

کمیته ملی سدهای بزرگ ایران
وزارت نیرو

ناپایداری در شیروانی مخازن سدها

شناسایی، توصیف و روش‌های مقابله

دکتر کاوه آهنگری

مهندس مانتیو گلستانی‌فر

مهندس محسن عباس‌زاده

۱۳۹۶

سرشناسه	:	آهنگری، کاوه، ۱۳۵۲ -
عنوان و نام پدیدآور	:	ناپایداری در شیروانی مخازن سدها: شناسایی، توصیف و روش های مقابله/تألیف کاوه آهنگری، مجتبی گلستانی فر و محسن عباس زاده مطلق.
مشخصات نشر	:	تهران: کمیته ملی سدهای بزرگ ایران، ۱۳۹۶.
مشخصات ظاهری	:	۱۳۹ ص.
شابک	:	۹۷۸-۹۶۴-۸۴۶۰-۶۴-۳
وضعیت فهرست نویسی	:	فیب
یادداشت	:	کتابنامه: ص. [۱۳۷]-۱۳۹.
موضوع	:	سدهای خاکی -- طرح و ساختمان Earth dams -- Design and construction
موضوع	:	سد و سدسازی -- شکستگی Dam failures
موضوع	:	سد و سدسازی -- شکستگی -- پیشگیری Dam failures -- Prevention
موضوع	:	سد و سدسازی -- پیش بینی های ایمنی Dam safety
موضوع	:	زمین لغزه Landslides
موضوع	:	سدها (مکانیک خاک) -- پایداری Slopes (Soil mechanics) -- Stability
شناسه افزوده	:	۱۳۶۰ -
شناسه افزوده	:	عباس زاده مطلق، محسن، ۱۳۵۸ -
شناسه افزوده	:	کمیته ملی سدهای بزرگ ایران
رده بندی کنگره	:	۵۴۳/۱۰۲: ۱۳۶
رده بندی دیویی	:	۶۲۷/۸۳
شماره کتابشناسی ملی	:	۴۸۴۷۱۸

◀ عنوان: ناپایداری در شیروانی و مخازن سدها (شناسایی، توصیف و روش های مقابله)

◀ تألیف: دکتر کاوه آهنگری، مهندس مجتبی گلستانی فر، محسن عباس زاده مطلق

◀ ناشر: وزارت نیرو - کمیته ملی سدهای بزرگ ایران

◀ نوبت چاپ: چاپ اول

◀ سال انتشار: ۱۳۹۶

◀ تیراژ: ۱۰۰۰ جلد

◀ صفحه آرای: اوستای پارسیان

◀ شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۸۴۶۰-۶۴-۳

◀ قیمت: ۴۵۰۰۰۰ ریال

◀ نشانی: تهران- خ وحید دستگردی (ظفر شرقی)- خ شهید کارگزار- کوچه شهرساز- پلاک ۱-

کمیته ملی سدهای بزرگ ایران- تلفن: ۲۲۲۲۵۷۵۶-۲۲۲۵۷۳۳۸- نمابر:

پیش نوشتار

سرزمین پهناور ایران در منطقه‌ای خشک و نیمه خشک قرار گرفته و توزیع ناموزون جریان‌های سطحی محدودیت‌های عمده‌ای را در امر استفاده از آب این عنصر حیاتی به وجود آورده است.

به علاوه قسمت اعظم این جریان‌ها قبل از این که 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 شهرها بوده است، 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 اشوربان ملاحظه 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 آمده است، 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، دین سپاس و اعجاب متخصصان و صاحب نظران بین‌المللی را در عصر حاضر برانگیخته‌اند.

با پیروزی انقلاب اسلامی، صنعت سدسازی در کشور ما وارد مرحله جدیدی گردیده و وزارت نیرو، نیل به خودکفایی در این زمینه را هدف اصلی و متعالی خود قرار داده است.

خوشبختانه پس از گذشته نزدیک به سه دهه هم اکنون صنعت سدسازی به مرحله‌ای از رشد وارد شده است که بیشتر مراحل مطالعات، طراحی، نظارت، ساخت، مدیریت بهره‌برداری از سدها که زمانی در انحصار کارشناسان خارجی و مستلزم تحمل هزینه‌های گزاف ارزی بوده است، به دست توانای مهندسين ایرانی صورت می‌گیرد.

انتشار بولتن‌های سدسازی که حاوی نتایج تحقیقات و کار متخصصان و کارشناسان علوم و فنون سدسازی و همچنین حاوی نتایج مطالعات روی مسایل ویژه طرح آبی می‌باشد، می‌تواند

نقش مهم و سازنده‌ای در استفاده از نوآوری‌های فن سدسازی داشته باشد و بدیهی است که همکاری متخصصان و کارشناسان این فن نیز به نوبه خود، در تداوم، تکامل و غنای این گونه کتاب‌ها تأثیر به‌سزا 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 علاقمندان صنعت آب کشور قرار می‌گیرد، ثمره تالیف آقایان دکتر کاوه آهنگری، مهندس مجتبی گلستانی‌فر و مهندس محسن عباس‌زاده از اعضای کمیته تخصصی بازرسی فنی سدها می‌باشد که می‌تواند برای مهندسان، کارشناسان و دست‌اندرکاران این رشته سودمند واقع شود.

جا دارد از مساعی کمیته ملی سدهای بزرگ ایران که در تهیه مجموعه حاضر تلاش نمودند، قدردانی کرده و موفقیت این که ملی را در انجام خدمات علمی و فنی از درگاه ایزدمنان مسئلت نماید.

رحیم میدانی

معاون مدیر در امور آب و آبفا و

قائم مقام رئیس شورای عالی ملی سدهای بزرگ ایران

پدیده زمین لغزش در مخازن سدها و شیروانی‌های مجاور، یکی از مشکلات عمده در هندسه اجرا و بهره‌برداری پروژه‌های سدسازی است. با توجه به حساسیت سازه و اهمیت پیامدهای زمین لغزش در مخازن سدها، بررسی امکان وقوع لغزش‌ها یکی از مراحل اصلی در انتخاب موقعیت ساختگاه سد و مراحل اجرا و بهره‌برداری آن است. وقوع این پدیده با توجه به موقعیت رازگیری می‌تواند موجب کاهش عمر مفید مخزن و یا حتی تخریب کل سازه سد بر اثر موج القایی و سرریز شدن و وقوع سیل در پایین دست شود. معمولاً بحرانی‌ترین زمان برای زمین لغزش در سازه‌ها همراه با آبرگیری و یا پس از گذشت حداکثر دو سال از آن است. با توجه به تنوع ریسک لغزش، مکانیسم گسیختگی و همچنین چگونگی شرایط محیطی، انتخاب یک یا چند روش مناسب، جهت تعیین و یا کاهش ریسک لغزش به عوامل متعددی وابسته می‌باشد که لازم است با شناسایی و درک صحیح مشخصات زمین لغزش صورت پذیرد.

مجموعه حاضر به معرفی و طبقه‌بندی روش‌های شناسایی، توصیف و مقابله با زمین لغزش‌های مخازن سدها پرداخته که مشتمل بر ۵ بخش است. در بخش نخست به علانم و پارامترهای فعالیت در شیروانی‌های خاکی و سنگی مخازن و ریسک‌های کیفی، اندازه‌گیری و رفتارنگاری آنها پرداخته شده است. پس از آن، مولفه‌های تحلیل پایداری شامل هندسه، مصالح و پارامترهای هیدروژئولوژی به همراه مکانیسم و الگوهای گسیختگی و همچنین روش‌های آنالیز پایداری شیب در بخش دوم ارائه شده است. بخش سوم و چهارم به ترتیب طبقه‌بندی و تشریح روش‌های پایدارسازی در شیروانی‌ها با مصالح خاکی و سنگی می‌پردازد که در آن مشخصات تکنیک‌های مرسوم و شرایط به کارگیری آنها تشریح شده است. در پایان، مثال‌هایی واقعی از زمین لغزش‌های اخیر ژاپن جهت آشنایی خوانندگان با نحوه رخداد زمین لغزش در مخازن سدها ارائه شده تا با الگوی گیری از تجربیات گذشته درک مناسبی از علایم ناپایداری، علل پیدایش زمین لغزش‌ها و روش‌های مقابله و مدیریت ریسک آنها در مطالعات موردی بدست آید.

فهرست مطالب

فصل اول: علائم فعالیت در شیروانی‌های خاکی و سنگی مخازن سدها

۱۵	۱-۱- مقدمه
۱۶	۱-۲- اهمیت بررسی شیروانی‌ها در محدوده مخازن سدها
۱۷	۱-۳- بررسی پایداری شیروانی‌ها در مرحله امکان‌سنجی و انتخاب محل مخزن
۱۷	۱-۳-۱- آسیب‌پذیرترین نقاط در محدوده مخازن موجود یا مخازن مورد نظر
۱۸	۱-۳-۲- زمین لغزش‌های فعال یا خفته قدیمی
۲۰	۱-۳-۳- محدوده‌های زمین لغزش جدید
۲۰	۱-۳-۴- سرعت سس از گسیختگی و میزان جابه‌جایی توده لغزشی
۲۱	۱-۴- پتانسیل لرزش در شیروانی
۲۲	۱-۴-۱- شناسایی مناطق پرخطر
۲۲	۱-۴-۲- طبقه‌بندی واقع گسیختگی در شیروانی‌ها
۲۳	۱-۴-۳- شکل گسیختگی شیروانی براساس شرایط زمین‌شناسی
۲۸	۱-۵- فعالیت شیروانی
۲۹	۱-۵-۱- علائم اولیه فعالیت در شیروانی
۳۰	۱-۵-۲- روش‌های رفتارنگاری سطحی
۳۱	۱-۵-۲-۱- اندازه‌گیری بازشدگی ترک
۳۳	۱-۵-۲-۲- ثبت جابه‌جایی‌ها توسط دوربین نقشه‌برداری
۳۴	۱-۵-۲-۳- تصویربرداری لیزری
۳۴	۱-۵-۲-۴- شیب‌سنج
۳۵	۱-۵-۲-۵- سامانه موقعیت‌یاب جهانی (GPS)
۳۵	۱-۵-۳- روش‌های رفتارنگاری زیرسطحی
۳۶	۱-۵-۳-۱- سوند درون گمانه‌ای
۳۶	۱-۵-۳-۲- بازتابنده‌های محدوده زمانی یا TDR
۳۶	۱-۵-۳-۳- انحراف سنج‌ها
۳۷	۱-۵-۴- تفسیر داده‌ها
۳۸	۱-۵-۴-۱- نمودارهای جابه‌جایی‌زمان و سرعت-زمان
۴۲	۱-۵-۴-۲- مکانیسم شکست شیروانی

فصل دوم: مولفه‌های تحلیل پایداری در شیروانی‌های سنگی و خاکی

۴۵	۲-۱- مقدمه
۴۵	۲-۲- مولفه‌های تحلیل یک شیروانی
۴۶	۲-۲-۱- هندسه شیروانی
۴۶	۲-۲-۱-۱- زاویه شیب شیروانی
۴۷	۲-۲-۱-۲- ارتفاع شیروانی
۴۷	۲-۲- ساختار مصالح
۴۸	۲-۲-۱- مصالح یکنواخت
۴۸	۲-۲-۲- مصالح غبرکنواخت
۴۸	۲-۲-۳- مقایسه مصالح
۴۹	۲-۲-۳-۱- تغییرات در سطح محتمل لغزش
۴۹	۲-۲-۳-۲- تاثیر زمان
۴۹	۲-۲-۳-۳- شستگی مصالح، عامل کاهش مقاومت
۴۹	۲-۲-۴- نیروهای نشت
۵۰	۲-۲-۵- جریان آب
۵۱	۲-۳- شاخصه‌های شکل گسیختگی شیروانی
۵۱	۲-۳-۱- خزش
۵۱	۲-۳-۲- سقوط
۵۲	۲-۳-۳- لغزش صفحه‌ای در توده سنگ
۵۴	۲-۳-۴- لغزش‌های چرخشی در توده سنگ
۵۴	۲-۳-۵- لغزش‌های چرخشی در خاک
۵۵	۲-۳-۶- لغزش‌های پیش‌رونده
۵۵	۲-۳-۷- لغزش‌های واریزه‌ای
۵۶	۲-۳-۸- جریان‌های سریع واریزه‌ای
۵۷	۲-۳-۹- جریان‌های واریزه‌ای
۵۷	۲-۳-۱۰- جریان سنگ‌های خردشده
۵۸	۲-۳-۱۱- جریان‌های خاک و گل
۵۹	۲-۳-۱۲- لغزش بستر دریا و مخازن سدها
۶۰	۲-۴- ارزیابی شیروانی‌ها
۶۱	۲-۴-۱- تحلیل پایداری
۶۲	۲-۴-۲- انواع روش‌های تحلیل پایداری

۹۳	۳-۷-۳- بلوک های آجری
۹۳	۳-۷-۴- سنگ چینی
۹۴	۳-۸-۱- سخت کردن خاک
۹۴	۳-۸-۱- خاک و سیمان متراکم شده
۹۴	۳-۸-۲- الکترو-اسمز
۹۵	۳-۸-۳- بهسازی توسط گرما
۹۶	۳-۸-۴- ترریق
۹۷	۳-۸-۳- ترریق آهک

فصل چهارم: روش های پایدارسازی در شیروانی های سنگی

۱۰۰	۴-۱- جدا کردن سنگ بیدار
۱۰۰	۴-۲- ضربه گیرها
۱۰۱	۴-۳- کاهش شیب شیروانی
۱۰۳	۴-۴- شمع کوبی
۱۰۳	۴-۵- حفاظت از سطح
۱۰۴	۴-۵-۱- منش فولادی
۱۰۴	۴-۵-۲- شبکه های سیمی
۱۰۴	۴-۵-۳- شاتکریت
۱۰۵	۴-۶- تقویت کردن
۱۰۶	۴-۶-۱- داول
۱۰۶	۴-۶-۲- آنکور
۱۰۷	۴-۷- زهکشی
۱۰۷	۴-۷-۱- جوی های آب
۱۰۸	۴-۷-۲- ترانشه ها
۱۰۸	۴-۷-۳- لوله های زهکش افقی
۱۰۹	۴-۷-۴- تونل ها و روش های دیگر

فصل پنجم: مطالعات موردی زمین لغزش ها و روش های علاج بخشی

۱۱۱	۵-۱- مقدمه
۱۱۱	۵-۲- زمین لغزش مونتوچی
۱۱۳	۵-۳- زمین لغزش ساحل وایدن
۱۱۵	۵-۴- زمین لغزش اسکله اکوشیری

۱۱۷.....	۵-۵- زمین لغزش دوزانگاوا.....
۱۱۹.....	۵-۶- زمین لغزش ناروساوا.....
۱۲۱.....	۵-۷- زمین لغزش یوزوری هارا.....
۱۲۳.....	۵-۸- زمین لغزش ریزوکیاما.....
۱۲۶.....	۵-۹- زمین لغزش اتوشی.....
۱۲۸.....	۵-۱۰- زمین لغزش کامنوس.....
۱۳۰.....	۵-۱۱- زمین لغزش زنتو کو.....
۱۳۳.....	۵-۱۲- زمین لغزش سداهدو.....
۱۳۵.....	۵-۱۳- زمین لغزش ایچی کورا.....
۱۳۷.....	منابع.....