۴۱۲۴۵

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
۱۳۸۱ /۴/ ۳۰

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکدهٔ مهندسی عمران

تحلیل خصوصیات هیدرولیکی گرداب در شیب‌شکن قائم با جریان زیر بحرانی در بالادست و شیب معکوس در پایاب

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی آب

امیر احمد دهقانی

اساتید راهنما

دکتر محمد رضا چمنی

دکتر محمد کریم بیرامی

۱۳۸۰

۴۱۲۴۵

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی عمران

پایان نامه کارشناسی ارشد گرایش مهندسی آب - آقای امیراحمد دهقانی

تحت عنوان :

بررسی خصوصیات هیدرولیکی گرداب درشیب شکن قائم باجریان زیربحرانی دربالادست وشیب معکوس درپایاب

در تاریخ ۱۴ /۸/ ۸۰ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهائی قرار گرفت.

۱ - استاد راهنما ..... دکتر محمدرضا چمنی

۲ - استاد راهنما ..... دکتر محمدکریم بیرامی

۳ - استاد مشاور (ازدانشکدهٔ کشاورزی) ..... دکتر منوچهر حیدرپور

۴ - ممتحن مدعو (از دانشکدهٔ کشاورزی) ..... دکتر حسین افضلی‌مهر

۸۰/۸/۱۴

۵ - عضو کمیته دفاع ..... دکتر کیوان اصغری

۶ - سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده ..... دکتر محمود قضاوی

تقدیر و تشکر

تاری از طرهٔ طناز دلارام جدا شد و پرتو راهم گشت. راه طولانی بود وجاده‌ام پر از سیم عبور و در این جاده همسفرانی مرا یاری نمودند تا پیچ و خم جاده را بشناسم. امید است کوچکترین تشکر مرا پذیرا باشند. عزیزانی همچون دکتر چمنی و دکتر بیرامی، اساتید راهنما و دکتر حیدرپوراستاد مشاور گرامی که شعلهٔ وجودشان آهنگ حرکت مرا گرمی می‌بخشید و اساتید مدعو محترم دکتر افضلی‌مهر، دکتر اصغری، همچنین اساتید بزرگوار، دکتر ذوالانوار، دکتر قضاوی، دکتر ازهری و دکتر مستوفی‌نژاد و نیز آقایان عزیز، کیوانداریان و مهندس باقری همچنین سرکارخانمها طاهری، بهشتی وفروغی و در نهایت کلیهٔ دوستان عزیزم، از جمله آقایان امیری فر، معظم و نکوئی که بدرقه کردند مرا در این سفر. امیدوارم، تشکرم را تهفه‌ای ناقابل بدانند.

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوریهای ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است.

تقدیم به:

پدر، باغبان خوبیها.

مادر، خورشید مهربانیها.

خانواده، کانون پر از حرارت خورشید و پر از نوازش باغبان.

و تقدیم به آنانی که در راه علم نمی باشند برای آنکه بوده باشند.

فهرست مطالب

عنوان

صفحه

فهرست مطالب ..... هشت

چکیده ۱

فصل اول:کلیات

۱-۱- جریان در مجرای روباز ۳

۱-۲- وضعیت جریان در کانالهای روباز ۳

الف- جریان فوق بحرانی ۴

ب- جریان زیر بحرانی ۴

ج- جریان بحرانی ۴

۱-۳- شیب شکن ها ۴

۱-۴- شیب شکن قائم ۶

۱-۵- تقسیم بندی شیب شکن های قائم از شکل هندسی ۶

۱-۵-۱- شیب شکن قائم ساده ۶

۱-۵-۲- شیب شکن قائم مانع دار ۶

۱-۵-۳- شیب شکن قائم با شیب مثبت در پایاب ۸

۱-۵-۴- شیب شکن قائم با شیب معکوس در پایاب ۸

۱-۶- وضعیت جریان در کانال بالا دست شیب شکن ها ۹

۱-۶-۱- جریان فوق بحرانی در کانال بالادست ۹

۱-۶-۲- جریان زیر بحرانی در کانال بالا دست ۹

۱-۷- هدف از مطالعه حاضر ۹

فصل دوم: پیشینه تحقیق

۲-۱- مطالعات قبلی شیب شکن های قائم با جریان زیر بحرانی در بالا دست و شیب صفر در پایاب ۱۲

۲-۱-۱- مطالعه بخمیتف ۱۲

۲-۱-۲- مطالعه مور ۱۳

۲-۱-۳- مطالعه وایت ۱۳

۲-۱-۴- مطالعه گیل ۱۵

۲-۱-۵- مطالعه رند ۱۶

۲-۱-۶- مطالعه راجاراتنام و چمنی ۱۶

۲-۱-۷- مطالعه محمدی ۱۶

۲-۲- پیشینهٔ مطالعات بر روی شیب‌شکن‌های قائم همراه با حوضچه‌های دائمی آب در پایاب ۲۱

۲-۲-۱- مطالعات هال ۲۱

۲-۲-۲- مطالعات رابینسون ۲۴
۲-۲-۳- مطالعه جت با سقوط آزاد ۲۶
۲-۳- پیشینه مطالعات جت با سقوط آزاد در حوضچه های استغراق ۲۸
۲-۳-۱- مطالعات آلبرتسون ۲۸
۲-۳-۲- مطالعات پی کینگ و همکاران ۲۹
۲-۴- پیشینه مطالعات دیگر ۳۱

فصل سوم: مدلهای ریاضی پیشنهادی
۳-۱- مدل ۱: شبیه سازی شیب شکن قائم با مدل جت آزاد ۳۶
۳-۲- مدل۲: شبیه سازی جت سقوط یافته در شیب شکن قائم با جت های مستغرق در حوضچه ها ۵۰

فصل چهارم: مطالعات آزمایشگاهی
۴-۱- تجهیزات آزمایشگاه ۵۳
۴-۲- اندازه گیریها ۵۷
۴-۲-۱- اندازه گیری دبی جریان ۵۷
۴-۲-۲- اندازه گیری پروفیل سرعت جهت محاسبه عمق جریان و انرژی در کانال پایین دست ۵۸
۴-۲-۳- اندازه گیری عمق گرداب ۶۰
۴-۲-۴- نتایج آزمایشگاهی ۶۰

فصل پنجم: تجزیه و تحلیل نتایج آزمایشگاهی با مدلهای ریاضی پیشنهادی
۵-۱- انواع رژیم جریان مشاهده شده در شیب شکن قائم با شیب معکوس در پایاب ۶۵
۵-۲- ارزیابی مدلهای تحلیلی ارائه شده با نتایج آزمایشگاهی موجود برای شیب کف صفر ۶۹
۵-۲-۱- ارزیابی افت انرژی ۶۹
۵-۲-۲- ارزیابی عمق گرداب ۷۰
۵-۳- ارزیابی افت انرژی در شیب شکن قائم با شیب معکوس در پایاب ۷۳
۵-۴- ارزیابی عمق گرداب در شیب شکن قائم با شیب معکوس در پایاب ۷۹
۵-۵- ارزیابی عمق جریان در پایاب ۸۴
۵-۶- ارزیابی فشارهای وارد بر کف معکوس ۸۹
۵-۷- ارزیابی معادله تحلیلی برای مقایسه عکس العمل ناشی از برخورد جت به کف حوضچه ۹۰

نتیجه گیری و پیشنهادات ۹۹

پیوست ۱۰۱

منابع ۱۰۷

ترجمه انگلیسی چکیده ۱۰۸

چکیده

در این مطالعه خصوصیات هیدرولیکی گرداب، از قبیل افت انرژی، عمق گرداب، طول گرداب و عمق جریان در کانال پائین دست شیب شکن قائم با جریان زیر بحرانی در بالادست و شیب معکوس در کانال پائین‌دست، مورد تجزیه و تحلیل قرارگرفته است. همچنین مشخص شد که جریان در کانال پائین دست شیب‌شکن می‌تواند زیر بحرانی و یا فوق بحرانی باشد. معادله‌ای تجربی نیز برای پیش‌بینی رژیم جریان توسعه داده شد. همچنین توزیع فشار وارد بر کف شیب معکوس در اثر برخورد جت ضربه‌ای مسطح مورد آزمایش قرار گرفت. مطالعهٔ اخیر از دو بخش تحلیلی و آزمایشگاهی تشکیل شده است. آزمایشها در آزمایشگاه هیدرولیک دانشکدهٔ عمران دانشگاه صنعتی اصفهان صورت گرفته است.

دو مدل ریاضی برای بیان ویژگیهای کمی شیب‌شکن مورد استفاده قرار گرفته است. در مدل ریاضی اول فرضیات استفاده شده توسط محققین قبلی، برای مدل جدید تعمیم داده شده است. در مدل ریاضی دوم جت سقوط یافته با جت مستغرق شبیه‌سازی شده و بیشترین سرعت جریان بر روی محور جت، در نزدیکی دال کف کانال پائین‌دست از فرمولهای تجربی بدست آمده است.

نتایج تجربی بدست آمده برای طول شیب‌شکن، عمق حوضچه گرداب، عمق جریان در پائین‌دست شیب‌شکن و افت انرژی با نتایج تخمین زده مدلهای تحلیلی اخیر، مقایسه شده اند. برای افت انرژی، در شیب‌های ملایم معکوس،نتایج مدل تحلیلی اول به داده‌های آزمایشگاهی نزدیکتر است.برای عمق گرداب، مدل تحلیلی دوم به داده های آزمایشگاهی نزدیکتر است. مقادیر تخمین‌زده شده برای عمق گرداب از داده های آزمایشگاهی کمتر است. علت این امر را می‌توان حضور هوا در حوضچه گرداب و صرفه نظر کردن آن در مدلهای تحلیلی است.

فصل اول
کلیات

اندیشیدن به حیات بدون آب، تا حدی مانند زیستن بدون آب غیر ممکن است. پیش از پیدایش حیات در سطح کره‌خاکی در اثر برخی پدیده‌های جوی از ترکیب اکسیژن و هیدروژن آب پدید آمد که با نزول و صعود متواتر آن حیات در این کره خاکی پدیدارشد. اهمیت آب در آیات مختلف قرآن مجید بیان شده‌است، حتی انسانهای نخستین و جوامع پیش از تاریخ هم اهمیت آن را درک می‌کرده‌اند به گونه‌ای که بخش اعظم پرستشها و آیین‌های جوامع باستانی، از آن میان ایران باستان را آیین‌های آب‌ستایی تشکیل می‌داده است. در آیین‌های باستانی تقریباً همه ملل دنیا نیرویی به نام خدای باران، آب، پاکی و... وجود داشته‌است که ارج و قدر آن را تا حد نیمه خدایی بر تر می‌داشته است.

بناهای آبی و تأسیسات انتقال آب ناظر بر آن یکی از طرق استفاده از آب است که هم اینک در تمام نقاط دنیا جزء پژوهشهای گریز ناپذیر شده‌است[۱]. معمولاً از سیستمهایی که برای انتقال آب از نقطه‌ای به نقطهٔ دیگر استفاده می‌شوند می‌توان از: مجاری روباز (کانالهای باز)، لوله‌های تحت فشار، فلوم، تنداب، شیب‌شکن‌ها، سیفونهاو... نام برد. هر کدام از این سازه‌ها با توجه به شرایط منطقه‌ای برای هدف خاصی بکار گرفته‌می‌شوند. با توجه به گستردگی دامنهٔ علوم، برای

مطالعهٔ سیتم‌های انتقال آب نیاز است که ساختمان هر یک از این سازه‌ها بطور جداگانه بررسی می‌شوند.

در این مطالعه، ساختمان شیب‌شکن[1] با توجه به اهمیتی که در انتقال آب دارد مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. مزیت اصلی احداث این سازه‌ها از بین‌بردن انرژی مخرب آب می‌باشد. زمانیکه بخواهند مقدار زیادی از انرژی مخرب آب را در کانال یا لوله بگیرند، اهمیت بکارگیری شیب‌شکن‌ها مشخص می‌شود.

۱-۱- جریان در مجرای روباز

مجرای روباز به آن دسته از ساختمانهای انتقال آب اطلاق می‌شود که آب در آنها با سطح آزاد جریان یافته و سطح آن با هواکره[2] در تماس باشد. در تمام نقاط مسیر، فشاردر سطح آزاد برابر فشار هواکره بوده و آب در تمام قسمتهای مجرا تحت فشار هواکره قرار گیرد. کانالهای روباز معمولی و کانالهای بسته زیرزمینی که کاملاً پر نباشد از جمله موارد مجاری روباز هستند.

۱-۲- وضعیت جریان در کانالهای روباز

بر جریان آب در کانالهای روباز، نیروهای مختلفی نظیر نیروهای ثقل، اینرسی، کشش سطحی و لزجت اثر می‌کند که در این میان از تأثیر نیروی کشش سطحی به علت ناچیز بودن صرفنظر می‌گردد. از بین نیروهای ثقل و لزجت، نیروهای ثقلی نقش مؤثرتری در کانالهای روباز دارند.

تأثیر نیروهای ثقلی در قالب پارامتر دینامیکی بدون بعدی بنام عدد فرود[3] مورد بررسی قرار می‌گیرد. عدد بدون بعد فرود بصورت جذر نسبت نیروی اینرسی به نیروی ثقل و در هر مقطع از جریان در کانال روباز به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{gD}} \qquad (۱-۱)$$

که در آن V سرعت متوسط جریان، g شتاب ثقل وD عمق هیدرولیکی در کانالها می‌باشد. در کانالهای روباز عمق هیدرولیکی به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$D = \frac{A}{T} \qquad (۱-۲)$$

1.Drop 2- Atmosphere 3- Froude number

که در آن A سطح مقطع جریان و T عرض مقطع جریان در سطح آزاد می‌باشد. بنابراین برای کانال مستطیلی D=d (d عمق آب) خواهدشد و عدد فرود بصورت زیر تعریف می‌شود:

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{gd}} \qquad (۳-۱)$$

بر اساس تأثیر نیروی ثقل نسبت به نیروی اینرسی، سه وضعیت رفتاری مختلف از جریان در کانالهای روباز مشاهده می‌شود:

الف-جریان فوق‌بحرانی

اگر Fr>1 باشد، جریان فوق‌بحرانی است. در اینجا به ازای یک دبی ثابت، عمق جریان کم و سرعت آن زیاد می‌باشد. جریان فوق‌بحرانی معمولاً توسط مقطع بالادست جریان کنترل می‌شود. جریان عبوری از زیر دریچه‌ها با عمق بازشدگی کم و جریان در پایین‌دست سرریزهای لبه‌آبریز[1] نمونه‌های عملی از این نوع جریان می‌شود. معمولاً سعی می‌شود که جریان در کانالهای روباز به علت سرعت زیاد این جریان فوق‌بحرانی نشود.

ب-جریان زیربحرانی

اگر Fr<1 باشد، جریان زیربحرانی است. در این حالت به ازای یک دبی ثابت، عمق جریان زیاد و سرعت آن کم خواهد بود. جریان زیربحرانی معمولاً توسط مقطع پایین‌دست جریان کنترل می‌شود. جریان زیربحرانی معمولاً در شیب‌های ملایم و معکوس دیده می‌شود و جریان عبوری از روی آبشارها از نمونه‌های عملی این جریان محسوب می‌شود.

ج-جریان بحرانی

اگر Fr=1 شود، جریان در کانال بحرانی است. جریان بحرانی حالت انتقال از جریان زیربحرانی به جریان فوق‌بحرانی و یا بالعکس است. در جریان بحرانی عمق جریان برابر عمق بحرانی جریان در کانال می‌باشد.

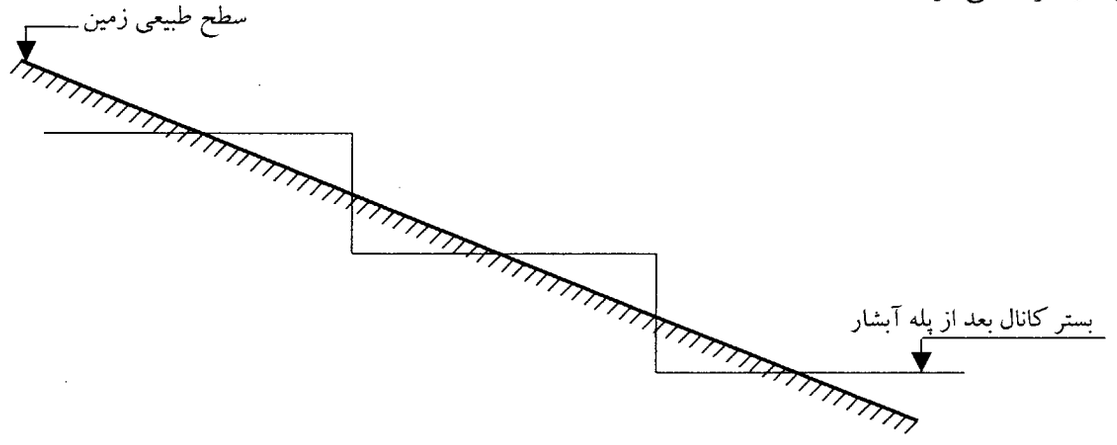
۱-۳-شیب‌شکن‌ها

شیب‌شکن‌ها (شکل ۱-۱) سازه‌هایی هستند که در کانالهای آبیاری، شبکه‌های جمع‌آوری آب و فاضلاب، شبکه‌های جمع‌آوری آبهای سطحی و در سرریزهای پله‌ای(شکل ۱-۲) مورد استفاده فراوان قرار می‌گیرند. در کانالهای آبیاری پس از طرح و محاسبه ابعاد و مشخصات کانال

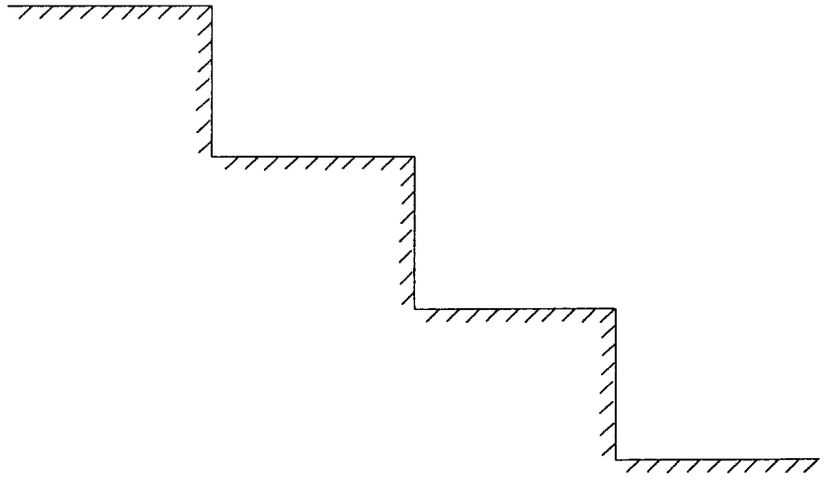
1-Ogee spillways

اگر در ضمن تهیه پروفیل طولی از مسیر کانال بعضاً به علت وجود عوارض طبیعی، شیب قسمتهایی از مسیر با شیب محاسبه‌شده برای بستر کانال مطابقت نکند به دو صورت عمل می‌شود.

اگر اختلاف دو شیب جزیی باشد با خاکبرداری و خاک‌کوبی ترمیم می‌شود. در غیر اینصورت اگر شیب طبیعی زمین در قسمتهایی از مسیر زیاد و تندتر از شیب مجاز کانال باشد و مخارج خاکریزی و خاک‌کوبی در مقایسه با ایجاد پله‌های سقوط(آبشار) زیادتر باشد، از شیب‌شکن استفاده می‌نمایند. شیب‌شکن‌ها معمولاً از نظر کاربرد به سه دسته تقسیم می‌شوند: شیب‌شکن‌های قائم[1]، : شیب شکن‌های مایل[2]، شیب شکن‌های لوله‌ای[3]. شیب‌شکن‌های قائم معمولاً برای اختلاف ارتفاع ۲متر و شیب‌شکن‌های مایل و لوله‌ای برای اختلاف ارتفاع تا ۵ متر بکار گرفته می‌شوند.



شکل ۱-۱: پروفیل طولی از مسیر کانال.



شکل ۱-۲: نمایی از سرریز پله‌ای.

1- Vertical drops 2-Inclined drops 3-Pipe drops

۱-۴-شیب‌شکن قائم

همانطور که قبلاً بیان‌شد، در صورتیکه اختلاف ارتفاع بین دو سطح از ۲ متر کمتر باشد، شیب‌شکن قائم بکار گرفته‌می‌شود. علاوه بر استفادهٔ شیب‌شکن قائم در مسیر کانالها، یکی از کاربردهای مهم آن ساخت سرریز پله‌ای(شکلهای ۱-۲و۱-۳) می‌باشد. یکی دیگر از کاربردهای سرریزهای پله‌ای، استفاده آن برای تصفیهٔ آب یا فاضلاب می‌باشد. وقتیکه جریان آب یا فاضلاب از پله‌ای به پله‌ای دیگر بصورت جت آزاد پرتاب می‌شود، سطح تماس آن با هوا بیشتر شده و این امر باعث کاهش آلودگی آن می‌شود. همچنین در نقطهٔ برخورد جت با کف کانال به علت پاشیده‌شدن جریان به اطراف، غلظت هوا در آن منطقه بالا می‌رود وسبب پالایش آب و فاضلاب می‌شود که به این فرایند خودپالائی می‌گویند. در این حالت شیب‌شکن بخاطر ساده بودن در طراحی، هزینهٔ ناچیز در بهره‌برداری و سادگی در ساخت دارای مزایای برتر می‌باشد. شیب‌شکن های قائم در ورودی آب به استخرهای پرورش ماهی نیز در جهت بالا بردن درصد اکسیژن محلول در آب استفاده می‌شود.

۱-۵-تقسیم بندی شیب‌شکن‌های قائم از نظر شکل هندسی

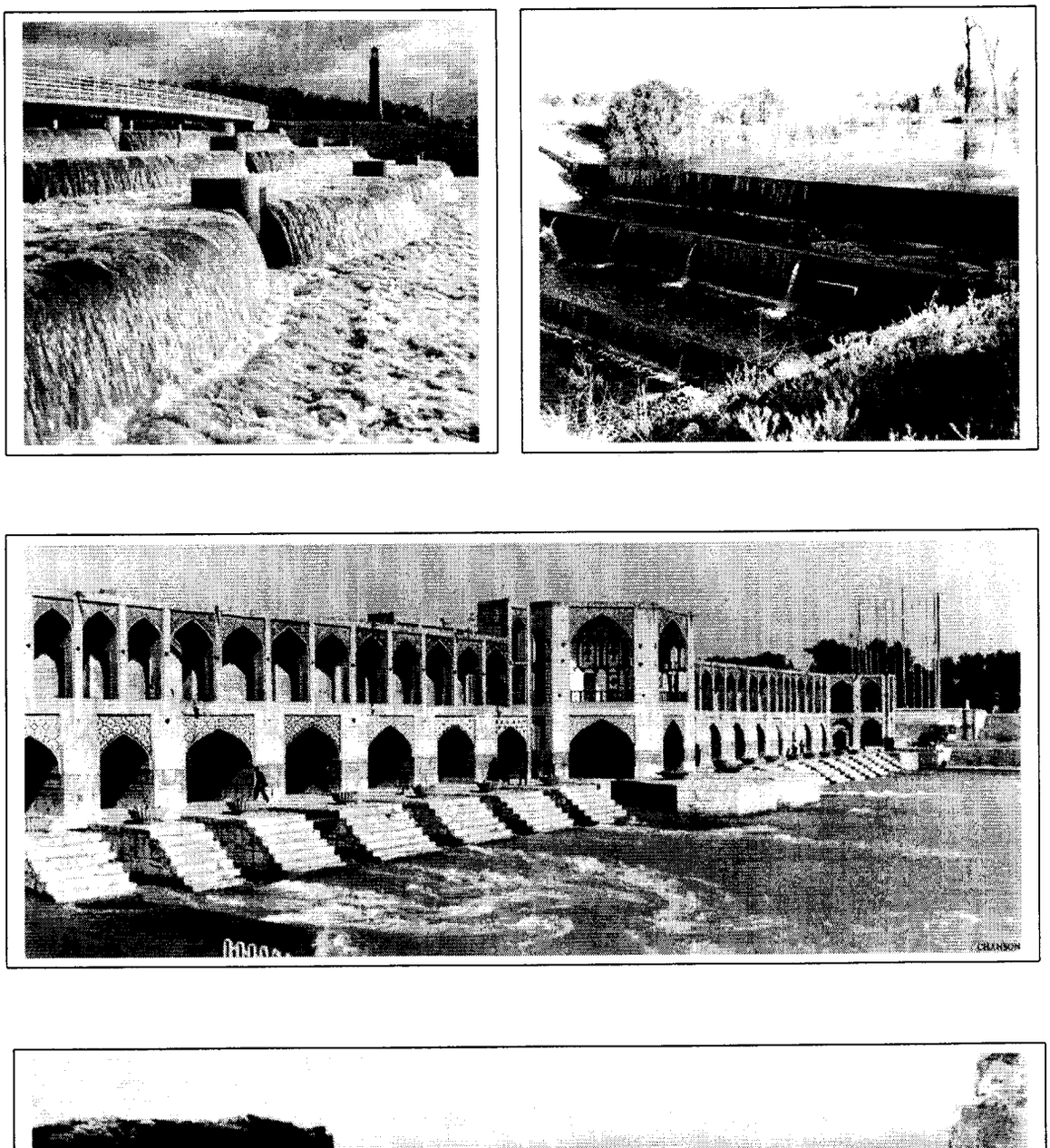
شیب‌شکنهای قائم از نظر شکل هندسی شامل چهار دسته ساده، مانع‌دار، با شیب مثبت در پایاب و با شیب معکوس در پایاب می‌باشند.

۱-۵-۱- شیب‌شکن قائم ساده

شیب کف ناحیهٔ پائین‌دست شیب‌شکن، صفر بوده و دیواره‌های آن بصورت قائم می‌باشد (شکل۱-۴- الف). گرداب حاصل در پشت شیب‌شکن باعث افت انرژی در آن می‌گردد.

۱-۵-۲- شیب‌شکن قائم مانع‌دار

وقتی که بخواهند مقدار زیادی از انرژی مخرب آب را از بین ببرند، از این نوع شیب‌شکن‌ها استفاده می‌نمایند (شکل۱-۴- ب). با ایجاد مانع در کانال پایین‌دست اتلاف انرژی بیشتری صورت می‌پذیرد.



شکل۱-۳: انواع سرریزهای پله‌ای.

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران