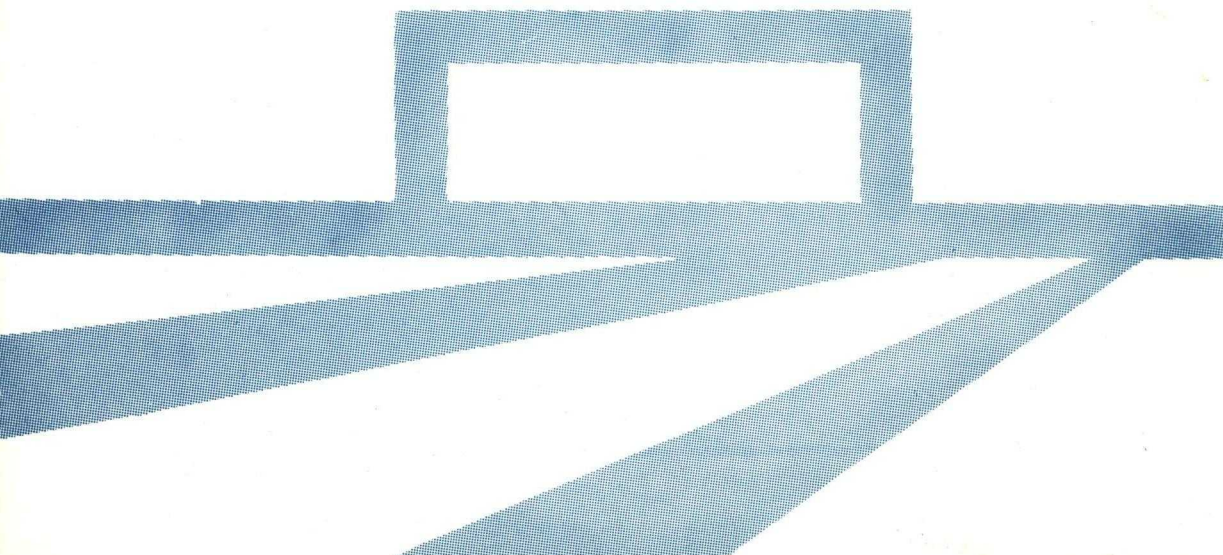
جمهوری اسلامی ایران
وزارت مسکن و شهرسازی

مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن
۱۷۰

آیین نامه
طرح پلهای شوسه و راه آهن
در برابر زلزله



بسم الله الرحمن الرحيم

آیین‌نامه
طرح پلهای شوسه و
راه آهن در برابر زلزله

مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن
آیین‌نامه طرح پل‌های شوسه و راه آهن در برابر زلزله.- تهران: مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ۱۳۷۲.
۳۵ ص. مصور (مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ۱۷۰)
عنوان به لاتین : Code of Practice for The Earthquake Resistant Design of road and Railroad Bridges

۱. پل‌ها - مهندسی ۲. پل‌ها - ساختمان ۳. سازه - طرح و محاسبه ۴. زلزله و ساختمان‌سازی الف . مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ۱۷۰

TG۴۴۵ ۶۲۴ . ۲

مصوبه شماره ۷۲/۱۰۸ چاپ کتاب، کمیته علمی انتشارات مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

آیین‌نامه طرح پلهای شوسه ر راه آهن در برابر زلزله
تهیه‌کننده : مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن
نشریه شماره ۱۷۰، زمستان ۷۲
ویرایش، حروفچینی، گرافیك، چاپ: انتشارات مرکز
تعداد : ۱۰۰۰ نسخه
بها :
کلیه حقوق چاپ و انتشار اثر به مرکز تعلق دارد.
بهره‌برداری از متن اثر با ذکر مأخذ بلامانع است.

نشـــانی : بزرگراه شیخ فضل‌ا... نوری، بین شهرك قدس و فرهنگیان، صندوق پستی۱۶۹۶-۱۳۱۴۵
تلفن : ۸-۹۸۵۹۴۲ غابر : ۹۸۵۹۴۱ تلکس : BHRC IR ۲۲۴۶۴۰
دفتر فروش : نرسیده به میدان ولی‌عصر، مجتمع اداری، تجاری ولی‌عصر، واحد ۸۲

بسمه تعالی

زندگی زیر چتر علم و آگاهی آنقدر شیرین وانس با کتاب و قلم و اندوخته ها آنقدر خاطره آفرین و پایدار است که همه تلخیها و ناکامیهای دیگر را از یاد می برد.

«امام خمینی (ره)»

پیشگفتار

زلزله یکی از فرایندهای طبیعی کره زمین است، که می تواند ساختار اقتصادی - سیاسی - فرهنگی و اجتماعی جامعه ای را بگسلد. کشور ایران به لحاظ موقعیت زمین شناسی و قرارگیری در پهنه ای از پوسته کره زمین، که از لحاظ زمین ساختی، بسیار فعال است هر از چند گاهی شاهد زلزله ای مخرّب و دهشتناك بوده است که متاسفانه تلفات انسانی و مالی بسیاری به بار می آورد. از میان رفتن سرمایه های ملّی و انسانی این سرزمین، براثر زلزله های مخرب که وقوع آن در آینده نیز محتمل است، لزوم توجه بر مقاوم سازی ابنیه و ساختمانهای موجود و طراحی هرنوع سازه جدیدی را در کشور، امری اجتناب ناپذیر نموده است. اجرای برنامه های نوسازی و ایجاد صنایع و سازه های بزرگ در کشور ما، نیاز به آیین نامه های مدوّن در زمینه های طراحی و مقاوم سازی سازه هارا الزامی کرده است.

در این باره مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، بنابر رسالتی که در خود احساس می‌کند، با تکیه برتلاش بی وقفه کارشناسان این مرز و بوم سعی نموده است تا آنجا که در توان دارد در انجام دادن این مهم بکوشد. آیین نامه طرح ساختمانها در برابر زلزله، (استاندارد ۲۸۰۰) یکی از دستاوردهای این تلاش بی وقفه است.

از آنجایی که آیین نامه مذکور حدود کاربرد مشخصی داشته و در مورد سازه های مهم نظیر پلها، سدها و تجهیزات بنادر محدودیت دارد، لذا تهیه و تنظیم آیین نامه جداگانه ای برای موارد ذکر شده بسیار لازم و ضروری است.

توسعه راهها (شوسه، راه آهن) که از شریانهای حیاتی مهم ارتباطی کشور است، و در برنامه های عمرانی از اولویت ویژه ای برخوردار است، می باید به آن توجهی خاص مبذول گردد. افزودن بر این، با در نظر گرفتن موقعیت جغرافیایی کشور ایران و وجود مناطق کوهستانی و رودخانه های کوچك و بزرگ، ایجاد پلهای شوسه و راه آهن در توسعه خطوط ارتباطی کشور لازم و ضروری اند.

با توجه به این مهم، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، با همکاری گروهی از کارشناسان فنی و استادان دانشگاههای کشور، در قالب کمیسیون تدوین آیین نامه طرح پلهای شوسه و راه آهن در برابر زلزله، اقدام به تهیه و تنظیم آیین نامه ای جهت پل های شوسه و راه آهن نمود.

بدیهی است آیین نامه مذکور اولین گام در راه تدوین ضوابطی جهت سازه های خاص در کشور ما محسوب می گردد.

امید است با به کارگرفتن نکات مندرج در این آیین نامه، خسارات ناشی از زلزله به پل‌های ارتباطی کشور که شاهرگ اقتصادی مملکت را تشکیل می دهند، به حداقل برسد. شایان ذکر است که، اطلاعات مربوط به زلزله طبس، نوغان و منجیل به صورت مجموعه ای در دیسکت جداگانه ای ضبط و در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، موجود و برای علاقه‌مندان قابل دسترس است.

مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، بدین وسیله مراتب تشکر و قدردانی خود را نسبت به کلیه اعضای کمیسیون تدوین آیین نامه، ابراز می دارد و از صاحبنظران انتظار دارد که از ارائه نظریات و پیشنهادهای اصلاحی دریغ ننمایند، تا در تجدید نظرهای بعدی ملحوظ گردد.

دکتر فرهاد دانشجو

رئیس مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول : کلیات	
۱-۱ هدف	۱
۱-۲ حدود کاربرد	۱
۱-۳ ضوابط کلی	۲
۱-۴ گروه بندی پلها برحسب اهمیت	۲
۱-۵ گروه بندی پلها بر حسب شکل	۳
فصل دوم : محاسبه پلها در برابر نیروی زلزله	
۲-۱ کلیات	۴
۲-۲ بارزنده	۴
۲-۳ روش محاسبه در برابر زلزله	۵
۲-۴ روش تحلیلی استاتیکی معادل	۵
۲-۵ روش تحلیلی شبه دینامیکی	۱۲
۲-۶ روش تحلیلی دینامیکی	۱۲
۲-۷ ترکیب نیروی زلزله با سایر نیروها	۱۳
۲-۸ جزئیات طراحی	۱۳
۲-۹ اثر زلزله برخاکریزهای پشت کوله ها و دیوارها	۱۵
پیوست ها :	
پیوست شماره (۱): درجه بندی خطر نسبی زلزله در شهرها و نقاط مهم ایران	۱۷
پیوست شماره (۲): جزئیات ابعاد و آرماتورگذاری در قابهای فضائی خمشی با شکل پذیری متوسط	۳۰
پیوست شماره (۳): روش آنالیز مدها برای مد اصلی نوسان در پلها	۳۵

فصل اول - کلیات

۱-۱ هدف

هدف این آیین نامه تعیین حداقل ضوابط و مقررات جهت طرح و اجرای پلها، اعم از پلهای شوسه و راه آهن، در مقابل اثرهای ناشی از زلزله است به طوری که پلها در برابر زلزله ایستایی خود را از دست ندهند و تلفات جانی و خسارات مالی، حداقل باشد. با رعایت این آیین نامه انتظار می رود پلها در برابر زلزله های با شدت کم و متوسط (تا درجه VII مقیاس اصلاحی مرکالی) بدون آسیب عمده و در برابر زلزله های شدید (تا درجه IX) بدون فرو ریختن، قادر به مقاومت باشند.

۱-۲ حدود کاربرد

۱-۲-۱ این آیین نامه برای طرح و اجرای پلهای فولادی، بتن آرمه، مختلط و بتن پیش تنیده به کار برده می شود.

۱-۲-۲ پلهایی که پایه های آنها با بتن بدون آرماتور یا با مصالح بنایی ساخته می‌شوند، مشمول این آیین نامه نمی شوند. در مورد این پلها فقط ضابطه مندرج در تبصره (۱) در بند (۲-۴-۲) رعایت می گردد.

۱-۲-۳ پلهای مدفون در خاك (آبروها) نیاز به محاسبه خاصی برای زلزله ندارند. پلهای مدفون به پلهایی اطلاق می شود که حداقل ۶۰ سانتیمتر خاك روی آنها وجود دارد.

۱-۳ ضوابط کلی

۱-۳-۱ پلها باید در دو امتداد عمود برهم متعامد قادر به تحمل نیروهای جانبی ناشی از زلزله باشند و در هریك از این نیروهای جانبی را به نحوی مناسب به شالوده ها برسانند. این دو امتداد معمولاً محور طولی پل و محور عمود بر آن انتخاب می شوند. در مورد پلهایی که در پلان قوسی شکل اند، یکی از محورها را می توان موازی خطی که کوله ها را به هم متصل می کند در نظر گرفت.

۱-۳-۲ در پلهایی که پایه های آنها نسبت به محور طولی مورب اند، دو امتداد عمود بر هم گفته شده در بند (۱-۳-۱) را می توان در امتداد محور پایه ها و عمود بر آنها در نظر گرفت.

۱-۳-۳ عرشه پلها در راههای شوسه و راه آهن معمولاً از صلبیت کافی برخوردارند و نیازی به محاسبه برای بارهای ناشی از زلزله ندارند. اما به عنوان دیافراگم باید بتوانند نیروهای ناشی از زلزله را به نحوی مطلوب به تکیه گاه ها منتقل نمایند. ضوابط اتصال عرشه به پایه ها و کوله ها و نیز تکیه گاه ها براساس ضوابط طراحی شده در بخش (۲-۸) انجام می گیرد.

۱-۳-۴ کوله های پلها و دیوارهای حایل باید بتوانند فشار خاك اضافی ناشی از زلزله را برطبق بخش (۲-۹) تحمل نمایند.

۱-۳-۵ در پلهای یك دهانه قوسی، مشروط برآنکه طول دهانه آنها کمتر از ۱۵ متر باشد، نیازی به محاسبه برای نیروی زلزله نیست.

۱-۴ گروه بندی پلها بر حسب اهمیت

در این آیین نامه پلها از نظر اهمیت به سه گروه زیر تقسیم می شوند:

۱-۴-۱ پلهای با اهمیت زیاد

این گروه شامل پلهای زیر است:

الف - پلهای راه های اصلی، آزاد راه ها و پلهای شبکه اصلی راه آهن کشور،

ب - پلهای راههای دسترس به صنایع حیاتی کشور و تاسیسات مهم نظامی.

۱-۴-۲ پلهای با اهمیت متوسط

این گروه شامل پلهای زیر است:

الف - پلهای راههای فرعی درجه یك و پلهای خطوط فرعی راه آهن

ب - پلهای راههای دسترس به سایر صنایع و تاسیسات نظامی

۱-۴-۳ پلهای با اهمیت کم

این گروه شامل پلهای راه های فرعی درجه دو و درجه سه (روستایی) است.

۱-۵ گروه بندی پلها بر حسب شکل

در این آیین نامه، پلها به لحاظ شکل به دو گروه زیر تقسیم می شوند:

۱-۵-۱ پلهای منظم

این گروه شامل کلیه پلهاست بجز مواردی که در بند (۱-۵-۲) گفته شده است.

۱-۵-۲ پلهای نامنظم

این گروه شامل پلهای زیر است:

الف - پلهایی که پخش جرم در طول آنها یکنواخت نبوده و تغییرات ناگهانی داشته باشد.

ب - پلهایی که سختی پایه های میانی برنده بارهای جانبی در طول آنها یکنواخت نباشد.

چنانچه اختلاف سختی پایه های میانی متوالی بیش از ۲۵ درصد مقدار کوچکتر باشد، پل در این گروه محسوب می شود. در محاسبه سختی پایه ها، سختی سیستم تکیه گاهی باید منظور شود.

پ - پلهایی که در پلان قوسی شکل اند و زاویه قوس بیش از ۹۰ درجه است.

فصل دوم - محاسبه پلها در برابر نیروی زلزله

۲-۱ کلیات

۲-۱-۱ کلیه پلهای موضوع این آیین نامه بجز موارد گفته شده در بندهای (۱-۳-۳) و (۱-۳-۵) باید طبق ضوابط این فصل محاسبه شوند.

۲-۱-۲ در محاسبه پلها فقط مولفه افقی نیروی زلزله در نظر گرفته می شود و از اثر مولفه قائم صرفنظر می گردد.

۲-۱-۳ پلها در دو امتداد عمود برهم مطابق بندهای (۱-۳-۱) و (۱-۳-۲) محاسبه می‌شوند. محاسبه در هریك از این دو امتداد مستقل از یکدیگر صورت گرفته و اثرهای آنها همزمان بر روی پل تاثیر داده نمی شود.

۲-۱-۴ نیروی زلزله، در هریك از امتدادهای پل در هردوجهت این امتداد یعنی به صورت رفت و برگشت در نظر گرفته می شود.

۲-۱-۵ محاسبه پلها در برابر نیروهای زلزله و باد به تفکیك انجام می شود و اثر هریك از این دو نیرو که بیشتر باشد، ملاك عمل است.

۲-۲ بارزنده

۲-۲-۱ در محاسبه نیروی جانبی زلزله، در صورتی که مقدار بارزنده کمتر از نصف بارمرده عرشه باشد، بارزنده منظور نمی گردد. در غیر این صورت دو سوم مجموع بار مرده و زنده عرشه در محاسبات منظور می شود.

۲-۲-۲ در محاسبه نیروی جانبی زلزله در پلهای شهری، اعم از راه و راه آهن، حداقل نصف بار زنده منظور می شود.

۲-۳ روش محاسبه در برابر زلزله

۲-۳-۱ محاسبه پلها در برابر نیروی زلزله، بایکی از سه روش زیر انجام می گیرد:

الف - روش تحلیلی استاتیکی معادل

ب - روش تحلیل شبه دینامیکی (با استفاده از آنالیز مدها و طیف بازتاب طرح)

پ - روش تحلیل دینامیکی (با استفاده از شتاب نگاشت ها)

موارد کاربرد هریك از این روشها برای پلهای منظم و غیر منظم در بندهای (۲-۳-۲) و (۲-۳-۳) مشخص شده اند.

۲-۳-۲ پلهای منظم، بجز مواردی که در بند (۲-۳-۳) گفته شده است، در صورتی که دارای دهانه های با طول کمتر از ۱۰۰ متر و پایه های با ارتفاع کمتر از ۳۰ متر باشند، می توانند با استفاده از روش تحلیل استاتیکی معادل محاسبه شوند. در غیر این صورت برای محاسبه این پلها باید یکی از دو روش دیگر را به کاربرد.

۲-۳-۳ پلهای منظم از نوع معلق، ترکه ای، باسکولی، قوسی و پلهایی که در پلان قوسی هستند و کلیه پلهای نامنظم به انتخاب طراح، با استفاده از روش تحلیل شبه دینامیکی و یا روش تحلیل دینامیکی محاسبه می شوند.

۲-۴ روش تحلیل استاتیکی معادل

۲-۴-۱ در این روش، نیروی جانبی زلزله، برمبنای زمان تناوب اصلی نوسان پل و با استفاده از طیف بازتاب طرح تعیین می گردد. این نیرو با توجه به شکل نوسان پل در مد اصلی و با استفاده از یکی از روشهای شناخته شده در طول پل توزیع می گردد. برای انجام دادن این محاسبات می توان از روش ارائه شده در پیوست شماره (۳) استفاده نمود.

۲-۴-۲ در پلهایی که رفتارشان در برابر زلزله، مشابه رفتار آونگ وارونه است، نیروی جانبی زلزله موثر برعرشه پل از رابطه (۲-۱) به دست می آید:

(رابطه ۲-۱) $F = C.W$

در این رابطه:

F = نیروی موثر برعرشه پل که در مرکز جرم آن اثر می کند.

W = وزن مرده عرشه پل به اضافه مقداری از بارزنده روی پل که در بخش (۲-۲) مشخص شده است.

C = ضریب زلزله که از رابطه (۲-۲) به دست می آید:

(رابطه ۲-۲) $C = \frac{ABI}{R}$

در این رابطه :

A = شتاب مبنای طرح (نسبت به شتاب ثقل g)،

B = ضریب بازتاب پل که با استفاده از طیف بازتاب طرح به دست می آید،

I = ضریب اهمیت پل،

R = ضریب رفتار پل،

مقدار C در هیچ حال نباید کمتر از ۲۵ درصد شتاب مبنای طرح مندرج در بند (۲-۴-۳) در نظر گرفته شود.

تبصره (۱) - در پلهایی که دارای پایه های سنگی یا بتنی بدون آرماتور می باشند، ضریب جانبی زلزله موثر بر عرشه و پایه ها $C = ۰/۸ A$ در نظر گرفته می شود.

۲-۴-۳ شتاب مبنای طرح (A) در مناطق مختلف کشور به شرح زیر تعیین می شود:

منطقه	توصیف	مقدار شتاب مبنای طرح
۱	باخطرنسبی بالا	۰/۳۵
۲	باخطرنسبی متوسط	۰/۲۵
۳	باخطرنسبی پایین	۰/۲۰

مناطق سه گانه فوق در پیوست شماره (۱) مشخص شده اند.

۲-۴-۴ ضریب بازتاب پل (B) که منعکس کننده بازتاب پل نسبت به شتاب مبنای طرح است طبق رابطه (۲-۳) تعیین می شود:

$$B = ۲(\frac{T_0}{T})^{۲/۳}$$ (رابطه ۲-۳)

در این رابطه :

T = زمان تناوب اصلی نوسان پل به ثانیه که طبق بند (۲-۴-۶) تعیین می‌شود ،

T_0 = عددی که برحسب نوع زمین به شرح زیر تعیین می شود.

طبقه بندی نوع زمین طبق بند (۲-۴-۵)	T_0
نوع I	۰/۳
نوع II	۰/۴
نوع III	۰/۵
نوع IV	۰/۷

حداکثر مقدار B برابر ۲/۰ و حداقل آن برابر ۰/۶ اختیار می گردد.

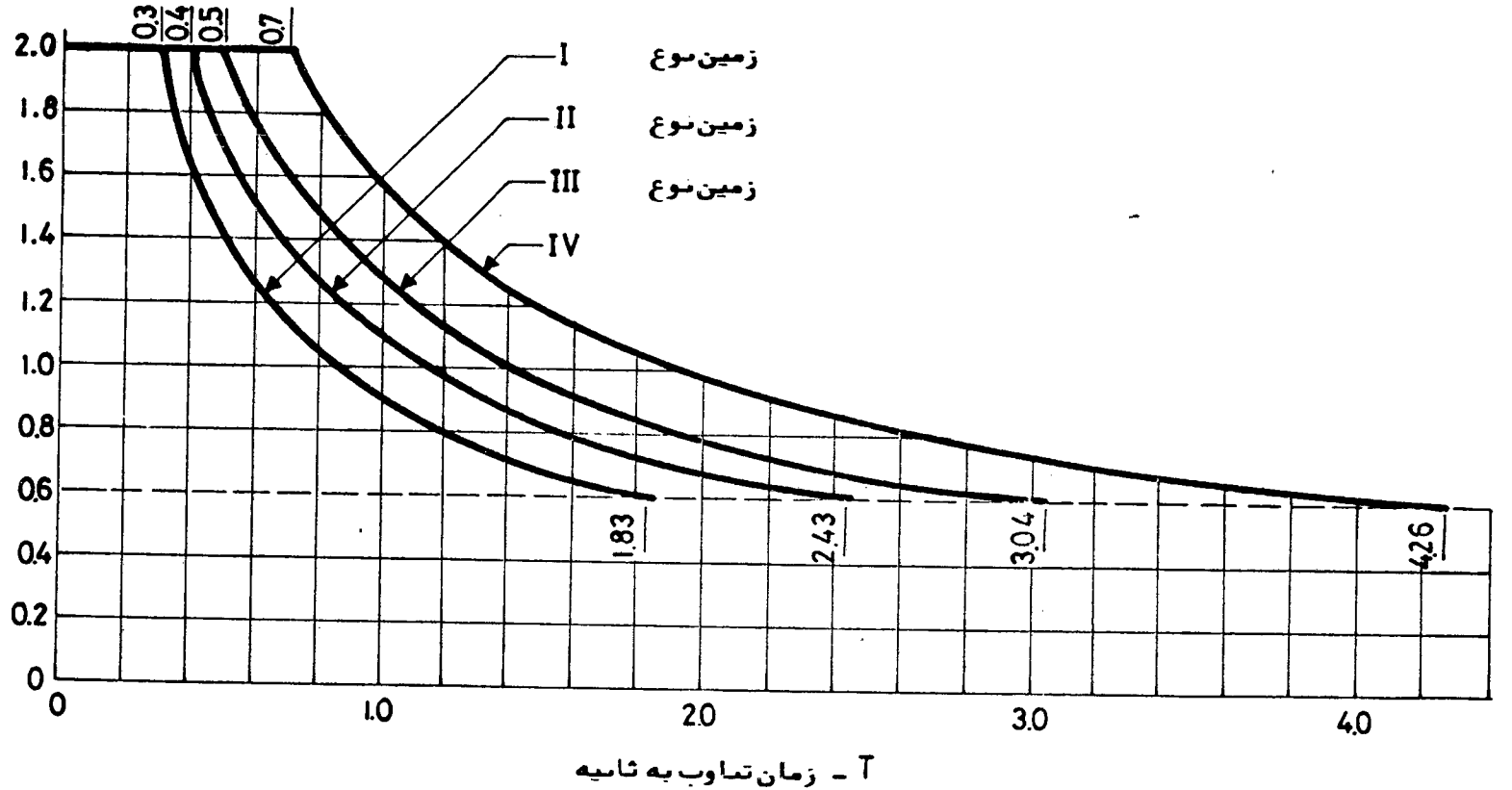
منحنی های طیف بازتاب طرح برای چهار نوع زمین فوق در شکل (۱) نشان داده شده است.

شکل ۱ - طیف بازتاب طرح برای انواع زمین های مندرج در بند (۲-۴-۵)

۲-۴-۵ طبقه بندی نوع زمین از نظر نوع سنگ و خاك ، موضوع بند (۲-۴-۴)، به شرح جدول (۱) انجام می شود:

جدول (۱) طبقه بندی نوع زمین

نوع زمین	توصیف مواد متشکل
I	الف - سنگهای آذرین (دارای بافت درشت و ریزدانه)، سنگهای رسوبی سخت و بسیار مقاوم و سنگهای دگرگونی توده ای (گنایس ها - سنگهای متبلور سیلیکاته) ب - طبقات کنگلومرایی، شن و ماسه متراکم و رس متراکم شده (آرژیلیت)تا ضخامت ۶۰ متر روی بستر سنگی.
II	الف - سنگهای آذرین سست (مانند توف)، سنگهای سست رسوبی، سنگهای دگرگونی متورق و به طور کلی سنگهایی که براثر هوازدگی (تجزیه و تخریب)سست شده اند. ب - طبقات کنگلومرایی، شن و ماسه متراکم و رس متراکم شده (آرژیلیت) با ضخامت بیش از ۶۰ متر روی بستر سنگی
III	الف - سنگهای متلاشی شده براثر هوازدگی. ب - طبقات شن و ماسه با پیوند ضعیف بین دانه ای و یا منفصل، رس متراکم نشده (گل سنگ) تا ضخامت ۱۰ متر روی بستر سنگی.
IV	الف - نهشسته های نرم با رطوبت زیاد براثر بالا بودن سطح آب زیرزمینی. ب - طبقات شن و ماسه با پیوند ضعیف بین دانه ای و یا منفصل، رس متراکم نشده (گل سنگ) با ضخامت بیش از ۱۰ متر روی بستر سنگی.



شکل (۱) - طیف بازتاب طرح برای انواع زمینهای مندرج در بند ۲-۲-۵

در صورت وجود تردید در انطباق زمین محل ساختمان، با مشخصات زمین های مندرج در جدول (۱) باید نوع زمین که ضریب بازتاب بزرگتری به دست می دهد، انتخاب شود.

۲-۴-۶ زمان تناوب اصلی نوسان پل (T) را می توان از رابطه (۲-۴) محاسبه نمود.

$$T = 2\Pi\sqrt{\frac{W}{Kg}} = 2\Pi\sqrt{\frac{M}{K}}$$ (رابطه ۲-۴)

در این رابطه :

K = سختی جانبی پل در جهت مورد نظر که از تقسیم نیروی جانبی فرضی که در مرکز جرم عرشه پل وارد می شود به تغییر مکانی که در عرشه پل ایجاد می شود، به دست می آید.

M = جرم عرشه پل

g = شتاب ثقل

۲-۴-۷ ضریب اهمیت پل (I) با توجه به گروه بندی پلها، بخش (۱-۴)، به شرح زیر تعیین می گردد:

گروه پل	ضریب اهمیت پل
گروه با اهمیت زیاد	۱/۲
گروه با اهمیت متوسط	۱/۰
گروه با اهمیت کم	۰/۸

۲-۴-۸ ضریب رفتار (R) که قابلیت جذب انرژی در پایه های پل را مشخص می کند، برحسب آنکه پایه ها از نوع چه سیستم سازه ای ساخته شوند، با رعایت تبصره (۱) به شرح زیر تعیین می گردد:

نوع پایه	ضریب رفتار R
- پایه های دیواری شکل بتن آرمه (تبصره ۲)	۳/۰
- پایه های تك ستونی یا پایه های که رفتار مشابه تك ستونی دارند	۴/۰
- پایه های چند ستونی یا قابی شکل	۶/۰
- شالوده ها، سرشمعها و شمعها	نصف مقدار R که در محاسبه پایه ها به کار برده شده است
- اتصالات عرشه به پایه ها و کوله ها، اتصالات ستونها به سرستونها، اتصالات پلها به شالوده (تبصره ۳)	مانند بالا

تبصره (۱) - در طراحی پایه های بتن آرمه و به طور کلی کلیه اعضای بتن آرمه که در تحمل بارهای جانبی زلزله شرکت دارند، باید ضوابط شکل پذیری مندرج در پیوست شماره (۲) این آیین نامه رعایت گردد.

تبصره (۲) - پایه های دیواری شکل بتن آرمه را می توان در جهت ضعیف مطابق ضوابط ستونها طراحی نمود و در این صورت ضریب رفتار R را برای آنها ۴/۰ منظور کرد.

تبصره (۳) - اتصالات ستونها به عرشه و شالوده را می توان به ازای نیروی جانبی زلزله، نظیر تشکیل مفصل های پلاستیك در دو انتهای ستون ها طرح نمود.

۲-۴-۹ پایه های پل باید علاوه بر نیروی زلزله ناشی از وزن عرشه، بندهای (۲-۴-۱) و (۲-۴-۲)، نیروی زلزله ناشی از وزن خود را تحمل کنند. نیروی اخیر، از حاصلضرب ضریب زلزله که در محاسبه نیروی زلزله عرشه به کار رفته است، در وزن پایه ها به دست می آید. محل تاثیر این نیرو در مرکز جرم پایه هاست.

۲-۵ روش تحلیل شبه دینامیکی (بااستفاده ازآنالیز مدهاوطیف بازتاب طرح)

۲-۵-۱ در این روش، پل با استفاده از روش آنالیز مدها تحلیل شده و زمان تناوب و تغییر مکان نسبی اجزای پل در هر مد نوسان تعیین می گردد. اثرهای بیشینه در اجزای پل در هر مد با توجه با زمان تناوب نوسان و شکل مد و با استفاده از طیف بازتاب طرح که از ابطه (۲-۵) به دست می آید، محاسبه و سپس با هم ترکیب می شوند. بازتاب های به دست آمده از این ترکیب ها (از قبیل تغییر مکانها، برشها و لنگرهای خمشی) در طراحی پل مورد استفاده قرار می گیرد.

$$C_m = \frac{AB_m I}{R} \qquad \text{(رابطه ۲-۵)}$$

در این رابطه:

C_m = ضریب زلزله در مد m

B_m = ضریب بازتاب پل در مد m

مقادیر I, A در بخش (۲-۴) داده شده است.

۲-۵-۲ تعداد مدهای نوسان، که در ترکیب مدهای مختلف در هر امتداد باید در نظر گرفته شوند حداقل سه برابر تعداد دهانه های پل است.

۲-۵-۳ ترکیب اثر توام مدها با استفاده از روش جذر مجموع مربعات اثرهای بیشینه در هریك از مدها، تعیین می شود.

۲-۶ روش تحلیل دینامیکی (با استفاده از شتاب نگاشت ها)

۲-۶-۱ در این روش، پل با استفاده از روش آنالیز دینامیکی تحت اثر شتاب نگاشت پیشنهاد شده در این آیین نامه تحلیل شده و بازتاب های پل (از قبیل تغییر مکانها، برشها و لنگرهای خمشی)، در هرلحظه محاسبه می گردند. بازتاب های بیشینه در طراحی پل مورد استفاده قرار می گیرند.

۲-۶-۲ شتاب نگاشت[1] های مورد نظر در این آیین نامه عبارتند از:

الف - زلزله طبس ثبت شده در ایستگاه طبس، ۲۵ شهریور ۱۳۵۷ (۱۶ سپتامبر ۱۹۷۸)

ب - زلزله ناغان ثبت شده در ایستگاه ناغان، ۱۷ فروردین ۱۳۵۶ (۶ آوریل ۱۹۷۷)

پ - زلزله منجیل ثبت شده در ایستگاه آب بر، ۳۱ خرداد ۱۳۶۹ (۲۰ ژوئن ۱۹۹۰)

بازتاب های هرکدام از این زلزله ها، که بیشتر باشند مبنای محاسبه قرار می گیرند.

برای آگاهی از ارقام شتاب نگاشت های اصلاح شده این سه زلزله، رجوع کنید به پیوست شماره (۴).

۲-۷ ترکیب نیروهای زلزله با سایر نیروها

در صورتی که محاسبه پل به روش تنش های مجاز انجام شود، در ترکیب نیروی زلزله با سایر نیروها می توان تنش های مجاز را به اندازه یك سوم افزایش داد و در صورتی که محاسبه پل به روش مقاومت نهایی و یا به روش حالتهای حدی انجام پذیرد، ترکیب نیروها زلزله با سایر نیروها و با رعایت ضوابط مندرج در آیین نامه مورد استفاده در محاسبات وارد می شود.

۲-۸ جزییات طراحی

۲-۸-۱ در محل هایی که پیوستگی عرشه قطع می شود، مانند محل درزهای روی تکیه گاهها و داخل دهانه ها، باید از طریق تعریض تکیه گاهها یا اتصال دو قسمت عرشه به یکدیگر با مهار کننده ها و یا با استفاده از ضامن های موثر، ترتیبی اتخاذ گردد که بر اثر حرکات ناگهانی زلزله، دو قسمت عرشه از یکدیگر و یا عرشه از روی تکیه گاه جدا نشده و جابجایی ها باعث سقوط عرشه نشوند.

۲-۸-۲ مهار کننده ها به صورت قطعات کششی، مانند میلگردهای فولادی و کابل ها، و

۱- ارقام شتابنگاشت‌های اصلاح شده بر روی دیسك‌های کامپیوتری ضبط شده و متقاضیان میتوانند برای دریافت آنها به مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن مراجعه نمایند.

ضامن ها به صورت قطعات فشاری، مانند بلوك های بتن آرمه و پروفیل های فولادی اند. نیروی اصطکاك را نمی توان به عنوان مهار کننده در نظر گرفت.

۲-۸-۳ نیرویی که مهار کننده ها و یا ضامن ها باید بتوانند تحمل کنند، برابر با حاصلضرب شتاب مبنای طرح در جرم آن قسمت از عرشه است که مهار می شود.

۲-۸-۴ در تکیه گاههایی که عکس العمل قائم ناشی از نیروی جانبی زلزله، در خلاف جهت عکس العمل قائم ناشی از بارمرده عرشه بوده و مقدار آن از نصف عکس العمل بار مرده تجاوز می کند، عرشه باید به وسیله مهار کننده های قائم نگهداری شود. نیرویی که این مهار کننده باید تحمل کنند به شرح زیر تعیین می شود:

الف - اگر $0/5\ R_D \le R_E \le R_D$ باشد:

$$F_V = 0/1\ R_{DS} \qquad \text{(رابطه ۲-۶)}$$

ب - اگر $R > R$ باشد:

$$F_V = 1/2\ (R_E - R_D) \qquad \text{(رابطه ۲-۷)}$$

$$F_V \ge 0/1\ R_{DS} \qquad \text{(رابطه ۲-۸)}$$

در این روابط :

F_V = نیروی مهار کننده قائم،

R_E = عکس العمل قائم ناشی از نیروی جانبی زلزله،

R_D = عکس العمل قائم بار مرده عرشه،

R_{DS} = عکس العمل قائم بارمرده عرشه با فرض آنکه اتصال عرشه به پایه ساده باشد.

۲-۸-۵ طول نشیمن گاه انتهای آزاد عرشه هایی که اجاز حرکت بر روی تکیه گاه را دارند، نباید کمتر از مقدار تعیین شده در رابطه (۲-۹) اختیار شود:

$$S = 0/6 + 0/005L + 0/01H \qquad \text{(رابطه ۲-۹)}$$

در این رابطه :

S = طول نشیمن گاه به متر

L = فاصله محل تکیه گاه تا محل درز انبساط بعدی یا انتهای عرشه به متر

H = ارتفاع ستون به متر، که به شرح زیر تعیین می شود

در کوله ها H متوسط ارتفاع ستونهایی است که بین کوله و محل درز انبساط بعدی قرار دارند، این ارتفاع در پلهای یك دهانه برابر صفر منظور می گردد.

در پایه های میانی H ارتفاع ستون یا دیوار در آن پایه است.

در درزهای داخل دهانه ها، H متوسط ارتفاع دو ستون مجاور درز است.

۲-۹ اثر زلزله برخاکریزهای پشت کوله ها و دیوارها

۲-۹-۱ اثر نیروی جانبی زلزله برخاکریزهای پشت کوله ها، و دیوارها موجب افزایش فشار فعال خاك بر روی این سازه ها می گردد. اضافه فشار فعال ناشی از زلزله، بر این سازه ها از رابطه (۲-۱۰) محاسبه می شود:

$$\Delta P_{ae} = ۱/۲۵\ A.K_a.\gamma.H \qquad \text{(رابطه ۲-۱۰)}$$

در این رابطه :

ΔP_{ae} = اضافه فشار فعال خاك

A = شتاب مبنای طرح، بند (۲-۴-۳)

K_a = ضریب فشار فعال خاك در حالت عادی

γ = وزن مخصوص خاك

H = ارتفاع کوله یا دیوار

۲-۹-۲ اضافه فشار فعال خاك به صورت زیر در ارتفاع کوله یا دیوار توزیع می شود:

الف - در کوله ها و دیوارهای کنسولی که راس آنها می تواند تغییر مکان جانبی داشته باشد، این فشار به صورت دیاگرام مثلثی شکل که قاعده آن در راس دیوار قرار دارد، توزیع می شود.

ب - در کوله ها و دیوارها که راس آنها تغییر مکان جانبی ندارد، پخش فشار به صورت یکنواخت صورت می گیرد.

پ - برای حالت های بین (الف) و (ب) پخش فشار به صورت دیاگرام ذوزنقه ای که مشخصات آن با قضاوت مهندس طراح تعیین می شود، صورت می گیرد.

پیوست شماره (۱) - درجه بندی خطر نسبی زلزله در شهرها و نقاط مهم ایران

ردیف	شهرستان یا بخش	استان	خطرنسبی زلزله بالا	متوسط	پایین
		«آ»			
۱	آبادان	خوزستان			×
۲	آباده	فارس		×	
۳	آب گرم(آوج)	زنجان	×		
۴	آستارا	گیلان	×		
۵	آغاجاری	خوزستان	×		
۶	آق قلعه	مازنداران	×		
۷	آمل	مازنداران	×		
۸	آوج	زنجان	×		
		«ا»			
۱	ابهر	زنجان	×		
۲	ابرکوه	فارس		×	
۳	اراك	مرکزی		×	
۴	اردبیل	آذربایجان شرقی	×		
۵	اردستان	اصفهان	×		
۶	اردکان	یزد		×	
۷	اردل	چهارمحال بختیاری	×		
۸	ارومیه	آذربایجان غربی		×	
۹	اسفراین	خراسان	×		
۱۰	اسلام آباد غرب	باختران	×		
۱۱	اشتهارد	تهران	×		
۱۲	اصفهان	اصفهان		×	

ردیف	شهرستان یا بخش	استان	خطرنسبی زلزله بالا	خطرنسبی زلزله متوسط پایین
۱۳	اقلید	فارس	×	
۱۴	الیگودرز	لرستان		×
۱۵	انار	یزد	×	
۱۶	انارك	اصفهان	×	
۱۷	اندیمشك	خوزستان	×	
۱۸	اهر	آذربایجان شرقی		×
۱۹	اهرم	بوشهر	×	
۲۰	اهواز	خوزستان		×
۲۱	ایذه	خوزستان	×	
۲۲	ایرانشهر	سیستان و بلوچستان	×	
۲۳	ایلام	ایلام	×	
۲۴	ایوانکی	سمنان	×	
		«ب»		
۱	بابل	مازنداران	×	
۲	بابلسر	مازندران	×	
۳	باجگیران	خراسان	×	
۴	باختران	باختران	×	
۵	بافت	کرمان	×	
۶	بافق	یزد	×	
۷	بانه	کردستان	×	
۸	بجستان	خراسان	×	
۹	بجنورد	خراسان	×	
۱۰	برازجان	بوشهر	×	

ردیف	شهرستان یا بخش	استان	خطرنسبی زلزله بالا	خطرنسبی زلزله متوسط	خطرنسبی زلزله پایین
۱۱	بروجرد	لرستان	×		
۱۲	بروجن	چهارمحال و بختیاری	×		
۱۳	بزمان	سیستان و بلوچستان		×	
۱۴	بستان	خوزستان		×	
۱۵	بستان آباد	آذربایجان شرقی	×		
۱۶	بستك	هرمزگان	×		
۱۷	بسطام	سمنان	×		
۱۸	بشرویه	خراسان	×		
۱۹	بم	کرمان	×		
۲۰	بندرامام خمینی	خوزستان			×
۲۱	بندر انزلی	گیلان	×		
۲۲	بندر ترکمن	مازندران	×		
۲۳	بندر خمیر	هرمزگان	×		
۲۴	بندر دیلم	بوشهر		×	
۲۵	بندر عباس	هرمزگان	×		
۲۶	بندر گز	مازندران	×		
۲۷	بندر لنگه	هرمزگان	×		
۲۸	بوئین زهرا	زنجان	×		
۲۹	بوشهر	بوشهر		×	
۳۰	بهاباد	یزد	×		
۳۱	بهبهان	خوزستان	×		
۳۲	بهشهر	مازندران	×		
۳۳	بیارجمند	سمنان	×		

ردیف	شهرستان یا بخش	استان	خطرنسبی زلزله بالا	خطرنسبی زلزله متوسط	خطرنسبی زلزله پایین
۳۴	بیجار	کردستان		×	
۳۵	بیرجند	خراسان	×		
		«پ»			
۱	پارس آباد	آذربایجان شرقی	×		
۲	پل دختر	لرستان	×		
۳	پلور	مازندران	×		
۴	پیرانشهر	آذربایجان غربی	×		
		«ت»			
۱	تایباد	خراسان		×	
۲	تبریز	آذربایجان شرقی	×		
۳	تربت جام	خراسان	×		
۴	تربت حیدریه	خراسان	×		
۵	ترود	سمنان	×		
۶	تفرش	مرکزی	×		
۷	تکاب	آذربایجان غربی		×	
۸	تنکابن	مازندران	×		
۹	تویسرکان	همدان		×	
۱۰	تهران	تهران	×		
۱۱	تیران	اصفهان		×	
		«ج»			
۱	جاسك	هرمزگان	×		
۲	جالرق	سیستان و بلوچستان	×		
۳	جلفا	آذربایجان شرقی		×	

ردیف	شهرستان یا بخش	استان	خطرنسبی زلزله بالا	خطرنسبی زلزله متوسط	خطرنسبی زلزله پایین
۴	جندق	یزد	×		
۵	جهرم	فارس	×		
۶	جیرفت	کرمان	×		
		«چ»			
۱	چالوس	مازندران	×		
۲	چاه بهار	سیستان و بلوچستان	×		
۳	چارك	هرمزگان	×		
۴	چناران	خراسان	×		
		«ح»			
۱	حاجی آباد	هرمزگان	×		
		«خ»			
۱	خارك	بوشهر			×
۲	خاش	سیستان وبلوچستان	×		
۳	خرم آباد	لرستان	×		
۴	خرمشهر	خوزستان			×
۵	خلخال	آذربایجان شرقی	×		
۶	خمین	مرکزی		×	
۷	خنج	فارس	×		
۸	خواف	خراسان	×		
۹	خوانسار	اصفهان			×
۱۰	خور	یزد		×	
۱۱	خوی	آذربایجان غربی	×		

ردیف	شهرستان یا بخش	استان	خطرنسبی زلزله بالا	خطرنسبی زلزله متوسط	خطرنسبی زلزله پایین
		«د»			
۱	داراب	فارس		×	
۲	داران	اصفهان			×
۳	دامغان	سمنان		×	
۴	درگز	خراسان			×
۵	درود	لرستان		×	
۶	درونه	خراسان		×	
۷	دره شهر	ایلام		×	
۸	دزفول	خوزستان		×	
۹	دشت بیاض	خراسان		×	
۱۰	دلیجان	مرکزی		×	
۱۱	دماوند	تهران		×	
۱۲	دوگنبدان	کهکیلویه وبویراحمد		×	
۱۳	ده بید	فارس		×	
۱۴	دهك	سیستان وبلوچستان		×	
۱۵	دهلران	ایلام		×	
۱۶	دیهوك	خراسان		×	
		«ر»			
۱	رامسر	مازندران		×	
۲	راور	کرمان		×	
۳	رباط	خراسان		×	
۴	رباط پشت بادام	یزد			×
۵	رشت	گیلان		×	

ردیف	شهرستان یا بخش	استان	خطرنسبی زلزله بالا	خطرنسبی زلزله متوسط	خطرنسبی زلزله پایین
۶	رشتخوار	خراسان	×		
۷	رفسنجان	کرمان	×		
۸	رودسر	گیلان	×		
۹	رودهن	تهران	×		
۱۰	ری	تهران	×		
		«ز»			
۱	زابل	سیستان‌وبلوچستان			×
۲	زابلی	سیستان‌وبلوچستان	×		
۳	زاهدان	سیستان و بلوچستان			×
۴	رزند	کرمان	×		
۵	زنجان	زنجان	×		
		«س»			
۱	ساری	مازندران	×		
۲	ساقند	یزد			×
۳	ساوه	مرکزی	×		
۴	سبزوار	خراسان	×		
۵	سپیدان(اردکان)	فارس	×		
۶	سده	خراسان	×		
۷	سراب	آذربایجان شرقی	×		
۸	سراوان	سیستان‌وبلوچستان	×		
۹	سرباز	سیستان‌وبلوچستان	×		
۱۰	سرچشمه	کرمان	×		
۱۱	سرخس	خراسان			×

ردیف	شهرستان یا بخش	استان	خطرنسبی زلزله بالا	خطرنسبی زلزله متوسط	خطرنسبی زلزله پایین
۱۲	سقز	کردستان		×	
۱۳	سلطانیه	زنجان		×	
۱۴	سلفچگان	مرکزی		×	
۱۵	سلماس	آذربایجان غربی		×	
۱۶	سمنان	سمنان		×	
۱۷	سمیرم	اصفهان		×	
۱۸	سنندج	کردستان		×	
۱۹	سوسنگرد	خوزستان	×		
۲۰	سیرجان	کرمان		×	
۲۱	سیرچ	کرمان		×	
۲۲	سیه چشمه	آذربایجان غربی		×	
		«ش»			
۱	شادگان	خوزستان	×		
۲	شازند	مرکزی		×	
۳	شاهرود	سمنان		×	
۴	شلمزار	چهارمحال‌بختیاری		×	
۵	شوشتر	خوزستان		×	
۶	شهداد	کرمان		×	
۷	شهرکرد	چهارمحال‌بختیاری		×	
۸	شیراز	فارس		×	
۹	شیروان	خراسان		×	
		«ط»			
۱	طاهری	بوشهر		×	

ردیف	شهرستان یا بخش	استان	خطرنسبی زلزله بالا	متوسط	پایین
۲	طبس	خراسان	×		
		«ع»			
۱	عباس آباد	خراسان	×		
۲	عسلویه	بوشهر	×		
۳	عقدا	یزد		×	
۴	علمده	مازندران	×		
۵	علی آباد (گرگان)	مازندران	×		
		«ف»			
۱	فارسان	چهارمحال و بختیاری	×		
۲	فاروج	خراسان	×		
۳	فراشبند	فارس	×		
۴	فردوس	خراسان	×		
۵	فریمان	خراسان		×	
۶	فسا	فارس	×		
۷	فشم	تهران	×		
۸	فیروزآباد	فارس	×		
۹	فیروزآباد	آذربایجان شرقی	×		
۱۰	فیروزکوه	تهران	×		
		«ق»			
۱	قائم‌شهر	مازندران	×		
۲	قائن	خراسان	×		
۳	قروه	کردستان		×	
۴	قره ضیاءالدین	آذربایجان غربی	×		

ردیف	شهرستان یا بخش	استان	خطرنسبی زلزله بالا	خطرنسبی زلزله متوسط	خطرنسبی زلزله پایین
۵	قزوین	زنجان		×	
۶	قشم	هرمزگان		×	
۷	قصرشیرین	باختران		×	
۸	قم	مرکزی		×	
۹	قمشه	اصفهان			×
۱۰	قوچان	خراسان		×	
۱۱	قیر	فارس		×	
		«ك»			
۱	کاخك	خراسان		×	
۲	کازرون	فارس		×	
۳	کاشان	اصفهان		×	
۴	کاشمر	خراسان		×	
۵	کبوترآهنگ	همدان			×
۶	کرج	تهران		×	
۷	کرمان	کرمان		×	
۸	کنارك	سیستان‌وبلوچستان		×	
۹	کنگان	بوشهر		×	
۱۰	کوشك‌نصرت	تهران		×	
۱۱	کوهبنان	کرمان		×	
۱۲	کوهپایه	اصفهان		×	
۱۳	کوهرنگ	چهارمحال‌بختیاری		×	
۱۴	کوهك	سیستان و بلوچستان		×	
۱۵	کهنوج	کرمان		×	

ردیف	شهرستان یا بخش	استان	خطرنسبی زلزله بالا	متوسط	پایین
۱۶	کیش	هرمزگان	×		
		«گ»			
۱	گچساران	کهکیلویه و بویراحمد	×		
۲	گرگان	مازندران	×		
۳	گرمسار	سمنان	×		
۴	گرمی	آذربایجان شرقی		×	
۵	گلباف	کرمان	×		
۶	گلپایگان	اصفهان		×	
۷	گناباد	خراسان	×		
۸	گناوه	بوشهر		×	
۹	گنبد کاوس	مازندران	×		
۱۰	گواتر	سیستان‌وبلوچستان	×		
۱۱	گیفان	خراسان	×		
		«ل»			
۱	لار	فارس	×		
۲	لاوان	هرمزگان	×		
۳	لاهیجان	گیلان	×		
۴	لردگان	چهارمحال‌بختیاری	×		
		«م»			
۱	ماکو	آذربایجان غربی	×		
۲	ماهشهر	خوزستان			×
۳	محلات	مرکزی		×	
۴	محمود آباد	مازندران	×		

ردیف	شهرستان یا بخش	استان	خطرنسبی زلزله بالا	خطرنسبی زلزله متوسط	خطرنسبی زلزله پایین
۵	مراغه	آذربایجان شرقی			×
۶	مراوه تپه	مازندران		×	
۷	مردآباد	تهران		×	
۸	مرند	آذربایجان شرقی		×	
۹	مرودشت	فارس		×	
۱۰	مریوان	کردستان		×	
۱۱	مسجد سلیمان	خوزستان		×	
۱۲	مشکین شهر	آذربجان شرقی			×
۱۳	مشهد	خراسان		×	
۱۴	ملایر	همدان			×
۱۵	مهاباد	آذربایجان غربی			×
۱۶	مهران	ایلام			×
۱۷	میاندوآب	آذربایجان غربی			×
۱۸	میانه	آذربایجان شرقی		×	
۱۹	میرجاوه	سیستان وبلوچستان			×
۲۰	میناب	هرمزگان		×	
		«ن»			
۱	نائین	اصفهان		×	
۲	ناغان	چهارمحال بختیاری		×	
۳	نایبند	کرمان		×	
۴	نجف آباد	اصفهان			×
۵	نصرت آباد	سیستان وبلوچستان		×	
۶	نطنز	اصفهان		×	

ردیف	شهرستان یا بخش	استان	خطرنسبی زلزله	
			بالا	متوسط پایین
۷	نقده	آذربایجان غربی		×
۸	نوشهر	مازندران	×	
۹	نور	مازندران	×	
۱۰	نورآباد (ممسنی)	فارس	×	
۱۱	نهاوند	همدان	×	
۱۲	نیریز	فارس	×	
۱۳	نیشابور	خراسان	×	
۱۴	نیك‌شهر	سیستان و بلوچستان	×	
		«و»		
۱	ورامین	تهران	×	
		«ه»		
۱	هشتپر	گیلان	×	
۲	هفتگل	خوزستان	×	
۳	همدان	همدان		×
۴	هندیجان	خوزستان		×
۵	هویزه	خوزستان		×
		«ی»		
۱	یاسوج	کهکیلویه و بویراحمد	×	
۲	یزد	یزد		×

پیوست شماره (۲)

جزییات ابعاد و آرماتورگذاری در قابهای فضایی خمشی با شکل پذیری متوسط

پ۲-۱ در قابهای فضائی خمشی بتن آرمه برای تامین شکل پذیری متوسط جزئیات آرماتورگذاری زیر باید در تیرها و ستونها و دالهای تخت و قارچی رعایت شوند. در صورتیکه با محوری وارد بر ستون در حالت حدی نهایی ازمقدار $0/1\ f'_c A_g$ (درحالت تنش مجاز از مقدار $0/07\ f'_c A_g$) کمتر باشد، جزییات آرماتورگذاری در آن مانند تیرها خواهد بود.

f'_c = مقاومت فشاری ۲۸ روزه بتن براساس مقاومت نمونه استوانه ای شکل ۳۰×۱۵ سانتیمتر،

A_g = سطح مقطع ستون

پ۲-۲ حداقل مقاومت بتن (f'_c) برابر ۲۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع و حداکثر مقاومت جاری شدن فولاد برابر ۴۲۰۰ کیلوگرم برسانتیمتر مربع است. میلگردها باید از نوع آجدار باشند.

پ۲-۳ طراحی تیرها و ستونها و دالهای تخت و قارچی برای برش باید برای یکی از مقادیر تلاش برشی زیر صورت گیرد:

الف). تلاش برشی ناشی از اختلاف لنگرهای خمشی طرفین عضو باضافه تلاش برشی

ناشی از بارهای قائم و جانبی، مشروط برآنکه لنگرهای خمشی طرفین عضو برابر ظرفیت خمشی مثبت و منفی عضو در تکیه گاهها به حساب آورده شوند. در تعیین تلاش برشی ناشی از اختلاف ظرفیت خمشی عضو در تکیه گاهها باید در یك سمت ظرفیت خمشی مثبت و در سمت دیگر ظرفیت خمشی منفی ، و برعکس منظور شود.

ب). تلاش برشی معادل ترکیب تلاش برشی ناشی از بارقائم و دوبرابر تلاش برشی ناشی از نیروی جانبی زلزله.

پ۲-۴ جزییات در تیرها

پ۲-۴-۱ محدودیت های زیر باید در تعیین ابعاد مقطع تیرها رعایت شوند:

الف). ارتفاع موثر تیر نباید بزرگتر از $\frac{۱}{۴}$ دهانه آزاد تیر در نظر گرفته شود.

ب). عرض تیر نباید کوچکتر از $\frac{۳}{۱۰}$ ارتفاع آن و یا کمتر از ۲۵ سانتیمتر باشد.

پ). عرض تیر نباید بزرگتر از عرض ستون زیر سری آن در جهت عمود برامتداد طولی تیر باضافه $\frac{۳}{۴}$ ارتفاع تیر در هرسمت ستون اختیار شود.

ت). عرض تیر نباید بزرگتر از عرض ستون زیر سری آن در جهت عمود بر امتداد طولی تیر باضافه $\frac{۱}{۴}$ بعد ستون در امتداد طولی تیر در هر سمت ستون اختیار شود.

پ۲-۴-۲ برون محوری تیر نسبت به محور ستون نباید بیش از $\frac{۱}{۴}$ عرض ستون زیر سری باشد.

پ۲-۴-۳ آرماتور مثبت در هرتکیه گاه تیر نباید کمتر از $\frac{۱}{۳}$ آرماتور منفی تیر در آن تکیه‌گاه باشد.

پ۲-۴-۴ آرماتور مثبت و منفی در هیچ یك از مقاطع تیر نباید بترتیب کمتر از $\frac{۱}{۴}$ بیشترین مقدار آرماتور مثبت و منفی در تکیه گاهها باشد.

پ۲-۴-۵ فاصله تنگها در دو انتهای تیر در طولی مساوی با دو برابر ارتفاع تیر نباید بیشتر از مقادیر زیر در نظر گرفته شود:

الف). یك چهارم ارتفاع تیر

ب). هشت برابر کوچکترین قطر میلگردهای طولی

پ). بیست و چهار برابر قطر تنگ ها

فاصله اولین تنگ از برداخلی تکیه گاه حداکثر ۵ سانتیمتر منظور می شود. فاصله تنگ ها در سایر نواحی تیر به نصف ارتفاع و حداکثربه ۳۰ سانتیمتر محدود می‌باشد.

پ۲-۵ جزییات در ستونها

پ۲-۵-۱ محدودیت های زیر باید در تعیین ابعاد مقطع ستونها رعایت شوند:

الف). هیچ یك از ابعاد مقطع ستون نباید از ۲۵ سانتیمتر کمتر اختیار شود.

ب). نسبت طول آزاد ستون به مقطع آن نباید از ۲۵ بیشتر باشد.

پ۲-۵-۲ مقدار آرماتور طولی در ستون نباید از یك درصد سطح مقطع ستون کمتر باشد.

پ۲-۵-۳ فاصله تنگها در دوانتهای ستون در طولی برابر بیشترین مقدار: $\frac{۱}{۶}$ طول ستون، بزرگترین بعد مقطع ستون و یا ۵۰ سانتیمتر، نباید بیشتر از مقادیر زیر در نظر گرفته شود:

الف). نصف کوچکترین بعد مقطع ستون

ب). هشت برابر کوچکترین قطر میلگردهای طولی

پ). بیست و چهاربرابر قطر تنگها

تنگ های ستون باید با همین فاصله در ارتفاع تیر ادامه یابند و فاصله تنگ ها درسایر نواحی ستون حداکثر به دو برابر مقادیر فوق و حداکثر ۳۰ سانتیمتر محدود می‌گردد.

پ۲-۶ جزییات در دالهای تخت

پ۲-۶-۱ کلیه آرماتورهای لازم برای انتقال لنگر خمشی از دال به ستونها باید در نوار ستونی دال متمرکز گردد.

پ۲-۶-۲ حداقل $\frac{۲}{۳}$ آرماتورلازم برای انتقال لنگر خمشی از دال به ستونها و حداقل $\frac{۱}{۲}$ کل آرماتور لازم در نوار ستونی دال باید در عرضی از دال برابر عرض ستون باضافه ۱/۵ برابر ضخامت دال در هرسمت ستون متمرکز گردد.

پ۲-۶-۳ حداقل $\frac{۱}{۴}$ آرماتور منفی تکیه گاهها در نوار ستونی باید در سرتاسر این نوار ادامه داده شود.

پ۲-۶-۴ حداقل $\frac{۱}{۳}$ آرماتور منفی تکیه گاهها در نوار ستونی باید بعنوان آرماتور مثبت در سرتاسر این نوار ستونن بکار برده شود.

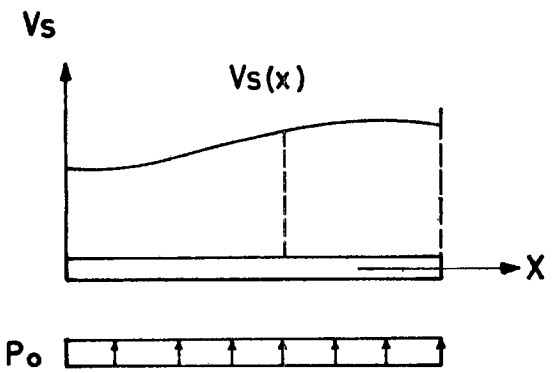
پ۲-۶-۵ حداقل یك دوم کل آرماتورهای مثبت وسط دهانه کلیه نوارها باید تا روی تکیه گاهها ادامه داده شده و بطور کامل مهار گردد.

پیوست شماره (۳)

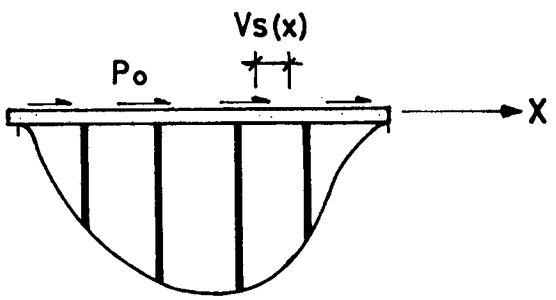
روش آنالیز مدها برای مد اصلی نوسان در پلها

روش زیر، روش آنالیز مدهاست که در آن، تنها مد اصلی نوسانات بررسی و تعیین می‌شود.
در این روش عملیات زیر به ترتیب انجام می گیرد:

الف - نیروی گسترده و یکنواخت P_0 در طول پل در امتداد مورد نظر تاثیر داده شده و تغییر مکان عرشه در طول پل، $Vs(X)$ ، در آن امتداد محاسبه می شود.



در امتداد عرض پل



در امتداد طول پل

ب - پارامترهای زیر محاسبه می شوند:

$$\alpha = \int_0^l Vs\,(x).\,dx$$

$$\beta = \int_0^l W(x).V_s\,(x).\,dx$$

$$\gamma = \int_0^l W(x).V_s^2\,(x).\,dx$$

پ - تناوب نوسانات اصلی از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\gamma}{P_0.\alpha\ .g}}$$

ت - ضریب زلزله، C ، از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$C = \frac{ABI}{R}$$

ث - نیروی موثر به پل در مقطع X از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$P(x) = \frac{\beta.c}{\gamma}\ W(x).\ Vs(x)$$

در روابط فوق:

W(X) = وزن واحد طول پل در مقطع X

g = شتاب ثقل

پارامترهای R, I, B, A در فصل دوم آیین نامه تعریف شده اند.

نحوهٔ درخواست نشریات

دریافت نشریات مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن از طریق پیوستن به «شبکه اشتراک» میسراست. بدین منظور علاقه‌مندان می‌توانند با تعیین موضوعات مورد علاقهٔ خود، چنانچه در کارت اشتراک ذیل مشخص می‌باشد، تمایل خود را جهت پیوستن به نظام اشتراک انتشارات «مرکز» به آگاهی ما برسانند.

در صورت علاقه و تمایل به دریافت انتشارات از طریق پست، لطفاً فرم پیوست را تکمیل نموده و همراه با مدارک لازم به مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن ارسال فرمایید :

۱ـ فیش بانکی به مبلغ ۲۰۰۰۰ ریال به حساب شماره ۶۹۴/۹۶ خزانه بانک مرکزی قابل پرداخت در کلیه شعب بانک ملی.

۲ـ کپی کارت دانشجویی (برای دانشجویان تخفیفی معادل ۱۰٪ درنظرگرفته شده است).

آدرس : بزرگراه شیخ فضل‌ا... نوری، بین شهرک فرهنگیان و شهرک قدس (غرب سابق) صندوق پستی ۱۶۹۶-۱۳۱۴۵ تلفن ۶-۹۸۵۹۴۲

✂- -

فرم درخواست اشتراک و خرید نشریات

نام خانوادگی : نام :

مؤسسه/شرکت:

دانشجو ☐ پژوهشگر ☐ مهندس ☐ پیمانکار ☐

آدرس : تلفن :

مرکزتحقیقات ساختمان و مسکن، لطفاً نشریات موجود در زمینه :

مهندسی ساختمان ☐ معماری ☐ هردوموضوع ☐

رابرای اینجانب ارسال نمایید. فیش بانکی و کپی‌کارت‌دانشجویی پیوست است.

تاریخ : امضاء:

Code of Practice
for
The Earthquake Resistant Design of Road and Railroad Bridges

BUILDING AND HOUSING RESEARCH CENTER
Ministry of Housing & Urban Development
Islamic Republic of Iran
BHRC

Code of Practice for The Earthquake Resistant Design of Road and Railroad Bridges

Building and Housing Research Center.
P.O.Box 13145 - 1696
Tehran - Iran
Tel - 985942-8
Fax - 985941