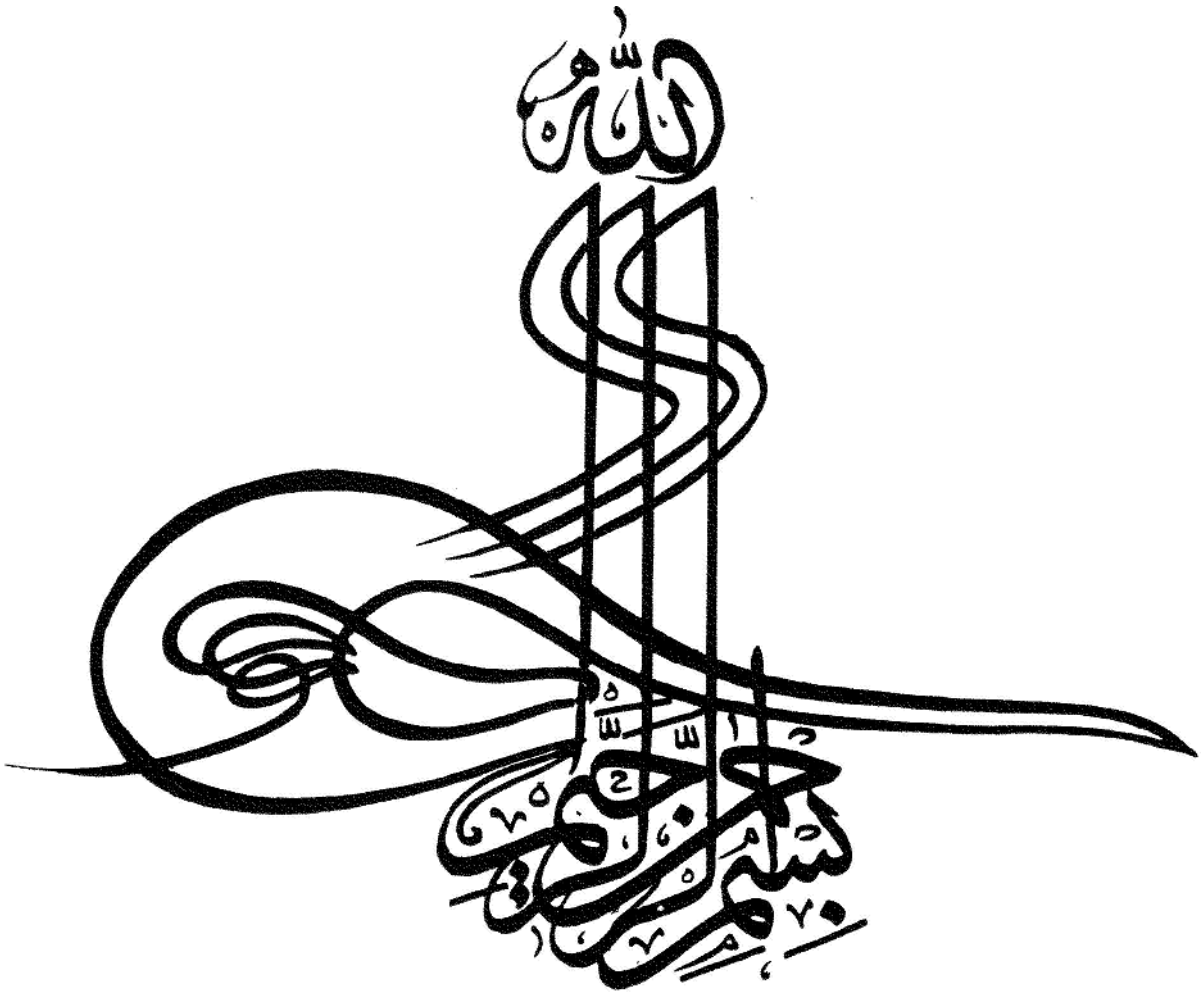
الله
بسم الله الرحمن الرحيم

گروه مهندسی عمران

بررسی عملکرد شاخص های خرابی در ارزیابی لرزه ای سازه های فولادی

استاد راهنما:

دکتر غلامرضا نوری

استاد مشاور:

مهندس مسعود ابی ترابی

توسط:

ابراهیم جعفری مزرعه

دانشگاه محقق اردبیلی

زمستان ۹۰

نام خانوادگی دانشجو: جعفری مزرعه نام: ابراهیم
عنوان پایان نامه: بررسی عملکرد شاخصهای خرابی در ارزیابی لرزه ای سازه های فولادی
استادراهنما: دکتر غلامرضا نوری استاد مشاور: مهندس مسعود ابی ترابی
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد رشته: مهندسی عمران گرایش: زلزله دانشگاه: محقق اردبیلی دانشکده: فنی تاریخ فارغ التحصیلی:۱۳۹۰/۱۱/۱ تعداد صفحه: ۱۰۷
کلید واژه ها: تحلیل غیر خطی، ارزیابی لرزه ای، سطح عملکرد، شاخص خرابی سازه ای
چکیده: ارزیابی خسارت سازه ای ناشی از زلزله به صورت کمی، همواره یکی از مشکلات پیش روی مهندسین سازه بوده است. شاخص های خرابی متفاوتی بر پایه کمی سازی خسارت سازه ای ناشی از تحریک زلزله، در چند دهه اخیر ارائه گردیده است. در واقع شاخصهای خرابی ، خرابی سازه ای را از دیدگاه کمی کردن خرابی سازه ای به ما نشان می دهد. این شاخصها، بر پایه پارامترهای متفاوتی از جمله دریفت، پریود طبیعی سازه، انرژی جذب شده و خستگی کم چرخه، بنا شده است. از میان این شاخصها، شکل پذیری پلاستیک و دریفت، در مرکز توجه آیین نامه های ساختمانی و استانداردها، نظیر FEMA بوده است. هر کدام از این شاخصها، اطلاعات مفیدی از خرابی سازه ای را که مد نظر ارائه دهندگان آن بوده است، به ما نشان می دهد. در این تحقیق، تعدادی از شاخصهای خرابی که شامل شاخصهای تجمعی و غیر تجمعی مبتنی بر تغییر شکل، انرژی جذب شده غیر الاستیک و خستگی کم چرخه می باشد، مورد بررسی قرار می گیرد تا بهترین شاخص خرابی برای سازه های فلزی، معرفی شود. شاخصهای خرابی انتخابی به وسیله آنالیز غیر خطی استاتیکی و دینامیکی تعدادی قاب خمشی فولادی ۳ و ۹ طبقه تحت ۷ رکورد زلزله مقیاس شده، با در نظر گرفتن شرایط ژئوتکنیکی خاص، با یکدیگر مقایسه می شوند. در نهایت از بین شاخصهای خرابی انتخاب شده، شاخص کراوینکلر-زهره ای، برای تعیین خرابی قابهای فلزی پیشنهاد می شود. همچنین از بین شاخصهای کلی، شاخص معادل پارک-آنگ، نتایج نزدیکی به شاخص محلی کراوینکلر نشان داده است.

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه و مروری بر تحقیقات گذشته

۱-۱ مقدمه ----------۱

۱-۲ ضرورت تحقیق ----------۳

۱-۳ پیشینه فعالیتها ----------٤

۱-٤ طبقه بندی شاخص های خرابی ----------۸

۱-۵ شاخص های خرابی غیر تجمعی ----------۹

۱-٦ شاخص های خرابی تجمعی ----------۱۰

۱-٦-۱شاخص های تجمعی مبتنی بر تغییر شکل ----------۱۱

۱-٦-۲ شاخص های تجمعی مبتنی بر انرژی ----------۱۱

۱-٦-۳ شاخص های تجمعی مبتنی بر خستگی ----------۱۲

۱-۷ شاخص های محلی----------۱۲

۱-۷-۱ شاخص محلی پارک-آنگ ----------۱٤

۱-۷-۲ مدلهای خرابی محلی بر اساس خستگی ----------۱۵

۱-۷-۲-۱ شاخص خرابی کراوینکلر-زهره ای ----------۱٦

۱-۸ شاخص های خرابی کلی ----------۱۸

۱-۸-۱ شاخص کلی تجمعی پارک-آنگ ----------۱۹

۱-۹ شاخص های خرابی کلی تجمعی ----------۲۱

۱-۱۰ شاخص های خرابی کلی غیر تجمعی ----------۲۲
۱-۱۰-۱ شاخص نرم شدگی رافائل-میر ----------۲۲
۱-۱۰-۲ شاخص نرم شدگی نهایی پاسکال ----------۲۳
۱-۱۰-۳ شاخص خرابی گبارا ----------۲۳
۱-۱۰-٤ شاخص خرابی سکانت ----------۲٤
۱-۱۰-۵ شاخص بانون ----------۲۵
۱-۱۱ شاخص های خرابی انتخابی ----------۲٦
۱-۱۲ سطح عملکرد سازه و شاخص های خرابی ----------۳۰

فصل دوم : مدلسازی و روش تحلیل

۲-۱ مبانی مدلسازی----------۳۱
۲-۲ تعادل انرژی ----------۳۵
۲-۳ میرایی ----------۳۷
۲-٤ مدلهای مورد استفاده برای ارزیابی ----------۳۹
۲-۵ طبقه بندی لرزه ای آیین نامه IBC2006 ----------٤۲
۲-٦ تحلیل استاتیکی غیر خطی ----------٤٦
۲-۷ مفصل های پلاستیک ----------٤۹
۲-۷-۱ مفصل صلب-پلاستیک ----------٤۹
۲-۷-۲ مفصل انحنایی و دورانی ----------٤۹

۲-۸ مدلسازی اعضاء ----------۵۰
۲-۸-۱ مدلسازی تیر ----------۵۰
۲-۸-۱-۱ مدل چرخشی خمشی ----------۵۱
۲-۸-۱-۲ مدل مفصل پلاستیک ----------۵۲
۲-۸-۱-۳ مدل ناحیه پلاستیک ----------۵۲
۲-۸-۱-٤ مدل المان محدود ----------۵۳
۲-۸-۲ مدلسازی ستونها ----------۵٤
۲-۸-۳ مدلسازی چشمه اتصال ----------۵۷

فصل سوم: نتایج

۳-۱ نتایج ----------٦۵

فصل چهارم: نتیجه گیری و پیشنهادات

٤-۱ نتیجه گیری ----------۹۹
٤-۲ پیشنهادات ----------۱۰۳
منابع و مراجع----------۱۰٤

فهرست اشکال

فصل دوم

شکل ۲-۱رابطه کلی نیرو – تغییر شکل اجزاء در ERFORM ۳۱

شکل ۲-۲ رابطه Q- Δ موجود در FEMA356 و رابطه F-D در PERFORM ۳۳

شکل ۲-۳ تاثیر نیروی محوری بر حد شکل پذیری ۳۳

شکل ۲-٤ باربرداری و بارگذاری یک جزء غیر خطی ۳۵

شکل ۲-۵ مدل میرایی رایلی ۳۸

شکل ۲-٦ میرایی یکسان در محدوده معینی از پریودها بر اساس پریود مود اول و دوم ۳۹

شکل ۲-۷ طیف پاسخ طراحی آیین نامه IBC2006 ٤۳

شکل۲-۸ نقشه های پهنه بندی برای شتاب طیفی ۱ ثانیه-میرایی ۵ درصد SITE CLASS B ٤٤

شکل ۲-۹ نقشه های پهنه بندی برای شتاب طیفی ۰,۲ ثانیه-میرایی ۵ درصد SITE CLASS B ٤٤

شکل ۲-۱۰ طیف پاسخ شتاب (مقیاس نشده) وطیف میانگین ٤٦

شکل ۲-۱۱ منحنی ظرفیت سازه و تقریب دو خطی از آن ٤۸

شکل ۲-۱۲رابطه ممان – دوران مفصل صلب – پلاستیک ٤۹

شکل ۲-۱۳ رابطه مفصل انحنایی ٤۹

شکل ۲-۱٤ مشخصات مورد نیاز برای مفصل پلاستیک ۵۰

شکل ۲-۱۵ مدل چرخشی – خمشی ۵۱

شکل ۲-۱٦ اجزای یک مدل چرخشی– خمشی ۵۱

شکل ۲-۱۷ مدل ناحیه پلاستیک ۵۲

شکل۲-۱۸مدل المان محدود با استفاده از بخشهای فایبر شکل ۵۳

شکل۲-۱۹ مدل المان محدود با استفاده از مفصل های انحنایی ۵۳

شکل ۲-۲۰ چرخه هیسترزیس در رفتار سه خطی بدون افت ٥٤

شکل ۲-۲۱ شکل سطح تسلیم ستون فولادی ٥٥

شکل ۲-۲۲ چرخه هیسترزیس در رفتار الاستوپلاستیک کامل دوخطی ٥٦

شکل ۲-۲۳ اعوجاج برشی در ناحیه چشمه اتصال ٥٨

شکل ۲-۲٤ مدل کراوینکلر برای ناحیه چشمه اتصال ٥٨

شکل ۲-۲۵ نحوه مدلسازی چشمه اتصال در PERFORM ٥٨

شکل ۲-۲٦ پلان مدلهای ۹ طبقه و محل قرارگیری سیستم مقاوم در برابر زلزله ٥٩

شکل۲-۲۷ پلان مدلهای ۳ طبقه و محل قرارگیری سیستم مقاوم در برابر زلزله ٥٩

شکل ۲-۲۸ نمای مدل I3 ٦٠

شکل ۲-۲۹ نمای مدل U3 ٦٠

شکل ۲-۳۰ نمای مدل U9 ٦١

شکل ۲-۳۱ نمای مدل I9 ٦٢

فصل سوم

شکل۳-۱ کل انرژی جذب شده توسط مدلهاkgf-m ٦٦

شکل ۳-۲ انرژی غیر الاستیک جذب شده توسط مدلهاkgf-m ٦٦

شکل ۳-۳انرژی غیر الاستیک جذب شده توسط ستونهاkgf-m ٦٦

شکل ۳-٤ انرژی غیر الاستیک جذب شده توسط تیرهاkgf-m ٦٧

شکل ۳-٥ انرژی غیر الاستیک جذب شده توسط چشمه های اتصالkgf-m ٦٧

شکل ۳-٦ تاریخچه زمانی تغییر مکان بام مدل U9 ٦٨

شکل ۳-۷ تاریخچه زمانی تغییر مکان بام مدل I9 ٦٨

شکل ۳-۸ تاریخچه زمانی تغییر مکان بام مدل U3 ٦٨

شکل ۳-۹ تاریخچه زمانی تغییر مکان بام مدل I3 ٦٨

شکل ۳-۱۰ مقایسه چرخه هیسترزیس(لنگر-کرنش برشی) چشمه اتصال مدل I9 و U9 ٦٩

شکل ۳-۱۱ مقایسه چرخه هیسترزیس(لنگر-کرنش برشی) چشمه اتصال مدل U3 و I3 ٦٩

شکل ۳-۱۲ ماکزیمم تغییر مکان طبقات ۷ رکورد زلزله مدل U3 ۷۰

شکل ۳-۱۳ انرژی غیر الاستیک تیرها در طبقات مدل U3 زلزله LA07 ۷۰

شکل ۳-۱٤ ماکزیمم دوران تیر ها زلزله LA07 مدل U3 ۷۰

شکل ۳-۱٥ شاخص خرابی تیرها زلزله LA07 مدلU3 ۷۱

شکل ۳-۱٦انرژی غیر الاستیک ستونها زلزله LA07 مدل U3 ۷۱

شکل ۳-۱۷ ماکزیمم دوران ستونها زلزله LA07 مدل U3 ۷۱

شکل ۳-۱۸ شاخص خرابی ستونها زلزله LA07 مدل U3 ۷۲

شکل ۳-۱۹ انرژی غیر الاستیک چشمه های اتصال زلزله LA07 مدل U3 ۷۲

شکل ۳-۲۰ دوران چشمه های اتصال زلزله LA07 مدل U3 ۷۲

شکل ۳-۲۱ شاخص خرابی چشمه های اتصال زلزله LA07 مدل U3 ۷۳
شکل ۳-۲۲ انرژی جذب شده طبقات زلزله LA07 مدل U3 ۷۳
شکل ۳-۲۳ مقایسه شاخص خرابی طبقات پارک-آنگ و کراوینکلر زلزله LA07 مدل U3 ۷۳
شکل ۳-۲٤ شاخص خرابی طبقات مدل U3 زلزله LA01- LA06 ۷٤
شکل ۳-۲۵ مقایسه ۵ شاخص خرابی کلی زلزله LA07 مدل U3 ۷۵
شکل ۳-۲٦ مقایسه ۵ شاخص خرابی کلی زلزله مدل U3 زلزله LA01-LA06 ۷٦
شکل ۳-۲۷ ماکزیمم تغییر مکان طبقات ۷ رکورد زلزله مدل I3 ۷۸
شکل ۳-۲۸ انرژی غیر الاستیک تیرها زلزله LA07 مدل I3 ۷۸
شکل ۳-۲۹ ماکزیمم دوران تیرها زلزله LA07 مدل I3 ۷۸
شکل ۳-۳۰ شاخص خرابی تیرها زلزله LA07 مدل I3 ۷۹
شکل ۳-۳۱ انرژی غیر الاستیک ستونها زلزله LA07 مدل I3 ۷۹
شکل ۳-۳۲ ماکزیمم دوران ستونها زلزله LA07 مدل I3 ۷۹
شکل ۳-۳۳ شاخص خرابی ستونها زلزله LA07 مدل I3 ۸۰
شکل ۳-۳٤ انرژی غیر الاستیک چشمه های اتصال زلزله LA07 مدل I3 ۸۰
شکل ۳-۳۵ ماکزیمم دوران چشمه های اتصال زلزله LA07 مدل I3 ۸۰
شکل ۳-۳٦ شاخص خرابی چشمه های اتصال زلزله LA07 مدل I3 ۸۱
شکل ۳-۳۷ انرژی غیر الاستیک طبقات زلزله LA07 مدل I3 ۸۱
شکل ۳-۳۸ مقایسه شاخص خرابی طبقات زلزله LA07 مدل I3 ۸۱

شکل ۳-۳۹ شاخص خرابی طبقات مدل I3 زلزله LA06-LA01 ۸۲
شکل ۳-۴۰ مقایسه ۵ شاخص خرابی کلی زلزله LA07 مدل I3 ۸۳
شکل ۳-۴۱ مقایسه ۵ شاخص خرابی کلی مدل I3 زلزله LA06-LA01 ۸۴
شکل ۳-۴۲ ماکزیمم تغییر مکان طبقات ۷ رکورد زلزله مدل U9 ۸۵
شکل ۳-۴۳ انرژی غیر الاستیک تیرها زلزله LA07 مدل U9 ۸۵
شکل ۳-۴۴ ماکزیمم دوران تیرها زلزله LA07 مدل U9 ۸۵
شکل ۳-۴۵ شاخص خرابی تیرها زلزله LA07 مدل U9 ۸۶
شکل ۳-۴۶ انرژی غیر الاستیک ستونها زلزله LA07 مدل U9 ۸۶
شکل ۳-۴۷ ماکزیمم دوران ستونها زلزله LA07 مدل U9 ۸۶
شکل ۳- ۴۸ شاخص خرابی ستونها زلزله LA07 مدل U9 ۸۷
شکل ۳-۴۹ انرژی غیر الاستیک چشمه های اتصال زلزله LA07 مدل U9 ۸۷
شکل ۳-۵۰ ماکزیمم دوران چشمه های اتصال زلزله LA07 مدل U9 ۸۷
شکل ۳-۵۱ شاخص خرابی چشمه های اتصال زلزله LA07 مدل U9 ۸۸
شکل ۳-۵۲ انرژی غیر الاستیک طبقات زلزله LA07 مدل U9 ۸۸
شکل ۳-۵۳ شاخص خرابی طبقات زلزله LA07 مدل U9 ۸۸
شکل ۳-۵۴ شاخص خرابی طبقات مدل U9 زلزله LA06-LA01 ۸۹
شکل ۳-۵۵ مقایسه ۵ شاخص خرابی زلزله LA07 مدل U9 ۹۰
شکل ۳-۵۶ مقایسه ۵ شاخص کلی مدل U9 زلزله LA06-LA01 ۹۱

شکل ۳-۵۷ ماکزیمم تغییر مکان طبقات ۷ رکورد زلزله مدل I9 ۹۲

شکل ۳-۵۸ انرژی غیر الاستیک تیرها زلزله LA07 مدل I9 ۹۲

شکل ۳-۵۹ دوران ماکزیمم تیرها زلزله LA07 مدل I9 ۹۲

شکل ۳-۶۰ شاخص خرابی تیرها زلزله LA07 مدل I9 ۹۳

شکل ۳-۶۱ انرژی غیر الاستیک ستونها زلزله LA07 مدل I9 ۹۳

شکل ۳-۶۲ دوران ماکزیمم ستونها زلزله LA07 مدل I9 ۹۳

شکل ۳-۶۳ شاخص خرابی ستونها زلزله LA07 مدل I9 ۹٤

شکل ۳-٦٤ انرژی غیر الاستیک چشمه های اتصال زلزله LA07 مدل I9 ۹٤

شکل ۳-۶۵ شاخص خرابی چشمه های اتصال زلزله LA07 مدل I9 ۹٤

شکل ۳-٦٦ انرژی غیر الاستیک طبقات زلزله LA07 مدل I9 ۹۵

شکل ۳-۶۷ شاخص خرابی طبقات زلزله LA07 مدل I9 ۹۵

شکل ۳-۶۸مقایسه ۵ شاخص خرابی کلی زلزله LA07 مدل I9 ۹۵

شکل ۳-۶۹ شاخص خرابی طبقات مدل I9 زلزله LA06-LA01 ۹٦

شکل ۳-۷۰ مقایسه ۵ شاخص خرابی کلی مدل I9 زلزله LA06-LA01 ۹۷

فصل چهارم

شکل ٤-۱ ماکزیمم دریفت طبقات مدلهای ۳ طبقه زلزله LA01-LA07 ۱۰۱

شکل ٤-۲ ماکزیمم دریفت طبقات مدلهای ۹ طبقه زلزله LA01-LA07 ۱۰۲

فهرست جداول

فصل اول

جدول ۱-۱ ترازهای عملکرد سازه – انجمن مهندسین سازه کالیفرنیا ۱۷

جدول ۱-۲ ترازهای عملکرد سازه – شاخص کلی پارک-آنگ ۲۱

جدول ۱-۳ ترازهای عملکرد ATC40 – شاخص کلی پارک-آنگ ۲۱

جدول ۱-٤ طبقه بندی شاخص خرابی گبارا ۲٤

جدول ۱-۵ ارتباط بین شاخص خرابی و سطح عملکرد سازه در FEMA356 ۳۰

جدول ۱-٦ جدول پیشنهادی ارجمندی و استکانچی ۳۰

فصل دوم

جدول ۲-۱ پریود مود اول و دوم مدلها ٤۰

جدول ۲-۲ جزئیات بارگذاری ثقلی مدلها ٤۰

جدول ۲-۳ مشخصات مصالح فولادی ٤۲

جدول ۲-٤ پارامترهای لرزه ای مدلها ٤۵

جدول ۲-۵ مشخصات رکوردهای زلزله مورد استفاده ٤۵

جدول ۲-٦ ضرایب میرایی رایلی ٤٦

جدول ۲-۷ ضخامت ورق مضاعف چشمه اتصال مدل U3 ٦۳

جدول ۲-۸ ضخامت ورق مضاعف چشمه اتصال مدل I3 ٦۳

جدول ۲-۹ ضخامت ورق مضاعف چشمه اتصال مدل U9 ٦۳

جدول ۲-۱۰ ضخامت ورق مضاعف چشمه اتصال مدل I9 ٦٤

فصل سوم

جدول ۳-۱ ارزیابی عملکرد مدل U3 تحت رکورد زلزله LA07 ۷۷

جدول ۳-۲ ارزیابی عملکرد مدل I3 تحت رکورد زلزله LA07 ۸۳

جدول ۳-۳ ارزیابی عملکرد مدل U9 تحت رکورد زلزله LA07 ۹۰

جدول ۳-٤ ارزیابی عملکرد مدل I9 تحت رکورد زلزله LA07 ۹۸

فصل اول

۱-۱ مقدمه

آنچه از یک زمین لرزه بر جای می ماند، تنها خساراتی است که به اشکال مختلف خود را نشان می دهد، و لذا مطالعه این خسارات، بهترین روشی است که به وسیله آن، می توان تاثیر زمین لرزه بر جامعه را از جهات گوناگون مورد بررسی قرار داد. آثار اجتماعی به جا مانده از زلزله، می تواند مبنایی برای مطالعه آثار زلزله، یا بحرانهای مشابه در منطقه دیگری باشد و یا تخریب و آسیب وارده به مراکز امدادرسانی، می تواند در تصمیم گیری در مورد چنین حوادثی در مناطق دیگر، بسیار مفید واقع شود.

منطقه زلزله زده آزمایشگاه بزرگی در مقیاس واقعی است، که انواع خسارات وارده به ساختمانها را به نمایش می گذارد و میزان درستی و دقت آیین نامه های مختلف، کیفیت مصالح، کیفیت اجرا و سایر نکات مربوط به ساخت و سازها را مشخص می کند. شناسایی و بررسی انواع خرابی ناشی از زلزله، یکی از مباحث مهم در مهندسی زلزله است. زیانهای ناشی از زلزله را می توان به سه دسته خرابیهای فیزیکی مستقیم، صدمات اجتماعی و زیانهای اقتصادی تقسیم بندی کرد. به منظور بررسی میزان خسارت وارده به سازه، ابتدا باید شاخص هایی را تعریف نمود که به کمک آنها بتوان خرابی ها را به مقادیر کمی تبدیل نمود.

یکی از گامهای اولیه در تحلیل نظری آسیب پذیری، انتخاب توابع مناسبی از مقادیر پاسخ بدست آمده از تحلیل مدل موردنظر، تحت اثر مجموعه ای از حرکات ورودی می باشد، بطوریکه این توابع بتوانند درجه آسیب وارده به یک عضو از سازه، و یا کل سازه را نشان دهند. به این توابع معمولا تابع آسیب، و به مقدار به دست آمده از آنها، شاخص خسارت یا خرابی گفته می‌شود.

شاخص خسارت پارامتری است که میزان بهره برداری از مصالح را به نمایش گذاشته و تعیین می کند که چه میزان از انرژی قابل تحمل توسط مصالح مصرف گردیده و چه مقدار از آن موجود می باشد. در

واقع برای تهیه یک مدل ریاضی از خسارت، آسیب پذیری به صورت تابعی از مقاومت سازه، شکل پذیری، شدت زمین لرزه و پارامترهای ارتعاش تعریف می گردد.در اوایل، این توابع بسیار ساده و بدور از هرگونه پیچیدگی بیان می شدند. مشاهدات عینی خسارت در زمین لرزه ها و مطالعات کیفی استقامت سازه ها، اساس این توابع را تشکیل می دادند. به تدریج نیاز به برآورد دقیق آسیب پذیری، پژوهشگران را برآن داشت تا با در نظر گرفتن پارامترهای مهمتری که در خسارت لرزه ای ساختمانها دخالت دارند، و با توجه به رفتار دقیق سازه ها تحت حرکت نوسانی، بر اساس محاسبات تئوریک و آزمایشات عملی، توابع مناسبتری ارائه دهند. واضح است که تابع مناسب تر، ضمن در برداشتن معیارهای صحیح خسارت پذیری، کاربردی بوده و امکان استفاده از آن در مدلهای کامپیوتری نیز وجود دارد. برای بررسی عملکرد واقعی ساختمانها در هنگام زلزله باید تحلیل غیر خطی صورت گیرد تا تغییر مکانهای بیشینه و مود خرابی مشخص گردد، سپس شاخصهای خرابی سازه ای با استفاده از مدلهای مناسب تعیین می گردد.

اغلب شاخص های خرابی بر پایه محاسبه تغییر مکان بیشینه در هنگام زلزله، ظرفیت تغییر مکان و انرژی تلف شده در چرخه های رفت و برگشتی ناشی از حرکت تناوبی زلزله تعریف شده اند. خرابی های سازه ای هنگامی اتفاق می افتد، که تغییر شکل های دائمی و بزرگ بر اثر بارهای وارده به سازه، در آن ایجاد گردد. میزان و شدت خرابی لرزه ای به مصالح و شکل سازه بستگی دارد. خرابی سازه ای در سیستمهای شکل پذیر مانند قابهای فولادی به تغییر شکلهای غیر الاستیک تجمعی بستگی داشته، امادر سیستمهای نسبتا ترد، نظیر ساختمانهای با مصالح بنایی، معمولا رفتار برشی غالب بوده و خرابی را می توان بر حسب تغییر شکل بیشینه بیان نمود. خرابی در سازه های بتن مسلح به هر دو عامل تغییر شکل غیر الاستیک و تغییر شکل تجمعی تحت بارگذاری رفت و برگشتی بستگی دارد.در نتیجه به منظور تعیین مقادیر واقعی تر برای خرابی، باید علاوه بر بیشینه پاسخ غیر الاستیک، تغییر شکل های غیر الاستیک تجمع یافته در حرکات رفت و برگشتی را نیز در نظر گرفت.

فلسفه طراحی سازه های مقاوم در برابر زلزله در اغلب آیین نامه های موجود، به گونه ای است که در سطح بهره برداری، امکان خسارت در حین زلزله های با شدت کم به سازه، به حداقل رسیده و مقدار خرابی در حین زلزله های متوسط، کم بوده و از خرابی کلی در اثر زلزله های شدید، جلوگیری به عمل آید. منظور از خرابی در اجزاء سازه آن است، که عضوی از سازه تحت چرخه های غیر خطی و یا تغییر

مکانهای دائمی پلاستیک قرار گیرد، به گونه ای که مقاومت و سختی آن کاهش یابد. یکی از مشکلترین و مهم ترین مسائل تحلیل لرزه ای، تعیین و کمی کردن خرابیهای لرزه ای و یا حدس زدن ایمنی و سرویس پذیری آنها در زلزله محتمل آینده است. هنگامی که سازه در برابر یک زلزله مخرب قرار می گیرد، اگر مقاومتش از مقاومت طلب بیشتر باشد، رفتاری ارتجاعی خواهد داشت، در غیر اینصورت وارد حوزه غیر خطی شده و مقداری خرابی را تحمل می کند. در روش دیگری که بر پایه انرژی تعریف گردیده است، انرژی طلب درحین زلزله و نیز انرژی تامین شده (طیف انرژی) سازه محاسبه می شود. طراحی مطلوب آنست که انرژی برآورد شده، بیش از انرژی مورد نیاز باشد.

۱- ۲ ضرورت تحقیق

ارائه شاخص برای خرابی، موضوعی است که از سه دهه پیش توجه محققان را بسوی خود جلب کرده است. بدین منظور که با دانستن شاخصه های خرابی یک سازه، می توان علاوه بر داشتن درک صحیح از رفتار آن، نسبت به تبیین خطوط قرمز طراحی اقدام نمود. از دیگر سو برای کنترل وضع موجود یک سازه، دانش نحوه خرابی آن برای ارائه برنامه های بهسازی الزامی است. به عبارت دیگر یافتن شاخص خرابی در یک سازه، باعث می شود تا مشخص شود که سازه مورد نظر تا چه حد در برابر نیروهای جانبی، مانند زلزله پایداری دارد. این موضوع وقتی مهم تر می شود، که قرار باشد برای یک منطقه برنامه های بهسازی ارائه شود. در این صورت باید برنامه با ریسک پایین تری را انتخاب نمود.

لحاظ نمودن شاخص خرابی لرزه ای در پروژه ها، باعث در نظر گرفتن نحوه خرابی و راهکارهای علاج بخشی آنها می شود. شاخص خرابی در دو حالت کمی و کیفی راهگشای مسائل لرزه ای می باشد. با انتخاب مناسب ترین رابطه برای تعیین شاخص خرابی، می توان ترسیمی مناسب از نحوه تخریب و آسیب دیدن سازه ها را در مقابل خود داشته باشیم. از این طریق و ارائه راهکارهای مناسب برای اجرای صحیح این پروژه ها، می توان به نسبت اهمیت سازه، تخریب های کنترل شده ای را در آینده از سازه انتظار داشت. در واقع با مد نظر قرار دادن این شاخص، تمامی موارد لازم برای ساخت سازه های مناسب، از جمله طراحی و ساخت بر اساس ظرفیت و عملکرد، عملی می شود.

ساختمانهای بتن آرمه که از سختی به مراتب بالاتری نسبت به ساختمانهای فولادی برخوردارند، بطور کامل از لحاظ شیوه خرابی متفاوتند. به همین دلیل هم شاخصهای خرابی تعریف شده برای این دو

تفاوت جدی دارند . به علت اینکه شاخصهای خرابی ارائه شده اولیه بیشتر مناسب سازه های بتنی است، پژوهشهای صورت گرفته در زمینه مقایسه شاخصهای خرابی مناسب برای سازه های فلزی، کمتر از سازه های بتنی است. به همین دلیل ضروری است که با مقایسه شاخصهای خرابی و خرابیهای واقعی حاصل از زلزله، نزدیک ترین شاخصها به واقعیت انتخاب شوند. با مشخص شدن این شاخصها، معیارهای لازم برای مقاوم سازی نیز ترسیم می شود. در واقع با استفاده از این شاخصها، وضعیت ساختمان در هنگام زلزله مورد ارزیابی قرار گرفته و از این طریق می توان مقاوم سازی و یا عدم آنرا توصیه کرد.

۱-۳ پیشینه فعالیتها

پیشینه فعالیتها در زمینه مطالعه آسیب پذیری ساختمانها به سالهای اول دهه هفتاد بازمی گردد. در این زمان مدلهای غیر خطی برای ارزیابی رفتار ساختمانها در برابر زلزله پیشنهاد گردید. ویتمن (۱۹۷۲) با ارائه روشی اولین قدم را در این راه برداشت. در این روش، شدت حرکت زمین با مقیاس مرکالی اصلاح شده و خسارت زمین لرزه بوسیله نسبت هزینه ترمیم و مرمت به هزینه ساخت مجدد، بیان شد.تانگ (۱۹۷۷)[۱] با تعریف خسارت پذیری موضعی، خسارت پذیری کلی و تجمعی در تعیین خسارت در ساختمانها گامی نوین در این زمینه برداشت. در این روش برای تعیین میزان ظرفیت انرژی جذب شده در اعضای سازه تحت اثر بارهای نوسانی، شاخص کارایی پیشنهاد شد. پارک(۱۹۷۷)[۲] با استفاده از روش تحلیل استاتیکی غیر خطی سازه ها، روشی جدید ارائه کرد. در این روش برای ساختمانهای واقعی دو معیار کمی یعنی ظرفیت تغییر شکل نهایی اعضاء، و ضرایب تاثیر اهمیت در نظر گرفته می شود. کراوینکلر و همکاران (۱۹۸۳)[۳] بر اساس تعداد درجات آزادی یک سازه، رابطه ای ساده اما کارا برای محاسبه شاخص خرابی پیشنهاد نمودند. پاول و همکاران (۱۹۸۸)[٤] روشی برای محاسبه شاخص خرابی بر مبنای مقایسه ظرفیتهای سازه در هنگام وقوع زلزله های مختلف، ارائه نمودند. این رابطه توسط کوزنزا (۱۹۹۳)[٥] با همان مبنا، ولی بر اساس انرژی جذب شده توسط سازه در هنگام جاری شدن فولاد و حد نهایی آن، بصورت کاملتری بیان گردید.

تحقیقاتی نیز بر روی سازه های خاص مانند پل ها انجام شده است. از جمله این تحقیقات می توان به رابطه ارائه شده توسط یوسامی و کومار (۱۹۹٥)[٦] اشاره کرد که این رابطه به صورت مشخص برای

پل های فلزی و بر اساس حداکثر انرژی جذب شده توسط آنها ارائه شده است. HAZUS نیز حالات خسارت و همچنین مکانیزمهای شکست متناظر با آن را در پلها مشخص کرده است. همچنین انجمن مهندسین سازه کالیفرنیا در سال ۲۰۰۰[۷] حالات خسارت لرزه ای بر مبنای تقاضای شکل پذیری غیر الاستیک را در جدولی طبقه بندی کرده است. در این جدول، شاخص خسارت لرزه ای(IDDR) بین اعداد صفر تا یک متغیر است که هر بازه، حالتی از خسارت را توصیف می کند.

رینورن (۱۹۹۹)[۸] رابطه ای متفاوت از روابط قبلی را برای محاسبه شاخص خرابی پیشنهاد کرد. هر چند اجزاء این رابطه همان اجزاء رابطه پارک و آنگ می باشند، اما وارد نمودن فاکتوری بنام خستگی و نتایج حاصل از آن، حائز اهمیت است. میکامی و ایمورا (۲۰۰۰)[۹] نشان دادند که محل در نظر گرفتن شاخص خرابی در سازه ها می تواند قبل از تحلیل سازه، و پس از تعیین محدودیتهای سازه ای بر مبنای خرابی باشد. این دو محقق بر مبنای رابطه پارگ و آنگ در محدوده الاستیک و بر مبنای میزان نرمی، رابطه جدیدتری را ارائه دادند. در همان سال ساری و همکاران[۱۰] بر مبنای اطلاعات اخذ شده از زلزله آناتولی ۱۹۹۹ کشور ترکیه، و با استفاده از پردازش اطلاعات در ۲۰ نقطه از محل زلزله، تحلیل عددی الاستیک و پلاستیک را بر مبنای عملکرد سازه ها انجام دادند. رابطه ارائه شده بیانگر دو قسمت شاخص خرابی طبقه و شاخص خرابی کلی می باشد. ضمن اینکه خود رابطه محاسبه شاخص خرابی طبقه نیز از حاصل جمع شاخص خرابی المانهای نظیر بدست می آید. هونگلین (۲۰۰۲)[۱۱] روشی نوین برای شاخص خرابی ارائه نمود. این روش، بر مبنای اطلاعات اخذ شده از سیستم GIS تعریف شده است.در در این روش، ابتدا و قبل از وقوع زلزله، ساختمانهای هر منطقه از نظر اهمیت و از نظر نوع مصالح بکار رفته، تقسیم بندی شده و در لایه های GIS طبقه بندی می شوند. بنابراین قبل از وقوع زلزله می توان شاخص خرابی را بصورت تخمین نزدیک واقعیت مشخص نمود. این روش بطور مشخص در زلزله Lijiang کشور چین مورد استفاده قرار گرفت، بگونه ای که تقریبا ۱۰ ساعت پس از زلزله مذکور، کمیته مدیریت بحران بر انجام عملیات نجات نظارت کامل داشت. در همین سال بزرگ نیا و برترو[۱۲] دو شاخص خرابی متمایز از هم را برای سازه ها ارائه نمودند. این رابطه ها بطور مشخص بر مبنای طراحی بر اساس عملکرد تدوین شده است. در این روش نمودار گسیختگی در چند مرحله بصورت غیر خطی در نظر گرفته شده است و پس از آن با روشهای دوخطی، آنرا به محدوده های خطی تبدیل می کنند. پاپاداپولوس و همکاران (۲۰۰٤)[۱۳] با روشی ساده ولی دقیق، رابطه ای را برای محاسبه شاخص