

الحمد لله رب العالمين

به نام یکتا مهندس هستی...



سری عمران

درباره کلاس ها و آزمون های آزمایشی سری عمران بیشتر بدانیم

مؤسسه سری عمران از آغاز شکل گیری تاکنون (بیش از ۱۸ سال) با انجام فعالیت های آموزشی مختلف و ارائه خدمات متنوع در زمینه آزمون کارشناسی ارشد و دکتری، آزمون نظام مهندسی، آزمون کارشناس رسمی و آموزش نرم افزارهای مهندسی عمران، به عنوان برترین مؤسسه تخصصی عمران در سال های اخیر مطرح شده است. نشر کتاب های باکیفیت که منطبق بر علم روز دنیا می باشد، برگزاری کلاس توسط برترین اساتید کشور و نیز برگزاری کنکورهای آزمایشی استاندارد با بیشترین جامعه آماری، همگی سبب شده است تا اعتماد مهندسين عزيز به مؤسسه سری عمران بیشتر شده و هر روز تعداد بیشتری از شما عزیزان به خانواده بزرگ سری عمران اضافه شوید. عناوین ناشر نمونه سال ۹۱، ناشر تخصصی تقدیر شده در سال ۹۲، ناشر و برند منتخب سال ۹۳، برترین مؤسسه تخصصی در سال ۹۴، برترین برند آموزشی عمرانی کشور در سال ۹۵ و مؤسسه آموزشی برگزیده سال ۹۶ در جشنواره انفورماتیک ایران به منظور ارائه خدمات غیر حضوری (آنلاین و آفلاین)، و ناشر برگزیده در نمایشگاه بین المللی کتاب در سال ۹۷، ۹۹ و ۱۴۰۱ و ۱۴۰۳ و ۱۴۰۴ نتیجه اعتماد شما مهندسان عزیز به مؤسسه سری عمران می باشد.

امسال نیز همگام با سایر فعالیت های مؤسسه، برگزاری کلاس های آمادگی کنکور کارشناسی ارشد به صورت آنلاین و آفلاین در دستور کار مؤسسه قرار دارد و علاوه بر آن با توجه به تجربه موفق آزمون های آزمایشی در سال های گذشته برگزاری کنکورهای آزمایشی مرحله ای و جامع جهت آمادگی هر چه بیشتر داوطلبین، مورد نظر مؤسسه می باشد. هدف مؤسسه سری عمران از برگزاری کلاس های آمادگی آزمون کارشناسی ارشد و برگزاری کنکورهای آزمایشی، ارتقاء سطح علمی دانشجویان و مهندسان و سپس موفقیت این عزیزان در آزمون کارشناسی ارشد و دکتری است. برخی از ویژگی های این خدمات آموزشی که توسط سری عمران ارائه می شود به شرح زیر است:

الف) کلاس های آمادگی آزمون کارشناسی ارشد و دکتری (آنلاین و آفلاین)

- حضور برترین اساتید کشور
- تدریس کامل و جامع کلیه مطالب درسی، ارائه نکات کنکوری و راه حل های سریع جهت پاسخگویی به سؤالات کنکور، حل تست های متنوع تألیفی و بررسی سؤالات آزمون های سال های گذشته
- برگزاری آزمون های کلاسی منظم جهت حفظ آمادگی دانشجویان
- کلاس های حل تمرین حین دوره و یا پس از آن
- جلسات مشاوره و برنامه ریزی درسی توسط گروه مشاوران سری عمران

ب) کنکورهای آزمایشی آزمون کارشناسی ارشد

- طرح سؤالات استاندارد و منطبق بر مطالب و سرفصل های کنکورهای سراسری ده سال اخیر که طراحی آنها توسط برترین اساتید کشور صورت می گیرد.
- شباهت فراوان سؤالات با سؤالات مطرح شده در کنکورهای سراسری و پیش بینی سؤالات احتمالی کنکور
- بالاترین جامعه آماری در کل کشور (بیش از ۲۰۰۰ نفر)
- ارائه خدمات جانبی پس از آزمون مثل مجله مشاوره ای، مصاحبه با رتبه های برتر و ...
- حضور دانشجویان دانشگاه های برتر کشور در این آزمون ها

جهت کسب اطلاعات بیشتر لطفاً با شماره تلفن های مؤسسه سری عمران ۸۸۳۰۰۴۷۴ - ۸۸۳۱۲۵۲۷ تماس حاصل نموده

و یا به سایت www.serieomran.com مراجعه نمایید.



فصل اول: مبانی هیدرولیک کانال‌های باز

بخش اول: تعاریف و مفاهیم اولیه هیدرولیک	۸۸
کانال‌های باز	۸
۱-۱-۱- مقدمه	۸
۱-۱-۲- تفاوت‌های جریان در لوله‌ها و کانال‌ها	۸
۱-۱-۳- انواع مقاطع و معرفی برخی از تأسیسات هیدرولیکی در کانال‌ها	۹
۱-۱-۴- مشخصات و تعاریف هندسی در کانال‌ها	۱۲
۱-۱-۵- طبقه‌بندی جریان‌های آزاد در کانال‌ها	۱۹
بخش دوم: توزیع فشار در کانال‌ها	۲۴
۱-۲-۱- مقدمه	۲۴
۱-۲-۲- محاسبه فشار در کانال‌های با کف مسطح	۲۴
۱-۲-۳- محاسبه فشار در کانال‌های با انحناء کف	۲۹
بخش سوم: معادلات اساسی حاکم بر جریان سیال در کانال‌های باز	۳۴
۱-۳-۱- مقدمه	۳۴
۱-۳-۲- معادله پیوستگی	۳۴
۱-۳-۳- معادله انرژی (رابطه برنولی)	۳۶
۱-۳-۴- معادله اندازه حرکت	۴۰
بخش چهارم: بررسی امواج سطحی	۴۲
۱-۴-۱- مقدمه	۴۲
۱-۴-۲- خصوصیات امواج سطحی	۴۲
۱-۴-۳- تأثیر امواج سطحی در جریان‌های مختلف	۴۵
بخش پنجم: مطالب تکمیلی مبانی هیدرولیک کانال‌های باز	۵۰
۱-۵-۱- توزیع سرعت در کانال‌ها	۵۰
۱-۵-۲- مطالب تکمیلی امواج سطحی	۵۴
تست‌های فصل اول	۵۷

فصل دوم: کاربرد اصل انرژی و مفهوم انرژی مخصوص در کانال‌های باز

بخش اول: معرفی مفهوم نیروی مخصوص و منحنی $F - y$	۱۷۸
۱-۱-۳- مقدمه	۱۷۸
۱-۱-۳- معرفی مفهوم نیروی مخصوص	۱۷۸
۱-۱-۳- منحنی $F - y$ و عمق‌های مزدوج	۱۸۱
۱-۱-۴- مقایسه‌ای بین مفاهیم انرژی مخصوص و نیروی مخصوص	۱۸۵
بخش اول: انرژی مخصوص، منحنی $E - y$ و خصوصیات جریان بحرانی	۸۸

فصل سوم: کاربرد اصل اندازه حرکت و مفهوم

نیروی مخصوص در کانال‌های باز

بخش اول: معرفی مفهوم نیروی مخصوص و منحنی $F - y$	۱۷۸
۱-۱-۳- مقدمه	۱۷۸
۱-۱-۳- معرفی مفهوم نیروی مخصوص	۱۷۸
۱-۱-۳- منحنی $F - y$ و عمق‌های مزدوج	۱۸۱
۱-۱-۴- مقایسه‌ای بین مفاهیم انرژی مخصوص و نیروی مخصوص	۱۸۵



تجربی هیدرولیک	۲۵۰
۲-۳-۴- محاسبه عمق نرمال با استفاده از رابطه مانینگ	۲۵۱
تست‌های فصل چهارم	۲۳۵

فصل پنجم: جریان‌های متغیر تدریجی

بخش اول: مبانی جریان‌های متغیر تدریجی و نام‌گذاری آنها	۲۹۰
۱-۱-۵- مقدمه	۲۹۰
۱-۲-۵- تعاریف اولیه و نام‌گذاری پروفیل‌های متغیر تدریجی	۲۹۰
۳-۱-۵- معادله دینامیکی و خصوصیات انواع جریان‌های متغیر تدریجی	۳۰۰
بخش دوم: اصول ترسیم پروفیل‌های سطحی آب در شرایط مختلف	۳۰۸
۱-۲-۵- مقدمه	۳۰۸
۲-۲-۵- ترسیم پروفیل‌های سطحی در اتصال کانال‌ها با شیب‌های مختلف	۳۰۸
۳-۲-۵- ترسیم و تحلیل پروفیل‌های سطحی در حالت‌های خاص	۳۲۳
بخش سوم: مطالب تکمیلی جریان‌های متغیر تدریجی	۳۳۳
۱-۳-۵- ترسیم و تحلیل پروفیل‌های سطحی آب در کانال‌های افقی و معکوس	۳۳۳
۲-۳-۵- اتصال دو دریاچه (دو مخزن) توسط کانال با شیب ملایم	۳۳۷
۳-۳-۵- نقطه کنترل	۳۳۹
۴-۳-۵- بررسی دقیق‌تر و اثبات معادله دینامیکی حاکم بر جریان‌های متغیر تدریجی	۳۴۰
۵-۳-۵- محاسبه طول پروفیل‌های متغیر تدریجی	۳۴۱
تست‌های فصل پنجم	۳۴۳

بخش دوم: تحلیل پدیده پرش هیدرولیکی	۱۸۷
۱-۲-۳- مقدمه	۱۸۷
۲-۲-۳- معرفی پرش هیدرولیکی	۱۸۷
۳-۲-۳- روابط حاکم بر پرش هیدرولیکی	۱۸۹
۴-۲-۳- تحلیل پرش هیدرولیکی با کمک منحنی $F - y$	۱۹۳
بخش سوم: مطالب تکمیلی کاربرد اصل اندازه حرکت و مفهوم نیروی مخصوص در کانال‌های باز	۱۹۶
۱-۳-۳- مقایسه کاربرد اصل انرژی و اصل اندازه حرکت در حل مسائل	۱۹۶
۲-۳-۳- راندها پرش هیدرولیکی	۱۹۸
۳-۳-۳- پرش مستغرق در کانال‌ها	۱۹۹
تست‌های فصل سوم	۲۰۱

فصل چهارم: جریان‌های یکنواخت

بخش اول: تعاریف اولیه و محاسبات جریان یکنواخت	۲۲۶
۱-۱-۴- مقدمه	۲۲۶
۲-۱-۴- خصوصیات جریان یکنواخت	۲۲۶
۳-۱-۴- محاسبه تنش برشی در جریان یکنواخت	۲۲۸
۴-۱-۴- محاسبات سرعت و دبی در جریان یکنواخت	۲۳۱
۵-۱-۴- مقایسه روابط حاکم بر جریان یکنواخت و جریان متغیر تدریجی	۲۳۸
بخش دوم: محاسبه بهترین مقطع هیدرولیکی	۲۴۱
۱-۲-۴- مقدمه	۲۴۱
۲-۲-۴- اصول کلی طراحی بهینه مقاطع هیدرولیکی	۲۴۱
۳-۲-۴- طراحی بهینه انواع مقاطع هیدرولیکی	۲۴۲
بخش سوم: مطالب تکمیلی جریان‌های یکنواخت	۲۵۰
۱-۳-۴- ارتباط بین ضریب‌های ظاهر شده در رابطه‌های	

سخن مؤلفان

هیدرولیک یکی از شاخه‌های بنیادی مهندسی عمران است که با به کارگیری اصول و معادلات حاکم بر مکانیک سیالات، به تحلیل رفتار جریان‌هایی که دارای سطح آزاد هستند، می‌پردازد. مشخصات جریان در این حوزه به‌طور مستقیم تابع هندسه مجرا، شیب بستر، زبری مرزها و سایر شرایط سازه‌های هیدرولیکی است و اصول حاکم بر این جریان‌ها، مبنای تحلیل و طراحی کانال‌ها و سازه‌های آبی می‌باشد. آموزش این درس، نباید صرفاً به ارائه روابط تجربی محدود شود، بلکه توصیه می‌شود تا با درک فیزیکی صحیح از پدیده‌ها، توانایی لازم در به‌کارگیری اصول تحلیلی برای حل مسائل مهندسی ایجاد گردد.

پس از تألیف نخستین نسخه از کتاب هیدرولیک سری عمران در سال ۱۳۹۰ و سپس تألیف کتاب **نسل جدید هیدرولیک**، اکنون ویرایش تازه‌ای از این اثر به جامعه مهندسی کشور تقدیم می‌گردد. در این ویرایش، ضمن اصلاح موارد جزئی و به‌روزرسانی محتوای علمی کتاب، سؤالات آزمون‌های کارشناسی ارشد عمران در ده سال اخیر کنکور (تا آزمون سال ۱۴۰۴) نیز به آن افزوده شده است.

این کتاب طی سال‌های گذشته در بسیاری از دانشگاه‌های کشور تدریس شده و به عنوان یک مرجع قابل اتکا در درس هیدرولیک مطرح است. مهمترین ویژگی کتاب، ساختار منسجم آن است، یعنی مطالب کتاب به‌گونه‌ای تنظیم شده است که خواننده ابتدا با مبانی فیزیکی پدیده‌ها آشنا شود، سپس روابط حاکم را به‌صورت تحلیلی فرا گرفته و در نهایت آن‌ها را در حل مسائل کاربردی به‌کارگیرد. بدین ترتیب پیوندی نظام‌مند میان آموزش نظری و کاربرد مهندسی برقرار می‌شود و زمینه لازم برای تحلیل صحیح مسائل هیدرولیکی فراهم می‌گردد. به لحاظ شیوه بیان مطالب هم تلاش شده است تا مفاهیم درسی و نکات کلیدی حل مسائل، با بیانی ساده و گام‌به‌گام ارائه شوند تا خواننده بتواند در کمترین زمان ممکن، بیشترین بازدهی در مطالعه را داشته باشد. تمرین‌های این کتاب نیز ترکیبی از مسائل منتخب کتاب‌های مرجع معتبر هیدرولیک و پرسش‌های آزمون‌های کارشناسی ارشد عمران تا آخرین سال برگزاری کنکور هستند و بارها، عیناً در آزمون کارشناسی ارشد مطرح شده‌اند.

اگرچه در نگارش این اثر تمام تلاش ممکن به کار گرفته شده است تا کتابی دقیق و منسجم در اختیار دانشجویان و مهندسان گرامی قرار گیرد، با این حال بروز برخی کاستی‌ها دور از انتظار نیست. از این رو، از استادان فرهیخته و مهندسان ارجمند درخواست می‌شود با ارسال دیدگاه‌ها و پیشنهادهای خود به نشانی الکترونیکی serieomran@yahoo.com ما را در بهبود کیفیت اثر یاری فرمایند. امید است تلاش مجموعه **سری عمران** در تدوین و عرضه این کتاب، مورد رضایت و بهره‌برداری دانشجویان و مهندسان گرامی قرار گیرد.

ساسان امیرافشاری
حسین فراهانی



سری عمران

فصل اول:

مبانی هیدرولیک کانال‌های باز

مروری بر آنچه خواهیم خواند:

به طور کلی جریان سیال به دو صورت جریان‌های آزاد و جریان‌های تحت فشار بررسی می‌شود. عموماً جریان‌های تحت فشار (جریان در لوله‌ها) در درس مکانیک سیالات و جریان‌های آزاد در قالب درس هیدرولیک کانال‌های باز مطرح می‌شوند. شکل کلی قوانین حاکم بر جریان‌های آزاد مشابه جریان‌های تحت فشار می‌باشد، ولی تفاوت‌هایی میان خصوصیات و نیز نحوه کاربرد قوانین جریان سیالات، برای هر یک از این دو نوع جریان وجود دارد که به آنها اشاره خواهد شد. در این فصل قصد داریم تا اصول و مفاهیم اولیه جریان در کانال‌های باز را بررسی کنیم. مطالب ذکر شده در این فصل را می‌توان به صورت زیر تقسیم‌بندی نمود:

بخش اول: تعاریف و مفاهیم اولیه هیدرولیک کانال‌های باز

بخش دوم: توزیع فشار در کانال‌ها

بخش سوم: معادلات اساسی حاکم بر جریان سیال در کانال‌های باز

بخش چهارم: بررسی امواج سطحی

بخش پنجم: مطالب تکمیلی مبانی هیدرولیک کانال‌های باز

مبانی هیدرولیک کانال‌های باز

۱-۱-۱- مقدمه

علت نام‌گذاری **هیدرولیک کانال‌های باز** آن است که جریان در کانال‌ها از یک طرف آزاد است. به آن معنی که سیال در یکی از مرزهای خود، در تماس با هوای آزاد می‌باشد. بنابراین جریان در آن مرز همواره تحت فشار ثابت اتمسفر قرار دارد. همچنین در این مرز، تنش برشی وارد بر جریان تقریباً برابر صفر است. این دو موضوع تفاوت‌هایی اساسی میان جریان‌های آزاد در کانال‌ها با جریان‌های تحت فشار در لوله‌ها ایجاد می‌کنند. شکل زیر نمونه‌ای از مقطع‌های جریان در کانال‌های باز و مجاری تحت فشار را نشان می‌دهد.



در این بخش می‌خواهیم ضمن بررسی بیشتر تفاوت‌های این دو نوع جریان، با یک سری تعاریف در هیدرولیک کانال‌های باز آشنا شویم. قسمت‌های مختلف این بخش عبارتند از:

تفاوت‌های جریان در لوله‌ها و کانال‌ها	
انواع مقاطع و معرفی برخی از تأسیسات	
هیدرولیکی در کانال‌ها	تعاریف و مفاهیم اولیه هیدرولیک کانال‌های باز
مشخصات و تعاریف هندسی در کانال‌ها	
طبقه‌بندی جریان‌های آزاد در کانال‌ها	

۱-۱-۲- تفاوت‌های جریان در لوله‌ها و کانال‌ها

همانطور که گفته شد، عامل اصلی تفاوت جریان در کانال‌ها نسبت به لوله‌ها، باز بودن یک مرز از کانال می‌باشد، مرزی غیر جامد که در آن، سیال در تماس با هوای آزاد می‌باشد. به سبب وجود این مرز تفاوت‌های زیر بین جریان در لوله و کانال ایجاد می‌شود:

۱ در جریان تحت فشار، تمام مایع درون یک مرز جامد محصور شده است و بر دور تا دور سیال در حال جریان، تنش‌های برشی و نیروهای اصطکاکی وارد می‌شود. حال آن‌که در کانال‌های باز، یکی از مرزهای جریان محصور نبوده و در تماس با هوای آزاد می‌باشد. در این مرز تنش‌های برشی و نیروهای اصطکاکی (با صرف‌نظر کردن از اثر اصطکاک هوا) تقریباً برابر صفر می‌باشند.



زیر شاخه‌های بخش اول

۱-۱-۱- مقدمه

۱-۱-۲- تفاوت‌های جریان در

لوله‌ها و کانال‌ها

۱-۱-۳- انواع مقاطع و معرفی

برخی از تأسیسات هیدرولیکی

در کانال‌ها

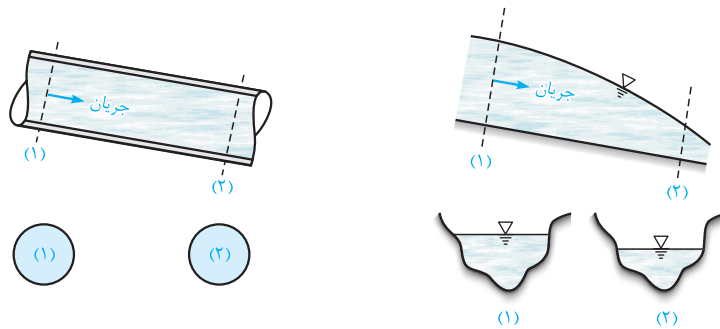
۱-۱-۴- مشخصات و تعاریف

هندسی در کانال‌ها

۱-۱-۵- طبقه‌بندی جریان‌های

آزاد در کانال‌ها

۲ در یک لوله با قطر مشخص، سطح مقطع جریان ثابت است ولی در یک کانال با ابعاد مشخص، به علت باز بودن یک طرف، سطح مقطع جریان می‌تواند تغییر کند. این موضوع در شکل‌های زیر نشان داده شده است. ملاحظه می‌کنید که سطح مقطع کانال می‌تواند تا مقادیر مختلفی پر باشد. حال آن‌که در لوله‌ها، جریان همواره از تمام سطح لوله عبور می‌کند.



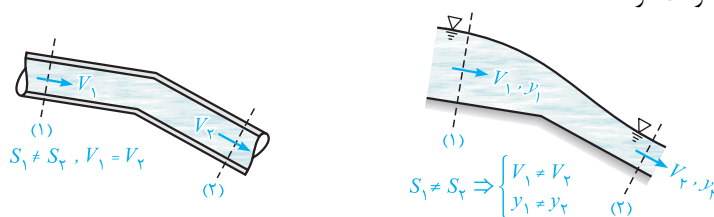
در لوله هر دو مقطع (۱) و (۲)، کاملاً پر می‌باشند. در کانال میزان پر بودن مقاطع (۱) و (۲) می‌تواند متفاوت باشد.

لازم به ذکر است شکل هندسی کانال‌ها دارای تنوع بیشتری نسبت به لوله‌ها می‌باشد. معمولاً سطح مقطع لوله‌ها به صورت دایروی است، حال آنکه کانال‌ها می‌توانند شکل‌های متنوعی همچون مستطیلی، مثلثی، دوزنقه‌ای و ... داشته باشند.

۳ همانطور که قبلاً نیز گفته شده بود، جریان در لوله‌ها تحت فشار بوده و در کانال‌ها تحت فشار نسبی صفر (هوای آزاد) می‌باشد.

۴ کانال‌های باز شامل محدوده وسیع‌تری از جریان‌ها مانند رواناب ناشی از بارندگی، نهر کوچک، رودخانه و ... می‌شوند.

۵ در کانال‌های باز وابستگی بیشتری بین پارامترهای جریان وجود دارد. به عنوان مثال با فرض جریان دائمی در یک کانال، تغییرات شیب طولی کف (S)، زبری جداره و ... می‌توانند خصوصیات جریان (از جمله عمق و سرعت) را تغییر دهند. حال آن‌که در لوله‌ها (مجاری تحت فشار)، تنها در صورتی که قطر مقطع تغییر کند، سرعت جریان تغییر خواهد کرد.

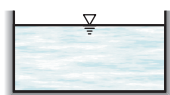


۱-۳- انواع مقاطع و معرفی برخی از تاسیسات هیدرولیکی در کانال‌ها

همانطور که دیدیم که کانال‌ها شکل‌های مختلفی مثل دوزنقه، مستطیل، دایره و ... دارند. اما اینکه کدام یک از این اشکال در طراحی کانال مورد استفاده قرار می‌گیرد به عوامل مختلفی بستگی دارد که در ادامه به آن خواهیم پرداخت.



کانال دوزنقه‌ای: متداول‌ترین شکل کانال برای مقاصد آبیاری می‌باشد. همچنین در مواردی که پوشش جداره کانال خیلی سفت نیست، از این نوع کانال استفاده می‌شود. در این حالت شیب جداره کانال باید به نحوی انتخاب شود که مصالح جداره دچار لغزش نشده و پایین نریزند.



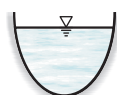
کانال مستطیلی: از این کانال نیز برای مقاصد مشابه کانال دوزنقه‌ای (آبیاری و آبرسانی) استفاده می‌شود. کانال‌های مستطیلی می‌توانند در مواردی که پوشش جداره کانال محکم می‌باشد، استفاده شوند. کالورت‌های زیر جاده‌ها نیز اصولاً به صورت مستطیلی طراحی می‌شوند.



کانال مثلثی: از کانال مثلثی نیز به منظور آبرسانی به مناطق مختلف استفاده می‌شود. از دیگر کاربردهای این کانال، انتقال جریان‌های با دبی و عمق کم (مثلاً آبروهای خیابان‌ها یا کنار جاده‌ها) و یا در مجاری آزمایشگاهی می‌باشد.



کانال دایروی: از این نوع کانال اصولاً در سیستم جمع‌آوری و انتقال فاضلاب استفاده می‌شود. اگر دبی جریان عبوری از کالورت زیر جاده‌ها کم باشد، می‌توان به جای کانال مستطیلی، از کانال دایروی استفاده نمود.



کانال‌های سهمی شکل: این نوع کانال معمولاً جهت تقریب زدن یک کانال طبیعی (رودخانه) به کار می‌رود.

علاوه بر مقاطع متداول و منتظم مذکور، ممکن است مقطع کانال به شکل ترکیبی و نامنتظم نیز ساخته شود. بدین ترتیب ملاحظه می‌کنید که شکل مقطع جریان در کانال‌ها، بسیار متنوع‌تر از لوله‌های تحت فشار می‌باشد.

تأسیسات هیدرولیکی در کانال‌ها

یکی از موضوعات جالب در بررسی جریان کانال‌ها و لوله‌ها، تأسیسات جریان می‌باشند که در مسیر حرکت سیال قرار می‌گیرند. در لوله‌ها تأسیساتی نظیر شیرهای کنترل، شیرهای تنظیم فشار، پمپ و توربین و ... در مسیر جریان سیال نصب می‌شود که در کتاب مکانیک سیالات در مورد آنها توضیح داده شده است. در این قسمت می‌خواهیم با برخی از تأسیسات هیدرولیکی در کانال‌ها، بیشتر آشنا شویم.

● **کالورت‌ها یا آبروهای زیرزمینی (Culverts):** از این تأسیسات به منظور عبور جریان آب از زیر گذرگاه‌ها (جاده‌ها) استفاده می‌شود. شکل مقطع کالورت‌ها عموماً به صورت مربعی یا مستطیلی و یا دایروی می‌باشد. نکته مهم در مورد کالورت آن است که هرگاه مجرای آن کاملاً پر از آب شود، می‌توان آن را مجرای تحت فشار به حساب آورد. در غیر این صورت کالورت را جزو دسته‌بندی‌های کانال‌ها در نظر می‌گیرند.

● **حوضچه آرامش (Stilling Basin):** نام دیگر آن حوضچه جهش آبی است. حوضچه آرامش عبارت است از قسمتی کوتاه از یک کانال که بستر آن به صورت سازه‌ای خاص طراحی شده است. این تأسیسات عموماً در انتهای سرریزها قرار می‌گیرد تا ضمن تشکیل پرش هیدرولیکی، جریان فوق بحرانی ایجاد شده پس از سرریز را (که دارای سرعت و انرژی زیادی می‌باشد)، به حالت تحت بحرانی تبدیل کند.



همچنین گاهی برای کاهش هر چه بیشتر انرژی جریان خروجی از سرریز، از یک سری بلوک در کف حوضچه آرامش استفاده می‌شود.

● **شیب‌شکن (Drop):** نام دیگر آن آبشار آزاد (*The Free Overfall*) است که در آن کف کانال به صورت ناگهانی و به مقدار قابل توجهی، پایین برده می‌شود. در این صورت پس از شیب‌شکن، جریان از کف کانال جدا شده و به صورت جت آزاد پایین می‌ریزد. از این تأسیسات گاهی برای اندازه‌گیری دبی جریان استفاده می‌شود. چرا که عمق جریان روی شیب‌شکن، رابطه خاصی با دبی جریان دارد.

● **تند آب یا شوت (Chute):** هرگاه بخواهیم دو کانال با شیب کم را که در ترازهای مختلف قرار دارند (یکی بالاتر از دیگری است) به هم متصل کنیم، از یک کانال با شیب تند استفاده می‌کنیم که به آن تند آب یا شوت گفته می‌شود.

● **فلوم (Flume):** به کانال‌های باریک حاوی جریان، فلوم گفته می‌شود. یکی از کاربردهای فلوم‌ها، در آزمایشگاه‌های هیدرولیک می‌باشد که به وسیله آنها پارامترهای مختلف جریان در کانال‌های باز را مطالعه می‌کنند. همچنین برای عبور دادن جریان‌های سطحی از بالای جاده‌ها نیز از این تأسیسات استفاده می‌شود. در این شرایط فلوم بر روی یک سری پایه با ارتفاع مورد نیاز در بالای جاده اجرا می‌شود.

● **انواع دریچه‌ها (Gates):** دریچه‌ها تأسیساتی هستند که با مقاصد مختلف به کار برده می‌شود. کاربرد اصلی یک دریچه، نگهداشتن آب در پشت خود می‌باشد. البته در صورت لزوم دریچه باز شده و جریان را از خود عبور می‌دهد. از جمله محل‌های استفاده دریچه می‌توان به تاج سرریز سدها و یا در محل خروج آب از مخزن یا دریاچه به کانال اشاره کرد. در ادامه به معرفی مهمترین دریچه‌های کاربردی در کانال‌ها می‌پردازیم.

الف) دریچه قائم (Vertical Gate): به آن دریچه کشویی نیز گفته می‌شود. برای باز یا بسته شدن این نوع دریچه از یک سری غلتک در کناره‌های آن استفاده می‌شود. اگر دریچه بسته باشد، نیروی وارد بر آن را به صورت هیدرواستاتیک به دست می‌آوریم. ولی در هنگام باز بودن دریچه، از روابط دینامیکی (معادله اندازه حرکت) برای محاسبات نیرو استفاده خواهد شد.

ب) دریچه‌های قطاعی (Trainter Gate): به آنها دریچه‌های شعاعی (*Radial Gate*) نیز گفته می‌شود. این نوع دریچه‌ها هزینه کمتر، ولی اجرای پیچیده‌تری نسبت به دریچه‌های قائم یا کشویی دارند.

● **انواع سرریزها (Weirs):** به طور کلی سرریز تأسیساتی است که آب را در پشت خود جمع کرده و باعث می‌شود سرعت جریان به هنگام عبور از روی آن، بیشتر گردد. از مهمترین کاربردهای استفاده از سرریزها، اندازه‌گیری دبی جریان توسط آنها می‌باشد. سرریزها به دو دسته کلی سرریز لبه تیز و سرریز لبه پهن تقسیم‌بندی می‌شوند که در ادامه با آنها آشنا می‌شویم.

الف) سرریز لبه تیز (Sharp Crested Weir): عبارت است از یک صفحه قائم که جلوی جریان آب قرار می‌گیرد و جریان از روی آن و یا از داخل قسمتی از این صفحه که خالی است، عبور می‌کند. این قسمت خالی می‌تواند به شکل‌های مختلفی اجرا شود.

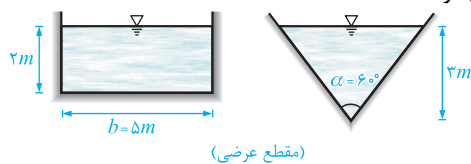
ب) سرریز لبه پهن (Broad Crested Weir): این نوع سرریزها دارای طول قابل ملاحظه‌ای در جهت جریان می‌باشند که این طول می‌تواند به صورت افقی و یا انحنادار اجرا شده باشد. از این تأسیسات عموماً به منظور اندازه‌گیری دبی و نیز در برخی مواقع نگهداشتن آب در پشت سرریز استفاده می‌شود.

● **سرریز کناری (Side Spillway):** تفاوت این سرریز با سایر نوع سرریزها در آن است که سرریز کناری در مقابل مسیر جریان قرار نمی‌گیرد. بلکه به موازات مسیر جریان در دیواره کانال اجرا می‌گردد. به این صورت که برای کنترل سرعت و عمق جریان و ایجاد جریان متغیر مکانی، قسمتی از یکی از جداره‌های طرفین کانال (اصولاً یا سمت چپ و یا سمت راست و نه هر دو با هم) کوتاهتر طراحی می‌شود تا اجازه خروج جریان از آن قسمت داده شده باشد. هدف از ایجاد این نوع سرریز، کنترل سیلاب‌ها و نیز کنترل جریان‌های پر سرعت می‌باشد. توجه کنید که در اثر خروج جریان توسط این سرریز، عمق آب لزوماً کاهش نمی‌یابد! بلکه این موضوع مستلزم مطالعاتی است که در فصل دوم بیشتر به آن خواهیم پرداخت.

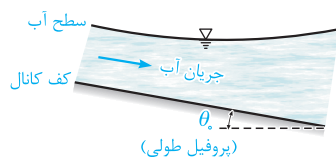
۱-۴-۱- مشخصات و تعاریف هندسی در کانال‌ها

قبل از آنکه به معرفی مشخصات هندسی کانال‌ها بپردازیم، بیایید دو تعریف پر کاربرد در درس هیدرولیک را با هم مرور کنیم:

● **مقطع عرضی:** مقطعی است که شکل هندسی کانال و جزئیات آن را نشان می‌دهد. به عنوان مثال شکل‌های زیر، مقطع عرضی دو کانال مستطیلی و مثلثی را نمایش می‌دهند. ملاحظه می‌کنید که با کمک مقطع عرضی می‌توانیم جزئیات هندسه کانال‌ها را ببینیم. یعنی عرض کف کانال مستطیلی، شیب جداره کانال مثلثی و همچنین ارتفاع آب داخل کانال، در این نوع مقطع دیده می‌شوند.



(مقطع عرضی)

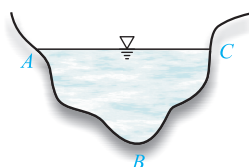


(پروفیل طولی)

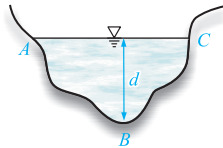
● **مقطع طولی:** شکلی است که در آن نمای جانبی کانال نمایش داده می‌شود. در این نوع مقطع عمق آب در قسمت‌های مختلف جریان در طول کانال، شیب کف کانال نسبت به افق و تراز سطح آب در طول کانال نشان داده می‌شوند. به مقطع طولی، **پروفیل یا نیم‌رخ طولی** جریان نیز گفته می‌شود. شکل مقابل نمونه‌ای از مقطع یا پروفیل طولی یک جریان را نشان می‌دهد.

حال به معرفی مشخصات هندسی کانال‌ها می‌پردازیم.

همانطور که در قسمت قبل نیز گفته شد یکی از بارزترین تفاوت‌های جریان در لوله‌ها و کانال‌های باز، شکل‌های بسیار متنوع مقاطع کانال‌های هیدرولیکی نسبت به لوله‌ها می‌باشد. در مکانیک سیالات عموماً منظور از لوله، یک مقطع دایروی است که قطر آن می‌تواند در طول جریان ثابت باشد و یا تغییر کند. ولی کانال‌ها می‌توانند با شکل‌های بسیار متنوعی اجرا شوند. یک کانال هیدرولیکی می‌تواند مقطعی مستطیلی، مثلثی، ذوزنقه‌ای، دایروی، سهمی، نعل اسبی و یا ترکیبی از این شکل‌های هندسی داشته باشد که در قسمت قبل برخی از کاربردهای هر یک از این مقاطع را دیدیم.

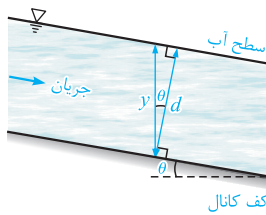


با توجه به این تفاوت‌ها، لازم است قدری بیشتر با هندسه مقطع کانال‌ها و تعاریف انجام شده در خصوص آن آشنا شویم. بدین منظور یک کانال دلخواه با مقطع عرضی نشان داده شده در شکل مقابل را در نظر گرفته و مشخصات هندسی آن را بررسی می‌نماییم.



● **عمق جریان (d)** : عبارت است از فاصله پایین‌ترین نقطه در کف کانال تا سطح آزاد جریان که آن را با d نمایش می‌دهند. در شکل داده شده، پایین‌ترین نقطه مقطع در کف کانال، B می‌باشد و عمق d روی شکل مشخص شده است.

اگر پروفیل طولی کانال (که زاویه آن نسبت به افق θ فرض می‌شود) را در نظر بگیریم، d فاصله عمودی پایین‌ترین نقطه در کف کانال تا سطح آب را نشان می‌دهد.



همانطور که در شکل نیز نشان داده شده است، فاصله کف کانال تا سطح جریان در راستای قائم (مختصات $x-y$) y نامیده می‌شود که در برخی مواقع از این پارامتر به عنوان عمق جریان تعبیر می‌گردد.

بنابراین به طور کلی دو بیان برای عمق جریان وجود دارد:

y : فاصله کف کانال تا سطح آب در راستای قائم (دستگاه مختصات $x-y$)

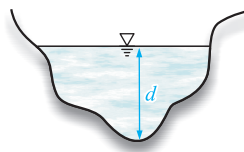
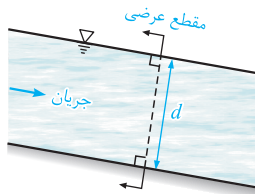
d : فاصله کف کانال تا سطح آب عمود بر کف کانال (عمود بر راستای جریان)

با توجه به هندسه شکل، رابطه بین این دو پارامتر به سادگی و به صورت زیر به دست می‌آید:

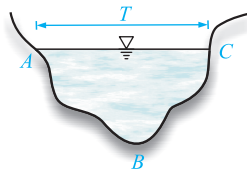
$$d = y \cos \theta$$

(۱-۱)

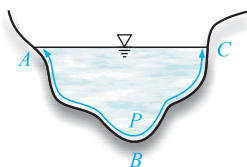
● **سطح مقطع جریان (A)** : مساحت ناحیه‌ای از مقطع کانال که در اثر عبور آب پُر می‌شود را **سطح مقطع جریان** گویند. همانطور که در شکل نشان داده شده است، A را می‌توان به صورت مساحت مقطع در صفحه عمود بر راستای جریان نیز تعریف کرد.



نمای مقطع عرضی



● **عرض سطح آزاد (T)** : طول مرزی از مقطع جریان که در آن، آب در تماس با هوای آزاد باشد را **عرض سطح آزاد** می‌نامیم. در شکل مقابل طول پاره خط AC برابر عرض سطح آزاد مقطع بوده و با حرف T نشان داده شده است. در واقع عرض سطح آزاد بیانگر طولی از مرز جریان می‌باشد که تنش برشی روی آن ایجاد نمی‌شود. (از اصطلاحکام هوا صرف نظر می‌کنیم)



● **پیرامون مرطوب (P)** : طول قسمتی از محیط مقطع کانال که توسط آب خیس شده است، **پیرامون مرطوب** و یا **محیط تر شده** نامیده می‌شود. در شکل مقابل، پیرامون مرطوب طول قسمت ABC می‌باشد. در واقع پیرامون مرطوب بیانگر طولی از مرز جریان می‌باشد که در آن، آب در تماس با جداره جامد بوده و تنش‌های برشی روی آن ایجاد می‌شوند.

تذکر: با کمی دقت می‌توان دریافت که مجموع P و T ، برابر محیط مقطع عرضی کانال می‌باشد ولی در یکی (P) تنش‌های برشی و نیروهای اصطکاکی ایجاد شده و در دیگری (T) این تنش‌ها و نیروها تقریباً برابر صفر می‌باشند. لذا اثر این دو مرز بر روی جریان، کاملاً متفاوت است.

● **شعاع هیدرولیکی (R):** در محاسبات هیدرولیکی، نسبت مساحت مقطع جریان (A) به پیرامون مرطوب (P) به دفعات ظاهر می‌شود. این نسبت پرکاربرد را **شعاع هیدرولیکی** مقطع نامیده و آن را با R نشان می‌دهیم.

$$R = \frac{A}{P} \quad (۱۲-۲)$$

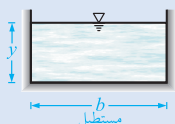
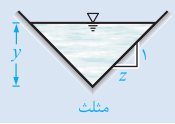
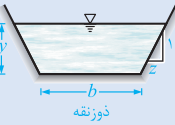
● **عمق هیدرولیکی (D):** مشابه تعریف شعاع هیدرولیکی، نسبت مساحت مقطع جریان (A) به عرض سطح آزاد (T) نیز به‌وفور در محاسبات هیدرولیکی ظاهر می‌گردد. این نسبت پرکاربرد را **عمق هیدرولیکی** مقطع می‌نامیم و آن را با D نمایش می‌دهیم.

$$D = \frac{A}{T} \quad (۱۳-۱)$$

پارامترهای هندسی فوق، مهمترین پارامترهای هندسی در کانال‌های باز می‌باشند که کاربرد زیادی در روابط هیدرولیک دارند. لذا باید بتوانیم برای انواع مقاطع، آنها را به‌دست آوریم. به‌طور کلی جهت محاسبه پارامترهای هندسی مقاطع، دو روش وجود دارد:

(الف) استفاده از جدول (ب) محاسبه پارامترها با استفاده از روابط هندسی در ادامه به بررسی هر یک از این روش‌ها می‌پردازیم.

(الف) **استفاده از جدول:** جدول زیر مشخصات هندسی مقاطع منتظم، مهم و پرکاربرد در هیدرولیک کانال‌های باز را نشان می‌دهد.

شکل مقطع	مساحت (A)	عرض سطح آزاد (T)	پیرامون مرطوب (P)	شعاع هیدرولیکی ($R = \frac{A}{P}$)	عمق هیدرولیکی ($D = \frac{A}{T}$)
	by	b	$b + 2y$	$\frac{by}{b + 2y}$	y
	zy^2	$2zy$	$2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1+z^2}}$	$\frac{y}{2}$
	$(b + zy)y$	$b + 2zy$	$b + 2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{(b + zy)y}{b + 2y\sqrt{1+z^2}}$	$\frac{(b + zy)y}{b + 2zy}$
	$\frac{\pi d^2}{4}$	تعریف نمی‌شود	πd	$\frac{d}{4}$	تعریف نمی‌شود
	$\frac{\pi r^2}{2}$	$2r$	πr	$\frac{r}{2}$	$\frac{\pi r}{4}$