

مبانی تحلیل دینامیکی محیط‌های سنگی و خاکی با استفاده از نرم‌افزار FLAC

مؤلفین:

دکتر کورش شهریار

مهندس سجاد رضوانی فر

مهندس حسن کریمیان

قراگاه سازندگی خاتم الانبیاء (ع) - قریب کربلا

معاونت برنامه ریزی و سیستم‌ها

انتشارات قراگاه سازندگی کربلا

با همکاری جهاد دانشگاهی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

سرشناسه	شهریار، کورش -
عنوان و نام پدیدآور	مبانی تحلیل دینامیکی محیط‌های سنگی و خاکی با استفاده از نرم‌افزار FLAC/ مولفین کوروش شهریار، سجاد رضوانی‌فر، محسن کریمیان؛ [برای] قرارگاه سازندگی خاتم الانبیا (ص)، قرب کر بلا، معاونت برنامه‌ریزی و سیستم‌ها.
مشخصات نشر	تهران: سپاه پاسداران انقلاب اسلامی، قرارگاه سازندگی خاتم الانبیا (ص)، قرب کر بلا، جهاد دانشگاهی، واحد صنعتی امیرکبیر، ۱۳۹۳.
مشخصات ظاهری	۴۶۰ ص:، مصور، جدول، نمودار.
شابک	۱۵۰۰۰ ریال: 978-600-94337-0-4
وضعیت فهرست نویسی	فیبا
موضوع	تحلیل سازه - نرم‌افزار
موضوع	مهندسی سازه - نرم‌افزار
موضوع	دینامیک سازه‌ها - برنامه‌های کامپیوتری
شناسه افزوده	رضوانی‌فر، سجاد، ۱۳۶۵ -
شناسه افزوده	کریمیان، محسن، ۱۳۶۲ -
شناسه افزوده	سپاه پاسداران انقلاب اسلامی، قرارگاه سازندگی خاتم الانبیا (ص)، قرب کر بلا، معاونت برنامه‌ریزی و سیستم‌ها
شناسه افزوده	سپاه پاسداران انقلاب اسلامی، قرارگاه سازندگی خاتم الانبیا (ص)، قرب کر بلا
شناسه افزوده	جهاد دانشگاهی، واحد صنعتی امیرکبیر
رده بندی کنگره	۱۳ م ۲۹۵/ش TA۶۴۷
رده بندی دیویی	۶۲۴/۱۳۰۲۸۵
شماره کتابشناسی ملی	۲۸۱۱۱

قرارگاه سازندگی خاتم الانبیا (ص)

قرب کر بلا

• نام کتاب	مبانی تحلیل دینامیکی محیط‌های سنگی و خاکی با استفاده از نرم‌افزار FLAC
• تألیف	کوروش شهریار - سجاد رضوانی‌فر - محسن کریمیان
• نوبت چاپ	اول
• سال چاپ	۱۳۹۳
• شمارگان	۱۰۰۰ نسخه
• قیمت	۱۵۰۰۰ ریال
• چاپخانه	اصیل
• شابک	ISBN 978-600-94337-0-4 : ۹۷۸-۶۰۰-۹۴۳۳۷-۰-۴

• آدرس مرکز پخش: میدان آرژانتین، خیابان شهید احمد قصیر، کوچه چهارم (شهید مقدس)،

پلاک ۱۳

تلفن: ۵-۸۸۵۳۳۷۵۴۴ - ۸۸۷۳۱۰۰۰

پست الکترونیک: info@qorbkarbala.com

پیشگفتار

در عصری که دانشمندان و نظریه‌پردازان آن را عصر فناوری اطلاعات و ارتباطات نامیده‌اند، رشد دانش بشری آنچنان شتاب فزاینده‌ای گرفته است که لحظه‌ای غفلت، موجب عقب ماندگی - بران فزاینده‌ای برای هر ملت خواهد شد. البته این موضوع قابل ذکر است که دانش همیشه برای افراد ارزشمند بوده است و فرهنگ‌های قوی و متمدن در جوامعی بوجود می‌آمده که افراد در این جوامع به دانش بها داده‌اند و این اصل همچنان به عنوان کلید اصلی گنجینه ثروت‌های یک جامعه باقی مانده است. در دنیای امروز یا باید ملتی مصرفی و تحت سلطه بود یا اینکه باید با تلاش و کوشش همه جانبه و فراگیر، قله‌های موفقیت را فتح کرد و با عزمی استوار با انحصارگران جهانی* و نظام سلطه رقابت کرد.

قرارگاه سازندگی کربلا (قرب کربلا) وابسته به قرارگاه سازندگی خاتم الانبیاء (ص) افتخار دارد که از سال ۱۳۶۸ با بیش از دو دهه فعالیت مؤثر و در اختیار داشتن نیروی انسانی متعهد و توانمند و تجهیزات تخصصی و مدرن را با بهره قرار دادن کیفیت، سرعت، کاهش قیمت تمام شده و رعایت استانداردهای ملی و بین‌المللی بیش از صدها پروژه مهم عمرانی و صنعتی را در سطح کشور اجرا و به اتمام رسانده است. این گروه مهندسی با تکیه بر موفقیت‌های چشمگیر خود در اجرای پروژه‌های عمرانی و صنعتی بر خود لازم می‌داند تا تجارب بدست آمده، سرمایه‌ها و داری‌های فکری و معنوی خود را جهت ارتقای سطح آگاهی مدیران اجرایی، کارشناسان و دانش‌پژوهان میهن اسلامی به صورت مدون تقدیم نماید.

در همین راستا و با توجه به ضرورت ثبت و انتشار دانش‌های حاصله از مدیریت و اجرای پروژه‌های متنوع مهندسی در اختیار و بنا به تدبیر و دستور فرماندهی محترم قرارگاه سازندگی کربلا، حوزه مدیریت دانش به عنوان یکی از زیر مجموعه‌های معاونت طرح و برنامه ایجاد و فعال گردید که تهیه کتب دانش فنی و اجرایی به عنوان بخشی از وظایف آن در حال پیگیری می‌باشد.

انشاء الله... که با این اقدامات بتوانیم نقشی مؤثر در خدمت به جامعه علمی و پژوهشی کشور عزیزان اینا نماییم و سهمی مفید در تولید انتشار دانش داشته باشیم.

معاونت طرح و برنامه قرب کربلا

جواد زارع پور

احتیاج روز افزون جوامع بشری به مواد خام، منابع انرژی، افزایش امنیت و کمبود اراضی مناسب برای احداث زیرساخت‌های حیاتی مورد نیاز با اهداف عمرانی، صنعتی، اجتماعی و نظامی باعث ورود طراحان و برنامه‌ریزان به بعد سوم یعنی زیرزمین شدند. همزمان این تصمیم‌گیری باعث بروز و ظهور مسائل بسیار پیچیده و چند بعدی شده که برای حل این نوع مسائل و دسترسی به یک جواب منطقی و اقتصادی، همکاری و ارتباط همه جانبه‌ی علوم نظری و کاربردی را ایجاب می‌کرد. این نوع همکاری‌ها باعث استقلال رشته‌های جدیدی از علم شد که اغلب از نوع بین رشته‌ای هستند. نمونه‌ی بسیار شاخص این دسته از علوم جدید، مکانیک سنگ و عبارت است از دانش نظری و علمی از رفتار مکانیکی سنگ یا آن بخش از علم مکانیک که به واکنش نیرو از محیط فیزیکی اطراف مربوط می‌شود. در مقابل علم مکانیک خاک از سابقه و قدرت بیشتری برخوردار بوده و پشتوانه علمی بیشتری دارد. پروژه‌های زیربنایی مختلف از جمله سدها، تونل‌ها، مغارها، چاه‌ها و ترانزها ممکن است در محیط‌های کاملاً سنگی، خاکی و یا ترکیبی از دو محیط احداث شده به عبارت دیگر برنامه‌ریزان، طراحان و مجریان این نوع پروژه‌ها لازم است تا تسلط کافی به مسائل، موضوعات و تئوری‌های مربوط به هر شاخه‌ی علمی را داشته باشند.

واقعیتی که باید مد نظر قرار گیرد این است که ابعاد سازه‌های سطحی یا زیرزمینی در سال‌های اخیر به نحو چشم‌گیری افزایش یافته و از طرف دیگر وزنی که توسط انسان بر محیط سنگ و خاک (زمین) تحمیل گردیده چندین برابر شده است.

در چنین شرایطی وقوع بعضی حوادث از جمله شکست سدهای وائرت در ایتالیا و مالباست در فرانسه و معدن کل برووک در افریقای جنوبی از موارد چالش برانگیز

در زمینه‌ی سازه‌های سنگی و خاکی بوده است. که عدم درک درستی از رفتار مواد زمین را نشان داده و لزوم مطالعه و شبیه سازی خواص آنها را گوشزد می‌کند.

یکی از زمینه‌های نسبتاً جدیدتر سنگ و خاک، خواص دینامیکی آنهاست که رفتار این مواد را در محیط‌های دینامیکی بارگذاری از جمله زلزله، آتشفباری، عبور و مرور وسائط نقلیه (بار زنده) مطالعه می‌کند. لذا عملکرد هر نوع سازه خاکی و سنگی با غیر از پایداری استاتیکی سازه، به پایداری دینامیکی آن نیز بستگی دارد. در این کتاب سعی شده ضمن توضیح خواص دینامیکی مواد تشکیل دهنده زمین، روش‌های تحلیل پایداری دینامیکی آنها به کمک نرم‌افزار Flac پرداخته می‌شود.

این کتاب در ۶ فصل و ۶ ضمیمه به شرح زیر تنظیم شده است:

- ۱- مبانی موج و زلزله
 - ۲- تئوری دینامیک
 - ۳- روش تفاضل محدود
 - ۴- حل گام به گام در نرم‌افزار Flac
 - ۵- تحلیل دینامیکی با استفاده از نرم‌افزار Flac
 - ۶- اندازه‌گیری پارامترهای دینامیکی
- ضمیمه‌ها:

- ۱- تحلیل دینامیکی تونل انتقال آب
- ۲- تحلیل دینامیکی ترانشه
- ۳- تحلیل دینامیکی سد خاکی
- ۴- تحلیل دینامیکی اثر حرکت قطار

۱- فصل اول: مبانی موج و زلزله

۱-۱- مبانی موج ۱

۱-۱-۱- مقدمه

۱-۱-۱-۱- امواج و انتشار امواج ۲

۱-۱-۱-۲- منبع موجهای لرزشی ۴

۱-۱-۱-۳- انواع امواج لرزشی و نویز ۶

۱-۱-۱-۴- انرژی امواج ۱۰

۱-۱-۱-۵- روشهای اندازه‌گیری ۱۱

۱-۱-۱-۶- آنالیز امواج، شمع منبع و افت تنش ۱۲

۲-۱- مبانی زلزله ۱۵

۲-۱-۱- پیشگفتار

۲-۱-۱-۱- مبانی زلزله‌شناسی ۱۶

۲-۱-۱-۲- کانون و مرکز سطحی زلزله ۱۸

۲-۱-۱-۳- شدت زلزله

۲-۱-۱-۴- بزرگای زلزله

۲-۱-۱-۵- انرژی زلزله ۲۱

۲-۱-۱-۶- تخمین بیشینه بزرگای زلزله

۲-۱-۱-۷- حرکات زمین ۲۲

۲-۱-۱-۸- پارامترهای دامنه

۲-۱-۱-۹- پارامترهای محتوی فرکانس ۲۳

۲-۱-۱-۱۰- مدت ۲۴

۲-۱-۱-۱۱- کاهندگی امواج زلزله ۲۵

۲-۱-۱-۱۲- رفتار سازه‌های سطحی در مقابل بارگذاری زلزله ۲۷

۲۸- منابع

منابع پیشنهادی

۲- فصل دوم: تئوری دینامیک ۲۹

۱-۲-۱- مقدمه

۲-۲- درجه آزادی

۱-۲-۲- سیستم یک درجه آزادی ۳۰

۳-۲- ارتعاش آزاد سیستم‌های یک درجه آزادی ۳۲

۱-۲-۱- ارتعاش آزاد سیستم‌های یک درجه آزادی بدون در نظر گرفتن میرایی

۲-۲-۱- ارتعاش آزاد سیستم‌های با یک درجه آزادی با در نظر گرفتن میرایی ۳۵

۴-۲- پاسخ سیستم‌های یک درجه آزادی تحت اثر بار خارجی ۳۷

۱-۴-۲- روش انتگرال گیری مستقیم

۲-۴-۲- روش انتگرال گیری دوهمال

۵-۲- سیستم‌های چند درجه آزادی ۴۵

۶-۲- مودهای فرکانسی ارتعاش آزاد ۴۸

۱-۶-۲- خاصیت تعامد بردارهای مودال ۵۱

۷-۲- آنالیز مودال ۵۳

۱-۷-۲- معادلات غیرهمبسته برای حالت بدون میرایی ۵۵

۲-۷-۲- معادلات غیرهمبسته برای حالت با میرایی ۵۷

۳-۷-۲- میرایی رایلی ۵۹

۸-۲- آنالیز طیف پاسخ ۶۳

۱-۸-۲- برنامه کامپیوتری برای استخراج منحنی طیف پاسخ شتاب [۱] ۶۷

منابع ۷۱

منابع پیشنهادی

۳- فصل سوم: روش تفاضل محدود ۷۳

۱-۳-۱- کلیات

۱-۳-۱- تقسیم‌بندی روش‌های عددی برای تحلیل تنش ۷۴

۱-۳-۱-۱- روش‌های المان مرزی

۲-۳-۱-۱- روش‌های ناحیه‌ای

۲-۳- تکنیک حل دینامیک صریح	۷۷
۳-۳- تحلیل لاگرانژی	۸۰
۴-۳- تحلیل پلاستیسته	
۵-۳- معادلات میدانی	۸۱
۶-۳- حرکت و تعادل	
۷-۳- روابط ساختاری	۸۳
۸-۳- شرایط مرزی	۸۴
۹-۳- فرمولاسیون عددی	۸۵
۹-۳- شبکه	
۹-۳-۲ معادلات تفاضل محدود	۸۶
۹-۳-۲-۱ کرنش و نرخ آن	۸۷
۹-۳-۲-۲ گسسته سازی ترکیبی	۹۱
۹-۳-۲-۳ مشابهت تنش با استفاده از نرخ کرنش	۹۳
۹-۳-۲-۴ نیروها و جرم	
۹-۳-۲-۵ معادلات حرکت	۹۴
۹-۳-۲-۶ میرایی مکانیکی	۹۵
۹-۳-۳ گسسته سازی گام زمانی، پایداری و جرم مجازی	۱۰۰
۱۰-۳- روش تفاضل محدود صریح	۱۰۳
منابع	۱۱۵
منابع پیشنهادی	۱۱۶
۴- فصل چهارم: حل گام به گام در نرم افزار FLAC	۱۲۱
۴-۱- مقدمه	
۴-۲- ویژگی های مختلف برنامه FLAC	۱۲۲
۴-۳- مشخصات اصلی برنامه	۱۲۳
۴-۴- مشخصات اختیاری برنامه	
۴-۵- اجرای FLAC از طریق روش دستور نویسی	
۴-۵-۱- فهرست علائم و اختصارات	۱۲۴
۴-۵-۲- ساختار نگارش دستورات متنی	۱۲۶
۴-۵-۳- یک مثال ساده آموزشی با استفاده از دستورات معمولی	۱۲۸

- ۴-۶- اجرای FLAC به روش فهرستی ۱۳۶
- ۴-۶-۱- ورود به GIIC و انتخاب گزینه تحلیل ۱۳۷
- ۴-۶-۲- تغییر در انتخاب‌های GIIC ۱۴۰
- ۴-۶-۳- کلیدهای ساخت مدل ۱۴۱
- ۴-۶-۴- مدل‌سازی هندسی در نرم‌افزار

۴-۶-۴-۱- کلید Build

- ۴-۶-۴-۲- دکمه Grid ۱۴۲
- ۴-۶-۴-۳- دکمه Simple ۱۴۳
- ۴-۶-۴-۱- دکمه Block ۱۴۵
- ۴-۶-۴-۵- دکمه Radial ۱۴۶
- ۴-۶-۴-۶- دکمه Slope ۱۴۸
- ۴-۶-۴-۷- دکمه Library ۱۵۱

- ۴-۶-۵- خودآموز ساده برای استفاده از GIIC ۱۵۲

- منابع ۱۷۱

منابع پیشنهادی

- ۵- فصل پنجم: تحلیل دینامیکی با استفاده از FLAC ۱۷۵

مقدمه

- ۵-۱- روش‌های معادل خطی ۱۷۶
- ۵-۱-۱- ویژگی‌های روش معادل خطی ۱۷۷
- ۵-۱-۲- ویژگی‌های روش غیرخطی کامل ۱۷۸
- ۵-۲- فرمول‌بندی دینامیکی ۱۸۱

۵-۲-۱- گام زمانی دینامیکی

- ۵-۲-۲- دینامیک چندمرحله‌ای ۱۸۵

- ۵-۳- ملاحظات مدل‌سازی دینامیکی ۱۹۱

۵-۳-۱- بارگذاری دینامیکی و شرایط مرزی

۵-۳-۱-۱- کاربرد ورودی دینامیکی

- ۵-۳-۱-۲- تصحیح خط مبنا ۱۹۷

- ۵-۳-۱-۳- مرزهای آرام ۱۹۹

۲۰۲	۴-۱-۳-۵- مرزهای میدان آزاد
۲۰۸	۵-۱-۳-۵- جلوگیری از چرخش پی
۲۰۹	۶-۱-۳-۵- میرایی تابشی سه بعدی
۲۱۰	۲-۲-۵- انتقال موج

۱-۲-۳-۵- صحت انتشار موج

۲۱۱	۲-۲-۳-۵- فیلتر
۲۱۴	۳-۳-۵- میرایی مکانیکی
۲۱۵	۳-۳-۵- میرایی رایلی
۲۱۶	۳-۳-۵- مثال کاربردی برای میرایی رایلی
۲۲۰	۳-۳-۳-۵- تورالعمل راهبردی برای انتخاب پارامترهای میرایی
۲۲۳	۳-۳-۵- میرایی محلی برای شبیه سازی دینامیکی
۲۲۷	۵-۳-۳-۵- میرایی فشرده
۲۲۹	۶-۳-۳-۵- ویسکوزیتا مصنوعی

۲۳۶	۴-۳-۵- ایجاد فشار منفذی دینامیکی
-----	----------------------------------

۲۳۷	۱-۴-۳-۵- مدل های فین و بلبل
-----	-----------------------------

۲۴۳	۲-۴-۳-۵- شبیه سازی روان گرایی یک ماسه ای
-----	--

۲۴۷	منابع
-----	-------

منابع پیشنهادی

۲۵۱	۶- فصل ششم: اندازه گیری پارامترهای دینامیکی
-----	---

مقدمه

۲۵۲	۱-۶- آزمایشات رایج خاک
	۲-۶- آزمایش برش مستقیم خاک

۲۵۳	۱-۲-۶- آزمایش برش مستقیم استاتیکی خاک
-----	---------------------------------------

۲۵۴	۲-۲-۶- آزمایش برش مستقیم دینامیکی خاک
-----	---------------------------------------

۲۵۷	۳-۶- آزمایش سه محوری خاک
-----	--------------------------

۲۵۹	۱-۳-۶- آزمایش سه محور استاتیکی خاک
-----	------------------------------------

۲۵۹	۲-۳-۶- آزمایش سه محور دینامیکی خاک
-----	------------------------------------

۲۶۰	۱-۲-۳-۶- شرح جزئیات دستگاه SCTA
-----	---------------------------------

۲۶۱.....	۲-۲-۳-۶- روش انجام آزمایش با دستگاه SCTA
۲۶۳.....	۳-۲-۳-۶- ویژگی‌های خاص دستگاه‌های آزمایش دینامیکی خاک‌ها
۲۶۴.....	۳-۳-۶- دستگاه بارگذاری پاندولی
۲۶۵.....	۴-۳-۶- دستگاه ستون تشدید
	۴-۶- آزمایشات دینامیکی برجا و صحرایی
۲۶۶.....	۱-۴-۶- روش گمانه با انتشار امواج عبوری در خاک
۲۶۸.....	۲-۱-۶- روش گمانه ای با انتشار امواج صعودی یا نزولی
۲۶۹.....	۴-۱-۶- روش انتشار امواج سطحی
۲۷۰.....	۴-۴-۶- آزمایش بلوک تشدید
۲۷۱.....	۱-۲-۴-۶- آزمایش ارتعاش قائم
۲۷۲.....	۲-۴-۴-۶- آزمایش ارتعاش افقی
۲۷۵.....	۵-۴-۶- آزمایش بارگذاری و محلهای دوره‌ای
	۱-۵-۴-۶- روند انجام آزمایش ه بایج
۲۷۷.....	۵-۶- آزمایش‌های دینامیکی سنگ
	۱-۵-۶- مقدمه
	۲-۵-۶- اندازه‌گیری مدول‌های دینامیکی سنگ
۲۷۹.....	۶-۶- تعیین خصوصیات دینامیکی سنگ بکر
	۱-۶-۶- مقاومت فشاری تک‌محوری دینامیکی سن
۲۸۲.....	۱-۱-۶-۶- مراحل انجام آزمایش
	۲-۱-۶-۶- تعیین نرخ بارگذاری
۲۸۳.....	۲-۶-۶- مقاومت فشاری سه‌محوره دینامیکی سنگ
۲۸۴.....	۳-۶-۶- مقاومت کششی
۲۸۶.....	۴-۶-۶- مقاومت برشی سنگ
	۵-۶-۶- آزمایش چکش فشار هاپکینسون (SHPB)
۲۸۷.....	۶-۶-۶- آزمایش اثر تفنگ گاز
۲۸۸.....	منابع

۱- ضمیمه ۱- تحلیل دینامیکی تونل انتقال آب از سد آزاد به دشت قروه دهگلان (حوضه	آب سیروان)	۲۸۹
۱-۱- مقدمه		
۲-۱- مشخصات کلی طرح		۲۹۰
۱-۲-۱- محدوده توده تونل انتقال آب دهگلان		
۳-۱- مدل سازی عددی		۲۹۲
۱-۳-۱- محل مرزها و فاصله آنها نسبت به جداره تونل		
۳-۱- شرایط مرزی مدل		
۳-۲-۱- تنش های برجا		۲۹۳
۳-۳-۱- تعداد ریب مدا		
۳-۴-۱- سیستم نگه داری اولیه سامانه انتقال آب		۲۹۴
۳-۵-۱- انتخاب مدل ریتاری		۲۹۵
۴-۱- آماده سازی الگو برای تحلیل دینامیکی		۲۹۶
۵-۱- بارگذاری دینامیکی در نرم افزار		۲۹۷
۶-۱- اصلاحات تاریخچه شتاب زلزله ناغان		۲۹۹
۷-۱- اصلاح خط مبنای تاریخچه شتاب زلزله		
۸-۱- فیلتر کردن شتاب زلزله ناغان		۳۰۲
۹-۱- شرایط مرزی		۳۱۰
۱۰-۱- میرایی در مدل سامانه انتقال آب		۳۱۲
۱۱-۱- فرکانس طبیعی مدل		۳۱۳
۱۲-۱- خروجی نرم افزار		۳۱۵
۱۳-۱- تحلیل سیستم نگهداری تونل تحت بار دینامیکی		۳۲۰
۱۴-۱- کنترل های دینامیکی مدل شبیه سازی شده		۳۲۴
۱-۱۴-۱- کنترل مرزهای دینامیکی مدل		
۲-۱۴-۱- کنترل اعوجاج در مدل دینامیکی		۳۲۵
۳-۱۴-۱- کنترل صحت تبدیل زلزله به تنش برشی		۳۲۶
۴-۱۴-۱- کنترل دامنه موج برگشتی		۳۲۹
۵-۱۴-۱- کنترل سرعت انتقال موج در محیط		
۱۵-۱- کد تحلیل دینامیکی تونل		

۳۳۵	منابع
	منابع پیشنهادی
۳۳۷	۲- ضمیمه ۲- تحلیل پایداری ترانشه
	مقدمه
	۱-۲- تحلیل پایداری بر اساس بررسی‌های زمین‌شناسی و مشاهدات صحرایی
۳۳۸	۲-۲- موقعیت جغرافیایی پروژه
	۳-۲- تریج مسئله
۳۴۲	۴-۲- اصلاح شیب
	۵-۲- تعیین ابعاد دوده و تعداد مش‌بندی در مدل‌سازی هندسی
۳۴۴	۶-۲- حل کلی مدل بر محاسبه ضریب اطمینان کلی
	۷-۲- محاسبه تحلیل باربری وضعیت کنونی ترانشه
۳۴۶	۸-۲- محاسبه شیب نهایی ترانشه
۳۵۰	۱-۸-۲- روش شبه‌استاتیکی در تحلیل شیب‌ها
۳۵۱	۲-۸-۲- مبانی روش شبه‌استاتیکی در تحلیل‌ها
۳۵۲	۳-۸-۲- لزوم توسعه روش‌های شبه‌استاتیکی
	۴-۸-۲- انتخاب ضریب لرزه‌ای مناسب برای تحلیل شبه‌استاتیکی
۳۵۳	۹-۲- تحلیل شبه‌استاتیکی ترانشه
۳۵۶	۱۰-۲- تحلیل دینامیکی ترانشه تحت تاریخچه شتاب زلزله
	۱۱-۲- اصلاح هندسی و فیلتراسیون شتاب زلزله
۳۵۷	۱۲-۲- مرزهای میدان آزاد
۳۵۸	۱۳-۲- میرایی در مدل‌سازی دینامیکی ترانشه
۳۵۹	۱۴-۲- تحلیل خروجی‌های
۳۶۰	۱۵-۲- توزیع مناطق الاستیک و پلاستیک پس از اعمال بار دینامیکی
۳۶۱	۱۶-۲- توزیع تغییر مکان‌ها و تنش پس از اعمال بار دینامیکی
۳۶۵	۱۷-۲- کد تحلیل دینامیکی ترانشه
۳۶۹	منابع
	منابع پیشنهادی
۳۷۱	۳- ضمیمه ۳- مدل‌سازی دینامیکی و روان‌گرایی سد خاکی ۱۵ خرداد
	۱-۳- مقدمه
۳۷۲	۲-۳- روان‌گرایی

۳۷۲.....	۱-۲-۳- روان‌گرایی در سدهای خاکی
۳۷۴.....	۲-۲-۳- انواع روان‌گرایی در سد خاکی
۳۷۵.....	۳-۲-۳- تاثیر مکانیکی زلزله بر رفتار سدهای خاکی
۳۷۶.....	۳-۳- مراحل مدل‌سازی سد در حالت تراوش پایدار (دوران بهره‌برداری)
۳۷۷.....	۱-۳-۳- مدل‌سازی هندسی و مکانیکی سد
۳۷۹.....	۲-۳-۳- وجود المان‌های مثلی در مدل‌سازی عددی
۳۸۱.....	۳-۳-۳- ایجاد تنش‌های اولیه در پی سد خاکی
۳۸۳.....	۳-۳- شبیه‌سازی فشار آب منفذی در دوران بهره‌برداری در سد خاکی
۳۸۴.....	۳-۳-۵- شبیه‌سازی فشار آب منفذی در پی سد
	۳-۳- خشکاندن پی سد
	۳-۳-۶- اهداف عملیات خشکاندن پی
۳۸۵.....	۳-۳-۷- خاکبرداری در سد
	۳-۳-۱-۷- اهداف عملیات بهره‌برداری پی سد
	۳-۴- شبیه‌سازی فشار آب منفذی در زمان ساخت بدنه (خاکریزی سد خاکی)
۳۸۹.....	۳-۵- شبیه‌سازی فشار آب منفذی در شرایط تراوش بار سد خاکی
۳۹۱.....	۳-۶- بررسی تنش کل در سد در دوران بهره‌برداری
	۳-۶-۱- بررسی وضعیت تنش در زمان پایان ساخت و قبل از آبیگری
۳۹۲.....	۳-۶-۲- بررسی وضعیت تنش در زمان آبیگری و بهره‌برداری
۳۹۳.....	۳-۶-۳- بررسی وضعیت تنش مؤثر در دوران بهره‌برداری
۳۹۵.....	۳-۶-۴- هدف آنالیز حساست بر روی پارامترهای مدل عددی
	۳-۶-۵- روند آنالیز حساست بر روی پارامترهای مدل عددی
	۳-۶-۶- پارامترهای مؤثر بر فشار آب حفره‌ای حاصل از انجام آنالیز حساست
۳۹۶.....	۳-۶-۶-۱- جنس و نوع مصالح مورد استفاده در هسته سد
	۳-۶-۶-۲- شرایط زهکشی خاک
	۳-۶-۶-۳- سطح آب مخزن
	۳-۶-۶-۴- درجه اشباع مصالح
	۳-۶-۶-۵- سرعت آبیگری مخزن سد
۳۹۷.....	۳-۶-۶-۶- مدول بالک آب

۳۹۷.....	۳-۶-۱- کاهش زاویه اصطکاک در اثر اشباع شدگی:
۳-۶-۲- عرض مغزه به عرض کل سد:	
۳-۶-۳- تغییر دانسیته مصالح:	
۳۹۸.....	۳-۶-۴- شیب طرفین سد
۳-۶-۵- مدول الاستیسیته و ضریب پواسون مصالح	
۷-۳- تحلیل روان گرایی در سد تحت تاریخچه شتاب	
۳۹۹.....	۳-۶-۱- فاکتور کردن شتاب زلزله ناغان
۷-۱- مرزهای میدان آزاد	
۳-۶-۳- میرا در مدل سازی سد:	
۴-۶-۳- تحلیل روجی های نرم افزار تحت بار دینامیکی	
۴-۶-۵- توزیع تغییر مدرها پس از اعمال بار دینامیکی	
۴-۶-۳- توزیع تنش پس از اعمال بار دینامیکی	
۴-۶-۷- بررسی تغییرات فشار مخزن و روان گرایی در طول اعمال بار دینامیکی	
۴-۶-۸- کد تحلیل دینامیکی سد خاکی	
۴۱۶.....	منابع
	منابع بیشتر
۴۱۹.....	۴- ضمیمه ۴- مدل سازی اثر حرکت قطار
۱-۴- لرزش زمین در اثر حرکت قطار	
۲-۴- حرکت ارتعاشی	
۳-۴- مدلسازی وسایل نقلیه راه آهن	
۴-۴- بار دینامیکی قطار	
۵-۴- مثال حل شده برای مدل سازی حرکت قطار	
۴۳۵.....	منابع
	منابع بیشتر