بسم الله الرحمن الرحیم
الحمد لله رب العالمین الرحمن الرحیم مالک یوم الدین
ایاک نعبد و ایاک نستعین اهدنا الصراط المستقیم
صراط الذین انعمت علیهم غیر المغضوب علیهم
ولا الضالین

بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

آقای مضر فضه پایان نامه ۶ واحدی خود را با عنوان **بررسی اثر مولفه قائم زلزله های دور از گسل و نزدیک گسل بر روی پلهای راه آهن** در تاریخ ۱۳۸۹/۱۰/۲۸ ارائه کردند.

اعضای هیات داوران نسخه نهایی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوا تایید کرده، پذیرش آنرا برای اخذ درجه کارشناسی ارشد سازه پیشنهاد می کنند.

عضو هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
استاد راهنما	دکتر حمید محرمی	دانشیار	
استاد مشاور	دکتر فرهاد دانشجو	استاد	
استاد ناظر	دکتر ناصر خاجی	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر محمود حسینی	دانشیار	
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر ناصر خاجی	دانشیار	

آیین نامه چاپ پایان‌نامه (رساله)های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد/ رساله دکتری نگارنده در رشته **عمران- سازه** است که در سال **۱۳۸۹** در دانشکده **عمران و محیط زیست** دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقای **دکتر حمید محرمی**، مشاوره جناب آقای **دکتر فرهاد دانشجو** از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت‌چاپ) را به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اهداء کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر درمعرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده رابه عنوان خسارت به دانشگاه تربیت‌مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می‌کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده‌نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب **مضر فضه** دانشجوی رشته **عمران- سازه** مقطع **کارشناسی ارشد** تعهد فوق وضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: مضر فضه

تاریخ و امضا:

آیین نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی
دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیأت علمی، دانشجویان، دانش آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی که با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد ذیل را رعایت نمایند:

ماده ۱- حق نشر و تکثیر پایان نامه/ رساله و درآمدهای حاصل از آنها متعلق به دانشگاه می‌باشد ولی حقوق معنوی پدید آورندگان محفوظ خواهد بود.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و با تأیید استاد راهنمای اصلی، یکی از اساتید راهنما، مشاور و یا دانشجوی مسئول مکاتبات مقاله باشد. ولی مسئولیت علمی مقاله مستخرج از پایان نامه و رساله به عهده اساتید راهنما و دانشجو می‌باشد.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

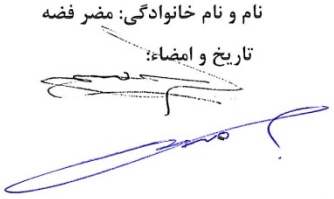
ماده ۳- انتشار کتاب و یا نرم افزار و یا آثار ویژه حاصل از نتایج پایان نامه / رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی کلیه واحدهای دانشگاه اعم از دانشکده ها، مراکز تحقیقاتی، پژوهشکد هها، پارک علم و فناوری و دیگر واحدها باید با مجوز کتبی صادره از معاونت پژوهشی دانشگاه و براساس آئین نامه های مصوب انجام شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق معاونت پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این آیین‌نامه در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۸۷/۴/۱۵ در شورای پژوهشی و در تاریخ ۸۷/۴/۲۳ در هیأت رئیسه دانشگاه به تأیید رسید و در جلسه مؤرخ ۸۷/۷/۱۵ شورای دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب در شورای دانشگاه است.

نام و نام خانوادگی: مضر فضه

تاریخ و امضاء:



دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده مهندسی عمران ومحیط زیست

پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی عمران – سازه

بررسی اثر مؤلفه قائم زلزله‌های دور از گسل ونزدیک گسل بر روی پل‌های راه آهن

مضر صالح فضه

استاد راهنما
دکترحمید محرمی

استاد مشاور
دکترفرهاد دانشجو

زمستان ۱۳۸۹

تقدیم به:

پدر ومادر بزرگوارم

که همچون شمع سوختند تا من آموختم

برادر وخواهران عزیزم

که همواره راهنما ومددگارم هستند

دوستان گرانقدرم

که مد یون لطف ومحبتشان هستم

تشکر وقدرانی

برخود فرض می دانم از تمام کسانی که در این فعالیت تحقیقاتی، اینجانب را مساعدت وراهنمائی کرده‌اند، کمال تشکر وقدر دانی را بنمایم. به خصوص از استاد ارجمند راهنما، جناب آقای دکتر حمید محرمی که در طی زمان انجام این پایان نامه از هیچ راهنمائی وکمکی دریغ نکردند. وبا بزرگواری ودقت نظر مراحل تحقیق را پی گیری فرموده وهمواره راهنمائی‌های ایشان راهگشا بوده است.

همچنین از استاد محترم آقای دکتر فرهاد دانشجو که در طول تحصیل در مقطع ارشد از محضر ایشان استفاده کرده‌ام وبه عنوان استاد مشاور در طی این تحقیق راهنمائی‌های ارزنده‌ای نموده‌اند.

همچنین زحمات اساتید دانشگده فنی مهندسی گروه سازه وزلزله دانشگاه تربیت مدرس تشکر می نمایم.

از مسؤلین محترم دانشگاه تربیت مدرس بسیار ممنون ومتشکرم.

وباالاخره از تمام کسانی که به هر وسیله در انجام این رساله کمک وهمراهی نموده‌اند وخصوصاً آقای عبد اله داودی کیا تشکر می کنم.

چکیده:

اندازه گیری‌های حرکات زمین در طول زمین لرزه های گذشته نشان می دهد که شتاب قائم می تواند به حدود شتاب های افقی زمین لرزه در جهت افقی برسد ویاحتی ممکن است که در بعضی موارد از این شتاب ها تجاوز نمایند.

پایان نامه حاضر اثر مؤلفه قائم زلزله را روی پل های راه آهن جعبه ای شکل مورد بررسی قرار داده است. در این تحقیق از ۷ رکورد زلزله نزدیک گسل و۷ رکورد زلزله دور از گسل ثبت شده در نقاط مختلف جهان استفاده شده است. همچنین در این تحقیق تحلیل‌های دینامیکی خطی وغیر خطی روی هفت پل، یکبار با در نظر گرفتن اثر مؤلفه قائم وبار دیگر بدون در نظر گرفتن اثر مؤلفه قائم انجام شد، ونتایج تحلیل‌ها در دو حالت مقایسه شدند. در نهایت نتایج بدست آمده با ضوابط SDC 2006 در مورد لحاظ کردن اثرات مؤلفه قائم زلزله مقایسه شدند.

بررسی‌های صورت گرفته نشان می دهد که میزان تقاضای نیروی محوری ستون ،تقاضای گشتاور موجود در وسط عرشه و تقاضای گشتاور در محل اتصال عرشه به ستون به طور قابل ملاحظه‌ای به وسیله حرکات قائم زمین تشدید می شوند. همچنین از نتایج عددی در تحلیل‌های خطی ملاحظه می شود که لازم است اثر مؤلفه قائم زلزله روی سازه به صورت جدا ومستقل از اثر مؤلفه‌های افقی در نظر گرفته شود.

در نهایت برای منظور کردن اثر مؤلفه قائم زلزله، ضریبی از بار مرده برای افزایش یاکاهش نیروی محوری، افزایش لنگر خمشی در عرشه در محل پایه‌ها ودر وسط دهانه ونیز افزایش برش حد اکثر عرشه پیشنهاد شده است.

واژه‌های کلیدی:پل راه آهن، طراحی پل، مؤلفه قائم زلزله، تحلیل دینامیکی، رکورد نزدیک گسل رکورد دور از گسل.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- ضرورت واهمیت تحقیق ۲

۱-۳- روش تحقیق ۳

۱-۴- اهداف تحقیق ۴

۱-۵- فرضیه های تحقیق..... ۴

۱-۶- ساختار پایان نامه ۵

۱-۷- تاریخچه تحقیقات..... ۶

فصل دوم: تکان های قائم زمین

۲-۱- طبیعت تکانهای قائم..... ۱۱

۲-۲- فاصله زمانی رسیدن شتابهای قائم وافقی..... ۱۱

۲-۳- نسبت طیف شتاب قائم به أفقی(V/H) ۱۴

۲-۴- رکوردهای زلزله مورد استفاده در تحقیق ۱۸

فصل سوم: پل های جعبه ای

۳-۱- هندسه قطعه..... ۳۱

۳-۲- طراحی پل های دو دهانه بااستفاده از نرم افزار SAP 2000.12 ..... ۳۳

۳-۲-۱- طراحی مقطع طولی با استفاده از کابل های پیش تنیده..... ۳۳

۳-۲-۲- طراحی مقطع عرضی عرشه..... ۴۰

۳-۳- طراحی پل های سه دهانه(جعبه ای قطعه ای بااجرای طره ای) بااستفاده از نرم افزارSAP 2000.12..... ۴۲

فصل چهارم: مدل سازی

۴-۱ - معرفی مدل ۴۸

۴-۱-۱- کلیات ۴۸

۴-۱-۲- اعضاء پل(دهانه ۳۰متر) ۴۹

۴-۱-۲-۱- روسازه ۴۹

۴-۱-۲-۲- زیر سازه ۵۰

۴-۱-۳- تخمین وزن اعضای پل ۵۱

۴-۲- مدلسازی تحلیلی پل با دهانه ۳۰ متر با استفاده از برنامه ABAQUS 6.9.1 ..... ۵۲

۴-۲-۱- مدل دقیق اجزای محدود ۵۲

۴-۲-۱-۱-عرشه ی پل وستون ۵۲

۴-۲-۱-۲- میلگرد ها ۵۳

۴-۲-۱-۳- پایه های کناری (کوله ها) ۵۴

۴-۲-۲- مدل ساده شده پل ۵۵

۴-۲-۲-۱-عرشه ۵۵

۴-۲-۲-۲-ستون ۵۶

۴-۲-۳-مشخصات غیر خطی مصالح ۵۷

۴-۳- کابل های پیش تنیده ۶۵

۴-۴- مقایسه نتایج تحلیل مودال برای مدل های ذکر شده با دهانه ۳۰ متر ۶۶

فصل پنجم: مطالعات عددی

۵-۱- مقدمه ۷۳

۵-۲-آنالیز دینامیکی وبر آورد پاسخ پل ۷۶

۵-۲-۱-بررسی نتایج حاصل از تحلیل‌های تاریخچه زمانی غیر خطی..... ۷۶

۵-۲-۱-۱- نتایج حاصل از مدل اول..... ۷۶

۵-۲-۱-۲- نتایج حاصل از مدل دوم..... ۹۲

۵-۲-۲-بررسی نتایج حاصل از تحلیل‌های تاریخچه زمانی خطی ومحاسبه ضریب..... ۱۰۲

بزرگنمایی لنگر، برش ونیروی محوری.

فصل ششم: نتیجه گیری وپیشنهادات

۶-۱- نتیجه گیری..... ۱۱۲

۶-۲- پیشنهادات..... ۱۱۵

فهرست مراجع..... ۱۱۶

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول(۲-۱) ساختار زمین ۱۷
جدول(۲-۲) رکوردهای زلزله در فواصل نزدیک گسل[۹]،[۱۲] ۱۹
جدول(۲-۳) رکوردهای زلزله در فواصل دور از گسل [۱۲] ۱۹
جدول(۲-۴) فاکتور زلزله‌های نزدیک گسل بر حسب UBC 97 ۲۴
جدول(۲-۵) پریود غالب برای رکوردهای زلزله در نواحی نزدیک گسل ۲۷
جدول(۲-۶) پریود غالب برای رکوردهای زلزله در نواحی نزدیک گسل ۲۹
جدول(۳-۱) افت های نیروی پیش تنیدگی ۳۵
جدول(۴-۱) رفتار فشاری بتن ترک خورده ۶۱
جدول(۴-۲) زمان تناوب مودهای مختلف برای پل بادهانه ۳۰ متر ۶۹
جدول(۴-۳) زمان تناوب مودهای مختلف برای پل بادهانه ۴۰ متر ۶۹
جدول(۴-۴)زمان تناوب مودهای مختلف برای پل بادهانه ۲۰ متر ۷۰
جدول(۴-۵)زمان تناوب مودهای مختلف برای پل بادهانه ۵۰ متر ۷۰
جدول(۵-۱) پاسخ پل‌ها در نواحی نزدیک گسل ۸۵
جدول(۵-۲) پاسخ پل‌ها در نواحی دور از گسل ۸۶
جدول(۵-۳) پاسخ پل‌ها در نواحی نزدیک گسل ۹۶
جدول(۵-۴) پاسخ پل‌ها در نواحی دور از گسل ۹۷
جدول(۵-۵) کمینه اثر مؤلفه قائم زلزله CV برای پل‌ها در نواحی نزدیک ودور گسل ۱۰۸
جدول(۵-۶) بیشینه اثر مؤلفه قائم زلزله CV برای پل‌ها در نواحی نزدیک ودور گسل ۱۰۸
جدول(۵-۷)متوسط اثر مؤلفه قائم زلزله CV برای پل‌ها در نواحی نزدیک گسل ۱۰۸

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل(۱-۱) گسیختگی پایه به علت کاهش آنی ظرفیت برشی ناشی از مؤلفه قائم زلزله ۷

شکل(۱-۲) گسیختگی آرماتورهای عرضی، کمانش ارماتورهای طولی ، خرد شدگی بتن وآسیب‌های ناشی از مؤلفه قائم زلزله ۷

شکل(۱-۳-الف) پاسخ تاریخچه زمانی نیروی محوری در ستون با وبدون در نظر گرفتن اثر مؤلفه قائم زلزله ۹

شکل(۱-۳-ب) پاسخ تاریخچه زمانی لنگر خمشی در وسط عرشه با وبدون در نظر گرفتن اثر مؤلفه قائم زلزله ۹

شکل(۲-۱) شتاب نگاشت زلزله نورثریدج،رکورد Arleta ۱۲

شکل(۲-۲) طیف پاسخ زلزله نورثریدج۱۹۹۴، رکورد Arleta ۱۳

شکل(۲-۳) طیف پاسخ زلزله لاندرس ۱۹۹۲،رکورد Yermo ۱۳

شکل(۲-۴-الف) نسبت تجریبی V/H برای زلزله با بزرگی ۶/۵) برای بستر سنگی ۱۵

شکل (۲-۴-ب) نسبت تجریبی V/H برای زلزله با بزرگی ۶/۵ برای بستر خاکی ۱۵

شکل(۲-۵-الف) نسبت طیف‌های مربوط به مؤلفه های قائم وافقی زلزله بر حسب فاصله از مرکز زلزله ۱۷

شکل(۲-۵-ب) نسبت طیف‌های مربوط به مؤلفه های قائم وافقی زلزله بر حسب ساختارزمین ۱۷

شکل(۲-۶-الف) طیف‌های کلیه رکوردهای در نواحی نزدیک گسل،مؤلفه‌های افقی ۲۰

شکل(۲-۶-ب) طیف‌های کلیه رکوردهای در نواحی نزدیک گسل، مؤلفه‌های قائم ۲۰

شکل(۲-۷-الف) طیف‌های کلیه رکوردهای در نواحی دور از گسل، مؤلفه‌های افقی ۲۱

شکل(۲-۷-ب) طیف‌های کلیه رکوردهای در نواحی دور از گسل مؤلفه‌های قائم ۲۱

شکل(۲-۸-الف) تاریخچه زمانی شتاب وسرعت مؤلفه افقی نگاشت‌های حوره نزدیک ۲۲

شکل(۲-۸-ب) تاریخچه زمانی شتاب وسرعت مؤلفه افقی نگاشت‌های حوزه دور ۲۲

شکل(۲-۹) طیف طراحی در UBC 97 [۱۳] ۲۳

شکل(۲-۱۰-الف) طیف میانگین اصلاح شده در نواحی نزدیک ۲۴

شکل(۲-۱۰-ب) طیف میانگین اصلاح شده در نواحی دور ۲۴

شکل(۲-۱۱) طیف شتاب برای رکوردهای زلزله در نواحی نزدیک به گسل ۲۷

شکل(۲-۱۲) طیف شتاب برای رکوردهای زلزله در نواحی دور از گسل ۲۹

شکل(۳-۱) ابعاد قطعه پیش ساخته ۳۱

شکل(۳-۲) هندسه ومشخصات هندسی مقطع عرضی عرشه ۳۴

شکل(۳-۳) بارگذاری استاندارد آیین نامه ایران ۳۷

شکل(۳-۴) مدل پل دو خطه به کار گرفته شده در SAP2000 ۳۷
شکل(۳-۵-الف) تنش نرمال ناشی از ترکیب بار دوم در تارهای فوقانی مقطع طولی ۳۸
شکل(۳-۵-ب) تنش نرمال ناشی از ترکیب بار دوم در تارهای تحتانی مقطع طولی ۳۸
شکل(۳-۶-الف) لنگر خمشی ناشی از ترکیب بار دوم در مقطع طولی عرشه ۳۹
شکل(۳-۶-ب)نیروی برشی ناشی از ترکیب بار یکم در مقطع طولی عرشه ۳۹
شکل(۳-۷) بار زنده به کار رفته در مقطع عرضی ۴۱
شکل(۳-۸) باز زنده در آیین نامه‌ها ۴۱
شکل(۳-۹) اجرای طره‌ای ۴۲
شکل(۳-۱۰) مقطع عرضی پل Beijing-Shanghai high-speed ۴۳
شکل(۳-۱۱-الف) سطح مقطع عرضی پل در تکیه گاه ۴۴
شکل(۳-۱۱-ب) سطح مقطع عرضی پل در وسط دهانه ۴۴
شکل(۳-۱۲) نمای پل به صورت سه بعدی ۴۴
شکل(۳-۱۳) طرح تاندون ها(مقطع عرضی). ۴۶
شکل(۳-۱۴) طرح تاندون ها(مقطع طولی) به کار گرفته شده در SAP2000 ۴۶
شکل(۴-۱) مقطع عرضی پل جعبه ای ۴۸
شکل(۴-۲)مدلسازی عرشه پل ۴۹
شکل(۴-۳) مدلسازی دیافراگم ۴۹
شکل(۴-۴) رابطه نیرو-جابجایی تکیه گاه الاستومریک ۵۰
شکل(۴-۵) المان مکعبی ۵۲
شکل(۴-۶) مدلسازی پل با دهانه ۳۰ متر ۵۲
شکل(۴-۷) مدلسازی المان غشای ۵۳
شکل(۴-۸) پهنا وارتفاع دیافراگم عرشه ۵۴
شکل(۴-۹) رفتار فشاری غیر خطی فنر [۲۴] ۵۴
شکل(۴-۱۰) مقطع معادل به کار گرفته شده برای عرشه ۵۵
شکل(۴-۱۱)مدلسازی پل ساده شده با دهانه ۳۰ متر ۵۶
شکل(۴-۱۲) نمودار تنش-کرنش بتن تحت فشار یک محوره[۲۸] ۵۷
شکل(۴-۱۳) نمودار تنش-کرنش بتن در کشش یک محوره [۳۱] ۵۹
شکل(۴-۱۴) رفتار مکانیکی بتن ۶۱
شکل(۴-۱۵) سختی کششی بتن ترک خورده ۶۲
شکل(۴-۱۶) تعیین نرخ شکست بتن ترک خورده ۶۲
شکل(۴-۱۷) منحنی تنش-کرنش فولاد [۳۱] ۶۳
شکل(۴-۱۸) رفتار مکانیکی فولاد به کار رفته در میلگردها ۶۴
شکل(۴-۱۹) نیروی گسترده ناشی از تاندون ها ۶۵

شکل(۴-۲۰) تغییر شکل مودهای یکم تا پنجم برای (الف،ج،ه،ز،ط) مدل ساده شده و (ب،د،و،ح،ی) مدل دقیق اجزای محدود. ۶۸
شکل(۴-۲۱ -الف)شتاب قائم در وسط عرشه برای مدل ساده شده و مدل دقیق اجزای محدود. ۷۱
شکل(۴-۲۱ –ب) جابجایی قائم در وسط عرشه برای مدل ساده شده و مدل دقیق اجزای محدود. ۷۱
شکل(۵-۱-الف) پاسخ نیروی محوری پل‌ها در نواحی نزدیک گسل به روش همپایه شدن بر حسب PGA ۷۴
شکل(۵-۱-ب)پاسخ نیروی محوری پل‌ها در نواحی نزدیک گسل به روش آیین نامهUBC97 ۷۴
شکل(۵-۲-الف) پاسخ لنگر خمشی عرشه در نواحی نزدیک گسل به روش همپایه شدن بر حسب PGA ۷۵
شکل(۵-۲-ب) پاسخ لنگر خمشی عرشه در نواحی نزدیک گسل روش آیین نامهUBC97 ۷۵
شکل(۵-۳) پاسخ‌های عرشه پل ناشی از رکورد Beverly ۷۷
شکل(۵-۴) پاسخ‌های عرشه پل ناشی از رکورد Lucerne ۷۸
شکل(۵-۵) پاسخ‌های عرشه پل ناشی از رکورد Abbar ۷۹
شکل(۵-۶) پاسخ‌های عرشه پل ناشی از رکوردSylmar ۸۰
شکل(۵-۷-الف)پاسخ تاریخچه زمانی نیروی محوری ستون با وبدون در نظر گرفتن اثر مؤلفه قائم زلزله ۸۱
شکل(۵-۷-ب) پاسخ تاریخچه زمانی لنگر خمشی با وبدون در نظر گرفتن اثر مؤلفه قائم زلزله ۸۱
شکل(۵-۸) تأثیر طول دهانه بر افزایش تأثیر مؤلفه قائم زلزله برای زلزله‌های مختلف در نواحی نزدیک به گسل ۸۳
شکل(۵-۹) تأثیر طول دهانه بر افزایش تأثیر مؤلفه قائم زلزله برای زلزله‌های مختلف در نواحی دور از گسل ۸۴
شکل(۵-۱۰) تفاوت پاسخ‌ها مورد بررسی نسبت به دو مؤلفه زلزله (Ratio(3-2)/2)در نواحی نزدیک ۸۹
شکل(۵-۱۱) تفاوت پاسخ‌ها مورد بررسی نسبت به دو مؤلفه زلزله (Ratio(3-2)/2)در نواحی دور ۹۰
شکل(۵-۱۲) جابجایی قائم در وسط عرشه برای زلزله‌های مختلف در نواحی نزدیک به گسل ۹۱
شکل(۵-۱۳) پاسخ تاریخچه زمانی با وبدون در نظر گرفتن اثر مؤلفه قائم زلزله: نیروی محوری ستون، لنگر خمشی در وسط عرشه و لنگر خمشی در محل اتصال عرشه به ستون برای مدل دوم ۹۳
شکل(۵-۱۴) تأثیر طول دهانه بر افزایش تأثیر مؤلفه قائم زلزله برای زلزله‌های مختلف در نواحی نزدیک به گسل ۹۴

شکل(۵-۱۵) تأثیر طول دهانه بر افزایش تأثیر مؤلفه قائم زلزله برای زلزله‌های مختلف در نواحی دور از گسل ۹۵
شکل(۵-۱۶) جابجایی قائم در وسط عرشه برای زلزله‌های مختلف در نواحی نزدیک به گسل ۹۸
شکل(۵-۱۷) کرنش پلاستیک معادل برای توصیف رفتار غیر الاستیک ستون برای پل باهانه میانی ۷۰ متر زلزله Northridge در نواحی نزدیک گسل ۱۰۰
شکل(۵-۱۸) کرنش پلاستیک معادل برای توصیف رفتار غیر الاستیک ستون برای پل باهانه میانی ۷۰ متر زلزله Northridge در نواحی دور از گسل ۱۰۱
شکل(۵-۱۹) مقایسه پاسخ‌ها حاصل از روش SDC-2006 وزلزله‌های در نواحی نزدیک ودور از گسل برای پل‌های مدل اول ۱۰۳
شکل(۵-۲۰)مقایسه پاسخ‌ها حاصل از روش SDC-2006 وزلزله‌های در نواحی نزدیک ودور از گسل برای پل‌های مدل دوم ۱۰۴
شکل(۵-۲۱-الف) پاسخ تاریخچه زمانی لنگر خمشی در وسط عرشه برای پل بادهانه میانی ۶۰ متر ۱۰۵
شکل(۵-۲۱ –ب) پاسخ تاریخچه زمانی لنگر خمشی در وسط عرشه برای پل بادهانه میانی ۸۰ متر ۱۰۵
شکل(۵-۲۲-الف) پاسخ تاریخچه زمانی لنگر خمشی در وسط عرشه برای پل‌ها مدل اول ۱۰۶
شکل(۵-۲۲-ب) پاسخ تاریخچه زمانی لنگر خمشی در وسط عرشه برای پل‌ها مدل اول ۱۰۶
شکل(۵-۲۲-ج) پاسخ تاریخچه زمانی لنگر خمشی در وسط عرشه برای پل‌ها مدل اول ۱۰۶
شکل(۵-۲۲-د) پاسخ تاریخچه زمانی لنگر خمشی در وسط عرشه برای پل‌ها مدل اول ۱۰۶
شکل(۵-۲۳) اثرات تغییرات تقاضای نیروهای محوری روی ظرفیت خمشی ستون‌ها برای پل با دهانه ۷۰ متر در نواحی نزدیک گسل ۱۱۰
شکل(۵-۲۴) اثرات تغییرات تقاضای نیروهای محوری روی ظرفیت خمشی ستون‌ها برای پل با دهانه ۵۰ متر در نواحی نزدیک گسل ۱۱۰

فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه

در سال های اخیر، اثر مؤلفه قائم زلزله بر پاسخ لرزه ای سازه‌ها توسط محققین مختلفی مورد بررسی قرار گرفته است. بسیاری از محققین برای در نظر گرفتن اثر مؤلفه قائم زلزله ،آن را به صورت ضریبی از طیف مؤلفه افقی زلزله معرفی نموده اند(V/H). این نسبت اولین بار در سال ۱۹۷۳ توسط نیومارک وبرابر V/H=۰/٦٧ معرفی گردید[۱]. تحقیقات نشان داده است که این نسبت در فاصله دور از منبع محافظه کارانه ودر فاصله نزدیک وپریودهای کوتاه دست پایین می باشد [۱۰]،[۱۱].

تعدادی از محققین اثر مؤلفه قائم را به صورت اعمال در صدی از بارمرده در جهت مثبت ومنفی در نظر گرفته اند، این روش نیز به نظر می رسد که دارای خطای زیادی باشد زیرا تلاش های قسمت های مختلف سازه‌ها به یک نسبت تحت تأثیر بار مرده ومؤلفه قائم زلزله نیستند.

۱-۲- ضرورت واهمیت تحقیق

شبکه‌های مهندسی که شریان‌های حیاتی نامیده می شوند، از گرانبهاترین سرمایه های ملی بشمار می روند. در این میان پل ها به عنوان مهمترین وپر هزینه ترین بخش شبکه های ترابری می باشند. تأمین ایمنی وپایداری پل همیشه از ضرورت واهمیت بالایی برخوردار است، به ویژه هنگام وقایعی چون زلزله که نقش آن دو چندان می شود. چراکه عملیات امداد وکمک رسانی توسط پل ها صورت خواهد گرفت. تخریب وفرو ریختن پل ها در ژاپن وآمریکا در زلزله های مخرب چند دهه اخیر توجه زیادی را به رفتار لرزه ای پل ها جلب نموده است. در زلزله کوبه در ژاپن تمامی خطوط راه آهن متحمل آسیب‌های فراوانی شدند. برای نمونه خط مرتفع مربوط به قطار سریع السیر شینکانسن که برای نیروهای جانبی بیش از آنچه در این زلزله ثبت شده طراحی شده بود، به علت عدم در نظر گرفتن نیروهای ناشی از لرزش های مؤلفه قائم شتاب زلزله کاملا" فرو ریخت. این امر نشان می دهد که جابجایی قائم نیز می تواند مخرب باشد وباید در طراحی در نظر گرفته شود.

همچنین قسمتهای بلند وپلهای راه آهن ژاپن، خطـوط هانشـین وهـانکیو تـا حـد زیـادی آسـیب دیدنـد. ایستگاه مرکزی این خطوط در سانومیا متحمل آسیب جدی گردید وبطور کامل فرو ریخت.

۱-۳- روش تحقیق

در این پروژه مطالعه موردی بر روی دو مدل پل راه آهن انجام شده است.

مدل اول مشتمل بر چهار پل دو دهانه باعرشه جعبه‌ای شکل بامقطع ثابت، طـول دهانـه بـه ترتیـب ۲۰-۳۰و۴۰متر وعرض ۱۲/۴ متر می باشد. تمام اجزای پل‌های ذکر شـده شـامل عرشـه وپایـه میـانی از بـتن ساخته شده اند، وعرشه به پایه میانی به صورت غلتکی متصل شده است.

مدل دوم مشتمل بر سه پل سه دهانه عرشه جعبه‌ای شکل بامقطع متغیر، طول دهانه میـانی ۶۰-۷۰ و۸۰ متر ودهانه‌های کناری به ترتیب ۳۰-۳۵ و۴۰ متر می باشد.

مقطع عرشه این نوع پلها از قطعات جعبه‌ای پیش ساخته بتنی ساخته شده است کـه بـه طـول ۲/۴ متـر وعرض ۵/۵ متر در مجاورت همدیگر قرار می گیرند وبا پیش تنیـدگی بـه صـورت طـره‌ای آزاد اجـرا مـی شوند.

این پلها در نرم افزارABAQUS-6.9.1 مدل شده وتحت ۷ رکورد زلزله در نواحی نزدیک گسل و۷ رکورد زلزله در فواصل دور از گسل تحلیل دینامیکی خطی و غیر خطی می شوند. هر مدل دو مرحله تحلیل شد، در مرحله اول مدل‌ها تحت تأثیر دو مؤلفه زلزله ودر مرحله دوم تحت تأثیر سه مؤلفه زلزلـه تحلیـل شـد، ومقدار نیروهای داخلی در دو تحلیل به دست آمدنـد، در نهایـت نسـبت تغییـرات واخـتلاف نتـایج در دو تحلیل با نتایج بار مرده تنها مقایسه شدند. این مقایسه در نتایج به صورت نمـاد "3-2/DL" معرفـی شـده است.

۱-۴- اهداف تحقیق

همانطور که گفته شد هدف اصلی از این تحقیق بررسی اثرات مؤلفه قائم زلزله بر پاسخ پل های راه آهن جعبه ای شکل وتعیین پارامترهای مؤثر در تشدید این اثرات است، به علاوه ضرایبی روی بار مرده برای لحاظ کردن اثر بار قائم زلزله در طراحی پل پیشنهاد شده است. در رسیدن به این هدف به سؤال‌های زیر پاسخ گفته می شود:

۱- اثر مؤلفه قائم زلزله روی نیروی محوری ستون‌ها.

۲- اثر مؤلفه قائم زلزله روی لنگر خمشی عرشه در محل تکیه گاه‌ها ووسط دهانه.

۳- اثر مؤلفه قائم زلزله روی نیروی برشی عرشه.

۴- افزایش طول دهانه پل چه تأثیری در تشدید یا تضعیف نیروهای ایجاد شده در اثر مؤلفه قائم زلزله دارد.

۵- بطور کلی، اثر مؤلفه قائم برای چه اعضایی باید در نظر گرفته می شود.

۱-۵- فرضیه های تحقیق

فرضیه‌های در نظر گرفته در این تحقیق عبارتند از:

۱- پل های دو دهانه جعبه ای شکل با دهانه های ۲۰،۳۰،۴۰و۵۰ صورت می گیرد.

۲- پل های سه دهانه جعبه ای قطعه‌ای بااجرای طره‌ای، بادهانه ها ۶۰،۷۰ و۸۰ صورت می گیرد.

۳- بررسی های بر روی پل‌های سه بعدی با المان Wire صورت می گیرد.

۴- رفتار مصالح عرشه، خطی فرض می شود.

۵- رفتار مصالح ستون، غیر خطی فرض می شود.

۶- پل ها تحت ۷ رکورد در فواصل نزدیک گسل و۷ رکورد زلزله در فواصل دور از گسل صورت می گیرد.