



نقش ساختار انتهایی حوضچه های آرامش روی فشارهای دینامیکی و استاتیکی

رضا بهروزی راد^۱، منوچهر فتحی مقدم^۲، محمد فیلسوفیان^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه های آبی دانشگاه شهید چمران اهواز

۲- دانشیار دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز

۳- کارشناس سازه های آبی موسسه تحقیقات آب وزارت نیرو

Fathi49@gmail.com^۲

خلاصه

شکل و ساختار انتهایی حوضچه آرامش نقش بسزایی روی عملکرد هیدرولیکی و نوسانات فشارهای دینامیکی در حوضچه های آرامش دارد. با توجه به اهمیت سازه های انتهایی حوضچه های آرامش، تاثیر دو نوع مختلف این گونه سازه ها را بر روی رفتار هیدرولیکی و دینامیکی جریان داخل حوضچه آرامش بررسی می کنیم. در این مقاله، تجزیه و تحلیل رفتارهای هیدرولیکی جریان در ۲ نوع حوضچه آرامش سد گلابر با استفاده از مدل فیزیکی با مقیاس ۱:۳۰ در ۳ دبی ۱۰۰۰ و ۱۰/۰۰۰ ساله و PMF که به ترتیب برابر ۲۲۱/۷ و ۳۵۵/۸ و ۵۹۲/۸ متر مکعب بر ثانیه میباشد صورت گرفته و میزان کارایی و عملکرد هریک از حوضچه ها از نقطه نظر عمق جریان، سرعت خروجی از حوضچه آرامش، مقادیر فشار استاتیکی و دینامیکی و مقادیر حداقل و حداکثر ضربه های دینامیکی بر کف حوضچه مورد بررسی قرار گرفته و با یکدیگر مقایسه و ارزیابی شده و نتیجه گیری کلی در مورد هریک از حوضچه ها صورت پذیرفته است.

کلمات کلیدی: حوضچه آرامش، فشار دینامیکی، فشار استاتیکی

مقدمه

هر گونه تغییرات در ساختار انتهایی حوضچه آرامش به طور مستقیم بر رفتار هیدرولیکی جریان تاثیر میگذارد (۱). وقتی جریان عبوری از روی سرریزه انتهایی تنداب می رسد به دلیل سرعت زیاد (در حدود ۲۰ تا ۴۰ متر بر ثانیه) دارای انرژی جنبشی فراوان و بسیار مخربی است که چنانچه این جریان به رودخانه پایاب وارد شود، بستر رودخانه را کاملاً شسته و ایجاد فرسایش شدید می کند (۲) به همین دلیل لازم است تا قبل از ورود جریان به رودخانه پایاب، توسط تاسیساتی خاص، انرژی جریان را مستهلک کرده و جریان آرام را به پایین دست منتقل کنیم. حوضچه آرامش یکی از متداول ترین سازه های مستهلک کننده انرژی در پایین دست تندابها هستند که بسته به شرایط تنداب و جریان آب، از تیپ های مختلف و استاندارد این سازه در پروژه ها استفاده می شود (۳). نمونه های موردی حوضچه های آرامش در این تحقیق، حوضچه آرامش استاندارد تیپ ۲ و حوضچه آرامش غیر استاندارد پله دار در انتهایی حوضچه می باشد که برای سد گلابر در نظر گرفته شده و آزمایشات مختلف بر روی مدل هیدرولیکی آن در آزمایشگاه صورت گرفته است. سد مخزنی گلابر جهت جلوگیری از خسارات ناشی از سیلابهای رودخانه سجاس رود از سرشاخه های رود قزل اوزون، بر روی این رودخانه در حال احداث می باشد. مشخصات کلی طرح سد گلابر بصورت زیر است (۴). سد گلابر از نوع سدهای سنگریزه ای با هسته رسی بوده که با ارتفاع ۵۷ متر و طول تاج ۲۴۷ متر، دارای مخزنی به حجم ۹۵ میلیون متر مکعب می باشد. تراز بستر رودخانه در محل سد برابر ۱۶۵۳ متر و تراز تاج سد برابر ۱۷۱۰ متر از سطح دریا است. در طرح اولیه پروژه سد مخزنی گلابر، یک حوضچه به صورت حوضچه آرامش با سازه پلکانی در انتهایی حوضچه، طراحی شده و پس از ساخت و انجام آزمایشات بر روی مدل آن، تنها به دلیل اطمینان بیشتر از عملکرد حوضچه های آرامش استاندارد، طرح حوضچه آرامش استاندارد تیپ ۲، جایگزین حوضچه با سازه پلکانی گردید. در ذیل مشخصات هریک از حوضچه ها آورده شده است.

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد

^۲ دانشیار

^۳ کارشناس

حوضچه آرامش غیراستاندارد پله دار (Step-end Stilling Basin)

در این گزینه رقوم کف حوضچه آرامش برابر ۱۶۴۱ متر از سطح دریا می باشد و در پایاب حوضچه آرامش (انتهای سازه پلکانی) کانالی به طول ۱۰۰ متر جریان خروجی را به رودخانه هدایت می کند. سایر مشخصات حوضچه بصورت زیر است (۴).
در پای تنداب تعداد ۱۰ عدد بلوک و به ابعاد $1 \times 1 \times 1/66$ متر (ارتفاع \times طول \times عرض) قرار داده شده است. طول حوضچه آرامش ۵۰ متر و عرض آن ۲۰ متر و رقوم کف آن ۱۶۴۱ متر از سطح دریا می باشد که در انتهای حوضچه آرامش، سازه پلکانی به طول ۳۵ متر و با ۶ عدد پله که ارتفاع هر یک از آنها ۱،۵ متر در نظر گرفته شده است، رقوم کف حوضچه را مجموعاً ۹ متر افزایش داده و به رقوم کف رودخانه در پایاب ارتفاع ۱۶۵۰ متر از سطح دریا متصل می نماید. بدین ترتیب طول حوضچه آرامش با احتساب سازه پلکانی انتهای حوضچه برابر ۸۵ متر می باشد.

حوضچه آرامش تیپ ۲ (Standard Stilling Basin Type2)

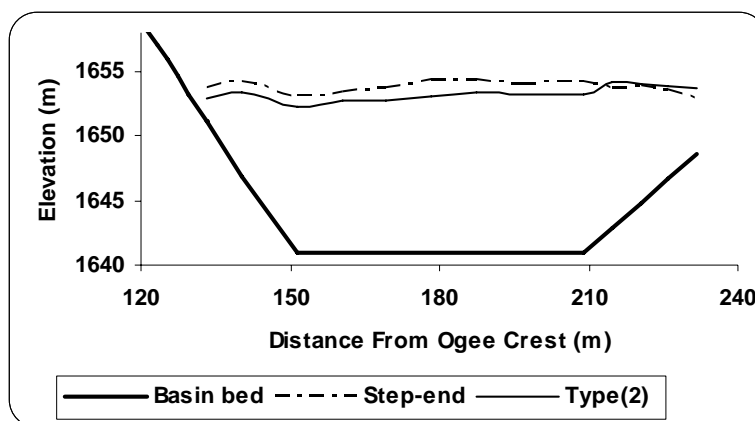
در این گزینه، با اضافه کردن ۵ بلوک با ابعاد $5 \times 2 \times 2/5$ متر (ارتفاع \times عرض \times طول) در قسمت انتهایی حوضچه آرامش و جایگزین کردن یک شیب معکوس با شیب ۳:۱ (افقی : قائم) و به ارتفاع ۹ متر و طول ۲۷ متر به جای سازه انتهایی پلکانی، حوضچه به صورت حوضچه آرامش استاندارد تیپ ۲ تغییر شکل داده شده است در این گزینه نیز طول حوضچه آرامش با احتساب شیب معکوس انتهایی حوضچه برابر ۸۵ متر است.

نتایج و بحث

مواردی که در مقایسه عملکرد حوضچه های آرامش استاندارد تیپ ۲ و غیراستاندارد با سازه پلکانی در انتهای حوضچه در سد گلابر به آنها پرداخته خواهد شد، عبارتند از: عمق جریان در هریک از حوضچه ها، سرعت جریان خروجی از حوضچه ها، مقادیر فشار استاتیکی و بررسی و مقایسه خط گرادبان هیدرولیکی، مقادیر فشار دینامیکی و در نهایت مقایسه انرژی کل جریان خروجی در هریک از حوضچه ها و برآورد میزان عملکرد مناسب دو حوضچه می باشد که در ذیل هریک از موارد فوق، به تفصیل شرح داده خواهد شد.

مقایسه عمق جریان در حوضچه ها

اندازه گیری های انجام شده نشان می دهد که برای تمام دبی های ۱۰۰۰، ۱۰/۰۰۰، ۱۰/۰۰۰ ساله و PMF از ابتدای حوضچه تا فاصله ۵۰ متری عمق آب در حوضچه آرامش تیپ ۲ از عمق آب در حوضچه آرامش پلکانی کمتر می باشد. همچنین، از فاصله ۵۰ متری به بعد تا انتهای حوضچه، این روند تغییر کرده و عمق آب در حوضچه آرامش تیپ ۲ نسبت به حوضچه آرامش پلکانی در این محدوده بیشتر می شود. در شکل ۱، عمق جریان در داخل هریک از حوضچه ها برای پیژومترهای ردیف وسط واقع در کف حوضچه ها جهت مقایسه آورده شده است..



شکل ۱ - تراز سطح آب در حوضچه پلکانی و تیپ ۲

سرعت خروجی از حوضچه ها

از آنجا که در حوضچه آرامش، بدلیل وجود تلاطم و آشفتگی بسیار زیاد ناشی از پرش هیدرولیکی جریان در هر لحظه تغییر مسیر می دهد و خطوط جریان در یک راستا نیستند، بنابراین اندازه گیری سرعت در حوضچه آرامش میسر نمی باشد. ولی در نقطه خروجی از حوضچه که جریان حالت آرام پیدا کرده و خطوط جریان تقریباً با هم موازی و در یک جهت هستند، می توان با مولینه سرعت را اندازه گیری کرد (۵). به همین دلیل اندازه گیریهای سرعت فقط در روی سازه پلکانی و یا شیب معکوس صورت گرفته است. مقادیر سرعت های اندازه گیری شده، در جدول شماره ۱ و برای ۳ ردیف پیژومتر در چپ (Left)، وسط (Center) و راست (Right) آورده شده است. در این جدول، سرعتها در ۳ پله انتهایی حوضچه و نقاط متناظر با آنها در روی شیب معکوس اندازه گیری شده است. همانگونه که از جدول زیر نیز بر می آید، برای تمام دبی ها سرعت در روی سازه پلکانی حوضچه آرامش طرح اولیه بیشتر از سرعت در روی شیب معکوس حوضچه آرامش تیپ ۲ می باشد.

جدول شماره (۱) - مقادیر متوسط سرعت در انتهای حوضچه های آرامش در سد گلابر بر حسب متر بر ثانیه

Q=221.7 CMS

	Velocity (m/s)					
	Left		Center		Right	
	step-end	type2	step-end	type2	step-end	type2
پله ۶	۳,۸۸	۲,۶۶	۳,۸۲	۲,۶۸	۳,۹۶	۲,۵۴
پله ۵	۲,۲۶	۱,۴۶	۱,۹۷	۱,۴۹	۲,۰۰	۱,۵۰
پله ۴	۱,۴۳	۱,۰۰	۱,۵۰	۱,۰۵	۱,۷۰	۰,۹۹

Q=355.8CMS

	Velocity (m/s)					
	Left		Center		Right	
	step-end	type2	step-end	type2	Step-end	type2
پله ۶	۴,۱۹	۳,۶۶	۳,۹۶	۳,۵۴	۴,۱۶	۳,۵۵
پله ۵	۳,۰۱	۲,۲۵	۲,۸۳	۲,۴۰	۲,۸۸	۲,۱۱
پله ۴	۱,۹۲	۱,۵۵	۱,۹۳	۱,۵۸	۲,۰۹	۱,۴۸

Q=592.8 CMS

	Velocity (m/s)					
	Left		Center		Right	
	step-end	type2	step-end	type2	Step-end	type2
پله ۶	۵,۳۸	۴,۴۳	۵,۹۲	۴,۲۶	۴,۸۴	۴,۳۶
پله ۵	۴,۲۵	۳,۸۱	۴,۱۲	۳,۸۵	۴,۲۸	۳,۷۵
پله ۴	۳,۰۴	۲,۹۸	۳,۱۱	۲,۹۴	۲,۹۷	۲,۹۰

فشارهای استاتیکی در حوضچه ها

در مورد فشارهای استاتیکی، در حوضچه آرامش تیپ ۲ برای تمام مقادیر دبی های ۱۰۰۰ و ۱۰/۰۰۰ ساله و PMF، مینیمم و ماکزیمم های فشار نسبت به فشارهای استاتیکی در حوضچه آرامش طرح پلکانی مقادیر کمتر را نشان می دهند به گونه ای که می توان گفت، مقدار فشارهای استاتیکی در حوضچه آرامش پلکانی، در حالت کلی در بالای فشارهای استاتیکی در حوضچه آرامش تیپ ۲ قرار گرفته و حوضچه آرامش تیپ ۲ از نقطه نظر فشارهای استاتیکی در کل عملکرد بهتری داشته است. در جدول ۲ مقادیر ماکزیمم و مینیمم فشارهای استاتیکی برای پیژومترهای واقع در کف دو نوع حوضچه آرامش که در سه ردیف پیژومترهای ردیف چپ (Left Invert)، وسط (Center Invert) و راست (Right Invert) برای ۳ دبی مختلف اندازه گیری شده اند، آورده شده است. مقادیر ماکزیمم فشار در ابتدای حوضچه ها اتفاق افتاده است که علت آن برخورد مستقیم جت تنداب به کف حوضچه در این نقطه می باشد. مینیمم های فشار هم در قسمتهای انتهایی حوضچه که در آنجا جریان خروجی آرام شده است اتفاق می افتد.

گرادیان هیدرولیکی در حوضچه ها :

با رسم نمودار گرادیان هیدرولیکی برای هر یک از حوضچه ها ، مشخص شد که برای دبی های ۱۰۰۰ ساله، ۱۰/۰۰۰ ساله و PMF، نمودار گرادیان هیدرولیکی در حوضچه آرامش تیپ ۲ ، از یک روند ملایم تری نسبت به نمودار گرادیان هیدرولیکی در حوضچه آرامش پلکانی پیروی می کند. اما نمودار گرادیان هیدرولیکی حوضچه پلکانی نوسانات بیشتری نسبت به نمودار حوضچه آرامش تیپ ۲ دارد و این بدین معناست که نوسانات فشار استاتیکی در حوضچه آرامش پلکانی از حوضچه آرامش تیپ ۲ بیشتر است. در شکل شماره ۲ خط گرادیان هیدرولیکی در دو نوع حوضچه آرامش تیپ ۲ و پلکانی برای ۳ ردیف پیژومتر های واقع در کف حوضچه آرامش (پیژومتر های ردیف چپ، ردیف وسط، ردیف راست) جهت مقایسه آورده شده است

جدول شماره (۲) - مقادیر حداقل و حد اکثر فشارهای استاتیکی حوضچه های آرامش سد گلابر بر حسب متر

Q (CMS)	Left Invert				Center Invert				Right Invert			
	Min		Max		Min		Max		Min		Max	
	step-end	Type 2	step-end	Type 2	step-end	type2	step-end	Type 2	step-end	type 2	step-end	type2
۲۲۱,۷	۴,۸۳	۴,۳۵	۱۲,۴۵	۱۲,۱۵	۴,۸۱	۴,۳۲	۱۲,۷۵	۱۲,۳۰	۴,۸۶	۴,۳۵	۱۲,۵۱	۱۲,۳۰
۳۵۵,۸	۵,۸۵	۵,۳۱	۱۳,۸۵	۱۳,۵۵	۵,۸۵	۵,۴۶	۱۳,۶۵	۱۳,۶۲	۵,۹۴	۵,۳۱	۱۳,۶۵	۱۳,۲۰
۵۹۲,۸	۹,۲۵	۹,۱۶	۱۸,۶۰	۱۶,۹۵	۹,۰۹	۹,۰۱	۱۵,۶۰	۱۵,۰۰	۹,۲۴	۹,۰۱	۱۶,۸۹	۱۵,۱۵

فشارهای دینامیکی در حوضچه ها

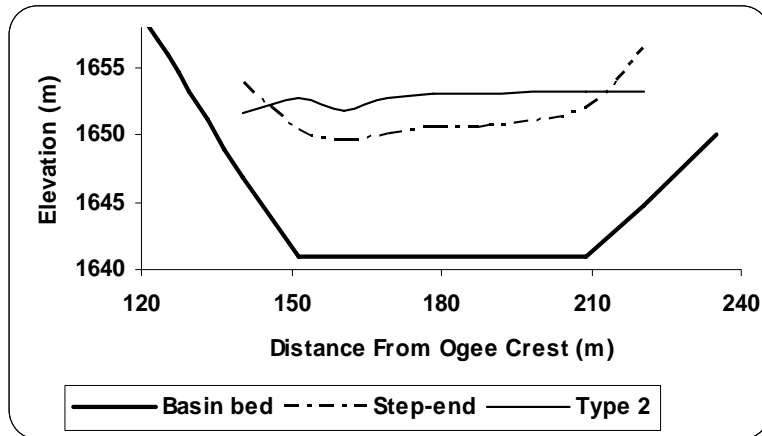
بررسی نوسانات فشار دینامیکی وارد بر کف حوضچه ها در شکل ۳ نشان می دهد که مقادیر میانگین فشارهای دینامیکی در حوضچه آرامش پلکانی، بجز در یک سوم انتهایی طول حوضچه ، در سایر نقاط از مقادیر میانگین فشارهای دینامیکی در حوضچه آرامش تیپ ۲ بیشتر می باشد . در هر دو نوع حوضچه آرامش، بیشترین مقدار میانگین های فشار دینامیکی ، در ابتدای حوضچه اتفاق می افتد که این موضوع بدلیل برخورد مستقیم جت تنداب به کف حوضچه در این منطقه است و با مقادیر فشارهای استاتیکی نیز همخوانی لازم را دارد و بلافاصله بعد از این افزایش فشار میانگین فشارهای دینامیکی به شدت کاهش می یابد که علت این پدیده نیز تغییر جهت جریان از کف به سمت بالا در محل شروع پرش هیدرولیکی و در نتیجه کاهش فشار وارده بر کف حوضچه می باشد. اما پس از این کاهش فشار، در حوضچه آرامش تیپ ۲ ، نمودار میانگین فشارهای دینامیکی ، تا انتهای حوضچه به آرامی با شیب کم شروع افزایش پیدا می کند.

در حوضچه آرامش پلکانی، نمودار میانگین فشارهای دینامیکی ، تا انتهای حوضچه دارای نوسانات شدید است و در فاصله حدود ۵۰ متری از ابتدای حوضچه، فشار دوباره به شدت افزایش می یابد که علت آن برخورد جریان آب به پله ها و بازگشت بخشی از جریان و نتیجتاً افزایش فشار می باشد. همچنین در یک سوم انتهایی حوضچه، یعنی بر روی پلکانها نیز مقادیر فشارهای دینامیکی یک روند نزولی را طی می کند تا در نقطه انتهای حوضچه آرامش، به کمترین مقدار خود می رسد. علت این امر نیز کاهش سرعت جریان در کف حوضچه و در نزدیکی سطح پله ها می باشد که موجبات کاهش فشارهای دینامیکی در روی پلکانها را بوجود آورده است.

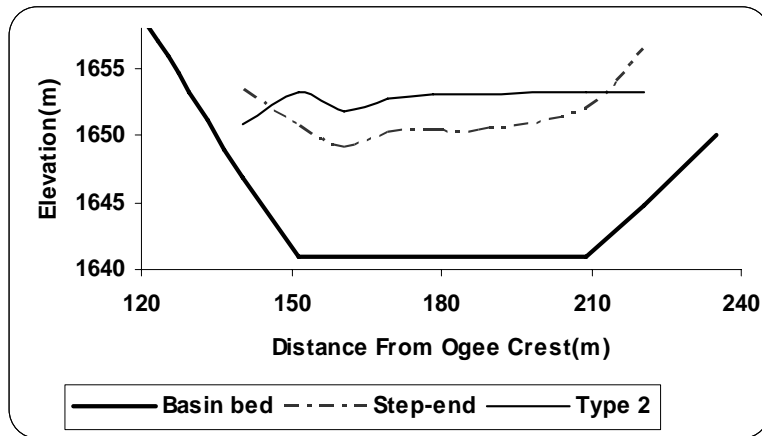
همچنین نمودار مقادیر ماکزیمم فشارهای دینامیکی در حوضچه پلکانی نیز، بالای نمودار مقادیر ماکزیمم فشارهای دینامیکی حوضچه آرامش تیپ ۲ قرار گرفته است که بتدریج تا انتهای حوضچه یک روند نزولی را طی می کند. در این حالت نیز، نمودار مربوط به حوضچه آرامش تیپ ۲ به صورت ملایم و بدون نوسان و نمودار حوضچه آرامش پلکانی، دارای نوسانات شدید مشابه آنچه در مورد مقادیر میانگین فشارهای دینامیکی بیان شد، می باشد. نمودار حداقل فشارهای دینامیکی در کف حوضچه پلکانی نیز، مانند نمودار مقادیر ماکزیمم فشارهای دینامیکی ، در بالای نمودار مقادیر حداقل فشارهای دینامیکی حوضچه آرامش تیپ ۲ قرار می گیرد و نوسانات شدیدی در آن دیده میشود و هر دو نمودار یک روند صعودی را تا انتهای حوضچه طی می کنند. بنابراین همانگونه که دیده می شود نوسانات فشارهای دینامیکی در حوضچه آرامش تیپ ۲ نسبت به حوضچه آرامش پلکانی کمتر بوده و روند تغییرات فشارها در آن ملایم تر است.

انرژی کل جریان خروجی از حوضچه ها

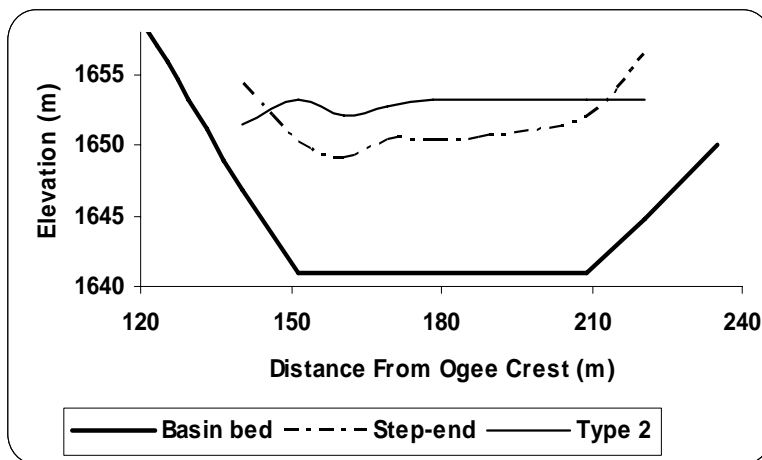
در مقایسه عملکرد حوضچه های آرامش، می توان با برآورد انرژی ویژه جریان خروجی از حوضچه ها، میزان کارایی و درصد افت انرژی در طول حوضچه را بررسی و نسبت به برتری هیدرولیکی هر یک از حوضچه ها ، نظر دارد (۷و۶). در جدول زیر، مقادیر میانگین سرعت (V)، ارتفاع معادل سرعتی ($V^2/2g$) و عمق متوسط (Y) و انرژی ویژه جریان ($V^2/2g + Y$) در انتهای هر یک از حوضچه آورده شده است (۹و۸). همانطور که از جدول ۳ بر می آید، میزان انرژی ویژه جریان خروجی از حوضچه آرامش تیپ ۲ در تمام دبی ها، نسبت به انرژی ویژه جریان خروجی از حوضچه آرامش پلکانی کمتر است و حوضچه آرامش تیپ ۲ ، عملکرد بهتری در استهلاک انرژی دارد.



آ- فشار استاتیکی وارد بر کف (چپ) حوضچه آرامش پلکانی و تیپ ۲

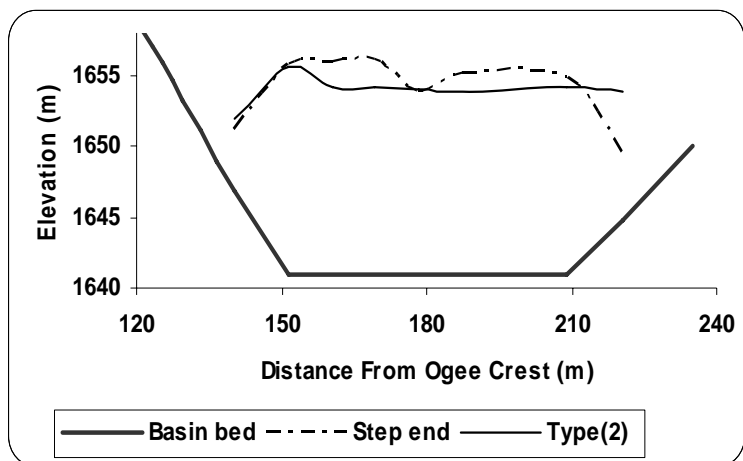


ب- فشار استاتیکی وارد بر کف (وسط) حوضچه آرامش پلکانی و تیپ ۲

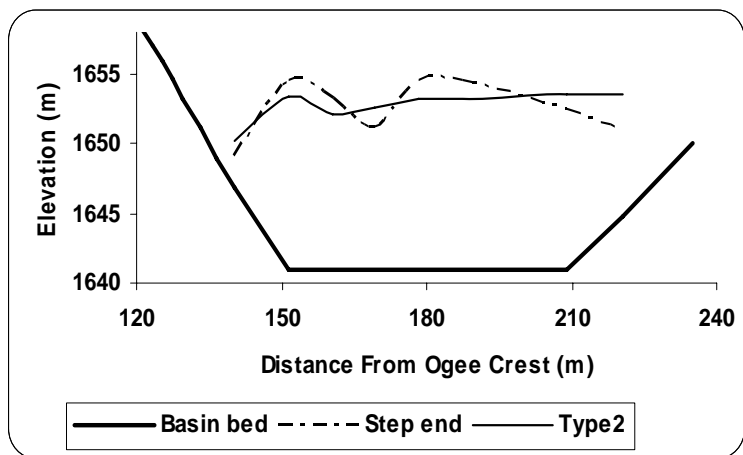


پ- فشار استاتیکی وارد بر کف (راست) حوضچه آرامش پلکانی و تیپ ۲

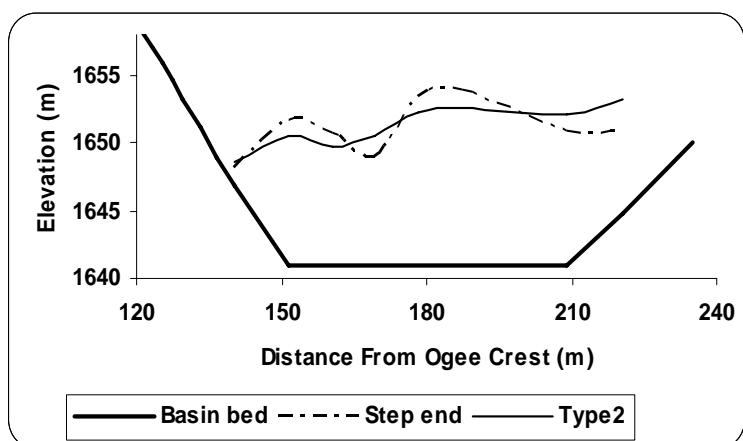
شکل ۲ - مقادیر فشار های استاتیکی وارد بر کف حوضچه های آرامش سد گلابر



آ- حد اکثر فشارهای دینامیکی وارد بر کف حوضچه های آرامش سد گلابر برحسب متر



ب- میانگین فشارهای دینامیکی وارد بر کف حوضچه های آرامش سد گلابر برحسب متر



پ- حداقل فشارهای دینامیکی وارد بر کف حوضچه های آرامش سد گلابر برحسب متر

شکل ۳ - نوسانات فشار دینامیکی بر کف حوضچه آرامش

جدول شماره (۳) - مقادیر انرژی ویژه جریان در نقطه خروجی حوضچه های آرامش در سد گلابر

Q(CMS)	step-end				type2			
	V(m/s)	$v^2/2g(m)$	Y(m)	E(m)	V(m/s)	$v^2/2g(m)$	Y(m)	E(m)
۲۲۱,۷	۳,۸۹	۰,۷۶	۵,۰۳	۵,۷۹	۲,۶۱	۰,۳۴	۵,۱۰	۵,۴۴
۳۵۵,۸	۴,۱۰	۰,۸۵	۶,۲۴	۷,۰۹	۳,۵۸	۰,۶۵	۶,۳۳	۶,۹۸
۵۹۲,۸	۵,۳۸	۱,۴۶	۸,۹۵	۱۰,۴۱	۴,۳۵	۰,۹۶	۹,۰۶	۱۰,۰۱

نتیجه گیری

باتوجه به آنچه گفته شد، از مقایسه شرایط هیدرولیکی جریان در دو نوع حوضچه آرامش استاندارد تیپ ۲ غیر استاندارد پلکانی در سد گلابر نتایج زیر بدست می آید:

۱- تغییرات عمق جریان در حوضچه آرامش تیپ ۲ نسبت به حوضچه آرامش پلکانی کمتر بوده و جریان خروجی از آن نیز عمق بیشتری دارد.

۲- سرعت جریان خروجی در حوضچه آرامشی تیپ ۲ نسبت به حوضچه آرامش پلکانی کمتر بوده و جریان خروجی از حوضچه تیپ ۲، توانایی فرسایش دهندگی کمتری در پایاب را دارد.

۳- اندازه سنگ چین برای مقابله با فرسایش در پایاب حوضچه آرامش تیپ ۲ نسبت به حوضچه آرامش پلکانی کمتر و محافظت پائین دست در مقابل فرسایش نیز راحت تر است.

۴- مقادیر فشارهای استاتیکی در حوضچه آرامش تیپ ۲ نسبت به حوضچه آرامش پلکانی کمتر بوده و حوضچه عملکرد مناسبتری دارد.

۵- مقادیر فشارهای دینامیکی در حوضچه آرامش تیپ ۲ در حالت کلی نسبت به حوضچه آرامش پلکانی کمتر بوده و نوسانات فشار که خود از عوامل مخرب حوضچه های آرامش است نیز در این گونه حوضچه ها (حوضچه آرامش تیپ ۲) کمتر به چشم می خورد و در کل حوضچه آرامش تیپ ۲ از نقطه نظر فشارهای دینامیکی نیز عملکرد بهتری دارد.

۶- انرژی کل جریان خروجی از حوضچه آرامش تیپ ۲ نسبت به حوضچه آرامش پلکانی کمتر بوده و این خود مهمترین دلیل در کارایی بالاتر و اتلاف انرژی بیشتر در حوضچه آرامش تیپ ۲ نسبت به حوضچه آرامش پلکانی است.

با توجه به موارد ذکر شده، حوضچه آرامش تیپ ۲ دارای مزایای زیادی نسبت به حوضچه آرامش پلکانی می باشد و جایگزینی حوضچه تیپ ۲ به جای حوضچه طرح پلکانی در طرح سد گلابر مفید بوده است.

قدردانی

بدینوسیله از پیشخوانه مالی دانشگاه شهیدچمران اهوازو مساعدت موسسه تحقیقات آب وزارت نیرو جهت انجام آزمایشات تشکر و قدردانی میگردد.

فهرست منابع

- ۱- نیک صفت، غلامرضا ۱۳۸۰. "تئوری و کاربرد مدل های هیدرولیک در طراحی سازه های آبی"، نشریه شماره ۴۱ کمیته ملی سدها بزرگ ایران، وزارت نیرو.
- ۲- ابریشمی، ج و م. حسینی. ۱۳۷۳، "هیدرولیک کانالهای باز"، انتشارات آستان قدس رضوی.
- ۳- بیرامی، محمدکریم ۱۳۷۹. "سازه های انتقال آب"، دانشگاه صنعتی اصفهان.
- ۴- مهندسین مشاور مهتاب قدس ۱۳۸۰. "دستورالعمل آزمایشهای مدل هیدرولیکی سیستم تخلیه سیلاب سد گلابر".
- [5] Novak, P., and Cabelk, J., 1981. "Models in Hydraulic Engineering". Pitman Advanced Publishing Program, London.
- [6] USBR, 1983. "Design of Small Canal Structures". Denver, USA.
- [7] USBR, 1987. "Design of Small Canal Structures". Denver, USA.
- [8] Allen, G., 1947. "Scale models in hydraulic engineering". Longmans Green, London.
- [9] Chow, V. T., 1959. "Open Channel Hydraulic". Mc Graw-Hill Book Co., New York.