ضوابط طراحی واجرای روسازی بتن غلطکی

فریدون مقدس نژاد

استاد و مدیر گروه راه و حمل و نقل دانشگاه صنعتی امیر کبیر (پلی تکنیک)

معرفی کلی روسازی بتن غلتکی

افزایش زیاد قیمت قیر و به دنبال آن افزایش چندبرابری هزینه تولید آسفالت

مشکلات حمل و دپوی قیر

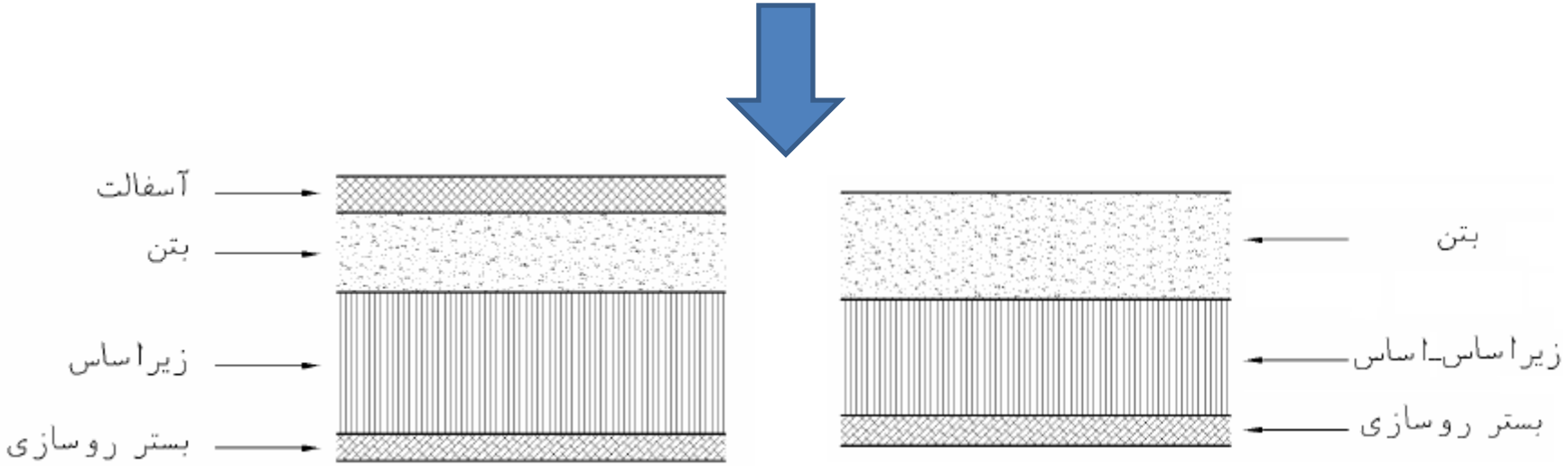
مشکلات ناشی از ادوات و روش تولید، حمل و اجرای آسفالت گرم در کشور

یافتن روشی جایگزین برای روسازی آسفالتی راهها

ارزانتر بودن سیمان در کشور مقایسه با قیر

تولید انبوه و پراکندگی نسبی بیشتر مراکز توزیع سیمان در مقایسه با توزیع قیر در کشور

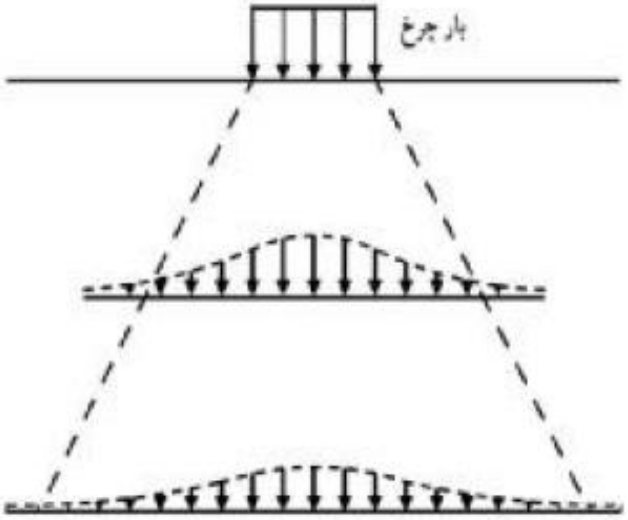
آسانتر بودن شرایط حمل و دپوی سیمان در مقایسه با قیر



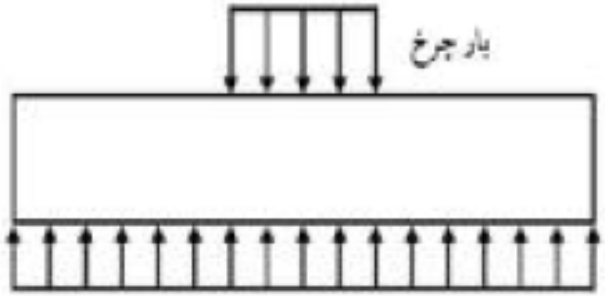
مقطع تیپ روسازی بتنی

مقطع تیپ روسازی مختلط

(بر اساس نشریه ۲۳۴)



نمایش شماتیک توزیع بار چرخ در روسازی انعطاف پذیر (توزیع در عمق)



نمایش شماتیک توزیع بار چرخ در روسازی صلب (توزیع در مساحتی گسترده)

انواع متداول روسازی های بتنی

۱. **غیرمسلح درزدار** JPCP (Joint Plain Concrete Pavement) ← بتن غلتکی RCC

۲. **مسلح پیوسته** CRCP (Continues Reinforced Concrete Pavement)

۳. **مسلح درزدار** JRCP (Jointed Reinforced Concrete Pavement)

۴. **پیش تنیده** PCP (Prestressed Concrete Pavement)

معرفی بتن غلتکی:

- بتن غلتکی بتنی است با خصوصیات :
-
  - اسلامپ صفر
  - بدون نیاز به قالب بندی
  - بدون نیاز به فولاد تسلیح کننده
  - بدون نیاز به پرداخت نهایی سطح
  - قابل تراکم با غلتکهای ویبراتوری معمولی

- و تفاوت عمده آن با بتن غلتکی مصرفی در سدسازی:
  - مقاومت بالاتر
  - مصرف سیمان بیشتر
  - حداکثر سنگدانه های کوچکتر

مزایای استفاده:

- **استفاده از بتن غلتکی به دلیل:**
-
  - **هزینه کم (ساخت اولیه و نیز دوره عمر)**
  - **آماده سازی سریع تر**
  - **ساخت سریع (امکان انجام عملیات در حجم بالا)**
  - **مقاومت و دوام بالا در مواجهه با تردد وسائط سنگین**
  - **حذف خرابی شیارشدگی، عریان شدگی و چاله ها**
  - **سطح روشن**
  - **مزایای زیست محیطی (کاهش اثر گاز گلخانه ای)**

جاذبه ها:

چرا گرایش پیدا کردیم؟

- **ایجاد ناهمواریهای گسترده در راههای آسفالتی دارای محورهای سنگین**
- **نیاز به کاهش مشکلات فنی و کاهش دوره تعمیرات**
- **امید به ایجاد بستر لازم جهت کسب تجربه در فناوریهای نو**
- **رقابت جدی تولیدات سیمانی در زمینه قیمت تمام شده**
- **نیاز به ارتقای کیفی روسازی در شبکه راههای کشور**
- **روند توسعه کارخانه های کشور**

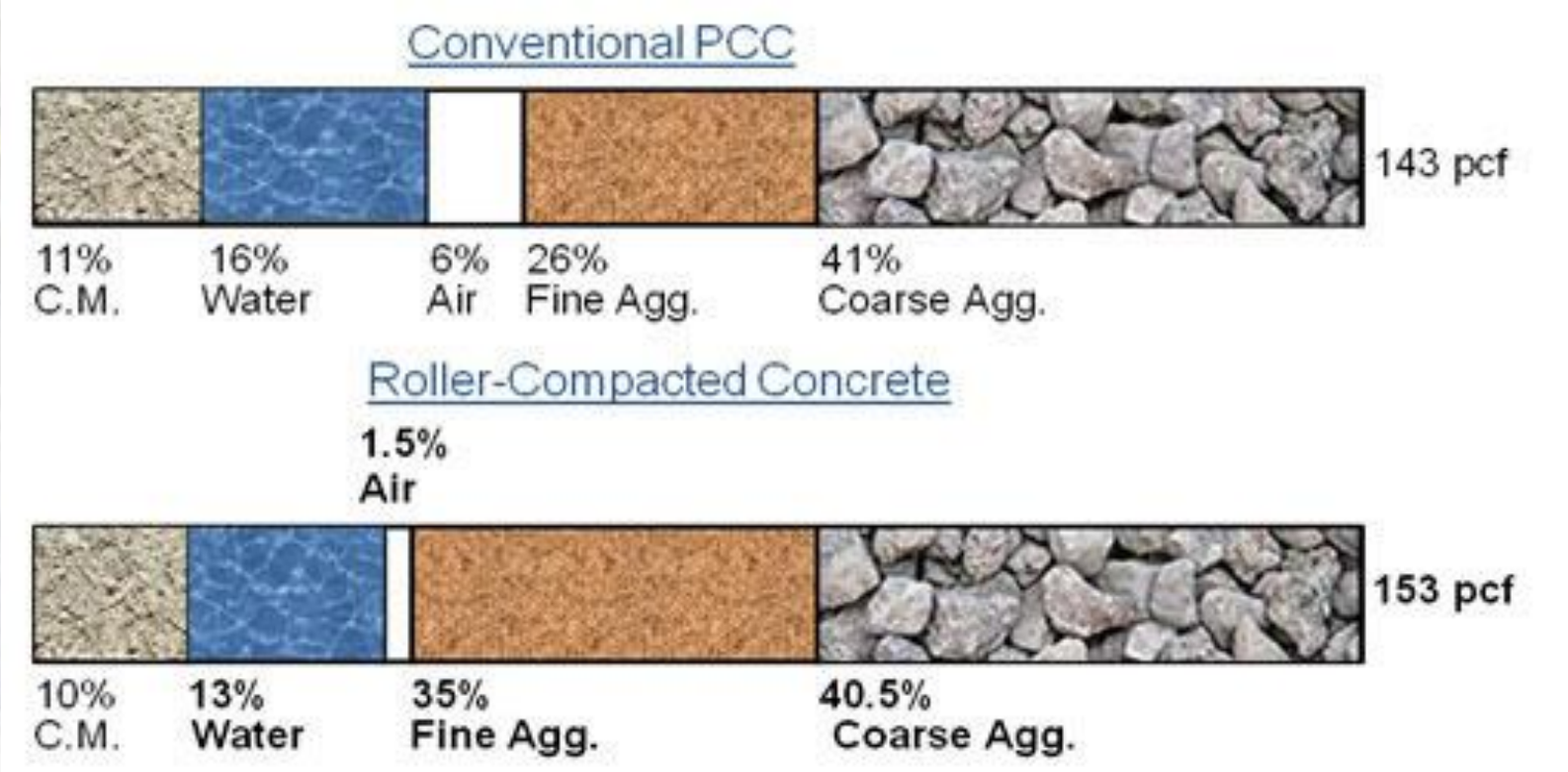
دافعه ها :

- وجود منابع نفتی از جمله قیر فراوان در ایران
- ارزانی قیمت قیر در گذشته
- سابقه استفاده گسترده از مصالح آسفالتی و داشتن اطلاعات و تجربیات مناسب در این زمینه
- عدم تحقیق در مورد گزینه های جایگزین
- عدم وجود تجربه در کشور

چرا گرایش پیدانکردیم؟

تفاوت ها :

مقایسه میان بتن غلتکی و بتن متعارف



بتن غلتکی

۱– مورد استفاده در ساخت سدها

۲– مورد استفاده در روسازی راهها

بتن غلتکی RCC (Roller Compacted Concrete) روسازی راهها :

- مخلوط سفت و نسبتا خشکی از سنگ دانه ها (با اندازه معمولا حداکثر ۱۹ میلی متر)، مواد سیمانی و آب
- پخش توسط دستگاههای متداول روسازی آسفالتی (فینیشر) با انجام برخی اصلاحات
- تراکم توسط غلتک فولادی ویبره ای، قبل از سفت شدن مخلوط (در لایه هایی با ضخامت معمولا حداکثر ۲۰ سانتی متر)
- برای دستیابی به کیفیت بهتر سطح، برای تراکم نهایی استفاده از غلتک چرخ لاستیکی
- انجام عملیات عمل آوری و تبدیل سیمان به بتن در اثر هیدراتاسیون

در سال های اولیه توسعه

نبود امکانات لازم ،
دشواری های موجود برای
دستیابی به الزامات صافی سطح
روسازی

عمدتا مورد استفاده در
جاده های با سرعت ترافیک پایین

پس از سال ۱۹۸۵

پیشرفت تکنولوژی و ساخت پخش کننده
های مجهز به میله های کوبنده،
انجام عمده تراکم در مرحله پخش بتن،
احتیاج به تراکم کمی در مرحله غلتک
زنی

امکان استفاده برای
سرعتهای بالاتر

مزایا و محدودیت های روسازی بتن غلتکی در مقایسه با روسازی آسفالتی

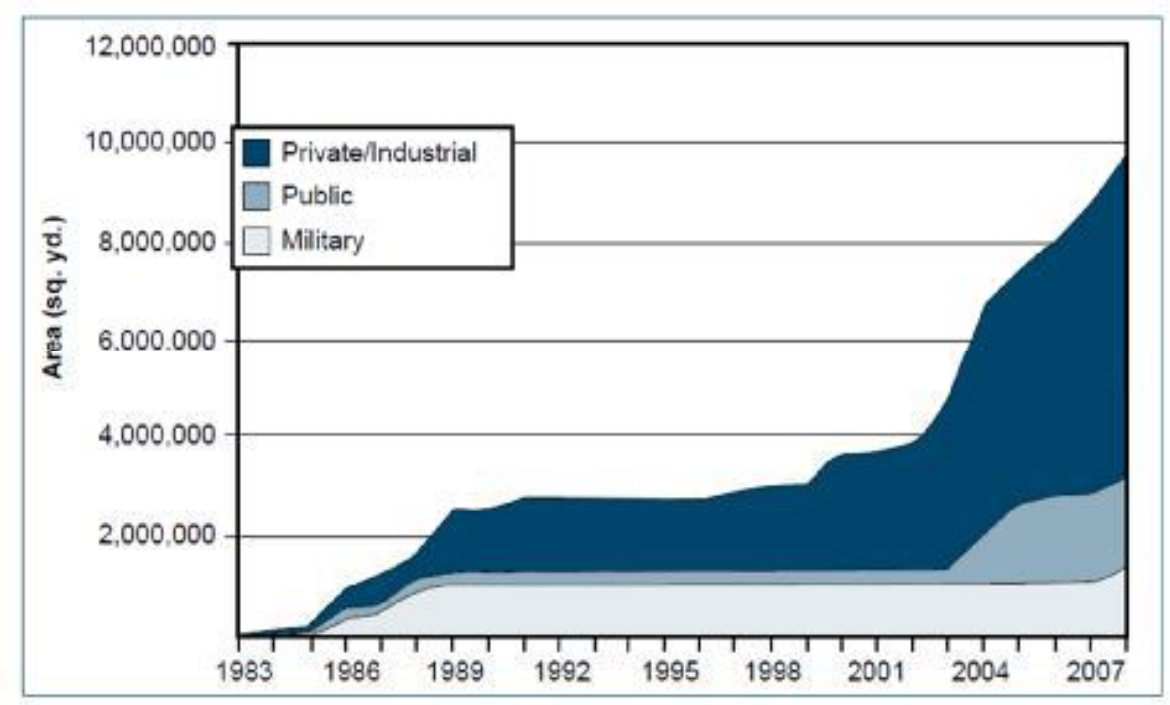
مزایا	محدودیتها
• اقتصادی تر بودن آن • سهولت و سرعت بیشتراجرا به نسبت دیگر روسازیهای بتنی، بدلیل نداشتن میلگرد در ساخت آن • کاهش ترک های انقباضی بدلیل نسبت کم آب به سیمان • امکان طراحی برای مقاومت خمشی بالا و مقاومت فشاری و برشی بسیار بالا در مکان های با بار سنگین عبوری • نفوذپذیری پایین آن (جلوگیری از ورود آب به لایه های زیرین و کاهش آسیب به روسازی در شرایط چرخه ذوب و یخ)	• نبود دانش کافی در میان پیمانکاران کشور در خصوص این روسازی • در صورت عدم استفاده از ابزارهای ویژه، سطح ایجاد شده در اتمام کار برای عبور وسایل نقلیه با سرعت بالا مناسب نیست • نیازمند استفاده از همزن های بسیار قوی به دلیل خشک بودن مخلوط بتن غلتکی • کمتر بودن میزان تولید بتن غلتکی در میکسر و انتقال آن به نسبت بتن معمولی است

مزایا و محدودیت های روسازی بتن غلتکی در مقایسه با روسازی آسفالتی

مزایا	محدودیتها
• جلوگیری از بروز خرابی شیارشدگی • کاهش نیاز به روشنایی بدلیل روشن بودن سطح روسازی • امکان استفاده در مناطق سردسیر (بدلیل مقاومت بالا در برابر چرخه ذوب و یخ روسازی)	• اختلاف زمانی کم (کمتر از ۱ ساعت) بین اجرای لایه های بتن غلتکی به منظور اطمینان از چسبندگی لایه ها • تراکم بسیار مشکل لبه های لایه های روسازی • بسیار مهم بودن مراقبت و نگهداری در زمان اجرا، خصوصا در هوای گرم (با توجه به آب نسبتاً کم در روسازی بتن غلتکی)

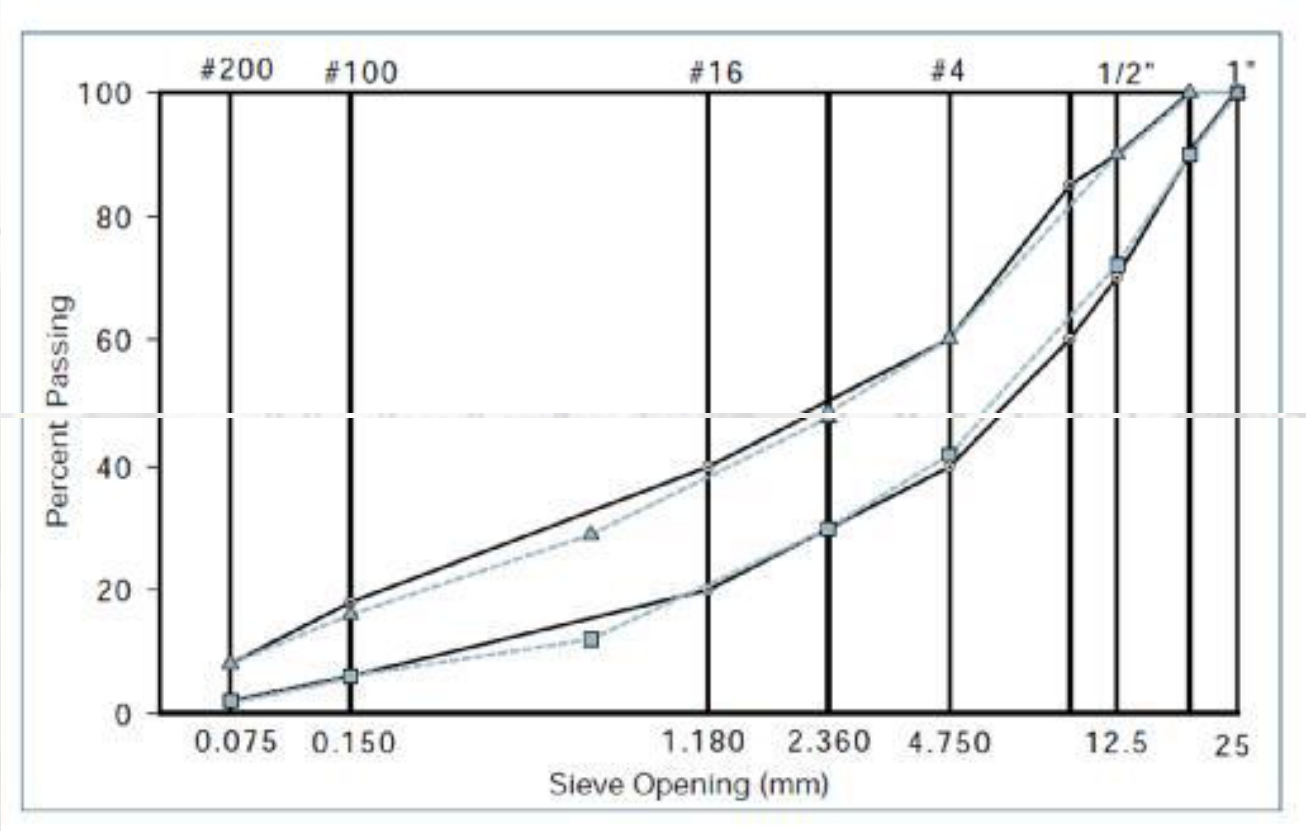
موارد عمده کاربرد روسازی بتن غلتکی

۱. روسازی جاده های ویژه وسایل نقلیه سنگین کم سرعت و وسایل نقلیه نظامی زنجیردار
۲. روسازی جاده های با شیب زیاد
۳. خیابان های محلی
۴. سیستم چند لایه ای برای بزرگراهها با سرعت بالا (در زیر لایه آسفالتی)
۵. روسازی ترمینالهای بار و باراندازها
۶. پارکینگها و راههای سرویس فرودگاهها
۷. روسازی کف انبارهای سرپوشیده و محوطه های دپو
۸. تعریض و شانه سازی جاده ها (خصوصا در مناطق با مقاومت کم شانه مسیر)
۹. پارکینگ خودروها و راههای تردد داخل سازمانها



رشد استفاده از روسازی بتن غلتکی در بخشهای عمومی و خصوصا صنعتی

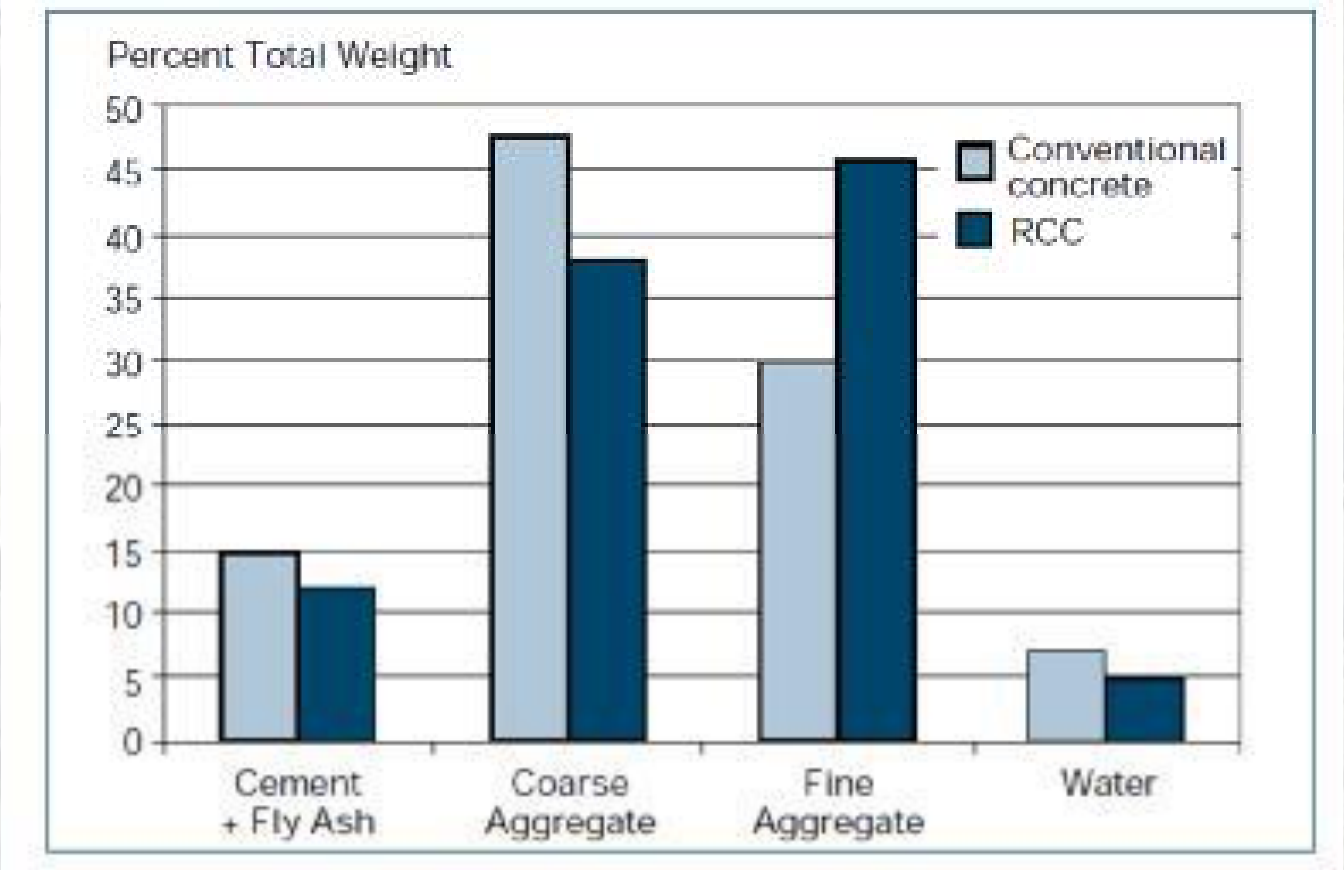
(Guide for Roller-Compacted Concrete Pavement, Iowa State University, August 2010)



مقایسه محدوده دانه بندی نمونه بتن غلتکی (خط پر) و بیندر آسفالتی (نقطه چین)

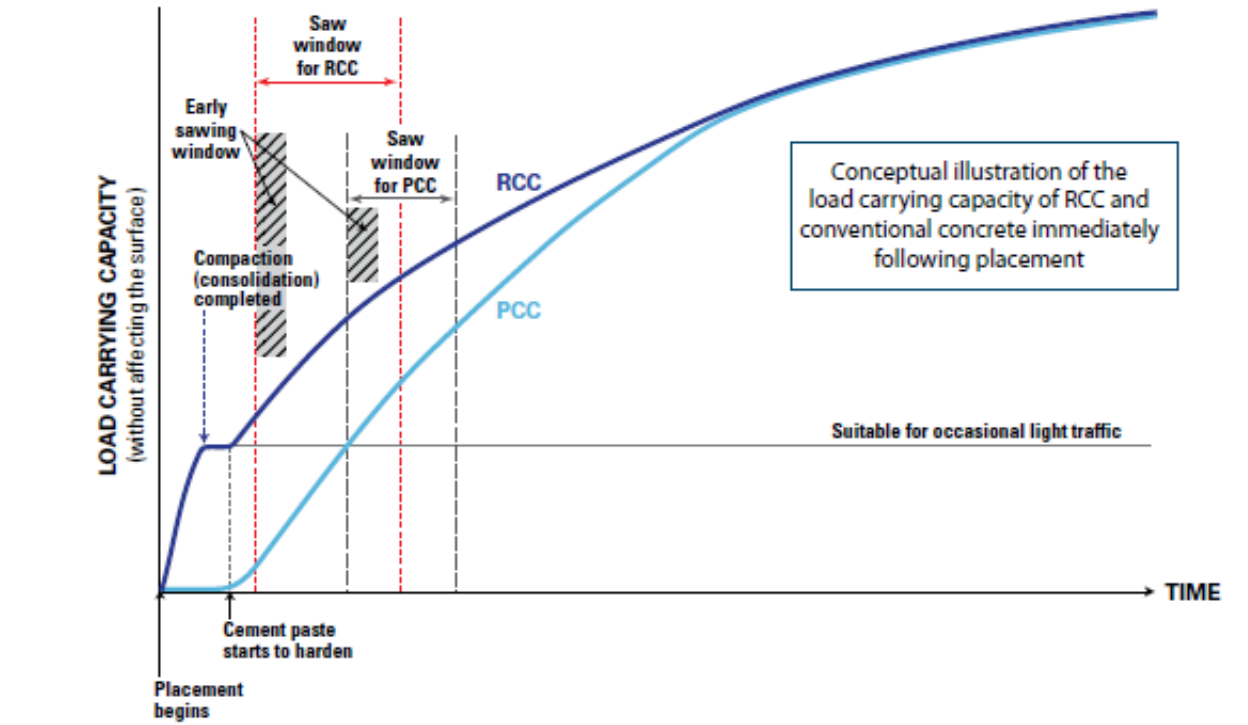
(نمایانگر انطباق نسبی دانه بندی با تفاوت کمی در میزان ریزدانه)

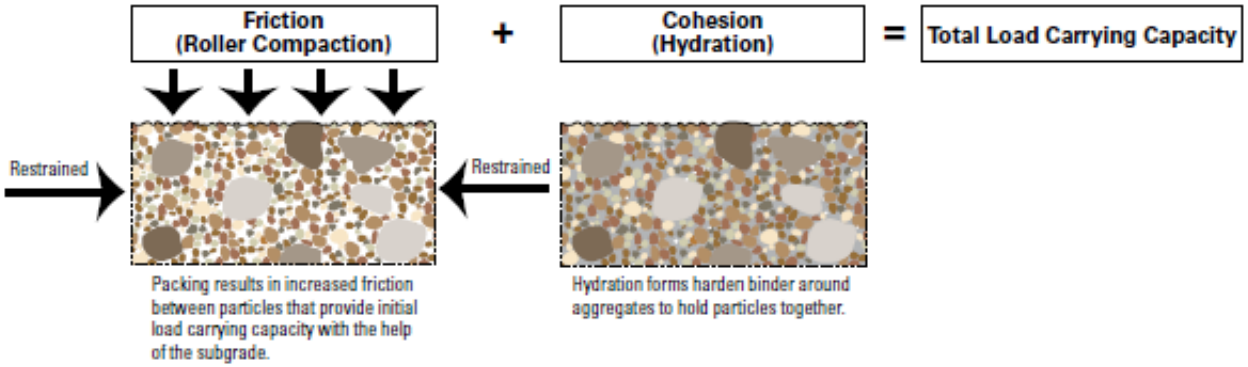
(Guide for Roller-Compacted Concrete Pavement, Iowa State University, August 2010)



مقایسه میزان وزنی مصالح به کار رفته در نمونه بتن معمولی (آبی کمرنگ) و بتن غلتکی (آبی پررنگ)

(بتن معمولی درشت دانه تر و بتن غلتکی ریزدانه تر)


Saw window for RCC
Early sawing window
Saw window for PCC
RCC
PCC
Compaction (consolidation) completed
LOAD CARRYING CAPACITY
(without affecting the surface)
Conceptual illustration of the load carrying capacity of RCC and conventional concrete immediately following placement
Suitable for occasional light traffic
TIME
Cement paste starts to harden
Placement begins


Friction (Roller Compaction)
+
Cohesion (Hydration)
=
Total Load Carrying Capacity
Restrained
Restrained
Packing results in increased friction between particles that provide initial load carrying capacity with the help of the subgrade.
Hydration forms harden binder around aggregates to hold particles together.

خواص و کارایی بتن غلتکی

خواص بتن غلتکی

۱– کارآیی

- بتنی است بسیار سفت و خشک، با میزان آب بسیار کمتر از بتن های معمولی (جهت تحمل وزن غلتک)
- تعیین روانی با آزمایش وی بی اصلاح شده (اشاره شده در استاندارد ASTM C1170)
- کاهش کارایی آن پس از ساخت مخلوط در طی زمان
- کندگیر کننده ها جهت افزایش فرصت کاری

۲– جداشدگی

- عوامل تشدید کننده جداشدگی در این نوع بتن ها :

خشک بودن مخلوط، پائین بودن مقدار مواد سیمانی، درشت بودن اندازه حداکثر سنگدانه ها

خواص بتن غلتکی

۳– آب انداختگی

- به علت کم بودن آب اختلاط، پدیده آب انداختگی و ایجاد لایه ضعیف روی سطح بتن مسئله ساز نبوده و از مزایای این نوع بتن می باشد

۴– جرم حجمی و درجه تراکم

- جرم حجمی متعارف بتن غلتکی حدود ۲۴۰۰ تا ۲۵۰۰کیلوگرم بر متر مکعب
- تاثیر بسیار مهم میزان تراکم بر جرم حجمی، پارامترهای مقاومتی و دوام بتن غلتکی (با توجه به خشکی مخلوطهای بتن غلتکی)
- لذا درصد رطوبت مخلوط باید نزدیک به درصد رطوبت بهینه آن باشد

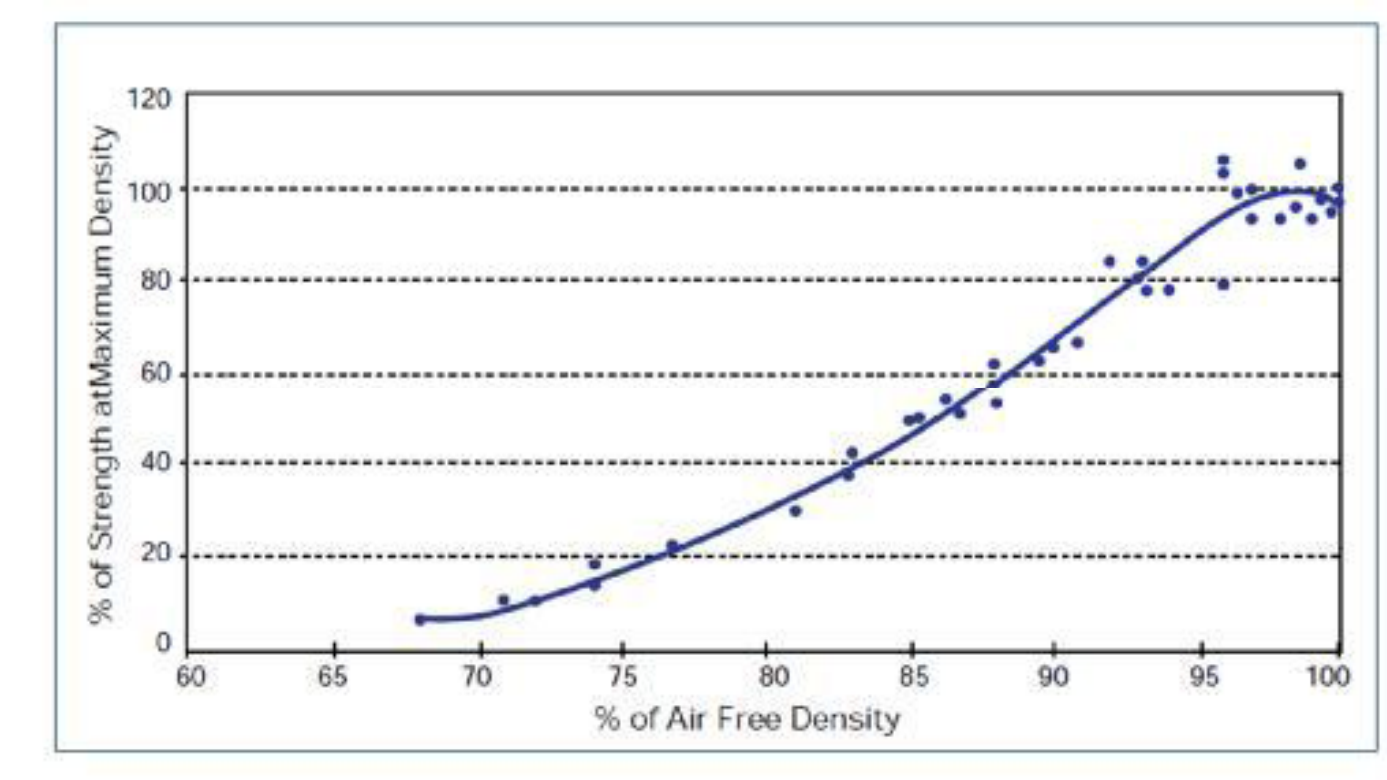
خواص بتن غلتکی

۵– مقاومت فشاری

- مقاومت فشاری آن متاثر از درجه تراکم و پارامتر نسبت آب به سیمان (مقاومت فشاری ۲۸ تا ۴۰ مگا پاسکال)
- افزایش مقاومت آن به علت توسعه فرایند هیدراتاسیون سیمان در طی زمان، مشابه بتن های معمولی
- عدم عمل آوری مرطوب، سبب افت قابل توجه مقاومت فشاری
- تأثیر نسبتاً کم عمل آوری صرفا با پوششهای غشایی، در جلوگیری از افت مقاومت فشاری

۶– مقاومت خمشی

- همانند مقاومت فشاری بتن غلتکی، متاثر از درجه تراکم و پارامتر نسبت آب به سیمان (۳.۵ تا ۷ مگاپاسکال)
- اهمیت اجرای زیرسازی مناسب



افزایش مقاومت بتن غلتکی در اثر کاهش درصد هوای مخلوط، طی در فرآیند تراکم

(بیشترین مقاومت مخلوط بتن غلطکی در تراکم حداکثر)

(Guide for Roller-Compacted Concrete Pavement, Iowa State University, August 2010)

الف. خواص بتن غلتکی

۷– مدول الاستیسیته

- مدول الاستیسیته آن برابر و یا قدری بالاتر از بتن های معمولی با درصد سیمان مشابه

۸– خستگی

- برای مقادیر درصد سیمان مشابه، مقاومت خستگی بتنهای غلتکی بیشتر از بتن معمولی (بدلیل نسبت آب به سیمان کمتر)
- شروع ترکها، در مخلوطهای با درصد سنگدانه ریزتر، دیرتر از مخلوطهای با سنگدانه درشت تر
- نقش مهم تراکم مخلوط بر رفتار خستگی و عمر خستگی آن

الف. خواص بتن غلتکی

۹– جذب آب

- جذب آب کم مخلوطهای بتن غلتکی روسازی (حدود ۲/۵ تا ۳/۵درصد)

۱۰– جمع شدگی ناشی از خشک شدن

- اغلب از بریدن درزها پرهیز شده و اجازه داده می شود ترک ها به صورت تصادفی ایجاد شوند
- فواصل ترکها از حدود ۶ تا ۲۸ متر و بیشتر گزارش شده اند

۱۱– دوام در برابر سولفات ها

- دوام مناسب آن در برابر محیط های سولفاتی، در صورت کاربرد سیمان نوع ۵ (ضدسولفات)

الف. خواص بتن غلتکی

۱۲– دوام در برابر ذوب و انجماد

- دشوار بودن ایجاد هوازایی در آن، جهت مقاوم سازی در برابر شرایط ذوب و انجماد
- عملکرد خوب روسازی های بتن غلتکی در شرایط ذوب و انجماد

ب. عملکرد بتن غلتکی

۱– انتقال بار از درزها

- عدم ایجاد داول یا برش گیر در آن
- عمدتا اجازه می دهند ترکها به صورت طبیعی ایجاد شوند

(که منجر به فواصل نسبتاً طولانی و متغیر ترکها می شود)

ب. عملکرد بتن غلتکی

مسطح بودن سطح

- نیاز به مقادیر بالاتری از معیار مسطح بودن، برای کیفیت قابل قبول تردد در سرعتهای بالا
- عوامل موثر بر صافی سطح :

– پرهیز از ضخامت زیاد لایه بتن غلتکی و اجرای ضخامتهای بالا در بیش از یک لایه

– انجام تراکم کافی توسط دستگاه پخش کننده مخلوط بتنی و نماندن بخش قابل توجهی از تراکم برای مرحله غلتک زنی (خصوصا برای قابلیت عبور سرعتهای بالاتر ترافیک)

– زیرسازی مناسب

ب. عملکرد بتن غلتکی

مقاومت در برابر لغزش

- بافت سطح آن، عمدتا غیر مرتبط و با فضاهای خالی و نسبتاً باز
- وضعیت بافت متاثر از : نوع مخلوط و روش ریختن و تراکم آن
- سطح روسازی بتن غلتکی برای ترافیک با سرعت بالا مناسب نبوده و با ایجاد بافت سطحی باید سطح آن زبر شود

ب. عملکرد بتن غلتکی

۶– مقاومت در برابر سایش

- عوامل موثر بر مقاومت در برابر سایش بتن غلتکی :

– نوع سنگدانه – درصد سیمان – نسبت آب به سیمان

–کیفیت عمل آوری و درصد هوا – نوع اجرا

- اهمیت بیشتر عمل آوری آن در مقایسه با بتن معمولی (عمل آوری ناکافی، سبب ضعف رویه سطحی)
- افزایش قابل ملاحظه مقاومت بتن غلتکی در برابر سایش با افزایش مقاومت فشاری

طراحی روسازی بتن غلطکی

- **از سایر روش های طراحی روسازی بتنی می توان استفاده کرد**

۱. **روش** AASHTO
۲. **روش** PCA

نکات طراحی

در روش PCA فرض می کند مقاومت خمشی ۲۸ روزه روسازی بتنی معمولی بین ۶۰۰ تا ۶۵۰ PSI باشد. این موضوع در موردروسازی بتن غلطکی با توجه به علت متغیر بودن مقاومت و فرایند ساخت، دارای انحراف استاندارد بالا و مقاومت خمشی بین ۴۰۰ تا ۷۰۰ می باشد. این موضوع بیانگر این است که بایدضریب اطمینان بالای در نظر گفت یا مقاومتی پایین تر از مقاومت های در محل در نظر گرفت که غیر اقتصادی است

نکات طراحی

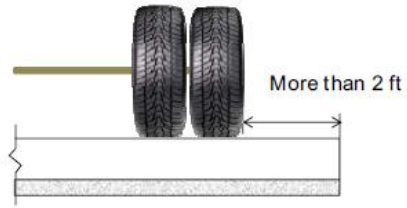


Figure 3.5 Supported edge condition

- **همچنین در** PCA **فرض بر وجود داول در درز یا قفل شدگی** (INTERLOCKING) **دارد. در حالیکه که در بتن غلطکی اگر اجرای درز در مراحل اولیه گرفتن بتن و به منظور کنترل ترک خوردگی ناشی**SHERINKAGE **صورت گیرد منجر به دانه دانه شدن بتن می شود.لذا عملا درج اجرا نمی کنند. لذا احتمال ترک خوردگی در فواصل زیاد و عریض بودن ترک و فقدان قفل شدگی وجود دارد.**
- **لذا می بایست طراحی با مقاومت پایین انجام شد که در نتیجه ضخیم تر از روسازی بتنی معمول حاصل می شود** (RCCP, ARIZONA DOT FHWA-AZ88-832,

طراحی روسازی بتن غلطکی بر اساس روش ACI

- سریع و ساده است
- به داده های ورودی زیادی نیاز ندارد
- داده های ورودی (مشخصات مصالح) برای شرایط کشور براحتی قابل تعیین است
- از دقت کافی برخودار است

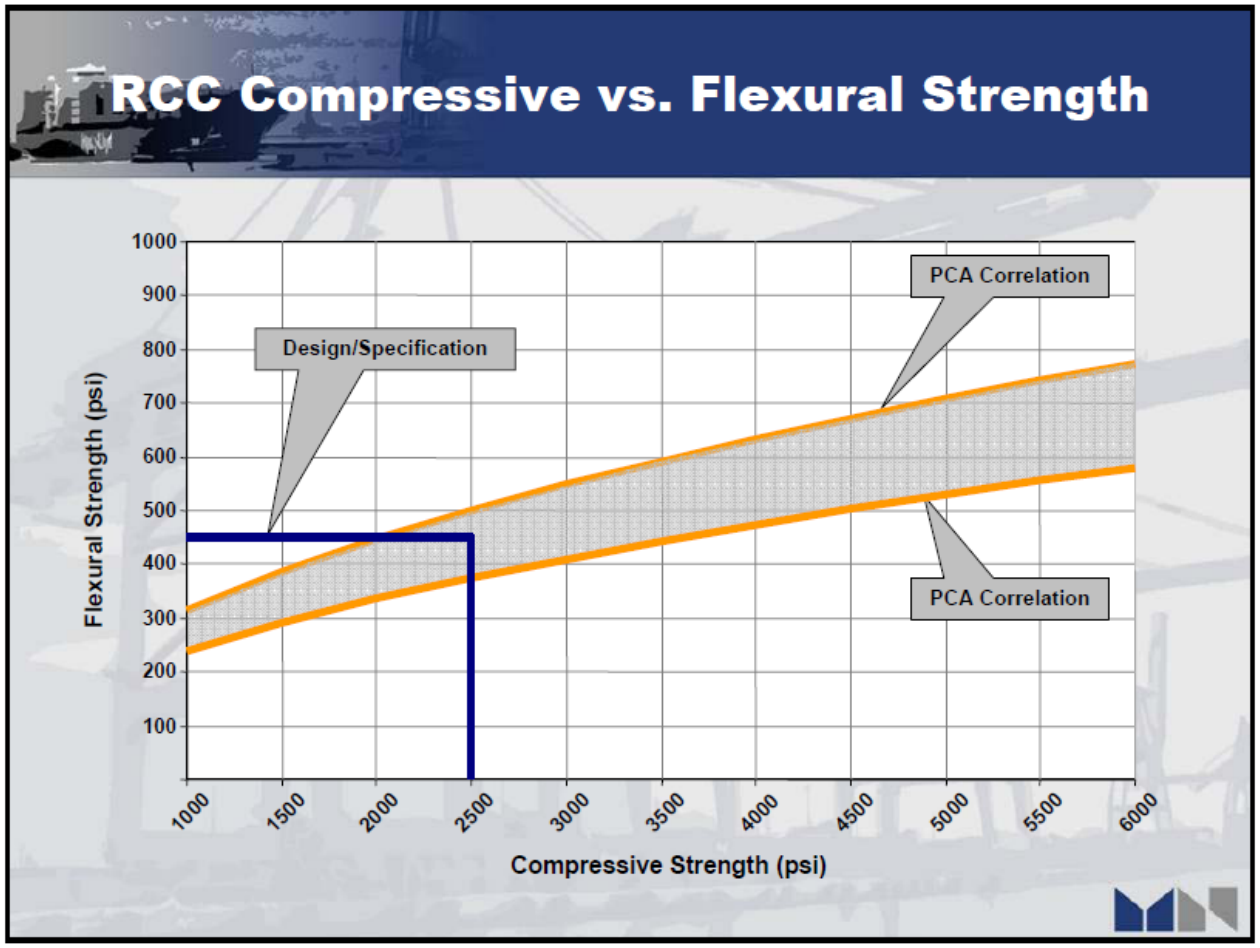
طراحی روسازی بتن غلطکی بر اساس روش ACI

- **طراحی برای عمر ۳۰ سال،**
- **تعیین مدول گسیختگی بتن بر اساس آزمایش تیر سه نقطه ای و طبق استاندارد تعیین می گردد:**
- ASTM C78, AASHTO T97, CSA A23.2-8C
- **در صورت عدم امکان انجام این آزمایشات، مدول گسیختگی بتن از رابطه زیر محاسبه شود (بر حسب psi):**

- **که در آن S_C مدول گسیختگی بتن و f_c مقاومت ۲۸ روزه بتن است**

$$S_c = 8\sqrt{f'_c} \quad \text{to} \quad 10\sqrt{f'_c}$$

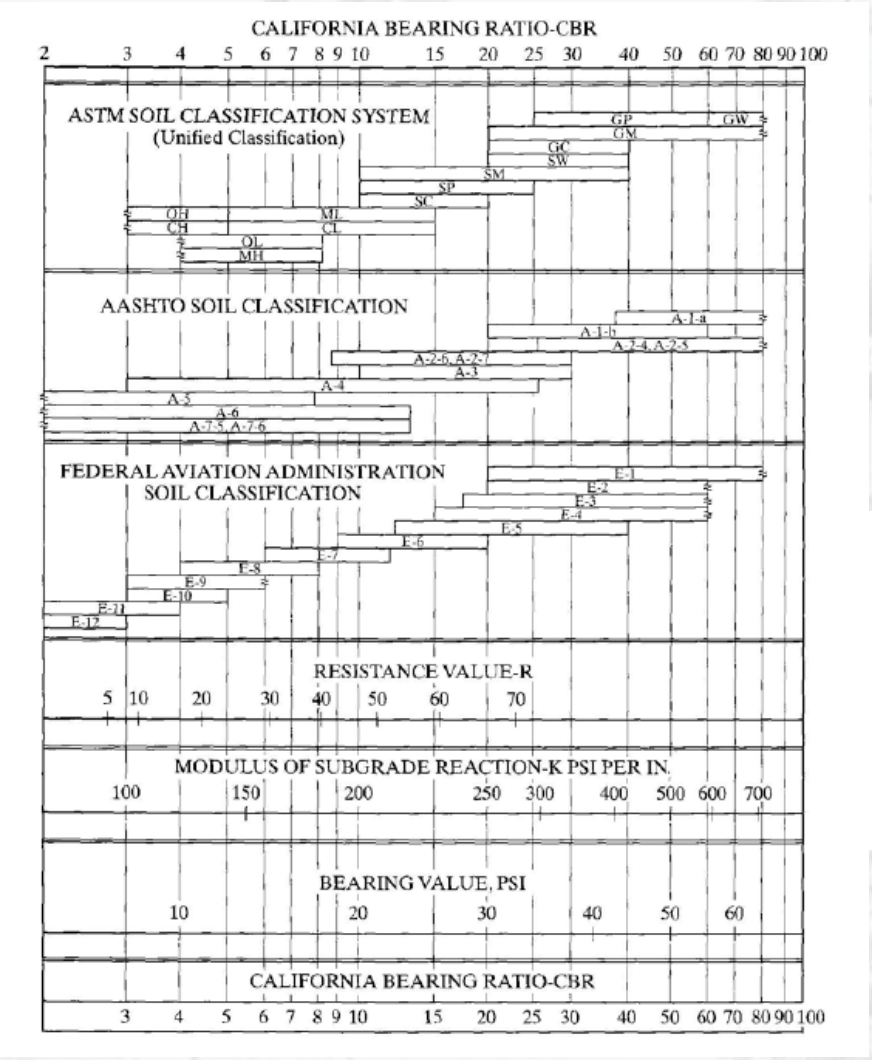
رابطه بين مدول گسيختگي بتن و مقاومت ۲۸ روزه بتن

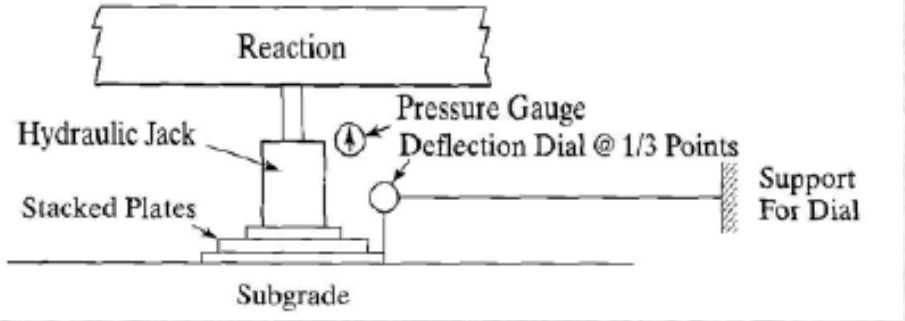


- **مقاومت خاک بستر(K) از بر اساس ازمایش بار گذاری صفحه انجام می شود. در صورت عدم امکان این تست از CBR خاک بستر هم می توان استفاده کرد**

طراحی روسازی بتن غلطکی بر اساس روش ACI

تعیین ضریب عکس العمل خاک بستر





$$k = \frac{P}{\Delta}$$

طراحی روسازی بتن غلطکی بر اساس روش ACI

- طراحی برای دو حالت با و بدون شانه بتنی غلطکی می باشد. در صورت وجود شانه درز بین شانه و روسازی اصلی باید بصورت درز تازه باشد.

طراحی روسازی بتن غلطکی بر اساس روش ACI

- روسازی بتن غلطکی با شانه بتنی

Table 13(a). Concrete Thickness (inches), 30-Year Design WITH Concrete Curb and Gutter or Concrete Shoulders

Traffic classification		k = 100 pci			k = 150 pci			k = 200 pci			k = 300 pci		
		Modulus of rupture (psi)			Modulus of rupture (psi)			Modulus of rupture (psi)			Modulus of rupture (psi)		
		550	600	650	550	600	650	550	600	650	550	600	650
Light residential 2-lane	ADTT = 3	5.0	5.0	4.5	5.0	4.5	4.5	4.5	4.5	4.0	4.5	4.0	4.0
Residential 2-lane	ADTT = 10	5.5	5.5	5.0	5.5	5.0	5.0	5.0	5.0	4.5	5.0	4.5	4.5
	ADTT = 20	6.0	5.5	5.5	5.5	[illegible]	5.0	5.5	5.0	5.0	5.0	5.0	4.5
	ADTT = 50	6.0	6.0	5.5	5.5	5.5	5.0	5.5	5.0	5.0	5.0	5.0	4.5
Collector 2-lane	ADTT = 50	6.5	6.0	6.0	6.0	6.0	5.5	6.0	5.5	5.5	5.5	5.5	5.0
	ADTT = 100*	6.5	6.5	6.0	6.5	6.0	6.0	6.0	6.0	(5.5)	6.0	(5.5)	(5.5)
	ADTT = 500*	7.0	6.5	6.5	6.5	6.5	6.0	6.5	6.0	6.0	6.0	6.0	(5.5)
Business 2- or 4-lane	ADTT = 400*	7.0	6.5	6.5	6.5	6.5	6.0	6.5	6.0	6.0	6.0	6.0	(5.5)
	ADTT = 700*	7.0	7.0	6.5	7.0	6.5	6.0	6.5	6.0	6.0	6.0	6.0	(5.5)
Minor arterial 4-lane	ADTT = 300*	7.5	7.5	7.0	7.5	7.0	6.5	7.0	6.5	6.5	6.5	6.5	6.0
	ADTT = 600*	8.0	7.5	7.0	7.5	7.0	7.0	7.5	7.0	6.5	7.0	6.5	6.5
Industrial 4-lane	ADTT = 300*	8.0	8.0	7.5	8.0	7.5	7.0	7.5	7.0	7.0	7.0	7.0	6.5
	ADTT = 800*	8.5	8.0	8.0	8.0	7.5	7.5	8.0	7.5	7.0	7.5	7.0	7.0
Major arterial 4-lane	ADTT = 700*	8.5	8.0	7.5	8.0	7.5	7.5	8.0	7.5	7.0	7.5	7.0	6.5
	ADTT = 1100*	8.5	8.0	8.0	8.0	8.0	7.5	8.0	7.5	7.0	7.5	7.0	7.0
	ADTT = 1500*	8.5	8.5	8.0	8.5	8.0	7.5	8.0	7.5	7.5	7.5	7.5	7.0

* Dowels recommended when ADTT is greater than or equal to 80:

1. If pavement thickness is 6" or less dowels not recommended
2. If pavement thickness is 6.5" to 7.5" use 1" dowels
3. If pavement thickness is 8" or greater use 1¼" dowels

Use No Dowel Option

CONVERSIONS
1 in. = 25.4 mm
100 psi = 0.689 MPa
100 pci = 27.15 MPa/m

Simplified Design Tables

طراحی روسازی بتن
غلطکی بدون شانه بتنی

Table 13(b). Concrete Thickness (inches), 30-Year Design WITHOUT Concrete Curb and Gutter or Concrete Shoulders

Traffic classification		k = 100 pci			k = 150 pci			k = 200 pci			k = 300 pci		
		Modulus of rupture (psi)			Modulus of rupture (psi)			Modulus of rupture (psi)			Modulus of rupture (psi)		
		550	600	650	550	600	650	550	600	650	550	600	650
Light Residential	ADTT = 3	6.0	5.5	5.5	5.5	5.5	5.0	5.5	5.0	5.0	5.0	5.0	4.5
Residential 2-lane	ADTT = 10	6.5	6.5	6.0	6.5	6.0	6.0	6.0	6.0	5.5	6.0	5.5	5.5
	ADTT = 20	7.0	6.5	6.0	6.5	6.0	6.0	6.5	6.0	5.5	6.0	5.5	5.5
	ADTT = 50	7.0	7.0	6.5	7.0	6.5	6.0	6.5	6.0	6.0	6.0	6.0	5.5
Collector 2-lane	ADTT = 50	7.5	7.0	7.0	7.0	7.0	6.5	7.0	6.5	6.5	6.5	6.5	6.0
	ADTT = 100*	8.0	7.5	7.0	7.5	7.0	6.5	7.0	7.0	6.5	7.0	6.5	6.0
	ADTT = 500*	8.0	8.0	7.5	8.0	7.5	7.0	7.5	7.0	7.0	7.0	7.0	6.5
Business 2- or 4-lane	ADTT = 400*	8.0	8.0	7.5	7.5	7.5	7.0	7.5	7.0	7.0	7.0	7.0	6.5
	ADTT = 700*	8.5	8.0	7.5	8.0	7.5	7.0	7.5	7.5	7.0	7.5	7.0	6.5
Minor Arterial 4-lane	ADTT = 300*	9.0	8.5	8.0	8.5	8.0	7.5	8.0	8.0	7.5	8.0	7.5	7.0
	ADTT = 800*	9.5	9.0	8.5	9.0	8.5	8.0	8.5	8.0	7.5	8.0	7.5	7.5
Industrial 4-lane	ADTT = 300*	9.5	9.0	8.5	9.0	8.5	8.0	8.5	8.5	8.0	8.5	8.0	7.5
	ADTT = 800*	10.0	9.5	9.0	9.5	9.0	8.5	9.0	9.0	8.0	8.5	8.0	8.0
Major Arterial 4-lane	ADTT = 700*	10.0	9.5	9.0	9.5	9.0	8.5	9.0	8.5	8.0	8.5	8.0	8.0
	ADTT = 1100*	10.0	9.5	9.0	9.5	9.0	8.5	9.0	8.5	8.5	8.5	8.5	8.0
	ADTT = 1500*	10.0	9.5	9.0	9.5	9.0	8.5	9.0	9.0	8.5	9.0	8.5	8.0

* Dowels recommended when ADTT is greater than or equal to 80:

1. If pavement thickness is 6" or less dowels not recommended
2. If pavement thickness is 6.5" to 7.5" use 1" dowels
3. If pavement thickness is 8" or greater use 1¼" dowels

Use No Dowel Option

CONVERSIONS
1 in. = 25.4 mm
100 pci = 0.689 MPa
100 pci = 27.15 MPa/m

Simplified Design Tables

طراحی روسازی بتن غلطکی بر اساس روش ACI

روسازی بتن غلطکی برای پارکینگ ها

ACI DESIGN TABLE FOR PARKING LOTS

Table 5-5. Design of concrete parking lots (ACI 330R-08)

Twenty-year design thickness recommendations, in. (no dowels)													
		k = 500 psi/in. (CBR = 50; R = 86)				k = 400 psi/in. (CBR = 38; R = 80)				k = 300 psi/in. (CBR =26; R = 67)			
	MOR, psi:	650	600	550	500	650	600	550	500	650	600	550	500
Traffic category*	A (ADTT =1)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.5
	A (ADTT = 10)	4.0	4.0	4.0	4.5	4.0	4.0	4.5	4.5	4.0	4.5	4.5	4.5
	B (ADTT = 25)	4.0	4.5	4.5	5.0	4.5	4.5	5.0	5.5	4.5	4.5	5.0	5.5
	B (ADTT = 300)	5.0	5.0	5.5	5.5	5.0	5.0	5.5	5.5	5.0	5.5	5.5	6.0
	C (ADTT = 100)	5.0	5.0	5.5	5.5	5.0	5.5	5.5	6.0	5.5	5.5	6.0	6.0
	C (ADTT = 300)	5.0	5.5	5.5	6.0	5.5	5.5	6.0	6.0	5.5	6.0	6.0	6.5
	C (ADTT = 700)	5.5	5.5	6.0	6.0	5.5	5.5	6.0	6.5	5.5	6.0	6.5	6.5
	D (ADTT = 700)†	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5
		k = 200 psi/in. (CBR = 10; R = 48)				k = 100 psi/in. (CBR = 3; R = 18)				k = 50 psi/in. (CBR = 2; R = 5)			
	MOR, psi:	650	600	550	500	650	600	550	500	650	600	550	500
Traffic category*	A (ADTT =1)	4.0	4.0	4.0	4.5	4.0	4.5	4.5	5.0	4.5	5.0	5.0	5.5
	A (ADTT = 10)	4.5	4.5	5.0	5.0	4.5	5.0	5.0	5.5	5.0	5.5	5.5	6.0
	B (ADTT = 25)	5.0	5.0	5.5	6.0	5.5	5.5	6.0	6.0	6.0	6.0	6.5	7.0
	B (ADTT = 300)	5.5	5.5	6.0	6.5	6.0	6.0	6.5	7.0	6.5	7.0	7.0	7.5
	C (ADTT = 100)	5.5	6.0	6.0	6.5	6.0	6.5	6.5	7.0	6.5	7.0	7.5	7.5
	C (ADTT = 300)	6.0	6.0	6.5	6.5	6.5	6.5	7.0	7.5	7.0	7.5	7.5	8.0
	C (ADTT = 700)	6.0	6.5	6.5	7.0	6.5	7.0	7.0	7.5	7.0	7.5	8.0	8.5
	D (ADTT = 700)†	7.0	7.0	7.0	7.0	8.0	8.0	8.0	8.0	9.0	9.0	9.0	9.0

طراحی روسازی بتن غلطکی بر اساس روش ACI

مثال برای روسازی بتن غلطکی بدون شانه بتنی

- **خیابان جمع کننده** (collector) **بدون شانه، ترافیک کامیون عبوری روزانه** (ADTT) **۵۰ وسیله،** k **بستر ۱۰۰و مدول گسیختگی بتن** MOR **۶۵۰:**
- **ضخامت بتن: ۷ اینچ**

روش PCA

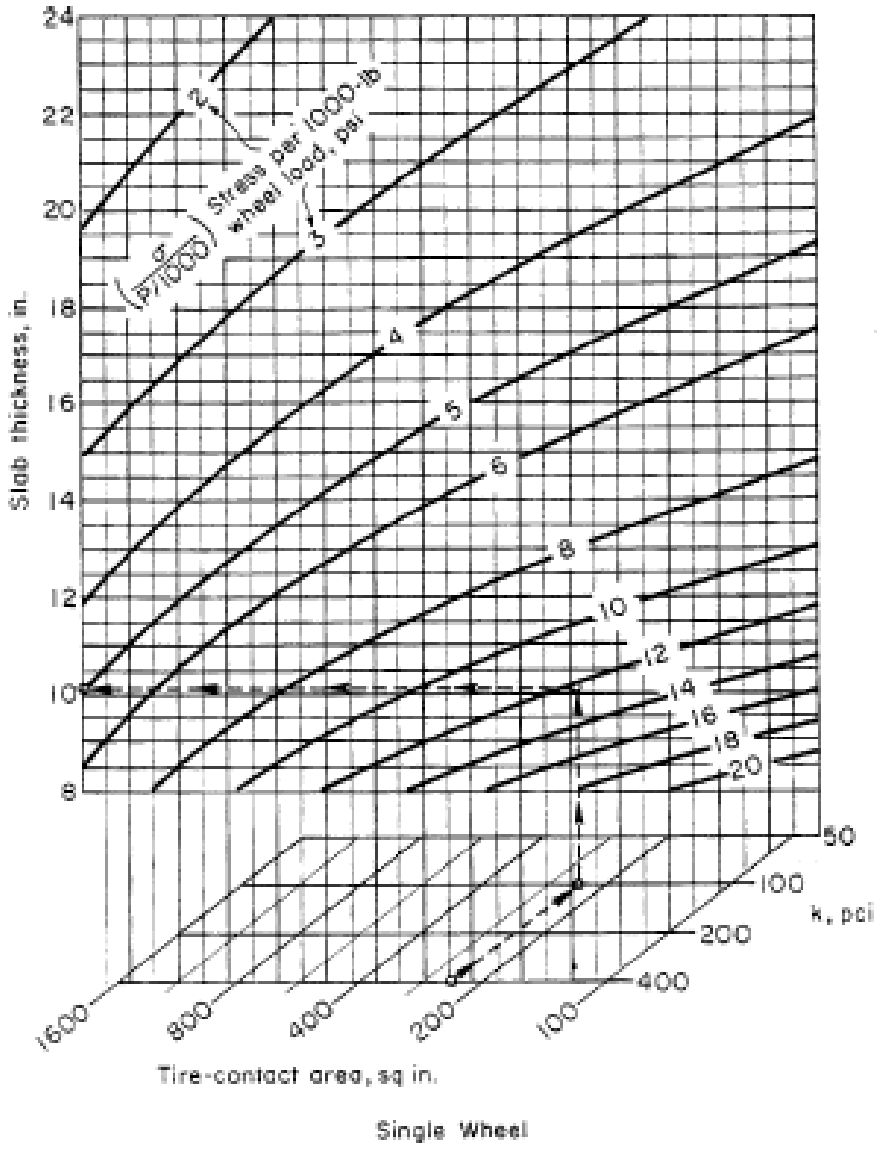


Fig. 6.2.1—PCA design chart for single wheel loads

US Army of Crops طراحی بروش

The rural "road" or urban "street" class is a function of the design hourly volume (DHV), for the 25-year service life, as indicated in Table 2. The DHV is assumed to be 15 percent of the average daily traffic (ADT) for rural roads and 12 percent of the ADT for streets in built-up areas. Various geometric design constraints, appropriate for the traffic intensity, also apply to each class. Parking area design is based on Class E traffic.

TABLE 2 DESIGN HOURLY VOLUME AND ROAD/STREET CLASS

Class	DHV	
	Road	Street
A	≥ 900	≥ 1,200
B	720–899	1,000–1,199
C	450–719	750–999
D	150–449	250–749
E	10–149	25–249
F	< 10	< 25

TABLE 3 PAVEMENT DESIGN INDEX

Traffic Category	Pavement Design Index for Road or Street Classification					
	A	B	C	D	E	F
I (< 1% two-axle trucks)	2	2	2	1	1	1
II (≤ 10% 2-axle, no 3-axle trucks)	3	2	2	2	2	1
III (≤ 15% trucks, ≤ 1% 3-axle trucks)	4	4	4	3	3	2
IV (≤ 25% trucks, ≤ 10% 3-axle trucks)	5	5	5	4	4	3
IVA (≥ 25% trucks or ≥ 10% 3-axle trucks)	6	6	6	5	5	4
V (60-kilopound (kip) track-laying vehicles):						
500/day	7	7	7	7	7	*
200/day	6	6	6	6	6	*
100/day	6	6	6	6	6	6
40/day	6	6	6	5	5	5
10/day	5	5	5	5	5	5
4/day	5	5	5	5	4	4
1/day	5	5	5	4	4	4
VI (90-kip track-laying vehicles):						
200/day	9	9	9	9	9	*
100/day	8	8	8	8	8	8
40/day	7	7	7	7	7	7
10/day	6	6	6	6	6	6
4/day	6	6	6	6	6	6
1/day	5	5	5	5	5	5
1/week	5	5	5	4	4	4
VII (120-kip track-laying vehicles):						
100/day	10	10	10	10	10	10
40/day	9	9	9	9	9	9
10/day	8	8	8	8	8	8
4/day	7	7	7	7	7	7
1/day	6	6	6	6	6	6
1/week	5	5	5	5	5	5

* Traffic limited to 100 vehicles per day.

US Army of Crops طراحی بروش

ACI COMMITTEE REPORT

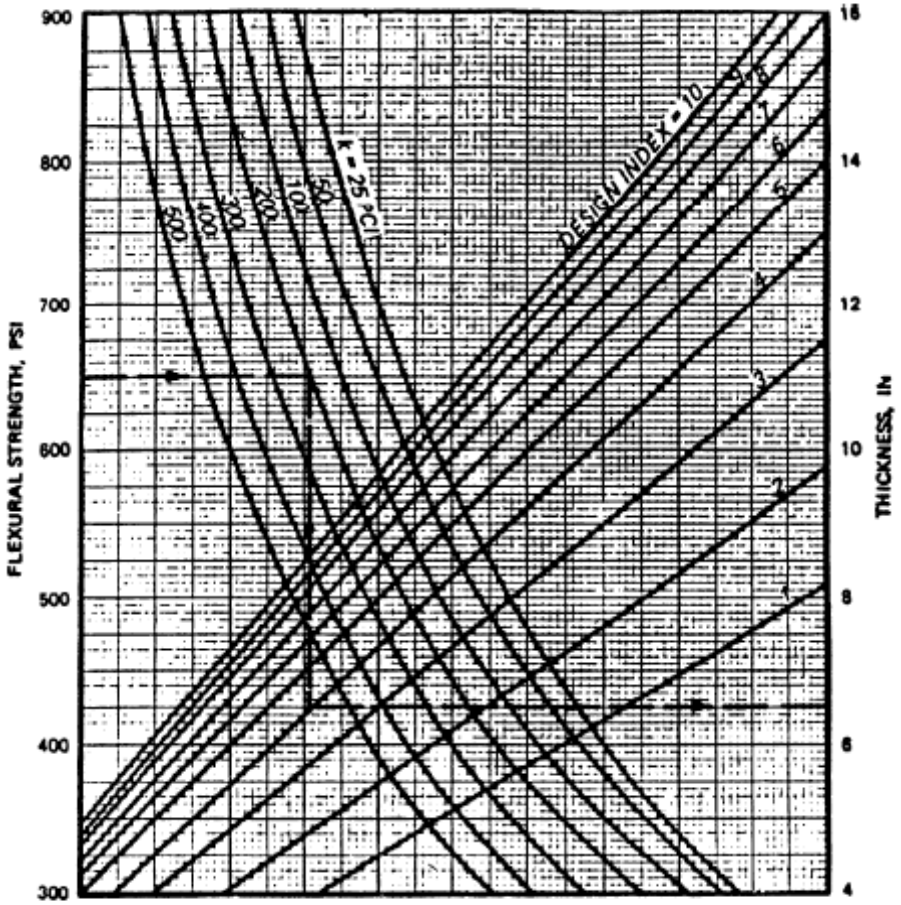
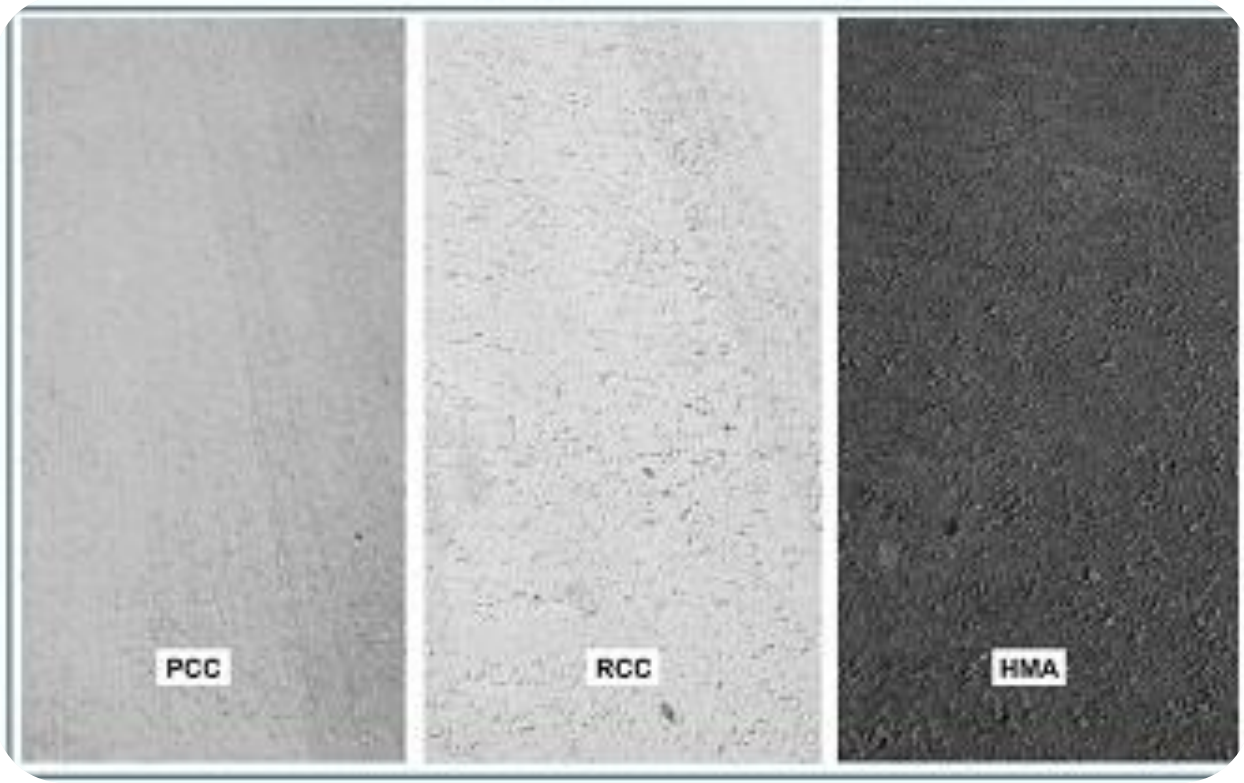


Fig. 6.2.2—Corps of Engineers design chart for RCC pavements

طرح اختلاط روسازی بتن غلطکی

Mix Design



طرح اختلاط

- روش تجربی
  ۱. طرح مبنی بر محدودیت های کارایی
  ۲. طرح مبتنی بر روش ژئوتکنیکی
- روش نیمه تجربی
  ۱. روش حجم خمیر نمونه
- روش تئوری

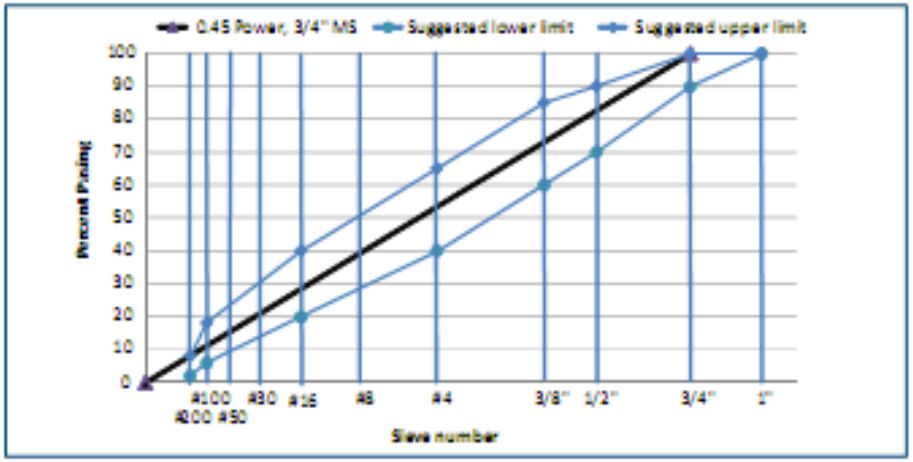
If historical data are not sufficient to establish *s*, ACI 214R-02 establishes an alternate procedure, depending on the strength of the concrete (Equations 4 and 5).

$$f'_{cr} = f'_c + 1{,}200 \text{ psi} \qquad \text{if } f'_c \le 5{,}000 \text{ psi} \qquad (4)$$

$$f'_{cr} = 1.10\, f'_c + 700 \text{ psi} \qquad \text{if } f'_c > 5{,}000 \text{ psi} \qquad (5)$$

مراحل طرح اختلاط بروش تراکم خاک

۱. **انتخاب دانه بندی خوب**

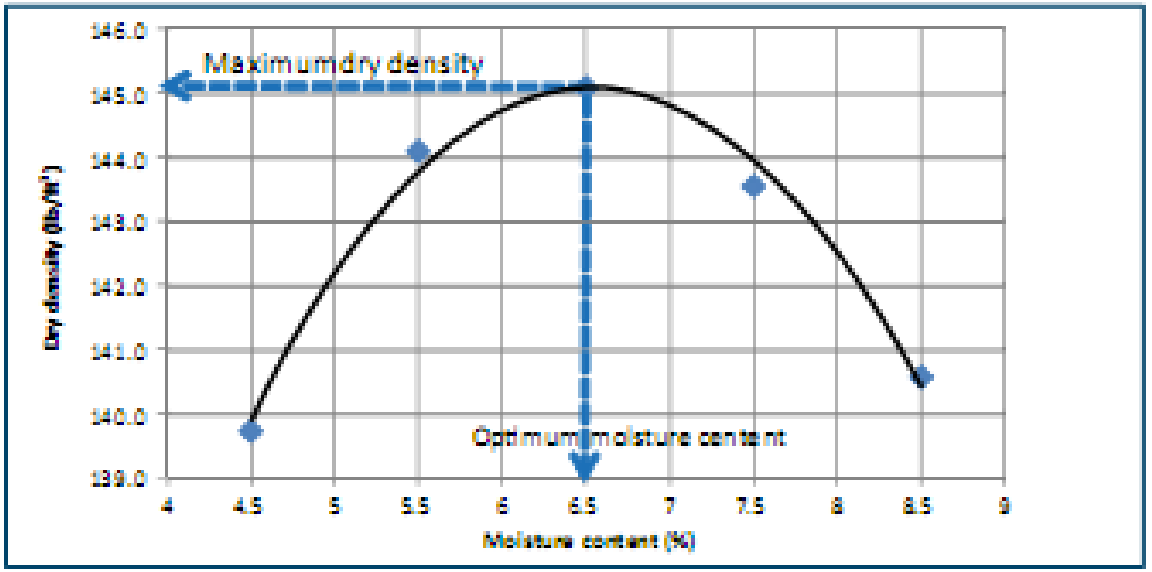


۲. **انتخاب درصد سیمان اولیه (حدود ۱۰ تا ۱۴ درصد)**

$$\text{Cementitious materials (\%)} = \frac{\text{Weight of cementitious materials}}{\text{(Weight of cementitious materials + oven-dried aggregates)}} \times 100$$

مراحل طرح اختلاط بروش تراکم خاک

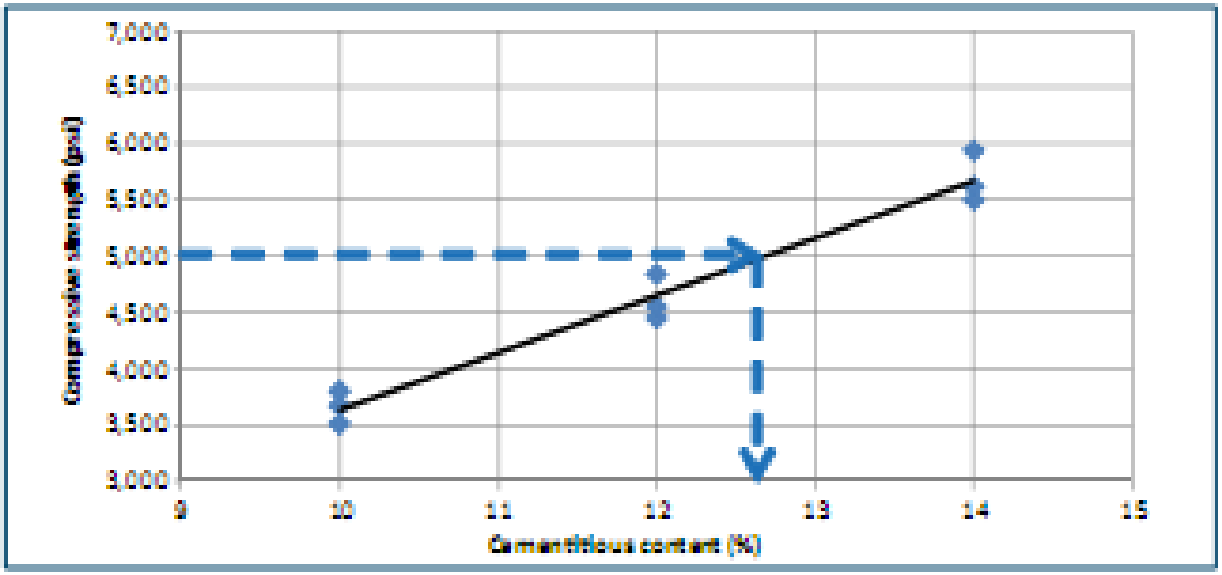
۳. ترسیم منحنی درصد رطوبت–دانسیته



۴. تهیه نمونه با حداکثر دانسیته برای آزمایش فشاری بتن

مراحل طرح اختلاط بروش تراکم خاک

۵. انجام مراحل ۳ و ۴ برای درصد های مختلف سیمان (۱۰و ۱۲ و۱۴) و رسم منحنی درصد سیمان– مقاومت فشاری بتن و تعیین درصد سیمان مورد نیاز برای مقاومت فشاری مورد نظر



۶. گزارش درصد سیمان، درصد رطوبت بهینه و مقاومت فشاری حاصله

استاندارد های مورد استفاده در روسازی بتن غلطکی

- **ASTM C1435 / C1435M**, Standard Practice for Molding Roller-Compacted Concrete in Cylinder Molds Using a Vibrating Hammer
- **ASTM D1557**, Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft^3 [2,700 kN-m/m3])
- **ASTM C39 / C39M**, Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens
- **ASTM C42 / C42M**, Standard Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete

- **Vebe Testing ASTM C1170 / C1170M**, Standard Test Method for Determining Consistency and Density of Roller-Compacted Concrete Using a Vibrating Table
- **ASTM C78**, Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)

مصالح

- در بتن معمولی ۶۰ تا ۷۰ درصد را مصالح سنگی تشکیل می دهد در حالیکه در بتن غلطکی ۷۵ تا ۸۵ درصد می باشد
- افت وزنی لوس آنجلس نباید بیشتر از ۳۵ درصد باشد
- به منظور جلوگیری از جداشدگی و توزیع یکنواخت در زمان حمل و اجرا، حداکثر سایز دانه ها ۱۹ میلیمتر باشد
- از سیمان تیپ ۱ و ۲ استفاده شود
- از سیمان تیپ ۳ به علت زودگیر بودن آن نباید استفاده کرد
- درصورت استفاده ار خاکستر بادی نباید از ۲۵ درصد وزن سیمان استفاده شود
- میزان مصرف سیمان حدود ۳۰۰ تا ۳۵۰ کیلوگرم سیمان در متر مکعب است. مقدار بیشتر احتمالا منجر به ترک خوردگی می شود
- در صورت استفاده از مواد کاهنده آب، کندگیر کننده، فوق روان کننده و حباب هوا ساز (اگرچه استفاده محدودی داشته اند) به شرطی مجاز است که مطابق با الزامات استاندارد ملی ایران (شماره ۲۹۳۰) و عمل کرد آن در قطعه آزمایش مورد تایید باشد

مصالح

- مصالح گردگوشه نسبت به مصالح شکسته تمایل بیشتری به جداشدگی مصالح دارند.
- همچنین مصالح شکسته مقاومت خمشی بالاتری را تعمیین می کنند
- دانه بندی مصالح سنگی توپر با ۵ تا ۱۰ درص عبوری از الک ۲۰۰ می باشد
- افزایش این مقدار (به شرط non PI بودن) به عنوان فیلر منجر به کاهش سیمان مورد نیاز می شود
- استفاده از رس و لای منجر به shrinkageو کاهش مقاومت می گردد (pi عبوری از الک ۴۰ کمتر از ۴ باشد)
- به علت نسبت آب به سیمان کم در این بتن در صورت غلطک زنی مناسب منجر به کاهش منافذ هوا در بتن و مقاوم بودن ای بتن در سیکل های ذوب و یخبندان می شود
- استفاده از مواد کاهنده آب و دیرگیرکننده ها در این بتن کمتر استفاده می گردد. لیکن در مواردی که نیاز به زمان بیشتری برای کار باشد دیگرکننده می توانند مفید باشند
- بعضی تجربیان نشان داده شده است که فیبرهای فولادی می توتنند در افزایش مقاومت خستگی مناسب باشد
- استفاده از ریزدانه بیشتر منجر به کاهش جداشدگی بتن می شود

- مصالح عبوری از الک ۲۰۰ اگر non pi باشند چون باعث کاهش فضای خالی می شوند مفیدند
- شکستگی مصالح ریزدانه بر خلاف آسفالت در این روسازی مهم نیست
- مواد کاهنده آب و دیر گیر کننده ها در مواردی چون هوای گرم، مسافت حمل زیاد و اجرای لایه های ضخیم، افزایش چسبندگی بین لایه ها می توانند مفید باشند

افزودنی ها

- مصالحی چون سرباره کوره آهن گدازی، دوده سیلیس و خاکستر بادی می توانند بالقوه باعث افزایش مقاومت و مقاومت در مقابل سیکل های ذوب ویخبندان گردند لیکن به همان نسبت تراکم پذیری را کاهش می دهند

مقاومت در مقابل یخبندان

- Gauthier & Merchand(2002) **نشان دادند اگر تراکم صد در صد صورت گیرد روسازی در مقابل سیکل های ذوب یخبندان مقاوم خواهد بود**
- Ragan (1990) **نشان داد فاصله منافظ هوا این روسازی تاثیر زیادی بر روی مقاومت یخبندان دارد و باید حداقل ۲۵۰ میکرومتر باشد**
- **مرطوب نگاه داشتن سطح در زمان عمل آوری بسیار مهم است**
- **دانه بندی تو پر و تراکم اصلاح شده ۹۵ درصد توصیه می شود**
- **نسبت آب به سیمان حداکثر ۰,۴ توصیه می شود**

ماشین آلات (تولید)

- چون بتن خشک است نیاز به توان بالای اختلاط است
- ظرفیت مورد نیاز بسته به حجم بتن و ابعاد روسازی دارد. بگونه ای که درز سرد لازم نشود.
- روش های تولید: سیستم تولید مرکزی، سیستم تولید متحرک و کامیون مخلوط کن
- در غیر سیستم مرکزی باید روی ۵۰درصد ظرفیت تولید حساب کرد
- زمان اختلاط را دو برابر در نظر بگیرید
- از در انتهای تسمه نقاله از قیف استفاده کنید

ماشین آلات (پخش)

- فینیشر مورد استفاده باید حداقل ۸۵ درصد دانسیته مرطوب مرجع قبل از غلتک زنی فراهم کند
- ظرفیت فینیشر باید حداقل ۱/۵ برابر ظرفیت اسمی سیستم تولید بتن باشد
- تراکم بتن غلطکی از دو غلطک استفاده شود: غلطک چرخ فولادی ویبره دار۱۰ تنی دو درام و غلطک ۱۰ تا ۲۰ تنی چرخ لاستیکی

تخلیه بتن در کامیون

Figure 4.8 RCC is discharged from transit mixers into dump trucks

(a) directly, (b) by conveyers, or (c) by loaders

Figure 4.9 RCC sediment in a truck bed (circled)

سیستم ناپیوسته (بچ)

سیستم پیوسته

اجرا

- تراکم نامناسب بستر (اساس) منجر به ناهمواری سطح و توزیع نایکنواخت تنش در روسازی و کاهش عمر آن می شود
- با توجه به استعداد جداشدگی این نوع بتن ارتفاع ریزش به کامیون حداقل شود. و ابتدا یک سوم آخر سپس یک سوم میانی و نهایتا یک سوم جلویی پر شود
- فینیشر نباید کاملا تخلیه شود و محور حلزونی فینیشر با بتن پوشیده باشد
- حداقل ضخامت لایه بعد از تراکم ۱۰ و حداکثر ۲۰ سانتیمتر است
- توصیه می شود اول بار رفت و برگشت بدون ارتعاش سپس ۴ تا ۶ عبور با ویبره ۱۰ تنی انجام شود (۹۸درصد پروکتور اصلاح شده)
- تراکم مازاد موجب کاهش چگالی سطح لایه می گردد

اجرا

- تراکم باید در عرض ۱۵ دقیقه پس از پخش و ۴۵ دقیقه پس از اولین زمان اختلاط انجام شود
- در صورت یک لایه بر روی لایه دیگردر فصل سردیک ساعت و در فصول گرم ۴۵ دقیقه باشد
- برای درجه حرارت ۲۵ تا ۳۰ زمان بین ساخت تا پخش ۴۵ تا ۶۰ دقیقه از زمان اضافه کردن آب، ۳۰ تا ۴۵ دقیقه برای بالاتراز ۳۰ درجه و ۶۰ تا ۷۵ دقیقه برای دمای کمتر از ۲۵توصیه می شود
- در زدن رطوبت بهینه افت رطوبت حین حمل لحاظ شود

اجرا

- مطالعات نشان داده است افزودن خاکستر بادی (Fly Ash) به سیمان (تا سقف ۳۵) درصد مقاومت را افزایش می دهد و هم به علت افزایش ریزدانه مصالح آب مورد نیاز زیاد و کارایی بتن به همراه مقاومت افزایش می یابد
- (Contemporary Engineering Sciences, Vol. 2, 2009, no. 3, 139 – 148)
- تراکم بتن غلطکی بسیار مهم است بطوری که یک درصد افزایش فضای خالی در بتن منجر به ۵ درصد کاهش در مقاومت دراز مدت می گردد

اجرا

- **اجرای بتن غلطکی در هوای سرد:**

۱. افزایش مقدار سیمان
۲. استفاده از مواد ضد یخ و زودگیر کننده برای بتن معمولی (برای بتن غلطکی توصیه نمی شود)
۳. گرم کردن مصالح و استفاده از آب داغ
۴. اختلاط و اجرای بتن در ساعات گرمتر و بدون باد روز و تراکم پیوسته هرچه زودتر لایه که پوشش لایه پایینی باشد
۵. پوشاندن رویه لایه جهت حفظ حرارت بتن

اجرای بتن در هوای گرم:

۱. استفاده از سیمان کمتر
۲. استفاده از آب یخ و یا قطعات یخ
۳. استفاده از مصالح سرد
۴. استفاده از کندگیر کننده ها
۵. پوشاندن لایه جهت جلوگیری از تابش خورشید
۶. کار در شب

درزهای انقباضی

- در بسیاری موارد درز انقباضی اجرا نمی گردد.
- به علت نسبت کم آب به سیمان در صورت ترک خوردگی عرض ترک حداقل خواهد بود و راندمان ترک بالا است. فاصله ترک ها بین ۶ تا ۲۸ متر متغیر است
- برای ضخامت های کمتر از۲۰ سانتیمتری فاصله درز ۵ تا ۶ متر توصیه می شود
- برای ضخامت های بالاتر از ۸ اینچ (۲۰ سانتیمتر) فاصله ۳ تا ۴ برابر ضخامت برحسب به اینچ (بر حسب فوت) پیشنهاد می گردد
- اجرای درز تا ۲۵ درصد عمق انجام می گیرد

درزهای اجرایی

- **درز تازه: این درز زمانی تازه تلقی می شود که بیش از ۹۰ دقیقه (پس از شروع اختلاط) از ریخته شدن باند قبلی نگذشته باشد. منابع دیگر معتقدند این زمان ۶۰ دقیقه باشد (تابعی از رطوبت، دما و میزان باد)**

- **درز سرد: در صورت عدم رعایت این زمان درز سرد اجرا می شود**

اجرای درز تازه

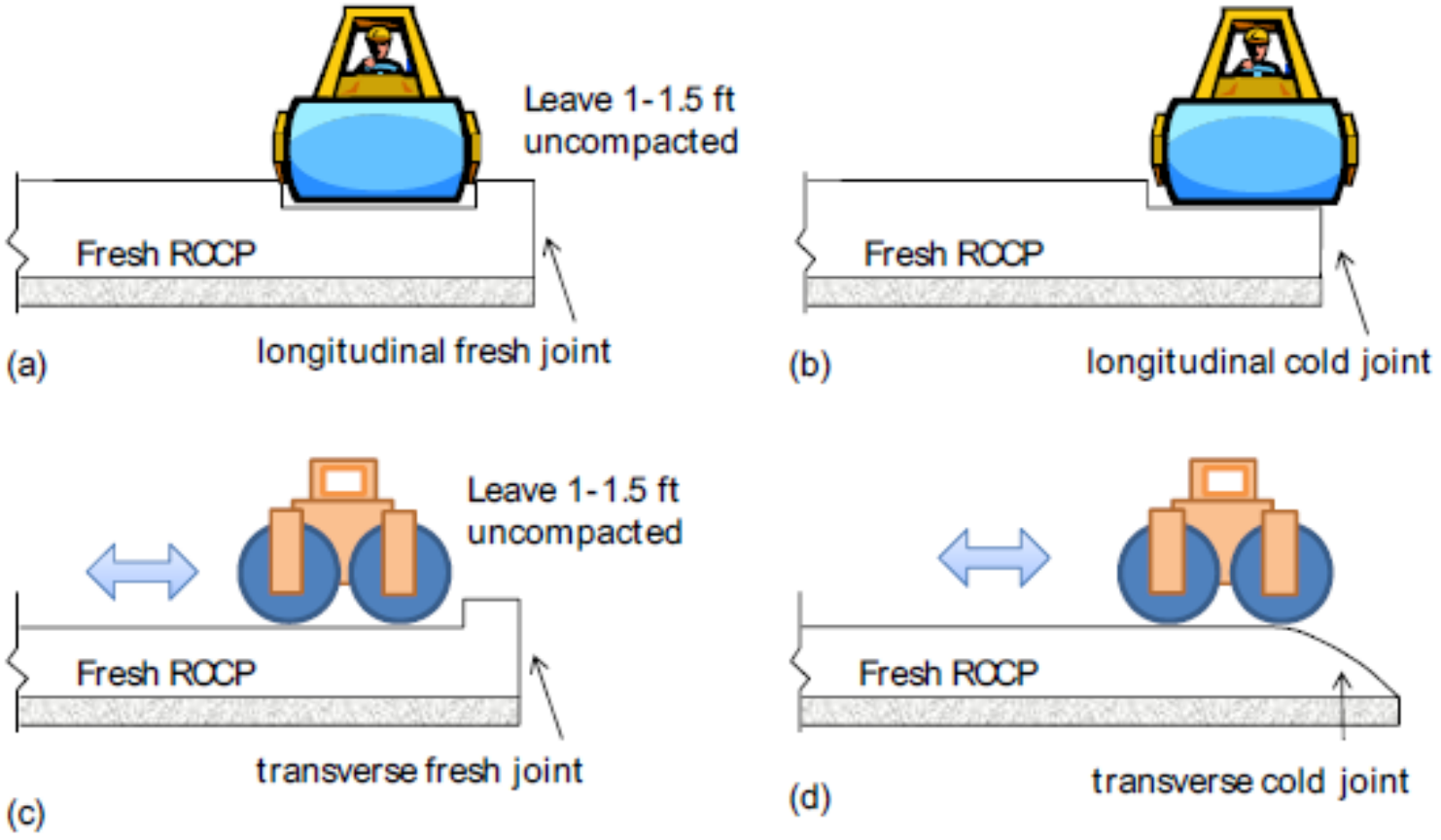


Figure 4.12 Compaction of (a) longitudinal fresh joint, (b) longitudinal cold joint, (c) transverse fresh joint, and (d) transverse cold joint.

اجرای درز تازه

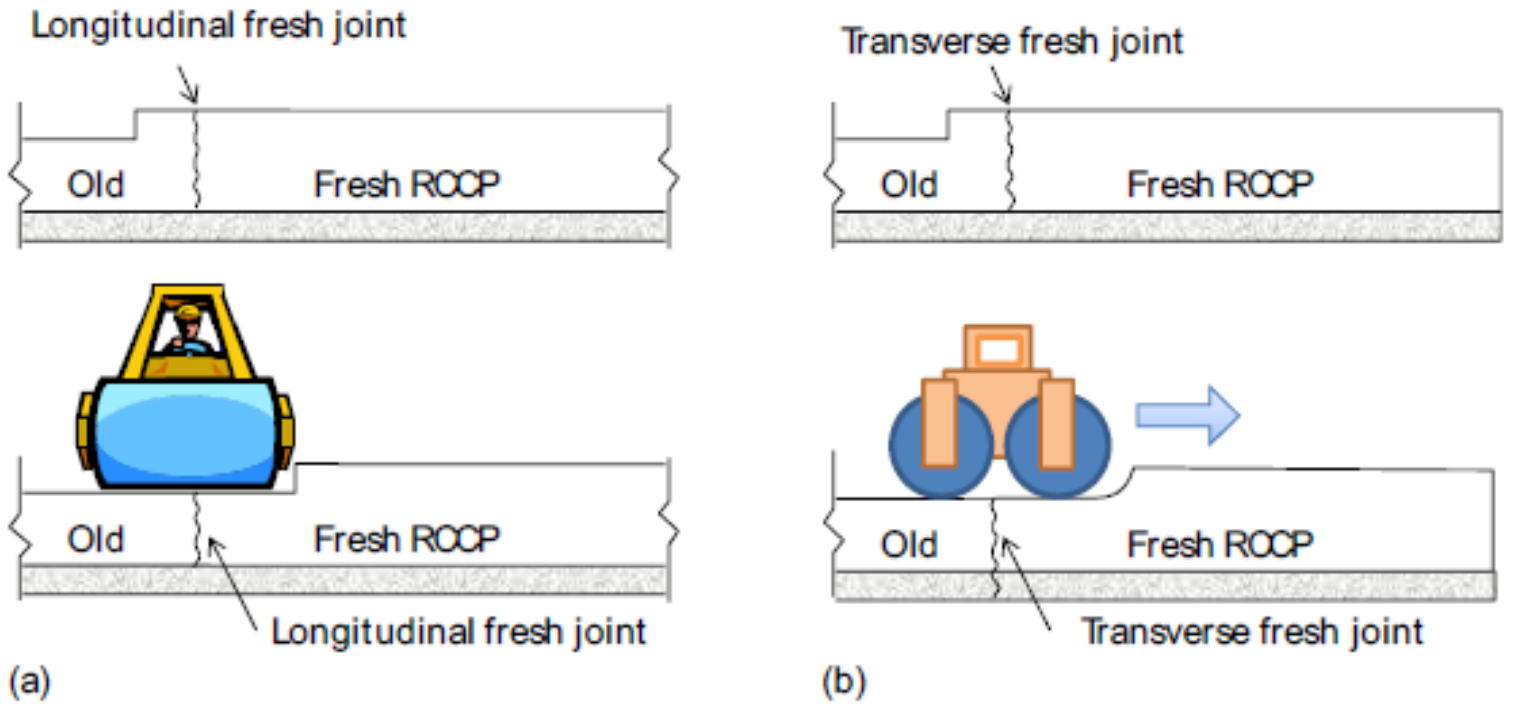
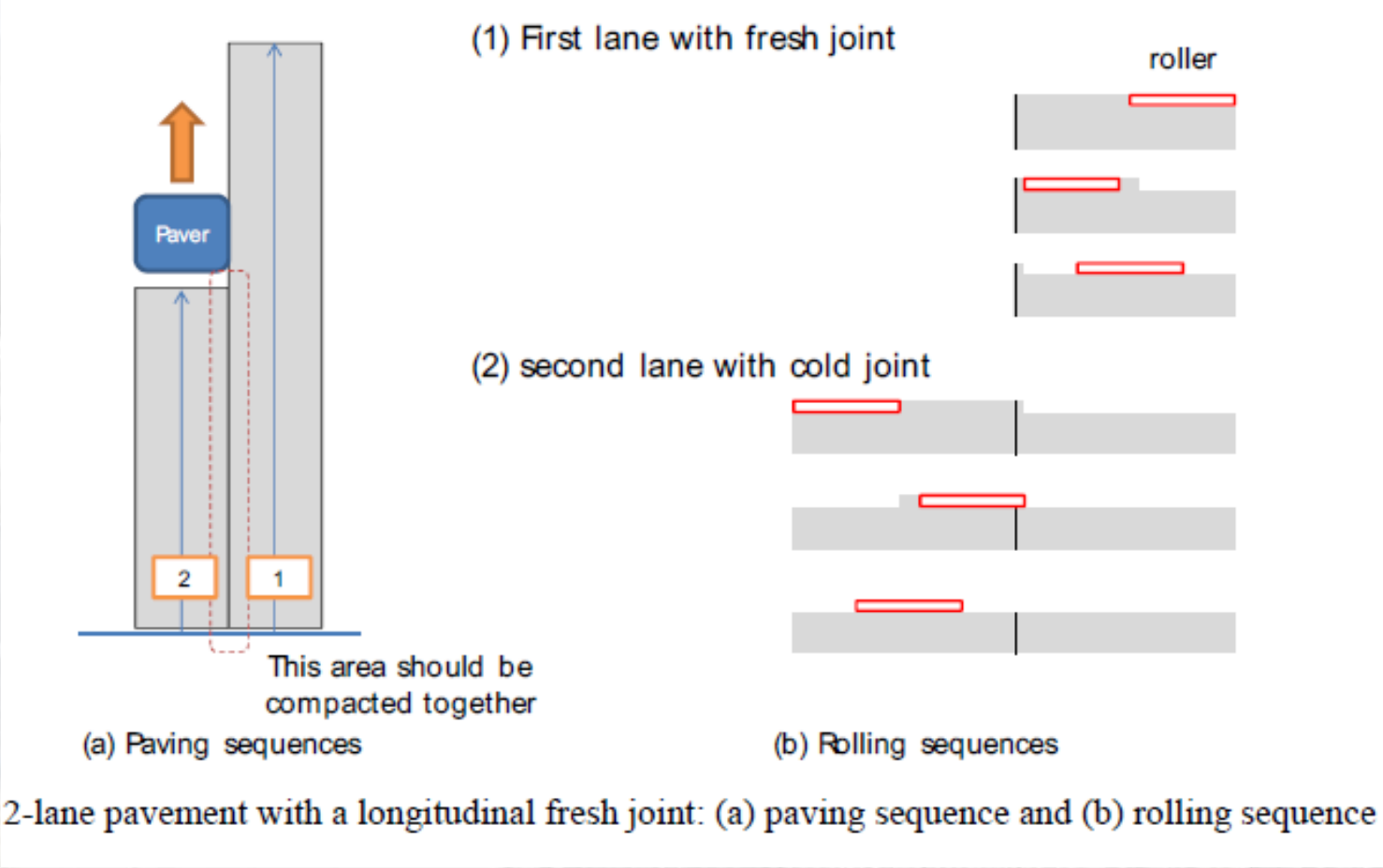


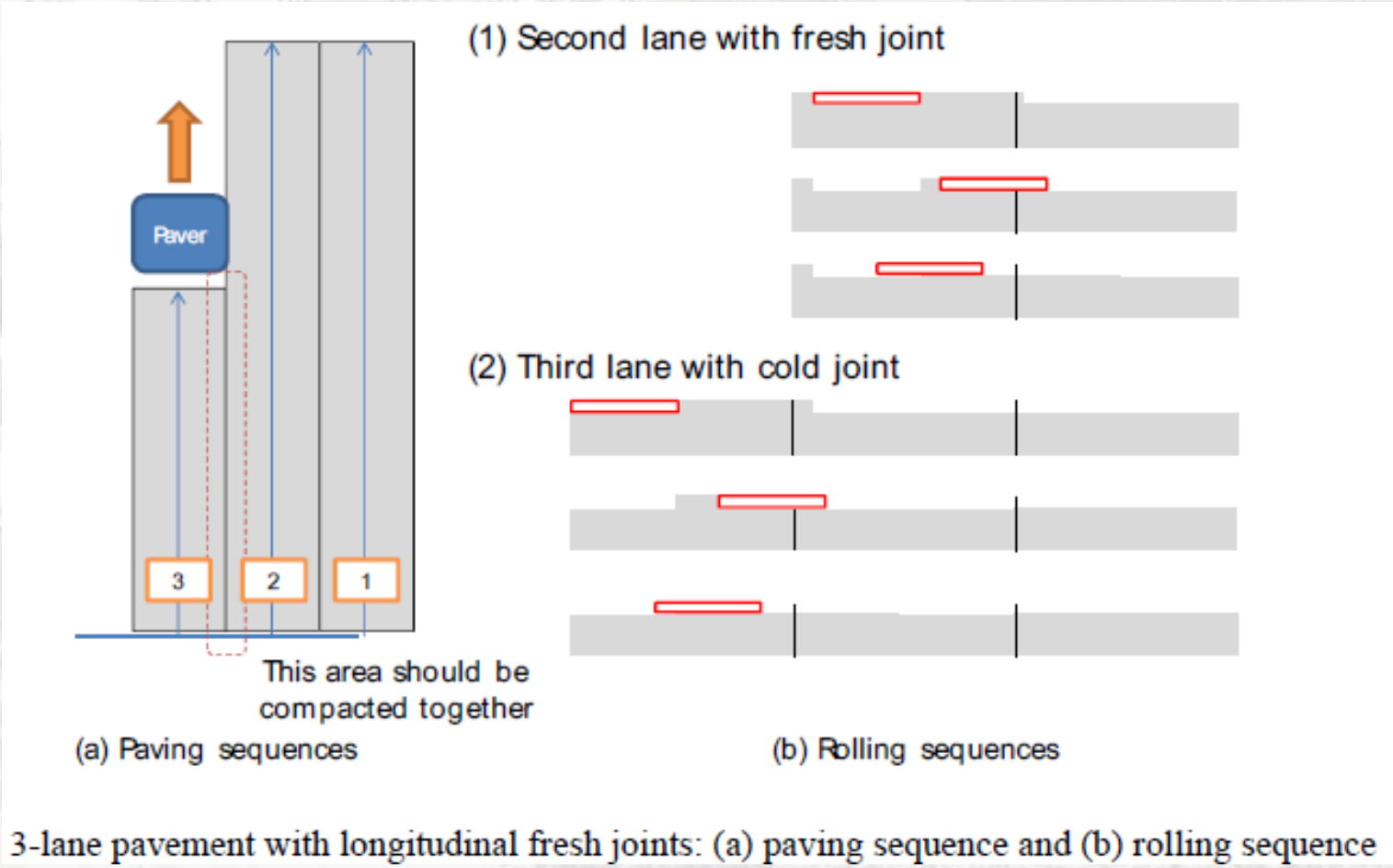
Figure 4.14 Compaction for (a) fresh longitudinal joint and (b) fresh transverse joint

اجرای درز تازه



2-lane pavement with a longitudinal fresh joint: (a) paving sequence and (b) rolling sequence

اجرای درز تازه

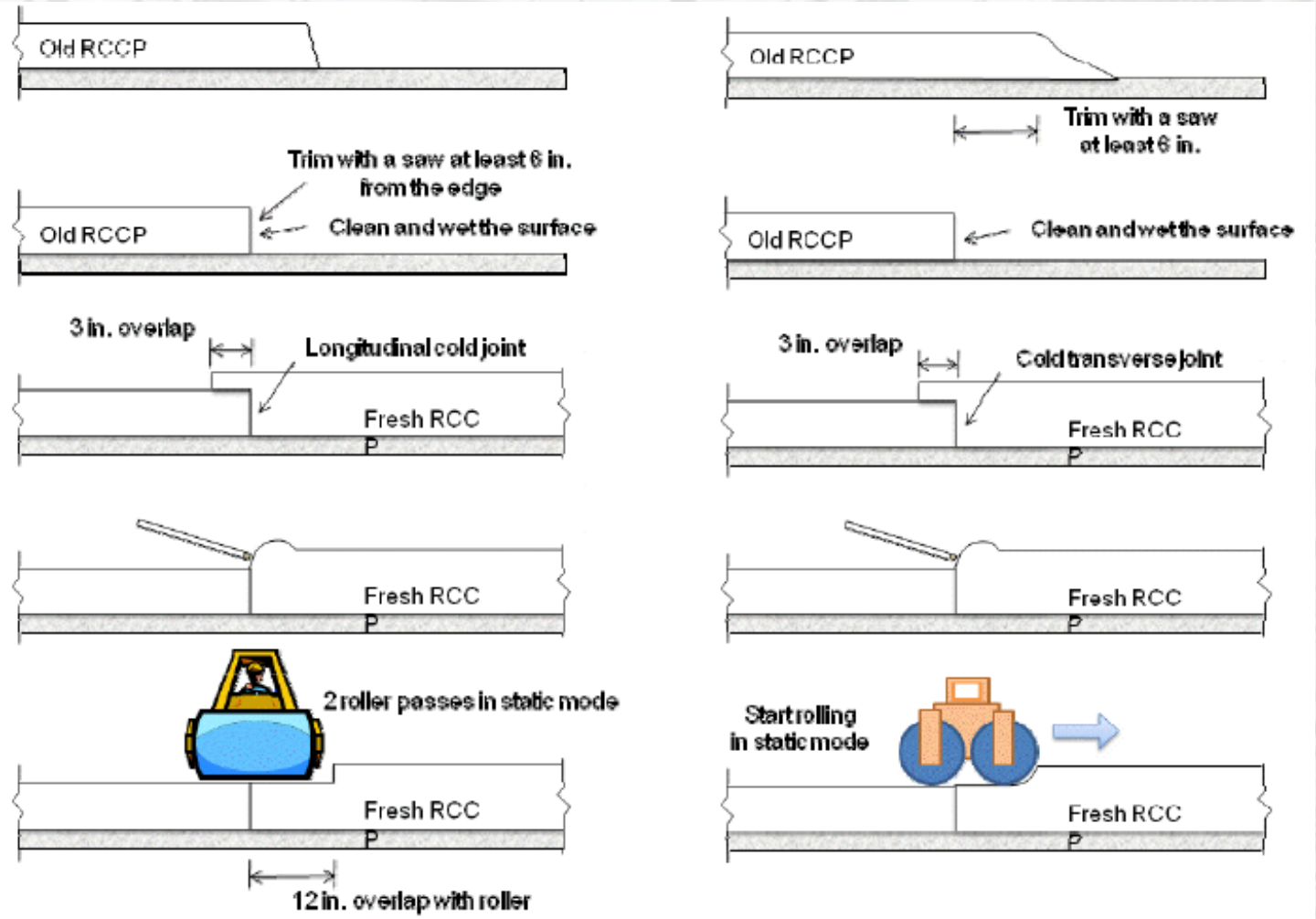


3-lane pavement with longitudinal fresh joints: (a) paving sequence and (b) rolling sequence

اجرای درز تازه

Figure 4.15 Fresh joint construction (a) Uncompacted edge of the previous placement (b) the fresh joint compaction between the two adjacent lanes

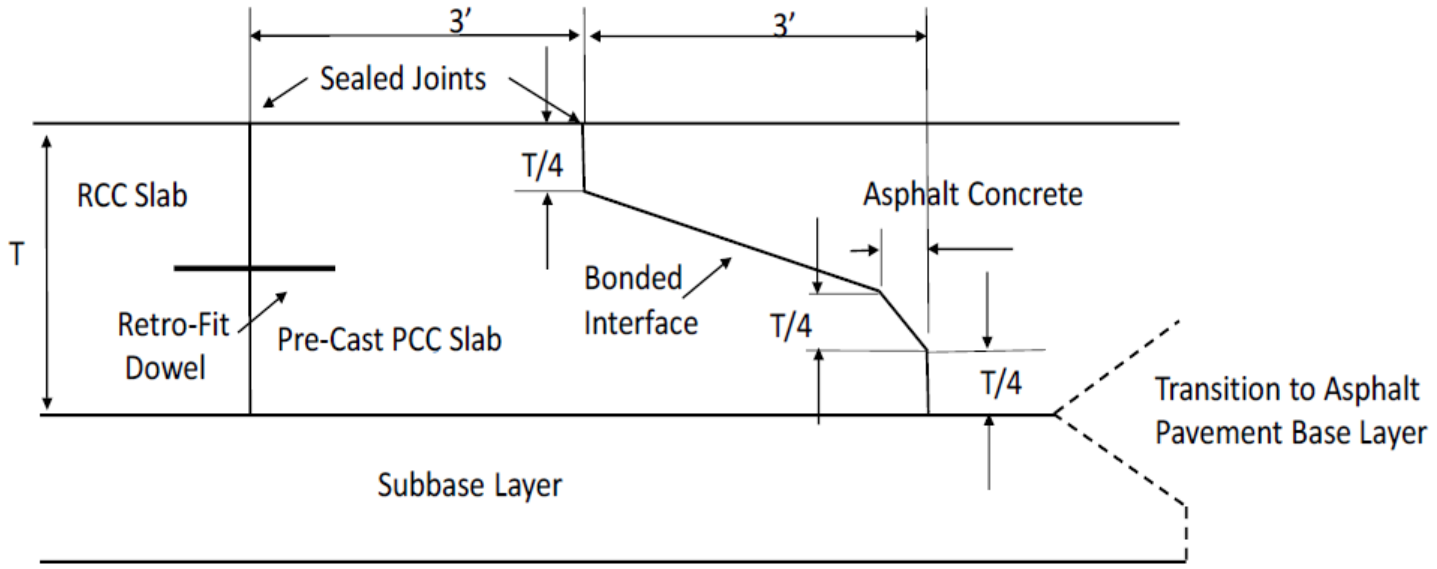
اجرای درز سرد



(a) longitudinal cold joint (b) transverse cold joint

Figure 4.16 Rolling patterns for cold construction joints

ناحیه انتقال از اسفالت به بتن



عمل آوری

- عمل آوری مرطوب (آبّ)
- استفاده از غشاء عمل آوری (ASTM C309)
- استفاده از امولسیون قیری
- توصیه می شود در روز اول عمل آوری توسط تانکر های مجهز به اسپری آب و یا روش های اسپری آب (مه فشان) انجام گیرد
- در روزهای بعد با سیستمهای نصب شده آب پاش، گونی خیس و یا تانکر های آب پاش ادامه یابد. حداقل زمان عمل آوری ۵ روز باشد
- نگذاریم قسمتی از رویه خشک بماند

عمل اوری

- چون درصد اب در این بتن پایین است عمل آوری آن بسیار مهم است. چون در غیر اینصورت عمل هیدراسیون کامل نشده و سطح بتن به صورت پودر در می اید، مضاف بر اینکه ترک های ناشی از انقباض بتن هم ایجاد می شوند و در نهایت دوام و مقاومت کمتر بتن حاصل می شود. لذا بین ۳ تا ۹ روز سطح بتن باید مرطوب حفظ شود. توصیه می شود قبل از اجرای بتن لایه اساس هم مرطوب شود

عمل اوری

جدول ۴-۱ حداقل زمان عمل‌آوری بتن (ب رحسب روز)

زمان عمل‌آوری		روند افزایش مقاومت بتن *					
		سریع		متوسط		کند	
دمای متوسط سطح بتن (هوای مجاور) ^0C		۵-۱۰	بالاتر از ۱۰	۵ -۱۰	بالاتر از ۱۰	۵ -۱۰	بالاتر از ۱۰
شرایط محیطی**	ضعیف	٦	۵	۱۲	۹	۱٤	۱۲
	متوسط	٦	۵	۹	٦	۱۲	۷
	خوب	٦	۵	۵	۵	۵	۵

* منظور از روند افزایش مقاومت بتن به شرح زیر می‌باشد:

سریع : مانند بتن دارای سیمان‌های زود سخت شونده (مانند پرتلند نوع ۳)، افزودنی‌های زودگیر کننده، نسبت آب به سیمان بسیار کم و عیار سیمان زیاد است،

متوسط: مانند بتن‌های دارای سیمان نوع ۱ و ۲، سیمان پرتلند پوزولانی،

کند : مانند بتن‌های دارای سیمان نوع ۵، پوزولانی ویژه و سیمان آهکی.

** شرایط محیطی مندرج در این ستون به شرح زیر تعریف می‌شود :

خوب : محیط مرطوب و محافظت شده (رطوبت نسبی بیشتر از ۸۰ درصد و محافظت شده در برابر خورشید و باد).

ضعیف : محیط خشک و محافظت نشده (رطوبت نسبی کمتر از ۵۰ درصد و محافظت نشده در برابر خورشید و باد).

متوسط : شرایطی بین دو حد خوب و ضعیف.

عمل اوری

- عده ای معتقدند به علت مقدار کم آب وجود فضای خالی در سطح این نوع بتن بیشتر بوده و جهت دوام بیشتر آن بهتر است با یک لایه آسفالت پوشیده شود

بازگشایی ترافیک

- برای وسائط نقلیه سبک بعد از ۵ ساعت می توان ترافیک را عبور داد
- برای وسائط نقلیه سنگین بعد از ۲۴ ساعت می توان ترافیک را عبور داد
- منابع دیگر به عنوان یک معیار سر انگشتی مقاومت ۱۷ تا ۲۱ مگاپاسکال برای عبور ترافیک کافی می دانند که معمولا در هوای گرم دو روز و برای درجه حرارت های پایین تر ۳ تا ۴ روز لازم است

عیوب اجرایی

- **زیاد بودن رطوبت در مخلوط:**

۱. تراکم ناکافی
۲. پمپ شدن آب و گل در زمان تراکم
۳. تغیر شکل نامنظم در زمان تراکم و ایجاد سطح ناهموار
۴. چسبیدن بتن به کف غلتک و افت کیفی سطح

- **رطوبت ناکافی:**

۱. جداشدگی مصالح در زمان تولید
۲. دشواری پخش، بلا پایین شدن سطح
۳. پارگی سطح و دانه دانه شدن آن که منجر به سطح ناهموار می شود
۴. تراکم ناکافی
۵. سطح تمام شده درشت

عيوب

Figure 4.7 Improper moisture content:

(a) Deformation of the pavement due to excessive moisture

(b) Tearing of RCC surface due to insufficient moisture content

Figure 4.10 Segregation of RCC mixtures

Mixture consistency and setting

Mix too dry

Fluctuations in workability

Segregation

Segregation in paving hopper

Mixture tends to segregate during paving and compacting

Compactibility/density

Honeycomb

Waviness from rolling

Required target density is not achieved

Edge slumping / poor consolidation at edge

Edge variation problems

Surface appearance

Surface raveling

Surface raveling

Spalling at cold joint

Minor tearing of the mix from rolling

Rock pocket

Table 8-1. Construction troubleshooting for RCC pavement

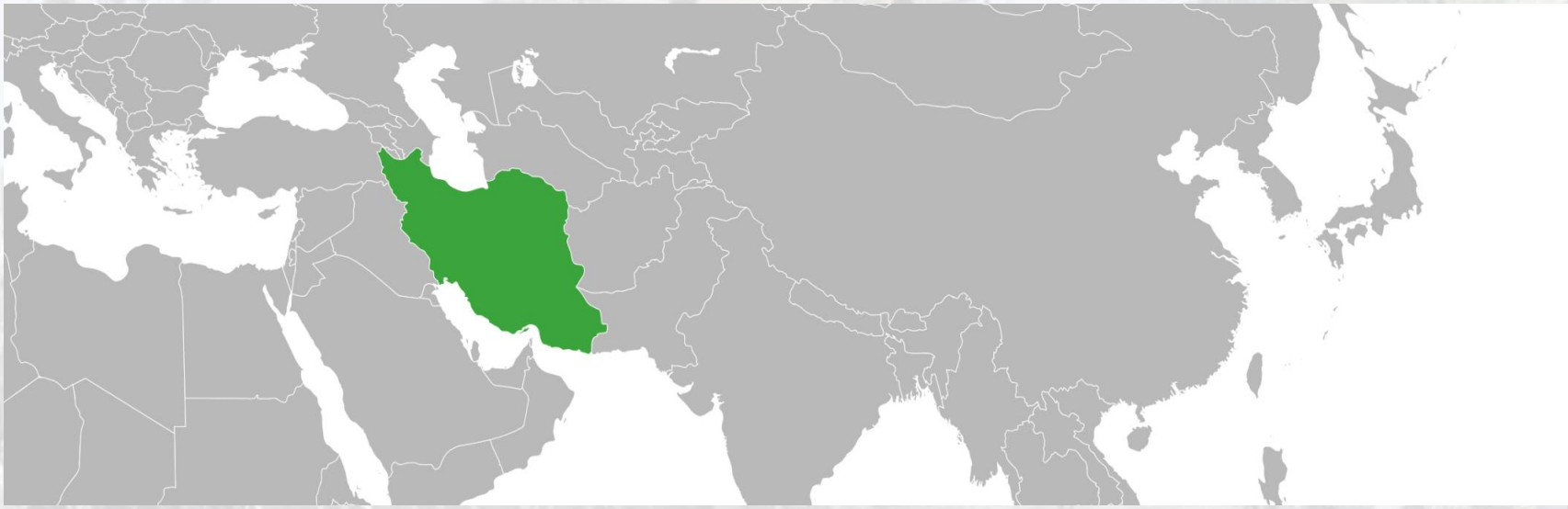
Characteristic		Mixture consistency and setting						Segregation		Compactibility/density			Surface appearance				
Observed problem		Mix looks dry	Early stiffening/ setting of concrete	Lack of stability of mix	Mixture looks sticky	Fluctuations in workability	Excessive temperature rise	Mixture tends to segregate during handling, transportation, and unloading	Mixture tends to segregate during paving and compacting	Wavy surface during compaction	Required target density is not achieved	Honey-combed surfaces	RCC tears during paving operation	RCC tears during compaction	Rock pockets are observed	Surface raveling	Unplanned cracking
Probable causes	Materials																
	Cement or SCM type		x	x	x												
	High cement/SCM content		x	x	x											x	
	Low cement/SCM content							x							x		
	Mix contains too few fines or binders (cement/SCMs)		x					x				x	x		x		
	Sand is too fine or mix is too sandy	x								x							x
	Quality/quantity of fine aggregates	x	x		x						x		x	x			
	Angularity of aggregates	x															
	Inconsistent aggregate gradation or changes in gradation	x				x		x			x	x			x		
	Moisture changes in aggregates		x			x		x		x	x	x					
	Mix contains excess water					x				x							
	Mix contains insufficient water	x			x												
	Chemical admixture overdosing, underdosing, and/or incompatibility		x	x	x		x				x						
	Storage, batching, and mixing																
	Excess material temperatures, especially aggregates	x				x	x				x						x
	Incomplete mixing	x		x	x	x		x		x	x				x	x	
	Plant is out of calibration							x			x						
	Load cells or moisture sensors are not functioning	x				x					x						
	Moisture losses are not accounted during batching																
	Transportation																
	Evaporation water losses	x				x		x	x		x	x	x	x		x	x
	RCC is transported without any covering	x															
	Extended load time from mixing to placement	x	x			x	x				x						
	Dump trucks not covered	x				x											
	Dump trucks not washed periodically					x											
	Paving																
	Paving speed is faster than recommended								x								
	Paving speed is slower than recommended						x		x				x				
	Screed configuration, age, load, wear, etc.									x			x	x	x		
	Problems with mixing auger								x								
	Compaction																
	Roller drums are not clean									x				x	x		
	Vibration is applied too early								x								
	Variable compaction speed									x							
	Insufficient compaction effort										x						
	Compaction is delayed										x	x		x		x	
	Mix is not ready for compaction									x	x				x		
	Others																
	Poor quality or poor coverage of curing compound															x	
	Delay in the application of curing compound															x	
	Delayed saw cutting																x

کنترل کیفی

- نوار آزمایشی: پیمانکار ۴۵روز قبل اجرای یک نوار آزمایشی با حداقل ۱۰۰ تن بتن غلطکی اجرا نماید
- پیمانکار باید نشان دهد دانسیته ۸۵ درصد در فینیشر و ۹۸ درصد نسبت به دانسیته تر را بعد از غلطک زنی تامین می کند
- مغزه گیری از نوار برای مقاومت فشاری و در صورت امکات تراکم با تراکم سنج هسته ای

کنترل کیفی

- طی عملیات بتن ریزی: برای تعیین دانسیته کارگاهی طبق استاندارد ASTM C 1040 از پشت سر فینیشر. ۵ نمونه برای هر ۲۰۰ متر مکعب
- بعد از بتن ریزی: از هر ۳۵۰۰ متر مربع یا یک شیفت بتن ریزی روزانه حداقل ۹ مغزه استوانه ای طبق استاندارد ۱۲۳۰۶ ملی ایران
- ۶ مغزه برای مقاومت فشاری و کنترل ضخامت و ۳ مغزه برای ازمایش برزیلی (۷ روزه)



معرفی برخی از پروژه های اجرا شده در کشور

برخی پروژه های اجرا شده در کشور با استفاده از بتن غلتکی

۱. جاده ویژه جنگل گلستان
۲. معابر شهرک های مسکونی
۳. محور فرارت–بی بی سکینه در منطقه شهریار استان تهران
۴. بزرگراه امام علی (ع) و آزادگان تا پل شهید کاظمی
۵. تونل نیایش و تونل امیرکبیر
۶. معبر شریانی ۳۵ متری شمال بزرگراه شهید همت (حدفاصل آزادگان تا شهرک باقری)
۷. ایستگاه های اتوبوس های تندرو (BRT) شهر تهران و تبریز

باسمه تعالی

وزارت راه و شهرسازی استان قزوین

اداره کل راه و شهرسازی استان قزوین

مدیریت ساخت و توسعه راهها

پروژه های راهسازی پیشنهادی جهت اجرای روکش بتن غلطکی (RCC)

ردیف	پروژه	طول (کیلومتر)	اعتبار مصوب (میلیون ریال)	اعتبار تخصیصی (میلیون ریال)	وضعیت موجود پروژه	عملیات مورد نیاز	اعتبار مورد نیاز (میلیون ریال)	توضیحات
۱	الوند - کمال آباد	۳.۵	۴۰۰۰	۸۰۰	آسفالت موجود مضمحل شده است و محور دارای زیرسازی مناسبی نمیباشد. در بسیاری تواحی در اثر نشستهای لایه های زیرین ، لایه های روسازی دچار اعوجاج و تخریب شدید شده اند	۱- کندن آسفالت موجود ۲- تثبیت بستر با آهک ۳- اجرای یک لایه اساس یا زیراساس به ضخامت ۱۵ سانتیمتر ۴- اجرای یک لایه روکش RCCP به ضخامت ۲۰ سانتیمتر	۹۰۰۰	۲.۵ کیلومتر ادامه مسیر از چهارراه کمال آباد تا تقاطع محور قزوین- بوئین زهرا تیز دارای شرایط مشابه این قطعه می باشد که در صورت موافقت و تامین اعتبار مربوطه قابلیت اجرای روکش بتنی در آن وجود دارد
۲	بوئین زهرا- سه اهی رحیم آباد	۴	۲۰۰۰۰	-	محور به صورت جاده دوطرفه می باشد که در جهت چهارخطه شدن مسیر و جداسازی مسیرهای رفت و برگشت تیاز به احداث کامل یک باند عبور مجزا شامل دوخط عبورو شانه های خاکی ، دوربرگردان در فواصل مناسب و ابنیه فنی مورد تیاز می باشد.	۱- دکوپلاژ و بستر سازی ۲- اجرای یک لایه اساس به ضخامت ۱۵ سانتیمتر ۳- اجرای یک لایه روکش RCCP به ضخامت ۲۰ سانتیمتر ۴- اجرای یک لایه روکش آسفالت توپکا به ضخامت ۴ سانتیمتر	۱۶۷۵۰	۲۸ کیلومتر ادامه مسیر از دانسفهان تا سه راهی رحیم آباد تیز دارای شرایط مشابه این قطعه می باشد که در صورت موافقت و تامین اعتبار مربوطه قابلیت اجرای روکش بتنی در آن وجود دارد.
۳	محمدیه - آبیک	۵	-	-	محور به صورت جاده دوطرفه می باشد که در جهت چهارخطه شدن مسیر و جداسازی مسیرهای رفت و برگشت تیاز به احداث کامل یک باند عبور مجزا شامل دوخط عبورو شانه های خاکی ، دوربرگردان در فواصل مناسب و ابنیه فنی مورد تیاز می باشد.	۱- دکوپلاژ و بستر سازی ۲- اجرای یک لایه اساس به ضخامت ۱۵ سانتیمتر ۳- اجرای یک لایه روکش RCCP به ضخامت ۲۰ سانتیمتر ۴- اجرای یک لایه روکش آسفالت توپکا به ضخامت ۴ سانتیمتر	۲۱۰۰۰	۲۰ کیلومتر ادامه مسیر تا محمدیه تیز دارای شرایط مشابه این قطعه می باشد که در صورت موافقت و تامین اعتبار مربوطه قابلیت اجرای روکش بتنی در آن وجود دارد.
۴	راه روستایی حاجی عرب-چلمبر	۶	۴۰۰۰	-	این قطعه تنها بازگشایی شده است ، تیاز به اصلاح برخی تقاط مسیر ، احداث آبروها و اجرای روسازی می باشد	۱- عملیات خاکی ، تعریض و اصلاح محور ۲- اجرای یک لایه زیراساس به ضخامت ۱۵ سانتیمتر ۳- اجرای یک لایه روکش RCCP به ضخامت ۲۰ سانتیمتر ۴- اجرای یک لایه روکش آسفالت توپکا به ضخامت ۴ سانتیمتر	۱۶۰۰۰	
۵	راه روستایی ساغران سفلی	۳.۶	-	-	در کل این قطعه زیر اساس اجرا شده است و تنها تیاز به روکش دارد	۱- اجرای یک لایه روکش RCCP به ضخامت ۲۰ سانتیمتر ۲- اجرای یک لایه روکش آسفالت توپکا به ضخامت ۴ سانتیمتر	۶۰۰۰	

نمونه ای از پروژه روسازی بتن غلتکی اجرا شده در شرکت ساخت و توسعه جاده ویژه جنگل گلستان (دفتر راهسازی شمال شرق)

طول بخش روسازی بتن غلتکی پروژه : ۷ کیلومتر

حجم بتن غلتکی : ۲۰،۰۰۰ مترمکعب

ضخامت رویه آسفالتی : ۴ سانتی متر

ضخامت بتن غلتکی : ۲۲ سانتی متر

ضخامت اساس : ۱۵ سانتی متر

نمونه ای از پروژه های شرکت ساخت و توسعه

جاده ویژه جنگل گلستان

جاده ویژه جنگل گلستان

جاده ویژه جنگل گلستان

جاده ویژه جنگل گلستان

جاده ویژه جنگل گلستان

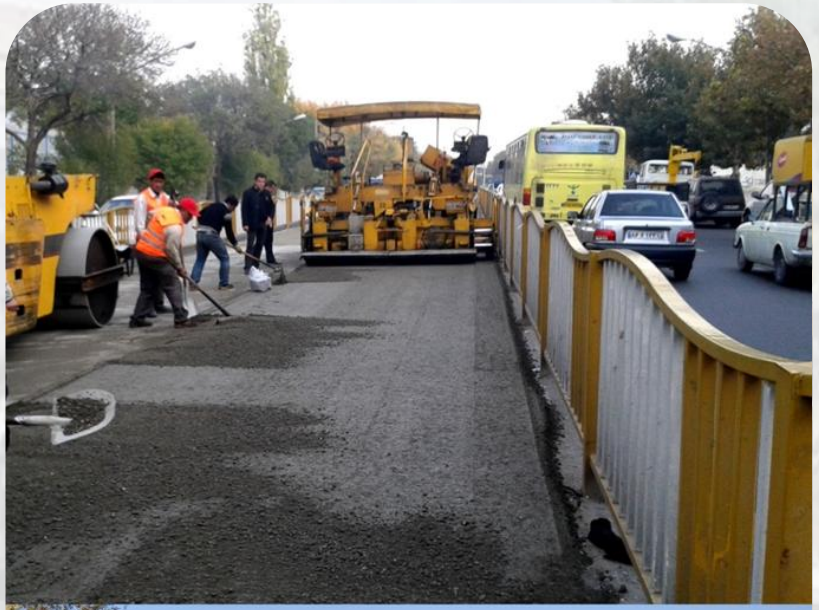
جاده ویژه جنگل گلستان

پروژه مسیر اتوبوس های شهری تبریز

کارفرما: شهرداری تبریز، مشاور: مهندسین مشاور بهاب نواندیش، پیمانکار: شرکت سنگین پایه تهران

WARREN DIV.

ضخامت محاسبه شده توسط مشاور



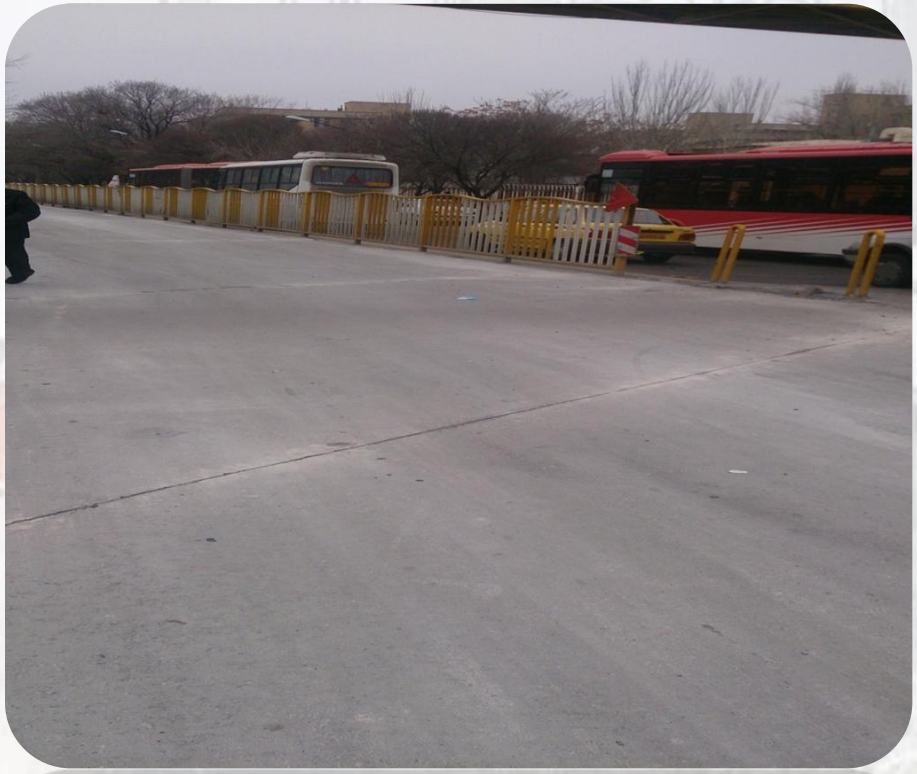
19-03
دستیابی به سطح صاف مورد نظر

اسلامپ صفر بدست آمده

دستگاه ویژه زمان سنجی برای غلتک زنی (VEBE)

غلتک زنی طبق دستورالعمل آیین نامه

وضعیت کنونی پروژه:



نمونه ای از پروژه های ادارات کل راه و شهرسازی (استان تهران)

محور فرارت–بی بی سکینه در منطقه شهریار

طول پروژه : ۵/۳ کیلومتر

عرض کلی محور در هر جهت عبور : ۱۰/۶۵ متر

ضخامت رویه آسفالتی :۵ سانتی متر

ضخامت بتن غلتکی :۲۳ سانتی متر

ضخامت زیر اساس (مخلوط شن و ماسه با CBR=۳۰) : ۱۵ سانتی متر

بستر رسی با CBR=۵

مقایسه اقتصادی(نمونه ۵۰۰۰واحدی لپویی شیراز)

- مساحت کل معابر و پارکینگ ها: ۱۲۰,۰۰۰ متر مربع
- روسازی آسفالتی:
۱۲۰,۰۰۰*۳۲,۶۰۰=۳,۹۱۲,۰۰۰,۰۰۰
- روسازی بتنی(RCCP):
۱۲۰,۰۰۰*۲۰,۰۰۰=۲,۴۰۰,۰۰۰,۰۰۰
- تفاوت:۱,۶۰۰,۰۰۰,۰۰۰میلیون تومان
- حدودا به ازای هر واحد ۳۲۰,۰۰۰ تومان

شهرک مسکونی کیانمهر کرج

بهره برداری زود هنگام

پروژه شهر جدید هشتگرد۱۲ ساعت پس از اجرا

کاربرد RCCP در ایران

پارک فن آوری و ریاست جمهوری پردیس

کاربرد RCCP در ایران

شهر جدید هشتگرد(پروژه ارم)

جاده قدیم کرج(مقابل نیروگاه و محوطه صنعتی)

کاربرد RCCP در ایران

توسعه جاده اصلی کرج – محمد شهر

کاربرد RCCP در ایران

جاده قدیم کرج(مقابل نیروگاه و محوطه صنعتی)

کاربرد RCCP در ایران

محوطه کارخانه رباط ماشین (L90)

تحلیل هزینه چرخه عمر

تعریف تحلیل هزینه چرخه عمر

- هدف از تحلیل هزینه چرخه عمر ارزیابی اقتصادی بودن گزینه های مختلف سرمایه گذاری در یک دوره زمانی مشخص به منظور تعیین ارزان ترین آنها است.

- در انتخاب یک استراتژی بهسازی مناسب برای روسازی یک معبر تمام هزینه ها و فواید حاصله می بایست لحاظ گردد.

- این هزینه و فایده ها باید در یک چارچوب زمانی مشخص که عمر عملکردی استراتژی ها مختلف را پوشش دهد تعیین گردد.

تعریف تحلیل هزینه چرخه عمر

- در بهترین حالت یک تحلیل جامع هزینه چرخه عمر می بایست تمام هزینه ها و فواید روشها را به صورت کمی تعیین کند

- اما متاسفانه پاره ای از این هزینه فایده ها قابل اندازه گیری کمی نیستند و نیاز به ساده سازی می باشد. مضاف بر اینکه اختلاف نظر های زیادی ممکن است وجود داشته باشد

- لذا این تحلیل می تواند با سطوح دقت متفاوتی ارائه شود و کارفرمایی متناسب با دقت مورد انتظار پیچیدگی تحلیل را تعیین می کند

هزینه چرخه عمر

هزینه های کار فرما (Agency Costs)

- هزینه های طراحی و اجرای بهسازی اولیه
- هزینه های طراحی و اجرای بهسازی های بعدی
- هزینه ای کنترل ترافیک در زمان بهسازی
- هزینه های تخریب و حمل در انتهای دوره تحلیل
- ارزش اسقاطی

هزینه چرخه عمر

هزینه های استفاده کنندگان (User Costs)

- **هزینه وسائط نقلیه (vehicle operation costs): هزینه های سوخت، روغن، سایش لاستیک، قطعات یدکی**
- **هزینه تاخیر (delay costs): ناشی از کاهش سرعت، استفاده ار مسیر های جایگزین**
- **هزینه تصادفات (accident costs): هزینه تصادف وسایط تقلیه استفاده کنندگان، با هم و به ساختمانها همچنین هزینه فوت و زخمی شدن**

هزینه چرخه عمر

- **این هزینه ها در دو بخش بررسی می شود:**
- **هزینه ها در زمان استفاده از 'گزینه ها در دوره تحلیل** (in-sevice user costs)
- **هزینه ها در زمان اجرای آلتر ناتیو ها (** work zone user costs) **ناشی از انسداد مسیر، محدودیت سرعت در زمان بهسازی ها ، دسترسی و ظرفیت مسیر های جایگزین. این امر بویژه در مسیر های پر ترافیک می تواند تعیین کننده بوده و اثر تفاوت سایر هزینه ها را کم رنگ کند.**

هزینه چرخه عمر

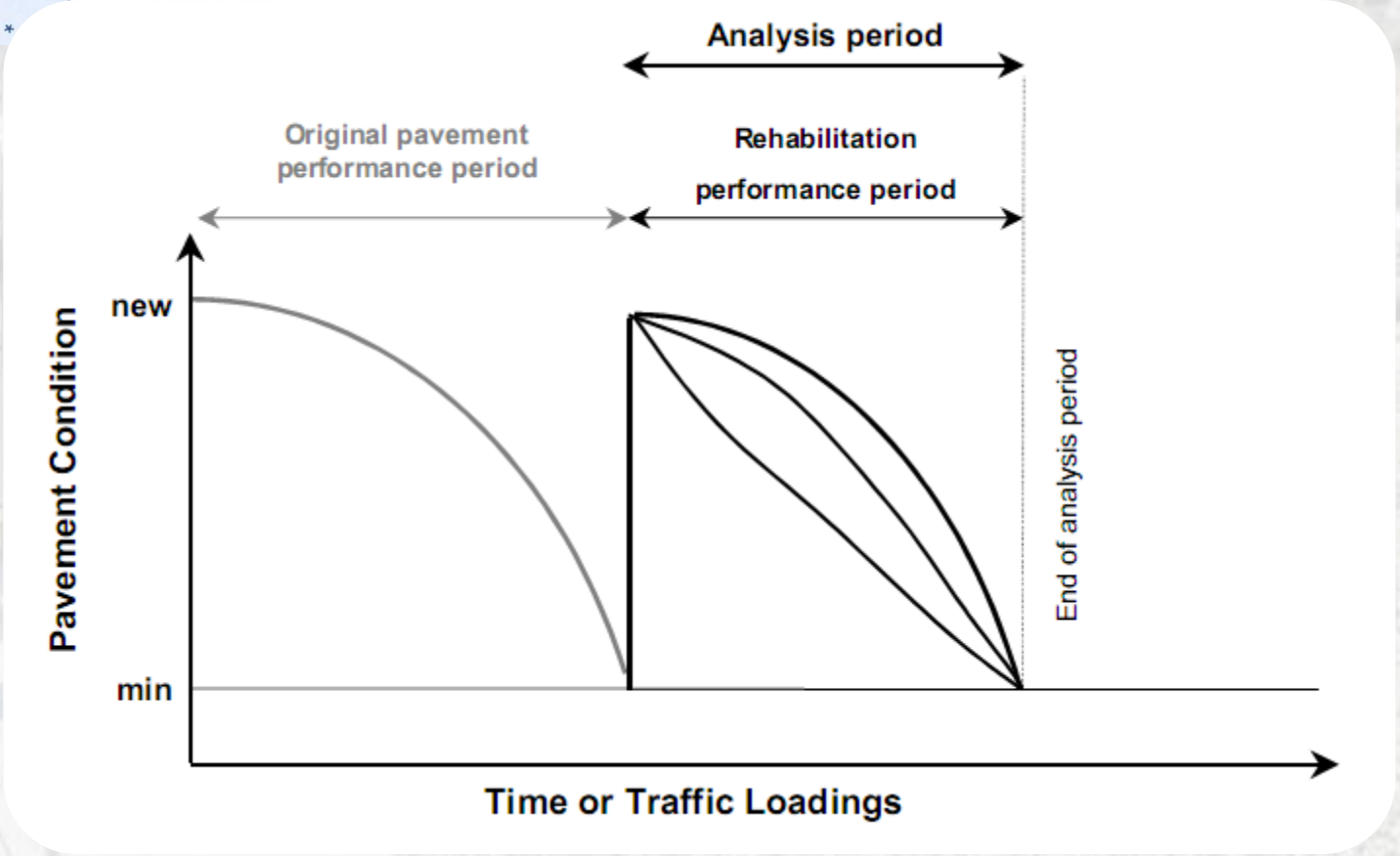
- لیکن در نظر گرفتن این هزینه ها برای کارفرما ها زیاد مهم نیست. چون هزینه مستقیم آنها نیست.
- از طرف دیگر عدم لحاظ این هزینه ها در زمان اجرای آلتر ناتیو ها ممکن است منجر به انتخاب 'گزینه های بهسازی کوتاه مدت گردد که برای راه های پر ترافیک مطلوب نیست
- انتخاب اینکه کدام یک از هزینه ها لحاظ گردد بستگی به تاثیر انها در انتخاب استراتژی ها و همچنین امکان تعیین واقع بینانه آنها دارد.

هزینه چرخه عمر

هزینه وسائط نقلیه در زمان استفاده از 'گزینه ها در دوره تحلیل (In-service user costs)

- **این هزینه ها تابعی از سطح سرویس معبر دارد.**
- **اگر مقدار آن در آلتر ناتیو های مختلف یکسان باشد، می تواند از تحلیلی هزینه چرخه عمر حذف گردد. بطور مثال اگر شاخص خدمت پذیری اولیه (PSI)و نهایی در دوره عملکرد یکسان برابر باشد.**
- **اگر چه حتی در این مورد فوق هم می تواند متفاوت باشد مثل شکل ذیل:**

هزینه چرخه عمر



هزینه چرخه عمر

هزینه وسائط نقلیه در زمان اجرای آلتر ناتیو ها

- این هزینه ها در زمان اجرای استراتژی های مختلف بهسازی به علت افزایش تغییرات سرعت، توقف و حرکت ها، سیستم های مختلف کنترل ترافیک در استراتژی ها، می تواند قابل ملاحظه باشد
- محدود کردن ساعت کار پیمانکار، ساعات کار روزانه و زمان کل پر.وژه می تواند منجر به کاهش این هزینه شود ولی در مقابل ممکن است باعث افزایش هزینه های کار فرما (Agency Cost) گردد.

هزینه چرخه عمر

هزینه تاخیر (delay costs)

- هزینه تاخیر تابع نوع وسیله نقلیه، نوع سفر (شهری یا بین شهری)، هدف سفر (تفریحی، شغلی)
- هزینه تاخیر در زمان استفاده از 'گزینه های مختلف وابستگی زیادی به نوع 'گزینه ندارد
- هزینه تاخیر در زمان اجرای 'گزینه های مختلف به لحاظ سیستم های کنترل ترافیک می تواند تفاوت زیادی ایجاد کند
- محدود کردن ساعت کار پیمانکار، ساعات کار روزانه و زمان کل پروژه می تواند منجر به کاهش این هزینه شود ولی در مقابل ممکن است باعث افزایش هزینه های کار فرما (Agency Cost) گردد.

هزینه چرخه عمر

- **هزینه تصادفات** (Accident costs)
- داده های محدود موجود نشان می دهد که تقریبا میزان تصادفات در زمان بهسازی معابر سه برابر زمان عادی می باشد
- در حال حاضر اطلاعات کافی در مورد رابطه بین میزان تصادفات در زمان بهسازی و سیستم های کنترل ترافیک مثل باریک شدن معبر،مخروط یا سایر موانع مورد استفاده وجود ندارد
- میزان تصادفات در زمان استفاده از 'گزینه ها بیشتر تابع نوع (class)معبراست و معمولا در در تحلیل هزینه چرخه عمر لحاظ نمی گردد

هزینه چرخه عمر

سایر هزینه ها

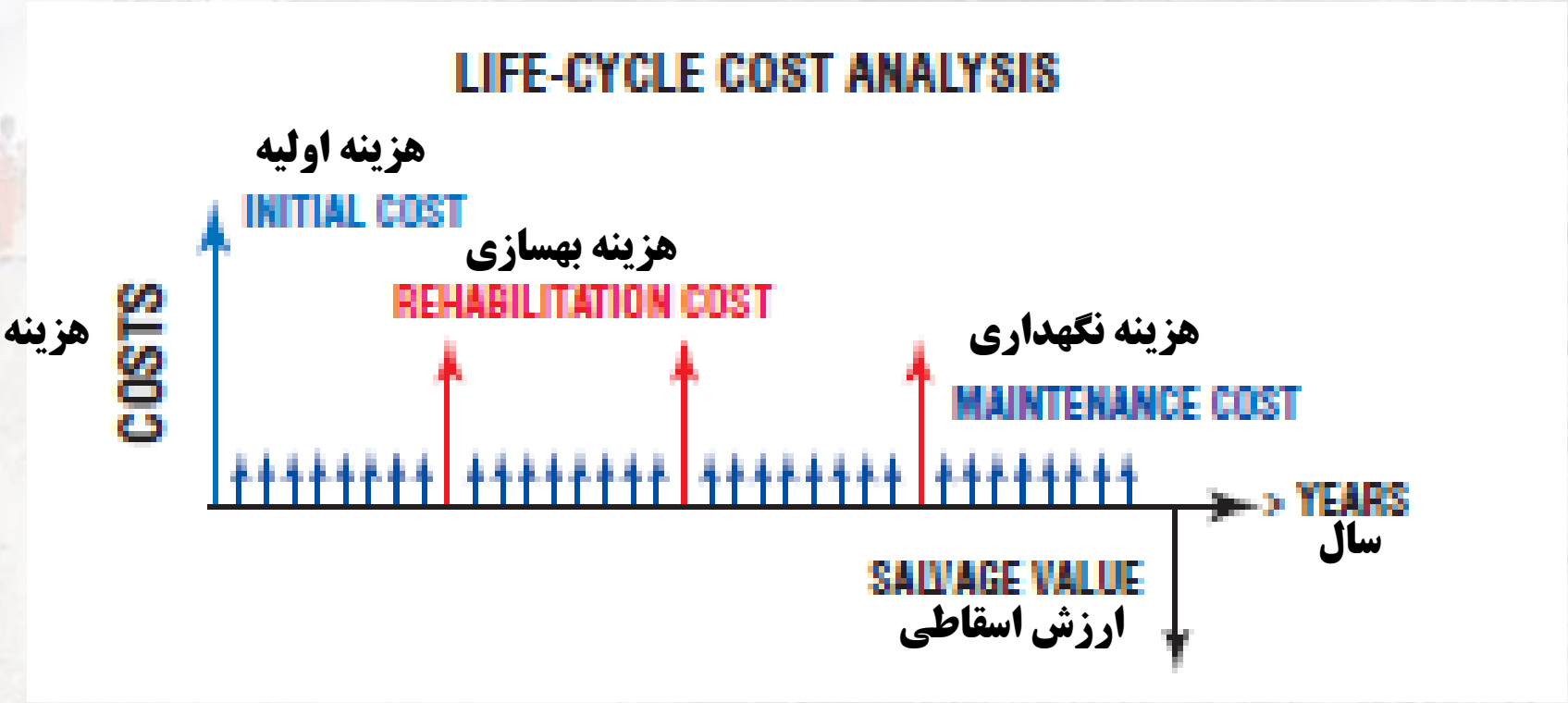
- ضررصاحبان مشاغل در محدوده طرح بهسازی
- کاهش درآمد مالیاتی شهرداری ها اخذ شده از این مشاغل در این مدت
- ....

هزینه چرخه عمر

ارزش اسقاطی (Salvage Cost)

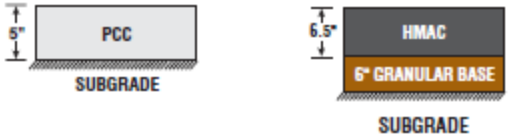
- گزینه های (استراتژی) مختلف دارای ارزش های اسقاطی متفاوت در انتهای دوره تحلیل هستند
- میزان ارزش اسقاطی بیشتر بر می گردد به اینکه کارفرما چه برنامه ای برای استفاده از آن دارد. بطور مثال درصورتی که استراتژی شامل بازیافت باشد، ارزش اسقاطی برابر است با ارزش مصالح بازیافتی منهای هزینه برداشت و عملیات بازیافت

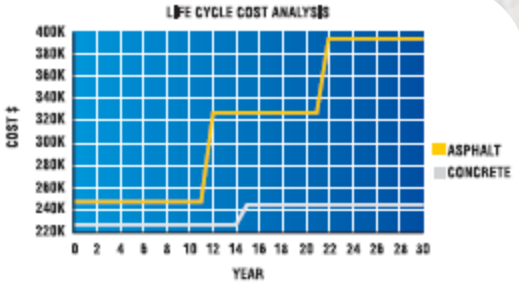
هزینه چرخه عمر



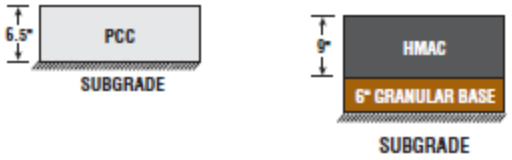
هزینه چرخه عمر

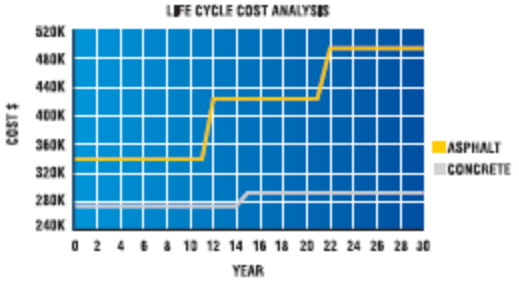
RESIDENTIAL
(ADTT 3 trucks/day, 11,500 ESALs, 2-lane with curbs) Initial costs



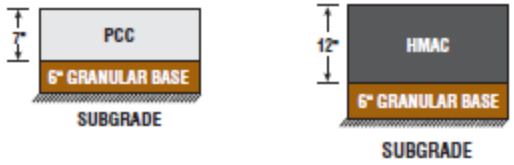


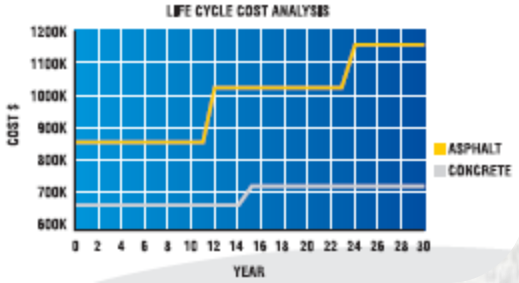
COLLECTOR
(ADTT 100 trucks/day, 405,000 ESALs, 2-lane with curbs)



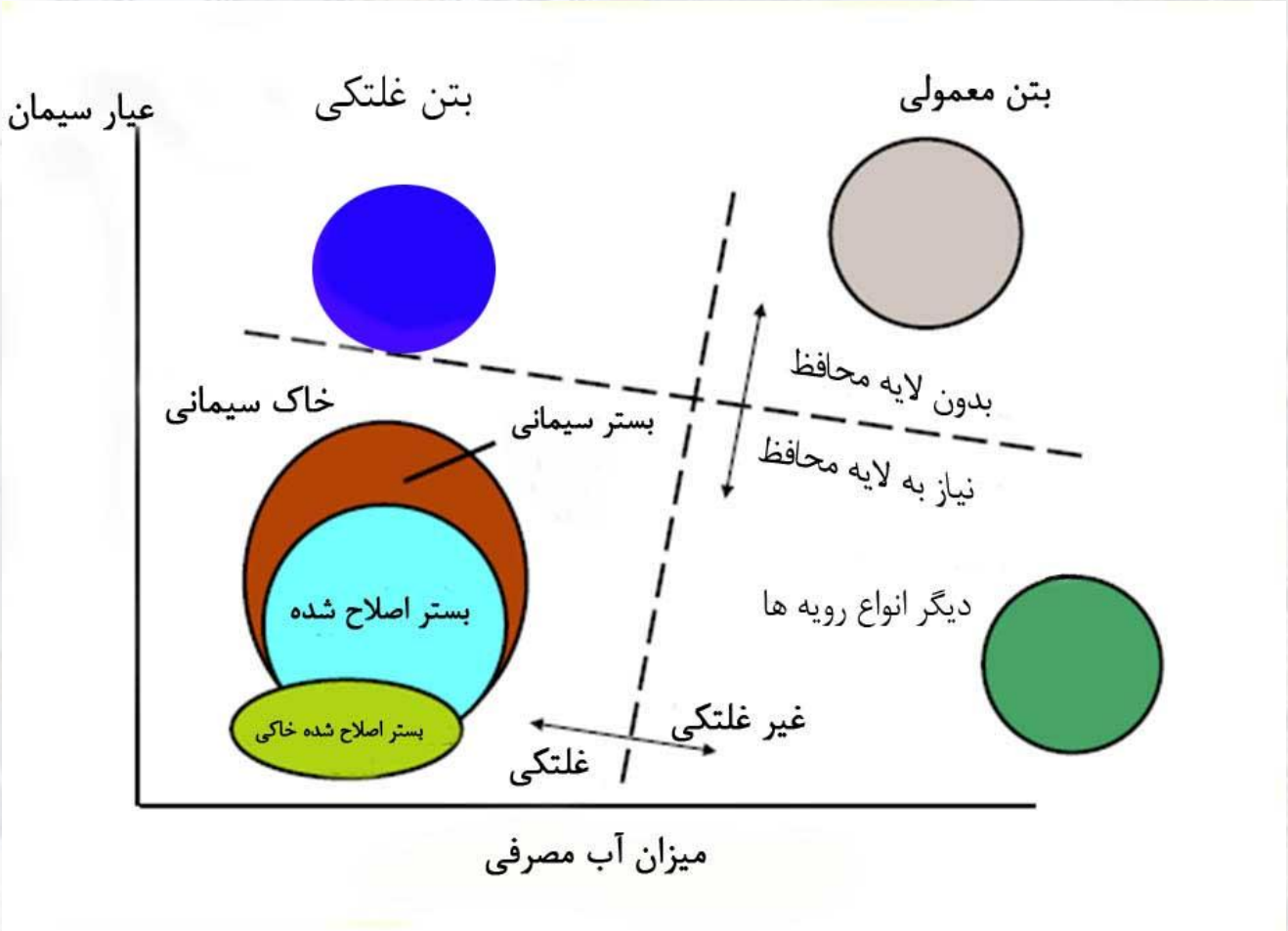


MINOR ARTERIAL
(ADTT 500 trucks/day, 3,500,000 ESALs, 4-lane with curbs)





با تشکر از حضور و توجهتان


عیار سیمان
بتن غلتکی
بتن معمولی
بدون لایه محافظ
نیاز به لایه محافظ
خاک سیمانی
بستر سیمانی
بستر اصلاح شده
بستر اصلاح شده خاکی
دیگر انواع رویه ها
غیر غلتکی
غلتکی
میزان آب مصرفی