

مبانی بررسی پایداری دیواره‌های شیبدار در

دریاچه پشت سدها

نام کتاب: مبنای بررسی پایداری دیواره‌های شیبدار در دریاچه پشت سدها
نشریه شماره: ۵۳

تألیف: مهندس فرزانه رفیعا - مهندس بهرام امینی

ناشر: وزارت نیرو - کمیته ملی سدهای بزرگ ایران

حروفچینی و صفحه‌آرایی: شرکت وجدنگاره

چاپ و صحافی: شرکت وجدنگاره

نوبت چاپ: چاپ اول

سال انتشار: ۱۳۸۲

تیراژ: ۱۰۱۰ نسخه

شابک: ۹۶۴-۹۴۵۵۷-۷-۹

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	قدردانی
۲	پیش نوشتار
۳	پیشگفتار
۶	کلیاتی درباره دیواره‌های شیبدار شیروانی‌ها
۶	مقدمه
۶	تعاریف و مفاهیم اصلی
۱۰	عوامل مؤثر در ناپایداری
۱۰	- عوامل ساختاری
۱۷	- زمین لرزه
۱۸	- هوازدهی
۱۸	- اثر آب
۱۸	- اثر باران، اثرات فصلی
۱۸	طبقه بندی انواع ناپایداری
۱۸	- ناپایداری صفحه‌ای
۱۹	- ناپایداری گوه‌ای
۱۹	- ناپایداری دایره‌ای
۱۹	- ناپایداری واژگونی
۲۱	- ناپایداری واریزه‌ای
۲۲	تنوری احتمالات در پایداری شیروانی‌ها
۲۳	ضریب ایمنی
۲۵	نتیجه‌گیری
۲۶	بررسی‌ها و مطالعات لازم برای ارزیابی پایداری شیروانی‌ها
۲۶	مقدمه

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۲۶	گردآوری و بررسی اطلاعات موجود
۲۷	بررسی‌های زمین شناسی
۲۸	بررسی‌های زمین ساختی و تکتونیکی
۲۹	بررسی‌های زمین ریخت شناسی
۲۹	بررسی‌های ژئوفیزیکی
۳۰	مطالعات لرزه خیزی
۳۱	بررسی‌های آب‌های سطحی و زیرزمینی
۳۲	مطالعات و بررسی‌های زمین شناسی مهندسی و ژئوتکنیکی
۳۳	ایزار بندی و رفتار سنجی
۳۴	نمایش اطلاعات جمع‌آوری شده
۳۶	تأثیر آب بر پایداری کرانه‌های شیبدار مخازن سدها
۳۶	مقدمه
۳۷	تأثیر آب درونی
۴۲	تأثیر جریان آب
۵۰	تأثیر تراوش آب
۶۱	تأثیر غوطه‌وری
۶۲	تأثیر نوسان سطح آب
۶۹	تأثیر آبیگری اولیه مخزن
۷۰	تأثیر افت سریع سطح آب
۷۳	تأثیر امواج
۸۱	نتیجه‌گیری
۸۲	تحلیل پایداری شیروانی‌های سنگی مخزن سدها
۸۲	مقدمه
۸۳	مفهوم ضریب اطمینان در پایداری

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۸۳	روش‌های تخمین و تعیین عمق سطح لغزش
۸۴	رفتارنگاری و ثبت جابجایی‌ها در شیبهای ناپایدار
۸۵	تحلیل تنش مؤثر و تنش کل
۸۶	روش ترسیمی تحلیل پایداری با استفاده از روش استریو گرافیک
۸۸	تحلیل پایداری با استفاده از روش‌های تعادل حدی
۸۹	- روش‌های تحلیل تعادل حدی با فرض سطح گسیختگی خطی
۹۰	- روش‌های تحلیل تعادل حدی با فرض سطح گسیختگی غیر خطی
۹۳	تحلیل پایداری با استفاده از روشهای عددی
۹۵	تحلیل پایداری با استفاده از روش‌های آمار و احتمالات
۹۷	تحلیل پایداری با استفاده از روش‌های تحلیل برگشتی
۱۰۶	تحلیل پایداری شیب تحت بار زلزله
۱۰۷	اثرات ناشی از سقوط سنگ در مخزن
۱۰۷	مقدمه
۱۰۷	تهدید سازه‌های زیر تراز آب مخزن
۱۰۸	رسوب و کاهش حجم مفید مخزن
۱۰۸	طغیان مخازن و سرریز شدن از روی سد
۱۰۹	اثرات تخریبی امواج
۱۲۲	نتیجه گیری
۱۲۳	پیش بینی و ارزیابی رفتار خط ساحلی مخزن سدها
۱۲۳	مقدمه
۱۲۴	عوامل مؤثر در پستیروی خط ساحل
۱۲۴	- زمین لغزش
۱۲۶	- به زیر آب رفتن ساحل
۱۲۹	خطوط ایمن

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
طبقه‌بندی خط ساحل	۱۳۱
خطرات ناشی از امواج	۱۳۴
برنامه کاوش‌ها	۱۳۷
نتیجه‌گیری	۱۳۹
مثال‌هایی از لغزش‌های اتفاق افتاده	۱۴۰
مقدمه	۱۴۰
مواردی از لغزش‌های اتفاق افتاده در کشورهای مختلف	۱۴۰
- لنون نروژ	۱۴۱
- مخزن وایونت - ایتالیا	۱۴۱
- سد پونتمی ایتالیا	۱۴۴
- چونگار - پرو	۱۴۶
- ریزش‌های سویس	۱۴۶
- مخزن نورک، رودخانه و خش تاجیکستان	۱۵۰
- دریاچه فرانکلین روزولت، مخزن سد گراندکولی آمریکا	۱۵۲
- مخزن کانرئال - اتریش	۱۵۳
مواردی از لغزش‌های صورت گرفته در ایران	۱۵۴
- سد بتونی قرسی دز	۱۵۴
- سد بتونی لثیان	۱۵۷
- سدخاکی - سنگریزه‌ای مهاباد	۱۵۸
- سد درودزن	۱۶۰

قدردانی

نگارندگان این کتاب لازم می‌دانند از کلیه کسانی که به نحوی آنها را در تدوین این مجموعه یاری نموده‌اند سپاسگزاری نمایند.

از مسئولان محترم کمیته ملی سدهای بزرگ به ویژه جناب آقای مهندس بیژن فرهنگی که زمینه انجام این مطالعات را فراهم کرده‌اند، آقای مهندس مصطفی شریف زاده که بدون همکاری ایشان تهیه این مجموعه میسر نبود، خانم مهندس نوشین فلکناز برای بررسی و ویرایش نهایی، آقای داود بنی اسدی بخاطر ترسیم شکلها و نمودارهای متن و از خانم نادیاپناهی بخاطر تایپ و آماده سازی این کتاب کمال تشکر را داریم.

مؤلفان

بسمه تعالی

پیش نوشتار

سرزمین پهناور ایران در منطقه‌ای خشک و نیمه خشک قرار گرفته و توزیع ناموزون جریان‌های سطحی محدودیت‌های عمده‌ای را در امر استفاده‌ی بهینه از آب این عنصر حیاتی به وجود آورده‌است. به علاوه قسمت اعظم این جریان‌ها قبل از این‌که مورد استفاده قرار گیرند، از دسترس خارج شده و به سوی دریا سرازیر می‌گردند. از آنجایی که تأمین آب همواره نیاز اساسی بشر برای استفاده‌های کشاورزی، صنعتی و آب شرب بوده‌است، لذا مهار سیلاب‌ها و آب‌های جاری از طریق احداث سد، از کارهای اساسی و زیربنایی محسوب و برای نیل به خودکفایی اقتصادی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این نیاز از دیرباز در کشورمان مورد توجه بوده و آثار بی‌شماری از سدهای قدیمی با قدمت چند هزار ساله در گوشه و کنار این سرزمین گواه بارزی بر این مدعا است و آثاری که در این زمینه به دست آمده‌است، نشان می‌دهد که پیشینیان و نیاکان ما از قرن‌ها پیش با دانش و فن سدسازی آشنایی کامل داشته و با احداث تأسیسات آبی مختلف و انواع سدها که پس از گذشت صدها سال هنوز استوار و پایدار باقی مانده‌اند، تحسین و اعجاب متخصصان و صاحب‌نظران بین‌المللی را در عصر حاضر برانگیخته‌اند.

با پیروزی انقلاب اسلامی، صنعت سدسازی در کشور ما وارد مرحله‌ی جدیدی گردید و وزارت نیرو، نیل به خودکفایی در این زمینه را هدف اصلی و متعالی خود قرار داد. خوشبختانه پس از گذشت دو دهه، هم اکنون صنعت سدسازی به مرحله‌ای از رشد وارد شده‌است که بیشتر مراحل مطالعات، طراحی، نظارت، ساخت، مدیریت بهره‌برداری از سدها که زمانی در انحصار کارشناسان خارجی و مستلزم تحمل هزینه‌های گزاف ارزی بوده‌است، به دست توانای مهندسین ایرانی صورت می‌گیرد.

انتشار بولتن‌های سدسازی که حاوی نتایج تحقیقات و کار متخصصان و کارشناسان علوم و فنون سدسازی و سایر سازه‌های وابسته می‌باشد، می‌تواند نقش مهم و سازنده‌ای در استفاده از نوآوری‌های فن سدسازی داشته باشد و بدیهی است که همکاری متخصصان و کارشناسان این فن به نوبه‌ی خود، در تداوم، تکامل و غنای این گونه کتاب‌ها تانی بسزایی داشته و کمیته ملی سدهای بزرگ ایران را در انجام رسالت خود، یاری و مساعدت خواهد نمود. کتاب حاضر که به همت کمیته ملی سدهای بزرگ ایران در اختیار علاقه‌مندان صنعت آب کشور قرار می‌گیرد، نمره تلاش مئمر آقایان مهندس بهرام امینی و مهندس فرزانه رفیعا از اعضای کمیته ملی سدهای بزرگ ایران می‌باشد، که جا دارد از مساعی ایشان سپاسگزاری به عمل آید.

کمیته ملی سدهای بزرگ ایران

پیشگفتار :

احداث سد و ایجاد یک مخزن آب در جوار یک شیب بالقوه ناپایدار، ضمن کاهش میزان پایداری، پی آمدهای ناگوار ناشی از ریزش احتمالی را تشدید می‌کند. در واقع وجود یک مخزن پر از آب خطر ریزش یک شیروانی ناپایدار به داخل یک دره را تبدیل به خطر ریزش آن درون آب می‌کند. در صورت ریزش ناگهانی و رانش زمین به داخل مخزن، خطر امواج ضربه‌ای یا سیلابی پیش می‌آید که چه بسا سبب سرریز شدن آب از مخزن و صدمه به بدنه سد نیز می‌گردد، در این صورت خسارات وارده محدود به محیط مخزن نخواهد بود و ممکن است ایمنی کلی محدوده وسیعی از اطراف و پایین دست مخزن نیز به مخاطره افتد.

موضوع پایداری شیب سواحل در چارچوب برنامه "مدیریت شیب‌های ساحلی" قرار می‌گیرد که هدف اساسی در آن عبارت است از: "حصول اطمینان کافی از ایمنی شیبهای مجاور مخزن، به نحوی که بتوان با اطمینان مخزن را آبیگری و از آن بهره برداری نمود، بدون آنکه این کار اثرات زیست محیطی نامطلوبی دربرداشته باشد و یا سبب به مخاطره افتادن جان مردم گردد." برای رسیدن به این هدف ابزاری لازم است که از جمله می‌توان از مدیریت ریسک به عنوان ابزار مهمی در این راه یاد کرد.

شیبهایی که در شرایط مرزی پایداری قرار دارند، حتی اگر عملیات پایدارسازی روی آنها اجرا شود، پس از آبیگری مخزن، ممکن است ناپایدار شده و مخزن را در معرض خطر قرار دهند. در بسیاری از موارد، تغییرات اندکی در میزان پایداری ممکن است احتمال ریزش شیب را به میزان وسیعی افزایش دهد.

سرعت حرکت شیب گاهی به تغییرات کوچک در ضریب اطمینان حساس است. در بیشتر موارد "تغییر سرعت حرکت" پارامتر کلیدی در ارزیابی رفتار یک شیب و تبدیل آن از حالت پایدار به یک ریزش ناگهانی، به شمار می‌آید.

مساله ناپایداری شیبهای مجاور دریاچه مخازن، هزینه‌های پروژه را افزایش می‌دهد و چه بسا سبب تاخیر در بهره برداری شده و یا حتی بر موجودیت طرح نیز تاثیر می‌گذارد. انجام

مطالعات کامل و برنامه ریزی شده امکان شناسایی و ارزیابی مشکلات و مسایل را پیش از بروز آنها فراهم می آورد. در این صورت است که می توان نتایج حاصل از ریزش را ارزیابی کرد و در صورت نیاز، اقدامات پیشگیرانه را پیش از آنکه خسارات سنگینی به بار آید، به انجام رساند.

بررسیهای انجام شده توسط ICOLD نشان می دهد که حدود ۳۶ درصد از زمین لغزه های مجاور مخازن سدها در فاز مطالعات و بقیه در خلال مراحل بعدی پروژه شناسایی شده اند. لغزشهایی که در طول مدت ساخت یا بهره برداری روی می دهد، گاه مخارج سنگین پیش بینی نشده ای را به طرح تحمیل می کند که علاوه بر ایمنی، بر اقتصاد پروژه نیز اثر نامطلوب خواهد داشت.

مطالعات نشان می دهد که زمین لغزهای قدیمی بیشترین مشکلات را برای مخازن در حال بهره برداری ایجاد می کند. حداقل ۷۵ درصد از زمین لغزه های شناخته شده در مخازن، قدیمی می باشند. در متون فنی موارد زیادی از زمین لغزه های بسیار بزرگ گزارش شده است. در مواردی که این زمین لغزه ها نیاز به پایداری سازی دارند، معمولاً موثرترین و ارزاترین روش ها، اجرای برنامه های زهکشی، اصلاح هندسی یا نسطیح و سکوم سازی در پاشنه شیب می باشد.

در هر ارزیابی، ضروری است که هم پایداری کلی و هم پایداری بخشهای مختلف یک شیب مورد مطالعه قرار گیرد. با این ترتیب می توان روش بهسازی مناسبی را برای شیب، با صرف حداقل هزینه تعیین و اجرا کرد. در غالب موارد، با بهسازی بخش نسبتاً کوچکی از شیب، افزایش چشمگیری در پایداری آن حاصل می گردد.

پس از شکل گیری دریاچه مخزن، ابزار کلیدی برای اطمینان از اینکه حاشیه ایمنی قابل قبولی بدست آمده، رفتارسنجی، پایش و مشاهده عینی است. برای مخازنی که در آنها احتمال بروز ناپایداری های فاجعه آمیز وجود دارد، توصیه می شود که یک برنامه پایش و بررسی فنی عملکرد شیب سواحل مخازن، تا زمان رسیدن سواحل به پایداری کامل و در صورت لزوم در تمام طول عمر پروژه، صورت گیرد.

ناپایداری سواحل عموماً در طول زمان آبرگیری مخازن و در سالهای اولیه بهره برداری از آنها رخ می‌دهد. شرایط حاد بارگذاری مرتبط با حوادث طبیعی غیرمترقبه نظیر زمین لرزه یا بارشهای سنگین، معمولاً تا سالها پس از شکل گیری مخزن رخ نمی‌دهد. به دلایل فوق پایداری سواحل شیب دار مخازن را بایستی از مسایل مهم در ساخت و بهره‌برداری سدها دانست و به عنوان بخشی از برنامه دراز مدت ایمنی سد و مخزن به شمار آورد.

در این مجموعه سعی شده موضوع ناپایداری سواحل مخازن، علل بروز مشکلات و پی آمدهای آن مورد بررسی قرار گیرد. در فصل اول، ضمن آشنایی با مفاهیم و تعاریف متداول به عوامل موثر، طبقه بندی و روشهای ارزیابی ناپایداریها پرداخته می‌شود. در فصل دوم، بررسیها و مطالعاتی که برای ارزیابی شیبها لازم است و در فصل سوم، تاثیر آب، به عنوان یکی از مهمترین عوامل در ناپایداری سواحل مخازن، مورد توجه قرار می‌گیرد. در فصل چهارم، به شیوه‌هایی متداول تحلیل پایداری شیبها، در فصل پنجم، به اثرات سوء ناشی از سقوط سنگ در مخزن پرداخته می‌شود. در فصل ششم، پس از تعریف خط ساحلی، روش پیش بینی رفتار خط ساحلی مورد بحث قرار می‌گیرد. در خاتمه، در فصل هفتم برای روشن شدن اهمیت موضوع، مثالهایی از لغزشهایی که در ایران و جهان به وقوع پیوسته ارایه می‌گردد. امید است که این مجموعه بتواند خدمت کوچکی به مهندسی سدسازی و صنعت آب کشور به شمار آید.

کلیاتی درباره دیواره‌های شیبدار و شیروانی‌ها

مقدمه :

معمولاً^۱ در کناره سدها و حاشیه مخازن آنها، ترانشه راهها، دهانه‌های ورودی و خروجی تورلها و معادن و وباز دامنه‌های شیبدار وجود دارد که ناپایداری آنها سبب بروز نگرانی و خسارتهایی با درجات مختلف می‌گردد. اتفاقات و حوادث بسیاری با خسارات و تلفات متفاوت ناشی از ریزش سطوح شیبدار سنگی و غیرسنگی در گوشه و کنار جهان به ثبت رسیده است.

بررسی پایداری چنین سطوح شیبدار برای طراحی ایمن و اقتصادی سازه‌های عمرانی و ژئوتکنیکی، به ویژه سازه‌های هیدرولیکی اجتناب ناپذیر است. این بررسی‌ها شامل سه مرحله عمده است : " شناسایی عوامل ناپایدارکننده و تعیین پارامترهای ژئومکانیکی لازم، تحلیل برای اطمینان از پایداری شیب تحت زاویه و ارتفاع معین، و بالاخره طراحی و اجرای سیستم پایدارسازی یا بهسازی دامنه با توجه به عامل ناپایداری". در فصل نخست، کلیاتی درباره پایداری شیروانیها مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

تعاریف و مفاهیم اصلی :

اصطلاح‌های شیب، دیواره شیبدار یا دامنه یا شیروانی^۱ به توده‌ای از مصالح سنگی یا خاکی در سطح زمین گفته می‌شود که حداقل دارای دو سطح آزاد باشد. این دو سطح متقاطع، چنانچه در شکل (۱-۱) نشان داده شده‌است، به ترتیب سطح شیروانی^۲ و سطح فوقانی شیروانی نامیده می‌شوند. زاویه شیب رویه بالایی همواره از زاویه رویه شیروانی کمتر است. سطح یا صفحه‌ای که لغزش بر روی آن، درون توده سنگ یا خاک شیروانی رخ می‌دهد، سطح

1- Slope

2- Slope Surface