



ریاست جمهوری
سازمان برنامه و بودجه کشور

شماره نامه: ۵۳۴۵۶
تاریخ نامه: ۱۳۹۷/۰۲/۱۰
پوست: دارد

بسمه تعالی

موضوع: ابلاغ اصلاحیه برای ضابطه شماره ۷۳۱

پیرو ابلاغ بخشنامه شماره ۹۶/۱۵۲۳۹۹۲ مورخ ۱۳۹۶/۸/۲۹ با موضوع "دستورالعمل طراحی، اجرا و نگهداری روسازی بتنی راه‌ها - ضابطه ۷۳۱" اصلاحات به تاریخ ۱۳۹۶/۱۲/۲۶ (درج شده در بالای صفحات اصلاحی) برای جایگزینی در متن ضابطه یادشده اعلام می‌شود.

غلامحسین حمزه مصطفوی
رئیس امور نظام تصحیح و اجرائی



omoorepeyman.ir

- کاهش سر و صدا.
- معایب:
- عدم باربری زیاد؛
- عدم کاربرد برای راه‌های با ترافیک سنگین.

1-5-2-8- روسازی‌های بتنی حاوی الیاف (بتن الیافی)

از خصوصیات مصالح بتنی، تردی و شکنندگی و عدم قدرت باربری مناسب بعد از ترک‌خوردگی است که در نتیجه آن طاقت و قدرت جذب انرژی آن کاهش می‌یابد. در این وضعیت، استفاده از الیاف کوتاه که به‌طور یکنواخت در بتن پخش شده باشد، می‌تواند منجر به بهبود مقاومت بتن شود. الیاف همچنین برای کنترل ترک‌های انقباضی²¹ و کنترل عرض ترک‌های سازه‌ای نیز به کار می‌رود.

تا به امروز بتن الیافی در روسازی محوطه‌های صنعتی، روسازی‌های با بارگذاری سنگین، باند فرودگاه‌ها، پارکینگ‌ها و عرشه پل‌ها به کار برده شده است.

با وجود تنوع الیاف مورد استفاده برای تقویت (مسلح کردن) ملات‌های سیمانی، فقط تعداد کمی از آن‌ها برای کاربردهای تجاری مناسب تشخیص داده شده‌اند. جدول (1-1) فهرستی از انواع مختلف الیاف و برخی خصوصیات آن‌ها را نشان می‌دهد. به‌طور کلی الیاف در دو نوع فولادی و ترکیبی طبقه‌بندی می‌شوند. الیاف فولادی که بیشتر برای افزایش مقاومت سازه‌ای بتن استفاده می‌شود در انواع و اشکال مختلفی ساخته می‌شوند (شکل 1-17). این الیاف بر اساس مقدار و خصوصیات آن‌ها و همچنین چسبندگی آن به مخلوط بتن، روی کیفیت بتن اثر می‌گذارند. اگر چه این الیاف می‌توانند صاف باشند، ولی معمولاً به شکلی ساخته می‌شوند که با بتن درگیر شوند. مهمترین مشخصه این الیاف نسبت‌های ظاهری (طول به قطر)، مقاومت کششی و شکل هندسی الیاف است. این الیاف در کاربردهای ویژه استفاده می‌شوند و معمولاً در دال‌های بتنی معمولی کاربرد ندارند. الیاف فولادی معمولاً دارای طولی بین 13 تا 65 میلی‌متر و قطری از 0/5 تا 1/0 میلی‌متر هستند. این الیاف معمولاً با نسبت حجمی 0/25 درصد تا 2 درصد (20 تا 157 کیلوگرم در متر مکعب بتن) مصرف می‌شوند.

الیاف ترکیبی از مواد اولیه‌ای مانند اکریلیک، آرامید، کربن، پلی‌استر، پلی‌اتیلن، پلی‌پروپیلن، نایلون تولید می‌شوند. تا به امروز استفاده اصلی از این الیاف در اجرای روکش بتنی نازک (به ضخامت 5 تا 10 سانتی‌متر) بوده است. بدین ترتیب روکش مذکور با سطح آسفالتی موجود یک‌پارچه عمل نموده و در نتیجه یک روسازی ترکیبی ایجاد می‌شود. با توجه به وجود الیاف ترکیبی متنوع، امروزه بیشتر از جنس پلی‌پروپیلن آن با حداقل نسبت 0/1 درصد حجمی (0/9 کیلوگرم الیاف پلی‌پروپیلن در یک متر مکعب روکش بتنی نازک) استفاده می‌شود. الیاف پلی‌پروپیلن انقباض ماندگار (پلاستیک) و ترک‌های نشست را کاهش می‌دهد. در عین حال، باعث افزایش زبری و انسجام ترک‌های ایجاد

21- Shrinkage cracks

که در آن ΔPSI_{TR} کاهش نشانه خدمت‌دهی ناشی از ترافیک، P_i نشانه خدمت اولیه، P_t نشانه خدمت نهایی و $\Delta PSI_{FH/SW}$ کاهش نشانه خدمت‌دهی ناشی از رس‌های تورمزا و یخبندان است.

در طراحی روسازی بتنی، نشانه خدمت‌دهی اولیه برابر 4/5 و نشانه خدمت‌دهی نهایی روسازی بر اساس نوع راه از جدول (16-2) به‌دست می‌آید. اعداد نشان‌داده شده در این جدول برای قبل از بازسازی و یا روکش روسازی می‌باشد.

جدول 2-16- نشانه خدمت‌دهی نهایی برای راه‌های مختلف (P_i)

نوع راه	نشانه خدمت‌دهی نهایی
آزاد راه و بزرگراه	3/0
راه اصلی	2/5
راه فرعی	2/0

نشانه‌های افت معیار خدمت‌دهی، ناشی از آسیب‌های سطحی و سازه‌ای رویه بتنی است که به گونه‌های مختلف، نظیر ایجاد ناهمواری، انواع ترک‌ها و تغییر شکل‌ها، موجب تغییر مقاومت، دوام و توان باربری روسازی راه می‌گردد. این عوامل به دو طریق زیر بر خاک بستر و مصالح روسازی تأثیر می‌گذارد:

2-1-4-2-1- تأثیر رطوبت (تورم ناشی از جذب رطوبت)

خاک‌های تورمزا (منبسط شونده) هنگامی که رطوبت جذب کنند، تغییر حجم موضعی خواهند داد. عموماً تورم‌زایی فقط برای خاک‌های ریزدانه نظیر رس‌ها و لای‌ها در نظر گرفته می‌شود؛ اما باید توجه داشت که همه رس‌ها یا لای‌ها، تورمزا نیستند. تورم خاک‌های تورم‌زا که ناشی از عوامل جوی و تغییرات درصد رطوبت خاک بستر است، بر کاهش نشانه خدمت‌دهی روسازی تأثیر دارد. چنانچه در محلی، خاک بستر در تمام طول مسیر به‌طور یکنواخت متورم شود، تأثیر تورم در کاهش نشانه خدمت‌دهی، لحاظ نمی‌شود.

تورم، افزایش حجم موضعی خاک بر اثر جذب رطوبت است. غالباً تورم در چند سال اول روسازی اتفاق می‌افتد و حتی اگر مصالح خاک بستر، قابلیت تورم داشته باشد، احتمال بروز تورم بعد از روکش بسیار کم است. با توجه به این موضوع، ممکن است طرح و اجرای مرحله‌ای روسازی ترجیح داده شود.

به‌منظور محاسبه کاهش نشانه خدمت‌دهی روسازی به دلیل تورم بستر (ΔPSI_{SW})، می‌توان از رابطه (2-7) یا نمودار مندرج در شکل (2-2-الف) استفاده کرد.

$$\Delta PSI_{SW} = 0.00335 \times V_R \times P_S \times (1 - e^{-0t}) \quad (2-7)$$

که در آن، V_R : پتانسیل تورم قائم است که از شکل (2-2-ب) بر اساس دامنه خمیری، ضخامت لایه‌ها و شرایط رطوبتی تخمین زده می‌شود. شرایط رطوبتی، بستگی به میزان رطوبت خاک بستر در دوران ساخت یا رطوبت خاک بستر پس از احداث روسازی دارد. شرایط رطوبتی، نشان دهنده وجود رطوبت در دسترس مصالح خاک بستر است تا بتواند آن

با توجه به مشکلات ناشی از بروز خرابی‌هایی مانند پلکانی شدن ناشی از پدیده پامپینگ در محل درز، معمولاً ترجیح داده می‌شود که از زیراساس سنگ‌دانه‌ای بلافاصله در زیر دال بتنی استفاده نشود. جزئیات بیشتر درخصوص لایه زیراساس در فصل سوم (بند 2-3) ارائه شده است.

جزئیات بیشتر درخصوص لایه زیراساس در فصل مربوط به اجرای روسازی‌های بتنی ارائه شده است. در صورت استفاده از زیراساس در سازه روسازی باید ضریب عکس‌العمل بستر اصلاح شود. برای این منظور از نمودار مندرج در شکل (2-9) استفاده می‌گردد. چنانچه، ضریب برجهندگی مصالح زیراساس دارای تغییرات فصلی (ماهانه) باشند، باید اصلاح ضریب عکس‌العمل بستر به علت لایه زیراساس برای هر ضریب برجهندگی انجام شود. اعداد مربوط ضریب برجهندگی مصالح زیراساس در ستون سوم و اعداد مربوط به اصلاح ضریب عکس‌العمل بستر به علت لایه زیراساس (ضریب عکس‌العمل مرکب بستر) در ستون چهارم جدول (2-17) درج می‌شوند. برای مصالح غیرچسبنده‌ای¹⁹ که نسبت به تغییرات فصلی دارای حساسیت هستند ولی آزمایش‌های لازم برای تعیین ضریب برجهندگی فصلی انجام نشده است، می‌توان از مقادیر 350 مگاپاسکال و 105 مگاپاسکال به ترتیب برای دوره یخبندان و ذوب یخ (دوره بهاری) استفاده کرد. در این مصالح برای جلوگیری از وقوع شرایط غیرطبیعی نباید نسبت ضریب برجهندگی مصالح زیراساس به ضریب برجهندگی خاک بستر بزرگتر از 4 در نظر گرفته شود.

19- Unbound materials



در محل درزهای طولی و در جهت عمود بر این درزها، از میلگردهای دوخت (تای بار³¹) (آجدار) استفاده می‌شود. میلگردهای دوخت که در ارتفاعی برابر نصف ضخامت دال بتنی قرار می‌گیرند، از فولاد رده S400 (دارای تنش تسلیم 400 مگاپاسکال)، دارای قطر 16 میلی‌متر و طول 75 سانتی‌متر بوده و فاصله مرکز به مرکز آنها نیز برابر 75 سانتی‌متر است. در فاصله 40 سانتی‌متری از درز عرضی نباید از میلگرد دوخت استفاده شود. در محل درزهای اجرایی عرضی نیز در صورتی که منطبق بر محل درزهای عرضی انقباضی نباشند از میلگردهای دوخت استفاده می‌شود.

2-4-1-1- فاصله درزها در روسازی‌های بتنی ساده درزدار

به‌طور کلی فاصله درزهای انقباض به شرایط آب و هوایی و مصالح مورد استفاده بستگی دارد. در حالی که فاصله درزهای انبساط و اجرایی عموماً تابع امکانات ساخت و الگوی اولیه است. به‌عنوان یک راهنمایی کلی می‌توان گفت در روسازی‌های بتنی ساده درزدار (JPCP)، فاصله درزهای انقباض نباید بیش از 24 برابر ضخامت دال بتنی باشد. برای مثال حداکثر فاصله درزهای انقباض برای یک دال به ضخامت 20 سانتی‌متر حدود 4/8 متر است. همچنین معمولاً نسبت عرض دال به طول آن کمتر از 1/25 در نظر گرفته می‌شود. علاوه بر آن طول دال بتنی ساده درزدار به 5 متر محدود می‌شود. حداکثر فاصله بین درزهای طولی نیز برابر 5 متر در نظر گرفته می‌شود.

به دلایلی از جمله هزینه زیاد، پیچیدگی و مشکلات مربوط به عملکرد درزهای انبساط/انقطاع، معمولاً سعی می‌شود از تعداد کمتری درز انبساط استفاده شود. درزهای انبساط در محل‌هایی که نوع روسازی تغییر می‌کند (به‌عنوان مثال روسازی بتنی مسلح پیوسته در کنار روسازی بتنی درزدار) یا در مواقعی که روسازی بتنی در مجاورت پل قرار می‌گیرد، استفاده می‌شود.

فاصله بین درزهای ساخت نیز معمولاً تابعی از شرایط کار و تجهیزات مورد استفاده است.

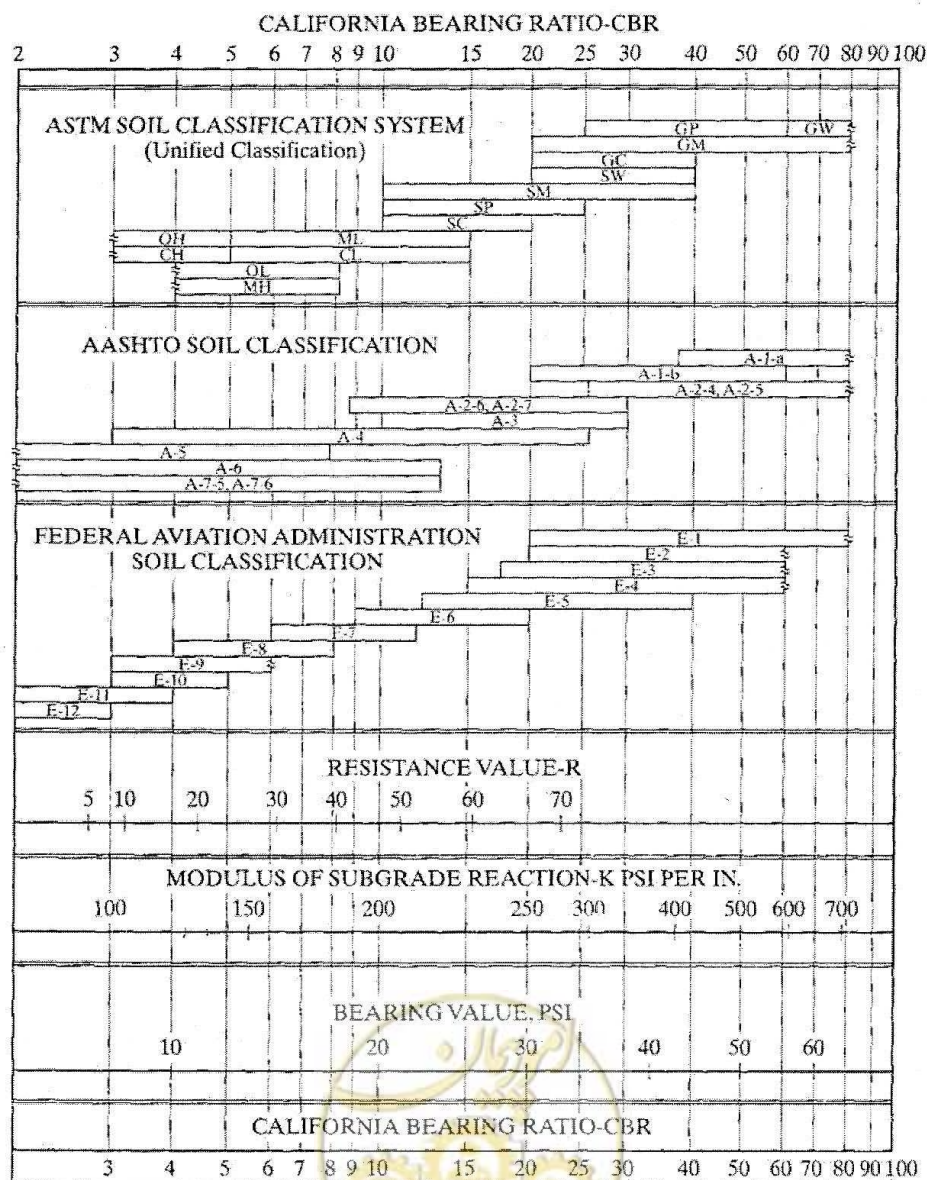
2-4-1-2- الگوی درز در روسازی‌های بتنی ساده درزدار

ایجاد درزهای مورب با فواصل متغیر باعث کاهش اثر نامطلوب عبور از روی درز و در نتیجه بهبود کیفیت رانندگی می‌شود. همچنین درزهای مورب باعث بهبود عملکرد درز و عمر بیشتر روسازی‌های بتنی می‌شود. مورب بودن درزها باید به اندازه‌ای باشد تا چرخ‌های واقع در طرفین محور وسیله نقلیه، هم‌زمان از روی درز عبور نکنند. مقدار مورب بودن درز به اندازه 0/6 متر (در جهت ترافیک) در 3/65 متر (در جهت عرض روسازی) مناسب است. با توجه به اینکه بیشترین اثرپذیری از اعمال ناگهانی بارهای چرخ در گوشه واقع در لبه خارجی اتفاق می‌افتد؛ بنابراین درز مورب باید به نحوی قرار گیرد که در جهت ترافیک بین درز و لبه خارجی دال، یک زاویه منفرجه (باز) تشکیل شود؛ به عبارت دیگر چرخ‌های سمت راننده درز مورب را زودتر قطع می‌کنند. مزایای استفاده از درزهای مورب عبارتند از:



به دلیل آنکه فرآیند انجام آزمایش صفحه بارگذاری زمان‌بر است و از طرفی انجام این آزمایش در مقایسه با برخی دیگر از آزمایش‌های تعیین مقاومت خاک، مستلزم هزینه بیشتر است؛ بنابراین معمولاً مقدار ضریب عکس‌العمل بستر (K) با استفاده از روابط موجود بین K و پارامتری که تعیین آن به طریق آزمایشگاهی راحت‌تر است (مانند آزمایش مقاومت باربری کالیفرنیا (CBR)) تخمین زده می‌شود (شکل ۲-۴۶).

چنانچه در ساختار روسازی از لایه زیرساز استفاده شود، در طراحی ضخامت روسازی از K افزایش یافته استفاده می‌گردد. در صورتی که زیرساز از نوع مصالح سنگ دانه‌ای (تثبیت نشده) باشد، مقدار تقریبی K افزایش یافته را می‌توان از جدول (۲-۳۷) به دست آورد. همچنین مقادیر K طراحی در حالتی که از زیرساز تثبیت شده با سیمان استفاده شده باشد، از جدول (۲-۳۸) تعیین می‌شود.



شکل ۲-۴۶- ارتباط بین طبقه‌بندی خاک با پارامترهای مقاومتی آن

جدول 2-37- مقدار K طراحی، در صورتی که از زیراساس سنگ‌دانه‌ای (تثبیت نشده) استفاده شود

ضخامت زیراساس (in)				مقدار K بستر (Pci)
12	9	6	4	
K طراحی (Pci)				
110	85	75	65	50
190	160	140	130	100
320	270	230	220	200
430	370	330	320	300

$$(1\text{in}=25/4\text{ mm } 1\text{pci}=1\text{lb/in}^3=1/271\text{MN/m}^3)$$

جدول 2-38- مقدار K طراحی، در صورتی که از زیراساس تثبیت شده با سیمان استفاده شود

ضخامت زیراساس تثبیت شده با سیمان (in)				مقدار K بستر (Pci)
10	8	6	4	
K طراحی (Pci)				
390	310	230	170	50
640	520	400	280	100
-	-	640	470	200

$$(1\text{in}=25/4\text{ mm } 1\text{pci}=1\text{lb/in}^3=1/271\text{MN/m}^3)$$

مثال:

با توجه به اطلاعات زیر، ضخامت روسازی بتن غلتکی را به روش گروه مهندسان ارتش ایالات متحده آمریکا محاسبه نمایید.

جاده در منطقه هموار قرار دارد، متوسط تعداد وسیله نقلیه عبوری در روز برابر 2000، تعداد کامیون عبوری در روز برابر 100، مقاومت خمشی بتن غلتکی برابر $4/1\text{MPa}$ (600psi) و ضریب عکس‌العمل بستر برابر $54/2\text{MN/m}^3$ (200pci) است.

حل: ابتدا ترافیک بر اساس تعداد وسیله نقلیه سواری مشخص می‌شود. با توجه به اینکه راه در منطقه هموار واقع شده است، طبق جدول (2-35)، هر وسیله نقلیه سنگین معادل 2 وسیله نقلیه سواری است؛ بنابراین:

$$\text{ADT} = (2000 - 100) + 100 \times 2 = 2100 \quad \text{وسيله نقلیه سواری در روز}$$

$$\text{DHV} = \text{ADT} \times 0.15 \Rightarrow \text{DHV} = 2100 \times 0.15 = 315$$

بنابراین، مطابق جدول (2-34)، راه در طبقه D قرار می‌گیرد.

$$\frac{100}{2000} = 5\% < 10\% \Rightarrow \text{ترافیک راه در طبقه 2 قرار می‌گیرد}$$



بازدهی درز برابر صفر درصد، به این معنی است که در اثر اعمال بار بر دال واقع در یک طرف درز، دال موجود در طرف دیگر درز (دال بارگذاری نشده) افت و خیز نداشته و در نتیجه قفل و بست سنگدانه‌ای و اصطکاک صفر درصد است. نتایج آزمایش‌های انجام شده، نشان می‌دهد مقدار بازدهی درز در روسازی‌های بتن غلتکی بین 22 تا 89 درصد است. عواملی مانند تردد بارهای سنگین، کوچک بودن اندازه سنگدانه‌های درشت، آب و هوای سرد و افزایش میزان بازشدگی درز یا ترک، باعث کاهش بازدهی درز می‌شوند.

2-8-5-2- درزهای انقباضی طولی و عرضی

به منظور کنترل وقوع ترک‌های تصادفی و ایجاد فواصل نسبتاً منظم در وقوع ترک‌های ریز در روسازی‌های بتنی، درزهای انقباضی طولی و عرضی با ایجاد برش در روسازی بتن غلتکی تعبیه می‌شوند. با توجه به اینکه مقدار آب و سیمان در بتن غلتکی کمتر از بتن معمولی است، در نتیجه جمع‌شدگی⁹⁶ و عرض ترک نیز کاهش می‌یابد. چنانچه روسازی بتن غلتکی در معرض آب و هوای سرد و به‌طور کلی در معرض تغییرات شدید دمایی باشد، استفاده از درزهای انقباضی ضروری به نظر می‌رسد.

به‌طور کلی مزایای ایجاد درزهای اجرایی در روسازی‌های بتن غلتکی عبارتند از:

- کنترل ترک‌های تصادفی؛

- سهولت در درزگیری (در مقایسه با ترک‌های تصادفی) به‌خصوص هنگامی که موضوع زیبایی سطح راه مد نظر باشد یا پتانسیل خردشدگی درز وجود داشته باشد؛

- در صورت استفاده از سیستم برش زودهنگام⁹⁷ (برش خشک)، عرض برش کم خواهد شد و در نتیجه به درزگیری نیاز نخواهد بود. این نوع برش معمولاً 1 تا 4 سانت پس از تراکم نهایی بتن غلتکی صورت می‌گیرد، مگر آنکه با توجه به شرایط اقلیمی، طرح مخلوط و زمان گیرش بتن، ناظر نظر دیگری داشته باشد. عمق برش زودهنگام نیز مستقل از ضخامت روسازی بتن غلتکی، بین 25 تا 32 میلی‌متر است.

عمق برش درزهای طولی و عرضی در روسازی‌های بتن غلتکی برابر $\frac{1}{4}$ ضخامت روسازی بتن غلتکی در نظر گرفته می‌شود. در روسازی‌های بتن غلتکی که ضخامت آنها کمتر از 20 سانتی‌متر است، فاصله درزهای انقباضی عرضی معمولاً 6 متر و فاصله مناسب بین درزهای انقباضی طولی بین 4/5 تا 6 متر است. چنانچه ضخامت روسازی غلتکی مساوی یا بیشتر از 20 سانتی‌متر باشد، فاصله درزهای انقباض عرضی، حداکثر 36 تا 48 برابر ضخامت روسازی بتن غلتکی است. به‌طور مثال اگر ضخامت روسازی بتن غلتکی برابر 25 سانتی‌متر باشد، فاصله درزهای عرضی حداکثر بین 9 تا 12 متر خواهد بود. در این حالت (ضخامت روسازی غلتکی مساوی یا بیشتر از 20 سانتی‌متر باشد)، فاصله درزهای طولی، حداکثر 30 برابر ضخامت روسازی بتن غلتکی در نظر گرفته می‌شود. به‌طور مثال اگر ضخامت روسازی بتن غلتکی برابر

95- Deflection

96- Shrinkage

97- Early-entry sawing

25 سانتی‌متر باشد، فاصله درزهای طولی که با برش ایجاد می‌شوند، حداکثر 7/5 متر خواهد بود. باید دقت شود که درزهای طولی در مسیر عبور چرخ‌های وسایل نقلیه نباشد. سایر ملاحظات مربوط به درزهای انقباضی در روسازی‌های بتن غلتکی، مانند درزهای انقباضی در روسازی‌های بتنی معمولی است (بند 3-3-8-9-2).

2-3-8-5-2- درزهای انقطاع و انبساط⁹⁸

هدف از تعبیه درزهای انقطاع/انبساط آن است که امکان حرکت آزادانه و مستقل قائم و افقی بین روسازی بتنی و سازه‌های مجاور یا بین دو مقطع روسازی فراهم شود ولی به هر صورت استفاده از این درزها در بتن غلتکی به طور معمول استفاده نمی‌شود.

از درزهای انقطاع برای ایجاد انفصال بین روسازی بتن غلتکی و سازه‌هایی نظیر پی ساختمان‌ها، جوی‌ها، آدم‌روها و پیاده‌روها استفاده می‌شود. نحوه ایجاد درز انقطاع در روسازی‌های بتن غلتکی مانند موارد متناظر در بتن‌های معمولی است.

2-6-2- زهکشی در روسازی‌های بتنی

در فرآیند طراحی و اجرای روسازی در نظر گرفتن سیستم زهکشی مناسب، تأثیر قابل ملاحظه‌ای در عملکرد روسازی دارد؛ زیرا سیستم زهکشی مناسب منجر به خروج سریع آب و همچنین کاهش اثرات مخرب ناشی از وجود آب می‌گردد. خرابی‌هایی مانند تابیدگی، مکش (پامپینگ)، پلکانی شدن، شکستگی گوشه، شن‌زدگی، سوراخ‌شدگی (روسازی‌های بتنی مسلح پیوسته) و ترک‌خوردگی D-شکل از جمله خرابی‌ها در روسازی‌های بتنی هستند که می‌تواند ناشی از وجود آب زیاد در سازه روسازی باشد.

منابع آب نفوذی به روسازی عبارتند از: نزولات جوی، آب‌های زیرزمینی، آب‌های ناشی از تراوش (مویینگی)، آب‌های ناشی از چشمه‌های فعال در زمین‌های بالادست، مجاور و زیر بدنه راه (شکل 2-47).



3-1-1- بستر روسازی

بستر روسازی راه^۱ سطح آخرین لایه متراکم شده خاکریزها، خاکبرداری‌ها و یا زمین طبیعی موجود و یا اصلاح شده است. بستر روسازی که نهایتاً پی روسازی راه محسوب می‌شود، کلیه بارهای وارده ناشی از جسم روسازی و وسایل نقلیه روی آن را تحمل می‌کند.

بستر روسازی راه برحسب آن که در خاکریزی، خاکبرداری و یا راه موجود باشد، به شرح زیر آماده می‌شود:

3-1-1-1- آماده‌سازی بستر در خاکریزی‌ها

برای آماده‌سازی بستر روسازی راه در خاکریزی، دو قشر نهایی خاکریز با ضخامت حداقل ۳۰ سانتی‌متر از خاک‌های A-1 تا A-7 که در طبقه‌بندی آشتو قرار گرفته‌اند، انتخاب و در تمام عرض راه پخش می‌شود و پس از آب‌پاشی و شیب‌بندی طبق مشخصات این فصل (بند 3-1-4)، کوبیده و آماده می‌گردد.

در محل‌هایی که خاک مناسب جهت مصرف در دو قشر نهایی خاکریز، برای آماده کردن بستر روسازی راه در دسترس نبوده و یا حمل آن مقرون به‌صرفه نباشد، می‌توان از تثبیت خاک با آهک و یا مواد و ترکیبات شیمیایی دیگر استفاده کرد. به‌منظور انتخاب ماده تثبیت کننده می‌توان از فلوچارت مندرج در شکل (3-1) استفاده کرد. همچنین برای طرح تثبیت با مواد تثبیت کننده می‌توان از دستورالعمل‌های معتبر از جمله «دستورالعمل تثبیت لایه‌های خاکریز و روسازی راه‌ها» (نشریه شماره ۲۶۸ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور) استفاده کرد.

در این دستورالعمل خاک‌های زیر، در شمار خاک‌های نامناسب قرار می‌گیرند که باید از مصرف آنها خودداری شود:

- خاک‌هایی که میزان مواد آلی آنها مطابق AASHTO T267 از ده درصد تجاوز کند؛

- خاک‌های نمکی و گچی که میزان نمک (کلرید سدیم - NaCl) قابل حل در آب آن بر طبق ASTM D1411

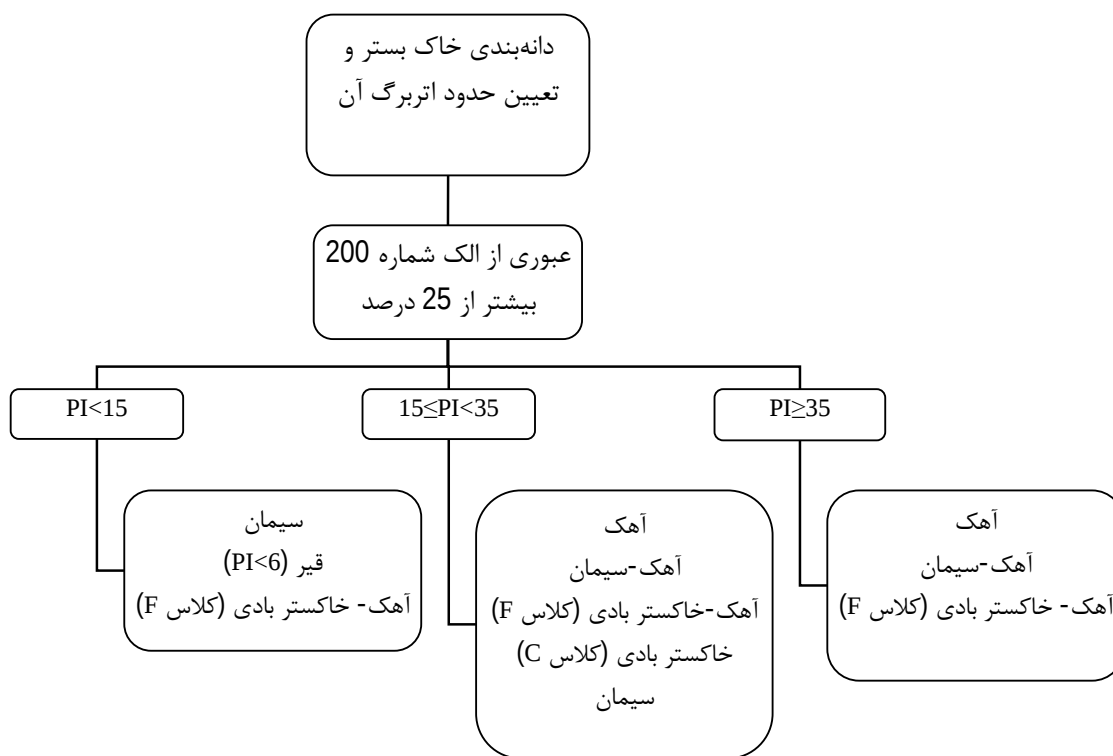
اندازه‌گیری شود و گچ (CaSO_4) محلول در آب آنها به ترتیب بیش از ۵ و ۱۰ درصد وزنی باشد؛

- خاک‌های مارنی و رسی که دامنه خمیری آنها بیش از ۵۰ درصد باشد؛

- خاک‌هایی که حداکثر وزن مخصوص خشک آنها با روش AASHTO T180 (طریقه D) کمتر از ۱/۵۵ تن در

متر مکعب باشد.





شکل 3-1- انتخاب ماده تثبیت‌کننده بستر

3-1-2- آماده‌سازی بستر در خاکبرداری‌ها

در صورتی که خاکبرداری به‌صورت برش خاکی باشد، بستر روسازی راه در شرایط ترافیک سبک و متوسط با رعایت بند (3-1-1) برای دو قشر و در شرایط ترافیک سنگین برای دو یا سه قشر زیرین آماده می‌شود و در صورتی که لازم باشد اقدام به تعویض مصالح دو قشر زیر کف خاکبرداری با استفاده از مصالح مرغوب می‌گردد، به‌طوری‌که هر یک از این قشرها دارای کیفیت، مقاومت و تراکم لازم طبق مشخصات شود.

چنانچه خاکبرداری در برش‌های سنگی نامرغوب، مانند مارن یا گچ انجام شود، سطح بستر روسازی راه، حداقل با دو لایه خاکریز به ضخامت هر لایه 15 سانتی‌متر (مصالح A-1 یا A-2) آماده شود؛ در این‌صورت در برش‌های سنگی مرغوب و مقاوم، کف برش حداقل به میزان 15 سانتی‌متر اضافه بر رقوم تعیین شده برای پی روسازی، برداشته و با مصالح منتخب خاکریزی، آب‌پاشی و کوبیده شود تا همواری و مقاومت لازم برای سطح بستر روسازی حاصل گردد.

3-1-3- آماده‌سازی بستر در راه‌های موجود

در صورتی که روسازی راه جدید بر روی سطح روسازی راه موجود قرار گیرد، به‌شرح زیر عمل می‌شود:



چنانچه سطح راه موجود شنی و یا خاکی باشد این سطح تا عمق 15 سانتی متر شخم زده می شود. اگر این مصالح مرغوب باشد، آب پاشی و شیب بندی و مجدداً طبق مشخصات کوبیده می شود تا مقاومت لازم حاصل گردد. اگر مصالح راه موجود مرغوب نباشد، مصالح منتخب به میزان کافی روی سطح شخم زده شده، اضافه شده و با مصالح موجود مخلوط و سپس آب پاشی، شیب بندی و کوبیده می شود تا سطح مورد نظر با مقاومت کافی حاصل گردد.

برای راه های آسفالتی یا بتنی چنانچه بررسی های انجام شده نشان دهد که روسازی موجود قابل استفاده نیست، باید لایه های روسازی برداشته شده و سطح زیرین راه مانند قسمت بالا آماده گردد و یا اینکه با استفاده از روش های بازیافت، روسازی بازیافت شود.

3-1-4- تراکم بستر روسازی راه

درصد تراکم بستر روسازی در دو یا یک قشر نهایی، هر یک به ضخامت 15 سانتی متر، به ترتیب در خاکریز یا کف برش های خاکی و یا سنگی بر حسب درجه راه و نوع مصالح درشت دانه یا ریزدانه مصرفی باید طبق مشخصات مندرج در جدول (3-1) باشد. در راه های فرعی درجه دو، به جای دو لایه 15 سانتی متری، می توان از یک لایه به ضخامت 20 سانتی متر استفاده نمود. تراکم آزمایشگاهی مصالح بر اساس روش آشتو اصلاح شده T-180 (طریقه D) اندازه گیری می شود. تراکم لایه های مذکور باید با مناسب ترین رطوبت انجام شود. برای حصول تراکم مطلوب، خاک هایی که به تورم و انبساط گرایش زیادی دارند، باید در محدوده 1 تا 2 درصد بیشتر از رطوبت مناسب و خاک های چسبنده در محدوده 1 تا 2 درصد کمتر از رطوبت مناسب متراکم گردند.

جدول 3-1- درصد تراکم بستر روسازی در دو لایه نهایی

میزان تراکم لایه ها		درجه راه
خاک ریزدانه	خاک درشت دانه	
A-7 تا A-4	A-3 تا A-1	
95	100	آزادراه ها، بزرگراه ها و راه های اصلی و فرعی درجه یک
90	95	راه های فرعی درجه دو و سه

3-1-5- کنترل سطح بستر روسازی راه

سطح آماده شده بستر روسازی راه باید با شیب های طولی و عرضی نقشه های اجرایی مطابقت داشته باشد. اختلاف رقوم بستر روسازی با رقوم نظیر در نقشه های اجرایی نباید از 25 میلی متر تجاوز کند. هرگاه یک شمشه 4 متری در جهات مختلف روی سطح نیم عرض راه قرار داده شود، ناهمواری های آن نباید از 20 میلی متر تجاوز کند.

3-2- زیراساس

لایه زیراساس روی بستر آماده شده، اجرا می‌شود. کیفیت لایه زیراساس نقش تعیین کننده‌ای در کیفیت روسازی بتنی دارد. برای عملکرد مناسب روسازی، لایه زیراساس باید وزن تجهیزات ساخت روسازی را تحمل کند، در فرآیند عملیات ساخت پایدار باقی بماند و در مدت عمر طراحی، عملکردی که از ابتدا برای آن در نظر گرفته شده است را داشته باشد. وظایف اصلی لایه زیراساس در روسازی بتنی عبارتند از: ایجاد سطحی پایدار برای عملیات اجرای روسازی، تکیه‌گاه دال، جلوگیری از فرسایش تکیه‌گاه دال، تسهیل زهکشی و ارتقای سیستم سازه‌ای روسازی.

به‌طور کلی انواع زیراساس مورد استفاده در روسازی بتنی عبارتند از: زیراساس سنگ‌دانه‌ای، زیراساس قیری، زیراساس نفوذپذیر (تثبیت شده یا تثبیت نشده)، زیراساس تثبیت شده با سیمان و بتن مگر^۲.

با توجه به مشکلات ناشی از بروز خرابی‌هایی مانند پلکانی شدن ناشی از پدیده پامپینگ در محل درز، معمولاً ترجیح داده می‌شود که از زیراساس سنگ‌دانه‌ای بلافاصله در زیر دال بتنی استفاده نشود. در این موارد می‌توان براساس نظر طراح از انواع دیگر زیراساس استفاده کرد.

به‌منظور فراهم کردن تکیه‌گاه مناسب برای دستگاه پخش بتن (فینیشر)، مصالح خوب متراکم شده زیراساس باید حدود 1 متر از کنار لبه خارجی روسازی ادامه یابد. این مسیر باید به اندازه کافی بادوام باشد تا امکان عبور و مرور آسان برای ماشین‌آلات اجرای روسازی فراهم شود.

3-2-1- زیراساس سنگ‌دانه‌ای

مصالح سنگی که به‌عنوان لایه زیراساس در زیر رویه بتنی قرار می‌گیرد، می‌تواند از نوع ماسه، ماسه- شن، سنگ شکسته، سرباره‌های آهن‌گدازی (به‌صورت شکسته یا دانه‌بندی شده) یا ترکیبی از آنها باشد.

دانه‌بندی مصالح زیراساس سنگ‌دانه‌ای با توجه به شرایط پروژه باید با یکی از دانه‌بندی‌های I تا VI جدول (2-3) مطابقت داشته باشد. دانه‌بندی‌های مندرج در جدول گفته شده، گستره وسیعی از انواع دانه‌بندی (دانه‌بندی باز^۳ با قابلیت نفوذپذیری کم تا متوسط و دانه‌بندی پیوسته) را نشان می‌دهد که در عمل در یک پروژه از یک یا دو نوع دانه‌بندی استفاده می‌شود. در مواقعی که از دانه‌بندی باز برای مصالح زیراساس استفاده می‌شود (مانند دانه‌بندی I در جدول (2-3))، باید این دانه‌بندی به‌گونه‌ای انتخاب شود که از ورود مصالح ریزدانه بستر به مصالح زیراساس جلوگیری شود. برای این منظور برقراری رابطه‌های (3-1 تا 3-4) کنترل می‌شود.

$$\frac{D_{15}B}{D_{85}F} \leq 5 \quad (1-3)$$

2- Lean concrete base

3- زیراساس با دانه‌بندی باز و زیراساس نفوذپذیر متفاوت هستند. زیراساس نفوذپذیر می‌تواند آب وارد شده به لایه زیراساس را به سرعت زهکش کند در صورتی که زیراساس با دانه‌بندی باز دارای نفوذپذیری کم تا متوسط است.



جدول ۳-۳- مشخصات مصالح زیراساس سنگ‌دانه‌ای

ردیف	معیار	مشخصات	استاندارد
1	اندازه بزرگ‌ترین سنگ‌دانه	کوچک‌تر از $\frac{1}{3}$ ضخامت لایه زیراساس	
2	سایش مصالح درشت‌دانه (باقی‌مانده روی الک 2 میلی‌متر) به روش لوس آنجلس	حداکثر 50	AASHTO T96
3	درصد عبوری از الک 0/075 میلی‌متر (شماره 200)	حداکثر 15 درصد	AASHTO T11
4	حد روانی (مصالح عبوری از الک 40)	حداکثر 25	AASHTO T89
5	دامنه خمیری (مصالح عبوری از الک 40)	حداکثر 6	AASHTO T90

در صورتی که درصد مصالح سنگی عبوری از الک 0/075 میلی‌متر (شماره 200) بیشتر از 15، حد روانی مصالح بیشتر از 25 یا دامنه خمیری مصالح سنگی بیشتر از 6 باشد، به شرط تثبیت این نوع مصالح با یک ماده مناسب، می‌توان از آنها در لایه زیراساس استفاده کرد.

تراکم زیراساس سنگ‌دانه‌ای معمولاً با عبور یک تا سه بار غلتک چرخ فولادی استاتیک به وزن 4 تا 10 تن انجام می‌شود. باید توجه شود که تراکم بیش از حد منجر به افت کیفیت و کاهش نفوذپذیری مصالح لایه زیراساس می‌شود. برای اطمینان از رسیدن به چگالی مورد نظر در فرآیند تراکم مصالح زیراساس سنگ‌دانه‌ای، لازم است درصد رطوبت مصالح زیراساس مساوی یا اندکی کمتر از درصد رطوبت بهینه باشد. تراکم لایه زیراساس سنگ‌دانه‌ای باید برابر 100 درصد وزن مخصوص تعیین شده به روش AASHTO T180 طبقه D باشد. برای تعیین وزن مخصوص در محل، از آزمایش AASHTO T191 یا AASHTO T310⁴ استفاده می‌شود.

نقاط نشان داده شده روی نقشه نیمرخ‌های طولی و عرضی در سطح زیراساس مشخص و پیاده می‌شود. این نقاط ترازبایی شده و ارقام آنها تعیین می‌گردد. ارقام حاصل نباید بیش از ± 15 میلی‌متر با ارقام نقشه‌ها اختلاف داشته باشد. در غیر این صورت مصالح اضافی از سطح راه تراشیده شده و برداشته می‌شود و در صورتی که مصالح کم باشد، مصالح لازم اضافه شده و طبق مشخصات تسطیح، مخلوط و کوبیده می‌گردد. ضخامت قشر زیراساس پس از کوبیده شدن باید با ضخامت و رواداری مشخص شده در نقشه‌ها مطابقت داشته باشد.

عبور ترافیک از روی سطح زیراساس مجاز نیست. زیرا ترافیک موجب می‌گردد که زیراساس کیفیت خود را از دست بدهد.

هرگاه همواری سطح لایه زیراساس در هر جهت با یک شمشه 3 متری اندازه‌گیری شود، نباید ناهمواری موجود بیش از 15 میلی‌متر باشد.



4- در این آزمایش میزان تراکم با استفاده از روش هسته‌ای مشخص می‌شود.

3-2-2- زیراساس تثبیت شده با سیمان

- در خصوص مزایای استفاده از زیراساس تثبیت شده با سیمان می‌توان موارد زیر را برشمرد:
- زیراساس تثبیت شده با سیمان بارهای ناشی از وسایل نقلیه را در سطح بیشتری توزیع می‌کند، این امر منجر به کاهش تنش‌های وارده به بستر روسازی می‌شود.
 - مقاومت روسازی‌های دارای زیراساس تثبیت شده با سیمان از روسازی‌های دارای زیراساس سنگ‌دانه‌ای بیشتر است.
 - در شرایط ترافیکی یکسان، ضخامت لازم برای زیراساس تثبیت شده با سیمان کمتر از زیراساس سنگ‌دانه‌ای است.
 - استفاده از زیراساس تثبیت شده با سیمان منجر به کاهش پدیده‌های آب‌شستگی (پامپینگ) و پلکانی شدن محل درز می‌شود.
 - به دلیل آنکه برای تهیه زیراساس تثبیت شده با سیمان می‌توان از مصالح حاصل از فرآیند بازیافت روسازی‌های آسفالتی و بتنی استفاده نمود؛ بنابراین نیاز به برداشت مصالح از منابع طبیعی کاهش می‌یابد.
 - در کنار مزایای استفاده از زیراساس تثبیت شده با سیمان باید موضوع ترک‌های انعکاسی و افزایش اصطکاک بین زیراساس تثبیت شده با سیمان و لایه رویه (دال بتنی) مورد توجه قرار گیرد.
 - برای طرح تثبیت با سیمان می‌توان از دستورالعمل‌های معتبر از جمله «دستورالعمل تثبیت لایه‌های خاکریز و روسازی راه‌ها (نشریه شماره 268 سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور)» استفاده کرد.
 - ضخامت زیراساس تثبیت شده با سیمان معمولاً حداقل 15 سانتی‌متر در نظر گرفته می‌شود.

3-2-2-1- مصالح سنگی

- مشخصات و دانه‌بندی مصالح سنگی درشت‌دانه (مانده روی الک شماره 4 (4/75 میلی‌متر)) زیراساس تثبیت شده با سیمان به ترتیب مطابق جدول‌های (3-4) و (3-5) است. چگالی حقیقی⁵ مصالح سنگی (مطابق استاندارد ASTM C29/C29M) با دانه‌بندی‌های 3 یا 9 از جدول (3-5)، باید حداقل 500 کیلوگرم بر متر مکعب باشد.

جدول 3-4- مشخصات مصالح درشت‌دانه زیراساس تثبیت شده با سیمان

ردیف	معیار	مشخصات	استاندارد
1	سایش مصالح درشت‌دانه به روش لوس‌آنجلس	حداکثر 50 درصد	ASTM C131
2	شکستگی در یک وجه-مانده روی الک 4/75 میلی‌متر	حداقل 40 درصد	ASTM 5821
3	افت وزنی با سولفات سدیم	حداکثر 12 درصد	ASTM C88

5- چگالی حقیقی (bulk density) مصالح عبارت است از وزن حجم معینی از مصالح (شامل حجم جامد دانه‌ها به‌علاوه حجم حفرات دانه‌ها).

جدول 3-15- دانه‌بندی سنگ‌دانه زیراساس قیری نفوذپذیر

اندازه الک	درصد عبوری
37/5 میلی‌متر (1/5 اینچ)	100
25 میلی‌متر (1 اینچ)	95-100
12/5 میلی‌متر ($\frac{1}{2}$ اینچ)	25-60
4/75 میلی‌متر (شماره 4)	0-10
2 میلی‌متر (شماره 10)	0-5
0/075 میلی‌متر (شماره 200)	0-3

جدول 3-16- مشخصات سنگ‌دانه زیراساس قیری نفوذپذیر

آزمایش	مشخصات	روش آزمایش
سایش به روش لوس‌آنجلس (درصد)	حداکثر 40	ASTM C131، AASHTO T96 یا استاندارد ملی ایران شماره 448 و ASTM C535 یا استاندارد ملی ایران شماره 8447
شکستگی در دو جبهه-مانده روی الک 4/75 میلی‌متر (درصد)	حداقل 75	ASTM D5821
شاخص دوام ¹⁴	حداقل 40	ASTM D3744
سنگ‌دانه‌های پهن و دراز مانده روی الک 4/75 میلی‌متر (درصد)	حداکثر 15	ASTM D4791
شن و ماسه طبیعی (درصد)	0	-
کلوخه‌های رس و دانه‌های سست ¹⁵ (درصد)	0	ASTM C142 یا AASHTO T112
دانه‌های نرم ¹⁶ (درصد)	5	ASTM C235
شاخه یا ریشه درخت (درصد)	0	-

3-2-5-2-3- قیر

قیر مورد استفاده برای تهیه زیراساس قیری نفوذپذیر، به تشخیص مهندس مشاور و مقدار آن $2/5 \pm 0/3$ درصد (نسبت به وزن مخلوط آسفالتی) است.

3-2-5-2-3- اجرای زیراساس قیری نفوذپذیر

برای اجرای زیراساس قیری نفوذپذیر از ماشین‌آلات مربوط به اجرای بتن آسفالتی گرم استفاده می‌شود. ناهمواری سطح که با استفاده از شمشه 3 متری در جهات عرضی و طولی راه اندازه‌گیری می‌شود، نباید بیشتر از 15 میلی‌متر باشد. محدودیت‌های مربوط به شرایط جوی برای اجرای زیراساس قیری نفوذپذیر مانند اجرای بتن آسفالتی گرم است. تا

14- Aggregate Durability Index

15- Clay balls and friable particles

16- Soft particles

گفته شده و توسعه آنها به رویه بتنی شود. علاوه بر آن باید موضوع جلوگیری از جذب آب بتن تازه توسط مصالح زیراساس نیز هنگام اجرای رویه بتنی مورد توجه قرار گیرد.

به‌طور کلی اگر هدف از جداسازی رویه بتنی و لایه زیراساس، جلوگیری از جذب آب بتن تازه توسط مصالح زیراساس و همچنین کاهش اصطکاک بین این دو لایه باشد، باید قبل از اجرای روسازی بتنی درزدار، صفحات پلاستیکی (نایلون) غیر قابل نفوذ به ضخامت حداقل 0/125 میلی‌متر، با همپوشانی 30 سانتی‌متر (در محل قطع صفحات) روی لایه زیراساس نصب شود؛ با این وجود چنانچه برای عمل‌آوری لایه زیراساس تثبیت شده از اندود قیری یا برای عمل‌آوری زیراساس از نوع بتن مگر از ماده عمل‌آورنده ثانویه استفاده شده باشد، نیازی به استفاده از صفحات پلاستیکی نیست. اگر روسازی بتنی از نوع مسلح پیوسته باشد، باید قبل از اجرای بتن رویه، سطح لایه زیراساس قیراندود شود. اندود گفته شده می‌تواند همان اندود قیری مورد استفاده برای عمل‌آوری زیراساس تثبیت‌شده با سیمان یا اندود مورد استفاده برای عمل‌آوری زیراساس از نوع بتن مگر باشد.

در صورت اجرای رویه بتنی بر روی اساس تثبیت شده با سیمان و در صورت تشخیص مهندس مشاور، جهت جلوگیری از چسبندگی دو لایه و ترک خوردگی بتن رویه، از یک لایه بتن آسفالت گرم به ضخامت 3 تا 4 سانتی‌متر یا یک میان لایه از نوع زمین‌پارچه (ژئوتکستایل) بافته نشده¹⁸ به ضخامت 5 میلی‌متر با مشخصات مندرج در (جدول 3-17) برای بتن روی راه بتنی یا زیراساس تثبیت شده با سیمان استفاده شود.

درخصوص استفاده از زمین‌پارچه بافته نشده نکات زیر باید مد نظر قرار گیرد:

- زمین‌پارچه پهن شده روی زیراساس تثبیت شده باید عاری از چروک و تاشدگی باشد؛
- در صورتی که پیش‌بینی می‌شود ماشین‌آلات روسازی در جلوی فینیشر تردد کنند، نباید بیش از 200 متر از زمین‌پارچه قبل از اجرای رویه بتنی پهن شود؛
- پهن کردن زمین‌پارچه نباید بیش از یک ماه قبل از اجرای رویه بتنی انجام شود. بهتر است این زمان به 2 تا 3 روز محدود شود؛

- تردد روی زمین‌پارچه پهن شده باید به حداقل ممکن برسد؛

- زمین‌پارچه باید با ابزاری مانند گل میخ گالوانیزه به لایه زیراساس متصل شود. قطر واشر یا دیسک گل میخ 50 تا 70 میلی‌متر است و به فواصل 2 متر یا کمتر اجرا می‌شوند؛

- همپوشانی¹⁹ زمین‌پارچه باید 15 تا 20 سانتی‌متر باشد. ضمناً انتهای رول زمین‌پارچه باید در زیر ابتدای رول بعدی قرار گیرد؛

- در هیچ موقعیتی نباید بیش از 3 لایه زمین‌پارچه روی هم قرار گیرد؛



جدول 3-33- مقادیر r_3

55	50	45	40	35	30	$25 \geq$	مقاومت فشاری نمونه مکعبی (Mpa)
1/10	1/11	1/13	1/14	1/17	1/20	1/25	r_3
50	45	40	35	30	25	با توجه به ضریب	مقاومت فشاری نمونه استوانه‌ای (Mpa)

3-3-6-2- آزمون و نمونه‌برداری بتن‌های مصرفی در کارگاه

آزمون عبارت است از یک قطعه بتنی به شکل مشخص، عموماً استوانه‌ای یا مکعبی و به ابعاد مشخص که طبق استانداردهای مشخص، از بتن در محل ریختن در قالب یا گاهی در محل تولید بتن، نمونه‌گیری شده و طبق استانداردهای مشخص، متراکم و عمل‌آوری شده و در سنین خاص تحت آزمایش‌های مشخص قرار می‌گیرد.

مقصود از هر نمونه‌برداری از بتن، تهیه حداقل دو آزمون یکسان است که در زمان و شرایط یکسانی تولید و نگهداری شده‌اند؛ به عبارت دیگر نمونه‌برداری عبارت است از میانگین نتایج دو یا چند آزمون، مشروط بر آن‌که این آزمون‌ها هم-زمان تهیه و در شرایط یکسان نمونه‌گیری و متراکم و عمل‌آوری شده و تحت آزمایش قرار گرفته باشند. همچنین نتایج آزمون‌ها باید به اندازه کافی به یکدیگر نزدیک بوده و بیش از حد مشخصی از یکدیگر دور نباشند.

در آزمایش‌های تعیین مقاومت بتن، اگر اختلاف بین مقاومت دو آزمون کمتر از 10 درصد میانگین آن دو باشد، در این صورت متوسط آنها را محاسبه کرده و به‌عنوان یک نمونه‌گیری گزارش می‌شود. در غیر این صورت با استفاده از نتیجه آزمون سوم، ارزیابی مقاومت بتن انجام خواهد شد. اگر در مراحل بین نمونه‌گیری تا انجام آزمایش یک آزمون، وضعیتی مغایر با شرایط لازم بوجود آید، نتیجه آن آزمون قابل استناد نبوده و نباید در میانگین‌گیری وارد شود؛ بنابراین اکیداً توصیه می‌شود که در هر بار نمونه‌برداری، حداقل 3 آزمون به جای 2 آزمون تهیه شود.

3-3-6-3- تواتر نمونه‌برداری از بتن

در ارتباط با نمونه‌برداری باید نکات زیر رعایت شود:

- 1- نمونه‌برداری از بتن باید به‌طور کاملاً تصادفی انجام شود؛
- 2- نمونه‌های آزمایش را باید درست پیش از ریختن و ترجیحاً در محل قالب برداشت؛
- 3- از هر 150 متر مکعب بتن یا هر 500 متر مربع سطح بتن (هر کدام منجر به بیشترین تعداد نمونه‌برداری شود) نمونه‌برداری انجام می‌شود؛

4- صرف نظر از حجم بتن‌ریزی، حداقل یک نمونه‌برداری در هر روز الزامی است.

3-3-6-4- ارزیابی مقاومت بتن ساخته‌شده

مشخصات بتن در صورتی قابل قبول تلقی می‌شود که حداقل یکی از شرایط (الف) و (ب) زیر برقرار باشد:

الف- در آزمایش سه نمونه‌برداری متوالی، مقاومت هیچ‌کدام کمتر از مقاومت فشاری مشخصه نباشد (رابطه 3-5).

- به‌طور کلی بتن را می‌توان در محل کارگاه، ایستگاه مرکزی⁵⁸ یا کامیون‌های مجهز به مخلوط‌کن⁵⁹ (تراک میکسر)، تهیه کرد. در زمینه اختلاط بتن با تجهیزات گفته شده باید به نکات زیر توجه شود:
- نحوه تهیه بتن آماده⁶⁰ باید بر اساس مشخصات مندرج در استانداردهای ASTM C94, AASHTO M157 یا استاندارد ملی شماره 6044 انجام شود؛
- میزان رواداری سیمان، سنگ‌دانه، آب و مواد افزودنی مطابق جدول (38-3) است؛

جدول 38-3- رواداری اجزای بتن در فرآیند اختلاط

نوع ماده	مقدار رواداری (درصد)
سیمان	1
سنگ‌دانه	2
آب	1
مواد افزودنی	3

- حداقل ظرفیت کارخانه مرکزی تولید بتن باید 120 متر مکعب در ساعت باشد. این ظرفیت برای عرض بتن‌ریزی 6 متر است، بنابراین برای پخش بتن در عرض‌های بیشتر لازم است این ظرفیت افزایش یابد؛
- مخلوط‌کن باید با سرعت توصیه شده از طرف کارخانه سازنده چرخانده شود؛
- ترتیب ورود مواد تشکیل‌دهنده بتن به مخلوط‌کن باید متناسب با نوع مخلوط‌کن و نوع بتن باشد. معمولاً ترتیب ریختن عبارت است از: شن، سیمان، ماسه و آب که بهتر است ابتدا قسمتی از آب مخلوط به مخلوط‌کن ریخته شود و سپس در حین اختلاط مصالح، بقیه آب به‌تدریج به مخلوط افزوده شود. جریان آب، باید کاملاً یکنواخت بوده تمامی آن قبل از اتمام 15 ثانیه اول مدت اختلاط، به مخلوط اضافه گردد؛
- حداقل مدت زمان اختلاط بتن در سیستم تأسیسات مرکزی 90 ثانیه (1/5 دقیقه) است. مدت زمان گفته شده پس از آنکه کلیه مصالح به غیر از آب در مخلوط‌کن قرار داده شد، شروع می‌شود و با بازکردن دریچه تخلیه مخلوط‌کن خاتمه می‌یابد. مدت زمان گفته‌شده به‌شرطی قابل کاهش است که آزمون‌های یکنواختی (همگنی) مخلوط‌کن‌های ثابت مرکزی (مطابق استانداردهای ASTM C94, AASHTO M157 یا استاندارد ملی ایران شماره 6044) نشان دهند که در مدت زمان کمتری نیز می‌توان به مخلوط همگن دست یافت.
- اختلاط با کامیون‌های مخلوط‌کن باید بر اساس ضوابط مندرج در استانداردهای ASTM C94, AASHTO M157 یا استاندارد ملی شماره 6044 صورت گیرد؛



58 - Central Plant

59 - Truck mixer

60 - Ready mix

بافت ریز با کشیدن نوعی پارچه بافت‌دار در جهت طولی روی روسازی بتنی ایجاد می‌شود. در اغلب موارد این عملیات به سادگی توسط تیرکی که پارچه بافت‌دار به آن نصب شده است و با استفاده از کابل به دنبال دستگاه پخش بتن (فینیشر) کشیده می‌شود، انجام می‌گیرد. کشیدن این وسیله توسط دست توصیه نمی‌شود؛ زیرا باعث ایجاد بافت ناهموار در سطح روسازی می‌گردد. پارچه بافت دار مورد استفاده می‌تواند از نوع چتایی⁷³ یا از چمن مصنوعی⁷⁴ باشد. بافت درشت در سطح بتن تازه با ایجاد شیار⁷⁵ در جهت عمود بر محور راه به وجود می‌آید. شیارهای ایجاد شده دارای عرض 1/5 تا 3 میلی‌متر، عمق 3 تا 5 میلی‌متر و به فاصله 10 تا 20 میلی‌متر از یکدیگر قرار می‌گیرند. در هنگام ایجاد شیارها باید از همپوشانی آن‌ها خودداری شود.

3-3-7-8- عمل‌آوری⁷⁶

عمل‌آوری بتن فرآیند آماده‌سازی مطلوب بتن از لحاظ شرایط دما و رطوبت است که به بتن اجازه می‌دهد تا در فرصت کافی عملیات گیرش را انجام دهد. عمل‌آوری برای فرآیند هیدراتاسیون زمان بیشتری فراهم کرده و افت حجمی پلاستیک بتن، افت حجمی ناشی از خشک‌شدگی و ترک‌های ناشی از تنش‌های حرارتی را کاهش می‌دهد. عمل‌آوری بتن بر ویژگی‌های بتن سخت‌شده از قبیل میزان نفوذپذیری و مقاومت در برابر یخ‌زدن و ذوب یخ تأثیر به‌سزایی دارد. عمل‌آوری بتن باید بلافاصله پس از ایجاد بافت آغاز شود تا بتن در برابر عوامل زیان‌بار محافظت شود. این عملیات حداقل به مدت سه روز و بلافاصله پس از ایجاد بافت انجام می‌شود. در طی فرآیند عمل‌آوری نباید رویه بتنی بیش از 30 دقیقه بدون پوشش باشد. بتن باید به مدت حداقل 10 روز یا تا هنگامی که مقاومت فشاری آن حداقل 60 درصد مقاومت فشاری مشخصه شود، محافظت گردد. هنگامی که دمای هوا به کمتر از 2 درجه سانتی‌گراد می‌رسد، باید با استفاده از پوشش‌های مناسب از یخ‌زدن بتن جلوگیری شود. برای عمل‌آوری بتن از روش‌های زیر استفاده می‌شود:

الف - استفاده از غشای نفوذناپذیر⁷⁷

از ترکیبات عمل‌آوری⁷⁸ فقط در شرایط آب و هوای خشک استفاده می‌شود. مشخصات ترکیبات عمل‌آوری غشایی مایع در استانداردهای AASHTO M148 و ASTM C309 ارائه شده است.

برای عمل‌آوری بتن معمولاً به ازای هر 3/5 متر مربع از واحد سطح بتن، از یک لیتر ترکیبات عمل‌آورنده غشایی استفاده می‌شود؛ با این وجود براساس تجارب قبلی و شرایط جوی در محل پروژه، مقدار دقیق ترکیبات عمل‌آورنده توسط دستگاه نظارت مشخص می‌گردد. برای اینکه رنگ‌دانه‌های موجود در ترکیبات عمل‌آوری به‌صورت پراکنده پخش

73- Burlap

74- Astroturf

75- Tining

76- Curing

77- Impervious membrane method

78- Curing compound



3-3-11-8-1- کنترل کیفیت در هنگام اجرا

3-3-11-8-1- برای کنترل کیفیت روسازی بتنی در هنگام اجرا باید محل پیمان‌ه کردن مصالح و تولید بتن و همچنین محل اجرا، مورد کنترل و نظارت قرار گیرد.

3-3-11-8-2- رطوبت سنگدانه‌ها به صورت پیوسته کنترل شود.

3-3-11-8-3- از بتن تهیه شده به ازای هر 350 متر مکعب یا حجم بتن اجرا شده در یک روز (هر کدام که کمتر باشد)، دو استوانه 15×30 سانتی‌متر استاندارد جهت بررسی مقاومت در سن 28 روزه یا سن مورد طراحی تهیه و در شرایط استاندارد نگهداری شود و به منظور کنترل شرایط عمل‌آوری، دو نمونه استوانه 15×30 سانتی‌متر، در کنار روسازی و در شرایط مشابه با عمل‌آوری روسازی نگهداری شود.

3-3-11-8-4- در محل اجرا باید کنترل شود که لایه زیرساز دارای خصوصیات و تراز مورد نظر باشد و قبل از ریختن بتن مرطوب شده باشد، همچنین کنترل شود که بتن در محدوده زمانی مجاز از زمان ساخت، پخش و متراکم گردد.

3-3-11-8-5- جرم حجمی بتن باید پس از اتمام عملیات تراکم به ازای هر 30 متر طول در هر باند توسط دانسیته سنج هسته‌ای کنترل گردد.

3-3-11-8-6- اختلاف رقوم سطح تمام شده بتن با رقوم مندرج در نقشه‌های طولی و عرضی و همچنین ناهمواری سطح که با استفاده از شمشه 3 متری در جهت عرضی و طولی راه اندازه‌گیری می‌شود، نباید بیشتر از 5 میلی‌متر باشد.

3-3-11-8-7- کیفیت سطح باید کنترل شود تا عاری از پارگی سطح، ترک خوردگی، جداشدگی، توده‌های سنگی، بخش‌های فرورفته، خالی یا کشیده شدگی سطح یا سنگ‌دانه‌های شل و آزاد و یا سنگ‌دانه‌های بیرون زده به علت شسته شدن مواد سیمانی باشد.

3-3-11-8-8- نحوه عمل‌آوری و مدت زمان اعمال آن روی روسازی توسط ناظر کنترل شود.

3-3-11-8-2- کنترل کیفیت پس از ساخت

3-3-11-8-2-1- پس از اجرای روسازی بتنی، باید عملیات اجرای درزهای اجرایی به لحاظ فواصل درزها و همچنین عمق برش کنترل شود. همچنین باید زمان و نحوه بریدن درزها کنترل شود تا منجر به تخریب لبه‌های درز نشده باشد.

3-3-11-8-2-2- به منظور بررسی وضعیت رویه بتنی اجرا شده باید به ازای هر 5000 متر مربع از سطح بتن که حداقل 7 روز از اجرای آن گذشته است، حداقل دو مغزه گرفته شود. مغزه‌ها باید بیش از 30 سانتی‌متر از لبه آزاد و 60 سانتی‌متر از محل درزها فاصله داشته باشند. محل مغزه‌ها باید ظرف مدت 24 ساعت با بتن زودگیر پر شود. چنانچه شرایط زیر برقرار باشد، می‌توان اجرای رویه بتنی را مورد پذیرش قرار داد:



الف) ضخامت هر مغزه حداقل 95 درصد ضخامت طراحی باشد (ضخامت مغزه‌ها مطابق استاندارد AASHTO T148 یا ASTM C174 اندازه‌گیری می‌شود)؛
 ب) ضخامت متوسط مغزه‌ها برابر یا بزرگ‌تر از ضخامت طراحی باشد؛
 پ) مقاومت فشاری هیچ یک از مغزه‌ها با عمر 28 روز (مطابق استاندارد ASHTO T24، ASTM C42 یا استاندارد ملی ایران شماره 12306) از 0/75 برابر مقاومت فشاری مشخصه کمتر نباشد؛
 ت) متوسط مقاومت فشاری مغزه‌ها حداقل 0/85 برابر مقاومت فشاری مشخصه باشد.

3-3-9- اجرای قطعه آزمایشی

برای اعتبارسنجی طراحی، روش اجرا (هماهنگی بین ظرفیت تولید بتن و اجرای آن و...)، فرآیند گیرش، ایجاد درز و آزمایش‌های میدانی و آزمایشگاهی بتن (به‌منظور کنترل کیفیت عملیات)، قطعه آزمایشی اجرا می‌شود. قطعه آزمایشی باید حداقل یک هفته قبل از پروژه اصلی با استفاده از مصالح و روش ساختی که برای پروژه واقعی پیشنهاد شده است، روی لایه زیراساسی که دارای مشخصات فنی لازم باشد، ساخته شود. قطعه آزمایشی باید دارای طول کافی (حدود 50 متر) باشد تا بتوان ارزیابی مناسبی از طراحی و روش‌های ساخت ارائه کرد. همچنین عرض قطعه آزمایشی باید حداقل دو برابر عرض فینیشر بتن باشد. چنانچه قطعه آزمایشی الزامات طراحی و اجرای روسازی پروژه اصلی را برآورده نماید، می‌توان آن را جزئی از روسازی پروژه اصلی در نظر گرفت.

3-3-10- تجهیزات و ماشین‌آلات ساخت روسازی بتنی ساده درزدار و مسلح پیوسته

3-3-10-1- مقدمه

تولید بتن با خصوصیات پایدار و یکنواخت یکی از عوامل مهم و مؤثر در کیفیت رویه بتنی است. مدیریت مصالح انباشته شده و حمل و نقل آنها، مخلوط کردن مصالح و در نهایت تولید بتن باید با یک فرآیند مطلوب و کنترل کیفیت مناسب انجام شود. پس از مرحله تولید بتن، بحث اصلی و مهم دیگر، نحوه حمل بتن و اجرای رویه بتنی است که این امر به وسیله تجهیزات و ماشین‌آلاتی که به همین منظور طراحی شده‌اند، انجام می‌شود. به‌منظور حمل بتن به محل اجرای رویه بتنی، از کامیون‌های دارای مخزن حمل که در بیشتر موارد به‌صورت گردان هستند، استفاده می‌شود. همچنین اجرای رویه بتنی به‌صورت کاملاً مکانیزه، نیمه مکانیزه و دستی ممکن است انجام شود. تجارب حاصل از رویه‌های بتنی نشان می‌دهد هر چه دخالت نیروی انسانی در روند اجرای رویه بتنی کمتر باشد، دقت عملیات افزایش یافته و اجرای یکنواخت‌تری برای روسازی بتنی فراهم می‌شود؛ با این وجود کنترل و نظارت تیم اجرایی بر فرآیند عملیات اجرایی ضروری خواهد بود. در برخی موارد که امکان حرکت تجهیزات مکانیزه یا ماشین‌آلات اجرای رویه بتنی در محل اجرای پروژه وجود ندارد و یا به نحوی شرایط به‌کارگیری آنها مهیا نباشد، از نیروی انسانی برای اجرای مراحل ساخت روسازی استفاده می‌شود. اجرای روسازی بتنی دارای مراحل زیر است:

3-1-13-5-3- از بتن غلتکی تهیه شده به ازای هر 350 متر مکعب یا حجم بتن اجرا شده در یک روز (هرکدام که کمتر باشد)، دو استوانه 15×30 سانتیمتر استاندارد جهت بررسی مقاومت در سن 28 روزه یا سن مورد طراحی تهیه و در شرایط استاندارد نگهداری شود.

3-1-13-5-4- در محل اجرا باید کنترل شود که لایه زیراساس دارای خصوصیات و تراز مورد نظر باشد و قبل از ریختن بتن غلتکی مرطوب شده باشد، همچنین کنترل شود که بتن غلتکی در محدوده زمانی مجاز از زمان ساخت، پخش و متراکم گردد.

3-1-13-5-5- جرم حجمی بتن غلتکی پس از اتمام عملیات تراکم به ازای هر 30 متر طول در هر باند توسط دانسیته سنج هسته‌ای کنترل شود.

3-1-13-5-6- اختلاف رقوم سطح تمام شده بتن غلتکی با رقوم مندرج در نقشه‌های طولی و عرضی و همچنین ناهمواری سطح که با استفاده از شمشه 3 متری در جهات عرضی و طولی راه اندازه‌گیری می‌شود، نباید بیشتر از 10 میلی‌متر باشد.

3-1-13-5-7- کیفیت سطح باید کنترل شود تا عاری از پارگی سطح، ترک خوردگی، جداشدگی، توده‌های سنگی، بخش‌های فرورفته، خالی یا کشیده شدگی سطح یا سنگ‌دانه‌های شل و آزاد و یا سنگ‌دانه‌های بیرون زده به علت شسته شدن مواد سیمانی باشد.

3-1-13-5-8- نحوه عمل آوری و مدت زمان اعمال آن روی روسازی توسط ناظر کنترل شود.

3-13-5-2- کنترل کیفیت پس از ساخت

3-1-13-5-2-1- پس از اجرای روسازی بتن غلتکی، عملیات اجرای درزهای اجرایی به لحاظ فواصل درزها و همچنین عمق برش کنترل شود، همچنین زمان و نحوه بریدن درزها کنترل شود تا منجر به تخریب لبه‌های درز نشده باشد.

3-13-5-2-2- به منظور بررسی وضعیت بتن غلتکی اجرا شده باید به ازای هر 3500 متر مربع از سطح بتن غلتکی یا محدوده مربوط به هر بتن‌ریزی روزانه (هر کدام که کمتر باشد) که حداقل 7 روز از اجرای آن گذشته است، حداقل دو مغزه با قطر 10 سانتی‌متر گرفته شود (برای اطلاعات بیشتر به آیین‌نامه بتن ایران مراجعه شود). مغزه‌ها باید بیش از 30 سانتی‌متر از لبه آزاد و 60 سانتی‌متر از محل درزها فاصله داشته باشند. چنانچه شرایط زیر برقرار باشد، می‌توان اجرای روسازی بتن غلتکی را مورد پذیرش قرار داد:

الف) ضخامت هر مغزه حداقل 95 درصد ضخامت طراحی باشد (ضخامت مغزه‌ها مطابق استاندارد AASHTO T148

یا ASTM C174 اندازه‌گیری می‌شود)؛

ب) ضخامت متوسط مغزه‌ها برابر یا بزرگ‌تر از ضخامت طراحی باشد؛

پ) مقاومت فشاری هیچ یک از مغزه‌ها با عمر 28 روز (مطابق استاندارد ASHTO T24، ASTM C42 یا استاندارد

ملی ایران شماره 12306) از 0/75 برابر مقاومت فشاری مشخصه کمتر نباشد؛

ت) متوسط مقاومت فشاری مغزه‌ها حداقل 0/85 برابر مقاومت فشاری مشخصه باشد.

3-5-14- عبور وسایل نقلیه از روی روسازی بتن غلتکی

عبور وسایل نقلیه از روسازی بتن غلتکی پس از گذشت 4 روز یا هنگامی که مقاومت فشاری بتن غلتکی، حداقل 70 درصد مقاومت فشاری مشخصه شود، امکان‌پذیر است.

3-5-15- اجرای آسفالت گرم روی بتن غلتکی

چنانچه در نظر باشد بتن غلتکی برای روسازی راه‌هایی که سرعت وسایل نقلیه در آن‌ها بیش از 50 کیلومتر بر ساعت است، استفاده شود، باید یک لایه آسفالت گرم به ضخامت 4 تا 6 سانتی‌متر روی بتن غلتکی اجرا گردد. برای طرح مخلوط و سایر ویژگی‌های آسفالت گرم از ضوابط مندرج در آیین‌نامه روسازی آسفالتی راه‌های ایران (نشریه شماره 234) استفاده می‌شود.

به‌منظور ایجاد چسبندگی مناسب بین لایه بتن غلتکی و رویه آسفالتی از اندود سطحی²⁰² استفاده می‌شود. اندود سطحی می‌تواند از انواع قیرهای محلول یا امولسیون قیر (قیرآبه) باشد با این وجود به دلایل محیط زیستی و اقتصادی استفاده از امولسیون قیر ترجیح بیشتری دارد. بررسی‌های نشان می‌دهد استفاده از امولسیون قیر دیرشکن به‌ویژه از نوع کاتیونیک به‌عنوان اندود سطحی عمومیت بیشتری دارد (جدول 3-41).

مناسب‌ترین میزان پخش امولسیون قیر برای اندود سطحی، مقدار قیری است که پس از انقضای مدت زمان لازم، آب آن بخار و کاملاً جذب سطح راه شده باشد (جدول 3-42). مقادیر مندرج در جدول (3-42) به‌عنوان راهنمایی بوده و مقادیر دقیق قیر، از طریق آزمایش کارگاهی تعیین می‌شود.

برای اندود سطحی، درجه حرارت هوا در سایه وقتی که هوا رو به گرمی می‌رود، بهتر است بیشتر از 10 درجه و زمانی که هوا رو به سردی می‌رود، بیش از 15 درجه سانتی‌گراد باشد.

قبل از پخش قیر، سطح بتن غلتکی را باید از مواد زاید و گرد و غبار با جاروی مکانیکی و هوای فشرده تمیز کرد. پس از اجرای اندود سطحی، رویه آسفالتی گرم اجرا می‌شود. ضوابط اجرایی مربوط به لایه آسفالت گرم، مطابق مفاد آیین‌نامه روسازی آسفالتی راه‌های ایران (نشریه شماره 234) است.

3-5-16- اجرای قطعه آزمایشی

برای اعتبارسنجی طراحی، روش اجرا (همانگی بین ظرفیت تولید بتن غلتکی و اجرای آن، تراکم و ...)، فرآیند گیرش، ایجاد درز و آزمایش‌های میدانی و آزمایشگاهی بتن غلتکی (به‌منظور کنترل کیفیت عملیات)، قطعه آزمایشی اجرا می‌شود. قطعه آزمایشی باید حداقل یک هفته قبل از اجرای پروژه اصلی، با استفاده از مصالح و روش ساختی که

202- Tack coat