دانشگاه مازندران
دانشکده مهندسی عمران

موضوع:

ارزیابی لرزه‌ای کمی و کیفی بیمارستان‌های استان مازندران و ارائه طرح بهسازی آن (مطالعه موردی بیمارستان ۲۲۰ تختخوابی بابل)

جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد
مهندسی عمران- سازه

استاد راهنما:
دکتر علیرضا میرزاگل‌تبار روشن

استاد مشاور:
دکتر جواد واثقی امیری

نگارش:
رضا شمس‌تبار کامی

تابستان ۱۳۸۷

چکیده

استان مازندران از نظر پهنه‌بندی لرزه خیزی از خطر نسبی بالایی برخوردار است، بنابراین ساختمان‌های موجود در این استان باید در مقابل زلزله مقاوم باشند و بسته به اهمیت ساختمان و مسائل اقتصادی، سیاسی، و فرهنگی و ... دارای سطح عملکرد مناسبی باشد. بیمارستان‌ها جزو ساختمان‌های مهم و حیاتی بوده و با توجه به این که بلافاصله بعد از وقوع زلزله باید به عنوان مرکز امدادرسانی قابل استفاده باشند، اهمیت ارزیابی لرزه‌ای و در صورت لزوم ارائه طرح بهسازی آن امری بدیهی و واضح است.

در این تحقیق ارزیابی لرزه‌ای بر روی سازه مورد نظر هم به روش کیفی و هم به روش کمی انجام گرفت. روش ارزیابی کیفی و کمی مورد استفاده، به ترتیب، روش آریا و روش استاتیکی غیرخطی بوده‌اند. جهت ارزیابی لرزه‌ای بیمارستان 320 تختخوابی بابل، اطلاعات فنی و نقشه های آن جمع‌آوری و مدل مربوطه در نرم افزار SAP2000 تهیه شد و پس از اعمال بارگذاری و اختصاص مفاصل پلاستیک به اعضا، ارزیابی انجام شد.

نتایج تحلیل حاکی از آن است که سازه مورد نظر در سطح عملکرد ایمنی جانی قرار دارد و تقویت سازه ضروری به نظر می رسد. البته با انجام ارزیابی کیفی به روش آریا و آریای اصلاح شده، صحت این مطلب تایید شد. جهت بهبود رفتار سازه‌ای و سطح عملکرد سازه، طرح تقویت برای تیرها و ستون های ضعیف ارائه شد. جهت بررسی کفایت این طرح تقویت، سازه بر اساس طرح تقویت نیز مورد ارزیابی قرار گرفت. در این حالت نیز از روش استاتیکی غیرخطی استفاده شد و نتایج حاکی از آن است که سازه بر اساس طرح تقویت در محدوده استفاده بدون وقفه قرار دارد که منطبق با نیاز سازه بیمارستان است.

فهرست مطالب

فصل اول: کلیات

1-1-مقدمه ۱٤
1-2- تاریخچه ۱٦
1-3- هدف ۲۲
1-4- روش انجام تحقیق ۲٤
1-5- ساختار پایان‌نامه ۲٤

فصل دوم: ادبیات فنی

2-1- مقدمه ۲۷
2-2- روش های کمی ۲۷
2-2-1- مقدمه ۲۷
2-2-2- سطوح عملکردی ۲۹
2-2-2-1- سطوح عملکرد اجزای سازه‌ای ۳۰
2-2-2-2- سطح عملکرد اجزای غیر سازه‌ای ۳۰
2-2-2-3- سطوح عملکرد ساختمان ۳۰
2-2-3- حرکات لرزه‌ای زمین و تحلیل خطر زلزله و طیف طراحی آن ۳۱
2-2-4- تبیین اهداف عملکردی ساختمان ۳۲
2-2-4-1- بهسازی مبنا ۳۳
2-2-4-2- بهسازی مطلوب (BSO) ۳٤
2-2-4-3- بهسازی ویژه (Enhanced objectives) ۳٤
2-2-4-4- بهسازی محدود (Limited objectives) ۳٤
2-2-5- اختصاص اهداف عملکرد ۳٤
2-2-5-1- اهداف عملکرد اولیه ۳٤
2-2-5-2- هدف عملکرد نهایی ۳٤
2-2-6- روش های مجاز تحلیل سازه ها ۳٤
2-2-6-1-روش تحلیل خطی (LSP) ۳٥
2-2-6-2- روش تحلیل دینامیکی خطی (LDP) ۳٥
2-2-6-3- روش استاتیکی غیر خطی(NSP) ۳٥
2-2-6-4- آنالیز دینامیکی غیر خطی(NDP) ۳٦
2-3- روشهای ارزیابی کیفی ۳۷
2-3-1- مقدمه ۳۷

2-3-1-1-ورودی ها ۳۸
2-3-1-2- روش ها ۳۸
2-3-1-3-خروجی ۳۸
2-3-1-4-بررسی روش ها ۳۸
2-3-2- روش های مختلف ارزیابی کیفی ۳۹
2-3-2-1-روش ارزیابی کیفی (ATC) ۳۹
2-3-2-1-1- شناخت سیستم سازه‌ای ۴۰
2-3-2-1-2- ارتفاع یا تعداد طبقات ساختمان ۴۰
2-3-2-1-3- تعداد افراد ساکن ۴۰
2-3-2-1-4- نوع استفاده از ساختمان ۴۰
2-3-2-1-5- نامنظمی در پلان ۴۰
2-3-2-1-6- پیچش ۴۰
2-3-2-1-7- نامنظمی در ارتفاع ۴۰
2-3-2-1-8- ضربه ساختمانهای مجاور ۴۱
2-3-2-1-9- طبقه نرم ۴۱
2-3-2-1-10- ستونهای کوتاه ۴۱
2-3-2-1-11- وضعیت نامطلوب سازه ۴۱
2-3-2-1-12- زمان ساخت ساختمان ۴۱
2-3-2-1-13- نوع خاک ۴۲
2-3-2-2- روش ازیابی کیفی FEMA154 ..... ۴۲
2-3-2-3- روش ارزیابی کیفی ونزوئلا ۴۳
2-3-2-4-روش ارزیابی سبا ۴۴
2-3-2-5-روش ارزیابی کیفی کمیته مشترک کشورهای بالکان ۴۴
2-3-2-6-روش ارزیابی کیفی آریا ۴۵
1-1-مقدمه 14
1-2- تاریخچه 16
1-3- هدف 22
1-4- روش انجام تحقیق 24
1-5- ساختار پایان‌نامه 24
2-1- مقدمه 27
2-2- روش های کمی 27

2-2-1- مقدمه 27
2-2-2- سطوح عملکردی 29
2-2-2-1- سطوح عملکرد اجزای سازه‌ای 30
2-2-2-2- سطح عملکرد اجزای غیر سازه‌ای 30
2-2-2-3- سطوح عملکرد ساختمان 30
2-2-3- حرکات لرزه‌ای زمین و تحلیل خطر زلزله و طیف طراحی آن 31
2-2-4- تبیین اهداف عملکردی ساختمان 32
2-2-4-1- بهسازی مبنا 33
2-2-4-2- بهسازی مطلوب (BSO) 34
2-2-4-3- بهسازی ویژه (Enhanced objectives) 34
2-2-4-4- بهسازی محدود (Limited objectives) 34
2-2-5- اختصاص اهداف عملکرد 34
2-2-5-1- اهداف عملکرد اولیه 34
2-2-5-2- هدف عملکرد نهایی 34
2-2-6- روش های مجاز تحلیل سازه ها 34
2-2-6-1-روش تحلیل خطی (LSP) 35
2-2-6-2- روش تحلیل دینامیکی خطی (LDP) 35
2-2-6-3- روش استاتیکی غیر خطی(NSP) 35
2-2-6-4- آنالیز دینامیکی غیر خطی(NDP) 36
2-3- روشهای ارزیابی کیفی 37
2-3-1- مقدمه 37
2-3-1-1-ورودی ها 38
2-3-1-2- روش ها 38
2-3-1-3-خروجی 38
2-3-1-4-بررسی روش ها 38
2-3-2- روش های مختلف ارزیابی کیفی 39
2-3-2-1-روش ارزیابی کیفی (ATC) 39
2-3-2-1-1- شناخت سیستم سازه‌ای 40
2-3-2-1-2- ارتفاع یا تعداد طبقات ساختمان 40
2-3-2-1-3- تعداد افراد ساکن 40
2-3-2-1-4- نوع استفاده از ساختمان 40

2-3-2-1-5- نامنظمی در پلان 40
2-3-2-1-6- پیچش 40
2-3-2-1-7- نامنظمی در ارتفاع 40
2-3-2-1-8- ضربه ساختمانهای مجاور 41
2-3-2-1-9- طبقه نرم 41
2-3-2-1-10- ستونهای کوتاه 41
2-3-2-1-11- وضعیت نامطلوب سازه 41
2-3-2-1-12- زمان ساخت ساختمان 41
2-3-2-1-13- نوع خاک 42
2-3-2-2- روش ازیابی کیفی FEMA154 42
2-3-2-3- روش ارزیابی کیفی ونزوئلا 43
2-3-2-4-روش ارزیابی سبا 44
2-3-2-5-روش ارزیابی کیفی کمیته مشترک کشورهای بالکان 44
2-3-2-6-روش ارزیابی کیفی آریا 45
3-1-روش ارزیابی کمی 47
3-1-1- روش ضرایب 51
3-1-2- اصول کلی روش تحلیل طیف ظرفیت 51
3-2- روش ارزیابی کیفی 52
3-2-1- ارزیابی کیفی به روش آریا 52
3-2-2-روش ارزیابی آریای تکمیل شده 56
4-1-معرفی سیستمهای مورد مطالعه و طراحی آنها 61
4-2- آنالیزهای استاتیکی غیرخطی قبل از تقویت 67
4-2-1- مدل سازی 67
4-2-1-1- بارگذاری ثقلی 67
4-2-1-2- بارگذاری جانبی 68
4-2-1-2-1- بارگذاری (Elf) 68
4-2-1-2-2-بارگذاری (Uniform) 68
4-2-1-3- تعریف مفاصل پلاستیک 68
4-2-1-3-1- مفاصل پلاستیک تیرها 68
4-2-1-3-2- مفاصل پلاستیک ستونها 69
4-2-2- نتایج آنالیزهای استاتیکی غیرخطی 69

4-2-2-1- منحنی ظرفیت سازه 69
4-2-2-2- نقاط عملکرد سازه 77
4-2-2-3-مقایسه نتایج سازه بر حسب نوع بارگذاری جانبی 79
4-3- نتایج ارزیابی کیفی ساختمان قبل از تقویت 81
4-4-تعیین طرح تقویت 84
4-5- ارزیابی لرزه ای سازه بر اساس طرح تقویت 85
4-5-1- مدلسازی سازه بر اساس طرح تقویت 85
4-5-2- ارائه نتایج آنالیزهای استاتیکی غیرخطی 86
4-5-2-1- منحنی ظرفیت سازه 86
4-5-2-2- نقاط عملکرد سازه 88
4-5-2-3-مقایسه نتایج سازه بر اساس طرح تقویت بر حسب نوع بارگذاری جانبی 88
4-6-مقایسه نتایج سازه اصلی و سازه بر اساس طرح تقویت 90
فصل سوم: مدل سازي و روش هاي مورد استفاده
3-1-روش ارزیابی کمی 47
3-1-1- روش ضرایب 51
3-1-2- اصول کلی روش تحلیل طیف ظرفیت 51
3-2- روش ارزیابی کیفی 52
3-2-1- ارزیابی کیفی به روش آریا 52
3-2-2-روش ارزیابی آریای تکمیل شده 56
فصل چهارم: نتایج مطالعه موردی بیمارستان320تختخوابی بابل
4-1-معرفی سیستمهای مورد مطالعه و طراحی آنها 61
4-2- آنالیزهای استاتیکی غیرخطی قبل از تقویت 67
4-2-1- مدل سازی 67
4-2-1-1- بارگذاری ثقلی 67
4-2-1-2- بارگذاری جانبی 68
4-2-1-2-1- بارگذاری (Elf) 68
4-2-1-2-2-بارگذاری (Uniform) 68
4-2-1-3- تعریف مفاصل پلاستیک 68
4-2-1-3-1- مفاصل پلاستیک تیرها 68
4-2-1-3-2- مفاصل پلاستیک ستونها 69

4-2-2- نتایج آنالیزهای استاتیکی غیرخطی 69
4-2-2-1- منحنی ظرفیت سازه 69
4-2-2-2- نقاط عملکرد سازه 77
4-2-2-3-مقایسه نتایج سازه بر حسب نوع بارگذاری جانبی 79
4-3- نتایج ارزیابی کیفی ساختمان قبل از تقویت 81
4-4-تعیین طرح تقویت 84
4-5- ارزیابی لرزه ای سازه بر اساس طرح تقویت 85
4-5-1- مدلسازی سازه بر اساس طرح تقویت 85
4-5-2- ارائه نتایج آنالیزهای استاتیکی غیرخطی 86
4-5-2-1- منحنی ظرفیت سازه 86
4-5-2-2- نقاط عملکرد سازه 88
4-5-2-3-مقایسه نتایج سازه بر اساس طرح تقویت بر حسب نوع بارگذاری جانبی 88
4-6-مقایسه نتایج سازه اصلی و سازه بر اساس طرح تقویت 90

فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات

5-1- نتیجه گیری 96
5-2- پیشنهادات 96

فهرست اشکال

شکل 1-1- نقشه پهنه بندی خطر زمین لرزه بر اساس دوره بازگشت 475 سال [31].....23
شکل 1-2- نقشه پهنه بندی خطر زمین لرزه بر اساس دوره بازگشت 975 سال [31].....23
شکل 1-3- نقشه پهنه بندی خطر زمین‌لرزه بر اساس دوره بازگشت 2475 سال [31].....24
شکل2-1- سطح عملکرد مختلف و شاخص خرابی [33].....29
شکل 2-2- اهداف عملکردی معرفی شده در آئین‌نامه (FEMA)[34].....33
شکل 2-3- نمونه از اهداف طراحی (توصیه شده توسط مرجع SEAOC)[32] 33
شکل3-1- تحلیل پوش‌آور به روش استاتیکی[36] 47
شکل3-2- تعیین مقدار k.....48
شکل3-3- نحوه بدست آوردن منحنی ظرفیت [37].....50
شکل 3-4- منحنی ظرفیت نهایی سازه [36].....50
شکل3-5- منحنی ساده شده نیرو-تغییرمکان [15].....51
شکل 3-6- اصول کلی روش طیف ظرفیت [20].....53
شکل 4-1- پلان ستون و تیر طبقه همکف.....61
شکل 4-2- پلان ستون و تیر طبقه اول.....62
شکل 4-3- پلان ستون و تیر طبقه دوم.....62
شکل4-4- بار مرده اعمال شده به طبقه اول 63
شکل4-5- بار مرده اعمال شده به طبقه دوم 64
شکل4-6- بار مرده اعمال شده به طبقه سوم 64
شکل4-7- بار زنده اعمال شده به طبقه اول 65
شکل4-8- بار زنده اعمال شده به طبقه دوم.....65
شکل4-9- بار زنده اعمال شده به طبقه سوم.....66
شکل 4-10- منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری Elf در جهت x و تحت بارگذاری ثقلی 1.....69
شکل 4-11- منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری Elf در جهت x و تحت بارگذاری ثقلی 2.....69
شکل 4-12- منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری Uniform در جهت x و تحت بارگذاری ثقلی 1..70
شکل 4-13- منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری Uniform در جهت x و تحت بارگذاری ثقلی 2..70
شکل 4-14- منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری Elf در جهت y و تحت بارگذاری ثقلی 1.....70
شکل 4-15- منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری Elf در جهت y و تحت بارگذاری ثقلی 2.....71
شکل 4-16- منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری Uniform در جهت y و تحت بارگذاری ثقلی 1..71
شکل 4-17- منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری Uniform در جهت y و تحت بارگذاری ثقلی 2..71

شکل 4-18- منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری Elf در جهت x به علاوه 30% تغییرمکان در جهت y و تحت بارگذاری ثقلی 1 72
شکل 4-19- منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری Elf در جهت x به علاوه 30% تغییرمکان در جهت y و تحت بارگذاری ثقلی 2 72
شکل 4-20- منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری Uniform در جهت x به علاوه 30% تغییرمکان در جهت y و تحت بارگذاری ثقلی 1 72
شکل 4-21- منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری Uniform در جهت x به علاوه 30% تغییرمکان در جهت y و تحت بارگذاری ثقلی 2 73
شکل 4-22- منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری Elf در جهت y به علاوه 30% تغییرمکان در جهت x و تحت بارگذاری ثقلی 1 73
شکل 4-23- منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری Elf در جهت y به علاوه 30% تغییرمکان در جهت x و تحت بارگذاری ثقلی 2 73
شکل 4-24- منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری Uniform در جهت y به علاوه 30% تغییرمکان در جهت x و تحت بارگذاری ثقلی 1 74
شکل 4-25-منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری Uniform در جهت y به علاوه 30% تغییرمکان در جهت x و تحت بارگذاری ثقلی 2 74
شکل 4-26- منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری Elf در جهت x منهای 30% تغییرمکان در جهت y و تحت بارگذاری ثقلی 1 74
شکل 4-27- منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری Elf در جهت x منهای 30% تغییرمکان در جهت y و تحت بارگذاری ثقلی 2 75
شکل4-28- منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری Uniform در جهت x منهای 30% تغییرمکان در جهت y و تحت بارگذاری ثقلی 1 75
شکل 4-29- منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری Uniform در جهت x منهای 30% تغییرمکان در جهت y و تحت بارگذاری ثقلی 2 75
شکل 4-30- منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری Elf در جهت y منهای 30% تغییرمکان در جهت x و تحت بارگذاری ثقلی 1 76
شکل 4-31-منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری Elf در جهت y منهای 30% تغییرمکان در جهت x و تحت بارگذاری ثقلی 2 76
شکل 4-32- منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری Uniform در جهت y منهای 30% تغییرمکان در جهت x و تحت بارگذاری ثقلی 1 76

شکل 4-33- منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگـذاری Uniform در جهـت y منهـای 30% تغییرمکـان در جهت x و تحت بارگذاری ثقلی 2.....77
شکل 4-34- تعیین تغییر مکان در نقطه عملکرد سازه تحت الگوی بارگذاریElf در جهت مثبت y منهای 30% تغییرمکان در جهت x و تحت بارگذاری ثقلی 1.....77
شکل 4-35- تعیین تغییر مکان در نقطه عملکرد سازه تحت الگوی بارگذاری Uniform در جهت مثبت y بـه علاوه 30% تغییرمکان در جهت x و تحت بارگذاری ثقلی 1.....77
شکل 4-36- تعیین تغییر مکان در نقطه عملکرد سازه تحت الگـوی بارگـذاری Uniform در جهـت منفـی x منهای 30% تغییرمکان در جهت y و تحت بارگذاری ثقلی 1.....78
شکل 4-37- تعیین تغییر مکان در نقطه عملکرد سازه تحت الگـوی بارگـذاری Uniform در جهـت مثبـت y منهای 30% تغییرمکان در جهت x و تحت بارگذاری ثقلی 1.....78
شکل 4-38- تعیین تغییر مکان در نقطه عملکرد سازه تحت الگوی بارگذاری Uniform در جهت مثبت x بـه علاوه 30% تغییرمکان در جهت y و تحت بارگذاری ثقلی 2.....78
شکل 4-39- مقایسه طیف ظرفیت در جهت منفی x منهای 30% تغییرمکان در جهت y و تحت بارگذاری ثقلـی 1 در الگوی بارگذاری Uniform و ELF.....79
شکل 4-40- مقایسه طیف ظرفیت در جهت مثبت x منهای 30% تغییرمکان در جهت y و تحت بارگذاری ثقلی 1 در الگوی بارگذاری Uniform و ELF.....79
شکل 4-41-مقایسه طیف ظرفیت در جهت مثبت x به علاوه 30% تغییرمکـان در جهـت y و تحـت بارگـذاری ثقلی 1 در الگوی بارگذاری Uniform و ELF.....80
شکل 4-42- مقایسه طیف ظرفیت در جهت مثبت x به علاوه 30% تغییرمکان در جهـت y و تحـت بارگـذاری ثقلی 2 در الگوی بارگذاری Uniform و ELF.....80
شکل 4-43-مقایسه طیف ظرفیت در جهت مثبت y به علاوه 30% تغییرمکـان در جهـت x و تحـت بارگـذاری ثقلی 2 در الگوی بارگذاری Uniform و ELF.....80
شکل 4-44- تیرها و ستون های ضعیف در طبقه همکف.....84
شکل 4-45- تیرها و ستون های ضعیف در طبقه اول.....84
شکل 4-46 دتایل تقویت ستون ها.....85
شکل4-47- ایجاد پیوستگی تقویت ستون در طبقات.....79
شکل4-48- دتایل تقویت تیرها.....80
شکل 4-49- منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری Uniform در جهت مثبت x منهـای 30% تغییرمکـان در جهت y و تحت بارگذاری ثقلی 1.....87
شکل 4-50- منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری Elf در جهت مثبت y منهای 30% تغییرمکان در جهت x و تحت بارگذاری ثقلی 1.....87

شکل 4-51- منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری Uniform در جهت مثبت y منهای30% تغییرمکان در جهت x و تحت بارگذاری ثقلی 1.....87
شکل 4-52- منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری Uniform در جهت منفی x منهای 30% تغییرمکان در جهت y و تحت بارگذاری ثقلی 1 88
شکل 4-53-مقایسه طیف ظرفیت سازه بر اساس طرح تقویت در جهت مثبت y به علاوه 30% تغییرمکان در جهت x و تحت بارگذاری ثقلی 1 در الگوی بارگذاری Uniform و ELF.....88
شکل 4-54-مقایسه طیف ظرفیت سازه بر اساس طرح تقویت در جهت مثبت y و تحت بارگذاری ثقلی 1 در الگوی بارگذاری Uniform و ELF 89
شکل 4-55- مقایسه طیف ظرفیت سازه بر اساس طرح تقویت در جهت منفی y منهای30% تغییرمکان در جهت x و تحت بارگذاری ثقلی 1 در الگوی بارگذاری Uniform و ELF.....89
شکل 4-56- مقایسه طیف ظرفیت سازه بر اساس طرح تقویت در جهت مثبت x منهای30% تغییرمکان در جهت y و تحت بارگذاری ثقلی 1 در الگوی بارگذاری Uniform و ELF.....89
شکل 4-57- مقایسه طیف ظرفیت سازه بر اساس طرح تقویت در جهت منفی x تحت بارگذاری ثقلی 1 در الگوی بارگذاری Uniform و ELF 90
شکل 4-58- منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری ELF در جهت منفی x منهای 30% تغییرمکان در جهت y و تحت بارگذاری ثقلی 1.....90
شکل 4-59- منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری ELF در جهت مثبت x منهای 30% تغییرمکان در جهت y و تحت بارگذاری ثقلی 1.....90
شکل 4-60- منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری Uniform در جهت منفی x منهای 30% تغییرمکان در جهت y و تحت بارگذاری ثقلی 1 91
شکل 4-61- منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری Uniform در جهت مثبت x منهای 30% تغییرمکان در جهت y و تحت بارگذاری ثقلی 1 91
شکل 4-62- منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری ELF در جهت مثبت x و تحت بارگذاری ثقلی 1 .91
شکل 4-63- منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری ELF در جهت منفی x و تحت بارگذاری ثقلی 1 ..92
شکل4-64-منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری Uniform در جهت منفی x و تحت بارگذاری ثقلی 1 92
شکل 4-65-منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری Uniform در جهت مثبت x و تحت بارگذاری ثقلی 1 92
شکل 4-66- منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری ELF در جهت منفی y منهای 30% تغییرمکان در جهت x و تحت بارگذاری ثقلی 1.....93

شکل 4-67- منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری ELF در جهت مثبت y منهای 30% تغییرمکان در جهت x و تحت بارگذاری ثقلی 1.....93
شکل 4-68-منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری Uniform در جهت منفی y منهای 30% تغییرمکان در جهت x و تحت بارگذاری ثقلی 1.....93
شکل 4-69- منحنی ظرفیت سازه تحت الگوی بارگذاری Uniform در جهت مثبت y منهای 30% تغییرمکان در جهت x و تحت بارگذاری ثقلی 1.....94

فهرست جداول

جدول 2-1- سطوح عملکرد ساختمان 31
جدول2-2- سطوح مختلف زلزله طرح با دوره بازگشت و احتمال وقوع مربوط [12] 32
جدول 3-1- پارامتر ها و ضرایب خسارت مورد استفاده در روش آریا 54
جدول 3-2- پارامتر ها و ضرایب خسارت مورد استفاده در روش تکمیلی آریا 58
جدول4-1- بار زنده مطابق با کاربری 63
جدول4-2-تعیین مشخصات مورد انتظار مصالح 67
جدول4-3- ترکیب بارگذاری های استفاده شده 68
جدول 4-4-ضرایب خسارت در روش ارزیابی کیفی آریا 81
جدول 4-5- ضرایب خسارت در روش ارزیابی آریا اصلاح شده 82
جدول 4-6- ارزیابی ساختمان با توجه به شدت زلزله 83

فصل اول

کلیات

1 - 1 - 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. منطقه زلزله زده، آزمایشگاه بزرگی در مقیاس واقعی است که انواع خسارات وارده به ساختمان ها و دیگر مستحدثات را به نمایش می گذارد و میزان درستی و دقت آیین‌نامه‌های مختلف، کیفیت مصالح، کیفیت اجرا و سایر نکات مربوط به ساخت و ساز را مشخص می کند[۱].

پس از وقوع زلزله های مختلف شاهد خسارات زیادی به ساختمان ها بوده ایم که خود حاکی از مناسب نبودن ساختمان ها است. از عوامل اصلی این موضوع می توان به طراحی اشتباه و اجرای نادرست اشاره کرد. ولی ایحاد خرابی ها در بعضی از ساختمان هایی که فاقد اشکالات فوق الذکر بود، موجب شد تا در مورد کفایت آیین نامه های مورد استفاده که بر مبنای مقاومت اعضا بودند، شبهاتی ایجاد شود. با بررسی آیین‌نامه‌های طراحی گذشته ایراداتی در آن ها مشاهده شده که موجب مطرح شدن بحث عملکرد ساختمان شد. به همین دلیل جهت حل مشکل در ساختمان های موجود بحث ارزیابی لرزه ای ساختمان ها مورد توجه محققین قرار گرفت.

لازم به ذکر است که بین طراحی یک ساختمان جدید الاحداث و ارزیابی فنی یک ساختمان موجود تفاوت وجود دارد که توجه به این مهم از اهمیت خاصی برخوردار است. در طراحی ، تمام سعی بر این است که ساختمانی طرح شود که بتواند در مقابل نیروهای وارده (ثقلی و جانبی) با سطح ایمنی مناسب مقاومت کند. برای این منظور مدل سازه ای مناسب ساختمانی ، بارهای اعمالی و مقاطع مورد نیاز المان های سازه‌ای بر حسب مصالح انتخابی تعیین می شود. متداول است که برای نادیده گرفتن اثرات منفی پارامتر های مختلف طراحی از جمله بارها و مقاومت مصالح ، طراحی را کمی محافظه کارانه تر انجام می دهند. بدین ترتیب مقاومت مصالح مصرفی در یک ضریب کاهنده ضرب می شوند و بارهای وارده به دلیل عدم قطعیت موجود معمولا افزایش داده می شوند. هر دوی این موارد با لحاظ کردن بهینه سازی و اقتصادی‌تر کردن طرح صورت می گیرد. معمولا انتخاب این ضرایب طوری انجام می شود که ریسک خطر در سطح پایینی حفظ گردد. مثلا در طرح ساختمان احتمال این که سازه به ظرفیت نهایی خود در طول یک سال برسد، حدود یک صدم درصد است. در مهندسی زلزله زمانی که یک ریسک بالای خطر پذیرفته می شود، طراحی از اهمیت بیشتری برخوردار خواهد بود که در این حالت شاید بتوان احتمال رسیدن به ظرفیت نهایی را تا حدود ۱ تا ۳ درصد افزایش داد. ولی در ارزیابی هدف تعیین چگونگی پاسخ یک ساختمان موجود در برابر نیروهای وارده است که در این رابطه تحلیل سازه یک ساختمان شامل المانهای سازه ای ، مصالح و بارهای مرده موجود مبنای محاسبه خواهد بود. البته در اینجا لازم نیست که یک مدل محافظه کارانه انتخاب گردد و

مفروضات در جهت اطمینان روی خواص مصالح در نظر گرفته شود. بلکه بایستی خواص واقعی مصالح و بارهای واقعی بدون ضریب ایمنی منظور گردد. همچنین مدل انتخابی تا حد امکان باید به واقعیت المان های سازه ای که بار های وارده را حل می کنند ، نزدیک باشد.

آئین‌نامه‌های کنونی طراحی سازه‌ها در برابر زلزله، عمدتاً با هدف کاهش تلفات جانی ناشی از زمین لرزه تدوین شده و تجارب بدست آمده از زلزله‌های اخیر نیز نشان دهنده کارآمدی آنها در زمینه کاهش تلفات بوده است. از طرف دیگر خرابیهای ناشی از زلزله‌های بزرگ در سالهای اخیر نشان داده است که میزان خسارت‌های مالی سازه‌ای و غیرسازه‌ای وارده به سازه‌ها در برخی موارد بسیار شدید بوده است. از جمله کاستی‌های موجود در روش طراحی مرسوم و آئین‌نامه‌های کنونی، عدم امکان ارزیابی صریح عملکرد سازه و اجزای آن می‌باشد. بنابراین در نگرش جدیدی که در سال های اخیر به طور جدی برای طراحی مقاوم لرزه‌ای مطرح شده است تاکید بر رفتار سازه جایگزین تاکید برمقاومت شده است. در ۷۰ سال گذشته، دوره‌ای که در آن محاسبات خاص طراحی مربوط به مقاومت لرزه‌ای در آئین‌نامه‌ها گنجانده شده‌اند، مقاومت و رفتار معادل یکدیگر ارزیابی می‌شده‌اند اما در ۲۵ سال اخیر با درک این موضوع که افزایش مقاومت لزوماً به معنای افزایش ایمنی و یا کاهش خطر نیست، به پدیده رفتار و عملکرد با دید جدیدی نگریسته می‌شود. هدف از طراحی براساس عملکرد اینست که بتوان سازه‌ای ساخت که عملکرد آن در مقابل زلزله‌های مختلف قابل پیش‌بینی باشد و بتوان عملکرد مورد نظر را بسته به هدف سازه انتخاب کرد. که این امر می‌تواند به عنوان آغاز واقعی عصر طراحی لرزه‌ای براساس عملکرد شناخته شود [۲].

هدف اصلی در ارزیابی لرزه‌ای، کاهش خطرهای جانبی و حفظ سرمایه‌های مادی است. یکی از گام‌های اساسی در کاهش خطر زلزله، تعیین آسیب‌پذیری ساختمان ها و شناخت نقاط ضعف آنها در برابر بارهای وارده است که بر پایه این شناخت می‌توان در مورد ساختمان ها از لحاظ مواجهه با زلزله تصمیم‌گیری کرد. اهمیت سازه های ویژه به حدی است که برای هرکدام از آن ها دستورالعمل هایی وجود دارد. به عنوان مثال می توان به دستورالعمل های FEMA395 [3] برای مدارس، FEMA396 [4] برای بیمارستان ها، FEMA397[5] برای ساختمان های اداری، FEMA400 [6] برای هتل ها و متل ها و غیره را نام برد. ساختمان های امدادرسانی نظیر بیمارستان ها چون به لحاظ ساختاری یکی از شریان های حیاتی در هنگام وقوع زلزله محسوب می شوند بنابراین بحث ارزیابی لرزه ای و بهسازی آنها از اهمیت بالای برخوردار است. در ادامه موارد اهمیت ارزیابی این ساختمانها به اختصار شرح داده می شود:

- ساکنین این نوع ساختمان ها عموماً افرادی هستند که در برابر پدیده ای مانند زلزله کاملاً بدون دفاع بوده و قابلیت حرکت، جابجایی و عکس العمل سریع در قبال وقوع احتمالی آن را ندارند.

- ساختمانهای بیمارستانی پس از وقوع زلزله در امدادرسانی کوتاه مدت و بلند مدت اهمیت به سزایی دارند. بطوری که در صورت آسیب دیدن و غیر قابل استفاده شدن این ساختمانها ممکن است تلفات ناشی از آن بیش از تلفات ایجاد شده به هنگام وقوع زلزله باشد.

- این ساختمانها غالباً جمعیت زیادی را شامل بیماران، همراهان بیمار، پزشکان و پرستاران در خود جای می دهند.

- دستگاههای پزشکی موجود در این نوع ساختمانها بعضاً حاوی مایعات و گازهای خطرناک می باشند.

- ساختمانهای بیمارستانهای موجود غالباً براساس آیین‌نامه‌های قدیمی طراحی شده‌اند و اکثراً الزامات آیین‌نامه‌های جدید طرح لرزه‌ای را تامین نمی‌کنند. همچنین وضعیت طرح و اجرای بسیاری از آنها مبهم و گاهی نامطلوب است، از این رو ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای آنها ضروری می‌نماید.

1 - 2 - تاریخچه

قدیمی‌ترین فعالیت‌ها در این زمینه به دهه هفتاد میلادی برمی‌گردد؛ زمانیکه مدل‌های غیرخطی جهت شناسایی رفتار ساختمانها پیشنهاد شد. اولین محققی که در این زمینه روشی برای برآورد خسارات لرزه‌ای ارائه داد ویتمن در سال ۱۹۷۲ بوده است. در این روش حرکات زمین با مقیاس مرکالی اصلاح شده و خسارت زمین‌لرزه با نسبت هزینه تعمیرات به هزینه ساخت مجدد ساختمان (نسبت خسارت) بیان می‌گردد. کالور و همکارانش در سال ۱۹۷۵ جزو اولین کسانی بودند که روشهای منظمی برای ارزیابی مقاومت لرزه‌ای و میزان آسیب‌پذیری ساختمانها (روش ارزیابی در محل) ارائه کردند. این روش برای همه انواع ساختمانها قابل استفاده است و به عواملی مانند نوع عناصر مقاوم در برابر زلزله؛ تقارن این عناصر در سازه؛ تعداد عناصر مقاوم؛ وضعیت فعلی عناصر مقاوم، صلبیت اتصالات سازه؛ بارهای بین سازه‌ای؛ وجود یا عدم وجود کلاف یا بست‌های سازه‌ای و تغییرات احتمالی این پارامترها بستگی دارد.

در سال ۱۹۷۴ ویگین روشی بر مبنای نوع سیستم قاب‌بندی، دیوار باربر، دیافراگم کف، مهاربندی، تیغه‌بندی داخلی، وضعیت فیزیکی سازه و خطرات خاص احتمالی ارائه کرد. .[۷]

در سال ۱۹۷۷ برترو و برسلر با تعریف خسارت‌پذیری موضعی؛ خسارت‌پذیری کلی و خسارت‌پذیری تجمعی در تعیین آسیب‌پذیری لرزه‌ای روش‌هایی را ارائه دادند. خسارت‌پذیری موضعی، میزان خسارت در اعضا می‌باشد که به عنوان نسبتی از پاسخ حداکثر به ظرفیت تغییرشکل نهایی بیان می‌گردد. خسارت‌پذیری کلی یا سراسری، میزان خسارت ساختمان است که به صورت مجموع خسارات محلی، با در نظر گرفتن ضریب اهمیت اعضا تعریف می‌شود. خسارت‌پذیری تجمعی، میزانی از خسارت کلی ساختمان است که از خسارات تحمیل شده گذشته نتیجه می‌شود.

بایگاوس و برسلر در سال ۱۹۷۹ با استفاده از روش تحلیل نیمه‌استاتیکی سازه‌ها یک روش ارزیابی خسارت لرزه‌ای را ارائه دادند. در بکارگیری این روشها برای ساختمانهای واقعی دو معیار کمی شامل

ظرفیت تغییرشکل نهایی اعضا و ضرایب تاثیر اهمیت در نظر گرفته می‌شود. در روشهای پیشنهاد شده در مطالعات به عمل آمده، خسارت سازه‌ای به صورت نسبت تقاضا یا پاسخ تحت تاثیر زمین‌لرزه‌های موردنظر به ظرفیت نهایی سازه تعریف شده است.

در سال ۱۹۸۴؛ پارک و همکارانش با ارائه شاخص خسارت، کمبودهای تحقیقاتی گذشته را پوشش داده و تحول بزرگ در ارزیابی آسیب‌پذیری به وجود آوردند. آنان با در نظر گرفتن مدل‌های جامع‌تری از رفتار غیرخطی اعضای بتنی مسلح تحت بارهای نوسانی، شکل‌پذیری و انرژی تلف شده توسط اعضای سازه‌ای را، در خسارت متحمل شده توسط اعضا دخالت داده و عملاً وضعیت مناسبی برای برآورد آسیب‌پذیری کمی ایجاد کردند.

ماری بس و جانگ وا بای(۲۰۰۶) عملکرد لرزه ای یک ساختمان بتنی ۵ طبقه که در ایالت متحده مرکزی و در سال ۱۹۸۰ میلادی بنا شده بود را مورد ارزیابی قرار دادند و با توجه به عدم کفایت لرزه ای آن در برابر ترکیبی از رکوردهای حرکت زمین و معیار عملکرد FEMA356 ، از سه روش برای بهسازی آن استفاده کردند. این روش ها عبارت بودند از: اضافه کردن دیوار برشی، اضافه کردن پوشش بتن و پوشاندن با ورق‌های فولادی جهت محدود کردن ناحیه مفصل پلاستیک. بر اساس نتایج، از میان این روش ها ، روش اضافه کردن دیوار برشی بهترین عملکرد را دارا بود[8].

هارتادو و کاردونا، در سال ۱۹۹۶، روشی برای ارزیابی آسیب‌پذیری سازه‌ها ارائه دادند. سازه‌های موردنظر آنها بیمارستان‌ها و تاسیسات مهم می‌باشد. این بناها جزو ساختمانهای مهم شمرده می‌شوند و به لحاظ شرایط کاربردی خاص، در مقابل زلزله‌های شدید خسارت جدی نباید به آنها برسد. به همین دلیل طراحی و ساخت آنها باید به گونه‌ای باشد که بتواند در مقابل زلزله‌های قوی مقاوم باشند.

کاباناس و بنیتو در سال ۱۹۹۷، در مقاله‌ای از حرکات زمین به عنوان پتانسیل آسیب یاد می‌کنند و با تخمین پارامترهای مرتبط با آسیب که در رابطه با انرژی حرکت زمین بیان می‌شود؛ ارزیابی بهتری از احتمال خطر لرزه‌ای ارائه می‌دهند. از جدیدترین روشهایی که امروزه مطالعات روی آنها در حال انجام شدن است، استفاده از شبکه‌های عصبی برای پیش‌بینی خسارت‌پذیری است[۹].

چوبرا و آتر و آلی (۲۰۰۰) عملکرد لرزه ای یک ساختمان بتنی کوتاه را بر حسب تغییر شکل نسبی میزان خسارت آن به همراه منحنی های عملکرد بدست آمده از تحلیل پوش آور غیرخطی ارزیابی کرده و انواع روش های بهسازی لرزه ای را مورد ارزیابی قرار دادند. طرح بهسازی شامل افزایش مقاومت، شکل پذیری، سختی و یا ترکیبی از آن ها بود. نتایج آن ها نشان می دهد که افزایش مقاومت ستون های بتنی موثرترین روش بهسازی برای کاهش تغییرشکل نسبی و خسارات است. همچنین افزایش شکل پذیری با تغییر شکل نسبی بالا و پتانسیل سطح خسارت پایین همراه است. وقتی فقط سختی ستون افزایش می یابد، باعث می شود با اعمال نیروی لرزه ای بزرگ تر، باعث وارد شدن خسارت به ستون می شود، چون در این حالت انرژی

بیشتری جذب می کند. از نظر آن ها به دلیل مقادیر کوچکتر تغییرشکل نسبی طبقه، شاخص خسارت و عملکرد بهتر در تحلیل پوش آور غیرخطی افزایش سختی (یا سختی به همراه مقاومت)، بهترین روش بهسازی برای ساختمان های کوتاه است[10].

ارول کالکان و ساشی کوناس(۲۰۰۶) در مقاله ای به بررسی تعدادی از روش های استاتیکی غیر خطی که شامل الگوی بار جانبی FEMA356، آنالیز پوش آور اصلاح شده(MMPA)، و آنالیز پوش کران بالا(UBPA) و روش ترکیب مودال سازگار(AMC) بودند، پرداخت. نتایج آن ها به صورت زیر بوده است:۱- روش FEMA 356 در حالتی که مشارکت مود بالاتر قابل توجه است، برآورد ناکافی از حداکثر تغییر شکل نسبی وحداکثر دوران پلاستیک اعضا در تراز طبقات بالاتر دارد.

۲- برآورد های UBPA به مراتب ضعیف بوده و قادر به تخمین منطقی حداکثر تغییرمکان نیستند. این موضوع باعث می شود نیازهای تغییر شکل نسبی طبقات و دوران های اعضا در ترازهای پایین تر، دست پایین و برای طبقات بالاتر دست بالا برآورد شوند.۳- در مقایسه با روش های FEMA356 و UBPA ، برآوردهای تغییر شکل نسبی طبقه در روش MMPA عموما به نتایج دینامیکی غیرخطی نزدیک هستند. ۴- توزیع بار اینرسی ،که به تغییرشکل طبقات وابسته است، به صورت تصاعدی مطابق با تغییرات پریود مودال و اشکال مودال در طول پاسخ غیرالاستیک تغییر می کند. در نتیجه تغییرات نیروهای اینرسی باید در روش های استاتیکی در نظر گرفته شود. این کار می تواند فقط با استفاده از بردارهای بار سازگار به دست آید.۵- روش AMC که مزایای اصلی روش طیف ظرفیت را داراست، ترکیب مودی و طرح بارگذاری سازگار بهترین تطابق را با نتایج دینامیکی غیرخطی دارد[11].

پس از واقعه مصیبت بار زلزله رودبار- منجیل (سال ۱۳۶۹) با تلاش بیشتری به تحلیل لرزه‌خیزی ایران و بحث ارزیابی آسیب‌پذیری ساختمانها و بررسی روشهای مقاوم‌سازی در برابر زلزله پرداخته شد. مخصوصاً در مراکز تحقیقاتی از جمله مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن؛ پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله و مرکز مطالعات مقابله با سوانح طبیعی بر روی موضوع ارزیابی آسیب‌پذیری ساختمانها و بررسی روشهای مقاوم‌سازی آنها تحقیقاتی صورت گرفت. در این مورد می‌توان به تهیه شناسنامه فنی ساختمانها در مرکز مقابله با سوانح طبیعی ایران اشاره کرد که در راستای ارزیابی آسیب‌پذیری لرزه‌ای ساختمانها و روشهای مقاوم‌سازی آنها صورت گرفته است. شکیب و همکارانش در تحقیقی آسیب‌پذیری ساختمانهای متعارف در کشور را بررسی کرده است. ساختمانهای مورد بررسی عبارت بودند از چهارگونه: فولادی، بتنی، بنای غیرمسلح و مختلط که درصد قابل توجهی از ساختمانهای کشور را تشکیل می‌دهند. در این مطالعه با استفاده از بازدیدهای عینی از شش منطقه مختلف کشور و تکمیل فرمهای تفصیلی شناسنامه فنی ساختمان‌ها و همچنین با ارزیابی عملکرد ساختمانهای متعارف در زلزله‌های اخیر، میزان آسیب‌پذیری برای چهارگونه ساختمانی متعارف ارائه گردیده است[۷].