وزارت علوم تحقیقات و فناوری

دانشگاه علم و فرهنگ

دانشکده فنی و مهندسی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران – گرایش زلزله

اثر ضریب اطمینان پایین ظرفیت باربری خاک بر پاسخ لرزه ای ارتجاعی سازه های دارای فونداسیون سطحی

نگارش

سحر محمدی زاد

استاد راهنما

دکتر حسین جهان خواه

شهریور ۱۳۹۳

زندگی صحنه یکتای هنرمندی ماست

هر کسی نغمه خود خواند و از صحنه رود

صحنه پیوسته بجاست

تقدیم به کسانی که اثری زیبا بر نقش زمان زدند

تقدیم به پدر و مادر عزیزتر از جانم و خواهران مهربانم

سپاسگزاری و قدردانی

سپاس ایزد را که در سایه لطف و رحمتش این مسیر به سرانجام خود رسید . بر خود لازم می دانم ابتدا از استاد گرامی جناب آقای دکتر جهان خواه بابت راهنمایی های بی دریغشان در طول این مسیر صمیمانه تشکر و قدردانی‌نمایم.

از خانواده دلسوزم که همواره در طول تمام زندگی ام پشتوانه ای محکم برایم بودند نهایت تشکر را دارم.

از دوستان بسیار عزیزم که در راه انجام این پژوهش بدون هیچ چشم‌داشتی مرا یاری کردند و قادر به نام بردن تک تکشان در اینجا نیستم، کمال سپاس و قدردانی را دارم.

چکیده :

در این تحقیق به بررسی تأثیر افتادگی سازه پس از به وقوع پیوستن برخاستگی شالوده تحت اثر بار زلزله، بر نیاز الاستیک سیستم های اندرکنش خاک و سازه پرداخته شده است. به همین منظور تحلیل اثر افتادگی بر روی قاب های فولادی چند درجه آزادی با اعمال کران پایین برای ضریب اطمینان ظرفیت باربری فونداسیون صورت پذیرفته است. شالوده مورد نظر به صورت صلب و سطحی در محیط نیم فضا با امکان بلندشدگی، و رفتار خاک در دو حالت خطی و غیرخطی در نظر گرفته شده است. در مورد اخیر پاسخ غیر خطی مدل، مشمول رفتار توأم غیرخطی هندسی و المان‌های تماسی بوده تا نمایان گر تصویری نزدیک به واقعیت از برخاستگی شالوده باشد. مدل سازه ای شامل تعدادی قاب الاستیک چند دهانه است که با نمایی دو بعدی ارائه شده و به منظور انعکاس رفتار واقعی سازه سه بعدی، به طور موازی به یکدیگر متصل شده اند. جهت انجام تحلیل ها از نرم افزار اجزا محدود آباکوس استفاده شده است. در ارائه نتایج، نیاز ایجاد شده در اثر افتادگی با توجه به زاویه افتادگی نمایش داده می شود. مطابق نتایج این تحقیق می‌توان بیان داشت، در حوزه خطی، پدیده بلندشدگی ـ افتادگی نه تنها ممکن است موجب افزایش نیروی محوری ستون ها گردد، بلکه باعث تشدید نیاز لنگر در دهانه میانی المان های تیر شده است. در انتها هدف بررسی پدیده در مورد اثر ظرفیت اطمینان ظرفیت باربری پایین خاک بر پاسخ سازه در موارد نیازهای موضعی بوده است. با توجه به اینکه در نظر گرفتن چنین پدیده هایی می تواند منجر به طراحی ایمن به خصوص در مورد سازه های مورد استفاده در صنایع گردد، بررسی چینین امری از اهمیت بسزایی برخوردار خواهد بود.

* **کلمات کلیدی:** اندرکنش خاک و سازه، ضریب اطمینان پایین ظرفیت باربری خاک، پاسخ ارتجاعی سازه

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: کلیات

۱-۱- بیان مسئله ۱

۱-۲- ضرورت انجام تحقیق ۲

۱-۳- اهداف پژوهش ۳

۱-۴- پیشینه تحقیق ۳

فصل دوم: مبانی و مروری بر متون گذشته

۲-۱- مبانی اندرکنش خاک و سازه ۹

۲-۱-۱- اندرکنش خاک و سازه و اثرات آن ۱۱

۲-۱-۱-۱- اندرکنش سینماتیکی ۱۴

۲-۱-۱-۲- اندرکنش اینرشال ۱۸

۲-۱-۲- روش های تحلیل در اندرکنش خاک و سازه ۱۹

۲-۱-۲-۱- روش مستقیم ۱۹

۲-۲- آیین نامه های موجود در حوزه اندرکنش خاک و سازه ۲۰

۲-۲-۱- بررسی آیین نامه های آمریکا در حوزه SSI ۲۰

۲-۲-۲- بررسی آیین نامه های ایران در موردSSI ۲۳

۲-۳- رفتار خاک ۲۳

۲-۳-۱- لزوم بررسی رفتار غیرخطی خاک در فونداسیون و سازه ۲۴

۲-۳-۲- پاسخ غیرخطی و غیرالاستیک خاک و فونداسیون ۲۸

۲-۴- پارامترهای بدون بعد در اندرکنش خاک و سازه ۳۰

فصل سوم: مدلسازی

۳-۱- مقدمه ۳۴

۳-۲- معرفی نرمافزار آباکوس ۳۴

۳-۳-مدل خاک ۳۵

۳-۳-۱- شرح مدلسازی و فرضیات انجام شده ۳۵

۳-۳-۲- مشخصات مصالح ۳۶

۳-۳-۳- محاسبه پارامترهای مورد نیاز ۳۶

۳-۳-۳-۱ محاسبه مدول الاستیسیته ۳۶

۳-۳-۳-۲- ضرایب میراگرویسکوز و ویسکو الاستیک ۳۷

۳-۳-۳-۳- محاسبه ضرایب میراگر ویسکوز ۳۷

۳-۳-۳-۴- محاسبه ضرایب میراگر ویسکو الاستیک ۳۸

۳-۳-۴- مدل سازی خاک غیر خطی ۴۰

۳-۴- مدل فونداسیون ۴۱

۳-۴-۱- شرح مدلسازی و فرضیات انجام شده ۴۱

۳-۴-۲- مشخصات مصالح فونداسیون ۴۱

۳-۴-۳- سیستم سهبعدی معادل دوبعدی ۴۱

۳-۴-۳-۱- فونداسیون نواری معادل دایرهای ۴۲

۳-۵- مدل سازه ۴۵

۳-۵-۱- شرح مدلسازی و فرضیات انجام شده ۴۵

۳-۵-۲- مشخصات مصالح ۴۵

۳-۵-۳- مدلسازی در ایتبس ۴۵

۳-۵-۳-۱- مشخصات قاب فولادی ۴۵

۳-۵-۴- مدل سازی در آباکوس ۴۹

۳-۵-۴-۱- مشخصات مدلسازی و فرضیات انجام شده ۴۹
۳-۵-۴-۲- سازه بر بستر صلب و انعطافپذیر ۴۹
۳-۵-۵- کنترل صحت نتایج در حالت استاتیکی ۵۰
۳-۵-۵-۱- مقایسه مدل بستر صلب با ایتبس ۵۰
۳-۵-۵-۲- پارامترهای مورد مقایسه ۵۲
۳-۵-۵-۳- شرح نتایج ۵۲
۳-۶- مرز خاک و سازه ۵۴
۳-۶-۱- مقدمه و شرح مدل ۵۴

فصل چهارم: تحلیل نتایج

۴-۱- محاسبه ضریب اطمینان استاتیکی ۵۷
۴-۲- بارگذاری ۶۰
۴-۲-۱-بارگذاری ثقلی ۶۰
۴-۲-۱-۱- بارگذاری ثقلی سازه ۶۰
۴-۲-۲- بارگذاری لرزه ای ۶۱
۴-۲-۲-۱- روش تحلیل استاتیکی معادل ۶۲
۴-۳- تحلیل نتایج سازه در حالت خطی ۶۷
۴-۳-۱- نمودار جابجایی قائم گره پنجه و نمودارهای تاریخچه زمانی ۶۷
۴-۴- تحلیل نتایج در حالت رفتار غیرخطی خاک ۷۹
۴-۴-۱- نمودار جابجایی قائم گره پنجه و نمودارهای تاریخچه زمانی ۷۹
۴-۵- نمایش کانتورهای تنش در حالت های خطی و غیرخطی ۸۹
۴-۶- مقایسه نمودارهای تاریخچه زمانی در حالتهای خطی و غیرخطی ۹۱

فصل پنجم: جمع بندی

۵-۱- جمع بندی نتایج ۹۴

۵-۲- تحقیقات آتی ۹۶

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۳-۱- مشخصات مصالح خاک ۳۶

جدول ۳- ۲- تعیین پارامترها ۴۷

جدول ۳-۳- تعیین پارامترهای دخیل در تعیین ضریب زلزله ۴۷

جدول ۳-۴- محاسبه میزان تغییرمکان ۴۸

جدول ۳-۵- مشخصات پروفیل ها ۴۸

جدول ۳-۶-مشخصات مصالح مصرفی ۴۹

جدول ۳-۷- مقایسه مقادیر نیروها در دو نرم افزار ۵۲

جدول ۴-۱- نسبت شتاب مبنای طرح در مناطق با لرزه خیزی مختلف ۶۳

جدول ۴-۲-پارامترهای مربوط به تعیین پارامتر **B** ۶۳

جدول ۴-۳- تعیین پارامترها ۶۴

جدول ۴-۵- تعیین نیروی برشی پایه ۶۵

جدول ۴-۶- نیروی جانبی زلزله در قاب های مختلف از سازه ۶۶

جدول ۴-۷- نمایش میزان جابجایی قائم گره پنجه در زوایای مختلف ۶۸

جدول ۴-۸- نمایش میزان جابجایی قائم گره پنجه در زوایای مختلف ۸۰

جدول ۴-۹- نمایش میزان جابجایی های ماندگار و زاویه دوران ماندگار ۸۱

فهرست نمودارها

عنوان **صفحه**

نمودار ۴-۱- نمودار تاریخچه زمانی جابجایی قائم در زاویه ۶ درجه ۶۷

نمودار ۴-۲- نمودار تاریخچه زمانی جابجایی قائم در زاویه ۱۲ درجه ۶۷

نمودار ۴-۳- نمودار تاریخچه زمانی جابجایی قائم در زاویه ۱۸ درجه ۶۸

نمودار ۴-۴- نمودار تاریخچه زمانی جابجایی قائم در زاویه ۲۴ درجه ۶۸

نمودار ۴-۵- نمودار تاریخچه زمانی نیروی برشی در زاویه ۶ درجه ۶۹

نمودار ۴-۶- نمودار تاریخچه زمانی لنگر خمشی در زاویه ۶ درجه..... ۶۹

نمودار ۴-۷- نمودار تاریخچه زمانی نیروی برشی در زاویه ۱۲ درجه ۷۰

نمودار ۴-۸- نمودار تاریخچه زمانی لنگر خمشی در زاویه ۱۲ درجه ۷۰

نمودار ۴-۹- نمودار تاریخچه زمانی نیروی برشی در زاویه ۱۸ درجه ۷۰

نمودار ۴-۱۰- نمودار تاریخچه زمانی لنگر خمشی در زاویه ۱۸ درجه..... ۷۰

نمودار ۴-۱۱- نمودار تاریخچه زمانی نیروی برشی در زاویه ۲۴ درجه ۷۱

نمودار ۴-۱۲- نمودار تاریخچه زمانی لنگر خمشی در زاویه ۲۴ درجه..... ۷۱

نمودار ۴-۱۳- نمودار تاریخچه زمانی نیروی محوری در زاویه ۶ درجه ۷۲

نمودار ۴-۱۴- نمودار تاریخچه زمانی نیروی برشی در زاویه ۶ درجه ۷۲

نمودار ۴-۱۵- نمودار تاریخچه زمانی لنگر خمشی در زاویه ۶ درجه..... ۷۲

نمودار ۴-۱۶- نمودار تاریخچه زمانی نیروی محوری در زاویه ۱۲ درجه ۷۲

نمودار ۴-۱۷- نمودار تاریخچه زمانی نیروی برشی در زاویه ۱۲ درجه ۷۲

نمودار ۴-۱۸- نمودار تاریخچه زمانی لنگر خمشی در زاویه ۱۲ درجه..... ۷۲

نمودار ۴-۱۹- نمودار تاریخچه زمانی نیروی محوری در زاویه ۱۸ درجه ۷۲

نمودار ۴-۲۰- نمودار تاریخچه زمانی نیروی برشی در زاویه ۱۸ درجه ۷۲

نمودار ۴-۲۱- نمودار تاریخچه زمانی لنگر خمشی در زاویه ۱۸ درجه..... ۷۲

نمودار ۴-۲۲- نمودار تاریخچه زمانی نیروی محوری در زاویه ۲۴ درجه ۷۳
نمودار ۴-۲۳- نمودار تاریخچه زمانی نیروی برشی در زاویه ۲۴ درجه ۷۳
نمودار ۴-۲۴- نمودار تاریخچه زمانی لنگر خمشی در زاویه ۲۴ درجه..... ۷۳
نمودار ۴-۲۵- نمودار بیشینه لنگر المان سمت راست تیر شماره (۱)..... ۷۴
نمودار ۴-۲۶- نمودار بیشینه لنگر المان سمت چپ تیر شماره (۱) ۷۴
نمودار ۴-۲۷- نمودار بیشینه لنگر المان سمت راست تیر شماره (۲)..... ۷۵
نمودار ۴-۲۸- نمودار بیشینه لنگر المان سمت چپ تیر شماره (۲) ۷۵
نمودار ۴-۲۹- نمودار بیشینه لنگر المان سمت راست تیر شماره (۳)..... ۷۵
نمودار ۴-۳۰- نمودار بیشینه لنگر المان سمت چپ تیر شماره (۳) ۷۵
نمودار ۴-۳۱- نمودار بیشینه لنگر المان سمت راست تیر شماره (۴)..... ۷۵
نمودار ۴-۳۲- نمودار بیشینه لنگر المان سمت چپ تیر شماره (۴) ۷۵
نمودار ۴-۳۳- نمودار بیشینه لنگر المان بالای ستون شماره (۱) ۷۶
نمودار ۴-۳۴- نمودار بیشینه لنگر المان پایین ستون شماره(۱) ۷۶
نمودار ۴-۳۵- نمودار بیشینه لنگر المان بالای ستون شماره (۲) ۷۶
نمودار ۴-۳۶- نمودار بیشینه لنگر المان پایین ستون شمار(۲) ۷۶
نمودار ۴-۳۷- نمودار بیشینه لنگر المان بالای ستون شماره (۳) ۷۷
نمودار ۴-۳۸- نمودار بیشینه لنگر المان پایین ستون شماره(۳) ۷۷
نمودار ۴-۳۹- نمودار بیشینه لنگر المان بالای ستون شماره (۴) ۷۷
نمودار ۴-۴۰- نمودار بیشینه لنگر المان پایین ستون شماره (۴) ۷۷
نمودار ۴-۴۱- نمودار بیشینه لنگر المان بالای ستون شماره (۵) ۷۷
نمودار ۴-۴۲- نمودار بیشینه لنگر المان پایین ستون شماره(۵) ۷۷
نمودار ۴-۴۳- نمودار بیشینه لنگر المان بالای ستون شماره (۶)..... ۷۸
نمودار ۴-۴۴- نمودار بیشینه لنگر المان پایین ستون شماره (۶) ۷۸

نمودار ۴-۴۵- نمودار پوش لنگر بیشینه نرمال شده ۷۸
نمودار ۴-۴۶- نمودار تاریخچه زمانی جابجایی قائم در زاویه ۶ درجه ۷۹
نمودار ۴-۴۷- نمودار تاریخچه زمانی جابجایی قائم در زاویه ۱۲ درجه ۷۹
نمودار ۴-۴۸- نمودار تاریخچه زمانی جابجایی قائم در زاویه ۱۸ درجه ۸۰
نمودار ۴-۴۹- نمودار تاریخچه زمانی نیروی برشی در زاویه ۶ درجه ۸۲
نمودار ۴-۵۰- نمودار تاریخچه زمانی لنگر خمشی در زاویه ۶ درجه ۸۲
نمودار ۴-۵۱- نمودار تاریخچه زمانی نیروی برشی در زاویه ۱۲ درجه ۸۲
نمودار ۴-۵۲- نمودار تاریخچه زمانی لنگر خمشی در زاویه ۱۲ درجه ۸۲
نمودار ۴-۵۳- نمودار تاریخچه زمانی نیروی برشی در زاویه ۱۸ درجه ۸۲
نمودار ۴-۵۴- نمودار تاریخچه زمانی لنگر خمشی در زاویه ۱۸ درجه ۸۲
نمودار ۴-۵۵- نمودار تاریخچه زمانی نیروی محوری در زاویه ۶ درجه ۸۳
نمودار ۴-۵۶- نمودار تاریخچه زمانی نیروی برشی در زاویه ۶ درجه ۸۳
نمودار ۴-۵۷- نمودار تاریخچه زمانی لنگر خمشی در زاویه ۶ درجه ۸۳
نمودار ۴-۵۸- نمودار تاریخچه زمانی نیروی محوری در زاویه ۱۲ درجه ۸۳
نمودار ۴-۵۹- نمودار تاریخچه زمانی نیروی برشی در زاویه ۱۲ درجه ۸۳
نمودار ۴-۶۰- نمودار تاریخچه زمانی لنگر خمشی در زاویه ۱۲ درجه ۸۳
نمودار ۴-۶۱- نمودار تاریخچه زمانی نیروی محوری در زاویه ۱۸ درجه ۸۴
نمودار ۴-۶۲- نمودار تاریخچه زمانی نیروی برشی در زاویه ۱۸ درجه ۸۴
نمودار ۴-۶۳- نمودار تاریخچه زمانی لنگر خمشی در زاویه ۱۸ درجه ۸۴
نمودار ۴-۶۴- نمودار بیشینه لنگر المان سمت راست تیر شماره (۱) ۸۵
نمودار ۴-۶۵- نمودار بیشینه لنگر المان سمت چپ تیر شماره (۱) ۸۵
نمودار ۴-۶۶- نمودار بیشینه لنگر المان سمت راست تیر شماره (۲) ۸۵
نمودار ۴-۶۷- نمودار بیشینه لنگر المان سمت چپ تیر شماره (۲) ۸۵

نمودار ۴-۶۸- نمودار بیشینه لنگر المان سمت راست تیر شماره (۳) ۸۵
نمودار ۴-۶۹- نمودار بیشینه لنگر المان سمت چپ تیر شماره (۳) ۸۵
نمودار ۴-۷۰- نمودار بیشینه لنگر المان سمت راست تیر شماره (۴) ۸۶
نمودار ۴-۷۱- نمودار بیشینه لنگر المان سمت چپ تیر شماره (۴) ۸۶
نمودار ۴-۷۲- نمودار بیشینه لنگر المان بالای ستون شماره (۱) ۸۶
نمودار ۴-۷۳- نمودار بیشینه لنگر المان پایین ستون شماره(۱) ۸۶
نمودار ۴-۷۴- نمودار بیشینه لنگر المان بالای ستون شماره (۲) ۸۷
نمودار ۴-۷۵- نمودار بیشینه لنگر المان پایین ستون شماره(۲) ۸۷
نمودار ۴-۷۶- نمودار بیشینه لنگر المان بالای ستون شماره (۳) ۸۷
نمودار ۴-۷۷- نمودار بیشینه لنگر المان پایین ستون شماره(۳) ۸۷
نمودار ۴-۷۸- نمودار بیشینه لنگر المان بالای ستون شماره (۴) ۸۷
نمودار ۴-۷۹- نمودار بیشینه لنگر المان پایین ستون شماره(۴) ۸۷
نمودار۴-۸۰- نمودار بیشینه لنگر المان بالای ستون شماره (۵) ۸۸
نمودار ۴-۸۱- نمودار بیشینه لنگر المان پایین ستون شماره(۵) ۸۸
نمودار ۴-۸۲- نمودار بیشینه لنگر المان بالای ستون شماره (۶) ۸۸
نمودار ۴-۸۳- نمودار بیشینه لنگر المان پایین ستون شماره (۶) ۸۸
نمودار۴-۸۴- نمودار پوش لنگر بیشینه نرمال شده ۸۹
نمودار ۴-۸۵-نمودار مقایسه نیروی برشی در حالت خطی و غیرخطی در المان تیر ۹۱
نمودار ۴-۸۶-نمودار مقایسه لنگر خمشی در حالت خطی و غیرخطی در المان تیر ۹۱
نمودار ۴-۸۷-نمودار مقایسه نیروی محوری در حالت خطی و غیرخطی در المان ستون ۹۲
نمودار ۴-۸۸-نمودار مقایسه نیروی برشی در حالت خطی و غیرخطی در المان ستون ۹۲
نمودار ۴-۸۹-نمودار مقایسه لنگر خمشی در حالت خطی و غیرخطی در المان ستون ۹۲

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱- تغییرات شتاب نسبت به زمان تناوب ۱۲

شکل ۲-۲- تغییرمکان جانبی سازه بر اثرحرکات افقی و گهوارهای پی ۱۳

شکل ۲-۳- سهم حرکات افقی و گهوارهای پی در حرکت جانبی سقف بام سازه ۱۴

شکل ۲-۴- اندرکنش سینماتیکی ۱۵

شکل ۲-۵- شکل گیری اندرکنش سینماتیک در فونداسیون صلب با حرکات میدان آزاد الف) سختی خمشی شالوده سطحی از جابجایی در امتداد مولفه قائم میدان آزاد جلوگیری می نماید. ب) صلبیت بلوک شالوده از جابجایی در امتداد مولفه افقی میدان آزاد جلوگیری می کند. ج) سختی محوری شالوده سطحی از تغییر شکل ناپیوسته خاک بستر جلوگیری می نماید. ۱۶

شکل ۲- ۶- تولید ارتعاشات گهواره ای در یک پی مدفون بوسیله انتشار قائم امواج برشی .الف) در فرکانسهای مشخص طول موج به گونه ایست که لنگرهای واژگونی غیر متعادل سبب گهواره ای می شود. ب) در فرکانسهای دیگر (و طول موجهای دیگر) حرکت گهواره ای ممکن است تقلیل یابد. ... ۱۷

شکل ۲-۷- الف) تحلیل اندرکنش سینماتیکی، ب) تحلیل اندرکنش اینرشال که در آن جرم سازه، همانطور که نشان داده شده جهت ساده سازی در مرکز سازه متمرکز در نظر گرفته شده است. ۱۷

شکل ۲- ۸- تحلیل روش مستقیم اندرکنش خاک و سازه . کل مساله مدل شده و پاسخ به حرکت میدان آزاد در مرزها در یک گام منفرد تعیین شده است. ۲۰

نمودار ۲- ۱- مقایسه $\frac{\tilde{T}}{T}$ برای یک سیستم SDOF با فونداسیون صلب دایره ای مستقر بر فضای نیمه بینهایت $(\vartheta = 0.45, \beta = 5\%, \gamma_m = 0.15)$ ۲۲

شکل ۲- ۹- نمایش سه حالت رفتار غیرخطی در خاک ۲۴

شکل ۲-۱۰- منحنی های اندرکنش در صفحه نرمال N-M برای گسیختگی ظرفیت باربری بر روی ۱) خاک صلب ۲) خاک تغییرشکل پذیر . تقسیم بندی مکانیسم های بلندشدگی و تسلیم خاک... ۲۷

شکل ۲-۱۱- بسیج شدن ظرفیت نهایی سیستم خاک و فونداسیون. نمایی از فونداسیونی که تحت بارگذاری قائم و افقی و لنگر خمشی قرار دارد. الف) زمانی که بلندشدگی بحرانی است (ضریب

اطمینان استاتیکی بیشتر و یا مساوی ۲ است). ب) زمانی که مکانیسک گسیختگی ظرفیت باربری غالب می باشد (ضریب اطمینان استاتیکی کمتر از ۲ است) ۳۰
شکل ۳-۱- مرز جدید بدون جرم متمرکز برای جذب امواج طولی ۳۹
شکل ۳-۲-نمایش رابطه هندسی بین فونداسیون سهبعدی و دوبعدی ۴۳
شکل ۳-۳- نمای سه بعدی سازه ۴۶
شکل ۳-۴- نمایی از پلان سازه ۴۶
شکل ۳-۴- الف) نمایش بستر انعطاف پذیر ب) نمایش بستر صلب ۵۰
شکل ۳-۵- نمایی از مدل سازه در آباکوس ۵۰
شکل ۳-۶- نمایش نحوه مش بندی و نامگذاری الف) تیرها ب) ستون ها ۵۱
شکل ۴-۶- نمایی از سازه و نحوه توزیع نیرو در ارتفاع ۶۶
شکل ۴-۱- نمایش محل قرارگیری المان تیر ۶۹
شکل ۴-۲- نمایش محل قرارگیری المان ستون ۷۱
شکل ۴-۳-نحوه نامگذاری تیرها ۷۳
شکل ۴-۴-نحوه نامگذاری ستون ها ۷۴
شکل ۴-۵ (الف) نمایش کانتور تنش در حالت خطی تحت زاویه برخاستگی ۲۴ درجه ۸۹
شکل ۴-۵ (ب) نمایش کانتور تنش در حالت خطی تحت زاویه برخاستگی ۱۸ درجه ۸۹
شکل ۴-۵ (ج) نمایش کانتور تنش در حالت خطی تحت زاویه برخاستگی ۱۲ درجه ۹۰
شکل ۴-۵ (د) نمایش کانتور تنش در حالت خطی تحت زاویه برخاستگی۶درجه ۹۰
شکل ۴-۵ (ه) نمایش کانتور تنش در حالت غیرخطی تحت زاویه برخاستگی ۱۸ درجه ۹۰
شکل ۴-۵ (و) نمایش کانتور تنش در حالت غیرخطی تحت زاویه برخاستگی ۱۲ درجه ۹۰
شکل ۴-۵ (ز) نمایش کانتور تنش در حالت غیرخطی تحت زاویه برخاستگی ۶ درجه ۹۰

فصل اول

کلیات

فصل اول

مقدمه و کلیات

۱-۱- بیان مسئله

مطابق تحقیقات گذشته پدیده برخاستگی پاسخ لرزه ای سازه را تغییر داده و با کاهش در صلبیت سازه منجر به افزایش پریود وکاهش نیروی برش پایه می‌شود که اثر آن در سازه های قرار گرفته بر خاک نرم بیشتر و درنتیجه عملکرد مثبتی در کاهش آسیب های وارد بر سازه دارد(۱). اگرچه اثرات برخاستگی در حوزه وسیعی از تحقیقات مورد توجه قرار گرفته، اما به بررسی اثر توالی برخاستگی- افتادگی سازه به صورت متمرکز کمتر پرداخته شده است. همچنین تاکنون اثرات بلندشدگی- افتادگی در میان نیازهای موضعی، در موارد معدودی در ستون ها مد نظر محققین بوده و به بررسی این موضوع درتیرها به صورت جامع پرداخته نشده است. مطابق با آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰) با توزیع مثلثی نیروی جانبی زلزله (استاتیکی معادل) در ارتفاع قاب، لنگر در دهانه میانی تیرها اندک بوده و با اعمال بار جانبی زلزله تغییری در آن حاصل نمی گردد. این در حالیست که فرآیند افتادگی باعث تشدید نیاز لنگر در وسط و طرفین تیرها شده که خود نیاز به بررسی اثرات افتادگی را بیش از پیش نمایان می سازد. از این رو در تحقیق حاضر تنها اثر برخاستگی- افتادگی در رفتار غیرخطی هندسی و المان های تماسی دیده خواهد شد و رفتار سازه خطی و رفتار خاک خطی و غیرخطی درنظر گرفته می شود. برآورد نیاز لرزه ای ارتجاعی حتی در حالتی که تحریک لرزه ای سازه را وارد حوزه غیرخطی می نماید، از جهت طراحی اهمیت بسیاری پیدا می کند. چراکه مبنای محاسبات لرزه ای ضریب کاهش مقاومت می باشدکه در محاسبه هر دو بخش نیازهای ارتجاعی و غیرارتجاعی مورد نیاز است. در تحقیق حاضر تحلیل در حالت ضریب اطمینان استاتیکی پایین برای ظرفیت باربری فونداسیون صورت پذیرفته است. بدین صورت در دوران سازه بیشتر رفتار

غیرخطی و پلاستیک خاک دیده خواهد شد تا برخاستگی از بستر. همچنین سعی شده است به جابجایی های ماندگار به وجود آمده در سیستم خاک غیرخطی توجه ویژه ای شود، لازم به ذکر می باشد که سیستم خاک- پی- سازه به روش مستقیم با استفاده از نرم افزار اجزا محدودآباکوس[1] به صورت دو بعدی تحت تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی قرار گرفته است. برای این منظور با توجه به توزیع مثلثی نیروی جانبی پیشنهادی آیین نامه ۲۸۰۰، سیستم خاک - فونداسیون- سازه در هر دو حالت تحت اثر نیروی زلزله معادل سازی شده در تراز طبقات قرار گرفته و در زوایای مختلف تا آستانه واژگونی برخاسته و سپس رها می گردد. نیاز لرزه ای حاصل از فرآیند فوق نسبت به نیاز تحلیل ثقلی لرزه ای بستر صلب، نرمال شده و نمایش داده می شود. تحلیل ثقلی- لرزه ای که مبنای مقیاس سازی قرار گرفته است تحت بارهای توام ثقلی و نیروهای لرزه ای پیشنهادی آیین نامه ۲۸۰۰ در حالت ارتجاعی بدون اعمال ضریب کاهش مقاومت بوده و بستر سازه در آن صلب فرض می شود.

۱-۲- ضرورت انجام تحقیق

با تکیه بر این اصل که در واقعیت رفتار سیستم خاک و سازه از حالت خطی به حوزه غیرخطی وارد می شود، لزوم بررسی رفتار سازه تحت این پدیده دوچندان می گردد. شایان ذکر می باشد که بیشتر مطالعاتی که در گذشته انجام گرفته اند، فرض را بر پایه رفتار ویسکوالاستیک خطی خاک و اتصال کامل سطح مشترک خاک و فونداسون قرار داده اند. این فرض که هم راستا با فرضیات طراحی بر اساس ظرفیت می باشد، استهلاک انرژی را با ایجاد مفاصل پلاستیک به سازه فوقانی محدود کرده و اجازه هیچ گونه خرابی را در سطح فونداسیون نمی دهد(۲). در حالی که رفتار غیرخطی و پلاستیک خاک می تواند باعث میرایی امواج شده و از انتقال نیروی زلزله به سازه فوقانی جلوگیری نماید، به عبارتی در این حالت مفصل پلاستیک به خاک منتقل می گردد. مسئله دیگری که کمتر مورد توجه

[1]ABAQUS

محققان قرار گرفته است بررسی موضعی نیاز لرزه ای[۲] مانند لنگر تیرها و ستون ها است، که عدم در نظر داشتن این موضوع و تنها در نظر داشتن نیازهای کلی لرزه ای[۳]مانند برش پایه و جابجایی بام، می تواند باعث برآوردی نادرست از نیروها شود. بنابراین با توجه به موارد ذکر شده و تاکید بر این موضوع که گسیختگی خاک می تواند برای سازه مفید واقع شود، همچنین حیاتی بودن مسئله ایمنی در صنایع مهم که معمولا در زمین لرزه ها دچار بلندشدگی های قابل توجهی می شوند، ضرورت بررسی نیازهای لرزه ای سازه در شرایط ذکر شده را بیش از پیش نمایان می سازد.

۱-۳- اهداف پژوهش

هدف اصلی این پژوهش بررسی موردی نیازهای موضعی تیرها و ستون های سازه های قاب جنبشی تحت زوایای افتادگی در حالت خطی متفاوت است. نتایج جهت ملموس شدن، نسبت به نیازهای لرزه های که به روش های معمول محاسبه می شود نرمال خواهد شد. حوزه بررسی در این تحقیق به سازه های دارای ضریب اطمینان باربری پایین که در چرخش ها، رفتار پلاستیک خاک در آن ها بیشتر از برخاستگی به چشم می آید محدود شده است.

۱-۴- پیشینه تحقیق

اندرکنش خاک و سازه مبحثی است که علوم بسیاری چون مهندسی زلزله، مکانیک خاک و سازه، زمین شناسی، ژئومکانیک، علوم مواد، روش های عددی و محاسباتی را در خود جای می دهد. پیشینه اولیه این علم به اواخر قرن ۱۹ میلادی باز می گردد و در گذر زمان و گذشت دهه ها رشد و تکامل یافته است. با ظهور ابزار مدلسازی و کامپیوتری در حوزه المان محدود و نیاز مبرم برای حفظ ایمنی سازه های ویژه ای چون نیروگاه های هسته ای، علم ژئوتکنیک در نیمه دوم قرن ۲۰ میلادی رشدی دوچندان را تجربه نمود.

---

[2]Local demand
[3]Global demand