پایان نامه کارشناسی ارشد

رشته سازه

بررسی میزان تأثیر نیروی محوری و آرماتورهای عرضی بر ظرفیت تغییر شکل جانبی ستون های بتن آرمه

استاد راهنما:

دکتر مصطفی برقی

نگارش:

امین هادیزاده

شهریور 1389

فهرست مطالب

فصل اول : مقدمه..... 1

1-1- مقدمه 2

1-1-1- اهداف پژوهش 4

1-2- کاربرد ظرفیت تغییرشکل جانبی ستون ها در مهندسی سازه و زلزله 5

1-2-1- آشنایی با روش طراحی بر اساس عملکرد 5

1-2-2- تعریف شاخص خسارت و ارتباط آن با با تغییرشکل جانبی 7

فصل دوم : مروری بر تحقیقات گذشته 10

2-1- تحقیقات انجام شده در ارتباط با پاسخ ستون های بتن آرمه تحت اثر بارگذاری دوره ای..... 11

2-2- تحقیقات Elwood و Moehle در مورد جابجایی تسلیم (Yield Displacement)..... 22

2-2-1- مدل تعیین تغییر شکل جانبی ستون‌های بتن آرمه..... 23

2-2-2- نسبت تغییر شکل جانبی در هنگام انهدام محوری 26

2-3- مدل ارائه شده توسط Pujol-2000 28

فصل سوم : ظرفیت تغییرشکل جانبی ستون های بتن آرمه 29

3-1-مقدمه 30

3-2- مؤلفه های پاسخ یک ستون بتن آرمه 30

3-2-1- سختی موثر 31

3-2-2- ظرفیت تغییرشکل جانبی (Drift)..... 31

3-2-2-1-تغییرشکل جانبی و تفکیک مؤلفه های آن 32

3-2-2- 1-1-سهم خمش از تغییر مکان 33

3-2-2-1-2-سهم لغزش از تغییرمکان کلی 35

3-2-2-1-3-سهم برش در تغییرمکان..... 36

3-2-3- مقاومت جانبی..... 37

3-2-3-1- انتقال برشی 37

فصل چهارم : بررسی پاسخ ستون های بتن آرمه تحت اثر بارگذاری دوره ای 40

4-1- مقدمه 40

4-2- بررسی ستون های بتن آرمه تحت بارگذاری دوره ای 41

4-2-1- تحلیل اجمالی ستون های بتن آرمه تحت اثر بارهای وارده..... 41

4-3- محصور کردن بتن و اثرات آن بر رفتار ستون های بتن آرمه..... 44

4-4- شکل پذیری ستون های بتن آرمه 48

4-4-1- شکل پذیری کرنشی..... 50

4-4-2- شکل پذیری انحنایی 51

4-4-2-1- انحناء حد جاری شدن 51

4-4-2-2- حداکثر انحناء یا انحناء نهایی 53

4-4-3- شکل پذیری جابجایی یا تغییر مکانی 55

4-4-3-1- رابطه بین شکل پذیری تغییر مکانی و شکل پذیری انحنایی 56

فصل پنجم : معرفی بانک اطلاعاتی (Data Base) 59

5-1- مقدمه 60

5-2- تاریخچه و مشخصات بانک اطلاعاتی 60

5-3- مشخصات ستونها 61

5-4- توزیع آماری خصوصیات نمونه های مورد مطالعه 63

5-5- چیدمان آزمایش ها و شرایط تکیه گاهی 66

5-6- مشاهدات آزمایش ها 67

5-7- اطلاعات نیرو- جابه جایی 68

5-8- اقدامات انجام شده برای قابل استفاده نمودن اطلاعات آزمایشات 70

فصل ششم : مدل پیشنهادی تعیین ظرفیت تغییر شکل جانبی ستون های بتن آرمه با مقطع مستطیل 73

6-1- مقدمه 74

6-2- معرفی پارامترهای مدل پیشنهادی 74

6-3- نحوه استفاده از مدل های پیشنهادی 76

6-3-1- انواع انهدام ستون های بتن آرمه تحت اثر بارهای دوره ای 76

6-4- مدل پیشنهادی 79

6-5- ارزیابی دقت مدل پیشنهادی تعیین ظرفیت تغییر شکل جانبی ستونها 82

6-6- نتیجه‌گیری..... 84

فصل هفتم : پیش بینی ظرفیت تغییر شکل جانبی ستون های بتن آرمه توسط مدل شبکه ها عصبی مصنوعی..... 85

7-1- معرفی شبکه عصبی مصنوعی..... 86

7-2- توابع تحریک 88

7-3- سلول عصبی بایاس در شبکه 91

7-4- انواع شبکه عصبی 91

7-4-1- شبکه های پیشخور 91

7-4-2- شبکه های پسخور یا برگشتی 92

7-5- تقسیم بندی بر مبنای تعداد لایه ها..... 93

7-5-1- شبکه تک لایه..... 93

7-5-2- شبکه چند لایه 94

7-6- فرایند یادگیری 95

7-7- یادگیری در شبکه عصبی 96

7-7-1- الگوریتم پس انتشار 96

7-7-2- شاخص اجرایی 98

7-7-3- قوانین یادگیری 99

7-7-3 -1-قانون هب 99

7-7-3-2- قانون هاپفیلد 99

7-7-3-3- قانون دلتا 100

7-7-3-4- قانون گرادیان نزولی 100

7-7-3-4-1- روش‌های اصلاح خطا در قانون گرادیان نزولی 100

7-7-3-4-1-1- نرخ آموزش متغیر 100

7-7-3-4-1-2- روش ممنتوم برای پس‌انتشار خطا 101

7-7-3-4-1-3- روش شبه نیوتن 102

7-7-3-4-1-4- روش گرادیان توام 102

7-7-3-4-1-5- الگوریتم لونبرگ مارکوارد 103

7-7-3-4-1-6- روش پس انتشار ارتجاعی (Resilient Backpropagation) 104

7-7- 3-5-اندازه حرکت 105

7-8- سنجش میزان یادگیری و عملکرد شبکه 105

7-9- تعمیم‌پذیری یا میزان عمومیت شبکه 107

7-10- شبکه عصبی مصنوعی طراحی شده جهت پیش بینی ظرفیت تغییرشکل جانبی ستونهای بتن آرمه 107

7-11- بررسی نتایج 108

7-12- نتایج مدل شبکه عصبی مصنوعی 108

فصل هشتم : خلاصه و نتیجه گیری 110

8-1- خلاصه و نتیجه گیری 111

8-2- زمینه های تحقیقاتی پیشنهادی 113

پیوست 1: اطلاعات و مشخصات ستون های بتن آرمه مورد مطالعه 114

پیوست 2 : شبکه عصبی در نرم‌افزار MATLAB 126

پ-2- شبکه عصبی در نرم‌افزار MATLAB 127

پ-2-1- معماری شبکه 127

پ-2-2- توابع فعالسازی در MATLAB 128

پ-2-3- آماده سازی داده ها جهت استفاده از آنها در برنامه 129

پ-2-3-1- پیش‌پردازش و پس پردازش داده ها با دستور minmax 129

پ-2-4- نوع آموزش در نرم افزار MATLAB 130

پ-2-5- تعریف شبکه 131

فهرست مراجع و منابع 132

فهرست اشکال

فصل اول

شکل 1-1 : سطوح عملکرد در FEMA-273 وATC-40 8

فصل دوم

شکل 2-1 : (A) تاریخچه تغییرشکل جانبی اعمال شده به ستون های A و B ، و شاخص های تاریخچه تغییرمکان مربوط به هر کدام (B) منحنی نیروی جانبی و تغییرمکان 12
شکل 2-2 : نمونه های آزمایش شده توسط OHAUO (1985) و سایرین، و ONO (1989) و سایرین، تاریخچه تغییرمکان اعمال شده و هندسه نمونه ها..... 19
شکل 2-3 : نمونه های آزمایش شده توسط SAATCIOGLU و OZCEBE (1989) ، و SAKAI (1990) و سایرین، تاریخچه تغییرمکان اعمال شده و هندسه نمونه ها. 20
شکل 2-4 : نمونه های آزمایش شده توسط WIGHT (1973)، و XIAO و MARTIROSSYAN (1998)، تاریخچه تغییرمکان اعمال شده و هندسه نمونه ها 20
شکل 2- 5 : نسبت تغییرشکل جانبی در مقابل پارامتر 21
شکل 2-6 : منحنی ممان-انحناء و مشخص کردن سختی موثر خمشی توسط ELWOOD و MOEHLE..... 23
شکل 2-7 : مقایسه ضریب تغییرشکل جانبی (DRIFT RATIO) نمونه های مورد آزمایش و رابطه ارائه شده 26
شکل 2- 8 : صفحه گسیختگی و دیاگرام آزاد پس از گسیختگی برشی در یک ستون بتن آرمه 27

فصل سوم

شکل 3-1- مؤلفه های پاسخ یک ستون بتن آرمه 31
شکل 3-2 : منحنی لنگر – انحناء..... 34

شکل 3-3 : منحنی هیسترزیس حاصل از انحناء – لنگر تحت بار های دوره ای 35

شکل 3-4 : نمایش شماتیک مؤلفه های تشکیل دهنده تغییرشکل جانبی 37

فصل چهارم

شکل 4-1 : نیروهای موجود در یک مقطع ستون بتن آرمه تحت بار محوری خارج از محور 42

شکل 4-2 : منحنی اندرکنش نیروی محوری و لنگر خمشی یک ستون بتن آرمه..... 43

شکل 4-3 : ضریب بزرگنمایی مقاومت خمشی یک ستون محصور برای بارهای محوری متفاوت 44

شکل 4-4 : منحنی تنش – کرنش بتن تحت شرایط مختلف محصور شدن 46

شکل 4-5 : محصور کردن بوسیله خاموت مارپیچ و نیروهای موجود..... 48

شکل 4-6 : منحنی کلی لنگر – انحناء برای یک عضو بتن آرمه 49

شکل 4-7 : شکل پذیری انحنایی..... 52

شکل 4-8 : لنگر، انحناء و تغییرمکان در یک ستون بتن آرمه تحت اثر نیروی جانبی 55

فصل پنجم

شکل 5-1: توزیع آماری نسبت دهانه برشی به عمق مقطع 64

شکل 5-2: توزیع آماری نسبت بار محوری 64

شکل 5-3 : توزیع آماری نسبت میلگردهای طولی 65

شکل 5-4: توزیع آماری نسبت میلگردهای عرضی 65

شکل 5-5: شرایط تکیه‌گاهی ستونهای مورد مطالعه 66

شکل5-6: فلوچارت نحوه تقسیم بندی انهدام..... 68

شکل5-7: انواع حالات مختلف $P - \Delta$ 70

شکل 5-8: نمودار تغییر مکان جانبی ستون شماره 195 72

شکل 5-9: نمودار تغییرات نیروی جانبی بر ستون شماره 195 72

شکل 5-10: نمودار هیسترزیس ستون شماره 195 72

فصل ششم

شکل 6-1: ارزیابی دقت مدل پیشنهادی تعیین ظرفیت تغییر شکل جانبی ستونها با انهدام برشی 82
شکل 6-2 : ارزیابی دقت مدل پیشنهادی تعیین ظرفیت تغییر شکل جانبی ستونها با انهدام خمشی برشی 83
شکل 6-3 : ارزیابی دقت مدل پیشنهادی ظرفیت تغییر شکل جانبی ستونها با انهدام خمشی 83
شکل 6-4 : ارزیابی دقت مدل پیشنهادی ظرفیت تغییرشکل جانبی ستون های بتن آرمه توسط رگرسیون خطی چندگانه
..... 84

فصل هفتم

شکل 7-1: ساختار یک نرون تک ورودی 87
شکل 7- 2 : تابع گام 89
شکل 7-3 : تابع خطی 89
شکل 7-4: تابع سیگموئید 90
شکل 7- 5 : تابع تانژانت هیپربولیک 90
شکل 7-6 : شبکه سه لایه پیشخور 92
شکل 7-7 : شبکه پسخور 93
شکل 7-8 : ساختار شبکه تک لایه 94
شکل 7-9 : ساختار شبکه چند لایه 95
شکل 7- 10 : الگوریتم پس‌انتشار خطا 97
شکل 7- 11 : معادله خط و ضریب همبستگی مدل های شبکه عصبی و رگرسیون خطی چندگانه 109

پیوست دوم

شکل پ2-1: لایه ورودی و خروجی در نرون تک لایه 127

شکل پ2-2: تابع فعالسازی خطی (پرلین)..... 128
شکل پ2-3: تابع فعالسازی لگاریتم سیگموئید (لاگ سیگ) 128
شکل پ2-4: تابع فعالسازی تانزانت سیگموئید (تانسیگ) 129

فهرست جداول

جدول 5-1: مشخصات مصالح..... 62
جدول 5-2: مشخصات هندسی ستونها..... 63
جدول 5- 3: شرایط مختلف تکیه گاهی وعلائم اختصاری آنها..... 67
جدول 5- 4 : بخشی از اطلاعات بارگذاری مربوط به یک نمونه ستون آزمایش شده..... 71
جدول پ 1- 1:اطلاعات نمونه های با انهدام خمشی..... 115
جدول پ 1- 2 : اطلاعات نمونه های با انهدام برشی 123
جدول پ 1-3 : اطلاعات نمونه های خمشی- برشی..... 124

فصل اول

مقدمه

1-1- مقدمه

ستون ها از اعضای مهم ساختمان ها و پل ها می باشند که وظیفه حمل بارهای ثقلی را داشته و همچنین نیروهای حاصل از زلزله را متحمل می گردند. رفتار ستون های بتن آرمه تابع متغیرهای بسیاری همانند ابعاد مقطع، مقدار آرماتورهای طولی، مقدار آرماتورهای عرضی، مقدار نیروی محوری، مقاومت مشخصه بتن، نوع بارگذاری (یک طرفه یا دوره‌ای) و تاریخچه تغییر مکان وارده می باشد. در بررسی رفتار لرزه ای ستون ها، با استفاده از نتایج آزمایشگاهی مناسب می توان نتایج قابل قبولی بدست آورد. از دهه 60 تا کنون آزمایشات دوره ای متعددی بر روی نمونه های مختلفی از ستونها انجام شده است. مؤسسه تحقیقاتی PEER مجموعه ای از آزمایشات انجام گرفته در این زمینه را جمع آوری نموده است، تا محققین با سهولت و دقت بیشتری به ارزیابی رفتار لرزه ای ستون های بتن آرمه بپردازند. معمولاً انجام آزمایشات مختلف در آزمایشگاه با صرف وقت و هزینه های بالایی ممکن خواهد شد. و حتی ممکن است به علت وجود مشکلات فراوان برای انجام آزمایش به نتیجه دلخواه و هدف مورد نظر نیز نائل نشویم. دسترسی گران به میز لرزان برای انجام آزمایشات لرزه ای نیز از دیگر مشکلات موجود در کشور ما می باشد. لذا در این پژوهش از نتایج با ارزش موجود در این بانک اطلاعاتی برای بررسی رفتار ستون های بتن آرمه با مقطع مربع مستطیل استفاده شده است.

آنچه آیین نامه ها و دستورالعمل های رایج و تا حدودی قدیمی در زمینه طراحی سازه ها در مقابل نیروهای زلزله ارائه نمودند، در اکثر موارد بر اساس روش های موسوم به نیرو بوده اند. در این روش ها با استفاده از مشخصات محل سازه مورد طراحی، و با کمک طیف های شتاب بدست آمده از زلزله های همان محل و آیین نامه های رایج، نیروهایی را مشخص می‌کنند و در تحلیل و طراحی از آن ها استفاده می کنند، نهایتاً به عنوان یک کنترل، جابه‌جایی سازه با محدوده های جابه‌جایی مشخص شده توسط آیین نامه مقایسه و کنترل می شود. از سوی دیگر روش های جابه‌جایی با محوریت جابه-جایی اعضاء و با نگاهی دقیق تر به مسائلی چون شکل پذیری، سختی و مکانیزم های تخریب اعضاء، سعی در پیش بینی واقع بینانه تر رفتار سازه ها دارند. با مشاهده خسارت های ناشی از زلزله و مطالعات انجام گرفته، مشخص گردیده است که وجود مقاومت های کافی که در آیین نامه های کنونی مورد توجه قرار می گیرند الزاماً کنترل کننده و قابل اطمینان نمی-باشد. به عبارت دیگر می توان گفت که بررسی تغییر شکل عضو، رویکرد بهتری در ارزیابی و عملکرد سازه های بتن آرمه در مقایسه با روش های قدیمی طراحی در اختیار ما قرار می دهد. تغییرشکل نسبی جانبی یکی از معیارهای مهم در طراحی

بر اساس روش های جابه جایی می باشد. این معیار برای کنترل رفتار سازه و میزان خسارت وارده بر آن کاربرد وسیع دارد. در ستون ها به عنوان اعضای قائم، میزان تغییرشکل جانبی نه تنها بر رفتار کلی سازه اثر می گذارد، بلکه بر شدت آسیب وارد بر خود عضو و نیز بر اعضای غیر سازه ای نیز مؤثر است.

این پژوهش شامل هشت فصل می باشد. در فصل اول، اهداف و فصول پایان نامه تعریف می شود و سپس به بررسی اهمیت تعیین ظرفیت تغییر شکل جانبی ستون های بتن آرمه در مهندسی سازه و زلزله پرداخته می شود.

در فصل دوم، مروری بر ادبیات فنی و تحقیقات محققین قبلی در ارتباط با رفتار ستون ها می شود و به صورت خلاصه با معرفی چند مدل موجود برای محاسبه تغییر شکل جانبی ستون ها، کارهای قبلی محققین مورد بررسی قرار می گیرد.

در فصل سوم، به بررسی مؤلفه های پاسخ یک ستون بتن آرمه تحت بارهای جانبی پرداخته می شود و سپس ظرفیت تغییر شکل جانبی ستون بتن آرمه را که از جمله مؤلفه های پاسخ آن تحت بارهای جانبی است، شرح داده شده است.

در فصل چهارم، توضیحی اجمالی در رابطه با رفتار ستون های بتن آرمه تحت اثر بارهای وارده داده می شود و تغییر شکل جانبی ستون و مؤلفه های آن مورد ارزیابی قرار می گیرد. در این فصل گزینه هایی مانند شکل پذیری، محصورشدگی ستون ها و اثرات پارامترهای مختلف در تغییر مکان جانبی توضیح داده خواهد شد. در این فصل مؤلفه های تشکیل دهنده تغییر مکان و پاسخ ستون های بتن آرمه به نیروهای لرزه ای در محدوده الاستیک و غیر الاستیک شرح داده می‌شود.

در فصل پنجم به شرح بانک اطلاعاتی (Data Base) مورد استفاده در این پژوهش پرداخته خواهد شد و در ادامه با ارائه جداول و نمودارهای آماری مربوط به آزمایش ها، نتایج حاصل از آنها و چگونگی قابل استفاده کردن این داده ها توضیح داده می شود.

در فصل ششم، پارامترهای مهم در ظرفیت تغییر شکل جانبی ستون های بتن آرمه، بررسی شده و با استفاده از نتایج آزمایشات بانک اطلاعاتی، توسط روش رگرسیون چندگانه خطی، مدلی جهت تعیین ظرفیت تغییر شکل جانبی ستون های بتن آرمه با مقطع مربع مستطیل ارائه شده است.

فصل هفتم این تحقیق به طراحی مدل شبکه عصبی مصنوعی جهت پیش بینی ظرفیت تغییرشکل جانبی ستون های بتن آرمه اختصاص یافته است.

در فصل هشتم، پس از ارائه خلاصه ای از تحقیق، با توجه به اهمیت شناخت صحیح پاسخ ستون های بتن آرمه در برابر بارهای دوره ای و نیز بررسی دقیق تر رفتار لرزه ای ستون ها، مواردی از زمینه های تحقیقاتی آینده پیشنهاد شده است.

1-1-1- اهداف پژوهش

بسیاری از ساختمان های موجود بتن آرمه قبل از تدوین و بکارگیری آئین نامه های جدید لرزه‌ای طراحی و ساخته شده اند، بنابراین در برابر زلزله آسیب پذیر می باشند. به طور کلی از نظر اقتصادی راه حل مناسب، مقاوم سازی طبق ضوابط روز دنیا می باشد تا اینکه ساختمان جدیدی به طور کامل، جایگزین سازه قبلی شود. به منظور تقویت این ساختمانهای بتنی آسیب پذیر در برابر بارهای لرزه ای مانند زلزله، مهم این است که افزایش آسیب و مکانیزم هایی را که موجب انهدام در این سازه ها تحت اثر بارهای لرزه ای و ثقلی می شود، درک کنیم. ارزیابی داده های آزمایشات میزهای لرزه در مقیاس بزرگ و اثبات مطالعاتی که اخیراً در دانشگاه هایی مانند برکلی و توسط موسسه PEER انجام گرفته است، می تواند کمک زیادی در ایجاد و ارتقاء مدل های تحلیلی و اثبات مطالعات آتی در واکنش سازه های بتن آرمه به نیروهای لرزه ای کند. از اهداف مهم این تحقیق بدست آوردن مدلی جهت پیش بینی ظرفیت تغییر شکل جانبی ستون های بتن‌آرمه با مقطع مربع مستطیل بر اساس جزئیات هندسی ستون ها تحت اثر بارگذاری دوره ای می باشد. همچنین با توجه به اینکه شبکه عصبی مصنوعی قادر به یادگیری ارتباطات پیچیده و غیرخطی در شاخه های مختلف علمی پژوهشی است. در این پژوهش مدلی جهت پیش بینی ظرفیت تغییرشکل جانبی ستون های بتن آرمه توسط شبکه عصبی مصنوعی نیز طراحی شده است.

در این فصل به بعضی از کاربردهای ظرفیت تغییرشکل جانبی ستون های بتن آرمه در مهندسی سازه و زلزله خواهیم پرداخت و همچنین اهمیت موضوع تغییرشکل جانبی ستون های بتن آرمه را بررسی خواهیم نمود.

1-2- کاربرد ظرفیت تغییرشکل جانبی ستون ها در مهندسی سازه و زلزله

1) در فرآیند طراحی قاب های خمشی به منظور کنترل شرایط بهره دهی قاب، کنترل تغییرمکان جانبی طبقات صورت می گیرد. ظرفیت تغییر شکل جانبی ستون ها در یک طبقه می تواند از حالات حدی کنترل کننده در این مرحله از طراحی باشد [1].

2) تغییرشکل نسبی جانبی یکی از معیارهای مهم در طراحی بر اساس عملکرد می باشد. این معیار برای کنترل رفتار سازه و میزان خسارت وارده بر آن کاربرد وسیع دارد. در ستون ها به عنوان اعضای قائم، میزان تغییرشکل جانبی نه تنها بر رفتار کلی سازه اثر می گذارد، بلکه بر شدت آسیب وارد بر خود عضو و نیز بر اعضای غیر سازه ای نیز موثر است [1].

3) در روش های طراحی بر اساس مقاومت، تعیین مقاومت برشی ستون ها مفید است، ولی در روش های جدید، حرکتی به سمت طراحی بر اساس تغییرمکان صورت گرفته است. در این روش ها نیاز به مدلی برای تعیین ظرفیت تغییرشکل ستون ها وجود دارد [1].

پس از آنکه در هنگام بارگذاری جانبی، تسلیم خمشی در ستون اتفاق افتاد، تقاضای نیرویی از ستون تقریباً ثابت می-ماند در حالیکه تقاضای تغییرمکان به طور قابل ملاحظه ای افزایش می یابد. در این مورد داشتن مدلی که ظرفیت تغییرشکل جانبی ستون ها را نشان دهد لازم خواهد بود [1].

4) در تعیین نشانه خسارت ستون ها، تغییر شکل جانبی حداکثر ستون می تواند نشان دهنده لحظه انهدام ستون باشد و در این خصوص مورد استفاده قرار می گیرد [1].

1-2-1- آشنایی با روش طراحی بر اساس عملکرد

روش طراحی لرزه ای رایج سازه ها طراحی براساس نیرو است، نادرستی فرضیات طراحی بر اساس نیرو مثل سختی اولیه و ضریب کاهش نیرو باعث می شود که برش پایه و نیروهای طراحی نادرستی – وقتی سازه رفتار غیرخطی دارد – به دست آید. در سال های اخیر روش های نوینی تحت عنوان طراحی بر اساس تغییرمکان برای رسیدن به سطح قابل قبولی

از زلزله طرح مورد استفاده قرار می گیرند، این روش ها به عنوان ابزاری جدید برای رسیدن به طراحی بر اساس عملکرد محسوب می شود [2].

در روش نیرو به تغییرمکان های سازه توجه چندانی نمی شود و تغییرمکان ها با یک روش سریع آیین نامه ای در پایان روند طراحی کنترل می شوند. اگرچه همین کنترل سازه هم بندرت انجام می شود و این درحالی است که تغییرمکان های سازه، رابطه تنگاتنگی با عملکرد سازه داشته و معیار مناسبی برای ارزیابی اعضای سازه ای می باشند. در سالهای اخیر روشهای نوینی تحت عنوان طراحی بر اساس تغییرمکان برای رسیدن به سطح خسارت قابل قبولی از زلزله طرح مورد استفاده قرار می گیرند. روش های مبتنی بر تغییرمکان به عنوان جدیدترین ابزار طراحی بر اساس عملکرد محسوب می‌شوند. طراحی بر اساس تغییرمکان و طراحی بر اساس عملکرد به جای یکدیگر به کار برده می شود و این بدان علت است که اهداف عملکردی را می توان به سطح خرابی سازه وابسته کرد و خرابی ها بر اساس تغییرمکان بیان می شوند. در واقع طراحی بر اساس تغییرمکان به عنوان شاخه ای از طراحی بر اساس عملکرد شناخته می شود. روش طراحی بر اساس تغییرمکان می تواند با مهندسی معکوس بر محدودیت های ذاتی روش نیرو چیره شود. هدف طراحی بر اساس تغییرمکان، رسیدن به سطح عملکرد دلخواه تحت زلزله مورد نظر است. یکی دیگر از مزایای این روش این است که ضریب کاهش نیرو در آیین نامه های کنونی مورد نیاز نمی باشد و رفتار غیرارتجاعی سازه به شکل دیگری منظور می گردد [2].

مسائل و مشکلات مختلفی در روش های طراحی بر اساس نیرو و کنترل تغییرمکان (روش های رایج) وجود دارد که در روش طراحی بر اساس عملکرد تلاش شده است تا رفع شوند. بعضی از این معضلات عبارتند از:

1- استفاده از ضرایب کاهش نیرو و یا ضرایب شکل پذیری در طراحی سازه ها منجر به ریسک یا خطرپذیری غیر یکنواخت در آنها می شود. از این روی شکل پذیری مشخصه ضعیفی جهت نشان دادن پتانسیل آسیب دیدگی خواهد بود. به عبارت روشن تر اگر دو ساختمان متفاوت، بر اساس آیین نامه ای واحد و با ضرایب کاهش نیرو و یا ضرایب شکل پذیری یکسان طراحی شوند، ممکن است تحت اثر زمین لرزه ای معین، سطوح آسیب دیدگی غیر مشابهی در آنها به وجود آید [3].

2- در اکثر ساختمانها (بخصوص در ساختمانهای بلند) محدودیت های تغییرمکان نسبی طبقات، بر طرح لرزه ای حاکم خواهند بود. این موضوع علاوه بر مسأله عدم قطعیت در تعیین تغییرمکان های نهایی، بر پیچیدگی طراحی نیز خواهد افزود چرا که فرآیند طراحی را به یک روند مسلسل وار و تکرار شونده تبدیل می نماید [3].

3- محققان بر این امر اتفاق نظر دارند که مسأله آسیب دیدگی برای یک عضو سازه ای وابسته به کرنش و برای یک عضو غیر سازه ای مبتنی بر تغییرمکان های نسبی است. واضح است که در طراحی بر اساس نیرو، هیچ رابطه ای بین مقاومت و آسیب دیدگی وجود ندارد [3].

1-2-2- تعریف شاخص خسارت و ارتباط آن با تغییرشکل جانبی

شاخص خسارت[1] عددی می باشد که کمیت خسارت را به صورت عددی و نسبی در سازه هایی که تحت بار زلزله و یا بار دوره ای بوده اند، بیان می کند. این عدد ممکن است از صفر تا یک یا ممکن است از یک تا صد تغییر کند. این نشانهٔ خسارت ممکن است به صورت موضعی یا کلی بیان شود [4].

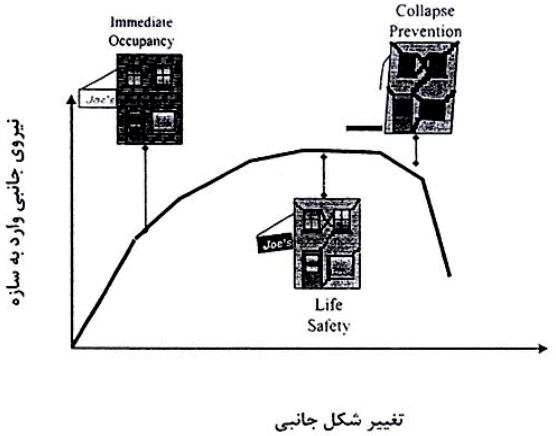
شاخص خسارت برای نشان دادن عددی تراز خسارت در سازه یا عضو بکار می رود، به بیانی دیگر یکی از روش های عددی نمودن خسارت وارد بر سازه تحت اثر زلزله، استفاده از شاخص خسارت می باشد. شاخص خسارت اثراتی همچون استهلاک انرژی، تاریخچه پاسخ عضو به نیرو های وارده، شکل پذیری، کاهش مقاومت برشی و سختی را به حساب می-آورد. با توجه با اینکه این شاخص معمولاً بین دو مقدار 0 و 1 تعریف می شود، بگونه ای است که در شاخص صفر، رفتار سازه یا عضو خطی باقی می ماند و در شاخص یک، پتانسیل گسیختگی سازه وجود خواهد داشت. بدین ترتیب ترازهای عملکردی نظیر قابلیت استفاده بی وقفه (Immediate Occupancy) ، ایمنی جانی (Life safety) و آستانه فروریزش (Collapse Prevention) در محدوده صفر و یک قرار خواهند گرفت [5].

برای طراحی مؤثر لازم است که ارتباط بین خسارت و تغییر شکل نسبی با استفاده از عملکرد سازه در زلزله های واقعی کالیبره شود. مرزهای عملکردی می تواند هر پارامتر پاسخ باشد ولی باید توجه کرد که یک پارامتر تنها، به عنوان مثال تغییرشکل نمی تواند تمامی اهداف عملکرد را پوشش دهد. در ادامه به انواع معیارهای عملکردی که امروزه برای طراحی

[1] DamageIndex

سازه های بتنی به کار می رود اشاره خواهد شد. در مراجع مختلف [6، 7، 8] ترازهای گوناگون عملکردی و نیز سطوح مورد قبول ارائه شده است. در اغلب مراجع سه سطح عمده تعریف شده است که شامل استفاده بی وقفه، ایمنی جانی و آستانه فروریزش می باشد. معمولاً بین دو سطح بهره برداری بدون وقفه و ایمنی جانی، دامنه کنترل خسارت تعریف می گردد که معیارهای پذیرش در این بازه با درون یابی بین دو سطح عملکردی بهره برداری بدون وقفه و ایمنی جانی بدست می‌آید. طراحی در این بازه اجازه خواهد داد تا میزان خسارت ناشی از زلزله محدود شود و ترمیم بعد از زلزله امکان پذیر گردد، همچنین بین دو سطح ایمنی جانی و آستانه فرو ریزش، دامنه ایمنی محدود قابل تعریف است که معیارهای پذیرش در این بازه با درون یابی تعریف گردیده است. این تراز قبل از سطح بهره برداری بدون وقفه قرار می گیرد. برای انطباق هر مرحله از پاسخ سازه با یکی از سطوح عملکردی لازم است معیارهای متناظر با هر تراز مشخص شود که توسط مراجع مختلفی مانندFEMA-356,273 و ATC-40 بیان شده اند [5].

با توجه به توضیحات بالا عملکرد یک سازه و حدود تخریب آن را می توانیم توسط شاخص خسارت ارزیابی کنیم، به عبارت دیگر شاخص های خسارت جهت عددی نمودن میزان خسارت ناشی از زلزله به سازه تعریف گردیده اند. خسارت می‌تواند به طور موضعی و روی اعضاء و یا به طور کلی روی کل سازه ارزیابی شود [9].



شکل 1-1 : سطوح عملکرد در FEMA-273 و[5] ATC-40