INSO
18765
1st.Edition
2014

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران
Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران
۱۸۷۶۵
چاپ اول
۱۳۹۲

پل‌های بتنی- اندازه‌گذاری و ساخت

Concrete Bridges-Dimensioning and Construction

ICS:91.100;93.040

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک مادهٔ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

نام موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است .

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان ، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود وکوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می شود . پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند درکمیتهٔ ملی طرح و بررسی و درصورت تصویب ، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود . بدین ترتیب ، استانداردهایی ملی تلقی می شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)[1] ،کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5]در کشور فعالیت می کند . در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور ، از آخرین پیشرفت های علمی ، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود .

سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون ، برای حمایت از مصرف کنندگان ، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی ، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی ، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/ یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور ، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری نماید . همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره ، آموزش ، بازرسی ، ممیزی و صدور گواهی سامانه های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی ، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش ، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم ، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند . ترویج دستگاه بین المللی یکاها ، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش ، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization
2 - International Electrotechnical Commission
3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)
4 - Contact point
5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«پل‌های بتنی- اندازه‌گذاری و ساخت»

رئیس:	**سمت و/ یا نمایندگی**
محرابی،یوسف (کارشناس ارشد مهندسی عمران - سازه)	شرکت فرآب
دبیر:	
سامانیان،حمید (کارشناس ارشد مهندسی مواد - سرامیک)	پژوهشگاه استاندارد
اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
امینیان،نیما (کارشناس ارشد مهندسی عمران - سازه)	شرکت آپتوس ایران
پیروی،محمد (کارشناس مهندسی عمران-عمران)	شرکت آپتوس ایران
حسینی راویز،شمس السادات (کارشناس مهندسی عمران-عمران)	شرکت شیمی ساختمان
رحمتی،علیرضا (کارشناس مهندسی عمران-عمران)	شرکت پکدشت بتن
عباسی رزگله،محمد حسن (کارشناس مهندسی مواد – سرامیک)	سازمان ملی استاندارد
عیسایی،مهین (کارشناس مهندسی صنایع)	شرکت شیمی ساختمان

قشقایی،محمد مهدی (کارشناس مهندسی معدن)	پژوهشگاه استاندارد
قنبری ممان،علی (کارشناس ارشد مهندسی عمران- عمران)	دانشگاه آزاد اسلامی
کریمی نیا،میثم (کارشناس مهندسی عمران- عمران)	شرکت آپتوس ایران
کشاورز،محمد (کارشناس مهندسی شیمی)	سازمان ملی استاندارد
گل بخش منشادی،محمدحسین (کارشناس مهندسی عمران-عمران)	اداره کل استاندارد استان یزد
مجتبوی،علیرضا (کارشناس ارشد مهندسی مواد – سرامیک)	سازمان ملی استاندارد
مهدی خانی،بهزاد (کارشناس مهندسی مواد – سرامیک)	پژوهشگاه استاندارد
نژاد کاظم،امید (دکترای مهندسی سازه)	پژوهشگاه استاندارد

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران	ج
کمیسیون فنی تدوین استاندارد	د
پیش‌گفتار	و
۱ هدف ودامنه کاربرد	۱
۲ مراجع الزامی	۱
۳ اسناد فنی	۲
۴ بارهای طراحی	۳
۵ کمینه ابعاد، پوشش بتن مسلح	۳
۶ باربری سازه‌های بزرگ	۳
۷ سازه‌های باربر قوسی شکل	۹
۸ ستون‌ها، پایه‌های پل، پایه‌های کناری و پی‌ها	۱۲
۹ انتقال بارهای متمرکز	۱۴
۱۰ بررسی‌های (کنترل‌های)کلی	۱۶
۱۱ رهنمودهای تکمیلی مرتبط با میل‌گردگذاری یا مسلح کردن	۲۱

پیش‌گفتار

استاندارد «پل‌های بتنی- ابعادگذاری و ساخت» که پیش‌نویس آن درکمیسیون‌های مربوط توسط سازمان ملی استاندارد ایران تهیه و تدوین شده و درچهارصدو پنجاه ونهمین اجلاس کمیتهٔ ملی استاندارد مهندسی ساختمان و مصالح و فرآورده‌های ساختمانی مورخ ۹۲/۱۰/۱۷ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ ، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود .

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت های ملی و جهانی در زمینهٔ صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارایه شود، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت . بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

منبع و ماخذی که برای تدوین این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

DIN 1075:1981, Concrete Bridges-Dimensioning and Construction

پل‌های بتنی- اندازه‌گذاری و ساخت

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین استانداردهایی برای سازه‌های بزرگ(روبنا) و شالوده‌ها و نیز پایه(پی)های بتنی پل‌ها، بتن مسلح و بتن پیش‌تنیده است. همچنین این استاندارد برای سازه‌ها و اعضای دیگری کاربرد دارد که طبق استاندارد DIN 1072 یا استاندارد DS 804بارگذاری می‌شوند،کاربرد دارد (برای مثال دیواره‌های حایل خاکریزها که عبور و مرور از روی آن صورت می‌گیرد)، مگر آن که استانداردهای جداگانه‌ای برای این قبیل سازه‌ها وجود داشته باشد (برای مثال، لوله‌ها طبق استاندارد DIN 2410-1).

استاندارد DIN 1045 و نیز استانداردDIN 4227-1 و استانداردDIN 4227-2 برای اجزای پیش‌تنیده پل‌ها کاربرد دارند مگر آن که موارد دیگری مشخص شود. برای بتن سبک مطابق با استاندارد DIN 4219-1 و استاندارد DIN 4219-2 ، رهنمودهای مربوط به طراحی و ساخت شاه‌تیر فولادی کاربرد دارند.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین‌ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می‌شود.

در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن موردنظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها موردنظر است.

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

2-1 DIN 1045 Concrete and reinforced concrete; design and construction
2-2 DIN 1054 Subsoil; permissible loading of subsoil
2-3 DIN 1072 Road bridges and lane bridges; design loads
2-4 DS804 Regulations relating to railway bridges and other engineering structures
2-5 DIN 4141 Part 1 (at present still in draft form) Bearings in ciuil engineering; general directives relating to bearings
2-6 DIN 4141 Part 2 (at present still in draft form) Bearings in civil engineering;directives relating tn the design of bearings for bridges and comparable structures
2-7 DIN 4141 Part 3 (at present still in draft form} Bearings in civil engineering; directives relating to the design of bearings for tall buildings and Industrial buildings
2-8 DIN 4219 Part 1 Lightweight concrete and lightweight reinforced concrete with closed texture; requirements in respect of the concrete, manufacture and supervision
2-9 DIN 4219 Part 2 Lightweight concrete and lightweight reinforced concrete with closed texture; dimensioning and construction
2-10 DIN 4227 Part 1 Prestressed concrete; components of ordinary concrete with limited or full prestressing

2-11 DIN 4227 Part 5 Prestressed concrete; injection of cement mortar into prestressing concrete ducts

2-12 DS804 Regulaions reilating to railway bridges and other engineering structures

۳ اسناد فنی

۳-۱ نقشه‌ها

علاوه بر بند۳-۲ از استاندارد1045 DIN ، درزهای(اتصالات) ساختمانی باید در نقشه‌های قالب‌بندی و میل-گردگذاری نشان داده شوند. علاوه بر بندهای ۳-۱ و ۳-۴ از استاندارد DIN 1045 ، لازم است اطلاعاتی در مورد توالی بتن‌ریزی، سرعت بتن‌ریزی و تاخیر گیرش لحاظ شود.

۳-۲ محاسبه سازه‌ای

۳-۲-۱ هر محاسبه سازه‌ای باید بصورت جامع بوده و باید شامل اطلاعات کافی در مورد نقشه‌های اجرایی ساخت باشد.

۳-۲-۲ بندهای۳-۳ و ۱۵-۱ از استاندارد DIN 1045 برای تعیین پارامترهای سطح مقطع[1] (پلان) در اجزای بتن مسلح در حوزه اجرا کاربرد دارند.

در انحراف از بند۱۵-۵ از استاندارد DIN 1045 ، سختی پیچشی تیرهای اصلی (شاه تیرها برای مثال تیرها، تیرهای T) باید هنگام تعیین پارامترهای سطح مقطع (پلان) منظور شود. جذب گشتاورهای پیچشی باید در هر مورد بررسی شود.

اگر سختی پیچشی در این زمینه طبق حالت ۱ ازبند۱۵-۱-۲ استاندارد DIN 1045، باشد، سختی پیچشی را می‌توان طبق نظریه ارتجاعی در ۵۰٪ مقدار تعیین شده برای سطح مقطع بتن خالص در محاسبه اعمال کرد بدون آن که نیازی به بررسی جداگانه باشد.

۳-۲-۳ محاسبه باید به گونه‌ای انجام شود که امکان اطمینان یافتن از تاثیر بارهای زنده خاص در مراحل بعدی در صورت نیاز با ابزارهای کمکی ساده (برای مثال با نشان‌دادن خطوط تاثیر، نواحی تاثیر، خصوصیات مقطع) وجود داشته باشد.

۳-۲-۴ در صورت استفاده از روش‌های جدید دیگر محاسباتی یا در صورتی که محاسبه با آزمون‌های مدل تکمیل یا به طور کامل جایگزین شود، مسایل مرتبط با آن باید از پیش توسط مرجع بازرسی مورد بحث قرار گرفته و رفع شود.

۳-۲-۵ محاسبه سازه‌ای در هر مورد باید شامل جزییات مناسبی از موارد زیر باشد:

الف) بارهای طراحی؛

ب)سامانه‌های استاتیکی(ایستایی)؛

پ)خاک زیر پی، رفتار نشست آن و خاکریزی یا پر کردن آن؛

---

1 -Plan

ت) وضعیت‌های بنا، عملیات آماده سازی و بتن‌ریزی ،شامل تغییرشکل‌ها تا حدی تاثیر قابل‌توجهی بر شکل‌دهی داشته باشند.
ث) پایداری و خیز(خمش) خرپاهای نگه‌دارنده؛

۴ بارهای طراحی

بسته به بهره‌برداری مورد نظر، بارهای مبنای طراحی محاسباتی باید براساس بارهای طراحی ، در مبانی محاسباتی زیر باید اتخاذ شوند:
الف- استاندارد DIN 1072 ؛
ب- استاندارد DS804 ؛
- بارهای طراحی حامل‌های ترافیکی دیگر؛
بارهای خاص باید به صورت جداگانه در نظر گرفته شوند (برای مثال بارهای ویژه، تاثیرهای ناشی از زمین-لرزه فعالیت‌های معدنی).

۵ کمینه ابعاد، پوشش بتن مسلح[1]

تا جایی که مقادیر بزرگ‌تری در نتیجه ابعادگذاری تحمیل نمی‌شوند، ابعاد با در نظر گرفتن بتن و میل‌گردها و نیز با پوشش مورد نیاز بتن تعیین می‌شوند.
کمینه ابعاد پوشش بتن مسلح برای میل‌گرد مطابق با جدول۱ کاربرد دارد مگر آن که مقادیر بیشتری در بند ۱۳-۲ از استاندارد DIN 1045 ، الزام شود؛ این ابعاد کمینه متضمن آرایش در نزدیکی جداکننده‌هاست.
برای بتن‌های با کلاس مقاومت پایین‌تر از B 25، ابعاد مشخص‌شده در جدول ۱ باید به میزان ۱cm افزایش داده شود. در مورد دانه بندی با سنگ مناسب۲ (برای مثال سنگ های شکسته) این ابعاد باید به میزان ۱cm افزایش یابند. در مورد دانه بندی سنگ متوسط (برای مثال دانه بندی ریز۳) و دانه بندی درشت این ابعاد باید به ترتیب به میزان ۲cm و ۳cm افزایش یابند.
کمینه ابعاد مندرج در ستون ۳ نیز برای تمامی اجزای کمتر از ۱۰m در امتداد مسیر پاکسازی‌شده با نمک یخ‌زدا کاربرد دارد. همچنین برای پل‌های واقع شده در خطوط راه‌آهن کاربرد دارند که عمدتا ترن‌های دیزلی روی آن‌ها عبور داده می‌شود.

۶ باربری سازه‌های بزرگ

۶-۱ کلیات

۶-۱-۱ مفاهیم

سازه‌های بزرگ بارهای خود را مستقیم یا غیرمستقیم بر روی ستون‌ها، پایه پل‌ها و اتصالات انتقال می‌دهند (به بند ۸ مراجعه شود).

1- Minimum dimensions
2 -Fine grade
3 -Fine pointing

برای سازه‌های باربر کمانی‌شکل به بند ۷ مراجعه شود.

۶-۱-۲ انتخاب سامانه

سامانه ایستایی انتخاب شده که شامل توزیع سختی می‌شود باید رفتار باربری را با دقت مناسب ارزیابی و ثبت کند. جریان نیرو باید به روشنی به کمک سامانه انتخابی توصیف شود.

خمش سازه‌های بتنی مسلح در حالت II باید طبق روشی تعیین شود که به دقت شرایط درست را تقریب زده و ایجاد ترک را در نظر می‌گیرد (برای مثال طبق راهنمای 24D از DAfStb). در این زمینه تنها تقویت گنجانده شده در عرض‌های مشترک b_m را می‌توان وارد کرد.

اگر میل‌گردهای زاویه‌دار و/یا سخت‌کننده مقطع عرضی فراهم شوند، عملکرد همسان آن‌ها نباید بیش از زاویه مایل[1] (۱:۳) میل‌گردهای زاویه‌دار فرض شود.

در شرایطی که سازه‌های باربر با مفصل‌بندی به عناصر تقویتی متصل باشند (اتصال مفصلی) تنها برای مقاصد محاسباتی می‌توان این‌سازه‌ها را منفصل فرض نمود.

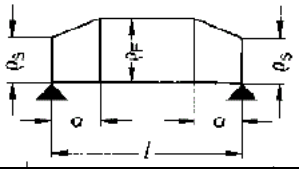
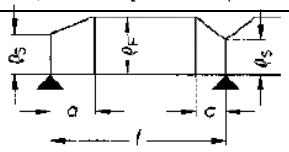
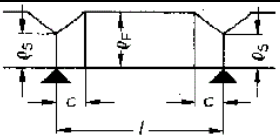
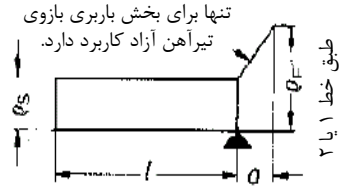
جدول ۱-پوشش بتن مسلح برای کلاس‌های مقاومت $\geq$ B 25 **(کمینه ابعاد بر حسب** cm**)**

ستون / خط	f	۲	۳
	جز	اجزای پیش‌ساخته و بتن درجا [1]	
		کلی (البته به بخش ۴ نیز مراجعه شود)	در مورد شرایط خاصی که خوردگی را افزایش می‌دهد [2]
۱	کلی	۳٫۰	۳٫۵
۲	رویه‌های بالایی قطعه‌های ماشین‌رو (همچنین پیاده‌رو زیر درزبندی‌ها و پوشش‌های زیرین) سطوح پوشش‌ها	۳٫۵	۴٫۰
۳	سطوح در تماس با خاک و/یا در تماس با آب	۴٫۵	۵٫۰

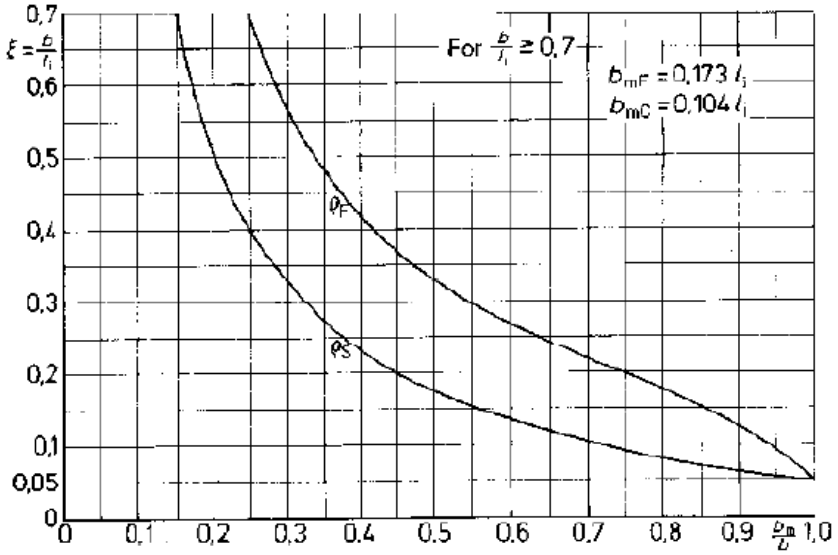
۱-در مورد اجزای پیش‌ساخته کارخانه‌ای، پوشش بتنی ممکن است ۰٫۵cm نازکتر باشد.

۲-برای مثال حملات مکرر گازهای خورنده، نمک یخ‌زدا و حمله شیمیایی «شدید» مطابق با استاندارد DIN 4030

1 -Inclination

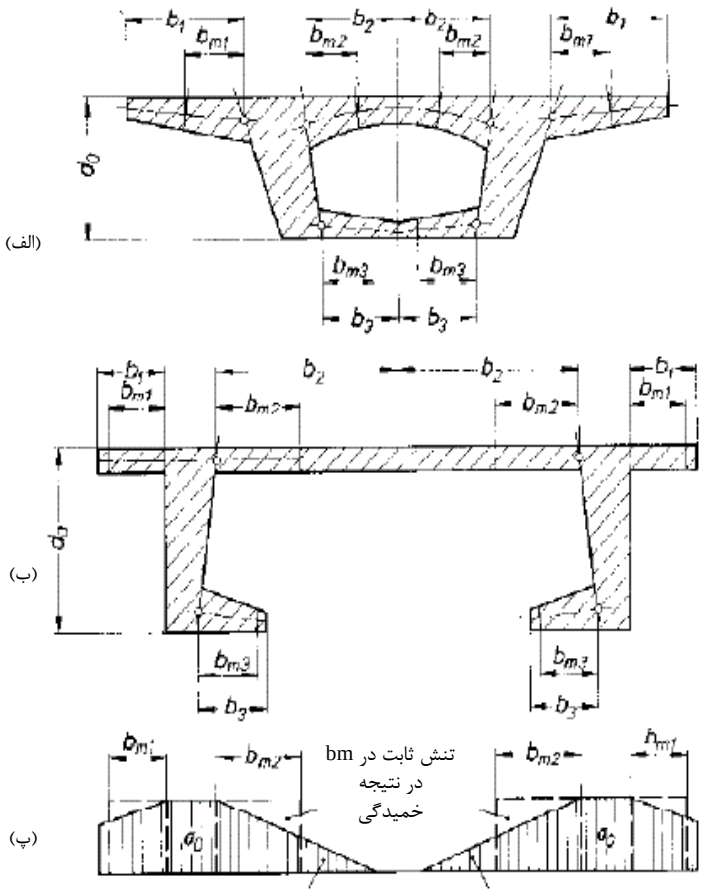
ستون / خط	f		۲	۳
	سامانه		الگوی $\frac{b_m}{b}$	
۱	شاه تیر			$l_i = l$
۲	دهانه انتهایی	شاه تیر پیوسته		$l_i = 0.8l$
۳	دهانه درونی			$l_i = 0.6l$
۴	بازوی تیر آهن آزاد		تنها برای بخش باربری بازوی تیرآهن آزاد کاربرد دارد. 	$l_i = 1.5l$
a=b، ولی از l۲۵/ فراتر نمی‌رود؛ c=۰/۱l				

شکل ۱- الگوی عرض دال مشترک(هماهنگ)[1]. bm



شکل ۲-عرض دال مشترک، ضرایب Q_F و Q_S

1 -Cooperating slab



شکل ۳-مقاطع عرضی و عرض صفحه مشترک در حالت گشتاور خمشی و نیروی برشی، توزیع تنش

۶-۱-۳ مشارکت عرض دال

۶-۱-۳-۱ مشارکت عرض دال برای تعیین پارامترهای سطح مقطع[1]

هنگام تعیین پارامتر سطح مقطع از پیش‌تنیدگی در سامانه‌های معین یا نامعین ارتجاعی، در هر مورد می‌توان مشارکت کامل عرض دال را فرض نمود. هنگامی که $b/l_i<۰/۳$ باشد،می‌توان برای تعیین تغییر شکل‌های خمشی و تغییر شکل‌های واحد متناظر، کل صفحه را به عنوان عنصر باربر درنظر گرفت. به این منظور، l_i را می‌توان از شکل ۱ به دست آورد. برای $b/l_i>۰/۳$ مشارکت دایمی عرض دال $b_m=Q_F.b$ را می‌توان به عنوان تقریبی بین تکیه‌گاه، معادل با مقدار آن در مرکز دهانه فرض کرد (به شکل ۲ مراجعه شود). در مورد تیرهای طره‌ای، عرض مشارکت ثابت $b_m=Q_S.b$ را می‌توان برای ساده‌سازی فرض نمود (به شکل ۲ مراجعه شود).

به عنوان قاعده کلی، حرکت پشت‌بندهای جان تیر افقی در تغییرات ضخامت دال و ارتفاع جان تیر و تاثیر تیرهای متقاطع در مشارکت عرض دال را می‌توان نادیده گرفت.

1 -Sectional plan

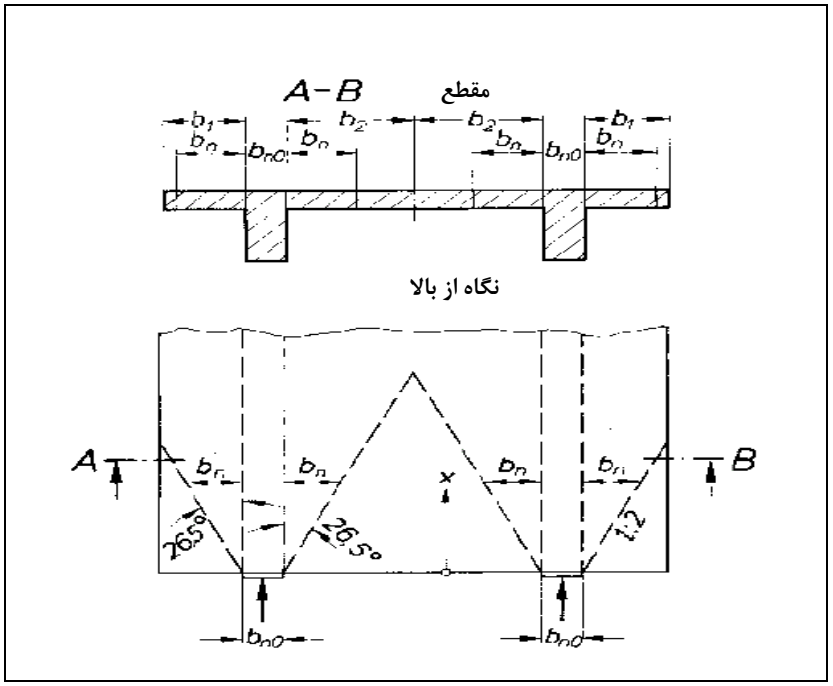
پارامترهای سطح مقطع ناشی از نیروی طولی را می‌توان طبق نتایج نظریه صفحات در محدوده ابتدایی $0 \le x \le 2b$ و با فرض انتشار نیرو طبق شکل ۴ برآورد کرد.

۶-۱-۳-۲ مشارکت عرض دال درتعیین ابعاد

در مورد تعیین ابعاد نیروی خمشی و برشی شاه تیرها طبق شکل ۳ (که تحت تنش لنگر خمشی هستند)، مشارکت عرض دال باید همیشه در نظر گرفته شود. به طور کلی تغییر ابعاد عرض موثر دال در نتیجه گروه‌های بار ناموزون را می‌توان نادیده گرفت.

البته در مورد بال‌هایی[1] با عرض $b \le ۰/۳d_0$، bm را می‌توان در تمامی موارد برابر با b فرض کرد (d_0=ارتفاع جان تیر مطابق با شکل ۳). در صورتی که نتوان عرض موثر را به صورت دقیق‌تر بررسی کرد، می‌توان آن را برای $b \ge ۰/۳d_0$، به کمک شکل ۲ و شکل ۱ تعیین کرد. در این حالت معادله $b_{mF}=Q_F.b$ در دهانه و رابطه $b_{mS}=Q_S.b$ در تکیه‌گاه برقرار است. در صورت لزوم، b متغییر باید در نظر گرفته شود.

برای تعیین Q_S مقدار بزرگتر طول دهانه موثر مجاور تکیه‌گاه باید به عنوان مبنا انتخاب شود. اگر در دهانه، $b_{Mf} < b_{mS}$ باشد الگو عرض مشارک‌کننده در داخل، باید طبق خط رابط عرض‌های مشارک‌کننده(bmS) در محدوده تکیه‌گاه‌های مجاور تعیین شود. در هر صورت bm باید از b کوچکتر باشد.



شکل ۴-عرض مشترک bn در مورد نیروهای طولی در انتهای سازه حامل بار

تنش‌های ناشی از پیش‌تنیدگی به صورت جداگانه برای نیروی قایم و خمشی تعیین می‌شود:

- با عرض کامل دال در مورد سهم تنش ناشی از نیروی قایم.
- با در نظر گرفتن دال مشترک در مورد سهم تنش ناشی از گشتاور خمشی.

1 -Flanges

برای انطباق تنش‌های خمشی سازه باربر اصلی بر تنش‌های خمشی ناشی از بارهای داخلی، می‌توان فرض کرد که تنشهای خمشی سازه باربر اصلی طبق شکل ۳-پ دارای الگوی خط مستقیمی هستند و در صورتی که نیروی مرتبط قوس دست‌نخورده نگه‌داشته شود، نیازی به بررسی دقیق‌تر نیست.

۶-۲ دال‌ها

۶-۲-۱ کلیات

تنش‌ها باید طبق نظریه صفحه تعیین شوند. در این رابطه می‌توان از روش‌های تقریب با دقت کافی استفاده کرد. پارامترهای سطح مقطع و رفتار باربری مقاطع توخالی (برای مثال در مورد تورفتگی‌های با مقطع عرضی تقریبا گرد) را می‌توان با تقریب به صورت دال‌ها صلب با ارتفاع طراحی یکسان محاسبه کرد.

برای تعیین ابعاد دهانه دال یک‌طرفه و دال‌های پیوسته می‌توان از ترکیب وتلفیق دال مناسب استفاده کرد به شرطی که سطوح انتقال بار با شرایط بند ۱۰-۱-۲ انطباق داشته باشند.

۶-۲-۲ دال‌های تحت کنش مستقیم تردد در پل‌های جاده‌ای

دال‌های از این نوع تنها در موارد خاص ساخته می‌شوند (برای مثال زمانی که هیچ حمله‌ای در اثر یخزدایی انتظار نمی‌رود). برای محاسبه، بارگذاری اضافی $2kN/m^2$ باید منظور شود. این بارگذاری امکان در نظر گرفتن لایه پوششی جاده شامل آب‌بندی آن (که در مرحله بعدی ممکن است انجام شود) را فراهم می‌کند.

در مورد دال‌هایی از پل‌های جاده که عبور و مرور مستقیماً روی آن‌ها انجام می‌شود، بالاترین لایه ۱٫۵cm به عنوان لایه فرسایشی رده‌بندی می‌شود که نباید در پوشش بتنی میل‌گرد گنجانده شود. تعیین ابعاد برای مقطع عرضی باید با و بدون لایه فرسایشی انجام شود. پل‌هایی که برای عبور دوچرخه و افراد پیاده ساخته می‌شوند فاقد لایه فرسایشی به ضخامت ۱٫۵cm هستند. ترکیب و ساخت لایه بالایی بتن طبق استاندارد بندهای ۶-۵-۷-۱، ۶-۵-۷-۲ و ۶-۵-۷-۵ از استاندارد DIN 1045 ،انجام می‌شود. این لایه حداقل 5cm ضخامت داشته و ساخت آن به صورت تازه در یک عملیات کاری با بتن باقیمانده صورت می‌گیرد. البته بر خلاف استاندارد بند۶-۵-۷-۳ از استاندارد DIN 1045، نسبت آب-سیمان باید ۰٫۴۵ بوده و نباید از این مقدار فراتر رود.بتن باید به صورت مکانیکی و به کمک پداخت‌کننده بتن (فینیشر[1] مخصوص بتن) متراکم شود. البته می‌توان از این رویه در مورد ساخت پل‌های عبور ماشین‌های کشاورزی، دوچرخه و افراد پیاده صرفنظر کرد.

۶-۳ تیرهای باربر قوطی شکل[2]

تیرهای باربر قوسی تک‌سلولی و چندسلولی با توجه به تنش‌های طولی و تنش‌های برشی مرتبط می‌توان طبق نظریه تیر سخت پیچشی مورد بررسی قرار داد مشروط به آن‌که ابعاد مربوط شرایط زیر را برآورده کنند:

$$l_a/b \geq ۱۸ \quad و \quad l_a/b \geq ۴$$

1- Finisher

2 -Box girders

که در آن:
b عبارت است از میانگین عرض تیر باربر و d عبارت است از میانگین ارتفاع تیر باربر که هر دو جزء ابعاد خارجی هستند و l_a فاصله دیوارهای عرضی یا تیرهای عرضی است.
در تمام موارد دیگر، نرخ تنش‌های متغیر طولی در جان تیرها باید مورد بررسی قرار گیرد.
خمش عرضی نیز به عنوان نتیجه‌ای از تغییر شکل عمودی باید بررسی شود.

۷ سازه‌های باربر قوسی شکل

۷-۱ پل‌های قوسی

۷-۱-۱ اصول ابعادگذاری

در مورد قوس‌های انتهای ثابت تک‌مرکزی، دهانه موثر l و خیز f باید طبق شکل ۵ الف و ب فرض شود. در مورد قوس‌های دو مرکزی و سه مرکزی، دهانه موثر باید برابر با فاصله افقی لولاهای پاطاق فرض شود.
قوس‌ها باید تا حد امکان طبق خط فشار محوری برای بار ثابت شکل‌دهی شود؛ آن‌ها باید بر مبنای نظریه الاستیک محاسبه شوند و تغییر شکل‌های ناشی از نیروی نرمال، انقباض و خزش، تاثیرات دمایی و فشار زیرخاک نیز باید مورد توجه قرار گرفته و در صورت ضرورت در نظر گرفته شود. به این منظور می‌توان تاثیر سخت‌کننده پیوسته را گنجاند.
برای تعیین پارامترهای مقاطع عرضی ،تاثیر ترکیبی بین قوس وخط پیوسته باید در نظر گرفته شود.
در مورد قوس‌های بتنی مسلح، بررسی ایمنی در برابر کمانش باید انجام شود. در صورتی که $\lambda \geq ۴۵$ تاثیر خزش باید منظور شود. برای بررسی ایمنی در برابر کمانش باید در هر مقطع عرضی قوس، میل‌گرد وجود داشته باشد.

۷-۱-۲ بررسی[1] ایمنی در برابر کمانش

۷-۱-۲-۱ ضرایب ایمنی در برابر کمانش در قوس‌ها

ضریب اطمینان در برابر کمانش باید حداقل برابر مقادیر زیر باشد:
برای $\mu_0 tot \geq ٪۰/۸$ ⟵ $\gamma = ۱/۷۵$
برای $\mu_0 tot < ٪۰/۸$ ⟵ $\mu_0 tot$ $\gamma = ۳/۰ - ۱/۵۶$
که در آن $\mu_0 tot$ درجه کل تقویت بر حسب درصد است که از نظر آماری با مقطع عرضی مورد نیاز آماری ارتباط دارد. فرض می‌شود که تقویت از نوع متقارن است.

۷-۱-۲-۲ بررسی ایمنی در برابر کمانش در مورد سازه‌های باربرقوسی بتن تقویت‌شده در پلان

بررسی ایمنی در برابر کمانش باید طبق بند ۱۷-۴ از استاندارد DIN 1045 در مورد پل‌های قوسی با محتوی تقویت $\mu_0 tot \geq ٪۰/۸$ انجام شود. در مورد قوس‌هایی با $f \geq ۰/11$ این بررسی را می‌توان با تیر جایگزین اتصال

1- Veritication

یافته با پین در هر دو انتها انجام داد که خروج از مرکز انتهای هر دو دارای مقدار یکسان در جهت یکسان است. طول کمانش موثر s_K طبق معادله (۱) زیر است:

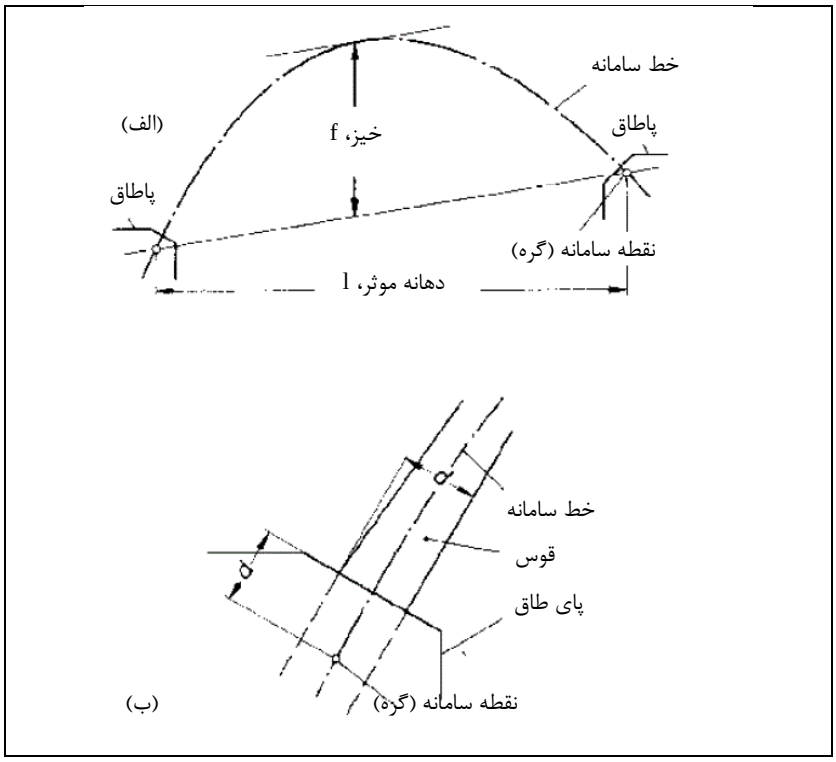
$$s_K = \psi.l \qquad (۱)$$

که در آن:

$\mu_0 tot$ متغیری است که در بند ۷-۱-۲-۱ توصیف شده است.

l دهانه موثر قوس و ψ ضریبی است که برای انواع مختلف قوس‌ها و نسبت‌های f/l مشخص شده در جدول ۲ از جدول ۲ به دست می‌آید.

خروج از مرکز باید با بیشینه خروج از مرکز بار (یعنی طبق طرح) در نیمه میانی نیم قوس تحت بار کاری به اضافه خروج از مرکز اضطراری طبق بند ۱۷-۴ از استاندارد DIN 1045 مطابقت داشته باشد. مقطع عرض تیر جایگزین باید در کل طول میله ثابت فرض شده و باید برابر با پیلان مقطع uvqd در L/4 وارد شود.



شکل ۵-سامانه قوسی

۷-۱-۲-۳ بررسی سازه‌های باربری قوسی مسلح و غیر مسلح در پلان

در مورد پل‌های قوسی با محتوی تقویت $\mu_0 tot < ۰/۸٪$ و $\lambda \leq ۷۰$، بررسی ایمنی در برابر کمانش طبق روش تقریبی زیر صورت می‌گیرد:

پارامترهای مقطع تخت گسیختگی (M_u, N_u) مقطع عرضی بررسی شده باید طبق استاندارد DIN 1045 بخش ۱۷-۲-۱ تعیین شود. برای این کار پارامترهای میل‌گرد موجود را وارد کنید و مطمئن شوید که از حد شکاف اتصال بیان شده در بند۱۷-۹-۱ از استاندارد DIN 1045 فراتر نرود. تاثیر لاغری و گریز از مرکز

اضطراری را می‌توان به صورت تقریبی وارد کرد. برای این کار پارامتر مقطع تخت گسیختگی با استفاده از عامل K طبق معادله (۲) زیر به دست می‌آید:

$$K = 1 - \frac{\lambda}{160}(1 + \eta.e/d) \qquad (۲)$$

هنگام استفاده از معادله (۲)، نسبت e/d نباید از ۰٫۲ فراتر رود.

که در آن:

λ لاغری s_K/i که در آن s_K باید طبق معادله (۱) تعیین شده و در آن $i = \sqrt{I/A}$ برای مقطع تخت در l/۴ ؛

η کمیت کمکی: $\eta = 3 - 2.5.\mu_0 tot$؛

$\mu_0 tot$ طبق بند ۷-۱-۲-۱؛

e/d بیشینه خروج از مرکز نسبی (انحراف از نیروی طولی برآیند از محور قوس) در نیمه میانی نیم-قوس؛

d بعد مقطع عرضی در راستای کمانش.

پارامترهای مقطع تخت مجاز از پارامترهای مقطع تخت گسیختگی، کاهش یافته با ضریب K و با در نظر گرفتن ضریب اطمینان در برابر کمانش مطرح شده در بند ۷-۱-۲-۱ به دست می‌آیند.

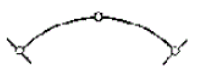
طبق بند ۱۱-۱ کمینه میل‌گرد در مورد این سازه‌های باربر لازم نیست.

۷-۱-۲-۴ ایمنی در برابر کمانش در زوایای قائم نسبت به صفحه قوس

در مورد قوس‌های باریک، ایمنی در برابر کمانش طبق بند ۱۷-۴ از استاندارد DIN 1045 باید در راستای عمود بر صفحه قوس نیز بررسی شود. به این منظور، قوس‌های با $f \le ۰٫۲۵l$ و با سختی پیچشی مناسب (برای مثال مقاطع عرضی کامل و مقاطع عرضی H و جعبه‌ای[1]) را می‌توان به عنوان ستون مستقیم با طول برابر با دهانه موثر قوس و با نیروی نرمال معادل با پیشرانه[2] افقی در نظر گرفت.

ضریب اطمینان باید طبق بند ۸-۱-۲-۱ به صورت تابعی از درجه کل میل‌گرد μ_0 قرار داده شود.

جدول ۲-ضرایب طول کمانش موثر ψ، $s_K = \psi.l$

f/l	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
	0,356	0,367	0,381	0,399	0,419	0,448	0,480	0,514	0,545
	0,478	0,487	0,495	0,507	0,519	0,535	0,550	0,571	0,593
	0,518	0,540	0,572	0,612	0,659	0,706	0,756	0,788	0,890
	0,584	0,597	0,612	0,633	0,657	0,706	0,756	0,824	0,890

1 -Box cross section
2 -Thrust

۲-۷ طاق‌ها[1]

منظور از طاق در این استاندارد، سازه‌های باربر سربار[2] است که شکل آن با امتداد فشاربار ثابت و با میانگین حسابی فشار فعال خاک و فشار سکون خاک تعیین می‌شود. در این متن، $f \geq l/3$ می‌باشد.

پوشش تاج تا سطح بالایی جاده باید حداقل ۱m باشد. در مورد طاق‌های زیر خطوط آهن، این بعد به حداقل ۱/۵m تا سطح بالایی تراورس بالغ می‌شود.

طاق‌ها باید با فرض فشار خاک فوق الذکر محاسبه شود و در این محاسبه باید خاکریزی جزیی در حالت ساختمان در نظر گرفته شود. تنش‌های ناشی از دما و انقباض را می‌توان نادیده گرفت. در نتیجه می‌توان از بررسی ایمنی در برابر کمانش صرفنظر کرد.

بارهای زنده متمرکز باید طبق بند ۵-۳-۷ از استاندارد DIN 1072 ویرایش نوامبر ۱۹۶۷، یا طبق استاندارد DS 804 توزیع شوند.

میل‌گرد اصلی باید به صورت متقارن در مقطع عرضی آرایش داده شود. میل‌گرد در راستای محور طاق نیز باید به صورت متقارن آرایش داده شده و اندازه آن نباید از ۵۰٪ میل‌گرد اصلی کمتر باشد.

بند ۱۱-۲ مرتبط با میل‌گرد کمینه برای طاق‌ها کاربرد ندارد.

برای ابعادگذاری، ضریب اطمینان طبق رابطه زیر باید در نظر گرفته شود.

$$\gamma = ۳\text{-}۳/۱۳ \quad \text{و} \quad \mu_0 tot \geq ۲/۱$$

که در آن $\mu_0 tot$ درص میل‌گرد اصلی مورد نیاز در مقطع عرضی بتنی است.

طاق‌های که سربار آن به صورت اضافی در تاثیر باربری جهت بررسی پایداری آن‌ها منظور می‌شوند، در دامنه کاربرد این استاندارد قرار نمی‌گیرند.

۸ ستون‌ها، پایه‌های پل، پایه‌های کناری و پی‌ها

۸-۱ کلیات

۸-۱-۱ انتقال نیروهای بازدارنده[3]

تا زمانی که نیروهای بازدارنده بر سازه‌های بالای پیکره خاکی عمل می‌کنند، فرض می‌شود که بار با زاویه $۲۶/۵^\circ$ (۲:۱) در صفحه و ارتفاع یعنی رو به پایین و به هر دو طرف گسترش می‌یابد. تاثیر این نیروها در قطعه‌ای که به صورت مستقیم تحت تاثیر قرار گرفته است، مانند دیوار سلولی و نیز تاثیر آن در اتصال این قطعه به قطعات مجاور باید بررسی شود.

۸-۱-۲ پشت‌بندهای کناری متصل به سازه‌های بزرگ

اگر پشت‌بندهای پی کم‌عمق دال پل‌ها و تیر پل‌های مسلح به صورت مناسبی به سازه‌های بزرگ متصل شوند، فرضیه‌های ساده زیر را می‌توان در خصوص ابعادگذاری پایه‌های کناری و پی‌ها را اتخاذ کرد مشروط

1 -Vault
2 -Surcharge
3 -Transmission of the braking forces

به آن که طول ابرسازه از تقریباً ۲۰m و در مورد پل‌های راه‌آهن از ۱۰m فراتر نرود: در پی، متقابلا قید و بند کامل در یک طرف و اتصال پینی در طرف دیگر و اتصال پینی در سطح بالایی پایه کناری، ابعاد تقریبا معادل و بارگذاری‌های فشار فعال خاک برای هر دو پایه کناری فرض می‌شوند. می‌توان از نیروهای الزامی مقطع تخت صرفنظر کرد.

۸-۲ ستون‌ها، پایه‌های پل، پایه‌های کناری و پی‌های بتن مسلح

۸-۲-۱ اصول تکمیلی طراحی

اگر بسترخاک مستعد ته‌نشست باشد، پیچش‌های پی و جابجایی‌های آن طبق استاندارد DIN 1072، باید در نظر گرفته شود.

در خصوص ابعادگذاری پی‌ها به‌صورت اجزای محدود کننده طبق بند ۱۷-۴-۵ از استاندارد DIN 1045 ، پارامترهای مقطع تخت طبق نظریه مرتبه دوم باید در نظر گرفته شود که از بررسی ایمنی در برابر کمانش حاصل می‌شود. همچنین این امر به صورت مشابه برای اندازه‌گذاری پی شمع کاربرد دارد.

در مورد پی‌های کم‌عمق و تحت شرایط نامطلوب‌ترین ترکیب بار در حالت بهره‌برداری و با در نظر گرفتن پارامترهای مقطع تخت فوق الذکر،نباید میزان بازشدگی نقاط اتصال به زمین از مرکز ثقل فراتر رود.

از طرف دیگر لازم نیست پارامترهای مقطع تخت برای بررسی انطباق با بند۴-۱-۳-۱ از استاندارد DIN 1054، نسخه نوامبر ۱۹۷۶، در نظر گرفته شود. طبق این استاندارد بازشدن نقاط متصل به زمین تحت بار ثابت مجاز نیست.

این گشتاورها را می‌توان نسبت به بررسی فشار زمین نادیده گرفت.

هنگام استفاده از پارامترهای مقطع تخت،در نظر گرفتن تغییر شکل عناصر سازه‌ای منشوری ضرورت دارد (نظریه مرتبه دوم)، این تغییر شکل‌ها باید بر اساس پارامترهای مقطع تخت و با ایجاد کاهش به نسبت ۱ به ۱/۷۵ جهت اطمینان از عدم کمانش به دست آیند.

۸-۲-۲ بررسی ایمنی در برابر کمانش

بررسی ایمنی در برابر کمانش باید طبق بندهای ۱۷-۴ و ۲۵-۵-۴ ازاستاندارد DIN 1045 ، برای دیواره‌های بتنی مسلح انجام شود.

در انحراف از استاندارد DIN 1045، بخش ۱۷-۴-۶، خروج از مرکز اضطراری e_u در پایه‌های پل با ارتفاع $h \geq 30m$ را می‌توان برابر $s_K/400$ فرض کرد. البته این ساده‌سازی تنها به شرطی میسر است که یک سری پیوسته از اندازه‌گیری‌های کنترلی در جریان ساخت صورت بگیرد تا اطمینان حاصل شود که جمع خطاهای واقعی ساخت و ساز (ازجمله خطاهای غیرمحوری بودن در تکیه‌گاه‌ها، انحراف از حالت قائم واقعی شفت محور پل و غیره) از $s_K/1200$ فراتر نمی‌رود.

هر گونه انحراف از امتداد شاغولی پایه پی پل تحت بار دائمی باید هنگام تعیین خروج از مرکزیت بار در نظر گرفته شود.

اگر الاستیک بودن زیرخاک تاثیر قابل توجهی بر ایمنی در برابر کمانش داشته باشد، این امر نیز باید به عنوان مقادیر محدود کننده مدول تغییر حجم برای بارگیری کوتاه‌مدت در نظر گرفته شود.
در مورد بررسی ایمنی در برابر کمانش پایه‌های پل با تکیه‌گاه‌های غلتان یا با تکیه‌گاههای لغزان، اصطکاک تکیه‌گاهی باید معادل با صفر وارد شود یعنی این اصطکاک نه مانع تغییر شکل می‌شود نه آن را افزایش می‌دهد. این امر به خاطر آن است که راستای نیروی اصطکاک معکوس می‌شود.
در مورد پایه‌های ثابت پل، کمانش ناشی از اصطکاک تکیه‌گاهی حاصل از انبساط گرمایی تنها باید به عنوان خروج از مرکز اضافی بار برای بررسی ایمنی در برابر کمانش در نظر گرفته شود و نیروی اصطکاک تکیه‌گاهی که سبب این کمانش شده نیز باید به عنوان مقدار معادل با صفر درنظر گرفته شود.
پایه‌های پل متکی بر تکیه‌گاه‌های الاستومری، در صورتی که توان تحمل نیروهای اضافی ایجاد شده در هنگام موجود باشد،باید همانند پایه‌های ثابت بررسی شود.

۸-۳ ستون‌ها، پایه‌های پل، پشت‌بندهای و پی‌های بتن غیر مسلح

بتن‌های با کلاس مقاومت حداقل B۱۵ باید برای ستون‌ها، پایه‌های پل و پایه‌های کناری و بتن‌های با کلاس مقاومت حداقل B۱۰ باید برای پی‌ها استفاده شوند.
بند ۱۷-۹ از استاندارد DIN 1045 برای این اجزا کاربرد دارد.

۹ انتقال بارهای متمرکز

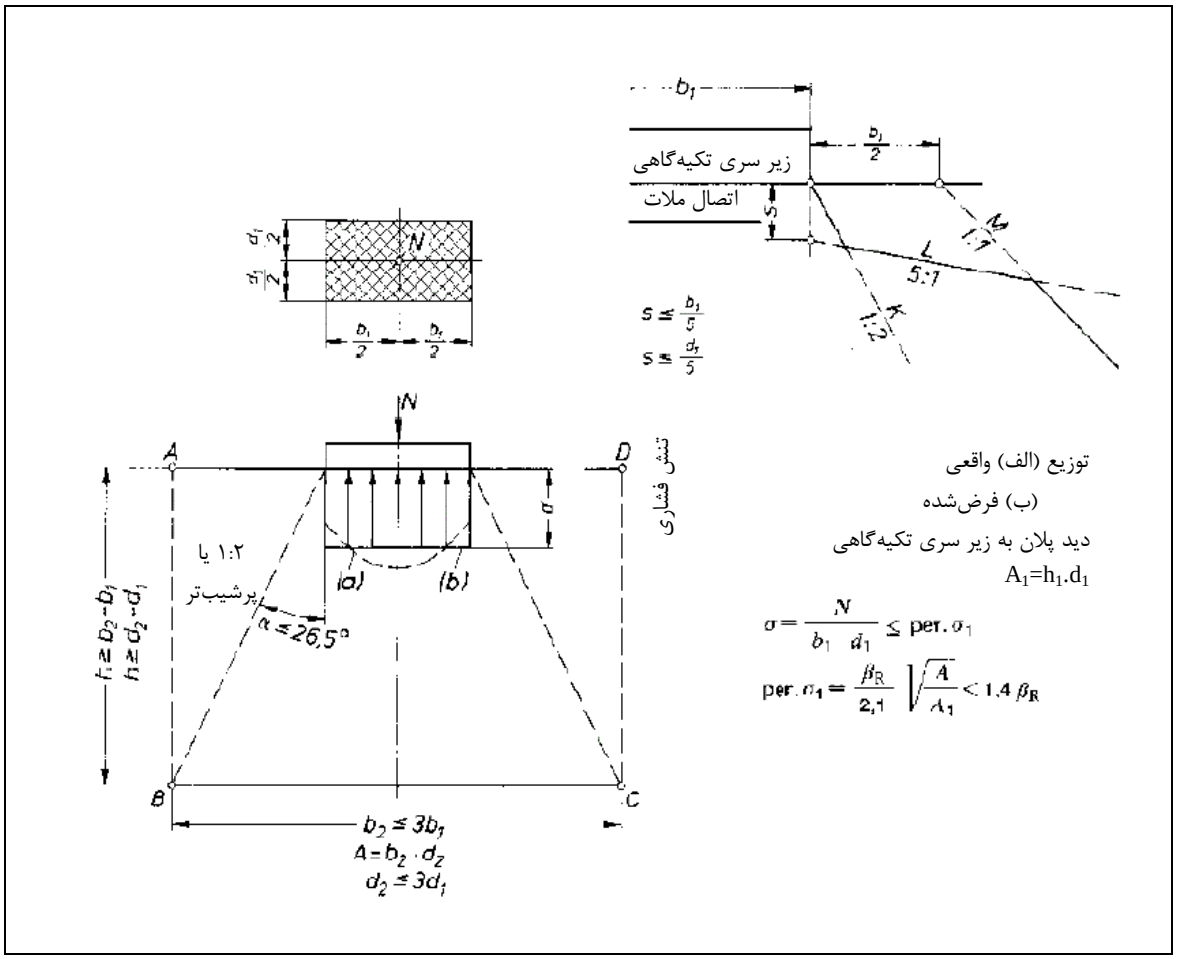
۹-۱ کلیات

دال‌ها و ورقه‌های فراهم شده برای انتقال بارهای متمرکز بزرگ در بتن (پوشش‌ها و دال‌های پایه ستون‌ها، زیر سری‌های تکیه‌گاهی و غیره) باید به صورت تقریباً عمودی نسبت به خط اعمال نیروهای ناشی از بارهای ثابت قرار گیرند.
اگر بار ثابت کوچک باشد، خط اعمال بار بیشینه (که اغلب رخ می‌دهد) خط تعیین‌کننده است.
استانداردهای DIN 4141-3 وDIN 4141-2 وDIN 4141-1 برای تکیه‌گاه‌ها کاربرد دارد و همچنین دستورالعمل‌های مبتنی بر قضاوت مهندسی در صورت اقتضا برای این مورد نیز قابل کاربرد است.
در خصوص تعیین ابعاد اجزای بتنی در مجاورت بلافصل صفحات یا سطوح انتقال بار، بارها، مسیرهای جابجایی، زوایای چرخش و ٌاریب‌شدگی،باید در نامطلوب‌ترین حالت خود در نظر گرفته شود. همچنین مقاومت در برابر تغییر شکل (که در این رابطه ایجاد می‌شود) برای تمامی حالت‌های رخ داده طی ساخت و سرویس نیز باید لحاظ شود.

۹-۲ انتقال بار مرکزی دال(دالی که به‌طور مرکزی بارگذاری شده)

بتن مجاور دال (پوشش و صفحه پایه) باید کلاس مقاومت معادل با حداقل B۲۵ را در ارتفاع معادل با عرض دال نشان دهد.

اگر نیروهای کششی را بتوان در بتن زیر سطح بخشی تنیده جذب کرد (برای مثال از طریق میل‌گرد یا با فشار عرضی موجود واقعی) تنش فشاری مجاز در بتن در اثر بارگذاری سطحی بخشی باید طبق بند ۱۷-۳-۳ از استاندارد DIN 1045 معادل (۹) تعیین شود.



شکل ۶-تنش مجاز σ_1 و تنش فشاری σ در حالت زیر سری تکیه‌گاهی بارگذاری‌شده محوری

در صورت عدم اطمینان از جذب نیروهای کششی باید به مقادیر زیر محدود گردد:

$$\sigma_1 \le \frac{\beta_R}{2.1} \qquad \text{برای بتن مسلح} \quad (۳)$$

$$\sigma_1 \le \frac{\beta_R}{3.0} \qquad \text{برای بتن غیر مسلح} \quad (۴)$$

ناحیه A1 که باید برای تنش فشاری تعیین شود به نوع ساخت تکیه‌گاه‌ها بستگی دارد و باید از استانداردهای DIN 4141-3 وDIN 4141-2 وDIN 4141-1 به دست آید.

«منشور انتقال» ABCD مطابق با شکل ۶ باید به طور کامل در درون بتن قرار گیرد. تنها در بخش فوقانی، بخش‌های بریده شده به وسیله خطوط مستقیم K، L و M را می‌توان حذف کرد. پایه زیر زیر سری تکیه‌گاهی از جمله اتصال ملاتی مطابق با بند ۱۷-۳-۴ از استاندارد DIN 1045، نباید به ترتیب از $b_1/5$ یا

$d_1/5$ بالاتر باشد؛ مقادیر پایین‌تر آن‌ها تعیین‌کننده است. ارتفاع h منشور انتقال نباید از نصف ارتفاع جزء بتنی مجاور با صفحه انتقال بیشتر باشد. در مورد دال‌ها، ایمنی در برابر تورفتگی[1] بتن باید در صورت لزوم بررسی شود.

۹-۳ صفحه انتقال بارگذاری‌شده به صورت نامتعارف

در مورد زیر سری تکیه‌گاهی مستطیلی بارگذاری‌شده نامعمول، $A_1^* = b_1^*.d_1^*$ باید به صورت زیر سری جایگزین فرض شود (به شکل ۷مراجعه شود). در مورد اشکال دیگر زیر سری‌های تکیه‌گاهی باید به صورت مشابهی شود.

۱۰ بررسی‌های کلی

۱۰-۱ تعیین پارامترهای مقطع تخت

۱۰-۱-۱ پوشش‌های بارگذاری

پوشش‌های بارگیری زیر یا ترکیبی از پوشش‌های بارگیری طبق استاندارد DIN 1072 و استاندارد DS 804 باید در میان عوامل دیگر برای بررسی‌های مورد نیاز در نظر گرفته شود.

پوشش بارگذاری H	جمع بارهای اصلی
پوشش بارگذاری Z	جمع بارهای اضافی
پوشش بارگیری A	بارهای ویژه ناشی از ضربه
پوشش بارگذاری B	بارهای ویژه ناشی از حالت‌های بهره‌برداری
ترکیب HZ	جمع بارهای اصلی و تکمیلی
ترکیب HA	جمع بارهای اصلی و بارهای ویژه ناشی از برخورد
ترکیب HB	جمع بارهای اصلی، بارهای پیچشی و بارهای ویژه ناشی از شرایط ساخت
ترکیب HZB	جمع بارهای اصلی، بارهای تکمیلی و بارهای ویژه ناشی از بهره‌برداری

ترکیب‌های پارامتر مقطع تخت تعیین‌کننده باید از موارد بالا به دست آید.

اگر تنش در جز در اثر یک بار اضافی منفرد بیشتر از تنش ناشی از بارهای اصلی منهای بار ثابت و احتمالاً منهای پیش‌تنیدگی باشد، این بار اضافی همراه با بار ثابت و احتمالاً با پیش‌تنیدگی معرف پوشش بارگذاری H خواهد بود.

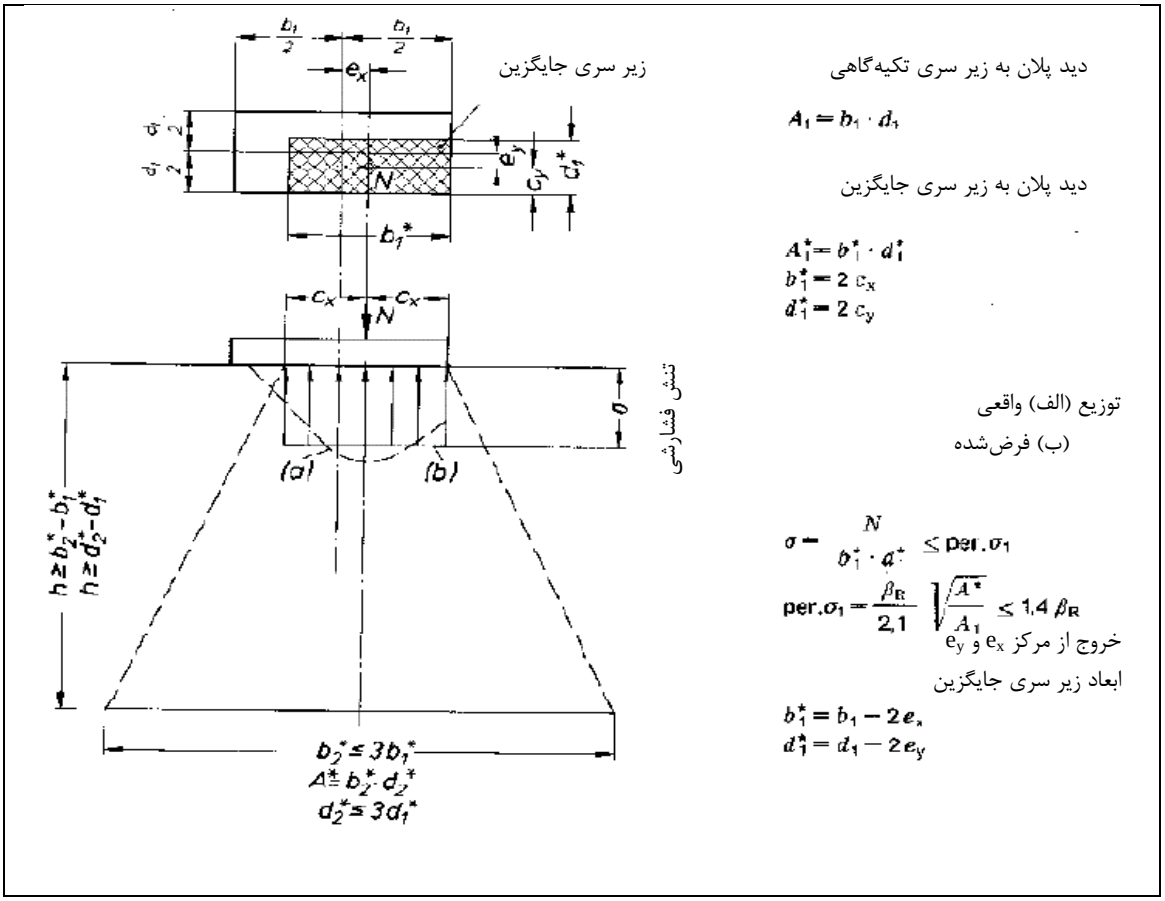
برای حالت‌های ساختمانی، بار پیچشی به عنوان بار اصلی منظور خواهد شد.

۱۰-۱-۲ انتقال بار

در مورد بارگیری با بارهای منفرد (برای مثال فشار چرخ بر عرشه)، بند ۲۰-۱- از۴ استاندارد DIN 1045 یا استاندارد DS 804 برای تعیین عرض انتقال بار کاربرد دارد. برای ساده‌سازی می‌توان به جای نواحی تماس

1 -Safety against punching

چرخ حامل بار، طبق استاندارد DIN 1072 سطوح جایگزین با اندازه سطحی معادل (مانند مربع، دایره) را در نظر گرفت.



شکل ۷-تنش مجاز σ_1 و تنش فشاری σ در حالت زیر سری با بارگذاری خارج از مرکز

۱۰-۲ ابعادگذاری بتن و اجزای بتن مسلح

۱۰-۲-۱ کلیات

بند ۱۷ از استاندارد DIN 1045 برای ابعادگذاری اجزای بتن و اجزای بتن مسلح کاربرد دارد مگر آن که مورد دیگری خلاف آن در این استاندارد بیان شود.

ضرایب ایمنی برای بتن مسلح، برای پارامترهای مقطع تخت حاصل از ترکیب‌های پوشش‌های بارگذاری طبق بخش ۱۱-۱ به مقادیری منجر می‌شود که در جدول ۳ بر مبنای بند ۱۷-۲-۲ از استاندارد DIN1045 ارایه شده است.

بین دو مقدار حدی بالا، ضریب اطمینان باید طبق بند ۱۷-۲ از استاندارد DIN 1045 به صورت خطی درون‌یابی شود.

جدول ۳

ترکیب پوشش بارگذاری مطابق با بند ۱۰-۱	ضریب اطمینان در صورت خرابی مقطع عرضی	
	با اطلاع قبلی	بدون اطلاع قبلی
HHB	۱٫۷۵	۲٫۱۰
HZ HZB	۱٫۷۵ ،۰٫۹	۲٫۱۰ ،۰٫۹
HA	۱٫۰	

۱۰-۲-۲ ابعادگذاری مقطع تخت نسبت به خمش و خمش با نیروی طولی

اگر سختی در حالت I به عنوان مبنا گرفته شود، پارامترهای اجباری مقطعی تخت ناشی از حرکت‌های احتمالی زیرخاک، اثرات خزش، اثرات انقباضی و اثرات گرمایی را می‌توان با ضریب اطمینان γ=۱٫۰ در محاسبات ترکیب بارگذاری لحاظ کرد. البته اگر سختی کاهش‌یافته (انتقال به حالت II) برای تعیین پارامترهای اجباری مقطعی تخت پذیرفته شود، مقدار γ باید ۱٫۴ انتخاب شود. در صورتی که این امر ارقام با نامربوطی را ایجاد کند، لازم است به جای پارامترهای اجباری مقطعی تخت حاصل از حرکتهای احتمالی زیرخاک، پارامترهای ناشی از ۰٫۴ برابر حرکتهای احتمالی زیرخاک در نظر گرفته شود.

بندهای ۸-۱-۲ و ۹-۲-۲ برای بررسی ایمنی در برابر کمانش کاربرد دارند.

در خصوص بررسی ایمنی در برابر کمانش طبق نظریه مرتبه دوم، ضریب اطمینان نباید به ۰٫۹ برابر مقدار خود در حالت ترکیب‌های بارگذاری HZ و HZB کاهش داده شود.

۱۰-۲-۳ ابعادگذاری مقطع تخت نسبت به نیروی برشی و پیچشی

۱۰-۲-۳-۱ بارهای اصلی و بارهای اصلی به اضافه بارهای اضافی

تنش مجاز فولاد برای ترکیب پوشش بارگذاری H باید از بند ۱۷-۵-۴ استاندارد DIN 1045 به دست بیاید.

در مورد ترکیب پوشش بارگذاری HZ، مقادیر کاربردی باید در ضریب ۰/۹ یا ۱ ضرب شوند.

در صورتی که طبق جدول۱۳ استاندارد DIN 1045 ، خط 1a، $\tau_0 \geq \tau_{011}$ بررسی مقدار مجاز برش در مورد تیرهای مورد استفاده برای ترکیب پوشش بارگذاری H لازم است.

در مورد اجزای بتن مسلح، مقدار مجاز کاهش یافته برای برش طبق استاندارد DIN 1045 معادل (۱۷) در صورتی مجاز است که این اجزا را بتوان به صورت بارگذاری‌شده عمدتا استاتیک طبق بند ۱۰-۳ طبقه‌بندی کرد.

۱۰-۲-۳-۲بارهای ویژه ناشی از ضربه (برخورد) خودروها

برای ابعادگذاری در خصوص نیروی برشی و پیچش ناشی از بارها به ترتیب طبق بند ۷-۲ از استاندارد DIN 1072 ، نسخه نوامبر ۱۹۶۷، و طبق استاندارد DS804، تنش فولاد β_S را می‌توان در محاسبه برای تقویت فولاد در نظر گرفت؛ مقدار محاسبه شده تنش برشی نباید از دو برابر مقدار τ_{02} فراتر رود.

۱۰-۳ بررسی نسبت به تنش‌گذاری عمدتا ایستا(استاتیکی) و عمدتا غیرایستا(غیر استاتیکی)

۱۰-۳-۱ دامنه کاربرد

در صورتی‌که تفاوت پارامترهای حدی مقطع تخت S_{max}-S_{min} بارهای زنده نرمالی را به ترتیب طبق استاندارد DIN 1072 و DS804 شکل دهند که به بیش از٪ ۲۵ بزرگ‌ترین پارامتر مقطعی تخت از پوشش بارگذاری H در یکی از ابعاد مقاطع عرضی برسد، اجزای بتن مسلح به عنوان اجزای بارگذاری شده غالبا ایستا با معیار بندهای ۱۷ و ۱۸ استاندارد DIN 1045، مورد تایید قرار نمی‌گیرند.

اجزای بتن مسلح زیر به عنوان اجزای بارگذاری شده عمدتاً ایستا در تمامی موارد در نظر گرفته می‌شوند:

الف) پایه‌های پل ،پشت‌بندها و دیوارهای پشتیبان شامل پی‌ها به‌شرطی‌که به صورت مارپیچی صلب به سازه بزرگ متصل نباشند، به استثنای

- ارابه‌روهای پایه‌های کناری توخالی پل
- ستون‌های سبک با بار مرده تا ۳۰۰Kn بار شفت
- قطعاتی که عمدتاً در معرض تنش‌های بالا قرار می‌گیرند که باید طبق بند۱۰-۳-۲ با $\alpha_P = \alpha_S$=۲۵mm(۱/۰in) اندازه‌گذاری شوند.

ب) طاق‌های با سربار تاجی کمینه مطابق بند۷-۲ و دیگر سازه‌های باربر با حداقل ارتفاع سربار ۲m.

به طور کلی لازم نیست این بررسی برای بارهایی انجام شود که با ماشین‌های ویژه ایجاد می‌شوند زیرا این بارها در بیشتر، موارد زیاد رخ نمی‌دهند.

۱۰-۳-۲ محدودیت دامنه تنش تحت بار کاری

در مورد اجزای بیان شده در بند ۱۰-۳-۱ که بارگذاری آن‌ها عمدتاً به صورت استاتیکی صورت نگرفته، دامنه خستگی تنش فولاد $\Delta\sigma_S$ از بارهای زنده نرمال طبق بندهای ۵-۳-۱، ۵-۳-۴ و ۵-۳-۵ از استاندارد DIN 1072، نسخه نوامبر ۱۹۶۷، یا استاندارد DS804 باید به ترتیب برای دو پارامتر محدودکننده مقطع تخت استفاده شود.

$$S_{\max} = \max(\alpha_P S_p + \alpha_S S_S) + S_g \qquad (۵)$$

$$S_{\min} = \min(\alpha_P S_p + \alpha_S S_S) + S_g \qquad (۶)$$

مقادیر محدودکننده تنش فولاد $\max \sigma_S$ و $\min \sigma_S$ را می‌توان طبق بند ۱۷-۱-۳ استاندارد DIN 1045، برای تنش و طبق بند ۱۷-۸ (بند آخر) استاندارد DIN 1045 برای فشار تعیین کرد.

دامنه خستگی

$$\Delta\sigma_S = \max\sigma_S . \min\sigma_S \qquad (۷)$$

نباید از مقادیر مجاز طبق بند ۱۷-۸ استاندارد DIN 1045 فراتر رود.

S_g پارامتر مقطع تخت ناشی از بار ثابت

S_p پارامترهای مقطع تخت ناشی از بارهای زنده ثابت در انطباق با DIN 1072 شامل ضریب دامنه خستگی

S_s پارامترهای مقطع تخت ناشی از بارهای نرمال ماشین‌های ریلی شامل ضریب دامنه خستگی

α_P ۰/۵ برای بارهای ناحیه‌ای و برای SLW 60

α_P ۰/۸ برای SLW 30 و LKW 12

α_S ۱/۰ برای پل‌های بارگذاری شده مطابق با DS 804 یا مشابه آن.

در مورد سایر ماشین‌های ریلی، α_S طبق شرایط حاکم و بسته به فراوانی رخدادهای بار کامل انتخاب می‌شود.

بررسی ساده طبق بند ۱۷-۸-۶ استاندارد DIN 1045 و بندهای بعد از آن صورت می‌گیرد. به همین دلیل، α_P و α_S بار زنده نرمال را می‌توان به صورت نسبت‌های نوسانی بار فرض کرد. نسبت‌های درصد ΔM و ΔQ باید به پوشش بارگذاری H مرتبط شوند.

در مورد دال‌های پایه‌ای شده(دال‌های طره‌ای) در اتصالات گسترده ارابه‌رو که اغلب تحت تنش‌های بالا قرار می‌گیرند و در مورد سازه‌هایی که با پایه پیش‌آمده در زوایای قایم با راستای عبور و مرور نگه‌داری می‌شوند و با مسیرهای ترافیکی اضافی بارگذاری می‌شوند، بررسی دامنه خستگی تنش‌های فولاد باید با α_P=۱ برای تمامی کلاس‌های پل و برای تمامی جاده‌ها انجام شود.

در مورد پل‌های جاده‌ای از کلاس پل ۶۰ که تحت بارهای ماشین‌های ریلی قرار نمی‌گیرند و در مورد پل‌های پیاده‌رو و عبور و مرور دوچرخه‌ها، بررسی دامنه خستگی محدود به میل‌گرد ایستایی مورد نیاز در شبکه فولادی جوش‌خورده و به اتصالات جوشی محدود است. به استثنای قطعاتی که اندازه آن‌ها درمحدوده α_P=۱ قرار می‌گیرند.

الزامات سختگیرانه‌تر طبق استاندارد DIN 4227-1 و DIN 4227-5 بدون تغییر باقی می‌مانند.

۱۰-۴ محدودیت عرض ترک برای اجزای بتن مسلح

به عنوان خطوط راهنما جهت انتخاب مناسب‌ترین میل‌گرد، بند۱۷-۶-۲ استاندارد DIN 1045، برای تمامی قطعات مسلح باید لحاظ گردد.

در خط۱، ستون۲ از جدول۱، «عرض ترک باریک» مورد نیاز است اما برای تمامی پوشش‌های بتنی دیگر «عرض ترک بسیار نازک» الزامی است.

مقادیر «عرض مورد انتظار ترک: نرمال» به سطوحی اطلاق می‌شود که در تماس با خاک محفوظ شده با آب‌بندی دائمی قرار دارند. این آب‌بندی نیز ممکن است به شکل پوشش مناسب ساخته شود. حفاظت دایمی در برابر آسیب ممکن است شامل استفاده از بتن درجا، دال‌های بتنی پیش‌ساخته یا بلوک‌های بتنی پیش‌ساخته باشد.

اگر نتوان با ترتیبات فنی طراحی از تفاوت‌های قابل‌توجه دمایی ناشی از گیرش بتن جلوگیری کرد، تنش‌های ناشی از آن باید در محاسبه سازه‌ای در نظر گرفته شود.

۱۰-۵ پیامد جانبی بر جدول‌های پیاده‌رو و ابزارهای ایمنی

فرض ابعادگذاری پوشش بارگیری HA در بند ۱۰-۲ برای بررسی مطابق بند ۷-۳ استاندارد DIN 1072، نسخه نوامبر ۱۹۶۷، کاربرد دارد.

۱۰-۶ تنش‌دهی طی اریب‌شدن پوشش(تنش واژگونی)

با توجه با بار بحرانی بر اساس بند ۸-۲ استاندارد DIN 1072، نسخه نوامبر ۱۹۶۷، مقادیر مجاز پوشش بارگیری HA طبق بند ۱۰-۲ به بتن و فولاد و مقدار β/۰۸ برای بتن غیر مسلح کاربرد دارد.

۱۱ رهنمودهای تکمیلی مرتبط با میل‌گردگذاری (تسلیح بتن)

۱۱-۱ کمینه تسلیح سازه‌های روبنای بتنی مسلح

دو لایه میل‌گرد که به صورت تقریبی با زوایای قایم نسبت به یکدیگر باید در سطوح مرتب شوند.

۱۱-۱-۱ تعیین تسلیح کمینه

میل‌گرد کمینه جدول ۴ باید برای میل‌گرد طولی در هر سطح فراهم شود مگر آن‌که استاندارد DIN 1045 تقویت قابل‌توجه بیشتری تجویز کند.

جدول ۴- مقادیر پایه میل‌گرد گذاری کمینه

کلاس مقاومت بتن	BSI 220/340	BSI 420/500	BSI 500/550
B25	۰/۱۳٪	۰/۰۷٪	۰/۰۶٪
B35	۰/۱۷٪	۰/۰۹٪	۰/۰۸٪
B45	۰/۱۹٪	۰/۱۰٪	۰/۰۹٪
B55	۰/۲۱٪	۰/۱۱٪	۰/۱۰٪

زمینه‌های ارجاع جدول ۵ برای کمینه درصد نرخ میل‌گرد طولی فهرست شده در جدول ۴ بالا کاربرد دارند.

جدول ۵- فهرست میل‌گرد کمینه

		ضلع کناری	ناحیه مرجع محاسبه‌شده A	میل‌گرد طولی a_s که باید حول محیط s مرتب شود
صفحه به ضخامت d		رویه بالایی رویه پایینی	مقطع عرضی صفحه A_b=۱۰۰d/m	۱۰۰cm
		ناحیه لبه صفحه	d.d	d
تیرها، جان[1]های تیر-T و تیرهای باربر قوسی‌شکل عمق ساخت d_0 عرض b_0	$b_0<d_0$	نواحی کناری	$b_0.d_0$	d_0
		سطح بالایی سطح پایینی	$b_0.b_0$	b_0
	$d_0>b_0$	نواحی کناری	$d_0.d_0$	d_0
		سطح بالایی سطح پایینی	$b_0.d_0$	b_0
۱- web				

در صورتی که عرض تیغه (جان)ثابت نماند، b_0 عرض تیر در تراز محور مرکزی کل مقطع عرضی است.

کمینه میل‌گرد طولی تعیین شده برای یک سطح معین در واحد متر محیط مقطع عرضی نیز باید به عنوان کمینه میل‌گرد عرضی پذیرفته شود.
دو برابر مقدار کمینه جدول ۴ برای تقویت برشی دال‌های قوسی و تیغه‌های(جان) تیرها باید لحاظ شود.
در مورد دال‌های بتنی توخالی با تورفتگی‌های تقریبا گرد، میل‌گرد طولی را می‌توان به مقطع عرضی بتن خالص (غیر مسلح) مرتبط کرد؛ اندازه میل‌گرد عرضی باید برابر اندازه میل‌گرد طولی انتخاب شود. کمینه تقویت برشی برای تیغه‌ها از میل‌گرد معادل با میل‌گرد عرضی تیر با عرض b0 معادل با عرض کوچکترین تیغه تشکیل می‌شود.
میل‌گرد عرضی تیرها و تیغه‌ها به صورت همزمان به ترتیب به عنوان میل‌گرد جانبی یا تقویت لبه‌ای عمل می‌کنند.
اگر چندین میل‌گرد کمینه با یک نقطه تلاقی کنند، تنها بزرگ‌ترین آن‌ها تعیین‌کننده است؛ لزومی به افزودن چند میل‌گرد کمینه روی هم‌دیگر وجود ندارد. میله‌های طولی در لبه‌ها را می‌توان برای هر دو سطح حساب کرد.
میل‌گرد اصلی باید کمینه مقادیر زیر را در ضلع کششی صفحه‌های بتنی برآورد سازد:

- BSt 220/340 ٪۰٫۲۵ از A_b
- BSt 420/500 ٪۰٫۱۵ از A_b
- BSt 500/550 ٪۰٫۱۵ از A_b

در قسمت‌هایی که به صورت دایمی تحت تنش فشاری قرار می‌گیرند، صرفنظر از کلاس مقاومت بتن، کمینه میل‌گرد الزام شده برای B25 در جدول۴ کافی است.

۱۱-۱-۲ بیشینه فاصله‌بندی میل‌گردگذاری

بیشترین فاصله میل‌گردها نباید از ۲۰cm فراتر رود.

۱۱-۱-۳ کمینه قطر میله

- BSt 220/340 برای ۱۰mm
- BSt 420/500 برای ۸mm

در مورد شبکه[1]های فولادی جوش‌خورده،

- BSt 500/550 ۶mm برای $a \le ۱۵۰\text{mm}$

۱۱-۲ میل‌گردتسلیح ستون‌های بتنی مسلح برای جذب ضربات ناشی از خودروها

در مواردی که ستون‌های بتنی مسلح باید برای جذب بارهای ضربه‌ای مطابق با استاندارد DIN 1072 یا DS 804 بارگذاری شوند، میل‌گرد طولی آن‌ها باید در دو لایه گسترش یابد و نباید مطابق شکل ۸ تا ارتفاع ۲m حداقل فراتر از ارتفاع محدوده برخورد پیش رود مشروط به آن‌که از این پس چیزی خلاف آن قید نشود.

1 -Mat

میل‌گردهای درونی و بیرونی طولی باید تا این ارتفاع حداقل با خاموتی (رکابی[1]) یا با مارپیچی حداقل به قطر حداقل ۱۲mm یا گام مارپیچ تا بیشینه مقدار ۱۲cm احاطه شود. انتهای رکابی‌ها باید حداقل از یک طرف همپوشانی داشته باشند یا باید به خارج از لایه شکسته مهار شوند؛ کرانه‌های مارپیچ باید به داخل مقطع عرضی هدایت شوند.

به خاطر خردشدگی‌های موضعی ناشی از برخورد، این فرض باید اتخاذ شود که بتن در قسمت برخورد بین لبه بیرونی ستون و لبه خارجی رکابی‌های داخلی قرار دارد اما در هر حالت ۱۰cm عرض بتن (لایه خردشده) و نیز لایه خارجی میل‌گرد فشاری با هم انطباق ندارند. از طرف دیگر، میل‌گرد برای پیچش زون برخورد را می‌توان در محاسبه گنجاند (برای مثال ستون ثابت).

نواحی زیر را باید به عنوان قسمت‌های برخورد فرض کرد:

الف) در طرفی که بار ضربه‌ای ۱۰۰۰kN به آن اعمال می‌شود، عرض کل و ارتفاع ۲m؛

ب) در طرفی که به آن بار ضربه‌ای ۵۰۰ kN اعمال می‌شود، کل طول که از ۱/۶m فراتر نمی‌رود که البته از لبه جلویی اندازه‌گیری می‌شود و ارتفاع ۲m.

رواداری برای برش باید بررسی شود. در این خصوص تنها نیمی از مقطع عرضی فولادی لازم برای رواداری کل برش باید قرار داده شود به شرطی که میل‌گرد طولی ستون‌ها از قسمت برخورد تا تکیه‌گاه‌ها یا تا نقطه گیرداری به ترتیب در دو لایه یا در ضخامت کامل اجرا شود.

حتی هنگامی که لایه خردشده نادیده گرفته شود، ستون باید قادر به جذب بارهای اصلی و بارهای اصلی به اضافه بارهای اضافی با ضریب اطمینان کاهش یافته به میزان٪۱۰ در مقایسه با جدول ۳ باشد.

هنگامی که ستون در شمع پی ادغام می‌شود و در صورتی که ضربه برخورد در چندین شمع توزیع نشود، میل‌گرد منطقه برخورد باید بدون کاهش برای ۵m بعدی از لبه پایینی ناحیه برخورد در شمع پی ادامه یابد مگر آن‌که بررسی دقیق‌تری انجام یافته باشد.

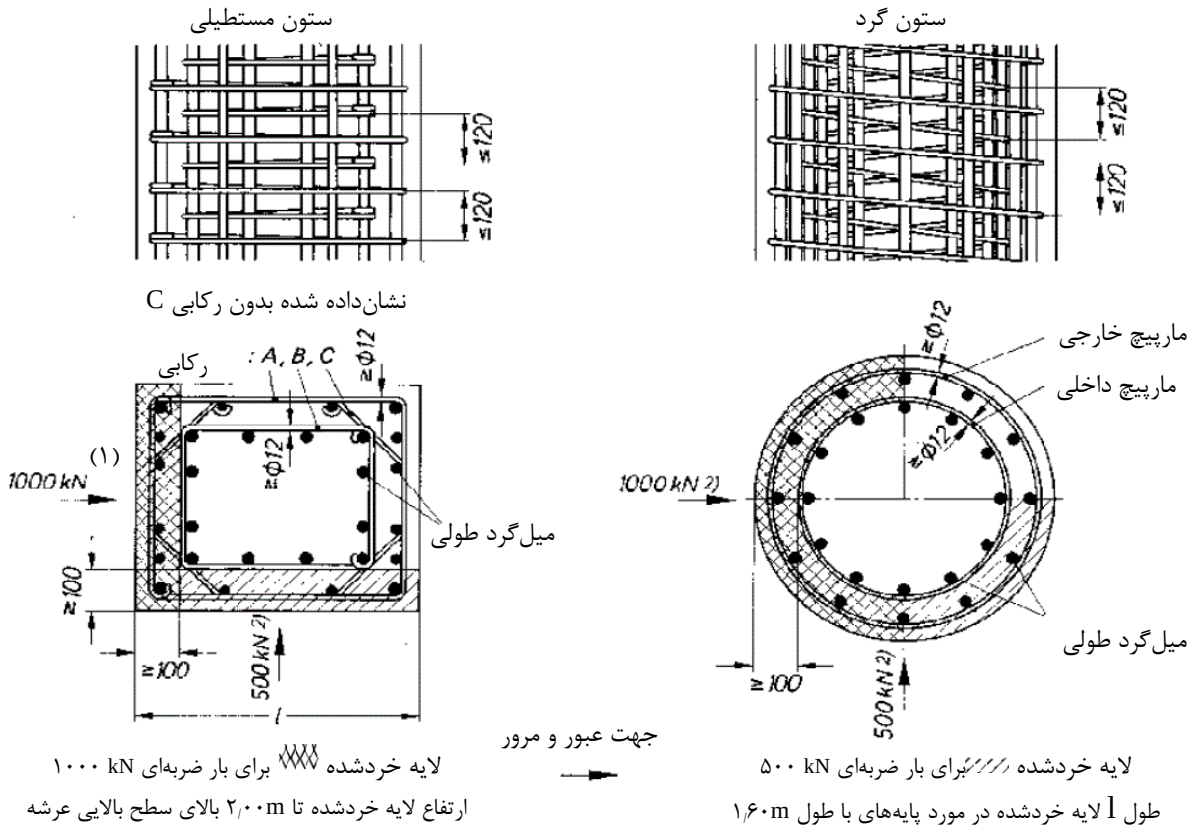
مواد ساختمانی مورد استفاده عبارتند از فولاد تقویت کننده BSt 220/340 یا BSt 420/500 و بتن با مقاومت بتن حداقل از کلاس B35. تقویت نباید جوش‌خورده باشد.

در موارد زیر لازم نیست ابعادگذاری در خصوص تاثیر برخورد (ضربه)طبق بند ۷-۲ استاندارد DIN 1072، نسخه نوامبر ۱۹۶۷، و مواد تکمیلی آن صورت گیرد. همچنین لازم نیست هادی میل‌گردگذاری دولایه‌ای طبق شکل ۸ فراهم شود:

- در مورد ستون‌های بتن مسلح صلب و ستون‌های بتنی مسطح با حداقل طول l=۱٫۶m در جهت عبور و مرور و عرض b=۱٫۶-۰٫۲ و $l \geq$ ۰٫۹m در زوایای قایم نسبت به جهت عبور و مرور؛
- در مورد ستون‌های بتنی مسلح بیضوی یا دایروی با کمینه ابعاد $l \geq$ ۱٫۶m+x و $b \geq$ ۱٫۶m-x. مقدار کمینه b=۱٫۲m ؛
- در مورد پایه‌های توخالی بتن مسلح با کمینه ضخامت دیواره ۰٫۶۰m؛

1 -Stirrups

در مورد پایه‌های توخالی، کمینه ضخامت تعیین شده دیوار باید به فاصله ۲m فراتر از لبه بالایی زون برخورد گسترش یابد.



شکل ۸-تقویت ستون های بتن مسلح در معرض خطر برخورد