

معرفی روش CIRIA برای طراحی سرریزهای پلکانی

حسین حمیدی فر¹، ابراهیم امیری تکلدانی²، امین گوهریخلیلیها³

1 و 3- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه‌های آبی - دانشکده مهندسی آب و خاک - دانشگاه تهران

2- دانشیار دانشکده مهندسی آب و خاک - گروه مهندسی آبیاری و آبادانی - دانشگاه تهران

Email: hhamidifar@ut.ac.ir

خلاصه:

پیشرفت‌های اخیر در تکنولوژی، امکانات گسترده‌ای را برای ساخت سدهای بزرگ، مخازن و کانالها بوجود آورده است. این پیشرفت‌ها لزوم توسعه روشهای طراحی و ساخت را بخصوص برای سیستمهایی که بتوانند سیلاب کافی را تخلیه نمایند، ایجاد میکند. تخریب یا کارایی نامناسب سرریزها باعث آسیدیدگی شدید سد و حتی باعث تخریب آن بخصوص در سدهای خاکی می‌گردد. روش‌های مختلفی برای طراحی سرریزها وجود دارد اما تا کنون روش جامعی ارائه نشده است. روش طراحی که به تازگی انجمن اطلاعات و تحقیقات صنعت ساختمان انگلستان (CIRIA) ارائه کرده است، با تکیه بر استفاده از بلوک‌های بتنی پیش ساخته منفصل، در برگزیده نکات لازم جهت یک طراحی صحیح می‌باشد. محتوای دستورالعمل طراحی و خلاصه اصول کلیدی در این مقاله آورده شده است.

واژگان کلیدی: سرریز پلکانی - روش CIRIA - بلوک بتنی پیش ساخته - خصوصیات هیدرودینامیکی جریان

مقدمه:

انتخاب روش طراحی سرریز پلکانی، به عنوان یکی از موضوعات پیچیده مورد توجه متخصصین و طراحانی که در زمینه هیدرولیک جریان فعالیت دارند قرار گرفته است. در این راستا تلاشهای بسیاری جهت یافتن روش طراحی برای این نوع خاص سرریز به منظور یافتن فاصله و ارتفاع پلهها، شیب بدنه سد در پایبندست، شیب سطح پلهها، ضریب زبری پلهها، ضریب زبری معادل برای حل تئوری در زبریهای متفاوت، میزان هوادهی و تاثیر آن بر استهلاک انرژی، بررسی پروفیل جریان، افزایش زبری و نیز پدیده کاویتاسیون، جریانهای رسوبی و غیره انجام پذیرفته است. استفاده از بلوکهای بتنی پیشساخته منفصل با پروفیل پلکانی یک راهحل اقتصادی برای ساخت سرریز بهدست می‌دهند که از خصوصیات هیدرودینامیکی جریان برای تامین و افزایش پایداری سازه استفاده میکند. چندی پیش انجمن اطلاعات و تحقیقات صنعت ساختمان انگلستان (CIRIA)¹ یک دستورالعمل طراحی برای سرریزهای ساخته شده از بلوکهای بتنی پیشساخته مجزا با سطح رویی پلکانی منتشر کرده است که از خصوصیات هیدرودینامیکی جریان برای پایداری بیشتر سازه استفاده میکند. این دستورالعملها از جمعاوری یافتههای بیش از 20 سال تحقیق در انگلستان، روسیه و آمریکا حاصل شده است تا بتواند یک روش مهندسی برای طراحی، ساخت و حفاظت سرریزهای پلکانی بلوکبندی شده ارائه کند.

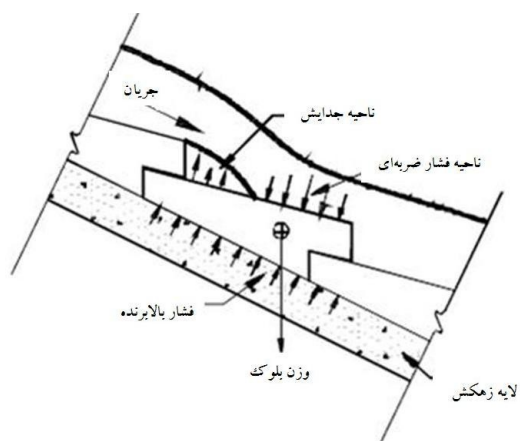
اصول بلوک های پلکانی:

در حین عبور جریان از روی سرریز با پروفیل پلکانی، در لبه پله جداشدگی جریان اتفاق میافتد و مجددا در روی سطح پله بعدی جریان به هم میپیوندد (شکل 1). در شرایط جریان رویه ای² پشت پله از آب پر میشود و گردابههای متلاطم شکل میگیرد. فشار در این گردابهها زیر اتمسفر است و با افزایش دبی این فشار کاهش مییابد. اصل استفاده از بلوک های پلکانی، ایجاد گودالها یا شکافهای در طول بلوکهاست که باعث الحاق این ناحیه با فشار کم به سطح زیرین بلوک میشود. اختلاف فشار در طرفین بلوک، باعث نفوذ آب از سطح زیرین به درون جریان اصلی و

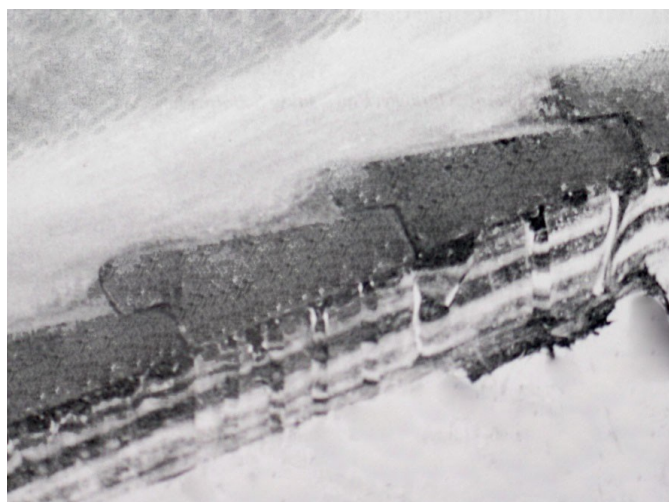
¹ Construction Industry Research & Information Association

² Skimming flow

بطور موثری باعث مکش بلوکها به سمت خاکریزی که در زیر قرار گرفته میشود؛ بعلاوه این دستورالعمل طراحی، سه مزیت دیگر استفاده از پروفیل پلکانی در ساخت سرریز با بلوکهای بتنی پیشساخته آزاد را مطرح می کند: نخست اینکه لبه بالادست هر بلوک بوسیله جریان محافظت میشود که باعث رفع خطر فشار سکونی که در مقابل وجه بالادست شکل گرفته و در زیر بلوک انتقال مییابد و نیروی بالا برندهای ایجاد میکند میشود. این مساله یک عامل فراگیر در ناکارآمدی و شکست سیستمهای با بلوکهای صاف است (Baker, 1992). ثانيا شکل و نمای بلوکها در جریان یکنواخت ذاتا پایداری است، زیرا اگر بلوکها از روی سطح بلند شوند خطوط جریان خمیده شده، یک نیروی رو به پایین ایجاد میکنند که بلوکها را به جای قبلی برمیگرداند. سوم اینکه سطح پلکانی شده باعث استهلاک انرژی در روی شیب میشود که سرعت جریان در پنجه و در نتیجه ابعاد سیستم استهلاک انرژی را کاهش میدهد.



ب-دیگرام نیروی وارد بلوکها - منافذ در قسمت همپوشانیکننده بلوکها قرار دارد



الف- عبور جریان از روی بلوکها

شکل(1)- سرریز پلکانی با پروفیل بلوکبندی شده

ضوابط و شرایط دستورالعمل طراحی

دستورالعمل طراحی CIRIA شامل هفت بخش خصوصیات هیدرولیکی و مزایای سرریزهای پلکانی بلوکبندی شده، طرحریزی و روش طراحی، ملاحظات هیدرولیکی، پایداری ژئوتکنیکی، طراحی جزئیات، مشخصات و ساختمان و در پایان بازدید و نگهداری میباشد. همچنین پیوستههایی وجود دارد که جزئیات طراحی نمونههای معروف، خلاصه کارهای آزمایشگاهی و مثالهای حل شده برای طراحی را دربردارد. این دستورالعمل یک هندسه کلی برای سرریزهای پلکانی بلوک بندی شده را پیشنهاد می کند که باید یک امتداد مستقیم داشته باشد. مقطع کانال سرریز می تواند بصورت دوزنقه ای و یا مقعر باشد اما مقطع مستطیلی به علت نیاز به دیواره های قائم باعث پیچیدگی کار می شود اما می تواند به عنوان یک گزینه مطرح گردد. علاوه بر این در پایین دست پنجه ، ایجاد یک سیستم مستهلک کننده انرژی ضروری است. بر روی تاج، مقطع سرریز باید با بلوکی که در بالادست قرار دارد همپوشانی داشته باشد. بهتر است که سرریز بصورت عادی و با بتن در جا ساخته شده باشد. در آزمایشاتی که از دانشگاه سالفورد³ جمعآوری شده است (Baker, 1992)، نمونه بلوکهای کوچک با ضخامت متوسط 5/8 میلی متر و مساحت وجه بالایی 25 × 25 میلیمتر و از جنس اپوکسی که از بتن سبکتر است در معرض جریان با دبی 5/0 مترمکعب بر ثانیه بر متر که با سرعت 5/6 متر بر ثانیه جریان داشت و هوادهی میشد، قرار گرفت و هیچگونه حرکتی از جانب بلوکها مشاهده نشد. چنانچه با تشابه فرودی مقیاس شود، ضخامت متوسطی معادل 100 میلیمتر برای بلوک نمونه اصلی برای دبی عبوری 20 مترمکعب بر ثانیه بر متر و در سرعت 22 متر بر ثانیه بدست میآید که نسبت به سایر تکنولوژیهای موجود ضریب اطمینان بسیار بالایی ایجاد میکند. بدین ترتیب این دستورالعمل بر امکان گسیختگی بر اثر جابجایی بلوکها بحث نمیکند و بر عواملی مانند لغزش مصالح خاکریز گسیختگی هیدرولیکی در پنجه و در زیر پرش هیدرولیکی و یا ضخامت کافی برای بتن و به طور کلی پایداری ژئوتکنیکی خاکریز تمرکز میکند.

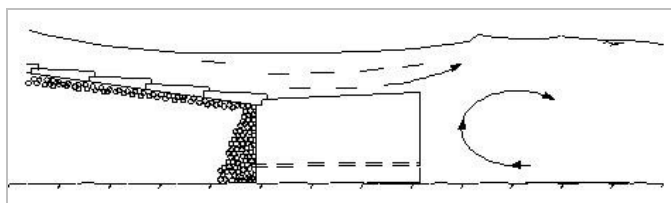
طرح حوضچه آرامش

³ Salford

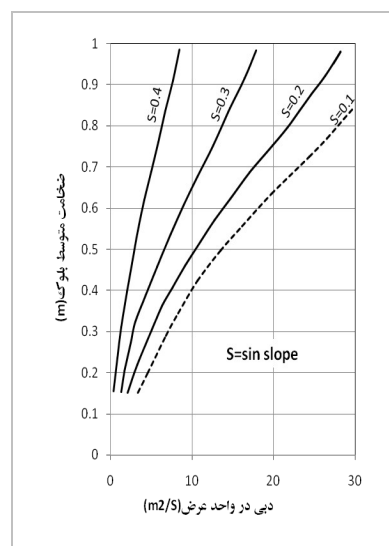
در استفاده از بلوکهای منفصل در طراحی حوضچه آرامش بایستی احتیاط لازم را به عمل آورد. ناکارآمدی بلوکهای منفصل در آزمایشگاه و تحت پرش هیدرولیکی مورد تایید قرار گرفته است. ناکارآمدی این بلوکها در حوضچه ممکن است به دو دلیل ایجاد شود: نخست بلوکهای مجزا حول لبه بالادست بلند شده و به سمت عقب میچرخند و دوم اینکه مجموعه بلوکها با هم و به صورت موج بلند شوند. سه شیوه طراحی برای پرهیز از اینگونه ناکارآمدیها در این دستورات عمل پیشنهاد شده است: 1- استفاده از بلوک های بزرگتر در ناحیه حوضچه آرامش (شکل 2) 2- ساخت بلوک های بتنی سنگین در تکیه گاه پنجه (شکل 3) و 3- عدم استفاده از بلوکهای پیشساخته و ساخت حوضچه آرامش متداول از جنس بتن مسلح، در ناحیههای که پرش هیدرولیکی مورد انتظار است. در تمام سرریزهایی که تاکنون در خارج از روسیه ساخته شدهاند، گزینه آخر مورد استفاده قرار گرفته است.

زهکش زیرسطحی

ویژگی بارز و مهم طراحی این نوع سیستم سرریز، وجود یک لایه زهکشی آزاد بین بلوکها و خاکریز حفاظت شده است. این لایه مانند یک زهکش زیرسطحی برای جمعآوری جریان نشستی و سهولت تخلیه به سوراخهای زهکش به ناحیه با فشار کمتر عمل میکند. همچنین این لایه مشابه یک فیلتر برای جلوگیری از فرسایش و مکش مصالح خاکریز به داخل شکاف بلوکها عمل میکند. در نصب نمونههای روسی، زهکش از لایههایی از سنگ با دانپندی مشخص ساخته شده است؛ در حالی که در غرب، ترکیبی از سنگ و ژئوتکستایل مورد استفاده قرار گرفته است. در تمام طراحیها بایستی به این نکته مهم توجه داشت که کوچکترین اندازه سنگ در زهکش زیر سطحی بایستی از شکاف بین بلوک ها عبور کند. تنها نمونه مشهور که با شکست مواجه شده است در پروژه جلوسکی⁴ در کشور اکراین است (Pravdivets, 1982) که در نتیجه خسارت و آسیب زهکش زیرین و مصالح خاکریز از طریق سوراخهای واقع در بلوکها در طول اولین بهره برداری رخ داده است.



شکل (3)- کاربرد بلوک بتنی سنگین در قسمت پنجه

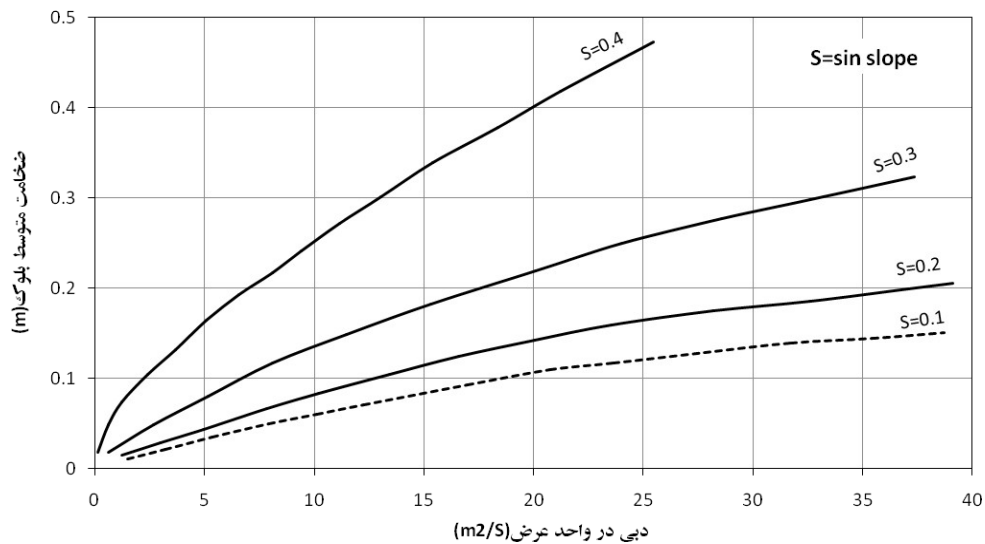


شکل (2)- نمودار طراحی بلوکها در زیر پرش هیدرولیکی

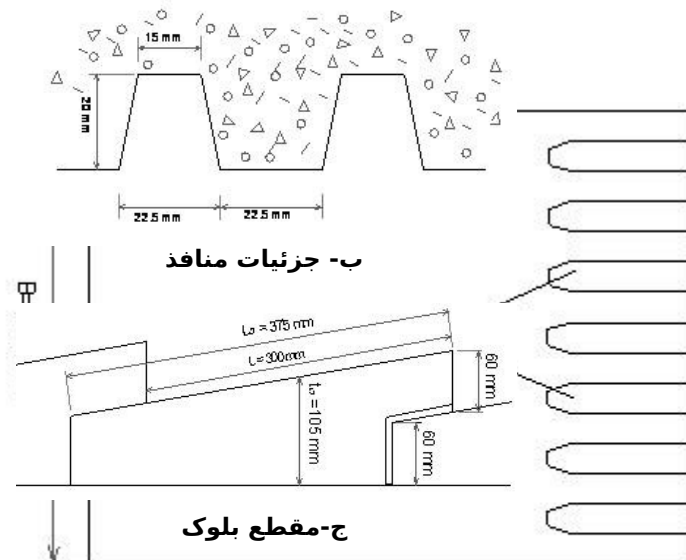
حداقل اندازه بلوکها

برای تعیین اندازه بلوکها در بالادست پنجه، نمودارهای طراحی ارائه شده است (شکل 4). اما این دستورات عمل اذعان میکند که برای بسیاری از موقعیتهای هندسه و ابعاد بلوک با ضوابط قابلبگیری بتن و حملونقل بلوکها در محل موردنظر تعیین میشود. حداقل ضخامت متوسط 100 میلیمتر برای ارتفاع پله معادل 60 میلیمتر و تعداد هفت شکاف زهکش 10×10 میلیمتر که در سطح زیرین قسمت همپوشانی کننده تعبیه میشوند، برای طراحی پیشنهاد شده است (شکل 5).

⁴ Jelyvski



شکل(4)- نمودار طراحی بلوکها در جریان ریزشی



الف- دید از بالا

شکل(5)- حداقل ابعاد توصیه شده برای بلوک

ضمن اینکه این شرایط برای توجیه هیدرولیکی در بسیاری از موقعیتها کافی است، اذعان شده است که طراح ممکن است بلوکهای با اندازههای بزرگتر را انتخاب کند تا آسیبپذیری کمتری در مقابل عوامل مخرب داشته باشد و همچنین تعداد بلوکهای لازم را کاهش دهد. در مورد شکل و اندازه بلوکها این مهم است که طراح به ضوابط و شرایط دستورالعمل طراحی پایبند باشد. در بررسیهای آزمایشگاهی مشخص شده است که بلوکها در نسبت ارتفاع به طول پله 1:5 و با مساحت بین 5-5/2٪ از سطح که توسط سوراخهای زهکش و یا شکافهای واقع در قسمت همپوشانیکننده اشغال شده باشد، بهترین کارایی را دارند. نسبتهای کمتر ارتفاع به طول پله باعث ناکارآمدی سیستم میشود و مساحت زیاد سوراخهای زهکش این امکان را فراهم میکند تا مقدار قابلیتوجهی از جریان در مواقعی که سرریز در رژیم جریان تیغه ای⁵ عمل میکند و دبی جریان کم است، وارد زهکش شود. نکته قابل توجه در ساخت بلوکها این است که این بلوکها می توانند به صورت قالبگیری خشک و یا مرطوب در کارخانه ساخته و به موقعیت

⁵ Nappe

مورد نظر حمل شوند و یا اینکه قالبگیری در محوطه کارگاه بتن پیشساخته در همان محل انجام شود. حمل و نقل بلوکها نیز یک قاعده مهم است. بلوکهای بزرگ ممکن است به دقت زیاد برای جایابی و کاربرد جرثقیل نیاز داشته باشند. در دسترس بودن و عملکرد مطمئن تجهیزات مناسب روی شیب خاکریز باید مورد توجه قرار گیرد. با توجه به شکل و نحوه همپوشانی بلوکهایی که در این دستورالعمل پیشنهاد شدهاند، کارگذاری بلوکها باید از پنجه شروع شود و به سمت بالا دست ادامه یابد.

بررسیهای بعد از ساخت

علاوه بر اینها، دستورالعمل طراحی شامل عملیات حفاظت، نگهداری و بازدیدهای بعد از ساخت سرریز است که فهرستی از مشکلات احتمالی از قبیل نشست⁶، شکست بتن و گرفتگی سوراخهای زهکش را در بردارد که میتوانند باعث عملکرد نامناسب شوند. همچنین پیشنهاد شده است که در نتیجه طبیعت در هم فرورفتن بلوکها، تعمیرات بلوکهای آسیب دیده و یا معیوب توسط بتن درجا انجام شود.

پیوست ها

دستورالعمل طراحی CIRIA در بر گیرنده پیوست های بسیار مفیدی است. "پیوست 1" لیستی از تمام نمونههای مشهور همراه با تصاویر و شرح بیشتری از جزئیات این نمونهها را در اختیار میگذارد. "پیوست 2" جزئیات کارهای آزمایشگاهی جمعآوری شده در روسیه، انگلستان، آمریکا و جاهای دیگر را در بردارد که منجر به تدوین ضوابط طراحی برای حداقل ضخامت بلوک، بهترین نسبت ارتفاع به طول پله، حداقل مساحت سوراخهای زهکش و سایر ضوابط لازم برای استفاده مطمئن از این فناوری میشود. "پیوست 3" اطلاعات اضافی در مورد جزئیات طراحی زهکش ژئوتکستایل را در بردارد. "پیوست 4" یک مثال حل شده بر مبنای یک سرریز به عرض 5/12 متر که جریان 60 مترمکعب بر ثانیه را از روی شیب 5/1:2 عبور می دهد را ارائه میکند. این مثال از یک ضخامت متوسط 150 میلیمتر برای بلوک بالادست که در پنجه سرریز به 550 میلیمتر افزایش مییابد استفاده میکند. همچنین یک طراحی جایگزین به صورت استفاده از بلوک های تکیه گاه بتنی سنگین نیز آورده شده است.

بحث

آزمایشات انجام شده بر روی سرریزهایی که به صورت پلکان بلوکبندی شده ساخته شدهاند نشاندهنده پایداری ذاتی این نوع سرریز در نتیجهی عمل توام ضربه جریان بر سطح پلهها و توانایی پروفیل پلکانی در تاثیر نگرفتن از فشار-بالا بردن-است-استفاده-از-سیستم-بلوکهای-همپوشانیکنند-در-وجه-پایندست-سدهای-خاکی-به-عنوان جایگزین کارهای متداول فعلی، بطور میانگین 60% هزینهها را کاهش میدهد. دستورالعمل طراحی CIRIA برای سرریزهای پلکانی بلوکبندی شده یک راهنمایی کامل از راه و روش طرحریزی، جزئیات طراحی و حفاظت بعد از ساخت این سرریزها همراه با مثالهایی از کارهای آزمایشگاهی و نمونه اصلی است که به طراحان احساس اطمینان و رضایت از به کاربردن این فناوری را میدهد.

منابع و مراجع:

1. HYDRAULICS OF STEPPED SPILLWAYS, H. E. MINOR & W. H. HAGER, PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL WORKSHOP ON HYDRAULICS OF STEPPED SPILLWAYS, SWITZERLAND, MARCH 2000
2. DESIGN OF CONCRETE STEPPED OVERLAY PROTECTION FOR EMBANKMENT DAMS, K.H. FRIZELL, JORGE MATOS, ANTONIO N. PINHEIRO
3. CHANSON, H. 1994. HYDRAULIC DESIGN OF STEPPED CASCADES, CHANNELS, WEIRS AND SPILLWAYS. U.K.: PERGAMON
4. FRIZELL, K. H. 1997 PROTECTING EMBANKMENT DAMS WITH CONCRETE STEPPED OVERLAYS. HYDRO REVIEW, VOL. 16(5): 36-45.
5. STEPPED SPILLWAYS FOR EMBANKMENT DAMS. REVIEW, PROGRESS AND DEVELOPMENT IN OVERFLOW HYDRAULICS, H. CHANSON & C.A. GONZALEZ, 2004 TAYLOR & FRANCIS GROUP, LONDON
6. CHANSON, H. (2001). "THE HYDRAULICS OF STEPPED CHUTES AND SPILLWAYS." BALKEMA, LISSE, THE NETHERLANDS, 418 PAGES.
7. FLOW CHARACTERISTICS OF SKIMMING FLOWS IN STEPPED, CHANNELS, I. OHTSU; Y. YASUDA; AND M. TAKAHASHI, JOURNAL OF HYDRAULIC ENGINEERING, VOL. 130, No. 9, SEPTEMBER 1, 2004.

⁶ Settlement

8. هیدرولیک شوته‌ها و سرریزهای پلکانی- هابرت چانسون- ترجمه ا. شمسایی و ف. پاکنهاد، موسسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف ، 1384
9. طراحی سرریز پلکانی : ابزاری مناسب جهت استهلاک انرژی-م. مجدزاده طباطبائی، ح. شورابی، سومین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشکده فنی دانشگاه تهران ۱۳۸۰