

ستون مایل و نامنظمی در سازه

## Gravity-Induced Lateral Demand (GILD) Irregularity

علیرضا رضاییان





فهرست

- ۲..... تغییر مکان جانبی ماندگار ناشی از بارهای ثقلی
- ۴..... Ratcheting و عوامل ایجاد آن
- ۷..... Ratcheting در پایه پل
- ۹..... اثر زلزله بر ساختمان های با شرایط GILD
- ۱۰..... GILD و آیین نامه های ساختمانی
- ۲۰..... GILD در دستورالعمل های آمریکا
- ۲۱..... GILD در سازه های ساختمانی
- ۲۶..... ارزیابی لرزه ای قاب های خمشی ویژه فولادی با ستون های مایل

ستون مایل و نامنظمی در سازه

آیا وجود ستون‌های مایل باعث نامنظمی در سازه می‌شود؟





## ستون مایل و نامنظمی در سازه

در چه شرایطی تغییر مکان های ماندگار ناشی از بارهای ثقلی بوجود خواهد آمد؟



۱- ساختمان با ستون مایل یا جابجا شده

۲- طبقه های طره شده

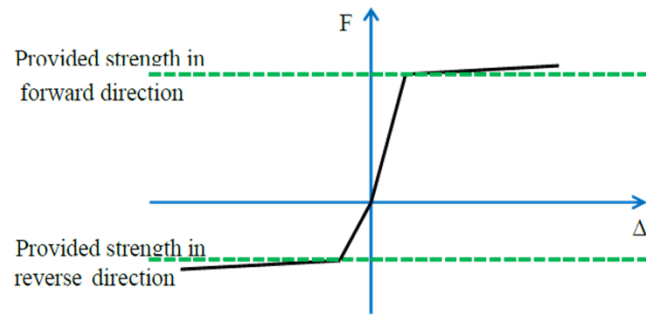
۳- دهانه های طبقه با خروج از مرکزیت



## ستون مایل و نامنظمی در سازه

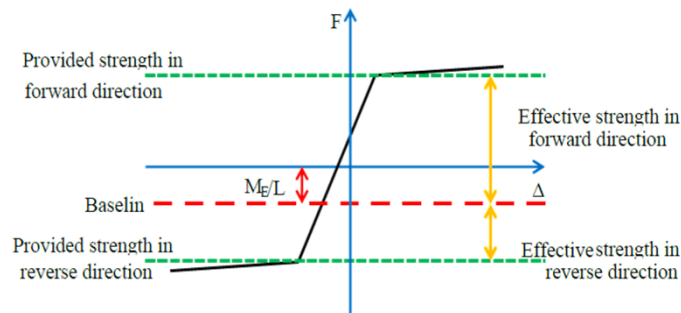
### Ratcheting چیست و در اثر چه عواملی بوجود می آید؟

#### اثرات اختلاف مقاومت و سختی دو جهت سازه



اختلاف در مقاومت و سختی جانبی سازه در دو راستا، باعث ایجاد اختلاف در جابجایی‌های جانبی سازه می‌شود که معمولاً در راستای ضعیفتر سازه، جابجایی‌های جانبی بزرگتری ایجاد می‌شود که به این پدیده اثر رچتینگ می‌گویند.

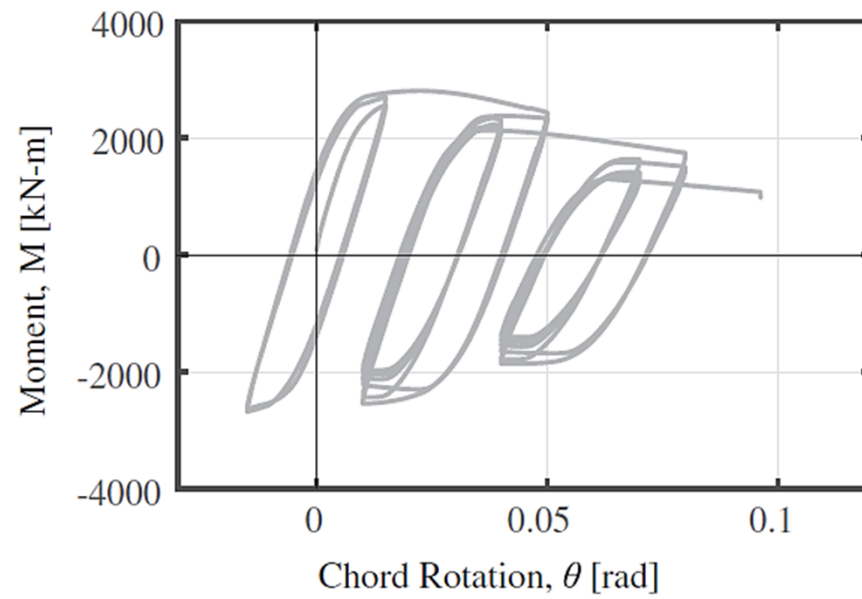
#### بارگذاری ثقلی دارای خروج از مرکزیت



در شرایطی که مقاومت یک جهت سازه نسبت به جهت دیگر آن بیشتر لحاظ شود **Baseline** منحنی تغییر می‌کند.

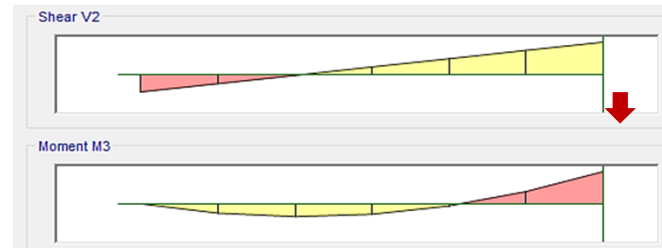
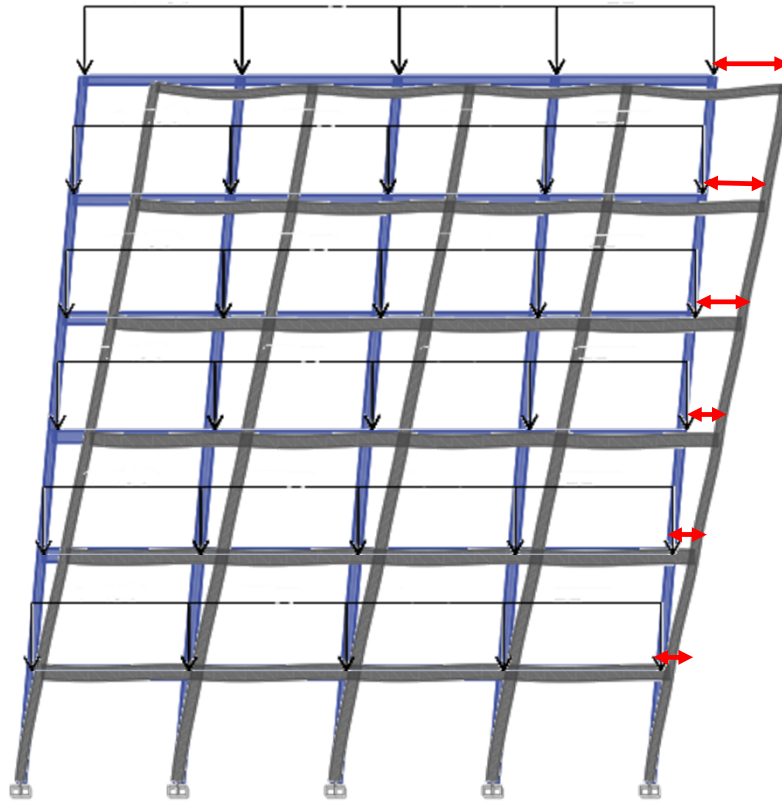
ستون مایل و نامنظمی درسازه

Ratcheting چیست و در اثر چه عواملی بوجود می آید؟



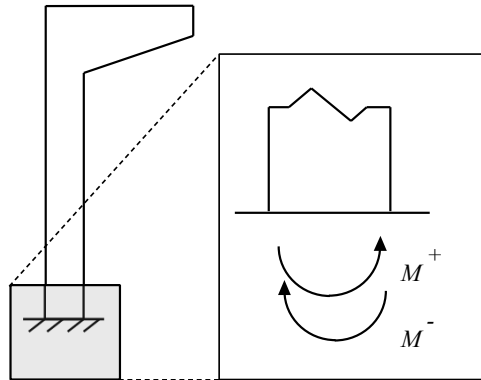
ستون مایل و نامنظمی در سازه

Ratcheting چیست و در اثر چه عواملی بوجود می آید؟



ستون مایل و نامنظمی در سازه

Ratcheting در پایه پل



$$\phi S_{rn} = \phi S_{fn} + \beta F_{ecc}$$

$S_{fn}$  مقاومت جانبی طراحی در خلاف جهت خروج از مرکزیت

$S_{rn}$  مقاومت جانبی طراحی در جهت خروج از مرکزیت

$F_{ecc}$  بار جانبی که توسط خروج از مرکزیت بار ثقلی ایجاد می شود

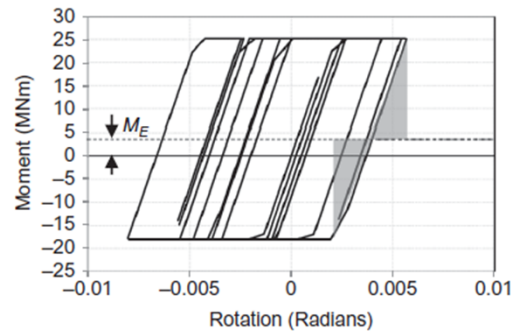
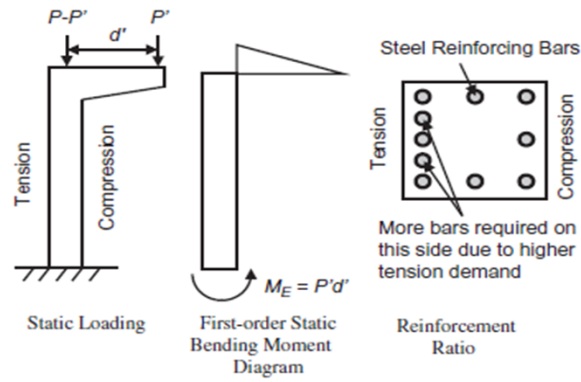
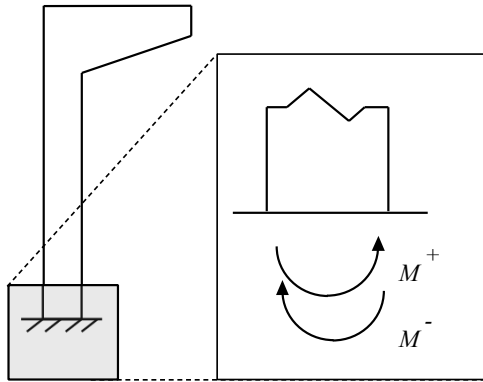
$\beta$  ضریب  $F_{ecc}$

- ❑ Japanese Road Association Code (1990)  $\beta=1$
- ❑ MacRae and K. Kawashima (1993)  $\beta=2$
- ❑ Yeow, G. A. MacRae (2013)  $\beta=2.3$

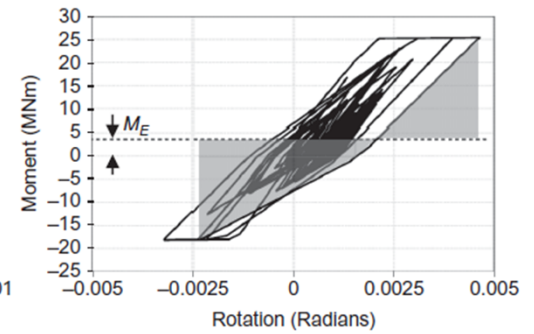


# ستون مایل و نامنظمی درسازه

## Ratcheting در پایه پل



(a) Bilinear



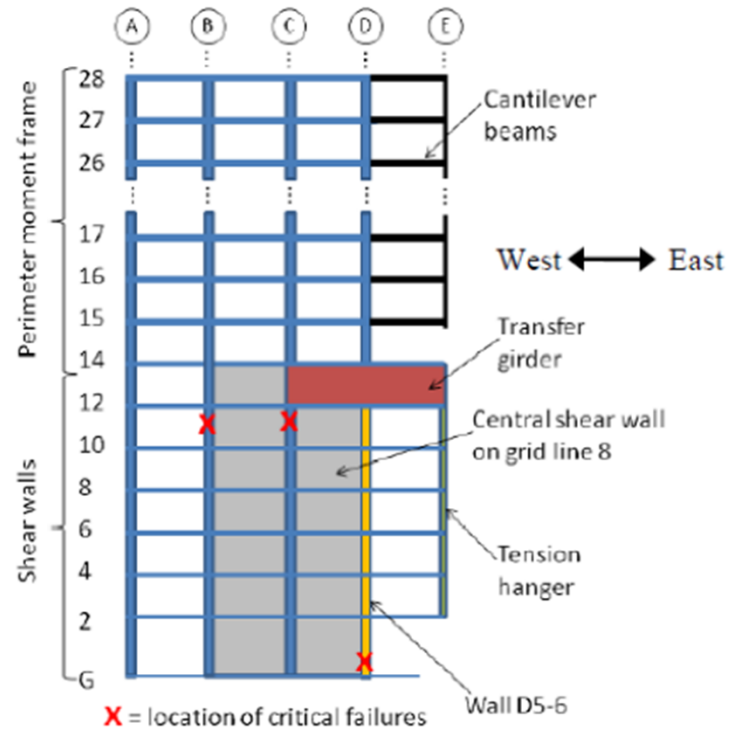
(b) Takeda

Comparison of hysteretic behavior.

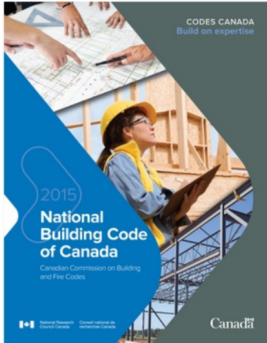
ستون مایل و نامنظمی در سازه  
اثر زلزله بر ساختمان های با شرایط GILD



Grand Chancellor Hotel



ستون مایل و نامنظمی در سازه  
GILD و آیین نامه های ساختمانی



9	<p><b>Gravity-Induced Lateral Demand Irregularity</b> Gravity-induced lateral demand irregularity on the SFRS shall be considered to exist where the ratio, <math>\alpha</math>, calculated in accordance with Sentence 4.1.8.10.(5), exceeds 0.1 for an SFRS with <u>self-centering characteristics</u> and 0.03 for <u>other systems</u>.</p>	(2)(3)(4)(7)
---	---	--------------

**5)** The ratio,  $\alpha$ , for a Type 9 irregularity as described in Table 4.1.8.6. shall be determined independently for each orthogonal direction using the following equation:

$$\alpha = Q_G / Q_y$$

where

$Q_G$  = gravity-induced lateral demand on the SFRS at the critical level of the yielding system, and

$Q_y$  = the resistance of the yielding mechanism required to resist the minimum earthquake loads, which need not be taken as less than  $R_o$  multiplied by the minimum lateral earthquake force as determined in Article 4.1.8.11. or 4.1.8.12., as appropriate.

(See Note A-4.1.8.10.(5).)

**( 4.1.8.12. Dynamic Analysis Procedure )**

**( 4.1.8.11. Equivalent Static Force Procedure for Structures Satisfying the Conditions of Article 4.1.8.7. )**

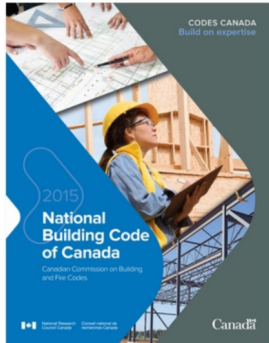
**( 4.1.8.7. Methods of Analysis )**

$$Q_y \geq R_o V$$

$$V = S(T_a) M_v I_E W / (R_d R_o)$$

ستون مایل و نامنظمی در سازه

GILD و آیین نامه های ساختمانی / منظور از خصوصیات self centering چیست؟



مطالعات dupuis و همکاران نشان داد که اثرات رچتینگ مربوط به نامنظمی نوع ۹ وابسته به پاسخ هیستریزیس SFRS است. سیستم‌های با حلقه هیستریزیس کامل نسبت به سیستم‌های دارای ویژگی Self-centering که حلقه هیستریزیس پرچمی شکل دارند، هنگامی که در معرض اثرات GILD هستند، بیشتر مستعد رفتار رچتینگ هستند. بنابراین در تعریف این نامنظمی برای SFRS با ویژگی Self-centering محدودیت‌های متفاوتی را اعمال می‌کند.

**قاب‌های خمشی و دیوار برشی های کوپله ویژگی Self-centering از خود نشان نمی‌دهند.**

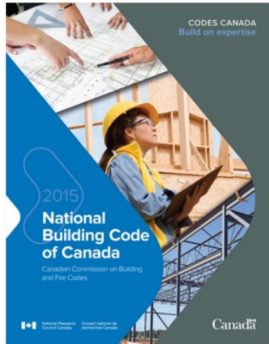
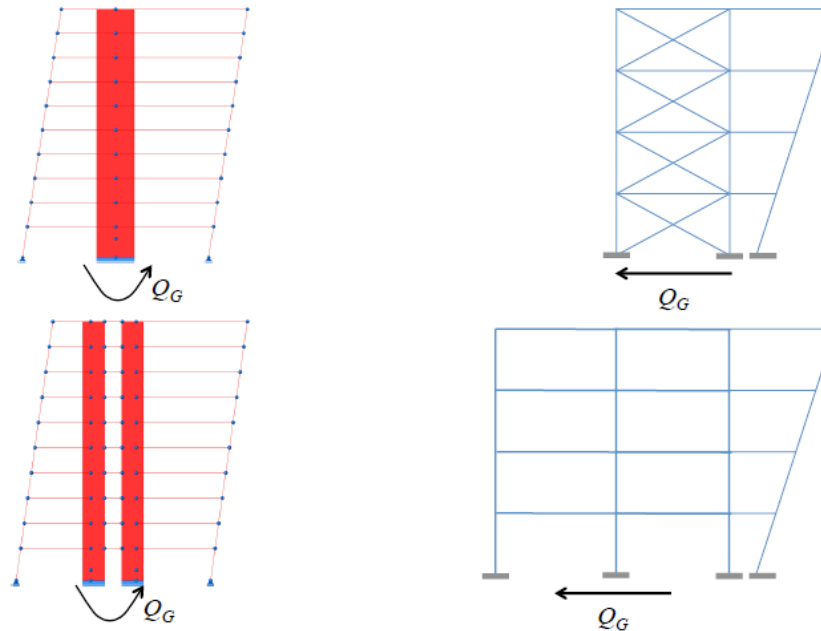
**دیوار برشی کنسولی** که در آنها مقاومت واژگونی با نیروهای فشاری ناشی از بارهای مرده تأمین می‌شود، تا زمانی که آسیب در ناحیه مفصل پلاستیک شدید نشود، **دارای ویژگی Self-centering هستند.**

## ستون مایل و نامنظمی در سازه

### GILD و آیین نامه های ساختمانی / نحوه لحاظ $Q_G$ به چه صورت است؟

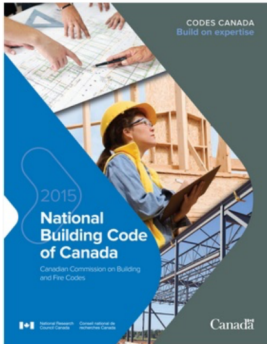


مشخصه نیرویی  $Q_G$ ، که برای تعیین  $\alpha$  در نظر گرفته شده است، به مکانیسم تسلیم SFRS بستگی دارد. بعنوان مثال برای سیستم دیواری که در آن ظرفیت سازه با لنگر مقاوم در برابر واژگونی، محدود شده؛  $Q_G$  باید بعنوان لنگر واژگونی در نظر گرفته شود. در حالی که برای قابهای مهاربندی فولادی یا قابهای خمشی  $Q_G$  باید برش طبقه در بحرانی ترین حالت در نظر گرفته شود.



ستون مایل و نامنظمی در سازه

GILD و آیین نامه های ساختمانی / نحوه لحاظ  $Q_y$  به چه صورت است؟



در تعریف نسبت  $\alpha$ ، مخرج کسر ( $Q_y$ )، مقاومت مورد نیاز در برابر نیروهای زلزله به تنهایی (بدون در نظر گرفتن ظرفیت اضافی SFRS برای مقاومت در برابر GILD) است.

$Q_y$  را میتوان با دو روش مختلف تعیین کرد:

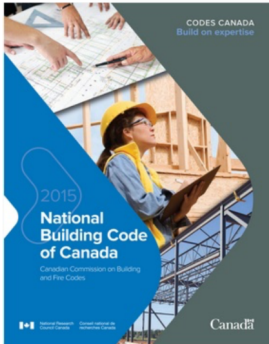
۱- از  $R_0$  برابر نیروی جانبی طراحی زلزله

۲- از مقاومت احتمالی SFRS در بحرانی ترین سطح تسلیم سیستم منهای GILD در SFRS آن سطح

روش اول مقدار محافظه کارانه‌ی  $\alpha$  را ارائه می‌دهد.

ستون مایل و نامنظمی درسازه

GILD و آیین نامه های ساختمانی / نحوه لحاظ  $Q_y$  به چه صورت است؟



**6)** For *buildings* with a Type 9 irregularity as described in Table 4.1.8.6. and where  $I_E F_a S_a(0.2)$  is equal to or greater than 0.5, deflections determined in accordance with Article 4.1.8.13. shall be multiplied by 1.2.

**7)** Structures where the value of  $\alpha$ , as determined in accordance with Sentence (5), exceeds twice the limits specified in Table 4.1.8.6. for a Type 9 irregularity, and where  $I_E F_a S_a(0.2)$  is equal to or greater than 0.5 are not permitted unless determined to be acceptable based on non-linear dynamic analysis studies. (See Note A-4.1.8.10.(7).)

## ستون مایل و نامنظمی در سازه GILD و آیین نامه های ساختمانی

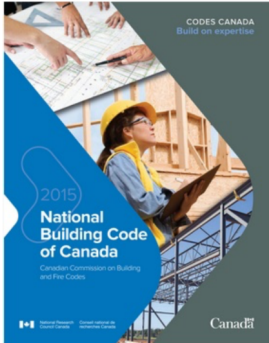


Table J-2 summarizes how the NBC addresses SFRSs with a Type 9 irregularity. The amplification of displacements due to GILD is only taken into account for buildings with a Type 9 irregularity that are constructed in regions of high seismicity (i.e., where  $I_E F_a S_a(0.2) \geq 0.5$ ), by multiplying deflections by 1.2. For such buildings with large values of  $\alpha$  ( $\alpha > 0.2$  for SFRSs with self-centering characteristics and  $\alpha > 0.06$  for other SFRSs), the Linear Dynamic Analysis procedures of the NBC 2015 do not provide a reliable estimate of the displacement demands; however, non-linear time-step dynamic analyses performed according to NBC Article 4.1.8.12. can provide a more reliable estimate if the GILD is directly included in the model and special care is taken to adequately model the hysteretic characteristics of the SFRS. Designers are advised to use experimental data to assess the adequacy of the modeling of the hysteretic characteristics, which depend on many factors, including axial loads and section details.

**Table J-2**  
**Summary of Code Requirements for Gravity-Induced Lateral Demand Irregularity (Type 9) According to  $\alpha$  Ratio**

SFRSs with Self-centering Characteristics	Other SFRSs	Code Requirement
$\alpha \leq 0.1$	$\alpha \leq 0.03$	Not considered Type 9
$0.1 < \alpha \leq 0.2$	$0.03 < \alpha \leq 0.06$	Post-disaster buildings where $I_E F_a S_a(0.2) \geq 0.35$ : Type 9 not allowed <sup>(1)</sup> Other buildings where $I_E F_a S_a(0.2) \geq 0.5$ : multiply deflections by 1.2 <sup>(2)</sup>
$\alpha > 0.2$	$\alpha > 0.06$	Post-disaster buildings where $I_E F_a S_a(0.2) \geq 0.35$ : Type 9 not allowed <sup>(1)</sup> Other buildings where $I_E F_a S_a(0.2) \geq 0.5$ : non-linear dynamic analysis studies required <sup>(3)</sup>

(1) See NBC Clause 4.1.8.10.(2)(a).

(2) See NBC Sentence 4.1.8.10.(6).

(3) See NBC Sentence 4.1.8.10.(7).





## NZS1170.5 Section 4.5.3

Ductile and limited ductile structures, which have been designed on the basis of either the equivalent static or modal response spectrum methods of analysis, shall be assessed for their potential increase in lateral displacements due to ratcheting by calculating the ratcheting index, “ $r_i$ ”.

## ستون مایل و نامنظمی در سازه GILD و آیین نامه های ساختمانی



$$r_i = r_{i,1} + r_{i,2}$$

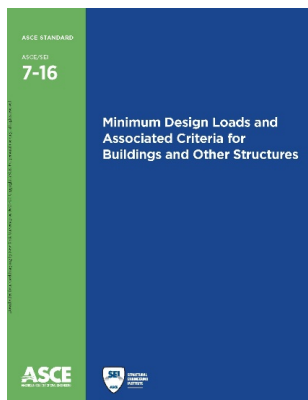
$$r_{i,1} = \frac{S_f}{S_r}$$

$$r_{i,2} = \frac{S_g}{S_r}$$

$r_i$  شاخص رجتینگ  
 $S_f$  مقاومت متناظر با جهت قوی تر  
 $S_r$  مقاومت متناظر با جهت ضعیف تر  
 $S_g$  تغییرات مقاومت جانبی سازه

- در صورتی که  $r_i$  کمتر از ۱.۱۵ باشد، اثرات رجتینگ می تواند نادیده گرفته شود.
- اگر  $1.15 < r_i < 1.5$  تغییر شکل های جانبی بدست آمده از تحلیل استاتیکی معادل و تحلیل طیفی باید مطابق بند 7.2.1.3(b) به اندازه  $0.75(r_i - 1)$  افزایش یابند.
- اگر  $r_i$  بزرگتر از ۱.۵ باشد، برای تعیین جابجایی سازه باید از تحلیل تایخچه زمانی غیرخطی استفاده شود.

ستون مایل و نامنظمی درسازه  
GILD و آیین نامه های ساختمانی



□ در IBC 2021 و در ASCE7-16 به نامنظمی GILD اشاره نشده است.

## ستون مایل و نامنظمی در سازه GILD در دستورالعمل‌های آمریکا



### Assessing Seismic Performance of Buildings with Configuration Irregularities

Calibrating Current Standards and Practices  
FEMA P-2012 / September 2018



U.S. codes have not yet addressed gravity-induced lateral demands. The work reported in Dupuis et al. (2014), which led to provisions in the *National Building Code of Canada*, is limited to shear wall buildings and does not include assessment of relative collapse probability. This report includes analytical studies of steel and reinforced concrete moment frame systems with gravity-induced lateral demands (V7) to test whether it is advisable to add a corresponding structural irregularity to U.S. codes.

Table 6-4 GILD Archetype Space

System Types		Stories	SDC	Irregular Stories	GILD Ratios	Analysis Used for Design	
RC Moment Frame	Steel Moment Frame					ELF	MRSA
Ordinary		12	$B_{max}$	1, 2	0.5	×	
Special		12	$D_{max}$	1, 2	0.5	×	
	Ordinary	20	$B_{max}$	1, 7, 14	0.1, 0.3, 0.5		×
	Special	20	$D_{max}$	1, 7, 15	0.1, 0.3, 0.6		×

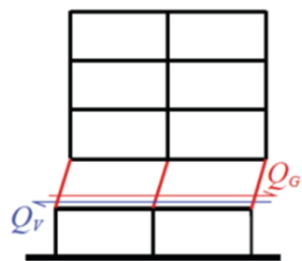


Figure 6-14 Gravity-induced lateral demand (GILD).

Irregular:  

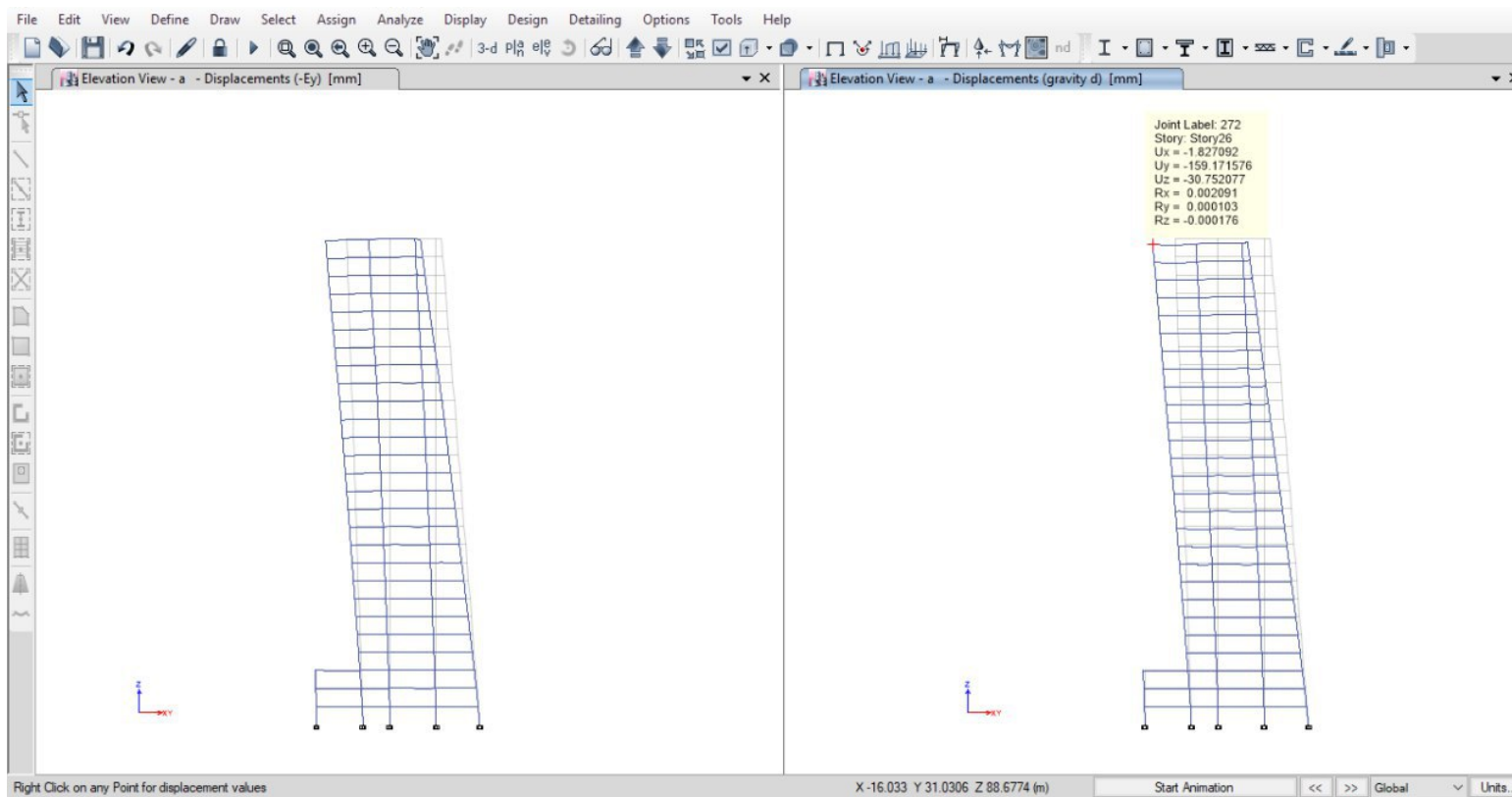
$$GILD \text{ ratio} = \frac{Q_G}{Q_v} > \text{Target value}$$

Table 2-1 Structural Irregularities in U.S. Codes and their Treatment in this Report

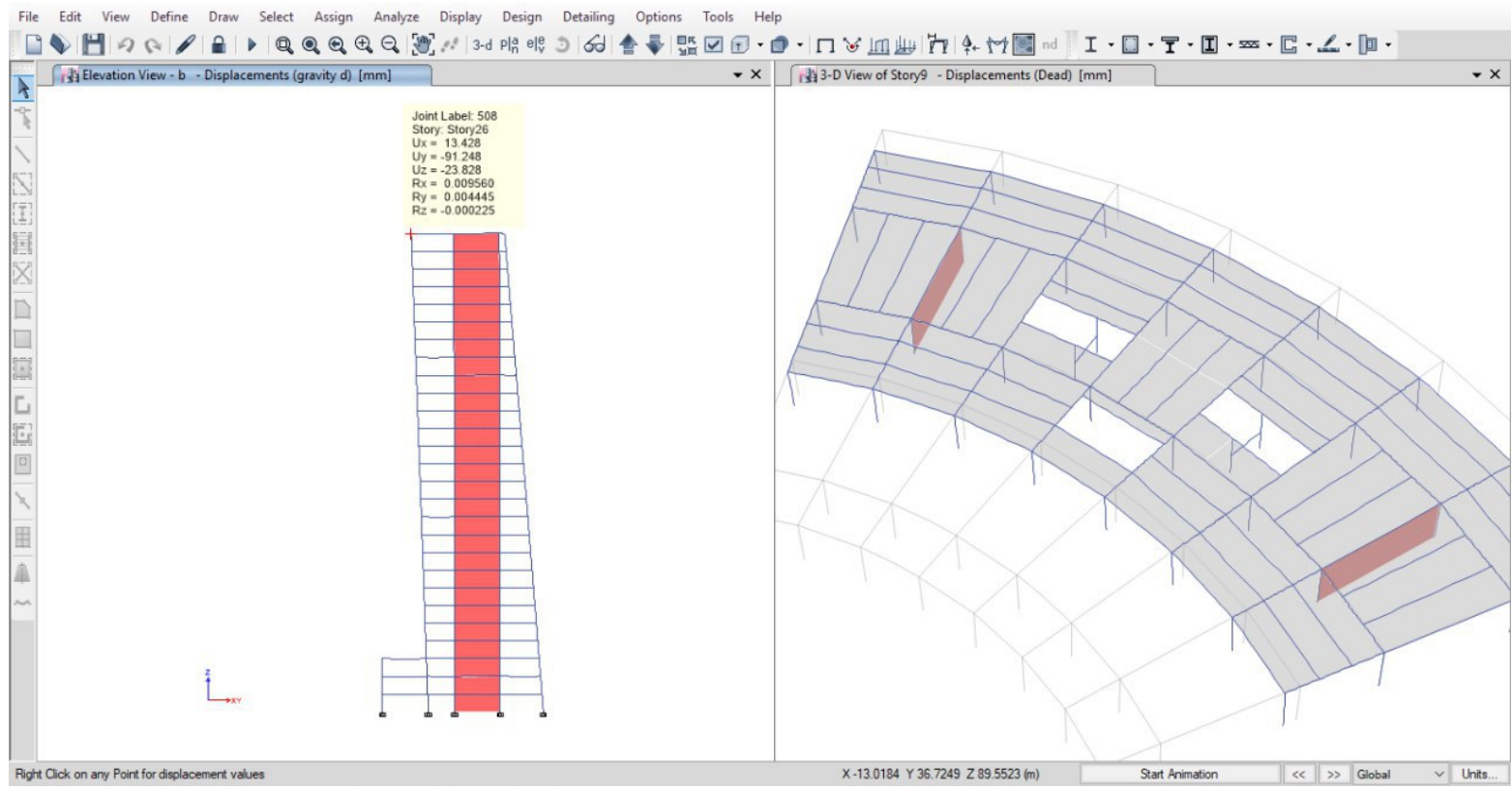
Structural Irregularities	Codified in	Treatment in this Report
H1. Torsional (stiffness) irregularity	ASCE/SEI 7-16	Analysis
H2. Reentrant corner irregularity	ASCE/SEI 7-16	Discussion
H3. Diaphragm discontinuity irregularity	ASCE/SEI 7-16	Discussion
H4. Out-of-plane offset irregularity	ASCE/SEI 7-16	Discussion
H5. Nonparallel system irregularity	ASCE/SEI 7-16	Discussion
H6. <sup>(1)</sup> Torsional strength irregularity	ASCE/SEI 41-17	Analysis
V1. Soft story irregularity	ASCE/SEI 7-16	Analysis
V2. Weight (mass) irregularity	ASCE/SEI 7-16	Analysis
V3. Vertical geometric irregularity	ASCE/SEI 7-16	Discussion
V4. In-plane discontinuity ... irregularity	ASCE/SEI 7-16	Discussion
V5. Weak story irregularity	ASCE/SEI 7-16	Analysis
V6. <sup>(1)</sup> Story mechanism: weak-column/strong-beam	ACI 318-14, ANSI/AISC 341-16	Analysis
V7. <sup>(1)</sup> Gravity-induced lateral demand		Analysis
V8. <sup>(1)</sup> Wall discontinuity		Limited analysis

<sup>(1)</sup> The designations "H6" and "V6"- "V8" are used in order to extend the ASCE/SEI 7-16 code designations to additional irregularities addressed in this report.

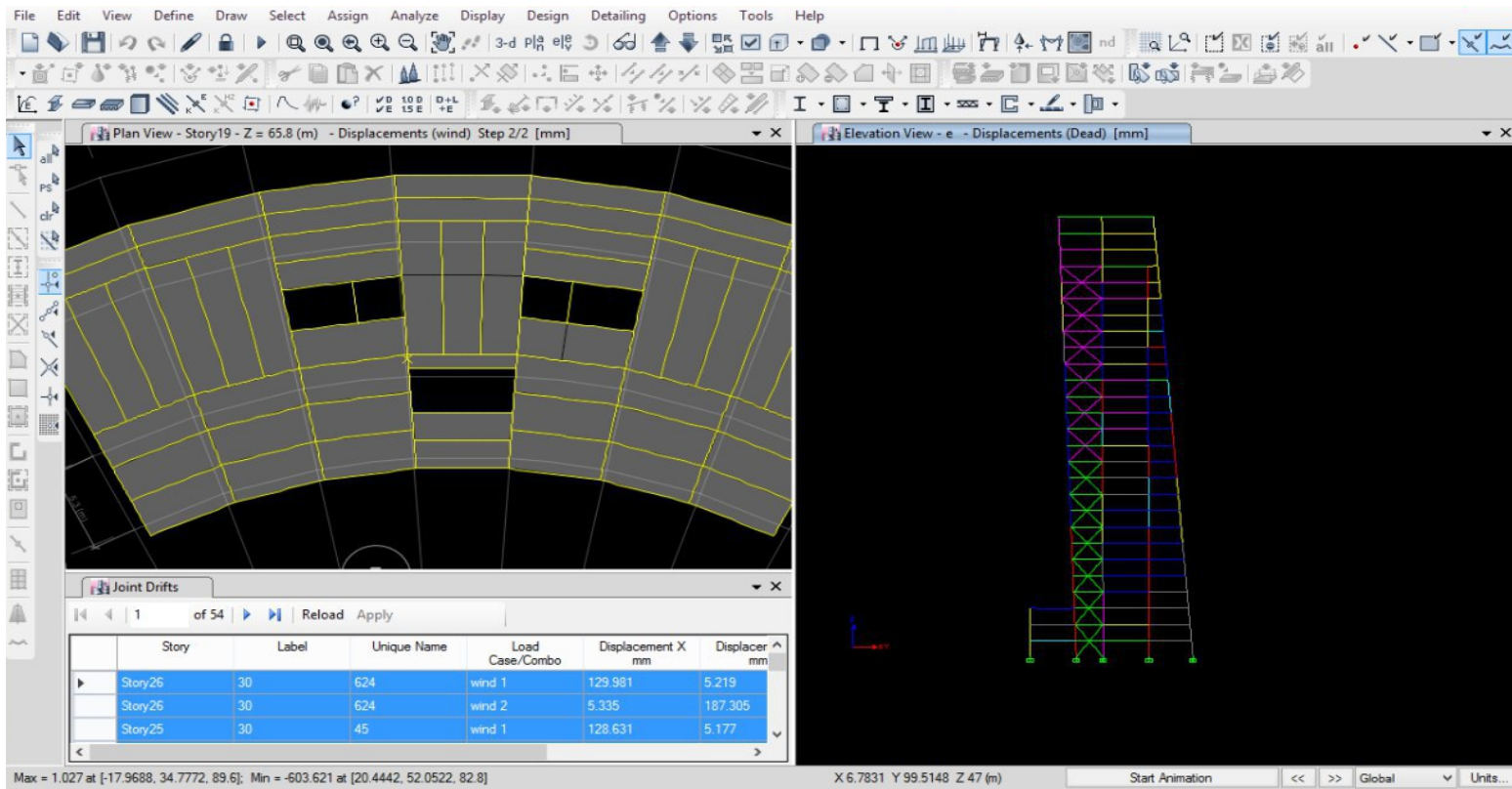
# ستون مایل و نامنظمی در سازه GILD در سازه‌های ساختمانی - مطالعه موردی



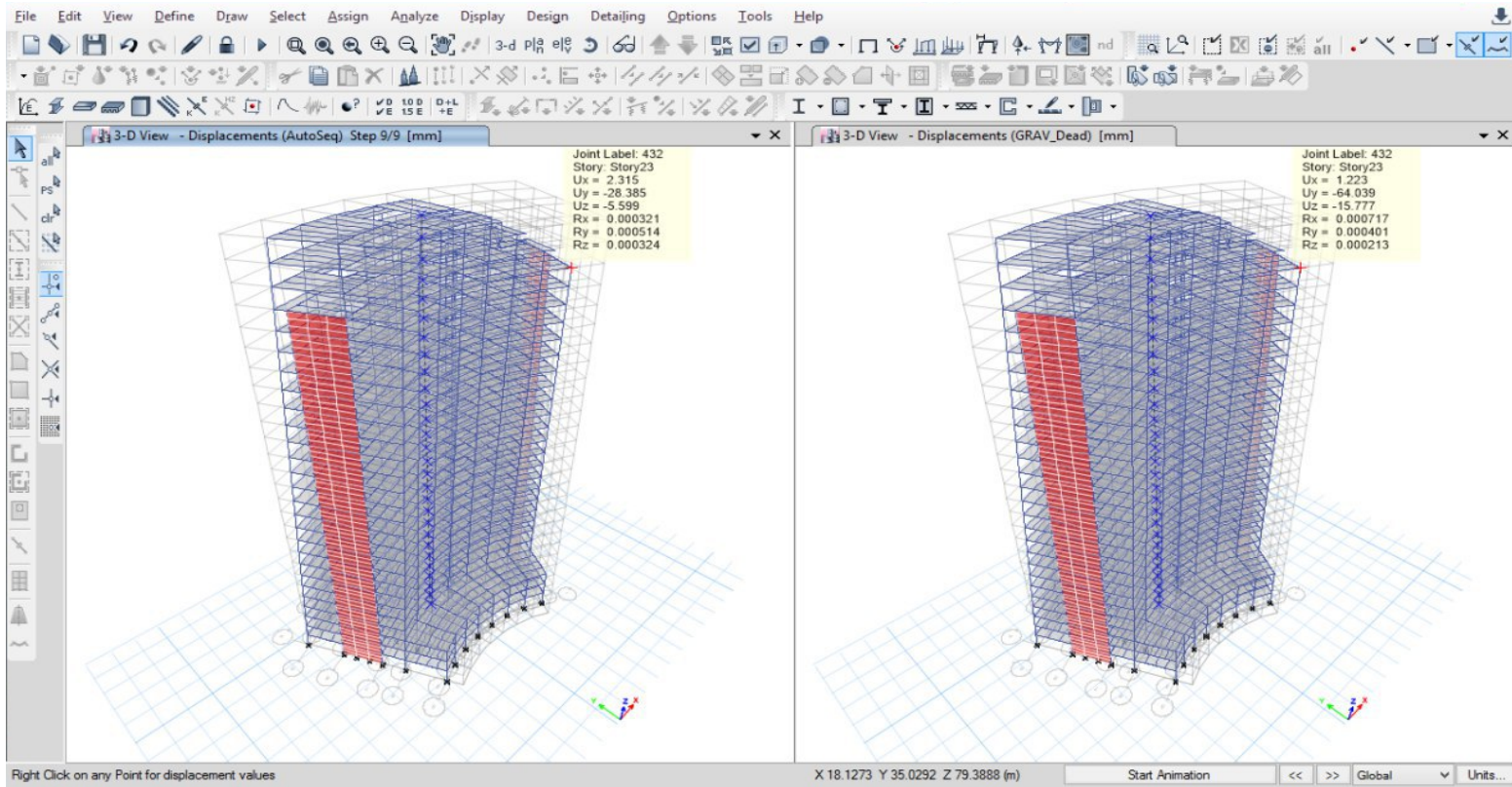
# ستون مایل و نامنظمی در سازه GILD در سازه‌های ساختمانی - مطالعه موردی



# ستون مایل و نامنظمی در سازه GILD در سازه‌های ساختمانی - مطالعه موردی

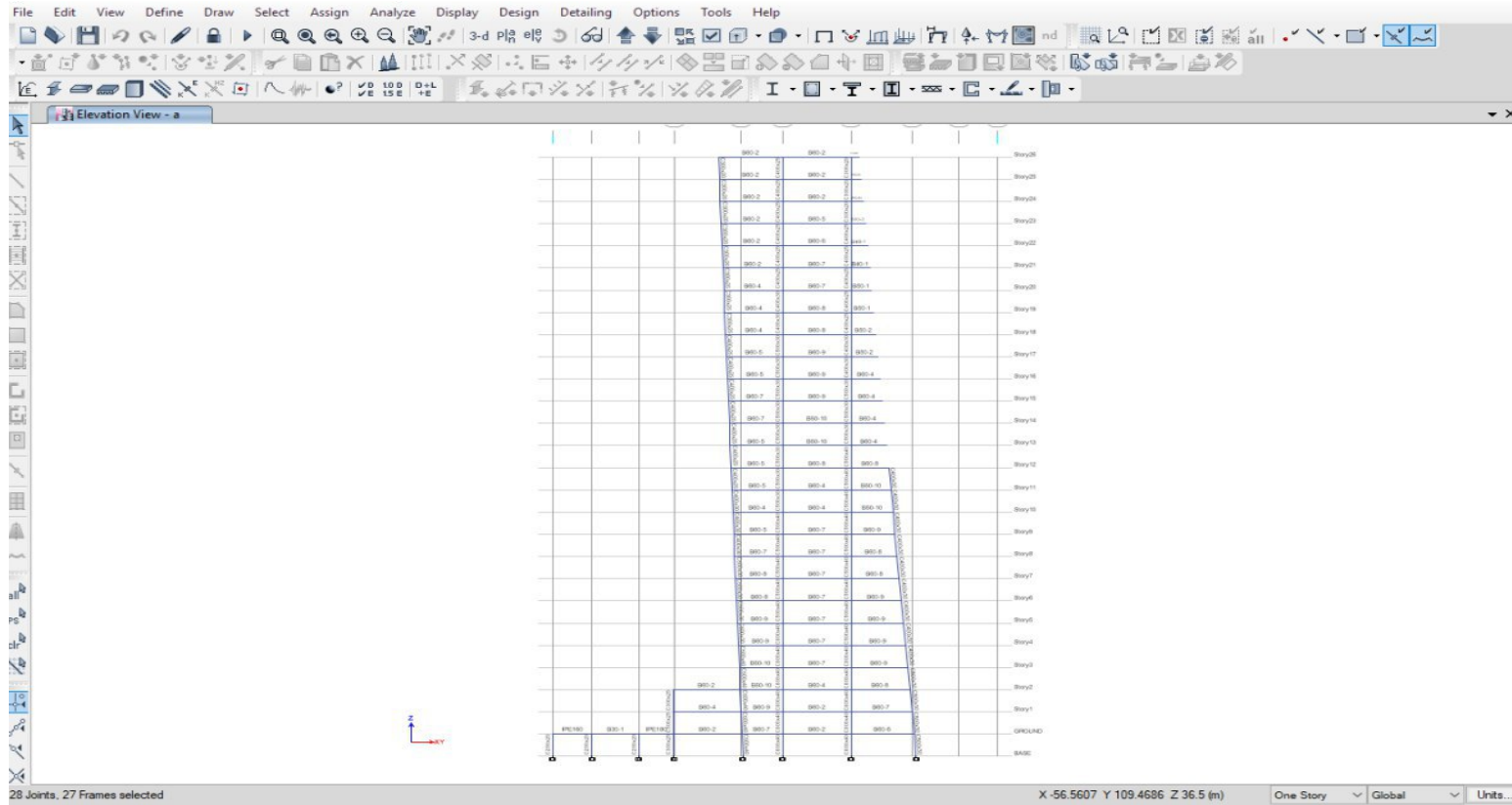


# ستون مایل و نامنظمی در سازه GILD در سازه‌های ساختمانی - مطالعه موردی





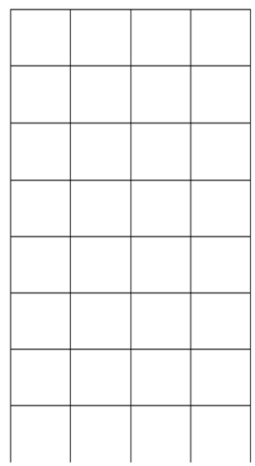
# ستون مایل و نامنظمی در سازه GILD در سازه‌های ساختمانی - مطالعه موردی



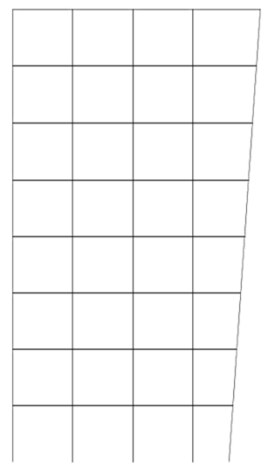


### ستون مایل و نامنظمی در سازه

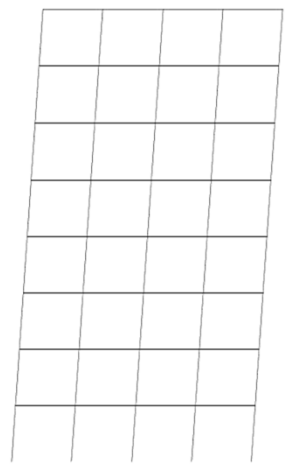
### ارزیابی لرزه‌ای قاب‌های خمشی ویژه فولادی با ستون‌های مایل



مدل S  
Baseline



مدل OI



مدل I

قاب‌های دوبعدی  
تعداد طبقات: ۳، ۴، ۶، ۸، ۱۰، ۱۲ و ۱۶  
دهنه و ارتفاع: چهار دهنه با طول دهنه چهار متر و ارتفاع طبقات سه متر  
سیستم مقاوم جانبی: سیستم قاب خمشی ویژه فولادی  
آیین نامه‌های طراحی: ASCE7 و AISC360

تحلیل دینامیکی افزایشی تحت ۲۲ جفت رکورد زلزله دور از گسل FEMA P695  
مدل غیرخطی IMK

- عدم قطعیت
- عدم قطعیت رکورد ۰.۴
- عدم قطعیت ضوابط طراحی ۰.۳۵
- عدم قطعیت مدلسازی ۰.۳۵
- عدم قطعیت داده آزمایشگاهی ۰.۳۵
- عدم قطعیت کلی سیستم ۰.۷۲۶ ~ ۰.۷۵

## ستون مایل و نامنظمی در سازه

### نتایج ارزیابی لرزه‌ای مدل‌ها بدون لحاظ نمودن اثرات GILD در طراحی

$\theta$	$\Omega_0$	$\mu_T$	CMR	SSF	ACMR	ACMR	SM <sub>ACMR 20%</sub>	SM <sub>ACMR 10%</sub>
Performance group NO.1								
S3-0	3.1	6.25	2.104	1.31	2.756	3.079	47	18
S4-0	3.3	5.38	1.909	1.31	2.501	3.079	33	18
S6-0	3.2	7	2.742	1.43	3.921	3.079	109	18
S8-0	3.0	6.77	2.244	1.49	3.344	3.079	78	18
S10-0	2.7	5.67	1.863	1.49	2.776	3.079	48	18
S12-0	2.9	6.09	2.340	1.51	3.533	3.079	88	18
S16-0	2.4	5.4	1.840	1.48	2.723	3.079	45	18
Performance group NO.2								
OI3-5	3.3	5	2.038	1.26	2.568	2.689	37	3
OI4-5	3.4	5.4	1.908	1.31	2.499	2.689	33	3
OI6-5	3.1	6.25	2.378	1.4	3.329	2.689	77	3
OI8-5	2.8	5.98	1.98	1.46	2.891	2.689	54	3
OI10-5	2.4	6.02	1.549	1.51	2.339	2.689	24	3
OI12-5	2.3	6.27	1.65	1.52	2.508	2.689	33	3
Performance group NO.3								
OI3-7	3.2	4.67	1.951	1.25	2.439	2.535	30	-3
OI4-7	3.3	5.62	1.896	1.38	2.616	2.535	39	-3
OI6-7	2.9	5.59	2.282	1.37	3.126	2.535	66	-3
OI8-7	2.8	5.76	1.933	1.45	2.803	2.535	49	-3
OI10-7	2.4	6.2	1.592	1.52	2.42	2.535	29	-3
OI12-7	2.3	7.13	1.53	1.57	2.402	2.535	28	-3
OI16-7	2.3	5.26	1.319	1.47	1.939	2.535	3	-3
Performance group NO.4								
I3-5	3.4	4.83	1.746	1.24	2.165	2.659	15	2
I4-5	4.0	6.75	2.125	1.35	2.869	2.659	53	2
I6-5	3.4	6.73	1.714	1.41	2.417	2.659	29	2
I8-5	3.6	7.36	2.138	1.49	3.186	2.659	69	2
Performance group NO.5								
I3-7	4.0	4.67	1.955	1.24	2.424	2.78	29	7
I4-7	4.0	6.35	1.981	1.33	2.635	2.78	40	7
I6-7	4.0	7.07	1.914	1.41	2.699	2.78	44	7
I8-7	4.2	7.34	2.255	1.49	3.36	2.78	79	7



Quantification of Building Seismic Performance Factors

FEMA 355 / June 2009



زمانی عملکرد سیستم قابل قبول است که دو معیار زیر تحقق یابد:

- متوسط احتمال فروریزش تحت زلزله MCE برای هر گروه عملکرد ۱۰ درصد یا کمتر باشد.
- متوسط احتمال فروریزش تحت زلزله MCE برای هر مدل گروه عملکرد ۲۰ درصد یا کمتر باشد.

## ستون مایل و نامنظمی در سازه

### افزایش تغییر مکان جانبی سازه ناشی از اثرات GILD در طراحی مدل‌ها



' $\theta$ '	$S_{MR}$	$\Omega_0$	$\mu_T$	CMR	SSF	ACMR	$\overline{ACMR}$	$SM_{ACMR 20\%}$	$SM_{ACMR 10\%}$
Performance group NO.6									
OID3-5	1.5	3.4	5.31	2.123	1.27	2.696	3.332	43	28
OID4-5	1.24	3.5	5.46	2.176	1.31	2.851	3.332	52	28
OID6-5	0.89	3.4	6.72	2.825	1.42	4.012	3.332	113	28
OID8-5	0.7	3.4	6.88	2.694	1.5	4.041	3.332	115	28
OID10-5	0.59	3.1	6.00	2.037	1.51	3.076	3.332	64	28
OID12-5	0.5	3.0	6.55	2.152	1.54	3.314	3.332	76	28
Performance group NO.7									
OID3-7	1.5	3.3	5.81	2.141	1.28	2.74	3.368	46	29
OID4-7	1.24	3.6	5.31	2.221	1.31	2.91	3.368	55	29
OID6-7	0.9	3.5	6.59	2.806	1.41	3.956	3.368	110	29
OID8-7	0.75	3.2	6.62	2.709	1.46	3.955	3.368	110	29
OID10-7	0.59	3.2	6.35	2.215	1.53	3.389	3.368	80	29
OID12-7	0.53	2.9	7.02	2.032	1.56	3.17	3.368	69	29
OID16-7	0.414	3.3	5.59	2.321	1.49	3.458	3.368	84	29
Performance group NO.8									
ID3-5	1.5	3.7	5.87	2.593	1.28	3.319	4.364	77	67
ID4-5	1.32	4.7	7.07	2.782	1.35	3.756	4.364	100	67
ID6-5	1.01	5.3	7.18	3.486	1.41	4.915	4.364	161	67
ID8-5	0.83	5.5	7.92	3.669	1.49	5.467	4.364	191	67
Performance group NO.9									
ID3-7	1.5	5.0	4.94	2.721	1.25	3.401	4.436	81	70
ID4-7	1.41	5.5	6.00	2.991	1.31	3.918	4.436	108	70
ID6-7	1.125	5.5	8.50	3.687	1.41	5.199	4.436	177	70
ID8-7	0.96	5.5	8.70	3.603	1.45	5.224	4.436	178	70

ترکیب بار کنترل دررفت

$$D + L_{\text{Partition}} + E_h + 0.5(L + L_r)$$

D بار مرده

$L_{\text{Partition}}$  بار تیغه‌بندی

$E_h$  بار افقی زلزله

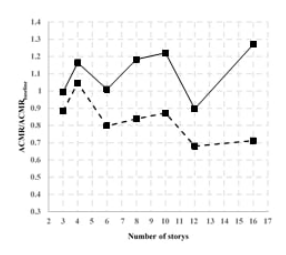
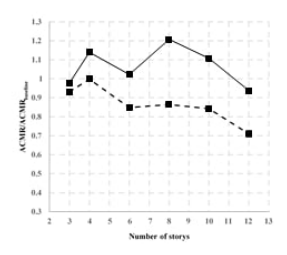
L بار زنده

$L_r$  بار زنده بام



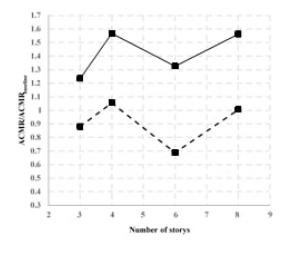
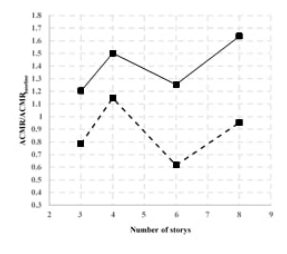
# ستون مایل و نامنظمی درسازه ارزیابی لرزه‌ای قاب‌های خمشی ویژه فولادی با ستون‌های مایل

## نسبت ACMR مدل‌های دارای ستون کج به ACMR مدل‌های Baseline



ب) نسبت ACMR مدل‌های OI-5 به ACMR<sub>baseline</sub>

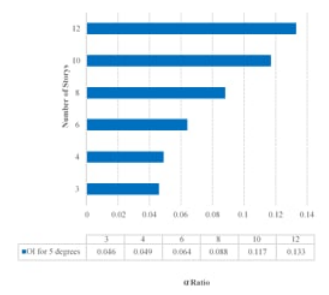
ا) نسبت ACMR مدل‌های OI-7 به ACMR<sub>baseline</sub>



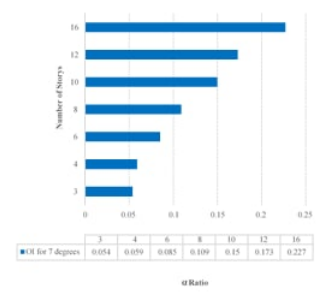
د) نسبت ACMR مدل‌های I-5 به ACMR<sub>baseline</sub>

ج) نسبت ACMR مدل‌های I-7 به ACMR<sub>baseline</sub>

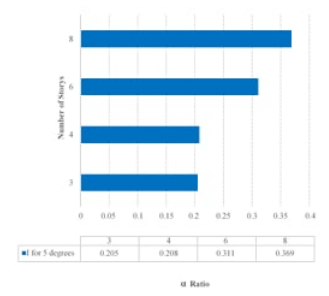
## مقادیر ضریب $\alpha$ مدل‌ها براساس NBCC2015



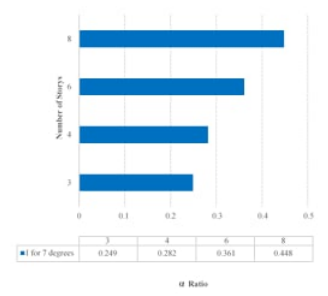
ب. ضریب  $\alpha$  مدل‌های OI با زاویه 5 درجه



ا. ضریب  $\alpha$  مدل‌های OI با زاویه 7 درجه



د. ضریب  $\alpha$  مدل‌های I با زاویه 5 درجه



ج. ضریب  $\alpha$  مدل‌های I با زاویه 7 درجه



## ستون مایل و نامنظمی در سازه ارزیابی لرزه‌ای قاب‌های خمشی ویژه فولادی با ستون‌های مایل

### جمع‌بندی

✓ تقاضای جانبی ناشی از بارهای ثقلی در سیستم‌های قاب خمشی دارای ستون کج و افزایش دررفت‌های ماندگار، تابعی از میزان کج‌شدگی ستون‌ها، مقدار بارهای ثقلی و وزن سازه است.

### صرفنظر از اثرات جابجایی جانبی ماندگار بارهای ثقلی در کنترل دررفت سازه

✓ در یک گروه عملکرد حاشیه ایمنی در مقابل احتمال فروریزش 10% تحت زلزله MCE فراهم نمی‌شود و در سایر گروه‌های عملکرد نیز تنها 2 تا 7 درصد حاشیه ایمنی فراهم می‌شود و نسبت به مدل‌های Baseline، نسبت ACMR تا 38 درصد کاهش می‌یابد.

### لحاظ نمودن اثرات جابجایی جانبی ماندگار بارهای ثقلی در کنترل دررفت سازه

✓ حاشیه ایمنی 28 تا 70 درصد را در مقابل احتمال فروریزش 10% تحت زلزله MCE فراهم می‌کند و نسبت به مدل‌های Baseline، نسبت ACMR ممکن است تا 63 درصد افزایش یابد.

خاطره .....



شرافت، انسانیت، تخصص، اخلاق حرفه‌ای، وطن پرستی و امید به ساختن فردایی بهتر، در کمتر کسی یکجا جمع می‌شود. محمدرضا عزیزم افتخار میکنم به دوستی با تو و صد افسوس و دریغ به حال همه ما که از داشتنت محروم شدیم.

**برای ما دعا کن تا امید هنوز زنده بماند . . .**

روزبه ظهیری