بسم الله الرحمن الرحيم

٩٦١٨٥

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه تربیت معلّم آذربایجان
دانشکده فنی
گروه عمران

پایان نامه برای اخذ درجه:
کارشناسی ارشد در رشته مهندسی عمران
گرایش سازه

عنوان پایان نامه :

ارزیابی مقایسه ای رفتار لرزه ای درطراحی سازه های مرتفع بر اساس آیین نامه ایران وACI

استاد راهنما:
دکتر عبداله کیوانی

استاد مشاور:
دکتر بهمن فرهمند آذر

پژوهشگر:
مهدی اسلامی

۱۳۸۷ /۶/ ۱۵

تیر/ ۱۳۸۷
تبریز/ ایران

۹۶۱۸۵

تقدیم به

پدر، مادر و خواهران عزیزم که همیشه پشتیبان و یاورم بوده اند.

سپاس و تشکر

جای دارد از استاد ارجمند جناب آقای دکتر عبداله کیوانی برای راهنمایی های گرانقدر، هدایت در مسیر صحیح و صبر و بردباری که در طول انجام این تحقیق از خود نشان دادند، صمیمانه قدردانی نمایم.

فهرست مطالب

عنوان صفحه

چکیده ..... یک

۱- مروری بر تحقیقات گذشته ۱

۱-۱ مقدمه ۲

۱-۲ مروری بر تحقیقات گذشته ۳

۱-۲-۱ مقایسه آئین نامه های بتن ایران و آمریکا در فصل ضوابط ویژه برای طراحی در برابر زلزله..... ۳

۱-۲-۱-۱ بررسی ظرفیت خمشی مفصلهای پلاستیکی در عضو تحت خمش با ضوابط شکل پذیری زیاد با استفاده از آیین نامه ایران و آمریکا ۳

۱-۲-۱-۲ بررسی ظرفیت خمشی مفصلهای پلاستیکی در عضو تحت فشار و خمش با ضوابط شکل پذیری زیاد با استفاده از آیین نامه ایران و آمریکا ٤

۱-۲-۲ بررسی ضوابط طراحی سازه های مقاوم در برابر زلزله در آیین نامه های بتن ایران، آمریکا و اروپا..... ٥

۱-۲-۳ بررسی ایمنی ساختمانهای طرح شده توسط آیین نامه بتن ایران ۹

۱-۲-۳-۱ مقایسه طراحی تیرها در آیین نامه آبا و **ACI318-99**..... ۹

۱-۲-۳-۲ مقایسه طراحی ستونها در آیین نامه آبا و **ACI318-99** ۱۱

۱-۲-۳-۳مقایسه ایمنی اتصالات در آیین نامه آبا و **ACI318-99** ۱۳

۲- بررسی ضوابط طراحی در آیین نامه آبا و **ACI318-05** ۱٦

۲-۱ بررسی ضوابط طراحی اعضای خمشی در آئین نامه آبا و**ACI** ۱۷

۲-۲ مثال عددی در طرح اعضای خمشی ۲٤

۲-۳ بررسی ضوابط طراحی اعضای سازه ای برای برش در آئین نامه آبا و **ACI** ۲۷

۲ -٤ مثال عددی در طرح اعضای خمشی به برش ۳۷

۲-٥ بررسی ضوابط طراحی اعضای فشاری در آئین نامه آبا و **ACI** ۳۹

۲-٦ مثال عددی در طرح اعضای فشاری ٥۰

۲-۷ بررسی ضوابط طراحی لرزه ای در آیین نامه آبا و **ACI** ٥۲

۲-۷-۱بررسی ضوابط طراحی قابهای با شکل پذیری زیاد در آیین نامه آبا و ACI ٥۲

۲-۷-۲جزئیات آرماتور گذاری لرزه ای در آیین نامه آبا و **ACI** ٥٦

۳- مشخصات مدل سازه ای در ارزیابی مقایسه ای دو آیین نامه ٦٦

۳-۱ مقدمه ٦۷

۳-۲ مشخصات پروژه ٦۷

عنوان | صفحه

۳-۳ نرم افزار و آیین نامه های مورد استفاده ٦٩
۳-٤ مشخصات مصالح ۷۰
۳-٥ بارگذاری ثقلی ساختمان ۷۰
۳-٦ بارگذاری جانبی ساختمان ۷۱
۳-٦-۱ تحلیلی شبه دینامیکی زلزله (استاتیکی معادل)..... ۷۱
۳-٦-۲ تحلیل دینامیکی طیفی ۷٤
۳-۷ اعمال تغییرات در پیش فرضهای اولیه نرم افزار **ETABS** برای طراحی با آیین نامه آبا..... ۷۸
۳-۸ ضرایب ترکیب بار ۸۰
٤-۹ تحلیل سازه..... ۸۰

٤- بررسی و مقایسه نتایج بر اساس ضوابط دو آیین نامه ۸٥
٤-۱ بررسی لنگر وارده به تیرها در آیین نامه آبا و **ACI** ۸٦
٤-۲ بررسی سطح مقطع آرماتور طولی تیرها درآیین نامه آبا و**ACI** ۹۲
٤-۳ بررسی ظرفیت خمشی پلاستیک (محتمل) تیرها در آیین نامه آبا و **ACI** ۹٦
٤-٤ بررسی حداکثر نیروی برشی وارده به تیرها درآیین نامه آبا و **ACI** ۹۹
٤-٥ بررسی سطح مقطع آرماتور برشی تیرها در آیین نامه آبا و **ACI** ۱۰٦
٤-٦ بررسی ایمنی تیرها در آیین نامه آبا و ACI ۱۰۹
٤-۷ بررسی شکل پذیری تیرها در آیین نامه آبا و **ACI** ۱۱۲
٤-۸ بررسی ایمنی برشی اتصالات تیر به ستون در آیین نامه آبا و **ACI** ۱۱۷
٤-۹ بررسی نیروهای وارده به ستونها در آیین نامه آبا و **ACI** ۱۲٦
٤-۹-۱ بررسی نیروی محوری وارده به ستونهای طرح شده با آیین نامه آبا و**ACI**..... ۱۲٦
٤-۹-۲ مقایسه لنگر ستونها در آیین نامه آبا و **ACI** ۱۲۹
٤-۱۰ مقایسه سطح مقطع آرماتور طولی ستونهای طرح شده با آیین نامه آبا و ACI ۱۳۱
٤-۱۱ بررسی ایمنی ستونها در آیین نامه آبا و ACI ۱۳٦
٤-۱۲ بررسی حداقل مقاومت خمشی ستونها درآیین نامه آبا و ACI ۱۳۹
٤-۱۳ جمع بندی نهایی ۱٤۳
فهرست منابع ۱٤۷
چکیده انگلیسی..... ۱٥۰

فهرست اشکال و جداول و نمودارها

عنوان — صفحه

نمودار ۱-۱ ظرفیت خمشی مفصل پلاستیکی اعضای خمشی در آیین نامه ایران و آمریکا ٤

نمودار ۱-۲ ظرفیت خمشی مفصل پلاستیکی اعضای فشاری در آیین نامه ایران و آمریکا ٥

جدول۱-۱ ضرایب ترکیب بار در آیین نامه آبا و ACI ۹

جدول۱-۲ ضرایب کاهش مقاومت خمشی تیرها در آیین نامه آبا و ACI ۱۰

جدول ۱-۳ نتایج طراحی خمشی تیرها در آیین نامه آبا و ACI ۱۰

جدول ۱-٤ نتایج طراحی برشی تیرها در آیین نامه آبا و ACI ۱۱

جدول ۱-٥ روابط ضرایب تشدید لنگر در آیین نامه آبا و ACI ۱۱

جدول۱-٦ مقایسه درصد فولاد و ایمنی ستونها در آیین نامه آبا و ACI ۱۳

جدول ۱-۷ نیروی برشی مقاوم اتصالات در آیین نامه آبا و ACI با فرض $f'_c = 210kg/cm^2$ ۱٤

جدول۱-۸ مقایسه نیرویهای مقاوم و وارده به اتصالات در آیین نامه آبا و ACI ۱٤

جدول۲-۱رابطه تنش با کرنش آرماتور طولی در آیین نامه آبا و ACI ۱۸

شکل ۲-۱نمودار تنش و کرنش در لحظه گسیختگی مقطع مستطیلی در آیین نامه آبا ۱۹

شکل ۲-۲ نمودار تنش و کرنش در لحظه گسیختگی مقطع مستطیلی در آیین نامه ACI ۱۹

نمودار۲-۱ مقایسه ضریب ارتفاع بلوک فشاری تنش (β_1)در آیین نامه آبا و ACI ۲۱

نمودار۲-۲ حداکثر نسبت آرماتور کششی مجاز با فرض $f_y = 400Mpa$ ۲۲

جدول۲-۲ ضوابط طراحی اعضای خمشی در آیین نامه آبا و ACI ۲٤

نمودار۲-۳ لنگر خمشی مقاوم نهایی به ازای $f_y = 300Mpa$ و $f'_c = 21Mpa$ در آیین نامه آبا و ACI..... ۲٥

نمودار۲-٤ لنگر خمشی مقاوم نهایی به ازای $f_y = 300Mpa$ و $f'_c = 28Mpa$ در آیین نامه آبا و ACI ... ۲٦

نمودار۲-٥ لنگر خمشی مقاوم نهایی به ازای $f_y = 400Mpa$ و $f'_c = 21Mpa$ در آیین نامه آبا و ACI..... ۲٦

نمودار۲-٦ لنگر خمشی مقاوم نهایی به ازای $f_y = 400Mpa$ و $f'_c = 28Mpa$ در آیین نامه آبا و ACI ۲۷

جدول ۲-۳ بررسی ضوابط مقاومت برشی بتن در آئین نامه آبا و ACI ۳٥

جدول ۲-٤ بررسی ضوابط مقاومت برشی فولاد در آئین نامه آبا و ACI ۳٦

نمودار۲-۷ سطح آرماتور برشی موردنیاز به ازای $f_y = 300Mpa$ و $f'_c = 21Mpa$ در آیین نامه آبا و AC. ۳۷

نمودار۲-۸ سطح آرماتور برشی موردنیاز به ازای $f_y = 300Mpa$ و $f'_c = 28Mpa$ در آیین نامه آبا و ACI ۳۸

نمودار۲-۹ سطح آرماتور برشی موردنیاز به ازای $f_y = 400Mpa$ و $f'_c = 21Mpa$ در آیین نامه آبا و ACI ۳۸

نمودار۲-۱۰ سطح آرماتور برشی موردنیاز به ازای $f_y = 400Mpa$ و $f'_c = 28Mpa$ در آیین نامه آبا و ACI۳۹

جدول ۲-٥ ضریب کاهش مقاومت ستون در ناحیه انتقالی آیین نامه ACI ٤۰

جدول ۲- ٦ضوابط طراحی اعضای فشاری در آیین نامه آبا و ACI ٤۸

نمودار۲-۱۱ منحنی اندرکنش ستون با ۱ درصد فولاد در آیین نامه آبا،ACI و بدون اعمال ضریب کاهش مقاومت۵۱

عنوان صفحه

نمودار۲-۱۲ منحنی اندرکنش ستون با ٤ درصد فولاد در آیین نامه آبا،ACI و بدون اعمال ضریب کاهش مقاومت۵۲

شکل ۲-۳ نیروی برشی طراحی قابهای با شکل پذیری زیاد در آیین نامه آبا و ACI ۵۳

شکل ۲-٤ نیروی برشی نهایی وارده به اتصال تیر ستون در آیین نامه آبا و ACI ٥٤

شکل ۲-۵ توزیع لنگر و شرط تیر ضعیف و ستون قوی در اتصالات قابهای شکل پذیر ۵۵

شکل ۲-٦ محدودیت هندسی اعضای خمشی در آیین نامه آبا ۵٦

شکل۲-۷ محدودیت هندسی اعضای خمشی در آیین نامه ACI ۵۷

شکل ۲-۸ ضوابط آرماتور طولی اعضای خمشی در آیین نامه آبا ۵۸

شکل ۲-۹ ضوابط آرماتور طولی اعضای خمشی در آیین نامه ACI ۵۹

شکل ۲-۱۰ ضوابط آرماتورعرضی اعضای خمشی در آیین نامه آبا و ACI ٦۰

شکل ۲-۱۱ ضوابط تنگ بسته اعضای خمشی در آیین نامه آبا و ACI ٦۱

شکل ۲-۱۲ ضوابط هندسی و آرماتور طولی اعضای فشاری در آیین نامه آبا و ACI ٦۲

شکل ۲-۱۳ ضوابط آرماتورگذاری عرضی اعضای فشاری مستطیلی در آیین نامه آبا ٦۳

شکل ۲-۱٤ ضوابط آرماتورگذاری عرضی اعضای فشاری مستطیلی در آیین نامه ACI ٦٤

شکل ۲-۱۵ ضوابط تنگ بسته اعضای فشاری در آیین نامه آبا ٦۵

شکل ۲-۱٦ ضوابط تنگ بسته اعضای فشاری در آیین نامه ACI ٦۵

جدول ۳-۱ ابعاد تیرها و ستونهای سازه ٦۸

شکل۳-۱ نمای سه بعدی ساختمان ٦۸

شکل ۳-۲ پلان طبقات و جهت تیرچه ریزی ٦۹

جدول۳-۲ مشخصات مصالح بتنی ۷۰

جدول۳-۳ بارهای ثقلی ساختمان ۷۰

جدول۳-٤ مفروضات آنالیز استاتیکی ۷۱

جدول۳-۵ نتایج تحلیل استاتیکی سازه ۷۳

جدول۳-٦ نیروی برشی طبقات در تحلیل استاتیکی وطیفی ۷٦

نمودار ۳-۱ نیروی برشی استاتیکی و طیفی طبقات ۷۷

شکل۳-۳ اعمال ضرایب کاهش مقاومت آیین نامه آبا در ETABS ۷۹

شکل۳-٤ اعمال ضرایب کاهش مقاومت $\phi = 1$ برای آیین نامه ACI در ETABS ۷۹

جدول۳-۷ ضرایب ترکیب بار در آیین نامه آبا و ACI ۸۰

شکل۳-۵ اثر بار افقی در لنگر ثانویه ستون ۸۱

شکل۳-٦ اثر بارثقلی در لنگر ثانویه ستون ۸۱

عنوان صفحه

جدول ۳-۸ ضرایب ترکیب بار ثقلی آنالیز $P-\Delta$ ۸۲

جدول۳-۹ ضرایب تشدید لنگر ناشی از بارهای ثقلی در آیین نامه آبا و ACI ۸۳

نمودار ٤-۱ مقایسه سهم لنگرتیرهای طبقه اول از بارهای ثقلی و زلزله ۸۷

نمودار ٤-۲ مقایسه سهم لنگرتیرهای طبقه آخر از بارهای ثقلی و زلزله ۸۸

نمودار ٤-۳ مقایسه لنگر منفی وارده به تیرB9 در آیین نامه آبا و ACI ۸۹

نمودار ٤-٤ مقایسه لنگر مثبت وارده به تیرB9 در آیین نامه آبا و ACI ۹۰

نمودار ٤-٥ مقایسه لنگر منفی وارده به تیرB13 در آیین نامه آبا و ACI ۹۰

نمودار ٤-٦ مقایسه لنگر مثبت وارده به تیر B13 در آیین نامه آبا و ACI ۹۱

نمودار ٤-۷ مقایسه لنگر منفی وارده به تیرB17 در آیین نامه آبا و ACI ۹۱

نمودار ٤-۸ مقایسه لنگر مثبت وارده به تیرB17 در آیین نامه آبا و ACI ۹۲

جدول ٤-۱ ضوابط مربوط به ضرایب ترکیب بار و کاهش مقاومت در آیین نامه آبا و ACI ۹۲

نمودار٤-۹ مقایسه سطح مقطع آرماتور فوقانی تیر B9 در آیین نامه و ACI ۹۳

نمودار ٤-۱۰ مقایسه سطح مقطع آرماتور تحتانی تیرB9 در آیین نامه آبا و ACI ۹٤

نمودار ٤-۱۱ مقایسه سطح مقطع آرماتور فوقانی تیرB13 در آیین نامه آبا و ACI ۹٤

نمودار ٤-۱۲ مقایسه سطح مقطع آرماتور تحتانی تیرB13 در آیین نامه آبا و **ACI** ۹٥

نمودار ٤-۱۳ مقایسه سطح مقطع آرماتور فوقانی تیرB17 در آیین نامه آبا و **ACI** ۹٥

نمودار ٤-۱٤ مقایسه سطح مقطع آرماتور تحتانی تیرB17 در آیین نامه آبا و **ACI** ۹٦

نمودار ٤-۱٥ مقایسه ظرفیت خمشی تیرB9 در آیین نامه آبا و **ACI** ۹۸

نمودار ٤-۱٦ مقایسه ظرفیت خمشی تیرB13 در آیین نامه آبا و **ACI** ۹۸

نمودار ٤-۱۷ مقایسه ظرفیت خمشی تیرB17 در آیین نامه آبا و **ACI** ۹۹

شکل ٤-۱ بارهای وارده برای تعیین نیروی برشی طراحی در آیین نامه آبا و ACI ۱۰۰

نمودار ٤-۱۸ مقایسه نیروی برشی ناشی از بار ثقلی تیرB9 در آیین نامه آبا و ACI ۱۰۱

نمودار ٤-۱۹ مقایسه نیروی برشی ناشی از بار ثقلی تیرB13 در آیین نامه آبا و ACI ۱۰۱

نمودار ٤-۲۰ مقایسه نیروی برشی ناشی از بار ثقلی تیرB17 در آیین نامه آبا و ACI ۱۰۲

نمودار ٤-۲۱ مقایسه نیروی برشی ناشی از تشکیل مفصل پلاستیک تیر B9 در آیین نامه آبا و ACI ۱۰۳

نمودار ٤-۲۲ مقایسه نیروی برشی ناشی از تشکیل مفصل پلاستیک تیر B13 در آیین نامه آبا و ACI ۱۰۳

نمودار ٤-۲۳ مقایسه نیروی برشی ناشی از تشکیل مفصل پلاستیک تیر B17 در آیین نامه آبا و ACI ۱۰٤

نمودار ٤-۲٤ مقایسه حداکثر نیروی برشی وارده به تیرB9 در آیین نامه آبا و **ACI** ۱۰٥

عنوان صفحه

نمودار ٤-٢٥ مقایسه حداکثر نیروی برشی وارده به تیر B13 در آیین نامه آبا و **ACI** ١٠٥

نمودار ٤-٢٦ مقایسه حداکثر نیروی برشی وارده به تیر B17 در آیین نامه آبا و **ACI** ١٠٦

نمودار ٤-٢٧ مقایسه سطح مقطع آرماتور برشی تیر B9 در آیین نامه آبا و **ACI** ١٠٧

نمودار ٤-٢٨ مقایسه سطح مقطع آرماتور برشی تیر B13 در آیین نامه آبا و **ACI** ١٠٨

نمودار ٤-٢٩ مقایسه سطح مقطع آرماتور برشی تیر B17 در آیین نامه آبا و **ACI** ١٠٨

جدول ٤-٢ ضوابط نسبت نیرو به ظرفیت در خمش و برش ١٠٩

نمودار ٤-٣٠ مقایسه ایمنی تیر B9 در آیین نامه آبا و **ACI** ١١٠

نمودار ٤-٣١ مقایسه ایمنی تیر B13 در آیین نامه آبا و **ACI** ١١١

نمودار ٤-٣٢ مقایسه ایمنی تیر B17 در آیین نامه آبا و **ACI** ١١١

شکل ٤-٢ دیاگرام رفتار اعضای شکل پذیر و ترد ١١٢

شکل ٤-٣ محاسبه انحناها: الف) انحنای نهایی و ب) انحنای تسلیم ١١٤

نمودار ٤-٣٣ مقایسه ضریب شکل پذیری تیر B9 در آیین نامه آبا و ACI ١١٦

نمودار ٤-٣٤ مقایسه ضریب شکل پذیری تیر B13 در آیین نامه آبا و ACI ١١٦

نمودار ٤-٣٥ مقایسه ضریب شکل پذیری تیر B17 در آیین نامه آبا و ACI ١١٧

شکل ٤-٤ نیرو های برشی وارده به اتصال تیرستون ١١٨

نمودار ٤-٣٦ مقایسه نیروی برشی وارده به گره ستون C5 در آیین نامه آبا و ACI ١١٩

نمودار ٤-٣٧ مقایسه نیروی برشی وارده به گره ستون C13 در آیین نامه آبا و ACI ١٢٠

نمودار ٤-٣٨ مقایسه نیروی برشی وارده به گره ستون C15 در آیین نامه آبا و ACI ١٢٠

شکل ٤-٥ مساحت موثر گره ١٢١

شکل ٤-٦ جزئیات اجرایی آرماتور های عرضی ویژه در گره های محصور نشده توسط اعضای سازه ای ١٢٢

جدول ٤-٣ مقاومت برشی انواع اتصالات در آیین نامه آبا و ACI ١٢٢

نمودار ٤-٣٩ مقایسه نسبت نیرو به ظرفیت برشی اتصال ستون C5 در آیین نامه آبا و ACI ١٢٣

نمودار ٤-٤٠ مقایسه نسبت نیرو به ظرفیت برشی اتصال ستون C13 در آیین نامه آبا و ACI ١٢٤

نمودار ٤-٤١ مقایسه نسبت نیرو به ظرفیت برشی اتصال ستون C15 در آیین نامه آبا و ACI ١٢٥

نمودار ٤-٤٢ مقایسه نیروی محوری ستون C9 در آیین نامه آبا و ACI ١٢٧

نمودار ٤-٤٣ مقایسه نیروی محوری ستون C13 در آیین نامه آبا و ACI ١٢٨

نمودار ٤-٤٤ مقایسه نیروی محوری ستون C15 در آیین نامه آبا و ACI ١٢٨

نمودار ٤-٤٥ مقایسه لنگر خمشی ستون C9 در آیین نامه آبا و ACI ١٣٠

نمودار ٤-٤٦ مقایسه لنگر خمشی ستون C13 در آیین نامه آبا و ACI ١٣٠

نمودار ٤-٤٧ مقایسه لنگر خمشی ستون C15 در آیین نامه آبا و ACI ١٣١

نمودار ٤-٤٨ منحنی اندرکنش ستون ٦٠×٦٠ با ١ درصد فولاد در آیین نامه آبا و ACI ١٣٢

عنوان صفحه

نمودار ٤-٤٩ منحنی اندرکنش ستون ٦٠×٦٠ با ٢ درصد فولاد در آیین نامه آبا و ACI ١٣٣
نمودار ٤-٥٠ منحنی اندرکنش ستون ٦٠×٦٠ با ٣ درصد فولاد در آیین نامه آبا و ACI ١٣٣
نمودار ٤-٥١ مقایسه سطح مقطع آرماتورطولی ستونC9 در آیین نامه آبا و ACI ١٣٥
نمودار ٤-٥٢ مقایسه سطح مقطع آرماتورطولی ستونC13 در آیین نامه آبا و ACI ١٣٥
نمودار ٤-٥٣ مقایسه سطح مقطع آرماتورطولی ستونC15 در آیین نامه آبا و ACI ١٣٦
نمودار ٤-٥٤ مقایسه ایمنی ستون C9 در آیین نامه آبا و ACI ١٣٧
نمودار ٤-٥٥ مقایسه ایمنی ستون C13 در آیین نامه آبا و ACI ١٣٨
نمودار ٤-٥٦ مقایسه ایمنی ستون C15 در آیین نامه آبا و ACI ١٣٨
شکل٤-٧ مقاومت خمشی در اتصال تیر به ستون ١٤٠
نمودار ٤-٥٧ ضریب مقاومت خمشی ستونC9 درآیین نامه آبا و ACI ١٤١
نمودار ٤-٥٨ ضریب مقاومت خمشی ستونC13 درآیین نامه آبا و ACI ١٤٢
نمودار ٤-٥٩ ضریب مقاومت خمشی ستونC15 درآیین نامه آبا و ACI ١٤٢

چکیده

امروزه آیین نامه ها تنها متون قانونی هستند که به منظور یکسان سازی روش برخورد با مسئله زلزله در یک چارچوب مدون فراهم شده اند و از آنجائیکه در عین سادگی مدعی فراهم کننده حاشیه ایمنی مناسب برای مقابله با خطرات زلزله می باشند به صورت وسیعی مورد استفاده واقع می شوند. اطلاع از ساختار یک آیین نامه، محدوده کاربرد آن، ضعف ها و نکات قوت و دیگر مسائلی که در پشت دستورات به ظاهر ساده آن قرار دارد می تواند باعث استفاده بهتر از آیین نامه ها شود. در این پایان نامه ابتدا نتایج تحقیقاتی که در گذشته در مورد مقایسه آیین نامه بتن آبا و ACI صورت پذیرفته، آورده شده است و سپس به بررسی ضوابط آیین نامه آبا و آیین نامه جدید ACI 318-05 پرداخته شده و تفاوتهای دو آیین نامه با ارائه مثالهایی مورد بررسی قرار گرفته است. در نهایت برای ارزیابی و ارائه دید بهتر و عمیق تر نسبت به ضوابط طراحی لرزه ای آیین نامه های مذکور، یک ساختمان بیست طبقه با شکل پذیری زیاد مدلسازی شده و برای مواردی همچون سطح آرماتور طولی تیرها و ستونها، آرماتور برشی تیرها، نیروی برشی ایجاد شده در تیرها و اتصالات تیر ستون ناشی از تشکیل مفاصل پلاستیک، شکل پذیری تیرها، ایمنی تیرها، ستونها، اتصالات تیر ستون و در نهایت حداقل مقاومت خمشی ستونها نمودارهای مقایسه ای رسم شده است. بررسی نتایج نشان می دهد که آیین نامه ACI به سطح مقطع آرماتور طولی کمتر در تیرها منجر شده و این امر ضمن افزایش شکل پذیری و کاهش نیروی برشی وارده به تیرها و اتصالات ناشی از تشکیل مفاصل پلاستیک، در مقابل با اعمال ضریب کاهش مقاومت کوچکتری نسبت به آیین نامه آبا در برش، توجه خاصی به جلوگیری از شکست برشی اعمال نموده است. در حالیکه در آیین نامه آبا به سطح مقطع طولی بیشتر در تیرها منجر شده و این امر باعث کاهش شکل پذیری و افزایش نیروی برشی وارده به تیرها و اتصالات ناشی از تشکیل مفاصل پلاستیک شده، با این وجود در مقابل با اعمال ضریب کاهش مقاومت بزرگتر نسبت به آیین نامه ACI در برش، توجه خاصی به جلوگیری از شکست برشی ننموده است. همچنین آیین نامه ACI با اعمال ضریب کاهش مقاومت کوچکتر نسبت به آیین نامه آبا در طرح ستونها، ضمن افزایش ظرفیت ستونها نسبت به نیروهای وارده در قیاس با آیین نامه آبا، احتمال تشکیل مفاصل پلاستیک در ستونها را نیز کاهش می دهد. با توجه به بررسیهای انجام شده اعضای خمشی و فشاری در آیین نامه ACI به ترتیب ۱۷/٤و ۱۲/۳ درصد ایمنتر از اعضای مشابه آیین نامه آبا می باشند. در نهایت می توان بیان نمود که اهمیت قطعه و توجه به جلوگیری از شکست برشی آن که از عوامل مؤثر در تأمین ایمنی سازه می باشد در ضرایب

ایمنی آیین نامه آبا منظور نگردیده است، به عبارت دیگر، در آیین نامه آبا ضرایب کاهش مقاومت قطعات فشاری(ستونها) و قطعات خمشی(تیرها) یکسان می باشد که با توجه به عملکرد سازه ای و اهمیت هر کدام در سازه، این کمیت یکسان معقول به نظر نمی رسد که انتظار می رود در تجدید نظر بعدی آیین نامه نکات مزبور مورد توجه کمیته فنی تدوین آیین نامه قرار گیرد.

کلمات کلیدی: آیین نامه بتن آبا، آیین نامه بتن ACI، طراحی لرزه ای، شکل پذیری، شکست برشی، ایمنی.

فصل اول

مروری بر تحقیقات گذشته

۱-۱ مقدمه:

طراحی لرزه ای ساختمانها از ضروری ترین روشهای طراحی برای کشورهایی است که در مناطق زلزله خیز قرار دارند و از این جهت لازم است که برای این موضوع بطور جدی در ابعاد گوناگون چه در بستر تحقیق و چه در بستر آموزش سرمایه گذاری اساسی صورت گیرد.

میلیاردها ریال خسارت مالی و دهها هزار کشته و زخمی، نتیجه رخداد زلزله هایی است که هر از چند گاه در گوشه و کنار کشور به وقوع می پیوندد. در بیست سال اخیر بیش از صدها هزار نفر از مردم بر اثر وقوع زلزله و تخریب ساختمانها کشته شده اند. بطور اساسی باید به این سوال پاسخ گفت که چگونه می توان با این پدیده مقابله کرد یا آثار تخریبی آنرا به حداقل ممکن رساند و یا اینکه اگر زیانهای مالی قابل تحمل باشند، آیا زیانهای جانی قابل پذیرش هستند؟! چنین به نظر می رسد که گام نخست این است که دستگاههای اجرایی کشور ملزم به رعایت آیین نامه های موجود در همه زمینه های موجود مرتبط با موضوع باشند. مشاهدات عینی نشان داده است که اکثر تلفات و خسارات مربوط به ساختمانهای غیر مهندسی است که تعداد آنها در شهرهای بزرگ هم زیاد است.با توجه به اینکه محاسبات ساختمان در کشورمان توسط آیین نامه بتن ACI صورت می گیرد و فقط در ضوابط آرماتورگذاری از آیین نامه بتن آبا استفاده می شود، به همین منظور مقایسه آیین نامه بتن آبا و ACI در طراحی لرزه ای سازه های بلند به عنوان موضوع پایان نامه انتخاب شده است. هدف از انجام این پایان نامه بررسی و تحلیل نقاط ضعف و قوت آیین نامه بتن آبا در طراحی لرزه ای سازه های مرتفع می باشد، با توجه به قدمت کمیته تخصصی بتن آمریکا (ACI) و استفاده از متخصصان مجرب در تدوین این آیین نامه و بازنگری ضوابط آن در هر چند سال یکبار موجب شد که آیین نامه ACI ملاک معتبری برای بررسی آیین نامه بتن آبا انتخاب شود.

۱-۲ مروری بر تحقیقات گذشته

۱-۲-۱ مقایسه آئین نامه های بتن ایران و آمریکا در فصل ضوابط ویژه برای طراحی در برابر زلزله[۱]

در این پایان نامه ابتدا فصول ضوابط ویژه برای طراحی در برابر زلزله را بین دو آئین نامه آبا و ACI مقایسه گردیده و سپس اختلاف های کمی دو آئین نامه در تعیین ظرفیت خمشی مفاصل پلاستیکی در اعضاء خمشی و اعضای فشاری بررسی شده است که در زیر به شرح آن می پردازیم.

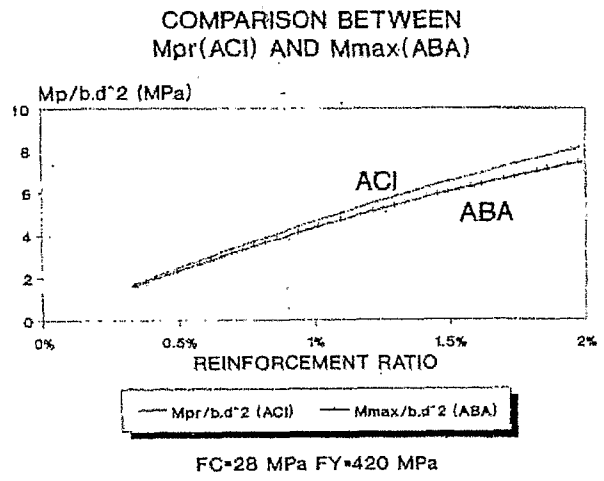
۱-۲-۱-۱ بررسی ظرفیت خمشی مفصلهای پلاستیکی در عضو تحت خمش با ضوابط شکل پذیری زیاد با استفاده از آیین نامه ایران و آمریکا:

آیین نامه آبا ظرفیت خمشی مفصلهای پلاستیکی را برابر با لنگر خمشی مقاوم ماکزیمم مقطع، $M_{\max}$ ، در نظر می گیرد. این لنگر ۱/٤ برابر لنگر خمشی مقاوم مقطع، M_r، در نظر گرفته می شود، رابطه (۱-۱). در مقابل آیین نامه ACI مقاومت اعضا در برابر لنگر خمشی محتمل، M_{pr}، را با فرض $1.25f_y$ در میلگردهای طولی و ضریب کاهش مقاومت برابر یک تعیین می نماید، رابطه(۱-۲)

$$\frac{M_{\max}}{bd^2}=1.19\times\rho\times f_y\left(1-\frac{\rho\times f_y}{1.2\times f_c}\right) \qquad (۱-۱)$$

$$\frac{M_{pr}}{bd^2}=1.25\times\rho\times f_y\left(1-\frac{1.25\times\rho\times f_y}{1.7\times f'_c}\right) \qquad (۱-۲)$$

در این تحقیق فرض شده که نتایج طراحی(آرماتور طولی) عضو تحت خمش با استفاده از آئین نامه بتن آبا و ACI یکسان بوده و برای مقایسه ظرفیت خمشی مفصلهای پلاستیکی بین دو آئین نامه تنها کافی است بر حسب درصد فولاد معین، لنگر پلاستیک در دو آئین نامه بدست آورده شود، منحنی(۱-۱).

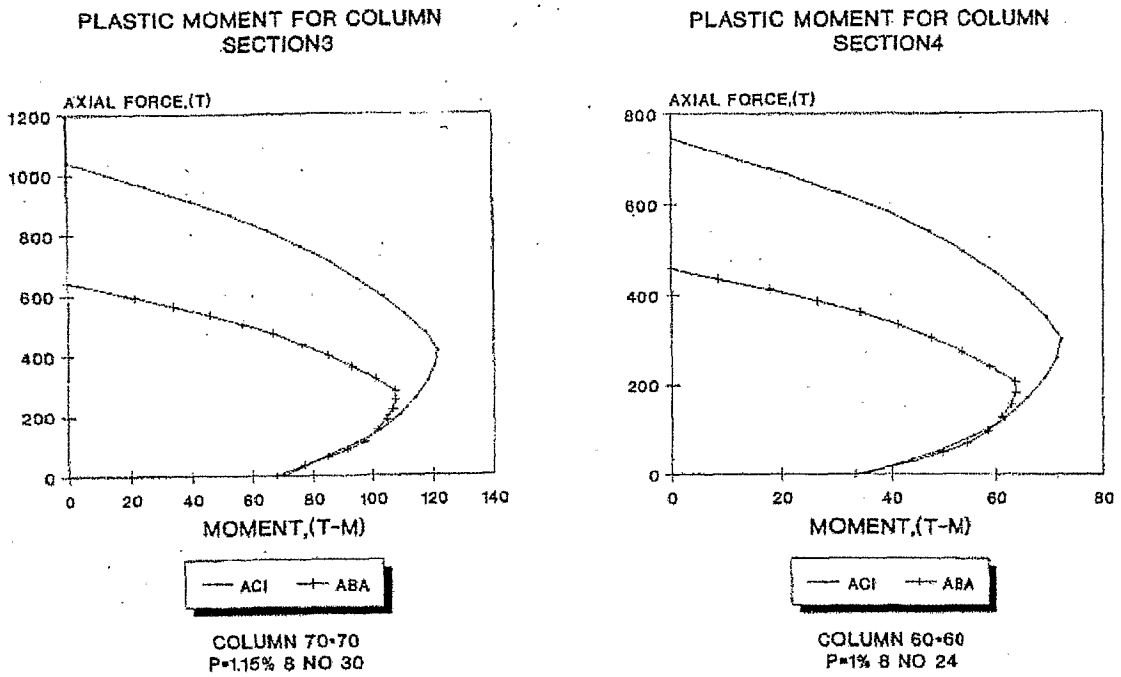


نمودار (۱-۱): ظرفیت خمشی مفصل پلاستیکی اعضای خمشی در آیین نامه ایران و آمریکا

با توجه به نمودار (۱-۱)، نتیجه گیری شده است که ظرفیت خمشی مفاصل پلاستیک در اعضای تحت اثر خمش در دو آئین نامه حدوداً بر هم منطبق می باشد. به عبارت دیگر برشی که به علت تشکیل مفصلهای پلاستیکی در دو انتهای عضو تحت خمش بوجود می آید حدوداً یکسان است.
نکته قابل توجه در این بخش این است که بدون آنالیز سازه واقعی، نتیجه گیری شده است که سطح آرماتور طولی تیرها در دو آیین نامه یکسان می باشد که معقول به نظر نمی رسد و همچنین تأثیر بارهای ثقلی در تعیین نیروی برشی مد نظر قرار نگرفته شده است.

۱-۲-۱-۲ بررسی ظرفیت خمشی مفصلهای پلاستیکی در عضو تحت فشار و خمش با ضوابط شکل پذیری زیاد با استفاده از آیین نامه ایران و آمریکا:

برای مقایسه ظرفیت خمشی مفصلهای پلاستیکی در اعضای تحت فشار و خمش باید دیاگرام اندرکنش $P_u - M_{\max}$ مطابق با آئین نامه بتن ایران با فرض $M_{\max} = 1.4M_r$ و همچنین دیاگرام $P_u - M_{pr}$ مطابق با آئین نامه بتن آمریکا با فرض $\phi = 1$ و $1.25f_y$ برای M_{pr} ساخته شوند. به همین منظور با درصد فولاد مشخصی دیاگرام اندرکنش دو آئین نامه رسم شده و سپس برای همسان سازی دو دیاگرام مقادیر آن را به ضرایب تر کیب بار دو آئین نامه تقسیم می شوند تا مقایسه در شرایط بهره برداری(ضرایب بار یک) صورت گیرد، نمودار (۱-۲).



نمودار(۱-۲): ظرفیت خمشی مفصل پلاستیکی اعضای فشاری در آیین نامه ایران و آمریکا

با توجه به نمودار (۱-۲) مشاهده می شود محدوده بالای نقطه بالانس اختلاف زیادی بین دو آئین نامه وجود دارد بدین صورت که آئین نامه ACI سطح اندرکنش بزرگتری نسبت به آئین نامه آبا دارد. اما در قسمت پائین نقطه بالانس سطح اندرکنش دو آئین نامه بر هم منطبق می باشند.با توجه به آنکه ظرفیت خمشی مفصلهای پلاستیکی ارتباط مستقیم به برش طرح عضو دارد نتیجه گیری شده است که برش به دست آمده از آئین نامه ACI بزرگتر از برش آئین نامه آبا برای بارهایی که در محدوده بالای نقطه بالانس قرار دارند می باشد. به عبارت دیگر اگر بار ضریب دار حاکم P_u، که بزرگترین مقاومت ستون در برابر لنگر را بدست می دهد برای هر دو آئین نامه به طور همزمان، در محدودهٔ بالای نقطه بالانس قرار داشته باشند، شکست برشی در ستون ACI دیرتر از آبا صورت می گیرد.

۱-۲-۲ بررسی ضوابط طراحی سازه های مقاوم در برابر زلزله در آیین نامه های بتن ایران، آمریکا و اروپا[۲]

در این پایان نامه ضوابط مربوط به اعضای خمشی، فشاری، اتصالات تیرستون در سه آیین نامه مذکور مورد بررسی قرار گرفته و بعضی از نتایج مقایسه عبارتند از:

۱) با توجه به ضریب شکل پذیری انحنا در رابطه عکس با مقاومت تسلیم آرماتور و نسبت آرماتور کششی مقطع است. یک رابطهٔ منطقی برای محدود کردن نسبت آرماتور طولی در اعضای خمشی که

ملاحظات شکل پذیری را در نظر دارد باید حاوی پارامترهای f_j باشد. این طرز تلقی را می توان در آیین نامه اروپا ملاحظه کرد. لیکن آیین نامه ایران و آمریکا مقدار ثابت ۲/۵ درصد را مقرر کرده اند که به مراتب بیشتر از مقدار ارائه شده توسط آیین نامه اروپا می باشد. بنابراین با توجه به مثالهای ارائه شده در متن پایان نامه می توان نتیجه گیری کرد که آیین نامه اروپا تأکید بیشتری بر شکل پذیر بودن اعضای خمشی دارد. لازم به ذکر است که سایر ضوابط مربوط به آرماتور طولی اعضای خمشی در هر سه آیین نامه با یکدیگر مشابهند و تنها در مورد تأثیر آرماتورهای واقع در بال های تیر T و L شکل در مقاومت ممان منفی تیر اختلاف نظری وجود دارد بطوریکه آیین نامه های ایران و اروپا تأثیر این آرماتورها را درنظر می گیرند و آیین نامه آمریکا این آرماتورها را بی تأثیر فرض می نماید.

۲) آرماتورهای عرضی سه وظیفهٔ مهم در اعضای بتن آرمه به عهده دارند: جلوگیری از کمانش آرماتور طولی، محصور کردن آرماتور طولی و ایجاد مقاومت برشی.در طراحی سازه های بتن آرمه برای زلزله باید به کمانش زود هنگام آرماتورهای طولی توجه بیشتری کرد زیرا تکرار بارگذاریهای معکوس، مدول مماشی فولاد را به علت اثر بوشنیگر کاهش می دهد و آنها را بیشتر مستعد کمانش می کند. با تعبیه آرماتور عرضی نزدیک به هم می توان طول کمانش آرماتورهای اصلی را کاهش داد و از کمانش زود هنگام آنها جلوگیری به عمل آورد.

آیین نامه اروپا در این مورد احتیاط بیشتری می نماید بطوریکه حداکثر فاصلهٔ آرماتورهای عرضی را در اعضای خمشی به شش برابر قطر آرماتورهای طولی محدود می کند در حالیکه آیین نامه ایران و آمریکا این فاصله را به هشت برابر قطر آرماتور طولی محدود کرده اند.

همچنین آیین نامه اروپا در مورد جزئیات خاموتگذاری در اعضای فشاری سختگیری بیشتری می نماید که بدین ترتیب می توان از کمانش آرماتورهای طولی تا حد زیادی آسوده بود. اما این سختگیری در مورد جزئیات خاموتگذاری و نیز تراکم نسبتاً زیاد خاموتها باعث بروز مشکلاتی در اجرا خواهد شد بطوریکه در بعضی موارد رعایت تمامی مقررات آیین نامه غیر ممکن به نظر می رسد.

۳) در تیر بتن آرمه ای که بار به صورت یکنواخت اعمال می شود خاموتهای قائم می توانند تا حدود زیادی نیروهای برشی ایجاد شده را تحمل کنند اما در محدودهٔ بارگذاریهای تکراری و معکوس که مقدار نیروی برشی در هر دو جهت بارگذاری نیز قابل توجه باشد پدیده شکست برشی لغزنده رخ

می دهد. در این حالت، در مناطق مفصل پلاستیک عضو آرماتورهای خمشی در بالا و پایین تیر به مرحله تسلیم می رسند و ترکهای قائمی به صورت سراسری در تمام ارتفاع مقطع به همراه ترکهای قطری ایجاد می شود. برای جلوگیری از بروز این پدیده، باید از آرماتورهای قطری عمود بر هم استفاده نمود زیرا هر اندازه برای این گونه اعضا از خاموت های قائم استفاده شود این آرماتورها نمی توانند از قابلیت جذب و اتلاف انرژی سیستم جلوگیری به عمل آورند. آیین نامه اروپا لزوم استفاده از آرماتورهای قطری عمود بر هم را گوشزدکرده است لیکن آیین نامه ایران و آمریکا هیچگونه اشاره ای به اهمیت نقش این آرماتورها برای جلوگیری از بروز پدیدهٔ شکست برشی لغزنده نکرده اند.

٤) هر سه آیین نامه به منظور جلوگیری از بروز انهدام برشی در تیرها و ستونهای بتن آرمه، مقرر می دارند که مقاومت برشی این اعضا بر اساس ظرفیت خمشی آنها طراحی گردد. بنا به تحقیقات به عمل آمده در این همین پایان نامه ملاحظه می شود مقدار برش نهایی که با استفاده از ضوابط آیین نامه آمریکا برای اعضای خمشی به دست می آید در حدود ۱۰ تا ۳۰درصد بیشتر از مقدار به دست آمده از آیین نامه اروپا می باشد، ولی مقدار آرماتور برشی که آیین نامه آمریکا ارائه می دهد معمولاً کمتر از آیین نامه اروپا می باشد. زیرا آیین نامه اروپا از مشارکت بتن در مقاومت برشی اعضای خمشی بکلی صرفنظر نموده است. لازم بذکر است که مقادیر به دست آمده از برش نهایی و آرماتور برشی بر اساس آیین نامه ایران معمولاً مابین مقادیر دو آیین نامه دیگر است.

٥) مشاهدات آزمایشگاهی حاکی از آنست که افزایش نیروی فشاری محوری در مقطع اعضا، تأثیر قابل توجهی بر کاهش شکل پذیری می گذارد، لذا اتخاذ ضابطه ای برای محدود کردن این نیرو در اعضای فشاری ضروریست. آیین نامه اروپا به این مسئله توجه شایان تری کرده است و حداکثر نیروی محوری در اعضای فشاری را به $0.5A_g f_{ck}$ محدود می نماید در حالیکه در آیین ایران و آمریکا هیچ گونه محدودیتی برای این نیرو به عنوان ضابطه ویژه ارائه نشده است و بایستی ضوابط عادی ارائه شده در هر یک از آیین نامه ها مد نظر قرار گیرد، در این صورت حداکثر بار محوری آیین نامه ایران و آمریکا حدود ۳۰ تا ٤٠ درصد بیشتر از مقدار ارائه شده در آیین نامه اروپا خواهد بود.