

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول / کلیات

۱-۱- مقدمه	۲
۲-۱- نامنظمی در سازه‌ها	۲
۳-۱- معرفی ساختمان‌های دوبلکسی یا ساختمان‌های با اختلاف تراز طبقات	۴
۴-۱- روشهای پیشنهادی بارگذاری زلزله	۵
۱-۴-۱- روش معمولی	۵
۲-۴-۱- روش جداسازی	۵
۳-۴-۱- روش فشرده‌سازی	۶
۴-۴-۱- روش تراز معادل	۶
۵-۴-۱- روش طیفی	۶
۵-۱- مروری بر تحقیقات گذشته	۸
۶-۱- فصل‌های مختلف پژوهش	۱۲

فصل دوم / تئوری‌ها و قواعد مدل‌سازی به منظور تحلیل استاتیکی غیر خطی

۱-۲- مقدمه	۱۴
۲-۲- روش طراحی لرزه‌ای بر اساس عملکرد و قواعد مدل‌سازی	۱۴
۲-۲-۱- اصول، مفاهیم کلی و فلسفه‌ی روش طراحی سازه‌ها بر اساس سطح عملکرد	۱۴
۲-۲-۲- الگوریتم کلی روش طراحی بر اساس نیرو	۱۵
۲-۲-۳- معایب و مشکلات روش طراحی بر اساس نیرو	۱۷
۲-۲-۴- کلیات روش طراحی عملکردی بر اساس دستورالعمل بهسازی	۱۸
۲-۲-۵- سطوح عملکرد	۱۹
۲-۲-۶- سطوح خطر (خطرپذیری)	۲۰
۲-۲-۷- اهداف بهسازی	۲۱
۲-۲-۸- مدل‌سازی ساختمان	۲۳
۲-۲-۹- برآورد نیروها و جابجایی‌های غیرارتجاعی و مقایسه با معیارهای پذیرش	۲۴
۲-۲-۱۰- بهسازی	۲۵

۲۵	۳-۲- انواع روش‌های تحلیل سازه در دستورالعمل بهسازی
۲۶	۳-۲-۱- ضوابط کلی در مورد انواع روش‌های تحلیل
۲۶	۳-۲-۲- محدوده کاربرد روش‌های خطی
۲۷	۳-۲-۳- محدوده کاربرد روش‌های غیرخطی
۲۸	۳-۲-۴- روش تحلیل استاتیکی غیرخطی
۲۹	۳-۲-۵- الگوهای بار جانبی در روش تحلیل استاتیکی غیرخطی
۳۱	۴-۲- معرفی نرم افزار
۳۱	۵-۲- ترکیبات بار محتمل براساس دستورالعمل بهسازی لرزه‌ای
۳۲	۲-۵-۱- اعمال بارهای مرده و زنده
۳۳	۲-۵-۲- اعمال بارهای جانبی
۳۳	۲-۵-۳- اثر همزمان مولفه‌های زلزله
۳۴	۲-۵-۴- اثر پیچش
۳۵	۲-۵-۵- الگوهای ترکیب بار مورد استفاده در این پژوهش
۳۵	۲-۶- رفتار اجزای سازه
۳۸	۲-۶-۱- مدل سازی رفتار غیرخطی مهاربندها
۳۹	۲-۶-۲- مدل سازی رفتار غیرخطی ستون‌ها
۴۰	۲-۶-۳- رفتار غیر خطی تیرها
۴۰	۲-۷- اثر $P - \Delta$ (رفتار غیرخطی هندسی)
۴۱	۲-۸ اندرکنش خاک و سازه

فصل سوم / تحلیل و طراحی سازه‌ها و ارائه نتایج

۴۴	۳-۱- مقدمه
۴۴	۳-۲- مشخصات مقاطع و مصالح مصرفی
۴۶	۳-۳- هندسه سازه‌ها و بارگذاری ثقلی
۴۹	۳-۴- نحوه‌ی معرفی دیافراگم در سازه‌های دوبلکسی با فاصله و بدون فاصله
۵۲	۳-۵- تحلیل و طراحی سازه‌ها به روش متداول نیرویی
۵۲	۳-۵-۱- فرضیات و ضوابط اعمال شده در تحلیل و طراحی خطی
۵۵	۳-۵-۲- نتایج طراحی خطی

- ۳-۶- تحلیل استاتیکی غیرخطی و ارزیابی عملکرد سازه‌ها ۵۶
- ۳-۶-۱- کنترل نیاز به تحلیل دینامیکی طیفی همراه با تحلیل استاتیکی غیرخطی ۵۷
- ۳-۶-۲- نحوه‌ی انتخاب الگوی بار جانبی ۵۹
- ۳-۶-۳- محاسبه تغییرمکان هدف به روش ضرایب تغییرمکان ۶۴
- ۳-۶-۴- نحوه ارزیابی عملکرد سازه‌ها بر اساس دستورالعمل بهسازی ۶۶
- ۳-۷- نتایج بدست آمده از تحلیل استاتیکی غیرخطی ۶۸
- ۳-۷-۱- مدل‌های دوبلکسی ۵ طبقه بدون فاصله ۶۸
- ۳-۷-۱-۱- مدل دوبلکسی ۵ طبقه بدون فاصله با اختلاف تراز ۱.۱ متر ۷۰
- ۳-۷-۱-۲- مدل دوبلکسی ۵ طبقه بدون فاصله با اختلاف تراز ۲.۲ متر ۷۲
- ۳-۷-۱-۳- مدل دوبلکسی ۵ طبقه بدون فاصله با اختلاف تراز ۳.۳ متر ۷۴
- ۳-۷-۲- مدل‌های دوبلکسی ۵ طبقه با فاصله ۷۶
- ۳-۷-۲-۱- مدل دوبلکسی ۵ طبقه با فاصله با اختلاف تراز ۱.۱ متر ۷۸
- ۳-۷-۲-۲- مدل دوبلکسی ۵ طبقه با فاصله با اختلاف تراز ۲.۲ متر ۸۰
- ۳-۷-۲-۳- مدل دوبلکسی ۵ طبقه با فاصله با اختلاف تراز ۳.۳ متر ۸۲
- ۳-۷-۳- مدل‌های دوبلکسی ۷ طبقه بدون فاصله ۸۴
- ۳-۷-۳-۱- مدل دوبلکسی ۷ طبقه بدون فاصله با اختلاف تراز ۱.۱ متر ۸۶
- ۳-۷-۳-۲- مدل دوبلکسی ۷ طبقه بدون فاصله با اختلاف تراز ۲.۲ متر ۸۸
- ۳-۷-۳-۳- مدل دوبلکسی ۷ طبقه بدون فاصله با اختلاف تراز ۳.۳ متر ۹۰
- ۳-۷-۴- مدل‌های دوبلکسی ۷ طبقه با فاصله ۹۲
- ۳-۷-۴-۱- مدل دوبلکسی ۷ طبقه با فاصله با اختلاف تراز ۱.۱ متر ۹۴
- ۳-۷-۴-۲- مدل دوبلکسی ۷ طبقه با فاصله با اختلاف تراز ۲.۲ متر ۹۶
- ۳-۷-۴-۳- مدل دوبلکسی ۷ طبقه با فاصله با اختلاف تراز ۳.۳ متر ۹۸
- ۳-۷-۵- مدل‌های دوبلکسی ۹ طبقه بدون فاصله ۱۰۰
- ۳-۷-۵-۱- مدل دوبلکسی ۹ طبقه بدون فاصله با اختلاف تراز ۱.۱ متر ۷۰۲
- ۳-۷-۵-۲- مدل دوبلکسی ۹ طبقه بدون فاصله با اختلاف تراز ۲.۲ متر ۷۰۴
- ۳-۷-۵-۳- مدل دوبلکسی ۹ طبقه بدون فاصله با اختلاف تراز ۳.۳ متر ۱۰۶
- ۳-۷-۶- مدل‌های دوبلکسی ۹ طبقه با فاصله ۱۰۸
- ۳-۷-۶-۱- مدل دوبلکسی ۹ طبقه با فاصله با اختلاف تراز ۱.۱ متر ۱۱۰
- ۳-۷-۶-۲- مدل دوبلکسی ۹ طبقه با فاصله با اختلاف تراز ۲.۲ متر ۱۱۲

- ۱۱۴..... ۳-۶-۷-۳ مدل دوبلکسی ۹ طبقه با فاصله با اختلاف تراز ۳.۳ متر
- ۱۱۶..... ۳-۷-۷-۷ تغییرات زمان تناوب
- ۱۱۸..... ۳-۷-۸-۸ پدیده‌ی ستون کوتاه در سازه‌های دوبلکسی
- ۱۱۸..... ۳-۷-۸-۱-۱ مقدمه
- ۱۱۸..... ۳-۷-۸-۲-۲ مکانیزم ستون کوتاه
- ۱۱۹..... ۳-۷-۸-۳-۳ مواردی که باعث به وجود آمدن پدیده‌ی ستون کوتاه در سازه‌ها می‌گردد
- ۱۲۱..... ۳-۷-۸-۴-۴ عوامل تشدید کننده احتمال تشکیل ستون کوتاه در سازه‌های دوبلکسی
- ۱۲۱..... ۳-۷-۸-۵-۵ بررسی پدیده‌ی ستون کوتاه در مدل‌های دوبلکسی ۵، ۷ و ۹ طبقه

فصل چهارم / نتیجه‌گیری و پیشنهادات

- ۱۲۷..... ۴-۱-۱ مقدمه
- ۱۲۷..... ۴-۲-۲ نتایج
- ۱۳۱..... ۴-۳-۳ پیشنهادات برای مطالعات آینده
- ۱۳۲..... فهرست مراجع

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۱-۲- احتمال رویداد سطوح مختلف زلزله در نظر گرفته شده در دستورالعمل بهسازی	۲۰
جدول ۲-۲- تلاش‌های کنترل شونده	۳۷
جدول ۳-۲- محاسبه ضرایب مقیاس برای منحنی رفتاری مهاربندها	۳۸
جدول ۴-۲- ظرفیت محوری فشاری و کششی مقاطع ستون‌ها	۳۹
جدول ۵-۲- پارامتر مدل‌سازی و معیارهای پذیرش تیر پیوند EBF مطابق دستورالعمل بهسازی	۴۰
جدول ۱-۳- مشخصات فولاد مصرفی (kg/cm^2)	۴۵
جدول ۲-۳- شدت بارهای وارد بر کف در تراز بام	۴۹
جدول ۳-۳- شدت بارهای وارد بر کف در تراز طبقات	۴۹
جدول ۴-۳- مشخصات و نام اختصاری مدل‌ها	۵۱
جدول ۵-۳- فرضیات در نظر گرفته شده در تحلیل و طراحی خطی	۵۲
جدول ۶-۳- ضریب زلزله و برش پایه سازه‌ها بر اساس روابط استاندارد ۲۸۰۰	۵۳
جدول ۷-۳- زمان تناوب اصلی بدست آمده از تحلیل مودال	۵۶
جدول ۸-۳- کنترل نیاز به انجام تحلیل دینامیکی خطی همراه با استاتیکی غیرخطی در سازه 7s-ws-1.1	۵۸
جدول ۹-۳- کنترل نیاز به انجام تحلیل دینامیکی خطی همراه با استاتیکی غیرخطی در سازه 9s-wos-3.3	۵۸
جدول ۱۰-۳- محاسبه تغییرمکان هدف در مدل‌های دوبلکسی و معمولی	۶۵
جدول ۱۱-۳- سطح عملکرد و خرابی پیش‌بینی شده برای اعضای قائم سازه‌ای	۶۶

فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل ۱-۲- سازه با اختلاف تراز طبقات (دوبلکسی بدون فاصله)	۴
شکل ۱-۲- سازه با اختلاف تراز طبقات (دوبلکسی با فاصله)	۴
شکل ۱-۳- ساختمان بتنی با اختلاف تراز طبقات (دوبلکسی با فاصله)	۷
شکل ۱-۴- ساختمان فلزی با اختلاف تراز طبقات (دوبلکسی بدون فاصله)	۷
شکل ۱-۵- ساختمان فلزی با اختلاف تراز طبقات (دوبلکسی بدون فاصله)	۸
شکل ۲-۱- نمونه‌ای از طیف طراحی شتاب در الگوریتم طراحی بر اساس نیرو	۱۶
شکل ۲-۲- پارامترهای مدل‌سازی و معیارهای پذیرش در دستورالعمل بهسازی، نمونه‌ای در مورد تیر و ستون	۲۲
شکل ۲-۳- پارامترهای مدل‌سازی و معیارهای پذیرش در دستورالعمل بهسازی، نمونه‌ای در مورد مهاربند	۲۳
شکل ۲-۴- مدل نیرو-جابجایی اعضا	۲۴
شکل ۲-۵- نمونه‌ای از منحنی پوش‌آور یک سازه	۲۹
شکل ۲-۶- نمونه‌هایی از الگوهای بار جانبی پیشنهادی در دستورالعمل بهسازی	۳۰
شکل ۲-۷- منحنی رفتاری عضو شکل‌پذیر ، $e/g > 2$	۳۶
شکل ۲-۸- منحنی رفتاری عضو نیمه شکل‌پذیر	۳۶
شکل ۲-۹- منحنی رفتاری عضو ترد	۳۶
شکل ۲-۱۰- منحنی رفتاری به کار رفته در دستورالعمل بهسازی همراه با معیارهای پذیرش	۳۷
شکل ۲-۱۱- تاثیر تغییرات زمان تناوب بر شتاب وارد بر سازه	۴۰
شکل ۳-۱- نمونه‌ای از مقطع باکسی مورد استفاده	۴۵
شکل ۳-۲- نمونه‌ای از مقطع تیورورق مورد استفاده	۴۵
شکل ۳-۳- پلان سازه‌های دوبلکسی بدون فاصله	۴۷
شکل ۳-۴- نمونه قاب با اختلاف تراز بادبندی شده در سازه‌های دوبلکسی بدون فاصله	۴۷
شکل ۳-۵- پلان سازه‌های دوبلکسی با فاصله	۴۸
شکل ۳-۶- نمونه قاب با اختلاف تراز بادبندی شده در سازه‌های دوبلکسی با فاصله	۴۸

- شکل ۳-۷- نحوه‌ی معرفی دیافراگم در سازه‌های دوبلکسی بدون فاصله..... ۵۰
- شکل ۳-۸- نحوه‌ی معرفی دیافراگم در سازه‌های دوبلکسی با فاصله..... ۵۰
- شکل ۳-۹- درصد مشارکت جرم مودی در مود اول در مدل‌های بدون فاصله..... ۵۹
- شکل ۳-۱۰- درصد مشارکت جرم مودی در مود اول در مدل‌های با فاصله..... ۶۰
- شکل ۳-۱۱- الگوی بار جانبی طیفی برای مدل‌های ۷ طبقه دوبلکسی با فاصله، بدون فاصله با اختلاف تراز طبقات ۱.۱ متر ۶۱
- شکل ۳-۱۲- الگوی بار جانبی طیفی برای مدل‌های ۷ طبقه دوبلکسی با فاصله، بدون فاصله با اختلاف تراز طبقات ۲.۲ متر ۶۱
- شکل ۳-۱۳- الگوی بار جانبی طیفی برای مدل‌های ۷ طبقه دوبلکسی با فاصله، بدون فاصله با اختلاف تراز طبقات ۳.۳ متر..... ۶۲
- شکل ۳-۱۴- الگوی بار جانبی طیفی برای مدل‌های ۹ طبقه دوبلکسی با فاصله، بدون فاصله با اختلاف تراز طبقات ۱.۱ متر..... ۶۲
- شکل ۳-۱۵- الگوی بار جانبی طیفی برای مدل‌های ۹ طبقه دوبلکسی با فاصله، بدون فاصله با اختلاف تراز طبقات ۲.۲ متر..... ۶۳
- شکل ۳-۱۶- الگوی بار جانبی طیفی برای مدل‌های ۹ طبقه دوبلکسی با فاصله بدون فاصله با اختلاف تراز طبقات ۳.۳ متر..... ۶۳
- شکل ۳-۱۷- نمونه‌ای از مفصل پلاستیک تعریف شده در نرم‌افزار برای عضو مهاربندی ۶۷
- شکل ۳-۱۸- نمودار تغییر مکان نسبی جانبی مدل‌های ۵ طبقه بدون فاصله در جهت X تحت الگوی بار استاتیکی خطی..... ۶۹
- شکل ۳-۱۹- نمودار تغییر مکان نسبی جانبی مدل‌های ۵ طبقه بدون فاصله در جهت X تحت الگوی بار یکنواخت..... ۶۹
- شکل ۳-۲۰- نمودار تغییر مکان نسبی جانبی مدل‌های ۵ طبقه بدون فاصله در جهت Y تحت الگوی بار طیفی..... ۶۹
- شکل ۳-۲۱- نحوه تشکیل مفاصل پلاستیک در مدل 5s-wos-1.1 در جهت X تحت ترکیب بار $1.1(AcX+0.3AcY)$ ۷۰
- شکل ۳-۲۲- منحنی بارافزون مدل 5s-wos-1.1 در جهت X تحت ترکیب بار $1.1(AcX+0.3AcY)$ ۷۰
- شکل ۳-۲۳- نحوه تشکیل مفاصل پلاستیک در مدل 5s-wos-1.1 در جهت X تحت ترکیب بار $0.9(SPnx+0.3SPy)$ ۷۱
- شکل ۳-۲۴- منحنی بارافزون مدل 5s-wos-1.1 در جهت X تحت ترکیب بار $0.9(SPnx+0.3SPy)$ ۷۱
- شکل ۳-۲۵- نحوه تشکیل مفاصل پلاستیک در مدل 5s-wos-2.2 در جهت X تحت ترکیب بار $0.9(-SPnx-0.3SPy)$ ۷۲
- شکل ۳-۲۶- منحنی بارافزون مدل 5s-wos-2.2 در جهت X تحت ترکیب بار $0.9(-SPnx-0.3SPy)$ ۷۲
- شکل ۳-۲۷- نحوه تشکیل مفاصل پلاستیک در مدل 5s-wos-2.2 در جهت X تحت ترکیب بار $1.1(AcX+0.3AcY)$ ۷۳
- شکل ۳-۲۸- منحنی بارافزون مدل 5s-wos-2.2 در جهت X تحت ترکیب بار $1.1(AcX+0.3AcY)$ ۷۳
- شکل ۳-۲۹- نحوه تشکیل مفاصل پلاستیک در مدل 5s-wos-3.3 در جهت X تحت ترکیب بار $0.9(-SPnx-0.3SPy)$ ۷۴
- شکل ۳-۳۰- منحنی بارافزون مدل 5s-wos-3.3 در جهت X تحت ترکیب بار $0.9(-SPnx-0.3SPy)$ ۷۴

- شکل ۳-۳۱- نحوه تشکیل مفاصل پلاستیک در مدل 5s-wos-3.3 در جهت X تحت ترکیب بار $1.1(AcX+0.3AcY)$ ۷۵
- شکل ۳-۳۲- منحنی بارافزون مدل 5s-wos-3.3 در جهت X تحت ترکیب بار $1.1(AcX+0.3AcY)$ ۷۵
- شکل ۳-۳۳- نمودار تغییرمکان نسبی جانبی مدل‌های ۵ طبقه با فاصله در جهت X تحت الگوی بار طیفی ۷۶
- شکل ۳-۳۴- نمودار تغییرمکان نسبی جانبی مدل‌های ۵ طبقه با فاصله در جهت X تحت الگوی بار یکنواخت ۷۶
- شکل ۳-۳۵- نمودار تغییرمکان نسبی جانبی مدل‌های ۵ طبقه با فاصله در جهت Y تحت الگوی بار طیفی ۷۷
- شکل ۳-۳۶- نحوه تشکیل مفاصل پلاستیک در مدل 5s-ws-1.1 در جهت X تحت ترکیب بار $1.1(SPnx+0.3SPy)$ ۷۸
- شکل ۳-۳۷- منحنی بارافزون مدل 5s-ws-1.1 در جهت X تحت ترکیب بار $1.1(-SPnx-0.3SPy)$ ۷۸
- شکل ۳-۳۸- نحوه تشکیل مفاصل پلاستیک در مدل 5s-ws-1.1 در جهت X تحت ترکیب بار $1.1(-AcX-0.3AcY)$ ۷۹
- شکل ۳-۳۹- منحنی بارافزون مدل 5s-ws-1.1 در جهت X تحت ترکیب بار $1.1(-AcX-0.3AcY)$ ۷۹
- شکل ۳-۴۰- نحوه تشکیل مفاصل پلاستیک در مدل 5s-ws-2.2 در جهت X تحت ترکیب بار $1.1(-SPnx-0.3SPy)$ ۸۰
- شکل ۳-۴۱- منحنی بارافزون مدل 5s-ws-2.2 در جهت X تحت ترکیب بار $1.1(-SPnx-0.3SPy)$ ۸۰
- شکل ۳-۴۲- نحوه تشکیل مفاصل پلاستیک در مدل 5s-ws-2.2 در جهت X تحت ترکیب بار $1.1(AcX+0.3AcY)$ ۸۱
- شکل ۳-۴۳- منحنی بارافزون مدل 5s-ws-2.2 در جهت X تحت ترکیب بار $1.1(AcX+0.3AcY)$ ۸۱
- شکل ۳-۴۴- نحوه تشکیل مفاصل پلاستیک در مدل 5s-ws-3.3 در جهت X تحت ترکیب بار $1.1(SPnx+0.3SPy)$ ۸۲
- شکل ۳-۴۵- منحنی بارافزون مدل 5s-ws-3.3 در جهت X تحت ترکیب بار $1.1(SPnx+0.3SPy)$ ۸۲
- شکل ۳-۴۶- نحوه تشکیل مفاصل پلاستیک در مدل 5s-ws-3.3 در جهت X تحت ترکیب بار $1.1(AcX+0.3AcY)$ ۸۳
- شکل ۳-۴۷- منحنی بارافزون مدل 5s-ws-3.3 در جهت X تحت ترکیب بار $1.1(AcX+0.3AcY)$ ۸۳
- شکل ۳-۴۸- نمودار تغییرمکان نسبی جانبی مدل‌های ۷ طبقه بدون فاصله در جهت X تحت الگوی بار طیفی ۸۴
- شکل ۳-۴۹- نمودار تغییرمکان نسبی جانبی مدل‌های ۷ طبقه بدون فاصله در جهت X تحت الگوی بار یکنواخت ۸۵
- شکل ۳-۵۰- نمودار تغییرمکان نسبی جانبی مدل‌های ۷ طبقه بدون فاصله در جهت Y تحت الگوی بار طیفی ۸۵
- شکل ۳-۵۱- نحوه تشکیل مفاصل پلاستیک در مدل 7s-wos-1.1 در جهت X تحت ترکیب بار $0.9(SPnx+0.3SPpy)$ ۸۶
- شکل ۳-۵۲- منحنی بارافزون مدل 7s-wos-1.1 در جهت X تحت ترکیب بار $0.9(SPnx+0.3SPpy)$ ۸۶
- شکل ۳-۵۳- نحوه تشکیل مفاصل پلاستیک در مدل 7s-wos-1.1 در جهت X تحت ترکیب بار $1.1(AcX+0.3AcY)$ ۸۷
- شکل ۳-۵۴- منحنی بارافزون مدل 7s-wos-1.1 در جهت X تحت ترکیب بار $1.1(AcX+0.3AcY)$ ۸۷
- شکل ۳-۵۵- نحوه تشکیل مفاصل پلاستیک در مدل 7s-wos-2.2 در جهت X تحت ترکیب بار $1.1(SPnx+0.3SPpy)$ ۸۸

- شکل ۳-۵۶- منحنی بارافزون مدل 7s-wos-2.2 در جهت X تحت ترکیب بار $1.1(SPnx+0.3SPpy)$ ۸۸
- شکل ۳-۵۷- نحوه تشکیل مفاصل پلاستیک در مدل 7s-wos-2.2 در جهت X تحت ترکیب بار $1.1(AcX+0.3AcY)$ ۸۹
- شکل ۳-۵۸- منحنی بارافزون مدل 7s-wos-2.2 در جهت X تحت ترکیب بار $1.1(AcX+0.3AcY)$ ۸۹
- شکل ۳-۵۹- نحوه تشکیل مفاصل پلاستیک در مدل 7s-wos-3.3 در جهت X تحت ترکیب بار $0.9(SPnx+0.3SPpy)$ ۹۰
- شکل ۳-۶۰- منحنی بارافزون مدل 7s-wos-3.3 در جهت X تحت ترکیب بار $0.9(SPnx+0.3SPpy)$ ۹۰
- شکل ۳-۶۱- نحوه تشکیل مفاصل پلاستیک در مدل 7s-wos-3.3 در جهت X تحت ترکیب بار $0.9(-AcX-0.3AcY)$ ۹۱
- شکل ۳-۶۲- منحنی بارافزون مدل 7s-wos-3.3 در جهت X تحت ترکیب بار $1.1(AcX+0.3AcY)$ ۹۱
- شکل ۳-۶۳- نمودار تغییرمکان نسبی جانبی مدل‌های ۷ طبقه با فاصله در جهت X تحت الگوی بار طیفی ۹۲
- شکل ۳-۶۴- نمودار تغییرمکان نسبی جانبی مدل‌های ۷ طبقه با فاصله در جهت X تحت الگوی بار یکنواخت ۹۲
- شکل ۳-۶۵- نمودار تغییرمکان نسبی جانبی مدل‌های ۷ طبقه بدون فاصله در جهت X تحت الگوی بار طیفی ۹۳
- شکل ۳-۶۶- نحوه تشکیل مفاصل پلاستیک در مدل 7s-ws-1.1 در جهت X تحت ترکیب بار $0.9(-SPnx-0.3SPsy)$ ۹۴
- شکل ۳-۶۷- منحنی بارافزون مدل 7s-ws-1.1 در جهت X تحت ترکیب بار $0.9(-SPnx-0.3SPsy)$ ۹۴
- شکل ۳-۶۸- نحوه تشکیل مفاصل پلاستیک در مدل 7s-ws-1.1 در جهت X تحت ترکیب بار $1.1(AcX+0.3AcY)$ ۹۵
- شکل ۳-۶۹- منحنی بارافزون مدل 7s-ws-1.1 در جهت X تحت ترکیب بار $1.1(AcX+0.3AcY)$ ۹۵
- شکل ۳-۷۰- نحوه تشکیل مفاصل پلاستیک در مدل 7s-ws-2.2 در جهت X تحت ترکیب بار $1.1(SPnx+0.3SPpy)$ ۹۶
- شکل ۳-۷۱- منحنی بارافزون مدل 7s-ws-2.2 در جهت X تحت ترکیب بار $1.1(SPnx+0.3SPpy)$ ۹۶
- شکل ۳-۷۲- نحوه تشکیل مفاصل پلاستیک در مدل 7s-ws-2.2 در جهت X تحت ترکیب بار $1.1(-AcX-0.3AcY)$ ۹۷
- شکل ۳-۷۳- منحنی بارافزون مدل 7s-ws-2.2 در جهت X تحت ترکیب بار $1.1(-AcX-0.3AcY)$ ۹۷
- شکل ۳-۷۴- نحوه تشکیل مفاصل پلاستیک در مدل 7s-ws-3.3 در جهت X تحت ترکیب بار $0.9(SPnx+0.3SPpy)$ ۹۸
- شکل ۳-۷۵- منحنی بارافزون مدل 7s-ws-3.3 در جهت X تحت ترکیب بار $0.9(SPnx+0.3SPpy)$ ۹۸
- شکل ۳-۷۶- نحوه تشکیل مفاصل پلاستیک در مدل 7s-ws-3.3 در جهت X تحت ترکیب بار $1.1(-AcX-0.3AcY)$ ۹۹
- شکل ۳-۷۷- منحنی بارافزون مدل 7s-ws-3.3 در جهت X تحت ترکیب بار $1.1(-AcX-0.3AcY)$ ۹۹
- شکل ۳-۷۸- نمودار تغییرمکان نسبی جانبی مدل‌های ۹ طبقه بدون فاصله در جهت X تحت الگوی بار طیفی ۱۰۰
- شکل ۳-۷۹- نمودار تغییرمکان نسبی جانبی مدل‌های ۹ طبقه بدون فاصله در جهت X تحت الگوی بار یکنواخت ۱۰۱

- شکل ۳-۸۰- نمودار تغییرمکان نسبی جانبی مدل مدل‌های ۹ طبقه بدون فاصله در جهت Y تحت الگوی بار یکنواخت ۱۰۱
- شکل ۳-۸۱- نحوه تشکیل مفاصل پلاستیک در مدل 9s-wos-1.1 در جهت X تحت ترکیب بار $1.1(-SPnx-0.3SPsy)$ ۱۰۲
- شکل ۳-۸۲- منحنی بارافزون مدل 9s-wos-1.1 در جهت X تحت ترکیب بار $1.1(-SPnx-0.3SPpy)$ ۱۰۲
- شکل ۳-۸۳- نحوه تشکیل مفاصل پلاستیک در مدل 9s-wos-1.1 در جهت X تحت ترکیب بار $1.1(AcX+0.3AcY)$ ۱۰۳
- شکل ۳-۸۴- منحنی بارافزون مدل 9s-wos-1.1 در جهت X تحت ترکیب بار $1.1(AcX+0.3AcY)$ ۱۰۳
- شکل ۳-۸۵- نحوه تشکیل مفاصل پلاستیک در مدل 9s-wos-2.2 در جهت X تحت ترکیب بار $1.1(SPnx+0.3SPpy)$ ۱۰۴
- شکل ۳-۸۶- منحنی بارافزون مدل 9s-wos-2.2 در جهت X تحت ترکیب بار $1.1(SPnx+0.3SPpy)$ ۱۰۴
- شکل ۳-۸۷- نحوه تشکیل مفاصل پلاستیک در مدل 9s-wos-2.2 در جهت X تحت ترکیب بار $1.1(-AcX-0.3AcY)$ ۱۰۵
- شکل ۳-۸۸- منحنی بارافزون مدل 9s-wos-2.2 در جهت X تحت ترکیب بار $1.1(-AcX-0.3AcY)$ ۱۰۵
- شکل ۳-۸۹- نحوه تشکیل مفاصل پلاستیک در مدل 9s-wos-3.3 در جهت X تحت ترکیب بار $0.9(-SPnx-0.3SPpy)$ ۱۰۶
- شکل ۳-۹۰- منحنی بارافزون مدل 9s-wos-3.3 در جهت X تحت ترکیب بار $0.9(-SPnx-0.3SPpy)$ ۱۰۶
- شکل ۳-۹۱- نحوه تشکیل مفاصل پلاستیک در مدل 9s-wos-3.3 در جهت X تحت ترکیب بار $1.1(AcX+0.3AcY)$ ۱۰۷
- شکل ۳-۹۲- منحنی بارافزون مدل 9s-wos-3.3 در جهت X تحت ترکیب بار $1.1(AcX+0.3AcY)$ ۱۰۷
- شکل ۳-۹۳- نمودار تغییرمکان نسبی جانبی مدل‌های ۹ طبقه با فاصله در جهت X تحت الگوی باریکنواخت ۱۰۸
- شکل ۳-۹۴- نمودار تغییرمکان نسبی جانبی مدل مدل‌های ۹ طبقه با فاصله در جهت X تحت الگوی بارطیفی ۱۰۸
- شکل ۳-۹۵- نمودار تغییرمکان نسبی جانبی مدل‌های ۹ طبقه با فاصله در جهت Y تحت الگوی بار طیفی ۱۰۹
- شکل ۳-۹۶- نحوه تشکیل مفاصل پلاستیک در مدل 9s-ws-1.1 در جهت X تحت ترکیب بار $0.9(SPnx+0.3SPpy)$ ۱۱۰
- شکل ۳-۹۷- منحنی بارافزون مدل 9s-ws-1.1 در جهت X تحت ترکیب بار $0.9(SPnx+0.3SPpy)$ ۱۱۰
- شکل ۳-۹۸- نحوه تشکیل مفاصل پلاستیک در مدل 9s-ws-1.1 در جهت X تحت ترکیب بار $0.9(-AcX-0.3AcY)$ ۱۱۱
- شکل ۳-۹۹- منحنی بارافزون مدل 9s-ws-1.1 در جهت X تحت ترکیب بار $0.9(-AcX-0.3AcY)$ ۱۱۱
- شکل ۳-۱۰۰- نحوه تشکیل مفاصل پلاستیک در مدل 9s-ws-2.2 در جهت X تحت ترکیب بار $0.9(-SPnx-0.3SPpy)$ ۱۱۲
- شکل ۳-۱۰۱- منحنی بارافزون مدل 9s-ws-2.2 در جهت X تحت ترکیب بار $0.9(-SPnx-0.3SPpy)$ ۱۱۲
- شکل ۳-۱۰۲- نحوه تشکیل مفاصل پلاستیک در مدل 9s-ws-2.2 در جهت X تحت ترکیب بار $0.9(AcX+0.3AcY)$ ۱۱۳
- شکل ۳-۱۰۳- منحنی بارافزون مدل 9s-ws-2.2 در جهت X تحت ترکیب بار $0.9(AcX+0.3AcY)$ ۱۱۳

- شکل ۳-۱۰۴- نحوه تشکیل مفاصل پلاستیک در مدل 9s-ws-3.3 در جهت X تحت ترکیب بار 1.1(-SPnx-0.3SPpy)..... ۱۱۴
- شکل ۳-۱۰۵- منحنی بارافزون مدل 9s-ws-3.3 در جهت X تحت ترکیب بار 1.1(-SPnx-0.3SPpy)..... ۱۱۴
- شکل ۳-۱۰۶- نحوه تشکیل مفاصل پلاستیک در مدل 9s-ws-3.3 در جهت X تحت ترکیب بار 1.1(-AcX-0.3AcY)..... ۱۱۵
- شکل ۳-۱۰۷- منحنی بارافزون مدل 9s-ws-3.3 در جهت X تحت ترکیب بار 1.1(-AcX-0.3AcY)..... ۱۱۵
- شکل ۳-۱۰۸- مقایسه مقادیر پیوند مودهای مختلف در مدل‌های ۵ طبقه معمولی و دوبلکسی..... ۱۱۶
- شکل ۳-۱۰۹- مقایسه مقادیر پیوند مودهای مختلف در مدل‌های ۷ طبقه معمولی و دوبلکسی..... ۱۱۶
- شکل ۳-۱۱۰- مقایسه مقادیر پیوند مودهای مختلف در مدل‌های ۹ طبقه معمولی و دوبلکسی..... ۱۱۷
- شکل ۳-۱۱۱- ایجاد برش و دوران‌های زیاد در ستون کوتاه..... ۱۱۹
- شکل ۳-۱۱۲- خرابی سازه‌ی دوبلکسی بدون فاصله به علت تشکیل ستون کوتاه در قاب دارای اختلاف تراز..... ۱۲۰
- شکل ۳-۱۱۳- نحوه‌ی تأثیر نیروی جانبی زلزله به ستون کوتاه در قاب دارای اختلاف تراز در سازه‌ی دوبلکسی..... ۱۲۰
- شکل ۳-۱۱۴- ایجاد پدیده‌ی ستون کوتاه در سازه‌ی دوبلکسی بدون فاصله..... ۱۲۱
- شکل ۳-۱۱۵- محل تشکیل ستون کوتاه در ستون میانی محور اختلاف تراز در سازه دوبلکسی بدون فاصله ۵ طبقه..... ۱۲۲
- شکل ۳-۱۱۶- محل تشکیل ستون کوتاه در ستون میانی محور اختلاف تراز در سازه دوبلکسی بدون فاصله ۷ طبقه..... ۱۲۲
- شکل ۳-۱۱۷- محل تشکیل ستون کوتاه در ستون میانی محور اختلاف تراز در سازه دوبلکسی بدون فاصله ۹ طبقه..... ۱۲۳
- شکل ۳-۱۱۸- محل تشکیل ستون کوتاه در ستون میانی محور اختلاف تراز در سازه دوبلکسی با فاصله ۵ طبقه..... ۱۲۳
- شکل ۳-۱۱۹- محل تشکیل ستون کوتاه در ستون میانی محور اختلاف تراز در سازه دوبلکسی با فاصله ۷ طبقه..... ۱۲۴
- شکل ۳-۱۲۰- محل تشکیل ستون کوتاه در ستون میانی محور اختلاف تراز در سازه دوبلکسی با فاصله ۹ طبقه..... ۱۲۴
- شکل ۳-۱۲۱- بررسی تغییرات (حداکثر برش- اختلاف تراز) در مدل‌های دوبلکسی بدون فاصله ۵، ۷ و ۹ طبقه..... ۱۲۵
- شکل ۳-۱۲۲- بررسی تغییرات (حداکثر برش- اختلاف تراز) در مدل‌های دوبلکسی بدون فاصله ۵، ۷ و ۹ طبقه..... ۱۲۵

فصل اول

کلیات

۱-۱- مقدمه

در این فصل کلیاتی در رابطه با انواع نامنظمی در سازه‌ها، اثرات ملاحظات معماری بر سازه‌ی ساختمان‌ها و تبعات آن، معرفی سازه‌های دوبلکسی، پیشینه‌ی تحقیق و فصل‌های مختلف پژوهش ارائه خواهد شد.

۱-۲- نامنظمی در سازه‌ها

بدون شک دو اصل اساسی در طراحی یک سازه، طراحی معماری و طراحی اجزاء اصلی باربر سازه می‌باشد اما نکته‌ی مهمی که باید به آن توجه کرد آن است که این دو مفهوم از یکدیگر جدا نیستند [۲۴]. اهداف عملکردی سازه، زیبایی سازه و نیز مقاوم بودن در برابر کلیه بارهای اعمالی، سه هدف اصلی مهندسیین معمار و سازه محسوب می‌گردند. از آنجایی که طراحی معماری نقش مهمی را در کارایی لرزه‌ای ساختمان بازی می‌کند و نیز با توجه به این-که اهمیت امنیت سازه در برابر بارهای اعمالی به خصوص زلزله بسیار زیاد است، لذا معماری سازه تا آنجا که به هدف ساخت‌وساز صدمه نمی‌زند باید اجازه طراحی دقیق سازه را در برابر زلزله بدهد.

در مورد نیروهای زلزله سه عامل اساسی نقش مهمی را ایفا می‌کند اول سختی که عامل تعیین‌کننده در جذب نیرو است، دوم جرم سازه که نیروی زلزله متناسب با آن افزایش می‌یابد و عامل سوم پیوند سازه است که با نسبت جرم و سختی سازه ارتباط دارد و هر چه به پیوند زمین نزدیک‌تر باشد سازه به شرایط تشدید نزدیک‌تر می‌گردد.

پیکربندی سازه به صورت مستقیم با اندازه و شکل سازه و در نتیجه آن با وزن سازه در ارتباط است، از طرفی دیگر تعیین اجزا باربر جانبی مشخصه سختی را تعیین می‌کند. در نتیجه پیکربندی سازه نحوه برخورد زلزله را با سازه مشخص می‌نماید [۲۴].

بی‌نظمی یا نامنظمی در سازه به معنای عدم تناسب و یا هماهنگی در شکل، اندازه و پیکر سازه یا عدم توازن در سیستم‌های مقاوم سازه‌ای می‌باشد. اصلی‌ترین هدف مهندسیین سازه، مقاوم‌سازی سازه در برابر بارهای اعمالی به خصوص زلزله است.

وجود نامنظمی در سازه، باعث به وجود آمدن پیچیدگی‌های نامشخصی در رفتار سازه در برابر نیروهای اعمالی مخصوصاً در رفتار لرزه‌ای سازه می‌شود. به عنوان مثال در سازه‌های نامنظم گاهی اثرات مودهای بالاتر بیشتر از

مودهای ابتدایی می‌شود و یا تغییر شکل سازه کاملاً دگرگون می‌گردد و یا بخش‌های مختلف سازه دارای پریودهای منحصر بفرد خود می‌گردند و یا گاهی اثرات نامنظمی در پلان در یک سوم ارتفاع سازه از اثرات همین نوع بی‌نظمی در ارتفاع بالای سازه بسیار بیشتر است [۱۵]. بنابراین توجه به این نکته همواره ضروری است که مقدار بی‌نظمی و نوع بی‌نظمی در به وجود آمدن این اثرات و افزایش حجم آنها بسیار مهم می‌باشد. آیین‌نامه‌ها برای سادگی و برای جلوگیری از پیچیدگی بارگذاری و تحلیل ساختمان‌ها، روش استاتیکی معادل را پیشنهاد می‌دهند. این روش بر این اساس استوار است که ابتدا بر اساس بعضی از معیارها برش پایه سازه، محاسبه گشته و سپس بین اجزا ساختمان توزیع می‌شود. نکته حائز اهمیت آن است که روش استاتیکی معادل که توسط آیین‌نامه‌ها ارائه می‌گردد بر این فرض مهم استوار است که سازه منظم است پس هرچه سازه از حالت منظمی فاصله بگیرد نتایج حاصل از روش استاتیکی معادل دور از واقعیت خواهد بود. باید به این نکته توجه داشت که روش‌های تحلیل الاستیک اغلب نمی‌توانند توزیع مطمئنی از نیروهای زلزله را در یک سازه نامنظم پیش‌بینی کنند و این امر منجر به طرح نامناسب در نواحی نامنظم می‌شود. با توجه به این که در عمل تعداد زیادی سازه با توزیع نامنظمی از جرم، سختی و مقاومت وجود دارند پس بسیار مهم است که معیار استفاده از روش استاتیکی معادل را در تحلیل ساختمان‌های نامنظم توسعه داد. با توجه به توضیحات فوق، آیین‌نامه‌ها سازه‌ها را به دو دسته اساسی تقسیم می‌کنند که عبارتند از سازه های منظم و نامنظم. سازه‌های نامنظم خود به دو دسته اصلی سازه‌های دارای نامنظمی در پلان و سازه‌های دارای نامنظمی در ارتفاع تقسیم‌بندی می‌شوند. هریک از این دو قسمت خود شامل موارد گوناگونی می‌شوند.

نامنظمی‌ها در سازه در هر دو صورت نامنظمی در پلان و ارتفاع، در صورتی که از حد مشخصی تجاوز کنند، می‌توانند موجب خسارت‌های زیادی بر سازه گردند.

همه‌ی آیین‌نامه‌های معتبر لرزه‌ای جهان، نامنظمی‌ها را در سازه مدنظر قرار داده‌اند و حدود و مرزی را مشخص کرده‌اند که اگر نامنظمی‌ها در سازه از آن حد و مرز فزونی یابند، تحلیل دینامیکی ساختمان مورد توجه قرار می‌گیرد. اکثر این آیین‌نامه‌ها توصیه می‌کنند که از ساخت‌وساز ساختمان‌های نامنظم خودداری گردد، اما نکته مهمی که باید مدنظر قرار داشت آن است که صرف نامنظمی خطرناک نیست، بلکه عدم طراحی دقیق ساختمان‌های نامنظم، برای نیروهای وارده به آن است که می‌تواند موجب خطر شود.

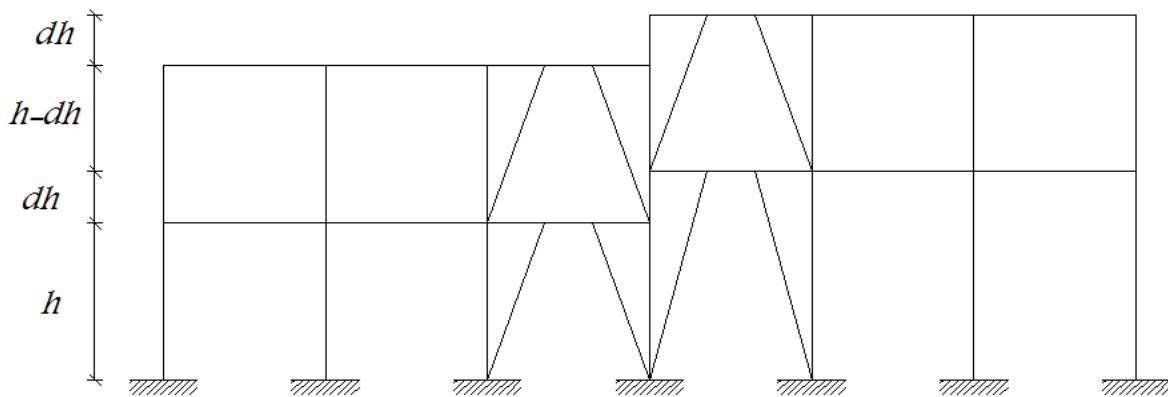
آنچه مسلم است آن است که ساختمان‌های نامنظم، نیاز شکل‌پذیری و مقاومت ویژه‌ای دارند و در صورتی که این نیاز برطرف نشود، پتانسیل ایجاد خرابی در ساختمان وجود خواهد داشت.

همچنین به نظر می‌رسد، ساختمان‌های با اختلاف تراز طبقات و یا دوبخشی و یا دوبلکسی که در ادامه به طور مفصل مورد بحث قرار خواهد گرفت نیز جزء ساختمان‌های نامنظم در ارتفاع محسوب می‌شوند و خطر ایجاد ستون کوتاه در ناحیه اختلاف تراز طبقات، همواره باید مورد توجه قرار گیرد.

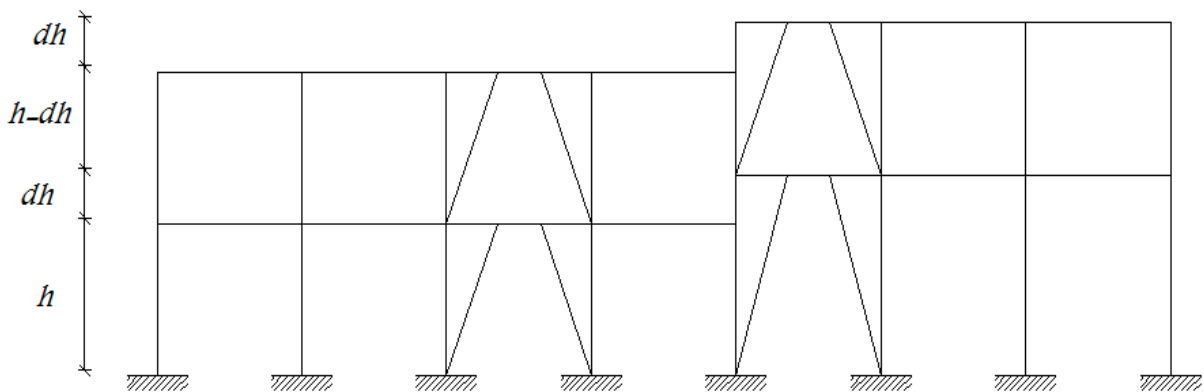
۳-۱- معرفی ساختمان‌های دوبلکسی یا ساختمان‌های با اختلاف تراز طبقات

گاهی ملاحظات معماری به دلایل مختلف نظیر قرارگیری پیلوت و یا واحدهای تجاری در طبقه‌ی همکف و یا جلوگیری از تجمع ورودی‌های مختلف در مجتمع‌های آپارتمانی و یا احداث ساختمان‌های ویلایی در زمین‌های شیبدار نظیر دامنه‌ی کوه‌ها، سازه‌های دوبلکسی را پدید می‌آورد که در آن کف‌های مختلف با اختلاف تراز نسبت به هم در دو یا چند تراز مختلف ایجاد می‌شوند.

ساختمان‌های با اختلاف تراز طبقات یا ترازهای دوبخشی و یا دوبلکسی به گونه‌ای از ساختمان‌ها گفته می‌شود که سطح کف طبقات در آن‌ها با اختلاف تراز dh از هم فاصله دارند. ساختمان‌های دوبلکسی به دو صورت با فاصله و بدون فاصله ساخته می‌شوند. در اشکال (۱-۱) الی (۲-۱) نمای قاب‌های دوبلکسی در دو حالت با فاصله و بدون فاصله نشان داده شده است.



شکل ۱-۱- سازه با اختلاف تراز طبقات (دوبلکسی بدون فاصله)



شکل ۲-۱- سازه با اختلاف تراز طبقات (دوبلکسی با فاصله)

یکی دیگر از انواع سازه‌های نامنظم در ارتفاع که بعضی از آیین‌نامه‌ها همچون آیین‌نامه‌ی سیاک (انجمن مهندسين سازه کالیفرنیا) [۳۶] به آن اشاره کرده است و در سال ۱۹۸۰، در تفسیر این آیین‌نامه به وضوح با شکل مشخص شده است، سازه‌های با اختلاف تراز طبقات می‌باشد.

همان‌گونه که اشاره شد، ساختمان‌های با اختلاف تراز طبقات یا دوبلکسی، به دو صورت بافاصله و بدون فاصله ساخته می‌شوند و در ایران بسیار رواج دارند. در نوع ساختمان‌های دوبلکسی بدون فاصله دو قسمت سازه دوبلکسی و یا به عبارت دیگر دو سقف با اختلاف تراز به یک ستون برخورد می‌کنند ولی در نوع ساختمان‌های دوبلکسی با فاصله دو قسمت سازه دوبلکسی از هم‌دیگر فاصله دارند که در این ناحیه اتصال عموماً پله‌ها، آسانسورها و نورگیرها قرار می‌گیرند.

متأسفانه آیین‌نامه‌ی زلزله ایران (استاندارد ۲۸۰۰) [۲۰] در مورد اینگونه ساختمان‌ها کاملاً مسکوت بوده و هیچ توصیه‌ای برای به دست آوردن پریود ساختمان‌های دوبلکسی و یا نحوه‌ی بارگذاری زلزله آن‌ها به شیوه‌ی استاتیکی معادل نکرده است و حتی اینگونه سازه‌ها را به صورت نامنظم تلقی نمی‌نماید. نکته‌ی مهمی که در اینگونه از سازه‌ها وجود دارد اختلاف ارتفاعی است که بین دو کف سازه وجود دارد که آن را با dh نشان می‌دهند که با توجه به تغییرات dh و نیز ارتفاع ساختمان میزان تغییر رفتار لرزه‌ای سازه‌ی دوبلکسی همچون پریود، سختی، پخش نیروی زلزله و غیره در اعضای سازه متفاوت خواهد بود.

نکته‌ی بسیار مهم دیگر احتمال ایجاد پدیده‌ی ستون کوتاه در محل اتصال دو کف سازه‌های با اختلاف تراز می‌باشد و نیز با توجه به عوامل تشدید کننده‌ی احتمال ایجاد پدیده‌ی ستون کوتاه در این سازه‌ها، بررسی دقیق اینگونه سازه‌ها ضروری به نظر می‌رسد.

۴-۱- روش‌های پیشنهادی بارگذاری زلزله [۶]

۴-۱-۱- روش معمولی

در این روش ساختمان معمولی یا ساده بدون اختلاف تراز به روش استاتیکی معادل، ذکر شده در بند (۴-۲) آیین‌نامه‌ی زلزله‌ی ایران (استاندارد ۲۸۰۰)، بعد از محاسبه‌ی مقدار برش پایه، بارگذاری زلزله می‌شود. پس در این روش اصولاً اختلاف تراز در نظر گرفته نمی‌شود و فرض بر این امر استوار است که اختلاف تراز در پاسخ انتهای سازه نقش چندانی را بر عهده ندارد.

۴-۱-۲- روش جداسازی

با توجه به آن که هر ساختمان دوبلکسی یا با اختلاف تراز یا دو بخشی خود از دو ساختمان غیردوبلکسی تشکیل شده است که در راستای قاب با اختلاف تراز به هم ملحق شده‌اند، در این روش ساختمان دوبلکسی به صورت فرضی به صورت دو ساختمان غیر دوبلکسی، تصور می‌شود بدین صورت که فرض می‌شود، ساختمان دوبلکسی در محل ایجاد قاب دوبلکسی از یکدیگر جدا هستند. در این روش با توجه به این فرض هر یک از دو جزء غیردوبلکسی سازه دوبلکسی به صورت مستقل، با توجه به کلیه مشخصات خود به شیوه استاتیکی معادل آیین‌نامه‌ای، مذکور در بند (۴-۲) آیین‌نامه زلزله ایران (استاندارد ۲۸۰۰) بعد از محاسبه مقدار برش پایه بارگذاری زلزله می‌شود. تراز پایه برای هر یک از دو قسمت به صورت مجزا مد نظر قرار می‌گیرد.

۱-۴-۳- روش فشرده‌سازی

در این روش ساختمان دوبلکسی یا با اختلاف تراز یا دو بخشی به صورت یک ساختمان غیردوبلکسی اما فشرده شده، تصور می‌شود. بدین صورت که اصولاً ساختمان به صورت غیر دوبلکسی فرض گشته با این تفاوت که ارتفاع طبقات در ساختمان یکسان نیست و مرکز جرم هر طبقه، با توجه به مشخصات پلان آن طبقه مشخص می‌شود و در بارگذاری زلزله آن به روش استاتیکی معادل به ارتفاع هر طبقه توجه می‌شود. با توجه به فرضیات ذکر شده، ارتفاع طبقات این ساختمان به ترتیب dh و $h-dh$ می‌باشد و بارگذاری زلزله با توجه به ارتفاع هر طبقه و فاصله آن تا زمین به صورت یکپارچه صورت می‌پذیرد. در این روش تراز طبقه در سرتاسر پلان ساختمان امتداد یافته و سپس مرکز جرم آن محاسبه شده و نیروی زلزله بدست آمده آن طبقه در مرکز جرم همان طبقه اعمال می‌شود.

۱-۴-۴- روش تراز معادل

در این روش یک تراز معادل فرضی بین دو کف ساختمان دوبلکسی یا با اختلاف تراز یا دو بخشی در نظر گرفته می‌شود و معیار بارگذاری زلزله به روش استاتیکی معادل همان تراز معادل است. پس در روش فوق هیچ کدام از ترازهای طبقات ساختمان دوبلکسی معیار پخش نیروی زلزله در ارتفاع سازه نخواهد بود، بلکه یک سطح میانه بین دو تراز دوبلکسی معیار بارگذاری زلزله می‌شود. سپس ساختمان با توجه به کلیه مشخصات خود، به شیوه استاتیکی معادل آیین‌نامه زلزله ایران (استاندارد ۲۸۰۰) بعد از محاسبه مقدار برش پایه بارگذاری زلزله می‌شود. نکته حائز اهمیت آن است که این عمل توسط پخش خودکار نیروی زلزله نرم افزار ETABS صورت می‌پذیرد.

۱-۴-۵- روش طیفی

برای بررسی نتایج و صحت‌سنجی هر یک از روش‌های فوق آنالیز دینامیکی (شبه دینامیکی یا طیفی) نیز مطابق آیین‌نامه زلزله ایران (استاندارد ۲۸۰۰) صورت می‌گیرد. در این روش از هم پایه کردن برش پایه صرف‌نظر می‌شود. لازم به ذکر است که در تحقیقی که توسط خیرالدین و میرنظامی در سال ۱۳۸۱ بر روی ساختمان‌های دوبلکسی فولادی با سیستم قاب خمشی انجام گرفت، روش‌های فوق برای بارگذاری زلزله به روش استاتیکی خطی معادل در این قبیل سازه‌ها پیشنهاد شد. مطابق با تحقیق فوق بهترین روش بارگذاری سازه‌های دوبلکسی که تا حد زیادی می‌تواند رفتار واقعی این سازه‌ها را بیان کند روش فشرده‌سازی عنوان گردیده است. با توجه به نتایج تحقیق فوق در این تحقیق نیز برای ساخت مدل‌های خطی سازه‌های دوبلکسی از روش بارگذاری فشرده‌سازی ویژه سازه‌های دوبلکسی استفاده شده است. در اشکال (۱-۳) الی (۱-۵) نمونه‌هایی از ساختمان‌های دوبلکسی با فاصله و ساختمان‌های دوبلکسی بدون فاصله با مصالح فولادی و بتنی نشان داده شده است.



شکل ۳-۱- ساختمان بتنی با اختلاف تراز طبقات (دوبلکسی با فاصله)



شکل ۴-۱- ساختمان فلزی با اختلاف تراز طبقات (دوبلکسی بدون فاصله)



شکل ۱-۵- ساختمان فلزی با اختلاف تراز طبقات (دوبلکسی بدون فاصله)

۱-۵- مروری بر تحقیقات گذشته

دانشگاه بوفالو طی یک تحقیق آزمایشگاهی بر روی رفتار ساختمان‌های نامنظم در ارتفاع نتایج جالبی را به دست آورده است. هدف از این تحقیق بررسی رفتار ساختمان‌های نامنظم در ارتفاع به خصوص پلان‌هایی که در ساخت بیمارستان‌ها بیشترین کاربرد را دارند بود.

در این تحقیق پس از ساخت مدل ساختمان‌های نامنظم و انجام آزمایش تحریک لرزه‌ای بر روی آن‌ها نتایجی شامل نمودار تغییر مکان بام نسبت به برش پایه در شرایط مختلف از جمله اتصالات صلب و نیمه صلب و همچنین نمودار تغییر مکان سازه‌های نامنظم در ارتفاع در طول مدت تحریک به دست آمد. از جمله نتایج بسیار مهمی که از تحقیق فوق بدست آمد این بود که دو جزء سازه نامنظم در شرایطی به سمت یکدیگر حرکت می‌کنند و در این حال تنش‌های زیادی را به اجزای ارتباط دهنده‌ی آن دو اعمال می‌کنند [۳۱].

مهم‌ترین تحقیقی که دقیقاً بر روی ساختمان‌های دوبلکسی متمرکز شده است تحقیقی است که توسط خیرالدین و میرنظامی در سال ۱۳۸۱ انجام گرفته است. در این تحقیق با بررسی سازه‌های با اختلاف تراز طبقات یا با ترازهای دوبلکسی با سیستم قاب خمشی روش‌هایی برای بارگذاری زلزله به روش استاتیکی خطی معادل برای این سازه‌ها پیشنهاد شده و در انتها بهترین روش برگزیده شده است. سپس با بررسی روابط تقریبی محاسبه‌ی سختی در قاب‌های معمولی، سعی در اصلاح و ارائه‌ی رابطه‌ای برای مشخص شدن سختی قاب‌های دوبلکسی با توجه به تعداد

طبقات و اختلاف تراز آنها شده است. در این تحقیق با آنالیز خطی سه ساختمان فلزی پنج، ده و پانزده طبقه توسط نرم افزار ETABS 2000، پارامترهای لرزه‌ای اینگونه سازه‌ها اعم از تغییرات پریود، تغییر مکان و ... مورد بررسی قرار گرفته است.

از نتایج مهم بدست آمده در این تحقیق می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- با توجه به اینکه پریود تابعی از جرم و سختی می‌باشد، به نظر می‌رسد که صرفاً برآورد پریود سازه از روی ارتفاع سازه کافی نباشد.

۲- برش در ستونی که دو جزء سازه‌ی دوبلکسی را به هم متصل می‌کند نسبت به برش در ستون مشابه در سازه‌ی عادی بین ۱.۵ تا ۲.۵ برابر افزایش دارد [۲۳].

در تحقیقی دیگر خیرالدین و امیری به بررسی محل قرارگیری بادبند در سازه‌های دوبلکسی و تاثیر آن بر روی رفتار سازه‌های دوبلکسی پرداختند. آنها با آنالیز خطی یک ساختمان ۱۵ طبقه‌ی فولادی بادبندی شده (پنج مدل مختلف بادبندگذاری و هر مدل در چهار حالت اختلاف تراز متفاوت) پارامترهای لرزه‌ای اینگونه ساختمان‌ها اعم از تغییرات تغییرمکان و تشکیل ستون کوتاه را مورد بررسی قرار دادند و با بررسی پارامترهای لرزه‌ای مقایسه‌ای بین سازه در حالت بدون اختلاف تراز و دارای اختلاف تراز بهترین محل بادبند به منظور کاهش نامنظمی و کنترل پدیده‌ی ستون کوتاه پیشنهاد کردند..

از نتایج مهم این تحقیق می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- هنگامی که از بادبندهای ضربدری در مقایسه با بادبندهای قطری در دهانه‌های کناری عمود بر محور اختلاف تراز استفاده می‌شود، کنترل تغییرمکان‌ها در جهت عمود بر محور اختلاف تراز بهتر انجام می‌گیرد و از رفتار نامنظم سازه کاسته می‌شود.

۲- در مقایسه بین دو سازه الف) دارای اختلاف تراز ۳ متر (یک طبقه) در پی و بدون اختلاف تراز در طبقات و ب) بدون اختلاف تراز در پی و طبقات، مشاهده می‌شود اختلاف تراز به میزان یک طبقه در پی تقریباً تأثیری در رفتار لرزه‌ای روسازه ندارد [۵].

در تحقیقی که توسط والموندسون و ناو انجام گرفت، پاسخ لرزه‌ای ساختمان‌های قابی نامنظم در ارتفاع بررسی شد. در این تحقیق پاسخ لرزه‌ای سازه‌های قابی پنج، ده و بیست طبقه با عدم توزیع یکنواخت جرم، سختی و مقاومت بررسی گردید و نتایج آن با مطالب بیان شده در آئین‌نامه UBC94 مقایسه گردید و برای انواع مختلف نامنظمی تفاوت‌های بین روش‌های ارائه شده در آئین‌نامه‌ی UBC94 و نتایج به دست آمده از تحقیق فوق مشخص گردید و در انتها روابطی برای اصلاح بعضی از پارامترهای آئین‌نامه‌ی UBC94 از جمله روابط مربوط به پریود سازه ارائه شد [۳۸].

در تحقیق دیگری که توسط لویز و همکاران انجام گرفته است اثر شکل پلان طبقات بر پاسخ لرزه‌ای ساختمان‌ها بررسی گردید. در این بررسی تعدادی سازه با اشکال C، R و I انتخاب شده و رفتار آن‌ها در برابر نیروهای جانبی مورد ارزیابی قرار گرفته است و برای حالات مختلفی همانند سازه با دیافراگم صلب و دیافراگم انعطاف‌پذیر نتایج مختلفی به دست آمده است. از جمله نتایجی که در این تحقیق بدست آمد این بود که هنگامی که دیافراگم سازه‌های مشابه با سازه‌های ارائه شده در این تحقیق صلب باشد، در پاسخ دینامیکی آن‌ها سه مود اول لرزه‌ای حاکم می‌باشد اما چنانچه سازه طبقه انعطاف‌پذیر قابل ملاحظه‌ای داشته باشد مودهای بالاتر نیز در نتایج تحلیل دینامیکی مؤثر خواهند بود. در این تحقیق پیشنهاداتی برای اصلاح رفتار لرزه‌ای چنین سازه‌هایی ارائه گردیده است.

در یک تحقیق دیگر، آقای شکیب به بررسی تأثیر پارامترهای مهم سازه‌ای بر روی رفتار لرزه‌ای ساختمان‌های نامتقارن پرداخته است و به این نتیجه رسیده است که خروج از مرکزیت طراحی ساختمان‌های نامتقارن علاوه بر خروج از مرکزیت استاتیکی به سایر مشخصات دینامیکی سیستم از قبیل زمان تناوب، نسبت ابعاد و نسبت فرکانس طبیعی پیچشی به جانبی سازه نیز بستگی دارد. در ادامه‌ی تحقیق آقای شکیب نیاز به بررسی بیشتر و بازنگری مجدد در مقررات پیچشی آئین‌نامه زلزله ایران (استاندارد ۲۸۰۰) را ضروری می‌داند و بیان می‌کند که مقررات پیچشی آئین‌نامه زلزله ایران (استاندارد ۲۸۰۰) و ATC-03 آمریکا نسبت به آئین‌نامه‌های دیگر دست‌پایین می‌باشد و نیز بیان می‌دارد که روابط آئین‌نامه‌ای، به جز آئین‌نامه‌های اروپا و آلمان برای خروج از مرکزیت های کوچک، برآورد دست‌پائین و برای خروج از مرکزیت های بزرگ برآورد دست‌بالایی از لنگر پیچشی ارائه می‌دهند [۱۱] و [۱۲].

در سال ۱۹۸۳، فرناندز اثرات توزیع غیریکنواخت جرم و سختی در پاسخ الاستیک و غیرالاستیک ساختمان‌های چند طبقه را مورد ارزیابی قرار داد. وی مشاهده کرد که کاهش ۱۷ درصد تا ۶۷ درصدی سختی طبقه اول، جابجایی نسبی طبقه اول را ۱۰ تا ۲۰ درصد افزایش می‌دهد [۲۳].

در سال ۱۹۷۷ هومار و رایت مطالعاتی را بر روی رفتار دینامیکی قاب‌های صلب فلزی چند طبقه که سطح پلان آن‌ها در طبقات بالا کاهش می‌یافت، انجام دادند. در این تحقیق مشخص شد که پیوند اصلی سازه به علت وجود یک کاهش ۹۰ درصدی در سطح پلان، ۳۵ درصد کاهش یافت، مودهای ارتعاشی بالاتر برای ساختمان‌های دارای کاهش سطح پلان در ارتفاعات، سهم بیشتری در پاسخ لرزه‌ای کل ساختمان دارد و مشارکت این مودها با کاهش بیشتر سطح پلان بخش فوقانی افزایش می‌یابد. با کاهش ۹۰ درصد سطح پلان سهم مودهای بالاتر از ۴۰ درصد، زیاد می‌شود. برای بخش فوقانی خیلی لاغر، در برخی موارد، در تراز ناپیوستگی و تغییر سطح پلان، برش طبقه خیلی بزرگ می‌شود. این افزایش برش طبقه برای کاهش ۹۰ درصدی سطح پلان، حدود ۳۰۰ درصد تا ۴۰۰ درصد مشاهده شد [۲۳].