

مقایسه فنی، اجرایی و اقتصادی روسازی بتن غلتکی و آسفالتی در

پروژه‌های آزادراهی

کد F-21

علیرضا حیدری^۱، حسنعلی تواضع^۲

واحد طراحی شرکت سدو عمران پارس گستر

Email: Parsgostar@Gmail.com

به علت افزایش ناگهانی قیمت آسفالت در سال‌های اخیر از یک سو و مشکلات اساسی اجرا و بهره‌برداری روسازی آسفالتی در برخی از نقاط کشور از سوی دیگر، بسیاری از شرکتهای پیمانکار و مشاور به دنبال راهکارهایی جهت مرتفع نمودن مشکلات فنی، اقتصادی و اجرایی روسازی‌های آسفالتی می‌باشند. یکی از گزینه‌هایی که در راستای اهداف بیان شده بالا بسیار مورد توجه قرار گرفته است، روسازی بتن غلتکی^۳ (RCC) است. امروزه روسازی بتن غلتکی در بسیاری از کشورها مورد استفاده قرار گرفته و به خوبی نیازهای مورد انتظار طرح را تامین نموده است. از مهمترین ویژگی‌های روسازی بتن غلتکی مصرف سیمان کمتر، امکان استفاده از وسایل اجرا متداول در ساخت روسازی‌های آسفالتی، امکان استفاده از مصالح با کیفیت کمتر از استاندارد بتن معمولی و عدم نیاز به آرماتور و قالب‌بندی می‌باشد. در این مقاله سعی بر آن است که در ابتدا به مقایسه فنی، اجرایی و اقتصادی بتن غلتکی با روسازی آسفالتی پرداخته شود و در انتها نیز مطالعه موردی در رابطه با یک پروژه آزادراهی صورت گرفته است. بر اساس نتایج بدست آمده ملاحظه می‌شود که روسازی بتن غلتکی دارای عمر، دوام، مقاومت و سرعت اجرای بیشتر و هزینه اجرا و تعمیر و نگهداری کمتری نسبت به روسازی آسفالتی است. مطالعه موردی که انجام گردید، نشان می‌دهد استفاده از بتن غلتکی همراه با یک لایه روکش آسفالت باعث کاهش هزینه و افزایش سرعت اجرای قابل توجهی در روسازی پروژه‌های آزادراهی می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: بتن غلتکی، روسازی آسفالتی، پروژه‌های آزادراهی

^۱ کارشناس ارشد راه و ترابری - Alirezaheidari87@yahoo.com

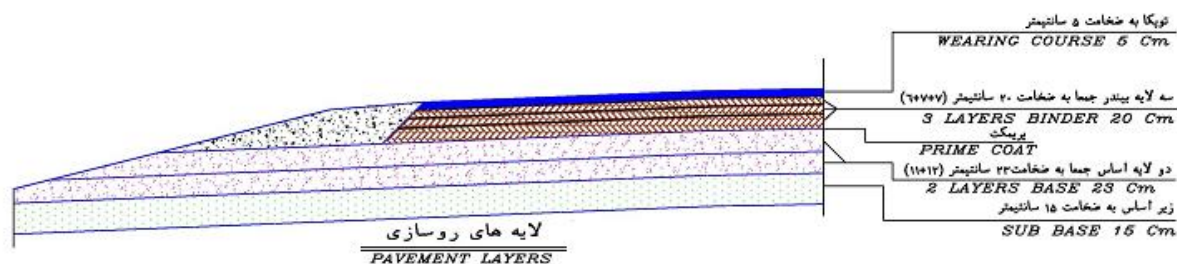
^۲ دانشجوی دکترای سازه - دانشگاه شیراز - Hatavazo@yahoo.com

^۳ Roller Compacted Concrete

مقدمه

در این پروژه یک نمونه از روسازی آسفالتی مربوط به یک پروژه آزادراهی جهت مقایسه با طرح روسازی بتن غلتکی و رویه آسفالتی مورد مطالعه قرار گرفته است. همانطور که در شکل ۱ ملاحظه می‌شود، این روسازی شامل اجرای لایه زیراساس به ضخامت ۱۵ سانتی‌متر، لایه اساس ۲۱ سانتی‌متر، سه لایه آسفالت گرم بیندر به ضخامتهای ۶ و ۶ و ۷ سانتی‌متر و در نهایت اجرای یک لایه توپکا به ضخامت ۵ سانتی‌متر می‌باشد. [۱]

از طرف دیگر باید توجه داشت که افزایش بسیار زیاد قیمت قیر و به دنبال آن قیمت آسفالت در اواخر سال ۹۱ و مشکلات زیاد روسازی آسفالتی در بسیاری از نقاط کشور، ضرورت استفاده از روسازی بتنی به خوبی آشکار شده است. به همین دلیل روسازی بتنی جایگزین مناسبی برای روسازی آسفالتی به شمار می‌رود. از سوی دیگر روسازی بتن غلتکی به عنوان یکی از انواع روسازی‌های بتنی، به دلیل هزینه ساخت کم و اجرای سریع و آسان آن، مورد مقبولیت بسیاری قرار گرفته است. از مهمترین ویژگی‌های روسازی بتن غلتکی امکان استفاده از مصالح با کیفیت کمتر از بتن معمولی، عدم نیاز به آرماتور و قالب‌بندی، مصرف سیمان کمتر و امکان اجرای آن با استفاده از وسایل متداول در ساخت روسازی‌های آسفالتی است. در واقع بتن غلتکی مخلوط نسبتاً خشکی از مصالح سنگی دانه‌بندی شده، سیمان پرتلند و مقدار کمی آب است که روی سطح راه پخش شده و توسط وسایل متداول راهسازی متراکم می‌شود. این ویژگی‌ها از یک سو و مشکلات فنی، اجرایی و اقتصادی روسازی‌های آسفالتی مورد استفاده در بسیاری از مناطق از سوی دیگر سبب شده است که در بسیاری از کشورها شاهد رشد استفاده از این نوع روسازی باشیم. [۲] به همین دلیل در این پژوهش سعی بر آن است امکان‌سنجی استفاده از روسازی بتن غلتکی در پروژه‌های آزادراهی از زوایای فنی، اجرایی و اقتصادی مورد بررسی قرار گیرد و باید توجه داشت که کار حاضر صرفاً مطالعاتی می‌باشد و دلیلی برای پیشنهاد انجام این نوع روسازی در پروژه‌های مشابه نمی‌باشد.



شکل ۱- طرح روسازی یک پروژه آزادراهی

مقایسه روسازی بتن غلتکی با روسازی آسفالتی

۱- مقایسه فنی

یکی از مهمترین مسائلی که مهندس راه باید در مورد آن تصمیم‌گیری کند، انتخاب نوع روسازی مسیر مورد بررسی از بین روسازی بتنی و آسفالتی می‌باشد و برای این امر باید پارامترهای مختلفی را مورد بررسی قرار داد. یکی از پارامترهای موثر در انتخاب نوع روسازی، میزان و تعداد ترافیک عبوری می‌باشد. روسازی‌های آسفالتی به علت ویژگی‌های ویسکوالاستیک در مقابل بارهای سنگین وارده عملکرد ضعیفی دارند و با گذشت زمان بارگذاری و تکرار بار این ضعف تشدید می‌یابد. به همین دلیل امروزه در مناطقی که میزان ترافیک عبوری زیاد است، از روسازی‌های بتنی و بویژه بتن غلتکی استفاده می‌شود.

یکی از عوامل موثر دیگر خصوصیات خاک بستر محیط است. توزیع تنش در روسازی‌های آسفالتی به علت انعطاف‌پذیری، در سطح نسبتاً کوچکی صورت می‌گیرد و به همین دلیل بستر روسازی باید از مقاومت کافی جهت تحمل تنش‌های حاصل از بارگذاری برخوردار باشد. از سوی دیگر روسازی‌های بتنی از جمله روسازی بتن غلتکی به جهت صلبیتی که دارند، بار ترافیک عبوری را در یک سطح نسبتاً گسترده

توزیع می‌کنند و بستر روسازی تحت تنش‌های وارده کمتری قرار می‌گیرد. بنابراین مقاومت خاک بستر در پایداری روسازی آسفالتی نقش تعیین‌کننده‌ای دارد و از سوی دیگر ممکن است در بسیاری از قسمتهای مسیر یک آزادراه، خاک بستر از مقاومت مناسبی برخوردار نباشد. بنابراین استفاده از روسازی بتن غلتکی گزینه به مراتب بهتری خواهد بود. [۳]

پارامتر مهم دیگر در انتخاب نوع روسازی، عوامل محیطی یا شرایط اقلیمی می‌باشد. شناسایی و بررسی این عوامل که بدون اعمال بار ترافیکی می‌توانند باعث ایجاد خرابی و گسیختگی روسازی‌ها شوند، از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است. در واقع یک روسازی باید در برابر نیروهای مخرب محیطی مقاومت داشته باشد. این عوامل از طریق تاثیر بر خصوصیات مصالح مانند مقاومت فیزیکی و اصطکاکی، استحکام مصالح از قبیل دوام و گسیختگی و نیز تاثیر بر حجم مصالح و ایجاد تنش‌های دورنی در سیستم روسازی، رفتار و عملکرد روسازی را تحت تاثیر قرار می‌دهند. این عوامل به شرایط اقلیمی از جمله درجه حرارت و رطوبت نسبت داده می‌شود. بدیهی است که موقعیت جغرافیایی تاثیر شدیدی بر شرایط آب‌وهوایی یک منطقه دارد. در میان تمام عوامل خارجی، درجه حرارت جوی مهمترین عامل در تاثیر بر روی ویژگی‌های روسازی است. برای اندازه‌گیری تاثیر درجه حرارت بر مصالح آسفالتی و بتنی، مقاومت فشاری و مدول الاستیسیته مصالح در دماهای مختلف صورت می‌گیرد. درجه حرارت استاندارد تعیین مقاومت بتن ۲۱ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. در محدوده درجه حرارت ۴ تا ۳۸ درجه سانتی‌گراد، نسبت مقاومت فشاری یا خمشی نسبی بتن به مقاومت در درجه حرارت استاندارد از ۱،۲۵ به ۰،۸ کاهش می‌یابد. در حالی که این تغییرات در آسفالت به علت ویژگی ویسکوز قیر بسیار شدیدتر است و مقاومت آسفالت با افزایش درجه حرارت از ۴ تا ۳۸ درجه سانتی‌گراد از ۶۸۰۰ به ۱۳۶۰ کیلوگرم کاهش می‌یابد. بنابراین تاثیر منفی درجه حرارت بر آسفالت بسیار شدیدتر است، به همین جهت در بسیاری از مراجع پیشنهاد شده است که در مناطق سردسیر و گرمسیر از روسازی بتنی و در مناطق معتدل از روسازی آسفالتی استفاده شود. از همین جهت به نظر می‌رسد که در ساخت روسازی آزادراهایی که در مناطق سردسیر و برفگیر یا بسیار گرم قرار دارند، استفاده از روسازی بتن غلتکی توجیه‌پذیر باشد. [۴]

رطوبت نیز یکی دیگر از عوامل محیطی بسیار مهم می‌باشد که در استحکام و مقاومت خاک بستر بسیار اثرگذار است. تغییر میزان رطوبت به دلیل بالا آمدن سطح آبهای زیرزمینی، نفوذ آب از سطح روسازی و یا انتقال رطوبت از شانه راه بوجود می‌آید. در طی ماههای زمستان، دوره یخبندان عمقی است و رطوبت خاک دچار یخبندان شده و در نتیجه ظرفیت باربری خاک به شدت کاهش می‌یابد. از اواخر زمستان تا اوسط بهار نیز به دلیل افزایش دما، لایه‌های بالایی وارد چرخه ذوب- یخبندان می‌شوند در حالی که لایه‌های زیرین همچنان در حالت یخبندان باقی می‌مانند. این افزایش شدید رطوبت در روسازی باعث کاهش شدید ظرفیت باربری روسازی می‌شود. از طرف دیگر در روسازی‌های آسفالتی مقاومت خاک بستر از اهمیت زیادی برخوردار است، به همین دلیل در مناطق با زمستان سرد و تابستان گرم و یا مناطق با بارندگی و سطح آب زیرزمینی بالا، روسازی بتن غلتکی انتخاب مناسب‌تری می‌باشد. [۵]

۲- مقایسه اجرایی

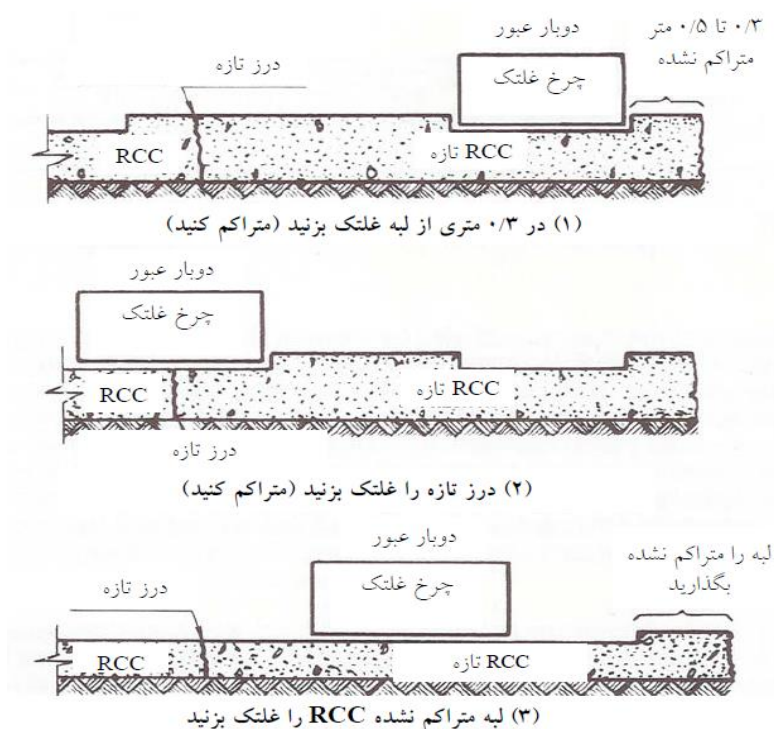
بتن نوعی سنگ مصنوعی است که از اختلاط سیمان، شن، ماسه و آب تشکیل شده است و در صورت لزوم برای دستیابی به ویژگی‌های مطلوب از مواد افزودنی نیز استفاده می‌شود. استفاده از بتن در راهسازی و یا به عبارت دیگر ساخت روسازی‌های بتنی در دنیا متداول است و امروزه در بسیاری از کشورهای دنیا مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای اجرای روسازی بتن غلتکی تمهیدات نسبتاً متفاوتی در مقایسه با اجرای روسازی آسفالتی مورد نیاز است. امروزه استفاده از کارخانه‌های دائمی بتن با میزان تولید بالا که میزان سیمان افزودنی در آنها تحت کنترل دقیق است، مقبولیت بسیار زیادی دارد. حمل و نقل بتن غلتکی با استفاده از کامیونهای با بدنه باز و روکش‌دار انجام می‌شود، البته تغییرات رطوبت در بتن غلتکی بسیار مهم و حساس است، بنابراین در صورتی که شرایط محیطی نامطلوب باشد، مانند روزهای گرم یا طوفانی، کامیونها باید مجهز به پوشش‌های محافظ باشند. [۲]

ماشین‌آلات اجرای روسازی بتن غلتکی در واقع همان ماشین‌آلات مورد نیاز برای روسازی آسفالتی می‌باشد و تنها در روش اجرا اندکی تفاوت دارند. برای پخش روسازی بتن غلتکی می‌توان تنها با اعمال تغییراتی جزئی از فینیش‌های معمول راهسازی استفاده کرد. از طرف

دیگر، فینیشرها عموماً مجهز به اسکریدهای ارتعاشی هستند که خود تا حدودی باعث ایجاد تراکم اولیه بتن می‌شود. عمل تراکم بتن نیز توسط همان غلتک‌هایی صورت می‌گیرد که برای تراکم لایه‌های آسفالتی به کار می‌رود. [۵]

در موقع پخش بتن در روزهای گرم، سطح لایه اساس باید اندکی قبل از عملیات پخش بتن مرطوب شود. در هنگام استفاده از انواع دیگر دستگاه‌های روسازی، برای جلوگیری از تشکیل برآمدگی‌ها و فرورفتگی‌ها در سطح نهایی روسازی، باید خروجی دستگاه امکان حرکت پیوسته دستگاه به جلو را فراهم نماید. از جهت اطمینان تراکم مناسب در تمام عمق لایه، ضخامت کل بتن غلتکی ریخته شده نباید از ۲۵ سانتی‌متر تجاوز کند. تراکم بتن غلتکی معمولاً توسط یک غلتک لرزشی سنگین و در بسیاری از موارد به همراه یک غلتک چرخ لاستیکی صورت می‌گیرد که شامل دو عبور ثابت (یک حرکت رفت و یک حرکت برگشت) بر روی مصالح تازه ریخته شده می‌باشد. این عمل با چندین عبور لرزشی که معمولاً ۴ عبور یا بیشتر است، تا زمان رسیدن به تراکم مناسب، ادامه می‌یابد. در نهایت نیز عمل تراکم با چندین بار عبور غلتک چرخ‌لاستیکی به پایان می‌رسد تا بدین ترتیب ترک‌ها و سوراخ‌های سطحی احتمالی کاملاً برطرف شوند. باید توجه داشت که عبورهای غلتک باید به طور متناوب تنظیم و کنترل شود تا از تشکیل فرورفتگی‌ها جلوگیری شود. [۵]

در روسازی بتن غلتکی همانند روسازی‌های آسفالتی نیز احتمال تشکیل درزهای طولی در راه‌هایی با چندین خط وجود دارد. برای جلوگیری از بوجود آمدن این درزها معمولاً یک نوار ۳۰ تا ۵۰ سانتی‌متری از خط اول را متراکم نمی‌کنند و بعد از پخش بتن خط دوم، نوار کناری مورد نظر را به همراه قسمتی از خط دوم متراکم می‌کنند (شکل ۲).



شکل ۲- روش اجرای درز تازه در روسازی بتن غلتکی [۵]

در سالهای ابتدایی که روسازی بتن غلتکی مورد استفاده قرار می‌گرفت، روسازی بدون درز عرضی اجرا می‌شد و به مرور در فواصل نامعین ترک‌های تصادفی بوجود می‌آمد. به دلیل عرض زیاد این ترک‌ها، انتقال بار به صورت مناسب صورت نمی‌گرفت، به همین دلیل پیشنهاد شد که درزها به صورت هدفدار و در فواصل مشخص صورت گیرد. درزهای عرضی بسته به نوع شرایط آب و هوایی و مقاومت بتن غلتکی، با استفاده از اره کردن سطح ایجاد می‌شوند و لازم است که لبه‌های آنها تا حد امکان به صورت عمودی باشد. [۵]

۳- مقایسه اقتصادی

یکی از عوامل موثر در ارزیابی پروژه‌های مهندسی، پارامترهای اقتصادی است. امروزه بسیاری از طراحان و سازمانهای تدوین‌کننده آیین‌نامه، در جهت صرفه‌جویی در انرژی و هزینه‌های سرویس‌دهی و در پی آن بهبود عمر مفید روسازی، روشهای موجود را مورد بازنگری قرار داده‌اند. همچنین بسیاری از سازمانها علاوه بر هزینه‌های اولیه، هزینه‌های مصرف‌کننده از قبیل تاخیر در ترافیک هنگام تعمیر و یا بهسازی، استهلاک وسیله نقلیه و غیره را نیز به عنوان هزینه‌های موثر در طراحی در نظر می‌گیرند. [۶]

برای مقایسه هزینه روسازی بتن غلتکی و روسازی آسفالتی، با استفاده از اطلاعات ترافیکی و ژئوتکنیکی که جهت طراحی روسازی آسفالتی پروژه مورد مطالعه مورد استفاده مشاور قرار گرفته است، روسازی مسیر به صورت بتن غلتکی و بر اساس روش PCA طراحی گردید که طرح اختلاط بدست آمده در جدول ۱ ارائه گردیده است.

جدول ۱- طرح اختلاط

مصالح	واحد	وزن واحد حجم	نسبت حجمی در طرح اختلاط	وزن در طرح اختلاط
شن	کیلوگرم	۱,۸۰۰	۰,۵۴	۹۴۲
ماسه	کیلوگرم	۲,۳۰۰	۰,۲۶۱	۶۰۰
سیمان	کیلوگرم	۳,۱۵۰	۰,۰۶۶	۲۰۸
آب	کیلوگرم	۱,۰۰۰	۰,۱۰۷	۱۰۷

در نهایت ضخامت لایه‌های مختلف روسازی آسفالتی موجود و بتن غلتکی طراحی شده در جدول ۲ نشان داده شده است. همانطور که گفته شد، سطح روسازی بتن غلتکی به دلیل ماهیت این نوع روسازی برای ترافیک‌های با سرعت زیاد مانند آزادراهها مناسب نیست. به همین جهت برای رفع این مشکل یک لایه آسفالتی به ضخامت ۵ سانتی‌متر بر روی سطح تمام شده روسازی بتن غلتکی اجرا می‌گردد.

جدول ۲- مشخصات روسازی آسفالتی و بتن غلتکی

نوع روسازی	نوع لایه روسازی	ضخامت لایه (سانتی‌متر)
مشخصات روسازی آسفالتی	آسفالت رویه	۵
	آسفالت آستر	۱۴
	اساس	۲۳
	زیر اساس	۱۵
مشخصات روسازی بتنی	آسفالت رویه	۵
	صفحه بتن	۲۵
	زیر اساس	۱۵

در مرحله بعد بر اساس نوع مصالح مصرفی در روسازی آسفالتی و بتن غلتکی، قیمت آنالیز بروز هر یک از مصالح روسازی محاسبه گردید، که در جدول زیر ارائه شده است. باید توجه داشت که قیمت‌ها بر اساس اجرای هر لایه در مترمربع می‌باشد و قیمت‌ها مربوط به اسفندماه ۹۱ می‌باشد.

جدول ۳- آنالیز قیمت مصالح مصرفی در روسازی

نام لایه	واحد	قیمت واحد (ریال)	وزن واحد حجم	قیمت هر متر مکعب (ریال)	قیمت هر مترمربع (ریال)
آسفالت رویه	تن	۱،۱۰۰،۰۰۰	۲،۲۵۰	۲،۴۷۵،۰۰۰	۲۴،۷۵۰
آسفالت آستر	تن	۱،۱۰۰،۰۰۰	۲،۲۵۰	۲،۴۷۵،۰۰۰	۲۴،۷۵۰
اساس	تن	۴۵،۰۰۰	۲،۲۰۰	۹۹،۰۰۰	۹۹۰
زیر اساس	تن	۲۰،۵۰۰	۲،۱۰۰	۴۳،۰۵۰	۴۳۱
شن	تن	۳۲،۹۶۷	۱،۸۰۰	۵۹،۳۴۱	-
ماسه	تن	۶۰،۵۰۰	۲،۳۰۰	۱۳۹،۱۵۰	-
سیمان	تن	۷۳۰،۰۰۰	۳،۱۵۰	۲،۲۹۹،۵۰۰	-

در نهایت با استفاده از جداول تهیه شده در قسمت قبل و ضخامت هر یک از لایه‌ها، قیمت تمام شده هر دو نوع روسازی آسفالتی و غلتکی محاسبه و مقایسه شده است. پیش‌فرض‌های زیر در این برآورد در نظر گرفته شده است:

- فاصله حمل آب لازم برای کوبیدن اساس و زیر اساس و بتن ۱۵ کیلومتر فرض شده است.
- فاصله حمل ۳۰ کیلومتر برای مصالح آسفالتی، مشتمل است بر ۱۵ کیلومتر از معدن به کارخانه و ۱۵ کیلومتر از کارخانه به کارگاه.
- در محاسبات فاصله حمل مصالح اساس روسازی آسفالتی و زیراساس روسازی بتنی، ۱۵ کیلومتر فرض شده است.
- عیار سیمان برای روسازی بتن غلتکی ۲۵۰ در نظر گرفته شده است.

جدول ۴- آنالیز قیمت روسازی آسفالتی

لایه	ضخامت لایه	قیمت واحد هر مترمربع (ریال)	قیمت کل (ریال)
آسفالت رویه	۵	۲۴،۷۵۰	۱۲۳،۷۵۰
آسفالت آستر	۲۰	۲۴،۷۵۰	۴۹۵،۰۰۰
اساس	۲۳	۹۹۰	۲۲،۷۷۰
زیر اساس	۱۵	۴۳۱	۶،۴۵۸
جمع کل			۶۴۷،۹۷۸

همانطور که در جدول بالا ملاحظه می‌شود، قیمت هر متر مربع روسازی آسفالتی با مشخصات ذکر شده که بر اساس مشخصات روسازی شکل ۱ است، معادل ۶۴۷،۹۷۸ ریال می‌باشد.

جدول ۵- آنالیز قیمت روسازی بتن غلتکی

قیمت کل (ریال)	قیمت واحد هر مترمربع (ریال)	ضخامت لایه (سانتی‌متر)	لایه
۱۲۳،۷۵۰	۲۴،۷۵۰	۵	آسفالت رویه
۱۳۹،۸۲۵	۵،۵۹۳	۲۵	صفحه بتن
۶،۴۵۸	۴۳۱	۱۵	زیر اساس
۲۷۰،۰۳۳	جمع کل		

بر همین اساس هزینه روسازی بتن غلتکی معادل قابل استفاده به عنوان جایگزین روسازی آسفالتی، معادل ۲۷۰،۰۳۳ ریال محاسبه گردیده است. همانطور که ملاحظه می‌شود، در شرایط فعلی قیمت تمام شده روسازی بتن غلتکی حدود ۴۲ درصد روسازی آسفالتی است که البته دلیل اصلی آن نیز افزایش ناگهانی و چشمگیر قیمت قیر و به دنبال آن قیمت آسفالت در طی چند ماه اخیر است. باید توجه داشت که با توجه به قیمت‌های موجود، این مقاله صحیح است، اما اگر قیمت سوخت برای تولید سیمان مانند قیمت تولید قیر گردد، این مقایسه متفاوت خواهد بود.

بررسی معضلات عملکردی روسازی بتن غلتکی

۱- همواری و صافی سطح

روسازی‌های RCC در حال حاضر مشکلاتی دارند. همواری سطح حاصل شده توسط دستگاه‌های موجود برای ترافیک پر سرعت هنوز رضایت‌بخش نیست و سرو صدای زیادی که ایجاد می‌شود باعث ناراحتی راننده و سرنشینان خودرو خواهد شد. در ابتدا روسازی بتن غلتکی در راه‌های با ترافیک کم، خیابانهای مسکونی، محوطه پارکینگ‌ها و مراکز صنعتی مورد استفاده قرار گرفت و به همین دلیل سطح آن مورد پرداخت قرار نمی‌گرفت. اما امروزه به دلیل گرایش به استفاده از این نوع روسازی در راه‌های با ترافیک سریع‌تر مانند راه‌های اصلی و آزادراه‌ها و بزرگراه‌ها، نیاز به سطح مناسب‌تر و با کیفیت بیشتر می‌باشد. در بسیاری از کشورها مانند اسپانیا و فرانسه برای حل این مشکل و رسیدن به سطح هموار از لایه رویه نهایی آسفالتی استفاده شده است. البته در هنگام اجرای لایه آسفالتی بر روی سطح بتن غلتکی باید با استفاده از روش‌های موجود مانند آب‌بندی کردن درزها مانع از تشکیل ترک‌های انعکاسی درزهای RCC و ترک‌ها شد. [۷]

یکی دیگر از مشکلاتی که روسازی‌های بتن غلتکی با آن مواجه هستند، عدم تراکم کافی و مناسب لایه‌های آن است که در روسازی‌هایی با ضخامت لایه زیاد، بیشتر دیده می‌شود. تراکم نامناسب و عدم چسبندگی بین لایه‌ها سبب کاهش کارایی و ایجاد خرابی‌های اساسی در سطح روسازی می‌گردد. در پروژه‌هایی نظیر آزادراه که همواری سطح از اهمیت زیادی برخوردار است، موارد زیر می‌تواند جهت دستیابی به سطحی هموارتر مورد استفاده قرار گیرد:

- حداکثر اندازه سنگدانه‌ها به ۱۳ میلی‌متر محدود باشد.
- ضخامت لایه‌ها جهت تراکم بیش از ۲۰۰ میلی‌متر نباشد.
- رسیدن به حداکثر تراکم با حداقل تعداد غلتک [۸]

۲- ترک خوردگی

در هنگام عمل‌آوری بتن به دلیل انقباض طبیعی که در بتن رخ می‌دهد، ترک‌هایی در سطح روسازی ایجاد می‌شود. این ترک‌ها معمولاً به طور تصادفی در فواصل ۹ الی ۲۱ متری رخ می‌دهد. به دلیل خشک بودن بتن در روسازی بتن غلتکی، ترک‌های انقباضی کمتری نسبت به سایر روسازی‌های بتنی در آن به وجود می‌آید. [۵]

ترک‌های انقباضی که در روسازی بتن غلتکی به وجود می‌آید معمولاً کوچک (کمتر از ۳ میلی‌متر) است و انتقال بار خیلی خوبی به واسطه ارتباط بین سنگدانه‌ها به وجود می‌آید. این ارتباط بین سنگدانه‌ها از طریق استفاده از سنگدانه‌های با قابلیت تراکم زیاد که برای طرح اختلاط روسازی بتن غلتکی تعریف می‌شود، افزایش می‌یابد. تاکنون به دلیل جدید بودن این نوع روسازی، عملکرد بلند مدت آن و همچنین نحوه گسترش ترک‌ها به خوبی مورد بررسی قرار نگرفته است و به دنبال آن نحوه عملکرد ترک‌ها به عنوان نقاط انتقال بار در روسازی مبهم می‌باشد. [۳]

۳- نفوذپذیری و دوام

یکی از مشکلاتی که در همه انواع روسازی‌ها از جمله روسازی بتن غلتکی وجود دارد، نفوذپذیری بدنه روسازی است. مهمترین عامل در به وجود آمدن این عدم اجرای صحیح و عدم کاربرد مصالح مناسب است. به همین دلیل مصالح مورد استفاده در این نوع روسازی و نحوه اجرای آن از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است به طوری که در صورت عدم رعایت این موارد کیفیت روسازی به شدت افت کرده و بدنه آن بسیار آسیب‌پذیر خواهد شد. از طرف دیگر وجود ترک‌های انقباضی که دارای عرض بسیار کمی می‌باشند، موجب انتقال آب‌های بسیار کمی از این طریق به زیر دال می‌شود و در صورت عدم ارتباط خوب بین سنگدانه‌ها باعث به وجود آمدن خرابی‌هایی از قبیل بالازدگی آب در سطح روسازی می‌شود. البته روسازی بتن غلتکی که کاملاً مهندسی تهیه و اجرا شده است، می‌تواند به صورت کاملاً نشت‌ناپذیر و غیرقابل نفوذ تلقی گردد.

روسازی بتن غلتکی هم در مقابل اثرات محیطی و هم در مقابل اثرات و آسیب‌های فیزیکی که به سطح آن وارد می‌شود، مقاومت و دوام خوبی از خود نشان داده است. در بعضی موارد در صورتی که پیوستگی مناسبی در هنگام ساخت به وجود نیامده باشد، فرسایش کمی (کمتر از ۶ میلی‌متر) در سطح روسازی اتفاق می‌افتد، اگرچه تجربه و آزمایشات نشان داده است که این فرسایش بعد از مدتی متوقف می‌شود و حتی تحت اثر ترافیک نیز افزایش نمی‌یابد. [۹]

۴- ترمیم و نگهداری

تجربه استفاده از روسازی‌هایی بتن غلتکی در سراسر دنیا نشان داده است که این نوع روسازی‌ها نیاز به نگهداری بسیار کمی دارند. ترک‌ها گاهی در سطح این روسازی‌ها به وجود می‌آیند و درزبندی می‌شوند، اما در صورتی که این ترک‌ها بزرگ باشند (که البته به ندرت چنین ترک‌هایی به وجود می‌آید)، باعث ایجاد مشکلاتی در بدنه راه و مقاومت روسازی می‌شود. باید توجه داشت که در هیچ یک مواردی که ترک‌های کوچک و سطحی به وجود آمده است، مشکلی ایجاد نشده است. بیشترین خرابی که ممکن است در این نوع روسازی‌ها به وجود می‌آید، در نواحی اتفاق می‌افتد که تراکم به خوبی صورت نگرفته باشد که در این نواحی باید بخش آسیب دیده کاملاً تراشیده و برداشته شود و بعد از آن با بتن‌های معمول جایگزین گردد. [۷]

موارد اجرایی روسازی بتن غلتکی

در واقع اولین کاربرد روسازی بتن غلتکی در ونکوور در سال ۱۹۷۰ برای ساخت محوطه کارخانجات چوب و الوار با بارگذاری سنگین بود. عملکرد روسازی بتن غلتکی در این محوطه که تحت بارگذاری سنگین و همچنین سایش شدید بود، بسیار موفقیت آمیز بود و از آن زمان روسازی بتن غلتکی برای ساخت روسازی محوطه‌های صنعتی کاربرد وسیعی در کانادا داشته است. در اروپا، اولین نمونه استفاده از روسازی

بتن غلتکی در اوایل دهه ۷۰ میلادی و در کشور اسپانیا برای جاده‌هایی با حجم ترافیکی کم مورد استفاده قرار گرفت. به دنبال آن، یک جاده دسترسی به صورت آزمایشی در ایستگاه مطالعاتی ارتش آمریکا در میسیسیپی در سال ۱۹۷۵ اجرا شد که بسیار موفقیت‌آمیز بود. با اجرای موفقیت‌آمیز بتن غلتکی در دهه ۷۰ میلادی، استفاده از آن در بسیاری از نقاط دنیا مورد توجه و استقبال قرار گرفت و امروزه در بسیاری از پروژه‌ها مورد استفاده قرار گرفته است. [۲]

۱- در سطح دنیا

روشهای ساخت معابر سواره رو در سراسر دنیا دچار تغییرات وسیعی شده است و بخاطر واکنش‌های مختلفی که به مرور زمان در مواد نفتی موجود در آسفالت بوجود می‌آید، موضوع تغییر بافت خیابان‌ها و بزرگراهها و جایگزینی آن با روسازی بتن غلتکی مورد استفاده کشور های توسعه یافته قرار گرفته است. به عنوان نمونه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- بزرگراهها، آزادراهها، راههای ارتباطی اصلی و فرعی و همچنین محوطه‌های بندرگاهها و پارکینگها در بسیاری از ایالت‌های کشور آمریکا مانند کارولینا، نیوجرسی، اوکلوهاما، ویرجینیا و ... [۱۰-۱۳]
- محوطه بسیاری از مناطق نظامی و استراتژیک ارتش آمریکا [۱۴]
- بزرگراهها و راههای ارتباطی اصلی و فرعی در چندین ایالت کشور اسپانیا مانند کاستیا، آندولوسیا، بارسلون، باسک و ... [۱۵]
- محوطه‌های بسیاری از پارکینگها در کشورهای اروپایی
- چندین بزرگراه و راه ارتباطی و دسترسی در کشورهای شرق اروپا مانند نروژ، فنلاند، سوئد و سوئیس که دارای زمستانهای بسیار سرد و طولانی هستند.
- چندین راه ارتباطی و دسترسی و نیز محوطه بنادر و پارکینگها در کشور ژاپن
- در چندین راه درجه ۱ و ۲ در کشور هندوستان در سالهای اخیرا
- و بسیاری دیگر از کشورهای دنیا

۲- در سطح کشور

در سطح کشور به دلیل فراوان بودن قیر و همچنین ارزان بودن آن تا قبل از آزادسازی قیمت‌ها، توجهی به روسازی‌های بتنی نشد اما در چند سال اخیر و با افزایش قیمت‌ها به دلیل افزایش قیمت قیر، گرایش ناگهانی به رویه‌های بتنی و به خصوص رویه‌های بتن غلتکی صورت گرفت. در سطح کشور ما نیز چندین پروژه به مرحله اجرا در آمده است که به موارد ذیل می‌توان اشاره کرد:

- شهرداری منطقه ۲۲ تهران در سال ۸۸ برای اولین بار موفق به اجرای روسازی بتن غلتکی شد. این روسازی در ۳۵ متری شمال اتوبان شهید همت با طبقه‌بندی راه شریانی درجه دو به طول ۸ کیلومتر و عرض ۱۵/۷ متر اجرا گردید.
- در سال ۹۱ برای اولین بار در خیابانها و محوطه سازی مسکن مهر مانند شهر جدید هشتگرد مورد استفاده قرار گرفت.
- احداث و اجرای روسازی بتن غلتکی راه اصلی محور شمالی کارخانه سیمان مشهد توسط کارخانه سیمان مشهد در اواسط سال ۹۱ در استان خراسان رضوی
- در سال ۹۱ روسازی تونل نیایش با پیشنهاد پیمانکار طرح و در جهت افزایش عمر روسازی و دوام آن به صورت بتن غلتکی اجرا گردید.
- در اواخر سال ۹۱ برای اولین بار در اصفهان روسازی بتن غلتکی توسط سازمان عمران شهرداری اصفهان در ورودی مجتمع تولیدی صفحه اجرا شد.
- به گفته مجریان احداث تونل امیرکبیر تهران، روسازی این تونل با بهره‌گیری از تجربه به دست آمده در تونل نیایش به صورت بتن غلتکی اجرا خواهد شد. [۱۶]

نتیجه گیری

روسازی بتن غلتکی در بسیاری از کشورهای دنیا مورد استفاده قرار گرفته و می‌گیرد اما متأسفانه در کشور ما به دلیل ارزانی قیر در چندین سال گذشته و عدم وجود دانش فنی و اجرایی و همچنین تجهیزات خاص مورد نیاز، مورد توجه قرار نگرفته است. از نظر تئوری و تجربی می‌توان نتیجه گرفت که از روسازی‌های بتنی در هر شرایط محیطی، ترافیک، خاک و غیره و با در نظر گرفتن عوامل اقتصادی استفاده نمود. روسازی بتن غلتکی به عنوان نوعی از روسازی‌های بتنی اخیراً مورد استفاده بسیاری قرار گرفته است و در بسیاری از موارد مورد قبول واقع شده است و به دلیل سازگاری با محیط زیست بسیاری از پسماندهای طبیعت را در جهت افزایش مقاومت آن می‌توان مورد استفاده قرار داد و از طرف دیگر آسیب‌هایی که به محیط زیست وارد می‌کند بسیار کمتر از روسازی‌های آسفالتی است. روسازی بتنی و به دنبال آن روسازی بتن غلتکی به دلیل صلبیت بالا قابل استفاده در بسیاری از شرایط محیطی می‌باشند و از طرف دیگر نه تنها خرابی‌های روسازی بتنی نسبت به روسازی آسفالتی کمتر است، بلکه عمر روسازی بتنی نیز چندین برابر روسازی آسفالتی می‌باشد. اجرای روسازی بتن غلتکی نظیر روسازی آسفالتی می‌باشد و تنها نیاز به تغییراتی جزئی در فینیش راهسازی و زمان و پاس عبور غلتک است. با مقایسه هزینه ساخت روسازی آسفالتی و بتن غلتکی به صورت خاص برای یک محور آزادراهی می‌توان نتیجه گرفت که هزینه ساخت روسازی بتن غلتکی نسبت به هزینه ساخت روسازی آسفالتی، به میزان قابل توجهی کمتر است. همچنین علاوه بر هزینه ساخت، هزینه‌های ترمیم و نگهداری که حتی گاهی در بلند مدت ممکن است از هزینه ساخت نیز بیشتر شود، در روسازی بتن غلتکی بسیار کمتر از روسازی آسفالتی می‌باشد. تجربیات اجرای روسازی بتن غلتکی در داخل و خارج کشور گواه این مطلب است که این نوع روسازی در کنار حفظ کیفیت اجرا، هزینه‌های اجرایی را تا حد زیادی کاهش می‌دهد.

مراجع

- ۱- دفترچه مشخصات خصوصی آزادراه، شرکت ساخت و توسعه زیربنای حمل و نقل کشور، معاونت ساخت و توسعه آزادراه، مدیریت مطالعات و امور فنی، آبانماه ۱۳۸۹
- ۲- ابولفضل حسنی، کاربرد بتن غلتکی در روسازی راهها، اولین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف، اردیبهشت ۱۳۸۳
- 3- AASHTO, "Guide for Design of Pavement Structures", Part II, Rigid Pavement Design, American Associated of State Highway and Transportation Officials, 1998
- 4- Huang, Yang H, "Pavement Analysis and Design", Prentice Hall, 1993.
- ۵- راهنمای طراحی و اجرای بتن غلتکی در روسازی راههای کشور، نشریه ۳۵۴، وزارت راه و ترابری، معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور، پژوهشکده حمل و نقل
- 6- Stripple, H., "Life Cycle Assessment of Road: A Pilot Study for Inventory Analysis"; IVL Swedish Environmental Research Institute: Stockholm, Sweden, 2001
- 7-Federal Highway Administration, "Pavement preservation design and construction of quality preventive maintenance treatments", National Highway Institute Course 131103, November 2004.
- 8-American Concrete Pavement Association, " Slab Stabilization Guidelines for Concrete Pavements", Skokie, IL, 1994.
- 9-Piggott, R. W., "Roller Compacted Concrete Pavements – A Study of Long Term Performance", RP366, Portland Cement Association, Skokie, IL., 1999.
- 10- Gregory E. Halsted, P.E., Pavements Engineer, Portland Cement Association, "Roller-Compacted Concrete Pavement: Design and Construction", Atlanta, Georgia, 2005.

11-Michael E. Ayers, Ph.D., Global Pavement Consultants, Inc., "Roller-Compacted Concrete for Roadway, Industrial & Port Applications", Concord, North Carolina, February 28, 2012.

12- Morgan Corporation, "Roller Compacted Concrete Grinding in Aiken", The South Carolina Department of Transportation (SCDOT), 2011

13- Gregory E. Halsted, P.E., "Roller-Compacted Concrete Pavements for Highways and Streets", Portland Cement Association, Advances in Pavement Design and Construction Session of the 2009 Annual Conference of the Transportation Association of Canada
Vancouver, British Columbia

14- "Paving with roller compacted concrete", Division Materials and Paving Engineer, U.S. Army Corps of Engineers North Pacific Division Portland, OREGON ,2011.

15- "Roller Compacted Concrete Pavements, A Study of Long Term Performance", PCA Publication RP366,1999.

۱۶- باشگاه خبرنگاران جوان، کد خبر: ۴۲۰۵۳۷۰، ۰۲ دی ۱۳۹۱ - ۱۳:۳۲، www.yjc.ir