دانشگاه تبریز
دانشکدهٔ مهندسی عمران
گروه سازه

پایان‌نامه
برای دریافت درجهٔ کارشناسی‌ارشد در رشتهٔ مهندسی زلزله

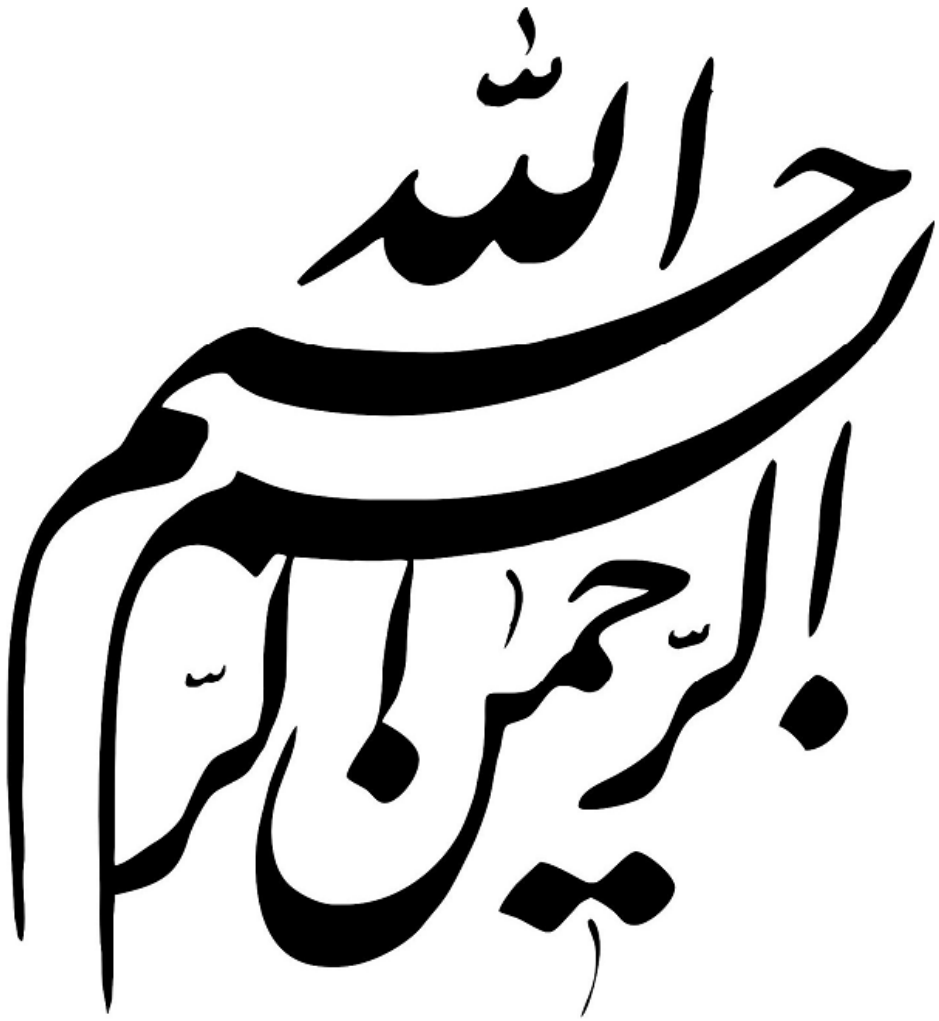
عنوان:

توزیع بارهای لرزه‌ای برای طراحی بهینهٔ قابهای ساختمانی دارای میراگرهای جاری شونده

استادان راهنما:
دکتر علی حدیدی، دکتر سامان باقری

پژوهشگر:
علیرضا علیلو

آبان ماه 1389


بسم الله الرحمن الرحیم

نام‌خانوادگی دانشجو: علیلو **نام:** علیرضا

عنوان پایان‌نامه: توزیع بارهای لرزه‌ای برای طراحی بهینهٔ قاب‌های ساختمانی دارای میراگرهای جاری شونده

استادان راهنما: دکتر علی حدیدی، دکتر سامان باقری

مقطع تحصیلی: کارشناسی‌ارشد **رشتهٔ:** عمران **گرایش:** مهندسی زلزله **دانشگاه:** تبریز
دانشکدهٔ: مهندسی عمران **تاریخ فارغ التحصیلی:** 1389/8/ **تعداد صفحه:** 163

کلید واژه‌ها: بهینه‌سازی، قاب‌هاب فولادی، تحلیل غیرخطی، میراگر، طراحی لرزه‌ای

چکیده:

تجربهٔ زلزله‌های گذشته نشان داده است که در صورت استفاده از روش‌های متعارف برای طراحی سازه‌ها، برخی اعضا زمانی به حد تغییرشکل مجاز می‌رسند که تغییرشکل سایر اعضا کمتر از حد مجاز است. در روش‌های متعارف آیین‌نامه‌ای برای بارگذاری لرزه‌ای سازه‌ها مود اول ارتعاش، مود حاکم فرض شده و نیروی زلزله بر اساس این مود، که عموماً خطی یا نزدیک به حالت خطی است، توزیع می‌شود. لذا اکثر آیین‌نامه‌ها برای بارگذاری لرزه‌ای، توزیع خطی (مثلثی) را پیشنهاد می‌کنند. واقعیت این است که در هنگام زلزله، سازه وارد حوزهٔ غیرارتجاعی شده و فرض حاکم بودن مود اول چندان صحیح به نظر نمی‌رسد. به عبارت دیگر، در زلزله‌های قوی وقتی سازه وارد حوزهٔ غیرارتجاعی می‌شود، نیروی وارد به هر طبقه به اندازهٔ مقاومت تسلیم آن طبقه است که آن نیز تابعی از فرض بارگذاری لرزه‌ای اولیه برای طراحی است. لذا به نظر می‌رسد هر تغییرشکل منطقی را می‌توان برای توزیع نیروی زلزله در ارتفاع سازه فرض کرده و از بین این فرضیات، شاید بتوان بهینه‌ترین الگوی بار را برای رسیدن به هدف انتخابی که مثلاً می‌تواند کمترین وزن سازه باشد، انتخاب کرد. مطالعات گذشته بر روی رفتار غیرارتجاعی سازه‌ها نشان می‌دهد که در حوزهٔ غیرارتجاعی، کاهش مقاومت، باعث افزایش جابجایی سازه می‌شود. اگر از سختی و مقاومت اعضا کاسته شود، ضریب نرمی طبقات افزایش می‌یابد و بلعکس. پس می‌توان با استفاده از تئوری تغییرشکل‌های یکنواخت، توزیع سختی و مقاومت سازه را به نحوی تغییر داد که؛ مصالح تدریجاً از بخش‌های بلااستفاده به بخش‌های مورد نیاز انتقال یابد. این کار باعث می‌شود که ضریب شکل‌پذیری در طبقات مختلف یکسان شود. در شرایط یکسان، سازه‌ای که تغییرشکل همه اعضای آن به حد مجاز خود رسیده باشند، با داشتن وزن و زمان تناوب یکسان، تغییرشکل حداکثر آن بمراتب کمتر از سازه‌ای است که تغییرشکل‌های غیریکنواخت دارد.

هدف از این تحقیق، استفاده از تئوری تغییرشکل‌های یکنواخت، به منظور تعیین الگوی بار بهینه در طراحی لرزه‌ای قاب‌های سادهٔ مجهز به میراگرهای فلزی جاری شوندهٔ ADAS می‌باشد. این میراگرها از ظرفیت تغییرشکل پلاستیک فولاد بمنظور جذب و استهلاک انرژی استفاده می‌کنند. بهینه‌سازی با استفاده از تئوری تغییرشکل‌های یکنواخت با این قید انجام می‌شود که کلیهٔ اعضا در حوزهٔ ارتجاعی باقی مانده و فقط میراگرها وارد حوزهٔ غیرارتجاعی شوند. انتظار می‌رود اگر سازه‌ای با

ادامهٔ چکیده:

الگوی توزیع بار بهینه طراحی گردد، در حین وقوع زلزله رفتار بهتری نسبت به سازه‌ای داشته باشد که طراحی آن بر اساس الگوی توزیع بار آیین‌نامه‌ای صورت گرفته است. همواره، فرض رایج در طراحی این میراگرها استفاده از نسبت سختی B/D=2 (نسبت سختی بادبند به سختی میراگر) می‌باشد. بنابراین در طول فرآیند بهینه‌سازی، جهت تعیین الگوی توزیع بار بهینه، این نسبت بعنوان یک نسبت ثابت باقی می‌ماند. در ادامهٔ تحقیق مشخص شد که اگر تابع هدف در فرآیند بهینه‌سازی همان یکسان بودن گریز برشی طبقات در حوزهٔ غیرارتجاعی فرض شود، می‌توان با تغییر نسبت B/Dام طبقات، قاب‌های مجهز به میراگرهای جاری شونده را به شکل دیگر نیز بهینه‌سازی کرد. در این روش جدید، از تئوری تغییرشکل‌های یکنواخت برای یافتن توزیع بهینهٔ نسبت B/Dام در ارتفاع سازه استفاده می‌شود. نتایج فرایند بهینه‌سازی بر روی قاب‌های 5، 10 و 15 طبقه نشان می‌دهد که پس از بهینه‌سازی با بهبود رفتار چرخه‌ای میراگرها اندیس خرابی سازه کاهش یافته و همین امر می‌تواند دلیلی بر پایداری بهتر سازه در زمان زلزله باشد.

فهرست مطالب

عنوان..... صفحه

فصل اول: مروری بر نحو توزیع بارهای لرزه ای در طراحی سازه ها

1-1- مقدمه..... 2

1-2- الگوهای متعارف در توزیع بارهای لرزه‌ای..... 5

1-3- نیروی زلزله در حوزهٔ ارتجاعی..... 5

1-3-1- تحلیل استاتیکی معادل..... 6

1-3-2- تحلیل مودی با استفاده از طیف زلزله (تحلیل طیفی)..... 6

1-3-3- تحلیل دینامیکی زمانی (تاریخچهٔ زمانی)..... 6

1-3-4- تاثیر سختی بر رفتار لرزه‌ای سازه‌ها..... 6

1-4- نیروی زلزله در حوزهٔ غیرارتجاعی..... 7

1-4-1- تاثیر رفتار غیرارتجاعی بر نیروی زلزله..... 7

1-4-2- نقش شکل پذیری (نرمی) در کاهش نیروی زلزله..... 7

1-4-3- ضریب رفتار..... 9

1-5- تغییرشکل‌های خمشی و برشی

..... 10

1-6- رابطه سختی و مقاومت

..... 11

1-7- بارگذاری لرزه‌ای بهینه
.....
12
1-7-1- مفهوم توزیع بهینهٔ مقاومت
.....
12
1-7-2- اندیس خرابی
.....
14
1-7-3- ایدهٔ تئوری تغییرشکل‌های یکنواخت
.....
15
1-8- میزان کارائی الگوهای بارگذاری مرسوم
.....
17
1-9- بهینه‌سازی به روش تکرار در قاب‌های خمشی
.....
18
1-9-1- الگوریتم بهینه‌سازی در قاب‌های خمشی
.....
19
1-10- بهینه‌سازی به روش تکرار در قاب‌های ساده با مهاربند هم‌مرکز
.....
21

1-10-1- الگـــوریتم بهینـــه‌ســـازی در قـــاب‌هـــای مهـــار شـــده هـــم‌مرکـــز .....
21
1-11- الگـــوی توزیـــع بـــار بهینـــه در ســـازه‌هـــای برشـــی (مـــدل ســـادهٔ جـــرم و فنـــر) .....
24
1-11-1- اثـــــر پارامترهـــــای مختلـــــف در الگـــــوی بـــــار بهینـــــه .....
24
1-11-1-1- تـــــــــاثیر الگـــــــــوی بـــــــــار اولیـــــــــه .....
24
1-11-1-2- اثـــر تعـــداد طبقـــات بـــر روی الگـــوی توزیـــع بـــار بهینـــه .....
25
1-11-1-3- تـــاثیر ســـخت شـــوندگی کرنشـــی بـــر الگـــوی توزیـــع بـــار بهینـــه .....
26
1-11-1-4- تـــاثیر نســـبت میرائـــی در الگـــوی توزیـــع بـــار بهینـــه .....
26
1-11-2- بهینـــه‌ســـازی ســـازه‌هـــای برشـــی بـــرای مجموعـــهٔ زلزلـــه‌هـــا .....
27

1-11-2-1- الگـــــــــــــــوی بـــــــــــــــار مثلثـــــــــــــــــی

.....

30

1-11-2-2- الگـــــــــــــــوی بـــــــــــــــار ذوزنقـــــــــــــــــهای

.....

30

1-11-2-3- الگـــــــــــــــوی بـــــــــــــــار ســـــــــــــــــهمی

.....

31

1-11-2-4- الگـــــــــــــــوی بـــــــــــــــار هـــــــــــــــــذلولی

.....

32

1-11-3- معادلـــــۀ کلـــــی جهـــــت تعیـــــین الگـــــوی توزیـــــع بـــــار بهینـــــۀ

.....

33

1-12- بهینـــــهسـازی بـــــه روش تکـــــرار بـــــر روی ســـــازههـــــای خرپـــــائی

.....

34

1-12-1- تـــــاثیر شـــــکلپـــــذیری هـــــدف، در آرایـــــش نهـــــایی اعضـــــای خرپـــــا

.....

38

فصل دوم: انواع سیستمهای کنترل و مروری بر رفتار دینامیکی میراگرهای فلزی ADAS

2-1- مقدمه 41
2-2- توزیع انرژی زلزله در سازه 42
2-3- جداگرهای لرزه‌ای (Base Isolator) 43
2-4- سیستم‌های کنترل غیرفعال 45
2-4-1- میراگرهای فلزی جاری شونده 45
2-4-1-1- میراگرهای ADAS 45
2-4-1-2- مراگرهای TADAS 46
2-4-1-3- میراگرهای LED 46

2-4-1-4- آلیاژهای حافظه‌دار شکلی (SMA)

.....

46

2-4-2- میراگرهای اصطکاکی

.....

48

2-4-3- میراگرهای ویسکو الاستیک (Viscoelastic Dampers)

.....

51

2-4-4- میراگرهای مایع ویسکوز (VFD)

.....

51

2-4-5- میراگر جرمی متعادل (TMD)

.....

52

2-4-6- میراگر مایع متعادل (TLD)

.....

52

2-5- سیستم‌های کنترل فعال (Active Control Systems)

.....

54

2-6- سیستم‌های کنترل نیمه فعال (Semi-Active Control Systems)

.....

54

2-7- سیستم‌های کنترل مرکب (Hybrid Control Systems)

55

2-8- رفتار دینامیکی میراگرهای فلزی ADAS

56

2-8-1- تاریخچهٔ فنی

56

2-8-2- تشریح میراگرهای ADAS

56

2-8-3- فلسفهٔ انتخاب شکل ورق‌های جاری‌شونده

58

2-8-4- مشخصات هندسی و مکانیکی میراگرهای ADAS

59

2-8-5- پارامترهای اثر متقابل سازه و المان ADAS

61

2-8-6- بررسی نتایج حاصل از آزمایشات تجربی بر روی المان‌های ADAS

63

2-8-6- 1- آزمایش‌های سیکلی با بار سینوسی
.....
63
2-8-6- 2- نتایج حاصل از شبیه‌سازی لرزه‌ای
.....
65
2-8-7- روش تحلیلی پیشنهادی تنا
.....
68
2-8-7-1- فرمول‌بندی سختی
.....
69
2-8-7-2- فرمول‌بندی ظرفیت
.....
74
2-8-7-3- مدلسازی دو بعدی المانهای ADAS مطابق روش تنا
.....
76
2-8-7-4- مقایسهٔ پارامترهای بار- تغیرشکل روش‌های تحلیلی و آزمایشگاهی
.....
76
2-8-7-5- مقایسهٔ نتایج تحلیلی با نتایج حاصل از شبیه‌سازی لرزه‌ای
.....
77

2-8-8- تـــاثیر پارامترهـــای مختلـــف المـــان ADAS در پاســـخ لـــرزه‌ای ســـازه‌هـــا
....
81
2-8-8-1- تـاثیر نسـبت سـخت شـوندگی کرنشـی دسـتگاه ADAS بـر پاسخ سـازه
....
82
2-8-8-2- تـــــــاثیر نســـــــبت B/Dام بـــــــر پاســـــــخ ســـــــازه
....
84
2-8-8-3- تـاثیر تغییرمکـان تسـلیم، نیـروی تسـلیم و نسـبت SR بـر پاسـخ سـازه-
....
85
2-8-8-4- تـــــاثر المـــــان ADAS بـــــر اســـــتهلاک انـــــرژی زلزلـــــه
....
88
2-8-9- ضـــریب رفتـــار قـــاب‌هـــای ســـادهٔ مجهـــز بـــه المـــان ADAS
....
89

فصل سوم: فرضیات و مدلسازی تحلیلی با استفاده از نرم‌افزار SAP2000

3-1- مقدمـــــــــــــــــــــــــــــــــــــه
....
93

3-2- تحلیل تاریخچهٔ زمانی .....
94
3-3- تحلیل تاریخچهٔ زمانی غیرخطی در نرم‌افزار SAP2000 .....
94
3-3-1- تحلیل مودال (Modal Analysis) .....
95
3-3-1-1- تحلیل مودال به روش بردارهای ویژه .....
95
3-3-1-2- تحلیل مودال به روش بردارهای ریتز .....
96
3-3-2- میرایی مودال .....
97
3-3-3- میرایی کلاسیک (مدل میرایی ریلی) .....
97
3-3-4- تحلیل تاریخچهٔ زمانی غیرخطی به روش مودال (FNA) .....
99

3-3-5- تحلیل تاریخچهٔ زمانی غیرخطی به روش انتیگرال‌گیری مستقیم..... 100
3-4- معرفی مدل‌ها و زلزله‌های بکار رفته در تحقیق..... 101
3-4-1- مشخصات هندسی مدل‌ها..... 101
3-4-2- بارگذاری ثقلی..... 101
3-4-3- بارگذاری زلزله..... 102
3-4-4- مشخصات مصالح..... 102
3-4-5- زلزله‌های منتخب..... 103
3-5- مدل‌سازی و طراحی قاب‌ها در نرم‌افزار SAP2000..... 105
3-5-1- مدل‌سازی المان‌های تیر، ستون و بادبند..... 105
3-5-2- مدل‌سازی میراگرهای ADAS..... 106
3-5-3- المان پلاستیک ون..... 108
3-6- سایر فرضیات تحلیل و طراحی..... 110
3-7- انتخاب مناسب‌ترین روش تحلیل..... 111

فصل چهارم: توزیع بهین سختی و مقاومت در قاب‌های ساختمانی مجهز به میراگرهای ADAS

4-1- مقدمه..... 113
4-2- توزیع بهینهٔ بارهای لرزه‌ای در قاب‌های سادهٔ دارای المان ADAS..... 114
4-2-1- الگوریتم بهینه‌سازی جهت دستیابی به الگوی توزیع بار بهینه..... 115
4-2-2- تاثیر الگوی بار بهینه در رفتار چرخه‌ای میراگرها..... 122
4-2-3- مقایسهٔ اندیس خرابی در دو حالت قبل و بعد از بهینه‌سازی..... 131
4-3- توزیع بهینهٔ نسبت B/Dام در قاب‌های فولادی مجهز به میراگر ADAS 133
4-3-1- الگوریتم بهینه‌سازی جهت دستیابی به توزیع بهینهٔ نسبت B/Dام..... 133

4-3-2- تاثیر استفاده از الگوی B/Dام بهینه، بر رفتار چرخه‌ای میراگرها.....139
4-3-3- مقایسهٔ اندیس خرابی در دو حالت طراحی با B/Dام ثابت و B/Dام بهینه.....148

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهاد برای کارهای آتی

5-1- بحث و نتیجه‌گیری.....151
5-2- پیشنهاد برای کارهای آتی.....153

پیوست

پیوست 1.....156
پیوست 2.....158

منابع

منابع فارسی و انگلیسی.....160

فهرست اشکال

عنوان شکل..... صفحه

شکل 1-1- تغییرات نیروی زلزله نسبت به زمان تناوب..... 7

شکل 1-2- رابطهٔ نیرو- جابجایی در حالت الاستو پلاستیک..... 8

شکل 1-3- تاثیر کمبود مقاومت بر جابجایی لرزه‌ای..... 9

شکل 1-4- گریز بین طبقه‌ای و تغییرمکان جانبی طبقات

..... 11

شکل 1-5- مقایسهٔ نسبتهای $(k_{ax})/(k_{sh})$ در یک سازهٔ 15 طبقه با دو الگوی بار مختلف

..... 12

شکل 1-6- تاثیر کاهش مقاومت بر جابجایی سازه تحت اثر زلزلهٔ انکونا (Ancona) در ایتالیا

..... 15

شکل 1-7- تاثیر کاهش مقاومت بر جابجایی سازه تحت اثر زلزلهٔ گازلی (Gazli) در شوروی سابق

..... 16

شکل 1-8- نمایش نمادینی از تغییرات ضریب رفتار، نسبت به زمان تناوب و ضریب نرمی

..... 16

شکل 1-9- مدل ساختمان برشی 10 طبقه

..... 17

شکل 1-10- تاثیر زمان تناوب و شکل‌پذیری هدف بر روی میانگین ضریب تغییرات شکل‌پذیری طبقات تحت اثر 20 زلزلهٔ مختلف .....
18
شکل 1-11- تغییرات COV از گام اول تا چهارم در قاب 15 طبقه، تحت اثر زلزلهٔ کوبه .....
20
شکل 1-12- مقایسهٔ توزیع وزن ستونها، به صورت درصدی از وزن کل ستون‌ها (Q) در قاب خمشی 15 طبقه در دو حالت بهینه و طراحی شده با الگوی بار یوبی‌سی97 تحت اثر زلزلهٔ کوبه .....
21
شکل 1-13- نحوهٔ تغییر گریز برشی بین طبقه‌ای از مدل یوبی‌سی97 تا گام چهارم تحت اثر زلزلهٔ نرثریچ .....
23
شکل 1-14- مقایسه الگوی بار بهینه در زلزلهٔ نرثریچ و الگوی بار یوبی‌سی 97 .....
23
شکل 1-15- مقایسهٔ اندیس خرابی انواع قابهای طراحی شده با الگوی بار آیین‌نامه‌ای و الگوی بار بهینه در زلزله‌های مختلف .....
24
شکل 1-16- الگوهای بار جانبی بهینه برای انواع الگوهای توزیع مقاومت اولیه در قاب 15 طبقه با مهاربند هم محور، تحت اثر زلزلهٔ ایمپریال

.....

25

شکل 1-17- توزیع بهینهٔ بار جانبی در مدل‌های برشی 5، 7، 10 و 15 طبقه با زمان تناوبی 1 ثانیه و شکل‌پذیری هدف 4، تحت اثر زلزلهٔ نرثریج

.....

26

شکل 1-18- توزیع بهینهٔ بار جانبی در سازهٔ برشی با زمان تناوب 1 ثانیه و شکل‌پذیری هدف 4 برای سختی‌شوندگی کرنشی مختلف، تحت اثر زلزلهٔ نرثریج

.....

26

شکل 1-19- توزیع بهینهٔ بار جانبی برای نسبتهای مختلف میرائی در سازهٔ برشی 10 طبقه با زمان تناوب 1 ثانیه و شکل‌پذیری هدف 4، تحت اثر زلزلهٔ نرثریج

.....

27

شکل 1-20- الگوی توزیع بهینهٔ بار، در شکل‌پذیری هدف مختلف، در یک سازه برشی 10 طبقه با زمان تناوب 1 ثانیه تحت اثر زلزلهٔ نرثریج

.....

28

شکل 1-21- الگوی توزیع بهینهٔ بار، در سازهٔ برشی 10 طبقه با زمان تناوبی مختلف و شکل‌پذیری هدف 4، تحت اثر زلزلهٔ نرثریج

.....

28

شکل 1-22- الگوی توزیع بهینهٔ بار، برای زلزله‌های مختلف، در سازهٔ برشی 10 طبقه با زمان تناوبی 1 ثانیه و شکل‌پذیری هدف 4

.....

29

شکل 1-23- نسبت وزن مورد نیاز به وزن سازهٔ بهینه در سازه‌های طراحی شده با الگوی بار میانگین و الگوی بار آیین‌نامهٔ یوبی‌سی97 (متوسط نتایج حاصل از 20 زلزله)

.....

20

شکل 1-24- الگوی بار مثلثی

.....

30

شکل 1-25- الگوی بار ذوزنقه‌ای

.....

31

شکل 1-26- الگوی بار سهمی شکل

.....

31

شکل 1-27- الگوی بار هذلولی شکل

.....

32

شکل 1-28- ارتباط ما بین نتایج حاصل از تحلیل و معادلهٔ (1-34)

.....

34

شکل 1-29- وضعیت جرمها و تکیه‌گاه‌ها

.....

35