مبانی نظری طراحی لرزه ای پل

www.ketab.ir

بهزاد حاصلی
محمد بهاری
ادریس عصاران
محمدرضا مظفرپور

نشر دانشگاهی فرهمند

نام کتاب : مبانی نظری طراحی لرزه ای پل

نویسندگان : بهزاد حاصلی محمد بهاری و ادریس عصاران و محمدرضا مظفرپور

سال چاپ : ۱۴۰۲

نوبت چاپ : اول

شمارگان : ۱۰۰

بها : ۲۰۰۰۰۰۰ ریال

شابک : ۷-۷۰-۷۳۱۵-۶۲۲-۹۷۸

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 طراحی لرزه‌ای پل/ بهزاد حاصلی...[و دیگران].

مشخصات نشر : تهران: نشر دانشگاهی فرهمند، ۱۴۰۲.

مشخصات ظاهری : ۲۱۰ ص.: جدل، نمودار.

شابک : 978-622-7315-70-7:۲۰۰۰۰۰۰ ریال

وضعیت فهرست نویسی : فیپا

یادداشت : نویسندگان بهزاد حاصلی، محمد بهاري،ادریس عصاران، محمدرضا مظفرپور.

یادداشت : کتابنامه: ص. ۱۴۸ - ۱۵۱.

موضوع : پل‌ها -- اثر زلزله

Bridges -- Earthquake effects

پل‌سازی

Bridges -- Design and construction

شناسه افزوده : حاصلی، بهزاد، ۱۳۷۰-

رده بندی کنگره : TG۲۶۵

رده بندی دیویی : ۶۲۴/۲۵

شماره کتابشناسی ملی : ۹۲۵۱۵۸۹

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. پل به عنوان یکی از اصلی ترین شریان های حیاتی سیستم حمل و نقل در کشور مطرح 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. در این مجموعه تلاش شده است تا گامی کوچک در راستای طراحی و تبیین مبانی نظری مرتبط با انواع مختلف سازه ی پل برداشته شود. سرفصل های اصلی بررسی شده در این مجموعه به شرح زیر قابل بیان است

در فصل اول این کتاب تاثیر نوع مدل سازی کوله بر رفتار لرزه ای پل مورد مطالعه و ارزیابی قرار گرفته است.

در فصل دوم به ارزیابی رفتار لرزه ای پل بزرگراهی با در نظر گرفتن اثرات اندرکنش خاک پرداخته شده است

در فصل سوم نیروی تسلیم جداگرهای لرزه ای جهت مقاوم سازی پل های بتن آرمه با کنترل میرایی هیسترتیک مورد مطالعه و ارزیابی قرار گرفته است.

در فصل چهارم رفتار لرزه ای یک نمونه پل معلق در برابر نیروی باد، مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است.

www.ketab.ir

در اینجا بر خود لازم میدانیم از همراهی و تجارب مهندسان فعال در عرصه ی سازندگی و احداث و طراحی سازه ی پل و همچنی خانواده ی عزیزمان که ما را در تهیه این نوشتار یاری نمودند، کمال تشکر و مراتب قدردانی خود را اعلام نماییم. همچنین 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 صاحت مقدس امام عصر (عج) و روح پرفتوح فرمانده ی همیشگی لشکر امنیت جهانی، شهید حاج قاسم سلیمانی، تقدیم می نماییم.

بهزاد حاصلی و سایر نویسندگان، اردیبهشت ۱۴۰۲

فهرست مطالب

۱- تاثیر نوع مدل سازی کوله بر رفتار لرزه ای پل ۱

۱-۱- مقدمه ۱

۱-۲- ویژگی‌های حرکات زمین در نزدیک گسل ۲

۱-۳- بررسی خسارات وارد به پل‌ها تحت زلزله‌های اخیر ۵

۱-۴- مدل سازی عددی کوله ی پل ۸

۱-۵- تعیین بارهای زنده و بهره‌برداری ۱۰

۱-۶- انتخاب رکوردهای زلزله ۱۴

۱-۷- مبانی طراحی کوله پل ۱۶

۱-۷-۱- معرفی انواع کوله پل ۱۶

۱-۸- تشریح گام به‌گام مدل‌سازی کوله در حالت‌های مدنظر ۲۹

۱-۸-۱- مدل‌سازی کوله به‌صورت غلتکی ۲۹

۱-۸-۲- مدل‌سازی کوله به‌صورت ساده‌شده ۳۰

۱-۸-۳- مدل‌سازی کوله به‌صورت پایه دیواری ۳۴

۱-۹- نتایج به ازای حالات مختلف مدل‌سازی کوله به ازای رکورد زلزله ۳۹

۱-۹-۱- رکوردAGR(جهت پذیری پس رونده) ۳۹

۱-۹-۲- رکوردCXO (جهت پذیری خنثی) ۴۱

۱-۹-۳- رکورد ELC (جهت پذیری پیش رونده) ۴۳

۱-۹-۴- رکوردTAB ۴۵

۱-۹-۵- رکوردBAM ۴۷

۱-۱۰- تفسیر نتایج ۴۹

۲- ارزیابی رفتار لرزه ای پل بزرگراهی با در نظر گرفتن اثرات اندرکَنش خاک ۵۴

۲-۱- مقدمه ۵۴

۲-۲- لزوم بررسی اثرات اندرکنش خاک-سازه ۵۵

۲-۳- مفهوم کلی اثر ساختگاه ۵۶

۲-۳-۱- تقسیم بندی ساختگاه های متفاوت ۵۷

۲-۳-۲- خصوصیات خاک ۵۷

۲-۴- ساختار سازی برای ماتریس احتمالاتی خسارت ۵۸

۲-۴-۱- سیستم خاک سازه ۵۹

۲-۴-۲- مدلسازی محیط نا محدود خاک با به کارگیری روش مستقیم ۶۱

www.ketab.ir

۲-۴-۳- ماتریس امپدانس خاک-فونداسیون ۶۲
۲-۵-رفتار غیر خطی سازه های بلند تحت زلزله حوزه نزدیک با لحاظ اثرات اندرکنش ۶۴
۲-۶- تحلیل سیستم خاک- فندانسیون ۶۵
۲-۷- مدل های خاک به منظور لحاظ اثرات اندرکنش خاک –سازه ۶۹
۲-۷-۱- مدل فنر و کمک فنر در پی سازه ۶۹
۲-۷-۲- مدل تیر برشی ۷۰
۲-۷-۳- مدل نیم فضای الاستیک یا ویسکو الاستیک ۷۰
۲-۷-۴- مدل عناصر محدود برای خاک ۷۰
۲-۷-۵- مدل ترکیبی نیم فضا و المان محدود ۷۱
۲-۷-۶- اندرکنش خاک-سازه مطابق با استاندارد ۲۸۰۰ ۷۱
۲-۸- روش های تحلیلی اندرکنش خاک –سازه ۷۲
۲-۸-۱- روش مستقیم ۷۲
۲-۸-۲- روش زیر سازه ۷۲
۲-۸-۳- روش مختلط ۷۳
۲-۸-۴- معادلات تعادل جهشی۷۳
۲-۹- تحلیل نتایج ۷۴
۳- بررسی نیروی تسلیم جداگرهای لرزه ای جهت مقاوم سازی پل های بتن آرمه با کنترل میرایی هیسترتیک ۷۶
۳-۱- مقدمه ۷۶
۳-۱-۱- جداسازهای اصطکاکی ۷۷
۳-۱-۲- جداسازهای اصطکاکی پاندولی ۷۸
۳-۱-۳- جداسازهای الاستیک اصطکاکی ۷۹
۳-۱-۴- جداسازهای لاستیکی با ورقه‌های فولادی ۷۹
۳-۱-۵- جداسازهای لاستیکی با هسته‌ی سربی ۸۱
۳-۲- تحلیل نتایج ۸۲
۳-۲-۱- پاسخ های مورد مطالعه در پژوهش حاضر ۸۲
۳-۲-۲- برش پایه ۸۳
۳-۲-۳- بیشینه جابجایی ایجاد شده در عرشه ۸۴
3-2-4- نیروی تسلیم در جداگرهای لرزه ای ۸۵
3-3- شکل پذیری سازه ۸۹

www.ketab.ir

۳-۴- انرژی مستهلک شده در سازه ۹۰
۴- ارزیابی رفتار لرزه ای پل معلق در برابر نیروی باد ۹۲
۴-۱- مقدمه ۹۲
۴-۲- معرفی پل های معلق ۹۳
۴-۳- اجزای تشکیل دهنده ی پل معلق ۹۶
۴-۴- تئوری های موجود به منظور برآورد اثر نیروی باد بر روی سازه ۱۰۰
۴-۵- روش محاسبه ی بار باد ۱۰۳
۴-۵-۱- روش استاتیکی ۱۰۳
۴-۵-۲- روش دینامیکی ۱۰۳
۴-۵-۳- روش تجربی ۱۰۴
۴-۶- تاریخچه ی پل پیر تقی ۱۰۷
۴-۷- نحوه ی اعمال بار باد بر روی اجزای مختلف پل ۱۰۹
۴-۸- پدیده ی رزونانس ۱۱۳
۴-۹- مدل سازی پل پیرتقی در محیط نرم افزار ۱۱۸
۴-۱۰- تحلیل نتایج ۱۲۴
۴-۱۰-۱- خیز پل تحت اثر سناریوهای مختلف بارگذاری باد ۱۲۹
۴-۱۰-۲- نیروی کششی ایجاد شده در کابل های پل ۱۳۲
۴-۱۰-۳- توزیع نیروی برشی و لنگر خمشی ۱۳۵
۴-۱۰-۴- توزیع تنش در پل پیر تقی به ازای سناریوهای مختلف بارگذاری باد ۱۳۶
۴-۱۰-۵- عکس العمل تکیه گاهی در پل پیر تقی به ازای سناریوهای مختلف بارگذاری باد ۱۴۰
۴-۱۱- تعیین بحرانی ترین سناریوی بارگذاری باد ۱۴۲
۵- منابع ۱۴۸

فهرست شکل ها

شکل ۱-۱: تغییر مکان قائم پلBolu در ترکیه سال۱۹۹۹ ..... ۶
شکل ۱-۲: تخریب کامل پل منحنی در چین سال۲۰۰۸ ..... ۶
شکل ۱-۳: آسیب عمده کوله پل ۸
شکل ۱-۴: جزییات مقاطع استفاده‌شده در ستون‌های پایه‌های میانی پل ۹
شکل ۱-۵: عادی هر خط عبور ۱۲

www.ketab.ir

شکل ۱-۶: نحوه استقرار بار عادی در عرض سواره‌رو ۱۲
شکل ۱-۷: نحوه اعمال بار نوع اول در مدل‌سازی ۱۴
شکل ۱-۸: مشخصات نئوپرن مورداستفاده در مدل کوله غلتکی ۱۷
شکل ۱-۹: جزییات کوله یکپارچه ۱۹
شکل ۱-۱۰: سختی در کوله یکپارچه با فرض عدم وجود شکاف ۱۹
شکل ۱-۱۱: منحنی نیرو-جابجایی و سختی متوسط کوله ۲۱
شکل ۱-۱۲: تصویر شماتیک از مقطع مستطیلی مدنظر در فضای الاستیک نیمه متناهی ۲۳
شکل ۱-۱۳: توزیع فشار استاتیکی ۳۵
شکل ۱-۱۴: توزیع اضافه فشار دینامیکی ۳۶
شکل ۲-۱: رابطه کلی تنش-کرنش خاک تحت تحریک حالت پایدار دامنه ثابت ۵۸
شکل ۲-۲: طیف طرح برای شرایط مختلف ساختگاه با میرایی ٪۵. به ازای حالت های مختلف ساختگاه I،II،IIIو IV (ساختگاه ها به ترتیب با SCI، SCII، SCIII وSCIV مشخص شده اند) ۵۹
شکل ۲-۳: مدل اندرکنش خاک-سازه بر اساس مطالعات طباطبایی فر و معصومی ۶۲
شکل ۲-۴: مدل سازی اجزاء محدود خاک با مرزهای اولیه بر اساس مطالعات طباطبایی فر و معصومی ۶۲
شکل ۲-۵: آرایش امپدانس ۶۳
شکل ۲-۶: روش زیر سازه برای SSI : a) سیستم کامل خاک-فونداسیون-روسازه (b) زیر سازه خاک-فونداسیون و (c) زیر سازه روسازه ۶۶
شکل ۲-۷: (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 ۶۹
شکل ۲-۸: مدلسازی خاک به روش فنر و کمک فنر ۷۰
شکل ۲-۹: مدل تحلیلی در نظر گرفته شده در استاندارد ۲۸۰۰ ۷۲
شکل ۳-۱: جداسازهای اصطکاکی پاندولی ۷۹
شکل ۳-۲: جداسازهای اصطکاکی پاندولی ۷۹
شکل ۳-۳: جداسازهای لاستیکی با هسته ی سربی ۸۲
شکل ۳-۴: نمایش سه بعدی پل مورد مطالعه در پژوهش حاضر ۸۲

www.ketab.ir

شکل ۳-۵: مقایسه برش پایه در حالت های مختلف مدل سازی و به ازای رکوردهای مختلف ۸۴
شکل ۳-۶: مقایسه بیشینه جابجایی طولی عرشه در حالت های مختلف مدل سازی و به ازای رکوردهای مختلف ۸۵
شکل ۳-۷: الگوی رفتاری یکسان جداسازهای مدل شده در پژوهش حاضر ۸۷
شکل ۳-۸: مقایسه ی متوسط نیروی تسلیم جداساز در حالت های مختلف مقاوم سازی پل ۸۸
شکل ۳-۹: مقایسه ی متوسط نیروی گسیختگی جداساز در حالت های مختلف مقاوم سازی پل ۸۸
شکل ۳-۱۰: منحنی ظرفیت مربوط به سه حالت مختلف مدلسازی پل در پژوهش حاضر ۹۰
شکل ۳-۱۱: مقایسه پارامتر شکل پذیری در سه حالت مختلف مدلسازی پل در پژوهش حاضر ۹۰
شکل ۳-۱۲: مقایسه انرژی مستهلک شده در سه حالت مختلف مدلسازی ۹۱
شکل ۴-۱: یک نمونه پل معلق ۹۴
شکل ۴-۲: انواع عرشه در پل های معلق ۹۸
شکل ۴-۳: انواع برج در پل های معلق ۹۹
شکل ۴-۴: انواع کابل های مورد استفاده در پل های معلق ۱۰۰
شکل ۴-۵: بار وارد بر پایه و عرشه ی پل ۱۰۷
شکل ۴-۶: نمایی از پل معلق پیرتقی ۱۰۸
شکل ۴-۷: نمایش انواع پایلون در پل های معلق ۱۰۹
شکل ۴-۸: نحوه ی اعمال بار باد بر روی سازه در جهت های مختلف ۱۱۱
شکل ۴-۹: معرفی مدل جرم –فنر به منظور بیان پدیده ی تشدید ۱۱۴
شکل ۴-۱۰: موقعیت پل پیرتقی در استان اردبیل ۱۱۵
شکل ۴-۱۱: نمایش پل پیرتقی از زوایای مختلف ۱۱۶
شکل ۴-۱۲: مواد به کار رفته در ساخت پل پیر تقی ۱۱۷
شکل ۴-۱۳: نمایش گسل های فعال در استان اردبیل ۱۱۸
شکل ۴-۱۴: تعریف مشخصات مصالح مورد استفاده در نرم افزار ۱۱۹

www.ketab.ir