

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

دانشگاه یزد
دانشکده علوم پایه
گروه زمین شناسی

پایان نامه
برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
زمین شناسی مهندسی

مدل سازی ژئومکانیکی پی های سنگی
(مطالعه موردی: منبع آب پارک علم و فناوری یزد و
پی سد گتوند)

اساتید راهنما:

دکتر علیرضا یاراحمدی بافقی

دکتر کاظم برخوردار بافقی

استاد مشاور:

مهندس عنایت ا... امامی میبدی

پژوهش و نگارش:

ناصر برتینا

بهمن ماه ۱۳۹۰

تقدیم به :

معنای زیباترین سخات آرامشم

تقدیم به تو، همسر مهربانم

سپاس بیکران بر همدلی و همراهی و همگامی مادر دلسوز و مهربانم و پدر برگوارم که
سجده‌ی ایثارشان گل محبت را در وجودم پروراند.

با تقدیر از اساتید دکتر یاراحمدی، دکتر برخورداری و مهندس عنایت اله امامی که
همواره در انجام این اثر راهنما و راه‌گشای نگارنده بوده‌اند.

معلما مقامت ز عرش برتر باد
همیشه توسن اندیشه ات مظفر باد
به نکته‌های دلاویز و گفته‌های بلند
صحیفه‌های سخن از تو
علم پرور باد

از برادران و خواهرانم کمال تشکر را دارم و همچنین دوستان ارجمندم مهندس حمید
قریان و مهندس رسول ازیرمی که بدون کمک‌های ایشان انجام این امر میسر نبود بسیار
سپاسگزارم.

چکیده

مطالعه‌ی پی‌های سنگی جهت تامین پایداری سازه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. پی منبع آب پارک علم و فن آوری یزد و پی سد گتوند از نوع سنگی بوده و نیاز به بررسی‌های تحلیلی-های سنگی دارد. در ابتدا بوسیله‌ی برداشت‌های صحرایی و آزمایش‌های آزمایشگاهی اطلاعات مورد نیاز اولیه جمع‌آوری گردید. بوسیله اطلاعات بدست آمده توده‌های سنگی طبقه بندی شد. سپس مدل عددی مناطق مورد مطالعه اجرا گردید.

نمونه‌گیری جهت انجام آزمایش‌های منبع پارک علم و فن آوری یزد در سایت محل احداث آن صورت گرفت و آزمایش‌های لازم همچون بار نقطه‌ای، مقاومت تک‌محوری، مقاومت سه‌محوری و برش مستقیم و سایر آزمایش‌های بر روی نمونه‌های گرفته شده انجام پذیرفت. همچنین آزمایش‌های مربوط به پی سد گتوند توسط گروه مشاور اجرای سد گتوند انجام شده است.

در نتایج گرفته شده از برنامه مشخص گردید که میزان نشست‌ها و جابجایی‌ها در پی منبع آب پارک علم و فن آوری یزد حالت بحرانی نداشته و علاوه بر آن حداکثر نشست و جابجایی بر روی دسته درزی خاص صورت پذیرفته است. با این حال در صورت بالا بردن مقاومت درزه‌ها می‌توان به حالت پایدارتر دست پیدا کرد. میزان جابجایی‌ها ۲-۳ سانتیمتر در پی مزبور بدست آمد.

مطالعات مربوط به از پی سد گتوند میزان جابجایی را تا ۷ سانتیمتر نشان می‌دهد که با توجه به استانداردهای مربوطه قابل قبول می‌باشد.

کلمات کلیدی: سد گتوند، پارک علم و فن آوری یزد، مدل‌سازی ژئومکانیکی، پی سنگی، مدل‌سازی

عددی

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل اول

۱:مقدمه.....۲

فصل دوم

۲: مروری بر مطالعات انجام شده.....۴

۱-۲: مقدمه.....۴

۲-۲: اطلاعات مورد نیاز جهت طراحی پی‌های سنگی.....۴

۱-۲-۲: انواع ساختمان‌ها.....۵

۲-۲-۲: ملاحظات طراحی.....۵

۳-۲-۲: ضریب ایمنی.....۶

۴-۲-۲: مطالعات میدانی.....۷

۱-۴-۲-۲: مطالعات اولیه.....۷

۱-۴-۲-۲: عمومی.....۷

۲-۴-۲-۲: مطالعات نقشه‌ای.....۸

- ۸.....دیگر منابع اطلاعات ۳-۱-۴-۲-۲
- ۹.....شناسایی میدانی ۴-۱-۴-۲-۲
- ۹.....مطالعات تکمیلی ۲-۴-۲-۲
- ۹.....کلیات ۱-۲-۴-۲-۲
- ۱۰.....نقشه برداری زمین شناسی ۲-۲-۴-۲-۲
- ۱۱.....اکتشافات ژئوتکنیکی ۳-۲-۴-۲-۲
- ۱۲.....گمانه زنی (گمانه ها) ۴-۲-۴-۲-۲
- ۱۵.....حفاری های اکتشافی ۵-۲-۴-۲-۲
- ۱۷.....آزمایش های برجا ۶-۲-۴-۲-۲
- ۱۹.....آزمایش های آزمایشگاهی ۳-۴-۲-۲
- ۱۹.....کلیات ۱-۳-۴-۲-۲
- ۱۹.....انتخاب نمونه ها و آزمایش ها ۲-۳-۴-۲-۲
- ۲۰.....آزمایش های آزمایشگاهی ۳-۳-۴-۲-۲
- ۲۲.....مشخصات توده سنگ ۵-۲-۲
- ۲۲.....سنگ بکر در مقابل توده سنگ ۱-۵-۲-۲
- ۲۳.....کلیات ۲-۵-۲-۲
- ۲۳.....توصیف های مغزه سنگی ۳-۵-۲-۲

- ۲۵..... ۴-۵-۲-۲: توصیف‌های تکمیلی
- ۳۱..... ۵-۵-۲-۲: آزمایش‌های شاخص
- ۳۳..... ۶-۵-۲-۲: طبقه‌بندی توده سنگ
- ۳۳..... ۱-۶-۵-۲-۲: کلیات
- ۳۴..... ۲-۶-۵-۲-۲: سیستم‌های طبقه‌بندی موجود
- ۳۴..... ۳-۶-۵-۲-۲: تعیین کیفیت سنگ (RQD)
- ۳۶..... ۴-۶-۵-۲-۲: طبقه‌بندی ژئومکانیک
- ۳۸..... ۵-۶-۵-۲-۲: طبقه‌بندی Q
- ۳۸..... ۳-۲: محاسبه نشست الاستیک سنگ
- ۳۸..... ۱-۳-۲: سنگ‌های همگن و همسان‌گرد
- ۳۹..... ۲-۳-۲: سنگ‌های مطبق (لایه‌ای)
- ۴۱..... ۳-۳-۲: سنگ‌های همسان‌گرد عرضی
- ۴۵..... ۴-۲: محاسبه نشست غیر الاستیک سنگ
- ۴۵..... ۱-۴-۲: عوامل و مکانیزم نشست غیر الاستیک
- ۴۶..... ۲-۴-۲: نشست ناشی از فرو نشست زمین
- ۴۸..... ۵-۲: تحلیل‌های عددی برای تعیین توزیع تنش و کرنش در پی
- ۴۸..... ۱-۵-۲: تحلیل اجزای محدود توزیع تنش

- ۲-۵-۲: تحلیل 3DEC جابجایی در سنگ درزدار..... ۴۹
- ۲-۵-۳: تحلیل اجزای محدود کرانپایه‌های درزدار ۵۰
- ۲-۵-۴: تحلیل اجزا محدود سه بعدی کرانپایه‌های سد قوسی ۵۱
- ۲-۶: تعیین ظرفیت باربری مجاز پی‌های سنگی با استفاده از معیار شکست غیر خطی..... ۵۱
- ۲-۶-۱: مقدمه ۵۱
- ۲-۶-۲: قابلیت کاربرد روش ۵۲
- ۲-۶-۳: جداول و نمودگرام‌های مربوط به حالت‌های ساده شده ۵۶
- ۲-۶-۴: نسبت ظرفیت باربری نهایی به مقاومت تک محوری ۵۹
- ۲-۶-۵: نکاتی در مورد ضریب اطمینان ۶۰
- ۲-۶-۶: مقایسه با مسائل رایج ۶۲
- ۲-۷: بررسی تأثیر وزن سد بر رفتار وابسته به زمان پی ساختگاه سد گتوند ۶۳
- ۲-۷-۱: نتایج آزمایشگاهی ۶۳
- ۲-۷-۲: تحلیل عددی ۶۴
- ۲-۷-۳: تجزیه و تحلیل ۶۹
- ۲-۷-۴: نتیجه‌گیری ۷۶

فصل سوم

- ۳: مدل‌سازی ژئومکانیکی در محیط UDEC ۷۹

۱-۳: مقدمه ۷۹

۲-۳: معرفی نرم‌افزار UDEC ۸۰

۳-۳: روش المان‌های مجزا (DEM) ۸۲

فصل چهارم

۴: مطالعه موردی منبع آب پارک علم و فن آوری یزد ۸۸

۱-۴: مقدمه ۸۸

۲-۴: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه ۸۸

۳-۴: زمین شناسی و شرایط تکتونیکی منطقه ۹۰

۴-۴: نمونه‌گیری و آماده‌سازی نمونه ۹۱

۱-۴-۴: آزمایش‌های مکانیک سنگی ۹۳

۱-۴-۴-۱: تعیین وزن مخصوص ماده سنگ ۹۴

۱-۴-۴-۲: آزمایش تک محوری ۹۵

۱-۴-۴-۳: تعیین مدول تغییرشکل پذیری و منحنی تنش -

کرنش ۹۹

۱-۴-۴-۴: مقاومت بار نقطه ای ۱۰۷

۱-۴-۴-۵: مقاومت فشاری سه محوری ۱۱۰

۱-۴-۴-۲: آزمایش‌های تکمیلی ۱۱۸

۱-۴-۴-۲-۱: آزمایش برش مستقیم سنگ ۱۱۸

- ۱۲۵.....۲-۲-۴-۴: آزمایش برش مستقیم خاک
- ۱۲۷.....۵-۴: مدل سازی و تحلیل پایداری محل مخزن
- ۱۲۷.....۱-۵-۴: برداشت ناپیوستگی ها
- ۱۲۸.....۱-۱-۵-۴: برداشت درزه ها
- ۱۲۸.....۲-۱-۵-۴: ترسیم و تفکیک
- ۱۳۰.....۳-۱-۵-۴: تحلیل آماری
- ۱۳۴.....۲-۵-۴: مدل سازی هندسی
- ۱۳۷.....۳-۵-۴: مدل سازی مکانیکی
- ۱۳۷.....۱-۳-۵-۴: خواص فیزیکی و مکانیکی ماده سنگ
- ۱۳۸.....۲-۳-۵-۴: خواص فیزیکی و مکانیکی ناپیوستگی ها
- ۱۴۱.....۴-۵-۴: تحلیل عددی
- ۱۴۶.....۶-۴: نتیجه گیری

فصل پنجم

- ۱۴۹.....۵: مطالعه موردی پی سد گتوند علیا
- ۱۴۹.....۱-۵: مقدمه
- ۱۴۹.....۲-۵: موقعیت جغرافیایی و مشخصات عمومی سد گتوند
- ۱۵۰.....۳-۵: زمین شناسی عمومی، ساختمانی و مهندسی منطقه گتوند علیا

۴-۵: آزمایشات ۱۵۳

۵-۵: مدل‌سازی ژئومکانیکی پی سد گتوند ۱۶۳

۵-۵: نتایج ۱۶۸

۵-۶: پیشنهادات ۱۶۹

منابع ۱۷۰

فهرست اشکال

صفحه

عنوان

فصل دوم:

شکل ۱-۲: زبری سطح درزه با درجه زبری یک و دو..... ۳۰

شکل (۲-۲): نمایشی ساده از مقیاس روی انتخاب نوع مدل رفتاری توده سنگ که در

طراحی پی‌های عمیق روی شیروانی‌های سنگی به کار برده می‌شود..... ۵۴

شکل ۳-۲: حالت‌های شکست پی‌سنگ..... ۵۶

شکل ۴-۲: مقدار ضریب بار بر حسب مقدار بار خارجی نرمالیزه شده مرز ۱ و بار مورب

اعمال شده روی مرز ۲..... ۵۸

شکل ۵-۲: مقادیر N_{σ} برای بار خارجی عمودی، سطح افقی و بدون فشار روباره..... ۶۰

شکل ۶-۲: اثر زاویه اصطکاک داخلی روی N_{σ} برای مدل‌های تئوری مختلف..... ۶۰

شکل ۷-۲: اثر RMR روی N_{σ} ۶۱

شکل ۸-۲: نمودار خزش نمونه‌های ماسه‌سنگ (تحت تنش‌های مختلف)..... ۶۵

شکل ۹-۲: نمودار خزش نمونه‌های گل‌سنگ (تحت تنش‌های مختلف)..... ۶۵

شکل ۱۰-۲: مدل ماکسول و نمودار رفتاری آن..... ۶۶

شکل ۱۲-۲: مدل‌سازی مرحله‌ای سد..... ۶۸

شکل ۱۳-۲: سنگ‌های مختلف موجود در محل سد در مدل سه بعدی..... ۶۹

شکل ۱۴-۲: خطوط تراز جابجایی‌های قائم پس از خزش ۱۰۰ ساله بدون اعمال وزن سد

بر حسب متر برای $K = 0.7$ ۷۰

شکل ۲-۱۵: مقادیر جابجایی‌های عمودی برای چند نقطه روی سطح پی در مقطع محوری و مرکزی برای مقادیر مختلف K برای خزش ۱۰۰ ساله بدون اعمال وزن سد.....۷۱

شکل ۲-۱۶: خطوط تراز نشست پی ۷۲

شکل ۲-۱۷: تغییرات نشست در مقاطع مختلف عمود بر محور سد با تغییر مقدار $K=۰.۷$ ۷۲

شکل ۲-۱۸: خطوط تراز جابجایی‌های عمودی پس از خزش ۱۰۰ ساله همراه با سد بر حسب متر برای $K=۰.۵۵$ ۷۴

شکل ۲-۱۹: نمودارهای نشست و تراز نهایی سطح پی در مقطع $X=۳۶۰$ برای مقادیر مختلف K ۷۴

شکل ۲-۲۰: نمودارهای جابجایی خزشی (متر، محور افقی) در نقاط مرکزی مدل بر حسب زمان (سال، محور قائم) همراه با اعمال وزن سد..... ۷۵

فصل چهارم:

شکل ۴-۱: تصویر ماهواره‌ای از موقعیت جغرافیایی محل برداشت..... ۸۹

شکل ۴-۲: موقعیت جغرافیای محل برداشت از نمایی نزدیکتر..... ۹۰

شکل ۴-۳: نقشه زمین شناسی منطقه به همراه موقعیت محل مخزن..... ۹۱

شکل ۴-۴: نمونه‌های تهیه شده برای آزمایش بار نقطه‌ای..... ۹۲

شکل ۴-۵: دو نمونه از نمونه‌های تست تک محوری..... ۹۲

شکل ۴-۶: ساب‌زدن و آماده سازی نمونه برای تست‌های تک محوری و سه محوری..... ۹۳