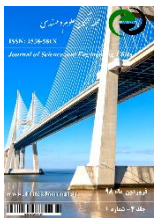
مجله نخبگان علوم و مهندسی

Journal of Science and Engineering Elites

جلد ۴- شماره ۱- سال ۱۳۹۸

www.ElitesJournal.ir



بررسی پدیده رگاب واثرات آن در شکست هیدرولیکی سدهای خاکی

میلاد ارجمند[۱*]، مبین محمدی [۲]، میثم نجفیان آذر [۳]، افشاریوسفی عباسعلیلو[۴]

۱–دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران آب و سازه های هیدرولیکی، دانشگاه سمنان

۲ و ۳–دانشجوی کارشناسی مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مراغه

۴– دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران راه وترابری، دانشگاه علم وصنعت

* Arjomand.civil@gmail.com

ارسال: اسفند ماه ۹۷ پذیرش: فروردین ماه ۹۸

چکیده

هدف اصلی مقاله حاضر بررسی پدیده رگاب واثر این پدیده در شکست هیدرولیکی سدهای خاکی می باشد.رگاب پدیده ای است که دراثر تغییر جهت حرکت آب به سمت بالا در پایین دست سازه های هیدرولیکی رخ می دهد.این پدیده یکی از مسائل مهم در شکست هیدرولیکی سدهای خاکی،تخریب کانالهای آبیاری وزهکشی محسوب می شود.با توجه به اهمیت این پدیده در سدهای خاکی وارتباط آن با شکست هیدرولیکی،در این تحقیق به علل و عوامل موثر در ایجاد رگاب،روش های کنترل وکاهش نشت از بدنه و پی سدهای خاکی،محدودیت ها وتوصیه های لازم جهت طراحی سدها برای مقابله وپیشگیری با پدیده piping ارائه خواهد گردید.

کلمات کلیدی: پدیده رگاب،شکست هیدرولیکی،سدهای خاکی،piping.

۱– مقدمه

رگاب به پدیده ای فرسایشی و در محلی که نیروی مقاومتی خاک کمتر از نیروی ناشی از نشت آب است ، به وقوع می پیوندد.در نتیجه ی این فرآیند،ذرات خاک از هم جدا شده وبه همراه جریان آب جابه جا ومنتقل می گردند. ادامه این روند موجب حفره ویا مجرا می شود که به تدریج در امتداد جریان گسترش می یابد ودرنهایت موجبات تخریب سازه را فراهم می آورد.بنابراین می توان گفت که رگاب یک فرآیند فرسایشی پسرونده است که شروع آن از نقطه ای است که شیب هیدرولیکی برای جابه جایی ذرات خاک کافی باشد.پدیده رگاب معمولا در اطراف مجاری آب،کانالهای انتقال آب،بندهای انحرافی،سدهاو...که خاک اطراف آن ها به گونه ای مناسب متراکم نشده باشد،به وقوع می پیوندد.در محل های ذکر شده تراکم خاک نسبت به بقیه نقاط کمتربوده و نفوذپذیری نسبی زیاد است و درنتیجه تمرکز آب نشتی وایجاد شیب هیدرولیکی بحرانی،رگاب حادث می گردد.براساس آمار ارائه شده از کمسیون بین المللی سدهای بزرگ(ICOLD)مشاهده می گرددکه فرسایش درونی یا Piping سهم عمده ای از

خرابی سـدهای دنیا را داراسـت.از این رو در ادامه به عوامل موثر در ایجاد رگاب وتمهیدات لازم جهت جلوگیری از این پدیده ارائه می گردد..

۲– پیشینه تحقیق

کرمی وهمکاران به مطالعه ی ارزیابی مهمترین علل تخریب و شکست در سدهای خاکی و روش های مقابله با آن پرداخته وراه کارهایی را ارائه نموده اند[۱]. سلطانی وهمکاران، با استفاده از مسلح سازی خاک با الیاف مصنوعی پدیده رگاب رابررسی نموده ونتایج حاصل نشان دهنده آن است که مسلح نمودن تصادفی خاک با الیاف مصنوعی موجب کاهش سرعت نشت وافزایش مقاومت خاک در برابر پدیده رگاب می گردد[۲].مقدس وبنی هاشمی، در مطالعه ای دیگر احتمال شکست سد گلستان در اثر فرسایش داخلی ورگاب به روش درخت رویداد با درنظرگرفتن مشخصات سازه ای سد،گزارشات زمین شناسی وژئوتکنیکی، اطلاعات ورفتارنگاری ونگهداری سد تخمین زده شده است. نتایج نشان می دهد که احتمال شکست سد گلستان در اثرفرسایش داخلی ورگاب ۵.۷۱*$۱۰^{-۴}$ می باشد[۳]. سلطان نژاد وهمکاران، آزمایشات متعددی روی نمونه های خاک های سیلتی متراکم شده وهمچنین نمونه های تراکم یافته با درصدهای گوناگون الیاف مصنوعی انجام داده وبا محاسبه شیب هیدرولیکی بحرانی ومقاومت در برابر نشت اندازه گیری شده مشاهده کردند که نمونه های خاک مسلح شده با الیاف مصنوعی دارای مقاومت کافی در برابر پدیده رگاب هستند[۴].قاسمی وهمکاران، در مقاله خود با استفاده از شبیه سازی مونت کارلو وتحلیل های تکراری با نرم افزار المان محدود،احتمال پدیده رگاب درنقاط بحرانی سد وگرادیان های خروجی در نقاط مختلف سد را بررسی نموده وبررسی های انجام شده نشان می دهد سد ایمنی لازم در مقابل پدیده رگاب را دارد[۵]. پریش در مطالعه ای دیگر به پدیده رگاب در سدهای خاکی وعوامل به وجود آورنده و راه کارهای مقابله با این پدیده را بررسی نموده است[۶]. در ادامه به تعریف و عوامل به وجود آورنده رگاب و تاثیر این پدیده در شکست هیدرولیکی سدهای خاکی خواهیم پرداخت.

۳– تعریف پدیده رگاب

نشت آب در داخل بدنه وپی سدهای خاکی در صورت افزایش شیب آبی نسبت به شیب بحرانی ،موجب به حرکت در آمدن ذرات خاک وشسته شدن آنها می گردد تا مجرائی به شکل لوله یا تونل درداخل خاک ایجاد شود وبا ازدیاد سطح مقطع آن سرعت حرکت آب نیز بیشتر شده وذرات بیشتری شسته وبه خارج حمل می شوند که در نتیجه تونل حاصله به مرور بزرگ وبزرگتر می شود وفرسایش داخلی دائما گسترش یافته ونهایتا سبب تخریب سدخاکی خواهد گردید.به طور کلی پدیده رگاب از سمت پنجه پایین دست شروع وبه سمت مخزن پیشرفت می کند وشکل کانالها ومسیرهای تشکیل یافته در اثر نشت آب تابعی از ماکزیمم نفوذ پذیری است.پدیده رگاب از عوامل رایج در بروز خرابی سدها می باشد که ایجاد نواحی کم تنش در برخی نقاط هسته زمینه ساز بروز این پدیده می باشد و از طرفی بروز این پدیده باعث کاهش فشار همه جانبه در محیط شده که این امر خود در شرایط را برای بروز شکست فراهم می آورد بنابراین می توان گفت که عوامل بروز پدیده های فرسایشی درونی از جمله رگاب در ایجاد شرایط مستعد برای شکست هیدرولیکی موثر می باشد [۷].

۴– عوامل موثر در ایجاد رگاب یا فرسایش درونی

فشار آب مخزن سد باعث ایجاد نیروی زه در داخل هسته می گردد در صورتی که نیروی مقاوم در مقابل خوردگی در یک دانه خاک کمتر از نیروی محرک زه آب روی همان دانه باشد این دانه از توده خاک جدا شده ودر صورتی که فضای مناسبی برای حرکت داشته باشد شروع به حرکت کرده و جابه جا می شود هم اکنون می توان در نظر گرفت که در وجه پایین دست هسته یک سدخاکی ،نیروی زه باعث می شود که دانه های خاک به طرف پایین دست حرکت کرده و وارد فیلتر شوند.بدین ترتیب طول مسیر زه کوتاه تر وگرادیان هیدرولیکی بالاتر می رود ونهایتا دانه های دیگر با مکانیسمی نظیر فرآیند فوق وارد فیلتر می شوند ورگاب

شکل می گیرد ودر طی آن فرسایش انجام گرفته به عقب،منجر به خرابی نهایی می گردد.بدیهی است دانه هایی از خاک که تحت تنش هستند به راحتی از توده خاک جدا نمی شوند وبنابر این اغلب شروع رگاب از ناحیه ای است که دارای سطح تنش پائینی بوده و نوعی فضای خاکی یا حفره در آنجا برای حرکت در جاهایی که هسته دارای مرز مشترک با پی سنگی است به همین صورت خطر حرکت دانه های هسته در داخل حفرات سنگی وجود دارد.همچنین از آنجا که بدنه سدهای خاکی یکپارچه نیست ومتشکل از ذرات جدا از هم است از این رو آب تحت انرژی پتانسیل موجود شروع به حرکت کرده وبه عبارتی بهتر در بدنه سد شروع به نشت می کند ونهایتا موجب تخریب سد می گردد.

۵- نشت آب و عوامل تاثیر گذار در نشت

۵-۱- ایجاد فرسایش داخلی (Piping)

یک سری اتفاقات بخاطر شسته شدن ذرات خاک و حرکت ذرات ونهایتا باعث ایجاد رگاب می گردد وبه شکست فرسایشی یا فرسایش داخلی موسوم اند.عمل رگاب در سدها تحت اثر عواملی از جمله موارد زیر می باشد:

*-عدم وجود فیلتر
*-تراکم ناقص پایین دست
*-وجود خاک های واگرا
*-عدم کارائی فیلترها
*-عدم تراکم صحیح در ترانشه های فونداسیون
*-فیلترهای درشت دانه به طوری که آب باعث شسته شدن دانه های خاک در آنها می شوند
*-سوراخ هایی که حیوانات به علت پوسیده شدن ریشه و تنه درختان به وجود آورده اند
*-وجود درزها وترک ها در پی و دیوارهای کناره سد
*-شکاف در بدنه سدها ولوله های آب ایجاد شده بخاطر حرکات زمینی
*-ناخالصی ها یا نا پیوستگی هایی که بخاطر عوامل طبیعی ،ایجاد شده اند
*-زلزله در صورت وجود فیلتر نازک و شکست فیلتر و عدم کارائی زهکش ها و...

۵-۲- شروع فرسایش پیش روند از سطح پایین دست و ریزش بدنه (Sloughing)

سلسه فرسایش وریزش پیش رونده در قسمت پایین دست سدهای خاکی کاملا با مسئله فرسایش داخلی که در قسمت قبل اشاره شده مرتبط می باشد.وقتی که دریاچه سدخاکی پر می شود معمولا قسمتی از شیب پایین دست همواره اشباع بوده و ممکن است در نقطه ای دچار ریزش یا لغزش موضعی گردد.این لغزش یا ریزش موضعی کوچک موجب افزایش شیب در آن قسمت شده وادامه نشت آب سبب اشباع شدن و نهایتا ریزش مجدد قسمتی ازشیب در آن منطقه می شود و درنتیجه قسمت ریزش کرده بزرگتر وناپایدار می شود.این عمل به تدریج آنقدر پیش می رود تا قسمت زیادی ازشیب پایین دست ریزش کند وسرانجام منجر به تخریب بدنه سد گردد.

۶- مواردی که بخاطر نشت آب ایجاد می شوند

*-اغلب زمین لغزه ها شامل شیب سدها وغیره به علت اشباع شدن به وقوع می پیوندند.
*-تخریب پی ها به علت فشار منفذی آبهای زیر زمینی
*-تخریب زیرسازی راه ها به علت عدم کنترل تراوش

*-تخریب سدها ویا شیبها به علت تراوش بیش از حد مجاز

*-پوسته پوسته شدن در پایین دست سد

*-بلند شدن قسمت پایین سد به خاطر فشار آب محبوس شده وپدیده جوشش

*-شسته شدن دانه های ریز در درون زهکش ها واز کار انداختن زهکش ها و...

۱-۶- اثرات نامطلوب نشت آب در داخل سدهای خاکی

*-به حرکت در آوردن ذرات خاک وتغییر آرایش آنها ورسوب گذاری در میان خلل وفرج ذرات بزرگتر

*-ایجاد فشار آب منفذی که موجب شناور شدن ذرات و سرانجام ایجاد پدیده جوشش ذرات خاک و خروج آنها از محل خود می شود.

*-انجام فرسایش داخلی خاک ،ایجاد حفره پیش رونده به سمت عقب ودر نهایت تخریب سد

*-ایجاد فشار منفذی که موجب کاهش فشار اعمال شده بین ذرات خاک شده ودر نتیجه سبب از بین رفتن قسمتی از مقاومت خاک ناشی از اصطکاک داخلی بین ذرات می شود.

۷- رابطه بین رگاب و شکست هیدرولیکی سدخاکی

در رگاب ،زه آب روی سطوح موثر،دانه ها را از جاکنده و جابه جا می کند این عمل باعث می شود که در مراحل اول ترک های کوچکی در درون ایجاد شود واز آنجایی که وجود ترک اولیه موجب سهولت گسترش وایجاد شکست هیدرولیکی می شود.بدین جهت رگاب وفرسایش درونی می توانند مقدمه ای برای شکست هیدرولیکی شوند ولی مهم تر از این ،نقش شکست هیدرولیکی در ایجاد رگاب است .چه بسا در اثر شکست هیدرولیکی ترک های کوچکی در بدنه سدهای خاکی ایجاد می شود ولی فشار آب در آن نقاط چندان زیاد نیست که موجبات گسترش ترک وایجاد خرابی نهایی را فراهم کند.دراین شرایط امکان وقوع فرسایش درونی و به دنبال آن رگاب وجود دارد،از طرف دیگر مکانیزم وقوع رگاب نسبت به مکانیزم گسترش ترک هیدرولیکی یک تفاوت اساسی دارد که مکانیزم پیشروی رگاب به نحوی است که خرابی از پایین دست به بالا دست کشیده می شود ونهایتا با عریض تر شدن کانال جریان خرابی کلی به وقوع می پیوندد این در حالی است که در شکست هیدرولیکی قاعدتا ساختمان توده خاک ثابت است ولی جسم خاک دچار نوعی پارگی می گردد.با توجه به تجربیات بسیاری از خرابی های سد های خاکی،نشان دهنده این مطلب است که خرابی نهایی با مشارکت هردو پدیده صورت خواهد گرفت ولی با این وجود در مواردی خرابی سدهای خاکی رگاب به عنوان پدیده مستقل مطرح می گردد.

۸-روش های مقابله با وقوع رگاب

مقاومت سد خاکی وفونداسیون در برابر رگاب به سه عامل وابسته است:

۱)پلاستیسیته

۲)دانه بندی ونوع خاک

۳)میزان تراکم

رس های پلاستیک با شاخص پلاستیک بزرگتر از ۱۵ کم تراکم وبرای سدخاکی وفونداسیون مطلوب می باشد ودر برابرpiping مقاومت زیادی ایجاد می کنند.کمترین مقاومت در برابر رگاب زمانی است که تراکم پایین بوده باشد بنابراین با انتخاب یک تراکم خوب برای خاکهای غیرچسبنده یا با چسبندگی کم می توان این مشکل را حل نمود.همچنین رگاب زمانی ایجاد می گردد که خاک یکنواخت ،ریزدانه یا ماسه ای سست باشد در این موارد اگر خاک خوب هم متراکم شده باشد باز امکان بروز مشکل می

باشد.نشت باعث کاهش مقاومت خاک شده وایجاد رگاب می کند،با طولانی تر شدن مسیر جریان در داخل سد و فونداسیون شیب هیدرولیکی کاهش یافته ومقاومت در برابر جریان افزایش می یابد که برای این منظور از مدلهای متعددی به شرح زیر می توان استفاده نمود:

*-دیوار آب بند مطابق
*-ترانشه های آب بند مطابق
*-پتوی نفوذ ناپذیر در بالادست مطابق
*-سیستم زهکشی داخلی
*-پتوی زهکشی افقی
*-زهکش های دود کشی مطابق
*-طراحی هسته یا دیوارهای بالا دست وپایین دست
*-هسته نازک نفوذ ناپذیر در شیب بالا دست مطابق و...

۹- نتیجه‌گیری

*- طراحان بایستی توجه فراوانی در شناسایی مقاومت مکانیکی میزان انعطاف پذیری وقابلیت فرسایش پذیری مصالح هسته پیش از بکارگیری آنها در بدنه سد مبذول دارند.

*- شرایط هسته و پی می بایست از لحاظ هندسی وجنس مصالح به نحوی تدارک دیده می شود که حتی المقدور از بروز نواحی کم تنش جلوگیری شود.هسته توسط نواحی مختلف پوسته جدا شود وهمچنین ضخامت و سختی مصالح آن به نحو مناسبی انتخاب گردد. درسدهایی که با هسته مرکزی باریک و قائم از مصالح نفوذ ناپذیر وتراکم پذیر ساخته شده اند امکان ترک خوردگی وجود دارد.

*- سطح تماس هسته با پی و تکیه گاه ها باید به نحو مناسبی آب بندی شود وهمچنین آب بندی آن به لحاظ جلوگیری از فرسایش ورگاب در این مرز از اهمیت بسیاری برخوردار است.اگر سطح اتصال بین پی سنگی درزه دار وهسته رسی در سدهای بزرگ مورد کم توجهی قرار گیرد.احتمال بروز حوادث وحشت ناکی نظر آنچه در سد تتن اتفاق افتاده است وجود دارد.

*- تکیه گاه هایی که دارای شیب تند ویا پله ای تند موضعی هستند نواحی کم تنش موضعی ایجاد می کنند ودر بعضی از حالتها احتمال اینکه نواحی کم تنش مذکور عامل خرابی شوند بسیار بیشتر از آن است که فشار آب مخزن ترک را به وجود بیاورد.این ترکها حتی اگر خیلی نازک هم باشند به راحتی توسط فشار آب مخزن باز و گسترش می یابند.

۱۰- مراجع

۱. کرمی،محمدرضا،موسیوند،محسن،نصیری رجبعلی،جواد،"ارزیابی مهمترین علل تخریب وشکست در سدهای خاکی وروش های مقابله با آن"،اولین کنفرانس ملی مکانیک خاک ومهندسی پی

۲. سلطانی،امین،رئیسی استبرق،علی،خطیبی،مهدی،"مسلح سازی خاک با الیاف مصنوعی جهت کنترل پدیده رگاب به کمک کاربرد تحلیل رگرسیونی"،هشتمین کنگره بین المللی مهندسی عمران،دانشکده مهندسی عمران،بابل

۳. مقدس،امیرحسین،بنی هاشمی،محمدعلی،"تخمین احتمال شکست سد گلستان در اثر فرسایش داخلی ورگاب"، هشتمین کنگره بین المللی مهندسی عمران،دانشکده مهندسی عمران،بابل

۴. سلطان نژاد،خالد،رئیسی استبرق،علی،امید،م،عبدالهی،جمال،"کنترل پدیده رگاب با مسلح نمودن خاک"،سومین سمینار ملی مسائل ژئوتکنیکی شبکه های آبیاری زهکشی

۵. قاسمی،محمودرضا،اژدری مقدم،مهدی،راشکی،محسن،" دهمین کنگره بین المللی مهندسی عمران،دانشکده مهندسی عمران،تبریز

۶. پریش،یوسف،"ارزیابی پدیده رگاب به عنوان یکی از عوامل شکست هیدرولیکی سدهای خاکی"،کنفرانس بین المللی علوم،مهندسی وتکنولوژی،کووالانپور ،مالزی

۷. مهدی بیگی،عباس،"کتاب خاکهای واگرا ونقش آنها در آبشستگی سدهای خاکی"

۸. معماران،حسین،"کتاب زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیک"،انتشارات دانشگاه تهران

۹. سلطانی،داوود،"بهسازی خاک زیر سازه های هیدرولیکی جهت کنترل پدیده نشت"،دومین کنفرانس ملی مهندسی ژئوتکنیک ایران