جمهوری اسلامی ایران
سازمان برنامه و بودجه

معیارهای هیدرولیکی طراحی کانالهای آبیاری و زهکشهای روباز

معاونت امور فنی
دفتر امور فنی و تدوین معیارها

نشریه شماره ۱۶۶

جمهوری اسلامی ایران
سازمان برنامه و بودجه

معیارهای هیدرولیکی طراحی کانالهای آبیاری و زهکشهای روباز

نشریه شماره ۱۶۶

معاونت امور فنی
دفتر امور فنی و تدوین معیارها

۱۳۷۶

انتشارات سازمان برنامه و بودجه ۷۶/۰۰/۲۵

فهرستبرگه

سازمان برنامه و بودجه . دفتر امور فنی و تدوین معیارها
معیارهای هیدرولیکی طراحی کانالهای آبیاری و زهکشهای روباز/ معاونت امور فنی، دفتر امور فنی و تدوین معیارها؛ [با همکاری وزارت نیرو، طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور].- تهران: سازمان برنامه و بودجه، مرکز مدارک اقتصادی - اجتماعی و انتشارات، ۱۳۷۶.
۱۳۵ ص.: مصور.- (سازمان برنامه و بودجه. دفتر امور فنی و تدوین معیارها؛ نشریه شماره ۱۶۶)

ISBN 964-425-008-7

فهرست‌نویسی بر اساس اطلاعات فیپا (فهرستنویسی پیش از انتشار)

۱.آبیاری - کانالها و نهرها - استانداردها. ۲. زهکشی - استانداردها. الف. ایران. وزارت نیرو. طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور. ب. سازمان برنامه و بودجه. مرکز مدارک اقتصادی - اجتماعی و انتشارات. ج. عنوان.

TC ۹۳۰/۶م۲س ۶۲۷/۵۲۰۲۱۸

کتابخانه ملی ایران ۷۶-۳۵۹م

شابک ۷-۰۰۸-۴۲۵-۹۶۴ ISBN 964-425-008-7

معیارهای هیدرولیکی طراحی کانالهای آبیاری و زهکشهای روباز
تهیه کننده: معاونت امور فنی، دفتر امور فنی و تدوین معیارها
ناشر: سازمان برنامه و بودجه. مرکز مدارک اقتصادی - اجتماعی و انتشارات
چاپ اول: ۷۰۰ نسخه، ۱۳۷۶
قیمت: ۷۵۰۰ ریال
چاپ و صحافی: موسسه زحل چاپ
همه حقوق برای ناشر محفوظ است.

بسمه تعالی

به :	دستور العمل شماره : ۱۰۲/۲۱۹۰ـ۵۴/۱۳۹۶
تمامی دستگاههای اجرایی ومهندسان مشاور	مورخ : ۷۶/۴/۲۱

موضوع :معیارهای هیدرولیکی طراحی کانالهای آبیاری وزهکشهای روباز

به استناد ماده ۲۳ قانون برنامه وبودجه کشور وآئین نامه استانداردهای اجرائی طرحهای عمرانی به پیوست نشریه شماره ۱۶۶ دفترامورفنی وتدوین معیارهای این سازمان با عنوان "معیارهای هیدرولیکی طراحی کانالهای آبیاری وزهکشهای روباز"ازگروه دوم ابلاغ می گردد.

تاریخ اجرای این دستورالعمل ۱۳۷۶/۶/۱ می باشد.

شایسته است دستگاههای اجرائی ومهندسان مشاورمفادنشریه یادشده وضوابط ومعیارهای مندرج درآن راضمن تطبیق باشرایط کارخوددرطرحهای عمرانی مورداستفاده قراردهند.

حمیدمیرزاده

معاون رئیس جمهور ورئیس سازمان برنامه وبودجه

بسمه تعالی

پیشگفتار

استفاده از ضوابط، معیارها و استانداردها در مراحل تهیه (مطالعات امکان سنجی) مطالعه و طراحی، اجرا، بهره‌برداری و نگهداری طرحهای عمرانی بلحاظ توجیه فنی و اقتصادی طرحها، کیفیت طراحی و اجرا (عمر مفید) و هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد.

نظام‌جدید فنی و اجرایی طرح‌های عمرانی کشور (مصوبه جلسه مورخ ۱۳۷۵/۳/۲۳ هیأت محترم وزیران) بکارگیری معیارها، استانداردها و ضوابط فنی در مراحل تهیه و اجرای طرح و نیز توجه لازم به هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری در قیمت تمام‌شده طرحها را مورد تأکید جدی قرار داده است.

با توجه به مراتب یاد شده و شرایط اقلیمی و محدودیت منابع آب در ایران، امور آب وزارت نیرو (طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور) با همکاری معاونت امور فنی سازمان برنامه وبودجه (دفتر امور فنی و تدوین معیارها) براساس ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه اقدام به تهیه استانداردهای مهندسی آب نموده است.

استانداردهای مهندسی آب با در نظر داشتن موارد زیر تهیه و تدوین شده است:

- استفاده از تخصصها و تجربه‌های کارشناسان و صاحبنظران شاغل در بخش عمومی و خصوصی
- استفاده از منابع و مآخذ معتبر و استانداردهای بین‌المللی
- بهره‌گیری از تجارب دستگاههای اجرایی، سازمانها، نهادها، واحدهای صنعتی، واحدهای مطالعه، طراحی و ساخت
- ایجاد هماهنگی در مراحل تهیه، اجرا، بهره برداری و ارزشیابی طرحها.
- پرهیز از دوباره‌کاریها و اتلاف منابع مالی و غیرمالی کشور
- توجه به اصول و موازین مورد عمل مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و سایر مؤسسات تهیه‌کننده استاندارد

ضمن تشکر از بخش عمران آب مهندسین مشاور ره‌شهر برای بررسی و اظهار نظر در مورد این استاندارد، امید است مجریان و دست‌اندرکاران بخش آب، با بکارگیری استانداردهای یاد شده، برای پیشرفت و خودکفایی این بخش از فعالیتهای کشور تلاش نموده و صاحبنظران و متخصصان نیز با اظهار نظرهای سازنده در تکامل این استانداردها مشارکت کنند.

دفترامور فنی و تدوین معیارها

تابستان ۱۳۷۶

ترکیب اعضای کمیته

استاندارد حاضر با مشارکت اعضای کمیته فنی شماره ۳ (آبیاری و زهکشی) تهیه و تدوین شده که اسامی ایشان به شرح زیر است :

آقای جواد پورصدرالله	**مهندسین مشاور ایران زمیک**	**فوق لیسانس آبیاری و آبادانی**
آقای محمدعلی دهباری	**سازمان برنامه و بودجه**	**فوق لیسانس آبیاری و آبادانی**
آقای محمد کاظم سیاهی	**مهندسین مشاور پندام**	**فوق لیسانس مهندسی سیویل (منابع آب)**
آقای محمدحسن‌عبدالله شمشیرساز	**مهندسین مشاور پژوهاب**	**فوق لیسانس آبیاری و آبادانی**
آقای منصور طهماسبی	**وزارت نیرو**	**لیسانس راه و ساختمان**
آقای احمد قزل اياغ	**مهندسین مشاور آبفن**	**فوق لیسانس راه و ساختمان**
آقای محمد جواد مولائی	**وزارت نیرو**	**لیسانس آبیاری و آبادانی**

فهرست مطالب

	عنـوان	صفحه
-	مقدمه	۱
۱-	معیارهای هیدرولیکی طراحی کانالها	۲
۱-۱	مقاطع کانالهای آبیاری	۲
۱-۲	روابط هیدرولیکی محاسبه مقاطع کانالهای آبیاری	۷
۱-۳	حداقل و حداکثر سرعت جریان در کانالهای پوشش شده	۱۴
۱-۴	ارتفاع آزاد	۱۸
۱-۵	سکو	۲۱
۱-۶	شیب خارجی خاکریز جانبی	۲۳
۱-۷	عرض فوقانی خاکریز	۲۳
۱-۸	قوس مسیر کانالها و شعاع مجاز آن	۲۴
۲-	معیارهای هیدرولیکی طراحی زهکشها	۲۷
۲-۱	ظرفیت طراحی زهکشهای روباز	۲۷
۲-۲	فرمول محاسبه مقاطع زهکشهای روباز	۲۹
۲-۳	مقاطع زهکشهای روباز	۳۰
۲-۴	شیب کف زهکش	۳۸
۲-۵	شیب خط هیدرولیکی	۳۸
۲-۶	حداقل و حداکثر سرعت در زهکشها	۳۹
۲-۷	تنش ناشی از نیروهای فرساینده	۴۶
۲-۸	کنترل (وارسی) پایداری کانالها و زهکشها با مصالح چسبنده	۵۶
۲-۹	ارتفاع آزاد در زهکشهای روباز	۵۷
۲-۱۰	سکو و خاکریز کناره	۵۸
۲-۱۱	افت انرژی در مسیر	۶۰
-	روش نیوتون برای محاسبه عمق آب در کانالهای مستطیلی و ذوزنقه‌ای‌شکل	۶۱
-	پیوست الف	
-	پیوست ب (مثالها)	۱۳۳

مقدمه

با توجه به اینکه هدف احداث شبکه های آبیاری مدرن ، ایجاد تاسیساتی است که درآنها اصول و ضوابط فـنی و اقتصادی رعایت شود و در نتیجه حداقل تلفات و حداکثر بهره برداری را به همراه داشته باشد و در عین حال میزان سرمایه گذاری و طول زمان اجرا را نیز به‌حداقل ممکن کاهش دهد ، لذا کمیته فنی شماره ۳ (آبیاری و زهکشی) به منظور تحقق اهداف فوق و به‌دلیل هماهنگ کردن ضوابط طراحی ، اقدام به تهیه این نشریه نموده است کـه در دو قسمت زیر :

۱- ضوابط هیدرولیکی کانالها

۲- ضوابط هیدرولیکی زهکشها

تنظیم و ارائه شده است .

ضمناً به‌دلیل اینکه قبل از انتشار نهایی این نشریه ، ضوابط و مـعیارهای فـنی شـبکه هـای آبـیاری و زهکشـی (هیدرولیک کانالها) - نشریه شماره ۱۰۴ دفتر تحقیقات و معیارهای فنی سازمان برنامه و بودجه منتشر شده، لذا با ایجاد هماهنگیهای به‌عمل آمده در تجدید نظر نهایی و برای تدوین نشریه‌ای واحد،مطالب نشریه یاد شده در نشریه حاضر تلفیق گردیده است .

۱- معیارهای هیدرولیکی طراحی کانالها

۱-۱ مقاطع کانالهای آبیاری

انواع متداول شکل مقاطع برای کانالهای آبیاری به شرح زیر است :

- مقطع ذوزنقه ای که متداولترین نوع مقطع است، عمدتا" برای کانالهای درجه ۱ و ۲ به‌کار می رود .
- مقطع مستطیل درموارد خاص (نظیر : ناو زمینی و ناو پایه دار) برای کانالهای درجه ۱ و ۲ به‌کاربرده می شود .
- مقطع نیمدایره معمولا" برای کانالهای درجه ۲ و ۳ به‌کاربرده می شود .
- مقطع نیم بیضی معمولا" برای کانالهای درجه ۲ و ۳ به‌کاربرده می شود .
- مقطع مثلثی تنها در شرایط خاص و برای کانالهای درجه ۳ و ۴ می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد .
- مقطع دایره (لوله) که برحسب شرایط فنی و اقتصادی می تواند برای کانالهای اصلی و فرعی به‌کاربرده شود .

۱-۱-۱ مقاطع ذوزنقه‌ای

مشخصات مقاطع دوزنقه‌ای برای کانالهای بتنی به شرح زیر (جدول ۱-۱) است :

جدول شماره ۱-۱ مشخصات مقاطع کانالهای ذوزنقه‌ای با پوشش بتنی

نوع پوشش	شیب جانبی مقطع	عرض کف (متر)	نسبت ارتفاع پوشش بتنی به‌عرض کف
بتنی	۱:۱	۰/۳۰	۱/۷ تا ۱/۳
		۰/۴۵	۱/۳ تا ۱
		۰/۶۰	۰/۷۵ تا ۱
	۱:$1\frac{1}{2}$	۰/۶۰ ، ۰/۸۰ ،۱ و ۱/۲	۱/۲ تا ۰/۶
		۱/۵ ،۱/۸ ، ۲ ،۲/۵ و۳	۰/۹ تا ۰/۵
		۳/۵ ، ۴ ، ۴/۵ و ۵	۰/۷ تا ۰/۴
		۶ ،۷،۸،۹ و ۱۰	۰/۵ تا ۰/۳۵
	۲:۱	۱ ، ۱/۵،۱/۲ ، و۱/۸	۱ تا ۰/۶
		۲، ۲/۵،۳و۳/۵	۰/۸ تا ۰/۵
		۴ ،۴/۵، ۵ و ۶	۰/۶ تا ۰/۴
		۷ ، ۸ ، ۹ و ۱۰	۰/۵ تا ۰/۳۰
خاکی	۱:$1\frac{1}{2}$	۰/۶ ، ۰/۸ و۱	–
		۱/۵ ، ۲ ، ۲/۵ ، ۳ و۳/۵	
		۴، ۴/۵ ، ۵ ،۶ ،۷ ،۸ ، ۹ و۱۰	
	۲:۱	۰/۸ ، ۱ ، ۱/۵	–
		۲ ، ۲/۵، ۳ ،۳/۵ و ۴	
		۵ ، ۶ ، ۷ ، ۸ ، ۹و ۱۰	

- لازم به یادآوری است که پوشش کانالهای آبیاری به انواع مندرج در جدول ۱-۱ محدود نمی شود، بلکه پوششهای دیگری نیزبا توجه به وجود مصالح محلی ، توجیه فنی و اقتصادی ، سهولت اجرا و بهره برداری به‌کاربرده می‌شود .

- ارتفاع پوشش خاکی با توجه به نمودار شماره ۱-۱ (صفحه ۱۸)تعیین می گردد .
- نسبتهای داده شده در جدول ۱-۱ با توجه به موارد زیر تعیین شده است :
- عمق آب به عرض کف d/b برای کانالهای با عرض کف ۰/۳ تا ۰/۶ معادل ۰/۵ تا ۱/۲ و برای کانالهای با عرض کف بزرگتر متناسب باظرفیت از ۰/۳ تا ۱ انتخاب شده است .
- مقادیر ارتفاع آزاد پوشش بتنی متناسب با ظرفیت کانال طبق بند ۱-۴ این استاندارد
- حداکثر ارتفاع پوشش بتنی معمولاً" به‌لحاظ سازه‌ای به ۴/۵ متر محدود می‌شود، مگر برای شرایط خاصی که طراح، ارتفاع بیشتری را طرح و توصیه نماید .
- حداقل ارتفاع پوشش بتنی ۰/۴ متر توصیه می گردد .
- تغییر ارتفاع پوشش بتنی کانالها برای سهولت اجراء معمولاً" با فواصل ۰/۰۵ متر طراحی می شود (۰/۶۰ - ۰/۶۵ ، ۰/۷۰)
- ارقام داده شده فوق برای طراحی در اغلب شرایط صادق است ، در حالات خاص طراح می تواند بنا به دلایل توجیهی اقتصادی - فنی حدود فوق را تاحد معقول و متناسبی تغییر دهد .

۱-۱-۲ مقاطع مستطیل

مقادیر عرض کف و نسبت ارتفاع مقطع به عرض کف درکانالهای آبیاری با مقطع مستطیل به‌شرح زیر توصیه می شود: برای کانالهای کوچک با عرض کف ۰/۳ ، ۰/۴۵ و ۰/۶۰ متر و نسبت ارتفاع کانال به عرض کف از ۰/۵ تا ۱ و برای کانالهای بزرگتر براساس شرایط طرح از سوی طراح انتخاب می گردد .

۱-۱-۳ مقاطع نیمدایره

برای کانالهای آبیاری که عموماً" با قطر ۰/۶۰، ۰/۸۰، ۱، ۱/۲، ۱/۵، ۱/۷ متر و برای دبیهای حدود ۶۰ تا ۱۵۰۰ لیتربرثانیه به صورت پیش ساخته اجرامی‌گردد، نسبت عمق آب به عمق‌نیم‌لوله به صورت زیر:

$$\frac{\frac{D}{۲} - \frac{D}{۱۵}}{\frac{D}{۲}} = ۰/۸۷$$

درنظر گرفته می شود که در آن D قطر لوله و $F_b = \frac{D}{15}$ معرف ارتفاع آزاد مقطع و حداقل ۰/۰۵ متر و $(\frac{D}{2} - \frac{D}{15})$ معرف عمق آب در نیم لوله است.

جداول تفصیلی پارامترهای جریان‌در مقاطع نیمدایره در نشریه شماره ۵۴ - ن طرح استانداردهای مهندسی آب کشور ارائه شده است .

۱-۱-۴ مقاطع نیم بیضی

مقاطع نیم بیضی برای کانالهای آبیاری در تیپهای مختلف T۷۰ تا T۱۳۰۰ برای دبیهای ۷۰ تا ۱۸۰۰ لیتر بر ثانیه به‌صورت پیش ساخته طرح می شود .

جدول شماره ۱-۳ ابعاد مقاطع نیم بیضی را که در آن اندیس تیپها (۷۰ تا ۱۳۰۰) معرف سطح مقطع نیم بیضی است، نشان می دهد .

نسبت عمق آب به عمق کانال (D) در این نوع کانالها معادل ۰/۹۰ $= \frac{d}{D} = \frac{D-D/10}{D}$ است که $\frac{D}{10}$ ارتفاع آزاد مقطع و حداقل ۵٪ متر است. جداول تفصیلی پارامترهای جریان در مقاطع نیم بیضی در نشریه شماره ۵۴ - ن طرح استانداردهای مهندسی آب کشور ارائه شده است .

۱-۱-۵ مقاطع مثلثی

مقاطع مثلثی می تواند دارای شیب جانبی ۱:$1\frac{1}{2}$، ۱:۲ و ۱:۳ (۳ در افق ۱ در قائم است) برحسب نوع پوشش و یا خاکی بودن کانال است و معمولا" این نوع مقطع برای نهرچه های آبیاری به‌کارگرفته می شود .

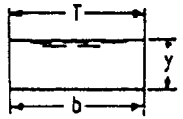
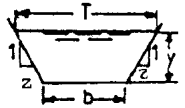
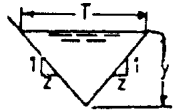
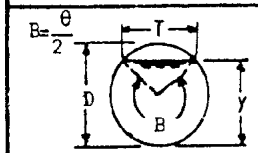
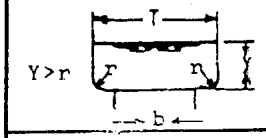
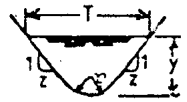
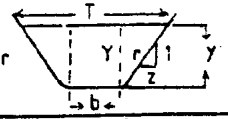
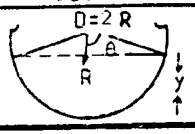
۱-۱-۶ مقاطع دایره

مقاطع دایره (مجاری لوله ای)برای کانالهای آبیاری درجه ۱ و ۲ معمولا" شامل: قطرهای ۰/۶۰ ، ۰/۸۰ ، ۱ و ۱/۲۵ متر است که لوله‌های به قطر ۰/۳۰ و ۰/۴۰ متر برای کانالهای مزرعه و لوله های به قطر ۱/۴ ، ۱/۵ ، ۱/۷ و ۲ متر و بیشتر در حالات خاص برای کانالهای درجه ۱ و ۲ به‌کار می‌رود.

جدول ۱-۲ مشخصات کلی پارامترهای هیدرولیکی مقاطع کانالهای آبیاری را ارائه می‌دهد.

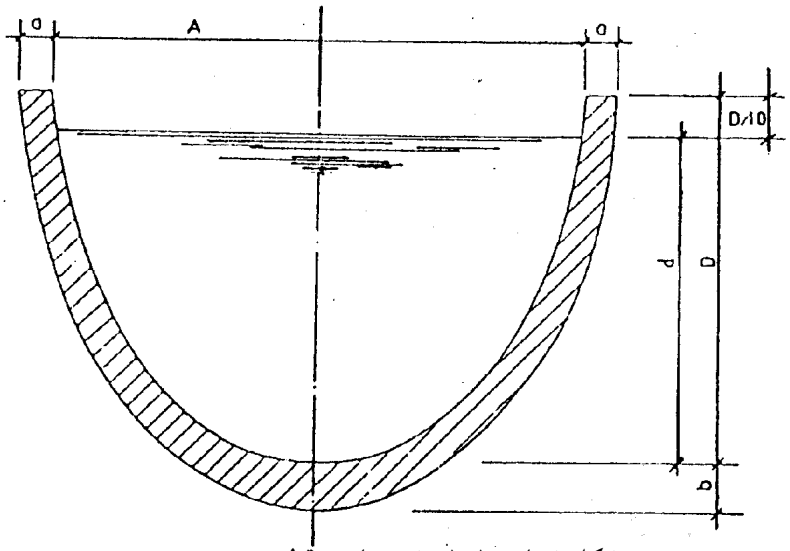
$\theta = \text{Arc Sin}(R-y)/R$

جدول شماره ۱-۲ مشخصات پارامترهای هیدرولیکی مقاطع کانالهای آبیاری

مقطع	سطح تر شده = A	محیط تر شده = P	شعاع هیدرولیکی = R	عرض فوقانی آب در مقطع = T	عمق هیدرولیکی $D = \frac{A}{T}$ مقطع
	bY	$b+2Y$	$\frac{bY}{b+2Y}$	b	Y
	$(b+zY)Y$	$b+2Y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{(b+zY)Y}{b+2Y\sqrt{1+z^2}}$	$b+2zY$	$\frac{(b+zY)Y}{b+2z\,Y}$
	$z\,Y^2$	$2Y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{z\,Y}{2\sqrt{1+z^2}}$	$2\,Z\,Y$	$\frac{1}{2}Y$
	$\frac{D^2}{4}(\beta-\sin\beta\,\cos B)$	$D\beta$	$\frac{D(\beta-\sin\beta\,\cos B)}{4\beta}$	$D\sin\beta$	$\frac{D(\beta-\sin\beta\,\cos B)}{4\sin\beta}$
	$(\frac{\pi}{2}-2)r^2+(b+2r)Y$	$(\pi-2)r+b+2Y$	$\frac{(\frac{\pi}{2}-2)r^2+(b+2r)Y}{(\pi-2)r+b+2Y}$	$b+2r$	$\frac{(\frac{\pi}{2}-2)r^2}{b+2r}+Y$
	$\frac{T^2}{4z}-\frac{r^2}{z}(1-z\cot^{-1}z)$	$\frac{T}{z}\sqrt{1+z^2}-\frac{2r}{z}(1-z\cot^{-1}z)$	$\frac{A}{P}$	$2\left[z(Y-r)+r\sqrt{1+z^2}\right]$	$\frac{A}{T}$
	$bY+2Y^2\,\text{Ton}^{-1}\frac{1}{z+\sqrt{1+z^2}}+zY^2$	$b+4Y\,\text{Ton}^{-1}\frac{1}{z+\sqrt{1+z^2}}+2zY$	$\frac{A}{P}$	$b+\frac{2Y}{z+\sqrt{1+z^2}}+2zY$	$\frac{A}{T}$
	$\frac{\theta R^2}{2}-R(R-y)\sin\frac{\theta}{2}$	$R\,\theta$	$\frac{R}{2}-\frac{R-y}{\theta}\sin\frac{\theta}{2}$	$2R\sin\frac{\theta}{2}$	$\frac{A}{T}$

جدول شماره ۱-۳: ابعاد تیپهای مختلف کانالهای آبیاری با مقطع نیم بیضی

تیپ کانال	ابعاد به سانتی‌متر				
	A	a	D	b	d
۷۰	۲۷/۷	۴/۰	۳۳/۴	۴/۵	۲۶/۴
۸۰	۲۹/۶	۴/۰	۳۵/۷	۴/۵	۲۸/۷
۱۰۰	۳۲/۹	۴/۰	۳۹/۹	۴/۰	۳۲/۹
۱۲۰	۳۶/۰	۴/۰	۴۳/۷	۴/۰	۳۶/۷
۱۳۵	۳۸/۱	۴/۰	۴۶/۴	۴/۰	۳۹/۴
۱۵۰	۴۰/۰	۴/۰	۴۸/۹	۴/۰	۴۱/۹
۱۸۰	۴۵/۴	۴/۰	۵۱/۶	۴/۰	۴۴/۶
۲۰۰	۴۹/۴	۴/۰	۵۲/۶	۴/۰	۴۵/۶
۲۳۰	۵۳/۵	۴/۰	۵۵/۸	۴/۰	۴۸/۸
۲۵۰	۵۸/۰	۴/۰	۵۵/۹	۴/۵	۴۸/۹
۲۸۰	۶۳/۰	۴/۰	۵۷/۵	۴/۵	۵۰/۵
۳۱۵	۶۹/۰	۴/۰	۵۹/۳	۴/۵	۵۲/۳
۳۵۰	۷۴/۶	۴/۵	۶۰/۹	۵/۰	۵۳/۹
۴۰۰	۸۲/۸	۴/۵	۶۲/۶	۵	۵۵/۶
۴۵۰	۹۲/۲	۴/۵	۶۳/۱	۵/۵	۵۶/۱
۵۲۰	۱۰۵/۶	۴/۵	۶۳/۵	۶/۰	۵۶/۵
۶۰۰	۱۱۸/۷	۵/۰	۶۵/۲	۶/۵	۵۸/۲
۷۰۰	۱۳۵/۶	۵/۰	۶۹/۸	۸/۵	۶۲/۸
۸۰۰	۱۴۴/۷	۵/۰	۷۴/۴	۸/۵	۶۷/۴
۹۰۰	۱۵۳/۴	۵/۰	۷۸/۷	۹/۰	۷۱/۷
۱۰۰۰	۱۶۱/۶	۵/۰	۸۲/۸	۱۰/۰	۷۵/۸



شکل شماره ۱-۱ مشخصات مقطع نیم بیضی

انتخاب تیپ مقاطع کانالهای پیش ساخته نیم بیضی بایدبراساس تولیدات کارخانه موجود درمنطقه طرح (یا پیشنهادی) باشد . در هر صورت انتخاب مقاطع باید متناسب با دبی کانالها و رعایت شرایط فنی و اقتصادی شامل حداقل تنوع تیپ ممکن گردد .

۱-۲ روابط هیدرولیکی محاسبه مقاطع کانالهای آبیاری

۱-۲-۱ فرمولهای هیدرولیکی

برای تعیین مشخصات هیدرولیکی مقطع کانالهای آبیاری در رابطه با دبی جریان عبوری و همچنین تعیین میزان افت انرژی در کانالها ، روابط تجربی متعددی متداول است و در کشورهای مختلف بر حسب تجربیات فنی و عرف متداول معمولاً" یکی ا ز فرمولهای مهم شناخته شده را مورد استفاده قرار می دهند . مهمترین فرمولهای مورد استفاده عبارتند از :

- فرمول مانینگ
- فرمول بازن
- فرمول گانگیه – کاتر

فرمولهای فوق که براساس رابطه شزی $V= C \sqrt{R_h.S} = CR_h^{1/2}.S^{1/2}$ استوار است، تنها درنحوه تعیین ضریب C که به نام ضریب شزی موسوم است با همدیگر تفاوت دارند .

پارامترهای تشکیل دهنده فرمول شزی عبارتند از :

V = سرعت متوسط جریان آب در کانال بر حسب متر بر ثانیه

R_h = شعاع آبی (شعاع هیدرولیکی) معادل $\frac{A}{p}$ که در آن A سطح مقطع جریان به متر مربع و p محیط تر شده جریان به متر است .

S = شیب خط انرژی (یا شیب کف در حالت جریان آزاد و یکنواخت)

C= ضریب شزی است .

با توجه به قدمت کاربرد فرمول مانینگ در طرحهای آبیاری مملکت ، سهولت کاربرد محاسباتی و دقت قابل قبولی که این فرمول به‌دست می‌دهد، دراین استاندارد فرمول پیشنهادی برای محاسبات هیدرولیکی جریان درکانالهای پوشش شده و بدون پوشش ، فرمول مانینگ در سیستم متریک در نظر گرفته شده است .

چنانچه به دلایل خاصی از سایر فرمولهای مذکور در فوق استفاده گردد، باید نتایج حاصله برای هماهنگی با سایر طرحهای انجام شده در سطح کشور در قالب فرمول مانینگ نیز ارائه شود .

ضریب C در فرمول مانینگ در سیستم متریک برابربا $C= \frac{R^{1/6}}{n}$ است و بنابر این فرمول مانینگ در سیستم متریک به صورت $V= \frac{1}{n} . R_h^{2/3} . S^{1/2}$ است و با توجه به اینکه رابطه کلی محاسبه دبی جریان $Q = A.V$ است، فرمول

مانینگ را می توان به صورت :

$$Q = \frac{1}{n}.A.R^{۲/۳} . S^{۱/۲} \qquad «۱»$$

نوشت .

چنانچه نسبت عمق آب (d) به عرض کف کانال (b) را معادل $\lambda = \frac{d}{b}$ فرض کنیم برای مقاطع ذوزنقه‌ای با شیب بدنه 1:m (m در افق و 1 در قائم) رابطه بالا به صورت :

$$Q = \frac{۱}{n}\left[\lambda^{۸/۳}.\frac{\left(\frac{۱}{\lambda}+m\right)^{۵/۳}}{\left(\frac{۱}{\lambda}+۲\sqrt{۱+m^{۲}}\right)^{۲/۳}}[\ ]\right].b^{۸/۳}.s^{۱/۲} \qquad «۲»$$

در می آید که اگر مقدار داخل کروشه رامعادل K'_Q فرض کنیم، حل ساده فرمول دبی جریان یا رابطه «۱» به صورت زیر خلاصه می شود .

$$Q = \frac{1}{n} . K'_Q . b^{۸/۳} . S^{۱/۲} \qquad «۳»$$

ویا:

$$K'_Q = \frac{Q.n}{b^{۸/۳} . S^{۱/۲}} \qquad «۴»$$

جداول تکمیلی و نمودارهای پیوست " ب " به منظور کمک برای حل هیدرولیکی مقاطع ذوزنقه‌ای ارائه شده است .

۱-۲-۲ ضریب زبری جدار

زبری جدار و کف در تعیین ضریب زبری (n) که در حقیقت مبین مقاومت کانال درمقابل عبور جریان است، بیشترین اهمیت را دارد. کانالهایی که جنس مصالح بدنه آن ریزدانه و یا سطح خارجی بدنه و کف آن صاف است، دارای ضریب (n) پایین بوده و در مواردی که در سطح خارجی بدنه و کف، مصالح درشت دانه نظیر: شن و قلوه سنگ و یا مصالح ناصاف دیگری وجود دارد، میزان n بزرگتر می شود . در کانالها و مجاری طبیعی با تغییر عمق، میزان n تغییر می کند و این تغییر در آبراهه های طبیعی بیشتر است، زیرا معمولا"قطعات بزرگ قلوه سنگ در قسمتهای پایین چنین انهاری قرار دارد و نتیجتا" در این قسمتها مقدار n بزرگتر از قسمتهای بالای مقطع است،

به‌طورکلی عواملی که بیشترین تاثیر را روی ضریب زبری دارند، عبارتند از :

- **زبری سطح**
- **رشد گیاه**
- **ناهنجاری مقطع**
- **پیچ وخم مسیر**
- **رسوبگذاری و فرسایش**
- **موانع مسیر**
- **ابعاد و شکل مقطع**
- **عمق ، دبی جریان و شعاع هیدرولیکی مقطع جریان**
- **تغییرات فصلی دبی جریان**
- **میزان مواد معلق و باربستر**

آزمایشهای متعددی که برای تعیین ضریب n در کانالها ومجاری بسته انجام شده است، نشان می دهد که بعضی تغییرات در مشخصات مقطع جریان‌که در ظاهر ممکن است‌کم اهمیت به‌نظر برسد ، اغلب تغییرات محسوسی را در میزان ضریب زبری کانال بدنبال دارد، بنابراین درشرایطی‌که پیش بینی می شود نگهداری کانالها در آینده پایین تر از حد استاندارد باشد، لازم است ضریب اطمینانی برای انتخاب ضریب زبری در نظر گرفت .
این مهم با انتخاب n بیشتر از مقدار متعارف آن و یا افزایش دبی طراحی کانال انجام پذیر است .

۱-۲-۲-۱ ضریب زبری کانالهای دارای پوشش

ضریب زبری جدار (n) در فرمول مانینگ برای کانالهای دارای پوشش در سه گروه اصلی زیر :

- **پوشش سخت** [۱]
- **پوشش غشایی مدفون** [۲]
- **پوشش خاکی** [۳]

ارائه می‌گردد .

1- Hard Surface Lining

2- Buried membrane Lining

3-Earth Lining

نوع پوشش	ضریب زبری (n) [1]
پوشش بتنی سیمانی با وسایل ماشینی (برای R_h< ۱ متر)	۰/۰۱۴
پوشش با بتن فشاری با سطح صاف	۰/۰۱۶
پوشش با بتن فشاری با صافی متوسط	۰/۰۱۷
پوشش با بتن آسفالتی (ریخته شده باماشین)	۰/۰۱۴
پوشش آسفالتی پیش ساخته	۰/۰۱۵
پوشش پلاستیکی [2]	۰/۰۱۵
پوشش آجری صاف ، با ملات سیمان و بندکشی	۰/۰۱۵
پوشش بنایی با سنگ لاشه و بندکشی	۰/۰۲۵
پوشش بنایی با سنگ تمام تراش ، صاف و بندکشی	۰/۰۱۵
پوشش بنایی با سنگ در جدار ، بتنی تخته ماله ای درکف	۰/۰۱۷
پوشش با خاک و سیمان [3]	۰/۰۲۶
پوشش‌غشایی‌مدفون وپوشش‌خاکی کوبیده‌شده(کانال‌بادبی کمتر از۳مترمکعب‌برثانیه)	۰/۰۲۵
پوشش غشائی مدفون و پوشش خاک کوبیده شده (کانال با دبی بیش از۳مترمکعب برثانیه)	۰/۰۲۰ تا ۰/۰۲۲۵
کانال نیم لوله بتنی پیش ساخته به روش سانتریفوژ	۰/۰۱۴ تا ۰/۰۱۵
کانال نیم بیضی پیش ساخته به روش میز ویبره	۰/۰۱۳ تا ۰/۰۱۴
لوله های بتنی	۰/۰۱۳ تا ۰/۰۱۴
تنبوشه سفالی معمولی	۰/۰۱۴تا ۰/۰۱۶
سطح سیمانی لیسه ای	۰/۰۱۳
سطح اندود شده با ملات سیمان	۰/۰۱۴ تا ۰/۰۱۵
کانال خاکی بدون پوشش	۰/۰۳ تا ۰/۰۴

لازم به توضیح است که ضریب زبری (n) پوششهای بتنی با بزرگ شدن شعاع هیدرولیکی افزایش می یابد . ضرایب پیشنهادی برای پوششهای بتنی با ماشین به شرح زیر است :

۱-ارقام داده شده برای ضریب زبری مانینگ در این قسمت به منظور استفاده در طراحی کانالهاست. بدیهی است اعداد ضریب زبری متناظر با حداقل و حداکثر سرعت باید با توجه به توصیه های مبحث سرعت تعیین گردد .

2- Plastic Lining Exposed

3- Soil Cement

ضریب مانینگ (n)	شعاع‌هیدرولیکی (Rh)متر
۰/۰۱۴	۱
۰/۰۱۵	۲
۰/۰۱۵۳	۳
۰/۰۱۵۶	۴
۰/۰۱۵۹	۵
۰/۰۱۶۲	۶

برای کانالهای با پوشش بتنی که با وسایل دستی اجرا می شود، باید به ارقام مربوط به ضریب (n) به‌شرح فوق ۰/۰۰۱اضافه نمود .

- همان‌طوری‌که در مبحث مربوط به افت انرژی در مسیر کانالها بیان خواهد شد، ضریب مانینگ بسته به میزان زاویه پیچ و خمها و تعداد آنها درمسیر کانال حدود ۵ تا ۱۰ درصد افزایش می‌یابد .
- در کانالهای با پوشش بتنی که تحت تاثیر رشد جلبکها و گیاهان آبزی قرار دارند و کاربرد موادشیمیایی برای از بین بردن آنها به‌لحاظ فنی و اقتصادی در شرایط بهره برداری قابل توجیه نباشد، ممکن است ضریب زبری طراحی را متناسباً تا حدود ۲۰ درصد افزایش داد، ولی هیچ‌گاه این ضریب را برای طراحی نباید از ۰/۰۱۸ بیشتر گرفت .

جدول شماره ۱-۴ ارقام قابل توصیه مربوط به ضریب مانینگ در کانالهای خاکی بدون پوشش را که کاربرد آن عمدتاً در انهار زهکشی است، ارائه می دهد:

جدول شماره ۱-۴

ضریب مانینگ (n)	شعاع هیدرولیکی به متر
۰/۰۴۰-۰/۰۴۵۰	کمتر از ۲/۵
۰/۰۳۵-۰/۰۴۰	۲/۵ تا ۴
۰/۰۳۰-۰/۰۳۵	۴ تا ۵
۰/۰۲۵-۰/۰۳۰	بیشتر از ۵

این مقادیر با این فرض می تواند در طراحی مورد استفاده قرار گیرد که اطمینان کافی از نگهداری مناسب و جلوگیری از رشد زیاد علف در داخل کانال وجود داشته باشد . اگر این اطمینان نباشد و رشد علف محدود نشود، مقدار (n) در

دوره بهره برداری ممکن است تا حدود ۰/۱۰ و حتی بیشتر نیز افزایش یابد . بنابر این نگهداری و لایروبی مقطع کانال خاکی در دوره های تناوب مناسب برای بهبود شرایط هیدرولیکی جریان از اهمیت فوق العاده ای برخوردار است.

برای انتخاب ضرایب زبری (n) در حالتهای خاص پوشش و مجاری طبیعی به غیر از موارد فوق الذکر به کتابهای مرجع نظیر هیدرولیک مجاری روباز [1] مراجعه شود .

۱-۲-۳ افت انرژی در مسیر کانالها

الف - افت اصطکاکی

افت انرژی در مسیر کانالهای با جریان یکنواخت شامل: دو قسمت افت اصطکاکی وافت موضعی است.
افت اصطکاکی برابر با افت سطح آب در طول قسمت معینی از کانال است که به علت زبری جدار ، تغییرات مقطع ، موانع مسیر، رویش گیاه ، فرسایش کف و بدنه کانال به‌وجود می‌آید و میزان آن برابر با حاصلضرب طول کانال درشیب کف آن است. شیب طولی کف کانال که برای جبران افت ا صطکاکی ضروری بوده و برمبنای فرمول مانینگ از روابط زیر قابل محاسبه است :

$$S = \frac{Q^2.n^2}{A^2.R_h^{4/3}} = \left(\frac{Q.n}{A.R_h^{2/3}}\right)^2 = \left(\frac{n.V}{R_h^{2/3}}\right)^2$$

به‌طوری‌که ملاحظه می‌شود، شیب طولی کف کانال به منظور جبران افت اصطکاکی برای انتقال دبی معینی از یک مقطع مشخص کانال به نسبت توان دوم ضریب زبری (n) افزایش یا کاهش می‌یابد. در قسمتهایی از مسیر کانالها که جریان در آن به علت شرایط هیدرولیکی به‌صورت غیریکنواخت درمی‌آید ، نظیر: احداث سرریز و تغییر شیب کف، افت انرژی از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$S = \left[\frac{n.\overline{V}}{(\overline{R_h})^{2/3}}\right]^2$$

که در آن $\overline{V}$ و $\overline{R_h}$ به ترتیب سرعت متوسط و شعاع هیدرولیکی متوسط دو مقطع متوالی با فاصله محدود در طول مسیر است.

1- VAN,TE. Chow , Open Channel Hydraulics.

ب – افت موضعی

در محلهایی از مسیر کانال که سرعت آب تحت تاثیر عواملی تغییر پیدا می کند، افت موضعی انرژی و سطح آب وجود خواهد داشت، این عوامل عبارتند از :

ب – ۱ ایجاد تبدیل درمحلهای تغییر مقطع کانال

در صورتی که به علت تغییر شیب کف کانال یا دلائل دیگری نیاز به تغییر مقطع کانال باشد، لازم است برای کاهش افت موضعی و ایجاد شرایط مناسب هیدرولیکی، اتصال دو مقطع با ایجاد یک ساختمان تبدیل همراه باشد .
طرح ساختمان تبدیل دارای ضوابط هیدرولیکی خاصی است که در مبحث ضوابط هیدرولیکی ابنیه فنی ارائه خواهد شد . در اینجا به رابطه کلی تعیین افت موضعی در محل تبدیلها بسته به اینکه مقطع جمع یا بازشود، اشاره می‌شود:

درحالت تنگ شدن مقطع (تبدیل ورودی) $H_L = (1 + C_i)\,\Delta h_v$

در حالت باز شدن مقطع (تبدیل خروجی) $H_L = (1+C_o)\,\Delta h_v$

در این رابطه Δh_v **اختلاف ارتفاع نظیر: سرعت در ابتدا وانتهای تبدیل ،** H_L **افت سطح آب در ابتدا و انتهای تبدیل و** C_o **و** C_i **ضرایب افت ورودی و خروجی‌اند.**

ب – ۲ پیچ وخمهای مسیر کانال

افت در پیچ و خمهای مسیر کانالها به علت کوچک بودن مقدار آن در هر پیچ قابل ملاحظه نیست ، برای در نظر گرفتن تاثیر آن در افت کلی مسیر ، درکانالهای خاکی و بتنی ضریب زبری منظور شده برای محاسبات هیدرولیکی مقطع را (در صورتی‌که تعداد پیچ وخمها زیاد باشد) در ضریبی به‌شرح زیر ضرب می‌نمایند که به آن ضریب پیچ خوردگی گفته می شود:

ضریب پیچ خوردگی برای کانالهای بتنی	ضریب پیچ خوردگی برای کانالهای خاکی	تعداد پیچ و خمها
۱/۰۰	۱/۰۰	کم
۱/۰۵	۱/۱۵	محسوس
۱/۱۰	۱/۳۰	شدید

۱-۳ حداقل و حداکثر سرعت جریان در کانالهای پوشش شده

۱-۳-۱ حداقل سرعت غیررسوبگذار [1]

به‌منظور جلوگیری از رسوب مواد معلق جریان در کانالهای آبیاری پوشش شده، لازم است سرعت جریان در کانال به میزانی باشد که از حداقل سرعت غیررسوبگذار بیشتر باشد. به طورکلی حداقل سرعت جریان در کانالهای پوشش شده بایدبراساس ضوابط زیر تعیین و انتخاب گردد:

۱-۳-۱-۱ قدرت حمل مواد معلق رسوبی [2]

جریان کانال در شرایط عبور حداقل دبی بایدبه میزانی باشد که امکان حمل مواد معلق جریان وجود داشته باشد . قدرت حمل مواد رسوبی کانال را می‌توان از روابط تجربی مختلف از جمله روابط تجربی زیر که توسط آقای‌زامارین [3] پیشنهاد گردیده است ، به‌دست آورد :

$m = ۷۰۰ \left(\frac{V}{W}\right)^{۲/۳} R_h S$ ۲ mm/sec $< W <$ ۸ mm /sec

$m = ۳۵۰ \; V \; R_h \; S/w$ ۰/۴ $< W <$ ۲ mm/sec

که در آن :

m = قدرت حمل مواد معلق رسوبی -کیلوگرم برمتر مکعب

V = سرعت جریان حداقل درکانال - متر برثانیه

W = سرعت سقوط ذرات با قطر متوسط ($d_{۵۰}$) - میلیمتربر ثانیه

R_h = شعاع هیدرولیکی - متر

S = شیب کف کانال - متر بر متر

در صورتی که مقدار m بیشتر از وزن مواد معلق رسوبی در واحد حجم جریان کانال (Kg/m^3) باشد، در این حالت جریان عبوری غیررسوبگذار است .

1- Minimum Nonsilting Velocity

2- Transport Competency of Flow

3- E.A.Zamarin

۱-۳-۱-۲ حداقل سرعت جریان درکانال برای شرایطی که n به میزان ۰/۰۰۲ بزرگتر از n طراحی باشد، (حداکثر ۰/۰۱۸ برای پوشش بتنی) باید وارسی شود که سرعت حاصله غیررسوبگذار باشد .

۱-۳-۱-۳ در بندهای یاد شده حداقل دبی جریان کانال که برای وارسی و کنترل سرعت حداقل به‌کار می‌رود، معادل کمترین دبی متوسط ماهانه در طول دوره بهره‌برداری و یا حداقل ۳۰٪ دبی کانال (هر کدام بیشتر باشد) در نظر گرفته می شود .

۱-۳-۱-۴ مقدار حداقل سرعت مجاز غیررسوبگذار رامی توان از طریق فرمول تجربی I.Levy یا فرمولهای معتبر دیگر وارسی و کنترل نمود:

$$V = ۰/۰۱ \ \frac{W}{d_{avg}} \ R_h \ (\frac{۰/۰۲۲۵}{n})$$

که در آن :

R_h = شعاع هیدرولیکی – متر

n = ضریب زبری مانینگ

W = سرعت سقوط متناظر با قطر متوسط ذرات مواد معلق جریان – میلیمتر بر ثانیه

d_{avg} =متوسط قطر ذرات مواد معلق رسوبی ($d_{۵۰}$)

V = حداقل سرعت غیررسوبگذار – متر بر ثانیه است .

چون انتخاب سرعت حداقل و تعیین آن پیچیده است و عوامل بسیاری در این امر موثرند که تلفیق آنها و به‌نتیجه رسیدن را مشکل می‌کند و از طرف دیگر در سرعتهای کم، سبزشدن علف ، نی و گیاهان در کانال اجتناب ناپذیر بوده و محل مناسب برای نشو و نمای حشرات مضر آبزی: مانند پشه و غیره فراهم خواهد شد ، بنابراین ، چنانچه شرایط توپوگرافی منطقه و مسائل اقتصادی ، مانع بالارفتن سرعت درکانال باشد ، حداقل سرعت برای تامین شرایط حدی در کانالهای خاکی رقم ۰/۳۰ متر بر ثانیه در مواقع اضطراری توصیه می شود . برای جلوگیری از رویش گیاهان در بدنه کانالهای با پوشش بتنی سرعت حداقل ۰/۶ متر بر ثانیه توصیه می گردد . علاوه بر روشهای تجربی فوق الذکر، در سالهای اخیر مدلهای ریاضی نیز برای بررسی روند انتقال مواد جامد رسوبی در کانالها و نحوه رسوبگذاری در مسیر آنها با توجه به خصوصیات دانه بندی مواد معلق و مشخصات هیدرولیکی کانال تهیه شده، از جمله مدل HEC- ۶ که از سوی مرکز مهندسی و هیدرولوژی امریکا ارائه شده است ، بنابراین برحسب مورد می توان از این مدل و سایر مدلهای مشابه در مطالعات انتقال مواد رسوبی در کانالها استفاده نمود .

۱-۳-۲ حداکثر سرعت جریان

در مورد حداکثر سرعت جریان در کانالهای آبیاری پوشش شده رعایت ضوابط زیر ضروری است :

- حداکثر سرعت جریان درکانالهای پوشش شده بایدبه میزانی باشد که نسبت سرعت طراحی (سرعت نظیر دبی نرمال طراحی کانال) به سرعت بحرانی (Vc)از ۰/۸ بیشتر نباشد ($\frac{V}{Vc} < ۰/۸$) همچنین در شرایطی که مقدار n به میزان ۰/۰۰۳ کمتر از n طراحی فرض شود، نسبت سرعت حداکثر به سرعت بحرانی باید از ۰/۹ کمتر باشد ($\frac{V}{Vc} < ۰/۹$). درهر حال مقدار حداکثر سرعت جریان در کانالهای پوشش شده بتنی نبایداز ۲/۵ متر بر ثانیه تجاوز نماید .

در مورد حداکثر سرعت درکانالهای خاکی به بند ۲-۶ حداقل و حداکثر سرعت در انهار زهکشی مراجعه شود .

۱-۲-۴ جریانهای فوق بحرانی و زیر بحرانی در کانالها

برحسب تعریف ، جریانی که انرژی مخصوص آن در حداقل باشد ، جریان بحرانی نامیده می شود .

در حالت جریان بحرانی در مقطع کانال شرایط زیر حاکم است :

- انرژی مخصوص برای دبی مشخص حداقل است.
- دبی جریان برای انرژی مخصوص مشخص حداکثر است.
- نیروی ویژه برای دبی مشخص حداقل است.
- ارتفاع نمایش دهنده (نظیر) سرعت آب برابر با نصف عمق هیدرولیکی در مقطع کانال است. $\frac{V_c^2}{2g} = \frac{D}{2}$
- عدد فرود [1] برابر با یک است.

عدد فرود یکی از عوامل موثر در تعیین نوع جریان است ،که برابر با نسبت نیروی اینرسی به نیروی جاذبه است . این عدد بدون بعد است و به‌شرح زیر نمایش دهنده شرایط جریان است :

جریان زیر بحرانی $F_r < ۱$

جریان بحرانی $F_r = ۱$

جریان فوق بحرانی $F_r > ۱$

در کانالهای مستطیل شکل : $F_r = \frac{V}{\sqrt{gy}}$

1- Fraude Number

در دیگر کانالهای روباز :

$$F_r = \frac{V}{\sqrt{gD}} = \frac{V}{\sqrt{g\frac{A}{T}}} F_r^{۲} = \frac{V^{۲}}{gD} = \frac{Q^{۲}T}{gA^{۳}} = D = \frac{A}{T}$$

بطورکلی در کانالهای روباز می توان روابط فوق را به صورت زیر بیان کرد :

جریان فوق بحرانی	جریان بحرانی	جریان زیر بحرانی
$\frac{Q^{۲}T}{gA^{۳}} > ۱$	$\frac{Q^{۲}T}{gA^{۳}} = ۱$	$\frac{Q^{۲}T}{gA^{۳}} < ۱$

رابطه Q در شرایط بحرانی به صورت خلاصه به شرح زیر نوشته می‌شود:

$$Q = K'_c b^{۵/۲} \qquad (۳)$$

که در آن :

$$K_c^{'} = \lambda^{۵/۲} g^{۱/۲} \frac{\left(\frac{۱}{\lambda} + m\right)^{۲/۳}}{\left(\frac{۱}{\lambda} + ۲m\right)^{۱/۲}}$$

عمق بحرانی درکانالهای مستطیلی و ذوزنقه‌ای شکل با شیبهای جانبی ۱ : ۱ ، ۱:۱$\frac{۱}{۲}$ و ۱ : ۲ در جداول کمکی پیوست و نمودارهای پیوست "ج" نشریه ارائه شده است .

برای محاسبه عمق بحرانی درکانالهای ذوزنقه‌ای و مستطیلی به روش نیوتن توضیحات کلی در پیوست " الف " این نشریه داده شده و تابع کلی برای محاسبه عمق بحرانی با این روش نیز معرفی شده است . برنامه های کامپیوتری به زبانهای فورترن و بیسیک با ذکر مثال با این روش نیز در پیوست" الف" گنجانده شده است .

به طوری‌که در ضوابط تعیین شیب کف کانالهای آبیاری توضیح داده خواهد شد ، در شبکه های آبیاری سعی می شود از کاربرد جریانهای بحرانی و فوق بحرانی اجتناب شود .در طولهایی از کانالهای آبیاری که فقط به منظور آبرسانی مورد استفاده قرار می گیرد و از آن کانالی منشعب نشده و یا تعداد انشعابات کم و به فواصل زیادند، به منظور کاهش تعداد ساختمانهای آبشار و شوت ، می توان شیب کف کانال را حتی الامکان به شیب طولی زمین نزدیک کرد که در آن صورت باید موارد زیر در طراحی کانال رعایت گردد:

- سرعت آب در کانال به حدی باشد که عدد فرود حاصل شده از آن بین ۲/۵-۱/۷۰ که محدوده جهش آبی ضعیف و حالت صاف و بدون موج سطح آب است، قرار داشته باشد (عدد فرود بین ۱/۷۰-۱ بیشتر از ۲/۵۰ باعث ایجاد جهش آبی موجی ناپایدار و جهش آبی شدید می شود)
- سرعت آب حتی الامکان از سرعت حداکثر در کانالهای با بتن غیرمسلح و دارای درزهای انبساط معمولی (حداکثر ۲/۵ متر بر ثانیه) بیشتر نباشد .
- در صورت بالا رفتن سرعت آب از حدود مجاز برای بتن غیر مسلح ، به پیش بینیهای خاص برای پوشش و درزهای کانال نیاز خواهد بود که باید هزینه های احداث آبشار و کاهش سرعت آب تا حد سرعتهای زیربحرانی ($F_r < ۰/۸$) با راه حل فوق مقایسه و انتخاب نهایی شیب کف کانال و سرعت آب برآن اساس صورت گیرد .

۱-۴ ارتفاع آزاد [1]

با توجه به امکان جمع شدن رسوب ، رویش خزه و سایرگیاهان در کف و جدار کانال ، نیروی گریزازمرکز در قوسها ، احتمال افزایش ضریب زبری [2] به لحاظ شرایط اجرایی یا بهره برداری ، نوسانات ناشی از عمل تنظیم کننده های جریان ، تاثیرات باد و موج ، روانابهای وارده از طریق ساختمان ورودی زهکش به کانال [3] می توانند موجب بالارفتن سطح آب به ترازی بالاتر از سطح پیش بینی شده در طراحی کانال گردند ، بنابراین برای اطمینان لازم است که ارتفاع آزاد در مقطع کانالها منظور گردد .

مقدار ارتفاع آزاد، تابع اندازه کانال و موقعیت آن ، سرعت آب ، انحناهای مسیر ، مشخصات خاک ، موقعیت خط تراوش آب در خاکریز ، موقعیت و مشخصات جاده سرویس ، روش پیش بینی شده بهره برداری و میزان تاثیر هر یک از این عوامل است .

ارتفاع آزاد (F_b) در کانالهای پوشش شده عموما" شامل: ارتفاع آزاد در قسمت پوشش شده (F_{b1}) و ارتفاع آزاد در قسمت پوشش نشده کانال (F_{b2}) و در کانالهای خاکی برابر ارتفاع آزاد (F_b) از لبه بالای کانال تا سطح آب است . ارتفاع آزاد قسمت پوشش نشده مقطع (خاکریز) ممکن است برحسب شرایط فنی و اقتصادی طرح حذف شود. در چنین مواردی عموما" جاده سرویس خارج از بازوی خاکی کانال و یا برحسب ضرورت برروی خاکریز کانال خواهدبود .

1- Free board

2- Roughness Coefficient

3- Drain inlet

برای تعیین ارتفاع آزاد به منظور طراحی مقطع کانال ، از نمودار شماره ۱-۱ استفاده می گردد . برای کانالهای با ظرفیت کمتر از ۰/۵ متر مکعب بر ثانیه، ارتفاع آزاد در قسمت پوشش شده (F_{b1}) به میزان ۰/۱۵ تا ۰/۲۰ متر منظور می شود و ارتفاع آزاد در قسمت پوشش نشده (F_{b2}) در موارد لزوم می تواند بین ۰/۲۰ تا ۰/۲۵ مترانتخاب گردد .

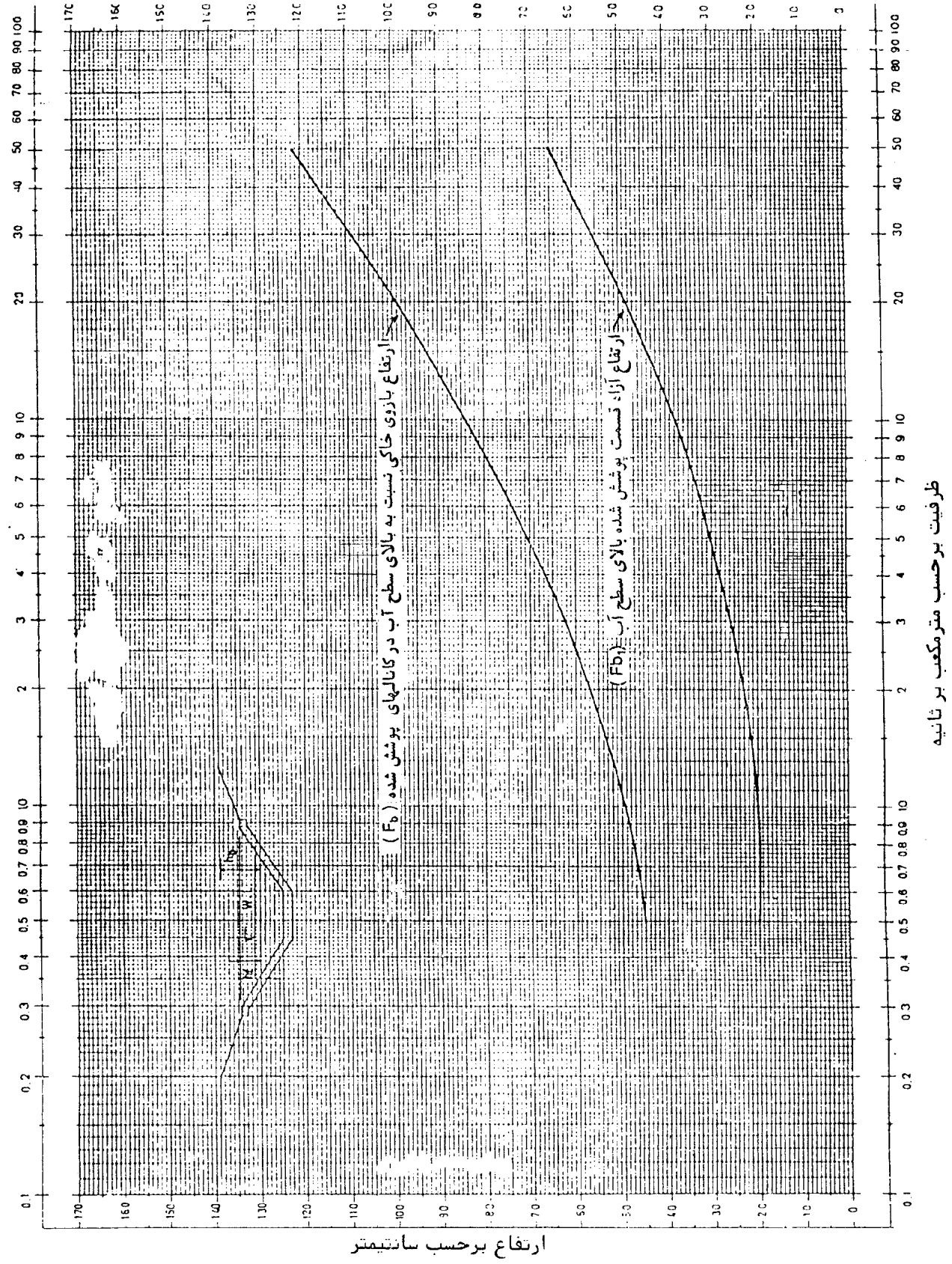
ضمناً برای کانالهای پوشش شده با ظرفیت کمتر از ۰/۳ متر مکعب بر ثانیه که عموماً شامل کانالهای درجه ۳ مزرعه است، ارتفاع آزاد در قسمت پوشش نشده (F_{b2}) ضروری نیست .

در شرایطی که عوامل خاص، افزایش ارتفاع آزاد را ایجاب نماید ، مانندمواردی که طراحی کانال به علت شرایط خاص توپوگرافی برای جریان فوق بحرانی صورت گرفته باشد ، می بایست افزایش ارتفاع متناسب با شرایط مزبور اعمال گردد .

در کانالهای پوشش شده، ارتفاع آزاد قسمت پوشش نشده معمولاً از ۰/۲۵ متر برای کانالهای کوچک تا ۰/۶۰ متر برای کانالهای بزرگ تغییر می نماید . در مواردی که خاک اضافی حاصل از خاکبرداری موجود باشد، می توان ارتفاع آزاد کل بیشتری را برای کانال درنظر گرفت، مشروط براینکه در ارتباط با بهره برداری ، حریم ، ابنیه فنی و سایر ملاحظات طراحی مشکلی ایجاد نشود . در غیراین صورت خاک اضافی باید به محل دیگری حمل شود . ساختن بازوهای با ارتفاع زیاد به ویژه در مسیرهای دامنه ای خطر ریزش را در بر خواهد داشت .

در مورد سایر انواع پوشش (اسفالتی ، خاکی، مصالح بنایی) عموماً ارتفاع آزاد در حدود مقادیر پیش بینی شده برای پوشش بتنی انتخاب شود.

نمودار شماره ۱-۱ ارتفاع آزاد در کانالهای آبیاری

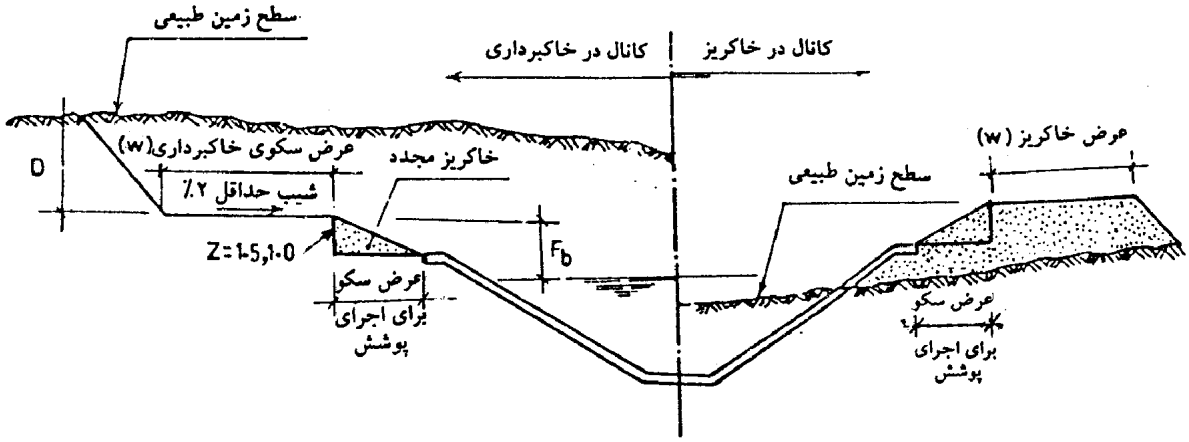


۱-۵ سکو[1]

سکوها معمولاً در مقطع کانالهای عمیق (کانال در خاکبرداری) و به منظور کاهش بار خاک شیروانی بالای مقطع آب‌برکانال که ممکن است موجب ریزش خاک دیواره ها به داخل کانال گردد ، و یا به منظور کاهش اختلاف رقوم جاده سرویس نسبت به سطح آب درکانال که موجب سهولت در عملیات نگهداری می گردد ، در نظر گرفته می‌شود.

شیب شیروانی مقطع در بخش بالاتر از سکو به شرطی که مصالح پایدار باشند، معمولاً تندتر از شیب شیروانی داخل کانال منظور می گردد .

در مواقعی که مقطع کانال در خاکبرداری نسبتاً عمیق است (فاصله زمین طبیعی تا سطح سکو در حدود ۳ تا۵ =D [2] متر) ، به منظور جلوگیری از سقوط سنگ و مصالح به داخل کانال و همچنین حفاظت پوشش کانال ، سکویی به عرض حداقل ۳ = W متر در نظر گرفته می شود و در حالت خاکبرداری با عمق نسبتاً کم ، سکویی که پهنای آن برابر عرض فوقانی خاکریز کانال (حداقل برابر ۱/۵ متر) است، به منظور سهولت در عملیات نگهداری و بهره‌برداری از کانال مطابق شکل شماره ۱-۲ منظور می گردد .



شکل شماره ۱-۲ مقطع کانال در خاکریزی و خاکبرداری

1- Berm

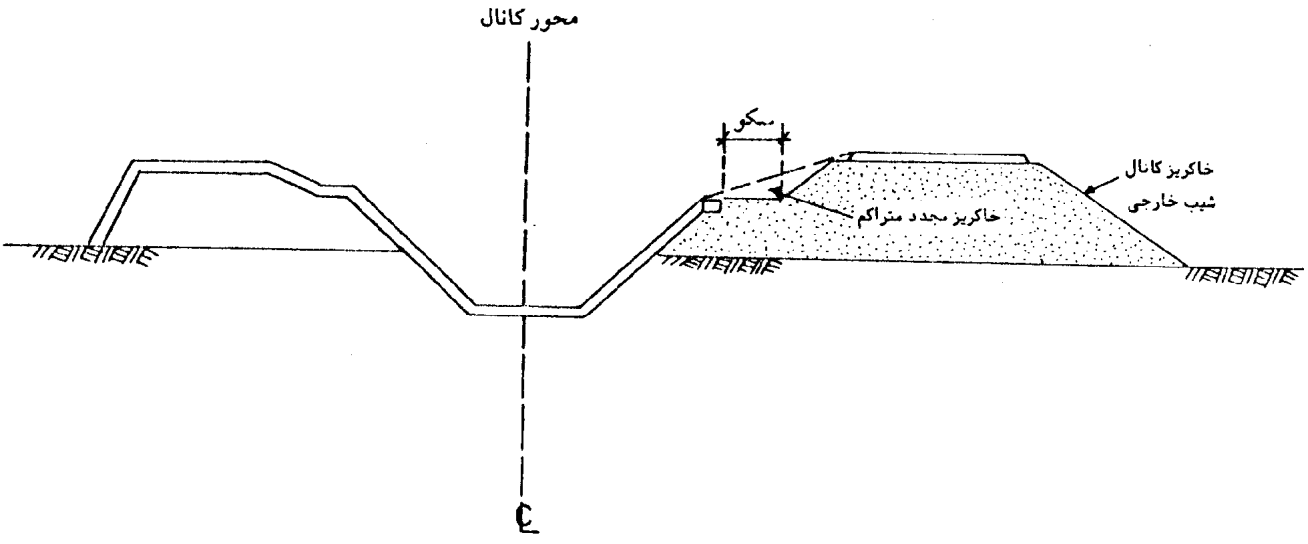
۲- عرض و فواصل سکوهای بعدی در خاکبرداریهای عمیق بر اساس مشخصات و محاسبات پایداری خاک تعیین می‌گردد .

لازم به یادآوری است که ارتفاع سکو نسبت به سطح آب کانال (F_b) بر حسب نوع مصالح و همچنین متناسب با نوع تجهیزات و ماشین آلات بهره برداری می تواند افزایش یابد. در مواردی که کانال درخاکبرداری عمیق احداث می‌گردد، به منظور جمع آوری و تخلیه رواناب حاصل شده از دیواره کانال ، نهرچه [1] در پای دیواره ایجاد شده و نهایتا" از طریق ساختمان ورودی زهکش که در فواصل مختلف پیش بینی خواهد شد به داخل کانال تخلیه می‌شود. عرض پایین‌ترین سکوی در این حالت با ملحوظ داشتن عرض نهرچه کنار حداقل برابر سه متر است .

در مورد کانالهای با پوشش بتنی به منظور سهولت کار ماشین آلات آماده سازی بستر [2] و اجرای پوشش با ماشین معمولا" سکویی نیز در بالای لبه پوشش باعرضی متناسب با عمق کانال به‌شرح زیر در نظر گرفته شود:

عمق کانال (H_L) - متر	حداقل عرض سکو - متر
۰/۵ - ۱	۰/۵ - ۱
۱-۲	۱
> ۲	۱/۵

ضمنا" پس از عملیات اجرایی به منظور جلوگیری از نفوذ جریانهای حاصل از بارندگی به پشت پوشش کانال ، عموما" برروی سکو ، خاکریز مجدد متراکم [3] با شیب ملایم اجرا می گردد .(شکل شماره ۱-۳).



شکل شماره ۱-۳ شمای کلی سکو در مقطع کانال

1- Gutter

2- Trimming

3- Compacted Back Fill

۱-۶ شیب خارجی خاکریز جانبی

شیب خارجی خاکریز جانبی کانالها بستگی به پایداری مصالحی دارد که برای ساختن بازوی خاکی کانال به کار می‌رود . توصیه می شود در کانالهای با ارتفاع خاکریز بیش از ۲ متر ، شیب پایداری مصالح از طریق آزمایشهای مکانیک خاک و محاسبات پایداری شیبها تعیین شود . بدیهی است موقعیت خط تراوش در خاکریز کانال نیز باید با توجه به عرض فوقانی و شیب مجاز بدنه خاکریز وارسی شود .

برای خاکریزهای متراکم با ارتفاع کمتر از ۲ متر، معمولاً شیب خارجی خاکریز بدنه کانال تندتر از ۱ : ۱/۵ توصیه نمی شود .

۱-۷ عرض فوقانی خاکریز

عرض فوقانی خاکریز برای کانالهای پوشش شده و بدون پوشش در صورتی که به عنوان جاده بهره برداری و نگهداری موردنظر باشد؛ ۴/۵ متر برای کانالهای تا ظرفیت ۵ متر مکعب بر ثانیه و ۵/۵ متر برای کانالهای با ظرفیت بیش از ۵ متر مکعب بر ثانیه خواهد بود .

در حالتی که جاده بهره برداری بر روی خاکریز نباشد ، عرض فوقانی خاکریز ممکن است تا حداقل ۰/۹۰ متر برای کانالهای درجه ۲ کوچک انتخاب شود .

توصیه می شود مقادیر عرض فوقانی خاکریز کانالهای تا دبی ۳۰ متر مکعب بر ثانیه از ارقام مندرج در جدول زیر و برای کانالهای بزرگتر با نظر طراح تعیین گردد:

دبی کانال برحسب متر مکعب بر ثانیه	< ۱	۱-۳	۳-۷	۷-۱۵	۱۵-۳۰
حداکثر عرض بالای خاکریز بر حسب متر	۰/۹-۱/۲	۱/۲-۲	۲-۲/۵	۲/۵-۳	۳-۴

در صورتی که از بالای خاکریز جانبی کانال به عنوان جاده بهره برداری و نگهداری استفاده شود ، عرض بالای خاکریز باید طبق ارقام مندرج در جدول زیر در نظر گرفته شود:

دبی کانال برحسب متر مکعب بر ثانیه	< ۵	> ۵
عرض بالای خاکریز به متر	۴/۵	۵/۵

اگر برای ساختن خاکریز جانبی کانال نیاز به مصالح قرضه باشد ، میزان تامین مصالح از قرضه بایدبه حداقل ممکن صورت گیرد وبرای محل گودال قرضه نیز امکان زهکشی فراهم گردد .

به منظور اطمینان از صحت انتخاب عرض بالای خاکریز کانال ، توصیه می شود با توجه به شیب خط تراوش آب متناسب با نوع مصالح به‌کارگرفته شده در بدنه خاکریز (با توجه به موقعیت سطح آب کانال نسبت به سطح زمین طبیعی) محل تلاقی خط تراوش با زمین تعیین و در صورت نیاز با افزودن عرض خاکریز و یا منظور نمودن سکوی مجاور [1] پوشش خاکی لازم در محل تلاقی با زمین تامین گردد .

۱-۸ قوس مسیر کانالها و شعاع مجاز آن

اصولاً در طراحی مسیر کانال ایجاد انحراف در مسیر ، تنها در مواردی‌که به منظور دستیابی به مسیر اقتصادی و یا به لحاظ فنی و همچنین عدم تداخل با ساختمانها و مستحدثات ضروری باشد ، توصیه می شود . به طورکلی بایدسعی شودکه از حداقل تعداد قوس در مسیر کانال استفاده‌گردد ، به خصوص در مواردی‌که کانال خاکی است و از خاکهای سبک و نرم عبور می کند .

درمواردی‌که تغییر جهت در مسیر کانال اجتناب ناپذیر باشد ، لازم است قوسهای مسیر کانالها به‌صورت‌ساده در نظر گرفته شود واز قوسهای مرکب جز در شرایط استثنایی خودداری گردد .

نتایج تجربه و آزمایش نشان می دهد که می توان حداقل شعاع مجاز قوس را برای کانالهای با مقطع کوچک کمتر از کانالهای با مقطع بزرگ ، برای سرعتهای کند کمتر از سرعتهای تند و بالاخره برای کانالهای با پوشش بتنی‌کمتر از پوشش خاکی در نظر گرفت . اصولاً از کاربرد شعاعهای قوس خیلی کوچک و خیلی بزرگ‌که مسائلی از نظر اجرایی تولید می کنند، باید اجتناب گردد . به‌طورکلی شعاع قوس مسیر بایدبا توجه به ابعاد و ظرفیت کانال ، سرعت جریان ، نوع مصالح بدنه کانال ، مقطع عرضی کانال ، زاویه انحراف مسیر [2] وبالاخره نوع کاربری اراضی [3] و محدوده و حریم تاسیسات ومستحدثات مجاور مسیر انتخاب شود.

مقادیر زیر به عنوان حداقل شعاع مجاز برای قوسهای مسیر کانال توصیه می شود :

- درکانالهای با پوشش بتنی و مصالح بنایی (سنگ و آجر) معادل ۳ تا ۵ برابر عرض فوقانی سطح آب
- برای کانالهای حفرشده در خاکهای فرسایشی نظیر: سیلت و ماسه ریز به‌شرح زیر :

1- Counter berm

2- Deflection Angle

3- Land use

ظرفیت (مترمکعب برثانیه)	حداقل شعاع قوس (متر)
Q> ۹۰	۱۵۰۰
۳۰ تا ۹۰	۱۰۰۰
۱۵ تا ۳۰	۶۰۰
۵ تا ۱۵	۳۰۰

۱-۸-۱ قوس مسیر کانالها برای کانالهای حفرشده در خاکهای پایدار

اندازه کانال	شیب (درهزار)	حداقل شعاع قوس (متر)	حدود زاویه انحراف (درجه)
کانال کوچک با حداقل عرض فوقانی ۵ متر	کمتر از ۰/۶	۹۰	۲۰
	۰/۶ تا ۱/۲	۱۲۰	۱۵
کانال متوسط با عرض فوقانی ۵ تا ۱۰ متر	کمتر از۰/۶	۱۵۰	۱۰
	۰/۶ تا ۱/۲	۱۸۰	۱۰
کانالهای بزرگ باعرض فوقانی بیش از ۱۰ متر	کمتر از۰/۶	۱۸۰	۱۰
	۰/۶ تا۱/۲	۲۴۰	۷

به هر صورت در مورد کانالهای خاکی که در اراضی با امکان فرسایش محدود ساخته می شوند ، در هیچ شرایطی حداقل شعاع قوس نبایداز ۵ تا ۸ برابر عرض فوقانی سطح آب کمتر باشد و برحسب اندازه کانال شعاع قوس به ترتیب زیر پیشنهاد می شود :

ظرفیت (مترمکعب‌برثانیه)	شعاع قوس کانال برحسب دبی
QÈ۵	۵ برابر عرض فوقانی سطح آب مقطع کانال
۵ تا ۱۵	۶ برابر عرض فوقانی سطح آب مقطع کانال
۱۵ تا ۵۰	۷ برابر عرض فوقانی سطح آب مقطع کانال
Q> ۵۰	۸ برابر عرض فوقانی سطح آب مقطع کانال

در مورد کانالهای خاکی مقادیر شعاع قوس انتخابی با توجه به ضوابط فوق را می توان با یکی از فرمولهای زیر به‌منظور ارزیابی نسبی تاثیر شعاع قوس موردنظر در میزان افزایش فرسایش بدنه و تغییر در شرایط هیدرولیکی جریان در طول قوس موردارزیابی قرار داد :

الف - رابطه اختلاف سطح آب در طرفین مقطع عرضی کانال متناسب با شعاع قوس به‌صورت $\Delta h = \frac{\omega V^2}{g.R}$

که در آن :

R= شعاع قوس برحسب متر

Δh= اختلاف دولبه سطح فوقانی آب در مقطع عرضی کانال در مرکز قوس برحسب متر

V= سرعت متوسط جریان آب در کانال برحسب متر بر ثانیه

g= شتاب ثقل برحسب متر بر مجذور ثانیه

ω = عرض فوقانی مقطع آب برحسب متر

اگر چه عملاً مقادیر اختلاف سطح آب مشاهده شده در عرض فوقانی آب در مقطع کانال با مقادیر محاسبه شده از فرمول فوق متفاوت است، مع هذا همان‌طوری‌که گفته شد، این رابطه برای بررسی نسبی تاثیر شعاع انتخابی درمقطع هیدرولیکی جریان قابل استفاده است .

ب - فرمول زیر براساس افزایش میزان تنش برشی ناشی از نیروی فرساینده در قوس نسبت به مسیر مستقیم بستگی دارد ، زیرا تنش برشی در قوس (با شعاع هرچند بزرگ) از مسیر مستقیم بیشتر است .

این فرمول را محققی هلندی [1] پیشنهاد کرده و به‌صورت‌زیر است :

$$R = \frac{۰/۰۳۹c^{۲}d}{d} \cdot \frac{۱}{\sqrt{p^{۲}+۲p}}$$

که در آن :

d= عمق آب به متر

R= شعاع قوس مسیر به متر

g= شتاب ثقل به متر برمجذور ثانیه

C= ضریب شزی که از رابطه $C = \frac{1}{n}(R_h)^{۱/۶}$ به‌دست می آید

n= ضریب مانینگ

p= درصد افزایش تنش برشی در قوس نسبت به مسیر مستقیم

R_h= شعاع هیدرولیکی کانال

میزان تنش برشی مجاز متناسب با جنس کانال رامی توان از نمودارهای شماره ۲-۲ و ۲-۳ (صفحه ۵۵) انتخاب کرد .

---

1 - Vanbendegom

۲-معیارهای هیدرولیکی طراحی زهکشها

۲-۱ ظرفیت طراحی زهکشهای روباز

اصولاً ظرفیت طراحی سیستم زهکشی روباز بایدبه صورتی باشد که امکان تخلیه آبهای مازاد (روانابها و هرزآبها) را فراهم سازد ، بدون آنکه آسیبی به تاسیسات آبیاری ونباتات زراعی وارد شود .

براین اساس زهکشهای روباز باید ظرفیت تخلیه دبی روانابهای با تناوب وقوع مشخص را در مدت معینی داشته باشند که این دبی را ظرفیت طراحی زهکش می نامند .
به طورکلی زهکشهای روباز را می توان به سه گروه به‌شرح زیر تقسیم نمود :

- زهکشهای سطحی [۱]
- زهکشهای حائل روباز [۲]
- زهکشهای جمع کننده روباز [۳]

۲-۱-۱ زهکشهای سطحی

ظرفیت طراحی زهکشهای سطحی بر اساس دبی روانابهای ناشی از رگبارها [۴] طرح می گردند و از منظور کردن دبی جریان ناشی از هرز آبهای آبیاری در ظرفیت طراحی، به لحاظ آنکه دبی ناشی از سیلاب نسبت به دبی هرزآبهای آبیاری به مراتب بیشتر است ، صرفنظر می شود .

معمولاً ظرفیت طراحی زهکشهای روباز سطحی براساس دبی رواناب بارندگی [۵] با تناوب وقوع ۵ ساله تعیین می‌گردد . مع هذا برحسب اهمیت پروژه ، شرایط هیدروکلیماتولوژی ناحیه طرح و درجه حساسیت محصولات کشاورزی به شرایط غرقابی موقت می توان دبی سیلاب با تناوب وقوع ۱۰ ساله را برحسب مورد برای تعیین ظرفیت طراحی منظور نمود .

در عمل به علت صرفه‌جویی در هزینه عملیات ساختمانی زهکشهای روباز سطحی اراضی کشاورزی، مسئله غرقابی موقت مزارع برای مدت محدود و مشخصی مورد توجه قرار می‌گیرد که این مدت با توجه به حساسیت محصولات

---

1 - Surface Drains
2- Open Interceptor Drains
3 - Open Collector Drains
4- Storm Flow
5 - Rainfall Run off

الگوی زراعی طرح به شرایط غرقابی تعیین می شود.

مدت غرقابی موقت برای روانابهای ناشی از رگبارهای باتناوب وقوع ۵ ساله معمولاً" برای زراعـتهای مـتعارف [۱] ۲۴ساعت در نظر گرفته می شود . بر این اساس زهکش روباز سطحی باید ظرفیت تخلیه روانابهای سطحی ناشی از رگبارهای ۲۴ ساعته با تناوب وقوع ۵ ساله را داشته باشند .

در مواردی که رگبارهای با تناوب وقوع ۵ ساله ملاک عمل قرار می گیرد، باید امکان تخلیه روانابهای ناشی از رگبار ۳۶ساعته و یا ۴۸ ساعته با تناوب وقوع ۱۰ ساله نیز مورد بررسی قرار گیرد و نتایج حاصله با ضریب زهکشی رگبار ۲۴ ساعته با تناوب وقوع ۵ ساله مقایسه شود و با توجه به اهمیت طرح رقم، نهایی ضریب زهکشی را مهندس طراح انتخاب کند .

۲-۱-۲ زهکشهای حایل روباز

ظرفیت طراحی زهکشهای روباز که در درجه اول برای قطع جریان و کنترل و وارسی سطح آب زیرزمینی در حاشیه محدوده شبکه پیش بینی می‌شوند، براساس دبی ورودی جریان آب زیرزمینی و روانابهای سطحی ورودی ناشی از رگبارها در اراضی بالادست و هرز آبهای آبیاری (برحسب مورد) طرح می گردد .

مقطع طراحی شده برای زهکشهای مذکور بایدبه صورتی باشدکه در شرایط عبور جریان نرمان (دبی جـریان آب زیرزمینی و هرزآبهای آبیاری) سطح آب در مقطع مساوی یا پایین‌تر از تراز مورد نظر برای کنترل و وارسی سطح آب زیرزمینی باشد . در مورد زهکشهای حایلی که در محدوده مزارع طرح می گردند ، روانابهای ناشی از رگبارها در سطح قطعات زراعی که به این زهکشها وارد می شوند معمولاً" در طراحی آنهامنظور نمی‌شود، مگر آنکه مسئله پایداری این زهکشها مطرح باشد ، زیرا اغلب روانابهای ورودی مورد بحث از نظر مقدار و مدت جریان به صورتی نیستند که تاثیر نامطلوبی در راندمان کار این نوع زهکشها داشته باشند .

۲-۱-۳ زهکشهای جمع کننده روباز (کلکتور)

ظرفیت طراحی مقطع زهکشهای کلکتور روباز بایدبه صورتی باشد که کفایت عبور مقدار جریان ورودی از طریق لوله‌های زهکشی زیرزمینی ، هرز آبهای آبیاری و روانابهای ناشی از رگبارها و برحسب مورد جریان ورودی از طریق زهکشهای حایل را داشته باشد .

1- General Crops

ظرفیت طراحی مقطع زهکشهای تخلیه کننده [1] که جریان ورودی از زهکشهای جمع کننده و یا زهکشهای سطحی (برحسب مورد) راهدایت می‌کند بایدبه نحوی باشد که کفایت تخلیه جریان ورودی از زهکشهای مذکور را داشته باشد .

در مواردی که هرزآبهای خروجی از کانالها [2] به زهکشهای طرح وارد می شود ، مقطع زهکش روباز بایدکشش جریان وارد شده از این طریق را داشته باشد . اگر چه در تعیین ظرفیت طراحی زهکش ، فرض همزمانی وقوع سیلاب طراحی و هرز آبهای خروجی کانال ضرورت ندارد، ولی ظرفیت مقطع بایدبه صورتی باشد که کشش عبور مجموع جریان نرمال زهکش و جریان هرزآبهای خروجی از کانال را با ملحوظ نمودن ارتفاع آزاد مقطع داشته باشد .

هر گاه دو زهکش به هم بپیوندند ، ظرفیت طراحی زهکش در پایین دست محل اتصال آنها براساس قانون ۲۰ - ۴۰ به‌شرح زیر تعیین می گردد :

الف - اگر سطح تحت زهکشی یکی از دو زهکش کمتر از ۲۰٪ مجموع کل مساحت تحت زهکشی درمحل تقاطع باشد ، مجموع مساحت تحت زهکشی در محل تقاطع ملاک تعیین ظرفیت طراحی خواهد بود .

ب - در صورتی که سطح تحت زهکشی یکی از دوزهکش بیش از ۴۰٪ مجموع مساحت دو زهکش باشد ، مجموع دبی این دو زهکش در تعیین ظرفیت طراحی مسیر پایین دست تقاطع ملاک عمل قرار می گیرد .

ج - در مواردی که مساحت تحت زهکشی یکی از زهکشها بین ۲۰ تا ۴۰ درصد آنها در محل اتصال باشد ، در این صورت ظرفیت طراحی زهکش از محل اتصال به طرف پایین دست با روش میانیابی [3] از مقادیر دبی محاسبه شده به روش الف و ب فوق الذکر تعیین می گردد .

۲-۲ فرمول محاسبه مقاطع زهکشهای روباز

طرح مقطع زهکشهابرای مقدار معین دبی جریان (Q)باشیب هیدرولیکی S و ضریب زبری n براساس فرمول مانینگ که در بند ۱-۲ اشاره شده است ، انجام می گیرد .

در طراحی مقطع زهکشها انتخاب ضریب زبری n حائز اهمیت زیاد است . زیرا شرایط زبری جدار مقطع در طول دوره بهره برداری از زهکش متناسب با شرایط نگهداری آن متغیر است . بنابراین ضریب زبری مورداستفاده در طراحی مقطع زهکش باید منطبق با شرایط نگهداری مورد انتظار در طول دوره بهره برداری باشد .
در شرایط نگهداری متعارف ضریب زبری n برای طراحی زهکشها به‌شرح زیر پیشنهاد می گردد :

---

1 - Open Outlet Drains

2- Spillway-WastewayFlow

3- Interpolation

ضریب زبری	شعاع هیدرولیکی
۰/۰۴۰	R< ۰/۷۵
۰/۰۳۵ – ۰/۰۴۰	۰/۷۵ <R< ۱/۲۵
۰/۰۳۰ – ۰/۰۳۵	۱/۲۵ <R< ۱/۵۰
۰/۰۲۵ – ۰/۰۳۰	R > ۱/۵۰

چنانکه از رشد علفهای هرز و بوته در کف و بدنه زهکش با انجام دادن عملیات نگهداری با ″ دوره تناوب مطلوب ″ جلوگیری به‌عمل نیاید، ضریب زبری می تواند تا رقم ۰/۱ نیز افزایش یابد که در نتیجه کاهش ظرفیت مقطع زهکش و احتمالا″ غرقابی اراضی را به دنبال خواهد داشت . از آنجاکه احتمال دارد ضریب زبری جدار مقطع زهکش پس از انجام دادن عملیات کانال کنی از حدود ارقام داده شده کمتر باشد ، ضروری است که سرعت جریان در مقطع زهکش برای n= ۰/۰۲۵ کنترل و وارسی شود ودر صورت فرسایشی بودن سرعت حاصل شده با اتخاذ تدابیر لازم (کاهش شیب ، افزایش عرض کف و یا احداث زهکش در فصل رشد نباتات) حتی الامکان از فرسایش جدار مقطع زهکش بلافاصله بعد از احداث جلوگیری شود .

در مواردی که زهکش سطحی به منظور انحراف روانابها برای حفاظت کانالها و تاسیسات آبیاری به‌کارگرفته می‌شود،ظرفیت طراحی آن براساس مقدار روانابهای ناشی از رگبار ۲۴ ساعته با تناوب وقوع ۱۰ ساله و برحسب اهمیت تاسیسات مورد حفاظت با تناوب ۲۵ ساله تعیین می گردد .

در مورد زهکشهای داخل محدوده شبکه که جریان سیلابروهای متقاطع با کانالهای آبیاری حاشیه محدوده طرح را جمع آوری و هدایت می کنند ، ظرفیت طراحی مقطع براساس دبی حداکثر سیلاب ناشی از رگبار باتناوب وقوع ۱۰ یا ۲۵ ساله (متناسب با زمان تمرکز حوزه آبریز سیلابرو) صورت می گیرد .

۲-۳ مقاطع زهکشهای روباز

به لحاظ سهولت انجام دادن عملیات کانال کنی به وسیله ماشین آلات متداول و همچنین حفظ شرایط پایداری بدنه خاکبرداری شده، مقطع زهکشهای روباز عموما″ به شکل ذوزنقه انتخاب می شود .

حداقل عرض کف زهکشهای درجه ۱ و ۲ معادل یک متر و عرض کفهای متداول معادل ۱ ، ۱/۵ ، ۲ ، ۲/۵ ، ۳ ، ۴،۳/۵ ، ۵ ، ۶ ، ۷ ، ۸ و ۱۰ متر است .

شیب بدنه مقطع معمولا″ ۱ : ۱/۵ (۱/۵ در افق و ۱ در قائم) است ، مگر آنکه به لحاظ محدودیت شرایط ژئوتکنیکی مسیر از نظر پایداری ، لزوما″ شیبهای ملایمتر (۱ : ۲ ، ۱ : ۲/۵ و یا ۱ : ۳) مورد استفاده قرار گیرد .

بدیهی است علاوه بر بررسی پارامترهای ژئوتکنیکی لازم است در انتخاب نهایی شیب طراحی بدنه مقطع زهکش ، عملکرد مقاطع ساخته شده انهار خاکی و زهکشهای موجود در خاکهای مشابه در نواحی مجاور یا مشابه مورد توجه قرار گیرد .

در مواردی که زهکشهای روباز (درجه ۱ و ۲ و ۳) به عنوان تخلیه کننده زهکشهای زیرزمینی مورد استفاده قرار می‌گیرد، به علت عمق زیاد مقطع زهکش لازم است که تندترین شیب پایدار مناسب برای مقطع انتخاب گردد، تا تلفات اراضی کشاورزی به حداقل ممکن کاهش یابد .

عمق زهکشهای سطحی درجه ۱ و ۲ حداقل ۱/۵ متر طرح می گردد، تاامکان تخلیه زهکشهای درجه ۳ به سهولت میسر باشد . در صورتی که زهکشهای سطحی درجه ۱ و ۲ برای تخلیه جریان زهکشهای زیرزمینی نیز مورد استفاده قرار گیرد ، حداقل عمق آنها بایدبه میزانی باشد که امکان تخلیه مجموع جریان هرز آبهای آبیاری وجریان زهکشی زیرزمینی را در قسمت تحتانی مقطع زهکش روباز (در زیر عمق نصب زهکش زیرزمینی) فراهم نماید .

در طراحی مقطع زهکشهای روباز عرض کف مقطع بایدبه میزانی انتخاب شود که در شرایط عبور دبی طراحی نسبت عمق آب به عرض کف (برای عرض کف تا ۱۰ متر) از حدود ۰/۵ تا ۰/۲ باشد . در شرایطی که عرض کف از ۱۰ متر بیشتر باشد، نسبت عمق آب به عرض کف بسته به شرایط طراحی و با نظر طراح می تواند تا ۰/۱۲۵ تقلیل یابد .

مقاطع زهکشهای روباز درجه ۱ و ۲ با توجه به مشخصات فنی مسیر ، ظرفیت طراحی و سایر ملاحظات در چند تیپ مختلف به‌شرح زیر طرح می گردد :

۲-۳-۱ مقاطع تیپ I

معمولاً" در مسیری که زهکش طبیعی موجود نیست و همچنین اراضی مسیر به صورت با تلاقی و مردابی نباشد ، مقطع مذکور مورد استفاده قرار می گیرد . کاربرد این مقطع در شرایطی است که خاک مسیر زهکش از نظر مشخصات فنی برای اجرای خاکریز حفاظتی محدودیت نداشته باشد . شیب بدنه زهکش باتوجه به پایداری خاک تعیین می گردد ، به نحوی که شیب بدنه از زاویه رانش خاک [1] در حالت اشباع کمتر باشد . شیب بدنه زهکش دراراضی کشاورزی معمولاً" ۱/۵:۱ (۱/۵ در افق و ۱ در قائم) خواهد بود، مگر در موارد خاص برای خاکهایی که شیب کمتر را بتوان به‌کاربرد . حداقل عرض سکوی مجاور خاکریز حفاظتی وجاده نگهداری زهکش برای حفظ پایداری مقطع درمقابل نیروی حاصل شده از عبور ماشین آلات یک متر است . تنها در مواردی که خاکبرداری در خاکهای بسیار پایدار صورت می‌گیرد، می‌توان خاکریز حفاظتی راتا مجاورت مقطع خاکبرداری در نظر گرفت . حداکثر عمق زهکش معمولاً" تا ۳/۵ متر در نظر گرفته می شود ، در مواردی که عمق خاکبرداری مقطع بیش از ۳/۵ متر باشد، در این صورت لازم است سکویی در ارتفاع حداکثر ۳/۵ متری از کف برای حفظ پایداری خاک و همچنین تامین

1- Angle of repose

نیازهای نگهداری زهکش به عرض حداقل ۳/۵ متر در دو طرف یا یکطرف مقطع (برحسب اینکه عرض فوقانی مقطع درمحل سکو مساوی یا بیشتر از ۱۲ متر و یا کمتر از آن باشد) در نظر گرفته می شود . در مواردی که سکوی بهره‌برداری ونگهداری در یک طرف مقطع پیش‌بینی می شود، عرض سکوی پایداری در طرف دیگر مقطع حداقل یک متر در نظر گرفته خواهد شد .

- مقطع تیپ ۱-الف (شکل شماره ۲-۱) برای مواردی است که عرض فوقانی مقطع خاکبرداری زهکش مساوی یا بیشتر از ۱۲ متر باشد .
- مقطع تیپ ۱-ب (شکل شماره ۲-۱) برای مواردی است که عرض فوقانی مقطع خاکبرداری زهکش کمتر از ۱۲ متر باشد .
- در مقطع تیپ ۱-ب (برحسب مورد می توان خاکریز حفاظتی به عرض حداقل ۲ متر رابـاخاکـریز کـناره [1] جایگزین نمود) حداکثر ارتفاع خاکریز کناره ۲/۵ متر خواهد بود .

۲-۳-۲ مقطع تیپ II

این مقطع برای شرایطی است که زهکش طراحی شده در مسیر زهکش طبیعی موجود قرار گیرد . به عبارت دیگر مقطع زهکش طبیعی موجود می‌تواند برای تامین نیازهای طراحی زهکش از نظر ظرفیت کشش ، مقطع حـفاظت اراضی در مقابل غرقابی و همچنین تامین شرایط عبور ماشین آلات نگهداری به شکل مورد نظر اصلاح گردد .

مقاطع تیپ II (شکل شماره ۲-۲) دو نمونه اصلاح زهکش طبیعی کم عمق و عمیق نشان داده شده است . بدیهی است متناسب با اشکال مختلف زهکش طبیعی، ممکن است اصلاح مقطع زهکش بارعایت ابعاد در نظر گرفته شده در این مقاطع به نحو دیگری طراحی شود . جاده نگهداری زهکش حداقل در یک طرف مقطع منظور شده و ممکن است برحسب مورد با توجه به ابعاد مقطع زهکش اصلاحی در طرف دیگر نیز ضروری باشد .

۲-۳-۳ مقاطع تیپ III (شکل شماره ۲-۳)

برای مواردی به‌کارمی رودکه مقاطع تیپ I در مجاورت کانال آبیاری قرار گیرند . این مقطع درمورد زهکشهای درجه ۱ و ۲ و زهکشهای حفاظتی [2] و انحرافی [3] استفاده می‌شود . در حالت کاربرد این مقاطع به عنوان زهکش حفاظتی مجاور کانال جاده نگهداری در کنار مقطع زهکش موردنیاز نیست و در صورتی که خاکهای اضافی در طول مسیر زهکش به‌صورت خاکریز کناره دپو می گردد، لازم است که این خاکریز در فواصل مناسب (حدود ۱۰۰ تا ۲۰۰ متر) بریده شود تا امکان ورود روانابهای اراضی بالادست به زهکش حفاظتی یا انحرافی فراهم گردد .

1- Spoil Bank

2- Protective Drain

3- Diversion Drain

در مجاورت جاده سرویس کانال ۳/۵ متر فاصله برای استفاده ماشین‌آلات لایروبی زهکشها پیش‌بینی شده‌است .

۲-۳-۴ مقاطع تیپ IV (شکلهای ۲-۴-۱ و ۲-۴-۲)

مقاطع تیپ IVA و IVB که به‌صورت مقطع مرکب (ترکیبی) است، برای شرایطی به‌کارمی رود که دبی عبوری از زهکش بسیار متغیر است ، مانند: مواردی که زهکش برای جمع آوری آبهای مازاد آبیاری و یا زهابها و همچنین جمع آوری روانابهای سطحی طرح گردیده و شیب اراضی مسیر کم است .

از خصوصیات این مقطع این است که در عرض کف نسبتا" پهن زهکش ،مقطعی با عرض کف کم و عمق محدود حفر می گردد تا هرزابهای آبیاری و زهابها با سرعت بیشتری در مقطع عبور نماید واز پخش جریان محدود هرزابها و زهابها در عرض کف پهن مقطع اصلی که موجب کاهش سرعت و رشد سریع علف و در ختچه می گردد، جلوگیری شود .

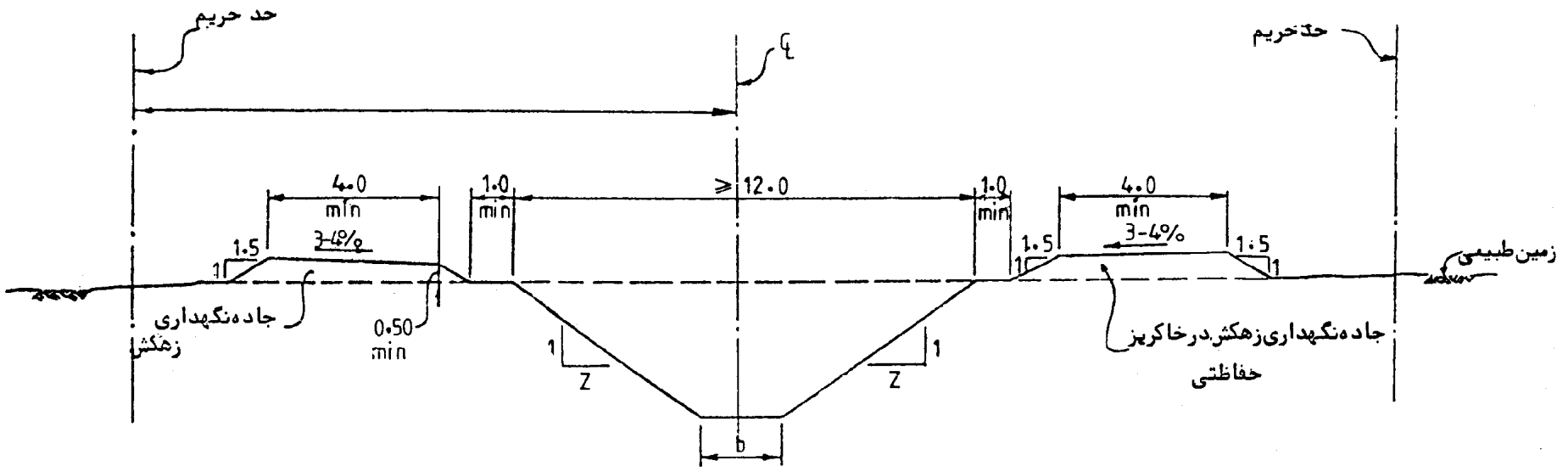
توضیح آنکه مقطع آب بر عمق کف زهکش در تیپهای IVA و IVB برحسب مورد می تواند به شکل ذوزنقه ای یا مثلثی طرح گردد .

۲-۳-۵ مقطع تیپ V (شکل شماره ۲-۵)

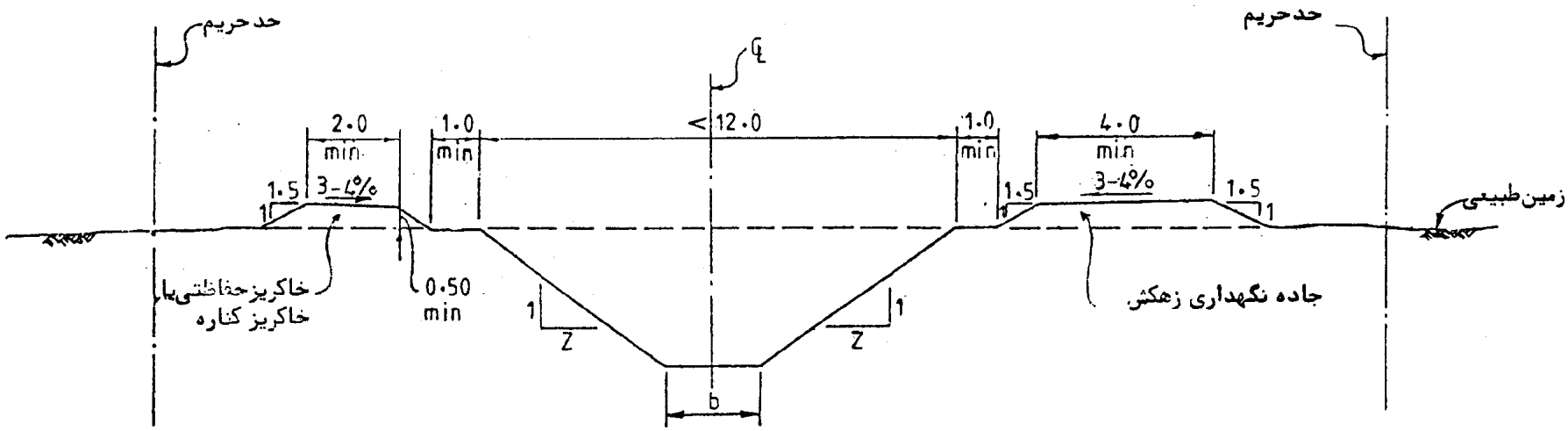
مقطع تیپ V برای مواردی است که زهکش در اراضی باتلاقی و لجنی عبور می‌کند به طوری که خاک حاصل شده از خاکبرداری مقطع زهکش برای ایجاد جاده سرویس مناسب نباشد ویا مشخصات فنی خاک مسیر به صورتی است که احداث خاکریز جاده تنها با مصالح مخلوط شن و ماسه رودخانه‌ای [1] امکانپذیر است .

یکی دیگر از موارد استفاده این مقطع برای حالاتی است که جاده سرویس مجاور زهکش نقش جاده دسترسی روستاها و یا مستحدثات پروژه رانیز داشته باشد که در این صورت این جاده بایدبا مشخصات جاده های دسترسی ساخته شود .

1- Random Riverine sand & gravel



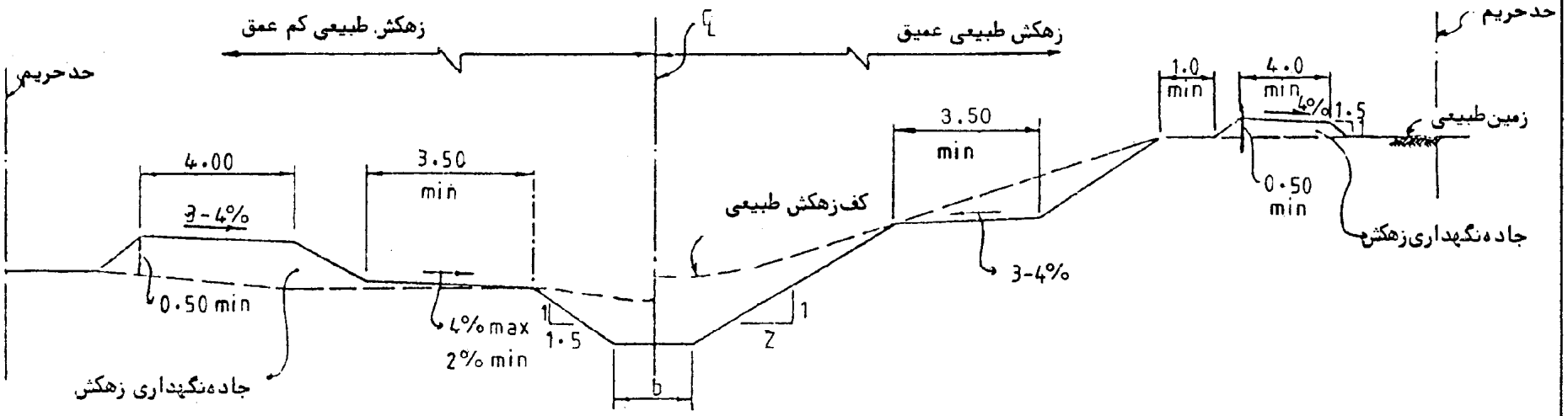
مقطع تیپ ۱ - الف



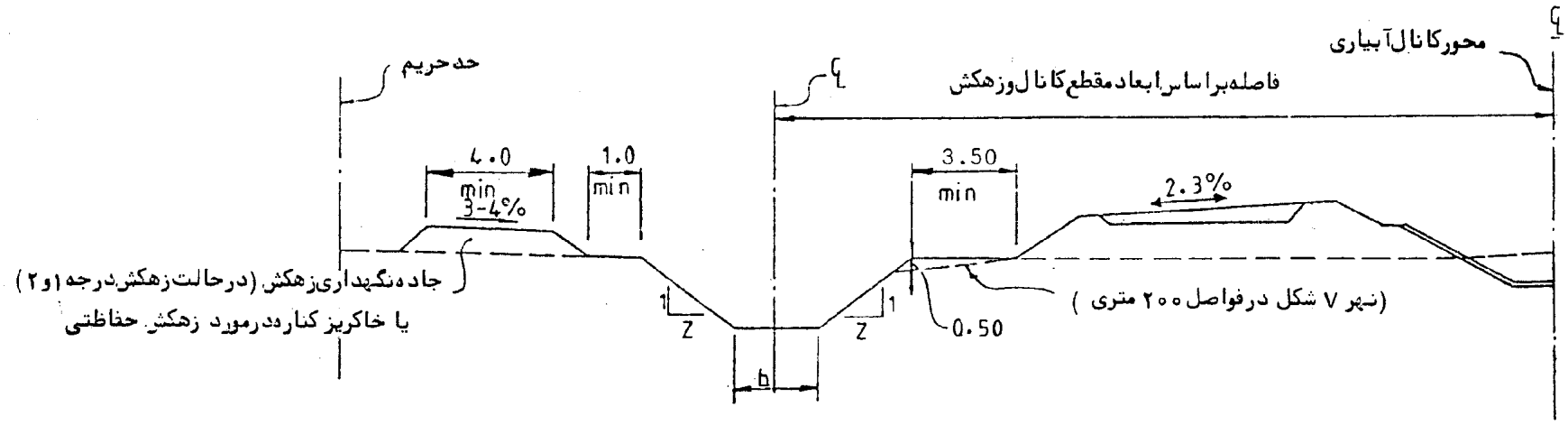
مقطع تیپ ۱ - ب

مقاطع تیپ زهکشهای درجه ۱-۲

شکل شماره ۲-۱



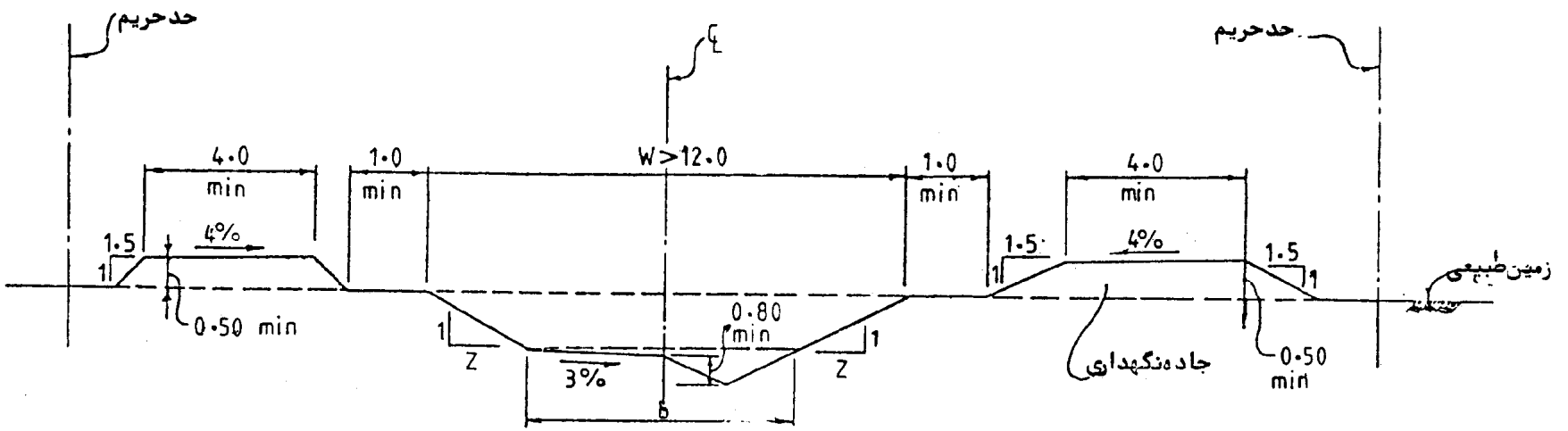
شکل شماره ۲-۲ مقطع تیپ II



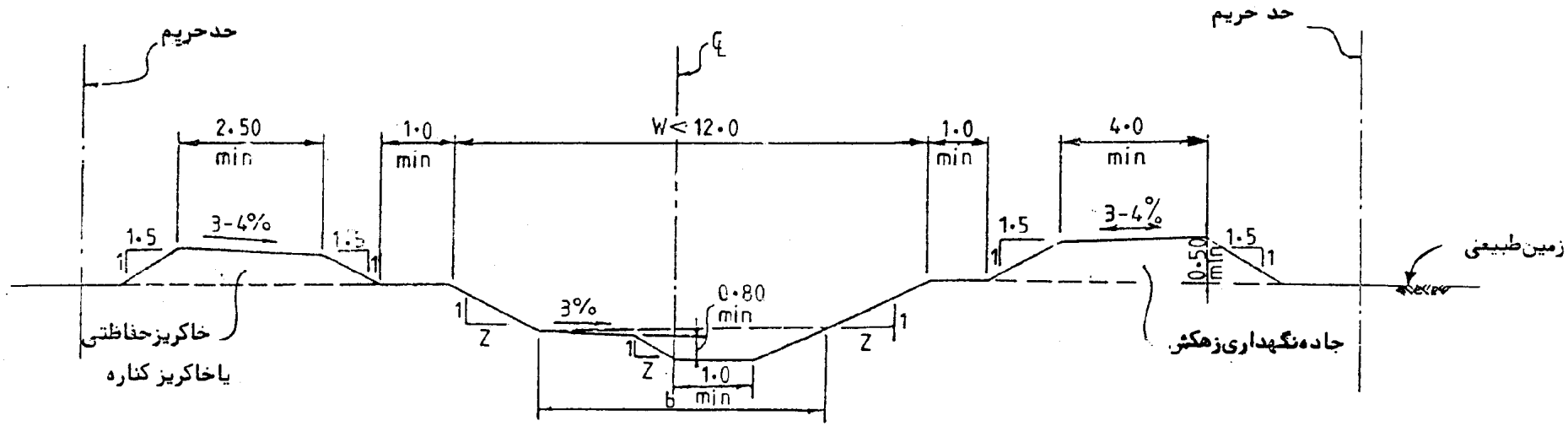
شکل شماره ۲-۳ مقطع تیپ III

* Z حداقل برابراست با 1.5 و بر حسب مشخصات خاک مسیر زهکش ممکن است 2 تا 3 نیز باشد.

مقاطع تیپ زهکشهای درجه ۱ و ۲

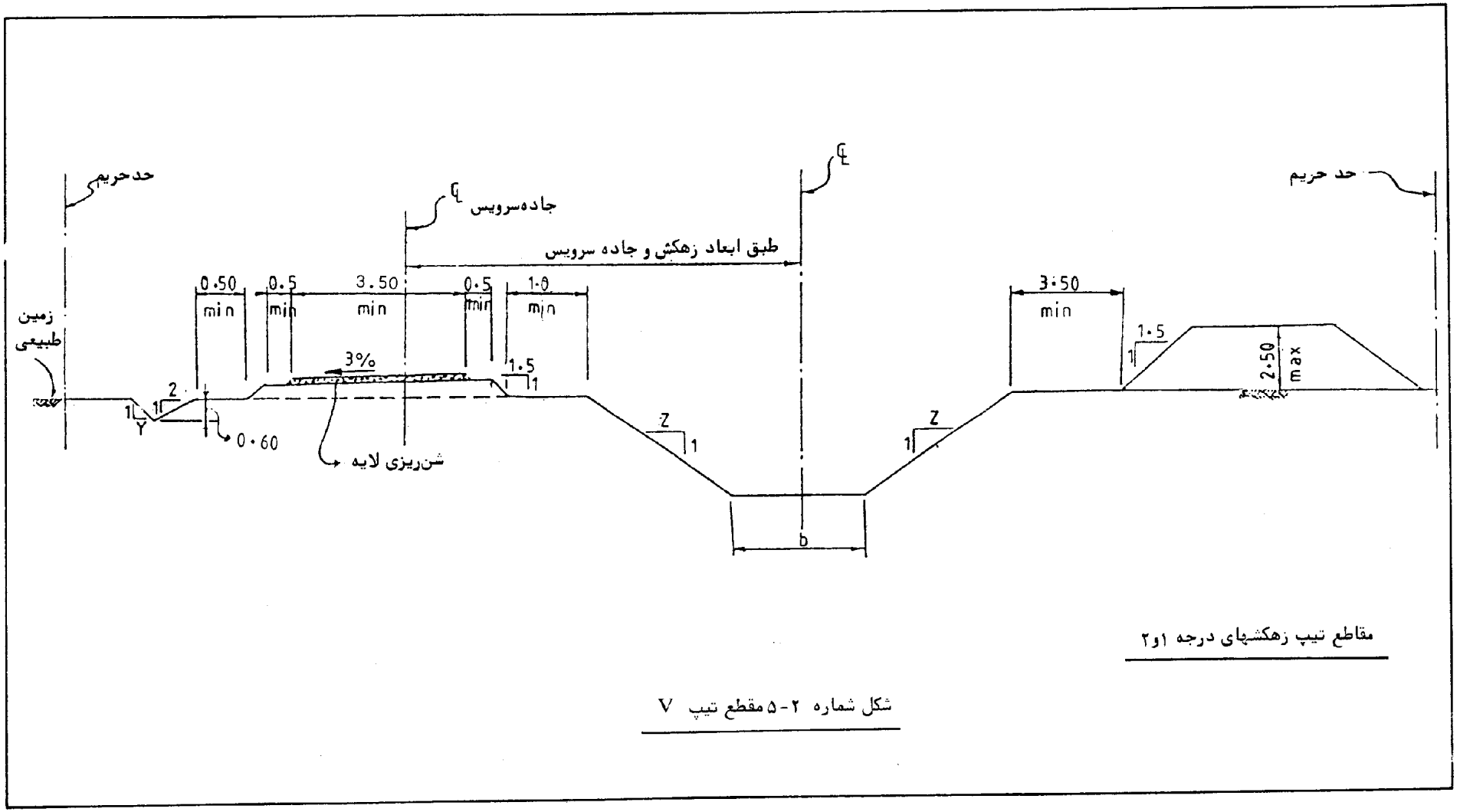


شکل شماره ۲-۴-۱ مقطع تیپ IV A



شکل شماره ۲-۴-۲ مقطع تیپ IV B

مقاطع‌تیپ زهکشهای درجه ۱و۲



مقاطع تیپ زهکشهای درجه ۱و۲

شکل شماره ۲-۵ مقطع تیپ V

۲-۴ شیب کف زهکش

معمولاً در طراحی زهکشها ، جریان به‌صورت یکنواخت در نظر گرفته می‌شود و لذا کف زهکش موازی باشیب خط هیدرولیکی فرض می‌شود و مقطعی ثابت در طولی از مسیر با دبی معین مورد استفاده قرار می گیرد . همچنین در مواردی که شرایط جریان در زهکش به علت موانع کوچک و باورود جریان زهکشهای‌کوچکتربه آن تغییر محدودی کند که اثر آنها قابل توجه نباشد ، جریان به‌صورت یکنواخت فرض می شود . بدیهی است در قسمتهایی از مسیر زهکش نظیر: بالادست کالورتها و یا در مواردی که لازم است محاسبات برگشت آب [1] برای تعیین پروفیل سطح آب در زهکش انجام گیرد ، خط کف کانال موازی شیب خط هیدرولیکی نخواهد بود . با توجه به نکات فوق مواردزیردر طراحی کف زهکش باید مد نظر قرار گیرد :

در مواقعی که زهکشهای زیرزمینی به زهکش سطحی تخلیه می‌شود، کف زهکش باید به اندازهٔ کافی عمیق در نظر گرفته شود، به نحوی که کف زهکشهای زیرزمینی ورودی در بالاتر از سطح آب ، متناظر با جریان نرمال [2] قرار گیرد (مجموع دبی هرزابهای آبیاری و زهابهای ورودی در دورهٔ پیک) . در هر حال رقوم کف زهکشهای زیرزمینی وارد شده به آن ، حداقل باید ۰/۳ و ترجیحاً ۰/۵ متر بالاتر ازکف زهکش سطحی باشد . چون طراحی مقطع زهکش با این فرض انجام می‌گیردکه رقوم کف زهکش در طول زمان ثابت مانده و در اثر بهره‌برداری، فرسایشی در آن ایجاد نگردد، لازم است با توجه به شرایط طراحی عمق آزاد حداقل ۰/۳ متر برای جمع شدن رسوب در مسیر زهکش پیش بینی شود.

برای تامین ظرفیت کشش بیشتر مقطع زهکش در نقاط کنترل نظیر: محل اتصالها و تقاطعها ، باید عمق و یا عرض زهکش را افزایش داد واز تغییر ناگهانی درشیب کف به منظور جلوگیری از فرسایش احتراز نمود . در مواردی که زمینهای قابل فرسایش نظیر لس [3] در قسمتهایی از مسیر زهکش وجوددارد، برای پایداری شیب کف باید از ساختمان کنترل شیب استفاده نمود .

۲-۵ شیب خط هیدرولیکی [4]

شیب خط هیدرولیکی در زهکش روباز پس از تعیین مسیر و نقاط کنترل [5] در طول آن مشخص و ترسیم می شود . نقاط کنترل مسیر زهکش باید به اندازه ای پایین در نظر گرفته شود که بتواند افت انرژی لازم برای تخلیه آبهای سطحی واحدهای آبیاری راکه از طریق کانالهای زهکشی به زهکشهای بالاتر تخلیه می شوند، تامین نماید . برای طراحی شیب خط هیدرولیکی (خط پروژه) زهکش بایدعلاوه بر تعیین نقاط فوق الذکر که برای امکان تخلیه جریان زهکشهای فرعی ضروری است، نقاط دیگری نیز نظیر: محل ورود جریانها از کالورتها ، پلها ، راهها و .... که به

---

1 - Back Water
2 - Normal Flow
3 - Loess
4 - Hydraulic grade line
5 - Control Points

زهکش تخلیه می‌شوند باید مورد شناسائی قرار گیرند ورقوم لازم برای آنها در روی شیب خط هیدرولیکی به عنوان نقاط کنترل تعیین شود .

نهایتا" شیب خط هیدرولیکی با درنظر گرفتن مواردزیر :

- پروفیل سطح زمین طبیعی
- رقومهای کنترل به‌دست آمده از عملیات نقشه برداری اراضی محدوده پروژه
- نقاط کنترل در مسیر نظیر: آبروها [1]، پلها و مستحدثات موجود

و با به هم پیوستن نقاط کنترل مهم رسم می شود .

لازم به یادآوری است که شیب خط هیدرولیکی غالبا" به منظور صرفه جویی در هزینه ها بالاتر از بعضی نقاط کنترل غیر مهم در نظر گرفته می شود . اهمیت نقاط کنترل به ارزش تولیدات کشاورزی اراضی بالادست آنها و همچنین به میزان خسارات ناشی از زهکشی ناکافی این اراضی بستکی دارد .

بدیهی است زمینهایی که منافع حاصله از عملیات زهکشی آنها سرمایه گذاریهای انجام شده را برگشت نمی دهند ، می‌توانند پایین‌تر از شیب خط هیدرولیکی قرار گیرد . در هر صورت در ترسیم خط هیدرولیکی زهکشها باید دقت و بررسیهای ضروری انجام و کنترل مجدد برای رسیدن به نتایج مطلوب صورت گیرد . برای تعیین نقاط انتهایی شیب خط هیدرولیکی مسیر زهکش لازم است رقوم خروجیها [2] مورد توجه خاص قرار گیرد ، زیرا به هر میزان که رقوم خروجی هر زهکش در ارتفاع کمتری باشد، می‌تواند زمینهایی با تراز پایین تر را در محدوده پروژه زهکشی کند.

بدیهی است مقدار سرعت در مقطع زهکش رامی توان با استفاده از شیب خط هیدرولیکی و کاربرد فرمول مانینگ تعیین کرد .

۲-۶ حداقل و حداکثر سرعت در زهکشها

۲-۶-۱ حداکثر سرعت

به منظور جلوگیری از فرسایش و حفظ پایداری مقاطع زهکشی روباز و مجاری طبیعی، باید سرعت جریان در آنها بسته به نوع مصالح تشکیل دهنده بدنه کانال از حدود معینی تجاوز ننماید . این حدود (سرعتهای حداکثر مجاز) باتوجه به تجربیات و اطلاعات جمع آوری شده از سوی محققان متعدد مشخص شده است .

تحقیقات و آزمایشهای زیادی برروی مجاری حفر شده در خاکهای غیر چسبنده، با شیب هیدرولیکی کم و عمق آب

---

1 - Calvert

2- Outlets

کمتر از ۰/۹۰ متر انجام و با استفاده از این تجربیات جدول شماره ۲-۱ تهیه شده است که در آن مقادیر سرعت جریان غیرفرسایشی درکانالهای باعمق متوسط یک متر برای جریان آب صاف (که میزان مواد معلق کوچکتر از ۰/۰۰۵ میلیمتر در آب کمتر از ۰/۱ درصد باشد) نشان داده شده است .

در جدول شماره ۲-۲ سرعت مجاز جریان برای مقاطع زهکشی روباز با مصالح دارای درجات مختلف چسبندگی ارائه شده است .

در مواردی که درصد ذرات معلق ریزتر از ۰/۰۰۵ میلیمتر در جریان آب بین ۰/۱۰ تا ۲/۵ درصد باشد، حداکثر سرعت مجاز را می توان از جدول مذکور با توجه به جنس و قطر ذرات بدنه کانال انتخاب نمود .سرعت مجاز جریان در زهکشها تحت تاثیر قوس مسیر کاهش می‌یابد و با افزایش عمق آب درکانال اضافه می شود . البته سرعت مجاز در زهکشها با مصالح غیر چسبنده با افزایش شیب بدنه کانال نیز کاهش می یابد . می‌توان در مواردیکه مصالح تشکیل دهنده بدنه کانال از ذرات چسبنده باشد، سرعت مجاز را برای عبور جریانهای با احتمال وقوع کم با اعمال ضریب فراوانی (F) ، بیشتر از حد مجاز سرعت در شرایط معمولی در نظر گرفت . لازم به یادآوری است که در این حالت معمولاً سرعت محاسبه شده در مقطع کانال برای جریان با احتمال وقوع کم از سرعت حاصل شده ناشی از اعمال ضریب فراوانی فوق الذکر در سرعت مجاز کمتر است و نیاز به تمهیدات خاصی برای حفاظت مقطع زهکش تحت این شرایط نخواهد بود . ولی در مواردیکه طراحی زهکش برای دبی جریانهای با احتمال وقوع زیاد (۲ تا ۱۰ سال یکبار) و یا با احتمال وقوع کم (۱۰ تا ۱۰۰ سال یکبار) است ، تاکید می شود علاوه براینکه باید سرعت کانال در شرایط عبور دبی جریان طراحی از سرعت مجاز کمتر باشد ، لازم است سرعت جریان با احتمال وقوع ده درصد (۱۰ سال یکبار) نیز در کانال محاسبه شود و اطمینان حاصل گردد که از سرعت مجاز مصالح تشکیل دهنده بدنه زهکش بیشتر نباشد .

ضرایب اصلاحی سرعت مربوط به تاثیر عوامل مورد بحث (قوس مسیر ، عمق آب ، شیب و ...) که بر پایه تجربیات حاصله تعیین گردید، در جدول شماره ۲-۳ ارائه شده است .

جدول شماره ۲-۴ نحوه کاربرد ضرایب اصلاحی سرعت مجاز را در خاکهای مختلف بادرنظر گرفتن دبی طراحی و دبیهای با احتمال وقوع مختلف که ممکن است از مقطع کانال عبور کند، نشان می دهد .

بنابراین با توجه به نکات فوق در تعیین سرعت حداکثر مجاز زهکشها به منظور حفظ شرایط پایداری مقطع لازم است موارد زیر :

- انجام دادن بررسیهای هیدرولوژیکی و هیدرولیکی به منظور تعیین دبی جریان طراحی ، جریان با احتمال وقوع ۱۰ درصد و یا جریانهای با احتمال وقوع کم متناسب با خصوصیات طرح
- بررسی دانه بندی و میزان موادمعلق در دبیهای مورد نظر و تعیین درصد وزنی آن نسبت به کل جریان
- بررسی مشخصات ودانه بندی مصالح خاکی تشکیل دهنده بدنه کانال در قسمتهای مختلف مسیر

- مقایسه سرعت طراحی در هر قسمت از مسیر با سرعتهای مجاز ارائه شده در جدول شماره ۲-۱ و ۲-۲ موردتوجه قرار گیرد.

۲-۶-۲ حداقل سرعت

در تعیین سرعت جریان مقاطع زهکشها باید سعی شود که حداقل سرعت از حدود سرعتهای غیررسوبگذار [1] کمتر نباشد . میزان این سرعت معمولاً در حدود ۰/۳۰ متر بر ثانیه در نظر گرفته می شود .

در موارد خاصی که جریان زهکش از آب صاف ونوع مصالح بدنه زهکش از ذرات ریزدانه غیرچسبنده باشد و سرعت مجاز آن از میزان سرعت غیررسوبگذار فوق الذکر کمتر شود ، باید تمهیداتی برای بالابردن پایداری بدنه کانال انجام پذیرد .

1 - Non Silting Velocity

جدول شماره ۲-۱ سرعت مجاز برای زهکشهای روباز

نوع مصالح	قطر D۷۵ مصالح کانال (میلیمتر)	سرعت مجاز (متر بر ثانیه)	
		آب صاف	جریان همراه با مواد معلق
درات ریزدانه	۰/۰۱	۰/۱۰	۰/۴۰
ماسه	۰/۰۵	۰/۱۵	۰/۳۵
	۰/۰۷	۰/۱۷	۰/۳۷
	۰/۱۰	۰/۲۰	۰/۴۰
	۰/۲۵	۰/۳۰	۰/۵۵
	۰/۵۰	۰/۴۰	۰/۶۵
	۱	۰/۴۵	۰/۸۰
	۲/۵	۰/۶۵	۱/۰۵
شن	۵	۰/۸۰	۱/۲۵
	۷/۵۰	۰/۹۰	۱/۴۰
	۱۰	۱	۱/۶۰
	۱۵	۱/۲۰	۱/۸۰
	۲۰	۱/۳۰	۱/۹۵
	۲۵	۱/۴۵	۲/۱۰
	۳۷/۵	۱/۷۰	۲/۳۵
	۵۰	۱/۹۰	۲/۵۵
قلوه سنگ	۷۵	۲/۲۵	۲/۸۵
	۱۰۰	۲/۵۵	۳/۲۰
	۱۵۰	۳/۱۵	۳/۶۰
	۲۰۰	۳/۷۵	۴

جدول شماره ۲-۲ سرعت مجاز در زهکشهای روباز با مصالح دارای درجات مختلف چسبندگی

بافت خاک	بافت گروه	حد روانی PI	سرعت - متر بر ثانیه		
			آب صاف	جریان همراه با مواد معلق	جریان همراه با بار کف
رس سخت ، با چسبندگی زیاد	CH	>۲۰	۱/۳۵	۱/۸۰	۱/۰۵
رس با چسبندگی ضعیف تا متوسط ، رس سیلتی یا رس ماسه‌ای	CL	۱۰–۷	جدول ۲-۱	جدول ۲-۱	*
	CL	۲۰–۱۰	۰/۷۵	۱/۳۰	۰/۷۵
	CL	>۲۰	۱/۲۰	۱/۶۵	۱/۰۵
سیلتهای کلوییدی، سیلتهای میکایی یا دیاتومی ، سیلتهای با مواد آلی و رسهای با حدروانی بالا	MH OH	<۱۰	جدول ۲-۱	جدول ۲-۱	*
	MH OH	۲۰–۱۰	۰/۷۵	۱/۲۰	۰/۷۵
	MH OH	>۲۰	۱/۰۵	۱/۵۰	۰/۹۰
سیلتهای غیرکلوییدی ، سیلتهای ماسه‌ای یا رسی ، سیلتهای با مواد آلی باحدروانی پایین	ML OL	<۱۰	جدول ۲-۱	جدول ۲-۱	*
	ML OL	۲۰–۱۰	۰/۷۵	۱/۲۰	۰/۷۵
ماسه سیلتی یا ماسه سیلتی شن دار که ذرات ریز آن از ۵% بیشتر است.	SM	<۱۰	جدول ۲-۱	جدول ۲-۱	*
	SM	۲۰–۱۰	۰/۷۵	۱/۲۰	۰/۷۵
ماسه رسی ماسه رسی شن‌دارخاک رس که ذرات ریزدانه آن از ۵ % بیشترباشد	SC	۱۰–۷	جدول ۲-۱	جدول ۲-۱	*
	SC	۲۰–۱۰	۰/۷۵	۱/۲۰	۰/۷۵
	SC	>۲۰	۱/۲۰	۱/۸۰	۱/۰۵
شنهای رسی یا شنهای رسی ماسه‌دار که ذرات ریزدانه آن از ۵درصد بیشتر باشد .	GC	۱۰–۷	جدول ۲-۱	جدول ۲-۱	*
	GC	۲۰–۱۰	" یا ۱/۲۰	یا ۱/۶۵	۱/۵۰
	GC	>۲۰	۱/۵۰	یا ۱/۹۵	۱/۸۰
شن‌سیلتی‌یاشن‌سیلتی‌ماسه‌دار که ذرات‌ریزدانه‌آن از ۵ درصدبیشترباشد	GM	<۱۰	جدول ۲-۱	جدول ۲-۱	*
	GM	۲۰–۱۰	یا ۱/۲۰	یا ۱/۹	* یا ۱/۶۵
شن با ماسه تمیز و با مخلوط شن و ماسه که ذرات ریزدانه آن از ۵ درصدکمتر باشد .	GW	–	جدول ۲-۱	جدول ۲-۱	*
	GP	–	"	"	*
	SW	–	"	"	*
	SP	–	"	"	*

* ستون ۱ جدول ۲-۱ سرعت مجاز جریانهایی راکه قطر ذرات بار کف همراه‌با جریان از D۷۵ مصالح‌تشکیل دهنده جسم کانال بزرگتر است و ستون ۲ سرعت مجاز جریانهایی را که اندازه بار کف از D۷۵ ذرات مصالح تشکیل دهنده جسم کانال کوچکتر باشد بدست می‌دهد .

جدول شماره ۲-۳ ضرایب اصلاحی تاثیر عوامل مختلف در سرعت مجاز کانالهای خاکی

ضریب اصلاحی تاثیر قوس مسیر		ضریب اصلاحی تاثیر عمق آب		ضریب اصلاحی تاثیر شیب بدنه		ضریب اصلاحی تاثیر فراوانی جریان	
نسبت شعاع قوس به عرض یا لای سطح آب R/T	ضریب A	عمق آب (متر)	ضریب D	شیب بدنه نهر Z:1	ضریب B	درصد وقوع جریان	ضریب F
۱۵	۱/۰۰	۰/۳۰	۰/۸۰	۱/۵:۱	۰/۵۰	۱	۱/۶۲
۱۴	۰/۹۹	۰/۶۰	۰/۹۰	۲:۱	۰/۷۲	۲	۱/۵۰
۱۲	۰/۹۶	۰/۹۰	۰/۹۸	۲/۵:۱	۰/۸۲	۳	۱/۳۸
۱۰	۰/۹۳	۱/۲۰	۱/۰۵	۳:۱	۰/۸۸	۴	۱/۲۸
۸	۰/۸۸	۱/۵۰	۱/۱۰			۵	۱/۲۰
۶	۰/۸۰	۱/۸۰	۱/۱۴			۶	۱/۱۵
۵	۰/۷۲	۲/۱۰	۱/۱۸			۷	۱/۱۰
		۲/۴۰	۱/۲۰			۸	۱/۰۶
		۲/۷۰	۱/۲۳			۹	۱/۰۲
		۳/۰۰	۱/۲۵			۱۰	۱/۰۰

مثالهای شماره ۲-۱ و ۲-۲ ارائه شده در پیوست، دو مورد از مقایسه سرعت دبیهای طراحی و سرعت مجاز در کانالهای خاکی را به ترتیب در کانالهای با مصالح غیر چسبنده و با مصالح چسبنده برای راهنمایی استفاده از جداول و روشهای بیان شده در فوق نشان می دهد :

ملاحظه می شود که در شرایط عبور دبیهای با احتمال وقوع ده درصد از کانال ، سرعت مجاز در هر دوحالت مستقیم و قوسی از سرعت جریان در کانال کمتر است، لذا کاهش شیب طولی مسیر با پوشش مناسب کانال برای عبور چنین جریانی که طبیعتا" احتمال وقوع آن خیلی بیشتر از دبی طراحی کانال است، ضروری خواهد بود .

جدول شماره ۲-۴ نحوه کاربرد ضرایب اصلاحی سرعت مجاز در خاکهای مختلف با در نظرگرفتن دبی طراحی و دبیهای با احتمال وقوع مختلف

حداکثر سرعت مجاز در نهر	نوع خاک بدنه نهر	جریان طراحی
A×D× (سرعت مجاز طبق جدول ۲-۱)×B	غیر چسبنده	دبیهای با احتمال وقوع زیاد
A×D× (سرعت مجاز طبق جدول ۲-۲)	چسبنده	
A×D× (سرعت مجاز طبق جدول ۲-۱)×B	غیر چسبنده	دبیهای با احتمال وقوع کم
A×D× (سرعت مجاز طبق جدول ۲-۲)×B	چسبنده	

۲-۷ تنش ناشی از نیروهای فرساینده [1]

جریان آب در کانالهای خاکی نیروهایی را برروی ذرات خاک تشکیل دهنده کف و بدنه آنها وارد می کند . در صورتی که مقدار این نیروها از حدود مشخصی افزایش یابند، ذرات خاک را از بدنه کانال جدا می‌کنند و همراه با جریان آب حرکت می دهند . حفره هایی که باکنده شدن ذرات خاک در بدنه کانال ایجاد می‌شود، بتدریج توسعه می‌یابد و موجب ریزش قسمتی از بدنه خواهد شد. این پدیده به نام آبشستگی [2] یا فرسایش [3] نامیده می شود و نیرویی راکه موجب ایجاد آن می‌گردد نیروی برکننده [4] می نامند .

نیروی برکننده طبق رابطه دوبوا [5] به صورت $T=\gamma R.S$ نشان داده می شود . این رابطه را در مواقعی که عرض کف کانال در مقابل عمق جریان آب خیلی زیاد باشد، می‌توان به صورت $T=\gamma dS$ نشان داد . در روابط فوق γ وزن مخصوص آب و در شرایط معمولی برابر ۱۰۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب ، R شعاع هیدرولیکی مقطع کانال به متر، S شیب هیدرولیکی جریان به متر به متر و d عمق آب به متر و T از جنس نیرو بر واحد سطح است .

توضیح اینکه نیروی برکننده تنها به‌صورت تنش برشی ، موجب فرسایش بدنه کانال نمی‌شود و معمولاً نیروهای عمودی فشاری یا کششی نیز در ایجاد این پدیده موثرند. چنانچه در روابط بعد ملاحظه خواهد شد، در شیب جانبی کانال به علت تاثیر نیروی وزن ذرات در جابجایی وحرکت ذرات خاک ، حد مجاز نیروی برکننده در این قسمت از حد مجاز نیروی برکننده درکف کانال کمتر است .

یادآوری می گرددکه پس از محاسبه نیروی برکننده وکنترل فرسایش برای عبور جریانهای عادی، لازم است پایداری مقطع کانال در مقابل جریانهای با احتمال وقوع کم با اضافه نمودن ۳۰ درصد به حد مجاز نیروی برکننده نیز کنترل شود. تنش برشی ناشی از نیروهای برکننده [6] واقعی و حد مجاز نیروی برکننده [7] به‌شرح زیر است:

---

1 - Shear Stress
2- Scouring
3- Erosion
4- Tractive Force
5- Du Bois
6- Actual Tractive Force
7- Allowable Tractive Force

۲-۷-۱ نیروی برکننده

۲-۷-۱-۱ خاکهای غیر چسبنده دانه درشت

در این خاکها d۷۵ منحنی دانه بندی ذرات تشکیل دهنده آن بین ۱۲۵ - ۶/۳ میلیمتر تغییر می‌کند ، نیروی برکننده را می توان با استفاده از روابط زیر محاسبه کرد :

$$T=\gamma d.s_t,\ s_t=\ S\ (\ \frac{n_t}{n}\ )^{۲}\ ,\ n_t=\ \frac{(d۷۵)^{۱/۶}}{۶۶/۷۷}$$

n_t ضریب مانینگ مربوط به زبری ذرات خاک و n ضریب زبری مقطع است که مجموعه ضرائب مربوط به زبری ذرات ، شکل مقطع ، میزان رویش گیاه ، پیچ وخم مسیر و دیگر عومل موثر را در برمی‌گیرد و S شیب هیدرولیکی جریان است . بدیهی است درمواقعی که کندی حرکت جریان آب یا به عبارت دیگر، ضریب زبری مصالح تشکیل دهنده بدنه کانال فقط ناشی از زبری ذرات باشد $s_t=$ s و $n_t=n$ خواهد بود .

۲-۷-۱-۲ خاکهای ریزدانه با ذرات چسبنده

استفاده از روش فوق الذکر برای این نوع کانالها، رقم بالاتری نسبت به نیروی برکننده واقعی به‌دست می دهد . مع هذا به منظور یکنواختی در محاسبه نیروی برکننده درخاکهای مختلف محاسبه نیروی برکننده دراین نوع خاکها نیز با توجه به ضریب اطمینان حاصل شده با استفاده از روش فوق الذکر انجام می گیرد .

جدول شماره ۲-۶ رابطه بین نیروی برکننده به‌دست آمده از روش فوق و نیروی برکننده وارد شده برکف یا شیب جانبی بدنه کانال را مشخص می‌کند .

حداکثر نیروی برکننده در کانالهای با مقطع ذوزنقه ای درقسمت شیروانی داخلی قوس و نزدیک انتهای آن به‌وجود می‌آید.
جداول شماره ۲-۷ و ۲-۸ مقادیر نیروی برکننده را به ترتیب برای داخل قوسها و در فاصله ای پـایین تـر از آن به‌دست می دهد .

لازم به تذکر است که این جداول برمنبای قضاوتهای کارشناسی و استفاده از نتایج تجربی تهیه شده و در آنها تاثیر عمق آب و طول قوس ملحوظ نشده است و در صورتی که اطلاعات دقیقتری از شرایط واقعی حداکثر نیروی برکننده قوس کانالها در منطقه طرح موجود نباشد، می تواند مورد استفاده قرار گیرند .
مثال ارائه شده در پیوست (مثال ۲-۳) راهنمای استفاده از روش فوق است .

۲-۷-۲ نیروهای برکننده مجاز

۲-۷-۲-۱ خاکهای غیرچسبنده درشت دانه (میلیمتر ۱۲۵ > $d_{۷۵}$ > ۶/۳ میلیمتر)

برای تعییـن مقـدار مجاز نیروی برکننده (نیرویی که بر اثر آن ذرات خاک شروع به جابجایی و حـرکت مـی‌کنند) لین [1] در شرایطی که مصالح کانال از نوع غیر چسبنده دانه درشت و میلیمتر ۱۲۵ >$d_{۷۵}$ > ۶/۳ میلیمتر باشد، روابط تجربی زیر را پیشنهاد کرده است .

T_{Lb}= ۰/۰۷۸۶ $d_{۷۵}$ T_{Ls}= ۰/۰۷۸۶ K×$d_{۷۵}$

ضریب K در فرمول فوق مربوط به تاثیر عامل نیروی وزن است و با توجه به شیب بدنه کانال (Z) و زاویه رانش خاک (ϕR)با استفاده از رابطه زیر محاسبه می شود :

$$K = \sqrt{\frac{z^2 - \cot g^2 \phi R}{1+z^2}} = \frac{TL_s}{TL_b}$$

جداول شماره ۲-۹ و ۲-۱۰ مقادیر ϕR و K خاکهای مختلف را ارائه می دهد .

مثال شماره ۲-۴ پیوست برای راهنمایی استفاده از روش بالا ارائه شده است .

۲-۷-۲-۲ خاکهای ریزدانه چسبنده و غیرچسبنده (۶/۳ > $d_{۷۵}$)

در این نوع خاکها، مطمئن ترین روش برای تعیین نیروی مجاز برکننده بازدید وبررسی فرسایش در کانالهای موجود منطقه ، انجام دادن آزمایشهای مصالح بدنه کانالها و برآورد نیروهای واقعی برکننده در شرایط هیدرولیکی کانالهای موردبررسی است.

برای محاسبه نیروی برکننده خاکهای مختلف می توان از جدول شماره ۲-۱۱ که آن را " لین " ارائه کرده‌است، به عنوان راهنما استفاده نمود .

دراین جدول نیروی برکننده، برمبنای $d_{۵۰}$ منحنی دانه بندی ذرات تشکیل دهنده خاکها تعیین می شود .
ردیف ۱ برای کانالهای با جریان آب صاف ، ردیف ۲ برای کانالهایی است که جریان آب در آن حاوی حداکثر ۰/۲ درصد موادمعلق بوده و ردیف ۳ مربوط به شرایطی است که جریان آب کانال بیش از ۲ درصد (۲۰۰۰۰ PPM)

---

1 - Lane

مواد معلق ریزدانه را با خود حمل می نماید .

علاوه برروشهای ذکر شده در بالا، جدول شماره ۲-۵که " فورتیه واسکوبی [1] آن را ارائه کرده است، نیز می تواند برای تعیین متوسط تنش مجاز در خاکهای مختلف مورد استفاده قرار گیرد:

جدول شماره ۲-۵ خستگی مجاز خاکهای مختلف

نوع خاک مسیر کانال	نیروی برکننده مجاز به کیلوگرم بر مترمربع	
	آب صاف	آب همراه با مواد معلق
ماسه‌ریزدانه ، لوم ماسه‌دار	۰/۱۵	۰/۳۵
لوم سیلتی، لوم	۰/۲۵	۰/۷۵
خاک رس، شن ریزدانه	۰/۳۵	۰/۷۵
مخلوط سیلت و شن	۱/۲۰	۲/۲۰
خاک رس سخت، شن	۱/۵	۲/۳۰

1 - Fortier and Scoby

جدول شماره ۲-۶ حداکثر نیروی برکننده وارد شده بر کف و شیبهای طرفین کانال

TS/T			Tb/T		b/d
z = ۲	z = ۱/۵	z = ۰	z = ۱/۵ و z = ۲	z = ۰	
۰/۶۵	۰/۵۶	۰/۰۵	۰	۰	۰
۰/۷۲	۰/۶۷	۰/۳۰	۰/۶۷	۰/۲۰	۱/۲
۰/۷۴	۰/۷۰	۰/۴۷	۰/۷۷	۰/۳۷	۱
۰/۷۶	۰/۷۲	۰/۶۸	۰/۸۹	۰/۶۸	۲
۰/۷۶۵	۰/۷۴	۰/۷۳	۰/۹۴	۰/۸۶	۳
۰/۷۷	۰/۷۵	۰/۷۷	۰/۹۷	۰/۹۳	۴
۰/۷۷	۰/۷۵۵	—	۰/۹۷۵	—	۵
۰/۷۷۵	۰/۷۶	—	۰/۹۸	—	۶
۰/۷۷۵	۰/۷۶۵	—	۰/۹۸۵	—	۷
۰/۷۸۰	۰/۷۶۵	—	۰/۹۹	—	۸
۰/۷۸۵	۰/۷۷	—	۰/۹۹۵	—	۹
۰/۷۸۵	۰/۷۷	—	۱/۰۰	—	۱۰

جدول شماره ۲-۷ نیروی برکننده حداکثر وارد شده بر کف یا شیب بدنه نهر در داخل قوس

$\frac{Tbc}{Tb}$ و یا $\frac{Tsc}{Ts}$	R/b
۲/۰۰	۲
۱/۸۵	۳
۱/۷۰	۴
۱/۵۶	۵
۱/۴۲	۶
۱/۳۰	۷
۱/۲۰	۸
۱/۱۱	۹
۱/۰۵	۱۰

جدول شماره ۲-۸ نیروی برکننده حداکثر وارد شده بر کف یا شیبهای بدنه کانال در قسمت مستقیم بلافاصله بعد از قوس

$\frac{Tst-Ts}{Tsc-Ts}$ و یا $\frac{Tbt-Tb}{Tbc-tb}$	Lc/b
—	۲
۱/۰۰	۳
۰/۸۵	۴
۰/۷۲	۵
۰/۵۷	۶
۰/۴۵	۷
۰/۳۳	۸
۰/۲۲	۹
۰/۱۵	۱۰

جدول شماره ۲-۹ زاویه رانش (ϕR) مصالح غیر چسبنده تشکیل دهنده بدنه کانال خاکی

dv۵ ذرات به میلیمتر	تیز گوشه زیاد	تیز گوشه متوسط	تیزگوشه کم	گردگوشه کم	گرد گوشه متوسط	گرد گوشه زیاد
۵	۳۲° ۱۵′	۲۹° ۱۵′	۲۶° ۳۵′	۲۴°	۲۱° ۲۵′	۱۸°۳۰′
۷/۵	۳۳° ۴۵′	۳۰° ۱۵′	۲۹°	۲۶°۴۵′	۲۴°۲۰′	۲۲°
۱۰	۳۵°	۳۳°	۳۰° ۴۵′	۲۸°۳۰′	۲۶°۳۰′	۲۴°۱۵′
۱۲/۵	۳۶°	۳۴°	۳۲°	۳۰°	۲۸°۱۰′	۲۶°
۱۵	۳۶°۴۵′	۳۵°	۳۳°	۳۱°۱۰′	۲۹°۳۰′	۲۷°۳۰′
۱۷/۵	۳۷° ۲۵′	۳۵°۴۵′	۳۴°	۳۲°۱۵′	۳۰°۴۵′	۲۹°
۲۰	۳۸°	۳۶°۱۵′	۳۴°۴۵′	۳۳°۱۰′	۳۱°۴۰′	۳۰°
۲۲/۵	۳۸°۲۵′	۳۷°	۳۵°۳۰′	۳۴°	۳۲°۳۰′	۳۱°۴۵′
۲۵	۳۸°۴۵′	۳۷°۲۵′	۳۶°	۳۴°۳۵′	۳۳°۱۰′	۳۱°۴۵′
۳۷/۵	۳۹°۴۵′	۳۸°۴۵′	۳۷°۴۵′	۳۶°۳۰′	۳۵°۲۵′	۳۴°۱۰′
۵۰	۴۰°۳۰′	۳۹°۳۵′	۳۸°۵۵′	۳۸°	۳۷°۱۰′	۳۶°۱۵′
۷۵	۴۰°۴۵′	۴۰°۱۵′	۳۹°۴۰′	۳۹°	۳۸°۳۰′	۳۷°۵۵′
۱۰۰	۴۱°	۴۰°۳۰′	۴۰°	۳۹°۳۰′	۲۹°	۳۸°۳۰′

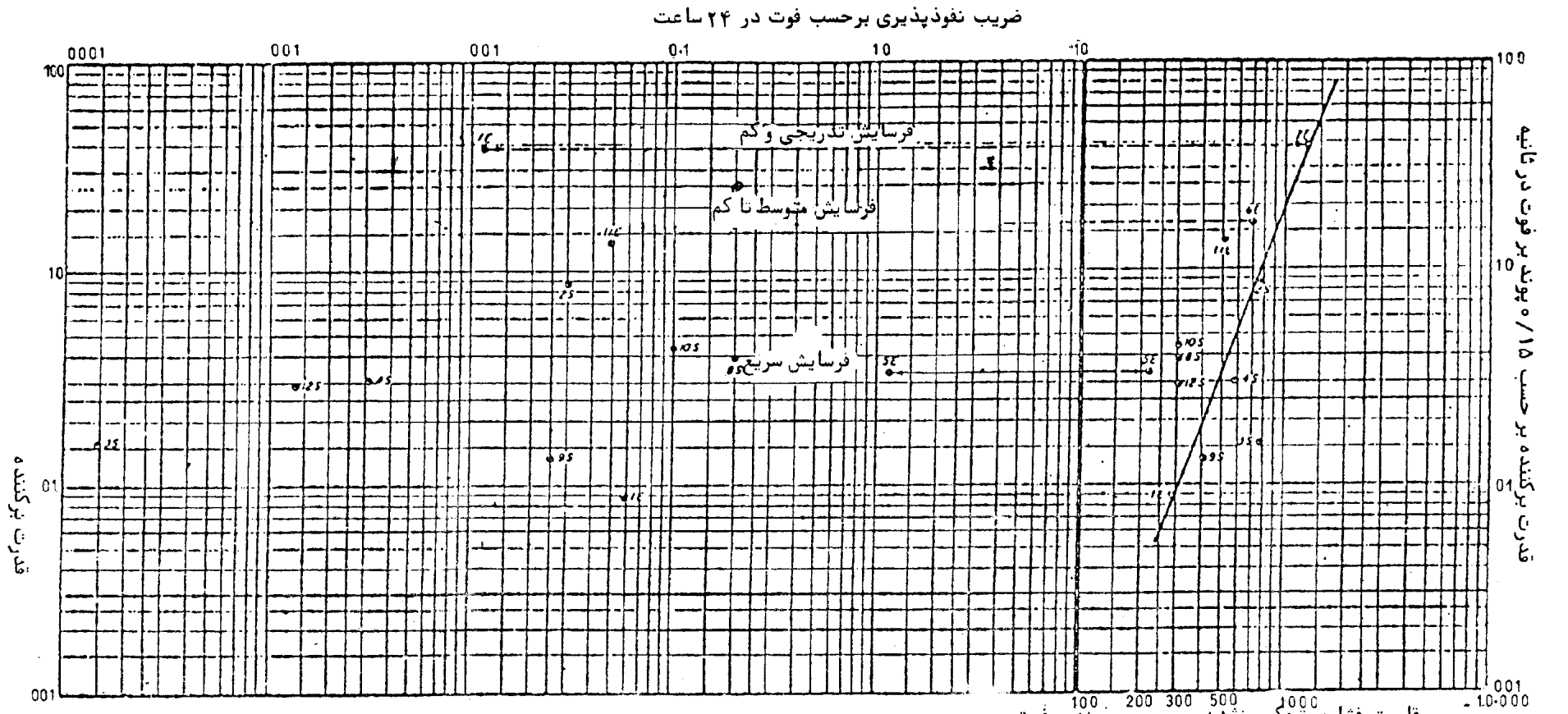
جدول شماره ۲-۱۰ نسبت بین نیروی برکننده شیب بدنه کانال به نیروی برکننده کف $K=\frac{TL_s}{TL_b}$

ϕR	۱:۱	۱/۵:۱	۲:۱	۳:۱	۴:۱	۵:۱	۶:۱	۷:۱	۸:۱	۹:۱	۱۰:۱
۴۵°	۰	۰/۵۸	۰/۷۷	۰/۹۰	۰/۹۴	۰/۹۶	۰/۹۷	۰/۹۸	۰/۹۸۵	۰/۹۹	۰/۹۹
۴۰°	—	۰/۴۴	۰/۷۲	۰/۸۷	۰/۹۳	۰/۹۵	۰/۹۶	۰/۹۷	۰/۹۸	۰/۹۸	۰/۹۸
۳۵°	—	—	۰/۶۲	۰/۸۴	۰/۹۰	۰/۹۴	۰/۹۵	۰/۹۶	۰/۹۷	۰/۹۷۵	۰/۹۷۵
۳۰°	—	—	۰/۴۴	۰/۷۷	۰/۸۷	۰/۹۲	۰/۹۴	۰/۹۵	۰/۹۶	۰/۹۷	۰/۹۷
۲۵°	—	—	—	۰/۶۶	۰/۸۲	۰/۸۸	۰/۹۲	۰/۹۴	۰/۹۵	۰/۹۶	۰/۹۶
۲۰°	—	—	—	۰/۳۸	۰/۷۰	۰/۸۲	۰/۸۸	۰/۹۱	۰/۹۳	۰/۹۴	۰/۹۵

جدول شماره ۲-۱۱ نیروی برکننده مجاز برای مصالح غیرچسبنده‌ای‌که d_{75} ذرات آن کوچکتر

نوع جریان	متوسط قطر ذرات (d۵۰) به میلیمتر از ۶/۳ میلیمتر باشد.										
	۰/۱۰	۰/۲۰	۰/۳۰	۰/ ۴۰	۰/۵۰	۰/۷۰	۱/۰۰	۲/۰۰	۳/۰۰	۴/۰۰	۵/۰۰
آب صاف	۰/۱۲۵	۰/۱۳	۰/۱۳۷	۰/۱۴	۰/۱۵۵	۰/۱۷	۰/۱۹۵	۰/۳۰	۰/۴۲	۰/۵۵	۰/۷۰
رسوب ریزدانه به مقدار کم	۰/۲۵	۰/۲۶	۰/۲۶۵	۰/۲۷	۰/۲۷۵	۰/۲۹	۰/۳۱	۰/۴۰	۰/۵۲	۰/۶۵	۰/۸۳
رسوب ریزدانه به مقدار زیاد	۰/۳۷۵	۰/۳۹	۰/۳۹۵	۰/۴۰	۰/۴۱	۰/۴۲	۰/۴۵	۰/۵۵	۰/۶۵	۰/۸۰	۰/۹۳

نمودار شماره ۲-۱ نیروهای برکننده مجاز خاکهای ریزدانه



فرسایش پذیر : c
پایدار : s
شماره‌نمونه

ارتباط پایداری نهر با مقاومت فشاری تحکیم نشده ، قدرت برکننده و نفوذ پذیری

برای تبدیل به سیستم متریک ارقام محور افقی درضریب ۴/۸۷ (کیلوگرم برمترمربع) و محورعمودی درضریب ۴۸۱ /۱ (کیلوگرم‌درمتربرثانیه) وارقام مربوط به‌نفوذپذیری درضریب ۰/۳۰۵۸ (متردر ۲۴ ساعت) ضرب می‌گردد.

6-1-3

جدول شماره ۲-۱۲ مقادیر حداکثر سرعت و نیروی برکننده مجاز متناظر با آن (تهیه‌کننده: ات چوری)

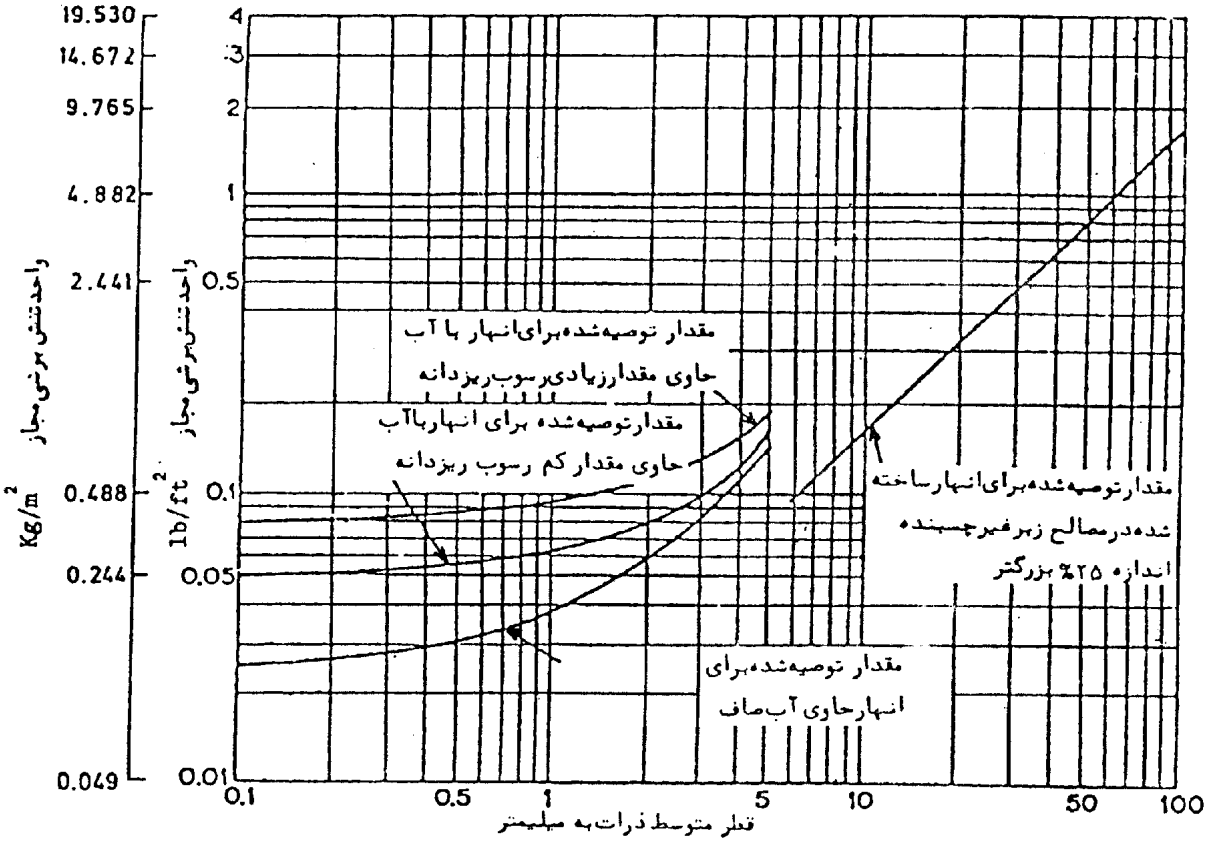
نوع مصالح	n مورد استفاده در فرمول مانینگ	سرعت متر بر ثانیه	نیروی برکننده کیلوگرم بر مترمربع
ماسه خیلی سبک باخاصیت روانگرائی	۰/۰۲۰	۰/۲۲۵—۰/۳۰	۰/۰۳—۰/۰۵۵
ماسه خیلی سبک غیر متراکم	۰/۰ ۲۰	۰/۳۰—۰/۴۵	۰/۰۵۵—۰/۱۲۵
خاک ماسه‌ای سبک یا ماسه درشت دانه	۰/۰۲۰	۰/۴۵—۰/۶۰	۰/۱۲۵—۰/۲۲
خاک ماسه‌ای متوسط	۰/۰۲۰	۰/۶۰—۰/۷۵	۰/۲۲—۰/۳۵
خاک لومی ماسه‌ای	۰/۰۲۰	۰/۷۵—۰/۸۳	۰/۳۵—۰/۴۲
خاک‌آبرفتی ،لوم متوسط و خاک‌خاکستر آتشفشانی	۰/۰۲۰	۰/۸۳—۰/۹۰	۰/۴۲—۰/۵۰
لوم رس دار ، لوم متراکم	۰/۰۲۰	۰/۹۰—۱/۱۲۵	۰/۵۰—۰/۷۸
خاک شنی معمولی ، خاک رس سخت	۰/۰۲۵	۱/۲۵-۱/۵۰	۱/۴۰—۲/۱۵
قلوه‌سنگ ، شن درشت دانه‌وسنگهای‌پلاکی	۰/۰۳۰	۱/۵۰—۱/۸۰	۳/۱۰—۴/۵۰
کنگلومرا ، شن سیمانته‌شده ،ورقه‌های نرم و سنگهای رسوبی نرم	۰/۰۲۵	۱/۸۰—۲/۴۰	۳/۱۰—۵/۵۲

جدول شماره ۲-۱۳ مقدار حداکثر سرعت مجاز توصیه شده از سوی فورتیه و اسکوبی و همچنین مقادیر متشابه واحد نیروی برشی که آن را دفتر فنی عمران آمریکا تبدیل کرده است .

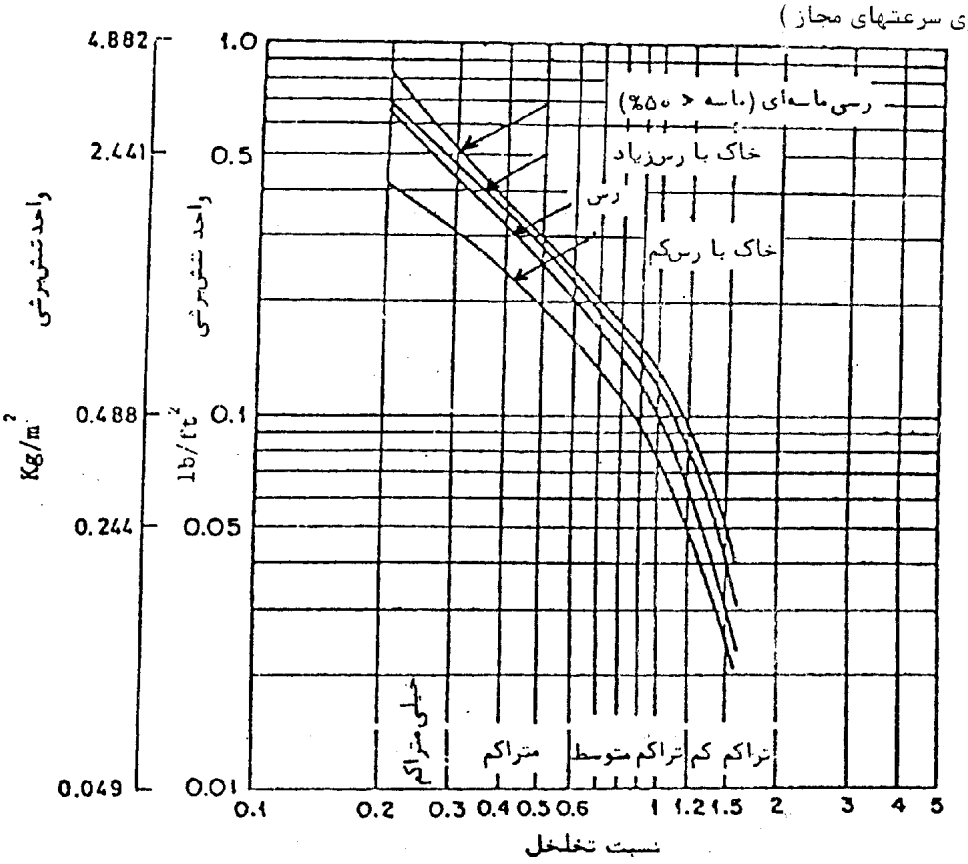
(برای کانالهای مستقیم با شیب کم ، بعد از فرسایش)

مصالح	n	آب صاف		آب حاوی لای کلوئیدی	
		متر بر ثانیه V	کیلوگرم بر مترمربع τ	متر بر ثانیه V	کیلوگرم بر مترمربع τ
ماسه ریز ، کلوییدی	۰/۰۲۰	۰/۴۶	۰/۱۳۲	۰/۷۶	۰/۳۶۶
لوم شنی ، غیرکلوییدی	۰/۰۲۰	۰/۵۳	۰/۱۸۱	۰/۷۶	۰/۳۶۶
لای لومی ، غیرکلوییدی	۰/۰۲۰	۰/۶۱	۱/۲۳۴	۰/۹۱	۰/۵۳۷
لای رسوبی ، غیرکلوییدی	۰/۰۲۰	۰/۶۱	۰/۲۳۴	۱/۰۷	۰/۷۳۲
لوم معمولی سخت شده	۰/۰۲۰	۰/۷۶	۰/۳۶۶	۱/۰۷	۰/۷۳۲
خاکستر آتشفشانی	۰/۰۲۰	۰/۷۶	۰/۳۶۶	۱/۰۷	۰/۷۳۲
رس غلیظ، خیلی کلوییدی	۰/۰۲۵	۱/۱۴	۱/۲۶۹	۱/۵۲	۲/۲۴۶
لای رسوبی ، کلوئیدی	۰/۰۲۵	۱/۱۴	۱/۲۶۹	۱/۵۲	۲/۲۴۶
شیست رسی و لایه سخت	۰/۰۲۵	۱/۸۳	۳/۲۷۱	۱/۸۳	۳/۲۷۱
شن ریز	۰/۰۲۰	۰/۷۶	۰/۳۶۶	۱/۵۲	۱/۵۶۲
لوم دانه‌بندی شده‌به‌قلوه‌سنگ وقتی که غیرکلوییدی باشد	۰/۰۳۰	۱/۱۴	۱/۸۵۵	۱/۵۲	۳/۲۲۲
لای دانه‌بندی شده به قلوه سنگ وقتی که کلوییدی باشد	۰/۰۳۰	۱/۲۲	۲/۰۹۹	۱/۶۸	۳/۹۰۶
شن درشت ،غیرکلوییدی	۰/۰۲۵	۱/۲۲	۱/۴۶۵	۱/۸۳	۳/۲۷۱
قلوه سنگ و ریگ	۰/۰۳۵	۱/۵۲	۴/۴۴۳	۱/۶۸	۵/۳۷۱

نمودار شماره ۲-۲ مقادیر توصیه شده واحد تنش برشی مجاز برای کانالهای ساخته شده در مصالح غیرچسبنده (دفتر فنی عمران امریکا)



نمودار شماره ۲-۳ میزان تنش برشی برای کانالهای ساخته شده در مصالح چسبنده (مطالعات کشور شوروی بر روی سرعتهای مجاز)



۲-۸ کنترل (وارسی) پایداری کانالها و زهکشها با مصالح چسبنده

از آنجاکه مطالب و اطلاعات زیادی در ارتباط بانیروی برکننده مجاز خاکهای ریزدانه انتشار نیافته است ، نمودار شماره ۲-۱ می تواند راهنمای مفیدی، برای ارزیابی پایداری کانالها برمبنای مشخصه های مقاومت برشی [1] نمونه دست‌نخورده خاکهای چسبنده در شرایط مرطوب باشد .

نمودار مذکور ارتباط بین خستگی فشار مجاز خاک و قدرت برکننده آن درکانالهای موجود رانشان می دهد که قدرت برکننده [2] معادل حاصلضرب نیروی برکننده در متوسط جریان کانال است .

لازم به یادآوری است که این نمودار براساس تعداد محدودی نمونه و دوره کوتاهی از بررسیها شده‌است ، لذا ادامه جمع آوری سیستماتیک اطلاعات مربوط به پایداری کانالهای مختلف با خاکهای چسبنده در شرایط عبور جریانهای قابل انتظار و در طول سالهای آینده به منظور تدقیق و تکمیل تجربیات قبلی ضروری خواهد بود .

ارائه ضرایب نفوذپذیری نمونه ها درسمت چپ نمودار شماره ۲-۱ تاثیر نفوذپذیری کم برمقاومت در مقابل فرسایش، یا بالعکس فقدان مقاومت در قبال فرسایش در بعضی خاکهای دیگر رانشان می دهد .

در مثـــال شماره ۲-۳ پیوست درصورتی که جنس مصالح کانال، رس سیلتی با مشخصات D۷۵=۰/۲۰ میلیمتر و PI= ۲۴ و مقاومت فشاری حاصل از نمونه دست نخورده تحکیم نشده [3] برابر ۱۸۰۰ کیلوگرم برمترمربع و در حالت عبور دبی طراحی ، سرعت جریان ۱/۶۲ متر بر ثانیه باشد ، قدرت برکننده درکف و بدنه کانال برابر :

$T_b \times V =$ کیلوگرم بر مترمربع ۰/۵۷ × ۱/۶۲ متر برثانیه = ۰/۹۲ کیلوگرم بر متر ثانیه

$T_s \times V =$ کیلوگرم بر مترمربع ۰/۴۵ × ۱/۶۲ متر برثانیه = ۰/۷۳ کیلوگرم بر متر ثانیه

خواهد بود .

با انتقال مقادیر قدرت برکننده ونیروی مقاومت خاک برروی نمودار شماره ۲-۱ ملاحظه می شود که نقاط معرف پایداری کف و شیب بدنه کانال در سمت چپ خط شاخص قرار می‌گیرد، لذا پایداری آنها درمقابل فرسایش و تخریب قابل تردید است ، در صورتی که نتوان شیب و ابعاد مقطع کانال را تغییر داد، باید از پوشش حفاظتی برای تثبیت پایداری کانال استفاده کرد .

تبصره : برای کانالهای با مصالح مختلف، جداولی را ات چوری ، فورتیه - اسکوبی و کارشناسان شوروی سابق نیز تهیه کرده‌اند که در آنها حدود سرعتهای مناسب و نیروی برکننده ایجاد شده معادل آنها در انواع خاکهای مختلف

1- Shear Strength

2- Tractive Force

3- Unconfined Compressive Strength

مقایسه وارائه شده است . تا زمانی که تجربیات دردست اقدام در موسساتی نظیر U.S.B.R برای تدقیق اطلاعات مربوط به تعیین نیروی مجاز برکننده در خاکهای چسبنده کامل نشده و به‌صورت‌مدون در نیامده‌است، می توان از این جداول استفاده نمود. بدین منظور لازم است سرعت جریان طراحی را که حدود آن نیز در جداول شماره ۲-۱۲ ، ۲-۱۳ و ۲-۱۴ داده شده است ، به نحوی انتخاب کرد که نیروی برکننده جریان (به طریقی که محاسبه آن در بند ۲-۱ شرح داده‌شده $T=\gamma dS$) از مقدار نیروی برکننده متناظر با سرعت انتخابی که در جداول فوق الذکر داده شده تجاوز نکند .

جدول شماره ۲-۱۴ حدود سرعت و نیروهای برکننده درمصالح چسبنده [1]

تراکم بستر				
طبقه‌بندی توصیفی	غیرمتراکم	نسبتا " متراکم	متراکم	خیلی متراکم
نسبت درصد فضای خالی	۲/۰—۱/۲۰	۱/۲۰—۰/۶۰	۰/۶۰—۰/۳۰	۰/۳۰—۰/۲۰

حدود متوسط سرعت ــ متر بر ثانیه

حدود مجاز نیروی برکننده ــ کیلوگرم بر مترمربع

عامل اصلی چسبندگی مصالح بستر	متر بر ثانیه	کیلوگرم بر مترمربع	متر بر ثانیه	کیلوگرم بر مترمربع	متر بر ثانیه	کیلوگرم بر مترمربع	متر بر ثانیه	کیلوگرم بر مترمربع
رسهای ماسه‌دار (مقدارماسه‌کمتراز ۵۰ درصد)	۰/۴۵	۰/۲۰	۰/۹۰	۰/۸۰	۱/۳۰	۱/۶۰	۱/۷۵	۳/۱۰
خاکهای رسی سنگین	۰/۴۰	۰/۱۵	۰/۸۵	۰/۷۰	۱/۲۵	۱/۵۰	۱/۶۷	۲/۸۰
خاکهای رسی	۰/۳۵	۰/۱۲	۰/۸۰	۰/۶۰	۱ /۲۰	۱/۴۰	۱/۶۲	۲/۶۳
خاکهای رسی سبک	۰/۳۲	۰/۱۰	۰/۷۰	۰/۵۰	۱/۰۵	۱/۰۵	۱/۳۳	۱/۷۵

۲-۹ ارتفاع آزاد در زهکشهای روباز

ارتفاع آزاد در مقطع زهکشها معمولا" با توجه به دبی طراحی ، سرعت جریان، تواتر وقوع سیلاب طراحی ، شرایط نگهداری ، نوسانات سطح آب ، ابنیه فنی مسیر و مشخصات خاک بستر زهکشها تعیین می گردد.

۱- پیشنهاد شده از طرف محققان شوروی سابق

عمق زهکشهای روباز عموما" با توجه به شیب طولی و لزوم تخلیه ثقلی زهکشهای ورودی تدریجا" افزایش می یابد و این امر عملا" موجب می گردد تا فاصله زمین طبیعی از سطح آب در زهکش بیش از ارتفاع آزاد موردنیاز شود. مع‌الوصف حداقل ارتفاع آزاد در مقطع زهکشها بایدبه میزانی باشد که بتواند روانابهای سطحی ناشی از رگبارهای با احتمال وقوع بیش از رگبار طراحی (احتمال وقوع ۱۰ تا ۲۵ ساله بر حسب شرایط اقلیمی ، امکانات و محدودیتهای عملیات زراعی و میزان حساسیت کشتهای مورد نظر به غرقابی) را بدون سرریزشدن آب از مقطع زهکش عبور دهد . در مواردی که زهکشهای جمع کننده روباز برای جمع آوری روانابهای سطحی نیز منظور شده باشند ، ارتفاع آزاد مقطع با توجه به عمق موردنیاز برای تخلیه زهکشهای زیرزمینی با رعایت موارد فوق تعیین می‌گردد .

یادآوری می‌کند که مصالح حاصل از خاکبرداری زهکشها رامی توان با رعایت مسائل فنی و اقتصادی بر حسب مورد برای احداث خاکریز حفاظتی و به منظور ایجاد ارتفاع آزاد کافی برای عبور سیلابهای با احتمال وقوع بیشتر مورد استفاده قرار داد ، مشروط برآنکه اجرای این عمل ، شرایط غیرمطلوبی در ارتباط با حریم زهکش ، مسائل نگهداری و غیره به‌وجودنیاورد و همچنین از کاربرد خاکریزهای مرتفع بخصوص در دامنه به لحاظ خطر لغزش خاکریز اجتناب گردد .

۲-۱۰ سکو و خاکریز کناره [1]

۲-۱۰-۱ سکو

سکو درمقاطع عرضی زهکشها به منظورهای زیر درنظر گرفته می شود :

- جلوگیری از ریزش دیواره های جانبی براثر فشار وارد شده از طرف خاکهای دپو شده و یا خاکریز حفاظتی [2] نزدیک لبه دیواره
- ایجاد فضای لازم برای عبور ومرور تجهیزات نگهداری
- عدم نیاز به جابه جایی خاکریز کناره درعملیات بهره برداری آینده
- ممانعت از شستشوی مواد خاکبرداری شده و ریزش آنها به داخل زهکشها

برای سهولت درامر نگهداری از زهکشهای بالنسبه عمیق ، معمولا" در ارتفاع مناسبی ازکف (۱/۵ تا ۳ متر بر حسب ابعاد زهکش و وضعیت پایداری دیواره های جانبی) سکویی نیز با عرض ۳/۵ متر یا بیشتر وحداقل در یک طرف زهکش منظور می گردد .

در حالتی‌که مواد حاصل از خاکبرداری مقطع زهکش به صورت خاکریز کناره در کنار زهکش ریخته شود ، سکو بایدبین لبه مقطع زهکش و پای خاکریز کناره پیش بینی گردد .

1- Berm and Spoil bank

2- Protective dike

در حالتهای زیر معمولا" سکو در دو طرف زهکش پیش بینی می شود :

- عرض فوقانی زهکش در سطح زمین بیشتراز ده متر باشد .
- خاکبرداری قابل ملاحظه ای در طول مسیر زهکش وجود داشته باشد .

در کف زهکشهای بزرگ، برحسب مورد می توان مقطعی مثلثی ویا ذوزنقه ای شکل بـه مـنظور تـخلیه جـریانهای حداقل [1] (به طور مثال تخلیه جریان آب مازاد آبیاری مزارع) در نظر گرفت . این مقاطع در وسط ویا دریک طرف کف زهکش اجرا می شود . پیش بینی این چنین مقاطع مرکب برای زهکشهای بزرگ ، سبب جلوگیری از خیس شدن همه کف زهکش درحالت عبور جریانهای حداقل می‌شود و در نتیجه رشد علفها کاهش می‌یابد ودر ضمن عبور و مرور ماشین آلات و عملیات نگهداری با سهولت بیشتر صورت می‌گیرد.

۲-۱۰-۲ خاکریز کناره [2]

بهترین‌استفاده ازمواد حاصل از خاکبرداری زهکش و فاصله‌پخش آنها باتوجه به نوع خاک ، نحوه استفاده از اراضی [3] اطراف ، نیاز به جاده سرویس وبالاخره روش نگهداری مورد نظر تعیین می شود . در بعضی محلها این مصالح با شکل دادن مناسب می تواند در جاده های مزارع مورداستفاده قرار گیرند . درتمامی موارد محل عبور برروی سکو یا برروی مصالح پخش شده متناسب با نوع تجهیزات وماشین آلات نگهداری وبهره برداری درنظر گرفته مـی‌شود ، درنواحی مرطوب سطح خاکریز کناره می تواند کشت شود ویا به‌صورت چمنزار ویامرتع مورد استفاده قرار گیرد . خاکهای زائد با شیبی به طرف خارج مقطع زهکش طوری پخش می گردد که عبور ومرور ماشین آلات مزرعه برروی آن ممکن باشد .

خاکهای زائد درمواردی که حاصلخیز نباشد ویا از سنگ و شن تشکیل شده باشد، یا به لحاظ مسائل زراعتی امکان زراعت برروی آنها ممکن نباشد، پخش نخواهد شد .

همچنین در مواردی که این خاکها با چوب وخاشاک همراه باشند شد، پخش نخواهند شد. در چنین حالاتی، خاکهای زائد درنوار محدودی بامنظور نمودن سکویی درکنار مقطع به‌طورممتد در مجاورت مقطع عرضی زهکش دپو می‌شود و شیب جانبی این خاکریزها ، حداکثر شیب مناسب درنظر گرفته خواهد شد . ضمنا" درکلیه موارد لازم است که امکان ورود روانابهای حاصل از سطح خاکریزهای کناره به داخل زهکش به طور مطمئن تامین شود .

به‌طورکلی مواد حاصل از خاکبرداری زهکشها به صورتی که باعث اصلاح وضع ظاهری وزیبایی محل بشود، مورد مصرف قرار خواهد گرفت . در مناطقی که خاک و شرایط آب وهوایی مساعد است ، کشت علف و نباتات مرتعی برروی سکوها ، محلهای عبورومرور ومحل دپو خاکهای زائد اقدام مناسبی خواهد بود .

1- Low Flow
2- Spoil Bank
3- Land Use

۲-۱۱ افت انرژی در مسیر

افت انرژی در زهکشها نیز نظیر: کانالهای آبیاری شامل: افت انرژی در مسیر (افت اصطکاکی) وافت انرژی موضعی در محل سازه های هیدرولیکی است. افت اصطکاکی در مسیر از فرمول مانینگ محاسبه می شود ومقدار آن برابر $S=(\frac{V}{R_h^{۲/۳}})^{۲}n$ است و به‌طورکلی ملاحظه می‌شود، افت اصطکاکی به نسبت توان دوم ضریب زبری (n) تغییر می یابد و چون مقطع کانالهای زهکشی روباز عموماً خاکی و بدون پوشش است، انجام دادن بـه مـوقع عـملیات نگهداری و بخصوص پاک کردن مسیر از رویش گیاهان تاثیر زیادی در پایین نگهداشتن مقدار (n) دارد . به عنوان مثال به منظور افزایش ضریب زبری در یک زهکش روباز بادبی و مقطع معیـن که از رشـد نبـاتـات در آن جلـوگیـری نـشـود و شعـاع هیـدرولیـکـی آن بیـن ۱/۲ تـا ۰/۷۵ متـر فـرض گـردد (۰/۰۴۰ تا ۰/۰۳۵ = طراحی n) با فرض ثابت بودن سرعت ، با استفاده از رابطه :

$$\frac{n^{۲}_{۱}}{n^{۲}_{۲}} = \frac{(۰/۱۰)^{۲}}{(۰/۰۳۵)^{۲} \text{ یا } (۰/۰۴۰)^{۲}}$$

ملاحظه می‌گردد که افت انرژی لازم ۶ تا ۸ برابر افزایش می یابد و چون عملاً تامین اضافه ارتفاع هیدرولیکی به میزان فوق در طراحی یک زهکش از نظر فنی و اقتصادی قابل قبول نیست لذا افزایش ضریب زبری موجب افزایش عمق جریان ، کاهش سرعت و کاهش کشش زهکش و نهایتاً غرقاب شدن اراضی می گردد .

به منظور افزایش کشش و امکان تخلیه هرچه بیشتر زهکشها بخصوص درنواحی که بین سطح اراضی نقاط اجباری خروجی زهکشها [۱] اختلاف ارتفاع زیادی نباشد ، کاستن از افت انرژی موضعی در مسیر زهکشها اهمیت زیادی پیدا می کند . دراین قبیل موارد می توان با اتخاذ تدابیر خاص در طراحی سازه ها نظیر: انتخاب نوع ساختمان تبدیل در محلهای تغییر مقطع ویا تغییر نوع سازه ها مانند: کاربرد پل به جای آبرو امکان کاهش افت انرژی را فراهم نمود.

1- Outlet

پیوست " الف "
روش نیوتون برای محاسبه عمق آب در کانالهای مستطیلی و ذوزنقه‌ای شکل

۱-کلیات

روش نیوتون و چگونگی حل رابطه مانینگ برای به دست آوردن عمق آب در کانالهای ذوزنقه ای شکل و مستطیلی در این پیوست شرح داده شده است .

برای سهولت مراجعه ، نحوه محاسبات با این روش برای تهیه برنامه های کامپیوتری در نمودار [۱] پیوست الف-۱- تدوین شده ، و برنامه های کامپیوتری به زبانهای فورترن [۲] و بیسیک [۳] که معمولا" قابل استفاده در تمام کامپیوترهاست ، به ترتیب در برنامه های شماره " الف ۱ " و " الف ۲ " ارائه شده است .

دراین برنامه فرض بر آن است که داده های ورودی از طریق دگمه ها [۴] و داده های خروجی از طریق چاپگر [۵] دریافت شود ، این حالت با مختصر تغییری در متن برنامه ها عملی خواهد بود . برای دریافت داده های ورودی ، نوع داده با ذکر واحد مربوط در صفحه کامپیوتر ظاهر می شود که مقدار مربوط از طریق صفحه دگمه ها به کامپیوتر ارسال می‌شود.

مثال شماره ۱ داده شده در آخر نشریه ، عینا" با این روش حل شده و نتایج آن در دنباله هر برنامه در پیوست " الف " گنجانیده شده است .

۲- روش محاسبه

به طورکلی حل عددی معادلات نسبتا" پیچیده از طریق روش نیوتون زمانی عملی است که گرفتن مشتق اول معادله موردنظر به آسانی میسر باشد . حل عددی معادله و به عبارت دیگر پیدا کردن ریشه مورد نظر معادله نقطه A به طول X با روش نیوتون ، به صورت زیر است :

فرض می شود که صورت کلی تابع موردنظر به صورت زیر باشد :

$$y = f(x)$$

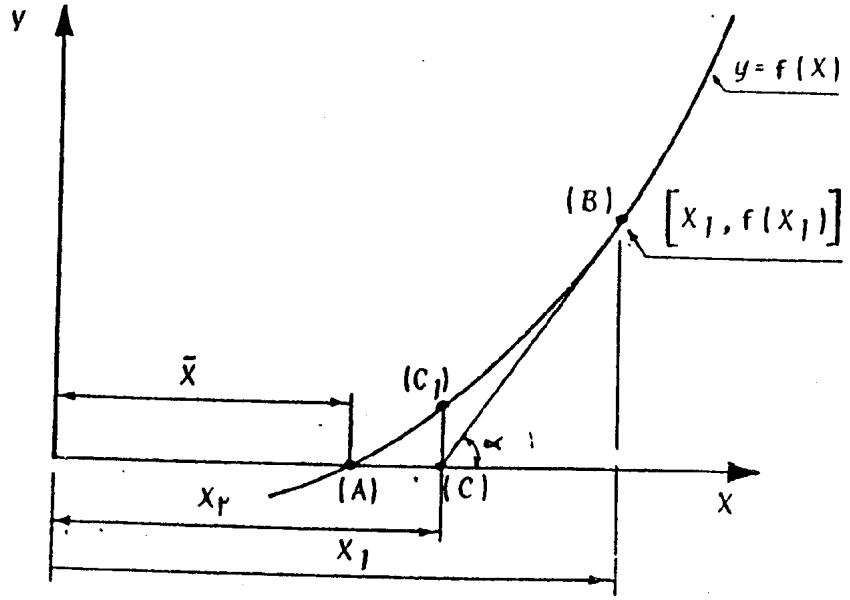
1- Flow chart
2- Fortran
3- Basic
4 - Keyboard
5- Printer

حال در تابع اصلی نقطه B به طول X۱ به نحوی فرض می شودکه مماس بر منحنی در این نقطه محور Xها را در نقطه C به طول X_2 قطع کند (شکل زیر) . ضریب زاویه مماس بر منحنی در نقطه B عبارت است از :

$$tg \propto = \frac{0 - f(X۱)}{X۲-X۱} = f'(X۱)$$

معادله بالا برحسب مقدار X۲ به صورت زیر است :

$$X۲ = X۱ - \frac{f(X۱)}{f'(X۱)}$$



شکل ۱ : حل معادله y = f(x)

با تعویض نقطه B به نقطه C۱ و تکرار محاسبات ، به نقطه A نزدیکتر می شویم . به طورکلی می توان نوشت :

$$X_n = X_{n-1} - \frac{f(X_{n-1})}{f'(X_{n-1})}$$

و شرایط قبول X_n به عنوان X زمانی فراهم می شود که رابطه زیر برقرار باشد :

$$f(X_n) < E$$

که در رابطه بالا E عدد کوچکی است که حدود دقت محاسبات را تعیین می کند .

۱-۲ محاسبه عمق آب در کانالهای ذوزنقه ای و مستطیلی با روش نیوتون

به کار بردن روشی که در بالا توضیح داده شد ، برای حل رابطه مانینگ در کانالهای ذوزنقه‌ای و مستطیلی به صورت زیر خواهد بود :

رابطه کلی مانینگ را می توان به صورت تابع زیر نوشت :

$$f(y) = \frac{1}{n} AR^{2/3} S^{1/2} - Q = 0$$

و مشتق یاد شده تابع بالا بر حسب متغیر y عبارت است از :

$$f'(y) = \frac{df}{dy} = \frac{S^{1/2}}{3n} (5p \frac{dA}{dy} - 2A \frac{dp}{dy}) A^{2/3} p^{-5/3}$$

که در رابطه بالا :

$$\frac{dA}{dy} = b + 2my$$

$$\frac{dp}{dy} = 2\sqrt{1+m^2}$$

و به این ترتیب با استفاده از اطلاعات بالا، امکان استفاده از روش نیوتون برای محاسبه عمق آب عملی می شود . نحوه محاسبات برای تهیه برنامه‌های کامپیوتری در نمودار پیوست " الف -۱" تدوین شده و برنامه های کامپیوتری مورد استفاده به زبانهای فورترن و بیسیک که معمولا" قابل استفاده در همه کامپیوترهای کوچک است ، تحت برنامه‌های شماره " الف ۱ " و " الف ۲ " ارائه شده و مثال شماره "۱" انتهای نشریه با برنامه های مذکور رانده شده است

سایر توضیحات در مورد چگونگی تغییر و تبدیل برنامه ها با توجه به چگونگی استفاده در متن نشریه آورده شده است .

۲-۲ محاسبه عمق بحرانی درکانالهای ذوزنقه‌ای و مستطیلی با روش نیوتون

با توجه به توضیحات بخش ۷ متن نشریه تابع کلی برای محاسبه عمق بحرانی به صورت زیر معرفی می شود :

$$f_C(y) = \frac{A^3}{T} - \frac{Q^2}{g} = R$$

$$f'_C(y) = \frac{df\,(y)C}{dy} = 3A^3 - \frac{A^3}{T^2}\left(\frac{dT}{dy}\right)$$

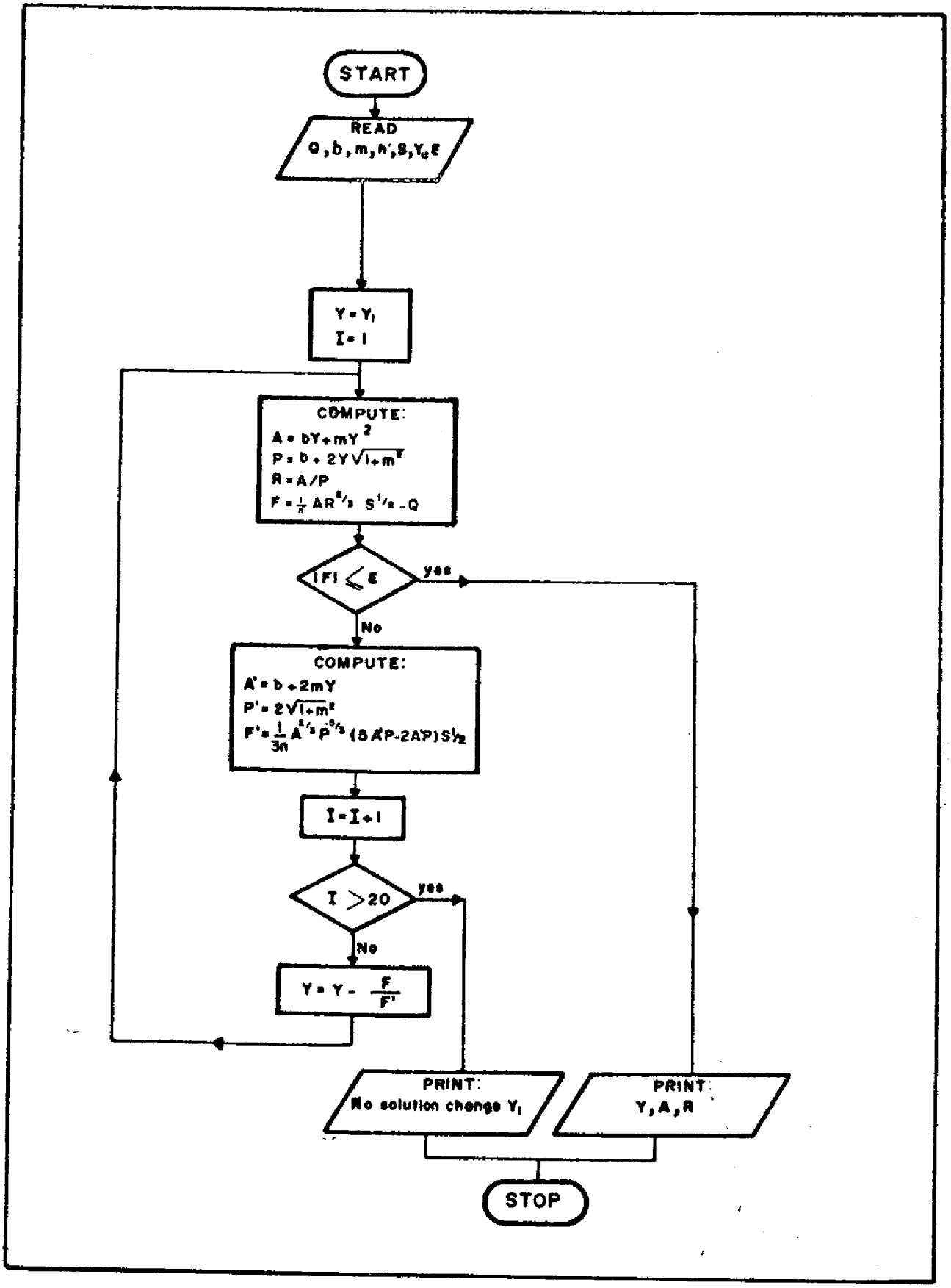
که در رابطه بالا :

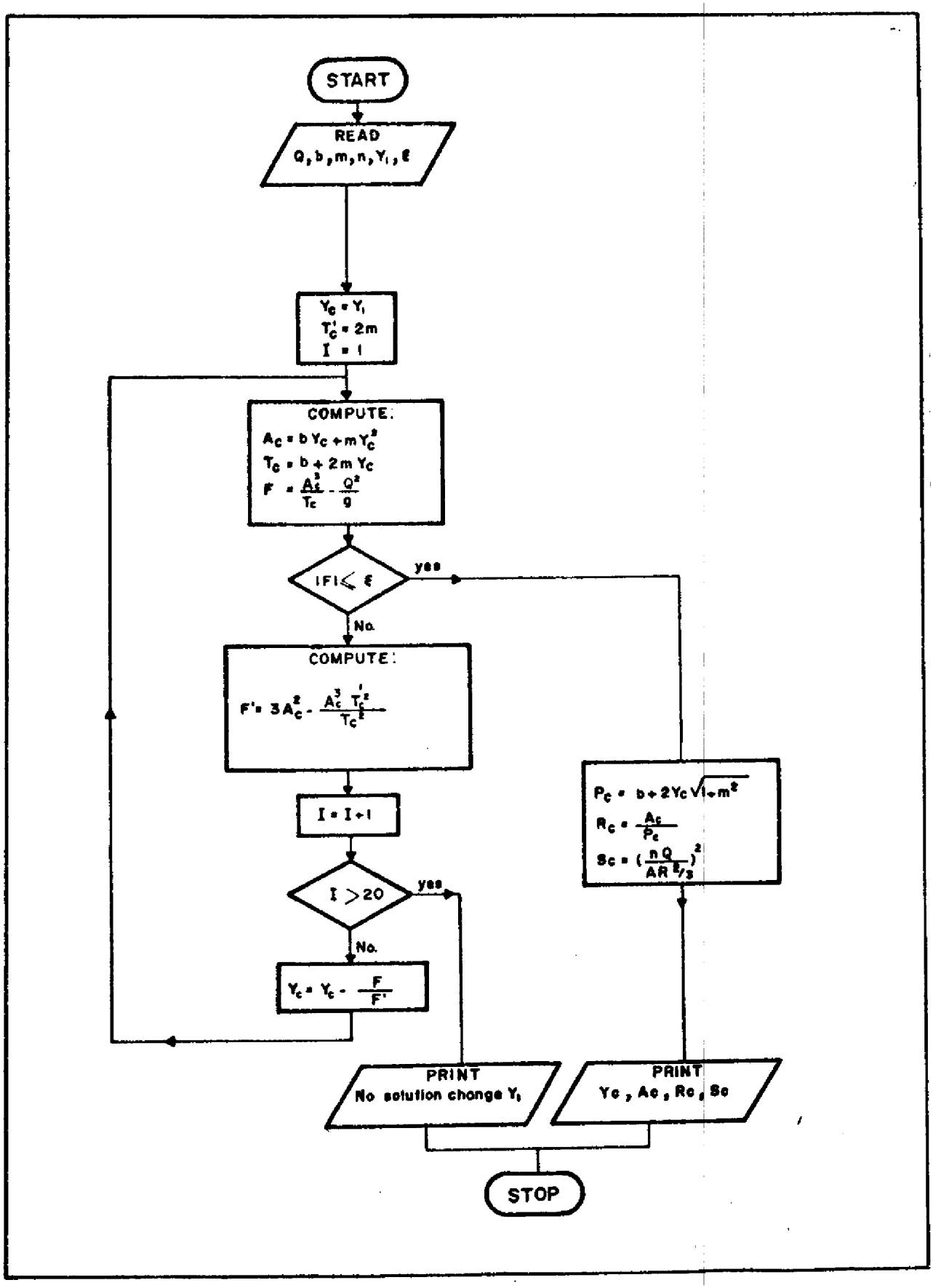
$$T = b + 2my$$

و:

$$\frac{dT}{du} = 2m$$

نمودار محاسباتی عمق بحرانی با روش نیوتون در نمودار "الف – ۲" تدوین شده‌است و برنامه های کامپیوتری مورد استفاده به زبانهای فورترن و بیسیک با ذکر مثال تحت برنامه های "الف – ۳" و "الف – ۴" ارائه می شود همچنین مثال شماره "۲" انتهای نشریه با برنامه های مذکور اجرا شده است .


START
READ
Q, b, m, n', S, Y1, ε
Y = Y1
I = 1
COMPUTE:
A = bY + mY²
P = b + 2Y√(1+m²)
R = A/P
F = (1/n) AR^(2/3) S^(1/2) - Q
|F| ≤ ε
yes
No
COMPUTE:
A' = b + 2mY
P' = 2√(1+m²)
F' = (1/3n) A^(2/3) P^(-5/3) (5AP - 2AP) S^(1/2)
I = I + 1
I > 20
yes
No
Y = Y - F/F'
PRINT:
No solution change Y1
PRINT:
Y, A, R
STOP


START
READ
Q, b, m, n, Y1, ε
Yc = Y1
T'c = 2m
I = 1
COMPUTE:
Ac = b Yc + m Yc²
Tc = b + 2m Yc
F = Ac³/Tc - Q²/g
|F| ≤ ε
yes
No.
COMPUTE:
F' = 3Ac² - Ac³ T'c²/Tc²
I = I + 1
I > 20
yes
No.
Yc = Yc - F/F'
Pc = b + 2Yc √(1+m²)
Rc = Ac/Pc
Sc = (nQ/(A R^2/3))²
PRINT
No solution change Y1
PRINT
Yc , Ac , Rc , Sc
STOP

```
C       THIS PROGRAM IS IN FORTRAN FOR DETERMINING THE NORMAL DEPTH OF
C       WATER IN TRAPEZOIDAL CHANNEL BY USING THE NEWTON,S METHOD.
        REAL M,N
        WRITE(*,12)
        READ(*,*) Q
        WRITE(*,13)
        READ(*,*) B
        WRITE(*,14)
        READ(*,*)' M
        WRITE(*,15)
        READ(*,*) N
        WRITE(*,16)
        READ(*,*) S
        OPEN(6,FILE='PRN')
        WRITE(6,17)
        WRITE(6,18) Q,B,M,N,S
        PP=2.*SQRT(1.+M**2)
        I=1
        Y=B/2.+.01
   10   A=Y*(B+M*Y)
        P=B+Y*PP
        R=A/P
        F=(1./N)*A*R**(2./3)*SQRT(S)-Q
        IF(ABS(F).LE..0001) GOTO 11
        AP=B+2.*M*Y
        FP=(1./3.)*A**(2./3.)*P**(-5./3.)*(5.*AP*P-2.*A*PP)*SQRT(S)/N
        I=I+1
        Y=Y-F/FP
        IF(I.LE.50) GOTO 10
        WRITE(6,19)
        STOP
   11   V=Q/A
        WRITE(6,20)
        WRITE(6,21) Y,A,R,V
        STOP
   12   FORMAT('INPUT....Discharge in cubic meters/s= Q')
   13   FORMAT('INPUT....Buttom width in meters      = B')
   14   FORMAT('INPUT....Side slope                  = m')
   15   FORMAT('INPUT....Manning coefficient         = n')
   16   FORMAT('INPUT....Bottom slope                = S')
   17   FORMAT(1HO///10X,'GIVEN DATA'/10X,27('-'))
   18   FORMAT(10X,'Q   = ',F6.3,' Cubic meters/s'/10X,'B   = ',F5.2,'  Me
       +ters'/10X,'M   = ',F5.2/10X,'N   = ',F6.3/10X,'S   = ',F8.5)
   19   FORMAT(1HO,'  UNSUCCESSFUL SOLUTION')
   20   FORMAT(1HO///10X,'SOLUTION'/10X,27('-'))
   21   FORMAT(10X,'Y   = ',F6.3,'  Meters'/10X,'A   = ',F7.4,' Sq.Meters
       +/10X,'R   = ',F6.3,'  Meters'/10X,'V   = ',F6.3,'  Meters/s')
        END
```

برنامه " الف – ۱". برنامه به زبان فورترن برای محاسبه عمق نرمال در کانال ذوزنقه‌ای با استفاده از روش نیوتن

```
100 REM THIS PROG.'.M IS IN BASIC FOR DETERMINING THE NORMAL
110 REM DEPTH OF WATER IN TRAFEZOIDAL CHANNEL BY NEWTON,S METHOD
120 INPUT "DISCHARGE = Q IN CUBIC M/S";Q
130 INPUT "BOTTOM WIDTH = B IN METERS";B
140 INPUT "SIDE SLOPE = m:1";M
150 INPUT "MANNING COEFFICIENT = n";N
160 INPUT "BOTTOM SLOPE = S";S
170 LPRINT "GIVEN DATA"
180 LPRINT "----------,---------------"
190 LPRINT "Q     = "Q"  Cubic Meters/s"
200 LPRINT "B     = "B"   Meters"
210 LPRINT "m     = "M
220 LPRINT "n     = "N
230 LPRINT "S     = "S
240 I=1
250 Y=B/2+.01
260 PP=2*SQR(1+M^2)
270 A=Y*(B+M*Y)
280 P=B+Y*PP
290 R=A/P
300 F=(1/N)*A*R^(2/3)*SQR(S)-Q
310 IF ABS(F)<=.0001  THEN 390
320 AP=B+2*M*Y
330 FP=SQR(S)*(5*AP*P-2*A*PP)*A^(2/3)/(3*N*P^(5/3))
340 I=I+1
350 Y=Y-F/FP
360 IF I<=50 THEN  270
370 LPRINT "UNSUCCESSFUL SOLUTION"
380 GOTO 450
390 LPRINT:LPRINT "SOLUTION"
400 LPRINT "--------------------------"
410 LPRINT "Y     = ";:LPRINT USING "££.£££";Y;:LPRINT "    Meters"
420 LPRINT "A     = ";:LPRINT USING "££.££££";A;:LPRINT "  Sq.Meters"
430 LPRINT "R     = ";:LPRINT USING "££.£££";R;:LPRINT "    Meters"
440 LPRINT "V     = ";:LPRINT USING "££.£££";Q/A;:LPRINT "   Meters/s"
450 END
```

برنامه "الف – ۲". برنامه به زبان بیسیک برای محاسبه عمق نرمال در کانال ذوزنقه‌ای با استفاده از روش نیوتون

```
C       THIS PROGRAM IS IN FORTRAN FOR DETERMINING THE CRITICAL DEPTH
C       AND SLOPE IN TRAPEZOIDAL CHANNEL BY USING THE NEWTON,S METHOD.
        REAL M,N
        WRITE(*,12)
        READ(*,*) Q
        WRITE(*,13)
        READ(*,*) B
        WRITE(*,14)
        READ(*,*) M
        WRITE(*,15)
        READ(*,*) N
        OPEN(6,FILE='PRN')
        WRITE(6,16)
        WRITE(6,17) Q,B,M,N
        TP=2.*M
        I=1
        Y=B/2.+.01
   10   A=Y*(B+M*Y)
        T=B+2.*Y*M
        F=A**3/T-Q**2/9.81
        IF(ABS(F).LE..0001) GOTO 11
        FP=3.*A**2-(TP*A**3)/T**2
        I=I+1
        Y=Y-F/FP
        IF(I.LE.50) GOTO 10
        WRITE(6,18)
        STOP
   11   V=Q/A
        P=B+2.*Y*SQRT(1.+M**2)
        R=A/P
        S=(Q*N/(A*R**(2./3.)))**2
        WRITE(6,19)
        WRITE(6,20) Y,A,R,V,S
        STOP
   12   FORMAT('INPUT....Discharge in cubic meters/s= Q')
   13   FORMAT('INPUT....Buttom width in meters     = B')
   14   FORMAT('INPUT....Side slope                 = m')
   15   FORMAT('INPUT....Manning coefficient        = n')
   16   FORMAT(1HO///10X,'GIVEN DATA'/10X,27('-'))
   17   FORMAT(10X,'Q   = ',F6.3,' Cubic meters/s'/10X,'B   = ',F5.2,'  Me
       +ters'/10X,'M   = ',F5.2/10X,'N   = ',F6.3)
   18   FORMAT(1HO,'  UNSUCCESSFUL SOLUTION')
   19   FORMAT(1HO///10X,'SOLUTION'/10X,27('-'))
   20   FORMAT(10X,'Yc  = ',F6.3,'  Meters'/10X,'Ac  = ',F7.4,' Sq.Meters'
       +/10X,'Rc  = ',F6.3,'  Meters'/10X,'Vc  = ',F6.3,'  Meters/s'/10X,
       +'Sc  = ',F8.5)
        END
```

برنامه " الف - ۳". برنامه به زبان فورترن برای محاسبه عمق بحرانی در کانال ذوزنقه‌ای با استفاده از روش نیوتون

```
100 REM THIS PROGRAM IS IN BASIC FOR DETERMINING THE CRITICAL
110 REM DEPTH OF WATER IN TRAPEZOIDAL CHANNEL BY NEWTON,S METHOD
120 INPUT "DISCHARGE = Q IN CUBIC M/S";Q
130 INPUT "BOTTOM WIDTH = B IN METERS";B
140 INPUT "SIDE SLOPE = m:1";M
150 INPUT "MANNING COEFFICIENT = n";N
160 LPRINT "GIVEN DATA"
170 LPRINT "---------------------------"
180 LPRINT "Q     = "Q"  Cubic Meters/s"
190 LPRINT "B     = "B"   Meters"
200 LPRINT "m     = "M
210 LPRINT "n     = "N
220 TP=2*M
230 I=1
240 Y=B/2+.01
250 A=Y*(B+M*Y)
260 T=B+2*Y*M
270 F=A^3/T-Q^2/9.81
280 IF ABS(F)<=.0001 THEN 350
290 FP=3*A^2-(TP*A^3)/T^2
300 I=I+1
310 Y=Y-F/FP
320 IF I<=50 THEN 250
330 LPRINT "UNSUCCESSFUL SOLUTION"
340 GOTO 460
350 V=Q/A
360 P=B+2*Y*SQR(1+M^2)
370 R=A/P
380 S=(Q*N/(A*R^(2/3)))^2
390 LPRINT:LPRINT "SOLUTION"
400 LPRINT "--------------------------"
410 LPRINT "Yc    = ";:LPRINT USING "££.£££";Y;:LPRINT "    Meters"
420 LPRINT "Ac    = ";:LPRINT USING "££.££££";A;:LPRINT "  Sq.Meters"
430 LPRINT "Rc    = ";:LPRINT USING "££.£££";R;:LPRINT "   Meters"
440 LPRINT "Vc    = ";:LPRINT USING "££.£££";Q/A;:LPRINT "   Meters/s"
450 LPRINT "Sc    = ";:LPRINT USING "£.£££££";S
460 END
```

برنامه " الف - ۴" برنامه به زبان بیسیک برای محاسبه عمق بحرانی در کانال ذوزنقه‌ای با استفاده از روش نیوتون

حل مثال ۱ - برای محاسبه عمق نرمال
با برنامه به زبان فورتـــران

برنامه الف ـ ۱

```
GIVEN DATA
---------------------------
Q    =  1.500 Cubic meters/s
B    =  1.20  Meters
M    =  2.00
N    =   .025
S    =   .00080


SOLUTION
---------------------------
Y    =   .793  Meters
A    =  2.2079 Sq.Meters
R    =   .465  Meters
V    =   .679  Meters/s
```

حل مثال ۱ - برای محاسبه عمق نرمال
با برنامه به زبان بیســیک

برنامه الف ـ ۲

```
GIVEN DATA
---------------------------
Q    =  1.5    Cubic Meters/s
B    =  1.2     Meters
m    =  2
n    =  .025
S    =  .0008

SOLUTION
---------------------------
Y    =  0.793   Meters
A    =  2.2079  Sq.Meters
R    =  0.465   Meters
V    =  0.679   Meters/s
```

حل مثال ۲ - برای محاسبه عمق بحرانی
با برنامه به زبان فورتـــران

برنامه الف ـ ۳

```
GIVEN DATA
---------------------------
Q    =   .800 Cubic meters/s
B    =   .60  Meters
M    =  1.50
N    =   .014


SOLUTION
---------------------------
Yc   =   .406  Meters
Ac   =   .4914 Sq.Meters
Rc   =   .238  Meters
Vc   =  1.628  Meters/s
Sc   =   .00352
```

حل مثال ۲ - برای محاسبه عمق بحرانی
با برنامه به زبان بیســیک

برنامه الف ـ ۴

```
GIVEN DATA
---------------------------
Q    =  .8    Cubic Meters/s
B    =  .6     Meters
m    =  1.5
n    =  .014

SOLUTION
---------------------------
Yc   =  0.406   Meters
Ac   =  0.4914  Sq.Meters
Rc   =  0.238   Meters
Vc   =  1.628   Meters/s
Sc   =  0.003522
```

ب - ۱ جداول کمکی محاسبه عمق آب در کانال ذوزنقه‌ای و مستطیلی شکل (محاسبه K'_Q)

Y/b	m			
	0	1	1.5	2
.100	.0191	.0214	.0221	.0228
.101	.0194	.0217	.0225	.0232
.102	.0197	.0221	.0229	.0236
.103	.0200	.0225	.0233	.0240
.104	.0203	.0228	.0237	.0244
.105	.0206	.0232	.0241	.0248
.106	.0209	.0236	.0245	.0253
.107	.0212	.0240	.0249	.0257
.108	.0215	.0243	.0253	.0261
.109	.0218	.0247	.0257	.0265
.110	.0221	.0251	.0261	.0269
.111	.0224	.0255	.0265	.0274
.112	.0227	.0259	.0269	.0278
.113	.0231	.0262	.0273	.0282
.114	.0234	.0266	.0277	.0287
.115	.0237	.0270	.0281	.0291
.116	.0240	.0274	.0286	.0296
.117	.0243	.0278	.0290	.0300
.118	.0246	.0282	.0294	.0305
.119	.0250	.0286	.0298	.0309
.120	.0253	.0290	.0303	.0314
.121	.0256	.0294	.0307	.0318
.122	.0259	.0298	.0311	.0323
.123	.0263	.0302	.0316	.0328
.124	.0266	.0307	.0320	.0332
.125	.0269	.0311	.0325	.0337
.126	.0273	.0315	.0329	.0342
.127	.0276	.0319	.0334	.0347
.128	.0279	.0323	.0338	.0352
.129	.0283	.0328	.0343	.0356
.130	.0286	.0332	.0347	.0361
.131	.0289	.0336	.0352	.0366
.132	.0293	.0341	.0357	.0371
.133	.0296	.0345	.0361	.0376
.134	.0300	.0349	.0366	.0381

Y/b	m			
	0	1	1.5	2
.135	.0303	.0354	.0371	.0386
.136	.0306	.0358	.0376	.0391
.137	.0310	.0363	.0380	.0396
.138	.0313	.0367	.0385	.0402
.139	.0317	.0371	.0390	.0407
.140	.0320	.0376	.0395	.0412
.141	.0324	.0380	.0400	.0417
.142	.0327	.0385	.0405	.0422
.143	.0331	.0390	.0410	.0428
.144	.0334	.0394	.0415	.0433
.145	.0338	.0399	.0420	.0438
.146	.0341	.0403	.0425	.0444
.147	.0345	.0408	.0430	.0449
.148	.0348	.0413	.0435	.0455
.149	.0352	.0418	.0440	.0460
.150	.0356	.0422	.0445	.0466
.151	.0359	.0427	.0450	.0471
.152	.0363	.0432	.0456	.0477
.153	.0366	.0437	.0461	.0482
.154	.0370	.0441	.0466	.0488
.155	.0374	.0446	.0471	.0494
.156	.0377	.0451	.0476	.0499
.157	.0381	.0456	.0482	.0505
.158	.0385	.0461	.0487	.0511
.159	.0388	.0466	.0493	.0517
.160	.0392	.0471	.0498	.0523
.161	.0396	.0476	.0504	.0529
.162	.0399	.0481	.0509	.0534
.163	.0403	.0486	.0515	.0540
.164	.0407	.0491	.0520	.0546
.165	.0410	.0496	.0526	.0552
.166	.0414	.0501	.0531	.0558
.167	.0418	.0506	.0537	.0564
.168	.0422	.0511	.0543	.0571
.169	.0425	.0516	.0548	.0577

Y/b	m			
	0	1	1.5	2
.170	.0429	.0522	.0554	.0583
.171	.0433	.0527	.0560	.0589
.172	.0437	.0532	.0565	.0595
.173	.0441	.0537	.0571	.0601
.174	.0444	.0543	.0577	.0608
.175	.0448	.0548	.0583	.0614
.176	.0452	.0553	.0589	.0620
.177	.0456	.0559	.0594	.0627
.178	.0460	.0564	.0600	.0633
.179	.0464	.0569	.0606	.0640
.180	.0467	.0575	.0612	.0646
.181	.0471	.0580	.0618	.0653
.182	.0475	.0586	.0624	.0659
.183	.0479	.0591	.0630	.0666
.184	.0483	.0597	.0636	.0672
.185	.0487	.0602	.0643	.0679
.186	.0491	.0608	.0649	.0686
.187	.0495	.0613	.0655	.0692
.188	.0499	.0619	.0661	.0699
.189	.0503	.0624	.0667	.0706
.190	.0507	.0630	.0674	.0713
.191	.0511	.0636	.0680	.0720
.192	.0515	.0641	.0686	.0727
.193	.0519	.0647	.0692	.0733
.194	.0522	.0653	.0699	.0740
.195	.0526	.0658	.0705	.0747
.196	.0530	.0664	.0712	.0754
.197	.0534	.0670	.0718	.0761
.198	.0538	.0676	.0724	.0768
.199	.0543	.0682	.0731	.0776
.200	.0547	.0687	.0737	.0783
.201	.0551	.0693	.0744	.0790
.202	.0555	.0699	.0751	.0797
.203	.0559	.0705	.0757	.0804
.204	.0563	.0711	.0764	.0812

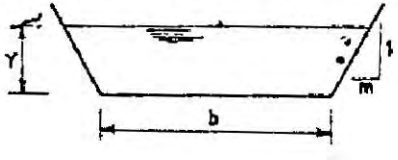


Table K'_Q page 1

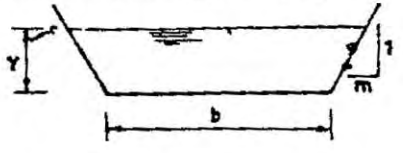
جدول ب - ۱

جداول کمکی محاسبه عمق آب در کانال ذوزنقه‌ای و مستطیلی شکل (محاسبه K'_Q)

Y/b	m				Y/b	m				Y/b	m			
	0	1	1.5	2		0	1	1.5	2		0	1	1.5	2
.205	.0567	.0717	.0770	.0819	.240	.0714	.0939	.1021	.1096	.275	.0868	.1188	.1306	.1414
.206	.0571	.0723	.0777	.0826	.241	.0718	.0946	.1029	.1104	.276	.0873	.1195	.1315	.1424
.207	.0575	.0729	.0784	.0834	.242	.0722	.0953	.1036	.1113	.277	.0877	.1203	.1324	.1434
.208	.0579	.0735	.0791	.0841	.243	.0727	.0959	.1044	.1121	.278	.0882	.1211	.1332	.1444
.209	.0583	.0741	.0797	.0848	.244	.0731	.0966	.1052	.1130	.279	.0886	.1218	.1341	.1454
.210	.0587	.0747	.0804	.0856	.245	.0735	.0973	.1060	.1139	.280	.0891	.1226	.1350	.1464
.211	.0591	.0753	.0811	.0863	.246	.0740	.0980	.1068	.1147	.281	.0895	.1233	.1359	.1473
.212	.0596	.0759	.0818	.0871	.247	.0744	.0987	.1075	.1156	.282	.0900	.1241	.1368	.1483
.213	.0600	.0765	.0825	.0879	.248	.0748	.0994	.1083	.1165	.283	.0905	.1249	.1377	.1493
.214	.0604	.0772	.0832	.0886	.249	.0753	.1001	.1091	.1174	.284	.0909	.1256	.1385	.1503
.215	.0608	.0778	.0839	.0894	.250	.0757	.1007	.1099	.1182	.285	.0914	.1264	.1394	.1513
.216	.0612	.0784	.0846	.0901	.251	.0762	.1014	.1107	.1191	.286	.0918	.1272	.1403	.1524
.217	.0616	.0790	.0853	.0909	.252	.0766	.1021	.1115	.1200	.287	.0923	.1279	.1412	.1534
.218	.0620	.0796	.0860	.0917	.253	.0770	.1028	.1123	.1209	.288	.0927	.1287	.1421	.1544
.219	.0625	.0803	.0867	.0925	.254	.0775	.1035	.1131	.1218	.289	.0932	.1295	.1430	.1554
.220	.0629	.0809	.0874	.0932	.255	.0779	.1043	.1139	.1227	.290	.0937	.1303	.1439	.1564
.221	.0633	.0815	.0881	.0940	.256	.0783	.1050	.1147	.1236	.291	.0941	.1311	.1449	.1575
.222	.0637	.0822	.0888	.0948	.257	.0788	.1057	.1155	.1245	.292	.0946	.1319	.1458	.1585
.223	.0641	.0828	.0895	.0956	.258	.0792	.1064	.1163	.1254	.293	.0950	.1326	.1467	.1595
.224	.0646	.0834	.0902	.0964	.259	.0797	.1071	.1172	.1263	.294	.0955	.1334	.1476	.1606
.225	.0650	.0841	.0910	.0972	.260	.0801	.1078	.1180	.1273	.295	.0960	.1342	.1485	.1616
.226	.0654	.0847	.0917	.0980	.261	.0806	.1085	.1188	.1282	.296	.0964	.1350	.1495	.1627
.227	.0658	.0853	.0924	.0988	.262	.0810	.1092	.1196	.1291	.297	.0969	.1358	.1504	.1637
.228	.0662	.0860	.0931	.0996	.263	.0814	.1100	.1205	.1300	.298	.0974	.1366	.1513	.1648
.229	.0667	.0866	.0939	.1004	.264	.0819	.1107	.1213	.1310	.299	.0978	.1374	.1522	.1658
.230	.0671	.0873	.0946	.1012	.265	.0823	.1114	.1221	.1319	.300	.0983	.1382	.1532	.1669
.231	.0675	.0879	.0953	.1021	.266	.0828	.1121	.1230	.1328	.301	.0987	.1390	.1541	.1679
.232	.0679	.0886	.0961	.1029	.267	.0832	.1129	.1238	.1338	.302	.0992	.1398	.1551	.1690
.233	.0684	.0893	.0968	.1037	.268	.0837	.1136	.1247	.1347	.303	.0997	.1406	.1560	.1701
.234	.0688	.0899	.0976	.1045	.269	.0841	.1143	.1255	.1357	.304	.1001	.1414	.1570	.1712
.235	.0692	.0906	.0983	.1054	.270	.0846	.1151	.1264	.1366	.305	.1006	.1423	.1579	.1722
.236	.0696	.0912	.0991	.1062	.271	.0850	.1158	.1272	.1376	.306	.1011	.1431	.1589	.1733
.237	.0701	.0919	.0998	.1070	.272	.0855	.1166	.1281	.1385	.307	.1015	.1439	.1598	.1744
.238	.0705	.0926	.1006	.1079	.273	.0859	.1173	.1289	.1395	.308	.1020	.1447	.1608	.1755
.239	.0709	.0932	.1013	.1087	.274	.0864	.1181	.1298	.1405	.309	.1025	.1455	.1617	.1766

ادامه جدول ب - ۱

Table K'_Q page 2

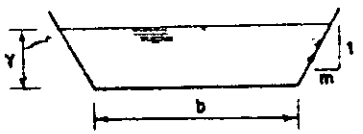


جداول کمکی محاسبه عمق آب در کانال ذوزنقه‌ای و مستطیلی شکل (محاسبه K'_Q)

Y/b	m				Y/b	m				Y/b	m			
	0	1	1.5	2		0	1	1.5	2		0	1	1.5	2
.310	.1029	.1464	.1627	.1777	.345	.1196	.1766	.1984	.2184	.380	.1368	.2096	.2378	.2638
.311	.1034	.1472	.1637	.1788	.346	.1201	.1775	.1995	.2197	.381	.1373	.2106	.2390	.2652
.312	.1039	.1480	.1647	.1799	.347	.1206	.1784	.2006	.2209	.382	.1378	.2116	.2402	.2666
.313	.1044	.1489	.1656	.1810	.348	.1211	.1794	.2016	.2221	.383	.1383	.2126	.2414	.2679
.314	.1048	.1497	.1666	.1821	.349	.1215	.1803	.2027	.2234	.384	.1387	.2136	.2426	.2693
.315	.1053	.1505	.1676	.1832	.350	.1220	.1812	.2038	.2246	.385	.1392	.2146	.2438	.2707
.316	.1058	.1514	.1686	.1843	.351	.1225	.1821	.2049	.2259	.386	.1397	.2156	.2450	.2721
.317	.1062	.1522	.1696	.1855	.352	.1230	.1830	.2060	.2271	.387	.1402	.2166	.2462	.2735
.318	.1067	.1530	.1705	.1866	.353	.1235	.1839	.2071	.2284	.388	.1407	.2176	.2474	.2749
.319	.1072	.1539	.1715	.1877	.354	.1240	.1849	.2082	.2296	.389	.1412	.2186	.2486	.2763
.320	.1077	.1547	.1725	.1889	.355	.1245	.1858	.2093	.2309	.390	.1417	.2196	.2498	.2777
.321	.1081	.1556	.1735	.1900	.356	.1250	.1867	.2104	.2322	.391	.1422	.2206	.2510	.2791
.322	.1086	.1564	.1745	.1911	.357	.1254	.1876	.2115	.2335	.392	.1427	.2216	.2522	.2805
.323	.1091	.1573	.1755	.1923	.358	.1259	.1886	.2126	.2347	.393	.1432	.2226	.2535	.2819
.324	.1095	.1581	.1766	.1934	.359	.1264	.1895	.2137	.2360	.394	.1437	.2236	.2547	.2833
.325	.1100	.1590	.1776	.1946	.360	.1269	.1904	.2149	.2373	.395	.1442	.2246	.2559	.2847
.326	.1105	.1599	.1786	.1957	.361	.1274	.1914	.2160	.2386	.396	.1447	.2256	.2571	.2862
.327	.1110	.1607	.1796	.1969	.362	.1279	.1923	.2171	.2399	.397	.1452	.2267	.2584	.2876
.328	.1115	.1616	.1806	.1981	.363	.1284	.1933	.2182	.2412	.398	.1457	.2277	.2596	.2890
.329	.1119	.1625	.1816	.1992	.364	.1289	.1942	.2194	.2425	.399	.1462	.2287	.2608	.2905
.330	.1124	.1633	.1827	.2004	.365	.1294	.1952	.2205	.2438	.400	.1468	.2297	.2621	.2919
.331	.1129	.1642	.1837	.2016	.366	.1298	.1961	.2216	.2451	.401	.1473	.2308	.2633	.2934
.332	.1134	.1651	.1847	.2028	.367	.1303	.1971	.2228	.2464	.402	.1478	.2318	.2646	.2948
.333	.1138	.1660	.1859	.2039	.368	.1308	.1980	.2239	.2477	.403	.1483	.2328	.2658	.2963
.334	.1143	.1668	.1868	.2051	.369	.1313	.1990	.2250	.2490	.404	.1488	.2339	.2671	.2977
.335	.1148	.1677	.1878	.2063	.370	.1318	.1999	.2262	.2504	.405	.1493	.2349	.2683	.2992
.336	.1153	.1686	.1889	.2075	.371	.1323	.2009	.2273	.2517	.406	.1498	.2359	.2696	.3007
.337	.1158	.1695	.1899	.2087	.372	.1328	.2018	.2285	.2530	.407	.1503	.2370	.2709	.3021
.338	.1162	.1704	.1910	.2099	.373	.1333	.2028	.2297	.2544	.408	.1508	.2380	.2721	.3036
.339	.1167	.1713	.1920	.2111	.374	.1338	.2038	.2308	.2557	.409	.1513	.2391	.2734	.3051
.340	.1172	.1721	.1931	.2123	.375	.1343	.2047	.2320	.2570	.410	.1518	.2401	.2747	.3066
.341	.1177	.1730	.1941	.2135	.376	.1348	.2057	.2331	.2584	.411	.1523	.2412	.2760	.3081
.342	.1182	.1739	.1952	.2147	.377	.1353	.2067	.2343	.2597	.412	.1528	.2422	.2772	.3096
.343	.1186	.1748	.1963	.2160	.378	.1359	.2077	.2355	.2611	.413	.1533	.2433	.2785	.3110
.344	.1191	.1757	.1973	.2172	.379	.1363	.2086	.2367	.2625	.414	.1538	.2443	.2798	.3125

ادامه جدول ب - ۱

Table K'_Q page 3



جداول کمکی محاسبه عمق آب در کانال ذوزنقه‌ای و مستطیلی شکل (محاسبه K'_Q)

Y/b	m			
	0	1	1.5	2
.415	.1543	.2454	.2811	.3141
.416	.1548	.2465	.2824	.3156
.417	.1553	.2475	.2837	.3171
.418	.1559	.2486	.2850	.3186
.419	.1564	.2497	.2863	.3201
.420	.1569	.2507	.2876	.3216
.421	.1574	.2518	.2889	.3232
.422	.1579	.2529	.2902	.3247
.423	.1584	.2540	.2915	.3262
.424	.1589	.2550	.2928	.3278
.425	.1594	.2561	.2942	.3293
.426	.1599	.2572	.2955	.3309
.427	.1604	.2583	.2968	.3324
.428	.1609	.2594	.2982	.3340
.429	.1615	.2605	.2995	.3355
.430	.1620	.2616	.3008	.3371
.431	.1625	.2627	.3022	.3387
.432	.1630	.2638	.3035	.3402
.433	.1635	.2649	.3049	.3418
.434	.1640	.2660	.3062	.3434
.435	.1645	.2671	.3076	.3450
.436	.1650	.2682	.3089	.3466
.437	.1656	.2693	.3103	.3482
.438	.1661	.2704	.3117	.3498
.439	.1666	.2715	.3130	.3514
.440	.1671	.2727	.3144	.3530
.441	.1676	.2738	.3158	.3546
.442	.1681	.2749	.3171	.3562
.443	.1686	.2760	.3185	.3578
.444	.1692	.2771	.3199	.3594
.445	.1697	.2783	.3213	.3611
.446	.1702	.2794	.3227	.3627
.447	.1707	.2805	.3241	.3643
.448	.1712	.2817	.3255	.3660
.449	.1717	.2828	.3269	.3676

Y/b	m			
	0	1	1.5	2
.450	.1723	.2840	.3283	.3693
.451	.1728	.2851	.3297	.3709
.452	.1733	.2863	.3311	.3726
.453	.1738	.2874	.3325	.3742
.454	.1743	.2886	.3339	.3759
.455	.1748	.2897	.3353	.3776
.456	.1754	.2909	.3368	.3792
.457	.1759	.2920	.3382	.3809
.458	.1764	.2932	.3396	.3826
.459	.1769	.2943	.3411	.3843
.460	.1774	.2955	.3425	.3860
.461	.1780	.2967	.3439	.3877
.462	.1785	.2978	.3454	.3894
.463	.1790	.2990	.3468	.3911
.464	.1795	.3002	.3483	.3928
.465	.1800	.3014	.3497	.3945
.466	.1806	.3025	.3512	.3962
.467	.1811	.3037	.3526	.3979
.468	.1816	.3049	.3541	.3996
.469	.1821	.3061	.3556	.4014
.470	.1827	.3073	.3570	.4031
.471	.1832	.3085	.3585	.4048
.472	.1837	.3097	.3600	.4066
.473	.1842	.3109	.3615	.4083
.474	.1847	.3121	.3629	.4101
.475	.1853	.3133	.3644	.4118
.476	.1858	.3145	.3659	.4136
.477	.1863	.3157	.3674	.4153
.478	.1868	.3169	.3689	.4171
.479	.1874	.3181	.3704	.4189
.480	.1879	.3193	.3719	.4207
.481	.1884	.3205	.3734	.4224
.482	.1889	.3217	.3749	.4241
.483	.1895	.3229	.3764	.4260
.484	.1900	.3242	.3780	.4278

Y/b	m			
	0	1	1.5	2
.485	.1905	.3254	.3795	.4296
.486	.1910	.3266	.3810	.4314
.487	.1916	.3278	.3825	.4332
.488	.1921	.3291	.3841	.4350
.489	.1926	.3303	.3856	.4368
.490	.1931	.3315	.3871	.4387
.491	.1937	.3328	.3887	.4405
.492	.1942	.3340	.3902	.4423
.493	.1947	.3353	.3918	.4441
.494	.1953	.3365	.3933	.4460
.495	.1958	.3377	.3949	.4478
.496	.1963	.3390	.3964	.4497
.497	.1968	.3403	.3980	.4515
.498	.1974	.3415	.3995	.4534
.499	.1979	.3428	.4011	.4552
.500	.1984	.3440	.4027	.4571
.501	.1990	.3453	.4042	.4589
.502	.1995	.3465	.4058	.4608
.503	.2000	.3478	.4074	.4627
.504	.2005	.3491	.4090	.4646
.505	.2011	.3504	.4106	.4665
.506	.2016	.3516	.4122	.4683
.507	.2021	.3529	.4138	.4702
.508	.2027	.3542	.4154	.4721
.509	.2032	.3555	.4170	.4740
.510	.2037	.3567	.4186	.4759
.511	.2043	.3580	.4202	.4778
.512	.2048	.3593	.4218	.4798
.513	.2053	.3606	.4234	.4817
.514	.2059	.3619	.4250	.4836
.515	.2064	.3632	.4266	.4855
.516	.2069	.3645	.4283	.4875
.517	.2075	.3658	.4299	.4894
.518	.2080	.3671	.4315	.4913
.519	.2085	.3684	.4332	.4933

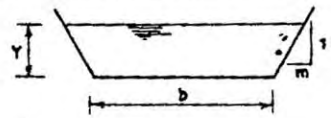


Table K'_Q page 4

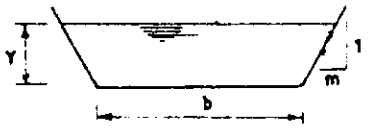
ادامه جدول ب - ۱

جداول کمکی محاسبه عمق آب در کانال ذوزنقه‌ای و مستطیلی شکل (محاسبه K'_Q)

Y/b	m				Y/b	m				Y/b	m			
	0	1	1.5	2		0	1	1.5	2		0	1	1.5	2
.520	.2091	.3697	.4348	.4952	.555	.2278	.4170	.4944	.5663	.590	.2469	.4672	.5582	.6430
.521	.2096	.3710	.4364	.4972	.556	.2284	.4184	.4961	.5684	.591	.2474	.4687	.5601	.6453
.522	.2101	.3723	.4381	.4992	.557	.2289	.4198	.4979	.5706	.592	.2480	.4702	.5620	.6476
.523	.2107	.3736	.4397	.5011	.558	.2295	.4212	.4997	.5727	.593	.2485	.4717	.5639	.6499
.524	.2112	.3750	.4414	.5031	.559	.2300	.4226	.5014	.5748	.594	.2490	.4732	.5658	.6522
.525	.2117	.3763	.4430	.5051	.560	.2305	.4240	.5032	.5769	.595	.2496	.4747	.5677	.6544
.526	.2123	.3776	.4447	.5070	.561	.2311	.4254	.5050	.5791	.596	.2501	.4762	.5696	.6567
.527	.2128	.3789	.4464	.5090	.562	.2316	.4268	.5068	.5812	.597	.2507	.4777	.5716	.6590
.528	.2133	.3802	.4480	.5110	.563	.2322	.4282	.5086	.5834	.598	.2512	.4792	.5735	.6614
.529	.2139	.3816	.4497	.5130	.564	.2327	.4296	.5104	.5855	.599	.2518	.4807	.5754	.6637
.530	.2144	.3829	.4514	.5150	.565	.2333	.4310	.5122	.5877	.600	.2523	.4822	.5773	.6660
.531	.2149	.3842	.4531	.5170	.566	.2338	.4324	.5140	.5898	.601	.2529	.4837	.5792	.6683
.532	.2155	.3856	.4547	.5190	.567	.2343	.4339	.5158	.5920	.602	.2534	.4852	.5812	.6706
.533	.2160	.3869	.4564	.5210	.568	.2349	.4353	.5176	.5942	.603	.2540	.4867	.5831	.6730
.534	.2165	.3883	.4581	.5230	.569	.2354	.4367	.5194	.5963	.604	.2545	.4882	.5850	.6753
.535	.2171	.3896	.4598	.5250	.570	.2360	.4381	.5212	.5985	.605	.2551	.4897	.5870	.6776
.536	.2176	.3909	.4615	.5271	.571	.2365	.4396	.5230	.6007	.606	.2556	.4912	.5889	.6800
.537	.2181	.3923	.4632	.5291	.572	.2371	.4410	.5248	.6029	.607	.2562	.4928	.5909	.6823
.538	.2187	.3936	.4649	.5311	.573	.2376	.4424	.5267	.6051	.608	.2567	.4943	.5928	.6847
.539	.2192	.3950	.4666	.5331	.574	.2381	.4439	.5285	.6073	.609	.2573	.4958	.5948	.6871
.540	.2198	.3964	.4683	.5352	.575	.2387	.4453	.5303	.6095	.610	.2578	.4973	.5967	.6894
.541	.2203	.3977	.4700	.5372	.576	.2392	.4468	.5322	.6117	.611	.2584	.4989	.5987	.6918
.542	.2208	.3991	.4717	.5393	.577	.2398	.4482	.5340	.6139	.612	.2589	.5004	.6007	.6942
.543	.2214	.4004	.4735	.5413	.578	.2403	.4497	.5358	.6161	.613	.2595	.5019	.6026	.6965
.544	.2219	.4018	.4752	.5434	.579	.2409	.4511	.5377	.6183	.614	.2600	.5035	.6046	.6989
.545	.2224	.4032	.4769	.5455	.580	.2414	.4526	.5395	.6205	.615	.2606	.5050	.6066	.7013
.546	.2230	.4045	.4786	.5475	.581	.2419	.4540	.5414	.6228	.616	.2611	.5066	.6086	.7037
.547	.2235	.4059	.4804	.5496	.582	.2425	.4555	.5433	.6250	.617	.2617	.5081	.6106	.7061
.548	.2241	.4073	.4821	.5517	.583	.2430	.4569	.5451	.6272	.618	.2622	.5096	.6125	.7085
.549	.2246	.4087	.4838	.5538	.584	.2436	.4584	.5470	.6295	.619	.2628	.5112	.6145	.7109
.550	.2251	.4100	.4856	.5558	.585	.2441	.4599	.5489	.6317	.620	.2633	.5128	.6165	.7133
.551	.2257	.4114	.4873	.5579	.586	.2447	.4613	.5507	.6340	.621	.2639	.5143	.6185	.7158
.552	.2262	.4128	.4891	.5600	.587	.2452	.4628	.5526	.6362	.622	.2644	.5159	.6205	.7182
.553	.2268	.4142	.4908	.5621	.588	.2458	.4643	.5545	.6385	.623	.2650	.5174	.6225	.7206
.554	.2273	.4156	.4926	.5642	.589	.2463	.4658	.5564	.6408	.624	.2655	.5190	.6246	.7230

ادامه جدول ب - ۱

Table K'_Q page 5



جداول کمکی محاسبه عمق آب در کانال ذوزنقه‌ای و مستطیلی شکل (محاسبه K'_Q)

Y/b	m				Y/b	m				Y/b	m			
	0	1	1.5	2		0	1	1.5	2		0	1	1.5	2
.625	.2661	.5206	.6266	.7255	.660	.2855	.5770	.6994	.8138	.695	.3051	.6366	.7769	.9063
.626	.2666	.5221	.6286	.7279	.661	.2860	.5786	.7016	.8164	.696	.3056	.6383	.7793	.9110
.627	.2672	.5237	.6306	.7304	.662	.2866	.5803	.7037	.8191	.697	.3062	.6401	.7815	.9158
.628	.2677	.5253	.6326	.7328	.663	.2872	.5820	.7059	.8217	.698	.3067	.6418	.7838	.9166
.629	.2683	.5268	.6347	.7353	.664	.2877	.5836	.7081	.8243	.699	.3073	.6436	.7861	.9194
.630	.2688	.5284	.6367	.7377	.665	.2883	.5853	.7102	.8270	.700	.3079	.6453	.7884	.9222
.631	.2694	.5300	.6387	.7402	.666	.2888	.5870	.7124	.8296	.701	.3084	.6471	.7907	.9251
.632	.2699	.5316	.6408	.7427	.667	.2894	.5886	.7146	.8322	.702	.3090	.6489	.7930	.9279
.633	.2705	.5332	.6428	.7451	.668	.2899	.5903	.7167	.8349	.703	.3095	.6506	.7953	.9307
.634	.2711	.5348	.6449	.7476	.669	.2905	.5920	.7189	.8375	.704	.3101	.6524	.7976	.9335
.635	.2716	.5364	.6469	.7501	.670	.2911	.5937	.7211	.8402	.705	.3107	.6542	.7999	.9364
.636	.2722	.5380	.6490	.7526	.671	.2916	.5954	.7233	.8429	.706	.3112	.6559	.8023	.9392
.637	.2727	.5395	.6510	.7551	.672	.2922	.5970	.7255	.8455	.707	.3118	.6577	.8046	.9420
.638	.2733	.5411	.6531	.7576	.673	.2927	.5987	.7277	.8482	.708	.3124	.6595	.8069	.9449
.639	.2738	.5428	.6552	.7601	.674	.2933	.6004	.7299	.8509	.709	.3129	.6613	.8092	.9478
.640	.2744	.5444	.6572	.7626	.675	.2939	.6021	.7321	.8536	.710	.3135	.6631	.8116	.9506
.641	.2749	.5460	.6593	.7651	.676	.2944	.6038	.7343	.8562	.711	.3141	.6649	.8139	.9535
.642	.2755	.5476	.6614	.7676	.677	.2950	.6055	.7365	.8589	.712	.3146	.6666	.8163	.9563
.643	.2760	.5492	.6635	.7702	.678	.2955	.6072	.7387	.8616	.713	.3152	.6684	.8186	.9592
.644	.2766	.5508	.6656	.7727	.679	.2961	.6089	.7409	.8643	.714	.3157	.6702	.8210	.9621
.645	.2771	.5524	.6676	.7752	.680	.2966	.6106	.7431	.8670	.715	.3163	.6720	.8233	.9650
.646	.2777	.5540	.6697	.7778	.681	.2972	.6123	.7454	.8698	.716	.3169	.6738	.8257	.9679
.647	.2783	.5557	.6718	.7803	.682	.2978	.6141	.7476	.8725	.717	.3174	.6756	.8281	.9708
.648	.2788	.5573	.6739	.7829	.683	.2983	.6158	.7498	.8752	.718	.3180	.6774	.8304	.9737
.649	.2794	.5589	.6760	.7854	.684	.2989	.6175	.7521	.8779	.719	.3186	.6793	.8328	.9766
.650	.2799	.5605	.6781	.7880	.685	.2994	.6192	.7543	.8807	.720	.3191	.6811	.8352	.9795
.651	.2805	.5622	.6803	.7905	.686	.3000	.6209	.7566	.8834	.721	.3197	.6829	.8376	.9824
.652	.2810	.5638	.6824	.7931	.687	.3006	.6227	.7588	.8861	.722	.3203	.6847	.8399	.9853
.653	.2816	.5654	.6845	.7957	.688	.3011	.6244	.7611	.8889	.723	.3208	.6865	.8423	.9883
.654	.2821	.5671	.6866	.7983	.689	.3017	.6261	.7633	.8916	.724	.3214	.6883	.8447	.9912
.655	.2827	.5687	.6887	.8008	.690	.3022	.6278	.7656	.8944	.725	.3219	.6902	.8471	.9941
.656	.2833	.5704	.6909	.8034	.691	.3028	.6296	.7678	.8972	.726	.3225	.6920	.8495	.9971
.657	.2838	.5720	.6930	.8060	.692	.3034	.6313	.7701	.8999	.727	.3231	.6938	.8519	1.0000
.658	.2844	.5737	.6951	.8086	.693	.3039	.6331	.7724	.9027	.728	.3236	.6957	.8543	1.0030
.659	.2849	.5753	.6973	.8112	.694	.3045	.6348	.7747	.9055	.729	.3242	.6975	.8567	1.0059

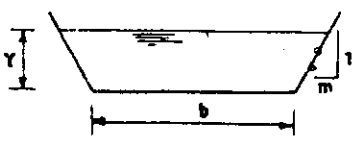


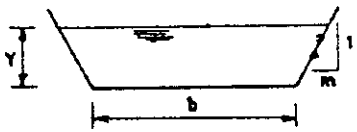
Table K'_Q page 6

ادامه جدول ب - ۱

جداول کمکی محاسبه عمق آب در کانال ذوزنقه‌ای و مستطیلی شکل (محاسبه K'_Q)

Y/b	m				Y/b	m				Y/b	m			
	0	1	1.5	2		0	1	1.5	2		0	1	1.5	2
.730	.3248	.6993	.8592	1.0089	.765	.3446	.7654	.9462	1.1159	.800	.3646	.8347	1.0383	1.2293
.731	.3253	.7012	.8616	1.0118	.766	.3452	.7673	.9488	1.1190	.801	.3652	.8368	1.0410	1.2327
.732	.3259	.7030	.8640	1.0148	.767	.3458	.7693	.9514	1.1222	.802	.3658	.8388	1.0437	1.2360
.733	.3265	.7049	.8664	1.0178	.768	.3463	.7712	.9539	1.1253	.803	.3663	.8408	1.0464	1.2394
.734	.3270	.7067	.8689	1.0208	.769	.3469	.7731	.9565	1.1285	.804	.3669	.8429	1.0491	1.2427
.735	.3276	.7086	.8713	1.0238	.770	.3475	.7751	.9591	1.1317	.805	.3675	.8449	1.0518	1.2461
.736	.3282	.7104	.8737	1.0268	.771	.3480	.7770	.9617	1.1349	.806	.3681	.8470	1.0545	1.2495
.737	.3287	.7123	.8762	1.0298	.772	.3486	.7790	.9642	1.1380	.807	.3686	.8490	1.0573	1.2528
.738	.3293	.7141	.8786	1.0328	.773	.3492	.7809	.9668	1.1412	.808	.3692	.8511	1.0600	1.2562
.739	.3299	.7160	.8811	1.0358	.774	.3498	.7829	.9694	1.1444	.809	.3698	.8531	1.0627	1.2596
.740	.3304	.7179	.8835	1.0388	.775	.3503	.7849	.9720	1.1476	.810	.3703	.8552	1.0655	1.2630
.741	.3310	.7197	.8860	1.0418	.776	.3509	.7868	.9746	1.1508	.811	.3709	.8572	1.0682	1.2664
.742	.3316	.7216	.8885	1.0448	.777	.3515	.7888	.9772	1.1540	.812	.3715	.8593	1.0710	1.2698
.743	.3321	.7235	.8909	1.0479	.778	.3520	.7907	.9798	1.1572	.813	.3721	.8614	1.0737	1.2732
.744	.3327	.7254	.8934	1.0509	.779	.3526	.7927	.9824	1.1605	.814	.3726	.8634	1.0765	1.2766
.745	.3333	.7272	.8959	1.0539	.780	.3532	.7947	.9851	1.1637	.815	.3732	.8655	1.0792	1.2800
.746	.3338	.7291	.8984	1.0570	.781	.3538	.7967	.9877	1.1669	.816	.3738	.8676	1.0820	1.2834
.747	.3344	.7310	.9008	1.0600	.782	.3543	.7986	.9903	1.1702	.817	.3744	.8696	1.0848	1.2869
.748	.3350	.7329	.9033	1.0631	.783	.3549	.8006	.9929	1.1734	.818	.3749	.8717	1.0875	1.2903
.749	.3355	.7348	.9058	1.0662	.784	.3555	.8026	.9956	1.1767	.819	.3755	.8738	1.0903	1.2937
.750	.3361	.7367	.9083	1.0692	.785	.3560	.8046	.9982	1.1799	.820	.3761	.8759	1.0931	1.2972
.751	.3367	.7386	.9108	1.0723	.786	.3566	.8066	1.0008	1.1832	.821	.3767	.8780	1.0959	1.3006
.752	.3372	.7405	.9133	1.0754	.787	.3572	.8086	1.0035	1.1864	.822	.3772	.8801	1.0987	1.3041
.753	.3378	.7424	.9158	1.0785	.788	.3578	.8106	1.0061	1.1897	.823	.3778	.8821	1.1015	1.3075
.754	.3384	.7443	.9183	1.0815	.789	.3583	.8126	1.0088	1.1930	.824	.3784	.8842	1.1042	1.3110
.755	.3389	.7462	.9209	1.0846	.790	.3589	.8146	1.0115	1.1962	.825	.3790	.8863	1.1071	1.3145
.756	.3395	.7481	.9234	1.0877	.791	.3595	.8166	1.0141	1.1995	.826	.3795	.8884	1.1099	1.3179
.757	.3401	.7500	.9259	1.0908	.792	.3600	.8186	1.0168	1.2028	.827	.3801	.8905	1.1127	1.3214
.758	.3406	.7519	.9284	1.0940	.793	.3606	.8206	1.0194	1.2061	.828	.3607	.8926	1.1155	1.3249
.759	.3412	.7538	.9310	1.0971	.794	.3612	.8226	1.0221	1.2094	.829	.3813	.8948	1.1183	1.3284
.760	.3418	.7557	.9335	1.1002	.795	.3618	.8246	1.0248	1.2127	.830	.3818	.8969	1.1211	1.3319
.761	.3424	.7577	.9360	1.1033	.796	.3623	.8266	1.0275	1.2160	.831	.3824	.8990	1.1239	1.3354
.762	.3429	.7596	.9386	1.1064	.797	.3629	.8287	1.0302	1.2194	.832	.3830	.9011	1.1268	1.3389
.763	.3435	.7615	.9411	1.1096	.798	.3635	.8307	1.0329	1.2227	.833	.3836	.9032	1.1296	1.3424
.764	.3441	.7634	.9437	1.1127	.799	.3640	.8327	1.0356	1.2260	.834	.3841	.9053	1.1325	1.3459

Table K'_Q page 7

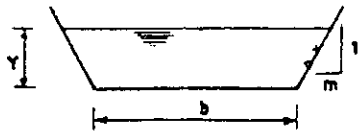


ادامه جدول ب - ١

جداول کمکی محاسبه عمق آب در کانال ذوزنقه‌ای و مستطیلی شکل (محاسبه K'_Q)

Y/b	m				Y/b	m				Y/b	m			
	0	1	1.5	2		0	1	1.5	2		0	1	1.5	2
.835	.3847	.9075	1.1383	1.3495	.870	.4049	.9636	1.2375	1.4764	.905	.4252	1.0632	1.3449	1.6102
.836	.3853	.9096	1.1381	1.3530	.871	.4055	.9858	1.2405	1.4801	.906	.4258	1.0656	1.3480	1.6142
.837	.3859	.9117	1.1410	1.3565	.872	.4061	.9881	1.2435	1.4838	.907	.4264	1.0679	1.3512	1.6181
.838	.3864	.9139	1.1439	1.3601	.873	.4067	.9903	1.2465	1.4876	.908	.4270	1.0702	1.3543	1.6220
.839	.3870	.9160	1.1467	1.3636	.874	.4072	.9925	1.2495	1.4913	.909	.4275	1.0726	1.3575	1.6260
.840	.3876	.9181	1.1496	1.3672	.875	.4078	.9948	1.2525	1.4951	.910	.4281	1.0749	1.3607	1.6299
.841	.3882	.9203	1.1524	1.3707	.876	.4084	.9970	1.2555	1.4988	.911	.4287	1.0772	1.3638	1.6339
.842	.3887	.9224	1.1553	1.3743	.877	.4090	.9993	1.2585	1.5026	.912	.4293	1.0796	1.3670	1.6378
.843	.3893	.9246	1.1582	1.3779	.878	.4095	1.0015	1.2616	1.5064	.913	.4299	1.0819	1.3702	1.6418
.844	.3899	.9267	1.1611	1.3815	.879	.4101	1.0037	1.2646	1.5101	.914	.4305	1.0843	1.3734	1.6458
.845	.3905	.9289	1.1640	1.3850	.880	.4107	1.0060	1.2676	1.5139	.915	.4310	1.0866	1.3766	1.6498
.846	.3911	.9310	1.1669	1.3886	.881	.4113	1.0083	1.2707	1.5177	.916	.4316	1.0890	1.3798	1.6537
.847	.3916	.9332	1.1697	1.3922	.882	.4119	1.0105	1.2737	1.5215	.917	.4322	1.0913	1.3829	1.6577
.848	.3922	.9353	1.1726	1.3958	.883	.4124	1.0128	1.2768	1.5253	.918	.4328	1.0937	1.3861	1.6617
.849	.3928	.9375	1.1755	1.3994	.884	.4130	1.0150	1.2798	1.5291	.919	.4334	1.0961	1.3893	1.6657
.850	.3934	.9397	1.1785	1.4030	.885	.4136	1.0173	1.2829	1.5329	.920	.4339	1.0984	1.3926	1.6697
.851	.3939	.9418	1.1814	1.4066	.886	.4142	1.0196	1.2859	1.5367	.921	.4345	1.1008	1.3958	1.6738
.852	.3945	.9440	1.1843	1.4103	.887	.4148	1.0218	1.2890	1.5405	.922	.4351	1.1032	1.3990	1.6778
.853	.3951	.9462	1.1872	1.4139	.888	.4153	1.0241	1.2921	1.5443	.923	.4357	1.1056	1.4022	1.6818
.854	.3957	.9484	1.1901	1.4175	.889	.4159	1.0264	1.2951	1.5482	.924	.4363	1.1079	1.4054	1.6858
.855	.3962	.9506	1.1931	1.4212	.890	.4165	1.0287	1.2982	1.5520	.925	.4369	1.1103	1.4087	1.6899
.856	.3968	.9527	1.1960	1.4248	.891	.4171	1.0310	1.3013	1.5558	.926	.4374	1.1127	1.4119	1.6939
.857	.3974	.9549	1.1989	1.4284	.892	.4177	1.0332	1.3044	1.5597	.927	.4380	1.1151	1.4151	1.6980
.858	.3980	.9571	1.2019	1.4321	.893	.4182	1.0355	1.3075	1.5635	.928	.4386	1.1175	1.4184	1.7020
.859	.3986	.9593	1.2048	1.4358	.894	.4188	1.0378	1.3106	1.5674	.929	.4392	1.1199	1.4216	1.7061
.860	.3991	.9615	1.2078	1.4394	.895	.4194	1.0401	1.3137	1.5713	.930	.4398	1.1223	1.4249	1.7101
.861	.3997	.9637	1.2107	1.4431	.896	.4200	1.0424	1.3168	1.5751	.931	.4404	1.1247	1.4281	1.7142
.862	.4003	.9659	1.2137	1.4468	.897	.4206	1.0447	1.3199	1.5790	.932	.4409	1.1271	1.4314	1.7183
.863	.4009	.9681	1.2166	1.4504	.898	.4211	1.0470	1.3230	1.5829	.933	.4415	1.1295	1.4347	1.7224
.864	.4014	.9703	1.2196	1.4541	.899	.4217	1.0493	1.3261	1.5868	.934	.4421	1.1319	1.4379	1.7265
.865	.4020	.9725	1.2226	1.4578	.900	.4223	1.0516	1.3292	1.5907	.935	.4427	1.1343	1.4412	1.7306
.866	.4026	.9747	1.2255	1.4615	.901	.4229	1.0540	1.3324	1.5946	.936	.4433	1.1367	1.4445	1.7347
.867	.4032	.9769	1.2285	1.4652	.902	.4235	1.0563	1.3355	1.5985	.937	.4439	1.1391	1.4478	1.7388
.868	.4038	.9792	1.2315	1.4689	.903	.4241	1.0586	1.3386	1.6024	.938	.4444	1.1415	1.4511	1.7429
.869	.4043	.9814	1.2345	1.4727	.904	.4246	1.0609	1.3418	1.6063	.939	.4450	1.1440	1.4543	1.7470

Table K'_Q page 8

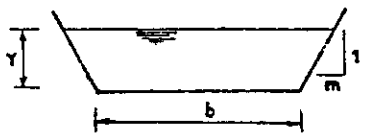


ادامه جدول ب - ۱

جداول کمکی محاسبه عمق آب در کانال ذوزنقه‌ای و مستطیلی شکل (محاسبه K'_Q)

Y/b	m				Y/b	m				Y/b	m			
	0	1	1.5	2		0	1	1.5	2		0	1	1.5	2
.940	.4456	1.1464	1.4576	1.7511	.975	.4661	1.2331	1.5758	1.8993	1.010	.4866	1.3235	1.6995	2.0547
.941	.4462	1.1488	1.4609	1.7553	.976	.4667	1.2356	1.5793	1.9036	1.011	.4872	1.3261	1.7031	2.0593
.942	.4468	1.1512	1.4642	1.7594	.977	.4673	1.2382	1.5827	1.9079	1.012	.4878	1.3288	1.7067	2.0638
.943	.4474	1.1537	1.4676	1.7635	.978	.4678	1.2407	1.5862	1.9123	1.013	.4884	1.3314	1.7104	2.0684
.944	.4479	1.1561	1.4709	1.7677	.979	.4684	1.2433	1.5897	1.9166	1.014	.4890	1.3340	1.7140	2.0730
.945	.4485	1.1586	1.4742	1.7719	.980	.4690	1.2458	1.5931	1.9210	1.015	.4896	1.3367	1.7176	2.0775
.946	.4491	1.1610	1.4775	1.7760	.981	.4696	1.2483	1.5966	1.9254	1.016	.4902	1.3393	1.7213	2.0821
.947	.4497	1.1634	1.4808	1.7802	.982	.4702	1.2509	1.6001	1.9298	1.017	.4907	1.3420	1.7249	2.0867
.948	.4503	1.1659	1.4842	1.7844	.983	.4708	1.2534	1.6036	1.9341	1.018	.4913	1.3447	1.7286	2.0913
.949	.4509	1.1683	1.4875	1.7885	.984	.4714	1.2560	1.6071	1.9385	1.019	.4919	1.3473	1.7322	2.0959
.950	.4514	1.1708	1.4908	1.7927	.985	.4719	1.2586	1.6106	1.9429	1.020	.4925	1.3500	1.7359	2.1005
.951	.4520	1.1733	1.4942	1.7969	.986	.4725	1.2611	1.6141	1.9473	1.021	.4931	1.3526	1.7395	2.1051
.952	.4526	1.1757	1.4975	1.8011	.987	.4731	1.2637	1.6176	1.9517	1.022	.4937	1.3553	1.7432	2.1097
.953	.4532	1.1782	1.5009	1.8053	.988	.4737	1.2663	1.6211	1.9561	1.023	.4943	1.3580	1.7469	2.1144
.954	.4538	1.1806	1.5042	1.8095	.989	.4743	1.2688	1.6246	1.9606	1.024	.4949	1.3607	1.7505	2.1190
.955	.4544	1.1831	1.5076	1.8137	.990	.4749	1.2714	1.6281	1.9650	1.025	.4955	1.3633	1.7542	2.1236
.956	.4550	1.1856	1.5110	1.8179	.991	.4755	1.2740	1.6317	1.9694	1.026	.4960	1.3660	1.7579	2.1283
.957	.4555	1.1881	1.5144	1.8222	.992	.4761	1.2765	1.6352	1.9738	1.027	.4966	1.3687	1.7616	2.1329
.958	.4561	1.1905	1.5177	1.8264	.993	.4766	1.2791	1.6387	1.9783	1.028	.4972	1.3714	1.7653	2.1376
.959	.4567	1.1930	1.5211	1.8306	.994	.4772	1.2817	1.6423	1.9827	1.029	.4978	1.3741	1.7690	2.1422
.960	.4573	1.1955	1.5245	1.8349	.995	.4778	1.2843	1.6458	1.9872	1.030	.4984	1.3768	1.7727	2.1469
.961	.4579	1.1980	1.5279	1.8391	.996	.4784	1.2869	1.6494	1.9916	1.031	.4990	1.3795	1.7764	2.1516
.962	.4585	1.2005	1.5313	1.8434	.997	.4790	1.2895	1.6529	1.9961	1.032	.4996	1.3822	1.7801	2.1563
.963	.4591	1.2030	1.5347	1.8477	.998	.4796	1.2921	1.6565	2.0006	1.033	.5002	1.3849	1.7838	2.1609
.964	.4596	1.2055	1.5381	1.8519	.999	.4802	1.2947	1.6600	2.0051	1.034	.5008	1.3876	1.7875	2.1656
.965	.4602	1.2080	1.5415	1.8562	1.000	.4807	1.2973	1.6636	2.0095	1.035	.5014	1.3903	1.7913	2.1703
.966	.4608	1.2105	1.5449	1.8605	1.001	.4813	1.2999	1.6672	2.0140	1.036	.5019	1.3930	1.7950	2.1750
.967	.4614	1.2130	1.5483	1.8648	1.002	.4819	1.3025	1.6707	2.0185	1.037	.5025	1.3957	1.7987	2.1798
.968	.4620	1.2155	1.5517	1.8690	1.003	.4825	1.3051	1.6743	2.0230	1.038	.5031	1.3984	1.8025	2.1845
.969	.4626	1.2180	1.5552	1.8733	1.004	.4831	1.3077	1.6779	2.0275	1.039	.5037	1.4011	1.8062	2.1892
.970	.4631	1.2205	1.5586	1.8776	1.005	.4837	1.3103	1.6815	2.0321	1.040	.5043	1.4039	1.8100	2.1939
.971	.4637	1.2230	1.5620	1.8820	1.006	.4843	1.3130	1.6851	2.0366	1.041	.5049	1.4066	1.8137	2.1987
.972	.4643	1.2255	1.5655	1.8863	1.007	.4849	1.3156	1.6887	2.0411	1.042	.5055	1.4093	1.8175	2.2034
.973	.4649	1.2281	1.5689	1.8906	1.008	.4855	1.3182	1.6923	2.0456	1.043	.5061	1.4121	1.8213	2.2082
.974	.4655	1.2306	1.5724	1.8949	1.009	.4860	1.3208	1.6959	2.0502	1.044	.5067	1.4148	1.8250	2.2129

Y



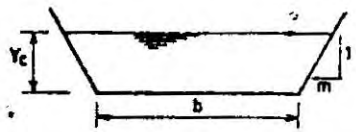
ادامه جدول ب - ۱

Table K'_Q page 9

ب - ۲ جداول کمکی محاسبه عمق بحرانی آب در کانال ذوزنقه‌ای و مستطیلی شکل (محاسبه K'_Q)

Y_c/b	m				Y/b	m				Y/b	m			
	0	1	1.5	2		0	1	1.5	2		0	1	1.5	2
.100	.0990	.1043	.1071	.1100	.135	.1554	.1667	.1728	.1792	.170	.2195	.2400	.2512	.2627
.101	.1005	.1059	.1088	.1118	.136	.1571	.1686	.1749	.1814	.171	.2215	.2423	.2536	.2653
.102	.1020	.1076	.1105	.1136	.137	.1588	.1706	.1770	.1836	.172	.2234	.2445	.2560	.2679
.103	.1035	.1092	.1123	.1154	.138	.1606	.1726	.1791	.1858	.173	.2254	.2468	.2585	.2706
.104	.1050	.1109	.1140	.1172	.139	.1623	.1745	.1812	.1880	.174	.2273	.2491	.2609	.2732
.105	.1066	.1125	.1157	.1190	.140	.1641	.1765	.1833	.1902	.175	.2293	.2514	.2634	.2758
.106	.1081	.1142	.1175	.1209	.141	.1658	.1785	.1854	.1925	.176	.2313	.2536	.2659	.2785
.107	.1096	.1159	.1192	.1227	.142	.1676	.1805	.1875	.1947	.177	.2332	.2559	.2683	.2812
.108	.1112	.1176	.1210	.1246	.143	.1694	.1825	.1896	.1970	.178	.2352	.2583	.2708	.2839
.109	.1127	.1193	.1228	.1264	.144	.1712	.1845	.1918	.1993	.179	.2372	.2606	.2733	.2866
.110	.1143	.1210	.1246	.1283	.145	.1729	.1866	.1939	.2016	.180	.2392	.2629	.2759	.2893
.111	.1158	.1227	.1264	.1302	.146	.1747	.1886	.1961	.2039	.181	.2412	.2652	.2784	.2920
.112	.1174	.1244	.1282	.1321	.147	.1765	.1906	.1983	.2062	.182	.2432	.2676	.2809	.2947
.113	.1190	.1262	.1300	.1340	.148	.1783	.1927	.2005	.2085	.183	.2452	.2699	.2835	.2974
.114	.1206	.1279	.1319	.1360	.149	.1801	.1947	.2027	.2109	.184	.2472	.2723	.2860	.3002
.115	.1221	.1297	.1337	.1379	.150	.1820	.1968	.2049	.2132	.185	.2492	.2747	.2886	.3030
.116	.1237	.1314	.1356	.1399	.151	.1838	.1989	.2071	.2156	.186	.2512	.2770	.2912	.3057
.117	.1253	.1332	.1374	.1418	.152	.1856	.2010	.2093	.2180	.187	.2533	.2794	.2937	.3085
.118	.1270	.1350	.1393	.1438	.153	.1874	.2031	.2116	.2203	.188	.2553	.2818	.2963	.3113
.119	.1286	.1368	.1412	.1458	.154	.1893	.2052	.2138	.2227	.189	.2574	.2842	.2989	.3142
.120	.1302	.1386	.1431	.1478	.155	.1911	.2073	.2161	.2252	.190	.2594	.2866	.3016	.3170
.121	.1318	.1404	.1450	.1498	.156	.1930	.2094	.2183	.2276	.191	.2614	.2891	.3042	.3198
.122	.1335	.1422	.1469	.1518	.157	.1948	.2115	.2206	.2300	.192	.2635	.2915	.3068	.3227
.123	.1351	.1440	.1489	.1538	.158	.1967	.2137	.2229	.2325	.193	.2656	.2939	.3095	.3255
.124	.1368	.1459	.1508	.1559	.159	.1986	.2158	.2252	.2349	.194	.2676	.2964	.3121	.3284
.125	.1384	.1477	.1528	.1579	.160	.2005	.2180	.2275	.2374	.195	.2697	.2988	.3148	.3313
.126	.1401	.1496	.1547	.1600	.161	.2023	.2201	.2298	.2399	.196	.2718	.3013	.3175	.3342
.127	.1418	.1515	.1567	.1621	.162	.2042	.2223	.2322	.2424	.197	.2739	.3038	.3202	.3371
.128	.1434	.1533	.1587	.1642	.163	.2061	.2245	.2345	.2449	.198	.2760	.3062	.3228	.3400
.129	.1451	.1552	.1607	.1663	.164	.2080	.2267	.2369	.2474	.199	.2780	.3087	.3256	.3429
.130	.1468	.1571	.1627	.1684	.165	.2099	.2289	.2392	.2499	.200	.2801	.3112	.3283	.3459
.131	.1485	.1590	.1647	.1705	.166	.2118	.2311	.2416	.2525	.201	.2822	.3137	.3310	.3488
.132	.1502	.1609	.1667	.1727	.167	.2138	.2333	.2440	.2550	.202	.2844	.3163	.3337	.3518
.133	.1519	.1628	.1687	.1748	.168	.2157	.2355	.2464	.2576	.203	.2865	.3188	.3365	.3548
.134	.1536	.1648	.1708	.1770	.169	.2176	.2378	.2488	.2601	.204	.2886	.3213	.3392	.3578

Table K'_c page 1



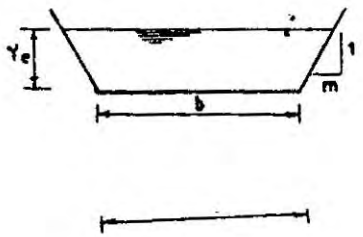
جدول ب - ۲

جداول کمکی محاسبه عمق بحرانی آب در کانال ذوزنقه‌ای و مستطیلی شکل (محاسبه K'_c)

Y_c/b	m				Y/b	m				Y/b	m			
	0	1	1.5	2		0	1	1.5	2		0	1	1.5	2
.205	.2907	.3238	.3420	.3608	.240	.3683	.4180	.4453	.4736	.275	.4517	.5223	.5613	.6015
.206	.2928	.3264	.3448	.3638	.241	.3706	.4208	.4485	.4770	.276	.4541	.5254	.5648	.6054
.207	.2950	.3289	.3476	.3668	.242	.3729	.4237	.4516	.4805	.277	.4566	.5286	.5683	.6092
.208	.2971	.3315	.3504	.3699	.243	.3752	.4265	.4548	.4840	.278	.4591	.5317	.5718	.6132
.209	.2993	.3341	.3532	.3729	.244	.3775	.4294	.4580	.4875	.279	.4616	.5349	.5753	.6171
.210	.3014	.3367	.3560	.3760	.245	.3798	.4323	.4611	.4909	.280	.4641	.5381	.5789	.6210
.211	.3036	.3393	.3588	.3791	.246	.3822	.4351	.4643	.4944	.281	.4665	.5412	.5824	.6249
.212	.3057	.3419	.3617	.3822	.247	.3845	.4380	.4675	.4980	.282	.4690	.5444	.5860	.6289
.213	.3079	.3445	.3645	.3853	.248	.3868	.4409	.4707	.5015	.283	.4715	.5476	.5896	.6329
.214	.3101	.3471	.3674	.3884	.249	.3892	.4438	.4739	.5050	.284	.4740	.5508	.5932	.6368
.215	.3122	.3497	.3703	.3915	.250	.3915	.4467	.4772	.5086	.285	.4765	.5540	.5968	.6408
.216	.3144	.3523	.3731	.3946	.251	.3939	.4497	.4804	.5122	.286	.4791	.5572	.6004	.6448
.217	.3166	.3550	.3760	.3978	.252	.3962	.4526	.4837	.5157	.287	.4816	.5604	.6040	.6489
.218	.3188	.3576	.3789	.4010	.253	.3986	.4555	.4869	.5193	.288	.4841	.5637	.6076	.6529
.219	.3210	.3603	.3818	.4041	.254	.4009	.4585	.4902	.5229	.289	.4866	.5669	.6112	.6569
.220	.3232	.3629	.3848	.4073	.255	.4033	.4614	.4935	.5265	.290	.4891	.5701	.6149	.6610
.221	.3254	.3656	.3877	.4105	.256	.4057	.4644	.4968	.5302	.291	.4917	.5734	.6185	.6651
.222	.3276	.3683	.3906	.4137	.257	.4081	.4674	.5001	.5338	.292	.4942	.5767	.6222	.6691
.223	.3298	.3710	.3936	.4169	.258	.4105	.4704	.5034	.5375	.293	.4967	.5799	.6259	.6732
.224	.3321	.3737	.3966	.4202	.259	.4128	.4734	.5067	.5411	.294	.4993	.5832	.6296	.6773
.225	.3343	.3764	.3995	.4234	.260	.4152	.4764	.5100	.5448	.295	.5018	.5865	.6333	.6815
.226	.3365	.3791	.4025	.4267	.261	.4176	.4794	.5134	.5485	.296	.5044	.5898	.6370	.6856
.227	.3387	.3818	.4055	.4300	.262	.4200	.4824	.5167	.5522	.297	.5070	.5931	.6407	.6897
.228	.3410	.3846	.4085	.4332	.263	.4224	.4854	.5205	.5559	.298	.5095	.5964	.6444	.6939
.229	.3432	.3873	.4115	.4365	.264	.4249	.4884	.5235	.5596	.299	.5121	.5997	.6482	.6981
.230	.3455	.3900	.4145	.4399	.265	.4273	.4915	.5269	.5634	.300	.5147	.6031	.6519	.7022
.231	.3477	.3928	.4176	.4432	.266	.4297	.4945	.5303	.5671	.301	.5172	.6064	.6557	.7064
.232	.3500	.3956	.4206	.4465	.267	.4321	.4976	.5337	.5709	.302	.5198	.6098	.6594	.7106
.233	.3523	.3983	.4237	.4498	.268	.4345	.5006	.5371	.5747	.303	.5224	.6131	.6632	.7149
.234	.3545	.4011	.4267	.4532	.269	.4370	.5037	.5405	.5785	.304	.5250	.6165	.6670	.7191
.235	.3568	.4039	.4298	.4566	.270	.4394	.5068	.5439	.5823	.305	.5276	.6199	.6708	.7233
.236	.3591	.4067	.4329	.4600	.271	.4419	.5099	.5474	.5861	.306	.5302	.6232	.6746	.7276
.237	.3614	.4095	.4360	.4633	.272	.4443	.5130	.5509	.5899	.307	.5328	.6266	.6785	.7319
.238	.3637	.4123	.4391	.4668	.273	.4468	.5161	.5543	.5938	.308	.5354	.6300	.6823	.7362
.239	.3660	.4151	.4422	.4702	.274	.4492	.5192	.5578	.5976	.309	.5380	.6334	.6862	.7405

Table K'_c page 2

ادامه جدول ب - ۲



جداول کمکی محاسبه عمق بحرانی آب در کانال ذوزنقه‌ای و مستطیلی شکل (محاسبه K'_Q)

Y_c/b	m				Y/b	m				Y/b	m			
	0	1	1.5	2		0	1	1.5	2		0	1	1.5	2
.310	.5406	.6368	.6900	.7448	.345	.6347	.7616	.8317	.9039	.380	.7337	.8965	.9866	1.0791
.311	.5432	.6403	.6939	.7491	.346	.6375	.7653	.8360	.9086	.381	.7366	.9006	.9912	1.0844
.312	.5458	.6437	.6978	.7534	.347	.6402	.7690	.8402	.9134	.382	.7395	.9046	.9959	1.0897
.313	.5485	.6471	.7016	.7578	.348	.6430	.7727	.8445	.9183	.383	.7424	.9086	1.0005	1.0949
.314	.5511	.6506	.7055	.7622	.349	.6458	.7765	.8487	.9231	.384	.7453	.9126	1.0052	1.1002
.315	.5537	.6540	.7095	.7665	.350	.6485	.7802	.8530	.9279	.385	.7482	.9167	1.0098	1.1055
.316	.5564	.6575	.7134	.7709	.351	.6513	.7840	.8573	.9328	.386	.7511	.9207	1.0145	1.1108
.317	.5590	.6610	.7173	.7753	.352	.6541	.7877	.8616	.9376	.387	.7541	.9248	1.0192	1.1162
.318	.5617	.6644	.7212	.7797	.353	.6569	.7915	.8659	.9425	.388	.7570	.9288	1.0239	1.1215
.319	.5643	.6679	.7252	.7842	.354	.6597	.7953	.8703	.9474	.389	.7599	.9329	1.0286	1.1269
.320	.5670	.6714	.7292	.7886	.355	.6625	.7991	.8746	.9523	.390	.7628	.9370	1.0333	1.1322
.321	.5696	.6749	.7331	.7931	.356	.6653	.8029	.8790	.9572	.391	.7658	.9411	1.0381	1.1376
.322	.5723	.6784	.7371	.7975	.357	.6681	.8067	.8833	.9621	.392	.7687	.9452	1.0428	1.1430
.323	.5750	.6820	.7411	.8020	.358	.6709	.8105	.8877	.9671	.393	.7717	.9493	1.0476	1.1484
.324	.5776	.6855	.7451	.8065	.359	.6737	.8143	.8921	.9720	.394	.7746	.9534	1.0523	1.1539
.325	.5803	.6890	.7491	.8110	.360	.6765	.8181	.8965	.9770	.395	.7776	.9576	1.0571	1.1593
.326	.5830	.6926	.7532	.8155	.361	.6794	.8220	.9009	.9820	.396	.7805	.9617	1.0619	1.1648
.327	.5857	.6961	.7572	.8201	.362	.6822	.8258	.9053	.9870	.397	.7835	.9658	1.0667	1.1702
.328	.5884	.6997	.7613	.8246	.363	.6850	.8297	.9097	.9920	.398	.7864	.9700	1.0715	1.1757
.329	.5911	.7033	.7653	.8292	.364	.6878	.8336	.9142	.9970	.399	.7894	.9741	1.0763	1.1812
.330	.5938	.7069	.7694	.8337	.365	.6907	.8374	.9186	1.0020	.400	.7924	.9783	1.0812	1.1867
.331	.5965	.7104	.7735	.8383	.366	.6935	.8413	.9231	1.0071	.401	.7953	.9825	1.0860	1.1922
.332	.5992	.7140	.7776	.8429	.367	.6964	.8452	.9275	1.0121	.402	.7983	.9867	1.0909	1.1978
.333	.6019	.7176	.7817	.8475	.368	.6992	.8491	.9320	1.0172	.403	.8013	.9909	1.0957	1.2033
.334	.6046	.7213	.7858	.8521	.369	.7021	.8530	.9365	1.0223	.404	.8043	.9951	1.1006	1.2089
.335	.6073	.7249	.7899	.8568	.370	.7049	.8569	.9410	1.0274	.405	.8073	.9993	1.1055	1.2145
.336	.6100	.7285	.7940	.8614	.371	.7078	.8608	.9455	1.0325	.406	.8103	1.0035	1.1104	1.2201
.337	.6127	.7321	.7982	.8661	.372	.7106	.8648	.9500	1.0376	.407	.8133	1.0077	1.1153	1.2257
.338	.6155	.7358	.8023	.8708	.373	.7135	.8687	.9546	1.0428	.408	.8163	1.0120	1.1202	1.2313
.339	.6182	.7395	.8065	.8755	.374	.7164	.8727	.9591	1.0479	.409	.8193	1.0162	1.1252	1.2369
.340	.6209	.7431	.8107	.8802	.375	.7193	.8766	.9637	1.0531	.410	.8223	1.0205	1.1301	1.2426
.341	.6237	.7468	.8149	.8849	.376	.7221	.8806	.9682	1.0583	.411	.8253	1.0247	1.1351	1.2482
.342	.6264	.7505	.8191	.8896	.377	.7250	.8846	.9728	1.0635	.412	.8283	1.0290	1.1400	1.2539
.343	.6292	.7542	.8233	.8943	.378	.7279	.8886	.9774	1.0687	.413	.8313	1.0333	1.1450	1.2596
.344	.6319	.7579	.8275	.8991	.379	.7308	.8925	.9820	1.0739	.414	.8343	1.0376	1.1500	1.2653

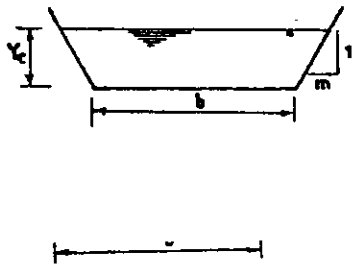
Table K'_c page 3

ادامه جدول ب - ۲

جداول کمکی محاسبه عمق بحرانی آب در کانال ذوزنقه‌ای و مستطیلی شکل (محاسبه K'_Q)

Y_c/b	m				Y/b	m				Y/b	m			
	0	1	1.5	2		0	1	1.5	2		0	1	1.5	2
.415	.8373	1.0419	1.1550	1.2710	.450	.9455	1.1976	1.3370	1.4798	.485	1.0579	1.3640	1.5330	1.7060
.416	.8404	1.0462	1.1600	1.2767	.451	.9486	1.2023	1.3424	1.4860	.486	1.0612	1.3689	1.5389	1.7127
.417	.8434	1.0505	1.1650	1.2825	.452	.9518	1.2069	1.3479	1.4923	.487	1.0645	1.3738	1.5446	1.7194
.418	.8464	1.0548	1.1700	1.2882	.453	.9550	1.2115	1.3533	1.4985	.488	1.0677	1.3787	1.5505	1.7262
.419	.8495	1.0591	1.1751	1.2940	.454	.9581	1.2161	1.3587	1.5048	.489	1.0710	1.3837	1.5563	1.7329
.420	.8525	1.0635	1.1801	1.2998	.455	.9613	1.2208	1.3642	1.5110	.490	1.0743	1.3886	1.5622	1.7397
.421	.8556	1.0678	1.1852	1.3056	.456	.9645	1.2254	1.3696	1.5173	.491	1.0776	1.3935	1.5680	1.7465
.422	.8586	1.0722	1.1903	1.3114	.457	.9676	1.2301	1.3751	1.5236	.492	1.0809	1.3985	1.5739	1.7533
.423	.8617	1.0766	1.1954	1.3172	.458	.9708	1.2347	1.3806	1.5300	.493	1.0842	1.4035	1.5798	1.7601
.424	.8647	1.0809	1.2005	1.3231	.459	.9740	1.2394	1.3861	1.5363	.494	1.0875	1.4085	1.5857	1.7670
.425	.8678	1.0853	1.2056	1.3289	.460	.9772	1.2441	1.3916	1.5426	.495	1.0908	1.4134	1.5916	1.7738
.426	.8709	1.0897	1.2107	1.3348	.461	.9804	1.2488	1.3971	1.5490	.496	1.0941	1.4184	1.5975	1.7807
.427	.8739	1.0941	1.2158	1.3407	.462	.9836	1.2535	1.4026	1.5554	.497	1.0974	1.4234	1.6035	1.7876
.428	.8770	1.0985	1.2210	1.3465	.463	.9867	1.2582	1.4082	1.5618	.498	1.1007	1.4285	1.6094	1.7945
.429	.8801	1.1029	1.2261	1.3525	.464	.9899	1.2629	1.4137	1.5682	.499	1.1040	1.4335	1.6154	1.8014
.430	.8832	1.1073	1.2313	1.3584	.465	.9931	1.2676	1.4193	1.5746	.500	1.1074	1.4385	1.6213	1.8083
.431	.8862	1.1118	1.2365	1.3643	.466	.9964	1.2724	1.4249	1.5810	.501	1.1107	1.4435	1.6273	1.8153
.432	.8893	1.1162	1.2417	1.3703	.467	.9996	1.2771	1.4305	1.5875	.502	1.1140	1.4486	1.6333	1.8222
.433	.8924	1.1207	1.2469	1.3762	.468	1.0028	1.2819	1.4361	1.5939	.503	1.1173	1.4536	1.6393	1.8292
.434	.8955	1.1251	1.2521	1.3822	.469	1.0060	1.2866	1.4417	1.6004	.504	1.1207	1.4587	1.6453	1.8362
.435	.8986	1.1296	1.2573	1.3882	.470	1.0092	1.2914	1.4473	1.6069	.505	1.1240	1.4638	1.6514	1.8432
.436	.9017	1.1341	1.2626	1.3942	.471	1.0124	1.2962	1.4529	1.6134	.506	1.1274	1.4689	1.6574	1.8502
.437	.9048	1.1386	1.2678	1.4002	.472	1.0157	1.3010	1.4586	1.6199	.507	1.1307	1.4740	1.6635	1.8572
.438	.9079	1.1431	1.2731	1.4063	.473	1.0189	1.3057	1.4642	1.6265	.508	1.1340	1.4791	1.6695	1.8642
.439	.9110	1.1476	1.2783	1.4123	.474	1.0221	1.3106	1.4699	1.6330	.509	1.1374	1.4842	1.6756	1.8713
.440	.9141	1.1521	1.2836	1.4184	.475	1.0254	1.3154	1.4756	1.6396	.510	1.1407	1.4893	1.6817	1.8784
.441	.9173	1.1566	1.2889	1.4245	.476	1.0286	1.3202	1.4813	1.6461	.511	1.1441	1.4944	1.6878	1.8855
.442	.9204	1.1611	1.2942	1.4306	.477	1.0318	1.3250	1.4870	1.6527	.512	1.1475	1.4996	1.6939	1.8926
.443	.9235	1.1657	1.2995	1.4367	.478	1.0351	1.3299	1.4927	1.6593	.513	1.1508	1.5047	1.7000	1.8997
.444	.9266	1.1702	1.3048	1.4428	.479	1.0383	1.3347	1.4984	1.6660	.514	1.1542	1.5099	1.7062	1.9068
.445	.9298	1.1747	1.3102	1.4489	.480	1.0416	1.3396	1.5042	1.6726	.515	1.1576	1.5150	1.7123	1.9139
.446	.9329	1.1793	1.3155	1.4551	.481	1.0448	1.3444	1.5099	1.6792	.516	1.1609	1.5202	1.7185	1.9211
.447	.9360	1.1839	1.3209	1.4612	.482	1.0481	1.3493	1.5157	1.6859	.517	1.1643	1.5254	1.7246	1.9283
.448	.9392	1.1885	1.3263	1.4674	.483	1.0514	1.3542	1.5214	1.6926	.518	1.1677	1.5306	1.7308	1.9355
.449	.9423	1.1930	1.3316	1.4736	.484	1.0546	1.3591	1.5272	1.6993	.519	1.1711	1.5357	1.7370	1.9427

Table K'_c page 4

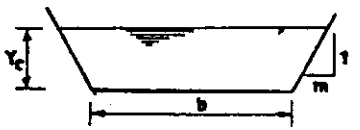


ادامه جدول ب - ۲

جداول کمکی محاسبه عمق بحرانی آب در کانال ذوزنقه‌ای و مستطیلی شکل (محاسبه K'_c)

Y_c/b	m				Y/b	m				Y/b	m			
	0	1	1.5	2		0	1	1.5	2		0	1	1.5	2
.520	1.1745	1.5410	1.7432	1.9499	.555	1.2950	1.7287	1.9678	2.2119	.590	1.4194	1.9274	2.2072	2.4925
.521	1.1779	1.5462	1.7494	1.9571	.556	1.2985	1.7343	1.9745	2.2197	.591	1.4230	1.9333	2.2142	2.5007
.522	1.1812	1.5514	1.7557	1.9644	.557	1.3020	1.7398	1.9811	2.2275	.592	1.4266	1.9391	2.2213	2.5091
.523	1.1846	1.5566	1.7619	1.9716	.558	1.3055	1.7453	1.9878	2.2352	.593	1.4303	1.9450	2.2284	2.5174
.524	1.1880	1.5619	1.7681	1.9789	.559	1.3090	1.7509	1.9945	2.2430	.594	1.4339	1.9508	2.2355	2.5257
.525	1.1914	1.5671	1.7744	1.9862	.560	1.3126	1.7564	2.0011	2.2509	.595	1.4375	1.9567	2.2426	2.5341
.526	1.1948	1.5724	1.7807	1.9935	.561	1.3161	1.7620	2.0078	2.2587	.596	1.4411	1.9626	2.2497	2.5424
.527	1.1983	1.5776	1.7870	2.0008	.562	1.3196	1.7676	2.0145	2.2665	.597	1.4448	1.9685	2.2568	2.5508
.528	1.2017	1.5829	1.7933	2.0082	.563	1.3231	1.7732	2.0212	2.2744	.598	1.4484	1.9744	2.2640	2.5592
.529	1.2051	1.5882	1.7996	2.0155	.564	1.3266	1.7788	2.0280	2.2823	.599	1.4520	1.9803	2.2711	2.5676
.530	1.2085	1.5935	1.8059	2.0229	.565	1.3302	1.7844	2.0347	2.2902	.600	1.4557	1.9862	2.2783	2.5761
.531	1.2119	1.5988	1.8122	2.0303	.566	1.3337	1.7900	2.0415	2.2981	.601	1.4593	1.9922	2.2855	2.5845
.532	1.2154	1.6041	1.8186	2.0377	.567	1.3372	1.7956	2.0482	2.3060	.602	1.4629	1.9981	2.2927	2.5930
.533	1.2188	1.6094	1.8249	2.0451	.568	1.3408	1.8013	2.0550	2.3139	.603	1.4666	2.0040	2.2999	2.6014
.534	1.2222	1.6148	1.8313	2.0525	.569	1.3443	1.8069	2.0618	2.3219	.604	1.4702	2.0100	2.3071	2.6099
.535	1.2256	1.6201	1.8377	2.0599	.570	1.3479	1.8125	2.0686	2.3299	.605	1.4739	2.0160	2.3143	2.6184
.536	1.2291	1.6255	1.8441	2.0674	.571	1.3514	1.8182	2.0754	2.3378	.606	1.4776	2.0219	2.3216	2.6270
.537	1.2325	1.6308	1.8505	2.0749	.572	1.3550	1.8239	2.0822	2.3458	.607	1.4812	2.0279	2.3288	2.6355
.538	1.2360	1.6362	1.8569	2.0824	.573	1.3585	1.8296	2.0891	2.3539	.608	1.4849	2.0339	2.3361	2.6441
.539	1.2394	1.6415	1.8633	2.0899	.574	1.3621	1.8352	2.0959	2.3619	.609	1.4885	2.0399	2.3434	2.6526
.540	1.2429	1.6469	1.8698	2.0974	.575	1.3656	1.8409	2.1028	2.3699	.610	1.4922	2.0459	2.3507	2.6612
.541	1.2463	1.6523	1.8762	2.1049	.576	1.3692	1.8466	2.1097	2.3780	.611	1.4959	2.0520	2.3580	2.6698
.542	1.2498	1.6577	1.8827	2.1125	.577	1.3728	1.8523	2.1166	2.3861	.612	1.4996	2.0580	2.3653	2.6784
.543	1.2532	1.6631	1.8892	2.1200	.578	1.3763	1.8581	2.1235	2.3942	.613	1.5032	2.0640	2.3726	2.6871
.544	1.2567	1.6685	1.8957	2.1276	.579	1.3799	1.8638	2.1304	2.4023	.614	1.5069	2.0701	2.3799	2.6957
.545	1.2602	1.6740	1.9022	2.1352	.580	1.3835	1.8695	2.1373	2.4104	.615	1.5106	2.0761	2.3873	2.7044
.546	1.2636	1.6794	1.9087	2.1428	.581	1.3871	1.8753	2.1442	2.4185	.616	1.5143	2.0822	2.3947	2.7131
.547	1.2671	1.6849	1.9152	2.1504	.582	1.3907	1.8810	2.1512	2.4267	.617	1.5180	2.0883	2.4020	2.7217
.548	1.2706	1.6903	1.9218	2.1580	.583	1.3942	1.8868	2.1581	2.4349	.618	1.5217	2.0943	2.4094	2.7305
.549	1.2741	1.6958	1.9283	2.1657	.584	1.3978	1.8926	2.1651	2.4430	.619	1.5254	2.1004	2.4168	2.7392
.550	1.2776	1.7012	1.9349	2.1734	.585	1.4014	1.8984	2.1721	2.4512	.620	1.5291	2.1065	2.4242	2.7479
.551	1.2810	1.7067	1.9414	2.1810	.586	1.4050	1.9042	2.1791	2.4594	.621	1.5328	2.1127	2.4317	2.7567
.552	1.2845	1.7122	1.9480	2.1887	.587	1.4086	1.9100	2.1861	2.4677	.622	1.5365	2.1188	2.4391	2.7655
.553	1.2880	1.7177	1.9546	2.1965	.588	1.4122	1.9158	2.1931	2.4759	.623	1.5402	2.1249	2.4466	2.7742
.554	1.2915	1.7232	1.9612	2.2042	.589	1.4158	1.9216	2.2001	2.4842	.624	1.5439	2.1310	2.4540	2.7830

Table K'_c page 5



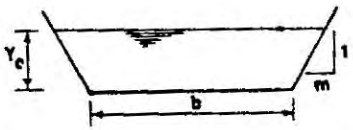
ادامه جدول ب - ۲

جداول کمکی محاسبه عمق بحرانی آب در کانال ذوزنقه‌ای و مستطیلی شکل (محاسبه K'_c)

Y_c/b	m				Y/b	m				Y/b	m			
	0	1	1.5	2		0	1	1.5	2		0	1	1.5	2
.625	1.5476	2.1372	2.4615	2.7919	.660	1.6794	2.3581	2.7310	3.1105	.695	1.8147	2.5904	3.0160	3.4488
.626	1.5513	2.1433	2.4690	2.8007	.661	1.6832	2.3646	2.7389	3.1199	.696	1.8186	2.5972	3.0243	3.4587
.627	1.5550	2.1495	2.4765	2.8096	.662	1.6870	2.3711	2.7469	3.1293	.697	1.8226	2.6040	3.0327	3.4687
.628	1.5587	2.1557	2.4840	2.8184	.663	1.6908	2.3776	2.7548	3.1387	.698	1.8265	2.6108	3.0411	3.4787
.629	1.5625	2.1619	2.4915	2.8273	.664	1.6947	2.3841	2.7628	3.1482	.699	1.8304	2.6177	3.0495	3.4887
.630	1.5662	2.1681	2.4991	2.8362	.665	1.6985	2.3906	2.7708	3.1576	.700	1.8343	2.6245	3.0580	3.4987
.631	1.5699	2.1743	2.5066	2.8451	.666	1.7023	2.3971	2.7787	3.1671	.701	1.8383	2.6314	3.0664	3.5087
.632	1.5737	2.1805	2.5142	2.8540	.667	1.7062	2.4037	2.7868	3.1766	.702	1.8422	2.6382	3.0748	3.5188
.633	1.5774	2.1867	2.5217	2.8630	.668	1.7100	2.4102	2.7948	3.1861	.703	1.8462	2.6451	3.0833	3.5289
.634	1.5811	2.1929	2.5293	2.8719	.669	1.7139	2.4168	2.8028	3.1956	.704	1.8501	2.6520	3.0918	3.5389
.635	1.5849	2.1992	2.5369	2.8809	.670	1.7177	2.4233	2.8108	3.2051	.705	1.8540	2.6589	3.1003	3.5490
.636	1.5886	2.2054	2.5445	2.8899	.671	1.7215	2.4299	2.8189	3.2147	.706	1.8580	2.6658	3.1088	3.5592
.637	1.5924	2.2117	2.5522	2.8989	.672	1.7254	2.4365	2.8270	3.2243	.707	1.8619	2.6727	3.1173	3.5693
.638	1.5961	2.2179	2.5598	2.9080	.673	1.7292	2.4431	2.8350	3.2338	.708	1.8659	2.6796	3.1258	3.5795
.639	1.5999	2.2242	2.5675	2.9170	.674	1.7331	2.4497	2.8431	3.2434	.709	1.8698	2.6865	3.1343	3.5896
.640	1.6036	2.2305	2.5751	2.9261	.675	1.7370	2.4563	2.8512	3.2531	.710	1.8738	2.6934	3.1429	3.5998
.641	1.6074	2.2368	2.5828	2.9351	.676	1.7408	2.4629	2.8593	3.2627	.711	1.8778	2.7004	3.1515	3.6100
.642	1.6112	2.2431	2.5905	2.9442	.677	1.7447	2.4695	2.8675	3.2723	.712	1.8817	2.7073	3.1600	3.6202
.643	1.6149	2.2494	2.5982	2.9533	.678	1.7486	2.4762	2.8756	3.2820	.713	1.8857	2.7143	3.1686	3.6305
.644	1.6187	2.2557	2.6059	2.9624	.679	1.7524	2.4828	2.8838	3.2917	.714	1.8897	2.7213	3.1772	3.6407
.645	1.6225	2.2621	2.6136	2.9716	.680	1.7563	2.4895	2.8919	3.3014	.715	1.8936	2.7283	3.1858	3.6510
.646	1.6262	2.2684	2.6214	2.9807	.681	1.7602	2.4961	2.9001	3.3111	.716	1.8976	2.7353	3.1945	3.6613
.647	1.6300	2.2748	2.6291	2.9899	.682	1.7641	2.5028	2.9083	3.3208	.717	1.9016	2.7423	3.2031	3.6716
.648	1.6338	2.2812	2.6369	2.9991	.683	1.7679	2.5095	2.9165	3.3306	.718	1.9056	2.7493	3.2118	3.6819
.649	1.6376	2.2875	2.6446	3.0083	.684	1.7718	2.5162	2.9247	3.3403	.719	1.9095	2.7563	3.2204	3.6922
.650	1.6414	2.2939	2.6524	3.0175	.685	1.7757	2.5229	2.9330	3.3501	.720	1.9135	2.7633	3.2291	3.7026
.651	1.6452	2.3002	2.6602	3.0267	.686	1.7796	2.5296	2.9412	3.3599	.721	1.9175	2.7704	3.2378	3.7129
.652	1.6489	2.3066	2.6680	3.0360	.687	1.7835	2.5363	2.9495	3.3697	.722	1.9215	2.7774	3.2465	3.7233
.653	1.6527	2.3130	2.6759	3.0452	.688	1.7874	2.5430	2.9577	3.3795	.723	1.9255	2.7845	3.2552	3.7337
.654	1.6565	2.3195	2.6837	3.0545	.689	1.7913	2.5498	2.9660	3.3894	.724	1.9295	2.7915	3.2640	3.7441
.655	1.6603	2.3259	2.6916	3.0638	.690	1.7952	2.5565	2.9743	3.3992	.725	1.9335	2.7986	3.2727	3.7546
.656	1.6641	2.3323	2.6994	3.0731	.691	1.7991	2.5633	2.9826	3.4091	.726	1.9375	2.8057	3.2815	3.7650
.657	1.6679	2.3388	2.7073	3.0824	.692	1.8030	2.5700	2.9909	3.4190	.727	1.9415	2.8128	3.2903	3.7755
.658	1.6718	2.3452	2.7152	3.0918	.693	1.8069	2.5768	2.9993	3.4289	.728	1.9455	2.8199	3.2990	3.7859
.659	1.6756	2.3517	2.7231	3.1011	.694	1.8108	2.5836	3.0076	3.4388	.729	1.9495	2.8270	3.3078	3.7964

ادامه جدول ب - ۲

Table K'_c page 6



جداول کمکی محاسبه عمق بحرانی آب در کانال ذوزنقه‌ای و مستطیلی شکل (محاسبه K'_c)

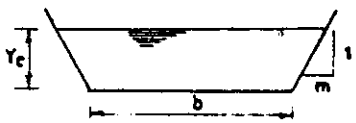
Y_c/b	m			
	0	1	1.5	2
.730	1.9535	2.8341	3.3166	3.8070
.731	1.9575	2.8413	3.3255	3.8175
.732	1.9616	2.8484	3.3343	3.8280
.733	1.9656	2.8556	3.3432	3.8386
.734	1.9696	2.8627	3.3520	3.8492
.735	1.9736	2.8699	3.3609	3.8598
.736	1.9777	2.8771	3.3698	3.8704
.737	1.9817	2.8843	3.3787	3.8810
.738	1.9857	2.8915	3.3876	3.8917
.739	1.9898	2.8987	3.3965	3.9023
.740	1.9938	2.9059	3.4055	3.9130
.741	1.9978	2.9131	3.4144	3.9237
.742	2.0019	2.9204	3.4234	3.9344
.743	2.0059	2.9276	3.4324	3.9452
.744	2.0100	2.9349	3.4414	3.9559
.745	2.0140	2.9421	3.4504	3.9667
.746	2.0181	2.9494	3.4594	3.9775
.747	2.0222	2.9567	3.4684	3.9883
.748	2.0262	2.9640	3.4775	3.9991
.749	2.0303	2.9713	3.4865	4.0099
.750	2.0344	2.9786	3.4956	4.0207
.751	2.0384	2.9859	3.5047	4.0316
.752	2.0425	2.9933	3.5138	4.0425
.753	2.0466	3.0006	3.5229	4.0534
.754	2.0507	3.0080	3.5320	4.0643
.755	2.0547	3.0153	3.5412	4.0752
.756	2.0588	3.0227	3.5503	4.0862
.757	2.0629	3.0301	3.5595	4.0971
.758	2.0670	3.0375	3.5687	4.1081
.759	2.0711	3.0449	3.5779	4.1191
.760	2.0752	3.0523	3.5871	4.1301
.761	2.0793	3.0597	3.5963	4.1412
.762	2.0834	3.0671	3.6055	4.1522
.763	2.0875	3.0746	3.6148	4.1633
.764	2.0916	3.0820	3.6240	4.1744

Y/b	m			
	0	1	1.5	2
.765	2.0957	3.0895	3.6333	4.1856
.766	2.0998	3.0969	3.6426	4.1966
.767	2.1039	3.1044	3.6519	4.2077
.768	2.1080	3.1119	3.6612	4.2189
.769	2.1121	3.1194	3.6705	4.2300
.770	2.1163	3.1269	3.6798	4.2412
.771	2.1204	3.1344	3.6892	4.2524
.772	2.1245	3.1419	3.6985	4.2636
.773	2.1286	3.1495	3.7079	4.2749
.774	2.1328	3.1570	3.7173	4.2861
.775	2.1369	3.1646	3.7267	4.2974
.776	2.1411	3.1721	3.7361	4.3087
.777	2.1452	3.1797	3.7456	4.3200
.778	2.1493	3.1873	3.7550	4.3313
.779	2.1535	3.1949	3.7645	4.3426
.780	2.1576	3.2025	3.7739	4.3540
.781	2.1618	3.2101	3.7834	4.3654
.782	2.1659	3.2177	3.7929	4.3768
.783	2.1701	3.2253	3.8024	4.3882
.784	2.1742	3.2330	3.8119	4.3996
.785	2.1784	3.2406	3.8215	4.4110
.786	2.1826	3.2483	3.8310	4.4225
.787	2.1867	3.2560	3.8406	4.4339
.788	2.1909	3.2636	3.8502	4.4454
.789	2.1951	3.2713	3.8597	4.4569
.790	2.1993	3.2790	3.8693	4.4685
.791	2.2034	3.2867	3.8790	4.4800
.792	2.2076	3.2945	3.8886	4.4916
.793	2.2118	3.3022	3.8982	4.5031
.794	2.2160	3.3099	3.9079	4.5147
.795	2.2202	3.3177	3.9176	4.5263
.796	2.2244	3.3254	3.9272	4.5380
.797	2.2285	3.3332	3.9369	4.5496
.798	2.2327	3.3410	3.9466	4.5613
.799	2.2369	3.3487	3.9564	4.5729

Y/b	m			
	0	1	1.5	2
.800	2.3411	3.5565	4.1661	4.5846
.801	2.3454	3.5643	4.1759	4.5963
.802	2.3496	3.5722	4.1856	4.6081
.803	2.3538	3.5800	4.1954	4.6198
.804	2.3580	3.5878	4.2052	4.6316
.805	2.3622	3.5957	4.2150	4.6434
.806	2.3664	3.6035	4.2248	4.6552
.807	2.3706	3.6114	4.2346	4.6670
.808	2.3748	3.6192	4.2445	4.6788
.809	2.3791	3.6271	4.2543	4.6907
.810	2.3833	3.6350	4.2642	4.7025
.811	2.3875	3.6429	4.2741	4.7144
.812	2.3918	3.6508	4.2840	4.7263
.813	2.3960	3.6588	4.2939	4.7382
.814	2.4002	3.6667	4.3038	4.7502
.815	2.4045	3.6746	4.3138	4.7621
.816	2.4087	3.6826	4.3237	4.7741
.817	2.4130	3.6905	4.3337	4.7861
.818	2.4172	3.6985	4.3437	4.7981
.819	2.4215	3.7065	4.3536	4.8101
.820	2.4257	3.7145	4.3637	4.8221
.821	2.4300	3.7225	4.3737	4.8342
.822	2.4342	3.7305	4.3837	4.8463
.823	2.4385	3.7385	4.3938	4.8584
.824	2.4427	3.7465	4.4038	4.8705
.825	2.4470	3.7546	4.4139	4.8826
.826	2.4513	3.7626	4.4240	4.8947
.827	2.4556	3.7707	4.4341	4.9069
.828	2.4598	3.7787	4.4442	4.9191
.829	2.4641	3.7868	4.4543	4.9313
.830	2.4684	3.7949	4.4645	4.9435
.831	2.4727	3.8030	4.4746	4.9557
.832	2.4769	3.8111	4.4848	4.9680
.833	2.4812	3.8192	4.4950	4.9802
.834	2.4855	3.8274	4.5052	4.9925

AV

Table K'_c page 7



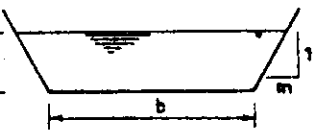
ادامه جدول ب - ۲

جداول کمکی محاسبه عمق بحرانی آب در کانال ذوزنقه‌ای و مستطیلی شکل (محاسبه K'_c)

Y_c/b	m				Y/b	m				Y/b	m			
	0	1	1.5	2		0	1	1.5	2		0	1	1.5	2
.835	2.3898	3.6355	4.3154	5.0048	.870	2.5416	3.9265	4.6813	5.4463	.905	2.6965	4.2296	5.0641	5.9094
.836	2.3941	3.6436	4.3256	5.0171	.871	2.5460	3.9349	4.6920	5.4592	.906	2.7010	4.2384	5.0753	5.9230
.837	2.3984	3.6518	4.3358	5.0294	.872	2.5504	3.9434	4.7027	5.4722	.907	2.7055	4.2473	5.0865	5.9366
.838	2.4027	3.6600	4.3461	5.0418	.873	2.5548	3.9520	4.7134	5.4851	.908	2.7100	4.2561	5.0977	5.9502
.839	2.4070	3.6681	4.3563	5.0542	.874	2.5592	3.9605	4.7242	5.4981	.909	2.7144	4.2650	5.1090	5.9638
.840	2.4113	3.6763	4.3666	5.0666	.875	2.5636	3.9690	4.7349	5.5111	.910	2.7189	4.2739	5.1202	5.9774
.841	2.4156	3.6845	4.3769	5.0790	.876	2.5680	3.9776	4.7457	5.5241	.911	2.7234	4.2828	5.1315	5.9910
.842	2.4199	3.6927	4.3872	5.0914	.877	2.5724	3.9861	4.7565	5.5372	.912	2.7279	4.2917	5.1428	6.0047
.843	2.4242	3.7009	4.3975	5.1038	.878	2.5768	3.9947	4.7673	5.5502	.913	2.7324	4.3006	5.1540	6.0184
.844	2.4286	3.7092	4.4079	5.1163	.879	2.5812	4.0032	4.7781	5.5633	.914	2.7369	4.3095	5.1653	6.0321
.845	2.4329	3.7174	4.4182	5.1287	.880	2.5856	4.0118	4.7889	5.5764	.915	2.7414	4.3184	5.1767	6.0458
.846	2.4372	3.7256	4.4286	5.1412	.881	2.5900	4.0204	4.7998	5.5895	.916	2.7459	4.3274	5.1880	6.0595
.847	2.4415	3.7339	4.4389	5.1537	.882	2.5944	4.0290	4.8106	5.6026	.917	2.7504	4.3363	5.1993	6.0733
.848	2.4458	3.7422	4.4493	5.1663	.883	2.5988	4.0376	4.8215	5.6158	.918	2.7549	4.3453	5.2107	6.0870
.849	2.4502	3.7504	4.4597	5.1788	.884	2.6032	4.0462	4.8324	5.6289	.919	2.7594	4.3543	5.2221	6.1008
.850	2.4545	3.7587	4.4701	5.1914	.885	2.6077	4.0549	4.8433	5.6421	.920	2.7639	4.3632	5.2334	6.1146
.851	2.4588	3.7670	4.4806	5.2040	.886	2.6121	4.0635	4.8542	5.6553	.921	2.7684	4.3722	5.2448	6.1285
.852	2.4632	3.7753	4.4910	5.2165	.887	2.6165	4.0722	4.8651	5.6685	.922	2.7729	4.3812	5.2563	6.1423
.853	2.4675	3.7836	4.5015	5.2292	.888	2.6209	4.0808	4.8761	5.6817	.923	2.7774	4.3902	5.2677	6.1562
.854	2.4718	3.7919	4.5119	5.2418	.889	2.6253	4.0895	4.8870	5.6950	.924	2.7819	4.3993	5.2791	6.1700
.855	2.4762	3.8003	4.5224	5.2544	.890	2.6298	4.0982	4.8980	5.7083	.925	2.7864	4.4083	5.2906	6.1839
.856	2.4805	3.8086	4.5329	5.2671	.891	2.6342	4.1069	4.9090	5.7216	.926	2.7909	4.4173	5.3021	6.1979
.857	2.4849	3.8170	4.5434	5.2798	.892	2.6386	4.1156	4.9200	5.7349	.927	2.7955	4.4264	5.3135	6.2118
.858	2.4892	3.8253	4.5539	5.2925	.893	2.6431	4.1243	4.9310	5.7482	.928	2.8000	4.4355	5.3250	6.2257
.859	2.4936	3.8337	4.5645	5.3052	.894	2.6475	4.1330	4.9420	5.7615	.929	2.8045	4.4445	5.3366	6.2397
.860	2.4979	3.8421	4.5750	5.3179	.895	2.6520	4.1417	4.9530	5.7749	.930	2.8090	4.4536	5.3481	6.2537
.861	2.5023	3.8505	4.5856	5.3307	.896	2.6564	4.1505	4.9641	5.7883	.931	2.8136	4.4627	5.3596	6.2677
.862	2.5067	3.8589	4.5962	5.3435	.897	2.6609	4.1592	4.9751	5.8016	.932	2.8181	4.4718	5.3712	6.2817
.863	2.5110	3.8673	4.6068	5.3563	.898	2.6653	4.1680	4.9862	5.8151	.933	2.8226	4.4809	5.3827	6.2958
.864	2.5154	3.8757	4.6174	5.3691	.899	2.6698	4.1767	4.9973	5.8285	.934	2.8272	4.4900	5.3943	6.3098
.865	2.5198	3.8841	4.6280	5.3819	.900	2.6742	4.1855	5.0084	5.8419	.935	2.8317	4.4992	5.4059	6.3239
.866	2.5241	3.8926	4.6386	5.3947	.901	2.6787	4.1943	5.0195	5.8554	.936	2.8363	4.5083	5.4175	6.3380
.867	2.5285	3.9010	4.6493	5.4076	.902	2.6831	4.2031	5.0307	5.8689	.937	2.8408	4.5175	5.4292	6.3521
.868	2.5329	3.9095	4.6599	5.4205	.903	2.6876	4.2119	5.0418	5.8824	.938	2.8454	4.5266	5.4408	6.3663
.869	2.5373	3.9180	4.6706	5.4334	.904	2.6921	4.2207	5.0530	5.8959	.939	2.8499	4.5358	5.4525	6.3804

ادامه جدول ب - ۲

Table K'_c page 8



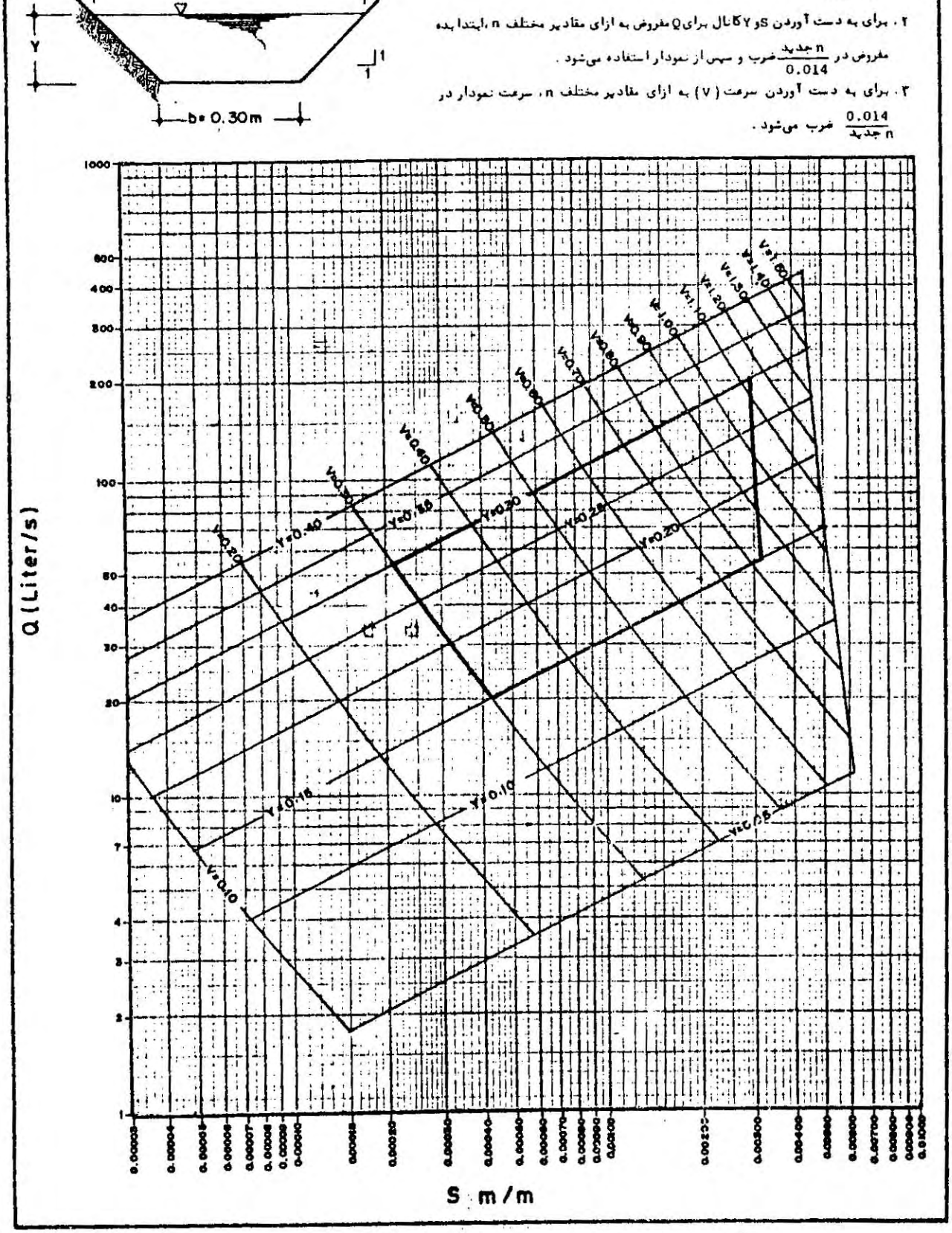
جداول کمکی محاسبه عمق بحرانی آب در کانال ذوزنقه‌ای و مستطیلی شکل (محاسبه K'_c)

Y_c/b	m				Y/b	m				Y/b	m			
	0	1	1.5	2		0	1	1.5	2		0	1	1.5	2
.940	2.8545	4.5450	5.4641	6.3946	.975	3.0154	4.8728	5.8815	6.9020	1.010	3.1792	5.2132	6.3164	7.4321
.941	2.8590	4.5542	5.4758	6.4088	.976	3.0200	4.8824	5.8937	6.9169	1.011	3.1839	5.2231	6.3291	7.4476
.942	2.8636	4.5634	5.4875	6.4230	.977	3.0247	4.8919	5.9058	6.9317	1.012	3.1886	5.2331	6.3418	7.4631
.943	2.8682	4.5726	5.4992	6.4372	.978	3.0293	4.9015	5.9181	6.9466	1.013	3.1934	5.2430	6.3545	7.4786
.944	2.8727	4.5818	5.5109	6.4514	.979	3.0340	4.9111	5.9303	6.9615	1.014	3.1981	5.2529	6.3673	7.4941
.945	2.8773	4.5911	5.5227	6.4657	.980	3.0386	4.9207	5.9425	6.9764	1.015	3.2028	5.2629	6.3800	7.5097
.946	2.8818	4.6003	5.5344	6.4800	.981	3.0433	4.9303	5.9548	6.9913	1.016	3.2076	5.2729	6.3928	7.5253
.947	2.8864	4.6096	5.5462	6.4943	.982	3.0479	4.9399	5.9670	7.0062	1.017	3.2123	5.2828	6.4055	7.5409
.948	2.8910	4.6188	5.5580	6.5086	.983	3.0526	4.9495	5.9793	7.0212	1.018	3.2170	5.2928	6.4183	7.5565
.949	2.8956	4.6281	5.5698	6.5229	.984	3.0572	4.9592	5.9916	7.0362	1.019	3.2218	5.3028	6.4311	7.5721
.950	2.9001	4.6374	5.5816	6.5373	.985	3.0619	4.9688	6.0039	7.0512	1.020	3.2265	5.3128	6.4440	7.5878
.951	2.9047	4.6467	5.5934	6.5516	.986	3.0665	4.9785	6.0163	7.0662	1.021	3.2313	5.3228	6.4568	7.6034
.952	2.9093	4.6560	5.6052	6.5660	.987	3.0712	4.9881	6.0286	7.0812	1.022	3.2360	5.3329	6.4696	7.6191
.953	2.9139	4.6653	5.6171	6.5804	.988	3.0759	4.9978	6.0410	7.0963	1.023	3.2408	5.3429	6.4825	7.6348
.954	2.9185	4.6746	5.6290	6.5949	.989	3.0806	5.0075	6.0533	7.1113	1.024	3.2455	5.3529	6.4954	7.6505
.955	2.9231	4.6840	5.6408	6.6093	.990	3.0852	5.0172	6.0657	7.1264	1.025	3.2503	5.3630	6.5083	7.6663
.956	2.9277	4.6933	5.6527	6.6238	.991	3.0899	5.0269	6.0781	7.1415	1.026	3.2550	5.3731	6.5212	7.6820
.957	2.9323	4.7027	5.6646	6.6382	.992	3.0946	5.0366	6.0905	7.1566	1.027	3.2598	5.3831	6.5341	7.6978
.958	2.9369	4.7120	5.6766	6.6527	.993	3.0993	5.0463	6.1029	7.1718	1.028	3.2646	5.3932	6.5470	7.7136
.959	2.9415	4.7214	5.6885	6.6673	.994	3.1039	5.0561	6.1154	7.1870	1.029	3.2693	5.4033	6.5600	7.7294
.960	2.9461	4.7308	5.7005	6.6818	.995	3.1086	5.0658	6.1278	7.2021	1.030	3.2741	5.4134	6.5730	7.7453
.961	2.9507	4.7402	5.7124	6.6963	.996	3.1133	5.0756	6.1403	7.2173	1.031	3.2789	5.4236	6.5859	7.7611
.962	2.9553	4.7496	5.7244	6.7109	.997	3.1180	5.0853	6.1528	7.2326	1.032	3.2836	5.4337	6.5989	7.7770
.963	2.9599	4.7590	5.7364	6.7255	.998	3.1227	5.0951	6.1653	7.2478	1.033	3.2884	5.4438	6.6119	7.7929
.964	2.9645	4.7684	5.7484	6.7401	.999	3.1274	5.1049	6.1778	7.2630	1.034	3.2932	5.4540	6.6250	7.8088
.965	2.9691	4.7779	5.7604	6.7547	1.000	3.1321	5.1147	6.1903	7.2783	1.035	3.2980	5.4641	6.6380	7.8248
.966	2.9737	4.7873	5.7725	6.7694	1.001	3.1368	5.1245	6.2029	7.2936	1.036	3.3027	5.4743	6.6511	7.8407
.967	2.9783	4.7968	5.7845	6.7841	1.002	3.1415	5.1343	6.2154	7.3089	1.037	3.3075	5.4845	6.6641	7.8567
.968	2.9830	4.8063	5.7966	6.7987	1.003	3.1462	5.1441	6.2280	7.3243	1.038	3.3123	5.4947	6.6772	7.8727
.969	2.9876	4.8157	5.8087	6.8134	1.004	3.1509	5.1540	6.2406	7.3396	1.039	3.3171	5.5049	6.6903	7.8887
.970	2.9922	4.8252	5.8208	6.8282	1.005	3.1556	5.1638	6.2532	7.3550	1.040	3.3219	5.5151	6.7034	7.9047
.971	2.9968	4.8347	5.8329	6.8429	1.006	3.1603	5.1737	6.2658	7.3704	1.041	3.3267	5.5253	6.7165	7.9208
.972	3.0015	4.8442	5.8450	6.8576	1.007	3.1650	5.1836	6.2784	7.3858	1.042	3.3315	5.5356	6.7297	7.9368
.973	3.0061	4.8538	5.8572	6.8724	1.008	3.1698	5.1934	6.2911	7.4012	1.043	3.3363	5.5458	6.7428	7.9529
.974	3.0107	4.8633	5.8693	6.8872	1.009	3.1745	5.2033	6.3037	7.4166	1.044	3.3411	5.5561	6.7560	7.9690

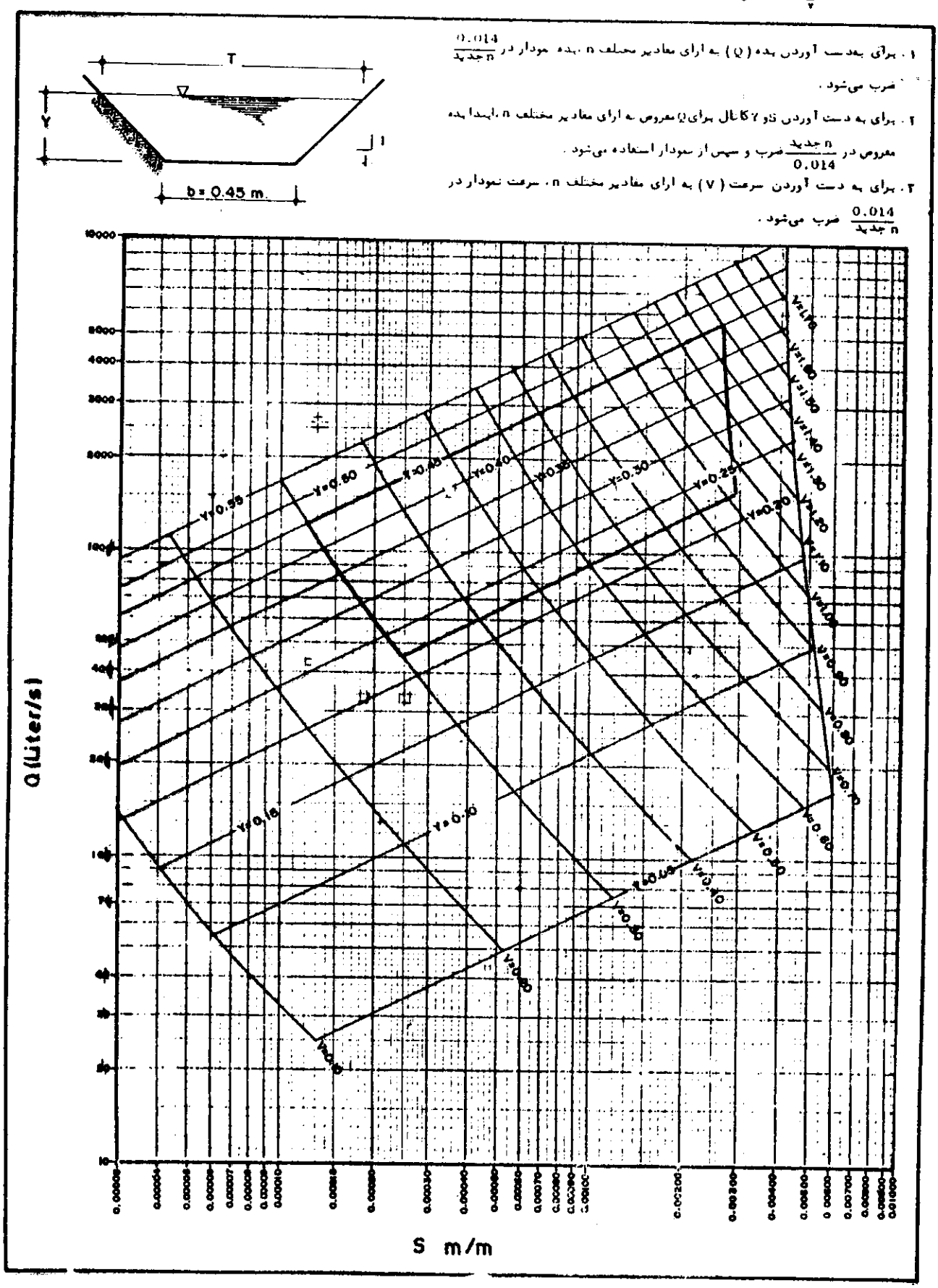
ادامه جدول ب - ۲

Table K'_c page 9

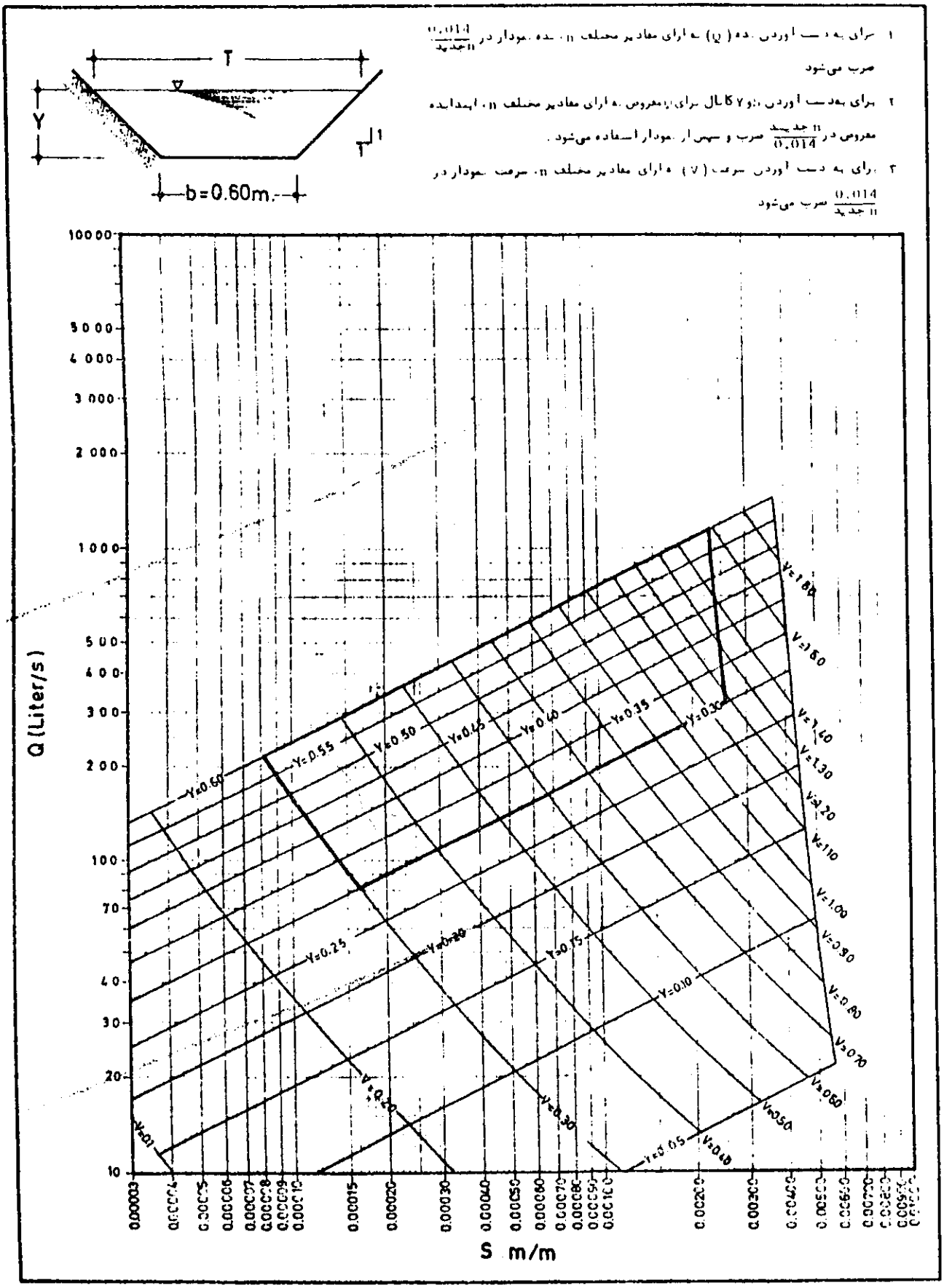
پ -۱ نمودار هیدرولیکی کانالهای بتنی ذوزنقه‌ای شکل با شیب جانبی ۱:۱ n-0.014



پ ـ۲ نمودار هیدرولیکی کانالهای بتنی ذوزنقه‌ای‌شکل با شیب جانبی ۱:۱ n-0.014



پ -۳ نمودار هیدرولیکی کانالهای بتنی ذوزنقه‌ای شکل با شیب جانبی ۱:۱ n-0.014

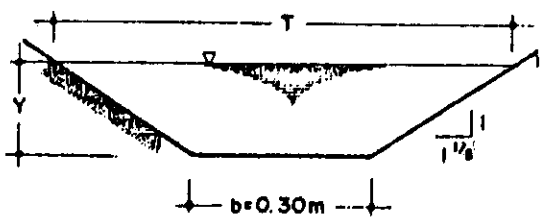


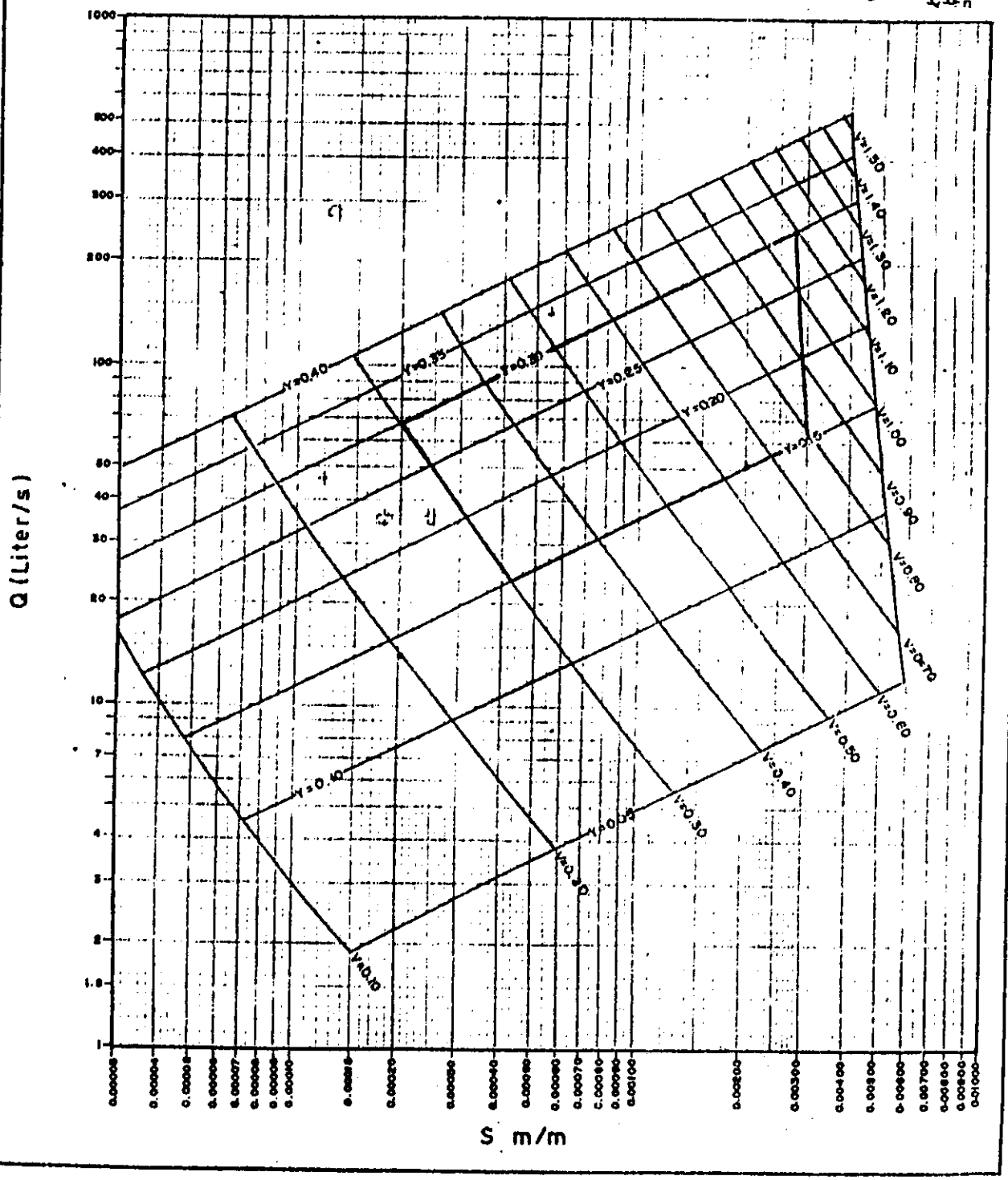
پ ـ۴ نمودار هیدرولیکی کانالهای بتنی ذوزنقه‌ای شکل با شیب جانبی ۱:$\frac{1}{2}$ n-0.01411

۱ـ برای به دست آوردن بده (Q) به ازای مقادیر مختلف بده نمودار در $\frac{0.014}{n\text{ جدید}}$ ضرب می‌شود.

۲ـ برای به دست آوردن S و V کانال برای پامفروض به ازای مقادیر مختلف n، ابتدا بده مفروض در $\frac{n\text{ جدید}}{0.014}$ ضرب و سپس از نمودار استفاده می‌شود.

۳ـ برای به دست آوردن سرعت (V) به ازای مقادیر مختلف n، سرعت نمودار در $\frac{0.014}{n\text{ جدید}}$ ضرب می‌شود.



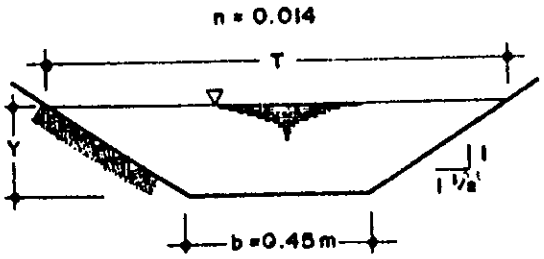


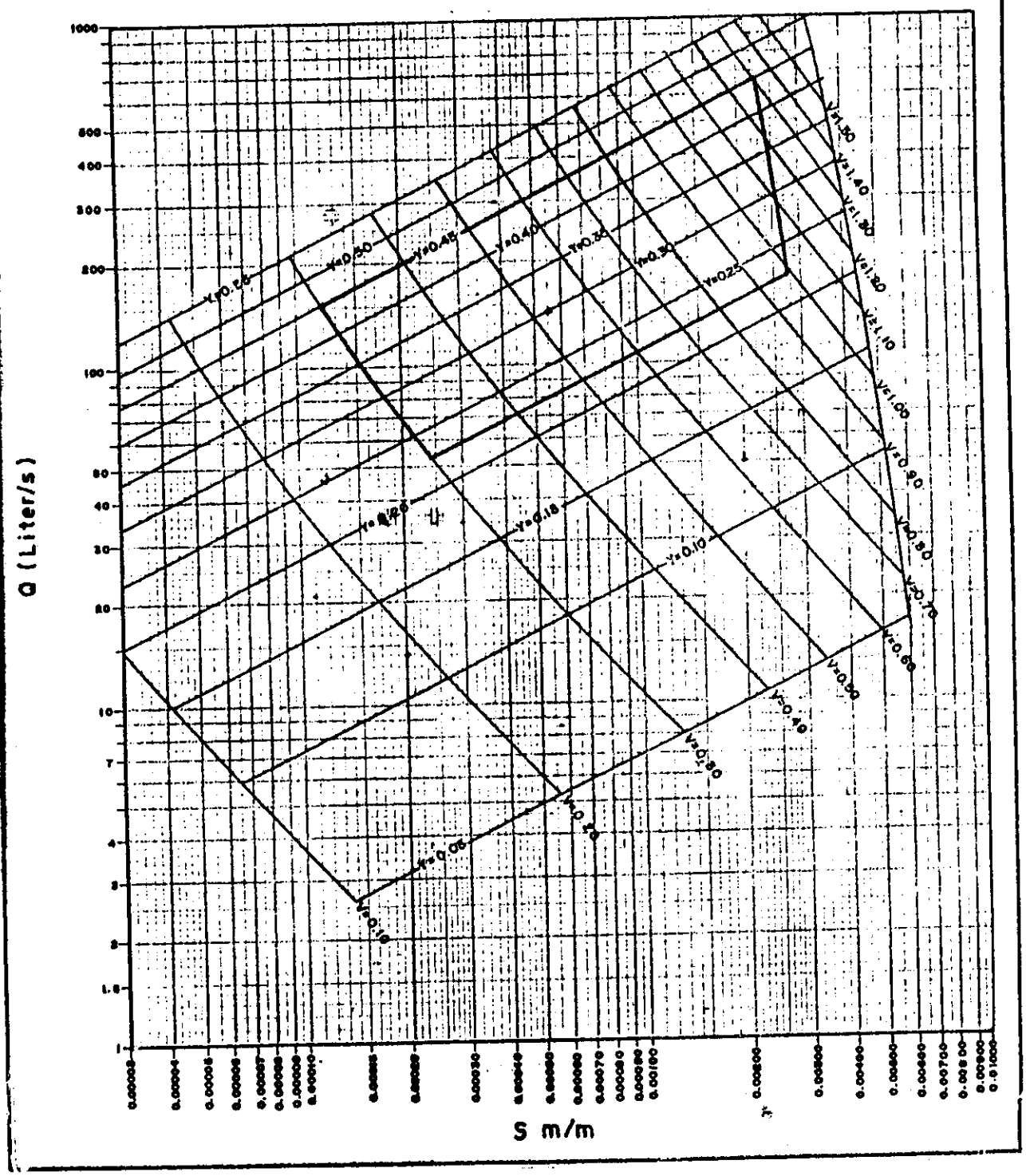
پ -۵ نمودار هیدرولیکی کانالهای بتنی ذوزنقه‌ای شکل با شیب جانبی ۱:$\frac{۱}{۲}$ n-0.01411

۱. برای به‌دست آوردن بده (Q) به ازای مقادیر مختلف n ، بده نمودار در $\frac{0.014}{n \text{ جدید}}$ ضرب می‌شود .

۲. برای به دست آوردن S و Y کانال برای Q مفروض به ازای مقادیر مختلف n ، ابتدا بده مفروض در $\frac{n \text{ جدید}}{0.014}$ ضرب و سپس از نمودار استفاده می‌شود .

۳. برای به دست آوردن سرعت (V) به ازای مقادیر مختلف n ، سرعت نمودار در $\frac{0.014}{n \text{ جدید}}$ ضرب می‌شود .



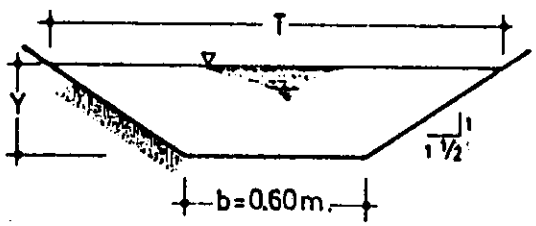


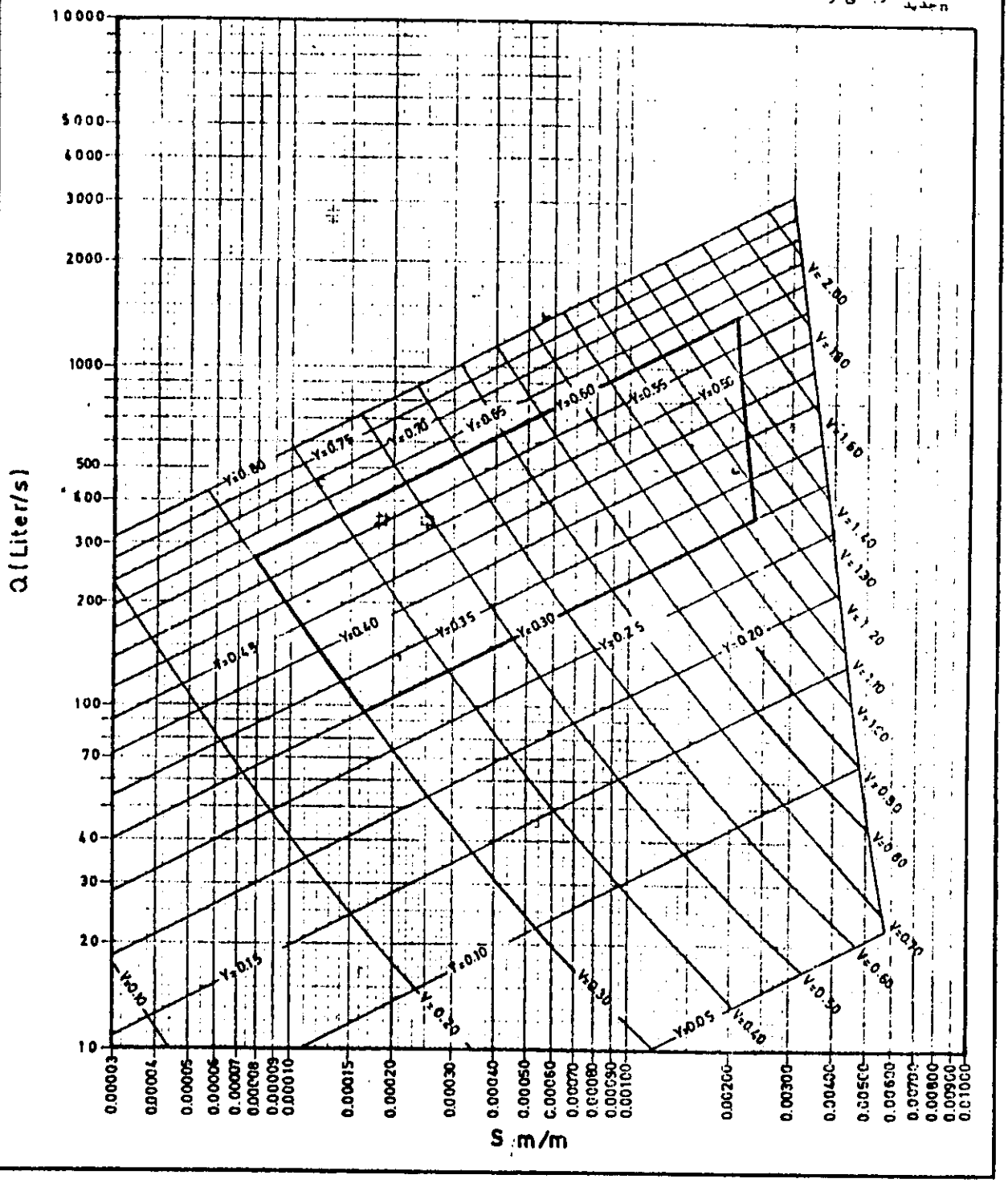
پ ـ۶ نمودار هیدرولیکی کانالهای بتنی ذوزنقه‌ای شکل با شیب جانبی ۱:$\frac{1}{2}$ n-0.01411

۱ . برای به دست آوردن بده (Q) به ازای مقادیر مختلف بده نمودار در $\frac{0.014}{n\text{ جدید}}$ ضرب می‌شود .

۲ . برای به دست آوردن S و Y کانال برای Q مفروض به ازای مقادیر مختلف n ، ابتدا بده مفروض در $\frac{n\text{ جدید}}{0.014}$ ضرب و سپس از نمودار استفاده می‌شود .

۳ . برای به دست آوردن سرعت (V) به ازای مقادیر مختلف n ، سرعت نمودار در $\frac{0.014}{n\text{ جدید}}$ ضرب می‌شود .



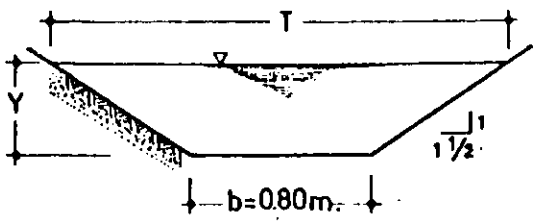


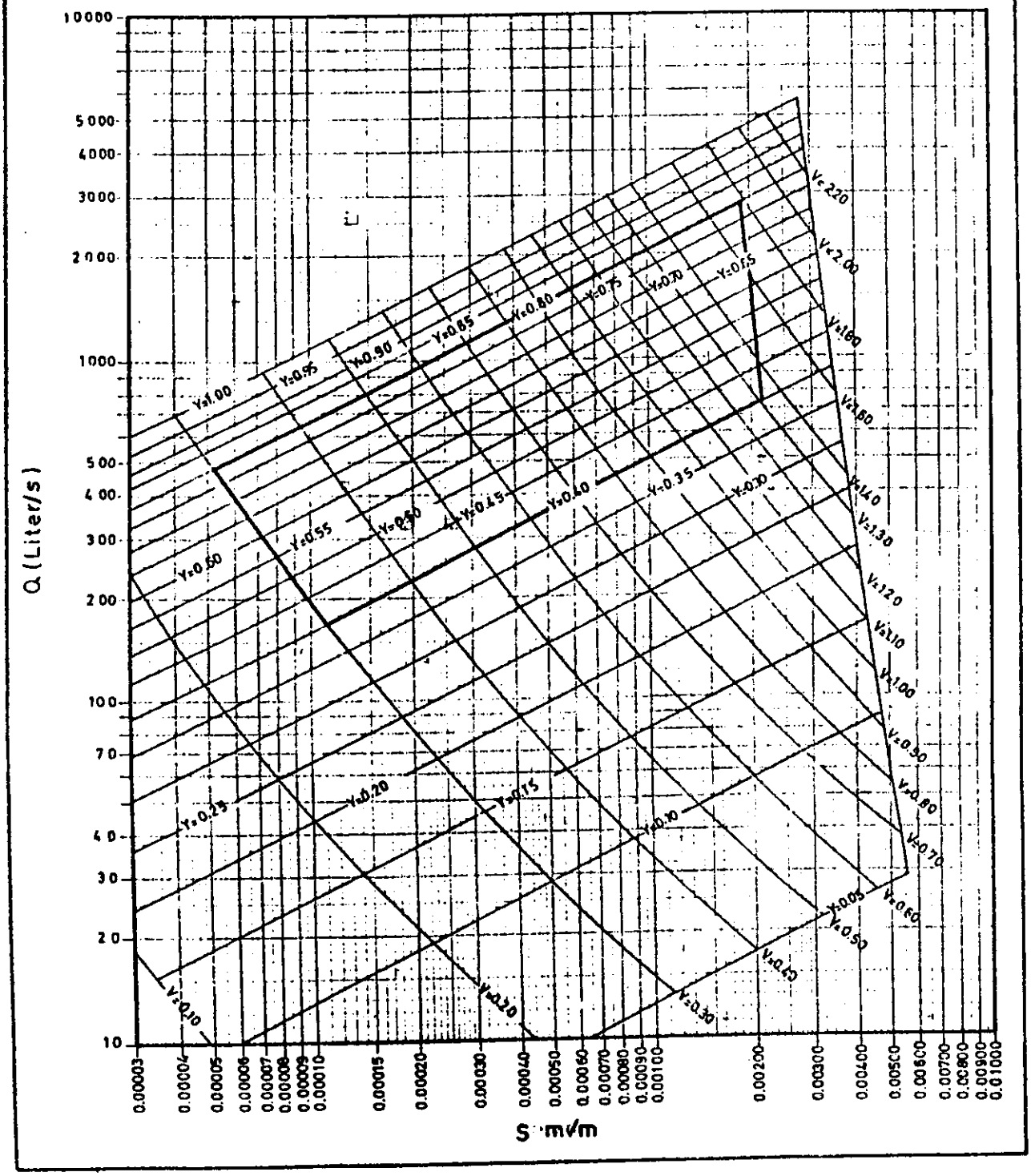
پ -۷ نمودار هیدروایکی کانالهای بتنی ذوزنقه‌ای شکل با شیب جانبی ۱:$\frac{1}{2}$ n-0.01411

۱- برای بدست آوردن بده (Q) به ازای مقادیر مختلف n بده نمودار در $\frac{0.014}{n \text{ جدید}}$ ضرب می‌شود.

۲- برای به دست آوردن S و Y کانال برای Q معروض به ازای مقادیر مختلف n ابتدا بده معروض در $\frac{n \text{ جدید}}{0.014}$ ضرب و سپس از نمودار استفاده می‌شود.

۳- برای به دست آوردن سرعت (V) به ازای مقادیر مختلف n سرعت نمودار در $\frac{0.014}{n \text{ جدید}}$ ضرب می‌شود.



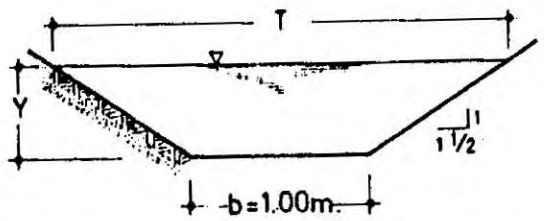


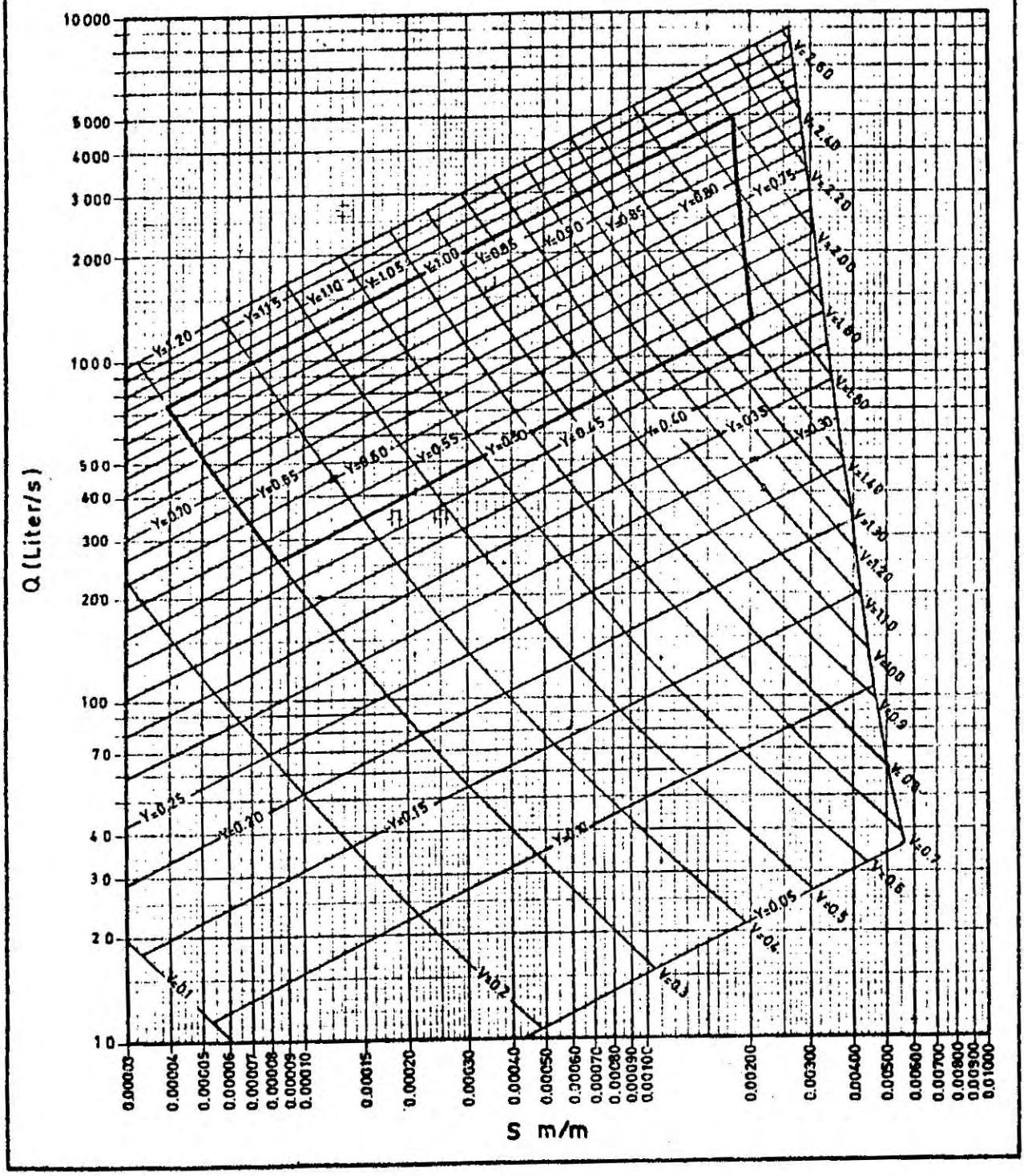
پ -۸ نمودار هیدرولیکی کانالهای بتنی ذوزنقه‌ای شکل با شیب جانبی ۱:$\frac{1}{2}$ n-0.01411

۱- برای به دست آوردن بده (Q) به ازای مقادیر مختلف بده، نمودار در $\frac{0.014}{n \text{ جدید}}$ ضرب می‌شود.

۲- برای به دست آوردن S و Y کانال برای بده‌های مفروض به ازای مقادیر مختلف n، ابتدا بده مفروض در $\frac{n \text{ جدید}}{0.014}$ ضرب و سپس از نمودار استفاده می‌شود.

۳- برای به دست آوردن سرعت (V) به ازای مقادیر مختلف n، سرعت نمودار در $\frac{0.014}{n \text{ جدید}}$ ضرب می‌شود.



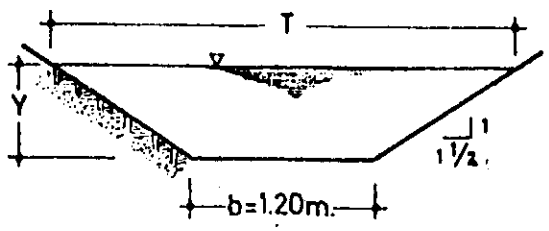


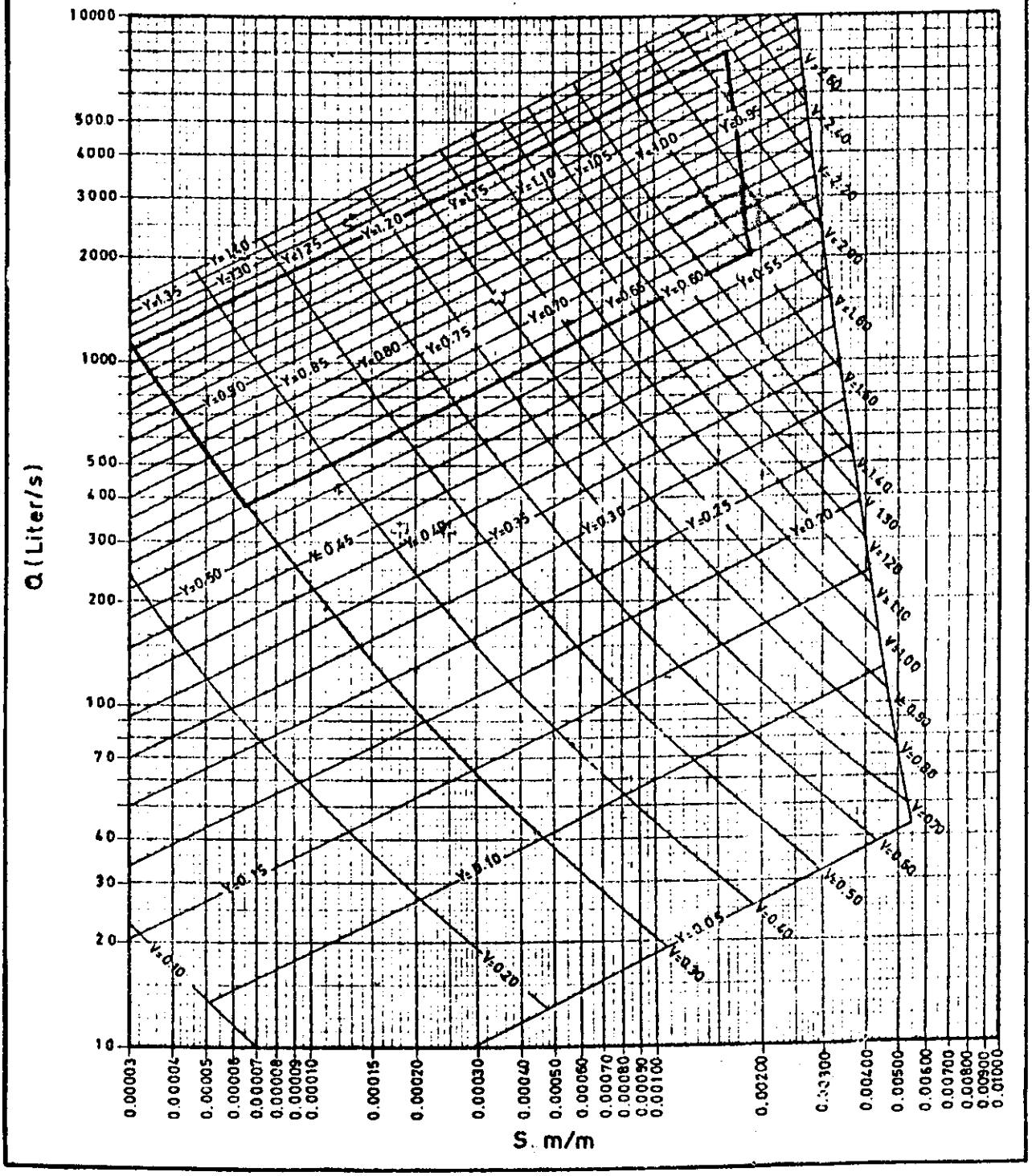
پ -۹ نمودار هیدرولیکی کانالهای بتنی ذوزنقه‌ای شکل با شیب جانبی ۱:$1\frac{1}{2}$ n-0.01411

۱ . برای به‌دست آوردن پده (Q) به ازای مقادیر مختلف n ، پده نمودار در $\frac{0.014}{n\text{ جدید}}$ ضرب می‌شود .

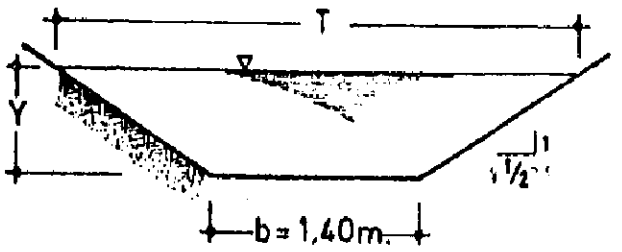
۲ . برای به دست آوردن d و Y کانال برای Q مفروض به ازای مقادیر مختلف n ، ابتدا پده مفروض در $\frac{n\text{ جدید}}{0.014}$ ضرب و سپس از نمودار استفاده می‌شود .

۳ . برای به دست آوردن سرعت (V) به ازای مقادیر مختلف n ، سرعت نمودار در $\frac{0.014}{n\text{ جدید}}$ ضرب می‌شود .





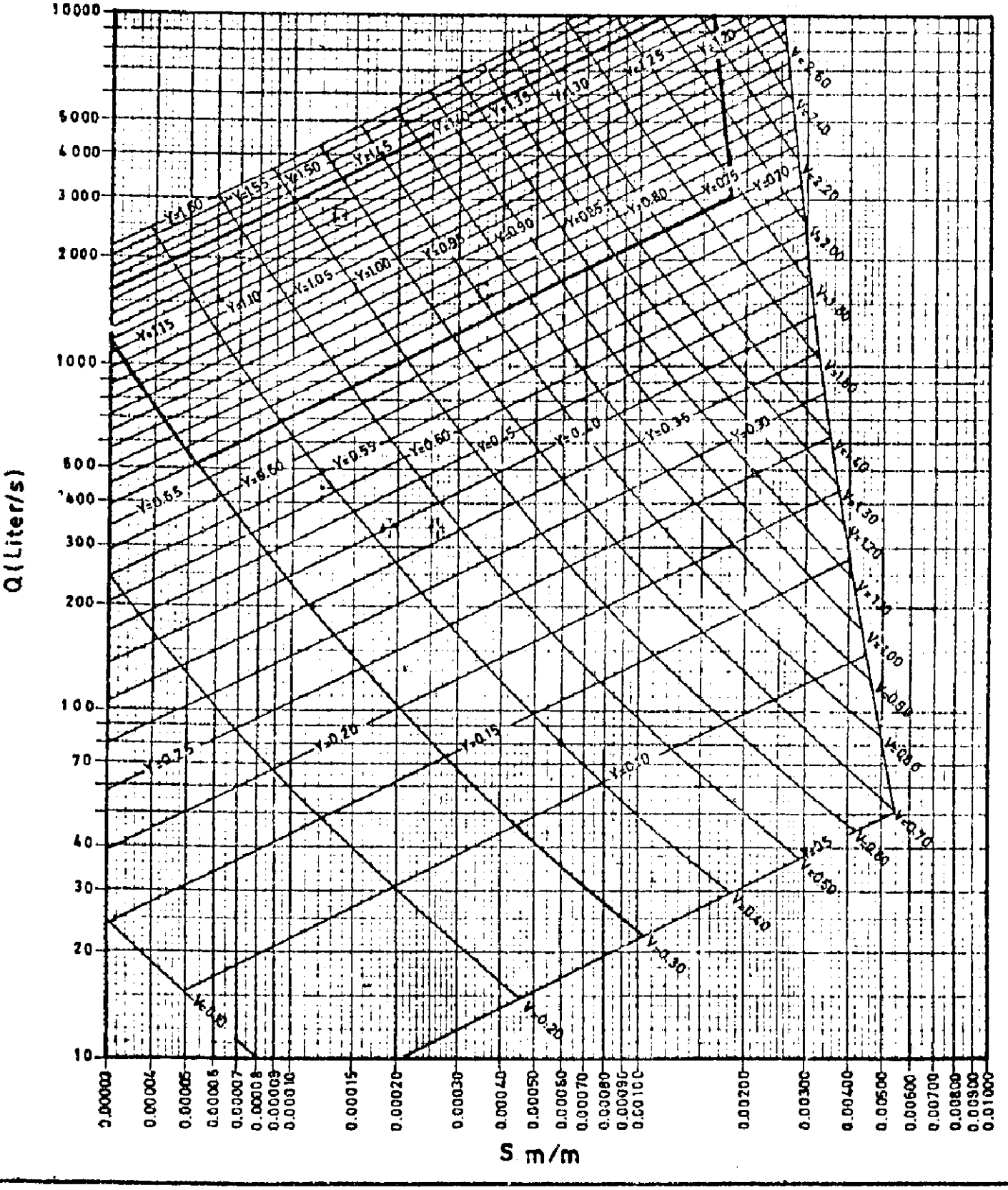
پ ـ ۱۰ نمودار هیدرولیکی کانالهای بتنی ذوزنقه‌ای شکل با شیب جانبی ۱:$\frac{1}{2}$ n-0.01411



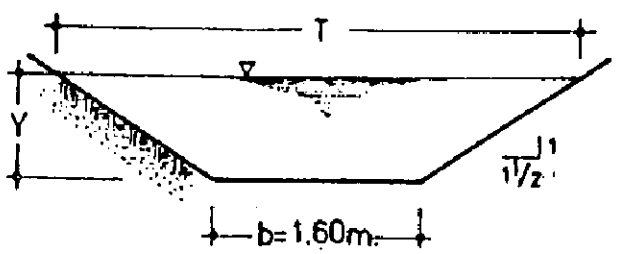
۱ ـ برای به دست آوردن بده (Q) به ازای مقادیر مختلف بده نمودار در $\frac{0.014}{n_{جدید}}$ ضرب می‌شود.

۱ ـ برای به دست آوردن S و V کانال برای Q مفروض به ازای مقادیر مختلف n، ابتدا بده مفروض در $\frac{n_{جدید}}{0.014}$ ضرب و سپس از نمودار استفاده می‌شود.

۲ ـ برای به دست آوردن سرعت (V) به ازای مقادیر مختلف n، سرعت نمودار در $\frac{0.014}{n_{جدید}}$ ضرب می‌شود.



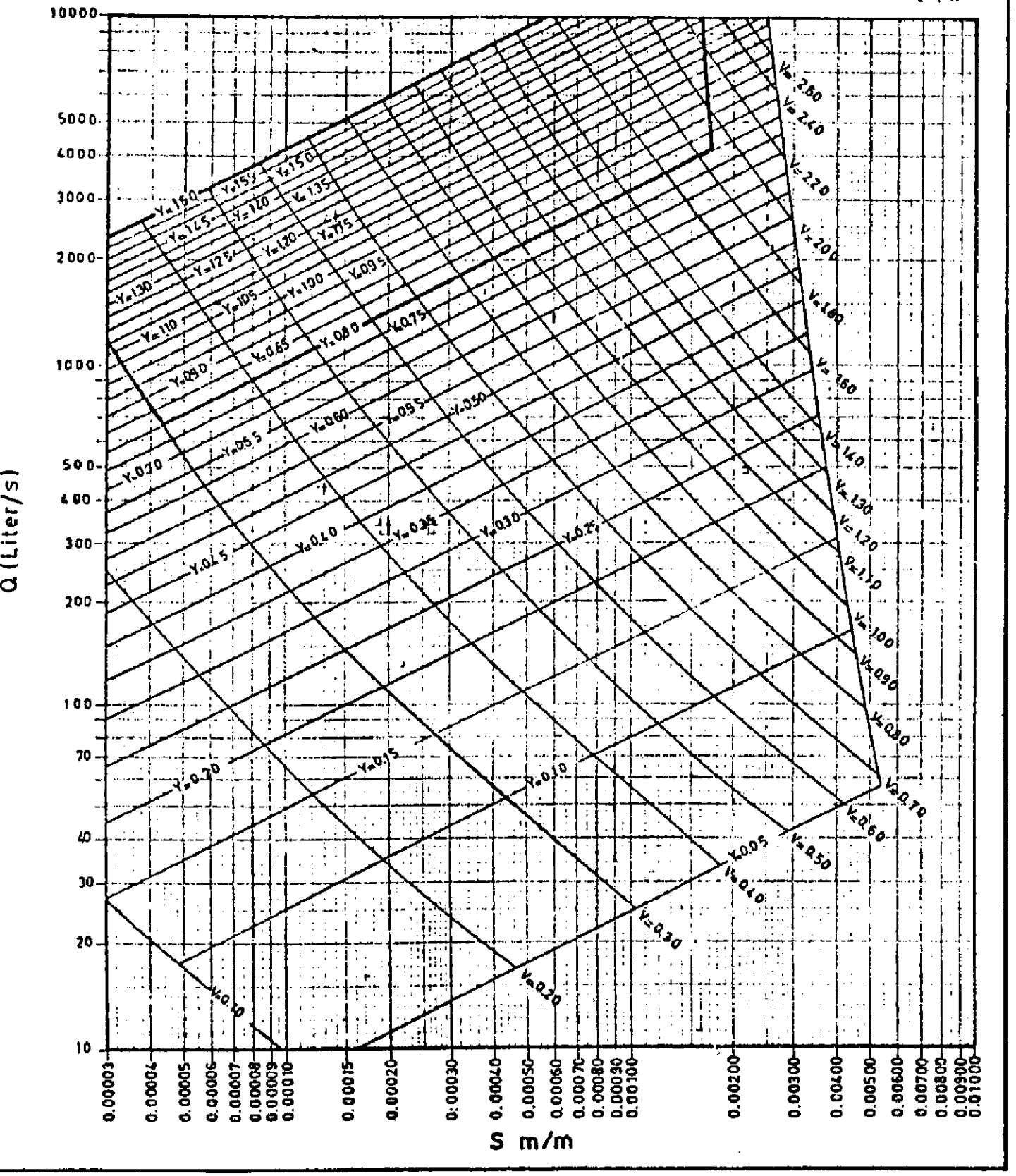
پ - ۱۱ نمودار هیدرولیکی کانالهای بتنی ذوزنقه‌ای شکل با شیب جانبی ۱:$\frac{۱}{۲}$ n-0.01411



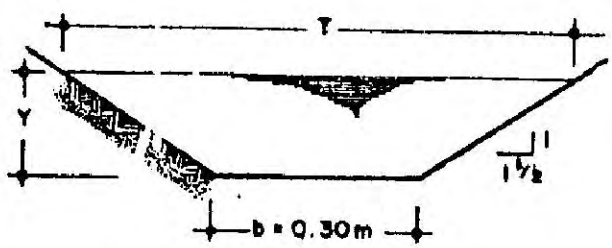
۱. برای بدست آوردن بده (Q) به ازای مقادیر مختلف n، بده نمودار در $\frac{0.014}{n \text{ جدید}}$ ضرب می‌شود.

۲. برای به دست آوردن S و Y کانال برای Q مفروض به ازای مقادیر مختلف n، ابتدا بده مفروض در $\frac{n \text{ جدید}}{0.014}$ ضرب و سپس از نمودار استفاده می‌شود.

۳. برای به دست آوردن سرعت (V) به ازای مقادیر مختلف n، سرعت نمودار در $\frac{0.014}{n \text{ جدید}}$ ضرب می‌شود.



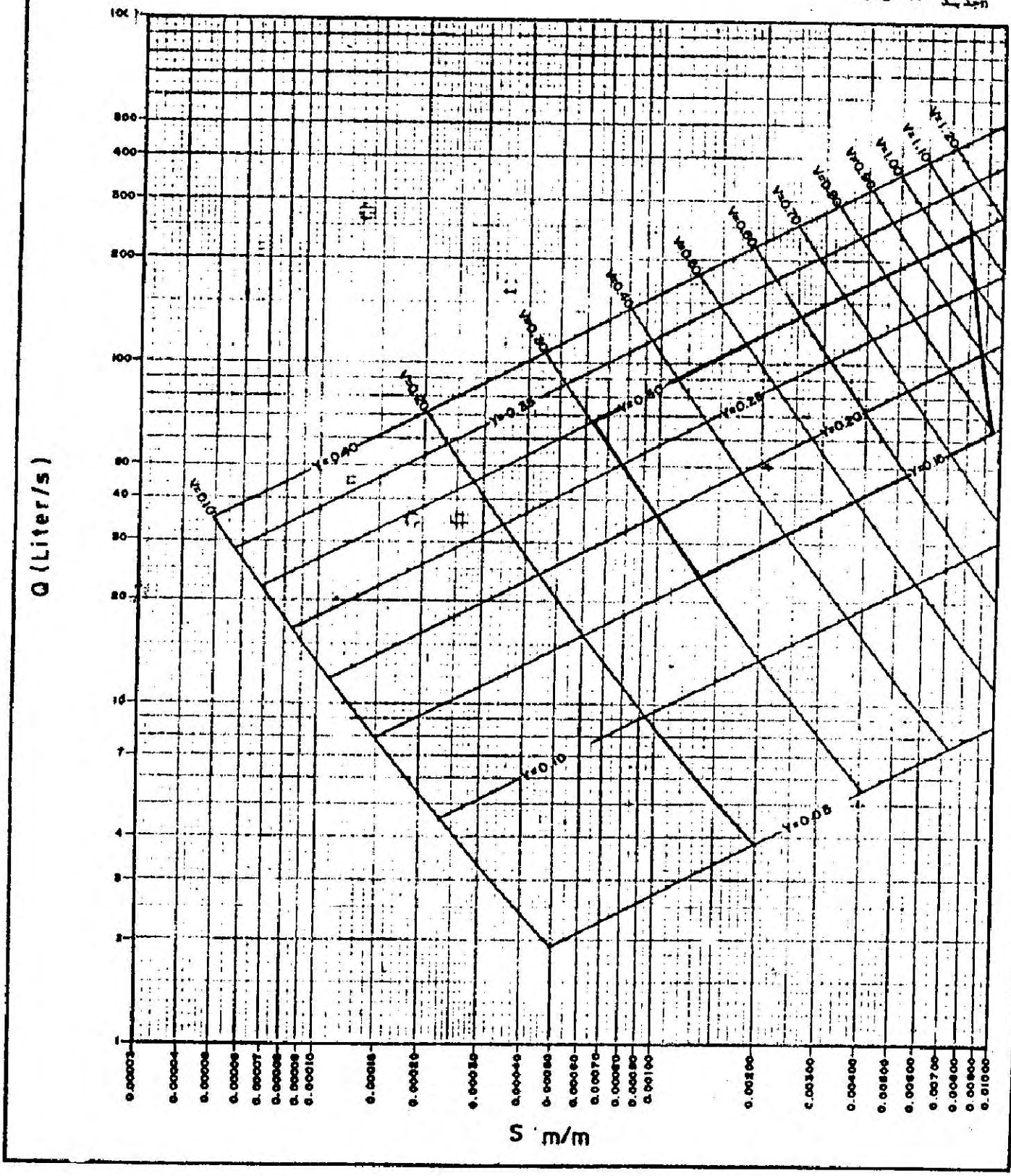
پ -۱۲ نمودار هیدرولیکی کانالهای خاکی ذوزنقه‌ای شکل با شیب جانبی ۱:$1\frac{1}{2}$ n-0.025



۱- برای به دست آوردن بده (Q) به ازای مقادیر مختلف n ، بده نمودار در $\frac{0.025}{n\text{جدید}}$ ضرب می‌شود .

۲. برای به دست آوردن S و Y کانال برای Q مفروض به ازای مقادیر مختلف n ، ابتدا بده مفروض در $\frac{n\text{ جدید}}{0.025}$ ضرب و سپس از نمودار استفاده می‌شود .

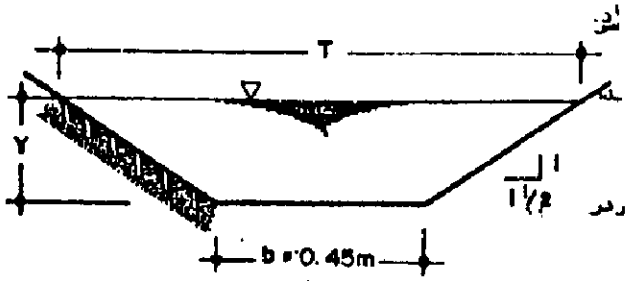
۲. برای به دست آوردن سرعت (V) به ازای مقادیر مختلف n ، سرعت نمودار در $\frac{0.025}{n\text{جدید}}$ ضرب می‌شود .

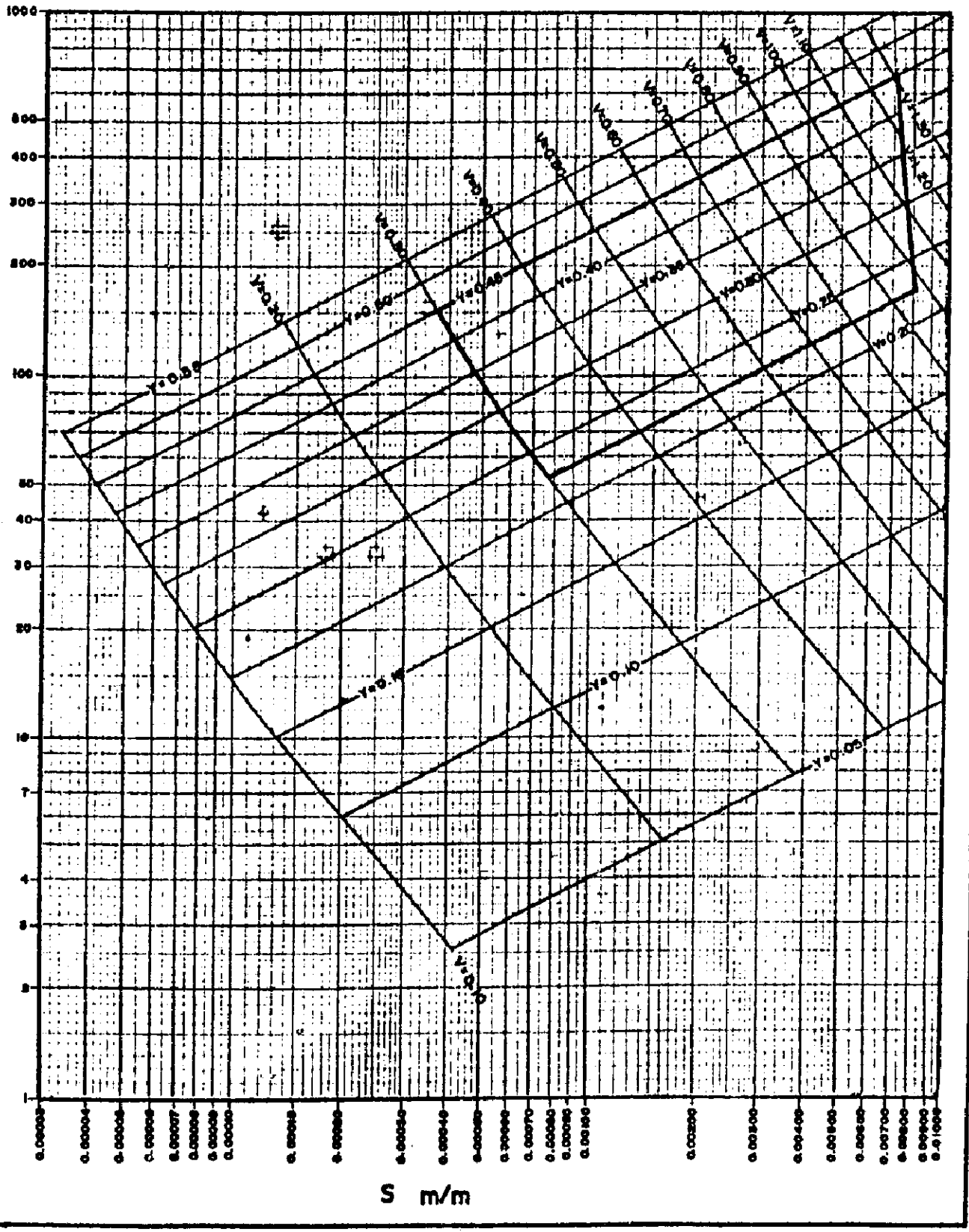


۱. برای به دست آوردن بده (Q) به ازای مقادیر مختلف n ، بده نمودار در $\frac{0.025}{n_{جدید}}$ ضرب می‌شود .

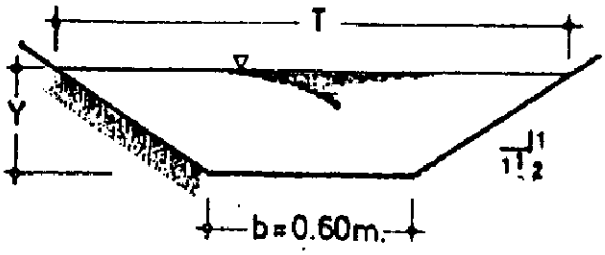
۲. برای به دست آوردن S و Y کانال برای Q مفروض به ازای مقادیر مختلف n ، ابتدا بده مفروض در $\frac{n_{جدید}}{0.025}$ ضرب و سپس از نمودار استفاده می‌شود .

۳. برای به دست آوردن سرعت (V) به ازای مقادیر مختلف n ، سرعت نمودار در $\frac{0.025}{n_{جدید}}$ ضرب می‌شود .





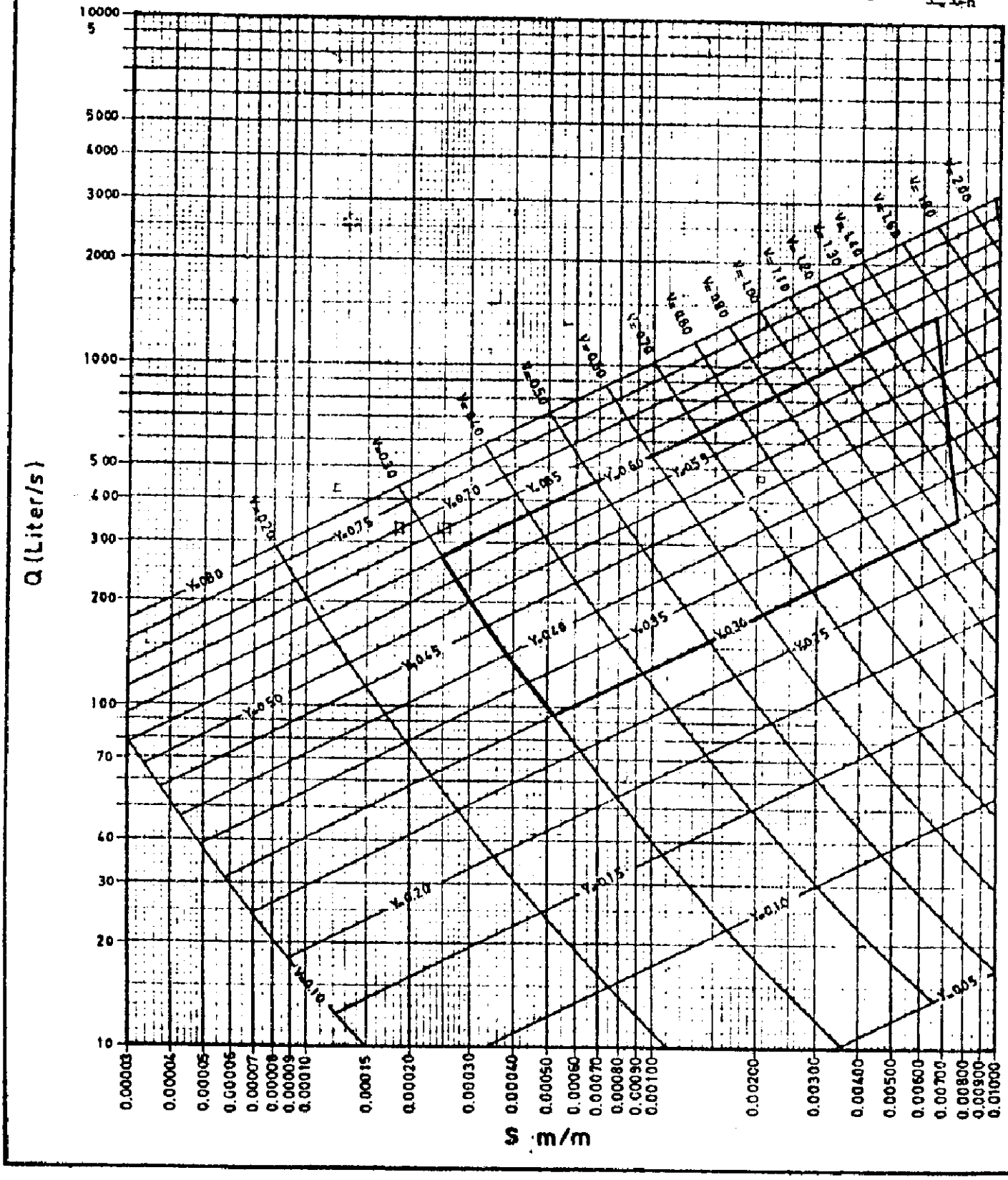
پ -۱۴ نمودار هیدرولیکی کانالهای خاکی ذوزنقه‌ای شکل با شیب جانبی ۱:۱$\frac{1}{2}$ n-0.025



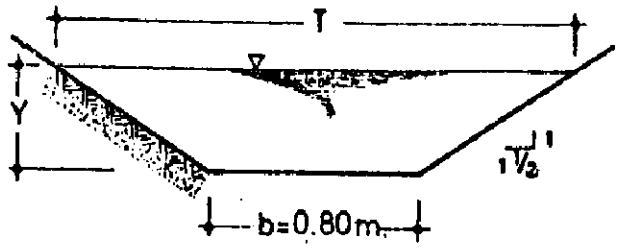
۱- برای به دست آوردن بده (Q) به ازای مقادیر مختلف n ، بده نمودار در $\frac{0.025}{n\text{ جدید}}$ ضرب می‌شود .

۲ . برای به دست آوردن S و Y کانال برای Q مفروض به ازای مقادیر مختلف n ، ابتدا بده مفروض در $\frac{n\text{ جدید}}{0.025}$ ضرب و سپس از نمودار استفاده می‌شود .

۳ . برای به دست آوردن سرعت (V) به ازای مقادیر مختلف n ، سرعت نمودار در $\frac{0.025}{n\text{ جدید}}$ ضرب می‌شود .



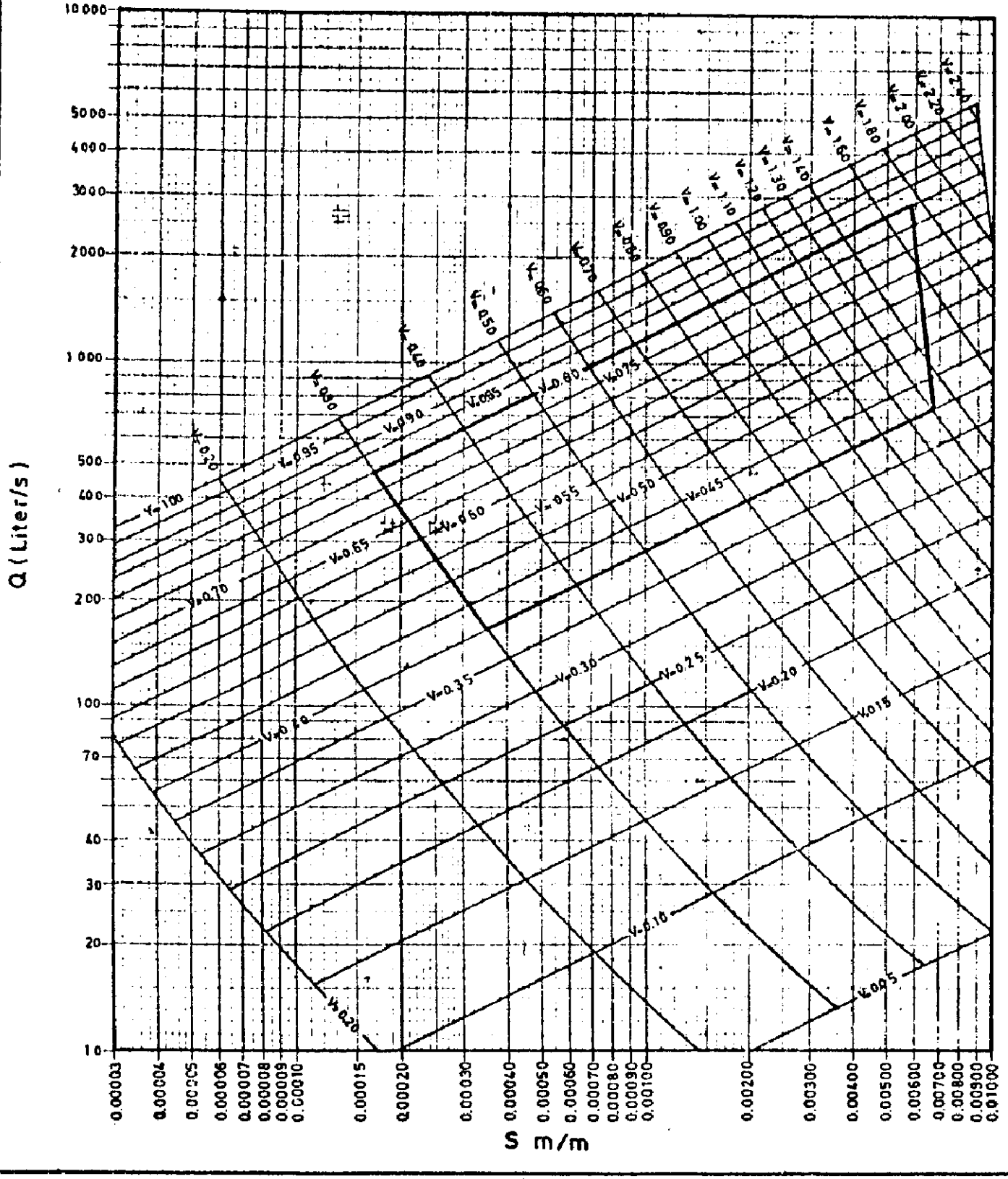
پ -۱۵ نمودار هیدرولیکی کانالهای خاکی ذوزنقه‌ای شکل با شیب جانبی ۱:۱$\frac{1}{2}$ n-0.025



۱. برای به دست آوردن بده (Q) به ازای مقادیر مختلف n ، بده نمودار در $\frac{0.025}{n\text{جدید}}$ ضرب می‌شود .

۲. برای به دست آوردن S و Y کانال برای Q مفروض به ازای مقادیر مختلف n ، ابتدا بده مفروض در $\frac{n\text{ جدید}}{0.025}$ ضرب و سپس از نمودار استفاده می‌شود .

۳. برای به دست آوردن سرعت (V) به ازای مقادیر مختلف n ، سرعت نمودار در $\frac{0.025}{n\text{جدید}}$ ضرب می‌شود .

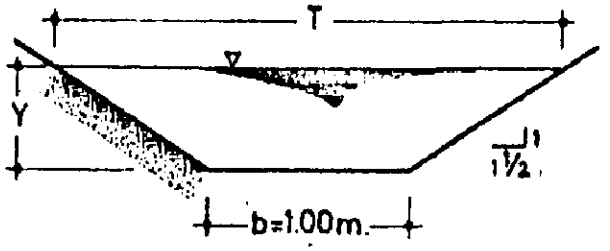


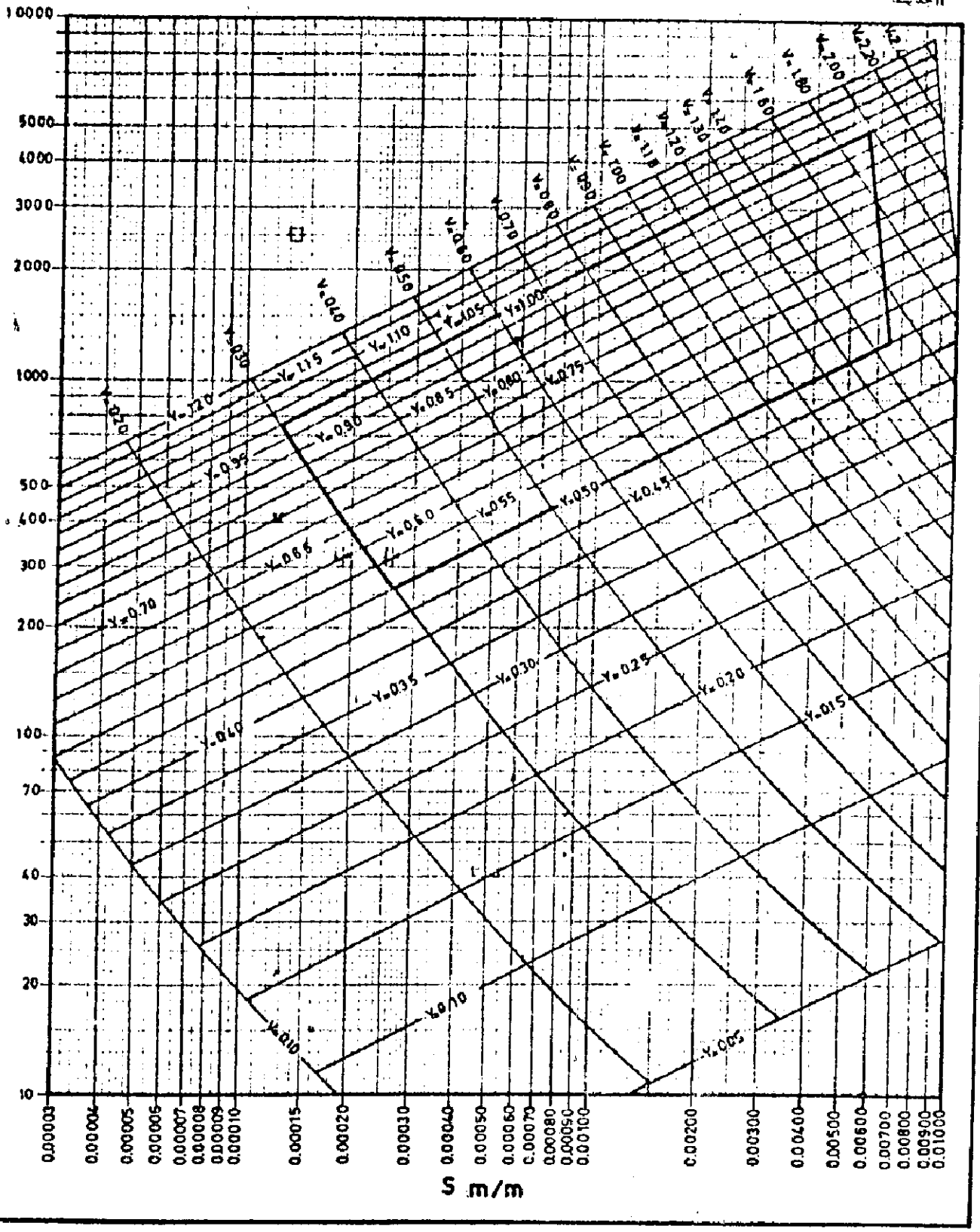
پ -۱۶ نمودار هیدرولیکی کانالهای خاکی ذوزنقه‌ای شکل با شیب جانبی ۱:۱$\frac{1}{2}$ n-0.025

۱. برای به دست آوردن بده (Q) به ازای مقادیر مختلف n ، بده نمودار در $\frac{0.025}{n\ \text{جدید}}$ ضرب می‌شود .

۲. برای به دست آوردن S و Y کانال برای Q مفروض به ازای مقادیر مختلف n ، ابتدا بده مفروض در $\frac{n\ \text{جدید}}{0.025}$ ضرب و سپس از نمودار استفاده می‌شود .

۳. برای به دست آوردن سرعت (V) به ازای مقادیر مختلف n ، سرعت نمودار در $\frac{0.025}{n\ \text{جدید}}$ ضرب می‌شود .



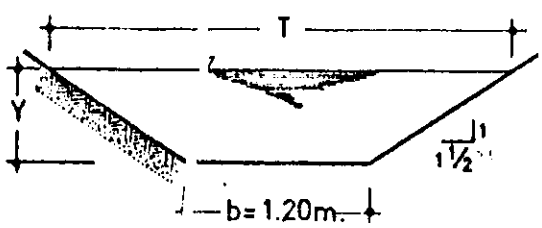


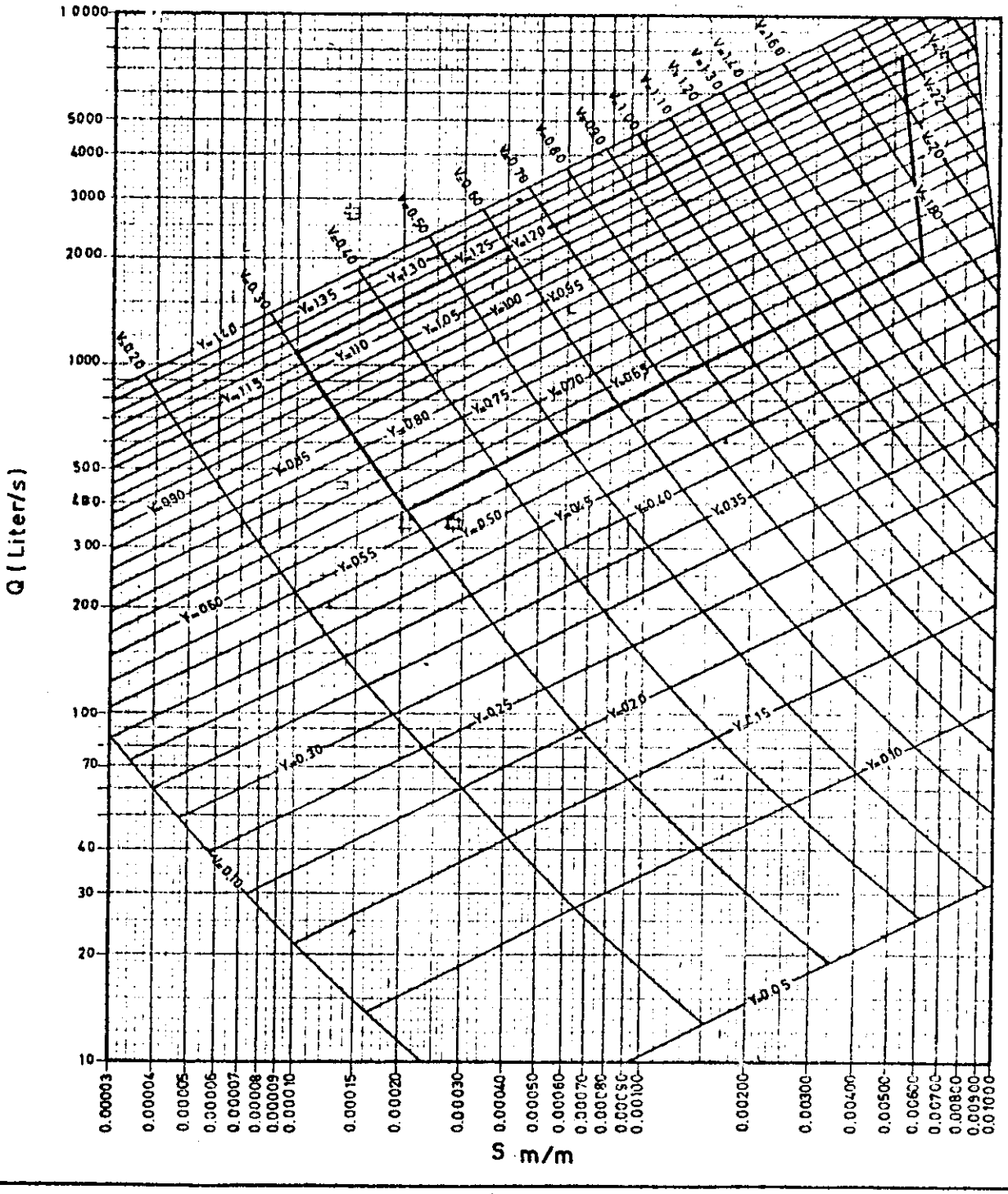
پ -۱۷ نمودار هیدرولیکی کانالهای خاکی ذوزنقه‌ای شکل با شیب جانبی ۱:۱$\frac{1}{2}$ n-0.025

۱. برای به دست آوردن پده (Q) به ازای مقادیر مختلف n، پده نمودار در $\frac{0.025}{n\ جدید}$ ضرب می‌شود.

۲. برای به دست آوردن S و Y کانال برای Q مفروض به ازای مقادیر مختلف n، ابتدا پده مفروض در $\frac{n\ جدید}{0.025}$ ضرب و سپس از نمودار استفاده می‌شود.

۳. برای به دست آوردن سرعت (V) به ازای مقادیر مختلف n، سرعت نمودار در $\frac{0.025}{n\ جدید}$ ضرب می‌شود.



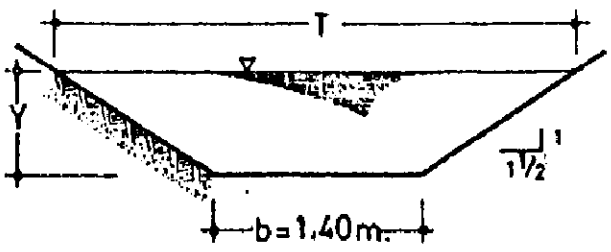


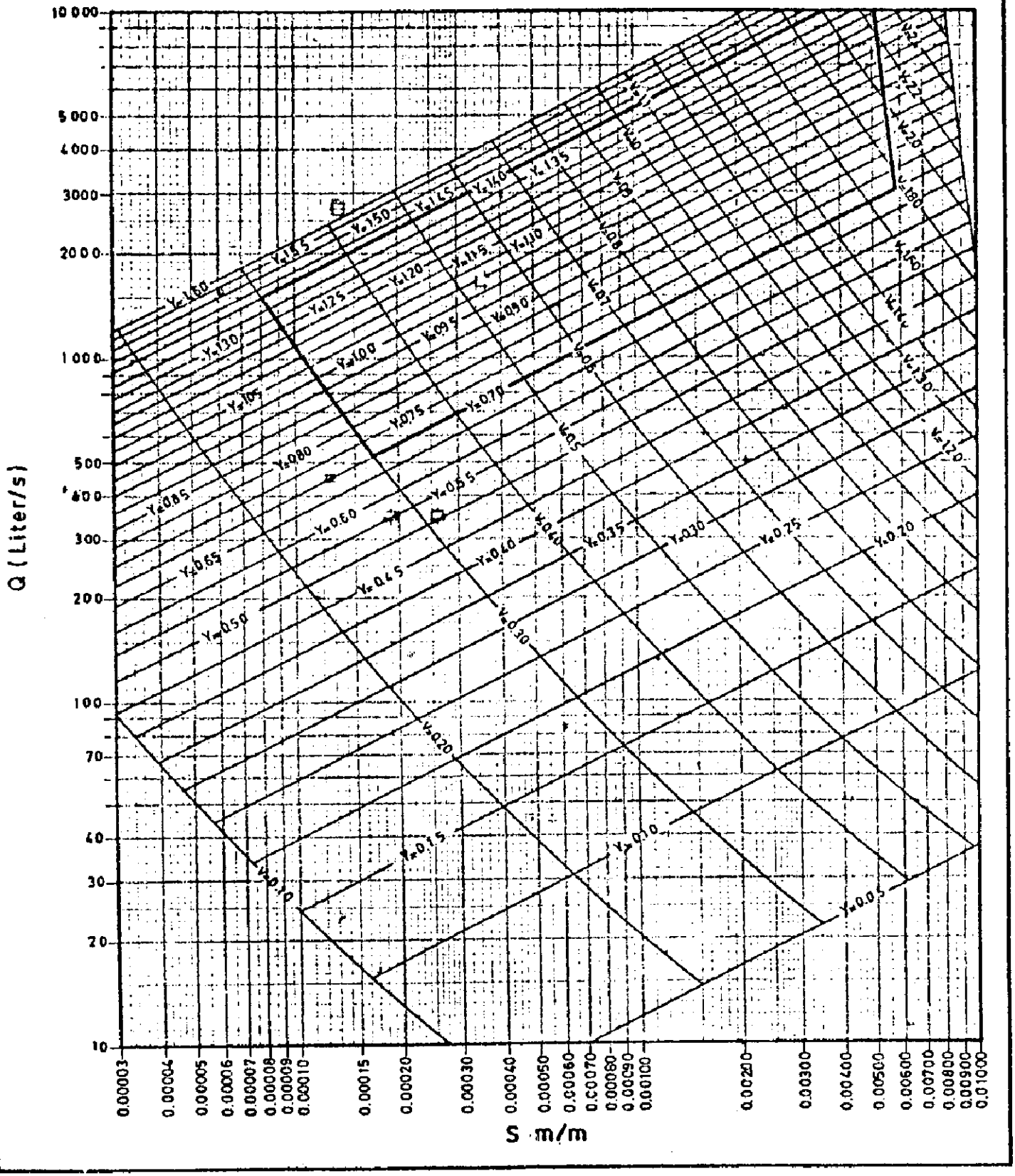
پ -۱۸ نمودار هیدرولیکی کانالهای خاکی ذوزنقه‌ای شکل با شیب جانبی ۱:۱$\frac{1}{2}$ n-0.025

۱ - برای به دست آوردن بده (Q) به ازای مقادیر مختلف n ، بده نمودار در $\frac{0.025}{n\text{جدید}}$ ضرب می‌شود .

۲ - برای به دست آوردن عمق آب Y کانال برای Q مفروض به ازای مقادیر مختلف n ، ابتدا بده مفروض در $\frac{n\text{ جدید}}{0.025}$ ضرب و سپس از نمودار استفاده می‌شود .

۳ - برای به دست آوردن سرعت (V) به ازای مقادیر مختلف n ، سرعت نمودار در $\frac{0.025}{n\text{جدید}}$ ضرب می‌شود .



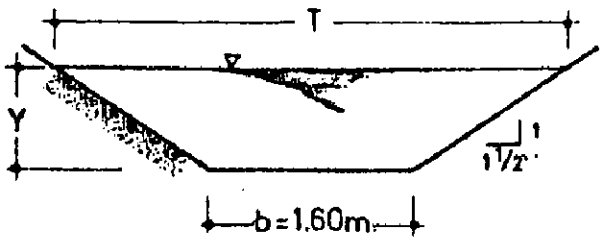


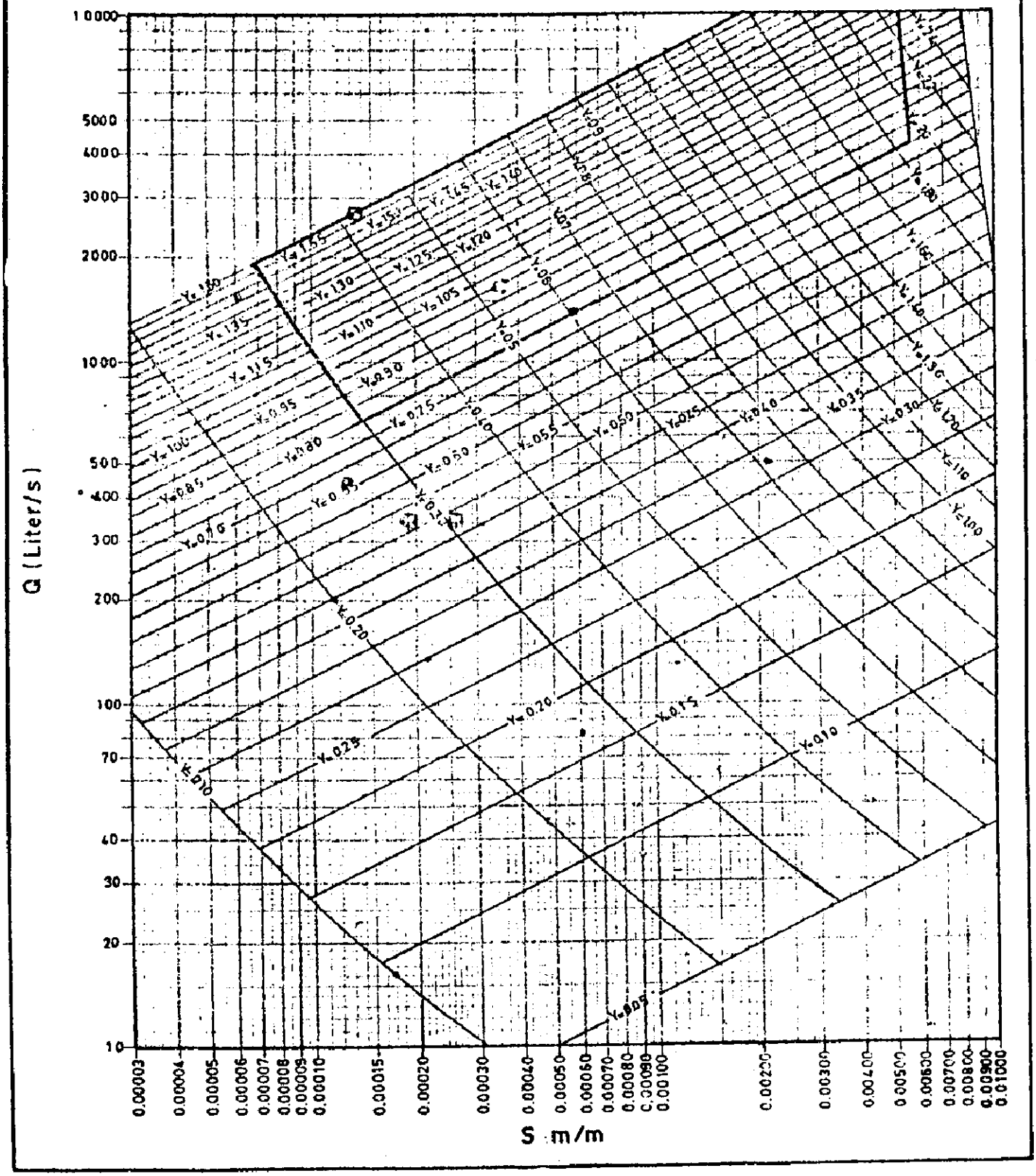
پ -۱۹ نمودار هیدرولیکی کانالهای خاکی ذوزنقه‌ای شکل با شیب جانبی $1:\frac{1}{2}$ n-0.025

۱- برای به دست آوردن بده (Q) به ازای مقادیر مختلف n ، بده نمودار در $\frac{0.025}{n \text{ جدید}}$ ضرب می‌شود.

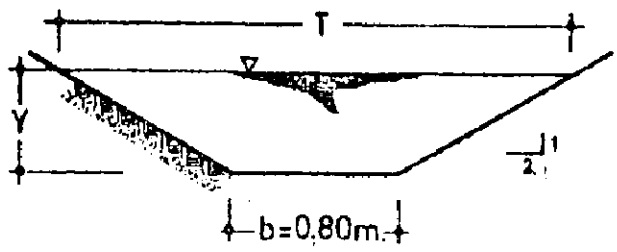
۲- برای به دست آوردن d و V کانال برای Q معروض به ازای مقادیر مختلف n ، ابتدا بده معروض در $\frac{n \text{ جدید}}{0.025}$ ضرب و سپس از نمودار استفاده می‌شود.

۳- برای به دست آوردن سرعت (V) به ازای مقادیر مختلف n ، سرعت نمودار در $\frac{0.025}{n \text{ جدید}}$ ضرب می‌شود.





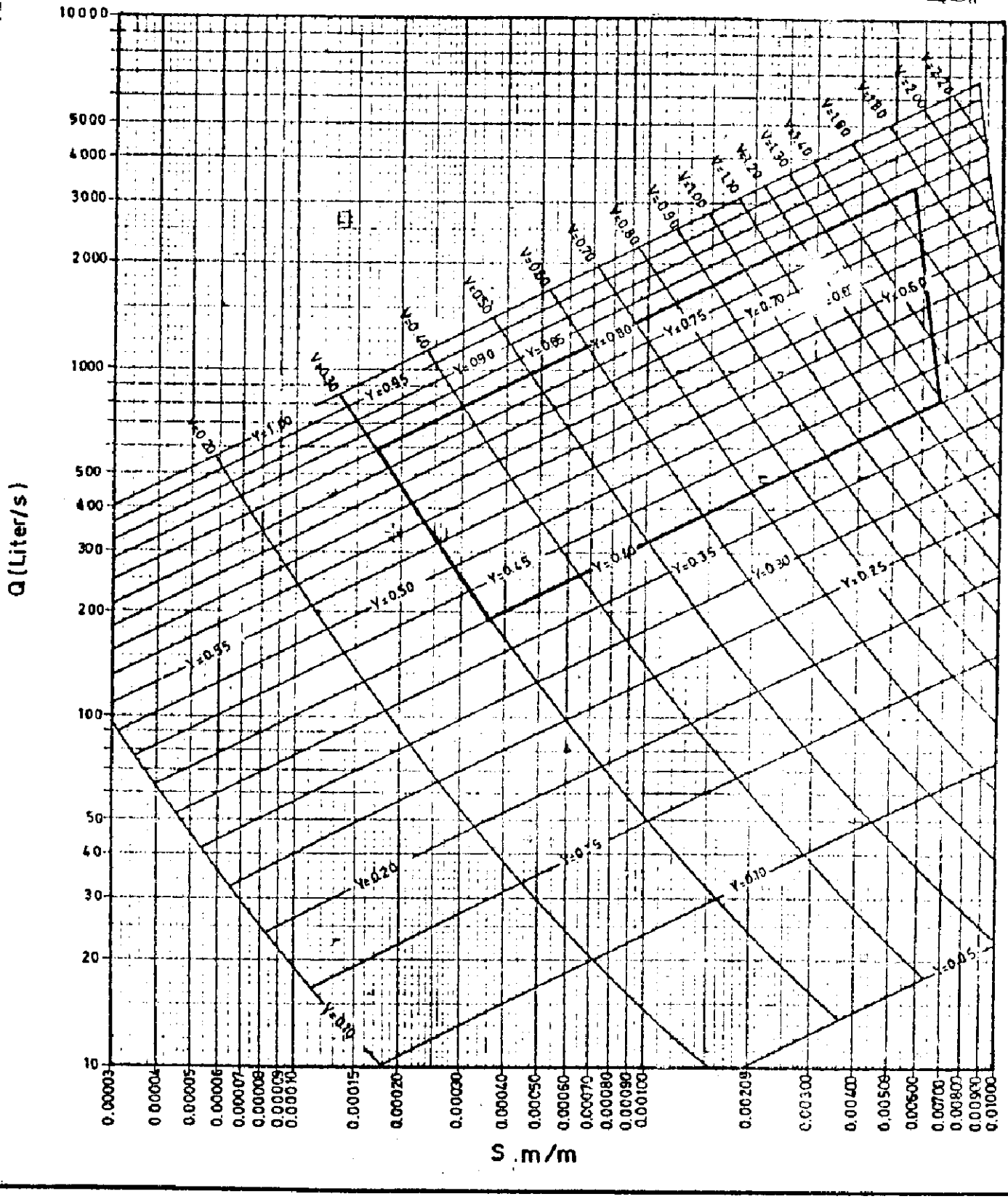
پ ـ ۲۰ نمودار هیدرولیکی کانالهای خاکی ذوزنقه‌ای شکل با شیب جانبی ۲:۱ n-0.025



آ ـ برای به دست آوردن بده (Q) به ازای مقادیر مختلف n ، بده نمودار در $\frac{0.025}{n \text{ جدید}}$ ضرب می‌شود .

۲ ـ برای به دست آوردن S و Y کانال برای Q مفروض به ازای مقادیر مختلف n ، ابتدا بده مفروض در $\frac{n \text{ جدید}}{0.025}$ ضرب و سپس از نمودار استفاده می‌شود .

۳ ـ برای به دست آوردن سرعت (V) به ازای مقادیر مختلف n ، سرعت نمودار در $\frac{0.025}{n \text{ جدید}}$ ضرب می‌شود .

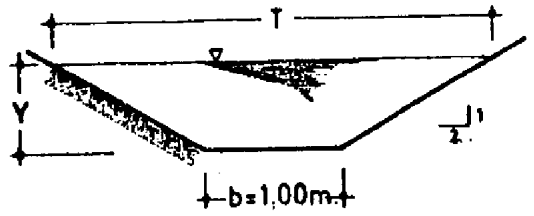


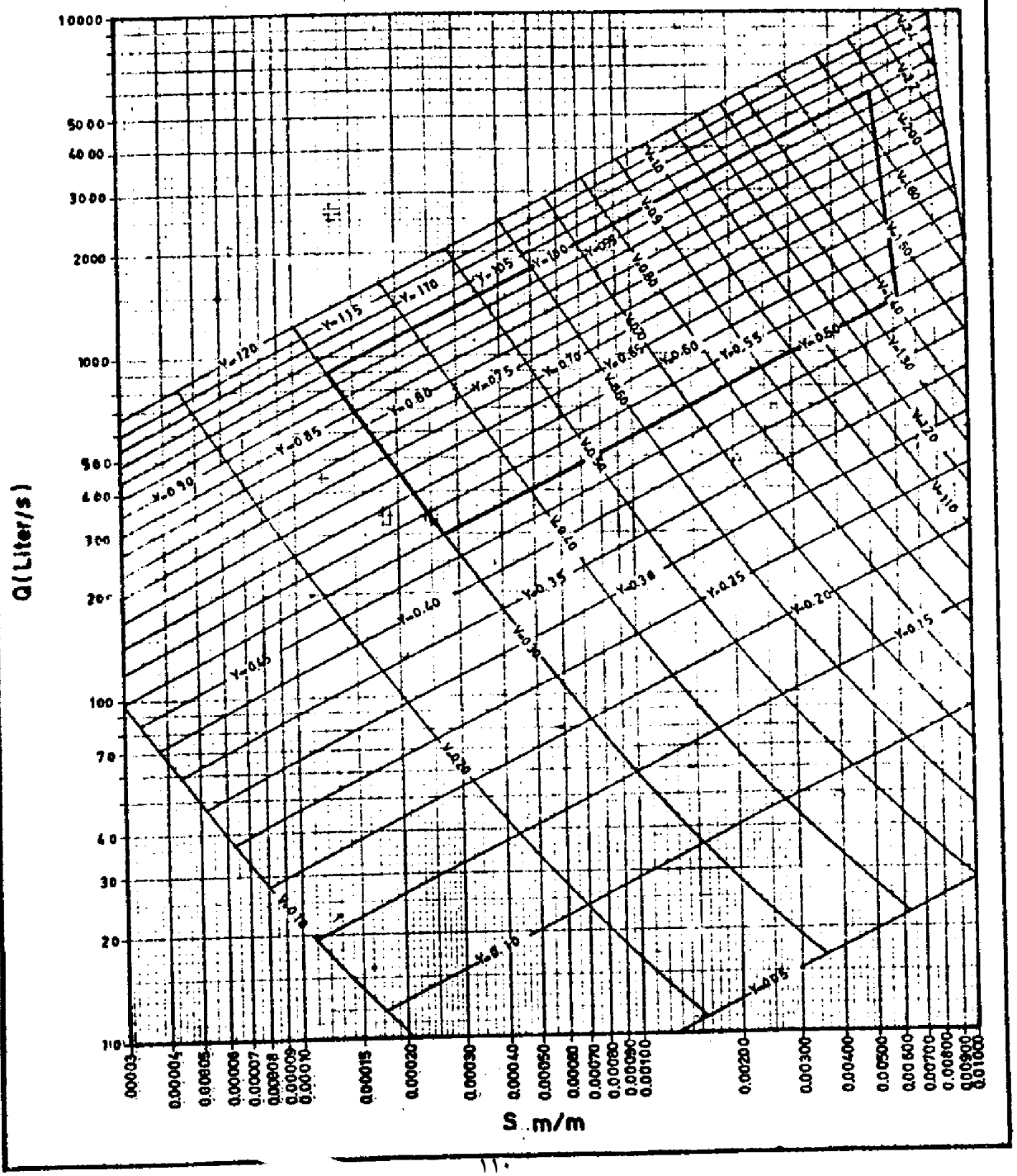
پ -۲۱ نمودار هیدرولیکی کانالهای خاکی ذوزنقه‌ای شکل با شیب جانبی ۱:۲ n-0.025

۱- برای به دست آوردن دبی (Q) به ازای مقادیر مختلف n، بدهٔ نمودار در $\frac{0.025}{n\ \text{جدید}}$ ضرب می‌شود.

۲- برای به دست آوردن عمق آبگذری Y کانال برای دبی مفروض به ازای مقادیر مختلف n، ابتدا بدهٔ مفروض در $\frac{n\ \text{جدید}}{0.025}$ ضرب و سپس از نمودار استفاده می‌شود.

۳- برای به دست آوردن سرعت (V) به ازای مقادیر مختلف n، سرعت نمودار در $\frac{0.025}{n\ \text{جدید}}$ ضرب می‌شود.



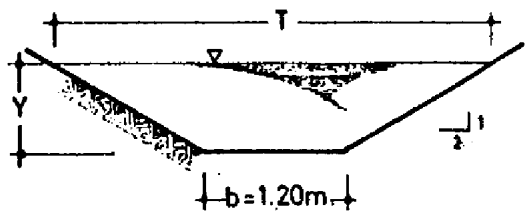


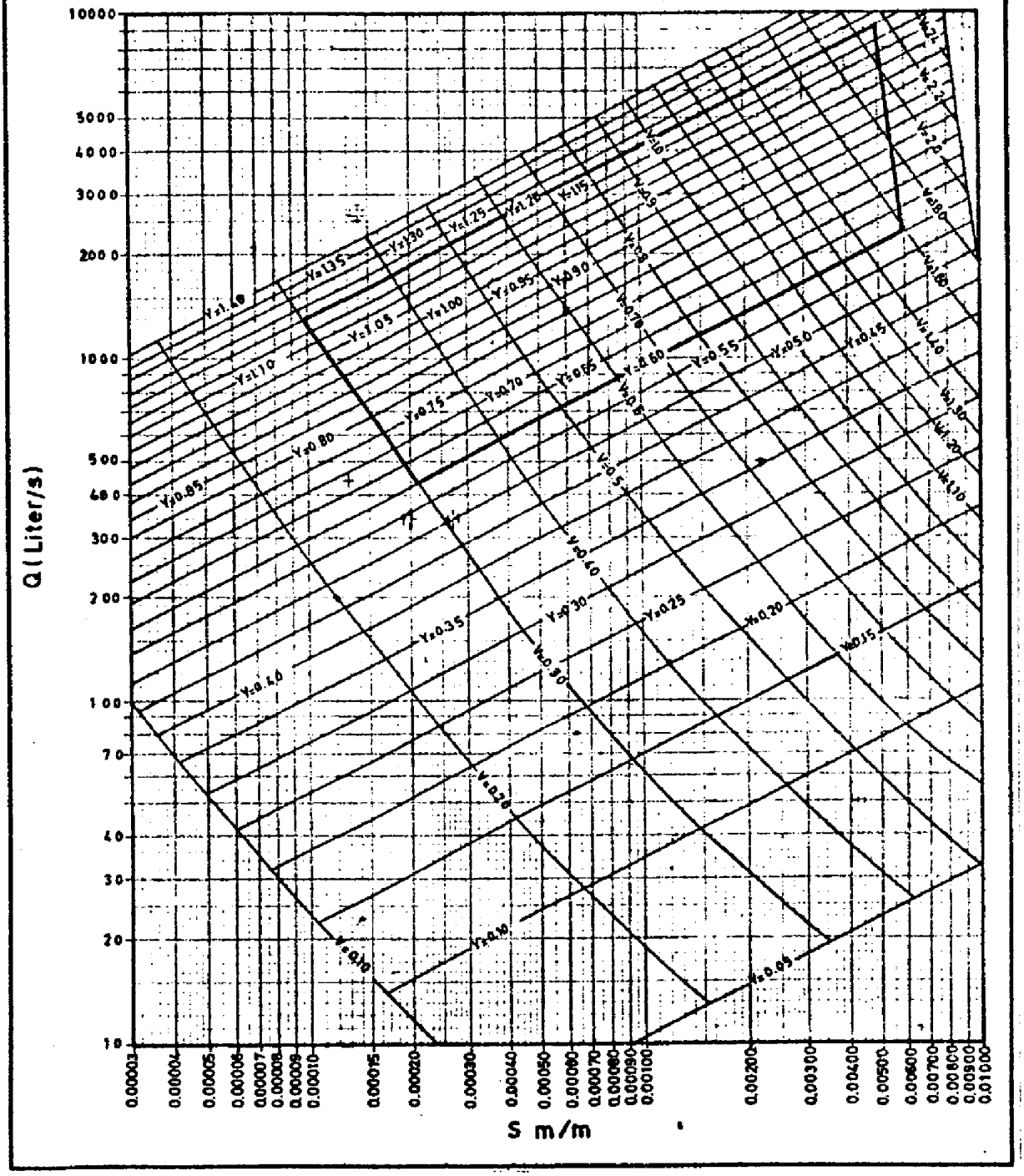
نمودار هیدرولیکی کانالهای خاکی ذوزنقه‌ای شکل با شیب جانبی ۲:۱ n-0.025

۱- برای به دست آوردن دبی (Q) به ازای مقادیر مختلف n، پیده نمودار در $\frac{0.025}{n \text{ جدید}}$ ضرب می‌شود.

۲- برای به دست آوردن دبی Q کانال برای Q مفروض به ازای مقادیر مختلف n، ابتدا پیده مفروض در $\frac{n \text{ جدید}}{0.025}$ ضرب و سپس از نمودار استفاده می‌شود.

۳- برای به دست آوردن سرعت (V) به ازای مقادیر مختلف n، سرعت نمودار در $\frac{0.025}{n \text{ جدید}}$ ضرب می‌شود.



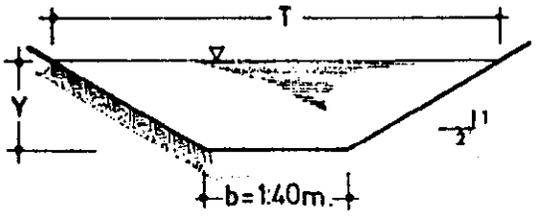


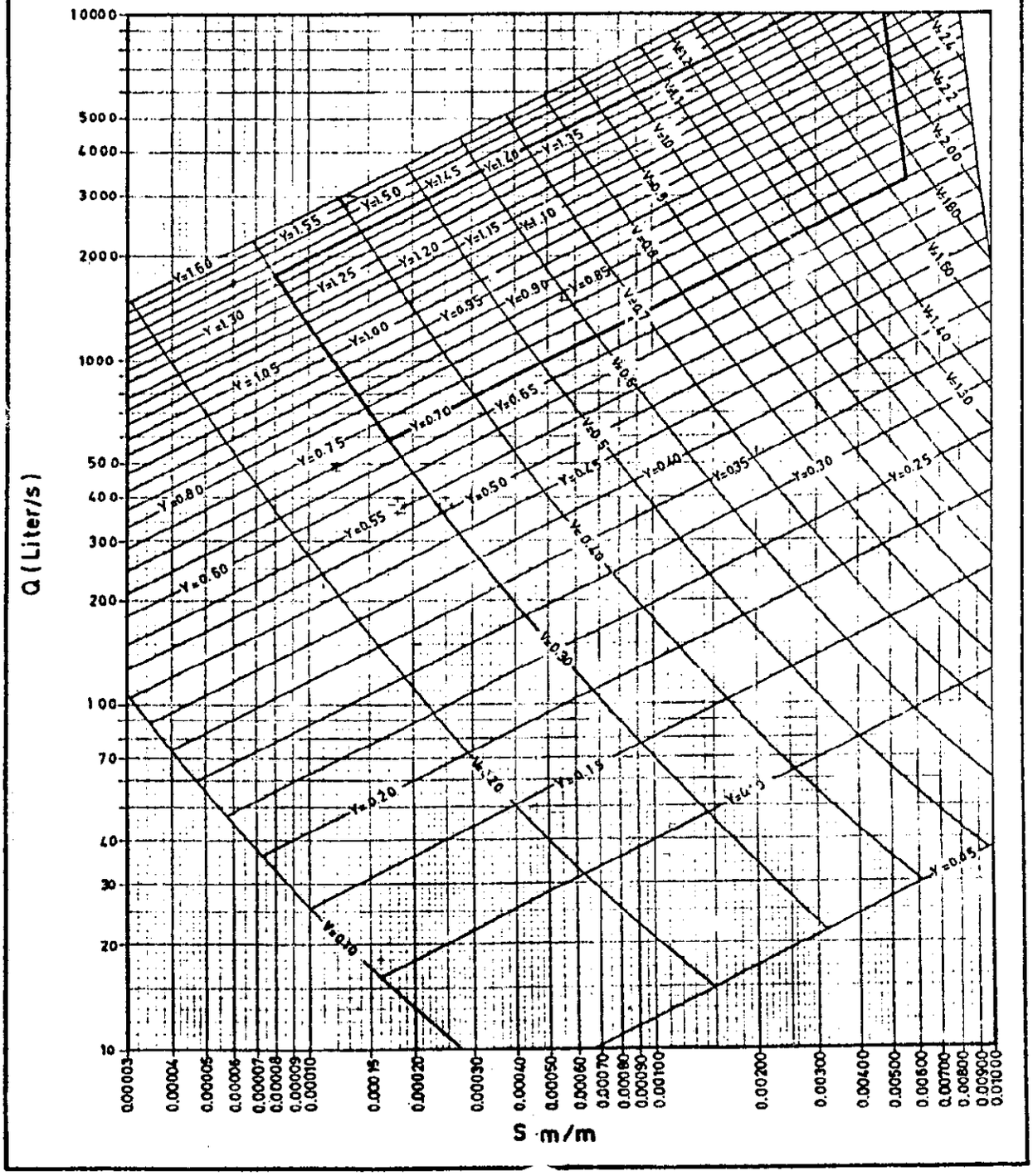
پ -۲۳ نمودار هیدرولیکی کانالهای خاکی ذوزنقه‌ای شکل با شیب جانبی ۲:۱ n-0.025

۱. برای به دست آوردن بده (Q) به ازای مقادیر مختلف n ، بده نمودار در $\frac{0.025}{n \text{ جدید}}$ ضرب می‌شود.

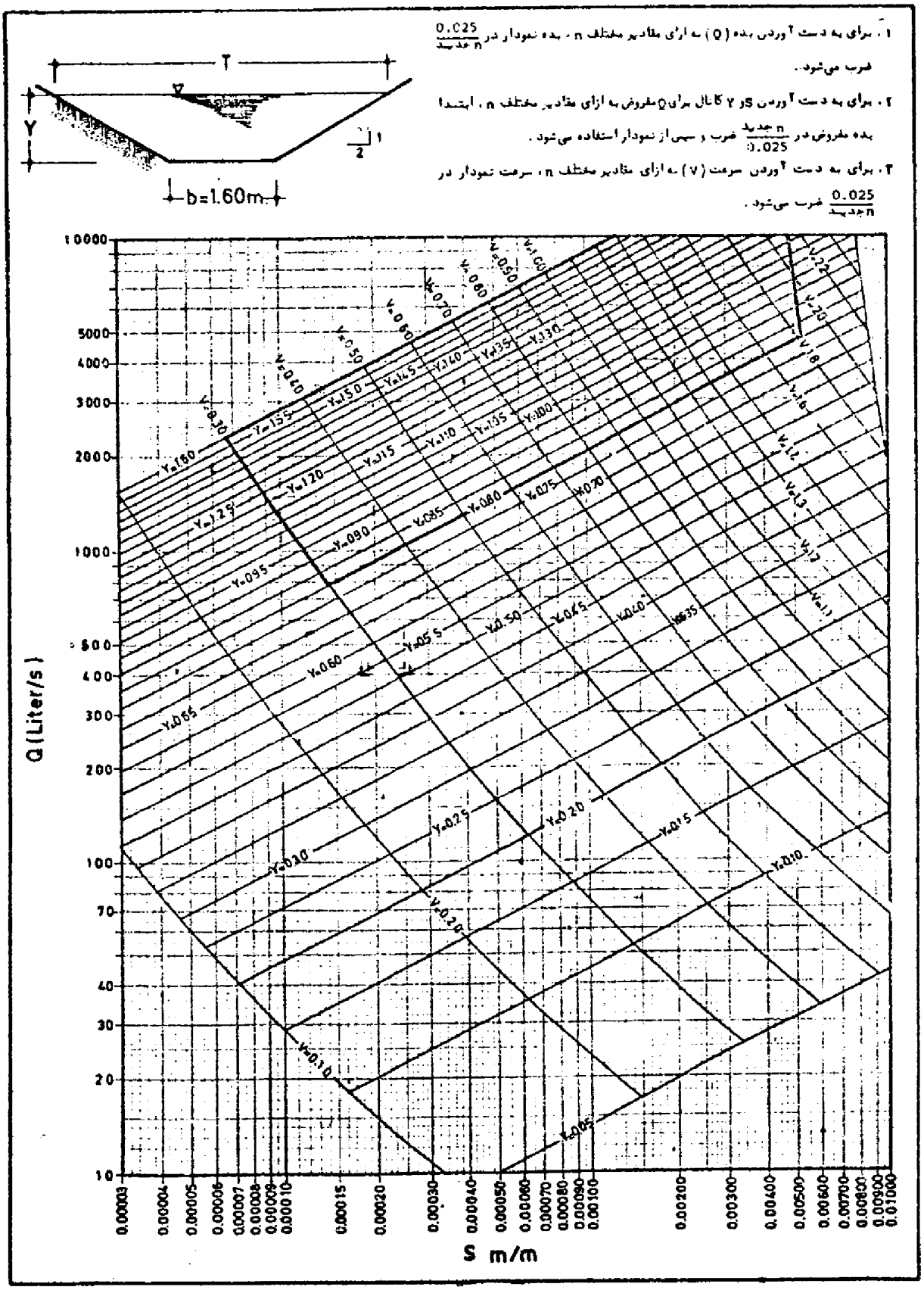
۲. برای به دست آوردن عمق آب کانال برای Q مفروض به ازای مقادیر مختلف n ؛ ابتدا بده مفروض در $\frac{n \text{ جدید}}{0.025}$ ضرب و سپس از نمودار استفاده می‌شود.

۳. برای به دست آوردن سرعت (V) به ازای مقادیر مختلف n ، سرعت نمودار در $\frac{0.025}{n \text{ جدید}}$ ضرب می‌شود.





پ ـ۲۴ نمودار هیدرولیکی کانالهای خاکی ذوزنقه‌ای شکل با شیب جانبی ۲:۱ n-0.025

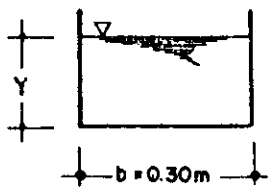


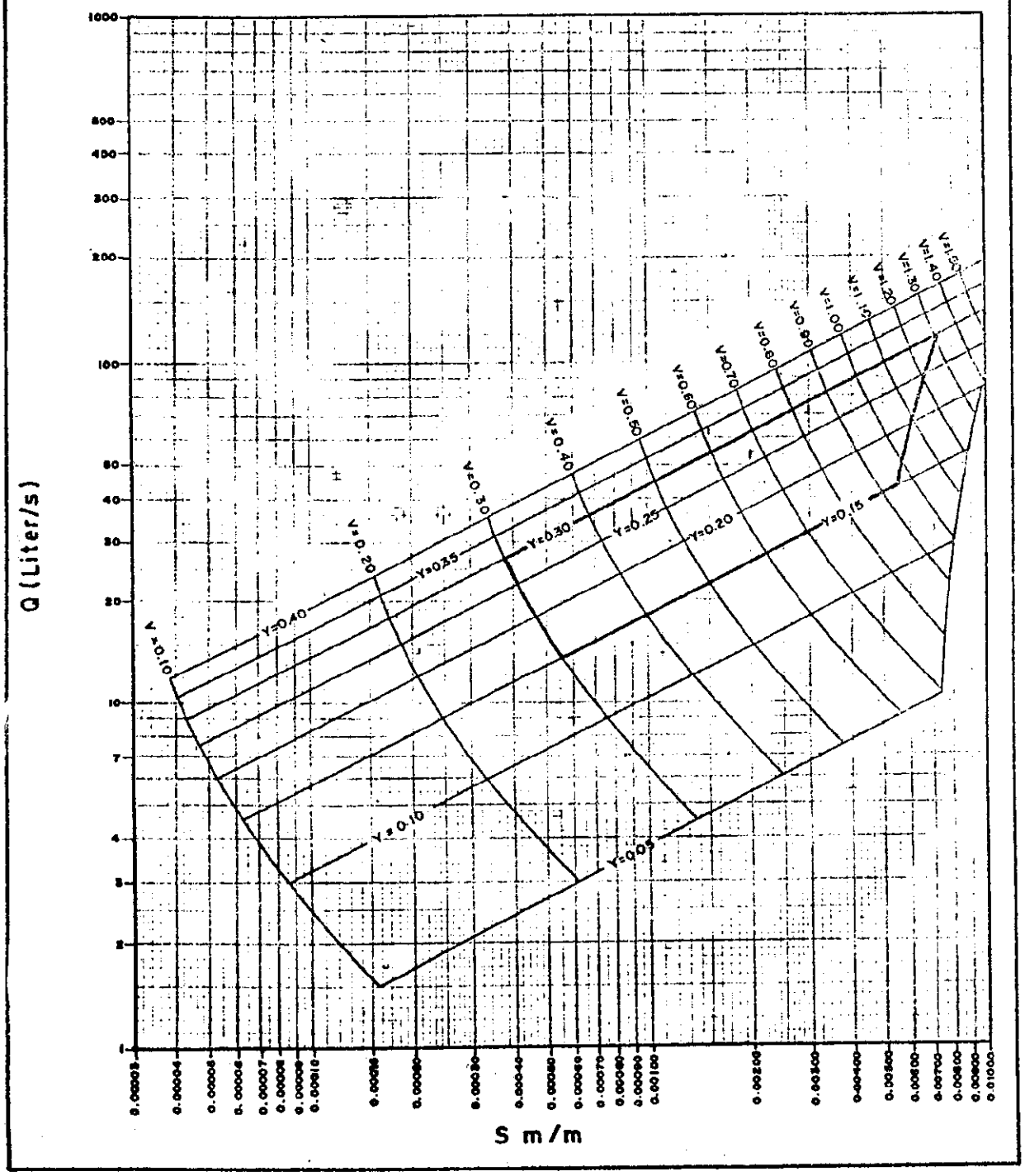
پ -۲۵ نمودار هیدرولیکی کانالهای مستطیلی شکل n-0.014

۱ . برای بدست آوردن بده (Q) به ازای مقادیر مختلف n ، بده نمودار در $\frac{0.014}{n\text{ جدید}}$ ضرب می‌شود .

۲ . برای به دست آوردن S و Y حال برای Q مفروض به ازای مقادیر مختلف n ، ابتدا بده مفروض در $\frac{n\text{ جدید}}{0.014}$ ضرب و سپس از نمودار استفاده می‌شود .

۳ . برای به دست آوردن سرعت (V) به ازای مقادیر مختلف n ، سرعت نمودار در $\frac{0.014}{n\text{ جدید}}$ ضرب می‌شود .



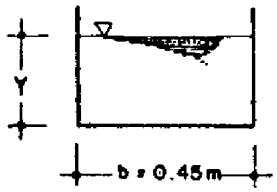


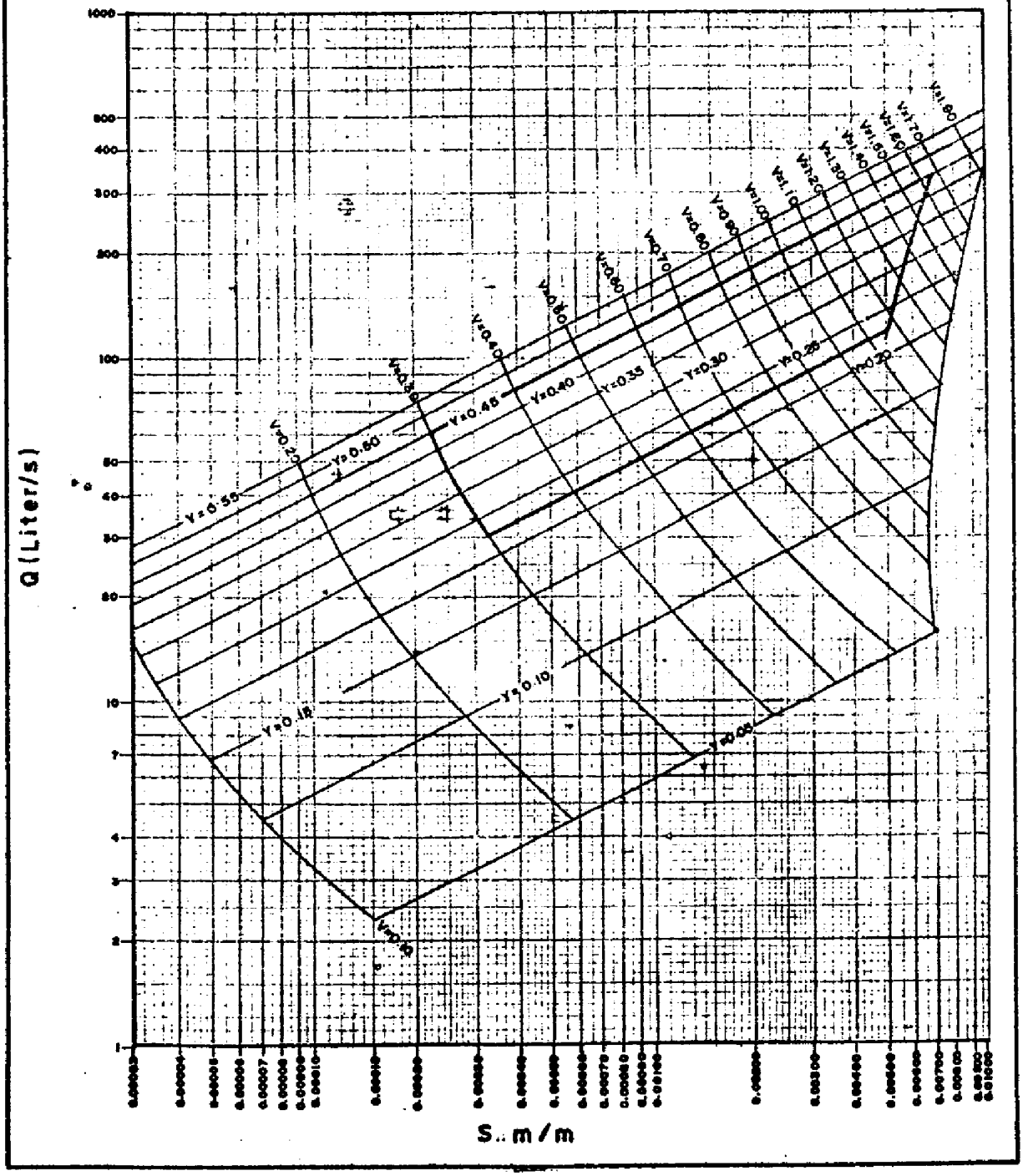
پ -۲۶ نمودار هیدرولیکی کانالهای مستطیلی شکل n-0.014

۱- برای به دست آوردن بده (Q) به ازای مقادیر مختلف بده نمودار در $\frac{0.014}{n \text{ جدید}}$ ضرب می‌شود .

۲ . برای به دست آوردن S و Y کانال برای Qمفروض به ازای مقادیر مختلف n ، ابتدا بده مفروض در $\frac{n \text{ جدید}}{0.014}$ ضرب و سپس از نمودار استفاده می‌شود .

۳- برای به دست آوردن سرعت (V) به ازای مقادیر مختلف n ، سرعت نمودار در $\frac{0.014}{n \text{ جدید}}$ ضرب می‌شود .



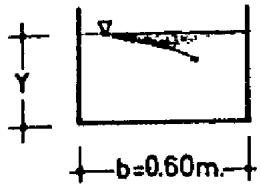


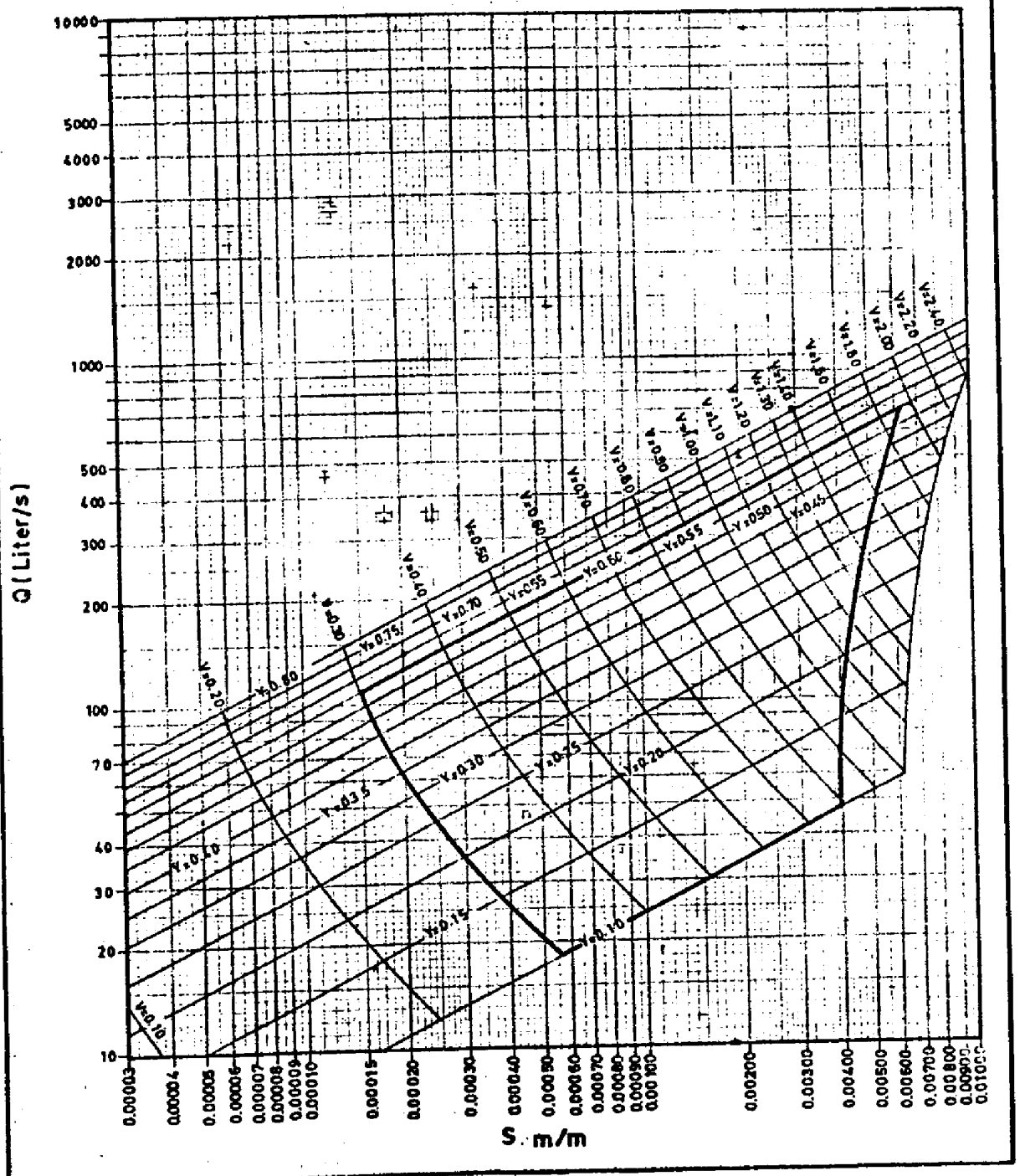
پ -۲۷ نمودار هیدرولیکی کانالهای مستطیلی شکل n-0.014

۱- برای به دست آوردن بده (Q) به ازای مقادیر مختلف بده نمودار در $\frac{0.014}{n\text{ جدید}}$ ضرب می‌شود.

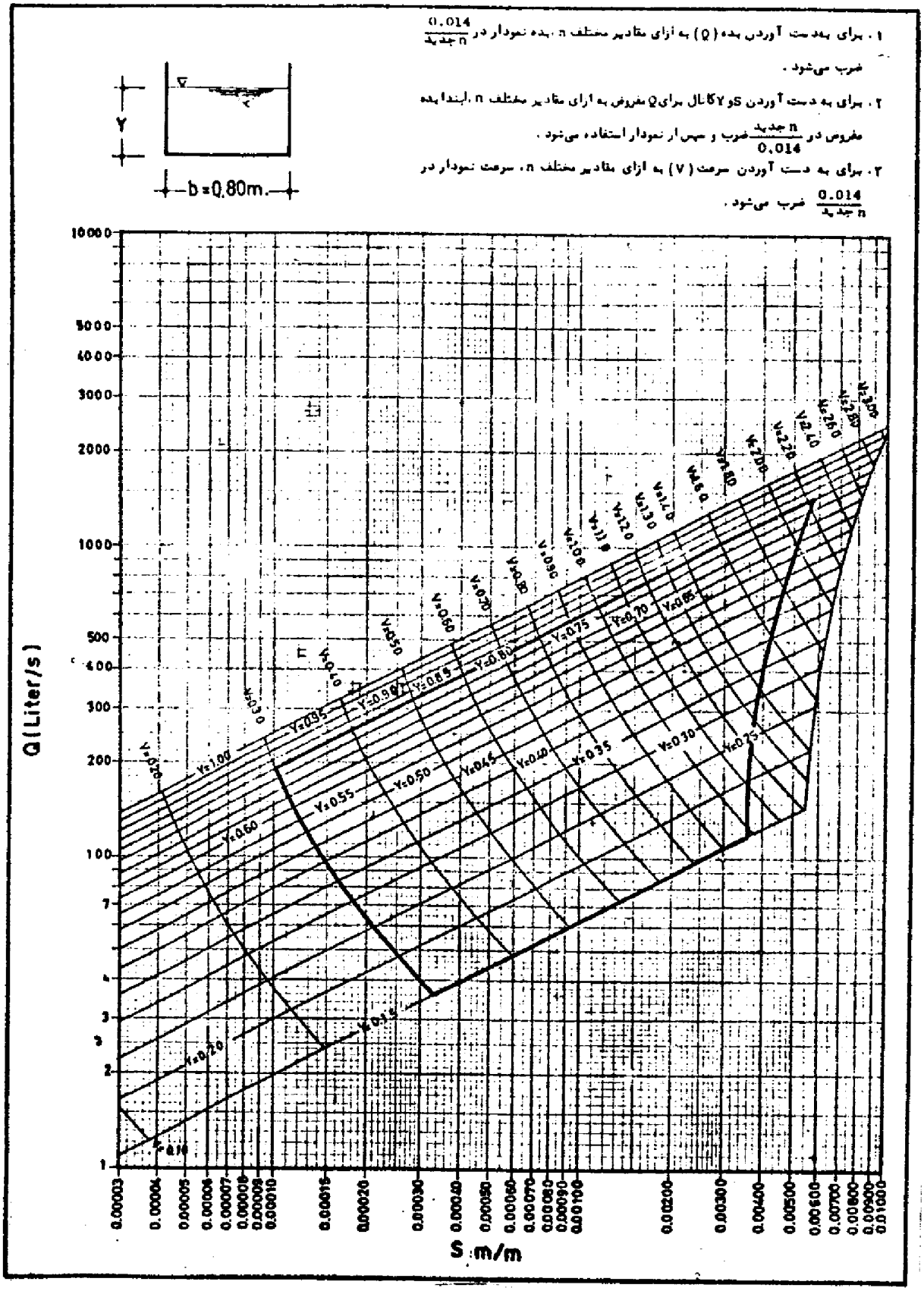
۲. برای به دست آوردن S و Y کانال برای Q مفروض به ازای مقادیر مختلف n، ابتدا بده مفروض در $\frac{n\text{ جدید}}{0.014}$ ضرب و سپس از نمودار استفاده می‌شود.

۳. برای به دست آوردن سرعت (V) به ازای مقادیر مختلف n، سرعت نمودار در $\frac{0.014}{n\text{ جدید}}$ ضرب می‌شود.





پ -۲۸ نمودار هیدرولیکی کانالهای مستطیلی شکل n-0.014

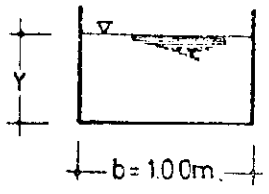


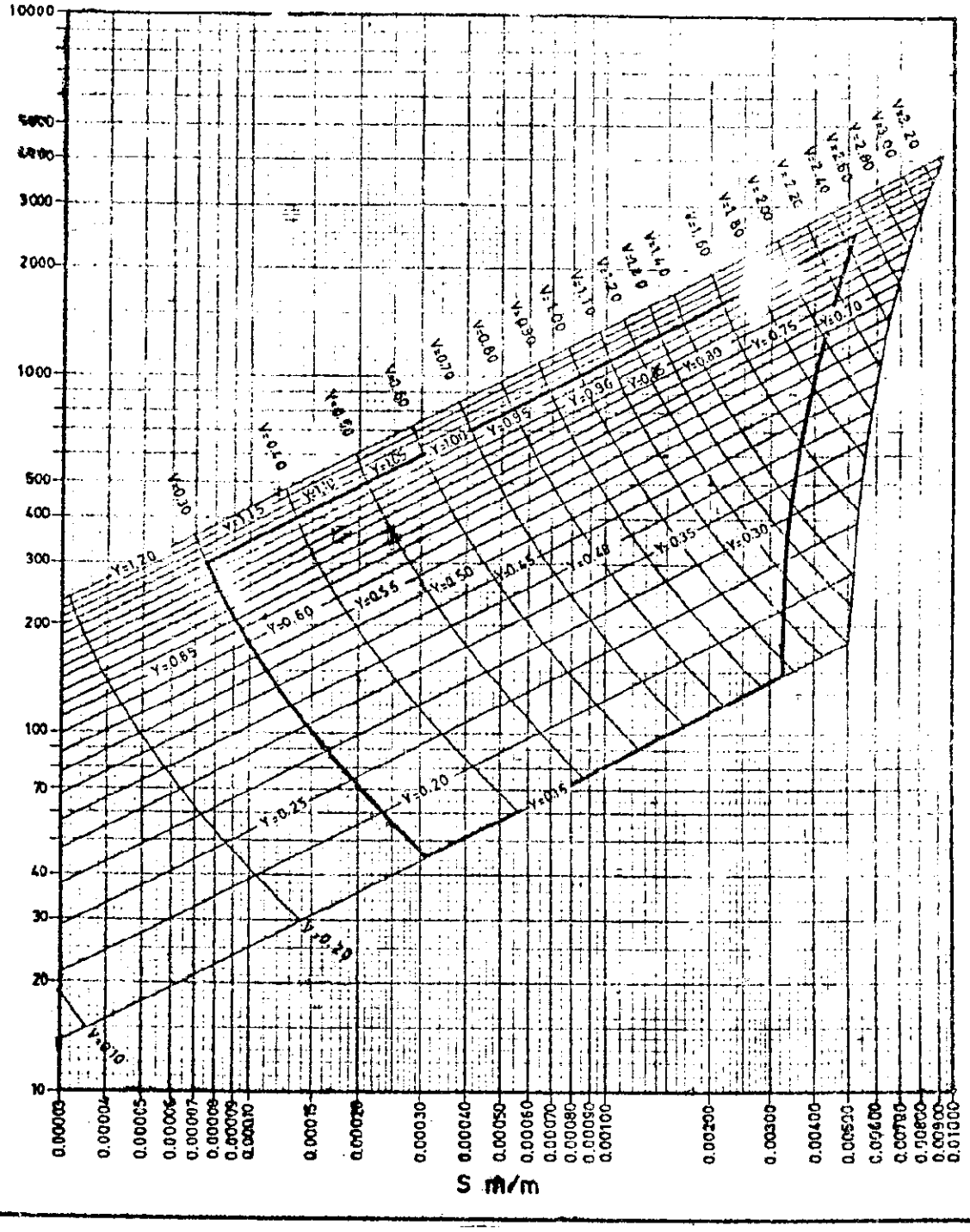
پ -۲۹ نمودار هیدرولیکی کانالهای مستطیلی شکل n-0.014

۱. برای بدست آوردن دبی (Q) به ازای مقادیر مختلف n، دبی نمودار در $\frac{0.014}{n \text{ جدید}}$ ضرب می‌شود.

۲. برای به دست آوردن دبی کانال برای Q مفروض به ازای مقادیر مختلف n، ابتدا دبی مفروض در $\frac{n \text{ جدید}}{0.014}$ ضرب و سپس از نمودار استفاده می‌شود.

۳. برای به دست آوردن سرعت (V) به ازای مقادیر مختلف n، سرعت نمودار در $\frac{0.014}{n \text{ جدید}}$ ضرب می‌شود.



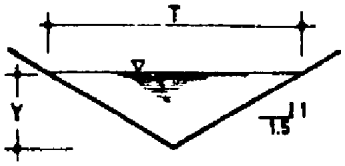


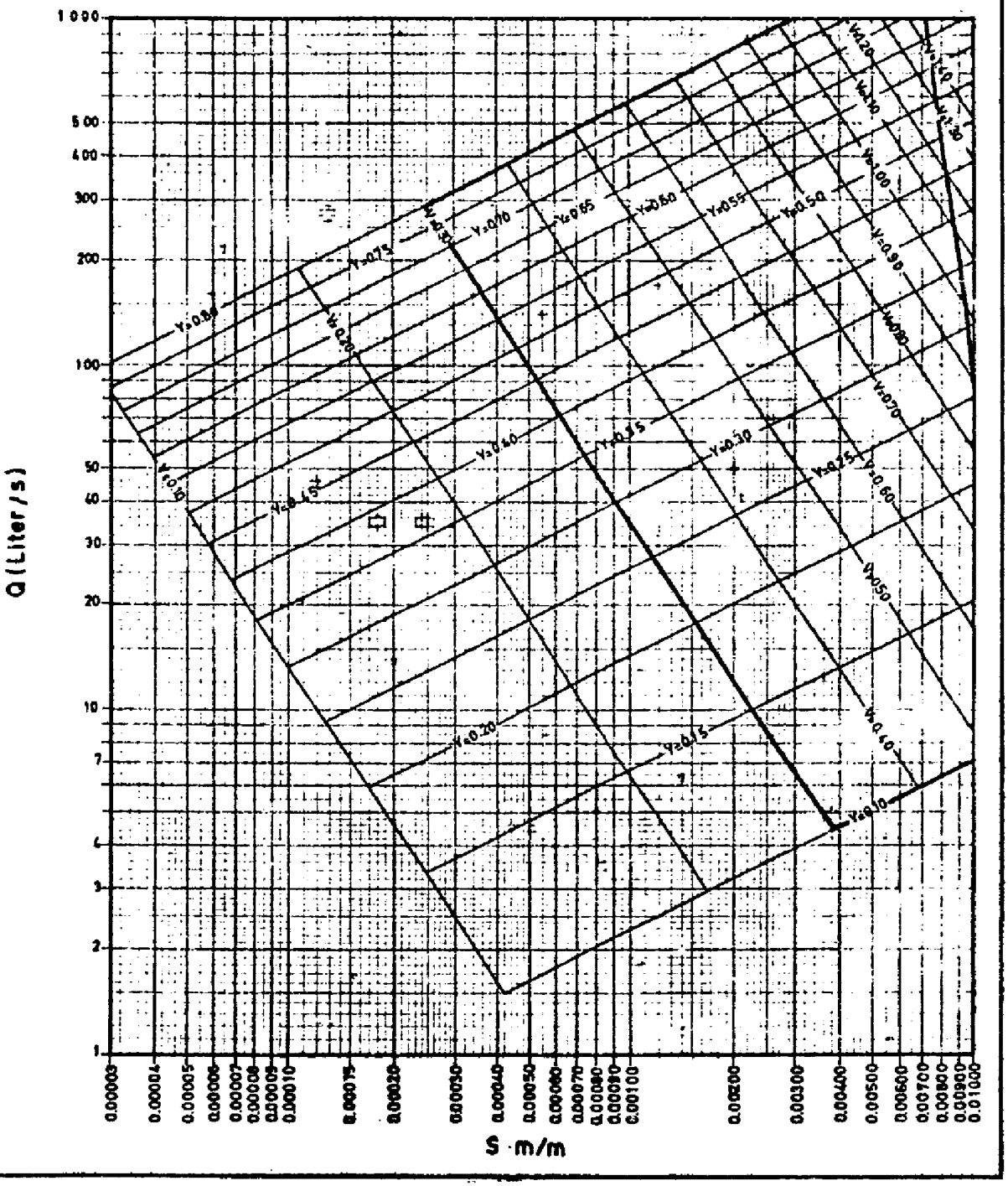
پ ـ ۳۰ نمودار هیدرولیکی سپرهای V شکل n-0.014

۱ . برای به دست آوردن بده (Q) به ازای مقادیر مختلف n ، بده نمودار در $\frac{0.025}{n\text{جدید}}$ ضرب می‌شود .

۲ . برای به دست آوردن عمق آب در کانال برای Q مفروض به ازای مقادیر مختلف n ، ابتدا بده مفروض در $\frac{n\text{ جدید}}{0.025}$ ضرب و سپس از نمودار استفاده می‌شود .

۳ . برای به دست آوردن سرعت (V) به ازای مقادیر مختلف n ، سرعت نمودار در $\frac{0.025}{n\text{جدید}}$ ضرب می‌شود .



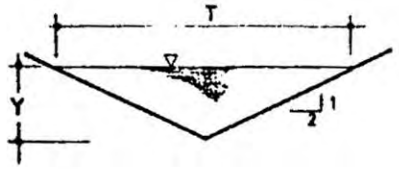


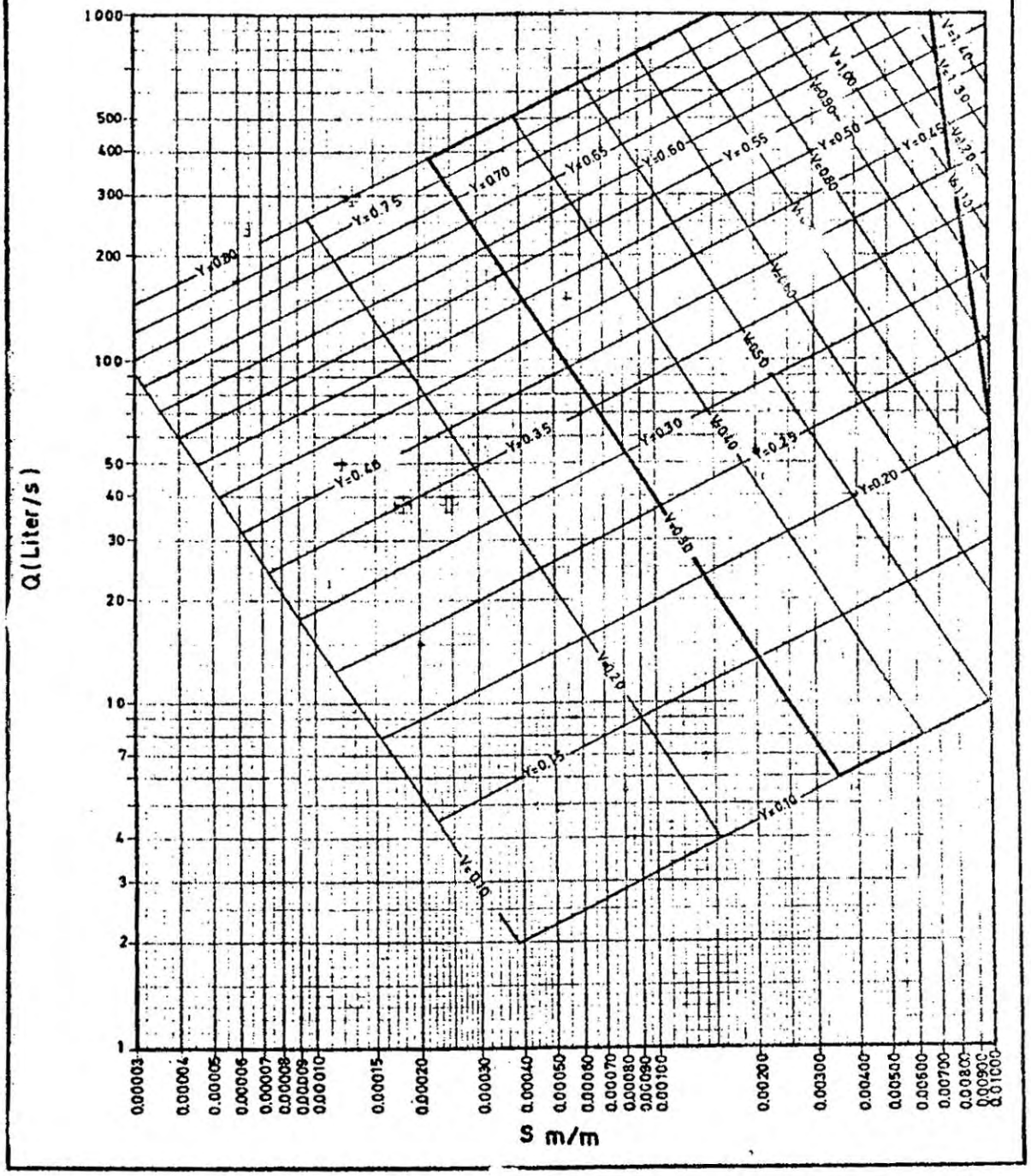
پ -۳۱ نمودار هیدرولیکی سپرهای V شکل n-0.014

۱. برای به دست آوردن بده (Q) به ازای مقادیر مختلف n ، بده نمودار در $\frac{0.025}{n\text{جدید}}$ ضرب می‌شود .

۲. برای به دست آوردن S و Y کانال برای Q مفروض به ازای مقادیر مختلف n ، ابتدا بده مفروض در $\frac{n\text{ جدید}}{0.025}$ ضرب و سپس از نمودار استفاده می‌شود .

۳. برای به دست آوردن سرعت (V) به ازای مقادیر مختلف n ، سرعت نمودار در $\frac{0.025}{n\text{جدید}}$ ضرب می‌شود .



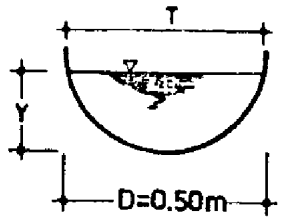


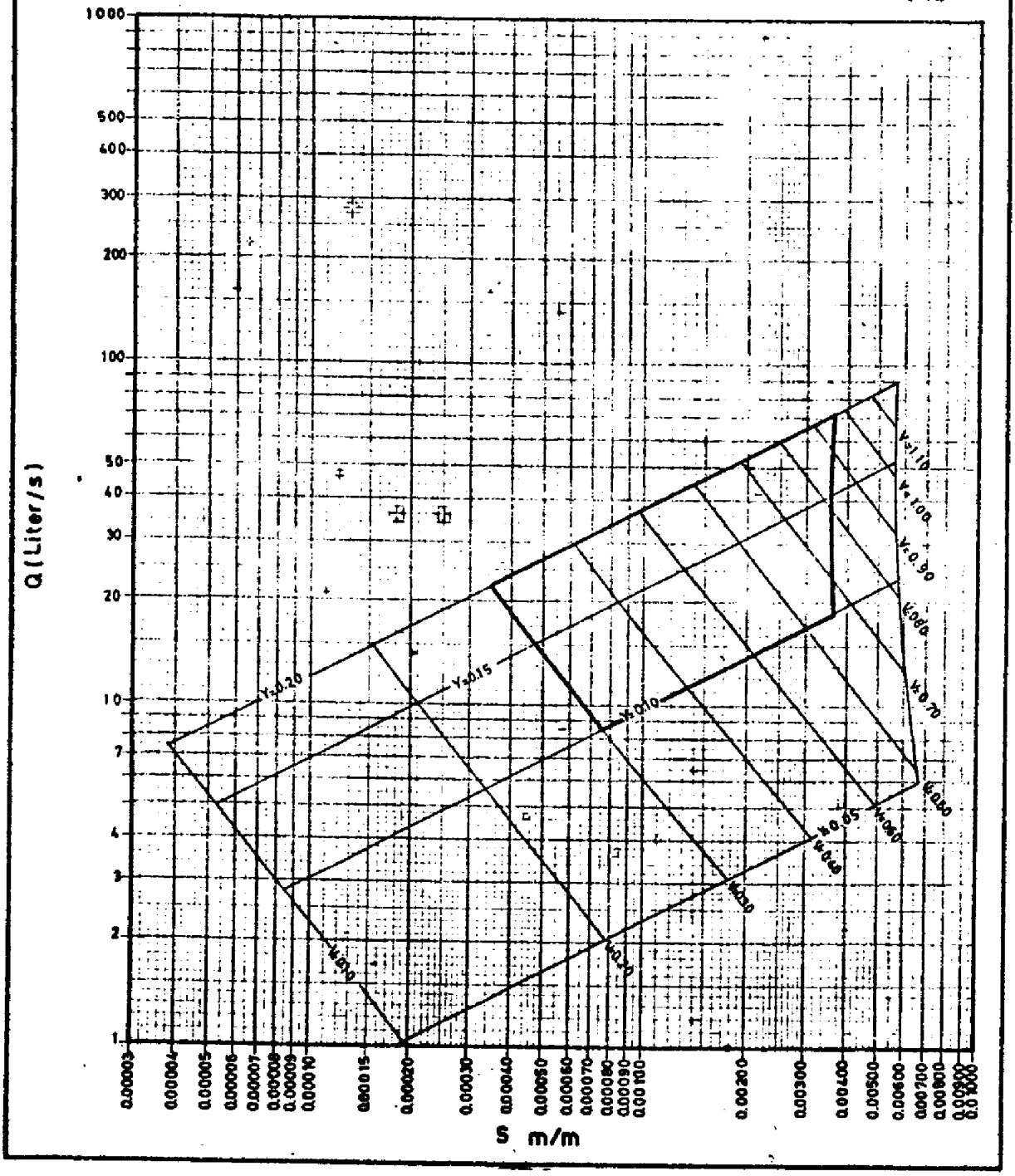
پ ـ ۳۲ نمودار هیدرولیکی کانالهای نیم لوله n-0.014

۱. برای به دست آوردن بده (Q) به ازای مقادیر مختلف بده نمودار در $\frac{0.014}{n\text{ جدید}}$ ضرب می‌شود .

۲. برای به دست آوردن S و Y کانال برای Q مفروض به ازای مقادیر مختلف n ، ابتدا بده مفروض در $\frac{n\text{ جدید}}{0.014}$ ضرب و سپس از نمودار استفاده می‌شود .

۳. برای به دست آوردن سرعت (V) به ازای مقادیر مختلف n ، سرعت نمودار در $\frac{0.014}{n\text{ جدید}}$ ضرب می‌شود .



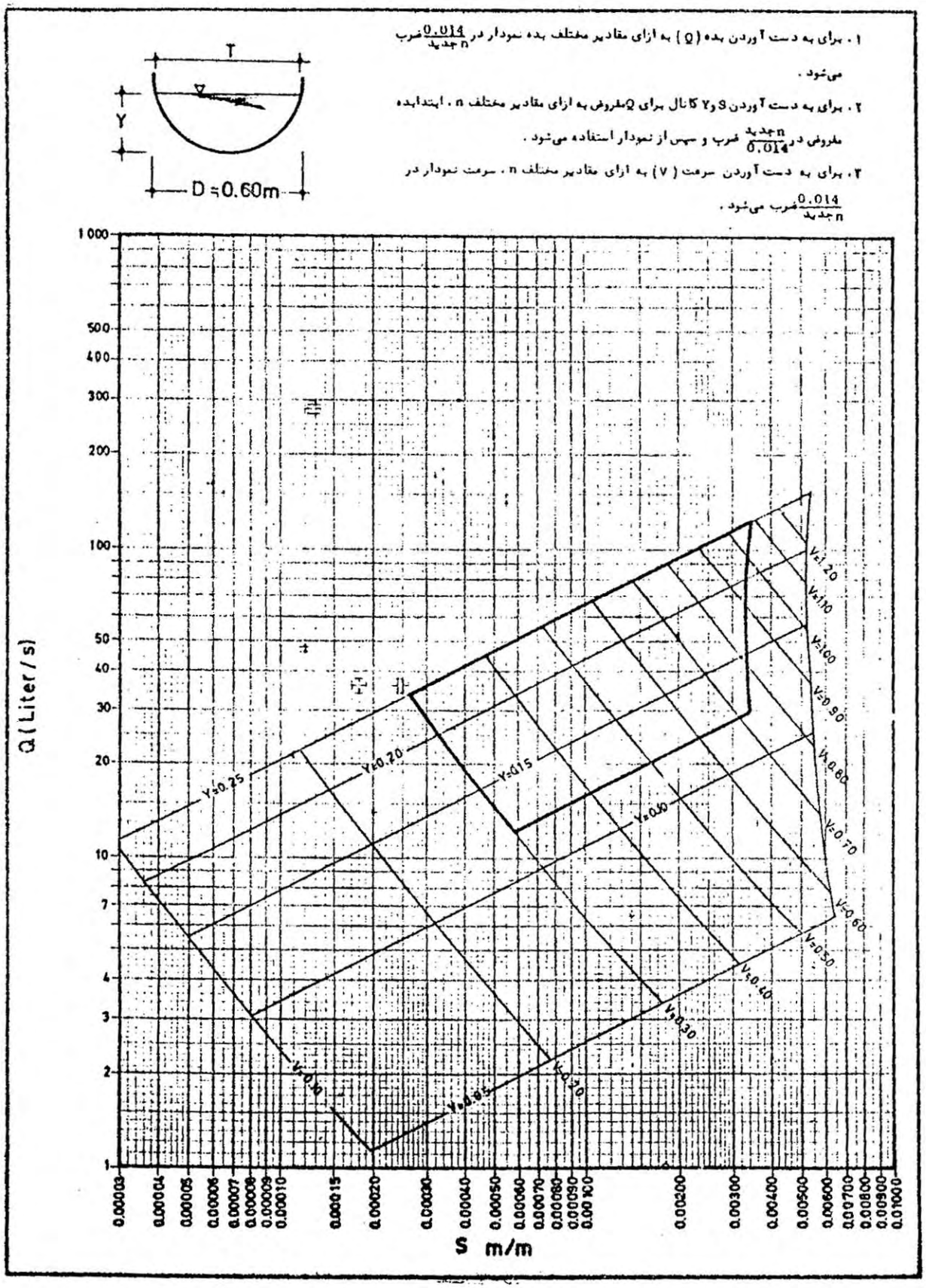


پ -۳۳ نمودار هیدرولیکی کانالهای نیم لوله n-0.014

۱. برای به دست آوردن بده (Q) به ازای مقادیر مختلف بده نمودار در $\frac{0.014}{n\text{ جدید}}$ ضرب می‌شود.

۲. برای به دست آوردن S و Y کانال برای Q معلوم به ازای مقادیر مختلف n، ابتدا بده معلوم در $\frac{n\text{ جدید}}{0.014}$ ضرب و سپس از نمودار استفاده می‌شود.

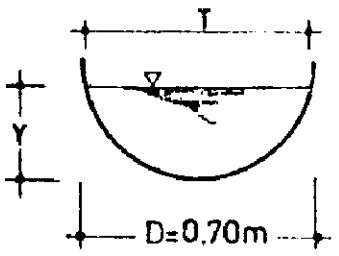
۳. برای به دست آوردن سرعت (V) به ازای مقادیر مختلف n، سرعت نمودار در $\frac{0.014}{n\text{ جدید}}$ ضرب می‌شود.

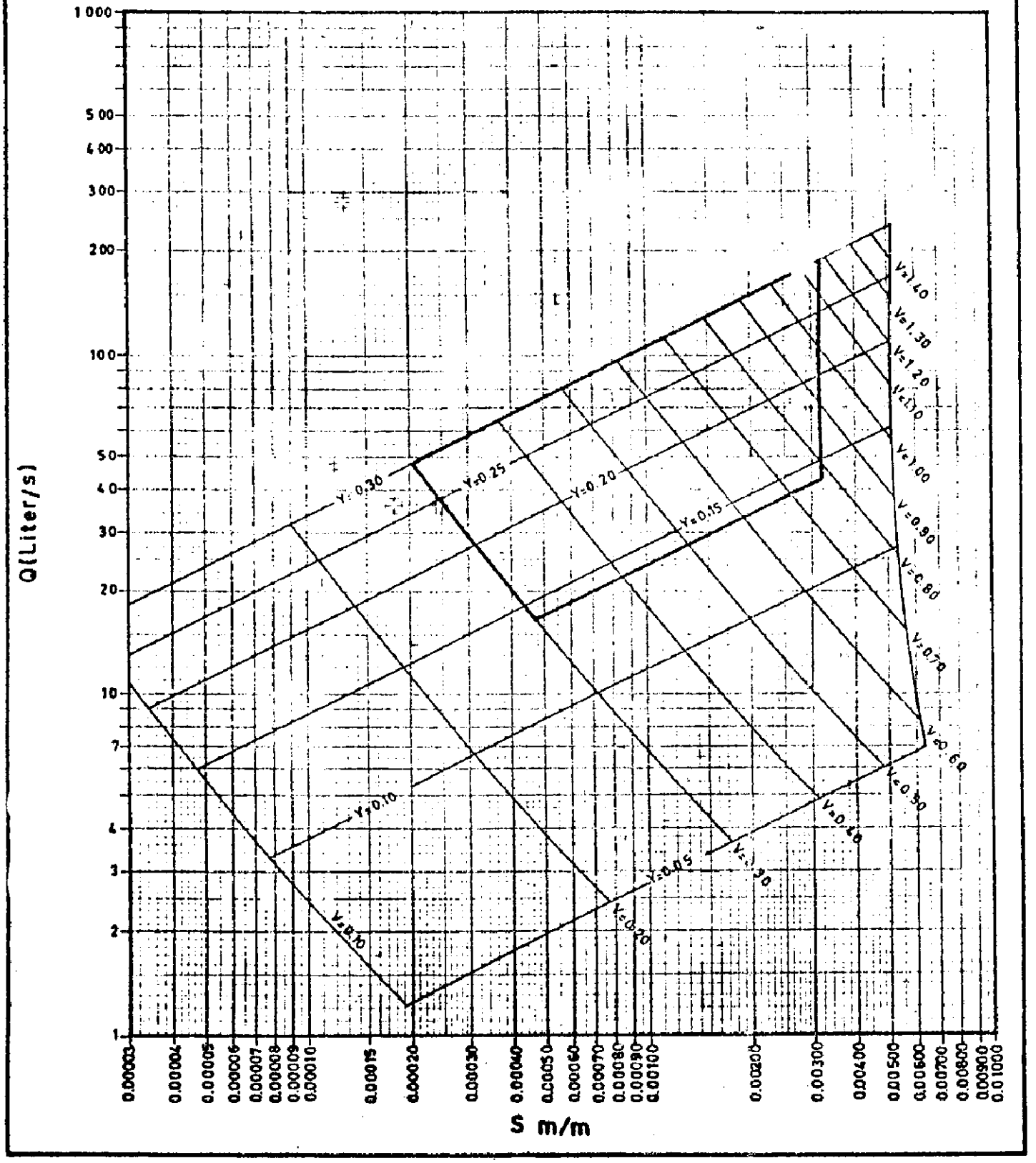


۱- برای به دست آوردن دبی (Q) به ازای مقادیر مختلف n ، دبی نمودار در $\frac{0.014}{n \text{ جدید}}$ ضرب می‌شود .

۲ - برای به دست آوردن S و Y کانال برای Q مفروض به ازای مقادیر مختلف n ابتدا دبی مفروض در $\frac{n \text{ جدید}}{0.014}$ ضرب و سپس از نمودار استفاده می‌شود .

۳ - برای به دست آوردن سرعت (V) به ازای مقادیر مختلف n، سرعت نمودار در $\frac{0.014}{n \text{ جدید}}$ ضرب می‌شود .



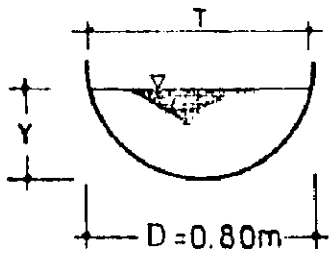


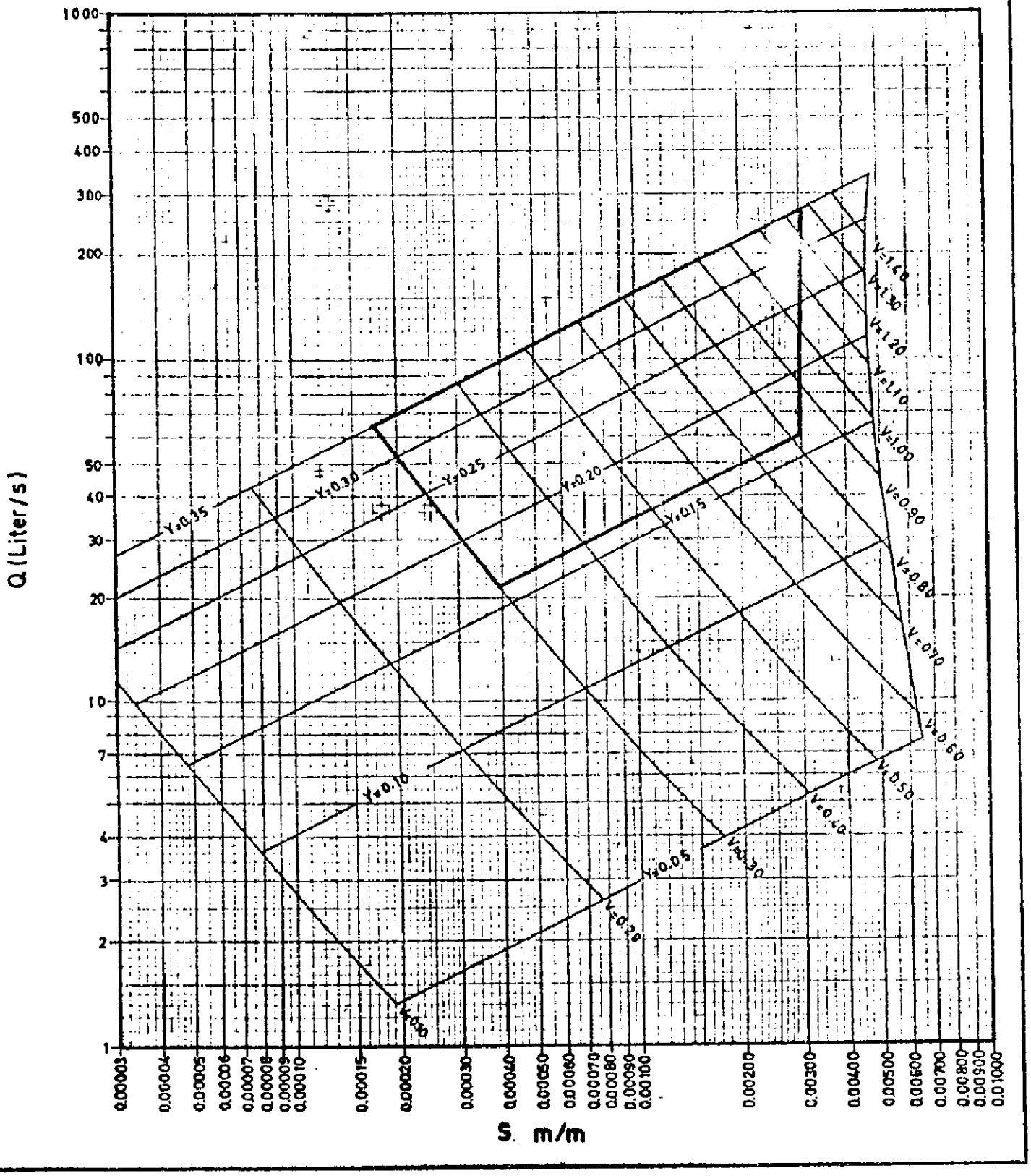
پ -۳۵ نمودار هیدرولیکی کانالهای نیم لوله n-0.014

۱. برای به دست آوردن بده (Q) به ازای مقادیر مختلف n، بده نمودار در $\frac{0.014}{n \text{ جدید}}$ ضرب می‌شود.

۲. برای به دست آوردن S و Y کانال برای Q معروض به ازای مقادیر مختلف n، ابتدا بده معروض در $\frac{n \text{ جدید}}{0.014}$ ضرب و سپس از نمودار استفاده می‌شود.

۳. برای به دست آوردن سرعت (V) به ازای مقادیر مختلف n، سرعت نمودار در $\frac{0.014}{n \text{ جدید}}$ ضرب می‌شود.



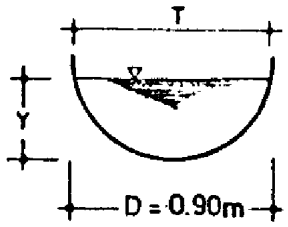


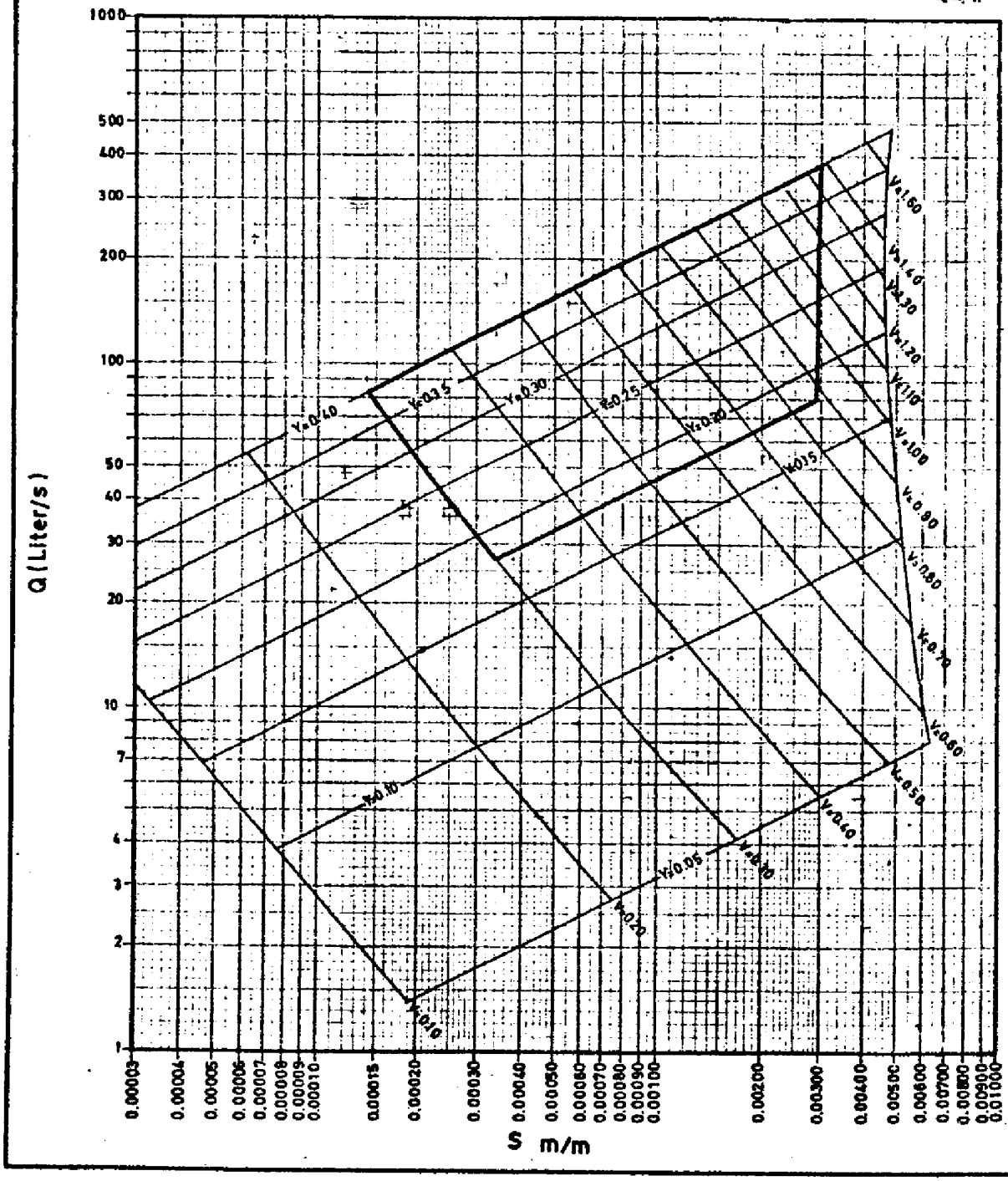
پ ـ۳۶ نمودار هیدرولیکی کانالهای نیم لوله n-0.014

۱. برای به دست آوردن بده (Q) به ازای مقادیر مختلف n ، بده نمودار در $\frac{0.014}{n_{\text{جدید}}}$ ضرب می‌شود .

۲. برای به دست آوردن S و Y کانال برای Q مفروض به ازای مقادیر مختلف n ، ابتدا بده مفروض در $\frac{n_{\text{جدید}}}{0.014}$ ضرب و سپس از نمودار استفاده می‌شود .

۳. برای به دست آوردن سرعت (V) به ازای مقادیر مختلف n، سرعت نمودار در $\frac{0.014}{n_{\text{جدید}}}$ ضرب می‌شود .



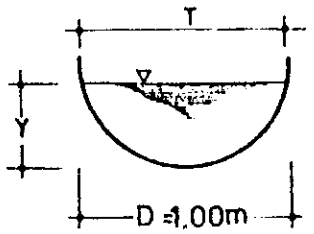


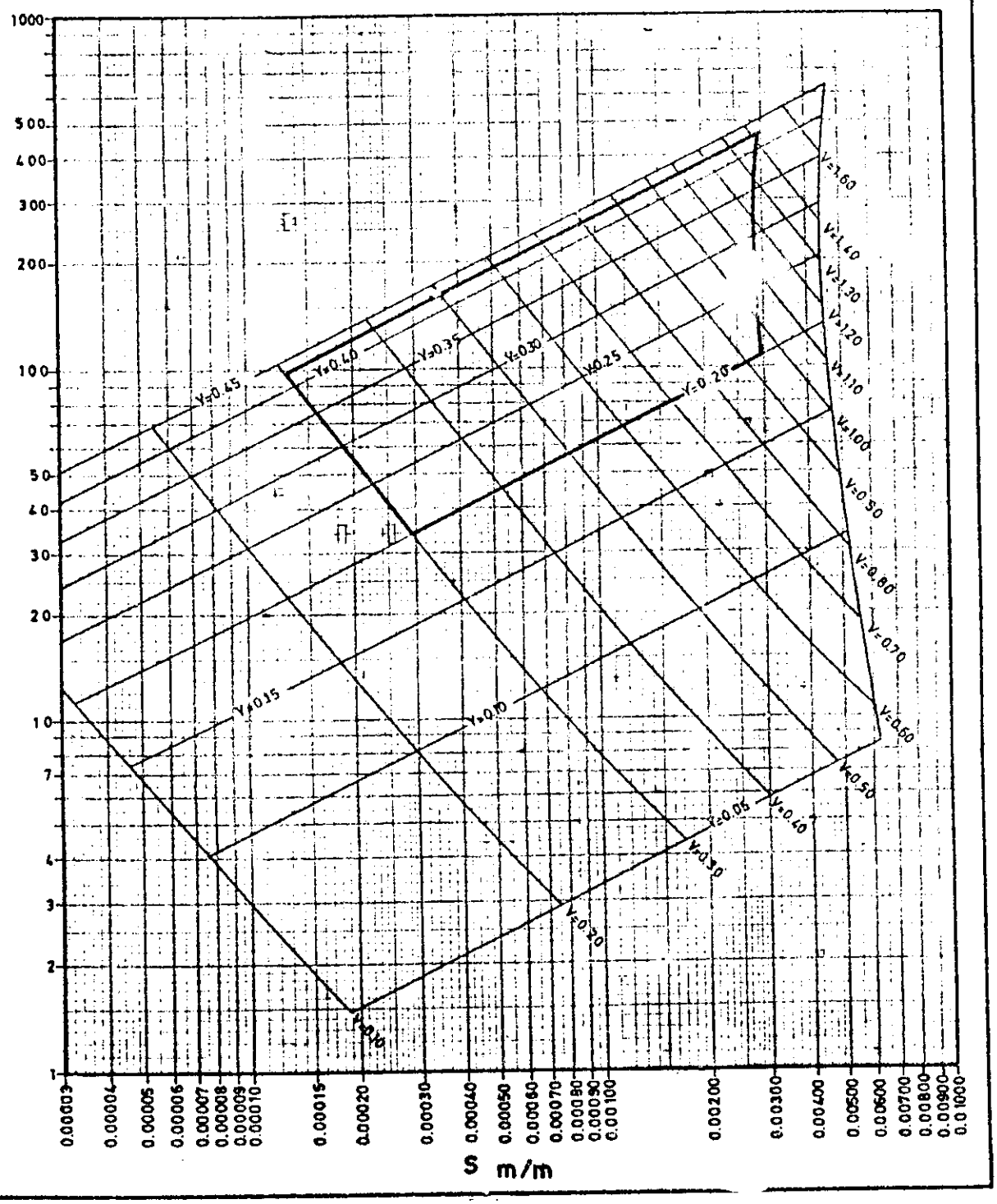
پ -۳۷ نمودار هیدرولیکی کانالهای نیم لوله n-0.014

۱ . برای به دست آوردن بده (Q) به ازای مقادیر مختلف n ، بده نمودار در $\frac{0.014}{n\text{ جدید}}$ ضرب می‌شود .

۲ . برای به دست آوردن S و Y کانال برای Q مفروض به ازای مقادیر مختلف n ، ابتدا بده مفروض در $\frac{n\text{ جدید}}{0.014}$ ضرب و سپس از نمودار استفاده می‌شود .

۳ . برای به دست آوردن سرعت (V) به ازای مقادیر مختلف n، سرعت نمودار در $\frac{0.014}{n\text{ جدید}}$ ضرب می‌شود .



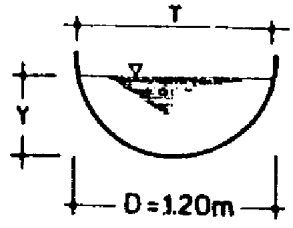


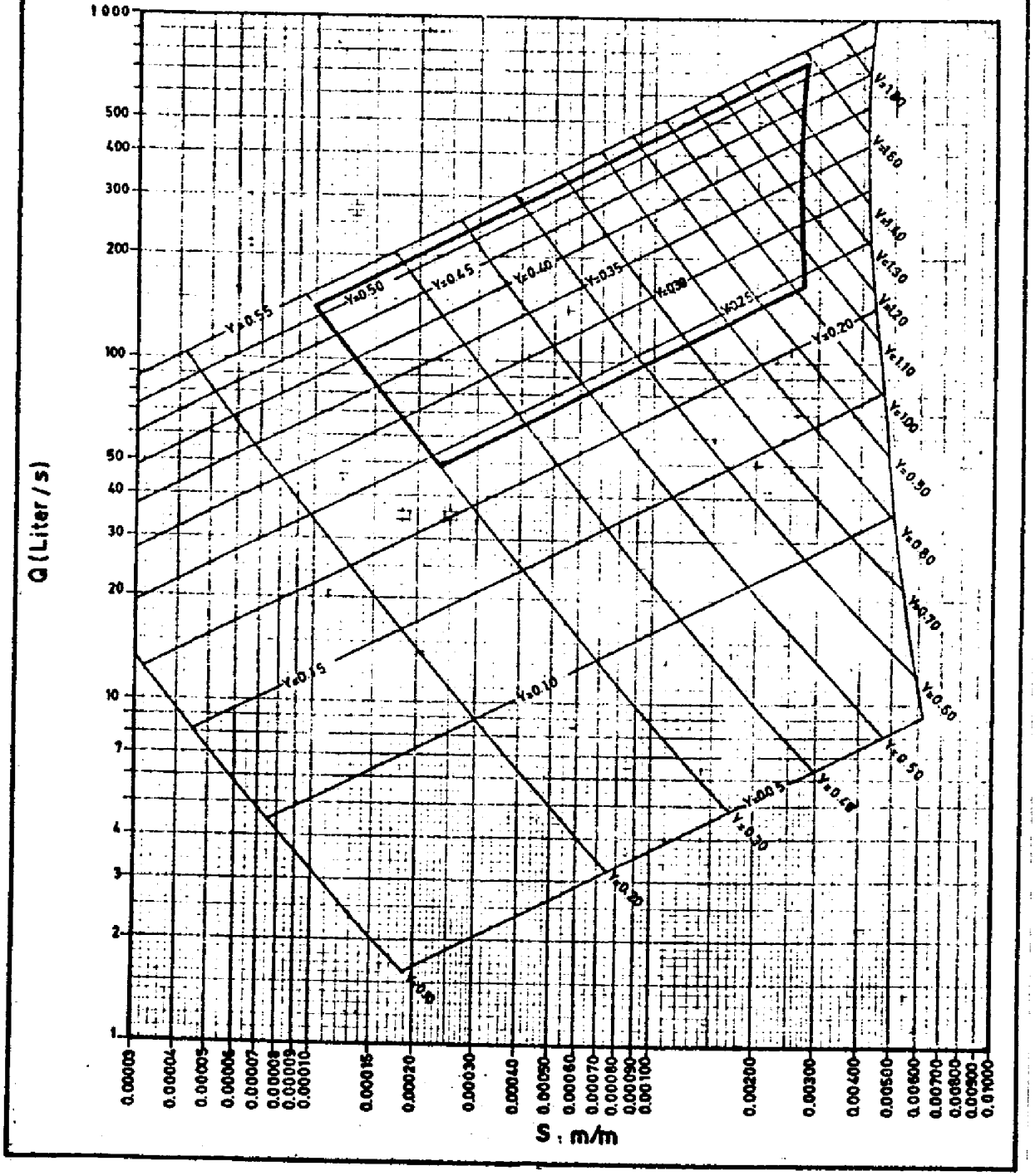
پ -۳۸ نمودار هیدرولیکی کانالهای نیم لوله n-0.014

۱. برای به دست آوردن بده (Q) به ازای مقادیر مختلف n ، بده نمودار در $\frac{0.014}{n \text{ جدید}}$ ضرب می‌شود .

۲. برای به دست آوردن S و Y کانال برای Q مفروض به ازای مقادیر مختلف n ، ابتدا بده مفروض در $\frac{n \text{ جدید}}{0.014}$ ضرب و سپس از نمودار استفاده می‌شود .

۳. برای به دست آوردن سرعت (V) به ازای مقادیر مختلف n، سرعت نمودار در $\frac{0.014}{n \text{ جدید}}$ ضرب می‌شود .



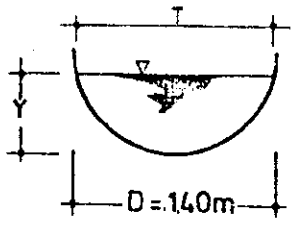


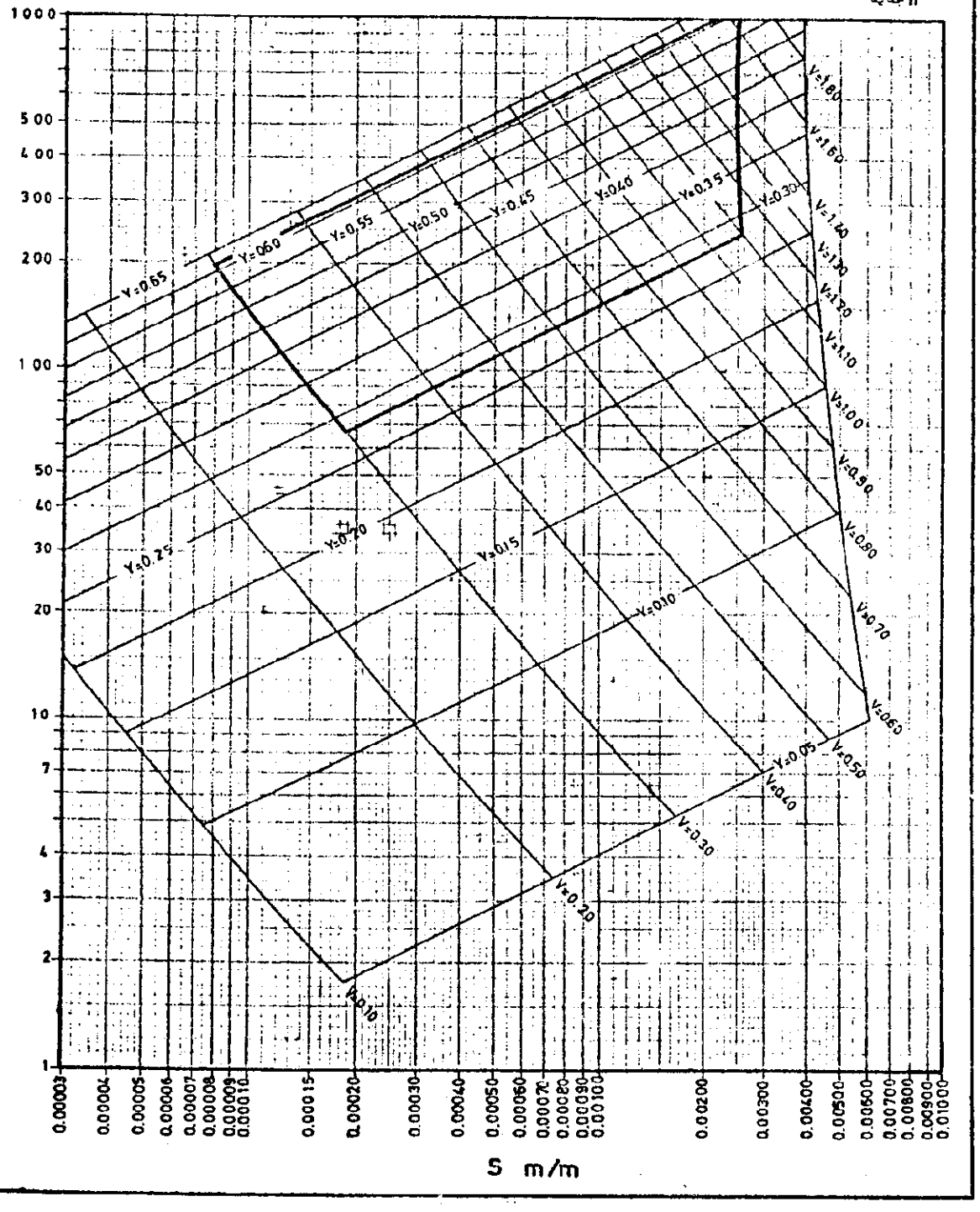
پ ـ۳۹ نمودار هیدرولیکی کانالهای نیم لوله n-0.014

۱. برای به دست آوردن دبه (Q) به ازای مقادیر مختلف n، دبه نمودار در $\frac{0.014}{n \text{ جدید}}$ ضرب می‌شود.

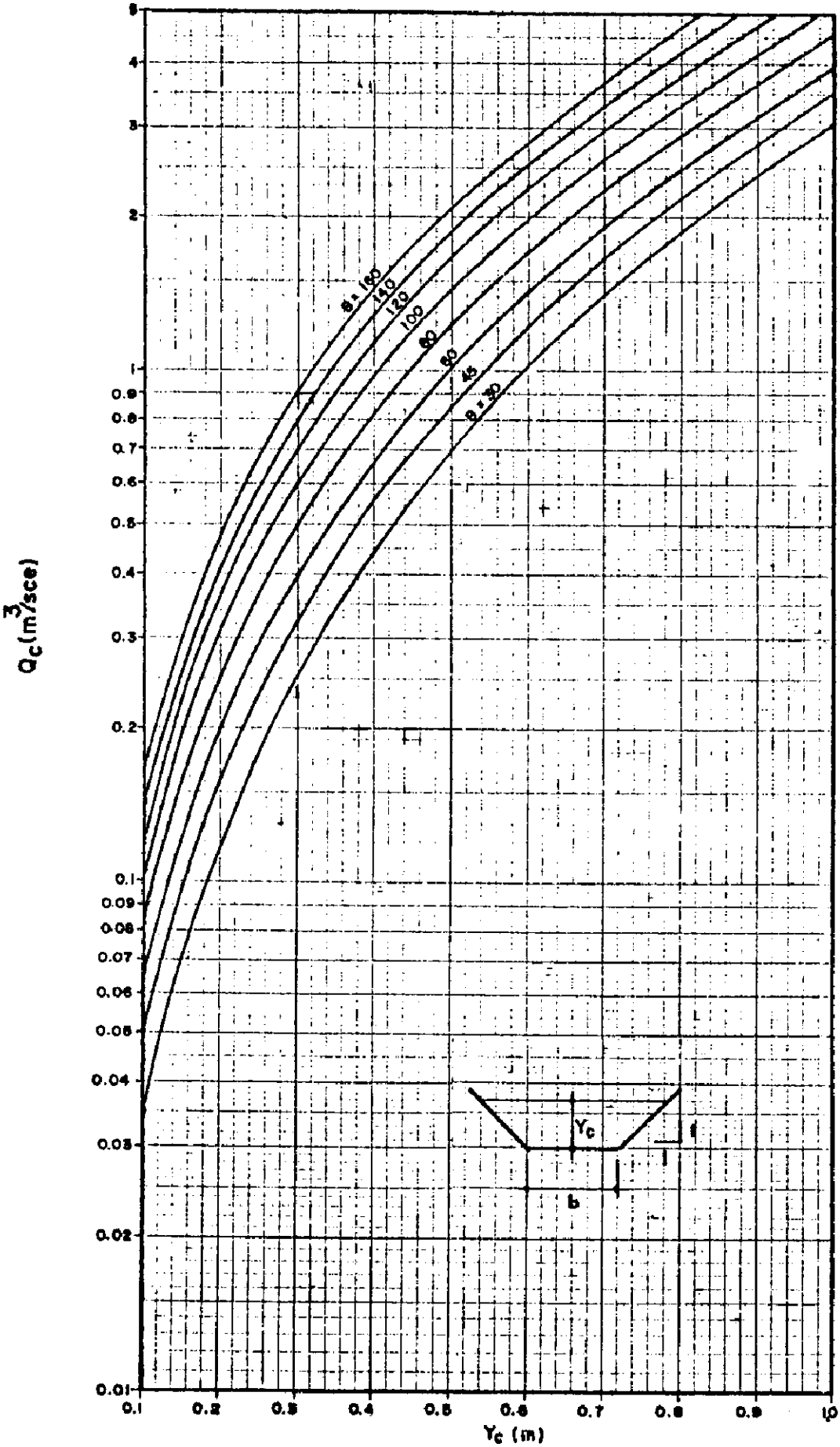
۲. برای به دست آوردن S و y کانال برای Q مفروض به ازای مقادیر مختلف n، آبشدابده مفروض در $\frac{n \text{ جدید}}{0.014}$ ضرب و سپس از نمودار استفاده می‌شود.

۳. برای به دست آوردن سرعت (V) به ازای مقادیر مختلف n، سرعت نمودار در $\frac{0.014}{n \text{ جدید}}$ ضرب می‌شود.

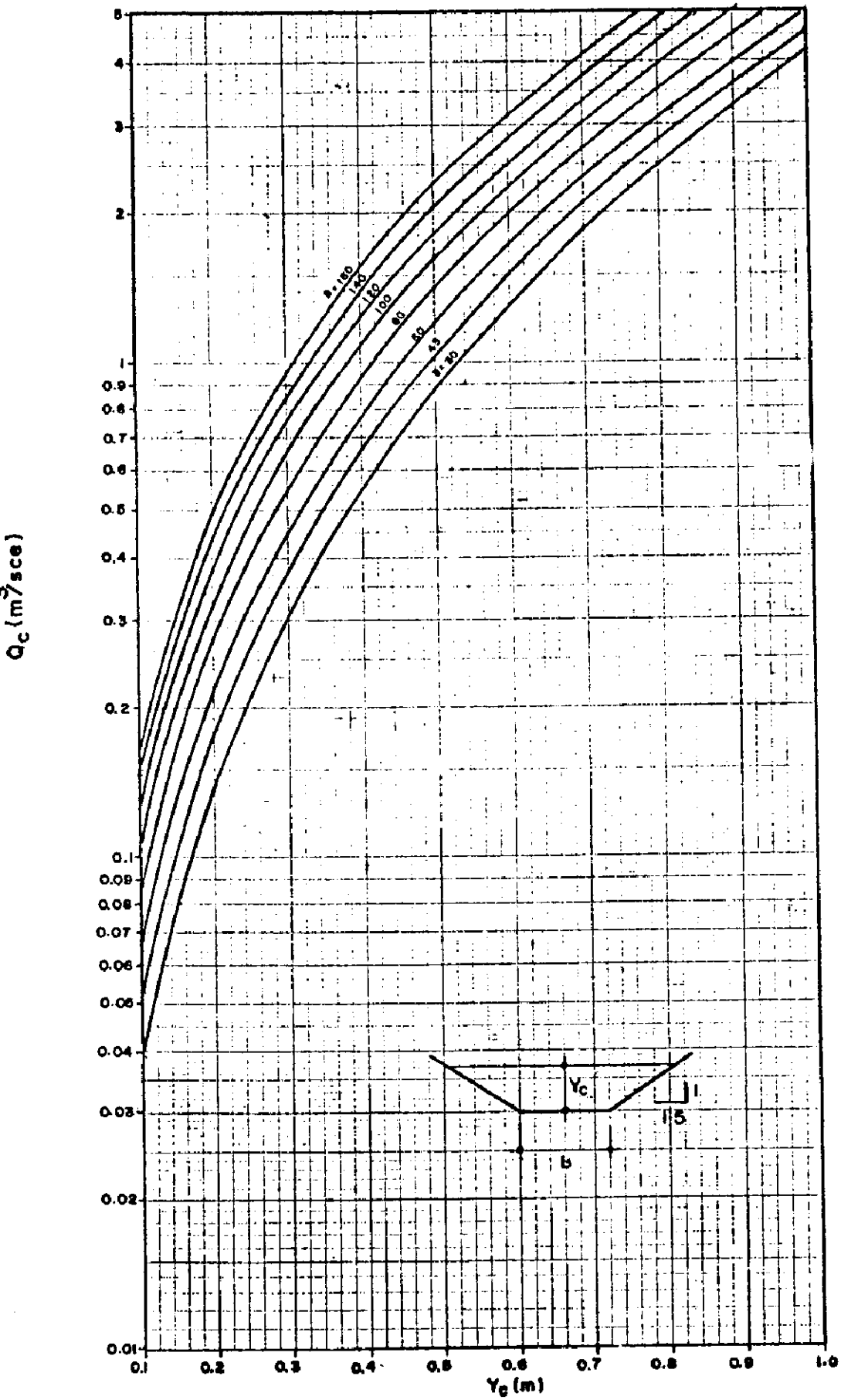




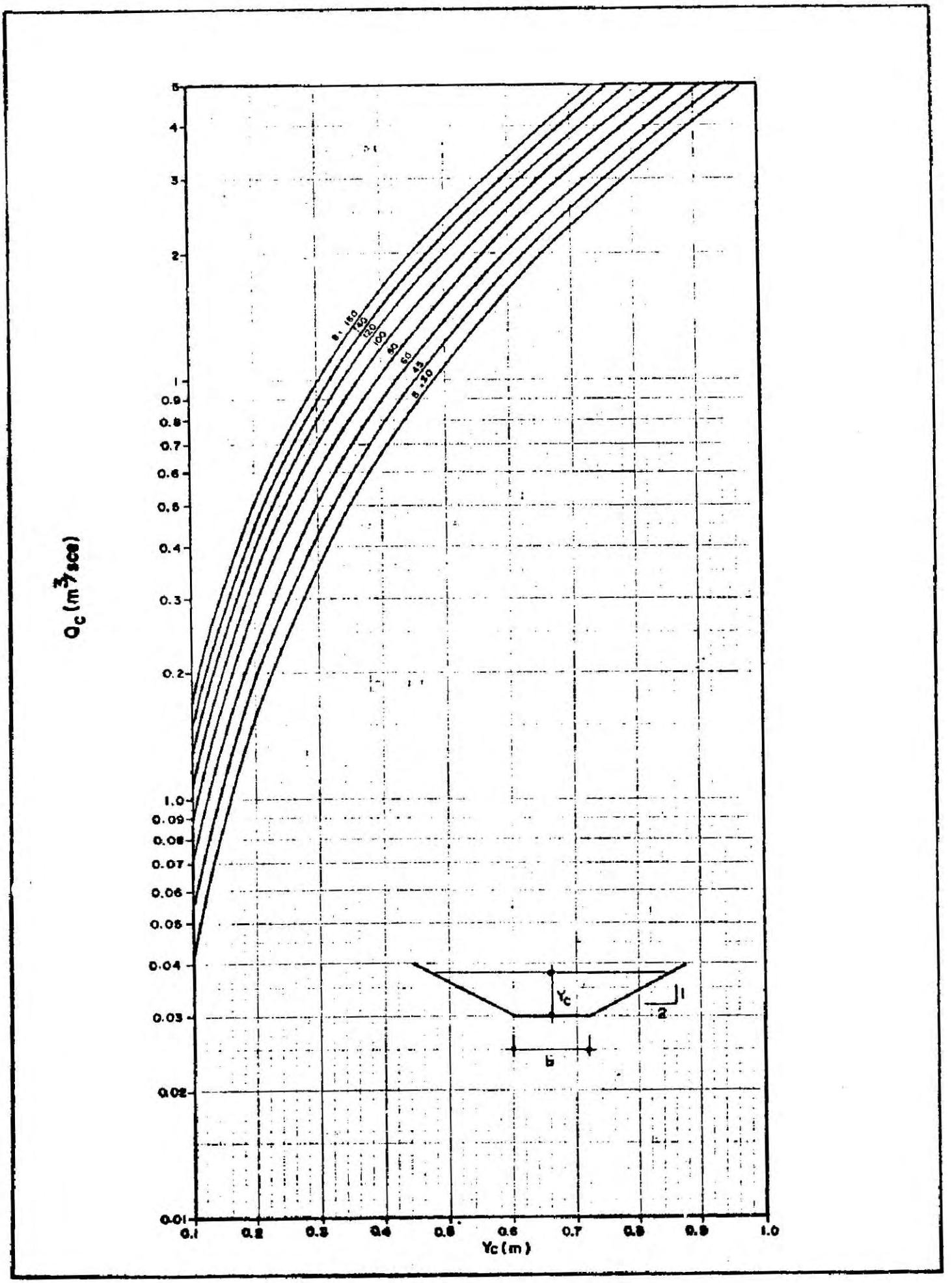
پ ـ ۴۰ نمودار هیدرولیکی کانالها در شرایط بحرانی با مقطع ذوزنقه‌ای و شیب جانبی ۱:۱



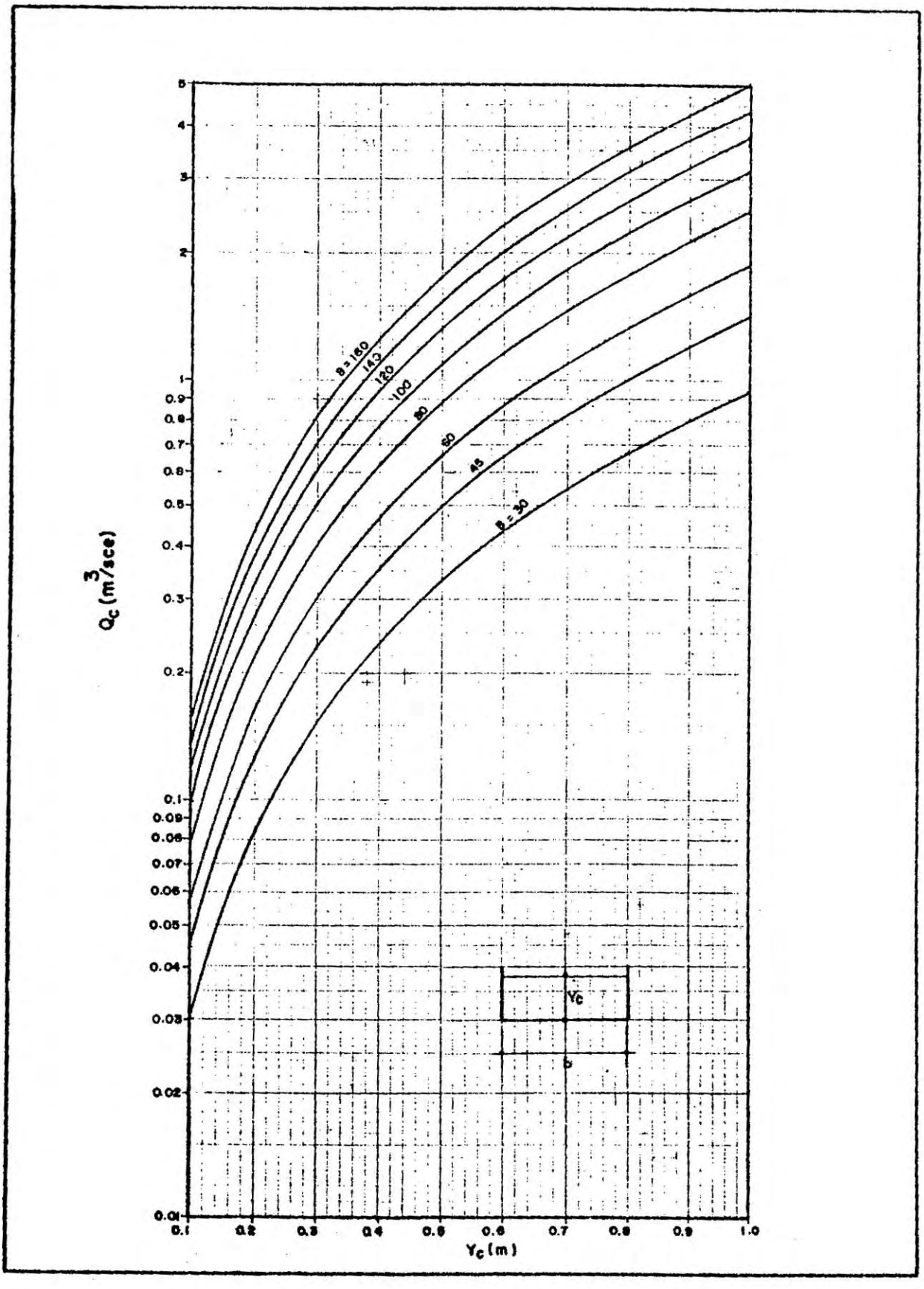
پ - ۴۱ نمودار هیدرولیکی کانالها در شرایط بحرانی با مقطع ذوزنقه‌ای و شیب جانبی ۱/۵:۱



پ ـ ۴۲ نمودار هیدرولیکی کانالها در شرایط بحرانی با مقطع ذوزنقه‌ای و شیب جانبی ۲:۱



پ - ۴۳ نمودار هیدرولیکی کانالها در شرایط بحرانی با مقطع مستطیلی شکل



پیوست ب

مثال ۲-۱ کانال با مقطع به مشخصات زیر :

متر ۱۲ = b

متر ۲/۶۳ = a

۲ : ۱ = z

دبی معادل سیلاب با احتمال وقوع ۲ درصد را باید از خود عبور دهد . شیب کانال طوری است که سرعت در این مقطع ۱/۶۴ m/sec به‌دست آمده است . بررسیهای مکانیک خاک، نوع خاک را شن ماسه‌دار با D = ۷۵ = ۵۷ mm نشان می د هد . جریان آب صاف است ، مسیر کانال مستقیم و فقط دارای یک قوس با شعاع انحنای حدود ۱۸۰ متر است . مقایسه سرعت مجاز حداکثر کانال با مشخصات فوق ، با سرعت طراحی به ترتیب زیر است :

با استفاده از جدول شماره ۲-۱ : متر بر ثانیه V_a = ۱/۹۸

با توجه به اینکه جنس مصالح غیر چسبنده‌است، ضرایب اصلاحی D، Bو A را از جداول شماره ۲-۳ تعیین و سرعت مجاز را در قسمتهای مستقیم و قوسی شکل مسیر تعیین می کنیم .

ضریب عمق D = ۱/۲۲

ضریب شیب بدنه B = ۰/۷۲

ضریب انحنا با توجه به نسبت ۸ = $\frac{B}{T}$ و A = ۰/۸۸

سرعت مجاز در مسیر مستقیم (متر برثانیه ۱/۷۴ = ۰/۷۲ × ۱/۲۲ × ۱/۹۸ = V.D.B. = V_a)

سرعت مجاز در مسیر قوسی شکل (متر بر ثانیه ۱/۵۳ = ۰/۸۸ × ۰/۷۲ ×۱/۲۲× ۱/۹۸ = V.D.B.A = V_a

به طوری که دیده می شود، سرعت طراحی محاسبه شده در مقطع کانال از سرعت مجاز در مسیر مستقیم کمتر، ولی از سرعت مجاز در مسیر قوسی بیشتر است ، لذا در صورتی که امکان کاهش شیب مسیر نباشد، لازم است قسمتهای قوسی مسیر با پوشش مناسب به منظور جلوگیری از تخریب مقطع کانال محافظت شود .

مثال ۲-۲ در کانال با مشخصات مثال ۲-۱ فرض می شود که مسیر کانال از زمینهای رس سیلتی (CL) با ضریب پلاستیسیته PH = ۲۴ عبور کند . دراین حالت که نوع مصالح کانال چسبنده و جریان طراحی نیز جریان با احتمال وقوع کم است ، براساس ضوابط گفته شده در قبل، باید سرعت جریان در کانال را برای دبی طراحی پیش بینی شده (دبی سیلابی با احتمال وقوع ۲ درصد) و دبی با احتمال وقوع ده درصد محاسبه و با سرعت مجاز متناظر با آن مقایسه و کنترل (وارسی) کرد.

سرعت و عمق جریان برای دبی طراحی به ترتیب ۱/۶۴ متر بر ثانیه و ۲/۶۳ متر و سرعت و عمق جریان برای دبی با احتمال وقوع ده درصد به ترتیب ۱/۵۰ متر برثانیه و ۲/۲۴ متر محاسبه شده است .

سرعت مجاز مصالح طبق جدول شماره ۲-۲ معادل ۱/۲۰ متر بر ثانیه است .

الف - مقایسه سرعت دبی طراحی با سرعت مجاز :

سرعت مجاز در مسیر مستقیم (متر بر ثانیه ۲/۲۰ = ۱/۵۰ × ۱/۲۲ × ۱/۲۰ = V.D.F = V_a)

سرعت مجاز در مسیر قوسی (متر بر ثانیه ۱/۹۵= ۰/۸۸ × ۱/۵۰ × ۱/۲۲ × ۱/۲۰ = V.D.F.A = V_a)

به طوری که ملاحظه می شود، در شرایط عبور دبی طراحی از کانال به علت افزایش سرعت مجاز، سرعت جریان کانال یعنی ۱/۶۴ متر بر ثانیه در مسیر مستقیم و همچنین در قسمت قوسی مسیراز سرعت مجاز کمتر است و نیاز به پیش بینی پوشش حفاظتی یا کاهش شیب نخواهد بود.

ب - مقایسه سرعت دبی با احتمال وقوع ده درصد با سرعت مجاز :

سرعت مجاز در مسیر مستقیم (متر بر ثانیه ۱/۴۳ = ۱/۱۹ × ۱/۲۰ = V.D. = V_a)

سرعت مجاز در مسیر قوسی (متر بر ثانیه ۱/۲۶ = ۰/۸۸ × ۱/۱۹ × ۱/۲۰ = V.D.A = V_a)

ملاحظه می شودکه در شرایط عبور دبیهای با احتمال وقوع ده درصد از کانال ، سرعت مجاز در هر دو حالت مستقیم و قوسی از سرعت جریان در کانال کمتر است ، لذا کاهش شیب طولی مسیر با پوشش مناسب کانال برای عبور چنین جریانی که طبیعتا" احتمال وقوع آن خیلی بیشتر از دبی طراحی کانال است، ضروری خواهد بود .

مثال ۲-۳ در کانالی که D۷۵ منحنی دانه بندی ذرات تشکیل دهنده جسم آن ۰/۲۰ میلیمتر و ابعاد و مشخصات مقطع به شرح زیر است :

d = ۲/۶ متر	b = ۱۲ متر
n = ۰/۰۳۰	z = ۲
S = ۰/۰۰۱۵	R = ۱۸۰ متر

نیروی برکننده وارده برکف و شیب جانبی بترتیب زیر محاسبه می شود :

$$n_t = \frac{(D_{75})^{1/6}}{66/77} = \frac{(0/20)^{1/6}}{66/77} = 0/0115$$

$$s_t = S \times \left(\frac{n_t}{n}\right)^2 = 0/0015 \times \left(\frac{0/0115}{0/030}\right)^2 = 0/00022$$

$$T = \gamma d s_t$$

T = ۱۰۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب × ۲/۶۰ متر × ۰/۰۰۰۲۲ = ۰/۵۸ کیلوگرم بر متر مربع

با استفاده از جدول شماره ۲-۶:

$\frac{T_b}{T} = ۰/۹۷۵$ و $T_b = ۰/۹۷۵ \times ۰/۵۸ = ۰/۵۷$ کیلوگرم بر متر مربع

$\frac{T_s}{T} = ۰/۷۷$ و $T_s = ۰/۷۷ \times ۰/۵۸ = ۰/۴۵$ کیلوگرم بر متر مربع

T_b نیروی وارده بر کف و T_s نیروی وارده بر شیب بدنه کانال است .

در صورتی که نیروهای محاسبه شده یاد شده، از حدود مجاز نیروهای برکننده ذرات تشکیل دهنده بدنه کانال بیشتر باشد، لازم است شیب طولی مسیر را کاهش داد و یا با احداث ساختمانهای شیب شکن (دراپ یا شوت) اختلاف ارتفاع ابتدا و انتهای کانال را از بین برد . بدیهی است در صورتی که با کاهش شیب ، تغییر ابعاد مقطع و یا شیب بدنه کانال نیز نتوان نیروهای برکننده را تا حدود مجاز کاهش داد، می‌توان اجرای پوششهای مناسب نظیر: سنگ چینی [1] و سنگریزی [2] و غیره را به کار گرفت.

مثال ۲-۴این مثال‌راهنمای استفاده تعیین خستگیهای مجاز کف وبدنه کانال بامشخصات(میلی‌متر $D۷۵ = ۵۶/۷۰$) $z = ۲$ و ذرات خاک نسبتا" گردگوشه است .

$T_{Lb} = ۰/۰۷۸۶ \times ۵۶/۷۰ = ۴/۴۵۸$ کیلوگرم متربر مربع

$T_{LS} = K \times ۴/۴۵۸$

با استفاده از جداول ۲-۹ و ۲-۱۰ $\phi R = ۳۷/۵$ درجه و $K = ۰/۶۷۵$ به‌دست می آید . بنابراین :

$T_{LS} = ۰/۶۷۵ \times ۴/۴۵۸ = ۳$

1 - Riprap

2 - Rock Fill

In the Name of God
Islamic Republic of Iran
Ministry of Energy
Iran Water Resources Management CO.
Deputy of Research
Office of Standard and Technical Criteria

Hydraulic Design Criteria for Irrigation Canals and Open Drains

Publication No. 166

این نشریه

با عنوان معیارهای هیدرولیکی طراحی کانالهای آبیاری و زهکشهای روباز شامل دو بخش معیارهای هیدرولیکی طراحی کانالها و معیارهای هیدرولیکی طراحی زهکشها و همچنین جداول و نمودارهای محاسباتی مربوط به مقاطع، سرعت و عمق آب در کانالها و زهکشها می‌باشد.

در بخش اول، روابط هیدرولیکی محاسبه مقاطع، حداکثر و حداقل سرعت جریان، ارتفاع آزاد شیب بدنه مقاطع و خصوصیات قوس مسیر کانالها ارائه شده است. در بخش دوم ظرفیت طراحی زهکشها، محاسبات مقاطع، حداقل و حداکثر سرعت جریان، کنترل پایداری مقاطع و خصوصیات طراحی زهکشها بیان شده است.

این مجموعه با بهره‌گیری از استانداردهای معتبر بین‌المللی، استفاده از تجارب کارشناسی و آموزه‌های کسب شده از پروژه‌های اجرا شده در سطح کشور تدوین گردیده است.

مرکز مدارک اقتصادی - اجتماعی و انتشارات

ISBN 964-425-008-7

9789644250088