Copyright© M.Alirezaei
All rights reserved.
M.Alirezaei@iiees.ac.ir
www.M-Alirezei.com
بهسازی لرزه‌ای ساختمان‌های موجود
و کاربرد در برنامه SAP2000
Seismic Rehabilitation of Existing Buildings Using SAP2000
مدرس: مهدی علیرضایی
دکترای عمران - زلزله

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel
فهرست مطالب
1 مقدمات بهسازی لرزه‌ای
2 گردآوری مدارک و اطلاعات، شناخت وضع موجود
3 روش‌های تحلیل
4 ساختگاه و پی
5 سازه‌ها و اجزای فولادی
6 سازه‌ها و اجزای بتن
7 ساختمان‌ها و اجزای مصالح بنایی
8 دیافراگم‌ها و میان قاب‌ها
9 بهسازی اجزای غیرسازه‌ای
10 سامانه‌های جداساز لرزه‌ای و اتلاف انرژی
11 بهسازی ساده
12 مثال‌های کاربردی در نرم‌افزار
صفحه ۲ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission
Version: 1.2

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

نسخه انتشار: تابستان ۹۹ **Version: 1.2**

این جزوه برای استفاده در کلاس‌های تحلیل غیرارتجاعی و طراحی براساس عملکرد و مباحث مرتبط تهیه شده است و استفاده تنها از آن ممکن است چندان گویا نباشد.

این جزوه به مرور تکمیل خواهد شد.

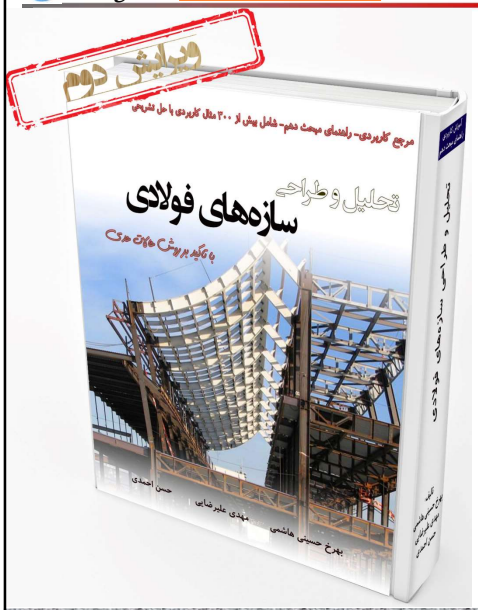
سعی شده در این جزوه مباحث مهم در ارتباط با طراحی براساس عملکرد و همچنین مفاهیم پایه در ارتباط با تحلیل غیرارتجاعی سازه‌ها پوشش داده شود. در صورت وجود خطا در این نوشتار، لطفاً با اطلاع رسانی، بنده را در بهبود کیفیت آموزشی آن همراهی نمایید.

انتشار غیرتجاری این جزوه با ذکر منبع بلامانع است.

برای دریافت آخرین نسخه از این جزوه و سایر آموزش‌ها می‌توانید عضو کانال تلگرامی @AlirezaeiChannel شوید.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel



معرفی کتاب:

عنوان: تحلیل و طراحی سازه‌های فولادی

با تاکید بر روش حالات حدی

راهنمای مبحث دهم- شامل بیش از ۳۰۰ مثال حل شده

تالیف:

دکتر بهرخ حسینی‌هاشمی

دکتر مهدی علیرضایی

مهندس حسن احمدی

ویرایش دوم

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

صفحه ۵ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2

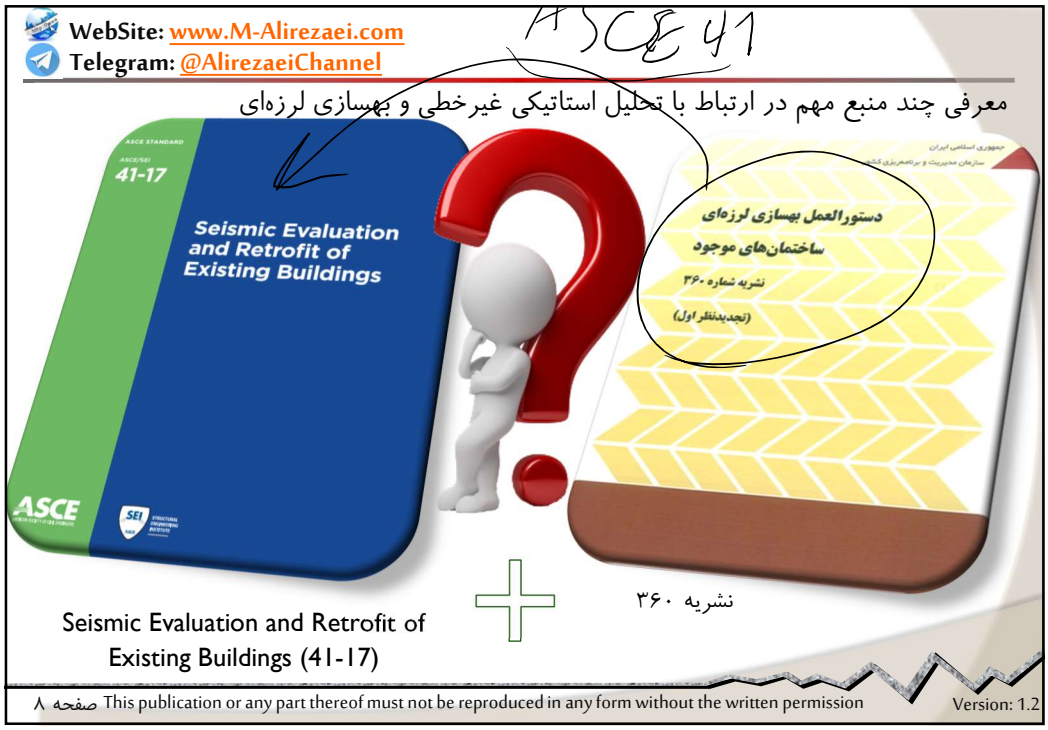
WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

چند تبدیل واحد مهم

طول	1 m = 3.2808 ft = 1.0936 yd	1 m = 3.2808 ft = 1.0936 yd
	1 cm = 0.3937 in.	1 in. = 2.54 cm
	1 in. = 2.54 cm	1 mile = 0.869 nautical mile = 1.6093 km
مساحت	1 m2 = 10.7643 ft2	1 ft2 = 0.0929 m2
	1 km2 = 0.3861 mi2	1 mi2 = 2.59 km2
حجم	1 L = 0.2642 gal	1 gal = 4 qt = 3.7854 L
	1 ml = 1 cm3	1 ft3 = 7.481 gal = 28.32 L
جرم	1 g = 0.0353 oz	1 oz = 28.3495 g
	1 kg = 2.2046 lb	1 lb = 0.4536 kg
نیرو	1 lb = 0.4536 kg	1 lbf = 4.4482 N

صفحه ۶ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel
www.M-Alirezaei.com
www.m-alirezaei.com
خانه
سوابق
تألیفات
دروس
گالری
پرسش و پاسخ
دانلود
Deportment of Civil Engineering
Faculty of Civil Engineering
Islamic Azad University, Malayer Branch
Email: M.Alirezaei@iiees.ac.ir
دینامیک سازه ها
تحلیل غیر ارتجاعی سازه ها
طراحی سازه های فولادی پیشرفته
سمینار و روش تحقیق
پروپوزال پایان نامه
This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission
Version: 1.2


WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel
ASCE 41
معرفی چند منبع مهم در ارتباط با تحلیل استاتیکی غیرخطی و بهسازی لرزه‌ای
ASCE STANDARD
ASCE/SEI
41-17
Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings
ASCE
SEI
دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای
ساختمان‌های موجود
نشریه شماره ۳۶۰
(تجدیدنظر اول)
Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings (41-17)
نشریه ۳۶۰
This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission
Version: 1.2

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

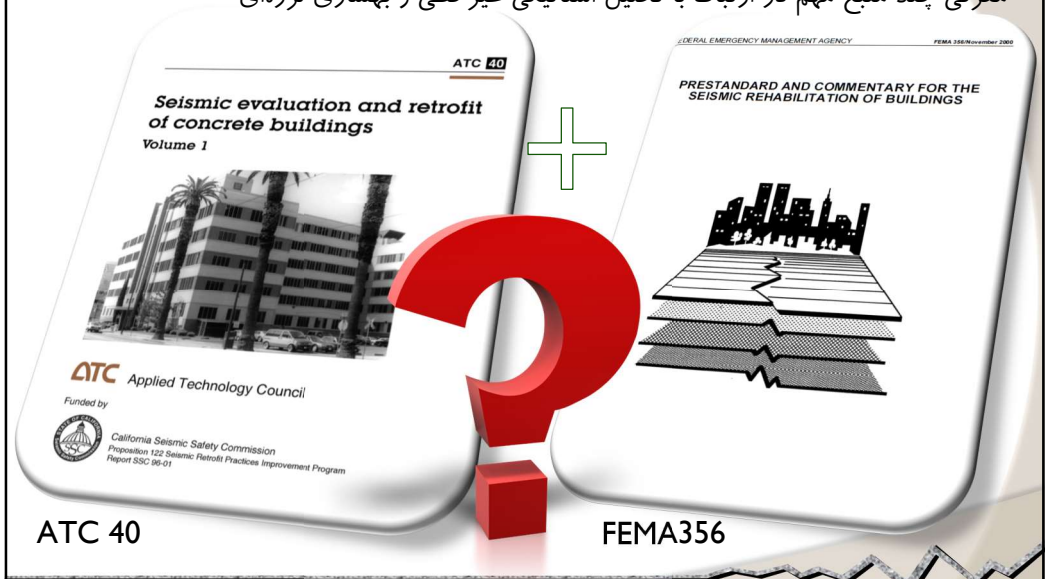
معرفی چند منبع مهم در ارتباط با تحلیل استاتیکی غیرخطی و بهسازی لرزه‌ای

TBI Guidelines FEMA440

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

معرفی چند منبع مهم در ارتباط با تحلیل استاتیکی غیرخطی و بهسازی لرزه‌ای



ATC 40 FEMA356

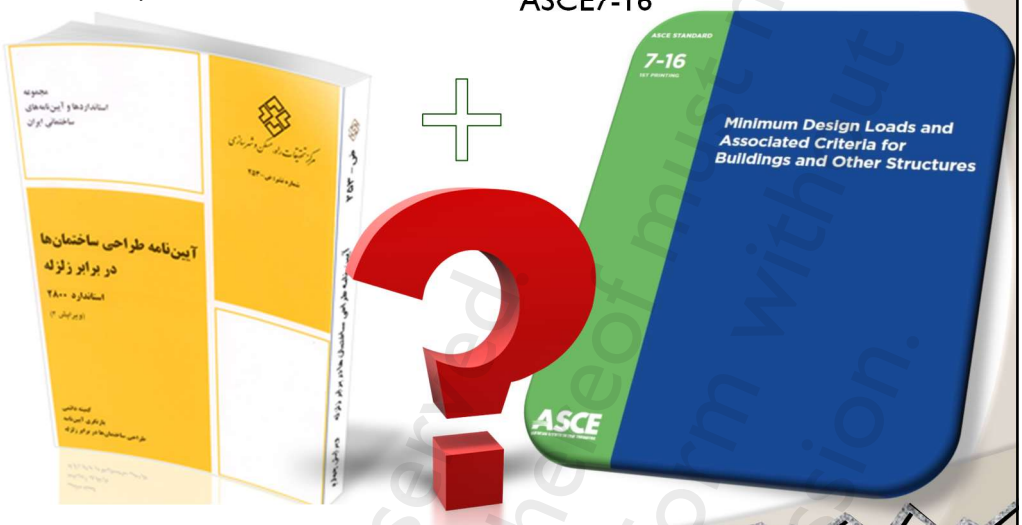
This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

معرفی چند منبع مهم در ارتباط با تحلیل استاتیکی غیرخطی

استاندارد ۲۸۰۰

ASCE7-16



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

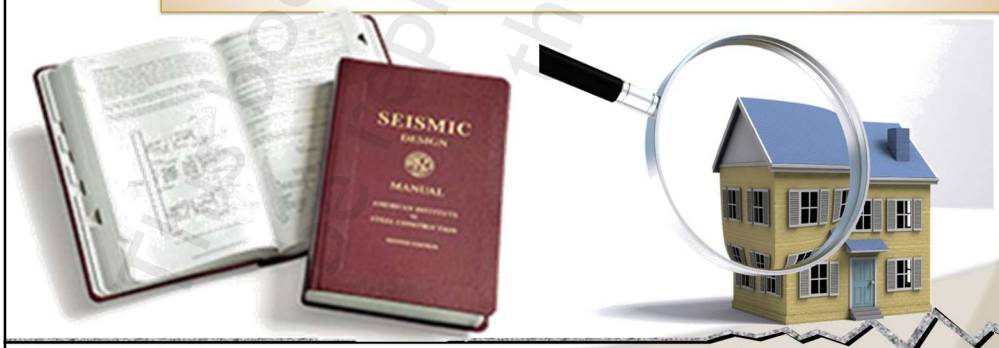
WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

دروس و اطلاعات پیش نیاز برای فهم مطالب:

۱- آشنایی با اصول تحلیل سازه‌ها و مقاومت مصالح

۲- اصول طراحی سازه‌های بتن آرمه و فولادی در حد مقطع کارشناسی

۳- آشنایی با بارگذاری لرزه‌ای سازه‌ها



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

نرم‌افزارهای پیشنهادی

به نرم افزارهای زیر آشنایی پیدا نمایید

ETABS

SAP2000

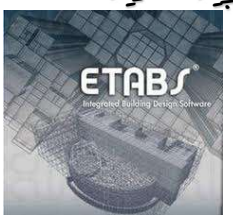
SeismoSignal

SeismoStruct

Nonlin

OpenSEES

ANSYS ABAQUS

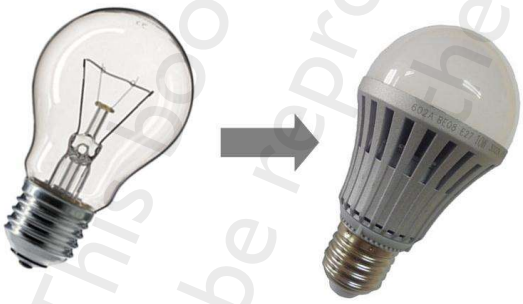


This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

فصل اول

مقدمات بهسازی لرزه‌ای



Base on ASCE 41-17 and No 360

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

بهسازی چیست؟

برای یک سازه موجود با عملکرد ضعیف لرزه‌ای آیا بهتر نیست، با تخریب آن، یک سازه جدید با عملکرد بالای لرزه‌ای بسازیم؟

تفاوت‌های اساسی بین بهسازی یک ساختمان موجود و طراحی یک سازه جدید وجود دارد؟

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

نشریه ۳۶۰ چیست؟

در این دستورالعمل مبانی و ضوابط ارزیابی ساختمان‌های موجود و یا بهسازی شده برای سطح عملکرد مورد نظر یا بهبود عملکرد آنها در برابر بارهای لرزه‌ای ارائه شده است. اصول ارزیابی و مراحل بهسازی لرزه‌ای برای رسیدن به سطح عملکرد مورد نظر نیز در این دستورالعمل ارائه شده است. ویرایش ۹۲ نشریه ۳۶۰، عمدتاً براساس ASCE41-13 نوشته شده است.

ASCE41-17

Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings

This standard for the Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings, referred to herein as "this standard," specifies nationally applicable provisions for the seismic evaluation and retrofit of buildings. Seismic evaluation is defined as an approved process or methodology of evaluating deficiencies in a building that prevent the building from achieving a selected Performance Objective. Seismic retrofit is defined in this standard as the design of measures to improve the seismic performance of structural or nonstructural components of a building by correcting deficiencies identified in a seismic evaluation relative to a selected Performance Objective.

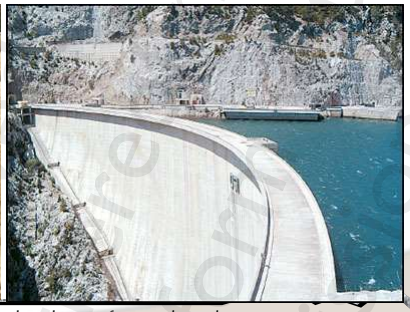
This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

استفاده از نشریه ۳۶۰ برای سازه‌های زیر قابل استفاده نیستند:

الف- سازه‌های خاص مانند سدها، پل‌ها، اسکله‌ها، سازه‌های دریایی و نیروگاه‌های هسته‌ای.

ب- سازه‌های خاص تاسیساتی زیربنایی و شریان‌های حیاتی.

پ- بناهایی که گل و خشت ساخته شده‌اند.



This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

آیا استفاده از آیین نامه طراحی ساختمان (مثل ۲۸۰۰) در برابر زلزله برای طرح بهسازی مناسب است؟

خیر، زیرا آئین‌نامه طرح ساختمان‌های جدید به گونه‌ای تنظیم شده اند که طراح را به طرح ساختمان منظم و شکل پذیر با استفاده از مصالح مرغوب تشویق می‌کنند. اما ساختمان‌های موجود معمولاً دارای این مشخصات نیستند و نمی‌توانند با ضوابط آئین نامه طرح ساختمان‌های جدید منطبق باشند به همین جهت لازم است طرح بهسازی آنها با توجه به مشخصات واقعی ساختمان، نقاط ضعف و استفاده از تمام ظرفیت اجزاء سازه انجام شود.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

DEFINITIONS AND NOTATIONS

Acceleration-Sensitive Component: A component that is sensitive to, and subject to, damage from inertial loading.

Acceptance Criteria: Limiting values of properties, such as drift, strength demand, and inelastic deformation, used to determine the acceptability of a component at a given Performance Level.

Action: An internal moment, shear, torque, axial force, deformation, displacement, or rotation corresponding to a displacement caused by a structural degree of freedom; designated as force- or deformation-controlled.

Active Fault: A fault for which there is an average historic slip rate of 1 mm per year or more and evidence of seismic activity within Holocene times (the past 11,000 years).

Braced Frame: A vertical seismic-force-resisting element consisting of vertical, horizontal, and diagonal components joined by concentric or eccentric connections.

Capacity: The permissible strength or deformation for a component action.

Concentrically Braced Frame (CBF): Braced frame element in which component work lines intersect at a single point or at multiple points such that the distance between intersecting work lines (or eccentricity) is less than or equal to the width of the smallest component connected at the joint.

صفحه ۱۹ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

Diaphragm: A horizontal (or nearly horizontal) structural element, such as a floor or roof system, used to transfer inertial lateral forces to vertical elements of the seismic-force-resisting system.

Diaphragm Chord: A boundary component perpendicular to the applied force that is provided to resist tension or compression caused by the diaphragm moment.

Diaphragm Collector: A component parallel to the applied force that transfers lateral forces from the diaphragm of the structure to vertical elements of the seismic-force-resisting system.

Eccentrically Braced Frame (EBF): Braced-frame element in which component work lines do not intersect at a single point and the distance between the intersecting work lines (or eccentricity) exceeds the width of the smallest component connecting at the joint.

Effective Damping: The value of equivalent viscous damping corresponding to the energy dissipated by the building, or element thereof, during a cycle of response.

Effective Stiffness: The value of the lateral force in the building, or an element thereof, divided by the corresponding lateral displacement.

Energy Dissipation Device: Nongravity-load-supporting element designed to dissipate energy in a stable manner during repeated cycles of earthquake demand.

صفحه ۲۰ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2

All rights reserved. This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

Expected Strength: The mean value of resistance of a component at the deformation level anticipated for a population of similar components, including consideration of the variability in material strength as well as strain-hardening and plastic section development.

Flexible Diaphragm: A diaphragm with horizontal deformation along its length twice or more than twice the average story drift.

Force-Controlled Action: An action that is not allowed to exceed the nominal strength of the element being evaluated.

Foundation System: An assembly of structural components, located at the soil–structure interface, that transfers loads from the superstructure into the supporting soil.

Fundamental Period: The natural period of the building in the direction under consideration that has the greatest mass participation.

Lightweight Concrete: Structural concrete that has an air-dry unit weight not exceeding 115 lb/ft^3 (1,840 kg/m^3).

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

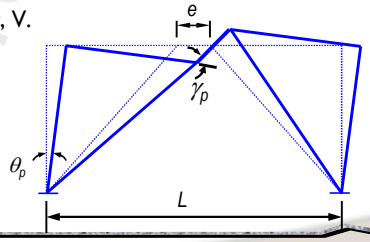
Linear Dynamic Procedure (LDP): A Tier 2 or Tier 3 response-spectrum-based modal analysis procedure, the use of which is required where the distribution of lateral forces is expected to depart from that assumed for the linear static procedure.

Linear Static Procedure (LSP): A Tier 2 or Tier 3 lateral force analysis procedure using a pseudolateral force. This procedure is used for buildings for which the linear dynamic procedure is not required.

Link Beam: A component between points of eccentrically connected members in an eccentrically braced frame element.

Link Intermediate Web Stiffeners: Vertical web stiffeners placed within a link.

Link Rotation Angle: Angle of plastic rotation between the link and the beam outside of the link, derived using the specified base shear, V.



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

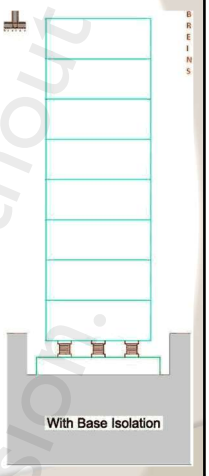
Moment-Resisting Frame (MRF): A frame capable of resisting horizontal forces caused by the members (beams and columns) and joints resisting forces primarily by flexure.

P-Δ (P-Delta) Effect: The secondary effect of vertical loads and lateral deflection on the shears and moments in various components of a structure.

Pounding: The action of two adjacent buildings coming into contact with each other during earthquake excitation as a result of their close proximity and differences in dynamic response characteristics.

Superstructure: In a building with a seismic isolation system, the portion of the structure above the isolation system.

Target Displacement: An estimate of the maximum expected displacement of the roof of a building calculated for the design earthquake.



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

مراحل بهسازی (SEISMIC RETROFIT PROCESS):

۱) ملاحظه ویژگی‌های فنی (Initial Considerations):

ویژگی‌های فنی ساختمان قبل از اقدام به هرگونه عملیات بهسازی باید توسط طراح و با هماهنگی کارفرما مورد بررسی قرار گیرد. این ویژگی‌ها شامل: مشخصات اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای ساختمان، سطوح خطر زلزله در محل ساختمان، نتایج اولیه ارزیابی مقاومت لرزه‌ای، تاریخچه بهره‌برداری گذشته و آینده ساختمان، ارزیابی نیاز و خواسته‌های بهره‌بردار، ملاحظات اقتصادی، اجتماعی و مقررات و قوانین حاکم باشد.

۲) انتخاب هدف بهسازی (Selection of Performance Objective):

انتخاب هدف بهسازی از مراحل اولیه و در عین حال حائز اهمیت در فرآیند مطالعات بهسازی است. طراح باید با توجه به اهمیت و وضعیت کاربری حاضر، هدف بهسازی را تعیین و پیشنهاد نماید. طراحی بر مبنای سطوح عملکرد روشی جدید است که هنوز بسیاری با آن آشنا نیستند به همین جهت لازم است برای انتخاب هدف بهسازی مناسب، طراح آشنایی کامل با سطوح مختلف عملکرد ساختمان داشته باشد و همچنین کارفرما را نیز با این مبانی آشنا کند.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

۳) جمع آوری اطلاعات وضعیت موجود ساختمان (As-Built Information):

اطلاعات ساختمان موجود از جمله پروانه، اسناد ملکی، نقشه‌های چون ساخت، دفترچه محاسبات فنی و سایر مدارک فنی نظیر نتایج آزمایش‌های انجام شده، دستورکارها، صورت جلسات و فاکتورهای رسمی خرید مصالح باید جمع آوری و بررسی شوند.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

۴) نیاز یا عدم نیاز به بهسازی (Retrofit or not):

ساختمان‌هایی که یکی از شرایط زیر را داشته باشند، نیازی به بهسازی ندارند:

الف) ساختمان‌هایی که مطابق مستندات و اطلاعات وضعیت موجود، با توجه به درجه اهمیت آنها براساس آخرین ویرایش استاندارد ۲۸۰۰ ایران طراحی و با نظارت و مستندات کافی اجرا شده باشند، نیازی به بهسازی ندارند، مگر آنکه درجه اهمیت فعلی آنها بیش از میزان مفروضات اولیه بوده و یا سطح خطر زلزله مورد نظر از سطح خطر موجود در طراحی اولیه مطابق آن استاندارد بیشتر باشد.

ب) ساختمان‌های موجود که به کمک هر یک از روش‌های تحلیل ارائه شده در نشریه ۳۶۰، با در نظر گرفتن محدودیت‌های مربوط به آن روش، معیارهای لرزه‌ای این دستورالعمل لرزه‌ای را برآورده نمایند.

بنابراین ممکن است ساختمانی ضوابط استاندارد ۲۸۰۰ را تأمین نکند اما با درنظرگرفتن معیارهای ۳۶۰، مورد پذیرش قرار گیرد و نیازی به بهسازی نداشته باشد.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

۵) انتخاب روش ارزیابی و بهسازی (Retrofit Procedures):

ارزیابی و بهسازی برای به هدف بهسازی انتخاب شده به دو روش ساده و تفصیلی انجام می‌شود.

الف) *روش ارزیابی و بهسازی ساده*: این روش مطابق جزئیات فصل ۱۱ نشریه ۳۶۰ انجام می‌شود. استفاده از این روش تنها برای بهسازی مبنا و یا اهداف بهسازی پایین‌تر مجاز است. این روش تنها برای ساختمان‌هایی مجاز است که الزامات و محدودیت‌های مربوط در فصل یازدهم نظیر نوع دیافراگم، سیستم سازه‌ای و تعداد طبقات را برآورده نماید.

ب) *روش ارزیابی و بهسازی تفصیلی*: این روش برای تمام سازه‌ها کاربرد دارد. این روش طبق فصل‌های ۱ تا ۱۰ نشریه ۳۶۰ صورت می‌گیرد.

۶) ارائه طرح بهسازی و ارزیابی آن (Verification of Retrofit Design):

طراحی برای بهسازی بر حسب روش ارزیابی و بهسازی ساده یا تفصیلی انجام شود. طرح پیش بینی شده برای بهسازی باید با مدل تحلیلی بهسازی شده سازه مورد ارزیابی قرار گیرد. چنانچه هدف بهسازی تامین نشده باشد، باید روش انتخاب شده مورد بازنگری قرار گیرد.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

هدف بهسازی:

هدف بهسازی براساس میزان اهمیت و سطح عملکرد ساختمان مورد نظر، مطابق زیر انتخاب می‌شود و شامل یک یا چند هدف عملکردی است که هر یک شامل انتخاب سطح عملکردی برای ساختمان است.

۱) بهسازی مبنا:

در این بهسازی انتظار می‌رود، که تحت «زلزله سطح خطر ۱» ایمنی جانی ساکنین تامین شود (سطح عملکرد C-3)

در بهسازی مبنا هدف ارتقا عملکرد ساختمان به حداقل مورد قبول بر اساس آئین‌نامه‌های طرح ساختمان‌ها در برابر زلزله می‌باشد. انتظار می‌رود میزان خرابی و خسارت جانی در ساختمان بهسازی شده مطابق این بند قدری بیشتر از ساختمان‌های جدید باشد که بر اساس آئین‌نامه‌های زلزله با کیفیت خوب اجرا می‌شود. در بهسازی مطلوب انتظار می‌رود که هدف بهسازی مبنا تأمین گشته و علاوه بر آن تحت زلزله «سطح خطر ۲-» ساختمان فرو نریزد.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

۲) بهسازی مطلوب:

در این بهسازی انتظار می‌رود، هدف بهسازی مبنا تامین شده (سطح عملکرد **C-3**) و علاوه بر آن تحت زلزله «سطح خطر ۲» ساختمان فرو نریزد (سطح عملکرد **E-5**).

در بهسازی مطلوب دو سطح عملکرد برای ساختمان در نظر گرفته می‌شود در زلزله سطح خطر-۱ ایمنی جانی ساکنین تامین گردد و در زلزله شدید سطح خطر-۲ که ساختمان فرو نریزد. در این حالت عملکرد ساختمان تحت زلزله شدید نیز باید مورد بررسی قرار گیرد.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

۳) بهسازی ویژه:

در این بهسازی نسبت به بهسازی مطلوب عملکرد بالاتری برای ساختمان مدنظر قرار می‌گیرد. بدین منظور سطح عملکرد بالاتری برای ساختمان تحت همان سطوح خطر زلزله‌ی مورد استفاده در بهسازی مطلوب در نظر گرفته شده یا با حفظ سطح عملکرد مشابه با بهسازی مطلوب، سطح خطر زلزله‌ی بالاتری در نظر گرفته می‌شود.

برای ساختمان‌های مهم مانند بیمارستان‌ها، نیروگاه‌ها و غیره هنگام زلزله عملکرد بهتری نسبت به ساختمان‌های عادی در نظر گرفته می‌شود زیرا در این گونه ساختمان‌ها لازم است خدمت رسانی پس از زلزله بدون وقفه انجام شود. برای رسیدن به این هدف باید سطوح عملکرد بالاتری برای ساختمان در نظر گرفته شود. در بهسازی ویژه نسبت به بهسازی مطلوب عملکرد بالاتری برای ساختمان مدنظر قرار می‌گیرد. بدین منظور سطح عملکرد بالاتری برای ساختمان تحت همان سطح خطر زلزله مورد استفاده در بهسازی مطلوب در نظر گرفته شده یا با حفظ سطح عملکرد مشابه با بهسازی مطلوب سطح خطر زلزله بالاتری مد نظر قرار گرفته می‌شود.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

۴) بهسازی محدود:

در بهسازی محدود عملکرد پایین تری از بهسازی مبنا در نظر گرفته شده بطوری که حداقل یکی از اهداف زیر برآورد شود:

الف) تحت زلزله خفیف‌تر از زلزله «سطح خطر ۱» ایمنی جانی ساکنین تامین شود. (سطح عملکرد C-3)

ب) تحت زلزله ای برابر یا خفیفتر از زلزله «سطح خطر ۱» سطح عملکرد C-4، D-4، E-4، C-5، D-5، E-5 یا E-6 حاصل شود.

در صورتیکه به دلیل محدودیت‌های مالی یا اجرایی امکان بهسازی مبنا میسر نباشد ممکن است بهسازی در سطح عملکرد پائین‌تری در نظر گرفته شود. یا به ازای سطح عملکرد مورد نظر زلزله ضعیف‌تری انتخاب شود.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

۵) بهسازی موضعی:

بهسازی موضعی بخشی از طرح بهسازی کلی است که هدف بهسازی آن مطابق بندهای قبل بوده لیکن به دلایلی در شرایط موجود بخشی از آن اجرا می‌شود. در این حالت بهسازی باید به گونه‌ای انجام شود که هدف بهسازی بخش‌های دیگر در مراحل بعدی برآورده شود.

بهسازی موضعی باید با توجه به موارد زیر انجام شود:

الف) بهسازی موضعی نباید منجر به پایین آمدن سطح عملکرد قبلی ساختمان شود.

ب) بهسازی موضعی نباید سبب افزایش نیروهای ناشی از زلزله در اعضایی که وضعیت بحرانی دارند، شود.

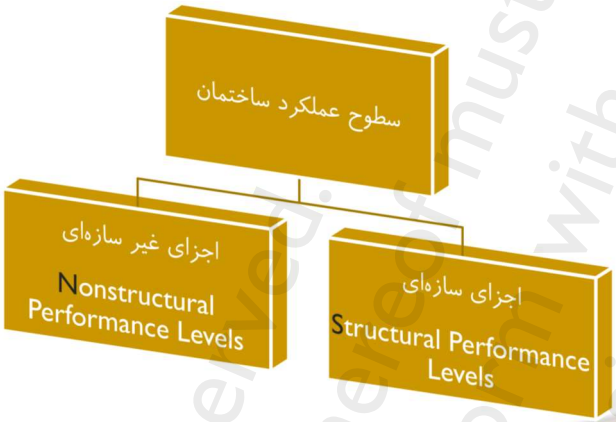
پ) بهسازی موضعی نباید منجر به نامنظم شدن یا افزایش نامنظمی ساختمان شود.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

سطوح عملکرد ساختمان:

سطوح عملکرد ساختمان بر مبنای عملکرد اجزای سازه‌ای و غیر سازه‌ای تعریف شده و به اختصار با یک شماره برای عملکرد اجزای سازه‌ای و یک حرف برای عملکرد اجزای غیر سازه‌ای نشان داده می‌شود.



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

2.3.1 Structural Performance Levels and Ranges. The Structural Performance Level of a building shall be selected from six discrete Structural Performance Levels and two intermediate Structural Performance Ranges defined in this section. The discrete Structural Performance Levels are Immediate Occupancy (S-1), Damage Control (S-2), Life Safety (S-3), Limited Safety (S-4), Collapse Prevention (S-5), and Not Considered (S-6). Design procedures and acceptance criteria corresponding to these Structural Performance Levels shall be as specified in Chapters 4 through 16.

2.3.2 Nonstructural Performance Levels. The target Nonstructural Performance Level for a building shall be selected from five discrete Nonstructural Performance Levels: Operational (N-A), Position Retention (N-B), Life Safety (N-C), Hazards Reduced (N-D), and Not Considered (N-E). Design procedures and acceptance criteria corresponding to these Nonstructural Performance Levels shall be as specified in Chapter 13.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

سطوح عملکرد اجزای سازه‌ای (Structural Performance)

سطوح عملکرد اجزای سازه‌ای شامل چهار سطح عملکرد اصلی و دو سطح عملکرد میانی است.

سطوح عملکرد اصلی عبارتند از:

الف) سطح عملکرد ۱- قابلیت استفاده بی وقفه: این سطح عملکرد، به سطح عملکردی اطلاق می شود که پیش بینی شود در اثر وقوع زلزله مقاومت و سختی اجزای سازه‌ای تغییر قابل توجهی پیدا نکند و استفاده بی وقفه از آن ممکن باشد.

Immediate Occupancy Structural Performance Level (S-1)

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

ب) سطح عملکرد ۳- ایمنی جانی: این سطح عملکرد، به سطح عملکردی اطلاق می‌شود که پیش بینی شود در اثر وقوع زلزله خرابی در سازه ایجاد شود، اما میزان خرابی‌ها به اندازه‌ای نباشد که منجر به خسارت جانی شود.

Life Safety Structural Performance Level (S-3)

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

پ) سطح عملکرد ۵- آستانه فرو ریزش: این سطح عملکرد، به سطح عملکردی اطلاق می‌شود 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.

Collapse Prevention Structural Performance Level (S-5)

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

ت) سطح عملکرد ۶- لحاظ نشده: چنانچه برای اجزای سازه‌ای سطح عملکرد خاصی انتخاب نشده باشد، سطح عملکرد اجزای سازه‌ای لحاظ نشده نامیده می‌شود.

Structural Performance Not Considered (S-6)

سطوح عملکرد میانی عبارتند از:

ث) سطح عملکرد ۲- خرابی محدود: این سطح عملکرد، به سطح عملکردی اطلاق می‌شود که پیش بینی شود در اثر وقوع زلزله خرابی در سازه به میزان محدود ایجاد شود، به گونه‌ای که پس از زلزله با انجام مرمت بخش‌های آسیب دیده ادامه بهره‌برداری از ساختمان میسر باشد.

Damage Control Structural Performance Range (S-2)

ج) سطح عملکرد ۴- ایمنی جانی محدود: این سطح عملکرد، به سطح عملکردی اطلاق می‌شود که پیش بینی شود در اثر وقوع زلزله خرابی در سازه ایجاد شود، اما میزان خرابی‌ها به اندازه‌ای باشد که خسارت جانی به حداقل برسد.

Limited Safety Structural Performance Range (S-4)

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

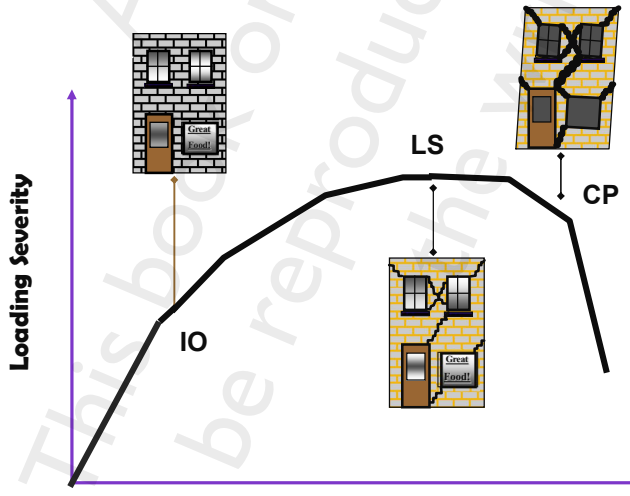
WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

Collapsed!!!

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

Global Response & Performance



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

سطوح عملکرد اجزای غیرسازه‌ای (Nonstructural Performance)

سطح عملکرد اجزای غیر سازه ای ساختمان شامل پنج سطح عملکرد به شرح زیر می باشد:

الف) سطح عملکرد A: خدمت رسانی بی وقفه: به سطح عملکردی اطلاق می‌شود که پیش بینی شود اجزای غیرسازه‌ای در اثر زلزله دچار خرابی بسیار جزئی شوند، به گونه‌ای که خدمت رسانی ساختمان به طور پیوسته انجام شود.

Operational Nonstructural Performance Level (N-A)

ب) سطح عملکرد B: قابلیت استفاده بی وقفه: به سطح عملکردی اطلاق می‌شود که پیش بینی شود اجزای غیرسازه‌ای در اثر زلزله دچار خرابی جزئی شوند، به گونه‌ای که پس از زلزله راه‌های دسترسی و فرار مانند درها، راهروها، پله‌ها، آسانسورها و روشنایی آنها مختل نشده و استفاده بی وقفه میسر باشد.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

پ) سطح عملکرد C: ایمنی جانی: به سطح عملکردی اطلاق می شود که پیش بینی شود خرابی اجزای غیر سازه‌ای در اثر زلزله خطر جدی برای جان ساکنین به وجود نیاورد.

Life Safety Nonstructural Performance Level (N-C)

ت) سطح عملکرد D: ایمنی جانی محدود: به سطح عملکردی اطلاق می‌شود که پیش بینی شود خرابی اجزای غیر سازه‌ای در اثر زلزله به اندازه‌ای باشد که خسارت جانی حداقل گردد.

Hazards Reduced Nonstructural Performance Level (N-D)

ث) سطح عملکرد E: لحاظ نشده: چنانچه برای عملکرد اجزای غیر سازه‌ای سطح عملکرد خاصی انتخاب نشده باشد سطح عملکرد اجزای غیر سازه‌ای لحاظ نشده نامیده می‌شود.

Nonstructural Performance Not Considered (N-E)

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

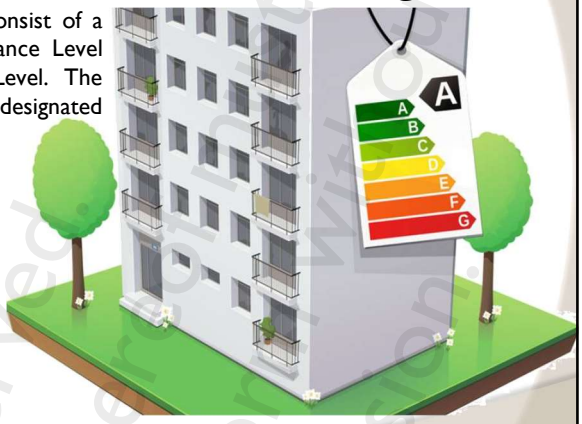
All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

سطوح عملکرد کل ساختمان (Target Building Performance Levels)

سطح عملکرد کل ساختمان بر حسب سطح عملکرد اجزای سازه‌ای و غیر سازه‌ای آن تعریف می‌شود، سطوح مختلف عملکرد ساختمان که در بهسازی مبنا، مطلوب و ویژه به کار می‌روند.

A target Building Performance Level shall consist of a combination of a target Structural Performance Level and a target Nonstructural Performance Level. The target Building Performance Level is designated alphanumerically.



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

الف) سطح عملکرد خدمت رسانی بی وقفه (A-۱): ساختمانی دارای این سطح عملکرد است که اجزای سازه‌ای آن دارای عملکرد ۱ (قابلیت استفاده بی وقفه) و اجزای غیر سازه‌ای آن دارای سطح عملکرد A (خدمت رسانی بی وقفه) باشد.

Operational Building Performance Level- (OP) (1-A)

ب) سطح عملکرد قابلیت استفاده بی وقفه (B-۱): ساختمانی دارای این سطح عملکرد است که اجزای سازه‌ای آن دارای عملکرد ۱ (قابلیت استفاده بی وقفه) و اجزای غیر سازه‌ای آن دارای سطح عملکرد B (قابلیت استفاده بی وقفه) باشد.

Immediate Occupancy Building Performance Level- (IO) (1-B)

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

پ) سطح عملکرد ایمنی جانی (C-3): ساختمانی دارای این سطح عملکرد است که اجزای سازه‌ای آن دارای عملکرد ۳ (ایمنی جانی) و اجزای غیر سازه‌ای آن دارای سطح عملکرد C (ایمنی جانی) باشند.

Life Safety Building Performance Level- (LS) (3-C)

ت) سطح عملکرد آستانه فرو ریزش (E-5): ساختمانی دارای این سطح عملکرد است که اجزای سازه‌ای آن دارای عملکرد ۵ (آستانه فرو ریزش) باشد. در این حالت محدودیتی برای سطح عملکرد اجزای غیر سازه‌ای وجود ندارد. (سطح عملکرد لحاظ نشده E)

Collapse Prevention Building Performance Level- (CP) (5-E)

صفحه ۴۵ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2

Expected Post-Earthquake Damage State

Operational (1-A)

Backup utility services maintainfunctions; very little damage. (S1+NA)

Immediate Occupancy (1-B)

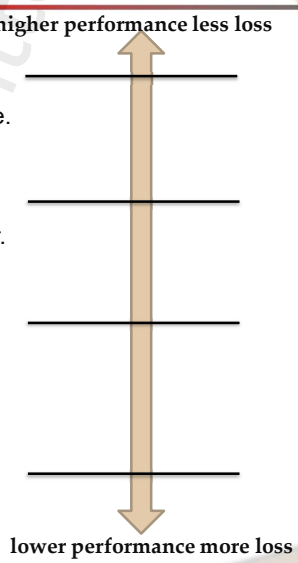
The building remains safe to occupy; any repairs are minor. (S1+NB)

Life Safety (3-C)

Structure remains stable and has significant reserve capacity; hazardous nonstructural damage is controlled. (S3+NC)

Collapse Prevention (5-E)

The building remains standing, but only barely; any other damage or loss is acceptable. (S5 + NE)



صفحه ۴۶ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2

All rights reserved. This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

سطوح مختلف عملکرد ساختمان بر حسب سطح عملکرد اجزای سازهای و غیر سازه‌ای

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 بی‌وقفه 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	ارزش بهسازی ندارد

سطوح عملکرد ساختمان که با علامت ❋ نشان داده شده است اختلاف زیاد بین سطح عملکرد اجزای سازه‌ای و غیر سازه ای می‌باشند به همین جهت توصیه نمی‌شوند

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

تعیین هدف بهسازی شامل انتخاب سطح عملکرد ساختمان مورد نظر تحت زلزله در سطح خطر مشخص می باشد.

۱-بهسازی مبنا(k)　　۲- بهسازی مطلوب هر کدام از(a,e,f,l,j,m,n,o) یا (k+p)

۳- بهسازی ویژه(k+p)+(a,e,l,f,g,n)　　۴- بهسازی محدود(p)

سطوح خطر زلزله	سطح عملکرد ساختمان			
	آستانه فرو ریزش (E-۵)	ایمنی جانی (C-۳)	قابلیت استفاده بی وقفه (B-۱)	خدمت رسانی بی وقفه(A-۱)
احتمال وقوع ۵۰٪در ۵۰ سال	d	c	b	a
احتمال وقوع ۲۰٪در ۵۰ سال	h	g	f	e
احتمال وقوع ۱۰٪در ۵۰ سال	l	k	j	i
احتمال وقوع ۲٪در ۵۰ سال	p	o	n	m

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

راهبردهای بهسازی (Retrofit Strategies)

هدف بهسازی با بکار بردن معیارهای بهسازی براساس راهبردی که نواقص ملاحظه شده در تحلیل زلزله را برطرف نماید، حاصل میشود:

الف) اصلاح موضعی اجزای سازه که دارای عملکرد نامناسبی در حین زلزله هستند.

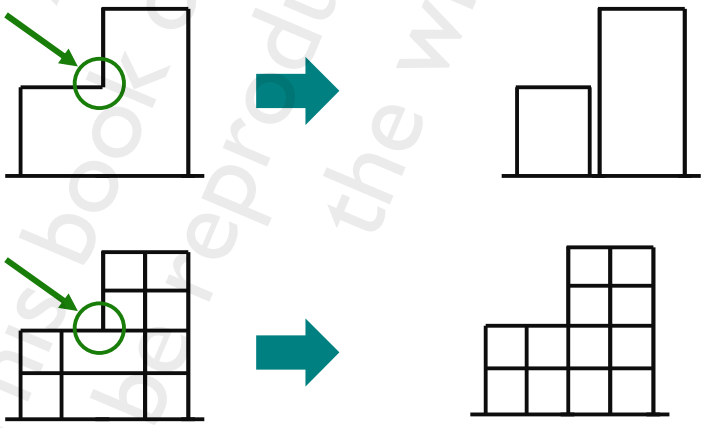
Local modification of components

صفحه ۴۹ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

ب) حذف یا کاهش بی نظمی در سازه موجود.

Removal or reduction of existing irregularities

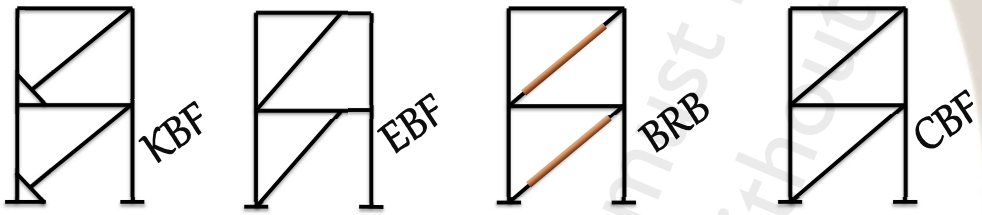


صفحه ۵۰ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

پ) تامین سختی جانبی لازم برای کل سازه.

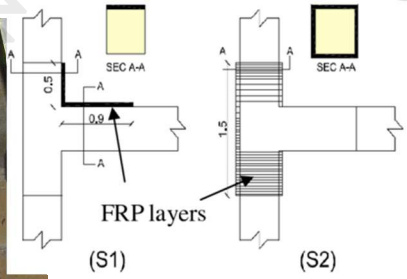
Global structural stiffening



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

ت) تامین مقاومت لازم برای کل سازه.

Global structural strengthening



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

ث) کاهش جرم ساختمان.

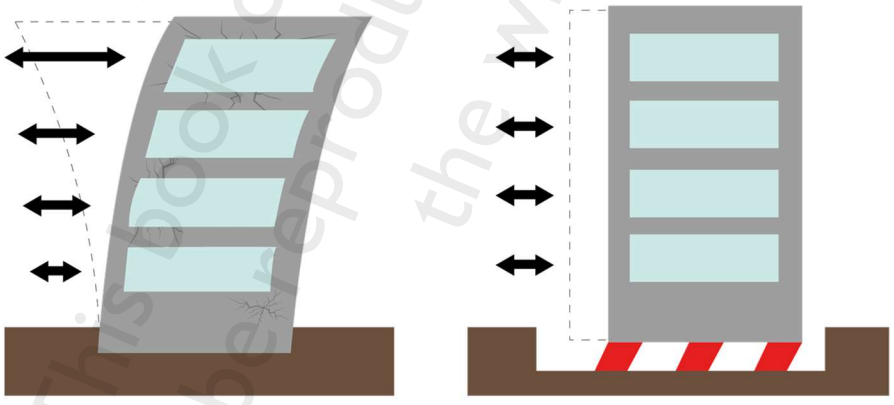
Mass reduction

صفحه ۵۳ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

ج) بکارگیری سیستم‌های جداساز لرزه ای

Seismic isolation, in accordance with Chapter 14 of ASCE41-17



صفحه ۵۴ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

چ) بکارگیری سیستم‌های غیرفعال اتلاف انرژی

Supplemental energy dissipation, in accordance with Chapter 15 of ASCE41-17

صفحه ۵۵ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2

ح) تغییر کاربری ساختمان

Change use

صفحه ۵۶ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2

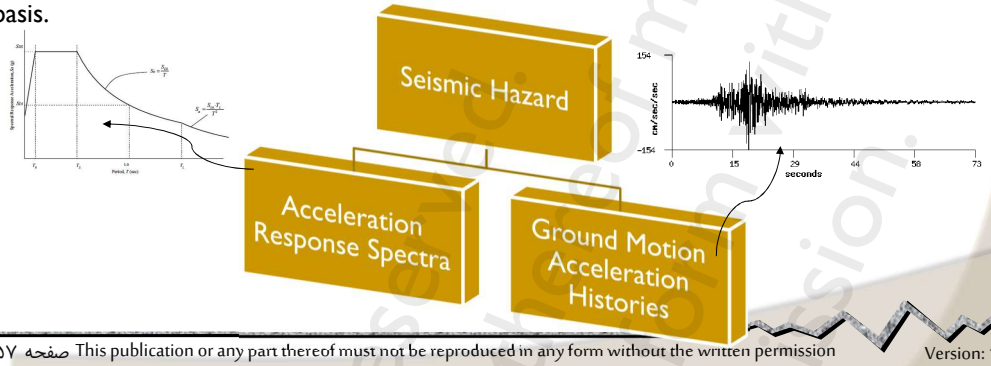
All rights reserved. No part of this book or any part thereof may be reproduced in any form without the written permission.

تحلیل خطر زلزله (Seismic Hazard)

بر آورد پارامترهای حرکت قوی زمین برای سطوح خطر مختلف به یکی از دو روش استفاده از «طیف طرح شتاب» و «تاریخچه زمان شتاب» تعریف و به دو صورت «احتمالی» و یا «تعینی» صورت می‌پذیرد.

ASCE41-17

Seismic hazard caused by ground shaking shall be defined as acceleration response spectra or ground motion acceleration histories determined on either a probabilistic or deterministic basis.



طیف طرح شتاب

۱- سطح خطر ۱: براساس احتمال ۱۰٪ در ۵۰ سال تعریف می‌شود و با DBE نمایش داده میشود. این همان زلزله طرح استاندارد ۲۸۰۰ است.

۲- سطح خطر ۲: براساس احتمال ۲٪ در ۵۰ سال تعریف می‌شود و با MCE نمایش داده میشود که ۱/۵ برابر DBE است.

۳- سطح خطر انتخابی (زلزله با هر احتمال رویداد در ۵۰ سال): معادل سطحی از حرکت زمین که احتمال فراگذشت آن انتخابی است. این سطح خطر برای موارد خاص و با ملاحظات ویژه استفاده میشود.

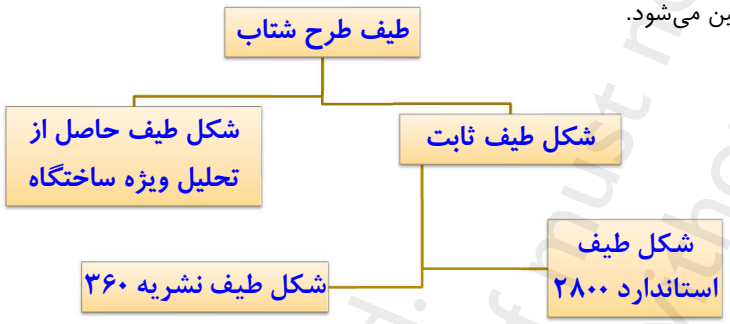
تابع پواسون: در رابطه فوق P احتمال یک رویداد در t سال، T_R دوره بازگشت، λ احتمال در یک سال است.

$$P = 1 - e^{-\lambda t} \quad \Rightarrow \quad T_R = \frac{1}{\lambda}$$

$$\text{if } P = 0.1 \;,\; t = 50 \quad \Rightarrow \quad 0.1 = 1 - e^{-\lambda \times 50}$$
$$\Rightarrow \quad \lambda = 0.0021 \quad \Rightarrow \quad T_R = 475$$

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

طیف طرح شتاب، با یکی از دو فرآیند استفاده از «شکل طیف ثابت» و یا «شکل طیف حاصل از تحلیل ویژه ساختگاه» تعیین می‌شود.



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

احتمال رویداد سطوح مختلف زلزله

براساس FEMA356 و دستورالعمل بهسازی بصورت زیر می‌باشد.

Earthquake Having Probability of Exceedance	Mean Return Period (years)
50%/50 year	72
20%/50 year	225
10%/50 year	474
2%/50 year	2475

سطح خطر۱: براساس احتمال ۱۰٪ در ۵۰ سال تعریف میشود و با DBE نمایش داده میشود.

سطح خطر۲: براساس احتمال ۲٪ در ۵۰ سال تعریف میشود و با MCE نمایش داده میشود که ۱/۵ برابر DBE است.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

طیف طرح استاندارد ۲۸۰۰، از حاصلضرب مقادیر طیف ضریب بازتاب ساختمان (B) و شتاب مبنای طرح (A) حاصل می‌شود. برای بدست آوردن شتاب مبنای طرح (A) می‌توان از نقشه‌های معتبر پهنه‌بندی لرزه‌ای که در آن میزان بیشینه شتاب زمین برای دوره‌های بازگشت مختلف ارائه شده است، استفاده نمود. میزان شتاب مربوط به «سطح خطر-۱» با استفاده از نقشه پهنه‌بندی شتاب موجود که در آن دوره بازگشت ۴۷۵ سال (۱۰٪ احتمال وقوع در ۵۰ سال) درج شده باشد تعیین می‌گردد. برای «سطح خطر -۲» در صورت نبود نقشه‌های پهنه‌بندی معتبر بایستی با انجام مطالعات لازم و تحلیل خطر ساختگاه میزان شتاب مبنای طرح بر آورد گردد. طیف ضریب بازتاب برای «سطح خطر-۱» مطابق استاندارد ۲۸۰۰ ایران برای میرایی ۵٪ تعیین می‌شود. برای هدف بهسازی مطلوب مقدار A استاندارد ۲۸۰۰ جهت تخمین سطح خطر ۲، به میزان ۵۰٪ افزایش داده شود.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

طیف نشریه ۳۶۰: در این روش شتاب طیفی در دوره تناوب کوتاه و مقدار شتاب طیفی در زمان تناوب بلند با استفاده از یکی از دو روش زیر تعیین می‌شود:

۱) نقشه‌های معتبری که مقادیر شتاب طیفی را در سنگ بستر برای دوره بازگشت مورد نظر در اختیار قرار دهد.

۲) انجام تحلیل خطر ویژه ساختگاه برای محاسبه مقادیر شتاب طیفی در سنگ بستر برای دوره بازگشت مورد نظر.

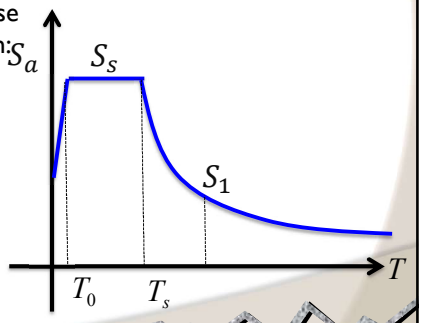
The design short-period spectral response acceleration parameter, S_{XS}, and the design spectral response acceleration parameter at 1 s, S_{X1}, shall be obtained from:

$S_{XS} = F_a S_S$

$S_{X1} = F_v S_1$

S_1 = Spectral response acceleration parameter at a 1-s period

S_S = Spectral response acceleration parameter at short periods



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

F_a = short-period site coefficient (at 0.2-s period)

F_v = long-period site coefficient (at 1.0-s period);

Short-Period Site Coefficient, F_a

نوع خاک	مقدار شتاب طیفی در زمان تناوب کوتاه، Ss				
	S_S<0.25	S_S=0.50	S_S=0.75	S_S=1.00	S_S>1.25
1	1	1	1	1	1
2	1.2	1.2	1.1	1	1
3	1.6	1.4	1.2	1.1	1
4	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9

Long-Period Site Coefficient, F_v

نوع خاک	مقدار شتاب طیفی در زمان تناوب کوتاه، S_1				
	S_1<0.1	S_1=0.20	S_1=0.3	S_1=0.40	S_1>0.50
1	1	1	1	1	1
2	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
3	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
4	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4

Note: Use straight-line interpolation for intermediate values

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

هرگاه شرایط ژئوتکنیکی ویژه‌ای در ساختگاه حاکم باشد، استفاده از ضرایب قبل کافی نبوده و نیاز به مطالعات میدانی و تهیه مدل‌های دینامیکی مناسب برای اثر بزرگنمایی خاک است. اگر حداقل یکی از شرایط زیر برقرار باشد، شرایط ویژه تلقی می‌شود:

- خاک‌های مستعد فروریزش تحت بارهای لرزه‌ای مانند خاک‌های با روانگرایی بالا و رس‌های حساس
- خاک‌های دستی و یا خاک‌های متشکل از مواد آلی با ضخامت بیش از ۳ متر
- رس‌های بسیار حساس با اندیس خمیری PI>75 و ضخامت بیش از ۸ متر
- وجود لایه‌ای با ضخامت بیش از ۴۰ متر از رس نرم یا با سختی متوسط

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

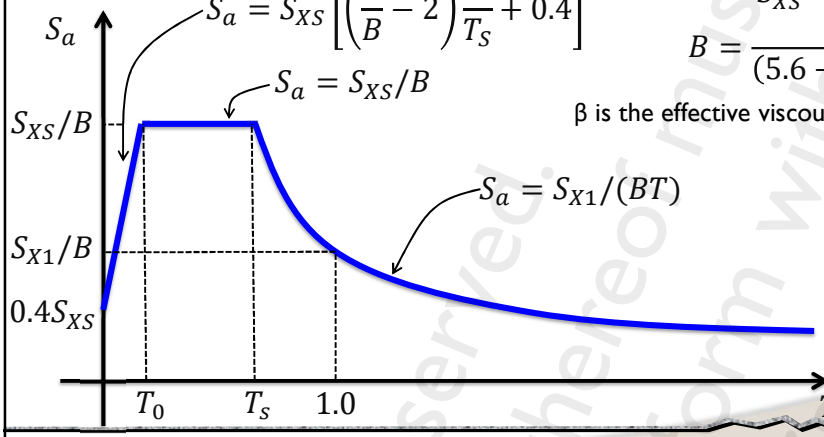
پس از تعیین S_{XS} و S_{X1}، طیف طرح شتاب مطابق شکل زیر تعیین می‌شود.

$$T_0 = 0.2T_s$$

$$T_s = \frac{S_{X1}}{S_{XS}}$$

$$B = \frac{4}{(5.6 - \ln(100\beta))}$$

β is the effective viscous damping ratio.



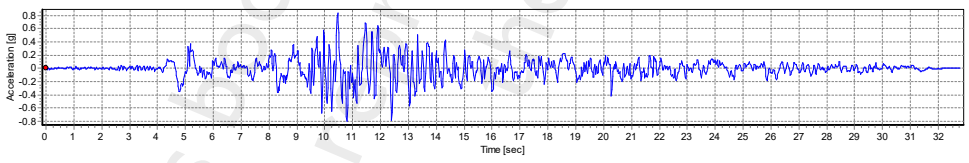
 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

انتخاب شتابنگاشت‌های سازگار با خطر زلزله

هرگاه انجام تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی مدنظر باشد، لازم است حداقل سه جفت شتابنگاشت افقی انتخاب و مقیاس شوند.

2.4.3 Ground Motion Acceleration Histories. Development of ground motion acceleration histories shall be performed according to Section 16.2 of ASCE 7



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

فصل دوم

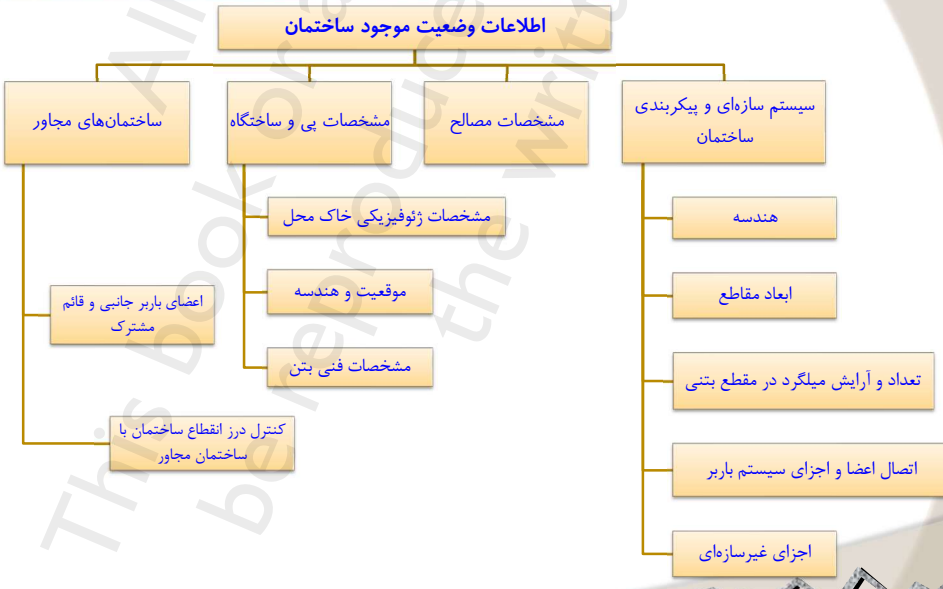
گرد آوری مدارک و اطلاعات، شناخت وضع موجود

Base on ASCE 41-17 and No 360

صفحه ۶۷ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

گرد آوری مدارک و اطلاعات، شناخت وضع موجود



صفحه ۶۸ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

پیکربندی ساختمان

بررسی پیکربندی ساختمان منجر به تعیین اعضای باربر جانبی می‌گردد. این اعضا ممکن است اعضای اصلی سازه (نظیر بادبندها، دیوارهای برشی و تیرهای خمشی) اعضای غیر اصلی سازه نظیر تیرها با اتصال مفصلی و یا اعضای غیرسازه ای (نظیر تیغه‌ها و جداگرها) باشند. هر چند در طراحی سازه انتقال بارهای جانبی بر عهده اعضای اصلی سازه فرض می‌شود اما در عمل ممکن است اعضای غیر اصلی و حتی اعضای غیرسازه‌ای نیز در انتقال بارهای جانبی مؤثر باشند. به همین جهت ممکن است رفتار واقعی سازه با آنچه در طراحی پیش‌بینی شده است اختلاف داشته باشد. مثلاً اعضای غیراصلی و غیرسازه‌ای می‌توانند منجر به نامنظمی ساختمان گردند. همچنین از آنجا که این اعضا معمولاً برای بارهای جانبی طراحی نشده‌اند در هنگام زلزله دچار خرابی شده، مسیر انتقال بارهای جانبی را مختل می‌سازند به همین جهت شناسایی این اجزاء در بازدید محلی یا با استفاده از مدارک موجود در برآورد صحیح رفتار سازه می‌تواند مفید باشد.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

پیکربندی ساختمان

بررسی پیکربندی ساختمان منجر به تعیین اعضای باربر جانبی می‌گردد. این اعضا ممکن است اعضای اصلی سازه (نظیر بادبندها، دیوارهای برشی و تیرهای خمشی) اعضای غیر اصلی سازه نظیر تیرها با اتصال مفصلی و یا اعضای غیرسازه ای (نظیر تیغه‌ها و جداگرها) باشند. هر چند در طراحی سازه انتقال بارهای جانبی بر عهده اعضای اصلی سازه فرض می‌شود اما در عمل ممکن است اعضای غیر اصلی و حتی اعضای غیرسازه‌ای نیز در انتقال بارهای جانبی مؤثر باشند. به همین جهت ممکن است رفتار واقعی سازه با آنچه در طراحی پیش‌بینی شده است اختلاف داشته باشد. مثلاً اعضای غیراصلی و غیرسازه‌ای می‌توانند منجر به نامنظمی ساختمان گردند. همچنین از آنجا که این اعضا معمولاً برای بارهای جانبی طراحی نشده‌اند در هنگام زلزله دچار خرابی شده، مسیر انتقال بارهای جانبی را مختل می‌سازند به همین جهت شناسایی این اجزاء در بازدید محلی یا با استفاده از مدارک موجود در برآورد صحیح رفتار سازه می‌تواند مفید باشد.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

اعضای سازه‌ای اصلی و غیراصلی

در تمام ساختمان‌ها معمولاً همه اعضای سازه‌ای و همچنین غیرسازه‌ای بر روی سختی، جرم و میرایی ساختمان مؤثراند و در هنگام زلزله دچار تغییر شکل شده و نیروهایی را متحمل می‌شوند، اما وجود این اعضا برای پایداری ساختمان در برابر زلزله ضروری نمی‌باشد. اعضای سازه‌ای که نقش قابل توجهی در حمل بارهای جانبی دارند، اعضای اصلی و اعضایی که وجود آنها برای حمل بارهای جانبی ضروری نمی‌باشند، اعضای غیر اصلی تعریف می‌شوند.

خواص اعضا

برای پیش بینی صحیح رفتار سازه هنگام زلزله لازم است نوع و نحوه رفتار اعضای آن شناسایی شود. برای این منظور باید مشخصات مصالح (کرانه پائین مقاومت و مقاومت مورد انتظار)، مشخصات مقطع و نحوه اتصال هر یک از اعضاء به سازه شناسایی گردد. همچنین باید ظرفیت باربری و ظرفیت تحمل تغییر شکل اعضا برآورد شود تا با استفاده از آن حداکثر نیرویی که هر عضو می‌تواند تحمل کند یا به اعضای دیگر سازه منتقل نماید تعیین شود. برآورد ظرفیت تحمل تغییر شکل نیز برای بررسی وضعیت اعضاء هنگامیکه تغییر شکل سازه به آنها تحمیل می‌گردد ضروری است

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

مشخصات ساختگاه

مشخصات ساختگاه و اطلاعات ژئوتکنیکی را می‌توان از مدارک طراحی یا نقشه‌های اجرایی پی استخراج نمود. همچنین می‌توان از اطلاعات موجود از نقاط اطراف محل ساختمان استفاده کرد. اطلاعات ژئوتکنیکی باید شامل اطلاعات لازم برای بررسی پایداری خاک از نظر استعداد لغزش یا روان گرایی و نیز آثار ناشی از تغییر تراز سطح زمین به واسطه ساخت و سازهای اطراف ساختمان باشد. همچنین در بازدید محلی باید به ترک‌های احتمالی ایجاد شده در ساختمان به عنوان نشانه‌ای از ضعف باربری پی‌ها توجه داشت.

ساختمان‌های مجاور

هرچند ساختمان‌ها معمولاً مستقل از ساختمان‌های مجاور آنها طراحی می‌گردند اما در مواردیکه ساختمان‌ها نزدیک یا حتی در تماس با هم ساخته شده باشند رفتار آنها هنگام زلزله نمی‌تواند مستقل از هم باشد. همچنین در ساختمان‌هایی که به دلیل بزرگی ابعاد یا اختلاف ارتفاع دارای درز جدایی می‌باشند چنانچه فاصله درز به اندازه کافی در نظر گرفته نشده باشد احتمال برخورد دو بخش ساختمان و تخریب موضعی یا حتی کلی وجود دارد. برای بررسی اندرکنش ساختمانهای مجاور هم، لازم است رفتار هر یک هنگام زلزله مورد بررسی قرار گیرد.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

برخورد ساختمان‌های مجاور

هنگامیکه فاصله دو ساختمان مجاور از یکدیگر، کمتر از درز انقطاع تعیین شده توسط استاندارد ۲۸۰۰ ایران باشد، هنگام زلزله و ایجاد تغییرمکان جانبی در هر یک از دو ساختمان، برخورد آنها به یکدیگر و ایجاد خرابی موضعی یا کلی ساختمان‌ها محتمل است. در نشریه ۳۶۰، فاصله مناسب برای درز جدایی مطابق استاندارد ۲۸۰۰ در نظر گرفته می‌شود. در این صورت حتی اگر دو ساختمان در فاز مقابل یکدیگر ارتعاش کنند پیش بینی می‌شود ضربه‌ای به یکدیگر وارد نسازند.

در صورتیکه فاصله مناسب بین دو ساختمان وجود نداشته باشد احتمال برخورد دو ساختمان وجود خواهد داشت. در این صورت به دلیل ایجاد خرابی‌های موضعی در محل برخورد و خرابی اجزاء غیرسازه‌ای و ایجاد ارتعاشات با تواتر بالا، بهسازی ساختمان هیچگاه نمی‌تواند در سطح بهسازی ویژه قرار گیرد، به همین جهت لازم است قبل از اقدام به بهسازی اجزای ساختمان به این نکته توجه شود.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

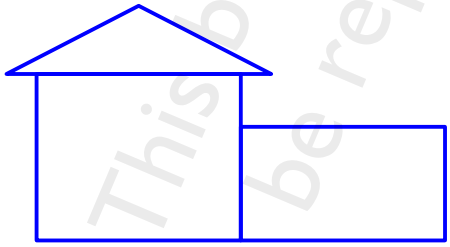
WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

اجزای مشترک بین ساختمان‌ها

اجزای مشترک بین ساختمان‌ها مانند دیوار مشترک بین دو ساختمان می‌تواند به دو دلیل خطرناک باشد.

۱- ممکن است هنگام وقوع زلزله، یکی از ساختمان‌ها عضو مشترک را با خود جابجا کرده و از ساختمان دیگر جدا کند و منجر به خرابی در آن ساختمان شود.

۲- ممکن است اجزای مشترک بین دو ساختمان موجب انتقال نیروی پیش بینی نشده از یک ساختمان به ساختمان مجاور شده و خسارت ایجاد کند.

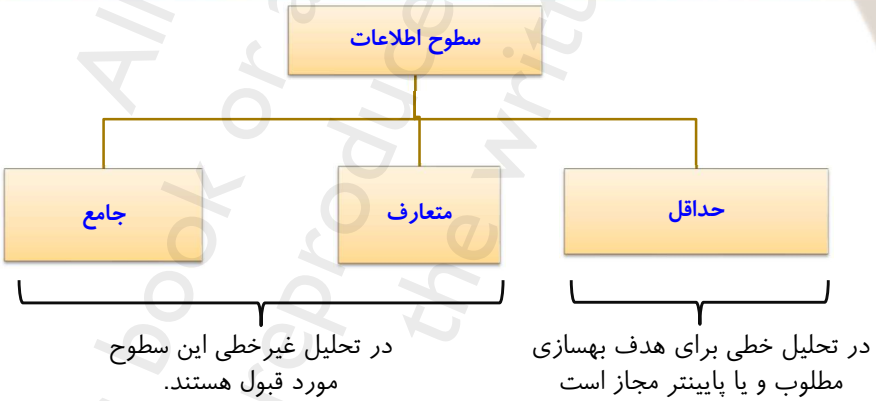


This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

آسیب ناشی از ساختمان مجاور

هنگام وقوع زلزله بسیاری از ساختمان‌های مقاوم در برابر زلزله به دلیل خراب شدن ساختمان‌های مجاور آنها دچار خرابی می‌شوند از آنجا که روش‌های بهسازی ساختمان برای مقابله با چنین حوادثی نتیجه قابل توجهی ندارد، بهتر است ضمن آگاه ساختن صاحب ساختمان از خطرات احتمالی، توصیه شود فعالیت‌های ضروری و مهمی که قرار است در ساختمان انجام شود به ساختمان مطمئن دیگری منتقل گردد. اگر ساختمان‌هایی که دارای ارتفاع یکسان هستند و ارتفاع طبقات مساوی دارند وکف‌ها در یک تراز می باشند، بهم کوبیده شوند، کف‌ها با هم برخورد خواهند داشت، که معمولاً این برخورد به عناصر غیر سازه‌ای آسیب می‌رساند، اما در صورتیکه طبقات هم تراز نباشند، کف‌ها باستون‌های ساختمان مجاور برخورد داشته و می‌تواند باعث آسیب سازه‌ای گردد. درساختمانهایی که دارای ارتفاع متفاوت هستند، ساختمان کوتاه‌تر بعنوان تکیه گاه برای ساختمان بلندتر عمل نموده و بار ناگهانی برساختمان کوتاه‌تر اعمال خواهد شد، که آسیب گسترده‌ای در آن ایجاد خواهد کرد.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission



* در تحلیل‌های خطی، اطلاعاتی در سطح حداقل برای هدف بهسازی مطلوب یا پایینتر مجاز است. لیکن برای تحلیل‌های غیرخطی جمع آوری اطلاعات باید در سطح متعارف یا جامع باشد.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

ضریب آگاهی:

درجه اعتبار نتایج حاصل از اطلاعات جمع آوری شده از ساختمان موجود توسط ضریب آگاهی κ در محاسبه ظرفیت هر یک از اجزای سازه اعمال می‌شود. این ضریب متناسب با هدف انتخاب شده برای بهسازی و سطح اطلاعات تعیین می‌گردد.

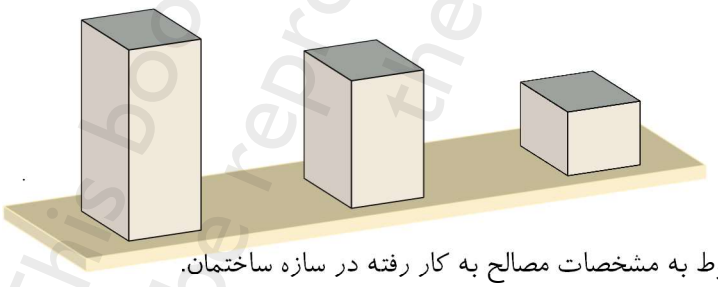
هدف بهسازی		مطلوب یا پایین‌تر		ویژه	
سطح اطلاعات		حداقل	متعارف	متعارف	جامع
نوع تحلیل		تحلیل خطی هر نوع تحلیل		هر نوع تحلیل	هر نوع تحلیل
ضریب آگاهی κ	فولادی	0.75	1	0.75	1
	بتنی	0.75	1	0.75	1
	بنایی	0.75	1	0.75	1

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

ارزیابی آسیب پذیری لرزه‌ای و انجام مطالعات بهسازی لرزه‌ای هر ساختمان نیازمند در اختیار داشتن اطلاعات کافی متناسب با ضوابط هر مرحله می‌باشد.

اطلاعات مورد نیاز در دو گروه اصلی قرار دارند:

۱- اطلاعات مربوط به خصوصیات لرزه‌ای ساختمان شامل زمان تناوب و نسب میرایی.



۲- اطلاعات مربوط به مشخصات مصالح به کار رفته در سازه ساختمان.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

آزمایش‌های غیرمخرب

آزمایش‌های غیرمخرب، به کلیه‌ی بررسی اطلاق می‌شود که اجازه میدهند، ارزیابی مشخصات و خصوصیات فنی و یا نقص در مصالح بدون نمونه برداری و ایجاد هرگونه اختلال در عملکرد سازه انجام پذیرد.

الف) آزمایش‌های غیر مخرب در اعضا و اجزای فولادی:

عمق ترک، شیارهای مویی، ضخامت پوشش رنگ، عمق زنگ زدگی، مقاومت گسیختگی سطحی فولاد و کیفیت جوش ارزیابی می‌شود.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

ب) آزمایش‌های غیر مخرب در اعضا و اجزای بتنی:

ارزیابی یکنواختی بتن، تخمین مقاومت فشاری بتن، مشخصات بتن، نواقص داخلی آن، تعیین محل و قطر آرماتورها و ... صورت می‌گیرد. به منظور ارزیابی مقاومت بتن از آزمایش‌هایی نظیر چکش اشمیت، نفوذ در بتن با کمک تفنگ مخصوص، اندازه گیری سرعت عبور موج مافوق صوت و ... استفاده می‌شود.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

آزمایش‌های مخرب

آزمایش‌های مخرب، با نمونه برداری از اعضا و یا اجزای سازه و انجام آزمایش در آزمایشگاه صورت می‌گیرد. نمونه برداری باید با پیش‌بینی تمهیدات لازم برای جلوگیری از بروز هرگونه ناپایداری در سازه از نقاطی باشد که تحت کمترین تنش قرار دارند و آن نقاط بعد از نمونه برداری بایستی سریعا قابل ترمیم باشند. با توجه به مشکلات اجرایی باید سعی شود حتی المقدور آزمایش غیرمخرب و با استفاده از اسناد و مدارک تعداد آزمایش‌های مخرب را به حداقل رساند.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

مخاطرات ساختگاهی ناشی از گسلش

مخاطرات ساختگاهی شامل گسلش، روانگرایی، فرونشست، زمین لغزش و سنگ ریزش بایستی بررسی شود.

۱- گسلش

در صورت وجود گسل در ساختگاه مورد مطالعه، گردآوری اطلاعات لازم از جمله موارد زیر برای تصمیم‌گیری در مورد امکان یا عدم امکان بهسازی در هدف بهسازی مورد نظر ضروری است:

الف) درجه فعالیت گسل

ب) نوع گسل (امتدادلغز یا شیب لغز)

پ) جهت حرکت گسل

ت) اندازه جابجایی‌های قائم و افقی بر مبنای سطح خطر انتخابی زلزله

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

۲- روانگرایی

روان‌گرایی خاک پدیده‌ای است که در آن خاک اشباع در اثر تنش شدیدی که به آن وارد می‌شود، مقاومت و سختی خود را به‌طور کامل ازدست می‌دهد و مانند یک مایع رفتار می‌کند. این تنش وارده می‌تواند در اثر تکان‌های ناشی از زمین‌لرزه یا دگرگونی‌های ناگهانی در شرایط تنش خاک باشد. در بررسی باید ابتدا ارزیابی شود که آیا احتمال روانگرایی محتمل است یا خیر؟

درجه	واحدهای زمین شناسی	پتانسیل روانگرایی
A	بسترهای فعلی و قدیمی رودخانه، باتلاق، زمین‌های پست بین تپه‌های ماسه ای و کنار بندهای طبیعی، محل‌های احیا شده، دشت‌های سیلابی	احتمال وقوع روانگرایی زیاد است.
B	مخروط افکنه، تپه‌های ماسه ای، دشت‌های سیلابی، سایر جلگه‌ها	روانگرایی ممکن است.
C	تراس، تپه، کوه	روانگرایی غیرمحتمل است.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

معیارهای زیر میتواند برای روانگرایی استفاده شود:

۱- اگر عمق آب زیرزمینی بیش از ۱۰ متر زیر تراز شالوده واقع باشد، پتانسیل خطر بسیار کم است و از مخاطرات روانگرایی صرف نظر میشود.

۲- اگر جنس لایه‌های خاک از نوع رس لای دار باشد، پتانسیل خطر کم است، مگر آنکه رس موجود به شدت حساس باشد.

۳- لایه‌های غیرچسبنده (از نوع ماسه و لای) با تعداد ضربات نفوذ استاندارد اصلاح شده $(N_1)_{60}$ مساوی یا بیشتر از ۲۰ در عمق سطح آب زیرزمینی و لایه‌های خاک با بیش از ۲۰٪ رس، فاقد خطر روانگرایی است.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

۳- فرونشست

ممکن است زلزله موجب نشست در نواحی محدود یا وسیعی از سطح زمین شود این نشست میتواند در اثر روانگرایی در خاک‌های دانه ای سست اشباع و یا تراکم در خاک‌های دانه ای سست غیراشباع باشد. همچنین زلزله ممکن است باعث ریزش فضاهای باز زیرزمینی از قبیل تونل‌ها، قنوات و ... شود.

۴- زمین لغزش و سنگ ریزش

زمین لغزش به حرکت توده ای خاک یا سنگ برروی شیبها به سمت پایین دست و سنگ ریزش به فروافتادن قطعات کوچک تا بزرگ سنگ اطلاق میشود.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

جمع آوری اطلاعات و بازرسی وضعیت موجود اعضا

ساختمان‌های فولادی

بایستی بررسی وضعیت اجزایی که نیروها و تغییرشکل‌های ناشی از زلزله را دریافت میکنند به منظور تشخیص وجود هر نوع تضعیف بررسی شود. بررسی پیکربندی اعضا، اتصالات و اعضای غیرسازه ای که میتواند رفتار لرزه ای سازه را تغییر دهند صورت گیرد. بایستی اطلاعات زیر گرد آوری شود:

۱- ابعاد و ضخامت اعضا و همچنین ورقهای پوششی، مهاربندها و سخت کننده‌ها.

۲- سطح مقطع، اساس مقطع، ممان اینرسی و خواص پیچشی اعضا در مقاطع بحرانی.

۳- موقعیت و مشخصات اتصالات و وصله‌ها به نحوی که اجرا شده‌اند.

۴- شرایط فیزیکی فلز مبنا و اجزای اتصال شامل بررسی تغییرشکلها و آسیب دیدگیهای موجود.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

ضوابط بازرسی عینی وضعیت موجود به شرح زیر میباشد:

۱- اگر نقشه‌های جزئیات اجرایی موجود باشد، آشکار کردن حداقل یک اتصال از هر نوع اتصال اصلی شامل اتصال تیر به ستون میانی، اتصال تیر به ستون کناری، اتصال ستون به شالوده و اتصال تیر به دیافراگم باید انجام پذیرد. درصورتی که هیچ نوع انحرافی از نقشه‌ها برای نمونه ای مشاهده نشود، کلیه اتصالات مشابه با آن نمونه اجرا شده عین نقشه تلقی میشود. اگر در بازرسی، انحرافی از نقشه‌های اجرایی مشاهده شود باید اتصالات دیگری نیز از این نمونه بازرسی شود تا زمانی که بتوان در مورد آن نوع اتصال به قضاوت مشخصی رسید.

۲- اگر نقشه اجرایی موجود نباشد، باید حداقل سه اتصال از هر نوع اتصال اصلی با برداشت روکش آنها آشکار شوند در صورتیکه تفاوتی مشاهده نشود این نمونه‌ها نماینده اتصالات مشابه فرض میشوند درصورت وجود تفاوت باید اتصالات دیگری نیز از این نمونه بازرسی شود تا زمانی که بتوان در مورد آن نوع اتصال به قضاوت مشخصی رسید.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

جمع آوری مشخصات مصالح فولادی در سطح اطلاعات حداقل

درصورتی که مشخصات مصالح فولادی در دفترچه محاسبات یا نقشه‌های اجرایی موجود باشد، این مقادیر را میتوان به عنوان مشخصات کرانه پایین مصالح در سطح اطلاعات حداقل درنظر گرفت. در غیر این صورت جمع آوری مشخصات مصالح باید طبق سطح اطلاعات متعارف صورت گیرد. درصورتی که مشخصات مورد انتظار مصالح فولادی لازم باشد میتوان مقادیر کرانه پایین را در ضریب ۱.۱ ضرب نمود.

جمع آوری مشخصات مصالح فولادی در سطح اطلاعات متعارف

حداقل تعداد آزمایش‌های لازم برای تعیین مقاومت تسلیم و مقاومت کششی مصالح فولادی در یک برنامه جمع آوری اطلاعات در سطح متعارف بصورت زیر است:

۱- در صورت موجود بودن مدارک فنی معتبر حاوی گزارش آزمایش مصالح، نقشه‌های اجرایی و یا رویت مارک ثبت شده، نیاز به انجام آزمایش نمیباشد و میتوان از مقادیر مقاومت ذکر شده در مدارک به طور مستقیم به عنوان مشخصات کرانه پایین مصالح استفاده نمود.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

۲- درصورت موجود نبودن مدارک فنی معتبر، نقص اطلاعات و یا استفاده از فولاد بالاتر از ST37، در نقشه‌های اجرایی، ابتدا با روش غیر مخرب و با استفاده از دستگاه سختی سنج، یکنواختی مصالح از نظر فولاد مصرفی تعیین میشود. در صورتی که پراکندگی نتایج بیانگر یکسان بودن رده فولاد برای تمام اعضا باشد، در این حالت یک نمونه از عضوی که کمترین بار را تحمل میکند، گرفته میشود. در صورتی که پراکندگی نتایج بیانگر استفاده از فولاد با رده‌های متفاوت باشد، باید حداقل یک آزمایش در هر رده‌ی فولاد از عضوی که کمترین بار را تحمل میکند، انجام شود.

مشخصات مورد انتظار مصالح فولادی در سطح اطلاعات متعارف برابر با مشخصات نزدیک ترین رده فولاد که مقاومتی کمتر از مقادیر بدست آمده از آزمایش را دارد، میباشد. در صورتی که مشخصات کرانه پایین مصالح فولادی لازم باشد میتوان مقادیر مورد انتظار را بر ضریب ۱.۱ تقسیم نمود.

جمع آوری مشخصات مصالح فولادی در سطح اطلاعات جامع

حداقل تعداد آزمایشهای لازم جهت تعیین مقاومت تسلیم و مقاومت کششی مصالح فـولادی در یک برنامه جمع آوری اطلاعات در سطح جامع باید براساس ضوابط زیر باشد:

۱- در صورت موجود بودن مدارک فنی معتبر حاوی گزارش آزمایش مصالح، نقشه‌های اجرایی و یا رویت مارک ثبت شده، با انجام حداقل یک آزمایش، در صورت تأیید اطلاعات موجود، میتوان از مقادیر مقاومت ذکر شده در مدارک به طور مستقیم به عنوان مشخصات کرانه پایین مصالح استفاده نمود.

۲- درصورت موجود نبودن مدارک فنی معتبر، نقص اطلاعات و یا استفاده از فولاد بالاتر از ST37، در نقشه‌های اجرایی، ابتدا با روش غیر مخرب و با استفاده از دستگاه سختی سنج، یکنواختی مصالح از نظر فولاد مصرفی تعیین میشود. در صورتی که پراکندگی نتایج بیانگر یکسان بودن رده فولاد برای تمام اعضا باشد، در این حالت سه نمونه از عضوی که کمترین بار را تحمل میکند، گرفته میشود. در صورتی که پراکندگی نتایج بیانگر استفاده از فولاد با رده‌های متفاوت باشد، باید حداقل سه آزمایش در هر رده‌ی فولاد از عضوی که کمترین بار را تحمل میکند، انجام شود.

All rights reserved. No part of this publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

ساختمان‌های بتنی

بررسی وضعیت قطعات و اتصالات آنها برای تعیین ضعف‌ها نظیر تغییرشکل‌های تابع زمان، ترک خوردگی‌ها و ...صورت گیرد. مشخصات اعضا بایستی تعیین شود. ابعاد مقطع اعضا، تعداد، قطر و آرایش میلگردها در مقاطع تعیین شوند. ضوابط زیر در بازرسی اتصالات اصلی ساختمان باید مورد توجه واقع شوند:

۱- اگر بعضی نقشه‌های اجرایی با جزئیات کافی موجود است، از هر نوع اتصال اصلی (اتصال تیر به ستون میانی، اتصال تیر به ستون کناری، اتصال ستون به شالوده و اتصال تیر به دیافراگم) یک نمونه با برداشتن بتن رویه بررسی شود اگر تفاوتی با نقشه‌ها دیده نشود، میتوان فرض کرد وضعیت اجرا شده مطابق نقشه‌ها است. اگر تفاوتی با نقشه‌ها دیده شود، حداقل ۵٪ اتصالات موجود از آن نوع باید بررسی شوند تا میزان تفاوت کاملاً مشخص شود.

۲- اگر نقشه‌های اجرایی موجود نباشند، از هر نوع اتصال اصلی حداقل سه عدد باید بررسی شوند. اگر آنها به صورت یکسان اجرا شده بودند، نیازی به بازرسی اضافی نیست اگر جزئیات اتصالات مختلف بودند، تعداد اتصال بیشتری باید. بازرسی شوند تا زمانی که اطلاعات دقیقی از نحوهی اجرای ساختمان حاصل شود

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

تعیین مشخصات مصالح:

برای تعیین مشخصات مکانیکی مصالح اعضا و اتصالات بتنی موجود لازم است مقاومت فشاری مشخصه‌ی بتن و تنش تسلیم و مقاومت نهایی آرماتورهای معمولی یا پیش تنیده و قطعات فلزی به کار رفته در اتصالات تعیین شود. آزمایشهای غیرمخرب عمدتاً برای بررسی یکنواختی و تعیین تغییرات کیفیت بتن در بخش‌های مختلف سازه بتنی کاربرد دارند ولی تحت شرایط خاصی برای تخمین مقاومت بتن نیز میتوان از نتایج آنها استفاده نمود.

آزمایشهای غیر مخرب نباید به طور کامل جایگزین آزمایشهای مخرب شوند ولی میتوانند از تعداد آزمایشهای مخرب لازم بکاهند. لازم است تا در مقابل هر یک کاهش در تعداد مغزه گیری، حداقل ۵ آزمایش غیرمخرب انجام گیرد. مغزه گیری تا حدامکان نباید به آرماتورهای موجود صدمه بزند. استفاده از ردیاب آرماتور در این رابطه توصیه میشود. بعد از مغزه گیری حفره ایجاد شده باید توسط بتن یا ملات غیر انقباضی با مشخصات مشابه بتن موجود ترمیم شود.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

جمع آوری مشخصات مصالح در سطح اطلاعات حداقل

در صورتی که مشخصات مصالح در دفترچه محاسبات یا نقشه‌های اجرایی موجود باشد، برای آرماتور این مقادیر را میتوان به عنوان مشخصات کرانه پایین مصالح در سطح اطلاعات حداقل در نظر گرفت. برای بتن درصورتی میتوان از مقادیر دفترچه محاسبات یا نقشه‌های اجرایی برای مشخصات کرانه پایین مصالح در سطح اطلاعات حداقل استفاده نمود که با استفاده از آزمایش‌های غیرمخرب نظیر چکش اشمیت نسبت به یکنواختی مصالح اطمینان حاصل شود و یا مدارک فنی معتبر دال بر انجام آزمایش در زمان ساخت موجود باشد. در غیر این صورت جمع آوری مشخصات مصالح باید طبق سطح اطلاعات متعارف صورت گیرد. در صورتی که مشخصات مورد انتظار مصالح لازم باشد، میتوان مقادیر مشخصات کرانه پایین مصالح را با ضرایبی به مشخصات مورد انتظار مصالح تبدیل نمود

مشخصات مصالح	ضریب
مقاومت فشاری مشخصه بتن	1.25
تنش کششی و تسلیم میلگرد	1.15
تنش تسلیم دیگر مصالح فولادی به کار رفته جهت اتصال قطعات	1.25

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

جمع آوری مشخصات مصالح در سطح اطلاعات متعارف

۱- برای تعیین مقاومت بتن موجود، حداقل دو مغزه از هر نوع عضو بتنی (ستون، تیر، دیوار برشی، دیافراگم و غیره) ساختمان گرفته میشود. حداقل تعداد مغزه در کل ساختمان در این حالت ۶ عدد است.

۲- درصورتی که مقاومت مشخصه میلگردهای فولادی طبق مدارک معتبر حاوی گزارش آزمایش مصالح معلوم باشد میتوان از مشخصات اسمی یا طراحی مصالح بدون نیاز به انجام آزمایش به عنوان مشخصات کرانه پایین مصالح استفاده کرد و در صورتیکه مشخصات مورد انتظار مصالح لازم باشد میتوان مقادیر مشخصات کرانه پایین مصالح را با ضرایب زیر به مشخصات مورد انتظار مصالح تبدیل نمود. در صورتی که مقاومت مشخصه میلگردهای اصلی معلوم نباشد باید حداقل دو نمونه از آرماتورهای بکار رفته در ساختمان جهت آزمایش اخذ شود.

مشخصات مصالح	ضریب
مقاومت فشاری مشخصه بتن	1.25
تنش کششی و تسلیم میلگرد	1.15
تنش تسلیم دیگر مصالح فولادی به کار رفته جهت اتصال قطعات	1.25

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

ارزیابی سریع ساختمان‌های موجود (نشریه ۳۶۴)

در این فرآیندها با تکمیل برگه‌های ارزیابی ساختمان براساس چارچوب‌های تعریف شده و محاسبه‌ی شاخص ارزیابی لرزه‌ای معیاری برای قضاوت و انتخاب یکی از سه گزینـه‌ی ذیل برای ساختمان مهیا می‌شود:

الف– ایمنی نسبی یا آسیب‌پذیری لرزه‌ای اندک ساختمان و عدم اولویت برای ارزیابی تفصیلی؛

ب– آسیب‌پذیری لرزه‌ای زیاد ساختمان و نیاز به ارزیابی تفصیلی؛

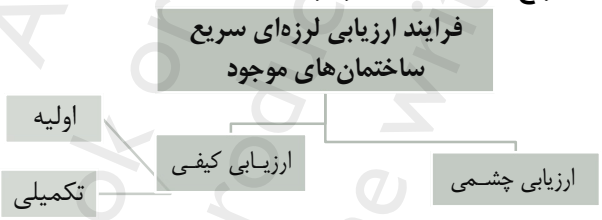
ج– آسیب‌پذیری لرزه‌ای بسیار زیاد ساختمان، عدم اولویت برای ارزیابی تفصیلی و بررسی راهکارهای دیگر نظیر تغییـر کـاربری، تخریب و نوسازی و ....

این فرآیند، برای ارزیابی لرزه‌ای سریع ساختمانهای موجود بوده و ارزیابی لرزه‌ای ساختمانهـای آسـیب دیـده پـس از زلزله شامل این موارد نمی‌شود.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

مراحل ارزیابی لرزه‌ای سریع ساختمان‌های موجود



این ارزیابی علاوه بر معرفی یک شاخص کمی تحت عنوان شاخص ارزیابی لرزه‌ای ساختمان، در قالب برگـه‌هـای از پـیش تعیین‌شده، اطلاعاتی کیفی از رفتار ساختمان ارایه می‌نماید. همانطور که در این شـکل (اسلاید بعد) مشـخص شـده اسـت، بـا توجـه بـه نتـایج حاصل شده از ارزیابی چشمی، ممکن است نیازی به ادامه‌ی روند ارزیابی سریع در مرحله‌ی دوم و انجام ارزیابی کیفـی نباشـد. گـاهی تکمیل برگه در مرحله‌ی ارزیابی کیفی نیازمند انجام برخی سونداژها در سطح محدود است که پس از انجام آن توسط گروه ارزیـاب و احراز کلیه‌ی موارد، مرحله‌ی ارزیابی کیفی تکمیل می‌شود.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

تعیین ملزومات اولیه (فصل دوم نشریه ۳۶۴):

۱- تعیین نوع ساختمان

۲- مشخص نمودن کرانه‌ی بالا (S_U) و پایین (S_L) شاخص ارزیابی لرزه‌ای

۳- مشخص نمودن شاخص پایه‌ی (S_B) ارزیابی لرزه‌ای

ارزیابی لرزه‌ای چشمی (فصل سوم نشریه ۳۶۴)

تعیین شاخص ارزیابی لرزه‌ای (S)

$S>S_U$: آسیب‌پذیری ساختمان کم است. نیازی به انجام ارزیابی کیفی نیست. پیشنهاد می‌شود ساختمان از اولویت مطالعات بهسازی لرزه‌ای خارج شود.

$S_B<S<S_U$: آسیب‌پذیری ساختمان متوسط است. پیشنهاد می‌شود پس از انجام ارزیابی کیفی اولیه در صورت وجود مدارک فنی و پیشنهاد مشاور، ارزیابی کیفی در سطح تکمیلی صورت گیرد و در صورت عدم مشاهده‌ی موارد نقص عمده، ساختمان از اولویت مطالعات بهسازی لرزهای خارج شود در غیر اینصورت فرایند بهسازی لرزه‌ای در سطح تفصیلی صورت پذیرد.

$S_L<S<S_B$: آسیب‌پذیری ساختمان زیاد است. ارزیابی کیفی در سطح اولیه به منظور شناسایی ساختمان انجام شده و ادامه‌ی مطالعات بهسازی لرزه‌ای در سطح تفصیلی صورت می‌گیرد.

$S<S_L$: آسیب‌پذیری ساختمان زیاد است و نیازی به انجام ارزیابی کیفی نیست. ادامه‌ی مطالعات بهسازی لرزه‌ای تنها در صورت ارایه‌ی توجیه فنی و اقتصادی امکانپذیر است. پیشنهاد می‌شود سایر گزینه‌ها از جمله تخریب، نوسازی و ... مورد توجه قرار گیرند.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

ملزومات اولیه

اولین گام در ارزیابی لرزه‌ای سریع ساختمان‌های موجود، تبیین برخی مبانی و تعیین بعضی از مشخصات ساختمان است. اطلاعاتی که در این مرحله باید بر طبق تعاریفی که در ادامه ذکر می‌شوند، جمعآوری و مشخص شود عبارتند از:

الف- تعیین کرانه‌ی بالا و پایین شاخص ارزیابی لرزه‌ای؛ (S_L و S_U)

ب- تعیین شاخص ارزیابی لرزه‌ای پایه؛ (S_B)

ج- تعیین نوع ساختمان.

در برخی مواقع به علت وجود ضعف‌های عمده و گسترده در سازه، توجیه فنی و اقتصادی برای ادامه‌ی مطالعات آسیب‌پذیری و طی مراحل بعدی وجود نخواهد داشت. بالعکس، در برخی مواقع به علت پایداری نسبی سازه، شایسته است که ساختمان از اولویت انجام مطالعات بهسازی لرزه‌ای خارج شود و نخست، سایر ساختمان‌ها که آسیب‌پذیری بیشتری در برابر زلزله دارند، مورد مطالعه قرار گیرند.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. No part of this book or any part thereof may be reproduced in any form without the written permission of the author

کرانه‌ی پایین شاخص ارزیابی لرزه‌ای (S_L)

در صورتیکه شاخص ارزیابی لرزه‌ای ساختمان از حدی پایینتر باشد، رفتار لرزه‌ای ساختمان نامطلوب ارزیابی شده و تنها با ارایه‌ی توجیه فنی، اقتصادی و ... ادامه‌ی مطالعات بهسازی لرزه‌ای امکانپذیر است. در این حالت باید مطالعه و بررسی گزینه‌ها و راهکارهای دیگر از قبیل تغییر کاربری، تخریب و نوسازی و ... مورد توجه قرار گیرد. در این دستورالعمل عدد صفر به عنوان کرانه‌ی پایین شاخص ارزیابی لرزه‌ای لحاظ می‌شود.

کرانه‌ی بالای شاخص ارزیابی لرزه‌ای (S_U)

در صورتیکه شاخص ارزیابی لرزه‌ای از حدی فراتر رود، نشانه‌ی پایداری نسبی و مناسب ساختمان در برابر زلزله است. در این حالت به منظور تخصیص مناسب‌تر و بهینه‌ی امکانات و اعتبارات، توصیه می‌شود ساختمان‌هایی که دارای شاخص ارزیابی لرزه‌ای بالایی هستند، از اولویت مطالعات بهسازی لرزه‌ای خارج شوند. در این دستورالعمل عدد سه به عنوان کرانه‌ی بالای شاخص ارزیابی لرزه‌ای لحاظ می‌شود.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

شاخص ارزیابی لرزه‌ای پایه (S_B)

کلیه‌ی ساختمان‌هایی که شاخص ارزیابی لرزه‌ای آنها بین کرانه‌ی پایین و بالای شاخص ارزیابی لرزه‌ای قرار گیرند، برای تعیین سطح آسیب‌پذیری لرزه‌ای نیازمند انجام مطالعات ارزیابی کیفی هستند. ارزیابی لرزه‌ای کیفی در دو سطح اولیه و تکمیلی صورت می‌گیرد. برای تعیین سطح مورد نیاز در مطالعات کیفی شاخصی تحت عنوان شاخص ارزیابی لرزه‌ای پایه تعریف می‌شود. ساختمان‌هایی که شاخص ارزیابی لرزه‌ای آنها از شاخص ارزیابی لرزه‌ای پایه کوچکتر باشد، آسیب‌پذیری لرزه‌ای آنها زیاد بوده و ارزیابی کیفی، در سطح اولیه و به منظور شناسایی بهتر رفتار لرزه‌ای ساختمان صورت می‌گیرد. در ساختمان‌هایی که شاخص ارزیابی از شاخص ارزیابی لرزه‌ای پایه بزرگتر است، در صورت پیشنهاد مشاور و تایید کارفرما برای تعیین دقیقتر سطح آسیبپذیری لرزه‌ای، ارزیابی کیفی در دو سطح اولیه و تکمیلی صورت می‌گیرد. در صورتیکه نتایج ارزیابی کیفی نشانگر آسیب‌پذیری لرزه‌ای کم این ساختمان‌ها باشد، نیازی به انجام مطالعات تفصیلی بهسازی لرزه‌ای نیست. عدد دو برای شاخص ارزیابی لرزه‌ای پایه در نظر گرفته شود.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

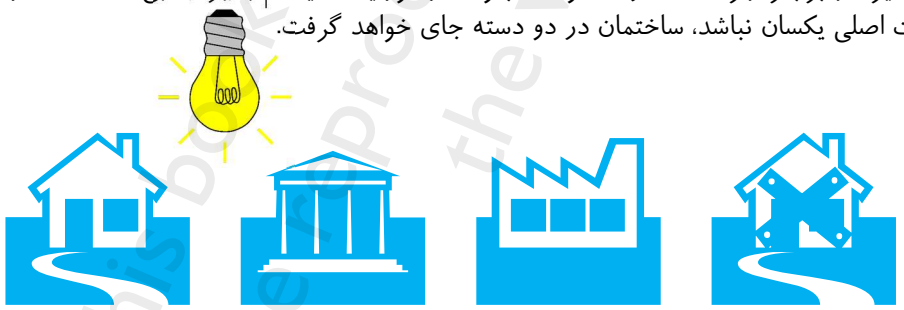
سطح آسیب‌پذیری لرزه‌ای	سطح آسیب‌پذیری لرزه‌ای	ادامه‌ی روند مطالعات بهسازی لرزه‌ای
آسیب‌پذیری کم	$S>S_U$	ساختمان از پایداری نسبی برخوردار است و پیشنهاد می‌شود از اولویت مطالعات بهسازی لرزه‌ای خارج شود. بنابراین نیازی به انجام مرحله‌ی ارزیابی کیفی نیست.
آسیب‌پذیری متوسط	$S_B<S<S_U$	ارزیابی دقیق آسیب‌پذیری ساختمان نیازمند مطالعات بیشتر است. پیشنهاد می‌شود پس از انجام ارزیابی کیفی اولیه، فرایند بهسازی لرزه‌ای در سطح تفصیلی صورت پذیرد. یا در صورت وجود مدارک فنی و پیشنهاد مشاور، ارزیابی کیفی در دو سطح اولیه و تکمیلی صورت گیرد و در صورت عدم مشاهده‌ی موارد نقص عمده، ساختمان از اولویت مطالعات بهسازی لرزه‌ای خارج شود.
آسیب‌پذیری زیاد	$S_L<S<S_B$	آسیب‌پذیری لرزه‌ای ساختمان زیاد است. پیشنهاد می‌شود ارزیابی کیفی در سطح اولیه صرفاً به منظور شناخت بهتر ساختمان صورت گیرد و فرایند بهسازی لرزه‌ای در سطح تفصیلی ادامه یابد.
آسیب‌پذیری بسیار زیاد	$S<S_L$	آسیب‌پذیری لرزه‌ای ساختمان بسیار زیاد است و نیازی به انجام ارزیابی کیفی نیست. پیشنهاد می‌شود ضمن بررسی راهکارهای دیگر ادامه‌ی فرایند بهسازی لرزه‌ای در سطح تفصیلی تنها با ارایه‌ی توجیه فنی و اقتصادی صورت پذیرد.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

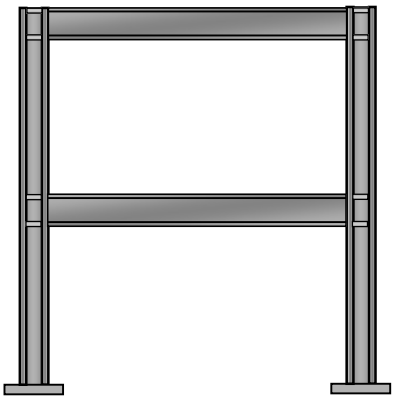
نوع ساختمان

ساختمان‌های متداول براساس نوع سیستم باربر جانبی به نُه دسته تقسیم‌بندی می‌شوند. با توجه به رفتار لرزه‌ای متفاوت هر یک ازسیستم‌های باربر جانبی در برابر زلزله، آسیب‌پذیری لرزه‌ای آنها نیز در برابر زلزله متفاوت خواهد بود. درصورتیکه سیستم باربر جانبی ساختمان در دو جهت اصلی یکسان نباشد، ساختمان در دو دسته جای خواهد گرفت.



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

ساختمان با سیستم قاب خمشی فولادی (S1)



این ساختمانها ترکیبی از قاب‌های متشکل از تیرها و ستون‌های فولادی هستند. مقاومت جانبی این ساختمان‌ها ناشی از قاب‌های خمشی است که سختی خود را توسط اتصالات صلب و نیمه‌صلب تامین می‌کنند. دیافراگم متداول در این ساختمان‌ها، دال بتنی، سقف مرکب، سقف تیرچه بلوک و سقف طاق‌ضربی است. طول دهانه‌های تیرها معمولاً یکنواخت و بین ۴ تا ۸ متر متغیر است. با توجه به ابعاد نسبی کوچک تیرها و ستون‌ها، مقاطع داخل دیوارها و سقف‌های معماری پنهان هستند. پی این ساختمانها به صورت منفرد، نواری، گسترده و حتی شمع ساخته می‌شود. این ساختمان‌ها به علت عدم دقت در اجرا، اتصالات تیر به ستون آنها بسیار آسیب‌پذیر هستند.

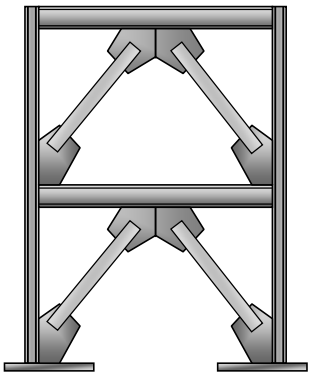
This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

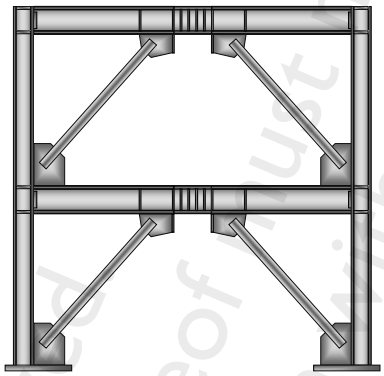
ساختمان با سیستم قاب فولادی مهاربندی‌شده (S2)

این ساختمان‌ها ترکیبی از قاب‌های متشکل از تیرها، ستون‌ها و مهاربندهای فولادی هستند. مقاومت جانبی این ساختمان‌ها عموماً توسط اعضای مهاربندها تامین می‌شود. مهاربندها نیروها را به نحوی بین تیرها و ستون‌های مرتبط با خود تقسیم می‌کنند که کل عناصر مرتبط، رفتاری مشابه خرپا از خود نشان داده و تنش‌های اصلی عناصر به صورت محوری ظاهر می‌شود. در صورتیکه مهاربندها، همانند مهاربندهای برون‌محور، به صورت قطری کامل نباشند، در برخی اعضا تنش‌های برشی و خمشی ایجاد می‌شود. گاهی با توجه به نوع اتصالات، قاب‌های فولادی نیز به صورت خمشی به عنوان سیستم ثانویه‌ی باربر جانبی وارد عمل می‌شوند. دیافراگم‌ها در این ساختمان‌ها وظیفه‌ی انتقال نیروی جانبی به قاب‌های مهاربندی شده را بر عهده دارند. دیافراگم متداول در این ساختمان‌ها، دال بتنی، سقف مرکب، سقف تیرچه بلوک و سقف طاق‌ضربی است. ابعاد تیرها و ستونها در این ساختمان‌ها معمولاً از ساختمان‌های نوع S1 کوچکتر است و بنابراین تیرها و ستون‌ها در داخل دیوارها و سقف‌های معماری پنهان هستند. پی این ساختمان‌ها به صورت منفرد، نواری، گسترده و شمع اجرا می‌شود. نتایج زلزله‌ها و تحقیقات اخیر نشان می‌دهد که این ساختمان‌ها در اتصالات مهاربند به ستون به علت ضعف در اجرا به ویژه در طبقات پایینی آسیب‌پذیر هستند.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission



Steel Concentric Braced Frame (CBF)



Steel Eccentrically Braced Frame (EBF)

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

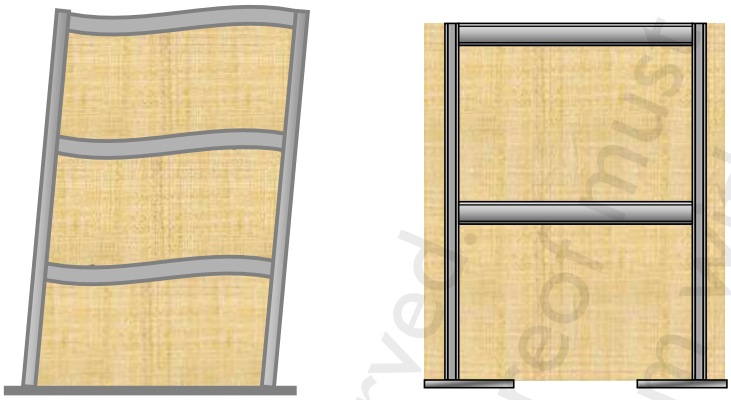
WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

ساختمان با سیستم قاب فولادی دارای دیوار برشی بتن مسلح (S3)

این ساختمان‌ها ترکیبی از قاب‌های متشکل از تیرها و ستون‌های فولادی به همراه دیوار برشی بتن مسلح هستند. مقاومت جانبی این ساختمان‌ها توسط دیوار برشی تامین می‌شود. قاب‌ها اغلب از تیرها، تیرورق‌ها و خرپاهای فولادی تشکیل شده‌اند. با توجه به نحوه‌ی اتصالات قاب‌های فولادی و سختی نسبی دیوار به قاب‌ها، ممکن است قاب‌های خمشی فولادی نیز به عنوان سیستم ثانویه‌ی باربر جانبی وارد عمل شوند. دیافراگم متداول در این ساختمان‌ها، دالهای بتنی و سقف‌های تیرچه بلوک است. استفاده از این نوع سیستم ساختمانی رواج چندانی نداشته و تنها در برخی ساختمان‌های بلندمرتبه از آن استفاده می‌شود. در اکثر موارد دیوارهای برشی در اطراف راه‌پله و آسانسور قرار داشته و با نازک‌کاری معماری پوشانده شده‌اند. وجود دیوارهای داخلی با ضخامت بیش از ۲۰ سانتیمتر می‌تواند نشانه‌ای از به‌کارگیری دیوار برشی در ساختمان باشد. پی‌های این ساختمان‌ها به صورت نواری، گسترده و شمع اجرا می‌شود. نتایج زلزله‌ها و تحقیقات اخیر نشان می‌دهد که این ساختمان‌ها در اتصال تیرهای فولادی به دیوار برشی به شدت آسیب‌پذیر هستند. همچنین ایجاد ترک‌های گسترده‌ی برشی در محل بازشوهای دیوار برشی پس از زلزله قابل پیش‌بینی است.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

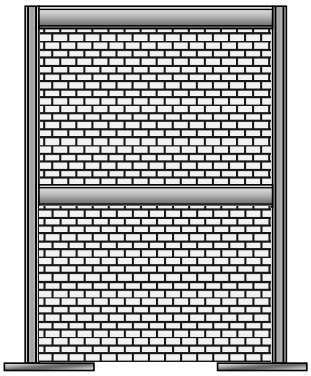
ساختمان با سیستم قاب ساده‌ی فولادی دارای میانقاب (S4)

این ساختمان‌ها ترکیبی از قاب‌های متشکل از تیرها و ستون‌های فولادی به همراه دیوارهای با مصالح بنـایی هسـتند. منظـور از دیوارهای با مصالح بنایی، دیوارهایی است که با آجر یا بلوک سیمانی ساخته شده‌اند. مقاومت جانبی این ساختمان‌ها توسط انـدرکنش قاب و میانقاب تامین می‌شود. رفتار ترکیبی این مجموعه بیشتر مشابه قاب‌های توام با دیوار برشی است. میانقاب‌هایی که بـه طـور مناسب در داخل قاب مهار شده باشند، تشکیل عناصر مجازی فشاری در راستای قطـری مـی‌دهنـد. در حـالیکـه ایـن رفتـار بـرای میانقاب‌هایی که خارج از صفحه‌ی قاب بارگذاری شده‌اند، متصور نیست. مقاومت میانقاب بستگی مستقیم به مقاومت برشی دیـوار در محل بندهای افقی یا مقاومت فشاری مصالح بنایی دارد. اغلب ضخامت دیوارهای میانقاب از دو یا سه رج مصالح بنایی تشکیل شـده و بنابراین ضخامت قابل توجهی دارد. درصورتیکه ساختمان‌های با اتصالات خُرجینی دارای میانقاب باشند، می‌توان آنهـا را در ایـن دسته جای داد. دیافراگم متداول در این ساختمان‌ها، دال بتنی، سقف مرکب، سقف تیرچه بلوک و سقف طاق‌ضربی است. اسـتفاده از این سیستم در ساختمان‌های قدیمی بسیار رایج بوده است. ستون‌های فولادی به شدت لاغر بوده و در میان دیوارهـای بنـایی قطـور پنهان هستند.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

پی این ساختمان‌ها اغلب به صورت منفرد و نواری اجرا می‌شود. نتایج زلزله‌ها و تحقیقات اخیر نشان می‌دهد کـه ایـن ساختمان‌ها در تامین مقاومت برشی ملات دچار ضعف هستند. میان‌قاب‌ها تحت نیروهای جانبی تمایل بـه شکسـت خـارج از صـفحه دارند که به علت ضعف نسبی در اجرای اتصالات مصالح بنایی به ستون‌ها و تیرها باعث ایجاد ضعف در رفتار میان‌قاب‌ها می‌شود.



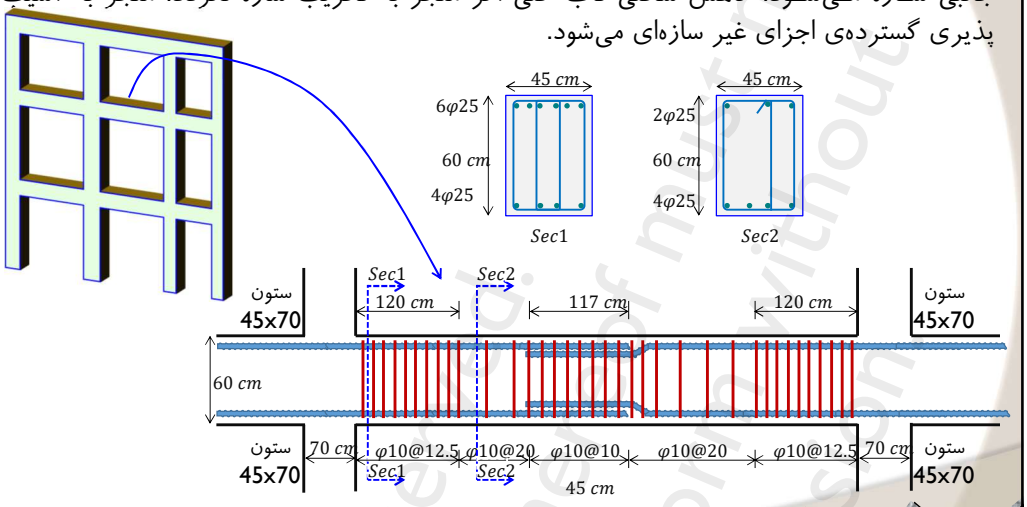
 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

ساختمان با سیستم قاب خمشی بتنی (C1)

این ساختمان‌ها از تیرها و ستون‌های بتن مسلح درجا ریخته شده تشکیل شده‌اند. بارهای جانبی توسط قاب‌های خمشی بتنـی بـا اتصالات تیر- ستون یکپارچه تحمل می‌شوند. سازه‌های جدیدتر این دسته دارای آرماتورگذاری ویژه در محل اتصـال تیـر و سـتون و خاموت‌های با فواصل کم هستند، که در عملکرد شکل‌پذیر قاب به شدت تاثیرگذار است. در حالیکه در ساخت و سازهای قدیمتر این ضوابط رعایت نمی‌شده است. دیافراگم این ساختمان‌ها اغلب از دال‌های بتنی، سقف‌های تیرچه بلـوک و دال مشـبک تشـکیل شـده است. در ساختمان‌های کوتاه‌مرتبه و میان‌مرتبه استفاده از این نوع ساختمان رواج زیادی دارد. طول دهانه‌های تیرها معمولاً یکنواخت و بین ۴ تا ۸ متر متغیر است. ساختمان‌های این دسته دارای بزرگترین ابعاد نسبی تیرها و ستون‌ها هستند و بنابراین مقاطع دیوارها و ستون‌های آن در معماری آشکار است. پی این ساختمان‌ها به صورت منفرد، نواری، گسـترده و حتـی شـمع سـاخته مـی‌شـود. نتـایج زلزله‌ها و تحقیقات اخیر نشان می‌دهد که عدم رعایت جزییات و ضوابط آرماتوربندی، ضعف عمده‌ی این سازه‌ها در برابر زلزله اسـت. در بسیاری از موارد، فاصله‌ی زیاد خاموت‌ها در ستون موجب کاهش محصورشدگی بـتن شـده و منجـر بـه شکسـت برشـی سـتون می‌شود.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

همچنین، کمبود میلگرد طولی و یا عدم رعایت طول مهاری در تیرها سبب کاهش سختی و مقاومت جانبی سازه می‌شود. کاهش سختی قاب حتی اگر منجر به تخریب سازه نگردد، منجر به آسیب پذیری گسترده‌ی اجزای غیر سازه‌ای می‌شود.

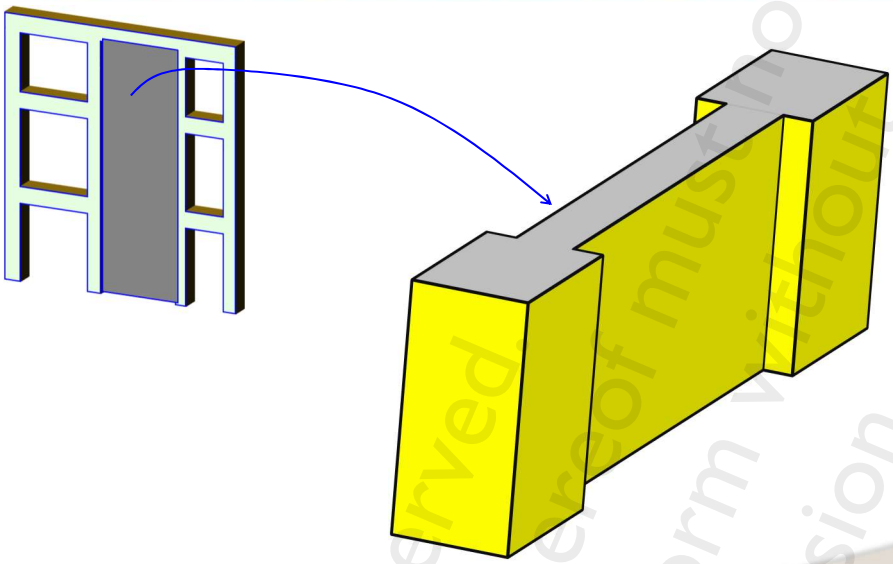


 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

ساختمان با سیستم قاب بتنی دارای دیوار برشی بتنی (C2)

این ساختمان‌ها ترکیبی از قاب‌ها و دیوارهای برشی بتنی هستند. مقاومت جانبی این ساختمان‌ها عمدتاً توسط دیوار برشی تامین می‌شود. با توجه به سختی دیوار برشی نسبت به قاب‌ها، قاب‌های خمشی نیز به عنوان سیستم ثانویه در تحمل نیروهای جانبی نقش دارند. دیوارهای برشی اغلب به صورت متمرکز در برخی نقاط سازه به ویژه در اطراف راه‌پله و آسانسور قرار داده می‌شوند و با نازک‌کاری معماری پوشانده می‌شوند. ضخامت این دیوارها حداقل ۱۵ سانتیمتر است. در ساخت و سازهای قدیمتر میزان آرماتور دیوارهای برشی بسیار کمتر از سازه‌های جدید در نظر گرفته می‌شده است. صلبیت این سیستم در برابر بارهای جانبی بسیار زیاد است. ابعاد تیرها و ستون‌ها در این ساختمان‌ها نسبت به ساختمان نوع C1 کوچکتر است. دیافراگم این ساختمان‌ها معمولاً از دال بتنی، سقف‌های تیرچه بلوک و دال مشبک تشکیل شده است. استفاده از این سیستم در ساختمان‌های بلندمرتبه‌ی بتنی رواج زیادی دارد. پی‌های این ساختمان‌ها به صورت نواری، گسترده و شمع اجرا می‌شوند. نتایج زلزله‌ها و تحقیقات اخیر نشان می‌دهد که این ساختمان‌ها در جریان زلزله عملکرد مناسبی از خود نشان می‌دهند. عمده‌ی خسارت‌های وارده به این ساختمان‌ها به علت وجود شرایط نامنظمی در پلان و محل نامناسب استقرار دیوارهای برشی، اتصال نامناسب دیوارها به دال سقف و عدم وجود اجزای لبه در دیوارهای برشی است.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

ساختمان با سیستم قاب ساده‌ی بتنی دارای میانقاب (C3)

این ساختمان‌ها ترکیبی از قاب‌های بتنی به همراه دیوارهای بـا مصـالح بنـایی هسـتند. منظـور از دیوارهـای بـا مصـالح بنـایی، دیوارهایی است که با آجر یا بلوک سیمانی ساخته شده‌اند. ساختمان‌های با سیستم قاب خمشـی بتنـی را کـه اجـزا و اتصـالات آن بسیار ضعیف بوده و توانایی انتقال نیروهای جانبی ناشی از زلزله را ندارند، می‌توان سیستم قاب ساده‌ی بتنی درنظر گرفـت. مقاومـت جانبی این ساختمان‌ها توسط اندرکنش قاب‌ها و میانقاب‌هایی که به طور مناسب در داخل قاب مهار شده‌اند و تشکیل عناصر مجازی فشاری قطری را می‌دهند، تامین می‌شود. روشن است که این عملکرد برای میان‌قاب‌های خارج از صفحه یا میانقاب‌هایی که بـه طـور مناسب با عناصر قاب درگیر نشده‌اند، متصور نخواهد بود. مقاومت تامین شده‌ی میان‌قاب‌ها بستگی مستقیم به مقاومت برشی دیـوار در محل بندهای افقی و مقاومت اجزای مصالح بنایی دارد. ضخامت دیوارهای میانقاب اغلب از دو یا سه رج مصالح تشکیل شده است و ضخامت قابل توجهی را تشکیل می‌دهد. پی این ساختمان‌ها به صورت منفرد و نواری اجرا می‌شود. نتایج زلزله‌هـا و تحقیقـات اخیـر نشان می‌دهد، که میانقاب‌ها تحت نیروهای جانبی تمایل به شکست خارج از صفحه دارند. معمولاً اتصالات مصالح بنایی به ستونهـا و تیرها ضعیف بوده و به راحتی جدا می‌شوند و باعث ایجاد ضعف در عملکرد میانقاب می‌شوند.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

ساختمان با سیستم قاب پیش‌ساخته‌ی بتنی (PC)

این ساختمان‌ها از تیرها، ستون‌ها و دیوارهای بتنی پیش‌ساخته تشکیل شده‌اند. عملکرد لرزه‌ای این ساختمانها بسیار متغیر بوده و بستگی مستقیم به شرایط ساخت و نحوه‌ی اجرای جزییات دارد. دیافراگم‌ها معمولاً از کف‌های ساخته‌شده از قطعات تیرهای بتنی پیش‌ساخته، تیرهای T شکل یا جفت T شکل تشکیل شده است که بر تیرها و ستون‌های پیش‌ساخته تکیه داده می‌شوند. برای اتصال قطعات مختلف و رفتار یکپارچه‌ی سقف از قطعات جوش‌شده، دال‌های رویه‌ی بتنی مسلح درجا ریخته‌شده یا نوارهای تکمیلی درجاریخته‌شده یا پیش‌ساخته، استفاده می‌شود. پی این ساختمان‌ها اغلب به صورت منفرد و نواری اجرا می‌شود. نتایج زلزله‌ها و تحقیقات اخیر حاکی از این است که ضعف در اتصالات عناصر کف و ستون‌ها به علت کمبود مساحت برشی و خوردگی قطعات اتصالی اعضا در این ساختمان‌ها از عمده‌ترین نقاط ضعف این سیستم‌ها است.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

ساختمان کوتاه‌مرتبه بدون سیستم باربر جانبی

ساختمان‌های فولادی سه طبقه یا کمتر با اتصالات ساده یا خُرجینی که فاقد میان‌قاب هستند و توانایی مقاومت در برابر بارهای جانبی را ندارند، در این دسته جای می‌گیرند. اغلب این ساختمان‌ها رفتار بسیار ضعیفی در برابر زلزله از خود نشان می‌دهند. این ساختمان‌ها نیازی به طی مراحل ارزیابی چشمی و کیفی ندارند. مشاور می‌بایست با توجه به نقصان‌های موجود که تاثیرگذار بر عملکرد لرزه‌ای ساختمان است، تصمیم به ادامه‌ی فرایند مطالعات بهسازی لرزه‌ای یا خارج کردن آن از این فرایند نماید. برخی از مواردی که می‌تواند در این تصمیم‌گیری مورد توجه قرار گیرد عبارت هستند از:

۱- وجود طبقه‌ی نرم؛ ۲- نامنظمی در پلان یا ارتفاع؛ ۳- نوع سقف و دیافراگم؛ ۴- نوع خاک؛ ۵- عمر ساختمان؛ ۶- اضافه‌بنای الحاقی

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

ارزیابی چشمی

نتایج ارزیابی لرزه‌ای چشمی در برگه‌ی اسلاید بعد (پیوست یک نشریه ۳۶۴)، ثبت می‌شود. برای تکمیل برگه‌ی ارزیابی لرزه‌ای چشمی موارد دهگانـه زیـر می‌بایست انجام شوند:

۱- ثبت مشخصات عمومی ساختمان و ارزیاب؛ ۲- ترسیم کروکی نما و پلان ساختمان؛

۳- تهیه عکس از ساختمان؛ ۴- تعیین اهمیت ساختمان مطابق استاندارد ۲۸۰۰؛

۵- تعیین نوع خاک مطابق استاندارد ۲۸۰۰؛ ۶- بررسی خطر سقوط اجزای غیرسازه‌ای؛

۷- تعیین سیستم باربر جانبی و مشخص نمودن نمره‌ی پایه؛

۸- تخصیص نمره‌های عملکرد لرزه‌ای ساختمان؛

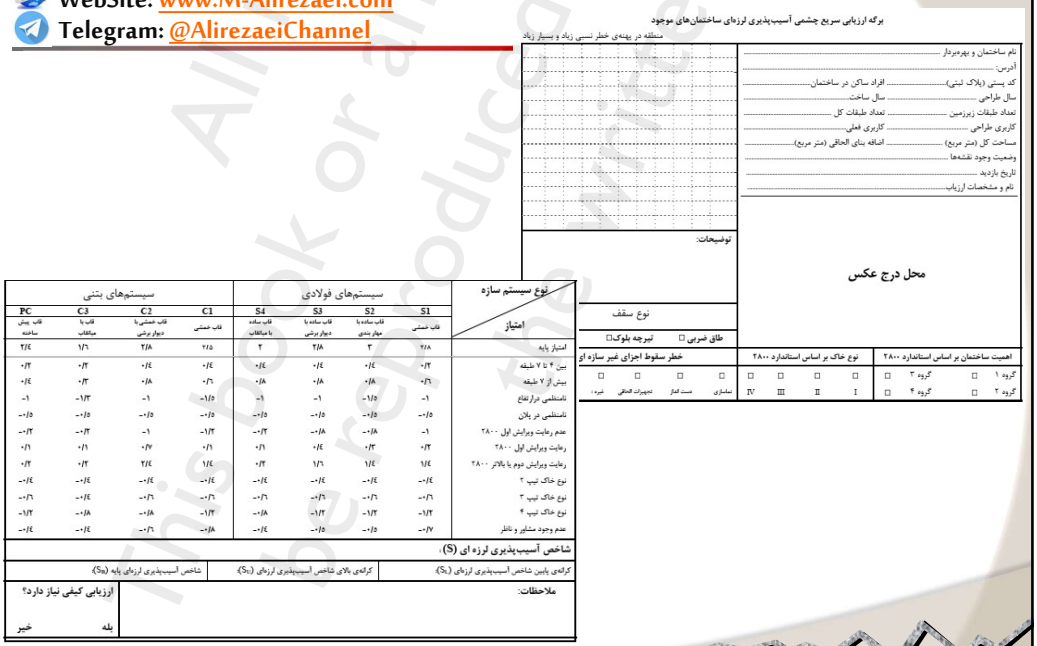
۹- محاسبه‌ی شاخص ارزیابی لرزه‌ای ؛

۱۰- درج مواردی که در برگه پیشبینی نشده است و مشخص کردن نتیجه‌ی ارزیابی

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

Version: 1.2

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel



برگه ارزیابی سریع چشمی آسیب‌پذیری لرزه‌ای ساختمان‌های موجود

منطقه در پهنه‌ی خطر نسبی زیاد و بسیار زیاد

نام ساختمان و بهره‌بردار:
آدرس:
کد پستی (پلاک ثبتی): افراد ساکن در ساختمان:
سال طراحی: سال ساخت:
تعداد طبقات زیرزمین: تعداد طبقات کل:
کاربری طراحی: کاربری فعلی:
مساحت کل (متر مربع): اضافه بنای الحاقی (متر مربع):
وضعیت وجود نقشه‌ها
تاریخ بازدید:
نام و مشخصات ارزیاب:

محل درج عکس

توضیحات:

نوع سقف
طاق ضربی ☐ تیرچه بلوک ☐

خطر سقوط اجزای غیر سازه ای: ☐ نما ☐ مست انداز ☐ تجهیزات انتهایی ☐ غیره:

نوع خاک بر اساس استاندارد ۲۸۰۰: ☐ I ☐ II ☐ III ☐ IV سایری

اهمیت ساختمان بر اساس استاندارد ۲۸۰۰: ☐ گروه ۱ ☐ گروه ۲ ☐ گروه ۳

نوع سیستم سازه / امتیاز	سیستم‌های فولادی			سیستم‌های بتنی			
	S1 قاب خمشی	S2 قاب ساده با مهار بندی	S3 قاب ساده با دیوار برشی	S4 قاب ساده یا با میانقاب	C1 قاب خمشی	C2 قاب خمشی یا دیوار برشی	C3 قاب یا میانقاب	PC قاب پیش ساخته
امتیاز پایه	۲/۸	۳	۲/۸	۲	۲/۵	۲/۸	۱/۶	۲/۴
بین ۴ تا ۷ طبقه	-/۴	-/۴	-/۴	-/۴	-/۴	-/۴	-/۳	-/۳
بیش از ۷ طبقه	-/۶	-/۸	-/۸	-/۸	-/۶	-/۸	-/۳	-/۴
نامنظمی در ارتفاع	-۱	-۱/۵	-۱	-۱	-۱/۵	-۱	-۱/۳	-۱
نامنظمی در پلان	-/۵	-/۵	-/۵	-/۵	-/۵	-/۵	-/۵	-/۵
عدم رعایت ویرایش اول ۲۸۰۰	-۱	-/۸	-/۸	-/۲	-۱/۲	-۱	-/۳	-/۳
رعایت ویرایش اول ۲۸۰۰	-/۳	-/۳	-/۴	-/۱	-/۱	-/۷	-/۱	-/۱
رعایت ویرایش دوم یا بالاتر ۲۸۰۰	۱/۴	۱/۴	۱/۶	-/۲	۱/۴	۲/۴	-/۲	-/۲
نوع خاک تیپ ۲	-/۴	-/۴	-/۴	-/۴	-/۴	-/۴	-/۴	-/۴
نوع خاک تیپ ۳	-/۶	-/۶	-/۶	-/۶	-/۶	-/۶	-/۴	-/۶
نوع خاک تیپ ۴	-۱/۲	-۱/۲	-۱/۲	-/۸	-۱/۲	-/۸	-/۸	-۱/۲
عدم وجود مشاور و ناظر	-/۷	-/۵	-/۵	-/۴	-/۸	-/۶	-/۴	-/۴

شاخص آسیب‌پذیری لرزه ای (S):

کرانه‌ی پایین شاخص آسیب‌پذیری لرزه‌ای (S_L) | کرانه‌ی بالای شاخص آسیب‌پذیری لرزه‌ای (S_U) | شاخص آسیب‌پذیری لرزه‌ای پایه (S_a)

ملاحظات:

ارزیابی کیفی نیاز دارد؟ بله ☐ خیر ☐

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

Version: 1.2

All rights reserved. No part of this book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

ارزیابی کیفی

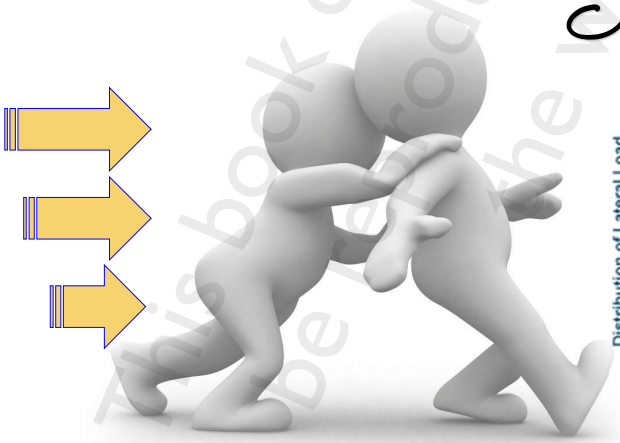
ارزیابی لرزه‌ای کیفی به منظور شناسایی سریع عملکرد لرزه‌ای ساختمان‌ها در قالب برگه‌های از پیش طراحی‌شده صورت می‌گیرد. این ارزیابی با توجه به شرایط ساختمان می‌تواند در دو سطح اولیه و تکمیلی صورت پذیرد. پیش از ارزیابی مروری بر مدارک اولیه‌ی در دسترس ساختمان در زمینه‌ی طراحی، اجرا، تعمیر و نگهداری باید صورت گیرد. ارزیاب در حین بازرسی موظف به کنترل تطابق کلیات مدارک با ساختمان اجرا شده است. وجود هرگونه تغییرات فاحش در مدارک موجود با بازرسی‌های انجام‌شده، باید به صورت مستند در ارزیابی کیفی ذکر شود.

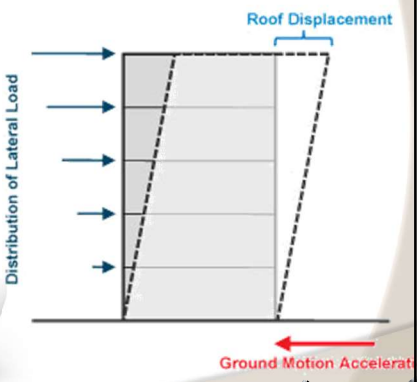
This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

فصل سوم

روش‌های تحلیل





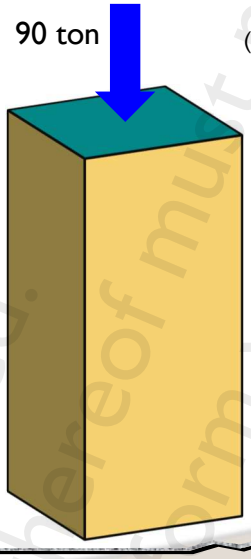
Base on ASCE 41-17 and No 360

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

برخی تعاریف مهم:

۱- ظرفیت (Capacity)

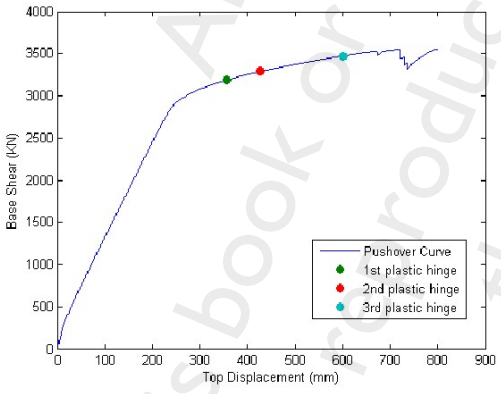
۲- نیاز (Demand)



مثلا، ظرفیت این ستون ۱۰۰ تن است. نیاز طراحی آن ۹۰ تن است.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel



برخی تعاریف مهم:

۳- منحنی ظرفیت (Capacity Curve)

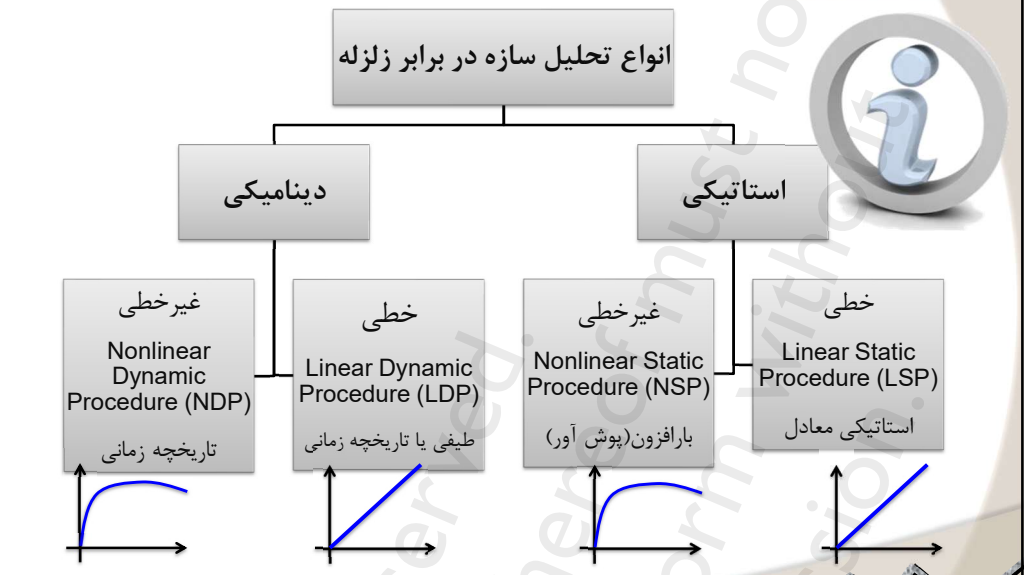
۴- خطر لرزه ای (Seismic Hazard)

۵ تغییرمکان هدف (Target Displacement)

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

روش‌های تحلیل



This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

بطور کلی روش‌های تحلیل خطی هنگامی مناسب هستند که هنگام زلزله رفتار اجزاء سازه در محدوده خطی قرار داشته باشد و یـا 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 می‌توان از روش‌های تحلیل خطی استفاده نمود.

روش‌های تحلیل استاتیکی هنگامی مناسب هستند که پاسخ سازه هنگام زلزله عمدتاً ناشی از ارتعاش در مود اول باشد یا به عبارت دیگر اثر مودهای بالاتر قابل توجه نباشد. هنگامی اثر مودهای بالاتر از مود اول قابل توجه نیست که ساختمان کوتاه و منظم باشد. لذا برای ساختمان‌های بلند و ساختمان‌های نامنظم لازم است از روش‌های تحلیل دینامیکی استفاده شود.

روش تحلیل استاتیکی غیر خطی برای اکثر ساختمان‌ها قابل استفاده است اما برای ساختمان‌هایی که اثر مودهای بالاتر از مـود اول قابل توجه باشد، لازم است در کنار این روش از روش تحلیل دینامیکی خطی نیز استفاده شود.

روش تحلیل دینامیکی غیرخطی برای تمام ساختمان‌ها قابل استفاده است. اما نظر به اینکه نتایج حاصل از ایـن روش حسـاس بـه شتاب نگاشت انتخاب شده برای تحلیل و مدل رفتار غیرخطی مصالح و اجزاء سازه می‌باشد لازم است کنترل و تفسـیر نتـایج حاصـل توسط افراد مجرب انجام گیرد.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

اعضای اصلی و غیراصلی

اعضای سازه‌ای که در سختی جانبی و یا توزیع نیروها در سازه موثرند و یا در اثر تغییرمکان جانبی سازه تحت تاثیر نیرو قرار می‌گیرند، به دو گروه اصلی و غیراصلی تقسیم می‌شوند. اعضای اصلی، اعضایی هستند که برای تحمل بار جانبی جهت رسیدن به سطح عملکرد مورد نظر نیاز می‌باشند. اعضایی که برای تحمل بار جانبی جهت رسیدن به سطح عملکرد مورد نظر، نیاز نمی‌باشند، می‌توانند به عنوان اعضای غیراصلی در نظر گرفته شوند. ملاحظات زیر باید در نظر گرفته شود:

۱- اعضای اصلی باید برای نیروها و تغییرشکل‌های ناشی از زلزله در ترکیب با بارهای ثقلی و اعضای غیراصلی باید برای تغییرشکل‌های ناشی از زلزله در ترکیب با آثار بار ثقلی ارزیابی شوند.

۲- در تحلیل‌های خطی، فقط سختی و مقاومت اعضای اصلی در نظر گرفته شود. چنانچه جمع سختی جانبی اعضای غیراصلی از ۲۵٪ جمع سختی جانبی اعضای اصلی ساختمان تجاوز نماید، باید تعدادی از آنها را جزء اعضای اصلی محسوب نمود تا آنجا که این نسبت کمتر از ۲۵٪ شود. چنانچه در نظر گرفتن یک عضو غیراصلی در مدل سبب افزایش نیرو یا تغییرشکل‌ها در یک عضو اصلی شود، باید آن عضو به عنوان عضو اصلی در مدل اضافه شود.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

۳- دسته‌بندی اعضای سازه به عنوان اعضای اصلی و غیراصلی نباید به گونه‌ای انجام شود که ساختمان نامنظم به ساختمان منظم تبدیل شود.

۴- در تحلیل‌های غیرخطی، سختی و مقاومت هر دو گروه اعضای اصلی غیراصلی و همچنین تغییرات مقاومت و سختی این اعضا در اثر زوال چرخه‌ای باید در مدل وارد شود.

۵- هرگاه جمع سختی جانبی اجزای غیرسازه‌ای بیشتر از ۱۰٪ سختی جانبی کل در هر طبقه باشد در روش‌های تحلیل غیرخطی باید اثر آنها در مدل سازه در نظر گرفته شود.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

ASCE41-17

Mathematical models for use with linear analysis procedures shall include the stiffness and resistance of only the primary components. If the total initial lateral stiffness of secondary components in a building exceeds 25% of the total initial lateral stiffness of primary components, some secondary components shall be reclassified as primary to reduce the total stiffness of secondary components to less than 25% of the primary components. If the inclusion of a secondary component increases the force or deformation demands on a primary component, the secondary component shall be reclassified as primary and included in the model.

Mathematical models for use with nonlinear procedures shall include the stiffness and resistance of primary and secondary components. The strength and stiffness degradation of primary and secondary components shall be modeled explicitly. Nonstructural components shall be classified as structural components and shall be included in mathematical models if their lateral stiffness or strength exceeds 10% of the total initial lateral stiffness or expected strength of a story, respectively. Components shall not be selectively designated primary or secondary to change the configuration of a building from irregular to regular.

صفحه ۱۲۷ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

تعیین اعضای غیـر اصـلی در سـازه بستگی به قضاوت مهندسی دارد، اما به طور کلی می‌توان دو روند اصلی را برای تعیین اعضای غیراصلی مدنظر قرار داد:

۱- اعضایی را که به نظر می‌رسد در طراحی اولیه جزو سیستم باربر جانبی اصلی منظور نشده‌اند را می‌تـوان اعضـای غیـراصلی فرض کرد. انتظار می‌رود که حذف چنین اعضایی از سازه خللی در سیستم باربر جانبی ایجاد نکند. به عنوان مثال تیغه‌های داخلی یا پوشش دال یا لنگر خمشی پای ستونی که در طراحی مفصل در نظر گرفته شده است، مقداری سختی جـانبی در سـازه ایجاد می‌کنند اما در طراحی اولیه سازه معمولا از مقاومت جانبی آنها صرف نظر می‌شود.

۲- برخی از اعضا تحت بار جانبی تغییرشکل‌هایی را متحمل می‌شوند که بیش از ظرفیـت آنهـا اسـت و بسـیار زودتـر از اعضای دیگر باربری جانبی خود را از دست می‌دهند. در چنین شرایطی طراح می‌تواند این اعضا را غیراصـلی فـرض کـرده و بـه آنها اجازه‌ی تغییر شکل همساز با سازه بدهد، مشروط بر آنکه این تغییرشکل‌ها و خرابی احتمالی ناشی از آن منجر بـه کـاهش باربری قائم و جانبی سایر اعضا نشود. به عنوان مثال تیر همبند در دیوارهای همبسته می‌تواند به عنوان عضو غیراصلی محسوب شود در صورتیکه پس از تغییرشکل‌های زیاد و خارج شدن از سیستم باربرجانبی، دیوارها همچنان باربری جانبی را تامین کنند.

صفحه ۱۲۸ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2

در تحلیل خطی فقط اعضای اصلی مدل می‌شوند و اعضای غیراصلی فقط برای تغییر شکل‌های حاصل از تحلیل کنترل می‌شوند، زیرا اعضای غیراصلی معمولاً تحت بارهای رفت و برگشتی کاهش سختی و مقاومت قابل توجهی خواهند داشت و به سرعت از سیستم باربری جانبی خارج می‌گردند. اما در تحلیل غیرخطی تمام اعضای اصلی و غیراصلی مدل شده و اثر کاهش مقاومت و سختی اجزاء (کاهندگی) در مدل وارد می‌شود. در تحلیل خطی سختی جانبی اعضای غیراصلی نباید بیش از ۲۵ درصد سختی اعضای اصلی باشد. بنابراین چنانچه سختی اعضای غیراصلی بیشتر از ۲۵ درصد باشد باید تعدادی از اعضای غیراصلی، اصلی محسوب شوند و در مدل وارد گردند تا آنجا که سختی اعضای غیراصلی باقیمانده کمتر از ۲۵ درصد سختی اعضای اصلی شود. برای این منظور لازم است ابتدا اعضای غیر اصلی نیز در مدل وارد شده و نسبت سختی آنها به اعضای اصلی تعیین شود. سپس به تدریج این اعضا از مدل حذف شوند.

علت انتخاب حداکثر ۲۵ درصد سختی جانبی برای اعضای غیراصلی آن است که این اعضا تحت بارهای رفت و برگشتی ناشی از زلزله به سرعت سختی و مقاومت جانبی خود را از دست می‌دهند و موجب بی‌نظمی شدید و تمرکز نیروها و تغییر شکل‌ها در اعضای اصلی می‌گردند. لذا سختی آنها باید محدود گردد. به‌عنوان مثال دیوارهای داخلی می‌توانند اثر قابل ملاحظه‌ای در سختی جانبی داشته باشند اما در ابتدای اعمال بارهای رفت و برگشتی ناشی از زلزله ممکن است خراب شوند.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

جدول (۲-۱): ضوابط مدل‌سازی اعضای اصلی و غیراصلی

نوع تحلیل	نحوه‌ی مدل‌سازی اعضای اصلی و غیر اصلی	ضوابط کنترل‌کننده
خطی	می‌توان اعضای غیر اصلی را از مدل سازه حذف نمود.	چنان‌چه جمع سختی جانبی اعضای غیراصلی از ۲۵٪ جمع سختی جانبی اعضای اصلی ساختمان تجاوز نماید، باید تعدادی از آن‌ها را جزء اعضای اصلی محسوب نمود تا آن‌جا که این نسبت کم‌تر از ۲۵٪ شود. چنانچه حذف برخی از اعضای غیراصلی از مدل سبب کاهش نیرو یا تغییرشکل‌ها در اعضای اصلی سازه شود، باید آن اعضا مجددا به مدل اضافه شوند. دسته بندی اعضای سازه به اعضای اصلی و غیر اصلی نباید به گونه‌ای انجام شود که ساختمان نامنظم به ساختمان منظم تبدیل شود.
غیرخطی کامل	هر دو گروه اعضای اصلی و غیراصلی با مدل رفتاری کامل آن‌ها باید در مدل وارد شوند.	دسته‌بندی اعضای سازه به اعضای اصلی و غیراصلی نباید به گونه‌ای انجام شود که ساختمان نامنظم به ساختمان منظم تبدیل شود.
غیرخطی ساده‌شده	می‌توان فقط اعضای اصلی را مدل نمود و در مدل رفتاری آن‌ها از اثر کاهندگی صرف‌نظر نمود.	

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

مدلسازی اتصالات:

در تحلیل‌های غیرخطی، در صورت وجود هر یک از شرایط زیر اتصال باید بصورت صریح مدلسازی شود:

۱- اتصال ضعیف‌تر و یا دارای شکل پذیری کمتر از اعضای متصل شوند باشد.

۲- در نظر گرفتن انعطاف پذیری اتصال باعث تغییر بیش از ۱۰٪ در مقادیر نیرو و تغییرشکل شود.

پیکربندی ساختمان:

از نظر پیکربندی، ساختمان به دو دسته ساختمان منظم و نامنظم تقسیم می‌شود ساختمان منظم، باید ضوابط آخرین ویرایش استاندارد ۲۸۰۰ را برآورده نماید. تجربیات بدست آمده از زلزله‌های اخیر حاکی از آن است که ساختمان‌های نامنظم نسبت به ساختمان‌های منظم دارای رفتار نامناسبتری بوده‌اند، لذا یکی از اهداف بهسازی می‌تواند کاستن از نامنظمی ساختمان باشد. برای این منظور می‌توان تغییر در سیستم باربری جانبی و یا توزیع جرم در ساختمان را در نظر گرفت.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

پیچش:

چنانچه دیافراگم‌های کف از نوع نیمه صلب و یا صلب محسوب شوند، مقدار لنگر پیچشی در هر طبقه برابر با مجموع مقادیر پیچش واقعی و پیچش اتفاقی در نظر گرفته می‌شود. اما در ساختمان‌های با دیافراگم نرم محاسبه پیچش لازم نیست.

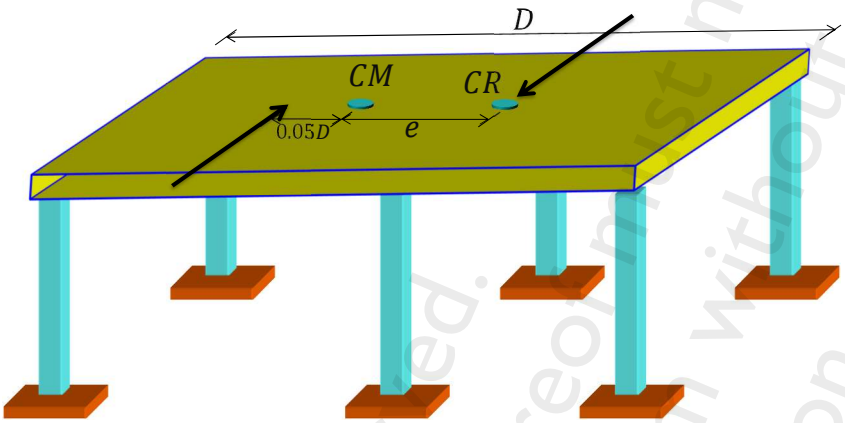
پیچش واقعی:

مقدار پیچش واقعی در هر طبقه ساختمان برابر با مجموع حاصلضرب نیروهای جانبی طبقات فوقانی در فاصله افقی مرکز جرم آن طبقات در جهت عمود بر راستای بار، نسبت به مرکز صلبیت طبقه مورد بررسی می‌باشد. پیچش واقعی به دلیل عدم انطباق مرکز سختی و جرم سازه ایجاد می گردد.

پیچش تصادفی:

این پیچش ناشی از خروج از مرکزیت اتفاقی جرم بوده و با درنظر گرفتن خروج از مرکزیتی برابر با ۵٪ بعد ساختمان در امتداد عمود بر راستای بار جانبی محاسبه می‌شود.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission



در حالتی که مدلسازی سه بعدی و تحلیل غیرخطی باشد و دو سطح خطر زلزله (یا بیشتر) مورد استفاده قرار گرفته، پیچش تصادفی تنها برای زلزله با سطح خطر بیشتر بکار رود کافی است.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

پیچش اتفاقی به دلایل زیر ممکن است بوجود آید:

۱- خطا در محاسبه مرکز سختی و مرکز جرم مدل؛

۲- جابجایی احتمالی بارهای زنده و تجهیزات در طول دوره بهره‌برداری از ساختمان ؛

۳- عدم در نظر گرفتن مؤلفه پیچشی ارتعاشات زمین در تحلیل

چنانچه نسبت نیروی وارده به ظرفیت باربری جانبی اعضای سازه در نقاط مختلف متفاوت باشد اعضای ضعیف‌تر زودتر ترک خورده یا تسلیم می‌شوند و سختی آنها کاهش می‌یابد. به این ترتیب مرکز سختی نیز جابجا می‌شود. این جابجایی می‌تواند در جهت افزایش یا کاهش اثر پیچش باشد اما از آنجا که به دلیل پیچش در اعضای دورتر از مرکز سختی، نیروی بیشتری ایجاد می‌گردد سختی این اعضا زودتر از بقیه اعضا کاهش می‌یابد و مرکز سختی از این اعضا دورتر شده و پیچش تشدید می‌گردد. از آنجا که در تحلیل خطی این پدیده مدل نمی‌شود، اثر آن با ضریب A که در ادامه به آن اشاره شده، اعمال می‌گردد.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

ملاحظات خاص پیچش:

۱- نیروها و تغییرمکان‌های افزایش یافته ناشی از پیچش واقعی باید در کلیه ساختمان‌ها در نظر گرفته شود.

۲- ضریب تغییرمکان η (بخوانید اتا) در هر طبقه به صورت نسبت حداکثر تغییرمکان افقی به تغییرمکان متوسط محاسبه گردد.

$$\eta = \frac{\delta_{max}}{\delta_{ave}}$$

۳- اگر تحت کل لنگر پیچشی (جمع لنگر پیچشی واقعی و اتفاقی)، مقدار η در تمام طبقات کوچکتر از ۱/۱ باشد، می‌توان از اثر پیچش اتفاقی صرف نظر نمود. همچنین هرگاه اثر لنگر پیچشی اتفاقی کوچکتر از ۲۵٪ اثر لنگر پیچشی واقعی باشد می‌توان از اثر پیچش اتفاقی صرف نظر نمود.

۴- اگر در تحلیل‌های خطی استاتیکی یا دینامیکی دراثر کل پیچش در یکی از طبقات η بزرگ از 1.2 باشد، تغییرمکان‌های ناشی از پیچش اتفاقی در تمامی طبقات باید در ضریب A ضرب شوند. در محاسبه A مقدار حداکثر η در طبقات ملاک است.

$$A = \left[\frac{\eta}{1.2}\right]^2$$

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

ملاحظات خاص پیچش:

۵- در تحلیل‌های خطی اگر ضریب تغییرمکان η در طبقه‌ای بزرگتر از 1.5 شود، آن سازه باید با استفاده از مدلسازی سه بعدی مورد بررسی قرار گیرد و استفاده از مدلسازی دو بعدی مجاز نیست.

۶- در صورت استفاده از مدل دو بعدی:

۶-۱- در تحلیل‌های خطی، باید مقادیر نیروها و تغییرشکل‌ها در حداکثر مقدار η ضرب شوند.

۶-۲- در تحلیل غیرخطی استاتیکی تغییرمکان‌های، هدف باید در حداکثر مقدار η ضرب شوند.

۶-۳- در تحلیل غیرخطی دینامیکی، دامنه شتاب نگاشت‌های زلزله باید در حداکثر مقدار η ضرب شوند.

۷- آثار لنگر پیچشی واقعی و اتفاقی نباید در جهت کاستن از نیروها و یا تغییرمکان‌های طبقات به کار گرفته شود.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

دیافراگم‌ها

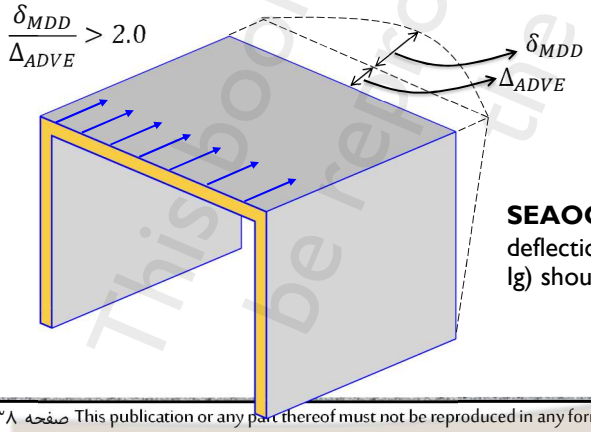
دیافراگم‌ها به صورت صلب، نیمه صلب و یا نرم طبقه‌بندی میشوند. دیافراگم کفها نقش قابل توجهی در مسیر انتقال نیروهای جانبی به زمین دارند. دیافراگم‌ها نیروی اینرسی وارد بر اجزاء طبقه را به سیستم باربر جانبی منتقل می‌کنند. همچنین اگر اعضای سیستم باربر جانبی در طبقات یا قاب‌های مختلف دارای سختی یا مقاومت متفاوت باشند دیافراگم کف تا حدودی این اختلاف را تعدیل می کند.

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

ASCE7-16

12.3.1.3 Calculated Flexible Diaphragm Condition. Diaphragms not satisfying the conditions of Sections 12.3.1.1 or 12.3.1.2 are permitted to be idealized as flexible provided:

$$\frac{\delta_{MDD}}{\Delta_{ADVE}} > 2.0$$



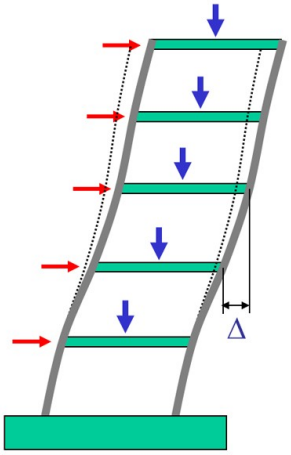
طبق ASCE7، اجازه داده می‌شود، برای تعیین نرمی دیافراگم تحت نیروهای جانبی جابجایی دیافراگم و طبقه با هم مقایسه شود. این مورد در ۲۸۰۰ هم به همین شکل است.

در تعیین جابجایی دیافراگم ٪۵۰ ممان اینرسی مقطع آن باید استفاده شود.

SEAOC: When checking diaphragm deflections, cracked section properties (50% Ig) should be used.

آثار P-Delta:

اثرات P-Delta باید در هر نوع تحلیل سازه (استاتیکی و دینامیکی، خطی و غیرخطی) منظور شود.



ASCE41-17

7.2.6 P-Δ Effects. P-Δ effects shall be included in linear and nonlinear analysis procedures. For nonlinear procedures, static P-Δ effects shall be incorporated in the analysis by including in the mathematical model the nonlinear force–deformation relationship of all components subjected to axial forces.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

اندرکنش خاک و سازه:

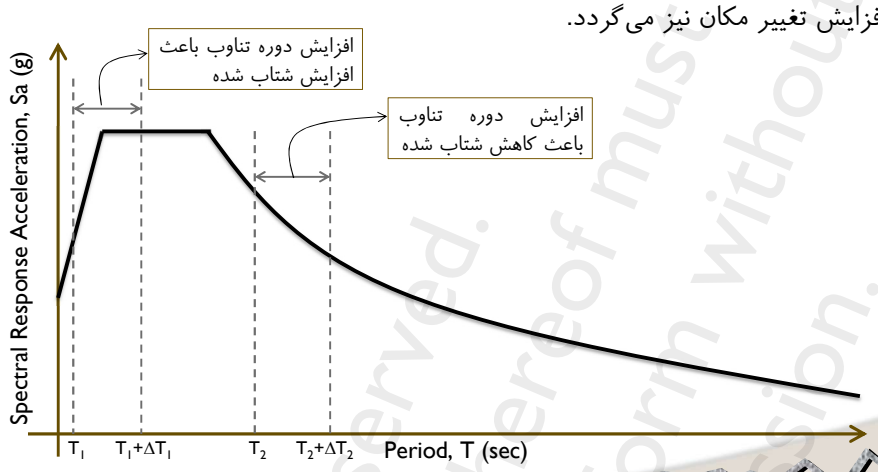
در مواردی که افزایش زمان تناوب ساختمان به دلیل اندرکنش با خاک سبب افزایش شتاب‌های طیفی سازه شود (مثلا سازه‌های واقع بر روی خاک‌های نرم و یا نزدیک گسل) اثرات اندرکنش خاک و سازه مدنظر قرار گیرد باید در سایر موارد در نظر گرفتن این اثر اجباری نیست.

در روش تحلیل استاتیکی خطی و دینامیکی طیفی می‌توان از روش ساده شده‌ای که در آن از زمان تناوب و نسبت میرایی مؤثر برای مجموعه خاک و سازه استفاده می‌شود، بهره برد. در این حالت برش پایه سازه، حاصل از تحلیل، نباید کوچکتر از ۷۰٪ مقدار آن بدون در نظر گرفتن اندرکنش باشد. ترکیب این اثرات با اندرکنش هندسی مجاز است.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

اندرکنش خاک و سازه، معمولاً موجب افزایش نسبت میرایی و همچنین زمان تناوب نوسان اصلی ساختمان می‌شود. افزایش میرایی باعث کاهش شتاب و تغییر مکان سازه می‌گردد اما افزایش زمان تناوب ممکن است باعث افزایش یا کاهش شتاب وارد بر سازه شود معمولاً افزایش زمان تناوب موجب افزایش تغییر مکان نیز می‌گردد.



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

در هر حال چنانچه اندرکنش خاک و سازه موجب تغییر شتاب‌های وارد بر سازه و تغییر مکان‌ها شود باید آثار آن در مدل سازه به نحوی وارد گردد اندرکنش خاک و سازه را به دو صورت می‌توان مدل سازی کرد: مدل سازی ساده شده، مدل سازی صریح. استفاده از مدل سازی ساده شده فقط در روش تحلیل استاتیکی خطی مجاز است و در دیگر روش‌های تحلیلی باید مدل سازی صریح را بکار گرفت.

در هنگام استفاده از روش مدل سازی ساده شده، کاهش پاسخ سازه به میرانی بیش از ۲۵ درصد نسبت به پاسخ سازه بدون در نظر گرفتن اندرکنش، مجاز نمی‌باشد.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

اثر همزمان مولفه‌های زلزله

مولفه‌های افقی:

ساختمان‌ها باید در هر دو امتداد عمود بر هم در برابر نیروهای جانبی ارزیابی شوند. به طور کلی محاسبه در دو هر یک از دو امتداد جز در موارد زیر به صورت مجزا و بدون در نظر گرفتن نیروی زلزله در امتداد دیگر انجام می‌شود:

۱- ساختمان در پلان نامنظم باشد.

۲- ساختمان دارای ستون‌های مشترک در محل تقاطع دو یا چند سیستم مقاوم باربر جانبی در امتدادهای مختلف باشد.

در هر یک از موارد ۱ و ۲ اثر همزمان مولفه‌های افقی زلزله بسته به نوع تحلیل به ترتیب زیر اعمال می‌گردد:

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

الف) تحلیل استاتیکی و دینامیکی خطی

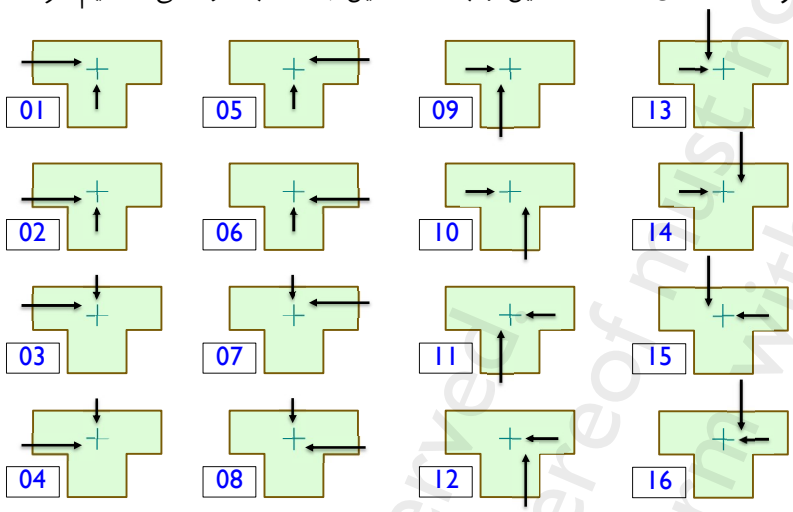
در تحلیل‌های خطی باید اثر زلزله در هر امتداد با ۳۰٪ اثر زلزله در امتداد عمود بر آن در نظر گرفته شود.

تبصره۱: چنانچه بار محوری ناشی از اثر زلزله در ستون، در هر یک از دو امتداد مورد نظر کمتر از 20% کرانه پایین مقاومت محوری ستون باشد، به کارگیری ترکیب فوق در آن ستون ضرورتی ندارد.

تبصره۲: در مواردی که ترکیب 100% نیروی زلزله هر امتداد با 30% نیروی زلزله در امتداد عمود بر آن در نظر گرفته می‌شود. منظور کردن پیچش اتفاقی برای نیروی زلزله‌ای که در امتداد مربوط 30% اعمال می‌شود. الزامی نمی‌باشد.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

بنابراین بطور کلی میتوان حالت‌های مختلف تحلیل را به ۱۶ تحلیل جدا (مثبت و منفی) تقسیم کرد.



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

برای در نظر گرفتن اثر زلزله در جهات متعامد در تحلیل طیفی سه روش وجود دارد:

۱- در یک تحلیل طیفی، ۱۰۰٪ طیف در جهت x (مقیاس شده) و ۳۰٪ طیف در جهت y (مقیاس شده) بر سازه اعمال شده و اثرات آنها با هم جمع زده می‌شود (قدرمطلق).

۲- در دو تحلیل جداگانه یک بار ۱۰۰٪ طیف در جهت x (مقیاس شده) و یک بار هم ۱۰۰٪ طیف در جهت y (مقیاس شده) بر سازه اعمال شده و در ترکیب بارها ۱۰۰٪ نیروی زلزله در هر جهت را با ۳۰٪ در جهت عمود بر آن ترکیب نمایید.

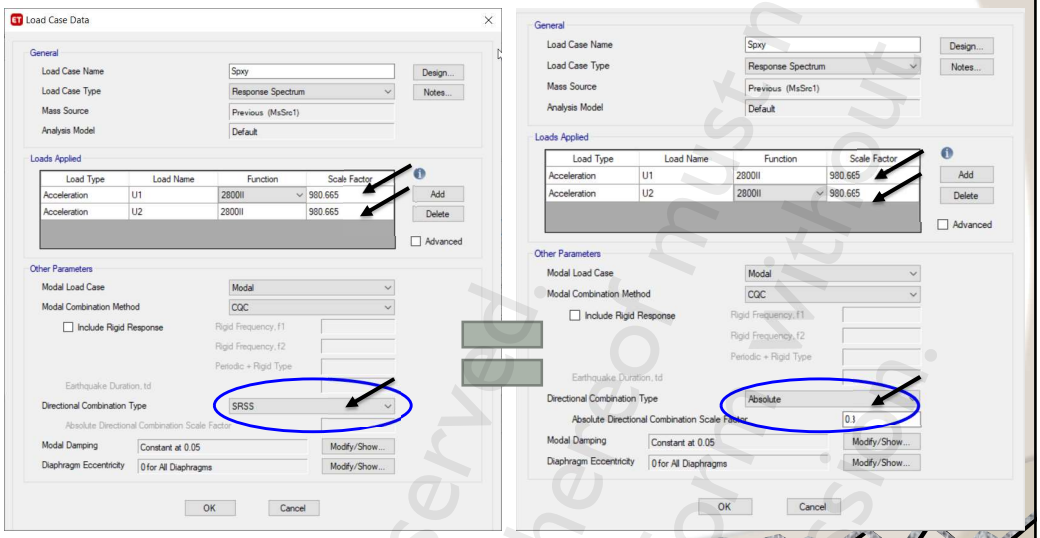
۳- در یک تحلیل طیفی، ۱۰۰٪ طیف در جهت x (مقیاس شده) و ۱۰۰٪ طیف در جهت y (مقیاس شده) بر سازه اعمال شده و اثرات آنها با هم بصورت جذر مجموع مربعات جمع زده می‌شود.

هنگامی که در طراحی اجزای سازه، اندرکنش مؤلفه‌های مختلف نیروهای داخلی مطرح باشد (مانند اندرکنش نیروی محوری و لنگر خمشی در ستون‌ها (روش دوم) ترکیب با ۳۰ درصد امتداد عمود) ترجیح داده می‌شود

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

روش اول...



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

ETABS Help:

Absolute Sum Method

This method combines the response for different directions of loading by taking the sum of their absolute values. A scale factor, dirf, is available for reducing the interaction between the different directions. Specify **dirf=1** for a simple absolute sum:

$R = |R_1| + |R_2| + |R_3|$

This method is usually over-conservative. Specify 0 < dirf < 1 to combine the directional results by the scaled absolute sum method. Here, the directional results are combined by taking the maximum, over all directions, of the sum of the absolute values of the response in one direction plus **dirf** times the response in the other directions. For example, if **dirf** = 0.3, the spectral response, R, for a given displacement, force, or stress would be:

$R = \max(\bar{R}_1, \bar{R}_2, \bar{R}_3)$

where:

$\bar{R}_1 = R_1 + 0.3(R_2 + R_3)$ $\quad \bar{R}_2 = R_2 + 0.3(R_1 + R_3)$ $\quad \bar{R}_3 = R_3 + 0.3(R_1 + R_2)$

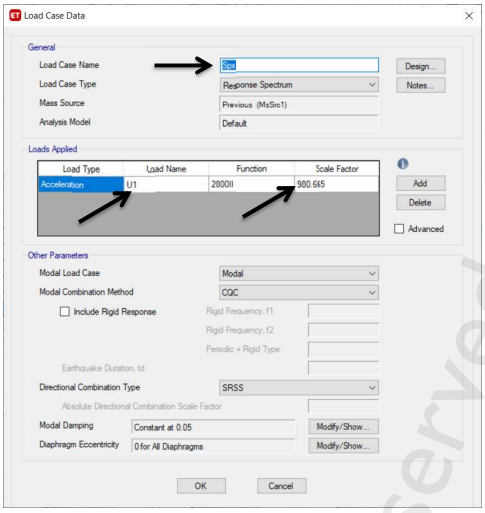
and R1, R2, and R3 are the modal-combination values for each direction.

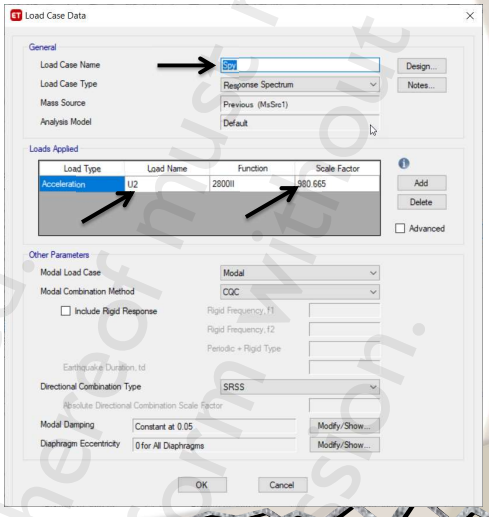
 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This or any part thereof must not be reproduced in any form without written permission.

روش دوم...

$$U = D + L \pm Spx \pm 0.3Spy$$
$$U = D + L \pm 0.3Spx \pm Spy$$

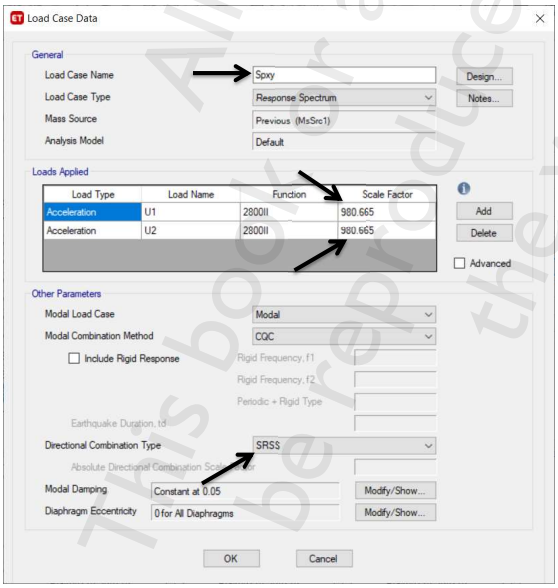




 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

روش سوم...



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

ب) تحلیل استاتیکی غیر خطی

در تحلیل استاتیکی غیرخطی باید در هر امتداد 100% نیروها تغییرمکان‌ها در امتداد مورد بررسی به همراه نیروهای متناظر با 30% تغییرمکان ناشی از زلزله در امتداد عمود بر آن در نظر گرفته شود.

به عنوان یک روش قابل قبول سازه رانش جانبی مراحل برای ارزیابی به قرار زیر است:

۱- اعمال بار قائم.

۲- اعمال الگوی بارگذاری جانبی در امتداد متعامد و رانش جانبی تا 30% تغییر مکان هدف.

۳- اعمال الگوی بارگذاری جانبی در امتداد مورد نظر و رانش جانبی به میزان 100% تغییرمکان هدف.

پ) تحلیل دینامیکی غیرخطی:

در تحلیل دینامیکی غیرخطی باید به صورت همزمان، زوج شتاب نگاشت‌های مقیاس شده‌ای به مدل سه بعدی سازه اعمال گردد.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

بنابراین:

در روش تحلیل استاتیکی غیرخطی، برای به‌دست آوردن اثر مؤلفه‌های مختلف زلزله، آثار ناشی از تغییر شکل سازه به انـدازه تغییر مکان هدف در یک امتداد با نیروهای (و نه تغییر شکل‌های) ناشی از تغییر شکل سازه به اندازه ۳۰ درصد تغییر مکان هـدف در امتداد عمود برآن جمع می‌شود.

همچنین درروش تحلیل دینامیکی غیرخطی اثر مؤلفه‌های مختلف ارتعاش زمین با اعمال همزمان آنها به مدل مورد بررسی قـرار مـی‌گیرد

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

مولفه قائم

برای موارد ذکرشده در زیر اثر مولفه قائم زلزله باید در نظر گرفته شود. در این صورت ترکیب اثر مولفه قائم با اثر مولفه افقی ضـروری نمی‌باشد.

۱- اعضا و قطعات طره‌ای ساختمان.

$$Q_G = 1.1[Q_D + Q_L]$$
$$Q_G = 0.9Q_D$$

۲- اعضا و قطعات پیش‌تنیده ساختمان.

۳- اعضا و قطعاتی از ساختمان که تحت بارهای ثقلی بند بعدی، از ۸۰٪ ظرفیت اسمی آنها استفاده شده باشد.

اثر مولفه قائم به صورت اعمال یک نیروی استاتیکی معادل در هر دو جهت بالا یا پایین و بدون منظور نمودن اثر کاهنده بارهای ثقلی در نظر گرفته می‌شود:

مقدار این نیرو برابر $0.2S_{xs}Q_G$ فرض می‌شود. مقدار Q_G از ترکیب اول بار بند بعدی حاصل شده و S_{xs} شتاب طیفی در زمان تناوب کوتاه برای سطح زلزله انتخابی و میرایی ۵٪ است.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

ترکیب بارگذاری ثقلی جانبی

در ترکیب بارگذاری ثقلی و جانبی، حد بالا و پایین اثرات بار ثقلی، Q_G باید از روابط زیر محاسبه شود:

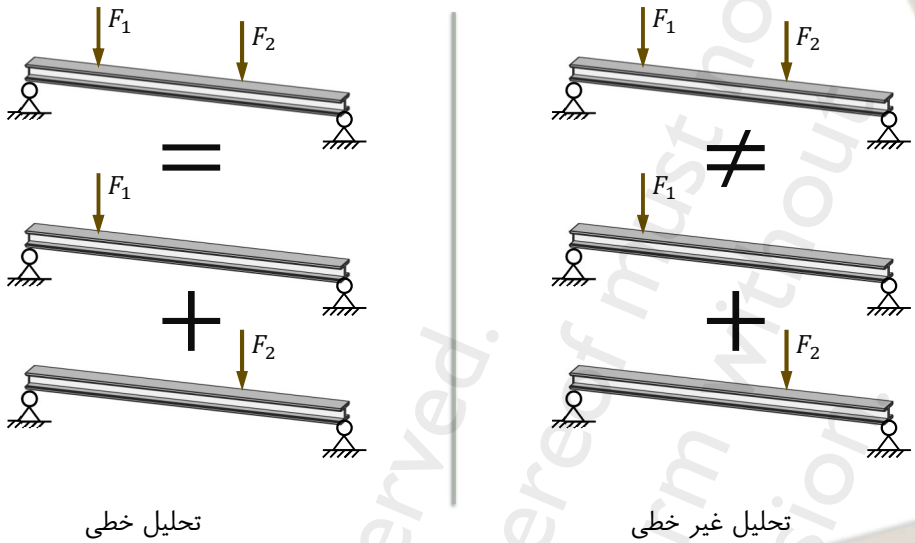
$$Q_G = 1.1[Q_D + Q_L]$$
$$Q_G = 0.9Q_D$$

که در آن Q_D بار مرده و Q_L معادل ۲۵٪ بار زنده طراحی کاهش نیافته که نباید از بار زنده واقعی موجود در هنگام ارزیابی کمتر باشد.

برای بررسی اثر همزمان بارهای ثقلی و زلزله باید حد بالا و پائین اثر بارهای ثقلی توسط روابـط فوق محاسـبه شـود. چنانچه تحلیل خطی باشد، اثر هر دسته از بارها جداگانه محاسبه شده و با استفاده از اصل جمع آثار قوا اثر توأم آنها برآورد می‌گـردد. اما در تحلیل غیرخطی این امکان وجود ندارد لذا باید برای ترکیب بارهای مختلف مراحل تحلیل بطور کامل تکرار شود.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.



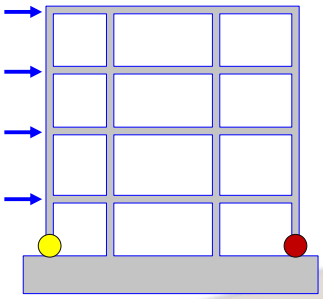
تحلیل خطی

تحلیل غیر خطی

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

در بعضی شرایط ممکن است بتوان قبل از تحلیل، ترکیب بار بحرانی را انتخاب نمود. در این صورت فقط ترکیب بار بحرانی بررسی شده و در نتیجه زمان کمتری برای تحلیل صرف می‌شود. مثلاً اگر اثر بارهای ثقلی و بارهای جانبی در یک جهت باشد به گونه‌ای که آثار یکدیگر را تشدیدکنند آنگاه حد بالای بارهای ثقلی ($Q_G = 1.1[Q_D + Q_L]$) بحرانی است. اما چنانچه اثر بارهای ثقلی و زلزله در جهت مخالف هم باشد، به گونه‌ای که بارهای ثقلی از اثر بارهای زلزله بکاهد، آنگاه حد پائین بارهای ثقلی ($Q_G = 0.9Q_D$) بحرانی خواهد بود.

- $Q_G = 1.1[Q_D + Q_L]$
- $Q_G = 0.9Q_D$



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission. All rights reserved.

مطابق روابط این بند حد بالا و پائین اثرات بارهای ثقلی نسبت به آئین‌نامه‌ها و ضوابط مربوط بـه طراحـی سـاختمان‌های جدیـد دامنه تغییرات کوچکتری دارد. دلایل این اختلاف عبارتند از:

۱- این دستورالعمل برای ساختمان‌های موجود تنظیم شده است. لذا هنگام محاسبه بارهای ثقلی اطلاعات دقیق‌تری از میزان و نحوه‌ی اثر آنها موجود است؛

۲- ساختمان موجود تحت بارهای ثقلی قبلاً امتحان خود را پس داده است. بنابراین نگرانی از بابـت حمـل بارهـای ثقلـی بـه تنهایی وجود ندارد؛

۳- سطوح عملکرد این دستورالعمل با آئین‌نامه‌های طراحی ساختمان‌های جدید متفاوت است؛

۴- در این دستورالعمل روش‌های برآورد مشخصات مصالح و ظرفیت اجزاء سازه با آئین‌نامه‌های طراحـی سـاختمان‌های جدیـد اختلاف دارد.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

بررسی اعتبار فرضیات طراحی

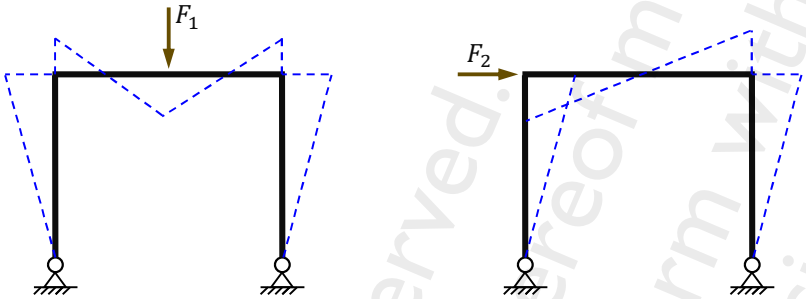
نتایج حاصل از تحلیل مدل سازه، باید به روش‌های مناسب مورد ارزیابی و کنترل قرار گیرند. همچنین باید کنترل شود که محل‌های فرض شده برای مفاصل خمیری با آن چه که از نتایج تحلیل حاصل شده است منطبق باشد و معمولاً مفصل‌های خمیری در دو انتهای تیر یا ستون فرض می‌شوند اما اگر اثر بارهای ثقلی به تنهایی قابل توجه باشد، ممکن است مفصل خمیری در نقطه‌ای بین دو انتهای عضو ایجاد گردد. زمانیکه بیش از نصف ظرفیت عضو صرف حمل بارهای ثقلی شده باشد احتمال ایجـاد مفصـل خمیـری در نقـاط میانی عضو باید مورد توجه قرارگیرد.

روش‌های تحلیل خطی با فرض ایجاد مفصل خمیری در نقاط انتهایی اعضا تنظیم شده‌اند به گونه‌ای که اگـر در مـدلی مفصـل خمیری درنقطه‌ای غیر از دو انتها (نقاط میانی) ایجاد شود نتایج حاصل از تحلیل خطی درجهـت اطمینـان نخواهـد بـود. لـذا پـس از تحلیل خطی برای اعضای تحت بارهای ثقلی قابل توجه، دیاگرام لنگرخمشی باید ترسیم شـود، تـا بـا اسـتفاده از آن احتمـال ایجـاد مفصل خمیری در طول عضو بررسی شود.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

برای این منظور دیاگرام لنگرهای ناشی از بارهای ثقلی ترسیم شده و دیاگرام لنگر متناظر با لنگرهـای انتهـایی، برابـر ظرفیـت مورد انتظار از عضو، با آن جمع می‌شود. چنانچه درنقطه‌ای بافاصله بیش از ارتفاع عضو از دو انتها، لنگـر حاصـل بزرگتـر از ظرفیـت مورد انتظار شود می‌توان نتیجه گرفت در عضو مورد نظر مفصل خمیری درنقاط میانی ایجاد خواهد شد. لذا بایـد نقـاط میـانی عضـو بهسازی شوند تا مفصل خمیری، مطابق فرض روش تحلیل خطی فقط در دو انتها ایجاد شود و یا آن کـه از روش‌هـای غیـرخطـی برای تحلیل مدل سازه استفاده شود.

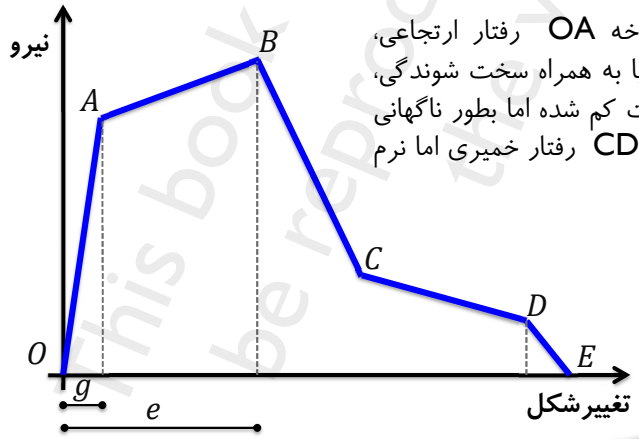


This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

تلاش‌های تغییرشکل کنترل و نیروی کنترل:

رفتار اجزای سازه با توجه به نوع تلاش داخلی آنها و منحنی نیرو-تغییرشکل حاصل به صورت تغییر شکل کنترل و یا نیرو کنترل می‌باشد.



رفتار عضو شکل پذیر: در شاخه OA رفتار ارتجاعی، شاخه AB رفتار خمیری کامل یا به همراه سخت شوندگی، شاخه سوم BC، مقاومت به شدت کم شده اما بطور ناگهانی از بین نمی‌رود. در شاخه چهارم، CD رفتار خمیری اما نرم شونده است.

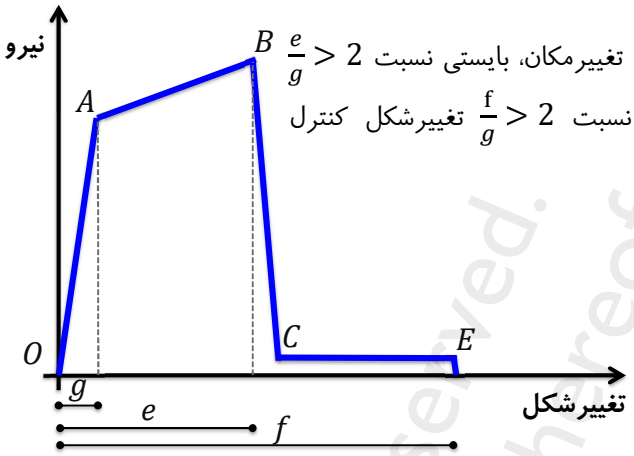
منحنی رفتار جزء شکل پذیر

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

رفتار عضو نیمه شکل پذیر: رفتار سه خطی است. در شاخه OA رفتار ارتجاعی، شاخه AB رفتار خمیری کامل یا به همراه سخت شوندگی، شاخه سوم BC، مقاومت به شدت کم شده و به صفر میرسد.

برای اعضای اصلی کنترل شونده توسط تغییرمکان، بایستی نسبت $\frac{e}{g} > 2$ باشد. اما برای اعضای غیراصلی با نسبت $\frac{f}{g} > 2$ تغییرشکل کنترل محسوب می‌شوند.



منحنی رفتار جزء نیمه شکل پذیر

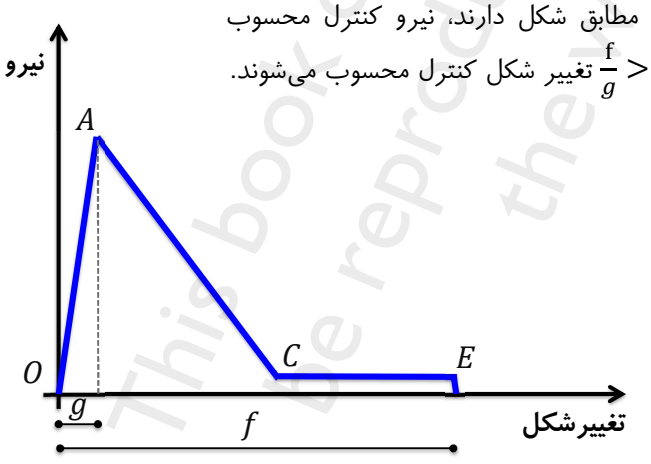
This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

Version: 1.2

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

رفتار عضو ترد: رفتار سه خطی است. در اول خطی بوده و بعد از مقاومت به شدت کاهش یافته و به صفر می‌رسد.

برای آنکه اعضای اصلی که رفتاری مطابق شکل دارند، نیرو کنترل محسوب شده اما اعضای غیراصلی با نسبت $\frac{f}{g} > 2$ تغییر شکل کنترل محسوب می‌شوند.



منحنی رفتار جزء شکننده

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

Version: 1.2

تقسیم بندی نوع رفتار اعضای سازه مطابق با پیشنهادات تفسیر دستور العمل بهسازی لرزه‌ای مطابق با جدول زیر در نظر گرفته شده است. همانگونه که مشاهده می‌گردد حتی در یک مقطع از یک عضو نیروهای داخلی ممکن است از دو نوع کنترل شونده توسط نیرو یا تغییرشکل باشد.

جزء	تغییرشکل کنترل	نیرو کنترل
۱- قاب‌های خمشی		
تیرها	لنگر خمشی (M)	برش (V)
ستون‌ها	---	نیروی محوری (P) و برش (V)
اتصالات	---	برش (V)
۲- دیوارهای برشی	لنگر خمشی (M) و برش (V)	نیروی محوری (P)
۳- قاب‌های مهاربندی شده		
مهاربندها	نیروی محوری (P)	---
تیرها	---	نیروی محوری (P)
ستون‌ها	---	نیروی محوری (P)
۴- اجزای اتصالات	لنگر خمشی (M) و برش (V) و نیروی محوری (P)	لنگر خمشی (M) و برش (V) و نیروی محوری (P)
۵- دیافراگم‌ها	لنگر خمشی (M) و برش (V)	لنگر خمشی (M) و برش (V) و نیروی محوری (P)

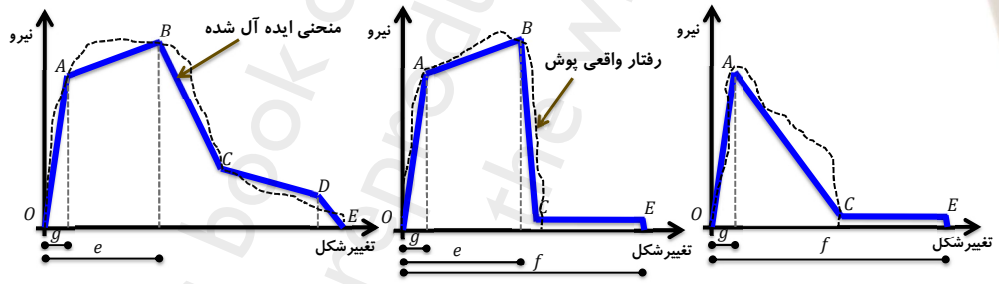
۱- در قاب خمشی فولادی برش (V) تغییرشکل کنترل است.

۲- در اتصالات لنگر خمشی (M)، برش (V) و نیروی محوری (P) تغییرشکل کنترل است.

۳-در صورتی که دیافراگم، نیروی جانبی اعضای باربر لرزه ای قائم موجود در تراز بالای خود را انتقال دهد، لنگر خمشی (M) و برش (V) نیرو کنترل میباشد.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

Pushover Modeling (Properties)



شکل‌پذیر　　نیمه شکل پذیر　　عضو ترد

برای مقاطع با رفتارهای شکل‌پذیر، نیمه شکل پذیر و ترد، منحنی‌های رفتار متفاوتی ارائه می‌شود.

Idealized properties for analysis models

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

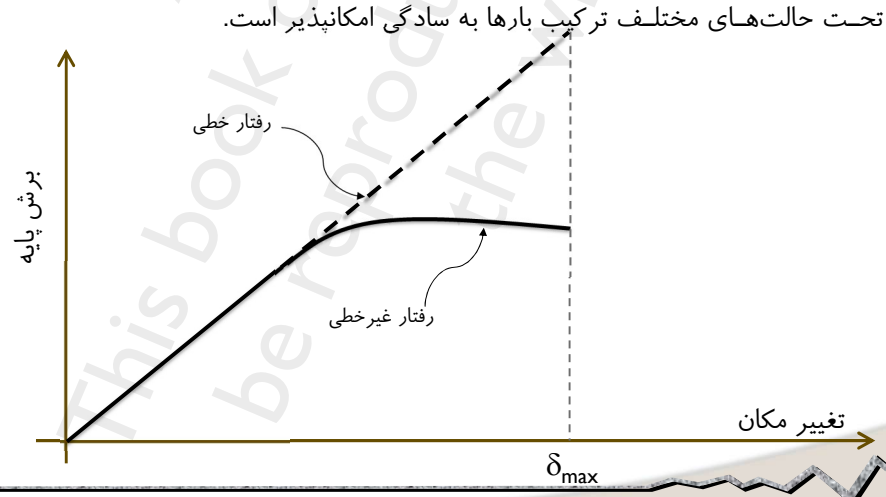
اصول استفاده از روش‌های تحلیل خطی

در دستورالعمل ۳۶۰، طراحی بر مبنای تغییر شکل‌ها می‌باشد زیرا معمولا خرابی در سازه متناظر با تغییر شکل‌ها است. هرچند تغییر شکل‌ها خود متناسب با نیروها می‌باشند، اما پس از تسلیم مصالح یا ایجاد ترک‌ها به ازای افزایش نیروی کوچک، تغییر شکل‌های زیادی ایجاد می‌گردد. لذا در محدوده غیرخطی تغییر شکل‌ها وضعیت سازه را بهتر از نیروها بیان می‌کنند. به همین جهت در این دستورالعمل در روش‌های تحلیل خطی نیروهای جانبی ناشی از زلزله چنان برآورد می‌شوند که اگر بر مدل سازه وارد شوند تغییر شکل‌های حاصل از تحلیل مدل تاحد امکان نزدیک به تغییر شکل‌های واقعی ساختمان باشد. در صورتیکه رفتار سازه تحت چنین بارگذاری همچنان خطی یا نزدیک به خطی باقی بماند، نیروها و تغییر شکل‌های حاصل از تحلیل نزدیک به واقعیت خواهد بود اما چنانچه رفتار مصالح غیرخطی باشد، آن‌گاه نیروها بیش از مقادیر واقعی برآورد می‌گردند.

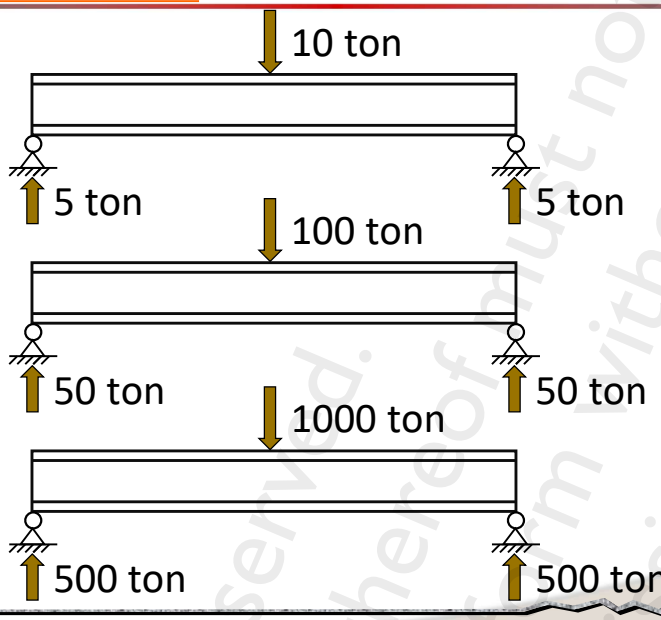
در تحلیل با در نظر گرفتن رفتار غیرخطی مصالح، نیروها و تغییر شکل‌ها با دقت خوبی قابل محاسبه هستند. به همین جهت تحلیل غیرخطی همواره به عنوان یک روش دقیقتر توصیه می‌گردد.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

با این حال در شرایط خاص مطابق آنچه اشاره شد، استفاده از روش‌های ساده شده مانند روش تحلیل استاتیکی خطی می‌تواند منجر به برآورد نیروها و تغییر شکل‌ها با دقت قابل قبول گردد. مزیت روش تحلیل خطی آن است که رابطه نیرو و تغییر شکل خطی است. بنابراین برآورد نیروها و تغییر شکل‌ها تحت حالت‌های مختلف ترکیب بارها به سادگی امکانپذیر است.



This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

روش‌های تحلیل خطی

استفاده از روش تحلیل استاتیکی خطی هنگامی مجاز است که ساختمان دارای شرایط زیر از نظر ارتفاع و نظم سازه‌ای باشد:

۱- دوره تناوب اصلی سازه کوچکتر از $3.5T_s$ باشد و تعداد طبقات ساختمان از ۲۰ تجاوز نکند.

۲- تغییر ابعاد پلان در طبقات متوالی به استثنای خرپشته کمتر از ۴۰٪ باشد.

۳-حداکثر تغییرمکان جانبی نسبی در هر طبقه و در هر راستا کمتر از **1.5** برابر تغییرمکان متوسط نسبی آن طبقه باشد.

۴- متوسط تغییرمکان جانبی نسبی در هر طبقه، به استثنای خرپشته، کمتر از **1.5** برابر همین مقدار در طبقه بالا یا پایین آن باشد.

۵- سازه دارای سیستم باربر جانبی متعامد باشد.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

۶- بزرگترین نسبت نیرو به ظرفیت (DCR) برای هر تلاش تغییرشکل کنترل (نظیر نیروی محوری، لنگر خمشی و نیروی برشی بدون لحاظ اثرات اندرکنشی) در هر عضو اصلی کمتر از ۲ باشد. برای تعیین DCR، ابتدا نیرو در اعضا از جمع نیروی ناشی از بارهای ثقلی و بار ناشی از زلزله (Q_{UD}) و ظرفیت ورد انتظار اعضا براساس مقاومت نهایی اجزای آنها (Q_{CE}) محاسبه می شود. سپس با استفاده از رابطه $DCR=Q_{UD}/Q_{CE}$ نسبت نیرو به ظرفیت تعیین میشود.

در صورت عدم برقراری رابطه ۶ لازمست شروط ۷، ۸ و ۹ بطور همزمان برآورده شود.

۷- انقطاع در سیستم باربر جانبی در صفحه و خارج از صفحه وجود نداشته باشد. (استثنا: در داخل صفحه می‌توان به اندازه یک چشمه انقطاع در سیستم باربر جانبی داشت مشروط براینکه انتقال نیروی افقی به طور ایمن توسط یک عضو انتقال دهنده بار افقی تامین گردد)

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

۸- ساختمان از نظر پیچش یکی از شرایط زیر را دارا باشد:

الف) نسبت نیرو به ظرفیت برای تلاش بحرانی دراثر پیچش در هر عضو از طبقه بیش از 1.5 برابر همان نسبت در عضو واقع شده در سمت مقابل آن نسبت به مرکز پیچش نباشد.

ب) ساختمان با حداکثر ارتفاع ۳۰ متر، یا ۸ طبقه از تراز پایه، حداکثر تغییرمکان جانبی نسبی در هر طبقه و در هر راستا کمتر از 1.2 برابر تغییرمکان متوسط نسبی آن طبقه باشد.

۹- ساختمان از نظر مقاومت طبقات یکی از شرایط زیر را داشته باشد:

الف) مقدار متوسط شاخص وزنی برشی طبقه بصورت رابطه زیر، برای هر طبقه بیش از 1.25 برابر این شاخص در یک طبقه بالاتر یا پایین تر آن نباشد.

$$\overline{DCR} = \frac{\sum_{i=1}^{n} DCR_i \, V_i}{\sum_{i=1}^{n} V_i}$$

که در آن V_i نیروی محاسبه شده در عضو iام که در باربری جانبی طبقه مشارکت داشته، n تعداد کل اعضای طبقه مورد نظر و DCR_i نسبت نیرو به ظرفیت برای تلاش بحرانی در عضو iام.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

ب) در ساختمان‌های با حداکثر ارتفاع ۳۰ متر و یا ۸ طبقه از تراز پایه، مقاومت جانبی هیچ طبقه‌ای کمتر از ۸۰٪ مقاومت جانبی طبقه روی خود نباشد. مقاومت هر طبقه برابر مجموع مقاومت جانبی کلیه اجزای مقاومی که برش طبقه را در جهت مورد نظر تحمل می‌نمایند.

کاربرد روش دینامیکی خطی

استفاده از روش دینامیکی خطی در صورتی مجاز است که از میان شروط مندرج در بند قبل، شرط ۶ یا بطور همزمان شروط ۷، ۸ و ۹ برآورده گردد. در این حالت نیازی به کنترل شرایط ۱ تا ۵ نیست.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

روش استاتیکی خطی

فرضیات اساسی در این روش عبارتند از:

۱- رفتار مصالح خطی است؛

۲- بارهای ناشی از زلزله به صورت استاتیکی اعمال می‌شود.

۳- کل نیروی جانبی وارد بر سازه برابر با ضریبی از وزن ساختمان است.

در این روش مقدار برش پایه در این روش چنان انتخاب شده است که حداکثر تغییرشکل سازه با آنچه که در زلزله سطح خطر موردنظر، مطابقت داشته باشد. چنانچه تحت اثر بار وارد شده، سازه به طور خطی رفتار کند، نیروهای به دست آمده برای اعضای سازه نیز نزدیک به مقادیر پیشبینی شده هنگام زلزله خواهند بود؛ ولی 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 سازه‌هایی که هنگام زلزله رفتار غیرخطی دارند، اصلاح می‌شود.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

تعیین زمان تناوب اصلی نوسان سازه

زمان تناوب اصلی نوسان باید به یکی از دو روش زیر برآورد شود:

۱- استفاده از روش‌های تحلیلی که مبتنی بر مشخصات دینامیکی سازه می‌باشد. زمان تناوب محاسبه شده از این روش در هر حال نباید از 1.4 برابر زمان تناوب تجربی بیشتر باشد.

۲- استفاده از روش‌های تجربی براساس رابطه زیر:

$$T = \alpha H^{(\frac{3}{4})}$$

که در آن H ارتفاع ساختمان از تراز پایه بر حسب متر است و در محاسبه آن، ارتفاع خرپشته در صورت که وزن آن بیشتر از ۲۵٪ وزن بام باشد، نیز باید منظور شود.

قاب خمشی فولادی	α=0.08
قاب فولادی با مهاربند واگرا	α=0.07
قاب خمشی بتنی	α=0.07
سایر سیستم‌های سازه ای	α=0.05

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

در روش تحلیل استاتیکی خطی کل نیروی جانبی ناشی از زلزله به صورت ضریبی از جرم ساختمان محاسبه می‌شود. این ضریب، همان شتاب طیفی ارتجاعی است. اگر نیروی جانبی بدست آمده از این طریق به سازه اعمال شود و رفتار سازه ارتجاعی خطی فرض شود، تغییر شکل‌های حاصل، با آن چه که در زلزله طرح انتظار می‌رود برابر خواهد بود. اما در سازه‌های شکل پذیر رفتار سازه هنگام زلزله از محدوده ارتجاعی خطی خارج می‌شود. به همین جهت در این روش برای برآورد دقیق‌تر تغییر شکل‌ها، نیروی جانبی با اعمال ضرایب C افزایش داده می‌شود. به گونه‌ای که اگر مقادیر نیروی حاصل از این روش به مدل با رفتار ارتجاعی خطی اعمال گردد تغییر شکل‌های سازه با رفتار غیرخطی برآورد شود. هرچند به این ترتیب تغییر شکل‌ها اصلاح می‌گردند اما نیروهای داخلی بیش از مقادیری خواهند بود که در سازه با رفتار غیرخطی انتظار می‌رود. به همین جهت هنگام کنترل یا طرح اجزاء سازه با توجه به این نکته، نیروهای داخلی نیز اصلاح می‌گردند.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

برآورد نیروها و تغییرشکل‌ها

در روش تحلیل استاتیکی خطی، نیروی جانبی ناشی از زلزله (V) به صورت ضریبی از وزن ساختمان (W) محاسبه می‌شود.

$$V = C_s W$$

$$C_s = C_1 C_2 C_m S_a$$

که در آن W: وزن لرزه‌ای ساختمان، شامل وزن مرده ساختمان مشتمل بر تیغه‌ها و تجهیزات ثابت و ۲۰٪ بار زنده شامل بار برف طبق مبحث ششم از مجموعه مقررات ملی ساختمان می‌باشد.

S_a: شتاب طیفی به ازای تناوب اصلی T است.

C_1: ضریب تصحیح برای در نظر گرفتن تغییرمکان‌های غیرارتجاعی سیستم که به یکی از دو روش زیر محاسبه می‌شود:

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

۱- با استفاده از رابطه زیر:

$$T \le 0.2 \quad \rightarrow \quad C_1 = 1 + \frac{25(R_u - 1)}{a}$$

$$0.2 < T \le T \quad \rightarrow \quad C_1 = 1 + \frac{R_u - 1}{aT^2}$$

$$T > 1.0 \quad \rightarrow \quad C_1 = 1$$

ضریب a مربوط به نوع زمین و با استفاده از جدول زیر تعیین میشود:

نوع زمین	I	II	III و IV
a	130	90	60

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

R_u نسبت مقاومت بوده که براساس دو رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$R_u = \frac{DCR_{max}}{1.5} C_m \geq 1.0$$

در این رابطه DCR_{max} بزرگترین نسبت نیرو به ظرفیت (DCR) میباشد که برای اعضای اصلی با فرض $C_1=C_2=C_m=1.0$ محاسبه می‌شود.

در صورتیکه برش پایه نظیر حد رفتار ارتجاعی سازه، V_e در دست باشد:

$$R_u = \frac{S_a}{V_e/W} C_m$$

در این رابطه S_a شتاب طیفی به ازای زمان تناوب اصلی T است.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

۲- براساس رابطه زیر، در صورتی که نسبت مقاومت R_u مطابق روابط قبل معلوم نباشد:

$$C_1 = 1 + \frac{T_s - T}{0.2T_s - 0.2}$$

در هر صورت مقدار C_1 نباشد کمتر از ۱ در نظر گرفته شود.

C_2: ضریب تصحیح برای اثرات کاهش سختی و مقاومت اعضای سازه‌ای بر تغییرمکان‌های ناشی از زوال چرخه‌ای که به یکی از دو روش زیر محاسبه می‌شود:

۱- با استفاده از رابطه زیر:

$$T > 0.7 \quad \rightarrow \quad C_2 = 1$$

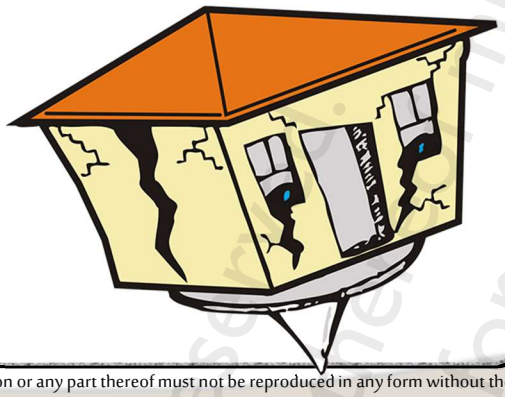
$$T \leq 0.7 \quad \rightarrow \quad C_2 = 1 + \frac{1}{800}\left(\frac{R_u - 1}{T}\right)^2$$

۲- در غیاب محاسبات دقیقتر برای تحلیل خطی میتوان C_2 را برابر واحد در نظر گرفت.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

به دنبال حرکات رفت و برگشتی و گسترش خرابی‌ها، سختی اجزای سازه کاهش یافته و مقاومت آنها افت می‌کند. در سازه‌هایی که دارای حلقه هیسترزیس کامل و پایدار باشند ضریب C_2 برابر یک در نظر گرفته می‌شود اما برای سازه‌هایی که دارای حلقه هیسترزیس خوب نباشند حرکات رفت و برگشتی سازه موجب گسترش ترک‌ها و خرابی شده و علاوه بر کاهش سختی و افزایش تغییر شکل‌ها، افت مقاومت را نیز به دنبال خواهد داشت. از اینرو ضریب C_2 برای این سازه‌ها بزرگتر از یک در نظر گرفته می‌شود.



This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

Version: 1.2

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

C_m: ضریب جرم موثر که برای اعمال اثر مودهای بالاتر بوده و مطابق جدول زیر تعیین می‌شود. برای سازه‌های با زمان تناوب بزرگتر از یک باید برابر یک منظور شود.

تعداد طبقات	قاب خمشی بتنی یا فولادی	قاب فولادی مهاربندی شده	سازه با دیوار برشی بتنی	سایر سیستم‌های سازه ای
یک یا دو	1	1	1	1
سه و بیشتر	0.9	0.9	0.8	1

توزیع نیروی جانبی در ارتفاع:

نیروی جانبی در ارتفاع بصورت زیر توزیع میشود:

$$F_i = \frac{W_i h_i^k}{\sum_{j=1}^{n} W_j h_j^k} \times V$$

که در آن F_i نیروی جانبی وارد بر طبقه iام، W_i وزن لرزه ای طبقه iام، h_i ارتفاع طبقه iام از تراز پایه و مقدار k از رابطه زیر تعیین میشود:

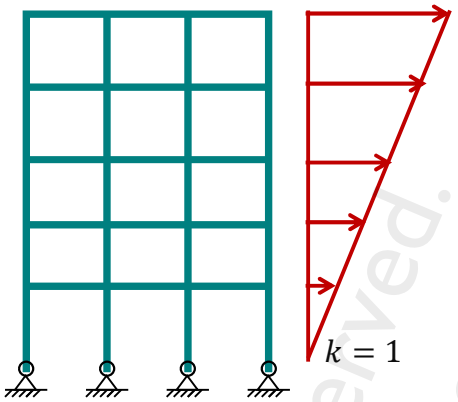
$$k = 0.5T + 0.75$$

برای زمان تناوب اصلی کمتر مساوی 0.5 sec مقدار k=1.0 و برای زمان تناوب اصلی مساوی یا بیشتر از 2.5 sec مقدار k=2 در نظر گرفته شود.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

Version: 1.2

All rights reserved. No part of this book or any part thereof may be reproduced in any form without the written permission.



This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission. All rights reserved.

از نقطه نظر طراحی، توزیع نیروی جانبی باید به گونه‌ای انتخاب شود که بحرانی‌ترین شرایط را ایجاد نماید. چنانچه سازه در محدوده رفتار ارتجاعی خطی باشد، توزیع نیروی جانبی تابع پارامترهای زیادی از جمله محتوای فرکانسی و دامنه ارتعاشات زلزله، فرکانس‌ها و شکل مودهای سازه می‌باشد. اگر سازه رفتار غیرخطی داشته باشد توزیع نیروی جانبی علاوه بر پارامترهای فوق تابع تسلیم موضعی یا کلی اجزاء سازه نیز خواهد بود و به همین جهت بسیار پیچیده‌تر می‌باشد. با افزایش k نسبت لنگر واژگونی به برش پایه افزایش می‌یابد زیرا نقطه اثر برآیند نیروی جانبی بالاتر می‌رود.

دیافراگم:

دیافراگم طبقات باید برای نیروی اینرسی F_{pi} مطابق رابطه زیر کنترل شود:

$$F_{pi} = \frac{\sum_{j=i}^{n} F_j}{\sum_{j=1}^{n} W_j}$$

که در آن F_j و W_j به ترتیب نیروی جانبی وارد بر طبقه jام و وزن لرزه‌ای طبقه jام است.

دیافراگم طبقات درتعیین مسیر انتقال بار جانبی ایجاد شده در سازه تا تکیه‌گاه‌ها نقش قابل توجهی بر عهده دارد. دیافراگم طبقات علاوه برانتقال نیروهای اینرسی (ایجاد شده در اجزای متصل به آن) به اجزای سیستم باربر جانبی، نقش هماهنگ کننده و تعدیل کننده توزیع بارجانبی را نیز در اجزای سیستم باربر جانبی برعهده دارد. ساختمان‌های بسیاری به دلیل ضعف دیافراگم یا اتصال دیافراگم به سیستم باربر جانبی، هنگام زلزله تخریب شده یا خسارات زیادی را متحمل شده‌اند. به همین جهت ظرفیت باربری دیافراگم در صفحه افق و ظرفیت باربری اتصال سیستم باربر جانبی به دیافراگم‌ها باید متناسب با نیروهای القا شده در نظر گرفته شود

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

روش تحلیل دینامیکی خطی:

تحلیل دینامیکی خطی می‌تواند به دو روش طیفی یا تاریخچه زمانی انجام شود. در این روش سازه با فرض رفتار خطی و با اعمال اثر حرکات زمین در تراز پایه آن تحلیل می‌شود. در این حالت مشابه روش تحلیل استاتیکی خطی، پاسخ سازه در زلزله سطح خطر مورد نظر حاصل از تحلیل، در ضرایبی ضرب می‌شود تا حداکثر تغییرشکل سازه با آنچه که در زلزله پیش بینی می‌شود، مطابقت داشته باشد. به همین علت نیروهای داخلی در سازه‌های شکل پذیر که در هنگام زلزله رفتار غیرخطی خواهند داشت، بزرگتر از نیروهای قابل تحمل در سازه برآورد می‌شوند.

از آنجا که در این روش مشخصات دینامیکی سازه در تحلیل وارد می‌گردد، نتایج حاصل دقیق‌تر از روش تحلیل استاتیکی خطی است اما به هرحال رفتار غیرخطی مصالح در مدل منظور نمی‌شود.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

روش تحلیل 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 سازه‌هایی که رفتار آنها در طول زلزله خطی باقی می‌ماند نزدیک به واقعیت است اما مشابه روش تحلیل استاتیکی خطی، چنانچه رفتار سازه از محدوده‌ی خطی خارج شده و غیرخطی شود، نیروهای داخلی حاصل از این روش بزرگتر از مقادیریست که در زلزله طرح پیشبینی می‌شود.

تعداد مودهای ارتعاش در تحلیل طیفی باید چنان انتخاب شود که جمع درصد مشارکت جرم مؤثر برای هر امتداد تحریک زلزله در مودهای انتخاب شده حداقل ۹۰٪ باشد. نتایج حاصل از هر مود نوسان باید با روش‌های شناخته شده مانند جذر مجموع مربعات SRSS یا روش ترکیب مربعی کامل CQC که اندرکنش بین مودها را در نظر می‌گیرد، ترکیب شود، ترکیب اثر حداکثر مودها در ساختمان‌های نامنظم در پلان و یا در مواردی که زمان‌های تناوب دو یا چند مود سازه به یکدیگر نزدیک باشد باید با روش CQC صورت گیرد.

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

در روش تحلیل طیفی، در صورتیکه زمان تناوب تحلیلی مود اصلی در هر امتداد اصلی ساختمان از 1.4 برابر زمان تناوب تجربی آن امتداد بزرگتر بوده و مقدار برش در آن امتداد از ۸۰٪ برش پایه استاتیکی معادل در همان امتداد کمتر باشد، مقدار برش پایه در آن امتداد باید با ۸۰٪ برش پایه استاتیکی معادل همپایه شود.

روش تحلیل تاریخچه زمانی

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

چنانچه کمتر از هفت شتابنگاشت برای تحلیل انتخاب شود باید بیشینه اثر آنها برای کنترل‌ها تغییر شکل‌ها و نیروهای داخلی منظور شود، چنانچه از هفت شتابنگاشت یا بیشتر استفاده شود می توان مقدار متوسط اثر آنها را برای کنترل تغییرشکل و نیروهای داخلی در نظر گرفت. در صورتیکه زمان تناوب تحلیلی مود اصلی در هر امتداد اصلی ساختمان از 1.4 برابر زمان تناوب تجربی آن امتداد بزرگتر بوده و مقدار برش در آن امتداد از ۸۰٪ برش پایه استاتیکی معادل کمتر باشد، مقدار برش پایه در آن امتداد باید با ۸۰٪ برش پایه استاتیکی معادل همپایه شود.

دیافراگم‌ها (در تحلیل‌های دینامیکی خطی)

دیافراگم‌ها باید برای نیرویی برابر حاصلجمع نیروی اینرسی و نیروهای ناشی از تغییر موقعیت یا سختی سیستم باربر جانبی ارزیابی شوند.

چنانچه دیافراگم‌ها در مدل سازه وارد شده باشند نیروهای ناشی از تغییر موقعیت یا سختی سیستم باربر جانبی مستقیماً از تحلیل دینامیکی برآورد می‌شوند، در غیر این صورت لازم است نیروهای مذکور با استفاده از تحلیل مدل مناسب برای دیافراگم تعیین شوند. نیروی اینرسی وارد بر دیافراگم، حاصل از تحلیل دینامیکی، نباید کم‌تر از ۸۰٪ نیروی اینرسی براساس روش تحلیل استاتیکی مطابق رابطه زیر باشد:

$$F_{pi} = \frac{\sum_{j=i}^{n} F_j}{\sum_{j=1}^{n} W_j}$$

ضریب ۸۰ درصد برای تشویق طراحان به استفاده از تحلیل دینامیکی خطی بجای تحلیل استاتیکی خطی در نظر گرفته شده است.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

برآورد نیروها و تغییر مکان‌ها (در تحلیل‌های دینامیکی خطی)

نتایج حاصل از تحلیل دینامیکی خطی مشابه تحلیل استاتیکی خطی باید در ضرایب اصلاح C_1، C_2 ضرب شوند تا تغییر مکان‌های حاصل به تغییر مکانهای واقعی زلزله‌ی طرح نزدیک شود.

تفسیر هر یک از این ضرایب در قبل گفته شد.

کنترل واژگونی در روش‌های خطی (در تحلیل‌های خطی)

لنگر مقاوم واژگونی در هر طبقه برابر لنگر مقاوم بارهای مرده در هر طبقه مورد نظر هستند. در هنگام وجود اتصال مناسب برای جلوگیری از برکنش در طبقه مورد نظر، لنگر مقاوم واژگونی از حاصل جمع لنگر مقاوم بارهای مرده به علاوه لنگر ناشی از ظرفیت انتقال کششی در ستون‌های کششی به دست می آید. مقدار ظرفیت کششی برابر با کمترین ظرفیت کششی ستون، ظرفیت کششی وصله ستون در صورت وجود و یا ظرفیت کششی پی یا اتصال پی به ستون است.

$$M_{ST} > \frac{M_{OT}}{C_1 C_2 J}$$

که در آن M_{OT} لنگر واژگونی در طبقه مورد نظر، M_{ST} لنگر مقاوم ناشی از بارهای مرده و ضرایب اصلاح C_1، C_2 در قبل معرفی شده‌اند.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

ضریب J، ضریب کاهش انتقال نیرو می باشد و برابر است با کوچکترین مقدار DCR اعضای تغییرشکل کنترل که نیرو را در مسیر بار به عضو مورد نظر منتقل می‌کند. به عنوان یک روش تقریبی میتوان مقدار J را براساس سطح عملکرد ساختمان مطابق مقادیر پیشنهادی زیر اختیار نمود.

مقادیر پیشنهادی J برای سطوح عملکردی مختلف

سطح عملکرد ساختمان	مقدار پیشنهادی J
استفاده بی وقفه (IO)	1.0
ایمنی جانی (LS)	2.5
آستانه فروریزش (CP)	3.5

در استفاده از این جدول برای ساختمان‌هایی که سیستم باربر جانبی آنها صرفا دیوار باربر می باشد، مقدار J در سطح عملکرد ایمنی جانی و آستانه فروریزش به ترتیب نباید از ۲ و ۳ بیشتر باشد.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

در صورتی که سازه دارای سیستم باربر جانبی باشد که در ۲۸۰۰ برای آن ضریب رفتاری ارائه شده، برای ارزیابی سازه در برابر واژگونی، میتوان از رابطه زیر استفاده نمود. در این رابطه M_{ST} لنگر مقاوم حاصل از بارهای مرده به تنهایی است.

$$0.9M_{ST} > \frac{M_{OT}}{C_1 C_2 R_{OT}}$$

که در آن R_{OT} بر حسب سطح مورد انتظار از ساختمان به شرح زیر تعریف میشود:

آستانه فروریزش	$R_{OT}=10$
ایمنی جانی	$R_{OT}=8$
قابلیت استفاده بی وقفه	$R_{OT}=4$

استفاده از رابطه فوق برای ساختمان‌هایی که سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی آنها دیوارهای بـاربر غیـرمسـلح می‌باشند، مجاز نمی‌باشد.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

روش‌های تحلیل غیرخطی

در صورتی که در سازه ای استفاده از روش‌های خطی مجاز نباشد، ضروری است از روش‌های غیرخطی برای تحلیل سازه اسـتفاده شود.

کاربرد روش استاتیکی غیرخطی

استفاده از روش استاتیکی غیرخطی هنگامی مجاز است که دو شرط زیر برقرار باشد:

۱- نسبت مقاومت R_u محاسبه شده از مقدار R_{max} محاسبه شده کمتر باشد(جلوتر تعریف شده)

۲- تاثیر مودهای بالاتر قابل ملاحظه نباشد. برای تعیین این موضوع ضروری است سازه دو بار با استفاده از روش دینـامیکی طیفی تحلیل شود. در بار اول تنها مود اول سازه در نظر گرفته شده و در بار دوم تمام مودهای نوسانی کـه مجمـوع جـرم مـوثر آنهـا حداقل ۹۰٪ جرم کل سازه است باید در نظر گرفته شود. در صورتیکه نتایج تحلیل دوم نشان دهد نیروی برشی در طبقه ای بـیش از ۳۰٪ از نیروی برشی حاصل از تحلیل اول بیشتر است، این امر به معنی قابل ملاحظه بودن اثرات مودهای بالای سازه است.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

اگر شرط ۲ برقرار نباشد، باید از روش دینامیکی خطی نیز برای تکمیل روش استاتیکی غیرخطی اسـتفاده گـردد در ایـن حالت معیار پذیرش باید برای هر دو روش بررسی شود با این تفاوت که برای پذیرش اعضای بـا رفتـار تغییرشکل کنترل، در روش تحلیل دینامیکی خطی میتوان ۳۳٪ تخفیف قائل شد.

اگر شرط ۱ برقرار نباشد، باید از تحلیل دینامیکی غیرخطی استفاده گردد.

---

* در تحلیل استاتیکی غیرخطی، قادر به تخمین مناسب جابجایی حداکثر بام و طبقات هستیم.

* تحلیل استاتیکی غیرخطی، در تخمین برش و نیروهای طبقات ضعیف است.

* در صورتی که اثر مودهای نوسانی بالا برای یک سازه مهم باشند، استفاده از روش تحلیل استاتیکی غیرخطی با دقت پایینی همراه است.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission. All rights reserved.

در تحلیل استاتیکی غیرخطی بارافزون ابتدا بار ثقلی با یک ترکیب خاص (مثلا کل بار مرده به اضافه ۲۰٪ بار زنده) بر روی قاب قرار داده می‌شود.

پس از انجام یک تحلیل استاتیکی غیرخطی و مشخص شدن تغییرشکل‌های اعضا، نیروی برش پایه بصورت استاتیکی تحت الگویی مشخص در تراز طبقات به تدریج و به صورت فزاینده به سازه اعمال می‌شود، این افزایش از صفر شروع و تا آنجا ادامه پیدا می‌کند که تغییرمکان در یک نقطه خاص (نقطه کنترل) تحت اثر بار جانبی، به مقدار مشخصی (تغییرمکان هدف) برسد و یا مکانیزم خرابی در سازه بوجود بیاید.

در این مرحله تغییرشکل‌ها و نیروهای داخلی حاصل از تحلیل استاتیکی غیرخطی بارافزون باید با معیارهای پذیرش مورد بررسی قرار گیرد. این روش مشابه روش تحلیل استاتیکی خطی است با این تفاوت که:

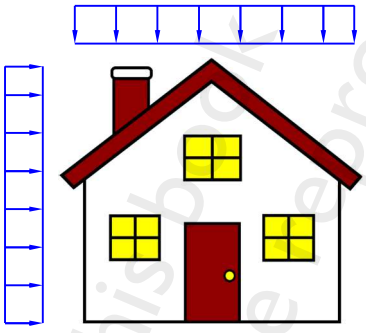
۱- رفتار غیر خطی تک تک اعضا و اجزاء سازه در تحلیل وارد می گردد.

۲- اثر زلزله به جای اعمال بار مشخص، بر حسب تغییر شکل برآورد می‌گردد.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

* ترکیب بارگذاری ثقلی:

$$Q_G = 1.1[Q_D + Q_L]$$
$$Q_G = 0.9Q_D$$



۲) سازه همزمان تحت بارهای ثقلی و جانبی، تحلیل شود.

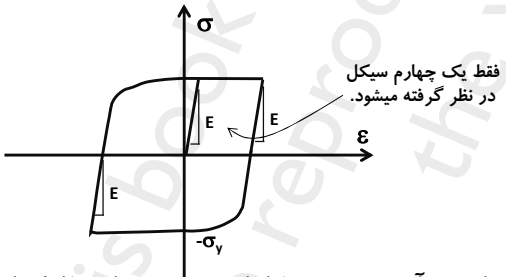
۱) ابتدا سازه مدلسازی شده

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

در تحلیل استاتیکی غیرخطی باید مدل رفتار غیرخطی به صورت چند خطی یا در حالت ساده شده برای هر یک از اجـزاء سـازه به صورت دو خطی تعریف شود. در طول تحلیل، هنگام افزایش تدریجی بار جانبی، تغییر شکل‌ها و نیروهای داخلی تمام اجزاء محاسبه شده و با ظرفیت آنها مقایسه می‌شود. هرچند این روش بـه مراتـب پیچیـده‌تـر و وقـت گیرتـر از تحلیـل استاتیکی خطی است، اما نتایج حاصل از آن رفتار واقعی سازه را بهتر نشان داده و اطلاعات مفیدتری جهـت طراحـی ارائـه مـی‌دهـد. برخلاف روش‌های تحلیل خطی، در این روش به دلیل در نظر گرفتن رفتار غیرخطی مصالح، نیروهای داخلی حاصل، بـا مقـادیر مـورد انتظار تحت زلزلهٔ طرح برابر می‌باشد.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

در روش تحلیل استاتیکی غیرخطی از طیف طراحی نرم شده استفاده می‌شود. بنابراین نسبت به تغییـرات زمـان تنـاوب حسـاس نیست. اما یکی از معایب این روش آن است که به‌دلیل حرکات رفت و برگشتی تغییر رفتـار غیرخطـی اجـزاء سـازه مسـتقیماً منظـور نمی‌شود. زیرا در این روش فقط یک چهارم دوره‌ی تناوب ارتعاش بررسی می گردد.



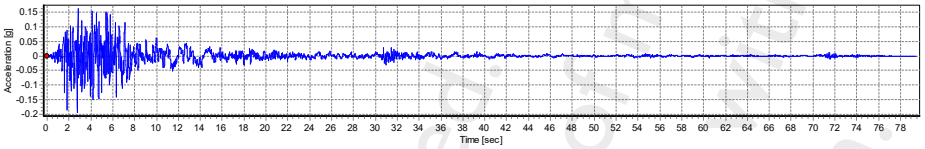
به این ترتیب ممکن است محاسبه نیروها و برآورد تغییر شکلهای خمیری با خطا انجام شود خصوصاً زمانیکه به دلیـل افـزایش تغییر شکل‌های خمیری اثر مودهای بالاتر قابل توجه شود. در این شرایط توصیه مـی‌شـود کـه از روش تحلیـل دینـامیکی غیرخطـی استفاده شود.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

کاربرد روش دینامیکی غیرخطی

استفاده از روش تحلیل دینامیکی غیرخطی برای کلیه سازه مجاز می‌باشد. در تحلیل دینامیکی غیرخطی نتـایج حاصـل از ایـن تحلیل باید توسط یک گروه متخصص و با تجربه در این زمینه کنترل شود.

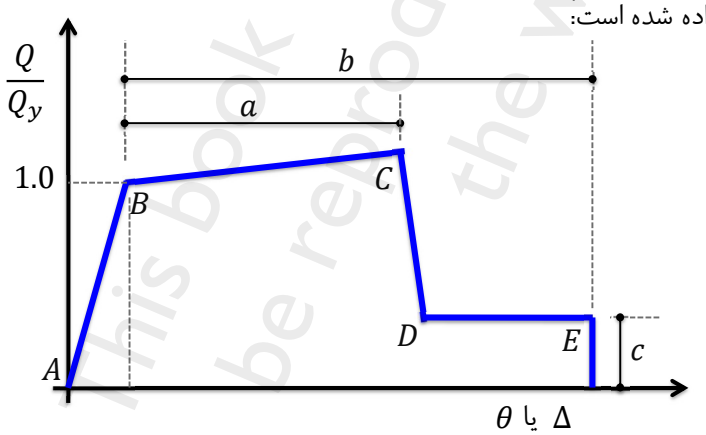


 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

محاسبه سختی و مقاومت در روش‌های غیرخطی

در روش‌های غیرخطی، مدلسازی سازه بر اساس رابطه نیرو-تغییرشـکل قطعـات کـه بـه صـورت روابطـی غیرخطـی بیـان می‌شوند، انجام می‌گردد. در شکل زیر، رابطه نیرو-تغییرشکل برای استفاده در تحلیل غیرخطی نشان داده شده است:

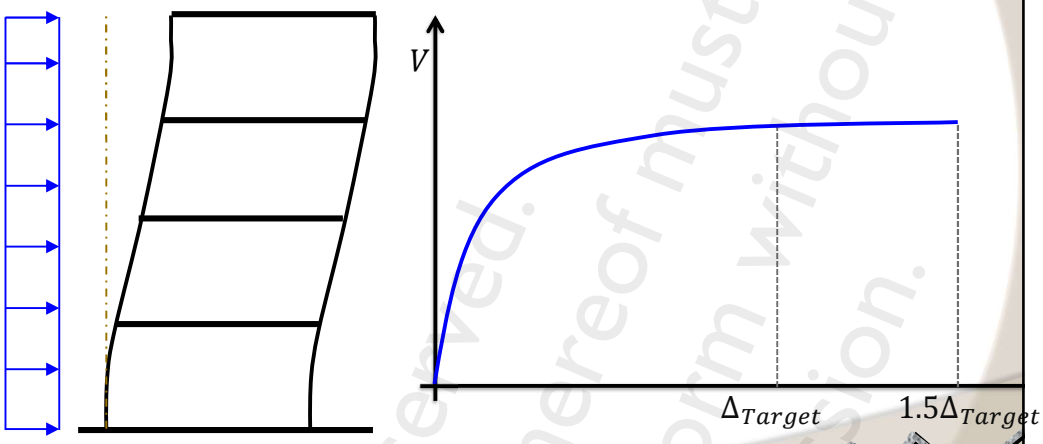


 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

ملاحظات خاص مدل سازی و تحلیل

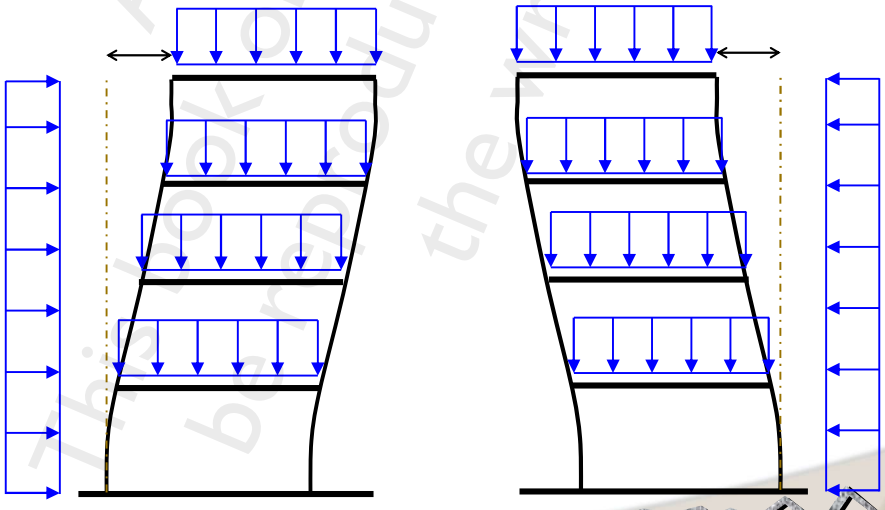
- رابطه بین برش پایه و تغییرمکان نقطه کنترل باید برای هرگام افزایش نیروهای جانبی تا رسیدن به تغییرمکان 1.5 برابر تغییرمکان هدف ثبت شود.



This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

در مدل سازی بارهای ثقلی اعضا در ترکیب با بارهای جانبی اعمال می شود. بارهای جانبی باید در هر دو امتداد و هر دو جهت منفی و مثبت به سازه اعمال و اثرات بحرانی‌ترین حالت ملاک قرار گیرد.



This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

تحلیل استاتیکی غیرخطی می تواند به دو روش کامل و ساده انجام شود:

۱- در روش کامل، اعضای اصلی و غیراصلی سیستم باربر جانبی باید در مدل سازی وارد شود رفتار نیرو تغییرشکل کلیه اعضا باید به صورت صریح با استفاده از نمودار چندخطی (منحنی پوش چرخه‌ای) که تا حد امکان نزدیک به واقعیت انتخاب می‌شود، مدلسازی گردد. همچنین اثرات زوال چرخه‌ای که شامل کاهش مقاومت و مقاومت باقیمانده می‌باشد، به نحوی وارد محاسبات می‌شود. تحلیل استاتیکی غیرخطی باید با معیارهای پذیرش مورد بررسی قرار گیرد. تلاش‌های اعضای اصلی و غیراصلی برحسب سطح عملکرد موردنظر برای ساختمان، باید توسط معیار پذیرش اعضای غیراصلی کنترل شوند. به عبارت دیگر معیار پذیرش برای اعضای اصلی و غیراصلی یکسان است.

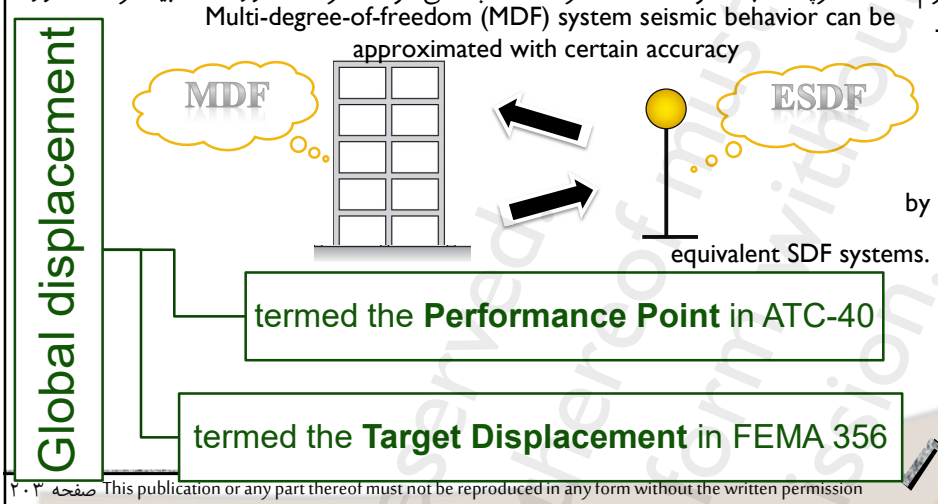
This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

۲- در روش ساده شده، فقط اعضای اصلی مدل می‌شوند رفتار غیرخطی اعضای اصلی توسط مدل دو خطی شبیه سازی و از اثرات زوال صرفنظر می‌شود. در این روش، به دلیل ساده سازی در تحلیل، معیار پذیرش برای اعضای اصلی کنترل شوند و برای اعضای غیراصلی برحسب سطح عملکرد موردنظر برای ساختمان، تلاش‌ها باید توسط معیار پذیرش اعضای اصلی کنترل شوند و برای اعضای غیراصلی برحسب سطح عملکرد موردنظر برای ساختمان، تلاش‌ها باید توسط معیار پذیرش اعضای غیراصلی کنترل شوند. چنانچه تعداد کمی از اعضای اصلی توسط این معیار پذیرفته نشوند، می‌توان آنها را در دسته اعضای غیراصلی فرض کرده و از مدل خارج نمود.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

نقطه کنترل:

در تحلیل استاتیکی غیرخطی، مرکز جرم بام به عنوان نقطه کنترل تغییرمکان سازه انتخاب می‌شود مرکز جرم سقف خرپشته به عنوان نقطه کنترل انتخاب نمی‌شود، مگر آنکه وزن آن بیشتر ۲۵٪ وزن بام باشد.



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

توزیع نیروی جانبی:

در توزیع بار جانبی مدل سازه باید تا حد امکان شبیه به آنچه که هنگام زلزله رخ خواهد داد، باشد و حالت‌های بحرانی تغییرشکل و نیروهای داخلی را در اعضا ایجاد نماید توزیع بار جانبی باید متناسب با دو نوع توزیع زیر، به سازه اعمال شود.

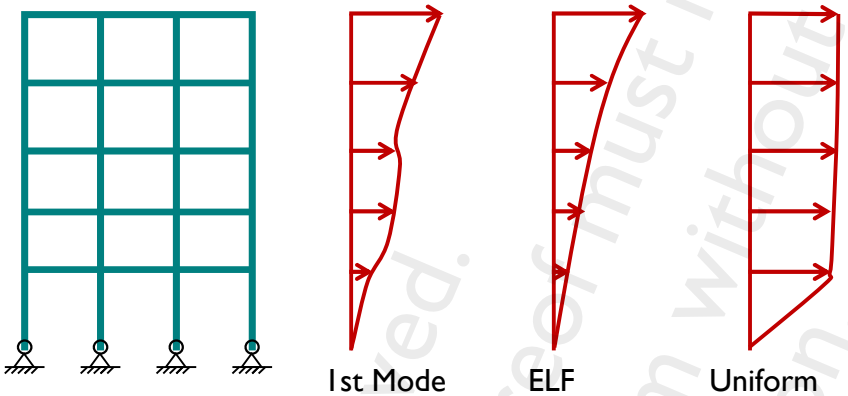
۱- توزیع نوع اول: توزیع متناسب با شکل مود اول ارتعاش در جهت مورد نظر. این توزیع در حالتی که اثر مودها بالا موثر باشند، مناسب است.

۲- توزیع نوع دوم: توزیع یکنواخت که در آن بار جانبی متناسب با وزن هر طبقه محاسبه می‌شود. این توزیع برای بررسی حالت‌های بحرانی در طبقات پایین در نظر گرفته می‌شود.

در صورتیکه ساختمان بر اساس یکی از ویرایش‌های استاندارد ۲۸۰۰ طراحی شده باشد، اعمال توزیع بار جانبی نوع دوم (توزیع یکنواخت) ضرورتی ندارد.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.



صفحه ۲۰۵ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2

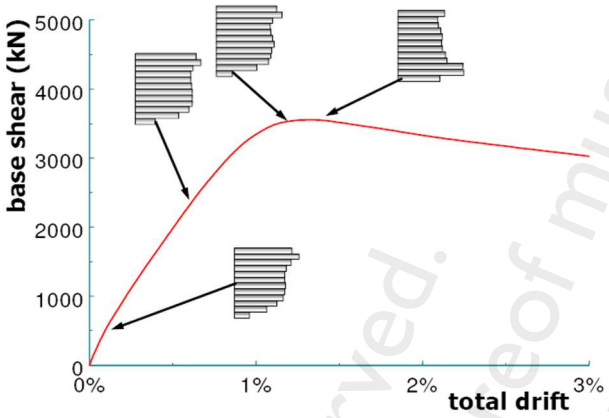
تحلیل بار افزون

- در نظر گرفتن مود اول سازه
  - در این روش، سازه چند درجه آزاد به یک سازه یک درجه آزاد تبدیل میشود
- در نظر گرفتن چند مود سازه
  - در این حالت بارگذاری جانبی متناسب با شکل هر مود به بدنه سازه اعمال شده و تدریجی افزایش می یابد

صفحه ۲۰۶ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

Adaptive Pushover – Basic Concept



∴ Loading vector updated as the analysis progresses

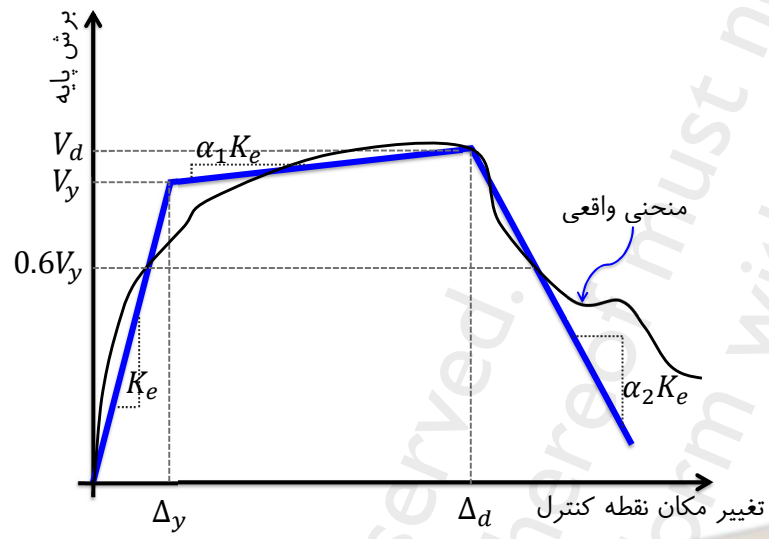
This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

مدل رفتار چند خطی نیرو-تغییرمکان سازه:

رفتار غیرخطی سازه ارتباط بین برش پایه و تغییرمکان نقطه کنترل را مطابق شکل زیر مشخص می‌نماید. به منظور محاسبه سختی جانبی موثر K_e و برش تسلیم موثر V_y باید با یک مدل رفتار چند خطی ساده جایگزین شود. قسمت اول منحنی باید با شیب K_e که برابر مدول سکانت محاسبه شده برای برش پایه $0.6V_y$ می‌باشد، شروع گردد. در مدل ساده شده باید دقت شود که V_y بزرگتر از بیشینه برش پایه در منحنی رفتار غیرخطی نشود. خط دوم با شیب مثبت $\alpha_1 K_e$ با استفاده از نقطه (V_d,Δ_d) و نقطه تقاطع با خط اول (V_y,Δ_y) چنان ترسیم شود که سطح زیر مدل رفتار دو خطی برابر سطح زیر منحنی رفتار غیرخطی تا نقطه (V_d,Δ_d) باشد. (V_d,Δ_d) نقطه‌ای روی منحنی نیرو-تغییرمکان در تغییرمکان هدف یا تغییرمکان متناظر با حداکثر نیروی برشی است این نقطه باید بر اساس حدقل مقدار این دو تغییرمکان تعیین گردد. خط سوم با شیب منفی $\alpha_2 K_e$ با استفاده از نقطه (V_d,Δ_d) و نقطه‌ای که در آن نیروی برشی برابر با $0.6V_y$ می باشد، ترسیم شود.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

محاسبه زمان تناوب اصلی موثر:

$$T_e = T_i \sqrt{\frac{K_i}{K_e}}$$

که در آن T_i زمان تناوب اصلی ساختمان با فرض رفتار خطی بر حسب ثانیه، K_i سختی جانبی ارتجاعی ساختمان در جهت مورد بررسی، K_e سختی موثر ساختمان در جهت مورد بررسی است.

هنگامیکه سازه دارای رفتار غیرخطی باشد سختی آن تغییر کرده و در نتیجه زمان تناوب آن ثابت نمیماند. هرچند در هر گام اعمال بارجانبی، می‌توان زمان تناوب سازه را برحسب سختی‌های لحظه‌ای تعیین کرد. اما از آنجا که با استفاده از طیف پاسخ ارتجاعی خطی هنگامیکه رفتار سازه غیرخطی باشد، استفاده از طیف پاسخ ارتجاعی خطی، فقط تقریبی از پاسخ غیرارتجاعی بدست می‌آید، لذا خطا در محاسبه زمان تناوب اهمیت زیادی ندارد. به همین جهت در این دستورالعمل برای سازه با رفتار غیرخطی زمان تناوب اصلی برحسب سختی متناظر با ۶۰ درصد نیروی تسلیم محاسبه شده و بنام زمان تناوب مؤثر تعریف می‌شود.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

برای محاسبه زمان تناوب مؤثر باید سازه به تدریج تحت بارجانبی قرار گرفته و منحنی تغییرمکان- نیروی برش پایه ترسیم شود تا به روش ترسیمی، سختی مؤثر و با استفاده از آن زمان تناوب مؤثر تعیین شود. هنگام تبـدیل منحنـی تغییر مکان- نیروی برش پایه به رفتار دوخطی باید حتی الامکان سطح زیر منحنی با سطح زیر مدل رفتار دو خطی برابر باشد.

برآورد نیروها و تغییرشکل‌ها:

تغییرشکل‌ها و نیروهای داخلی اعضا و اجزا در روش تحلیل استاتیکی غیرخطی در تغییرمکان هدف برآورد شده و مـورد ارزیـابی قرار می‌گیرد.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

ساختمان با دیافراگم صلب:

تغییرمکان هدف برای سازه با دیافراگم‌های صلب باید با درنظرگرفتن رفتار غیرخطی سازه برآورد شود، به عنـوان روش تقریبـی می‌توان مقدار تغییرمکان هدف را از رابطه زیر تعیین نمود:

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

که در آن:

T_e: زمان تناوب اصلی موثر ساختمان مطابق رابطه قبل برای امتداد موردنظر است.

C_0: ضریب اصلاح برای ارتباط تغییرمکان طیفی سیستم یک درجه آزادی به تغییرمکان بام سیستم چند درجه آزادی اسـت کـه برابر یکی از مقادیر زیر انتخاب می‌شود:

الف) ضریب مشارکت مود اول با استفاده از رابطه زیر:

$$C_0 = \varphi_{1,r} \frac{\sum_{i=1}^{n} w_i \varphi_{1,i}}{\sum_{i=1}^{n} w_i \varphi_{1,i}^2}$$

که در آن w_i و $\varphi_{1,i}$ به ترتیب وزن موثر لرزه‌ای و مولفه بردار شکل مود اول بـرای امتـداد مـوردنظر در تـراز i می‌باشد. همچنین $\varphi_{1,r}$ نیز مولفه همین بردار در تراز نقطه کنترل می‌باشد.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

ب) با استفاده از مقادیر تقریبی جدول زیر:

تعداد طبقات	ساختمان‌های برشی		سایر ساختمان‌ها
	توزیع نوع اول	توزیع نوع دوم	هر نوع توزیع بار
1	1	1	1
2	1.2	1.15	1.2
3	1.2	1.2	1.3
5	1.3	1.2	1.4
10+	1.3	1.2	1.5

برای مقادیر مابین حدود داده شده در جدول باید از درونیابی خطی استفاده کرد.

منظور از ساختمان برشی، ساختمانی است که تغییرمکان جانبی نسبی هر طبقه، از طبقه زیر آن کوچکتر باشد.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

C_1: ضریب تصحیح برای اعمال تغییرمکان غیرارتجاعی سیستم که از رابطه زیر محاسبه میشود:

$$T_e \le 0.2 \quad \rightarrow \quad C_1 = 1 + \frac{25(R_u - 1)}{a}$$

$$0.2 < T_e \le 1.0 \quad \rightarrow \quad C_1 = 1 + \frac{R_u - 1}{aT_e^2}$$

$$T_e > 1.0 \quad \rightarrow \quad C_1 = 1.0$$

در این رابطه R_u نسبت نیاز مقاومت ارتجاعی به مقاومت تسلیم است که از رابطه زیر تعیین میشود:

$$R_u = \frac{S_a}{V_y/W} C_m$$

مقدار a قبلا تعریف شده بود (بر حسب نوع زمین). مقدار S_a شتاب طیفی به ازای زمان تناوب اصلی موثر T_e است. همچنین C_m ضریب جرم موثر که برای اعمال اثر مودهای بالاتر بوده که در قبل داده شده بود و برای سازه‌های با زمان تناوب اصلی بزرگتر از ۱ باید برابر ۱ در نظر گرفته شود. مقدار V_y برابر برش پایه نظیر حد تسلیم سازه در نمودار چند خطی نیرو-تغییر شکل در تحلیل استاتیکی غیرخطی و W وزن لرزه‌ای است.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

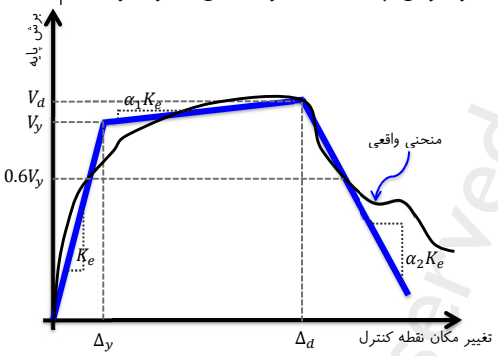
برای ساختمان‌ها با سختی فرا تسلیم منفی، حداکثر نسبت مقاومت باید با رابطه زیر تعیین شود.

$$R_{max} = \frac{\Delta_d}{\Delta_y} + \frac{|\alpha_e|^{-h}}{4}$$

$$h = 1 + 0.15\ln(T_e)$$

که در آن Δ_d مقدار تغییر مکان هدف δ_t یا تغییر نظیر برش پایه حداکثر مطابق زیر هر کدام که کمتر باشد.

Δ_y: تغییرمکان در مقاومت تسلیم مطابق شکل زیر:



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

α_e: نسبت شیب ثانویه منفی موثر مطابق رابطه زیر:

$$\alpha_e = \alpha_{P-\Delta} + \lambda(\alpha_2 - \alpha_{P-\Delta})$$

که $\alpha_{P-\Delta}$ نسبت شیب منفی ناشی از اثرات P-Delta است.

به منظور تعیین $\alpha_{P-\Delta}$ ابتدا سازه یک بار با در نظر گرفتن اثر P-Delta و یکبار نیز بدون در نظر گرفتن P-Delta تحلیل گردد، منحنی دو خطی برای دو حالت تعیین سپس شیب منفی ناشی از اثر P-Delta از اختلاف شیب قسمت سوم هر دو نمودار به دست آید.

λ: ضریب تاثیر حوزه نزدیک:

$$\lambda = \begin{cases} 0.8 & \leftarrow \quad S_{x1} \geq 0.6 \\ 0.2 & \leftarrow \quad S_{x1} < 0.6 \end{cases}$$

که S_{x1} مقدار شتاب طیفی در زمان تناوب 1.0 ثانیه برای سطح خطر ۲ میباشد که میتوان آن را 1.5 برابر مقدار AB طیف استاندارد ۲۸۰۰ در نظر گرفت.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

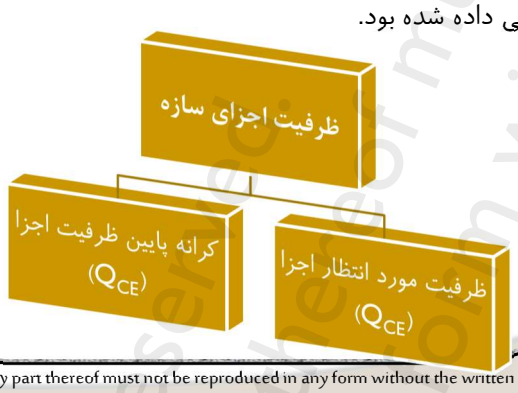
All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

C_2: ضریب تصحیح برای اثرات کاهش سختی و مقاومت اعضای سازه‌ای بر تغییرمکان‌ها ناشی از زوال چرخه‌ای مقـدار آن بـا استفاده از رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$T < 0.7 \quad \rightarrow \quad C_2 = 1 + \frac{1}{800}\left(\frac{R_u - 1}{T_e}\right)^2$$

$$T \geq 0.7 \quad \rightarrow \quad C_2 = 1$$

مقدار R_u نیز در رابطه قبلی داده شده بود.



This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

روش طیف ظرفیت برای تعیین نقطه عملکرد سازه

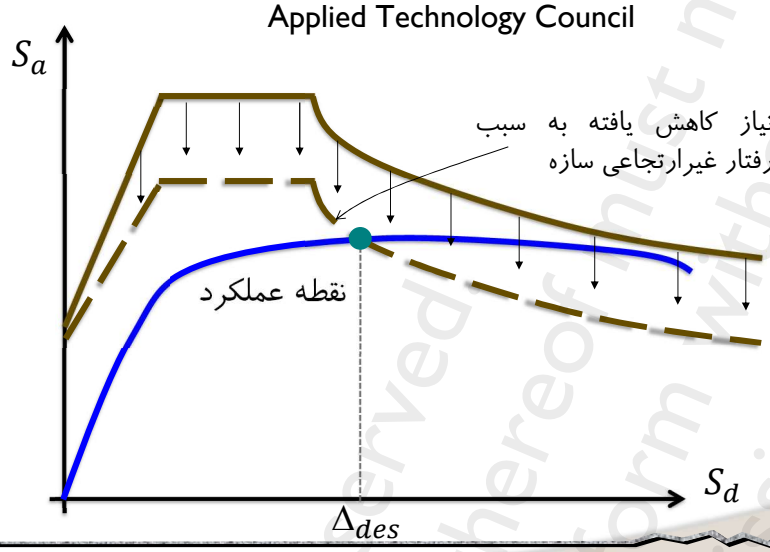
روش طیف ظرفیت، اولین بار توسط Freeman ارائه شد. این روش مبتنی بر یک روش گرافیکی جهت مقایسه ظرفیت یک سازه با تقاضای زلزله در سازه می‌باشد. به دلیل گرافیکی بودن این روش، ارزیابی عینی از نوع عملکرد سازه تحت اثر زلزله ممکن می‌باشد. در این روش با تعریف نقطه عملکرد، ظرفیت سازه و تقاضای زلزله با هم مقایسه می‌شوند نقطه عملکرد محل تلاقی منحنی ظرفیت سازه و منحنی تقاضای زلزله می‌باشد. به دیگر سخن، نقطه عملکرد روی منحنی ظرفیت، در جایی است که، تقاضای شکل‌پذیری تغییر مکان تحریک با تقاضای شکل‌پذیری تغییر مکان سازه برابر است .منحنی ظرفیت (نیرو - تغییر مکان) سازه از تحلیل Pushover با فرض غالب بودن مد اول حاصل می‌شود. تقاضای زلزله نیز توسط طیف پاسخ، S_a بر حسب S_d تعریف می‌شود. با توجه به وابسته بودن روش طیف ظرفیت، به تحلیل استاتیکی غیر خطی Pushover، مشخص بودن تغییر مکان هدف لازم می‌باشد. بارگذاری جانبی افزایشی در روش Pushover تا رسیدن به این تغییر مکان ادامه می‌یابد. بدین ترتیب تقاضای ناشی از زلزله در اعضاء مشخص می‌گردد. در قسمت‌های بعدی مراحل این روش که برگرفته از آیین نامهٔ ATC40 می‌باشد، شرح داده شده است.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

روش طیف ظرفیت برای بدست آوردن نقطه عملکرد سازه براساس ATC-40

Applied Technology Council



This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

* نسبت میرایی معادل نیز تابعی از میرایی سیستم غیرخطی و شکل پذیری آن است.

با صدمه دیدن سازه میزان میرایی آن افزایش می‌یابد.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

طیف‌های پاسخ آیین نامه‌ای شامل محدوده‌های ثابت شتاب و سرعت و تغییر مکان می‌باشند که در یک منحنی شتاب-پریود (S_a-T) رسم شده‌اند. این شکل طیف، جهت روش‌های طراحی بر اساس نیرو (یا مقاومت) مناسب است. اما در تحلیل غیرخطی هم نیرو و هم تغییر مکان مهم هستند، لذا طیف‌ها باید به صورت منحنی شتاب در برابر تغییر مکان که تحت عنوان ADRS نامیده می‌شود (Acceleration-Displacement Response Spectra)، رسم گردند. پریود در منحنی‌های ADRS توسط مجموعه‌ای از خطوط شعاعی گذرنده از مبدا مختصات، نمایش داده می‌شود. هر نقطه‌ای روی طیف پاسخ، متناظر با یک مقدار شتاب طیفی S_a، سرعت طیفی S_v، تغییر مکان طیفی S_d و پریود T می‌باشد. جهت تبدیل طیف از حالت استاندارد S_a بر حسب T، به شکل ADRS، تعیین مقدار S_{di}، متناظر با (T_i،S_{ai}) در هر نقطه از منحنی لازم است که این مقدار توسط فرمول زیر محاسبه می‌شود. نحوه تبدیل در شکل زیر مشخص می‌باشد.

$$S_{di} = \frac{T_i^2}{4\pi^2} S_{ai} g$$

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

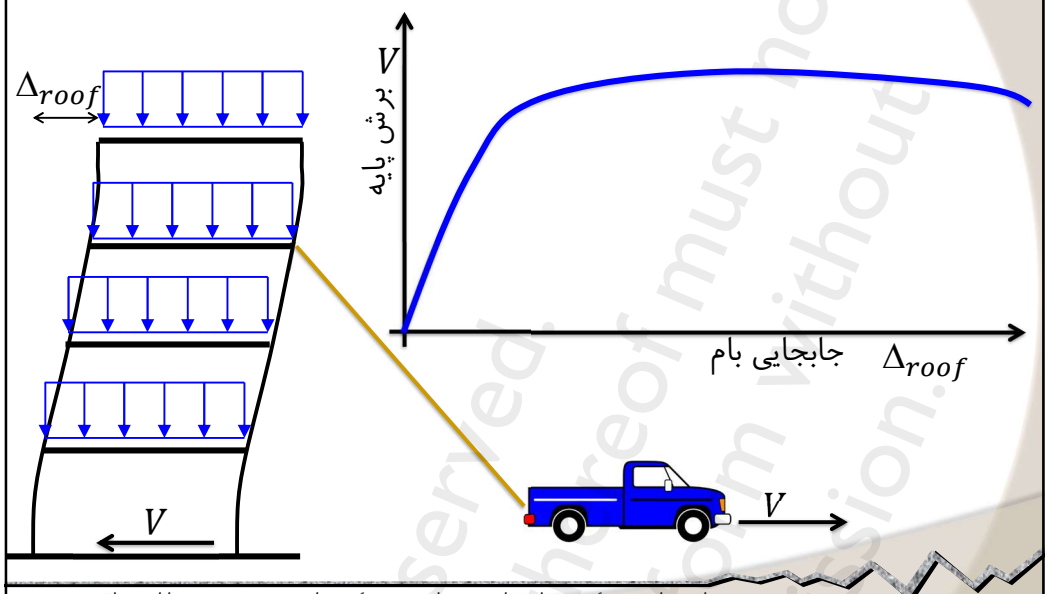
WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

لازم به تذکر است که جهت منظور کردن رفتار غیر الاستیک، با استفاده از مفهوم میرایی موثر ویسکوز(β_{eff}) طیف پاسخ الاستیک، کاهش داده می‌شود. این مفهوم رابطه‌ای بین میرایی سازه‌ای و نسبت شکل پذیری تغییر مکان (μ) برقرار می‌کند. نتیجه، تعیین ضرائب کاهش طیفی جهت به دست آوردن منحنی‌های طیف با شکل‌پذیری ثابت (طیف‌های پاسخ غیر الاستیک) خواهد بود. قابل ذکر است که β_{eff} توسط میرایی هیسترتیک و ویسکوزیته ذاتی ساختمان تعریف می‌شود.

رسم منحنی ظرفیت سازه

ظرفیت سازه توسط منحنی نیرو – تغییر مکان به دست آمده از تحلیل استاتیکی غیرخطی Pushover نمایش داده می‌شود. مناسب‌ترین حالت این است که این منحنی بر حسب برش پایه – تغییر مکان به بام باشد. در روش Pushover از یک الگوی بارگذاری جانبی متناظر با زلزله طرح که به طور افزایشی به سازه مورد نظر اعمال می شود، استفاده می‌گردد. این بارگذاری تا رسیدن به تغییر مکان هدف به صورت یکنواخت افزایش می‌یابد.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

مراحل قدم به قدم ساخت منحنی ظرفیت

در حالت کلی، با فرض غالب بودن مد اول ارتعاشی سازه، منحنی ظرفیت نشانگر مد اول پاسخ سازه می‌باشد. این حالت برای سازه‌هایی که پریود اصلی ارتعاش در آنها کمتر از ۱ ثانیه است، قابل قبول می‌باشد. برای سازه‌هایی که با انعطاف‌پذیری بیشتر (با پریود ارتعاش بزرگتر از ۱ ثانیه) اثر مدهای بالاتر نیز، باید در محاسبات وارد شود. در ذیل به مراحل قدم به قدم ساخت منحنی ظرفیت، که برگرفته از ATC40 می‌باشد، اشاره می‌گردد. لازم به ذکر است مراحل انجام روش تحلیل آنالیز Pushover در دستور العمل بهسازی و FEMA 273 همانند ATC40 می‌باشد.

۱-ایجاد مدل کامپیوتری سازه با استفاده از قواعد مدلسازی.

۲- طبقه بندی اعضای مدل به عنوان اولیه یا ثانویه.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

۳- اعمال نیروهای جانبی در تراز طبقات به سازه. این نیروها متناسب با جرم طبقات و تامین کننده شکل مد اصلی سازه هستند. این تحلیل باید با در نظر گرفتن همزمان بارهای قائم انجام شود.

در ترکیب بارگذاری ثقلی و جانبی، حد بالا و پائین اثرات بار ثقلی، Q_G؛ باید از روابط زیر محاسبه شود:

$$Q_G = 1.1[Q_D + Q_L]$$
$$Q_G = 0.9Q_D$$

که در آن Q_D بار مرده و Q_L بار زندهٔ مؤثر براساس مبحث ششم از مقررات ملی می‌باشد.

روش Pushover در شکل‌های مختلف برای استفاده در حالت‌های متفاوت ارائه شده است. در این روش سازه تحت اثر یک الگوی بارگذاری جانبی مشخص به صورت افقی قرار می‌گیرد. این بارگذاری تا زمان رسیدن سازه به یک حالت حدی به صورت افزایشی ادامه می‌یابد.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

۴- محاسبه نیروهای اعضاء با اعمال همزمان بارهای قائم و جانبی با ضرائب مناسب.

۵- تنظیم سطح بار جانبی به قسمی که بعضی از اعضاء (یاگروهی از اعضاء) در محدوده ۹۰ تا ۱۰۰ درصد از مقاومتشان قرار بگیرد (اعضا در حاشیه اطمینانی برابر با ۱۰ درصد از مقاومتشان قرار بگیرد).

۶- ثبت برش پایه و تغییر مکان بام. همچنین می‌توان نیروهای اعضا را بر حسب مقدار دوران در آنها ثبت کرد که برای کنترل عملکرد قابل استفاده می‌باشد.

۷- تجدید نظر در مدل، با به کار بردن مقدار سختی برابر صفر (یا خیلی کوچک) برای اعضای خمیری شده.

۸- اعمال نمو مجدد به نیروهای جانبی در سازه تجدید نظر شده تا زمانی که عضو دیگری (یا گروهی از اعضا) تسلیم شود.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved
This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

۹- اضافه نمودن نمو نیروی جانبی و نمو متناظر با تغییر مکان بام به مقدار کل قبلی برای محاسبه مقدار تجمعی برش پایه و تغییر مکان بام.

۱۰- تکرار مراحل ۷، ۸ و ۹ تا رسیدن سازه به یک حالت نهایی مثل ناپایداری در نتیجه اثرات P-Δ ایجاد تغییر شکل‌هایی در اعضا که به صورت قابل توجهی متجاوز از سطح عملکرد مطلوب هستند، رسیدن عضو (یا گروهی از اعضا) به سطح تغییر شکل جانبی که منجر به افت مقاومت قابل ملاحظه گردد و رسیدن عضو (یا گروهی از اعضاء) ظرفیت در سیستم باربر قائم گردد.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

رسم طیف ظرفیت سازه

منحنی ظرفیت سازه به دست آمده در بند قبل، باید تبدیل به طیف ظرفیت گردد. این طیف در حقیقت نمایشی از منحنی ظرفیت در قالب ADRS می‌باشد. هر نقطه Δ_{roof} و V_i روی منحنی ظرفیت به نقطه متناظر خود S_{di} و S_{ai} روی طیف ظرفیت تبدیل می‌گردد. این تبدیل با استفاده از روابط زیر صورت می‌گیرد.

$$S_{ai} = \frac{V_i/w}{\alpha_1}$$

$$S_{di} = \frac{\Delta_{roof}}{PF_1 \times \varphi_{roof,1}}$$

$$\alpha_1 = \frac{\left[\sum_{i=1}^{N}(w\ \phi_i)/g\right]^2}{\left[\sum_{i=1}^{N}\frac{w_i}{g}\right]\left[\sum_{i=1}^{N}(w_i\phi_{i1}^2)/g\right]}$$

$$PF_1 = \frac{\left[\sum_{i=1}^{N}(w_i\phi_{i1})/g\right]}{\sum_{i=1}^{N}(w_i\phi_{i1}^2/g}$$

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

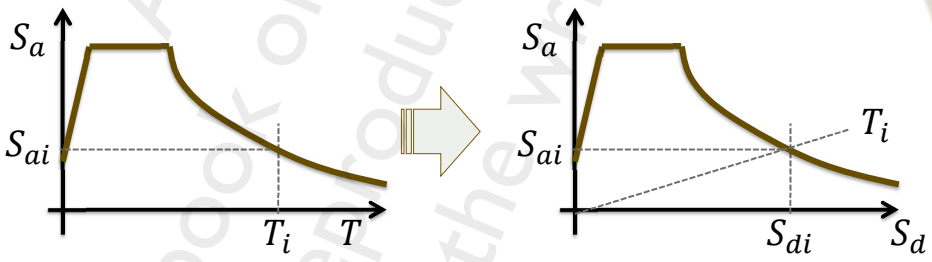
All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

که در آن، α_1= ضریب جرم مدی مربوط به مد اول؛ PF_1 = ضریب مشارکت مدی مربوط به مد اول؛ ϕ_{roof1} مقدار دامنه مد اول در بام؛ w_i/g = جرم مربوطه به تراز i؛ N = تراز N، بالاترین تراز سازه؛ V = برش پایه؛ W= وزن مرده ساختمان + بارهای زنده محتمل؛ Δ_{roof} تغییر مکان بام (v متناظر با آن نقطه‌ای از منحنی ظرفیت را مشخص می‌کنند) S_a = شتاب طیفی؛ S_d = تغییر مکان طیفی (S_a متناظر با آن، نمایشگر نقطه‌ای روی طیف ظرفیت هستند).

رسم طیف: منحنی ظرفیت سازه به دست آمده در بند قبل، باید تبدیل به طیف ظرفیت گردد. این طیف در حقیقت نمایشی از منحنی ظرفیت در قالب ADRS می‌باشد. هر نقطه Δ_{roof} و v_i روی منحنی ظرفیت به نقطه متناظر خود S_{di}و S_{ai} روی طیف ظرفیت تبدیل می‌گردد. این تبدیل با استفاده از روابط زیر صورت می‌گیرد.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

بنابراین بطور خلاصه برای تبدیل منحنی نیاز داریم:



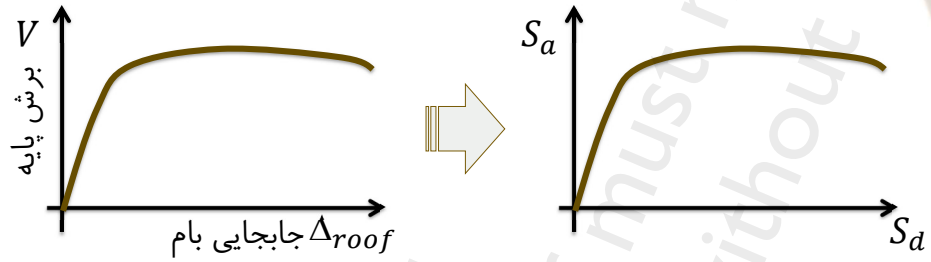
طیف استاندارد با فرمت S_a در برابر T

تبدیل شده به فرمت S_a در برابر S_d

$$S_{di} = \frac{T_i^2}{4\pi^2} S_{ai} g$$

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

بنابراین بطور خلاصه برای تبدیل منحنی ظرفیت داریم:



منحنی ظرفیت با فرمت V در برابر Δ

تبدیل شده به فرمت S_a در برابر S_d

$$S_{ai} = \frac{V_i/w}{\alpha_1}$$

$$S_{di} = \frac{\Delta_{roof}}{PF_1 \times \varphi_{roof,1}}$$

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

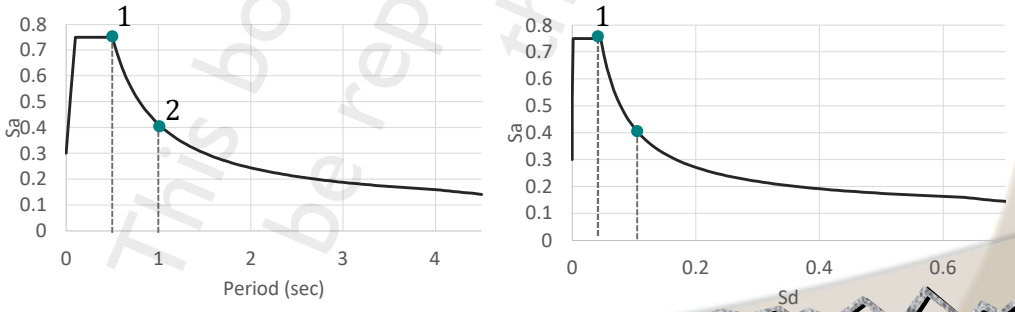
مثال) طیف استاندارد زیر را به فرمت ADRS تبدیل کنید:

برای نقطه شماره یک داریم: $(0.5, 0.75)$

برای نقطه شماره دو داریم: $(1.0, 0.41)$

$$S_{d1} = \frac{0.5^2}{4\pi^2} 0.75 \times 9.81 = 0.0466$$

$$S_{d1} = \frac{1.0^2}{4\pi^2} 0.41 \times 9.81 = 0.102$$



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

تعیین تقاضا:

جهت تعیین تقاضا، منحنی طیف ظرفیت و منحنی طیف تقاضا، باید در یک دستگاه مختصات رسم گردند. محل تلاقی این دو منحنی نقطه عملکرد نامیده می‌شود. نقطه عملکرد، نشانگر حداکثر تغییر مکان محتمل ساختمان در زلزله تقاضا می‌باشد. اگر محل تلاقی طیف ظرفیت و طیف تقاضا، در ناحیه خطی طیف ظرفیت قرار گیرد، نشان‌دهنده تغییر مکان واقعی سازه خواهد بود. به منظور پیدا کردن مکان نقطه‌ای که تقاضا و ظرفیت با هم برابر هستند، یک مهندس به عنوان حدس اولیه نقطه‌ای را روی منحنی ظرفیت انتخاب می‌کند. با استفاده از شتاب و تغییر مکان متناظر با این نقطه، مهندس می‌تواند ضرایب کاهش، جهت لحاظ کردن اتلاف انرژی هیسترتیک را محاسبه کند. طیف تقاضا با استفاده از این ضرائب کاهش داده می‌شود. اگر محل تلاقی طیف کاهش یافته و طیف ظرفیت نزدیک به نقطه فرض شده باشد، این نقطه مورد نظر می‌باشد. در ATC40 سه روش A و B و C جهت محاسبه نقطه عملکرد، آورده شده است. در دستور العمل بهسازی نیز دو روش جهت محاسبه نقطه عملکرد ذکر شده است. در ادامه ابتدا به نحوه محاسبه ضرائب کاهش طیفی که جهت محاسبه نقطه عملکرد لازم است، پرداخته می‌شود و پس از آن مراحل قدم به قدم این سه روش بحث می‌گردد.

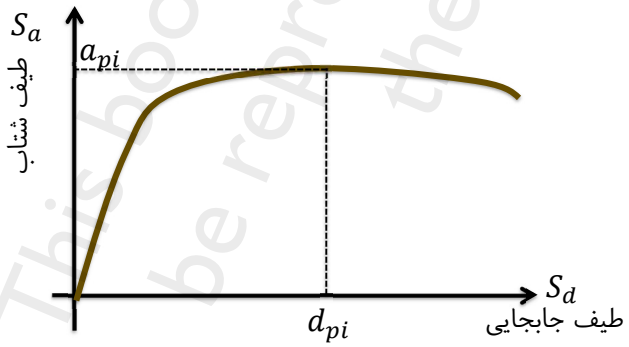
 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

**** محاسبه ضرائب کاهش طیفی**

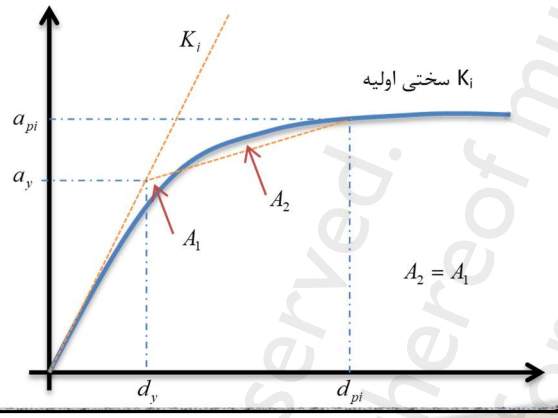
*** ایجاد طیف ضرائب ظرفیت دو خطی**

جهت تخمین میرایی موثر و کاهش طیف تقاضا لازم است که طیف ظرفیت به صورت دوخطی تبدیل گردد. بدین منظور باید نقطه (d_{pi}،a_{pi}) از منحنی طیف ظرفیت به عنوان حدس اولیه انتخاب شود.



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

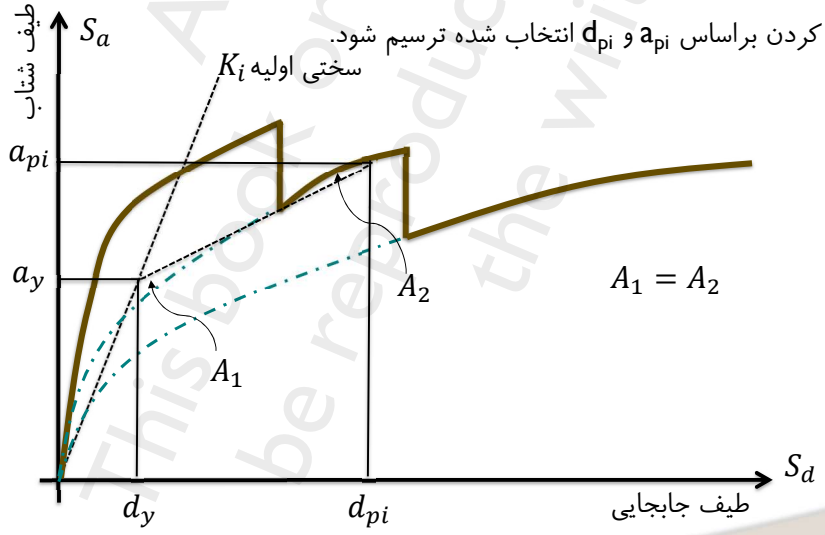
برای رسم منحنی دو خطی، ابتدا خطی از مبدا مختصات با ضریب زاویه‌ای برابر با سختی اولیه سازه رسم می‌گردد. خط دوم از نقطه (d_{pi}،a_{pi}) به صورتی رسم می‌شود که مساحت‌های A_1 و A_2 مطابق شکل زیر با یکدیگر برابر باشند. هدف از مساوی قرار دادن A_1 و A_2 این است که سطح زیر طیف ظرفیت با سطح زیر نمایش دو خطی آن، برابر باشد که این جهت یکسان بودن انرژی در هر دو حالت لازم است.



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

در صورتی که نمودار ظرفیت دندانه‌ای شکل باشد، باید به مانند شکل زیر عمل نمود:

عملیات دو خطی کردن براساس a_{pi} و d_{pi} انتخاب شده ترسیم شود.



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

*** تخمین میرایی**

میرایی سازه، هنگامی که تحت اثر زلزله وارد محدوده غیر ارتجاعی می‌شود، به صورت ترکیبی از میرایی ویسکوزیته ذاتی سازه و میرایی هیسترتیک می‌باشد. میرایی هیسترتیک مربوط به مساحت داخل حلقه‌های نمودار نیروی زلزله (برش پایه)- تغییرمکان سازه می‌باشد.

$$\beta_{eq} = \beta_0 + 0.05$$

β_{eq}: میرایی ویسکوز معادل با میرایی هیسترتیک

0.05: میرایی ذاتی سیستم

$$\beta_0 = \frac{1}{4\pi}\frac{E_D}{E_{s0}}$$

E_D= انرژی تلف شده از طریق میرایی و E_{s0}= انرژی کرنشی حداکثر.

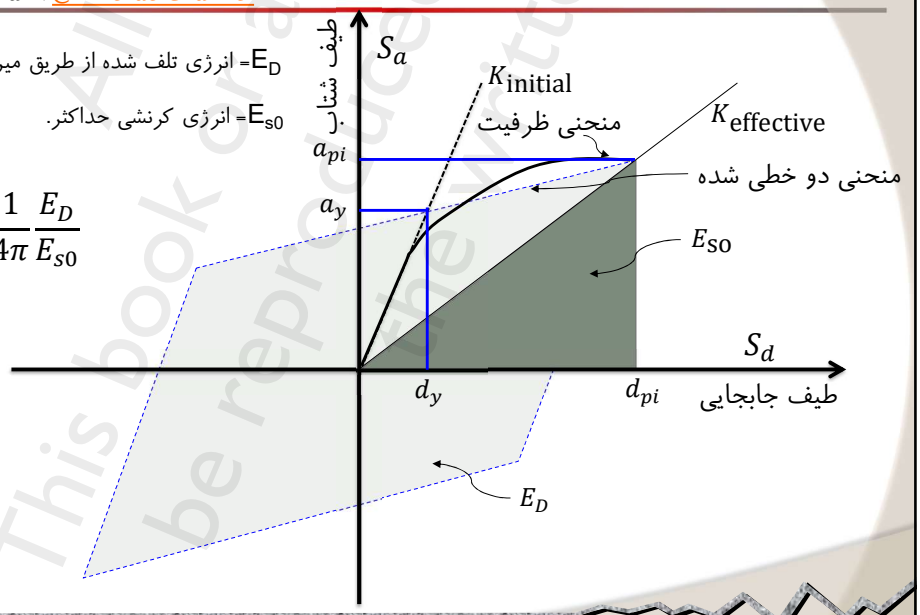
This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

E_D= انرژی تلف شده از طریق میرایی

E_{s0}= انرژی کرنشی حداکثر.

$$\beta_0 = \frac{1}{4\pi}\frac{E_D}{E_{s0}}$$



This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

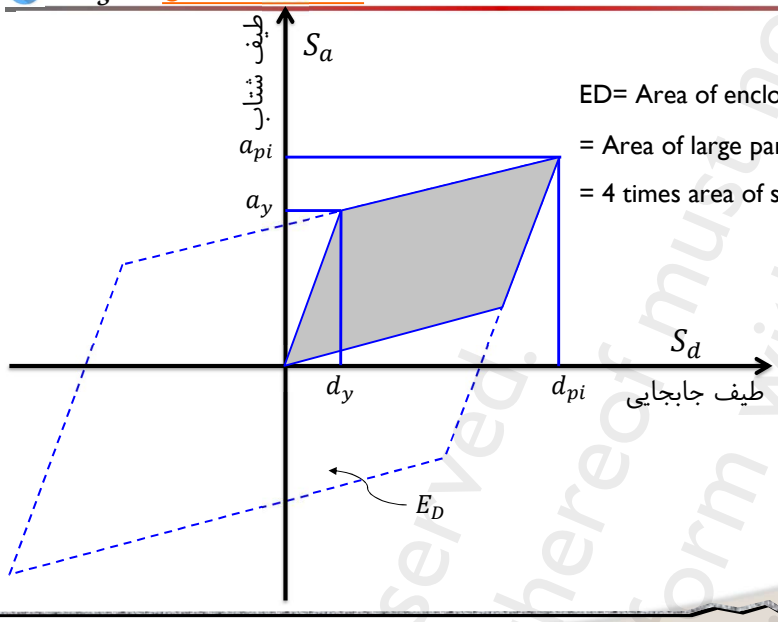
WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

نحوه محاسبه E_D:

ED= Area of enclosed by hysteresis loop

= Area of large parallelogram

= 4 times area of shaded parallelogram

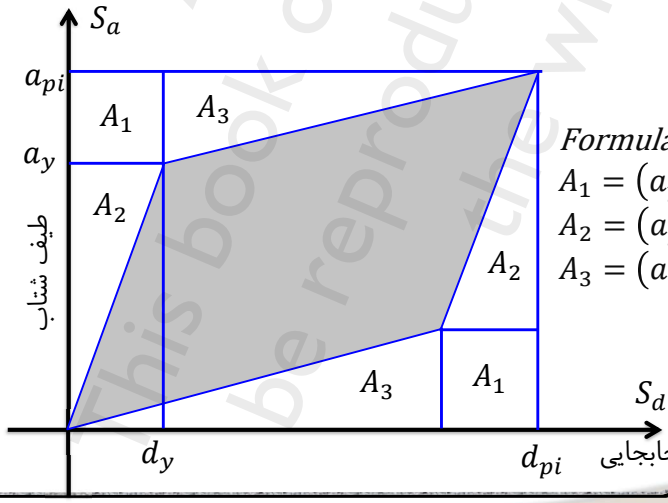


 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

$E_D = 4(a_{pi} d_{pi} – 2A_1 - 2A_2 - 2A_3) = 4(a_{pi} d_{pi} - d_y a_{pi})$

$E_{s0} = a_{pi} d_{pi}/2$



Formulas for designated areas:

$A_1 = (a_{pi} - a_y) \times d_y$

$A_2 = (a_y - d_y)/2$

$A_3 = (a_{pi} - a_y) \times (d_{pi} - d_y)$

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

$$\beta_0 = \frac{1}{4\pi}\frac{E_D}{E_{s0}}$$

$$\beta_0 = \frac{1}{4\pi}\frac{4(a_y d_{pi} - d_y \alpha_{pi})}{\alpha_{pi} d_{pi}/2}$$

$$\beta_0 = \frac{0.637(\alpha_y d_{pi} - d_y \alpha_{pi})}{\alpha_{pi}.\, d_{pi}}$$

$$\beta_0 = \frac{63.7(a_y d_{pi} - d_y \alpha_{pi})}{a_{pi} \times d_{pi}}$$

بر حسب درصدی از میرایی بحرانی

$$\beta_{eq} = \beta_0 + 5 = \frac{63.7(a_y d_{pi} - d_y \alpha_{pi})}{a_{pi} d_{pi}} + 5$$

Any questions ?

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

میرایی ویسکوز معادل به دست آمده از رابطه فوق، جهت به دست آوردن ضرائب کاهش طیفی، با استفاده از روابط ارائه شده توسط نیومارک و هال (۱۹۸۲)، مورد استفاده قرار می‌گیرد. با اعمال ضرائب کاهش طیفی به طیف پاسخ ارتجاعی (با میرایی ۵٪)، طیف پاسخ کاهش یافته با میرایی بیش از ۵ درصد حاصل می‌شود.

تقریب قابل قبولی برای یک سازه‌شکل پذیر تحت اثر زلزله با زمان تداوم نسبتاً کوتاه و میرایی ویسکوز معادل کمتر از ۳۰٪ می‌باشد. برای حالتهایی غیر این، میرایی ویسکوز معادل به دست آمده، نسبت به حالت واقعی بیشتر خواهد بود، به دلیل اینکه چرخه‌های هیسترزیس واقعی ناقص هستند و دارای سطح کمتر و فشرده‌تری می‌باشند. آیین‌نامه ATC40 دستورالعمل ایمن‌سازی سازه‌های موجود است که عموماً سازه‌های شکل‌پذیری نمی‌باشد. برای چنین ساختمان‌هایی میرایی ویسکوز معادل به دست آمده از طریق رابطه اخیر بیشتر از مقدار واقعی خواهد بود. جهت بر طرف شدن این عیب در این مدرک، از ضریب اصلاح میرایی k استفاده شده است و میرایی ویسکوز موثر مطابق زیر تعریف شده است.

$$\beta_{eff} = k\beta o + 5 = \frac{63.7k(a_y d_{pi} - d_y a_{pi})}{a_{pi} d_{pi}} + 5$$

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

عامل k بستگی به رفتارسازه‌ای دارد و رفتار سازه‌ای نیز به کیفیت سیستم مقاوم لرزه‌ای و زمان تداوم زلزله وابسته می‌باشد. در ATC40 و دستورالعمل بهسازی، رفتارسازه‌ای به سه طبقه A،B،C تقسیم شده است. رفتار سازه‌ای A نشانگر چرخه‌های هیسترزیس پایدار است. رفتار B شاخص رفتار سازه‌ای متوسط و C نشانگر رفتار سازه‌ای ضعیف با کاهش زیاد سطح زیرحلقه می‌باشد.

مدت زمان ارتعاش زلزله	سازه با جزئیات نا معلوم یا بد	سازه با جزئیات متوسط	سازه با جزئیات خوب
کوتاه	C	B	A
بلند	C	C	B

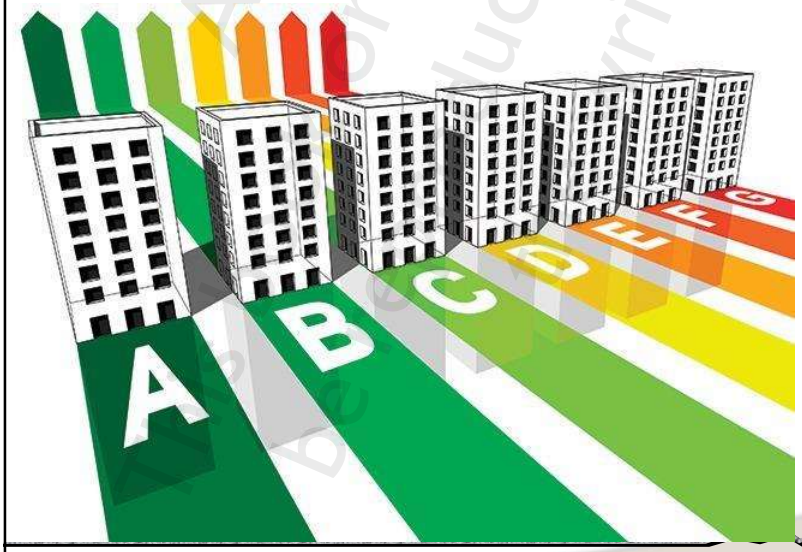
$$\beta_{eff} = k\beta o + 5 = \frac{63.7k(a_y d_{pi} - d_y a_{pi})}{a_{pi} d_{pi}} + 5$$

نوع سازه	βo	k
A	<16.25	1
A	>16.25	$1.13 - 0.51\lambda$
B	<25	0.67
B	>25	$0.845 - 0.446\lambda$
C	هر مقدار	0.33

$$\lambda = \frac{(a_y d_{pi} - d_y a_{pi})}{a_{pi} d_{pi}}$$

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

بنابراین برای تعیین گروه بندی سازه، بایستی تخمینی از رفتار سازه داشت



This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

محاسبه ضرایب کاهش طیفی

$$SR_A = \frac{1}{B_s} \approx \frac{3.21 - 0.68Ln(\beta_{eff})}{2.12}$$

$$SR_v = \frac{1}{B_L} \approx \frac{2.31 - 0.41Ln(\beta_{eff})}{1.65}$$

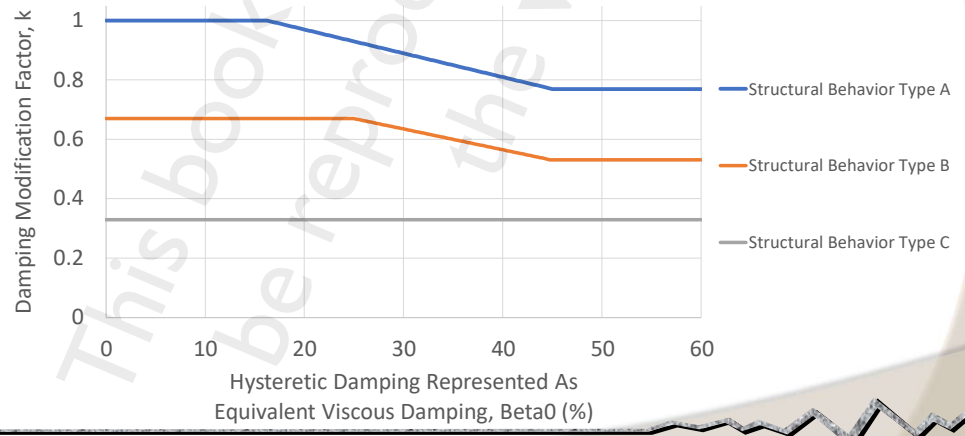
مقادیر محاسبه شده از روابط فوق از مقادیر جدول زیر برابر یا بیشتر باشند:

SR_v	SR_A	نوع سازه
0.50	0.33	A
0.56	0.44	B
0.67	0.56	C

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

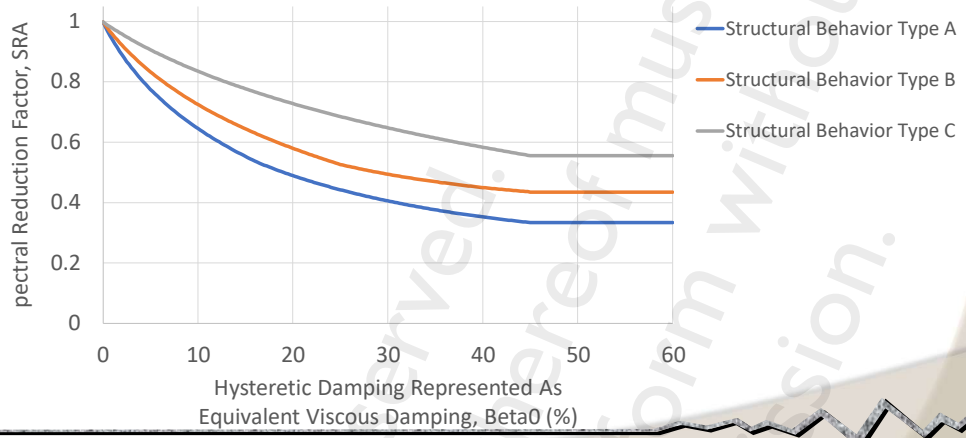
تغییرات ضریب اصلاح میرایی (k) در برابر میرایی ویسکوز معادل بر حسب درصد



This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

تغییرات ضریب کاهش طیفی (SR_A) در برابر میرایی ویسکوز معادل بر حسب درصد



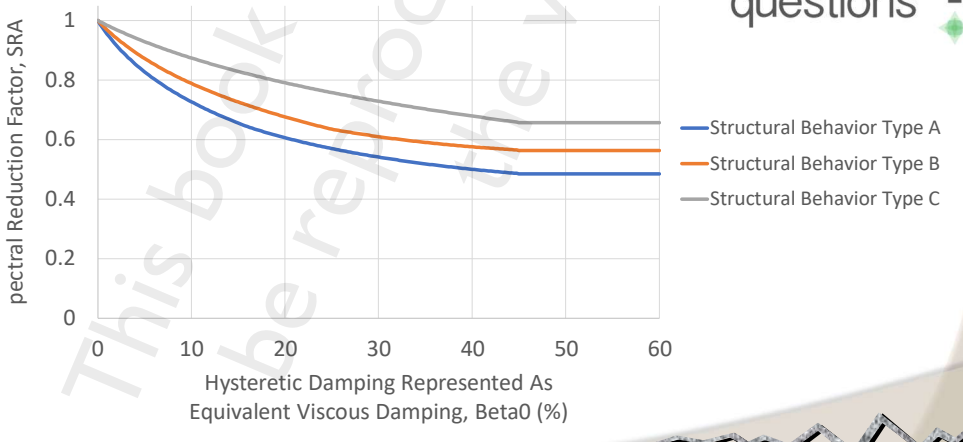
This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

Version: 1.2

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

تغییرات ضریب کاهش طیفی (SR_V) در برابر میرایی ویسکوز معادل بر حسب درصد

Any questions ?



This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

Version: 1.2

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

مقدار ضریب کاهش طیفی (SR_V) و (SR_A) در برابر میرایی ویسکوز معادل بر حسب درصد

	Structural Behavior Type A			Structural Behavior Type B			Structural Behavior Type C		
β_0 (percent)	β_{eff}	SR_A (1/Bs)	SR_V (1/BL)	β_{eff}	SR_A (1/Bs)	SR_V (1/BL)	β_{eff}	SR_A (1/Bs)	SR_V (1/BL)
0	5	1	1	5	1	1	5	1	1
5	10	0.78	0.83	8	0.83	0.87	7	0.91	0.93
15	20	0.55	0.66	15	0.64	0.73	10	0.78	0.83
25	28	0.44	0.57	22	0.53	0.63	13	0.69	0.76
35	35	0.38	0.52	26	0.47	0.59	17	0.61	0.7
≥45	40	0.33	0.5	29	0.44	0.56	20	0.56	0.67

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

در ATC40 سه روش برای تعیین نقطه عملکرد گفته شده:

روش A:

جزئیات روش روش و شفاف است. فهم این روش راحت‌تر است. براحتی توسط برنامه‌های صفحه گسترده قابل برنامه نویسی است.

روش B:

یک روش تحلیلی و ساده تر از روش A است. کاربران این روش باید فرضیات ذاتی در این روش را درک کرده باشند.

روش C:

یک روش گرافیکی بوده و بصورت دستی قابل حصول است.

کدام روش را باید استفاده کنیم؟

پاسخ: چندان مهم نیست و بستگی به ترجیح طراح دارد

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

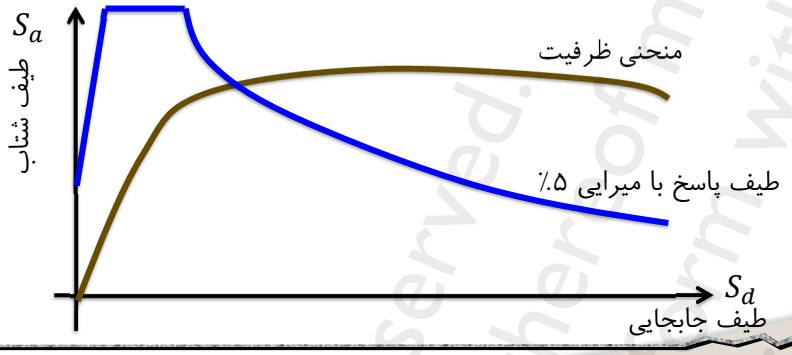
WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

*** تعیین نقطه عملکرد با استفاده از روش A (آیین نامه ATC40)**

این روش، یک روش تکراری شامل مراحل زیر می‌باشد:

۱- رسم طیف پاسخ ارتجاعی (با میرایی ۵٪) متناسب با سایت و تبدیل طیف به شکل ADRS.

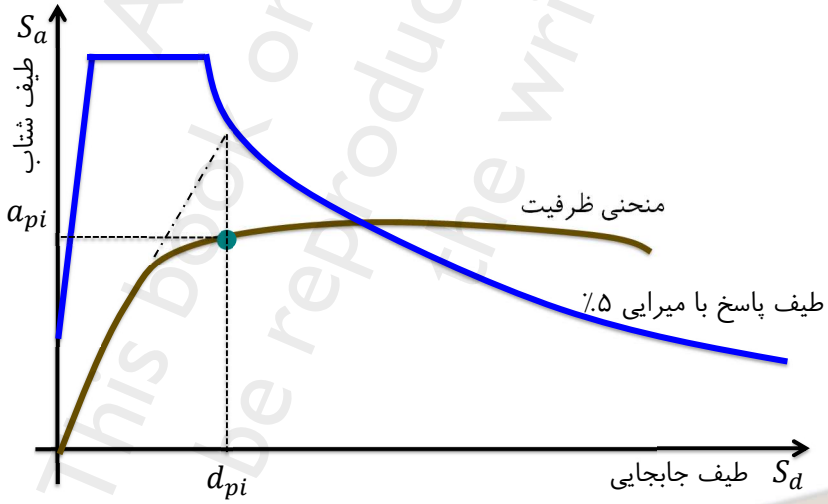
۲-رسم طیف ظرفیت سازه در قالب ADRS در همان دستگاه مختصات مرحله (۱).



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

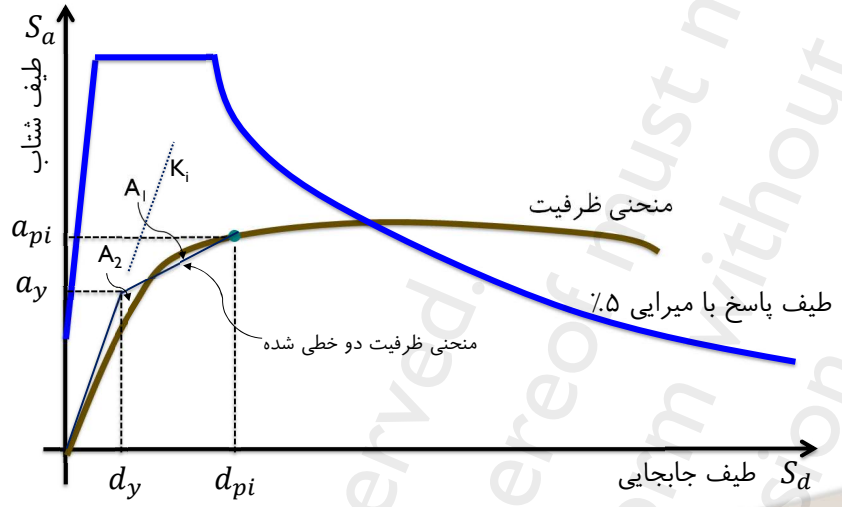
۳- انتخاب نقطه عملکرد (d_{pi}،a_{pi}) به عنوان حدس اولیه



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

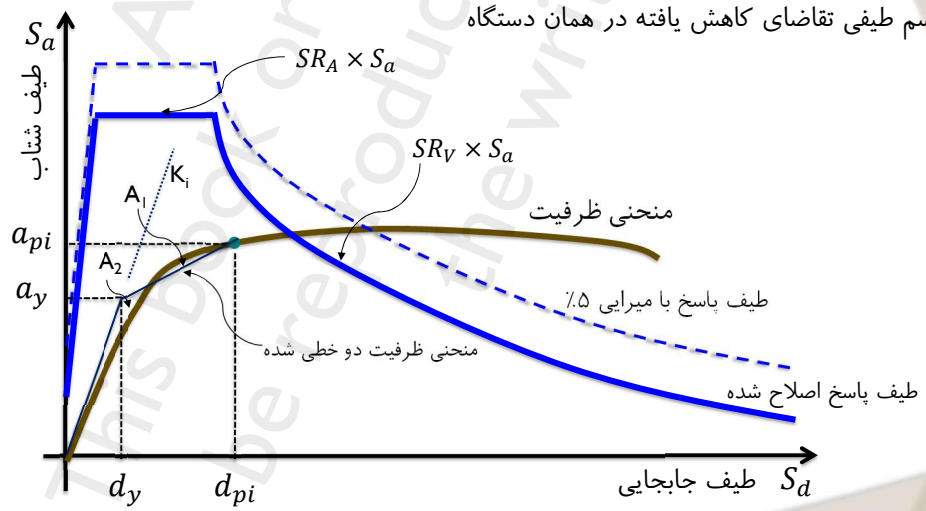
۴- تبدیل طیف ظرفیت به صورت دو خطی (مراحل کار در صفحات قبل آورده شده است).



صفحه ۲۵۳ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

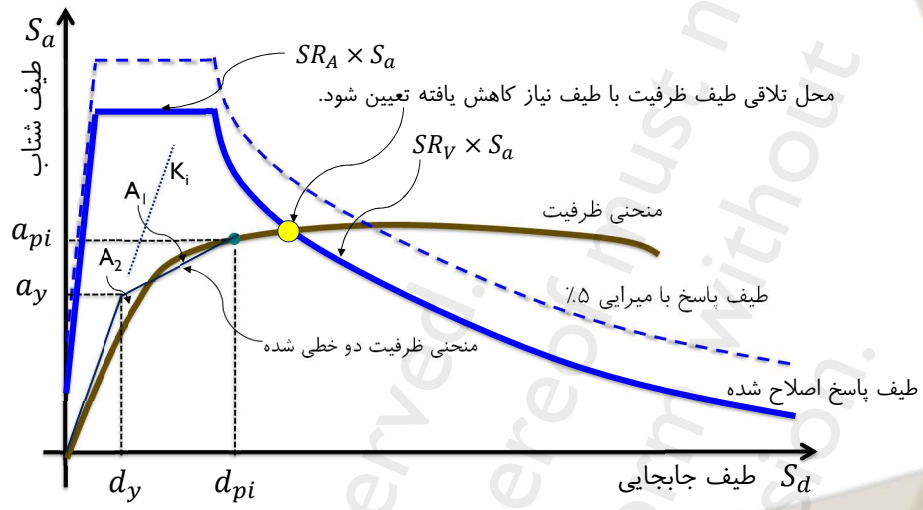
۵- محاسبه ضرائب کاهش طیفی SR_A و SR_V و اعمال این ضرائب به طیف پاسخ مرحله (۱) و رسم طیفی تقاضای کاهش یافته در همان دستگاه



صفحه ۲۵۴ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

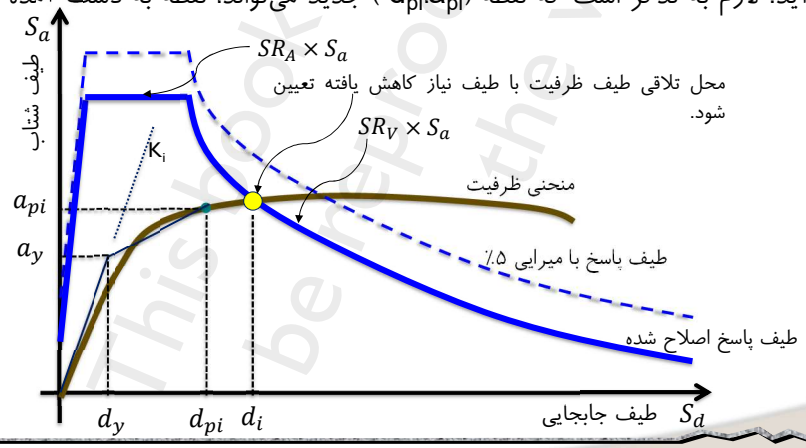
۶-تعیین محل تلاقی طیف ظرفیت و طیف تقاضای کاهش یافته



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

۷- اگر مختصات تغییر مکان نقطه به دست آمده (d_i) در محدوده قابل قبول ($0.95d_{pi} < d_i < 1.05d_{pi}$) باشد، نقطه ($d_{pi}$،$a_{pi}$) نقطه عملکرد خواهد بود. در غیر این صورت با انتخاب نقطه جدید (d_{pi}،a_{pi}) و بازگشت مرحله (۴)، عملیات باید تکرار گردد تا زمانی که نقطه عملکرد به دست آید. لازم به تذکر است که نقطه (d_{pi}،a_{pi}) جدید می‌تواند، نقطه به دست آمده در بند ۶ باشد.



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

*** تعیین نقطه عملکرد با استفاده از روش B (آیین نامه ATC40)**

در این روش از یک فرض ساده کننده‌ای استفاده می‌شود که در دو روش دیگر این فرض به کار نمی‌رود. فرض می‌شود که نه تنها شیب اولیه نمایش دو خطی منحنی ظرفیت ثابت است، بلکه نقطه (d_y, a_y) و شیب منحنی پس از جاری شدن نیز ثابت است. مراحل این روش مطابق زیر می‌باشد.

۱- تعیین طیف پاسخ ارتجاعی با میرایی ۵ درصد، متناسب با سایت و تبدیل طیف به شکل ADRS.

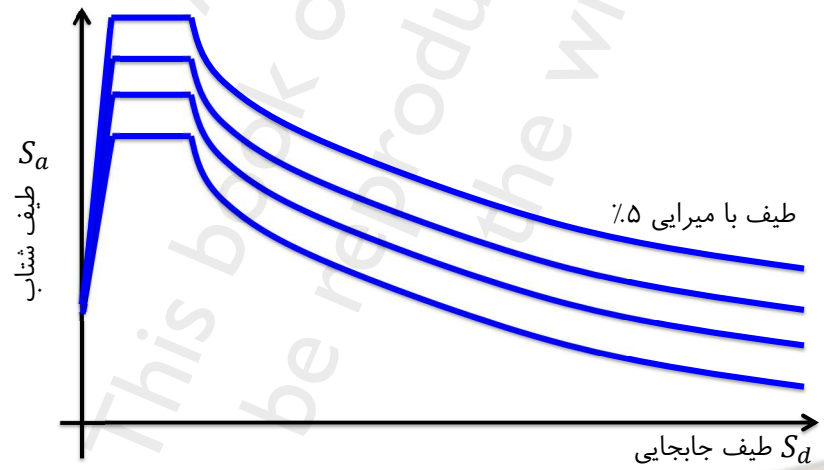
۲- رسم طیف پاسخ با میرایی ۵ درصد و مجموعه‌ای از طیف‌های کاهش یافته در یک دستگاه مختصات.

بهتر است که طیف‌های کاهش یافته، متناظر با مقادیر میرایی موثر (β_{eff})، با شروع از ۵ درصد تا حداکثر مجاز برای رفتار سازه‌ای ساختمان باشند. حداکثر مقدار، β_{eff} برای ساختمان با رفتار سازه‌ای نوع A، ۴۰ درصد، برای نوع B، ۲۹ درصد و برای نوع C، ۲۰ درصد می‌باشد.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

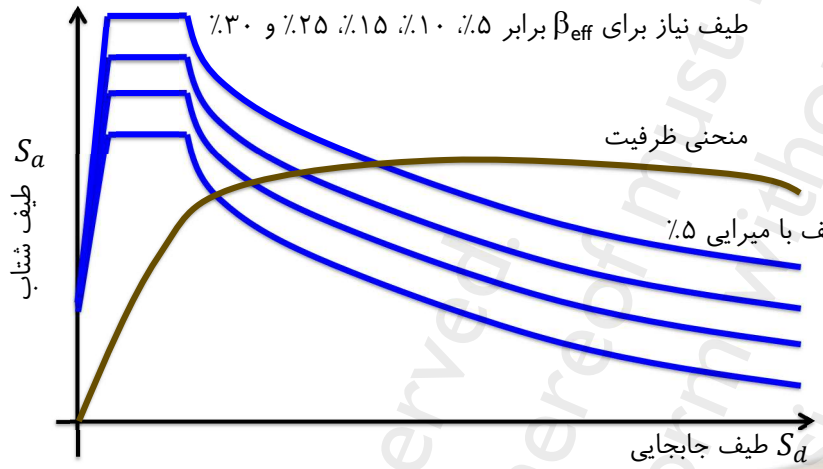
طیف نیاز برای β_{eff} برابر ۵٪، ۱۰٪، ۱۵٪، ۲۵٪ و ۳۰٪



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

۳- رسم طیف ظرفیت در قالب ADRS در همان دستگاه مختصات مرحله ۲

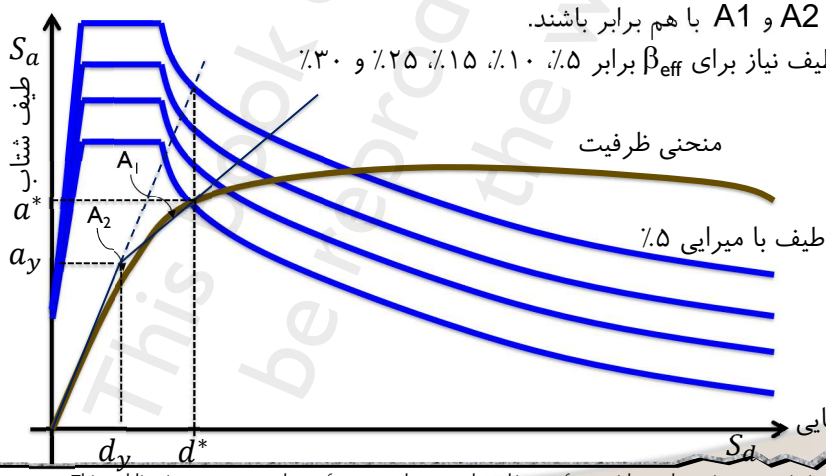


This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

Version: 1.2

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

۴- رسم نمایش دو خطی طیف ظرفیت، بدین ترتیب که شیب اولیه منحنی با سختی اولیه سازه برابر است. با استفاده از قانون تغییر مکان برابر، نقطه (d*،a*) روی منحنی ظرفیت مشخص می‌شود. بخش پس از تسلیم منحنی دوخطی، باید از این نقطه عبور کند و شیب این خط باید به گونه‌ای باشد که مساحت‌های A2 و A1 با هم برابر باشند.



This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

Version: 1.2

۵- محاسبه میرایی موثر به ازای تغییر مکان‌های مختلف نزدیک به نقطه (d^*،a^*). شیب بخش پس از تسلیم نمایش دو خطی طیف ظرفیت برابر است با:

$$\text{شیب پس از تسلیم} = \frac{a^* - a_y}{d^* - d_y}$$

به ازای هر نقطه (d_{pi}،a_{pi}) روی بخش پس از تسلیم نمایش دو خطی خواهیم داشت:

$$\text{شیب پس از تسلیم} = \frac{a_{pi} - a_y}{d_{pi} - d_y}$$

با توجه به یکسان بودن شیب دو رابطه، با برابر قرار دادن دو رابطه فوق، رابطه ذیل حاصل می‌شود.

$$\frac{a_{pi} - a_y}{d_{pi} - d_y} = \frac{a^* - a_y}{d^* - d_y}$$

با حل معادله فوق، a_{pi} بر حسب d_{pi} به صورت زیر به دست می‌آید. a_{pi} به دست آمده بدین ترتیب، a'_{pi} نامیده میشود:

$$a'_{pi} = \frac{(a^* - a_y)(d_{pi} - d_y)}{d^* - d_y} + a_y$$

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

برای محاسبه، β_{eff} مقدار فوق در رابطه β_{eff} قرار داده می‌شود.

$$\beta_{eff} = k\beta o + 5 = \frac{63.7k(a_y d_{pi} - d_y a_{pi})}{a_{pi} d_{pi}} + 5 \qquad \text{(تکراری)}$$

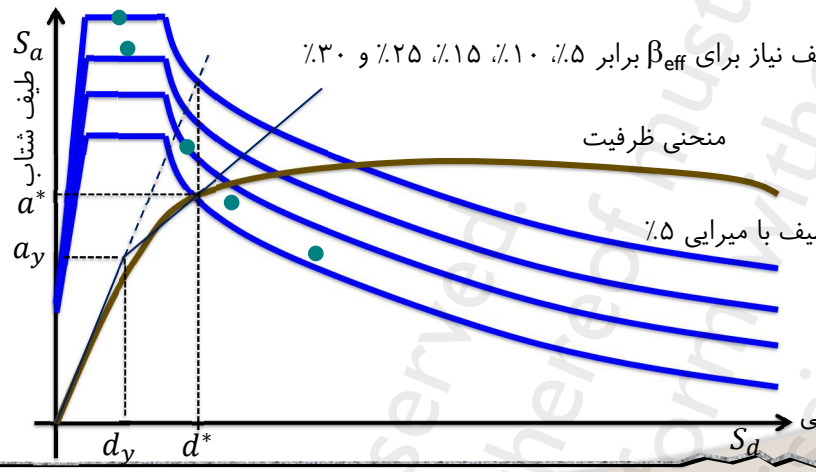
$$\beta_{eff} = \frac{63.7k(a_y d_{pi} - d_y a'_{pi})}{a'_{pi} d_{pi}} + 5$$

با قرار دادن d_{pi}های مختلف در رابطه فوق مقدار β_{eff} متناظر با هر d_{pi} حاصل می‌شود.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

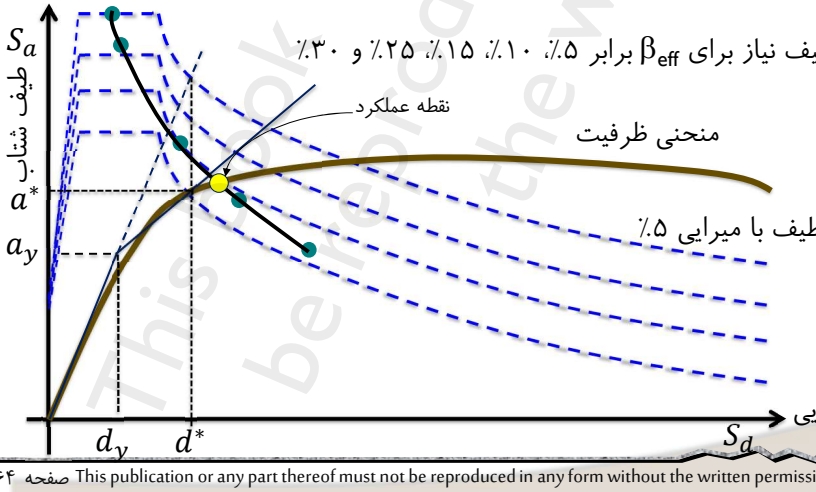
۶- مشخص کردن نقاط (d_{pi} و β_{eff}) در نمودار شامل مجموعه طیف‌های تقاضا و طیف ظرفیت به ازای مقادیر مختلف d_{pi}



صفحه ۲۶۳ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

۷- وصل کردن نقاط به دست آمده در بند (۶) به یکدیگر. محل تلاقی این خط با طیف ظرفیت، مشخص کننده نقطه عملکرد می‌باشد. در صورتی که نقطه (a^* و d^*) نقطه عملکرد باشد، نتیجه به دست آمده از این روش با روشهای دیگر یکسان است.



صفحه ۲۶۴ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

*** تعیین نقطه عملکرد با استفاده از روش C (آیین نامه ATC40)**

در این روش حل گرافیکی با استفاده از روش‌های دستی ممکن است و نتیجه حاصله در سعی اولیه به نقطه عملکرد، نزدیک می‌باشد. مراحل قدم به قدم این روش در ذیل آورده شده است.

۱- تعیین طیف پاسخ با میرایی ۵ درصد، متناسب با سایت و تبدیل طیف به شکل ADRS.

۲- رسم طیف پاسخ با میرایی ۵ درصد و مجموعه‌ای از طیف‌های کاهش یافته در یک دستگاه مختصات.

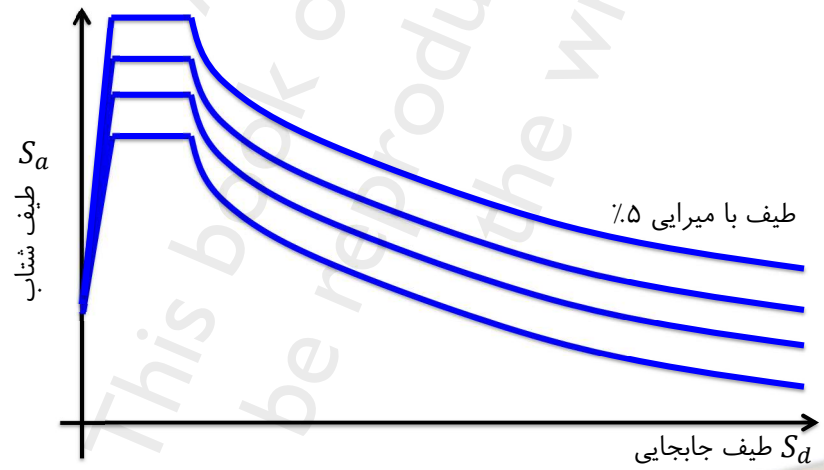
بهتر است که طیف‌های کاهش یافته، متناظر با مقادیر میرایی موثر (β_{eff})، با شروع از ۵ درصد تا حداکثر مجاز برای رفتار سازه‌ای ساختمان باشند. حداکثر مقدار، β_{eff} برای ساختمان با رفتار سازه‌ای نوع A، ۴۰ درصد، برای نوع B، ۲۹ درصد و برای نوع C، ۲۰ درصد می‌باشد.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

Version: 1.2

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

طیف نیاز برای β_{eff} برابر ۵٪، ۱۰٪، ۱۵٪، ۲۵٪ و ۳۰٪

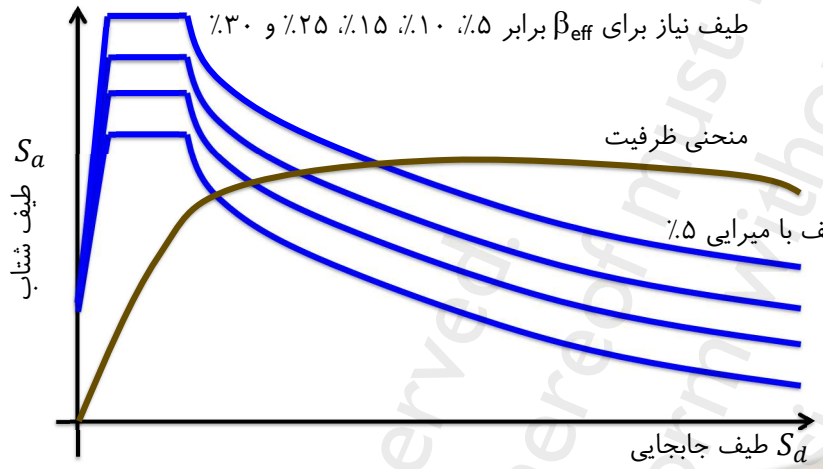


This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

Version: 1.2

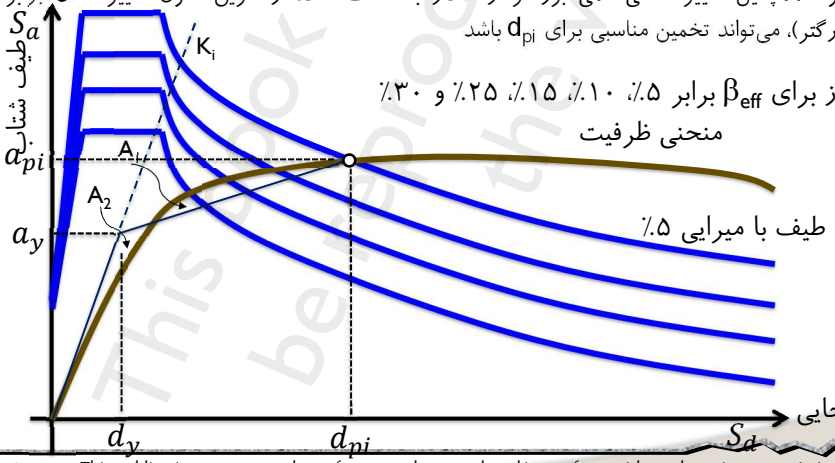
WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

۳- رسم طیف ظرفیت در قالب ADRS در همان دستگاه مختصات مرحله ۲



WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

۴- تبدیل طیف ظرفیت به صورت دو خطی (نحوه تبدیل در بخش‌های قبل آورده شده است) و انتخاب نقطه اولیه (d_{pi}،a_{pi}) روی طیف ظرفیت. در صورت تلاقی طیف ظرفیت با طیف با میرایی ۵ درصد، محل تلاقی به عنوان نقطه اولیه در نظر گرفته می‌شود. در غیر این صورت، نقطه انتهای طیف ظرفیت به عنوان نقطه اولیه انتخاب می‌شود. همچنین تغییر مکانی کمی بزرگتر از مقدار به دست آمده از طریق قانون تغییر مکان برابر (حدود۱/۵ برابر بزرگتر)، می‌تواند تخمین مناسبی برای d_{pi} باشد



۵- تعیین نسبت $\frac{d_{pi}}{d_y}$ و $\frac{\frac{a_{pi}}{a_y}-1}{\frac{d_{pi}}{d_y}-1}$. جمله دوم نسبت پس از تسلیم به سختی اولیه است:

نسبت پس از تسلیم به سختی اولیه $= \frac{\frac{a_{pi}-a_y}{d_{pi}-d_y}}{\frac{a_y}{d_y}} = \frac{d_y(a_{pi}-a_y)\times\frac{1}{d_y}}{a_y(d_{pi}-d_y)\times\frac{1}{d_y}}$

$= \frac{(a_{pi}-a_y)}{a_y\left(\frac{d_{pi}}{d_y}-1\right)} = \frac{a_y\left(\frac{a_{pi}}{a_y}-1\right)}{a_y\left(\frac{d_{pi}}{d_y}-1\right)} = \frac{\frac{a_{pi}}{a_y}-1}{\frac{d_{pi}}{d_y}-1}$

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

۶- بر اساس نسبت‌های محاسبه شده در مرحله پنجم و با توجه به نوع رفتار سازه‌ای مقدار β_{eff} براساس جدول زیر محاسبه می‌شود:

میرایی موثر β_{eff} بر حسب درصد برای رفتار سازه‌ای نوع A

	نسبت شیب برای $\frac{\frac{a_{pi}}{a_y}-1}{\frac{d_{pi}}{d_y}-1}$						
d_p/d_y	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.05	0
10	10	12	16	21	30	37	40
8	11	14	18	23	31	37	40
6	13	16	20	25	33	37	40
4	16	19	23	28	34	37	40
3	16	19	23	27	33	36	39
2	16	19	22	25	29	31	33
1.5	13	16	18	20	23	24	24
1.25	11	12	13	15	16	17	18

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

میرایی موثر β_{eff} بر حسب درصد برای رفتار سازه‌ای نوع B

	نسبت شیب برای $\frac{\frac{a_{pi}}{a_y}-1}{\frac{d_{pi}}{d_y}-1}$						
d_p/d_y	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.05	0
10	9	10	12	16	23	27	29
8	9	11	13	17	24	27	29
6	10	12	15	19	25	27	29
4	11	14	17	21	25	27	29
3	12	14	17	21	25	27	29
2	12	14	16	19	22	24	25
1.5	11	12	14	15	17	18	18
1.25	9	10	10	11	12	13	13

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

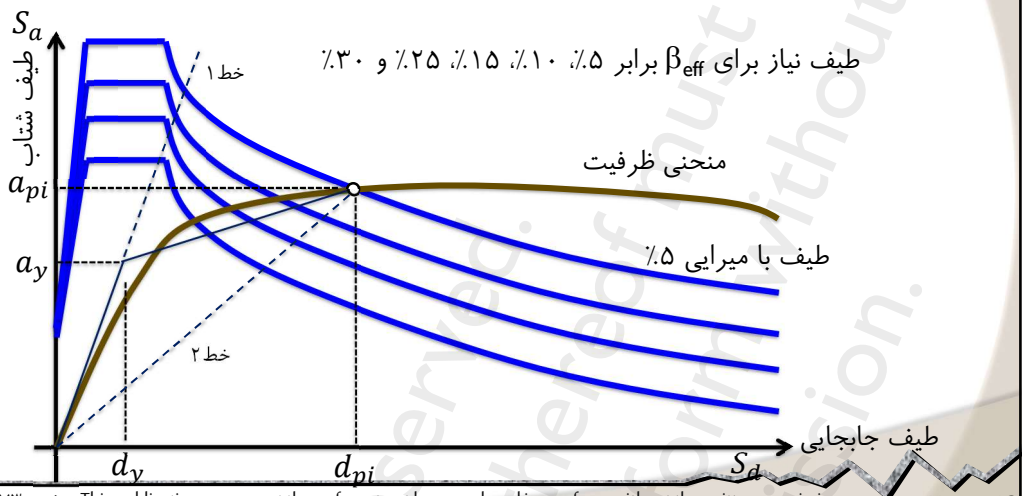
میرایی موثر β_{eff} بر حسب درصد برای رفتار سازه‌ای نوع C

	نسبت شیب برای $\frac{\frac{a_{pi}}{a_y}-1}{\frac{d_{pi}}{d_y}-1}$						
d_p/d_y	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.05	0
10	7	7	9	10	14	17	20
8	7	8	9	11	15	18	20
6	7	9	10	12	16	18	20
4	8	9	11	13	16	18	20
3	9	10	11	13	16	17	19
2	9	10	11	12	14	15	16
1.5	8	9	9	10	11	11	11
1.25	7	7	8	8	9	9	9

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

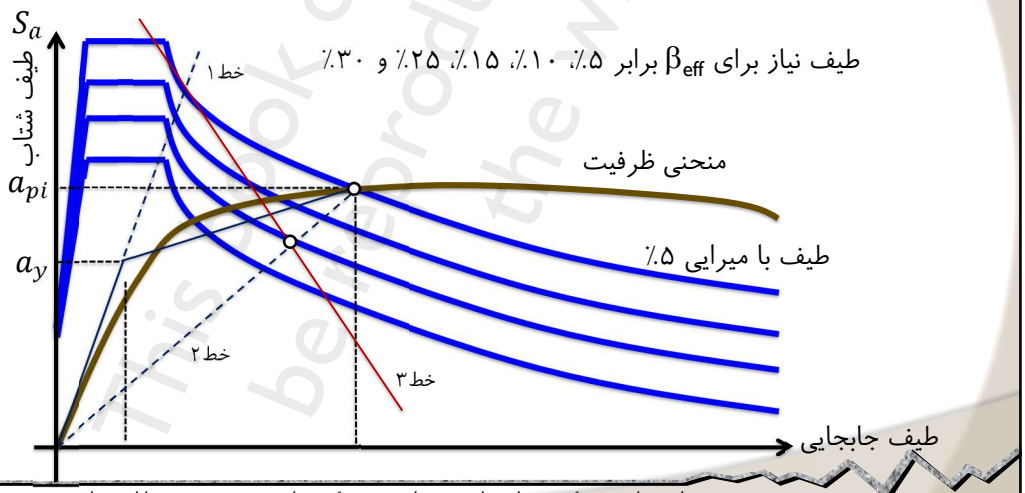
۷- رسم خط با سختی اولیه سازه (خط شماره(۱) در شکل) و تعیین محل تلاقی این خط با طیف میرایی ۵ درصد. همچنین رسم خط شماره (۲) از مبداء مختصات به نقطه (d_{pi}،a_{pi})



صفحه ۲۷۳ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

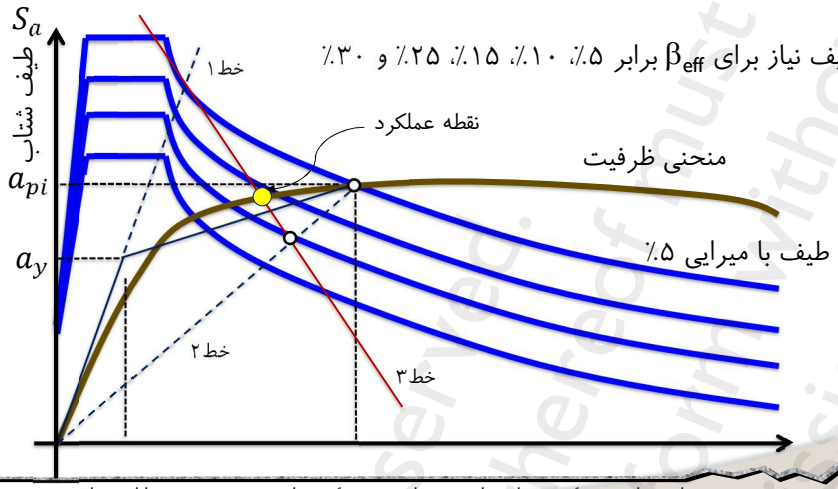
۸- رسم خط شماره (۳)، از نقطه تلاقی خط (۱) و طیف پاسخ گویی با میرایی ۵ درصد، به نقطه محل تلاقی خط (۲) و طیف کاهش یافته متناظر با β_{eff} محاسبه شده در مرحله ششم.



صفحه ۲۷۴ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

۹- نقطه محل برخورد خط شماره (۳) با طیف ظرفیت، به عنوان نقطه عملکرد تخمینی (d_{p2},a_{p2}) نامیده می‌شود.



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

۱۰- در صورتی که تغییر مکان کمتر از ۵ درصد با تغییر مکان اختلاف داشته باشد، نقطه (d_{p2},a_{p2}) نقطه عملکرد می‌باشد. در غیر این صورت مرحله (۱۱) باید انجام شود.

۱۱- تکرار مراحل از بند (۴) با افزودن ۱ به i. بنابراین در تکرار دوم، خط (۲) از مبدا به نقطه (d_{p2},a_{p2}) رسم می‌شود.

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

تحلیل تاریخچه زمانی

این تحلیل میتواند بصورت خطی یا غیرخطی انجام شود. طبق بند ۳-۴ استاندارد ۲۸۰۰، کلیه پارامترهای مربوط به حرکت زمین نظیر جرم، نسبت شتاب مبنا و غیر در این روشها، همان مقادیر روش تحلیل استاتیکی معادل هستند.

در این روش با اثر دادن شتاب زمین به صورت تابعی از زمان، در تراز پایه و محاسبه پاسخ مدل، ریاضی ساختمان، با فرض رفتار خطی انجام میشود. در این تحلیل نسبت میرایی ۵٪ در نظر گرفته میشود.

در صورتی که از سه زوج شتاب نگاشت استفاده شود، مقادیر حداکثر پاسخ‌ها و در صورت انتخاب هفت شتابنگاشت، مقادیر متوسط پاسخ‌ها در نظر گرفته می‌شود.

فصل ۱۶ آیین نامه ASCE7 به این تحلیل‌ها پرداخته است.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

ASCE7-10

16.1.3.1 Two-Dimensional Analysis

Where two-dimensional analyses are performed, each ground motion shall consist of a horizontal acceleration history, selected from an actual recorded event. Appropriate acceleration histories shall be btained from records of events having magnitudes, fault distance, and source mechanisms that are consistent with those that control the maximum considered earthquake. Where the required number of appropriate recorded ground motion records are not available, appropriate simulated ground motion records shall be used to make up the total number required. The ground motions shall be scaled such that the average value of the 5 percent damped response spectra for the suite of motions is not less than the design response spectrum for the site for periods ranging from 0.2T to 1.5T where T is the natural period of the structure in the fundamental mode for the direction of response being analyzed.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

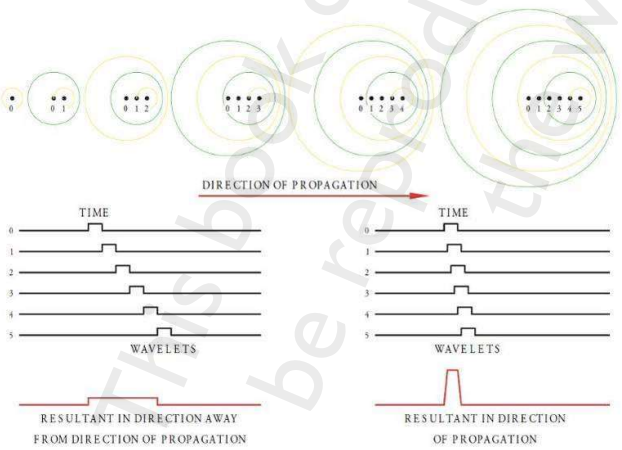
ASCE7-10

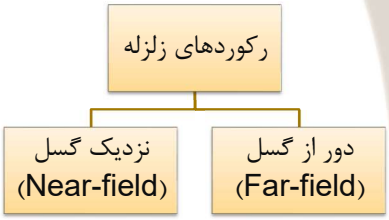
16.1.3.2 Three-Dimensional Analysis

Where three-dimensional analyses are performed, ground motions shall consist of pairs of appropriate horizontal ground motion acceleration components that shall be selected and scaled from individual recorded events. Appropriate ground motions shall be selected from events having magnitudes, fault distance, and source mechanisms that are consistent with those that control the maximum considered earthquake. Where the required number of recorded ground motion pairs is not available, appropriate simulated ground motion pairs are permitted to be used to make up the total number required. For each pair of horizontal ground motion components, a square root of the sum of the squares (SRSS) spectrum shall be constructed by taking the SRSS of the 5 percent-damped response spectra for the scaled components (where an identical scale factor is applied to both components of a pair). Each pair of motions shall be scaled such that in the period range from 0.2T to 1.5T, the average of the SRSS spectra from all horizontal com nent pairs does not fall below the corresponding ordinate of the response spectrum used in the design, determined in accordance with Section 11.4.5 or 11.4.7.

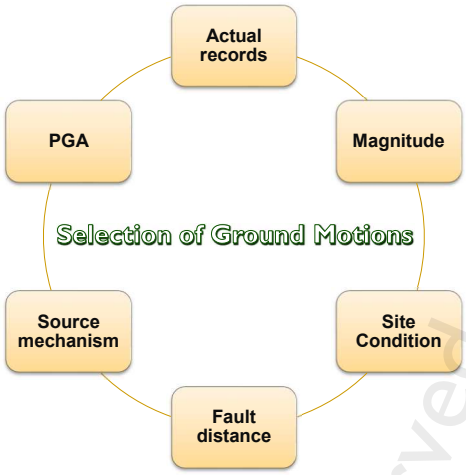
 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

* در صورتی که فاصله گسل تا ساختگاه، کمتر از ۱۰ کیلومتر باشد، بایستی از رکوردهای نزدیک گسل استفاده نمود.





 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission



* مشخصات رکوردهای انتخابی:

* هر زلزله دارای سه مولفه (دو مولفه افقی و یک مولفه قائم) بوده که معمولا مولفه قائم در طراحی مورد استفاده قرار نمی‌گیرد.

* طبق استاندارد ۲۸۰۰ برای انجام یک تحلیل تاریخچه زمانی به حداقل ۳ رکورد نیاز است. در صورت استفاده از ۷ رکورد می‌توان مقدار متوسط بیشینه بازتاب‌های بدست آمده را ملاک قرار داد. در صورتی که از ۳ شتاب نگاشت استفاده شود، باید مقادیر حداکثر بازتاب‌ها مورد استفاده قرار گیرد.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

چگونه شتابنگاشت‌ها را دانلود نماییم؟

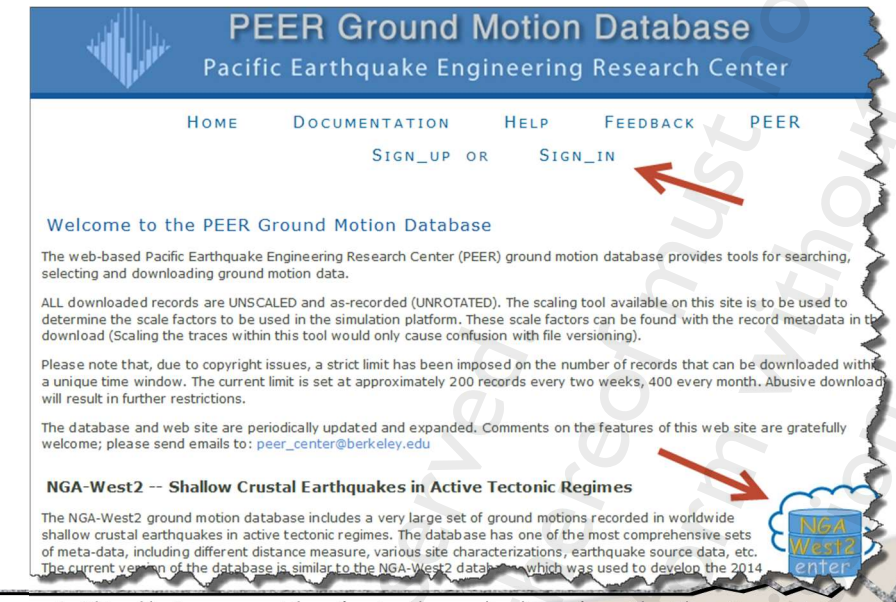
PEER Strong Motion Database

http://ngawest2.berkeley.edu/

http://www.consrv.ca.gov/cgs/smip/

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel



صفحه ۲۸۳ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

آشنایی با نرم افزار پردازش شتابنگاشت‌ها

http://www.seismosoft.com

صفحه ۲۸۴ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2

SeismoSignal

SeismoSignal constitutes a simple, yet efficient, package for the processing of strong-motion data. Amongst other things, it allows for the derivation of elastic and constant ductility inelastic response spectra, computation of Fourier amplitude spectra, filtering of high and low frequency record content and estimation of other important seismological parameters, such as the Arias Intensity and the significant and effective durations.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

همپایه نمودن شتابنگاشت‌ها:

قبل از اعمال شتابنگاشت‌ها به سازه بایستی آنها را همپایه نمایید. بدین معنی که قدرت آنها تقریباً در سطح طیف ارتجاعی استاندارد قرار گیرد تا مقایسه آنها امکان پذیر باشد. آیین نامه الزام میکند، در محدود $0.2T$ تا $1.5T$ بایستی همپایه سازی انجام شود. لیکن توضیح واضحی در ارتباط با T نمیدهد. مقدار T دوره تناوب اصلی سازه است.

در صورتی که دوره تناوب سازه در دو جهت متفاوت باشد چه کنیم؟

ASCE7-10

16.1.3.2 Three-Dimensional Analysis

"For each pair of horizontal ground motion components a square root of the sum of the squares (SRSS) spectrum shall be constructed by taking the SRSS of the 5-percent damped response spectra for the scaled components (where an identical scale factor is applied to both components of a pair). Each pair of motions shall be scaled such that for each period in the range from 0.2T to 1.5T, the average of the SRSS spectra from all horizontal component pairs does not fall below the corresponding ordinate of the design response spectrum, determined in accordance with Section 11.4.5 or 11.4.7."

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

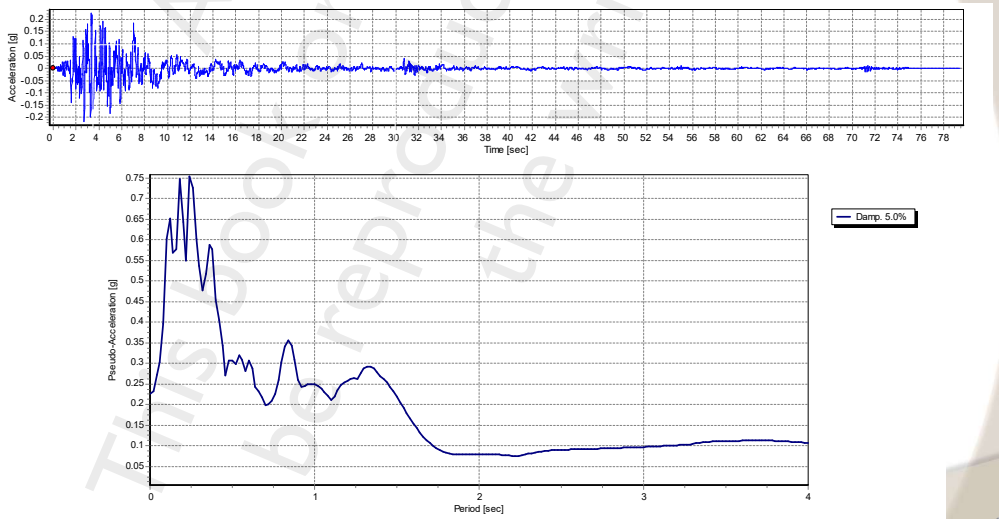
مثال) برای یک سازه با دوره تناوب 1.5 sec سه شتابنگاشت زیر را همپایه نمایید.

Suite of Ground Motions Used for Response History Analysis

NGA Record Number	Magnitude [Epicenter Distance, km]	Site Class	Year	Component Source Motion	PGA (g)	Record Name (This Example)
68	6.6 [39.5]	D	1971	**San Fernando 090** **San Fernando 180**	0.210 0.174	A00 A90
169	6.5 [33.7]	D	1979	**Imperial Valley 262** **Imperial Valley 352**	0.238 0.351	B00 B90
953	6.7 [13.3]	D	1994	**Northridge 009** **Northridge 279**	0.416 0.516	C00 C90

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

۱- طیف شبه شتاب هر شتابنگاشت ترسیم شود.

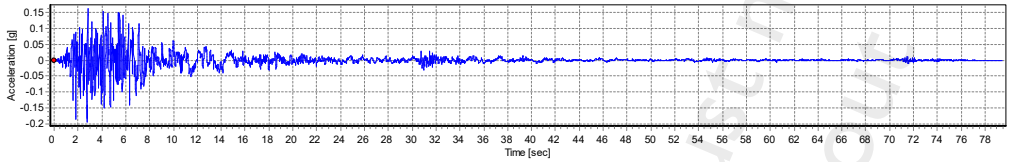


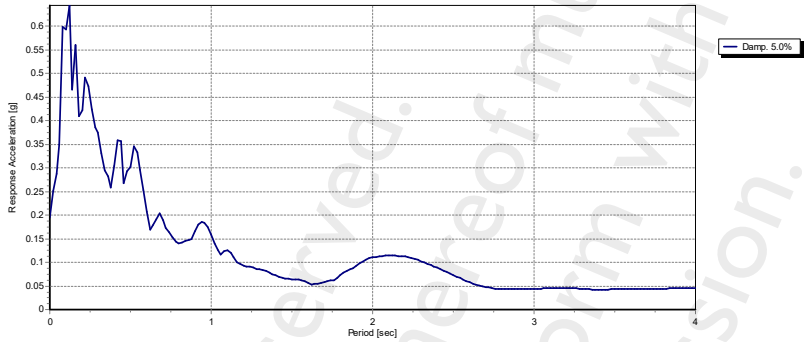
This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

San Fernando 180

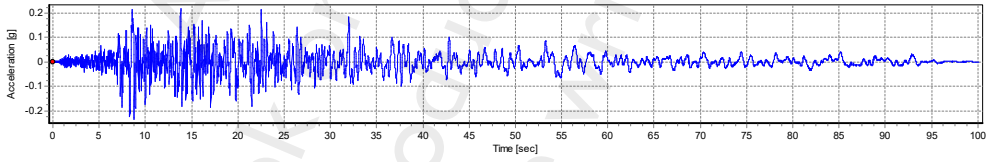


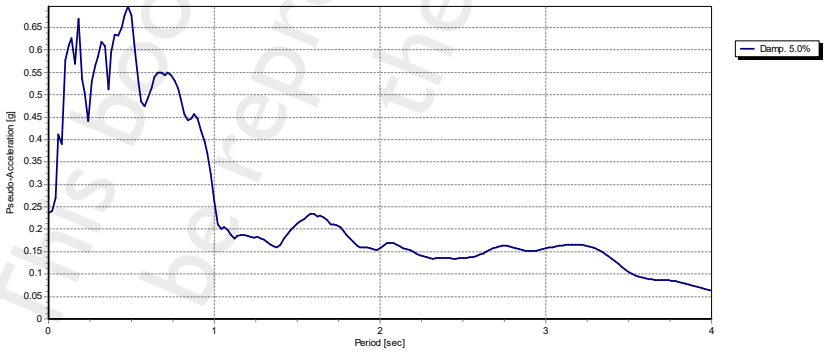


This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

Imperial Valley 262



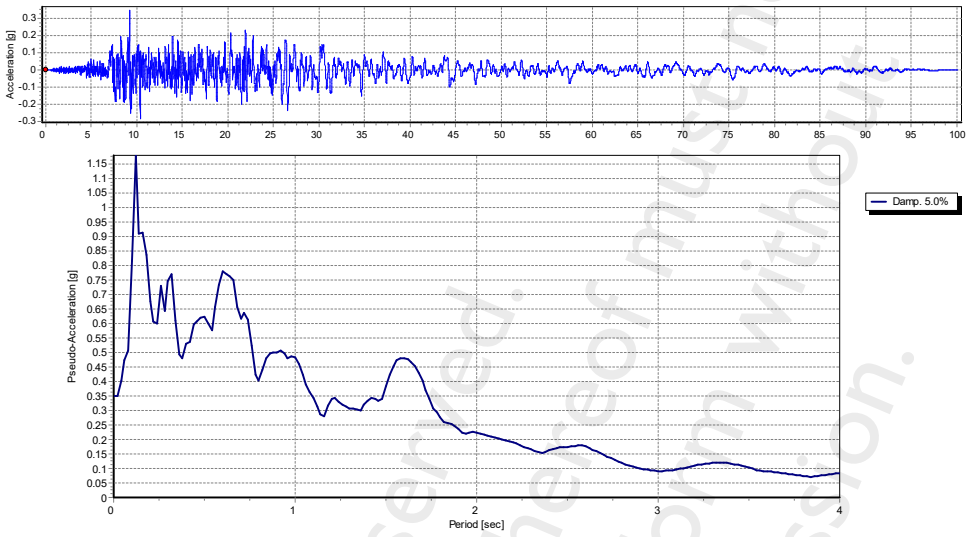


This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

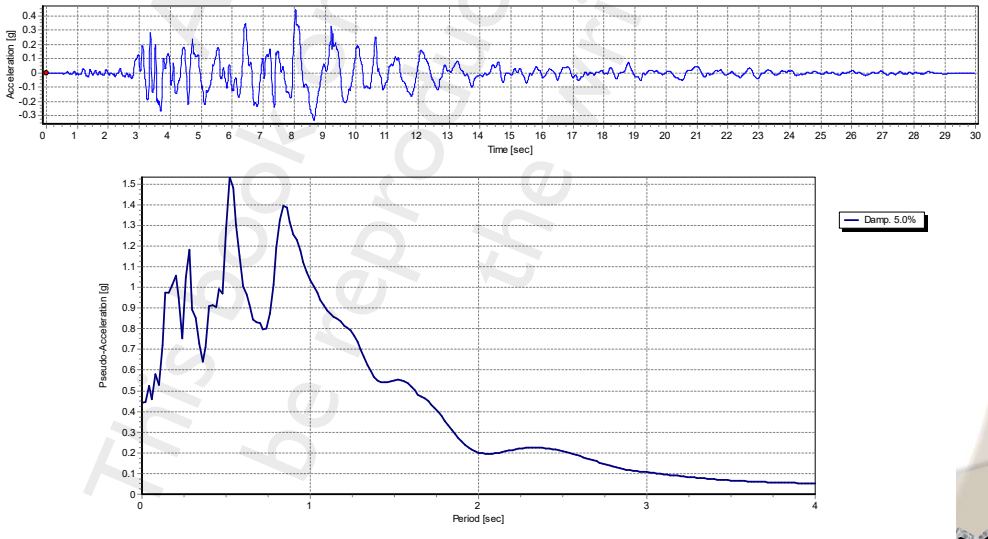
Imperial Valley 352



صفحه ۲۹۱ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

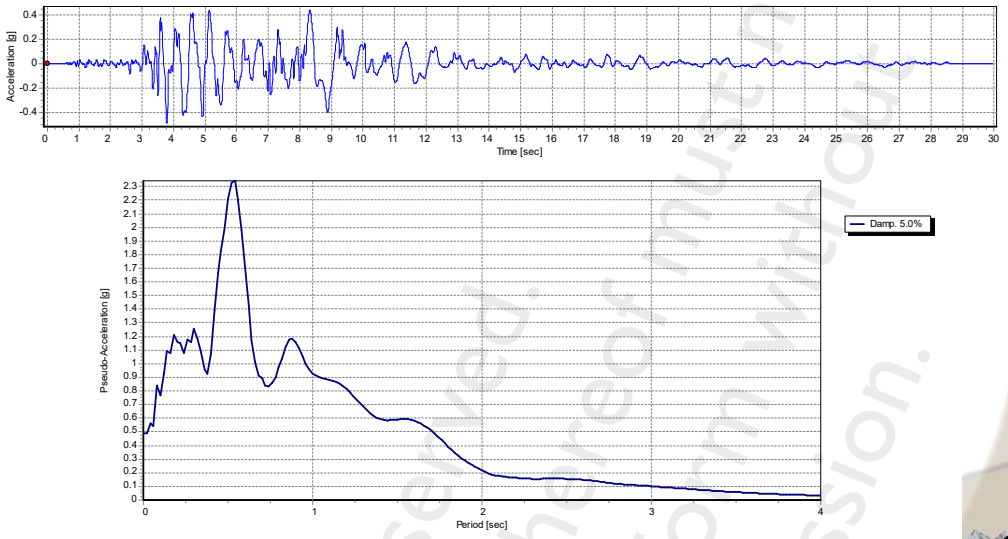
Northridge 009



صفحه ۲۹۲ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2

All rights reserved. This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

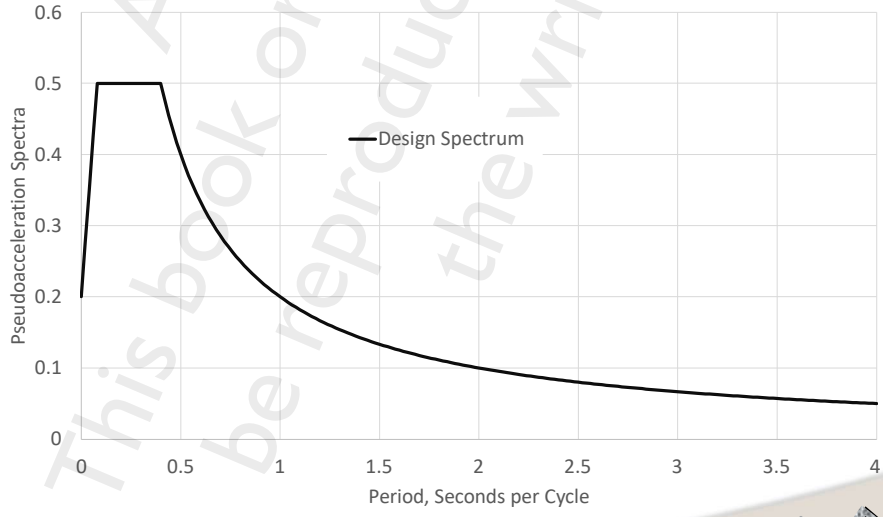
Northridge 279



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

۲- طیف هدف استاندارد بسته به نوع خاک، لرزه‌خیزی منطقه و آیین نامه، ترسیم شود.

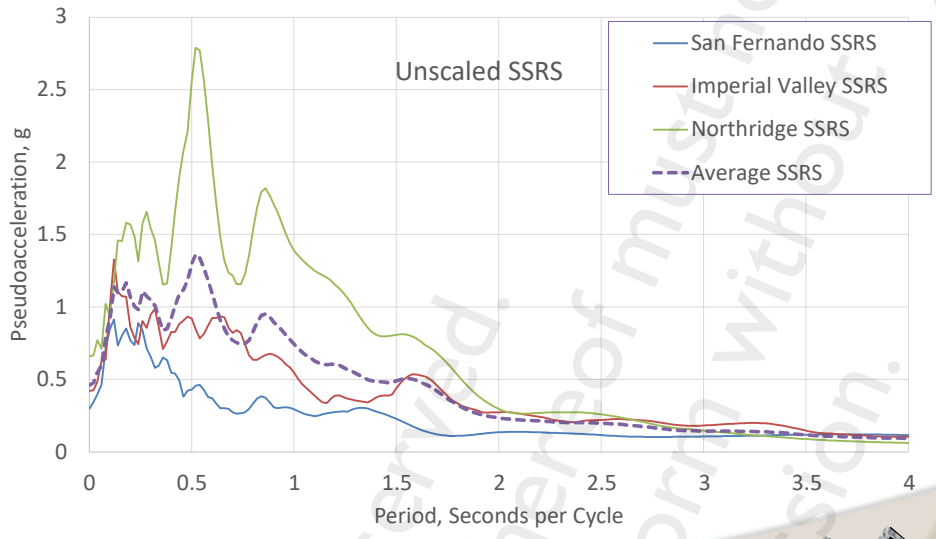


 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

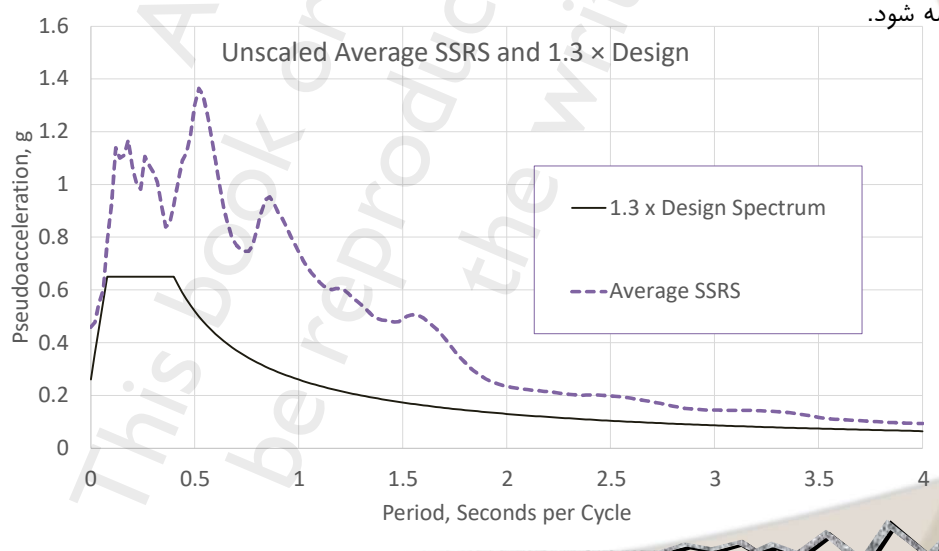
۳- بین طیف‌های هر زوج شتابنگاشت جذر مجموع مربعات گرفته شود.



صفحه ۲۹۵ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

۴- مقادیر میانگین جذر مجموع مربعات طیف‌های هر زوج شتابنگاشت با 1.3 برابر طیف استاندارد مقایسه شود.



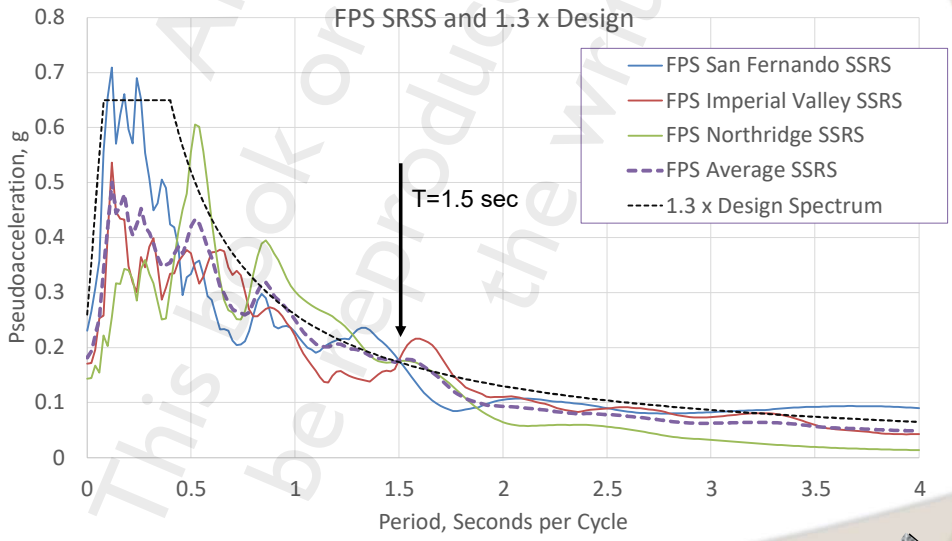
صفحه ۲۹۶ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

۵- ضریب FPS_i برای هر SRSS را طوری تعیین می‌نماییم که با ضرب آن در نمودارهای جذر مجموع مربعات زوج شتابنگاشت‌ها، در زمان تناوب اصلی سازه، همان مقدار مولفه طیف استاندارد حاصل شود.

1.3 × design spectrum:	0.173g	
San Fernando SRSS:	0.223g	FPS1= 0.173/0.223 = 0.776
Imperial Valley SRSS:	0.428g	FPS2= 0.173/0.428 = 0.404
Northridge SRSS:	0.797g	FPS3= 0.173/0.797 = 0.217

صفحه ۲۹۷ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2

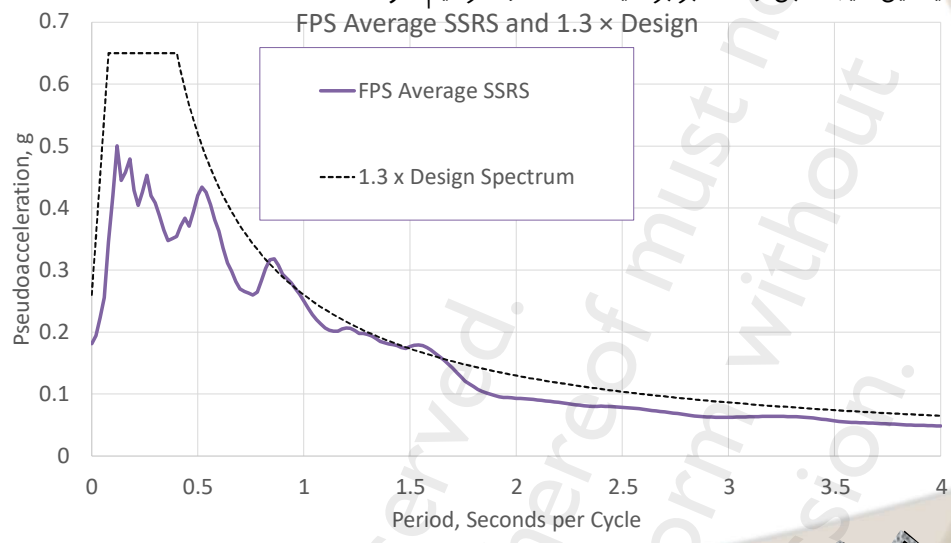


صفحه ۲۹۸ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

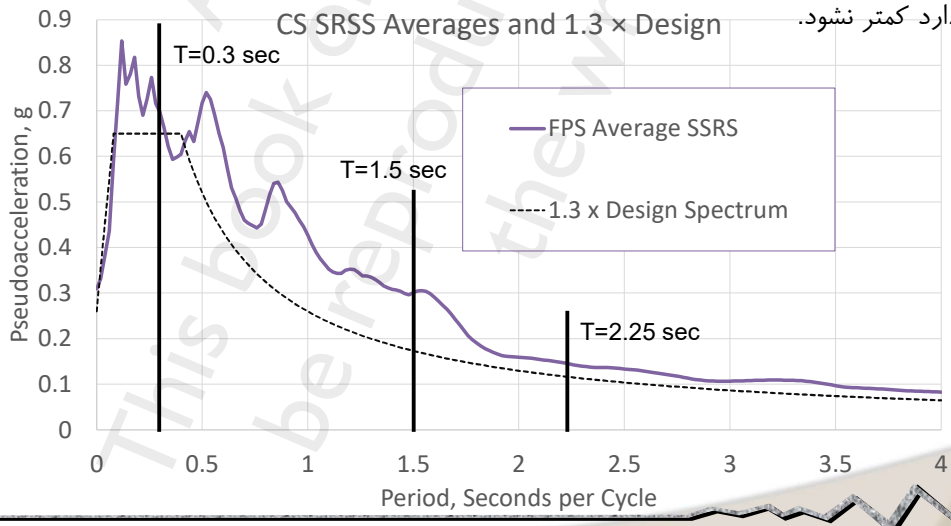
۶- میانگین نتیجه قبل و 1.3 برابر طیف استاندارد ترسیم شود.



This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

۷- مقادیر میانگین به میزانی تغییر داده شوند که برای دوره تناوب در محدوده 0.2T تا 1.5T مقدار متوسط طیف جذر مجموع مربعات مربوط به تمام زوج شتابنگاشت‌ها بیش از ۱۰٪ از 1.3 برابر طیف استاندارد کمتر نشود.



This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

این ضریب برای نمودار قبل برابر 1.706 تعیین شد. حاصل ضرایب هر یک از زوج شتابنگاشت که از ضرب FPS_i هر مولفه (که برای هر زلزله متفاوت است) در ضریب بدست آمده در در گام قبل تعیین میشود. این ضرایب ملاک مقیاس نمودن مولفه‌ها قرار میگیرند.

در هر یک از مولفه‌های مربوط به خود ضرب شوند.

San Fernando SRSS: CS1 = 0.778 × 1.706 = 1.38

Imperial Valley SRSS: CS2 = 0.406 × 1.706 = 0.693

Northridge SRSS: CS3 = 0.219 × 1.706 = 0.374

Any questions ?

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

ظرفیت اجزای سازه

ظرفیت اجزای سازه به دو بخش ظرفیت مورد انتظار و کرانه پایین تقسیم می‌شود:

۱- ظرفیت مورد انتظار اجزا (Q_{CE}) که با استفاده از مقاومت مورد انتظار مصالح محاسبه می‌شود.

۲- کرانه پایین ظرفیت اجزا (Q_{CL}) که با استفاده از کرانه پایین مقاومت محاسبه می‌شود.

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

ظرفیت اجزا در روش خطی

هنگامی که از روش‌های خطی استفاده می شود، ظرفیت اجزای تغییرشکل کنترل باید با توجه به ظرفیت مورد انتظار اعضا با لحاظ ضریب‌های m (ضریب اصلاح برمبنای رفتار غیرخطی و ضریب آگاهی) در نظر گرفته شود. ظرفیت اجـزای نیرو کنترل بایـد بـا توجه به کرانه پایین ظرفیت و با لحاظ ضریب κ در نظر گرفته شود.

اطلاعات لازم برای محاسبه‌های ظرفیت اجزای سازه در تحلیل‌های خطی

پارامتر	تغییرشکل کنترل	نیرو کنترل
مقاومت مصالح موجود	ظرفیت مورد انتظار با در نظر گرفتن سخت شوندگی	کرانه پایین مقاومت
مقاومت مصالح جدید	مقاومت مورد انتظار از مصالح	مقاومت اسمی مصالح
ظرفیت اجزای موجود	$\kappa \times Q_{CE}$	$\kappa \times Q_{CL}$
ظرفیت اجزای موجود	Q_{CE}	Q_{CL}

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

ظرفیت اجزا در روش غیرخطی

هنگامی که از روش‌های غیرخطی استفاده میشود، ظرفیت اجزای تغییرشکل کنترل باید براساس تغییرشکل غیرخطی مجاز با لحاظ نمودن ضریب κ و ظرفیت اجزای نیروکنترل باید برابر کرانه‌ی پایین ظرفیت با لحاظ نمودن ضـریب κ درنظرگرفتـه شـود.

اطلاعات لازم برای محاسبه‌های ظرفیت اجزای سازه در تحلیل‌های غیرخطی

پارامتر	تغییرشکل کنترل	نیرو کنترل
مقاومت مصالح موجود	κ×(حد تغییرشکل)	---
مقاومت مصالح جدید	حد تغییرشکل	---
ظرفیت اجزای موجود	---	$\kappa \times Q_{CL}$
ظرفیت اجزای موجود	---	Q_{CL}

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

معیارهای پذیرش در روش‌های خطی

معیارهای مختلف پذیرش اعضای سازه برحسب روش تحلیل سازه و نوع رفتار هر عضو آن به صورت زیر دسته بندی می شود.

اعضای تغییرشکل کنترل

تلاشهای طراحی در اعضایی که رفتار آنها تغییرشکل کنترل است، (Q_{UD}) تحت ترکیب آثار زیر محاسبه می شوند:

$$Q_{UD} = Q_G \pm Q_E$$

که در آن Q_G تلاش‌های ناشی از بارهای ثقلی، Q_E تلاش‌های ناشی از نیروی زلزله و Q_{UD} ترکیب تلاش‌های ناشی از بارهای ثقلی و زلزله می‌باشد.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

تلاش‌ها در اعضای اصلی و غیراصلی که تغییرشکل کنترل هستند باید رابطه زیر را برآورده نمایند:

$$m\kappa Q_{CE} \geq Q_{UD}$$

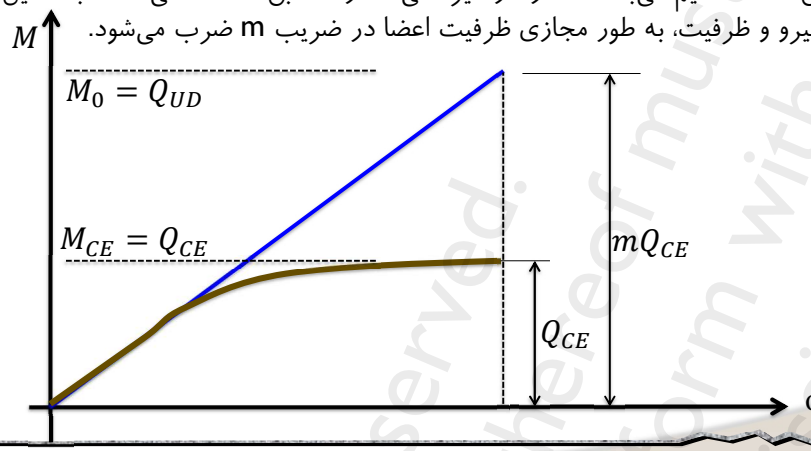
در این رابطه m ضریب اصلاح برمبنای رفتار غیرخطی عضو می‌باشد و κ ضریب آگاهی است.

با استفاده از این رابطه که برحسب نیرو تنظیم شده است برای اعضایی که رفتار آنها کنترل شونده توسط تغییر شکل است نیروها بیش از ظرفیت اعضا برآورد میگردد زیرا در تحلیل خطی، رفتار غیر خطی اعضا درنظر گرفته نشده است. به همین جهت در معیار پذیرش ضریب m برای اعمال اثر رفتار غیرخطی بر روی نیروها منظور شده است.

در روشهای تحلیل خطی، مدل سازه با رفتار ارتجاعی خطی تحت بارهای جانبی قرار داده می‌شود. مقدار بارهای جانبی چنان انتخاب می‌شود که تغییر شکل سازه با آنچه که در زلزله طرح پیش بینی می‌شود برابر شود. در این صورت نیروهای داخلی نیز با نیروهای هنگام زلزله طرح برابر خواهند بود اما چنانچه رفتار سازه هنگام زلزله غیرخطی باشد، که معمولاً نیز چنین است، آنگاه نیروهای حاصل از تحلیل، بیش از نیروها هنگام زلزله خواهد شد. مقدار اختلاف بستگی به میزان غیرخطی شدن اعضا دارد.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

به همین جهت در رابطه اخیر، برای مقایسه نیروهای داخلی با ظرفیت عضو ضریب m وارد شده است. ایـن ضـریب برحسـب نوع رفتار عضو مشخص شده است. شکل زیر رفتار یک عضو کنترل شونده توسط تغییر شـکل را نشـان می‌دهد. در این شکل نتایج حاصل از تحلیل خطی برای سازه با رفتار غیرخطی مطابق خط مستقیم می‌باشد. اما رفتار غیرخطی سـازه مطابق خط منحنی است به همین جهت برای مقایسه نیرو و ظرفیت، به طور مجازی ظرفیت اعضا در ضریب m ضرب می‌شود.



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

اعضای نیرو کنترل

تلاشهای طراحی در اعضایی که رفتار آنها نیرو-کنترل است، Q_{UF} باید به یکی از سه روش زیر تعیین شود:

۱- حداکثر تلاشی که توسط اجزای سازه با توجه به ظرفیت مورد انتظار آنها می‌تواند در یک تحلیل حدی به عضو وارد شود.

۲- حداکثر تلاشی که با درنظرگرفتن رفتار غیرخطی سازه می‌تواند در عضو ایجاد شود.

۳- تلاش‌های حاصل از ترکیب تلاش‌های Q_G و Q_E مطابق رابطه زیر

$$Q_{UF} = Q_G \pm \frac{Q_E}{C_1 C_2 J}$$

تلاش‌ها در اعضای اصلی و غیراصلی که نیروکنترل هستند، باید رابطه زیر را اقناع کنند:

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

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

در نقاطی از اعضا که رفتار آنها کنترل شونده توسط نیرو است نیروهای حاصل از تحلیل نباید بیش از ظرفیت اعضا باشد. برای این منظور باید مکانیزم رفتار غیرخطی برای سازه در نظر گرفته شود و براساس آن نیروهای داخلی اعضای مورد نظر محاسبه شود. در صورتیکه مکانیزم رفتار غیرخطی درست انتخاب نشده باشد نیروهای داخلی حاصل از آن نیز بزرگتر از مقدار واقعی خواهند بود. برای برآورد تغییر شکل‌های غیرخطی با استفاده از تحلیل خطی، ضریب C1 در نیروهای جانبی زلزله ضرب شده است. به این ترتیب نیروهای جانبی به طور مجازی بزرگتر انتخاب می‌شوند تا تغییر شکل‌ها به تغییر شکل‌های واقعی هنگام زلزله طرح نزدیک شود. اما به این ترتیب نیروها به طور غیر واقعی بزرگتر بدست می‌آیند در حالیکه به دلیل رفتار غیرخطی سازه معمولاً نیروهای جانبی زلزله کاهش می‌یابند به همین جهت در رابطه، عکس ضریب C1 برای واقعی شدن نیروها اعمال شده است.

بطور مشابه برای ضریب C2 نیز هم همین کار انجام می‌شود.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

که در آن J ضریب کاهش انتقال نیرو می‌باشد و برابر است کوچکترین مقدار DCR اعضای تغییرشکل کنترل که نیرو را در مسیر بار به عضو مورد نظر منتقل می‌کنند.

به عنوان روش تقریبی می‌توان مقدار J را براساس سطح عملکرد ساختمان مطابق مقادیر پیشنهادی جدول زیر اختیار نمود. مقدار J در هر حالت نباید کمتر از ۱ در نظر گرفته شود.

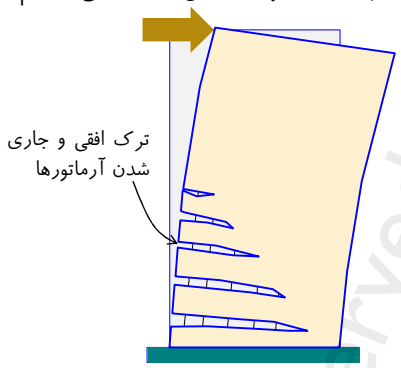
تبصره: در استفاده از جدول زیر برای ساختمان‌هایی که سیستم مقاوم در برابر بارهای جانبی آنها صرفا دیوارهای باربر می‌باشند، مقدار J را در سطوح عملکرد ایمنی جانی و آستانه فرو ریزش به ترتیب نباید از ۲ یا و ۳ بزرگتر در نظر گرفته شود.

سطح عملکرد ساختمان	J
استفاده بی وقفه (IO)	1.0
ایمنی جانی (LS)	2.5
آستانه فروریزش (CP)	3.5

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

معیارهای پذیرش در روش‌های غیرخطی

معیارهای مختلف پذیرش اعضای سازه برحسب روش تحلیل سازه و نوع رفتار هر عضو آن به صورت زیر دسته بندی می شود. در روش‌های غیرخطی نیروها و تغییر شکل‌ها مستقیماً از تحلیل مدل سازه محاسبه می‌شوند لذا نیازی به اصلاح آنها مانندآنچه که برای روش‌های خطی انجام می‌شود نیست.



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

اعضای تغییرشکل کنترل:

در اعضای اصلی و غیراصلی که تغییرشکل کنترل هستند، نباید تغییرشکل حاصل از تحلیل غیرخطی بیش از ظرفیت آنها باشد. برای این منظور ظرفیت تغییرشکل اعضا باید با درنظرگرفتن کلیه‌ی تلاش‌هایی که هم زمان بر عضو وارد می‌شود، تعیین شود. در این حالت برش پایه نظیر تغییرمکان هدف (V_t) نباید از ۸۰٪ برش تسلیم موثر سازه (V_y) باشد. تلاش‌های اعضای اصلی و غیراصلی برحسب سطح عملکرد مورد نظر برای ساختمان باید توسط معیار پذیرش اعضای غیراصلی کنترل شوند به عبارت دیگر معیار پذیرش برای اعضای اصلی و غیراصلی یکسان است. اما در صورتیکه از روش ساده شده تحلیل استاتیکی غیرخطی استفاده شده باشد به دلیل ساده سازی در تحلیل، معیار پذیرش برای اعضای اصلی سازه محدودتر می‌باشد به همین جهت تلاش‌های این اعضا برحسب سطح عملکرد مورد نظر برای ساختمان، باید توسط معیار پذیرش اعضای اصلی کنترل شوند.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

اعضای نیرو کنترل

در اعضای اصلی و غیراصلی نیروکنترل باید نیروهای طراحی کوچکتر از کرانه‌ی پایین مقاومت اعضا با در نظرگرفتن کلیه تلاش‌هایی که همزمان بر عضو وارد می‌شوند، باشد. در روابط کنترلی این اعضا باید ضریب آگاهی به کرانه پایین مقاومت اعمال شود.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

فصل چهارم

ساختگاه و پی

Base on ASCE 41-17 and No 360

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

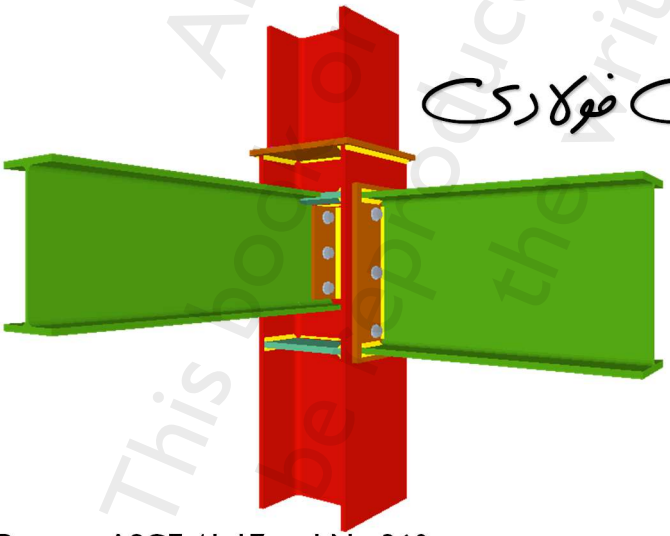
این بخش بزودی تکمیل خواهد شد.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

فصل پنجم

سازه‌ها و اجزای فولادی



Base on ASCE 41-17 and No 360

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

این بخش بزودی تکمیل خواهد شد.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

فصل ششم

سازه‌ها و اجزای بتن

Base on ASCE 41-17 and No 360

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

این بخش بزودی تکمیل خواهد شد.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

فصل هفتم

ساختمان‌ها و اجزای مصالح بنایی

Base on ASCE 41-17 and No 360

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

این بخش بزودی تکمیل خواهد شد.

All rights reserved. This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

فصل هشتم

دیافراگم ها و میان قاب ها

Base on ASCE 41-17 and No 360

این بخش بزودی تکمیل خواهد شد.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

فصل نهم

بهسازی اجزای غیرسازه‌ای

Base on ASCE 41-17 and No 360

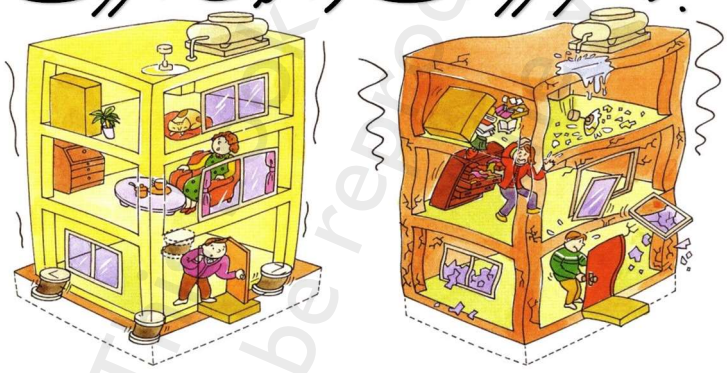
 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

این بخش بزودی تکمیل خواهد شد.

صفحه ۳۲۵ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

فصل دهم

سامانه‌های جداساز لرزه‌ای و اتلاف انرژی



Building with Seismic Isolation

Common Building

Base on ASCE 41-17 and No 360

صفحه ۳۲۶ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

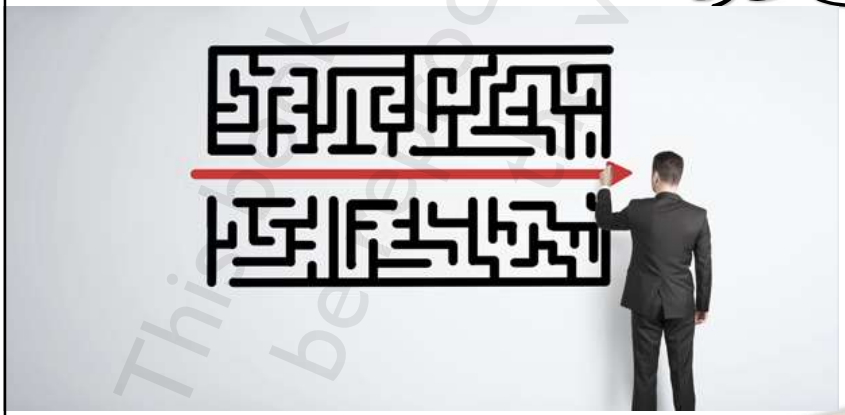
این بخش بزودی تکمیل خواهد شد.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission
Version: 1.2

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

فصل یازدهم

بهسازی لرزه



Base on ASCE 41-17 and No 360

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission
Version: 1.2

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

این بخش بزودی تکمیل خواهد شد.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

فصل دوازدهم

مثال‌های کاربردی در نرم‌افزار

SAP2000®

Integrated Software for Structural Analysis and Design

Basic Modeling and Analysis by Examples

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

هیچ گارانتی در ارتباط با دقت و قابلیت اطمینان طراحی توسط نویسندگان برنامه صورت نمی‌گیرد.

Disclaimer

Considerable time, effort and expense have gone into the development and testing of this software. However, the user accepts and understands that no warranty is expressed or implied by the developers or the distributors on the accuracy or the reliability of this product.

This product is a practical and powerful tool for structural design. However, the user must explicitly understand the basic assumptions of the software modeling, analysis, and design algorithms and compensate for the aspects that are not addressed.

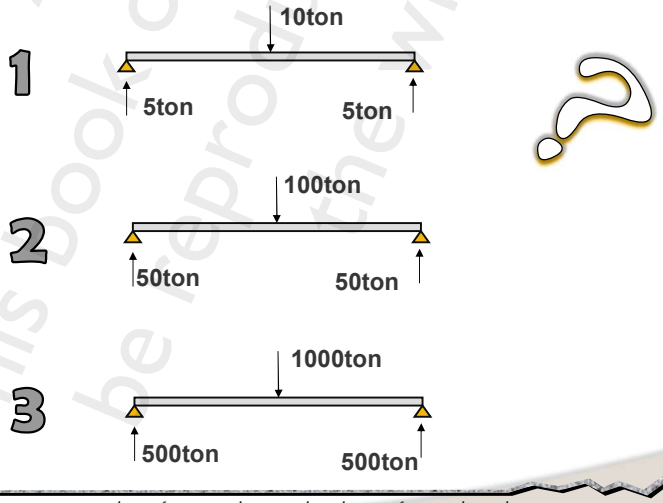
The information produced by the software must be checked by a qualified and experienced engineer. The engineer must independently verify the results and take professional responsibility for the information that is used.

صفحه ۳۳۱ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

تفاوت یک تحلیل خطی و غیرخطی در چیست؟

در تیرهای زیر، طول و مقطع تیرها ثابت بوده و بار در وسط تیر اعمال میشود، مقطع تیر IPE160است.

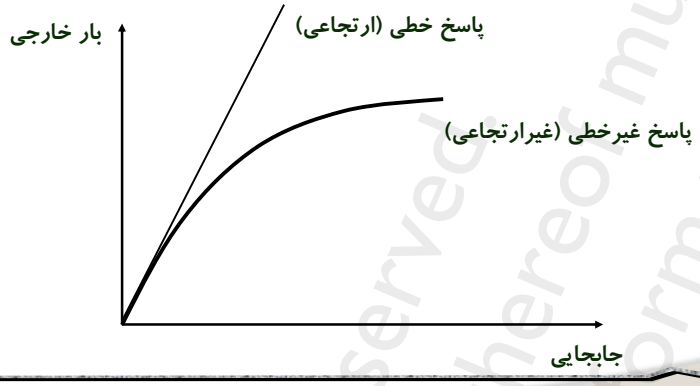


صفحه ۳۳۲ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

* در حالتی که بار موجب تغییر در سختی میشود، منحنی نیرو- جابجایی بصورت غیرخطی در خواهد آمد.

* مسئله اصلی در این حالت، تعیین پاسخ تغییرشکل غیرخطی با استفاده از یکسری معادلات خطی است.



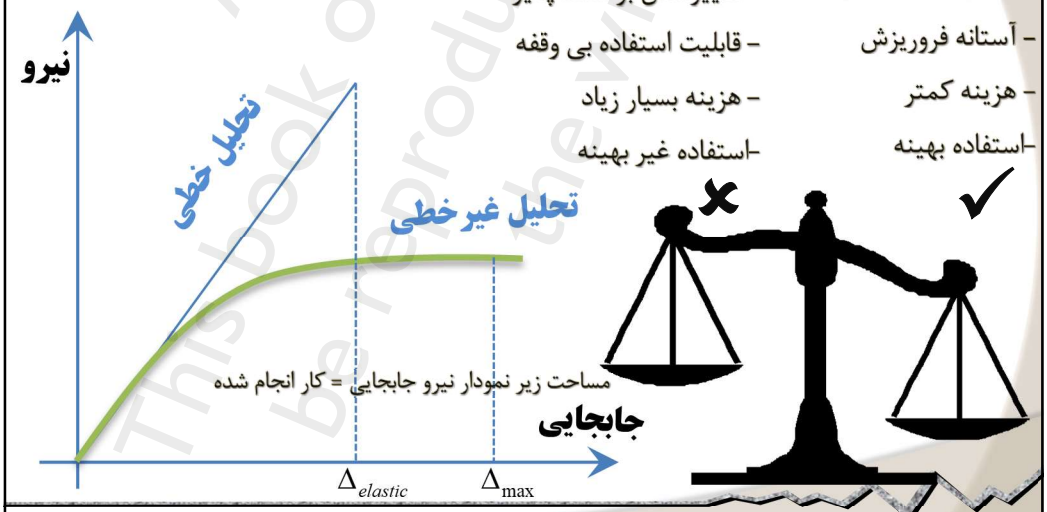
This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

Version: 1.2

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

رفتار غیرارتجاعی:
- تغییرشکل ماندگار
- آستانه فروریزش
- هزینه کمتر
- استفاده بهینه

رفتار ارتجاعی:
- تغییرشکل برگشت پذیر
- قابلیت استفاده بی وقفه
- هزینه بسیار زیاد
- استفاده غیر بهینه

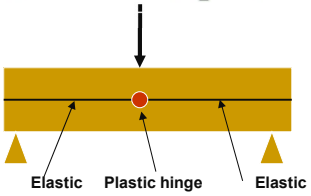


This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

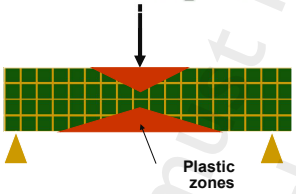
Version: 1.2

طول مفصل خمیری

Concentrated plasticity



Distributed plasticity

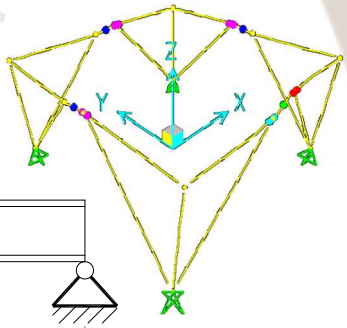


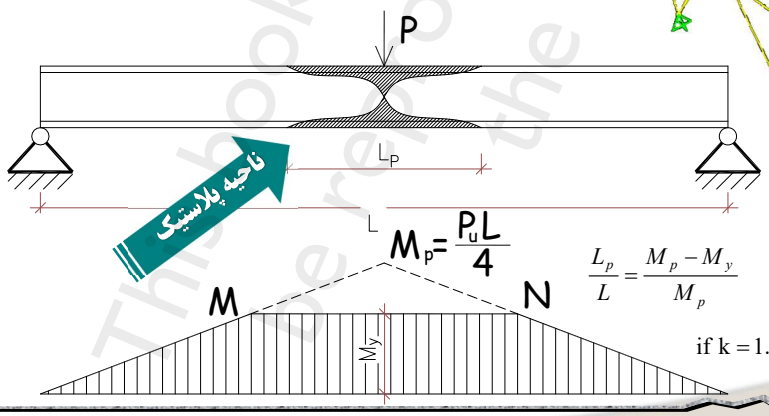
- Dimensionless plastic hinge
- Computationally efficient but limited accuracy

- Plastic zones
- High accuracy but computational expensive

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

در بسیاری از نرم‌افزارهای طراحی امکان تعریف مفاصل خمیری به صورت نقطه‌ای وجود دارد.





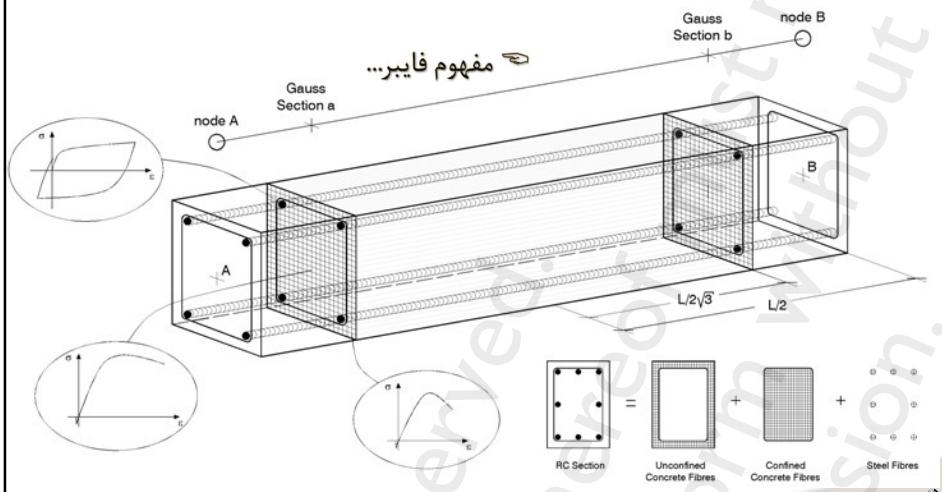
$$\frac{L_p}{L} = \frac{M_p - M_y}{M_p} \Rightarrow L_p = L\left(1 - \frac{1}{k}\right)$$

$$\text{if } k = 1.12 \Rightarrow L_p \cong 0.1L$$

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

ترسیم منحنی لنگر – انحناء برای مقاطع

معمولاً ترجیح داده میشود برای بدست آوردن منحنی مفصل از روش فایبر (Fiber) استفاده شود.



This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

به عنوان مثال گام‌های این روش برای ترسیم یک مفصل خمیری خمشی بصورت زیر می‌باشند:

۱- مقطع به یکسری برش افقی یا رشته‌ای (horizontal slices of fiber) تبدیل می‌شود.

۲- نمودار تنش – کرنش برای مصالح (با سخت شوندگی کرنشی یا بدون آن) بدست می‌آید.

۳- مقدار انحنا را گام به گام افزایش داده و مقدار متناظر کرنش در هر گام برای هر فایبر تعیین شود.

۴- با داشتن مقدار کرنش در هر فایبر، مقدار تنش آن از حاصل ضرب کرنش فایبر در مقدار ضریب ارتجاعی با توجه به مقدار کرنش (که بیش از کرنش تسلیم باشد یا خیر) بدست می‌آید.

۵- مقدار برآیند نیروی ایجاد شده در هر فایبر از ضرب مساحت آن فایبر در تنش حاصل می‌آید.

۶- با ضرب مقدار برآیند در بازوی نیرو تا تار خنثی مقدار سهم لنگر آن تعیین شده و با جمع لنگر هر فایبر مقدار لنگر موجود در مقطع در هر گام بدست می‌آید.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

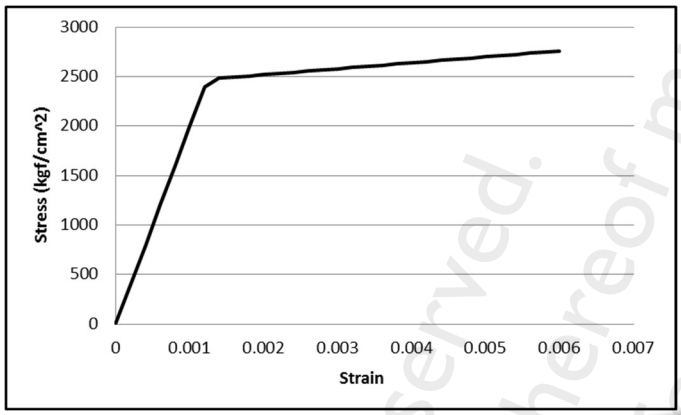
All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

مثال) منحنی لنگر-انحنا را برای یک مقطع IPE270 ترسیم نمایید.

$IPE270 \rightarrow t_w = 0.66\,\text{cm} \quad , \quad t_f = 1.02\,\text{cm} \quad , \quad d = 27\,\text{cm} \quad , \quad b_f = 13.5\,\text{cm}$

$$F_y = 2400\,\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \quad , \quad E = 2\times10^6\,\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$



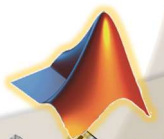
نمودار تنش کرنش به مانند شکل روبرو با ٪۳ سخت شوندگی کرنشی در نظر گرفته شود.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

برنامه زیر در محیط MATLAB برای این امر نوشته شده است.

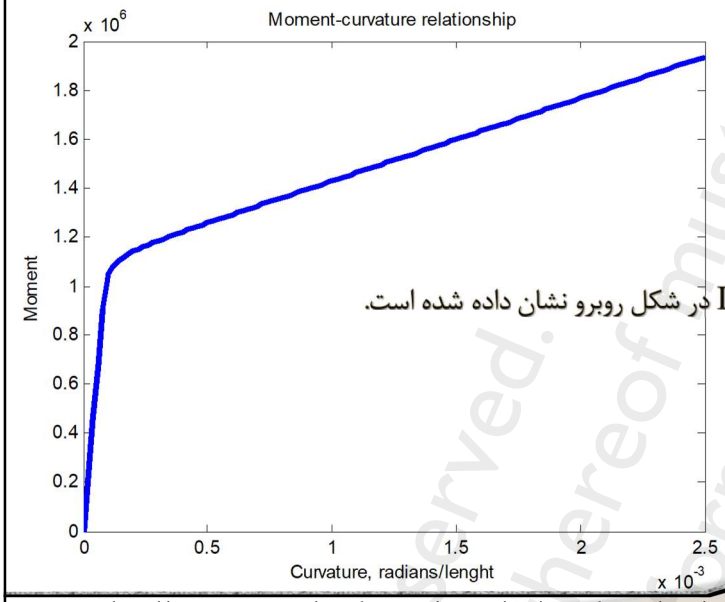
```
%------------ compute the moment-curvature relationship ----------------
%--------------------Developed by M.Alirezaei---------------------------------
clear all; clc;close all; d=input('Outside height= ');tw=input('Web thickness= '); tf=input('Flange thickness= ');h=d-2*tf;
bf=input('Flange width= '); Fy=input('yield stress= ');E=input('Elastic modulus= ');epsy=Fy/E;
strain_hard=input('strain hardening ratio= ');Esh=strain_hard*E; n1=input('Number of slices in each flange= ');
n2=input('Number of slices in web= '); phi_end=input('Max Curvature= ');
 dy1=tf/n1;%Distance slices in flange in y direction. dy2=h/n2;%Distance slices in web in y direction.
Mt1=[]; for phi=0:0.00002:phi_end
   Mweb=[];Mflange=[];   for i=1:1:n2/2
    eps=phi*i*dy2;    if eps<=epsy      zigma=E*eps;      elseif eps>epsy          zigma=Fy+Esh*(eps-epsy);
      end      Fi=zigma*tw*dy2;      Mi=2*Fi*i*dy2;      Mweb=[Mweb Mi];    end    Mtweb=sum(Mweb);
   for i=1:1:n1
      eps=phi*((h/2)+i*dy1);      if eps<=epsy          zigma=E*eps;          elseif eps>epsy      zigma=Fy+Esh*(eps-
epsy);
      end      Fi=zigma*bf*dy1;      Mi=2*Fi*(i*dy1+(h/2));      Mflange=[Mflange Mi];    end
   Mtflange=sum(Mflange);    Mt=Mtweb+Mtflange;    Mt1=[Mt1 Mt]; end
phi=0:0.00002:phi_end; plot(phi,Mt1,'-bl','LineWidth', 3);title('Moment-curvature relationship');
xlabel('Curvature, radians/lenght');
ylabel('Moment')
```



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel



نمودار لنگر-انحنا برای IPE270 در شکل روبرو نشان داده شده است.

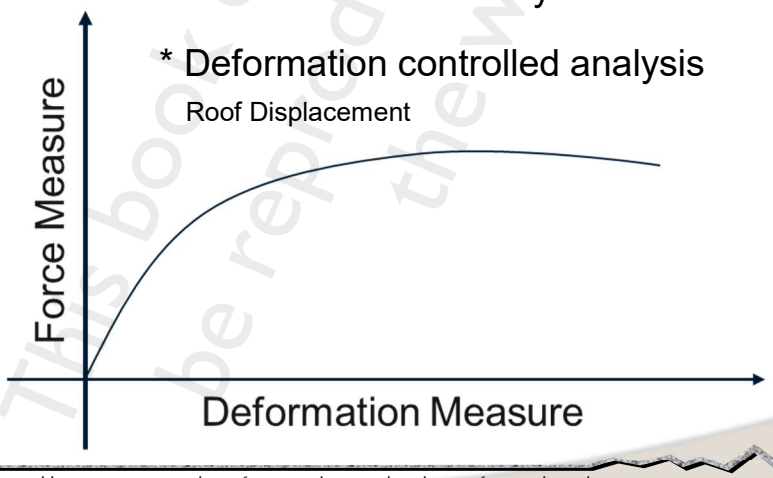
This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

Pushover Analysis (Results)

* Force controlled analysis

* Deformation controlled analysis



This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This book or any part thereof must not be replicated in any form without the written permission.

Steps in Performance Check

- Construct Pushover curve
- Select earthquake level(s) to check
- Select performance level(s) to check
- Select acceptance criteria for each performance level
- Verify acceptance
  - Capacity Spectrum Method (ATC-40)
  - Displacement Coefficient Method (FEMA 273)

صفحه ۳۴۳ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2

All rights reserved. This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

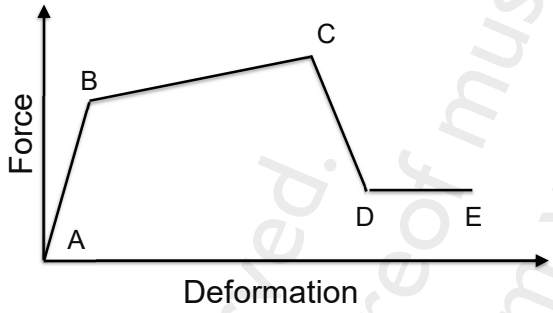
Constructing Pushover Curve

- Define Structural Model
  - Elements (components)
  - Strength - deformation properties
- Define Loads
  - Gravity
  - Lateral load pattern
- Select Control Displacements or Drifts
- Perform Pushover Analysis

صفحه ۳۴۴ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2

Pushover Modeling (Properties)

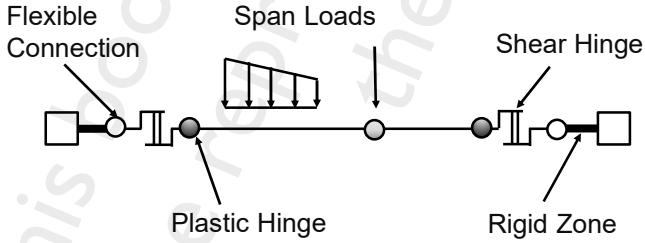
Force-Deformation Relationship



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

Pushover Modeling (Beam Element)

Three dimensional Beam Element



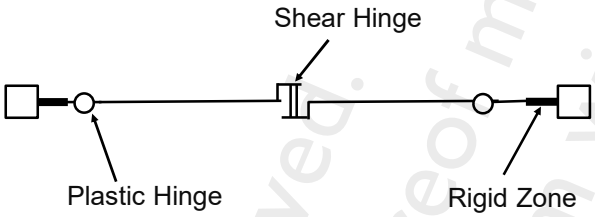
 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

Pushover Modeling (Beam Element)

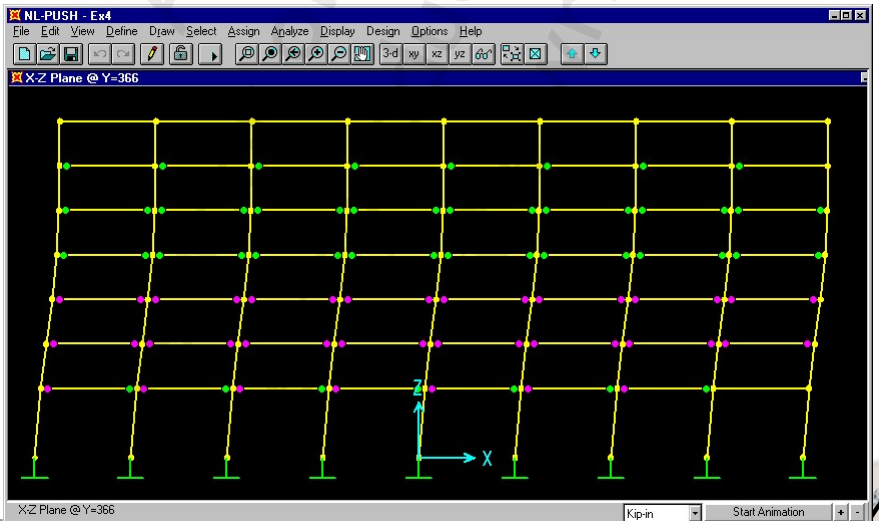
Three dimensional Column Element



صفحه ۳۴۷ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission
Version: 1.2

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

Pushover Analysis (Results)



صفحه ۳۴۸ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission
Version: 1.2

All rights reserved. No part thereof must not be reproduced in any form without written permission.

Use of Pushover Curve

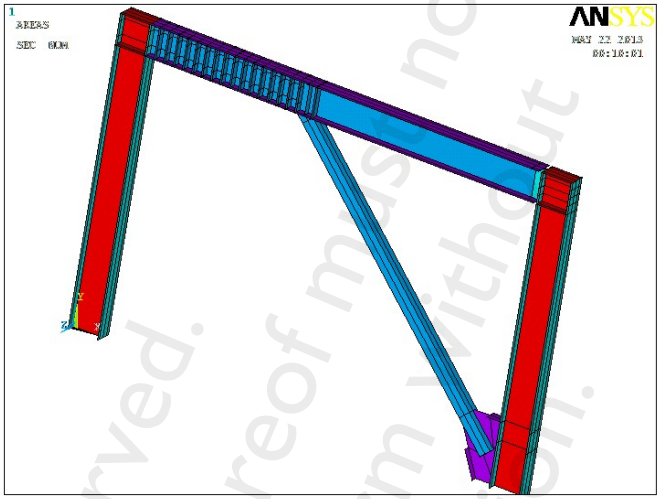
Capacity Spectrum Method of ATC-40
- detailed in ATC-40
- and as alternate method in FEMA-356

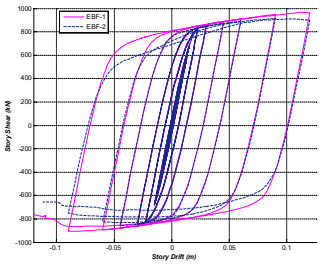
فرض اساسی در این روش آن است که حداکثر جابجایی غیرارتجاعی یک سیستم یک درجه آزاد را میتوان از حداکثر جابجایی ارتجاعی یک سیستم یک درجه آزاد که دارای دوره تناوب و نسبت میرایی بیشتر از مقدار اولیه است، تخمین زد.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

آشنایی با برنامه SAP2000

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission





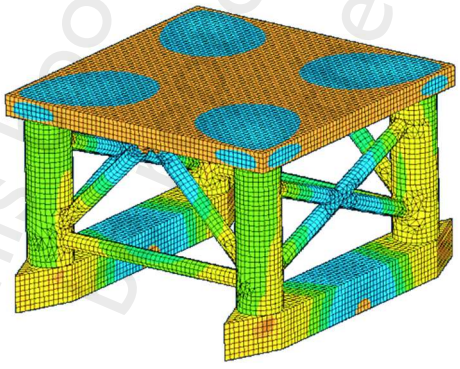
 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

SAP2000
ETABS
SAFE
OpenFOAM
OpenSees
Abaqus
ADINA
ANSYS
LS-DYNA
Nastran
HyperMesh
VisualFEA

* از چه نرم افزاری برای تحلیل‌های غیرخطی استفاده کنیم؟

* آیا قفل شکسته بودن نرم افزار تاثیری بر روند و صحت محاسبات دارد؟ از کجا مطمئن باشیم؟

* برای مدلسازی اجزای ریزتر (مثل مدلسازی جوش یا جزئیات اتصال) آیا نرم افزار مهم است؟



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

Below you will find pricing for all CSI Products. All prices are in US Dollars.

	STANDALONE LICENSE		NETWORK LICENSE	
	License Price	Annual MNT	License Price	Annual MNT
SAP2000				
Basic	2000	350	2600	455
Plus	5000	875	6500	1135
Advanced	8000	1400	10400	1820
Ultimate	12000	2100	15600	2730
CSiBridge				
Plus	9000	1575	11700	2045
Plus w/ Rating	13000	2275	16900	2955
Advanced	16000	2800	20800	3640
Advanced w/ Rating	20000	3500	26000	4550
ETABS				
Plus	5000	875	6500	1135
Nonlinear	8000	1400	10400	1820
Ultimate	12000	2100	15600	2730
SAFE				
Standard	4000	700	5200	910
Post-tensioning	6000	1050	7800	1365
PERFORM-3D				
PERFORM-3D	12000	2640	15600	3430
CSiCOL				
CSiCOL	1100	190	1430	250

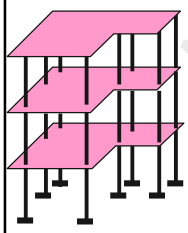
12000×4500=54'000'000 T

6000×4500=27'000'000 T

صفحه ۳۵۳ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2

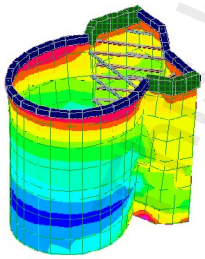
All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel



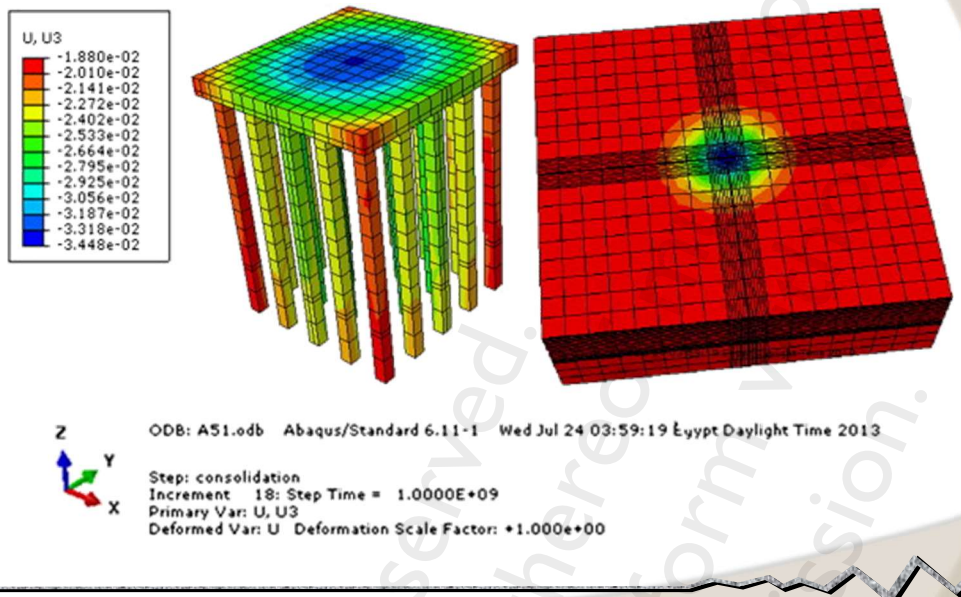
- مدل بایستی با واقعیت تا حد امکان منطبق باشد.
- در واقعیت تمام المان‌ها حجمی هستند که با برای برخی از آنها با تقریب خوب می‌توان به المان‌های تیر و صفحه ای تبدیل شوند.
- در مدلسازی معمولا از روش المان محدود Finite Element Analysis استفاده می‌شود.

این یک روش تقریبی و عددی برای حل مسائل پیچیده بوده که با تبدیل سازه به المان‌های ریز، تحلیل صورت می‌گیرد.

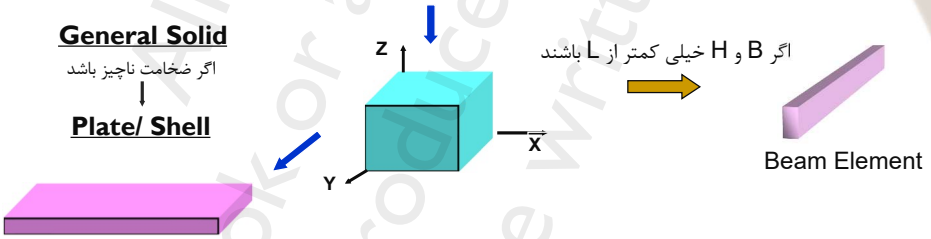


* میزان ریز بودن المان‌ها به دقت مسئله مربوط است*

صفحه ۳۵۴ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2



This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission



- در اکثر تحلیل‌ها می‌توان تیرها، ستون‌ها و مهاربندها را با المان BEAM مدلسازی نمود.

- برای مدلسازی پوسته دیوار می‌توان از المانهای با رفتار درون صفحه (Membrane Elements) یا با رفتار درون و بیرون صفحه (Shell Element) استفاده نمود.

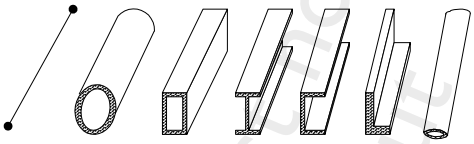
- نوع تحلیل (رفتار خطی یا غیرخطی) نیز به المان مورد استفاده نیز مربوط می‌شود و بایستی با توجه به نوع تحلیل، المان متناسب با آن را انتخاب نمود.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

1 D Elements (Beam type)

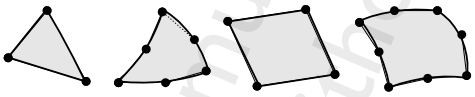
Can be used in 1D, 2D and 2D
2-3 Nodes. A, I etc.



Truss and Beam Elements (1D,2D,3D)

2 D Elements (Plate type)

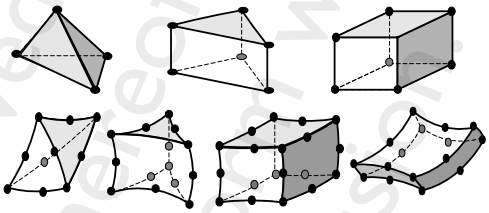
Can be used in 2D and 3D Model
3-9 nodes. Thickness



Plane Stress, Plane Strain, Axisymmetric, Plate and Shell Elements (2D,3D)

3 D Elements (Brick type)

Can be used in 3D Model
6-20 Nodes.

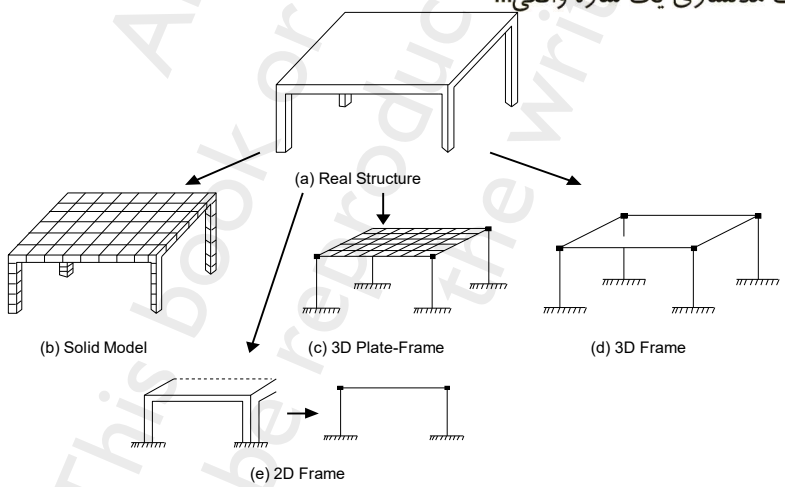


Brick Elements

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

– روش‌های مختلف مدلسازی یک سازه واقعی...



This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

* گام‌های انجام تحلیل:

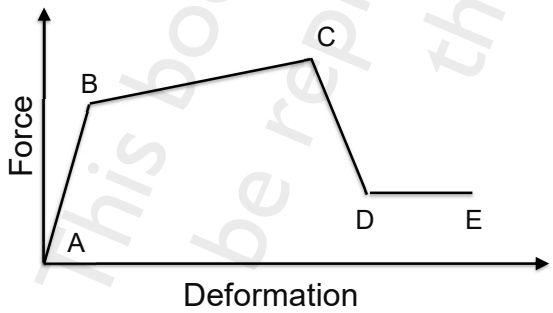
- ارزیابی سازه واقعی و جوانب طراحی
- ایجاد مدل سازه‌ای
- گسسته سازی و مشبندی برای حل سازه
- حل المان محدود
- ایجاد خروجی و نتایج
- بررسی نتایج و خروجی و اصلاح مدل

توسط مهندس
توسط مهندس+نرم‌افزار
توسط نرم‌افزار

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

مفاصل پلاستیک تعریف شده در برنامه SAP2000 تنها در تحلیل استاتیکی غیرخطی یا تحلیل تاریخچه زمانی با انتگرال گیری مستقیم موثر هستند.

Hinges only affect the behavior of the structure in nonlinear static and nonlinear time-history analyses. Hinge behavior does not affect nonlinear modal time-history (FNA) analyses unless the hinges are modeled as links



This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

کاربر با معرفی تعداد زیادی مفصل میتواند توزیع پلاستیسته شدن در طول المان را بصورت تقریبی در نظر بگیرد. برای مثال میتوان ده مفصل غیرخطی در فواصل نسبی 0.05، 0.15، 0.25 تا مثلا 0.95 در طول عضو معرفی کرد. به این ترتیب خصوصیات تغییرشکلی براساس طول مفصل فرض ده برای یک دهم طول المان است. البته توجه داشته باشید که معرفی تعداد زیاد مفصل در صورتی که به مرحله تسلیم هم نرسند، باعث صرف زمان زیادی در انجام تحلیل خواهد شد.

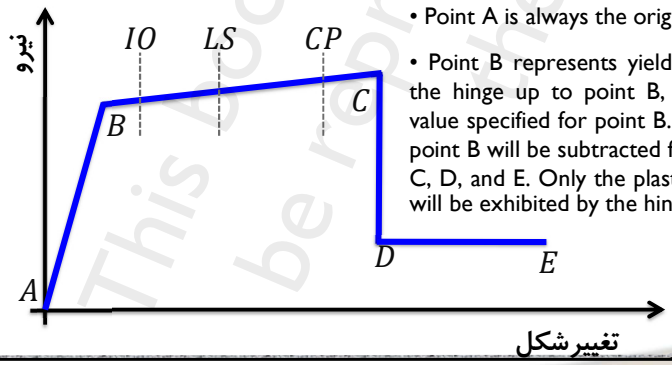
You can approximate plasticity that is distributed over the length of the element by inserting many hinges. For example, you could insert ten hinges at relative locations within the element of 0.05, 0.15, 0.25, ..., 0.95, each with deformation properties based on an assumed hinge length of one-tenth the element length. Of course, adding more hinges will add more computational cost, so this should only be done where needed.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

منحنی رفتاری برای اعضا، در برنامه SAP2000

نقطه A: شروع منحنی و در مبدا است.

نقطه B: نقطه تسلیم را نشان میدهد. بدون توجه به تغییرشکل معرفی شده برای نقطه B، هیچ تغییرشکلی در مفصل تا قبل از رسیدن به نقطه B اتفاق نمی افتد. از A تا B در محدوده ارتجاعی است.



• Point A is always the origin.

• Point B represents yielding. No deformation occurs in the hinge up to point B, regardless of the deformation value specified for point B. The displacement (rotation) at point B will be subtracted from the deformations at points C, D, and E. Only the plastic deformation beyond point B will be exhibited by the hinge.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

نقطه C: نشان دهنده ظرفیت نهایی بوده ولیکن میتوانید شیب خط C تا D را نیز مثبت تعریف نمایید.

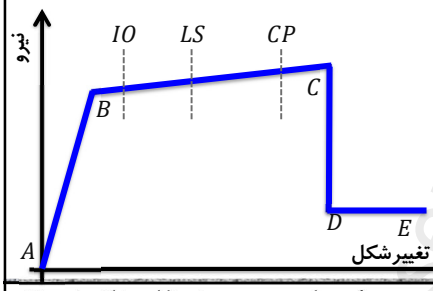
نقطه D: نشان دهنده مقاومت پس ماند بوده ولیکن میتوانید شیب خط D تا E را نیز مثبت تعریف نمایید.

نقطه E: نشان دهنده گسیختگی کل برای تحلیل بوده ولیکن میتوان مقاومت را بدون افت تعریف نمود.

• Point C rep resents the ultimate capacity for push over analysis. How ever, you may specify a positive slope from C to D for other purposes.

• Point D represents a residual strength for pushover analysis. However, you may specify a positive slope from C to D or D to E for other purposes.

• Point E represent total failure. Beyond point E the hinge will drop load down to point F (not shown) directly below point E on the horizontal axis. If you do not want your hinge to fail this way, be sure to specify a large value for the deformation at point E.



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

مشخصات مفاصل خودکار در برنامه SAP2000:

Concrete Beams in Flexure

M2 or M3 hinges can be generated using FEMA Table 6-7 (I) for the following shapes:

• Rectangle

• Tee

• Angle

• Section Designer

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

مشخصات مفاصل خودکار در برنامه **SAP2000**:

Concrete Columns in Flexure

M2, M3, M2-M3, P-M2, P-M3, or P-M2-M3 hinges can be generated using FEMA Table 6-8 (I), for the following shapes:

• Rectangle

• Circle

• Section Designer

or using Caltrans specifications, for the following shapes:

• Section Designer only

صفحه ۳۶۵ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2

مشخصات مفاصل خودکار در برنامه **SAP2000**:

Steel Beams in Flexure

M2 or M3 hinges can be generated using FEMA Table 5-6, for the following shapes:

– I/Wide-flange only

Steel Columns in Flexure

M2, M3, M2-M3, P-M2, P-M3, or P-M2-M3 hinges can be generated using FEMA Table 5-6, for the following shapes:

• I/Wide-flange

• Box

صفحه ۳۶۶ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

مشخصات مفاصل خودکار در برنامه **SAP2000**:

Steel Braces in Tension/Compression

P (axial) hinges can be generated using FEMA Table 5-6, for the following shapes:

- I/Wide-flange
- Box
- Pipe
- Double channel
- Double angle

مشخصات مفاصل خودکار در برنامه **SAP2000**:

Fiber Hinge

P-M2-M3 hinges can be generated for steel or reinforced concrete members using the underlying stress-strain behavior of the material for the following shapes:

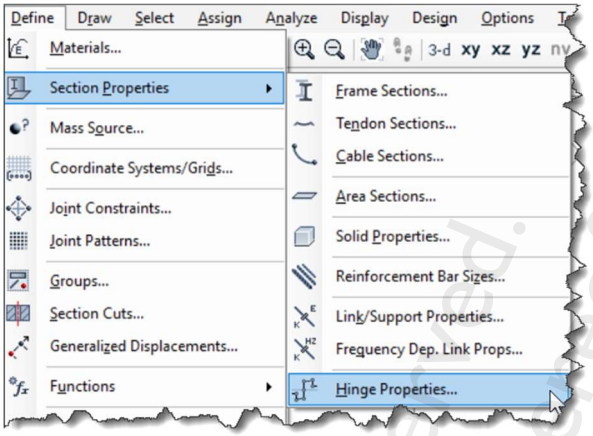
- Rectangle
- Circle

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

روش تعریف مفاصل پلاستیک در برنامه SAP2000:

با استفاده از مسیر Define menu > Section Properties > Hinge Properties جهت تعریف مفاصل پلاستیک اقدام نمایید.



This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

ایجاد یک مفصل جدید

ایجاد یک مفصل جدید با کپی از مشخصات یک مفصل موجود

تغییر مشخصات مفصل موجود

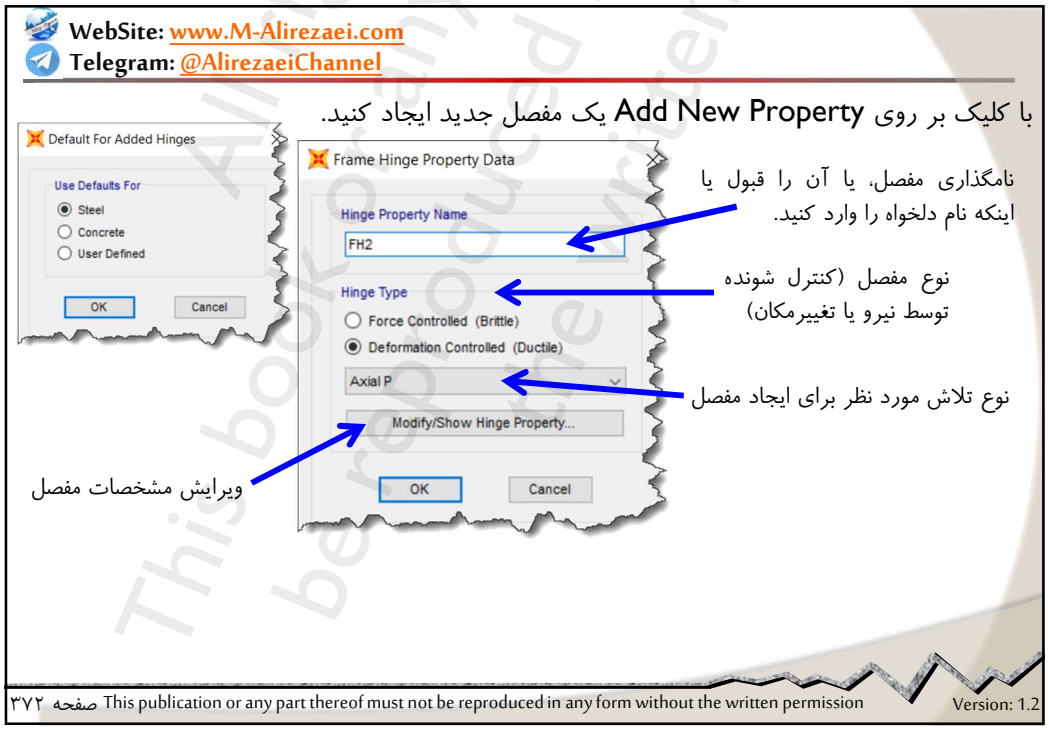
حذف مفصل انتخاب شده

در صورت انتخاب مشخصات مفصل تعریف شده به صورت جدول بندی در ۵ ستون مطابق اسلاید بعدی، نمایش داده میشود.

مفاصل خودکار تولید شده توسط برنامه را نشان میدهد.

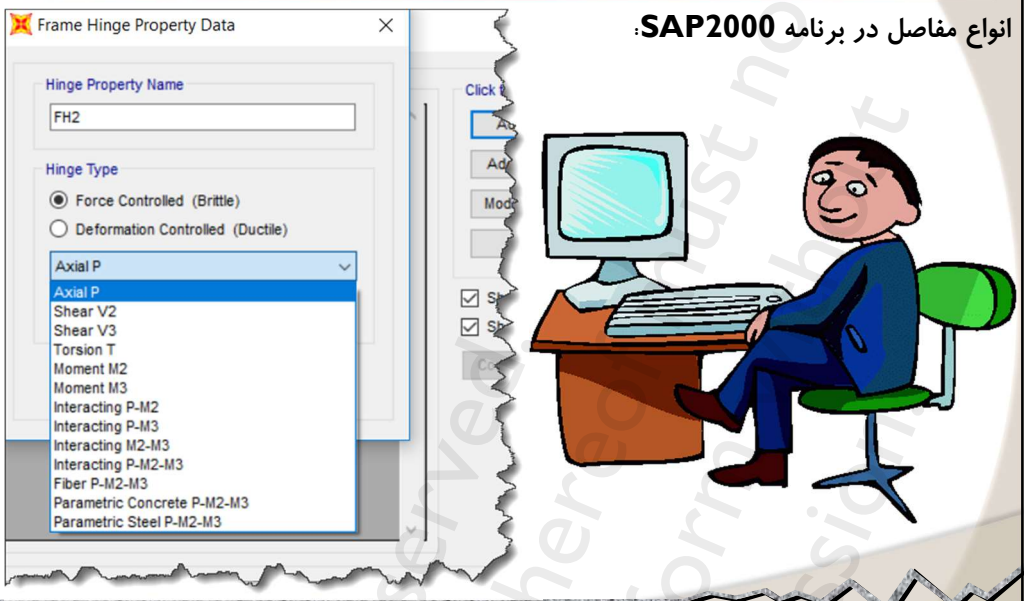
This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel
نام مفصل
نوع مفصل (خمشی، برشی، محوری و ...)
رفتار مفصل (کنترل شونده توسط نیرو یا تغییرمکان)
اگر Yes باشد، یعنی مفصل بصورت خودکار ایجاد شده و
اگر No باشد، یعنی توسط کاربر ایجاد شده است.
Define Frame Hinge Properties
All Hinge Props
Name
Type
Behavior
Generated
From
25H1
Moment M3
Deformation Controlled
Yes
Auto
FH1
Axial P
Deformation Controlled
No
N.A.
Click to:
Add New Property...
Add Copy of Property...
Modify/Show Property...
Delete Property
Show Hinge Details
Show Generated Props
Convert Auto To User Prop
OK
Cancel
اگر مفصل بصورت خودکار توسط برنامه ایجاد شده باشد، عبارت Auto و
اگر توسط کاربر ایجاد شده باشد، عبارت N.A نمیاشد داده میشود.
این گزینه تنها در حالتی که Show Generated Props تیک خورده
باشد، فعال بوده و مفصل خودکار را به user-defined تبدیل می کند.
This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission
صفحه ۳۷۱
Version: 1.2


WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel
با کلیک بر روی Add New Property یک مفصل جدید ایجاد کنید.
Default For Added Hinges
Use Defaults For
Steel
Concrete
User Defined
OK
Cancel
Frame Hinge Property Data
Hinge Property Name
FH2
Hinge Type
Force Controlled (Brittle)
Deformation Controlled (Ductile)
Axial P
Modify/Show Hinge Property...
OK
Cancel
نامگذاری مفصل، یا آن را قبول یا
اینکه نام دلخواه را وارد کنید.
نوع مفصل (کنترل شونده
توسط نیرو یا تغییرمکان)
نوع تلاش مورد نظر برای ایجاد مفصل
ویرایش مشخصات مفصل
This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission
صفحه ۳۷۲
Version: 1.2

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

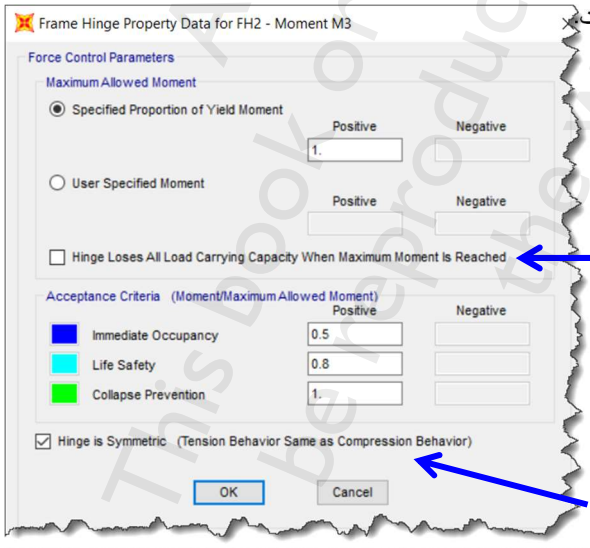
انواع مفاصل در برنامه **SAP2000**:



This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

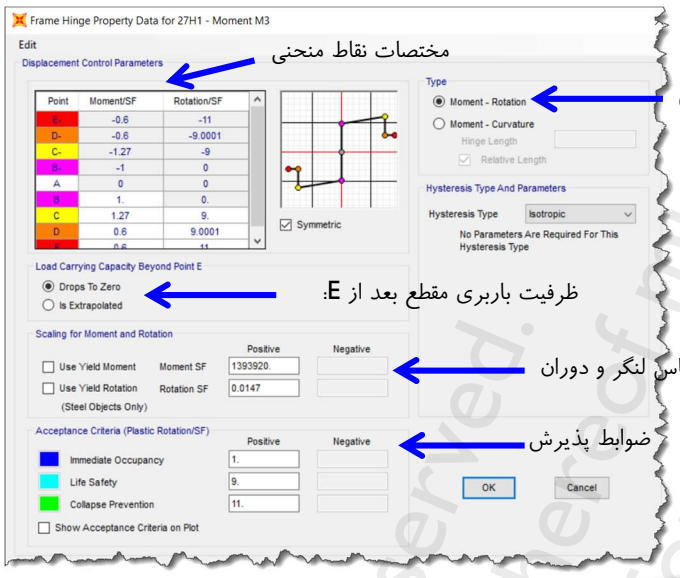
شکل فرم مشخصات مفصل نیروی محوری، لنگر خمشی، برش و پیچش در حالت نیرو-کنترل شبیه هم بوده و در شکل زیر نشان داده شده است.



از بین رفتن مقاومت وقتی مقطع به حداکثر ظرفیت خود برسد

رفتار کششی و فشاری یکسان بوده و قسمت منفی غیرفعال میشود.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

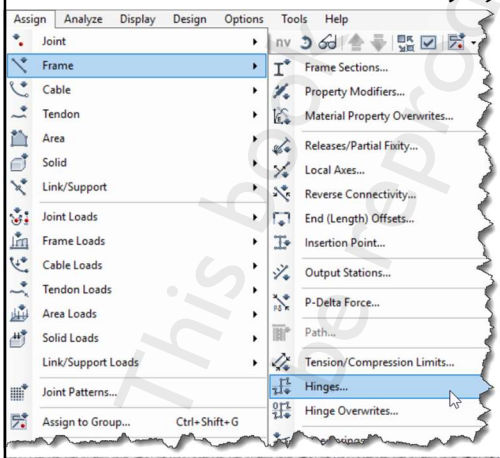


This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

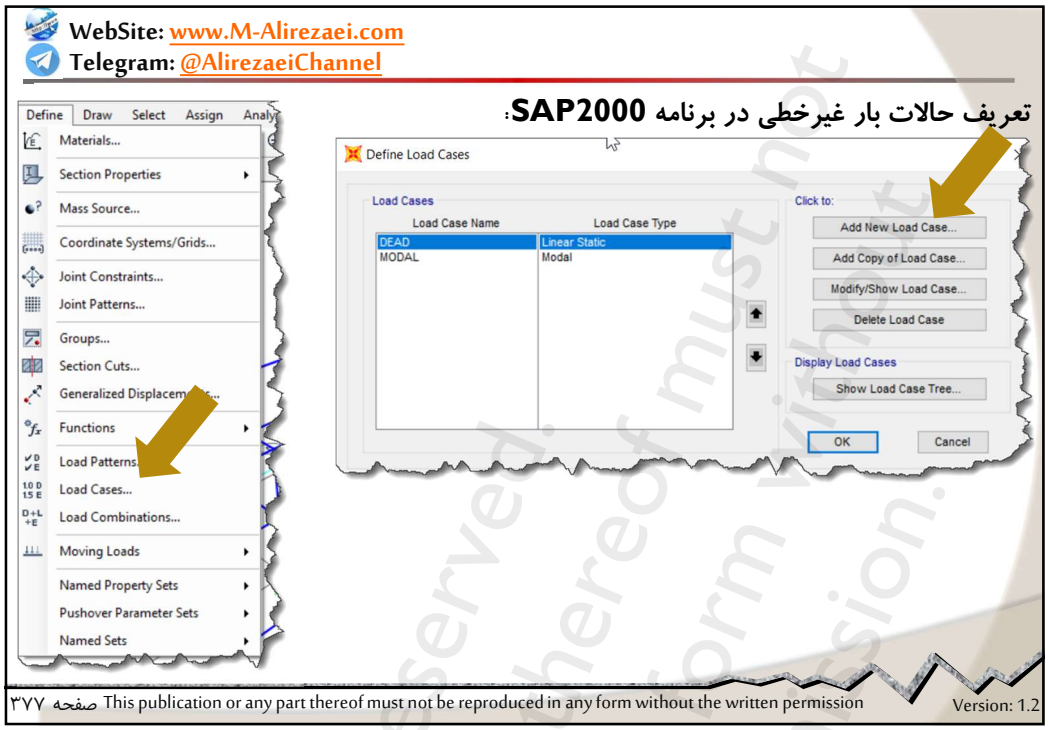
WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

روش تعریف مفاصل پلاستیک خودکار در برنامه SAP2000:

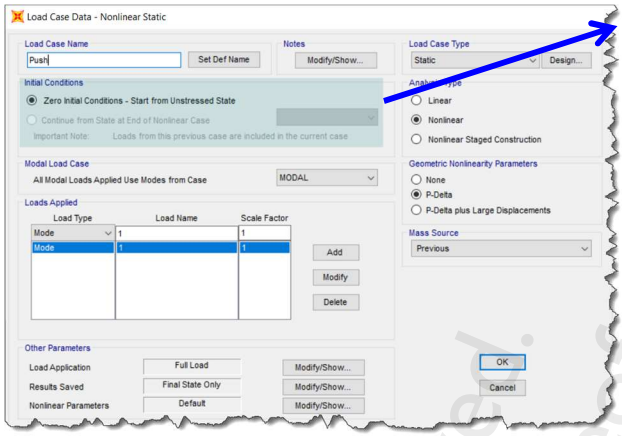
ابتدا بایستی المان‌های مورد نظر را انتخاب و از مسیر Assign menu > Frame > Hinges اقدام نمایید تا پنجره Frame Hinge Assignments ظاهر شود.



This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission


WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel
تعریف حالات بار غیرخطی در برنامه SAP2000:
Define
Draw
Select
Assign
Materials...
Section Properties
Mass Source...
Coordinate Systems/Grids...
Joint Constraints...
Joint Patterns...
Groups...
Section Cuts...
Functions
Load Patterns...
Load Cases...
Load Combinations...
Moving Loads
Named Property Sets
Pushover Parameter Sets
Named Sets
Define Load Cases
Load Cases
Load Case Name
Load Case Type
DEAD
Linear Static
MODAL
Modal
Click to:
Add New Load Case...
Add Copy of Load Case...
Modify/Show Load Case...
Delete Load Case
Display Load Cases
Show Load Case Tree...
OK
Cancel
This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission
صفحه ۳۷۷
Version: 1.2

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel
Load Case Data - Nonlinear Static
نام حالت بار
نوع تحلیل (استاتیکی یا ...)
Load Case Name
Push
Set Def Name
Notes
Modify/Show...
Load Case Type
Static
Design...
Initial Conditions
Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State
Continue from State at End of Nonlinear Case
Important Note: Loads from this previous case are included in the current case
Analysis Type
Linear
Nonlinear
Nonlinear Staged Construction
روش تحلیل (خطی یا غیرخطی)
Modal Load Case
All Modal Loads Applied Use Modes from Case
MODAL
Geometric Nonlinearity Parameters
None
P-Delta
P-Delta plus Large Displacements
اثرات غیرخطی هندسی
Loads Applied
الگوی پوش
Load Type
Load Name
Scale Factor
Mode
1
Add
Modify
Delete
Mass Source
Previous
منبع جرم
Other Parameters
Load Application
Full Load
Modify/Show...
Results Saved
Final State Only
Modify/Show...
Nonlinear Parameters
Default
Modify/Show...
OK
Cancel
This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission
صفحه ۳۷۸
Version: 1.2



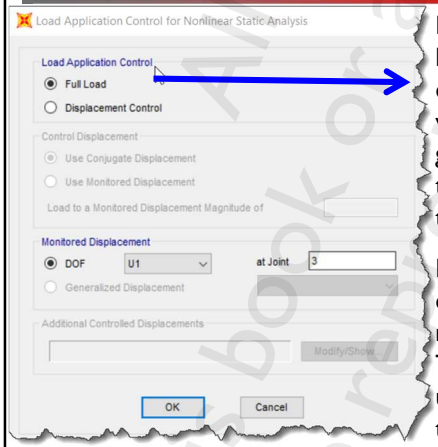
Initial conditions

Linear: The analysis starts with zero stress. It does not contain loads from any previous analysis, even if it uses the stiffness from a previous nonlinear analysis.

Nonlinear: The analysis may continue from a previous non linear analysis, in which case it contains all loads, deformations, stresses, etc., from that previous case.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

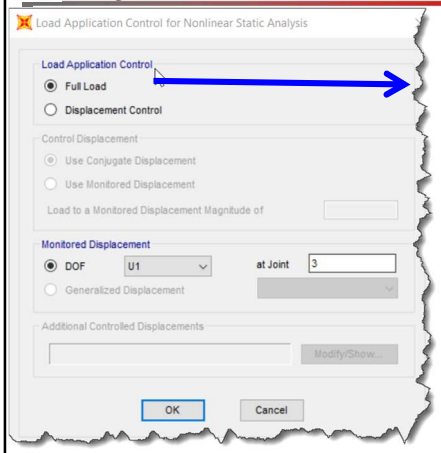
WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel



Full Load. Select full load when the magnitude of load that will be applied is known and the structure is expected to be able to support that load. An example would be when applying gravity load because it is governed by nature. Select a displacement component to monitor in the Monitored Displacement area of the form.

Displacement Control. Select displacement control when the distance the structure is to be moved is known, but the amount of load is unknown. This is most useful for structures that become unstable and may lose load-carrying capacity during the course of the analysis. Typical applications include static pushover analysis and snap-through buckling analysis.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission



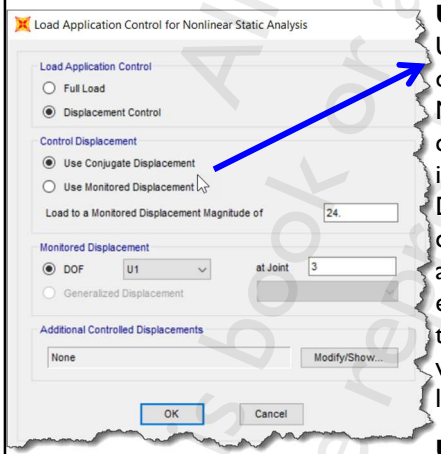
گزینه **Full Load**: برای حالتی مقدار بزرگی بار مشخص باشد، مناسب است. قبل از پوش سازه مقدار بار ثقلی را با این گزینه بصورت غیرخطی تحلیل میکنیم.

گزینه **Displacement Control**: این گزینه برای حالتی که مقدار بار مشخص نباشد، مناسب است، مثل نیروی زلزله.

این گزینه به معنی اندازه گیری جابجایی مشخص شده حاصل از بارهای اعمالی است.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

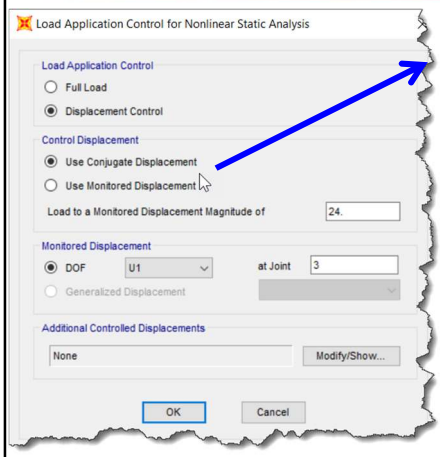
WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel



Use Conjugate Displacement option. Choose the Use Conjugate Displacement option and then select a displacement component to be monitored in the Monitored Displacement area of the form. Be sure to choose a displacement component that monotonically increases during loading. Use the Use Conjugate Displacement option if the analysis is having trouble converging. The conjugate displacement is a weighted average of all displacements in the structure where each displacement degree of freedom is weighted by the load acting on that degree of freedom. In other words, it is a measure of the work done by the applied load.

Use Monitored Displacement option. Choose the Use Monitored Displacement option and select a displacement component to be monitored in the Monitored Displacement area of the form.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

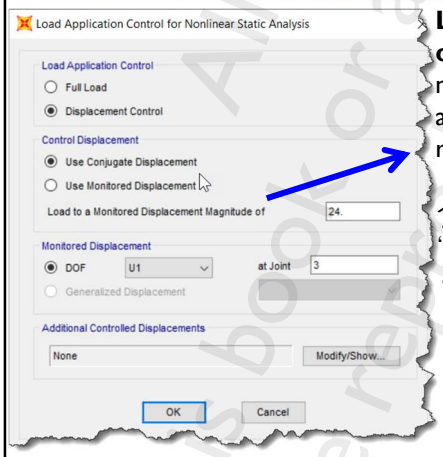


گزینه **Use Conjugate Displacement**: در صورت انتخاب این گزینه میتوانید در یک گره کنترلی، یک راستای جابجایی، برای ارزیابی جابجایی در هنگام افزایش بار جانبی مشخص نمود. انتخاب این گزینه هنگامی مناسب است مع تحلیل در همگرایی مشکل داشته باشد. این تغییرمکان یک میانگین وزنی از تمام تغییرمکان‌های سازه است.

گزینه **Use Monitored Displacement**: در صورت انتخاب این گزینه میتوانید در یک گره کنترلی یک راستای جابجایی، برای ارزیابی جابجایی در هنگام افزایش بار جانبی مشخص کنید.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

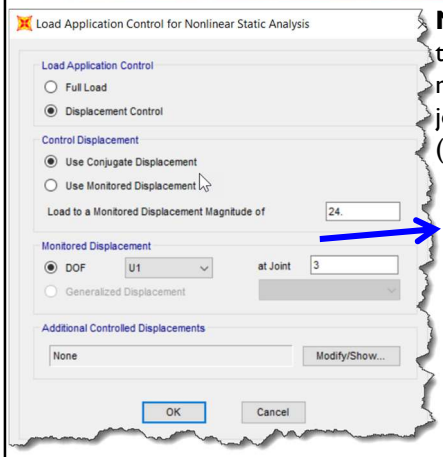
WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel



Load to a Monitored Displacement Magnitude of edit box. Use this edit box to specify the magnitude of the displacement that is the target for the analysis. The program will attempt to apply the load to reach the specified displacement.

در این بخش تغییرمکان حد توقف برای پوش سازه بر حسب واحد جاری برنامه وارد میشود. طبق نشریه ۳۶۰، بایستی به میزان 1.5 برابر جابجایی هدف، سازه پوش شود.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission



Monitored Displacement. Use this area of the form to specify the displacement component to be monitored. This may be a single degree of freedom at a joint, or a previously defined generalized displacement (select the displacement from the drop-down list).

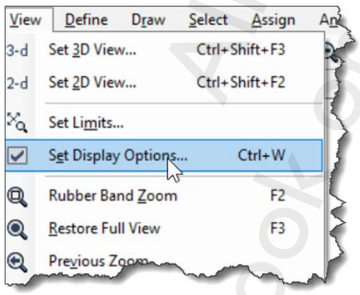
در این بخش جهت و نقطه کنترلی برای پوش سازه مشخص میشود. اگر سازه در جهت X باید پوش شود، U1 و اگر در جهت Y باید پوش شود، گزینه U2 انتخاب شود.

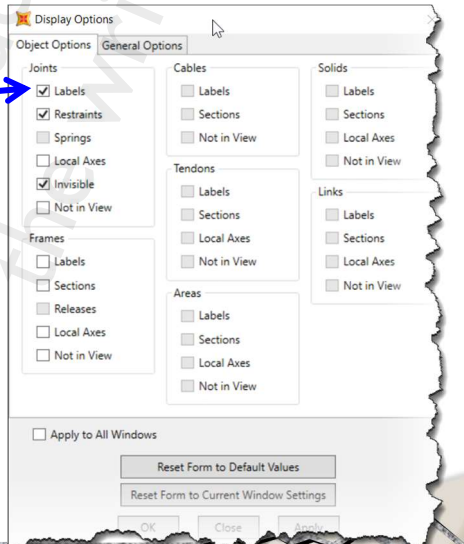
قبلا بایستی شماره گره مورد نظر نیز وارد شود. بهتر است شماره نزدیکترین نقطه به مرکز جرم در اینجا وارد شود.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

برای دیدن شماره گره‌های سازه از مسیر زیر اقدام کنید:





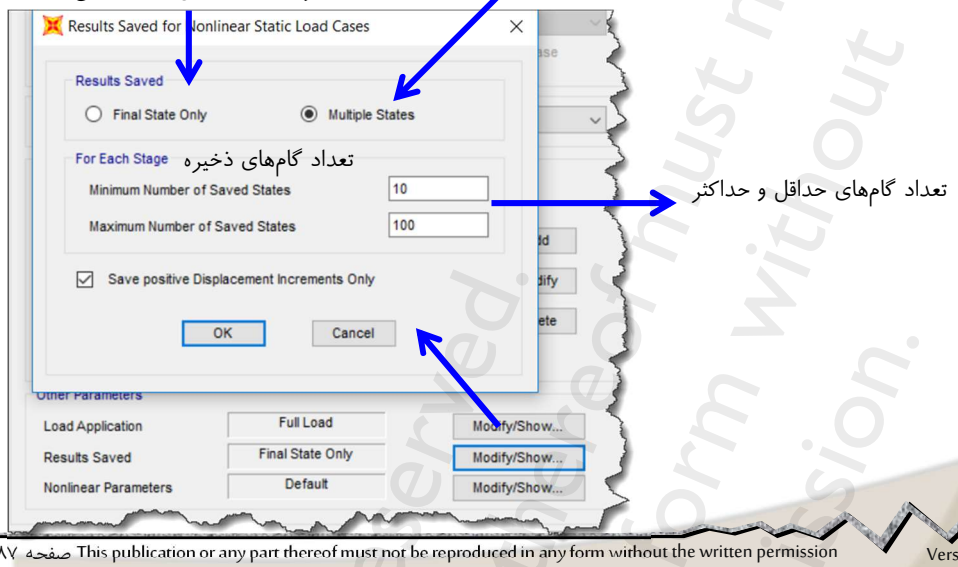
نقطه کنترل (طبق نشریه ۳۶۰):

در تحلیل استاتیکی غیرخطی، مرکز جرم بام به عنوان نقطه کنترل تغییرمکان سازه انتخاب می شود مرکز جرم سقف خرپشته به عنوان نقطه کنترل انتخاب نمیشود، مگر آنکه وزن آن بیشتر ۲۵٪ وزن بام باشد.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

تنها نتایج آخرین گام ذخیره میشود.
کاربرد آن در تحلیل بارهای ثقلی است.

مراحل میانی نیز ذخیره میشوند.
کاربرد آن در تحلیل پوش سازه است.



تعداد گام‌های حداقل و حداکثر

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

Minimum and Maximum Saved Steps options. The Minimum Number of Saved Steps and Maximum Number of Saved Steps provide control over the number of points actually saved in the analysis. If the minimum number of steps saved is too small, you may not have enough points to adequately represent a pushover curve. If the minimum and maximum number of saved steps is too large, the analysis may consume a considerable amount of disk space, and it may take an excessive amount of time to display results.

The program automatically determines the spacing of steps to be saved as follows. The maximum step length is equal to total force goal or total displacement goal divided by the specified Minimum Number of Saved Steps. The program starts by saving steps at this increment. If a significant event occurs at a step length less than this increment, the program will save that step too and pick up with the maximum increment from there. For example, suppose the Minimum Number of Saved Steps and Maximum Number of Saved Steps are set at 20 and 30 respectively, and the target is to be to a displacement of 10 inches. The maximum increment of saved steps will be 10 / 20 = 0.5 inch. Thus, data is saved at 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 inches. Suppose that a significant event occurs at 2.7 inches. Then data is also saved at 2.7 inches, and continues on from there being saved at 3.2, 3.7, 4.2, 4.7, 5.2, 5.7, 6.2, 6.7, 7.2, 7.7, 8.2, 8.7, 9.2, 9.7 and 10.0 inches.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

The Maximum Number of Saved Steps controls the number of significant events for which data will be saved. The program will always reach the force or displacement goal within the specified number of maximum saved steps; however, in doing so, it could have to skip saving steps at later events. For example, suppose the Minimum Number of Saved Steps is set to 20, the Maximum Number of Saved Steps is set to 21, and the pushover is to be to a displacement of 10 inches. The maximum increment of saved steps will be 10 / 20 = 0.5 inch. Thus, data is saved at 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 inches. Suppose that a significant event occurs at 2.7 inches. Then data is also saved at 2.7 inches, and continues on from there, being saved at 3.2 and 3.7 inches. Suppose another significant event occurs at 3.9 inches. The program will not save the data at 3.9 inches because if it did, it would not be able to limit the maximum increment to 0.5 inch and still get through the full pushover in no more than 21 steps. Note that if a second significant event occurred at 4.1 inches rather than 3.9 inches, the program would be able to save the step and still meet the specified criteria for maximum increment and maximum number of steps.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

مقدار حداقل و حداکثر گام‌های ذخیره شده، تعداد نقاط کنترلی برای ایجاد منحنی پوش را تعیین میکنند. اگر حداقل تعدادگام‌های در نظر گرفته شده، خیلی کم باشد، منحنی پوش مناسبی نخواهید داشت. اگر حداقل تعداد گام‌های در نظر گرفته شده خیلی زیاد باشد، فضای زیادی از هارد سیستم از بین رفته و زمان زیادی صرف تحلیل میشود.

حداکثر فاصله بین دو مرحله برابر کل بارگذاری هدف یا کل تغییرمکان تقسیم بر حداقل تعداد مراحل ذخیره است. این مقدار بیانگر حداکثر نمو در هر مرحله است. در صورتی که در فاصله بین دو مرحله متوالی اتفاق خاصی ایجاد شود، برنامه نتیجه را در آن مرحله ذخیره میکند. برای مثال فرض کنید حداقل و حداکثر مراحل ذخیره به ترتیب ۲۰ و ۳۰ مرحله باشد و هدف رساندن تغییرمکان به ۱۰ سانتیمتر باشد، در این صورت حداکثر نمو ذخیره شده، برابر است با:

The maximum increment of saved steps will be 10 / 20 = 0.5 cm

بنابراین نتایج در تغییرمکان‌های زیر ذخیره میشوند:

Thus, data is saved at 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, cm

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

فرض کنید، در تغییرمکان 2.7 cm اتفاق قابل توجهی رخ دهد، در اینصورت نتایج در تغییرمکان 2.7 cm ذخیره میشود. در ادامه نتایج در تغییرمکان‌های زیر ذخیره میشوند:

3.2, 3.7, 4.2, 4.7, 5.2, 5.7, 6.2, 6.7, 7.2, 7.7, 8.2, 8.7, 9.2, 9.7 and 10.0 cm

پارامتر حداکثر تعداد مراحل ذخیره، تعداد مراحل اضافی که نتایج آنها ذخیره میشوند را کنترل میکند. برنامه همیشه با حداکثر تعداد مراحل ذخیره به نیرو یا تغییرمکان هدف میرسد، ولی بهرحال برای رسیدن به این منظور برنامه باید از ذخیر نتایج ئر اتفاقات قابل توجه در مراحل بعدی صرف نظر کند. برای مثال فرض کنید حداقل و حداکثر تعداد مراحل ۲۰ و ۲۱ باشد و هدف رساندن جابجایی سازه به میزان ۱۰ سانتیمتر باشد. در اینصورت حداکثر نمو ذخیره نتایج برابر:

10 / 20 = 0.5 cm

بنابراین نتایج در تغییرمکان‌های زیر ذخیره میشوند:

Thus, data is saved at 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 cm

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

فرض کنید، در تغییرمکان 2.7 cm اتفاق قابل توجهی رخ دهد، در اینصورت نتایج در تغییرمکان 2.7 cm ذخیره میشود. در ادامه نتایج در تغییرمکان‌های زیر ذخیره میشوند:

3.2, 3.7 cm

حال فرض کنید در تغییرمکان 3.9 cm نیز اتفاق قابل توجهی رخ دهد، در اینصورت نتایج در این نقطه ذخیره نمیشود زیرا اگر ذخیره کند، تعداد نموها از حداکثر مجاز فراتر میرود. ولی اگر اتفاق قابل توجهی در جابجایی 4.1 cm رخ دهید، برنامه آن را میتواند ذخیره کند!!!!

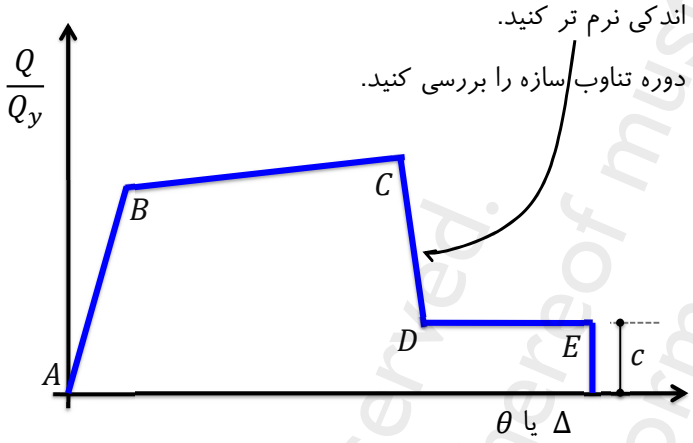
This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

راهکارهایی برای حالت‌هایی که برنامه همگرا نمیشود:

۱- تعداد گام‌های تحلیل را بیشتر کنید.

۲- شیب خطوط ۹۰ درجه را اندکی نرم تر کنید.

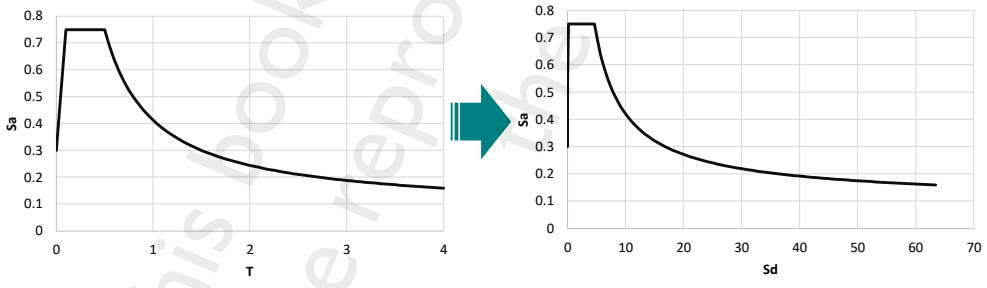
۳- در صورت عدم همگرایی، دوره تناوب سازه را بررسی کنید.



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

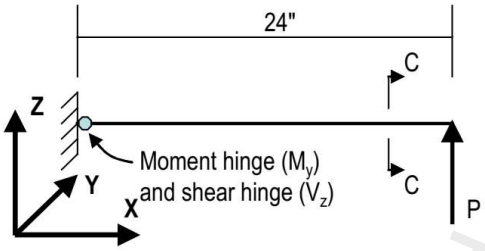
مثال ۱) طیف استاندارد ۲۸۰۰ برای خاک نوع ۲ و لرزه خیزی زیاد را به فرمت ADRS تبدیل کنید.

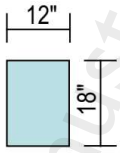


 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

مثال ۲) تحلیل استاتیکی غیرخطی یک تیر طره توسط SAP2000 به همراه کنترل نتایج با استفاده از محاسبات دستی (Problem 1-026)





Section C-C

Section Properties

b = 12 in

d = 18 in

A = 216 in^2

I = 5,832 in^4

A_v = 180 in^2 (shear area)

GEOMETRY, PROPERTIES AND LOADING

Material Properties

E = 3,600 k/in^2

v = 0.2

G= 1,500 k/in^2

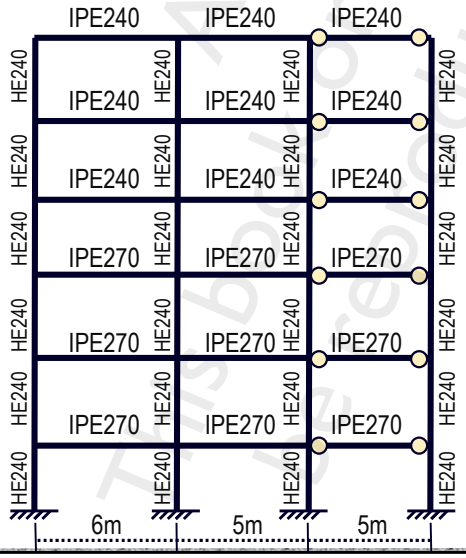
Loading

Increase P until the free end tip deflection in the Z direction is 2 inches

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

مثال ۳) تحلیل استاتیکی غیرخطی یک ساختمان فولادی دو بعدی بصورت قاب خمشی



لرزه خیزی منطقه: A=0.3g

نوع خاک: II

ارتفاع طبقات 3.2 m

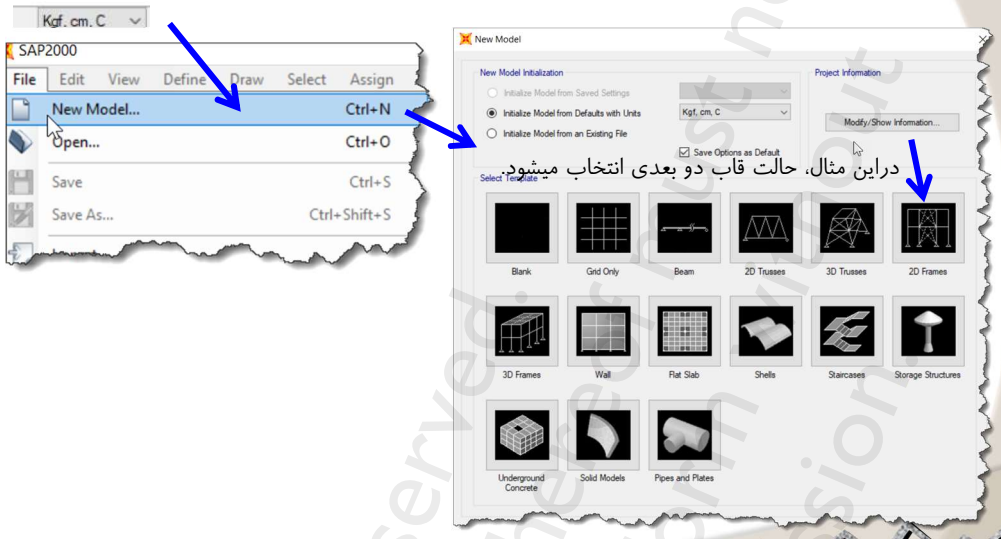
نوع فولاد S235JR

شدت بار مرده روی تیرها 2t/m و زنده 1t/m

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

۱) انتخاب واحد برنامه، ایجاد مدل جدید

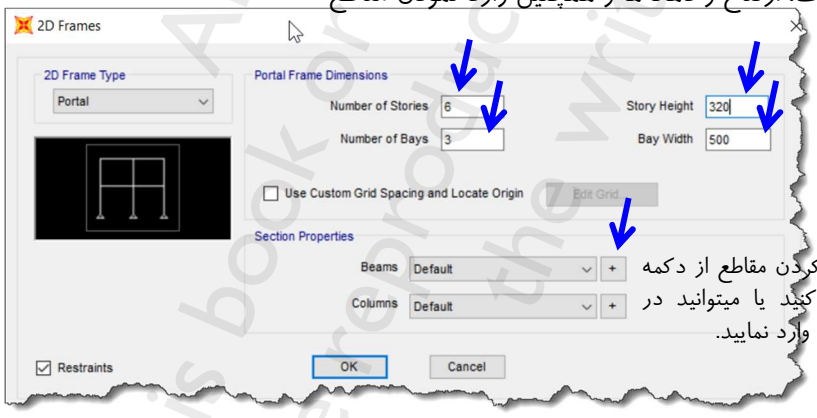


دراین مثال، حالت قاب دو بعدی انتخاب میشود.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

۲) تعیین تعداد طبقات، ارتفاع و دهانه‌ها و همچنین وارد نمودن مقاطع

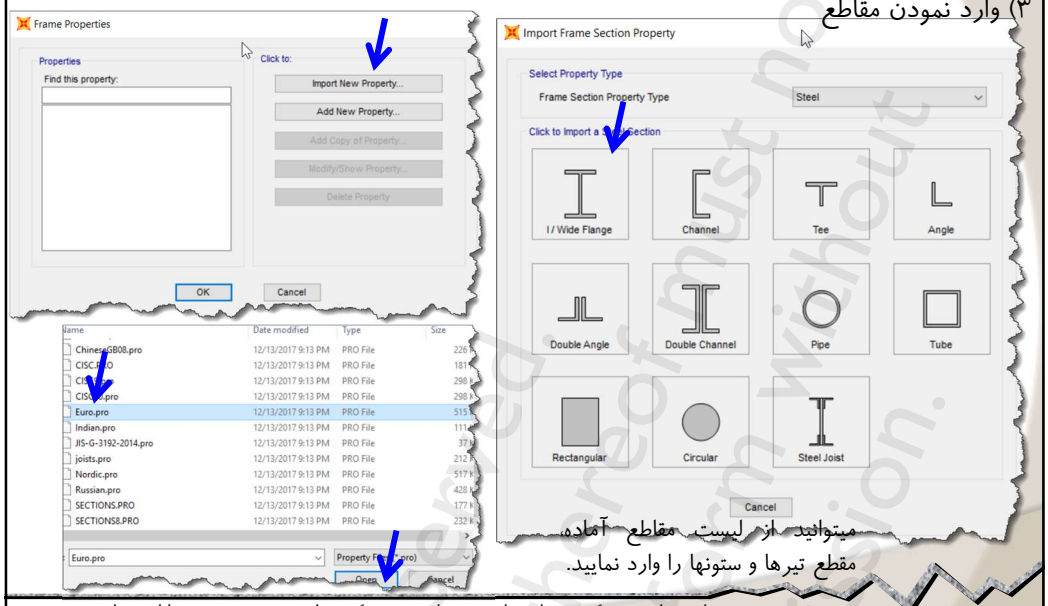


برای وارد کردن مقاطع از دکمه + استفاده کنید یا میتوانید در مدل آنها را وارد نمایید.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

۳) وارد نمودن مقاطع

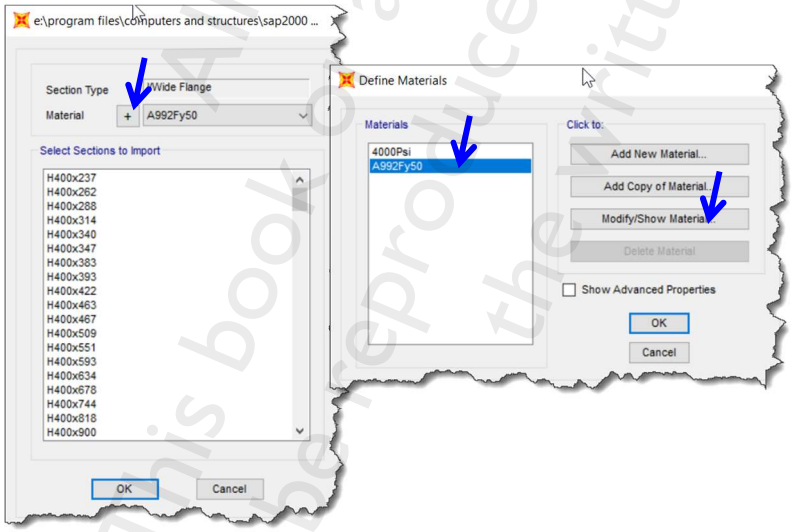


میتوانید از لیست مقاطع آماده، مقطع تیرها و ستونها را وارد نمایید.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

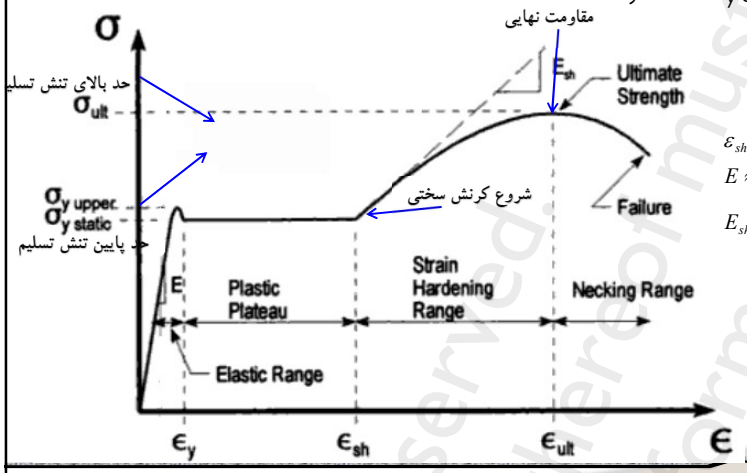
۴) اصلاح مصالح



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

نشریه ۳۶۰ بند ۵-۲-۲-۱-۱:

در صورت انجام آزمایش، مقاومت مورد انتظار عضو عبارت است از متوسط حداکثر مقادیر مقاومت نمونه‌های آزمایشی در محدوده تغییرشکل‌هایی که عضو تحمل میکند. به جای تعیین این مقادیر میتوان از روابط مبحث دهم از مقررات ملی با جایگزین کردن تنش تسلیم مورد انتظار مصالح F_{ye} به جای F_y استفاده نمود.



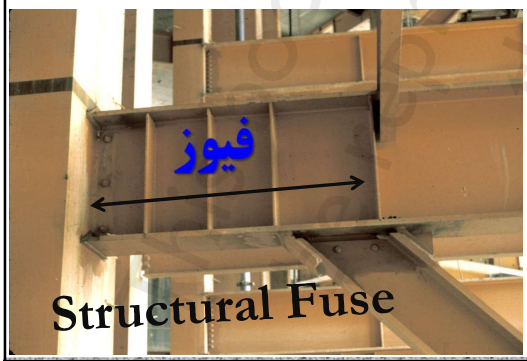
$$\varepsilon_{sh} \approx 5 \text{ to } 15\varepsilon_y$$
$$E \approx 200000MPa(29000ksi)$$
$$E_{sh} \approx \frac{1}{30}E \approx 6700MPa(970ksi)$$

$$\mu = \frac{\varepsilon_{ult}}{\varepsilon_y} \geq 1$$

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

در طراحی لرزه‌ای، اهمیت حداکثر تنش تسلیم احتمالی با حداقل تنش تسلیم برابر است. مطالعات اخیر نشان می‌دهد که حاشیه‌ای بین مقاومت تسلیم میانگین واقعی و مقاومت تسلیم مشخصه وجود دارد. برای مثال در چند دهه گذشته برای فولاد ASTM-36 مقاومت‌های تسلیمی از ۲۷۰ مگاپاسکال تا ۲۲۵مگاپاسکال گزارش داده‌اند. این مقاومت افزون، در برخی از المان‌های لرزه‌ای، بخصوص المان‌هایی که به صورت فیوز عمل می‌کنند بایستی به دقت بررسی شود. زیرا که برای جذب انرژی در این المان‌ها، میزان تنش تسلیم بایستی به صورت معینی تعیین شود تا زودتر از بقیه قسمت‌های سازه وارد حوزه خمیری شوند.



این اضافه مقاومت به سبب افزودنی‌هایی مانند آهن قراضه و همچنین پروسه تولید و نوردکاری ایجاد میشود. آیین‌نامه‌های طراحی ضریبی را با عنوان Ryکه برای هر مقطعی متفاوت است در نظر میگیرند.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

مقادیر R_y براساس AISC:

Table A3.1
R_y and R_t Values for Different Member Types

Application	R_y	R_t
Hot-Rolled Shapes and Bars:		
ASTM A36	1.5	1.2
ASTM A572 Gr 42	1.1	1.1
ASTM A992; A572 Gr 50 or Gr 55; ASTM A913 Gr 50, 60 or 65; ASTM A588; A1011 HSLAS Gr 50	1.1	1.1
ASTM A529 Gr 50	1.2	1.2
ASTM A529 Gr 55	1.1	1.2
Hollow Structural Sections (HSS):		
ASTM A500 Gr B or Gr C; ASTM A501	1.4	1.3
Pipe:		
ASTM A53	1.6	1.2
Plates:		
ASTM A36	1.3	1.2
ASTM A572 Gr50; ASTM A588	1.1	1.2

صفحه ۴۰۳ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

مقادیر R_y براساس مبحث دهم ویرایش چهارم (۹۲):

R_y	نوع محصول
۱/۲۵	مقاطع لوله‌ای و قوطی شکل نورد شده
۱/۲	سایر مقاطع نورد شده شامل مقاطع I شکل، H شکل، ناودانی، نبشی و سپری
۱/۱۵	ورق و تسمه

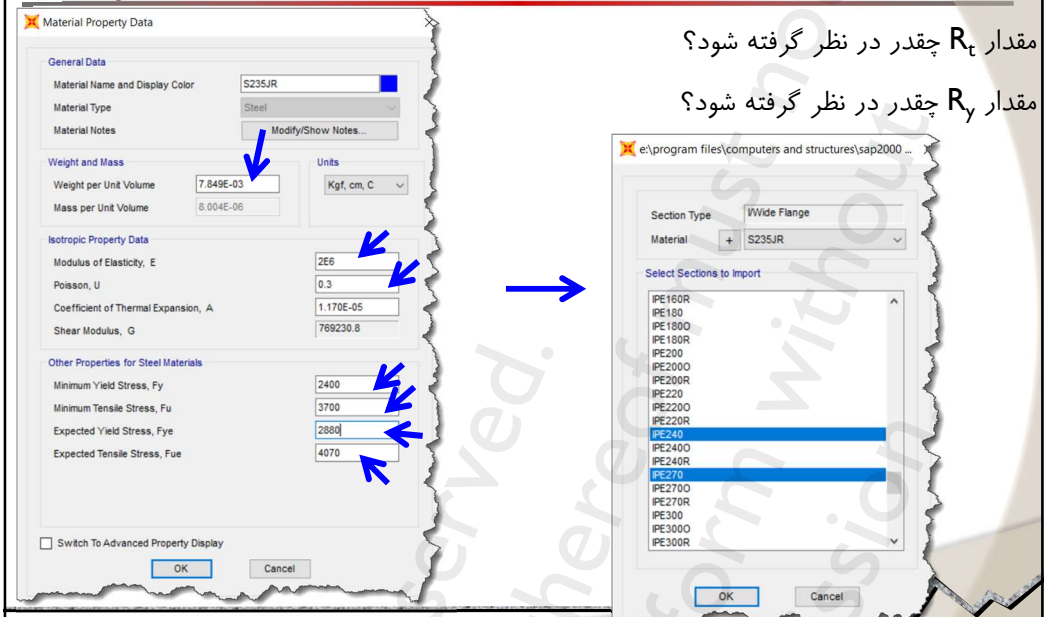
نسبت تنش تسلیم مورد انتظار به حداقل تنش تسلیم تعیین شده براساس بند ۱۰-۳-۲ مبحث دهم (۸۷) برابر ۱/۱۵ است

صفحه ۴۰۴ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

مقدار R_t چقدر در نظر گرفته شود؟

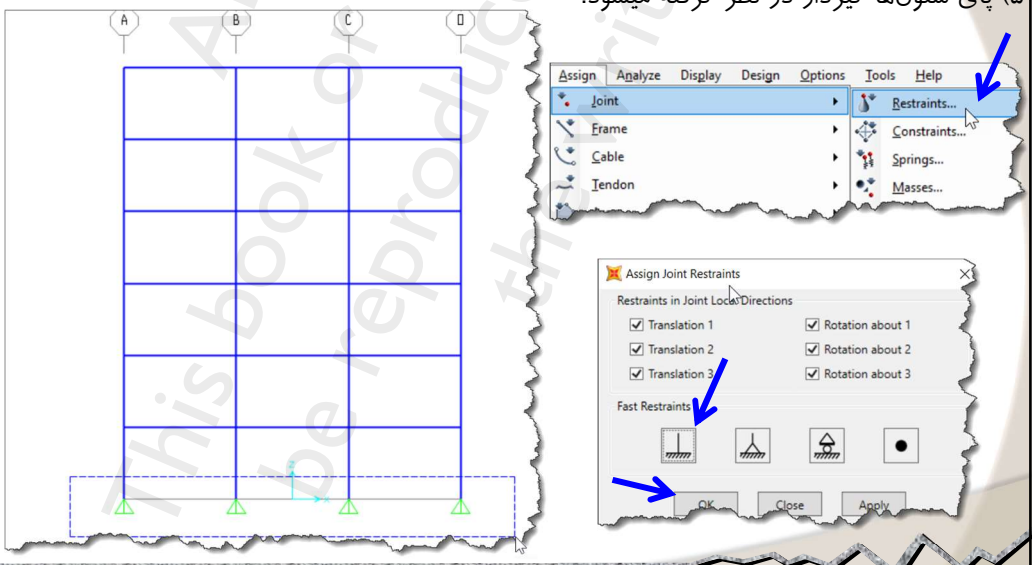
مقدار R_y چقدر در نظر گرفته شود؟



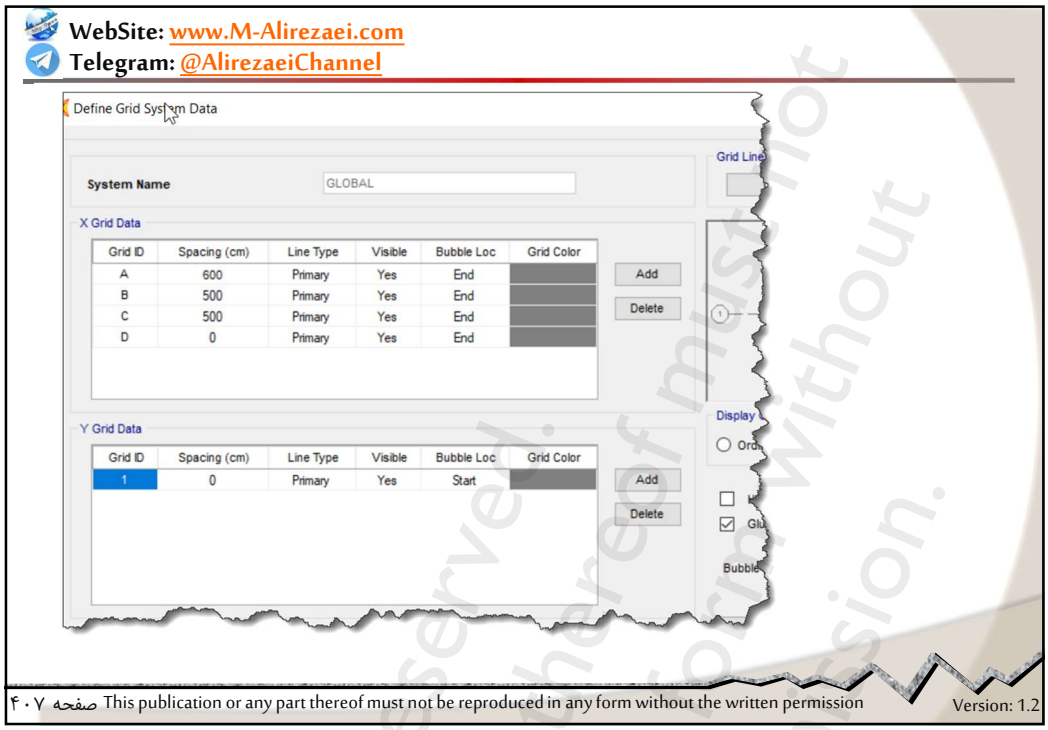
 This publication or any part thereof must not be reproduced in any fo... without the written permiss...

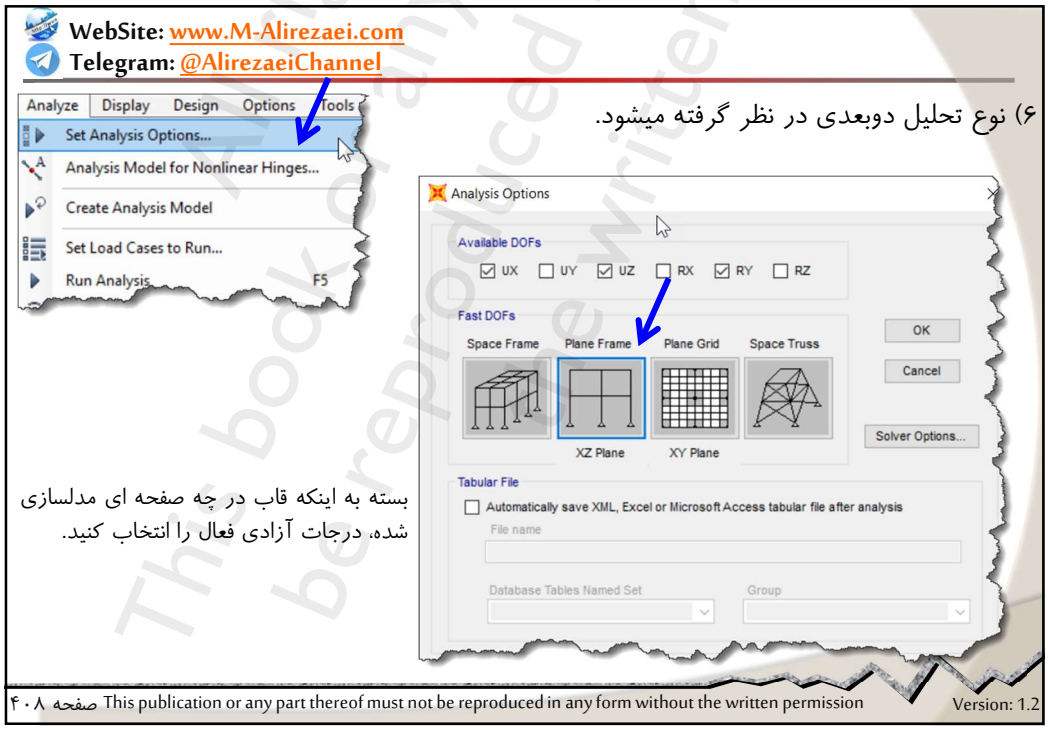
WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

۵) پای ستون‌ها گیردار در نظر گرفته میشود.



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

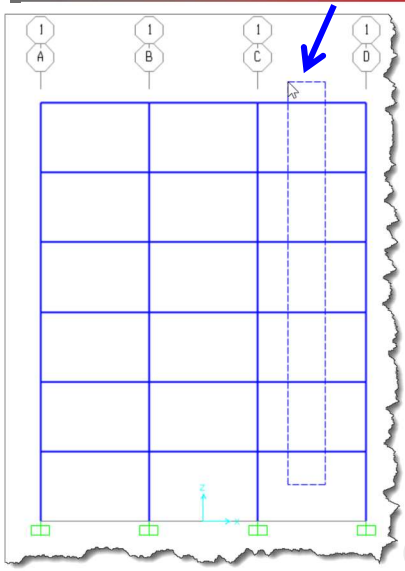


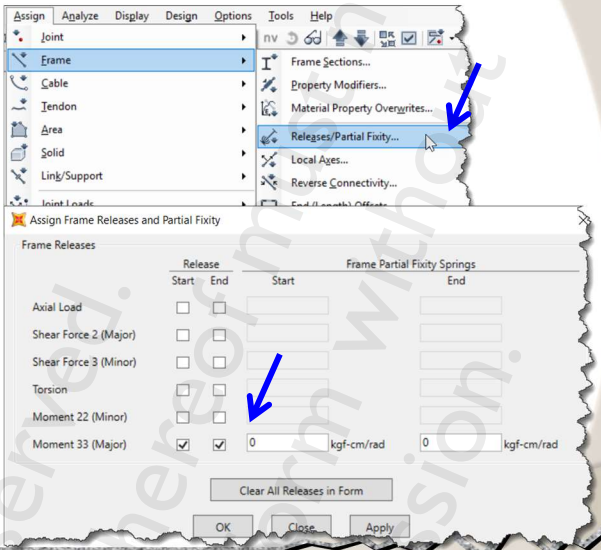


All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

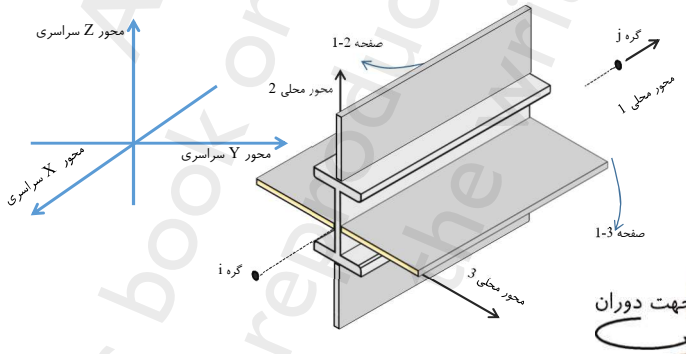
۷) تیرهای دهانه سمت راست مفصلی میشوند.





 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

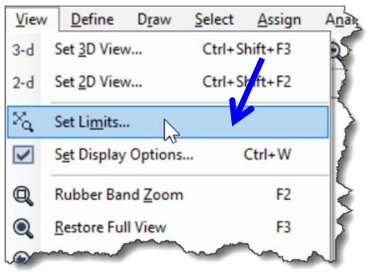


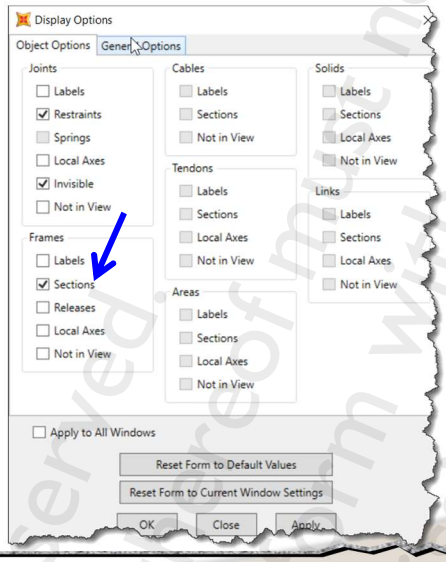
 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

۸) دیدن مقاطع و تغییر آنها

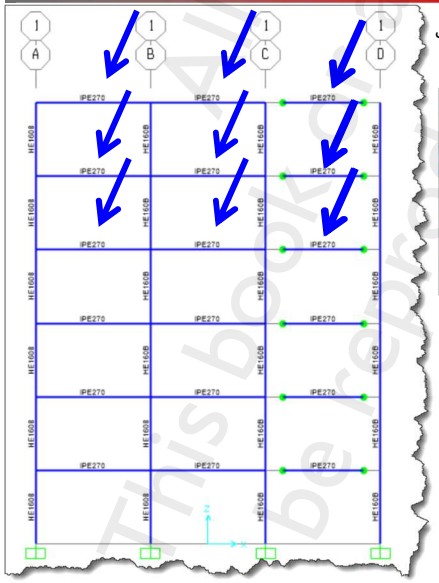


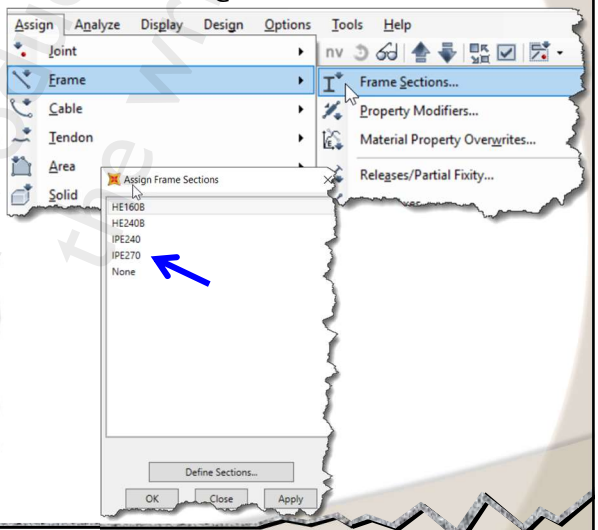


This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

تیرهای سه طبقه بالا را انتخاب
و مقطع آنها تغییر داده میشود.

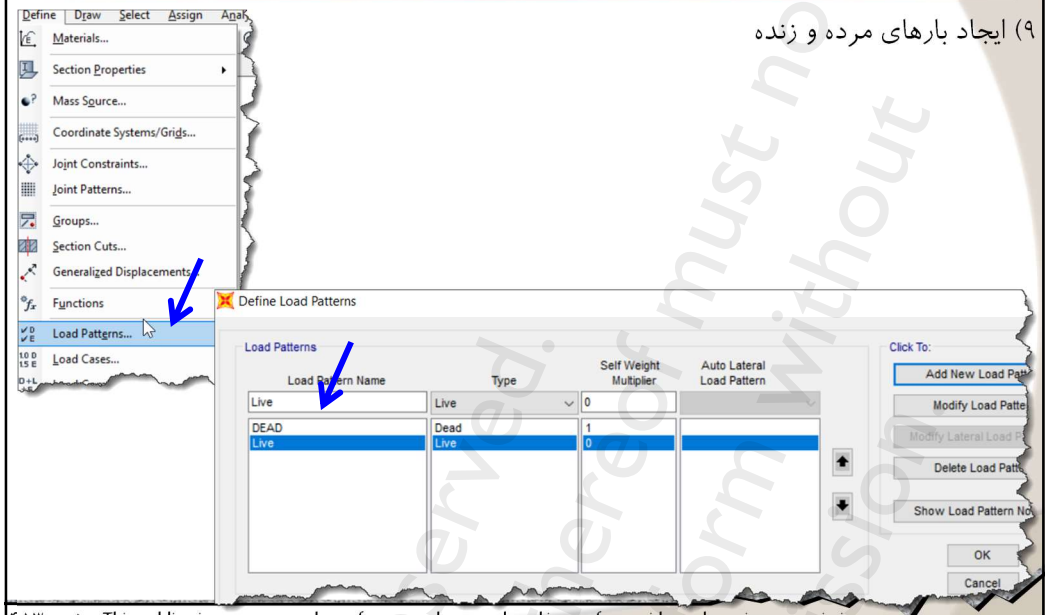




This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

۹) ایجاد بارهای مرده و زنده

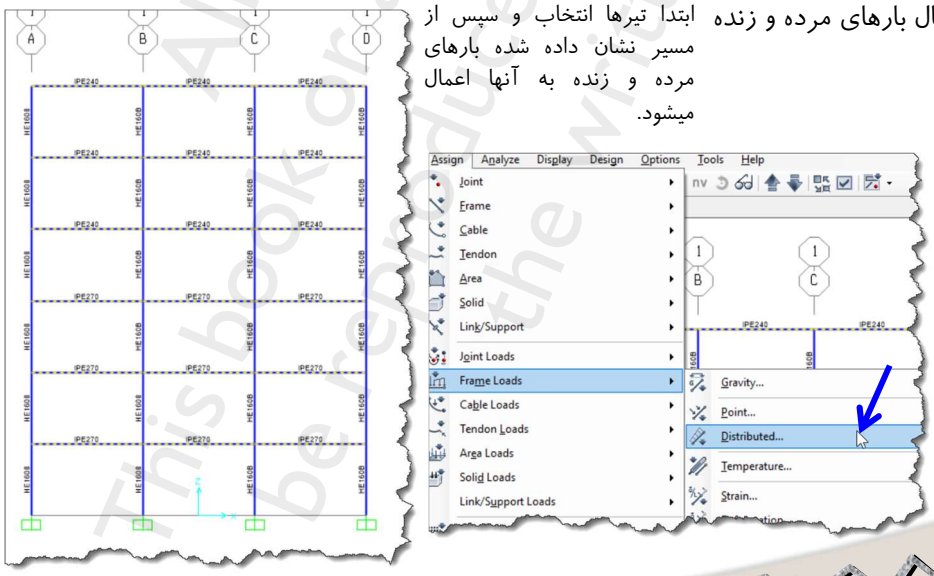


صفحه ۴۱۳ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

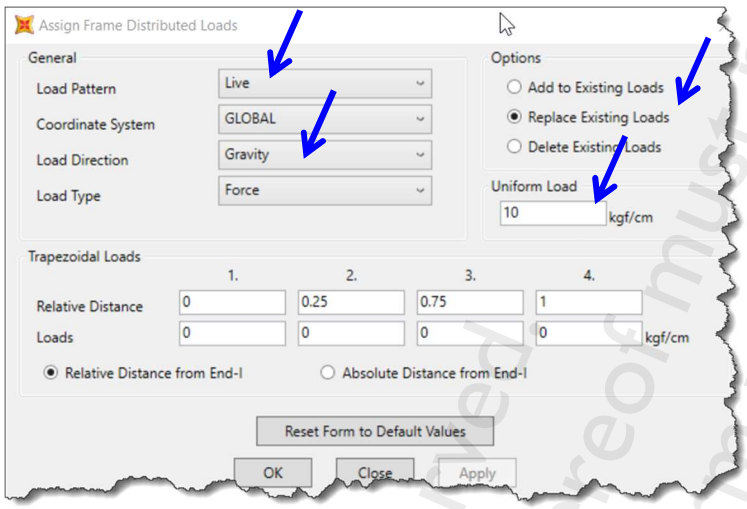
۱۰) اعمال بارهای مرده و زنده

ابتدا تیرها انتخاب و سپس از مسیر نشان داده شده بارهای مرده و زنده به آنها اعمال میشود.



صفحه ۴۱۴ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2

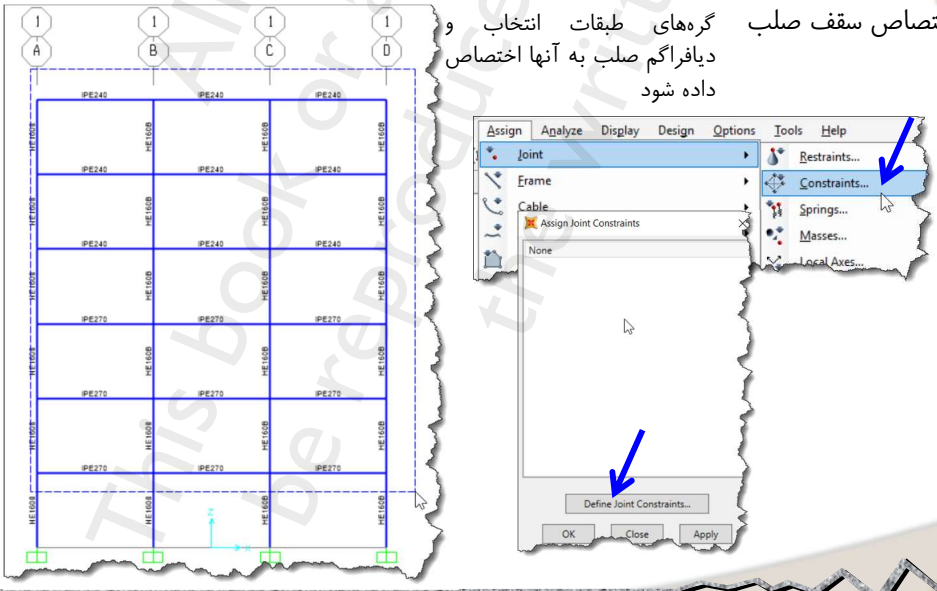
WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel



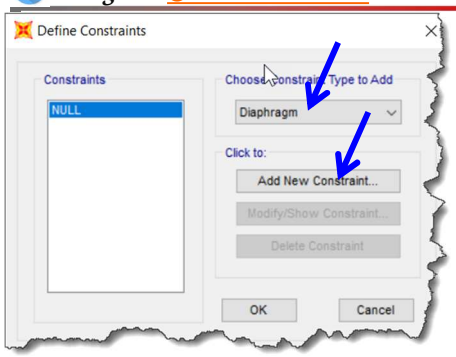
WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

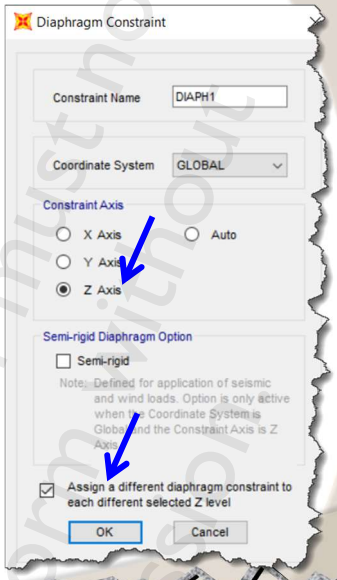
۱۰) اختصاص سقف صلب

گره‌های طبقات انتخاب و دیافراگم صلب به آنها اختصاص داده شود



All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without this written permission.





The Assign a different diaphragm constraint to each different selected Z level check box is available if Z is the chosen constraint axis. When this check box is checked, the program will automatically create a separate diaphragm constraint for each subset of joints that are assigned this constraint and have the same Z coordinate. For example, in a simple structure one diaphragm could be assigned to the entire model, and separate diaphragm constraints would be created at each floor level. This assumes that there are no intermediate joints on the columns or walls, and all joints at each floor are at the same elevation.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

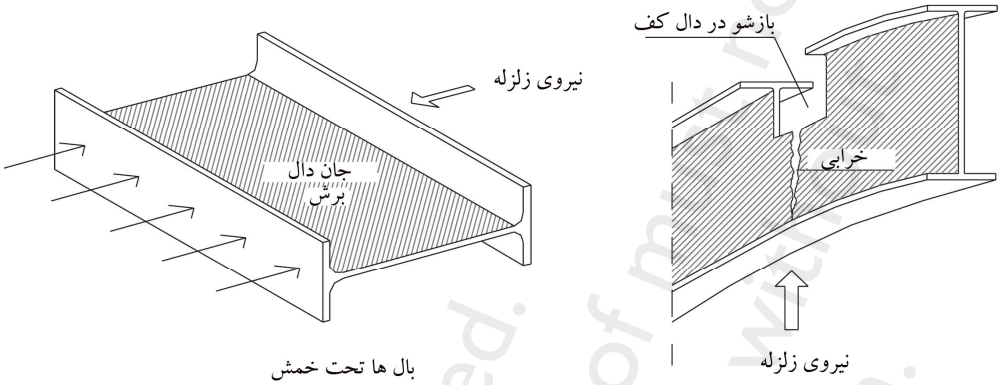
WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

دیافراگم‌ها سیستم‌های افقی هستند که نقش انتقال بارهای زلزله به سیستم‌های مقاوم جانبی بار بر عهده دارند. همچنین نقش دیگر آنها تحمل و انتقال بارهای ثقلی نیز هست.

انعطاف‌پذیری دیافراگم‌های ناشی از نرم بودن آنها و یا سخت بودن سیستم مقاوم جانبی است.

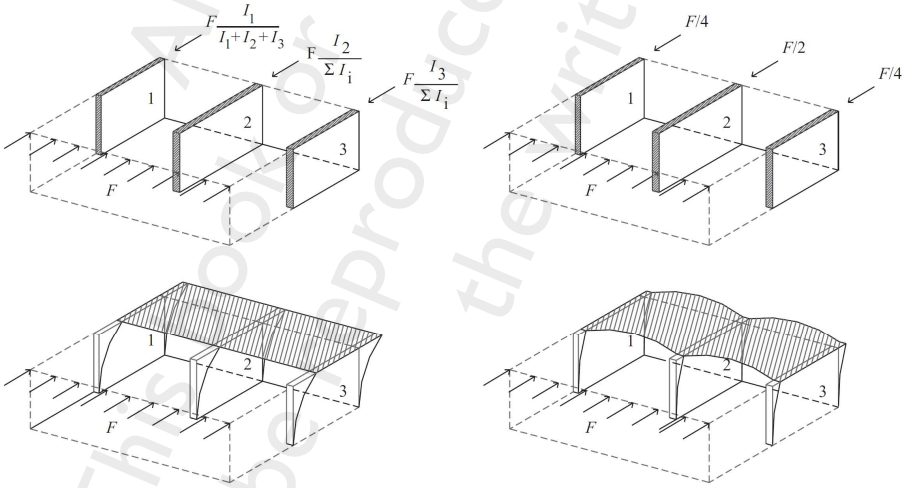
دیافراگم‌ها را می‌توان به صورت یک تیر عمیق مانند شکل اسلاید بعد در نظر گرفت.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission



تشبیه دیافراگم افقی به تیر عمیق؛ توزیع نیرو(چپ) و خرابی‌های متداول(راست)

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission



پاسخ دیافراگم‌های صلب و انعطاف پذیر در برابر بارهای جانبی؛ توزیع نیروی جانبی (بالا) برای صلب(چپ) و انعطاف پذیر (راست) و تغییر مکان‌های دیافراگم(پایین)

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

استاندارد ۲۸۰۰ بند ۳-۸

دیافراگم‌ها که معمولاً کف‌های سازهای تحمل‌کننده بارهای ثقلی در ساختمان‌ها هستند، در هنگام وقوع زلزله وظیفه انتقال نیروهای ایجاد شده در کف‌ها را به عناصر قائم باربر جانبی بر عهده دارند. این دیافراگم‌ها باید در برابر تغییرشکل‌های افقی که در آنها ایجاد می‌شود، مقاومت و سختی کافی را دارا باشند.

۳-۸-۱ در تحلیل سازه ساختمان اثر صلبیت دیافراگم‌ها باید به طور مناسب در نظرگرفته شود. به طور کلی دیافراگم‌ها به سه دسته نرم، نیمه صلب و صلب تقسیم می‌شوند.

الف- در دیافراگم‌هایی که حداکثر تغییر شکل افقی ایجادشده در آنها تحت اثر نیروی جانبی زلزله، بند(۳-۳-۶) بیش از دو برابر تغییر مکان نسبی متوسط طبقه باشد، دیافراگم نرم تلقی می‌شود. دیافراگم‌های از نوع چوبی یا ورق‌های فلزی تقویت نشده بدون پوشش بتن در سازه‌های دارای سیستم جانبی با دیوارهای برشی یا قاب‌های مهاربندی شده ممکن است در این دسته قرار گیرند.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

ASCE7-10

12.3.1.2 Rigid Diaphragm Condition

Diaphragms of concrete slabs or concrete filled metal deck with span-to-depth ratios of 3 or less in structures that have no horizontal irregularities are permitted to be idealized as rigid.

طبق ASCE7، دیافراگم‌های بتنی یا عرشه فولادی با نسبت دهانه به عمق از ۳ یا کمتر که سازه دارای نامنظمی در پلان نیست را می‌توان بصورت صلب در نظر گرفت.

استاندارد ۲۸۰۰ (صفحه ۴۹)

ب- در دیافراگم‌هایی که حداکثر تغییر شکل افقی ایجاد شده در آنها تحت اثر نیروی جانبی زلزله کمتر از نصف تغییرمکان نسبی متوسط طبقه باشد، دیافراگم صلب تلقی می‌شود. دیافراگم‌های از نوع دال بتنی یا ورق‌های فلزی همراه با بتن‌آرمه رویه دارای نسبت دهانه به عرض ۳ یا کمتر که دارای هیچیک از نامنظمی‌های مندرج در بند (۱-۷-۱) نباشند، ممکن است در این دسته قرار گیرند.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

ASCE7-10

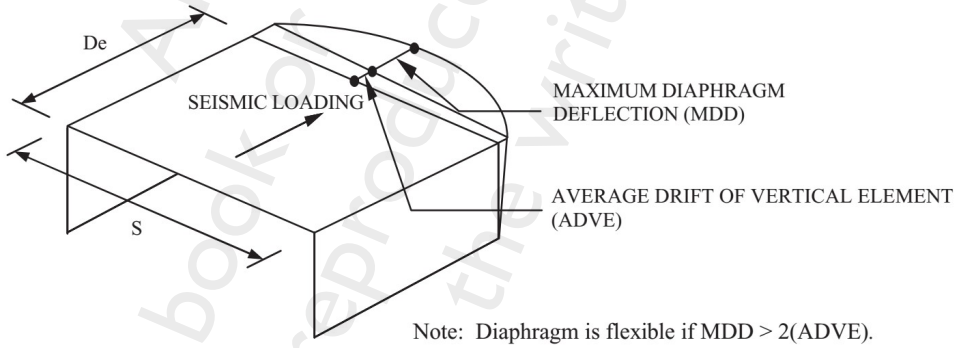
طبق ASCE7، اجازه داده میشود، برای تعیین نرمی دیافراگم تحت نیروهای جانبی جابجایی دیافراگم و طبقه با هم مقایسه شود. این مورد در ۲۸۰۰ هم به همین شکل است.

12.3.1.3 Calculated Flexible Diaphragm Condition

Diaphragms not satisfying the conditions of Sections 12.3.1.1 or 12.3.1.2 are permitted to be idealized as flexible where the computed maximum in-plane deflection of the diaphragm under lateral load is more than two times the average story drift of adjoining vertical elements of the seismic force resisting system of the associated story under equivalent tributary lateral load as shown in Fig. 12.3-1. The loadings used for this calculation shall be those prescribed by Section 12.8.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

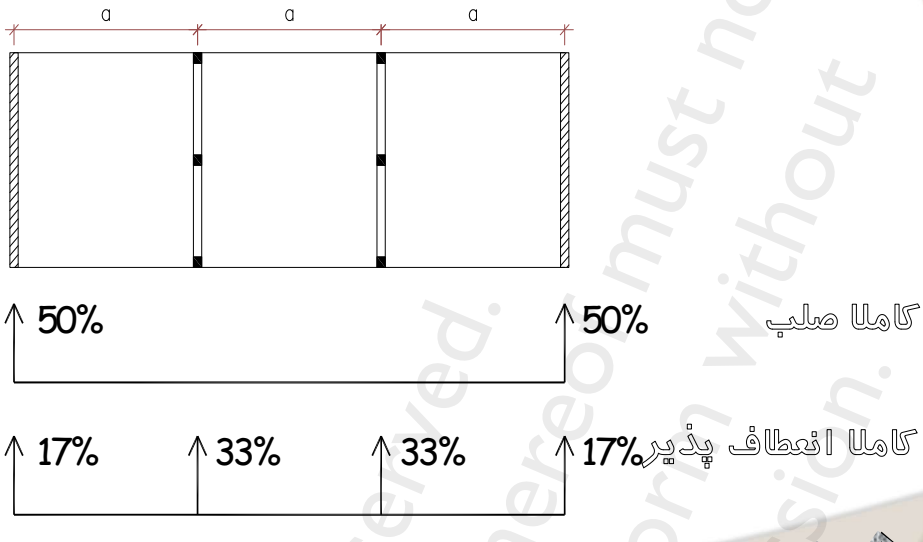


Note: Diaphragm is flexible if MDD > 2(ADVE).

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

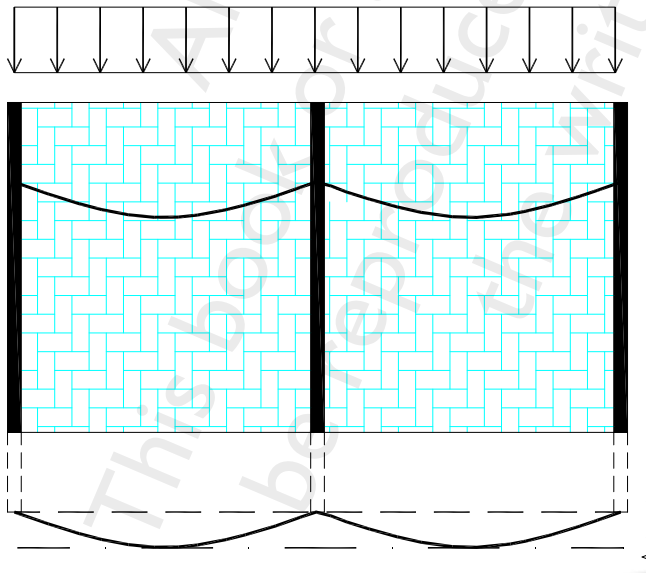
All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel



صفحه ۴۲۵ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission
Version: 1.2

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

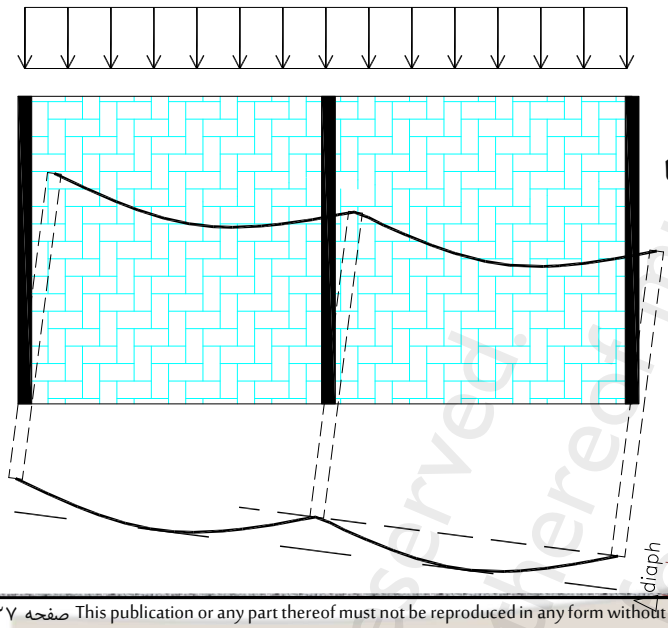


تغییرشکل دیافراگم و طبقه بدون پیچش

صفحه ۴۲۶ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission
Version: 1.2

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

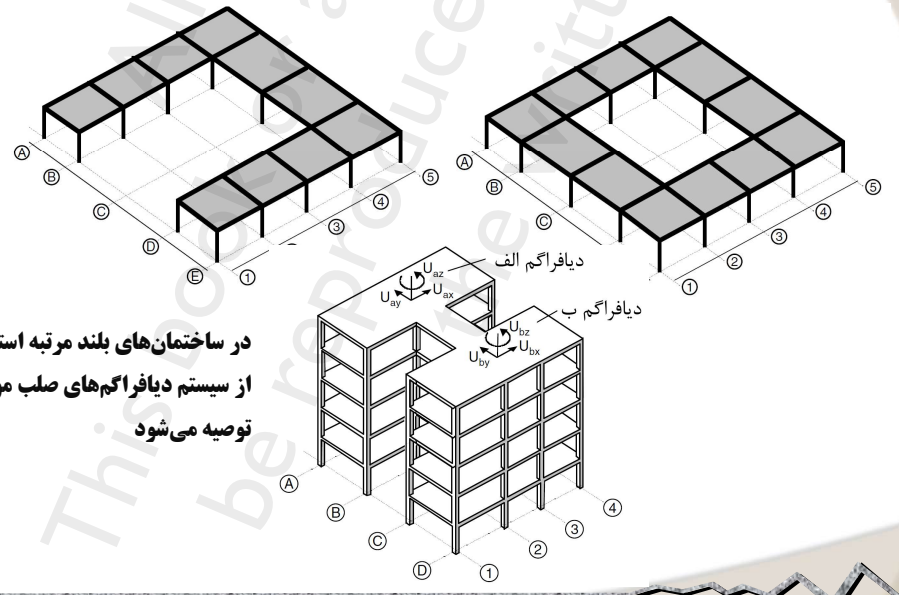
WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel



تغییرشکل دیافراگم و طبقه با پیچش

صفحه ۴۲۷ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel



در ساختمان‌های بلند مرتبه استفاده از سیستم دیافراگم‌های صلب موکداً توصیه می‌شود

صفحه ۴۲۸ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

برآورد نیروها و تغییرشکل‌ها

در روش تحلیل استاتیکی خطی، نیروی جانبی ناشی از زلزله (V) به صورت ضریبی از وزن ساختمان (W) محاسبه میشود.

$$V = C_s W$$

$$C_s = C_1 C_2 C_m S_a$$

که در آن W: وزن لرزه ای ساختمان، شامل وزن مرده ساختمان مشتمل بر تیغه‌ها و تجهیزات ثابت و ۲۰٪ بار زنده شامل بار برف طبق مبحث ششم از مجموعه مقررات ملی ساختمان می باشد.

S_a: شتاب طیفی به ازای تناوب اصلی T است.

C_1: ضریب تصحیح برای در نظر گرفتن تغییرمکانهای غیرارتجاعی سیستم که به یکی از دو روش زیر محاسبه میشود:

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

Version: 1.2

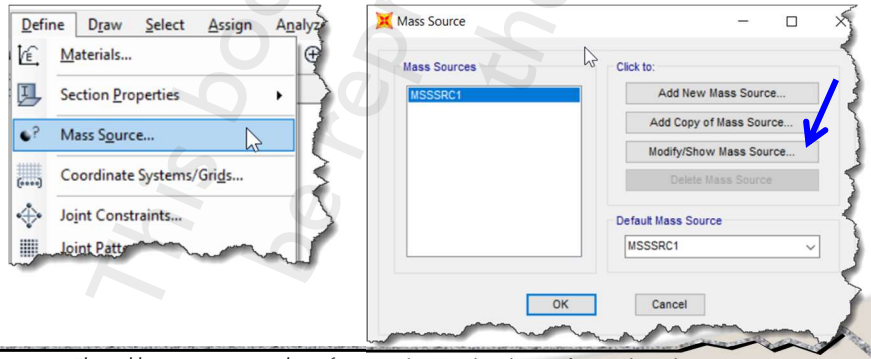
WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

۱۱) تعیین منبع جرم

در روش تحلیل استاتیکی خطی، نیروی جانبی ناشی از زلزله (V) به صورت ضریبی از وزن ساختمان (W) محاسبه میشود.

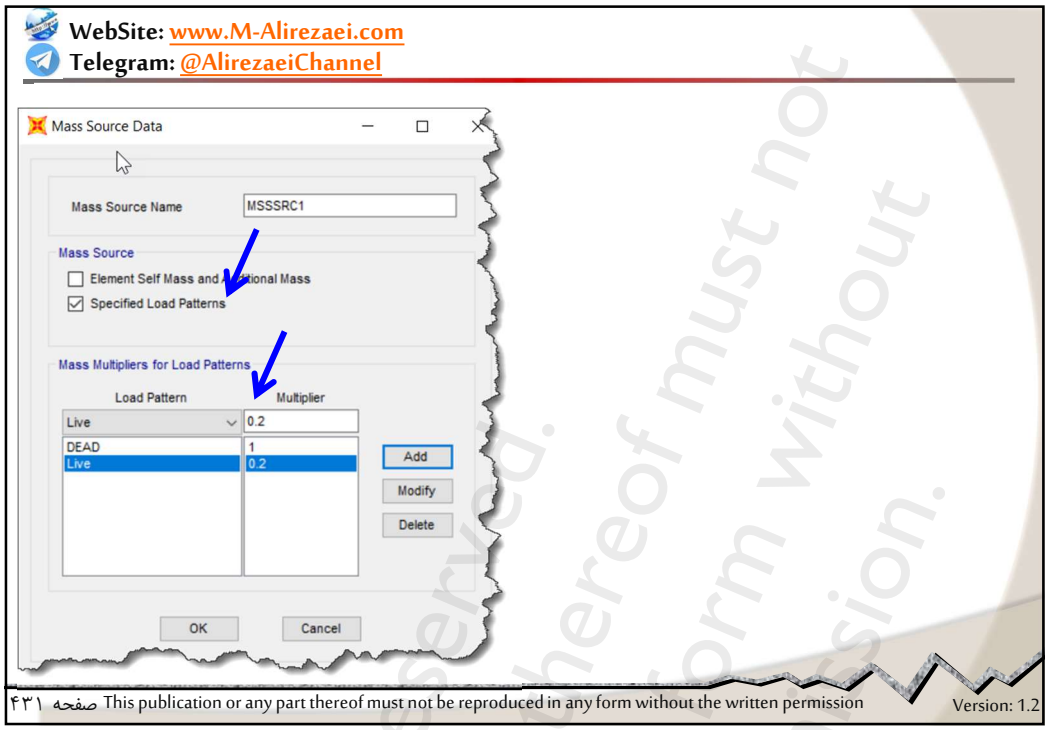
$$V = C_s W$$

که در آن W: وزن لرزه ای ساختمان، شامل وزن مرده ساختمان مشتمل بر تیغه‌ها و تجهیزات ثابت و ۲۰٪ بار زنده شامل بار برف طبق مبحث ششم از مجموعه مقررات ملی ساختمان می باشد.



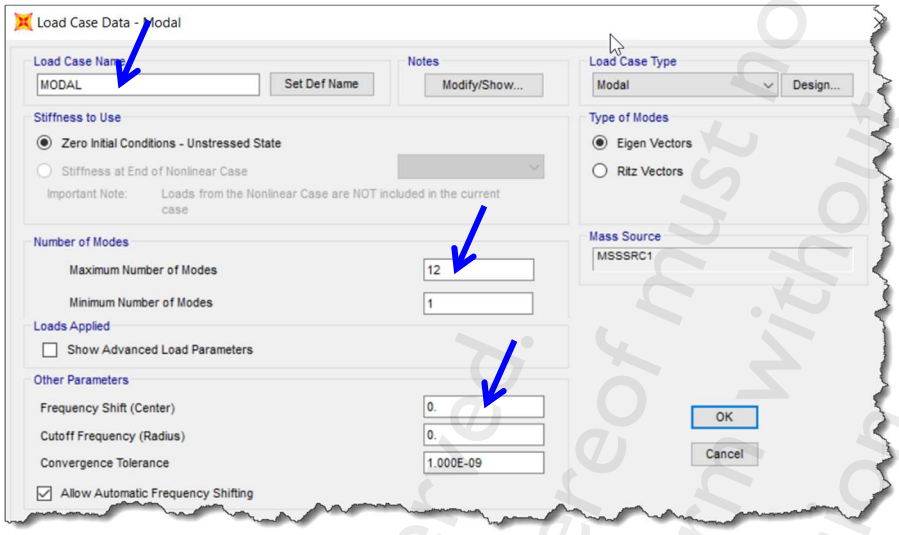
This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

Version: 1.2



All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

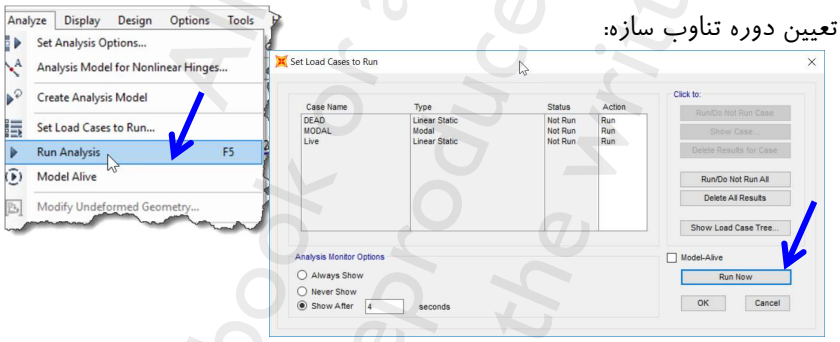
WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

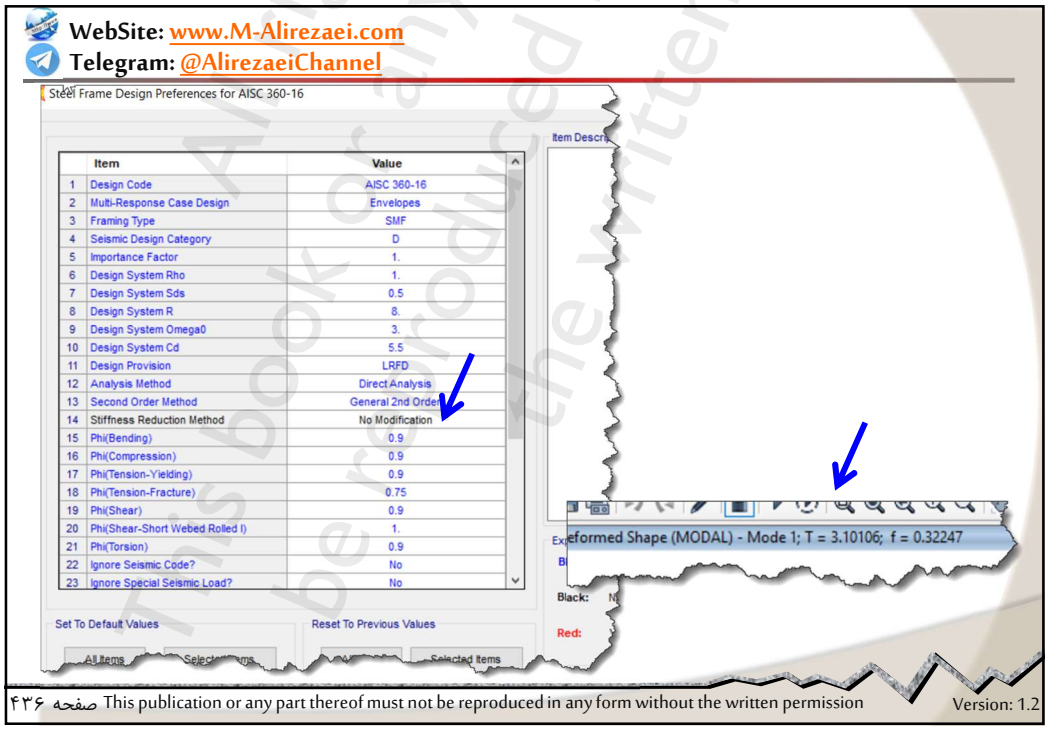
WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

۱۳) تحلیل اولیه و تعیین دوره تناوب سازه:



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

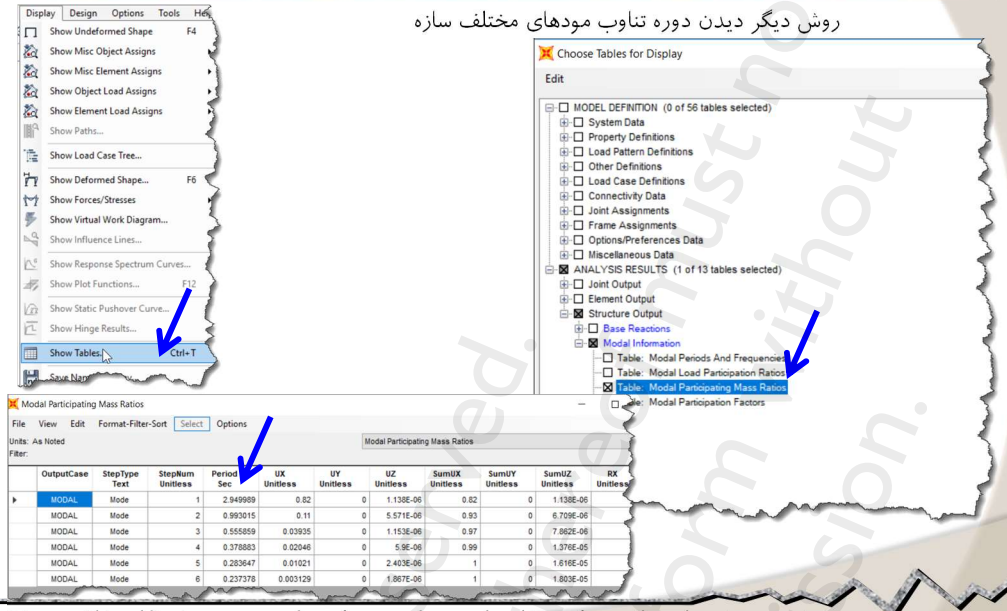
This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission. All rights reserved.



All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

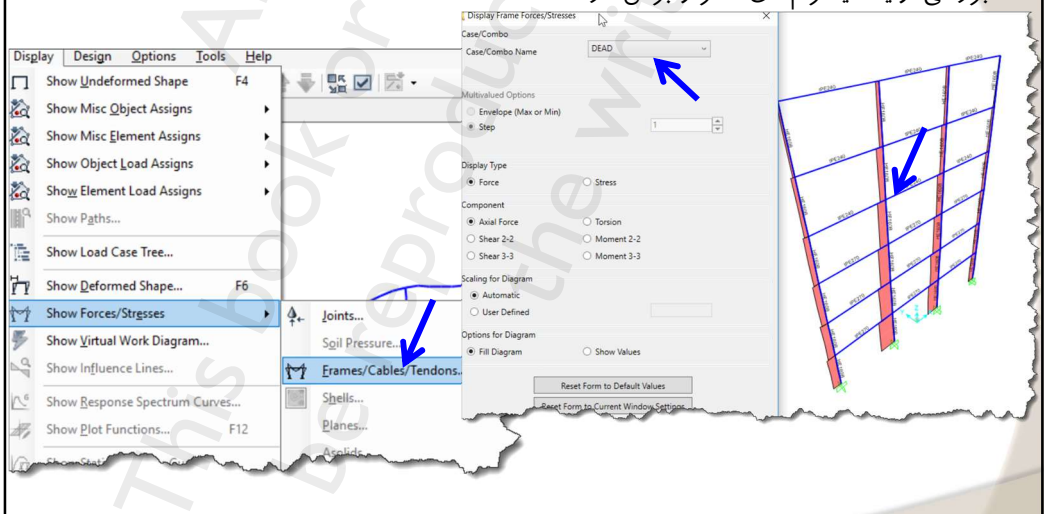
روش دیگر دیدن دوره تناوب مودهای مختلف سازه



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

۱۴) بررسی اولیه دیاگرام‌های لنگر و برش در اعضا

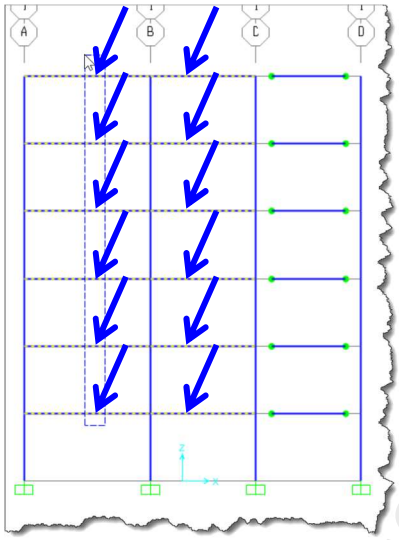


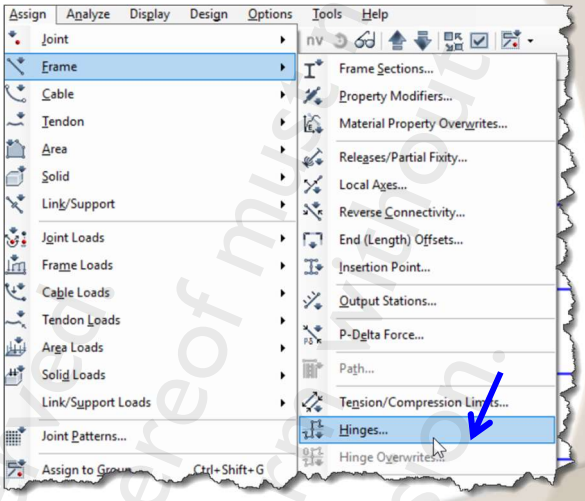
 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

۱۵) اختصاص مفاصل پلاستیک خودکار در برنامه



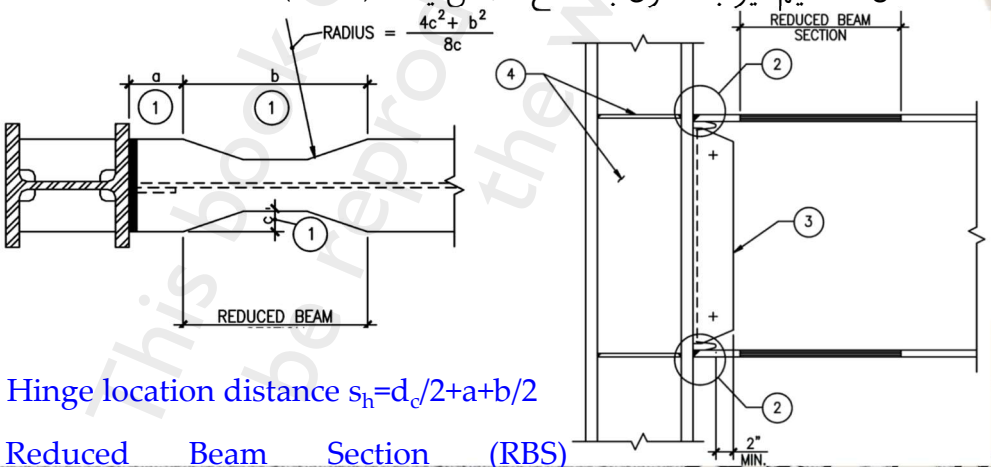


This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

در بند ۱۰-۳-۱۳ مبحث دهم، ۶ اتصالات از پیش تایید شده آورده شده است.

۱- اتصال مستقیم تیر به ستون با مقطع کاهش یافته (RBS)

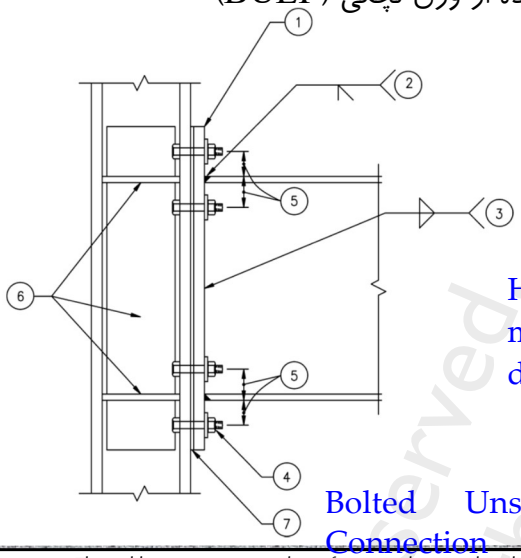


Hinge location distance $s_h=d_c/2+a+b/2$

Reduced Beam Section (RBS) Connection

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

۲- اتصال فلنجی چهار پیچی بدون استفاده از ورق لچکی (BUEP)



عمق تیر

Hinge location distance s_h= min($d_c/2+t_{pl}+d_b/3$ $d_c/2+t_{pl}+3b_{bf}$)

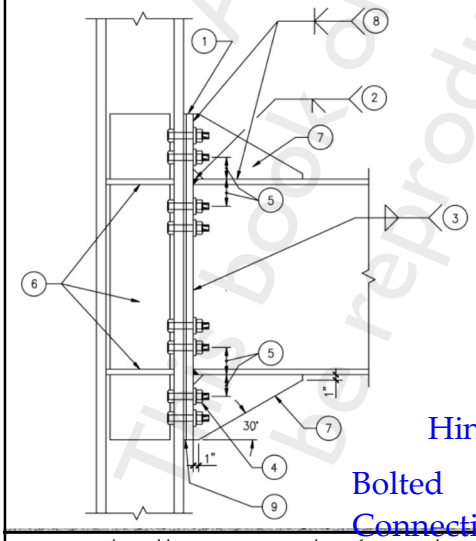
ضخامت ورق انتهایی

پهنای بال تیر

Bolted Unstiffened End Plate (BUEP) Connection

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

۳- اتصال فلنجی چهار یا هشت پیچی با استفاده از ورق لچکی (BSEP)



طول سخت کننده

ضخامت ورق انتهایی

Hinge location distance $s_h=d_c/2+t_{pl}+L_{st}$

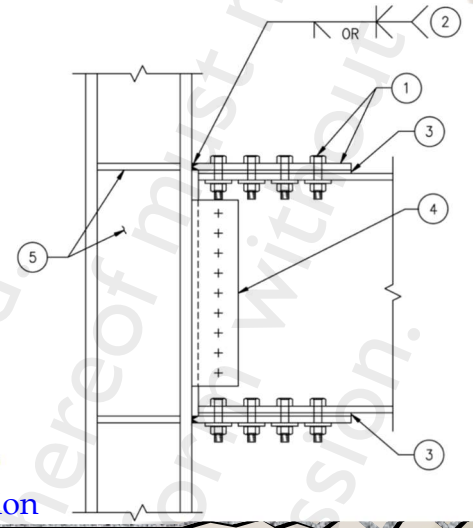
Bolted Stiffened End Plate (BSEP) Connection

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. The book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

۴- اتصال پیچی به کمک ورقهای روسری و زیرسری (BFP)



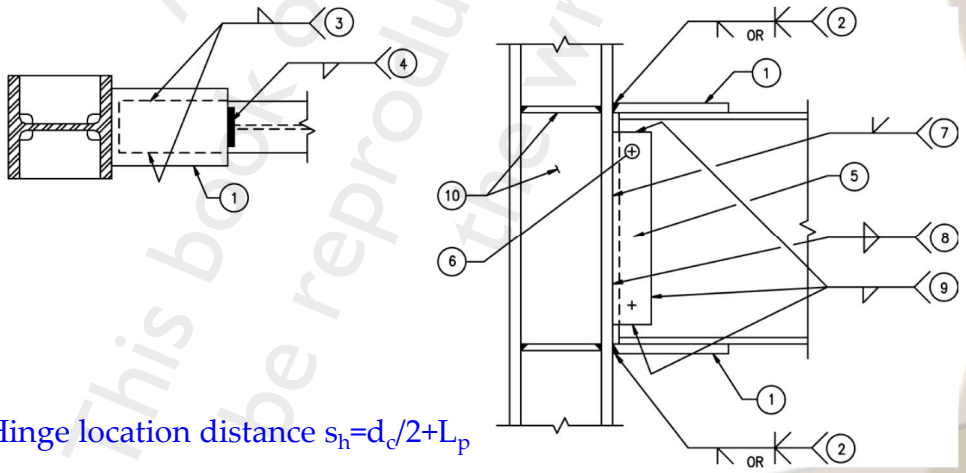
Hinge location distance $s_h=d_c/2+L_p$

Bolted Flange Plate (BFP) Connection

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

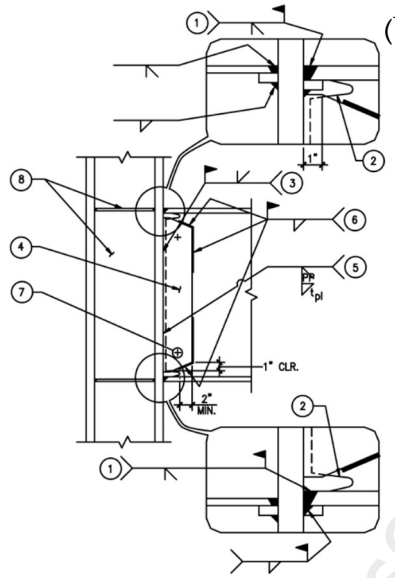
۵- اتصال جوشی به کمک ورق‌های روسری و زیرسری (WFP)



Hinge location distance $s_h=d_c/2+L_p$

Welded Flange Plate (WFP) Connection

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission



۶- اتصال مستقیم تقویت نشده جوشی (WUF-W)

Welded Unreinforced Flange-Welded Web (WUF-W) Connection

Hinge location distance $s_h=d_c/2$

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

در این مثال فرض نمایید که محل مفصل پلاستیک در فاصله ۵۰ سانتیمتری بر ستون در تیرها است. اگر ناحیه صلب انتهایی برای تیرها و ستون‌ها تعریف شده باشد، برنامه محل مفصل را برای طول خالص در نظر میگیرد.

When end offsets are defined, if the relative distance is specified such that the hinge falls within an end offset, the program automatically moves the hinge to the inside face of the end offset. The hinges are always located within the clear length of the object between the end offsets.

Hinge Location $S_h = 50\ cm$

$$First\ hing: \frac{50+8}{600} = 0.096$$

$$End\ hing: 1 - 0.096 = 0.904$$

S_h S_h

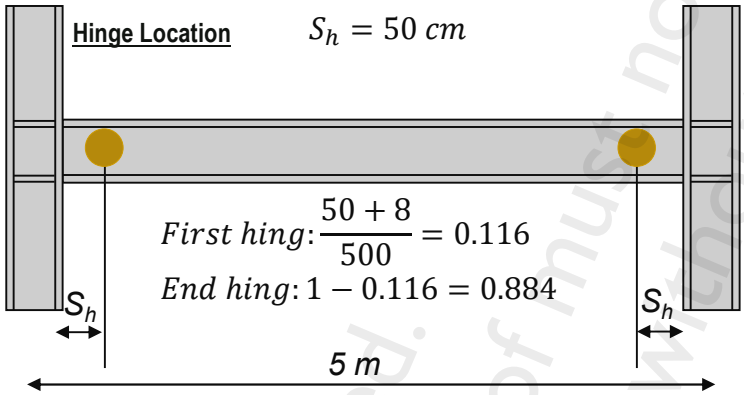
6 m

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

Hinge Location $S_h = 50\ cm$

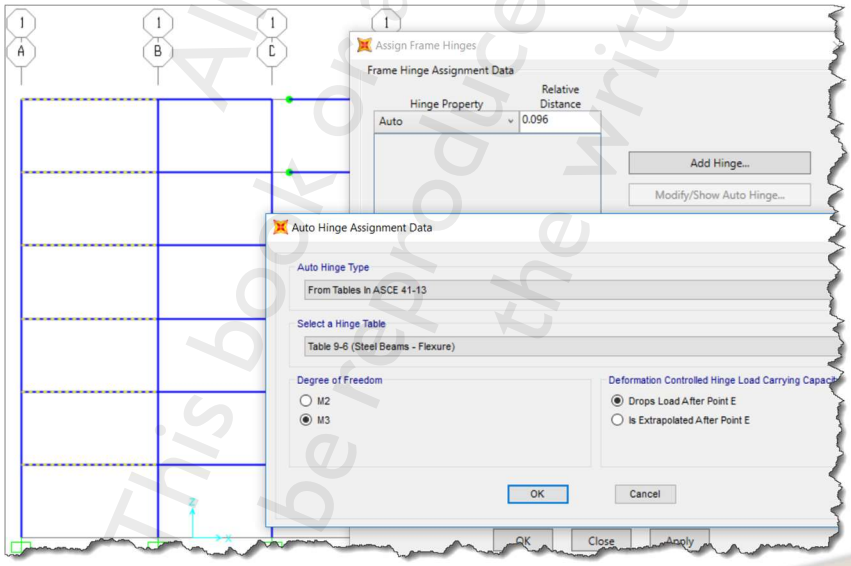


$$First\ hing: \frac{50+8}{500} = 0.116$$

$$End\ hing: 1 - 0.116 = 0.884$$

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

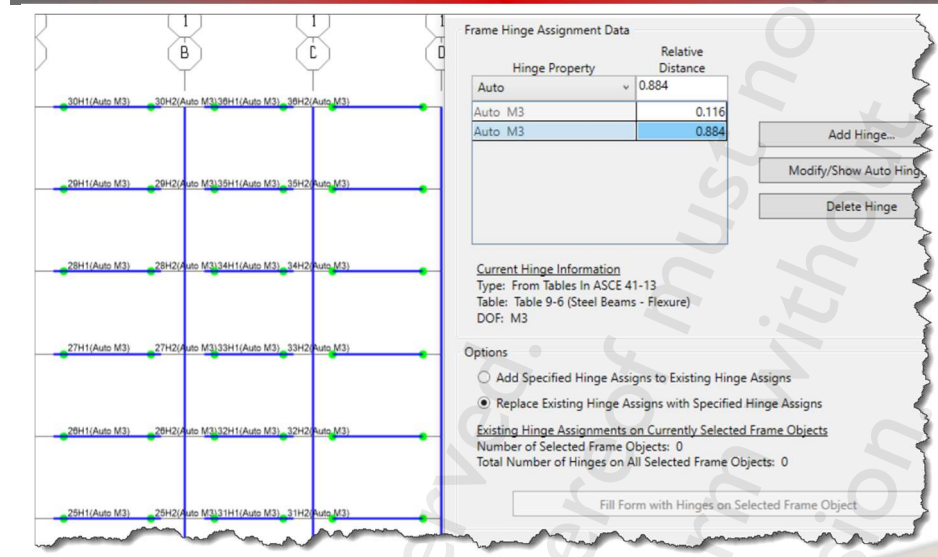
WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

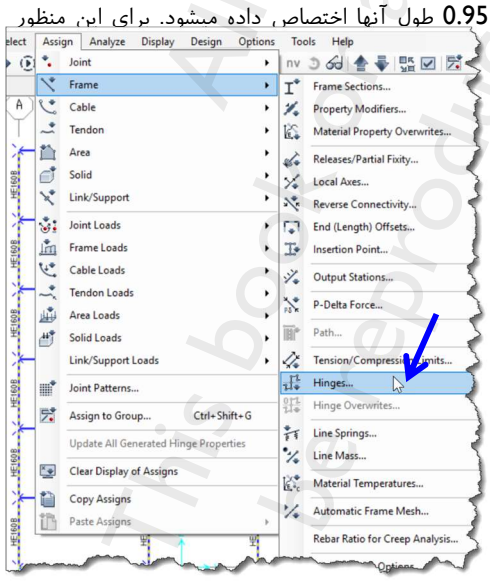
WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

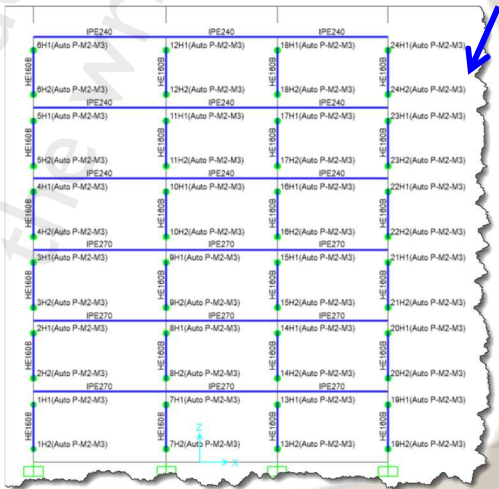


This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

مفاصل پلاستیک به بالا و پایین ستون‌ها در فاصله 0.05 و 0.95 طول آنها اختصاص داده میشود. برای این منظور ستون‌ها انتخاب و مطابق روند نشان داده شده اقدام میشود.





This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

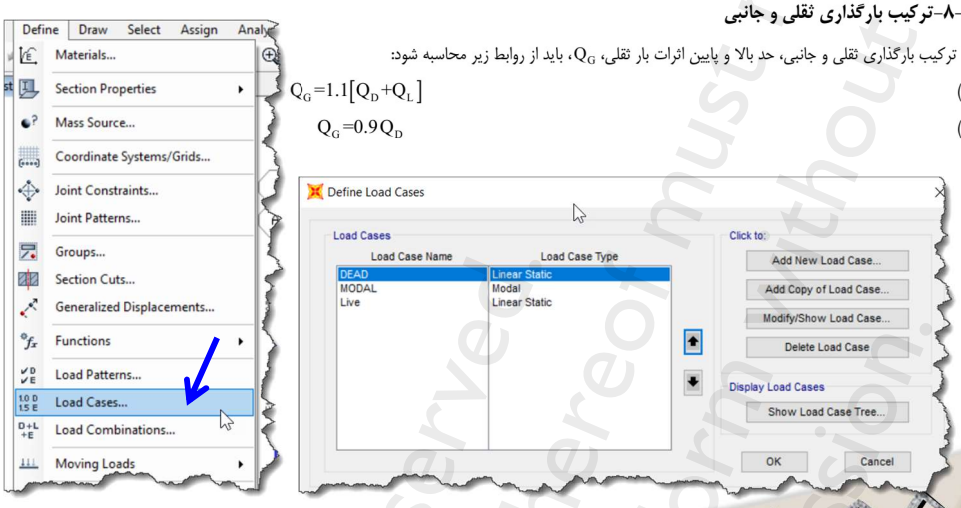
۱۶) معرفی الگوی بارگذاری ثقلی مورد استفاده در تحلیل استاتیکی غیرخطی

۳-۲-۸-ترکیب بارگذاری ثقلی و جانبی

در ترکیب بارگذاری ثقلی و جانبی، حد بالا و پایین اثرات بار ثقلی، Q_G، باید از روابط زیر محاسبه شود:

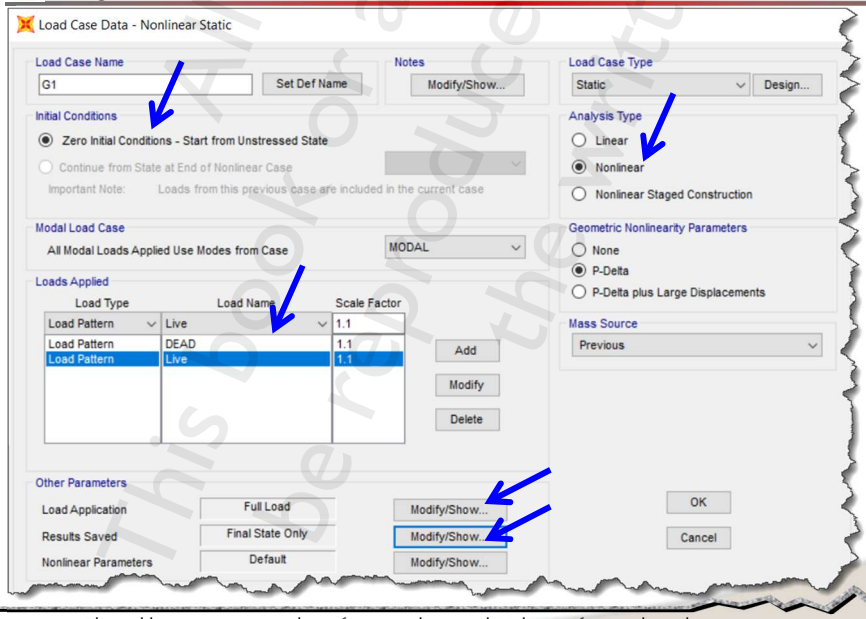
$$Q_G = 1.1[Q_D + Q_L] \quad (۳-۱)$$

$$Q_G = 0.9 Q_D \quad (۳-۲)$$

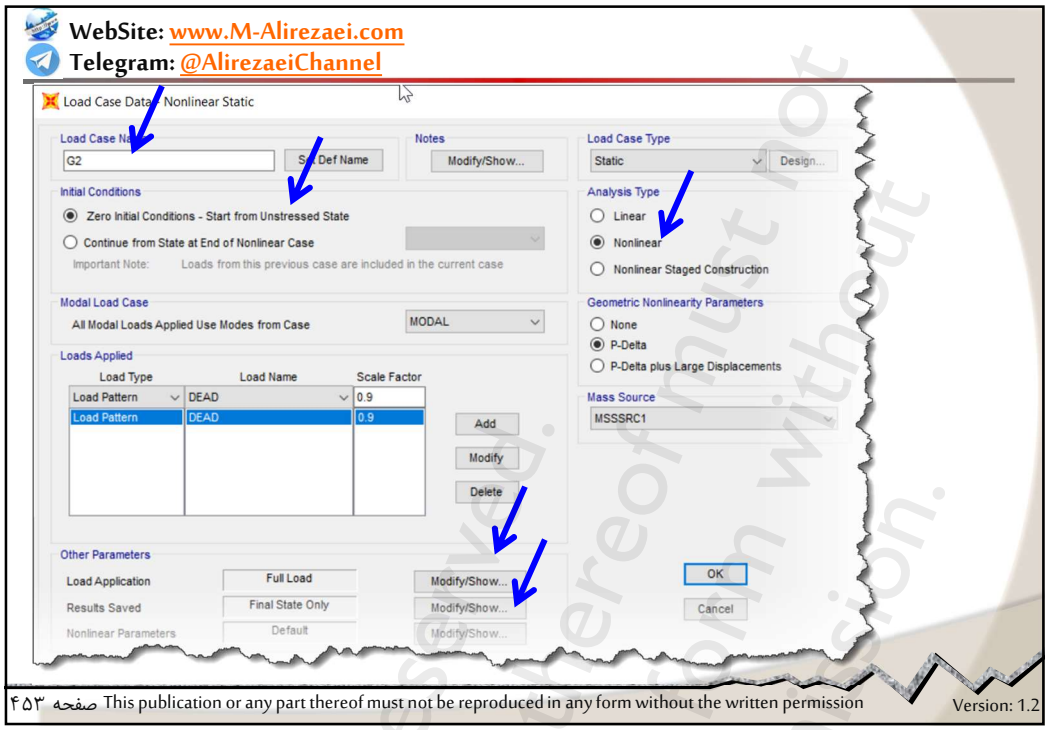


This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

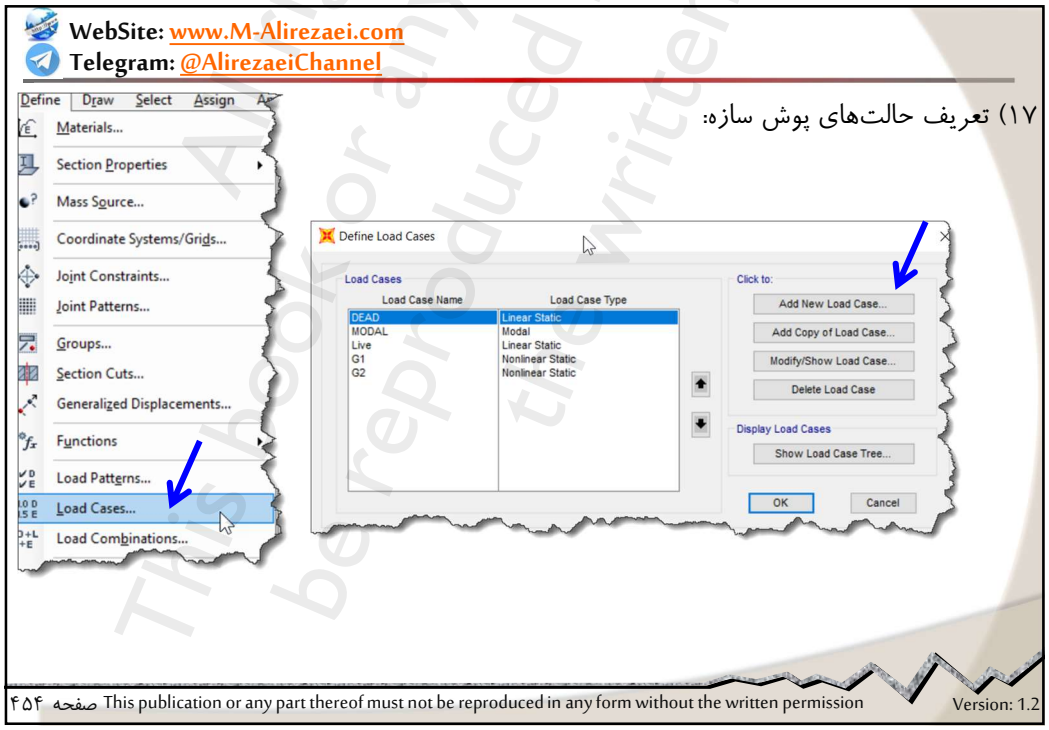
WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel



This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission



صفحه ۴۵۳ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2



۱۷) تعریف حالت‌های پوش سازه:

صفحه ۴۵۴ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2

۳-۴-۳-۲-۱-ساختمان با دیافراگم صلب

تغییرمکان هدف برای سازه با دیافراگم‌های صلب باید با درنظرگرفتن رفتار غیرخطی سازه برآورد شود، به عنوان روش تقریبی می‌توان مقدار تغییرمکان هدف در هر امتداد را از رابطه (۳-۱۷) محاسبه نمود.

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 S_a \frac{T_e^2}{4\pi^2} g \qquad (۳-۱۷)$$

جدول(۳- ۵): مقدار تقریبی ضریب C_0[1]

سایر ساختمان‌ها	ساختمان‌های برشی[2]		تعداد طبقات ساختمان
هر نوع توزیع بار	توزیع نوع دوم	توزیع نوع اول	
۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱
۱/۲	۱/۱۵	۱/۲	۲
۱/۳	۱/۲	۱/۲	۳
۱/۴	۱/۲	۱/۳	۵
۱/۵	۱/۲	۱/۳	۱۰ و بیشتر

۱-برای مقادیر مابین حدود داده‌شده در جدول باید از درون‌یابی خطی استفاده کرد.

۲- منظور از ساختمان برشی، ساختمانی است که تغییرمکان جانبی نسبی هر طبقه، از طبقه زیر آن کوچکتر باشد.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

چون مقدار جابجایی هدف به برش تسلیم نیاز دارد، در ابتدای کار مقدار جابجایی هدف ۴ تا ۵٪ ارتفاع حدس زده میشود.

$$T_e \le 0.2 \rightarrow C_1 = 1 + \frac{25(R_u - 1)}{a}$$
$$0.2 < T_e < 1 \rightarrow C_1 = 1 + \frac{R_u - 1}{a T_e^2}$$
$$T_e > 1 \rightarrow C_1 = 1 \qquad (۳-۱۹)$$

در این رابطه R_u نسبت نیاز مقاومت ارتجاعی به مقاومت تسلیم است که از رابطه (۳-۲۱) محاسبه می‌شود.

a: ضریب نوع زمین بر اساس بند (۳-۳-۳-۲) می باشد.

C_2: ضریب تصحیح برای اثرات کاهش سختی و مقاومت اعضای سازه‌ای بر تغییرمکان‌ها ناشی از زوال چرخه‌ای و مقدار آن با استفاده از رابطه (۳-۲۰) تعیین می‌شود.

$$T < 0.7 \rightarrow C_2 = 1 + \frac{1}{800}\left(\frac{R_u - 1}{T_e}\right)^2$$
$$T \ge 0.7 \rightarrow C_2 = 1 \qquad (۳-۲۰)$$

نسبت مقاومت R_u از رابطه (۳-۲۱) محاسبه می‌شود.

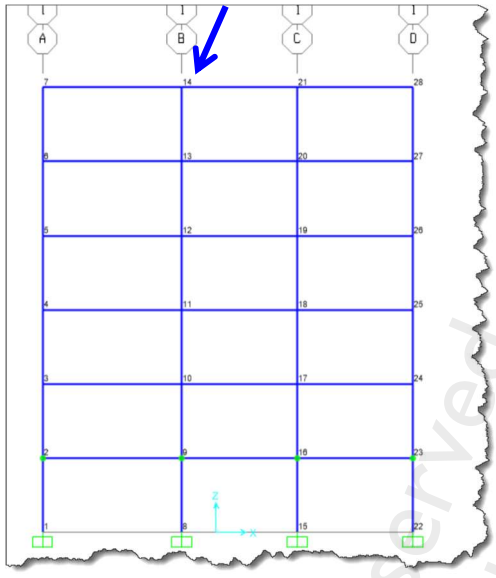
$$R_u = \frac{S_a}{V_y/W} C_m \qquad (۳-۲۱)$$

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

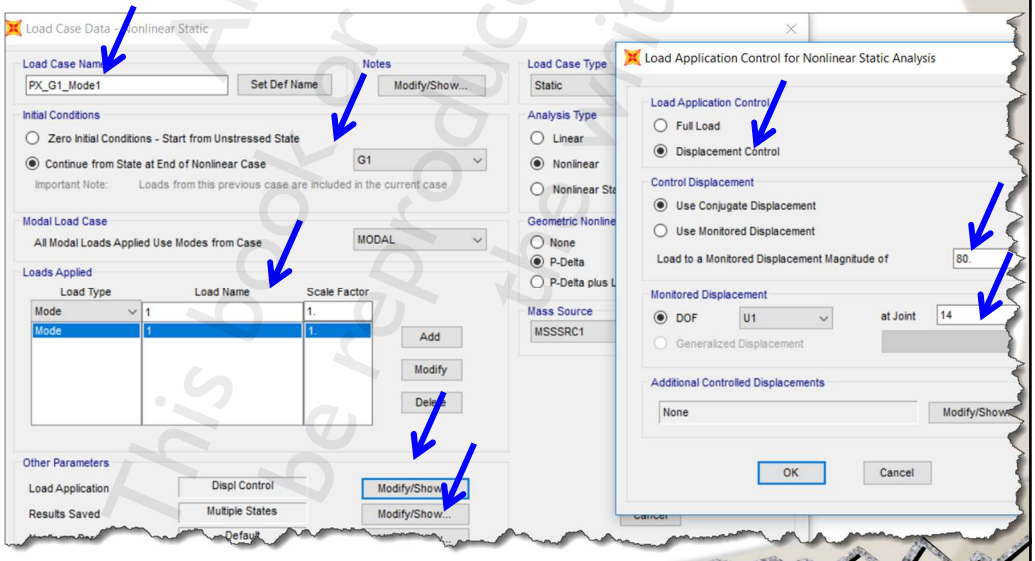
WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

در این مثال گره ۱۴ به عنوان گره هدف در نظر گرفته میشود.

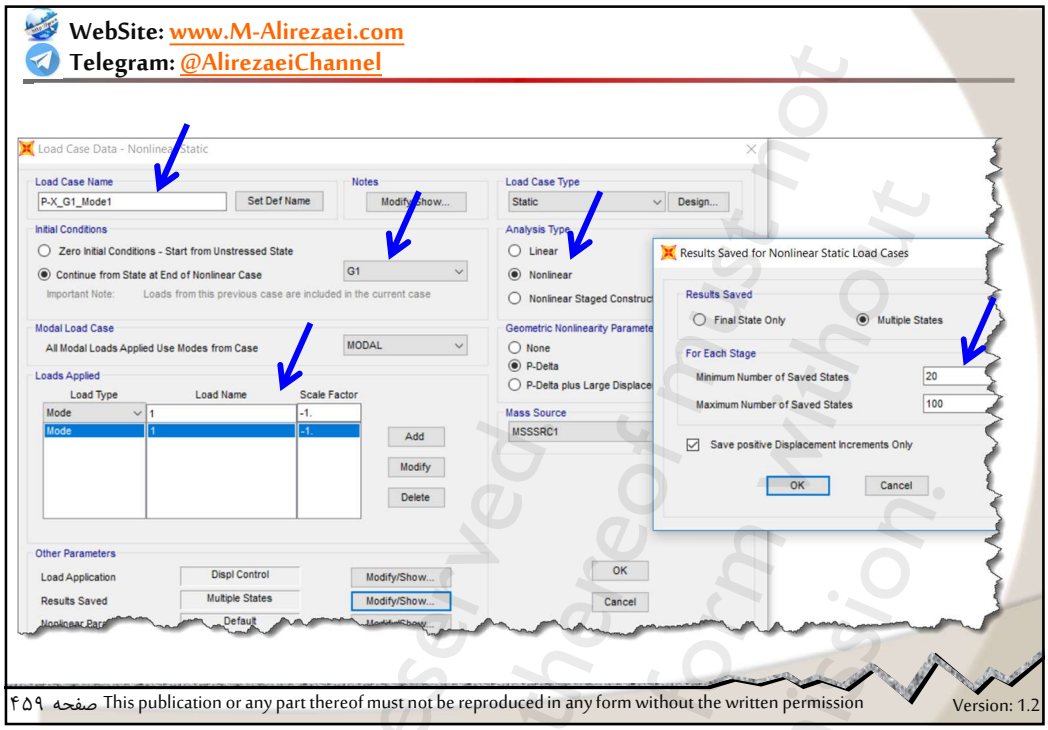


 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

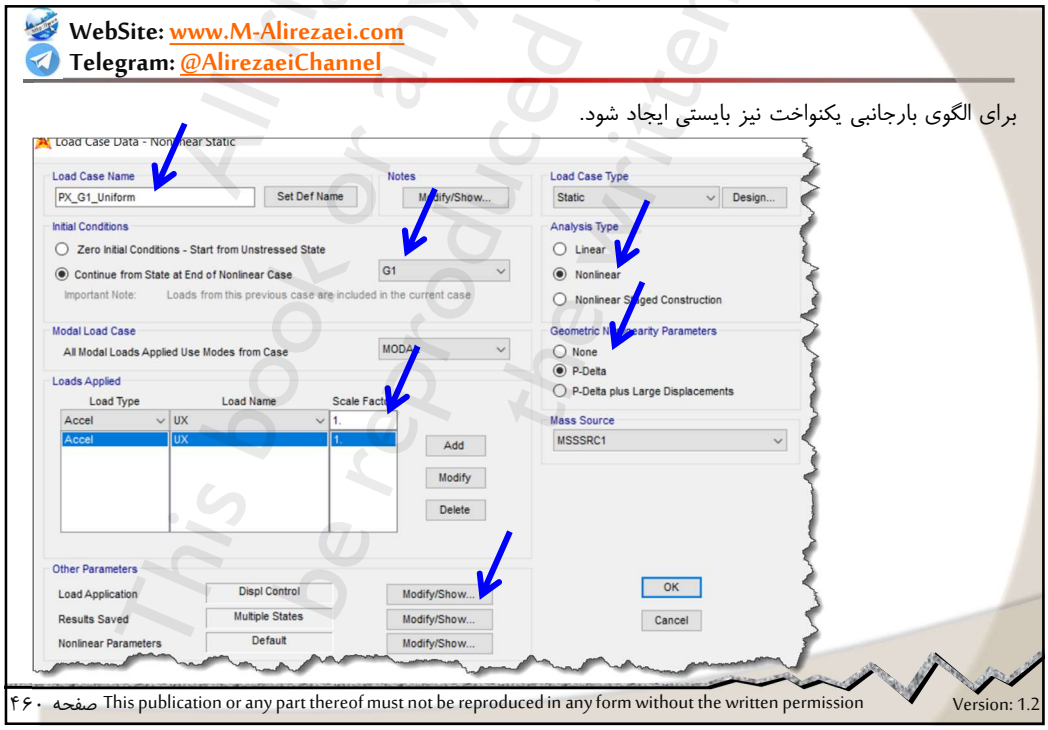
WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

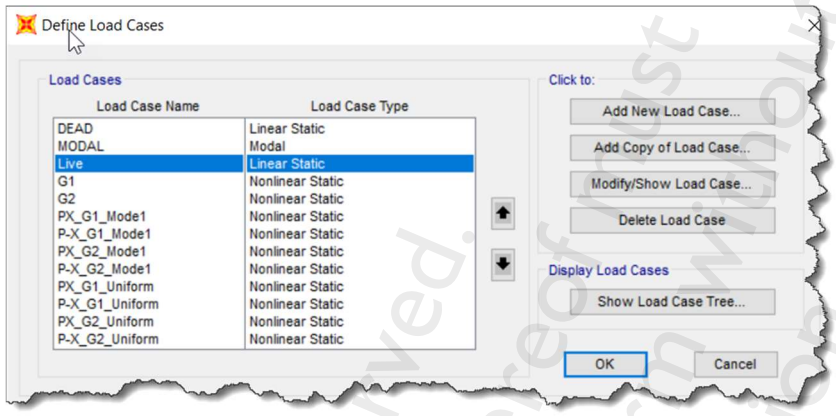


صفحه ۴۵۹ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2



صفحه ۴۶۰ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2

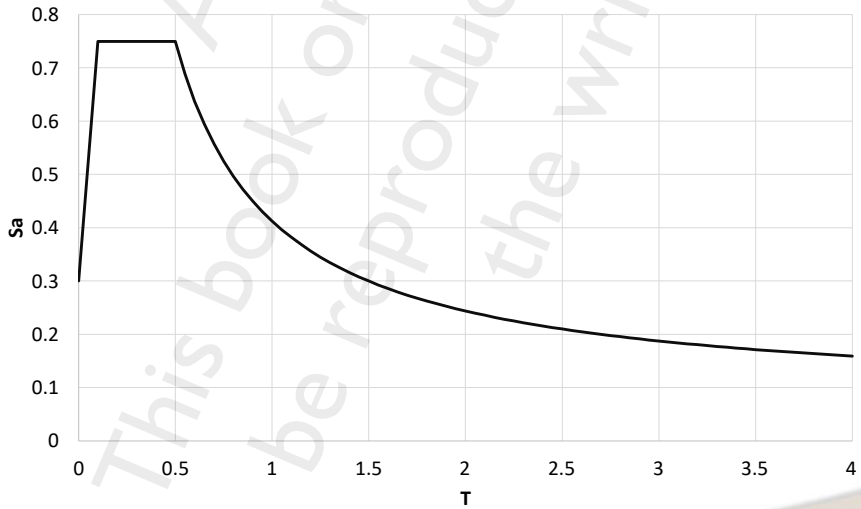
WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel



صفحه ۴۶۱ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

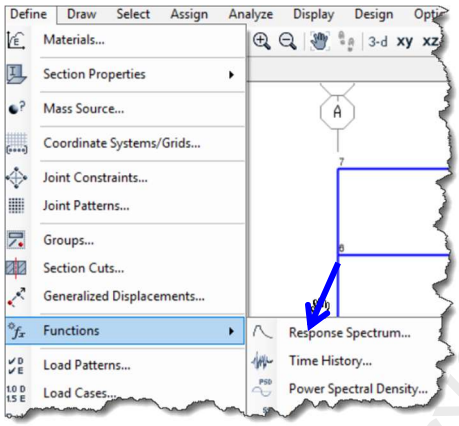
۱۸) تعریف طیف استاندارد برای برنامه



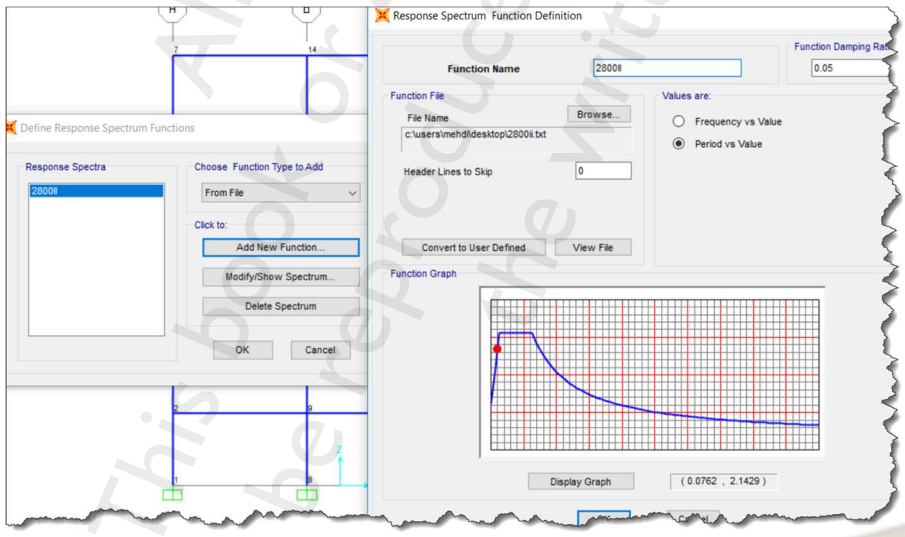
صفحه ۴۶۲ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

از مسیر نشان داده شده، فایل متنی حاوی طیف را وارد نمایید.



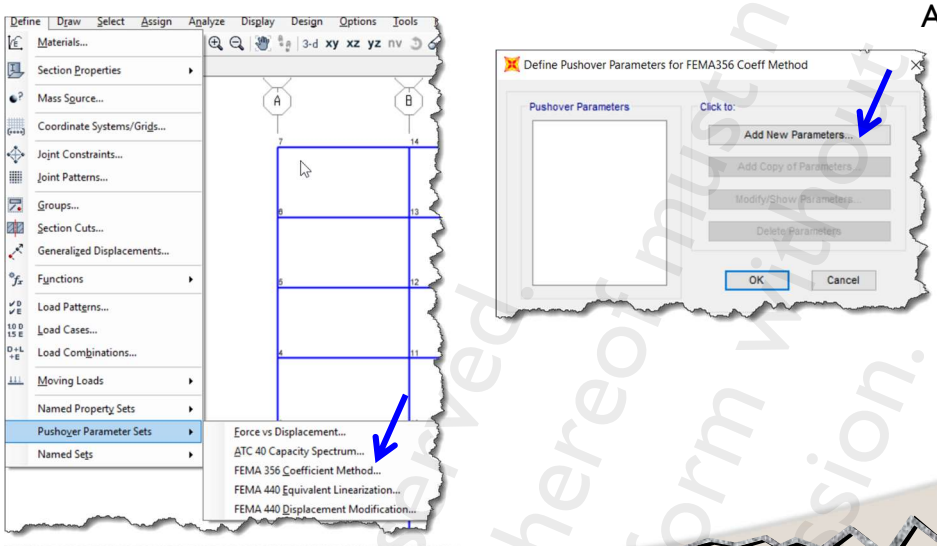
This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission



This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

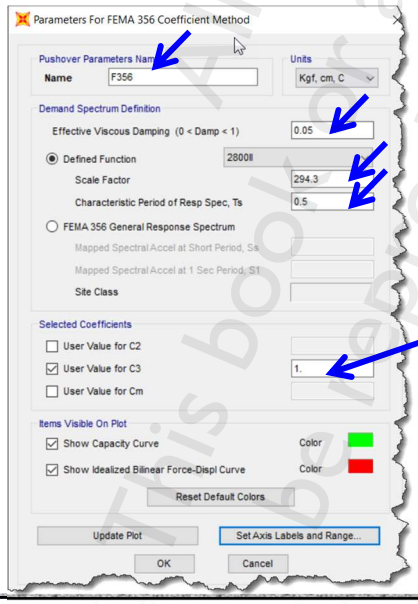
WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

۱۹) اختصاص پارامترهای تعیین تغییرمکان هدف براساس FEMA356 و نقطه عملکرد براساس ACT40



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel



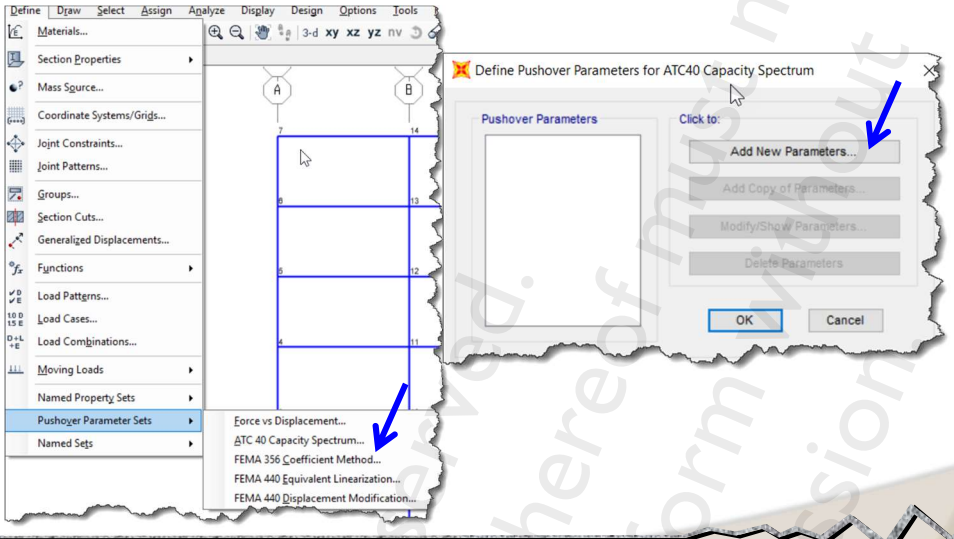
مقادیر C_0، C_1 و T_e بطور اتوماتیک توسط برنامه محاسبه شده و کاربر قادر به تغییر آن نیست.

مقدار C_0 در برنامه برابر ضریب مشارکت مود اول در تراز نقطه کنترل در نظر گرفته میشود.

چرا؟

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel



صفحه ۴۶۷ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

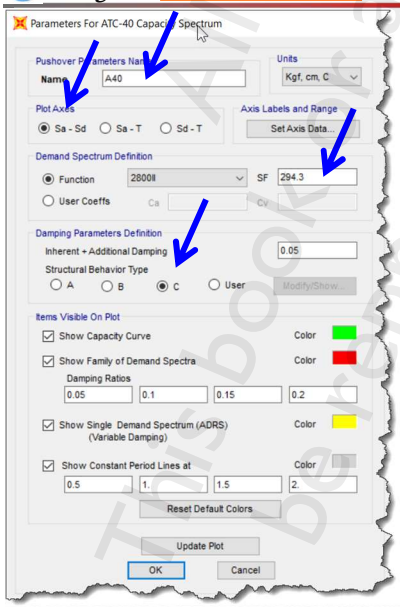


Table 8-4. Structural Behavior Types

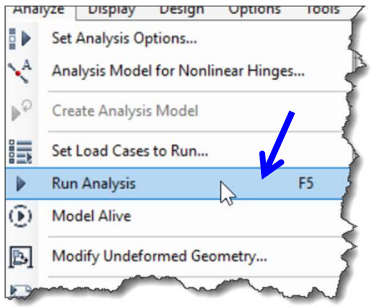
Shaking Duration [1]	Essentially New Building [2]	Average Existing Building [3]	Poor Existing Building [4]
Short	Type A	Type B	Type C
Long	Type B	Type C	Type C

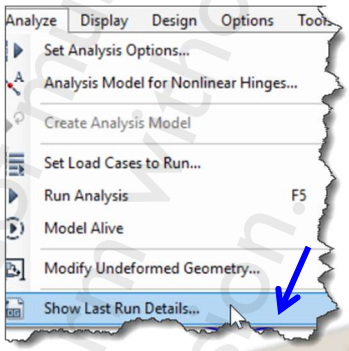
صفحه ۴۶۸ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

۲۰) تحلیل غیرخطی سازه



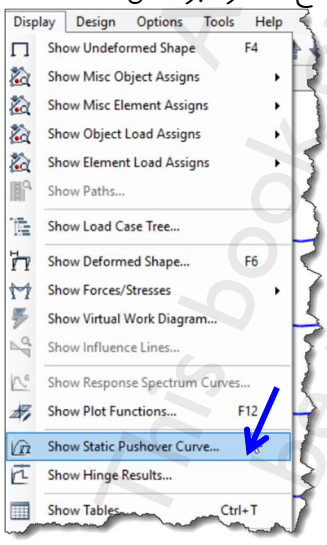


بررسی هشدارهای داده شده در حین تحلیل

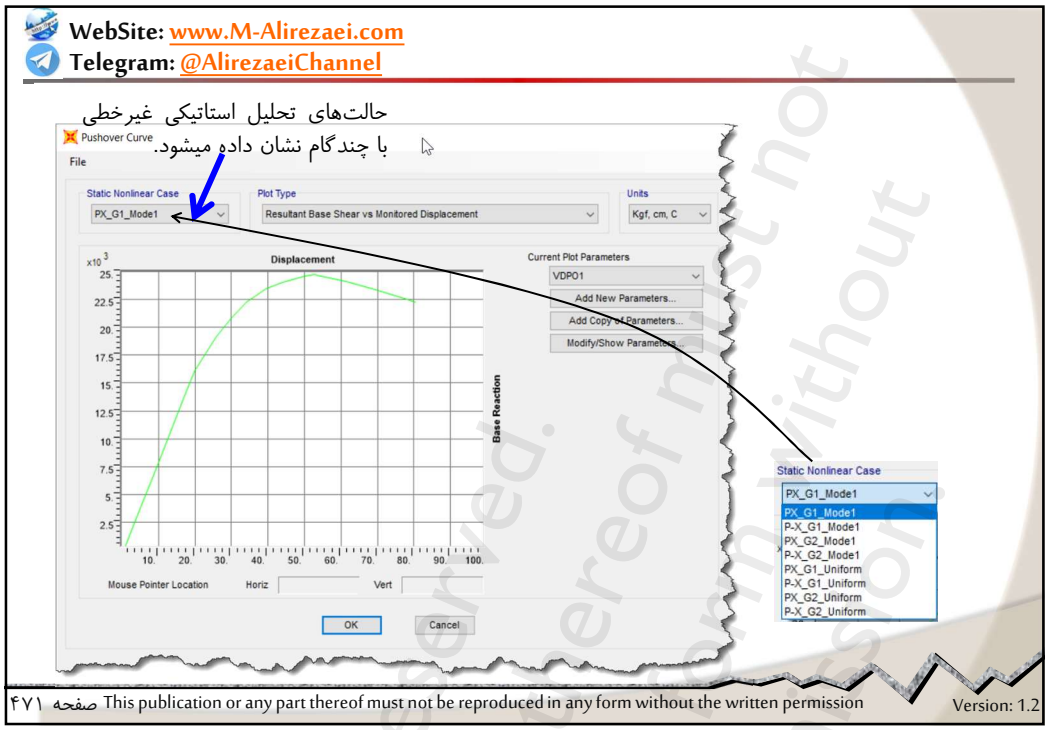
This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

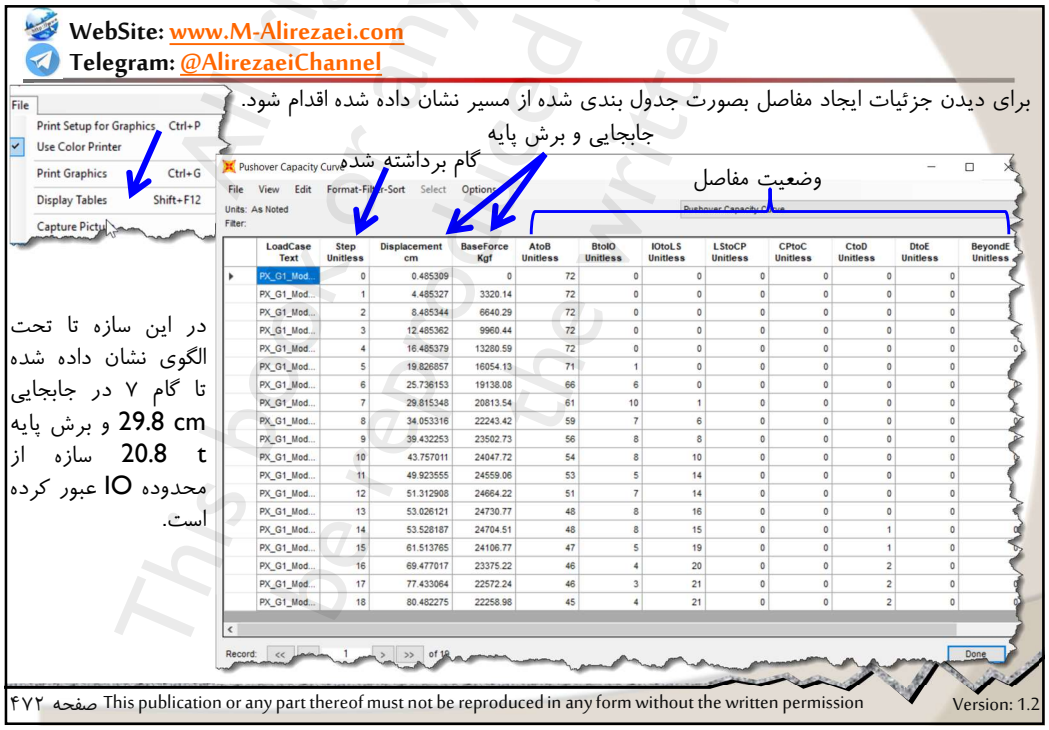
۲۱) مشاهده منحنی پوش، تغییرمکان هدف براساس FEMA356 و نقطع عملکرد براساس ATC40



This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission



This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

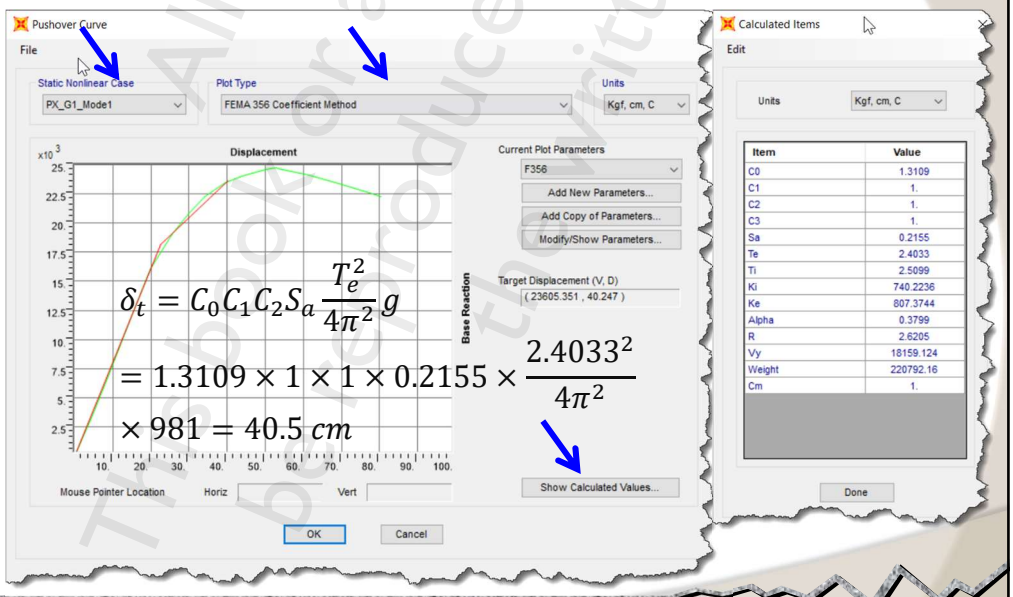


This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

برای آنکه سازه جوابگوی سطح عملکرد مورد نظر باشد، باید در تغییرمکان هدف هیچ کدام از مفاصل سازه در محدوده تغییرشکل‌های فراتر از معیار پذیرش سطح عملکرد انتخاب شده قرار نگیرد.

All rights reserved. The book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

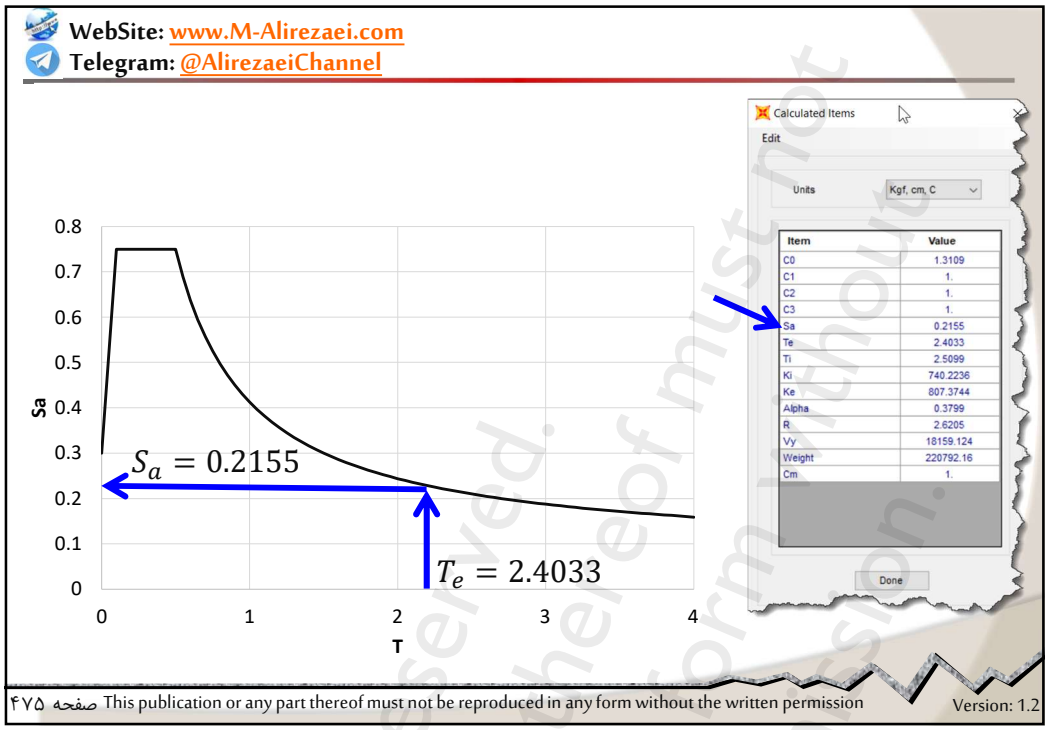
WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

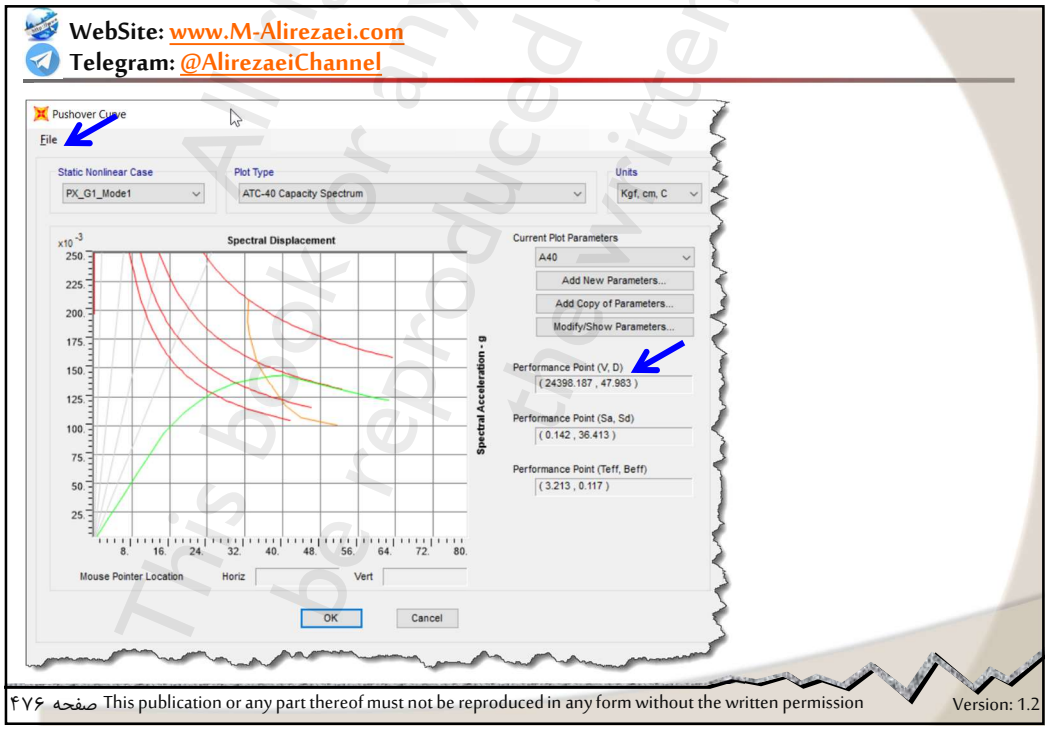


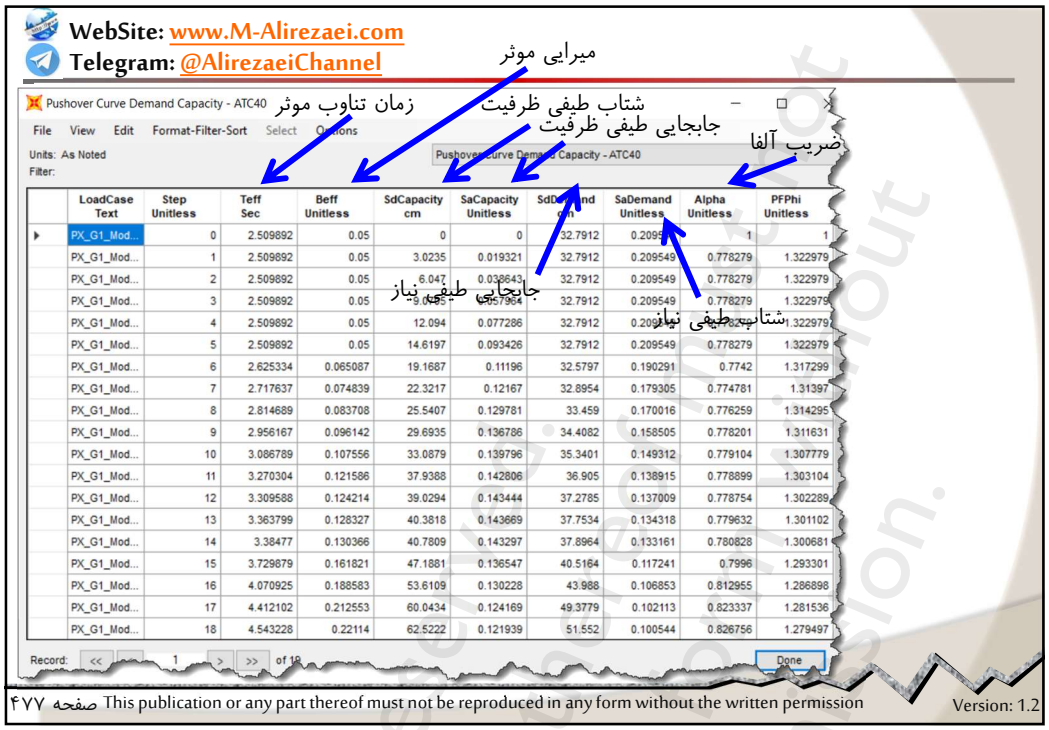
$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 S_a \frac{T_e^2}{4\pi^2} g$$

$$= 1.3109 \times 1 \times 1 \times 0.2155 \times \frac{2.4033^2}{4\pi^2}$$

$$\times 981 = 40.5\ cm$$


WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel
Calculated Items
Edit
Units
Kgf, cm, C
Item
Value
C0 1.3109
C1 1.
C2 1.
C3 1.
Sa 0.2155
Te 2.4033
Ti 2.5099
Ki 740.2236
Ke 807.3744
Alpha 0.3799
R 2.6205
Vy 18159.124
Weight 220792.16
Cm 1.
Done
Sa
T
$S_a = 0.2155$
$T_e = 2.4033$
This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission
Version: 1.2

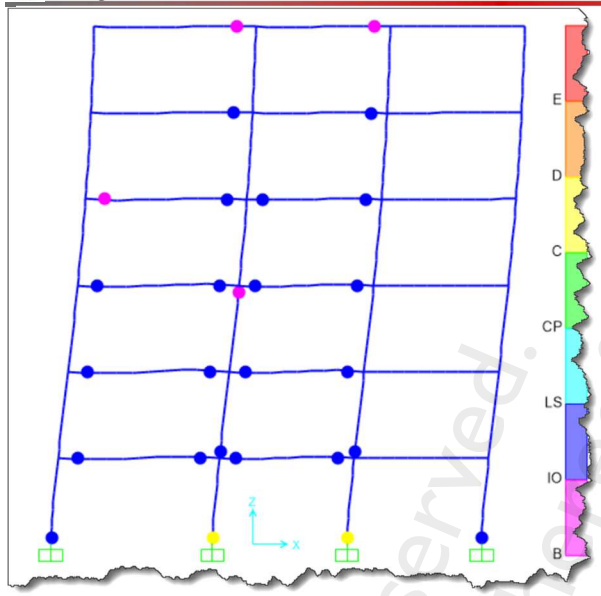

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel
Pushover Curve
File
Static Nonlinear Case
PX_G1_Mode1
Plot Type
ATC-40 Capacity Spectrum
Units
Kgf, cm, C
Spectral Displacement
Spectral Acceleration - g
Current Plot Parameters
A40
Add New Parameters...
Add Copy of Parameters...
Modify/Show Parameters...
Performance Point (V, D)
(24398.187 , 47.983)
Performance Point (Sa, Sd)
(0.142 , 36.413)
Performance Point (Teff, Beff)
(3.213 , 0.117)
Mouse Pointer Location
Horiz
Vert
OK
Cancel
This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission
Version: 1.2



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

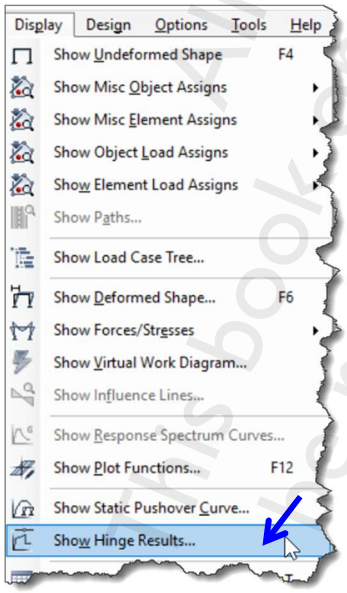
WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel



صفحه ۴۷۹ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2

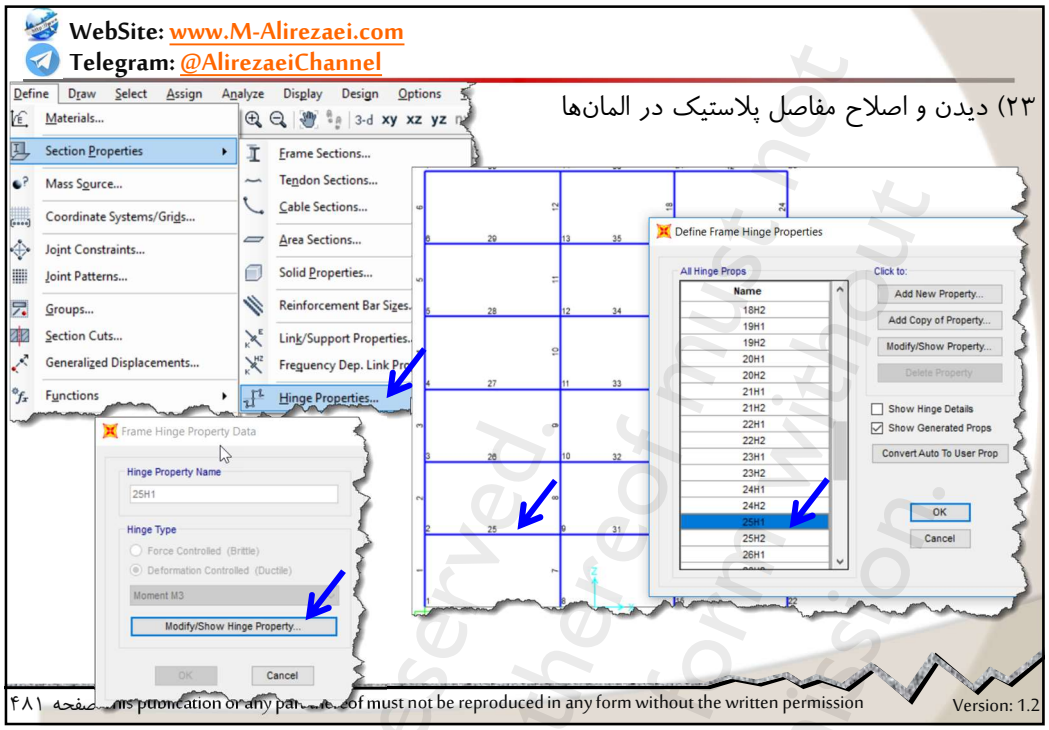
WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

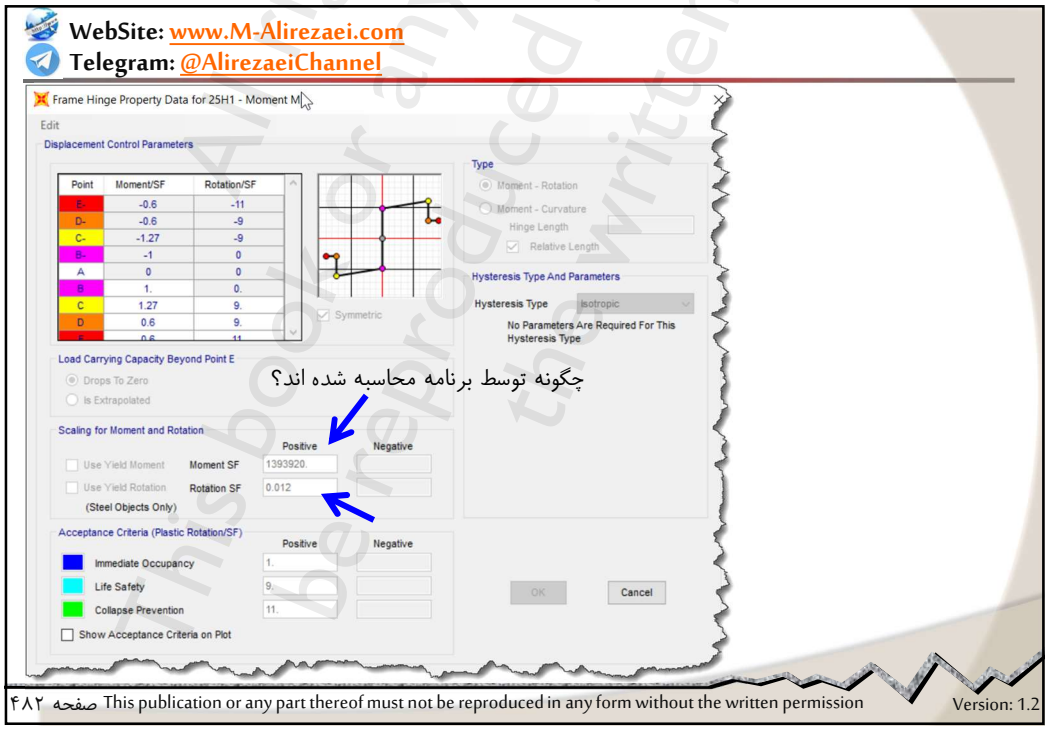
مشاهده رفتار مفاصل



صفحه ۴۸۰ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2

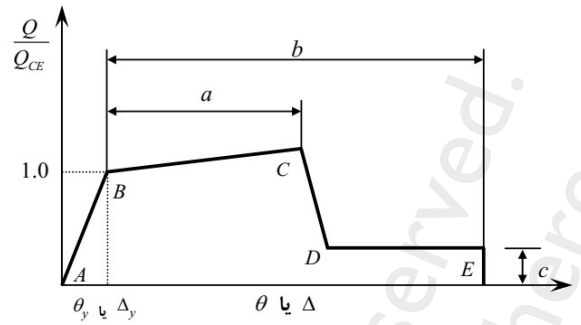
All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.





All rights reserved. This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

در روش استاتیکی غیرخطی به عوض استفاده از نتایج آزمایش یا تحلیل می‌توان از منحنی نیرو- تغییرشکل داده‌شده در شکل (۵-۲)، با مقادیر a، b، c تعریف‌شده در جدول‌های (۵-۳) و (۵-۴) برای اعضای قاب‌های خمشی فولادی استفاده نمود. اثرات سخت‌شدگی کرنشی با درنظرگرفتن شیبی برابر ۳٪ شیب قسمت ارتجاعی درنظرگرفته می‌شود. منظور نمودن شیب بیش‌تر برای قسمت سخت‌شدگی کرنشی فقط با انجام آزمایش، قابل‌قبول می‌باشد. هرگاه در ناحیه‌ی چشمه‌ی اتصال تسلیم برشی رخ دهد، باید از شیب ۶٪ برای سخت‌شدگی کرنشی در ناحیه‌ی چشمه‌ی اتصال استفاده نمود. منظورنمودن شیب بیش‌تر فقط با انجام آزمایش قابل‌قبول است.



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

۲- Q_{CE}، مقاومت مورد انتظار عضو:

الف- در تیرها و ستون‌ها

Q_{CE} عبارت است از ظرفیت خمیری خمشی عضو ،که از روابط (۵-۲) و (۵-۳) محاسبه می‌شود:

(۵-۲) در تیرها

$$Q_{CE} = M_{CE} = ZF_{ye}$$

(۵-۳) در ستون‌ها

$$Q_{CE} = M_{CE} = 1.18ZF_{ye}\left[1-\frac{P}{P_{ye}}\right] \le ZF_{ye}$$

برای تیر IPE270 که در مدل با شماره ۲۵ نامگذاری شده است.

$$Q_{CE} = M_{CE} = 484 \times 2400 \times 1.2 = 1393920\ kg.cm$$

Properties

Cross-section (axial) area	45.9	Section modulus about 3 axis	428.8889
Moment of Inertia about 3 axis	5790.	Section modulus about 2 axis	62.2222
Moment of Inertia about 2 axis	420.	Plastic modulus about 3 axis	484.
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	97.
Shear area in 2 direction	17.82	Radius of Gyration about 3 axis	11.2314
Shear area in 3 direction	22.95	Radius of Gyration about 2 axis	3.025
Torsional constant	15.9	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

$$\theta_y = \frac{ZF_{ye}l_b}{6EI_b}$$ (۵-۵) در تیرها

$$\theta_y = \frac{ZF_{ye}l_c}{6EI_c}\left[1-\frac{P}{P_{y_e}}\right]$$ (۵-۶) در ستون‌ها

در روابط فوق:

E : ضریب ارتجاعی؛

I_c, I_b : به ترتیب لنگر اینرسی تیر و ستون؛

l_b : طول تیر ؛

l_c : ارتفاع ستون ؛

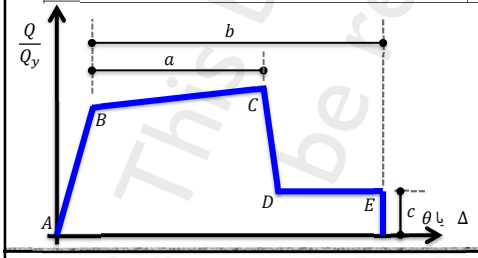
$$\theta_y = \frac{ZF_{ye}l_b}{6EI_b} = \frac{484 \times 2400 \times 1.2 \times 600}{6 \times 2 \times 10^6 \times 5790} = 0.01203$$

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

جدول (۵-۳): پارامترهای مدل‌سازی و معیارهای پذیرش در روش‌های غیرخطی- اجزای سازه‌ی فولادی

جزء/ تلاش	پارامترهای مدل‌سازی: زاویه‌ی چرخش خمیری، رادیان a	b	نسبت تنش پس‌ماند c	معیارهای پذیرش: زاویه‌ی چرخش خمیری، رادیان: کلیه‌ی اعضا IO	اعضای اصلی[۱۳] LS	اعضای اصلی CP	اعضای غیراصلی LS	اعضای غیراصلی CP
تیرها – در خمش[۱۵]								
الف: $\frac{h}{t_w} \le 2.45\sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$ ، $\frac{b_f}{2t_f} \le 0.3\sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$	۹θ_y	۱۱θ_y	۰/۶	θ_y	۶θ_y	۸θ_y	۹θ_y	۱۱θ_y
ب: $3.75\sqrt{\frac{E}{F_{ye}}} \le \frac{h}{t_w} \le 5.7\sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$ یا $0.38\sqrt{\frac{E}{F_{ye}}} \le \frac{b_f}{2t_f} \le 0.76\sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$	۴۰θ_y	۶۰θ_y	۰/۲	۰/۲۵θ_y	۲θ_y	۳θ_y	۳θ_y	۴θ_y
پ: مقادیر $\frac{h}{t_w}$ یا $\frac{b_f}{2t_f}$ بین مقادیر داده‌شده در ردیف الف و ب	با استفاده از درون‌یابی خطی و کوچک‌ترین مقدار حاصل							
ت: $\frac{h}{t_w} \ge 5.7\sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$ ، $\frac{b_f}{2t_f} \ge 0.76\sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$	رفتار نیروکنترل							



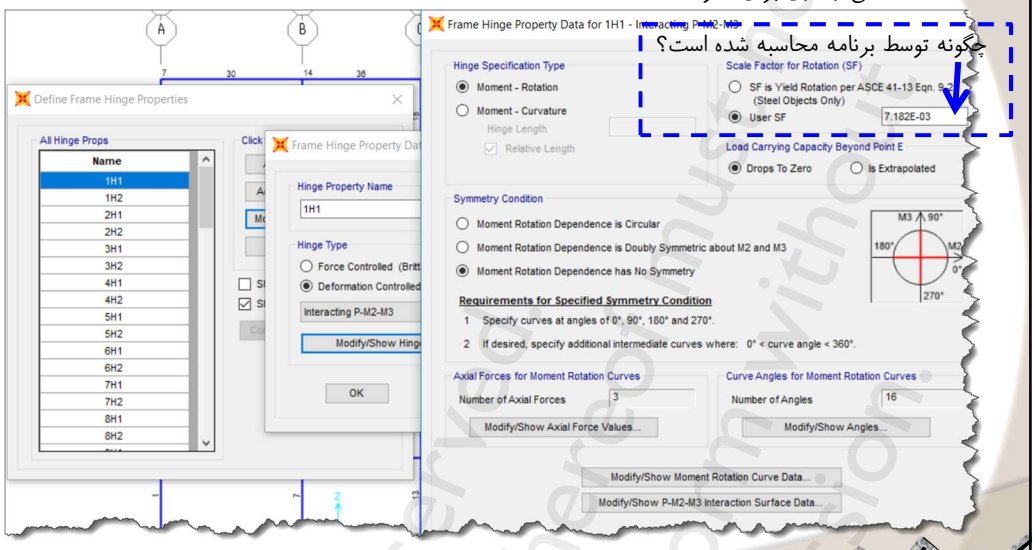
$$\frac{b_f}{2t_f} = \frac{13.5}{2 \times 1.02} = 6.61 \le 0.3\sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$$

$$= \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2880}} = 7.9$$

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission. All rights reserved.

مشخصات منحنی رفتاری برای ستون‌ها:



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

(۵-۵) در تیرها

$$\theta_y = \frac{ZF_{ye}l_b}{6EI_b}$$

(۵-۶) در ستون‌ها

$$\theta_y = \frac{ZF_{ye}l_c}{6EI_c}\left[1-\frac{P}{P_{ye}}\right]$$

در روابط فوق:

E : ضریب ارتجاعی؛

I_c, I_b : به ترتیب لنگر اینرسی تیر و ستون؛

l_b : طول تیر ؛

l_c : ارتفاع ستون ؛

P : نیروی محوری عضو در تغییرمکان هدف در تحلیل استاتیکی غیرخطی، یا در مرحله‌ی آغاز محاسبات در تحلیل دینامیکی غیرخطی؛

P_{ye} : نیروی محوری حد تسلیم مورد انتظار در عضو = $A_g F_{ye}$؛

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

برای IPB240 داریم:

برنامه با فرض P=0 مقدار دوران تسلیم را تعیین میکند.

Dimensions

Outside height (t3)	24.
Top flange width (t2)	24.
Top flange thickness (tf)	1.7
Web thickness (tw)	1.
Bottom flange width (t2b)	24.
Bottom flange thickness (tfb)	1.7

Properties

Cross-section (axial) area	106.	Section modulus about 3 axis	938.3333
Moment of Inertia about 3 axis	11260.	Section modulus about 2 axis	326.9167
Moment of Inertia about 2 axis	3923.	Plastic modulus about 3 axis	1053.
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	498.
Shear area in 2 direction	24.	Radius of Gyration about 3 axis	10.3066
Shear area in 3 direction	68.	Radius of Gyration about 2 axis	6.0835
Torsional constant	104.	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

$$\text{Beams:}\quad \theta_y = \frac{ZF_{ye}l_b}{6EI_b} \qquad (9\text{-}1)$$

$$\text{Columns:}\quad \theta_y = \frac{ZF_{ye}l_c}{6EI_c}\left(1-\frac{P}{P_{ye}}\right) \qquad (9\text{-}2)$$

منحنی رفتاری ستون‌ها به P بستگی دارد، بنابراین باید یک تحلیل اولیه صورت گرفته تا نیروی محوری ستون تعیین شود.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

با توجه به آنکه ضریب مقیاس در SAP2000 با فرض P=0 محاسبه میشود، مقدار SF برابر است با:

$$SF = \frac{ZF_{ye}l_c}{6EI_c} = \frac{1053 \times 2400 \times 1.2 \times 320}{6 \times 2 \times 10^6 \times 11260} = 0.00718$$

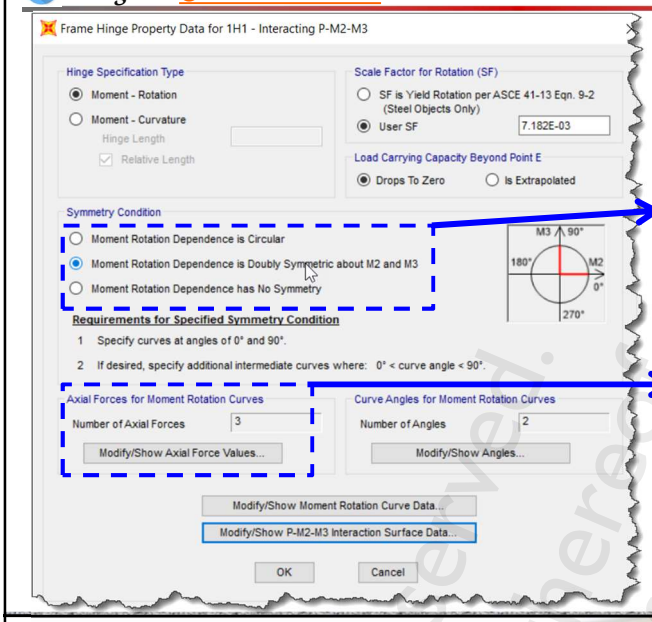
محور افقی در نمودار لنگر دوران، براساس Rotation/SF است، بنابراین:

$$\frac{Rotarion}{SF} = \frac{\frac{ZF_{ye}l_c}{6EI_c}\left[1-\frac{P}{P_{ye}}\right]}{\frac{ZF_{ye}l_c}{6EI_c}} = \left(1-\frac{P}{P_{ye}}\right)$$

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission. All rights reserved

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel



در این بخش مشخص کنید منحنی اندرکنشی دارای تقارن است یا نه

معمولا گزینه دوم مناسب است.

در این بخش تعداد نیروهای محوری برای تشکیل منحنی اندرکنشی مشخص شده است.. نشریه ۳۶۰ سه محدود را در نظر میگیرد.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

ستون‌ها – در خمش (حول محور با مصالح)

برای $P / P_{CL} \le 0.2$

الف: $\frac{h}{t_w} \le 1.76 , \frac{b_f}{2t_f} \le 0.3\sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$	$۹\theta_y$	$۱۱\theta_y$	۰/۶	θ_y	$۶\theta_y$	$۸\theta_y$	$۹\theta_y$	$۱۱\theta_y$
ب: $2.7\sqrt{\frac{E}{F_{ye}}} \le \frac{h}{t_w} \le 4.4\sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$ یا $0.38\sqrt{\frac{E}{F_{ye}}} \le \frac{b_f}{2t_f} \le 0.76\sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$	$۴\theta_y$	$۶\theta_y$	۰/۲	$۰/۲۵\theta_y$	$۲\theta_y$	$۳\theta_y$	$۳\theta_y$	$۴\theta_y$
پ: مقادیر $\frac{h}{t_w}$ یا $\frac{b_f}{2t_f}$ بین مقادیر داده‌شده در ردیف الف و ب	با استفاده از درون‌یابی خطی و کوچک‌ترین مقدار حاصل							
ت: $\frac{h}{t_w} \ge 4.4\sqrt{\frac{E}{F_{ye}}} , \frac{b_f}{2t_f} \ge 0.76\sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$	رفتار نیروکنترل							

برای $0.2 < P / P_{CL} \le 0.50$

الف: $\frac{h}{t_w} \le 1.52\sqrt{\frac{E}{F_{ye}}} , \frac{b_f}{2t_f} \le 0.3\sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$	۳___	۴___	۰/۲	$۰/۲۵\theta_y$	۵___	۳___	۶___	۴___
ب: $2.34\sqrt{\frac{E}{F_{ye}}} \le \frac{h}{t_w} \le 3.8\sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$ یا $0.38\sqrt{\frac{E}{F_{ye}}} \le \frac{b_f}{2t_f} \le 0.76\sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$	θ_y	$۱/۵\theta_y$	۰/۲	$۰/۲۵\theta_y$	$۰/۵\theta_y$	$۰/۸\theta_y$	$۱/۲\theta_y$	$۱/۲\theta_y$
پ: مقادیر $\frac{h}{t_w}$ یا $\frac{b_f}{2t_f}$ بین مقادیر داده‌شده در ردیف الف و ب	با استفاده از درون‌یابی خطی و کوچک‌ترین مقدار حاصل							
ت: $\frac{h}{t_w} \ge 3.8\sqrt{\frac{E}{F_{ye}}} , \frac{b_f}{2t_f} \ge 0.76\sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$	رفتار نیروکنترل							

برای $P_{UF} / P_{CL} > 0.5$ رفتار نیروکنترل

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

Table 9-6. Modeling Parameters and Acceptance Criteria for Nonlinear Procedures—Structural Steel Components

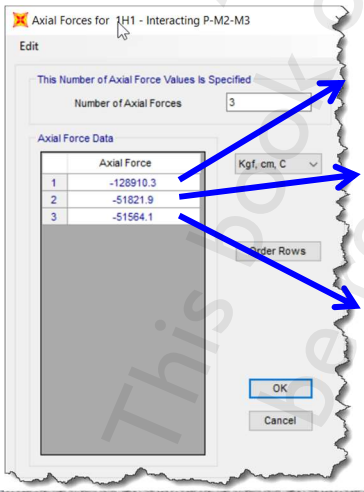
Component or Action	Modeling Parameters: Plastic Rotation Angle, Radians, *a*	Modeling Parameters: Plastic Rotation Angle, Radians, *b*	Modeling Parameters: Residual Strength Ratio, *c*	Acceptance Criteria: Plastic Rotation Angle, Radians, IO	Acceptance Criteria: Plastic Rotation Angle, Radians, LS	Acceptance Criteria: Plastic Rotation Angle, Radians, CP
Beams—Flexure						
a. $\frac{b_f}{2t_f} \le \frac{52}{\sqrt{F_{ye}}}$ and $\frac{h}{t_w} \le \frac{418}{\sqrt{F_{ye}}}$	$9\theta_y$	$11\theta_y$	0.6	$1\theta_y$	$9\theta_y$	$11\theta_y$
b. $\frac{b_f}{2t_f} \ge \frac{65}{\sqrt{F_{ye}}}$ or $\frac{h}{t_w} \ge \frac{640}{\sqrt{F_{ye}}}$	$4\theta_y$	$6\theta_y$	0.2	$0.25\theta_y$	$3\theta_y$	$4\theta_y$
c. Other	Linear interpolation between the values on lines a and b for both flange slenderness (first term) and web slenderness (second term) shall be performed, and the lower resulting value shall be used					
Columns—Flexure[a,b]						
For $P/P_{CL} < 0.2$						
a. $\frac{b_f}{2t_f} \le \frac{52}{\sqrt{F_{ye}}}$ and $\frac{h}{t_w} \le \frac{300}{\sqrt{F_{ye}}}$	$9\theta_y$	$11\theta_y$	0.6	$1\theta_y$	$9\theta_y$	$11\theta_y$
b. $\frac{b_f}{2t_f} \ge \frac{65}{\sqrt{F_{ye}}}$ or $\frac{h}{t_w} \ge \frac{460}{\sqrt{F_{ye}}}$	$4\theta_y$	$6\theta_y$	0.2	$0.25\theta_y$	$3\theta_y$	$4\theta_y$
c. Other	Linear interpolation between the values on lines a and b for both flange slenderness (first term) and web slenderness (second term) shall be performed, and the lower resulting value shall be used					
For $0.2 \le P/P_{CL} \le 0.5$						
a. $\frac{b_f}{2t_f} \le \frac{52}{\sqrt{F_{ye}}}$ and $\frac{h}{t_w} \le \frac{260}{\sqrt{F_{ye}}}$	—[c]	—[d]	0.2	$0.25\theta_y$	—[e]	—[d]
b. $\frac{b_f}{2t_f} \ge \frac{65}{\sqrt{F_{ye}}}$ or $\frac{h}{t_w} \ge \frac{400}{\sqrt{F_{ye}}}$	$1\theta_y$	$1.5\theta_y$	0.2	$0.25\theta_y$	$1.2\theta_y$	$1.2\theta_y$
c. Other	Linear interpolation between the values on lines a and b for both flange slenderness (first term) and web slenderness (second term) shall be performed, and the lower resulting value shall be used					

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

از روابط صفحه ۴۸ مبحث دهم، مقدار P_C تعیین شود. سطوح نیرویی انتخاب شده برای نیروی محوری ضرایبی از $0.2P_C$، $0.201P_C$ و $0.5P_C$ است.

$$P_C = -257820\ kg$$



$$0.5P_C = -128910.3\ kg$$

$$0.201P_C = -51821.9\ kg$$

$$0.2P_C = -51564.1\ kg$$

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

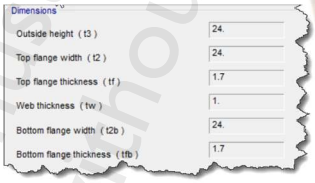
برای هر یک از نیروهای بدست آمده در اسلاید قبل، پارامترهای طراحی مشخص میشوند.

۱) برای نیروی $0.5P_C$ داریم:

$$0.5P_C = -128910.3\ kg$$

$$F_{ye} = 106 \times 1.2 \times 2400 = 305280\ kg$$

$$\frac{Rotarion}{SF} = \left(1 - \frac{P}{P_{ye}}\right) = \left(1 - \frac{128910.3}{305280}\right) = 0.577$$



$$\frac{b_f}{2t_f} = \frac{24}{2 \times 1.7} = 7.058 \le 0.3\sqrt{\frac{E}{F_{ye}}} = \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2880}} = 7.9$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{24 - 2 \times 1.7}{1} = 20.6 \le 1.52\sqrt{\frac{E}{F_{ye}}} = \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2880}} = 40$$

پس باید از ردیف الف جدول ۵-۳ نشریه ۳۶۰ استفاده نمود.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

جزء/ تلاش	پارامترهای مدل‌سازی: زاویه‌ی چرخش خمیری، رادیان a	b	نسبت تنش پس‌ماند c	معیارهای پذیرش: زاویه‌ی چرخش خمیری، رادیان: کلیه‌ی اعضا IO	اعضای اصلی [۱۲] LS	اعضای اصلی [۱۲] CP	اعضای غیراصلی LS	اعضای غیراصلی CP
ستون‌ها – در خمش (حول محور یا مصالح) [۱]								
برای $P / P_{CL} \le 0.2$								
الف: $\frac{h}{t_w} \le 1.76$ ، $\frac{b_f}{2t_f} \le 0.3\sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$	$9\theta_y$	$11\theta_y$	۰/۶	θ_y	$6\theta_y$	$8\theta_y$	$9\theta_y$	$11\theta_y$
ب: $2.7\sqrt{\frac{E}{F_{ye}}} \le \frac{h}{t_w} \le 4.4\sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$ یا $0.38\sqrt{\frac{E}{F_{ye}}} \le \frac{b_f}{2t_f} \le 0.76\sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$	$4\theta_y$	$6\theta_y$	۰/۲	$0.25\theta_y$	$2\theta_y$	$3\theta_y$	$3\theta_y$	$4\theta_y$
پ: مقادیر $\frac{h}{t_w}$ یا $\frac{b_f}{2t_f}$ بین مقادیر داده‌شده در ردیف الف و ب	با استفاده از درون‌یابی خطی و کوچک‌ترین مقدار حاصل							
ت: $\frac{h}{t_w} \ge 4.4\sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$ ، $\frac{b_f}{2t_f} \ge 0.76\sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$	رفتار نیروکنترل							
برای $0.2 < P / P_{CL} \le 0.50$								
الف: $\frac{h}{t_w} \le 1.52\sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$ ، $\frac{b_f}{2t_f} \le 0.3\sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$	[۳]----	[۴]----	۰/۲	$0.25\theta_y$	[۵]----	[۳]----	[۶]----	[۴]----
ب: $2.34\sqrt{\frac{E}{F_{ye}}} \le \frac{h}{t_w} \le 3.8\sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$ یا $0.38\sqrt{\frac{E}{F_{ye}}} \le \frac{b_f}{2t_f} \le 0.76\sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$	θ_y	$1.5\theta_y$	۰/۲	$0.25\theta_y$	$0.5\theta_y$	$0.8\theta_y$	$1/2\theta_y$	$1/2\theta_y$
پ: مقادیر $\frac{h}{t_w}$ یا $\frac{b_f}{2t_f}$ بین مقادیر داده‌شده در ردیف الف و ب	با استفاده از درون‌یابی خطی و کوچک‌ترین مقدار حاصل							
ت: $\frac{h}{t_w} \ge 3.8\sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$ ، $\frac{b_f}{2t_f} \ge 0.76\sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$	رفتار نیروکنترل							
برای $P_{UF} / P_{CL} > 0.5$	رفتار نیروکنترل							

۳- $11(1-1.7P/P_{CL})\theta_y$

۴- $17(1-1.7P/P_{CL})\theta_y$

$$a = 11\left(1 - 1.7\frac{P}{P_C}\right)\theta_y = 1.65\theta_y$$

$$b = 17\left(1 - 1.7\frac{P}{P_C}\right)\theta_y = 2.55\theta_y$$

$$c = 0.2$$

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without permission.

$$IO = 0.25\theta_y$$

$$LS = 14\left(1 - 1.7\frac{P}{P_C}\right)\theta_y = 2.1\theta_y$$

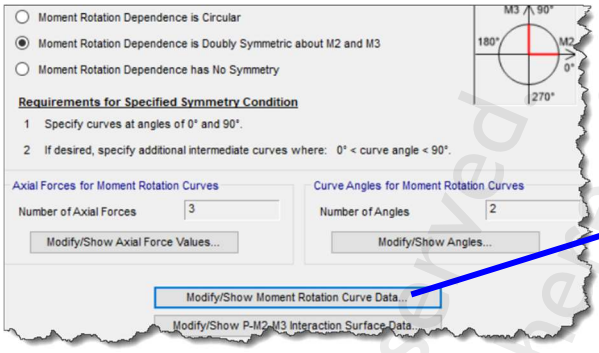
$$CP = 17\left(1 - 1.7\frac{P}{P_C}\right)\theta_y = 2.55\theta_y$$

۳- $11(1-1.7P/P_{CL})\theta_y$

۴- $17(1-1.7P/P_{CL})\theta_y$

۵- $8(1-1.7P/P_{CL})\theta_y$

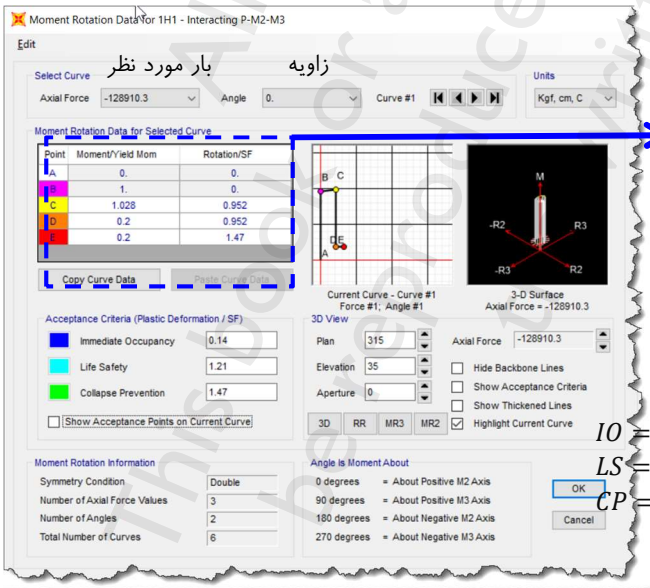
۶- $14(1-1.7P/P_{CL})\theta_y$



حال برای اصلاح مقادیر روی این قسمت کلیک کنید.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel



$a = 1.65\theta_y = 1.65 \times 0.577 = 0.952$

$b = 2.55\theta_y = 2.55 \times 0.577 = 1.47$

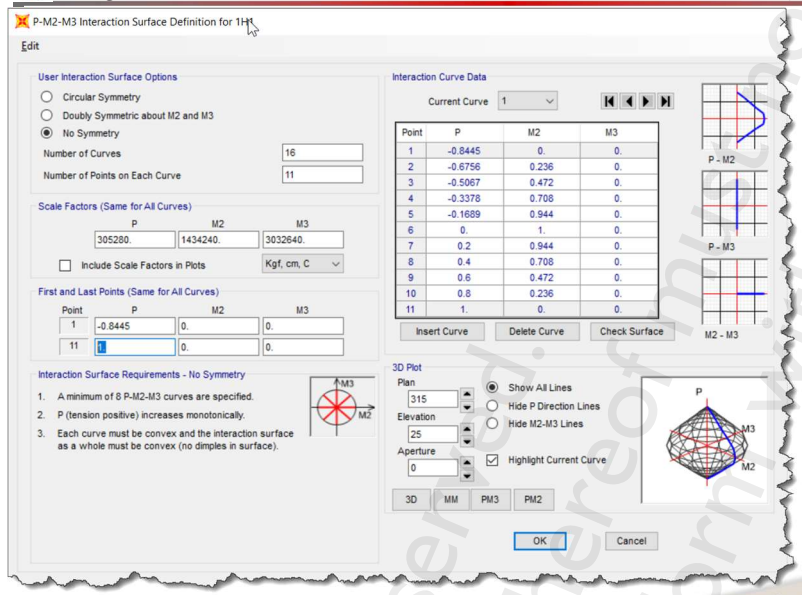
$IO = 0.25\theta_y = 0.25 \times 0.577 = 0.14$

$LS = 2.1\theta_y = 2.1 \times 0.577 = 1.21$

$CP = 2.55\theta_y = 2.55 \times 0.577 = 1.47$

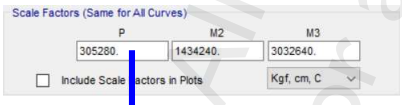
 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced in any form without the written permission.

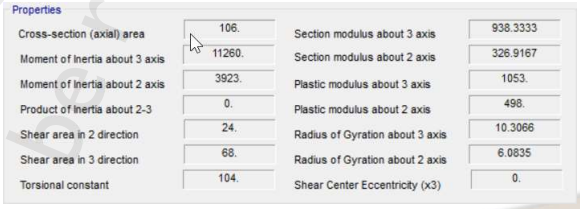


 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel



$$P = AF_{ye} = 106 \times 1.2 \times 2400 = 305280\ kg$$
$$M2 = Z_{22}F_{ye} = 498 \times 1.2 \times 2400 = 1434240\ kg.cm$$
$$M3 = Z_{33}F_{ye} = 1053 \times 1.2 \times 2400 = 3032640\ kg.cm$$



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

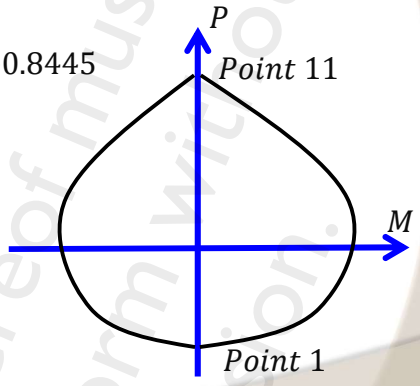
WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

First and Last Points (Same for All Curves)

Point	P	M2	M3
1	-0.8445	0.	0.
11	1.	0.	0.

$$P(Point\ 11) = \frac{P_{ye}}{SF(axial)} = \frac{305280}{305280} = 1$$

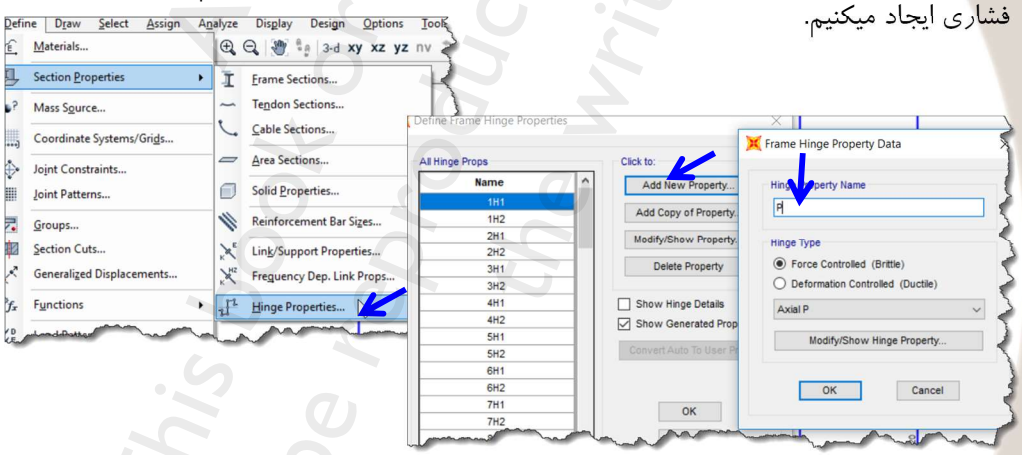
$$P(Point\ 1) = \frac{P_{cl}}{SF(axial)} = \frac{-257820}{305280} = -0.8445$$



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

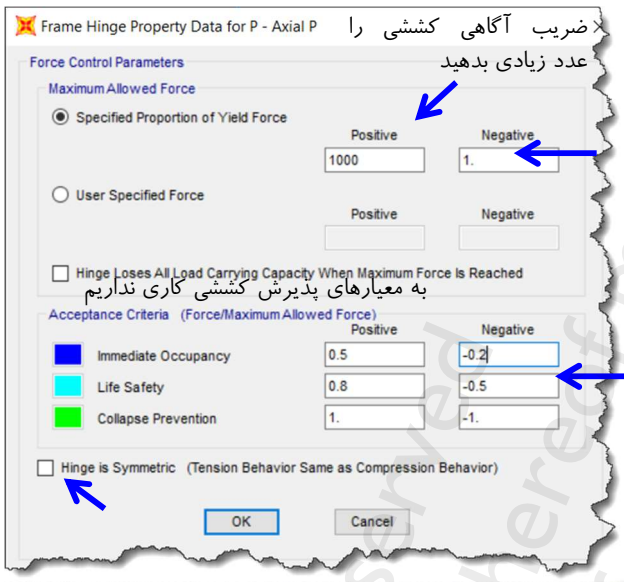
WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

برای ایجاد مفصل ستون بصورت نیرو کنترل: برای این منظور یک مفصل به اسم P با رفتار صرفا فشاری ایجاد میکنیم.



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.



ضریب آگاهی کششی را عدد زیادی بدهید

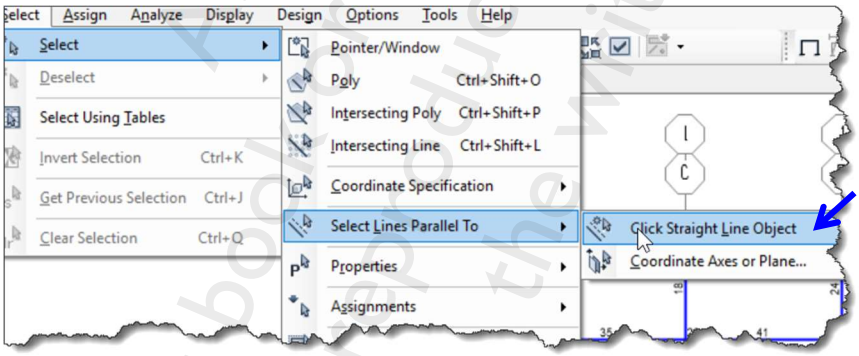
به معیارهای پذیرش کششی کاری نداریم

معیارهای پذیرش فشاری مطابق این روند تکمیل کنید

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

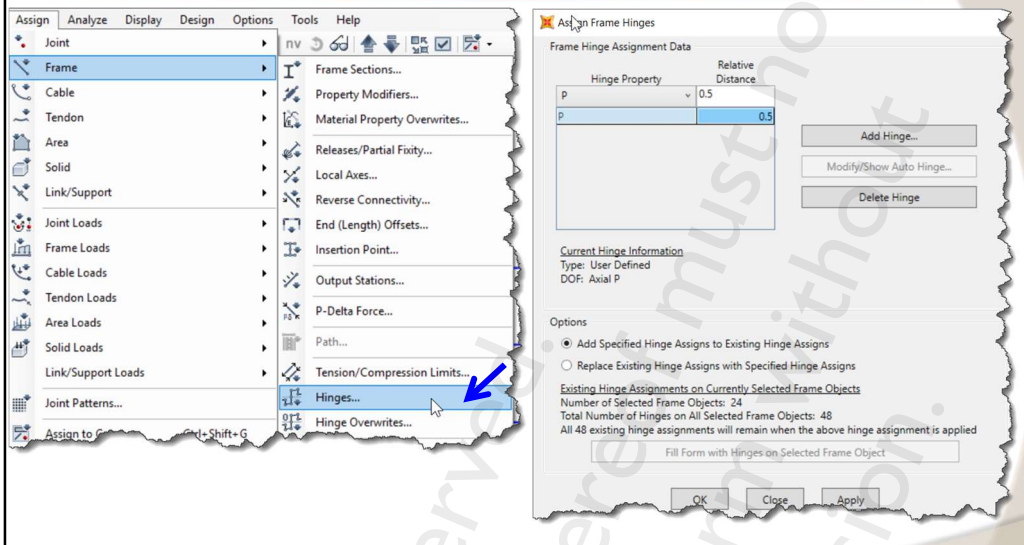
WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

حال ستون‌ها را انتخاب و این مفصل به ستون‌ها اختصاص داده شود.



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

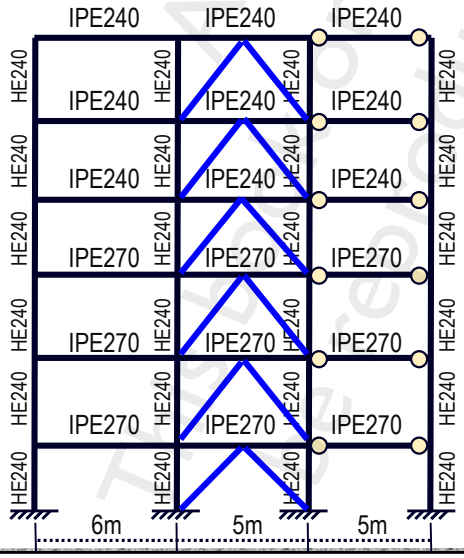
WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel



صفحه ۵۰۵ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

مثال ۴) تحلیل استاتیکی غیرخطی ساخت غیرمرحله ای یک سازه فولادی قاب خمشی و مهاربندی شده همگرا. فرض کنید تیرها و ستون‌ها موجود هستند.



نوع خاک: II

ارتفاع طبقات 3.2 m

نوع فولاد S235JR

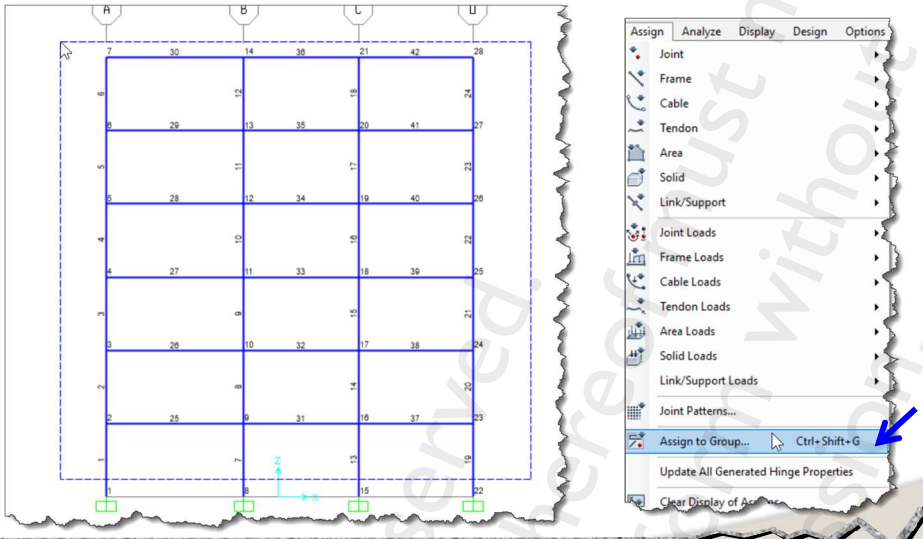
شدت بار مرده روی تیرها 2t/m و زنده 1t/m

مقطع مهاربندها 2UNP100 در تمام طبقات

صفحه ۵۰۶ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2

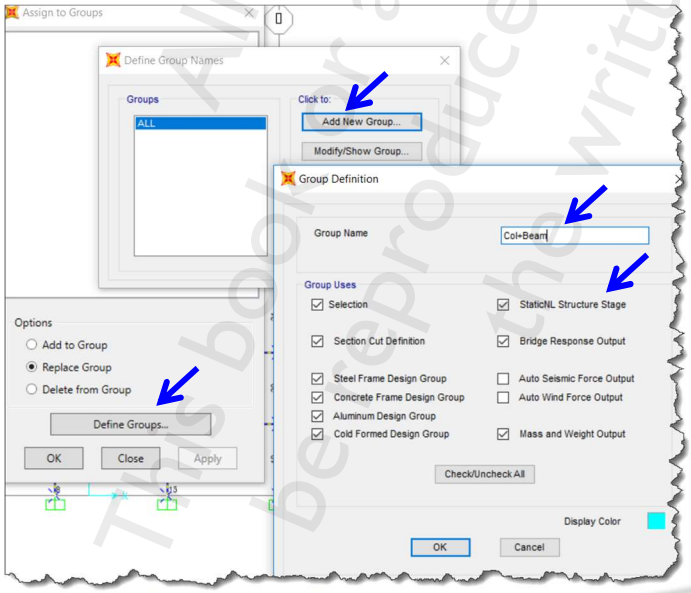
WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

از مدل ساخته شده در قبل استفاده میکنیم، تیرها و ستون‌ها را انتخاب و آنها را در یک گروه قرار میدهیم:



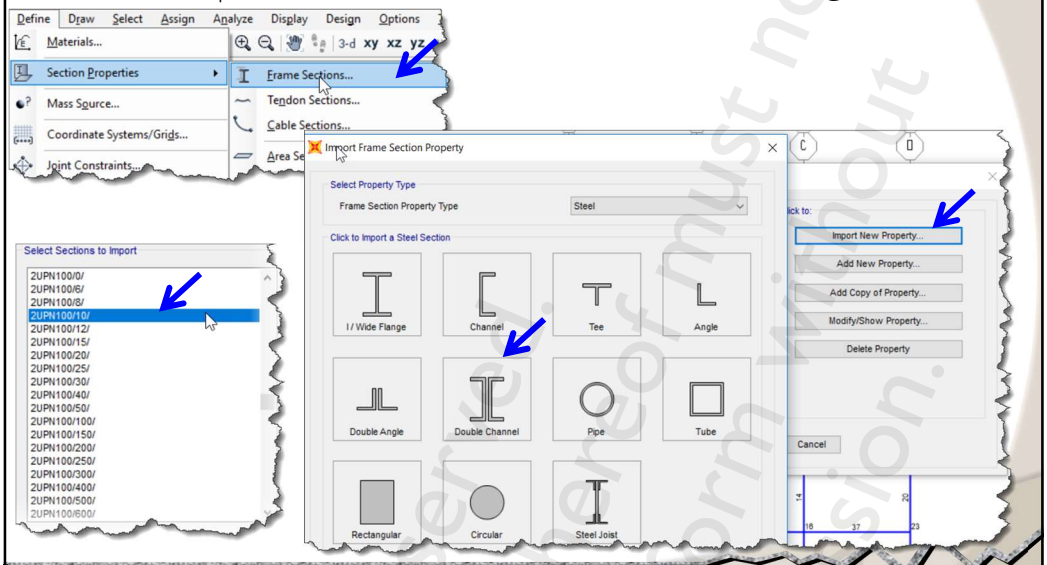
This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

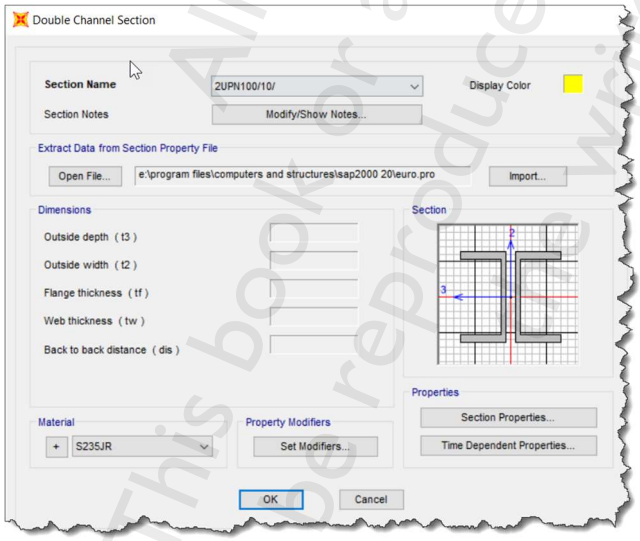


This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

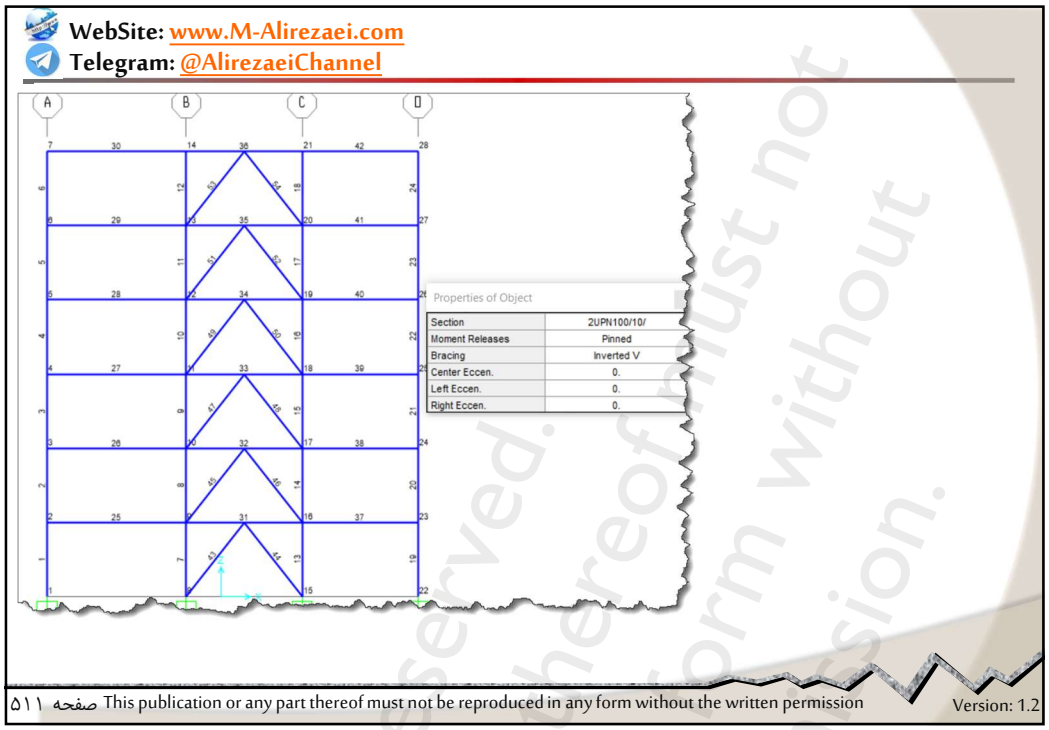
حال مهاربندهایی با مقطع 2UNP100 به مدل اضافه نموده و آناه را نیز در یک گروه قرار میدهیم.

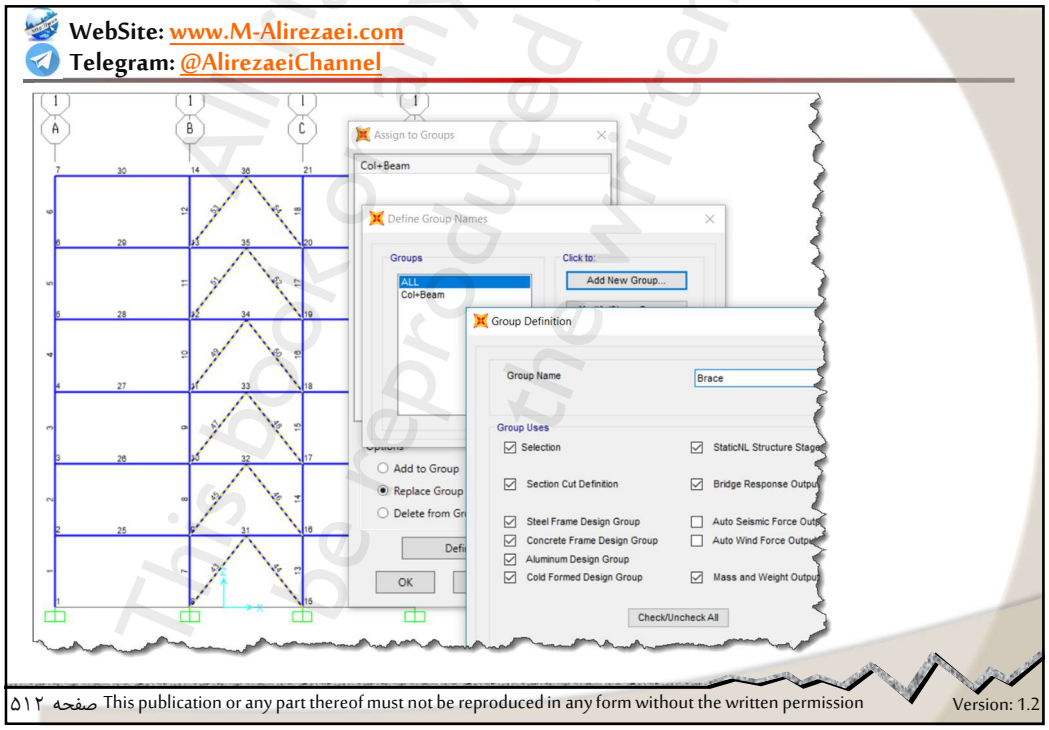


This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission



This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

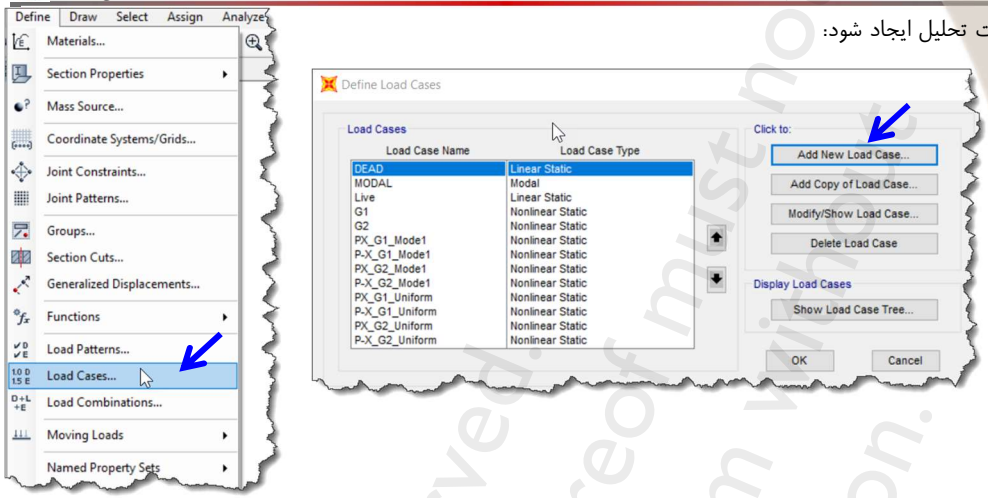




All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

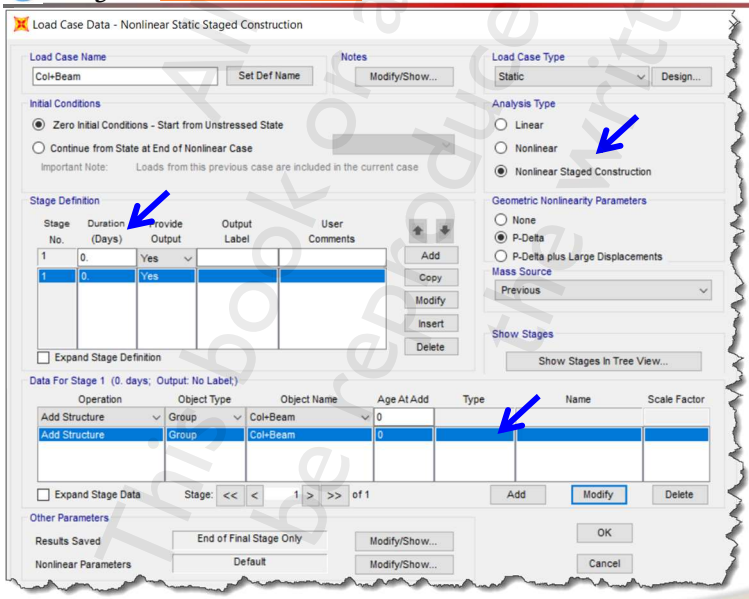
WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

حالت تحلیل ایجاد شود:

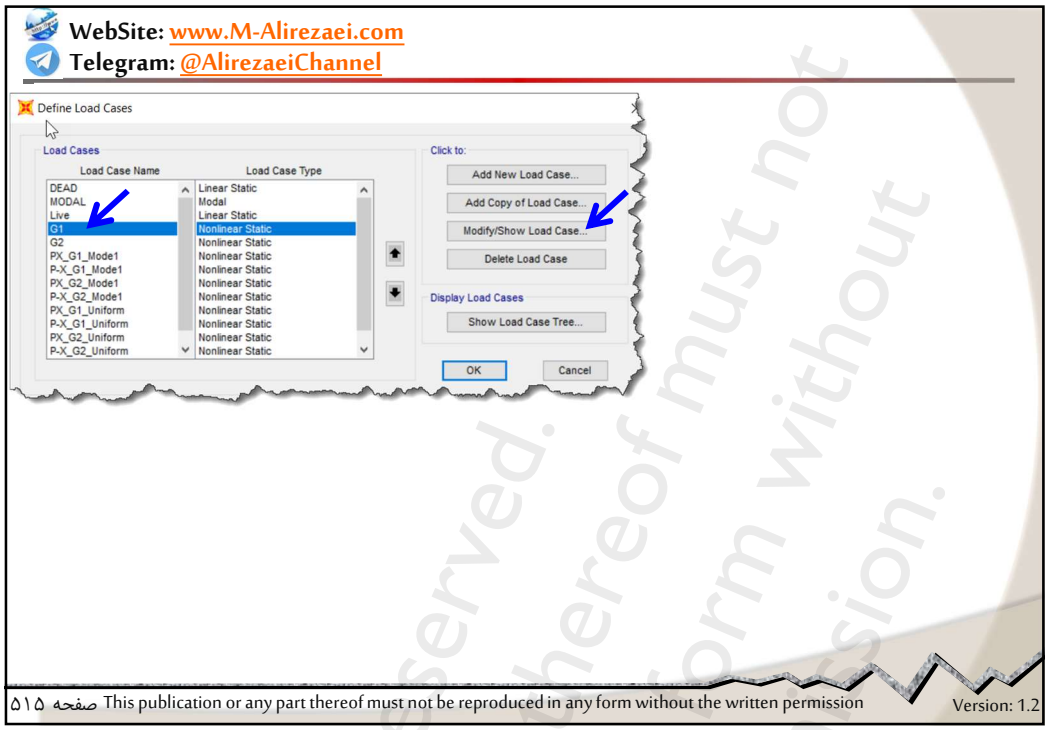


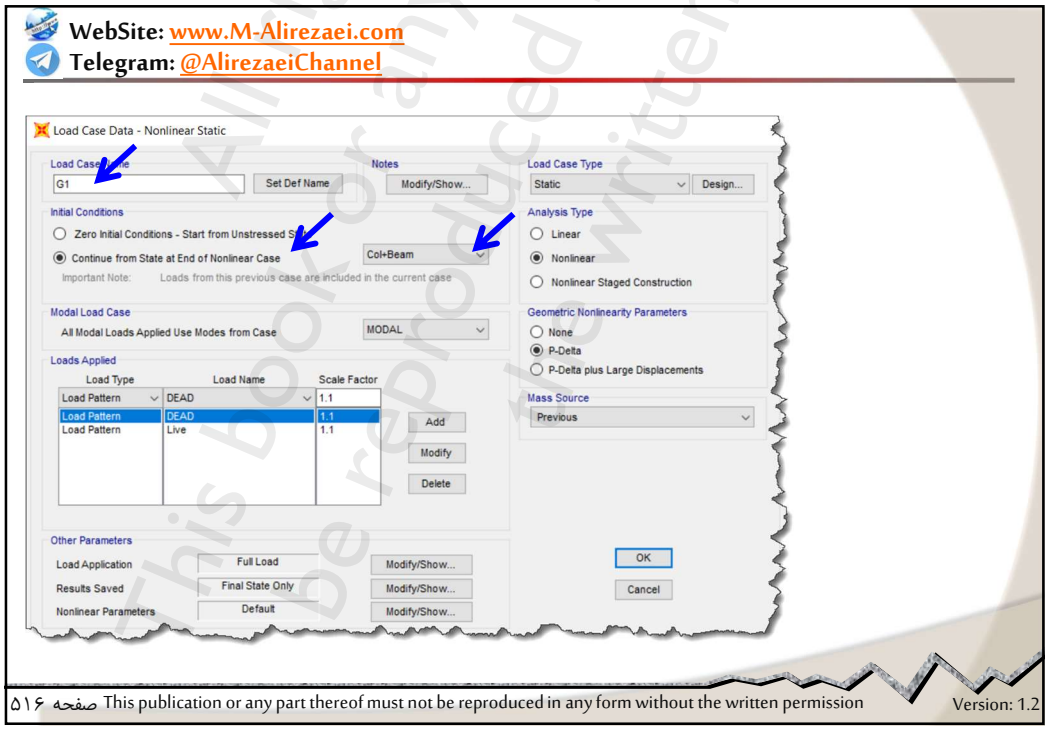
 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

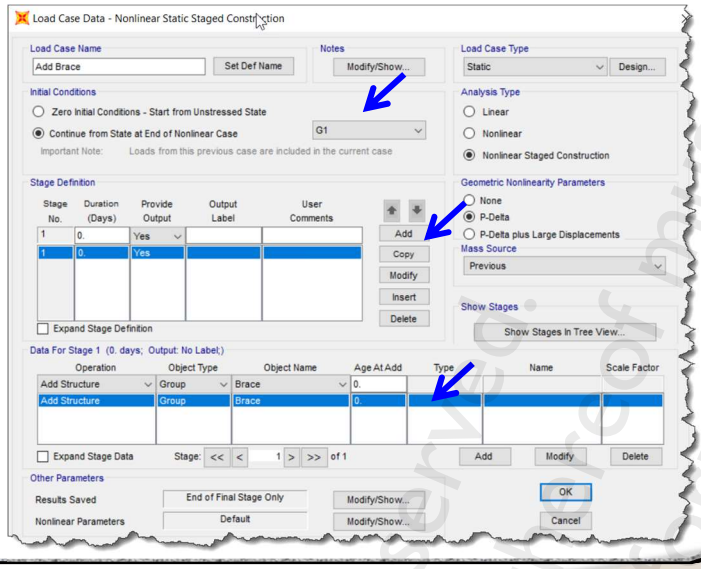




All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

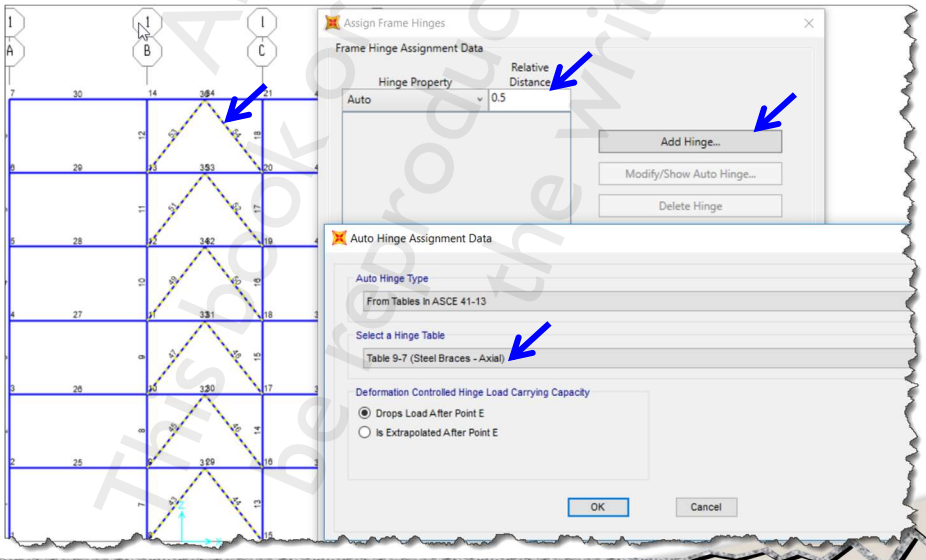
حال حالت تحلیل بعد از اضافه شدن مهاربندها به مدل اضافه شود.



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

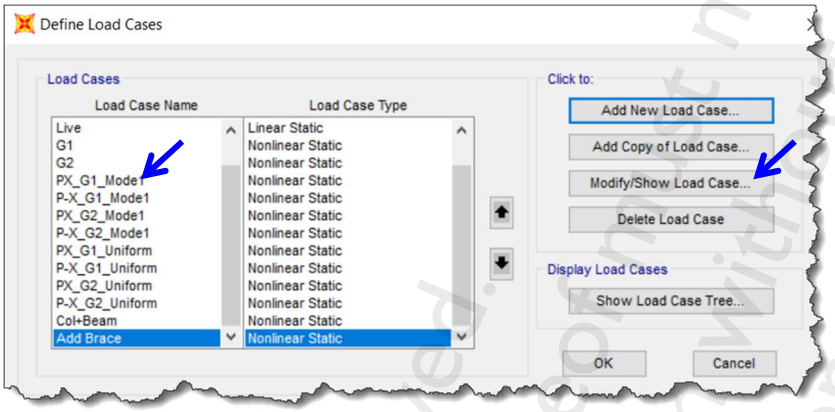
مهاربندها را انتخاب و به آنها مفصل پلاستیک اختصاص دهید.



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

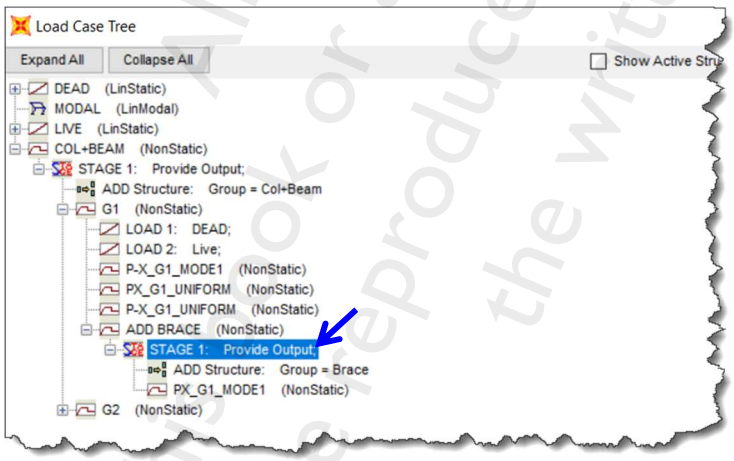
WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

حالت تحلیل‌های پوش را بعد از اضافه کردن مهاربندها قرار دهید.



This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

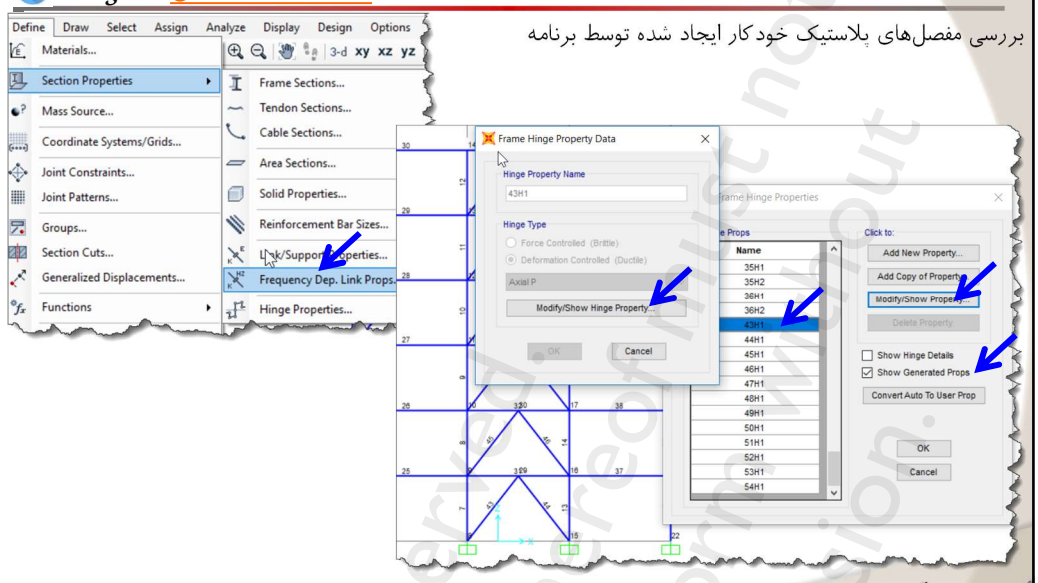
WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel



This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

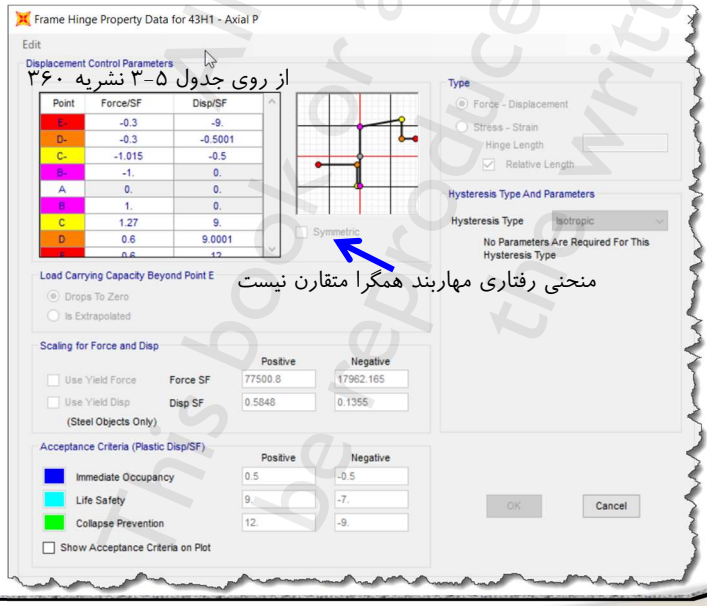
بررسی مفصل‌های پلاستیک خودکار ایجاد شده توسط برنامه



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

از روی جدول ۵-۳ نشریه ۳۶۰



منحنی رفتاری مهاربند همگرا متقارن نیست

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

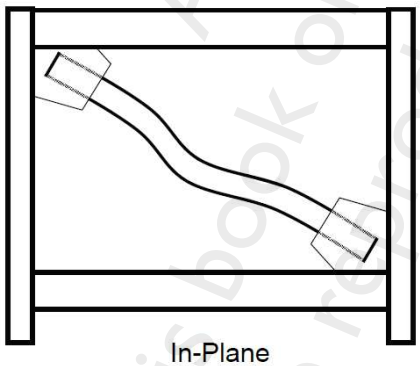
از کجا باید بدانیم کمانش داخل صفحه است یا خارج از صفحه؟

جدول (۵-۴): پارامترهای مدل‌سازی و معیارهای پذیرش در روش‌های غیرخطی–اجزای سازه‌ی فولادی

جزء/ تلاش	پارامترهای مدل‌سازی [۱ و ۲]			معیارهای پذیرش					
	تغییرشکل خمیری		نسبت تنش پس‌ماند	تغییرشکل خمیری					
				کلیدی اعضا	اعضای اصلی [۶]		اعضای غیراصلی		
	a	b	c	IO	CP	LS	CP	LS
تیرها و ستون‌ها در کشش (به استثنای تیروستون‌های قاب با مهاربندی واگرا)	۵ Δ_T	۷ Δ_T	۰/۰	۰/۲۵ Δ_T	۵ Δ_T	۳ Δ_T	۶ Δ_T	۷ Δ_T
مهاربند فشاری (به استثنای مهاربندهای واگرا) [۵]								
برای $\frac{Kl}{r} \geq 4.2\sqrt{E/F_{ye}}$								
الف: زوج نبشی و زوج ناودانی کمانش داخل صفحه [۳]	۰/۵ Δ_C	۱۰ Δ_C	۰/۳	۰/۲۵ Δ_C	۶/۰ Δ_C	۸/۰ Δ_C	۸/۰ Δ_C	۱۰/۰ Δ_C
ب: زوج نبشی و زوج ناودانی کمانش خارج صفحه [۳]	۰/۵ Δ_C	۹ Δ_C	۰/۳	۰/۲۵ Δ_C	۵/۰ Δ_C	۷/۰ Δ_C	۷/۰ Δ_C	۹/۰ Δ_C
پ: مقطع Z یا I	۰/۵ Δ_C	۱۰ Δ_C	۰/۳	۰/۲۵ Δ_C	۶/۰ Δ_C	۸/۰ Δ_C	۸/۰ Δ_C	۱۰/۰ Δ_C
ت: مقطع قوطی و مقاطع لوله‌ای شکل	۰/۵ Δ_C	۹ Δ_C	۰/۳	۰/۲۵ Δ_C	۵/۰ Δ_C	۷/۰ Δ_C	۷/۰ Δ_C	۹/۰ Δ_C
برای $\frac{Kl}{r} \leq 2.1\sqrt{E/F_{ye}}$ [۴]								
الف: زوج نبشی و زوج ناودانی کمانش داخل صفحه [۳]	۱/۰ Δ_C	۸ Δ_C	۰/۵	۰/۲۵ Δ_C	۵ Δ_C	۷ Δ_C	۷ Δ_C	۸ Δ_C
ب: زوج نبشی و زوج ناودانی کمانش خارج صفحه [۳]	۱/۰ Δ_C	۷ Δ_C	۰/۵	۰/۲۵ Δ_C	۴ Δ_C	۶ Δ_C	۶ Δ_C	۷ Δ_C
پ: مقطع Z یا I	۱/۰ Δ_C	۸ Δ_C	۰/۵	۰/۲۵ Δ_C	۵ Δ_C	۷ Δ_C	۷ Δ_C	۸ Δ_C
ج: مقطع قوطی و مقاطع لوله‌ای شکل	۱/۰ Δ_C	۷ Δ_C	۰/۵	۰/۲۵ Δ_C	۴ Δ_C	۶ Δ_C	۶ Δ_C	۷ Δ_C
برای $2.1\sqrt{E/F_{ye}} < \frac{Kl}{r} < 4.2\sqrt{E/F_{ye}}$	با استفاده از درون‌یابی خطی بین مقادیر داده‌شده برای مهاربندهای لاغر و قوی محاسبه می‌شود.							
مهاربند کششی (به استثنای مهاربندی‌های واگرا) [۷]	۱۱ Δ_T	۱۴ Δ_T	۰/۸	۰/۲۵ Δ_T	۷ Δ_T	۹ Δ_T	۱۱ Δ_T	۱۳ Δ_T

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

کمانش ممکن است به صورت داخل صفحه و یا خارج از صفحه صورت گیرد.



In-Plane

معمولاً وقتی محور ضعیف داخل صفحه باشد و یا اتصال آن خارج از صفحه گیردار باشد رخ میدهد

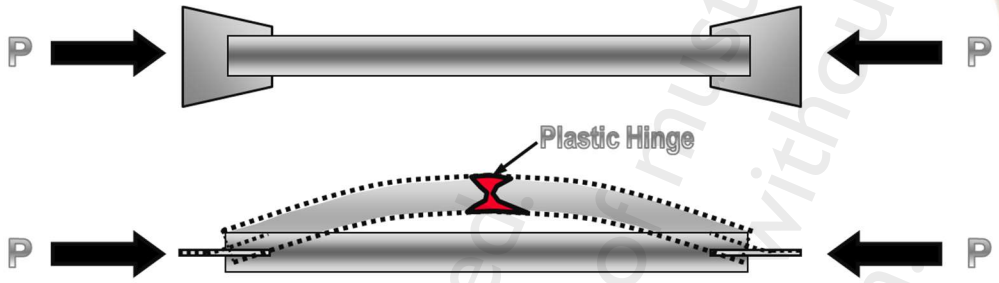
Out-of-plane

معمولاً وقتی مقطع مهاربند قوطی یا دایره باشد رخ میدهد

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

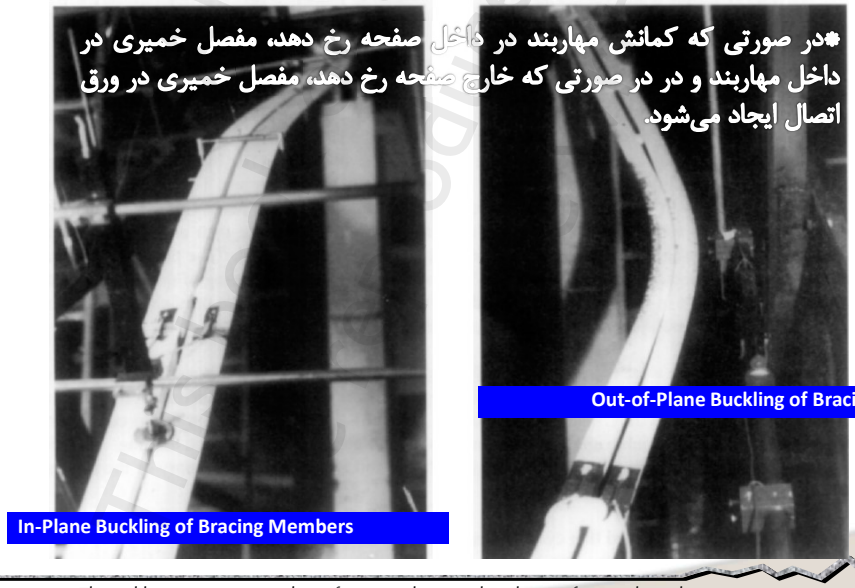
All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

در حالتی که انتهای مهاربند مفصلی در نظر گرفته میشود، مفصل خمیری در وسط آن رخ میدهد و بایستی دو انتهای آن شبیه مفصل طراحی شود.



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

*در صورتی که کمانش مهاربند در داخل صفحه رخ دهد، مفصل خمیری در داخل مهاربند و در در صورتی که خارج صفحه رخ دهد، مفصل خمیری در ورق اتصال ایجاد می‌شود.

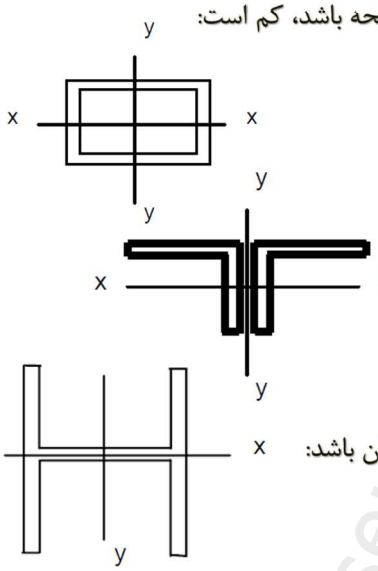


In-Plane Buckling of Bracing Members

Out-of-Plane Buckling of Bracing Members

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

تعداد مقاطعی بادبند که امکان کمانش آنها در داخل صفحه باشد، کم است:



۱-مقطع قوطی به مانند شکل روبرو:

Flat tube (HSS)

۲-دوبل نبشی که از بال کوتاه کنار هم باشند:

Double angles (SLV)

۳-مقطع I شکل و خمش حول محور ضعیف آن باشد:

Wide flange (weak axis)

Various brace shapes oriented for in-plane buckling

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

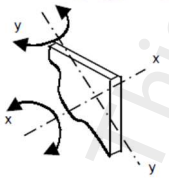
* درصورتی که مهاربندی برای کمانش داخل صفحه طراحی میشود، برای اطمینان از وقوع این کمانش بایستی نسبت شعاع ژیراسیون حول محور x به شعاع ژیراسیون حول محور y کمتر از 0.65 باشد.

$$\frac{r_x}{r_y} \le 0.65$$

* در صورتی که مهاربند در داخل دیوار باشد، به سبب سختی درون صفحه دیوار امکان وقوع کمانش داخل صفحه کاهش می‌یابد.

* در صورتی که مهاربند متقارن باشد، امکان وقوع کمانش داخل و خارج از صفحه ۵۰٪-۵۰٪ خواهد بود ولیکن در اغلب اوقات به سبب سختی پایین‌تر خارج از صفحه، کمانش خارج از صفحه رخ خواهد داد.

* در بیشتر مواقع (بالای ۹۵٪) کمانش مهاربند خارج صفحه رخ میدهد و سختی ورق نیز خارج صفحه بسیار ناچیز است.



gusset plate

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

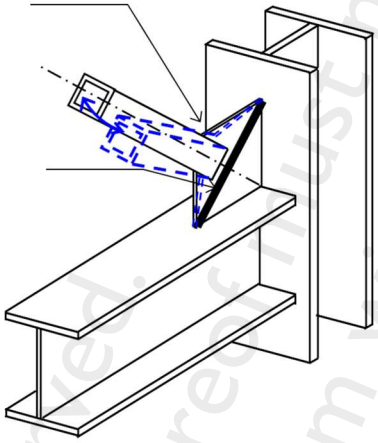
All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

معمولاً انتهای عضو مهاربند مفصل در نظر گرفته میشود.

خمش خارج از صفحه

خط فرضی خمش

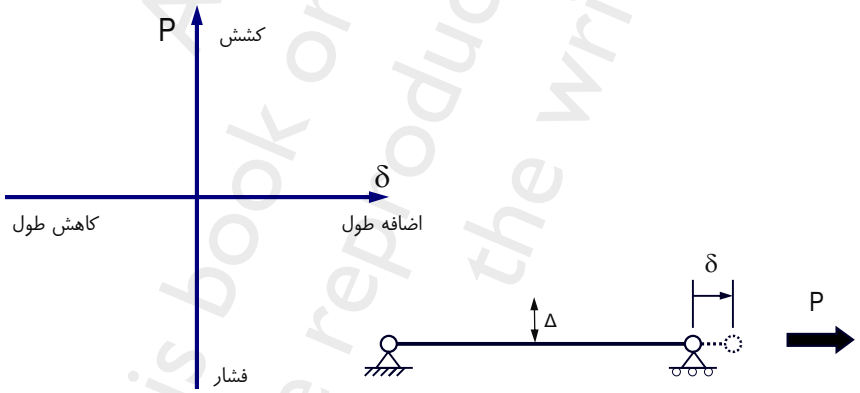


* وقتی کمانش خارج از صفحه رخ دهد، اتصال بایستی قادر به تامین دوران آزاد مهاربند باشد. در غیراینصورت ورق اتصال در چند سیکل اول تخریب میشود

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

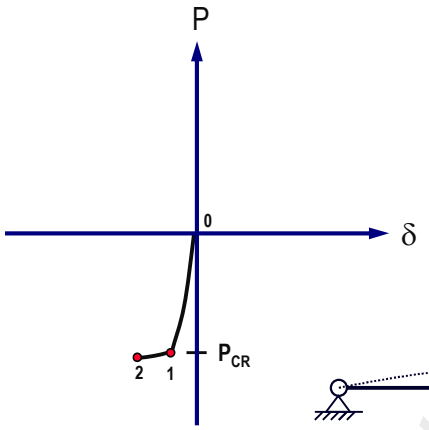
WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

منحنی رفتاری مهاربند همگرا



This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

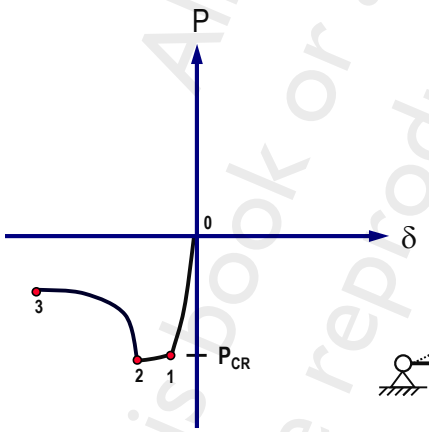
All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.



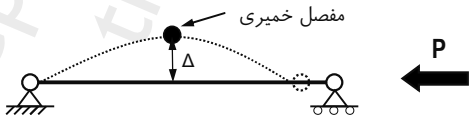
۱- مهاربند بصورت فشاری تا رسیدن به ظرفیت فشاری خود بارگذاری می‌شود. در این حالت شروع به کمانش ارتجاعی نموده و سطح نیرو تقریباً ثابت میماند. از 0 تا 1 رفتار ارتجاعی و مقدار $\Delta=0$ است.

۲- از 1 تا 2 نیز کمانش مهاربند بصورت ارتجاعی رخ میدهد. طول این قسمت به میزان لاغری مهاربند وابسته است. هرچه مهاربند لاغرتر باشد، طول کمانش ارتجاعی آن نیز بیشتر میشود.

صفحه ۵۳۱ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2



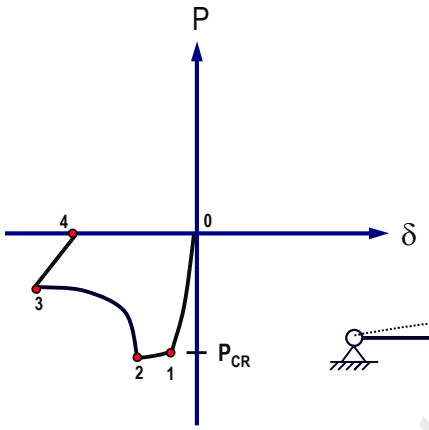
۳- در نقطه 2، مقدار Δ زیاد شده و اثر $P.\Delta$ سبب ایجاد مفصل داخلی می‌شود. با زیاد شدن مقدار Δ، از مقدار P کاسته شده و از این نقطه به بعد تغییرشکل ماندگار داریم. (کمانش غیرارتجاعی)



صفحه ۵۳۲ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

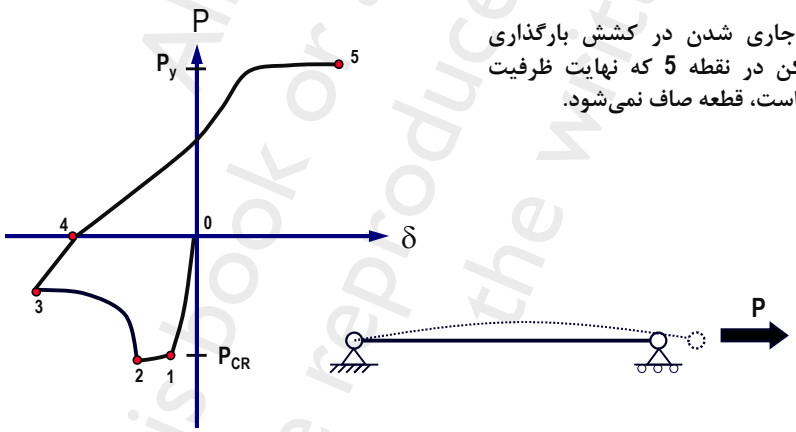
WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel



۴- از نقطه 3 تا 4 باربرداری صورت گرفته بطوری که P=0 میشود. از این نقطه به بعد میله بارگذاری شده بصورت کششی کار می‌کند.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

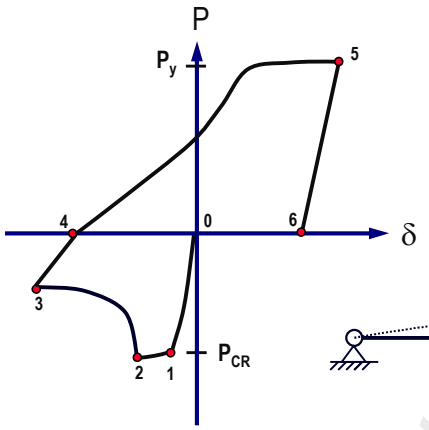
WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel



۵- میله تا جاری شدن در کشش بارگذاری می‌شود. ولیکن در نقطه 5 که نهایت ظرفیت کششی میله است، قطعه صاف نمی‌شود.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

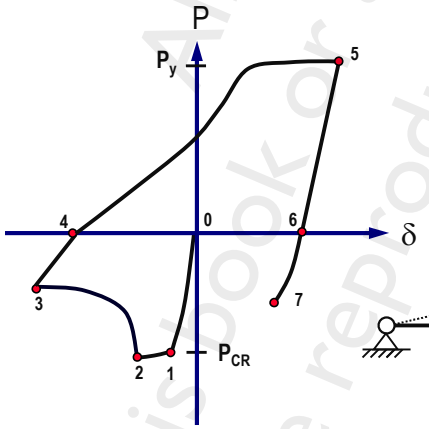
All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.



۶- از نقطه **5** تا **6** باربرداری صورت گرفته تا نیرو در قطعه برابر صفر گردد. در این حالت میله برای ایجاد نیروی فشاری آماده میشود.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

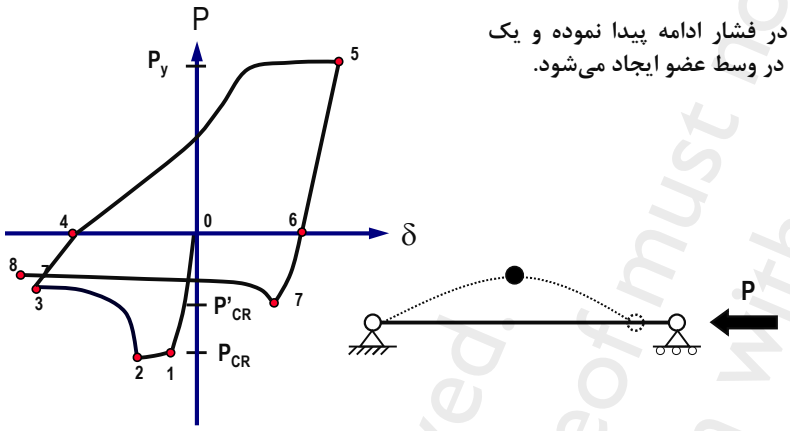


۷- مهاربند در فشار بارگذاری شده تا به نهایت ظرفیت فشاری خود برسد. در این حالت حداکثر ظرفیت فشاری میله که مصادف با نقطه **7** میباشد، از حداکثر ظرفیت فشاری میله در سیکل قبل، کمتر می‌باشد.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

۸- بارگذاری در فشار ادامه پیدا نموده و یک مفصل خمیری در وسط عضو ایجاد می‌شود.



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

مهاربند همگرا در کشش:

Scaling for Force and Disp

		Positive	Negative
Use Yield Force	Force SF	77500.8	17962.165
Use Yield Disp	Disp SF	0.5848	0.1355

$$Force\ SF = P_T = A_s F_{ye} = 26.91 \times 2400 \times 1.2 = 77500.8\ kg$$

$$Disp\ SF = \Delta_T = \frac{P_T L}{AE} = \frac{77500.8 \times \sqrt{250^2 + 320^2}}{26.91 \times 2 \times 10^6} = 0.5847\ cm$$

Properties

Cross-section (axial) area	26.91	Section modulus about 3 axis	82.14
Moment of Inertia about 3 axis	410.7	Section modulus about 2 axis	31.1091
Moment of Inertia about 2 axis	171.1	Plastic modulus about 3 axis	98.44
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	55.03
Shear area in 2 direction	12.	Radius of Gyration about 3 axis	3.9067
Shear area in 3 direction	14.17	Radius of Gyration about 2 axis	2.5216
Torsional constant	5.289	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

مهاربند همگرا در فشار:

Scaling for Force and Disp

		Positive	Negative
Use Yield Force	Force SF	77500.8	17962.165
Use Yield Disp	Disp SF	0.5848	0.1355

(Steel Objects Only)

$$Force\ SF = P_C = 17962.165\ kg$$ از روابط مبحث دهم

$$Disp\ SF = \Delta_C = \frac{P_C L}{AE} = \frac{17962.165 \times \sqrt{250^2 + 320^2}}{26.91 \times 2 \times 10^6} = 0.1355\ cm$$

Properties

Cross-section (axial) area	26.91	Section modulus about 3 axis	82.14
Moment of Inertia about 3 axis	410.7	Section modulus about 2 axis	31.1091
Moment of Inertia about 2 axis	171.1	Plastic modulus about 3 axis	98.44
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	55.03
Shear area in 2 direction	12.	Radius of Gyration about 3 axis	3.9067
Shear area in 3 direction	14.17	Radius of Gyration about 2 axis	2.5216
Torsional constant	5.289	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

صفحه ۵۳۹ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2

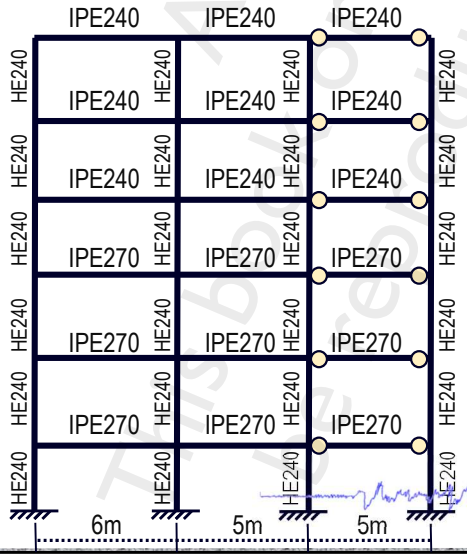
مثال ۵) تحلیل تارخچه زمانی یک ساختمان فولادی دو بعدی بصورت قاب خمشی توسط زلزله طبس

نوع خاک: II

ارتفاع طبقات 3.2 m

نوع فولاد S235JR

شدت بار مرده روی تیرها 2t/m و زنده 1t/m



صفحه ۵۴۰ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2

All rights reserved. This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

❋ چند شتابنگاشت انتخاب شود؟ سه یا هفت؟

❋ چرا در بازه 1.5T تا 0.2T بایستی با طیف استاندارد مقایسه نمود؟

❋ شتابنگاشت‌های انتخابی چه خصوصیاتی داشته باشند؟

شتاب نگاشت‌هایی که در تعیین اثر حرکت زمین مورد استفاده قرار می گیرند باید تا حد امکان نمایان گر حرکت واقعی زمین درمحل احداث بنا، در هنگام وقوع زلزله، باشند. برای نیل به این هدف لازم است حداقل سه زوج شتاب نگاشت متعلق به مولفه‌های افقی سه زلزله مختلف ثبت شده که دارای ویژگی‌های زیرباشند انتخاب شوند:

الف –شتاب نگاشت‌ها متعلق به زلزله‌هایی باشند که شرایط زلزله طرح را ارضا کنند و در آن‌ها آثار : بزرگا، فاصله از گسل، ساز و کار چشمه لرزه زا در نظر گرفته شده باشند.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

شتاب نگاشت‌هایی که در تعیین اثر حرکت زمین مورد استفاده قرار می گیرند باید تا حد امکان نمایان گر حرکت واقعی زمین درمحل احداث بنا، در هنگام وقوع زلزله، باشند. برای نیل به این هدف لازم است حداقل سه زوج شتاب نگاشت متعلق به مولفه‌های افقی سه زلزله مختلف ثبت شده که دارای ویژگی‌های زیرباشند انتخاب شوند:

الف- شتاب نگاشتها متعلق به زلزله‌هایی باشند که شرایط زلزله طرح را ارضا کنند و در آنها آثار: بزرگا، فاصله از گسل، ساز و کار چشمه لرزه زا در نظر گرفته شده باشد.

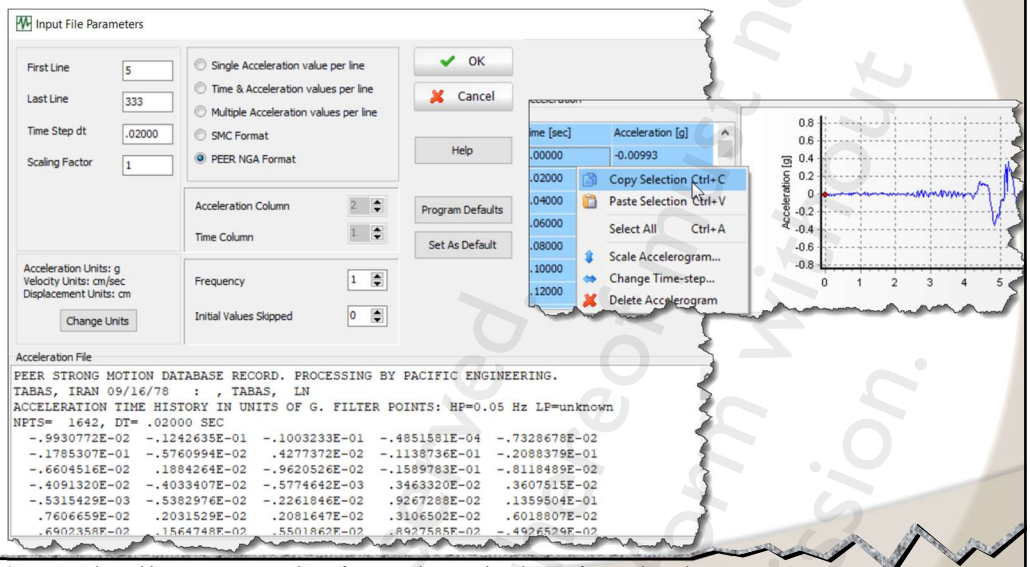
ب –ساختگاه‌های شتاب نگاشت‌ها باید به لحاظ ویژگی‌های زمین شناسی، تکتونیکی، لرزه شناسی و بخصوص مشخصات لایه‌های خاک با زمین محل ساختمان، تا حد امکان، مشابهت داشته باشند.

پ –مدت زمان حرکت شدید زمین در شتاب نگاشت‌ها حداقل برابر با ۱۰ ثانیه یا سه برابر زمان تناوب اصلی سازه، هر کدام بیشتر است، باشد

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

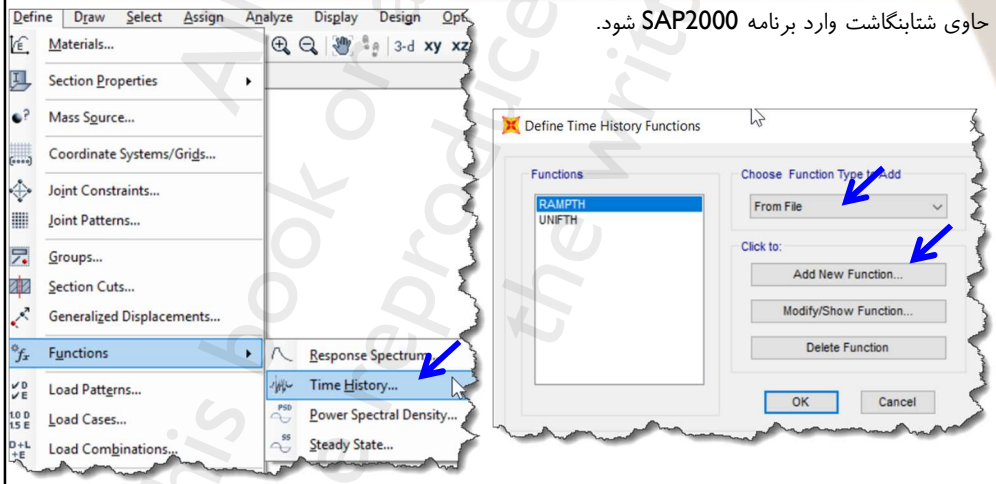
ابتدا شتابنگاشت را دو خطی میکنیم. برای این منظور، میتوان از برنامه SeismoSignal استفاده نمود



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

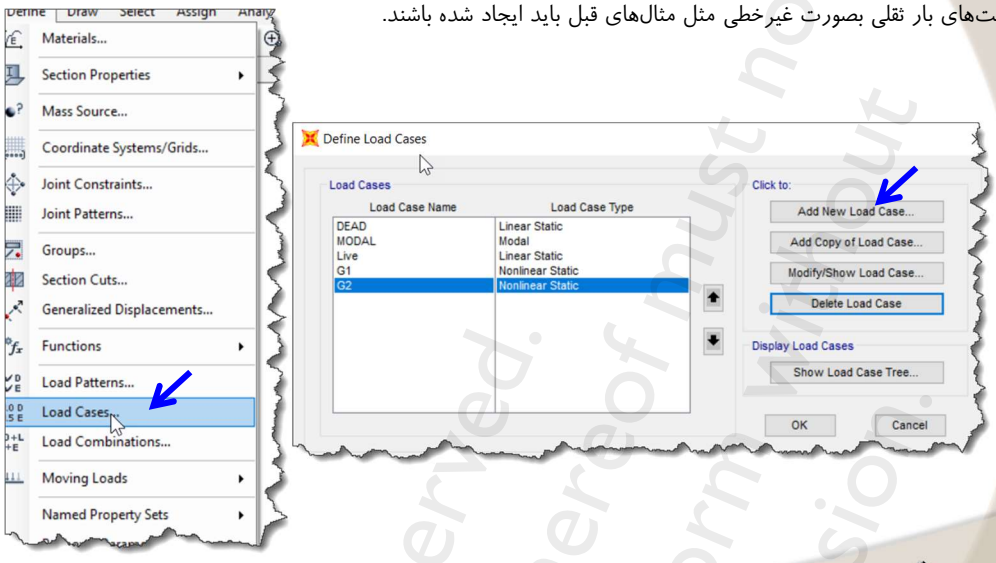
فایل حاوی شتابنگاشت وارد برنامه SAP2000 شود.



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

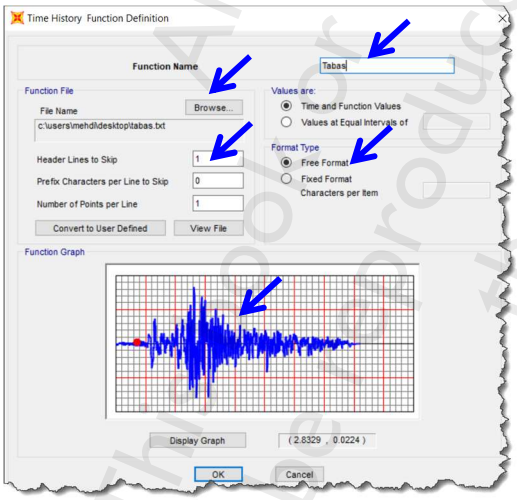
WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

حالت‌های بار ثقلی بصورت غیرخطی مثل مثال‌های قبل باید ایجاد شده باشند.



صفحه ۵۴۵ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2

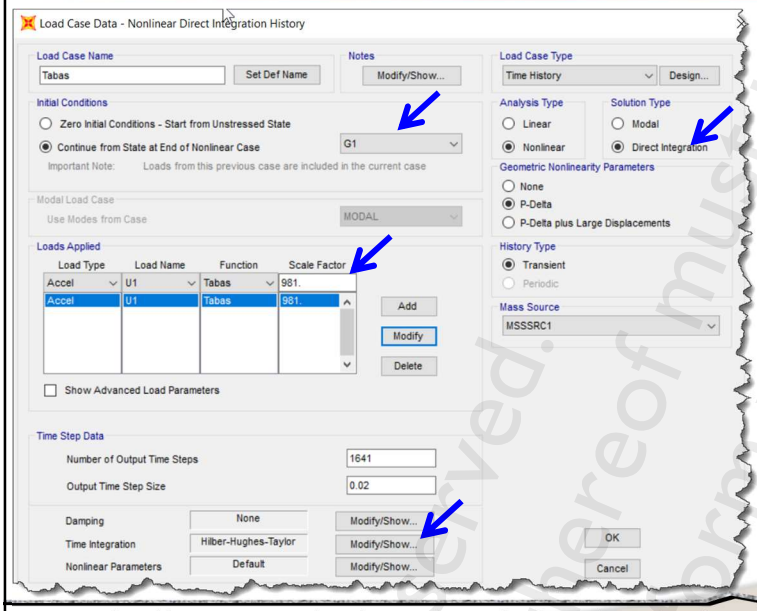
WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel



صفحه ۵۴۶ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2

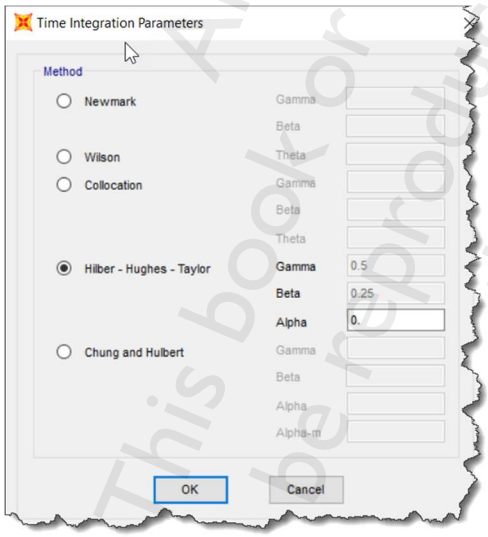
All rights reserved. The book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel



The HHT method uses a single parameter called alpha. This parameter may take values between 0 and -1/3.

For alpha = 0, the method is equivalent to the Newmark method with gamma = 0.5 and beta = 0.25, which is the same as the average acceleration method (also called the trapezoidal rule). Using alpha = 0 offers the highest accuracy of the available methods, but may permit excessive vibrations in the higher frequency modes, i.e., those modes with periods of the same order as or less than the time-step size.

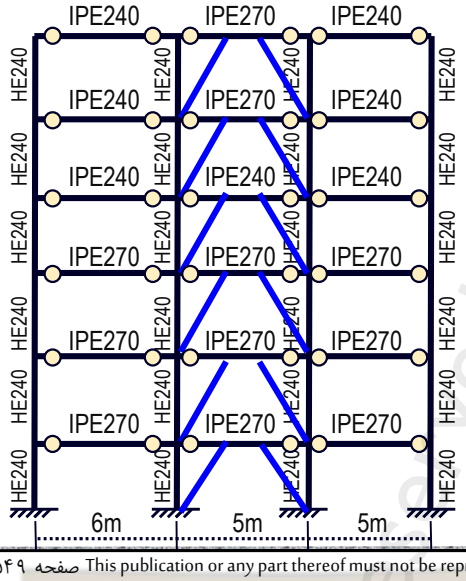
For more negative values of alpha, the higher frequency modes are more severely damped. This is not physical damping, since it decreases as smaller time-steps are used. However, it is often necessary to use a negative value of alpha to encourage a nonlinear solution to converge.

For best results, use the smallest time step practical, and select alpha as close to zero as possible. Try different values of alpha and time-step size to be sure that the solution is not too dependent upon these parameters.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

مثال ۶) تحلیل استاتیکی غیرخطی ساخت غیرمرحله ای یک سازه فولادی قاب خمشی و مهاربندی شده همگرا. فرض کنید تیرها و ستون‌ها موجود هستند.



نوع خاک: II

ارتفاع طبقات 3.2 m

نوع فولاد S235JR

شدت بار مرده روی تیرها 2t/m و زنده 1t/m

مقطع مهاربندها 2UNP140 در تمام طبقات

طول تیر پیوند ۷۰ سانتیمتر

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

ادامه‌ی جدول (۵-۳): پارامترهای مدل‌سازی و معیارهای پذیرش در روش‌های غیرخطی–اجزای سازه فولادی

جزء/ تلاش	پارامترهای مدل‌سازی			معیارهای پذیرش				
	زاویه‌ی چرخش خمیری، رادیان		نسبت تنش پس‌ماند	زاویه‌ی چرخش خمیری، رادیان				
	a	b	c	کلیه‌ی اعضا IO	اعضای اصلی ۱۴ LS	اعضای اصلی ۱۴ CP	اعضای غیراصلی LS	اعضای غیراصلی CP
تیر پیوند EBF ۱۱، ۱۲								
الف: $e \le \frac{1.6M_{CE}}{V_{CE}}$	۰/۱۵	۰/۱۷	۰/۸	۰/۰۰۵	۰/۱۱	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۶
ب: $e \ge \frac{2.6M_{CE}}{V_{CE}}$	مشابه با مقادیر در تیرها							
پ: $\frac{1.6M_{CE}}{V_{CE}} < e < \frac{2.6M_{CE}}{V_{CE}}$	با استفاده از درون‌یابی خطی محاسبه می‌شود.							

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission. All rights reserved.

۱- تیر پیوند: مدل رفتاری تیر پیوند باید براساس مقاومت مورد انتظار، Q_{CE} (برحسب برش)، در مقابل چرخش یا تغییرشکل عضو تعریف گردد.

زاویه‌ی چرخش تیر پیوند در حد تسلیم، θ_y، باید از رابطه‌ی (۵-۳۵) محاسبه شود:

$$\theta_y = \frac{Q_{CE}}{K_e e} \qquad (۵-۳۵)$$

در رابطه‌ی فوق K_e، سختی ارتجاعی تیر پیوند است که از رابطه‌ی (۵-۳۲) به‌دست می‌آید.

۴-تیر پیوند: مقاومت مورد انتظار تیر پیوند توسط برش، خمش یا ترکیبی از این دو تعیین می‌شود.

اگر $e \le \frac{1.6M_{CE}}{V_{CE}}$ باشد، از رابطه‌ی (۵-۳۶) برای محاسبه‌ی مقاومت مورد انتظار تیر پیوند استفاده می‌شود:

$$Q_{CE} = V_{CE} = 0.6 F_{ye} A_W \qquad (۵-۳۶)$$

اگر $e > \frac{2.6M_{CE}}{V_{CE}}$، رابطه‌ی (۵-۳۷) برای محاسبه‌ی مقاومت مورد انتظار تیر پیوند به‌کار می‌رود.

$$Q_{CE} = V_{CE} = 2\frac{M_{CE}}{e} \qquad (۵-۳۷)$$

در روابط فوق، M_{CE} ظرفیت خمشی مورد انتظار و V_{CE} برش نظیر ظرفیت خمشی مورد انتظار تیر پیوند می‌باشد.

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

۵-۴-۳-۲-۱-۱- تیر پیوند: سختی ارتجاعی تیر پیوند شامل سختی برشی و سختی خمشی می‌باشد که مطابق رابطه (۵-۳۲) محاسبه می‌شود.

$$K_e = \frac{K_S K_b}{K_S + K_b} \qquad (۵-۳۲)$$

که در آن:

$$K_S = \frac{GA_W}{e} \qquad (۵-۳۳)$$

$$K_b = \frac{12EI_b}{e^3} \qquad (۵-۳۴)$$

A_W : $(d_b - 2t_f)\, t_W$؛

e : طول تیر پیوند؛

G : مدول برشی؛

K_e : سختی تیر پیوند؛

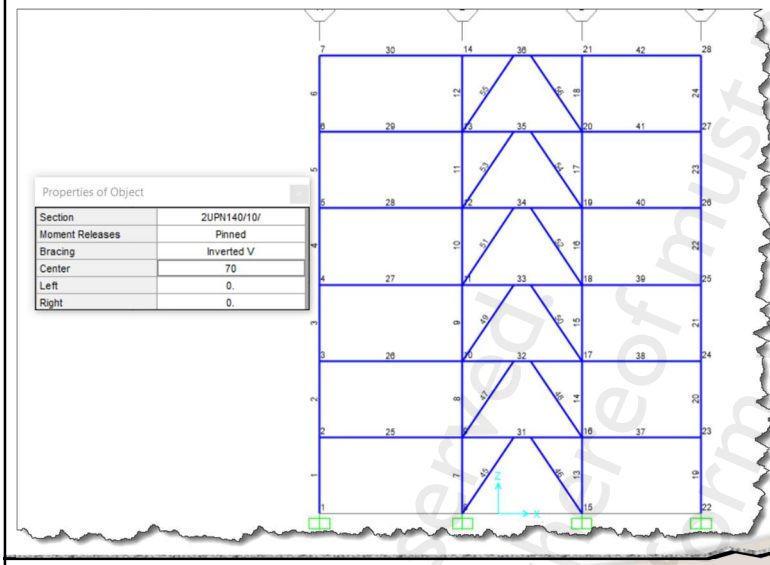
K_b : سختی خمشی؛

 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

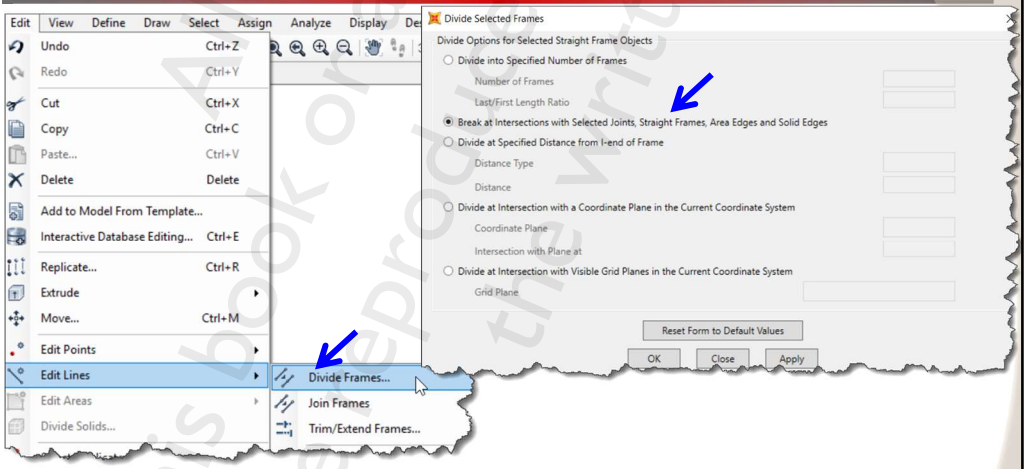
WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

ابتدا مهاربندهای واگرا ترسیم و تیر پیوند مشبندی میشود.



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel



 This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

مفصل پلاستیک تیر پیوند ایجاد میشود.

$$K_e = \frac{K_s K_b}{K_s + K_b}$$

$$K_s = \frac{GA_w}{e} = \frac{769230 \times (27 - 2 \times 1.02) \times 0.66}{70} = 181028$$

$$K_b = \frac{12EI_b}{e^3} = \frac{12 \times 2 \times 10^6 \times 5790}{70^3} = 405131$$

$$K_e = \frac{181028 \times 405131}{181028 + 405131} = 125119$$

Dimensions

Outside height (t3)	27.
Top flange width (t2)	13.5
Top flange thickness (tf)	1.02
Web thickness (tw)	0.66
Bottom flange width (t2b)	13.5
Bottom flange thickness (tfb)	1.02

Properties

Cross-section (axial) area	45.9	Section modulus about 3 axis	428.8889
Moment of Inertia about 3 axis	5790.	Section modulus about 2 axis	62.2222
Moment of Inertia about 2 axis	420.	Plastic modulus about 3 axis	484.
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	97.
Shear area in 2 direction	17.82	Radius of Gyration about 3 axis	11.2314
Shear area in 3 direction	22.95	Radius of Gyration about 2 axis	3.025
Torsional constant	15.9	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

صفحه ۵۵۵ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2

$$Q_{CE} = V_{CE} = 0.6F_{ye}A_w = 0.6 \times 2400 \times 1.2 \times (27 - 2 \times 1.02) \times 0.66$$
$$= 28466\ kg$$

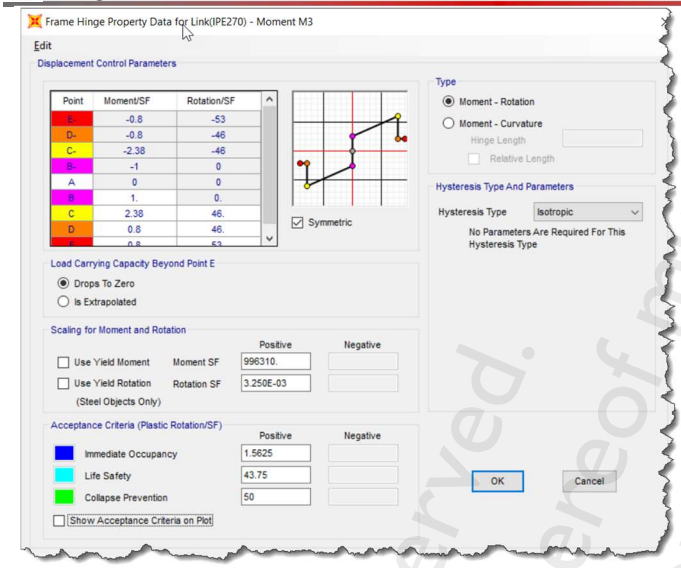
$$\theta_y = \frac{Q_{CE}}{K_e e} = \frac{28466}{125119 \times 70} = 0.00325$$

$$M = 0.5V_{CE}e = 0.5 \times 28466 \times 70 = 996310\ kg.cm$$

صفحه ۵۵۶ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel



صفحه ۵۵۷ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission Version: 1.2

All rights reserved. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission.