مبانی نظری اثرات اندرکنش خاک و سازه در سازه های فولادی و پل بتنی

www.ketab.ir

بهزاد حاصلی
محمد بهاری
نورالدین صادقی
سامان سنجری
حسین ممقانی

تابستان ۱۴۰۳

نشر دانشگاهی فرهمند

نام کتاب : مبانی نظری اثرات اندرکنش خاک و سازه در سازه های فولادی و پل بتنی

نویسندگان : بهزاد حاصلی / محمد بهاری / نورالدین صادقی / سامان سنجری

سال چاپ : ۱۴۰۳

نوبت چاپ : اول

شمارگان : ۱۰۰

بها : ۲۲۰۰۰۰۰ ریال

شابک : ۹۷۸-۶۲۲-۷۳۱۵-۸۹-۹

حق چاپ برای نشر دانشگاهی فرهمند محفوظ می باشد.

نشانی: تهران، خیابان انقلاب ، روبروی در اصلی دانشگاه ، پاساژ فروزنده ، طبقه اول ، واحد ۴۱۹

تلفن : ۶۶۹۶۸۶۱۴-۶۶۴۱۰۶۸۸

www.ketab.ir

عنوان و نام پدیدآور	:	مبانی نظری اثرات اندرکنش خاک و سازه در سازه‌های فولادی و پل بتنی/بهزاد حاصلی...[و دیگران].
مشخصات نشر	:	تهران: نشر دانشگاهی فرهمند، ۱۴۰۳.
مشخصات ظاهری	:	۱۷۸ص.: مصور(بخشی رنگی)، جدول، نمودار.
شابک	:	978-622-7315-89-9
وضعیت فهرست نویسی	:	فیپا
یادداشت	:	بهزاد حاصلی، محمد بهاری، نورالدین صادقی، سامان سنجری، حسین ممقانی.
یادداشت	:	کتابنامه.
موضوع	:	پل‌های بتنی -- طراحی و ساخت
		Concrete bridges -- Design and Construction
		سازه‌های فولادی -- طراحی و ساخت -- الگوهای ریاضی
		Steel structures -- Design and construction -- Mathematical models*
		خاک و سازه
		Soil-structure interaction
		پل‌های بتنی -- اثر زلزله
		Concrete bridges -- Earthquake effects
شناسه افزوده	:	حاصلی، بهزاد، ۱۳۷۰-
رده بندی کنگره	:	TG۳۳۵
رده بندی دیویی	:	۶۲۴/۲
شماره کتابشناسی ملی	:	۹۶۸۵۳۰۵
اطلاعات رکورد کتابشناسی	:	فیپا

چکیده:

با توجه استقرار کشورمان بر روی کمربند لرزه ای، بسیاری از پل های واقع در شهر های مختلف کشورمان در مجاورت و نزدیکی گسل های فعال و خطرناک قرار گرفته است. لذا شناسایی عوامل موثر و تاثیر گذار در برآورد دقیق رفتار لرزه ای پل ها و مدلسازی این عوامل در نمونه های تحلیلی، می تواند درک عمومی نسبت به برآورد پاسخ های نزدیک به واقعیت را افزایش داده و منجر به تبیین الزامات مهندسی دقیقتر در احداث و اجرای سازه های حیاتی گردد. با توجه به اهمیت در نظر گرفتن اثرات اندرکنش خاک-سازه در انواع سیستم های سازه ای، از جمله پل و ساختمان های چند طبقه با کاربری های مختلف، در این مطالعه پس از معرفی روش های مختلف جهت مدل کردن اثرات اندرکنش خاک-سازه و ارائه مبانی نظری اندرکنش خاک، روند مدلسازی خاک در دو نمونه مورد ی مجزا مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است. در مورد اول اندرکنش خاک-سازه بر روی رفتار سازه های میان مرتبه و بلند مرتبه فولادی و در مورد دوم، اندرکنش خاک بر روی یک نمونه سازه پل بتنی و مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است. لازم به ذکر است، به منظور در نظر گرفتن اثرات اندرکنش خاک از مدل مخروطی مربوط به پی های سطحی استفاده شده است. مدل مخروطی شامل شش درجه آزادی است که از درجه آزادی قائم صرف نظر شده است. نتایج مطالعه نشان می دهد، اندرکنش خاک در مورد سازه های مهندسی، تاثیر قابل توجهی بر روی انواع پاسخ های لرزه ای خواهد داشت. به عنوان نمونه در خصوص اثرات اندرکنش خاک بر روی رفتار پل، نتایج به دست آمده نشان داد، تفاوت نتایج در اثر صرف نظر کردن از اثرات اندرکنش خاک مقادیر عددی پریود اصلی سازه، حداکثر جابجایی ایجاد شده در عرشه، حداکثر جابجایی ایجاد شده در پایه میانی پل، حداکثر شتاب ایجاد شده در پایه میانی پل، حداکثر تنش در مقطع پایه میانی، حداکثر کرنش در مقطع پایه میانی و حداکثر عکس العمل تکیه گاهی پایه میانی پل به ترتیب ۸۸٪، ۲۵,۹٪، ۶۳,۷٪، ۵۴,۹٪، ۴,۵٪، ۲۸,۵٪ و ۲۸,۹٪ می باشد. لذا این اختلاف نتایج بیانگر اهمیت و تاثیر قابل توجه در نظر گرفتن اثرات اندرکنش بر روی پاسخ های لرزه ای پل می باشد.

ساختار کتاب پیش رو به شکل زیر است:

در فصل اول این کتاب مقدمه ای از لزوم احداث سازه پل و نقش حیاتی آن در سیستم حمل و نقل کشور بیان شده است.

در فصل دوم، مبانی نظری و روش های مختلف تحلیل و اندرکنش خاک-سازه معرفی شده است.

در فصل سوم ادبیات پژوهش و بررسی های انجام شده در خصوص لزوم لحاظ نمودن اثرات اندرکنش خاک-سازه بررسی شده است.

www.ketab.ir

در فصل چهارم روند مدل سازی اثرات اندرکنش خاک-سازه به صورت مرحله به مرحله در خصوص چند سازه فولادی میان مرتبه و بلند مرتبه بررسی و ارزیابی شده است.

در فصل پنجم روند مدل سازی اثرات اندرکنش خاک-سازه به صورت مرحله به مرحله در خصوص یک نمونه پل بتنی مدل سازی شده در محیط نرم افزار اپنسیس ارائه شده است.

از تمامی خوانندگان و صاحب نظران محترم خواهشمندیم مارا از نظرات راهبردی و ارزشمند خود در جهت رفع نواقص و بهبود سطح کیفی این نوشتار، بهره مند نمایند. در پایان این تلاش اندک را به عنوان خدمتی ناقابل به روح شهدای خدمت به ویژه شهید جمهور، جناب آقای دکتر ابراهیم رئیسی تقدیم می نماییم.

گروه نویسندگان، تابستان ۱۴۰۳

www.ketab.ir

فهرست مطالب

۱ فصل اول: سازه پل و تاثیر آن در سیستم حمل و نقل کشور ۱

۱-۲-۱ آیین نامه ایران (IC-۲۸۰۰) ۳

۱-۲-۲ آیین نامه اروپایی (Euro code-۸،۱۹۹۵) ۳

۱-۲-۳ آیین نامه آمریکایی (FEMA (NEHRP-۹۷ ..... ۳

۱-۴-۱ روش مستقیم در تحلیل اندرکنش خاک و سازه ۸

۱-۴-۲ روش زیرسازه در تحلیل اندرکنش خاک و سازه ۸

۱-۴-۳ روش فنر و میراگر در تحلیل اندرکنش خاک و سازه ۹

۱-۴-۴ روش اجتماع آثار در تحلیل اندرکنش خاک و سازه ۹

۱-۴-۵ روش مدل مخروط در تحلیل اندرکنش خاک و سازه ۱۱

۱-۴-۶ تحلیل اندرکنش خاک و سازه در آیین نامه استاندارد ۲۸۰۰ ..... ۱۲

۱-۵-۱ تقسیم بندی ساختگاه های متفاوت ۱۵

۱-۵-۲ خصوصیات خاک ۱۵

۱-۶-۱ سیستم خاک سازه ۱۸

۱-۶-۲ مدلسازی محیط نا محدود خاک با به کارگیری روش مستقیم ۱۹

۱-۶-۳ ماتریس امپدانس خاک-فونداسیون ۲۰

۱-۷-۱ تحلیل سیستم خاک- فوندانسیون ۲۳

۲ فصل دوم: معرفی روش های تحلیل اندرکنش خاک-سازه ۲۸

۲-۱-۱ مدل فنر و کمک فنر در پی سازه ۲۸

۲-۱-۲ مدل تیر برشی ۲۹

۲-۱-۳ مدل نیم فضای الاستیک یا ویسکو الاستیک ۲۹

۲-۱-۴ مدل عناصر محدود برای خاک ۲۹

۲-۱-۵ مدل ترکیبی نیم فضا و المان محدود ۳۰

۲-۱-۶ اندرکنش خاک-سازه مطابق با استاندارد ۲۸۰۰ ..... ۳۰

۲-۲-۱ روش مستقیم ۳۱

۲-۲-۲ روش زیر سازه ۳۱

۲-۲-۳ روش مختلط ۳۲

۲-۲-۴ معادلات تعادل جهشی ۳۲

۲-۲-۵ روش های مختلف انتگرال گیری قدم به قدم در قلمرو زمان ۳۳

۲-۲-۶ روش تحلیل استاتیکی ۳۳

۳ فصل سوم: مرور و ادبیات پژوهش ۳۶

۳-۳-۱ بیشینه ی پژوهش ۳۶

www.ketab.ir

۴ فصل چهارم: تاثیر اندرکنش خاک وسازه در سازه های بتنی ۳تا۸ طبقه بر روی میزان مصالح مصرفی فولاد و بتن ۴۸

۴-۳-۱ معرفی مقاطع تخصیص یافته به سازه های مورد مطالعه ۵۳

۴-۳-۲ نتایج سازه ۵ طبقه در دو حالت با و بدون اندرکنش خاک ۵۶

۴-۳-۳ نتایج سازه ۸ طبقه در دو حالت با و بدون اندرکنش خاک ۶۲

۴-۳-۴ نتایج سازه ۱۰ طبقه در دو حالت با و بدون اندرکنش خاک ۶۷

۴-۳-۵ مقایسه نتایج در سازه های ۵، ۸ و ۱۰ طبقه ۷۵

۴-۳-۶ جمع بندی و نتیجه گیری ۷۸

۵ فصل پنجم: مطالعه ی رفتار لرزه ای پل بزرگراهی با در نظر گرفتن اثرات اندرکنش خاک ۸۰

۵-۱-۱ معرفی مشخصات مصالح مصرفی ۸۲

۵-۱-۲ مدل سازی المان های مختلف پل ۸۴

۵-۱-۳ بارگذاری وارد برپل ۸۵

۵-۲-۱ جابجایی عرشه ۸۸

۵-۲-۲ جابجایی پایه میانی پل ۸۹

۵-۲-۳ حداکثر شتاب ایجاد شده در پایه میانی پل ۹۰

۵-۲-۴ منحنی تنش-کرنش مربوط به پایه میانی پل ۹۱

۵-۲-۵ عکس العمل تکیه گاهی ۹۲

۵-۳-۱ جابجایی عرشه ۹۳

۵-۳-۲ جابجایی پایه میانی پل ۹۳

۵-۳-۳ حداکثر شتاب ایجاد شده در پایه میانی پل ۹۴

۵-۳-۴ منحنی تنش-کرنش مربوط به پایه میانی پل ۹۵

۵-۳-۵ عکس العمل تکیه گاهی ۹۶

۵-۴-۱ جابجایی عرشه ۹۷

۵-۴-۲ جابجایی پایه میانی پل ۹۷

۵-۴-۳ حداکثر شتاب ایجاد شده در پایه میانی پل ۹۸

۵-۴-۴ منحنی تنش-کرنش مربوط به پایه میانی پل ۹۹

۵-۴-۵ عکس العمل تکیه گاهی ۱۰۰

۵-۵-۱ پریود اصلی سازه ۱۰۱

۵-۵-۲ جابجایی عرشه پل ۱۰۲

۵-۵-۳ جابجایی پایه ی میانی پل ۱۰۴

۵-۵-۴ حداکثر شتاب پایه ی میانی پل ۱۰۶

۵-۵-۵ منحنی تنش-کرنش مقطع دایروی پایه میانی پل ۱۰۸

www.kelab.ir

۵-۵-۶ حداکثر عکس العمل تکیه گاهی ۱۰۹
۶ پیوست الف: بدون اندرکنش eigen ۱۱۴
۷ پیوست ب: بدون اندرکنش-تحلیل تاریخچه زمانی ۱۲۴
۸ منابع: ۱۶۰

فهرست شکل ها

شکل ۱-۱: مدل پایه گیردار (سمت چپ) و مدل اندرکنش خاک و سازه (سمت راست) برای یک سازه قابی شکل[۵] ۷
شکل ۱-۲: مدل اجزای محدود برای تحلیل مساله ی اندرکنش خاک و سازه[۶] ۸
شکل ۱-۳: نمونه مدل سازی به روش فنر و میراگر معادل ۹
شکل ۱-۴: روش اجتماع آثار: اندرکنش سینماتیکی (سمت چپ) و اندرکنش اینرسی دار(سمت راست)[۶] ۱۰
شکل ۱-۵: هندسه ی سازه (تصویر بالا)، تفکیک حل به اندرکنش سینماتیک و اینرسی دار(تصویر وسط)، مراحل حل اندرکنش اینرسی دار (تصویر پایین) [۷] ۱۱
شکل ۱-۶: نسبت میرایی پی[۹] ۱۴
شکل ۱-۷: رابطه کلی تنش-کرنش خاک تحت تحریک حالت پایدار دامنه ثابت[۱۱] ۱۶
شکل ۱-۸: طیف طرح برای شرایط مختلف ساختگاه با میرایی ۵٪ به ازای حالت های مختلف ساختگاه I، II، III و IV (ساختگاه ها به ترتیب با SCI، SCII، SCIII و SCIV مشخص شده اند) [۱۲] ۱۷
شکل ۱-۹: مدل اندرکنش خاک-سازه بر اساس مطالعات طباطبایی فر و معصومی[۱۳] ۲۰
شکل ۱-۱۰: مدل سازی اجزاء محدود خاک با مرزهای اولیه بر اساس مطالعات طباطبایی فر و معصومی[۱۳] ۲۰
شکل ۱-۱۱: آرایش امپدانس[۱۴] ۲۱
شکل ۱-۱۲: روش زیر سازه برای SSI : a) سیستم کامل خاک-فونداسیون-روسازه (b) زیر سازه خاک-فونداسیون و (c) زیر سازه روسازه[۱۶] ۲۴
شکل ۱-۱۳: (a) گروه شمع در یک خاک لایه ای افقی؛ (b) مدل خاک-فونداسیون و (c) جابه جایی در گره i در اثر نیروهای وارد شده در گره j.[۱۶] ۲۶

www.ketab.ir

شکل ۲-۱: مدلسازی خاک به روش فنر و کمک فنر ۲۹
شکل ۲-۲: مدل تحلیلی در نظر گرفته شده در استاندارد ۲۸۰۰[۱۸] ۳۱
شکل ۲-۳: تعریف طیف طرح در نرم افزار ایتبس ۳۴
شکل ۳-۱: سازه سه بعدی مدل شده توسط شوشتری و همکاران در نرم افزار اپنسیس[۱۹] ۳۷
شکل ۳-۲: نتایج مطالعات جواهر زاده و همکاران[۲۰] ۳۷
شکل ۳-۳: نمای مقطع طولی پل مورد مطالعه در رفرنس[۲۱] ۳۸
شکل ۳-۴: نمودارهای میرایی مودهای سیستم خاک-سازه بر اساس مطالعات قدرتی و همکاران[۲۲] ۳۹
شکل ۳-۵: صحت سنجی انجام شده توسط کلبادی و همکاران[۲۳] ۴۰
شکل ۳-۶: نتایج مطالعات گل نرگسی و همکاران[۲۴] ۴۰
شکل ۳-۷: توزیع تغییر مکان نسبی طبقات در حالات اندرکنشی بر اساس مطالعات قدرتی امیری و همکاران[۲۶] ۴۲
شکل ۳-۸: اثرات اندرکنش خاک و سازه برای قابهای ساختمانی در ساختگاه ۱، بر اساس مطالعات بالندرا [۲۷] ۴۳
شکل ۳-۹: نتایج مطالعات گوانگ و وانگ [۲۸] ۴۴
شکل ۳-۱۰: منحنی ظرفیت ارائه شده برای پل مورد مطالعه توسط ایز [۲۹] ۴۵
شکل ۳-۱۱: نتایج مطالعات ارحان و همکاران [۳۰] ۴۶
شکل ۳-۱۲: نمودار خیز دال بتنی پل مورد مطالعه توسط تانون به ازای موقعیت های مختلف بار اعمالی [۳۱] ۴۶
شکل ۳-۱۳: مدل عددی سیستم خاک-شمع-فوندانسیون براساس مطالعات تانگ و همکاران[۳۲] ۴۷
شکل ۴-۱: تعریف پروفیل خاک در محیط نرم افزار ایتبس ۴۹
شکل ۴-۲: ساختار هندسی سازه پنج طبقه در دو حالت با و بدون تغییر شکل (به ترتیب پایین و بالا) ۵۱
شکل ۴-۳: ساختار هندسی سازه هشت طبقه در دو حالت با و بدون تغییر شکل (به ترتیب پایین و بالا) ۵۲

www.ketab.ir

شکل ۴-۴: ساختار هندسی سازه ده طبقه در دو حالت با و بدون تغییر شکل (به ترتیب پایین و بالا)..... ۵۳
شکل ۴-۵: مقاطع بتنی مورد استفاده در پژوهش حاضر(تیر و ستون)..... ۵۴
شکل ۴-۶: نمایش مقاطع منتخب..... ۵۵
شکل ۴-۷: مقایسه وزن مصالح بتنی در سازه پنج طبقه در دو حالت با و بدون اندرکنش..... ۵۹
شکل ۴-۸: مقایسه برش پایه و حداکثر جابجایی بام در سازه پنج طبقه در دو حالت با و بدون اندرکنش..... ۶۰
شکل ۴-۹: منحنی نمایش اندرکنش ستون B-۲ در طبقه اول سازه پنج طبقه..... ۶۱
شکل ۴-۱۰: نتایج مربوط به نیروی محوری ولنگر خمشی در ستون B-۲ در سازه پنج طبقه..... ۶۱
شکل ۴-۱۱: مقایسه وزن مصالح بتنی در سازه هشت طبقه در دو حالت با و بدون اندرکنش..... ۶۵
شکل ۴-۱۲: مقایسه برش پایه و حداکثر جابجایی بام در سازه هشت طبقه در دو حالت با و بدون اندرکنش..... ۶۵
شکل ۴-۱۳: منحنی نمایش اندرکنش ستون B-۲ در طبقه اول سازه هشت طبقه..... ۶۶
شکل ۴-۱۴: نتایج مربوط به نیروی محوری ولنگر خمشی در ستون B-۲ در سازه هشت طبقه..... ۶۶
شکل ۴-۱۵: مقایسه وزن مصالح بتنی در سازه ده طبقه در دو حالت با و بدون اندرکنش..... ۷۲
شکل ۴-۱۶: مقایسه برش پایه و حداکثر جابجایی بام در سازه ده طبقه در دو حالت با و بدون اندرکنش..... ۷۳
شکل ۴-۱۷: منحنی نمایش اندرکنش ستون B-۲ در طبقه اول سازه ده طبقه..... ۷۴
شکل ۴-۱۸: نتایج مربوط به نیروی محوری ولنگر خمشی در ستون B-۲ در سازه ده طبقه..... ۷۴
شکل ۴-۱۹: مقایسه روند تغییرات وزن مصالح بتنی در سازه های مورد مطالعه..... ۷۵
شکل ۴-۲۰: مقایسه روند تغییرات وزن مصالح فولادی در سازه های مورد مطالعه..... ۷۶
شکل ۴-۲۱: مقایسه روند تغییرات برش پایه در سازه های مورد مطالعه..... ۷۷

www.ketab.ir

شکل ۴-۲۲: مقایسه روند تغییرات جابجایی بام در سازه های مورد مطالعه..... ۷۷
شکل ۵-۱: ساختار و هندسه ی پل مورد مطالعه در پژوهش حاضر..... ۸۱
شکل ۵-۲: مختصات سیستم و درجات آزادی..... ۸۲
شکل ۵-۳: الف)منحنی رفتار ماده یک بعدی(Concrete۰۱)- ب) منحنی رفتار ماده یک بعدی(Concrete۰۳)-ج) منحنی رفتار ماده یک بعدی (Steel۰۱)..... ۸۳
شکل ۵-۴: ویژگی طرح کامیون برای اختصاص بار زنده..... ۸۶
شکل ۵-۵: جابجایی عرشه پل در دو حالت با و بدون در نظر گرفتن اثرات اندرکنش خاک تحت اثر رکورد jfpg..... ۸۹
شکل ۵-۶: جابجایی پایه ی میانی پل در دو حالت با و بدون در نظر گرفتن اثرات اندرکنش خاک تحت اثر رکورد jfpg..... ۹۰
شکل ۵-۷: حداکثر شتاب ایجاد شده در پایه ی میانی پل در دو حالت با و بدون در نظر گرفتن اثرات اندرکنش خاک تحت اثر رکورد jfpg..... ۹۰
شکل ۵-۸: منحنی تنش-کرنش مقطع پایه ی میانی پل در دو حالت با و بدون در نظر گرفتن اثرات اندرکنش خاک تحت اثر رکورد jfpg..... ۹۱
شکل ۵-۹: حداکثر عکس العمل تکیه گاهی در دو حالت با و بدون در نظر گرفتن اثرات اندرکنش خاک تحت اثر رکورد jfpg..... ۹۲
شکل ۵-۱۰: جابجایی عرشه پل در دو حالت با و بدون در نظر گرفتن اثرات اندرکنش خاک تحت اثر رکورد loma..... ۹۳
شکل ۵-۱۱: جابجایی پایه ی میانی پل در دو حالت با و بدون در نظر گرفتن اثرات اندرکنش خاک تحت اثر رکورد loma..... ۹۴
شکل ۵-۱۲: حداکثر شتاب ایجاد شده در پایه ی میانی پل در دو حالت با و بدون در نظر گرفتن اثرات اندرکنش خاک تحت اثر رکورد loma..... ۹۴
شکل ۵-۱۳: منحنی تنش-کرنش مقطع پایه ی میانی پل در دو حالت با و بدون در نظر گرفتن اثرات اندرکنش خاک تحت اثر رکورد loma..... ۹۵
شکل ۵-۱۴: حداکثر عکس العمل تکیه گاهی در دو حالت با و بدون در نظر گرفتن اثرات اندرکنش خاک تحت اثر رکورد loma..... ۹۶
شکل ۵-۱۵: جابجایی عرشه پل در دو حالت با و بدون در نظر گرفتن اثرات اندرکنش خاک تحت اثر رکورد syl..... ۹۷

www.ketab.ir

شکل ۵-۱۶: جابجایی پایه ی میانی پل در دو حالت با و بدون در نظر گرفتن اثرات اندرکنش خاک تحت اثر رکورد syl ۹۸
شکل ۵-۱۷: حداکثر شتاب ایجاد شده در پایه ی میانی پل در دو حالت با و بدون در نظر گرفتن اثرات اندرکنش خاک تحت اثر رکورد syl ۹۹
شکل ۵-۱۸: منحنی تنش-کرنش مقطع پایه ی میانی پل در دو حالت با و بدون در نظر گرفتن اثرات اندرکنش خاک تحت اثر رکورد syl ۱۰۰
شکل ۵-۱۹: حداکثر عکس العمل تکیه گاهی در دو حالت با و بدون در نظر گرفتن اثرات اندرکنش خاک تحت اثر رکورد syl ۱۰۱
شکل ۵-۲۰: مقایسه ی پریود اصلی سازه دو حالت با و بدون در نظر گرفتن اثرات اندرکنش خاک ۱۰۲
شکل ۵-۲۱: مقایسه ی جابجایی عرشه پل دو حالت با و بدون در نظر گرفتن اثرات اندرکنش خاک ۱۰۳
شکل ۵-۲۲: مقایسه ی اختلاف جابجایی عرشه پل دو حالت با و بدون در نظر گرفتن اثرات اندرکنش خاک ۱۰۴
شکل ۵-۲۳: مقایسه ی جابجایی پایه میانی پل دو حالت با و بدون در نظر گرفتن اثرات اندرکنش خاک ۱۰۵
شکل ۵-۲۴: مقایسه ی اختلاف جابجایی پایه میانی پل دو حالت با و بدون در نظر گرفتن اثرات اندرکنش خاک ۱۰۶
شکل ۵-۲۵: مقایسه ی حداکثر شتاب پایه میانی پل دو حالت با و بدون در نظر گرفتن اثرات اندرکنش خاک ۱۰۷
شکل ۵-۲۶: مقایسه ی اختلاف حداکثر شتاب پایه میانی پل دو حالت با و بدون در نظر گرفتن اثرات اندرکنش خاک ۱۰۸
شکل ۵-۲۷: نقاط حداکثر تنش-کرنش پایه میانی پل دو حالت با و بدون در نظر گرفتن اثرات اندرکنش خاک ۱۰۹
شکل ۵-۲۸: حداکثر عکس العمل تکیه گاهی در حالت صرف نظر کردن از اثرات اندرکنش خاک در شش جهت ۱۱۰
شکل ۵-۲۹: حداکثر عکس العمل تکیه گاهی در حالت در نظر گرفتن اثرات اندرکنش خاک در شش جهت ۱۱۰

www.ketab.ir

شکل ۵-۳۰: اختلاف مقادیرحداکثر عکس العمل تکیه گاهی در دو حالت با و بدون در نظر گرفتن اثرات اندرکنش خاک در شش جهت..... ۱۱۱

فهرست جدول ها

جدول ۴-۱: معرفی پارامترهای لرزه‌ای سازه‌های مختلف مورد مطالعه جهت تعریف بار لرزه‌ای..... ۵۰
جدول ۴-۲: وزن واحد طول اجزای تیر و ستون در پژوهش حاضر..... ۵۵
جدول ۴-۳: مقاطع اختصاص یافته به ستون های سازه ۵ طبقه بدون اندرکنش خاک... ۵۷
جدول ۴-۴: مقاطع اختصاص یافته به تیرهای سازه ۵ طبقه بدون اندرکنش خاک ۵۷
جدول ۴-۵: مقاطع اختصاص یافته به ستون های سازه ۵ طبقه با اندرکنش خاک..... ۵۸
جدول ۴-۶: مقاطع اختصاص یافته به تیرهای سازه ۵ طبقه با اندرکنش خاک ۵۹
جدول ۴-۷: مقاطع اختصاص یافته به ستون های سازه ۸ طبقه بدون اندرکنش خاک... ۶۲
جدول ۴-۸: مقاطع اختصاص یافته به تیرهای سازه ۸ طبقه بدون اندرکنش خاک ۶۳
جدول ۴-۹: مقاطع اختصاص یافته به ستون های سازه ۸ طبقه با اندرکنش خاک..... ۶۳
جدول ۴-۱۰: مقاطع اختصاص یافته به تیرهای سازه ۸ طبقه با اندرکنش خاک ۶۴
جدول ۴-۱۱: مقاطع اختصاص یافته به ستون های سازه ۱۰ طبقه بدون اندرکنش خاک..... ۶۷
جدول ۴-۱۲: مقاطع اختصاص یافته به تیرهای سازه ۱۰ طبقه بدون اندرکنش خاک.... ۶۹
جدول ۴-۱۳: مقاطع اختصاص یافته به ستون های سازه ۱۰ طبقه با اندرکنش خاک.... ۷۰
جدول ۴-۱۴: مقاطع اختصاص یافته به تیرهای سازه ۱۰ طبقه با اندرکنش خاک ۷۱
جدول ۵-۱: معرفی حالت های مختلف مورد مطالعه در پژوهش حاضر..... ۸۱
جدول ۵-۲: پارامترهای عددی مورد استفاده در دو ماده یک بعدی(Concrete۰۱) و (Concrete۰۳)..... ۸۳
جدول ۵-۳: پارامترهای عددی مورد استفاده در ماده یک بعدی (Steel۰۱) ۸۳
جدول ۵-۴: مقادیر عددی پارامترهای مورد نیاز جهت مدل سازی اجزای پل..... ۸۵
جدول ۵-۵: بار دینامیکی مجاز(IM) ۸۷

www.ketab.ir

جدول ۵-۶: مقادیر جابجایی عرشه در حالت با و بدون اثرات اندرکنش خاک تحت اثر سه رکورد زلزله..... ۱۰۳
جدول ۵-۷: مقادیر جابجایی پایه میانی در حالت با و بدون اثرات اندرکنش خاک تحت اثر سه رکورد زلزله ۱۰۵
جدول ۵-۸: مقادیر حداکثر شتاب پایه میانی در حالت با و بدون اثرات اندرکنش خاک تحت اثر سه رکورد زلزله..... ۱۰۷
جدول ۵-۹: معرفی درجات آزادی انتقالی و دورانی..... ۱۰۹

www.ketab.ir