

هیدرولیک کاربردی

جریان و فرآیندهای حمل و انتقال در کانال‌ها

و

سازه‌های وابسته کانال‌ها

تألیف:

دکتر میرعلی محمدی

عضو هیأت علمی دانشکده فنی دانشگاه ارومیه

و دانشگاه غیرانتفاعی علم و فن - ارومیه



تهران ۱۳۸۶

سرشناسه	محمدی، میر علی، ۱۳۴۲-.
عنوان و نام پدیدآور	هیدرولیک کاربردی: جریان و فرایندهای حمل و انتقال در کانال ها و سازه های وابسته کانال ها/الف میر علی محمدی
مشخصات نشر	تهران: مهر پارسه، ۱۳۸۶.
مشخصات ظاهری	۶۲۴ ص.: مصور، جدول، نمودار.
شابک	۹۷۸-۶۰۰-۹۰۳۷۵-۰۰-۶
وختیت فهرست نویسی	فیبیا
یادداشت	عنوان به انگلیسی: Mirali Mohammadi: Applied hydraulics
یادداشت	کتابنامه: ص. (۵۷۱)-۵۸۰.
موضوع	آب - - مهندسی.
موضوع	هیدرولیک
رده بندی کنگره	۱۳۸۶ م/ ۲۹ TC۱۴۵
رده بندی دیویی	۶۲۷
شماره کتابشناسی ملی	۱۱۷۱۷۶۵



هیدرولیک کاربردی

تألیف: میر علی محمدی

ناشر: مهر پارسه

نوبت چاپ: اول ۱۳۸۶

طرح جلد: سعید عبدی

چاپ و صحافی: صاحب کوثر

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

بها: ۶۸۰۰ تومان

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۹۰۳۷۵-۰۰-۶

۲ فروردین

روز جهانی آب

« آب مایه حیات است. »

۲۸ اردیبهشت

روز جهانی گنجینه و میراث فرهنگی

« روز گرامیداشت یادگارهای نیاکان ما. »

۱۵ خرداد

روز جهانی محیط زیست

« روز اندیشیدن درباره سلامت زندگی. »

۱۰ تیر

روز جهانی معماری

« روز گوش سپردن به موسیقی قرن‌ها. »

۱۷ آبان

روز جهانی شهر سازی

« روز بزرگداشت حرکت اندیشه اجتماعی. »

« تخریب محیط زیست و فضای سبز یا تخریب آثار نیاکان، نمودی است از خود ویرانگری. »

« در بزرگداشت میراث تاریخی و طبیعی بشر بکوشیم. »

سخنی با همکار

شرکت سازه‌تبریز با شادباش نوروزی برای تمامی ایرانیان بخصوص مهندسان و آبادگران گمنام این مرزوبوم، کتاب حاضر را به عنوان ارمغان نوروزی به عزیزان و مهندسان تلاش‌گر کشور تقدیم می‌نماید.

هدف ما ترویج فرهنگ چاپ کتاب به جای سررسید در بین شرکت‌ها می‌باشد که البته تا به اکنون موفق نبودیم، دل‌سرد هم نیستیم، چون تماس‌های شما عزیزان از گوشه و کنار کشور، (استان خراسان - استان فارس - انجمن مهندسين کشور - کارگاه‌های آبادگران و سازندگان و ...) ما را تشویق به ادامه کار می‌نماید. "تماس از یک کارگاه در سردشت - بانه - قوچان - اداره راه شیراز" به ما این امید را می‌دهد که شرکت سازه‌تبریز با چاپ این کتاب‌ها ماندگار خواهد بود در همه جای ایران شرکت سازه‌تبریز با چاپ و اهداء این گونه کتاب‌ها محبوب عزیزان مهندسين بوده، که این برای ما کافی است. در نوروز ۱۳۸۷ ما هفتمین سال چاپ کتاب را پشت سر می‌گذاریم و باز هم ادامه خواهیم داد امیدواریم روزی شرکت‌های دیگر نیز در این راه ما را یاری کنند، آن روز کتابخانه‌های مهندسی، دیگر جایی برای کتاب نخواهند داشت.

بیائید در راه بی‌نیازی ادبیات مهندسی و گردآوری مجموعه‌های پر بارتر قدم برداریم و همگی کمک به ادبیات مهندسی را وظیفه خود بدانیم، و در مسیر انتشار کتاب از هیچ گونه زحمتی دریغ ننمائیم که «یک دست بی‌صدا است، دست ما کمک زدست شما می‌کند طلب».

جا دلرد از محضر استاد گران‌قدر جناب آقای "دکتر میرعلی محمدی" که در راستای تحقق هدف چاپ و ترویج فرهنگ اهداء کتاب، زحمات فراوانی را در تألیف کتاب متحمل شده و با اجازه حق چاپ بصورت مجانی دست یاری ما را بی‌پاسخ نگذاشته، سپاس‌گذاری کرده و همچنین از مساعی آقای "مهندس میرسجاد محمدی" در چاپ کتاب حاضر تشکر و قدردانی نمایم.



شرکت سازه تبریز

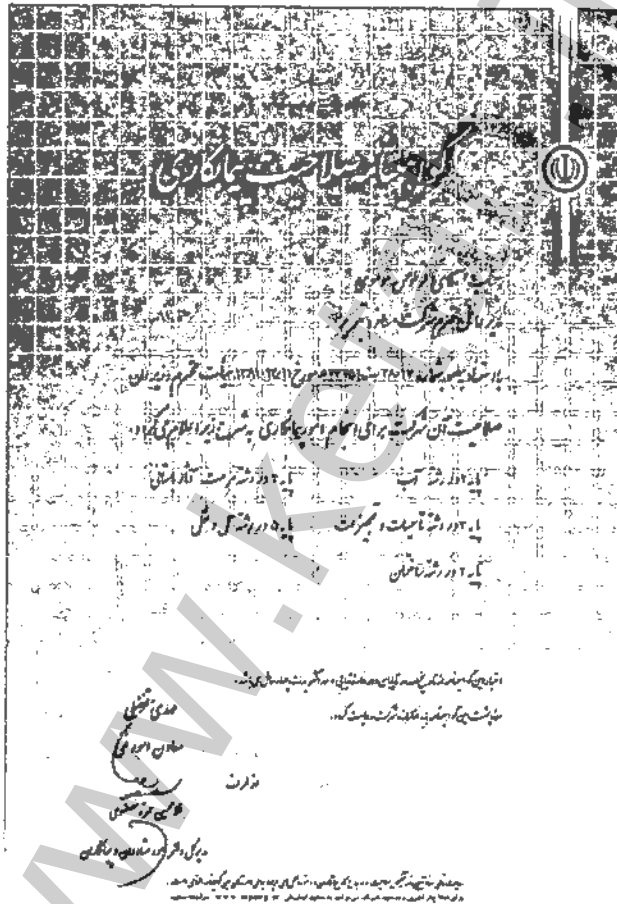
سهامداران سازه تبریز پس از همکاری با شرکت‌های مختلف به کار خود در شرکت‌های ره‌پیرا و رفرانس به عنوان سهام‌دار ادامه داده و در سال ۱۳۷۰ سازه تبریز را تأسیس نمودند.

سازه تبریز کار خود را با اجرای مدرسه محمد ترقی در تبریز شروع کرده و چندین پروژه از قبیل : حوضچه‌های تغذیه مصنوعی، کانال‌های آبرسانی، ساحل‌سازی، بندانحرافی، خطوط انتقال، خطوط آبرسانی، سدسازی، مرمت، آپارتمان‌های مسکونی و ... را اجرا نموده‌است.

این شرکت اجرای سد شهید قنبری ماکو را به اتمام رسانده و افتخار دارد که سهم کوچکی را در سازندگی کشور ایفاد می‌کند و در رشته‌های آب، تأسیسات و تجهیزات، ساختمان، مرمت و حمل و نقل از سازمان برنامه‌ریزی کشور رتبه اخذ نموده‌است.



شرکت سازه تبریز



آدرس : تبریز - کوی ولیعصر - خیابان سعدی - مجتمع ایرداک
کد پستی : ۶۷۹۳ - ۱ - ۵۱۵۷۸

آدرس پستی : تبریز - صندوق پستی ۵۳۵۳ - ۵۱۵۷۵

تلفن : ۳۳۲۳۸۷۷ (۰۴۱۱) فاکس : ۳۳۲۶۶۳۸ (۰۴۱۱)

صندوق پست الکترونیکی : Sazeh.Tabriz@Gmail.com

سپاسگزاری و تشکر:

نظر به اینکه زحمت چاپ این اثر علمی به عهده شرکت مهندسی "سازه تبریز" بوده است، بدین وسیله بر خود لازم می دانم که مراتب سپاس صمیمانه خود را به مدیر عامل محترم آن شرکت، جناب آقای مهندس فرطوس موسوی تقدیم دارم.

همچنین تشکر ویژه خود را به جناب آقای مهندس میر سجاد محمدی ابراز می کنم. ایشان زحمات فراوانی در مسئولیت فرآیند چاپ کتاب به عهده داشته اند.

پیش گفتار

بشر از روزگاران کهن، نیاز به منابع آب قابل دسترس را به خوبی شناخته است و سألهاست که از هیدرولیک جریان در کانال ها و رودخانه ها استفاده های فراوانی داشته است. سازه های آبی به منظور تأمین نیازهای انسان در تأمین آب شرب، آب کشاورزی، تولید انرژی، حمل و نقل آبی، مدیریت و کنترل سیلاب، و همچنین دفع آلودگی ها همواره مورد استفاده قرار گرفته اند. دسترسی به منابع آب، بشر را بر آن داشت تا این ماده حیاتی و پر ارزش را به خوبی بشناسد. شناخت رفتار و فرآیندهای حاکم بر هیدرولیک جریان، استفاده بهینه از پتانسیل بسیار عظیم آب موجود در هر منطقه از جهان را در پی دارد. آن چه مسلم است در دنیای بسیار پیشرفته آینده، علوم مهندسی آب از ارزش والاتری برخوردار خواهد بود.

این کتاب که به اختصار هیدرولیک کاربردی نام نهاده شده است، موضوعات مربوط به هیدرولیک جریان و فرآیندهای طراحی کانال ها و سازه های وابسته را ارائه می دهد که در آن مفاهیم اساسی هیدرولیک و هیدرودینامیک رفتار جریان در انواع کانال ها و سازه های آبی وابسته مطرح می شوند. امروزه مسائل مربوط به طراحی و تحلیل جریان در کانال ها، رودخانه ها و تأسیسات جانبی آنها به ویژه در طراحی نقش تعیین کننده ای دارند. بحث و بررسی یافته های علمی امروزی، هدف اصلی مجموعه این کتاب به شمار می آید. بالا بردن توان علمی دانشجویان، مهندسان و آشنایی مجدد آنان با علم روز هیدرولیک و کمبود کتاب مرجع نسبتاً کامل در این زمینه، انگیزه اصلی مؤلف بوده است. انگیزه دیگر جمع آوری تجربه مدت زمان طولانی تدریس و تحقیق روی موضوعات گوناگون هیدرولیک جریان در کانال ها و رودخانه ها در دانشگاه های مختلف و طراحی هیدرولیکی سازه های آبی توسط مؤلف بوده است. به منظور تأمین پشتوانه برای مطالب مورد بحث در متن اصلی کتاب تمرینات کاربردی خوبی جهت استفاده دانشجویان و مهندسان، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. همواره تلاش شده است از آوردن مطالب اضافی که موجب حجیم تر شدن کتاب می شود، در حد امکان پرهیز شود.

کتاب حاضر برای تدریس و تحقیق در دوره های کارشناسی و کارشناسی ارشد رشته های مهندسی عمران (عمران، آب، سازه های هیدرولیکی، رودخانه و محیط زیست)، مهندسی مکانیک (حرارت و سیالات)، مهندسی کشاورزی (مهندسی آب و تأسیسات آبیاری) مناسب می باشد. در عین حال کارشناسان، پیمانکاران و مهندسان مشاور طراح و مجریان پروژه های مهندسی عمران و سازه های آبی می توانند در طراحی و اجرای پروژه های خود از آن بهره مند شوند. در تهیه اغلب مطالب این کتاب از مقالات و کتاب های منتشر شده در سال های اخیر استفاده شده است. برای کسانی که علاقه مند به اطلاعات و جزئیات بیشتری هستند، در انتهای کتاب لیست کاملی از منابع و مراجع آورده شده است.

از آنجا که مطالب کتاب بسیار متنوع و گوناگون است، آنان که در چنین کتاب هایی قلم فرسایی می کنند (به ویژه با تعداد زیادی ارقام و فرمول های فراوان) خود بهتر می دانند علیرغم صرف زمان زیاد و دقت فراوان در انجام کار تدوین و صفحه آرایی، نمی توان ادعا نمود که این مجموعه خالی از عیب و نقص باشد. از این رو از اساتید، مهندسان، دانشجویان و سایر علاقه مندان صمیمانه تقاضا داریم، از موارد اشکال، اشتباهات و پیشنهادات چشم پوشی ننموده، عنایت فرمایند به نحو مقتضی اینجانب را مطلع سازند تا در چاپ های بعدی اصلاحات لازم انجام پذیرد.

اگرچه قصد داشتم مجموعه کاملی از محتویات انتخاب شده در کتاب را ارائه نمایم ولی هر چه بیشتر تلاش نمودم علاوه بر حجیم شدن کتاب، بیشتر بر ناتوانی خود واقف شدم. به هر حال در خاتمه امیدوارم که این تلاش مورد توجه اساتید، دانشجویان، مهندسان و کارشناسان پروژه های آبی کشور اسلامی و عزیزان ایران زمین قرار بگیرد.

میرعلی محمدی

زمستان ۱۳۸۶

فهرست مطالب مندرج

صفحه	عنوان
۱	پیش گفتار
ج	فهرست مطالب مندرج
س	لیست علائم و نشانه ها

بخش اول:

اصول و مبانی هیدرولیک جریان در کانال ها

۱	فصل ۱: مقدمه ای بر هیدرولیک جریان در کانال ها
۲	۱-۱ کانال ها
۲	۱-۱-۱ انواع کانال ها
۳	۱-۱-۲ اشکال هندسی کانال ها
۶	۱-۲ جریان در کانال ها
۶	۱-۲-۱ انواع جریان
۹	۱-۲-۲ رژیم های جریان
۱۳	۱-۳ توزیع سرعت های جریان
۱۳	۱-۳-۱ توزیع سرعت در امتداد مسیر جریان

۱۵	۱-۳-۲ منمنی های هم سرعت (<i>Isovels</i>)
۱۶	۱-۴ توزیع فشار
۱۷	۱-۴-۱ جریان یکنواخت
۱۹	۱-۴-۲ جریان در مسیر انحنادار

فصل ۲: معادلات هیدرودینامیک جریان

۲۲	۲-۱ معادله پیوستگی
۲۴	۲-۲ معادله انرژی
۲۹	۲-۳ انرژی مفصوص (ویژه)
۳۱	۲-۳-۱ منمنی انرژی مفصوص
۳۳	۲-۳-۲ منمنی دبی
۳۵	۲-۳-۳ عمق بمرانی
۳۸	۲- معادلات هیدرودینامیک جریان
۳۸	۲-۵-۱ جریان یکنواخت
۴۰	۲-۵-۳ جریان غیر یکنواخت
۴۴	۲-۶ معادلات توزیع سرعت جریان

فصل ۳: جریان یکنواخت در کانال ها

۴۸	۳-۱ معادلات هیدرودینامیکی
----	---------------------------

- ۱-۱-۳- دیدگاه یکنواختی جریان ۴۸
- ۲-۱-۳- معادله پیوستگی ۴۹
- ۳-۱-۳- معادله حرکت ۵۰
- ۲-۳- ضریب اصطکاک ۵۳
- ۱-۲-۳- ضریب اصطکاک داری-ویسباخ ۵۳
- ۲-۲-۳- ضریب زبری شزی ۵۹
- ۳-۲-۳- ضریب زبری مانینگ ۶۱
- ۴-۲-۳- زبری مغلط در مقاطع کانال ها ۶۳
- ۳-۳- مماسبه دبی، بستر ثابت ۶۴
- ۱-۳-۳- ظرفیت انتقال (گذر دهی) ۶۴
- ۲-۳-۳- عمق نرمال ۶۶
- ۳-۳-۳- مقطع مغلط (کامپوزیت) ۶۷
- ۴-۳-۳- سطح مقطع دبی بیشینه ۶۸
- ۴-۳- مماسبه دبی، بستر متحرک ۷۱
- ۱-۴-۳- سرعت رسوبگذاری (ته نشینی) ۷۲
- ۲-۴-۳- سرعت بهرانی ۷۳
- ۳-۴-۳- توزیع تنش برشی ۷۷
- ۴-۴-۳- مقطع پایدار هیدرولیکی ۷۸
- ۷-۳- تمرینات و مسائل ۸۲
- ۱-۷-۳- تمرینات مل شده ۸۲

۱۰۱

۲-۷-۳- مسائل حل نشده

۱۰۶

فصل ۴ جریان غير يکنواخت در کانال ها

۱۰۷

۴-۱ جریان متغیر تدریجی

۱۰۷

۴-۱-۱- معادلات ساده شده سن- ونان (*Saint-Venant eqs.*)

۱۰۹

۴-۱-۲ معادلات سطح آب

۱۱۴

۴-۱-۳ شیب بمرانی

۱۱۵

۴-۲ شکل های پروفیل سطح آب

۱۱۷

۴-۲-۱ کانال های با شیب ملایم

۱۱۹

۴-۲-۱ کانال های با شیب تند

۱۲۲

۴-۲-۳ کانال های با شیب بمرانی

۱۲۳

۴-۲-۴ کانال های با شیب افقی

۱۲۳

۴-۲-۵ کانال های با شیب معکوس

۱۲۴

۴-۳ مماسبه پروفیل های سطح آب

۱۲۵

۴-۳-۱ روش تقریبات متوالی (روش گام استاندارد و روش گام

مستقیم)

۱۳۰

۴-۳-۲ روش انتگرال گیری مستقیم

۱۳۹

۴-۴ جریان متغیر سریع

۱۳۹

۴-۴-۱ مقدمه

۱۴۰

۴-۴-۲ پرش هیدرولیکی و کاربردهای آن

۱۴۸	۴-۵ جریان ورودی جانبی
۱۵۶	۴-۶- تمرینات و مسائل
۱۵۶	۴-۶-۱- تمرینات حل شده
۱۸۱	۴-۶-۲- مسائل حل نشده

۱۸۹ فصل ۵: انتقال و حمل رسوب در کانال ها

۱۹۰	۵-۱ کلیات
۱۹۰	۵-۱-۱ دیدگاهها
۱۹۱	۵-۱-۲ جریان مفلوط
۱۹۴	۵-۱-۳ اشکال (مدهای) مختلف انتقال (حمل)
۱۹۷	۵-۱-۴ انواع مختلف مسائل حمل و انتقال رسوب
۱۹۹	۵-۲ معادلات هیدرودینامیکی
۱۹۹	۵-۲-۱ معادلات سن-ونان-اگزتر (Saint-Venant-Exner eqs.)
۲۰۳	۵-۲-۲ فرسایش و ته نشینی رسوبات
۲۱۱	۵-۳ حمل بار بستر
۲۱۱	۵-۳-۱ دیدگاهها
۲۱۲	۵-۳-۲ ملاحظات نظری
۲۱۷	۵-۳-۳ رابطه های بار بستر
۲۲۷	۵-۳-۴ دانه بندی و مسلح سازی بستر
۲۳۱	۵-۴ حمل بار معلق

۲۳۱	۵-۴-۱ دیدگاهها
۲۳۱	۵-۴-۲ ملاحظات نظری
۲۳۸	۵-۴-۳ رابطهٔ بار معلق
۲۴۳	۵-۵ ممل بار کل مواد رسوبی
۲۴۳	۵-۵-۱ دیدگاهها
۲۴۳	۵-۵-۲ رابطه های بار کل مواد رسوبی
۲۴۸	۵-۵-۳ موارد کاربرد رابطه ها
۲۵۱	۵-۵-۴ بار شستشو
۲۵۳	۵-۶ تمرینات
۲۵۳	۵-۶-۱ تمرینات مل شده
۲۸۰	۵-۶-۲ تمرینات مل نشده

فصل ۶: آبستگی موضعی در کانال ها و رودخانه ها ۲۸۳

۲۸۴	۶-۱ کلیات
۲۸۶	۶-۲ آبستگی پایهٔ میانی
۲۸۶	۶-۲-۱ فرآیند آبستگی
۲۹۰	۶-۲-۲ مسیر و شکل جریان
۲۹۱	۶-۲-۳ رابطه های تابعی
۳۰۱	۶-۲-۴ فرمول های طراحی
۳۰۳	۶-۲-۵ پیش گیری از آبستگی

۳۰۵	۳-۶ آبشستگی پایه کناری
۳۰۶	۳-۱-۶ مسیر جریان و آبشستگی
۳۰۷	۳-۲-۶ رابطه های تابعی
۳۱۲	۳-۳-۶ فرمول های طراحی
۳۱۲	۴-۶ آبشستگی در اثر تلک شدگی مقطع
۳۱۲	۴-۱-۶ ملازمات هیدرولیکی
۳۱۵	۴-۲-۶ رابطه های عمق-آبشستگی
۳۱۹	۴-۳-۶ فرمول طراحی
۳۲۰	۵-۶ آبشستگی در سازه های هیدرولیکی
۳۲۰	۵-۱-۶ دیدگاهها
۳۲۳	۵-۲-۶ جریان در روی یک سازه
۳۲۷	۵-۳-۶ جریان در زیر یک سازه
۳۳۰	۶-۶ تمرینات
۳۳۰	۶-۱-۶ تمرینات حل شده
۳۵۶	۶-۲-۶ تمرینات حل شده

بخش دوم:

۳۵۷	سازه ها و تأسیسات وابسته کانال ها
-----	-----------------------------------

۳۵۹	فصل ۷: مقدمه ای بر نکات اجرایی در طراحی و
-----	---

۱ احداث کانال ها

۳۶۰	۷-۱. مقدمه
۳۶۰	۷-۲. عوامل مؤثر در طراحی کانال ها
۳۶۴	۷-۳. استفاده از توپوگرافی منطقه برای تعیین مسیر کانال ها
۳۶۶	۷-۴. تعیین مسامت مقطع کانال
۳۷۳	۷-۵. پوشش روی بستر و دواره کانال ها
۳۷۳	۷-۵-۱. محاسن پوشش کانال ها
۳۷۳	۷-۵-۲. معایب پوشش کانال ها:
۳۷۳	۷-۵-۳. انواع پوشش کانال ها
۳۸۰	۷-۶. سازه های تثبیت کننده سطح آب در کانال های روباز
۳۸۱	۷-۶-۱. سرریزهای کانالی
۳۸۱	۷-۶-۲. سرریزهای سیفونی
۳۸۲	۷-۶-۳. دریچه های اتوماتیک
۳۸۲	۷-۶-۴. دریچه های هدایت شونده
۳۸۳	۷-۶-۵. ایجاد مفازن جانبی
۳۸۵	۷-۷. تمرینات مل شده

۳۹۳

فصل ۸: تبدیل ها یا ترانزیشن ها

۳۹۴	۸-۱. مقدمه
۳۹۴	۸-۲. اصول طراحی تبدیل ها

- ۳۹۸ ۸-۲-۱. طرّامی انواع تبدیل ها
- ۳۹۹ ۸-۲-۲. روش گام به گام برای طرّامی تبدیل های پیچیده
- ۴۰۱ ۸-۳. مماسبات هیدرولیکی تبدیل ها
- ۴۰۲ ۸-۳-۱. کانال با کف بستر متغیر
- ۴۰۴ ۸-۳-۲. کانال با عرض متغیر
- ۴۰۹ ۸-۴. تمرینات کاربردی مل شده

فصل ۹: آبشارها یا دراپ ها ۴۳۰

- ۴۳۱ ۹-۱. مقدمه
- ۴۳۱ ۹-۲. انواع آبشارها
- ۴۴۱ ۹-۳. آبشار هیدرولیکی
- ۴۴۳ ۹-۴. سرریز لبه پهن
- ۴۴۵ ۹-۵. تمرینات
- ۴۴۵ ۹-۵-۱. تمرینات مل شده

فصل ۱۰: آب بندها، سرریزها و دریچه ها ۴۵۲

- ۴۵۳ ۱۰-۱. مقدمه
- ۴۵۴ ۱۰-۲. آب بند یا سرریز
- ۴۵۹ ۱۰-۳. سرریزهای بزرگ

- ۴-۱۰. سرریزهای متمرکز ۴۶۰
- ۵-۱۰. اصول شکل دهی به بفش های آستانه سرریزها به روش ۴۶۲
- مؤسسه بین المللی USBR
- ۱-۵-۱۰. روابط طرामी ۴۶۳
- ۲-۵-۱۰. اثر پایه های پل و دماغه سواحل بر ضریب دبی جریان ۴۷۲
- ۶-۱۰. سرریز تندآب یا شوت ۴۷۳
- ۷-۱۰. دریمه های زیر جریانی ۴۷۹
- ۸-۱۰. تمرینات و مسائل حل شده ۴۸۲

فصل ۱۱: سازه های تحت فشار و نیمه تحت فشار در ۴۸۹

مسیر کانال ها:

- الف- سیفون معکوس (Inverted Siphon)
- ب- زیر گذرها یا کالورت ها (Culverts)
- ج- رو گذرها یا فلوم ها (Flumes)

- ۱۱-۱. سیفون معکوس ۴۹۰
- ۱-۱-۱. مقدمه ۴۹۰
- ۲-۱-۱۱. قسمت های اصلی سیفون معکوس ۴۹۱
- ۳-۱-۱۱. اجزای وابسته به یک سیفون معکوس ۴۹۲
- ۴-۱-۱۱. طرामी سیفون معکوس ۴۹۳
- ۵-۱-۱۱. تلفات انرژی در قسمت های مختلف سیفون معکوس ۴۹۵

۴۹۷	۲-۱۱. کالورت ها یا زیرگذرها؛
۴۹۷	۱-۲-۱۱. مقدمه؛
۴۹۸	۲-۲-۱۱. کنترل هیدرولیکی زیرگذر ها
۴۹۹	۳-۲-۱۱. جریان با کنترل در بخش ورودی زیرگذر
۵۰۲	۴-۲-۱۱. جریان با کنترل در بخش خروجی زیرگذر
۵۱۲	۵-۲-۱۱. مناسبه عمق آب در پائین دست زیرگذر
۵۱۳	۶-۲-۱۱. سرعت جریان در زیرگذر
۵۱۵	۷-۲-۱۱. منحنی عملکرد (آبگذری)
۵۱۶	۸-۲-۱۱. تعیین ظرفیت زیرگذر به عنوان تابعی از جریان ورودی
۵۱۷	۹-۲-۱۱. روش انتخاب اندازه زیرگذر
۵۲۱	۳-۱۱. (روگذرها یا فلوم ها
۵۲۲	۱-۳-۱۱. انواع (روگذرها و طرأمی آنها
۵۲۶	۲-۳-۱۱. فلوم های اندازه گیری
۵۲۹	۴-۱۱. تمرینات مل شده
۵۲۹	۱-۴-۱۱. تمرینات سیفون معکوس
۵۳۱	۲-۴-۱۱. تمرینات زیر گذرها

۵۳۷	۱۲-۲. تقسیم بندی انواع پمپ ها
۵۴۰	۱۲-۳. تقسیم بندی انواع توربو پمپ ها
۵۴۳	۱۲-۴. برخی تعاریف و اصطلاحات
۵۴۷	۱۲-۵. انتخاب پمپ
۵۵۲	۱۲-۵-۱. نقطه کار دستگاه پمپ
۵۵۲	۱۲-۵-۲. داده های مربوط به منحنی سیستم در ایستگاه پمپاژ
۵۵۳	۱۲-۶. تعیین محل نصب دستگاه پمپ
۵۵۴	۱۲-۶-۱. اثرات پدیده فلاءزایی یا کاویتاسیون در پمپ ها
۵۵۶	۱۲-۶-۲. نقش ارتفاع مکش مثبت فاصل
۵۵۸	۱۲-۷. روش های به هم بستن پمپ ها
۵۵۸	۱۲-۷-۱. روش به هم بستن موازی پمپ ها
۵۶۱	۱۲-۷-۲. روش به هم بستن سری پمپ ها
۵۶۵	۱۲-۸. ویژگی های فنی یک ایستگاه پمپاژ
۵۶۹	۱۲-۹. تمرینات حل شده
۵۷۵	لیست منابع و مراجع