شکست فیوزپلاگ سد انحرافی شهدای رامشیر، از مدل تا واقعیت

- علی‌رضا رضانیا، معاون طرح و توسعه شبکه‌های آبیاری و زهکشی سازمان آب و برق خوزستان
- اردشیر آرین، مدیر بخش سدهای انحرافی، شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس
- رحمت‌اله نگهدار، کارشناس ارشد ژئوتکنیک، شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس

چکیده

سد انحرافی شهدای رامشیر به منظور تأمین آب موردنیاز آبیاری و جلوگیری از خسارت سیلابها، بر روی رودخانه خوزستان ساخته شده است. در این سد انحرافی با توجه به ظرفیت ایمن رودخانه در پایین دست و سیل مبنای ۲۵ ساله حفاظت اراضی کشاورزی مدنظر قرار گرفته است. با این تفصیل المانهای سد و آبگیر، سرریز و کانال کنترل سیلاب و فیوزپلاگ (در دو قطعه) تعریف و اجرا شده و با توجه به معیارهای طراحی دبی تخلیه سد ۶۰۰ مترمکعب در ثانیه، دبی تخلیه سرریز و کانال کنترل سیلاب ۱۴۰۰ مترمکعب در ثانیه و مازاد بر آن از طریق شکست فیوزپلاگ تخلیه می‌گردد. اخیراً بر اثرسیلاب افزون بر ۳۶۰۰ مترمکعب در ثانیه فیوزپلاگ این سد عمل کرده و با انحراف سیلاب به مسیرهای از پیش تعیین شده خسارتها را به میزان قابل توجهی کاهش داده است.

در این مقاله ابتدا شمه‌ای از عملکرد مدل فیزیکی ساخته شده فیوزپلاگ ارایه و طی آن نقش کانال هادی فیوز و طرفین آن در حصول اطمینان از شکست بموقع آن در سیلاب‌های بیشتر از حد ظرفیت مورد بررسی قرار می‌گیرد. سپس مکانیزم شکست و نحوه عملکرد فیوز پلاگ در عمل مورد بازبینی و تحلیل قرار خواهد گرفت و در انتها بعد از مقایسه مدل فیزیکی با حالت واقعی و نحوه جوابدهی، نوع شکست بررسی شده، راهکارها و نتایج ارایه خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: سد انحرافی شهدای رامشیر، مدل فیزیکی، فیوزپلاگ، سیلاب، مکانیزم شکست

مقدمه

مشخصات سد انحرافی شهدای رامشیر

سد انحرافی شهدای رامشیر در مجاورت روستای چم صبی بر روی رودخانه جراحی استان خوزستان

احداث شده است. این سد انحرافی به منظور تأمین آب مورد نیاز شبکه آبیاری ساحل راست و چپ رودخانه در دشتهای خلف‌آباد و شادگان، جلوگیری از خسارات سیلابها و انحراف طغیان به باتلاق‌های واقع در غرب منطقه خلف‌آباد احداث شده است.

طرح سد انحرافی شهدای رامشیر شامل قسمتهای زیر می‌باشد:

۱) تأسیسات اصلی
۲) سرریز کنترل سیلاب
۳) خاکریز شسته شونده (فیوزپلاگ) شامل دو خاکریز در ساحل راست مخزن و در بالادست سرریز کنترل سیلاب هر کدام به طول ۱۵۰ متر.

فیوزپلاگ (خاکریز شسته شونده)

نوعی سرریز می‌باشد که در زمان اختلاف زیاد بین دبی پایه رودخانه و سیلاب‌های استثنایی (عموماً سیلابهای با دوره بازگشت کمتر از ۱۰۰ سال) وارد عمل می‌شود. به طوری که با شکست فیوزپلاگ، سیلاب تخلیه شده و این عمل کمک شایانی به پایداری سازه‌های هیدرولیکی و مانع از سیل‌گیری نواحی مسکونی و اراضی زراعی حاشیه رودخانه می‌شود.

تراز فیوزپلاگها به صورتی انتخاب می‌شود که در شرایط خاص و زمانی که آب در پشت آن به حد مشخصی می‌رسد، جریان از روی قسمتی از آن که کانال هادی نامیده می‌شود عبور کرده و باعث تخریب آن می‌شود. فیوزپلاگ تقریباً شبیه سدهای خاکی طراحی می‌شوند، این سازه‌ها معمولاً دارای لایه‌های شن و ماسه و یک هسته رسی مایل می‌باشند. در بعضی مواقع به خاطر ملاحظات طراحی تاج این خاکریز با ترازهای متفاوت ساخته می‌شود و در این حالت قسمتهای مختلف توسط دیوارهای بتنی از هم جدا شده و هر قسمت برای عبور سیلاب معینی طراحی می‌شوند.

برای کسب اطمینان از عملکرد فیوزپلاگ سد انحرافی شهدای رامشیر، مؤسسه تحقیقات آب وزارت نیرو مدل فیزیکی فیوزپلاگ را ساخته و آنرا بر اساس نحوه تخریب و نرخ آن مورد بررسی قرار داده است، در ادامه این تحقیق علمی، شمه‌ای از کارکرد مدل فیزیکی ارایه شده و نحوه تخریب و نرخ آن بازبینی خواهد شد.

مدل فیزیکی فیوزپلاگ و نتایج آن

بررسی تخریب از دیدگاه هیدرولیکی شبیه‌سازی واقعی الگوی جریان را در پی خواهد داشت و از دیدگاه ژئوتکنیک، اهمیت شبیه‌سازی مقاومت بدنه و لایه‌های فیوزپلاگ در برابر جریان را القا می‌نماید. در این تحقیق از منظر ژئوتکنیک این مسئله مورد بررسی قرار گرفته است.

در ساخت مدل تشابه هندسی، سینماتیکی و دینامیکی رعایت شده است و به دلیل با اهمیت تلقی

نشدن بعضی از نیروها، تأثیر آن‌ها در نظر گرفته نشده است.

بدنه فیوزپلاگ بر اساس دانه‌بندی طراحی مدل شده است. دانه‌بندی مصالح مورد استفاده در اجزای فیوزپلاگ کاملاً مشخص بوده‌اند. این انتخاب بر اساس نمونه اصلی و مقیاس انتخاب شده و روابط شبیه‌سازی سقوط ذره، محدوده دانه‌بندی مصالح را مشخص نموده است.

ساخت مدل

به دلیل طول زیاد سد انحرافی شهدای رامشیر و نیاز به فضای وسیع و حجم زیاد دبی و سایر موارد، امکان ساخت کل فیوزپلاگ در قالب یک مقیاس مناسب مقدور نبوده است و از اینرو جهت بررسی تخریب، بخشی از طول فیوزپلاگ که رقوم تاج کانال هادی آن در تراز ۳۰ متر قرار دارد جهت مدلسازی منظور گردیده است. این طول شامل ۱۰ متر کانال هادی و ۱۰ متر از طرفین آن می‌باشد. حداکثر دبی عبوری از این طول در نمونه اصلی بر اساس دبی تخلیه کل فیوزپلاگ برابر ۴۶۶/۶ m^3/s به دست آمده است. همچنین فضایی حدود (متر × متر) ۲۷۰×۲۴۰ از مخزن نمونه اصلی نیز مدل گردیده و مطالعات مربوط انجام گرفته است.

با توجه به فضا و دبی موجود در آزمایشگاه و ابعاد مناسب، مقیاس ۱/۱۵ جهت مدل‌سازی انتخاب شده و بر این اساس مدل طراحی و ساخته شده است.

خلاصه فعالیت انجام شده مدل فیزیکی در آزمایشگاه:

- انجام مطالعات اولیه
- ساخت مدل با کمک نتایج حاصل از مدل ریاضی
- تعیین و تهیه مصالح با کمک نتایج حاصل از مدل ریاضی
- تعیین و تهیه مصالح مورد نیاز قسمتای مختلف بدنه مدل فیوزپلاگ
- انجام آزمایش‌های دانه‌بندی و تراکم روی مصالح مختلف بدنه مدل
- انجام آزمایش‌های مقدماتی
- انجام آزمایش نهایی روی فیوزپلاگ

در آزمایشهای مقدماتی مصالح مصرفی به ترتیب ماسه بادی، خاک سفال درشت‌دانه، خاک سفال درشت دانه و ماسه ریزدانه جهت کانال هادی استفاده شده و مورد بررسی قرار گرفته است.

مراحل و نتایج حاصل از آزمایشات مدل فیزیکی

بر اساس مقیاس مدل، فیوزپلاگ در آزمایشگاه ۲ متر و حداکثر دبی مورد نیاز ۵۳۵ لیتر در ثانیه انتخاب شده است.

پس از آماده شدن مدل، مراحل زیر جهت انجام آزمایشات انجام شده است:

- تنظیم دبی ورودی به مدل
- افزایش ارتفاع سطح آب
- ثبت مقادیر خروجی در فواصل زمانی مشخص
- اندازه‌گیری نرخ تخریب
- رفع نواقص و تکرار آزمایش در صورت لزوم

جهت دسترسی به اطلاعات لازم، بعد از آزمایشهای مرحله مقدماتی، در دو حالت آزمایشهای نهایی نیز انجام گرفته است این دو حالت نمایانگر شرایط حدی بر فیوزپلاگ می‌باشد.

در آزمایش نهایی، در حالت مخزن انباشته از رسوبات در بالادست فیوزپلاگ، تغییراتی در الگوی جریان ایجاد شده که باعث کاهش ارتفاع نهایی تخریب می‌گردد که این تغییرات در نحوه و نرخ تخریب و سرعت تخریب بدنه فیوزپلاگ تأثیر گذاشته است. بررسی اثرات گفته شده روی عملکرد فیوزپلاگ هدف عمده در آزمایشگاه بوده است. در ادامه خلاصه نتایج آورده می‌شود (لازم به توضیح است، کلیه نتایج در شرایط آزادی و عدم تاثیر برگشت آب بدست آمده است.):

۱) نتایج آزمایشات اولیه نشان داده که فیوز با هسته رسی عملکرد مناسب‌تری نسبت به فیوزپلاگ با مصالح یکنواخت دارد.
۲) میزان تراکم فیوز در نحوه و زمان شکسته‌شدن آن مستقیماً مؤثر است.
۳) بهترین تراکم‌ها بین ۷۰ تا ۸۰ درصد می‌باشد که در حالت کلی تراکم مناسب حدود ۸۰ درصد است.
۴) در تراکمهای بیش از ۸۰ درصد تأخیر در شسته‌شدن و یا عدم شستشوی فیوز مشاهده می‌شود.
۵) در تراکم‌های پایین سرعت شستشو زیاد و جریان زیادی به یکباره به پایین دست تخلیه می‌گردد.

با این اوصاف بعد از نتیجه‌گیری و انجام آزمایش‌های متعدد و انتخاب بهینه، شرایط ساخت نتایج حاصله از آزمایش مدل با تراکم ۸۰ به قرار زیر ارایه می‌گردد:

با توجه به دستیابی به شرایط مطلوب از نظر شکست و تخریب فیوزپلاگ در تراکم ۸۰ درصد و در وضعیت جدید اجرایی و انباشت رسوبات در بالادست آن، بررسی تأثیر تراکم بر تخریب در این شرایط نیز حائز اهمیت بوده و لذا آزمایش زیر در این راستا تدوین گردید.

الف) شرایط ساخت

- ساخت بدنه فیوزپلاگ در کلیه قسمتهای مربوطه با تراکم ۸۰ درصد
- اعمال شرایط شبیه‌سازی هسته رسی در ضخامت ۱/۳ هسته معمولی بر اساس توصیه USBR
- حذف لایه بتنی پوشش محافظ بالادست
- منظور نمودن شرایط انباشت مواد رسوبی در بالادست فیوزپلاگ (نشست رسوبات آورد رودخانه)

ب) شرح کامل و مراحل آزمایش در گزارش مدل ارایه شده است (Clifford and Edward, 1984).

ج-۱) شرح مراحل شسته‌شدن در مدل فیزیکی

مراحل شسته‌شدن فیوزپلاگ در این آزمایش به طور اختصار عبارت بود از:

- تخریب پایین دست کانال هادی
- شکست هسته رس
- تخریب بدنه اصلی در بالادست فیوزپلاگ و حمل رسوبات پشت آن
- تخریب بدنه اصلی در قسمت پایین دست

مشابه با آنچه که از آزمایشهای قبلی حاصل گردیده، عمل شسته شدن خاکریز با عبور جریان از تاج کانال هادی آغاز گردید. بعد از آن به تدریج شستگی توسعه یافته و پایین دست کانال هادی تقریباً پس از ۹۰ ثانیه (حدوداً ۶ دقیقه) به طور کامل تخریب گردید در این مرحله با عبور جریان آبشاری از روی هسته و شسته شدن مصالح زیر آن هسته ناگهان شکسته و حمله جریان به جناحین آغاز گردید. شکست هسته در این مرحله در حدود ۹۵ ثانیه پس از شروع تخریب اتفاق افتاد. تا این مرحله از آزمایش با وقوع کمی تأخیر در زمان، نتایج مشابه آزمایش‌های تراکم ۷۵ درصد اتفاق افتاد. در این زمان حدوداً ۳ دقیقه و ۳۰ ثانیه از شروع آزمایش گذشته و فرسایش در بالادست و بخشهایی از پایین دست فیوزپلاگ کاملاً مشهود بود. لیکن پس از این روند تخریب و افزایش عرض عبور جریان به کندی صورت گرفت. به طوری که پس از گذشت ۱۴ دقیقه (حدود ۵۴ دقیقه) از شروع تخریب جناحین کانال هادی در بدنه ا صلی تا حدود اواسط عرض اجرا شده یعنی در حدود ۴/۵ متر از هر طرف شسته شده بودند (عرض کل ۳۰ متر بوده که ۱۰ متر مربوط به کانال هادی است) به عبارت دیگر عرض عبور جریان در این زمان حدود ۱۸ متر را در بر می‌گرفت سپس به تدریج شستگی در بدنه اصلی افزایش یافته و نهایتاً پس از ۱۸ دقیقه (حدوداً ۷۰ دقیقه) کل طول فیوزپلاگ در مقابل جریان شسته شده و تخریب گردید. (شکل شماره ۵) با تخریب کامل فیوزپلاگ مصالح نشست کرده در پشت آن نیز شسته شده و به پایین دست منتقل گردید. در این حالت نیز کاهش تراز سطح آب در مخزن به چشم می‌خورد، به عبارت دیگر علیرغم تأخیر ایجاد شده در تخریب به علت افزایش میزان تراکم ساخت که باعث کند شدن روند فرسایش گردید، باز با توجه به هیدروگراف ورودی، نسبت افزایش دبی سیلاب نسبت به کاهش میزان آب مخزن ناشی از تخلیه ناگهانی آن ناچیز بوده و تراز سطح آب در مخزن تا رقوم ۲۸/۵۰ متر افت نموده است.

ج-۲) خلاصه نتایج به دست آمده

با توجه به اطلاعات ثبت شده از آزمایش، خلاصه نتایج به دست آمده به شرح زیر ارایه می‌گردند:

۱) مدت زمان تخریب فیوزپلاگ ساخته شده با تراکم ۸۰ درصد و در شرایط حذف لایه بتنی و انباشت رسوب در بالادست آن برابر با ۱۸ دقیقه (حدوداً ۱ ساعت و ۱۰ دقیقه) حاصل گردید و با توجه به

روند افزایش هیدروگراف ورودی که بسیار طولانی‌تر از این زمان می‌باشد، افت سطح آب در مخزن تا رقوم ۲۸/۵۰۰ متر بیشتر مشاهده گردید.

۲) عمل شکست با عبور جریان به عمق ۲ سانتیمتر (۳۰ سانتیمتر) از تاج کانال هادی (تراز سطح آب ۳۰/۳۰ متر در مخزن) آغاز گردید. تخریب فیوزپلاگ در ابتدا در محدوده کانال هادی دارای سرعت مناسبی بوده لیکن با تخریب کامل کانال هادی و گسترش فرسایش به بدنه اصلی، تخریب روند کندی را از خود نشان داد.

۳) مراحل مختلف شستگی در جناحین پس از شکست هسته شروع شد. با توجه به دانه‌بندی گسترده لایه‌های فیوزپلاگ در بدنه اصلی و همچنین اعمال تراکم ۸۰ درصد روند تخریب تقریباً در این نواحی کند بوده و مقدار سرعت عقب‌نشینی عرض فرسایش (R) در این حالت برابر ۰/۱۰۸ متر در دقیقه در مدل (حدوداً ۰/۲۶۶ متر در دقیقه در نمونه اصلی) به دست آمد.

۴) هسته رسی پس از خالی شدن مصالح زیر آن، سریعاً شکسته و زمان شکست آن بسیار اندک می‌نمود. لذا از این لحاظ، هسته عملکرد مناسبی را از خود نشان داد.

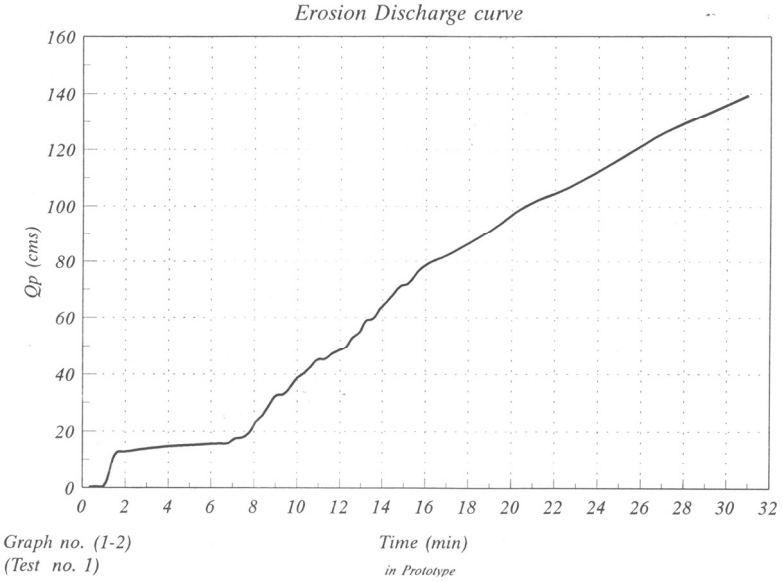
۵) مدل فیوزپلاگ در این شرایط با بروز کمی تأخیر به طور کامل شکسته شده و هیچ قسمت از آن پس از آزمایش در محل خود باقی نماند. تأخیر ایجاد شده در تخریب در این حالت باعث افزایش چندانی در سطح آب مخزن نگردید.

۶) رسوبات نشست کرده در پشت فیوزپلاگ در طول زمان تخریب و پس از تخریب کامل آن کلاً به پایین دست حمل گردیدند.

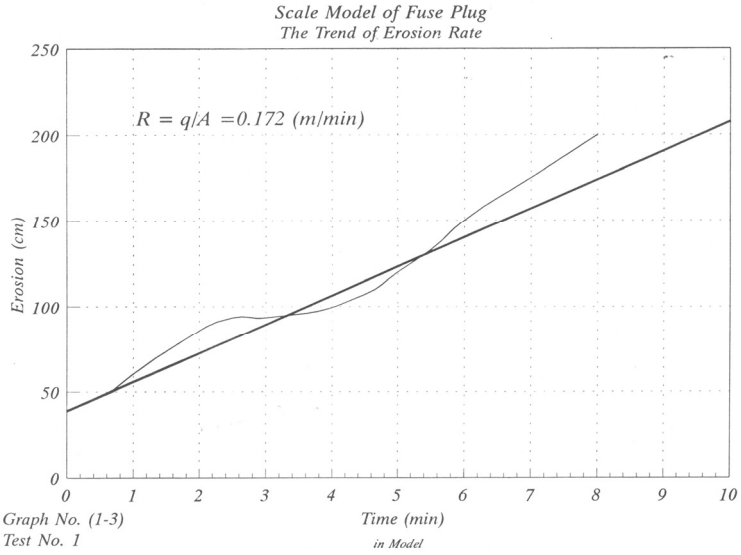
۷) سرعت شسته‌شدن و مراحل آن بر حسب زمان در طول تخریب در نمونه اصلی حاصل گردید. این زمانها عبارتند از:

- طول زمان تخریب اولیه و شکست هسته در حدود ۶۰ ثانیه (حدوداً ۴ دقیقه)
- زمان شکست کامل هسته تقریباً برابر ۱۱۰ ثانیه (حدوداً ۷ دقیقه)
- تخریب کامل کانال هادی در مدت ۲/۵ دقیقه (حدوداً ۱۰ دقیقه) و گسترش عرضی آن به طرفین
- تخریب جناحین و شکست کامل فیوزپلاگ با سرعتی معادل ۱۰/۸ سانتیمتر در ثانیه (حدود ۲۶/۶ سانتیمتر در ثانیه در نمونه اصلی)

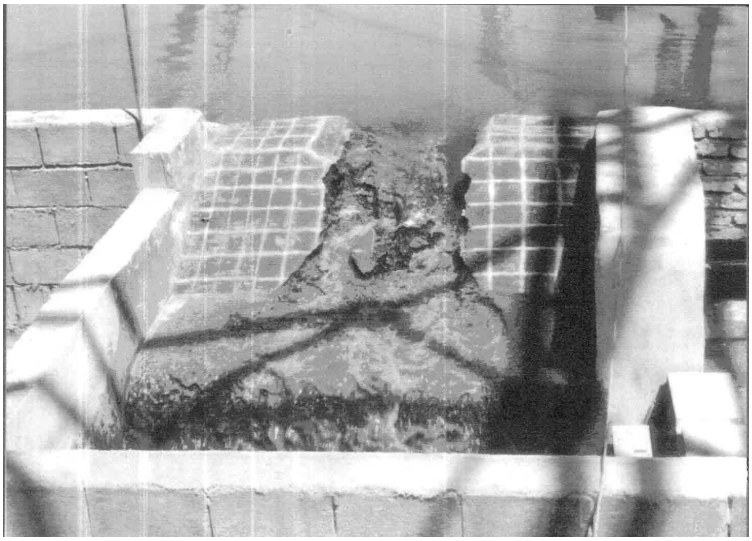
شکل‌های ۱ تا ۵ به ترتیب روند افزایش دبی تخریب، سرعت افزایش سطح فرسایش و نحوه شکست مدل فیزیکی فیوز در آزمایشگاه را نشان می‌دهند.



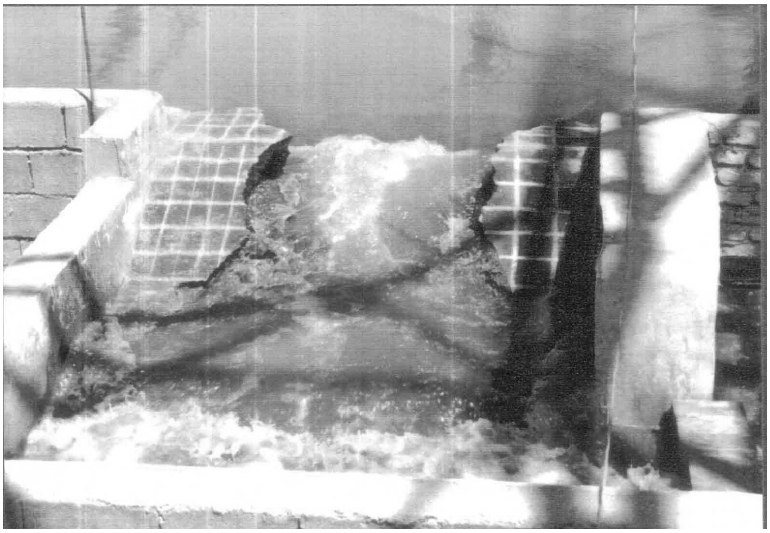
شکل ۱- روند افزایش دبی تخریب نسبت به زمان در نمونه اصلی



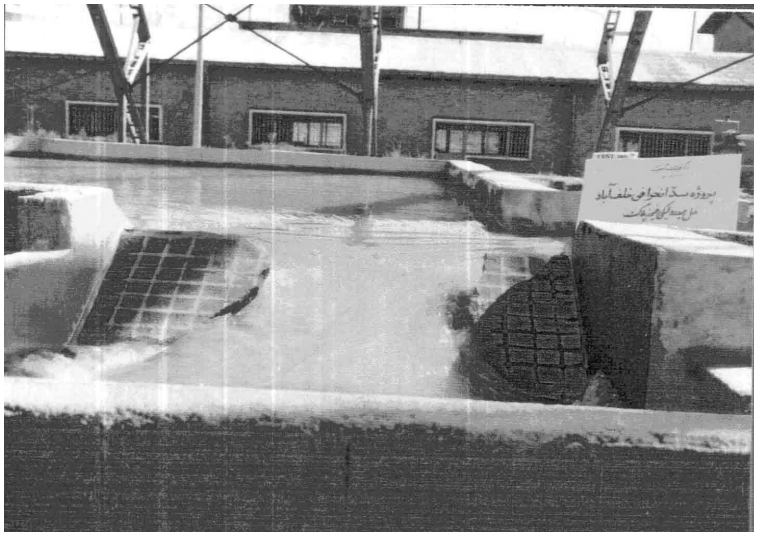
شکل ۲- سرعت افزایش سطح فرسایش نسبت به زمان در نمونه اصلی



شکل ۳- تخریب بخش‌های عمده‌ای از کانال هادی تا هسته رسی، قبل از شکست هسته و ۱ دقیقه پس از شروع تخریب؛ در این حالت عبور جریان آبشاری از روی هسته مشهود می‌باشد.



شکل ٤- تخریب کامل کانال هادی جریان همراه با شکست هسته رسی پس از گذشت ۲/۵ دقیقه از شروع تخریب؛ دبی تخلیه شده از فیوزپلاگ در این حالت یک افزایش ناگهانی داشته و معادل ٥٧/٣٦ متر مکعب در ثانیه می‌باشد.



شکل ۵- گسترش تخریب فیوزپلاگ به سمت جناحین کانال هادی همراه با حمل وسیع رسوبات نشست کرده در پشت آن به پایین دست همانگونه که مشاهده می‌گردد تخریب جناح چپ بیشتر از جناح راست می‌باشد. در این حالت ۵- ۳ دقیقه از آغاز تخریب گذشته و دبی تخلیه از طریق فیوزپلاگ ٦٧/١١٥ متر مکعب در ثانیه می‌باشد.

شکست فیوزپلاگ در سازه اصلی

(واقعه ۸۸/۹/۲۶ سد انحرافی شهدای رامشیر)

۱) شرایط آغازین، هشدار قبل از وقوع سیلاب و تخلیه مخزن سد انحرافی
۲) وقوع سیلاب و عملکرد سد انحرافی با توجه به تغییرات دبی سیلاب
۳) شکست فیوز در سد انحرافی (تصاویر)
۴) بررسی نحوه شکست فیوزپلاگ در سازه اصلی

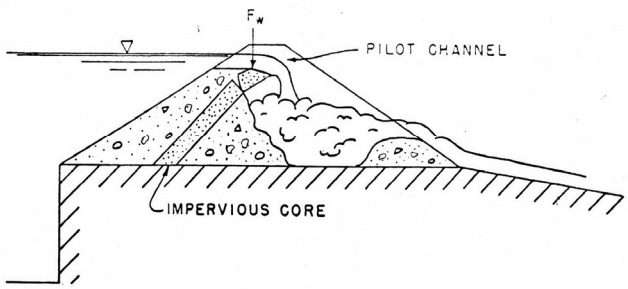
شرح شکست فیوز پلاگ

با توجه به گزارش سازمان هواشناسی و اعلام وقوع بارندگی در مورخ ۸۸/۹/۱۵ و احتمال بروز سیلاب، به منظور کنترل و ایجاد ظرفیت در سد شهدای رامشیر در مورخه ۸۸/۹/۱۴ ذخیره آب از این سد تخلیه گردید و پس از ۲۲ ساعت سیلاب عبوری از سد با دبیm^3/s ۲۱۷ شروع شد و به حداکثر مقدار m^3/s ۱۹۵۰ رسید. با این جریان آب، سرریز سد حجمی معادل ۱۷۵ میلیون متر مکعب را تا صبح روز چهارشنبه ۱۸ آذرماه عبور داده است. در این واقعه فیوز سد سالم و جریان آب بدون شکست ازسرریز ودریچه‌های سد و همچنین سرریز کنترل سیلاب عبور کرده است.

با گزارش سازمان هواشناسی در مورخه ۸۸/۹/۲۶ مبنی بر احتمال بروز سیلاب حاصل از بارندگی و به منظور کنترل سیلاب و ایجاد ظرفیت در سد انحرافی شهدای رامشیر در مورخه ۸۸/۹/۲۵، ذخیره آب این سد تخلیه گردید. در این راستا پس از ۳۶ ساعت سیلاب عبوری از سد با دبی m^3/s ۳۶۹ شروع شد و به حداکثر مقدار m^3/s ۳۶۰۰ رسیده و در اثر این سیلاب فیوز پلاگ سد انحرافی شهدای رامشیر شکسته شد. در حالت کلی با توجه به وقوع دبی افزون بر ۲۰۰۰ متر مکعب بر ثانیه عملکرد خاکریز شسته شونده متناسب با شرایط طراحی بوده و در اثر آن سایر اجزا ساختمانی حفظ و شبکه آبیاری تحت پوشش از سیل در امان مانده است.

مکانیزم شکست فیوزپلاگ

مکانیزم شکست فیوز پلاگها با توجه به آزمایشات مدل و مراجع مختلف به صورت شماتیک نشان داده شده است. شکست فیوز سد انحرافی شهدای رامشیر در اطراف کانال هادی غالباً با مکانیزمی مشابه انجام شده است (شکل‌های ۷ تا ۱۱) ولی به نظر می‌رسد به دلیل عبور ترافیک در لایه‌های خاک فوقانی تراکم بالاتر از ۸۰ در صد مصالح بدنه فیوز پلاگ حاصل شده که در مکانیزم شکست و سرعت آن مؤثر بوده است. جنس و تراکم لایه تحتانی (GC) در کندی گسترش شکست به سمت پی مؤثر بوده و ضمن کاهش دبی خروجی از فرسایش‌های توده‌ای جلوگیری شده است. مقاومت ظاهری قطعات پوشش بتنی به ابعاد حدود ۲ در ۲ متر از دیگر عوامل کاهش سرعت شکست بوده است. در عین حال با تخلیه جریان وتجمع آن در پایاب فیوز، پدیده پس‌زدگی رخ داده که در اثر کاهش نیروهای واژگونی در زمان گسترش شکست به طرفین مؤثر و به نوبه خود در نحوه و مکانیسم گسترش شکست به طرفین مجرای هادی تأثیرگذار بوده است.



شکل ٦- نحوه تخریب فیوزپلاگ با مصالح نا همگن

به طور کلی عوامل مؤثر در نحوه شکست فیوزپلاگ به قرار زیر هستند:

۱) تأثیرات نوع مصالح فیوز بالادست، پایین دست
۲) تراکم مصالح فیوز

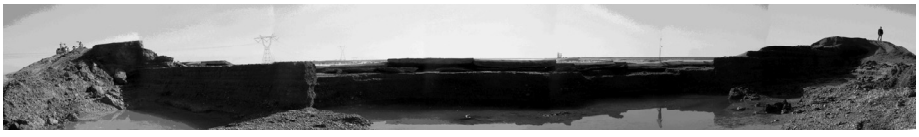
۳) تأثیرات آبگرفتگی پایین دست و افزایش تدریجی رقوم پایاب و کاهش نیروی واژگونی بر روی هسته رسی به‌هنگام گسترش شکست در طرفین
۴) تأثیرات مقاومت ظاهری پوشش بتنی
۵) عرض مجرای هادی و حد توسعه شکست در طرفین آن تأثیر تاخیری لایه GC اجرا شده تا رقوم ۲۸ متر

شکل ۷ - شستشوی سریع مصالح بالا دست هسته رسی در جهت جریان آب به سمت فیوز و سرریز کنترل سیلاب (مطابق با نتایج مدل) در اثر ایجاد جریان گردابی

شکل ۸ - شستشوی مصالح پایین دست کانال هادی با شروع جریان از مجرای هادی (مطابق با نتایج مدل)

شکل ۹- شستگی کانال هادی وعدم شستگی فیوز به علت افزایش تراکم در اثر عبور و مرور ماشین‌ها

شکل ۱۰ - داغاب پایین دست در رقوم ۲۸ متر تا روی پنجره ساختمان



شکل ۱۱ - تأثیر پایاب و کاهش نیروی واژگونی بر روی هسته رسی، ضمن ایجاد جریانات گردابی در خروجی فیوز در پایاب مصالح پایین در خارج از محدوده کانال هادی شسته شده ولی هسته رسی در کناره‌ها باقی مانده است. تأثیر مقاومت ظاهری پوشش بتنی و عدم توسعه شستگی فیوز به بالا دست پوشش بتنی در محدوده مجرای هادی و ایجاد آبشستگی به صورت آبشار

نتیجه‌گیری

خلاصه نتایج شکست فیوز در مدل با شکست در سازهٔ اصلی به صورت مقایسه‌ای در جدول ۱ ارایـه شده است:

جدول ۱- مقایسه شکست فیوز مدل و واقعی

	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
پارامتر	وجود یا عدم لایه GC در پای خاکریز	افزایش ارتفاع سریع پایاب	تناسب هندسی مجرای هادی	قطعات پوشش بتنی	مصالح فیوز	اثر پایاب	تطابق مدل ساخته شده با پرتو تیپ
مدل فیزیکی	منظور نشده	منظور نشده	۳۳٪ طول	غیر مؤثر	تراکم ۸۰ درصدی	جریان آزاد	مشکل پایاب
پرتوتیپ (واقعی)	وجود داشته	وجود داشته	۱۳٪ طول	مؤثر با مقاومت ظاهری	تراکم بالای ۸۰ درصدی	جریان مستغرق با پس‌زدگی	مغایرت جزئی در کلیه پارامترهای ۱ تا ۶
نتیجه	قابل قبول	تاحدی قابل قبول	عدم تناسب	عدم تناسب ولی تأثیرکم	تغییر وکندی شکست	تغییر مکانیزم شکست با گذشت زمان	قابل قبول

توصیه و پیشنهادات

۱- در بازسازی فیوز پلاگ از افزایش تراکم بیش از از ۸۰ درصد خودداری شود.
۲- حتی الامکان از تردد ماشین‌آلات سبک و سنگین از روی فیوز جلوگیری شود.
۳- تعداد و حد توسعه مجاری هادی فیوز به میزان ۳۳ درصد طول فیوز افزایش یابد.
۴- برای عملکرد بهتر، پوشش بتنی بالا دست با قطعات مونولیت (متر × متر) ۰/۵×۰/۵انجام شود.
۵- کنترل و بهسازی پایاب فیوز به منظور کنترل سطح آب و دبی خروجی صورت گیرد.

مراجع

۱. مؤسسه تحقیقات آب، ۱۳۷۵، گزارش میان‌مرحله‌ای مدل فیزیکی فیوز پلاگ پروژه سد انحرافی خلف آباد (شهدای رامشیر).

۲. مؤسسه تحقیقات آب، ۱۳۷۷، گزارش شماره ۵ مدل فیزیکی فیوز پلاگ پروژه سد انحرافی خلف آباد (شهدای رامشیر).

۳. مهاب قدس، ۱۳۶۷، مطالعات مرحله اول سد انحرافی و کنترل سیلاب خلف آباد (شهدای رامشیر).

۴. مهاب قدس، ۱۳۷۵، مطالعات سد انحرافی و کنترل سیلاب خلف آباد (شهدای رامشیر).

5. Cerinca, J. N. (1995), Soil mechaniccs, John Willey and Sons.

6. Clifford A. P. and Edward W. G. (1984) Fuse plug Embankments in Auxiliary Developing Design Guidelines and Parameters, Breau Of Reclamation, USA

7. Tinney E. R. and Hsu H. Y. (1962), Mechanics of washout of an erodible fuse Pluge, Transaction, Ameriacan Society of Civil Engineeriners.