رویکردهای نوین در مهندسی عمران
دوره ششم، شماره سوم، ۱۴۰۱، صفحه:۵۹- ۶۸

تاثیر شکل پذیری های مختلف در میزان مصالح و آرماتور مصرفی در قاب های خمشی بتن آرمه

***اکبر قلیزاده*[1]**

[1] *کارشناس ارشد مهندسی عمران-سازه، گروه مهندسی عمران، واحد شبستر، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران(akbar_golizade64@yahoo.com)*

(تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۰۵/۰۷، تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۰۹/۲۲)

چکیده

امروزه مشخص شده که رفتار هرسیستم سازه ای در هنگام زلزله تا حد زیادی توسط ظرفیت استهلاک انرژی آن از طریق رفتار شکل پذیر تعیین می شود. و میزان قابلیت رفتار غیر خطی سازه را نشان می دهد. در این مقاله به منظور مقایسه قابهای خمشی از نظر اقتصادی و تاثیر شکل پذیری در میزان مصالح مصرفی، قابهای خمشی بتن آرمه متعارف با شکل پذیر ی های مختلف و با تعداد طبقات مختلف ۶ و ۱۲ طبقه به عنوان نماینده انتخاب شده و با رعایت کلیه ضوابط آبا برای هر گروه، طراحی شده اند. پس از تیپ بندی مناسب و رعایت نکات اجرائی و تهیه نقشه های اجرائی، میزان مصالح مصرفی (بتن و فولاد)تعیین شده و کلیه هزینه ها با توجه به فهرست بهای موجود (۱۳۸۸) برآورد شده اند. این هزینه ها تنها شامل هزینه مصالح مصرفی در ساخت تیرها، ستونها و فو نداسیونها می باشند و هزینه سقف و سایر هزینه های سازه ای لحاظ نشد ه اند زیرا تغییر نوع شکل پذیری تاثیری در سایر هزینه ها نداشته و فقط در طراحی تیرها، ستونها و فو نداسیونها موثر می باشد.

کلمات کلیدی

شکل پذیری، ارزیابی اقتصادی،مصالح مصرفی ، آیین نامه آبا، فهرست بهای موجود.

رویکردهای نوین در مهندسی عمران
دوره ششم، شماره سوم، ۱۴۰۱، صفحه:۵۹- ۶۸

The Effect of Different Ductility on the amount of Consumables and Reinforcement used in Flexural Reinforced Concrete Frames

Akbar Gholizadeh [1*]

[1*] *M. Sc. Of Structural Engineering, Department of Civil Engineering, Shabastar Branch, Islamic Azad University, Shabastar, Iran(akbar_golizade64@yahoo.com)*

(Date of received: 29/07/2022, Date of accepted: 13/12/2022)

ABSTRACT

It is now known that the behavior of any structural system during an earthquake is largely determined by its energy dissipation capacity through ductile behavior. And shows the degree of nonlinear behavior of the structure.In this paper, in order to compare bending frames from the economic point of view and the effect of ductility on the amount of consumable materials, conventional reinforced concrete bending frames with different ductility and with different number of 6 and 12 floors are selected as representatives and observing all criteria. Aba are designed for each group. After proper typing and observing the executive points and preparing executive plans, the amount of consumable materials (concrete and steel) has been determined and all costs have been estimated according to the existing price list (2009). These costs only include the cost of materials used in the construction of beams, columns and foundations, and the cost of roof and other structural costs are not included because changing the type of ductility has no effect on other costs and only in the design of beams, columns and Foundations are effective.

Keywords:

Ductility, Economic evaluation, Consumables, ABA regulations, Price list.

۱- مقدمه

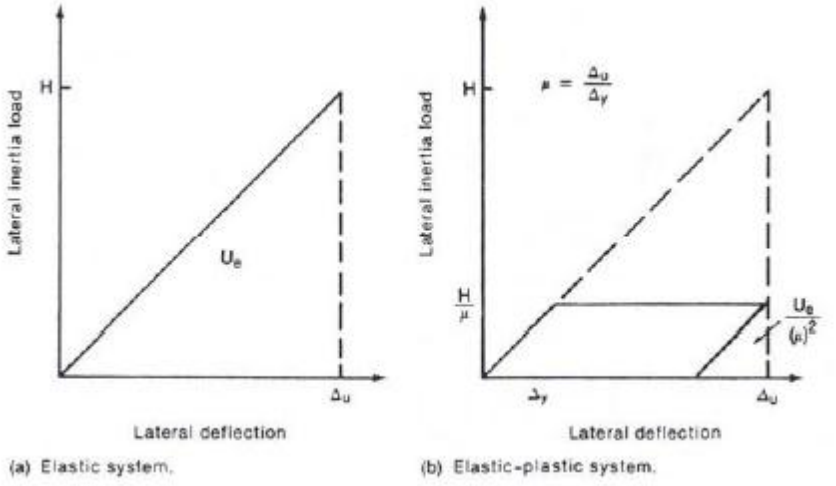
مسئله طراحی سازه های بتن آرمه مقاوم در برابر زلزله اساساً مشخص کردن تغییر شکل ها و نیروها در یک طرح اولیه و فراهم کردن این شرایط با ایجاد تناسب و جزئیات مناسب برای اعضاء و اتصالات آنها می باشد. بطور کلی هدف از طراحی یک سازه برای مقابله با بارهای مورد انتظار تأمین ضوابط ایمنی و بهره برداری می باشد. به دلیل وجود عدم اطمینان در تخمین بارها و ظرفیت اعضاء و اتصالات سازه ای، مسئله طراحی سازه مقاوم در برابر زلزله پیچیده می¬باشد. اما اطلاعات گردآوری شده در طی چند دهه گذشته ازمطالعات تحلیلی و آزمایشگاهی و همچنین ارزیابی رفتار ساز های در زلزله های اخیر، یک پایه قوی برای برخورد با این مسئله خاص را فراهم کرده است. مشابه طراحی برای سایر شرایط بارگذاری، بطور کلی طراحی لرزه ای به نقاطی از سازه توجه دارد که تحت تقاضای شدید قرار دارند بطوریکه تحلیل ها و آزمایشات نشان می دهند. یعنی تأکید خاص در نقاطی است که خرابی آنها بخش مهمی از سازه را تحت تأثیر قرار می دهد. طراحی لرزه ای به عنوان یک زمینه مطالعاتی خاص مورد توجه قرار گرفته است زیرا بر خلاف طراحی برای نیروهای باد نیاز به ملاحظات خاص می باشد. در طراحی ساختمان برای باد معمولاً فراهم کردن سختی و مقاومت کافی برای سازه کفایت می کند. در حالیکه در طراحی لرزه ای پارامتر دیگری به نام شکل پذیری یا ظرفیت تغییر شکل غیر الاستیک باید مورد توجه قرار گرفته و تأمین گردد. این نیاز از آنجا ناشی می شود که معمولاً طراحی بسیاری از سازه ها برای پاسخ الاستیک به زلزله های متوسط تا قوی غیر اقتصادی می باشد. برای مقابله با چنین زلزله هایی، آیین نامه ها مقرر می دارند که سازه باید دارای شکل پذیری کافی باشد تا به واسطه تغییر شکلهای غیر الاستیک انرژی حاصل از حرکات زمین را جذب و تلف کند. اما تغییر شکل های به وجود آمده در یک سازه مقاوم در برابر زلزله باید برای محافظت المانهایی از سازه که جزئی از سیستم مقاوم در برابر بارهای جانبی نمی باشند کنترل شود. در حقیقت این اعضاء که نقشی در مقابله با بارهای جانبی نداشته و شکل پذیری کافی برای آنها پیش بینی نمی شود، در مکانیزم کلی عمل کرده و آسیب می بینند.

۲- نیاز به طرح مناسب

بدلیل وجود بارها و تغییر شکل های قابل توجه مورد انتظار در نواحی بحرانی سازه به هنگام زلزله و بدلیل عدم اطمینان از شدت و محتوای حرکات زمین در یک سایت خاص، ایده اصلی طرح باید مناسب باشد. منظور از ایده طرح مناسب ، ساز های با شکل و ترکیب مناسب است که تحت اثر زلزله رفتار خوبی از خود نشان می دهد. سازه های با شکل متقارن، یکنواخت و بدون غیر پیوستگی در جرم، هندسه، سختی یا مقاومت برای طراحی لرزه ای مناسب بوده و دارای مزایای اقتصادی می باشند. اگرچه این ایده ها بر خلاف میل برخی از آرشیتکت ها می باشد. افزایش درجه نا معینی سازه یک ایده مناسب و عامل مؤثر در شکل پذیری می باشد. جاری شدن و تسلیم در نواحی بحرانی تنش و باز پخش مجدد نیروها به نواحی با تنش پایین اساس عملکرد سازه شکل پذیر می باشد. لذا فراهم کردن درجات نا معینی بیشتر در سازه، شکل پذیری را افزایش می دهد. به همان اندازه که ایده مناسب برای طرح سازه اهمیت دارد، جزئیات کافی برای آرماتور گذاری اعضاء و اتصالات برای تأمین مقاومت و شکل پذیری کافی مهم می باشد. این جزئیات بایدبه گونه ای باشند که از شکست ترد اعضاء جلوگیری شود. خصوصاً اعضایی که تحت برش قرار دارند و نقاطی که تنش پیوستگی در آن زیاد است اهمیت خاصی دارند. علاوه بر آن باید اقداماتی برای اتصال مناسب قسمت هایی از سازه که با یکدیگر به صورت یکپارچه عمل می کنند انجام شود. آزمایشات و مشاهدات نشان داده اند که ساختمان های بتن آرمه که بطور مناسب طراحی، جزء بندی و ساخته شده اند، مقاومت، سختی و ظرفیت تغییر شکل غیرالاستیک (شکل پذیری(لازم در برابر زلزله های مهم را داشته اند [۱-۶].

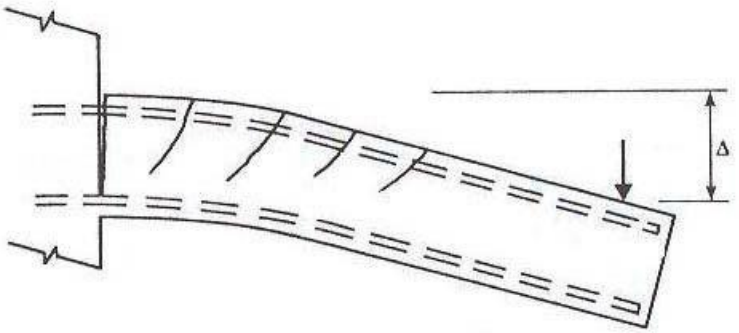
۳- شکل پذیری در طراحی لرزه ای

بطور کل ، طراحی اقتصادی ساز ه های مقاوم در برابر زلزله باید با هدف فراهم کردن مشخصات دینامیکی و ساز ه ای انجام شود. بطوریکه سازه سطح پاسخ مناسبی تحت اثر زلزله طرح داشته باشد. بزرگی حداکثر تغییر شکل قابل قبول بستگی به نوع سازه و عملکرد آن دارد. در برخی سازه های لاغر مانند برج ها و دود کشها، پایداری سازه بستگی به سختی و پایداری عضو اصلی نگهدارنده سازه دارد. در اینگونه سازه ها تسلیم در عضو اصلی قابل تحمل نبوده وطراحی باید برای پاسخ الاستیک انجام شود. اما برای بسیاری از ساختما نها خصوصاً قابهای با اتصالات گیردار، فراهم کردن شرایط تسلیم وتشکیل مفاصل پلاستیک در برخی اعضای تحت تنش بحرانی، طرح را اقتصادی می کند. یعنی سازه برای سطح نیروی زلزله کمتری نسبت به حالت الاستیک طراحی می شود. تحلیل و تجربه نشان داد ه است که سازه هایی که از درجه نا معینی کافی برخوردارند، ایمنی بیشتری در برابر حرکات قوی زمین دارند. مطالعات نشان می دهد که تحت اثر رکورد های مختلف زلزله، حداکثر تغییر مکانهای جانبی سازه با رفتار الاستیک و سازه با رفتار الاستیک-پلاستیک، تقریباً برابر می باشند. شکل(۱) دیاگرام های بار تغییر مکان یک سازه الاستیک و یک سازه الاستیک-پلاستیک را تحت اثر یک جابجایی جانبی یکسان نشان می دهد.

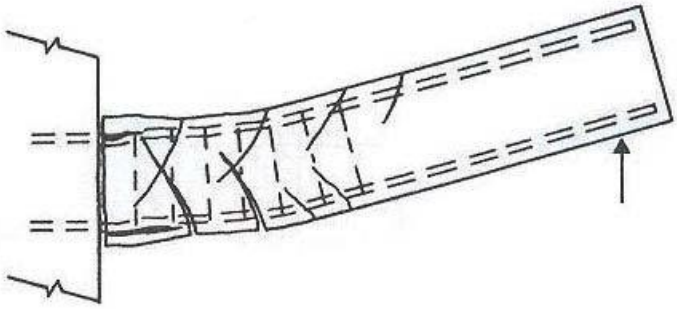


شکل ۱: تاثیر ضریب شکل پذیری در نیروی جانبی و انرژی کرنشی.

نسبت حداکثر تغییر مکان به تغییر مکان تسلیم ضریب شکل جابجایی نامیده می شود. در شکل فوق دیده می شود که برای ضریب شکل پذیری ، بار جانبی مؤثر بر سازه الاستیک-پلاستیک برابر سازه الاستیک و انرژی جذب شده در هر سیکل بارگذاری برابر خواهد بود. بنابراین اگر یک سازه شکل پذیر باشد می توان آنرا برای نیروهای زلزله کمتری طراحی کرد. شکل پذیری یک تیر در صورتی افزایش می یابد که کاهش یافته و افزایش یابد، که در صد آرماتور در حالت بالانس، درصد آرماتور فشاری ودر صد آرماتور کششی است. وقتی یک عضو بتن آرمه تحت اثر بار قرار می گیرد، ترک های خمشی و برشی مطابق شکل(۲) گسترش می یابند. اگر جهت بار عوض شود، این ترک ها بسته شده و ترک های جدید ایجاد می شوند. پس از چند مرحله بارگذاری متناوب، عضو به صورت شکل (۳) در می آید.



شکل۲: ترک ایجاد شده در اثر بار رو به پایین.

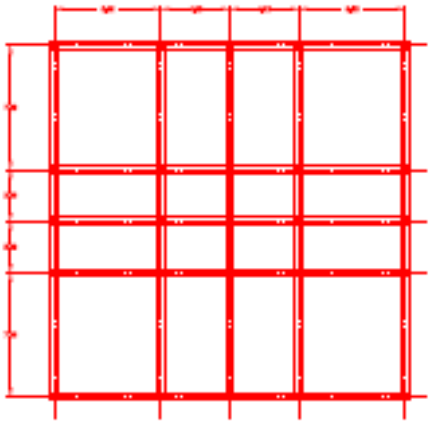


شکل ۳: ترک ایجاد شده در اثر بار رو به بالا.

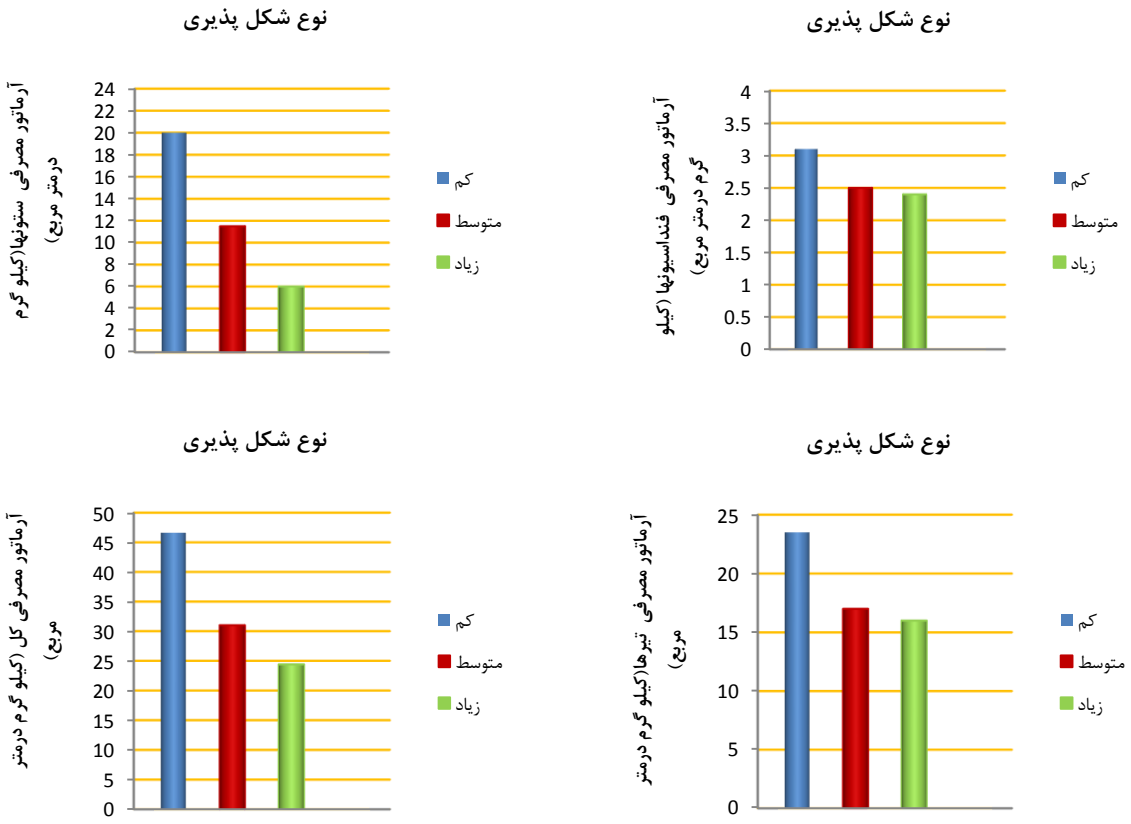
ناحیه سمت چپ تیر به یک سری بلو کهایی از بتن تقسیم می شود که توسط عملکرد داول آرماتور های طولی و اصطکاک داخل ترک انتقال می یابد. پس از خرد شدن بتن روی آرماتور، میلگرد های طولی کمانش خواهند کرد، مگر آنکه توسط خامو تها یا حلقه های با فواصل نزدیک به هم محصور شده باشند. همچنین قلابها بتن هسته محصور شده ایجاد کرده و شکل پذیری را افزایش می دهند. باید توجه داشت که در رابطه ضریب شکل پذیری تغییر شکل انتهای تیر یا انتهای ساختمان می باشد. چون بیشتر تغییر شکل در نواحی ترک خورده متمرکز می شود، لذا شکل پذیری انحناء باید چند برابر شکل پذیری تغییر شکل مورد نیاز در یک ستون با خاموت دور پیچ، انبساط جانبی بتن داخل دور پیچ، آرماتور دور پیچ را تحت کشش قرار می دهد و این به نوبه خود موجب یک فشار محصور کننده در بتن هسته می شود که مقاومت و شکل پذیری هسته افزایش می یابد. این به دلیل آن است که هم مقاومت و هم شکل پذیری بتن تحت اثر تنش های فشاری سه محوری افزایش می یابد. آیین نامه ها مقرر می دارند که تیرها، ستون ها و هر انتهای دیوارهای برشی در نواحی که انتظار جاری شدن آرماتور می رود باید با حلقه محصور شوند. حلقه ها به صورت خاموت ها یا دور پیچ های نزدیک به هم بوده و انتهای آنها با زاویه ۱۳۵ درجه خم می شود. حلقه ها باید آرماتور های طولی را محصور کرده و تکیه گاه جانبی برای آنها ایجاد کنند. حلقه ها می توانند دایره ای یا مستطیلی باشند و تابع شکل مقطع تیرها و ستون ها باشند. حلقه ها علاوه بر محصور کردن بتن هسته، از کمانش آرماتور های طولی جلوگیری کرده و به صورت آرماتور برشی نیز عمل می کنند.

۴- مطالعه موردی

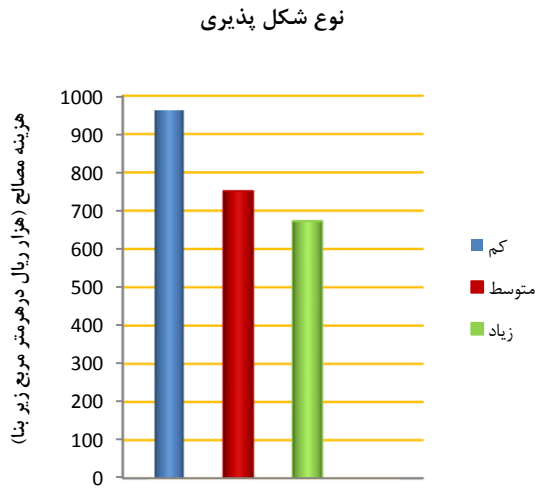
برای مقایسه تأثیر شکل پذیری در قابهای خمشی بتن آرمه هم از نظر حجم و وزن مصالح مصرفی و هم از نظر اقتصادی و مسائل اجرایی، دو گروه قاب خمشی در نظر گرفته شده اند. گروه اول شامل یک سازه ۶ طبقه می باشد که برای شکل پذیری کم، متوسط و زیاد با دقت کافی طراحی شده اند. ابعاد تیرها و ستونها در این گروه برای شکل پذیری های مختلف ثابت در نظر گرفته شد هاند بطوریکه درصد آرماتور برای هر نوع شکل پذیری در محدوده مجاز آیین نامه قرار گرفته است. شکل (۴) پلان تیپ طبقات این گروه را نشان می دهد. ارتفاع طبقات به طور مساوی برابر ۳/۵ فرض شده است در برآورد میزان مصالح مصرفی فقط مصالح تیرها و ستونها و فو نداسیونها لحاظ شده اند و مصالح مصرفی مربوط به سقفها به دلیل عدم تأثیر نوع شکل پذیری در آن، لحاظ نشده اند. مقاومت مصالح و بارگذاری ثقلی و عوامل دیگر برای همه سازه ها یکسان در نظر گرفته شده است. کلیه ضوابط آیین نامه در تحلیل و طراحی و تهیه نقشه های اجرایی مد نظر قرار گرفته است. شکل (۵) میزان آرماتور مصرفی این گروه را بر حسب شکل پذیری های مختلف نشان می دهند. شکل (۶) تغییرات هزینه برآورد شده برای آرماتور و بتن مصرفی و هزینه قالب بندی را برای انواع شکل پذیری نشان می دهد. گروه دوم شامل یک سازه ۱۲ طبقه می باشد که برای شکل پذیر ی های متوسط و زیاد طراحی شد ه اند. در این گروه نیز ابعاد تیرها و ستونها برای هر دو شکل پذیری یکسان در نظر گرفته شد ه است. پلان تیپ طبقات این گروه نیز مشابه گروه قبلی (شکل ۴) و ارتفاع طبقات ۳/۵ متر فرض شده است. شکل (۷) میزان آرماتور مصرفی و شکل (۸) تغییرات هزینه برآورد شده را نشان می دهند. در طراحی و تحلیل این گروه نیز کلیه ضوابط آبا رعایت شده و نقشه های اجرایی دقیق تهیه و براساس آن میزان آرماتور مصرفی همراه با لیستوفر و بتن مصرفی برآورد شده است. در شکل (۹) تغییرات هزینه با ارتفاع مقایسه شده است. اعتبار محدوده این تغییرات بین دو گروه یعنی سازه های ۶ تا ۱۲ طبقه می باشد و تغییرات به صورت خطی نشان داده شده اند.



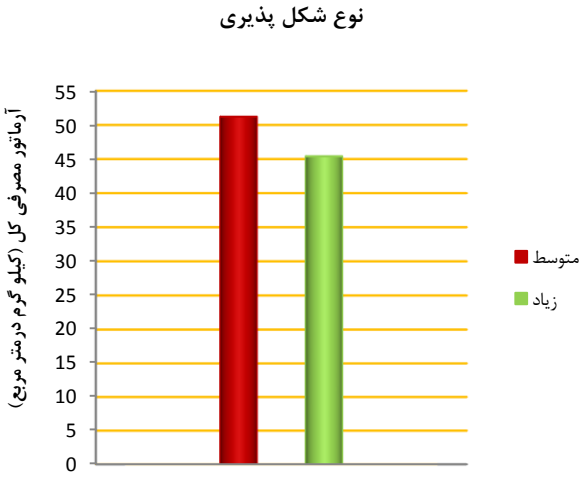
شکل ۴: پلان تیپ طبقات.



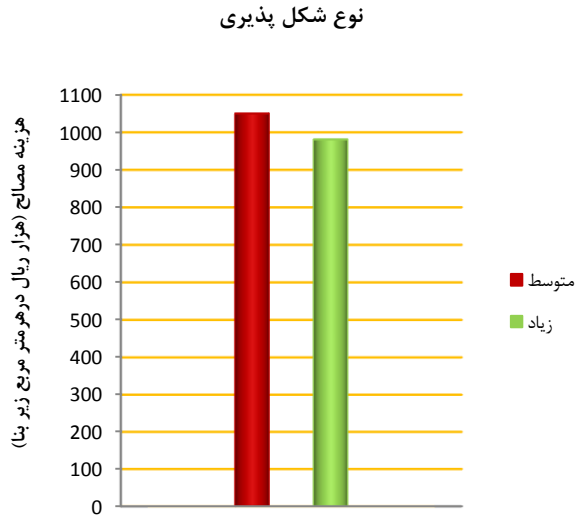
شکل ۵: آرماتور مصرفی سازه های۶ طبقه بر حسب شکل پذیری های مختلف.



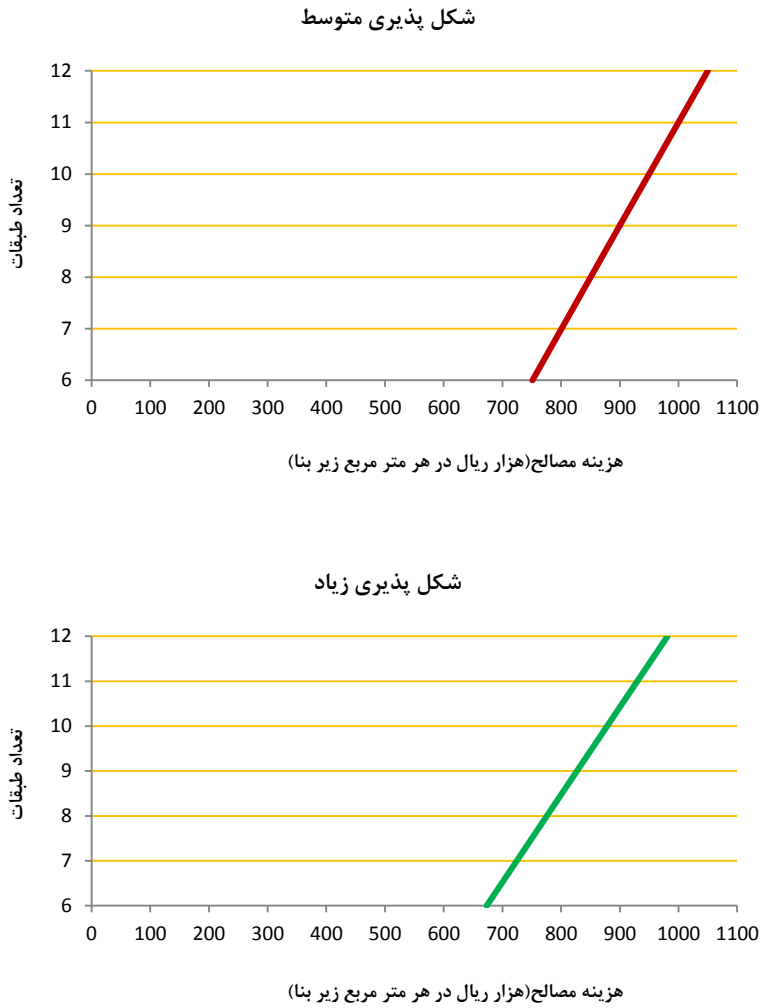
شکل ۶: هزینه مصالح سازه های۶ طبقه بر حسب شکل پذیری های مختلف.



شکل ۷: آرماتور مصرفی سازه های۱۲ طبقه بر حسب شکل پذیر یهای مختلف.



شکل ۸: هزینه مصالح سازه های ۱۲ طبقه بر حسب شکل پذیری های مختلف.



شکل ۹: تغییرات هزینه مصالح مصرفی با ارتفاع ساختمان برای شکل پذیریهای متوسط و زیاد.

۵- جمع بندی و نتیجه گیری

نتایج بدست آمده حاکی از آن است که اختلاف مصالح مصرفی و هزینه سازه های با شکل پذیری زیاد ومتوسط با افزایش تعداد طبقات روند کاهشی دارد در این مقاله هدف مقایسه اقتصادی قابهای بتن آرمه با شکل پذیری های مختلف می باشد و برای این منظور سازه های متعارف ۶ و۱۲ طبقه در نظرگرفته شده و با ارضاء کلیه ضوابط طراحی میزان مصالح مصرفی و هزینه آنها برآورد شده است. بطوری که انتظار می رود هزینه و مصالح مصرفی برای سازه های با شکل پذیری بیشتر نسبت به بقیه حالات کمتر می باشد. برای سازه۱۲ طبقه با شکل پذیری زیاد آرماتور مصرفی در حدود ۸۹ درصد سازه با شکل پذیری متوسط بدست آمده است. در سازه ۶ طبقه با شکل پذیری زیاد، آرماتور مصرفی در حدود ۷۹ درصد سازه با شکل پذیری متوسط بدست آمده است. در سازه ۶ طبقه با شکل پذیری متوسط، آرماتور مصرفی در حدود ۶۷ درصد و با شکل پذیری زیاد در حدود ۵۲ درصد سازه با شکل پذیری کم می باشد. نتایج حاکی از آن است که این اختلاف با افزایش تعداد طبقات روند کاهشی دارد. بطوریکه در سازه های ۶ تا ۱۲ طبقه اختلاف فولاد سازه های با شکل پذیری زیاد و متوسط از حدود ۲۱ درصد به ۱۱ درصد رسیده است ولی به هر حال در صورت دقت در اجرا و رعایت نکات ویژه طراحی در تأمین شکل پذیری لازم برای نقاط بحرانی سازه، می توان صرفه جویی اقتصادی قابل ملاحظه

ای در مصرف آرماتور فراهم کرد. اهمیت این موضوع زمانی آشکار تر می شود که نتایج بدست آمده در این مقاله برای سازه های متعارفی است که درحال حاضر اکثر ساختما نها در کشور در این محدوده تعداد طبقات اجرا می شود.

۶- مراجع

[1]- MacGregor, J. G., 1997, **Reinforced Concrete, Mechanics and Design**, 3rd Edition.
[2]-Sheikh, S. A., and Uzumeri, S. M., 1982, **Analytical Model for Concrete Confinement in Tied Columnes**, Journal of Structural Division, ASCE, 108, 12, 2703-2722.
[3]- Cohn, M. Z., and Ghosh, S. K., 2000, **The Flextural Ductility of Reinforced Concrete Sections**, S.M. Report No.100. Solid Mech. Dir., Univ of Waterloo.
[4]- Journal No. 120, 2001, Management and Planning Organization of Iran, Iran Aba Concrete Regulations.
[5]- Price list of the basic unit of buildings, 2009, Management and Planning Organization.
[6]-Maghsoudi, Ali Akbar, 1996, **Ductility of reinforced concrete structures, especially in earthquake-prone areas**, Shahid Bahonar University of Kerman.