

## سازمان مهندسی و عمران شهر تهران

شرکت بین المللی ساتراپ دژکار

همسازی و بازسازی بستر و روسازی باروش تثبیت با آهک

اجراء عملیات درزگیری در بزرگراهها ، اتوبانها و معابر شهری

اجراء پروژه های ژئوتکنیک نظیر **Pilling** ، **Nailing** و **Micropile** .

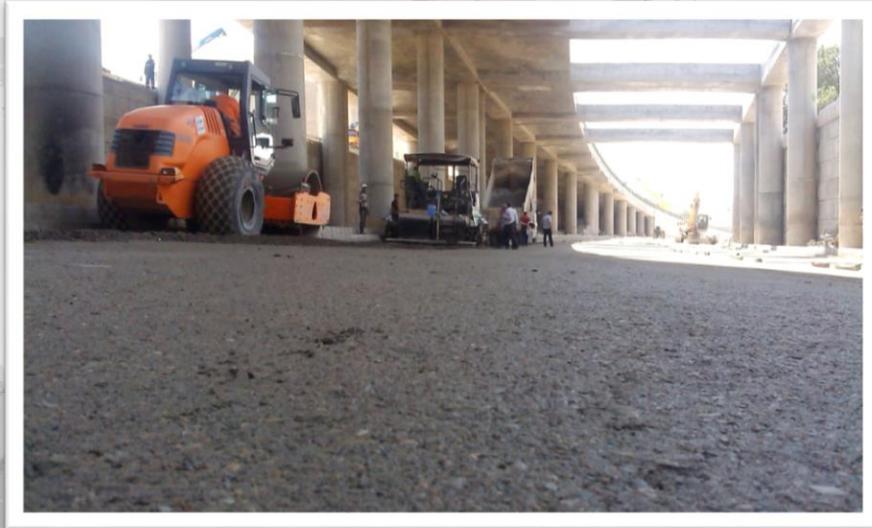
ساخت و ترمیم انواع درزهای انبساطی

تولید و اجراء انواع روسازی بتنی و آسفالتی

تولید و اجراء انواع پوششهای سطحی حفاظتی

اجراء عملیات تراش آسفالت

پل سازی و ابنیه فنی





از جمله مشکلات اساسی معابر سواره رو خیابانها و شبکه‌های بزرگراهی و محوطه‌های صنعتی در کشور ما تخریب و تعویض‌های متوالی آسفالت می‌باشد که در کنار تحمیل خسارات میلیاردی به اقتصاد ملی، ضریب ایمنی جاده‌ها و خیابانهای کشور را نیز به شدت کاهش داده است و البته خسارات فراوانی نیز به خودروها وارد می‌کند به نحوی که این وضعیت مورد اعتراض 100 درصد صاحبان اتومبیل‌ها و رانندگان می‌باشد! اعتراض که تکنولوژی فعلی ساخت معابر قادر به پاسخگویی و رفع این معضل نیست و نیازمند تغییر ساختاری و تکنیکی طراحی و ساخت معابر سواره رو و ترافیکی می‌باشد.

از طرفی معضل زیست محیطی استفاده از مواد فعلی و هیدروکربن‌ها در ترکیب آسفالت قیری در کنار پائین بودن قابلیت‌ها و آسفالت قیری برای احراز بسیاری از مشخصات فنی مورد لزوم در معابر ترافیکی بالاخص دوام و پایداری در برابر تغییرات جوی و سیکل‌های یخبندان، گزینه رویه‌های بتنی **RCCP** را پیش رو قرار داده است.



در حال حاضر به دلایل متعدد لزوم استفاده از روسازی های بتنی در سطح کشور به خوبی آشکار شده است .

از جمله این دلایل افزایش چشمگیر قیمت قیر و مشکلات عدیده روسازی های آسفالتی در محلهای خاص همانند نواحی سواحل جنوب ، پایانه های بارونواحی صنعتی می باشد . اما با وجود این مسائل ، مشکلاتی از قبیل نیاز به وسایل و تجهیزات ویژه و پرسنل متخصص و با تجربه کافی ، مصرف سیمان و آرماتور مانع از کاربرد روسازی بتنی شده است . امروزه این نوع روسازی که به عنوان روسازی بتن غلتکی شناخته شده ، در بسیاری از کشورها مورد استفاده قرار گرفته و به خوبی نیازهای طرح را تامین نموده است . خصوصیات روسازی بتن غلتکی شامل مصرف سیمان کمتر ، امکان استفاده از وسایل اجرا متداول در ساخت روسازی های آسفالتی ، امکان استفاده از مصالح با کیفیت کمتر از استاندارد بتن معمولی و عدم نیاز به آرماتور ، قالب بندی و تعبیه درز می باشد .

درفرنگ اصطلاحات بتن و سیمان انجمن بتن آمریکا (ACI R 116 -90)، بتن غلتکی بدین ترتیب تعریف می شود:

بتن متراکم شده با غلتک، بتنی که با حرکت بر روی آن در حالت سخت نشده، متراکم می شود. در ادبیات فنی با نام رول کریت نیز از آن نامبرده می شود. این روش، امروزه اغلب تحت عنوان بتن غلتکی یا به صورت خلاصه **Rcc** به کار برده می شود.

بتن غلتکی سخت شده، در اصل دارای همان خصوصیات بتن های معمولی که به صورت درجا ریخته شده و به عمل می آیند، می باشد و محصول نهایی به زبان ساده «بتن» تلقی می شود.



## تاریخچه :

اولین نمونه استفاده از روسازی بتن غلتکی در اروپا در سال 1970 در جاده های با حجم ترافیکی کم در اسپانیا و اولین کاربرد آن در امریکا ساخت موفقیت آمیز یک جاده دسترسی به صورت آزمایشی در ایستگاه مطالعاتی ارتش امریکا در میسیسیپی در سال 1975 بوده است. لیکن اولین کاربرد واقعی و مهم **RCCP** در امریکا احداث محوطه وسیع پارکینگ برای تانک ها و وسایل نقلیه نظامی سنگین در پایگاه هود در تگزاس در سال 1984 بوده است .

بعد از این کاربرد موفقیت آمیز تعداد قابل توجهی روسازی برای بارهای سنگین توسط بخش دولتی ، نظامی و همچنین بخش خصوصی در امریکا صورت گرفت. این کاربردها شامل روسازی پارکینگ وسایل نقلیه نظامی سنگین، روسازی بندرگاهها و پایانه های مبادله بارهای کانتینری بوده است. از این میان دو پروژه بزرگ که در سال های 1989 تا 1990 اجرا شدند یکی روسازی جاده و محل پارکینگ وسایل نقلیه چرخ زنجیری به مساحت 324000 متر مربع در پایگاه درام نزدیک نیویورک و دومی روسازی پارکینگ اتومبیل برای شرکت جنرال موتور در تنسی به مساحت 405000 متر مربع قابل ذکر است.

در سال 1992 نیز شرکت سیف وی برای روسازی محوطه انبار خود در کالیفرنیا 226000 متر مربع روسازی بتن غلتکی را اجرا نمود. دلیل این انتخاب هزینه اولیه پائین ، سرعت ساخت بالا ، دوام خوب تحت بارهای سنگین و هزینه نگهداری پائین بود . در اندونزی اولین روسازی بتن غلتکی در سال 1985 ساخته شد و علی رغم رضایت بخش نبودن اولین تجربه آنها تا سال 1990 بیش از 550,000 متر مربع از این نوع روسازی در آن کشور ساخته شد. در ژاپن اولین روسازی بتن غلتکی در سال 1987 به بهره برداری رسید و تا سال 1997 حدود 1800000 متر مربع روسازی بتن غلتکی در این کشور ساخته شد .

در مالزی نیز اولین روسازی بتن غلتکی در سال 1990 برای یک جاده ایالتی و بطور آزمایشی ساخته شده .



علاوه بر کشورهای فوق کشورهای فرانسه ، نروژ ، فنلاند ، دانمارک ، آلمان ، استرالیا و آرژانتین از بعد از سال 1980 شروع به ساخت روسازی بتن غلتکی نمودند که استفاده هر یک از آنها در حدود 100,000 مترمربع است.

در هفت کشور شیلی ، اروگوئه ، مکزیک ، کلمبیا ، اکوادور ، ایسلند و آفریقای جنوبی نیز کاربرد بتن غلتکی به میزان محدود و یا به صورت آزمایشی صورت گرفته است. تا پایان سال 1990 سطح کل روسازی بتن غلتکی در دنیا از مرز **12,000,000** مترمربع تجاوز نمود که بیش از نصف آن در اسپانیا ساخته شد. در حدود 1,500,000 مترمربع از این سطح برای بزرگراهها و راههای اصلی مورد استفاده قرار گرفت . در این راهها یک لایه آسفالت در بالای لایه بتن غلتکی جهت بهبود کیفیت سطح به کار رفت و باقیمانده 10,500,000 مترمربع آن در روسازی های با سرعت کم نظیر راههای درجه دو و نواحی صنعتی و نظامی - بدون اینکه بر روی روسازی بتن غلتکی پوشش دیگری قرار گیرد - مورد استفاده قرار گرفت.

تعريف :

## ROLLER-COMPACTED CONCRETE - ( R C C )



بتن غلطكي (RCC) مخلوطي است از سنگدانه، سيمان، آب و گاهي مواد افزودني كه خشك تر از بتن هاي متعارف است (بتن كم رطوبت) با اسلامپ صفر و معمولا "پس از بتن ريزي و پخش، توسط غلطك ويبره چرخ آهني متراكم مي گردد. بتن غلطكي با مخلوط خاك - سيمان متفاوت است و مشخصه هاي آن بويژه پس از سخت شدن شباهت زيادي به بتن هاي متعارف (CVC) دارد.

بتن غلتكي ، روشي نوين براي ساخت اقتصادي سازه هاي حجيم از جمله سدهاي وزني و راهپا مي باشد . در اين نوع بتن تركيبی از ویژگی های تکنولوژی بتن و خاک به کار گرفته شده و با استفاده از ماشین الات ساخت سدهای خاکی و راهسازی ( عملیات خاکی ) حمل ، پخش و متراکم می شود .  
بنابراین بتن ریزی سریعتر و هزینه اجرا به شدت کاهش می یابد .

این بتن پیش از گیرش باید بتواند وزن غلتک را تحمل کند و پس از سخت شدن باید بتواند در برابر نیروهای وارد شده به آن مقاومت داشته باشد .

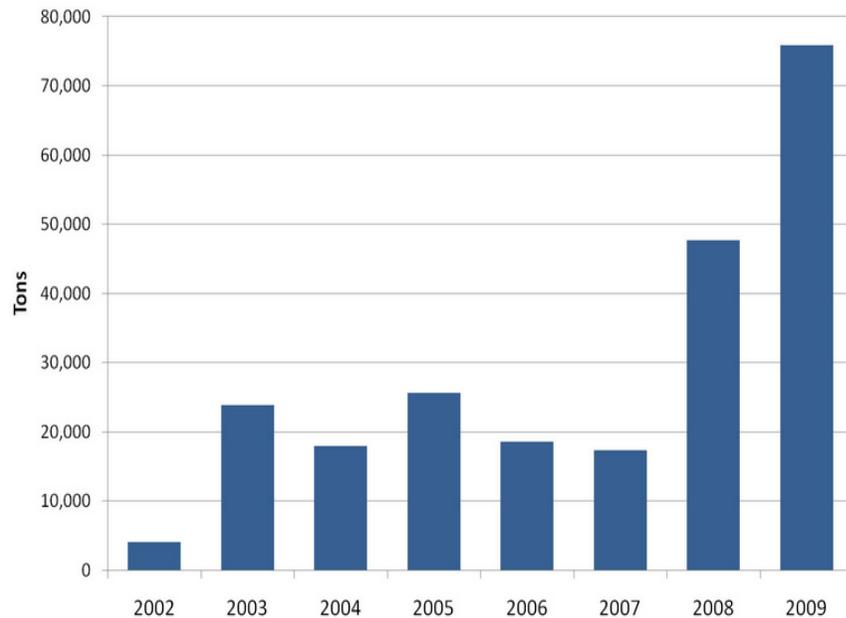


## دلایل گسترش استفاده از RCC :

- هیچ وسیله و دستگاه خاصی برای ساخت آن لازم نیست و با ماشین متداول برای روسازی آسفالتی قابل اجرا است.

### PCA, Southeast Region

RCC Tonnages



- باعث افزایش سرعت اجرا و در نتیجه باعث صرفه جویی اقتصادی در مقایسه با سایر روسازیهایی می شود.

(حدود 30 درصد صرفه جویی در مقایسه با روسازی بتنی)

- معمولاً نیازی به استفاده از داول در درزها و تقویت سازه‌ای با فولاد ندارد.

- به خاطر استحکام سازه‌ای بعد از تراکم، در آن زودتر از سایر روسازیهایی بتنی، می توان به ترافیک اجازه عبور داد.

- دلیل دیگر استفاده از بتن RCC مصرف کم سیمان در این نوع روسازی نسبت به سایر روسازیهایی بتنی است.

موارد کاربرد بتن غلتکی :



کاربرد ویژه روسازی (RCC) در ساخت روسازی های پرتردد می باشد و کاربرد این مصالح در مورد این نوع روسازی ها کیفیت اجرایی مشابهی با روسازی ها بتن معمولی خواهد داشت.



- هر مکانی که امکان حضور بارهای دائم و بارهای فوق العاده سنگین وجود دارد. - بزرگراه ها با ترافیک عبوری سنگین، عرشه اسکله ها، بنادر، محوطه های صنعتی (شامل: انبارها و باسکول ها)، ایرون فرودگاه ها، پایانه قطارهای سنگین و رویه محل عبور تانک ها و مسیرهای عبوری اتوبوسهای تندرو BRT.



- انبارهای ذغال سنگ، انباردسته بندی الوار، مناطق بندری، مناطق با ترافیک سنگین، پایدار کردن شیب خاکریزها یا سدها، خشک کردن حوضچه های لجنی، یا خشک کردن تالاب های حاوی پساب و سکوهای قابل حمل دستی استفاده می شود.

- برای فعالیت هایی که نیاز به اجرای بتن ریزی های حجیم داشته، بدون آرماتوربندی و کارهای فولادی بکار می رود.

مزایای ویژه استفاده از بتن غلتکی RCC :



- رویه ای با دوام برای شرایط محیطی و اقلیمی بسیار سخت

- رویه مقاوم در برابر بارهای فوق العاده سنگین

- استفاده حداکثر از سنگدانه ها (80% مخلوط مصالح) سبب صرفه اقتصادی بتن غلتکی میگردد.

- کاهش ضخامت روسازی آسفالتی

- اجرای سریع

- کاهش هزینه های اجرا تا 60 %

- به دلایل مصرف کمتر سیمان و آب، نیاز به حداقل ماشین آلات، سرعت بالا در اجرا، نیروی کاری و متخصص محدودتر، امکان اجرا با مصالح سنگی بازبافتی دوره های طولانی مدت تعمیر و نگهداری

- عدم ایجاد مشکلات زیست محیطی

- حذف پدیده شیارشدگی و مشکلات دالهای بتنی ناشی از ضعف بستر

مزایای استفاده بتن غلتکی RCC در مناطق مختلف :



سرد و خشک :

- دوام زیاد در شرایط اقلیمی نامساعد و مقاوم در برابر جاف شدن و جمع شدگی

- مقاومت بیشتر در شرایط نامساعد بستر

- محدودیت در سرعت حرکت در صورت عدم اجرای روکش



گرم و مرطوب :

- عدم نیاز به شستشو مصالح در صورت قرارگیری در صد ریزدانه در محدوده مجاز و کاهش قابل ملاحظه در مصرف آب.

- عدم نیاز به آب فراوان در مقایسه با بتن معمولی (اسلامپ صفر).

- عدم ایجاد مشکلات مربوط به آسفالت قیری (از قبیل جا افتادگی چرخ ، قیرزدگی ،

نشست ناهمسان ، ترک خوردگی های حرارتی و...)

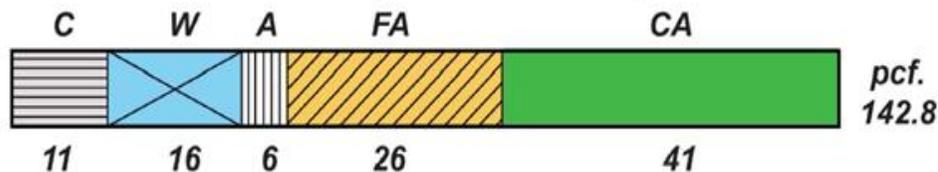


مقایسه بتن غلتکی با بتن متعارف (CVC) :

بتن غلتکی بتنی است که در اجرای سازه های حجیم ( سدها ، شالوده های بزرگ و... ) کاربرد دارد و برای اجرای آن از ماشین آلات راهسازی و عملیات خاکی استفاده می شود .

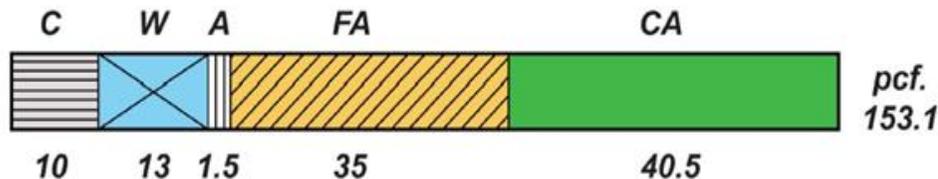
چنین روش اجرایی نتایج و تبعات اولیه زیر را به دنبال خواهد داشت :

### Normal Concrete Mix (Air Entrained)



-انرژی لازم برای اجرا و جا دادن این گونه مصالح بیش از مقداری است که با لرزاننده های (ویبراتور) معمولی تامین می گردد . به همین دلیل در صورت استفاده از مصالح و مواد سیمانی مشابه آنچه در بتن لرزاننده سنتی (CVC) یا بتن متعارف به کار برده می شوند و با اجرای لایه های متوالی بتن ، می توان به کیفیتی بهتر از کیفیت بتن متعارف (CVC) دست یافت .

### Typical RCC Pavement Mix



-از سوی دیگر ، مانند سدهای خاکی ، ناحیه بین دو لایه متوالی و ناحیه واقع در درون لایه ها با یکدیگر متفاوتند .

-روش اجرای بتن غلتکی در مقایسه با بتن متعارف ، امکان دستیابی به سرعت زیادتری را فراهم می سازد که مزایای اقتصادی چون صرفه جویی در قیمت واحد حجم بتن و کاهش قابل ملاحظه در زمان ساخت و همچنین در قالب بندی و... را در پی خواهد داشت .

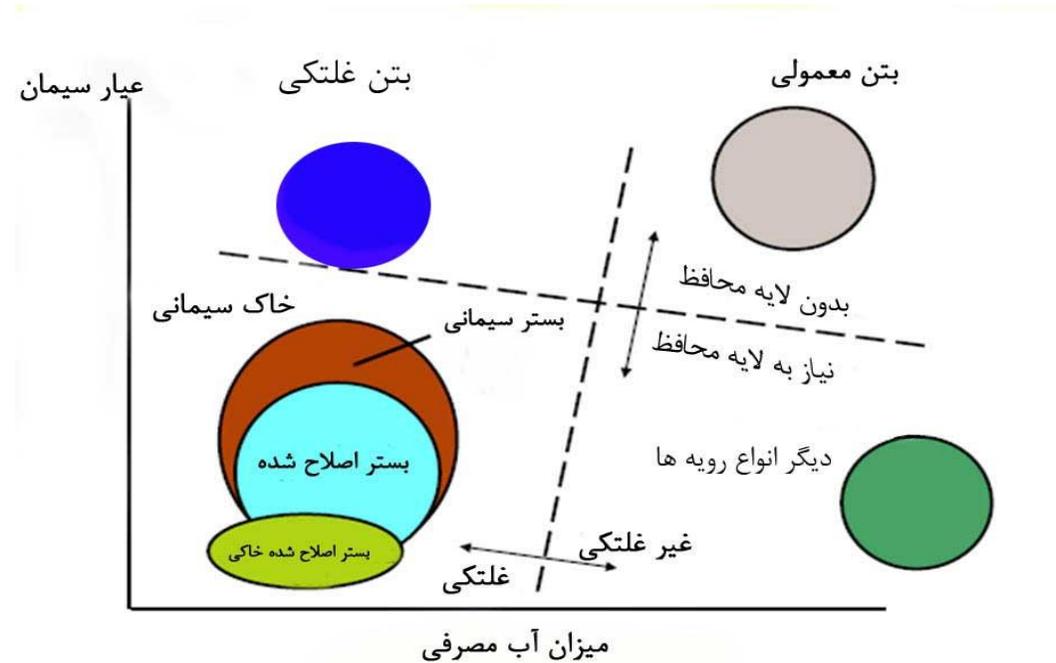
- اسلامپ صفر

- درصد کمتر سیمان (عموماً 9 تا 14 درصد وزن مخلوط) و در عین حال مقاومت زیاد فشاری و خمشی.

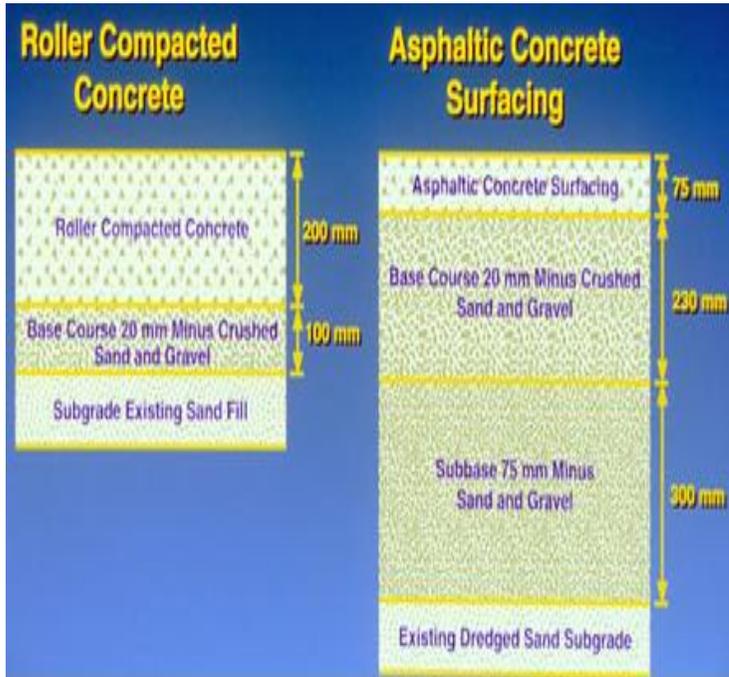
- امکان استفاده از مصالح سنگی با کیفیت نازل تر استفاده از مصالح ریزتر از 75 میکرون (نمره 200) در صورتی که غیر خمیری باشند. منجر به کاهش حفرات میشود.

- مصرف آب کمتر

- احتمال امکان استفاده از آب دریا در ساخت بتن غلتکی







برتری بتن غلتکی در مقایسه با روسازی آسفالتی :

- دوام ( عمر ) زیاد در شرایط اقلیمی نامساعد و مقاوم در برابر جافتادگی و جمع شدگی

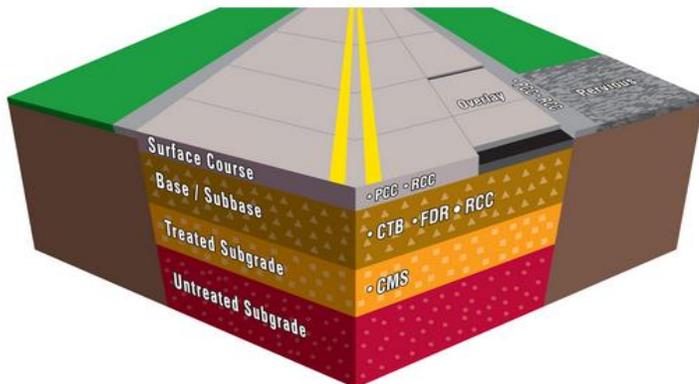
- مقاومت بیشتر در شرایط نامساعد بستر دارای مقاومت کم و ترافیک سنگین

- محدودیت در سرعت حرکت در صورت عدم اجرای روکش

- ضخامت کمتر

- دید بیشتر در شب برای استفاده کنندگان

- تخریب کمتر منابع طبیعی و محیط زیست  
بدلیل صرفه جویی در بکارگیری مصالح





روش طراحی روسازی RCCP :

تفاوت اصلی بین RCCP و روسازی بتن معمولی بدون داول عمدتاً مربوط به فواصل درزها و عملکرد آنها از نظر انتقال بار است.

در RCCP طراحی بر اساس محدود کردن تنش‌های خمشی و خرابی ناشی از خستگی در اثر بار انجام می‌گیرد.

این دوروش :

- روش PCA

- روش گروه مهندسين ارتش آمریکا



## روش PCA :

بیشتر برای روسازی‌های صنعتی است ولی برای روسازی‌های دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرد.

اطلاعات مورد نیاز:

داشتن مقاومت ساب‌گرید یا زیراساس و اساس

مشخصات وسایل نقلیه شامل:

- بار چرخها

- فاصله چرخها

- مشخصات تایر

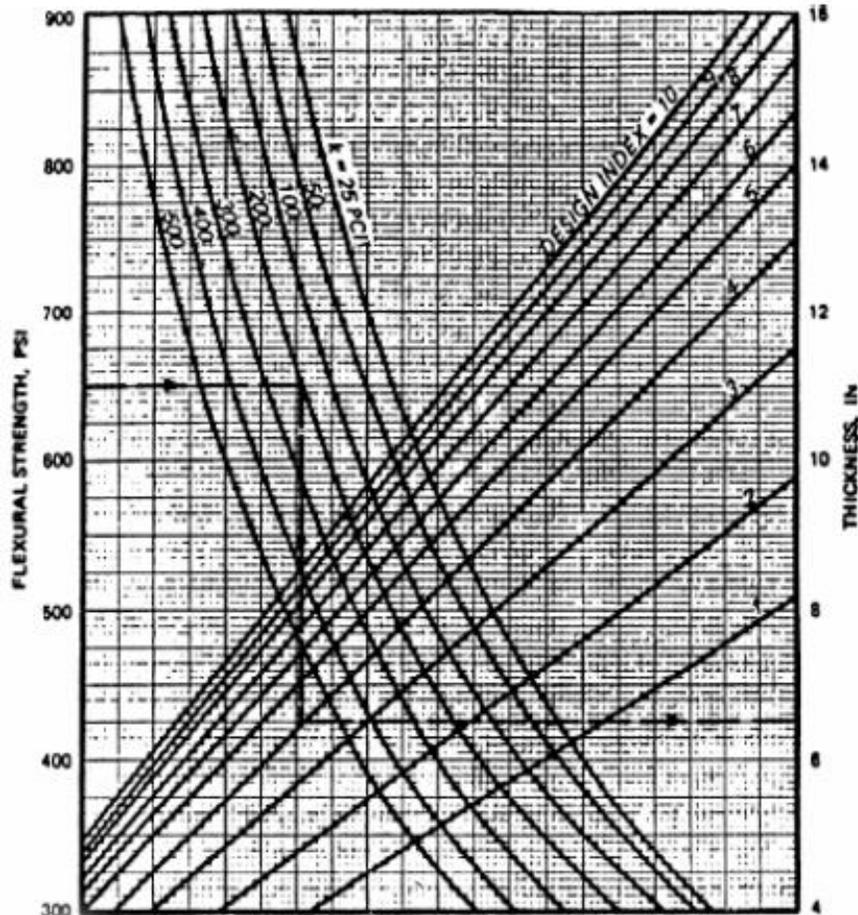
- مقدار تکرار بار در دوره عمر روسازی

- مقاومت خمشی RCC

- مدول الاستیسیته RCC

روش گروه مهندسين ارتش آمريكا:

ضخامت لايه **RCCP** از نمودار زير با توجه به نشانه طراحی و مقاومت خمشی **RCCP** بدست می آيد .



در اين روش بطور محافظه کارانه های و بادر نظر گرفتن عدم انتقال بار در درزها از نمودارها و ضوابط طراحی بتن معمولی استفاده میشود .  
تنشهای کششی طراحی با استفاده از معادلات تنش وسترگارد برای لبه آزاد محاسبه میشود .  
در اين روش حداقل ضخامت روسازی بتن غلتکی **RCC** ، 4 اینچ و حداکثر آن برای امکان تراکم پذیری 10 اینچ است .  
برای روسازی های ضخیم تر از 10 اینچ سه حالت در نظر گرفته میشود :

• تمام چسبنده **Full Bond**

هنگامیکه 2 لایه به فاصله زمانی کمتر از 1 ساعت از هم ریخته میشوند و با یک لایه نازک دوغاب بین دو لایه اجراء گردد. در این حالت کل ضخامت بصورت یک دال یکپارچه و از نمودار و معادلات مربوطه طرح میشود .

چسبندگی جزئی **Partial Bond**

هنگامیکه 2 لایه به فاصله زمانی بیشتر از 1 ساعت از هم ریخته میشوند در این حالت کل ضخامت به حالت روکش صلب روی اساس صلب با چسبندگی طرح میشود .

بدون چسبندگی **Non Bond**

هنگامی که لایه ای بین دو لایه مانند امولسیون قیر حائل شود در این حالت ضخامت به مانند حالت روکش صلب بدون چسبندگی طرح میشود .

در این روش ابتدا گروه ترافیکی مشخص و سپس تاثیر دادن تکرار بارها از جدول مربوطه ، یک نشانه طراحی **Index Design** انتخاب میگردد .



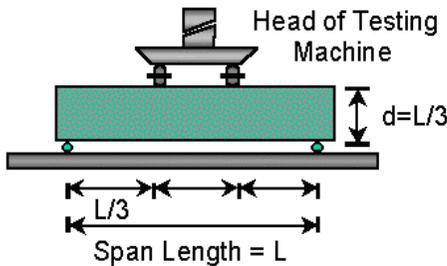
روابط مقاومتی در بتن غلتکی RCC:

مقاومت در بتن غلتکی از روابط زیر محاسبه میشوند:  
نشریه 354

مقاومت خمشی: ASTM C 78



Third-point Loading



$$f'_{cf} = 0.75\sqrt{f'_c}$$

$f'_{cf}$  = مقاومت خمشی ۲۸ روزه

$f'_c$  = مقاومت فشاری

$$f_r = C \sqrt{f'_c}$$

که در آن

$f_r$  = مقاومت خمشی بر حسب پوند بر اینچ مربع<sup>۱</sup>، اندازه گیری شده به وسیله تیر با بارگذاری ۴ نقطه ای

$f'_c$  = مقاومت فشاری بر حسب پوند بر اینچ مربع

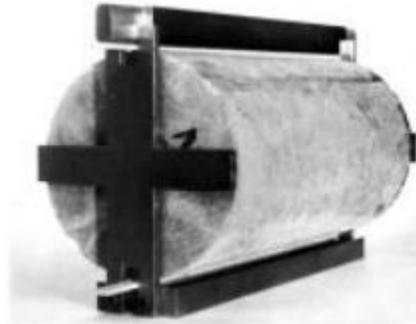
$C$  = ثابت عددی که بسته به طرح مخلوط RCC مقداری حدود ۹/۴ تا ۱۰/۸ دارد.

توصیه می شود که از مقاومت خمشی ۹۰ روزه استفاده شود که معمولاً حدود ۱۰ درصد بیشتر از مقاومت ۲۸ روزه است.

Flexural strength =  $\left( \frac{\text{force} \times \text{span}}{\text{width} \times \text{depth}^2} \right)$

Compressive strength =  $\text{force} / (\pi \times \text{radius}^2)$

مقاومت خمشی 20-12% مقاومت فشاری است.



$$T = \frac{2P}{Pld}$$

where:

T = splitting tensile strength, psi (kPa),

P = maximum applied load indicated by the testing machine, lbf (kN),

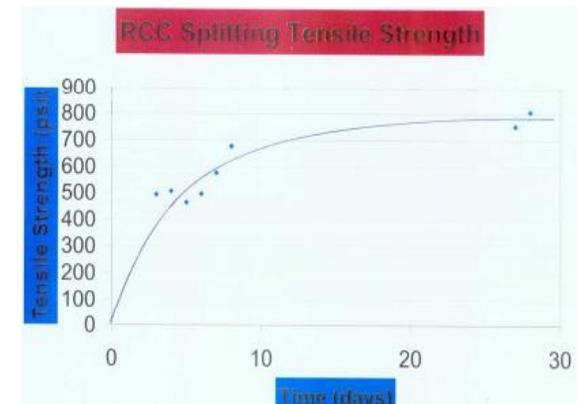
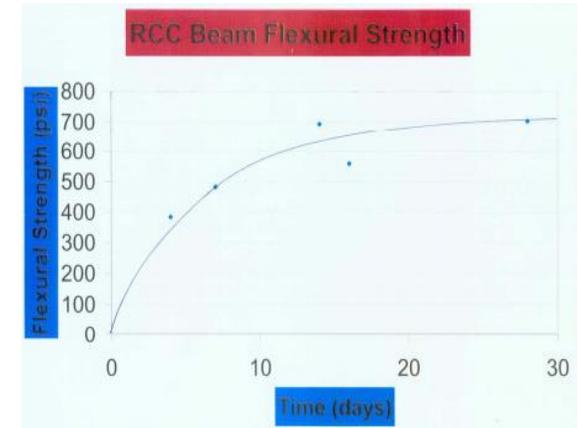
l = length, in. (m), and

d = diameter, in. (m).

Presented By: Robert R. Thompson, P.E .  
Columbus, Ohio

### مقاومت کششی: ASTM C 496

مقاومت کششی 80 - 90 % مقاومت خمشی است .





تحليل امکان سنجي فني اقتصادي ساخت روسازي بتني RCC در ايران :

گرچه استفاده از رويه هاي بتني سالهاست در کشورهاي مختلف دنيا مورد استفاده قرار مي گيرد اما در کشور ايران عليرغم مصالح کافي، بدليل ارزان بودن قير، معرفي نشدن گزينه هاي جايگزين، و درموردي نبود دانش فني – اجرائي و بعضي تجهيزات خاص، اجرا و ساخت اين نوع رويه ها مورد توجه نبوده است.

- معيارهاي ارزيابي مقايسه اي

- معيارهاي فني و اجرائي

- معيارهاي اقتصادي



## تعیین ضخامت

برای تعیین ضخامت لازم روسازی RCC، اطلاعات زیر مورد نیاز است:

- ۱- مقاومت خاک بستر و یا خاک بستر اصلاح شده با لایه های مخلوط و زیراساس
  - ۲- خصوصیات وسایل نقلیه شامل:
    - بار چرخ ها
    - فاصله چرخ ها
    - خصوصیات لاستیک
  - ۳- تکرار بارگذاری در طول مدت بهره برداری در مناطق مختلف طرح
  - ۴- مقاومت خمشی یا مدول گسیختگی روسازی RCC
  - ۵- مدول الاستیسیته روسازی
- با توجه به اینکه اهمیت روسازی های بتنی در زمین های با مقاومت کم مشخص می شود در اینجا سعی شده تا طرح روسازی برای یک زمین با  $CBR=5$  فرض شود.



مثال :

اطلاعات مورد نیاز:

یک خودرو فرضی با حداکثر وزن ۲۰ تن و تعداد چرخ ۴ عدد (بار هر چرخ ۵ تن)  
 فشار باد لاستیک ۷ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع  
 مقاومت خمشی بتن  $f_r=45 \text{ kg/cm}^2$   
 مقاومت بستر  $k=4 \text{ kg/cm}^2$   
 تعداد عبور و مرور در هر شبانه روز ۳۰ بار  
 عمر روسازی ۱۵ سال

طراحی:

تعداد کل بارگذاری در طول عمر روسازی:

$$N=30 \times 365 \times 15 = 164250$$

نسبت تنش طراحی از جدول پیوست :

$$SR=0.45$$

تنش مجاز روسازی:

$$\sigma = f_r \times SR = 45 \times 0.45 = 20.25 \approx 21$$

نسبت تنش مجاز به بار چرخ:

$$\sigma/p = 21/7 = 3 \text{ kg/cm}^2/\text{ton}$$

سطح تماس بار از نسبت بار چرخ به فشار باد لاستیک:

$$a = 5000/7 = 715$$

با استفاده از نمودار طراحی پیوست :

$$\text{thickness} = 20 \text{ cm RCC}$$



## توجیه اقتصادی

برای اینکه ببینیم آیا استفاده از چنین طرحی از نظر اقتصادی به صرفه است یا خیر باید آن را با روسازی های آسفالتی معمول مقایسه کنیم. حال برای خودروی فرضی با مشخصات مذکور یک روسازی آسفالتی طراحی می کنیم.

سطح تماس:  $0.1 m^2 = 1000 cm^2$

$CBR=5 \rightarrow M_r=500 kg/cm^2$

منطقه گرمسیر

طراحی:

تکرار بارگذاری در ۱ سال:

$$N=30 \times 365 = 10950$$

$$\text{فشار تماس} = 5000/1000 = 5 kg/cm^2$$

شعاع تماس چرخ:

$$a = \sqrt{\frac{0.1}{n}} = 0.178 m$$

طراحی تمام آسفالتی با توجه به نمودار پیوست :

$$T_A/a=1 \Rightarrow 1 \times 0.178 \cong 18 cm$$

ضخامت معادل روسازی تمام آسفالتی با توجه به ضرایب نشریه ۲۳۴ ایران:

$$T_{eq} = 10 + 15 \times (1/3.23) + 20 \times (1/4.2) = 19.4 > 18$$

بنابراین داریم:

$$10 cm HMA + 15 cm Base + 20 cm Sub-base$$



همان طور که از محاسبات برمی آید قیمت تمام شده روسازی آسفالتی حدود ۲۰۰۰۰۰ ریال بیشتر از روسازی بتنی است. با تقسیم قیمت روسازی آسفالتی بر بتنی داریم:

$$375400/180000 \cong 2.1$$

قیمت تمام شده روسازی آسفالتی ۲/۱ برابر روسازی بتنی است. باید به این امر توجه نمود که هزینه اجرایی هر دو روسازی یکسان است زیرا ابزار و ماشین آلات مورد استفاده در آنها تفاوتی با هم ندارند. تنها تفاوت در هزینه عمل آوری بتن است که آن هم رقم ناچیزی است و در هزینه تمام شده تاثیر چندانی ندارد.



اطلاعات جمع اوری شده از چندین کشور مانند آلمان، استرالیا، اسپانیا، امریکا و کانادا نشان میدهد که امکان صرفه جویی بین ۱۰-۴۰٪ در هزینه های ساخت روسازی های RCC در مقایسه با روسازهای بتن و بیره تحت ترافیک مشابه وجود دارد.

## طرح اختلاط بتن غلتکی RCC Mix Design :



طرح اختلاط مورد استفاده برای ساخت روسازی بتن غلتکی در مورد بتن غلتکی حجیم نظیر تأمین مقاومت خمشی کافی قابلیت تراکم و دوام و عدم نیاز به تمهیدات خاص جهت جلوگیری از افزایش حرارت در حین واکنش های هیدراتاسیون سیمان می باشد چون تأمین مقاومت کافی در مورد بتن غلتکی روسازی عامل اصلی و مهمی در طراحی است بنابراین عیار سیمان مصرفی نسبت به بتن حجیم مقدار بیشتری است و معمولاً در محدوده 280 الی 350 کیلوگرم در واحد متر مکعب بتن ساخته شده می باشد.



طرح اختلاط بر اساس مفهوم تراکم خاکها مشابه آنچه که در شرح داده شده نیازمند تهیه مخلوطهای آزمایشی برای تعیین یک ترکیب مناسب اجرایی می باشد.

طرح اختلاط بگونه ای باشد که:

- به اندازه ای خشک باشد که وزن غلتک لرزشی را تحمل نماید.
- به اندازه ای مرطوب باشد که پخش آن امکان پذیر باشد.

طرح اختلاط بتن غلتکی در مقایسه با طرح اختلاط بتن نیاز به اصلاحاتی معمولی دارد:



- نداشتن حفرات هوا
- اسلامپ صفر
- درصد ملات سیمان کمتر
- درصد مصالح ریزدانه بیشتر (2 تا 6 درصد بیشتر)
- حداکثر اندازه اسبی



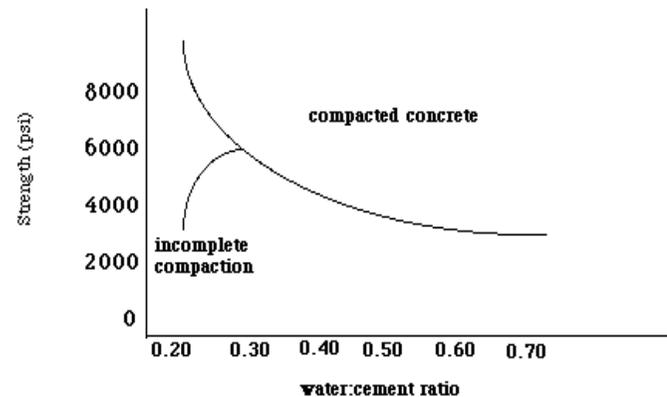
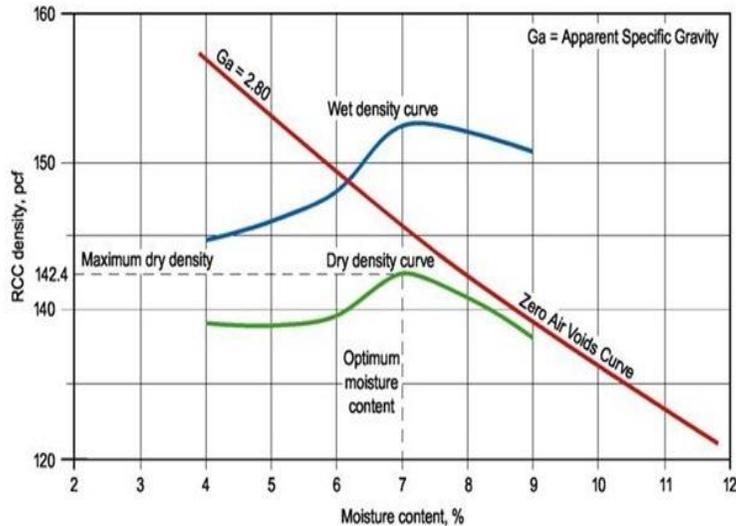
طرح اختلاط بر اساس مفهوم تراکم خاکها مشابه آنچه که در شرح داده شده نیازمند تهیه مخلوطهایی آزمایشی برای تعیین یک ترکیب مناسب اجرایی می باشد.

طرح اختلاط بگونه ای باشد که:

- به اندازه ای خشک باشد که وزن غلتک لرزشی را تحمل نماید.
- به اندازه ای مرطوب باشد که پخش آن امکان پذیر باشد.



دو روش کلي براي طرح اختلاط :



• آزمون رواني

• تراکم خاک

طرح به روش آزمون رواني :

• برپايه دو اصل کلي دستيابي به بهينه ترين کارايي و مقاومت و براساس روابط

ارائه شده در **ACI 211.3R-02**

• حداقل مقدار ممکن سيمان و ازسنگدانه ها حداکثر بهره گيري صورت گيرد.

• تعيين حجم مصرفي درشت دانه و ريزدانه . سيمان و ديگر افزودني ها.

• اصلاح طرح متناسب با شرايط اقليمي براساس توصيه هاي **PCA**

طرح به روش تراکم خاک :

• تلفيقي از شرايط مکانیک خاک و تئوری های تکنولوژی بتن.

• حجم مصالح سنگي در واحد حجم کل بتن بعد از تعيين مقدار رطوبت بهينه محاسبه مي گردد.

• در اين روش با دستگاه و انرژی تراکمي براساس استاندارد **ASTM D1557** صورت ميگيرد .



## مصالح مصرفی در RCC :

➤ مصالح سنگی درشت دانه (نشریه 354)

استفاده حداکثر از سنگدانه ها درشتراز 4/75 میلیمتر سبب صرفه اقتصادی بتن غلتکی گردیده (80% مخلوط از مصالح سنگی تشکیل یافته). انتخاب صحیح بزرگترین اندازه دانه **NMSA** بسیار اهمیت دارد چراکه با افزایش آن میزان فضای خالی بین سنگدانه ها کاهش یافته و لذا میزان مقدار خمیر سیمان کمتری مورد نیاز خواهد بود. لیکن بمنظور ایجاد یک سطح نسبتا صاف در روسازی راه و جلوگیری از پدیده جدایش **Segregation** مقدار **NMSA** نباید از 19 میلیمتر تجاوز کند.

مصالح درشت دانه معمولا شامل شن شکسته یا طبیعی و یا ترکیبی از آنهاست.

➤ مصالح سنگی ریز دانه (نشریه 354) و **PCA 2013**

مصالح ریز دانه - در صورت غیر پلاستیک بودن - مهمترین تأثیر را نسبت به دیگر اجزا داشته و بدلیل افزایش دوام (پایداری) و نیز کاهش فضای خالی بین ریز دانه ها توصیه می شود

مصالح ریز تراز الک **200** (ریز تراز 75 میکرون) استفاده گردد.

معمولا حدود 2-8% سنگدانه های ریز تراز ریز تراز 75 میکرون در ساخت بتن غلتکی متداول است.

مصالح ریز دانه معمولا ماسه طبیعی و ماسه شکسته و یا ترکیبی از آنهاست.



➤ افزودنی های معدنی و شیمیایی

بدلیل روانی بسیار کم بتن غلتکی استفاده از مواد حباب ساز مشکل است.

متداولترین افزودنی بتن غلتکی دیرگیرکننده است (نوع D).

فوق روان کننده ها سبب افزایش کارایی، کاهش حرارت زایی، کاهش مصرف سیمان، بهبود تراکم پذیری بتن تازه میگردند.

➤ سیمان (نشریه 354) و ACI 325.10R

همه انواع سیمان پرتلند بجز سیمان نوع III (تیپ 3، سیمان با روند سریع سخت شدن) می تواند در ساخت بتن غلتکی بکار روند.

➤ آب (نشریه 354)

کیفیت و الزامات آب مورد استفاده در بتن غلتکی مشابه آب مصرفی برای بتن است.

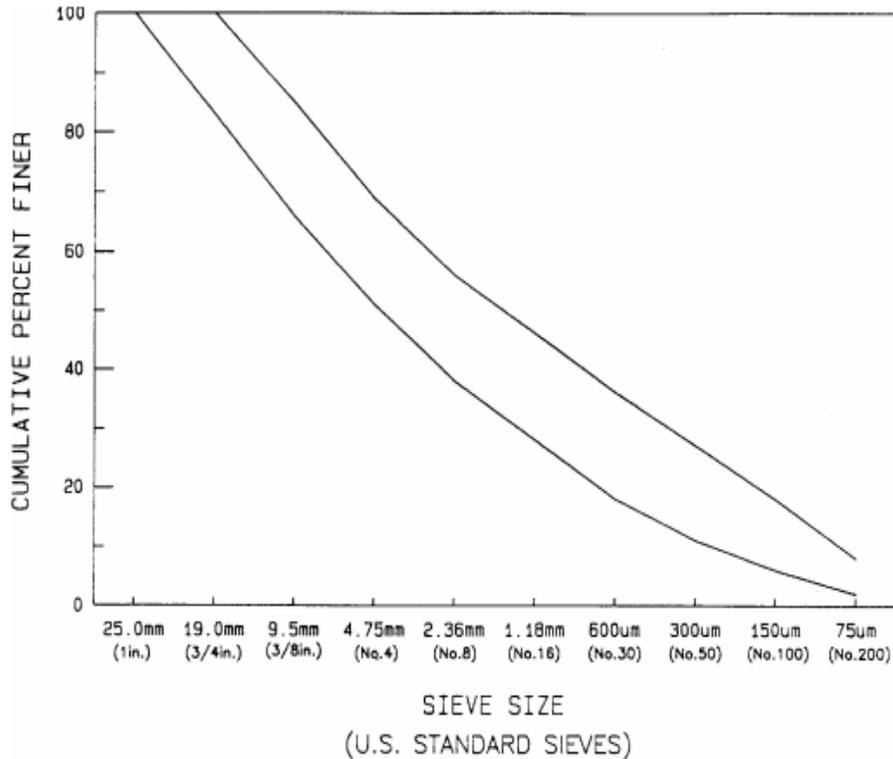


ترکیب مصالح و تعیین نسبت اختلاط :

در صورتی که سطحی صاف و مسطح دررو سازی را ه مد نظر باشد ، مصالح درشت دانه و ریزدانه باید بنحوی با یکدیگر مخلوط شوند که یک دانه بندی ترکیبی مناسب را ایجاد نمایند .

ACI COMMITTEE REPORT

نشریه 354 و ACI 211 3R و ACI 325 10R



Sieve size	Cumulative percent passing
25 mm (1 in.)	100
19 mm (3/4 in.)	82 to 100
12.5 mm (1/2 in.)	72 to 93
9.5 mm (3/8 in.)	66 to 85
4.75 mm (No. 4)	51 to 69
2.36 mm (No. 8)	38 to 56
1.18 mm (No. 16)	28 to 46
600 μm (No. 30)	18 to 36
300 μm (No. 50)	11 to 27
150 μm (No. 100)	6 to 18
75 μm (No. 200)	2 to 8



## RCC Mix Design Procedure

### Step One

- Fix Cementitious Content
- Select Well Graded Aggregate Starting With ACI 325.10R-95 Report As Guideline
- Determine-Moisture Density Curve For Mix Using ASTM D 1557 “Modified”
- Modify Aggregate To Achieve Optimum Density

### Step Two

- Make 16 Test Cylinders From Initial Mix Design Make 16 Test Cylinders From Initial Mix Design Following ASTM 1435
- Break Two Cylinders For Compressive Strength & Two For Split Tensile Strength @ 3,7,14& 28 Days



## مشخصات کلی بتن غلتکی :

مشخصات ارائه شده در کشور های مختلف برای ارزیابی پارامترهای بتن غلتکی متفاوت است و باید با ارائه طرح اختلاط مناسب و مندرج در مشخصات خصوصی به کارفرما ارائه گردد .

- **PCA 2013:**

**Thickness : 150 or 200 mm (6 or 8-inch)**

**Compressive Strengths:4,000 - 10,000 psi (28 MPa to 69 MPa) ultimate @ 28 Days**

**Flexural Strengths:500 - 1,000 psi(3.5 MPa to 7.0 MPa)@ 14 Days**

**Splitting Tensile Strength, Cores: 400 psi @ 14 Days**

**Modulus of Elasticity:3,500,000 - 5,500,000 psi**

**Compaction : 98 % MDD - modified Proctor density, However, as the density drops below 96%, significant strength loss occurs**

**Curing time : for 3 -7 days , To keep RCC from drying the surface should be kept moist for 7 days, or until a curing compound is applied**

- **ACI 211 3R:**

**W/C : 0.32 to 0.45**

- **Nashrieh 354 :**

**Thickness : 10-25 cm**



استانداردهای کاربردی در RCC:

در تهیه و اجرای بتن غلطکی کلیع استانداردهای معتبر از جمله استانداردهای مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی و آئین نامه بتن ایران و در درجه دوم استانداردهای ISO ، ASTM و ACI رعایت خواهد شد .

مراجع آزمایشات کلی متداول در RCC :

:ASTM

#### American Concrete Institute (ACI)

- 207.5R Roller Compacted Mass Concrete
- 211.3 Standard Practice for Selecting Proportions for No-Slump Concrete
- 225R Guide to the Selection and use of Hydraulic Cements
- ACI 325.10R Report on Roller-Compacted Concrete Pavements

➤ تعیین حداکثر تراکم با ASTM D1557

➤ تعیین دانسیته با میز لرزان طبق ASTM C1170

➤ مقاومت فشاری ASTM-C39

➤ مقاومت کششی ASTM-C496

➤ مقاومت خمشی ASTM – C 78

➤ تعیین رطوبت ASTM – D 2216

➤ نفوذپذیری ASTM-C1202

➤ نمونه برداری ASTM D75

➤ دانسیته سنج اتمی ASTM C1040

➤ افت وزنی در مقابل ذوب و یخبندان ASTM- C666



## کنترل کیفی بتن غلتکی :

### کنترل کیفی ساخت

به روش‌هایی اطلاق می‌شود که به وسیله بتوان از کیفیت محصول نهایی طبق مشخصات فنی خواسته شده در مدارک طراحی اطمینان حاصل نمود. به طور کلی مقداری حاشیه ایمنی در طراحی ملحوظ می‌شود تا تغییرات خواص مصالح در نظر گرفته شود. این حاشیه نباید توسط کنترل ساخت ضعیف کاهش یابد. ولی از طرف دیگر به علت آهنگ سریع اجرای بتن غلتکی، با روش‌های معمول در بتن‌ریزی‌های متعارف (تهیه نمونه‌های استوانه‌ای) نمی‌توان کیفیت بتن غلطکی را به خوبی کنترل نمود، زیرا اگر نتایج آزمایش مقاومت فشاری معیوب قلمداد شود، بعلاوه حجم عظیم بتن ریزی انجام شده روی بتن مشکوک، کاری نمی‌توان انجام داد.

بنابراین فلسفه کنترل کیفیت بتن غلطکی بر کنترل‌های حین ساخت براساس نتایج حاصل از اجرای بستر آزمایشی استوار می‌باشد. در واقع زمانی اجازه شروع بتن‌ریزی بدنه اصلی صادر می‌شود، که این اطمینان حاصل شده باشد که با تجهیزات و روش‌های اجرایی امتحان شده در بستر آزمایشی، محصول نهایی صد درصد مطابق خواسته کارفرما خواهد بود و لذا در طول اجرای کار باید فقط ضوابط و الزامات اجرایی را بدقت کنترل کرد.

قبل از اجرای بتن **RCC** و پس از اجرای مقطع آزمایشی، برنامه‌ای براساس نتایج قبلی جهت کنترل کیفی عملیات اجرایی تهیه و ارائه می‌گردد.

همچنین فردی با حداقل تحصیلات مهندسی و تجربه کافی کارگاهی و آشنا به تکنولوژی بتن و با صلاحیت جهت هدایت آزمایش‌ها و تهیه گزارشات کنترل کیفی به کارگمارده و به مهندس مشاور معرفی خواهد شد.

گزارش کنترل کیفیت بتن شامل تولید سنگدانه و کیفیت سنگدانه‌ها، تشریح دستگاه بتن ساز و مواد متشکله بتن، چگونگی حمل بتن، بتن‌ریزی، تراکم، پاکسازی درزهای ساختمانی، عمل‌آوری، کنترل دما و کلیه آزمایش‌های کارگاهی و آزمایشگاهی لازم خواهد بود.



در صورت عدم تطبیق، نمونه دوم تهیه خواهد شد و در صورتی که نمونه دوم نیز در محدوده الزامات این مشخصات واقع نشود، پیمانکار باید اقدام به اصلاح دانه بندی نماید. نمونه برداری باید بر اساس **ASTM D75** انجام شود.

باید هفته ای یکبار حدود اتربرگ ریزدانه عبوری از الک 40 را بدست آورد و با الزامات این مشخصات، به طور مکرر درصد مجاز عبوری از الک 200 را کنترل نمود.

آزمایش تعیین رطوبت مصالح باید به صورت روزانه انجام و از نتایج آن در طرح اختلاط استفاده شود.

در صورتی که دمای محیط بالای 30 درجه سانتیگراد باشد، باید دمای بتن در محل ساخت و بتن ریزی را هر 2 ساعت یکبار اندازه گیری و به همراه دمای محیط ثبت کرد.

میزان رطوبت بتن غلطکی باید حداقل دو بار در هر شیفت کاری تعیین گردد. آزمایش تعیین رطوبت مصالح باید یک بار در هر شیفت کاری انجام و از نتایج آن در طرح اختلاط استفاده شود.

دانسیته هر نوبت بتن ریزی بعد از تراکم باید روش مخروط ماسه یا با دستگاه دانسیته سنج اتمی با میله مضاعف مطابق استاندارد **ASTM C1040** روش **B** در حداقل شش

نقطه اتفاقی کنترل شود. قرائت ها باید در پائین، وسط و 75 میلیمتر زیر سطح نوبت بتن ریزی شده صورت گیرد. دستگاه باید قبلاً در آزمایش های آزمایشگاهی و بستر آزمایشی

کالیبره و تنظیم گردد. درصد رطوبت بتن نیز باید با این دستگاه اندازه گیری شود. درجه اتمی باید بصورت روزانه کالیبره گردد.



میانگین تراکم بدست آمده در هر لایه باید بیش از 98 درصد دانسیته حداکثر بدست آمده از آزمایش تراکم اصلاح شده **ASTM D1557** یا آزمایش تعیین دانسیته بتن غلطکی با استفاده از میز لرزان طبق **ASTM C1170** (هر کدام بیشتر بود) باشد و هیچکدام از نتایج نباید کمتر از 95 درصد دانسیته حداکثر باشد. در صورتی که میانگین دانسیته نوبت بتن ریزی معیارهای پذیرش طرح را برآورده نسازد با عبورهای اضافی غلطک الزامات مشخصات فنی را برآورده خواهد شد. برای کنترل روانی مخلوط بتن غلطکی و یکنواختی این روانی در طی فرآیند تولید، باید از آزمایش **Vebe** اصلاح شده استفاده نمود. این آزمایش باید حداقل دو بار در هر شیفت کاری انجام شود.

درصد هوای مخلوط بتن غلطکی تازه در صورت لزوم باید حداقل یک بار در هر نوبت کاری تعیین گردد.

انجام مغزه گیری برای بررسی کیفیت درزهای نوبتهای بتن ریزی و وضعیت تراکم لایه ها و آگاهی از برخی خواص بتن غلطکی نظیر پارامترهای مقاومتی و مکانیکی و تعیین حفرات، دانسیته، جذب آب، نفوذپذیری و یا سایر خواص بتن غلطکی با نظرو صلاحدید مهندس صورت می گیرد.

تحلیل و ترسیم آماری نتایج برای پایش کیفیت مصالح، عملیات اختلاط، و یکنواختی بتن ریزی کارگاهی به کار می رود. نمودارهای کنترل برای برنامه ریزی روزانه نتایج آزمایش به کار می رود تا محدوده های قابل قبول را تعیین نموده و قبل از اینکه مشکلات اتفاق بیفتد یا تمایل به توسعه داشته باشد، تشخیص دهد.

در این خصوص راهنمایی های مندرج در **ACI 207.5R , ACI 214** باید مورد نظر و استفاده قرار گیرد.



برای تنظیم مدارک و اسناد کنترل کیفی بتن سخت شده باید قبل از هر اقدام اجرائی مغزه‌گیری به قطر حداقل 150 میلیمتر نمود.

نتایج حاصل از آزمون فشاری و دیگر مشخصه‌های بدست آمده از نمونه‌های مغزه‌گیری شده با مقاومت فشاری مشخصه طرح مقایسه خواهد شد.

نمونه‌های استوانه‌ای پس از 3، 7، 28، روز بایده تحت آزمایش مقاومت فشاری (طبق ASTM C39) قرار گیرند.

میانگین مقاومت هر 2 نمونه به عنوان مقاومت فشاری در سن مقرر تلقی می‌شود.

### حد نصاب مقاومت بتن غلطکی

مقاومت فشاری بتن غلطکی برای هر یک از طبقات بتن وقتی قابل قبول است که یکی از شرایط لازم زیر تامین شده باشد :

در آزمایش فشاری سه نمونه متوالی ، مقاومت هیچکدام کمتر از مقاومت مشخصه نباشد.

متوسط مقاومت فشاری سه نمونه متوالی باید بزرگتر یا مساوی مقاومت مشخصه بتن غلطکی

باشد و کوچکترین مقاومت نمونه ها از 85 درصد مقاومت مشخصه کمتر نباشد .

## ساخت درز در بتن غلتکی RCC :



در روسازهای بتنی غلتکی چون امکان تعبیه و یا اجرای داولها وجود ندارد مکانیزم انتقال بار بین درز یا ترک انقباضی از طریق قفل و بست سنگدانه ای است. PCA  
2013 و نشریه 354

بدلیل مشکلات اجرایی و ملاحظات اقتصادی در روسازهای بتن غلتکی درزهای انقباضی ایجاد نمی گردند و یا اینکه فواصل بین آنها طوری است که اجازه داده می شود ترکها بطور تصادفی ایجاد گردند.

نهایتاً مشخص شد که این امر موجب ایجاد ترکهای بزرگ شده بطوریکه شکستگی های لبه های این ترکها هزینه های اضافی نگهداری و مرمت را به پروژه تحمیل میکند ؛ لذا امروزه درزهای انقباضی در روسازی های بتن غلتکی نیز بریده

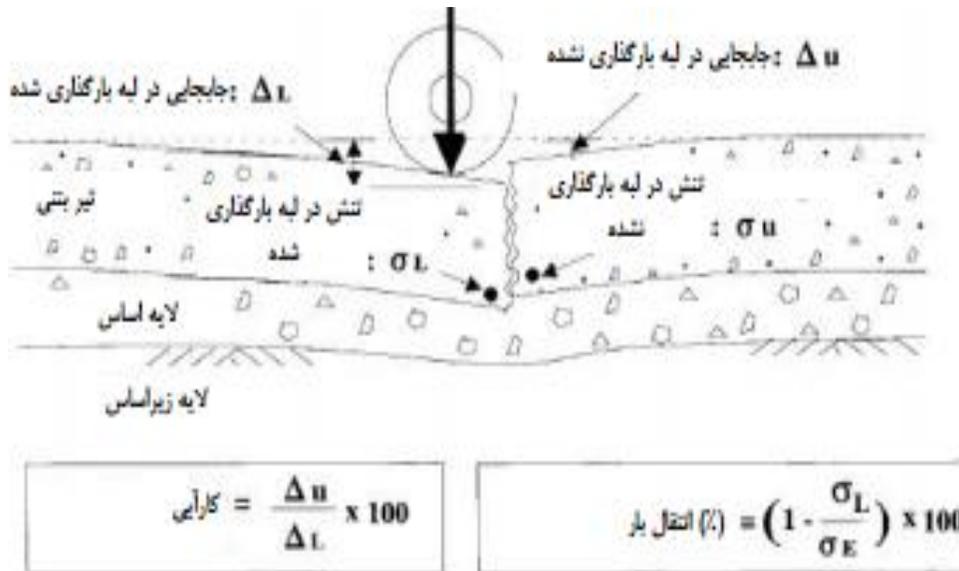
میشوند . - نشریه 354

بررسی توسط **Pitman** نشان داد که انتقال بار در ترکهای تصادفی **RCCP** از 4 تا 32 درصد متغیر است (بدلیل متغیر بودن عرض ترک، تابش آفتاب، فواصل ترکها...) روشهای طراحی روسازههای **RCCP** عموماً بصورت محافظه کارانه میزان انتقال بار را در درزها صفر در نظر می گیرند.

هنگامی که کارایی از 0 تا 100 تغییر کند انتقال بار از 0 تا 50 درصد تغییر می کند و نصف بار یا تنش توسط لبه مجاور تحمل می شود.

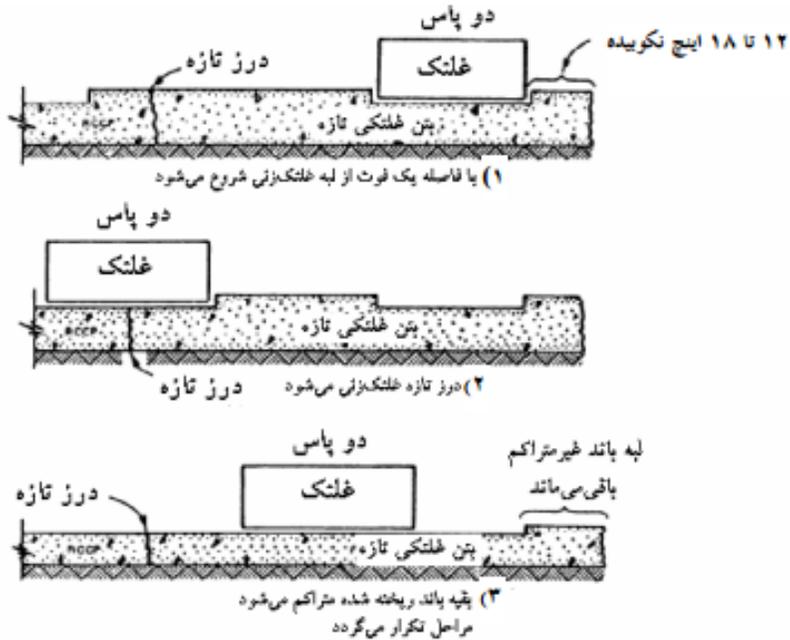
میتوان سطح را به ابعاد 9\*9 متر ( $M > 12$ ) به اندازه یک سوم و یا یک چهارم ضخامت لایه با تیغه 3 میلیمتر برش زد و میتوان با نئوپرن و مواد گرم و سرد ریز آنها را پر کرد. نشریه 354 و PCA 2013

زمان بریدن درزها باید زمانی باشد که بتن مقاومت کافی جهت ایجاد برش بدون لب پدیدگی سنگدانه ها را کسب کرده باشد. این زمان توسط مراجع مختلف از 4 - 24 ساعت و از چند ساعت تا 48 ساعت ذکر شده است. نشریه 354  
زمان برش درز در **PCA 2013** 2-3 ساعت بعد از تراکم ذکر شده است.



دو نوع درز در بتن غلتکی ایجاد میشود :

نشریه 354



### ▪ درز تازه Fresh Joints

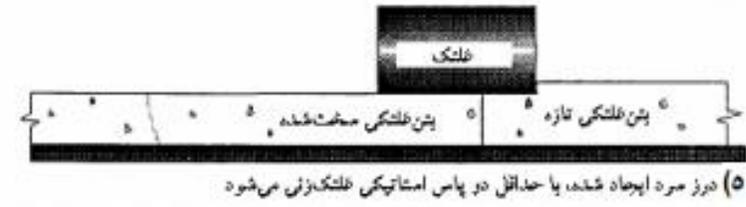
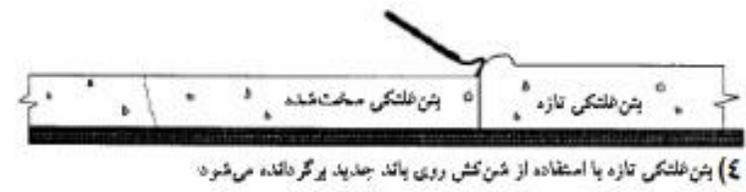
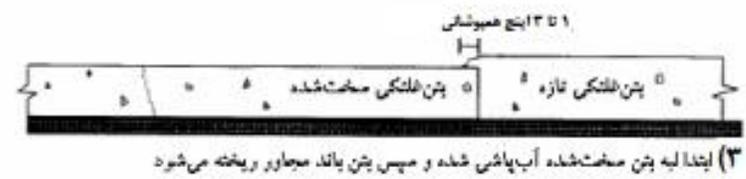
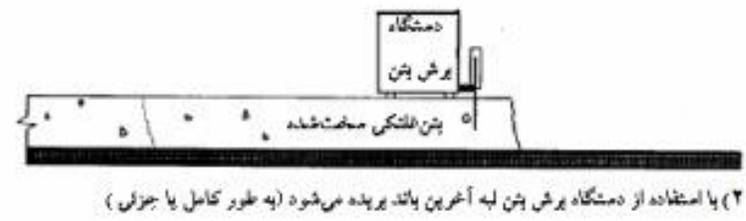
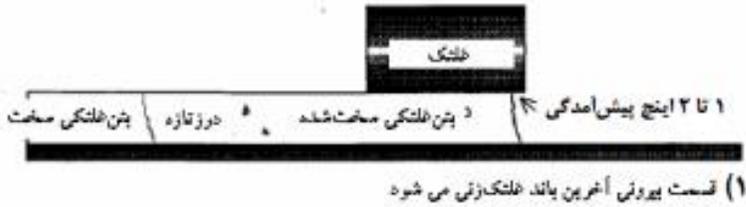
بتن باندی که قرار است در کنار آن باند دیگری ریخته و دو باند با یکدیگر متراکم شده و درز تازه تلقی میشود.

حداکثر فاصله زمانی بین اجرای دو باند مجاور باید برابر با 1 ساعت باشد .

سپس بتن باند دوم در همان تراز قسمت متراکم نشده باند اول ریخته میشود و دو باند با یکدیگر غلتک زده میشوند.

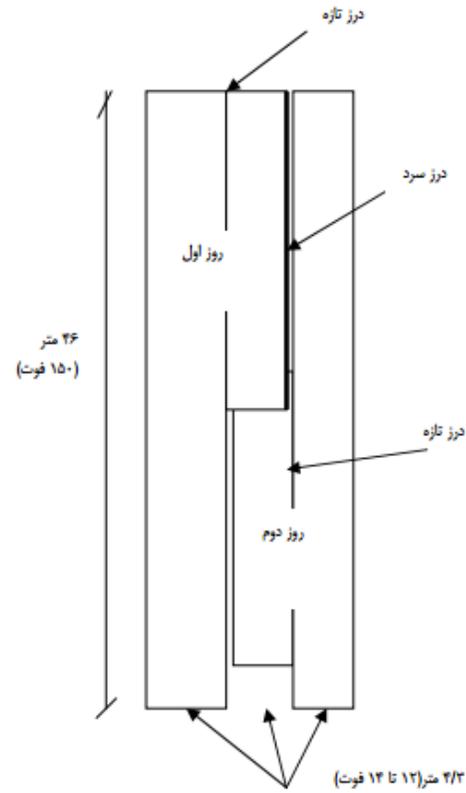


درز سرد Cold Joints



به این درزها ، درزهای اجرائی Construction Joint نیز میگویند . درزهای بین دو پانل که قابل اجرای توام در فاصله زمانی حداکثر نیستند ؛ بناچار بصورت درز سرد اجراء میگردند .

نشریه 354



مقطع آزمایشی و محل درزها

سه پانل یا عرض ۲/۷ تا ۲/۳ متر (۱۲ تا ۱۴ فوت)

تولید بتن غلتکی RCC :

معمولا تولید وساخت بتن غلتکی RCC به روشهای متداول زیرصورت میگیرد :

❖ روش بچ خشک

Dry batch plant



❖ کارخانه تولید مرحله ای (بچی) با درام چرخشی

Rotary drum plant



❖ کارخانه پیوسته

Continuous mix pug mill



❖ کارخانه تولید متحرک

Mobile mixer

پخش بتن غلتکی RCC :

معمولا بتن غلتکی را میتوان با هریک از ماشین آلات راهسازی زیردرمحل پخش کرد :



با اتوی سنگین و ویبره قوی

❖ فینیشرهای پخش آسفالت



❖ فینیشرهای مخصوص پخش بتن



گریدر، بولدوزر، لودر

❖ ماشین آلات متداول راهسازی

مراحل تولید و اجرای RCC:



1- تهیه و حمل مصالح سنگی خام در پای کار



2- تهیه و حمل سیمان در سیلوهای ذخیره



3- تهیه نسبت‌های اختلاط مصالح در پای کار  
قبل از ورود به دستگاه



4- تغذیه مصالح سنگی با نسبت‌های ترکیبی  
اختلاط به دستگاه تولید RCC



5- تولید بتن غلتکی RCC



6- حمل بتن غلتکی RCC تولید شده  
درمحل اجراء عملیات پخش



7- اجرای عملیات پخش با دستگاه فینیشر  
به ضخامت معین حداقل 4 و حداکثر 10-9 اینچ  
در یک مرحله



8- اجرای عملیات تراکم  
با غلتک پیشرفته  
جهت حصول حداقل تراکم 98% پروکتور اصلاح شده



9- اجرای عملیات پرداخت سطح و تراکم نهایی  
جهت بسته شدن هرگونه ترک و یا حفرات سطحی  
(PIARK 84/RRRI/184)



## 10- عمل آوری (Curing)

(PIARK 84/RRRI/184)

در صورتی که RCC بون پوشش باشد ، بمدت 3-7 روز با روشهای :

عمل آوری با رطوبت

پودرهای متداول عمل آوری

مخلوطهای قیری ( SS -1, RC-250, MC- 250 )



پوشش روی بتن غلتکی :

روسازی های RCC ، بخصوص در راههای کم ترافیک ومناطق صنعتی ، اغلب بدون پوشش اجراء میشوند .

(PIARK 84/RRRI/184)

نظر PCA جهت جلوگیری از پدیده **Rutting** و نگهداری سطح استفاده از یک رویه آسفالت به ضخامت 2

اینچ ( 50 میلیمتر ) روی سطح RCC است . PCA 2006

تثبیت لایه زیرسازی و روسازی با آهک :



روش اصلاح و تثبیت خاک بوسیله آهک در بین سایر روشهای بهسازی خاک، از کاربردی ترین و اقتصادی ترین روشها به حساب میآید که از دیرباز تاکنون مورد توجه مهندسين طراح و مجری بوده است. با طراحی صحیح و تکنیکهای ساخت و اصلاح شیمیایی خاک بوسیله آهک، با بکار گیری ماشین آلات تخصصی نظیر **WR 2500** میتوان خاکهای ناپایدار و ضعیف را به خاکهای پایدار و قوی تبدیل کرد. با عنایت به افزایش مقاومت و باربری خاک تثبیت شده، میتوان آنرا در فرآیند طراحی روسازی لحاظ کرده و از ضخامت روسازی کاست. از آهک میتوان بسته به هدف کار، در رده های مختلف بهسازی خاک بهره جست. در پایین ترین رده اصلاحی، از آهک برای خشک کردن و اصلاح موقتی خاکها استفاده میشود. چنین اصلاحی برای ایجاد یک بستر مناسب و با کارایی بالا به منظور انجام عملیات ساخت یا راههای دسترسی موقتی، صورت میپذیرد. رده های بالاتر اصلاح که به کمک آزمایشهای خاص طراحی و با تکنیک های خاص، اجرا میشود، بیشتر به منظور تثبیت دائمی ساختمان خاکها بکار میروند.



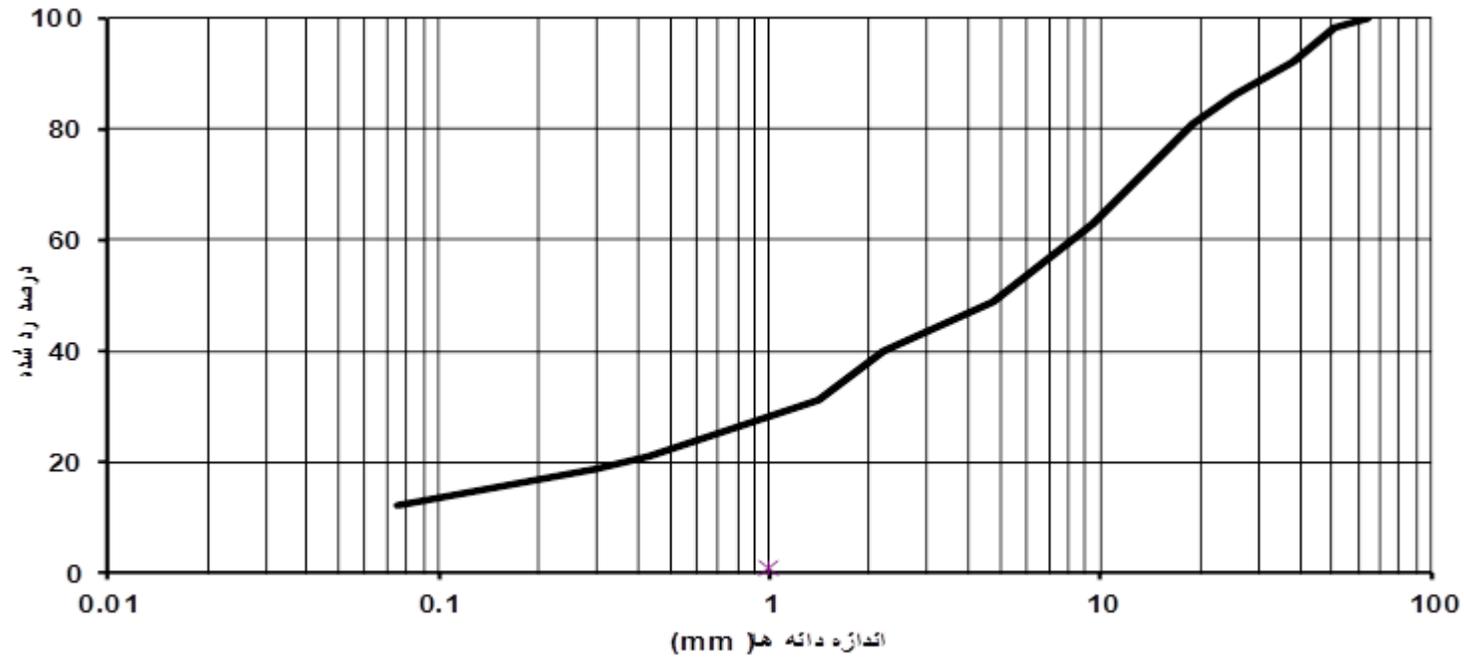
تثبیت خاک با آهک سبب بهبود کیفیت و مشخصات فنی خاک و تسریع در عملیات راهسازی میشود.

افزودن آهک به خاک مرطوب موجب بروز چندین واکنش شیمیایی بین خاک و آهک شده و باعث میگردد که مخلوط تولید شده دارای مقاومت باربری بیشتر، قابلیت تراکم و جابجائی بهتر، درصد و قابلیت انقباض و خاصیت خمیری کمتری نسبت به خاک طبیعی اولیه باشد. آهک مصرفی باید با مشخصات **M 16** مطابقت داشته باشد.



مصالح مخلوط رودخانه ای ( زیراساس موجود ) در کلاس GC که محل تامین آن از پروژه و مناطق اطراف کلانشهر تهران بود .

## GC

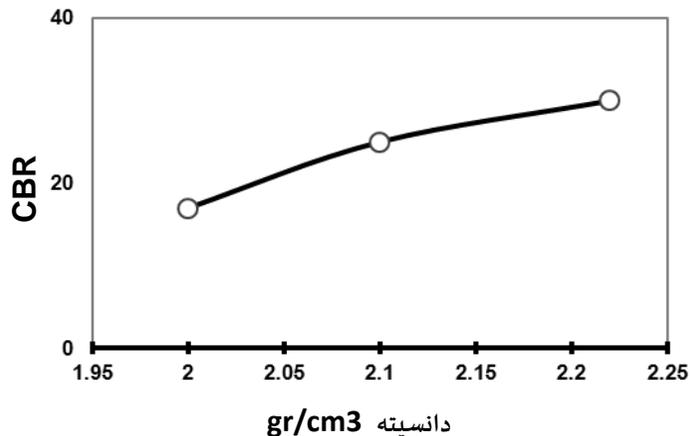


تثبیت خاک تامین یک یا تعدادی از موارد زیر است:

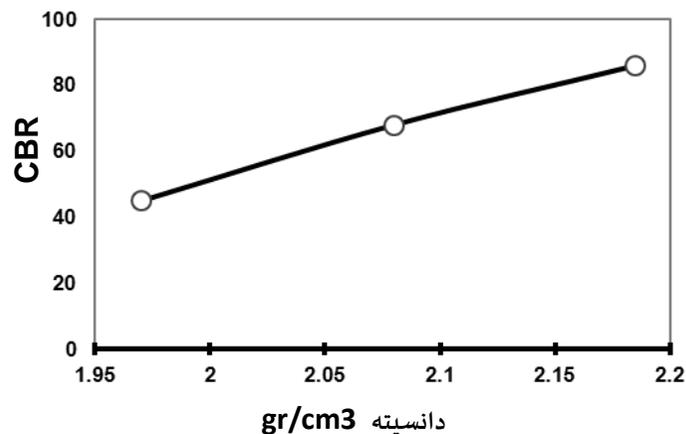


- 1- استفاده موثر از قرضه های جانبی
- 2- اصلاح خاکهای نرم و کم مقاومت
- 3- افزایش دوام خاک
- 4- افزایش مقاومت باربری خاک
- 5- کاهش نفوذپذیری خاک
- 6- کاهش تورم و انقباض خاک
- 7- کاهش رطوبت خاک
- 8- کاهش دامنه خمیری
- 9- جلوگیری از فرسایش خاک
- 10- کاهش ضخامت لایه های روسازی
- 11- ایجاد لایه های اساس و زیراساس با قابلیت باربری بیشتر
- 12- بازسازی روسازی های فرسوده با استفاده از مصالح موجود
- 13- آماده سازی محوطه ای برای اجرای آسانتر عملیات ساختمانی
- 14- کاهش گرد و غبار
- 15- صرفه جوئی در مصرف مصالح
- 16- صرفه جوئی در مصرف انرژی
- 17- تسریع در عملیات اجرایی

نشریه 268



بدون آهک



با آهک

آهک میتواند باعث تثبیت دائمی مصالح اساس (نظیر شن رسی، شن گرد آلود، سنگ آهک، آهک رس دار نرم)، شامل حد اقل 50 درصد مصالح درشت مانده روی الک نمره 4 شود.

بطور کلی خاکهایی که در طبقه بندی یونیفاید در گروه های SM, SC, SM-SW-SE, SC, GM-GC, GP - GC, GW - GC, MH, CL, CH, SP - SC یا در طبقه بندی آشتو در گروه های A-7, A-6, A-5, A-4, A-2 قرار دارند، قابلیت تثبیت شدن با آهک را دارا هستند. نشریه 268

تثبیت بستر معمولاً به صورت مخلوط درجا و عموماً با اضافه کردن آهک بصورت درصد وزنی خاک خشک، انجام میشود.

در این پروژه لایه زیر بتن غلتکی بعنوان لایه زیر اساس آهکی به عمق 30 سانتیمتر با آهک جهت ایجاد لایه ای مقاوم و غیر حساس نسبت به رطوبت تثبیت گردید.

برای احتساب مقاومت خاک تثبیت شده در طرح سازه ای، اقدام به تعیین CBR خاک در دو حالت بدون آهک و با آهک، در سه درصد تراکم مختلف، گردید.



نمونه ای از پروژه های اجرا شده توسط این شرکت در بزرگراه امام علی (ع) و کلانشهر تهران است.

پروژه بزرگراه امام علی (ع) شامل ساخت مسیرهای اتوبوسهای تند رو BRT با استفاده از روش مدرن تثبیت مصالح زیر اساس با آهک به عمق 30 سانتیمتر در حدود 130000 مترمربع، ساخت و اجراء 27 سانتیمتر بتن غلتکی R C C در دولایه بمقدار حدود 40000 تن بر روی آن بود.





مراحل اجرائی عملیات تثبیت با آهک

- تهیه و حمل (دپو) آهک روی سطح مسیر



- تسطیح و پخش آهک با گریدر



- تثبیت با ماشین تثبیت کننده WR 2500



- تراکم با غلطکهای فوق سنگین HAMM



- رگلاژ و پروفیله کردن سطح تثبیت شده



- تراکم تکمیلی و شروع عمل آوری

نمونه تصاویری از عملیات اجرایی در پروژه :

