

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

روش‌های احتمالاتی در ارزیابی لرزه‌های سازه‌ها

تأليف: دکتر

مسعود سلطانی و همکاران

(دانشیار مهندسی زلزله، دانشگاه تربیت مدرس)

سپیده رحیمی

(استادیار مهندسی زلزله، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور)



سلطانی محمدی، مسعود، ۱۳۵۲ -

روش‌های احتمالاتی در ارزیابی لرزه‌ای سازه‌ها / نگارندگان مسعود سلطانی محمدی، سپیده رحیمی، تهران: دانشگاه تربیت مدرس، مرکز نشر آثار علمی، ۱۳۹۸

۳۱۷ ص.

۹۷۸-۶۲۲-۷۰۳۴-۰۴-۲

فبپا

زلزله — مهندسی

Earthquake engineering

پایداری سازه‌ها

Structural stability

موضوع

Structural analysis (Engineering)

رحیمی، سپیده، ۱۳۶۵ -

روش‌های احتمالاتی در ارزیابی لرزه‌ای سازه‌ها / نگارندگان سپیده رحیمی، تهران: دانشگاه تربیت مدرس، مرکز نشر آثار علمی

Tarbiat Modares University, TMU Press

TA ۶۵۴/۶

۶۲۴/۱۷۶۲

۶۱۰۴۴۵۷

سرشناسه:

عنوان و نام پدیدآور:

مشخصات نشر:

مشخصات ظاهری:

شابک:

وضعیت فهرست‌نویسی:

موضوع:

موضوع:

موضوع:

موضوع:

موضوع:

موضوع:

شناسه افزوده

شناسه افزوده:

شناسه افزوده:

رده بندی کنگره:

رده بندی دیویی:

شماره کتابشناسی ملی:

روش‌های احتمالاتی در ارزیابی لرزه‌ای سازه‌ها

دکتر مسعود سلطانی محمدی و دکتر سپیده رحیمی

فریبا کرمانی

ترنج

مجنتی کرمانی

۲۶۰

۴۰۱

۱۳۹۹

۳۰۰

۹۷۸-۶۲۲-۷۰۳۴-۰۴-۲

انتشارات دانشگاه تربیت مدرس

اول

فریبا کرمانی

مصطفی جانجانی

ایران گرافیک

قشقایی

تقاطع بزرگراه‌های جلال آل‌احمد و دکتر چمران، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، صندوق پستی: ۱۴۱۱۵-۳۱۸

۸۲۸۸۳۰۹۶

۸۲۸۸۳۰۳۲

pub.modares.ac.ir

ریال ۴۵۰۰۰۰

نگارندگان:

ویراستار ادبی و فنی:

طراح جلد:

صفحه‌آرایی:

شماره انتشار:

شماره پیاپی:

تاریخ انتشار:

شمارگان:

شابک:

ناشر:

نوبت چاپ:

کارشناس اجرایی:

ناظر چاپ:

لیتوگرافی:

چاپ و صحافی:

مرکز پخش:

تلفن:

دورنگار:

آدرس اینترنتی فروش:

بها:

مسئولیت صحت مطالب کتاب بر عهده نگارندگان است.

فهرست مطالب

پیشگفتار	ز
فصل اول: مبانی احتمالات	۱
۱-۱ مقدمه	۱
۲-۱ آزمایش تصادفی	۲
۳-۱ آزمایش و فضای نمونه	۳
۴-۱ پیشامد حتمی	۳
۵-۱ پیشامد برگزیده	۳
۶-۱ پیشامد ساده	۳
۷-۱ پیشامدهای دو به دو ناسازگار	۳
۸-۱ پیشامدهای همشانس	۳
۹-۱ پیشامدهای مستقل	۴
۱۰-۱ پیشامد مرکب	۴
۱۱-۱ احتمال	۴
۱۲-۱ متغیر تصادفی	۸
۱۳-۱ تابع جرم احتمال	۸
۱۴-۱ تابع چگالی احتمال	۹
۱۵-۱ تابع توزیع تجمعی	۹
۱۶-۱ امید ریاضی	۱۰

ب روش‌های احتمالاتی در ارزیابی لرزه‌ای سازه‌ها

۱۱	۱۷-۱ واریانس
۱۱	۱۸-۱ گشتاور
۱۲	۱۹-۱ چولگی
۱۲	۲۰-۱ صدک
۱۳	۲۱-۱ توزیع‌های خاص گسسته
۱۶	۲۲-۱ توزیع‌های خاص پیوسته
۲۰	۲۳-۱ پیش‌انداز توأم
۲۴	۲۴-۱ کواریانس
۲۴	۲۵-۱ ضریب همبستگی متغیرهای تصادفی
۲۴	۲۶-۱ توزیع نرمال توأم
۲۵	۲۷-۱ فرایند تصادفی
۲۶	۲۸-۱ دسته بندی فرایندهای تصادفی
۲۷	۲۹-۱ خود همبستگی فرایند تصادفی
۲۸	۳۰-۱ اتوکواریانس و ضریب همبستگی فرایند تصادفی
۲۹	۳۱-۱ تابع همبستگی متقابل
۲۹	۳۲-۱ چگالی طیفی توان
۳۰	۳۳-۱ چگالی طیفی توان متقابل
۳۱	۳۴-۱ فرایند باند باریک و باند پهن
۳۳	۳۵-۱ فرایند نوفه سفید (فرایند تصادفی محض)
۳۴	۳۶-۱ چگالی طیفی توان برای مشتق‌های فرایند
۳۷	فصل دوم: عدم قطعیت
۳۷	۱-۲ مفهوم عدم قطعیت
۳۸	۲-۲ دسته بندی عدم قطعیت‌ها در مهندسی
۳۹	۳-۲ عدم قطعیت‌های موجود در تحلیل سازه
۵۷	۴-۲ روش‌های آماری و احتمالاتی برای بررسی عدم قطعیت‌ها
۶۲	۵-۲ منابع عدم قطعیت در عملکرد لرزه‌ای یک سازه

۶۳	۲- ترکیب عدم قطعیت ذاتی و شناختی
۶۹	فصل سوم: محاسبه نیاز لرزه‌ای و ارزیابی عملکرد سازه‌ها
۶۹	۳-۱ مقدمه
۷۰	۳-۲ روش‌های مرسوم ارزیابی لرزه‌ای سازه
۷۲	۳-۳ مبانی تحلیل دینامیکی فراینده
۷۶	۳-۴ تحلیل دینامیکی فراینده تحت یک رکورد زلزله
۷۷	۳-۵ منحنی IDA - دند رکورده و خلاصه‌سازی آنها
۷۸	۳-۶ ظرفیت باره و حالت‌های حدی در منحنی‌های IDA
۸۱	۳-۷ محاسبه منحنی‌های IDA - استفاده از تعداد رکوردهای زمین‌لرزه کمتر
۸۴	۳-۸ مقایسه نمودارهای IDA و روش آزمون استاتیکی (SPO)
۸۶	۳-۹ تحلیل دینامیکی فراینده با استفاده از روش تحلیل بار افزون مودال (MPA)
۹۱	۳-۱۰ منحنی‌های شکنندگی
۹۱	۳-۱۱ روش‌های مختلف تولید منحنی‌های شکنندگی
۹۴	۳-۱۲ دقت منحنی‌های شکنندگی
۹۴	۳-۱۳ توسعه منحنی‌های شکنندگی تحلیلی با استفاده از روش آبري
۱۰۰	۳-۱۴ توسعه منحنی‌های شکنندگی تحلیلی براساس رویکرد تحلیل دینامیکی فراینده
۱۰۵	۳-۱۵ آشنایی با طراحی براساس عملکرد
۱۰۶	۳-۱۶ ظرفیت و سطوح عملکرد در تحلیل دینامیکی فراینده
۱۰۷	۳-۱۷ ارزیابی عملکرد سازه بر پایه احتمال
۱۱۹	فصل چهارم: تئوری ارتعاشات تصادفی
۱۱۹	۴-۱ مقدمه
۱۲۰	۴-۲ مبانی تئوری ارتعاشات تصادفی
۱۳۰	۴-۳ پاسخ سیستم‌های دینامیکی
۱۳۱	۴-۴ روش پاسخ فرکانس
۱۳۴	۴-۵ روش پاسخ ضربه

د روش‌های احتمالاتی در ارزیابی لرزه‌ای سازه‌ها

۱۲۷	۴-۶ رابطه بین تابع پاسخ فرکانسی و تابع پاسخ ضربه
۱۲۸	۴-۷ محاسبه پاسخ به یک تحریک اختیاری (دلخواه)
۱۲۹	۴-۸ مقدار مورد انتظار پاسخ
۱۳۱	۴-۹ تابع خود همبستگی پاسخ
۱۳۲	۴-۱۰ چگالی طیفی پاسخ
۱۳۳	۴-۱۱ مقدار مورد انتظار مربع پاسخ
۱۳۷	۴-۲ چگالی طیفی متقابل ورودی و خروجی سیستم یک درجه آزاد
۱۳۸	۴-۳ مشخصات آماری فرایند عرض باریک
۱۵۲	۴-۱۴ پاسخ سیستم با چند درجه آزاد خطی در حوزه فرکانس
۱۵۷	فصل پنجم: ارتعاشات تصادفی در محدوده غیر خطی
۱۵۷	۵-۱ مقدمه
۱۵۸	۵-۲ مدل گام تصادفی
۱۶۳	۵-۳ معادله فوکر-پلانک
۱۶۶	۵-۴ روش خطی سازی
۱۹۳	فصل ششم: مثال‌های کاربردی در تحلیل احتمالاتی پاسخ لرزه‌ها
۱۹۳	۶-۱ مقدمه
۱۹۴	۶-۲ تولید شتاب نگاشت مصنوعی
۲۰۰	۶-۳ الگو سازی فرایند زلزله با استفاده از شتاب نگاشت‌های واقعی
۲۰۲	۶-۴ طیف پاسخ شتاب بر حسب چگالی طیفی شتاب نگاشت
۲۰۴	۶-۵ بسط روابط ارتعاشات تحت تحریک غیر مانا
۲۰۵	۶-۶ مسئله اول: تعیین تغییر مکان هدف به روش احتمالاتی و مقایسه با تحلیل‌های دینامیکی
۲۰۹	۶-۷ مسئله دوم: ارزیابی احتمالاتی برخورد لرزه‌ای دو سازه خطی مجاور هم با استفاده از مبانی ارتعاشات تصادفی
۲۲۶	۶-۸ مسئله سوم: محاسبه درز انقطاع بین دو سیستم یک درجه آزاد خطی با استفاده از رابطه داونپورت

۶-۹ مسئله چهارم: محاسبه درز انقطاع بین دو سیستم یک درجه آزاد خطی با احتمال وقوع مشخص	۲۳۹
۶-۱۰ مسئله پنجم: محاسبه درز انقطاع بین دو سیستم یک درجه آزاد غیرخطی با استفاده از رابطه داونپورت	۲۴۴
۶-۱۱ مسئله ششم: محاسبه درز انقطاع بین دو سیستم یک درجه آزاد غیرخطی بر مبنای رابطه داونپورت با احتمال وقوع مشخص	۲۵۶
۶-۱۲ مسئله هفتم: محاسبه بیشینه نیروی برخورد بین دو سیستم	۲۵۹
۶-۱۳ مسئله هشتم: محاسبه درز انقطاع بین دو سیستم چند درجه آزاد خطی با استفاده از رابطه داونپورت	۲۶۴
۶-۱۴ مسئله نهم: محاسبه درز انقطاع بین دو سیستم چند درجه آزاد غیرخطی با استفاده از رابطه داونپورت	۲۶۹
۶-۱۵ مسئله دهم: ارائه یک روش احتمالاتی برای تحلیل بار افزون تطابقی	۲۷۰
منابع	۲۸۳
واژه‌نامه فارسی - انگلیسی	۲۸۹
واژه‌نامه انگلیسی - فارسی	۲۹۵
نمایه	۳۰۱

پیشگفتار

با توجه به اینکه بارهای دینامیکی وارد بر سازه، به‌ویژه زلزله فرایندهای تصادفی هستند، پاسخ آن نیز فرایند تصادفی و احتمالاتی خواهد بود. از این‌رو در سال‌های گذشته روش‌های احتمالاتی، جایگزین مناسبی برای روش‌های تحلیل تعینی سازه‌ها شده‌اند. علم آمار و احتمالات، روابط ریاضی برای مدل‌سازی عدم قطعیت‌ها و تحلیل اثر آنها ارائه می‌کند.

روش‌های احتمالاتی در ارزیابی لرزه‌ای سازه‌ها، شامل مجموعه متنوعی از مباحث آمار و احتمالات، مفاهیم عدم قطعیت، معیارهای ارزیابی عملکردی سازه‌ها و تئوری ارتعاشات تصادفی است. هر کدام از این مباحث جداگانه در مراجع مختلف موجود می‌باشند، اما کتاب‌های موجود در زمینه مبانی احتمالاتی مهندسی زلزله در دسترس عموم، مرور مباحث ذکر شده پرداخته و به‌ویژه کاربرد آنها در مسائل عملی را بیان کنند. بسیار اندک هستند. کتاب پیش‌رو تلاشی در راستای رفع این کمبود در کشور است. هدف از نگارش کتاب حاضر، بیان مفاهیم اصلی روش‌های احتمالاتی در مهندسی زلزله و مطرح کردن مثال‌های کاربردی برای درک بهتر مفاهیم مطرح شده در این زمینه است.

کتاب حاضر برای دانشجویان تحصیلات تکمیلی در مقطع کارشناسی ارشد و دکتری مهندسی سازه و زلزله نگارش شده است. در حقیقت پشتوانه نگارش این کتاب تجربه و تبحر چندین سازه‌نگاران به مباحث احتمالاتی در مهندسی زلزله و نیز استفاده از این مباحث در مسائل مهندسی به‌صورت عملی است. نگارندگان نتایج این پژوهش‌ها را در فصل ششم کتاب حاضر منعکس کرده‌اند. بر خود لازم می‌دانیم از انتشارات دانشگاه تربیت مدرس که زمینه چاپ و تکثیر این کتاب را فراهم ساخته است، نهایت سپاسگزاری را اعلام داریم.

دکتر مسعود سلطانی محمدی^۱

دکتر سپیده رحیمی