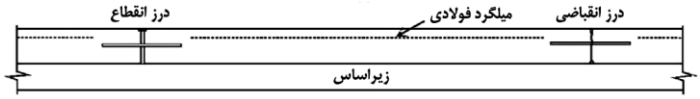
انواع روسازی‌های بتنی از دیدگاه طراحی

- ✓ روسازی بتنی غیرمسلح درزدار (JPCP)
- ✓ روسازی بتنی مسلح درزدار (JRCP)
- ✓ روسازی بتنی مسلح پیوسته (CRCP)
- ✓ روسازی‌های بتنی پیش‌تنیده (PCP)
- ✓ روسازی بتنی مسلح پیوسته همراه با رویه آسفالتی

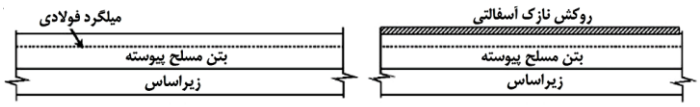
روسازی‌های بتنی مسلح پیوسته با رویه آسفالتی به دو نوع جداگانه تقسیم می‌شوند. در نوع اول حداکثر ضخامت لایه آسفالتی برابر با ۳۰ میلیمتر است و این لایه تنها نقش رویه را دارد. اما در نوع دوم ضخامت لایه آسفالتی به ۱۰۰ میلی‌متر هم می‌رسد. نوع دوم به روسازی صلب با اساس مسلح پیوسته بتنی و روکش آسفالتی نیز معروف است.

انواع روسازی‌های بتنی از دیدگاه طراحی

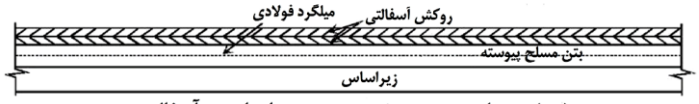
(الف): روسازی بتنی غیرمسلح درزدار



(ب): روسازی بتنی مسلح درزدار



(ج): روسازی بتنی مسلح پیوسته (چپ: بدون روکش، راست: با روکش نازک آسفالتی)



(د): روسازی بتنی مسلح پیوسته همراه با رویه آسفالتی

مزایای استفاده از میلگردهای فولادی مسلح کننده در دال بتنی

- ✓ کاهش ضخامت موردنیاز دال بتنی (ضخامت دال بتنی معمولاً بین ۱۰ تا ۱۵ سانتیمتر انتخاب می‌شود).
- ✓ امکان اعمال بارمحوری سنگین‌تر روی دال.
- ✓ کاهش تعداد درزهای عرضی در قیاس با روسازی‌های غیرمسلح.

روش طراحی بریتانیا

نسخه بهینه‌شده طراحی راه‌ها به روش بریتانیا که در سال ۲۰۰۶ ارائه شد، این امکان را فراهم می‌سازد تا برای راه‌های اصلی بتوان از روسازی‌های بتنی که روکش نازکی از آسفالت دارند، استفاده نمود.

گزینه‌های مختلف روسازی در روش بریتانیا:

- ✓روسازی بتنی مسلح پیوسته (CRCP) با یک روکش نازک آسفالتی به ضخامت حداقل ۳۰ میلی‌متر
- ✓اساس بتنی مسلح پیوسته (CRCB) همراه با یک روکش آسفالتی به ضخامت ۱۰۰ میلی‌متر. به این نوع روسازی، روسازی مرکب نیز گفته می‌شود.

روش طراحی بریتانیا

- ✓در روش طراحی بریتانیا استفاده از دیگر انواع روسازی‌های غیرمسلح و مسلح درزدار به‌صورت کامل رد نشده است. این نوع روسازی‌ها، به خصوص در زمانی‌که قرار است اقدام به تعریض یا ترمیم یک روسازی JRCP قدیمی شود، کارایی دارند.
- ✓ضخامت دال بتنی به عواملی مانند تعداد ترافیک عبوری (برحسب ESAL)، نوع پی روسازی و مقاومت خمشی بتن وابسته است.
- ✓عمر طراحی برای راه‌های نوسازی‌شده و راه‌هایی که ترافیک عبوری از روی آن‌ها به نسبت ظرفیتشان سنگین است، ۴۰ سال و برای راه‌هایی که ترافیک عبوری از روی آن‌ها سبک‌تر است، ۲۰ سال پیشنهاد می‌شود.
- ✓برای روسازی‌های CRCP و CRCB فرض بر این است که هیچ عملیات نگهداری خاصی در عمر طراحی برای دال بتنی مورد نیاز نیست، اما برحسب میزان ترافیک عبوری، ممکن است عملیاتی بر روی لایه آسفالتی انجام شود .

عوامل مؤثر بر طراحی روسازی در روش بریتانیا

- ✓ ترافیک طراحی
- ✓ پی روسازی
- ✓ رطوبت و یخبندان
- ✓ ضخامت دال بتنی
- ✓ ضخامت روکش آسفالتی
- ✓ میلگردهای مسلح کننده

مدول سختی خاک بستر

در هنگام طراحی روسازی، CBR طراحی بستر باید به مدول سطحی بستر (E) تبدیل شود. مدول سطحی بستر درواقع تخمینی از سختی بستر بر پایه مقدار CBR آن است.

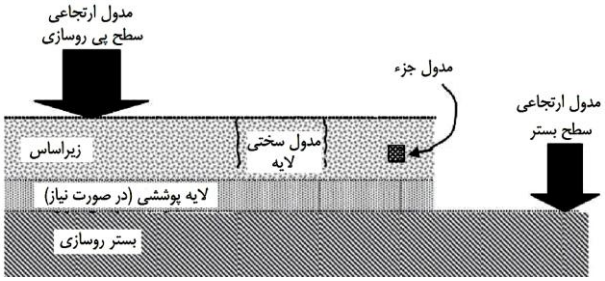
$$E = 17.6 \times CBR^{0.64}$$

در این رابطه E، مدول سطحی بستر برحسب مگا پاسکال و CBR، ضریب باربری کالیفرنیا است که برحسب درصد بیان می‌شود. رابطه ۳-۳۲ برای خاک‌های ریزدانه‌ای که CBRآن‌ها بین ۲ تا ۱۲ درصد باشد، معتبر است. برای خاک‌های درشت‌دانه بهتر است از آزمایش بارگذاری صفحه استفاده شود. CBR طراحی در این روش کمترین مقدار CBR اندازه‌گیری شده در طول مسیر است.

تعیین سی بی آر طراحی با توجه به نوع خاک

نوع خاک	PI	CBR در صورتی که سطح آب زیر زمینی بالا باشد: کیفیت ساخت — ضعیف: نازک	ضعیف: ضخیم	متوسط: نازک	متوسط: ضخیم	خوب: نازک	خوب: ضخیم	CBR در صورتی که سطح آب زیر زمینی پایین باشد: کیفیت ساخت — ضعیف: نازک	ضعیف: ضخیم	متوسط: نازک	متوسط: ضخیم	خوب: نازک	خوب: ضخیم
رس	۷۰	۱/۵	۲	۲	۲	۲	۲	۱/۵	۲	۲	۲	۲	۲/۵
	۶۰	۱/۵	۲	۲	۲	۲	۲/۵	۱/۵	۲	۲	۲	۲	۲/۵
	۵۰	۱/۵	۲	۲	۲/۵	۲	۲/۵	۲	۲	۲	۲/۵	۲	۲/۵
	۴۰	۲	۲/۵	۲/۵	۳	۲/۵	۳	۲/۵	۲/۵	۳	۳	۳	۳/۵
رس لای‌دار	۳۰	۲/۵	۳/۵	۳	۴	۳/۵	۵	۳	۳/۵	۴	۴	۴	۶
رس ماسه‌دار	۲۰	۲/۵	۴	۴	۵	۴/۵	۷	۳	۴	۵	۶	۶	۸
	۱۰	۱/۵	۳/۵	۳	۶	۳/۵	۷	۲/۵	۴	۴/۵	۷	۶	۸<
لای		۱	۱	۱	۱	۲	۲	۱	۱	۲	۲	۲	۲
ماسه													
بد دانه‌بندی شده								۲۰					
خوب دانه‌بندی شده								۴۰					
شن ماسه‌دار													
خوب دانه بندی شده								۶۰					

طراحی پی روسازی



نوع پی روسازی	مصالح	مدول سطحی پی (مگا پاسکال)
نوع ۳	مصالح سنگ‌دانه‌ای تثبیت‌شده با سیمان CBGM A یا CBGM B که در جدول ۳-۱۹ و ۳-۲۰ مشخصاتشان آمده است با حداقل مقاومت C8/10	≥ ۲۰۰
نوع ۴	مصالح سنگ‌دانه‌ای تثبیت‌شده با سیمان CBGM A یا CBGM B که در جدول ۳-۱۹ و ۳-۲۰ مشخصاتشان آمده است در صورت داشتن حداقل مدول سطحی پی	≥ ۴۰۰

مشخصات پی نوع ۳ و ۴

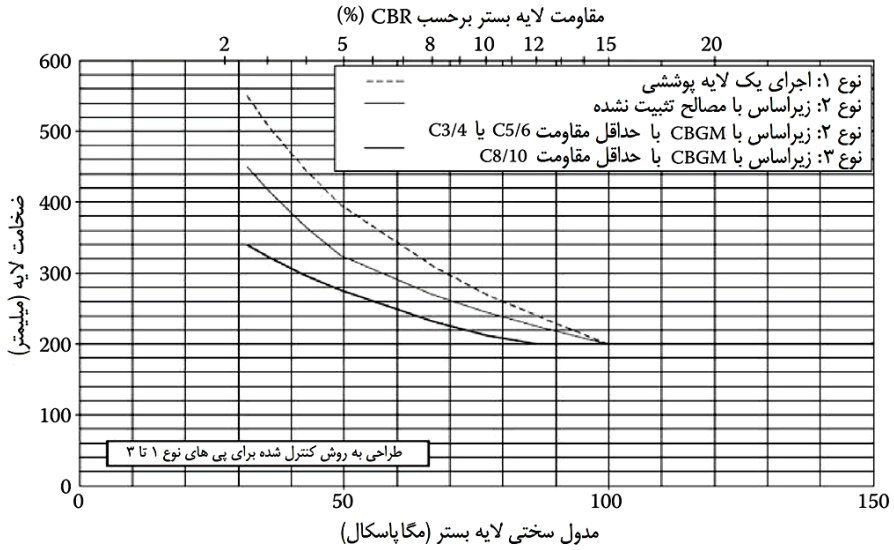
جدول ۳-۱۹- حداقل مقدار سیمان برای تثبیت لایه های سنگدانه ای CBGM.

کاربرد سیمان	حداقل درصد بر مبنای وزن خشک سنگدانه ها	
	اختلاط در کارخانه (درصد وزنی)	اختلاط در محل یا کارخانه (درصد حجمی)
زمانی که به تنهایی به عنوان چسباننده بکار می رود	۳ ٪، ۴ ٪ و ۵ ٪	۴ ٪، ۵ ٪ و ۶ ٪
زمانی که در کنار یک چسباننده دیگر بکار می رود	۲ ٪	۳ ٪
زمانی که صرفا برای تثبیت خاک بکار می رود	۳ ٪	۴ ٪

جدول ۳-۲۰: دانه بندی مصالح برای لایه های سنگدانه ای CBGM.

ابعاد الک (میلیمتر)	نوع لایه	
	CGBM A	CGBM B
۶۳	۱۰۰	۱۰۰
۴۰	-	-
۳۱/۵	۱۰۰-۸۵	۱۰۰-۸۵
۲	۱۰۰-۱۵	۵۰-۱۵
۰/۰۶۳	۱۵-۰	۱۵-۵

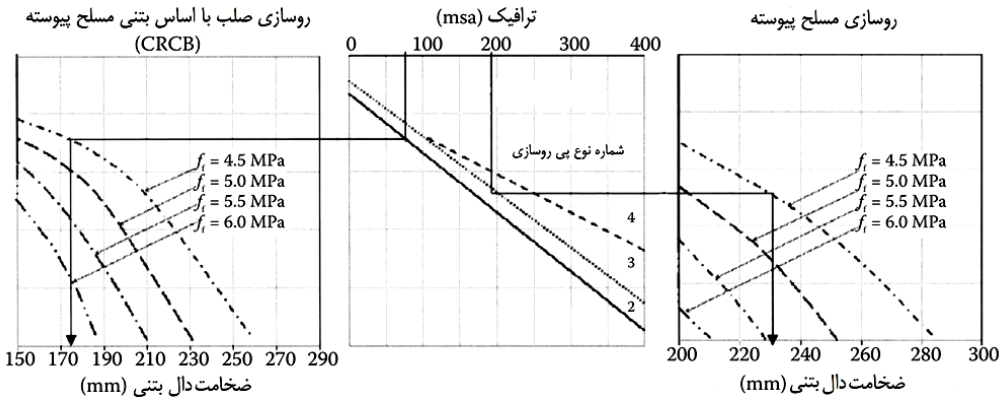
تعیین ضخامت پی



رطوبت و یخبندان

- برای اینکه از بروز مشکلات ناشی از رطوبت زیاد در بستر جلوگیری شود، پیشنهاد می‌شود تا سطح آب زیرزمینی حداقل ۳۰۰ میلی‌متر پایین‌تر از سطح بستر باشد. نیل به این هدف با اجرای صحیح سیستم‌های زهکش صورت می-گیرد.
- علاوه بر این، در صورتیکه مصالح لایه اساس مستعد یخ‌بندان باشند، پیشنهاد می‌شود تا مجموع ضخامت لایه‌های روسازی (دال و زیراساس) بیش از ۴۵۰ میلی‌متر باشد، مگر این‌که شاخص یخبندان محل اجرای پروژه کمتر از ۵۰ باشد.

تعیین ضخامت دال بتنی برای روسازی‌های CRCP و CRCB



- ضخامت تعیین شده با این فرض است که در هر طرف حداقل یک متر شانه اجرا شود، در غیر این صورت به ضخامت تعیین‌شده باید ۳۰ میلی‌متر اضافه شود.
- همچنین در صورتی که مدول گسیختگی بتن مورد استفاده بیش از ۵/۵ مگا پاسکال باشد، ضریب انبساط حرارتی سنگ‌دانه‌های بتن باید از ۱۰×۱۰^{-۶} به ازای هر درجه سانتی-گراد کمتر باشد.

نوع و ضخامت قشر آسفالتی

- پیشنهاد می‌شود در صورت اجرای دال به‌صورت CRCP، ضخامت روکش آسفالتی بین ۳۰ تا ۴۰ میلی‌متر باشد. این روکش آسفالتی نازک باید با ضوابط مطرح‌شده در استاندارد CEN EN 13108-2 مطابقت داشته باشد.
- اگر تصمیم بر اجرای روسازی بتنی به‌صورت CRCB بود، آنگاه پیشنهاد می‌شود تا ضخامت لایه آسفالتی حداقل ۱۰۰ میلی‌متر باشد. این لایه آسفالتی معمولاً از یک لایه آستر با دانه‌بندی متراکم (طبق استاندارد CEN EN 13108-1) همراه با ۳۰ میلی‌متر آسفالت رویه تشکیل می‌شود.
- اگر بخواهیم برای آسفالت رویه CRCB از آسفالت متخلخل (CEN EN 13108-7) استفاده کنیم، آنگاه لایه متخلخل باید با پلیمر یا فیبر اصلاح شده باشد و سپس بر روی لایه آسفالتی آستر اجرا شود. آسفالت متخلخل معمولاً در ضخامتی معادل ۵۰ میلی‌متر بر روی آستر ۹۰ میلی‌متری و یا در ضخامتی ۵۰ میلی‌متری بر روی آستری ۶۰ میلی‌متری که ۱۰ میلی‌متر ضخامت دال بتنی آن افزایش داشته، اجرا می‌شود.

میلگردهای مسلح کننده

- مقدار میلگرد مسلح کننده‌ای که برای روسازی‌های CRCP نیاز است باید ۰/۶درصد سطح مقطع عرضی دال بتنی باشد. این مقدار فولاد معمولاً با قرار دادن میلگردهایی با قطر ۱۶ میلی‌متر به‌صورت طولی تأمین می‌شود. میلگردهای عرضی نیز باید قطری معادل با ۱۲ میلی‌متر داشته باشند و به فاصله هر ۶۰۰ میلی‌متر تعبیه شوند.
- در روسازی‌های CRCB مقدار فولاد طولی موردنیاز باید ۰/۴درصد سطح مقطع دال بتنی باشد و با استفاده از میلگردهای با قطر ۱۲ میلی‌متر تأمین شود. میلگردهای عرضی نیز با همان قطر ۱۲ میلی‌متر به فاصله هر ۶۰۰ میلی‌متر از یکدیگر اجرا می‌شوند.

ضخامت دال بتنی برای روسازی‌های JPCP

JPCP ⟹ $$Ln(H_1) = \frac{Ln(T) - 3.466 \times Ln(R_c) - 0.484 \times Ln(E) + 40.483}{5.094}$$

رابطه H_1، ضخامت دال بتنی بدون در نظر گرفتن ساخت شانه‌های ۱ متری در کنار راه برحسب میلی‌متر (حداقل ۱۵۰ میلی‌متر)، T، ترافیک طراحی برحسب msa×۱۰^{۶} (حداکثر ۴۰۰ msa)، R_c، میانگین مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه‌های مکعبی برحسب مگا پاسکال و E، مدول سختی پی روسازی برحسب مگا پاسکال است (معمولاً ۲۰۰ مگا پاسکال برای پی‌های نوع ۳ یا ۴۰۰ مگا پاسکال برای پی‌های نوع ۴).

ضخامت دال بتنی برای روسازی‌های JRCP

JRCP ⟹ $$Ln(H_1) = \frac{Ln(T) - 3.171 \times Ln(R_c) - 0.326 \times Ln(E) + 45.15}{4.786}$$

در صورت استفاده از mm^2/m ۵۰۰ میلگرد فولادی در دال، پارامتر R_c برابر با ۸/۸۱۲ می‌شود. به ازاء افزایش مقدار فولاد به ۶۰۰، ۷۰۰ و mm^2/m ۸۰۰ به ترتیب میزان پارامتر R_c به مقادیر ۹/۰۷۱، ۹/۲۸۹ و ۹/۴۷۹ افزایش می‌یابد.

کاهش ضخامت دال در صورت استفاده از شانه‌های بتنی

درصورتی‌که هر یک از انواع روسازی‌های JPCP و JRCP همراه با شانه‌ای به عرض ۱ متر و ضخامت حداقل ۱۵۰ میلی‌متر اجرا شوند، آنگاه ضخامت‌های بدست آمده باید کاهش یابد. میزان این کاهش به کمک رابطه زیر تعیین می‌شود.

$$H_2 = 0.934 \times H_1 - 12.5$$

در این رابطه، H_2، ضخامت دال بتنی برحسب میلی‌متر در صورت اجرای شانه‌های ۱ متری در کناره راه و H_1، ضخامت دال بتنی برحسب میلی‌متر (حداقل ۱۵۰ میلیمتر) در صورت عدم اجرای شانه در اطراف راه است

فاصله مجاز بین درزهای روسازی‌های JPCP

- ✓حداکثر فاصله مجاز بین درزهای انقباضی در حالتی که ضخامت دال کمتر از ۲۳۰ میلی‌متر باشد، ۴ متر و حداکثر فاصله مجاز بین درزهای انبساطی معمولاً ۴۰ متر است.
- ✓اگر ضخامت دال بیش از ۲۳۰ میلی‌متر باشد، حداکثر فاصله مجاز درزهای انقباضی به ۵ متر و حداکثر فاصله مجاز درزهای انبساطی به ۶۰ متر افزایش می‌یابد.

فاصله مجاز بین درزهای روسازی‌های JRCP

- اگر مقدار فولاد درون دال بتنی بیش از $600\ mm^2/m$ بود، پیشنهاد می-شود، بیشترین فاصله مجاز بین درزهای عرضی ۲۵ متر در نظر گرفته شود.
- اگر مقدار فولاد درون دال بتنی کمتر از $600\ mm^2/m$ بود، بسته به ضخامت دال بتنی پیشنهاد می-شود بیشترین فاصله مجاز بین درزهای عرضی طبق حالات زیر در نظر گرفته شود.
  - درصورتی‌که ضخامت دال بتنی کمتر از ۲۸۰ میلی‌متر بود، ۲۵ متر
  - درصورتی‌که ضخامت دال بتنی کمتر از ۲۹۰ میلی‌متر بود، ۲۴ متر
  - درصورتی‌که ضخامت دال بتنی کمتر از ۳۰۰ میلی‌متر بود، ۲۳ متر
  - درصورتی‌که ضخامت دال بتنی کمتر از ۳۱۰ میلی‌متر بود، ۲۲ متر
  - درصورتی‌که ضخامت دال بتنی کمتر از ۳۲۰ میلی‌متر بود، ۲۱ متر
  - درصورتی‌که ضخامت دال بتنی کمتر از ۳۳۰ میلی‌متر بود، ۲۰ متر
- پیشنهاد می‌شود بعد از اجرای دو درز انقباضی، سومین درز انبساطی اجرا شود.

طراحی روسازی‌های صلب به روش اشتو

- عمر طراحی روسازی
- قابلیت اطمینان (انحراف معیار استاندارد)
- انحراف معیار کلی
- مدول الاستیسیته بتن
- مدول گسیختگی بتن
- ضریب عکس العمل خاک بستر یا ضریب عکس العمل ترکیبی بستر و زیراساس
- ترافیک دوره طراحی
- کاهش نشانه خدمت دهی ناشی از ترافیک
- ضریب زهکشی
- ضریب افت شرایط تکیه‌گاهی
- ضریب انتقال بار

عمر طراحی روسازی

طبقه‌بندی راه	عمر طراحی (سال)
راه‌های درون شهری با ترافیک زیاد	۳۰-۵۰
راه‌های برون شهری با ترافیک زیاد	۲۰-۵۰
راه‌های دارای رویه بتنی با ترافیک کم (تعداد محور هم‌ارز ۸/۲ تنی کمتر از یک میلیون)	۱۵-۲۵

عمر طراحی روسازی

نوع راه	سطح قابلیت اطمینان (R)	
	شهری	برون شهری
آزادراه و بزرگراه	۸۵-۹۹/۹	۸۰-۹۹/۹
راه اصلی	۸۰-۹۹	۷۵-۹۵
راه فرعی درجه ۱	۸۰-۹۵	۷۵-۹۵
راه فرعی درجه ۲	۵۰-۸۰	۵۰-۸۰

قابلیت اطمینان (٪)	انحراف معیار نرمال (Z_R)	قابلیت اطمینان (٪)	انحراف معیار نرمال (Z_R)
50	0	93	-1/476
60	-0/253	94	-1/555
70	-0/524	95	-1/645
75	-0/674	96	-1/751
80	-0/841	97	-1/881
85	-1/037	98	-2/054
90	-1/282	99	-2/327
91	-1/34	99.90	-3/09
92	-1/405	99.99	-3/75

AASHTO

S_0=0.3

آیین نامه ایران

S_0=0.39

مدول ارتجاعی و مدول گسیختگی بتن

$$MR = 0.62\sqrt{f_c}$$

$$E_c = 4734\sqrt{f_c}$$

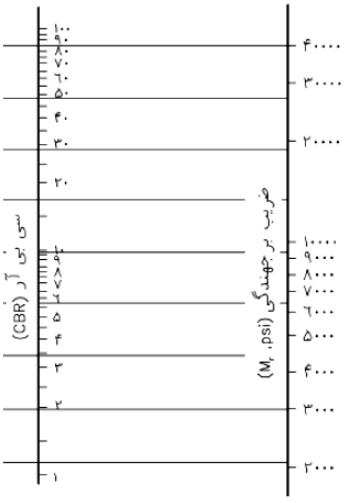
در این روابط f_c مقاومت فشاری نمونه استوانه‌ای است که طبق استاندارد ASTM C39 تعیین می‌شود. روابط فوق مربوط به زمانی است که واحد مقاومت فشاری مگاپاسکال (MPa) در نظر گرفته شود

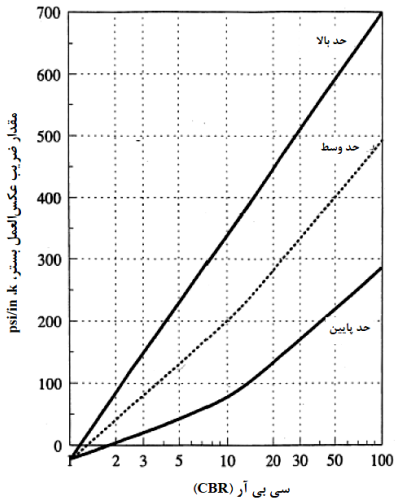
$$MR = 7.5\sqrt{f_c}$$

$$E_c = 57000\sqrt{f_c}$$

در این روابط f_c مقاومت فشاری نمونه استوانه‌ای است که طبق استاندارد ASTM C39 تعیین می‌شود. روابط فوق مربوط به زمانی است که واحد مقاومت فشاری پوند بر اینچ مربع (PSI) در نظر گرفته شود

تعیین ضریب عکس‌العمل خاک بستر بر اساس سی بی آر





AASHTO

$$k = \frac{M_R}{19.4}$$

FAA

$$k = \left[\frac{1500 \times CBR}{26}\right]^{0.7788}$$

$$M_R = 26k^{1.284}$$

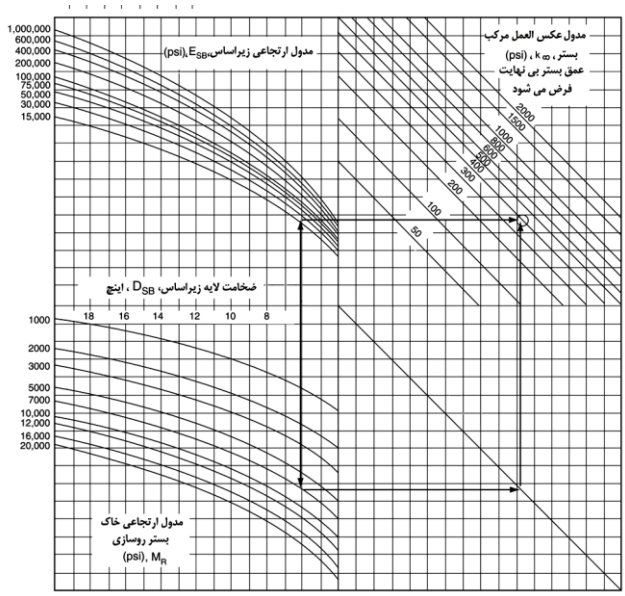
که در آن، k ضریب عکس‌العمل بستر[۲۲] (pci) و M_R ضریب برجهندگی خاک بستر[۲۳] (psi) است.

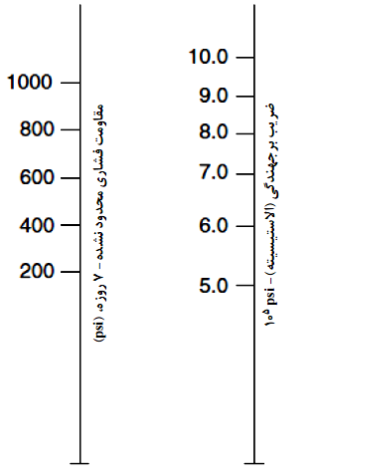
استفاده از لایه زیراساس

در صورتی‌که کیفیت خاک بستر به خوبی مصالح زیراساس باشد یا در مواردی که میزان ترافیک عبوری از روسازی کمتر از ۱۰۰۰۰۰۰ محور هم ارز ۸/۲ تنی باشد، استفاده از لایه زیراساس ضرورت ندارد. توصیه می‌شود لایه زیراساس ۱ متر بیشتر از عرض قسمت روسازی شده جاده یا تا مرز شیب شیروانی ادامه یابد.

توصیه می‌شود در صورت استفاده از زیراساس سنگ‌دانه‌ای، ضخامت زیراساس سنگ‌دانه‌ای به حدود ۱۰ سانتی‌متر محدود شود؛ زیرا ضخامت‌های بیشتر از حدود ۱۰ سانتی‌متر احتمال عملکرد نامطلوب روسازی در اثر تحکیم پس از ساخت[۱۹] ناشی از بار ترافیک سنگین را به همراه دارد. همچنین با توجه به مشکلات مربوط به فرسایش مصالح زیراساس روسازی‌های بتنی در محل درزها و در لبه روسازی، توصیه می‌شود از زیراساس تثبیت شده استفاده شود. ضخامت زیراساس تثبیت شده با سیمان معمولاً حداقل ۱۵ سانتی‌متر در نظر گرفته می‌شود. جزئیات بیشتر درخصوص لایه زیراساس در فصل مربوط به اجرای روسازی‌های بتنی ارائه شده است.

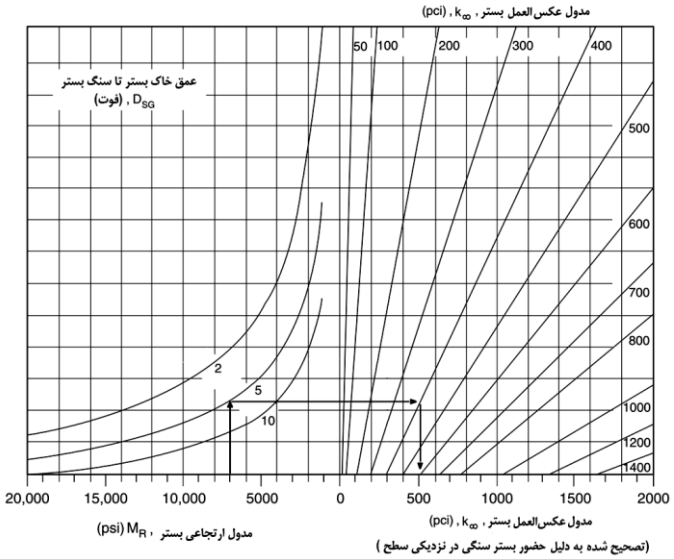
تعیین ضریب عکس‌العمل مرکب بستر (به علت وجود لایه زیراساس)



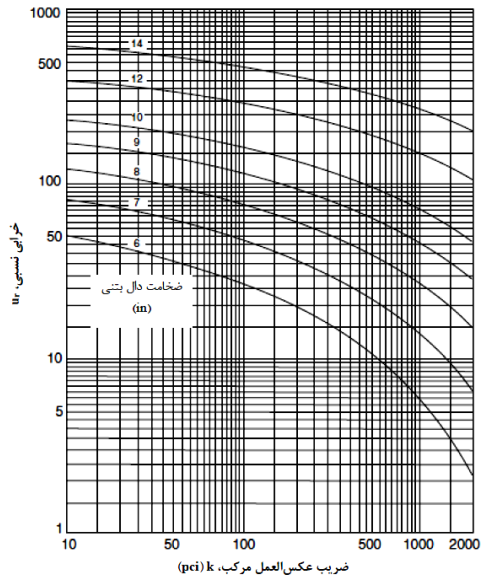


نمودار تعیین ضریب برجهندگی زیراساس تثبیت شده با سیمان

اصلاح ضریب عکس‌العمل بستر به علت وجود پی سخت در فاصله کمتر از ۳ متر

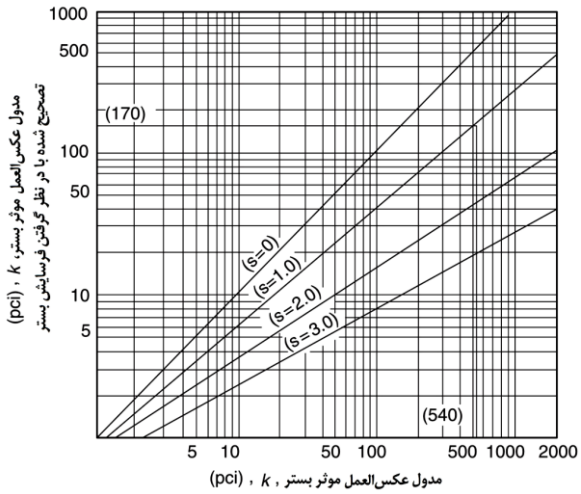


اصلاح ضریب عکس‌العمل بستر به علت وجود پی سخت در فاصله کمتر از ۳ متر



$$u = (D^{0.75} - 0.39k^{0.25})^{3.42}$$

اصلاح ضریب عکس‌العمل بستر به دلیل افت شرایط تکیه‌گاهی



نوع مصالح	ضریب افت شرایط تکیه‌گاهی (LS)
زیراساس سنگ‌دانه‌ای تثبیت شده با سیمان (E=۱۰۰۰۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰۰۰ psi)	۱/۰ تا ۰/۰
مخلوط سیمان و سنگ‌دانه (E=۵۰۰۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰۰۰ psi)	۱/۰ تا ۰/۰
زیراساس قیری (E=۳۵۰۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰۰۰ psi)	۱/۰ تا ۰/۰
مخلوط تثبیت شده با قیر (E=۴۰۰۰۰ تا ۳۰۰۰۰۰ psi)	۱/۰ تا ۰/۰
مخلوط تثبیت شده با آهک (E=۲۰۰۰۰ تا ۷۰۰۰۰ psi)	۳/۰ تا ۱/۰
مصالح سنگ‌دانه‌ای غیرچسبنده (E=۱۵۰۰۰ تا ۴۵۰۰۰ psi)	۳/۰ تا ۱/۰
مصالح ریزدانه یا بستر طبیعی (E=۳۰۰۰ تا ۴۰۰۰۰ psi)	۳/۰ تا ۲/۰

مثال ۱

یک روسازی بتنی بر روی زیراساسی به ضخامت ۶ اینچ و مدول ارتجاعی ۲۰۰۰۰ پوند بر اینچ مربع قرار گرفته است. مدول ارتجاعی بستر ۷۰۰۰ پوند بر اینچ مربع بوده و فاصله سنگ‌بستر از سطح بستر زمین ۵ فوت (۵/۱ متر) است. مدول عکس‌العمل بستر (k) تصحیح شده را برای چنین شرایطی محاسبه کنید.

راه‌حل:

با قرار دادن ضخامت زیراساس (D_{SB}) برابر با ۶ اینچ، مدول زیراساس (E_{SB}) برابر با ۲۰۰۰۰ پوند بر اینچ مربع و مدول بستر (M_r) برابر با ۷۰۰۰ پوند بر اینچ مربع، در شکل (۴-۱۲)، رقم k_∞ برابر با ۴۰۰ پوند بر اینچ مکعب تعیین می‌شود. با در نظر گرفتن عمق سنگ‌بستر، مقدار k مؤثر تصحیح‌شده از روی شکل (۴-۱۳) برابر با ۵۰۰ پوند بر اینچ مکعب تعیین می‌شود.

کاهش نشانه خدمت دهی ناشی از ترافیک

در طراحی روسازی بتنی نشانه خدمت دهی اولیه برابر با ۴/۵ در نظر گرفته می‌شود.

نشانه خدمت‌دهی نهایی برای راه‌های مختلف (P_t)

نوع راه	نشانه خدمت‌دهی نهایی
آزاد راه و بزرگراه	۳/۰
راه اصلی	۲/۵
راه فرعی	۲/۰

$$\Delta PSI_{TR} = \Delta PSI - \Delta PSI_{SW/FT}$$

محاسبه نشانه کاهش خدمت ناشی از تورم خاک بستر و ذوب و یخبندان مطابق آنچه در فصل طراحی روسازی‌های انعطاف‌پذیر گفته شد، می‌باشد.

ضریب زهکشی (C_d) طبق اشتو

جدول ۴-۵: مقادیر ضریب زهکشی.

کیفیت زهکشی	درصد زمانی که روسازی در معرض اشباع‌شدگی قرار دارد			
	کمتر از ۱ ٪	بین ۱ تا ۵ ٪	بین ۵ تا ۲۵ ٪	بیش از ۲۵ ٪
عالی	۱/۲۵ – ۱/۲	۱/۲ – ۱/۱۵	۱/۱۵ – ۱/۱	۱/۱
خوب	۱/۲ – ۱/۱۵	۱/۱۵ – ۱/۱	۱/۱ – ۱	۱
متوسط	۱/۱۵ – ۱/۱	۱/۱ – ۱	۱ - ۰/۹	۰/۹
ضعیف	۱/۱ – ۱	۱ - ۰/۹	۰/۹ – ۰/۸	۰/۸
خیلی ضعیف	۱ - ۰/۹	۰/۹ – ۰/۸	۰/۸ – ۰/۷	۰/۷

ضریب زهکشی (C_d) طبق نشریه ۷۳۱

جدول ۲-۲۱- ضرایب زهکشی (C_d) برای طراحی روسازی بتنی

کیفیت زهکشی	مدت زمان زهکشی	درصد زمانی که رطوبت سازه روسازی درحدود اشباع است			
		کمتر از ۱ درصد[1] (منطقه بیابانی)	۵-۱ درصد[1] (منطقه خشک)	۲۵-۵ درصد[1] (منطقه معتدل)	۲۵ درصد[1] (منطقه با بارندگی زیاد)
عالی	۲ ساعت	۱/۲۵-۱/۲۰	۱/۲۰-۱/۱۵	۱/۱۵-۱/۱۰	۱/۱۰
خوب	۱ روز	۱/۲۰-۱/۱۵	۱/۱۵-۱/۱۰	۱/۱۰-۱/۰۰	۱/۰۰
قابل قبول	۱ هفته	۱/۱۵-۱/۱۰	۱/۱۰-۱/۰۰	۱/۰۰-۰/۹۰	۰/۹۰
ضعیف	۱ ماه	۱/۱۰-۱/۰۰	۱/۰۰-۰/۹۰	۰/۹۰-۰/۸۰	۰/۸۰
خیلی ضعیف	دفع نمی‌شود	۱/۰۰-۰/۹۰	۰/۹۰-۰/۸۰	۰/۸۰-۰/۷۰	۰/۷۰

۱- میزان بارندگی سالانه در این دستورالعمل برای مناطق بیابانی حداکثر ۵۰ میلی‌متر، برای مناطق خشک، بین ۵۰ تا ۲۵۰ میلی‌متر، برای مناطق معتدل، بین ۵۰۰- ۲۵۰ میلی‌متر و برای مناطق با بارندگی زیاد، بیش از ۵۰۰ میلی‌متر تعیین شده است.

ضریب انتقال بار J

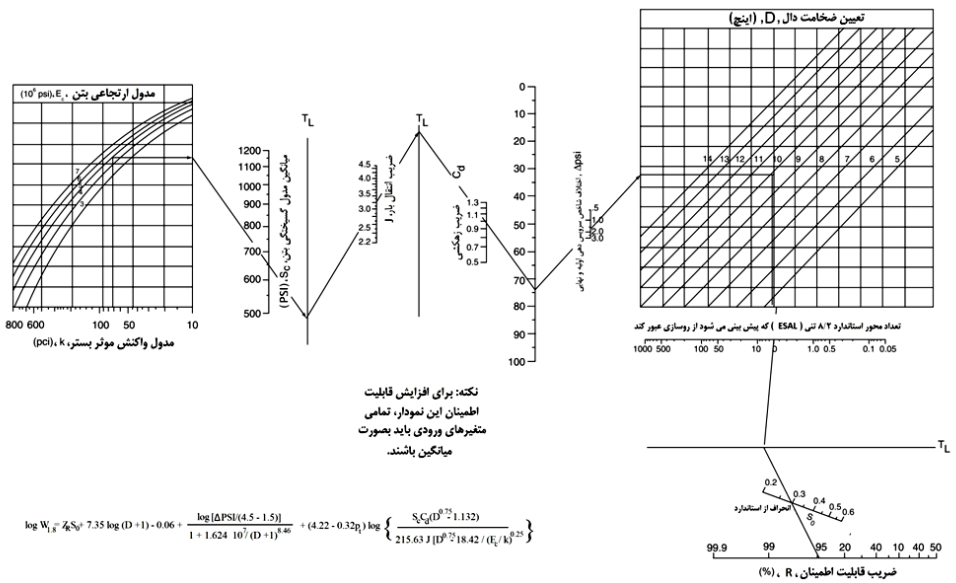
شانه	آسفالتی		یکپارچه بتنی	
استفاده از میل مهار	بله	خیر	بله	خیر
نوع روسازی				
درزدار مسلح و درزدار غیرمسلح	۳/۲	۳/۸ الی ۴/۴	۲/۵ الی ۳/۱	۳/۶ الی ۴/۲
CRCP	۲/۹ الی ۳/۲	-	۲/۳ الی ۲/۹	-

رابطه طراحی اشتو برای تعیین ضخامت دال بتنی

$$\log(W_{18}) = Z_R S_o + 7.35\log(D+1) - 0.06 + \frac{\log\left[\frac{\Delta PSI_T}{4.5-1.5}\right]}{1+\frac{1.624\times10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22-0.32p_t)\log\left[\frac{S'_c C_d (D^{0.75}-1.132)}{215.63J\left[D^{0.75}-\frac{18.42}{\left(E_c/K\right)^{0.25}}\right]}\right]$$

که در آن، W_{18} تعداد عبور محور هم‌ارز ۸/۲ تنی در دوره طراحی، Z_R انحراف معیار نرمال، S_0 انحراف معیار کلی، D ضخامت دال بتنی (اینچ)، ΔPSI_T افت نشانه خدمت‌دهی ناشی از ترافیک، P_t نشانه خدمت‌دهی نهایی، S'_c میانگین ضریب گسیختگی بتن (psi)، C_d ضریب زهکشی، J ضریب انتقال بار، E_c ضریب الاستیسیته بتن (psi) و k ضریب عکس‌العمل مؤثر بستر (pci) است.

نمودار طراحی اشتو



طراحی میلگردهای انتقال بار (داول‌بار)

به‌عنوان یک راهنمایی کلی، قطر میلگردهای انتقال بار برابر یک هشتم ($\frac{۱}{۸}$) ضخامت دال بتنی، فاصله آنها از یکدیگر برابر ۳۰ سانتی‌متر و طول آنها برابر ۴۵ سانتی‌متر در نظر گرفته می‌شود. توصیه می‌شود قطر میلگردهای انتقال بار از ۳۲ میلی‌متر کمتر نباشد. میلگردهای انتقال بار از نوع ساده بوده و در ارتفاعی برابر نصف ضخامت دال بتنی قرار می‌گیرند. همچنین فاصله مرکز اولین میلگرد انتقال بار تا درز طولی برابر ۱۵ سانتی‌متر در نظر گرفته می‌شود. برای میلگردهای انتقال بار از فولاد رده S۴۰۰ (دارای تنش تسلیم ۴۰۰ مگاپاسکال) یا فولاد رده S۵۰۰ (تنش تسلیم ۵۰۰ مگاپاسکال) استفاده می‌شود.

طراحی میلگردهای دوخت (تای‌بار)

در محل درزهای طولی و در جهت عمود بر این درزها، از میلگردهای دوخت (تای بار[۳۲]) (آجدار) استفاده می‌شود. میلگردهای دوخت که در ارتفاعی برابر نصف ضخامت دال بتنی قرار می‌گیرند، از فولاد رده S۴۰۰ (دارای تنش تسلیم ۴۰۰ مگاپاسکال)، دارای قطر ۱۶ میلی‌متر و طول ۷۵ سانتی‌متر بوده و فاصله مرکز به مرکز آنها نیز برابر ۷۵ سانتی‌متر است. در فاصله ۴۰ سانتی‌متری از درز عرضی نباید از میلگرد دوخت استفاده شود. در محل درزهای اجرایی عرضی نیز در صورتی که منطبق بر محل درزهای عرضی انقباضی نباشند از میلگردهای دوخت استفاده می‌شود.

فاصله بین درزها

به‌طور کلی فاصله درزهای انقباض به شرایط آب و هوایی و مصالح مورد استفاده بستگی دارد. در حالی که فاصله درزهای انبساط و اجرایی عموماً تابع امکانات ساخت و الگوی اولیه است. به‌عنوان یک راهنمایی کلی می‌توان گفت در روسازی‌های بتنی ساده درزدار (JPCP)، فاصله درزهای انقباض (بر حسب فوت) نباید بیش از ۲ برابر ضخامت دال بتنی (بر حسب اینچ) باشد. برای مثال حداکثر فاصله درزهای انقباض برای یک دال به ضخامت ۸ اینچ (۲۰ سانتی‌متر) حدود ۱۶ فوت (۵ متر) است. همچنین معمولاً نسبت عرض دال به طول آن کمتر از ۱/۲۵ در نظر گرفته می‌شود. علاوه بر آن طول دال بتنی ساده درزدار به ۵ متر محدود می‌شود. حداکثر فاصله بین درزهای طولی نیز برابر ۵ متر در نظر گرفته می‌شود.

مثال روش طراحی اشتو

بر اساس اطلاعات زیر، روسازی بتنی ساده درزدار با میلگرد انتقال بار را طراحی نمایید.

رویه بتنی در هر جهت از ۲ خط عبور با عرض ۳/۶۵ متر با شانه بتنی راست و چپ به ترتیب به عرض ۳ متر و ۱/۵ متر تشکیل شده است. همچنین تعداد محور معادل ۸/۲ تنی در عمر روسازی برابر ۴۰۰۰۰۰۰۰، ضریب اطمینان طراحی ۰/۹۵، انحراف معیار کلی ۰/۳۹، نشانه خدمت‌دهی اولیه ۴/۵، نشانه خدمت‌دهی نهایی ۳، ضریب زهکشی ۱، سی‌بی‌آر بستر ۱۰، ضخامت زیراساس تثبیت شده با سیمان ۲۰ cm (۸ in)، مقاومت فشاری محدود نشده ۷ روزه مصالح زیراساس تثبیت شده با سیمان ۲/۸ MPa (۴۰۰ psi)، افت شرایط تکیه‌گاهی (LS) برابر ۰، وزن مخصوص بتن ۲۴۰۰ kg/m³ (۱۵۰ pcf) و مقاومت فشاری مشخصه بتن ۲۵ MPa (۳۵۷۱ psi) است. همچنین بین دال بتنی ساده درزدار و لایه زیراساس تثبیت شده با سیمان از یک لایه آسفالت گرم به ضخامت ۵ cm (۲ in) استفاده شده است.

مثال روش اشتو

با استفاده از شکل (۲-۷) مقدار ضریب برجهندگی خاک بستر به ازای CBR=۱۰ برابر ۹۵۰۰ psi (۶۶/۵ MPa) به‌دست می‌آید. همچنین با استفاده از شکل (۲-۱۰) به ازای مقاومت فشاری محدود نشده ۷ روزه برابر ۴۰۰ psi (۲/۸ MPa)، مقدار ضریب الاستیسیته مصالح زیراساس تثبیت شده با سیمان برابر ۶×۱۰^{۵}psi (۴۲۰۰MPa) به‌دست می‌آید. در شکل (۲-۹) به ازای ضخامت زیراساس برابر ۸ in (۲۰ cm)، مقدار ضریب برجهندگی خاک بستر برابر ۹۵۰۰ psi (۶۶/۵ MPa) و ضریب الاستیسیته مصالح زیراساس تثبیت شده با سیمان برابر ۶×۱۰^{۵} psi (۴۲۰۰ MPa)، مقدار ضریب عکس‌العمل مرکب بستر تقریباً ۱۰۰۰ pci (۲۷۷ MN/m^3) به‌دست می‌آید. مقدار افت شرایط تکیه‌گاهی (LS) برابر صفر در نظر گرفته شده است.

$$E_c = 57000(f_c)^{0.5} \Rightarrow E_c = 57000(3571)^{0.5} \approx 3.4\times10^6 \text{ psi } (24000 \text{ MPa})$$

$$S_c = 8\sqrt{f_c} - 10\sqrt{f_c} = 8\sqrt{3571} - 10\sqrt{3571} = 478 - 597 \rightarrow S_c = 550\text{psi}(3.8\text{MPa})$$

مثال روش اشتو

روسازی موجود دارای شانه بتنی متصل است؛ بنابراین با توجه به مفاد جدول (۲-۲۲) مقدار ضریب انتقال بار برای روسازی بتنی ساده درزدار بین ۲/۵ تا ۳/۱ است که در این مثال برابر ۲/۸ فرض می‌شود.

بر اساس داده‌های موجود و با استفاده از رابطه (۲-۱۵) یا شکل (۲-۱۴)، مقدار ضخامت دال بتنی ساده درزدار برابر ۳۰ سانتی‌متر به‌دست می‌آید. با توجه به اینکه بین دال بتنی و زیراساس سیمانی از یک میان لایه از نوع آسفالت گرم به ضخامت حدود ۵ سانتی‌متر استفاده می‌شود و از طرفی بر اساس مطالب گفته شده هر ۲ سانتی‌متر ضخامت آسفالت گرم تقریباً معادل ۱ سانتی‌متر ضخامت دال بتنی است؛ بنابراین ضخامت دال بتنی برابر ۲۸ سانتی‌متر خواهد شد.

همچنین با توجه به مطالب مندرج در بخش‌های قبل، طول دال بتنی ساده درزدار حداکثر ۵ متر است که در این مثال ۴/۵ متر در نظر گرفته می‌شود.

مثال روش اشتو

جزئیات مربوط به میلگرد انتقال بار:

از میلگرد ساده به قطر ۳۶ میلی‌متر استفاده می‌شود $\rightarrow d = \frac{1}{8} \times 28 = 3.5cm$

بر اساس مطالب مندرج در بخش‌های قبلی، فاصله میلگردهای انتقال بار از یکدیگر برابر ۳۰ سانتی‌متر و طول آنها برابر ۴۵ سانتی‌متر در نظر گرفته می‌شود. میلگرد انتقال بار از فولاد رده S۴۰۰ (تنش تسلیم ۴۰۰ مگاپاسکال) انتخاب می‌شود و در ارتفاعی برابر نصف ضخامت دال بتنی قرار می‌گیرد. برای جلوگیری از چسبیدن میلگرد انتقال بار به بتن، لازم است میلگرد انتقال بار از نوع ساده (بدون آج) باشد و سرتاسر آن با ماده روغنی مناسب آغشته شود.

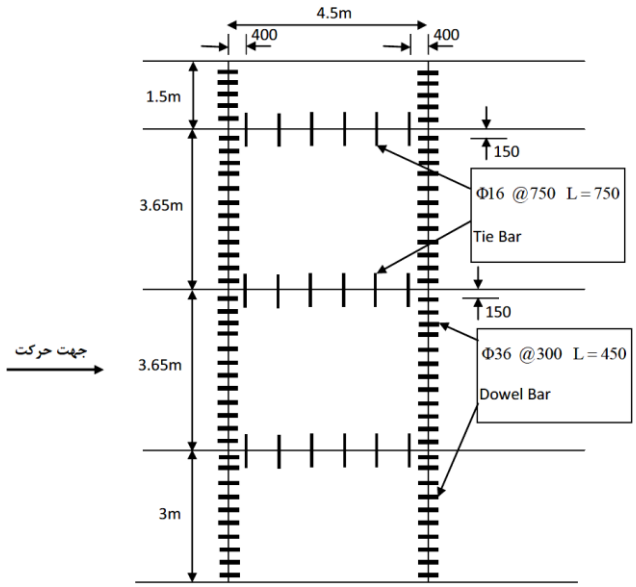
مثال روش اشتو

جزئیات مربوط به میلگرد دوخت:

در محل درزهای طولی و در جهت عمود بر این درزها، از میلگردهای دوخت (آج‌دار) استفاده می‌شود. میلگردهای دوخت در ارتفاعی برابر با نصف ضخامت دال بتنی قرار می‌گیرند. جنس آنها از فولاد رده S۴۰۰ (دارای تنش تسلیم ۴۰۰ مگاپاسکال)، دارای قطر ۱۶ میلی‌متر و طول ۷۵ سانتی‌متر بوده و فاصله مرکز به مرکز آنها نیز برابر ۷۵ سانتی‌متر است. در فاصله ۴۰ سانتی‌متری از درز عرضی از میلگرد دوخت استفاده نمی‌شود.

شکل (۲-۲۵) جزئیات میلگردگذاری برای روسازی بتنی ساده درزدار مربوط به این مثال را نشان می‌دهد.

مثال روش اشتو



روش انجمن سیمان پرتلند برای طراحی روسازی‌های بتنی

- روش انجمن سیمان پرتلند (PCA) برای طراحی روسازی های بتنی که در سال ۱۹۸۴ منتشر گردید
- این روش یک روش مکانیستیک - تجربی است که دو نوع مکانیزم خرابی ترک‌های خستگی و فرسایش بستر را به عنوان معیارهای طراحی روسازی‌های بتنی در نظر می‌گرفت.
- نحوه عملکرد این روش بر اساس تعیین تنش ها و خصوصیات مصالح و نحوه اثرگذاری این دو عامل در نیل به مکانیزم-های خرابی است
- روابطی که در تدوین این روش بکار گرفته شده‌اند، از آزمایشات میدانی تمام مقیاس و عملکرد روسازی‌های ساخته‌شده که تحت اثر بار ترافیکی متداول قرار داشتند، بدست آمده است.

پارامترهای مورد نیاز برای طراحی روسازی به روش PCA

- ✓ضریب ایمنی بار
- ✓مدول گسیختگی ۲۸ روزه بتن
- ✓مقدار ضریب عکس‌العمل خاک بستر
- ✓ضخامت لایه زیراساس
- ✓نوع درزها (با داول‌بار یا بدون داول‌بار)
- ✓نوع شانه (بتنی یا غیر بتنی)
- ✓نوع و تعداد محورهای عبوری

ضریب ایمنی بار

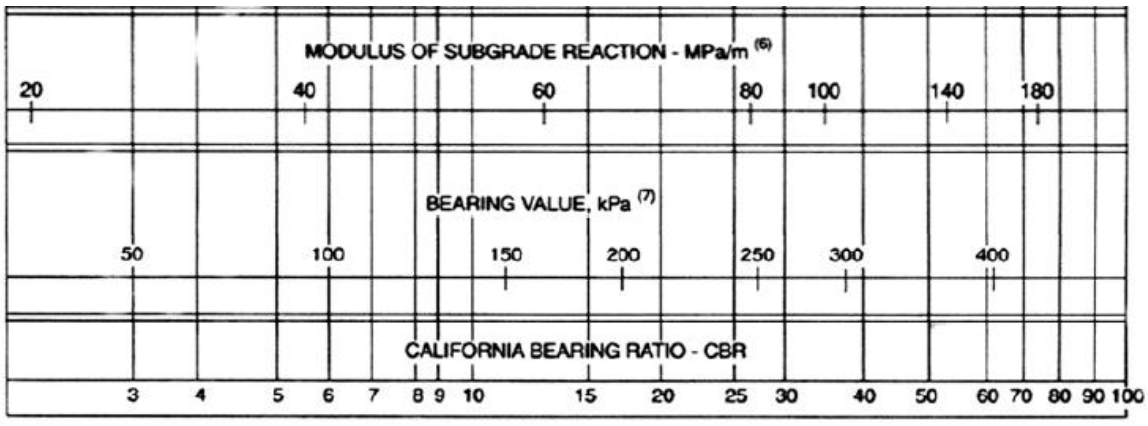
طبق روش PCA، وزن هر محور در پارامتری تحت عنوان ضریب ایمنی بار (LSF) ضرب می‌شود که عدد این ضریب برای راه‌های مختلف بدین شکل پیشنهاد می‌شود:

- ۱/۲= برای بزرگراه‌های بین شهری و راه‌های چند خطه که دارای جریان ترافیکی بدون وقفه بوده و درصد زیادی از ترافیک آن را وسایل نقلیه سنگین تشکیل میدهند.
- ۱/۱= برای بزرگراه‌ها و خیابان‌های شریانی با حجم عبور کامیون متوسط
- ۱= جاده‌های دوخطه، خیابانهای مناطق مسکونی و راه‌هایی که حجم کامیون‌های عبوری از آن‌ها کم است.

مدول گسیختگی بتن

مقاومت خمشی (ضریب گسیختگی) بتن با انجام آزمایش روی تیرچه‌های بتنی به ابعاد ۱۵×۱۵×۷۶ سانتی‌متر، به‌دست می‌آید. روش‌های مختلفی برای انجام آزمایش تعیین ضریب گسیختگی بتن وجود دارد که از جمله آنها می‌توان به تیر با بارگذاری طره‌ای[۹]، تیر با بارگذاری مرکزی[۱۰] و تیر با بارگذاری سه نقطه‌ای[۱۱] اشاره نمود. به دلیل آنکه در روش بارگذاری سه نقطه‌ای، مقاومت حداقل بتن در یک سوم میانی تیر بتنی مورد آزمایش به‌دست می‌آید در حالی که در دور روش دیگر تنها مقاومت تیر بتنی در یک نقطه اندازه‌گیری می‌شود، بنابراین، در طراحی ضخامت روسازی بتنی به روش PCA، از روش بارگذاری سه نقطه‌ای استفاده می‌شود. نحوه انجام این آزمایش در استاندارد ASTM C78 ارائه شده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد معمولاً مقاومت خمشی تیرچه بتنی به طول استاندارد (۷۶ سانتیمتر) در آزمایش‌های تیر بتنی با بارگذاری طره‌ای و مرکزی به ترتیب ۷۵ psi و ۱۶۰ psi (۵/۳ kg/cm^2 و ۱۱/۲ kg/m^2) از مقاومت خمشی تیرچه بتنی مشابه در آزمایش با بارگذاری سه‌نقطه‌ای بیشتر است. به عبارت دیگر می‌توان گفت نتایج حاصل از آزمایش بارگذاری سه‌نقطه‌ای محافظه کارانه‌تر است.

تعیین مدول عکس‌العمل خاک بستر



تعیین مدول عکس‌العمل ترکیبی بستر و زیراساس

مقدار K طراحی، در صورتی که از زیراساس تثبیت شده با سیمان استفاده شود (PCA, 1984)

مقدار K بستر (Pci)	ضخامت زیراساس تثبیت شده با سیمان (in)			
	۴	۶	۸	۱۰
	K طراحی ((Pci			
۵۰	۱۷۰	۲۳۰	۳۱۰	۳۹۰
۱۰۰	۲۸۰	۴۰۰	۵۲۰	۶۴۰
۲۰۰	۴۷۰	۶۴۰	۸۳۰	-

مقدار K طراحی، در صورتی که از زیراساس سنگ‌دانه‌ای (تثبیت نشده) استفاده شود (PCA, 1984)

مقدار K بستر (Pci)	ضخامت زیراساس (in)			
	۴	۶	۹	۱۲
	K طراحی (Pci)			
۵۰	۶۵	۷۵	۸۵	۱۱۰
۱۰۰	۱۳۰	۱۴۰	۱۶۰	۱۹۰
۲۰۰	۲۲۰	۲۳۰	۲۷۰	۳۲۰
۳۰۰	۳۲۰	۳۳۰	۳۷۰	۴۳۰

ترافیک

برای محاسبه ترافیک کامیون در طول عمر طراحی روسازی از رابطه (پ-۱-۶) استفاده می‌شود:

$$\text{ترافیک کامیون در طول عمر طراحی} = ADTT \times GF \times LF \times DF \times n \times 365 \qquad (\text{پ-۱-۶})$$

ADTT: متوسط ترافیک روزانه کامیون در دو جهت؛

LF: ضریب توزیع خطی (با استفاده از شکل پ-۱-۷ بدست می‌آید)؛

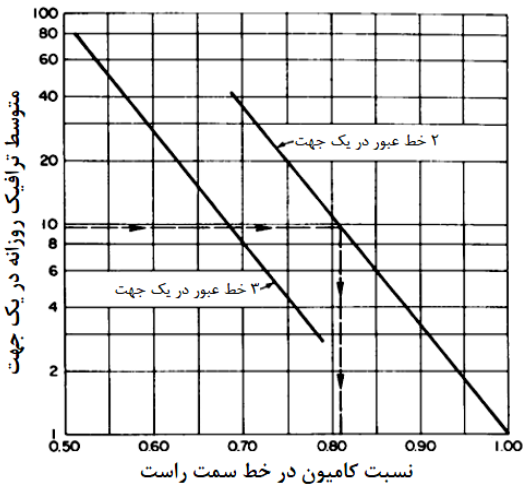
DF: ضریب توزیع جهتی که معمولاً ۰/۵ در نظر گرفته می‌شود؛

GF: ضریب رشد تجمعی ترافیک در طول دوره طراحی (برای محاسبه ضریب رشد ترافیک از جدول (پ-۱-۴) یا رابطه $(1+i)^{n/2}$ استفاده می‌شود. در این رابطه، i رشد سالیانه ترافیک و n دوره طرح می‌باشد).

ترافیک

جدول پ-۱-۴- درصد رشد سالیانه ترافیک و ضریب رشد ترافیک

درصد رشد ترافیک سالیانه	ضریب رشد ترافیک برای دوره طراحی ۲۰ ساله	ضریب رشد ترافیک برای دوره طراحی ۴۰ ساله
۱	۱/۱	۱/۲
۱/۵	۱/۲	۱/۳
۲	۱/۲	۱/۵
۲/۵	۱/۳	۱/۶
۳	۱/۳	۱/۸
۳/۵	۱/۴	۲
۴	۱/۵	۲/۲
۴/۵	۱/۶	۲/۴
۵	۱/۶	۲/۷
۵/۵	۱/۷	۲/۹
۶	۱/۸	۳/۲



شکل پ-۱-۷- نسبت کامیون‌ها در خط عبور سمت راست راه چند خطه جدا شده

طراحی بر اساس معیار خستگی

هدف از تعیین ضخامت دال بر اساس معیار خستگی این است که بروز ترک‌های ناشی از خستگی در دال بتنی کنترل شود.

این طراحی براساس اعمال بار در بیرونی‌ترین لبه میان دال و محاسبه بیشترین تنش بحرانی در لبه‌ها، استوار است.

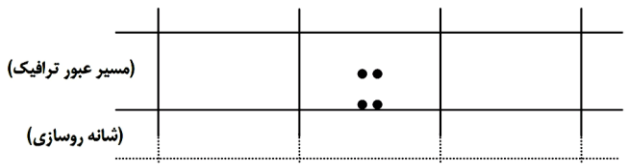
ضخامتی که بر اساس این روش طراحی بدست می‌آید را می‌توان برای انواع روسازی-های JRCP، JPCP (چه با داول بار و چه بدون داول بار) و CRCPمورداستفاده قرار داد.

$$D = \sum_{i=1}^{m} \frac{n_i}{N_i}$$

m= تعداد انواع محورهای عبوری از روی روسازی است.

n_i= تعداد عبور پیش‌بینی‌شده برای محور نوع i

N_i= تعداد عبور مجاز برای محور نوع i



طراحی بر اساس معیار خستگی

مراحل طراحی بر اساس معیار خستگی عبارت‌اند از:

۱- ضرب نمودن وزن هرکدام از انواع محورهای عبوری از راه در ضریب LSF.

۲- فرض نمودن یک مقدار برای ضخامت اولیه دال بتنی.

۳- با داشتن مدول عکس‌العمل بستر (k)، تنش معادل برای ضخامت دال انتخاب‌شده با استفاده از جدول مربوطه تعیین می‌شود و ضریب نسبت تنش طبق رابطه زیر به دست می‌آید.

$$D = \frac{\text{Equivalent stress}}{MR}$$

در این رابطه، صورت کسر مقدار تنش معادل بوده و مخرج نیز مدول گسیختگی دال بتنی است.

۴- با در اختیار داشتن فاکتور نسبت تنش، تعداد تکرار عبور مجاز (N_i) برای هر نوع محور عبوری (i) با استفاده از شکل مربوطه تعیین می‌شود.

۵- با استفاده از رابطه اسلاید قبل، خرابی تجمعی D به ازای عبور انواع محورها محاسبه می‌شود. اگر خرابی تجمعی محاسبه‌شده بیش از یک بود، آنگاه باید ضخامت دال را افزایش داد و مراحل ۳ تا ۵ را مجدداً تکرار نمود. ضخامتی در برابر خستگی مقاوم خواهد بود که منجر به خرابی تجمعی کمتر از یک شود.

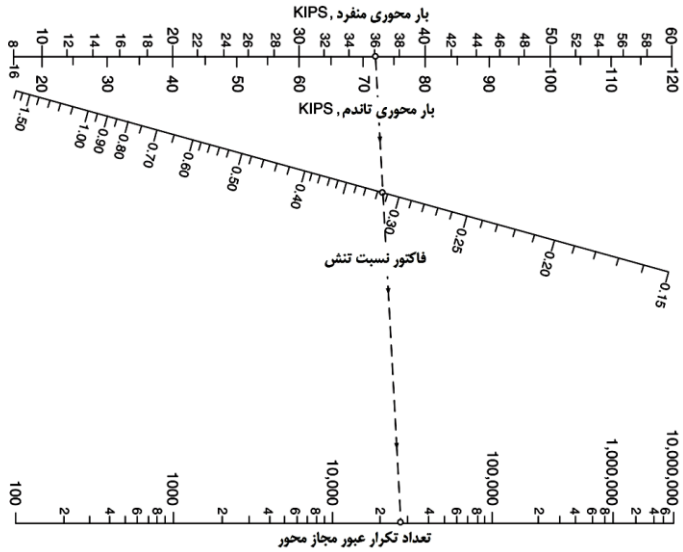
مقادیر تنش معادل برای دال‌های بدون شانه‌های بتنی در تحلیل خستگی

ضخامت دال (in)	ضریب K بستر - زیراساس (pci)																					
	۵۰			۱۰۰			۱۵۰			۲۰۰			۳۰۰			۵۰۰			۷۰۰		
	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳
۴	۸۲۵	۶۷۹	۵۱۰	۷۲۶	۵۸۵	۴۵۶	۶۷۱	۵۴۲	۴۳۷	۶۳۴	۵۱۶	۴۲۸	۵۸۴	۴۸۶	۴۱۹	۵۲۳	۴۵۷	۴۱۴	۴۸۴	۴۴۳	۴۱۲
۴/۵	۶۹۹	۵۸۶	۴۳۹	۶۱۶	۵۰۰	۳۸۰	۵۷۱	۴۶۰	۳۵۹	۵۴۰	۴۳۵	۳۴۹	۴۹۸	۴۰۶	۳۳۹	۴۴۸	۳۷۸	۳۳۱	۴۱۷	۳۶۳	۳۲۸
۵	۶۰۲	۵۱۶	۳۸۷	۵۳۱	۴۳۶	۳۲۸	۴۹۳	۳۹۹	۳۰۵	۴۶۷	۳۷۶	۲۹۳	۴۳۲	۳۴۹	۲۸۲	۳۹۰	۳۲۱	۲۷۲	۳۶۳	۳۰۷	۲۶۹
۵/۵	۵۲۶	۴۶۱	۳۴۷	۴۶۴	۳۸۷	۲۹۰	۴۳۱	۳۵۳	۲۶۶	۴۰۹	۳۳۱	۲۵۳	۳۷۹	۳۰۵	۲۴۰	۳۴۳	۲۷۸	۲۳۰	۳۲۰	۲۶۴	۲۲۶
۶	۴۶۵	۴۱۶	۳۱۵	۴۱۱	۳۴۸	۲۶۱	۳۸۲	۳۱۶	۲۳۷	۳۶۲	۲۹۶	۲۲۳	۳۳۶	۲۷۱	۲۰۹	۳۰۴	۲۴۶	۱۹۸	۲۸۵	۲۳۲	۱۹۳
۶/۵	۴۱۷	۳۸۰	۲۸۹	۳۶۷	۳۱۷	۲۳۸	۳۴۱	۲۸۶	۲۱۴	۳۲۴	۲۶۷	۲۰۱	۳۰۰	۲۴۴	۱۸۶	۲۷۳	۲۲۰	۱۷۳	۲۵۶	۲۰۷	۱۶۸
۷	۳۷۵	۳۴۹	۲۶۷	۳۳۱	۲۹۰	۲۱۹	۳۰۷	۲۶۲	۱۹۶	۲۹۲	۲۴۴	۱۸۳	۲۷۱	۲۲۲	۱۶۷	۲۴۶	۱۹۹	۱۵۴	۲۳۱	۱۸۶	۱۴۸
۷/۵	۳۴۰	۳۲۳	۲۴۷	۳۰۰	۲۶۸	۲۰۳	۲۷۹	۲۴۱	۱۸۱	۲۶۵	۲۲۴	۱۶۸	۲۴۶	۲۰۳	۱۵۳	۲۲۴	۱۸۱	۱۳۹	۲۱۰	۱۶۹	۱۳۲
۸	۳۱۱	۳۰۰	۲۳۰	۲۷۴	۲۴۹	۱۸۹	۲۵۵	۲۲۳	۱۶۸	۲۴۲	۲۰۸	۱۵۶	۲۲۵	۱۸۸	۱۴۱	۲۰۵	۱۶۷	۱۲۶	۱۹۲	۱۵۵	۱۲۰
۸/۵	۲۸۵	۲۸۱	۲۱۵	۲۵۲	۲۳۲	۱۷۷	۲۳۴	۲۰۸	۱۵۸	۲۲۲	۱۹۳	۱۴۵	۲۰۶	۱۷۴	۱۳۱	۱۸۸	۱۵۴	۱۱۶	۱۷۷	۱۴۳	۱۰۹
۹	۲۶۴	۲۶۴	۲۰۰	۲۳۲	۲۱۸	۱۶۶	۲۱۶	۱۹۵	۱۴۸	۲۰۵	۱۸۱	۱۳۶	۱۹۰	۱۶۳	۱۲۲	۱۷۴	۱۴۴	۱۰۸	۱۶۳	۱۳۳	۱۰۱
۹/۵	۲۴۵	۲۴۸	۱۸۷	۲۱۵	۲۰۵	۱۵۷	۲۰۰	۱۸۳	۱۴۰	۱۹۰	۱۷۰	۱۲۹	۱۷۶	۱۵۳	۱۱۵	۱۶۱	۱۳۴	۱۰۱	۱۵۱	۱۲۴	۹۳
۱۰	۲۲۸	۲۳۵	۱۷۴	۲۰۰	۱۹۳	۱۴۸	۱۸۶	۱۷۳	۱۳۲	۱۷۷	۱۶۰	۱۲۲	۱۶۴	۱۴۴	۱۰۸	۱۵۰	۱۲۶	۹۵	۱۴۱	۱۱۷	۸۷
۱۰/۵	۲۱۳	۲۲۲	۱۶۳	۱۸۷	۱۸۳	۱۴۰	۱۷۴	۱۶۴	۱۲۵	۱۶۵	۱۵۱	۱۱۵	۱۵۳	۱۳۶	۱۰۳	۱۴۰	۱۱۹	۸۹	۱۳۲	۱۱۰	۸۲
۱۱	۲۰۰	۲۱۱	۱۵۳	۱۷۵	۱۷۴	۱۳۲	۱۶۳	۱۵۵	۱۱۹	۱۵۴	۱۴۳	۱۱۰	۱۴۴	۱۲۹	۹۸	۱۳۱	۱۱۳	۸۵	۱۲۳	۱۰۴	۷۸
۱۱/۵	۱۸۸	۲۰۱	۱۴۲	۱۶۵	۱۶۵	۱۲۵	۱۵۳	۱۴۸	۱۱۳	۱۴۵	۱۳۶	۱۰۴	۱۳۵	۱۲۲	۹۳	۱۲۳	۱۰۷	۸۰	۱۱۶	۹۸	۷۴
۱۲	۱۷۷	۱۹۲	۱۳۳	۱۵۵	۱۵۸	۱۱۹	۱۴۴	۱۴۱	۱۰۸	۱۳۷	۱۳۰	۱۰۰	۱۲۷	۱۱۶	۸۹	۱۱۶	۱۰۲	۷۷	۱۰۹	۹۳	۷۰
۱۲/۵	۱۶۸	۱۸۳	۱۲۳	۱۴۷	۱۵۱	۱۱۳	۱۳۶	۱۳۵	۱۰۳	۱۲۹	۱۲۴	۹۵	۱۲۰	۱۱۱	۸۵	۱۰۹	۹۷	۷۳	۱۰۳	۸۹	۶۷
۱۳	۱۵۹	۱۷۶	۱۱۴	۱۳۹	۱۴۴	۱۰۷	۱۲۹	۱۲۹	۹۸	۱۲۲	۱۱۹	۹۱	۱۱۳	۱۰۶	۸۱	۱۰۳	۹۳	۷۰	۹۷	۸۵	۶۴
۱۳/۵	۱۵۲	۱۶۸	۱۰۵	۱۳۲	۱۳۸	۱۰۱	۱۲۲	۱۲۳	۹۳	۱۱۶	۱۱۴	۸۷	۱۰۷	۱۰۲	۷۸	۹۸	۸۹	۶۷	۹۲	۸۱	۶۱
۱۴	۱۴۴	۱۶۲	۹۷	۱۲۵	۱۳۳	۹۶	۱۱۶	۱۱۸	۸۹	۱۱۰	۱۰۹	۸۳	۱۰۲	۹۸	۷۵	۹۳	۸۵	۶۵	۸۸	۷۸	۵۹

مقادیر تنش معادل برای دال‌های با شانه‌های بتنی در تحلیل خستگی

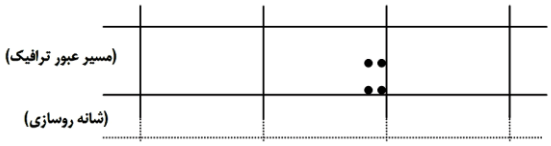
ضخامت دال (in)	ضریب K بستر - زیراساس (pci)																				
	۵۰			۱۰۰			۱۵۰			۲۰۰			۳۰۰			۵۰۰			۷۰۰		
	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳
۴	۶۴۰	۵۳۴	۴۳۱	۵۵۹	۴۶۸	۳۹۲	۵۱۷	۴۳۹	۳۷۷	۴۸۹	۴۲۲	۳۶۹	۴۵۲	۴۰۳	۳۶۲	۴۰۹	۳۸۸	۳۶۰	۳۸۳	۳۸۴	۳۵۹
۴/۵	۵۴۷	۴۶۱	۳۶۵	۴۷۹	۴۰۰	۳۳۸	۴۴۴	۳۷۲	۳۱۳	۴۲۱	۳۵۶	۳۰۵	۳۹۰	۳۳۸	۲۹۷	۳۵۵	۳۲۲	۲۹۲	۳۳۳	۳۱۶	۲۹۱
۵	۴۷۵	۴۰۴	۳۱۷	۴۱۷	۳۴۹	۲۸۱	۳۸۷	۳۲۳	۲۶۶	۳۶۷	۳۰۸	۲۵۸	۳۴۱	۲۹۰	۲۵۰	۳۱۱	۲۷۴	۲۴۴	۲۹۴	۲۶۷	۲۴۲
۵/۵	۴۱۸	۳۶۰	۲۷۹	۳۶۸	۳۰۹	۲۴۶	۳۴۲	۲۸۵	۲۳۱	۳۲۴	۲۷۱	۲۲۳	۳۰۲	۲۵۴	۲۱۴	۲۷۶	۲۳۸	۲۰۸	۲۶۱	۲۳۱	۲۰۶
۶	۳۷۲	۳۲۵	۲۴۹	۳۲۷	۲۷۷	۲۱۸	۳۰۴	۲۵۵	۲۰۴	۲۸۹	۲۴۷	۱۹۶	۲۷۰	۲۲۵	۱۸۷	۲۴۷	۲۱۰	۱۸۰	۲۳۴	۲۰۳	۱۷۸
۶/۵	۳۳۴	۲۹۵	۲۲۵	۲۹۴	۲۵۱	۱۹۶	۲۷۴	۲۳۰	۱۸۳	۲۶۰	۲۱۸	۱۷۵	۲۴۳	۲۰۳	۱۶۶	۲۲۳	۱۸۸	۱۵۹	۲۱۲	۱۸۰	۱۵۶
۷	۳۰۲	۲۷۰	۲۰۴	۲۶۶	۲۳۰	۱۷۸	۲۴۸	۲۱۰	۱۶۵	۲۳۶	۱۹۸	۱۵۸	۲۲۰	۱۸۴	۱۴۹	۲۰۳	۱۷۰	۱۴۲	۱۹۲	۱۶۲	۱۳۸
۷/۵	۲۷۵	۲۵۰	۱۸۷	۲۴۳	۲۱۱	۱۶۲	۲۲۶	۱۹۳	۱۵۱	۲۱۵	۱۸۲	۱۴۳	۲۰۱	۱۶۸	۱۳۵	۱۸۵	۱۵۵	۱۲۷	۱۷۶	۱۴۸	۱۲۴
۸	۲۵۲	۲۳۲	۱۷۲	۲۲۲	۱۹۶	۱۴۹	۲۰۷	۱۷۹	۱۳۸	۱۹۷	۱۶۸	۱۳۱	۱۸۵	۱۵۵	۱۲۳	۱۷۰	۱۴۲	۱۱۶	۱۶۲	۱۳۵	۱۱۲
۸/۵	۲۳۲	۲۱۶	۱۵۹	۲۰۵	۱۸۲	۱۳۸	۱۹۱	۱۶۶	۱۲۸	۱۸۲	۱۵۶	۱۲۱	۱۷۰	۱۴۴	۱۱۳	۱۵۷	۱۳۱	۱۰۶	۱۵۰	۱۲۵	۱۰۲
۹	۲۱۵	۲۰۲	۱۴۷	۱۹۰	۱۷۱	۱۲۸	۱۷۷	۱۵۵	۱۱۹	۱۶۹	۱۴۶	۱۱۲	۱۵۸	۱۳۴	۱۰۵	۱۴۶	۱۲۲	۹۸	۱۳۹	۱۱۶	۹۴
۹/۵	۲۰۰	۱۹۰	۱۳۷	۱۷۶	۱۶۰	۱۲۰	۱۶۴	۱۴۶	۱۱۱	۱۵۷	۱۳۷	۱۰۵	۱۴۷	۱۲۶	۹۸	۱۳۶	۱۱۴	۹۱	۱۲۹	۱۰۸	۸۷
۱۰	۱۸۶	۱۷۹	۱۲۷	۱۶۴	۱۵۱	۱۱۲	۱۵۳	۱۳۷	۱۰۴	۱۴۶	۱۲۹	۹۸	۱۳۷	۱۱۸	۹۱	۱۲۷	۱۰۷	۸۴	۱۲۱	۱۰۱	۸۱
۱۰/۵	۱۷۴	۱۷۳	۱۱۹	۱۵۴	۱۴۳	۱۰۵	۱۴۴	۱۳۰	۹۷	۱۳۷	۱۲۱	۹۲	۱۲۸	۱۱۱	۸۶	۱۱۹	۱۰۱	۷۹	۱۱۳	۹۵	۷۶
۱۱	۱۶۴	۱۶۱	۱۱۱	۱۴۴	۱۳۵	۹۹	۱۳۵	۱۲۳	۹۲	۱۲۹	۱۱۵	۸۷	۱۲۰	۱۰۵	۸۱	۱۱۲	۹۵	۷۴	۱۰۶	۹۰	۷۱
۱۱/۵	۱۵۴	۱۵۳	۱۰۴	۱۳۶	۱۲۸	۹۳	۱۲۷	۱۱۷	۸۶	۱۲۱	۱۰۹	۸۲	۱۱۳	۱۰۰	۷۶	۱۰۵	۹۰	۷۰	۱۰۰	۸۵	۶۷
۱۲	۱۴۵	۱۴۶	۹۷	۱۲۸	۱۲۲	۸۸	۱۲۰	۱۱۱	۸۲	۱۱۴	۱۰۴	۷۸	۱۰۷	۹۵	۷۲	۹۹	۸۶	۶۶	۹۵	۸۱	۶۳
۱۲/۵	۱۳۷	۱۳۹	۹۱	۱۲۱	۱۱۷	۸۳	۱۱۳	۱۰۶	۷۸	۱۰۸	۹۹	۷۴	۱۰۱	۹۱	۶۸	۹۴	۸۲	۶۳	۹۰	۷۷	۶۰
۱۳	۱۳۰	۱۳۳	۸۵	۱۱۵	۱۱۲	۷۹	۱۰۷	۱۰۱	۷۴	۱۰۲	۹۵	۷۰	۹۶	۸۶	۶۵	۸۹	۷۸	۶۰	۸۵	۷۳	۵۷
۱۳/۵	۱۲۴	۱۲۷	۸۰	۱۰۹	۱۰۷	۷۵	۱۰۲	۹۷	۷۰	۹۷	۹۱	۶۷	۹۱	۸۳	۶۲	۸۵	۷۴	۵۷	۸۱	۷۰	۵۴
۱۴	۱۱۸	۱۲۲	۷۵	۱۰۴	۱۰۳	۷۱	۹۷	۹۳	۶۷	۹۳	۸۷	۶۳	۸۷	۷۹	۵۹	۸۱	۷۱	۵۴	۷۷	۶۷	۵۱

تعداد تکرار مجاز عبور بار برای تحلیل خستگی



طراحی بر اساس معیار فرسایش بستر

طراحی بر مبنای فرسایش در روش PCA، تضمین می‌کند که دال بتنی و شانه‌ها در برابر بروز تغییرشکل، پامپینگ و دیگر خرابی‌ها مقاومت کافی را دارند.



$$D = \sum_{i=1}^{m} \frac{n_i}{N_i}$$

m= تعداد انواع محورهای عبوری از روی روسازی است.
n_i= تعداد عبور پیش‌بینی‌شده برای محور نوع i
N_i= تعداد عبور مجاز برای محور نوع i

طراحی بر اساس معیار فرسایش بستر

۱- ضرب نمودن وزن هرکدام از انواع محورهای عبوری از راه در ضریب LSF.
۲- فرض نمودن یک مقدار به عنوان ضخامت اولیه دال بتنی.
۳- با داشتن مدول عکس‌العمل بستر، ضریب فرسایش را برای ضخامت دال انتخاب شده با استفاده از جدول مربوطه تعیین می‌کنیم.
۴- برای هر نوع محور عبوری (i)، از شکل مربوطه تعداد تکرار عبور مجاز (N_i) محاسبه شود.
۵- با استفاده از رابطهٔ مربوطه، خرابی تجمعی D به ازای عبور انواع محورها محاسبه شود. اگر خرابی تجمعی محاسبه‌شده بیش از یک بود، آنگاه باید دالی ضخیم‌تر انتخاب شود و مراحل ۳ تا ۵ را مجدداً تکرار نماییم. ضخامتی کافی خواهد بود که منجر به خرابی تجمعی کمتر از یک شود.

ضریب فرسایش – درزهای دارای داول‌بار – بدون شانه بتنی

ضخامت دال (in)	ضریب K زیراساس- بستر (pci)																	
	۵۰			۱۰۰			۲۰۰			۳۰۰			۵۰۰			۷۰۰		
	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳
۴	۳/۷۴	۳/۸۳	۳/۸۹	۳/۷۳	۳/۷۹	۳/۸۲	۳/۷۲	۳/۷۵	۳/۷۵	۳/۷۱	۳/۷۳	۳/۷۰	۳/۷۰	۳/۷۰	۳/۶۱	۳/۶۸	۳/۶۷	۳/۵۳
۴/۵	۳/۵۹	۳/۷۰	۳/۷۸	۳/۵۷	۳/۶۵	۳/۶۹	۳/۵۶	۳/۶۱	۳/۶۲	۳/۵۵	۳/۵۸	۳/۵۷	۳/۵۴	۳/۵۵	۳/۵۰	۳/۵۲	۳/۵۳	۳/۴۴
۵	۳/۴۵	۳/۵۸	۳/۶۸	۳/۵۲	۳/۵۸	۳/۶۳	۳/۴۲	۳/۴۸	۳/۵۰	۳/۴۱	۳/۴۵	۳/۴۶	۳/۴۰	۳/۴۲	۳/۴۰	۳/۳۸	۳/۴۰	۳/۳۴
۵/۵	۳/۳۲	۳/۴۷	۳/۵۹	۳/۳۱	۳/۴۱	۳/۴۹	۳/۲۹	۳/۳۶	۳/۴۰	۳/۲۸	۳/۳۳	۳/۳۶	۳/۲۷	۳/۳۰	۳/۳۰	۳/۲۶	۳/۲۸	۳/۲۵
۶	۳/۲۲	۳/۳۸	۳/۵۱	۳/۱۹	۳/۳۱	۳/۴۰	۳/۱۸	۳/۲۶	۳/۳۱	۳/۱۷	۳/۲۳	۳/۲۶	۳/۱۵	۳/۲۰	۳/۲۱	۳/۱۴	۳/۱۷	۳/۱۶
۶/۵	۳/۱۱	۳/۲۹	۳/۴۴	۳/۰۹	۳/۲۲	۳/۳۳	۳/۰۷	۳/۱۶	۳/۲۳	۳/۰۶	۳/۱۲	۳/۱۸	۳/۰۵	۳/۱۰	۳/۱۲	۳/۰۳	۳/۰۷	۳/۰۸
۷	۳/۰۲	۳/۲۱	۳/۳۷	۲/۹۹	۳/۱۴	۳/۲۶	۲/۹۷	۳/۰۸	۳/۱۶	۲/۹۶	۳/۰۵	۳/۱۰	۲/۹۵	۳/۰۱	۳/۰۴	۲/۹۴	۲/۹۸	۳/۰۰
۷/۵	۲/۹۳	۳/۱۴	۳/۳۱	۲/۹۱	۳/۰۶	۳/۲۰	۲/۸۸	۳/۰۰	۳/۰۹	۲/۸۷	۲/۹۷	۳/۰۳	۲/۸۶	۲/۹۳	۲/۹۷	۲/۸۴	۲/۹۰	۲/۹۳
۸	۲/۸۵	۳/۰۷	۳/۲۶	۲/۸۲	۲/۹۹	۳/۱۴	۲/۸۰	۲/۹۳	۳/۰۳	۲/۷۹	۲/۸۹	۲/۹۷	۲/۷۷	۲/۸۵	۲/۹۰	۲/۷۶	۲/۸۲	۲/۸۶
۸/۵	۲/۷۷	۳/۰۱	۳/۲۰	۲/۷۴	۲/۹۳	۳/۰۹	۲/۷۲	۲/۸۶	۲/۹۷	۲/۷۱	۲/۸۲	۲/۹۱	۲/۶۹	۲/۷۸	۲/۸۴	۲/۶۸	۲/۷۵	۲/۷۹
۹	۲/۷۰	۲/۹۶	۳/۱۵	۲/۶۷	۲/۸۷	۳/۰۴	۲/۶۵	۲/۸۰	۲/۹۲	۲/۶۳	۲/۷۶	۲/۸۶	۲/۶۲	۲/۷۱	۲/۷۸	۲/۶۱	۲/۶۸	۲/۷۳
۹/۵	۲/۶۳	۲/۹۰	۳/۱۱	۲/۶۰	۲/۸۱	۲/۹۹	۲/۵۸	۲/۷۴	۲/۸۷	۲/۵۶	۲/۷۰	۲/۸۱	۲/۵۵	۲/۶۵	۲/۷۳	۲/۵۴	۲/۶۲	۲/۶۸
۱۰	۲/۵۶	۲/۸۵	۳/۰۶	۲/۵۴	۲/۷۶	۲/۹۴	۲/۵۱	۲/۶۸	۲/۸۳	۲/۵۰	۲/۶۴	۲/۷۶	۲/۴۸	۲/۵۹	۲/۶۸	۲/۴۷	۲/۵۶	۲/۶۳
۱۰/۵	۲/۵۰	۲/۸۱	۳/۰۲	۲/۴۷	۲/۷۱	۲/۹۰	۲/۴۵	۲/۶۳	۲/۷۸	۲/۴۴	۲/۵۹	۲/۷۲	۲/۴۲	۲/۵۴	۲/۶۴	۲/۴۱	۲/۵۱	۲/۵۸
۱۱	۲/۴۴	۲/۷۶	۲/۹۸	۲/۴۲	۲/۶۷	۲/۸۶	۲/۳۹	۲/۵۸	۲/۷۴	۲/۳۸	۲/۵۴	۲/۶۸	۲/۳۶	۲/۴۹	۲/۵۹	۲/۳۵	۲/۴۵	۲/۵۴
۱۱/۵	۲/۳۸	۲/۷۲	۲/۹۴	۲/۳۶	۲/۶۲	۲/۸۲	۲/۳۳	۲/۵۴	۲/۷۰	۲/۳۲	۲/۴۹	۲/۶۴	۲/۳۰	۲/۴۴	۲/۵۵	۲/۴۰	۲/۴۹	۲/۵۰
۱۲	۲/۳۳	۲/۶۸	۲/۹۱	۲/۳۰	۲/۵۸	۲/۷۹	۲/۲۸	۲/۴۹	۲/۶۷	۲/۲۶	۲/۴۴	۲/۶۰	۲/۲۵	۲/۳۹	۲/۵۱	۲/۳۳	۲/۳۶	۲/۴۶
۱۲/۵	۲/۲۸	۲/۶۴	۲/۸۷	۲/۲۵	۲/۵۴	۲/۷۵	۲/۲۳	۲/۴۵	۲/۶۳	۲/۲۱	۲/۴۰	۲/۵۶	۲/۱۹	۲/۳۵	۲/۴۸	۲/۱۸	۲/۳۱	۲/۴۲
۱۳	۲/۲۳	۲/۶۱	۲/۸۴	۲/۲۰	۲/۵۰	۲/۷۲	۲/۱۸	۲/۴۱	۲/۶۰	۲/۱۶	۲/۳۶	۲/۵۳	۲/۱۴	۲/۳۰	۲/۴۴	۲/۱۳	۲/۲۷	۲/۳۹
۱۳/۵	۲/۱۸	۲/۵۷	۲/۸۱	۲/۱۵	۲/۴۷	۲/۶۸	۲/۱۳	۲/۳۷	۲/۵۶	۲/۱۱	۲/۳۲	۲/۴۹	۲/۰۹	۲/۲۶	۲/۴۱	۲/۰۸	۲/۲۳	۲/۳۵
۱۴	۲/۱۳	۲/۵۴	۲/۷۸	۲/۱۱	۲/۴۳	۲/۶۵	۲/۰۸	۲/۳۴	۲/۵۳	۲/۰۷	۲/۲۹	۲/۴۶	۲/۰۵	۲/۲۳	۲/۳۸	۲/۰۳	۲/۱۹	۲/۳۲

ضریب فرسایش – درزهای بدون داول‌بار – بدون شانه بتنی

ضخامت دال (in)	ضریب K زیراساس - بستر (pci)																	
	۵۰			۱۰۰			۲۰۰			۳۰۰			۵۰۰			۷۰۰		
	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳
۴	۳/۹۴	۴/۰۳	۴/۰۶	۳/۹۱	۳/۹۵	۳/۹۷	۳/۸۸	۳/۸۹	۳/۸۸	۳/۸۶	۳/۸۶	۳/۸۲	۳/۸۲	۳/۸۳	۳/۷۴	۳/۷۷	۳/۸۰	۳/۶۷
۴/۵	۳/۷۹	۳/۹۱	۳/۹۵	۳/۷۶	۳/۸۲	۳/۸۵	۳/۷۳	۳/۷۵	۳/۷۶	۳/۷۱	۳/۷۲	۳/۷۰	۳/۶۸	۳/۶۸	۳/۶۳	۳/۶۴	۳/۶۵	۳/۵۶
۵	۳/۶۶	۳/۸۱	۳/۸۵	۳/۶۳	۳/۷۲	۳/۷۵	۳/۶۰	۳/۶۴	۳/۶۶	۳/۵۸	۳/۶۰	۳/۶۰	۳/۵۵	۳/۵۵	۳/۵۲	۳/۵۲	۳/۵۲	۳/۴۶
۵/۵	۳/۵۴	۳/۷۲	۳/۷۶	۳/۵۱	۳/۶۲	۳/۶۶	۳/۴۸	۳/۵۳	۳/۵۶	۳/۴۶	۳/۴۹	۳/۵۱	۳/۴۳	۳/۴۴	۳/۴۳	۳/۴۱	۳/۴۰	۳/۳۷
۶	۳/۴۴	۳/۶۴	۳/۶۸	۳/۴۰	۳/۵۳	۳/۵۸	۳/۳۷	۳/۴۴	۳/۴۸	۳/۳۵	۳/۴۰	۳/۴۲	۳/۳۲	۳/۳۴	۳/۳۵	۳/۳۰	۳/۳۰	۳/۲۹
۶/۵	۳/۳۴	۳/۵۶	۳/۶۱	۳/۳۰	۳/۴۶	۳/۵۰	۳/۲۶	۳/۳۶	۳/۴۰	۳/۲۵	۳/۳۱	۳/۳۴	۳/۲۲	۳/۲۵	۳/۲۷	۳/۲۰	۳/۲۱	۳/۲۱
۷	۳/۲۶	۳/۴۹	۳/۵۴	۳/۲۱	۳/۳۹	۳/۴۳	۳/۱۷	۳/۲۹	۳/۳۳	۳/۱۵	۳/۲۴	۳/۲۷	۳/۱۳	۳/۱۷	۳/۲۰	۳/۱۱	۳/۱۳	۳/۱۴
۷/۵	۳/۱۸	۳/۴۳	۳/۴۸	۳/۱۳	۳/۳۲	۳/۳۷	۳/۰۹	۳/۲۲	۳/۲۶	۳/۰۷	۳/۱۷	۳/۲۰	۳/۰۴	۳/۱۰	۳/۱۳	۳/۰۲	۳/۰۶	۳/۰۸
۸	۳/۱۱	۳/۳۷	۳/۴۲	۳/۰۵	۳/۲۶	۳/۳۱	۳/۰۱	۳/۱۶	۳/۲۰	۲/۹۹	۳/۱۰	۳/۱۴	۲/۹۶	۳/۰۳	۳/۰۷	۲/۹۴	۲/۹۹	۳/۰۱
۸/۵	۳/۰۴	۳/۳۲	۳/۳۷	۲/۹۸	۳/۲۱	۳/۲۵	۲/۹۳	۳/۱۰	۳/۱۵	۲/۹۱	۳/۰۴	۳/۰۹	۲/۸۸	۲/۹۷	۳/۰۱	۲/۸۷	۲/۹۳	۲/۹۶
۹	۲/۹۸	۳/۲۷	۳/۳۲	۲/۹۱	۳/۱۶	۳/۲۰	۲/۸۶	۳/۰۵	۳/۰۹	۲/۸۴	۲/۹۹	۳/۰۳	۲/۸۱	۲/۹۲	۲/۹۵	۲/۷۹	۲/۸۷	۲/۹۰
۹/۵	۲/۹۲	۳/۲۷	۳/۳۲	۲/۸۵	۳/۱۱	۳/۱۵	۲/۸۰	۳/۰۰	۳/۰۴	۲/۷۷	۲/۹۴	۲/۹۸	۲/۷۵	۲/۸۶	۲/۹۰	۲/۷۳	۲/۸۱	۲/۸۵
۱۰	۲/۸۶	۳/۱۸	۳/۲۲	۲/۷۹	۳/۰۶	۳/۱۱	۲/۷۴	۲/۹۵	۳/۰۰	۲/۷۱	۲/۸۹	۲/۹۳	۲/۶۸	۲/۸۱	۲/۸۵	۲/۶۶	۲/۷۶	۲/۸۰
۱۰/۵	۲/۸۱	۳/۱۴	۳/۱۸	۲/۷۴	۳/۰۲	۳/۰۶	۲/۶۵	۲/۹۱	۲/۹۵	۲/۶۵	۲/۸۴	۲/۸۹	۲/۶۲	۲/۷۶	۲/۸۱	۲/۶۰	۲/۷۲	۲/۷۶
۱۱	۲/۷۷	۳/۱۰	۳/۱۴	۲/۶۹	۲/۹۸	۳/۰۲	۲/۶۳	۲/۸۶	۲/۹۱	۲/۶۰	۲/۸۲	۲/۸۶	۲/۵۷	۲/۷۲	۲/۷۷	۲/۵۴	۲/۶۷	۲/۷۱
۱۱/۵	۲/۷۲	۳/۰۶	۳/۱۰	۲/۶۴	۲/۹۲	۲/۹۸	۲/۵۸	۲/۸۲	۲/۸۷	۲/۵۵	۲/۷۶	۲/۸۰	۲/۵۱	۲/۶۸	۲/۷۲	۲/۴۹	۲/۶۳	۲/۶۷
۱۲	۲/۶۸	۳/۰۷	۳/۰۷	۲/۶۰	۲/۹۰	۲/۹۵	۲/۵۳	۲/۷۸	۲/۸۳	۲/۵۰	۲/۷۲	۲/۷۶	۲/۴۶	۲/۶۴	۲/۶۸	۲/۴۴	۲/۵۹	۲/۶۳
۱۲/۵	۲/۶۴	۲/۹۹	۳/۰۳	۲/۵۵	۲/۸۷	۲/۹۱	۲/۴۸	۲/۷۵	۲/۷۹	۲/۴۵	۲/۶۸	۲/۷۳	۲/۴۱	۲/۶۰	۲/۶۵	۲/۳۹	۲/۵۵	۲/۵۹
۱۳	۲/۶۰	۲/۹۶	۳/۰۰	۲/۵۱	۲/۸۳	۲/۸۸	۲/۴۴	۲/۷۱	۲/۷۶	۲/۴۰	۲/۶۵	۲/۶۹	۲/۳۶	۲/۵۶	۲/۶۱	۲/۳۴	۲/۵۱	۲/۵۶
۱۳/۵	۲/۵۶	۲/۹۳	۲/۹۷	۲/۴۷	۲/۸۰	۲/۸۴	۲/۴۰	۲/۶۸	۲/۷۳	۲/۳۶	۲/۶۱	۲/۶۶	۲/۳۲	۲/۵۳	۲/۵۸	۲/۳۰	۲/۴۸	۲/۵۲
۱۴	۲/۵۳	۲/۹۰	۲/۹۴	۲/۴۴	۲/۷۷	۲/۸۱	۲/۳۶	۲/۶۵	۲/۶۹	۲/۳۲	۲/۵۸	۲/۶۳	۲/۲۸	۲/۵۰	۲/۵۴	۲/۲۵	۲/۴۴	۲/۴۹

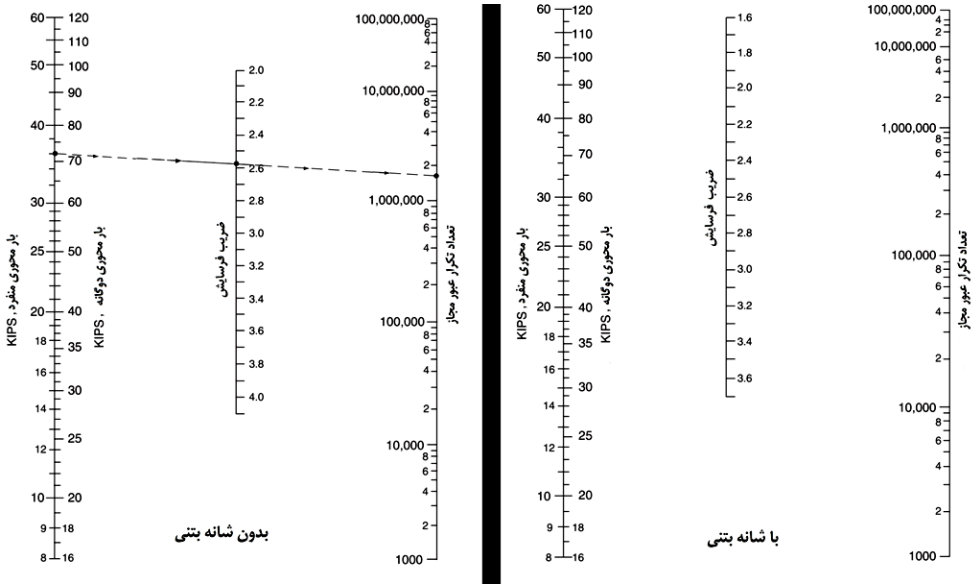
ضریب فرسایش – درزهای دارای داول‌بار – با شانه بتنی

ضخامت دال (in)	ضریب K زیراساس – بستر (pci)																			
	۵۰			۱۰۰			۲۰۰			۳۰۰			۵۰۰			۷۰۰			
	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳
۴	۳/۲۸	۳/۳۰	۳/۳۳	۳/۲۴	۳/۲۰	۳/۲۰	۳/۲۱	۳/۱۳	۳/۱۳	۳/۱۹	۳/۱۰	۳/۱۰	۳/۱۵	۳/۰۹	۳/۰۵	۳/۱۲	۳/۰۸	۳/۰۰
۴/۵	۳/۱۳	۳/۱۹	۳/۲۴	۳/۰۹	۳/۰۸	۳/۱۰	۳/۰۶	۳/۰۰	۲/۹۹	۳/۰۴	۲/۹۶	۲/۹۵	۳/۰۱	۲/۹۳	۲/۹۱	۲/۹۸	۲/۹۱	۲/۸۷
۵	۳/۰۱	۳/۰۹	۳/۱۶	۲/۹۷	۲/۹۸	۳/۰۱	۲/۹۳	۲/۸۹	۲/۸۹	۲/۹۰	۲/۸۴	۲/۸۳	۲/۸۷	۲/۷۹	۲/۷۹	۲/۸۵	۲/۷۷	۲/۷۵
۵/۵	۲/۹۰	۳/۰۱	۳/۰۹	۲/۸۵	۲/۸۹	۲/۹۴	۲/۸۱	۲/۷۹	۲/۸۰	۲/۷۹	۲/۷۴	۲/۷۴	۲/۷۶	۲/۶۸	۲/۶۷	۲/۷۳	۲/۶۵	۲/۶۴
۶	۲/۷۹	۰۲/۹۳	۳/۰۳	۲/۷۵	۲/۸۲	۲/۸۷	۲/۷۰	۲/۷۱	۲/۷۳	۲/۶۸	۲/۶۵	۲/۶۶	۲/۶۵	۲/۵۸	۲/۵۸	۲/۶۲	۲/۵۴	۲/۵۴
۶/۵	۲/۷۰	۲/۸۶	۲/۹۷	۲/۶۵	۲/۷۵	۲/۸۲	۲/۶۱	۲/۶۳	۲/۶۷	۲/۵۸	۲/۵۷	۲/۵۹	۲/۵۵	۲/۵۰	۲/۵۰	۲/۵۲	۲/۴۵	۲/۴۵
۷	۲/۶۱	۲/۷۹	۲/۹۲	۲/۵۶	۲/۶۸	۲/۷۶	۲/۵۲	۲/۵۶	۲/۶۱	۲/۴۹	۲/۵۰	۲/۵۳	۲/۴۶	۲/۴۲	۲/۴۳	۲/۴۳	۲/۳۸	۲/۳۷
۷/۵	۲/۵۳	۲/۷۳	۲/۸۷	۲/۴۸	۲/۶۲	۲/۷۲	۲/۴۴	۲/۵۰	۲/۵۶	۲/۴۱	۲/۴۴	۲/۴۷	۲/۳۸	۲/۳۶	۲/۳۷	۲/۳۵	۲/۳۱	۲/۳۱
۸	۲/۴۶	۲/۶۸	۲/۸۳	۲/۴۱	۲/۵۶	۲/۶۷	۲/۳۶	۲/۴۴	۲/۵۱	۲/۳۳	۲/۳۸	۲/۴۲	۲/۳۰	۲/۳۰	۲/۳۲	۲/۲۷	۲/۲۴	۲/۲۵
۸/۵	۲/۳۹	۲/۶۲	۲/۷۹	۲/۳۴	۲/۵۱	۲/۶۳	۲/۲۹	۲/۳۹	۲/۴۷	۲/۲۶	۲/۳۲	۲/۳۸	۲/۲۲	۲/۲۴	۲/۲۷	۲/۲۰	۲/۱۸	۲/۲۰
۹	۲/۳۲	۲/۵۷	۲/۷۵	۲/۲۷	۲/۴۶	۲/۵۹	۲/۲۲	۲/۳۴	۲/۴۳	۲/۱۹	۲/۲۷	۲/۳۴	۲/۱۶	۲/۱۹	۲/۲۳	۲/۱۳	۲/۱۳	۲/۱۵
۹/۵	۲/۲۶	۲/۵۲	۲/۷۱	۲/۲۱	۲/۴۱	۲/۵۵	۲/۱۶	۲/۲۹	۲/۳۹	۲/۱۳	۲/۲۲	۲/۳۰	۲/۰۹	۲/۱۴	۲/۱۸	۲/۰۷	۲/۰۸	۲/۱۱
۱۰	۲/۲۰	۲/۴۷	۲/۶۷	۲/۱۵	۲/۳۶	۲/۵۱	۲/۱۰	۲/۲۵	۲/۳۵	۲/۰۷	۲/۱۸	۲/۲۳	۲/۰۳	۲/۰۹	۲/۱۵	۲/۰۱	۲/۰۳	۲/۰۷
۱۰/۵	۲/۱۵	۲/۴۳	۲/۶۴	۲/۰۹	۲/۳۲	۲/۴۸	۲/۰۴	۲/۲۰	۲/۳۲	۲/۰۱	۲/۱۴	۲/۲۳	۲/۰۳	۲/۰۵	۲/۱۱	۱/۹۵	۱/۹۹	۲/۰۴
۱۱	۲/۱۰	۲/۳۹	۲/۶۰	۲/۰۴	۲/۲۸	۲/۴۵	۱/۹۹	۲/۱۶	۲/۲۹	۱/۹۵	۲/۰۹	۲/۲۰	۱/۹۲	۲/۰۱	۲/۰۸	۱/۸۹	۱/۹۵	۲/۰۰
۱۱/۵	۲/۰۵	۲/۳۵	۲/۵۷	۱/۹۹	۲/۲۴	۲/۴۲	۱/۹۲	۲/۱۲	۲/۲۶	۱/۹۰	۲/۰۵	۲/۱۶	۱/۸۷	۱/۹۷	۱/۸۴	۱/۹۱	۱/۹۱	۱/۹۷
۱۲	۲/۰۰	۲/۳۱	۲/۵۴	۱/۹۲	۲/۲۰	۲/۳۹	۱/۸۸	۲/۰۹	۲/۲۳	۱/۸۵	۲/۰۲	۲/۱۳	۱/۸۲	۱/۹۳	۲/۰۲	۱/۷۹	۱/۸۷	۱/۹۴
۱۲/۵	۱/۹۵	۲/۲۷	۲/۵۱	۱/۸۹	۲/۱۶	۲/۳۶	۱/۸۴	۲/۰۵	۲/۲۰	۱/۸۱	۱/۹۸	۲/۱۱	۱/۷۷	۱/۸۹	۱/۹۹	۱/۷۴	۱/۸۴	۱/۹۱
۱۳	۱/۹۱	۲/۲۳	۲/۴۸	۱/۸۵	۲/۱۳	۲/۳۳	۱/۷۹	۲/۰۱	۲/۱۷	۱/۷۶	۱/۹۵	۲/۰۸	۱/۷۲	۱/۸۶	۱/۹۶	۱/۷۰	۱/۸۰	۱/۸۸
۱۳/۵	۱/۸۶	۲/۲۰	۲/۴۶	۱/۸۱	۲/۰۹	۲/۳۰	۱/۷۵	۱/۹۸	۲/۱۴	۱/۷۲	۱/۹۱	۲/۰۵	۱/۶۸	۱/۸۳	۱/۹۳	۱/۶۵	۱/۷۷	۱/۸۶
۱۴	۱/۸۲	۲/۱۷	۲/۴۳	۱/۷۶	۲/۰۶	۲/۲۸	۱/۷۱	۱/۹۵	۲/۱۲	۱/۶۷	۱/۸۸	۲/۰۳	۱/۶۴	۱/۸۰	۱/۹۱	۱/۶۱	۱/۷۴	۱/۸۳

ضریب فرسایش – درزهای بدون داول‌بار – با شانه بتنی

ضخامت دال (in)	ضریب K زیراساس – بستر (pci)																			
	۵۰			۱۰۰			۲۰۰			۳۰۰			۵۰۰			۷۰۰			
	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳
۴	۳/۴۶	۳/۴۹	۳/۵۰	۳/۴۲	۳/۳۹	۳/۳۸	۳/۳۸	۳/۳۲	۳/۳۰	۳/۳۶	۳/۲۹	۳/۲۵	۳/۲۳	۳/۲۶	۳/۲۱	۳/۲۸	۳/۲۴	۳/۱۶
۴/۵	۳/۳۲	۳/۳۹	۳/۴۰	۳/۲۸	۳/۲۸	۳/۲۸	۳/۲۴	۳/۱۹	۳/۱۸	۳/۲۲	۳/۱۶	۳/۱۳	۳/۱۹	۳/۱۲	۳/۰۸	۳/۱۵	۳/۰۹	۳/۰۴
۵	۳/۲۰	۳/۳۰	۳/۳۳	۳/۱۶	۳/۱۸	۳/۱۹	۳/۱۲	۳/۰۹	۳/۰۸	۳/۱۰	۳/۰۵	۳/۰۳	۳/۰۷	۳/۰۰	۲/۹۷	۳/۰۴	۲/۹۷	۲/۹۳
۵/۵	۳/۱۰	۳/۲۲	۳/۲۶	۳/۰۵	۳/۱۰	۳/۱۱	۳/۰۱	۳/۰۰	۲/۹۹	۲/۹۹	۲/۹۵	۲/۹۴	۲/۹۶	۲/۹۰	۲/۸۷	۲/۹۳	۲/۸۶	۲/۸۳
۶	۳/۰۰	۳/۱۵	۳/۲۰	۲/۹۵	۳/۰۲	۳/۰۵	۲/۹۰	۲/۹۲	۲/۸۸	۲/۸۸	۲/۸۷	۲/۸۶	۲/۸۶	۲/۸۱	۲/۷۹	۲/۸۳	۲/۷۷	۲/۷۴
۶/۵	۲/۹۱	۳/۰۸	۳/۱۴	۲/۸۶	۲/۹۶	۲/۹۹	۲/۸۱	۲/۸۵	۲/۸۶	۲/۷۹	۲/۷۹	۲/۷۹	۲/۷۶	۲/۷۳	۲/۷۲	۲/۷۴	۲/۶۸	۲/۶۷
۷	۲/۸۳	۳/۰۲	۳/۰۹	۲/۷۷	۲/۹۰	۲/۹۴	۲/۷۳	۲/۷۸	۲/۸۰	۲/۷۰	۲/۷۲	۲/۷۳	۲/۶۸	۲/۶۶	۲/۶۵	۲/۶۵	۲/۶۱	۲/۶۰
۷/۵	۲/۷۶	۲/۹۷	۳/۰۵	۲/۷۰	۲/۸۴	۲/۸۹	۲/۶۵	۲/۷۲	۲/۷۵	۲/۶۲	۲/۶۶	۲/۶۷	۲/۶۰	۲/۵۹	۲/۵۷	۲/۵۷	۲/۵۴	۲/۵۴
۸	۲/۶۹	۲/۹۲	۳/۰۱	۲/۶۳	۲/۷۹	۲/۸۴	۲/۵۷	۲/۶۷	۲/۷۰	۲/۵۵	۲/۶۱	۲/۶۲	۲/۵۲	۲/۵۳	۲/۵۱	۲/۵۰	۲/۴۸	۲/۴۸
۸/۵	۲/۶۳	۲/۸۸	۲/۹۷	۲/۵۶	۲/۷۴	۲/۸۰	۲/۵۱	۲/۶۲	۲/۶۵	۲/۴۸	۲/۵۵	۲/۵۸	۲/۴۵	۲/۴۸	۲/۴۹	۲/۴۳	۲/۴۳	۲/۴۳
۹	۲/۵۷	۲/۸۳	۲/۹۴	۲/۵۰	۲/۷۰	۲/۷۷	۲/۴۴	۲/۵۷	۲/۶۱	۲/۴۲	۲/۵۱	۲/۵۳	۲/۳۹	۲/۴۳	۲/۴۴	۲/۳۶	۲/۳۸	۲/۳۸
۹/۵	۲/۵۱	۲/۷۹	۲/۹۱	۲/۴۴	۲/۶۵	۲/۷۳	۲/۳۸	۲/۵۳	۲/۵۸	۲/۳۶	۲/۴۶	۲/۴۹	۲/۳۳	۲/۳۸	۲/۴۰	۲/۳۰	۲/۳۳	۲/۳۴
۱۰	۲/۴۶	۲/۷۵	۲/۸۸	۲/۳۹	۲/۶۱	۲/۷۰	۲/۳۳	۲/۴۹	۲/۵۴	۲/۳۰	۲/۴۲	۲/۴۶	۲/۲۷	۲/۳۴	۲/۳۶	۲/۲۴	۲/۲۸	۲/۲۹
۱۰/۵	۲/۴۱	۲/۷۲	۲/۸۵	۲/۳۳	۲/۵۸	۲/۶۷	۲/۲۷	۲/۴۵	۲/۵۱	۲/۲۴	۲/۳۴	۲/۴۲	۲/۲۰	۲/۳۰	۲/۳۲	۲/۱۹	۲/۲۴	۲/۲۶
۱۱	۲/۳۶	۲/۶۸	۲/۸۳	۲/۲۸	۲/۵۴	۲/۶۵	۲/۲۲	۲/۴۱	۲/۴۸	۲/۱۹	۲/۳۴	۲/۳۹	۲/۱۶	۲/۲۶	۲/۲۹	۲/۱۴	۲/۲۰	۲/۲۲
۱۱/۵	۲/۳۲	۲/۶۵	۲/۸۰	۲/۲۴	۲/۵۱	۲/۶۲	۲/۱۷	۲/۳۸	۲/۴۵	۲/۱۴	۲/۳۱	۲/۳۶	۲/۱۱	۲/۲۲	۲/۲۶	۲/۰۹	۲/۱۶	۲/۱۶
۱۲	۲/۲۸	۲/۶۲	۲/۷۸	۲/۱۹	۲/۴۸	۲/۵۹	۲/۱۳	۲/۳۴	۲/۴۳	۲/۱۰	۲/۲۷	۲/۳۳	۲/۰۶	۲/۱۹	۲/۲۳	۲/۰۴	۲/۱۳	۲/۱۶
۱۲/۵	۲/۲۴	۲/۵۹	۲/۷۶	۲/۱۵	۲/۴۵	۲/۵۷	۲/۰۹	۲/۳۱	۲/۴۰	۲/۰۵	۲/۲۴	۲/۳۱	۲/۰۲	۲/۱۵	۲/۲۰	۱/۹۹	۲/۱۰	۲/۱۳
۱۳	۲/۲۰	۲/۵۶	۲/۷۴	۲/۱۱	۲/۴۲	۲/۵۵	۲/۰۴	۲/۲۸	۲/۳۸	۲/۰۱	۲/۲۱	۲/۲۸	۱/۹۸	۲/۱۲	۲/۱۷	۱/۹۵	۲/۰۶	۲/۱۰
۱۳/۵	۲/۱۶	۲/۵۳	۲/۷۲	۲/۰۸	۲/۳۹	۲/۵۳	۲/۰۰	۲/۲۵	۲/۳۵	۱/۹۷	۲/۱۸	۲/۲۶	۱/۹۳	۲/۰۹	۲/۱۵	۱/۹۱	۲/۰۳	۲/۰۷
۱۴	۲/۱۳	۲/۵۱	۲/۷۰	۲/۰۴	۲/۳۶	۲/۵۱	۱/۹۷	۲/۲۳	۲/۳۳	۱/۹۳	۲/۱۵	۲/۲۴	۱/۸۹	۲/۰۶	۲/۱۲	۱/۸۷	۲/۰۰	۲/۰۵

ضریب فرسایش – درزهای بدون داول‌بار – با شانه بتنی



مثال طراحی به روش PCA

با فرض اطلاعات زیر، روسازی بتنی از نوع درزدار دارای میلگرد انتقال بار و بدون شانه بتنی را طراحی نمایید.

- دوره طراحی: ۲۰ سال؛
- راه چهار خطه بین استانی؛
- متوسط ترافیک روزانه در دو جهت: ۱۲۹۰۰ وسیله نقلیه؛
- متوسط ترافیک روزانه کامیون در دو جهت: ۱۹ درصد متوسط ترافیک روزانه وسایل نقلیه؛
- ضریب رشد سالیانه ترافیک: ۴ درصد؛
- اطلاعات مربوط به بار محور وسایل نقلیه مطابق جدول زیر است. در نمونه مورد بررسی ۱۳۲۱۵ کامیون شمارش شده که در بین آنها ۶۹۱۸ کامیون سبک دو محوری چهارچرخ و وانت بار وجود داشته است.
- ضریب عکس‌العمل بستر (k): ۱۰۰ pci
- ضخامت لایه زیراساس با مصالح سنگی: ۴ in.

ضریب اطمینان بار: ۱/۲

- ضریب گسیختگی بتن (MR): ۶۵۰ psi

مثال طراحی به روش PCA

ضریب رشد ترافیک در دوره طراحی $= (1+0.04)^{\frac{20}{2}} = 1.5$

(در طول دوره طراحی) ADT=12900×1.5=19350

ADTT=19350×0.19=3680

با استفاده از شکل (پ-۱-۷) و به ازای متوسط ترافیک روزانه در یک جهت (۹۶۷۵=۲÷۱۹۳۵۰)، نسبت کامیون در خط سمت راست برابر ۰/۸۱ به‌دست می‌آید. متوسط ترافیک روزانه در شکل (پ-۱-۷) پس از اعمال ضریب رشد ترافیک در دوره طراحی در نظر گرفته می‌شود.

برای محاسبه ترافیک کامیون در دوره طراحی ۲۰ سال از رابطه (پ-۱-۶) استفاده می‌شود:

تعداد کامیون در طول دوره طراحی $= ADTT \times GF \times LF \times DF \times n \times 365 =$

$(0.19\times12900)\times1.5\times0.5\times0.81\times20\times365=10870000$

مثال طراحی به روش PCA

در ادامه، جدول مربوط به بار محوری تکمیل می‌شود. از آنجا که در نمونه مورد بررسی ۱۳۲۱۵ کامیون شمارش شده و از این تعداد، ۶۹۱۸ کامیون سبک دو محوری چهارچرخ و وانت بار وجود داشته است (یعنی ۵۲ درصد کل کامیون‌ها) بنابراین، لازم است که این تعداد از تحلیل خارج شوند. در نتیجه با تقسیم داده‌های موجود در ستون ۲ بر حاصل عبارت (۰/۵۲-۱)، اعداد ستون سوم به‌دست می‌آیند. اعداد ستون چهارم نیز از ضرب اعداد ستون سوم در عبارت (۱۰۰۰/تعداد کامیون در دوره طرح) به‌دست می‌آیند.

مثال طراحی به روش PCA

(۱) بار محوری (kips)	(۲) تعداد محورها به ازای هر ۱۰۰۰ کامیون	(۳) تعداد محورهای تعدیل شده به ازای هر ۱۰۰۰ کامیون	(۴) تعداد محورها در دوره طراحی
تک محوره			
۲۸-۳۰	۰/۲۸	۰/۵۸	۶۳۱۰
۲۶-۲۸	۰/۶۵	۱/۳۵	۱۴۶۹۰
۲۴-۲۶	۱/۳۳	۲/۷۷	۳۰۱۴۰
۲۲-۲۴	۲/۸۴	۵/۹۲	۶۴۴۱۰
۲۰-۲۲	۴/۷۲	۹/۸۳	۱۰۶۹۰۰
۱۸-۲۰	۱۰/۴۰	۲۱/۶۷	۲۳۵۸۰۰
۱۶-۱۸	۱۳/۵۶	۲۸/۲۴	۳۰۷۲۰۰
۱۴-۱۶	۱۸/۶۴	۳۸/۸۳	۴۲۲۵۰۰
۱۲-۱۴	۲۵/۸۹	۵۳/۹۴	۵۸۶۹۰۰
۱۰-۱۲	۸۱/۰۵	۱۶۸/۸۵	۱۸۳۷۰۰۰

مثال طراحی به روش PCA

(۱) بار محوری (kips)	(۲) تعداد محورها به ازای هر ۱۰۰۰ کامیون	(۳) تعداد محورهای تعدیل شده به ازای هر ۱۰۰۰ کامیون	(۴) تعداد محورها در دوره طراحی
محور مرکب			
۴۸-۵۲	۰/۹۴	۱/۹۸	۲۱۳۲۰
۴۴-۴۸	۱/۸۹	۳/۹۴	۴۲۸۷۰
۴۰-۴۴	۵/۵۱	۱۱/۴۸	۱۲۴۹۰۰
۳۶-۴۰	۱۶/۴۵	۳۴/۲۷	۳۷۲۹۰۰
۳۲-۳۶	۳۹/۰۸	۸۱/۴۲	۸۸۵۸۰۰
۲۸-۳۲	۴۱/۰۶	۸۵/۵۴	۹۳۰۷۰۰
۲۴-۲۸	۷۳/۰۷	۱۵۲/۲۳	۱۶۵۶۰۰۰
۲۰-۲۴	۴۳/۴۵	۹۰/۵۲	۹۸۴۹۰۰
۱۶-۲۰	۵۴/۱۵	۱۱۲/۸۱	۱۲۲۷۰۰۰
۱۲-۱۶	۵۹/۸۵	۱۲۴/۶۹	۱۳۵۶۰۰۰

مثال طراحی به روش PCA

(۱) بار محوری (kips)	(۲) تعداد محورها به ازای هر ۱۰۰۰ کامیون	(۳) تعداد محورهای تعدیل شده به ازای هر ۱۰۰۰ کامیون	(۴) تعداد محورها در دوره طراحی
محور مرکب			
۴۸-۵۲	۰/۹۴	۱/۹۸	۲۱۳۲۰
۴۴-۴۸	۱/۸۹	۳/۹۴	۴۲۸۷۰
۴۰-۴۴	۵/۵۱	۱۱/۴۸	۱۲۴۹۰۰
۳۶-۴۰	۱۶/۴۵	۳۴/۲۷	۳۷۲۹۰۰
۳۲-۳۶	۳۹/۰۸	۸۱/۴۲	۸۸۵۸۰۰
۲۸-۳۲	۴۱/۰۶	۸۵/۵۴	۹۳۰۷۰۰
۲۴-۲۸	۷۳/۰۷	۱۵۲/۲۳	۱۶۵۶۰۰۰
۲۰-۲۴	۴۳/۴۵	۹۰/۵۲	۹۸۴۹۰۰
۱۶-۲۰	۵۴/۱۵	۱۱۲/۸۱	۱۲۲۷۰۰۰
۱۲-۱۶	۵۹/۸۵	۱۲۴/۶۹	۱۳۵۶۰۰۰

مثال طراحی به روش PCA

نام پروژه:
ضخامت اولیه (مقدار فرضی): 9/5 in.
ضریب عکس العمل بستر- زیراساس (K): ۱۳۰ pci
ضریب گسیختگی بتن (MR): ۶۵۰ psi
ضریب اطمینان بار (LSF): ۱/۲

دارای درزهای شامل میلگرد انتقال بار: بله...✔.. خیر.....
دارای شانه بتنی: بله..... خیر...✔...
دوره طراحی: ۲۰ سال
ضخامت زیراساس: 4 in

بار محوری (kips)	ضرب در ضریب اطمینان بار	تعداد تکرار پیش‌بینی شده	تحلیل خستگی: تعداد تکرار مجاز	تحلیل خستگی: درصد خستگی	تحلیل فرسایش: تعداد تکرار مجاز	تحلیل فرسایش: درصد فرسایش
۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
۸- تنش معادل: ۲۰۶		۹- ضریب نسبت تنش: ۰/۳۱۷		۱۰- ضریب فرسایش: ۲/۵۹		
محورهای منفرد						
۳۰	۳۶	۶۳۱۰	۲۷۰۰۰	۲۳/۳	۱۵۰۰۰۰۰	۰/۴
۲۸	۳۳/۶	۱۴۶۹۰	۷۷۰۰۰	۱۹/۱	۲۲۰۰۰۰۰	۰/۷
۲۶	۳۱/۲	۳۰۱۴۰	۲۳۰۰۰۰	۱۳/۱	۳۵۰۰۰۰۰	۰/۹
۲۴	۲۸/۸	۶۴۴۱۰	۱۲۰۰۰۰۰	۵/۴	۵۹۰۰۰۰۰	۱/۱
۲۲	۲۶/۴	۱۰۶۹۰۰	نامحدود	۰	۱۱۰۰۰۰۰۰	۱/۰
۲۰	۲۴/۰	۲۳۵۸۰۰	نامحدود	۰	۲۳۰۰۰۰۰۰	۱/۰
۱۸	۲۱/۶	۳۰۷۲۰۰	نامحدود	۰	۶۴۰۰۰۰۰۰	۰/۵
۱۶	۱۹/۲	۴۲۲۵۰۰	نامحدود	۰	نامحدود	۰
۱۴	۱۶/۸	۵۸۶۹۰۰	نامحدود	۰	نامحدود	۰
۱۲	۱۴/۴	۱۸۳۷۰۰۰	نامحدود	۰	نامحدود	۰
۱۱- تنش معادل: ۱۹۲		۱۲- ضریب نسبت تنش: ۰/۲۹۵		۱۳- ضریب فرسایش: ۲/۷۹		

محورهای مرکب						
۵۲	۶۲/۴	۲۱۳۲۰	۱۱۰۰۰۰۰	۱/۹	۹۲۰۰۰۰	۲/۳
۴۸	۵۴/۶	۴۲۸۷۰	نامحدود	۰	۱۵۰۰۰۰۰	۲/۹
۴۴	۵۲/۸	۱۲۴۹۰۰	نامحدود	۰	۲۵۰۰۰۰۰	۵/۰
۴۰	۴۸/۰	۳۷۲۹۰۰	نامحدود	۰	۴۶۰۰۰۰۰	۸/۱
۳۶	۴۳/۲	۸۸۵۸۰۰	نامحدود	۰	۹۵۰۰۰۰۰	۹/۳
۳۲	۳۸/۴	۹۳۰۷۰۰	نامحدود	۰	۲۴۰۰۰۰۰۰	۳/۹
۲۸	۳۳/۶	۱۶۵۶۰۰۰	نامحدود	۰	۹۲۰۰۰۰۰۰	۱/۸
۲۴	۲۸/۸	۹۸۴۹۰۰	نامحدود	۰	نامحدود	۰
۲۰	۲۴/۰	۱۲۲۷۰۰۰	نامحدود	۰	نامحدود	۰
۱۶	۱۹/۲	۱۳۵۶۰۰۰	نامحدود	۰		
		جمع:	۶۲/۸		جمع:	۳۸/۹