درآمدی بر
مبانی بهسازی لرزه‌ای سازه‌ها بر اساس سطح عملکرد

پروفسور محسن گرامی
استاد گروه مهندسی زلزله، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه سمنان

فهرست

۱- تعاریف و مفاهیم اولیه	۳
۲- ضرورت نیاز به بهسازی لرزه ای	۸
۳- سازمان ها و موسسات فعال در زمینه بهسازی لرزه ای	۱۱
۴- طرح بهسازی لرزه ای	۱۷
۵- رفتار اعضای سازه ای	۴۷
۶- تحلیل های جانبی سازه	۵۳
۷- معیارهای پذیرش	۷۳
۸- راهکارهای بهسازی	۹۹
۹- مثال کاربردی	۱۰۴

۱- تعاریف و مفاهیم اولیه
۲- ضرورت نیاز به بهسازی لرزه ای
۳- سازمان ها و موسسات فعال در زمینه بهسازی لرزه ای
۴- طرح بهسازی لرزه ای
۵- رفتار اعضای سازه ای
۶- تحلیل های جانبی سازه
۷- معیارهای پذیرش
۸- راهکارهای بهسازی
۹- مثال کاربردی

۱- تعاریف و مفاهیم اولیه

تعریف واژه بهسازی لرزه ای

بهسازی لرزه ای بیانگر مفهومی مرکب از دو مفهوم "بهسازی" و "لرزه ای" می باشد.

- بهسازی درلغت به مفهوم بهتر کردن،اصلاح یا بهبود بخشیدن به وضعی یا شرایطی است. در صنعت ساختمان، بهسازی برحسب تعریف، ایجاد قابلیت انجام وظیفه یا وظایفی است در ساختمان که در وضع موجود قادر به انجام تمام و کمال آن وظیفه یا وظایف نیستند .

- مفهوم لرزه ای از زمانی در نوشته ها وخدمات مهندسی وارد شد، که مهندسان به تجربه دریافتند که برای تامین ایمنیِ آنچه می سازند، باید اثر تکان های شدید زمین را، در نظر بگیرند.

تعریف برخی واژه ها

❖ بهسازی (Rehabilitation)

بهسازی صرفنظر از نوع و گستردگی آن ، مستلزم دخالت در وضع موجود ساختمان است. همانطور که بهسازی، طیفی گسترده را شامل می شود، میزان دخالت در وضع ساختان،اجزا و عناصر آن نیز طیفی گسترده از بسیار کم تا بسیار زیاد را پوشش می دهد.

❖ اعاده کیفیت، اعاده وضع یا مرمت (Retrofitting)

بهسازی به منظور جبران و برگرداندن ساختمان، سازهٔ ساختمان یا اجزا و عناصر آن به وضع اولیه.

❖ ارتقای کیفیت یا ارتقای وضع (Upgrading)

بهسازی به منظور پاسخگوئی به تغییر و تحول شرایط بهره برداری و سنگین تر شدن وظایف مورد انتظار از ساختمان.

❖ نوسازی (Reconstruction)

اگر هیچ یک از راه حل ها کافی نبود، اگر ساختمان مزاحمتی نداشت، به حال خود رها می شود یا تخریب و به جای آن بنایی دیگر با مشخصه های دیگر احداث می گردد .

انواع روشهای بهسازی

مقاوم سازی

تجدید یا جایگزین کردن عنصری نو در قسمتی از ساختمان موجود جهت بالا بردن ظرفیت سازه ای .

ترمیم

تجدید ویا جایگزین کردن قسمتی نو در ساختمان خسارت دیده ویا رو به زوال رفته، جهت بدست آوردن سطح مقاومت ویا شکل پذیری برای ساختمان قبل از خسارت دیدگی.

دو باره مدل کردن

تجدید ویا جایگزین کردن قسمتی نو در ساختمان موجود که موجب تغییر کاربری آن شود .

بهسازی

شامل مقاوم سازی، ترمیم و دوباره مدل کردن می شود.

نمونه سوالات

۱- بهسازی لرزه‌ای ساختمان شامل کدام یک از موارد زیر نمی گردد؟

الف) مقاوم سازی

ب) ترمیم

ج) دوباره مدل کردن

د) نوسازی

۲- مقاوم سازی ساختمان به کدامیک از موارد زیر اطلاق می شود؟

الف) تجدید و یا جایگزین کردن قسمتی نو در ساختمان خسارت دیده و یا رو به زوال رفته جهت بدست آوردن سطح مقاومت و یا شکل پذیری ساختمان قبل از خسارت دیدگی

ب) تجدید و یا جایگزین کردن قسمتی نو در ساختمان موجود که موجب تغییر کاربری آن شود.

ج) تجدید یا جایگزین کردن عنصری نو در قسمتی از ساختمان موجود جهت بالا بردن ظرفیت سازه ای

د) همه موارد

نمونه سوالات

۱- بهسازی لرزه‌ای ساختمان شامل کدام یک از موارد زیر نمی گردد؟

الف) مقاوم سازی

ب) ترمیم

ج) دوباره مدل کردن

د) نوسازی

۲- مقاوم سازی ساختمان به کدامیک از موارد زیر اطلاق می شود؟

الف) تجدید و یا جایگزین کردن قسمتی نو در ساختمان خسارت دیده و یا رو به زوال رفته جهت بدست آوردن سطح مقاومت و یا شکل پذیری ساختمان قبل از خسارت دیدگی

ب) تجدید و یا جایگزین کردن قسمتی نو در ساختمان موجود که موجب تغییر کاربری آن شود.

ج) تجدید یا جایگزین کردن عنصری نو در قسمتی از ساختمان موجود جهت بالا بردن ظرفیت سازه ای

د) همه موارد

۱- تعاریف و مفاهیم اولیه

۲- ضرورت نیاز به بهسازی لرزه ای

۳- سازمان ها و موسسات فعال در زمینه بهسازی لرزه ای

۴- طرح بهسازی لرزه ای

۵- رفتار اعضای سازه ای

۶- تحلیل های جانبی سازه

۷- معیارهای پذیرش

۸- راهکارهای بهسازی

۹- مثال کاربردی

۲- ضرورت بهسازی لرزه ای

کلیات

- اهمیت مساله بهسازی لرزه ای در کنترل و مدیریت بحران
- تفاوت در بینش طراحی نسبت به استاندارد ۲۸۰۰
- پیچیدگی دستورالعمل بهسازی (نشریه۳۶۰)
- کمبود تکنیک های توصیه شده در آئین نامه برای بهسازی

۲–۱ دلایل نیاز به بهسازی لرزه ای

❖**الزامات محاسباتی:** خطا در تحلیل، طراحی و انتخاب مقاطع- ارتقای آئین نامه ها

❖**خطاهای اجرائی:** عدم رعایت جزئیات، بتن ریزی و عمل آوری نامرغوب، جوشکاری نامناسب

❖**اثر عوامل محیطی:** آسیب ناشی از زلزله، فرسایش، برخورد، خوردگی فولاد، حملات سولفاتی

❖**اعمال بار اضافی:** تغییر کاربری

۱- تعاریف و مفاهیم اولیه

۲- ضرورت نیاز به بهسازی لرزه ای

۳- سازمان ها و موسسات فعال در زمینه بهسازی لرزه ای

۴- طرح بهسازی لرزه ای

۵- رفتار اعضای سازه ای

۶- تحلیل های جانبی سازه

۷- معیارهای پذیرش

۸- راهکارهای بهسازی

۹- مثال کاربردی

۳- سازمان ها و موسسات فعال در زمینه بهسازی لرزه ای

۳-۱ سازمان ها

1-FEMA
(Federal Emergency Manager Agency)

FEMA

آژانس مدیریت بحران آمریکا

2-NEHRP
(National Earthquake Hazard Reduction Program)

nehrp

برنامه کاهش خطر پذیری

3-ATC
(Applied Technology Council)

ATC

انجمن فناوری های کاربردی

4- ASCE
(American Society of Civil Engineering)

ASCE

انجمن مهندسین عمران آمریکا

۳–۲ منتخب مستندات بهسازی لرزه ای

FEMA 356 **2000**

PR standard and commentary for seismic rehabilitation of buildings

FEMA 440 **2005**

Improvement of nonlinear static seismic analysis procedures

FEMA 445 **2006**

Next-Generation Performance-Based Seismic Design Guidelines: Program Plan For New And Existing Buildings

۳–۲ منتخب مستندات بهسازی لرزه ای

FEMA 574 **2006**

Techniques for seismic rehabilitation of existing buildings

FEMA P-695 **2009**

Quantification of Building Seismic Performance Factors

FEMA P-2006 **2018**

Example Application Guide for ASCE/SEI 41-13 with Additional Commentary for ASCE/SEI 41-17

۳–۲ منتخب مستندات بهسازی لرزه ای

FEMA p-58 **2018**

Example Application Guide for ASCE/SEI 41-13 with Additional Commentary for ASCE/SEI 41-17 – an excellent resource for how to use ASCE 41.

FEMA P-58-2 **2019**

Project to enable and encourage use of FEMA P-58 methodology. Although not yet publicly available

۳–۲ منتخب مستندات بهسازی لرزه ای

ATC-114 **2018**

Development of updated hysteretic envelope models for use in seismic analysis..

ATC-120 **2018**

Seismic Analysis, Design, and Installation of Nonstructural Components and Systems with a focus on performance-based approaches

ATC-140 **2018**

Update of Seismic Retrofitting Guidance will help generate case studies and calibrations as the basis for comprehensive standards update proposals for ASCE 41-23.

۳-۳ منتخب استانداردهای بهسازی لرزه ای

ASCE/SEI 31 - 03 **2003**

Seismic Evaluation of Existing Building

ASCE/SEI 41 - 06 **2006**

Seismic Rehabilitation of Existing Buildings

ASCE/SEI 41 - 17 **2017**

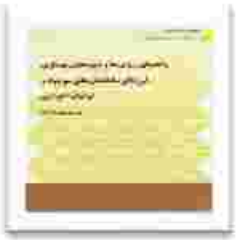
Seismic Rehabilitation of Existing Buildings

۳-۴ منتخب نشریات بهسازی لرزه ای ایران

نشریه شماره 360 (تجدید نظر اول) — **1392**

دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود

نشریه شماره 361 — **1392**

تفسیر دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود(ویرایش اول)

نشریه شماره 524 — **1389**

راهنمای روش ها وشیوه های بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود و جزئیات اجرایی

۱- تعاریف و مفاهیم اولیه

۲- ضرورت نیاز به بهسازی لرزه ای

۳- سازمان ها و موسسات فعال در زمینه بهسازی لرزه ای

۴- طرح بهسازی لرزه ای

۵- رفتار اعضای سازه ای

۶- تحلیل های جانبی سازه

۷- معیارهای پذیرش

۸- راهکارهای بهسازی

۹- مثال کاربردی

۴- طرح بهسازی لرزه ای

۴–۱– اهداف بهسازی لرزه ای

هدف بهسازی:

- ✓ مجموعه ای از عملکرد های (سازه ای و غیر سازه ای)
- ✓ مورد انتظار مسئولین و کارشناسان
- ✓ تحت سطوح خطر مشخص.
- ✓ تابع میزان اهمیت ساختمان
- ✓ تابع میزان توان مالی کارفرما.

۴–۲– اهمیت تعیین هدف بهسازی

- پس از ارزیابی کیفی آسیب پذیری، ادامه هر گونه بررسی کمی موکول به مشخص بودن هدف بهسازی می باشد.
- باید مشخص شود که کارفرما چه میزان برای ساختمان اهمیت قائل است یا باید قائل باشد. باید با توجه به اهمیت ساختمان، سطح یا سطوح خطر قابل توجه تعیین گردد.
- تحت هر سطح خطر فوق نوع یا سطح عملکرد مورد انتظار باید برای ساختمان تعیین گردد.
- برای هر سطح عملکرد باید ضوابط پذیرش نتیجه محاسبات و بررسی ها را کنترل کرد.

۴–۳ رابطه هدف بهسازی و سطح عملکرد

بهسازی مبنا	در بهسازی مبنا انتظار می رود که تحت زلزله ایمنی جانی ساکنین تأمین گردد.
بهسازی مطلوب	در بهسازی مطلوب انتظار می رود که هدف بهسازی مبنا تأمین گشته و علاوه بر آن تحت زلزله ساختمان فرو نریزد
بهسازی ویژه	در بهسازی ویژه نسبت به بهسازی مطلوب عملکرد بالاتری برای ساختمان مدنظر قرار می گیرد.
بهسازی محدود	در بهسازی محدود عملکرد پائین تری از بهسازی مبنا در نظر گرفته می شود .
بهسازی موضعی	در بهسازی موضعی بخشی از یک طرح بهسازی کلی مطابق بخشهای فوق انجام می شود که به دلایلی در شرایط موجود فقط بخشی از آن اجرا می شود.

۴–۴ سطوح عملکرد

۴-۴ سطوح عملکرد

۲- سطوح عملکرد اجزای غیر سازه ای

- سطح عملکرد **A**(خدمت رسانی بی وقفه)
- سطح عملکرد **B**(قابلیت استفاده بی وقفه)
- سطح عملکرد **C** (ایمنی جانی)
- سطح عملکرد **D**(ایمنی جانی محدود)
- سطح عملکرد **E**(لحاظ نشده)

۴–۴ سطوح عملکرد

سطح عملکرد ۱(استفاده بی وقفه)

به سطح عملکردی اطلاق می شود که پیش بینی شود در اثر وقوع زلزله مقاومت و سختی اجزای سازه ای تغییر قابل توجهی پیدا نکند و استفاده بی وقفه از آن ممکن باشد.

سطح عملکرد۳(ایمنی جانی)

به سطح عملکردی اطلاق می شود که پیش بینی شود در اثر وقوع زلزله خرابی در سازه ایجاد شود ، اما میزان خرابیها به اندازه ای نباشد که منجر به خسارت جانی شود.

سطح عملکرد ۵ (آستانه فرو ریزش)

به سطح عملکردی اطلاق می شود که پیش بینی شود در اثر وقوع زلزله خرابی گسترده در سازه ایجاد گردد و اما ساختمان فرو نریزد و تلفات جانی به حداقل برسد.

سطح عملکرد ۶ (لحاظ نشده)

چنانچه برای اجزای سازه ای سطح عملکرد خاصی انتخاب نشده باشد ، سطح عملکرد اجزای سازه ای لحاظ نشده نامیده می شود

سطح عملکرد ۲ (خرابی محدود)

به سطح عملکردی اطلاق می شود که پیش بینی شود در اثر وقوع زلزله خرابی در سازه به میزان محدود ایجاد شود ، به گونه ا ی که پس از زلزله با انجام مرمت بخشهای آسیب دیده ادامه بهره برداری از ساختمان میسر باشد.

سطح عملکرد۴ (ایمنی جانی محدود)

به سطح عملکردی اطلاق می شود که پیش بینی شود در اثر وقوع زلزله خرابی در سازه ایجاد شود ، اما میزان خرابیها به اندازه ای باشد که خسارت جانی به حداقل برسد.

۴–۴ سطوح عملکرد

سطح عملکرد A (خدمت رسانی بی وقفه)

به سطح عملکردی اطلاق می شود که پیش بینی شود اجزای غیر سازه ای در اثر زلزله دچار خرابی بسیار جزئی شوند ، به گونه ای که خدمت رسانی ساختمان به طور پیوسته انجام شود .

سطح عملکرد B (قابلیت استفاده بی وقفه)

به سطح عملکردی اطلاق می شود که پیش بینی شود اجزای غیر سازه ای در اثر زلزله دچار خرابی جزئی شوند، به گونه ای که پس از زلزله راه های دسترسی و فرار مانند درها، راهروها، پله ها، آسانسورها و روشنایی آنها مختل نشده و استفاده بی وقفه میسر باشد.

سطح عملکرد C (ایمنی جانی)

به سطح عملکردی اطلاق می شود که پیش بینی شود خرابی اجزای غیر سازه ای در اثر زلزله خطر جدی برای جان ساکنین به وجود نیاورد.

سطح عملکرد D (ایمنی جانی محدود)

به سطح عملکردی اطلاق می شود که پیش بینی شود خرابی اجزای غیر سازه ای در اثر زلزله به اندازه ای باشد که خسارت جانی حداقل گردد.

سطح عملکرد E (لحاظ نشده)

چنانچه برای عملکرد اجزای غیر سازه ای سطح عملکردخاصی انتخاب نشده باشد سطح عملکرد اجزای غیر سازه ای لحاظ نشده نامیده می شود.

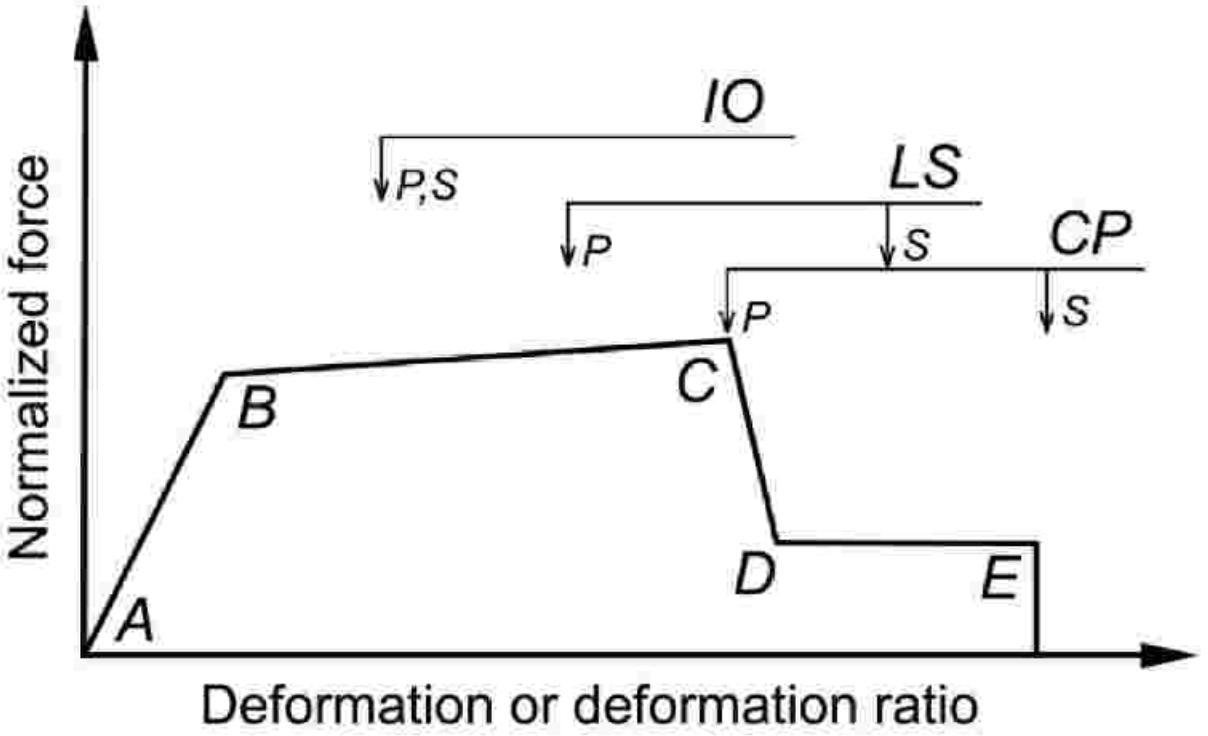
۴–۴ سطوح عملکرد

۱–سطح خدمت رسانی بی وقفه ***operational*** **(A-1)**

۲–سطح استفاده بی وقفه ***Io immediate occupancy (B - 1)***

۳–سطح ایمنی جانی ***Ls Life safety (C - 3)***

۴–آستانه فرو ریزش ***Cp Collapse prevention***



۴–۴ سطوح عملکرد

سطح عملکرد کل ساختمان	سطح عملکرد اعضای سازه ای	سطح عملکرد اعضای غیرسازه ای
۱–سطح خدمت رسانی بی وقفه *operational* (A-1)	**استفاده بی وقفه**	**خدمت رسانی بی وقفه**
۲–سطح استفاده بی وقفه *Io immediate occupancy (B-1)*	**استفاده بی وقفه**	**قابلیت استفاده بی وقفه**
۳–سطح ایمنی جانی *Ls Life safety (C - 3)*	**ایمنی جانی**	**ایمنی جانی**
۴–آستانه فروریزش *Cp Collapse prevention*	**آستانه فرو ریزش**	**ایمنی جانی محدود**

جدول ۱-۳ نشریه ۳۶۱: خسارت احتمالی سطوح عملکرد مختلف ساختمان

	سطح عملکرد ساختمان			
	خدمت رسانی بی وقفه (۱-A)	قابلیت استفاده بی وقفه (۱-B)	ایمنی جانی (۳-C)	آستانه فروریزش (۵-E)
خسارت کلی ساختمان	بسیار کم	کم	متوسط	شدید
اعضای سازه ای	سختی و مقاومت اعضا تقریباً تغییری نمی کند. تغییر شکل ماندگار و ترک خوردگی در اعضا ایجاد نمی شود.	سختی ومقاومت اعضا تقریباً تغییری نمی کند . تغییر شکل ماندگار و ترک خوردگی در اعضا ایجاد نمی شود.	سختی و مقاومت باقیمانده در تمام طبقات وجود دارد. سیستم باربر ثقلی عمل می کند . گسیختگی دیوارها خارج از صفحه آنها رخ نمی دهد. تغییر شکل ماندگار در سازه وجود دارد.	سختی و مقاومت باقیمانده ناچیز ولی ستونها و دیوارها عمل می کنند. تغییر شکل های ماندگار زیاد است. دیوارها و دست اندازهای مهار نشده گسیخته می شوند. ساختمان در آستانه فروریزش است.
اعضای غیرسازه ای	تمام سیستم های لازم برای عملکرد ساختمان فعال باقی می مانند. دیوارهای داخلی و نما و سقفها ترک نمی خورند. خرابی های ناچیز ایجاد شده و سیستم تأسیسات و برق رسانی فعال باقی می مانند.	آسانسورها قابل استفاده مجدد باقی می مانند. تجهیزات اطفاء حریق قابل استفاده هستند. تأسیسات ساختمان دچار خرابی ناچیز می شوند به گونه ای که با تعمیر جزئی قابل استفاده می شوند.	از خطرات فرو ریزش اشیاء جلوگیری می شود اما بسیاری از تأسیسات ساختمان و عناصر معماری صدمه می بینند.	خرابی گسترده در اعضای غیر سازه ای ایجاد می شود.

جدول ۱-۴ نشریه ۳۶۱: سطح عملکرد و پیش بینی خرابی اعضای قائم

نوع سازه	نوع عضو و تغییر مکان	سطح عملکرد ساختمان: قابلیت استفاده بی وقفه (S 1)	سطح عملکرد ساختمان: ایمنی جانی (S 3)	سطح عملکرد ساختمان: آستانه فروریزش (S 5)
قاب بتنی درجا	اعضای اصلی	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	اعضای غیر اصلی	ملاحظه‌ای اصلی	ساده ملاحظه‌ای اصلی	ماند اعضای اصلی
	تغییر مکان جانبی کلی	۰/۵ درصد	۱/۵ درصد	۴ درصد
	تغییر مکان جانبی ماندگار	ناچیز	۰/۵ درصد	۴ درصد
دیوارهای بتنی	اعضای اصلی	ترکهای میلیمتری با عرض کمتر از ۰/۱۵ میلیمتر در دیوار - ترکهای به عرض کمتر از ۲ میلیمتر در نیروهای هم راستا در دیوارهای همسایه	گسیختگی تعدادی از پیوندهای اجزای به دیوارها - لغزش در محل سطوح باربر - خرابی خرپانشیمه - ترکهای خمشی و برشی زیاد در تیرهای هم بند نقش زیادی در جذب انرژی دارند - گسیختگی در آرماتورهای طولی	ترکهای خمشی و برشی زیاد - لغزش در محل سطوح باربر - گسیختگی در آرماتورها - خرابی زیاد در اجزای لبه دیوار - خرد شدن بتن‌های هم بند
	اعضای غیر اصلی	ترکهای برشی در دیوار - ظهور لغزش های جزئی در محل سطوح باربر دیوار - ترکهای به عرض کمتر از ۲ میلیمتر در نیروهای هم راستا در دیوارهای همسایه - خردشدگی جزئی	ترک‌های برشی در دیوار - ظهور لغزش های بزرگ در سطوح باربر - خرابی خرپانشیمه - خرابی زیاد در اجزای لبه دیوار - خرد شدن بتن‌های هم بند	- شروع لغزش و جدایی بال های دیوار
	تغییر مکان جانبی کلی	۰/۱۵ درصد	۰ درصد	۴ درصد
دیوار برشنده با محاجع مانی غیر مسلح	تغییر مکان جانبی ماندگار اعضای اصلی	ناچیز - ترکهای کوچکتر از ۲ میلیمتر در دیوار و پوشش آن - ترک در پوشش دیوار در اطراف بازشوها	۰/۵ درصد - ترکهای گسترده و خرد شدن دائمی در دیوار بدون جابجایی دیوار - خرد شدن موضعی پوشش دیوار در اطراف بازشوها	۲ درصد - ترک و خرابی گسترده
	اعضای غیر اصلی	ماند اعضای اصلی	ماند اعضای اصلی	- ترک و خرابی گسترده - ریزش مصالح دیوار
	تغییر مکان جانبی کلی	۰/۲۵ درصد	۰/۵ درصد	۰/۵ درصد
	تغییر مکان جانبی ماندگار	ناچیز	۰/۴ درصد	۰/۴ درصد

نوع سازه	نوع عضو و تغییر مکان	سطح عملکرد ساختمان: قابلیت استفاده بی وقفه (S 1)	سطح عملکرد ساختمان: ایمنی جانی (S 3)	سطح عملکرد ساختمان: آستانه فرو ریزش (S 5)
قاب خمشی بتنی	عضای اصلی	- ترک های موئین تسلیم مجسوس در بعضی نقاط تغییر شکل های کوچک و از ۰/۰۲	- خرابی زیاد در تیر ها خرد شدن بتن در تیرها - ترک های برشی با عرض بیش از ۳ میلیمتر در ستونهای نقش پذیر - شکست میلگردهای عرضی کوچکتر از ۲ میلیمتر در اتصالات	- ترکهای گسترده در ابعاد مقطع خمیری در اعضای نقش پذیر ترکهای بیش از ۳ و یا خرابی وصله ها در ستونهای غیرنقش پذیر - خرابی زیاد در ستونهای کوتاه
	عضای غیر اصلی	- تعداد کمی خرابی در بعضی نقاط ستونها و تیرها شروع های خمیری در تیرها و ستونها ترکهای برشی با عرض کوچکتر از ۰/۵ میلیمتر در اتصالات	- ترکهای گسترده و ایجاد مفصل خمیری در اعضای نقش پذیر ترکهای محدود و یا خرابی وصله ها در بعضی ستونهای غیر نقش پذیر خرابی زیاد در ستونهای کوتاه	- خرد شدن المانهای ستونها (همراه با کاهش طول محدود) و تخلیی از تیرها - خرابی گسترده در اتصالات - کمانش عضی میکردد
	تغییر مکان جانبی کلی	۰/۱ درصد	۰/۲ درصد	۴ درصد
قاب خمشی فولادی	تغییر مکان جانبی ماندگار عضای اصلی	ناچیز - کمانش موضعی جزئی در بعضی نقاط بدون گسیختگی کمانش جزئی یا میدگی جزئی اما فاصل مشاهده در انتها	۰/۱ درصد - تشکیل مفصل خمیری در تیرها - کمانش موضعی بعضی تیرها تغییرشکل ویژه اتصالات - گسیختگی موضعی در بعضی اجزا	۴درصد - تغییرشکل زیاد در تیرها و ستونها گسیختگی متعدد در اتصالات خمشی (اتصالات برشی مالم می ماند)
	عضای غیر اصلی	- مشابه اعضای اصلی	- تغییرشکل زیاد در تیرها و ستونها - گسیختگی در بعضی اتصالات خمشی (اتصالات برشی سالم می ماند)	مانند اعضای اصلی
	تغییر مکان جانبی کلی	۰/۷ درصد	۲/۵ درصد	۵ درصد
	تغییر مکان جانبی ماندگار	ناچیز	۱ درصد	۵ درصد

جدول ۱-۴ نشریه ۳۶۱: سطح عملکرد و پیش بینی خرابی برای اعضای قائم

		سطح عملکرد ساختمان			
نوع سازه یا عضو سازه ای	نوع عضو و تغییر مکان	قابلیت استفاده بی وقفه (S-1)	ایمنی جانی (S-3)	آستانه فروریزش (S-5)
دیوارهای بنایی غیرمسلح	اعضای اصلی	- ترکهای کوچکتر از ۳ میلیمتر در پوشش دیوار - ریزش پوشش دیوار در گوشه بازشوها	- ترکهای گسترده - جابجایی قابل ملاحظه در صفحه دیوار - جابجایی جزئی عمود بر صفحه دیوار	- ترکهای گسترده - ریختن پوشش دیوار - جابجایی قابل ملاحظه در صفحه و عمود بر صفحه دیوار
	اعضای غیر اصلی	- مانند اعضای اصلی	- مانند اعضای اصلی	- بیرون زدن دیوارهای خیز بارمر
	تغییر مکان جانبی گذرا	۰/۳ درصد	۰/۶ درصد	۱ درصد
	تغییر مکان جانبی ماندگار	۰/۳ درصد	۰/۶ درصد	۱ درصد
دیوار بنایی مسلح	اعضای اصلی	- ترکهای کوچکتر از ۳ میلیمتر - بدون جابجایی عمود بر صفحه دیوار	- ترکهای کوچکتر از ۶ میلیمتر در تمام سطح دیوار - خرابی جای موضعی	- ترکهای گسترده - خرابی دور بازشوها و گوشه ها - فروریزش موضعی
	اعضای غیر اصلی	مانند اعضای اصلی	ترکهای گسترده - خرابی دور بازشوها و گوشه ها - فروریزش موضعی	- خرده شدن و جدایی پانلهای دیوار
	تغییر مکان جانبی گذرا	۰/۴ درصد	۰/۶ درصد	۱/۵ درصد
	تغییر مکان جانبی ماندگار	۰/۴ درصد	۰/۶ درصد	۱/۵ درصد
اتصالات قطعات بتنی پیش ساخته	اعضای اصلی	ترک با عرض کوچکتر از ۱/۵ میلیمتر	خرابی موضعی در اتصالات بدون گسیختگی	گسیختگی اتصال بدون جدا شدن اعضای متصل شونده از هم
	اعضای غیر اصلی	خرابی موضعی در اتصالات	گسیختگی اتصال بدون جدا شدن اعضای متصل شونده از هم	مانند اعضای اصلی
پی	تمام اعضا	- نشست جزئی - دوران جزئی	- نشست کلی کوچکتر از ۱۵۰ میلیمتر - نشست نامساوی کوچکتر از ۱/۵ میلیمتر در متر	نشست و دوران زیاد

جدول ۱-۵ نشریه ۳۶۱: سطح عملکرد و خرابی پیش بینی شده برای اعضای افقی سازه ای

	سطح عملکرد ساختمان		
عضو سازه ای	قابلیت استفاده بی وقفه (S-۱)	ایمنی جانی (S-۳)	آستانه فروریزش (S-۵)
دیافراگم عرشه فولادی	– اتصال دیافراگم به قاب بدون خرابی – اعوجاج کم در دیافراگم	– گسیختگی موضعی جوشهای اتصال دیافراگم به قاب و به یکدیگر – کمانش جزئی دیافراگم	– اعوجاج و کمانش گسترده در دیافراگم – پاره شدن جوشهای اتصال قطعات به یکدیگر
دیافراگم بتنی	– ترکهای موئین پراکنده – ترکهای موضعی با عرض کوچکتر از ۳ میلیمتر	– ترکهای گسترده با عرض کمتر از ۶ میلیمتر – خرد شدن موضعی دیافراگم	– ترکهای گسترده همراه با جابجایی قابل ملاحظه در محل ترک
دیافراگم پیش ساخته	– ترکهای جزئی در محل اتصالات	– ترکهای گسترده با عرض کمتر از ۶ میلیمتر – خرد شدن موضعی دیافراگم	– گسیختگی اتصال بین قطعات – جابجایی قطعات نسبت به یکدیگر – خرابی در محل اتصالات

جدول ۱-۶ نشریه ۳۶۱: سطح عملکرد و خرابی اعضای غیر سازه ای(اجزاء معماری)

عضو	سطح عملکرد اعضای غیر سازه ای			
	خدمت رسانی بی وقفه (N_A)	قابلیت استفاده بی وقفه (N_B)	ایمنی جانی (N_C)	ایمنی جانی محدود (N_D)
نماسازی	- تسلیم اتصالات - ترکهای کوچکتر از ۱/۵ میلیمتر - خمیدگی در نما	- تسلیم اتصالات - ترکهای کوچکتر از ۱/۵ میلیمتر - خمیدگی در نما	- تابیدگی زیاد در اتصالات - ترکهای گسترده - گسیختگی و خردشدگی موضعی - نما فرو نمی ریزد	- تابیدگی زیاد در اتصالات - ترکهای گسترده - گسیختگی و خردشدگی موضعی - نما در محل ازدحام فرو نمی ریزد
نماسازی شیشه	- ترک در تعدادی از پانل ها	- ترک در تعدای از پانل ها	- ترک در اکثر پانل ها - شکستگی شیشه ها به صورت موضعی	- تابیدگی قاب و شکستن شیشه داخل آنها در محلهای کم ازدحام - ترکهای گسترده ، شکستگی های محدود در محلهای پرازدحام
دیوارهای داخلی، تیغه بندی	- ترک به عرض کمتر از ۱/۵ میلیمتر در بازشوها - خرابی موضعی و جزئی در گوشه ها	- ترک به عرض کمتر از ۱/۵ میلیمتر در بازشوها - خرابی موضعی و جزئی در گوشه ها	- خرابی گسترده - ترکهای بزرگ	- خرابی گسترده - ترکهای بزرگ
سقفها	- خرابی ناچیز - جابجایی پانل های مجزا از یکدیگر - ترک در سقفهای سخت	- خرابی جزئی - بهم ریختن پانل های مجزا از یکدیگر - افتادن بعضی پانل ها - ترک در سقفهای سخت	- خرابی گسترده - افتادن پانل ها - ترک در سقفهای سخت	- خرابی گسترده - افتادن پانل ها - ترک در سقفهای سخت
دیوار دست انداز	- خرابی جزئی	- خرابی جزئی	- خرابی گسترده - ریزش در محلهای کم ازدحام	- خرابی گسترده - ریزش در محلهای کم ازدحام
دودکش ها	- خرابی ناچیز	- خرابی جزئی	- خرابی گسترده بدون فروریختن	- خرابی گسترده بدون فرو ریختن
پله ها	- خرابی ناچیز	- خرابی جزئی	- ترک در دال کف - قابل استفاده	- خرابی گسترده - غیر قابل استفاده
درها	- خرابی جزئی - قابل استفاده	- خرابی جزئی - قابل استفاده	- خرابی گسترده - بعضی درها ناب برمی دارند	- خرابی گسترده - بعضی درها ناب برمی دارند

جدول ۱-۷ نشریه ۳۶۱: سطح عملکرد و خرابی اعضای غیر سازه ای (اجزاء تاسیسات مکانیکی و برقی)

عضو	سطح عملکرد اعضای غیر سازه ای			
	خدمت رسانی بی وقفه (N-A)	قابلیت استفاده بی وقفه (N-B)	ایمنی جانی (N-C)	ایمنی جانی محدود (N-D)
آسانسورها	- فعال	- فعال پس از تامین منبع انرژی	- غیر فعال - وزنه تعادل از مسیر خود خارج نشود	- غیر فعال - خروج وزنه تعادل از مسیر خود

جدول ۱-۸ نشریه ۳۶۱: سطوح عملکرد کل ساختمان

سطوح عملکرد اجزای غیر سازه ای	سطوح عملکرد سازه					
	قابلیت استفاده بی وقفه S-۱	خرابی محدود S-۲	ایمنی جانی S-۳	ایمنی جانی محدود S-۴	آستانه فروریزش S-۵	لحاظ نشده S-۶
خدمت رسانی بی وقفه N-A	خدمت رسانی بی وقفه A-۱	A-۲	*	*	*	*
قابلیت استفاده بی وقفه N-B	قابلیت استفاده بی وقفه B-۱	B-۲	B-۳	*	*	*
ایمنی جانی N-C	C-۱	C-۲	ایمنی جانی C-۳	C-۴	C-۵	C-۶
ایمنی جانی محدود N-D	*	D-۲	D-۳	D-۴	D-۵	D-۶
لحاظ نشده N-E	*	*	*	E-۴	آستانه فروریزش E-۵	نیازی به بهسازی نیست

برای آشنایی بیشتر در مورد عملکرد و نحوه خسارت سازه های دیگر به نشریه ۳۶۱ (تفسیر بهسازی لرزه ای) مراجعه شود.

۴–۵ سطوح خطر زلزله

استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم

زلزله طرح با احتمال وقوع ۱۰٪در ۵۰ سال

زلزله سطح بهره برداری با احتمال وقوع ۹۹/۵٪ در ۵۰ سال

نشریه ۳۶۰

زلزله سطح خطر(۱) با احتمال وقوع ۱۰٪در ۵۰سال (مشابه زلزله طرح در آیین نامه – ۲۸۰۰دوره بازگشت ۴۷۵ساله)

زلزله سطح خطر (۲) با احتمال وقوع ۲٪در ۵۰سال (بیشینه زلزله محتمل با دوره بازگشت ۲۴۷۵ساله)

زلزله انتخابی مشاور و کارفرما با هر احتمال د لخواه وقوع در ۵۰ سال (دوره بازگشت مثلا" ۷۲ساله)

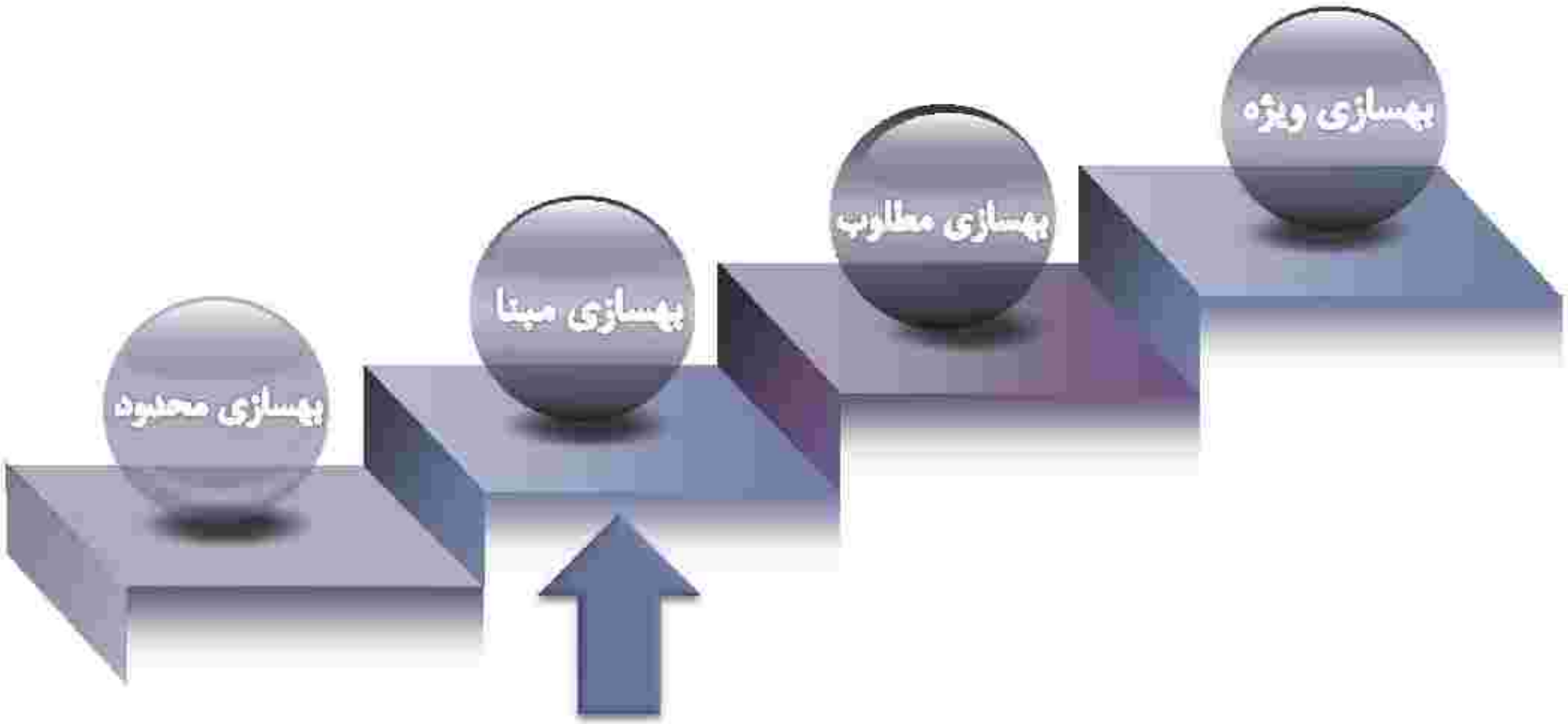
۴–۵ سطوح خطر زلزله

Earthquake Hazard Levels (FEMA 273)

Probability	MRI	Frequency
50%-50 year	72 years	Frequent
20%-50 year	225 years	Occasional
10%-50 year (BSE-1)	474 years	Rare
2%-50 year* (BSE-2)	2475 years	Very rare

*2003 *NEHRP Recommended Provisions* maximum considered earthquake.

۴–۶ انواع بهسازی بر اساس افزایش سطح عملکرد



سطح عملکرد مدنظر استاندارد ۲۸۰۰
ویرایش چهارم

۴–۷ انواع بهسازی بر اساس اهمیت ساختمان

نمونه روش انتخاب هدف بهسازی

برای ساختمان های با اهمیت زیاد و بناهای ضروری ← بهسازی مطلوب یا ویژه

برای ساختمان های با اهمیت متوسط ← بهسازی مبنا یا مطلوب

برای ساختمان های با اهمیت کم ← عدم بهسازی یا بهسازی مبنا

در اکثر پروژه های جاری کشور هدف بهسازی بالاتر از هدف مبنا و در مورد مدارس اکثرا"مبنا و بعضا مطلوب" در نظر گرفته شده است.

۴–۷ انواع بهسازی بر اساس اهمیت ساختمان

- انتخاب سطح اصلی عملکرد ساختمانها با توجه به:
  - ✓ اهمیت ساختمان
  - ✓ سطح خطر مورد نظر
- رعایت معیارهای پذیرش سطح مربوطه برای سازه .

۴–۷ انواع بهسازی بر اساس اهمیت ساختمان

❖ طبق سطح خطر ۱ (متناظر با سطح خطر آیین نامه ۲۸۰۰ ایران):

- ✓ سازه‌ای ضروری مانند بیمارستان برای سطح عملکرد قابلیت استفاده بی وقفه
- ✓ ساختمان مسکونی برای سطح عملکرد ایمنی جانی
- ✓ انبارها و سازه های موقت برای سطح عملکرد آستانه فروریزش

❖ برای انواع مختلف سازه (بتنی یا فولادی) و برای اجزاء

۴–۸ تعیین هدف بهسازی

الف– سطح خطر پذیری طرح

کمیتی از شدت و مشخصهٔ تکان زمین که سازه باید تحمل کند.

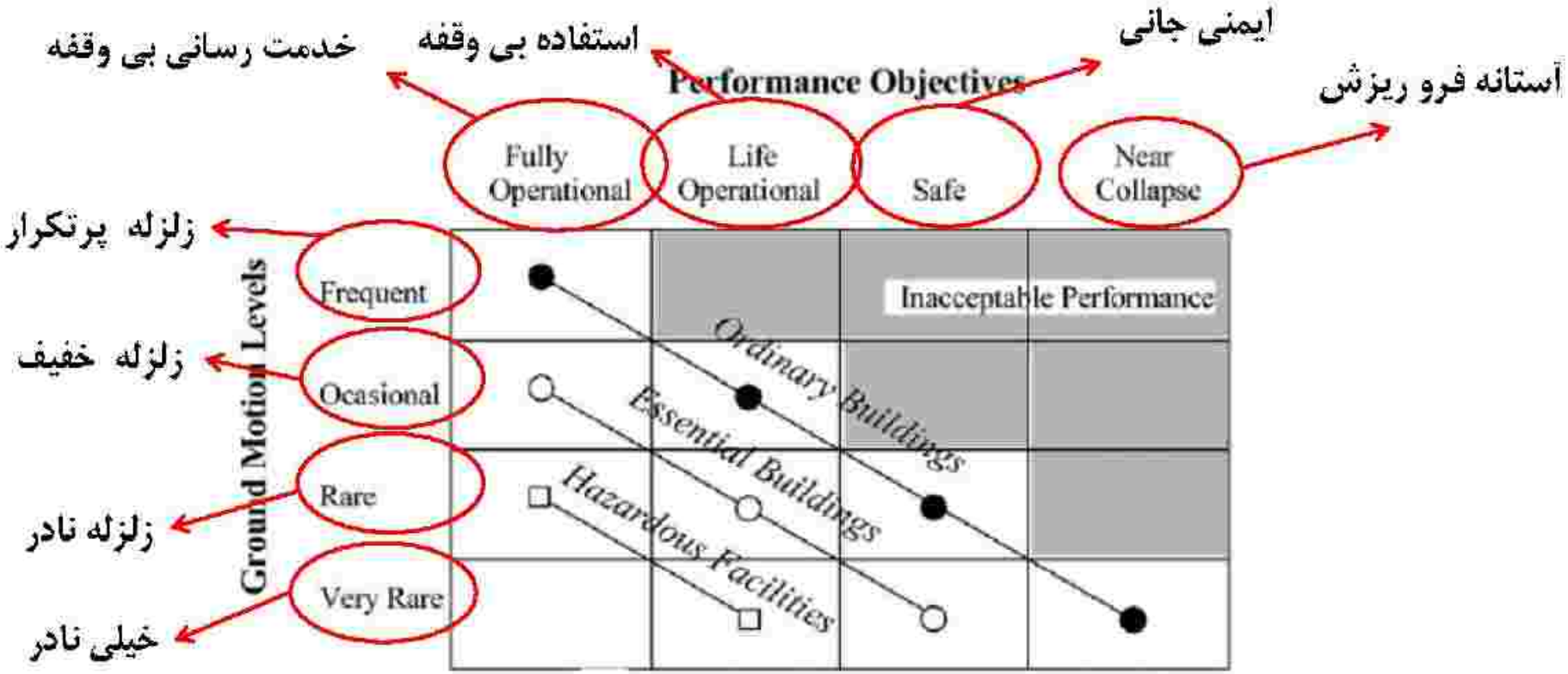
ب– سطح عملکرد طرح

کمیتی از مقادیر مجاز و توزیع خسارت در سازه می باشد.

✔ **در آئین نامه های طراحی و بهسازی اهداف عملکرد زیر گنجانده شده است:**

- ✓ مقاومت در زلزله های کم بدون خسارت
- ✓ مقاومت در زلزله های متوسط بدون خسارت سازه ای و حداقل خسارت غیره سازه ای
- ✓ مقاومت در زلزله های بزرگ با حداقل خسارت سازه ای بدون ریزش

۴–۹ اهداف عملکرد ی در آئین نامه های طراحی



مثلاً ساختمان های معمولی در زلزله های خفیف باید در ناحیه استفاده بی وقفه قرار گیرند

۴–۱۰ معیارهای عملکردی در نواحی مختلف لرزه ای

❖ ناحیهٔ حدی سرویس دهی SLS (Serviceability Limit State) معیار سختی

در مورد زلزله های مکرر (با دوره بازگشت ۲۰ سال) سازه ها می توانند بدون وقفه استفاده شوند.

❖ ناحیهٔ حدی خسارت DLS (Damage Limit State) معیار مقاومت

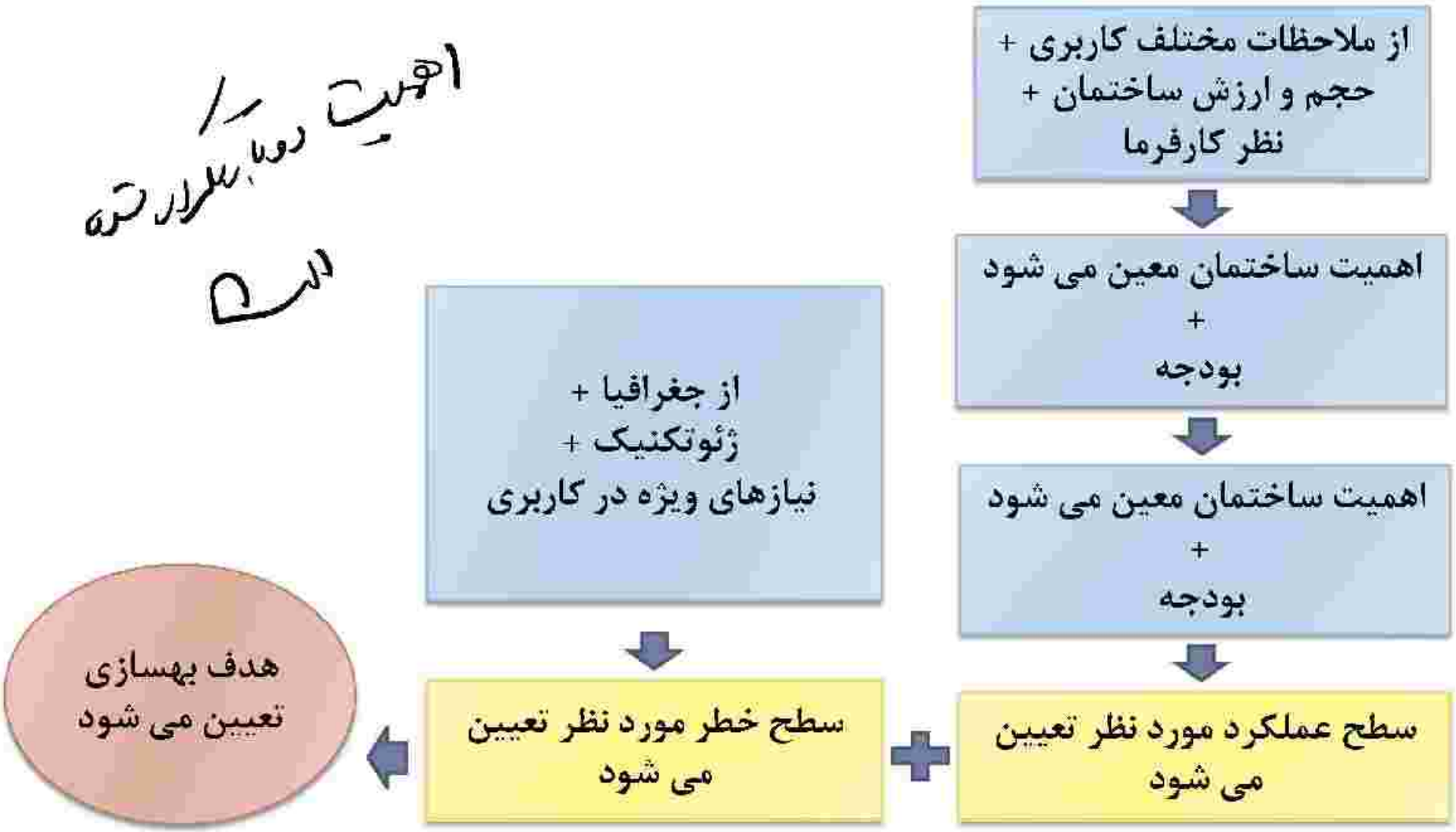
در زلزله های نادر (دوره بازگشت ۴۷۵ ساله) سازه خسارت غیره سازه ای مهم و خسارت سازه ای متوسط می بیند.

❖ ناحیهٔ حدی نهایی ULS (Ultimate Limit State) معیارشکل پذیری

در مورد زلزله های بسیار نادر (دوره بازگشت ۹۷۵ سال). ساختمان ها خسارت های جدی می بینند (سازه ای و غیر سازه ای) اما جان افراد حفظ می شود.

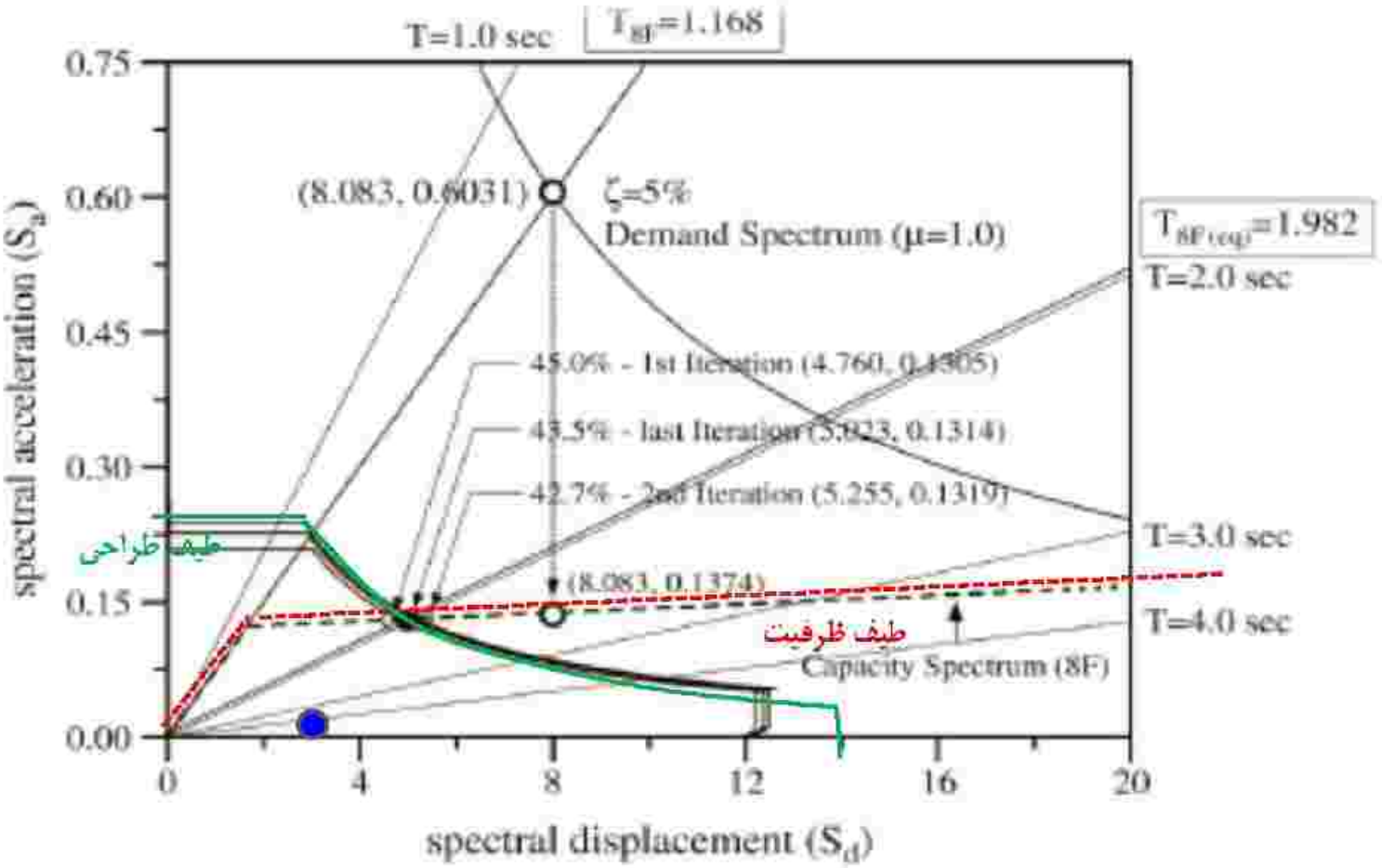
بهسازی و طراحی لرزه ای براساس عملکرد متناسب با کنترل تغییر مکان می باشد.

۴–۱۱ روند تعیین هدف بهسازی



۴–۱۲ تعیین نقطه عملکرد

نقطه عملکرد: محل تقاطع منحنی ظرفیت و طراحی



نمونه سوالات

۱–کدامیک از تعاریف زیر مربوط به سطح عملکرد ایمنی جانی، در اجزاء سازه ای می باشد؟

الف) در اثر وقوع زلزله، مقاومت و سختی اجزای سازه ای تغییر قابل توجهی پیدا نکند و استفاده بی وقفه از آن ممکن باشد.

ب) در اثر وقوع زلزله، خرابی در سازه ایجاد شود اما میزان خرابیها به اندازه ای نباشد که منجر به خسارت جانی شود.

ج) در اثر وقوع زلزله خرابی گسترده در سازه ایجاد گردد اما ساختمان فرو نریزد و تلفات جانی به حداقل برسد.

د) هیچ کدام

نمونه سوالات

۱–کدامیک از تعاریف زیر مربوط به سطح عملکرد ایمنی جانی، در اجزاء سازه ای می باشد؟

الف) در اثر وقوع زلزله، مقاومت و سختی اجزای سازه ای تغییر قابل توجهی پیدا نکند و استفاده بی وقفه از آن ممکن باشد.

ب) در اثر وقوع زلزله، خرابی در سازه ایجاد شود اما میزان خرابیها به اندازه ای نباشد که منجر به خسارت جانی شود.

ج) در اثر وقوع زلزله خرابی گسترده در سازه ایجاد گردد اما ساختمان فرو نریزد و تلفات جانی به حداقل برسد.

د) هیچ کدام

نمونه سوالات

۲- در سطح خطر ۱ که متناظر با سطح خطر آیین نامه ۲۸۰۰ ایران ویرایش چهارم می باشد، در طراحی ساختمان های مسکونی جدید، باید کدام سطح عملکرد در نظر گرفته شود؟

الف) قابلیت استفاده بی وقفه

ب) آستانه فرو ریزش

ج) ایمنی جانی

د) همه موارد

نمونه سوالات

۲- در سطح خطر ۱ که متناظر با سطح خطر آیین نامه ۲۸۰۰ ایران ویرایش چهارم می باشد، در طراحی ساختمان های مسکونی جدید، باید کدام سطح عملکرد در نظر گرفته شود؟

الف) قابلیت استفاده بی وقفه

ب) آستانه فرو ریزش

ج) ایمنی جانی

د) همه موارد

نمونه سوالات

۳- مطابق نشریه ۳۶۰ ایران، سطح خطر لرزه‌ای ۱ و ۲ بترتیب معادل احتمال فرا گذشت وقوع زلزله، کدام گزینه زیر می باشد؟

الف) ۱۰٪ در ۵۰ سال - ۲٪ در ۵۰ سال

ب) ۲٪ در ۵۰ سال - ۱۰٪ در ۵۰ سال

ج) ۱۰٪ در ۲۵ سال - ۲٪ در ۲۵ سال

د) ۲٪ در ۲۵ سال - ۱۰٪ در ۲۵ سال

نمونه سوالات

۳- مطابق نشریه ۳۶۰ ایران، سطح خطر لرزه‌ای ۱ و ۲ بترتیب معادل احتمال فرا گذشت وقوع زلزله، کدام گزینه زیر می باشد؟

الف) ۱۰٪ در ۵۰ سال - ۲٪ در ۵۰ سال

ب) ۲٪ در ۵۰ سال - ۱۰٪ در ۵۰ سال

ج) ۱۰٪ در ۲۵ سال - ۲٪ در ۲۵ سال

د) ۲٪ در ۲۵ سال - ۱۰٪ در ۲۵ سال

۱- تعاریف و مفاهیم اولیه

۲- ضرورت نیاز به بهسازی لرزه ای

۳- سازمان ها و موسسات فعال در زمینه بهسازی لرزه ای

۴- طرح بهسازی لرزه ای

- ۵- رفتار اعضای سازه ای

۶- تحلیل های جانبی سازه

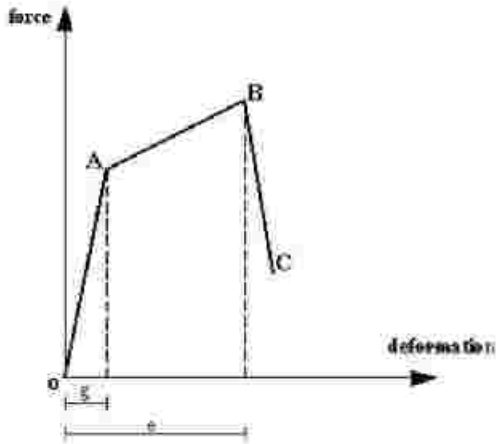
۷- معیارهای پذیرش

۸- راهکارهای بهسازی

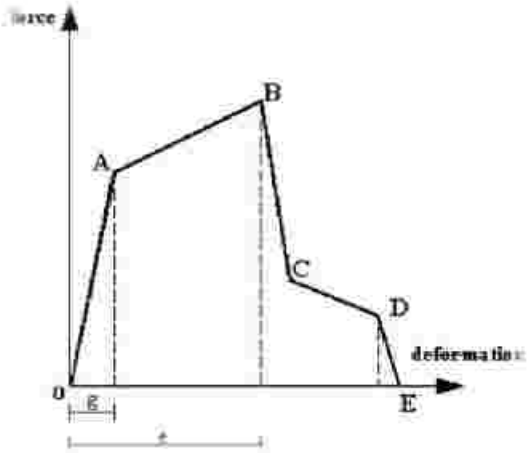
۹- مثال کاربردی

۵- بررسی رفتار عضو بهسازی شده

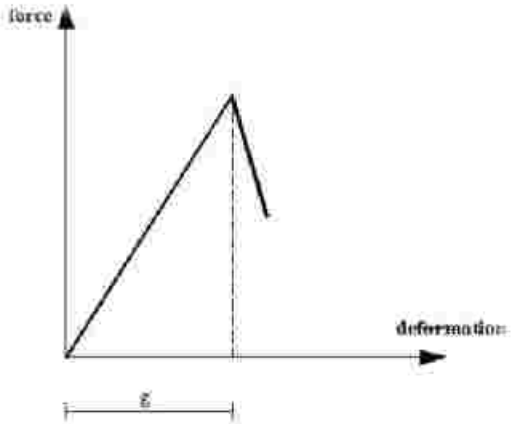
۵–۱ منحنی اعضای شکل پذیر، نیمه شکل پذیر و ترد



نیمه شکل پذیر



عضو شکل پذیر



عضو ترد

۵–۲ شناخت نواحی منحنی شکل پذیر

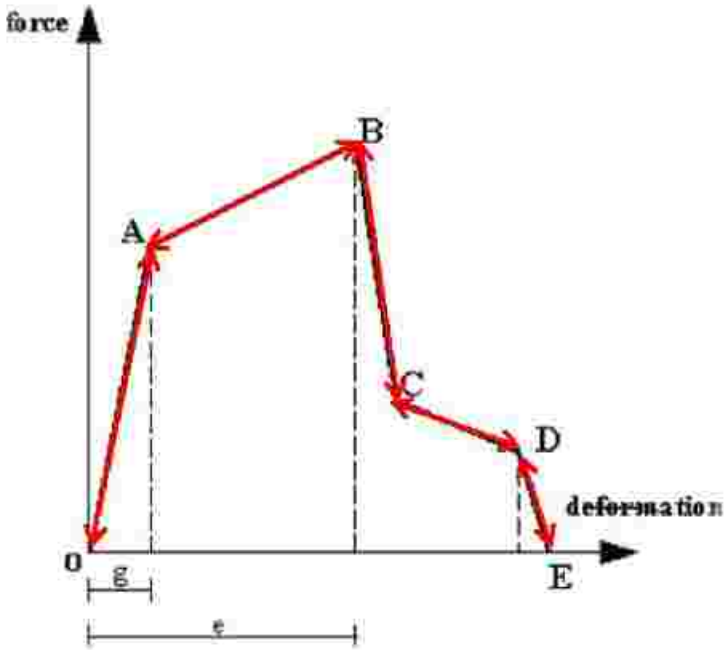
(شاخه **OA**) رفتار ارتجاعی خطی است.

(شاخه **AB**) رفتار کاملاً خمیری دارد.

در شاخه **BC** مقاومت ناگهان کاهش می یابد اما بطور کلی از بین نمی رود.

در شاخه **CD** رفتار مجدداً خمیری اما نرم شونده دارد.

در شاخه **DE** مقاومت به صفر می رسد.



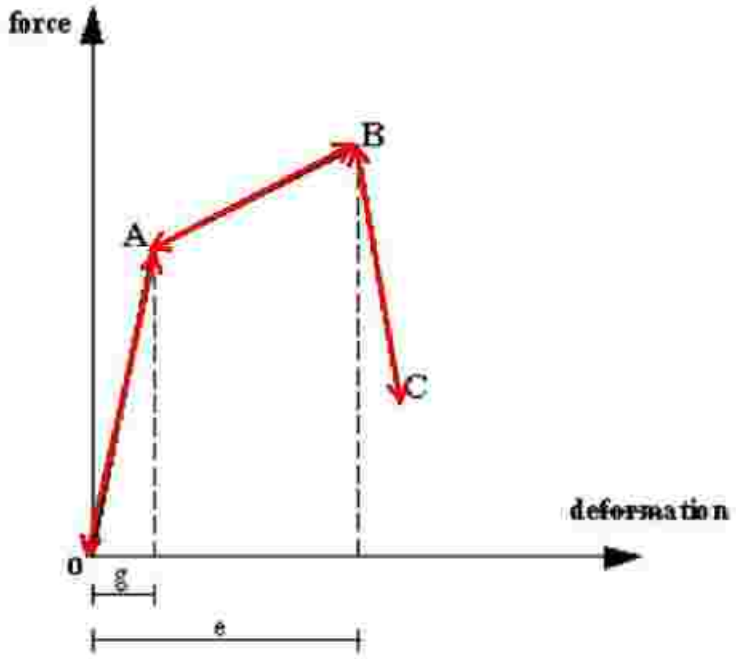
باید نسبت تغییر شکل متناظر با آستانهٔکاهش مقاومت به تغییرشکل حد خطی **e/g** بزرگتر از ۲ باشد، اما اعضای غیر اصلی که رفتاری دارند با هر نسبت از **e/g** کنترل شونده توسط تغییرشکل محسوب می شوند.

۵–۳ شناخت نواحی منحنی نیمه شکل پذیر

در شاخه **OA** رفتار ارتجاعی است

در قسمت دوم(شاخه **AB**) خمیری با امکان سخت شوندگی است

در قسمت سوم (شاخه **BC**) مقاومت کاهش یافته تا به صفر میرسد

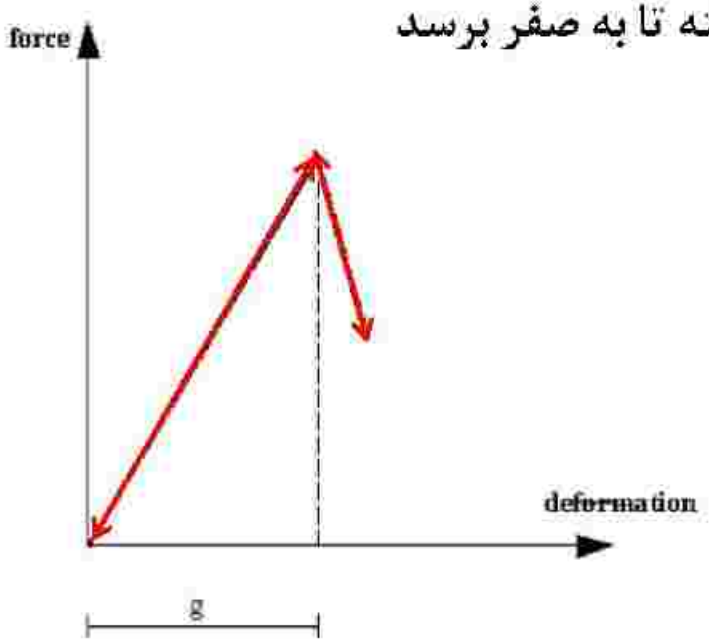


باید تغییر شکل نظیر آستانهٔ کاهش مقاومت بیش از دو برابر تغییر شکل حد خطی یا به عبارت دیگر $e/g \geq 2$ باشد.

۵–۴ شناخت نواحی منحنی ترد

در قسمت اول رفتار ارتجاعی است

در قسمت دوم مقاومت کاهش یافته تا به صفر برسد



نمونه سوالات

۴- معیار کنترل مهاربندهای همگرای واقع در کشش چیست؟

الف) تغییر شکل

ب) نیرو

ج) سختی

د) مقاومت

۵-معیار عملکردی در ناحیه حدی «سرویس دهی» ساختمان کدام است؟

الف) مقاومت

ب) سختی

ج) شکل پذیری

د) نیرو- تغییرمکان

نمونه سوالات

۴- معیار کنترل مهاربندهای همگرای واقع در کشش چیست؟

الف) تغییر شکل

ب) نیرو

ج) سختی

د) مقاومت

۵-معیار عملکردی در ناحیه حدی «سرویس دهی» ساختمان کدام است؟

الف) مقاومت

ب) سختی

ج) شکل پذیری

د) نیرو- تغییرمکان

۱- تعاریف و مفاهیم اولیه

۲- ضرورت نیاز به بهسازی لرزه ای

۳- سازمان ها و موسسات فعال در زمینه بهسازی لرزه ای

۴- طرح بهسازی لرزه ای

۵- رفتار اعضای سازه ای

- ۶- تحلیل های جانبی سازه

۷- معیارهای پذیرش

۸- راهکارهای بهسازی

۹- مثال کاربردی

۶- روشهای تحلیل سازه

۶-۱- انواع روشهای تحلیل

تحلیل خطی

- تحلیل استاتیکی خطی
- تحلیل دینامیکی خطی

تحلیل غیر خطی

- تحلیل استاتیکی غیر خطی
- تحلیل دینامیکی غیر خطی

۶–۲ مقایسه تحلیل های خطی و غیرخطی

تحلیل	رفتار مصالح	رفتار ترک خوردگی، اثرات P-Delta	اعضای اصلی	اعضای غیراضلی	محل مفاصل پلاستیک
خطی	الاستیک فرض می شود	با استفاده از ضرایب، ساده سازی شده و در تحلیل گنجانده می شود	مدلسازی می شود	فقط کنترل می شود	در دو انتهای عضو فرض شده و بعد از تحلیل کنترل می شود.
غیرخطی	الاستوپلاستیک در نظر گرفته می شود	در مدلسازی لحاظ می شود	مدلسازی می شود	مدلسازی می شود	در دو انتها فرض شده و تحلیل می شود در صورت وجود لنگر ماکزیمم در طول عضو محل مفصل اصلاح و دوباره تحلیل می شود

۶–۳ تحلیل خطی

منظور از تحلیل خطی، تحلیل سازه با در نظر گر فتن رفتار ارتجاعی خطی برای اجزاء آن می‌باشد.

چنانچه P-Δ یا ترک خوردگی اجزاء بتنی یا بنایی مد نظر باشد این آثار در تحلیل خطی به صورت ساده شده، وارد می گردد.

مثلاً اثر P-Δ در تحلیل استاتیکی خطی به صورت اضافه بار جانبی و اثر ترک خوردگی صرفاً با کاهش مشخصات مقاطع اعضاء در مدل وارد می شود.

۶-۳ تحلیل خطی

- بطور کلی روشهای تحلیل خطی هنگامی مناسب هستند که هنگام زلزله رفتار اجزاء سازه در محدوده خطی قرار داشته باشد و یا تعداد کمی از اجزاء از حد خطی خارج شوند.

- چنانچه نسبت نیروهای ناشی از زلزله به ظرفیت باربری اجزاء، کوچکتر از ۲ باشد اثر رفتار غیرخطی قابل توجه نبوده و می توان ازروش‌های تحلیل خطی استفاده نمود.

۶-۳ تحلیل خطی

در تحلیل خطی فقط اعضای اصلی مدل می شوند و اعضای غیراصلی فقط برای تغییر شکلهای حاصل ازتحلیل کنترل می شوند.

اعضای غیراصلی معمولاً تحت بارهای رفت و برگشتی کاهش سختی و مقاومت قابل توجهی خواهند داشت و به سرعت از سیستم باربری جانبی خارج می گردند.

روشهای تحلیل خطی با فرض ایجاد مفصل خمیری در نقاط انتهایی اعضا تنظیم شده اند.

اگر در مدلی مفصل خمیری در نقطه ای غیر از دو انتها (نقاط میانی) ایجاد شود نتایج حاصل از تحلیل خطی در جهت اطمینان نخواهد بود.

پس از تحلیل خطی برای اعضای تحت بارهای ثقلی قابل توجه، دیاگرام لنگر خمشی ترسیم می شود.

با استفاده از آن احتمال ایجاد مفصل خمیری در طول عضو بررسی می شود.

۶-۴ تحلیل استاتیکی خطی

روش تحلیل استاتیکی خطی بر مبنای دو فرض اساسی زیر استوار است :

۱- رفتار مصالح خطی است.

۲- علیرغم آن که نیروهای ناشی از زلزله دینامیکی است، اثر آن بر روی سازه با اعمال بار معادل استاتیکی برآورد می گردد و کل نیروی وارده به سازه برابر ضریبی از وزن ساختمان محاسبه می گردد.

۶–۴ تحلیل استاتیکی خطی

در روش تحلیل استاتیکی خطی کل نیروی جانبی ناشی از زلزله به صورت ضریبی از جرم ساختمان محاسبه می شود.

این ضریب، همان شتاب طیفی ارتجاعی است.

با فرض رفتار سازه خطی و ارتجاعی، تغییر شکلهای حاصل از نیروی جانبی بدست آمده با آن چه که در زلزله طرح انتظار می رود برابر خواهد بود.

در سازه های شکل پذیر رفتار سازه هنگام زلزله از محدودهٔ ارتجاعی خطی خارج می شود .

۶-۴ تحلیل استاتیکی خطی

مقدار برش پایه در این روش چنان انتخاب شده است که حداکثر تغییرشکل سازه با آنچه که در زلزلهٔ سطح خطر مورد نظر پیش بینی می شود، مطابقت داشته باشد.

چنانچه سازه تحت اثر بار وارد شده به طور خطی رفتار کند، نیروهای به دست آمده برای اعضای سازه نیز نزدیک به مقادیر پیش بینی شده هنگام زلزله خواهند بود.

اگر سازه رفتار غیرخطی داشته باشد، نیروهای محاسبه شده از این طریق بیش از مقادیر حد جاری شدن مصالح خواهند شد.

به همین جهت هنگام بررسی معیارهای پذیرش نتایج حاصل از تحلیل خطی برای سازه هایی که هنگام زلزله رفتار غیرخطی دارند، اصلاح می شود .

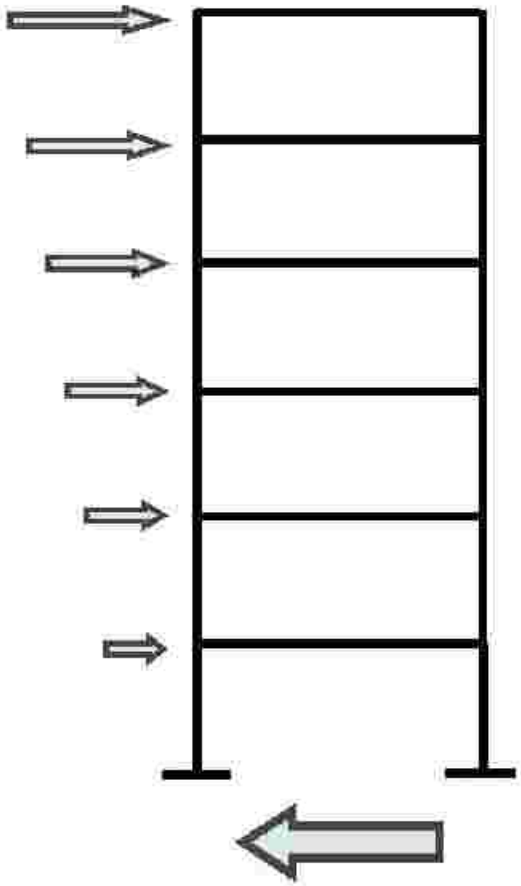
۶–۴ تحلیل استاتیکی خطی

$$V = C_s W$$

V = seismic base shear

W = effective seismic weight of building

C_s = seismic response coefficient



۶–۴ تحلیل استاتیکی خطی

$$\boldsymbol{V = C_s W}$$

$$\boldsymbol{C_s = \frac{S_{DS}}{(R/I)} \leq \frac{S_{D1}}{T(R/I)}} \qquad for\ T \leq T_L$$

S_{DS} = design spectral acceleration at short periods

S_{D1} = design spectral acceleration at 1-second period

I = importance factor

T = fundamental period of building

T_L = long period transition period

R = response modification coefficient

۶–۴ تحلیل استاتیکی خطی

R factors for Selected Steel Systems		ASCE 7	2800 V4
SMF	(Special Moment Resisting Frames):	R = 8	$R_u = 7.5$
IMF	(Intermediate Moment Resisting Frames):	R = 4.5	$R_u = 5$
OMF	(Ordinary Moment Resisting Frames):	R = 3.5	$R_u = 3$
EBF	(Eccentrically Braced Frames):	R = 8	$R_u = 7$
SCBF	(Special Concentrically Braced Frames):	R = 6	$R_u = 5.5$
OCBF	Ordinary Concentrically Braced Frames):	R = 3.25	$R_u = 3.5$
BRBF	(Buckling Restrained Braced Frame):	R = 8	$R_u = 7$
SPSW	(Special Plate Shear Walls):	R = 7	$R_u = 7.5$

۶–۵ تحلیل دینامیکی خطی

- در روش تحلیل دینامیکی خطی نیروها و تغییرشکل های ناشی از زلزله با استفاده از روابط تعادل دینامیکی حاکم بر مدل ارتجاعی صورت می پذیرد.
- از آنجا که در این روش مشخصات دینامیکی سازه در تحلیل وارد می گردد، نتایج حاصل دقیق تر از روش تحلیل استاتیکی خطی است اما به هرحال رفتار غیرخطی مصالح مدل منظور نمی شود .

- فرضیات خاص این روش در محدودهٔ رفتار خطی عبارتند از:

1. رفتار سازه را می توان به صورت ترکیب خطی از حالت های مودهای ارتعاشی مختلف سازه که مستقل از یکدیگرند محاسبه نمود.
2. زمان تناوب ارتعاشات سازه در هر مود در طول زلزله ثابت است.

۶-۵ تحلیل دینامیکی خطی

تحلیل دینامیکی خطی

طیفی

در روش طیفی ، طیف مورد استفاده باید طیف ارتجاعی خطی بدون اصلاح برای تغییر شکلهای غیر خطی باشد. نتایج حاصل از تحلیل دینامیکی خطی برای سازه هایی که رفتار آنها در طول زلزله خطی باقی می ماند نزدیک به واقعیت است.

تاریخچه زمانی

در تحلیل تاریخچه زمانی، پاسخ سازه با استفاده از روابط دینامیکی در گام های زمانی کوتاه محاسبه می شود. در این روش باید پاسخ مدل سازه تحت تحریک شتاب زمین براساس حداقل سه شتاب نگاشت محاسبه شود.

۶–۶ تحلیل غیر خطی

منظور از تحلیل غیرخطی، تحلیل سازه با در نظر گرفتن رفتار غیر خطی اجزاء آن به دلیل رفتار غیر خطی مصالح ، ترک خوردگی و اثرات غیرخطی هندسی می باشد.

در تحلیل غیر خطی تمام اعضای اصلی و غیراصلی مدل شده و اثر کاهش مقاومت و سختی اجزاء(کاهندگی) در مدل وارد می شود.

۶-۶ تحلیل غیر خطی

در روشهای تحلیل غیر خطی، مفصل های خمیری در نقاط حداکثر لنگرهای ناشی از بارهای ثقلی پیش بینی شده و تحلیل مدل سازه بر این اساس انجام می شود.

پس از تحلیل با استفاده از نتایج حاصل باید دیاگرام لنگر خمشی عضو مجدداً ترسیم شده و محل تشکیل مفصل های خمیری کنترل شود.

مشابه روشهای خطی، دیاگرام لنگر از جمع دیاگرام لنگر بارهای ثقلی و لنگر حاصل از تحلیل تحت بار جانبی زلزله (برخلاف روشهای خطی که لنگر متناظر با ظرفیت مورد انتظار عضو در دو انتها قرار داده می شد) بدست می آید.

نتیجه با ظرفیت مورد انتظار از عضو در تمام طول مقایسه می گردد.

چنانچه موقعیت پیش بینی شده برای مفصل خمیری صحیح نباشد لازم است تحلیل سازه مجدّداً و با اصلاح موقعیت مفصل خمیری انجام شود.

۶-۷ تحلیل استاتیکی غیرخطی

در روش تحلیل استاتیکی غیرخطی، بار جانبی به تدریج افزایش داده می شود تا آنجا که تغییر مکان در نقطه معینی از حد مورد نظر فراتر رود.

در هنگام افزایش بار جانبی تغییرشکلها و نیروهای داخلی بطور مداوم تحت نظر قرار می گیرد.

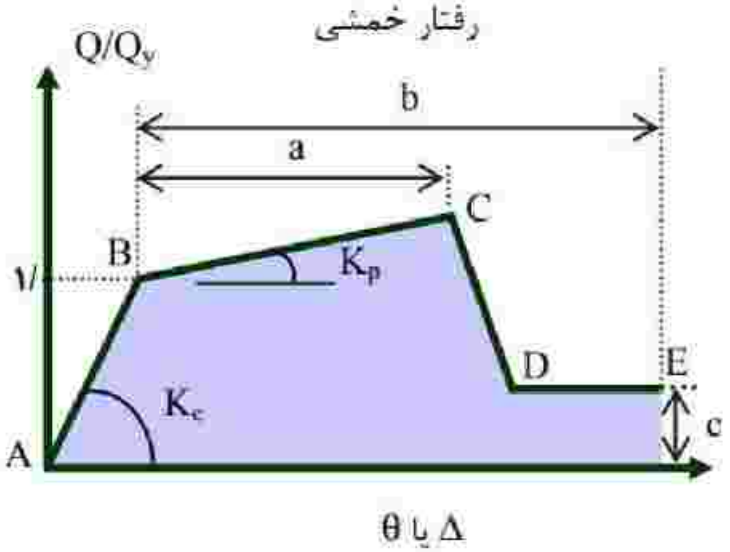
تفاوت روش استاتیکی غیرخطی با روش تحلیل استاتیکی خطی:

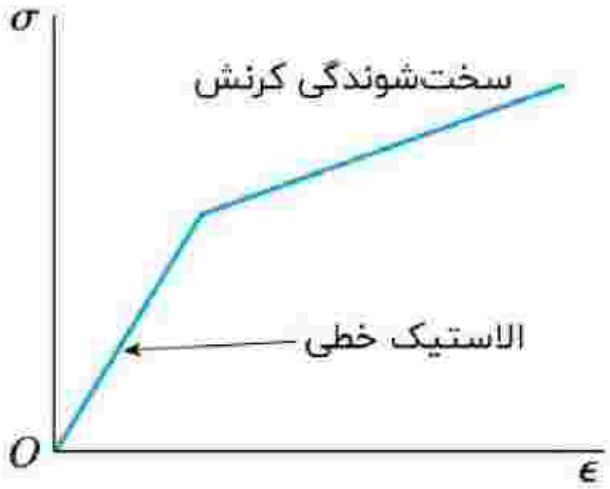
۱- رفتار غیر خطی همه اعضا و اجزاء سازه در تحلیل وارد می گردد.

۲- اثر زلزله به جای اعمال بار مشخص، بر حسب تغییرشکل برآورد می گردد.

۶-۷ تحلیل استاتیکی غیرخطی

در تحلیل استاتیکی غیر خطی باید مدل رفتار غیر خطی به صورت چند خطی یا در حالت ساده شده برای هر یک از اجزاء سازه به صورت دو خطی تعریف شود.

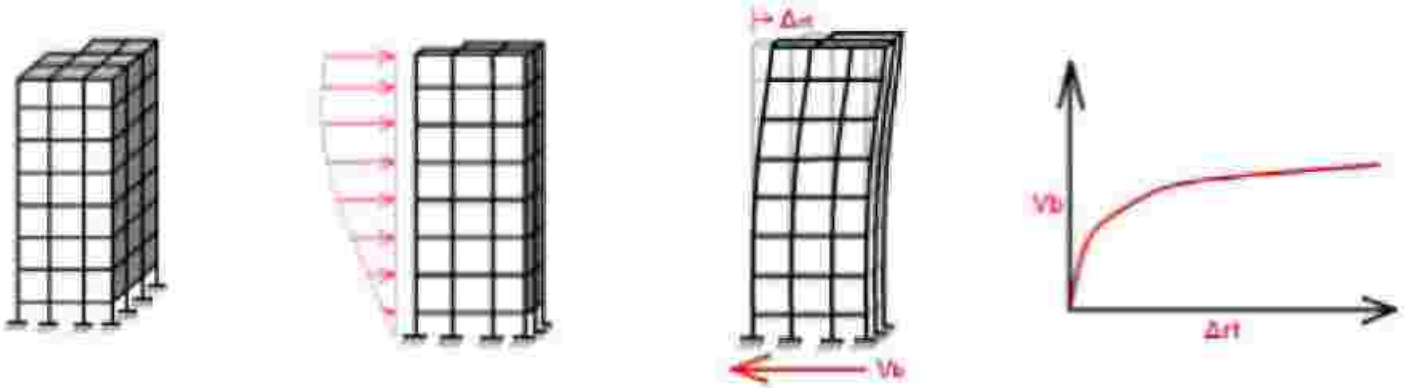




۶-۷ تحلیل استاتیکی غیر خطی

در طول تحلیل، هنگام افزایش تدریجی بار جانبی، تغییرشکلها و نیروهای داخلی تمام اجزاء محاسبه شده و با ظرفیت آنها مقایسه می شود. هر چند این روش به مراتب پیچیده تر و وقت گیرتر از تحلیل استاتیکی خطی است، اما نتایج حاصل از آن رفتار واقعی سازه را بهتر نشان داده و اطلاعات مفیدتری جهت طراحی ارائه می دهد .

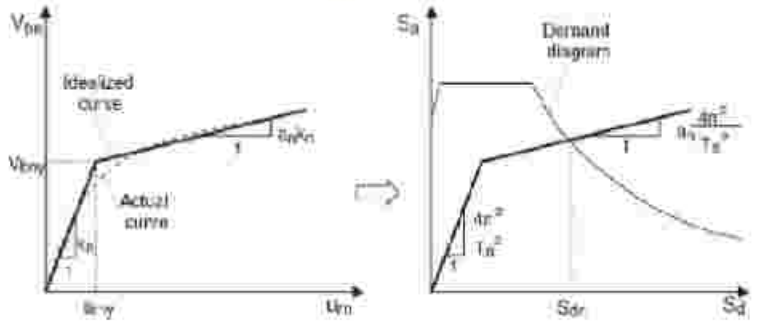
در تحلیل استاتیکی غیرخطی، مرکز جرم بام به عنوان نقطهٔ کنترل تغییرمکان سازه انتخاب می شود. مرکز جرم سقف خرپشته به عنوان نقطهٔ کنترل انتخاب نمی شود .



۶-۷ تحلیل استاتیکی غیر خطی

دو روش عمده برای محاسبه تغییر مکان هدف وجود دارد

روش طیف ظرفیت
Capacity Spectrum Method



روش ضرایب تغییر مکان
Displacement Coefficient Method

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a \frac{T_E^2}{4\pi^2} g$$

۶–۷ تحلیل استاتیکی غیر خطی

گام به گام تحلیل:

1) کنترل مجاز یا غیر مجاز بودن استفاده از آن (محدودیت ها)

2) انتخاب یکی از دو شیوه اصلی تحلیل (عموما از روش ضرایب تغییر مکان)

3) مشخص نمودن رفتار عضوها از نطر تغییر شکل کنترل یا نیرو کنترل

4) اختصاص دادن مفصل های غیر خطی مطابق آیین نامه های معتبر به عضوهای تغییر شکل کنترل

5) محاسبه تغییر مکان هدف (دیافراگم صلب)

۶–۸ تحلیل دینامیکی غیر خطی

روش تحلیل دینامیکی غیرخطی برای تمام ساختمانها قابل استفاده است. اما نظر به اینکه نتایج حاصل از این روش حساس به شتاب نگاشت انتخاب شده می باشد، برای تحلیل و مدلسازی رفتار غیرخطی مصالح و اجزاء سازه می بایستی کنترل و تفسیر نتایج حاصل توسط افراد مجرب انجام گیرد .

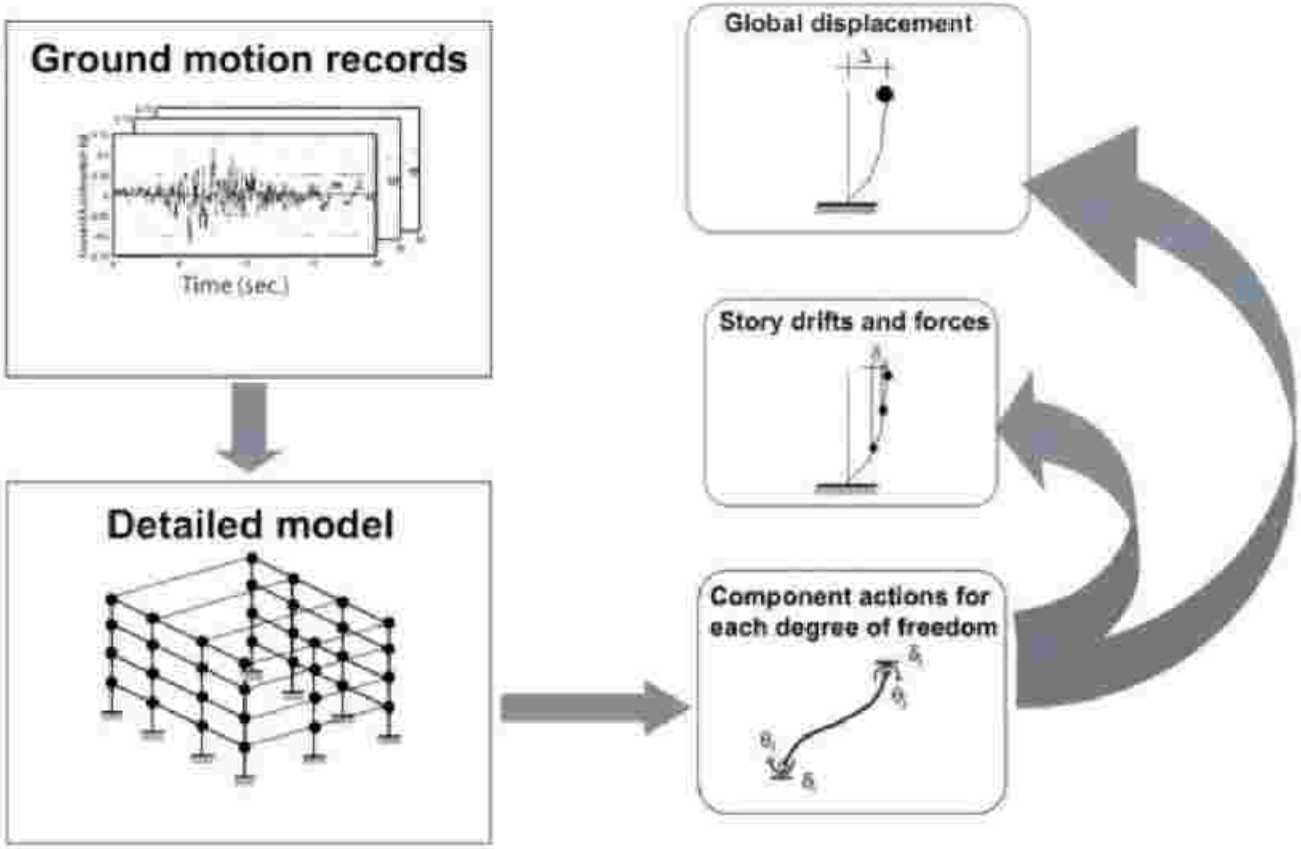
روند تحلیل غیرخطی دینامیکی

- در روش تحلیل دینامیکی غیرخطی، پاسخ سازه با در نظر گرفتن رفتار غیرخطی مصالح و رفتار غیرهندسی سازه محاسبه می شود.
- ماتریس سختی و میرایی از یک گام به گام بعد می تواند تغییر کند، اما در طول هر گام زمانی ثابت است.

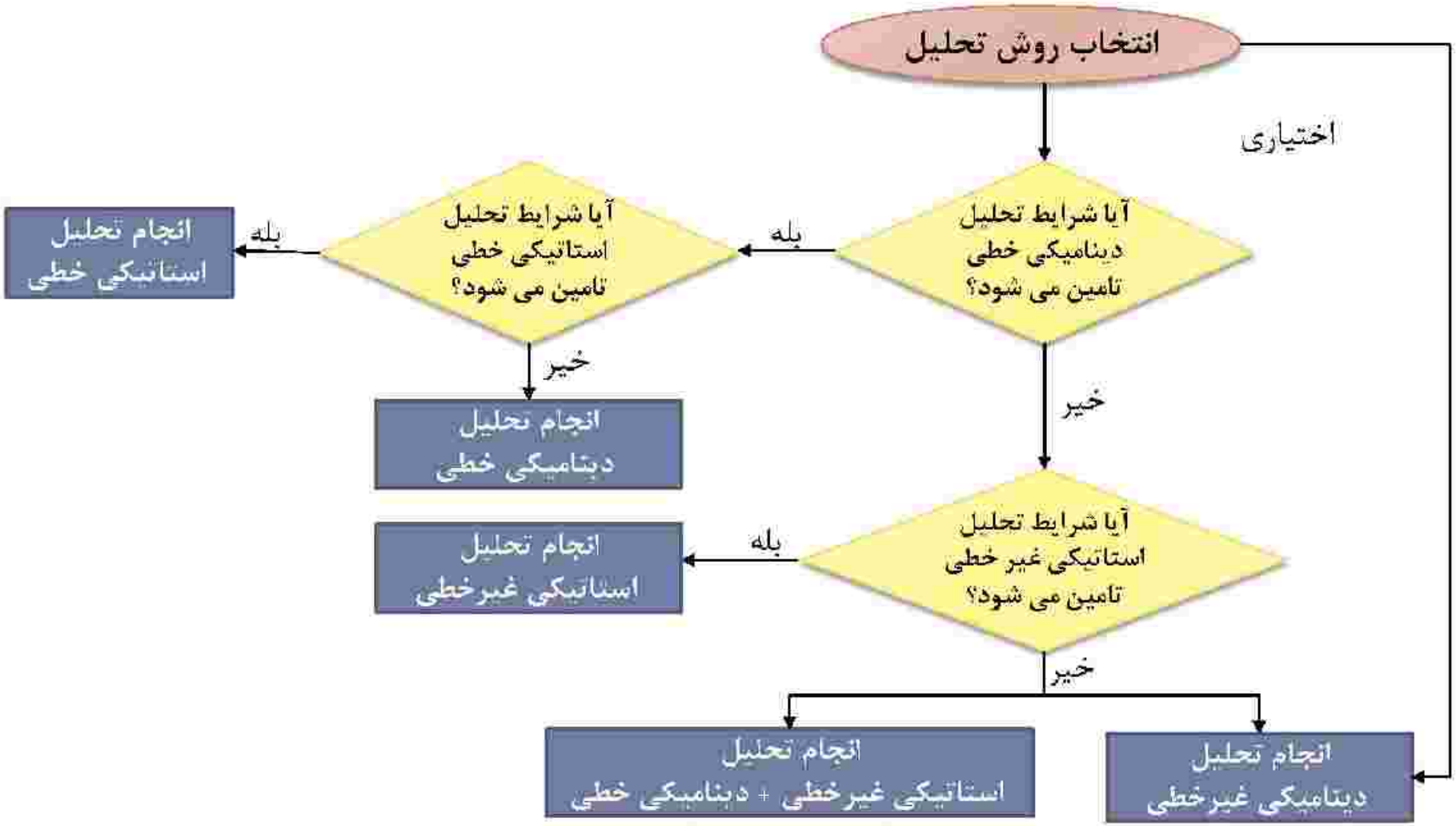
$$K\,u(t) + C\,\dot{u}(t) + M\,\ddot{u}(t) = r(t)$$

- پاسخ مدل تحت شتاب زلزله با استفاده از روش های عددی و برای هر کام زمانی محاسبه می شود.
- تحلیل سازه باید برای هر امتداد حداقل برای سه شتاب نگاشت انجام شود.

۶–۸ تحلیل دینامیکی غیر خطی



۶-۹ فلوچارت انتخاب روش تحلیل



نمونه سوالات

۶- در کدام تحلیل، کل نیروی جانبی ناشی از زلزله به صورت ضریبی از جرم ساختمان محاسبه می شود؟

الف) استاتیکی خطی

ب) استاتیکی غیرخطی (Pushover)

ج) دینامیکی خطی

د) دینامیکی غیرخطی

۷- مطابق نشریه ۳۶۰ ایران، کدام یک از تحلیل های زیر را می‌توان برای طراحی کلیه ساختمان ها به کار برد؟

الف) استاتیکی خطی

ب)استاتیکی غیرخطی (Pushover)

ج) دینامیکی خطی

د) دینامیکی غیرخطی

نمونه سوالات

۶- در کدام تحلیل، کل نیروی جانبی ناشی از زلزله به صورت ضریبی از جرم ساختمان محاسبه می شود؟

الف) استاتیکی خطی

ب) استاتیکی غیرخطی (Pushover)

ج) دینامیکی خطی

د) دینامیکی غیرخطی

۷- مطابق نشریه ۳۶۰ ایران، کدام یک از تحلیل های زیر را می‌توان برای طراحی کلیه ساختمان ها به کار برد؟

الف) استاتیکی خطی

ب)استاتیکی غیرخطی (Pushover)

ج) دینامیکی خطی

د) دینامیکی غیرخطی

۱- تعاریف و مفاهیم اولیه

۲- ضرورت نیاز به بهسازی لرزه ای

۳- سازمان ها و موسسات فعال در زمینه بهسازی لرزه ای

۴- طرح بهسازی لرزه ای

۵- رفتار اعضای سازه ای

۶- تحلیل های جانبی سازه

- ۷- معیارهای پذیرش

۸- راهکارهای بهسازی

۹- مثال کاربردی

۷- معیارهای پذیرش

۷–۱ کنترل معیارهای پذیرش(خطی)

کنترل معیارهای پذیرش برای تلاشهای کنترل شونده توسط نیرو

کنترل معیارهای پذیرش برای تلاشهای کنترل شونده توسط تغییرشکل

۷–۱ کنترل معیارهای پذیرش(خطی)

کنترل معیارهای پذیرش برای تلاشهای کنترل شونده توسط تغییرشکل

- ارزیابی عضو برای تلاش های کنترل شونده توسط تغییرشکل با توجه به این واقعیت انجام می گیرد که رفتار آن تحت تلاش مزبور، رفتاری با **شکل پذیری** قابل توجه است. بدین ترتیب به این عضو اجازه داده می شود که تحت تلاش مورد نظر، تغییرشکل های غیرخطی تا حد معینی داشته باشد .

- **رفتار غیرخطی سازه بصورت منحنی است به همین جهت برای مقایسه نیرو و ظرفیت، به طور مجازی ظرفیت اعضا در ضریب m ضرب می شود.** چون این تغییرشکل ها در تحلیل خطی قابل محاسبه نیستند از نیروهای مجازی نظیر آن ها، **QUD** استفاده می شود که **m** برابر نیروهای واقعی عضو درنظر گرفته می شوند. بنابراین نیروهای مجازی **QUD** نباید از **m** برابر ظرفیت عضو بیش تر باشند، یا به صورت دیگر **QUD/m** که تخمینی از نیروی داخلی واقعی عضو است، نباید از ظرفیت آن بیش تر شود.

۷–۱ کنترل معیارهای پذیرش(خطی)

ارزیابی خطی اعضا برای تلاش های کنترل شونده توسط تغییرشکل، طبق رابطه (۴–۵) قابل انجام است: (۴–۵)

$$mkQ_{CE} \geq Q_{UD}$$

که در آن :

k: ضریب آگاهی، در مقایسه ظرفیت اعضا با نیاز لرزه ای آنها، جهت در نظر گرفتن میزان اطمینان به مشخصات اعضای سازه که مدل سازی شده اند از ضریب آگاهی استفاده می شود.

m: ضریب اصلاح بر مبنای رفتار غیرخطی عضو

Q_{CE} : ظرفیت تلاش های طراحی در اعضایی که رفتار آنها کنترل شونده توسط تغییر شکل است

Q_{UD} : نیاز مورد انتظار عضو با در نظر گرفتن کلیه تلاشهای موجود

جدول ۱–۲ نشریه ۳۶۰ تجدید نظر اول

هدف بهسازی	مطلوب یا پایین تر		ویژه	
سطح اطلاعات	حداقل	متعارف	متعارف	جامع
نوع تحلیل	تحلیل خطی	هر نوع تحلیل	هر نوع تحلیل	هر نوع تحلیل
ضریب آگاهی K	۰/۷۵	۱	۰/۷۵	۱

۷–۱ کنترل معیارهای پذیرش(خطی)

کنترل معیارهای پذیرش برای تلا شهای کنتر ل شونده توسط نیرو

- برای تلا ش های کنترل شونده توسط نیرو، از عضو رفتار غیرخطی و شکل پذیری چندانی انتظار نمی رود

. در حالت ایده آل می توان فرض کرد که چنین عضوی به محض رسیدن به ابتدای ناحیه غیرخطی، تحت تلاش مربوط گسیخته خواهد شد

. بنابراین منحنی رفتاری عضو را در این حالت می توان به صورت خطی فرض نمود و تلاش مورد نظر نباید از ظرفیت عضو بیش تر شود.

$$\kappa Q_{CL} \geq Q_{UF}$$

۷–۱ کنترل معیارهای پذیرش(خطی)

کنترل معیارهای پذیرش برای تلا شهای کنتر ل شونده توسط نیرو

- برای رعایت محافظه کاری، در این مقایسه از کرانهٔ پایین ظرفیت عضو استفاده می شود بر این اساس ارزیابی خطی اعضا برای تلاش های کنترل شونده توسط نیرو طبق رابطهٔ زیر انجام می شود که در آن :

k : ضریب آگاهی

Q_{UF} :تلاش های طراحی در اعضایی که رفتار آنها کنترل شونده توسط نیرو است

Q_{CL} :کرانهٔ پایین ظرفیت مقطع در مقابل تلاش مربوط با استفاده از کرانهٔ پایین مقاومت مصالح بدست می آید .

۷–۱ کنترل معیارهای پذیرش(خطی)

در تحلیل های خطی، منظور از ترکیب نتایج، جمع زدن نیروهای داخلی نظیر با رعایت علامت آنها است .
بدین ترتیب نیروهای داخلی از روابط زیر به دست می آیند

$$1)\ Q_{Gi} + Q'_{Ex} + 0.3Q'_{Ey}$$
$$2)\ Q_{Gi} + Q'_{Ex} - 0.3Q'_{Ey}$$
$$3)\ Q_{Gi} - Q'_{Ex} + 0.3Q'_{Ey}$$
$$4)\ Q_{Gi} - Q'_{Ex} - 0.3Q'_{Ey}$$
$$5)\ Q_{Gi} + 0.3Q'_{Ex} + Q'_{Ey}$$
$$6)\ Q_{Gi} + 0.3Q'_{Ex} - Q'_{Ey}$$
$$7)\ Q_{Gi} - 0.3Q'_{Ex} + Q'_{Ey}$$
$$8)\ Q_{Gi} - 0.3Q'_{Ex} - Q'_{Ev}$$

$$Q_G = 1.1\left[Q_D + Q_L\right]$$

$$Q_G = 0.9\,Q_D$$

۷-۱ کنترل معیارهای پذیرش(خطی)

❊❊ارزیابی تیرها :

در تیرهای فولادی، بجز تیر پیوند، لنگر خمشی و نیروی برشی کنترل‌شونده توسط تغییرشکل و نیروی محوری(در صورت وجود) کنترل‌شونده توسط نیرو است. در صورتی‌که تیر تحت اثر توام لنگر خمشی و نیروی محوری باشد، ضوابط ارزیابی آن مشابه ستون‌ها خواهد بود.

اولین مرحله در ارزیابی خطی تیرها برآورد صحیح مقاومت مقطع آن‌ها است. نحوه‌ی محاسبه‌ی مقاومت تیرها در بند (۲-۳-۲-۱) ارایه شده است.

همان‌طور که در بند (۴-۳-۲) گفته شد، کنترل معیارهای پذیرش در تلاش‌های کنترل‌شونده توسط تغییرشکل در حالت خطی با رابطه‌ی (۴-۵) انجام می‌شود. مقادیر معیارهای پذیرش (ضرایب m) در سطوح عملکرد مختلف در جدول (۴-۲) ارایه شده است. دقت شود که در تیرهای مدفون شده در داخل بتن مشروط بر آن‌که در هنگام وقوع زلزله بتن جدا نشود می‌توان از مقادیر ردیف ۱ جدول مذکور استفاده کرد.

۷–۱ کنترل معیارهای پذیرش(خطی)

❊❊ارزیابی تیرها :

دقت شود که مقادیر داده شده برای m در جدول (۴-۲) با فرض وجود شرایط مهارشدگی جانبی برای بال فشاری تیر تنظیم شده است. بنابراین لازم است مقادیر m به‌دست آمده از این جدول، با m_o طبق شکل (۴-۲) اصلاح و جایگزین شود. برای تیرهای مدفون در بتن مشروط بر این‌که در هنگام زلزله بتن جدا نشود، کنترل شرایط مهارشدگی جانبی لازم نیست.

مقادیر m برای تیر پیوند در شرایطی که $e \geq \frac{2.6M_{CE}}{V_{CE}}$ در جدول (۴-۲) داده شده است. اما اگر $e \leq \frac{1.6M_{CE}}{V_{CE}}$ باشد، مقدار $m_{IO} = 1.5$ بوده و مقادیر m_{LS} و m_{CP} برای اعضای اصلی به ترتیب ۹ و ۱۳ و برای اعضای غیر اصلی به ترتیب ۱۳ و ۱۵ در نظر گرفته می‌شود، برای مقادیر بینابینی e از درون‌یابی خطی بین مقادیر جدول (۴-۲) و مقادیر گفته شده در این بند برای m استفاده شود.

علاوه بر موارد فوق، در مورد تیرهای مجاور یک پانل میانقاب، هرگاه مقاومت برشی مورد انتظار مصالح بنایی میان‌قاب $3.5\ kg/cm^2$ یا بیش‌تر باشد، باید کنترل اضافی زیر نیز انجام گیرد.

۷-۱ کنترل معیارهای پذیرش(خطی)

جدول ۲-۷ نشریه ۱-۳۶۳ پارامترهای مدلسازی تیر در قاب خمشی و قاب مهاربندی شدهٔ همگرا و تیر پیوند

ردیف	شرایط		a	b	c
۱	$\frac{b_f}{2t_f} \le \frac{420}{\sqrt{F_{ye}}}$	$\frac{h}{t_w} \le \frac{3185}{\sqrt{F_{ye}}}$	$9\theta_y$	$11\theta_y$	0.6
۲		$\frac{3185}{\sqrt{F_{ye}}} \le \frac{h}{t_w} \le \frac{5365}{\sqrt{F_{ye}}}$	$\left(9-5\frac{\frac{h}{t_w}-\frac{3185}{\sqrt{F_{ye}}}}{\frac{2180}{\sqrt{F_{ye}}}}\right)\theta_y$	$\left(11-5\frac{\frac{h}{t_w}-\frac{3185}{\sqrt{F_{ye}}}}{\frac{2180}{\sqrt{F_{ye}}}}\right)\theta_y$	$0.6-0.4\frac{\frac{h}{t_w}-\frac{3185}{\sqrt{F_{ye}}}}{\frac{2180}{\sqrt{F_{ye}}}}$
۳		$\frac{h}{t_w} \ge \frac{5365}{\sqrt{F_{ye}}}$	$4\theta_y$	$6\theta_y$	0.2
۴	$\frac{420}{\sqrt{F_{ye}}} \le \frac{b_f}{2t_f} \le \frac{545}{\sqrt{F_{ye}}}$	$\frac{h}{t_w} \le \frac{3185}{\sqrt{F_{ye}}}$	$\left(9-5\frac{\frac{b_f}{2t_f}-\frac{420}{\sqrt{F_{ye}}}}{\frac{125}{\sqrt{F_{ye}}}}\right)\theta_y$	$\left(11-5\frac{\frac{b_f}{2t_f}-\frac{420}{\sqrt{F_{ye}}}}{\frac{125}{\sqrt{F_{ye}}}}\right)\theta_y$	$0.6-0.4\frac{\frac{b_f}{2t_f}-\frac{420}{\sqrt{F_{ye}}}}{\frac{125}{\sqrt{F_{ye}}}}$
۵		$\frac{3185}{\sqrt{F_{ye}}} \le \frac{h}{t_w} \le \frac{5365}{\sqrt{F_{ye}}}$	کوچک‌ترین مقدار حاصل از ردیف‌های ۲ و ۴	کوچک‌ترین مقدار حاصل از ردیف‌های ۲ و ۴	کوچک‌ترین مقدار حاصل از ردیف‌های ۲ و ۴

۷–۱ کنترل معیارهای پذیرش(خطی)

**ارزیابی ستون ها :

برای ارزیابی تلا ش های کنترل شونده توسط تغییرشکل لازم است مقادیر معیارهای پذیرش از جد اول (۴-۳) و (۴-۴) به دست آید .پس از تعیین مقدار mارزیابی ستون ها بسته به میزان نیروی فشاری موجود در آ نها با استفاده از شکل (۳-۴)انجام می گیرد.

پارامترهای مورد استفاده در شکل (۴-۳)به صورت زیر تعریف می شوند :

P_{UF} : نیروی محوری ستون محاسبه شده بر اساس ترکیب بار

P_{CL} : کرانهٔ پایین مقاومت فشاری ستون که بر اساس رابطهٔ $P_{CL}=1.7F_cA$ محاسبه می شود .

M_{UDX} : لنگر خمشی حول محور **X** عضو، بر اساس ترکیب بار

M_{UDY} : لنگر خمشی حول محور **y** عضو، بر اساس ترکیب بار

M_{CEX} : مقاومت خمشی مورد انتظار عضو حول محو **x** که بر اساس رابطهٔ $M_{CE}=ZF_{ye}$ یا $M_{CE}=\frac{5}{3}F_bS$ محاسبه میشود.

۷–۱ کنترل معیارهای پذیرش(خطی)

****ارزیابی ستون ها :**

M_{CEY} : مقاومت خمشی موردانتظار عضو حول محور **y** که بر اساس رابطهٔ $M_{CE} = ZF_{ye}$

یا $M_{CE} = \frac{5}{3}F_bS$ محاسبه می شود

P_e : بار بحرانی اویلر $P_e = \frac{23}{12}F'_e \times A$ که در آن بر اساس بند ۱۰-۱-۶-۱ مبحث ۱۰ مقررات ملی ساختمان ایران محاسبه میشود .

۷-۱ کنترل معیارهای پذیرش(خطی)

جدول ۴-۲ نشریه ۱-۳۶۳ معیارهای پذیرش (ضرایب m)برای رفتار خمشی تیر در قاب خمشی و قاب مهاربندی شده با محورهای متقارب و تیر پیوند

ردیف	شرایط		کلیدی اعضاء سطح عملکرد IO	اعضای اصلی		اعضای غیر اصلی	
				سطح عملکرد LS	سطح عملکرد CP	سطح عملکرد LS	سطح عملکرد IO
۱		$\frac{h}{t_w} \le \frac{3185}{\sqrt{F_y}}$	۲	۶	۸	۱۰	۱۲
۲	$\frac{b_f}{2t_f} \le \frac{120}{\sqrt{F_y}}$	$\frac{3185}{\sqrt{F_y}} \le \frac{h}{t_w} \le \frac{5365}{\sqrt{F_y}}$	2 - 0.73A	6 - 4A	8 - 5A	10 - 7A	12 - 8A
۳		$\frac{h}{t_w} \ge \frac{5365}{\sqrt{F_y}}$	1.25	2	3	2	4
۴		$\frac{h}{t_w} \le \frac{3185}{\sqrt{F_y}}$	2 - 0.73B	6 - 4B	8 - 5B	10 - 7B	12 - 8B
۵	$\frac{420}{\sqrt{F_y}} \le \frac{b_f}{2t_f} \le \frac{545}{\sqrt{F_y}}$	$\frac{3185}{\sqrt{F_y}} \le \frac{h}{t_w} \le \frac{5365}{\sqrt{F_y}}$	کوچکترین مقدار محاسبه شده از روابط ۳ و ۴	بزرگترین مقدار محاسبه شده از روابط ۳ و ۴	کوچکترین مقدار محاسبه شده از روابط ۳ و ۴	بزرگترین مقدار محاسبه شده از روابط ۳ و ۴	کوچکترین مقدار محاسبه شده از روابط ۳ و ۴
۶		$\frac{h}{t_w} \ge \frac{5365}{\sqrt{F_y}}$	1.51	2	3	2	4
۷	$\frac{b_f}{2t_f} \le \frac{345}{\sqrt{F_y}}$	$\frac{h}{t_w}$ مرحله	1.25	2	3	3	4

۷-۱ کنترل معیارهای پذیرش(خطی)

جدول ۴-۲ نشریه ۱-۳۶۳ معیارهای پذیرش (ضرایب m) برای رفتار خمشی ستون در قاب خمشی و قاب مهاربندی شده با محورهای همگرا به شرط

ردیف	شرایط		کلیه‌ی اعضا در سطح عملکرد IO	اعضای اصلی		اعضای غیراصلی	
				سطح عملکرد LS	سطح عملکرد CP	سطح عملکرد LS	سطح عملکرد CP
۱	$\frac{b_f}{2t_f} \le \frac{200}{\sqrt{F_{ye}}}$	$\frac{h}{t_w} \le \frac{1900}{\sqrt{F_{ye}}}$	2	9	8	10	12
۲		$\frac{2500}{\sqrt{F_{ye}}} \le \frac{h}{t_w} \le \frac{3650}{\sqrt{F_{ye}}}$	2-0.7IA	9-4.75IA	8-5A	10-5A	12-5A
۳		$\frac{h}{t_w} \ge \frac{3850}{\sqrt{F_{ye}}}$	1.25	1.25	2	2	3
۴	$\frac{b_f}{2t_f} \le \frac{420}{\sqrt{F_{ye}}}$	$\frac{h}{t_w} \le \frac{5500}{\sqrt{F_{ye}}}$	[illegible]	6-4.75B	8-6B	10-8B	12-10B
۵	$\frac{120}{\sqrt{F_{ye}}} \le \frac{b_f}{2t_f} \le \frac{345}{\sqrt{F_{ye}}}$	$\frac{2500}{\sqrt{F_{ye}}} \le \frac{h}{t_w} \le \frac{3650}{\sqrt{F_{ye}}}$	کپی‌شده‌ترین مقدار حاصل از پیچیدگی ۴ و ۲	کپی‌شده‌ترین مقدار حاصل از پیچیدگی ۳ و ۲	کپی‌شده‌ترین مقدار حاصل از پیچیدگی ۳ و ۲	کپی‌شده‌ترین مقدار حاصل از پیچیدگی ۲ و ۲	کپی‌شده‌ترین مقدار حاصل از پیچیدگی ۲ و ۲
۶		$\frac{h}{t_w} \ge \frac{3850}{\sqrt{F_{ye}}}$	1.25	1.25	2	2	3
۷	$\frac{b_f}{2t_f} \ge \frac{345}{\sqrt{F_{ye}}}$	$\frac{h}{t_w}$ مقدار m	1.25	1.25	2	2	3

۷–۲ کنترل معیارهای پذیرش(غیرخطی)

چنانچه تحلیل سازه به روش غیرخطی انجام گرفته باشد، ارزیابی آن نیز به صورت غیرخطی خواهد بود . در این ارزیابی، برای تلاش های کنترل شونده توسط تغییر شکل، باید میزان تغییرشکل های خمیری عضو و برای تلاش های کنترل شونده توسط نیرو، باید ظرفیت مقاطع در برابر نیروهای داخلی موجود کنترل شوند.

۷–۲ کنترل معیارهای پذیرش(غیرخطی)

**ارزیابی تیرها :

در یک تیر فولادی، به جز تیر پیوند، لنگر خمشی و نیروی برشی کنترل شونده توسط تغییرشکل است .

در مواردی که در تیر احتمال وجود نیروی محوری وجود دارد(تیرهای قاب های مهاربندی شده) این تلاش جزو تلاش های کنترل شونده توسط نیرو است. ارزیابی غیرخطی تیر فولادی، به جز تیر پیوند، شامل کنترل زاویهٔ دوران خمیری خمشی با رابطهٔ $(\theta_p)_{max} \le \theta_{Pa}$ ویا $(\frac{\Delta}{l})_{max} \le (\frac{\Delta}{l})_a$ ست .

فرض می شود که نیروی محوری در تیر اندک بوده و تیری به کنترل نداشته باشد ولی در صورت لزوم عضو به صورت تیر-ستون در نظر گرفته شده و همانند ستون ها ارزیابی خواهد شد . این کنترل ها باید در مقطع بحرانی تیر انجام گیرد که معمولا در دو انتهای تیر هستند .درصورتی که تحت بار ثقلی حداقل از ۸۰ ٪ مقاومت خمشی تیر در وسط دهانه استفاده شده باشد باید یک مقطع بحرانی خمشی نیز در وسط دهانه فرض شود .این موضوع در مدل سازی غیرخطی به صورت تعریف یک مفصل خمیری در وسط دهانه خواهد بود. در جدول (۴-۱۷) زاویهٔ دوران خمیری قابل قبول برای ارزیابی تیرها در خمش ارائه شده است.

هنگامی که مفصل خمیری در دو انتهای تیر به طور همزمان تشکیل شود، از رابطهٔ زیر به دست می آید .

۷–۲ کنترل معیارهای پذیرش(غیرخطی)

روابط مشابهی را می توان برای حالات دیگر نیز نوشت .

$$\theta_y = \frac{ZF_{ye}l_b}{6EI_b} \qquad (۴-۲۲)$$

که در آن :

l_b :طول آزاد تیر

I_b :لنگر اینرسی تیر

Z : اساس مقطع خمیری تیر است.

در مورد تیر پیوند ، اگر $e \geq \frac{2.6M_{CE}}{V_{CE}}$ باشد مقادیر زاویهٔ دوران خمیری θ_P جدول (۴-۱۷) بدست می آید . اما اگر $e \leq \frac{1.6M_{CE}}{V_{CE}}$ رفتار تیر کنترل شونده با برش بوده و به شرطی که تیر پیوند حداقل دارای سه سخت کنندهٔ قائم در جان باشد مقدار θ_{IO} =۰.۰۰۵ و θ_{CP} ای اصلی θ_{LS} ای اصلی ۰.۰۱۱ و ۰.۰۱۴ و برای اعضای غیر اصلی ۰.۰۱۴ و ۰.۰۱۶ است . در مقادیر دیگر با استفاده θ_P درون یابی خطی بین مقادیر مربوط به وجود سه سخت کننده و عدم وجود سخت کننده باید محاسبه شود .برای مقادیر بینابین e از درون یابی خطی برای θ_P استفاده شود.

۷–۲ کنترل معیارهای پذیرش(غیرخطی)

جدول ۴-۱۷ نشریه ۱-۳۶۳ معیارهای پذیرش برای رفتار خمشی تیر در قاب خمشی و قاب مهاربندی شده با محورهای متقارب و تیر پیوند در روش غیرخطی

شرایط		کنترل اعضا در سطح عملکرد IO	اعضای اصلی		اعضای غیراصلی	
			سطح عملکرد LS	سطح عملکرد CP	سطح عملکرد LS	سطح عملکرد CP
۱	$\frac{b_f}{2t_f} \le \frac{420}{\sqrt{F_{ye}}}$	$\frac{h}{t_w} \le \frac{3135}{\sqrt{F_{ye}}}$	۶۵٪	۸۰٪	۹۰٪	۱۰۰٪
۲		$\frac{3135}{\sqrt{F_{ye}}} \le \frac{h}{t_w} \le \frac{5565}{\sqrt{F_{ye}}}$	۴۵٪	۶۰٪	۷۵٪	۹۰٪
۳		$\frac{h}{t_w} \ge \frac{5565}{\sqrt{F_{ye}}}$	۲۰٪	۳۰٪	۳۰٪	۴۰٪
۴	$\frac{420}{\sqrt{F_{ye}}} \le \frac{b_f}{2t_f} \le \frac{541}{\sqrt{F_{ye}}}$	$\frac{h}{t_w} \le \frac{3135}{\sqrt{F_{ye}}}$	۵۰٪	۶۵٪	۷۵٪	۹۰٪
۵		$\frac{3135}{\sqrt{F_{ye}}} \le \frac{h}{t_w} \le \frac{5565}{\sqrt{F_{ye}}}$	توجه کنید به ردیف‌های ۳ و ۴	توجه کنید به ردیف‌های ۳ و ۴	توجه کنید به ردیف‌های ۳ و ۴	توجه کنید به ردیف‌های ۳ و ۴
۶		$\frac{h}{t_w} \ge \frac{5565}{\sqrt{F_{ye}}}$	۲۰٪	۳۰٪	۳۰٪	۴۰٪
۷	$\frac{b_f}{2t_f} \ge \frac{541}{\sqrt{F_{ye}}}$	$\frac{h}{t_w}$ همه مقادیر	۲۰٪	۲۵٪	۳۰٪	۴۰٪

۷-۲ کنترل معیارهای پذیرش(غیرخطی)

****ارزیابی ستون ها :**

در یک ستون فولادی، به جز ستون قاب های مهاربندی شدهٔ واگرا، و نیز در پی شمعی فولادی، نیروی فشاری کنترل شونده توسط نیرو و نیروی برشی کنترل شونده توسط تغییر شکل است .

همچنین اگر $P_{UF}/P_{CL} \le 0.5$ لنگر خمشی نیز کنترل شونده توسط تغییر شکل بوده و در غیر این صورت کنترل شونده توسط نیرو است .نیروی کششی در ستون همواره کنترل شونده توسط تغییر شکل است.

در ستون های قاب های مهاربندی شدهٔ واگرا همهٔ تلاش ها کنترل شونده توسط نیرو هستند.

در عبارت فوق P_{UF} نیروی محوری فشاری موجود در ستون است که از روابط (۴-۱۸) و (۴-۱۹) به دست می آید. ضوابط ارزیابی غیرخطی ستون ها به شرح زیر است:

۱-در حالتی که نسبت نیروی فشاری از **0.5** بیش تر نیست خمش در ستون کنترل شونده توسط تغییر شکل است. در این حالت زاویهٔ دوران خمیری حول هر یک از دو محور باید به طور مستقل توسط رابطهٔ (۴-۲۰-الف) کنترل شود. زاویهٔ دوران خمیری قابل قبول برای ستون ها، در جداول(۴-۱۸) و (۴-۱۹) ارائه شده است.

$$P_{UF}/P_{CL} \le 0.5$$

۷-۲ کنترل معیارهای پذیرش(غیرخطی)

**ارزیابی ستون ها:

۲- در حالت $P_{UF}/P_{CL} \leq 0.5$ خمش در ستون کنترل شونده توسط نیرو بوده و ارزیابی ستون باید توسط (۵-۱۵) و (۵-۱۶) دستورالعمل انجام گیرد. P_{UF} و M_{UF} برای به کارگیری در معادلات مزبور باید از روابط (۴-۱۸) و(۴-۱۹) محاسبه شود.

۷–۲ کنترل معیارهای پذیرش(غیرخطی)

۳– در مورد ستون مجاور یک پانل میانقاب هرگاه مقاومت برشی مورد انتظار مصالح بنایی یا پیش تر باشد باید ضابطهٔ مذکور در بند ۴–۲–۴ در مورد مقاومت های محوری و خمشی، و نیز برشی ستون رعایت شود.

۴– در صورت کششی بودن ستون با هر نسبتی از نیروی محوری $1.4daN/cm^2$ خمش در ستون کنترل شونده توسط تغییر شکل بوده و زاویهٔ دوران خمیری قابل قبول حول هر محور از جداول (۴–۱۸) و (۴–۱۹) به دست خواهد آمد . علاوه بر این باید تغییر شکل محوری ستون فقط تحت نیروی کششی نیز از رابطه (۴–۲۰– ب)کنترل شود .در رابطهٔ مزبور مقادیر δ_{pa} برای سطح عملکرد **IO** مساوی $0.25\Delta_T$

و برای سطوح عملکرد **LS** و **CP** در مورد اعضای اصلی در تحلیل استاتیکی غیرخطی ساده شده به ترتیب $3\Delta_t$ و $5\Delta_t$ است.

در مورد اعضای اصلی و غیر اصلی در سایر تحلیل های غیرخطی به ترتیب $6\Delta_t$ و $7\Delta_t$ است. تغییر شکل محوری نظیر لحظه ای است که کل مقطع ستون همزمان به تنش حد تسلیم رسیده باشد.

۷–۲ کنترل معیارهای پذیرش(غیرخطی)

جدول ۴-۱۸ نشریه ۱-۳۶۳ معیارهای پذیرش برای رفتار خمشی ستون در قاب خمشی و قاب مهاربندی شده همگرا در روش غیرخطی

ردیف	شرایط		کلیدی اعضا در سطح عملکرد IO	اعضای اصلی		اعضای غیراصلی	
				سطح عملکرد LS	سطح عملکرد CP	سطح عملکرد LS	سطح عملکرد CP
۱	$\frac{P_u}{\phi P_{ye}} \le \frac{470}{\sqrt{F_{ye}}}$	$\frac{h}{t_w} \le \frac{2500}{\sqrt{F_{ye}}}$	۰	۶۰	۹۰	۵۰	۱۱۰
۲		$\frac{2500}{\sqrt{F_{ye}}} < \frac{h}{t_w} < \frac{3650}{\sqrt{F_{ye}}}$	۰٫۰۸۸	۰٫۰۸۸	۰٫۰۸۸	۰٫۰۸۸	۰٫۰۸۸
۳		$\frac{h}{t_w} \ge \frac{3650}{\sqrt{F_{ye}}}$	۰٫۰۵۶	۲۵	۳۰	۳۰	۱۰۰
۴	$\frac{420}{\sqrt{F_{ye}}} \le \frac{P_u}{\phi P_{ye}} \le \frac{540}{\sqrt{F_{ye}}}$	$\frac{h}{t_w} \le \frac{2500}{\sqrt{F_{ye}}}$	۰٫۰۷۵	۰٫۰۴۸	۰٫۰۶۸	۰٫۰۶۸	۰٫۰۷۲
۵		$\frac{2500}{\sqrt{F_{ye}}} < \frac{h}{t_w} < \frac{3650}{\sqrt{F_{ye}}}$	کوچکترین مقدار جدول ۴-۲۰	کوچکترین مقدار جدول ۴-۲۱	کوچکترین مقدار جدول ۴-۲۲	کوچکترین مقدار جدول ۴-۲۳	کوچکترین مقدار جدول ۴-۲۴
۶		$\frac{h}{t_w} \ge \frac{3650}{\sqrt{F_{ye}}}$	۰٫۰۱۵	۱۵	۲۰	۲۰	۴۰
۷	$\frac{P_u}{\phi P_{ye}} > \frac{540}{\sqrt{F_{ye}}}$	$\frac{h}{t_w}$ مربوط	۰٫۰۰۲	۲۸	۳۸	۳۸	۱۰۸

۷–۲ کنترل معیارهای پذیرش(غیرخطی)

جدول ۴-۱۹ نشریه ۱-۳۶۳ معیارهای پذیرش برای رفتار خمشی ستون در قاب خمشی و قاب مهاربندی شده همگرا در روش غیرخطی

ردیف	شرایط	نسبت بار محوری	اعضای اصلی		اعضای غیراصلی	
			سطح عملکرد LS	سطح عملکرد CP	سطح عملکرد LS	سطح عملکرد CP
۱	$\frac{h}{t_w} \le \frac{2170}{\sqrt{F_{ye}}}$	۰.۲۰	۶۰	۸۰	۱۲۰	۱۵۰
۲	$\frac{b_f}{2t_f} \le \frac{425}{\sqrt{F_{ye}}}$	۰.۵۰	۷۰	۹۰	۱۴۰	۱۷۰
۳	$\frac{h}{t_w} \le \frac{2155}{\sqrt{F_{ye}}}$	۰.۷۵	۵۰	۶۰	۱۰۰	۱۲۰
۴	$\frac{h}{t_w} \le \frac{2170}{\sqrt{F_{ye}}}$	۰.۲۰	۷۰	۹۰	۱۴۰	۱۷۰
۵	$\frac{420}{\sqrt{F_{ye}}} \le \frac{b_f}{2t_f} \le \frac{445}{\sqrt{F_{ye}}}$	۰.۵۰	کوچک‌ترین مقدار حاصل از رابطه‌های ۲ و ۳	کوچک‌ترین مقدار حاصل از رابطه‌های ۲ و ۳	کوچک‌ترین مقدار حاصل از رابطه‌های ۲ و ۳	کوچک‌ترین مقدار حاصل از رابطه‌های ۲ و ۳
۶	$\frac{h}{t_w} \le \frac{2155}{\sqrt{F_{ye}}}$	۰.۷۵	۵۰	۶۰	۱۰۰	۱۲۰
۷	$\frac{h}{t_w}$ مابقی	۰.۲۵	۵۰	۶۰	۱۰۰	۱۲۰

۷–۲ کنترل معیارهای پذیرش(غیرخطی)

الف -ارزیابی مهاربند همگرا :

مهاربندهای همگرا در کشش و فشار کنترل شونده توسط تغییرشکل درنظر گرفته شده و با استفاده از رابطه $\frac{(Q_{UF})_{max}}{\kappa Q_{CL}} \leq 1$ و δ_{pa} ارائه شده در جدول (۴–۲۳) ارزیابی می شوند. اتصالات این مهار بندها تحت کلیه تلاش ها مقادیر کنترل شونده توسط نیرو فرض شده و طبق رابطهٔ $(\frac{\Delta}{1})_{max} \leq (\frac{\Delta}{1})_a$ ارزیابی می شوند.

در مورد مهاربندهای مرکب، فاصلهٔ طولی بست های اتصال باید طوری باشد که بزرگ ترین نسبت لاغری هر یک از پروفیل های مهاربند مرکب از ۰/۴ نسبت لاغری کوچکتر در کل مهاربند به عنوان یک عضو یک پارچه تجاوز نماید .
مقاومت محوری بست های اتصال در مهاربندهای فشاری نباید از کوچک ترین مقاومت محوری فشاری تک پروفیل های مقطع مرکب کمتر باشد

۷–۲ کنترل معیارهای پذیرش(غیرخطی)

ب) ارزیابی مهاربند واگرا

اعضای مهاربندی واگرا تحت کلیه تلا ش ها کنترل شونده توسط نیرو در نظر گرفته شده و با رابطهٔ زیر ارزیابی می شوند.

$$\frac{(Q_{UF})_{max}}{\kappa Q_{CL}} \leq 1$$

این ارزیابی با توجه به ترکیبات نتایج باید هم در فشار و هم در کشش انجام گیرد. (مقاومت مهاربند واگرا باید حداقل 25 % بیش تر از مقاومت نظیر تیر پیوند باشد تا جاری شدن تیر پیوند بدون کمانش مهاربند صورت گیرد)

۷–۲ کنترل معیارهای پذیرش(غیرخطی)

ج) ارزیابی دیوار برشی فولادی

رفتار دیوار برشی فولادی در برش، کنترل شونده توسط تغییر شکل درنظر گرفته می شود. دیوار برشی فولادی سخت شده به صورت نوارهای کششی - فشاری و دیوار برشی فولادی سخت نشده به صورت نوارهای فقط کششی مدل می شود. بنابراین ارزیابی دیوار برشی فولادی شامل ارزیابی نوارهای مزبور در کشش یا فشار خواهد بود. ارزیابی هر یک از نوارهای دیوار برشی فولادی سخت شده در کشش یا فشار یکسان بوده و با استفاده از رابطهٔ (۴–۲۰–الف) انجام می شود. مقادیر θ_{pa} مربوط در جدول (۴–۲۳) ارائه شده است. ارزیابی نوارهای دیوار برشی فولادی سخت نشده فقط در کشش و طبق رابطهٔ (۴–۲۰–ب) انجام می گیرد. مقادیر δ_{pa} مربوط مساوی با مقادیر نظیر در مورد مهاربندهای کششی خواهد بود.

۷–۲ کنترل معیارهای پذیرش(غیرخطی)

جدول ۴-۲۳ نشریه ۱-۳۶۳ مقادیر تغییر طول محوری خمیری و زوایای دوران خمیری برای ارزیابی مهاربند همگرا و دیوار برشی فولادی

نوع عضو			کلیه‌ی اعضا	اعضای اصلی		اعضای غیر اصلی	
			IO	LS	CP	LS	CP
مهاربند فشاری	الف: نوع لبسی- کمانش داخل صفحه		$0.25\Delta_c$	$5\Delta_c$	$7\Delta_c$	$7\Delta_c$	$8\Delta_c$
	ب: نوع بیضی- کمانش خارج صفحه		$0.25\Delta_c$	$4\Delta_c$	$6\Delta_c$	$6\Delta_c$	$7\Delta_c$
	ب: مقطع Z یا L		$0.25\Delta_c$	$5\Delta_c$	$7\Delta_c$	$7\Delta_c$	$8\Delta_c$
	ت: نوع بابیضی کمانش داخل صفحه		$0.25\Delta_c$	$5\Delta_c$	$7\Delta_c$	$7\Delta_c$	$8\Delta_c$
	ت: نوع لوبدنی کمانش خارج صفحه		$0.25\Delta_c$	$4\Delta_c$	$6\Delta_c$	$6\Delta_c$	$7\Delta_c$
	ج: مقاطع توخالی پر شده یا بتنی		$0.25\Delta_c$	$4\Delta_c$	$6\Delta_c$	$6\Delta_c$	$7\Delta_c$
	ج: مقطع قوطی (لوله مربع)	۱. $\frac{d}{t} < \frac{750}{\sqrt{F_{ye}}}$	$0.25\Delta_c$	$4\Delta_c$	$6\Delta_c$	$6\Delta_c$	$7\Delta_c$
		۲. $\frac{d}{t} \geq \frac{1590}{\sqrt{F_{ye}}}$	$0.25\Delta_c$	$1\Delta_c$	$2\Delta_c$	$2\Delta_c$	$3\Delta_c$
		۳. $\frac{750}{\sqrt{F_{ye}}} < \frac{d}{t} < \frac{1590}{\sqrt{F_{ye}}}$	با استفاده از درون‌یابی خطی محاسبه شود				
	ج: مقاطع لوله‌ای شکل	۱. $\frac{d}{t} < \frac{105\times10^3}{F_{ye}}$	$0.25\Delta_c$	$4\Delta_c$	$6\Delta_c$	$5\Delta_c$	$8\Delta_c$
		۲. $\frac{d}{t} > \frac{421\times10^3}{F_{ye}}$	$0.25\Delta_c$	$1\Delta_c$	$2\Delta_c$	$2\Delta_c$	$3\Delta_c$
		۳. $\frac{105\times10^3}{F_{ye}} < \frac{d}{t} < \frac{421\times10^3}{F_{ye}}$	با استفاده از درون‌یابی خطی محاسبه شود				
مهاربند کششی دیوار برشی فولادی ساخت‌شده			$0.25\Delta_c$ $0.5\theta_c$	$7\Delta_c$ $10\theta_c$	$9\Delta_c$ $13\theta_c$	$11\Delta_c$ $13\theta_c$	$13\Delta_c$ $15\theta_c$

۱- تعاریف و مفاهیم اولیه

۲- ضرورت نیاز به بهسازی لرزه ای

۳- سازمان ها و موسسات فعال در زمینه بهسازی لرزه ای

۴- طرح بهسازی لرزه ای

۵- رفتار اعضای سازه ای

۶- تحلیل های جانبی سازه

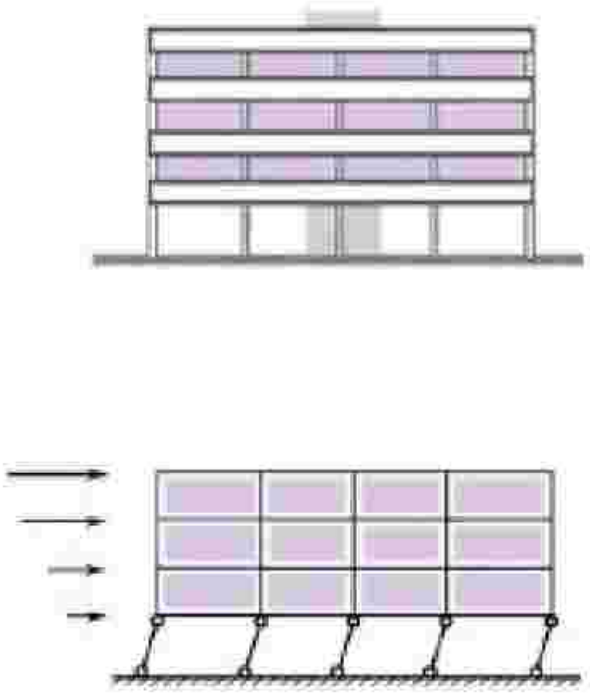
۷- معیارهای پذیرش

- ۸- راهکارهای بهسازی

۹- مثال کاربردی

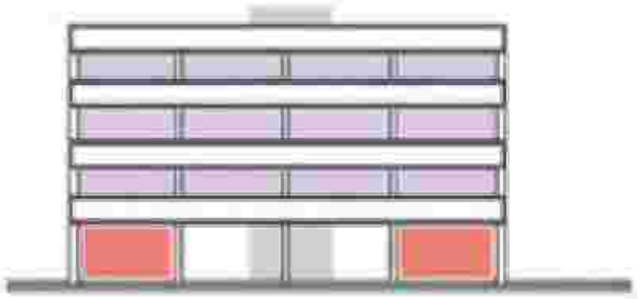
۸– برخی از راهکارهای بهسازی کلی

۸–۱ اصلاح طبقه نرم

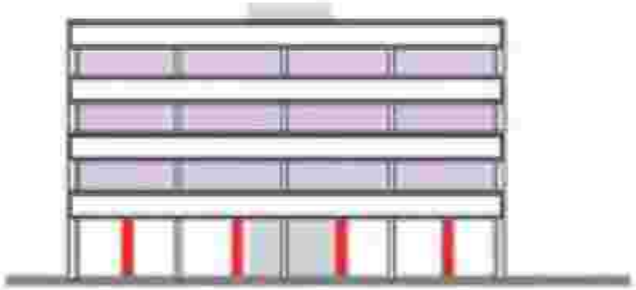


الف– وجود طبقهٔ نرم در اولین تراز ساختمان–انتخاب افزایش مقاومت و سختی سازه به عنوان راهبرد بهسازی

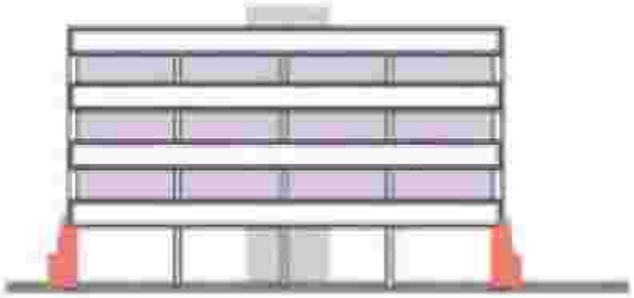
۸-۱ اصلاح طبقه نرم



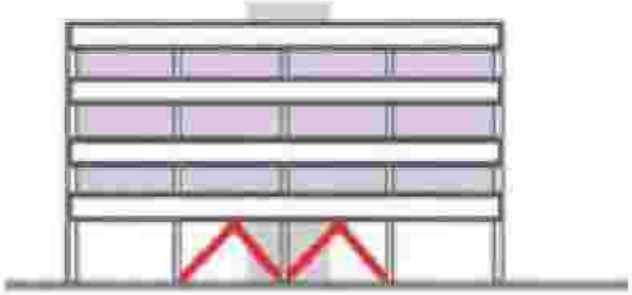
ب- اضافه کردن دیوار برشی



پ- اضافه کردن ستونهای جدید

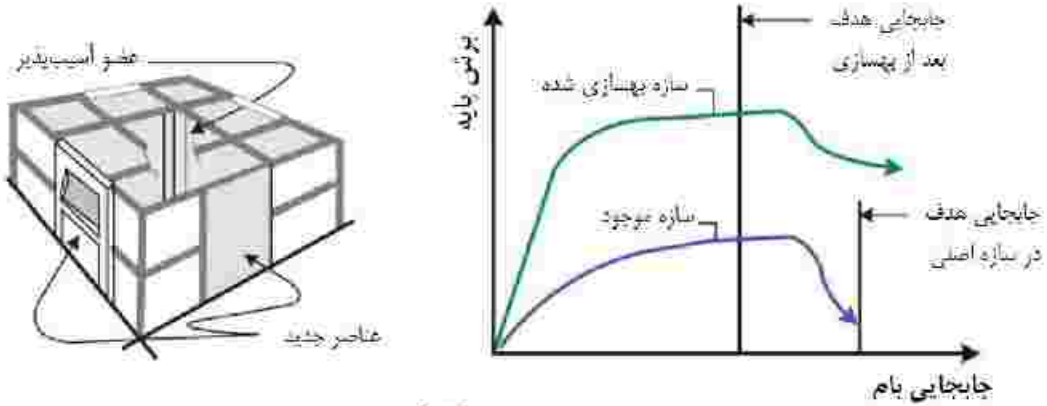


ت- اضافه کردن دیوار حائل

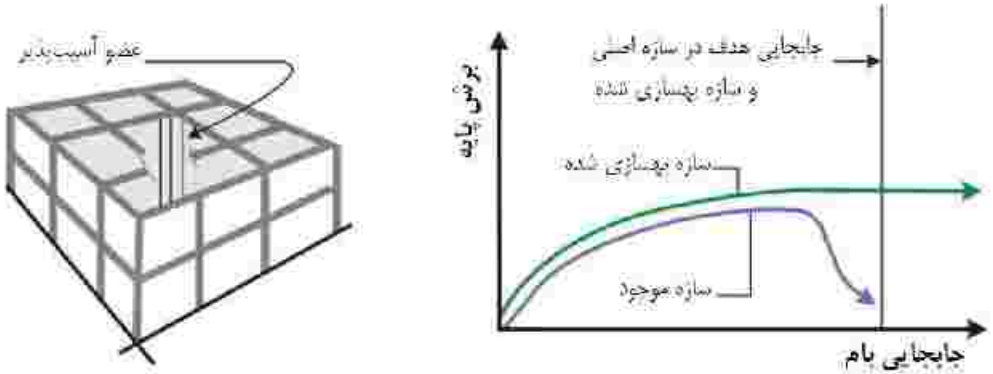


ث- اضافه کردن بادبندی

۸–۲ تاثیر بهسازی کلی و موضعی بر منحنی عملکرد سازه



(الف)



(ب)

۸–۳ نمونه ای اجزا تقویت شده

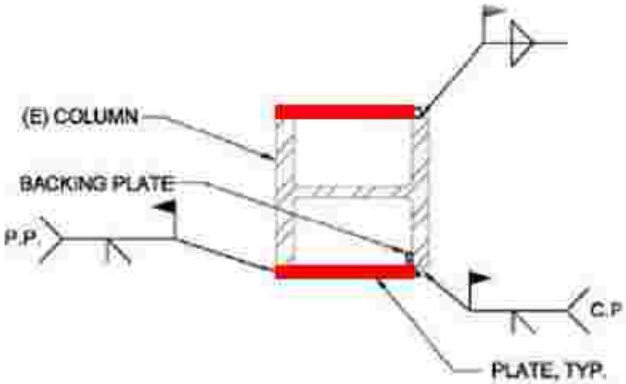


Figure 8.4.3-2: Box Section at Existing Column

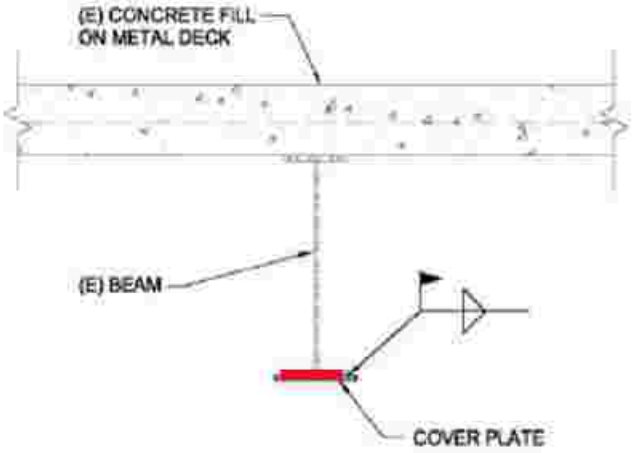


Figure 8.4.3-1: Cover Plate at Existing Beam

مقاطع تیر ها و ستونها و مهاربندها مطابق با آیین نامه **FEMA 547**
Chapter 8 تقویت شده اند.

۱- تعاریف و مفاهیم اولیه

۲- ضرورت نیاز به بهسازی لرزه ای

۳- سازمان ها و موسسات فعال در زمینه بهسازی لرزه ای

۴- طرح بهسازی لرزه ای

۵- رفتار اعضای سازه ای

۶- تحلیل های جانبی سازه

۷- معیارهای پذیرش

۸- راهکارهای بهسازی

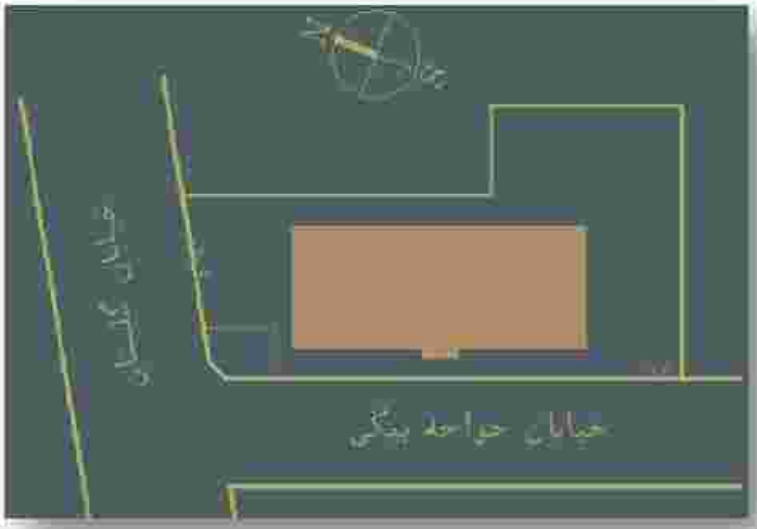
- ۹- مثال کاربردی

۹-مثال اجرایی

۹–۱ مشخصات عمومی ساختمان

مشخصات عمومی ساختمان

نام ساختمان :	دبیرستان پسرانه جامی
نشانی:	تهران ، شهرک قدس ، خیابان گلستان
شروع بهره برداری:	سال ۱۳۷۹
تعداد طبقات:	۳ طبقه + زیرزمین
ارتفاع هر طبقه:	۳/۴۵ متر
طول ساختمان:	۴۰/۸۰ متر
عرض ساختمان:	۱۶/۸۵ متر
مساحت هر طبقه:	۶۸۰ مترمربع
مساحت کل:	۲۷۱۰ مترمربع



۹–۲ مشخصات سیستم سازه

مشخصات سیستم سازه ای

نوع مصالح سازه ای: فولاد

نوع مصالح کف ها: تیر مرکب (Composite Beam)

سیستم مقاوم ثقلی: قاب ساده

سیستم مقاوم جانبی عرضی: بادبندی

سیستم مقاوم جانبی طولی: بادبندی

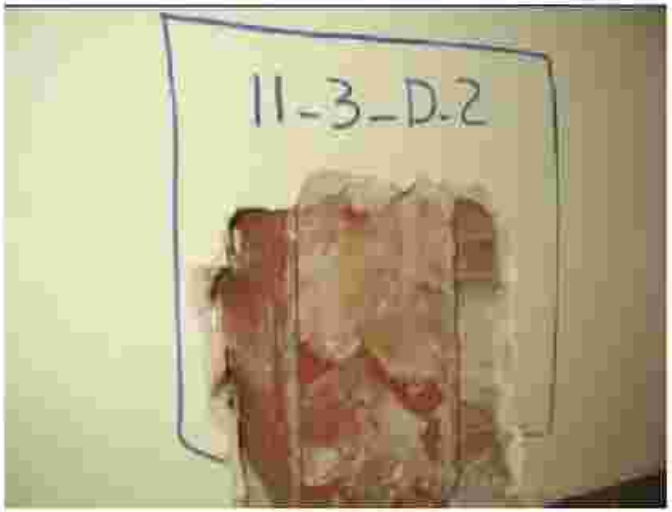
سیستم پی: نواری

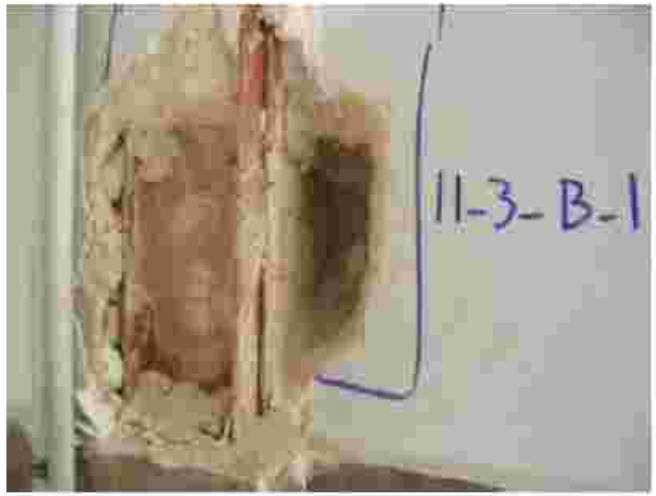
۹–۳ انتخاب هدف بهسازی

سطح خطر	سطح عملکرد اجزای سازه ای و غیر سازه ای			
	آستانه فروریزش (F-5)	ایمنی جانی (C-3)	قابلیت استفاده بی وقفه (B-1)	خدمت رسانی بی وقفه (A-1)
۵۰٪ در ۵۰ سال	d	c	b	a
۲۰٪ در ۵۰ سال	h	g	f	e
۱۰٪ در ۵۰ سال (سطح خطر ۱)	l	k	j	i
۲٪ در ۵۰ سال (سطح خطر ۲)	p	o	n	m

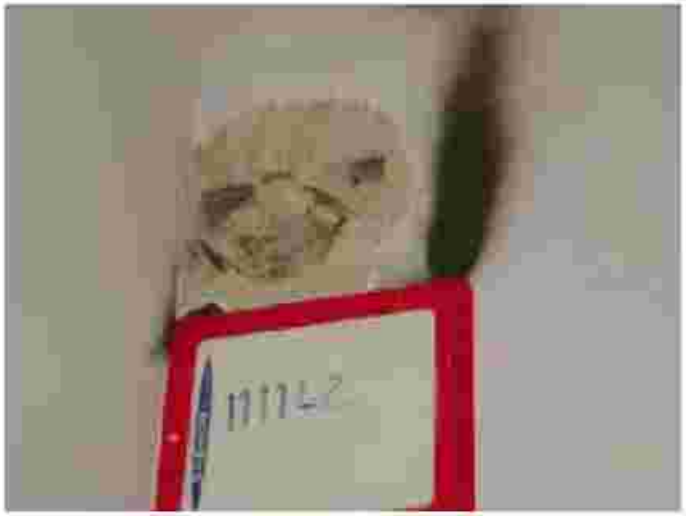
انتخاب سطح خطر و سطح عملکرد لرزه ای برای اجزای سازه ای و غیر سازه ای

۹–۴ جمع آوری اطلاعات وضعیت موجود

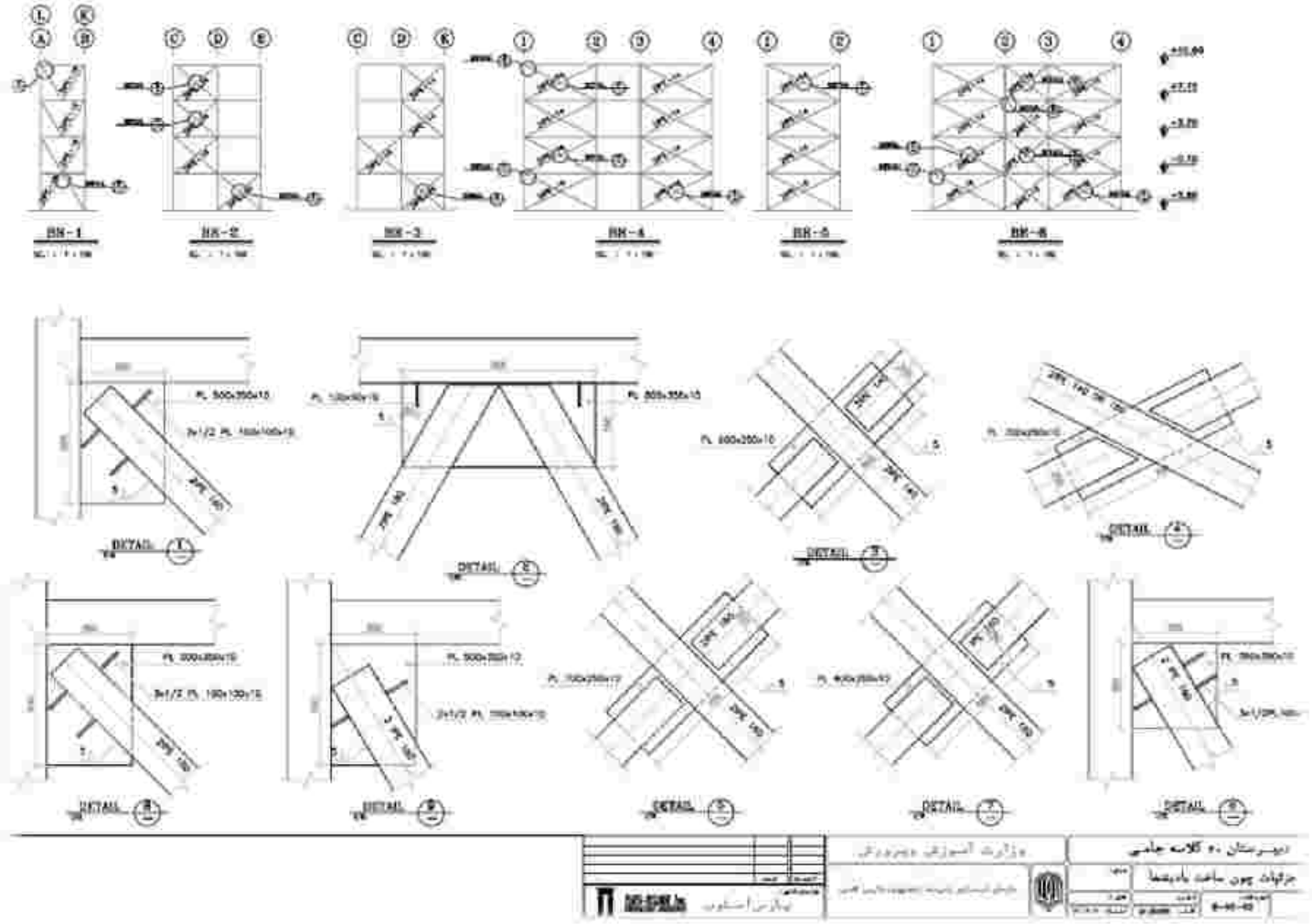




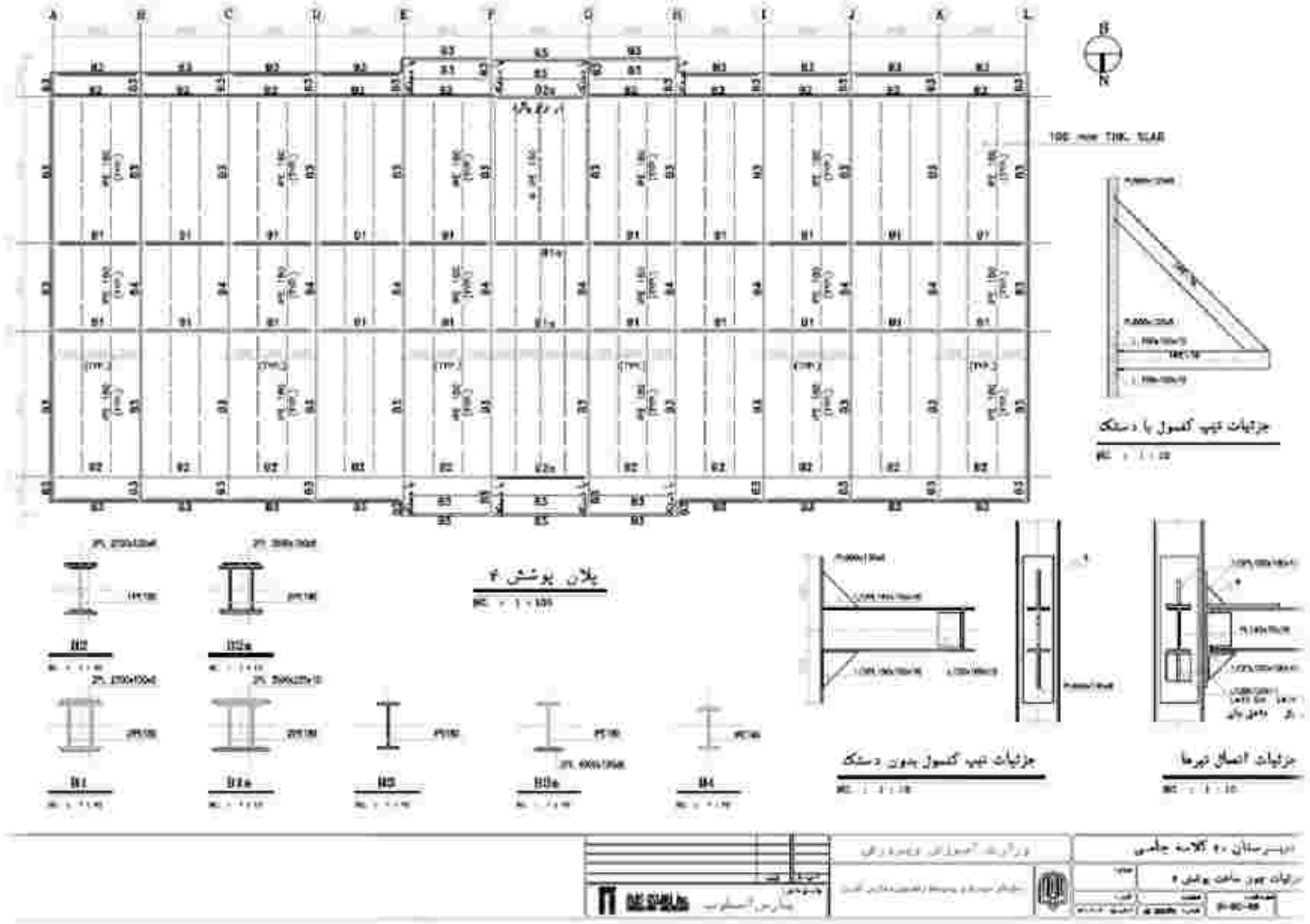
۹–۴ جمع آوری اطلاعات وضعیت موجود



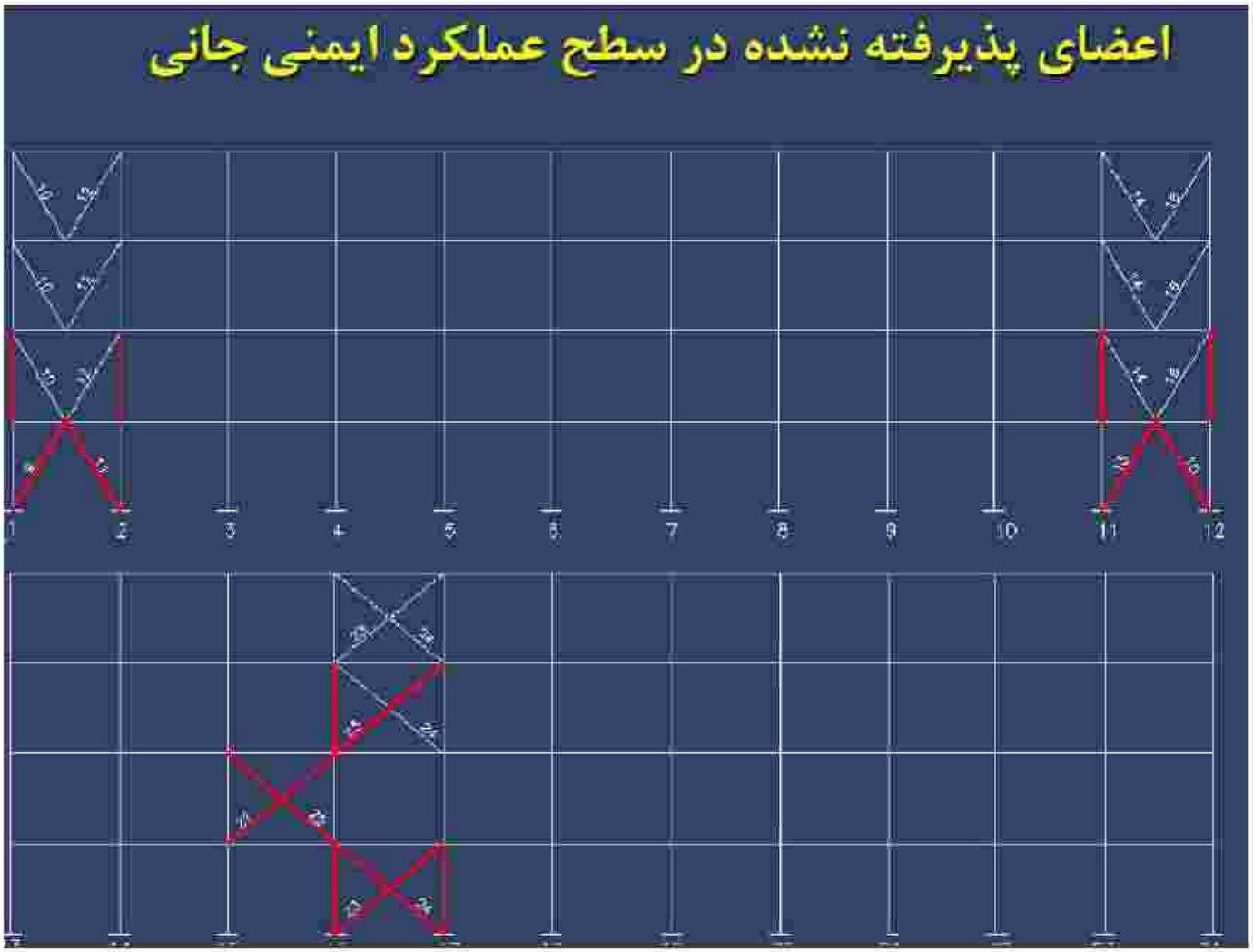
۹–۴ جمع آوری اطلاعات وضعیت موجود



۹–۴ جمع آوری اطلاعات وضعیت موجود



۹–۵ تحلیل اولیه سازه



۹–۶ تصمیم گیری درباره راهکار بهسازی

۱- راهکارهای بهسازی مناسب

۱- حذف بادبند دهانه میانی قاب محور L برای تامین نظم سازه

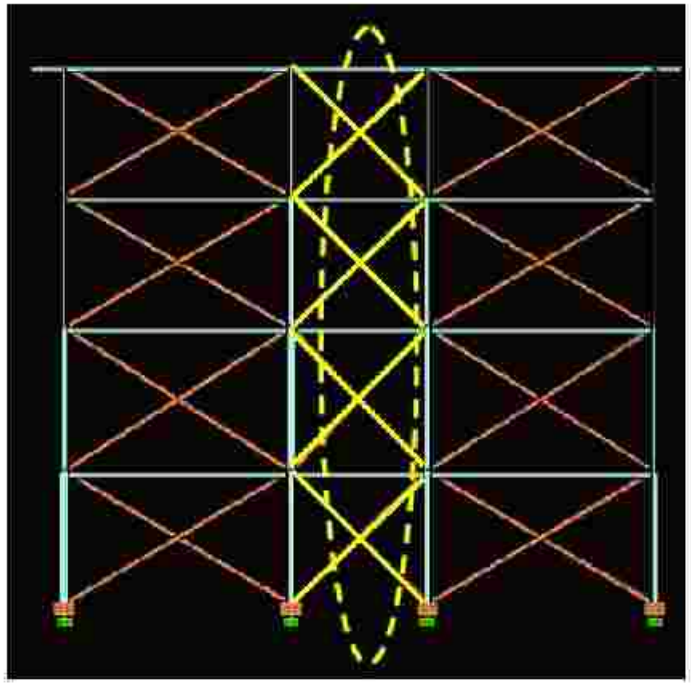
۲- اضافه کردن بادبندهای محور L برای تامین نظم سازه

۳- اضافه کردن بادبندهای مضاعف در خارج ساختمان و اجتناب از تغییرات داخلی به منظور تامین سختی و مقاومت جانبی لازم در جهت Y

۴- اضافه کردن بادبندهای اضافی در داخل ساختمان به منظور تامین سختی و مقاومت جانبی لازم در جهت X

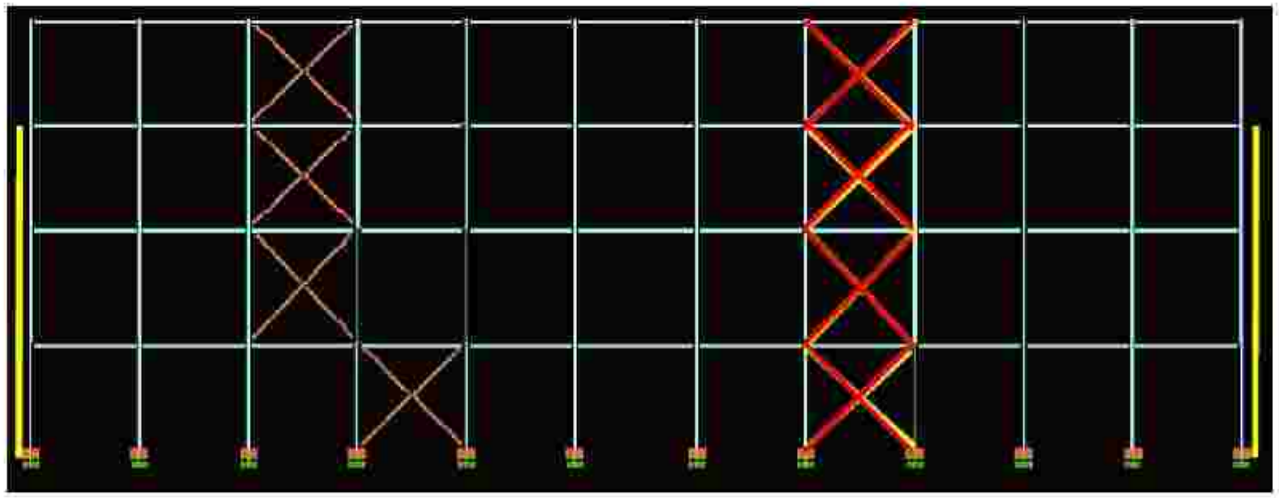
۵- تقویت اتصالات تیر به ستون و ایجاد قاب خمشی

۹–۶ تصمیم گیری درباره راهکار بهسازی



حذف کردن یکسری از بادبندها
برای منظم کردن سازه

۹–۶ تصمیم گیری درباره راهکار بهسازی



اضافه کردن بادبند

منابع

نشریه شماره 360 (تجدید نظر اول)

دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود

نشریه شماره 361

تفسیر دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود(ویرایش اول)

نشریه شماره 363

تفسیر دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود(ویرایش اول)

نشریه شماره 524

راهنمای روش ها وشیوه های بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود و جزئیات اجرایی

FEMA 356

PR standard and commentary for seismic rehabilitation of buildings

FEMA 440

Improvement of nonlinear static seismic analysis procedures

FEMA 445

Next-Generation Performance-Based Seismic Design Guidelines:
Program Plan For New And Existing Buildings

با تشکر از حسن توجه شما

درآمدی بر

مبانی مهندسی لرزه‌ای سازه‌ها بر اساس سطح عملکرد

پروفسور محسن گرامی

استاد گروه زلزله، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه سمنان