

جمهوری اسلامی ایران
سازمان برنامه و بودجه

آیین نامه بارگذاری پلها

معاونت فنی
دفتر تحقیقات و معیارهای فنی



نشریه شماره ۱۳۹

omooorepeyman.ir

۱۳

جمهوری اسلامی ایران
سازمان برنامه و بودجه

آیین نامه بارگذاری پلها

نشریه شماره ۱۳۹

۱- رنگ نشانه‌های تقابل بر مبنای استاندارد

معاونت امور فنی
دفتر تحقیقات و معیارهای فنی



۱۳۷۴

انتشارات سازمان برنامه و بودجه ۵۸/۵۰/۷۴

سازمان برنامه و بودجه. دفتر تحقیقات و معیارهای فنی
آیین نامه بارگذاری پلها/ معاونت امور فنی، دفتر تحقیقات و معیارهای فنی. - تهران:
سازمان برنامه و بودجه، مرکز مدارک اقتصادی - اجتماعی و انتشارات، ۱۳۷۴.
۷۷، ص ۷: مصور. - (سازمان برنامه و بودجه. دفتر تحقیقات و معیارهای فنی؛ نشریه
شماره ۱۳۹) (انتشارات سازمان برنامه و بودجه؛ ۷۴/۰۰/۵۸)
مربوط به بخشنامه شماره ۸۵۹-۵۶-۳۶۹۸/۱۰۲ مورخ ۱۳۷۴/۷/۲۹.
۱. پل و پل سازی - استانداردها. ۲. ضریب بارو مقاومت. الف. سازمان برنامه و
بودجه. مرکز مدارک اقتصادی - اجتماعی و انتشارات. ب. عنوان. ج. فروست.

ش. ۱۳۹. ۲س/ ۳۶۸ TA

آیین نامه بارگذاری پلها

تهیه کننده: دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

ناشر: سازمان برنامه و بودجه. مرکز مدارک اقتصادی - اجتماعی و انتشارات

طرح روی جلد: ملیحه الله داد

چاپ اول: ۲۰۰۰ نسخه

قیمت: ۸۳۰۰ ریال

چاپ و صحافی: مؤسسه زحل چاپ

همه حقوق برای ناشر محفوظ است.





جمهوری اسلامی ایران

بسمه تعالی

سازمان برنامه و بودجه

به تمامی دستگاه‌های اجرایی و مهندسان مشاور	دستورالعمل شماره ۸۵۹-۵۶/۳۶۹۸-۱۰۲ مورخ ۱۳۷۴/۷/۲۹
موضوع: آئین‌نامه بارگذاری پل‌های ایران	
تذکر :	
باستناد ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه کشور و آئین‌نامه استانداردهای اجرائی طرح‌های عمرانی این دستورالعمل از نوع [دو] مذکور در ماده هفت آئین‌نامه در [یک] صفحه صادر می‌گردد. تاریخ مندرج در ماده ۸ آئین‌نامه در مورد این دستورالعمل [۱۳۷۴/۱۱/۱] می‌باشد. به پیوست نشریه شماره ۱۳۹ دفتر تحقیقات و معیارهای فنی این سازمان با عنوان «آئین‌نامه بارگذاری پل‌های ایران» ابلاغ می‌گردد. شایسته است دستگاه‌های اجرایی و مهندسان مشاور مفاد نشریه یاد شده و ضوابط و معیارهای مندرج در آن را ضمن تطبیق با شرایط کار خود در طرح‌های عمرانی مورد استفاده قرار دهند.	
حمید میرزاده معاون رئیس جمهور و رئیس سازمان برنامه و بودجه ۱۳۷۴، ۷، ۲۷	





 omoorepeyman.ir

«آئین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی»

«مصوبه ۱۳۵۲/۴/۳۰ هیات وزیران»

فصل سوم- انواع دستورالعمل و نحوه ابلاغ

ماده ۷- دستورالعمل‌های موضوع این آئین‌نامه به سه گروه به شرح زیر تقسیم می‌شود:

بند ۱- گروه اول دستورالعمل‌هایی که رعایت کامل مفاد آن از طرف دستگاه‌های اجرایی و مهندسان مشاور و پیمانکاران و عوامل دیگر ضروری است (نظیر فرم ضمانت نامه‌ها، فرم پیمان‌ها، استانداردهای فنی، تجزیه واحد بها و غیره)

بند ۲- گروه دوم دستورالعمل‌هایی که بطور کلی و برای موارد عادی تهیه می‌گردد و بر حسب مورد دستگاه‌های اجرایی و مهندسان مشاور و پیمانکاران و عوامل دیگر می‌توانند به تشخیص خود مفاد دستورالعمل و یا ضوابط و معیارهای آنرا با توجه به کار مورد نظر و در حدود قابل قبولی که در دستورالعمل تعیین شده تغییر داده و آنرا با شرایط خاص کار مورد نظر تطبیق دهند (نظیر حق‌الزحمه مهندسان مشاور و شرایط عمومی پیمان و مشخصات عمومی و غیره).

بند ۳- گروه سوم دستورالعمل‌هایی است که بعنوان راهنمایی و ارشاد دستگاه‌های اجرایی و موسسات مشاور و پیمانکاران و سایر عوامل تهیه می‌شود و رعایت مفاد آن در صورتیکه دستگاه‌های اجرایی و موسسات مشاور روش‌های بهتری داشته باشند اجباری نیست.

ماده ۸- سازمان موظف است گروه هر دستورالعمل را بطور مشخص در متن آن قید نموده و علاوه در مورد دستورالعمل‌های گروه ۱ و گروه ۲ تا تاریخی که از آن تاریخ لازم است به مورد اجرا گذاشته شود تعیین نماید. مدت زمان بین تاریخ صدور این دستورالعمل‌ها و تاریخی که به مورد اجرا گذاشته می‌شود نباید از ۳ ماه کمتر باشد. در صورتیکه یک دستورالعمل ناقص و یا جایگزین تمام و یا قسمتی از دستورالعمل‌های قبلی باشد لازم است مراتب صراحتاً و با ذکر مشخصات دستورالعمل‌های قبلی در متن دستورالعمل قید گردد.



پیشگفتار

۹

بخش اول - بارگذاری پل‌های راه

فصل اول - کلیات ۱۳

فصل دوم - بارهای دایمی ۱۵

فصل سوم - بارهای بهره‌برداری ۱۷

فصل چهارم - اثر باد، جریان آب و غوطه‌وری ۲۵

فصل پنجم - آثار دما و تغییرات آن، جمع‌شدگی و خزش بتن،

نشست پایه‌ها، و تغییر شکل دستگاه‌های تکیه‌گاهی ۲۸

فصل ششم - اثر زمین‌لرزه ۳۰

فصل هفتم - نرده و جان‌پناه ۳۱

فصل هشتم - آزمایش بارگذاری ۳۳

بخش دوم - بارگذاری پل‌های راه‌آهن

فصل اول - کلیات ۳۷

فصل دوم - بارهای دایمی ۴۱

فصل سوم - بارهای بهره‌برداری ۴۳

فصل چهارم - اثر باد، جریان آب و غوطه‌وری ۵۹

فصل پنجم - آثار دما و تغییرات آن، جمع‌شدگی و خزش بتن،

نشست پایه‌ها و تغییر شکل دستگاه‌های تکیه‌گاهی ۶۴

فصل ششم - اثر زمین‌لرزه ۶۷

فصل هفتم - آزمایش بارگذاری ۶۸

پیوست شماره ۱ ۷۵





پیشگفتار

احداث شبکه راه‌های ارتباطی و توسعه صنعت حمل و نقل، از مهمترین عوامل پیشرفت اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی هر کشور می‌باشند. معمولاً در مسیر هر قطعه راه یا راه‌آهن، متناسب با شرایط منطقه تعدادی پل ساخته می‌شود که هزینه هر واحد طول آنها دهها برابر طول مشابه راه‌ها و یا راه‌آهن متصل به آنهاست. از این رو مطالعه دقیق رفتار پل‌ها در برابر انواع بارهای وارده از اهمیتی ویژه برخوردار است. نظر به اینکه وسایل نقلیه عبوری از پل‌ها بسیار متنوع است و مطالعه این سازه‌ها در مقابل تمامی بارهای واقعی بسیار پیچیده و حجیم می‌باشد، در کشورهای مختلف با پاره‌ای مطالعات تحلیلی و به کارگیری قواعد آمار و احتمالات، مجموعه‌ای از بارهای استاندارد که اثر آنها معادل بحرانی‌ترین حالت‌های ترافیک واقعی باشد تعیین و پل‌های مختلف برای این بارها طراحی می‌شوند.

در مورد راه‌ها اولین بار در سال ۱۳۳۶ هیأتی متشکل از نمایندگان وزارت راه و سازمان برنامه، آئین‌نامه‌های راه‌های کشورهای مختلف را مورد بررسی قرار داد و نهایتاً با استفاده از آئین‌نامه‌های کشور سوئیس، دستورالعمل فنی شماره ۱۱ را که شامل انواع بارهای استاندارد برای محاسبه پل‌هاست تدوین و ارائه کرد. بر خلاف راه‌سازی ایجاد راه‌آهن در ایران با تاخیر قابل ملاحظه‌ای نسبت به سایر کشورها روبرو بوده است. در واقع شروع استفاده از این شیوه حمل و نقل به دهه اول قرن حاضر مربوط است که با همکاری و پشتیبانی متخصصان آلمانی مسیر راه‌آهن تهران-جنوب احداث شد. در مرحله بعد خط آهن شرقی-غربی (قبریز-مشهد) نیز به اجرا درآمد و پس از آن تاچند دهه توسعه قابل ملاحظه‌ای در شبکه راه‌آهن کشور صورت نگرفت. در سال ۱۳۵۳ با توجه به اهمیت جابجائی کالا از بندرعباس، ارتباط معادن سنگ آهن به ذوب

آهن و نیز جابجائی محصولات صنعتی، مطالعاتی برای احداث راه‌آهن تهران، اصفهان، بافق و بندرعباس آغاز شد. تا آن زمان با تکیه بر آیین‌نامه کشورهای اروپائی، در ایران استاندارد خاصی برای طراحی خطوط و از آن جمله پل‌های راه‌آهن صورت نگرفته بود. از این رو راه‌آهن دولتی ایران با استفاده از استانداردهای اروپائی اقدام به تدوین دستورالعملی برای طراحی پل‌های راه‌آهن نمود، اما بعلت عدم رسمیت این دستورالعمل، طراحان با استفاده از آیین‌نامه کشورهای مختلف نسبت به طرح و محاسبه پل‌های راه‌آهن اقدام می‌کردند.

با توجه به اینکه ویژگی‌های فنی وسایل نقلیه عبوری از راه‌ها و راه‌آهن ایران و سایر کشورها با تغییرات زیادی مواجه شده، استانداردهای بارگذاری کشورهای مختلف متناسب با این تغییرات متحول شده‌اند. بر اساس این ضرورت در سال ۱۳۷۰ کمیته‌ای از متخصصان در دفتر تحقیقات و معیارهای فنی سازمان برنامه و بودجه تشکیل گردید و بررسی و تدوین آیین‌نامه بارگذاری پل‌های ایران را در دستور کار خود قرار داد. این کمیته با بررسی اوضاع ترافیکی موجود راه‌های ایران، مشخصات فنی راه‌آهن ایران، آیین‌نامه‌ها و استانداردهای بین‌المللی، مطالعات وسیع آماری، تحلیل مدل‌های مختلف برای پل‌ها و مطالعات انجام شده قبلی، آیین‌نامه حاضر را تهیه نمود. این آیین‌نامه شامل دو بخش بارگذاری پل‌های راه و بارگذاری پل‌های راه‌آهن می‌باشد.

امید است با توجه به اهمیت این آیین‌نامه در طراحی پل‌های راه و راه‌آهن، تمامی طراحان، دست‌اندرکاران، محققان و دانش‌پژوهان از این مجموعه استفاده کرده و نظریات تکمیلی و اصلاحی خود را به دفتر تحقیقات و معیارهای فنی سازمان برنامه و بودجه ارسال دارند.

دفتر تحقیقات و معیارهای فنی به این وسیله از زحمات بیدریغ اعضای کمیته تدوین آیین‌نامه بارگذاری پل‌ها تشکر و قدرهائی می‌کند و توفیق همه آنان را در خدمت به جامعه فنی و مهندسی کشور از درگاه ایزد متعال مسئلت دارد. راهنمایی‌ها و

پشتیبانی‌های جناب آقای مهندس محمد مهدی خلیلی نیز از عوامل موثر در بشمار رسیدن این آیین‌نامه بوده که شایسته تقدیر و سپاسگزاری است. اعضای کمیته تدوین آیین‌نامه بارگذاری پل‌ها به ترتیب حروف الفبا:

- | | |
|-----------------|------------------------|
| ۱- آقای مهندس | محسن جبلی |
| ۲- آقای مهندس | ابراهیم چینی فروش |
| ۳- آقای دکتر | هژیر حایری |
| ۴- آقای مهندس | فریدون دهناد |
| ۵- آقای مهندس | رضا قلی رستمی |
| ۶- آقای مهندس | عبدالحسین رستمی |
| ۷- آقای مهندس | یوسف‌رضا پوریوسف‌لو |
| ۸- آقای دکتر | علیرضا رهایی |
| ۹- آقای دکتر | مرتضی زاهدی |
| ۱۰- آقای دکتر | مجید صادق‌آذر |
| ۱۱- مرحوم مهندس | مرتضی قاسم‌زاده ابیانه |
| ۱۲- آقای مهندس | اسکندر کریمیان |
| ۱۳- آقای مهندس | ناصر محمودیان |
| ۱۴- آقای مهندس | مهدی محیط کرمانی |
| ۱۵- آقای مهندس | محمد وفاداری |
| ۱۶- آقای مهندس | سید اکبر هاشمی |

دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

زمستان ۱۳۷۴





 omorepeyman.ir

بخش اول - بارگذاری پل‌های راه

فصل اول- کلیات

۱-۱ محدوده کاربرد

بارهای مندرج در این آیین‌نامه برای طرح و محاسبه انواع پل‌های راه بکار می‌روند.

۲-۱ بارهای محاسباتی

بارهای محاسباتی در طراحی پل‌ها به شرح زیر تعریف می‌شوند:

- بارهای دایمی
- بارهای بهره‌برداری و هرگونه اثر مربوط به آنها مانند اثر ضربه، ترمز و نیروی گریز از مرکز
- بارهای وارد بر پیاده‌رو
- اثر باد و تغییرات دما
- اثر غوطه‌وری و جریان آب
- اثر تغییر شکل‌های تابع زمان مصالح و نشست پایه‌ها
- اثر زمین لرزه
- بارهای وارد بر جان‌پناه و نرده‌ها
- بارهای ویژه مانند اثر برخورد وسایل نقلیه، کشتی‌ها و قطعات یخ به پایه‌های پل‌ها
- در محاسبه پل‌های راه بار برف منظور نمی‌شود.

۳-۱ مشخصات هندسی

۱-۳-۱ خط عبور

مقطع عرضی پل‌های راه عموماً شامل سه بخش متمایز سواره‌رو، پیاده‌رو و



جان‌پناه‌هاست. عرض استاندارد هر خط عبور محاسباتی ۳ متر در نظر گرفته می‌شود. تعداد خط‌های عبور معادل عدد صحیح خارج قسمت عرض سواره‌رو پل به عرض خط عبور محاسباتی است.

۲-۳-۱ ارتفاع مفید

حداقل ارتفاع مفید برای عبور وسایل نقلیه از زیر پل، که از روی آسفالت جاده تا زیر عرشه پل یا قطعات الحاقی در نظر گرفته می‌شود، باید معادل ۵ متر اختیار شود.

۴-۱ ترکیبات بارگذاری

ضرایب بار و تنش‌های مجاز محاسباتی، از روی آیین‌نامه‌های آشتو یا اوروکد (E.C) تعیین می‌شوند، اما در هر حال احتمال همزمانی و ترکیبات بارگذاری بشرح زیر باید در محاسبات منظور شود:

گروه یک : مجموعه‌ای از بارها شامل بار مرده، اثر جریان آب، اثر کاهش وزن ناشی از غوطه‌وری، تغییر شکل‌های تابع زمان مصالح (جمع

شدگی و وارفنگی)، نشست پایه‌ها و فشار خاک

گروه دو : شامل گروه یک + بارهای بهره‌برداری همراه با اثر ضربه، اثر ترمز و گریز از مرکز

گروه سه (الف) : شامل گروه یک + اثر باد

گروه سه (ب) : شامل گروه دو + اثر باد

گروه چهار (الف) : شامل گروه یک + اثر تغییر دما

گروه چهار (ب) : شامل گروه دو + اثر تغییر دما

گروه پنج : شامل گروه یک + اثر زمین لرزه

گروه شش : شامل گروه یک + بارهای ویژه

فصل دوم- بارهای دایمی

۱-۲ تعریف

بارهای دایمی، وزن اجزای باربر و غیرباربر تشکیل‌دهنده پل و نیز خاک روی عرشه پل را شامل می‌شوند.

۲-۲ وزن اجزای باربر و غیرباربر

این بار شامل وزن اجزای باربر و غیرباربر تشکیل‌دهنده پل است. مقصود از اجزای باربر قطعاتی است که نقش سازه‌ای داشته باشند، و منظور از اجزای غیرباربر قسمت‌هایی از قبیل پیاده‌روها، عایق‌کاری و روکش آسفالت سطح سواره‌رو، روکش‌های آبی، جان‌پناه‌ها، لوله‌ها، مجاری عبور کابل‌ها و سایر تجهیزات شهری که به پل نصب می‌شوند، می‌باشند. در محاسبه این بارها مشخصات هندسی پل و وزن مخصوص هر یک از مصالح مصرفی بر اساس استاندارد شماره ۵۱۹ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران ملاک عمل قرار می‌گیرد.

۳-۲ اثر خاک روی پل‌های زیرخاکی

۱-۳-۲ تعریف

مقدار بار مرده موثر بر پل‌هایی که در عمق قابل ملاحظه‌ای نسبت به سطح راه قرار می‌گیرند به عواملی چون مشخصات هندسی پل، روش اجرا، عمق و مشخصات ژئوتکنیکی خاک بستگی دارد. در حالت کلی توصیه می‌شود با انتخاب مناسب مشخصات خاکریز دو طرف پل، مثلاً استفاده از مخلوط درشت دانه و قلوه سنگ و متراکم کردن آن قبل از اجرای عرشه، امکان کاهش بار مرده موثر بر پل فراهم شود.

۲-۳-۲ روش محاسبه بارهای وارد بر پل‌های زیرخاکی

اگر وزن ستون خاک موجود روی عرشه پل با W نشان داده شود مقدار کل بارمرده موثر از رابطه $P = K.W$ قابل محاسبه است. ضریب K به میزان و جهت جابجائی خاک دو طرف پل نسبت به ستون خاک موجود در روی پل بستگی داشته و غالباً بین 0.7 تا 1.6 تغییر می‌کند. در مورد پل‌های مهم لازم است مقدار این ضریب متناسب با عوامل یاد شده و بر مبنای محاسبات ژئوتکنیکی دقیق تعیین گردد. در پیوست شماره ۱ نمونه‌ای از روش‌های محاسباتی، ارائه شده است.

۴-۲ اثر مساعد حذف کوتاه مدت قسمتی از بارهای دایمی

باید از اثر مساعد حذف قسمتی از بارهای دایمی برای مدتی نامشخص که منجر به کاهش تلاش‌ها در قطعات پل می‌شود، صرف‌نظر کرد.



فصل سوم- بارهای بهره‌برداری

۱-۳ تعریف

در این آیین‌نامه بارهای بهره‌برداری شامل چهار نوع بار فرضی هستند که اثر آنها معادل اثر بارهای واقعی موثر بر اجزای پل است. تعداد و موقعیت این بارها با هدف دست یافتن به بحرانی‌ترین شرایط با توجه به منحنی‌های تاثیر نیروهای داخلی تعیین می‌شود. مشخصات این بارها به شرح زیر است:

۲-۳ بار نوع اول

بار نوع اول معادل وزن کامیون یا کامیون‌های محاسباتی با ویژگی‌های زیر است:

۱-۲-۳ مشخصات

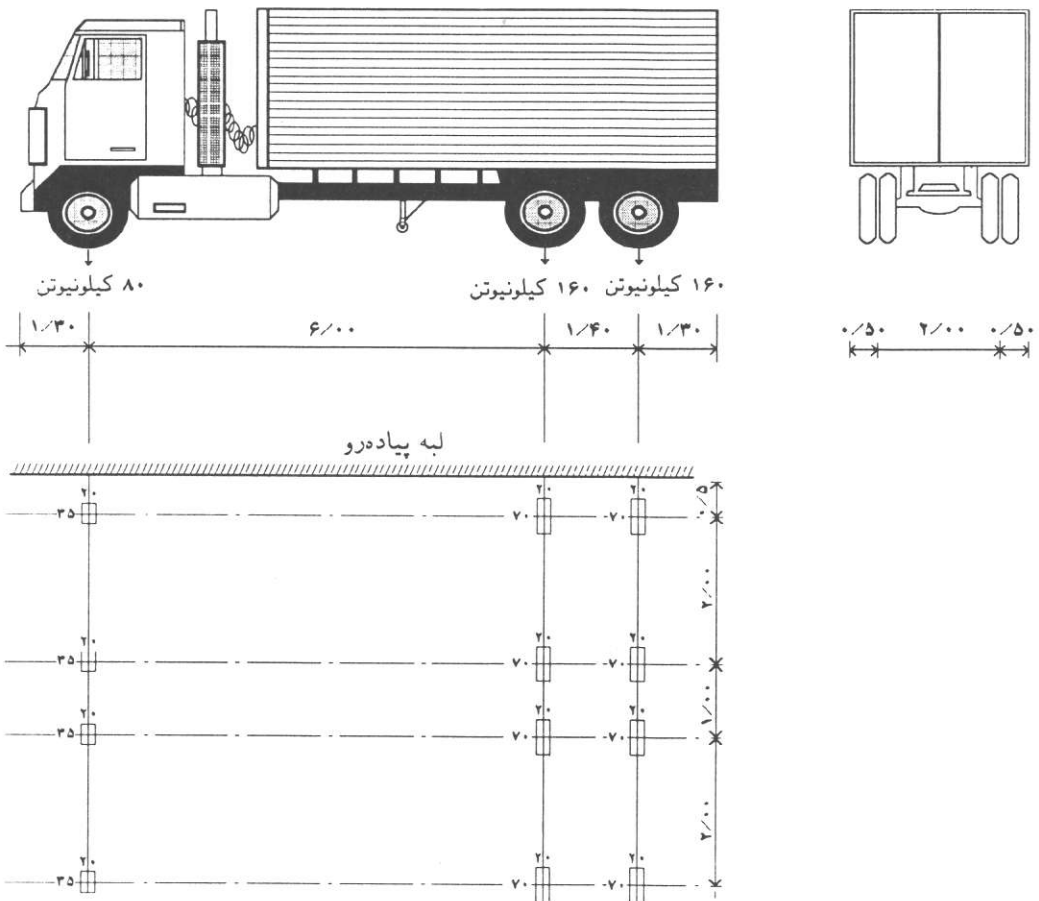
کامیون محاسباتی به وزن ۴۰۰ کیلو نیوتن، شامل سه محور همراه با نحوه استقرار آن در عرض سواره‌رو مطابق شکل شماره ۱-۲-۳ است.

- فاصله دو محور عقب ۱/۴۰ متر
- فاصله محوره‌های میانی و جلو ۶/۰۰ متر
- فاصله عرضی محور به محور دو چرخ ۲/۰۰ متر
- وزن هر یک از دو محور عقب ۱۶۰ کیلو نیوتن، مجموع ۳۲۰ کیلو نیوتن
- وزن محور جلو ۸۰ کیلو نیوتن
- جمع کل معادل ۴۰۰ کیلو نیوتن

۲-۲-۳ نحوه استقرار فرضی کامیون‌ها روی عرشه پل

در امتداد طول پل همواره یک کامیون در هر دهانه قرار داده می‌شود. در امتداد عرض حداکثر تعداد کامیون به تعداد خطوط عبور محاسباتی محدود

می‌شود. حداقل فاصله محور به محور نزدیکترین چرخ‌های دو کامیون $1/00$ متر و حداقل فاصله محور چرخ از لبه پیاده‌رو $0/5$ متر در نظر گرفته می‌شود (شکل شماره ۱-۲-۳).



شکل شماره ۱-۲-۳

۳-۳

بار نوع دوم

این بار که بار معادل نامیده می‌شود مطابق شکل شماره ۳-۳ شامل دو بخش به شرح زیر است:

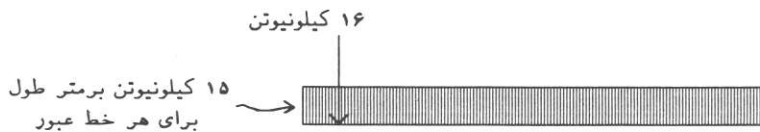


۱-۳-۳ بار یکنواخت

بار یکنواخت به میزان ۱۵ کیلونیوتن بر متر در هر خط عبور اعمال می‌شود.

۲-۳-۳ بار متمرکز

این بار به میزان ۱۶۰ کیلونیوتن برای هر خط عبور در نامناسب‌ترین موقعیت اعمال می‌شود.



شکل شماره ۳-۳

تبصره ۱-۳- ضریب کاهش به مناسبت همزمانی بارها

در مورد پل‌های عریض در صورتی که به منظور حصول شرایط بحرانی، خطوط متعدد بارگذاری شوند، باید یک ضریب کاهش مربوط به احتمال همزمانی بارها بشرح زیر در نیروهای داخلی حاصل اعمال گردد:

- | | | |
|------|-----------|-------------------------------|
| ۱ | ضریب کاهش | بارگذاری یک یا دو خط عبور |
| ۰/۹ | ضریب کاهش | بارگذاری سه خط عبور |
| ۰/۷۵ | ضریب کاهش | بارگذاری چهار خط عبور و بیشتر |

۴-۳ بار نوع سوم

این بار معادل ۸۰ کیلونیوتن است که سطح اثر آن مربعی به ابعاد ۳۰ سانتیمتر فرض می‌شود و موقعیت آن در محدوده سواره‌رو متغیر است.

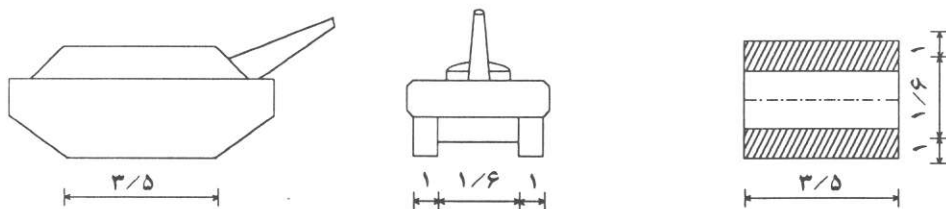


۵-۳ بار نوع چهارم

در طرح تمامی پل‌هایی که امکان عبور تانک یا تریلی تانک‌بر از روی آنها وجود دارد باید اثر دو نوع بار نظامی به شرح زیر در محاسبات منظور شود:

۱-۵-۳ بار تانک

این بار به میزان ۷۰۰ کیلونیوتن روی دو زنجیر به ابعاد ۱/۰۰ متر×۳/۵۰ متر مطابق شکل شماره ۱-۵-۳ در نظر گرفته می‌شود. در امتداد عرض پل تنها یک تانک، و در امتداد طول حداقل فاصله وسط تا وسط هر دو تانک متوالی ۳۰ متر منظور می‌شود.

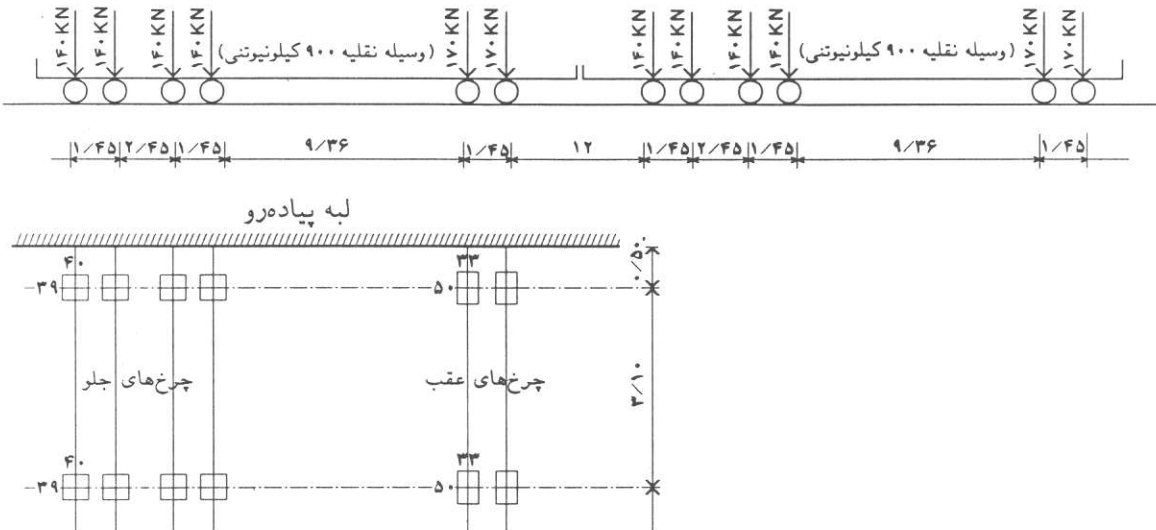


شکل شماره ۱-۵-۳

۲-۵-۳ بار تریلی تانک‌بر

این وسیله نقلیه که برای حمل تانک مورد استفاده قرار می‌گیرد مطابق شکل شماره ۲-۵-۳ دارای ۶ محور به وزن کل ۹۰۰ کیلونیوتن است. در عرض پل تنها یک تریلی و در طول پل حداقل فاصله بین چرخ‌های دو وسیله متوالی ۱۲ متر در نظر گرفته می‌شود. فاصله محور تا محور چرخ‌ها در تریلی تانک‌بر، در امتداد طول تریلی، معادل ۳/۱۰ متر، حداقل فاصله چرخ‌های آن

از لبه پیاده‌رو ۰/۵۰ متر و فاصله محور تا محور چرخ‌های مجاور دو تریلی
تانکر معادل ۱/۶۰ متر اختیار می‌شود.



شکل شماره ۳-۵-۲ (اندازه‌ها برحسب متر)

تبصره ۲-۳ برای عبور بارهای نظامی استثنایی و سنگین‌تر از مفروضات فوق، باید
قبلاً مجوز عبور از پل از مقامات ذیربط کسب شود.

تبصره ۳-۳ حداقل بار معادل موثر بر خاکریز پشت پایه‌های کناری پل‌ها ۱۰
کیلونیوتن بر مترمربع در نظر گرفته می‌شود.

تبصره ۴-۳ حداقل شعاع گردش تریلی‌های تانکر ۵۰ متر است.



۶-۳ ضریب دینامیکی (ضربه)

اثر بار کامیون محاسباتی و بار معادل باید در ضریبی به نام ضریب دینامیکی (ضربه) ضرب شود که مقدار آن از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\delta = 1.3 - 0.005 L - 0.15 h \geq 1$$

$$\delta_{\max} = 1.3$$

در این رابطه h ارتفاع خاکریز روی پل بر حسب متر است. مقدار L بر حسب متر برای حالت‌های مختلف به ترتیب زیر تعیین می‌شود:

- در پل‌های ساده، L طول دهانه است.
 - در پل‌های یکسره یا پیوسته، در محاسبه لنگر خمشی مثبت هر دهانه، L طول همان دهانه و در محاسبه لنگرهای خمشی تکیه‌گاهی L مقدار متوسط طول‌های دو دهانه مجاور تکیه‌گاه مورد نظر است.
 - در مورد تیرهای عرضی و دال‌ها، L طول دهانه مربوط است.
 - در محاسبه اجزای طره‌ای، L طول طره است.
- ضریب ضربه باید در محاسبه تمامی اعضای عرشه پل منظور شود. دیوارهای خایل، کوله‌ها و پی‌ها از این قاعده مستثنی هستند.

۷-۳ اثر ترمز

برای تعیین اثر ترمز وسایل نقلیه روی پل، فرض می‌شود فقط یک نیروی افقی در یکی از خطوط عبور اعمال شود، که مقدار آن از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$F_f = 100 + 7 L \leq 400$$

در رابطه فوق L طول دهانه بر حسب متر و F_f نیروی ترمز بر حسب کیلونیوتن است. حداکثر نیروی ترمز به وزن یک کامیون محاسباتی یعنی ۴۰۰ کیلونیوتن، محدود شده و ضریب ضربه به آن اعمال نمی‌شود.

۸-۳ نیروی گریز از مرکز

پل‌هایی که در قوس افقی واقع می‌شوند باید برای نیروی گریز از مرکزی محاسبه شوند که به صورت افقی و در امتداد عمود بر خط مماس بر محور طولی پل اثر می‌کند. مقدار این نیرو از رابطه زیر به صورت درصدی از بار زنده یک کامیون محاسباتی در هر خط عبور در نظر گرفته می‌شود و در محاسبه آن اثر ضربه منظور نمی‌شود:

$$F_c = K_c \cdot W$$

$$K_c = \frac{V^2}{Rg}$$

در روابط فوق V سرعت طرح بر حسب متر بر ثانیه، R شعاع انحنای محور اصلی پل بر حسب متر، g شتاب ثقل زمین بر حسب متر بر مجذور ثانیه، W وزن هر کامیون محاسباتی و F_c نیروی گریز از مرکز بر حسب کیلونیوتن است که در فاصله $1/8$ متر، و در بالای عرشه پل اعمال می‌شود.

۹-۳ بارهای پیاده‌رو

برای محاسبه اجزای عرشه پل، بارهای پیاده‌رو به دو شکل زیر در نظر گرفته می‌شوند:

۱-۹-۳ پل‌های سواره‌رو

در صورتی که بار کامیون محاسباتی یا بار معادل روی سطح سواره‌رو قرار داده شود، مقدار بار اعمال شده روی هر پیاده‌رو معادل ۲ کیلونیوتن بر مترمربع است.

۲-۱-۹-۳ در محاسبه اجزای ثانوی عرشه پل، غیر از تیرهای باربر و اصلی، باید باری معادل ۴ کیلونیوتن بر مترمربع در سطح هر پیاده‌رو اعمال شود.



۳-۱-۹-۳ در شرایط استثنایی باید اثر بار یکی از چرخ‌های جلوی کامیون محاسباتی با بار ۴۰ کیلونیوتن در سطحی به ابعاد ۲۰ سانتیمتر×۳۵ سانتیمتر در نامناسب‌ترین موقعیت روی سطح پیاده‌رو منظور شود. اثر این بار با بارهای مذکور در ردیف‌های ۳-۱-۹-۱ و ۳-۱-۹-۲ ترکیب نمی‌شود.

۳-۹-۲ پل‌های عابر پیاده

۳-۲-۹-۳ در مورد پل‌های عابر پیاده مقدار بار محاسباتی از رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$P = 2 + \frac{150}{L + 50}$$

در این رابطه L طول بارگذاری شده بر حسب متر و P بار محاسباتی بر حسب کیلونیوتن بر مترمربع است.

۳-۱۰-۳ برخورد وسایل نقلیه و قطعات یخ به پایه‌ها

۳-۱۰-۳-۱ پل‌های روگذر

پایه‌هایی از پل‌های سواره‌رو که در کناره راه واقع می‌شوند باید برای جلوگیری از برخورد وسایل نقلیه، به وسیله دیواره یا جان‌پناه محافظت شوند. چنانچه این گونه محافظت‌ها به عمل نیاید باید روی پایه پل، در امتداد موازی محور راه زیر پل، نیرویی افقی معادل ۸۰۰ کیلونیوتن و در امتداد عمود بر محور راه زیر پل، نیرویی افقی معادل ۳۰۰ کیلونیوتن در نظر گرفت. هر یک از دو نیروی فوق به تنهایی و در ارتفاع یک متری از سطح راه بر پایه پل اثر می‌کند.

۳-۱۰-۳-۲ پل‌های واقع روی رودخانه‌ها و آب‌وها

چنانچه احتمال برخورد کشتی یا قطعات یخ به پایه‌های پل، بدون هر گونه سیستم محافظ و مستهلک‌کننده، وجود داشته باشد لازم است بارهای مربوط با توجه به مدارک علمی معین و در محاسبات وارد شوند.

فصل چهارم- اثر باد، جریان آب و غوطه‌وری

۱-۴ اثر باد

۱-۱-۴ کلیات

در حالت کلی اثر باد به عواملی چون موقعیت جغرافیایی، ارتفاع منطقه از سطح دریا، وضعیت توپوگرافی محل و مشخصات هندسی پل بستگی دارد.

۲-۱-۴ روش محاسبه

در شرایط متعارف برای تخمین فشار باد بر پل‌ها می‌توان فرض‌های ساده کننده زیر را در نظر گرفت:

۱-۲-۱-۴ امتداد باد افقی است و شدت آن روی سطح بادگیر، در دوران بهره‌برداری، بدون بار ترافیک معادل $2/5$ کیلونیوتن بر مترمربع و با بار ترافیک به میزان $1/25$ کیلونیوتن بر مترمربع خرابه بود. نیروی باد بر مرکز ثقل سطح بادگیر اعمال می‌شود. بار باد در دو امتداد طولی و عرضی بطور جداگانه اثر می‌کند و ترکیب اثر دو امتداد لازم نیست.

۲-۲-۱-۴ سطح بادگیر عرشه پل و وسایل نقلیه در امتداد عرضی، سطح نمای قائم آنها در امتداد محور طولی پل است و در امتداد طولی نصف همین مقدار در نظر گرفته می‌شود. در مورد پل‌های با عرشه متشکل از تیر مشبک مساحت واقعی محاسبه شده برای تیر مشبک، در ضریب $1/5$ ضرب می‌شود. در صورتی که جان‌پناه روی سطح پل اجرا شود، سطح بادگیر آن مشابه سطح عرشه و در صورت تعبیه نرده، سطح بادگیر مشابه تیرهای مشبک محاسبه می‌شود. ارتفاع سطح بادگیر وسایل نقلیه از روی سطح سواره‌رو به میزان ۲ متر در سراسر طول پل منظور می‌شود.

۳-۲-۱-۴ در موارد خاص نظیر پل‌های معلق و ترکه‌ای یا پل‌های باریک با دهانه بزرگ که در آنها نیروهای ثقلی و اینرسی محدود است و نیز در روش‌های ویژه اجرایی یا شرایط خاص منطقه‌ای بلحاظ بادخیز بودن، انجام محاسبات آئرودینامیکی با فرض امتدادهای مختلف برای مسیر باد، بنا به نظر مهندس طراح، ضروری است.

۴-۲-۱-۴ سطح بادگیر پایه‌ها در امتداد عرضی، سطح نمای قائم آنها در امتداد محور طولی پل، و در امتداد طولی بزرگترین سطح نمای قائم پایه (سطح واقعی پایه) در نظر گرفته می‌شود.

تبصره ۴-۱ در صورتی که زاویه مسیر باد مشخص باشد بار باد بر روی پل در امتداد واقعی در نظر گرفته می‌شود.

۳-۱-۴ ملاحظات طراحی برای دوران ساخت

۱-۳-۱-۴ مؤلفه افقی فشار باد در دوران ساخت $1/75$ کیلونیوتن بر مترمربع و سطوح بادگیر عرشه مانند بند ۴-۱-۲ در نظر گرفته می‌شود. سطوح بادگیر تجهیزات و ماشین‌آلات روی عرشه پل در زمان اجرا بزرگترین سطح نمای آنهاست.

۲-۳-۱-۴ مؤلفه قائم فشار باد در دوران ساخت، به ویژه در پل‌های طره‌ای، معادل یک کیلونیوتن بر مترمربع سطح افقی عرشه در نظر گرفته می‌شود.

۳-۳-۱-۴ اگر عرشه به روش طره‌ای آزاد یا روشی مشابه آن اجرا شود، بحرانی‌ترین وضعیت آن است که، مؤلفه افقی یا قائم بار باد به طور غیریکنواخت بر روی سطح بادگیر در نظر گرفته شود. به این منظور در یک طرف بازو

بار باد به طور کامل و در طرف دیگر نصف بار باد اعمال می‌گردد.

۴-۳-۱-۴ اگر بخشی از عملیات اجرایی در زمان کمتر از یک روز انجام شود، می‌توان مؤلفه افقی فشار باد را به ۵۰۰ نیوتن بر مترمربع و مؤلفه قائم فشار باد را به ۳۰۰ نیوتن بر مترمربع تقلیل داد، مشروط بر اینکه در این زمان سرعت باد کمتر از ۲۰ متر بر ثانیه باشد.

۲-۴ اثر جریان آب

۱-۲-۴ اثر جریان آب روی پایه‌ها

نیروی حاصل از جریان آب روی پایه‌ها از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$P = 512 K V^2$$

در رابطه فوق P فشار بر حسب پاسکال و V سرعت بر حسب متر بر ثانیه است. K ضریب ثابت مربوط به شکل پایه‌هاست که برای پایه‌های مستطیلی $\frac{3}{4}$ ، برای پایه‌های استوانه‌ای $\frac{2}{3}$ و برای پایه‌های زاویه‌دار $\frac{1}{4}$ در نظر گرفته می‌شود.

۲-۲-۴ اثر غوطه‌وری

چنانچه احتمال غوطه‌وری قسمت‌های مختلف پل وجود داشته باشد باید اثر غوطه‌وری روی پایه‌ها در محاسبات در نظر گرفته شود.



فصل پنجم- آثار دما و تغییرات آن، جمع‌شدگی و خزش بتن، نشست پایه‌ها و تغییر شکل دستگاه‌های تکیه‌گاهی

۱-۵ اثر دما

تغییرات دما در کوتاه‌مدت و درازمدت (روزانه و فصلی) باعث بروز تغییر شکل در اجزای سازه پل می‌شود. این تغییرات شامل موارد زیر است:

۱-۱-۵ تغییر دما

اثر تغییر یکنواخت دما باید در محاسبه تمامی اجزای باربر پل مورد توجه قرار گیرد، تغییرات دما نسبت به دمای متوسط محل احداث پل در سال‌های مختلف در نظر گرفته می‌شود. این تغییرات برای پل‌های سطحی که خاکریزی روی آنها صورت نمی‌گیرد، معادل $+35$ درجه سلسیوس و برای پل‌های زیر خاکی کم عمق (با ارتفاع خاکریزی ۳ متر یا کمتر) معادل $+20$ درجه سلسیوس منظور می‌شود.

۲-۱-۵ اختلاف دما (گرادیان حرارتی)

اثر اختلاف دما بین سطوح فوقانی و تحتانی عرشه پل با این فرض که تغییر دما در ضخامت مقطع خطی است، در محاسبات وارد می‌شود. این اختلاف تابع اوضاع فصلی است که خود به یکی از دو حالت زیر ظاهر می‌شود:

حالت ۱- تابش خورشید روی سطح فوقانی و سایه در سطح تحتانی عرشه پل

حالت ۲- یخبندان روی سطح فوقانی عرشه پل

مقدار اختلاف دما با توجه به شرایط یاد شده و نوع پل از جدول شماره ۲-۱-۵ به دست می‌آید.



جدول شماره ۵-۱-۲- اختلاف دما در سطوح فوقانی و تحتانی عرشه پل‌ها
به درجه سلسیوس

مرکب	بتنی	فلزی	نوع پل / اوضاع فصلی
۱۰	۷	۱۰	حالت ۱
۷	۳/۵	۵	حالت ۲

۲-۵ اثر جمع‌شدگی و خزش بتن

اثر جمع‌شدگی و خزش بتن باید در طراحی مورد توجه قرار گیرد. برای منظور کردن این اثر باید به آیین‌نامه‌های مربوط به بتن آرمه و بتن پیش‌تنیده مراجعه شود.

۳-۵ اثر نشست پایه‌ها

چنانچه نشست نامساوی بین دو یا چند پایه پل محتمل باشد باید اثر آن در طراحی پل منظور شود.

۴-۵ تغییر شکل دستگاه‌های تکیه‌گاهی

در طراحی تکیه‌گاه‌ها علاوه بر اثر بارهای اصلی باید اثر تغییر شکل‌هایی که به علت تغییرات دما، پیش‌تنیدگی، و جمع‌شدگی و خزش بتن در عرشه پل ایجاد می‌شوند و نیز اثر نشست و دوران پایه‌ها، هم در نظر گرفته شود. به علاوه نیروهای داخلی حاصل از تغییر شکل‌های مختلف این دستگاه‌ها هم باید در محاسبه پایه‌ها در نظر گرفته شوند.



فصل ششم- اثر زمین لرزه

برای محاسبه پل‌ها در مقابل زلزله باید مطابق مندرجات آیین‌نامه طرح پل‌های راه و راه‌آهن در برابر زلزله (استاندارد شماره مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران) عمل شود. تا تهیه و تنفیذ آیین‌نامه فوق‌الذکر استفاده از سایر مدارک معتبر مجاز می‌باشد.



فصل هفتم- نرده و جان‌پناه

۱-۷ تعریف

به منظور حفاظت از وسایل نقلیه و تامین ایمنی عابران پیاده لازم است اعضا و قطعات محافظ (جان‌پناه یا نرده) در دو لبه عرشه پل نصب شوند.

۲-۷ نرده‌های ایمنی

در پل‌هایی که سطح جاده در دو طرف به دو پیاده‌رو با اختلاف ارتفاع حداقل ۲۵ سانتیمتر ختم می‌شود، برای حفاظت جان عابران پیاده، باید نرده‌های ایمنی در دو طرف عرشه پل نصب شوند. حداقل ارتفاع نرده از سطح پیاده‌رو ۱ متر در نظر گرفته می‌شود. حداقل بار طراحی برای نرده‌ها یک بار خطی به میزان ۸۰۰ نیوتن بر متر طول است که به صورت قائم و افقی بر لبه نرده اعمال می‌شود. به علاوه باید بار قائم متمرکزی به میزان ۱ کیلونیوتن در هر نقطه از اجزای افقی نرده، در نظر گرفته شود.

۳-۷ جان‌پناه

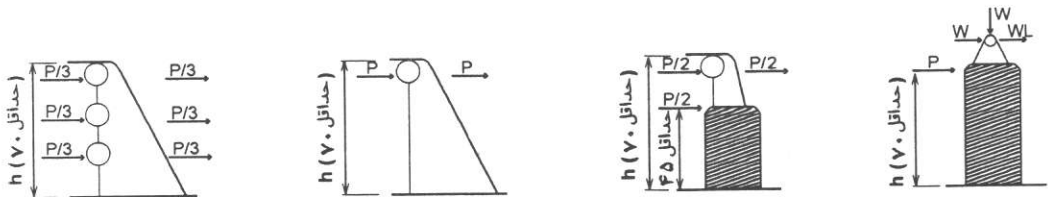
۱-۳-۷ مشخصات

در پل‌های بدون پیاده‌رو یا در مواردی که اختلاف رقوم سطح پیاده‌رو نسبت به سطح جاده کمتر از ۲۵ سانتیمتر بوده و احتمال انتقال اتفاقی بخشی از چرخ‌های وسیله نقلیه به سطح پیاده‌رو وجود داشته باشد، به جای نرده‌های ایمنی، جان‌پناهی مناسب در طرفین عرشه پل تعبیه می‌شود. جان‌پناه باید از مصالح فولادی با تغییر شکل نسبی گسیختگی بیش از ۱۰ درصد یا آلیاژهای سبک‌نورد شده با تغییر شکل نسبی بیش از ۶ درصد ساخته شود. حداقل ارتفاع جان‌پناه از سطح تمام شده لبه عرشه ۷۰ سانتیمتر و ارتفاع معمول آن

بین ۷۰ تا ۱۰۰ سانتیمتر است.

۲-۳-۷ بارگذاری

جان‌پناه پل باید برای مجموعه بارهای عرضی که در شکل شماره ۲-۳-۷ نشان داده شده محاسبه شود. در این شکل مقادیر P و W به ترتیب معادل ۴۵ کیلونیوتن و ۱۰۰۰ نیوتن بر متر طول در نظر گرفته می‌شوند. در مواردی که ارتفاع جان‌پناه (h) از ۸۵ سانتیمتر بیشتر باشد، بارهای طراحی به میزان ۳۵ درصد افزایش می‌یابند. در امتداد طول جان‌پناه باری به میزان نصف بار عرضی روی یک پایه اعمال و حداکثر بین چهار پایه تقسیم می‌شود. در پل‌های درون شهری باید یک جان‌پناه در حدفاصل پیاده‌رو و سطح سواره‌رو تعبیه شود.



شکل ۲-۳-۷ بارگذاری جان‌پناه سواره‌رو

توضیحات:

- (۱) بار اعضای طولی جان‌پناه (نرده) در طرف چپ هر شکل نشان داده شده است
- (۲) بار اعضای قائم جان‌پناه (پایه) در طرف راست هر شکل نشان داده شده است
- (۳) تمامی ابعاد برحسب سانتیمتر است
- (۴) $P = 45$ کیلونیوتن، $W = 1000$ نیوتن بر متر طول و L = فاصله پایه‌های جان‌پناه



فصل هشتم- آزمایش بارگذاری

آزمایش بارگذاری بر اساس نظر کارفرما به ترتیب زیر انجام می‌شود.

۱-۸ شرایط بارگذاری

آزمایش بارگذاری پل‌ها باید قبل از شروع بهره‌برداری انجام شود. حداقل سن سازه‌های بتنی هنگام آزمایش باید ۹۰ روز باشد.

۲-۸ برنامه آزمایش

۱-۲-۸ اعمال بارهای بهره‌برداری مندرج در قسمت ۳-۸

۲-۲-۸ بازدید کامل از پل قبل و بعد از اعمال بارها

۳-۲-۸ اندازه‌گیری افتادگی عرشه پل و تراز تکیه‌گاه‌ها

۳-۸ بارها در آزمایش بارگذاری

بارهای مورد استفاده در آزمایش بارگذاری شامل تعدادی کامیون یا بارهای دیگر هستند که روی سطح سواره‌رو قرار داده می‌شوند. روی سطح پیاده‌روها باری اعمال نمی‌شود. کامیون‌های یاد شده به تعداد کافی و در امتدادهای طولی و عرضی طوری قرار می‌گیرند که در پل حداکثر $\frac{3}{4}$ اثر بارهای سواره‌رو بر اساس این آیین‌نامه، یا اعمال ضریب ضربه، ایجاد شود.

قبل از شروع آزمایش‌ها باید سطح روی پل در وسط دهانه ورودی پایه‌ها تراز یابی شود. بعد از اعمال بارها نیز این کار مطابق برنامه زمان‌بندی

پیش‌بینی شده انجام می‌شود. در پل‌های یک دهانه بارگذاری روی کل دهانه انجام می‌گیرد و در پل‌های چند دهانه ابتدا بارگذاری دهانه به دهانه و سپس در دو دهانه مجاور هر تکیه‌گاه اعمال می‌شود. در پل‌های قوسی در مرحله اول بارگذاری روی نصف طول قوس و در مرحله دوم روی نیمه دیگر، در مرحله سوم روی تمامی قوس و در مرحله چهارم روی نیمه میانی قوس صورت می‌گیرد. در پل‌های معلق و سایر پل‌های استثنایی باید برنامه ویژه‌ای برای بارگذاری تنظیم شود.

۴-۸ بازدید و اندازه‌گیری

قبل از عملیات بارگذاری و هم بعد از آن، همه قسمت‌های پل و به ویژه بخش‌هایی که ضمن بارگذاری بیشترین تلاش‌ها را متحمل می‌شوند باید مورد بازدید قرار گیرند. برای پل‌های با دهانه بیش از ۱۰ متر باید حین بارگذاری نشست‌های تکیه‌گاهی، حداکثر افتادگی‌ها و تغییر شکل‌های خمیری ماندگار مربوط به هر دهانه و عرض ترک‌ها اندازه‌گیری شود. این اندازه‌گیری‌ها باید نسبت به یک مبدأ ثابت که امکان مقایسه تغییر شکل‌ها را فراهم کند انجام گیرند. در پل‌های با دهانه بیش از ۴۰ متر باید علاوه بر رقوم‌های تکیه‌گاه و وسط دهانه رقوم‌های چند نقطه دیگر نیز در طول دهانه برداشت شوند تا امکان ترسیم نیمرخ طولی تغییر شکل‌ها فراهم شود. در پل‌های صندوقه‌ای، اندازه‌گیری برای هر صندوقه به طور جداگانه انجام می‌شود، در سایر پل‌ها اندازه‌گیری بنا به پیشنهاد طراح و توافق کارفرما صورت می‌گیرد. شرایط تابش خورشید و درجه حرارت عرشه باید در طول عملیات ثبت شود.

در پایان باید نتایج آزمایش بارگذاری شامل ساعت و روز، وضعیت تابش خورشید و درجه حرارت محیط، تعداد و مشخصات کامیون‌ها، روش بارگذاری و مقادیر اندازه‌گیری شده، و وضعیت اجزای پل قبل و بعد از بارگذاری طی

صورت جلسه‌ای که به امضای نمایندگان مجاز کارفرما، دستگاه نظارت، پیمانکار و آزمایشگاه می‌رسد، ثبت شود.

۵-۸ چگونگی کنترل تغییر شکل‌ها و ترک‌ها

۱-۵-۸ تغییر شکل‌ها

تغییر شکل‌های حاصل از آزمایش بارگذاری با توجه به نوع مصالح مصرفی در عرشه پل نباید از تغییر شکل‌های ناشی از بارهای محاسباتی تجاوز کنند.

تبصره ۸-۱ در پل‌های فلزی اعم از تک دهانه یا ممتد، تغییر شکل حداکثر ناشی از بارهای بهره‌برداری به $\frac{1}{800}$ طول دهانه محدود می‌شود. این محدودیت در پل‌هایی که در محدوده شهرها ساخته می‌شوند به $\frac{1}{1000}$ تقلیل می‌یابد. این نسبت در پل‌های طره‌ای معادل $\frac{1}{1000}$ طول طره در نظر گرفته می‌شود.

تبصره ۸-۲ در پل‌های بتنی اعم از تک دهانه یا ممتد، حداکثر تغییر شکل ناشی از بارهای بهره‌برداری به $\frac{1}{1000}$ طول دهانه (برحسب سانتیمتر) به علاوه 0.5 سانتیمتر محدود می‌شود. در مورد پل‌های بتنی طره‌ای حداکثر تغییر شکل ناشی از بارهای بهره‌برداری به $\frac{1}{1000}$ طول طره محدود می‌شود.

۲-۵-۸ ترک‌ها

در اعضا و قطعات سازه‌ای پل‌های بتن آرمه و پل‌های بتن پیش‌تنیده‌ای که ترک‌خوردگی در آنها مجاز شمرده شده است، عرض ترک‌ها نباید با توجه به اوضاع محیطی از مقادیر مندرج در جدول شماره ۸-۵-۲ تجاوز کند.



جدول شماره ۸-۵-۲- حداکثر عرض ترک در پل‌های بتنی

حداکثر عرض ترک به میلیمتر	اوضاع محیطی	
	ویژگی	طبقه‌بندی
۰/۳	رطوبت نسبی تا ۶۰ درصد در کمتر از سه ماه از سال	معمولی
۰/۲	رطوبت نسبی زیاد بدون وجود گازها یا عوامل گزندبار	متوسط
۰/۱	محیط‌های صنعتی یا دریایی	شدید



بخش دوم - بارگذاری پل‌های راه‌آهن

فصل اول- کلیات

۱-۱ محدوده کاربرد

بارهای مندرج در این آیین‌نامه برای طرح و محاسبه انواع پل‌های راه‌آهن بکار می‌روند.

۲-۱ بارهای محاسباتی

بارهای محاسباتی در طراحی پل‌ها به شرح زیر تعریف می‌شوند:

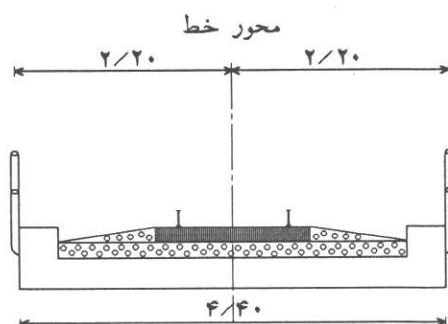
- بارهای دایمی
- بارهای بهره‌برداری و هرگونه اثر مربوط به آنها مانند اثر ضربه، کشش، ترمز و نیروی گریز از مرکز
- بارهای وارد بر پیاده‌رو
- اثر باد و تغییرات دما
- اثر غوطه‌وری و جریان آب
- اثر تغییر شکل‌های تابع زمان مصالح و نشست پایه‌ها
- اثر زمین لرزه
- بارهای وارد بر جان‌پناه و نرده‌ها
- بارهای ویژه مانند اثر برخورد وسایل نقلیه، کشتی‌ها و قطعات یخ به پایه‌های پل‌ها



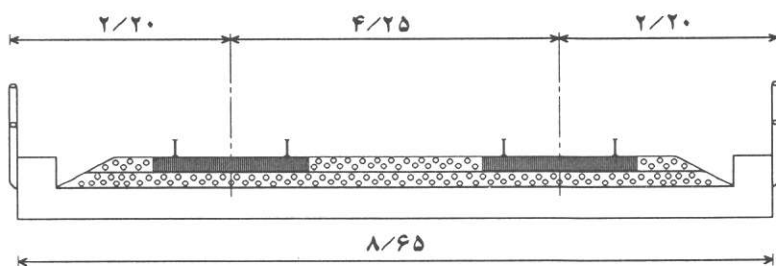
۳-۱ مشخصات هندسی

۱-۳-۱ خط عبور

مقطع عرضی پل‌های راه‌آهن عموماً شامل دو بخش متمایز برای عبور قطار، و جان‌پناه‌هاست. فاصله استاندارد ریل‌ها در راه‌آهن ایران معادل ۱۴۳۵ میلیمتر است. حداقل عرض پل‌های یک خطه و دوخطه به ترتیب $۴/۴۰$ و $۸/۶۵$ متر و مقطع عرضی استاندارد برای این پل‌ها مطابق شکل ۱-۳-۱ است.



مقطع عرضی استاندارد پل یک خطه



مقطع عرضی استاندارد پل دو خطه

شکل ۱-۳-۱



تبصره ۱-۱ در موارد خاص نظیر لزوم تعبیه پیاده‌رو، کارفرما تغییرات لازم در مقطع عرضی پل را به طراح ابلاغ خواهد کرد.

تبصره ۲-۱ افزایش عرض پل در قوس

فواصل افقی روی شکل‌های فوق برای خطوط مستقیم معتبر است، در قوس افقی با توجه به شعاع قوس عرض پل به شرح جدول زیر اضافه می‌شود:

شعاع قوس به متر	اضافه عرض پل به متر
۱۰۰ تا ۱۴۹	۰/۲۷
۱۵۰ تا ۱۹۹	۰/۱۵
۲۰۰ تا ۲۴۹	۰/۰۹
۲۵۰ تا ۲۹۹	۰/۰۶
۳۰۰ تا ۳۹۹	۰/۰۳
۴۰۰ و بیشتر	۰

در ایستگاه‌ها حداقل فاصله محور تا محور مجاور ۵ متر در نظر گرفته می‌شود.

۲-۳-۱ ارتفاع مفید

ارتفاع مفید پل‌های راه‌آهن که از زیر آنها وسایل نقلیه، غیر از قطار، عبور می‌کند از روی آسفالت جاده تا زیر عرشه پل یا قطعات الحاقی معادل ۵ متر اختیار می‌شود. چنانچه قرار است از زیر پل راه‌آهن، قطار دیگری عبور نماید فاصله بین روی ریل تا زیر عرشه پل یا قطعات الحاقی معادل ۶/۴۰ متر

اختیار می‌شود.

۴-۱ ترکیبات بارگذاری

ضرایب بار و تنش‌های مجاز محاسباتی، مطابق آیین‌نامه‌های آشتو یا اوروکد (E.C) تعیین می‌شوند، اما در هر حال احتمال همزمانی و ترکیبات بارگذاری بشرح زیر باید در محاسبات منظور شود:

گروه یک : بار مرده + اثر جریان آب + اثر کاهش وزن ناشی از غوطه‌وری + اثر تغییر شکل‌های تابع زمان مصالح (جمع‌شدگی و وارفتگی) + اثر نشست پایه‌ها + فشار خاک

گروه دو : شامل گروه یک + بارهای بهره‌برداری همراه با اثر ضربه، اثر ترمز، کشش، گریز از مرکز و تأثیر نوسانات جانبی

گروه سه (الف) : شامل گروه یک + اثر باد

گروه سه (ب) : شامل گروه دو + اثر باد

گروه چهار (الف) : شامل گروه یک + اثر تغییرات دما

گروه چهار (ب) : شامل گروه دو + اثر تغییر دما

گروه پنج : شامل گروه یک + اثر زمین لرزه

گروه شش : شامل گروه یک + نصف سربارهای بهره‌برداری + اثر زمین‌لرزه

گروه هفت : شامل گروه یک + بارهای ویژه

تبصره ۳-۱ در محاسبه پل‌های راه‌آهن بار برف منظور نمی‌شود.

تبصره ۴-۱ بارهای پیشنهاد شده در این آیین‌نامه بارهای حداقل می‌باشند. چنانچه به موجب شواهد، تجربیات و انجام محاسبات دقیق‌تر در مورد یک پروژه بارهای بزرگتری نتیجه شوند، این بارها با تأیید کارفرما، ملاک محاسبات خواهند بود.

فصل دوم- بارهای دایمی

۱-۲ تعریف

بارهای دایمی، وزن اجزای باربر و غیرباربر تشکیل‌دهنده پل، خاک روی عرشه، وزن خط و بالاست را شامل می‌شوند.

۲-۲ وزن اجزای باربر و غیرباربر

این بار شامل وزن اجزای باربر و غیرباربر تشکیل‌دهنده پل است. مقصود از اجزای باربر قطعاتی است که نقش سازه‌ای داشته باشند، و هدف از اجزای غیرباربر قسمت‌هایی از قبیل پیاده‌روها، بالاست و خط، عایق‌کاری، نرده‌ها، لوله‌ها، مجاری عبور کابل‌ها و سایر تجهیزات شهری که به پل متصل می‌شوند، می‌باشند. در محاسبه این بارها مشخصات هندسی پل و وزن مخصوص هر یک از مصالح مصرفی بر اساس استاندارد شماره ۵۱۹ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران ملاک عمل قرار می‌گیرد.

وزن مخصوص مصالحی که در استاندارد یاد شده نیامده است بکمک دیگر استانداردهای معتبر و یا استفاده از ارقام مفروضی که مورد تأیید کارفرما باشد تعیین می‌گردد.

در طرح و محاسبه پل‌های راه‌آهن ایران وزن اجزای تشکیل‌دهنده خط بشرح زیر اختیار می‌شوند:

- بالاست و بست‌های خط معادل ۱۹ کیلو نیوتن بر متر مکعب

- ریل، تراورس، نرده‌ها و پایه‌ها معادل ۳ کیلو نیوتن بر متر طول به ازای هر خط عبور .



۳-۲ اثر خاک روی پل‌های زیرخاکی

۱-۳-۲ تعریف

مقدار بار مرده موثر بر پل‌هایی که در عمق قابل ملاحظه‌ای نسبت به سطح راه قرار می‌گیرند به عواملی چون مشخصات هندسی پل، روش اجرا، عمق و مشخصات ژئوتکنیکی خاک بستگی دارد. در حالت کلی توصیه می‌شود با انتخاب مناسب مشخصات خاکریز دو طرف پل، مثلاً استفاده از مخلوط درشت دانه و قلوه سنگ و متراکم کردن آن قبل از اجرای عرشه، امکان کاهش بار مرده موثر بر پل فراهم شود.

۲-۳-۲ روش محاسبه بارهای وارد بر پل‌های زیرخاکی

اگر وزن ستون خاک موجود روی عرشه پل با W نشان داده شود مقدار کل بارمرده موثر از رابطه $P = K.W$ قابل محاسبه است. ضریب K به میزان و جهت جابجائی خاک دو طرف پل نسبت به ستون خاک موجود در روی پل بستگی داشته و غالباً بین 0.7 تا $1/6$ تغییر می‌کند. در مورد پل‌های مهم لازم است مقدار این ضریب متناسب با عوامل یاد شده و بر مبنای محاسبات ژئوتکنیکی دقیق تعیین گردد. در پیوست شماره ۱ نمونه‌ای از روش‌های محاسباتی، ارائه شده است.

۴-۲ اثر مساعد حذف کوتاه مدت قسمتی از بارهای دایمی

باید از اثر مساعد حذف قسمتی از بارهای دایمی برای مدتی نامشخص که منجر به کاهش تلاش‌ها در قطعات پل می‌شود، صرف‌نظر کرد.



فصل سوم- بارهای بهره‌برداری

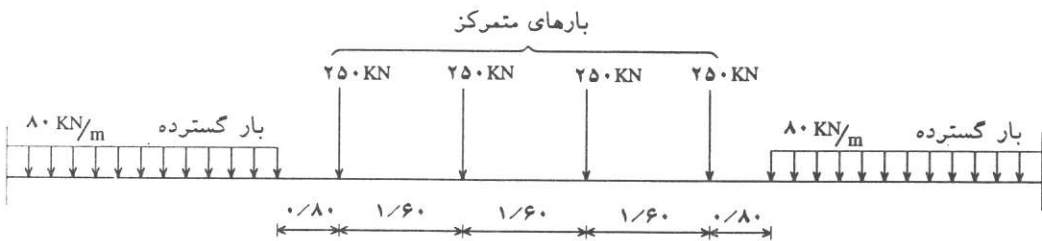
۱-۳ بارهای زنده

۱-۱-۳ بارگذاری استاندارد

برای ابنیه فنی راه‌آهن بجای بار حقیقی قطار، بار فرضی مطابق شکل ۱-۳ قرار داده می‌شود که در این آیین‌نامه از آن بعنوان "بارگذاری استاندارد" (بارگذاری نوع ۱) یاد خواهد شد.

برای طرح و محاسبه قسمت‌های مختلف پل، این بارگذاری در نامساعدترین وضعیت منظور می‌شود.

شکل ۱-۳- بارگذاری استاندارد



۲-۱-۳ بارگذاری اصلاح شده

برای حمل و نقل‌های خاص می‌توان از بارگذاری اصلاح شده (ویژه) استفاده کرد. در بارگذاری‌های ویژه بارهای متمرکز و یکنواخت تعیین شده در بارگذاری استاندارد با اعمال ضرایبی بشرح جدول زیر اصلاح می‌شوند:



نوع بارگذاری	ضریب اصلاح
سبک (نوع ۲)	۰/۸
سنگین (نوع ۳)	۱/۲

تبصره ۳-۱ برای حمل و نقل‌های عادی از بارگذاری استاندارد (نوع ۱) و برای بارگذاری‌های ویژه از بارگذاری‌های اصلاح شده (انواع ۲ و ۳) استفاده می‌شود. نوع بارگذاری ویژه توسط کارفرما تعیین خواهد شد.

در پل‌های دو خطه بارگذاری در یک یا دو خط به منظور حصول شرایط نامساعد صورت می‌گیرد. در پل‌های بیشتر از دو خط نامساعدترین نوع بارگذاری بشرح زیر انجام می‌شود:

- دو خط با بارگذاری کامل در نامساعدترین شرایط و بقیه خطوط بدون بار

- تمامی خطوط با ۷۵ درصد بارگذاری در نامساعدترین شرایط
هر سازه باید برای بیشترین تعداد خطوط که به لحاظ هندسی و سازه‌ای امکان دارد، در نامساعدترین وضعیت، صرف‌نظر از وضعیت خطوط موجود، طراحی شود. در هر صورت فاصله خطوط مورد بحث از حداقل مشخص شده در این آیین‌نامه کمتر نخواهد بود.

۳-۱-۳ اثر عبور قطار در خاکریزها

در صورتیکه برای تعیین فشار حاصل از چرخ‌های قطار در خاک پشت پایه‌های کناری پل‌ها، محاسبات دقیق انجام نگیرد می‌توان بار گسترده‌ای به شدت ۳۲ کیلونیوتن بر متر مربع در ۴ متر عرض برای هر خط، بطور نامحدود در نظر گرفت.

۲-۳ ضرایب دینامیکی (ضربه)

ضرایب دینامیکی برای پل‌ها از روابط زیر محاسبه می‌شوند:

$$\delta_1 = \frac{0.96}{\sqrt{L' - 0.2}} + 0.88 \quad (\text{رابطه ۱-۳})$$

$$\delta_2 = \frac{1.44}{\sqrt{L' - 0.2}} + 0.82 \quad (\text{رابطه ۲-۳})$$

$$\delta_3 = \frac{2.16}{\sqrt{L' - 0.2}} + 0.73 \quad (\text{رابطه ۳-۳})$$

در روابط فوق L' طول مشخصه برای محاسبه ضرایب دینامیکی است. ضرایب یاد شده برای خطوط با بالاست و بی بالاست برابر در نظر گرفته می‌شوند. ضرایب دینامیکی برای سازه‌های بتن آرمه، بتن پیش تنیده، فلزی و یا مرکب یکسان فرض می‌شوند. مقادیر L' برای انواع اعضا و قطعات از جدول شماره ۲-۳ استخراج می‌شوند.



جدول شماره ۳-۲ طول مشخصه L' برای محاسبه ضرایب دینامیکی

ردیف	شرح	L'										
اعضای تشکیل‌دهنده عرشه پل (تیرهای عرضی، تیرچه‌های طولی و دال)												
۱	زیرریلی‌ها (تیرچه‌های طولی)	فاصله حمال‌های عرضی + ۳ متر										
۲	تیرهای عرضی بارگذاری شده با زیرریلی‌های دارای تکیه‌گاه ساده	دو برابر فاصله تیرهای عرضی + ۳ متر										
۳	تیرهای عرضی بارگذاری شده با عناصر یکسره عرشه	دهانه حمال‌های اصلی یا دو برابر دهانه تیرهای عرضی حمال، هر کدام کمتر است										
۴	تیرهای عرضی انتهایی	۴ متر										
۵	دال‌های عرشه	برای هر جهت پوشش، دهانه با ردیف‌های ۱ تا ۴ مطابقت داده شود										
۶	تیرهای عرضی طره‌ای	همانند تیرهای عرضی (ردیف‌های ۲ تا ۴)										
۷	زیر ریلی‌های طره‌ای	۰/۵ متر										
۸	آویزها یا تکیه‌گاه‌هایی که فقط با حمال‌های عرضی بارگذاری شده‌اند	همانند تیرهای عرضی (ردیف‌های ۲ تا ۴)										
تیرهای اصلی												
۹	تیرهای اصلی	دهانه تیرهای اصلی										
۱۰	روی دو تکیه‌گاه ساده یکسره روی n دهانه که در آن: $L_m = \frac{1}{n} (L_1 + L_2 + \dots + L_n)$	<table border="1"> <tr> <td>۵ و بیشتر</td> <td>۴</td> <td>۳</td> <td>۲</td> <td>n</td> </tr> <tr> <td>۱/۵</td> <td>۱/۴</td> <td>۱/۳</td> <td>۱/۲</td> <td>$L' = L_m \times$</td> </tr> </table>	۵ و بیشتر	۴	۳	۲	n	۱/۵	۱/۴	۱/۳	۱/۲	$L' = L_m \times$
۵ و بیشتر	۴	۳	۲	n								
۱/۵	۱/۴	۱/۳	۱/۲	$L' = L_m \times$								
۱۱	پل‌های طره‌ای با تیرهای حمال	دهانه تیر حمال										
۱۲	پل‌های معلق با تیرهای حمال اصلی	دهانه تیر حمال اصلی										
۱۳	طاق‌ها (دهانه‌های قوسی)	نصف دهانه										
۱۴	در حالتی که تراورس‌ها مستقیماً روی تیرهای حمال اصلی قرار گیرند و نیز برای اعضای بالا و پایین خرپا یا تیر حمال و قطعات اتصالات	مانند تیرهای حمال اصلی										

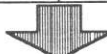
توضیحات جدول :

- ۱- طول L' برای هر یک از اعضای پل عبارتست از فاصله نشیمن‌گاه‌های همان عضو.
- ۲- در مواردی که تنش محاسباتی از ترکیب تنش‌های مختلف حاصل از اجزای گوناگون پل مورد نظر باشد، ضریب ضربه هر یک از اجزا با طول مشخصه (L') همان عضو محاسبه می‌شود. ردیف‌های ۴ و ۱۴ جدول از این قاعده مستثنی هستند.

با توجه به طول مشخصه (L') و شرایط نگهداری خطوط، ضرایب دینامیکی برای لنگر خمشی و تلاش برشی از جدول شماره ۳-۳ بدست می‌آید.



جدول شماره ۳-۳- ضرایب دینامیکی برای محاسبه لنگر خمشی و تلاش برشی با توجه به شرایط نگهداری خط و طول مشخصه عضو

نوع ضریب دینامیکی برای محاسبه :		شرایط نگهداری خط	
لنگر خمشی	تلاش برشی		
δ_2	δ_1	با معیارهای دقیق نگهداری می‌شود	
δ_3	δ_2	سایر وضعیت‌ها	
			
$\delta_3 = \frac{2.16}{\sqrt{L' - 0.2}} + 0.73$	$\delta_2 = \frac{1.44}{\sqrt{L' - 0.2}} + 0.82$	$\delta_1 = \frac{0.96}{\sqrt{L' - 0.2}} + 0.88$	L' بر حسب متر
۲	۱/۶۷	۱/۴۴	۳/۶ و کمتر
۱/۹۳	۱/۶۲	۱/۴۱	۴
۱/۷۹	۱/۵۳	۱/۳۵	۵
۱/۶۱	۱/۴۱	۱/۲۷	۷
۱/۴۶	۱/۳۱	۱/۲	۱۰
۱/۳۲	۱/۲۱	۱/۱۴	۱۵
۱/۲۴	۱/۱۶	۱/۱۰	۲۰
۱/۱۴	۱/۰۹	۱/۰۶	۳۰
۱/۰۸	۱/۰۶	۱/۰۴	۴۰
۱/۰۴	۱/۰۳	۱/۰۲	۵۰
۱/۰۲	۱/۰۱	۱/۰۱	۶۰
۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۶۷ و بیشتر

تبصره ۲-۳ ضریب دینامیکی فقط روی لنگر خمشی و تلاش برشی ناشی از بارگذاری نیروهای قائم استاندارد اعمال می‌شود. سایر نیروها مانند نیروی گریز از مرکز، ترمز، شتاب و نیروهای جانبی در ضریب دینامیکی، ضرب نمی‌شوند.

تبصره ۳-۳ در مورد پل‌های قوسی و بتنی از هر نوع، با پوشش خاکریز و بالاست بیش از یکمتر، ضرایب دینامیکی از روابط زیر بدست می‌آیند:

$$\delta_4 = (\delta_2 \text{ یا } \delta_3) - \frac{h-1}{10} \quad \text{ضریب دینامیکی برای لنگر خمشی (رابطه ۴-۳)}$$

$$\delta_5 = (\delta_1 \text{ یا } \delta_2) - \frac{h-1}{10} \quad \text{ضریب دینامیکی برای تلاش برشی (رابطه ۴-۳)}$$

h عبارت از ضخامت پوشش تا روی تراورس (با احتساب ضخامت بالاست) بر حسب متر. در مورد پل‌های طاقی ضخامت پوشش تا تراز فوقانی قوس (کلید) در نظر گرفته خواهد شد. حداقل ضریب دینامیکی یک است.

تبصره ۴-۳ در محاسبه پایه‌های کناری، شالوده‌ها و دیوارهای حایل ضریب دینامیکی در نظر گرفته نمی‌شود.

۳-۳ نیروی گریز از مرکز

۱-۳-۳ در نقاطی که تمام یا قسمتی از خط روی پل در قوس افقی قرار گیرد، لازم است اثر نیروی گریز از مرکز (خارج از محوری بین خط و محور پل و نیز شیب عرضی) در محاسبات وارد شود.



۲-۳-۳ نیروی گریز از مرکز بر اساس حداکثر سرعت (V)، متناسب با وضعیت هندسی خط محاسبه می‌شود.

۳-۳-۳ بار افقی ناشی از نیروی گریز از مرکز، F_c ، حاصلضرب بارگذاری استاندارد واقع در قوس، W ، و ضریب نیروی گریز از مرکز، K_c ، است که از روابط زیر بدست می‌آید:

$$F_c = K_c \cdot W \quad (\text{رابطه ۵-۳})$$

$$K_c = \frac{V^2}{127 R} \times f_r \quad (\text{رابطه ۶-۳})$$

در روابط فوق: V ، حداکثر سرعت طرح بر حسب کیلومتر در ساعت
 R ، شعاع قوس به متر
و f_r ، ضریب تقلیل است
ضریب تقلیل که تابعی از سرعت (V) و طول دهانه (L) است، از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$f_r = 1 - \left(\frac{V - 120}{1000} \right) \left(\frac{814}{V} + 1.75 \right) \left(1 - \sqrt{\frac{2.88}{L}} \right) \quad (\text{رابطه ۷-۳})$$

در رابطه فوق L عبارت از طول بارگذاری شده‌ای از خط واقع در قوس روی پل بر حسب متر است که در محاسبه قسمت مورد نظر پل، نامساعدترین وضعیت را بوجود می‌آورد.

برای سرعت‌های کمتر یا مساوی ۱۲۰ کیلومتر در ساعت و دهانه کمتر یا مساوی ۲/۸۸ متر، ضریب تقلیل برابر یک است.



در مواردی که قوسی دارای شعاع‌های متفاوت است، شعاع متوسط مناسب (R) تعیین و ملاک عمل قرار می‌گیرد.

در مواردی که خطوط تأثیر از دهانه‌ای به دهانه دیگر تغییر علامت دهند، I_x طول آن قسمت از خط تأثیر است که بیشترین ارتفاع منحنی تأثیر را دارا باشد. نقطه اثر این نیروی افقی $1/8$ متر بالای سطح ریل است.

در محاسبه نیروی گریز از مرکز ضریب ضربه دخالت داده نمی‌شود، اما نیروی گریز از مرکز با نیروی ناشی از حرکت جانبی معادل 100 کیلو نیوتن بطور همزمان عمل می‌کند. بار ناشی از نیروی گریز از مرکز باید همیشه با بار قائم مربوطه ترکیب شود. در مواردی که سرعت طرح بیش از 120 کیلومتر در ساعت است، در ترکیب آثار ناشی از بار گریز از مرکز و بارهای قائم باید دو حالت زیر در نظر گرفته شوند:

الف- نیروی گریز از مرکز با فرض V برابر با 120 کیلومتر در ساعت و بار استاندارد

ب- نیروی گریز از مرکز با فرض $V = V_{max}$ و بار استاندارد که در ضریب f_r ضرب شده باشد. لازم است محاسبات اجزای پل‌های واقع در قوس برای تمام بار زنده استاندارد بدون ضریب تقلیل و بدون نیروی گریز از مرکز کنترل شوند.

برای سهولت مقادیر ضریب تقلیل (f_r) حاصل از رابطه ۳-۷، در جدول زیر ارائه شده است:



جدول ۳-۳-۳ ضریب تقلیل در محاسبه نیروی گریز از مرکز (f_p)

۳۰۰	۲۵۰	۲۰۰	۱۶۰	۱۲۰ و کمتر	حداکثر سرعت طرح در قوس به کیلومتر در ساعت (V)
					دهانه (L) به متر
۱	۱	۱	۱	۱	۲/۸۸ و کمتر
۰/۹۸	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۹	۱	۳
۰/۸۸	۰/۹	۰/۹۳	۰/۹۶	۱	۴
۰/۸۱	۰/۸۴	۰/۸۹	۰/۹۳	۱	۵
۰/۷۵	۰/۸	۰/۸۶	۰/۹۲	۱	۶
۰/۷۱	۰/۷۷	۰/۸۳	۰/۹	۱	۷
۰/۶۸	۰/۷۴	۰/۸۱	۰/۸۹	۱	۸
۰/۶۵	۰/۷۲	۰/۸	۰/۸۸	۱	۹
۰/۶۳	۰/۷	۰/۷۸	۰/۸۷	۱	۱۰
۰/۵۹	۰/۶۷	۰/۷۶	۰/۸۶	۱	۱۲
۰/۵۵	۰/۶۳	۰/۷۴	۰/۸۵	۱	۱۵
۰/۵	۰/۶	۰/۷۱	۰/۸۳	۱	۲۰
۰/۴۵	۰/۵۵	۰/۶۸	۰/۸۱	۱	۳۰
۰/۴۱	۰/۵۲	۰/۶۶	۰/۸۰	۱	۴۰
۰/۳۹	۰/۵	۰/۶۵	۰/۷۹	۱	۵۰
۰/۳۷	۰/۴۹	۰/۶۴	۰/۷۹	۱	۶۰
۰/۳۶	۰/۴۸	۰/۶۳	۰/۷۸	۱	۷۰
۰/۳۵	۰/۴۷	۰/۶۲	۰/۷۸	۱	۸۰
۰/۳۴	۰/۴۷	۰/۶۲	۰/۷۸	۱	۹۰
۰/۳۳	۰/۴۶	۰/۶۱	۰/۷۷	۱	۱۰۰
۰/۳۱	۰/۴۴	۰/۶	۰/۷۶	۱	۱۵۰ و بیشتر

۴-۳ نیرو (نوسانات) جانبی

نیروی جانبی بصورت نیرویی منفرد و در امتداد عمود بر محور خط، در سطح ریل در نامساعدترین وضعیت اثر می‌کند، مقدار نیروی جانبی (N) معادل ۱۰۰ کیلونیوتن در نظر گرفته می‌شود.

تبصره ۳-۵ اثر نوسان جانبی در ترکیبات بارگذاری گروه‌های پنج و شش در نظر گرفته نمی‌شود.

۵-۳ نیروی ترمز و شتاب

۱-۵-۳ نیروی ترمز و شتاب برابر $\frac{1}{4}$ وزن آن قسمت از قطار است که روی پل قرار می‌گیرد. این نیرو بصورت افقی، در امتداد طولی و در سطح ریل عمل می‌کند.

۲-۵-۳ در مورد پل‌های دو خطه، نیروهای ترمز و شتاب بترتیب زیر در نظر گرفته می‌شوند:

خط اول با نیروی ترمز و خط دوم با نیروی شتاب در نامساعدترین وضعیت.

۳-۵-۳ برای پل‌های سه خطه و بیشتر در هر حالت، بحرانی‌ترین ترکیب بارگذاری برای دو خط ملاک عمل قرار می‌گیرد.

۶-۳ بارگذاری پیاده‌روهای عمومی

۱-۶-۳ در طرح تیرهای باربر اصلی پل، علاوه بر بارهای استاندارد، باید باری به میزان ۲ کیلونیوتن بر متر مربع که روی پیاده‌روهای عمومی اثر می‌کند، در نظر گرفته شود.



۲-۶-۳ در مورد اعضا و قطعاتی از پل که مستقیماً بار پیاده‌رو را تحمل می‌کنند، باید باری برابر ۴ کیلونیوتن بر متر مربع منظور گردد. آثار تقلیل‌دهنده نیروها در محاسبات منظور نمی‌شوند.

۷-۳ بارگذاری پیاده‌روهای ویژه عوامل بهره‌برداری

۱-۷-۳ در محاسبه تیرهای اصلی پل‌ها، بار زنده پیاده‌روهای ویژه عوامل بهره‌برداری بحساب نمی‌آید.

۲-۷-۳ در محاسبه اعضا و قطعاتی که بار پیاده‌روهای ویژه عوامل بهره‌برداری را تحمل می‌کنند، باید بار زنده‌ای به میزان ۴ کیلونیوتن بر متر مربع در نظر گرفته شود.

در صورت نیاز و به شرط ایجاد وضعیت نامساعدتر، باید بار یکنواخت فوق را با بار متمرکزی معادل ۲ کیلونیوتن، جایگزین کرد. آثار حاصل از سربار پیاده‌روها در ضرایب کاهنده و افزایشنده ضرب نمی‌شوند.

۸-۳ بارگذاری سکوها

۱-۸-۳ سکوهایی که محل عبور وسایل نقلیه جاده‌ای نیستند باید برای بار زنده گسترده‌ای معادل ۵ کیلونیوتن بر متر مربع محاسبه شوند، به این بار گسترده یکنواخت باید بار متمرکزی معادل ۲۰ کیلونیوتن، در بحرانی‌ترین وضعیت اضافه شود.

۲-۸-۳ سکوهایی که برای عبور وسایل نقلیه جاده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند باید مطابق مقررات مربوط به پل‌های جاده محاسبه شوند.



۹-۳ بارگذاری نرده پل‌ها

۱-۹-۳ نرده پیاده‌روهای عمومی برای بار افقی یکنواختی به میزان ۸۰۰ نیوتن بر متر، و نرده سایر پیاده‌روها برای بار افقی یکنواختی به میزان ۴۰۰ نیوتن بر متر که در بالاترین عضو افقی نرده اعمال خواهد شد، محاسبه می‌شوند. عضو فوقانی نرده‌ها در پیاده‌روهای عمومی به صورت مجزا برای نیروی قائم یکنواختی به میزان ۸۰۰ نیوتن بر متر نیز محاسبه می‌شود.

۱۰-۳ بارهای اتفاقی و استثنایی

۱-۱۰-۳ برخورد وسایل نقلیه به پایه‌ها

پایه‌های پل که در کنار راه واقع می‌شوند باید برای جلوگیری از برخورد وسایل نقلیه، به وسیله دیواره یا جان‌پناه محافظت شوند. در صورتی که این قبیل محافظت‌ها بعمل نیاید روی پایه پل باید نیروی افقی به میزان ۸۰۰ کیلونیوتن در جهت موازی محور راه زیر پل و نیروی افقی برابر ۳۰۰ کیلونیوتن در جهت عمود بر محور راه زیر پل در نظر گرفته شود. هر یک از دو نیروی یاد شده به تنهایی و در ارتفاع یک متری سطح راه بر پایه اثر می‌کنند.

۲-۱۰-۳ اثر خروج از خط وسایل نقلیه ریلی که از روی پل عبور می‌کنند

۱-۲-۱۰-۳ کلیات

پل‌های راه‌آهن باید چنان ساخته شوند که در صورت بروز سانحه خروج از خط، خسارت وارد بر پل حداقل ممکن باشد و از هر نوع واژگونی یا فروریختگی سازه جلوگیری شود.



۳-۱۰-۲ ضوابط مربوط به سازه و بارهای معادل

الف- طبقه بندی سوانح

با توجه به شدت سانحه، سه حالت متمایز به شرح زیر در نظر گرفته می‌شود:

الف-۱- حالت اول

در این حالت واگن‌های مسافری یا باری سبک از خط خارج شده ولی روی عرشه پل باقی می‌مانند. در این حالت قطعات اصلی سازه نباید متحمل آسیب دائمی شوند، بدین منظور باید قطعات کف پل و تیرهای حمال اصلی برای بارهای معادلی بشرح زیر طرح و محاسبه شوند:

- دو بار خطی قائم هر یک معادل ۱۵ کیلونیوتن بر متر به فاصله $1/4$ متر از یکدیگر موازی با خط، درون محوطه‌ای ۲ متری، در هر کدام از طرفین محور خط که وضعیت نامساعدتری را ایجاد نماید.

- بار منفردی به میزان ۱۰۰ کیلونیوتن درون محدوده‌ای ۲ متری در یکی از طرفین محور خط که وضعیت نامساعدتری را ایجاد نماید. برای قطعه مورد نظر پل، از دو حالت یاد شده باید حالت نامساعدتر اختیار شود.

سایر بارهای زنده اعم از نیروی باد و نیروهای جانبی (نوسان چرخ) در این محاسبه منظور نمی‌شوند.

الف-۲- حالت دوم

در این حالت لکوموتیوها یا واگن‌های سنگین از خط خارج شده، در محوطه خط روی عرشه پل باقی می‌مانند. در این حالت باید از فروریختگی قطعات مهم پل اجتناب شود، در حالیکه صدمات موضعی قابل تحمل هستند. با این فرض قطعات مورد نظر پل باید برای بارهای معادلی به شرح زیر محاسبه شوند:

- دو بار خطی قائم هر یک به میزان ۵۰ کیلونیوتن بر متر به فاصله ۱/۴ متر از یکدیگر موازی با خط، درون محدوده‌ای ۲ متری در یکی از طرفین محور خط که وضعیت نامساعدتری را ایجاد نماید.

- بار منفردی به میزان ۲۰۰ کیلونیوتن در محدوده ۲ متری در یکی از طرفین محور خط که حالت نامساعدتری را بوجود آورد، اثر می‌کند. برای قطعه مورد نظر پل، از دو حالت یاد شده باید وضعیت نامطلوب‌تر را اختیار کرد. سایر بارهای زنده اعم از نیروی باد و نیروهای جانبی (نوسان چرخ) در این محاسبه منظور نمی‌شوند.

الف-۳- حالت سوم

در این حالت لکوموتیوها یا واگن‌های سنگین از خط خارج شده، محوطه خط را ترک می‌کنند ولی از روی پل به پایین سقوط نمی‌کنند، بلکه در لبه پل به حالت متعادل باقی می‌مانند. در این حالت پل نباید دچار واژگونی یا فروریختگی شود. برای تامین پایداری پل در این حالت باید بار معادلی به شرح زیر در محاسبات ایستایی وارد شود:

- بار خطی قائمی به میزان ۸۰ کیلونیوتن بر متر در طول ۲۰ متر که در لبه سازه مورد بحث عمل می‌کند.

تبصره ۳-۶ بار معادل یاد شده فقط برای بررسی ظرفیت نهایی و پایداری اعضا و مجموعه سازه ملاک عمل قرار می‌گیرد.

تبصره ۳-۷ سه حالت یاد شده بطور جداگانه مورد بررسی قرار می‌گیرند و بارها با یکدیگر ترکیب نمی‌شوند.



۳-۱۰-۳ بار ناشی از گسیختگی شبکه‌های برق بالاسری

در شبکه‌های هوایی برق، گسیختگی کابل‌های برق بالاسری محتمل است. کشش یکطرفه ناشی از گسیختگی کابل را باید بعنوان باری ساکن به میزان ۲۰ کیلونیوتن که در راستای شبکه اثر می‌کند، در نظر گرفت.

فرض آنست که کابل‌ها بطور همزمان و بشرح زیر پاره شوند:

- برای پل یک خطه یک رشته کابل برق

- برای پل ۲ تا ۶ خطه دو رشته کابل برق

- برای پل بیش از ۶ خط سه رشته کابل برق

در هر مورد باید نامساعدترین وضعیت در نظر گرفته شود.

تبصره ۳-۸ سه حالت یاد شده باید جداگانه مورد بررسی قرار گیرند و ترکیب بارهای مذکور لازم نیست.



فصل چهارم- اثر باد، جریان آب و غوطه‌وری

۱-۴ اثر باد

۱-۱-۴ نحوه محاسبه نیروی باد

نیروی باد در پل‌های راه‌آهن افقی در نظر گرفته می‌شود و مقدار آن از رابطه ۱-۴ بدست می‌آید:

$$W = C \cdot q \quad (\text{رابطه ۱-۴})$$

که در آن W فشار باد بر حسب نیوتن بر متر مربع

q فشار دینامیکی بر حسب نیوتن بر متر مربع

و C ضریبی بدون واحد است که روش محاسبه آن در قسمت ۱-۴-۲-۲ آمده است.

۲-۱-۴ تأثیر شرایط آب و هوایی

با توجه به شرایط آب و هوایی، فشار دینامیکی q به یکی از روش‌های زیر تعیین می‌شود:

۱-۲-۱-۴ مطابق با آیین‌نامه بارگذاری پل‌های راه برای پل بدون سربار معادل $2/5$ کیلونیوتن بر متر مربع و برای پل با سربار معادل $1/25$ کیلونیوتن بر متر مربع

۲-۲-۱-۴ تابعی از سرعت باد طبق رابطه ۲-۴

$$q = \frac{V^2}{20}$$

(رابطه ۲-۴)



که در آن سرعت محاسباتی باد (V) از رابطه ۴-۳ محاسبه می‌شود

$$V = S \cdot V_m \quad (\text{رابطه ۴-۳})$$

در رابطه فوق V_m سرعت هواشناسی باد، از بالاترین میانگین ساعتی سرعت باد بر حسب کیلومتر در ساعت در فاصله ۱۰ متری بالای سطح زمین محل احداث پل با دوره بازگشت صد ساله، بدست می‌آید.
 S ، ضریب اثر طوفان که تابعی از طول و ارتفاع پل از سطح زمین است، از رابطه ۴-۴ بدست می‌آید:

$$S = 0.07 \sqrt{H} - 0.0006 L + 1.3 \quad (\text{رابطه ۴-۴})$$

H ارتفاع پل از سطح زمین و L طول بادگیر بر حسب متر است.
 در مواردی که ارتفاع پل (H) مساوی یا کمتر از ۷ متر است، ضریب طوفان (S)، مستقل از طول پل (L)، برابر $1/45$ در نظر گرفته می‌شود.
 در شرایط معمولی، در پل‌های به ارتفاع ۲۰ متر و کمتر، از سطح زمین، می‌توان مقادیر زیر را در محاسبات منظور نمود:

$$S = 1/5$$

$$V_m = 100 \text{ کیلومتر در ساعت}$$

$$W = 1125 \text{ نیوتن بر متر مربع}$$

تبصره ۴-۱ فشار باد برای پل‌های با بار و بدون بار یکسان است.

تبصره ۴-۲ نیرویی که باین ترتیب محاسبه می‌شود تمام آثار باد اعم از فشار یا مکش را شامل شده و این آثار از یکدیگر تفکیک نمی‌شوند.

تبصره ۴-۳ حداکثر مقدار ضریب S ، معادل ۲ در نظر گرفته می‌شود.

تبصره ۴-۴ مبنای اندازه‌گیری H ، پایین‌ترین سطح آب رودخانه است.

۲-۱-۴ نحوه توزیع نیروی باد

۱-۲-۱-۴ نیروی باد در سطح بادگیر پل بصورت یکنواخت و افقی پخش می‌شود:

$$W_g = C \cdot q \cdot h \quad (\text{رابطه ۵-۴})$$

در رابطه ۵-۴، W_g نیروی باد بر حسب نیوتن بر متر که بطور یکنواخت در کل سطح بادگیر پل اثر می‌کند، h ارتفاع بادگیر پل بر حسب متر است که در تعیین آن باید به نکات زیر توجه شود:

- در تمامی تیر ورق‌های فلزی بیشترین فاصله قائم بین سطوح بالا و پایین تیر به عنوان h منظور می‌شود.
- برای تیرهای مشبک با ابعاد معمولی $h=1/8$ متر و برای تیرهای مشبک با ابعاد غیر متعارف h از رابطه ۶-۴ محاسبه می‌شود:

$$h = 1 + 10 \frac{h'}{\ell} \quad (\text{رابطه ۶-۴})$$

در رابطه ۶-۴، h' فاصله عمودی سطوح بالا و پایین تیر مشبک و ℓ طول تیر مشبک است.

- برای سایر تیرهای اصلی توپر، از روی سطح بادگیر ارتفاع معادل h محاسبه می‌شود.

تبصره ۵-۴ سطح بادگیر تمامی اعضا و قطعات پل که مانع حرکت باد می‌شوند باید در محاسبه بادگیر منظور شوند.

۲-۲-۱-۴ ضریب C

- برای تیر ورق‌ها و پل‌های بتن آرمه ضریب C تابعی از نسبت پهنای پل به ارتفاع بادگیر آن است که از روابط زیر بدست می‌آید:



برای نسبت $\frac{B}{h}$ مساوی یا کوچکتر از ۲: (رابطه ۴-۷) $C = 2.5 - \frac{1}{2} \times \frac{B}{h}$

برای نسبت $\frac{B}{h}$ بزرگتر از ۲: (رابطه ۴-۸) $C = 1.6 - \frac{1}{20} \times \frac{B}{h}$

در روابط فوق: h ارتفاع بادگیر پل به متر (مطابق مندرجات بند ۴-۱-۲)، B پهنای پل به متر که از رابطه ۴-۹ بدست می‌آید

(رابطه ۴-۹) $B = e + 4.0$

e در رابطه ۴-۹ فاصله محور به محور اولین و آخرین خطوط روی پل بر حسب متر است.

- در مورد خرپاها و تیرهای مشبک، ضریب C تابعی است از تعداد تیرهای اصلی که بشرح زیر تعیین می‌شود:

برای پل‌های با یک تیر اصلی $C = 1/6$

برای پل‌های با دو تیر اصلی $C = 2/5$

برای پل‌های با بیش از دو تیر اصلی (رابطه ۴-۱۰) $C = 2.5 (\sqrt{2n} - 1)$

که در آن n تعداد تیرهای اصلی است.

۴-۱-۳ مقدار و محل تأثیر نیروی باد

نیروی باد در قطارهای در حال حرکت بصورت گسترده، یکنواخت، افقی و در نواری پیوسته بشکل مستطیل در ارتفاع $3/5$ متر بالاتر از سطح ریل اثر می‌کند و مقدار آن از رابطه ۴-۱۱ بدست می‌آید:

(رابطه ۴-۱۱) $W_v = C \cdot q \cdot h_v$

در رابطه فوق $C = 1/5$ و $h_v = 3/5$ متر در نظر گرفته می‌شود.

تبصره ۴-۶ در محاسبات ایستایی پل نیروی باد، صرف‌نظر از تعداد خطوط، فقط روی یک قطار اثر می‌کند. اگر قطار هنگام عبور از روی پل در پناه اجزا و قطعات توپر نظیر تیرهای اصلی و نرده‌ها واقع شود و مستقیماً در معرض وزش باد نباشد، ارتفاع h_v مطابق با آن تقلیل می‌یابد. عمل تقلیل h_v در مورد تیرهای مشبک انجام نمی‌گیرد.

تبصره ۴-۷ در پل‌های خاص بویژه پل‌های بلند و لاغر که مسئله ارتعاشات حاصل از وزش باد در آنها حائز اهمیت است، باید بررسی‌های ویژه‌ای صورت گیرد.

۲-۴ اثر جریان آب و غوطه‌وری

۱-۲-۴ اثر جریان آب روی پایه‌ها

نیروی حاصل از جریان آب روی پایه‌ها از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$P = 512 \text{ KV}^2 \quad (\text{رابطه ۴-۱۲})$$

در رابطه فوق P فشار بر حسب پاسکال و V سرعت جریان آب بر حسب متر بر ثانیه است. K ضریب ثابت مربوط به شکل پایه‌هاست که برای پایه‌های مستطیلی $\frac{3}{4}$ ، برای پایه‌های استوانه‌ای $\frac{2}{3}$ و برای پایه‌های زاویه‌دار $\frac{1}{4}$ در نظر گرفته می‌شود.

۲-۲-۴ اثر غوطه‌وری

چنانچه احتمال غوطه‌وری قسمت‌های مختلف پل وجود داشته باشد باید اثر غوطه‌وری روی پایه‌ها در محاسبات منظور شود.



فصل پنجم- آثار دما و تغییرات آن، جمع‌شدگی و خزش بتن، نشست پایه‌ها و تغییر شکل دستگاه‌های تکیه‌گاهی

۱-۵ اثر دما

۱-۱-۵ اثر تغییرات درجه حرارت

برای محاسبه اثر تغییرات درجه حرارت اعم از روزانه یا فصلی در پل، از بزرگترین اختلاف درجه حرارت محیط که در ناحیه استقرار پل اندازه‌گیری شده، استفاده خواهد شد. این مقدار بیشینه (Δt_1) بر اساس آمار درجه حرارت که طی دوره زمانی درازمدت (حداقل سی ساله) ثبت شده، تعیین خواهد شد.

برای محاسبه اثر تغییرات درجه حرارت یکنواخت، یک درجه حرارت فرضی Δt ، ملاک عمل قرار می‌گیرد. این درجه حرارت فرضی از روابط زیر بدست می‌آید:

- برای پل‌های فلزی (رابطه ۱-۵) $\Delta t = 1.2 \Delta t_1$

- برای پل‌های بتن آرمه یا بتن پیش تنیده (رابطه ۲-۵) $\Delta t = 0.8 \Delta t_1$

مقادیر حاصل از روابط فوق را باید با کاهش یا افزایش به نزدیکترین عدد مضرب ۵ درجه سلسیوس گرد کرد. مقادیر Δt که از روابط یاد شده بدست می‌آیند، برای محاسبه نیروهای انبساط و نیز نیروهای بازدارنده (گیرداری) احتمالی ناشی از تغییر درجه حرارت بکار می‌روند. هنگام محاسبه ابعاد تکیه‌گاه‌های متحرک، باید به مقدار انبساط رقمی بعنوان حاشیه ایمنی کافی، افزوده شود.



۲-۱-۵ تغییرات درجه حرارت در مقطع عرضی

۱-۲-۱-۵ برای منظور کردن تفاوت درجه حرارت در مقطع عرض، محاسبات باید بر مبنای اختلاف درجه حرارت در دو راستای افقی و قائم (در برش عرضی عرشه پل) انجام پذیرد.

افت دما مستقل از نوع مصالح یا ساختمان بشرح زیر است:

الف- در راستای قائم اختلاف درجه حرارت بین وجوه بالا و پایین عرشه برای پل‌های بدون بالاست ۱۵ درجه سلسیوس و برای پل‌های دارای بالاست ۵ درجه سلسیوس است.

ب- در راستای افقی تفاوت دما از یک لبه مقطع تا لبه دیگر آن ± 15 درجه سلسیوس در نظر گرفته می‌شود.

اگر نحوه استقرار پل چنان باشد که سازه باربر همواره از تابش آفتاب مصون بماند نیازی به منظور کردن اثر اختلاف درجه حرارت یاد شده، نخواهد بود.

۲-۲-۱-۵ تغییر دما بشرح ردیف‌های ۱-۲-۱-۵-الف و ب عموماً" بصورت خطی در نظر گرفته می‌شود. اگر آثار حاصل از این فرضیه به نتایج بسیار نامطلوب منتهی شود می‌توان محاسبات را با فرض پخش غیر خطی مناسب انجام داد.

۳-۲-۱-۵ در محاسبات آثار ردیف‌های ۱-۲-۱-۵-الف و ب با یکدیگر ترکیب نمی‌شوند.



۲-۵ اثر جمع‌شدگی و خزش بتن
اثر جمع‌شدگی و خزش بتن باید در طراحی مورد توجه قرار گیرد. برای

منظور کردن این اثر باید به آیین‌نامه‌های مربوط به بتن آرمه و بتن پیش‌تنیده مراجعه شود.

۳-۵ اثر نشست پایه‌ها

چنانچه نشست نامساوی بین دو یا چند پایه پل محتمل باشد باید اثر آن در طراحی پل منظور شود.

۴-۵ اثر تغییر شکل دستگاه‌های تکیه‌گاهی

در طراحی تکیه‌گاه‌ها علاوه بر اثر بارهای اصلی باید اثر تغییر شکل‌هایی که به علت تغییرات دما، پیش‌تنیدگی، و جمع‌شدگی و خزش بتن در عرشه پل ایجاد می‌شوند، اثر نشست و دوران پایه‌ها هم در نظر گرفته شود. به علاوه نیروهای داخلی حاصل از تغییر شکل‌های مختلف این دستگاه‌ها هم باید در محاسبه پایه‌ها در نظر گرفته شوند.



فصل ششم- اثر زمین لرزه

برای محاسبه پل‌ها در مقابل زلزله باید مطابق مندرجات آیین‌نامه طرح پل‌های راه و راه‌آهن در برابر زلزله (استاندارد شماره مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران) عمل شود. تا تهیه و تنفيذ آیین‌نامه فوق‌الذکر استفاده از سایر مدارک معتبر مجاز می‌باشد.



فصل هفتم- آزمایش بارگذاری

۱-۷ ضرورت انجام آزمایش بارگذاری

اصولاً تمام پل‌ها باید قبل از آغاز بهره‌برداری تحت آزمایش بارگذاری قرار گیرند. چنانچه ضرورت عبور و مرور مانع انجام آزمایش بارگذاری قبل از بهره‌برداری پل شود باید آزمایش در اولین فرصت ممکن صورت پذیرد.

چنانچه بهره‌برداری از پل قبل از انجام آزمایش بارگذاری آغاز شود و عمر بتن بخشی از اعضا و قطعات سازه‌ای به ۹۰ روز نرسیده باشد، کارفرما موظف است با توجه به چگونگی عملیات اجرایی بویژه نتایج حاصل از آزمایش نمونه‌های بتن و نوع سربارهای قابل پیش‌بینی ضمن بهره‌برداری، تدابیر لازم را بطور موقت و تا زمان انجام آزمایش بارگذاری اتخاذ نماید. در این مدت باید سربارهای بهره‌برداری به بارهای مجاز محاسباتی محدود شوند.

زمان انجام آزمایش بارگذاری توسط کارفرما تعیین می‌شود. هنگام آزمایش باید حداقل عمر اعضا و قطعات باربر، ۹۰ روز باشد. برنامه آزمایش‌ها توسط کارفرما به پیمانکار ابلاغ می‌شود.

بطور معمول آزمایش بارگذاری شامل مراحل زیر است:

الف- اعمال بارهای مقرر

ب- انجام بازدیدهای دقیق قبل، ضمن و پس از بارگذاری

پ- اندازه‌گیری افتادگی و خیز اعضا و قطعات و نیز ترازبایی تکیه‌گاه‌ها

کارفرما مخیر است با قبول هزینه‌ها، انجام هر آزمایش اضافی دیگری را که لازم بداند درخواست نماید. چنانچه نتایج حاصل از آزمایش‌ها، قابلیت بهره‌برداری از پل را مورد تردید قرار دهد لازم است آزمایش‌های تکمیلی دقیق‌تر و عمیق‌تر صورت پذیرد.

وزن و ترکیب قطارها در آزمایش بارگذاری

آزمایش بارگذاری بکمک زنجیره‌ای متشکل از کشنده‌ها و واگن‌های بارگیری شده صورت می‌گیرد. وزن کشنده و واگن‌ها باید مطابق با وزن اجزای متشکله هنگام طراحی، اختیار شوند. وزن سنگین‌ترین وسیله‌ای که موقع بهره‌برداری از خط عبور خواهد کرد، راهنمای مناسبی در این مرحله است.

طول قطارهای آزمایش طبق ضوابط زیر تعیین می‌شود:

الف- در مورد پل‌های تک دهانه، یا پل‌های چند دهانه با تیرهای مجزا، قطار آزمایش طوری انتخاب می‌شود که به تنهایی طولانی‌ترین دهانه را بپوشاند.

ب- در مورد پل‌های با تیر ممتد، ابتدا قطاری با طول بزرگترین دهانه پل و سپس قطار دیگری با طول معادل مجموع دو دهانه متوالی از طولانی‌ترین دهانه‌های پل، اختیار می‌شود.

پ- در مورد پل‌های قوسی، دو قطار، یکی با طول نصف دهانه و دیگری با طول کل دهانه برای تعیین بحرانی‌ترین حالت مورد استفاده قرار می‌گیرد.

اندازه‌گیری و محاسبه افتادگی و خیز

مبنای مقایسه برای تعیین مقدار افتادگی و خیز نقشه‌های اجرایی است و محاسبه مقدار افتادگی و خیز با توجه به بارهای دائمی و سربارهای بهره‌برداری مشخص شده در این آیین‌نامه صورت می‌گیرد. معمولاً محاسبه خیز در وسط دهانه کافیهست. در پل‌های قوسی و پروژه‌های مهم ممکن است محاسبه خیز در نقاطی مانند وسط قوس‌ها یا مفصل‌های خرپاها نیز، حائز اهمیت باشد.

در شرایطی که وزن و ترکیب قطارها در آزمایش بارگذاری از قبل معین شده باشد، بهتر است محاسبه افتادگی و خیز اعضا و قطعات پل با توجه به شرایط بارگذاری که در محاسبات ایستایی مبنای کار بوده، صورت پذیرد.

هنگام انجام آزمایش، حداکثر افتادگی و خیز در وسط تمامی دهانه‌ها اندازه‌گیری می‌شود. توصیه می‌شود برای اندازه‌گیری از دستگاه‌های ثبات مجهز به زمان‌سنج دقیق استفاده شود تا ضمن برداشت تغییر مکان‌های قائم امکان اندازه‌گیری سرعت قطارها نیز فراهم آید. بکمک این نوع دستگاه‌ها تغییر مکان‌های ناشی از تغییرات درجه حرارت محیط نیز قابل اندازه‌گیری است که از آن در اصلاح برداشت‌ها، حذف آثار حرارتی و تعیین افتادگی و خیز حاصل از بارگذاری بطور دقیق، استفاده می‌شود.

بلافاصله پس از پایان آزمایش بارگذاری هر پل، عرشه آن باید به دقت مورد بازدید قرار گیرد. در پل‌ها اعم از ساده یا قوسی، باید تراز پایین‌ترین نقاط در مقطع میانی دهانه‌ها و نیز تراز روی تکیه‌گاه‌ها، قبل از انجام آزمایش، نسبت به نقاط ثابتی که همیشه قابل رؤیت و دسترسی باشند، به دقت معین شود. صورت جلسه انجام آزمایش بارگذاری باید حاوی اطلاعات لازم و کافی درباره موقعیت و مشخصات نقاط ثابت مورد بحث باشد تا دسترسی به آنها در صورت نیاز میسر گردد. جدول مقایسه‌ای افتادگی‌ها و خیزهای محاسباتی و مشاهده شده باید ضمیمه صورت جلسه انجام آزمایش بارگذاری باشد.

۴-۷ مقدمات کار در آزمایش بارگذاری

در مورد پل‌های بتن آرمه و بتن پیش تنیده باید سن بتن هنگام انجام آزمایش بارگذاری، در قرارداد قید شود.

آزمایش بارگذاری باید در حضور نمایندگان مجاز کارفرما، دستگاه نظارت، پیمانکار و آزمایشگاه صورت پذیرد.

تمامی هزینه‌های مربوط به آزمایش بارگذاری، به استثنای هزینه مربوط به فراهم ساختن قطارهای آزمایشی مورد نیاز، به عهده پیمانکار است.

پیمانکار باید به هزینه خود امکانات لازم برای تهیه و نصب دستگاه‌ها و

وسایل اندازه‌گیری را فراهم سازد. پیمانکار همچنین باید تسهیلات مورد نیاز برای بازدید قسمت‌های مختلف هنگام آزمایش بارگذاری از قبیل تهیه و نصب داربست و ایجاد راه‌ها و سکوهای عبور مناسب را فراهم نماید.

۵-۷ انجام آزمایش بارگذاری

۱-۵-۷ انجام آزمایش بارگذاری در پل‌های یک خطه

در پل‌های یک خطه آزمایش بارگذاری در سه حالت بشرح زیر انجام می‌شود:
الف- قطار یا قطارهای آزمایشی با کمترین سرعت ممکن (سرعت قدم انسانی) از روی پل عبور داده می‌شوند. در این حالت باید آمادگی لازم برای توقف فوری قطار در هر لحظه فراهم باشد.

ب- قطار با سرعت ۲۰ کیلومتر در ساعت عبور داده می‌شود.

پ- قطار با بیشترین سرعت ممکن (سرعت طرح) از روی پل عبور داده می‌شود. آزمایش اخیر را می‌توان تا تکمیل مسیر در دو طرف پل، به تعویق انداخت.

۲-۵-۷ انجام آزمایش بارگذاری در پل‌های دو خطه

در مورد پل‌های دو خطه نیز مانند پل‌های یک خطه عمل می‌شود. ابتدا هر یک از خطوط به تنهایی و در مرحله بعد هر دو خط بطور همزمان بارگذاری می‌شوند. در حالت اخیر قطارها در کنار یکدیگر، در یک جهت و با سرعت مقرر حرکت می‌کنند.

۳-۵-۷ انجام آزمایش بارگذاری در پل‌های ویژه یا پل‌های با بیش از دو خط عبور

در مورد پل‌هایی که مشمول ردیف‌های ۱-۵-۷ و ۲-۵-۷ نیستند و یا بیش از دو خط عبور دارند، ترتیب و نحوه آزمایش‌های بارگذاری در دفترچه

مشخصات فنی خصوصی قید می‌شود. در غیر اینصورت چگونگی انجام آزمایش‌ها با توجه به نظر دستگاه بهره‌بردار، توسط دستگاه نظارت پیشنهاد و پس از تصویب کارفرما به اجرا در می‌آید. روش آزمایش باید چنان باشد که بیشترین نیروهای داخلی در اعضا و قطعات سازه‌ای بوجود آید.

۶-۷ بازدید و اندازه‌گیری

قبل از عملیات بارگذاری و هم بعد از آن، همه قسمت‌های پل و به ویژه بخش‌هایی که ضمن بارگذاری بیشترین تلاش‌ها را متحمل می‌شوند باید مورد بازدید قرار گیرند. برای پل‌های با دهانه بیش از ۱۰ متر باید حین بارگذاری نشست‌های تکیه‌گاهی، حداکثر افتادگی‌ها و تغییر شکل‌های خمیری ماندگار مربوط به هر دهانه و عرض ترک‌ها اندازه‌گیری شود. این اندازه‌گیری‌ها باید نسبت به یک مبدأ ثابت که امکان مقایسه تغییر شکل‌ها را فراهم کند انجام گیرند. در پل‌های با دهانه بیش از ۴۰ متر باید علاوه بر رقوم‌های تکیه‌گاه و وسط دهانه رقوم‌های چند نقطه دیگر نیز در طول دهانه برداشت شوند تا امکان ترسیم نیمرخ طولی تغییر شکل‌ها فراهم شود. در پل‌های صندوقه‌ای، اندازه‌گیری برای هر صندوقه به طور جداگانه انجام می‌شود، در سایر پل‌ها اندازه‌گیری بنا به پیشنهاد طراح و توافق کارفرما صورت می‌گیرد. شرایط تابش خورشید و درجه حرارت عرشه باید در طول عملیات ثبت شود.

در پایان باید نتایج آزمایش بارگذاری شامل ساعت و روز، وضعیت تابش خورشید و درجه حرارت محیط، تعداد و مشخصات قطارها، روش بارگذاری و مقادیر اندازه‌گیری شده، و وضعیت اجزای پل قبل و بعد از بارگذاری طی صورت جلسه‌ای که به امضای نمایندگان مجاز کارفرما، دستگاه نظارت، پیمانکار و آزمایشگاه می‌رسد، ثبت شود.

۷-۷ چگونگی ارزیابی تغییر شکل‌ها و ترک‌ها

۱-۷-۷ تغییر شکل‌ها

تغییر شکل‌های حاصل از آزمایش بارگذاری با توجه به نوع مصالح مصرفی در عرشه پل نباید از تغییر شکل‌های ناشی از بارهای محاسباتی تجاوز کنند.

تبصره ۱-۷ در پل‌های فلزی اعم از تک دهانه یا ممتد، تغییر شکل حداکثر ناشی از بارهای بهره‌برداری به $\frac{1}{800}$ طول دهانه محدود می‌شود. این محدودیت در پل‌هایی که در محدوده شهرها ساخته می‌شوند به $\frac{1}{1000}$ تقلیل می‌یابد. این نسبت در پل‌های طره‌ای معادل $\frac{1}{1000}$ طول طره در نظر گرفته می‌شود.

تبصره ۲-۷ در پل‌های بتنی اعم از تک دهانه یا ممتد، حداکثر تغییر شکل ناشی از بارهای بهره‌برداری به $\frac{1}{1000}$ طول دهانه (برحسب سانتیمتر) به علاوه 0.5 سانتیمتر محدود می‌شود. در مورد پل‌های بتنی طره‌ای حداکثر تغییر شکل ناشی از بارهای بهره‌برداری به $\frac{1}{1000}$ طول طره محدود می‌شود.

تبصره ۳-۷ در طراحی تیرهای حمال، برای کنترل افتادگی تیر در محدوده رواداری‌های تعیین شده، نباید نسبت ارتفاع به دهانه تیر کمتر از $\frac{1}{15}$ اختیار شود.

۲-۷-۷ ترک‌ها

در اعضا و قطعات سازه‌ای پل‌های بتنی آرمه و پل‌های با بتن پیش‌تنیده که ترک‌خوردگی در آنها مجاز شمرده شده است، عرض ترک‌ها نباید با توجه به اوضاع محیطی از مقادیر مندرج در جدول شماره ۲-۷-۷ تجاوز کند.

جدول شماره ۷-۷-۲- حداکثر عرض ترک در پل‌های بتنی

حداکثر عرض ترک به میلیمتر	اوضاع محیطی	
	ویژگی	طبقه‌بندی
۰/۳	رطوبت نسبی تا ۶۰ درصد در کمتر از سه ماه از سال	معمولی
۰/۲	رطوبت نسبی زیاد بدون وجود گازها یا عوامل گزند بار	متوسط
۰/۱	محیط‌های صنعتی یا دریایی	شدید

۷-۸ قطارهای استثنایی و صدور مجوز خاص برای عبور

در صورتیکه تأثیر عبور قطاری بر پل از اثر بارگذاری طراحی بیشتر باشد و میزان این اختلاف از ده درصد تجاوز کند، باید برای تردد آن از روی پل مجوز مخصوص از مقامات ذیصلاح کسب شود. همچنین در موارد استثنایی عدول از مقررات بارگذاری و عبور قطارهای ویژه منوط به نظر مقام‌های صاحب صلاحیت راه‌آهن و وزارت راه و ترابری است.



پیوست شماره ۱ : نمونه‌ای از روش‌های محاسبه بار مرده وارد بر پل‌های زیرخاکی

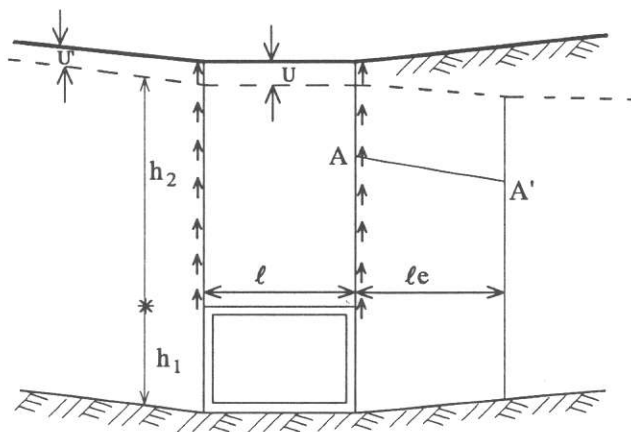
بطور کلی مقدار بار مرده موثر بر این پل‌ها به عوامل زیر بستگی دارد:

- ترتیب اجرای پل و خاکریزهای دوطرف آن
- مشخصات ژئوتکنیکی خاک روی پل و اطراف آن (مشخصات وزنی، حجمی و تراکم‌پذیری)
- موقعیت و مشخصات هندسی پل (عمق پل از سطح راه، طول دهانه، ارتفاع و ابعاد اجزای پل)
- براساس روش‌های محاسباتی موجود، نیروی قائم کل وارد بر پل‌های زیرخاکی شامل دوبرخش است:

- وزن ستونی از خاک که مستقیماً روی عرشه پل قرار دارد.
- نیروی اصطکاک وارد بر دیواره ستون خاکریز که در جهت بالا یا پایین اثر می‌کند.
- در شرایطی که عمق خاکریز روی عرشه نسبت به دهانه پل کم باشد می‌توان از اصطکاک موثر بر دیواره ستون خاکریز صرف‌نظر کرد، در حالیکه در خاکریزهای مرتفع اثر این اصطکاک می‌تواند باعث افزایش یا کاهش بار مرده وارد بر پل شود.
- مقدار اختلاف نشست لایه‌های خاک روی پل و خاکریز مجاور و نیز ضریب اصطکاک نسبی خاک، مشخص کننده مقدار نیروی اضافی است. بنابراین در مورد فشار خاک وارد بر پل‌های زیرخاکی ممکن است دو حالت متمایز بشرح زیر وجود داشته باشد:

- نشست بیشتر خاکریز مجاور نسبت به ستون خاک روی عرشه پل به دلیل قابلیت تراکم خاک زیرین، کمبود کوپیدگی خاکریز و نظایر آن که در این حالت نیروی اصطکاک وارد بر ستون خاک نسبت پایین بوده و باعث افزایش نیروی کل موثر بر پل می‌شود و خواهیم داشت:

نیروی اصطکاک وارد بر جدار + وزن ستون خاک = برآیند نیروهای عمودی
 - در صورتی که خاکریز روی پل مستقیماً نشست نموده و یا شالوده و در نتیجه عرشه پل نشست نمایند، با توجه به تراکم خاکریز مجاور، نیروی اصطکاک موثر بر ستون خاکریز بسمت بالا بوده و این پدیده باعث کاهش نیروی قائم وارد بر پل خواهد شد. این عمل مشابه پدیده قوسی شدن خاک است.
 به عنوان مثال در حالت‌های یاد شده روابط تحلیلی را می‌توان به شرح زیر بیان نمود:



وزن ستون خاک روی پل به عرض واحد هنگامی که تمام لایه‌ها دارای وضعیت یکسان باشند:

$$W = 1 \cdot l \cdot \gamma \cdot h_2$$

وزن ستون خاک روی پل به عرض واحد هنگامی که تمام لایه‌ها دارای مشخصات متفاوت باشند:

$$W = 1 \cdot l \cdot \sum \gamma_i \cdot h_i$$

نیروی اصطکاک وارد بر جدار به عوامل مختلف از جمله وزن مخصوص، زاویه اصطکاک داخلی، ضریب پواسون خاک، ارتفاع و عمق سازه (h_1, h_2) بستگی دارد. اگر نشست

متوسط خاکریز روی پل و خاکریز مجاور به ترتیب با U و U' نشان داده شود یکی از مسائل عمده تعیین عرض موثر خاکریز مجاور (ℓ_e) است که جابجائی آن تاثیر مهمی بر حرکت ستون خاک روی پل داشته و این دو اختلاف نشست را به هم مرتبط می‌کند. با فرض رفتار الاستیک برای خاک، اختلاف نشست U و U' را می‌توان با تقریب مناسب و از روابط زیر بدست آورد:

$$U = \frac{\gamma h_2^2}{2E}$$

$$U' = \frac{\gamma (h_1 + h_2)^2}{2E}$$

$$\Delta U = \frac{\gamma (h_1^2 + 2 h_1 h_2)}{2E}$$

در عمل می‌توان به سادگی ثابت کرد که هر نقطه نظیر در خاک کنار پل ر خاک روی آن دارای اختلاف نشست یکسان هستند و این اختلاف مستقل از عمق است. مقدار تنش برشی ایجاد شده در عرض انتقالی از روابط زیر قابل تعیین است:

$$\tau = G \frac{\Delta U}{\ell_e} = \frac{E}{2(1+\nu)} \cdot \frac{\gamma (h_1^2 + 2 h_1 h_2)}{2E} \times \frac{1}{C_F h_2}$$

$$\tau = \frac{\gamma (h_1^2 + 2 h_1 h_2)}{4(1+\nu) h_2} \times \frac{1}{C_F}$$

نیروی اصطکاک وارد بر جدار برابر است با :

$$P_1 = 2\tau h_2 = \frac{\gamma (h_1^2 + 2 h_1 h_2)}{2(1+\nu)} \times \frac{1}{C_F}$$

بدین ترتیب نیروی کل وارد بر پل برابر است با:

$$P = W \pm P_1 = \tau \ell h_2 \pm \frac{\gamma (h_1^2 + 2 h_1 h_2)}{2(1+\nu)} \times \frac{1}{C_F}$$

براساس یک مجموعه آنالیزهای انجام شده برای پل‌های زیرخاکی در اعماق مختلف و با فرض رفتار الاستوپلاستیک برای خاک، مقدار ضریب C_F معادل ۱/۱۹ پیشنهاد شده است.



 omorepeyman.ir

جمهوری اسلامی ایران

سازمان برنامه و بودجه

دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

فهرست نشریات

پائیز

۱۳۷۴





فهرست نشریات دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

شماره ردیف	عنوان نشریه	شماره نشریه	تاریخ انتشار		ملاحظات
			چاپ اول	چاپ آخر	
۱	زلزله‌خیزی ایران (از سال ۱۹۰۰ تا سال ۱۹۶۹)	۱	۱۳۵۰	-	
۲	زلزله هشتم مرداد ماه ۴۹ قراوه (گنبد کاووس)	۲	۱۳۵۰	-	
۳	بررسی‌های فنی	۳	۱۳۵۰	-	
۴	طرح و محاسبه و اجرای رویه‌های بتنی در فرودگاهها	۴	۱۳۵۰	-	
۵	آزمایش لوله‌های تحت فشارسیمان وپنبه‌نسوز				
	درکارگاه‌های لوله‌کشی	۵	۱۳۵۰	-	
۶	ضمائم فنی دستورالعمل طرح، محاسبه و اجرای رویه‌های بتنی در فرودگاهها	۶	۱۳۵۰	-	
۷	دفترچه تب شرح قیمت‌های واحد عملیات راههای فرمی	۷	۱۳۵۱	۱۳۵۲	فاقد اعتبار
۸	دفترچه تب شرح قیمت‌های واحد عملیات راههای اصلی	۸	۱۳۵۱	۱۳۵۲	فاقد اعتبار
۹	مطالعه و بررسی در تعیین ضوابط مربوط به طرح مدارس ابتدائی	۹	۱۳۵۱	-	
۱۰	بررسی فنی مقدماتی زلزله ۲۱ فروردین ماه ۱۳۵۱ منطقه قزو و کارزین استان فارس	۱۰	۱۳۵۱	-	
۱۱	برنامه‌ریزی فیزیکی بیمارستانهای عمومی کوچک	۱۱	۱۳۵۱	-	
۱۲	روسازی شنی و حفاظت رویه آن	۱۲	۱۳۵۲	-	
۱۳	زلزله ۱۷ آبانماه بندرعباس	۱۳	۱۳۵۲	-	
۱۴	تجزیه و تحلیل هزینه کارهای ساختمانی و راهسازی (بخش کارهای آجری)	۱۴	۱۳۵۲	۱۳۵۳	
۱۵	تجزیه و تحلیل هزینه کارهای ساختمانی و راهسازی (بخش تعیین هزینه ساعته ماشینهای راهسازی)	۱۵	۱۳۵۲	-	فاقد اعتبار
۱۶	شرح قیمت‌های واحد تب برای کارهای ساختمانی	۱۶	۱۳۵۲	-	فاقد اعتبار
۱۷	برنامه ریزی فیزیکی بیمارستان‌های عمومی از ۱۵۰ تخت تا ۷۲۰ تخت	۱۷	۱۳۵۲	-	
۱۸	مشخصات فنی عمومی لوله‌ها و اتصالات پی.وی.سی سخت برای مصارف آب‌رسانی	۱۸	۱۳۵۲	-	
۱۹	روش نصب و کارگذاری لوله‌های پی.وی.سی	۱۹	۱۳۵۲	-	
۲۰	جوشکاری در ساختمانهای فولادی	۲۰	۱۳۵۲	۱۳۷۳	
۲۱	تجهیز و سازماندهی کارگاه جوشکاری	۲۱	۱۳۵۲	۱۳۶۳	
۲۲	جوش‌پذیری فولادهای ساختمانی	۲۲	۱۳۵۲	۱۳۶۲	
۲۳	بازرسی و کنترل کیفیت جوش در ساختمانهای فولادی	۲۳	۱۳۵۲	۱۳۷۳	
۲۴	ایمنی در جوشکاری	۲۴	۱۳۵۲	۱۳۷۳	
۲۵	زلزله ۲۳ نوامبر ۱۹۷۲ ماناگوا	۲۵	۱۳۵۲	-	
۲۶	جوشکاری در درجات حرارت پایین	۲۶	۱۳۵۲	۱۳۷۳	
۲۷	مشخصات فنی عمومی لوله‌کشی آب سرد و گرم و فاضلاب ساختمان	۲۷	۱۳۵۲	-	

فهرست نشریات دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

شماره ردیف	عنوان نشریه	شماره نشریه	تاریخ انتشار		ملاحظات
			چاپ اول	چاپ آخر	
۲۸	تجزیه و تحلیل هزینه کارهای ساختمانی (بخش ملاتها)	۲۸	۱۳۵۳	-	
۲۹	بررسی نحوه توزیع منطقی تخت‌های بیمارستانی کشور	۲۹	۱۳۵۳	-	
۳۰	مشخصات فنی عمومی برای طرح و اجرای انواع شمعها و سپرها	۳۰	۱۳۵۳	۱۳۶۵	
۳۱	تجزیه و تحلیل هزینه کارهای ساختمانی و راهسازی (بخش اندودها، قرنیزها و بندکشی)	۳۱	۱۳۵۳	-	
۳۲	شرح قیمت‌های واحد تیپ برای کارهای لوله‌کشی آب و فاضلاب ساختمان	۳۲	۱۳۵۳	-	
۳۳	مشخصات فنی عمومی راههای اصلی	۳۳	۱۳۵۳	-	فاقد اعتبار
۳۴	مشخصات فنی عمومی اسکلت فولادی ساختمان	۳۴	۱۳۵۳	-	فاقد اعتبار
۳۵	مشخصات فنی عمومی کارهای بتی	۳۵	۱۳۵۳	-	فاقد اعتبار
۳۶	مشخصات فنی عمومی کارهای بتانی	۳۶	۱۳۵۳	-	فاقد اعتبار
۳۷	استانداردهای نقشه‌کشی	۳۷	۱۳۵۳	-	
۳۸	مشخصات فنی عمومی آندودکاری	۳۸	۱۳۵۳	-	فاقد اعتبار
۳۹	شرح قیمت‌های واحد تیپ برای کارهای تاسیسات حرارتی و تهویه مطبوع	۳۹	۱۳۵۳	-	فاقد اعتبار
۴۰	مشخصات فنی عمومی درو پنجره	۴۰	۱۳۵۳	-	فاقد اعتبار
۴۱	مشخصات فنی عمومی شیشه‌کاری در ساختمان	۴۱	۱۳۵۳	-	فاقد اعتبار
۴۲	مشخصات فنی عمومی کاشی‌کاری و کف‌پوش در ساختمان	۴۲	۱۳۵۳	-	فاقد اعتبار
۴۳	تجزیه و تحلیل هزینه کارهای ساختمانی و راهسازی (بخش کاشی‌کاری، سرامیک‌کاری، فرش‌کف و عایق‌کاری)	۴۳	۱۳۵۳	-	
۴۴	استاندارد پیشنهادی لوله‌های سخت پی.وی.سی در لوله‌کشی آب آشامیدنی	۴۴	۱۳۵۴		
۴۵	استاندارد پیشنهادی لوله‌های سخت پی.وی.سی در مصارف صنعتی	۴۵	۱۳۵۴		
۴۶	زلزله ۱۶ اسفند ۱۳۵۳ (سرخون بندرعباس)	۴۶	۱۳۵۴		
۴۷	استاندارد پیشنهادی اتصالات لوله‌های تحت فشار پی.وی.سی	۴۷	۱۳۵۴		
۴۸	مشخصات فنی عمومی راههای فرعی درجه یک و دو	۴۸	۱۳۵۴		فاقد اعتبار
۴۹	بحثی پیرامون فضا در ساختمانهای اداری	۴۹	۱۳۵۴		
۵۰	گزارش شماره ۱ مربوط به نمودارهای شتاب نگار در ایران	۵۰	۱۳۵۴		
۵۱	مشخصات فنی عمومی کارهای نصب و درفهای پوشش سقف	۵۱	۱۳۵۴		فاقد اعتبار
۵۲	شرح قیمت‌های واحد تیپ برای کارهای تاسیسات برق	۵۲	۱۳۵۴		فاقد اعتبار
۵۳	زلزله‌های سال ۱۹۷۰ کشور ایران	۵۳	۱۳۵۴		
۵۴	راهنمای طرح و اجرای عملیات نصب لوله‌های سخت پی.وی.سی در لوله‌کشی آب سرد	۵۴	۱۳۵۴		

فهرست نشریات دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

شماره ردیف	عنوان نشریه	شماره نشریه	تاریخ انتشار		ملاحظات
			چاپ اول	چاپ آخر	
۵۵	مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی (تجدید نظر اول)	۵۵	۱۳۵۴	۱۳۷۳	فاقد اعتبار
۵۶	راهنمای طرح و اجرای عملیات نصب لوله های سخت پی.وی.سی	۵۶	۱۳۵۴		
۵۷	شرایط لازم برای طرح و محاسبه ساختمانهای بتن آرمه	۵۷	۱۳۵۴		
۵۸	گزارش شماره ۲ مربوط به نمودارهای شتاب نگار در ایران	۵۸	۱۳۵۴		
۵۹	شرح قیمت های واحد تپ برای خطوط انتقال آب	۵۹	۱۳۵۴		
۶۰	شرح قیمت های واحد تپ برای شبکه توزیع آب	۶۰	۱۳۵۵		
۶۱	طرح و محاسبه قاب های شیب دار و قوسی فلزی	۶۱	۱۳۵۵		
۶۲	نگرشی بر کارکرد و نارسائی های کوی نهم آبان	۶۲	۱۳۵۵		فاقد اعتبار
۶۳	زلزله های سال ۱۹۶۹ کشور ایران	۶۳	۱۳۵۵		
۶۴	مشخصات فنی عمومی درزهای انبساط	۶۴	۱۳۵۵		
۶۵	نقاشی ساختمانها (آئین کاربرد)	۶۵	۱۳۵۵		فاقد اعتبار
۶۶	تحلیلی بر روند دگرگونی های سکونت در شهرها	۶۶	۱۳۵۵		فاقد اعتبار
۶۷	راهنمایی برای اجرای ساختمان پناهای اداری	۶۷	۱۳۵۵		فاقد اعتبار
۶۸	ضوابط تجزیه و تحلیل قیمت های واحد اقلام مربوط به خطوط انتقال آب	۶۸	۱۳۵۶		
۶۹	زلزله های سال ۱۹۶۸ کشور ایران	۶۹	۱۳۵۶		
۷۰	مجموعه مقالات سمینار سنتو (پیشرفتهای اخیر در کاهش خطرات زلزله، تهران ۲۳-۲۵ آبان ماه ۱۳۵۵)	۷۰	۱۳۵۶		
۷۱	محافظت ابنیه فنی آهنی و فولادی در مقابل خوردگی	۷۱	۱۳۵۶		
۷۲	راهنمایی برای تجزیه قیمت های واحد کارهای تاسیساتی	۷۲	۱۳۵۶		
۷۳	تجزیه و تحلیل هزینه کارهای ساختمانی و راهسازی (بخش عملیات خاکی با وسایل مکانیکی)	۷۳	۱۳۵۶		
۷۴	ضوابطی برای طرح و اجرای ساختمان های فولادی (براساس آئین نامه AISC)	۷۴	۱۳۵۶		
۷۵	برنامه کامپیوتری مربوط به آنالیز قیمت کارهای ساختمانی و راهسازی	۷۵	۱۳۵۶		
۷۶	مجموعه راهنمای تجزیه و واحد قیمت های واحد کارهای ساختمانی و راهسازی (قسمت اول)	۷۶	۱۳۵۶		
۷۷	زلزله ۴ مارس ۱۹۷۷ کشور رومانی	۷۷	۱۳۵۶		۱۳۶۲
۷۸	راهنمای طرح ساختمان های فولادی	۷۸	۱۳۵۷		
۷۹	شرح خدمات نقشه برداری	۷۹	۱۳۶۰		
۸۰	راهنمای ایجاد بناهای کوچک در مناطق زلزله خیز	۸۰	۱۳۶۰		
۸۱	سیستم گازهای طبی در بیمارستانها - محاسبات و اجرا	۸۱	۱۳۶۱	۱۳۶۴	

فهرست نشریات دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

شماره ردیف	عنوان نشریه	شماره نشریه	تاریخ انتشار		ملاحظات
			چاپ اول	چاپ آخر	
۸۲	راهنمای اجرای سقفهای تیرچه و بلوک	۸۲	۱۳۶۲	۱۳۷۰	۸۳
۸۳	نقشه‌های تیب پلها و آبروها تا دهانه ۸ متر	۸۳	۱۳۶۶	۱۳۷۳	
۸۴	طراحی مسکن برای اشخاص دارای معلولیت (باصندلی چرخدار)	۸۴	۱۳۶۳		
۸۵	معیارهای طرح هندسی راههای اصلی و فرعی	۸۵	۱۳۶۵		
۸۶	معیارهای طرح هندسی راههای روستائی	۸۶	۱۳۶۴		
۸۷	معیارهای طرح هندسی تقاطع‌ها	۸۷	۱۳۶۷		
۸۸	چکیده‌ای از طرح هندسی راهها و تقاطع‌ها	۸۸	۱۳۶۴		
۸۹	مشخصات فنی تاسیسات برق بیمارستان	۸۹	۱۳۶۹	۱۳۷۳	
۹۰	دیوارهای سنگی	۹۰	۱۳۶۳		
۹۱	القبای کالبد خانه سنتی (یزد)	۹۱	۱۳۶۴		
۹۲	جزئیات معماری ساختمانهای آجری	۹۲	۱۳۶۳	۱۳۷۳	
۹۳	گزارش فنی (ساختمان مرکز بهداشت قم)	۹۳	۱۳۶۳		
۹۴	تیرچه‌های پیش‌ساخته خریائی (مشخصات فنی، روش طرح و محاسبه به انضمام جدولهای محاسبه تیرچه‌ها)	۹۴	۱۳۶۶	۱۳۶۷	
۹۵	مشخصات فنی نقشه‌برداری	۹۵	۱۳۶۸		
۹۶	جداول طراحی ساختمانهای بتن فولادی به‌روش حالت حدی	۹۶	۱۳۶۵		
۹۷	ضوابط طراحی فضاهای آموزشگاههای فنی حرفه‌ای (جلد اول، کارگاههای مربوط به رشته ساختمان)	۹۷	۱۳۶۵		
۹۸	ضرب‌ها و جدولهای تبدیل واحدها و مقیاسها	۹۸	۱۳۶۶	۱۳۶۷	
۹۹	وسایل کنترل توافیک	۹۹	۱۳۷۰		
۱۰۰	بلوک بتنی و کاربرد آن در دیوار	۱۰۰	۱۳۶۸		
۱۰۱	مشخصات فنی عمومی راه	۱۰۱	۱۳۶۴	۱۳۷۳	
۱۰۲	مجموعه نقشه‌های تیب تابلیه پلها (پیش ساخته، پیش تنیده، درجا) تا دهانه ۲۰ متر	۱۰۲	۱۳۶۶	۱۳۷۳	
۱۰۳	ضوابط و معیارهای فنی شبکه‌های آبیاری و زهکشی (منابع آب و خاک و نحوه بهره‌برداری در گذشته و حال)	۱۰۳	۱۳۶۷	۱۳۷۳	
۱۰۴	ضوابط و معیارهای فنی شبکه‌های آبیاری و زهکشی (هیدرولیک کانالها و مجاری)	۱۰۴	۱۳۶۷	۱۳۷۳	
۱۰۵	ضوابط و معیارهای فنی شبکه‌های آبیاری و زهکشی (هیدرولیک لوله‌ها و مجاری)	۱۰۵	۱۳۶۷	۱۳۷۳	
۱۰۶	ضوابط و معیارهای فنی شبکه‌های آبیاری و زهکشی (اندازه گیرهای جریان)	۱۰۶	۱۳۶۷	۱۳۷۳	
۱۰۷	ضوابط و معیارهای فنی شبکه‌های آبیاری و زهکشی (نقشه‌های تیب)	۱۰۷	۱۳۶۸	۱۳۷۳	

فهرست نشریات دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

پنجشنبه ۱۳۷۴/۰۵/۰۵

ملاحظات	تاریخ انتشار		شماره	عنوان نشریه	شماره
	چاپ اول	چاپ آخر	نشریه		ردیف
زیر چاپ زیر چاپ	۱۳۷۴	-	۱۳۶	طرح جامع مصالح ساختمانی کشور	۱۳۶
			۱۳۷	راهنمای بهره‌برداری و نگهداری از مخازن آب	۱۳۷
			۱۳۸	مهندسی نگهداری ساختمان و تاسیسات	۱۳۸
			۱۳۹	آئین نامه بارگذاری پلها	۱۳۹

۱۵۸



فهرست مجموعه سخنرانیها و مقالات سمینارها و نشریات بدون شماره
دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

شماره ردیف	عنوان نشریه	شماره نشریه	تاریخ انتشار		ملاحظات
			چاپ اول	چاپ آخر	
۱	مجموعه برگردان مقاله‌های برگزیده از سمینارهای بین‌المللی تونل‌سازی (تونل سازی ۸۵)	-			
۲	مجموعه سخنرانیهای دومین سمینار تونل‌سازی	-			
۳	بتن در مناطق گرمسیر (اولین سمینار بندرسازی)	-	۱۳۶۵		
۴	مجموعه مقاله‌های ارائه شده به چهارمین سمپوزیوم آئرو دینامیک و تهویه تونل‌های راه (انگلستان ۱۹۸۲)	-	۱۳۶۵		
۵	مجموعه مقاله‌های ارائه شده به کنفرانس محافظت ساختمانها در برابر حریق (۲۰-۳۰ تیرماه ۱۳۶۵)	-	=		
۶	مجموعه سخنرانیهای سومین سمینار تونل‌سازی	-	=		
۷	مجموعه سخنرانیهای اولین سمینار بندرسازی	-	=		
۸	توصیه‌های بین‌المللی متحدالشکل برای محاسبه و اجرای سازه‌های متشکل از پانل‌های بزرگ بهم پیوسته	-	۱۳۶۷		
۹	چهره معماری دژفول در آینه امروز	-			
۱۰	واژه‌نامه بتن (بخشی از آئین‌نامه بتن ایران)	-	۱۳۶۸	۱۳۷۱	
۱۱	مهندسی زلزله و تحلیل سازه‌ها در برابر زلزله	-	۱۳۶۹		
۱۲	بررسی و تهیه بتن با مقاومت بالا با استفاده از کلینگر	-	۱۳۶۸		
۱۳	مجموعه مقالات کنفرانس بین‌المللی بتن ۶۹	-	۱۳۶۹		
۱۴	مجموعه مقالات سمینار بتن ۶۷	-	۱۳۶۹		
۱۵	گزارش زلزله منجیل ۳۱ خرداد ماه ۱۳۶۹	-	۱۳۶۹		
۱۶	مجموعه مقالات اولین سمینار بین‌المللی مکانیک خاک و مهندسی پی ایران (جلدهای اول و دوم)	-	۱۳۶۹		
۱۷	مجموعه مقالات کنفرانس بین‌المللی بتن ۶۹ (پیوست)	-	۱۳۷۰		
۱۸	بررسی، ارزیابی و نقد طرحهای مرتع و آبخیزداری	-	۱۳۷۰		
۱۹	بررسی، ارزیابی و نقد طرحهای مرتع و آبخیزداری (جمع‌بندی و نتیجه‌گیری)	-	۱۳۷۰		
۲۰	مجموعه مقالات اولین سمینار بین‌المللی مکانیک خاک و مهندسی پی ایران (جلد سوم)	-	۱۳۷۰		
۲۱	زلزله و شکل‌پذیری سازه‌های بتن‌آرمه	-	۱۳۶۹		
۲۲	خلاصه مقالات کنفرانس بین‌المللی بتن ۷۱	-	۱۳۷۱		
۲۳	مجموعه مقالات کنفرانس بین‌المللی بتن ۷۱ (فارسی)	-	۱۳۷۱		
۲۴	مجموعه مقالات کنفرانس بین‌المللی بتن ۷۱ (انگلیسی)	-	۱۳۷۱		
۲۵	مجموعه مقالات دومین سمینار بین‌المللی مکانیک و مهندسی پی ایران (فارسی - انگلیسی)	-	۱۳۷۱		
۲۶	مقدمه‌ای بوضع موجود دامداری، تولیدات دامی، بیماری و خدمات دامپزشکی در کشور	-	۱۳۷۲		



 omoorepeyman.ir

این کتاب

**با عنوان: آیین‌نامه بارگذاری پلها،
شامل دو بخش آیین‌نامه بارگذاری
پلهای راه و راه‌آهن می‌باشد.**

در این کتاب رفتار پلها در برابر بارهای دایمی،
بارهای بهره‌برداری، باد، جریان آب و غوطه‌وری،
دما، جمع شدگی و خزش بتن، نشست پایه‌ها،
تغییر شکل دستگاہهای تکیه گاهی و
زمین‌لرزه مورد بررسی قرار گرفته است. و با
تعیین مجموعه‌ای از بارهای استاندارد که
معادل بحرانی‌ترین حالت‌های ترافیک واقعی در
ایران می‌باشد برای طراحی پلها دستورالعمل
می‌دهد.

این مجموعه براساس مطالعات و بررسیهای
کارشناسی، مواردی چون: اوضاع ترافیکی
موجود راههای ایران، مشخصات فنی راه‌آهن
ایران، آیین‌نامه‌ها و استانداردهای بین‌المللی،
تحلیل مدل‌های مختلف برای پلها، و همچنین
بررسی مطالعات انجام شده در گذشته، صورت
گرفته است.

مرکز مدارک اقتصادی - اجتماعی و انتشارات



@moorepeyman.ir