دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی

دانشکده فنی مهندسی

پایان نامه

جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد مهندسی عمران - گرایش سازه

اثر بتن با مقاومت بالا در رفتار لرزه ای سازه های بتنی

نگارنده:

حمید خانمحمدی

استاد راهنما :

دکترسهیل منجمی نژاد

استاد مشاور:

دکترمنوچهر بهرویان

زمستان ۱۳۹۱

بسم الله الرحمن الرحيم

سپاس بیکران بر همدلی و همراهی و همگامی پدر و مادر دلسوز و مهربانم که سجده ی ایثارشان گل محبت را در وجودم پروراند و دامان گهربارشان لحظه های مهربانی را به من آموخت. آن دو فرشته ای که از خواسته هایشان گذشتند، سختی ها را به جان خریدند و خود را سپر بلای مشکلات و ناملایمات کردند تا من به جایگاهی که اکنون در آن ایستاده ام برسم.

این پژوهش را به وجود مقدس خانواده مهربانم پیشکش می نمایم . . .

تشکر و قدردانی

به تأسی از کرامت حدیث «من لم یشکر الناس لم یشکر الله عزّ و جلّ» بر خود واجب می‌دانم که از استاد گرانقدرم جناب آقای دکتر سهیل منجمی‌نژاد به پاس راهنمایی‌های ارزشمند و رهنمودهای بی‌دریغ و همیشگی‌شان در جهت پیشبرد بهتر و سریع‌تر این پژوهش نهایت تشکر و قدردانی را بعمل آورم.

از جناب آقای دکتر منوچهر بهرویان بابت قبول زحمت مشاوره و کنترل کارهای انجام شده و ارایه پیشنهادات موثرشان در تکمیل طرح، کمال تشکر را دارم.

همچنین از اساتید محترم دکتر شهریار طاووسی، دکتر نیکنام و دکتر کمیلی که در خلال انجام پایان نامه از راهنمایی‌هایشان استفاده نمودم، متشکرم.

در خاتمه از زحمات و همفکری‌های خواهر گرانقدرم و همچنین دوستان خوبم آقایان دکتر احسان طلوع هنری و مهندسین مهدی فرهادی، علیرضا مرادی، رضا بیگلریان صمیمانه سپاسگزاری می‌نمایم. محبت‌ها و مساعدت‌های ارزشمندشان همواره در خاطرم باقی خواهد ماند.

چکیده

یکی از پارامترهایی که در طراحی لرزه ای و رفتار سازه های بتن آرمه هنگام زلزله موثر است، مقاومت فشاری بتنی است که درساخت سازه مورد استفاده قرار می گیرد. در این پایان نامه تاثیر مقاومت بتن در رفتار لرزه ای سازه های بتن آرمه بتن بررسی می گیرد.سازه های بتنی ۴و ۸ و ۱۲ طبقه با کاربری بیمارستان،واقع در تهران ، دارای خاک نوع II در دو جهت قاب خمشی با مقاومت ۲۸ مگا پاسکال و ۶۰ مگاپاسکال موردبررسی قرار گرفته است.

ابعاد مقاطع در سازه های دارای بتن مقاومت بالا کاهش چشمگیری داشته و این مهم علاوه بر کاهش برش پایه و کاهش شتاب ناشی از اعمال رکورد زلزله به سازه، در سازه عملکرد مناسبی در طرح لرزه ای را به همراه دارد.

نتایج نشان می دهد که به طور کلی تغییر مکان نسبی و جابجایی طبقات قاب با استفاده از بتن مقاومت بالا که منجر به کاهش ابعاد مقاطع میشود، افزایش می یابد. نتیجتا استفاده از بتن های مقاومت بالا درطراحی عناصر سازه ای علی رغم منفعت بالا در کاهش ابعاد مقاطع (خصوصا ستونها در قابهای ساختمانی). در رفتار لرزه ای ملزومات بیشتری را به ویژه در مورد ساختمانهای مجاور هم ایجاب می نماید.

واژگان کلیدی: بتن مقاومت بالا، طراحی بر اساس عملکرد، تحلیل استاتیکی غیر خطی، تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی

فهرست مطالب

فصل ۱ ..... ۱

۱-۱- مقدمه: ۲

۱-۲- تاریخچه ی بتن با مقاومت بالا ۶

۱-۳- مروری بر تحقیقات انجام شده ۷

۱-۳-۱- بحث تکنولوژی ۷

۱-۳-۲- بحث سازه ای ۱۰

۱-۳-۲-۱- آرماتور محصور کننده برای ستونهای با بتن مقاومت بالا (Bing.LiوR.park) ۱۰

۱-۳-۲-۲- عمق تار خنثی جهت رسیدن به شکل پذیری خمشی درتیرهای بتنی مقاومت بالا ۱۲

۱-۳-۲-۳- طراحی حداقل شکل پذیری خمشی برای تیرهای بتنی مقاومت بالا ۱۳

۱-۳-۲-۴- ستونهای بتنی مقاومت بالا دایروی تحت بار شبیه سازی شده زلزله ۱۴

۱-۳-۲-۵- محدودیت تغییر مکان نسبی ستونهای بتنی مقاومت بالا تحت بارگذاری رفت وبرگشتی ۱۵

۱-۳-۲-۶- خصوصیات مکانیکی بتن مقاومت بالا در اعضای پیش تنیده ۱۶

۱-۳-۲-۷- ریزش زود هنگام پوشش درستونهای بتن مقاومت بالا ۱۶

۱-۳-۲-۸- بلوک تنش مستطیلی برای بتنهای مقاومت بالا ۱۸

۱-۴- روش های ساخت بتن با مقاومت بالا ۲۳

۱-۴-۱- انتخاب مصالح ۲۴

۱-۴-۱-۱- دانه های سنگی ۲۴

۱-۴-۱-۲- مدول نرمی سنگدانه: ۲۸

۱-۴-۱-۳- سنگ دانه ها در بتن با مقاومت بالا ۲۸

۱-۴-۱-۴- بزرگترین اندازه سنگدانه(MSA) ۲۹

۱-۴-۱-۵- دانه بندی بهینه در بتن با مقاومت بالا: ۲۹

۱-۵- کارایی: ۳۲

۱-۶- جداشدگی و چسبندگی: ۳۲

۱-۷- آب انداختگی: ۳۳

۱-۸- سیمان: ۳۳

۱-۸-۱- نرمی سیمان: ۳۷

۱-۸-۲- گیرش سیمان : ۳۸

۱-۹- آب در بتن مقاومت بالا: ۳۹

۱-۱۰- تهیه بتن مقاومت بالا: ۳۹

۱-۱۱- انواع بتن با مقاومت بالا: ۴۰

۱-۱۱-۱- روش ACI 211-1: ۴۱

۱-۱۱-۱-۱- نکات مهم در ساخت بتن با مقاومت بسیار بالا به روش ACI 211-1 ..... ۴۱

۱-۱۱-۲- روش ACI 363R: ۴۲
۱-۱۱-۲-۱- نکات مهم در ساخت بتن با مقاومت بسیار بالا به روش ACI 363R: ۴۳
۱-۱۱-۳- روش Aitcin: ۴۵
۱-۱۱-۳-۱- نکات مهم در ساخت بتن با مقاومت بسیار بالا به روش Aitcin: ۴۶
فصل ۲ ..... ۴۸
۲-۱- اهمیت بتن با مقاومت بالا: ۴۹
۲-۲- بتن بسیار روان شده: ۵۰
۲-۳- خواص بتن با مقاومت بالا ۵۱
۲-۳-۱- کارآیی: ۵۱
۲-۳-۲- مقاومت: ۵۲
۲-۳-۳- دوام : ۵۳
۲-۳-۴- کارایی و ریختن بتن: ۵۴
۲-۳-۵- عمل آوری: ۵۵
۲-۴- مشخصات مکانیکی بتن با مقاومت بالا: ۵۶
۲-۴-۱- مقاومت فشاری :..... ۵۷
۲-۴-۲- مدول الاستیسیته: ۵۹
۲-۴-۳- نسبت پواسون: ۶۰
۲-۴-۴- مقاومت کششی و خمشی:..... ۶۰
۲-۵- روند دست یابی مقاومت با افزایش سن بتن: ۶۱
۲-۶- روش گسیختگی و شکست: ۶۱
۲-۷- منحنی تنش - کرنش بتن: ۶۲
۲-۸- ساختار میکروسکوپی، رابطه بین تنش و کرنش، گسیختگی، جمع شدگی ناشی از خشک شدن و خزش ۶۳
۲-۹- کاربرد بتن با مقاومت بالا:..... ۶۴
۲-۹-۱- استفاده از بتن مقاومت بالا در دیوار برشی:..... ۶۶
۲-۱۰- کاربردها عملی در سازه های مختلف جهان ۶۷
فصل ۳ ..... ۷۰
۳-۱- توضیحات مدل ۷۱
۳-۲- مقاطع مورد استفاده: ۷۲
۳-۳- بارگذاری: ۷۷
۳-۳-۱- ضریب زلزله:..... ۷۷
۳-۴- طراحی بر اساس عملکرد ۸۱
۳-۴-۱- کلیات ۸۱
۳-۴-۲- تحلیل های خطی و غیر خطی:..... ۸۲

۳-۴-۲-۱- تحلیل به روش خطی ۸۲
۳-۴-۲-۲- روشهای تحلیل غیر خطی: ۸۴
۳-۴-۳- تحلیل استاتیکی غیر خطی ۸۴
۳-۴-۳-۱- روش ضرایب جابجایی طبق دستورالعمل نشریه ۳۵۶ ..... ۸۵
۳-۴-۳-۲-روش طیف ظرفیت طبق دستورالعمل ATC-40 ..... ۸۷
۳-۴-۴- بررسی روش طیف ظرفیت در دستور عمل ATC40 ..... ۸۸
۳-۴-۴-۱- خلاصهای از روش معادل ۸۸
۳-۴-۴-۲- مشخصات سیستم خطی معادل ۸۹
۳-۴-۴-۳- کاهش طیف الاستیک ۵ درصد ۹۱
۳-۴-۴-۴- تعیین طیف ظرفیت سازه ۹۲
۳-۴-۵- روش های تعیین نقطه عملکرد ۹۴
۳-۴-۶- رفتار اجزای سازه ۹۵
الف) مقاومت ۹۵
ب) سختی ۹۶
۳-۴-۷- سطوح عملکرد ساختمان ۱۰۰
۳-۵- فرایند تحلیل استاتیکی غیرخطی درنرمافزار ۱۰۲
۳-۵-۱- بارگذاری ۱۰۲
۳-۵-۲- الگوی بار جانبی طبق نشریه ۳۶۰ ..... ۱۰۳
۳-۵-۲-۱- توزیع نوع اول ۱۰۴
۳-۵-۲-۲- توزیع نوع دوم ۱۰۴
۳-۵-۳- مفاصل پلاستیک اعضا در آنالیز بارافزون ۱۰۵
۳-۵-۳-۱- اختصاص مفاصل تیرها ۱۰۶
۳-۵-۳-۲- اختصاص مفاصل ستون‌ها ۱۰۶
۳-۵-۴- مزایا و معایب روش استاتیکی غیر خطی ۱۰۶
۳-۶- تحلیل دینامیکی غیرخطی ۱۰۸
۳-۶-۱- تحلیل های دینامیکی غیر خطی(NDA) ۱۰۸
۳-۶-۱-۱- تحلیل دینامیکی افزایشی IDA ۱۰۹
۳-۶-۱-۲- تحلیل تاریخچهزمانی غیرخطی RHA ۱۱۰
۳-۶-۲- مدل‌سازی تحلیل دینامیکی غیرخطی ۱۱۱
۳-۶-۳- شتابنگاشت ۱۱۲
۳-۶-۳-۱- شتاب نگاشت‌های انتخاب شده ۱۱۳
۳-۶-۳-۲- مقیاس کردن شتابنگاشت‌ها ۱۱۴
۳-۶-۳-۳- روش پیشنهادی آیین نامه ۲۸۰۰ ..... ۱۱۵
فصل ۴ ..... ۱۱۷

۴-۱- کلیات ۱۱۸
۴-۲- بررسی عملکرد ۱۲۴
۴-۲-۱- طراحی سازه ها بر اساس عملکرد ۱۲۵
۴-۳- تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی ۱۵۰
۴-۴- تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی سازه های طراحی شده بر اساس عملکرد ۱۵۱
فصل ۵ ..... ۱۸۹
۵-۱- کلیات ۱۹۰
۵-۲- نتایج: ۱۹۱

فهرست شکل ها

(شکل ۱-۱): استفاده از بتن مقاومت بالا در قطعات پیش ساخته ۳
(شکل ۱-۲): استفاده از بتن مقاومت بالا در ساخت پل ۳
(شکل ۱-۳): سنگدانه از اجزای اصلی بتن..... ۲۴
(شکل ۱-۴): شکست نمونه در اثر کمبود درشت دانه ۳۰
(شکل ۱-۵): اثرسنگدانه بر افزایش مقاومت بتن..... ۳۱
(شکل ۱-۶): نقش سنگدانه در کارایی ۳۲
(شکل ۱-۷) : سیمان از اجزای اصلی بتن ۳۴
(شکل ۱-۸): نمودار زمان جریان مخروط مارش برای سیمان سازگار دارای نرمی متفاوت..... ۳۸
(شکل ۲-۱): رابطه بین مقاومت بتن و هزینه های ستونها ۴۹
(شکل ۲-۲): نحوه تغییرات افت اسلامپ با گذشت زمان ۵۱
(شکل ۲-۳): اثر فوق روان کننده بر روی افت اسلامپ ۵۲
(شکل ۲-۴): افزایش مجدد اسلامپ براثر استفاده مجدد از فوق روان کننده ها..... ۵۲
(شکل ۲-۵): آزمایش مقاومت فشاری بتن مقاومت بالا ۵۳
(شکل ۲-۶): کارایی بتن با مقاومت بالا..... ۵۵
(شکل ۲-۷): منحنی تنش – کرنش بتن با مقاومت بالا و بتن معمولی ۵۷
(شکل ۲-۸): تعیین مقاومت فشاری بتن سخت شده با دستگاه آنالوگ ۵۸
(شکل ۲-۹): سیستم دیجیتالی تپانچه ای به منظور سنجش مقاومت فشاری بتن در محل به روش نفوذ ۵۹
(شکل ۲-۱۰): منحنی تنش – کرنش بتن با مقاومت بالا و بتن معمولی ۶۲
(شکل ۲-۱۱): کاربرد بتن ومقاومت بالا در پایه ها و عرشه پل..... ۶۵
(شکل ۲-۱۲): استفاده از بتن مقاومت بالا در پایه های پل..... ۶۸
(شکل ۳-۱): منحنی پوش آور..... ۸۶
(شکل ۳-۲): تعیین نقطه عملکرد طبق روش ضرایب تغییر مکان ۸۶
(شکل ۳-۳): تعیین طیف تقاضا در مختصات ADRS..... ۸۷
(شکل ۳-۴): تعیین ضریب تصحیح ۹۱
(شکل ۳-۵): تغییرات میرایی موثر نسبت به شکل پذیری سیستم ۹۱
(شکل ۳-۶): روش های تعریف معیار پذیرش اعضا..... ۹۶
(شکل ۳-۷): منحنی نیرو-تغییر شکل تعیم یافته برای اعضا و اجزای فولادی..... ۹۷
(شکل ۳-۸): تعریف چرخش عضو..... ۹۸
(شکل ۳-۹): روشهای توزیع بار جانبی ۱۰۳
(شکل ۳-۱۰): تشکیل مفاصل پلاستیک خمشی در تیرها..... ۱۰۶
(شکل ۳-۱۱): مقایسه نمودار ظرفیت روش بارافزون با چرخه کامل بارگذاری ۱۰۸
(شکل ۴-۱): پلان سازه ها..... ۱۱۸

(شکل ۴-۲): نمای سه بعدی سازه ۱۱۹
(شکل ۴-۳): مقاطع طراحی برای سازه ۴ طبقه تحت آنالیز طیفی ۱۲۰
(شکل ۴-۴): مقاطع طراحی برای سازه۸ طبقه تحت آنالیز طیفی ۱۲۱
(شکل ۴-۵): مقاطع طراحی برای سازه ۱۲ طبقه تحت آنالیز طیفی ۱۲۲
(شکل ۴-۶): برش طبقات بر اساس تحلیل دینامیکی طیفی سازه ۴ طبقه درجهت x ۱۲۳
(شکل ۴-۷): برش طبقات بر اساس تحلیل دینامیکی طیفی سازه ۸ طبقه درجهت x ۱۲۳
(شکل ۴-۸): برش طبقات بر اساس تحلیل دینامیکی طیفی سازه ۱۲ طبقه درجهت x ۱۲۴
(شکل ۴-۹): تشکیل مفصل پلاستیک در سازه۴ طبقه با بتن معمولی در تحلیل استاتیکی غیر خطی در زلزله طرح در جهت X ۱۲۶
(شکل ۴-۱۰): تشکیل مفصل پلاستیک در سازه۴ طبقه با بتن معمولی در تحلیل استاتیکی غیر خطی در زلزله طرح در جهت Y ۱۲۷
(شکل ۴-۱۱): تشکیل مفصل پلاستیک در سازه ۸ طبقه با بتن معمولی در تحلیل استاتیکی غیر خطی در زلزله طرح در جهت X ۱۲۸
(شکل ۴-۱۲): تشکیل مفصل پلاستیک در سازه ۸ طبقه با بتن معمولی در تحلیل استاتیکی غیر خطی در زلزله طرح در جهت Y ۱۲۹
(شکل ۴-۱۳): تشکیل مفصل پلاستیک در سازه ۱۲ طبقه با بتن معمولی در تحلیل استاتیکی غیر خطی در زلزله طرح در جهت X ۱۳۰
(شکل ۴-۱۴): تشکیل مفصل پلاستیک در سازه ۱۲ طبقه با بتن معمولی در تحلیل استاتیکی غیر خطی در زلزله طرح در جهتY ۱۳۱
(شکل ۴-۱۵): تشکیل مفصل پلاستیک در سازه ۴ طبقه با بتن مقاومت بالا در تحلیل استاتیکی غیر خطی در زلزله طرح در جهت X ۱۳۲
(شکل ۴-۱۶): تشکیل مفصل پلاستیک در سازه ۴ طبقه با بتن مقاومت بالا در تحلیل استاتیکی غیر خطی در زلزله طرح در جهتY ۱۳۳
(شکل ۴-۱۷): تشکیل مفصل پلاستیک در سازه ۸ طبقه با بتن مقاومت بالا در تحلیل استاتیکی غیر خطی در زلزله طرح در جهتX ۱۳۴
(شکل ۴-۱۸): تشکیل مفصل پلاستیک در سازه ۱۲ طبقه با بتن مقاومت بالا در تحلیل استاتیکی غیر خطی در زلزله طرح در جهتX ۱۳۵
(شکل ۴-۱۹): تشکیل مفصل پلاستیک در سازه ۱۲ طبقه با بتن مقاومت بالا در تحلیل استاتیکی غیر خطی در زلزله طرح در جهتY ۱۳۶
(شکل ۴-۲۰): منحنی ظرفیت سازه ۴طبقه با بتن معمولی در جهت X (تن -سانتی متر) ۱۳۷
(شکل ۴-۲۱): منحنی ظرفیت سازه ۴طبقه با بتن معمولی در جهت Y (تن -سانتی متر) ۱۳۷
(شکل ۴-۲۲): منحنی ظرفیت سازه ۸ طبقه با بتن معمولی در جهت X (تن - سانتی متر) ۱۳۸
(شکل ۴-۲۳): منحنی ظرفیت سازه ۸ با بتن معمولی در جهت Y(تن - سانتی متر) ۱۳۸
(شکل ۴-۲۴): منحنی ظرفیت سازه ۱۲طبقه با بتن معمولی در جهت X (تن - سانتی متر) ۱۳۹

(شکل ۴-۲۵): منحنی ظرفیت سازه ۱۲طبقه با بتن معمولی در جهت Y (تن -سانتی متر) ۱۳۹
(شکل ۴-۲۶): منحنی ظرفیت سازه ۴ طبقه با بتن مقاومت بالا در جهت X (تن - سانتی متر) ۱۴۰
(شکل ۴-۲۷): منحنی ظرفیت سازه ۴طبقه با بتن مقاومت بالا در جهت Y(تن - سانتی متر) ۱۴۰
(شکل ۴-۲۸): منحنی ظرفیت سازه ۸طبقه با بتن مقاومت بالا در جهت X(تن - سانتی متر) ۱۴۱
(شکل ۴-۲۹): منحنی ظرفیت سازه ۸طبقه با بتن مقاومت بالا در جهت Y(تن - سانتی متر) ۱۴۱
(شکل ۴-۳۰): منحنی ظرفیت سازه ۱۲طبقه با بتن مقاومت بالا در جهت X(تن - سانتی متر) ۱۴۲
(شکلهای ۴-۳۲): مولفه های طولی و عرضی رکورد های تاریخچه زمانی ۱۵۴
(شکل ۴-۳۳): ۱/۳ برابر طیف طرح آیین نامه ۱۵۵
(شکل ۴-۳۴): طیف پاسخ زلزلهElcentro..... ۱۵۵
(شکل ۴-۳۵): طیف پاسخ زلزله Northridg..... ۱۵۵
(شکل ۴-۳۶): طیف پاسخ زلزلهSan fernando ۱۵۶
(شکل ۴-۳۷): طیف پاسخ زلزله طبس ۱۵۶
(شکل ۴-۳۸): طیف پاسخ زلزله Loma priet..... ۱۵۶
(شکل ۴-۳۹): متوسط طیف های پاسخ SRSS های هفت زوج رکورد در مقایسه با طیف طرح IBC2003.... ۱۵۷
(شکل ۴-۴۰): شتاب سازه در تحلیل غیرخطی در سازه ۴ طبقه با بتن معمولی درجهتX در زلزله Tabas..... ۱۵۹
(شکل ۴-۴۱): شتاب سازه در تحلیل غیر خطی در سازه ۴ طبقه با بتن مقاومت بالا در جهت X در زلزله طبس ۱۵۹
(شکل ۴-۴۲): شتاب سازه در تحلیل غیر خطی در سازه۸طبقه با بتن معمولی در جهت X در زلزله طبس ۱۶۰
(شکل ۴-۴۳): شتاب سازه در تحلیل غیر خطی در سازه۸طبقه با جداساز در جهت X در زلزله طبس ۱۶۰
(شکل ۴-۴۴): شتاب سازه در تحلیل غیر خطی در سازه۱۲طبقه با بتن معمولی در جهت X در زلزله طبس..... ۱۶۱
(شکل ۴-۴۵): شتاب سازه در تحلیل غیر خطی در سازه ۱۲طبقه با بتن مقاومت بالا در جهت X در زلزله طبس ۱۶۱
(شکل ۴-۴۶): شتاب سازه در تحلیل غیر خطی در سازه ۴ طبقه با بتن معمولی درجهتY در زلزله طبس..... ۱۶۲
(شکل ۴-۴۷): شتاب سازه در تحلیل غیر خطی در سازه ۴ طبقه با بتن مقاومت بالا درجهتY در زلزله طبس .. ۱۶۲
(شکل ۴-۴۸): شتاب سازه در تحلیل غیر خطی در سازه۸ طبقه با بتن معمولی درجهتY در زلزله طبس ۱۶۳
(شکل ۴-۴۹): شتاب سازه در تحلیل غیر خطی در سازه۸ طبقه با بتن مقاومت بالا درجهتY در زلزله طبس ... ۱۶۳
(شکل ۴-۵۰): شتاب سازه در تحلیل غیر خطی سازه۱۲ طبقه با بتن معمولی درجهتY در زلزله طبس ۱۶۴
(شکل ۴-۵۱): شتاب سازه در تحلیل غیر خطی سازه۱۲ طبقه با جداساز درجهتY در زلزله طبس..... ۱۶۴
(شکل ۴-۵۲): برش پایه در تحلیل غیر خطی در سازه۴طبقه با بتن معمولی در جهت X در زلزله طبس..... ۱۶۵
(شکل ۴-۵۳): برش پایه در تحلیل غیر خطی در سازه۴طبقه با بتن مقاومت بالا در جهت X در زلزله طبس ۱۶۵
(شکل ۴-۵۴): برش پایه در تحلیل غیر خطی در سازه۴طبقه با بتن معمولی در جهت Y در زلزله طبس..... ۱۶۶
(شکل ۴-۵۵): برش پایه در تحلیل غیر خطی در سازه۴طبقه با بتن مقاومت بالا در جهت Y در زلزله طبس ۱۶۶
(شکل ۴-۵۶): برش پایه در تحلیل غیر خطی در سازه ۸ طبقه با بتن معمولی در جهت X در زلزله طبس ۱۶۷
(شکل ۴-۵۷): برش پایه در تحلیل غیر خطی در سازه ۸ طبقه با بتن مقاومت بالا در جهت X در زلزله طبس . ۱۶۷
(شکل ۴-۵۸): برش پایه در تحلیل غیر خطی در سازه ۸ طبقه با بتن معمولی در جهت Y در زلزله طبس..... ۱۶۸
(شکل ۴-۵۹): برش پایه در تحلیل غیر خطی در سازه 8طبقه با بتن مقاومت بالا در جهت Y در زلزله طبس ... ۱۶۸

(شکل ۴-۶۰): برش پایه در تحلیل غیر خطی در سازه ۱۲طبقه با بتن معمولی در جهت X در زلزله طبس ۱۶۹
(شکل ۴-۶۱): برش پایه در تحلیل غیر خطی در سازه ۱۲طبقه با بتن مقاومت بالا در جهت X در زلزله طبس. ۱۶۹
(شکل ۴-۶۲): برش پایه در تحلیل غیر خطی در سازه ۱۲طبقه با بتن معمولی در جهت Y در زلزله طبس ۱۷۰
(شکل ۴-۶۳): برش پایه در تحلیل غیر خطی در سازه ۱۲طبقه با بتن مقاومت بالا در جهت Y در زلزله طبس. ۱۷۰
(شکل ۴-۶۴): برش پایه در تحلیل غیر خطی در سازه4 طبقه با بتن معمولی در جهت Xدر زلزله ۱۷۱
(شکل ۴-۶۵): برش پایه در تحلیل غیر خطی در سازه 4 طبقه با بتن مقاومت بالا در جهت X ۱۷۱
(شکل ۴-۶۶): برش پایه در تحلیل غیر خطی در سازه 4 طبقه با بتن معمولی در جهت Y ۱۷۲
(شکل ۴-۶۷): برش پایه در تحلیل غیر خطی در سازه 4 طبقه با بتن مقاومت بالا در جهت Y ۱۷۲
(شکل ۴-۶۸): برش پایه در تحلیل غیر خطی در سازه۸ طبقه با بتن معمولی در جهت X ۱۷۳
(شکل ۴-۶۹): برش پایه در تحلیل غیر خطی در سازه ۸ طبقه با بتن مقاومت بالا در جهت ۱۷۳
(شکل ۴-۷۰): برش پایه در تحلیل غیر خطی در سازه۸ طبقه با بتن معمولی در جهت Y ۱۷۴
(شکل ۴-۷۱): برش پایه در تحلیل غیر خطی در سازه۱۲ طبقه با بتن مقاومت معمولی در جهت X ۱۷۴
(شکل ۴-۷۲): برش پایه در تحلیل غیر خطی در سازه۱۲ طبقه با بتن مقاومت بالا در جهت X ۱۷۵
(شکل ۴-۷۳): برش پایه در تحلیل غیر خطی در سازه۱۲ طبقه با بتن مقاومت معمولی در جهت Y ۱۷۵
(شکل ۴-۷۴): برش پایه سازه های ۴ طبقه در جهتx در تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی ۱۸۳
(شکل ۴-۷۵): برش پایه سازه های ۴ طبقه در جهتy در تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی ۱۸۳
(شکل ۴-۷۶): برش پایه سازه های ۸ طبقه در جهتx در تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی ۱۸۴
(شکل ۴-۷۷): برش پایه سازه های ۸ طبقه در جهتy در تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی ۱۸۴
(شکل ۴-۷۸): برش پایه سازه های۱۲طبقه در جهتx در تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی ۱۸۵
(شکل ۴-۷۹): برش پایه سازه های۱۲ طبقه در جهتy در تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی ۱۸۵
(شکل ۴-۸۰): حداکثر جابجایی بام در سازه های۴ طبقه در جهتX در تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی ۱۸۶
(شکل ۴-۸۱): حداکثر جابجایی بام در سازه های۴ طبقه در جهتY در تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی ۱۸۶
(شکل ۴-۸۲): حداکثر جابجایی بام در سازه های ۸ طبقه در جهتX در تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی ۱۸۷
(شکل ۴-۸۳): حداکثر جابجایی بام در سازه های ۸ طبقه در جهتY در تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی ۱۸۷
(شکل ۴-۸۴): حداکثر جابجایی بام در سازه های ۱۲ طبقه در جهت X در تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی.... ۱۸۸
(شکل ۴-۸۵): حداکثر جابجایی بام در سازه های ۱۲ طبقه در جهت Y در تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی... ۱۸۸

فهرست جدول ها

(جدول ۱-۱): طبقه بندی بتن بر اساس مقاومت آن ۴
(جدول ۱-۲): حجم ذرات ریز در بتن ۳۱
(جدول ۱-۳): ترکیبات اصلی تشکیل دهنده سیمان ۳۴
(جدول ۱-۴): طبقه بندی بتن با مقاومت بالا ۴۰
(جدول ۳-۱): مشخصات مصالح مدل ها ۷۲
(جدول ۳-۲): مقاطع سازه ۴ طبقه با بتن معمولی ۷۳
(جدول ۳-۳): مقاطع سازه ۴ طبقه با بتن مقاومت بالا ۷۳
(جدول ۳-۴): مقاطع سازه ۸ طبقه با بتن معمولی ۷۴
(جدول ۳-۵): مقاطع سازه ۸ طبقه با بتن مقاومت بالا ۷۴
(جدول ۳-۶): مقاطع سازه ۱۲ طبقه با بتن معمولی ۷۵
(جدول ۳-۷): مقاطع سازه ۱۲ طبقه با بتن مقاومت بالا ۷۶
(جدول ۳-۸): محاسبه ضریب زلزله سازه ۴ طبقه: ۷۸
(جدول ۳-۹): محاسبه ضریب زلزله سازه ۸ طبقه: ۷۹
(جدول ۳-۱۰): محاسبه ضریب زلزله سازه ۱۲ طبقه: ۸۰
(جدول ۳-۱۱): تعیین مقدار ضریب تصحیح بر اساس میرایی سیستم ۹۰
(جدول ۳-۱۲): حداقل مقادیر ضریب کاهش طیف ۹۲
(جدول ۳-۱۳): سطوح عملکرد ساختمان ۱۰۱
(جدول ۳-۱۴): مشخصات رکورد های تاریخچه زمانی استفاده شده ۱۱۴
(جدول ۴-۱): برش پایه تحت تحلیل دینامیکی طیفی ۱۱۹
(شکل ۴-۳۱): منحنی ظرفیت سازه ۱۲طبقه با بتن مقاومت بالا در جهت Y(تن - سانتی متر) ۱۴۲
(جدول ۴-۲): جدول توزیع جرمی مودال سازه۴ طبقه با بتن معمولی ۱۴۳
(جدول ۴-۳): جدول توزیع جرمی مودال سازه۴ طبقه با بتن مقاومت بالا ۱۴۴
(جدول ۴-۴): جدول توزیع جرمی مودال سازه ۸ طبقه با بتن معمولی ۱۴۵
(جدول ۴-۵): جدول توزیع جرمی مودال سازه ۸ طبقه با بتن مقاومت بالا ۱۴۶
(جدول ۴-۶): توزیع جرمی مودال سازه ۱۲ طبقه با بتن معمولی ۱۴۷
(جدول ۴-۷): توزیع جرمی مودال سازه ۱۲ طبقه با بتن مقاومت بالا ۱۴۸
(جدول ۴-۹): نیروی طبقات تحت تحلیل استاتیکی غیر خطی ۱۴۹
(جدول ۴-۱۰): مشخصات رکورد های تاریخچه زمانی استفاده شده ۱۵۸
(جدول ۴-۱۱): نتایج تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی سازه ۴ طبقه طراحی شده بر اساس عملکرد ۱۷۶
(جدول ۴-۱۲): نتایج تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی سازه ۸ طبقه طراحی شده بر اساس عملکرد ۱۷۷
(جدول ۴-۱۳): نتایج تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی سازه ۱۲ طبقه طراحی شده بر اساس عملکرد ۱۷۸
(جدول ۴-۱۴): نتایج تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی سازه۴ طبقه ۱۷۹

(جدول ۴-۱۵): نتایج تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی سازه ۸ طبقه ۱۸۰
(جدول ۴-۱۶): نتایج تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی سازه ۱۲طبقه ۱۸۱
(جدول ۴-۱۷): میانگین نتایج تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی..... ۱۸۲

فصل ۱

مقدمه و کلیات

۱-۱- مقدمه:

امروزه بتن یکی از مهمترین مصالح ساختمانی است که با توجه به قابلیت تنوع و فراوانی خود، در صنعت ساختمانی جایگاه ویژه‌ای دارد. در چند دهه اخیر در زمینه علم مصالح و مواد متشکل بتنی و در نتیجه ساختمانهای بتنی تغییرات و پیشرفتهای مهمی بوجود آمده است. این پیشرفتها در کشورهایی که دارای تکنولوژی ساخت و ساز پیشرفته هستند تلاشهایشان برای دستیابی به بتنهایی با مقاومت بیشتر بوده و از آنجا که آنها در صدد احداث بناهای مرتفع می باشند در پی تولید بتنی با مقاومت خیلی زیادبرآمده اند.

استفاده از بتن های مقاومت بالا در اکثر کشورهای جهان به جای بتن معمولی امری بدیهی است . بطوری که بسیاری از کشورها ساخت سازه های مهم را با بتن معمولی ممنوع اعلام کرده اند. بطور کلی میتوان گفت بتن با مقاومت بالا بتنی است که با سنگدانه های معمولی وافزودنی های خاص ساخته شده و مقاومت فشاری آن از ۵۰ مگاپاسکال بیشتر است. این مواد با قدرت معجزه آسای خود، قابلیت های بی نظیری راکه بتن معمولی فاقد آن است را به بتن می دهند. استفاده از این مواد باعث کاهش نفوذپذیری، جمع شدگی وتخلخل بتن میشود و همچنین افزایش دوام و طول عمر بتن را نیز سبب میشود. با ساخت این بتن‌ها نه تنها کیفیت و دوام بتن افزایش می‌یابد، بلکه ابعاد اعضای سازه ای سازه های بتنی به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته و اقتصادی می‌گردند.

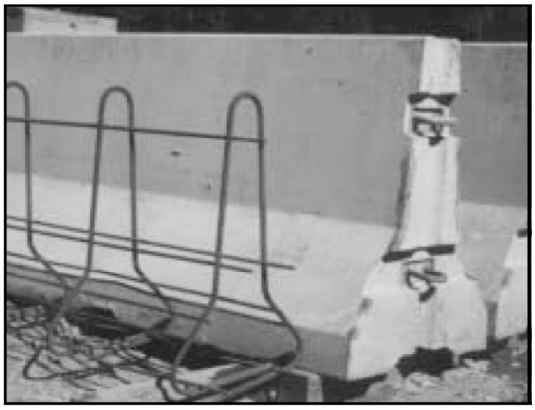
مقاومت بتن معمولی بین ۲۱ تا ۵۰ مگاپاسکال است. برای تولید بتنی با مقاومت بیش از ۵۰ مگاپاسکال نیاز به کنترل کیفیت دقیق تر و همچنین دقت بیشتر در انتخاب مصالح و نسبتهای آن از قبیل: افزودنی های معدنی، نوع و اندازه سنگدانه ها و ... است.از این رو برای تمایز این نوع بتنهای مخصوص، که دارای مقاومت فشاری بیش از ۴۰ مگا پاسکال هستند،در مقایسه با بتن های معمولی،آنها را بتن های با مقاومت بالا یا بتن پر مقاومت می نامند. مطالعات آزمایشگاهی نشان میدهد که در بسیاری از موارد ،خصوصیات و ساختار میکروسکوپی بتن با مقاومت بیش از ۴۰ مگاپاسکال ، با بتن معمولی فرق دارند.از آنجا که در بتن

معمولی ،مقاومت فشاری اساس طراحی بتن می باشد ، لذا طراح باید برای طرح بتن های با مقاومت بیش از ۴۰ مگاپاسکال ،شیوه مخصوصی را مورد عمل قرار دهد.

بطور کلی بتن با مقاومت بالا یک ماده جدید است و روش دسترسی به آن بر هدف های کاربردش مقدم است. در مراحل فعلی مطالعات ،توسعه روشهایی که بتوان به طور اقتصادی به آن دست یافت و همچنین یافتن خواص تثبیت یافته ی آن در کوتاه مدت و دراز مدت از اهداف اساسی می باشد. گرچه بتن با مقاومت بالا اغلب به عنوان یک ماده و مصالح نسبتاً جدید تلقی می شود ولی مطالعات بر روی آن از سالیان گذشته تا به حال ادامه داشته است .

کاربرد بتن با مقاومت بالا عمدتاً در ساختمانهای بلند ، پلها و اعضای پیش تنیده است . مزیت این کاربرد در این است که در ساختمانهای بلند باعث کاهش ابعاد مقطع اعضای فشاری می شود و قابلیت دوام اعضای خمشی را افزایش می دهد . در طراحی پلها ، تعداد تیرهای مورد نیاز کاهش می یابد و در مقاطع با بتن پیش تنیده ، کاهش پیش تنیدگی به دلیل خزش بتن کمتر می شود .

(شکل ۱-۱): استفاده از بتن مقاومت بالا در قطعات پیش ساخته



(شکل ۱-۲): استفاده از بتن مقاومت بالا در ساخت پل

در هر صورت در سال های اخیر استفاده از بتن مقاومت بالا افزایش یافته و در کشورهای زیادی مورد استفاده قرار گرفته است و در این زمینه تحقیقات مختلفی نیز انجام گرفته که عمدتا بر محور کسب راههای عملی جهت حصول یک بتن مقاومت بالا در کارگاه با صرف هزینه معقول استوار بوده است.

اگر چه با استفاده از روشهای جدید و مصالح خاص، بتن تا مقاومت ۳۵۰ مگاپاسکال ساخته شده است ولی بسیاری از این مطالعات در محدوده تولید آزمایشگاهی است و تردید جدی وجود دارد که بتوان بطور وسیع و اقتصادی در کارگاه چنین مقاومتی را بدست آورد.برای بسیاری از کاربردهای سازه ای غالبا حصول مقاومت نهایی ۱۰۰ مگاپاسکال تا ۱۲۰ مگاپاسکال قبل از بروز تغییر شکل های زیاد، عدم پایداری الاستیک و گسیختگی مورد توجه میباشد.

(جدول ۱-۱): طبقه بندی بتن بر اساس مقاومت آن

Normal Strength	20-50 MPa
High Strength	50-100 MPa
Ultra High Strength	100-150 MPa
Especial	> 150 MPa

بتن دارای ویژگیهای متعددی است که آن را از سایر مصالح ساختمانی متمایز می سازند . این ویژگیها را می توان در سه گروه رده بندی کرد :

- ویژگیهای بتن تازه که به سهولت کار کردن با آن مربوط می شوند .
- ویژگیهای مقاومتی و مشخصه های مکانیکی بتن گرفته و سخت شده.
- پایائی بتن

اگر این سه گروه ویژگیهای یک بتن از مشخصه های بتنهای متعارف ، مطلوبتر باشند ، آن بتن "بتن با عملکرد برتر" یا "ابر بتن" گفته می شود . هر چند اغلب ، در کتابها و نوشته های فنی ، "ابر بتن" و "بتن پر مقاومت" را به یک مفهوم می گیرند.

لازم به یادآوری است که برخی از متخصصان با استناد به اینکه معمولاً سایر مشخصه های بتن بطور مستقیم یا غیر مستقیم تابع مقاومت فشاری آن می باشند ، مفهوم "بتن با مقاومت بالا" را فراگیرتر تلقی کرده و "ابر بتن" ها را زیر مجموعه "بتن پر مقاومت" می دانند.

امروزه تولید و کاربرد بتن با مقاومتی بیشتر از ۱۰۰ مگاپاسکال (۱۰۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع) در کارگاهها ، غیر عادی تلقی نمی شود و در آزمایشگاه ، تحت شرایط کنترل شده می توان با مصالح طبیعی ، بتنهایی با جرم مخصوص متعارف ، و مقاومتهایی تا ۲۳۰ مگاپاسکال (۲۳۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع) و با استفاده از مصالح مصنوعی نظیر سرامیک ، بتنهائی با مقاومتهایی تا دو برابر این مقدار تهیه کرد . حتی دستیابی به بتنهای سبک با جرم مخصوص حدود ۱/۹ تن بر متر مکعب با مقاومتهای بالاتر از ۱۰۰ مگاپاسکال (۱۰۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع) میسر است .

در عمل نیز ، برای تقلیل جاگیری سازه و وزن آن ، بتنهای با مقاومت بیشتر ، وزن مخصوص کمتر و کیفیت بهتر مورد تقاضای بدون تردید است. با پیشرفتهایی که طی چند دهه اخیر در فن آوری بتن صورت گرفته ، عملاً هر نوع ساختمانی را با بتن میتوان ساخت.انرژی لازم و هزینه تولید بتن نسبت به سایر مصالح ساختمانی با عملکرد معادل ، کمتر است و بالاخره ، تولید و کاربرد بتن به محیط زیست آسیب نمی رساند. در واقع آنچه برای ساختن بتن از طبیعت گرفته می شود،کمترین اثر نامطلوب را بر محیط زیست دارد و امکان باز مصرف مواد حاصل از تخریب بتن به عنوان مصالح پر کننده در بتنهای دیگر و در راهسازی را نیز باید در همین چارچوب هماهنگ بودن با حفظ محیط زیست ارزیابی کرد.