

بررسی اثر زلزله بر تغییر شکل جانبی ساختمانهای فولادی با سیستم مقاوم قاب خمشی و یا مهاربندی

ابراهیم ثنائی

محمد صادق سرداری

دانشیار دانشکده مهندسی عمران دانشگاه علم و صنعت ایران

فوق لیسانس مهندسی عمران دانشکده مهندسی عمران

چکیده:

تغییر شکل جانبی ساختمانها از جهات مختلفی از جمله مسائل روانی، ترك خوردگی، نازك كاری آن و تنش های اضافی وارده می تواند مورد توجه باشد. عدم پیش بینی درزهای انقطاع مناسب برای تغییر مکان اضافی نیز، به هنگام بروز زلزله باعث وارد آمدن ضربه به ساختمانهای مجاور می گردد که در نتیجه، عكس العمل ناشی از آن می تواند به صورت نیروی اضافی به سازه اثر کند. لذا آیین نامه های مختلف مقدار تغییر مکان افقی طبقات را محدود کرده و توصیه می نمایند که درز و انقطاع مناسبی با توجه به ارتفاع سازه برای تغییر مکان جانبی در نظر گرفته شود. در این بررسی رفتار ساختمانهای متعارف ۴، ۵ و ۶ طبقه که غالب ساختمانهای ساخته شده در ایران را دربر می گیرد، با دو سیستم قاب خمشی مقاوم و قاب مهاربندی در برابر ضرایب مختلف زلزله مورد مطالعه قرار گرفته و تغییر مکانهای حاصله طی نمودارهایی به منظور مقایسه بین دو سیستم ارائه گردیده است.

Contribution to the Seismic Effect on the Rigid and/or Braced Steel Frames

E. Sanaei, Ph. D.

Mohammad S. Sardari, M. Sc.

Associate professor, Iran Univ. of
Science & Technology

Graduate student of Civil Eng. Iran
Univ. of Science & Technology

Abstract:

Lateral defelection of structures due to earthquake loads increases $P-\Delta$ effects, and local impact load to the neighbouring structures. In this paper the behaviour of some rigid and/or braced steel frames influenced by different earthquake coefficients are investigated and their deflections are compared for some 4,5 and 6 stories modeled residential constructions.

The contributions are:

- for higher rigid frames the size of elements are controled by sway index which increases the weight of steel,*
- the effect of bracing reduces the undesired lateral deflection for many types of structures considered.*

یکی از محدودیتهایی که در انجام محاسبات سازه‌ها مورد توجه قرار می‌گیرد، کنترل تغییر مکان جانبی ساختمان بر اثر نیروی جانبی است. سازه ممکن است مقاومت کافی در برابر نیروها را داشته باشد ولی تغییر مکان جانبی بیش از حد در ساختمانهای متعارف باعث ترک خوردگی نازک کاری می‌گردد و در ساختمانهای بلند می‌تواند اثرات روانی نامطلوبی برای ساکنین بوجود آورد. همچنین احتمال ضربه زدن به ساختمان مجاور مطرح می‌باشد. پدیده اخیر در زلزله ۳۱ خرداد ۶۹ منجیل در برخی از ساختمانها مشاهده شده است.

به منظور کاهش اثرات نامطلوب یاد شده، کشورهای مختلف محدودیتهایی را برای کنترل تغییر مکان جانبی در نظر می‌گیرند. به عنوان مثال بر طبق آیین نامه‌های اجرائی زلزله در کشور ژاپن تغییر مکان نسبی افقی بین طبقات متوالی بایستی مساوی و یا کوچکتر از $h/0.02$ باشد (h ارتفاع طبقه). در آیین نامه جدید در ایران «طرح ساختمانها در برابر زلزله» این میزان به $h/0.05$ محدود می‌گردد. گرچه وجود کامپیوترهای کوچک و توسعه روز افزون کاربرد آن در محاسبات سازه‌ها محاسبه و کنترل تغییر مکانها را به سهولت امکان پذیر می‌سازد ولی لازم است اصول و روابط حاکم برای محاسبه تغییر مکانهای جانبی به طور اختصار بیان گردد.

۲ - تغییر مکان جانبی در قاب‌های خمشی

چنانچه سختی برشی هر طبقه را R بنامیم و نیروی برشی بر آن طبقه F باشد تغییر مکان جانبی Δ از رابطه ۱ به دست می‌آید.

$$\Delta = \frac{F}{R} \quad (1)$$

برای بدست آوردن سختی برشی طبقات این مفروضات را در نظر می‌گیریم.

- تغییر مکان هر طبقه فقط ناشی از نیروی برشی است؛
- سقف‌ها دیافراگم سخت و غیرقابل تغییر شکل را بوجود می‌آورند؛
- چرخش تمام اتصالات مجاور در یک سطح افقی مفروض یکسان فرض می‌شود؛
- نقاط عطف در تیرها و ستون‌ها به ترتیب در وسط دهانه

و ارتفاع قرار دارد.

با توجه به فرضیات فوق و استفاده از روابط شیب افت می‌توان روابط زیر را برای سختی برشی طبقات یک قاب در حالات مختلف به دست آورد. (۱)

سختی برشی طبقات:

$$R = \frac{24E}{H^2 \left(\frac{2}{\sum K_c} + \frac{1}{\sum K_{bb}} + \frac{1}{\sum K_{bt}} \right)} \quad (2)$$

سختی برشی طبقه زیرین وقتی اتصال به پی گیردار باشد:

$$R = \frac{24E}{H^2 \left(\frac{2}{\sum K_c} + \frac{1}{\sum K_{bt} + \frac{\sum K_c}{12}} \right)} \quad (3)$$

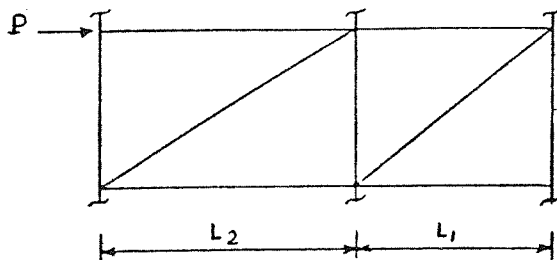
سختی برشی طبقه زیرین وقتی اتصال به پی مفصلی باشد.

$$R = \frac{24E}{H^2 \left(\frac{3}{\sum K_{bt}} + \frac{8}{\sum K_c} \right)} \quad (4)$$

بدیهی است با داشتن سختی هر طبقه و کل نیروی برشی وارده به آن طبقه مقدار Δ از رابطه (۱) حساب می‌شود.

۳ - تغییر مکان جانبی در قاب‌های مهاربندی شده

فرض کنیم که منظور تعیین تغییر مکان جانبی در طبقه ای از یک قاب ساختمانی مهاربندی شده مطابق شکل ۱ باشد. بدیهی است در مواردی که قاب دارای دهانه‌های مساوی باشد، محاسبات ساده تر خواهد شد.



شکل (۱)

با فرض افقی ماندن کف‌ها، طبقه مورد نظر پس از تغییر

مکان به صورت زیر در می آید.

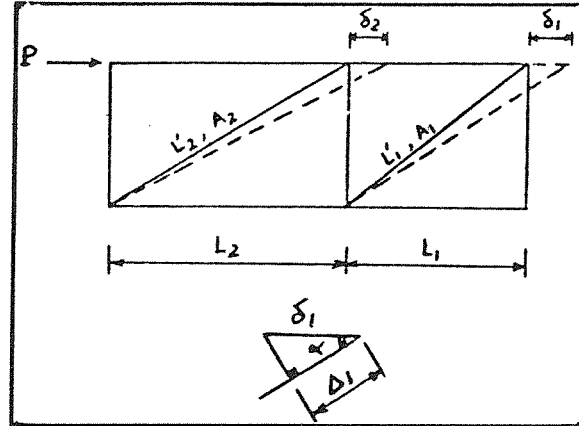
میزان تغییر شکل طبقه به دست می آید.

$$P_2 = \frac{P}{1 + \left(\frac{A_1}{A_2}\right) \left(\frac{L_1}{L_2}\right)^2 \left(\frac{L_1'}{L_1}\right)^3}$$

$$P_1 = P - P_2$$

$$\delta = \delta_1 = \delta_2 = P_1 \frac{L_1'^3}{EA_1 L_1^2}$$

بدین ترتیب با داشتن سختی برشی هر طبقه و مقدار کل برش اعمال شده در همان طبقه، می توان تغییر مکان جانبی را محاسبه نمود.



اکنون نیروی کل برشی طبقه P را بین عناصر مهاربندی توزیع می کنیم.

$$F_1 = \frac{P_1}{\cos \alpha} = \frac{P_1}{L_1/L_1'} = \frac{P_1 L_1'}{L_1}$$

$$\Delta_1 = \frac{F_1 L_1}{EA_1}$$

$$\delta_1 = \frac{\Delta_1}{\cos \alpha} = \Delta_1 \cdot \frac{L_1'}{L_1}$$

$$\delta_1 = \frac{P_1 L_1'^3}{EA_1 L_1^2} \quad (5)$$

$$\delta_2 = \frac{P_2 L_2^3}{EA_2 L_2^2} \quad (6)$$

با در نظر گرفتن اصل سازه گاری داریم:

$$\delta_1 = \delta_2 \quad (7)$$

با نوشتن روابط تعادل به دست می آوریم:

$$P = P_1 + P_2 \quad (8)$$

و یا:

$$\begin{cases} \frac{P_1 L_1'^3}{EA_1 L_1^2} = \frac{P_2 L_2^3}{EA_2 L_2^2} \\ P = P_1 + P_2 \end{cases}$$

از حل دو رابطه ۷ و ۸ مقدار نیروی هر یک از مهاربندی ها و

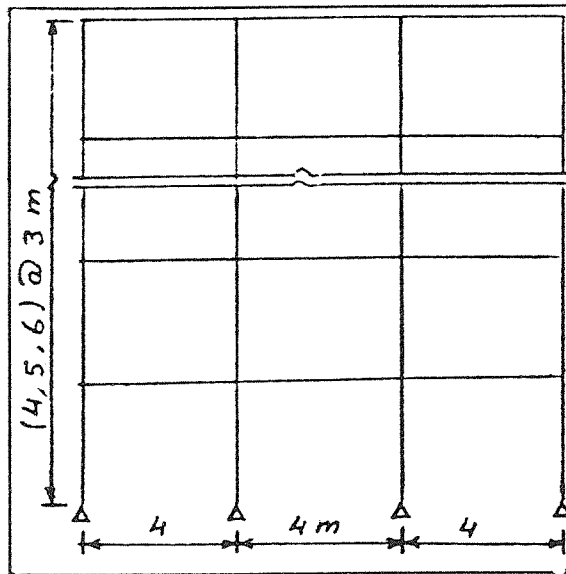
۴ - مفروضات

ساختمانهای متعارف ۴، ۵ و ۶ طبقه با ابعاد کلی ۱۲ متر در هر جهت و ارتفاع طبقات ۳ متر که کاربرد بیشتری داشته با شرایط زیر مورد محاسبه و طراحی قرار گرفته و سپس تغییر مکان جانبی آنها در اثر نیروی زلزله محاسبه و نتایج حاصله مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. (شکل ۲). ضرایب زلزله ۸/۰، ۱۰/۰، ۱۲/۰ در نظر گرفته شده است که با شرایط مختلف ساختمانها و جنس زمین سازگاری دارد.

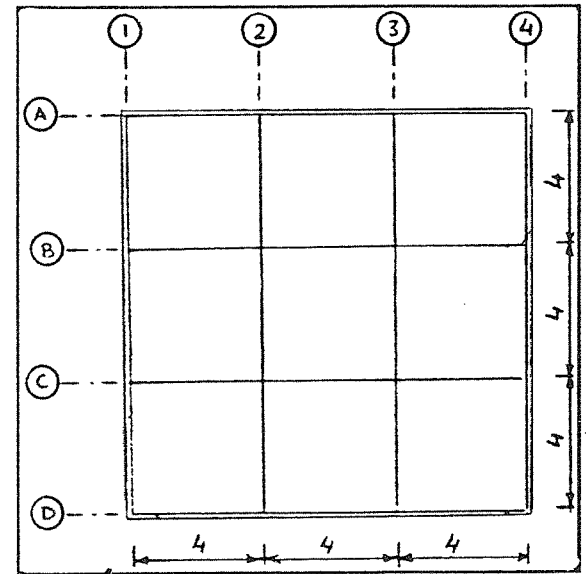
نوع سیستم مقاوم: قاب خمشی در دو امتداد ساختمان - قاب خمشی در یک امتداد و قاب مهاربندی در امتداد دیگر انتخاب شده است. مهاربندی ها در امتداد محورهای ۱ و ۴ و متناسب با کنترل واژگونی در یک دهانه یا بیشتر در نظر گرفته شده است.

بارگذاری انجام شده مربوط به ساختمانهای متعارف مسکونی در منطقه تهران و شهرهای با شرایط اقلیمی مشابه به شرح زیر است:

| بار مرده طبقات | Kg/cm ² | ۶۳۰ |
|----------------|--------------------|-----|
| بار زنده طبقات | Kg/cm ² | ۲۰۰ |
| بار مرده بام | Kg/cm ² | ۶۰۰ |
| بار زنده بام | Kg/cm ² | ۱۵۰ |



شکل (۳) نما و پلان نوب ساختمانهای ۴ و ۵ و ۶ طبقه



۵- روش کار و نتیجه گیری

هر یک از ساختمانهای ۴، ۵ و ۶ طبقه به ترتیب تحت اثر بارگذاری ناشی از زلزله قرار گرفته و به ازاء تأثیرات مختلف زلزله که با ضریب زلزله C مشخص شده است، تغییر شکل سازه تحت اثر دو سیستم مقاوم قابها محاسبه شده و مورد مقایسه قرار گرفته است. برای مقایسه روشن تر، نتایج به صورت نمودارهایی ارائه شده است.

از بررسی مقایسه‌ای نمودارها نتایج زیر حاصل می‌گردد.

الف: همواره تغییر شکل جانبی ساختمانهایی که سیستم مقاوم سازه آنها از نوع قاب مهاربندی شده است، از میزان مجاز آیین نامه کمتر است. این قاعده با تغییر طبقات ساختمان و همچنین ضریب زلزله همچنان معتبر است.

ب: میزان تغییر شکل جانبی سیستم مهاربندی به راحتی با افزایش سطح مقطع مهاربندی‌ها کاسته شده و می‌توان آن را به حد مورد نظر رساند.

پ: در اثر کم بودن تغییر شکل جانبی ساختمان نیروی اضافی ناشی از ضربه ساختمانهای مجاور در صورتی که درز انقطاع در نظر گرفته نشده باشد کاهش می‌یابد و در نتیجه ایمنی ساختمان بالا می‌رود.

ت: در ساختمانهایی که از قاب خمشی استفاده شده است تغییر شکل جانبی از نظر همواره کمی بیش از میزان مجاز آیین نامه‌ای می‌باشد که برای کاستن آن در حد آیین نامه لازم است مقاطع اعضاء قاب را افزایش داد. این امر باعث بالا رفتن مصالح می‌گردد. البته در ساختمانهای تا

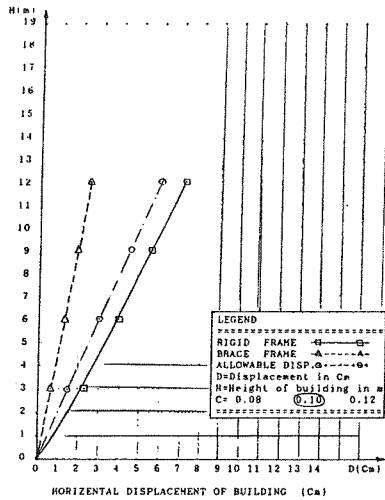
چهار طبقه میزان افزایش تغییر شکل جانبی نسبت به حد مجاز ناچیز است ولی در ساختمانهای پنج و شش طبقه به تدریج اختلاف چشمگیرتر می‌شود و نمی‌توان از آن صرف‌نظر نمود. ث: افزایش ضریب زلزله در ساختمانهای با قاب خمشی باعث افزایش تغییر شکل می‌گردد و وضعیت سازه را نامناسب تر می‌نماید. در حالی که در ساختمانهای با سیستم قاب مهاربندی افزایش ضریب زلزله باعث افزایش مقاطع مهاربندی شده نهایتاً سختی ساختمان بیشتر می‌شود و در نتیجه میزان تغییر شکل جانبی سازه کاهش می‌یابد. این نتیجه مهم را از مقایسه نمودارهای هر یک از ساختمانهای ۴ یا ۵ و ۶ طبقه بر حسب تغییرات ضریب زلزله می‌توان به دست آورد.

ج: با توجه به مطالب بالا مشخص می‌گردد که سیستم قاب مهاربندی شده از نظر تغییر شکل جانبی که می‌تواند باعث ترک خوردگی روسازی، ایجاد نیروهای داخلی بیش بینی شده و نیروهای ناشی از ضربه ساختمانهای مجاور گردد به قاب خمشی ارجحیت دارد.

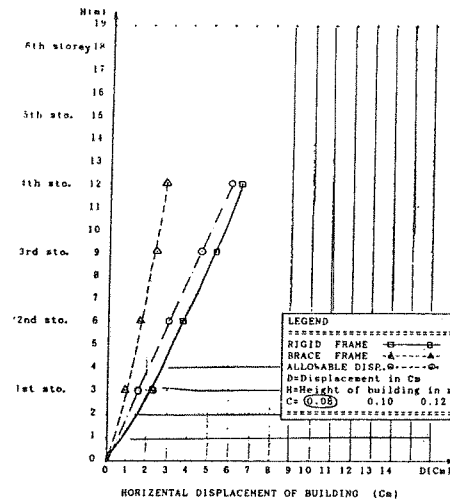
بنابراین در ساختمانهای بلند (۵ طبقه و بیشتر) نقش سیستم مهاربندی از نظر کنترل تغییر شکل جانبی لازم است مورد توجه بیشتری قرار گیرد و ضمن بررسی و مقایسه سایر عوامل نظیر مقدار فولاد مصرفی و رفتار ارتجاعی سازه در دو سیستم قاب خمشی و مهاربندی سیستم بهینه مشخص گردد.

- 4- Kirsch U. Optimum Structural Design Newyork, Mcgraw-Hill 1981.
 5- Gaylord and Gaylord, Structural Engineering Handbook 2 nd. ed. Newyork, Mcgraw-Hill.

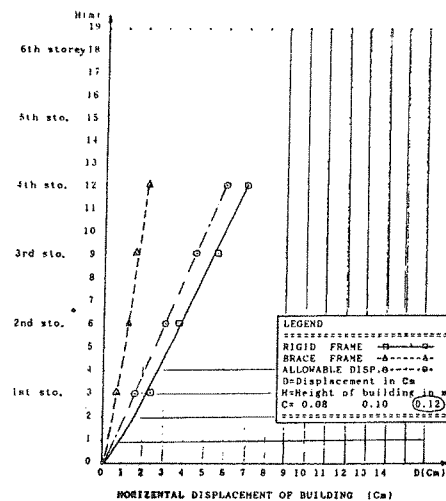
- ۱- گزارش شماره ۲۴ انجمن مهندسين محاسب.
 ۲- نشریه ۵۱۹ مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران.
 3- N.G.R.Iyengar and S.K. Gupta, Programing Method in Structural. Design, London, Edward 1981.



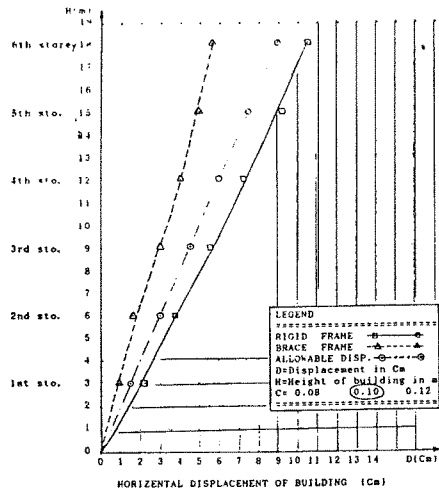
نمودار (۲) منحنی نمایش جایجایی های افقی ساختمان بر حسب ارتفاع آن و نوع سیستم مقاوم جانبی سازه



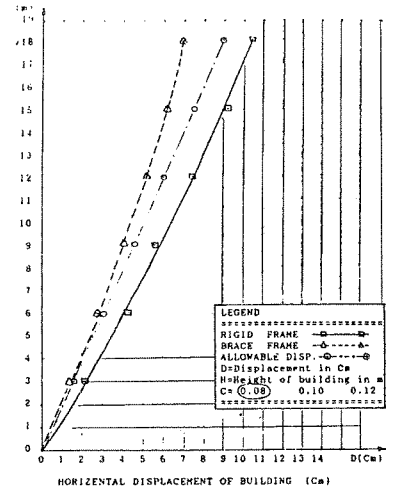
نمودار (۱) منحنی نمایش جایجایی های افقی ساختمان بر حسب ارتفاع آن و نوع سیستم مقاوم جانبی سازه



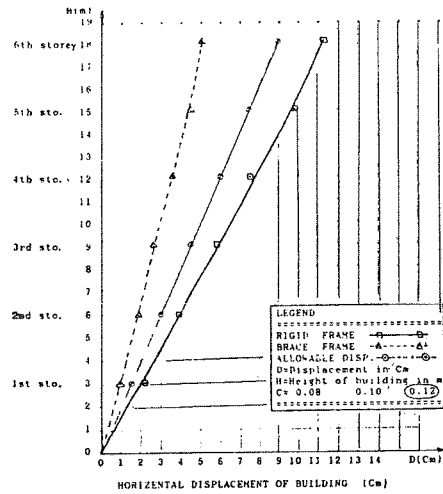
نمودار (۳) منحنی نمایش جایجایی های افقی ساختمان بر حسب ارتفاع آن و نوع سیستم مقاوم جانبی سازه



نمودار (۴) منحنی نمایش جایجایی های افقی ساختمان بر حسب ارتفاع آن و نوع سیستم مقاوم جانبی سازه



نمودار (۵) منحنی نمایش جایجایی های افقی ساختمان بر حسب ارتفاع آن و نوع سیستم مقاوم جانبی سازه



نمودار (۶) منحنی نمایش جایجایی های افقی ساختمان بر حسب ارتفاع آن و نوع سیستم مقاوم جانبی سازه