تأثیر تغییر ارتفاع شالوده‌ی کف در افت کارمایه‌ی جریان روی سد های لاستیکی در حالت پرش مستغرق

حسین زارع[۱]، غلامرضا سروی شوریجه[۲]، محمود بینا[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۰/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۴/۳

چکیده

احداث سدهای لاستیکی به‌جای سدها و بندهای انحرافی بتنی یکی از راه‌حل‌های نوین محیط زیستی است که در سال-های اخیر مورد توجه فراوان قرار گرفته است. سد لاستیکی یک لوله‌ی قطور لاستیکی است که معمولاً در امتداد مقطع عرضی رودخانه نصب می‌گردد، و با پر و خالی کردن آن (از هوا یا آب) به‌صورت مانعی با ارتفاع دلخواه بر سر راه آب قرار می‌گیرد. سدهای لاستیکی می‌توانند همراه با پرتاب‌کننده (deflector) یا بدون آن باشند. از طرف دیگر، ممکن است سطح شالوده سد یا بالشتک نسبت به کف رودخانه در رقوم گوناگون نصب گردد؛ از جمله حالتی است که شالوده از کف رودخانه پایین‌تر بوده و همانند حوضچه‌ی آرامش عمل می‌کند، یا حالتی است که کف شالوده با سطح رودخانه همتراز باشد. به منظور بررسی استهلاک کارمایه فراسنج‌های هیدرولیکی نظیر بده‌ی جریان، عمق آب بالادست و پایین دست، اعماق قبل و بعد از جهش آبی اندازه‌گیری، و افت کارمایه‌ی جریان از روی سد محاسبه شد. از نتایج این پژوهش روند کاهشی استهلاک نسبی کارمایه در برابر افزایش عدد شیب‌شکن می‌باشد که در قسمت نتیجه‌گیری به تفصیل آورده شده است.

واژه‌های کلیدی: سد لاستیکی، deflector، استهلاک کارمایه، شالوده، بالشتک.

Archive of SID

[۱]- دانشجوی دکتری مهندسی عمران- مهندسی رودخانه، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

[۲]- کارشناس مهندسی عمران- عمران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد زرقان، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، زرقان، ایران

[۳]- دانشیار دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

[*]- نویسنده مسئول: sarvi.reza@yahoo.com

www.SID.ir

مقدمه

امروزه حجم زیاد مصالح مصرفی، بشر را بر آن داشته است تا از روشهای نوتر برای سدسازی استفاده کند. سد لاستیکی مرکب از یک لوله‌ی قطور لاستیکی است که معمولاً در امتداد عرض رودخانه کار گذاشته می‌شود. سامانه‌ی پر کننده‌ی بدنه اصلی لوله‌ای لاستیکی در این‌گونه سدها، معمولاً هوا یا آب می‌باشد. در مواقع سیلابی، که ارتفاع سد کم می‌شود، ماده‌ی پرکننده‌ی مذکور از طریق مجاری خاص به بیرون هدایت می‌گردد. همچنین، می توان این سدها را به دو بخش همراه با پرتاب کننده[1] و بدون آن تفکیک کرد.پرتاب کننده زائده‌ی بالی شکلی است که در بدنه‌ی قوس تاج در بخش پایین دست سد نصب شده، و با ایجاد افشانه از برگشت آب به سوی بدنه سد جلوگیری می کند. پرتاب کننده معمولاً به منظور جلوگیری از وقوع پدیده‌ی جدایی[2] و ارتعاشهای سد هنگام سرریز آب از روی تاج به‌کار می رود. همچنین، با هوادهی محفظه‌ی ایجاد شده در زیر افشانه، از لرزش[3] آن جلوگیری به‌عمل می‌آورد.

فکر ساختن سد از مواد مصنوعی برای نخستین بار به‌وسیله‌ی ایمبرتسون مطرح شد. انور (۱۹۶۷) به محاسبه‌ی پروفیل سد در شرایط آب‌ایستایی و آب‌پویایی با دوسیال پر کننده‌ی هوا و آب، و تعیین ضریب بده در آزمایشگاه پرداخت. بیشترین مقدار سرریزی که پس از آن سد شروع به لرزش می‌کند، به همراه تعیین ضریب بده در آزمایشگاه از فراسنجهای مورد بررسی بوده اند. چنسون (۱۹۹۶)، با مطالعه‌ی هیدرولیک جریان در حالت سد کاملاً خوابیده و کاملاً ایستاده مطالعاتی را در مورد پرتاب کننده انجام داد. نامبرده درباره‌ی مکان نصب زائده یا پرتاب کننده، و پدیده‌ی جداشدگی در زمان نبودن پرتاب کننده بررسیهای زیادی را انجام داد. از دیگر محققینی که در این زمینه فعالیت کرده اند می توان به پلوت(۱۹۹۶)، تام(۱۹۹۸)، الهمتی و همکاران(۲۰۰۵)، نجمایی(۱۳۸۰)، احمدی(۱۳۸۲)، سروری نژاد (۱۳۸۶)، و حسینی(۱۳۸۷) اشاره نمود.

سدهای لاستیکی معمولاً دارای ارتفاع کمی بوده و از نظر آبی مانند سرریزها عمل می کنند. روابط حاکم برسدهای لاستیکی تا حد زیادی از روابط حاکم بر سرریزهای لبه پهن، و همچنین سرریزهای استوانه‌ای (به علت تشابه ظاهری) پیروی می کنند. به منظور بررسی افت کارمایه‌ی ناشی از سد لاستیکی که هدف این تحقیق می‌باشد، از معادله کارمایه استفاده می‌گردد:

(۱)
$$H_0 = y_0 + \frac{V_0^2}{2g} + z_0$$

(۲)
$$H_{LD} = H_0 - H_1 = \left(y_0 + \frac{V_0^2}{2g} + z_0 \right) - \left(y_1 + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 \right)$$

(۳)
$$H_{LS} = H_0 - H_2 = \left(y_0 + \frac{V_0^2}{2g} + z_0 \right) - \left(y_2 + \frac{V_2^2}{2g} + z_2 \right)$$

همچنین استهلاک کارمایه نسبی به صورت درصدی از کل کارمایه بالادست (H_0) تعریف می‌شود:

(۴)
$$\frac{H_{LD}}{H_0} = \frac{H_0 - H_1}{H_0} = 1 - \frac{H_1}{H_0}$$

(۵)
$$\frac{H_{LS}}{H_0} = \frac{H_0 - H_2}{H_0} = 1 - \frac{H_2}{H_0}$$

که در آنها H_1 وH_2 کارمایه‌ی کل در ایستگاه (۱) قبل از پرش و ایستگاه (۲) بعد از پرش است، و نمایه‌ی L برابر با کاهش، D برابر با افت[4] و نمایه‌ی S برابر با کل سازه[5] می‌باشد. ضمناً، نظر به این‌که اندازه‌گیری عمق آب در ایستگاه(۱) به‌دلیل تلاطم مشکل و غیردقیق است، لذا، با در نظر گرفتن پرش به‌صورت کلاسیک، می‌توان از رابطه‌ی زیر برای محاسبه‌ی y_1 استفاده کرد:

(۶)
$$y_1 = \frac{y_2}{2}\left(\sqrt{1 + 8Fr_2^2} - 1 \right)$$

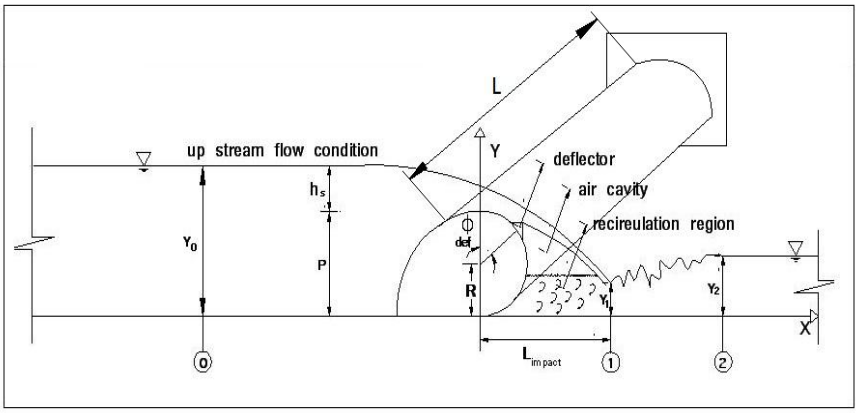
[1]- deflector
[2]- separation
[3]- vibration
[4]- drop
[5]- structure

Archive of SID

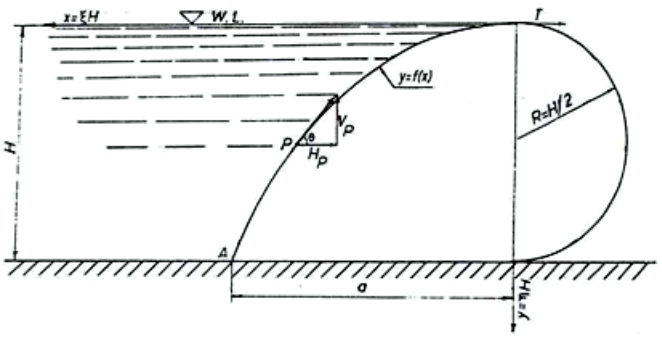
www.SID.ir

جدول ۱- الگوی برنامه آزمایش نمونه‌های فیزیکی.

شماره	نوع نمونه ها	تراز بالشتک نسبت به کف نهر پایه‌دار	بده‌های به‌کار برده شده Q(Lit/sec)
۱	TYPE A-1	(1/25)p پایینتر	Q1=۲/۲
۲	TYPE A-2	(2/25)p پایینتر	Q2=۳/۱
۳	TYPE A-3	(3/25)p پایینتر	Q3=۳/۵
۴	TYPE A-4	(4/25)p پایینتر	Q4=۴/۱
۵	TYPE B	هم‌تراز	Q5=۴/۹
۶	TYPE C-1	p/4 بالاتر	Q6=۶/۳
۷	TYPE C-2	p/6 بالاتر	Q7=۶/۶
			Q8=۷/۴
تعداد نمونه‌ها = ۷			تعداد آزمایشها=۵۶

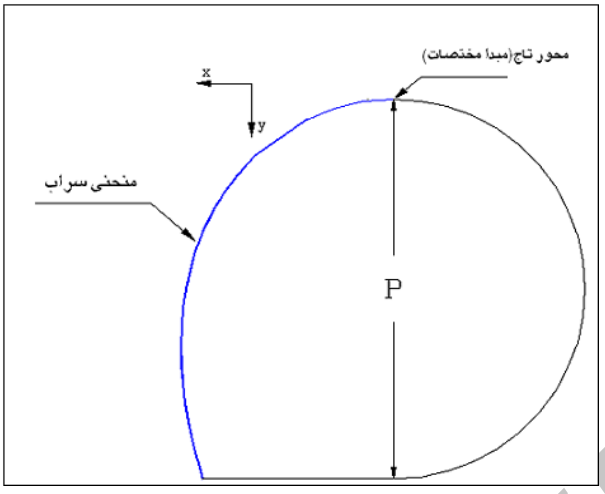


شکل ۱- فراسنجهای هیدرولیکی در جریان از روی سد لاستیکی با پرتاب کننده‌ی مثلثی.



شکل ۲- نمایی از سد لاستیکی بادی.

www.SID.ir



شکل ۳- مقطع سد لاستیکی.

مواد و روش ها

انور با ساختن نمونه‌ی فیزیکی سد با لاستیک نتایجی را در رابطه با شکل‌پذیری مقطع آن به‌دست آورد. در شکل (۲) که اجزاء شبیه دو بعدی سد را نشان می دهد، رقوم سطح آب در تراز H قرار داشته، و فشار درونی سد متناسب با این ارتفاع لحاظ شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، شکل سد در پایین دست شبیه به نیم دایره، و در بالادست به صورت سهمی می باشد.

$$p_i = \alpha\rho g H \quad (۷)$$

$$T = \frac{1}{2} p_i H = \frac{1}{2}\alpha\rho g H^2 \quad (۸)$$

$$H_p = \frac{1}{2}\alpha\rho g H^2 + \frac{1}{2}\rho g y^2 - p_i y \quad (۹)$$

$$V_P = \rho g \int f(x)dx - p_i x \quad (۱۰)$$

که در آنها:

P_i: فشار درونی سد

α:ضریب فشار درونی سد

ρ : جرم مخصوص سیال پر کننده

g: شتاب گرانش

H: ارتفاع سد

T: نیروی افقی در تاج سد

H_P: مولفه‌ی افقی نیروی ناشی از فشار آب‌ایستایی آب در نقطه‌ی دلخواه p

y :ارتفاع نقطه‌ی دلخواه p از کف

V_P: مولفه‌ی عمودی نیروی ناشی از فشار آب‌ایستایی در نقطه‌ی دلخواه p.

بر این اساس، و با درنظر گرفتن کلیه‌ی نیروها، شکل مقطع سد لاستیکی را در پایین‌دست (از محور تاج به طرف پایاب) به‌صورت نیم‌دایره، و شکل مقطع را بالادست(از محور تاج به‌طرف سراب)، و اعمال شرایط مرزی معادله به صورت زیر بیان نمود. (در شکل (۳) مبدأ مختصات و محور تاج نشان داده شده اند):

$$\xi = \sqrt{\frac{\alpha}{2}} \int_{\arccos\left(\frac{\eta}{\alpha}-1\right)}^{\pi} \left[\frac{1-\alpha(\sin\varphi)^2}{\sqrt{1-\frac{\alpha}{2}(\sin\varphi)^2}} \right] d\varphi \quad (۱۱)$$

که در آن

$\xi = \frac{x}{P}$ نسبت (بدون بعد) طول از مبدأ مختصات (x) به ارتفاع سد (p)، $\alpha = (\frac{p_i}{p})$ نسبت فشار درونی سد(p_i) به

$\eta = \frac{y}{P}$ نسبت (بدون بعد) عرض از مبدأ

Archive of SID

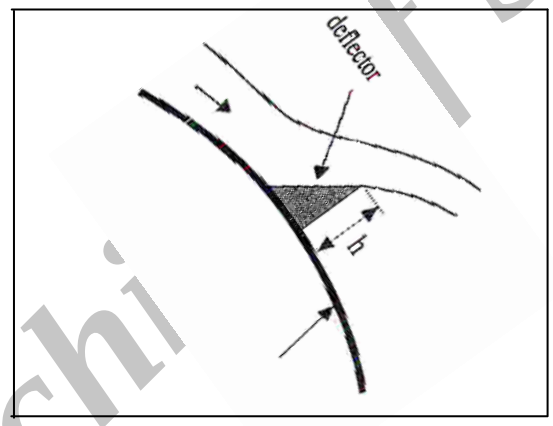
www.SID.ir

مختصات (y) به ارتفاع سد(p)، φ فراسنجی بدون بعد جهت تعریف شکل تابع سد لاستیکی می باشد:

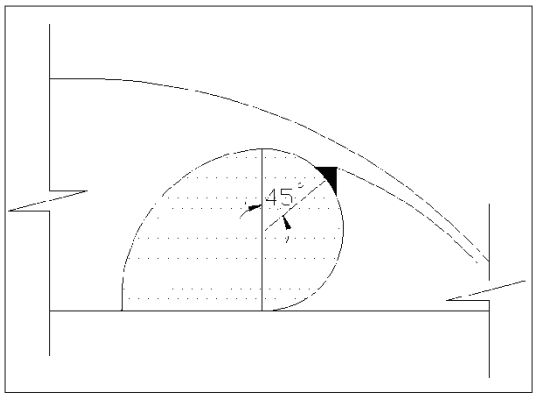
(۱۲)

$$\varphi = \cos^{-1}\left\{\left[\frac{\gamma}{2}\left(H^{2}_{u} - H^{2}_{d}\right)\right]/T_A - 1\right\}$$

طبق معادله (۱۱)، شکل سد در بالادست فقط تابع فراسنج (α) است. بر همین اساس، می‌توان اشکال مختلفی را از مقطع سد به‌عنوان تابعی از (α) متصور شد؛ لذا، با درنظر گرفتن شرایط ایستاده برای سد لاستیکی، شبیه ها از جنس چوب صنوبر به عرض ۲۴/۹ سانتیمتر برروی کاغذ پیاده و ساخته شد. سپس دو لایه‌ی سیلر و دو لایه‌ی رنگ روغنی سفید بر روی آنها پاشیده شد. تعداد نمونه ها ۱۲ عدد، که شامل سه ارتفاع (p) برابر با ۱۵ ، ۲۰ و ۲۵ سانتیمتر، و چهار α برابر با ۰/۴، ۱/۱،۰/۶ و۰/۵ بودند. برای آن که شکل پایین دست به صورت دایره درآمده، ساختن شبیه آسانتر گردیده و خطا نیز کم شود، ارتفاع نمونه $P = ۲۰$ سانتی متر با $\alpha = ۰/۴$ انتخاب و آزمایشها در راستای هدف این تحقیق انجام شوند. پرتاب کننده‌ها نیز مثلثی شکل و از جنس چوب صنوبر بوده‌اند که با نسبت $\frac{h}{p} = ۰/۰۸$ (h ارتفاع اضلاع پرتاب کننده و p ارتفاع شبیه می‌باشد) ساخته شدند (شکل۴)، که با توجه به نسبت فوق($\frac{h}{p}$) برای سد ۲۰ سانتیمتری از پرتاب کننده‌ای با h=۱/۶ میلی‌متری استفاده شده و در زاویه‌ی ۴۵ درجه نسبت به تاج سد نصب گردیدند (شکل۵).



شکل ۴- نحوه‌ی نصب پرتاب کننده مثلثی به بدنه.

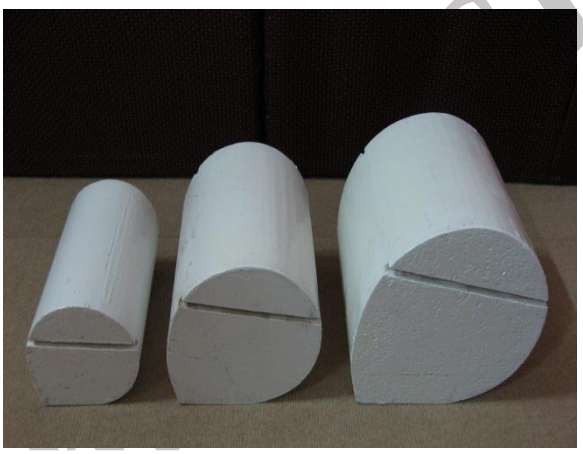


شکل ۵- زاویه ی نصب پرتاب کننده نسبت به تاج.

Archive of SID

www.SID.ir

شکل ۶- پرتاب کننده های مثلثی شکل.



شکل ۷- نمونه‌های ساخته شده در این تحقیق به همراه شیارهای ایجاد شده جهت هوادهی.

شکل ۸- سرریز مثلثی ۵۳ درجه

www.SID.ir

نمونه‌های فیزیکی به ترتیب در نهرپایه‌دار آزمایشگاه هیدرولیک دانشکده‌ی مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز به طول ۱۱/۹ متر، عرض ۲۵ سانتی متر، و ارتفاع ۴۹ سانتی متر مستقر شدند. دستگاههای اندازه گیری شامل سرریز مثلثی جهت قرائت بده با دقت ۰/۰۲ (شکل۸) و عمق یاب مجهز به ورنیه[1] با دقت ۰/۱ میلیمتر(شکل ۹) بودند.

تحلیل ابعادی جریان آزاد از روی سد لاستیکی

تابع عمومی جریان آزاد بر روی سد لاستیکی به صورت زیر است:

(۱۳)

$$f\left(P,L,S_b,\alpha,h_s,Q,g,y_0,\mu,\varepsilon,\sigma,\rho,\frac{H_{LD}}{H_0},\tan\varphi_{def},\Delta Z,Y_P\right)=0$$

در معادله‌ی (۱۳)، (P) ارتفاع سد، (L) طول سد، (S_b) شیب کف نهر، ($\alpha=\frac{p_i}{p}$) ضریب نسبی که p_i فشار درونی سد می‌باشد، (hs) تراز سطح آب بالادست نسبت به رقوم تاج، (Q) بده، (g) شتاب گرانش، (y_0) عمق آب در بالادست سد، (μ) لزجت پویایی، (ε) ضریب مدول برگشت پذیری، (σ) ضریب کشش سطحی، (ρ) جرم واحد حجم مایع، ($\frac{H_{LD}}{H_0}$)، ($\frac{H_{LS}}{H_0}$) استهلاک کارمایه‌ی نسبی، $\left(\tan\phi_{def}\right)$ تانژانت زاویه‌ی نصب پرتاب کننده، ΔZ اختلاف تراز بالشتک و کف نهر پایه‌دار نسبت به مبنی، و Y_p عمق حوضچه گردابی بعد از سد می باشد.(Y_p) با عمق یاب ورنیه اندازه گیری شد و تاثیری در افت کارمایه نداشت. با تغییرات عدد فرود عمق بحرانی تغییر می‌کند، که عمق بحرانی در رابطه‌ی شیب شکن موجود است)

با حذف فراسنجهای غیر ضروری از تابع فوق، تابع عمومی جریان به صورت زیر ارائه می‌گردد:

(۱۴)

$$f\left(P,L,H_S,y_0,Q,g,\frac{H_{LD}}{H_0},\Delta Z,Y_P\right)=0$$

و در نهایت با استفاده از انگاره‌ی باکینگهام رابطه‌ی کلی به شکل زیر حاصل می‌شود:

$$\frac{H_{LD}}{H_0}=f\left(Fr_0,\frac{h_s}{P},D_n,\frac{\Delta Z}{P},\frac{Y_P}{P}\right)$$

که در آن $D_n=\left(\frac{y_c}{P}\right)^3$ عدد شیب شکن است.

(۱۵)

$$\frac{H_{LD}}{H_0}=f\left(Fr_0,\frac{h_s}{P},D_n,\frac{\Delta Z}{P},\frac{Y_P}{P}\right)$$

که در آن $D_n=\left(\frac{y_c}{P}\right)^3$ عدد شیب شکن است.

الگوی برنامه آزمایش نمونه‌های فیزیکی

در این تحقیق آزمایشها به سه نوع[2] طبقه‌بندی و پرش به صورت کلاسیک فرض شده است (هدف اصلی بررسی افت سد می باشد) که عبارتند از:

نوع A : در این نوع تراز بالشتک پایینتر از کف نهر پایه‌دار می‌باشد (شکل۱۰). این نوع شامل چهار زیر مجموعه‌ی Type A-1، Type A-2، Type A-3و Type A-4 است که اختلاف تراز بالشتک نسبت به کف نهر پایه‌دار (Δz) به ترتیب $\left(\frac{1}{25}\right)p$، $\left(\frac{2}{25}\right)p$، $\left(\frac{3}{25}\right)p$ و $\left(\frac{4}{25}\right)p$ می‌باشند. در این حالت، پایین

شکل ۹- عمق‌یاب مجهز به ورنیه.

[1]- Point gauge

[2]- type

Archive of SID

www.SID.ir

دست سد حوضچه تشکیل گردید که طول حوضچه با توجه به طول پرش و طول پرتاب افشانه در بیشترین بده آزمایشها برابر با $2.75p$ (ارتفاع سد $p=$) در نظر گرفته شد. همچنین، به ازاء اختلاف ترازهای (Δz) بیشتر از $\left(\frac{4}{25}\right)p$ ، در بده‌های کوچک جهش آبی تشکیل نشد؛ به همین دلیل، حداکثر اختلاف تراز (ΔZ) برابر با $\left(\frac{4}{25}\right)p$ در نظر گرفته شد.

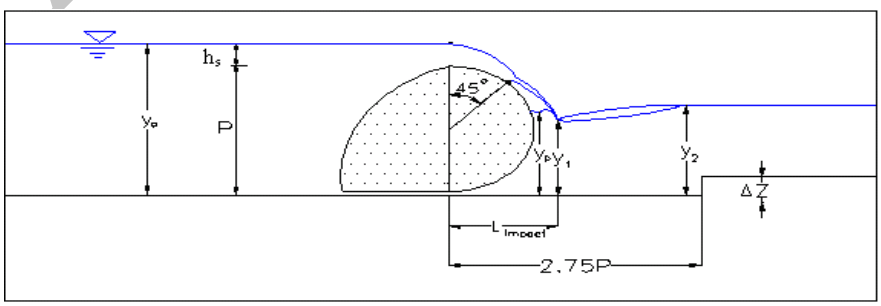
نوع B: در این نوع بالشتک و کف نهر پایه‌دار هم‌تراز بوده و در نتیجه Δz برابر با صفراست (شکل۱۱).

نوع C: در این نوع تراز بالشتک بالاتر از کف نهر پایه‌دار می‌باشد (شکل۱۲). این نوع شامل دو زیر مجموعه‌ی Type C-1 و Type C-2 است که در آنها اختلاف تراز بالشتک نسبت به کف نهر پایه‌دار (Δz) به ترتیب $\frac{p}{4}$ و $\frac{p}{6}$ می‌باشد.

شکلهای (۱۳)، (۱۴)، (۱۵) و (۱۶) تغییرات افت نسبی کارمایه ناشی از سد $\left(\frac{H_{LD}}{H_0}\right)$، و افت کارمایه ناشی از سد و جهش آبی $\left(\frac{H_{LS}}{H_0}\right)$ را در برابرعدد شیب شکن، و $\frac{h_s}{p}$ برای نمونه به ازاء تغییر تراز بالشتک نسبت به کف نهر پایه‌دار نشان می دهند.

همان‌طور که مشاهده می‌شود، بیشترین افت کارمایه مربوط به حالتی است که تراز بالشتک از کف نهر پایه‌دار پایینتر است. در حالتی که بالشتک و کف نهر پایه‌دار هم ترازند ، استهلاک کارمایه کمتری(نسبت به حالت قبل) صورت می‌گیرد. در حالتی که تراز بالشتک بالاتر از کف نهر پایه‌دار باشد، حداقل استهلاک کارمایه نسبت به دو حالت قبل تحقق می‌یابد؛ بنابراین، در کلیه نمونه ها بیشترین افت نسبی کارمایه مربوط به نمونه‌ی $\left(\frac{4}{25}\right)p$، و کمترین افت نسبی کارمایه مربوط به نمونه‌ی $\frac{p}{4}$ است، به علت آن‌که هرچه ΔZ بزرگتر باشد، عمق آب پایین دست سد بیشتر است؛ در نتیجه، اصطکاک فزونی می‌یابد که باعث اتلاف کارمایه بیشتر می گردد. به‌علاوه، با توجه به شکلهای (۱۳) و (۱۴) مشخص است که روند تغییرات استهلاک نسبی کارمایه در برابر عدد شیب‌شکن (Dn) افزایشی است. این مطلب مؤید آن است که با افزایش عمق بحرانی (بده‌ی جریان)، روند افزایشی میزان افت کارمایه وجود خواهد داشت. این پدیده نیز چنین قابل توجیه است که با افزایش بده جریان عمق افزایش می‌یابد؛ افزایش عمق باعث فزونی فشار آب‌ایستایی وارد بر بدنه‌ی سرریز شده، که موجب افزایش اصطکاک(یا همان افت کارمایه) بین بدنه‌ی سرریز و آب می‌گردد.

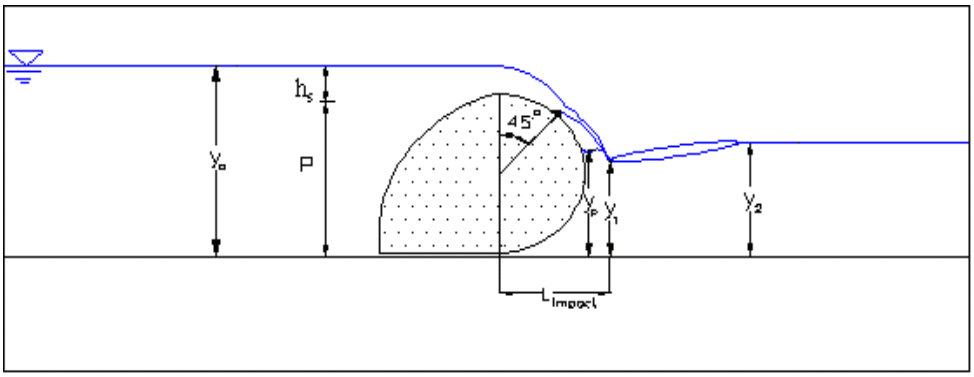
به علاوه، با توجه به شکلهای (۱۵) و (۱۶)، مشخص است که روند تغییرات استهلاک نسبی کارمایه در برابر $\frac{h_s}{p}$ افزایشی است. در این وضعیت، جریان تلاطم بسیار کمی داشته و ورود هوا به داخل آن کم است؛ در نتیجه، افزایش بده تاثیری در تلاطم نداشته و باعث افزایش تنش برشی بین لایه های سیال شده، و متعاقباً موجب فزونی افت کارمایه نسبی می گردد.



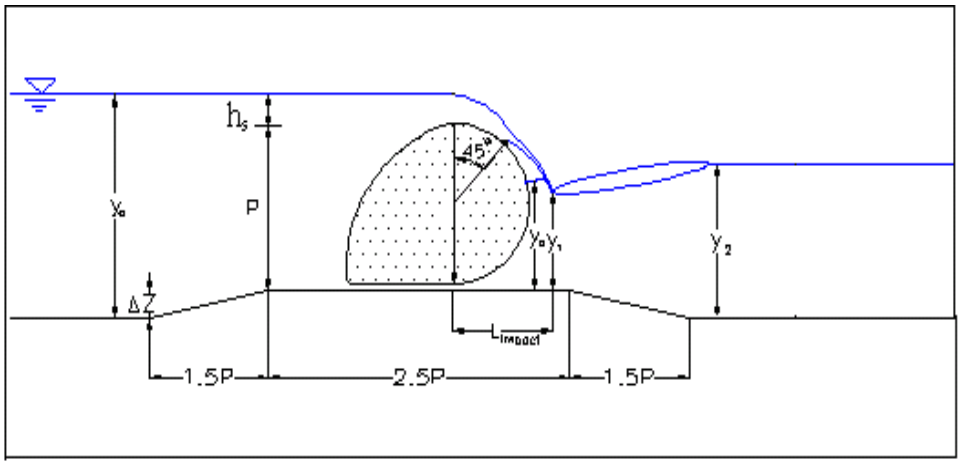
شکل ۱۰- سرریز جریان از روی سد لاستیکی: حالت بالشتک پایینتر از کف نهر

Archive of SID

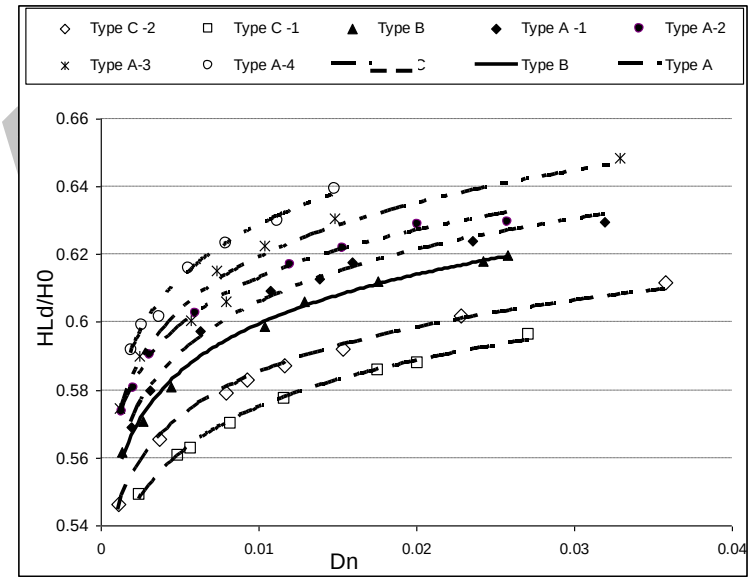
www.SID.ir



شکل ۱۱- سرریز جریان از روی سد لاستیکی: حالت بالشتک و کف نهر پایه‌دار هم تراز.

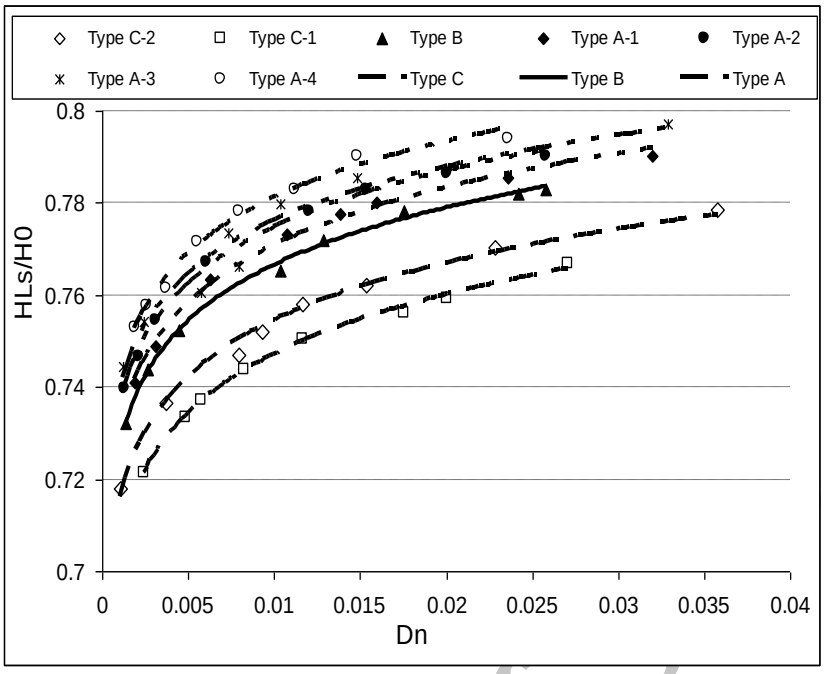


شکل ۱۲- سرریز جریان از روی سد لاستیکی: حالت بالشتک بالاتر از کف نهر پایه‌دار.

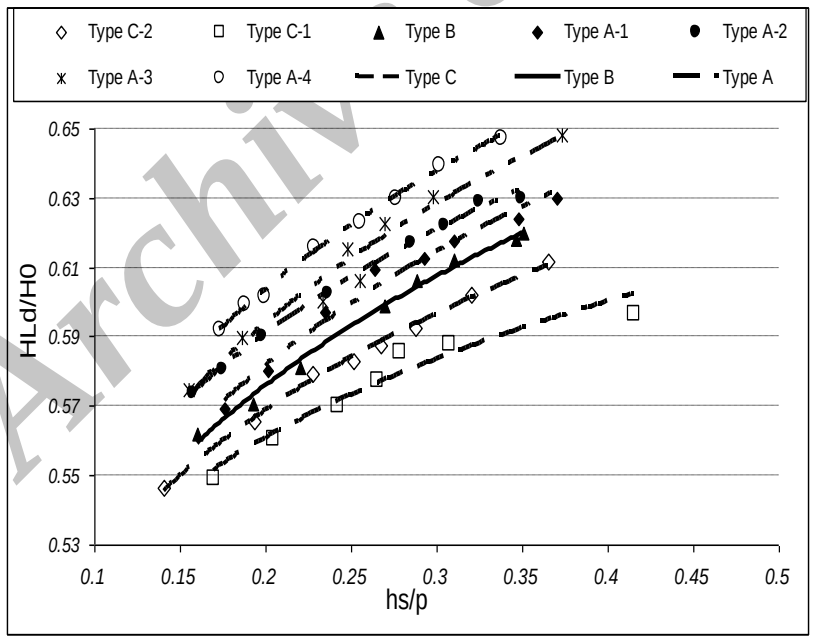


شکل ۱۳- تاثیر تغییر ارتفاع بالشتک نسبت به کف نهر پایه‌دار (Δz) در افت نسبی کارمایه‌ی ناشی از سد در مقابل عدد شیب‌شکن.

www.SID.ir



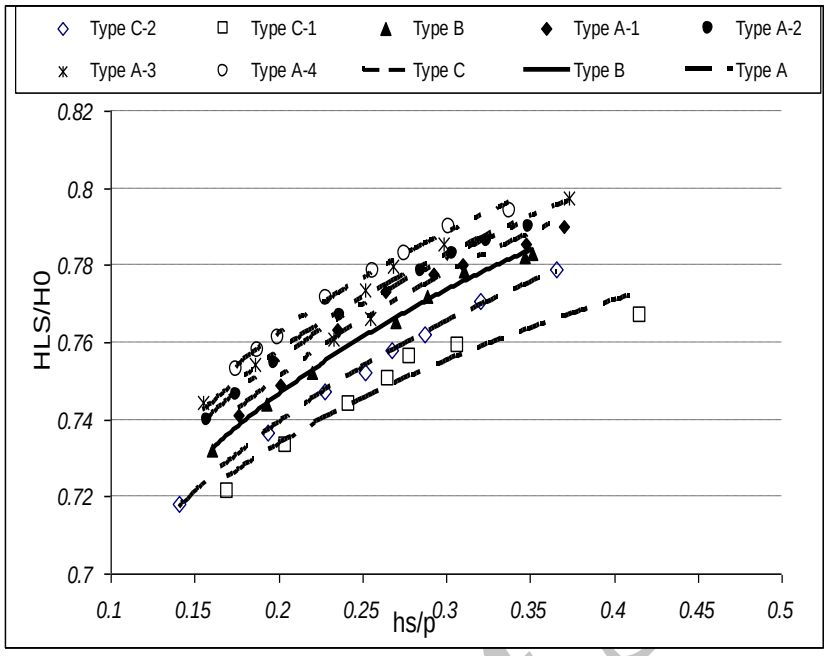
شکل ۱۴- تاثیر تغییر ارتفاع بالشتک نسبت به کف نهر پایه‌دار (Δz) در افت نسبی کارمایه‌ی ناشی از سدو پرش در مقابل عدد شیب‌شکن.



شکل ۱۵- تاثیر تغییر ارتفاع بالشتک نسبت به کف نهر پایه‌دار (Δz) در افت نسبی کارمایه‌ی ناشی از سد در مقابل $\frac{h_s}{p}$.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱۶- تاثیر تغییر ارتفاع بالشتک نسبت به کف نهر پایه‌دار (Δz) در افت نسبی کارمایه‌ی ناشی از سدو جهش در مقابل $\frac{h_s}{p}$.

نتیجه گیری

- در کلیه‌ی نمونه‌ها، بیشترین افت نسبی کارمایه مربوط به حالتی است که تراز بالشتک $p\left(\frac{4}{25}\right)$ پایینتر از کف نهر پایه‌دار می‌باشد (Type A-4)، و کمترین افت نسبی کارمایه مربوط به حالتی است که تراز بالشتک $\frac{p}{6}$ پایینتر از کف نهر پایه‌دار است (Type C-1).
- روند تغییرات استهلاک نسبی کارمایه در برابر افزایش $\frac{h_s}{p}$ افزایشی است، زیرا با افزایش $\frac{h_s}{p}$، بده فزونی یافته، و افزایش بده باعث فزونی تنش برشی بین لایه های سیال می شود و متعاقباً موجب افزایش افت کارمایه نسبی می گردد.
- روند تغییرات استهلاک نسبی کارمایه در برابر افزایش عدد شیب شکن $\left(D_n=\left(\frac{y_c}{P}\right)^3\right)$ افزایشی است. با افزایش عدد شیب‌شکن عمق بحرانی و بده‌ی جریان افزایش می‌یابد؛ در نتیجه، با افزایش بده جریان افزایش استهلاک کارمایه را خواهیم داشت.

منابع

۱. احمدی، ت. ۱۳۸۲. بررسی هیدرولیک جریان از روی سدهای لاستیکی با استفاده از شبیه فیزیکی. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز.

۲. حسینی، س. ۱۳۸۷. بررسی افت کارمایه جریان در سد های لاستیکی با پرتاب کننده و بدون پرتاب کننده با استفاده از شبیه فیزیکی. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز.

۳. سروری نژاد، ب. ۱۳۸۶. بررسی هیدرولیکی مکان مناسب سامانه هواده در سدهای لاستیکی با استفاده از شبیه فیزیکی. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز.

۴. نجمایی، م. ۱۳۸۰. سد های لاستیکی. انتشارات کمیته ملی سد های بزرگ. تهران. ایران.

5. Alhamati, M., Norzaie. 2005. Determination of coefficient of discharge for air-inflated dam using physical model. Suranaree J. Sci. Technol .12(1).

Archive of SID

www.SID.ir

6. Anwar, H.O. 1967. Inflatable dam. J. Hydraul. Div. ASCE. 93, No.HY3.
7. Chanson, H. 1996. Some hydraulic aspects during overflow above inflatable flexible membrane dam. Dept. of Civil Engineering, University of Queensland. Australia.
8. Tam, W.M. 1998. Use of inflatable dams as agriculture weirs in Hong Kong. J. Hydraul. Eng. ASCE.
9. Plaut, R.H. 1996. Analysis of the vibration of inflatable dams under overflow condition. J. Dept. Civil Eng. Virginia Polytechnic Institution and State University. Blacksburg, VA.U.S.A.

Archive of SID

www.SID.ir