

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

دیوارہ آب بند سدها



# دیوارهٔ آب‌بند سدها

کمیسیون بین‌المللی سدهای بزرگ

ترجمهٔ

دکتر علی نورزاد

مصطفی جلال

۱۳۹۴

## تقدیر

سپاس خدایی را که توفیق اندوختن علم و به اشتراک گذاری آن را به جویندگان دانش می‌دهد. حال که اینجانبان مورد عنایت حضرت حق قرار گرفته‌ایم، امیدواریم حاصل آن دری به روی پژوهندگان علم و دانش باشد، اما همواره خرد جمعی است که چون طوفانی سدهای جهل را درنوردیده و افقی روشن در برابر تشنگان حقیقت می‌گشاید.

یقیناً انتشار این اثر علمی نیز بدون همراهی و حمایت بزرگوارانی که همواره ما را در نگارش، بازخوانی و ویرایش آن یاری و مساعدت نموده‌اند حاصل نمی‌شد. لذا برخورد لازم می‌دانیم ضمن قدردانی از همه عزیزانی که به نوبه خود در انتشار این کتاب سهمی داشته‌اند، از جناب آقای مهندس علیرضا سجادی، مدیرعامل محترم شرکت سایبر به پاس حمایت بی‌دریغ و مستمر از نشر و ترویج مفاهیم علمی در زمینه سدسازی، از جناب آقای مهندس مسعود جلیلی به خاطر بازخوانی و تصحیح علمی و فنی این اثر سپاسگزاری فراوان داشته باشیم. همچنین از همراهی اعضای محترم «کمیته سدهای خاکی»، کمیته ملی سدهای بزرگ ایران در ویرایش و بازخوانی متن کتاب کمال تقدیر و تشکر را داریم.

از هم‌اندیشی و همدلی بیدریغ جناب آقای دکتر رضا مسعودی معاون پژوهش و فناوری دانشگاه شهید بهشتی و همکاران محترم‌شان در انتشارات دانشگاه شهید بهشتی که همواره حامی و پشتیبان نگارندگان بوده‌اند، صمیمانه سپاسگزاریم.

در پایان از همکاران محترم دبیرخانه کمیته ملی سدهای بزرگ ایران بخصوص سرکار خانم فاطمه فراهانی و سرکار خانم شهربانو شابه‌پور تشکر و قدردانی می‌نماییم.

امید است این اثر چراغ راهی برای دانش پژوهان و مهندسان آینده ساز این مرز و بوم باشد.



## فهرست مطالب

پیشگفتار.....	نوزده
۱. مقدمه.....	۱
۲. نیاز به وجود سیستم‌های آب‌بند در پی سدها.....	۵
۱.۱.۲ کنترل تراوش از پی.....	۵
۲.۲ روش‌های کنترل گرادیان هیدرولیکی.....	۷
۱.۱.۲.۲ اصول کلی.....	۷
۲.۲.۲ بلانکت بالادست.....	۸
۳.۲.۲ دیوارهای آب‌بند ناپیوسته.....	۹
۳.۲ روش‌های کاهش مقدار نشت.....	۱۰
۱.۱.۳.۲ ملاحظات طراحی و اجرا.....	۱۰
۲.۳.۲ دیوارهای دیافراگمی.....	۱۱
۱.۱.۲.۳.۲ دیوارهای دوغابی.....	۱۲
۲.۲.۳.۲ دیوارهای دیافراگمی بتنی.....	۱۳
۳.۳.۲ دیوارهای سپری.....	۱۴
۴.۳.۲ دیوارهای شمعی.....	۱۵
۵.۳.۲ دیوارهای ارتعاشی.....	۱۶
۶.۳.۲ گالری‌های بتنی.....	۱۶
۷.۳.۲ دیوارهای ایجادشده از طریق تزریق به روش جت (Jet grouting).....	۱۷
۸.۳.۲ دیوارهای ایجادشده از طریق اختلاط در عمق.....	۱۸
۴.۲ کارایی دیوار آب‌بند.....	۱۸
۳. دیوارهای دیافراگمی.....	۲۳
۱.۳ هدف از دیوارهای دیافراگمی.....	۲۳
۲.۳ اصول اجرای دیوارهای دیافراگمی.....	۲۳
۳.۳ تاریخچه توسعه.....	۲۴

۲۴	..... ۱.۳.۳ توسعه روش احداث دیوار آببند
۲۵	..... ۲.۳.۳ روش‌های حفاری
۲۶	..... ۴.۳ روش‌های اجرا و تجهیزات
۲۶	..... ۱.۴.۳ دیوارهای راهنما
۲۶	..... ۲.۴.۳ تجهیزات حفاری ترانشه
۲۷	..... ۱.۲.۴.۳ چنگ مکانیکی با بازوی قائم (Kelly grab) و چنگ هیدرولیکی (Hydrolic grab)
۲۸	..... ۲.۲.۴.۳ چنگ بیل کابلی (Cable grab)
۳۰	..... ۳.۲.۴.۳ چنگ بیل هیدرولیکی (Hydrolic grab)
۳۳	..... ۴.۲.۴.۳ هیدرومیلیا دستگاه حفر ترانشه
۳۷	..... ۵.۲.۴.۳ حفاری بدون سیال پایدارکننده
۳۹	..... ۳.۴.۳ کنترل کیفیت
۴۰	..... ۴.۴.۳ دیوارهای آببند تک مرحله‌ای و دومرحله‌ای
۴۲	..... ۵.۳ مصالح دوغاب تثبیت‌کننده
۴۲	..... ۱.۵.۳ خصوصیات مورد نیاز دوغاب‌های بنتونیتی تازه و کنترل کیفیت
۴۲	..... ۲.۵.۳ انتخاب مصالح ضروری برای دوغاب‌های پایدارکننده
۴۶	..... ۶.۳ مصالح دیوار دیافراگمی
۴۶	..... ۱.۶.۳ نیازهای کلی
۴۸	..... ۲.۶.۳ طرح‌های اختلاط تک مرحله‌ای (دیوار سیمان-بنتونیت)
۴۹	..... ۳.۶.۳ دیوارهای خاکی - بنتونیتی (ترانشه‌های دوغابی)
۵۱	..... ۴.۶.۳ نسبت‌های اختلاط برای دیوارهای دیافراگمی بتن مقاوم
۵۳	..... ۵.۶.۳ نسبت‌های اختلاط برای دیوارهای دیافراگمی از جنس بتن پلاستیک و ملات پلاستیک
۵۳	..... ۱.۵.۶.۳ کلیات
۵۴	..... ۲.۵.۶.۳ نیازهای طراحی برای بتن پلاستیک
۵۴	..... ۳.۵.۶.۳ طراحی مخلوط‌های بتن پلاستیک
۶۰	..... ۴.۵.۶.۳ اثر محصورشدگی و تحکیم
۶۱	..... ۵.۵.۶.۳ تراوایی
۶۱	..... ۶.۵.۶.۳ مقاومت در برابر فرسایش
۶۶	..... ۷.۳ تجهیزات مناسب اختلاط برای آماده‌سازی دوغاب‌ها
۶۸	..... ۸.۳ عملکرد بلندمدت دیوارهای دیافراگمی
۶۸	..... ۱.۸.۳ عوامل مؤثر بر عملکرد بلندمدت

۶۹.....	۲.۸.۳. اثر شرایط زمین شناسی پی
۷۰.....	۳.۸.۳. نشستی‌های پس از ساخت در دیوارهای دیافراگمی
۷۵.....	۴. دیوار ارتعاشی
۷۵.....	۱.۴. هدف و کاربرد دیوارهای ارتعاشی
۷۵.....	۲.۴. اصول احداث دیوار ارتعاشی
۷۸.....	۳.۴. تاریخچه توسعه
۷۹.....	۴.۴. بررسی‌های قبلی مورد نیاز
۷۹.....	۱.۴.۴. نوع خاک
۸۰.....	۲.۴.۴. چگالی خاک
۸۱.....	۳.۴.۴. گرادیان هیدرولیکی حین ساخت
۸۱.....	۴.۴.۴. مدفون ساختن دیوار
۸۱.....	۵.۴.۴. مشخصات آب زیرزمینی
۸۱.....	۵.۴. کنترل کیفیت
۸۳.....	۶.۴. مشخصات مصالح دوغاب
۸۳.....	۱.۶.۴. مصالح پایه
۸۳.....	۱.۱.۶.۴. بنتونیت
۸۳.....	۲.۱.۶.۴. خاکستر فیلتر یا پودر سنگ
۸۳.....	۳.۱.۶.۴. سیمان
۸۳.....	۲.۶.۴. خواص مورد نیاز دوغاب‌های تازه و کنترل کیفیت
۸۶.....	۳.۶.۴. جلوگیری از تشکیل نواحی دارای ضعف، سرعت خارج کردن تیر
۸۸.....	۴.۶.۴. طرح اختلاط
۸۸.....	۵.۶.۴. خواص دوغاب‌های سخت شده
۸۹.....	۷.۴. سرعت تولید و هزینه‌ها
۹۱.....	۵. دیوار شمعی
۹۱.....	۱.۵. اصول اجرایی
۹۳.....	۲.۵. مصالح اجرا
۹۵.....	۳.۵. معیارهای طراحی
۹۶.....	۴.۵. محدودیت‌ها
۹۷.....	۵.۵. روش‌های کنترل کیفیت

۹۸	۶.۵ روش‌های تحلیلی
۹۹	۷.۵ جزئیات طراحی
۱۰۱	۶. گالری بتن افزوده
۱۰۱	۱.۶ مقدمه
۱۰۲	۲.۶ اصول اجرای گالری‌های کندوپوش
۱۰۳	۷. تزریق به روش جت (Jet grouting)
۱۰۳	۱.۷ مقدمه
۱۰۳	۲.۷ فناوری تزریق پر فشار (Jet grouting)
۱۰۳	۱.۲.۷ روش‌های بهسازی
۱۰۵	۲.۲.۷ مخلوط دوغاب
۱۰۵	۳.۲.۷ کارگاه اختلاط
۱۰۷	۴.۲.۷ شاخص‌های بهسازی
۱۰۸	۳.۷ طراحی
۱۰۸	۱.۳.۷ گام‌های طراحی
۱۰۹	۲.۳.۷ بررسی‌ها
۱۰۹	۳.۳.۷ قطر ستون منفرد
۱۱۰	۴.۳.۷ گزینه‌های طرح‌بندی
۱۱۲	۵.۳.۷ تراوایی دیوار آب‌بند
۱۱۴	۶.۳.۷ مقاومت دیوار آب‌بند
۱۱۴	۷.۳.۷ سختی دیوار آب‌بند
۱۱۴	۸.۳.۷ محدودیتها
۱۱۵	۴.۷ کنترل کیفیت
۱۱۵	۱.۴.۷ کلیات
۱۱۵	۲.۴.۷ کنترل مقدماتی
۱۱۷	۳.۴.۷ کنترل حین اجرا
۱۱۷	۱.۳.۴.۷ اندازه‌گیری‌ها
۱۱۷	۲.۳.۴.۷ داده‌های ثبت‌شده
۱۱۸	۴.۴.۷ آزمایش‌های کنترل پس از ساخت
۱۱۸	۵.۴.۷ پایش بلندمدت

۱۳۱.....	۸. اختلاط در عمق.....
۱۲۱.....	۱.۸. اصول اختلاط در عمق.....
۱۲۲.....	۲.۸. تاریخچه توسعه.....
۱۲۲.....	۳.۸. احداث دیوار آببند با انحام اختلاط در عمق.....
۱۲۳.....	۱.۳.۸. تجهیزات.....
۱۲۵.....	۲.۳.۸. طرح اختلاط.....
۱۲۶.....	۳.۳.۸. عملیات اجرایی دیوار آببند.....
۱۲۸.....	۴.۸. خواص مهندسی خاک-سیمان.....
۱۲۸.....	۱.۴.۸. مقاومت.....
۱۳۰.....	۲.۴.۸. هدایت هیدرولیکی (ضریب تراوایی)، $k$ .....
۱۳۰.....	۳.۴.۸. مدول الاستیسیته.....
۱۳۰.....	۵.۸. کاربرد دیوارهای خاکی-سیمانی.....
۱۳۰.....	۱.۵.۸. حصارهای مانع تراوش.....
۱۳۲.....	۲.۵.۸. پایدارسازی در برابر روانگرایی.....
۱۳۵.....	پیوست الف تاریخچه‌های موردی دیوارهای دیافراگمی.....
۱۳۷.....	الف. ۱. کلیات.....
۱۴۲.....	الف. ۲. سد Dhauliganga (هند).....
۱۴۲.....	الف. ۱.۲. مشخصات طرح و توصیف پروژه.....
۱۴۲.....	الف. ۲.۲. شرایط زمین‌شناسی پی سد.....
۱۴۳.....	الف. ۳.۲. بهسازی در پی.....
۱۴۳.....	الف. ۴.۲. اجرای دیوار آببند.....
۱۴۵.....	الف. ۵.۲. اتصال دیوار با المان ناتراوای خاکریز.....
۱۴۶.....	الف. ۶.۲. تحلیل‌های انجام گرفته.....
۱۴۹.....	الف. ۷.۲. عملکرد دیوار آببند.....
۱۵۱.....	الف. ۳. سد آرمینو (قبرس).....
۱۵۱.....	الف. ۱.۳. توضیح پروژه.....
۱۵۲.....	الف. ۲.۳. شرایط زمین‌شناسی پی.....
۱۵۲.....	الف. ۳.۳. بهسازی و اصلاح پی.....
۱۵۳.....	الف. ۴.۳. ساخت دیوار آببند و دیگر عملیات آببندی.....
۱۵۶.....	الف. ۵.۳. اتصال دیوار آببند به هسته نفوذناپذیر.....

۱۵۶.....	الف.۳. تحلیل عملیات .....
۱۶۰.....	الف.۴. سد غربی در طرح مخازن آب خاوری (آمریکا) .....
۱۶۰.....	الف.۱.۴. مشخصات و شرح طرح .....
۱۶۱.....	الف.۲.۴. شرایط زمین‌شناسی پی .....
۱۶۱.....	الف.۳.۴. بهسازی و اصلاح پی .....
۱۶۳.....	الف.۴.۴. عملیات احداث دیوار آب‌بند .....
۱۶۵.....	الف.۵.۴. اتصال دیوار به المان نفوذناپذیر .....
۱۶۷.....	الف.۶.۴. کنترل کیفیت .....
۱۶۹.....	الف.۵. سد ژیاپولانگدی (چین) .....
۱۶۹.....	الف.۱.۵. شرح پروژه .....
۱۶۹.....	الف.۲.۵. شرایط پی .....
۱۷۰.....	الف.۳.۵. اصلاح پی .....
۱۷۶.....	الف.۶. سد کالبون (شیلی) .....
۱۷۶.....	الف.۱.۶. مشخصات پروژه .....
۱۷۶.....	الف.۲.۶. مشخصات پی سد .....
۱۷۷.....	الف.۳.۶. اصلاح پی .....
۱۷۷.....	الف.۴.۶. احداث دیوار آب‌بند .....
۱۸۰.....	الف.۵.۶. مشخصات بتن پلاستیک .....
۱۸۲.....	الف.۶.۶. اتصال بین دیوار آب‌بند و هسته نفوذناپذیر .....
۱۸۲.....	الف.۷.۶. عملکرد دیوار آب‌بند .....
۱۸۴.....	الف.۷. سد کانونتو ویجو (شیلی) .....
۱۸۴.....	الف.۱.۷. شرح و مشخصات پروژه .....
۱۸۴.....	الف.۲.۷. شرایط پی .....
۱۸۴.....	الف.۳.۷. بهسازی پی .....
۱۸۵.....	الف.۴.۷. مشخصات بتن پلاستیک - طرح اختلاط .....
۱۹۰.....	الف.۸. آب‌بندی تکیه‌گاه سد کلیولند (کانادا) .....
۱۹۰.....	الف.۱.۸. شرح و مشخصات پروژه .....
۱۹۲.....	الف.۲.۸. احداث دیوار آب‌بند پلاستیک .....
۱۹۶.....	الف.۳.۸. ارائه تحلیل .....
۱۹۷.....	الف.۹. سد دو قلوبی باتس (آمریکا) .....

الف.۱.۹.	مشخصات و شرح پروژه	۱۹۷
الف.۲.۹.	شرایط و مشخصات پی	۱۹۸
الف.۳.۹.	بهسازی پی	۱۹۸
الف.۴.۹.	نکات ضروری در ساخت دیوار آببند	۲۰۲
الف.۵.۹.	عملیات اجرایی دیوار	۲۰۲
الف.۶.۹.	تحلیل پایداری	۲۰۳
الف.۱۰.	سد برومباخ (آلمان)	۲۰۵
الف.۱.۱۰.	مشخصات و شرح طرح	۲۰۵
الف.۲.۱۰.	شرایط زمین‌شناسی پی سد	۲۰۶
الف.۳.۱۰.	بهسازی پی	۲۰۷
الف.۴.۱۰.	اتصال دیوار آببند با خاکریز	۲۱۲
الف.۱۱.	سد تادامی (ژاپن)	۲۱۴
الف.۱.۱۱.	مشخصات و شرح طرح	۲۱۴
الف.۲.۱۱.	شرایط زمین‌شناسی پی سد	۲۱۵
الف.۳.۱۱.	اصلاح و بهسازی پی	۲۱۵
الف.۴.۱۱.	احداث دیوار آببند	۲۱۶
الف.۵.۱۱.	کنترل کیفی دیوار آببند	۲۱۶
الف.۶.۱۱.	اصلاح و بهسازی پی	۲۱۸
الف.۷.۱۱.	طرح اختلاط بتن پلاستیک	۲۱۸
الف.۸.۱۱.	عملکرد دیوار آببند	۲۲۱
الف.۱۲.	سد پریبونکا (کانادا)	۲۲۳
الف.۱.۱۲.	مشخصات و شرح طرح	۲۲۳
الف.۲.۱۲.	سد اصلی شرایط زمین‌شناسی پی	۲۲۵
الف.۳.۱۲.	سد اصلی: بهسازی پی	۲۲۵
الف.۴.۱۲.	خاکریز A: اصلاح و بهسازی پی	۲۳۹
الف.۵.۱۲.	نتیجه‌گیری	۲۴۰
الف.۱۳.	سد الف.و. واتکینز (آمریکا)	۲۴۱
الف.۱.۱۳.	مشخصات و شرح طرح	۲۴۱
الف.۲.۱۳.	شرایط زمین‌شناسی پی	۲۴۲
الف.۳.۱۳.	مشخصات طراحی برای بهسازی و اصلاح پی	۲۴۳

الف.۱۳.۴. تولید گل حفاری و ساخت دیوار آببند .....	۲۴۴
الف.۱۳.۵. نتیجه‌گیری .....	۲۴۷
الف.۱۴. دیوار آببند دوغاب خاک بنتونیت در جناح چپ سد «واناپوم» .....	۲۴۸
الف.۱۴.۱. مشخصات و شرح طرح .....	۲۴۸
الف.۱۴.۱.۱. کلیات .....	۲۴۸
الف.۱۴.۲. تکیه‌گاه و خاکریز چپ .....	۲۴۸
الف.۱۴.۳. ترانشه‌های ملات دیوار آببند .....	۲۴۹
الف.۱۴.۴. ساخت هسته نفوذناپذیر .....	۲۵۰
الف.۱۴.۲. کیفیت عملیات اجرایی .....	۲۵۰
الف.۱۴.۱.۲. هسته .....	۲۵۱
الف.۱۴.۲.۲. ترانشه‌های دیوار آببند .....	۲۵۱
الف.۱۵. سد ماناسکوان (آمریکا) .....	۲۵۴
الف.۱۵.۱. مشخصات و شرح طرح .....	۲۵۴
الف.۱۵.۲. شرایط زمین شناسی پی .....	۲۵۴
الف.۱۵.۳. بهسازی پی و کنترل نشست .....	۲۵۵
الف.۱۵.۴. طرح اختلاط مصالح پرکننده .....	۲۵۶
الف.۱۵.۵. ساخت دیوار آببند خاک بنتونیت .....	۲۵۷
الف.۱۵.۶. کنترل کیفیت .....	۲۵۸
الف.۱۵.۷. روند اجرای دیوار آببند .....	۲۵۹
الف.۱۵.۸. درس‌هایی که آموخته شد. ....	۲۶۳
<b>بیوست ب تاریخچه اجرای دیوارهای آببند از نوع VIB .....</b>	<b>۲۶۴</b>
ب.۱. بندهای روی رودخانه ایسار- بند پیلوویچ .....	۲۶۶
ب.۱.۱. مشخصات عمومی طرح .....	۲۶۶
ب.۲.۱. شرایط پی .....	۲۶۶
ب.۳.۱. ساخت دیوار آببند VIB .....	۲۶۷
ب.۴.۱. کنترل کیفی .....	۲۶۸
<b>بیوست ج تاریخچه نمونه‌های اجرا شده دیوار آببندهای از نوع شمع .....</b>	<b>۲۷۰</b>
ج.۱. کلیات .....	۲۷۲
ج.۲. سد زوکولو ایتالیا .....	۲۷۸

ج.۱.۲. مشخصات طرح	۲۷۸
ج.۲.۲. شرایط زمین شناسی پی	۲۷۸
ج.۳.۲. بهسازی پی	۲۷۹
ج.۴.۲. ساخت دیوار آببند	۲۸۱
ج.۵.۲. اتصال دیوار به رویه نفوذناپذیر بالادست	۲۸۲
ج.۶.۲. عملکرد المان آببند	۲۸۳
ج.۳. سد خائولیم (تایلند)	۲۸۵
ج.۱.۳. مشخصات و شرح طرح	۲۸۵
ج.۲.۳. شرایط زمین شناسی پی	۲۸۵
ج.۳.۳. روش‌های بهسازی پی	۲۸۷
ج.۴.۳. دیوار آببند شمعی	۲۸۸
ج.۴. سد والترف. جورج (آمریکا)	۲۹۱
ج.۱.۴. مشخصات و شرح طرح	۲۹۱
ج.۲.۴. شرایط زمین شناسی پی	۲۹۱
ج.۳.۴. تاریخچه وقوع نشت	۲۹۲
ج.۴.۴. روش بهسازی پی	۲۹۴
ج.۵.۴. ساخت دیوار آببند شمعی	۲۹۵
ج.۵. سد بیور (آمریکا)	۲۹۷
ج.۱.۵. مشخصات و شرح طرح	۲۹۷
ج.۲.۵. شرایط زمین شناسی پی	۲۹۷
ج.۳.۵. تاریخچه مشکلات نشت	۲۹۸
ج.۴.۵. روش‌های بهسازی پی	۳۰۰
ج.۵.۵. احداث دیوار آببند شمعی	۳۰۱
ج.۶.۵. اجرای دیوار آببند شمعی	۳۰۴
ج.۶. سد ولف کریک آمریکا	۳۰۶
ج.۱.۶. مقدمه	۳۰۶
ج.۲.۶. مشخصات و شرح طرح	۳۰۶
ج.۳.۶. سیمای طرح در رابطه با مشکلات آن	۳۰۸
ج.۴.۶. نشانه‌های وضعیت اضطراری	۳۱۱
ج.۵.۶. عملکرد دیوار پس از احداث	۳۱۴

۳۱۷.....	ج.۶.۶ جریان ثابت
۳۲۰.....	پیوست د نمونه‌های تاریخی گالری‌های بتنی
۳۲۲.....	د.۱.۱ سد لاهوندا (ونزوئلا)
۳۲۲.....	د.۱.۱.۱ موقعیت و مشخصات عمومی
۳۲۲.....	د.۲.۱ زمین‌شناسی
۳۲۳.....	د.۳.۱ بهسازی پی
۳۲۸.....	د.۲.۱ سد سوگاموسو در کلمبیا
۳۲۸.....	د.۱.۲ موقعیت و مشخصات عمومی سد
۳۲۸.....	د.۲.۲ شرایط زمین‌ساختی
۳۳۰.....	د.۳.۲ بهسازی پی سد
۳۳۳.....	د.۳.۱ سد سالوفاجا (اکوادور)
۳۳۳.....	د.۱.۳ موقعیت و مشخصات عمومی
۳۳۳.....	د.۲.۳ زمین‌شناسی
۳۳۴.....	د.۳.۳ بهسازی پی
۳۴۰.....	پیوست ه نمونه‌های تاریخی دیوارهای آب‌بند به روش تزریق جت
۳۴۲.....	ه.۱.۱ فرازبند SM-3 (کانادا)
۳۴۲.....	ه.۱.۱.۱ مشخصات طرح
۳۴۳.....	ه.۲.۱ شرایط زمین‌شناسی پی
۳۴۳.....	ه.۳.۱ بهسازی پی فرازبند
۳۴۴.....	ه.۴.۱ احداث دیوار آب‌بند
۳۴۷.....	ه.۵.۱ کنترل کیفیت عملیات
۳۴۸.....	ه.۶.۱ عملکرد دیوار آب‌بند
۳۵۰.....	ه.۲.۱ فرازبند ارتان (چین)
۳۵۰.....	ه.۱.۲ مشخصات طرح
۳۵۰.....	ه.۲.۲ شرایط زمین‌شناسی پی
۳۵۲.....	ه.۳.۲ طراحی دیوار آب‌بند
۳۵۴.....	ه.۴.۲ ساخت دیوار آب‌بند
۳۵۷.....	ه.۵.۲ آزمایش تزریق
۳۵۹.....	ه.۶.۲ کنترل کیفیت اجرای کار

۳۵۹.....	ه. ۷.۲. عملکرد دیوار آببند .....
۳۵۹.....	ه. ۸.۲. درس‌های آموزنده .....
۳۶۱.....	ه. ۳. سد تیکا (کنیا) .....
۳۶۱.....	ه. ۱.۳. مشخصات و شرح طرح .....
۳۶۱.....	ه. ۲.۳. شرایط زمین‌شناسی پی .....
۳۶۲.....	ه. ۳.۳. بهسازی و طراحی دیوار آببند .....
۳۶۳.....	ه. ۴.۳. آزمایش روش تزریق جت .....
۳۶۵.....	ه. ۵.۳. ساخت دیوار آببند با روش تزریق جت .....
۳۶۶.....	ه. ۶.۳. تزریق نفوذی .....
۳۶۶.....	ه. ۷.۳. نکات آموزنده .....
۳۶۸.....	ه. ۴. سد ال تامبور (کلمبیا) .....
۳۶۸.....	ه. ۱.۴. مشخصات و شرح طرح .....
۳۶۸.....	ه. ۲.۴. شرایط زمین‌شناسی پی .....
۳۶۹.....	ه. ۳.۴. بهسازی پی .....
۳۷۱.....	ه. ۴.۴. آزمایش تزریق جت .....
۳۷۲.....	ه. ۵.۴. احداث دیوار آببند با روش تزریق جت .....
۳۷۳.....	ه. ۶.۴. کنترل کیفیت .....
۳۷۴.....	ه. ۷.۴. نظارت و کارکرد دیوار .....
۳۷۵.....	ه. ۸.۴. درس‌هایی که آموخته شد .....
۳۷۸.....	بیوست و تاریخچه نمونه‌های دیوارهای آببند عمیق .....
۳۸۰.....	و. ۱. دیوار آببند در دریاچه سد جکسون (آمریکا) .....
۳۸۰.....	و. ۱.۱. مشخصات طرح و عملیات ترمیمی .....
۳۸۳.....	و. ۲.۱. مصالح مورد نیاز .....
۳۸۴.....	و. ۳.۱. کنترل کیفیت .....
۳۸۶.....	و. ۲. سرریز کوشمان (آمریکا) .....
۳۸۶.....	و. ۱.۲. مشخصات و شرح طرح .....
۳۸۶.....	و. ۲.۲. طراحی دیوار خاک-سیمانی .....
۳۸۸.....	و. ۳.۲. مشخصات مصالح مورد استفاده .....
۳۸۹.....	و. ۳. افزایش ارتفاع سد سیلونستین (آلمان) .....

۳۸۹.....	و.۱.۳. مشخصات و شرح طرح .....
۳۹۰.....	و.۲.۳. دوره اجرا و ساخت .....
۳۹۰.....	و.۳.۳. کنترل کیفیت عملیات .....
۳۹۱.....	و.۱.۳.۳. کنترل درجه حرارت (دما) .....
۳۹۱.....	و.۲.۳.۳. کنترل وزن مخصوص .....
۳۹۱.....	و.۳.۳.۳. ویسکوزیتی و عدد قیف مارش .....
۳۹۲.....	و.۴.۳.۳. مقاومت و تغییرشکل پذیری ستون خاک- سیمان سخت شده در دیوار .....
۳۹۲.....	و.۵.۳.۳. نفوذپذیری .....
۳۹۴.....	واژه نامه فارسی به انگلیسی .....
۴۰۰.....	واژه نامه انگلیسی به فارسی .....
۴۰۶.....	نمایه .....

## پیشگفتار

علاج‌بخشی و آب‌بندی زیرساخت‌ها از جمله سدهای بزرگ مخزنی و مواجهه با هر یک از معضلات چنین سازه‌های عظیمی، مستلزم بررسی کارشناسانه و رسیدگی دقیق خواهد بود. خوشبختانه در حال حاضر دانش فنی مهندسان مشاور و پیمانکاران کشور عزیزمان بسیار بالاست که مسیر روشن و شفاف‌تری را برای حل مسائل و مشکلات، پیش روی ما قرار می‌دهد. از مهم‌ترین مسائل در ساخت سدهای خاکی، جلوگیری از فرار و نفوذ آب ذخیره شده در پشت سدها از طریق پی و بدنه سد است که در صورت وقوع این امر، امکان ایجاد مشکلاتی در پایداری سد به وجود خواهد آمد. یکی از عمده‌ترین روش‌های آب‌بندی در سدهای خاکی، استفاده از دیوارهای آب‌بند است. با توجه به خصوصیات شکل‌پذیری، دیوارهای آب‌بند می‌توانند در برابر بارهای جانبی مثل زلزله و همچنین بارهای حاصل از نشست، خاصیت آب‌بندی خود را حفظ نمایند.

با در نظر گرفتن نقش کلیدی دیوارهای آب‌بند سدها و اهمیتی که در آب‌بندی سدها دارند، چون اطمینان لازم را در بهره‌برداری پایدار سدها فراهم می‌نمایند، بر آن شدیم تا کتاب حاضر را که ترجمه کاملی از بولتن کمیسیون بین‌المللی سدهای بزرگ است و تحت همین عنوان نیز به چاپ رسیده، آماده نماییم. این کتاب می‌تواند راهنمای بسیار خوبی برای مهندسان مشاور و پیمانکاران دست‌اندرکار عرصه سدسازی باشد و با توجه به فعالیت‌هایی که در این صنعت صورت می‌گیرد، بسیار ارزشمند و قابل توجه خواهد بود. یکی از ویژگی‌های ممتاز کتاب فعلی وجود مطالعات موردی متعدد از تجربیات ارزنده کشورهای مختلف دنیا است که آن را از کتاب‌های مشابه در این زمینه، متمایز و جنبه کاربردی آن را برجسته می‌سازد.

علی نورزاد

مصطفی جلال

۱۳۹۴