

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه تربیت مدرس

سدهای خاکی

و

تحلیل عددی آن

تألیف:

سیدامیرالدین صدرنژاد

دانشیار دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

صدرنژاد، امیرالدین، ۱۳۳۳-

سدهای خاکی و تحلیل عددی آن / تألیف امیرالدین صدرنژاد. --

تهران: دانشگاه شهید رجایی، ۱۳۸۴.

۷۱۲ ص: مصور، جدول، نمودار.

ISBN 964-95589-6-9

فهرست نویسی براساس اطلاعات فیبا.
نمایه.

۱. سدهای خاکی. ۲. سدهای خاکی -- طرح و محاسبه.

الف. دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی. ب. عنوان.

۶۲۷/۸۲

س ۴ ص ۵۴۳/ TC

۸۴-۲۱۷۱۴ م

کتابخانه ملی ایران



دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی

عنوان: سدهای خاکی و تحلیل عددی آن

تألیف: سید امیرالدین صدرنژاد

ناشر: دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی

چاپ اول: زمستان ۱۳۸۴

لیتوگرافی: سعیدی

چاپ: زیتون

ناظر فنی: نشر شرح

شمارگان: ۱۰۰۰ جلد

قیمت: ۵۵۰۰ تومان

ISBN 964-95589-6-9

شابک: ۹۶۴-۹۵۵۸۹-۶-۹

حق چاپ برای دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی محفوظ است.

نشانی: تهران، لویزان، کدپستی ۱۶۷۸۸- صندوق پستی ۱۶۷۸۵-۱۶۷۸۵- تلفن ۲۲۹۴۵۵۲۰-۹

نمابر ۲۲۹۳۵۰۴۰ پست الکترونیکی: sru@sru.ac.ir

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
پیشگفتار.....	۱
فصل اول: معرفی سدهای خاکی	
۱-۱) تاریخچه	۲
۱-۱-۱) تاریخچه ای از سدسازی در ایران	۲
۱-۱-۲) تاریخچه ای از سدسازی در جهان	۳
۲-۱) تقسیم بندی سدهای خاکی	۹
۱-۲-۱) سدهای خاکی همگن	۹
۲-۲-۱) سدهای غیر همگن	۹
۳-۲-۱) سدهای سنگریزه ای با هسته مرکزی	۱۰
۳-۱) انواع سدهای خاکی براساس نظریه ICOLD	۱۱
۴-۱) طبقه بندی سدها از نظر هندسی	۱۴
۵-۱) طراحی	۱۵
۶-۱) شاخص های اصلی در طراحی سد خاکی	۱۶
۷-۱) ارتفاع آزاد در تاج سد	۱۸
۸-۱) حفاظت از شیبها	۲۴
۹-۱) تونلها در زیر بدنه سد	۲۸
۱۰-۱) شرائط آب و هوایی	۳۰
۱۱-۱) شکل و اندازه دره	۳۱

فصل دوم: مراحل مختلف مطالعه یک سد خاکی

۱-۲) فاز صفر کار	۳۳
------------------------	----

- ۳۳..... ۱-۱-۲) امکان پذیری اجرای سد
- ۴۳..... ۲-۱-۲) تغییرات ناشی از ساخت سد
- ۴۵..... ۱-۲-۱-۲) تغییرات استراتژیکی
- ۴۷..... ۲-۲-۱-۲) شرایط محیط زیستی
- ۵۲..... ۳-۲-۱-۲) تغییرات اقتصادی
- ۵۲..... ۳-۱-۲) توجیه پذیری کلی پروژه از دیدگاههای نشان داده شده
- ۵۳..... ۲-۲) ساختار مهندسی پروژه
- ۵۳..... ۱-۲-۲) انتخاب نوع سد
- ۵۴..... ۲-۲-۲) موقعیت مناسب سرریز
- ۵۵..... ۳-۲-۲) وضعیت اراضی مغروق
- ۵۵..... ۴-۲-۲) اجرای سازه های جنبی ساخت سد
- ۵۶..... ۵-۲-۲) انتخاب موقعیت مناسب برای سد
- ۵۹..... ۶-۲-۲) شرایط مخزن
- ۶۱..... ۷-۲-۲) مصالح ساخت سد
- ۶۲..... ۸-۲-۲) شاخصهای موثر دیگر در انتخاب نوع سد
- ۶۴..... ۳-۲) فاز یک (امکان سنجی مهندسی)
- ۶۴..... ۱-۳-۲) انجام مطالعات هیدرولوژی سد
- ۶۴..... ۲-۳-۲) مطالعه تبخیر سالانه
- ۶۴..... ۳-۳-۲) مطالعه ژئوتکنیک و میزان نشست زمینی
- ۶۴..... ۴-۳-۲) مطالعه و محاسبه نمودار آبدهی سد
- ۶۵..... ۵-۳-۲) مطالعه و بررسی تراز سنجی آب در طول سال
- ۶-۳-۲) برنامه ریزی عملیات ساخت سد در ارتباط با شرایط هیدرولوژی
- ۶۷..... پیش بینی شده
- ۶۸..... ۷-۳-۲) مهندسی پی سد
- ۶۸..... ۱-۷-۳-۲) دیواره بتن پلاستیک
- ۶۹..... ۲-۷-۳-۲) دیواره تزریقی
- ۳-۷-۳-۲) بررسی وضعیت نشست پذیری کلی و موضعی

- ۶۹..... بستر پی و همسازی آن با بدنه سد
- ۶۹..... ۴-۷-۳-۲ مطالعه میزان نشست آب از پی سد در طول سال
- ۶۹..... ۸-۳-۲ سنگ بستر پی
- ۷۴..... ۹-۳-۲ ویژگیهای پی
- ۷۵..... ۱۰-۳-۲ روش های بررسی بستر پی در محل
- ۷۷..... ۱۱-۳-۲ استفاده از گمانه زنی و آزمایش های زیر زمینی
- ۷۹..... ۱۲-۳-۲ حرکت های تکtonیکی
- ۸۲..... ۱۳-۳-۲ تنشها در ناحیه گسل
- ۸۳..... ۴-۲ فاز دو عملیات (طراحی کامل جزئیات پروژه)
- ۸۳..... ۱-۴-۲ طرح سیستماتیک بدنه سد و پی
- ۸۳..... ۱-۴-۲ (۱-۱-۴-۲) انتخاب نوع سئ
- ۲-۱-۴-۲ بررسی و مطالعه مصالح محلی در ارتباط
- ۸۴..... با تأمین مصالح مورد نیاز
- ۸۴..... ۵-۲ مهندسی سازه های هیدرولیکی و هیدرومکانیک
- ۸۴..... ۱-۵-۲ تونل انحراف
- ۸۵..... ۲-۵-۲ سر ریز
- ۸۸..... ۳-۵-۲ تونل تحتانی
- ۹۰..... ۴-۵-۲ خروجی های میانی (روزنه ای)
- ۹۰..... ۵-۵-۲ تونل فشار و اطلاق نیروگاه
- ۹۹..... ۶-۲ وسایل کنترل و اندازه گیری

فصل سوم: تئوری حرکت زهاب

- ۱۰۴..... ۱-۳ دورنگاه به قانون جریان داریسی
- ۱۰۵..... ۲-۳ ضریب نفوذپذیری
- ۱۰۸..... ۳-۳ معادلات لاپلاس و شبکه جریان زیر زمینی
- ۱۱۲..... ۴-۳ جریان آزاد خاک
- ۱۱۳..... ۵-۳ زهاب در محیط متخلخل ناهمسان

- ۱۱۳..... (۶-۳) نیروی زهاب
- ۱۱۵..... (۷-۳) آثار نیروی زهاب
- ۱۱۶..... (۸-۳) حالت ماسه فرار (Quicksand)
- ۱۱۶..... (۹-۳) جوشش (Boiling)
- ۱۱۷..... (۱۰-۳) قلوه کن شدن پائین دست (Sloughing)
- ۱۱۹..... (۱۱-۳) نشست ناموزون و ترک خوردگی
- ۱۲۳..... (۱۲-۳) ترکهای عمقی غیر قابل مشاهده از سطح سد
- ۱۲۵..... (۱۳-۳) ترک ناشی از مقاومت مصالح
- ۱۲۶..... (۱۴-۳) نقش خرابی موضعی بر شکست هیدرولیکی
- ۱۲۷..... (۱۵-۳) پدیده رگاب و نقش آن بر شکست هیدرولیکی

فصل چهارم: روشهای کنترل زهاب

- ۱۲۹..... (۱-۴) روشهای ساخت هسته
- ۱۳۰..... (۲-۴) انتخاب مصالح هسته
- ۱۴۱..... (۳-۴) مصالح محلی مناسب برای ساخت سدهای خاکی
- ۱۴۳..... (۴-۴) جداسازی دانه های ناخواسته خارج از اندازه
- ۱۴۵..... (۵-۴) مصالح تولید شده از حفاری
- ۱۴۶..... (۶-۴) سد با هسته نفوذ ناپذیر نازک
- ۱۴۸..... (۷-۴) حداقل ضخامت هسته نفوذ ناپذیر
- ۱۵۰..... (۸-۴) هسته های قائم شیبدار
- ۱۵۱..... (۹-۴) هسته های نفوذ ناپذیر غیر خاکی
- ۱۵۹..... (۱۰-۴) ضخامت هسته نفوذ ناپذیر و زهکش ها
- ۱۶۲..... (۱۱-۴) زهکش پایین دست
- ۱۶۷..... (۱۲-۴) لایه زهکش در پنجه سد
- ۱۶۹..... (۱۳-۴) فیلتر و ناحیه انتقال دانه بندی
- ۱۷۲..... (۱۴-۴) شرایط لایه فیلتر
- ۱۷۳..... (۱۵-۴) حدود طراحی فیلتر

- ۱۶-۴) ابعاد لایه های فیلتر ۱۷۴
- ۱۷-۴) طراحی لایه انتقال دانه بندی ۱۷۶
- ۱-۱۷-۴) حدود پیشنهادی بوسیله ترزاقی ۱۷۷
- ۲-۱۷-۴) محدودیت های ارائه شده توسط U.S.B.R ۱۷۸
- ۳-۱۷-۴) توصیه های شرارد (Sherard) بر اساس نتایج تجربی ۱۷۹
- ۱۸-۴) کاربرد ژئوتکستایل بعنوان مصالح فیلتر ۱۸۰

فصل پنجم: عملکرد نوع بستر پی

- ۱-۵) بستر پی سنگی ۱۸۵
- ۲-۵) بستر پی رسوبی ۱۸۵
- ۳-۵) بستر پی تراوا ۱۸۶
- ۴-۵) دیواره آب بند قائم ۱۸۶
- ۵-۵) ترانشه خاکریزی شده ۱۸۷
- ۶-۵) دیواره دیافراگم ۱۸۸
- ۷-۵) ترانشه عمیق با گل حفاری ۱۹۱
- ۸-۵) ایجاد پرده دیافراگم به روش تزریق در لایه های رسوبی ۱۹۳
- ۹-۵) پرده نفوذناپذیر افقی در بالا دست ۲۰۲
- ۱۰-۵) پرده آب بند با طول نامحدود ۲۰۵
- ۱۱-۵) پرده آب بند با طول محدود ۲۰۶
- ۱۲-۵) پرده آب بند با ضخامت متغیر ۲۰۷
- ۱۳-۵) پی بر روی بستر رسی ۲۱۱
- ۱۴-۵) زهکش قائم ۲۱۲
- ۱۵-۵) ترکیب زهکش افقی و قائم ۲۱۶
- ۱۶-۵) زهکش پائین دست پی ۲۱۶
- ۱۷-۵) چاههای آزاد ۲۱۷
- ۱۸-۵) تمهیدات لازم برای لایه ماسه ای متحمل به روانگرایی ۲۲۸

فصل ششم: عملیات اصلاح روی پی سد

- ۲۳۲..... (۱-۶) سد بر روی بستر رسوبی ماسه ای یا سنگ تجزیه شده
- ۲۳۴..... (۲-۶) شرایط مقابله با جوشش خاک و شرایط تزریق
- ۲۳۶..... (۳-۶) حالات خاص
- ۲۳۸..... (۴-۶) تعیین ضریب اطمینان بستر پی سد در برابر روانگرایی
- ۲۴۱..... (۵-۶) روش ایجاد تراکم بوسیله ارتعاش (*Vibro-Compaction*)
- ۲۵۴..... (۶-۶) روش پره لرزان
- ۲۵۹..... (۷-۶) تراکم دینامیکی عمق زمین

فصل هفتم: ترک خوردگی در سدهای خاکی

- ۲۷۳..... (۱-۷) ترک هیدرولیکی
- ۲۷۴..... (۲-۷) بررسی نحوه وقوع شکست هیدرولیکی با استفاده از مکانیک شکست
- ۲۷۶..... (۳-۷) بررسی نحوه رشد ترک در داخل محیط
- ۲۷۷..... (۱-۳-۷) حلقه‌های سری و شبیه سازی رفتار نرم شوندگی مصالح
- ۲۷۸..... (۲-۳-۷) حلقه‌های موازی و شبیه سازی رفتار سخت شوندگی مصالح
- ۲۸۱..... (۴-۷) ترک خوردگی و تحلیل رفتار مصالح
- ۲۸۱..... (۵-۷) معیارهای پیش بینی وقوع شکست هیدرولیکی
- ۲۸۲..... (۱-۵-۷) معیارهای مکانیک شکست
- ۲۸۸..... (۲-۵-۷) معیارهای تسلیم و خرابی
- ۲۸۹..... (۶-۷) بررسی مطالعات تحلیلی انجام دهه بر روی سدهای آسیب دیده در اثر ترک خوردگی و شکست هیدرولیکی
- ۲۹۰..... (۱-۶-۷) مطالعه آماری پیرامون خرابی سدهای خاکی تا سال ۱۹۸۶
- ۲۹۳..... (۲-۶-۷) جزئیات خرابی در چند سد مورد مطالعه
- ۳۰۱..... (۷-۷) شکست هیدرولیکی در تزریق
- ۳۰۳..... (۸-۷) ترکهای ناشی از کاهش سطح تنش موثر خاک
- ۳۰۴..... (۹-۷) ترکهای ناشی از فشار آب

۳۰۴.....	۱۰-۷) ترکهای ناشی از کاهش مقاومت مصالح
۳۰۵.....	۱۱-۷) مکانیزمهای مختلف وقوع ترک هیدرولیکی در سدهای خاکی
۳۰۶.....	۱۲-۷) پایان مرحله ساخت
۳۰۶.....	۱۳-۷) آبدگیری اولیه
۳۰۷.....	۱۴-۷) زمانهای متحمل برای وقوع شکست هیدرولیکی در سدهای خاکی
۳۰۹.....	۱۵-۷) بررسی آزمایشگاهی ارزیابی پتانسیل ترک
۳۱۲.....	۱۶-۷) اثر مشخصات مصالح بدنه سد
۳۱۵.....	۱۷-۷) ارزیابی فشار آب
۳۱۶.....	۱۸-۷) فشار آب در حین ساخت بدنه
	۱۹-۷) محاسبه فشار آب در طول ساخت به کمک نتایج
۳۲۰.....	آزمایشات زهکشی و زهکشی نشده
۳۲۲.....	۲۰-۷) کنترل فشار آب منفذی
۳۲۳.....	۲۱-۷) کنترل میزان آب در حین ساخت
۳۲۴.....	۲۲-۷) کنترل فشار آب منفذی در پایین بردن سطح آب مخزن
۳۲۷.....	۲۳-۷) پایداری
۳۲۸.....	۲۴-۷) تحلیل پایداری
۳۲۸.....	۲۵-۷) ساختار و هندسه محتمل سطوح لغزش
۳۳۱.....	۲۶-۷) انحناء سد خاکی و عملکرد قوسی

فصل هشتم: پایداری شیب

۳۳۳.....	۱-۸) مفاهیم پایداری شیب
۳۳۳.....	۲-۸) مدهای شکست
۳۳۷.....	۳-۸) مفهوم ضریب اطمینان
۳۴۰.....	۴-۸) تحلیل بلوک ها
۳۴۲.....	۵-۸) تحلیل شیب نامحدود
۳۴۲.....	۱-۵-۸) شیبهای نامحدود در ماسه خشک
۳۴۳.....	۲-۵-۸) شیب نامحدود در خاک $C-\Phi$ با وجود نشت

- ۳۴۴..... (۶-۸) تحلیل سطح لغزش صفحه ای
- ۳۴۷..... (۷-۸) تحلیل سطح لغزش دایره ای
- ۳۴۷..... (۱-۷-۸) روش دایره بدون اصطکاک
- ۳۴۸..... (۲-۷-۸) روش دایره اصطکاکی
- ۳۵۱..... (۸-۸) روش قطعات
- ۳۵۱..... (۱-۸-۸) روش رایج قطعات (OMS)
- ۳۵۵..... (۲-۸-۸) روش ساده شده ژانبو
- ۳۵۷..... (۳-۸-۸) روش ساده شده بیشاپ
- ۳۵۹..... (۴-۸-۸) روش تعادل حدی عمومی (GLE)
- ۳۶۲..... (۵-۸-۸) روش عمومی قطعات ژانبو (GPS)
- ۳۶۴..... (۶-۸-۸) روش اسپنسر و مورگنسترن-پرایس
- ۳۶۴..... (۷-۸-۸) کنترل تنشهای مؤثر منفی
- ۳۶۶..... (۸-۸-۸) مقایسه روشهای تعادل حدی
- ۳۶۷..... (۹-۸) روش اجزائی محدود
- ۳۷۱..... (۱-۹-۸) مثالی از آنالیز (FEM) شیبها
- ۳۷۳..... (۲-۹-۸) آنالیز کامپیوتری
- ۳۷۴..... (۱۰-۸) اثر آب بر پایداری شیب
- ۳۷۶..... (۱-۱۰-۸) حرکت آب زیر زمینی
- ۳۷۷..... (۲-۱۰-۸) اصول مکانیک آب زیرزمینی
- ۳۸۰..... (۳-۱۰-۸) نوسانات سطح آب زیر زمینی
- ۳۸۰..... (۱-۳-۱۰-۸) سیل
- ۳۸۰..... (۲-۳-۱۰-۸) تخلیه سریع
- ۳۸۰..... (۴-۱۰-۸) فشار منفذی
- ۳۸۲..... (۱-۴-۱۰-۸) فشار منفذی مثبت
- ۳۸۶..... (۲-۴-۱۰-۸) فشار منفذی منفی
- ۳۸۷..... (۵-۱۰-۸) اثرات سطح آب زیر زمینی بر پایداری شیب
- ۳۸۷..... (۱-۵-۱۰-۸) کاهش مقاومت برشی

فصل نهم: مدل‌های عددی و تحلیل سدهای خاکی به روش اجزاء محدود

- ۳۹۲..... ایده آل سازی هندسی (۱-۹)
- ۳۹۳..... آنالیز دو بعدی یا سه بعدی (۱-۱-۹)
- ۳۹۶..... ایده آل سازی شرایط ساخت و بهره برداری (بارگذاری) (۲-۹)
- ۳۹۶..... محاسبه براساس تنش کل و تنش مؤثر (۱-۲-۹)
- ۳۹۷..... تحلیل سد در مرحله ساخت (۲-۲-۹)
- ۴۰۰..... تحلیل سد هنگام آبیگری مخزن (۳-۲-۹)
- ۴۰۲..... تحلیل سد در حالت تراوش پایدار (۴-۲-۹)
- ۴۰۵..... تحلیل سد در حالت تخلیه سریع مخزن (۵-۲-۹)
- ۴۰۶..... الگوی رفتار مصالح (۳-۹)
- ۴۰۷..... استفاده از نتایج آزمایشگاهی (۱-۳-۹)
- ۴۰۸..... استفاده از توابع نظری (۲-۳-۹)
- ۴۱۲..... مدل‌های مورد بررسی در مطالعه رفتار مصالح (۳-۳-۹)
- ۴۱۴..... مدل موهر- کلمب (Mohr-culomb) (۱-۳-۳-۹)
- ۴۱۷..... مزایای مدل موهر- کولمب (۱-۱-۳-۳-۹)
- ۴۱۷..... محدودیتهای مدل موهر- کولمب (۲-۱-۳-۳-۹)
- ۴۱۸..... مدل دراگر- پراگر (Dracker-Prager) (۲-۳-۳-۹)
- ۴۱۸..... مزایای مدل دراگر- پراگر (۱-۲-۳-۳-۹)
- ۴۱۸..... محدودیت مدل دراگر- پراگر (۲-۲-۳-۳-۹)
- انطباق معیار دراگر- پراگر با معیار موهر کلمب (۳-۳-۳-۹)
- ۴۱۹..... در حال کرنش مسطحه (۴-۱۹)
- ۴۲۱..... روش تحلیل اجزاء محدود (۴-۹)
- ۴۲۱..... تئوری تغییر شکلهای (۱-۴-۹)
- ۴۲۳..... روش اجزاء محدود (۲-۴-۹)
- انتگرال گیری غیر صریح از دیفرانسیل مدل‌های (۳-۴-۹)

- ۴۲۴.....مختلف پلاستیک
- ۴۲۶.....۴-۴-۹) روش تحلیل مرحله ای عمومی

فصل دهم: روشهای ساخت سدهای خاکی

- ۴۲۹.....۱-۱۰) شرایط محلی
- ۴۳۲.....۲-۱۰) مراحل ساخت سد
- ۴۳۵.....۳-۱۰) تأسیسات اولیه
- ۴۳۷.....۴-۱۰) برنامه ریزی
- ۴۳۹.....۵-۱۰) آماده سازی پی سد
- ۴۵۰.....۶-۱۰) مصالح مورد مصرف در بدنه خاکریز
- ۴۵۴.....۷-۱۰) بدنه متشکل از سنگریزه
- ۴۶۱.....۸-۱۰) معدن مصالح خورده سنگ
- ۴۶۲.....۹-۱۰) راههای دسترسی
- ۴۶۳.....۱۰-۱۰) تراکم مصالح (مصالح ریزدانه)
- ۴۶۶.....۱۱-۱۰) فیلتر و لایه انتقال دانه بندی
- ۴۶۷.....۱۲-۱۰) متراکم سازی خرده سنگ
- ۴۷۳.....۱۳-۱۰) درصد رطوبت و تراکم پذیری بدنه سنگریزه ای
- ۴۷۴.....۱۴-۱۰) پراکندگی در جدایش دانه بندی در لایه های رسی
- ۴۷۵.....۱۵-۱۰) مصالح، در صد رطوبت و چگالی
- ۴۷۸.....۱۶-۱۰) بدنه سدهای سنگریزه ای
- ۴۸۱.....۱۷-۱۰) فشار آب
- ۴۸۲.....۱۸-۱۰) سدهای سنگریزه ای با پوشش
- ۴۸۳.....۱-۱۸-۱۰) پوشش فولادی
- ۴۸۶.....۲-۱۸-۱۰) پوشش بتنی
- ۵۰۲.....۳-۱۸-۱۰) پوسته بتن آسفالتی
- ۵۱۳.....۴-۱۸-۱۰) پوشش لاشه سنگی ریپ رپ
- ۵۱۷.....۵-۱۸-۱۰) پوشش خاک سیمانی

- ۱۰-۱۹) سد سنگریزه ای با پوشش سطح شیب بالادست ۵۱۸
- ۱۰-۱۹-۱) پوشش بتنی بر روی سطح شیب بالادست سد ۵۱۸
- ۱۰-۱۹-۲) پوشش آسفالتی سطح شیبدار بالادست ۵۲۸
- ۱۰-۱۹-۳) انواع دیگر پوشش در سطح شیب ۵۳۲
- ۱۰-۲۰) افزایش ارتفاع سد ۵۳۲
- ۱۰-۲۱) تهیه و نصب وسائل اندازه گیری ۵۳۳
- ۱۰-۲۲) انحراف رودخانه ۵۳۵
- ۱۰-۲۳) مقاومت شیب بالادست در برابر فرسایش امواج ۵۳۷

فصل یازدهم: غرقاب شدن و جریان روگذر از سد خاکی

- ۱۱-۱) تاریخچه ۵۳۹
- ۱۱-۲) تجربیات موجود از جریان روگذر سد ۵۴۴
- ۱۱-۳) تجربه و تحقیق در مورد خاکریزهای غیر مسلح ۵۶۰
- ۱۱-۴) بدنه خاکریز مسلح ۵۶۴

فصل دوازدهم: شبیه سازی سد نم رود

- ۱۲-۱) مشخصات کلی سد ۵۷۳
- ۱۲-۲) نتایج آزمایشات سه محوری ۵۷۵
- ۱۲-۲-۱) مصالح پوسته ۵۷۵
- ۱۲-۲-۲) مصالح آبرفت ۵۷۵
- ۱۲-۲-۳) مصالح هسته و پرده آب بند ۵۷۶
- ۱۲-۲-۴) مصالح زهکش ۵۷۸
- ۱۲-۳) ارزیابی مدل ۵۷۹
- ۱۲-۳-۱) پارامترهای مدل ۵۷۹

۱۲-۳-۲) کالیبراسیون مصالح سد با معیار الاستو پلاستیک

- موهر- کولمب ۵۸۰
- ۱۲-۴) شبکه اجزاء محدود و شرایط مرزی ۵۸۶

۵۸۷.....	۵-۱۲) شبیه سازی سد در حالت استاتیکی
۵۸۷.....	۱-۵-۱۲) مرحله ساخت سازه ای سد
۵۸۸.....	۲-۵-۱۲) مرحله آبگیری سد
۵۸۹.....	۶-۱۲) شبیه سازی سد در حالت دینامیکی
۵۹۰.....	۷-۱۲) تحلیل استاتیکی (بررسی شکست هیدرولیکی)
۵۹۰.....	۱-۷-۱۲) توزیع تنش ها
۵۹۸.....	۲-۷-۱۲) توزیع تغییر مکان ها
۶۰۶.....	۳-۷-۱۲) توزیع فشار آب حفره ای
۶۲۱.....	۴-۷-۱۲) بررسی پدیده شکست هیدرولیکی
۶۲۹.....	۸-۱۲) تحلیل دینامیکی (بررسی روانگرایی)
۶۳۰.....	۱-۸-۱۲) توزیع تنش ها
۶۳۴.....	۲-۸-۱۲) توزیع تغییر مکان ها
۶۳۹.....	۳-۸-۱۲) بررسی اثر چرخش محورهای اصلی تنش
۶۳۹.....	۴-۸-۱۲) بررسی نواحی شکست برشی در سد
۶۴۰.....	۵-۸-۱۲) بررسی تغییرات شتاب زلزله در نواحی مختلف سد
۶۴۰.....	۶-۸-۱۲) بررسی پدیده روانگرایی
۶۵۷.....	۹-۱۲) جمع بندی نتایج
۶۵۹.....	مراجع
۶۷۵.....	واژه نگار