

**راهنمای طراحی، ساخت و کنترل کیفیت
سدهای دوزنقه‌ای
ساخته شده با شن و ماسه سیمانته (CSG)**

تالیف و تدوین:

مؤکر مهندسی سد کشور ژاپن

ویرایش سال ۲۰۱۲

مبجمین:

دکتر سمیه دری

(عضو هیأت علمی دانشگاه بناب)

دکتر محمد اسماعیل نیا عمران

(عضو هیأت علمی دانشگاه کردستان)



دانشگاه بناب

سرشناسه	: مرکز مهندسی سد ژاپن Japan Dam Engineering Center
عنوان و نام پدیدآور	: راهنمای طراحی، ساخت و کنترل کیفیت سدهای دوزنقه‌ای ساخته شده با شن و ماسه سیمانته (CSG) [مرکز مهندسی سد ژاپن]: مترجمین سمیه ملایی، محمد اسماعیل نیاعمران.
مشخصات نشر	: بناب: دانشگاه بناب، انتشارات، ۱۳۹۸.
مشخصات ظاهری	: ۴۵۳ص: مصور (رنگی)، جدول.
شابک	: ۶۰۰۰۰ ریال: 978-622-95058-7-8
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
یادداشت	: عنوان اصلی: Engineering manual for construction and quality control of trapezoidal CSG Dam
یادداشت	: کتاب حاضر قبلاً با عنوان "طرح و محاسبه سدهای دوزنقه‌ای با مصالح شن و ماسه سیمانته شده" با ترجمه علی نورزاد و حسین زاهدی توسط کمیته ملی سدهای بزرگ ایران در سال ۱۳۹۲ منتشر شده است.
یادداشت	: واژه‌نامه.
عنوان دیگر	: طرح و محاسبه سدهای دوزنقه‌ای با مصالح شن و ماسه سیمانته شده.
موضوع	: سد و سدسازی -- طرح و ساختمان
موضوع	: Dams -- Design and construction
شناسه افزوده	: ملایی، سمیه - ۱۳۳۱ - مترجم
شناسه افزوده	: اسماعیل، باعدان محمد، ۱۳۳۱ - مترجم
شناسه افزوده	: مرکز مهندسی سد ژاپن
شناسه افزوده	: Japan dam engineering center
شناسه افزوده	: دانشگاه بناب، انتشارات
رده بندی کنگره	: ۵۴۰TC
رده بندی دیویی	: ۸/۶۲۷
شماره کتابشناسی ملی	: ۵۷۱۱۷۵۱



دانشگاه بناب

عنوان:	راهنمای طراحی، ساخت و کنترل کیفیت سدهای دوزنقه‌ای ساخته شده با شن و ماسه سیمانته (CSG)
ناشر:	انتشارات دانشگاه بناب
مؤلف:	مرکز مهندسی سد ژاپن
مترجم:	سمیه ملایی، محمد اسماعیل نیاعمران
ویراستار:	علی اصغری
نوبت چاپ:	اول / ۱۳۹۸ / ۴۵۳ صفحه / قطع وزیری
محل نشر:	اختر تبریز
تیراژ:	۱۰۰۰
شابک:	978-622-95058-7-8
قیمت:	۶۰۰۰۰ تومان

سخن ناشر

از خدا جوییم توفیق ادب بی ادب محروم ماند از لطف رب

سپاس بی کران پروردگار جهانیان را که هستی مان بخشید و به مسیر علم و دانش رهنمونمان شد و به همنشینی رهروان علم و دانش مفتخرمان نموده، خوشه چینی از علم و معرفت را روزیمان ساخت.

بسیار خرسندیم که ایزد یکتا این فرصت را به ما ارزانی داشته تا گام‌هایی هرچند کوچک در راه توسعه و نشر دستاوردهای علمی کشور برداریم و با استمداد از عنایت خداوند و در پرتو همت نویسندگان، مترجمان و متخصصان مومن و متعهد بتوانیم در اعتلای علمی و فرهنگی کشور عزیزمان ایران اسلامی، سهمی هرچند ناچیز داشته باشیم.

انتشارات دانشگاه بناب با اهداف علمی و فرهنگی و در جهت ارتقای آگاهی و دانش مراکز علمی، اقدام به نشر آثار مورد نیاز جامعه علمی و دانشگاهی به قلم اساتید فرهیخته دانشگاه می‌نماید و تلاش در جهت رشد و شکوفایی هر چه بیشتر در زمینه‌های مختلف علمی را در سرلوحه فعالیت‌های خویش قرار داده است.

اگرچه تلاش برای این بوده که این مجموعه عاری از هرگونه نقص و اشتباه باشد ولی می‌دانیم کار بی نقص فقط از قلم صانع عالم حاصل می‌آید و این کار نیز بی‌خلل نیست.

لذا از همه خوانندگان، محققان و صاحب‌نظران بهت ارائه‌ی نظرات و پیشنهادات برای هرچه بهتر شدن سطح علمی انتشارات این دانشگاه یار می‌طلبیم.

ترجمه و انتشار این کتاب ارزشمند که حاصل تحقیق و اجرای تکنولوژی سدهای نوین در کشور ژاپن است، می‌تواند برای این صنعت سرشار دانش و درمان، مایه‌ی توسعه، تسریع و انتقال تکنولوژی باشد.

بر همه ما علاقمندان راه مکتب دانش عیان است که:

تکیه بر تقوی و دانش در طریقت کافریست راهرو گر صد هنر دارد توکل بایدش

انتشارات دانشگاه بناب

فهرست عناوین

مقدمه

فصل ۱ مروری بر سدهای دوزنقه‌ای CSG

۱,۱ پیشینه توسعه سدهای دوزنقه‌ای CSG

۲,۱ مروری بر سد دوزنقه‌ای CSG

۳,۱ سد دوزنقه‌ای

۱,۳,۱ تنش و مقاومت لازم (پایداری داخلی)

۲,۳,۱ واژگونی (پایداری خارجی)

۱,۳,۱ ارزش (پایداری خارجی)

۴,۱ CSG و روش اجرای CSG

۵,۱ مشخصات سدهای دوزنقه‌ای CSG

۶,۱ سدهای دوزنقه‌ای CSG و سدهای وزنی بتنی

۱,۶,۱ طراحی بدنه سد

۲,۶,۱ روند آزمایش

۳,۶,۱ شرایط سنگ فونداسیور

۴,۶,۱ ساخت

۷,۱ طراحی سدهای دوزنقه‌ای CSG

۱,۷,۱ اصول طراحی

۲,۷,۱ تحلیل تنش بدنه سد

۳,۷,۱ بارهای طراحی

۴,۷,۱ اثرات زلزله

۵,۷,۱ بررسی پایداری خارجی

۶,۷,۱ بررسی پایداری داخلی

۷,۷,۱ ضریب اطمینان

۸,۱ مشخصات CSG

۹,۱ مقاومت CSG

۱,۹,۱ تنوری نمودار لوزی شکل

۲,۹,۱ آزمایش نمونه‌های بزرگ

۳۲	۳,۹,۱ انرژی تراکم
۳۳	۱۰,۱ تهیه نمودار لوزی شکل
۳۵	۱,۱۰,۱ تست آزمایش گاهی نمونه استاندارد
۳۵	۲,۱۰,۱ تست آزمایش گاهی نمونه بزرگ
۳۷	۳,۱۰,۱ اجرای آزمایشی
۳۸	۴,۱۰,۱ تعیین نمودار لوزی شکل
۳۹	۱۱,۱ مقایسه بتن و CSG
۳۹	۱,۱۱,۱ مشخصات
۳۹	۱۱,۱ مصالح CSG
۴۰	۲,۱۱,۱ تولد CSG
۴۰	۴,۱۱,۱ مقاوت CSG
۴۵	۱۲,۱ نسبت‌های اختلاط CSG
۴۷	۱۳,۱ اجرای آزمایشی
۴۸	۱۴,۱ کنترل کیفیت
۴۸	۱,۱۴,۱ اصول کنترل کیفیت CSG
۴۸	۲,۱۴,۱ روش کنترل کیفیت CSG
۵۰	۱۵,۱ سازه بدنه سد
۵۰	۱,۱۵,۱ عملکرد لازم
۵۱	۲,۱۵,۱ سازه اصلی
۵۸	۳,۱۵,۱ سایر جزئیات ساختاری
	فصل ۲ مطالعات مصالح و آزمایش‌های CSG
۶۳	۱,۲ بررسی درجای مصالح
۶۳	۱,۱,۲ هدف بررسی‌ها
۶۳	۲,۱,۲ موارد مورد مطالعه
۶۵	۲,۲ مطالعه مصالح خام
۶۵	۱,۲,۲ هدف مطالعه
۶۶	۲,۲,۲ موارد مورد مطالعه
۶۸	۳,۲,۲ روش مطالعه
۷۴	۳,۲ آزمایش مصالح CSG

۷۴	۱,۳,۲ هدف آزمایش
۷۵	۲,۳,۲ موارد مورد مطالعه در مصالح CSG
۸۰	۳,۳,۲ تنظیم محدوده آزمایش دانه‌بندی
۸۳	۴,۳,۲ سایر آزمایش‌ها
۸۹	۴,۲ تست‌های نمونه‌های آزمایش‌گاهی از CSG
۸۹	۱,۴,۲ هدف آزمایش
۹۰	۲,۴,۲ طرح‌ریزی تست نمونه‌های آزمایش‌گاهی
۹۲	۳,۴,۲ تنظیم محدوده وزن آب واحد
۹۸	۴,۴,۲ نسبت‌های اختلاط CSG
۱۰۰	۵, ۲ تهیه نمونه‌ها
۱۰۸	۱,۴,۲ آزمایش فشاری
۱۱۰	۷,۴,۲ روش سازمانی نتایج آزمایش
۱۱۳	۸,۴,۲ آزمایش‌های دگر
۱۱۶	۹,۴,۲ روش آماده‌سازی حفری شکل
	فصل ۳ اجرای آزمایشی
۱۲۱	۱,۳ اهداف اجرای آزمایشی
۱۲۲	۲,۳ موارد تعیین و تأییدشده در طی اجرای آزمایشی
۱۲۵	۳,۳ روند اجرای آزمایشی
۱۲۶	۴,۳ شرایط اجرای آزمایشی
۱۲۸	۵,۳ چیدمان محوطه اجرای آزمایشی
۱۳۳	۶,۳ تنظیم حالات آزمایشی
۱۳۴	۷,۳ مسیربندی و تخصیصات مسیرهای محوطه اجرای آزمایشی
۱۳۷	۸,۳ تولید مصالح CSG
۱۳۹	۹,۳ اختلاط CSG
۱۴۴	۱۰,۳ حمل و ریختن CSG
۱۴۷	۱۱,۳ بررسی فراوانی غلتک‌زنی
۱۴۸	۱۲,۳ تعیین فراوانی غلتک‌زنی
۱۴۹	۱۳,۳ آزمایش پخش، تسطیح و تراکم
۱۵۶	۱۴,۳ تعیین نمودار لوزی شکل

۱۵۹	۱۵,۳ بررسی روش های کنترل کیفیت مصالح CSG
۱۶۹	۱۶,۳ آزمایش نمونه های مغزه گیری شده
۱۷۲	۱۷,۳ سایر آزمایش ها
	فصل ۴ آزمایش تأییدی
۱۷۵	۱,۴ اهداف آزمایش تأییدی
۱۷۵	۲,۴ موارد آزمایش
۱۷۷	۳,۴ تأیید کیفیت مصالح خام
۱۷۷	۴,۴ آزمایش تأییدی موارد اساسی
۱۷۷	۱,۴,۴ تأیید روش تولید CSG
۱۸۰	۲,۴,۴ تأیید عملکرد دستگاه های اختلاط CSG
۱۸۳	۳,۴,۴ تأیید فراوانی غلظت رسی
۱۹۲	۴,۴,۴ تأیید روش کنترل کیفیت
۱۹۹	۵,۴ آزمایش تعیین جزئیات مشخصات اجرا
۲۱۹	۶,۴ تسلط یافتن بر تکنیک های اجرا
	فصل ۵ کنترل کیفیت
۲۲۳	۱,۵ روش های کنترل کیفیت
۲۲۳	۱,۱,۵ اصول کنترل کیفیت
۲۲۵	۲,۱,۵ روش های کنترل کیفیت
۲۳۱	۲,۵ کنترل کیفیت مصالح خام
۲۴۱	۳,۵ کنترل کیفیت مصالح CSG
۲۴۱	۱,۳,۵ کنترل کیفیت مصالح CSG تا روز قبل از اجرا
۲۴۹	۲,۳,۵ کنترل دانه بندی و وزن آب واحد مصالح CSG در روز اجرا
۲۵۶	۳,۳,۵ مطالعه فرکانس اندازه گیری دانه بندی و میزان آب سطحی مصالح CSG در فاز اولیه اجرا
۲۵۸	۴,۵ کنترل کیفیت CSG
۲۵۸	۱,۴,۵ کنترل اندازه گیری
۲۶۴	۲,۴,۵ کنترل تناوب غلظت زنی (کنترل انرژی تراکم)
۲۶۶	۵,۵ کنترل براساس روند نوسانات چگالی برجا
۲۶۶	۱,۵,۵ کنترل براساس روند نوسانات چگالی برجا

- ۲۶۷ ۲,۵,۵ تأیید روش اندازه‌گیری چگالی برجا در فاز اولیه اجرا
- ۲۶۹ ۳,۵,۵ تأیید همبستگی چگالی برجا و چگالی نمونه بزرگ در طی فاز اولیه اجرا
- ۲۷۱ ۶,۵ کنترل براساس روند نوسانات مقاومت نمونه
- ۲۷۱ ۱,۶,۵ کنترل براساس مقاومت زودهنگام نمونه‌های استاندارد
- ۲۷۲ ۲,۶,۵ تأیید همبستگی میان مقاومت نمونه استاندارد با مقاومت نمونه بزرگ در طی فاز اولیه اجرا

۷,۵ تأیید کردن سیستم کنترل کیفیت

فصل ۶ اجرا

- ۲۷۹ ۱,۶ برنامه‌ریزی اجرا و ماشین‌آلات اجرایی
- ۲۷۹ ۱,۱,۶ برنامه‌ریزی اجرای سد دوزنقه‌ای CSG
- ۲۸۸ ۲,۱,۶ تولید، آسایش و انتقال مصالح CSG
- ۲۹۳ ۳,۱,۶ دستگاه‌های تولید CSG
- ۲۹۶ ۴,۱,۶ تجهیزات انتقال SG
- ۳۰۲ ۵,۱,۶ تجهیزات ریس CSG و روزهای ریختن
- ۳۰۴ ۶,۱,۶ تجهیزات لازم برای تولید، انتقال و ریختن بتن
- ۳۰۶ ۲,۶ حفاری فونداسیون
- ۳۰۷ ۱,۲,۶ حفاری فونداسیون قسمت‌های CSG
- ۳۱۳ ۲,۲,۶ حفاری قسمت‌های بتنی
- ۳۱۴ ۳,۲,۶ بهسازی محل چشمه‌ها
- ۳۱۸ ۴,۲,۶ بهسازی نواحی شکست
- ۳۱۹ ۳,۶ استخراج و انبار مصالح خام
- ۳۱۹ ۱,۳,۶ استخراج و انتقال مصالح خام
- ۳۲۳ ۲,۳,۶ انبار مصالح خام
- ۳۳۰ ۴,۶ روش اجرای CSG
- ۳۳۰ ۱,۴,۶ مفاهیم اصلی
- ۳۳۱ ۲,۴,۶ روش اجرای قسمت‌های در تماس با سنگ
- ۳۳۶ ۳,۴,۶ حمل، پخش، تراکم
- ۳۴۲ ۴,۴,۶ روش اجرای تاج
- ۳۴۶ ۵,۴,۶ ایجاد درز عرضی

۳۴۷	۶,۴,۶ روش اجرای لبه‌های شیب‌دار
۳۵۱	۷,۴,۶ اتمام سطوح درز بین لایه‌ها (بهسازی درزه)
۳۵۵	۸,۴,۶ اتمام درزهای شیب‌دار
۳۵۹	۹,۴,۶ مراقبت و نگهداری (عمل‌آوری)
۳۶۲	۱۰,۴,۶ مراقبت و نگهداری در کارهای زمستانی و شروع مجدد عملیات ریختن
۳۶۴	۱۱,۴,۶ محدودیت‌های ناشی از بارندگی و روش مواجه شدن با آن
۳۶۷	۱۲,۴,۶ قوانین تردد کامیون‌ها
۳۶۸	۱۳,۴,۶ تذکردهن ماشین‌های وارد شده به محل
۳۷۲	۵,۶ روش اجرای بتن
۳۷۲	۱,۵,۶ مفاهیم اساسی در اجرای بتن
۳۷۳	۲,۵,۶ اجرای بتن (کنترل فرار آب)
۳۸۰	۳,۵,۶ اجرای بتن محافظ
۳۸۲	۴,۵,۶ قالب‌های پیش‌ساخته - جعبه‌ای / پایین‌دست
۳۸۷	۵,۵,۶ بهسازی و نگهداری سطح در اجرای
۳۹۰	۶,۶ اجرای محیط اطراف سازه‌های داخلی
۳۹۰	۱,۶,۶ مفاهیم اصلی در اجرای محیط اطراف سازه‌های داخلی
۳۹۱	۲,۶,۶ اجرای گالری‌های بازدید و محیط اطراف آن
۳۹۴	۳,۶,۶ اجرای محیط اطراف سازه‌های داخلی بدنه سد - رستخانه بالادست / پایین‌دست
۴۰۰	۴,۶,۶ اجرای سرریزها (قسمت‌های آب‌ریز)
۴۰۴	۵,۶,۶ اجرای تأسیسات ورود آب
۴۰۶	۶,۶,۶ اجرای سازه تاج سد
۴۰۹	نتیجه‌گیری

پیوست‌ها

۴۱۱	پیوست ۱: معرفی سد توبتسو
۴۱۹	پیوست ۲: معرفی سد کمکی در سد کازیگاوا
۴۲۷	پیوست ۳: معرفی سد آکوکوبای

فهرست منابع

۴۳۷	واژه‌نامه
-----	-----------

در مهندسی سد همواره نیاز مبنی بر کاهش هزینه پروژه‌های سد سازی و حفاظت از محیط زیست با وجود حفظ مقاومت سازه‌ای سد در برابر خطرات طبیعی مانند زلزله و سیل وجود داشته است. برای حصول این هدف سدهای دوزنقه‌ای ساخته شده با شن و ماسه سیمانته شده (CSG^۱) توسط مهندسان و متخصصین ژاپنی معرفی شده است. معنای لغت CSG یعنی شن و ماسه سیمانی (سیمانته) شده و سد دوزنقه‌ای CSG به مفهوم سدی با مقطع دوزنقه است که با استفاده از CSG که از مصالحی که به سادگی از محل نزدیک سد به دست می‌آید تولید می‌شود، ساخته می‌گردد. اجرای این نوع سد یک تکنولوژی جدید بوده که در ژاپن و در راستای عقلانی سازی طرح، ساخت و مصالح سد ایجاد شده است. شروع توسعه سد دوزنقه‌ای CSG، به عنوان یک روش ساخت (روش CSG) برای ساخت یک سد موقت در سد ناگاشیما (سال ۱۹۹۱) بود. سپس برای استفاده از روش CSG در بدنه اصلی سد، مطالعات مختلف و آزمایش‌های بسیاری برای طراحی/تحلیل، مقاومت/چگالی، کنترل کیفیت، اختلاط/تراکم و ... صورت گرفت. در نتیجه تکنولوژی سدهای دوزنقه‌ای CSG تکمیل شده و اثرات برجسته‌ای از نظر هزینه، ایمنی و زیست محیطی به همراه داشت.

تنوری جدید سدهای دوزنقه‌ای CSG، ابتدا در سال ۲۰۰۳ برای ساخت آببند سد تایهو^۲ و در ۲۰۰۴ برای ساخت سد فرعی کاوایی در سدهای رکا^۳ به کار رفت. در ادامه سد دوزنقه‌ای CSG در بدنه اصلی سدهای توبتسو^۴ (با ارتفاع ۵۲ متر) و اوکوبای^۵ (با ارتفاع ۳۹ متر) در ۲۰۰۹ استفاده گردید (تکمیل شده در سال ۲۰۱۲). در این مسیر، مهندسان سد ژاپنی در ۲۰ سال اخیر، تلاش می‌کنند تا تکنولوژی ساخت آن را توسعه دهند. CSG یک مصالح جدید برای بدنه سد بوده و هزینه‌های ساخت سد نسبت به بتن معمولی بسیار کاهش می‌دهد. سرعت اجرای آن بسیار زیاد است و روند کار پیوسته و در حجم‌های بالا می‌باشد. به علاوه نشان داده شده است که تنش ایجاد شده در داخل بدنه سد دوزنقه‌ای CSG در طی زلزله بسیار کمتر از سدهای بتنی وزنی با شدت مطلق ملتی می‌باشد.

به عنوان یک راهنمای ساخت سد دوزنقه‌ای CSG کتاب "راهنمای مهندسان برای ساخت و کنترل کیفیت سد دوزنقه‌ای CSG" توسط مرکز مهندسی سد ژاپن، در سپتامبر ۲۰۰۷ چاپ گردید که انعکاس زیادی در جهان داشت. پس از انتشار این کتاب، سدهای دوزنقه‌ای CSG توبتسو، اوکوبای کاملاً شدند و تجارب ارزشمندی از ساخت آنها به دست آمد. در نتیجه یک کتاب اطلاعات فنی جدید "راهنمای طراحی، ساخت و کنترل کیفیت سدهای دوزنقه‌ای CSG" که شامل آخرین پیشرفت‌های طراحی، ساخت و کنترل کیفیت این سد می‌باشد، در ماه جون سال ۲۰۱۲ به چاپ رسید. کتابی که پیش رو دارید ترجمه کامل از همان کتاب است. از تمامی خوانندگان ما ضا داریم نکات نظر ارزشمند خود را در خصوص کتاب، نحوه‌ی ترجمه‌ی آن و یا هر مطلبی در خصوص سدهای CSG، می‌تواند در جهت اعتلای دانش داخلی کشور در این زمینه مؤثر باشد، برای مترجمین ارسال فرمایند. بر همه ما پویندگان راه فنی علم عیان است که:

تکیه بر تقوی و دانش در طریقت کافر نیست راهرو گر صدها را داد توکل بایدش

محمد اسماعیل نیا عمران

سمیه ملایی

m.esmaeilnia@uok.ac.ir

s.mollaei@bonabu.ac.ir

^۱ Cemented Sand and Gravel

^۲ Taiho Dam

^۳ Haizuka

^۴ Tobetsu Dam

^۵ Okukubi Dam