

معیارهای هیدرولیکی طراحی کانالهای آبیاری و زهکشهای روباز

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

omoorepeyman.ir

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.
ص: ۱۳۵. 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.

۶۲۷/۵۲۰۲۱۸

TC ۹۳۰/س۲م۶

م۷۶-۳۵۹

کتابخانه ملی ایران

ISBN 964-425-008-7

شابک ۹۶۴-۴۲۵-۰۰۸-۷

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.



omoopeyman.ir

بسمه تعالی

به :	دستور العمل شماره : ۵۴/۱۳۹۶-۱۰۲/۲۱۹۰
تمامی دستگاههای اجرایی و مهندسان مشاور	مورخ : ۲۶/۴/۲۱
موضوع: معیارهای هیدرولیکی طراحی کانالهای آبیاری وزهکشهای روباز	

به استناد ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه کشور و آئین نامه استانداردهای اجرایی طرحهای عمرانی به پیوست نشریه شماره ۱۶۶ دفتر امور فنی و تدوین معیارهای این سازمان با عنوان "معیارهای هیدرولیکی طراحی کانالهای آبیاری وزهکشهای روباز" از گروه دوم ابلاغ می گردد.

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

شایسته است دستگاههای اجرایی و مهندسان مشاور مفاد نشریه یادشده و ضوابط و معیارهای مندرج در آن را ضمن تطبیق با شرایط کار خود در طرحهای عمرانی مورد استفاده قرار دهند.

حمینمیرزاده

زرین

معاون رئیس جمهور و رئیس سازمان برنامه و بودجه



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.

نظام جدید 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 و بودجه (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 صاحبانظران 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، بهره‌برداری 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 صاحبانظران و متخصصان نیز با اظهار نظرهای سازنده در تکامل این استانداردها مشارکت کنند.

دفتر امور فنی و تدوین معیارها

تأبستان 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 محمدحسن عبدالله شمشیرساز	مهندسین مشاور پژوهاب	فوق لیسانس آبیاری و آبادانی
آقای منصور طهماسبی	وزارت نیرو	لیسانس راه و ساختمان
آقای احمد قزل ایاغ	مهندسین مشاور آیفن	فوق لیسانس راه و ساختمان
آقای محمد جواد مولائی	وزارت نیرو	لیسانس آبیاری و آبادانی



فهرست مطالب

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



مقدمه

با توجه به اینکه هدف احداث شبکه های آبیاری مدرن ، ایجاد تاسیساتی است که در آنها اصول و ضوابط فنی 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 به حداقل ممکن کاهش دهد ، لذا کمیته فنی شماره ۳ (آبیاری و زهکشی) به منظور تحقق اهداف فوق و به دلیل هماهنگ کردن ضوابط طراحی ، اقدام به تهیه این نشریه نموده است که در دو قسمت زیر :

۱- ضوابط هیدرولیکی کانالها

۲- ضوابط هیدرولیکی زهکشها

تنظیم و ارائه شده است .

ضمناً به دلیل اینکه قبل از انتشار نهایی این نشریه ، ضوابط و معیارهای فنی شبکه های آبیاری و زهکشی (هیدرولیک کانالها) - نشریه شماره ۱۰۴ دفتر تحقیقات و معیارهای فنی سازمان برنامه و بودجه منتشر شده، لذا با ایجاد هماهنگیهای به عمل آمده در تجدید نظر نهایی و برای تدوین نشریه ای 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 دوزنقه ای که متداولترین نوع مقطع است، عمدتاً برای کانالهای درجه ۱ و ۲ به کار می رود .
 - مقطع مستطیل در موارد خاص (نظیر : ناو زمینی و ناو پایه دار) برای کانالهای درجه ۱ و ۲ به کار برده می شود .
 - مقطع نیمدایره معمولاً برای کانالهای درجه ۲ و ۳ به کار برده می شود .
 - مقطع نیم بیضی معمولاً برای کانالهای درجه ۲ و ۳ به کار برده می شود .
 - مقطع مثلثی تنها در شرایط خاص و برای کانالهای درجه ۳ و ۴ می تواند مورد استفاده قرار گیرد .
 - مقطع دایره (لوله) که بر حسب شرایط فنی و اقتصادی می تواند برای کانالهای اصلی و فرعی به کار برده شود .

۱-۱-۱ مقاطع دوزنقه ای

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

جدول شماره ۱-۱ مشخصات مقاطع کانالهای دوزنقه ای با پوشش بتنی

نوع پوشش	شیب جانبی مقطع	عرض کف (متر)	نسبت ارتفاع پوشش بتنی به عرض کف
بتنی	۱:۱	۰/۳۰	۱/۷ تا ۱/۳
		۰/۴۵	۱ تا ۱/۳
		۰/۶۰	۰/۷۵ تا ۱
		۰/۶۰ ، ۰/۸۰ ، ۱ ، ۱/۲	۰/۶ تا ۱/۲
بتنی	۱ ۱/۲ : ۱	۱/۵ ، ۱/۸ ، ۲ ، ۲/۵ ، ۳	۰/۹ تا ۰/۵
		۴ ، ۳/۵ ، ۴/۵ و ۵	۰/۷ تا ۰/۴
		۶ ، ۷ ، ۸ ، ۹ و ۱۰	۰/۵ تا ۰/۳۵
		۱ ، ۱/۲ ، ۱/۵ ، ۱/۸ و ۱	۰/۶ تا ۱
خاکی	۱ ۱/۲ : ۱	۱/۵ ، ۲ ، ۲/۵ ، ۳ ، ۳/۵ و ۴	۰/۸ تا ۰/۵
		۴ ، ۴/۵ ، ۵ ، ۶ ، ۷ ، ۸ ، ۹ و ۱۰	۰/۶ تا ۰/۴
		۵ ، ۶ ، ۷ ، ۸ ، ۹ و ۱۰	۰/۳۰ تا ۰/۵
		۰/۶ ، ۰/۸ ، ۱ و ۱/۵	۰/۶ تا ۱
خاکی	۲:۱	۱/۵ ، ۲ ، ۲/۵ ، ۳ ، ۳/۵ و ۴	-
		۵ ، ۶ ، ۷ ، ۸ ، ۹ و ۱۰	-
		۱/۵ ، ۱ ، ۰/۸	-
		۲ ، ۲/۵ ، ۳ ، ۳/۵ و ۴	-

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

- 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 با ظرفیت 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 "به لحاظ 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 تا حد معقول و متناسبی تغییر دهد .

۲-۱-۱ مقاطع مستطیل

مقادیر عرض کف و نسبت ارتفاع مقطع به عرض کف در کانالهای آبیاری با مقطع مستطیل به شرح 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 .

۳-۱-۱ 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 لیتر بر ثانیه به صورت پیش ساخته اجرامی گردد، نسبت عمق آب به عمق نیم لوله به صورت زیر:

$$\frac{\frac{D}{2} - \frac{D}{15}}{\frac{D}{2}} = 0.87$$



در نظر گرفته می شود که در آن D قطر لوله و $F_b = \frac{D}{15}$ معرف ارتفاع آزاد مقطع و حداقل 0.05 متر و $(\frac{D}{2} - \frac{D}{15})$ معرف عمق آب در نیم لوله است.

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

۴-۱-۱ مقاطع نیم بیضی

مقاطع نیم بیضی برای کانالهای آبیاری در تیپهای مختلف Tv_0 تا $T1300$ برای دبیهای 70 تا 1800 لیتر بر ثانیه به صورت پیش ساخته طرح می شود .

جدول شماره ۱-۳ ابعاد مقاطع نیم بیضی را که در آن اندیس تیپها (70 تا 1300) معرف سطح مقطع نیم بیضی است، نشان می دهد .

نسبت عمق آب به عمق کانال (D) در این نوع کانالها معادل $\frac{d}{D} = \frac{D-D/10}{D} = 0.90$ است که $\frac{D}{10}$ ارتفاع آزاد مقطع و حداقل 0.5 متر است. جداول تفصیلی پارامترهای جریان در مقاطع نیم بیضی در نشریه شماره ۵۴ - ن طرح استانداردهای مهندسی آب کشور ارائه شده است .

۵-۱-۱ مقاطع مثلثی

مقاطع مثلثی می تواند دارای شیب جانبی $1:1$ ، $1\frac{1}{4}:1$ ، $2:1$ و $3:1$ (در افق 1 در قائم است) بر حسب نوع پوشش و یا خاکی بودن کانال است و معمولاً این نوع مقطع برای نهرچه های آبیاری به کار گرفته می شود .

۶-۱-۱ مقاطع دایره

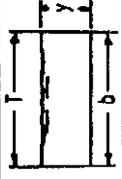
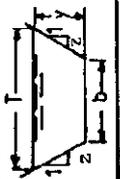
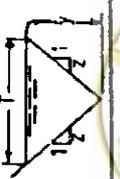
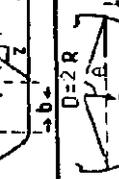
مقاطع دایره (مجاری لوله ای) برای کانالهای آبیاری درجه 1 و 2 معمولاً شامل: قطرهای 0.60 ، 0.80 ، 1 و 1.25 متر است که لوله های به قطر 0.30 و 0.40 متر برای کانالهای مزرعه و لوله های به قطر 0.4 ، 0.5 ، 0.7 و 2 متر و بیشتر در حالات خاص برای کانالهای درجه 1 و 2 به کار می رود.

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



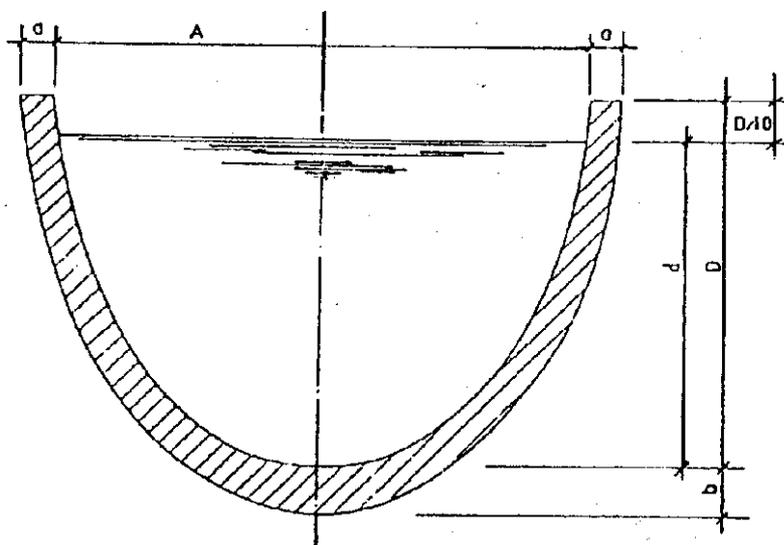
$$\theta = \text{Arc Sin}(R-y)/R$$

جدول شماره ۱-۲ مشخصات پارامترهای هیدرولیکی مقاطع کانالهای آبیاری

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

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

ابعاد به سانتی متر					تیپ کانال
d	b	D	a	A	
۲۶/۲	۴/۵	۲۳/۴	۲/۰	۲۷/۷	۷۰
۲۸/۷	۴/۵	۲۵/۷	۲/۰	۲۹/۶	۸۰
۳۲/۹	۴/۰	۲۹/۹	۲/۰	۳۲/۹	۱۰۰
۳۶/۷	۴/۰	۳۳/۷	۲/۰	۳۶/۰	۱۲۰
۳۹/۲	۴/۰	۳۶/۲	۲/۰	۳۸/۱	۱۳۵
۴۱/۹	۴/۰	۳۸/۹	۲/۰	۴۰/۰	۱۵۰
۴۴/۶	۴/۰	۴۱/۶	۲/۰	۴۵/۲	۱۸۰
۴۵/۶	۴/۰	۴۲/۶	۲/۰	۴۹/۴	۲۰۰
۴۸/۸	۴/۰	۴۵/۸	۲/۰	۵۳/۵	۲۳۰
۴۸/۹	۴/۵	۴۵/۹	۲/۰	۵۸/۰	۲۵۰
۵۰/۵	۴/۵	۴۷/۵	۲/۰	۶۳/۰	۲۸۰
۵۲/۳	۴/۵	۴۹/۳	۲/۰	۶۹/۰	۳۱۵
۵۳/۹	۵/۰	۶۰/۹	۲/۵	۷۳/۶	۳۵۰
۵۵/۶	۵	۶۲/۶	۲/۵	۸۲/۸	۴۰۰
۵۶/۱	۵/۵	۶۳/۱	۲/۵	۹۲/۲	۴۵۰
۵۶/۵	۶/۰	۶۳/۵	۲/۵	۱۰۵/۶	۵۲۰
۵۸/۲	۶/۵	۶۵/۲	۵/۰	۱۱۸/۷	۶۰۰
۶۲/۸	۸/۵	۶۹/۸	۵/۰	۱۳۵/۶	۷۰۰
۶۷/۴	۸/۵	۷۲/۴	۵/۰	۱۴۴/۷	۸۰۰
۷۱/۷	۹/۰	۷۸/۷	۵/۰	۱۵۳/۴	۹۰۰
۷۵/۸	۱۰/۰	۸۲/۸	۵/۰	۱۶۱/۶	۱۰۰۰



شکل شماره ۱-۱ مشخصات مقطع نیم بیضی

انتخاب تیپ مقاطع کانالهای پیش ساخته نیم بیضی باید بر اساس تولیدات کارخانه موجود در منطقه 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.



۲-۱ 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 از فرمولهای مهم شناخته شده را مورد استفاده قرار می دهند. مهمترین فرمولهای مورد استفاده عبارتند از:

- فرمول مانینگ

- فرمول بازن

- فرمول گانگه - کاتر

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

پارامترهای تشکیل دهنده فرمول شزی عبارتند از:

$$V = \text{سرعت متوسط جریان آب در کانال بر حسب متر بر ثانیه}$$

$R_h =$ 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.

$$S = \text{شیب خط انرژی (یا شیب کف در حالت جریان آزاد و یکنواخت)}$$

$$C = \text{ضریب شزی است.}$$

با توجه به قدمت کاربرد فرمول مانینگ در طرحهای آبیاری مملکت، سهولت کاربرد محاسباتی و دقت قابل قبولی که این فرمول به دست می دهد، در این استاندارد فرمول پیشنهادی برای محاسبات هیدرولیکی جریان در کانالهای 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 برابر با $C = \frac{R^{1/6}}{n}$ است و بنابر این فرمول مانینگ در سیستم متریک به صورت $V = \frac{1}{n} \cdot R_h^{2/3} \cdot S^{1/2}$ است و با توجه به اینکه رابطه کلی محاسبه دبی جریان $Q = A \cdot V$ است، فرمول

مانینگ را می توان به صورت :

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

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 :

$$Q = \frac{1}{n} \left[\lambda^{2/3} \cdot \frac{(\lambda + m)^{5/3}}{(\lambda + 2\sqrt{1+m^2})^{2/3}} \right] \cdot b^{2/3} \cdot S^{1/2} \quad (2)$$

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

$$Q = \frac{1}{n} \cdot K'_Q \cdot b^{2/3} \cdot S^{1/2} \quad (3)$$

و یا:

$$K'_Q = \frac{Q \cdot n}{b^{2/3} \cdot S^{1/2}} \quad (4)$$

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

۲-۲-۱ ضریب زبری جدار

زبری جدار و کف در تعیین ضریب زبری (n) که در حقیقت مبین مقاومت کانال در مقابل 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 معمولاً "قطعات بزرگ قلوه سنگ در قسمتهای پایین چنین انهاری قرار دارد و نتیجتاً در این قسمتها مقدار n بزرگتر از قسمتهای بالای مقطع است،

به طور کلی عواملی که بیشترین تاثیر را روی ضریب زبری دارند، عبارتند از:

- زبری سطح
- رشد گیاه
- ناهنجاری مقطع
- پیچ و خم 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 و مجاری بسته انجام شده است، نشان می دهد که بعضی تغییرات در مشخصات مقطع جریان که در ظاهر ممکن است کم اهمیت به نظر برسد، اغلب تغییرات محسوسی را در میزان ضریب زبری کانال بدنبال دارد، بنابراین در شرایطی که 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:

- ۱ - پوشش سخت
 - ۲ - پوشش غشایی مدفون
 - ۳ - پوشش خاکی
- ارائه می گردد.

1- Hard Surface Lining

2- Buried membrane Lining

3-Earth Lining



نوع پوشش

ضریب زبری (n) ^۱

۰/۰۱۴	پوشش بتنی سیمانی با وسایل ماشینی (برای $R_h < 1$ متر)
۰/۰۱۶	پوشش با بتن فشاری با سطح صاف
۰/۰۱۷	پوشش با بتن فشاری با صافی متوسط
۰/۰۱۴	پوشش با بتن آسفالتی (ریخته شده باماشین)
۰/۰۱۵	پوشش آسفالتی پیش ساخته
۰/۰۱۵	پوشش پلاستیکی ^۲
۰/۰۱۵	پوشش آجری صاف ، با ملات سیمان و بندکشی
۰/۰۲۵	پوشش بنایی با سنگ لاشه و بندکشی
۰/۰۱۵	پوشش بنایی با سنگ تمام تراش ، صاف و بندکشی
۰/۰۱۷	پوشش بنایی با سنگ در جدار ، بتنی تخته ماله ای در کف
۰/۰۲۶	پوشش با خاک و سیمان ^۳
۰/۰۲۵	پوشش غشایی مدفون و پوشش خاکی کوبیده شده (کانال بادبی کمتر از ۳ متر مکعب بر ثانیه)
۰/۰۲۲۵ تا ۰/۰۲۰	پوشش غشایی مدفون و پوشش خاک کوبیده شده (کانال بادبی بیش از ۳ متر مکعب بر ثانیه)
۰/۰۱۵ تا ۰/۰۱۴	کانال نیم لوله بتنی پیش ساخته به روش سانتریفوژ
۰/۰۱۴ تا ۰/۰۱۳	کانال نیم بیضی پیش ساخته به روش میز ویبره
۰/۰۱۴ تا ۰/۰۱۳	لوله های بتنی
۰/۰۱۶ تا ۰/۰۱۴	تنبوشه سفالی معمولی
۰/۰۱۳	سطح سیمانی لیسه ای
۰/۰۱۵ تا ۰/۰۱۴	سطح اندود شده با ملات سیمان
۰/۰۴ تا ۰/۰۳	کانال خاکی بدون پوشش

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 مانتینگ 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)	شعاع هیدرولیکی (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) به شرح فوق ۰/۰۰۱ اضافه نمود.

- همان طوری که در مبحث مربوط به افت انرژی در مسیر کانالها بیان خواهد شد، ضریب مانینگ بسته به میزان زاویه پیچ و خمها و تعداد آنها در مسیر کانال حدود ۵ تا ۱۰ درصد افزایش می یابد.
- در کانالهای با پوشش بتنی که تحت تاثیر رشد جلبکها و گیاهان آبی قرار دارند و کاربرد موادشیمیایی برای از بین بردن آنها به لحاظ 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. بنابراین 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 حالت های خاص پوشش و مجاری طبیعی به غیر از موارد فوق الذکر به کتاب های مرجع نظیر هیدرولیک مجاری روباز^۱ مراجعه شود.

۳-۲-۱ افت انرژی در مسیر کانالها

الف - افت اصطکاکی

افت انرژی در مسیر کانال های با جریان یکنواخت شامل: دو قسمت افت اصطکاکی و افت 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 به وجود می آید و میزان آن برابر با حاصل ضرب طول کانال در شیب کف آن است. شیب طولی کف کانال که برای جبران افت اصطکاکی ضروری بوده و بر مبنای فرمول مانینگ از روابط زیر قابل محاسبه است:

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

به طوری که ملاحظه می شود، 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 می یابد. در قسمتهایی از مسیر کانالها که جریان در آن به علت شرایط هیدرولیکی به صورت غیر یکنواخت در می آید، نظیر: احداث سرریز و تغییر شیب کف، افت انرژی از رابطه زیر به دست می آید:

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

که در آن \bar{V} و \bar{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 می‌کند، افت موضعی انرژی و سطح آب وجود خواهد داشت، این عوامل عبارتند از:

ب - ۱ ایجاد تبدیل در محل‌های تغییر مقطع کانال

در صورتی که به علت تغییر شیب کف کانال یا دلایل 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 باز شود، اشاره می‌شود:

$$H_L = (1 + C_i) \Delta h_v \quad (\text{تبدیل ورودی})$$

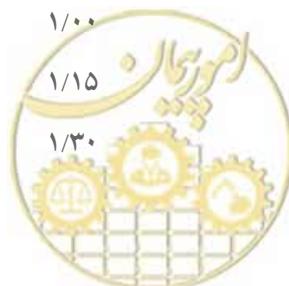
$$H_L = (1 + C_o) \Delta h_v \quad (\text{تبدیل خروجی})$$

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

ب - ۲ پیچ و خمهای 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، در کانالهای خاکی و بتنی ضریب زبری منظور شده برای محاسبات هیدرولیکی مقطع را (در صورتی که تعداد پیچ و خمها زیاد باشد) در ضریبی به شرح زیر ضرب می‌نمایند که به آن ضریب پیچ خوردگی گفته می‌شود:

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



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

۱-۳-۱ حداقل سرعت غیررسوبگذار^۱

به منظور 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 طور کلی حداقل سرعت جریان در کانالهای پوشش شده باید بر اساس ضوابط زیر تعیین و انتخاب گردد:

۱-۱-۳-۱ قدرت حمل مواد معلق رسوبی^۲

جریان کانال در شرایط عبور حداقل دبی باید به میزانی باشد که امکان حمل مواد معلق جریان وجود داشته باشد. قدرت حمل مواد رسوبی کانال را می توان از روابط تجربی مختلف از جمله روابط تجربی زیر که توسط آقای زامارین^۳ پیشنهاد گردیده است، به دست آورد:

$$m = 700 \left(\frac{V}{W} \right)^{2/3} R_h S$$

$$2 \text{ mm/sec} < W < 8 \text{ mm/sec}$$

$$m = 350 V R_h S/w$$

$$0.4 < W < 2 \text{ mm/sec}$$

که در آن:

m = قدرت حمل مواد معلق رسوبی - کیلوگرم بر متر مکعب

V = سرعت جریان حداقل در کانال - متر بر ثانیه

W = سرعت سقوط ذرات با قطر متوسط (d_{50}) - میلیمتر بر 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

- ۲-۱-۳-۱ حداقل سرعت جریان در کانال برای شرایطی که n به میزان $0/002$ بزرگتر از n طراحی باشد، (حداکثر $0/018$ برای پوشش بتنی) باید واریسی شود که سرعت حاصله غیر رسوبگذار باشد .
- ۳-۱-۳-۱ در بندهای یاد شده حداقل دبی جریان کانال که برای واریسی و کنترل سرعت حداقل به کار می رود، معادل کمترین دبی متوسط ماهانه در طول دوره بهره برداری و یا حداقل 30% دبی کانال (هر کدام بیشتر باشد) در نظر گرفته می شود .
- ۴-۱-۳-۱ مقدار حداقل سرعت مجاز غیر رسوبگذار را می توان از طریق فرمول تجربی I.Levy یا فرمولهای معتبر دیگر واریسی و کنترل نمود:

$$V = 0/01 \frac{W}{d_{avg}} R_h \left(\frac{0/0225}{n} \right)$$

که در آن :

R_h = شعاع هیدرولیکی - متر

n = ضریب زبری مانینگ

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

d_{avg} = متوسط قطر ذرات معلق رسوبی (d_{50})

V = حداقل سرعت غیر رسوبگذار - متر بر ثانیه است .

چون انتخاب سرعت حداقل و تعیین آن پیچیده است و عوامل بسیاری در این امر موثرند که تلفیق آنها و به نتیجه رسیدن را مشکل می کند 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 آبی: مانند پشه و غیره فراهم خواهد شد، بنابراین، چنانچه شرایط توپوگرافی منطقه و مسائل اقتصادی، مانع بالارفتن سرعت در کانال باشد، حداقل سرعت برای تامین شرایط حدی در کانالهای خاکی رقم 30 متر بر ثانیه در مواقع اضطراری توصیه می شود. برای جلوگیری از رویش گیاهان در بدنه کانالهای با پوشش بتنی سرعت حداقل 6 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-6 که از سوی مرکز مهندسی و هیدرولوژی امریکا ارائه شده است، بنابراین بر حسب مورد می توان از این مدل و سایر مدل‌های مشابه در مطالعات انتقال مواد رسوبی در کانالها استفاده نمود.



۲-۳-۱ حداکثر سرعت جریان

- در مورد حداکثر سرعت جریان در کانالهای آبیاری پوشش شده رعایت ضوابط زیر ضروری است :
- حداکثر سرعت جریان در کانالهای پوشش شده باید به میزانی باشد که نسبت سرعت طراحی (سرعت نظیر دبی نرمال طراحی کانال) به سرعت بحرانی (V_c) از $0/8$ بیشتر نباشد ($\frac{V}{V_c} < 0/8$) همچنین در شرایطی که مقدار n به میزان $0/03$ کمتر از n طراحی فرض شود، نسبت سرعت حداکثر به سرعت بحرانی باید از $0/9$ کمتر باشد ($\frac{V}{V_c} < 0/9$). در هر حال مقدار حداکثر سرعت جریان در کانالهای پوشش شده بتنی نباید از $2/5$ متر بر ثانیه تجاوز نماید .
 - در مورد حداکثر سرعت در کانالهای خاکی به بند ۲-۶ حداقل و حداکثر سرعت در انهار زهکشی مراجعه شود .

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

بر حسب 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 به شرح زیر نمایش دهنده شرایط جریان است :

$$F_r < 1 \quad \text{جریان زیر بحرانی}$$

$$F_r = 1 \quad \text{جریان بحرانی}$$

$$F_r > 1 \quad \text{جریان فوق بحرانی}$$

$$F_r = \frac{V}{\sqrt{gy}}$$

در کانالهای مستطیل شکل :



$$F_r = \frac{V}{\sqrt{gD}} = \frac{V}{\sqrt{g \frac{A}{T}}} F_r^2 = \frac{V^2}{gD} = \frac{Q^2 T}{gA^3} = D = \frac{A}{T}$$

در دیگر کانالهای روباز :

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

جریان زیر بحرانی

جریان بحرانی

جریان فوق بحرانی

$$\frac{Q^2 T}{gA^3} < 1$$

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

$$\frac{Q^2 T}{gA^3} > 1$$

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

$$Q = K'_c b^{5/2} \quad (3)$$

که در آن :

$$K'_c = \lambda^{5/2} g^{1/2} \frac{(\frac{1}{\lambda} + m)^{2/3}}{(\frac{1}{\lambda} + 2m)^{1/2}}$$

عمق بحرانی در کانالهای مستطیلی و ذوزنقه ای شکل با شبیهی جانبی ۱:۱، ۱:۱/۲ و ۲:۱ در جداول کمکی پیوست و نمودارهای پیوست "ج" نشریه ارائه شده است .

برای محاسبه عمق بحرانی در کانالهای ذوزنقه ای 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 طوری که 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 $2/5 - 1/70$ که محدوده جهش آبی ضعیف و حالت صاف و بدون موج سطح آب است، قرار داشته باشد (عدد فرود بین $1/70 - 1$ بیشتر از $2/50$ باعث ایجاد جهش آبی موجی ناپایدار و جهش آبی شدید می شود)
- سرعت آب حتی الامکان از سرعت حداکثر در کانالهای با بتن غیر مسلح و دارای درزهای انبساط معمولی (حداکثر $2/5$ متر بر ثانیه) بیشتر نباشد.
- در صورت بالا رفتن سرعت آب از حدود مجاز برای بتن غیر مسلح، به پیش بینیهایی خاص برای پوشش و درزهای کانال نیاز خواهد بود که باید هزینه های احداث آبشار و کاهش سرعت آب تا حد سرعتهای زیر بحرانی ($F_r < 0/8$) با راه حل فوق مقایسه و انتخاب نهایی شیب کف کانال و سرعت آب بر آن اساس صورت گیرد.

۴-۱ ارتفاع آزاد^۱

با توجه به امکان جمع شدن رسوب، رویش خزه و سایر گیاهان در کف و جدار کانال، نیروی گریز از مرکز در قوسها، احتمال افزایش ضریب زبری^۲ 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^۳ می توانند موجب بالا رفتن سطح آب به تراز 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، انحنای 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 عموماً 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 بر حسب شرایط فنی و اقتصادی طرح حذف شود. در چنین مواردی عموماً "جاده سرویس خارج از بازوی خاکی کانال و یا بر حسب ضرورت بر روی خاکریز کانال خواهد بود".



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 متر انتخاب 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 .

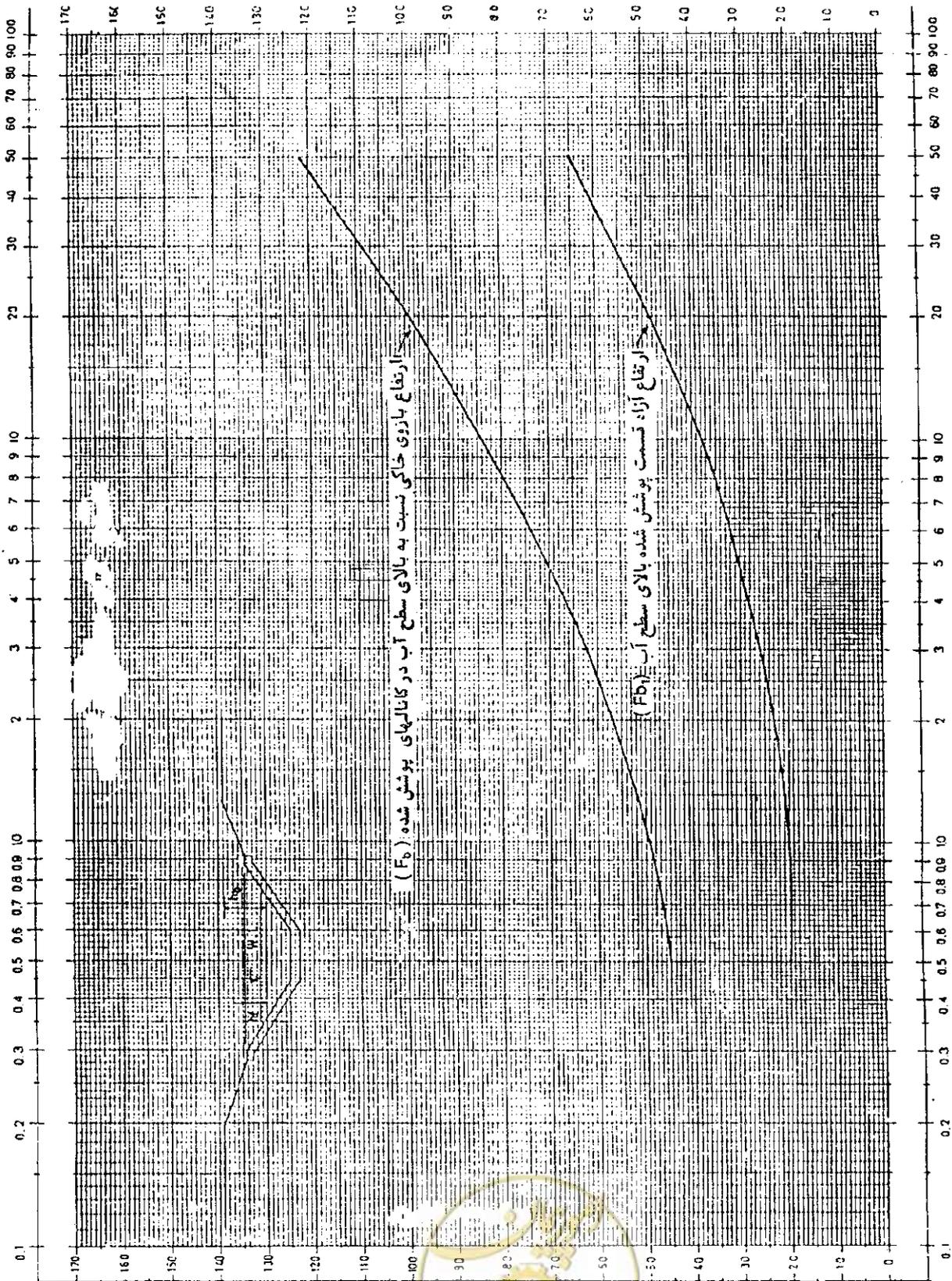
در شرایطی که عوامل خاص، افزایش ارتفاع آزاد را ایجاب نماید ، مانند مواردی که طراحی کانال به علت شرایط خاص توپوگرافی برای جریان فوق بحرانی صورت گرفته باشد ، می بایست افزایش ارتفاع متناسب با شرایط مزبور اعمال گردد .

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 در نظر گرفت، مشروط بر اینکه 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



ظرفیت برحسب مترمکعب بر ثانیه

ارتفاع برحسب سانتیمتر

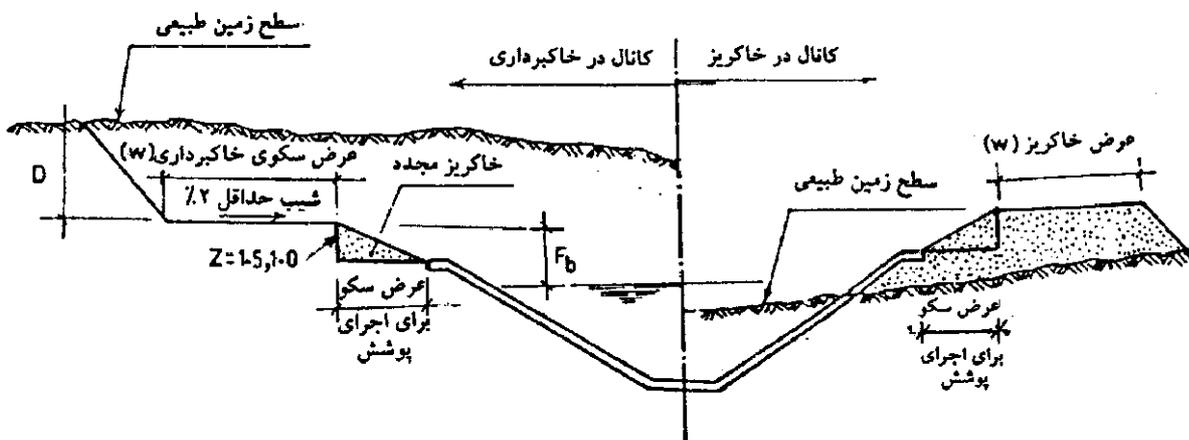


۵-۱ سکو^۱

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 می شود.

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 تا $D=5$ متر)، به منظور جلوگیری از سقوط سنگ و مصالح به داخل کانال و همچنین حفاظت پوشش کانال، سکویی به عرض حداقل $W=3$ 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 $1/5$ متر) است، به منظور سهولت در عملیات نگهداری و بهره برداری از کانال مطابق شکل شماره ۲-۱ منظور می گردد.



شکل شماره ۲-۱ مقطع کانال در خاکریزی و خاکبرداری

1- Berm

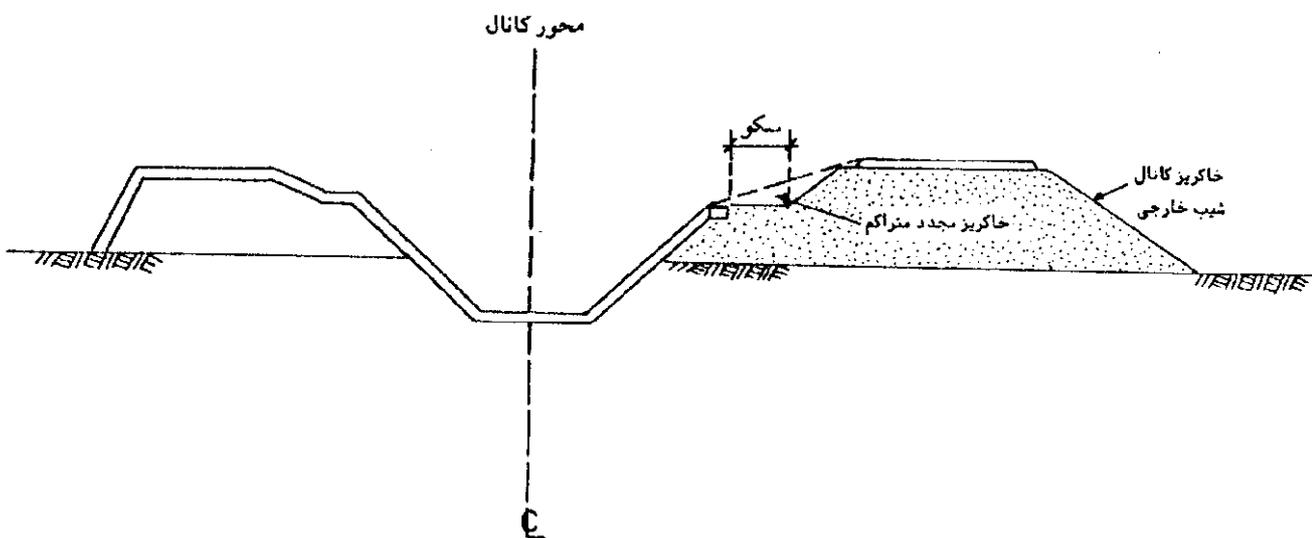
۲- عرض و فواصل سکوهایی بعدی در خاکبرداریهای عمیق بر اساس مشخصات و محاسبات پایداری خاک تعیین می گردد.

لازم به یادآوری است که ارتفاع سکو نسبت به سطح آب کانال (F_b) برحسب نوع مصالح و همچنین متناسب با نوع تجهیزات و ماشین آلات بهره برداری می تواند افزایش یابد. در مواردی که کانال در خاکبرداری عمیق احداث می گردد، به منظور جمع آوری و تخلیه رواناب حاصل شده از دیواره کانال، نهرچه^۱ در پای دیواره ایجاد شده و نهایتاً از طریق ساختمان ورودی زهکش که در فواصل مختلف پیش بینی خواهد شد به داخل کانال تخلیه می شود. عرض پایین ترین 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^۲ و اجرای پوشش با ماشین معمولاً سکویی نیز در بالای لبه پوشش با عرضی متناسب با عمق کانال به شرح 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

ضمناً پس از عملیات اجرایی به منظور جلوگیری از نفوذ جریانهای حاصل از بارندگی به پشت پوشش کانال، عموماً بر روی سکو، خاکریز مجدد متراکم^۳ با شیب ملایم اجرایی گردد. (شکل شماره ۱-۳).



شکل شماره ۱-۳ شمای کلی سکو در مقطع کانال

1- Gutter

2- Trimming

3- Compacted Back Fill

۶-۱ شیب خارجی خاکریز جانبی

شیب خارجی خاکریز جانبی کانالها بستگی به پایداری مصالحی دارد که برای ساختن بازوی خاکی کانال به کار می‌رود. توصیه می‌شود 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 واریسی شود.

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

۷-۱ 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 حالی 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 می‌شود 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:

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

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:

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

اگر برای ساختن خاکریز جانبی کانال نیاز به مصالح قرضه باشد، میزان تامین مصالح از قرضه باید به حداقل ممکن صورت گیرد و برای 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 به کار گرفته 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^۱ پوشش خاکی لازم در محل تلاقی با زمین تامین گردد.

۸-۱ قوس مسیر کانالها و شعاع مجاز آن

اصولاً در طراحی مسیر کانال ایجاد انحراف در مسیر، تنها در مواردی که به منظور دستیابی به مسیر اقتصادی و یا به لحاظ فنی و همچنین عدم تداخل با ساختمانها و مستحذات ضروری باشد، توصیه می شود. به طور کلی باید سعی شود که از حداقل تعداد قوس در مسیر کانال استفاده گردد، به خصوص در مواردی که کانال خاکی است و از خاکهای سبک و نرم عبور می کند.

در مواردی که تغییر جهت در مسیر کانال اجتناب ناپذیر باشد، لازم است قوسهای مسیر کانالها به صورت ساده در نظر گرفته شود و از 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 بتنی کمتر از پوشش خاکی در نظر گرفت. اصولاً از کاربرد شعاعهای قوس خیلی کوچک و خیلی بزرگ که مسائلی از نظر اجرایی تولید می کنند، باید اجتناب گردد. به طور کلی شعاع قوس مسیر باید با توجه به ابعاد و ظرفیت کانال، سرعت جریان، نوع مصالح بدنه کانال، مقطع عرضی کانال، زاویه انحراف مسیر^۲ و بالاخره نوع کاربری اراضی^۳ و محدوده و حریم تاسیسات و مستحذات مجاور مسیر انتخاب شود.

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

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

1- Counter berm

2- Deflection Angle

3- Land use

ظرفیت (مترمکعب بر ثانیه)	حداقل شعاع قوس (متر)
$Q > 90$	۱۵۰۰
۹۰ تا ۳۰	۱۰۰۰
۳۰ تا ۱۵	۶۰۰
۱۵ تا ۵	۳۰۰

۱-۸-۱ قوس مسیبر کانالها برای کانالهای حفر شده در خاکهای پایدار

اندازه کانال	شیب (در هزار)	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 ۱۰ تا ۵ متر	کمتر از ۰/۶	۱۵۰	۱۰
	۰/۶ تا ۱/۲	۱۸۰	۱۰
کانالهای بزرگ با عرض فوقانی بیش از ۱۰ متر	کمتر از ۰/۶	۱۸۰	۱۰
	۰/۶ تا ۱/۲	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 نباید از ۵ تا ۸ برابر عرض فوقانی سطح آب کمتر باشد و بر حسب اندازه کانال شعاع قوس به ترتیب زیر پیشنهاد می شود:

ظرفیت (مترمکعب بر ثانیه)	شعاع قوس کانال بر حسب دبی
$Q \leq 5$	۵ برابر عرض فوقانی سطح آب مقطع کانال
۱۵ تا ۵	۶ برابر عرض فوقانی سطح آب مقطع کانال
۵۰ تا ۱۵	۷ برابر عرض فوقانی سطح آب مقطع کانال
$Q > 50$	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 به منظور ارزیابی نسبی تاثیر شعاع قوس مورد نظر در میزان افزایش فرسایش بدنه و تغییر در شرایط هیدرولیکی جریان در طول قوس مورد ارزیابی قرار داد:

$$\Delta h = \frac{\omega V^2}{g.R}$$

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

$R =$ شعاع قوس بر حسب متر



$$\begin{aligned} \Delta h &= \text{اختلاف دلبه سطح فوقانی آب در مقطع عرضی کانال در مرکز قوس بر حسب متر} \\ V &= \text{سرعت متوسط جریان آب در کانال بر حسب متر بر ثانیه} \\ g &= \text{شتاب ثقل بر حسب متر بر مجذور ثانیه} \\ \omega &= \text{عرض فوقانی مقطع آب بر حسب متر} \end{aligned}$$

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 همان طوری که گفته شد، این رابطه برای بررسی نسبی تاثیر شعاع انتخابی در مقطع هیدرولیکی جریان قابل استفاده است.

ب - فرمول زیر بر اساس افزایش میزان تنش برشی ناشی از نیروی فرساینده در قوس نسبت به مسیر مستقیم بستگی دارد، زیرا تنش برشی در قوس (با شعاع هر چند بزرگ) از مسیر مستقیم بیشتر است. این فرمول را محقق هلندی¹ پیشنهاد کرده و به صورت زیر است:

$$R = \frac{0.039c^2d}{d} \cdot \frac{1}{\sqrt{p^2 + 2p}}$$

که در آن:

$$\begin{aligned} d &= \text{عمق آب به متر} \\ R &= \text{شعاع قوس مسیر به متر} \\ g &= \text{شتاب ثقل به متر بر مجذور ثانیه} \\ C &= \text{ضریب شزی که از رابطه } C = \frac{1}{n} (R_h)^{1/6} \text{ به دست می آید} \\ n &= \text{ضریب مانینگ} \\ p &= \text{درصد افزایش تنش برشی در قوس نسبت به مسیر مستقیم} \\ R_h &= \text{شعاع هیدرولیکی کانال} \end{aligned}$$

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



۲- معیارهای هیدرولیکی طراحی زهکشها

۱-۲ ظرفیت طراحی زهکشهای روباز

اصولاً " ظرفیت طراحی سیستم زهکشی روباز باید به صورتی باشد که امکان تخلیه آبهای مازاد (روانابها و هرزآبها) را فراهم سازد، بدون آنکه آسیبی به تاسیسات آبیاری و نباتات 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 طور کلی زهکشهای روباز را می توان به سه گروه به شرح زیر تقسیم نمود :

- زهکشهای سطحی^۱
- زهکشهای حائل روباز^۲
- زهکشهای جمع کننده روباز^۳

۱-۱-۲ 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 ، صرف نظر می شود .

معمولاً " ظرفیت طراحی زهکشهای روباز سطحی بر اساس دبی رواناب بارندگی^۵ با تناوب وقوع ۵ ساله تعیین می گردد . مع هذا بر حسب 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 بر حسب مورد برای تعیین ظرفیت طراحی منظور نمود .

در عمل به علت صرفه جویی در هزینه عملیات ساختمانی زهکشهای روباز سطحی اراضی کشاورزی، مسئله غرقابی موقت مزارع برای مدت محدود و مشخصی مورد توجه قرار می گیرد 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^۱ برای زراعتهای متعارف ۲۴ ساعت 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 ۳۶ ساعته 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 واریسی سطح آب زیرزمینی در حاشیه محدوده شبکه پیش بینی می شوند، براساس دبی ورودی جریان آب زیرزمینی و روانابهای سطحی ورودی ناشی از رگبارها در اراضی بالادست و هرز آبهای آبیاری (بر حسب مورد) طرح می گردد.

مقطع طراحی شده برای زهکشهای مذکور باید به صورتی باشد که در شرایط عبور جریان نرمان (دبی جریان آب زیرزمینی و هرز آبهای آبیاری) سطح آب در مقطع مساوی یا پایین تر از تراز مورد نظر برای کنترل و واریسی 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^۱ در طراحی آنها منظور نمی شود، 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.

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

ظرفیت طراحی مقطع زهکشهای کلکتور روباز باید به صورتی باشد که کفایت عبور مقدار جریان ورودی از طریق لوله های زهکشی زیرزمینی، هرز آبهای آبیاری و روانابهای ناشی از رگبارها و بر حسب مورد جریان ورودی از طریق زهکشهای حایل را داشته باشد.

ظرفیت طراحی مقطع زهکشهای تخلیه کننده^۱ که جریان ورودی از زهکشهای جمع کننده و یا زهکشهای سطحی (برحسب مورد) راهدایت می کند باید به نحوی باشد که کفایت تخلیه جریان ورودی از زهکشهای مذکور را داشته باشد.

در مواردی که هرزآبهای خروجی از کانالها^۲ به زهکشهای طرح وارد می شود، مقطع زهکش روباز باید کشش جریان وارد شده از این طریق را داشته باشد. اگر چه در تعیین ظرفیت طراحی زهکش، فرض همزمانی وقوع سیلاب طراحی و هرزآبهای خروجی کانال ضرورت ندارد، ولی ظرفیت مقطع باید به صورتی باشد که کشش عبور مجموع جریان نرمال زهکش و جریان هرزآبهای خروجی از کانال را با ملحوظ نمودن ارتفاع آزاد مقطع داشته باشد.

هرگاه دو زهکش به هم پیوندند، ظرفیت طراحی زهکش در پایین دست محل اتصال آنها براساس قانون ۲۰ - ۴۰ به شرح زیر تعیین می گردد:

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

ب - در صورتی که سطح تحت زهکشی یکی از دو زهکش 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 میانبایی^۳ از مقادیر دبی محاسبه شده به روش الف و ب فوق الذکر تعیین می گردد.

۲-۲ فرمول محاسبه مقاطع زهکشهای روباز

طرح مقطع زهکشها برای مقدار معین دبی جریان (Q) با شیب 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 مورد استفاده 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 به شرح زیر پیشنهاد می گردد:

1 - Open Outlet Drains

2- Spillway-Wasteway Flow

3- Interpolation

شعاع هیدرولیکی	ضریب زبری
$R < 0.75$	0.40
$0.75 < R < 1.25$	0.35 - 0.40
$1.25 < R < 1.50$	0.30 - 0.35
$R > 1.50$	0.25 - 0.30

چنانکه از رشد علفهای هرز و بوته در کف و بدنه زهکش با انجام دادن عملیات نگهداری با " دوره تناوب مطلوب " جلوگیری به عمل نیاید، ضریب زبری می تواند تا رقم 0.1 نیز افزایش یابد که در نتیجه کاهش ظرفیت مقطع زهکش و احتمالاً " غرقابی اراضی را به دنبال خواهد داشت. از آنجاکه احتمال دارد ضریب زبری جدار مقطع زهکش پس از انجام دادن عملیات کانال کفی از حدود ارقام داده شده کمتر باشد، ضروری است که سرعت جریان در مقطع زهکش برای $n = 0.25$ کنترل و واریسی شود و در 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 به کار گرفته می شود، ظرفیت طراحی آن براساس مقدار روانابهای ناشی از رگبار 24 ساعته با تناوب وقوع 10 ساله و برحسب اهمیت تاسیسات مورد حفاظت با تناوب 25 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 با تناوب وقوع 10 یا 25 ساله (متناسب با زمان تمرکز حوزه آبریز سیلابرو) صورت می گیرد.

۳-۲ مقاطع زهکشهای روباز

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

حداقل عرض کف زهکشهای درجه 1 و 2 معادل یک متر و عرض کفهای متداول معادل 1، 1.5، 2، 2.5، 3، 3.5، 4، 5، 6، 7، 8 و 10 متر است.

شیب بدنه مقطع معمولاً 1 : 1.5 (1/5 در افق و 1 در قائم) است، مگر آنکه به لحاظ محدودیت شرایط ژئوتکنیکی مسیر از نظر پایداری، لزوماً " شیبهای ملایمتر (1 : 2، 1 : 2.5 و یا 1 : 3) 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 می‌گردد، تا امکان 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 باید به میزانی باشد که امکان تخلیه مجموع جریان هرز آبهای آبیاری و جریان 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 باید به 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 می‌تواند 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 به شرح زیر طرح می‌گردد:

۱-۳-۲ 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 می‌گیرد. کاربرد این مقطع در شرایطی است که خاک مسیر زهکش از نظر مشخصات فنی برای اجرای خاکریز حفاظتی محدودیت نداشته باشد. شیب بدنه زهکش با توجه به پایداری خاک تعیین می‌گردد، به نحوی که شیب بدنه از زاویه رانش خاک^۱ در حالت اشباع کمتر باشد. شیب بدنه زهکش در اراضی 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 به کاربرد. حداقل عرض سکوی مجاور خاکریز حفاظتی و جاده نگهداری زهکش برای حفظ پایداری مقطع در مقابل نیروی حاصل شده از عبور ماشین آلات یک متر است. تنها در مواردی که خاکبرداری در خاکهای بسیار پایدار صورت می‌گیرد، می‌توان خاکریز حفاظتی را تا مجاورت مقطع خاکبرداری در نظر گرفت. حداکثر عمق زهکش معمولاً ۳/۵ متر در نظر گرفته می‌شود، 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 در محل سکو مساوی یا بیشتر از ۱۲ متر و یا کمتر از آن باشد) در نظر گرفته می شود. در مواردی که سکوی بهره‌برداری و نگهداری در یک طرف مقطع پیش‌بینی می شود، عرض سکوی پایدار در طرف دیگر مقطع حداقل یک متر در نظر گرفته خواهد شد.

- مقطع تیپ ۱-الف (شکل شماره ۱-۲) برای مواردی است که عرض فوقانی مقطع خاکبرداری زهکش مساوی یا بیشتر از ۱۲ متر باشد.
- مقطع تیپ ۱-ب (شکل شماره ۱-۲) 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 رابا خاکریز کناره^۱ 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 حفاظت 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 با رعایت 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.

۳-۳-۲ مقاطع تیپ III (شکل شماره ۳-۲)

برای مواردی به کارمی رود که مقاطع تیپ I در مجاورت کانال آبیاری قرار گیرند. این مقطع در مورد زهکشهای درجه ۱ و ۲ و زهکشهای حفاظتی^۲ و انحرافی^۳ استفاده می‌شود. در حالت کاربرد این مقاطع به عنوان زهکش حفاظتی مجاور کانال جاده نگهداری در کنار مقطع زهکش مورد نیاز نیست و در صورتی که خاکهای اضافی در طول مسیر زهکش به صورت خاکریز کناره دپو می‌گردد، 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 ماشین آلات لایروبی زهکشها پیش‌بینی شده است .

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

مقاطع تیپ IVA و IVB که به صورت مقطع مرکب (ترکیبی) است، برای شرایطی به کار می 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 نسبتاً پهن زهکش ، مقطعی با عرض کف کم و عمق محدود حفر می گردد تا هرزابه‌های آبیاری و زهابها با سرعت بیشتری در مقطع عبور نماید و از پخش جریان محدود هرزابه‌ها و زهابها در عرض کف پهن مقطع اصلی که موجب کاهش سرعت و رشد سریع علف و درختچه می گردد، جلوگیری شود .

توضیح آنکه مقطع آب بر عمق کف زهکش در تپه‌های IVA و IVB بر حسب مورد می تواند به شکل دوزنقه ای یا مثالی طرح گردد .

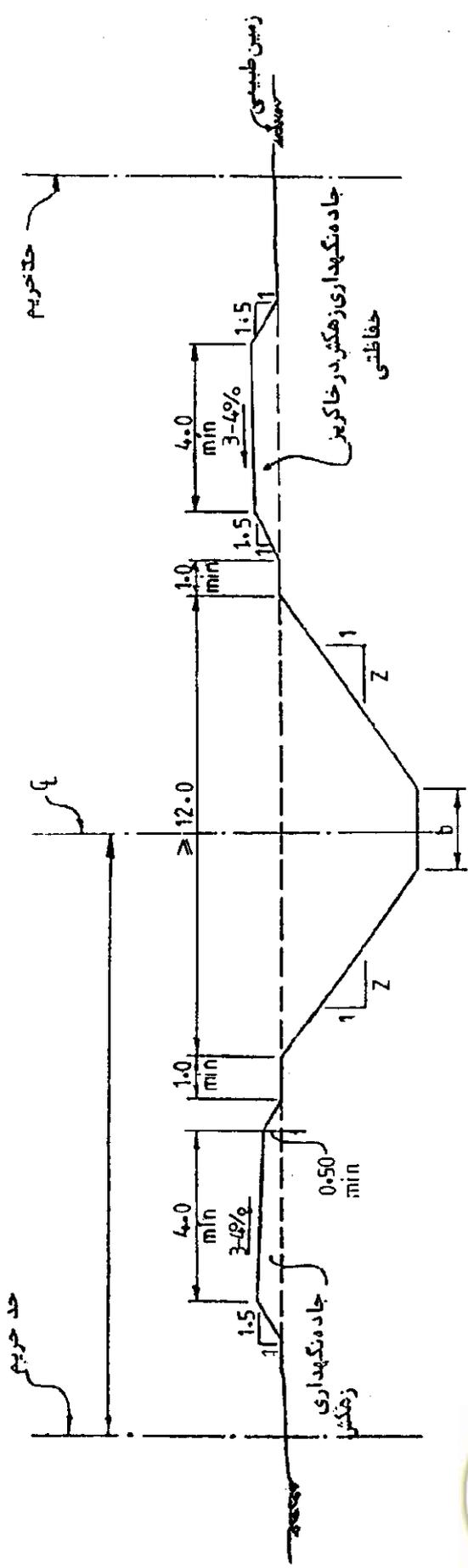
۲-۳-۵ مقطع تیپ V (شکل شماره ۲-۵)

مقطع تیپ V برای مواردی است که زهکش در اراضی باتلاقی و لجنی عبور می کند به طوری که خاک حاصل شده از خاکبرداری مقطع زهکش برای ایجاد جاده سرویس مناسب نباشد و یا مشخصات فنی خاک مسیر به صورتی است که احداث خاکریز جاده تنها با مصالح مخلوط شن و ماسه رودخانه‌ای^۱ امکانپذیر است .

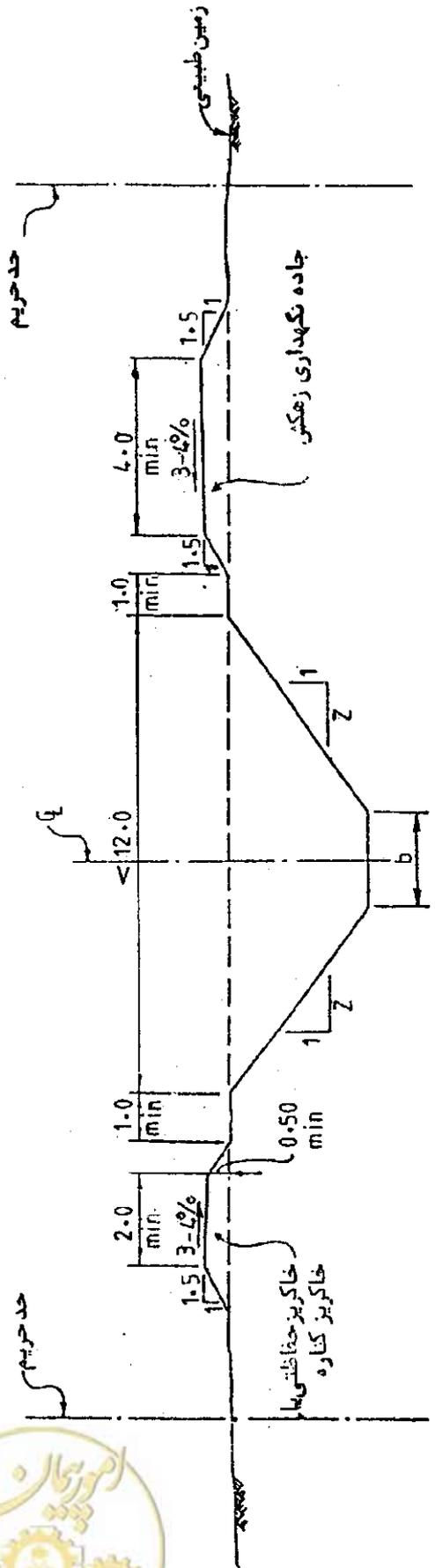
یکی دیگر از موارد استفاده این مقطع برای حالاتی است که جاده سرویس مجاور زهکش نقش جاده دسترسی روستاها و یا مستحدثات پروژه رانیز داشته باشد که در این صورت این جاده باید با مشخصات جاده های دسترسی ساخته شود .



1- Random Riverine sand & gravel



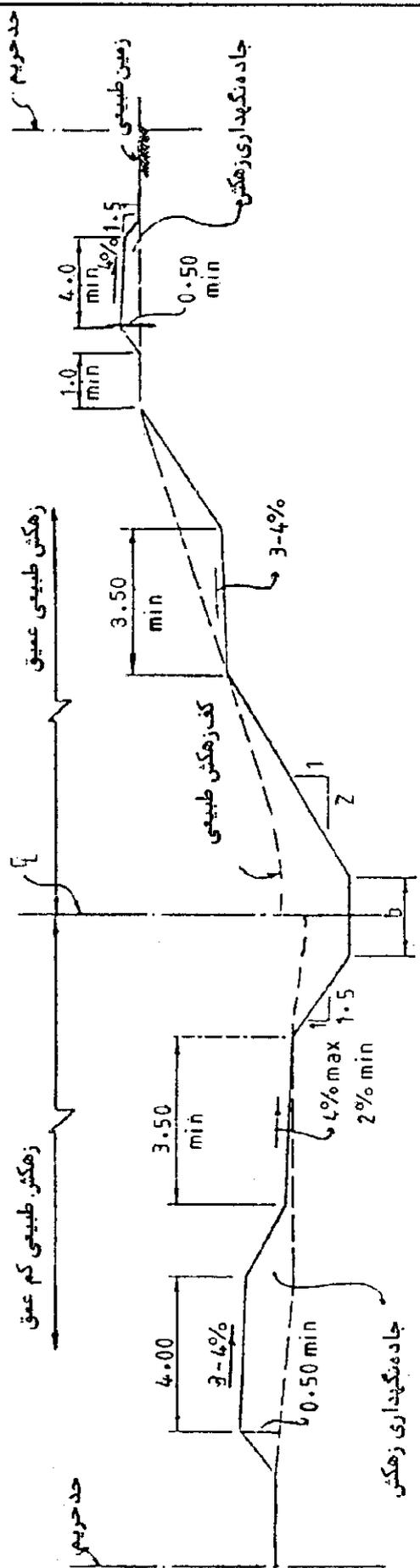
مقطع تیب ۱- الف



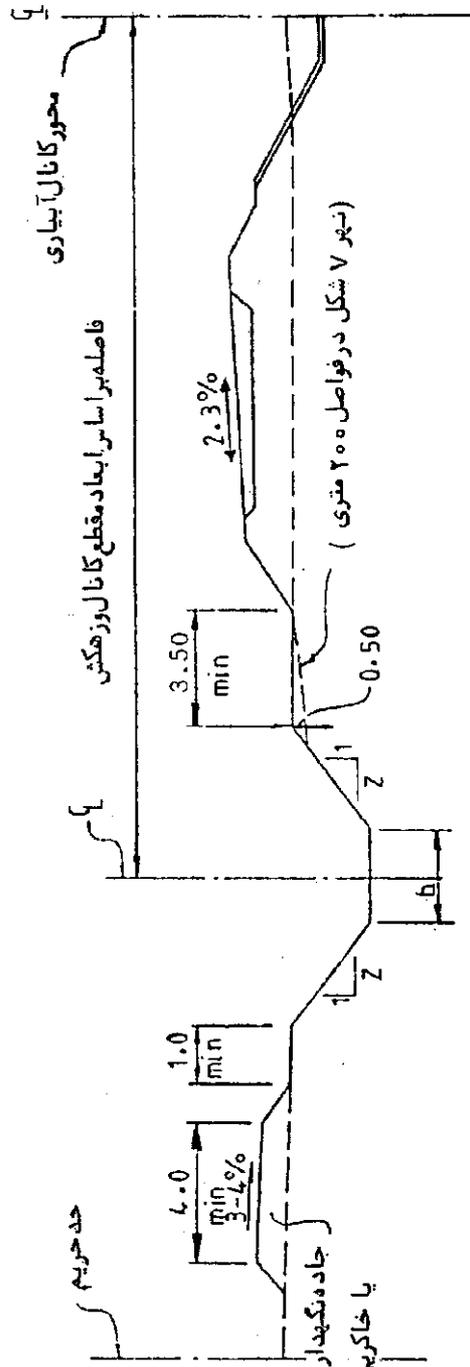
مقطع تیب ۱- ب

مقاطع تیب زهکشهای درجه ۱-۲

شکل شماره ۱-۲

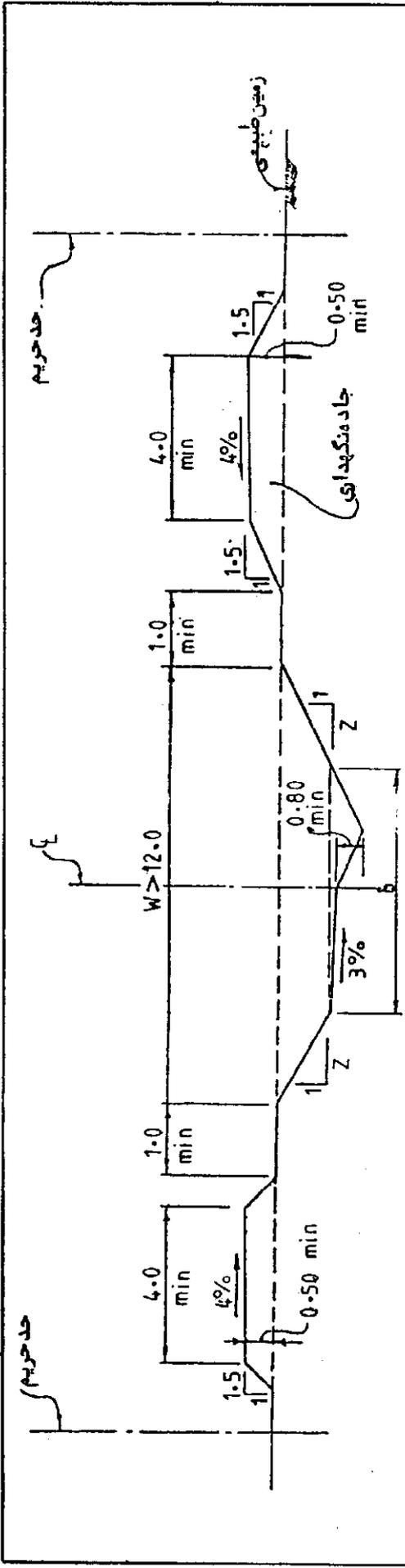


شکل شماره ۲-۲ مقطع تیپ II

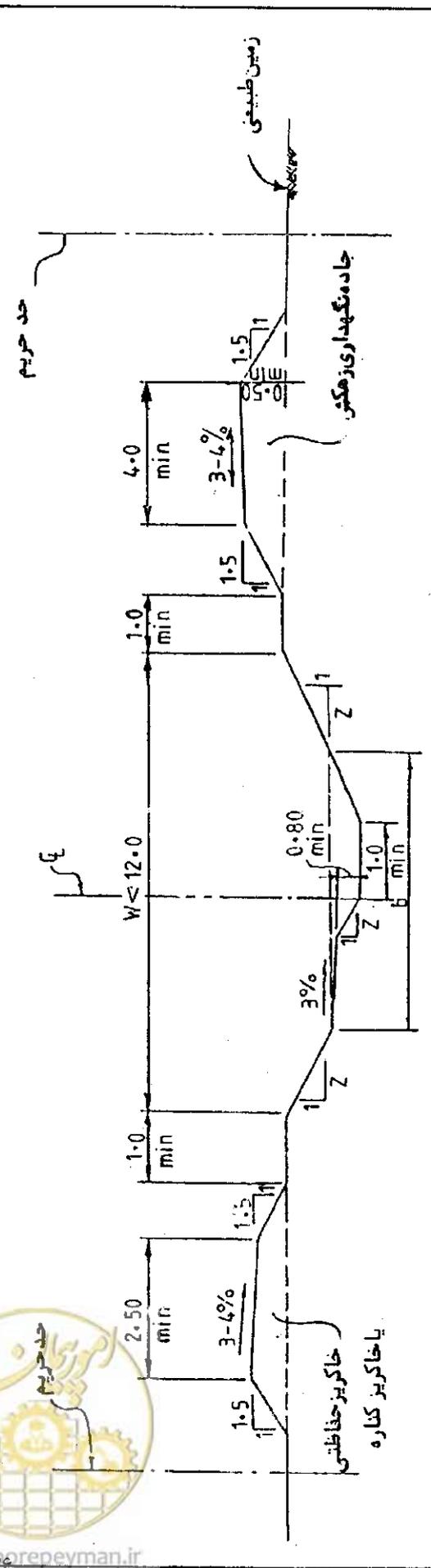


شکل شماره ۳-۲ مقطع تیپ III

* حداقل برابر است با ۱.۵ و بر حسب مشخصات خاک مسیز زهکش ممکن است ۲ تا ۳ 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

مقاطع تیپ زمکشهای درجه اول

۴-۲ شیب کف زهکش

معمولاً در طراحی زهکشها، جریان به صورت یکنواخت در نظر گرفته می شود و لذا کف زهکش موازی با شیب خط هیدرولیکی فرض می شود 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 زهکشهای کوچکتر به آن تغییر محدودی کند که اثر آنها قابل توجه نباشد، جریان به صورت یکنواخت فرض می شود. بدیهی است در قسمتهایی از مسیر زهکش نظیر: بالادست کالورتها و یا در مواردی که لازم است محاسبات برگشت آب^۱ برای تعیین پروفیل سطح آب در زهکش انجام گیرد، خط کف کانال موازی شیب خط هیدرولیکی نخواهد بود. با توجه به نکات فوق موارد زیر در طراحی کف زهکش باید مد نظر قرار گیرد:

در مواقعی که زهکشهای زیرزمینی به زهکش سطحی تخلیه می شود، کف زهکش باید به اندازه کافی عمیق در نظر گرفته شود، به نحوی که کف زهکشهای زیرزمینی ورودی در بالاتر از سطح آب، متناظر با جریان نرمال^۲ قرار گیرد (مجموع دبی هرزابهای آبیاری و زهابهای ورودی در دوره پیک). در هر حال رقوم کف زهکشهای زیرزمینی وارد شده به آن، حداقل باید ۰/۳ و ترجیحاً ۰/۵ متر بالاتر از کف زهکش سطحی باشد. چون طراحی مقطع زهکش با این فرض انجام می گیرد که رقوم کف زهکش در طول زمان ثابت مانده و در اثر بهره برداری، 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 اتصالاتها و تقاطعها، باید عمق و یا عرض زهکش را افزایش داد و از تغییر ناگهانی در شیب کف به منظور جلوگیری از فرسایش احتراز نمود. در مواردی که زمینهای قابل فرسایش نظیر لس^۳ در قسمتهایی از مسیر زهکش وجود دارد، برای پایداری شیب کف باید از ساختمان کنترل شیب استفاده نمود.

۵-۲ شیب خط هیدرولیکی^۴

شیب خط هیدرولیکی در زهکش روباز پس از تعیین مسیر و نقاط کنترل^۵ 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 را که از طریق کانالهای زهکشی به زهکشهای بالاتر تخلیه می شوند، تامین نماید. برای طراحی شیب خط هیدرولیکی (خط پروژه) زهکش باید علاوه 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 و رقوم لازم برای آنها در روی شیب خط هیدرولیکی به عنوان نقاط کنترل تعیین شود .

نهایتاً " شیب خط هیدرولیکی با در نظر گرفتن موارد زیر :

- پروفیل سطح زمین طبیعی
 - رقومهای کنترل به دست آمده از عملیات نقشه برداری اراضی محدوده پروژه
 - نقاط کنترل در مسیر نظیر: آبروها^۱، پلها و مستحذات موجود
- و با به هم پیوستن نقاط کنترل مهم رسم می شود .

لازم به یادآوری است که شیب خط هیدرولیکی غالباً 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 بستگی دارد .

بدیهی است زمینهایی که منافع حاصله از عملیات زهکشی آنها سرمایه گذاریهای انجام شده را برگشت نمی دهند ، می توانند پایین تر 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^۲ مورد توجه خاص قرار گیرد ، زیرا به هر میزان که رقوم خروجی هر زهکش در ارتفاع کمتری باشد، می تواند 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 .

۶-۲ حداقل و حداکثر سرعت در زهکشها

۱-۶-۲ 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) با توجه به تجربیات و اطلاعات جمع آوری شده از سوی محققان متعدد مشخص شده است .

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



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 با عمق 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 می یابد 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. می توان 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 بر اینکه 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 با در نظر 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 مواد معلق 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 ۱-۲ و ۲-۲ مورد توجه قرار گیرد.

۲-۶-۲ حداقل سرعت

در تعیین سرعت جریان مقاطع زهکشها باید سعی شود که حداقل سرعت از حدود سرعت‌های غیررسوبگذار^۱ 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 و نوع مصالح بدنه زهکش از ذرات ریزدانه غیرچسبیده باشد و سرعت مجاز آن از میزان سرعت غیررسوبگذار فوق الذکر کمتر شود، باید تمهیداتی برای بالابردن پایداری بدنه کانال انجام پذیرد.



جدول شماره ۱-۲ سرعت مجاز برای زهکشهای روباز

سرعت مجاز (متر بر ثانیه)		قطر D۲۵ مصالح کانال (میلیمتر)	نوع مصالح	
جریان همراه با مواد معلق	آب صاف			
۰/۴۰	۰/۱۰	۰/۰۱	ذرات ریزدانه	
۰/۳۵	۰/۱۵	۰/۰۵	ماسه	
۰/۳۷	۰/۱۷	۰/۰۷		
۰/۴۰	۰/۲۰	۰/۱۰		
۰/۵۵	۰/۳۰	۰/۲۵		
۰/۶۵	۰/۴۰	۰/۵۰		
۰/۸۰	۰/۴۵	۱		
۱/۰۵	۰/۶۵	۲/۵		
۱/۲۵	۰/۸۰	۵		
۱/۴۰	۰/۹۰	۲/۵۰		شن
۱/۶۰	۱	۱۰		
۱/۸۰	۱/۲۰	۱۵		
۱/۹۵	۱/۳۰	۲۰		
۲/۱۰	۱/۴۵	۲۵		
۲/۳۵	۱/۷۰	۳۷/۵		
۲/۵۵	۱/۹۰	۵۰		
۲/۸۵	۲/۲۵	۷۵		
۳/۲۰	۲/۵۵	۱۰۰		
۳/۶۰	۳/۱۵	۱۵۰		
۴	۳/۷۵	۲۰۰	قلوه سنگ	



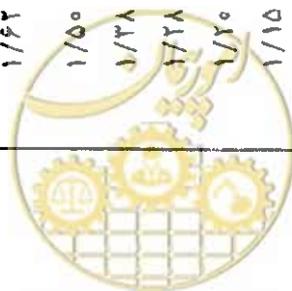
جدول شماره ۲-۲ سرعت مجاز در زهکشهای روباز با مصالح دارای درجات مختلف چسبندگی

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

* ستون ۱ جدول ۱-۲ سرعت مجاز جریانهایی را که قطر ذرات بار کف همراه با جریان از DY۵ مصالح تشکیل دهنده جسم کانال بزرگتر است و ستون ۲ سرعت مجاز جریانهایی را که اندازه بار کف از DY۵ ذرات مصالح تشکیل دهنده جسم کانال کوچکتر باشد بدست می‌دهد.

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

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



مثالهای شماره ۱-۲ 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 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 طبیعتاً 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 نظر گرفتن دبی طراحی و دبیهای با احتمال وقوع مختلف

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



۷-۲ تنش ناشی از نیروهای فرساینده^۱

جریان آب در کانالهای خاکی نیروهایی را بر روی 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 می کنند و همراه با جریان آب حرکت می دهند . حفره هایی که باکنده شدن ذرات خاک در بدنه کانال ایجاد می شود، بتدریج توسعه می یابد و موجب ریزش قسمتی از بدنه خواهد شد. این پدیده به نام آبستگي^۲ یا فرسایش^۳ نامیده می شود و نیرویی را که موجب ایجاد آن می گردد نیروی برکننده^۴ می نامند .

نیروی برکننده طبق رابطه دوپوا^۵ به صورت $T = \gamma R \cdot S$ نشان داده می شود . این رابطه را در مواقعی که عرض کف کانال در مقابل عمق جریان آب خیلی زیاد باشد، می توان 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 به صورت تنش برشی ، موجب فرسایش بدنه کانال نمی شود 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 و حرکت ذرات خاک ، حد مجاز نیروی برکننده در این قسمت از حد مجاز نیروی برکننده در کف کانال کمتر است .

یادآوری می گردد که پس از محاسبه نیروی برکننده و کنترل 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^۶ واقعی و حد مجاز نیروی برکننده^۷ به شرح زیر است:

1 - Shear Stress

2- Scouring

3- Erosion

4- Tractive Force

5- Du Bois

6- Actual Tractive Force

7- Allowable Tractive Force



۱-۷-۲ نیروی برکننده

۱-۱-۷-۲ خاکهای غیر چسبنده دانه درشت

در این خاکها d_{v5} منحنی دانه بندی ذرات تشکیل دهنده آن بین $۱۲۵ - ۶/۳$ میلیمتر تغییر می کند، نیروی برکننده را می توان با استفاده از روابط زیر محاسبه کرد:

$$T = \gamma d \cdot s_t, \quad s_t = S \left(\frac{n_t}{n} \right)^2, \quad n_t = \frac{(d_{v5})^{1/6}}{66/77}$$

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 و خم مسیر و دیگر عوامل موثر را در برمی گیرد و S شیب هیدرولیکی جریان است. بدیهی است در مواقعی 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.

۲-۱-۷-۲ خاکهای ریزدانه با ذرات چسبنده

استفاده از روش فوق الذکر برای این نوع کانالها، رقم بالاتری نسبت به نیروی برکننده واقعی به دست می دهد. مع هذا به منظور یکنواختی در محاسبه نیروی برکننده در خاکهای مختلف محاسبه نیروی برکننده در این 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 به دست آمده از روش فوق و نیروی برکننده وارد شده بر کف یا شیب جانبی بدنه کانال را مشخص می کند.

حداکثر نیروی برکننده در کانالهای با مقطع دوزنقه ای در قسمت شیروانی داخلی قوس و نزدیک انتهای آن به وجود می آید.

جداول شماره ۲-۷ و ۲-۸ مقادیر نیروی برکننده را به ترتیب برای داخل قوسها و در فاصله ای پایین تر از آن به دست می دهد.

لازم به تذکر است که این جداول بر مبنای 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

۱-۲-۷-۲ خاکهای غیرچسبنده درشت دانه (میلیمتر $125 < d_{v5} < 6/3$ میلیمتر)

برای تعیین مقدار مجاز نیروی برکننده (نیروی که بر اثر آن ذرات خاک شروع به جابجایی و حرکت می‌کنند) لین^۱ در شرایطی که مصالح کانال از نوع غیر چسبنده دانه درشت و میلیمتر $125 < d_{v5} < 6/3$ میلیمتر باشد، روابط تجربی زیر را پیشنهاد کرده است .

$$T_{Lb} = 0.0786 d_{v5} \quad T_{Ls} = 0.0786 K \times d_{v5}$$

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 :

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

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 .

۲-۲-۷-۲ خاکهای ریزدانه چسبنده و غیرچسبنده ($d_{v5} < 6/3$)

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

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

در این جدول نیروی برکننده، بر مبنای d_{50} 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 مواد معلق بوده و ردیف ۳ مربوط به شرایطی است که جریان آب کانال بیش از ۲ درصد (PPM ۲۰۰۰۰)

مواد معلق ریزدانه را با خود حمل می نماید .

علاوه بر روشهای ذکر شده در بالا، جدول شماره ۲-۵ که " فورتیه واسکوبی ^۱ 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
ماسه ریزدانه ، لوم ماسه دار	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



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

$\frac{T_{st}-T_s}{T_{sc}-T_s}$	و یا	$\frac{T_{bt}-T_b}{T_{bc}-t_b}$	L_c/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 ۲-۷ نیروی برکننده حداکثر وارد شده بر کف یا شیب بدنه نه‌ر در داخل قوس

$\frac{T_{bc}}{T_b}$	و یا	$\frac{T_{sc}}{T_s}$	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 ۲-۹ زاویه رانش (ϕ_R) مصالح غیر چسبنده تشکیل دهنده بدنه کانال خاکی

ذرات بیه میلیمتر	تیز گوشه زیاد	تیز گوشه متوسط	تیز گوشه کم	گرد گوشه کم	گرد گوشه متوسط	گرد گوشه زیاد
۵	۲۲° ۱۵'	۲۹° ۱۵'	۲۶° ۳۵'	۲۴°	۲۱° ۲۵'	۱۸° ۳۰'
۷/۵	۲۲° 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 بد نیروی برکننده کف $K = \frac{TL_s}{TL_b}$

ϕ_R	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

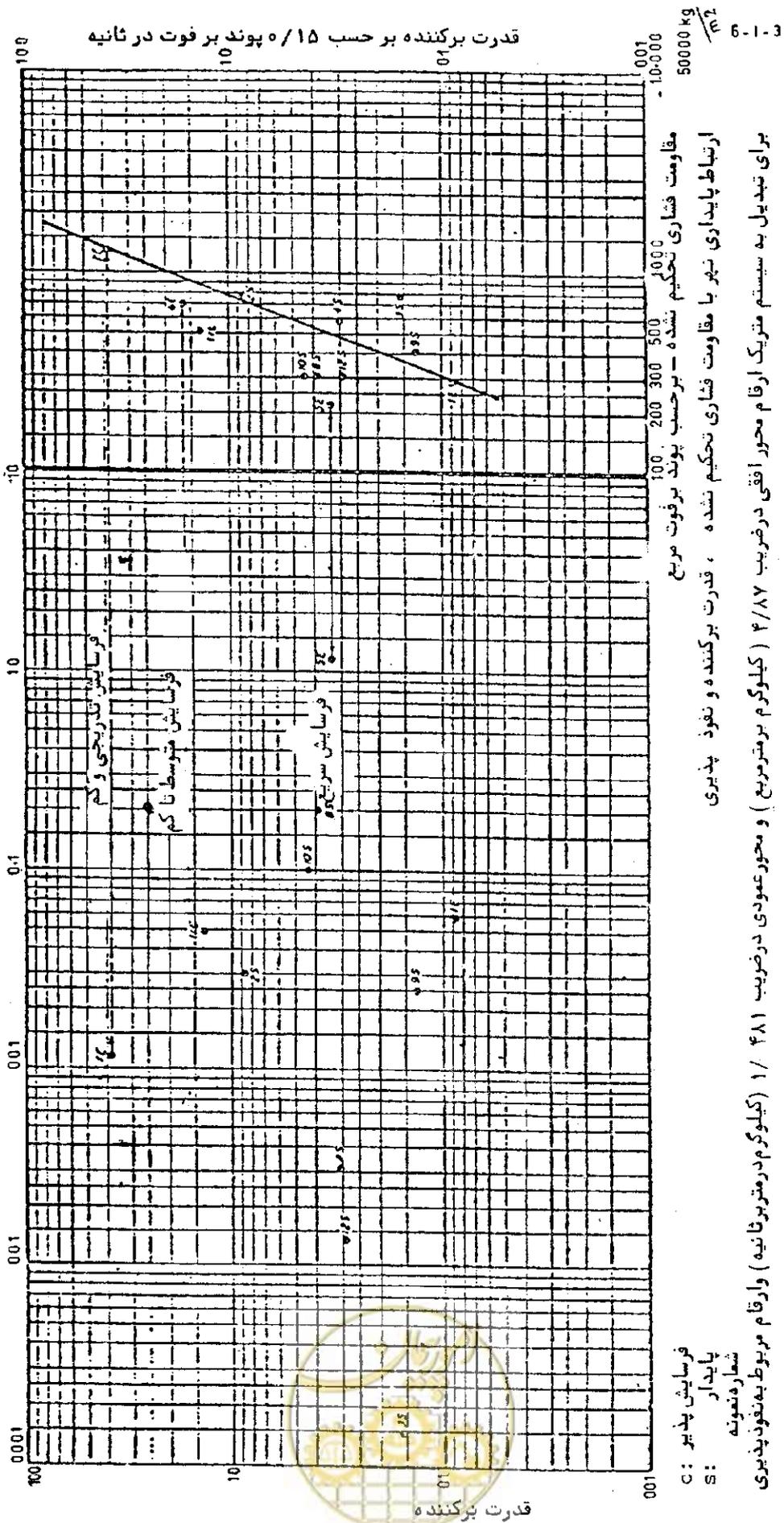
جدول شماره ۲-۱۱ نیروی برکننده مجاز برای مصالح غیرچسبنده‌ای که $d_{۷۵}$ ذرات آن کوچکتر

متوسط قطر ذرات ($d_{۵۰}$) به میلیمتر از ۶/۳ میلیمتر باشد.											نسوع جریان
۵/۰۰	۴/۰۰	۳/۰۰	۲/۰۰	۱/۰۰	۰/۷۰	۰/۵۰	۰/۴۰	۰/۳۰	۰/۲۰	۰/۱۰	
۰/۷۰	۰/۵۵	۰/۴۲	۰/۳۰	۰/۱۹۵	۰/۱۷	۰/۱۵۵	۰/۱۴	۰/۱۲۷	۰/۱۳	۰/۱۲۵	آب صاف
۰/۸۳	۰/۶۵	۰/۵۲	۰/۴۰	۰/۳۱	۰/۲۹	۰/۲۷۵	۰/۲۷	۰/۲۶۵	۰/۲۶	۰/۲۵	رسوب ریزدانه به مقدار کم
۰/۹۳	۰/۸۰	۰/۶۵	۰/۵۵	۰/۴۵	۰/۴۲	۰/۴۱	۰/۴۰	۰/۳۹۵	۰/۳۹	۰/۳۷۵	رسوب ریزدانه به مقدار زیاد



نمودار شماره ۲-۱ نیروهای برگکننده مجاز خاکهای ریزدانه

ضریب نفوذپذیری برحسب فوت در ۲۴ ساعت



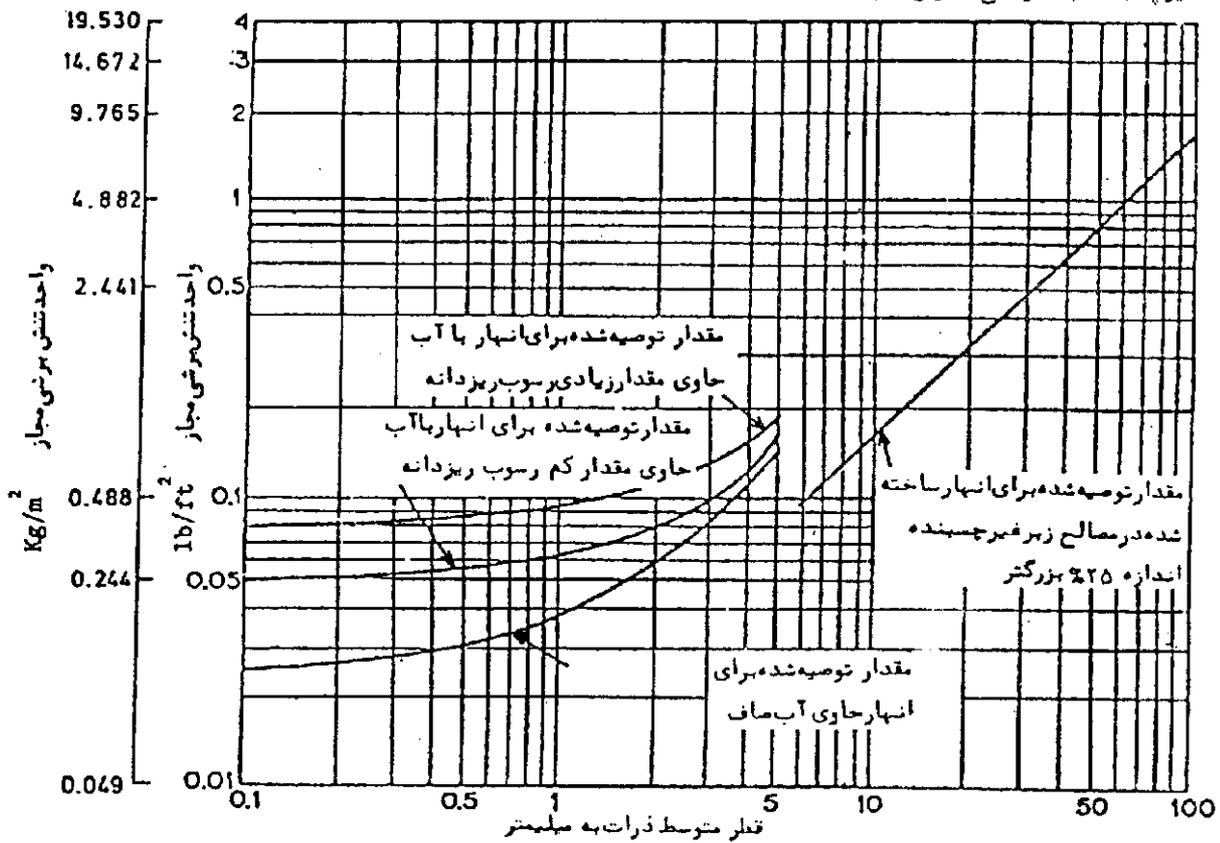
جدول شماره ۲-۱۲ مقادیر حداکثر سرعت و نیروی برکننده مجاز متناظر با آن (تهیه کننده: ات چوری)

نیروی برکننده کیلوگرم بر مترمربع	سرعت متر بر ثانیه	مورد n استفاده در فرمول مانینگ	نوع مصالح
۰/۰۳-۰/۰۵۵	۰/۲۲۵-۰/۳۰	۰/۰۲۰	ماسه خیلی سبک با خاصیت روانگرایی
۰/۰۵۵-۰/۱۲۵	۰/۳۰-۰/۴۵	۰/۰۲۰	ماسه خیلی سبک غیر متراکم
۰/۱۲۵-۰/۲۲	۰/۴۵-۰/۶۰	۰/۰۲۰	خاک ماسه‌ای سبک یا ماسه درشت دانه
۰/۲۲-۰/۳۵	۰/۶۰-۰/۷۵	۰/۰۲۰	خاک ماسه‌ای متوسط
۰/۳۵-۰/۴۲	۰/۷۵-۰/۸۳	۰/۰۲۰	خاک لومی ماسه‌ای
۰/۴۲-۰/۵۰	۰/۸۳-۰/۹۰	۰/۰۲۰	خاک آبرفتی، لوم متوسط و خاک خاکستر آتشفشانی
۰/۵۰-۰/۷۸	۰/۹۰-۱/۱۲۵	۰/۰۲۰	لوم رس دار، لوم متراکم
۱/۴۰-۲/۱۵	۱/۲۵-۱/۵۰	۰/۰۲۵	خاک شنی معمولی، خاک رس سخت
۳/۱۰-۴/۵۰	۱/۵۰-۱/۸۰	۰/۰۳۰	قلوه سنگ، شن درشت دانه و سنگهای پلاکی
۳/۱۰-۵/۵۲	۱/۸۰-۲/۴۰	۰/۰۲۵	کنگنومرا، شن سیمانته شده، ورقه‌های نرم و سنگهای رسوبی نرم

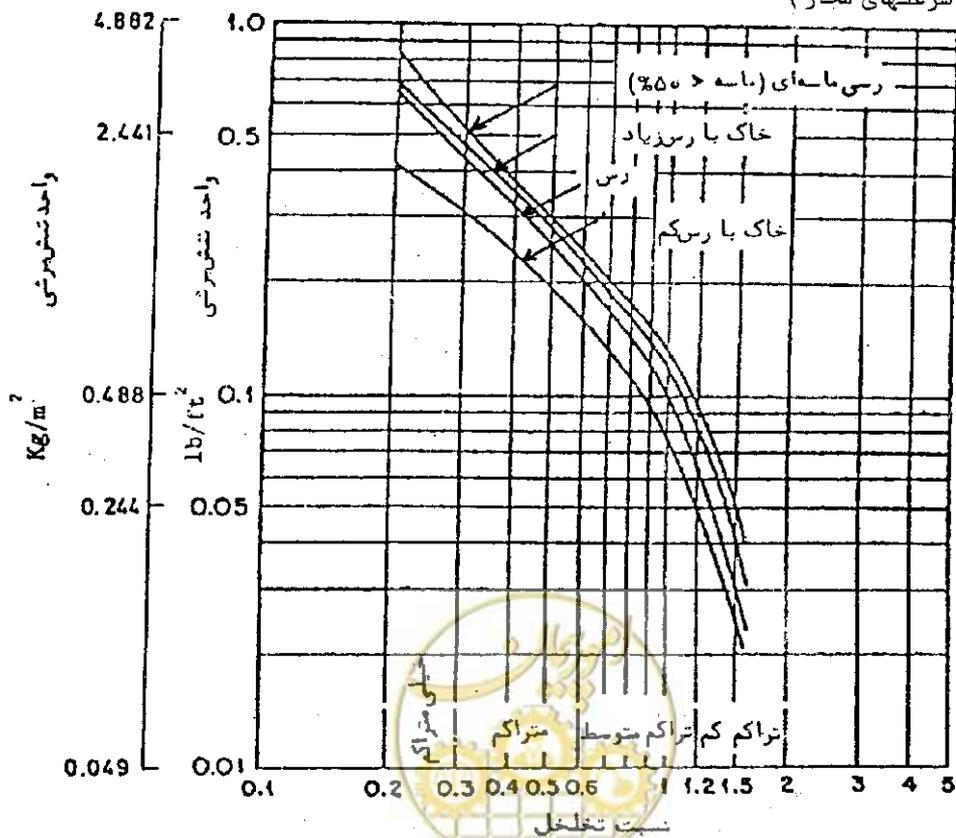
جدول شماره ۲-۱۳ مقدار حداکثر سرعت مجاز توصیه شده از سوی فوریتیه و اسکوبی و همچنین مقادیر مشابه واحد نیروی برشی که آن را دفتر فنی عمران آمریکا تبدیل کرده است.
(برای کانالهای مستقیم با شیب کم، بعد از فرسایش)

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

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



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



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

از آنجا که مطالب و اطلاعات زیادی در ارتباط با نیروی برکننده مجاز خاکهای ریزدانه انتشار نیافته است، نمودار شماره ۱-۲ می تواند راهنمای مفیدی، برای ارزیابی پایداری کانالها بر مبنای مشخصه های مقاومت برشی^۱ نمونه دست نخورده خاکهای چسبنده در شرایط مرطوب باشد.

نمودار مذکور ارتباط بین خستگی فشار مجاز خاک و قدرت برکننده آن در کانالهای موجود را نشان می دهد که قدرت برکننده^۲ معادل حاصلضرب نیروی برکننده در متوسط جریان کانال است.

لازم به یادآوری است که این نمودار بر اساس تعداد محدودی نمونه و دوره کوتاهی از بررسیها شده است، 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 در سمت چپ نمودار شماره ۱-۲ تاثیر نفوذپذیری کم بر مقاومت در مقابل فرسایش، یا بالعکس فقدان مقاومت در قبال فرسایش در بعضی خاکهای دیگر را نشان می دهد.

در مثال شماره ۲-۳ پیوست در صورتی که جنس مصالح کانال، رس سیلتی با مشخصات $DV_5=0/20$ میلیمتر و $PI=24$ و مقاومت فشاری حاصل از نمونه دست نخورده تحکیم نشده^۳ برابر ۱۸۰۰ کیلوگرم بر مترمربع و در حالت عبور دبی طراحی، سرعت جریان $1/62$ متر بر ثانیه باشد، قدرت برکننده در کف و بدنه کانال برابر:

$$T_b \times V = \text{کیلوگرم بر متر ثانیه } 0/92 = 1/62 \text{ متر بر ثانیه} \times 0/57 \text{ کیلوگرم بر متر مربع}$$

$$T_s \times V = \text{کیلوگرم بر متر ثانیه } 0/73 = 1/62 \text{ متر بر ثانیه} \times 0/45 \text{ کیلوگرم بر متر مربع}$$

خواهد بود.

با انتقال مقادیر قدرت برکننده و نیروی مقاومت خاک بر روی نمودار شماره ۱-۲ ملاحظه می شود که نقاط معرف پایداری کف و شیب بدنه کانال در سمت چپ خط شاخص قرار می گیرد، لذا پایداری آنها در مقابل 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 از چوری، فورتیه - اسکوبی و کارشناسان شوروی سابق نیز تهیه کرده اند 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 در دست اقدام در موسساتی نظیر U.S.B.R برای تدقیق اطلاعات مربوط به تعیین نیروی مجاز برکننده در خاکهای چسبنده کامل نشده و به صورت مدون در نیامده است، 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 داده شده $T = \gamma dS$) 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 در مصالح چسبنده^۱

تراکم بستر				
طبقبندی توصیفی	غیرمتراکم	نسبتاً " متراکم	متراکم	خیلی متراکم
نسبت در صد فضای خالی	۲/۰-۱/۲۰	۱/۲۰-۰/۶۰	۰/۶۰-۰/۳۰	۰/۳۰-۰/۲۰

حدود متوسط سرعت - متر بر ثانیه

حدود مجاز نیروی برکننده - کیلوگرم بر مترمربع

عامل اصلی چسبندگی مصالح بستر	متر بر ثانیه	کیلوگرم بر مترمربع						
رسهای ماسه دار (مقدار ماسه کمتر از 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	۱/۶۲	۲/۸۰
خاکهای رسی	۰/۳۵	۰/۱۲	۰/۸۰	۰/۶۰	۱/۲۰	۱/۴۰	۱/۶۲	۲/۶۲
خاکهای رسی سبک	۰/۳۲	۰/۱۰	۰/۷۰	۰/۵۰	۱/۰۵	۱/۰۵	۱/۳۳	۱/۷۵

۹-۲ ارتفاع آزاد در زهکشهای روباز

ارتفاع آزاد در مقطع زهکشها معمولاً " 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 عموماً با توجه به شیب طولی و لزوم تخلیه ثقلی زهکشهای ورودی تدریجاً افزایش می یابد و این امر عملاً موجب می گردد تا فاصله زمین طبیعی از سطح آب در زهکش بیش از ارتفاع آزاد مورد نیاز شود. مع الوصف حداقل ارتفاع آزاد در مقطع زهکشا باید به 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 سرریز شدن 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 مورد نیاز برای تخلیه زهکشهای زیرزمینی با رعایت موارد فوق تعیین می گردد .

یادآوری می کند که مصالح حاصل از خاکبرداری زهکشها را می 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 بر آنکه اجرای این عمل ، شرایط غیرمطلوبی در ارتباط با حریم زهکش ، مسائل نگهداری و غیره به وجود نیاورد و همچنین از کاربرد خاکریزهای مرتفع بخصوص در دامنه به لحاظ خطر لغزش خاکریز اجتناب گردد .

۲-۱۰-۱ سکو و خاکریز کناره^۱

۲-۱۰-۱ سکو

سکو درمقاطع عرضی زهکشها به منظورهای زیر در نظر گرفته می شود :

- ۱- جلوگیری از ریزش دیواره های جانبی بر اثر فشار وارد شده از طرف خاکهای دیپوشده و یا خاکریز حفاظتی^۲ نزدیک لبه دیواره
- ۲- ایجاد فضای لازم برای عبور و مرور تجهیزات نگهداری
- ۳- عدم نیاز به جابه جایی خاکریز کناره در عملیات بهره برداری آینده
- ۴- ممانعت از شستشوی مواد خاکبرداری شده و ریزش آنها به داخل زهکشها

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

در حالتی که مواد حاصل از خاکبرداری مقطع زهکش به صورت خاکریز کناره در کنار زهکش ریخته شود ، سکو باید بین لبه مقطع زهکش و پای خاکریز کناره پیش بینی گردد .



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

- عرض فوقانی زهکش در سطح زمین بیشتر از ده متر باشد .

- خاکبرداری قابل ملاحظه ای در طول مسیر زهکش وجود داشته باشد .

در کف زهکشهای بزرگ، برحسب مورد می توان مقطعی مثلثی و یا ذوزنقه ای شکل به منظور تخلیه جریانهای حداقل^۱ (به طور مثال تخلیه جریان آب مازاد آبیاری مزارع) در نظر گرفت . این مقاطع در وسط و یا در یک طرف کف زهکش اجرا می شود . پیش بینی این چنین مقاطع مرکب برای زهکشهای بزرگ ، سبب جلوگیری از خیس شدن همه کف زهکش در حالت عبور جریانهای حداقل می شود و در نتیجه رشد علفها کاهش می یابد و در ضمن عبور و مرور ماشین آلات و عملیات نگهداری با سهولت بیشتر صورت می گیرد.

۲-۱۰-۲ خاکریز کناره^۲

بهترین استفاده از مواد حاصل از خاکبرداری زهکش و فاصله پخش آنها با توجه به نوع خاک ، نحوه استفاده از اراضی^۳ اطراف ، نیاز به جاده سرویس و بالاخره روش نگهداری مورد نظر تعیین می شود . در بعضی محلها این مصالح با شکل دادن مناسب می تواند در جاده های مزارع مورد استفاده قرار گیرند . در تمامی موارد محل عبور بر روی سکو یا بر روی مصالح پخش شده متناسب با نوع تجهیزات و ماشین آلات نگهداری و بهره برداری در نظر گرفته می شود ، درنواحی مرطوب سطح خاکریز کناره می تواند کشت شود و یا به صورت چمنزار و یا مرتع مورد استفاده قرار گیرد . خاکهای زائد با شیبی به طرف خارج مقطع زهکش طوری پخش می گردد که عبور و مرور ماشین آلات مزرعه بر روی آن ممکن باشد .

خاکهای زائد در مواردی که حاصلخیز نباشد و یا از سنگ و شن تشکیل شده باشد، یا به لحاظ مسائل زراعتی امکان زراعت بر روی آنها ممکن نباشد، پخش نخواهد شد .

همچنین در مواردی که این خاکها با چوب و خاشاک همراه باشند شد، پخش نخواهند شد. در چنین حالاتی، خاکهای زائد در نوار محدودی بامنظور نمودن سکویی در کنار مقطع به طور ممتد در مجاورت مقطع عرضی زهکش دپو می شود و شیب جانبی این خاکریزها ، حداکثر شیب مناسب در نظر گرفته خواهد شد . ضمناً در کلیه موارد لازم است که امکان ورود روانابهای حاصل از سطح خاکریزهای کناره به داخل زهکش به طور مطمئن تامین شود .

به طور کلی مواد حاصل از خاکبرداری زهکشها به صورتی که باعث اصلاح وضع ظاهری و زیبایی محل بشود، مورد مصرف قرار خواهد گرفت . در مناطقی که خاک و شرایط آب و هوایی مساعد است ، کشت علف و نباتات مرتعی بر روی سکوها ، محل‌های عبور و مرور و محل دپو خاکهای زائد اقدام مناسبی خواهد بود .

1- Low Flow

2- Spoil Bank

3- Land Use

۱۱-۲ افت انرژی در مسیر

افت انرژی در زهکشها نیز نظیر: کانالهای آبیاری شامل: افت انرژی در مسیر (افت اصطکاکی) و افت انرژی موضعی در محل سازه های هیدرولیکی است. افت اصطکاکی در مسیر از فرمول مانینگ محاسبه می شود و مقدار آن برابر n می یابد و چون مقطع کانالهای زهکشی روباز عموماً "خاکی و بدون پوشش است، انجام دادن به موقع عملیات 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 معین که از رشد نباتات در آن جلوگیری نشود و شعاع هیدرولیکی آن بین $1/2$ تا $0/75$ متر فرض گردد ($0/040$ تا $0/035$ = طراحی n) با فرض ثابت بودن سرعت، با استفاده از رابطه:

$$\frac{n_1^2}{n_2^2} = \frac{(0/10)^2}{(0/035)^2 \text{ یا } (0/040)^2}$$

ملاحظه می گردد 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 در نواحی 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. در این قبیل موارد می توان با اتخاذ تدابیر خاص در طراحی سازه ها نظیر: انتخاب نوع ساختمان تبدیل در محل های تغییر مقطع و یا تغییر نوع سازه ها مانند: کاربرد پل به جای آبرو امکان کاهش افت انرژی را فراهم نمود.



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 معمولاً قابل استفاده در تمام کامپیوترهاست ، به ترتیب در برنامه های شماره " الف ۱ " و " الف ۲ " ارائه شده است .

در این 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 می شود.

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

۲- روش محاسبه

به طور کلی حل عددی معادلات نسبتاً پیچیده از طریق روش نیوتون زمانی عملی است که گرفتن مشتق اول معادله مورد نظر 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 مورد نظر به صورت زیر باشد :

$$y = f(x)$$

1- Flow chart

3- Basic

5- Printer

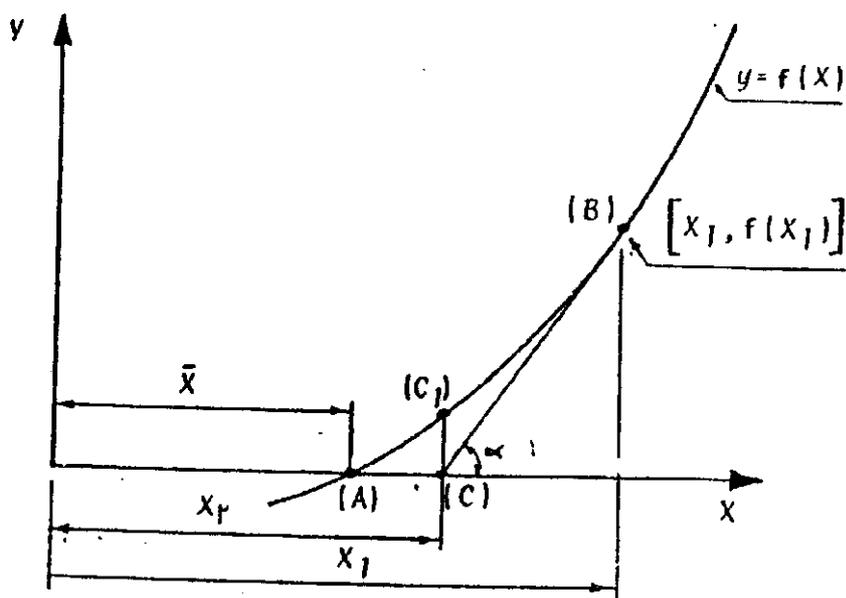


حال در تابع اصلی نقطه B به طول X_1 به نحوی فرض می شود که مماس بر منحنی در این نقطه محور X ها را در نقطه C به طول X_2 قطع کند (شکل زیر) . ضریب زاویه مماس بر منحنی در نقطه B عبارت است از :

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{0 - f(X_1)}{X_2 - X_1} = f'(X_1)$$

معادله بالا بر حسب مقدار X_2 به صورت زیر است :

$$X_2 = X_1 - \frac{f(X_1)}{f'(X_1)}$$



شکل ۱: حل معادله $y = f(x)$



با تعویض نقطه B به نقطه C۱ و تکرار محاسبات ، به نقطه A نزدیکتر می شویم . به طور کلی 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 دوزنقه ای و مستطیلی با روش نیوتون

به کار بردن روشی که در بالا توضیح داده شد ، برای حل رابطه مانینگ در کانالهای دوزنقه ای 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 :

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

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 برنامه های کامپیوتری در نمودار پیوست " الف -۱" تدوین شده و برنامه های کامپیوتری مورد استفاده به زبانهای فورترن و بیسیک که معمولاً قابل استفاده در همه کامپیوترهای کوچک است ، تحت برنامه های 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 دوزنقه‌ای 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 :

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

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

که در رابطه بالا :

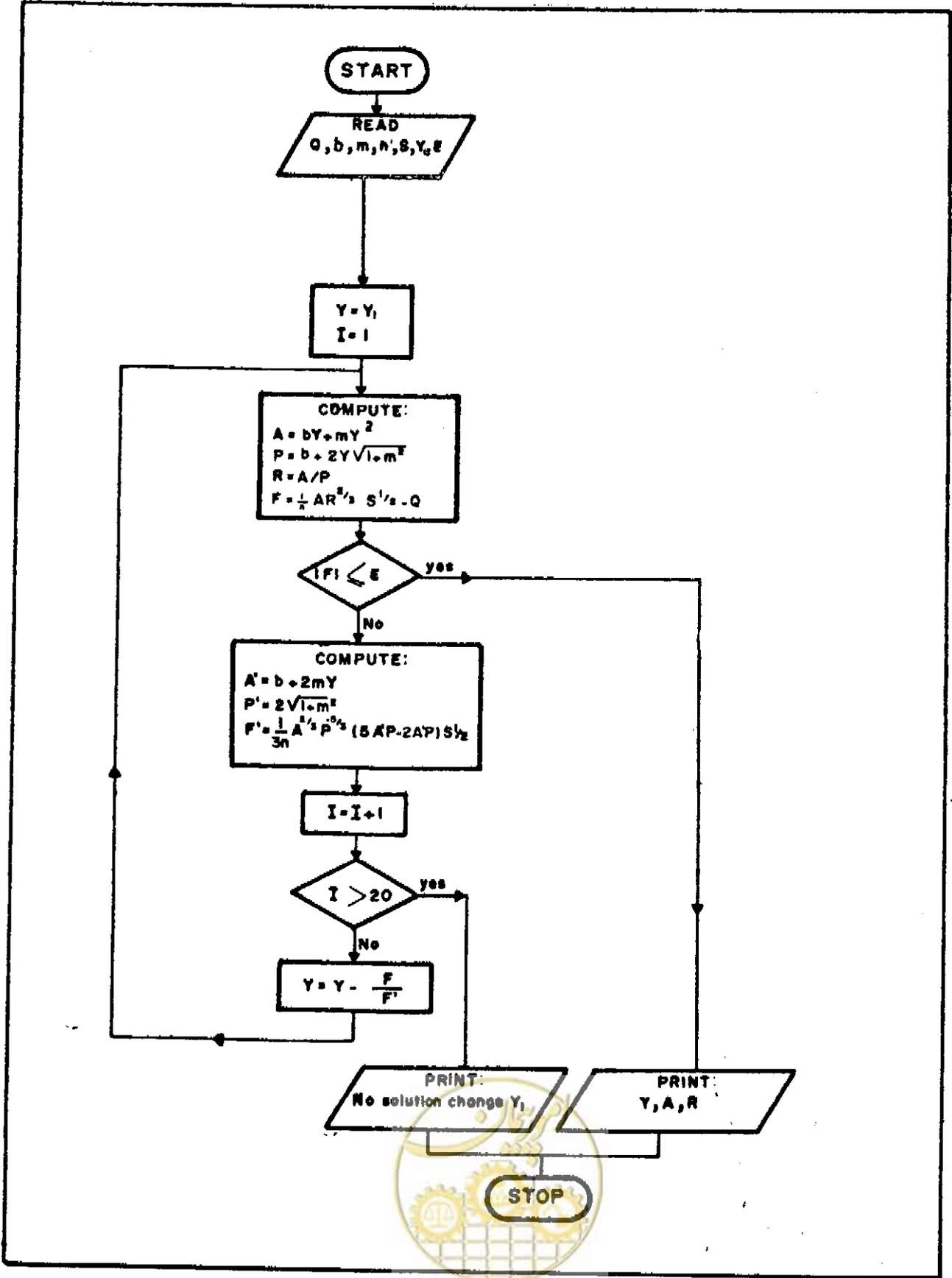
$$T = b + \gamma my$$

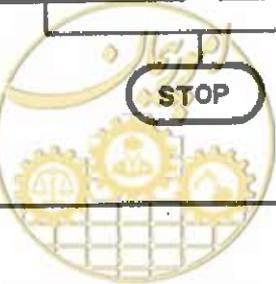
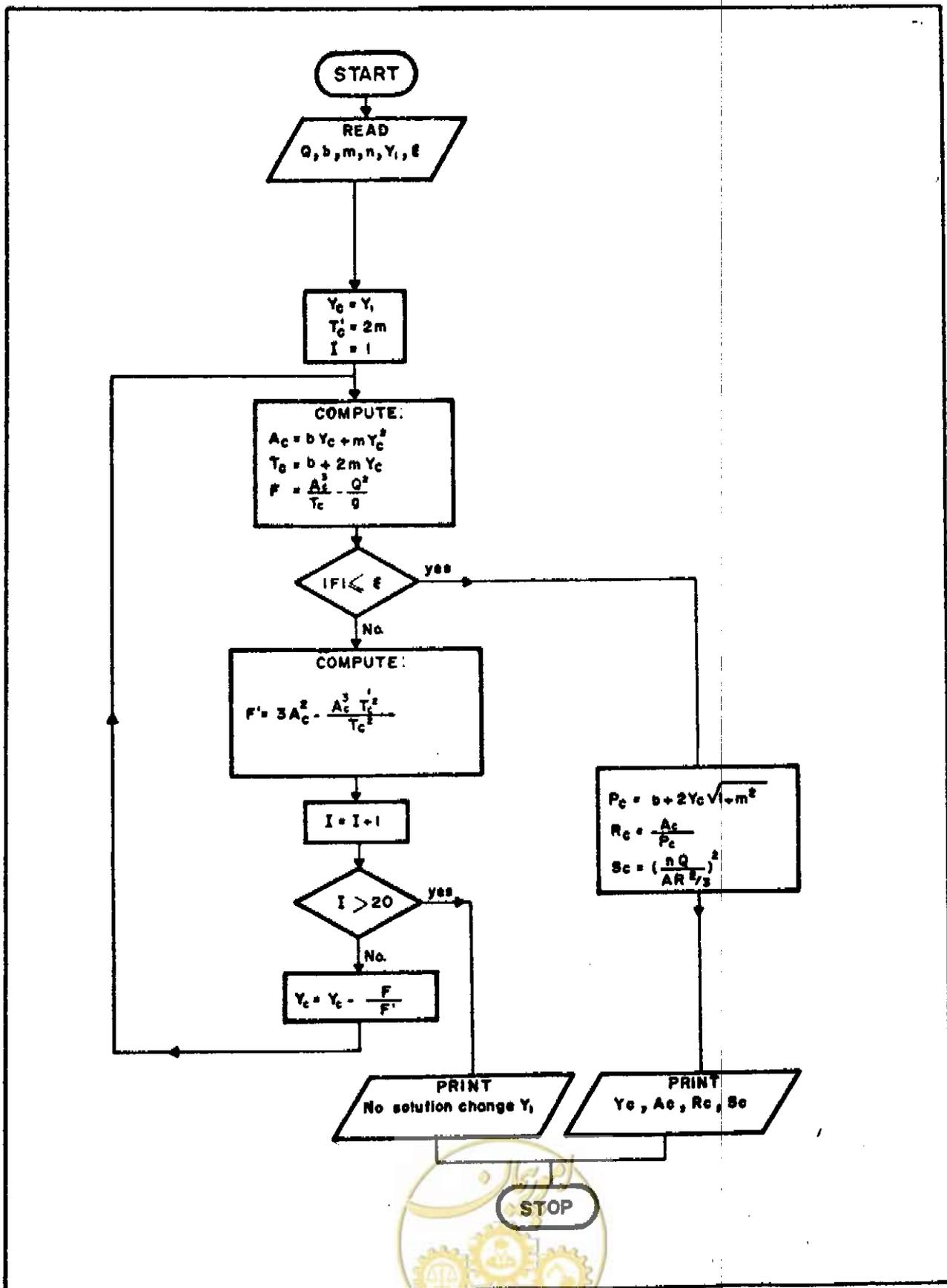
و:

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

نمودار محاسباتی عمق بحرانی با روش نیوتون در نمودار " الف - ۲ " تدوین شده است 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 .







```

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
FP=2.*SQRT(1.+M**2)
I=1
Y=B/2.+0.1
10 A=Y*(B+M*Y)
P=B+Y*FP
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*FP)*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....Bottom width in meters = B')
14 FORMAT('INPUT....Side slope = m')
15 FORMAT('INPUT....Manning coefficient = n')
16 FORMAT('INPUT....Bottom slope = S')
17 FORMAT(1H0///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(1H0,' UNSUCCESSFUL SOLUTION')
20 FORMAT(1H0///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 PROGRAM IS IN BASIC FOR DETERMINING THE NORMAL
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 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*F-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 دوزنقه‌ای با استفاده از روش نیوتون



omoorepeyman.ir

```

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....Bottom width in meters = B')
14 FORMAT('INPUT....Side slope = m')
15 FORMAT('INPUT....Manning coefficient = n')
16 FORMAT(1H0///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(1H0,' UNSUCCESSFUL SOLUTION')
19 FORMAT(1H0///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 دوزنقه‌ای 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 دوزنقه‌ای با استفاده از روش نیوتون



GIVEN DATA

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

حل مثال ۱- برای محاسبه عمق خرما
 با برنامه به زبان فورترن
 برنامه الف-۱

SOLUTION

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

GIVEN DATA

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

حل مثال ۱- برای محاسبه عمق خرما
 با برنامه به زبان پسیک
 برنامه الف-۲

SOLUTION

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

GIVEN DATA

Q = .800 Cubic meters/s
 B = .60 Meters
 M = 1.50
 N = .014

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

SOLUTION

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

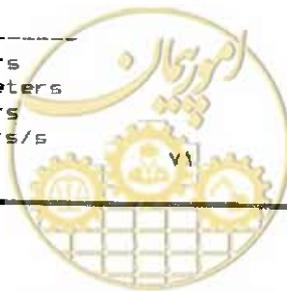
GIVEN DATA

Q = .8 Cubic Meters/s
 B = .6 Meters
 m = 1.5
 n = .014

حل مثال ۲- برای محاسبه عمق بحرانی
 با برنامه به زبان پسیک
 برنامه الف-۳

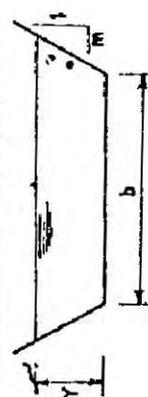
SOLUTION

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



ب - 1 جداول کمکی محاسبه عمق آب در کانال دوزنقه‌ای و مستطیلی شکل (محاسبه K_0)

Y/b	m				Y/b	m								
	0					1								
	0	1	1.5	2		0	1	1.5	2					
.100	.0191	.0214	.0221	.0228	.135	.0303	.0354	.0371	.0386	.170	.0429	.0522	.0554	.0583
.101	.0194	.0217	.0225	.0232	.136	.0306	.0358	.0375	.0391	.171	.0433	.0527	.0560	.0589
.102	.0197	.0221	.0229	.0236	.137	.0310	.0363	.0380	.0396	.172	.0437	.0532	.0565	.0595
.103	.0200	.0225	.0233	.0240	.138	.0313	.0367	.0385	.0402	.173	.0441	.0537	.0571	.0601
.104	.0203	.0228	.0237	.0244	.139	.0317	.0371	.0390	.0407	.174	.0444	.0543	.0577	.0608
.105	.0206	.0232	.0241	.0248	.140	.0320	.0376	.0395	.0412	.175	.0448	.0548	.0583	.0614
.106	.0209	.0236	.0245	.0253	.141	.0324	.0380	.0400	.0417	.176	.0452	.0553	.0589	.0620
.107	.0212	.0240	.0249	.0257	.142	.0327	.0385	.0405	.0422	.177	.0456	.0559	.0594	.0627
.108	.0215	.0243	.0253	.0261	.143	.0331	.0390	.0410	.0428	.178	.0460	.0564	.0600	.0633
.109	.0218	.0247	.0257	.0265	.144	.0334	.0394	.0415	.0433	.179	.0464	.0569	.0606	.0640
.110	.0221	.0251	.0261	.0269	.145	.0338	.0399	.0420	.0438	.180	.0467	.0575	.0612	.0646
.111	.0224	.0255	.0265	.0274	.146	.0341	.0403	.0425	.0444	.181	.0471	.0580	.0618	.0653
.112	.0227	.0259	.0269	.0278	.147	.0345	.0408	.0430	.0449	.182	.0475	.0586	.0624	.0659
.113	.0231	.0262	.0273	.0282	.148	.0348	.0413	.0435	.0455	.183	.0479	.0591	.0630	.0666
.114	.0234	.0266	.0277	.0287	.149	.0352	.0418	.0440	.0460	.184	.0483	.0597	.0636	.0672
.115	.0237	.0270	.0281	.0291	.150	.0356	.0422	.0445	.0466	.185	.0487	.0602	.0643	.0679
.116	.0240	.0274	.0286	.0296	.151	.0359	.0427	.0450	.0471	.186	.0491	.0608	.0649	.0686
.117	.0243	.0278	.0290	.0300	.152	.0363	.0432	.0456	.0477	.187	.0495	.0613	.0655	.0692
.118	.0246	.0282	.0294	.0305	.153	.0366	.0437	.0461	.0482	.188	.0499	.0619	.0661	.0699
.119	.0250	.0286	.0298	.0309	.154	.0370	.0441	.0466	.0488	.189	.0503	.0624	.0667	.0706
.120	.0253	.0290	.0303	.0314	.155	.0374	.0446	.0471	.0494	.190	.0507	.0630	.0674	.0713
.121	.0256	.0294	.0307	.0318	.156	.0377	.0451	.0477	.0499	.191	.0511	.0636	.0680	.0720
.122	.0259	.0298	.0311	.0323	.157	.0381	.0456	.0482	.0505	.192	.0515	.0641	.0686	.0727
.123	.0263	.0302	.0316	.0328	.158	.0385	.0461	.0488	.0511	.193	.0519	.0647	.0692	.0733
.124	.0266	.0307	.0320	.0332	.159	.0388	.0466	.0493	.0517	.194	.0522	.0653	.0699	.0740
.125	.0269	.0311	.0325	.0337	.160	.0392	.0471	.0498	.0523	.195	.0526	.0658	.0705	.0747
.126	.0273	.0315	.0329	.0342	.161	.0396	.0476	.0504	.0529	.196	.0530	.0664	.0712	.0754
.127	.0276	.0319	.0334	.0347	.162	.0399	.0481	.0509	.0534	.197	.0534	.0670	.0718	.0761
.128	.0279	.0323	.0338	.0352	.163	.0403	.0486	.0515	.0540	.198	.0538	.0676	.0724	.0768
.129	.0283	.0328	.0343	.0356	.164	.0407	.0491	.0520	.0546	.199	.0543	.0682	.0731	.0776
.130	.0286	.0332	.0347	.0361	.165	.0410	.0496	.0526	.0552	.200	.0547	.0687	.0737	.0783
.131	.0289	.0336	.0352	.0366	.166	.0414	.0501	.0531	.0558	.201	.0551	.0693	.0744	.0790
.132	.0293	.0341	.0357	.0371	.167	.0418	.0506	.0537	.0564	.202	.0555	.0699	.0751	.0797
.133	.0296	.0345	.0361	.0376	.168	.0422	.0511	.0543	.0571	.203	.0559	.0705	.0757	.0804
.134	.0300	.0349	.0366	.0381	.169	.0425	.0516	.0548	.0577	.204	.0563	.0711	.0764	.0812



جدول ب - 1

Table K_0 page 1

جدول کمکی محاسبه عمق آب در کانال دوزنقهای و مستطیلی شکل (محاسبه K_a)

Y/b	m						Y/b	m									
	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	.1186	.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	.0974	.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

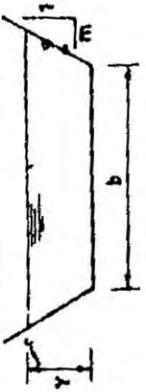
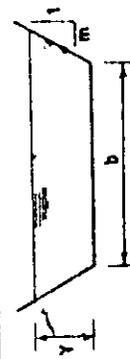


Table K_a page 2

جدول کمکی محاسبه عمق آب در کانال دوزنقه‌ای و مستطیلی شکل (محاسبه K_a)

Y/b	m				Y/b	m				Y/b	m							
	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	.2675				
.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	.1765	.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	.1358	.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 K₀ page 3

جدول کمی محاسبه عمق آب در کانال دوزنق‌های مستطیلی شکل (محاسبه K_Q)

Y/b	m						Y/b	m						
	0	1	1.5	2	0			1		1.5		2		
					0	1		1.5	2	0	1	1.5	2	
.415	.1543	.2454	.2811	.3141	.450	.1723	.2840	.3283	.3693	.485	.1905	.3254	.3795	.4296
.416	.1548	.2465	.2824	.3156	.451	.1728	.2851	.3297	.3709	.486	.1910	.3266	.3810	.4314
.417	.1553	.2475	.2837	.3171	.452	.1733	.2863	.3311	.3726	.487	.1916	.3278	.3825	.4332
.418	.1559	.2486	.2850	.3186	.453	.1738	.2874	.3325	.3742	.488	.1921	.3291	.3841	.4350
.419	.1564	.2497	.2863	.3201	.454	.1743	.2886	.3339	.3759	.489	.1926	.3303	.3856	.4368
.420	.1569	.2507	.2876	.3216	.455	.1748	.2897	.3353	.3776	.490	.1931	.3315	.3871	.4387
.421	.1574	.2518	.2889	.3232	.456	.1754	.2909	.3368	.3792	.491	.1937	.3328	.3887	.4405
.422	.1579	.2529	.2902	.3247	.457	.1759	.2920	.3382	.3809	.492	.1942	.3340	.3902	.4423
.423	.1584	.2540	.2915	.3262	.458	.1764	.2932	.3396	.3826	.493	.1947	.3353	.3918	.4441
.424	.1589	.2550	.2928	.3278	.459	.1769	.2943	.3411	.3843	.494	.1953	.3365	.3933	.4460
.425	.1594	.2561	.2942	.3293	.460	.1774	.2955	.3425	.3860	.495	.1958	.3377	.3949	.4478
.426	.1599	.2572	.2955	.3309	.461	.1780	.2967	.3439	.3877	.496	.1963	.3390	.3964	.4497
.427	.1604	.2583	.2968	.3324	.462	.1785	.2978	.3454	.3894	.497	.1968	.3403	.3980	.4515
.428	.1609	.2594	.2982	.3340	.463	.1790	.2990	.3468	.3911	.498	.1974	.3415	.3995	.4534
.429	.1615	.2605	.2995	.3355	.464	.1795	.3002	.3483	.3928	.499	.1979	.3428	.4011	.4552
.430	.1620	.2616	.3008	.3371	.465	.1800	.3014	.3497	.3945	.500	.1984	.3440	.4027	.4571
.431	.1625	.2627	.3022	.3387	.466	.1806	.3025	.3512	.3962	.501	.1990	.3453	.4042	.4589
.432	.1630	.2638	.3035	.3402	.467	.1811	.3037	.3526	.3979	.502	.1995	.3465	.4058	.4608
.433	.1635	.2649	.3049	.3418	.468	.1816	.3049	.3541	.3996	.503	.2000	.3478	.4074	.4627
.434	.1640	.2660	.3062	.3434	.469	.1821	.3061	.3556	.4014	.504	.2005	.3491	.4090	.4646
.435	.1645	.2671	.3076	.3450	.470	.1827	.3073	.3570	.4031	.505	.2011	.3504	.4106	.4665
.436	.1650	.2682	.3089	.3466	.471	.1832	.3085	.3585	.4048	.506	.2016	.3516	.4122	.4683
.437	.1656	.2693	.3103	.3482	.472	.1837	.3097	.3600	.4066	.507	.2021	.3529	.4138	.4702
.438	.1661	.2704	.3117	.3498	.473	.1842	.3109	.3615	.4083	.508	.2027	.3542	.4154	.4721
.439	.1666	.2715	.3130	.3514	.474	.1847	.3121	.3629	.4101	.509	.2032	.3555	.4170	.4740
.440	.1671	.2727	.3144	.3530	.475	.1853	.3133	.3644	.4118	.510	.2037	.3567	.4186	.4759
.441	.1676	.2738	.3158	.3546	.476	.1858	.3145	.3659	.4136	.511	.2043	.3580	.4202	.4778
.442	.1681	.2749	.3171	.3562	.477	.1863	.3157	.3674	.4153	.512	.2048	.3593	.4218	.4798
.443	.1686	.2760	.3185	.3578	.478	.1868	.3169	.3689	.4171	.513	.2053	.3606	.4234	.4817
.444	.1692	.2771	.3199	.3594	.479	.1874	.3181	.3704	.4189	.514	.2059	.3619	.4250	.4836
.445	.1697	.2783	.3213	.3611	.480	.1879	.3193	.3719	.4207	.515	.2064	.3632	.4266	.4855
.446	.1702	.2794	.3227	.3627	.481	.1884	.3205	.3734	.4224	.516	.2069	.3645	.4283	.4875
.447	.1707	.2805	.3241	.3643	.482	.1889	.3217	.3749	.4241	.517	.2075	.3658	.4299	.4894
.448	.1712	.2817	.3255	.3660	.483	.1895	.3229	.3764	.4258	.518	.2080	.3671	.4315	.4913
.449	.1717	.2828	.3269	.3676	.484	.1900	.3242	.3780	.4278	.519	.2085	.3684	.4332	.4933



ادامه جدول ب - ۱

Table K_Q page 4

جداول کمکی محاسبه عمق آب در کانال دوزنقه‌ای و مستطیلی شکل (محاسبه K_0)

Y/b	m						Y/b	m						
	0		1		1.5			2		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	.2495	.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	.2366	.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	.6407	.624	.2656	.5190	.6246	.7230



ادامه جدول ب - ۱

Table K_0 page 5

جدول کمکی محاسبه عمق آب در کانال دوزنقهای و مستطیلی شکل (محاسبه $K'Q$)

Y/b	m						Y/b	Y/b	m									
	0		1		1.5				2		0		1		1.5		2	
.625	.2661	.5206	.6266	.7255	.660	.2855	.5770	.6994	.8138	.695	.3051	.6366	.7759	.9053				
.626	.2666	.5221	.6286	.7279	.661	.2860	.5786	.7016	.8164	.696	.3056	.6383	.7792	.9110				
.627	.2672	.5237	.6306	.7304	.662	.2866	.5803	.7037	.8191	.697	.3062	.6401	.7818	.9148				
.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	.9184				
.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	.7475	.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	.9000	.727	.3231	.6938	.8519	1.0000				
.658	.2844	.5737	.6951	.8085	.693	.3039	.6331	.7724	.9027	.728	.3236	.6957	.8543	1.0030				
.659	.2849	.5753	.6973	.8111	.694	.3045	.6348	.7747	.9055	.729	.3242	.6975	.8567	1.0059				



ادامه جدول ب - ۱

Table $K'Q$ page 6

جداول کمکی محاسبه عمق آب در کانال دوزنقه‌ای و مستطیلی شکل (محاسبه K_0)

Y/b	m						Y/b	m						
	0		1		1.5			2		1.5		2		
	0	1	1.5	2	1.5	2		1.5	2	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	.7966	.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	.3807	.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	.8286	1.0302	1.2194	.832	.3830	.9011	1.1268	1.3389
.763	.3435	.7615	.9411	1.1095	.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_0 page 7

ادامه جدول ب - ۱

جدول کمی محاسبه عمق آب در کانال دوزنهای و مستطیلی شکل (محاسبه K_0)

Y/b	m						Y/b	m									
	0		1		1.5			2		0		1		1.5		2	
.835	.3847	.9075	1.1353	1.3495	.870	.4049	.9836	1.2375	1.4764	.905	.4252	1.0632	1.3449	1.6102			
.836	.3853	.9096	1.1381	1.3520	.871	.4055	.9858	1.2403	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	1.0585	1.3386	1.6024	.938	.4444	1.1415	1.4511	1.7429			
.869	.4043	.9814	1.2345	1.4727	.904	.4245	1.0609	1.3416	1.6063	.939	.4450	1.1440	1.4543	1.7470			

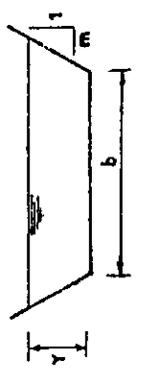


Table K_0 page 8

ادامه جدول ب - ۱

جدول کمی محاسبه عمق آب در کانال ذوزنقه‌ای و مستطیلی شکل (محاسبه K_a)

Y/b	m					Y/b	m					Y/b	m				
	0	1	1.5	2	2		0	1	1.5	2	2		0	1	1.5	2	2
.940	.4456	1.1464	1.4576	1.7511	1.8973	.975	.4661	1.2331	1.5758	1.8973	1.010	.4866	1.3235	1.6995	2.0547		
.941	.4462	1.1488	1.4609	1.7553	1.9036	.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	1.9079	.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	1.9123	.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	1.9166	.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	1.9210	.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	1.9254	.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	1.9298	.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	1.9341	.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	1.9385	.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	1.9429	.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	1.9473	.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	1.9517	.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	1.9561	.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	1.9606	.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	1.9650	.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	1.9694	.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	1.9738	.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	1.9783	.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	1.9827	.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	1.9872	.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	1.9916	.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	1.9961	.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	2.0006	.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	2.0051	.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	2.0095	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	2.0140	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	2.0185	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	2.0230	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	2.0275	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	2.0321	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	2.0366	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	2.0411	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	2.0456	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	2.0502	1.009	.4860	1.3208	1.6959	2.0502	1.044	.5067	1.4148	1.8250	2.2129		



ادامه جدول ب - 1

Table K_a page 9

ب - ۲ جداول کمکی محاسبه عمق بحرانی آب در کانال دوزنقه‌ای و مستطیلی شکل (محاسبه K_a)

Y_c/b	m						Y/b	Y/b	m									
	0		1		1.5				2		0		1		1.5		2	
.100	.0990	.1043	.1071	.1100	.135	.1554	.170	.1792	.1667	.1728	.1792	.191	.2000	.2195	.2400	.2627		
.101	.1005	.1059	.1088	.1118	.136	.1571	.171	.1814	.1686	.1749	.1814	.192	.2015	.2215	.2423	.2653		
.102	.1020	.1076	.1105	.1136	.137	.1588	.172	.1836	.1706	.1770	.1836	.194	.2034	.2234	.2445	.2679		
.103	.1035	.1092	.1123	.1154	.138	.1606	.173	.1858	.1726	.1791	.1858	.196	.2054	.2254	.2468	.2706		
.104	.1050	.1109	.1140	.1172	.139	.1623	.174	.1880	.1745	.1812	.1880	.198	.2074	.2274	.2491	.2732		
.105	.1066	.1125	.1157	.1190	.140	.1641	.175	.1902	.1765	.1833	.1902	.200	.2094	.2293	.2514	.2758		
.106	.1081	.1142	.1175	.1209	.141	.1658	.176	.1925	.1785	.1854	.1925	.202	.2115	.2313	.2536	.2785		
.107	.1096	.1159	.1192	.1227	.142	.1676	.177	.1947	.1805	.1875	.1947	.204	.2134	.2332	.2559	.2812		
.108	.1112	.1176	.1210	.1246	.143	.1694	.178	.1970	.1825	.1896	.1970	.206	.2156	.2352	.2583	.2839		
.109	.1127	.1193	.1228	.1264	.144	.1712	.179	.1993	.1845	.1918	.1993	.208	.2178	.2372	.2606	.2866		
.110	.1143	.1210	.1246	.1283	.145	.1729	.181	.2016	.1866	.1939	.2016	.210	.2194	.2384	.2629	.2893		
.111	.1158	.1227	.1264	.1302	.146	.1747	.182	.2039	.1886	.1961	.2039	.212	.2212	.2392	.2639	.2920		
.112	.1174	.1244	.1282	.1321	.147	.1765	.184	.2062	.1906	.1983	.2062	.214	.2234	.2412	.2652	.2947		
.113	.1190	.1262	.1300	.1340	.148	.1783	.185	.2085	.1927	.2005	.2085	.216	.2256	.2432	.2679	.2974		
.114	.1206	.1279	.1319	.1360	.149	.1801	.187	.2109	.1947	.2027	.2109	.218	.2278	.2452	.2699	.3002		
.115	.1221	.1297	.1337	.1379	.150	.1820	.188	.2132	.1968	.2049	.2132	.220	.2292	.2462	.2714	.3030		
.116	.1237	.1314	.1356	.1399	.151	.1838	.189	.2156	.1989	.2071	.2156	.222	.2312	.2478	.2733	.3057		
.117	.1253	.1332	.1374	.1418	.152	.1856	.190	.2180	.2010	.2093	.2180	.224	.2328	.2490	.2747	.3085		
.118	.1270	.1350	.1393	.1438	.153	.1874	.191	.2203	.2031	.2116	.2203	.226	.2348	.2506	.2763	.3113		
.119	.1286	.1368	.1412	.1458	.154	.1893	.192	.2227	.2052	.2138	.2227	.228	.2368	.2522	.2784	.3142		
.120	.1302	.1386	.1431	.1478	.155	.1911	.193	.2252	.2073	.2161	.2252	.230	.2384	.2534	.2809	.3170		
.121	.1318	.1404	.1450	.1498	.156	.1930	.194	.2276	.2094	.2183	.2276	.232	.2408	.2554	.2835	.3198		
.122	.1335	.1422	.1469	.1518	.157	.1948	.195	.2300	.2115	.2206	.2300	.234	.2428	.2570	.2860	.3227		
.123	.1351	.1440	.1489	.1538	.158	.1967	.196	.2325	.2137	.2229	.2325	.236	.2452	.2588	.2886	.3255		
.124	.1368	.1459	.1508	.1559	.159	.1986	.198	.2349	.2158	.2252	.2349	.238	.2478	.2606	.2912	.3284		
.125	.1384	.1477	.1528	.1579	.160	.2005	.199	.2374	.2180	.2275	.2374	.240	.2498	.2622	.2937	.3313		
.126	.1401	.1496	.1547	.1600	.161	.2023	.200	.2399	.2201	.2298	.2399	.242	.2512	.2634	.2963	.3342		
.127	.1418	.1515	.1567	.1621	.162	.2042	.201	.2424	.2223	.2322	.2424	.244	.2532	.2652	.2988	.3371		
.128	.1434	.1533	.1587	.1642	.163	.2061	.202	.2449	.2245	.2345	.2449	.246	.2558	.2676	.3013	.3400		
.129	.1451	.1552	.1607	.1663	.164	.2080	.203	.2474	.2267	.2369	.2474	.248	.2582	.2697	.3038	.3429		
.130	.1468	.1571	.1627	.1684	.165	.2099	.204	.2499	.2289	.2392	.2499	.250	.2602	.2714	.3063	.3459		
.131	.1485	.1590	.1647	.1705	.166	.2118	.205	.2525	.2311	.2416	.2525	.251	.2622	.2728	.3088	.3488		
.132	.1502	.1609	.1667	.1727	.167	.2138	.206	.2550	.2333	.2440	.2550	.252	.2662	.2772	.3113	.3518		
.133	.1519	.1628	.1687	.1748	.168	.2157	.207	.2576	.2355	.2464	.2576	.253	.2692	.2802	.3138	.3548		
.134	.1536	.1648	.1708	.1770	.169	.2176	.208	.2601	.2378	.2488	.2601	.254	.2722	.2832	.3163	.3578		

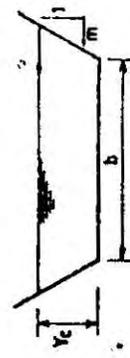


Table K₁ page 1

جدول ب - ۲

جدول کمکی محاسبه عمق بحرانی آب در کانال دوزنقهای و مستطیلی شکل (محاسبه K_G)

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	.454	.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	.5505	.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

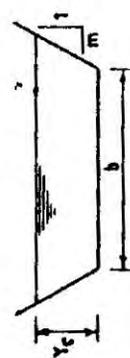
ادامه جدول ب - 2



Table K_G page 2

جدول کمکی محاسبه عمق بحرانی آب در کانال دوزنقه‌ای 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
.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	.7540	.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



ادامه جدول ب - ۲

Table K_c page 3

جدول کمی محاسبه عمق بحرانی آب در کانال دوزخه‌ای و مستطیلی شکل (محاسبه K_a)

Y_c/b	m														
	Y/b			0			1			1.5			2		
	0	1	1.5	2	0	1	1.5	2	0	1	1.5	2	0	1	1.5
.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	1.2489	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	1.2625	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	1.4755	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	



ادامه جدول ب - γ

جدول کمی محاسبه عمق بحرانی آب در کانال دوزنقهای و مستطیلی شکل (محاسبه K_a)

Y _c /b	m													
	0			1			1.5			2				
	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	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	1.3521	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	1.3556	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

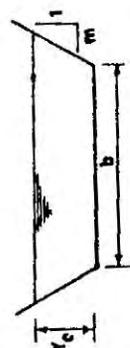
Table K₅ page 5



ادامه جدول ب - ۲

جدول کمکی محاسبه عمق بحرانی آب در کانال دوزنقه‌ای و مستطیلی شکل (محاسبه K_o)

Y_c/b	m						Y/b	m							
	0		1		1.5			2		1		1.5		2	
.625	1.5476	2.1373	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	2.2811	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

جدول کمکی محاسبه عمق بحرانی آب در کانال دوزقدهای مستطیلی شکل (محاسبه K_q)

Y _c /b	m						Y/b	m									
	0'		1		1.5			2		0		1		1.5		2	
.730	1.9535	2.8341	3.3166	3.8070	.765	2.0957	3.0895	3.6333	4.1856	.800	2.1711	3.1265	3.6661	4.2265	4.7846	5.3491	
.731	1.9575	2.8413	3.3255	3.8175	.766	2.0998	3.0969	3.6426	4.1966	.801	2.2454	3.2043	3.7459	4.3043	4.8623	5.4273	
.732	1.9616	2.8484	3.3343	3.8280	.767	2.1039	3.1044	3.6519	4.2077	.802	2.3196	3.2722	3.8056	4.3628	4.9201	5.4851	
.733	1.9656	2.8556	3.3432	3.8386	.768	2.1080	3.1119	3.6612	4.2189	.803	2.3938	3.3400	3.8663	4.4203	4.9729	5.5429	
.734	1.9696	2.8627	3.3520	3.8492	.769	2.1121	3.1194	3.6705	4.2300	.804	2.4680	3.4076	3.9270	4.4776	5.0257	5.6007	
.735	1.9736	2.8699	3.3609	3.8598	.770	2.1163	3.1264	3.6798	4.2412	.805	2.5422	3.4752	3.9871	4.5349	5.0785	5.6585	
.736	1.9777	2.8771	3.3698	3.8704	.771	2.1204	3.1344	3.6892	4.2524	.806	2.6164	3.5428	4.0462	4.5921	5.1313	5.7163	
.737	1.9817	2.8843	3.3787	3.8810	.772	2.1245	3.1419	3.6985	4.2635	.807	2.6906	3.6104	4.1055	4.6493	5.1785	5.7741	
.738	1.9857	2.8915	3.3876	3.8917	.773	2.1286	3.1495	3.7079	4.2747	.808	2.7648	3.6780	4.1648	4.7065	5.2313	5.8319	
.739	1.9898	2.8987	3.3965	3.9023	.774	2.1328	3.1570	3.7173	4.2859	.809	2.8390	3.7456	4.2241	4.7637	5.2841	5.8897	
.740	1.9938	2.9059	3.4055	3.9130	.775	2.1369	3.1646	3.7267	4.2974	.810	2.9132	3.8132	4.2834	4.8209	5.3369	5.9475	
.741	1.9978	2.9131	3.4144	3.9237	.776	2.1411	3.1721	3.7361	4.3087	.811	2.9874	3.8808	4.3427	4.8781	5.3897	6.0053	
.742	2.0019	2.9204	3.4234	3.9344	.777	2.1452	3.1797	3.7456	4.3200	.812	3.0616	3.9484	4.4020	4.9353	5.4425	6.0631	
.743	2.0059	2.9276	3.4324	3.9452	.778	2.1493	3.1873	3.7550	4.3313	.813	3.1358	4.0160	4.4613	4.9925	5.4953	6.1209	
.744	2.0100	2.9349	3.4414	3.9559	.779	2.1535	3.1949	3.7645	4.3426	.814	3.2100	4.0836	4.5206	5.0497	5.5481	6.1787	
.745	2.0140	2.9421	3.4504	3.9667	.780	2.1576	3.2025	3.7739	4.3540	.815	3.2842	4.1512	4.5799	5.1071	5.6009	6.2365	
.746	2.0181	2.9494	3.4594	3.9775	.781	2.1618	3.2101	3.7834	4.3654	.816	3.3584	4.2188	4.6392	5.1645	5.6537	6.2943	
.747	2.0222	2.9567	3.4684	3.9883	.782	2.1659	3.2177	3.7929	4.3768	.817	3.4326	4.2864	4.6985	5.2219	5.7065	6.3521	
.748	2.0262	2.9640	3.4775	3.9991	.783	2.1701	3.2253	3.8024	4.3882	.818	3.5068	4.3540	4.7578	5.2793	5.7593	6.4099	
.749	2.0303	2.9713	3.4865	4.0099	.784	2.1742	3.2330	3.8119	4.3996	.819	3.5810	4.4216	4.8171	5.3367	5.8121	6.4677	
.750	2.0344	2.9786	3.4956	4.0207	.785	2.1784	3.2406	3.8215	4.4110	.820	3.6552	4.4892	4.8764	5.3941	5.8649	6.5255	
.752	2.0384	2.9859	3.5047	4.0316	.786	2.1826	3.2483	3.8310	4.4225	.821	3.7294	4.5568	4.9357	5.4515	5.9177	6.5833	
.753	2.0425	2.9933	3.5138	4.0425	.787	2.1867	3.2560	3.8406	4.4339	.822	3.8036	4.6244	4.9950	5.5089	5.9705	6.6411	
.754	2.0466	3.0006	3.5229	4.0534	.788	2.1909	3.2636	3.8502	4.4454	.823	3.8778	4.6920	5.0543	5.5663	6.0233	6.6989	
.754	2.0507	3.0080	3.5320	4.0643	.789	2.1951	3.2713	3.8597	4.4569	.824	3.9520	4.7596	5.1137	5.6237	6.0761	6.7567	
.755	2.0547	3.0153	3.5412	4.0752	.790	2.1993	3.2790	3.8693	4.4685	.825	4.0262	4.8272	5.1730	5.6811	6.1289	6.8145	
.756	2.0588	3.0227	3.5503	4.0862	.791	2.2034	3.2867	3.8790	4.4800	.826	4.1004	4.8948	5.2324	5.7385	6.1817	6.8723	
.757	2.0629	3.0301	3.5595	4.0971	.792	2.2076	3.2945	3.8886	4.4916	.827	4.1746	4.9624	5.2918	5.7959	6.2345	6.9301	
.758	2.0670	3.0375	3.5687	4.1081	.793	2.2118	3.3022	3.8982	4.5031	.828	4.2488	5.0300	5.3512	5.8533	6.2873	6.9879	
.759	2.0711	3.0449	3.5779	4.1191	.794	2.2160	3.3099	3.9079	4.5147	.829	4.3230	5.0976	5.4106	5.9107	6.3401	7.0457	
.760	2.0752	3.0523	3.5871	4.1301	.795	2.2202	3.3177	3.9176	4.5263	.830	4.3972	5.1652	5.4700	5.9681	6.3929	7.1035	
.761	2.0793	3.0597	3.5963	4.1412	.796	2.2244	3.3254	3.9272	4.5380	.831	4.4714	5.2328	5.5294	6.0255	6.4457	7.1613	
.762	2.0834	3.0671	3.6055	4.1522	.797	2.2285	3.3332	3.9369	4.5496	.832	4.5456	5.3004	5.5888	6.0829	6.4985	7.2191	
.763	2.0875	3.0746	3.6148	4.1633	.798	2.2327	3.3410	3.9466	4.5613	.833	4.6198	5.3680	5.6482	6.1403	6.5513	7.2769	
.764	2.0916	3.0820	3.6240	4.1744	.799	2.2369	3.3487	3.9564	4.5729	.834	4.6940	5.4356	5.7076	6.1977	6.6041	7.3347	



Table K_q page 7

ادامه جدول پ - ۲

جدول کمی محاسبه عمق بحرانی آب در کانال دوزنقه‌ای و مستطیلی شکل (محاسبه K_c)

Y_c/b	m					Y_b	m							
	0	1	1.5	2	2		0	1	1.5	2	2			
												0	1	1.5
.835	2.3698	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	5.0047
.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	2.4692	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

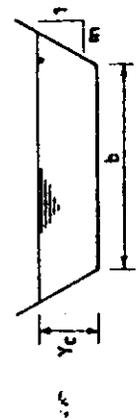


Table K_c page 8

ادامه جدول ب - Y

جداول کمکی محاسبه عمق بحرانی آب در کانال ذوزنقهای و مستطیلی شکل (محاسبه K_c)

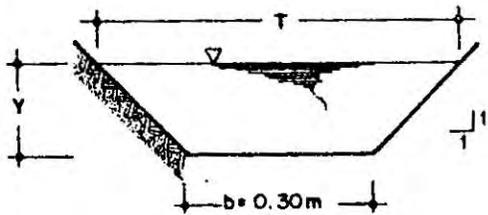
Y_c/b	m						Y/b	m						
	0		1	1.5	2	Y/b		0		1	1.5	2		
.940	2.8545	4.5450	5.4641	6.3946	.975	3.0154	4.8728	5.8815	6.9020	1.010	3.1792	5.2132	6.3164	7.4321
.941	2.8590	4.5542	5.4758	6.4088	.976	3.0200	4.8824	5.8937	6.9169	1.011	3.1839	5.2231	6.3291	7.4476
.942	2.8636	4.5634	5.4875	6.4230	.977	3.0247	4.8919	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

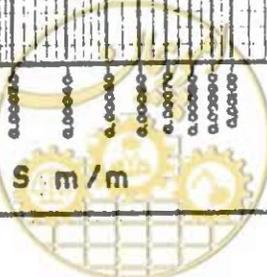
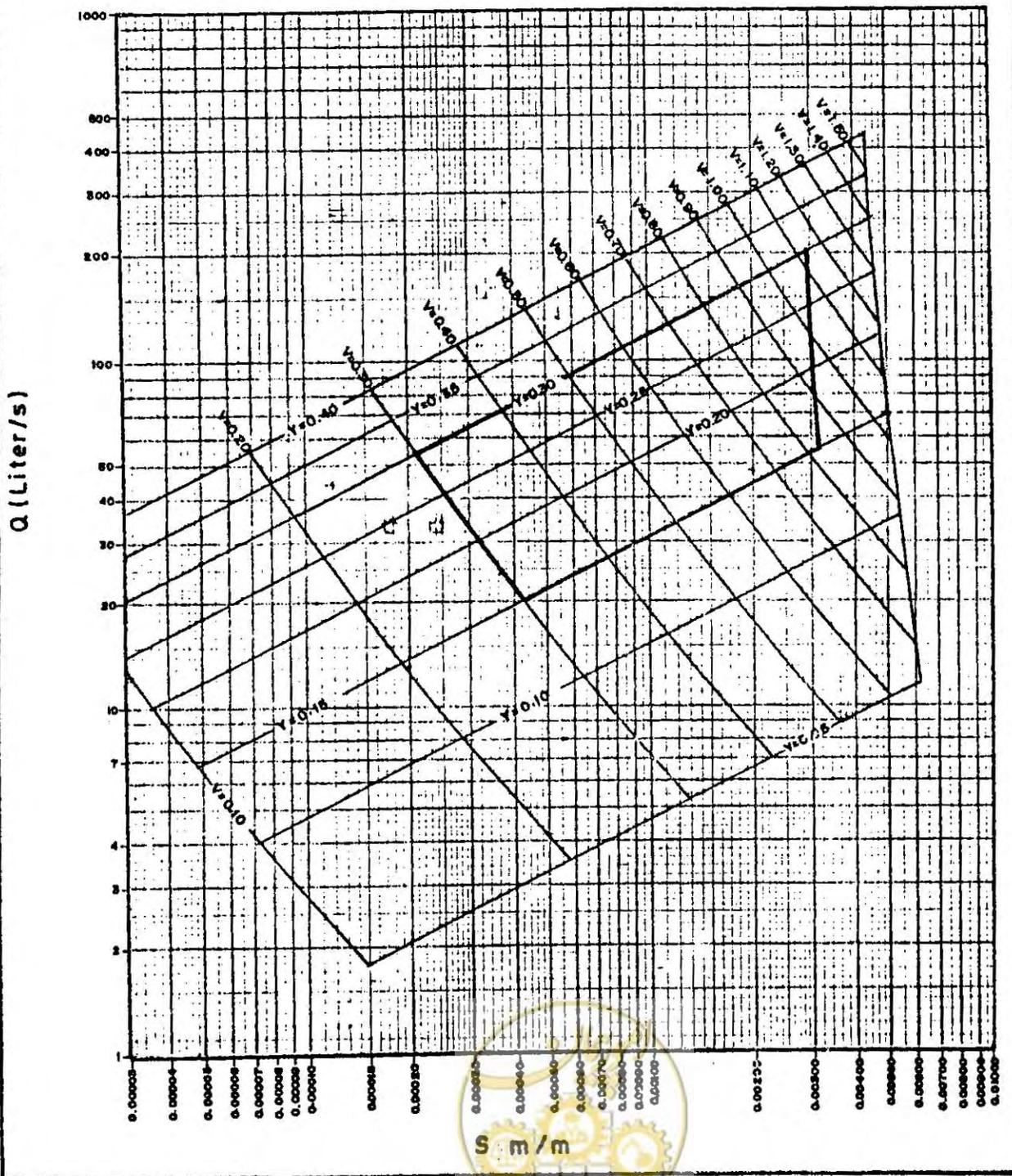
پ- ۱- نمودار هیدرولیکی کانالهای بتنی دوزنقه‌ای شکل با شیب جانبی ۱:۱ n=0.014



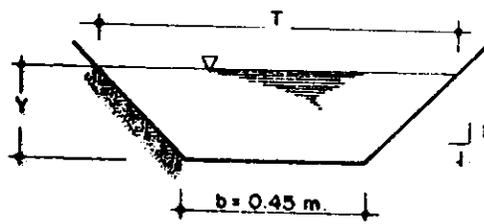
۱. برای به دست آوردن بده (Q) به ازای مقادیر مختلف n بده نمودار در $\frac{0.014}{n}$ جدید ضرب می‌شود.

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

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



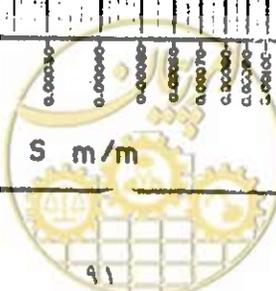
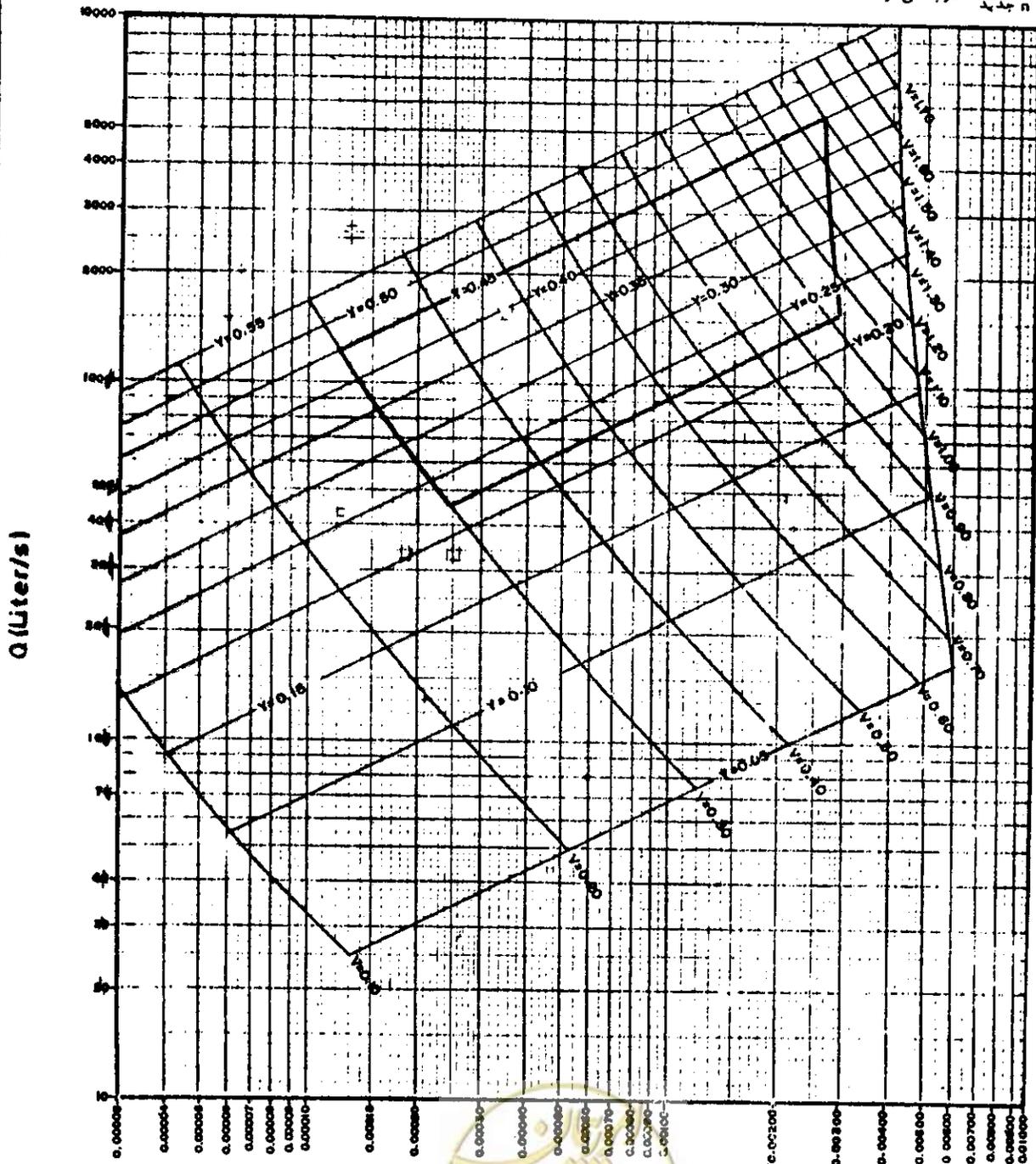
پ- ۲ نمودار هیدرولیکی کانالهای بتنی ذوزنقه‌ای شکل با شیب جانبی ۱:۱ n=0.014



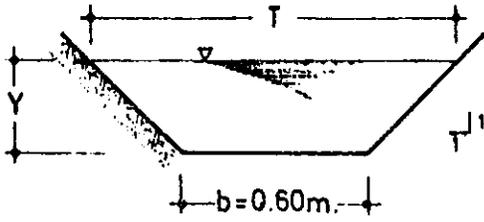
۱. برای بدست آوردن بده (Q) به ازای مقادیر مختلف n، بده نمودار در $\frac{0.014}{n}$ ضرب می‌شود.

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

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



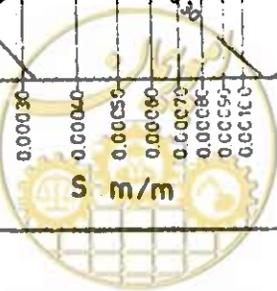
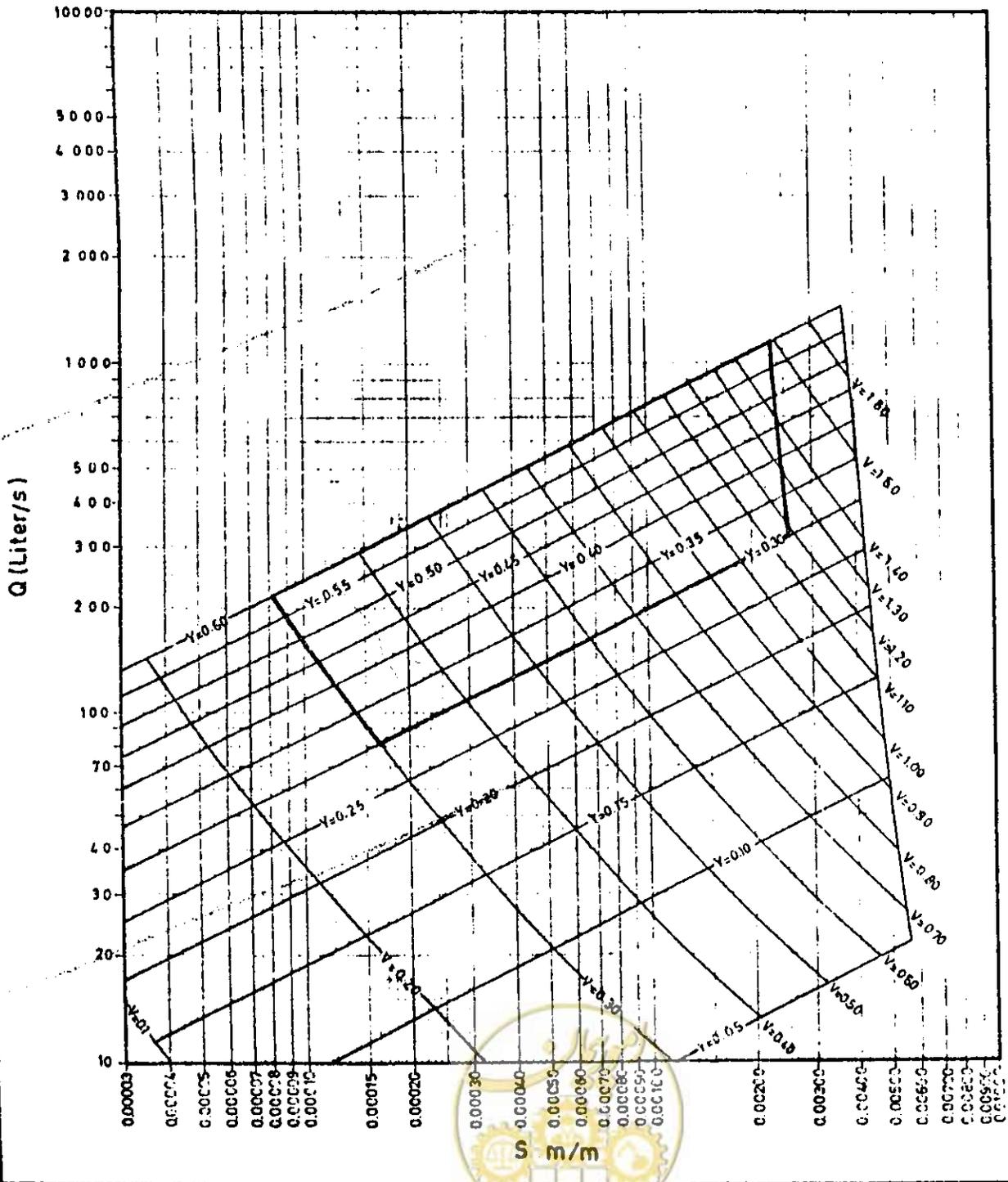
پ-۳ نمودار هیدرولیکی کانالهای بتنی دوزنقه‌ای شکل با شیب جانبی ۱:۱ و $n=0.014$



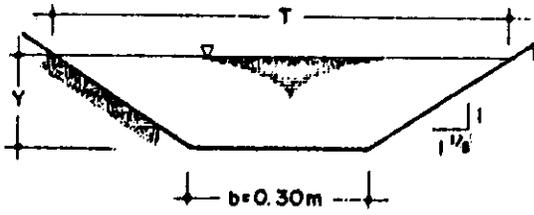
۱ برای به دست آوردن ده (Y) از برای معادیر مختلف ده (n) نمودار در $n=0.014$ جدید صرب می‌شود

۲ برای به دست آوردن دوزنقه کامل برای از معروض ده (n) معادیر مختلف ده (n) ابتدایده معروض در $n=0.014$ جدید صرب و سپس از نمودار استفاده می‌شود.

۳ برای به دست آوردن صرب (n) از برای معادیر مختلف ده (n) صرب نمودار در $n=0.014$ جدید صرب می‌شود



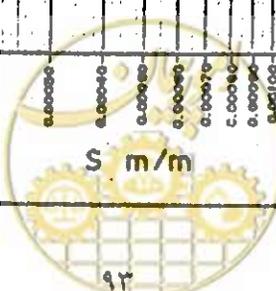
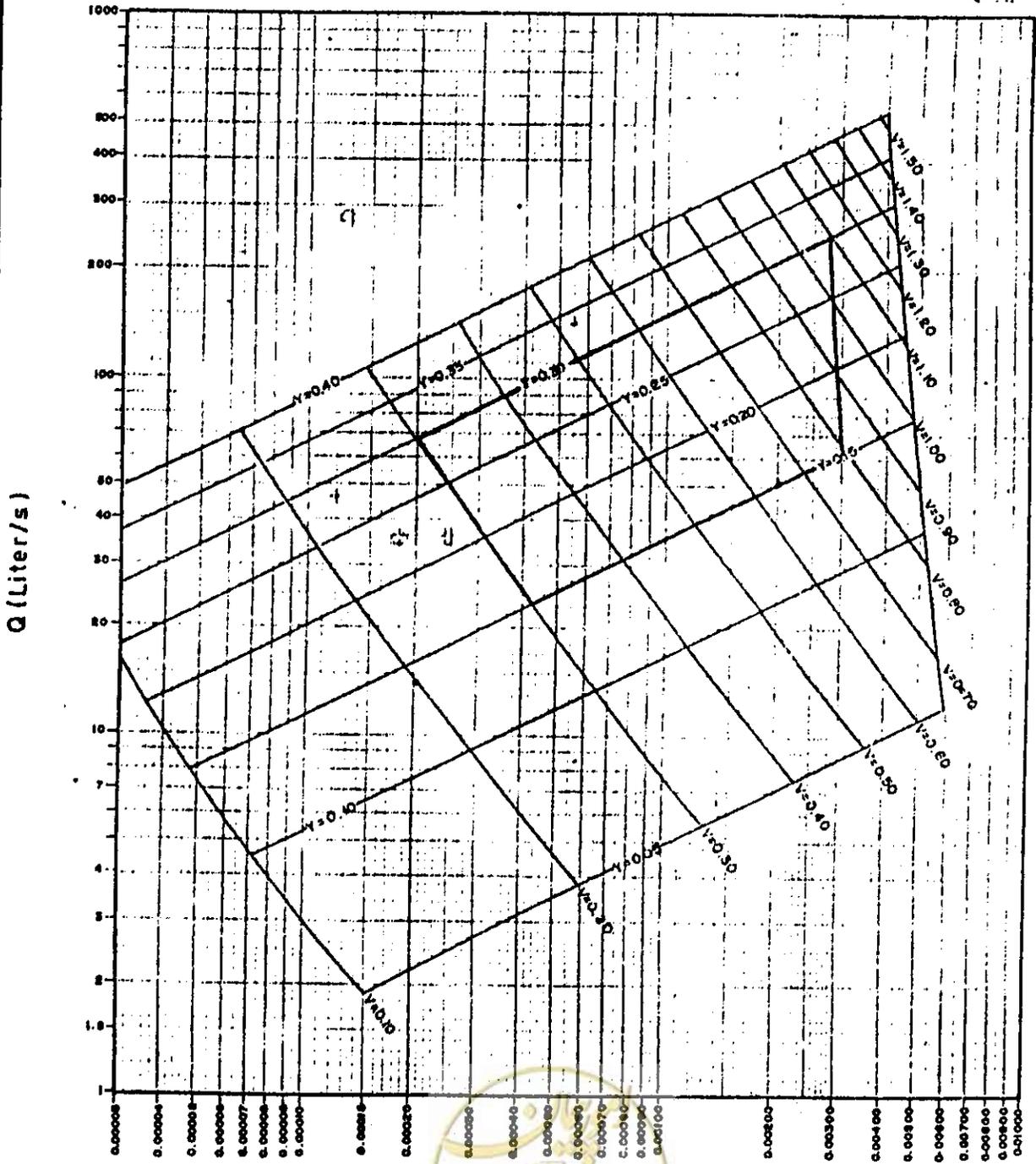
ب- ۴ نمودار هیدرولیکی کانالهای بتنی: نقشه‌ای شکل با شیب جانبی ۱:۱/۴ n=0.0141



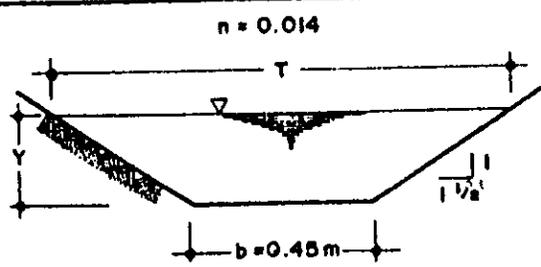
۱- برای به دست آوردن بده (Q) به ازای مقادیر مختلف بده نمودار در n جدید 0.014 شیب می‌شود.

۲- برای به دست آوردن S و V کانال برای با مفروض به ازای مقادیر مختلف n، ابتدایه مفروض در n جدید 0.014 شیب و سپس از نمودار استفاده می‌شود.

۳- برای به دست آوردن سرعت (V) به ازای مقادیر مختلف n، سرعت نمودار در n جدید 0.014 شیب می‌شود.



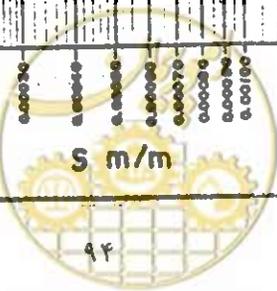
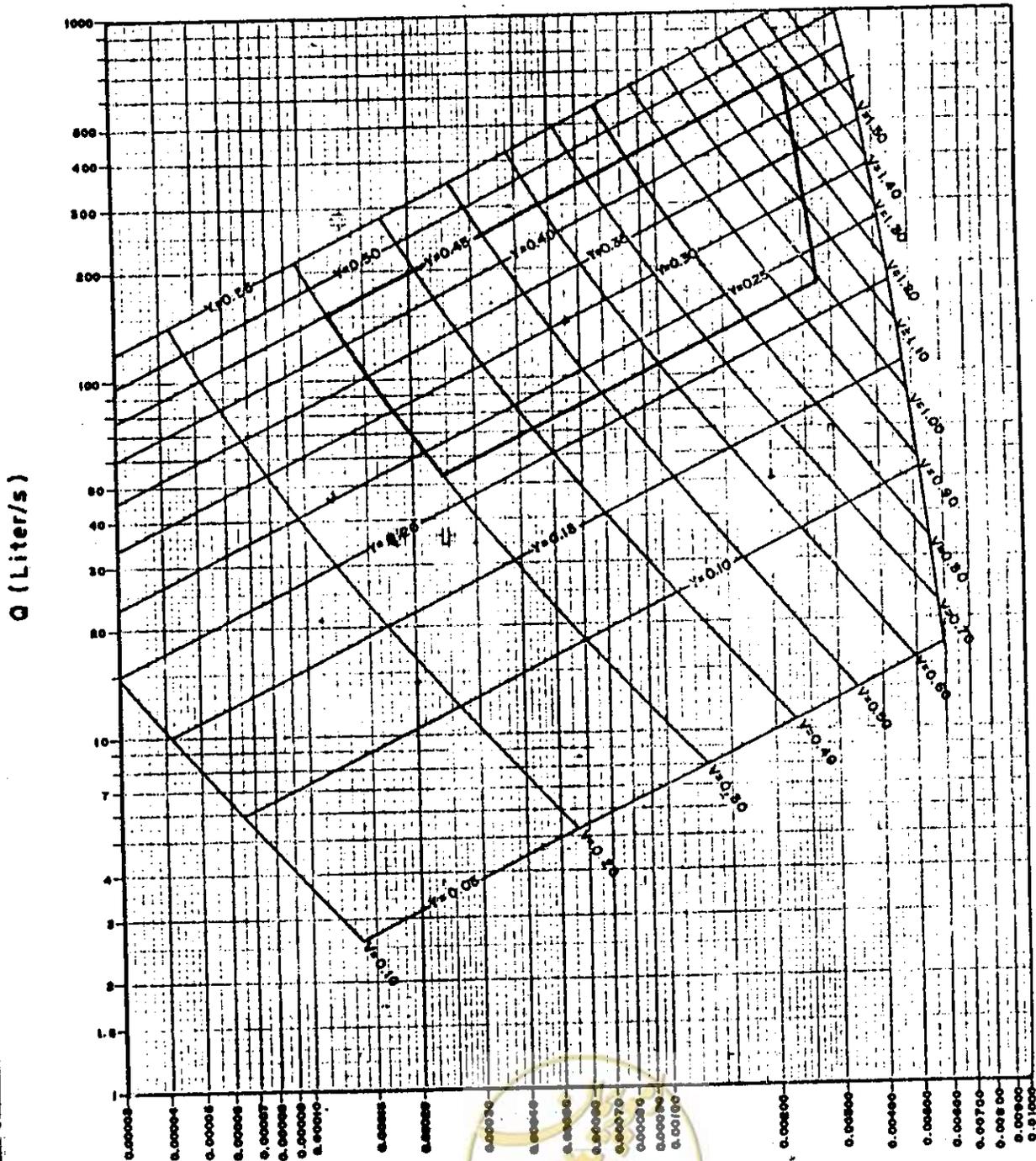
پ- ۵- نمودار هیدرولیکی کانالهای بتنی دوزنقه‌ای شکل با شیب جانبی ۱:۱.۰۰۱۴۱۱



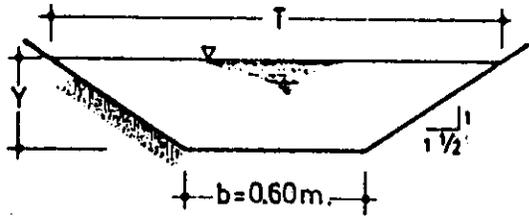
۱- برای به دست آوردن بده (Q) به ازای مقادیر مختلف n بده نمودار در 0.014 جدید ضرب می‌شود.

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

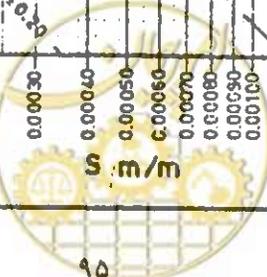
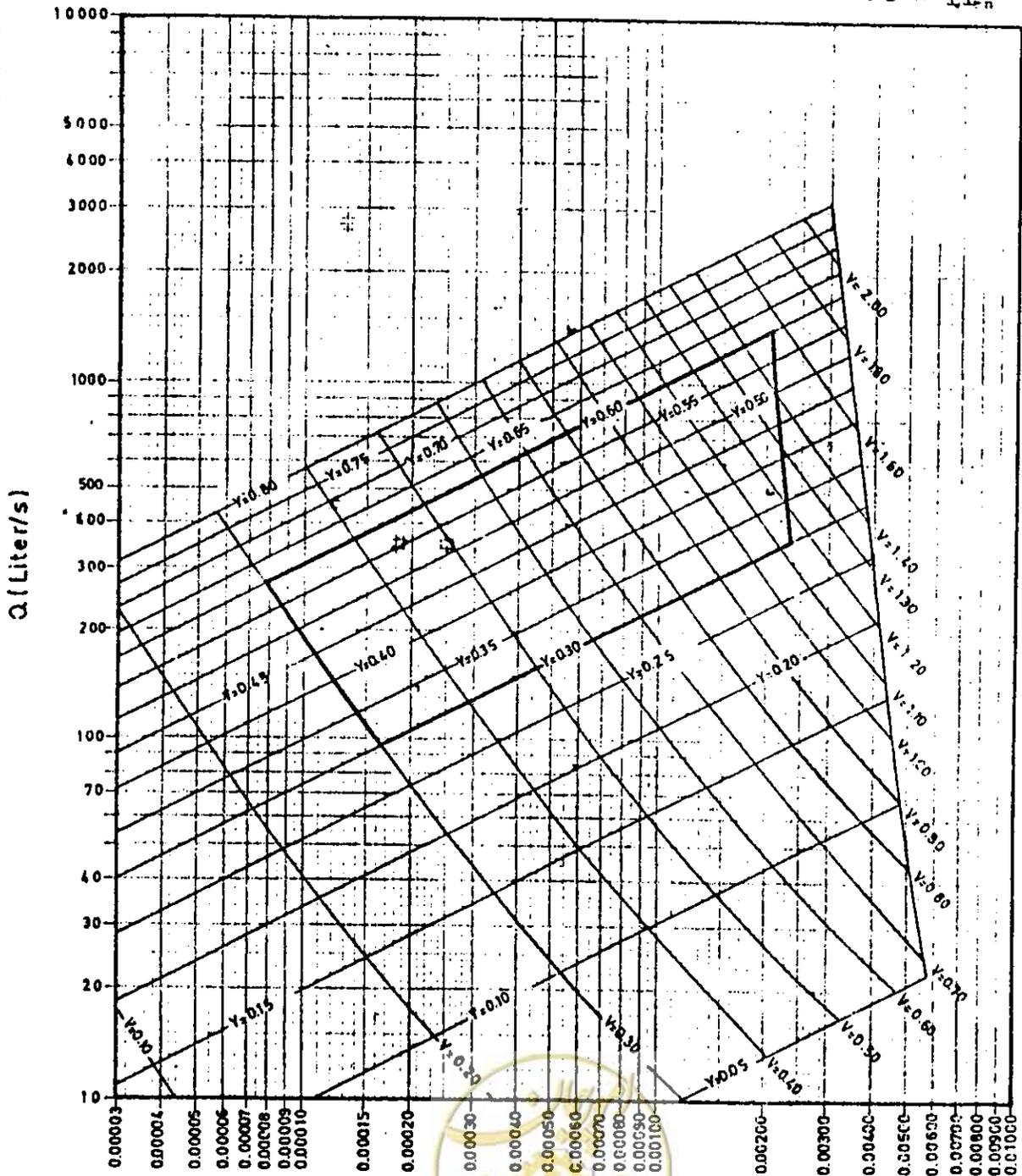
۳- برای به دست آوردن سرعت (V) به ازای مقادیر مختلف n سرعت نمودار در $\frac{0.014}{n}$ جدید ضرب می‌شود.



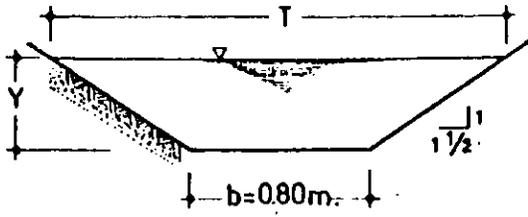
پ ۶- نمودار هیدرولیکی کانالهای بتنی ذوزنقه‌ای شکل با شیب جانبی $1:1\frac{1}{2}$ $n=0.014$



۱. برای به دست آوردن بده (Q) به ازای مقادیر مختلف بده نمودار در $n=0.014$ ضرب می‌شود.
۲. برای به دست آوردن Y کانال برای Q مفروض به ازای مقادیر مختلف n ابتدای بده مفروض در $n=0.014$ ضرب و سپس از نمودار استفاده می‌شود.
۳. برای به دست آوردن سرعت (V) به ازای مقادیر مختلف n سرعت نمودار در $n=0.014$ ضرب می‌شود.



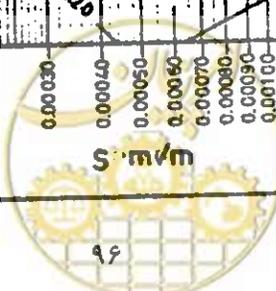
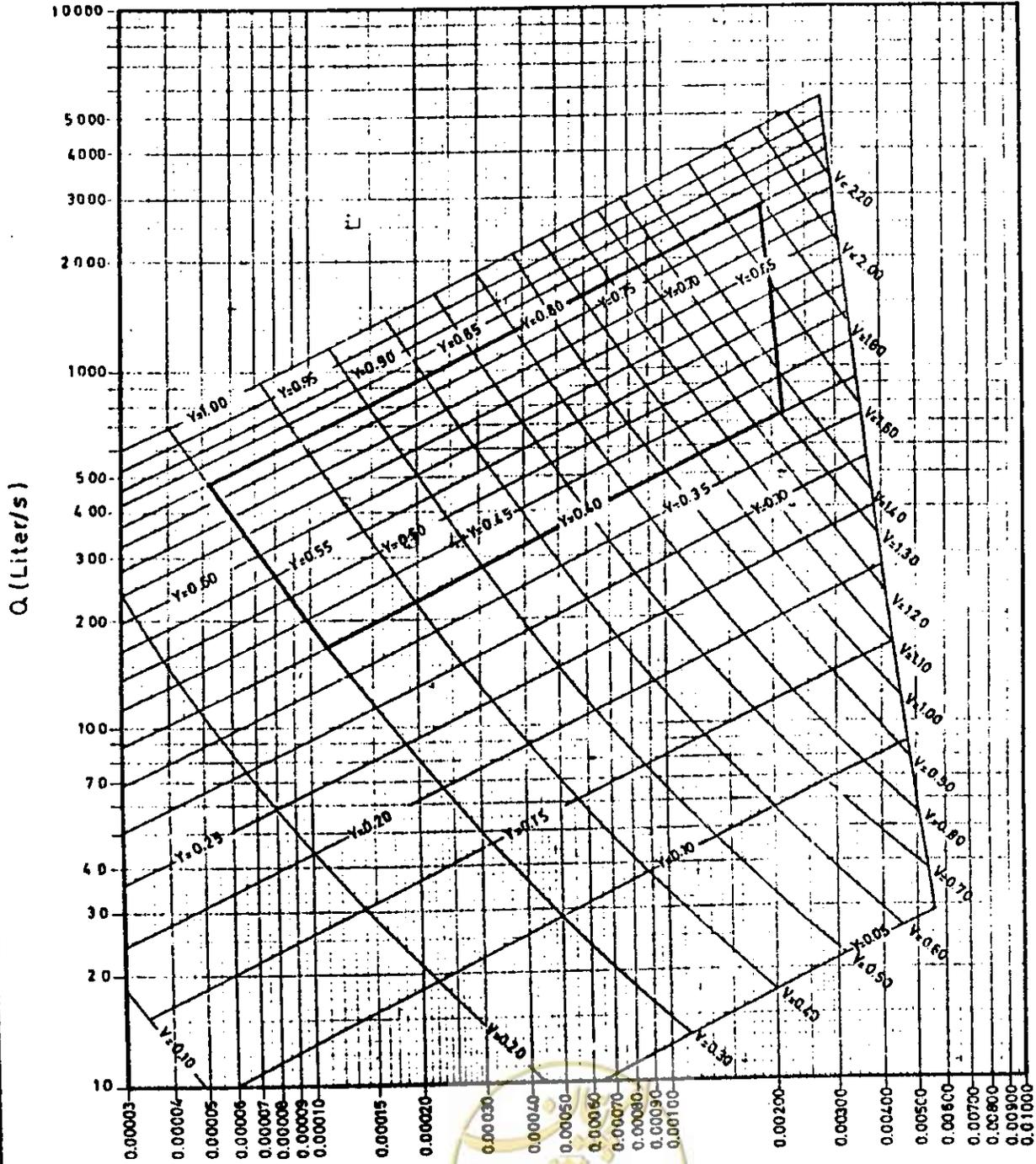
پ- نمودار هیدروایکی کانالهای بتنی دوزنقه‌ای شکل با شیب جانبی $1\frac{1}{4}$ و $n=0.0141$



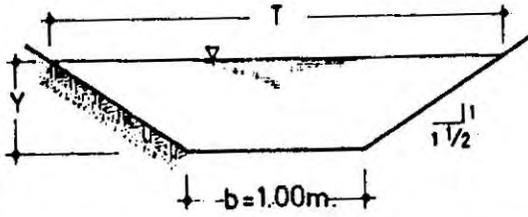
۱- برای به دست آوردن بده (Y) به ازای معادیر مختلف n بده نمودار در $\frac{0.014}{n}$ جدید ضرب می‌شود.

۲- برای به دست آوردن دوز کانال برای (Q) معروض به ازای معادیر مختلف n ابتدا بده معروض در $\frac{n}{0.014}$ جدید ضرب و سپس از نمودار استفاده می‌شود.

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



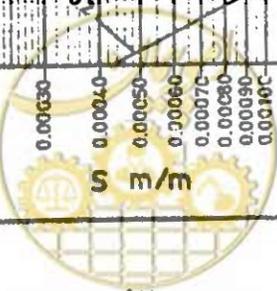
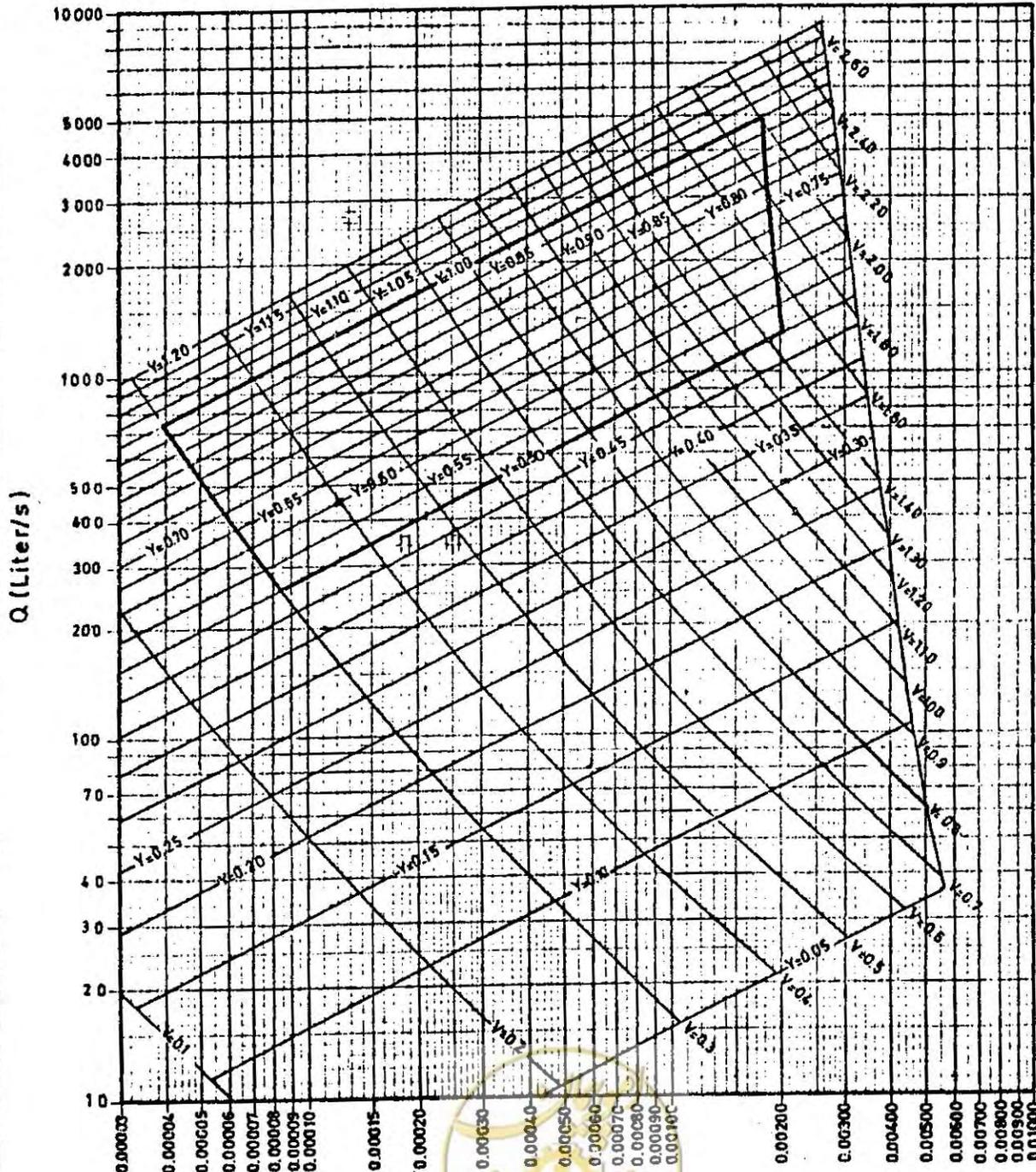
پ- ۸- نمودار هیدرولیکی کانالهای بتنی دوزنقه‌ای شکل با شیب جانبی $1:1.411$ $n=0.014$



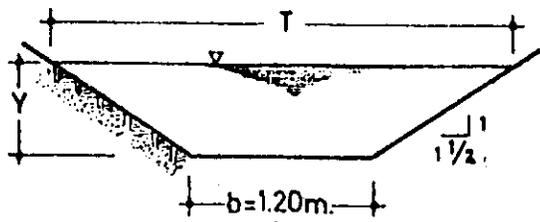
۱- برای به دست آوردن بده (Q) به ازای مفادیر مختلف بده نمودار در 0.014 شیب n می‌شود.

۲- برای به دست آوردن S و Y کمال برای اینمفروض به ازای مفادیر مختلف n ابتدا n مفروض در 0.014 ضرب و سپس از نمودار استفاده می‌شود.

۳- برای به دست آوردن سرعت (V) به ازای مفادیر مختلف n سرعت نمودار در 0.014 ضرب می‌شود.



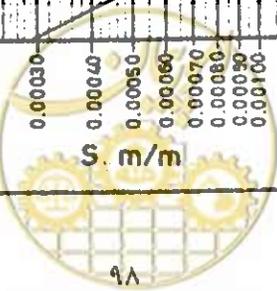
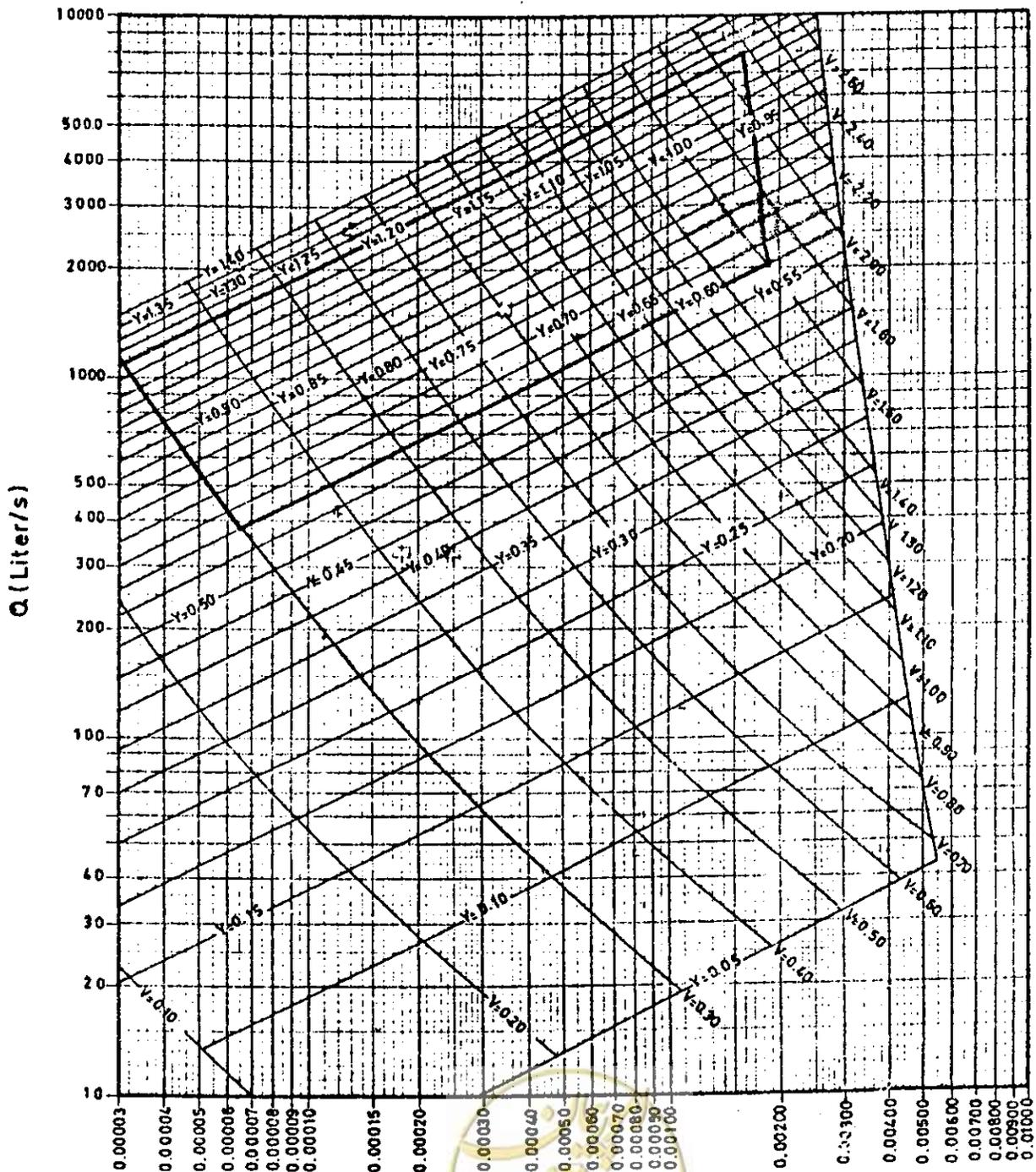
پ- ۹ نمودار هیدرولیکی کانالهای بتنی دوزنقه‌ای شکل با شیب جانبی $1\frac{1}{2}$: ۱



۱- برای به دست آوردن Q به ازای معادیر مختلف n بده نمودار در $n=0.014$ ضرب می‌شود.

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

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

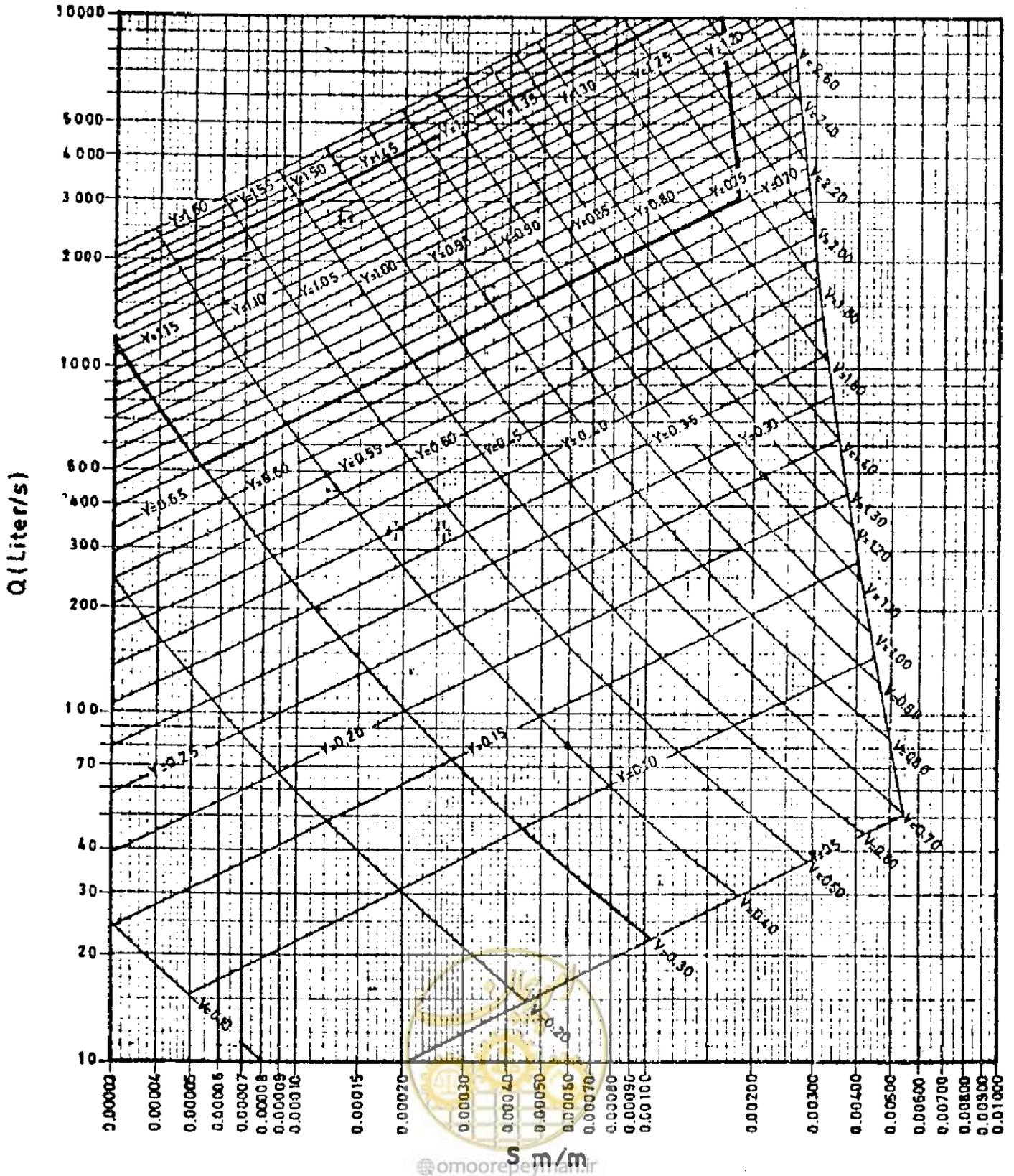
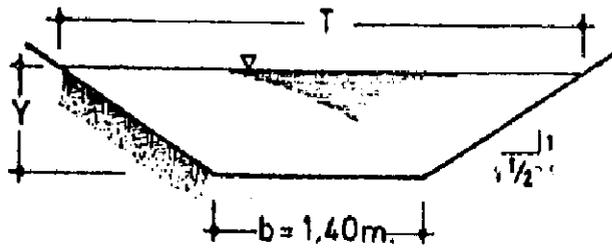


پ - ۱۰ نمودار هیدرولیکی کانالهای بتنی دوزنقه‌ای شکل با شیب جانبی ۱:۱/۲ $n=0.014$

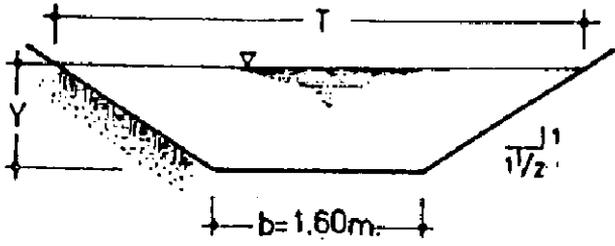
۱. برای به دست آوردن بده (Q) به ازای مقادیر مختلف بده نمودار در $n=0.014$ ضرب جدید می‌شود.

۲. برای به دست آوردن D و V کانال برای Q معروض به ازای مقادیر مختلف n، ابتدا بده معروض در $n=0.014$ ضرب و سپس از نمودار استفاده می‌شود.

۳. برای به دست آوردن سرعت (V) به ازای مقادیر مختلف n، سرعت نمودار در $n=0.014$ ضرب می‌شود.



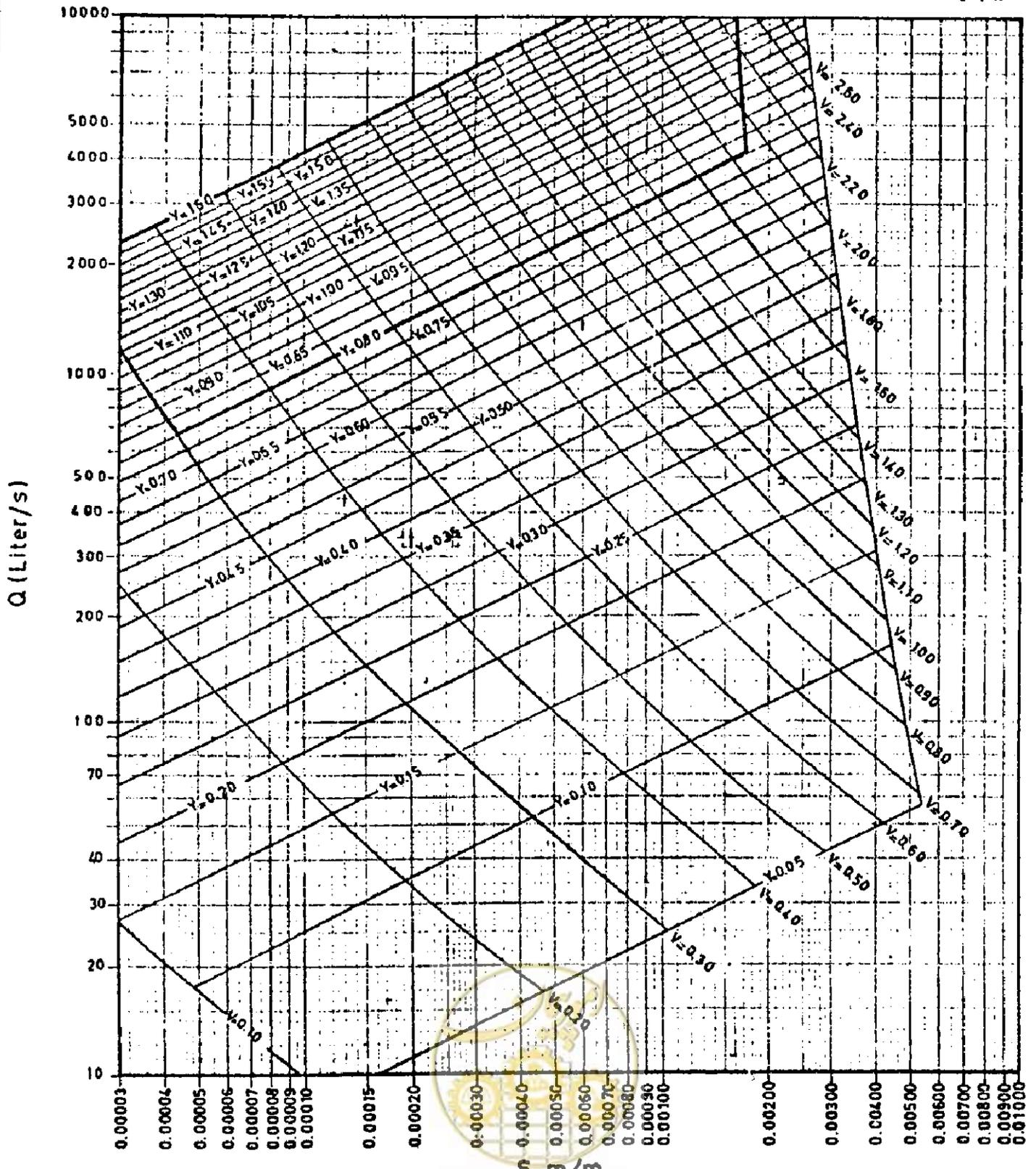
پ ۱۱- نمودار هیدرولیکی کانالهای بتنی دوزنقه‌ای شکل با شیب جانبی $1:1\frac{1}{2}$ $n=0.01411$



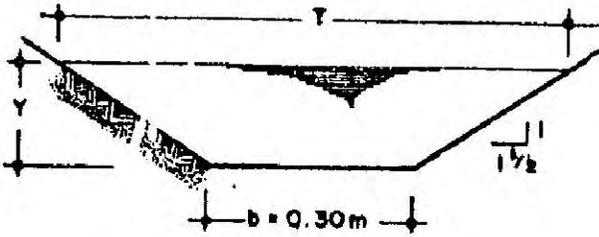
۱- برای بدست آوردن بده (Q) به ازای مقادیر مختلف n بده نمودار در $\frac{0.014}{n}$ جدید ضرب می‌شود.

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

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



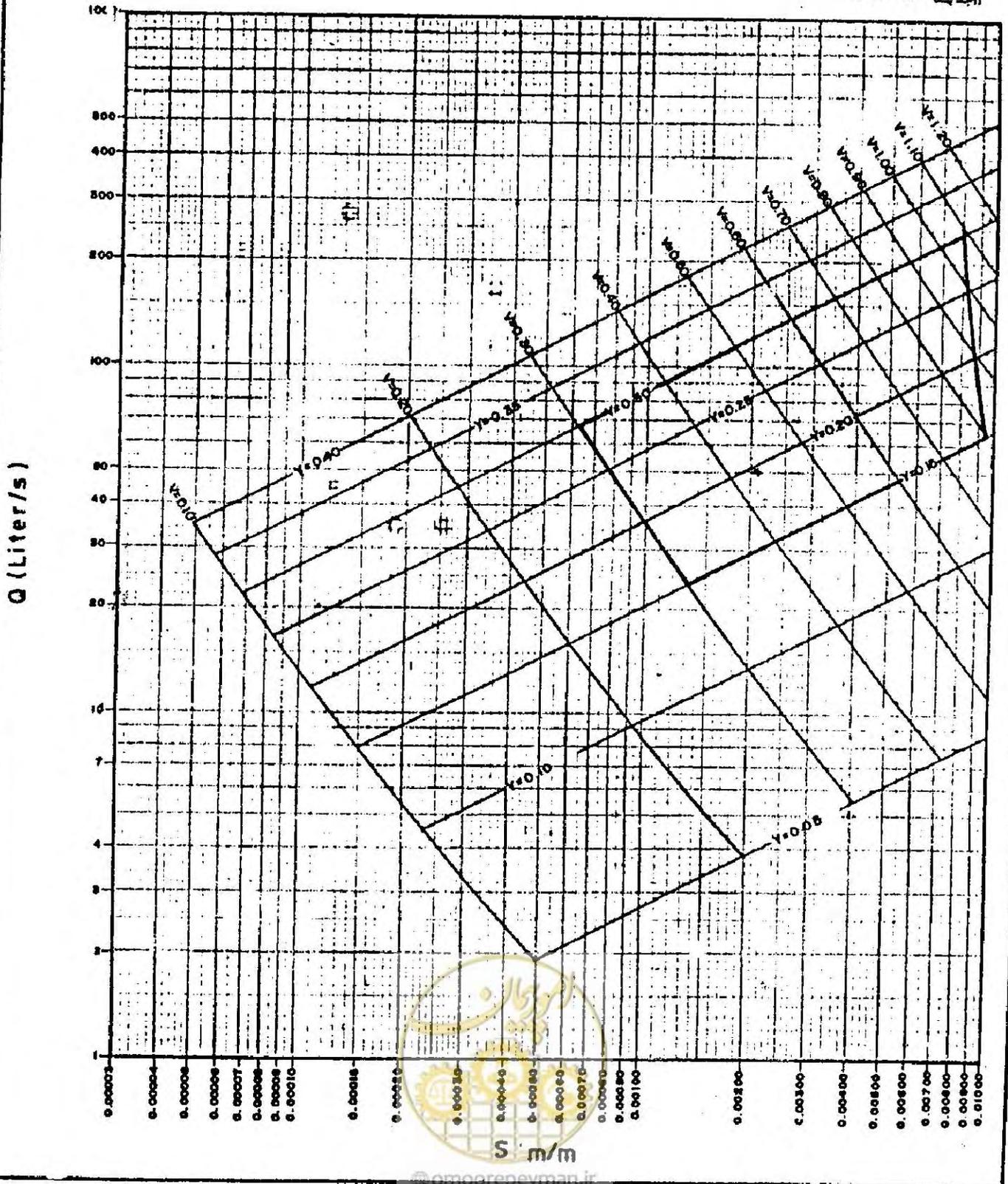
پ-۱۲ نمودار هیدرولیکی کانالهای خاکی دوزنقه‌ای شکل با شیب جانبی ۱:۱/۴ n=0.025



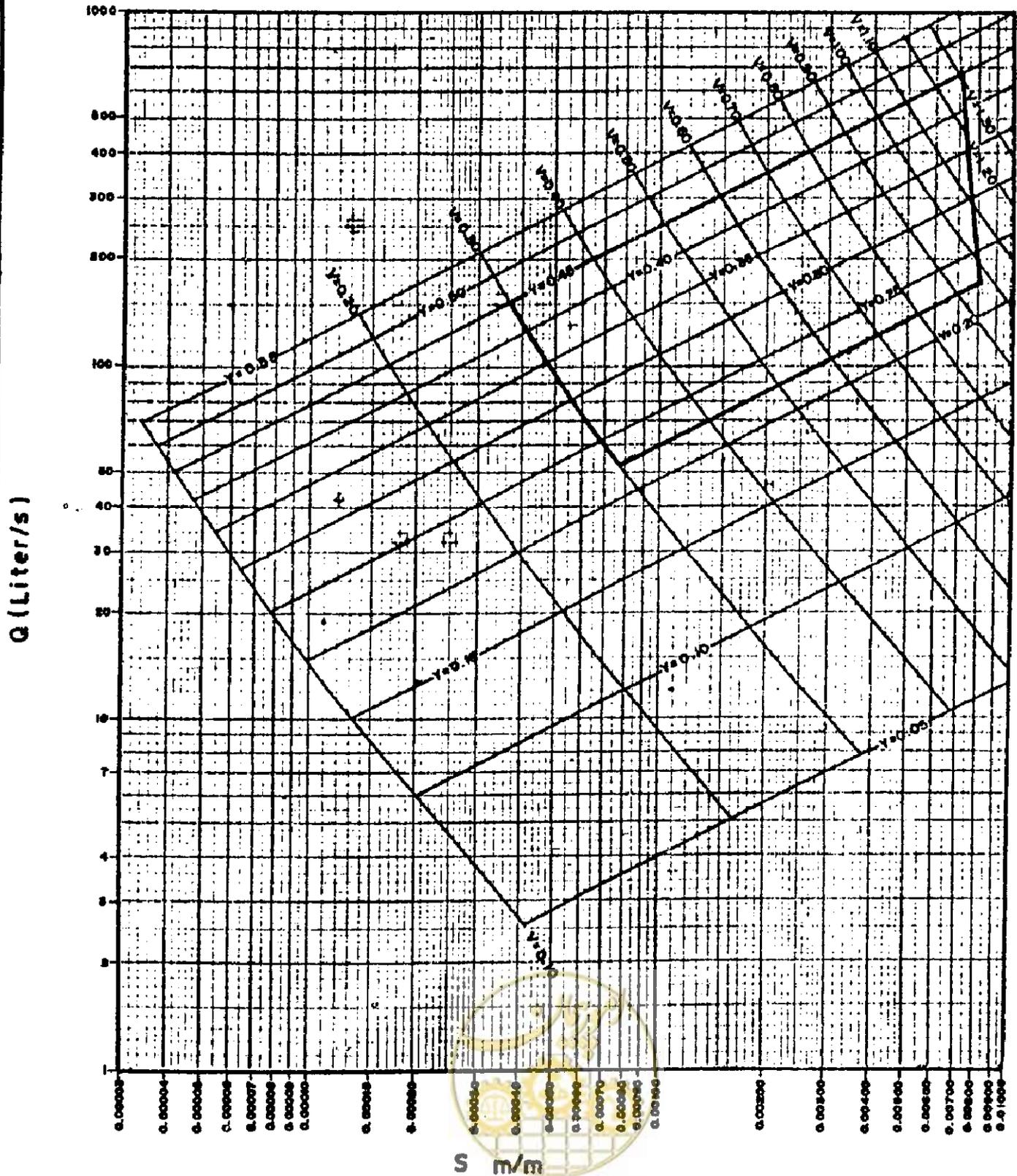
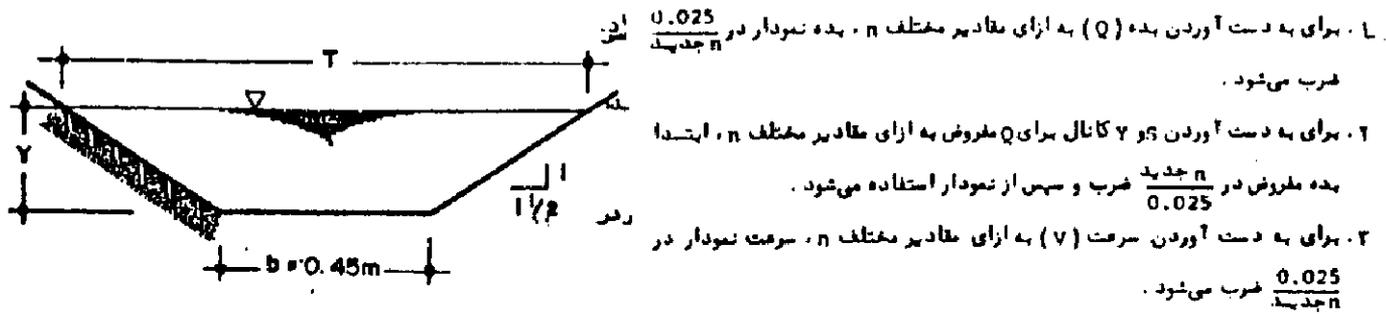
۱- برای به دست آوردن بده (Q) به ازای مقادیر مختلف n، بده نمودار در $\frac{0.025}{n}$ ضرب می‌شود.

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

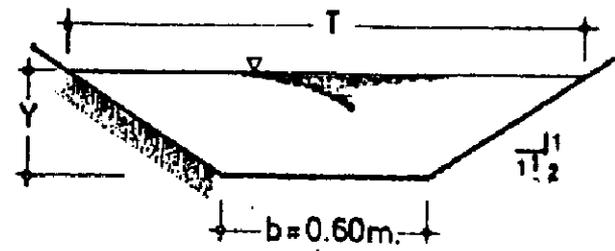
۳- برای به دست آوردن سرعت (V) به ازای مقادیر مختلف n، سرعت نمودار در $\frac{0.025}{n}$ ضرب می‌شود.



ب- ۱۳ نمودار هیدرولیکی کانالهای خاکی دوزنقه‌ای شکل با شیب جانبی ۱:۱/۴ n=0.025



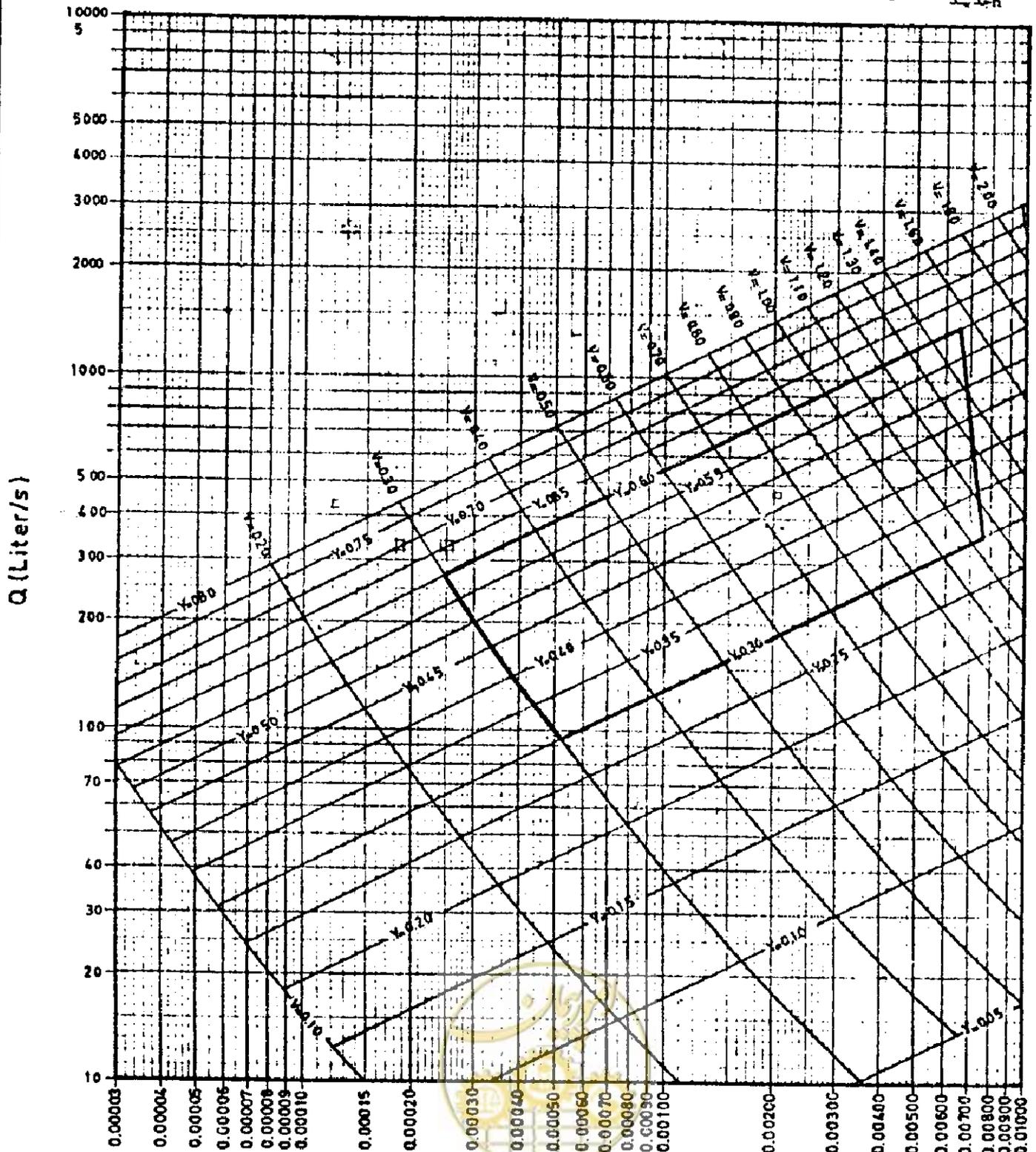
پ-۱۴ نمودار هیدرولیکی کانالهای خاکی دوزنقه‌ای شکل با شیب جانبی ۱:۱/۲ n=0.025



۱- برای به دست آوردن بده (Q) به ازای مقادیر مختلف n . بده نمودار در n جدید 0.025 ضرب می‌شود .

۲- برای به دست آوردن S و Y کانال برای Q مفروض به ازای مقادیر مختلف n . ابتدا بده مفروض در 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 n جدید 0.025 ضرب می‌شود .

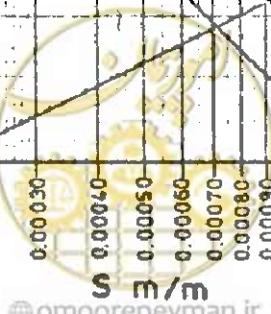
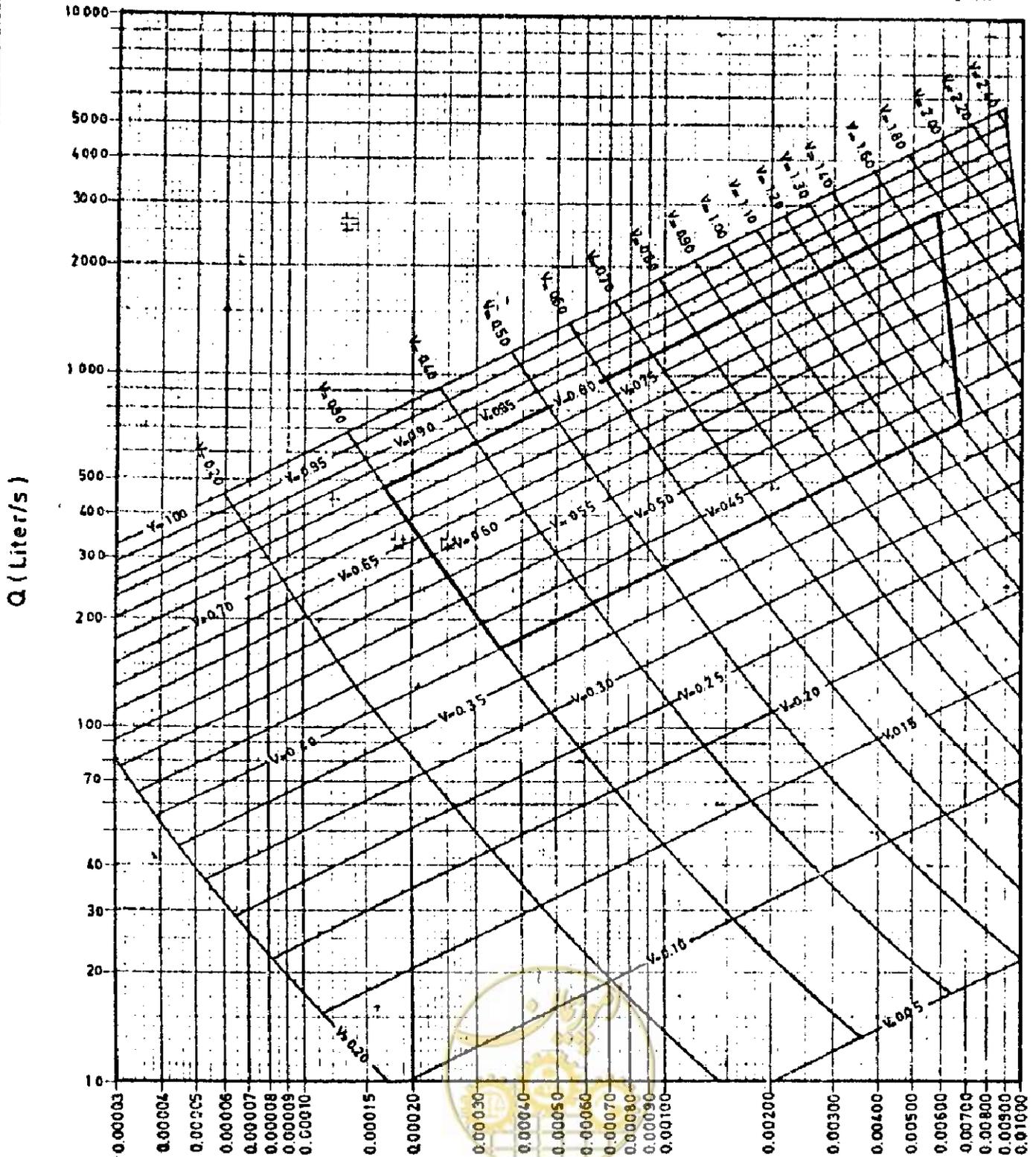
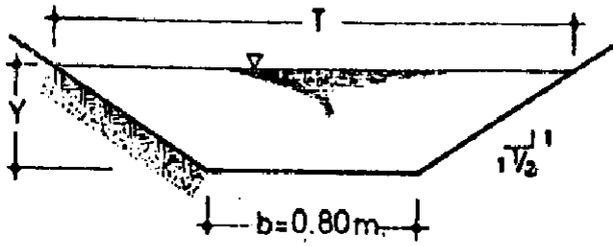


پ-۱۵ نمودار هیدرولیکی کانالهای خاکی دوزنقه‌ای شکل با شیب جانبی ۱:۱/۳ n=0.025

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

۲. برای به دست آوردن S و ۵ کانال برای Q مفروض به ازای مقادیر مختلف n، ابتدا بده مفروض در $\frac{n}{0.025}$ ضرب و سپس از نمودار استفاده می‌شود.

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

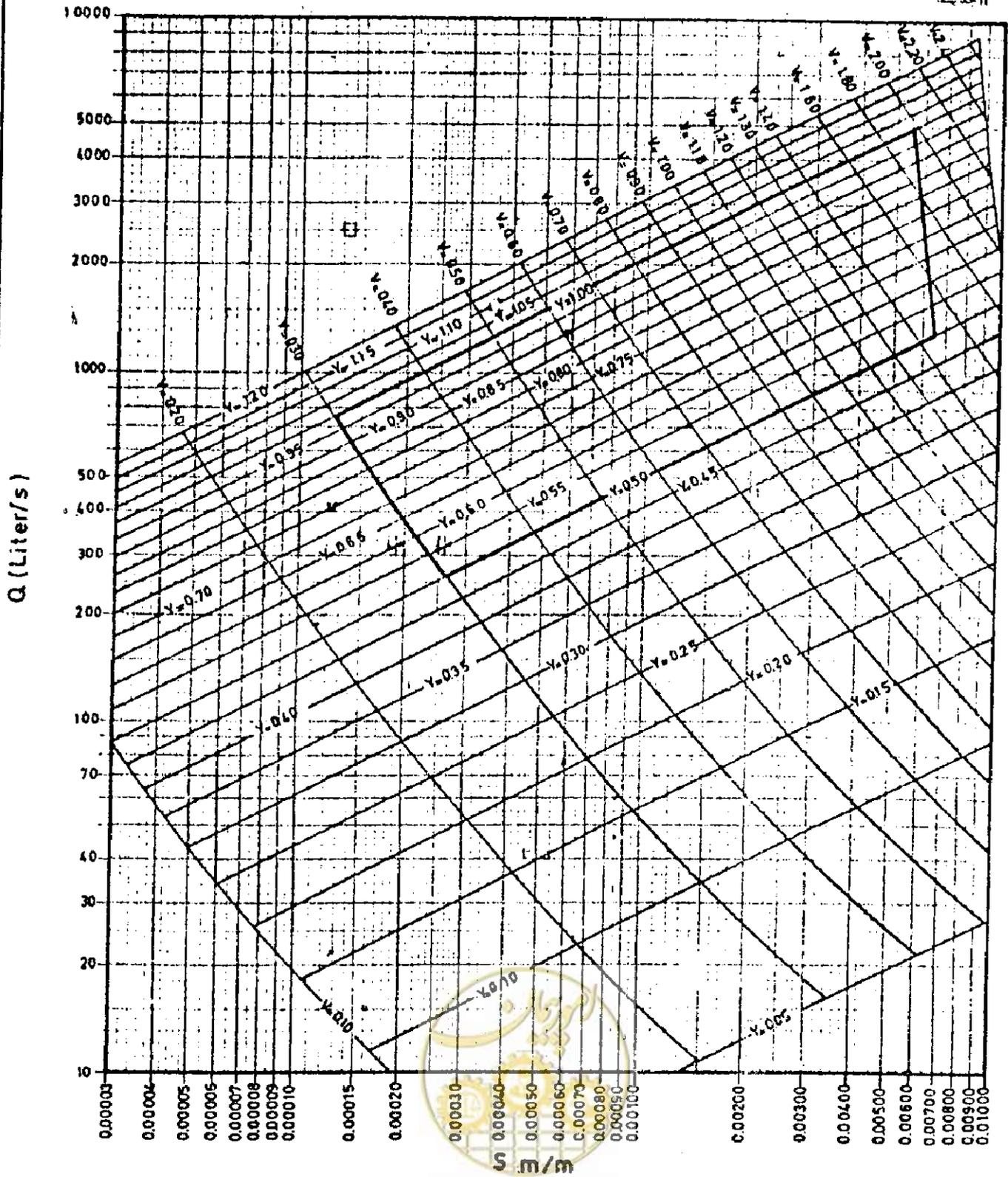
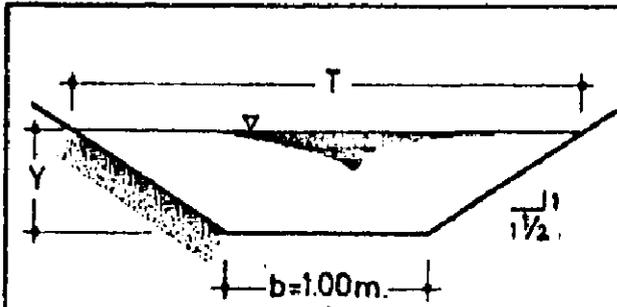


پ-۱۶ نمودار هیدرولیکی کانالهای خاکی دوزنقه‌ای شکل با شیب جانبی ۱:۱/۲ n=0.025

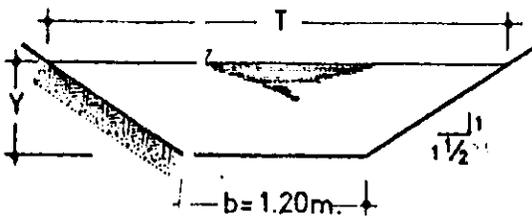
۱. برای به دست آوردن بده (Q) به ازای مقادیر مختلف n، بده نمودار در $\frac{n}{0.025}$ جدید ضرب می‌شود.

۲. برای به دست آوردن γ و γ کانال برای مقروض به ازای مقادیر مختلف n، ابتدا بده مقروض در $\frac{n}{0.025}$ جدید 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.



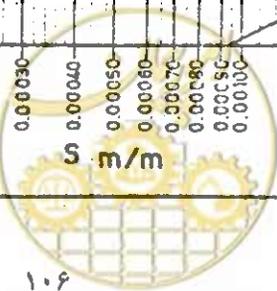
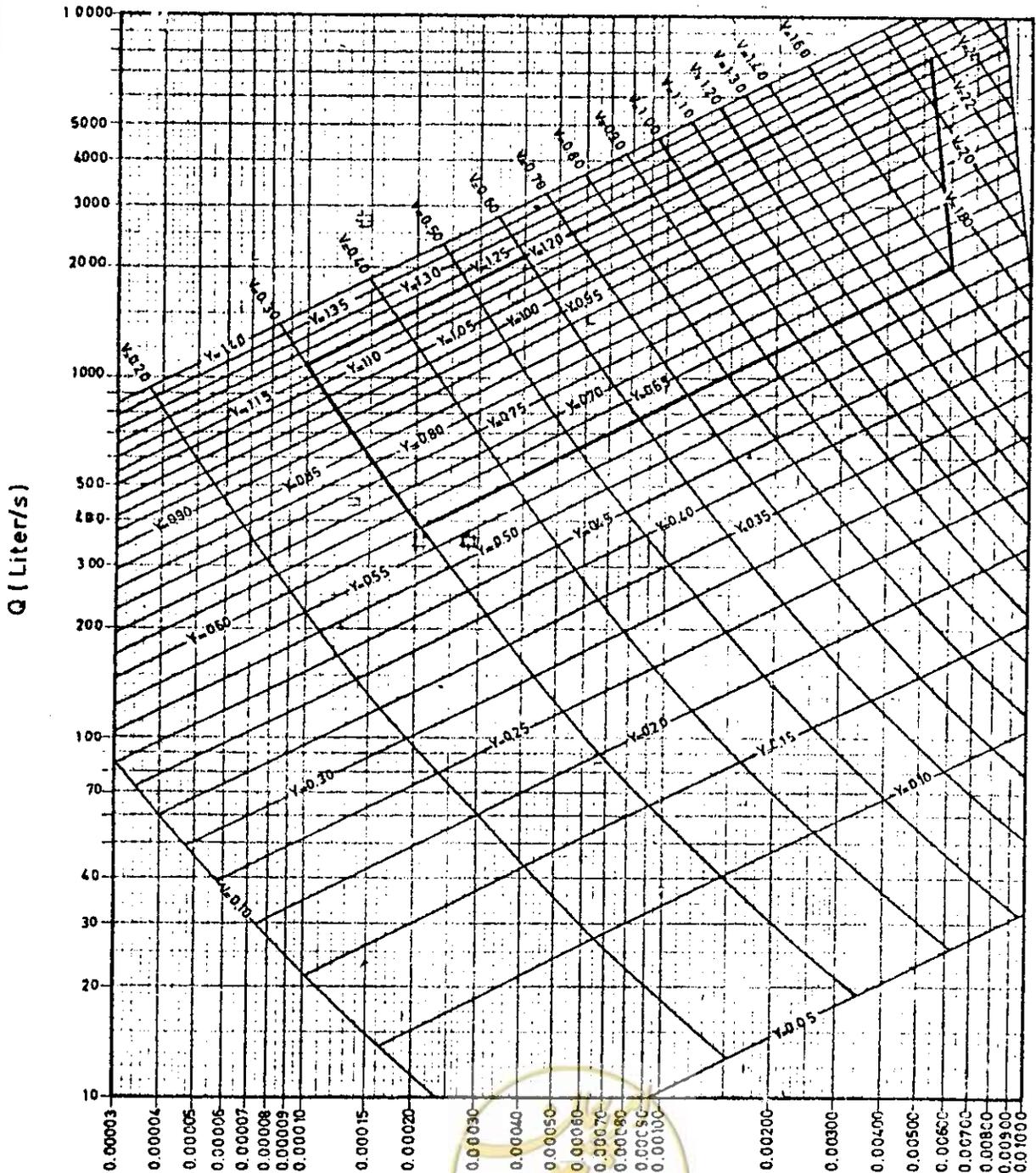
پ- ۱۷ نمودار هیدرولیکی کانالهای خاکی دوزنقه‌ای شکل با شیب جانبی $1\frac{1}{2}:1$ $n=0.025$



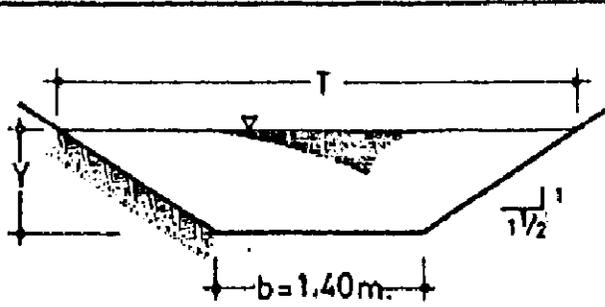
۱. برای به دست آوردن بده (Q) به ازای مقادیر مختلف n، بده نمودار در $\frac{0.025}{n}$ جدید ضرب می‌شود.

۲. برای به دست آوردن S و Y کانال برای Q مفروض به ازای مقادیر مختلف n، ابتدا بده مفروض در $\frac{0.025}{n}$ جدید 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.



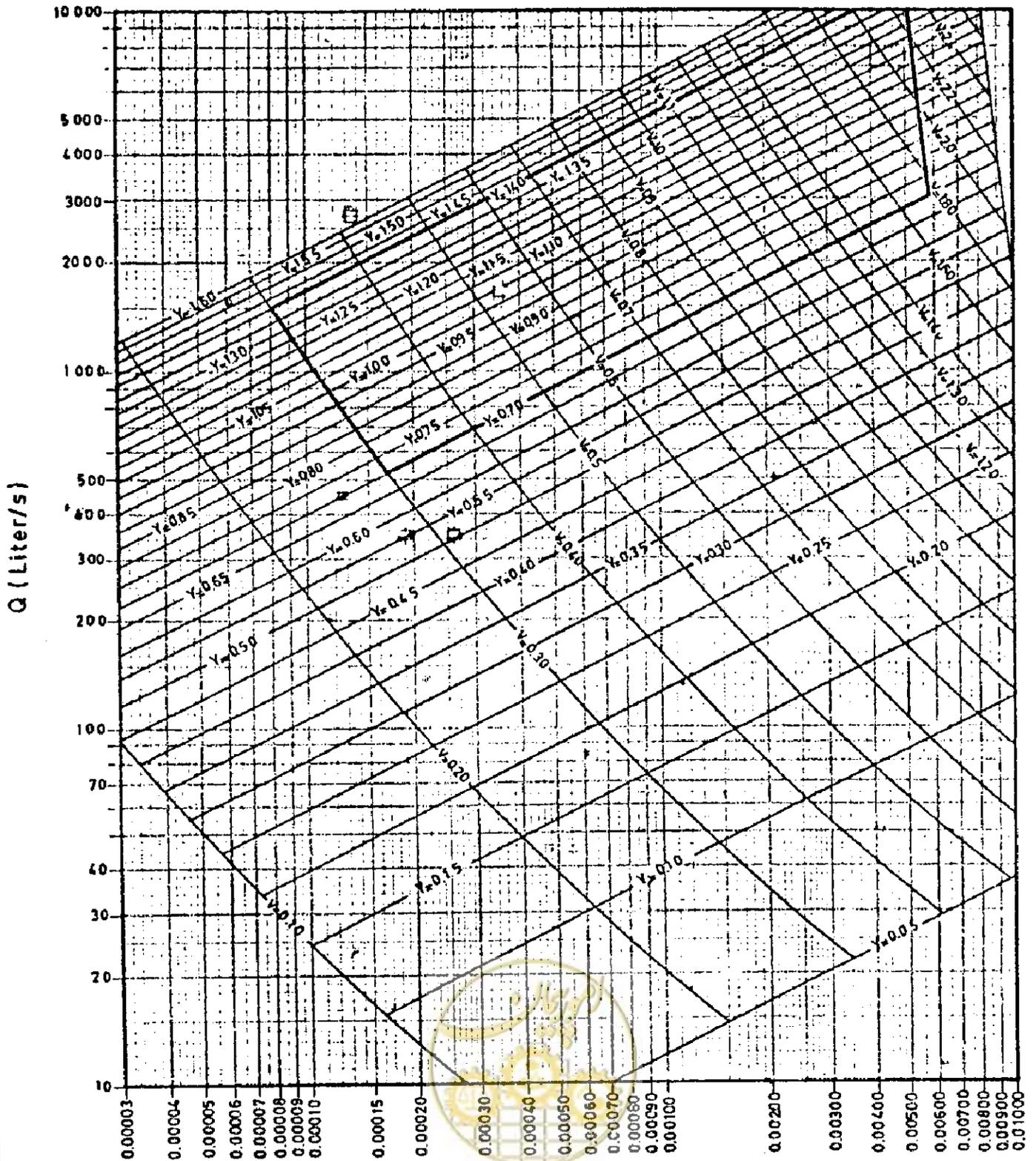
پ ۱۸- نمودار هیدرولیکی کانالهای خاکی دوزنقه‌ای شکل با شیب جانبی ۱:۱/۲ n=0.025



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

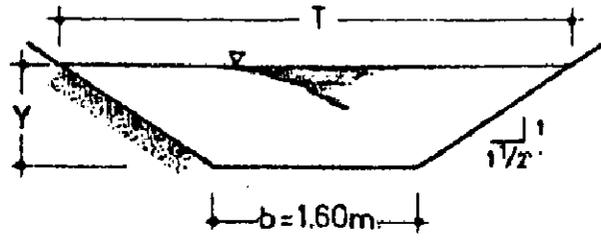
۲- برای به دست آوردن Q برای Q مفروض به ازای مقادیر مختلف n، ابتدا بده مفروض در $\frac{0.025}{\text{جدید n}}$ ضرب و سپس از نمودار استفاده می‌شود.

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



omoorpeyma.ir S m/m

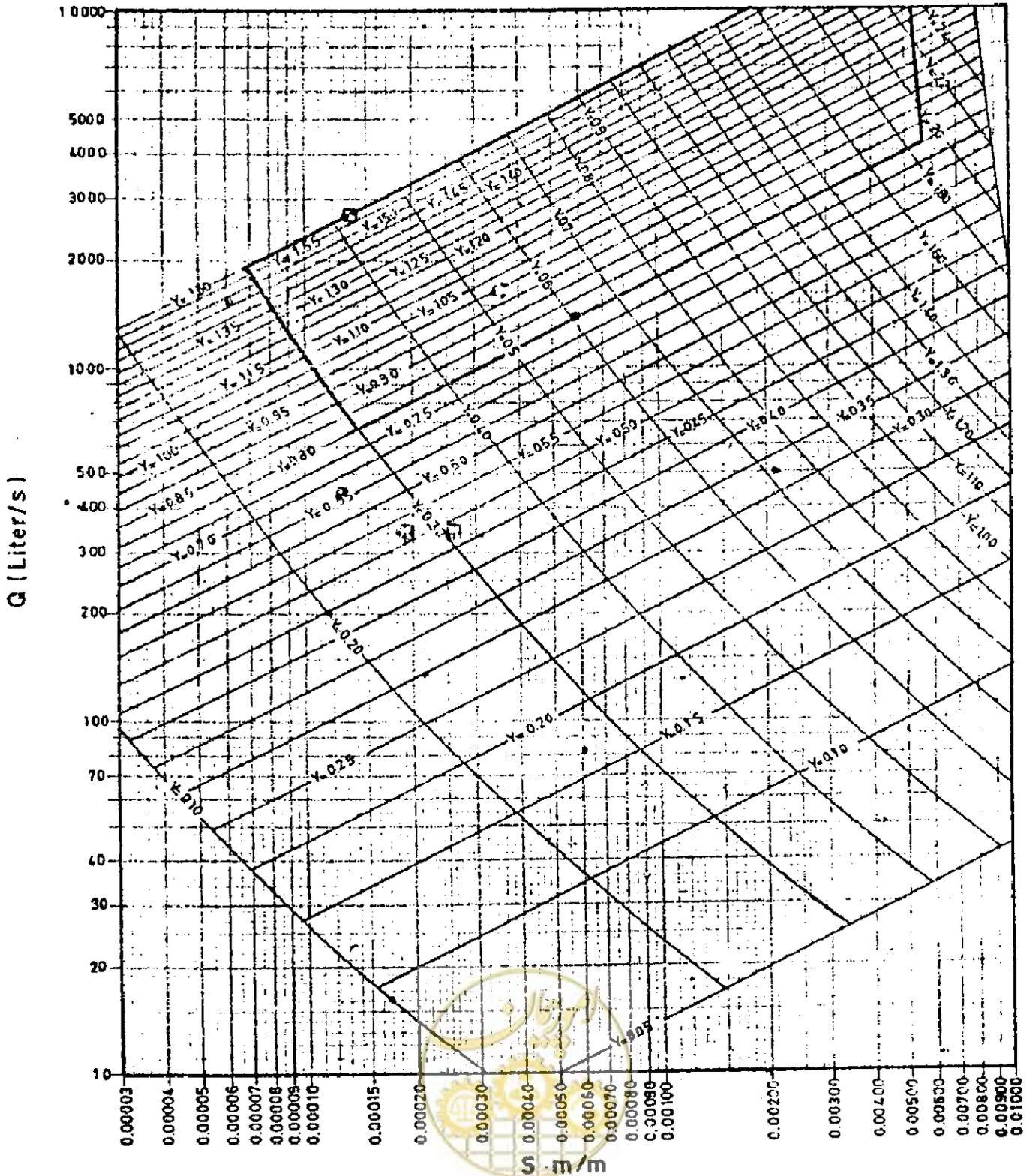
پ ۱۹- نمودار هیدرولیکی کانالهای خاکی دوزنقه‌ای شکل با شیب جانبی ۱:۰.۰۲۵



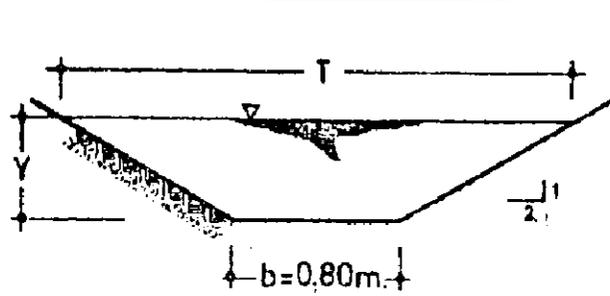
۱- برای به دست آوردن بده (Q) به ازای مقادیر مختلف n، بده نمودار در $\frac{0.025}{\frac{1}{1.5} + n}$ ضرب می‌شود.

۲- برای به دست آوردن بزرگترین کانال برای عرض به ازای مقادیر مختلف n، ابتدا بده مفروض در $\frac{n}{0.025}$ ضرب و سپس از نمودار استفاده می‌شود.

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



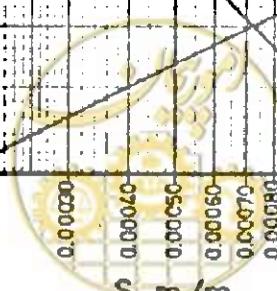
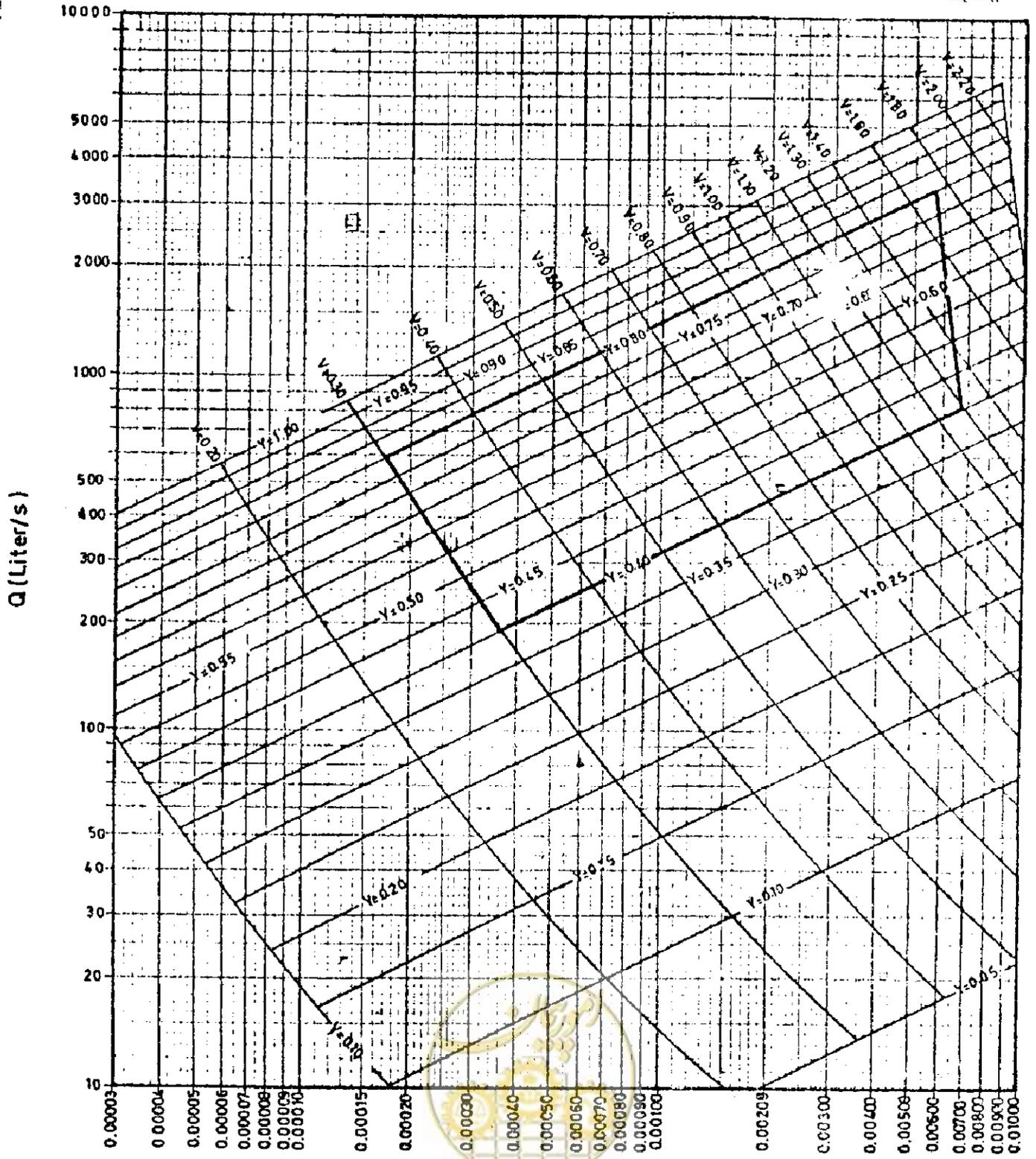
پ - ۲۰ نمودار هیدرولیکی کانالهای خاکی دوزنقه‌ای شکل با شیب جانبی ۲:۱ n=0.025



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

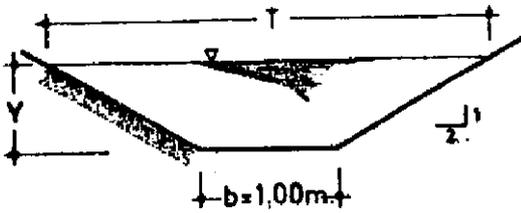
۲. برای به دست آوردن S و Y کانال برای Q مفروض به ازای مقادیر مختلف n، ابتدا بده مفروض در $\frac{n}{0.025}$ ضرب و سپس از نمودار استفاده می‌شود.

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



S. m/m
omoopeyman.ir

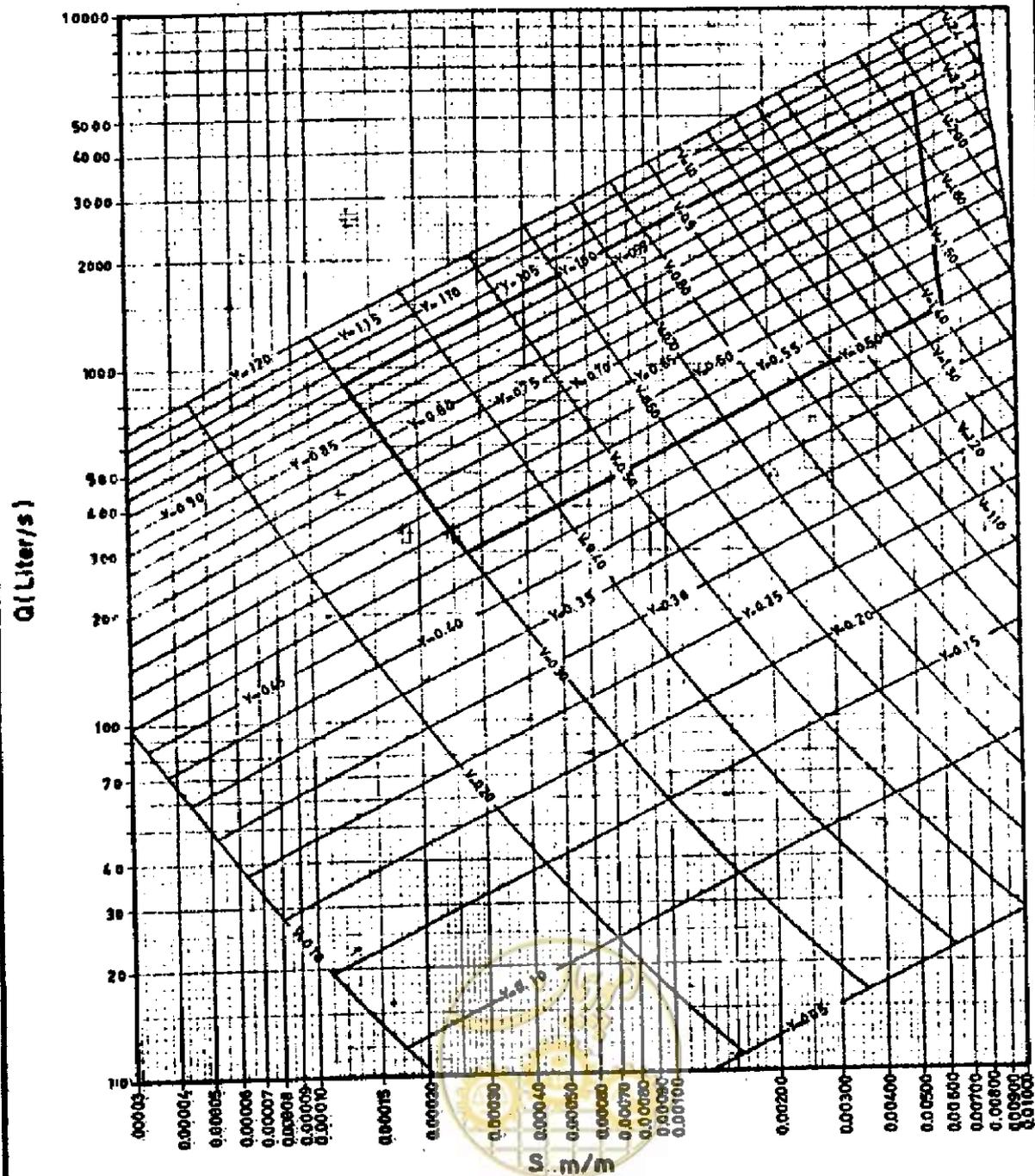
پ ۲۱- نمودار هیدرولیکی کانالهای خاکی دوزنقه‌ای شکل با شیب جانبی ۲:۱ $n=0.025$



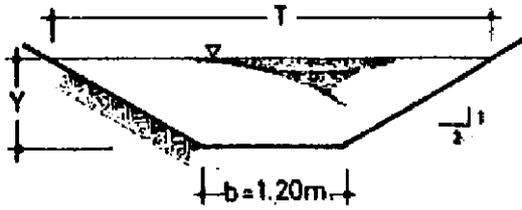
۱- برای به دست آوردن (Q) به ازای مقدار مشخص n بده نمودار در $\frac{Q}{b^{2.48}n}$ ضرب می‌شود

۲- برای به دست آوردن (V) کانال برای هر عرض به ازای مقادیر مختلف n ابتدا بده مقیوس در $\frac{Q}{b^{2.48}n}$ ضرب و سپس از نمودار استفاده می‌شود.

۳- برای به دست آوردن سرعت (V) به ازای مقادیر مختلف n سرعت نمودار در $\frac{Q}{b^{2.48}n}$ ضرب می‌شود.



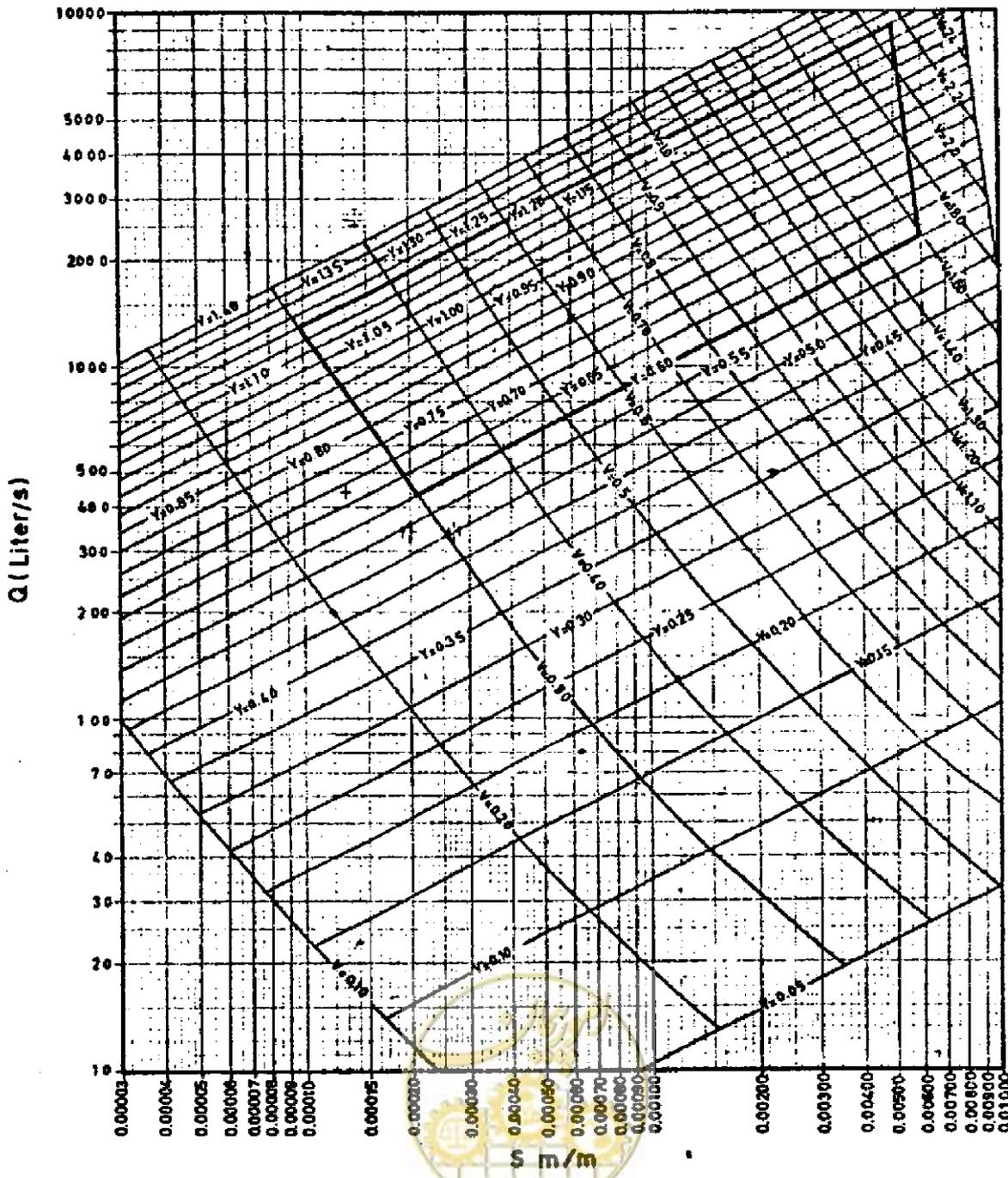
نمودار هیدرولیکی کانالهای خاکی دوزنقه‌ای شکل با شیب جانبی ۲:۱ $n=0.025$



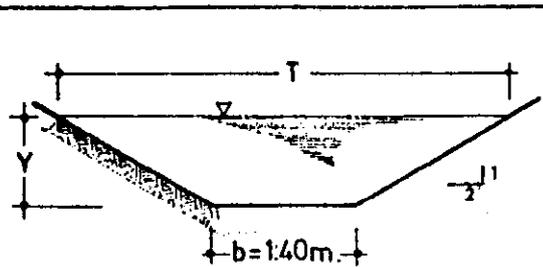
۱- برای به دست آوردن Q به ازای معادیر مختلف n بده نمودار در n حدیث 0.025 ضرب می‌شود.

۲- برای به دست آوردن Y و T کمال برای Q معروض به ازای معادیر مختلف n ابتدا بده معروض در n حدیث 0.025 ضرب و سپس از نمودار استفاده می‌شود.

۳- برای به دست آوردن سرعت V به ازای معادیر مختلف n سرعت نمودار در n حدیث 0.025 ضرب می‌شود.



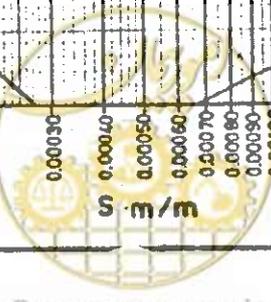
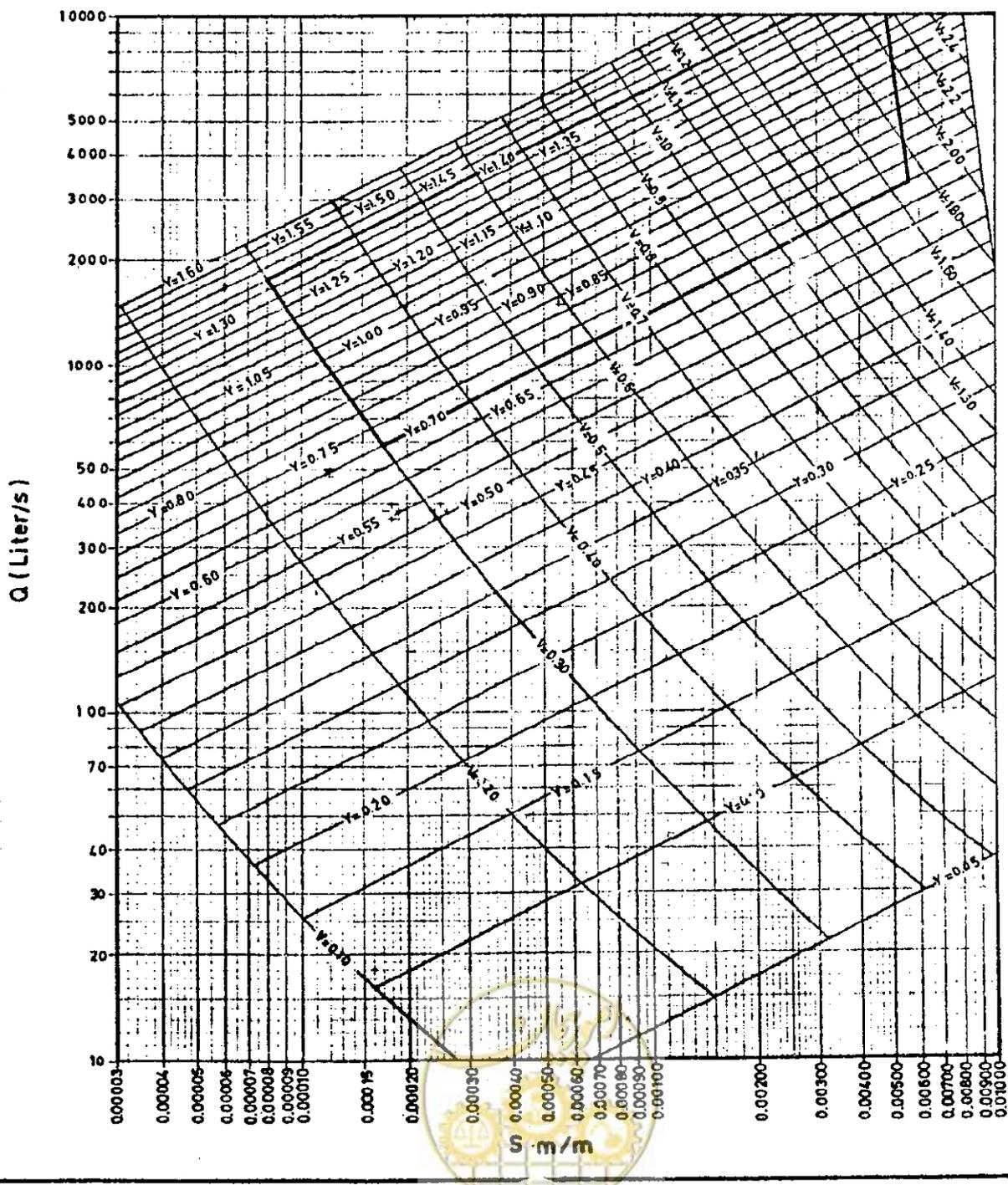
ب- ۲۳ نمودار هیدرولیکی کانالهای خاکی دوزنقه‌ای شکل با شیب جانبی ۲:۱ $n=0.025$



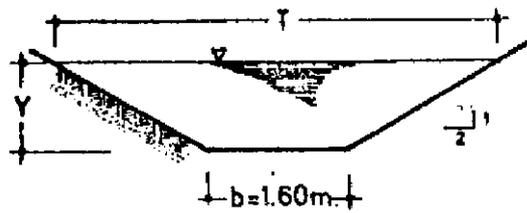
۱- برای به دست آوردن بده (Q) به ازای مقادیر مختلف n بده نمودار در $n=0.025$ جدید ضرب می‌شود.

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

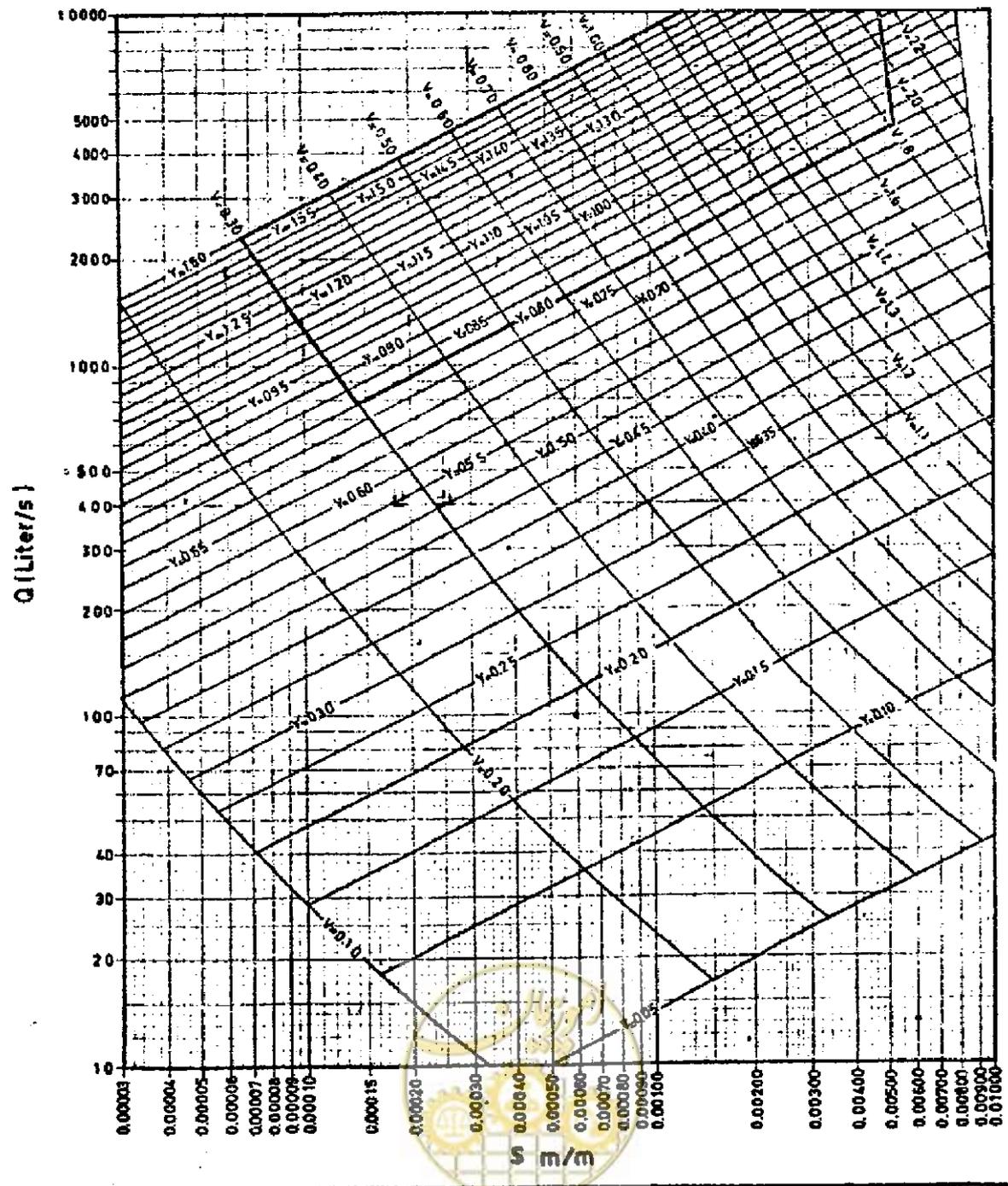
۳- برای به دست آوردن سرعت (V) به ازای مقادیر مختلف n سرعت نمودار در $\frac{0.025}{n}$ جدید ضرب می‌شود.



پ- ۲۴ نمودار هیدرولیکی کانالهای خاکی دوزنقه‌ای شکل با شیب جانبی ۱:۲ و $n=0.025$



۱- برای به دست آوردن بده (Q) به ازای مقادیر مختلف n - بده نمودار در $\frac{0.025}{n}$ ضرب می‌شود.
 ۲- برای به دست آوردن S و Y کانال برای Q مفروض به ازای مقادیر مختلف n، ابتدا بده مفروض در $\frac{n}{0.025}$ ضرب و سپس از نمودار استفاده می‌شود.
 ۳- برای به دست آوردن سرعت (V) به ازای مقادیر مختلف n، سرعت نمودار در $\frac{0.025}{n}$ ضرب می‌شود.

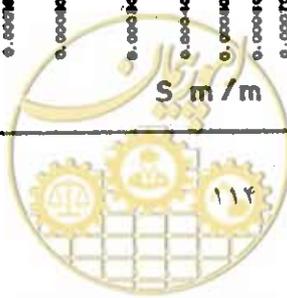
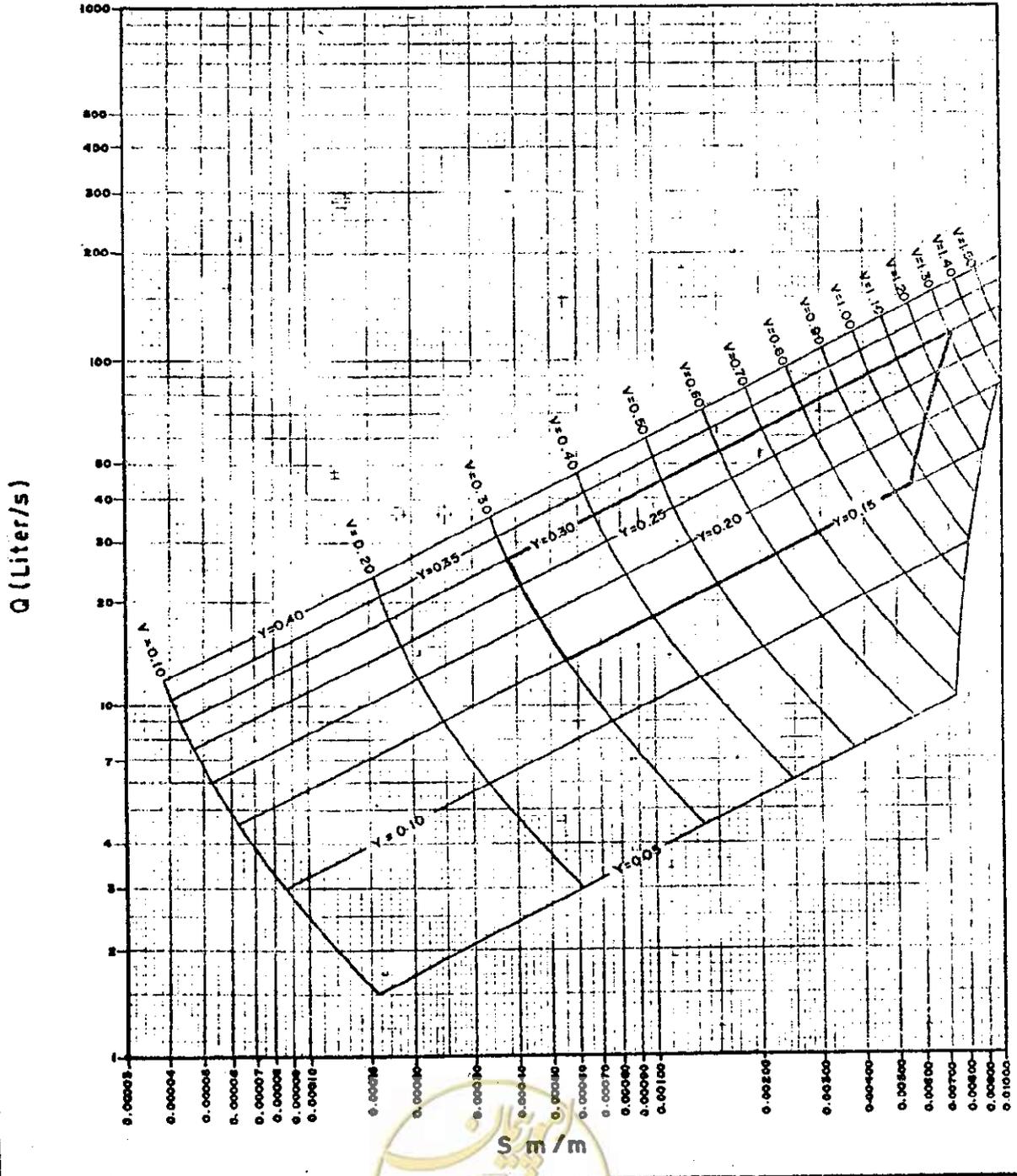
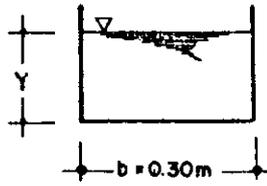


ب- ۲۵ نمودار هیدرولیکی کانالهای مستطیلی شکل $n=0.014$

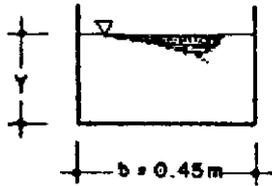
۱- برای بدست آوردن بده Q به ازای مقادیر مختلف n بده نمودار در $\frac{0.014}{n}$ جدید ضرب می شود.

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

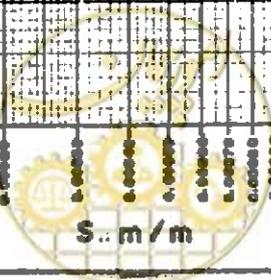
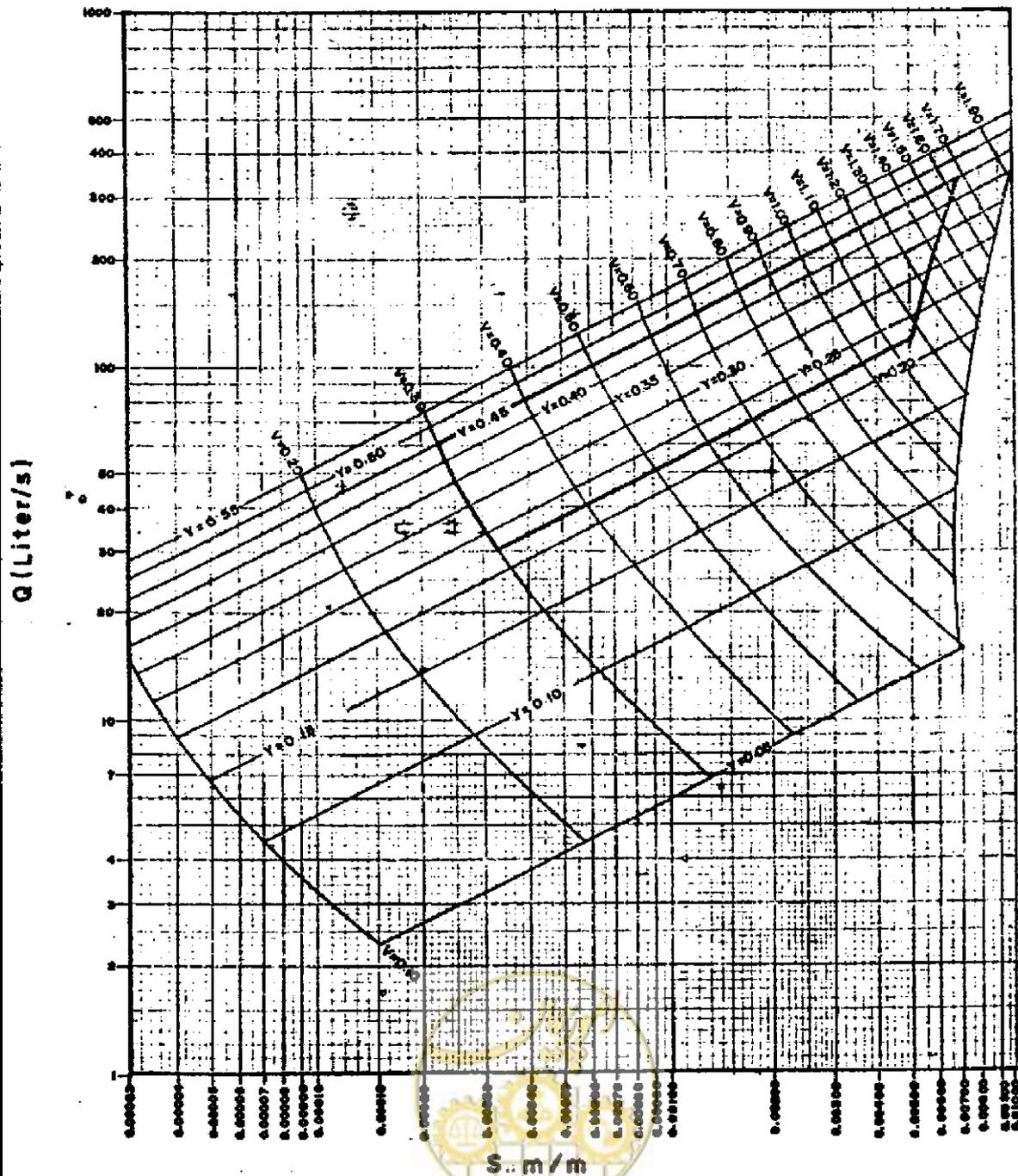
۳- برای به دست آوردن سرعت (V) به ازای مقادیر مختلف n سرعت نمودار در $\frac{0.014}{n}$ جدید ضرب می شود.



ب- ۲۶ نمودار هیدرولیکی کانالهای مستطیلی شکل $n=0.014$



- ۱- برای به دست آوردن بده (Q) به ازای مقادیر مختلف بده نمودار در $n=0.014$ سرب می‌شود.
- ۲- برای به دست آوردن V و S کانال برای Q مفروض به ازای مقادیر مختلف n ، ابتدا بده مفروض در $n=0.014$ سرب و سپس از نمودار استفاده می‌شود.
- ۳- برای به دست آوردن سرعت (V) به ازای مقادیر مختلف n ، سرعت نمودار در $n=0.014$ سرب می‌شود.

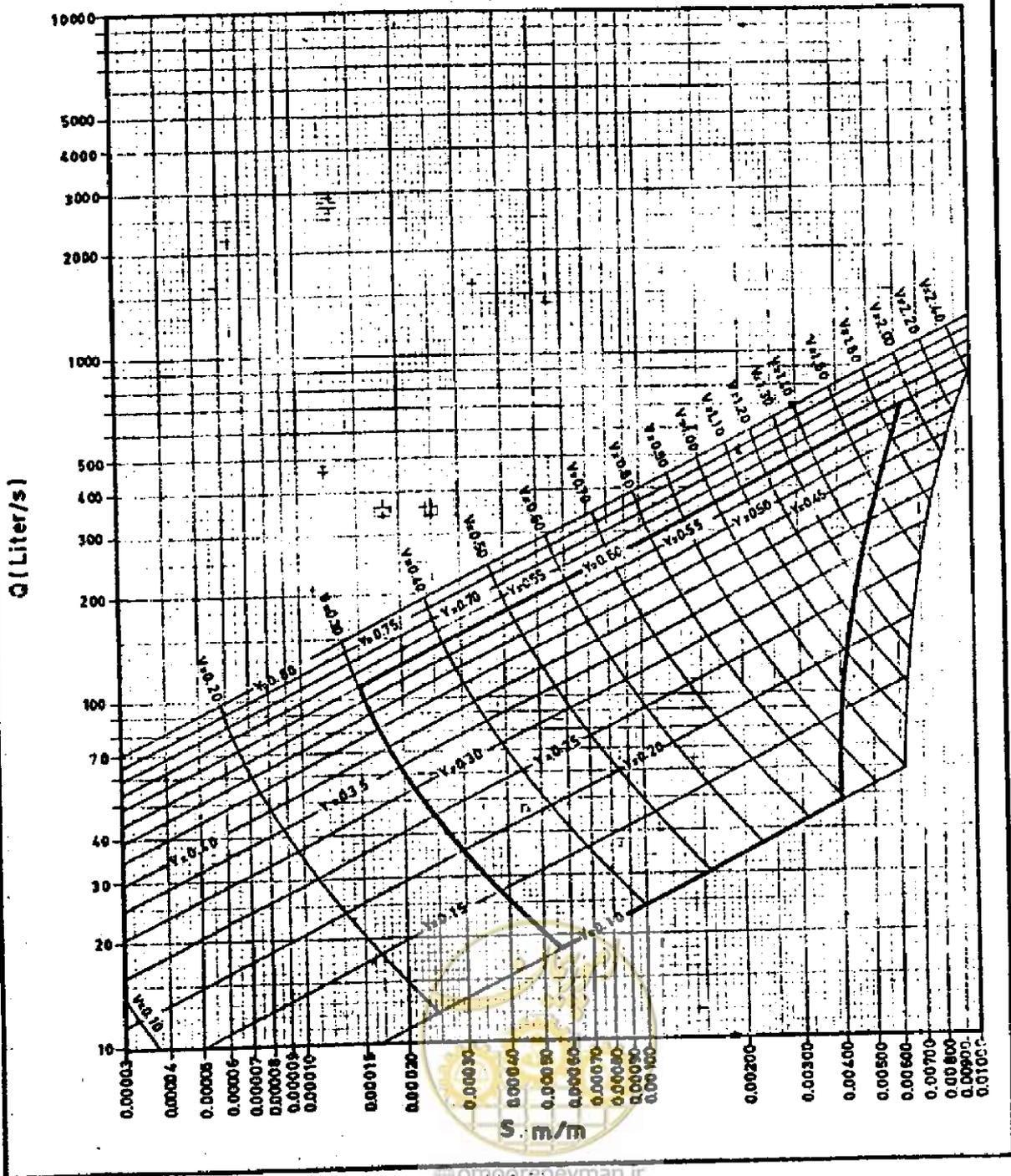
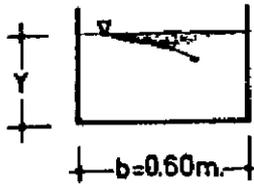


پ- ۲۷ نمودار هیدرولیکی کانالهای مستطیلی شکل ۰.۰۱۴-n

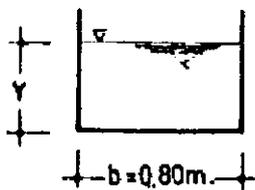
۱- برای به دست آوردن بده (Q) به ازای مقادیر مختلف بده نمودار در $n=0.014$ ضرب می شود.

۲- برای به دست آوردن S و Y کانال برای Q مفروض به ازای مقادیر مختلف n، ابتدایه مفروض در $n=0.014$ ضرب و سپس از نمودار استفاده می شود.

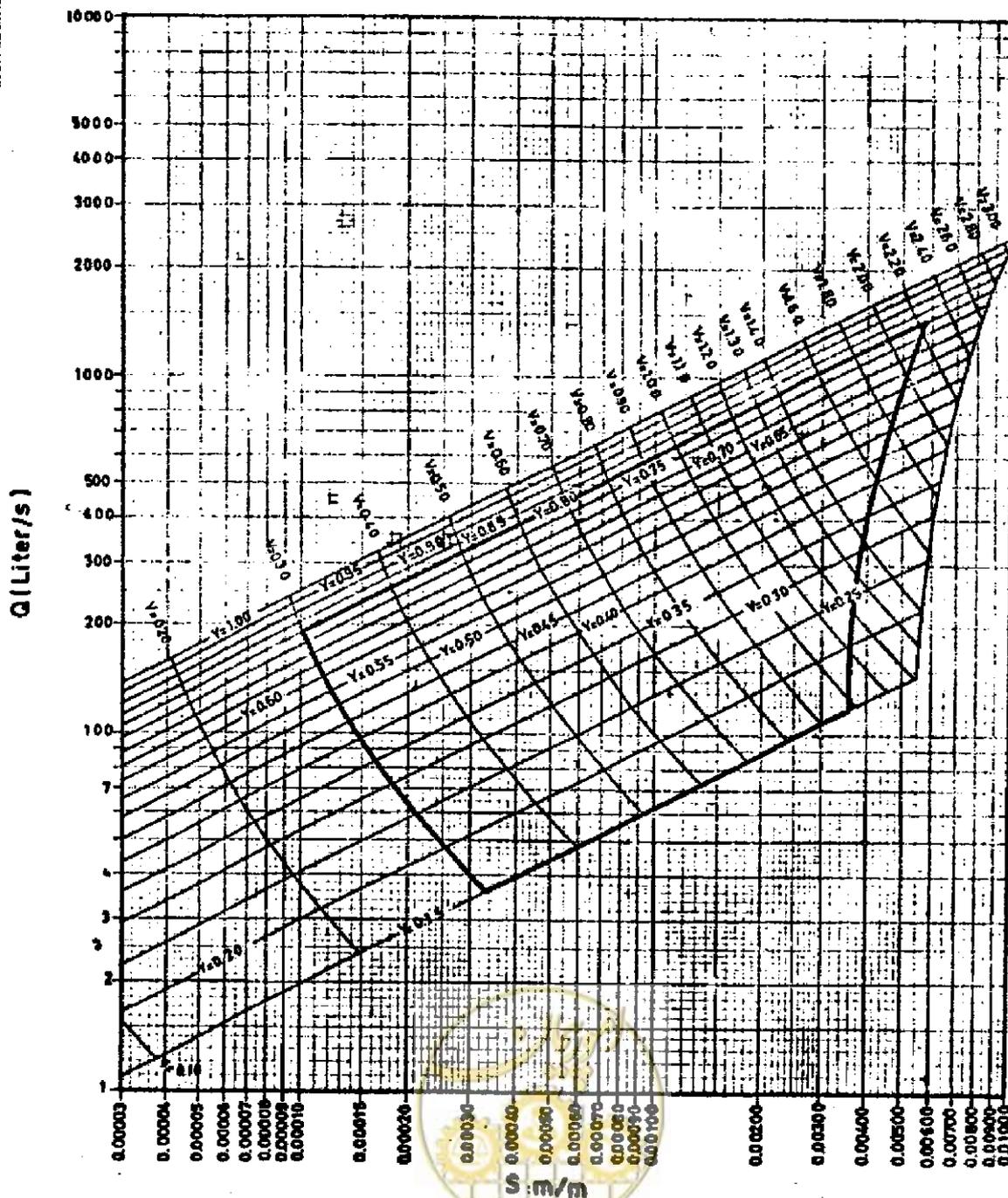
۳- برای به دست آوردن سرعت (V) به ازای مقادیر مختلف n، سرعت نمودار در $n=0.014$ ضرب می شود.



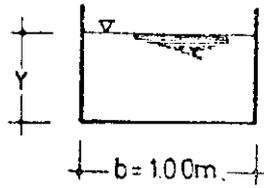
پ- ۲۸ نمودار هیدرولیکی کانالهای مستطیلی شکل $n=0.014$



۱. برای بدست آوردن پهنای (Q) به ازای مقادیر مختلف n، پهنای نمودار در $\frac{0.014}{n}$ ضرب می شود.
۲. برای بدست آوردن Q و Y برای Q مفروض به ازای مقادیر مختلف n، ابتدا پهنای مفروض در $\frac{n}{0.014}$ ضرب و سپس از نمودار استفاده می شود.
۳. برای بدست آوردن سرعت (V) به ازای مقادیر مختلف n، سرعت نمودار در $\frac{0.014}{n}$ ضرب می شود.



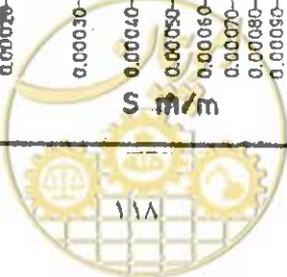
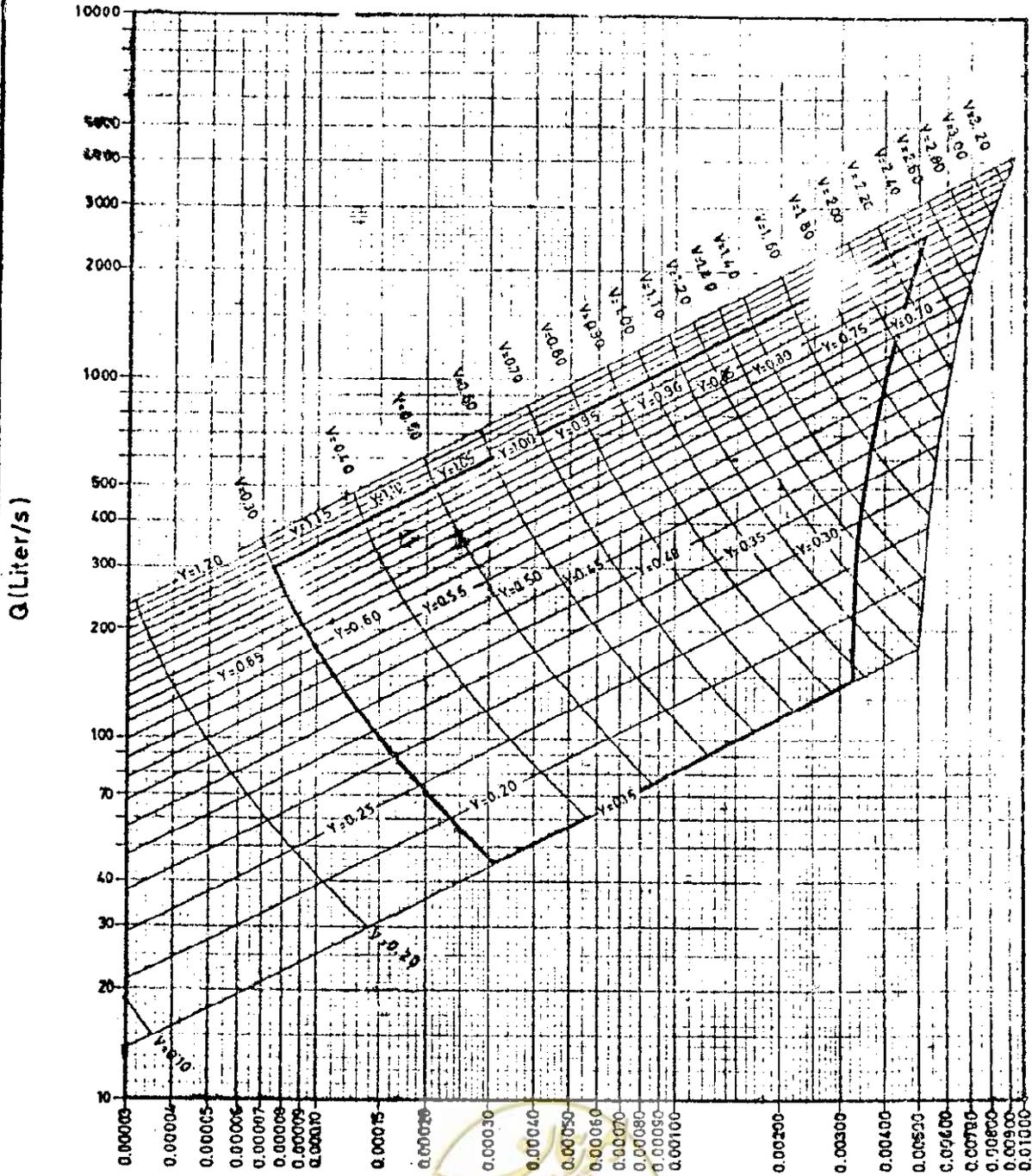
ب- ۲۹ نمودار هیدرولیکی کانالهای مستطیلی شکل ۰.۰۱۴-n



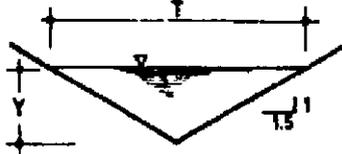
۱- برای بدست آوردن بده (Q) به ازای مقادیر مختلف n بده نمودار در $\frac{0.014}{n}$ ضرب می شود.

۲- برای به دست آوردن تازو کانال برای Q مقروض به ازای مقادیر مختلف n ابتدا بده مقروض در $\frac{n}{0.014}$ ضرب و سپس از نمودار استفاده می شود.

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



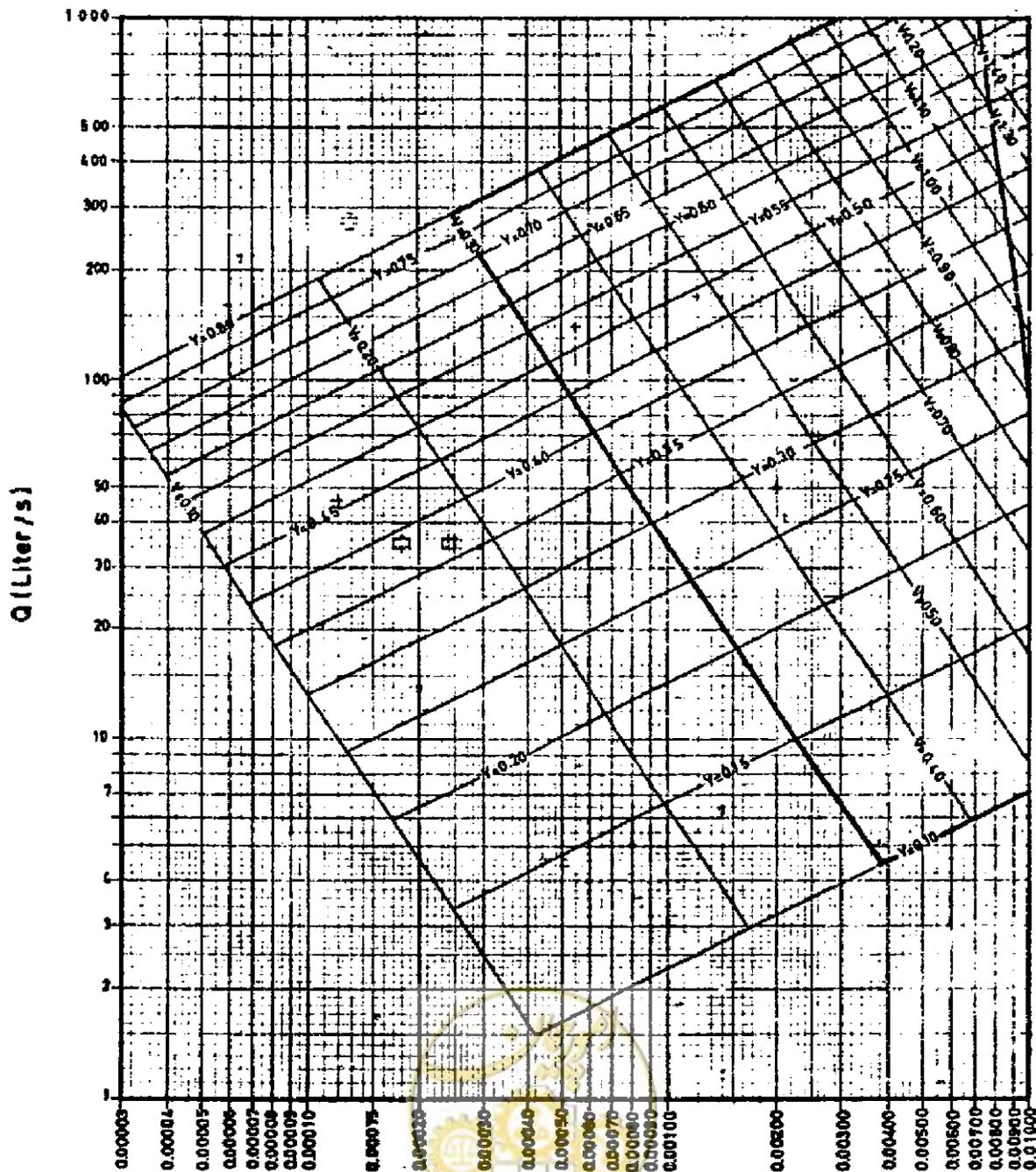
ب - ۳. نمودار هیدرولیکی سپرهای V شکل ۷ n-0.014



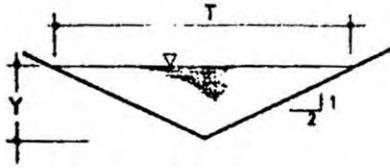
۱. برای به دست آوردن بده (Q) به ازای مقادیر مختلف n، بده نمودار در $\frac{0.025}{\pi \text{ جدید}}$ ضرب می شود.

۲. برای به دست آوردن S و ۴ کانال برای Q معروف به ازای مقادیر مختلف n، ابتدا بده معروف در $\frac{\pi \text{ جدید}}{0.025}$ ضرب و سپس از نمودار استفاده می شود.

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



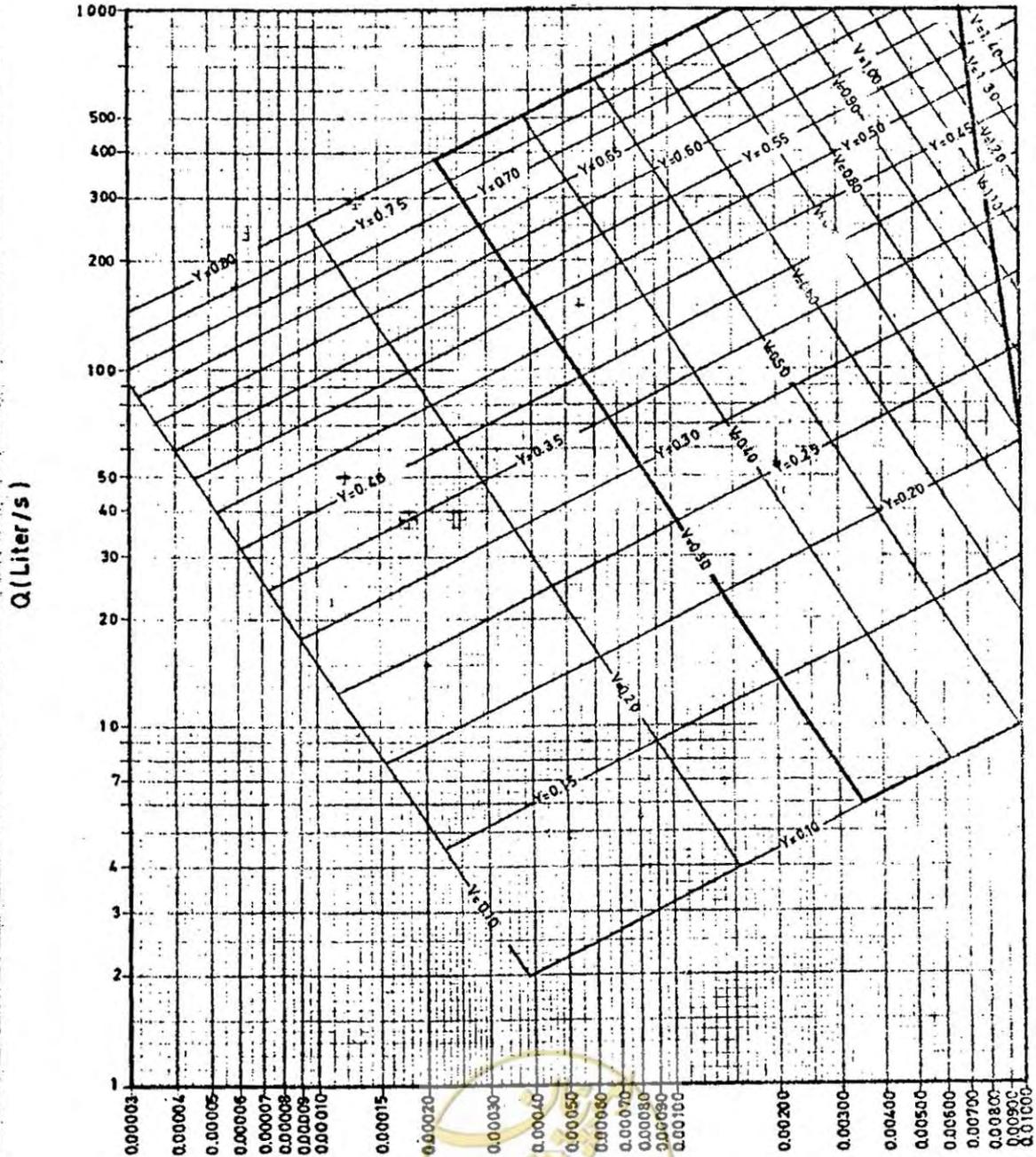
پ-۳۱ نمودار هیدرولیکی سپرهای V شکل ۰.۰۱۴-n



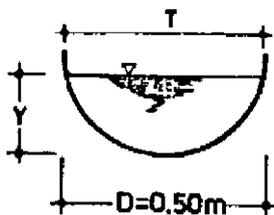
۱. برای به دست آوردن بده (Q) به ازای مقادیر مختلف n، بده نمودار در $\frac{0.025}{n}$ ضرب می شود.

۲. برای به دست آوردن S و K برای مقادیر مختلف n، ابتدا بده مقروض در $\frac{n}{0.025}$ ضرب و سپس از نمودار استفاده می شود.

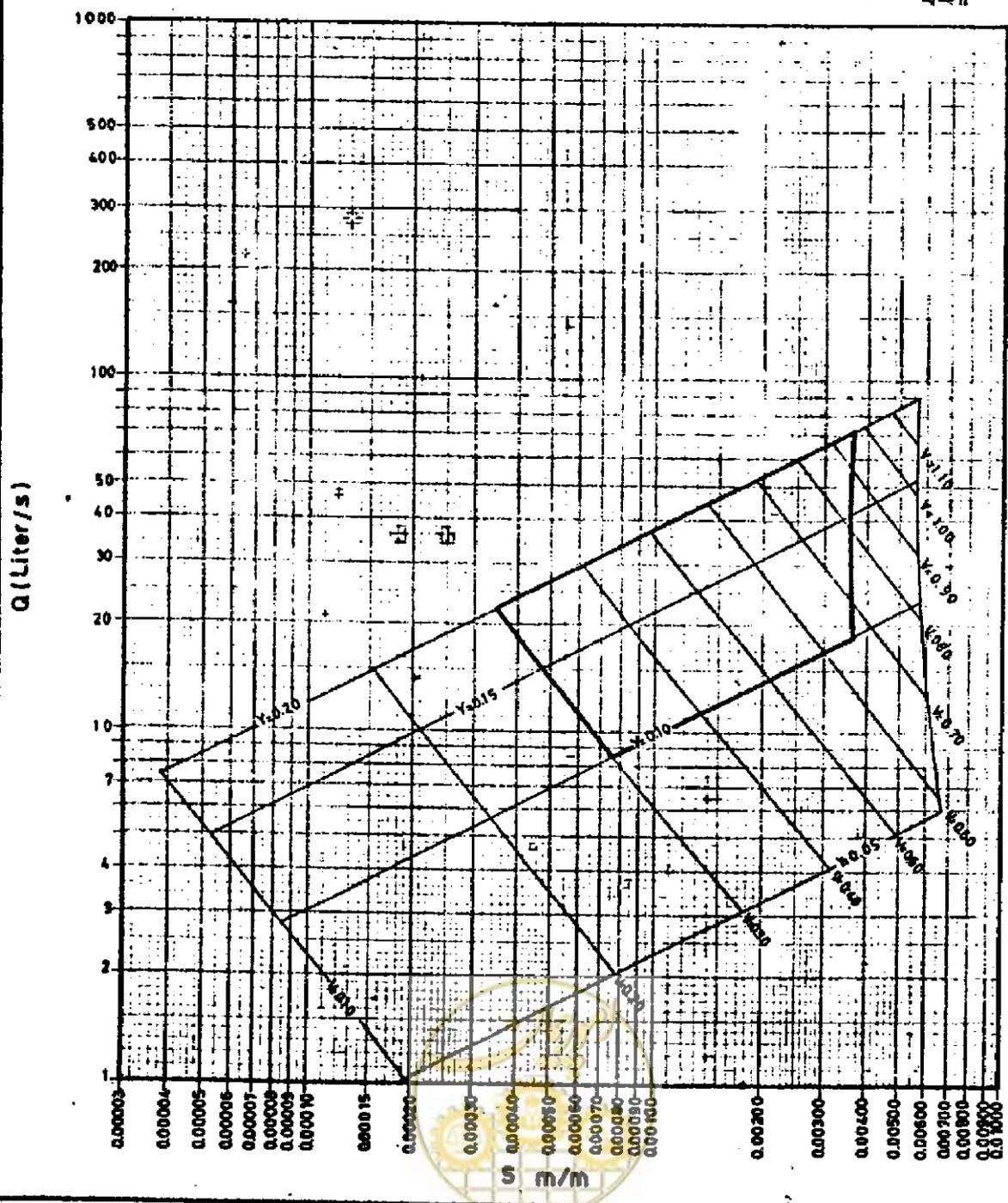
۳. برای به دست آوردن سرعت (V) به ازای مقادیر مختلف n، سرعت نمودار در $\frac{0.025}{n}$ ضرب می شود.



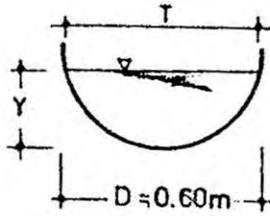
پ-۳۲ نمودار هیدرولیکی کانالهای نیم لوله $n=0.014$



- ۱- برای به دست آوردن به Q به ازای مقادیر مختلف بده نمودار در $n=0.014$ ضرب می شود.
- ۲- برای به دست آوردن S و Y کانال برای Q مقروض به ازای مقادیر مختلف n ، ابتدا به مقروض در $n=0.014$ ضرب و سپس از نمودار استفاده می شود.
- ۳- برای به دست آوردن سرعت V به ازای مقادیر مختلف n ، سرعت نمودار در $n=0.014$ ضرب می شود.



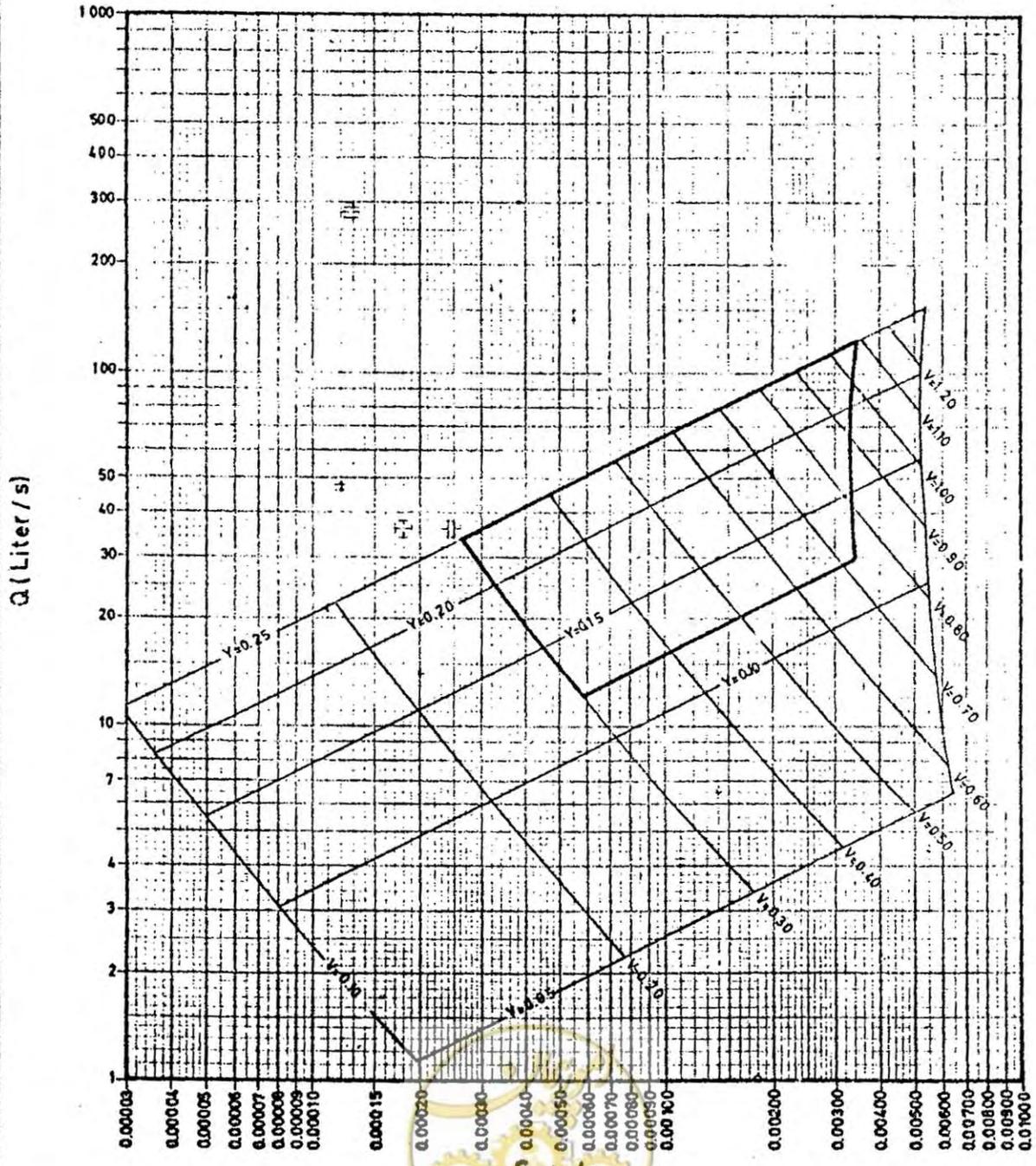
پ-۳۳ نمودار هیدرولیکی کانالهای نیم لوله $n=0.014$



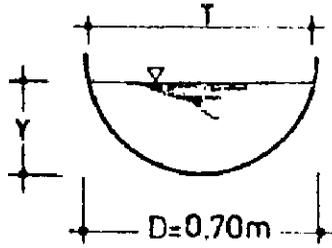
۱. برای به دست آوردن بده (Q) به ازای مقادیر مختلف بده نمودار در $n=0.014$ ضرب می شود.

۲. برای به دست آوردن S و Y کانال برای Q مفروض به ازای مقادیر مختلف n ابتدای بده مفروض در $\frac{n}{0.014}$ ضرب و سپس از نمودار استفاده می شود.

۳. برای به دست آوردن سرعت (V) به ازای مقادیر مختلف n سرعت نمودار در $\frac{n}{0.014}$ ضرب می شود.



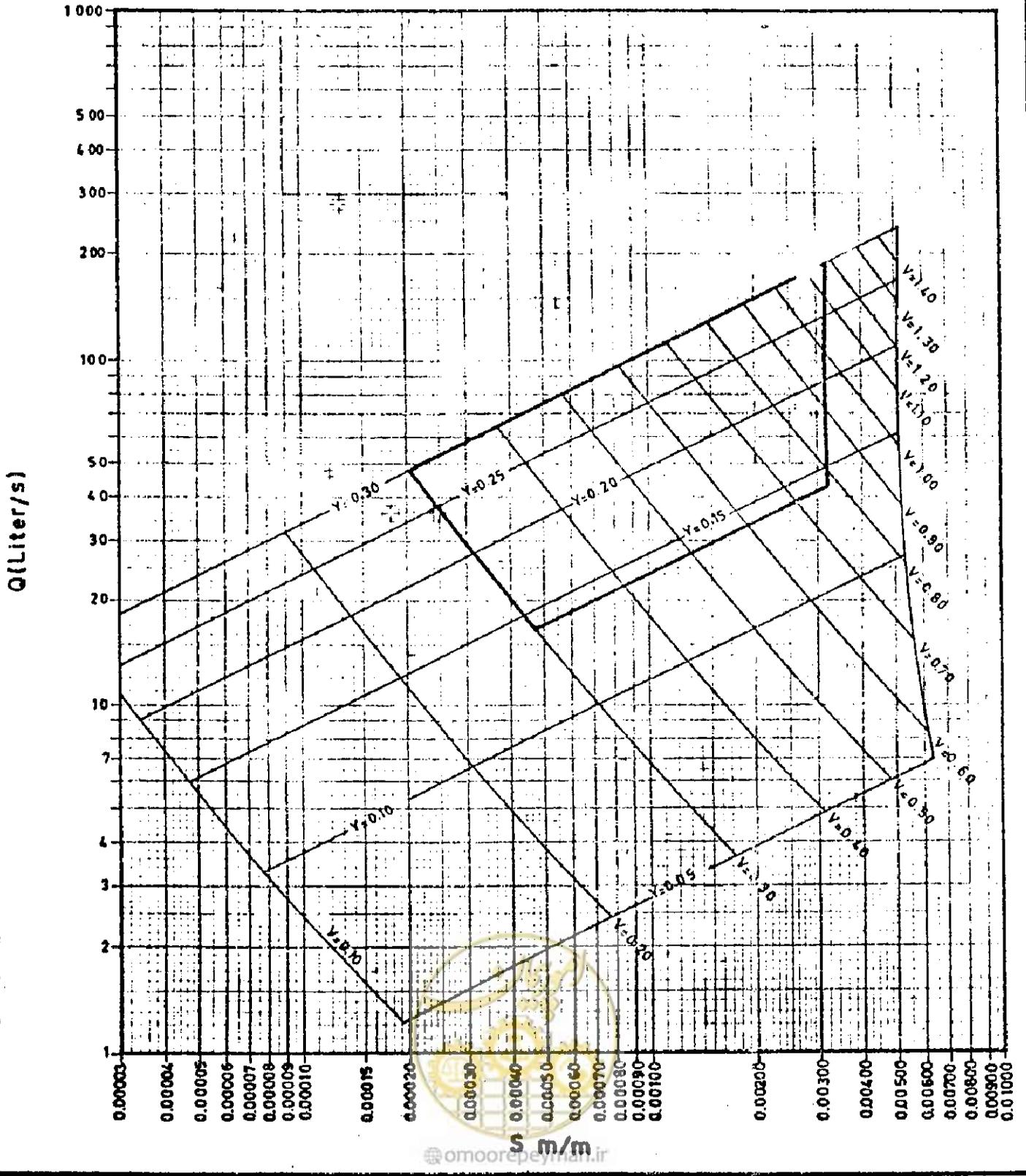
پ ۳۴- نمودار هیدرولیکی کانالهای نیم لوله n=0.014



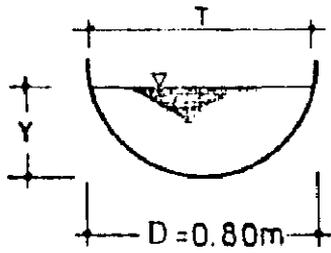
۱- برای به دست آوردن سده (Q) به ازای مقادیر مختلف n، سده نمودار در $\frac{Q}{n}$ جدید ضرب می شود.

۲- برای به دست آوردن S از کانال برای Q مفروض به ازای مقادیر مختلف n، ابتدا سده مفروض در $\frac{n}{0.014}$ جدید ضرب و سپس از نمودار استفاده می شود.

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



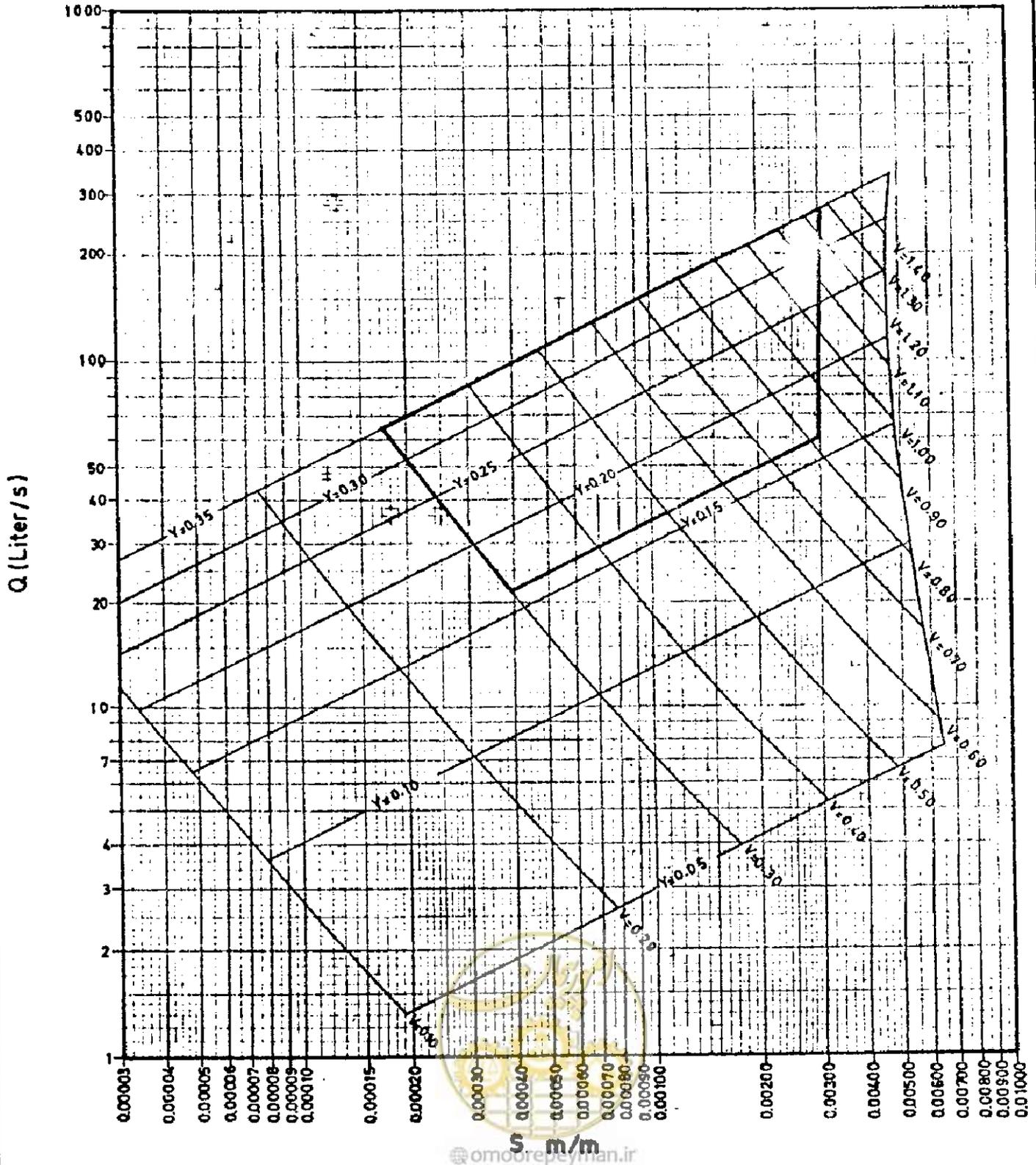
پ-۳۵ نمودار هیدرولیکی کانالهای نیم لوله n=0.014



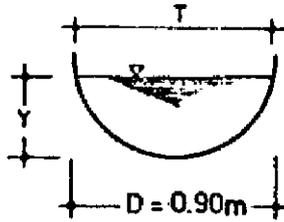
۱. برای به دست آوردن بده (Q) به ازای مقادیر مختلف n بده نمودار در $\frac{0.014}{n}$ جدید ضرب می شود.

۲. برای به دست آوردن S و Y کانال برای مقادیر مختلف n ابتدا بده مقروض در $\frac{0.014}{n}$ جدید ضرب و سپس از نمودار استفاده می شود.

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



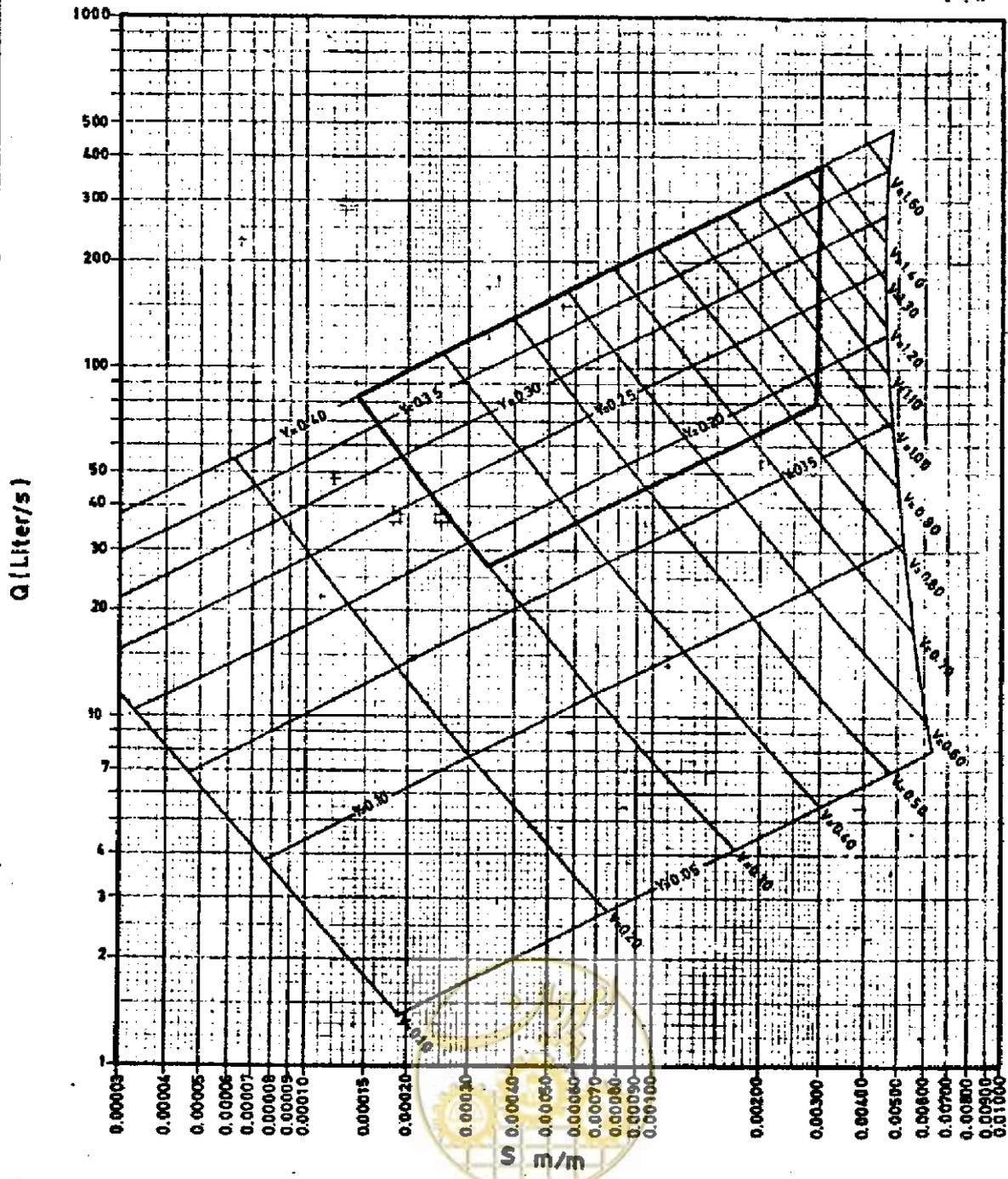
پ-۳۶ نمودار هیدرولیکی کانالهای نیم لوله $n=0.014$



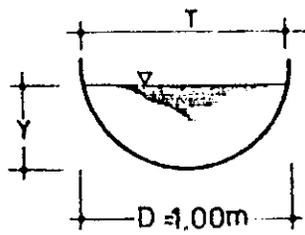
۱. برای به دست آوردن بده (Q) به ازای مقادیر مختلف n بده نمودار در $\frac{Q}{n}$ جدید ضرب می شود.

۲. برای به دست آوردن S و Y و S برای Q معروف به ازای مقادیر مختلف n، ابتدا بده معروف در $\frac{Q}{n}$ جدید ضرب و سپس از نمودار استفاده می شود.

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



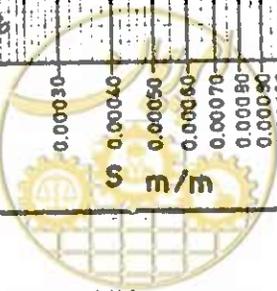
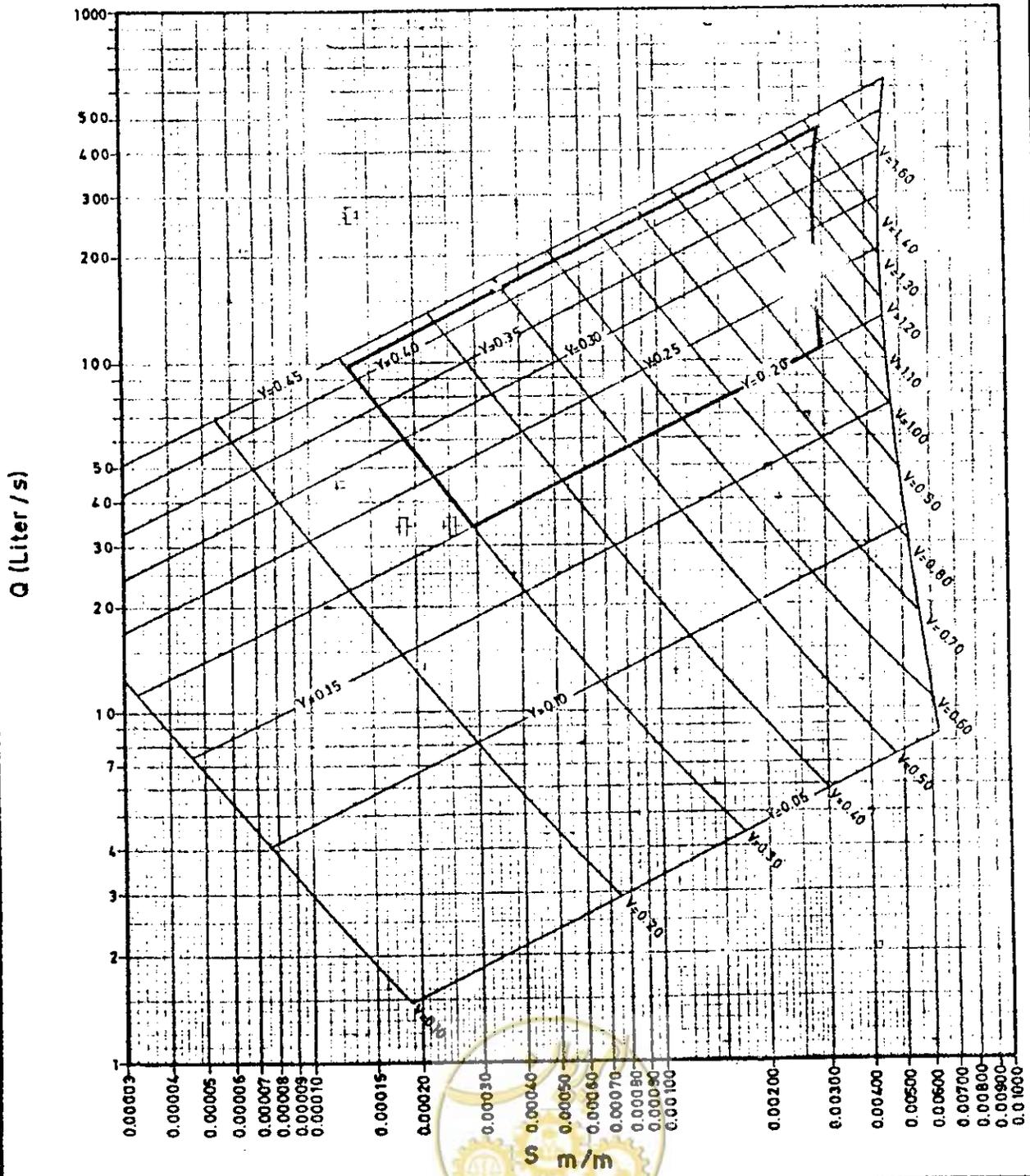
ب- ۳۷ نمودار هیدرولیکی کانالهای نیم لوله $n=0.014$



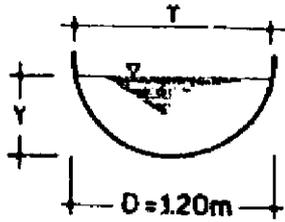
۱. برای به دست آوردن بده (Q) به ازای مقادیر مختلف n، بده نمودار در n جدید 0.014 ضرب می شود.

۲. برای به دست آوردن S و γ کانال برای مقادیر مختلف n، ابتدا بده مقروض در n جدید 0.014 ضرب و سپس از نمودار استفاده می شود.

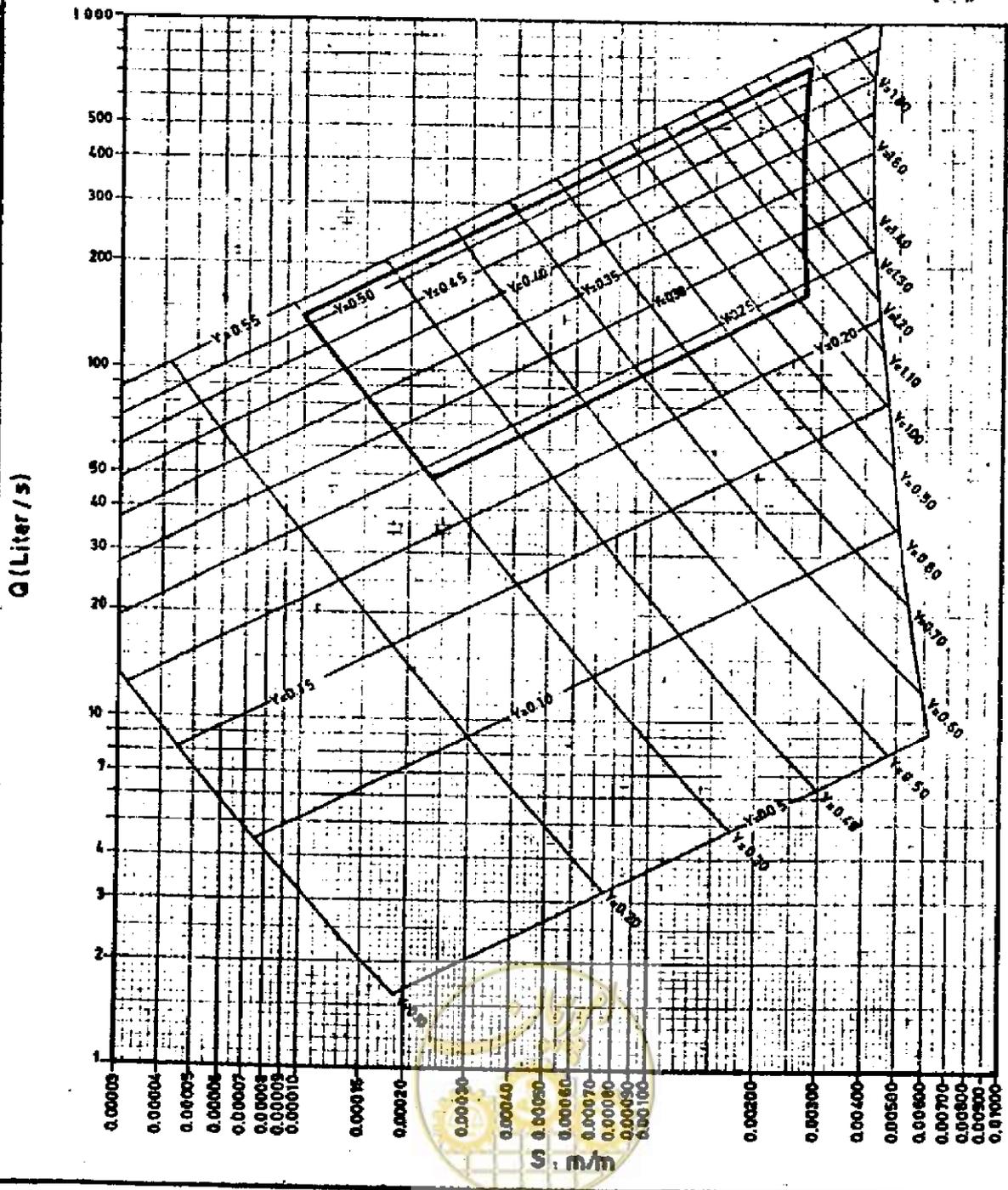
۳. برای به دست آوردن سرعت (V) به ازای مقادیر مختلف n، سرعت نمودار در n جدید 0.014 ضرب می شود.



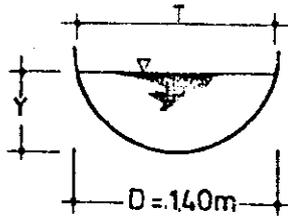
پ-۳۸ نمودار هیدرولیکی کانالهای نیم لوله n=0.014



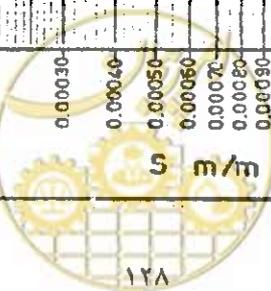
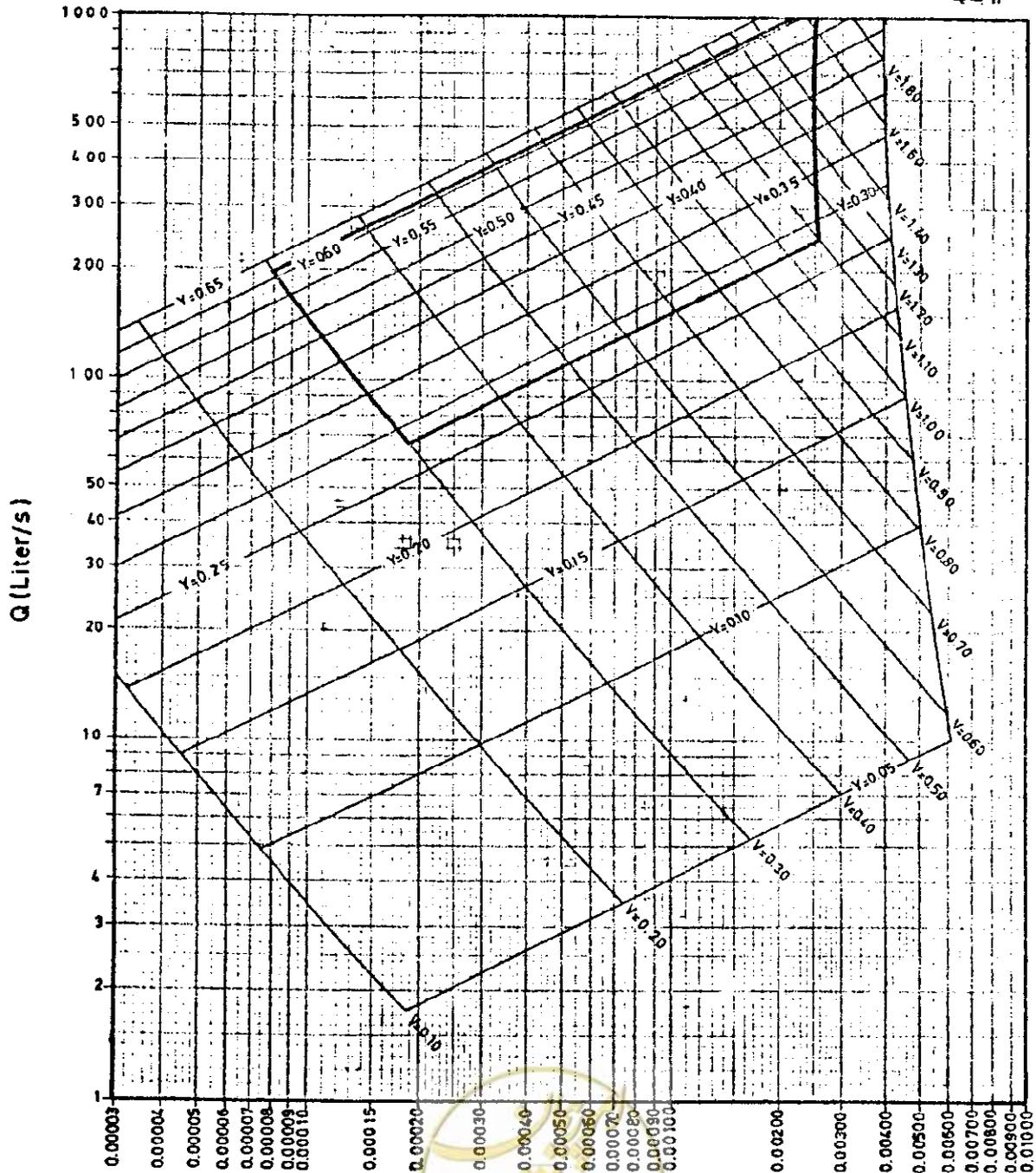
۱. برای به دست آوردن بده (Q) به ازای مقادیر مختلف n بده نمودار در $\frac{0.014}{n}$ ضرب می شود.
۲. برای به دست آوردن S و T کانال برای Q مفروض به ازای مقادیر مختلف n، ابتدا بده مفروض در $\frac{n}{0.014}$ ضرب و سپس از نمودار استفاده می شود.
۳. برای به دست آوردن سرعت (V) به ازای مقادیر مختلف n، بده نمودار در $\frac{0.014}{n}$ ضرب می شود.

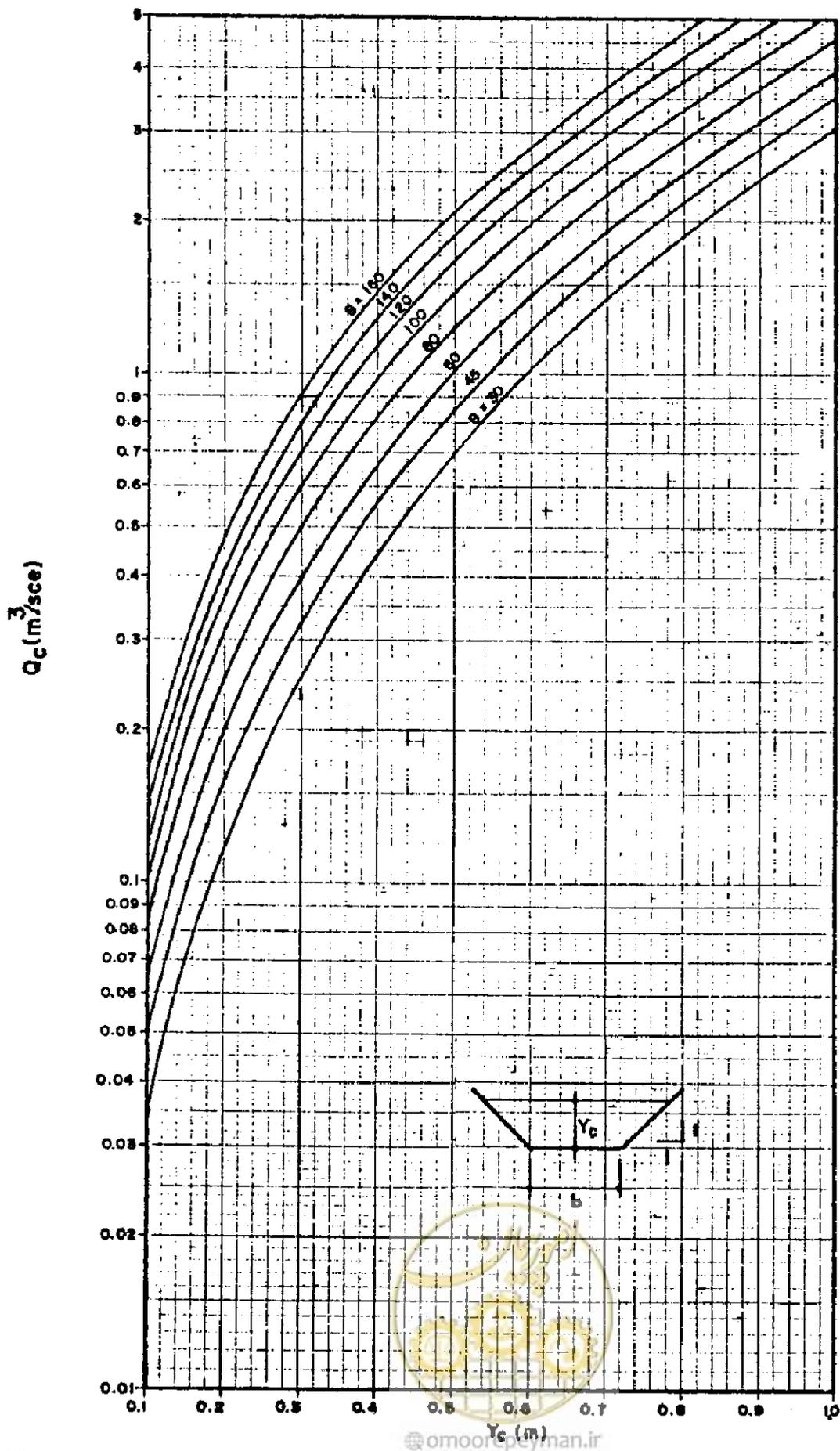


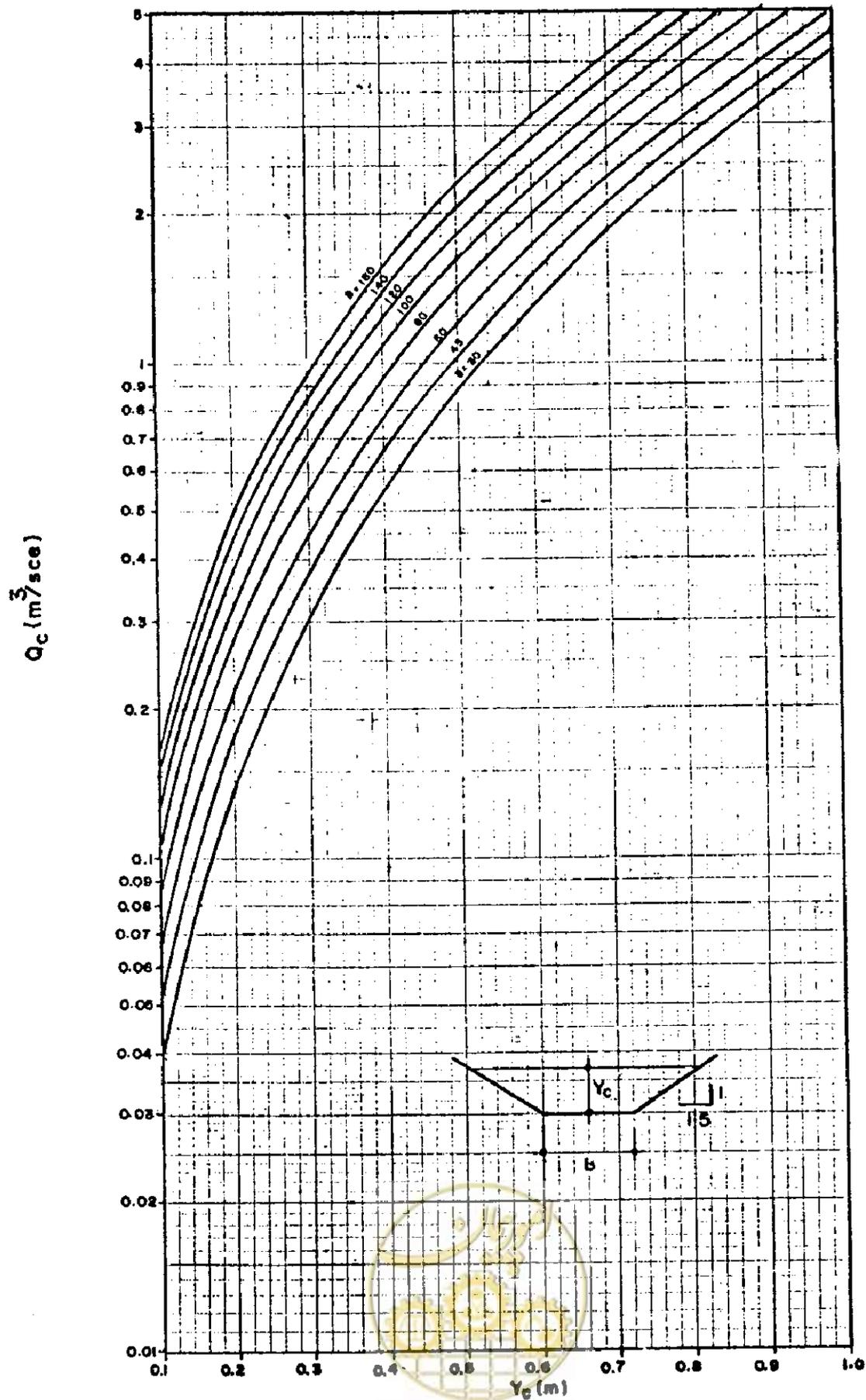
پ-۳۹ نمودار هیدرولیکی کانالهای نیم لوله n=0.014

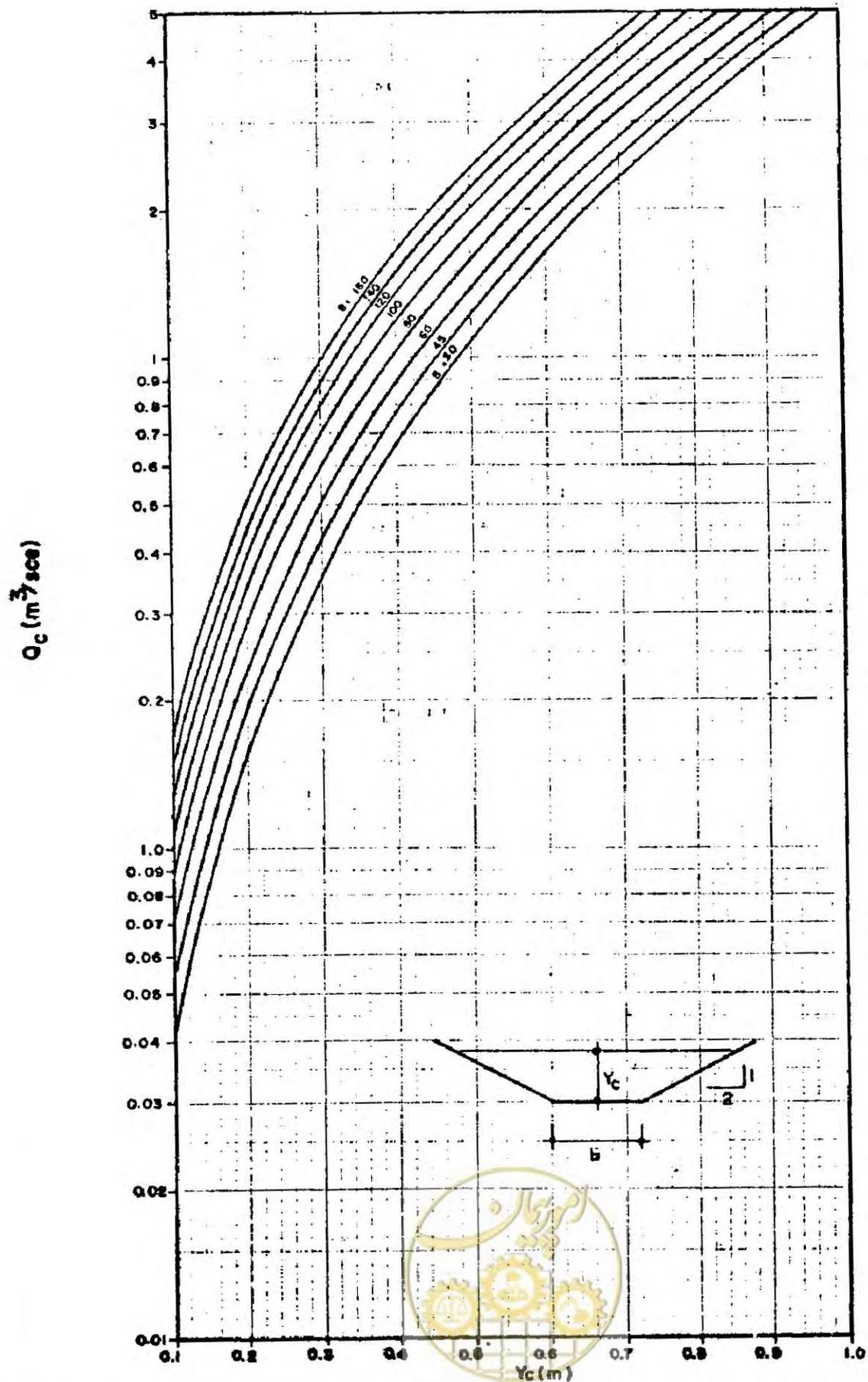


۱. برای به دست آوردن بده (Q) به ازای مقادیر مختلف n بده نمودار در $\frac{0.014}{n}$ جدید ضرب می شود.
۲. برای به دست آوردن Y کانال برای مقادیر مختلف n آبتدا بده مقروض دور $\frac{n}{0.014}$ جدید ضرب و سپس از نمودار استفاده می شود.
۳. برای به دست آوردن سرعت (V) به ازای مقادیر مختلف n سرعت نمودار در $\frac{0.014}{n}$ جدید ضرب می شود.

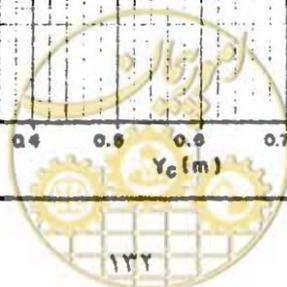
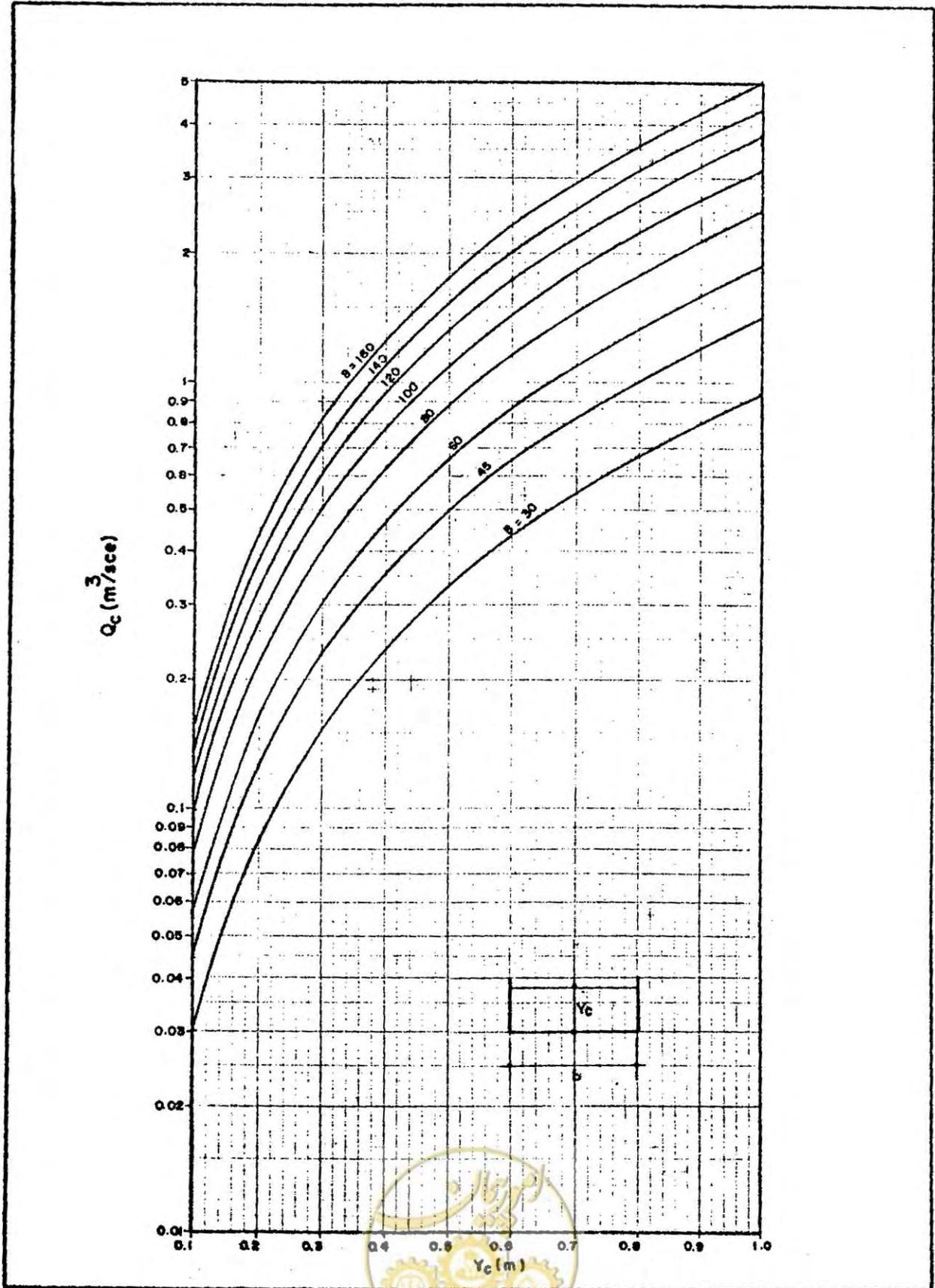








پ - ۴۳ نمودار هیدرولیکی کانالها در شرایط بحرانی با مقطع مستطیلی شکل



پیوست ب

مثال ۱-۲ کانال با مقطع به مشخصات زیر :

$$b = 12 \text{ متر}$$

$$a = 2/63 \text{ متر}$$

$$z = 2 : 1$$

دبی معادل سیلاب با احتمال وقوع ۲ درصد را باید از خود عبور دهد. شیب کانال طوری است که سرعت در این مقطع $1/64 \text{ m/sec}$ به دست آمده است. بررسیهای مکانیک خاک، نوع خاک را شن ماسه دار با $D = 75 = 57 \text{ mm}$ نشان می دهد. جریان آب صاف است، مسیر کانال مستقیم و فقط دارای یک قوس با شعاع انحنای حدود 180° متر است. مقایسه سرعت مجاز حداکثر کانال با مشخصات فوق، با سرعت طراحی به ترتیب زیر است :

$$V_a = 1/98 \text{ متر بر ثانیه} \quad \text{با استفاده از جدول شماره ۱-۲} :$$

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

$$D = 1/22 \text{ ضریب عمق}$$

$$B = 0/72 \text{ ضریب شیب بدنه}$$

$$A = 0/88 \text{ و } \frac{B}{T} = 8 \text{ ضریب انحنای با توجه به نسبت}$$

$$(V_a = V.D.B. = 1/98 \times 1/22 \times 0/72 = 1/74 \text{ متر بر ثانیه})$$

$$V_a = V.D.B.A = 1/98 \times 1/22 \times 0/72 \times 0/88 = 1/53 \text{ (متر بر ثانیه شکل)}$$

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 ۱-۲ فرض می شود که مسیر کانال از زمینهای رس سیلتی (CL) با ضریب پلاستیسیته $PH = 24$ عبور کند. در این 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 (واریسی) کرد.

سرعت و عمق جریان برای دبی طراحی به ترتیب $1/64$ متر بر ثانیه و $2/63$ متر و سرعت و عمق جریان برای دبی با احتمال وقوع ده درصد به ترتیب $1/50$ متر بر ثانیه و $2/24$ 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 :

$$V_a = V.D.F = 1/20 \times 1/22 \times 1/50 = 2/20 \text{ (متر بر ثانیه مستقیم)}$$

$$V_a = V.D.F.A = 1/20 \times 1/22 \times 1/50 \times 0/88 = 1/95 \text{ (متر بر ثانیه قوسی)}$$

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 مسیر از 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 :

$$V_a = V.D. = 1/20 \times 1/19 = 1/43 \text{ (متر بر ثانیه مستقیم)}$$

$$V_a = V.D.A = 1/20 \times 1/19 \times 0/88 = 1/26 \text{ (متر بر ثانیه قوسی)}$$

ملاحظه می شود که 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 طبیعتاً احتمال وقوع آن خیلی بیشتر از دبی طراحی کانال است، ضروری خواهد بود .

مثال ۲-۳ در کانالی که DV۵ منحنی دانه بندی ذرات تشکیل دهنده جسم آن ۰/۲۰ میلیمتر و ابعاد و مشخصات مقطع به شرح زیر است :

$$b = 12 \text{ متر} \quad d = 2/6 \text{ متر}$$

$$z = 2 \quad n = 0/030$$

$$R = 180 \text{ متر} \quad S = 0/0015$$

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

$$n_t = \frac{(DV5)^{1/6}}{66/77} = \frac{(0/20)^{1/6}}{66/77} = 0/0115$$

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

$$T = Yds_t$$

$$T = 1000 \text{ کیلوگرم بر متر مربع} \times 2/60 \text{ متر} \times 0/00022 = 0/58 \text{ کیلوگرم بر متر مکعب}$$

با استفاده از جدول شماره ۲-۶:



$$\frac{T_b}{T} = 0.975 \text{ و } T_b = 0.975 \times 0.58 = 0.57 \text{ کیلوگرم بر متر مربع}$$

$$\frac{T_s}{T} = 0.77 \text{ و } T_s = 0.77 \times 0.58 = 0.45 \text{ کیلوگرم بر متر مربع}$$

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، می توان اجرای پوششهای مناسب نظیر: سنگ چینی^۱ و سنگریزی^۲ و غیره را به کار گرفت.

مثال ۲-۴ این مثال راهنمای استفاده تعیین خستگیهای مجاز کف و بدنه کانال بامشخصات (میلی متر $56/70 = DV5$)
 $z = 2$ و ذرات خاک نسبتاً گردگوشه است .

$$T_{Lb} = 0.0786 \times 56/70 = 4/458 \text{ کیلوگرم متر بر متر مربع}$$

$$T_{LS} = K \times 4/458$$

با استفاده از جداول ۲-۹ و ۲-۱۰ $\phi R = 37/5$ درجه و $K = 0.675$ به دست می آید . بنابراین :

$$T_{LS} = 0.675 \times 4/458 = 3$$



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



omoorepeyman.ir

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



9 789644 250088



omoorepeyman.ir