

۹۴، ۱، ۱۵

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

دینامیک سنگ

تصنیف:

دکتر علی مرتضوی

عضو هیأت علمی دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)

زمستان ۱۳۹۴

سرشناسه	: مرتضوی، علی، ۱۳۴۶ -
عنوان و نام پدیدآور	: دینامیک سنگ / تصنیف علی مرتضوی.
مشخصات نشر	: تهران : دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)، ۱۳۹۴.
مشخصات ظاهری	: ۲۶۸ ص.: مصور، جدول، نمودار.
شابک	: 978-964-463-616-5
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
موضوع	: مکانیک سنگ
موضوع	: دینامیک سازه‌ها
موضوع	: زمین‌شناسی مهندسی
موضوع	: زمین‌شناسی ساختاری
موضوع	: سنگ‌ها و صخره‌ها -- نفوذپذیری
موضوع	: منحنی‌های تنش کرنش
شناسه افزوده	: دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
رده بندی کنگره	: ۳۵۰/۴۹۰/۶/۴۷۰ TAY
رده بندی دیویی	: ۳۲/۱۵/۶
شماره کتابشناسی ملی	: ۴۰۴۴۴۰



انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)

این کتاب در جلسه مورخ ۱۳۹۴/۷/۱۵ شورای چاپ و نشر
دانشگاه صنعتی امیرکبیر به تصویب رسیده است.

عنوان کتاب	: دینامیک سنگ
تصنیف	: دکتر علی مرتضوی
ناشر	: انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
لیتوگرافی، چاپ و صحافی	: انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
چاپ اول	: زمستان ۱۳۹۴
تیراژ	: ۳۰۰ نسخه
قیمت	: ۱۴۰۰۰ تومان
شابک	: ۹۷۸-۹۶۴-۴۶۳-۶۱۶-۵
	: ۶۶۴۹۸۸۶۸ تلفن مرکز پخش
	: ۹۷۸-۹۶۴-۴۶۳-۶۱۶-۵ ISBN : 978-964-463-616-5

آدرس: خیابان ولیعصر، روبروی خیابان بزرگمهر، فروشگاه کتاب مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)

حق چاپ برای ناشر محفوظ است.

این کتاب برای جلوگیری از انتشار غیر مجاز رمزگذاری شده است.

I.....پیشگفتار

فصل اول: مفاهیم پایه ۱

۱-۱- مفهوم تنش ۱

۱-۲- مفاهیم تغییر شکل و کرنش ۵

۱-۳- کرنش حجمی ۸

۱-۴- قانون تنش-کرنش هوک ۸

۱-۵- ثابتهای الاستیک ۹

۱-۶- حدود ثابت های الاستیک ۱۲

فصل دوم: قوانین حرکت و معادله موج ۱۷

۱-۲- مقدمه ۱۷

۲-۲- مفاهیم و تعاریف پایه ۱۷

۲-۳- تئوری امواج الاستیک ۲۳

۲-۳-۱- قانون هوک ۲۳

۲-۳-۲- انرژی کرنشی ۲۶

۲-۳-۳- معادله موج ۲۶

۲-۳-۴- نحوه حل معادله موج ۳۲

۲-۳-۵- بعد زمانی موج ۳۴

۲-۴- امواج غیر صفحه ای ۳۶

۲-۶-۲- میرایی موج ۴۱

۲-۶-۲- تاثیر محیط روی انتشار موج ۴۳

۲-۶-۱- چگالی و شدت انرژی موج ۴۳

۲-۶-۲- میرایی مواج ۴۶

۲-۶-۳- اعوجاج موج ۵۲

۲-۷- اندرکنش موج و ناپیوستگی ها ۵۳

۲-۷-۱- انعکاس و انتقال موج ۵۴

۵۶	۲-۷-۲- تجزیه انرژی موج در برخورد با ناپیوستگی ها.....
۵۹	۲-۷-۳- اندرکش موج و ناپیوستگی ها.....
۶۸	۲-۷-۴- شرایط مرزی حاکم بر برخورد موج و ناپیوستگی.....

فصل سوم: پارامترهای دینامیکی سنگ و بارگذاری دینامیکی..... ۷۵

۷۵	۳-۱- مقدمه.....
۷۵	۳-۲- پارامترهای پراچیدینامیکی سنگ.....
۷۵	۳-۲-۱- پارامترهای ظاهری و فیزیکی.....
۷۶	۳-۲-۲- پارامترهای مکانیکی.....
۸۰	۳-۲-۳- ساختارهای مقاومتی.....
۸۴	۳-۲-۴- پارامترهای تراشی و توده سنگ برجا.....
۸۵	۳-۲-۵- رفتار پتر تحت شرایط بارگذاری دینامیکی.....
۸۸	۳-۳- بارگذاری ناشی از انفجار.....
۸۹	۳-۳-۱- پارامترهای ارزیابی عملکرد ماده منفجره.....
۸۹	۳-۳-۲- قدرت ماده منفجره.....
۹۰	۳-۳-۳- سرعت سوختن ماده منفجره.....
۹۱	۳-۳-۴- فشار انفجار.....
۹۳	۳-۴- بارگذاری ناشی از زلزله.....
۹۴	۳-۴-۱- مفاهیم اصلی و متدولوژی تحلیل لرزه ای.....
۹۵	۳-۴-۲- روش تحلیل قطعی خطر زلزله (DSHA).....
۹۶	۳-۴-۳- روش تحلیل احتمالاتی خطر زلزله (PSHA).....
۹۶	۳-۴-۴- تعیین زلزله طرح.....
۹۷	۳-۴-۵- پارامترهای حرکت زمین.....
۹۸	۳-۴-۶- پتانسیل لرزه خیزی منطقه.....
۱۰۱	۳-۴-۷- سابقه لرزه خیزی منطقه.....
۱۰۴	۳-۴-۸- روش تحلیل خطر زلزله.....
۱۱۰	۳-۵- بارگذاری ناشی از ضربه و نفوذ.....
۱۱۵	۳-۵-۱- تحلیل عددی نقش خواص مقاومتی ناپیوستگی ها روی پایداری فضاهای زیرزمینی تحت بارهای دینامیکی ناشی از برخورد.....
۱۲۵	۳-۵-۲- تحلیل عددی پایداری دو تونل دوقلو تحت بار دینامیکی ناشی از برخورد.....

۱۳۲.....	۲-۴ فرآیند انفجار در سنگ
۱۳۲.....	۱-۲-۴ اهمیت و نقش امواج حاصله از انفجار در خردایش سنگ
۱۳۳.....	۲-۲-۴ اهمیت و نقش گازهای حاصله از انفجار در خردایش سنگ
۱۳۶.....	۳-۲-۴ مکانیزم انفجار
۱۴۴.....	۴-۲-۴ معادله حالت مواد منفجره
۱۴۶.....	۵-۲-۴ اندرکنش انفجار - زمین و مولفه های انرژی انفجار
۱۴۸.....	۳-۴ مدلسازی فرآیند انفجار در سنگ
۱۴۸.....	۱-۳-۴ شبیه سازی اثر فاصله تاخیر بین چالها
۱۵۶.....	۲-۳-۴ شبیه سازی فرآیند گسترش ترک و خردایش ناشی از انفجار
۱۶۸.....	۳-۳-۴ شبیه سازی انفجار پله های معدنی در محیطهای درزه دار
۱۷۸.....	۴-۳-۴ شبیه سازی فرآیند انفجار در مسائل گودبرداری
۱۸۳.....	۴-۴ ارتعاشات حاصله از انفجار
۱۸۳.....	۱-۴-۴ کلیات
۱۸۵.....	۲-۴-۴ پارامترهای مهم در ارزیابی ارتعاش
۱۹۰.....	۳-۴-۴ پارامترهای انفجار و اثر آن در ارتعاش

فصل پنجم: پدیده انفجار سنگ ناشی از روشهای لرزه ای در طراحی معادن زیرزمینی.. ۱۹۵

۱۹۵.....	۱-۵ مقدمه
۱۹۶.....	۲-۵ اهمیت بررسی رخدادهای لرزه ای و ضرورت آن در طراحی
۲۰۷.....	۳-۵ علل وقوع رخدادهای لرزه ای در حفاری عمیق
۲۱۲.....	۴-۵ روشهای پایش و رفتارسنجی رخدادهای لرزه ای
۲۱۷.....	۵-۵ روشهای ارزیابی و تحلیل رخدادهای لرزه ای
۲۱۸.....	۱-۵-۵ روشهای تعیین موقعیت منبع رخداد های لرزه ای
۲۲۰.....	۲-۵-۵ روشهای ارزیابی مکانیزم منبع رخدادهای لرزه ای
۲۲۴.....	۳-۵-۵ پارامترهای منبع
۲۳۰.....	۶-۵ کاربرد نتایج حاصل از تحلیل لرزه ای در طراحی
۲۳۰.....	۱-۶-۵ کاربرد روشهای عددی در تحلیل لرزه ای معادن زیرزمینی
۲۳۷.....	۲-۶-۵ استفاده از نتایج پایش لرزه ای در صحت سنجی مدل های عددی
۲۴۳.....	واژه نامه
۲۵۹.....	نمایه
۲۶۱.....	فهرست مراجع

پیشگفتار

خداوند منان را سپاسگزارم که این توفیق حاصل شد تا کتاب حاضر را تحت عنوان دینامیک سنگ جهت استفاده جامعه مهندسی کشور به رشته تحریر در آورم. دینامیک اجسام جامد یکی از شاخه‌های اصلی کلیه رشته‌های مهندسی است و دینامیک سنگ یکی از جنبه‌های بسیار مهم مباحث مهندسی سنگ است. در بسیاری از پروژه‌های مهندسی معدن و مهندسی سنگ رفتار دینامیکی و فرآیند بارگذاری دینامیکی سازه از مقوله‌های اصلی و کلیدی در طراحی سازه است. بارگذاری معمولاً به دو روش استاتیکی و دینامیکی به سازه اعمال می‌شود. مکانیزم بارگذاری استاتیکی سازه‌ها نسبتاً روشن و قابل فهم است اما ویژگی سنجی بارگذاری دینامیکی و مکانیزم‌های مربوطه امری بسیار دشوار و بعضاً غیر ممکن است. دانش فنی تحت دینامیک بارگذاری سازه‌ها نیز هنوز در حال توسعه و گسترش بوده و به بلوغ کامل نرسیده است. بارگذاری ناشی از زلزله‌های طبیعی، انفجار سنگ در معادن، انفجارهای صنعتی و نظامی، برخورد و نفوذ پرتابه‌های موشکی، و... همگی ماهیت دینامیکی داشته و سازه‌های سنگ را تحت شرایط بارگذاری پیچیده قرار می‌دهند.

موضوعات مطرح شده در این کتاب برای رشته‌های مهندسی معدن، عمران، نفت، زلزله، و زمین‌شناسی مفید است. مباحث مطرح شده عمدتاً در سطح کارشناسی ارشد و دکترای بوده اما به نحوی ارائه شده‌اند که برای دانشجویان کارشناسی نیز قابل استفاده باشند. این کتاب در پنج فصل تدوین شده و هدف از تحریر آن شناخت دقیق‌تر و کامل‌تر از رفتار دینامیکی و بارگذاری دینامیکی سازه‌های ژئومکانیکی است. از آنجائیکه تمام مسائل مهندسی عموماً یک مسئله تحلیل تنش هستند و مسائل مرتبط با دینامیک سازه‌ها نیز از این قاعده مستثنی نیستند، فصل اول کتاب به ارائه تعاریف و مباحث مفاهیم پایه در مکانیک عملی اختصاص داده شده است. در فصل دوم قوانین حرکت و ممانعت موج ارائه شده و تئوری انتشار امواج الاستیک در اجسام جامد با تمرکز بر محیط‌های سنگی ارائه شده است. در قسمت اول فصل دوم معادله موج و ویژگی‌های امواج تشریح شده و روشهای ارزیابی و رایج موج مورد بحث قرار گرفته است. در قسمت دوم این فصل به مقوله مهم اندرکنش موج با ناپیوستگی‌ها پرداخته شده و با ارائه نتایج حاصله از مطالعات نظری و تجربی، شرایط مرزی حاکم بر اندرکنش موج با ناپیوستگی‌ها تشریح و جمع‌بندی شده است.

با توجه به ماهیت پیچیده رفتار دینامیکی و بارگذاری دینامیکی، فصل سوم کتاب به این موضوع اختصاص داده شده است. در این فصل ابتدا پارامترهای دینامیکی طراحی سازه‌های سنگی دسته‌بندی شده و روشهای ارزیابی این پارامترها بیان شده است. سپس دینامیک انواع مختلف بارگذاری معمول در پروژه‌های ژئوتکنیکی تشریح شده است. بارگذاری ناشی از فرآیند انفجار، بارگذاری ناشی از زلزله، و بارگذاری ناشی از ضربه بحث شده و مفاهیم و نظریات

موجود در این زمینه ارائه شده است. همچنین مثالهای عملی برای نشان دادن مکانیزم پدیده‌های مذکور ارائه شده است. با توجه به اهمیت فرآیند انفجار در سنگ و دامنه وسیع کاربرد مهندسی انفجار، فصل چهارم کتاب به تشریح دینامیک انفجار در سنگ پرداخته است. نظریات و تئوری‌های موجود در این زمینه ارائه شده و تجارب شخصی نویسنده در قالب مثال‌های کاربردی از نحوه مدلسازی فرآیند انفجار ارائه شده است. در خاتمه این فصل مبحث ارتعاشات ناشی از انفجار نیز تشریح شده و مقولات مهم در این زمینه با نگرش عملی و کاربردی بحث شده اند. فصل پنجم کتاب به پدیده انفجار سنگ و کاربرد روشهای لرزه ای در طراحی معادن و سازه های زیرزمینی عمیق پرداخته است. ابتدا اهمیت و علل وقوع انفجار سنگ و رخداد های لرزه ای تشریح شده و سپس مکانیزم وقوع و نحوه بررسی این رخداد ها به تفصیل بحث شده است. سپس کاربرد روشهای تحلیل لرزه ای در طراحی معادن نشان داده شده و چند نمونه از تجارب نویسنده در معادن کانادا در این زمینه ارائه شده است.

امید است این کتاب گام مفیدی در اعتلا و توسعه دانش فنی دینامیک سنگ باشد و بتواند در طراحی دقیق تر و کامل تر سازه های ژئومکانیکی مشمر ثمر باشد. در خاتمه از تلاشهای صمیمانه همسر و فرزندان دلبندم که دستمیه این کتاب مرا یاری نمودند صمیمانه قدردانی و سپاسگزاری مینمایم. بدون همکاری شایسته و تشویق این عزیزان تحریر این کتاب محقق نمی شد. خداوند متعال را شاکرم که این توفیق را به اینجانب عطا فرمود تا بتوانم این گام علمی را، هرچند کوچک و ناقص، در راستای توسعه و ارتقا سطح دانش مهندسی کشور عزیزمان ایران بردارم. با وجود تلاش فراوان، کتاب حاضر خالی از اشکال و ایراد نیست. از تمامی اساتید، صاحب نظران، کارشناسان، و دانشجویین به خیر، تواضعانه تقاضا میشود تا با نظریات و پیشنهادات سازنده خود مرا در بهبود این کتاب یاری فرمایند.

علی مرتضوی، بهار ۱۳۹۴