مختلف کم نمود. برای این منظور نمونه های مختلف آبگیری در شکل ۳-۳ نشان داده شده است که از لحاظ مهندسی دارای اهمیت است. این نمونه های آبگیری را مورد بررسی قرار می دهیم:

بدایلی که در بالا به آن اشاره شده است، چنانچه آبگیری بصورت شکل ۳-۳-الف انجام بگیرد مقدار زیادی از رسوبات می توانند وارد کانال آبگیر شوند. چنانچه آبگیری به صورت شکل ۳-۳-ب انجام بگیرد، این عمل باعث گردابی شدن و افزایش افت و انحناء سطح جریان می شود که از لحاظ آبگیری قابل قبول نمی باشد. آبگیری از ساحل متحدب شده (شکل ۳-۳-ج) میزان ورود رسوبات را به کانال آبگیر بصورت چشمگیر افزایش می دهد. در شکل ۳-۳-د بهترین روش آبگیری رودخانه نشان داده شده است. چنانچه بخواهند از مسیر مستقیم رودخانه آبگیری انجام شود، مطابق شکل ۳-۳-ه می توانند دیوار خشکس چپ AB را برای کانال انحراف در نظر بگیرند.

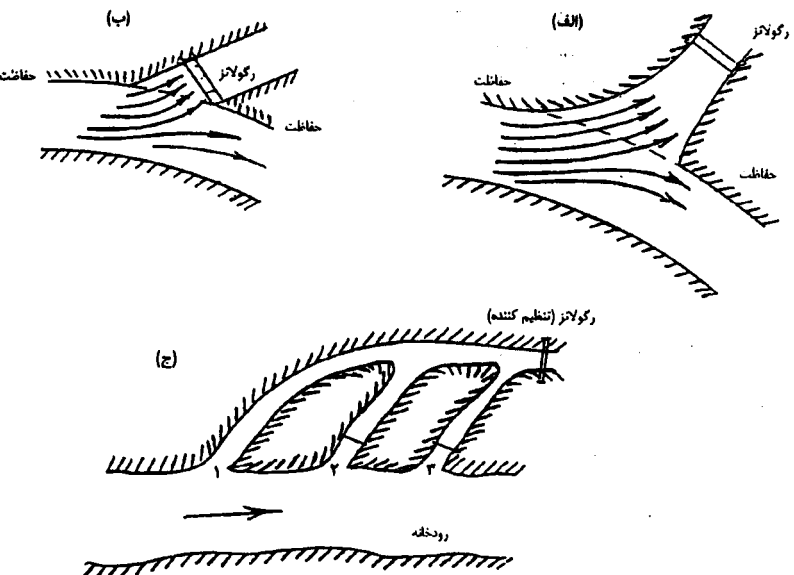


شکل ۳-۳ نمونه های مختلف آبگیری از رودخانه



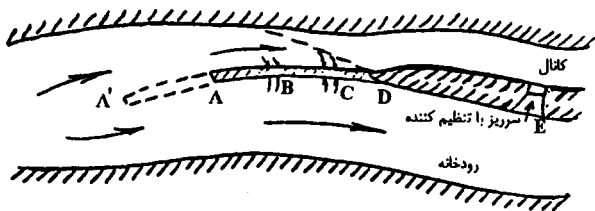
شکل ۳-۲ وضعیت جریان های عرضی در کانالهای فرسایشی

در میانه رودخانه یا به عبارت دیگر در مواردی که رودخانه دارای گردش به راست یا چپ است، آب که دارای سرعت زیادی هستند تحت تأثیر نیروی گریز از مرکز قرار گرفته و به طرف ساحل بر شده (بیرونی) می شتابند. با توجه به اینکه شتاب گریز از مرکز با سرعت به قوه ۲ رابطه



شکل ۳-۴ آبخیز سطحی ساحلی همراه با تنظیم کننده دبی جریان

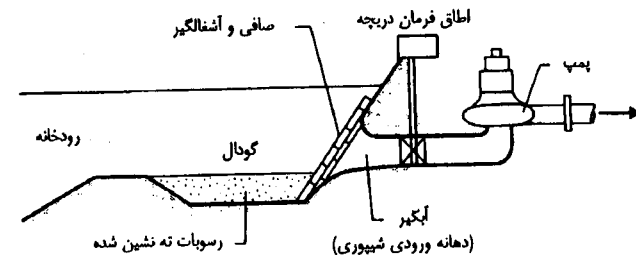
پایین می افتد بهتر است مطابق شکل ۳-۵ عمل شود. این آبخیز از یک بند انحرافی BCD سرریز B و C بدون دریچه برای تخلیه آبهای اضافی ورودی به کانال و یک سرریز اضطراری می تواند بصورت دریچه ای نیز باشد، تشکیل شده است. بند ABCD می تواند بصورت سنگ یا از گابیون باشد. سرریز E می بایست در فاصله نسبتاً دور از محل آبخیز احداث شده و دارای قوی باشد.



شکل ۳-۵ آبخیز سطحی ساحلی همراه با دیوار انحرافی

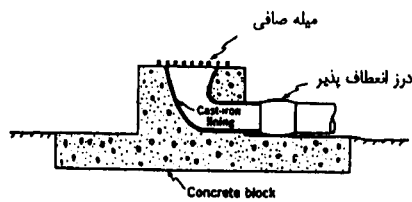
سورت پمپاژ انجام می شود.

بخواهند به صورت مستقیم آب را از رودخانه برداشت نمایند، ممکن است آبیگری بکل ۳-۶ انجام بگیرد. برای اینکه رسوبات کمتری وارد آبیگیر شود، روبروی دهانه ورودی سجه یا گودالی^۱ با عرض بیشتر از عرض دهانه آبیگیر احداث می نمایند. آشغالگیر در دهانه ورود مواد معلق جلوگیری می نماید. در اینجا دریچه ای در اطراف ایستگاه پمپاژ برای راری و برای تعمیرات لازم لوله مکش پمپ در نظر گرفته می شود. این نوع آبیگری در راند مفید باشد که ساحل رودخانه تحت تأثیر فرسایش قرار نگیرد و جریان در رودخانه شد.

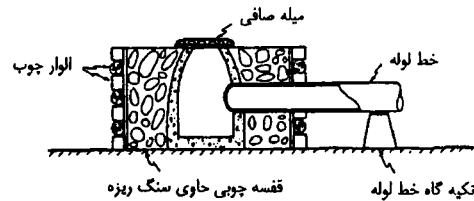


شکل ۳-۶ آبیگری از ساحل رودخانه بصورت پمپاژ [۱۸]

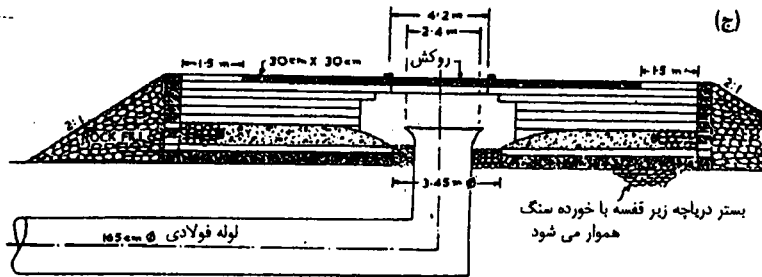
(الف)



(ب)

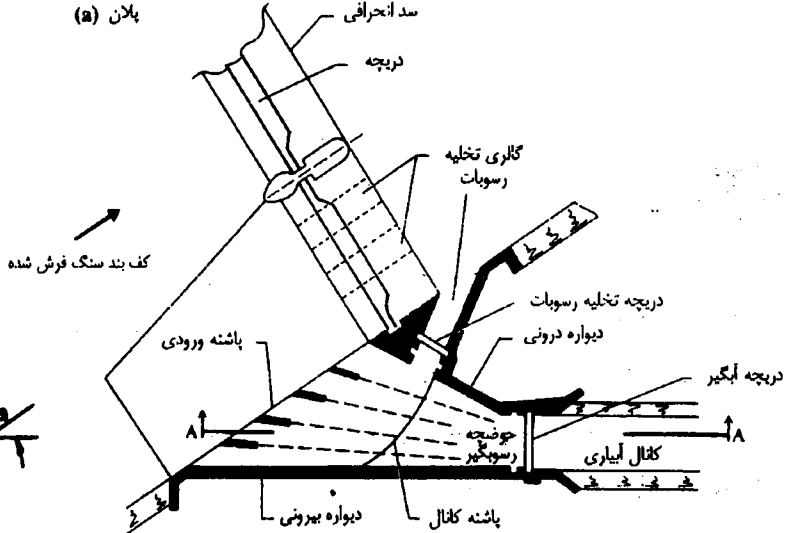


(ج)

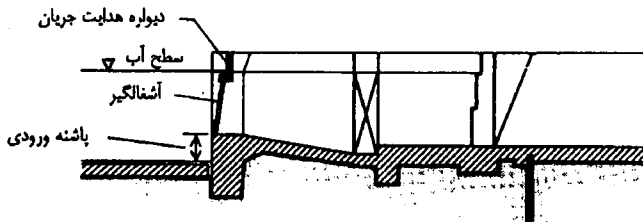


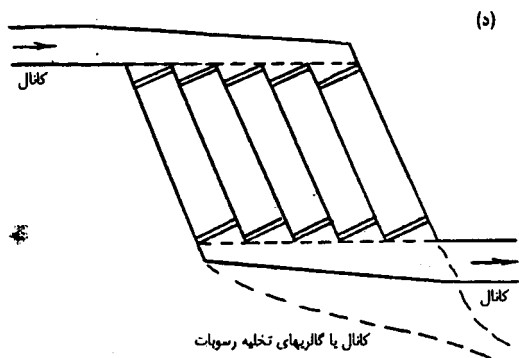
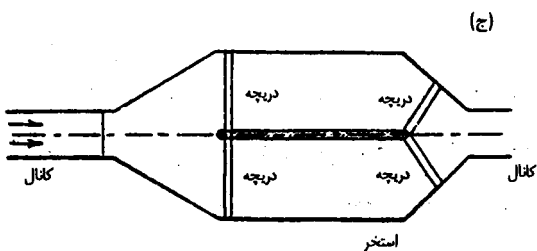
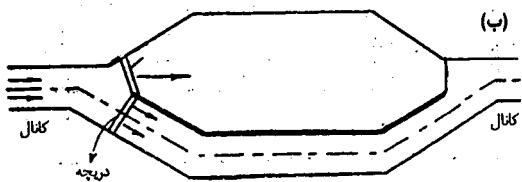
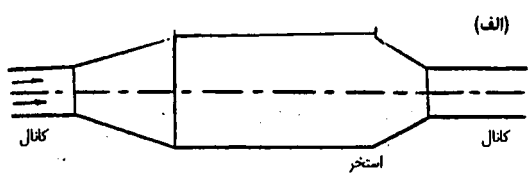
شکل ۳-۷ آبیگرهای غوطه ور

(a) پلان

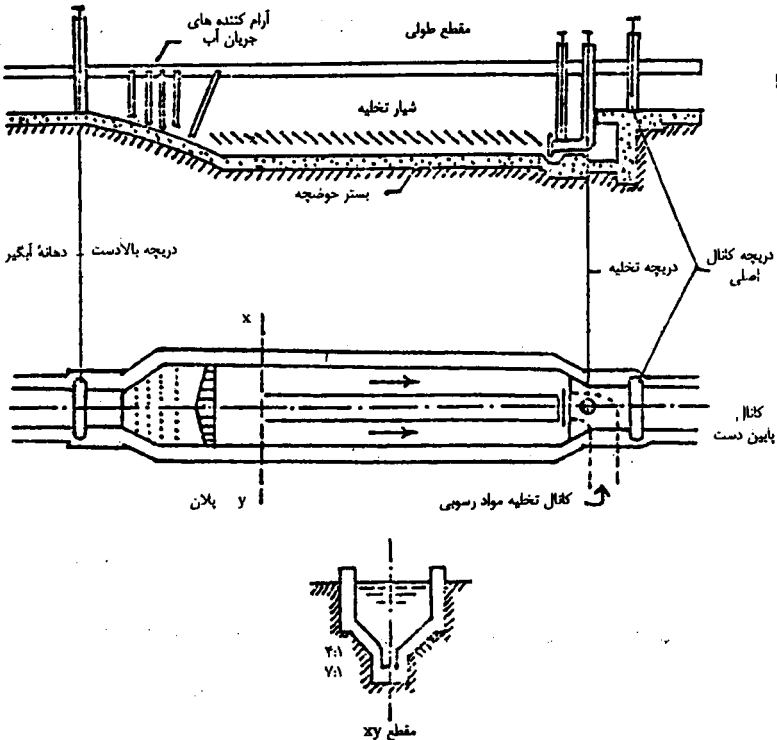


(b) مقطع A-A

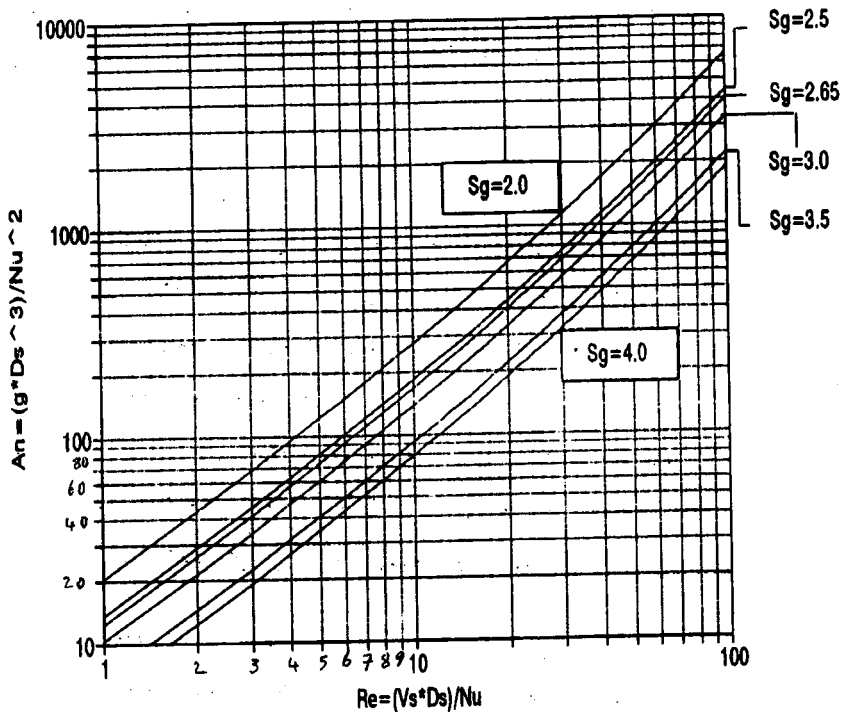




شکل ۳-۹ حوضچه‌های رسوبگیر



شکل ۳-۱۰ مقطع طولی تیب برای حوضچه های رسوبگیر



شکل ۳-۱۲ منحنی تغییرات $An = g D_s^3 / \nu^2$ نسبت به $Re = \frac{V_s D_s}{\nu}$ برای محاسبه سرعت ته نشین شدن دانه رسوب، V_s

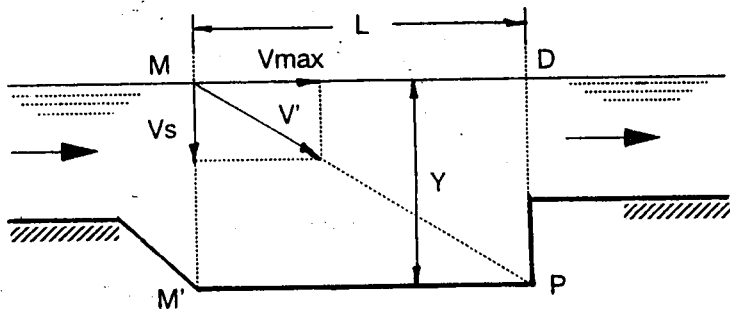
با توجه به معادله پیوستگی داریم:

$$L = \frac{1}{2} y \frac{Q}{AV_s} \quad (۱۶-۳)$$

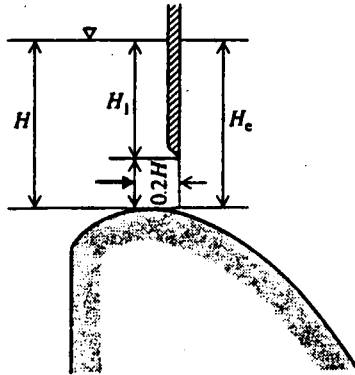
در این رابطه، A سطح مقطع جریان است که برای حوضچه‌های دوزنقه‌ای داریم:

$$L = \frac{1}{2} \frac{Q}{(b+my)V_s} \quad (۱۷-۳)$$

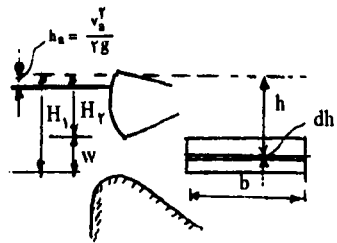
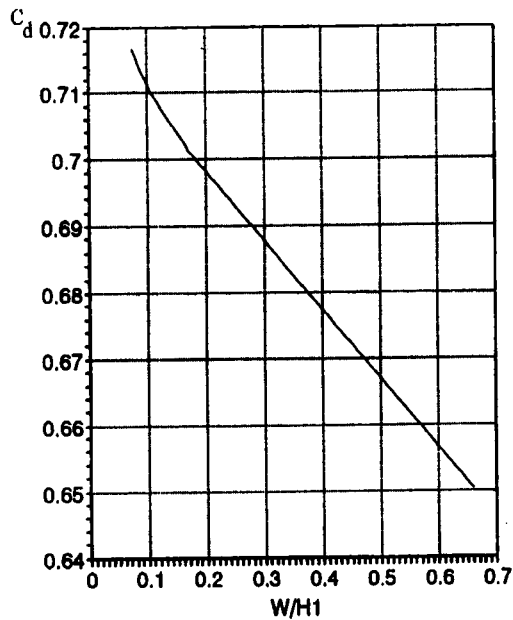
m شیب جانبی حوضچه می‌باشد که برای حوضچه مستطیلی $m=0$ اختیار می‌شود. b عرض در کف حوضچه می‌باشد.



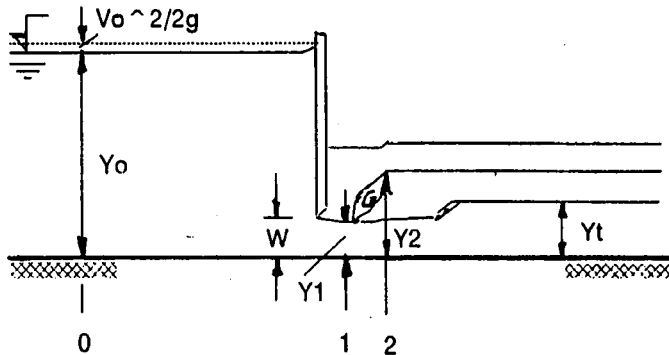
شکل ۳-۱۳ ته‌نشین شدن دانه رسوب در حوضچه رسوبگیر



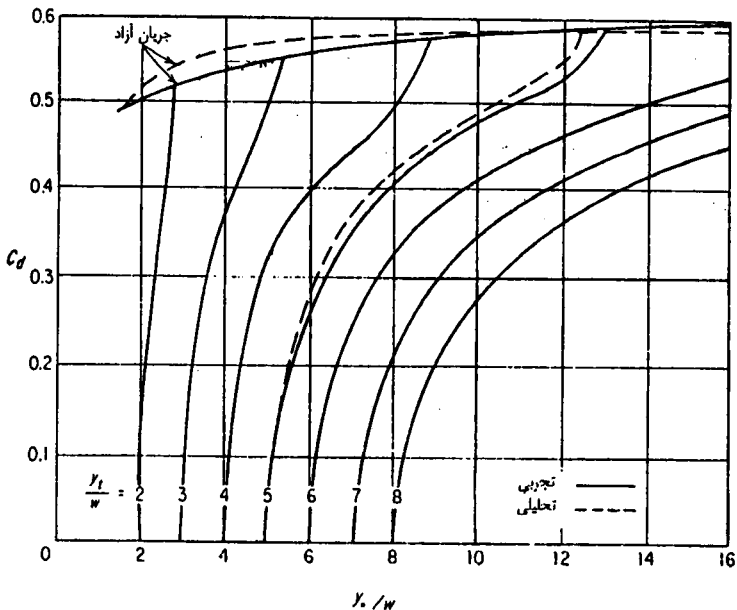
شکل ۳-۱۴ سرریز بادریچه کشونی



آبگیری را مطابق شکل ۳-۱۶ در نظر بگیرید. چنانچه آبگیر در کانال قرار بگیرد، با توجه به شیب بسیار ملایم کف کانال، منحنی از نوع M_1 در بالادست دریچه تشکیل می‌شود و در پایین‌دست جریان یکنواخت خواهد بود. در صورتیکه آبگیر برای سد انحرافی در نظر گرفته شود، سطح آب در بالادست تقریباً هم سطح رقوم کنترل شده سطح آب در مخزن سد انحرافی قرار می‌گیرد و در پایین‌دست جریان یکنواخت خواهد بود.

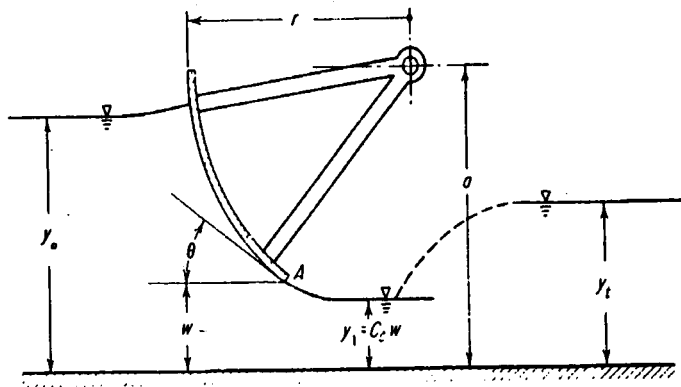


شکل ۳-۱۶ آبگیر با دریچه کشویی

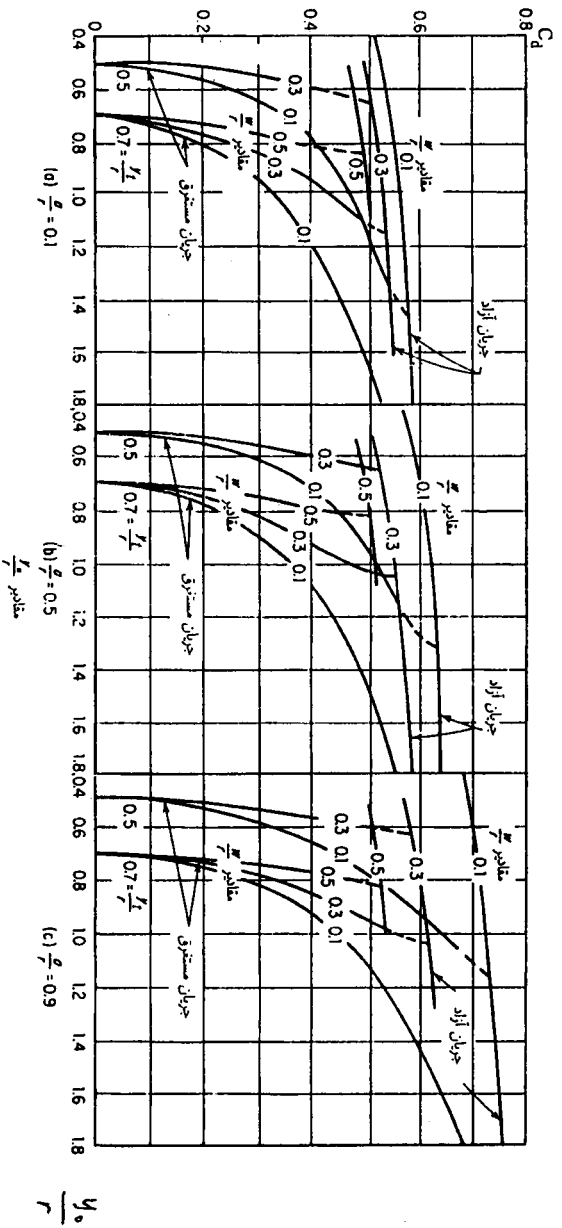


شکل ۳-۱۷ ضریب دبی جریان برای درپچه‌های کشونی قائم

در بسیاری موارد، دریچه‌های قطاعی محاسنات زیادی نسبت به دریچه‌های کشویی دارد. ضریب دبی جریان در آنها بیشتر و نیروی لازم برای باز کردن آن کمتر است. در فصل چهارم درباره این دریچه‌ها بحث شده است.



شکل ۳-۱۸ دریچه قطاعی در آبگیرها



شکل ۳-۱۹ ضریب دبی جریان در درجه های قطاعی