

بررسی اقتصادی اثر افزایش مقاومت بتن در ساختمان های بتنی با شکل پذیری ویژه

کد F

محمدعلی نوروزی^۱، داود قانندیان رونیزی^۲، سحر پیرآلو^{۳*}

۱- کارشناسی ارشد عمران گرایش سازه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ابرکوه، rahave.office@gmail.com

۲- مربی بخش مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ابرکوه، ghaedian@ut.ac.ir

۳- کارشناس واحد توسعه و تحقیق، مجموعه شرکت های مهندسین مشاور سیوان سازان جنوب آزما و ساوانا بتن شیراز، کارشناسی ارشد

سازه، Piraloo@c1co.com

* (Piraloo@c1co.com)

چکیده

با عنایت به اینکه آیین نامه های زلزله روز به روز ضوابط سختگیرانه تری در جهت طراحی لرزه ای اعمال می کنند این امر باعث افزایش هرچه بیشتر ابعاد المان های تیر و ستون در سازه های بتن آرمه ای می شود که به نوبه خود تاثیر منفی در ساختار معماری ساختمان خواهد داشت. اگرچه افزایش مقاومت فشاری بتن تا حدودی باعث کاهش این ابعاد می شود اما محدودیت هایی از لحاظ اقتصادی نیز وجود دارد در این تحقیق به تعداد سه عدد ساختمان بتن آرمه از سه طبقه، هفت طبقه، دوازده طبقه مدل سازی شده، همچنین برای هر یک از مدلها مقاومت فشاری بتن از ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰، ۵۰ مگاپاسکال تغییر داده شده و مطابق با آیین نامه ۲۸۰۰ ویرایش چهارم و آیین نامه بتن آبا و مقررات ملی ساختمان تحلیل و طراحی و بهینه سازی شده است سپس هزینه ساخت هر کدام از مدل ها بر مبنای میلگرد خاموت ستون، میلگرد طولی ستون، میلگرد خاموت تیرها، میلگرد تقویتی تیرها، میلگرد طولی تیرها، حجم بتن مصرفی، تناژ میلگرد مصرفی، هزینه بتن مصرفی، هزینه میلگردهای کل، هزینه محاسبه و در نهایت تحلیل حساسیت برای هر کدام از موارد ذکر شده بررسی و مقایسه شده است. این تحقیق نشان می دهد بتن های با مقاومت ۲۵ مگاپاسکال برای ساختمان سه طبقه، ۳۵ مگاپاسکال برای ساختمان های ۷ طبقه و ۳۰ مگاپاسکال برای ساختمان های ۱۲ طبقه باعث هرچه اقتصادیتر شدن ساختمان های بتنی با سیستم قاب خمشی با شکل پذیری ویژه می گردد که رسیدن به این تراز مقاومت به اهتمام مسئولان و پژوهشگران در زمینه ی تکنولوژی بتن نیاز دارد.

کلمات کلیدی: ساختمان بتن آرمه، مقاومت فشاری بتن، هزینه ساخت، بهینه سازی.

۱. مقدمه

استانداردها و ضوابط طراحی سازه‌ها در سالهای اخیر مورد توجه و تحقیق بسیاری از محققان قرار گرفته است و تغییرات گسترده‌ای در فلسفه روشهای موجود صورت گرفته است از این رو لازم و ضروری می‌نماید بررسی‌های صورت گرفته توأم با در نظر گرفتن مسایل و نکات فنی و رعایت استانداردهای طراحی، صرفه اقتصادی را نیز در مورد اجرای سازه‌ها مد نظر قرار دهد. صرفه اقتصادی در حفظ منابع کشور در مورد مصالح مصرفی از نکات قابل توجه می‌باشد که نگاه عمیق تر به آن و بهینه سازی سازه‌ها با در نظر گرفتن پارامترهای مختلف که منجر به استفاده بهینه از مصالح می‌گردد از نکاتی می‌باشد که مهندسین عرصه طراحی باید مدنظر قرار دهند. توجه ویژه به بهبود و بهره‌وری منابع در پروژه‌های ساختمانی یکی از ضرورت‌های اقتصادی کشور است به دلیل اختصاص بیش از ۴۰ درصد ارزش نهایی هر ساختمان به مواد و مصالح، لزوم توجه به بهره‌وری مصالح اهمیت ویژه‌ای پیدا می‌کند. وضعیت نامطلوب موجود در بکارگیری مصالح در پروژه‌های ساختمانی و حجم بالای ضایعات مصالح منجر به پائین ماندن شاخص بهره‌وری بخش مسکن و ساختمان گردیده است. لذا باید از حیث اقتصادی پروژه‌ها بهینه سازی شوند. و باید تعادل بین ایمنی و طراحی مهندسی پروژه‌ها ایجاد نمود.

مصالح مورد استفاده در سازه‌های بتنی شامل بتن و میلگرد فولادی است. سهم عمده هزینه ساختمانهای بتنی مربوط به هزینه میلگرد های فولادی است. با توسعه روشهای تولید بتن و علم شیمی بتن، تولید بتن‌های با مقاومت فشاری بالا با اندکی هزینه قابل انجام است. افزایش مقاومت فشاری بتن به طور عمده در اعضای فشاری سبب کاهش قابل توجه میلگرد می‌شود. دانستن مقاومت فشاری بتن در ساختمان خود نوعی سرمایه گذاری و به عبارت بهتر تضمین سرمایه گذاری انجام شده است. علاوه بر آن مقاومت فشاری به عنوان یک عامل ضروری و با ارزشترین خاصیت بتن در نظر گرفته می‌شود. ولی در بعضی موارد دیگر، سایر مشخصه‌های بتن مانند دوام، نفوذپذیری، مدول الاستیسیته، مقاومت کششی و یا مقاومت خمشی از اهمیت بیشتری برخوردار است. در هر حال مقاومت فشاری بتن یک تصویر کلی را از بتن به وجود می‌آورد.

مسعود بدری بنام، علی داوران از جمله محققانی هستند که در سال ۱۳۸۸ به بررسی اقتصادی تاثیر افزایش مقاومت بتن در سازه‌های با قاب خمشی بتن مسلح پرداخته‌اند. در این تحقیق به تعداد ۵۴ عدد ساختمان بتن آرمه از ۲ طبقه الی ۲۵ طبقه مدل سازی شده، همچنین برای هر یک از مدل‌ها مقاومت فشاری بتن از ۲۰ الی ۶۰ مگاپاسکال با افزایش ۵ مگاپاسکال تغییر و مطابق با آیین نامه ۲۸۰۰ ویرایش سوم و آیین نامه ACI تحلیل و طراحی و بهینه سازی شده است. سپس هزینه ساخت هر کدام از مدلها بر مبنای آهن آلات، حجم بتن و قالب بندی استخراج و در نهایت تحلیل حساسیت برای هر کدام از موارد ذکر شده بررسی و مقایسه شده است. این تحقیق نشان می‌دهد حرکت به سمت بتن‌های با مقاومت ۳۰ الی ۴۰ مگاپاسکال باعث هرچه اقتصادی تر شدن ساختمانهای بتنی با سیستم قاب خمشی خواهد گردید که رسیدن به این تراز مقاومت به اهتمام مسئولان و پژوهشگران در زمینه‌ی تکنولوژی بتن نیاز دارد.

آرش احمدی و حسین بخشی در سال ۱۳۹۳ به بررسی تاثیر مقاومت بتن در رفتار لرزه‌ای قابهای بتنی متوسط پرداختند. در این مقاله سعی شده است که با در نظر گرفتن عوامل مختلف با در نظر گرفتن چندین سازه، اثر مقاومت بتن در نمونه‌های انتخاب شده بررسی گردد نتیجه گیری می‌شود افزایش و یا کاهش مقاومت بتن در سازه‌های بتن آرمه آنچنان که تصور می‌شود در ابعاد و درصد آرماتور و رفتار لرزه‌ای تاثیر هدفمند و یکسانی ندارد. مقادیر ضریب جابجایی نسبی بین طبقه‌ای به دست آمده نظیر سه سطح عملکرد قابلیت استفاده بی‌وقفه، ایمنی جانی و آستانه فروریزش نشان از تفاوت معناداری با مقادیر پیشنهادی از دستورالعمل بهسازی می‌باشد. این مقایسه روند مشخصی را نشان نمی‌دهد و نسبت به دستورالعمل بهسازی، در برخی محافظه کارانه و مواردی غیرمحافظه کارانه می‌باشند.

در این پژوهش سعی شده است که با بررسی ساختمان‌های بتنی با شکل پذیری ویژه با تعداد طبقات ۳، ۷ و ۱۲ طبقه با استفاده از مقاومت فشاری مختلف بتن شامل ۲۵۰، ۳۰، ۳۵۰، ۴۰ و ۵۰ مگاپاسکال، هزینه کل ساختمان محاسبه شده و بهینه ترین وضعیت از لحاظ اقتصادی و مقاومتی ارائه گردد.

۲. مشخصات مدل

در قابهای ساختمانی خمشی در مواردیکه انتظار تغییر شکل فرا ارتجاعی از سازه می‌رود. حد شکل پذیری متوسط و بالا مطرح می‌گردد. در قاب با شکل پذیری بالا که قاب خمشی ویژه نامیده می‌شود در هنگام زلزله پس از ورود به ناحیه تغییر شکلهای غیر خطی و تشکیل تعداد زیادی مفصل پلاستیک سازه تبدیل به مکانیزم می‌گردد طراحی قاب بایستی به گونه‌ای صورت گرفته باشد که در این مرحله پایداری و انسجام کلی سازه حفظ گردد. برای تامین شرایط آیین نامه‌ها و ضوابط و محدودیت‌هایی برای ابعاد هندسی مقاطع تیرها و ستون‌ها، میزان و توزیع میلگردهای طولی و عرضی دو تیر و ستون و جزئیات اتصال تیر و ستون و نیز حداقل مقاومت فشاری بتن مصرفی پیشنهاد می‌نمایند.

ساختمان بتنی سه طبقه با کاربری مسکونی تحلیل و طراحی شده است. ارتفاع طبقات ۹ و ۲۱ و ۳۶ متر است. ساختمان در شهرستان آباده واقع شده است و نوع خاک محل تپ III می باشد. سیستم باربر جانبی این ساختمان در ساختمان سه طبقه قاب خمشی با شکل پذیری ویژه و در ساختمان ۷ و ۱۲ طبقه قاب خمشی با شکل پذیری ویژه و دیوار برشی در دو جهت می باشد.

مصالح مصرفی، با توجه به اینکه سازه بتنی است به مصالح بتنی با مشخصات زیر نیاز میباشد:

-جرم واحد حجم = ۲۴۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب

-وزن واحد حجم = ۲۴۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب

-مدول الاستیسیته = ۲۱۸۸۰۰ کیلوگرم بر سانتی مترمربع - ۳۳۷۶۴۶ کیلوگرم بر سانتی مترمربع

-ضریب پواسون = ۰/۲

-مقاومت فشاری = ۲۵ مگاپاسکال - ۳۰ مگاپاسکال - ۳۵ مگاپاسکال - ۴۰ مگاپاسکال - ۵۰ مگاپاسکال.

-مقاومت تسلیم میلگرد طولی = ۴۰۰۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع

-مقاومت تسلیم میلگرد عرضی = ۳۰۰۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع

بارگذاری:

بار مرده طبقات: ۷۰۰ کیلوگرم بر مترمربع

بار مرده بام: ۶۰۰ کیلوگرم بر مترمربع

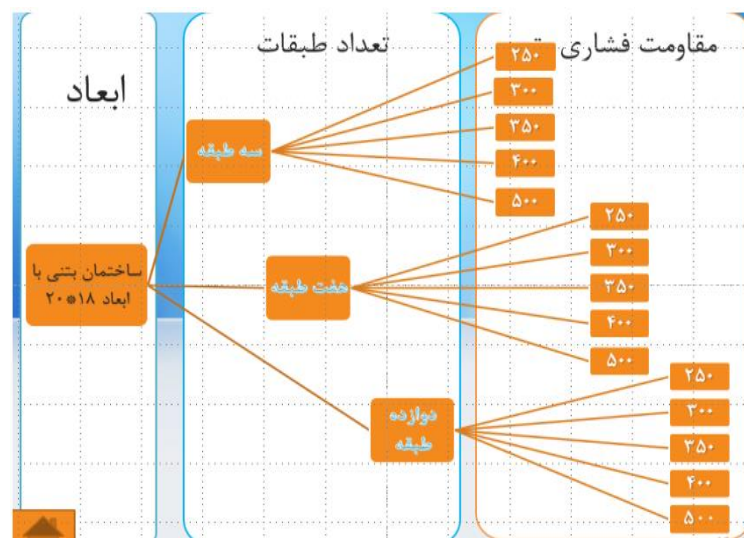
بار زنده طبقات: ۲۰۰ کیلوگرم بر مترمربع

بار زنده بام: ۱۵۰ کیلوگرم بر مترمربع

بار دیواره های جانبی: ۲۵۰ کیلوگرم بر مترمربع

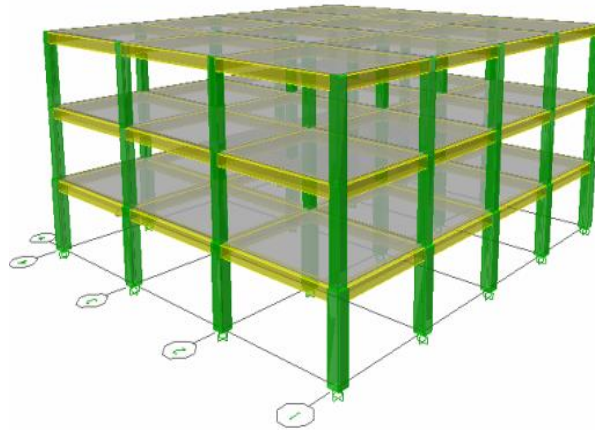
۳. نحوه مدل سازی

در این تحقیق برای بررسی موضوع مربوطه با در نظر گرفتن ساختمانی به عنوان پیش فرض با ابعاد مشخص با تغییر در مقاومت فشاری مشخص و سپس تغییر در تعداد طبقات سعی در بررسی میزان مصالح مصرفی در هر مقطع و مقایسه آنها شده است. مبنای عملیات محاسباتی به شرح ذیل صورت پذیرفته است.

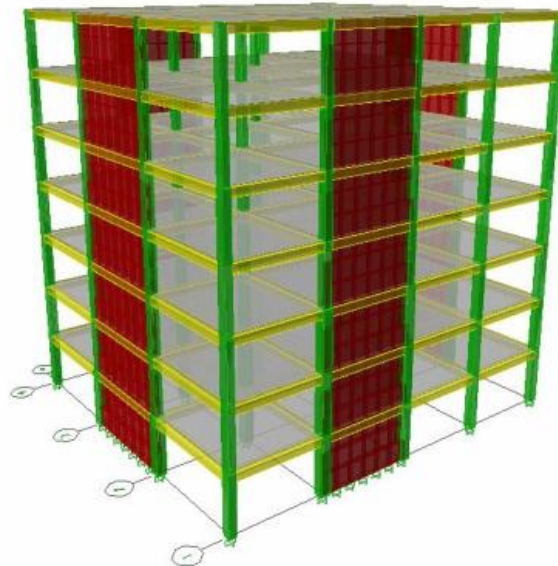


شکل ۱. مشخصات پیش فرض ساختمان ها

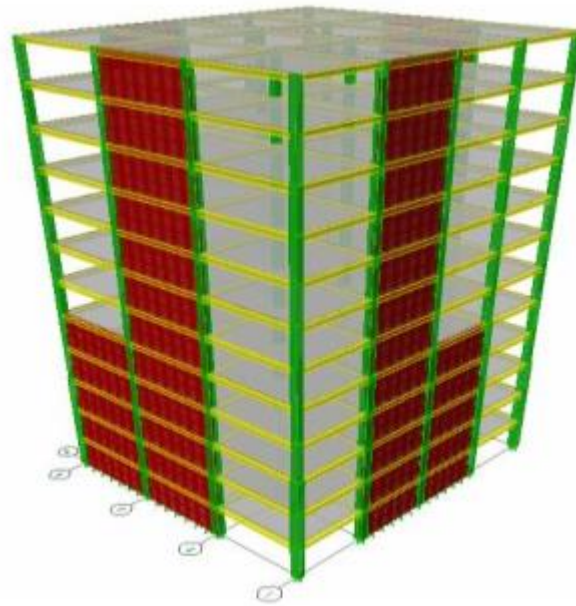
مبنای ساختمان با ابعاد 20×18 متر در سه، هفت و دوازده طبقه توسط نرم افزار Etabs مدل شده است که مطابق شکل های ذیل این فرآیند صورت پذیرفته است.



شکل ۲. مدل ۳ طبقه ساخته شده توسط Etabs



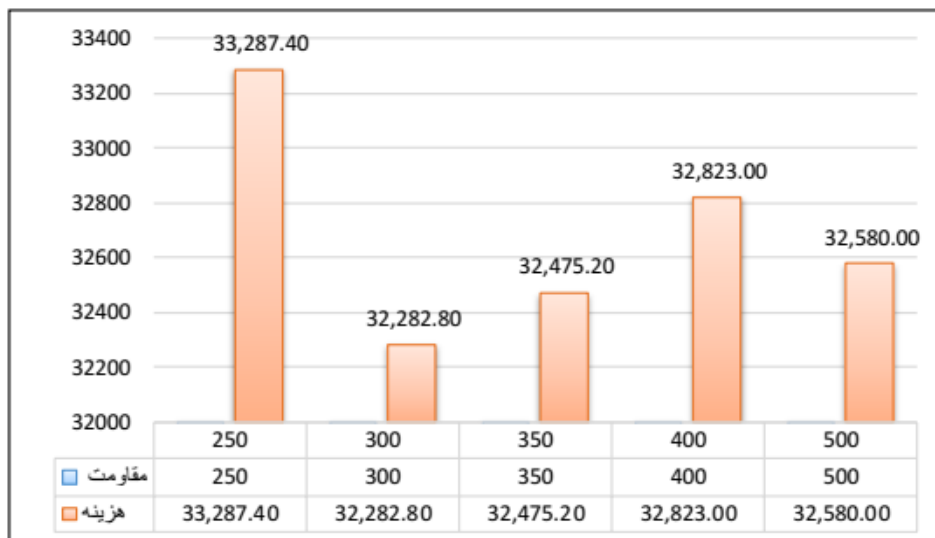
شکل ۳. مدل ۷ طبقه ساخته شده توسط Etabs



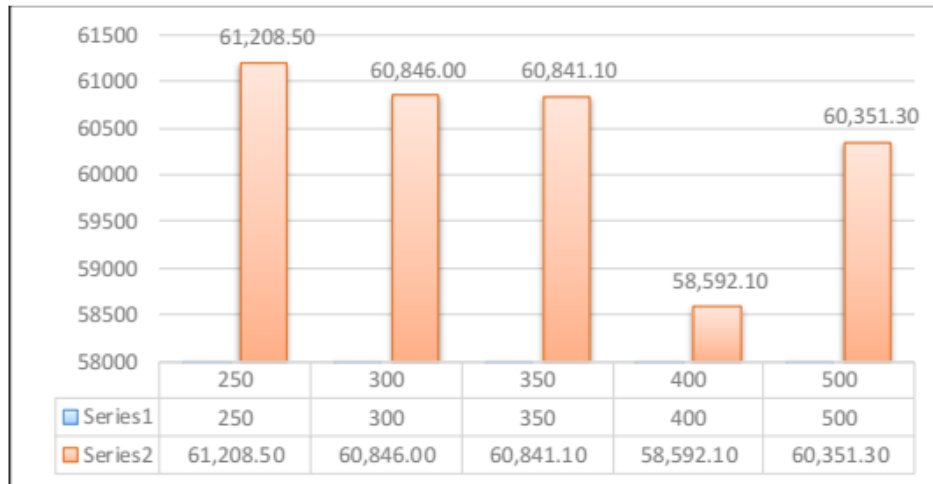
شکل ۴. مدل ساختمان ۱۲ طبقه ساخته شده توسط Etabs

۴. تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از نرم افزار ۴.۱. رابطه مقاومت فشاری با هزینه میلگرد و بتن مصرفی

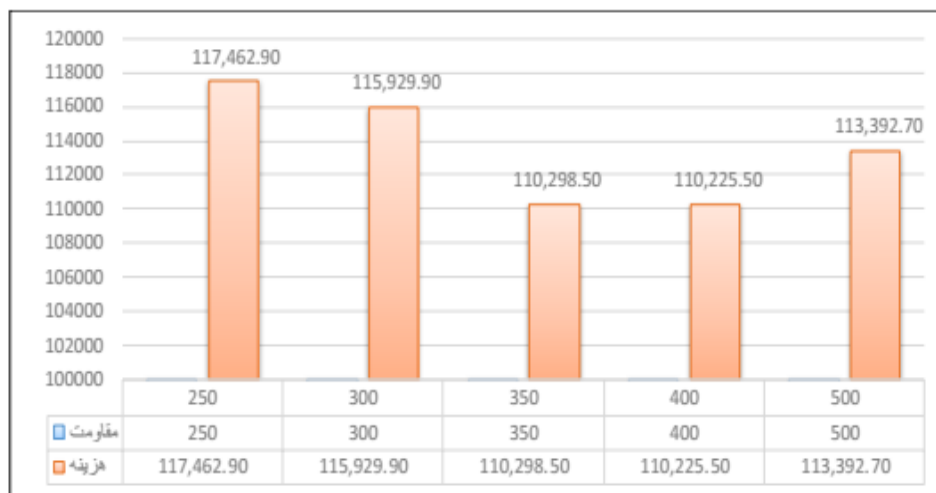
با توجه به شکل ۵ تا ۷ مشاهده می شود که ساختمان سه طبقه، مقاومت فشاری ۳۰۰ کمترین هزینه میلگرد و بتن مصرفی را دارا می باشد. ساختمان ۷ طبقه، مقاومت فشاری ۴۰۰ و ساختمان ۱۲ طبقه، مقاومت فشاری ۴۰۰ کمترین مقدار را دارا می باشد.



شکل ۵. رابطه مقاومت فشاری با هزینه میلگرد و بتن مصرفی - ساختمان ۳ طبقه



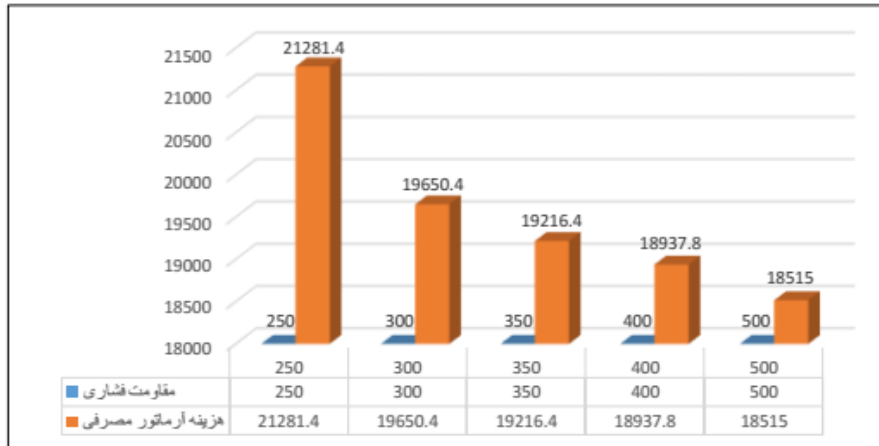
شکل ۶. نمودار رابطه مقاومت فشاری با هزینه میلگرد و بتن مصرفی - ساختمان ۷ طبقه



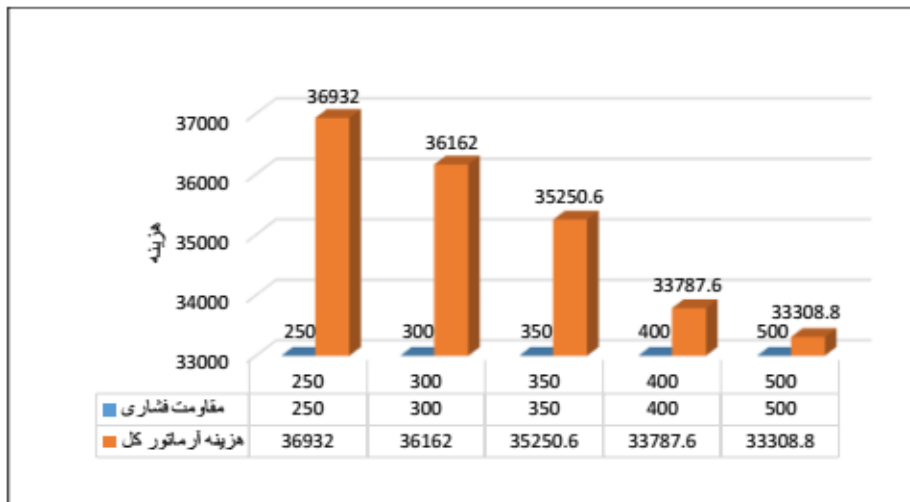
شکل ۷. نمودار رابطه مقاومت فشاری با هزینه میلگرد و بتن مصرفی - ساختمان ۱۲ طبقه

۲.۴. رابطه مقاومت فشاری با هزینه میلگرد

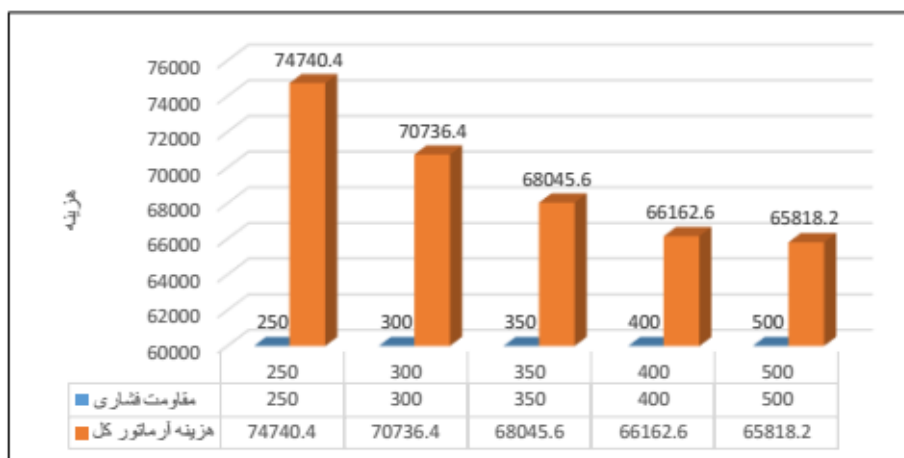
در تمامی ساختمانهای مشمول با افزایش مقاومت، هزینه میلگرد کاهش می یابد.



شکل ۸. نمودار رابطه مقاومت فشاری با هزینه میلگرد - ساختمان ۳ طبقه



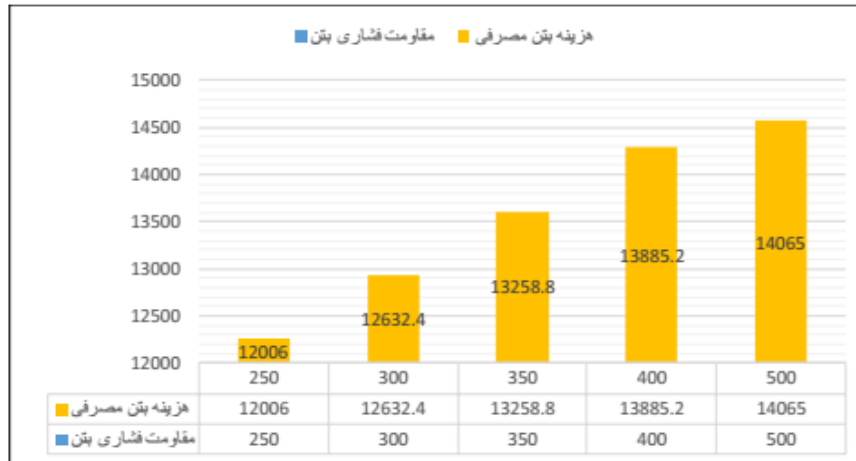
شکل ۹. نمودار رابطه مقاومت فشاری با هزینه میلگرد - ساختمان ۷ طبقه



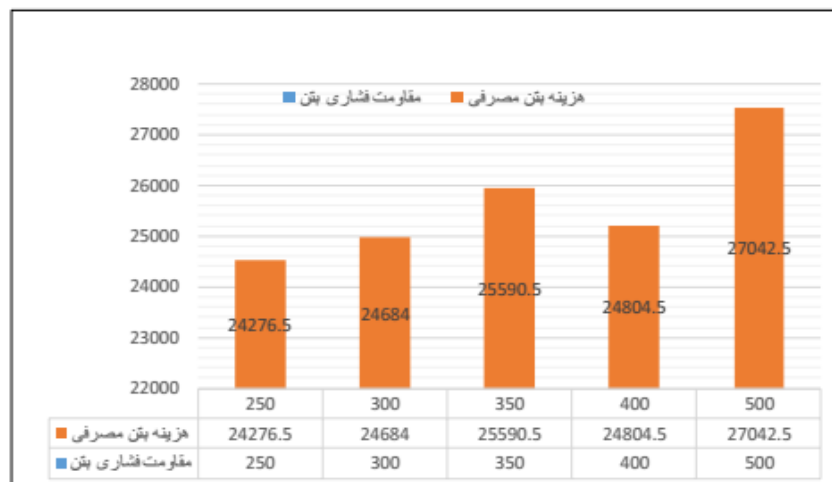
شکل ۱۰. نمودار رابطه مقاومت فشاری با هزینه میلگرد - ساختمان ۱۲ طبقه

۳.۴. رابطه مقاومت فشاری با هزینه بتن مصرفی

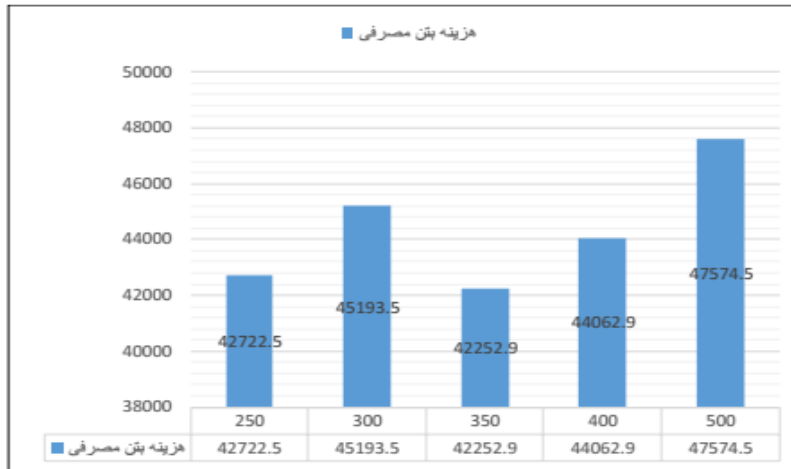
با توجه به نمودارهای ۱۱ تا ۱۳ مشاهده می شود که در ساختمان سه طبقه، کمترین هزینه مربوط به مقاومت فشاری ۲۵۰، در ساختمان هفت طبقه، کمترین هزینه در مقاومت فشاری ۲۵۰، و در ساختمان دوازده طبقه: کمترین هزینه به مقاومت فشاری ۳۵۰ تعلق دارد.



شکل ۱۱. نمودار رابطه مقاومت فشاری با هزینه بتن مصرفی - ساختمان ۳ طبقه



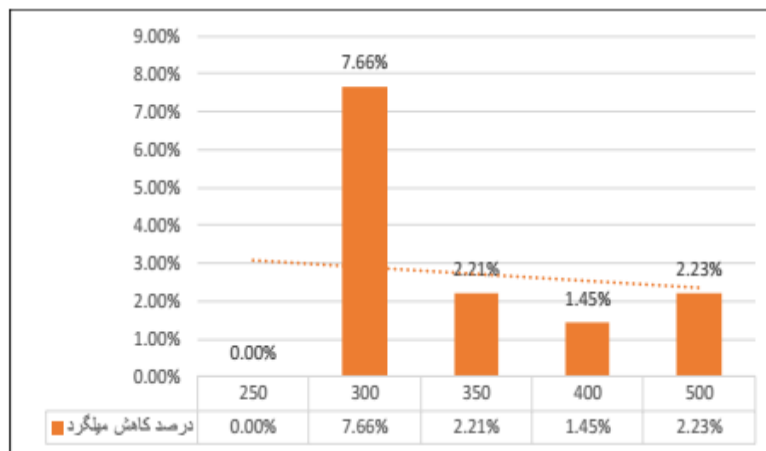
شکل ۱۲. نمودار رابطه مقاومت فشاری با هزینه بتن مصرفی - ساختمان ۷ طبقه



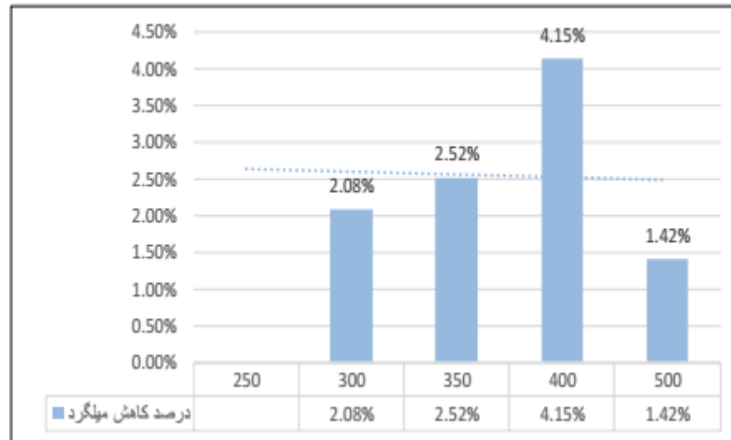
شکل ۱۳. نمودار رابطه مقاومت فشاری با هزینه بتن مصرفی - ساختمان ۱۲ طبقه

۴.۴. درصد کاهش میلگرد

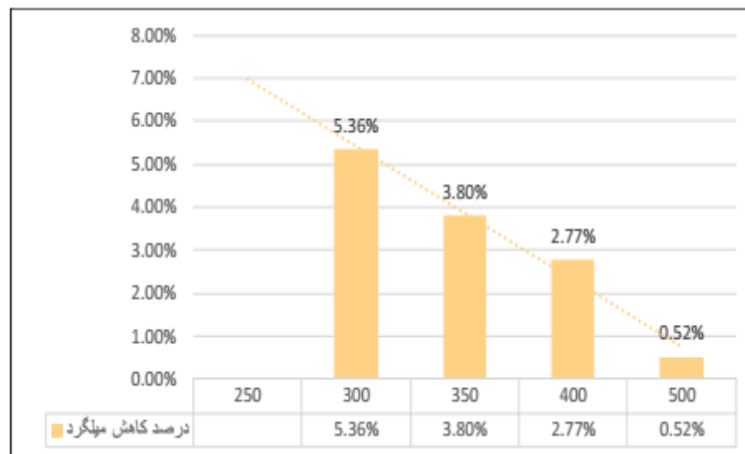
با توجه به نمودارهای تدوین شده بیشترین درصد کاهش میلگرد در ساختمان سه طبقه مربوط به مقاومت فشاری ۳۰۰ و در ساختمان ۷ طبقه مربوط به مقاومت فشاری ۴۰۰، در ۱۲ طبقه مربوط به مقاومت فشاری ۳۰۰ می باشد.



شکل ۱۴. نمودار درصد کاهش میلگرد - ساختمان ۳ طبقه



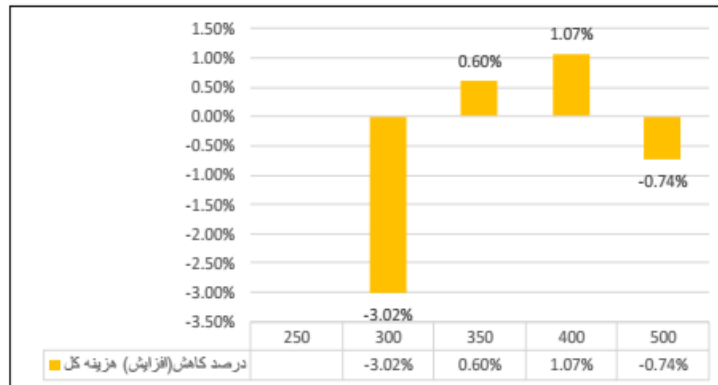
شکل ۱۵. نمودار درصد کاهش میلگرد - ساختمان ۷ طبقه



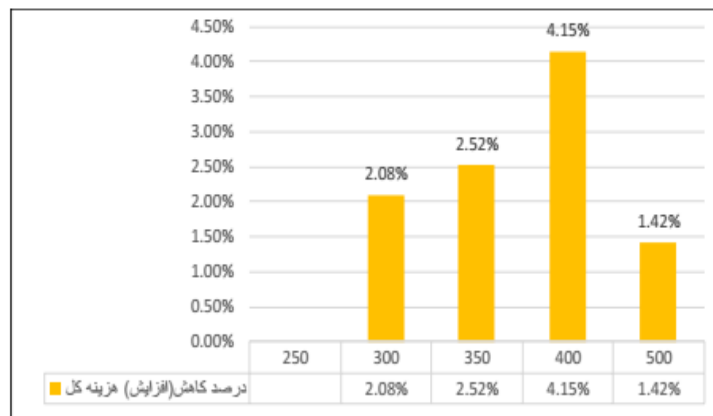
شکل ۱۶. نمودار درصد کاهش میلگرد - ساختمان ۱۲ طبقه

۵.۴. درصد کاهش یا افزایش هزینه کل

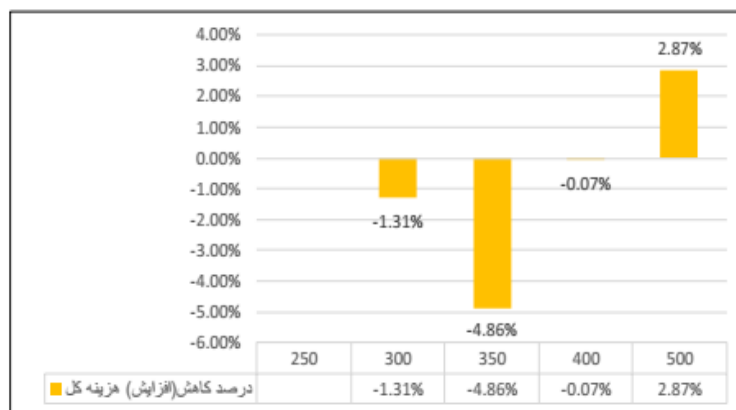
ساختمان سه طبقه با مقاومت فشاری ۳۰۰، ساختمان هفت طبقه با مقاومت فشاری ۴۰۰، و ساختمان ۱۲ طبقه با مقاومت فشاری ۴۵۰، بیشترین کاهش هزینه را دارا می باشند.



شکل ۱۷. نمودار درصد کاهش یا افزایش هزینه کل - ساختمان ۳ طبقه



شکل ۱۸. درصد کاهش یا افزایش هزینه کل - ساختمان ۲ طبقه



شکل ۱۹. درصد کاهش یا افزایش هزینه کل - ساختمان ۱۲ طبقه

۵. نتیجه گیری

با استناد به نتایج به دست آمده از آنالیز و طراحی مدل های مشروح در این تحقیق نتیجه می گردد برای ساختمان بتن مسلح ۳ طبقه بتن با مقاومت ۳۰۰، برای ساختمانهای ۷ طبقه از بتن با مقاومت ۴۰۰ و برای ساختمان ۱۲ طبقه از بتن با مقاومت ۴۵۰ استفاده گردد. البته این نتایج متأثر از نرخ فولاد و بتن در زمان حال و نیز شرایط خاص سازه مانند منظمی یا نامنظمی و همچنین روشهای تحلیل و طراحی سازه می باشد.

قدر دانی

با سپاس فراوان از پرسنل محترم شرکت مهندسی مشاور سیوان سازان جنوب آزما و ساوانا بتن سانا در شهر شیراز که در انجام این پژوهش از راهنمایی های علمی خود دریغ نمودند.

مراجع

- آیین نامه بتن ایران آبا / معاونت امور فنی، دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله تجدید نظر اول } ویرایش ۳ - تهران: سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور.
- مقررات ملی ساختمان ایران - مبحث نهم، طرح و اجرای ساختمانهای بتن آرمه / دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان } وزارت مسکن و شهرسازی - تهران: نشر توسعه ایران ۱۳۹۲.
- بدری بنام، مسعود و علی داوران، ۱۳۸۸، بررسی اقتصادی تاثیر افزایش مقاومت بتن در سازه های قاب خمشی بتن مسلح، نخستین کنفرانس بین المللی تکنولوژی بتن، تبریز، مرکز ملی مقاوم سازی.
- احمدی، آرش و حسین بخشی، ۱۳۹۳، بررسی تاثیر مقاومت بتن در رفتار لرزه ای قابهای بتنی متوسط، اولین کنفرانس ملی مهندسی عمران و توسعه پایدار ایران، تهران، موسسه آموزش عالی مهر اروند، مرکز راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار.

Economic Analysis Effect of Increasing the Strength of Concrete in Concrete Buildings with Special Ductility

MOHAMMAD ALI NOUROOZI¹, DAVOD GHAEDIAN ROUNIZI², SAHAR PIRALOO³

- 1- Master of Science in Structural Engineering , Islamic Azad University Abarkooh Branch.
- 2- Instructor of Civil Engineering, Islamic Azad University Eghlid Branch.
- 3- Expert of Development and research unit, sivan sazan Jonoub Azma & Savana Beton Sana Consulting Engineers Company, Master of Science in Structural Engineering.

Given the fact that earthquake regulations increasingly apply more serious criteria for seismic design, this increases the dimension of elements of the beam and column in reinforced concrete structures, which in turn has a negative effect on the structure of the building architecture Will have. Although the increase in compressive strength of concrete reduces these dimensions to some extent, but there are some economical limitations. In this research, three concrete structures of three, seven and twelve floors were modeled, and also for each model The compressive strength of the concrete has been changed from 250, 300, 350, 400, 500 MPa and, according to the fourth edition of 2800th regulation, Aba Beton regulation and the National building rules, have been analyzed and designed and optimized. Then, the cost of constructing each model is based on Column reinforcement base, Column longitudinal reinforcement, Cramped beam reinforcement, Armature reinforcement beams, Longitudinal reinforcement beams, Volume Finally, the sensitivity analysis for each of the mentioned cases is investigated and compared. The research shows that concrete with 250-strong resistance to a three-story building, 350 for 7-storey buildings and 300 for 12-story buildings make concrete building with Flexible Frame system more economical. So, obtaining to the mentioned point, needs researchers and authorities attention in the field of concrete technology.

Keywords: Reinforced Concrete Building, Concrete Compressive Strength, Construction Cost, Optimization.