

بررسی تأثیر روش های مختلف عمل آوری بر مقاومت سایشی بتن غلتکی روسازی

آزاده عسکری نژاد^۱، امیرمازیار رئیس قاسمی^۲

^۱ عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، بخش فن آوری بتن

^۲ کارشناس مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، بخش فن آوری بتن

نویسنده مسئول: آزاده عسکری نژاد، a.askarinejad@bhrc.ac.ir

چکیده

عمل آوری فرآیندی است که در طی آن بتن حاوی سیمان هیدرولیکی با گذشت زمان و در نتیجه هیدراسیون مکرر سیمان در حضور مقدار کافی آب و حرارت سخت می شود. بتن غلتکی روسازی، بتنی خشک و فاقد آب انداختگی است و به دلیل دارا بودن سطح بالا، تبخیر از سطح آن به سرعت آغاز می شود و آب را از داخل خمیر خارج می سازد و باعث ترک خوردگی ناشی از جمع شدگی و زوال سطح خواهد شد، بنابراین عمل آوری عامل بسیار مهمی در مقاومت نهایی و دوام بتن غلتکی می باشد. در این تحقیق یک نوع ترکیب عمل آورنده غشاء ساز مایع برای عمل آوری آزمون های بتن غلتکی ساخته شده با دو نوع طرح اختلاط مورد استفاده قرار گرفت و مقاومت این آزمون ها در برابر سایش با آزمون های قرار گرفته در شرایط عمل آوری مرطوب و محیط آزمایشگاه مقایسه شدند. بر اساس نتایج، عمل آوری مرطوب تا ۱۰ درصد و اعمال ترکیب عمل آورنده غشاء ساز تا ۷ درصد سایش آزمون های بتن غلتکی را نسبت به شرایط بدون عمل آوری کاهش می دهد.

واژگان کلیدی: بتن غلتکی روسازی؛ روشهای عمل آوری؛ مقاومت سایشی

۱- مقدمه

بتن غلتکی یکی از انواع بتن های بدون اسلامپ می باشد که برای کاربردهایی همچون سدسازی و یا راه سازی مورد استفاده قرار می گیرد. در بتن غلتکی با توجه به کم بودن میزان آب و روانی بسیار کم، عملیات تراکم بوسیله غلتک های سنگین فلزی و چرخ لاستیکی انجام می شود [۱-۳].
رویه های بتن غلتکی به روش های مختلف و با استفاده از بتن هایی با طرح های اختلاط متفاوت از بتن های خشک و بدون اسلامپ ساخته می شوند. بتن غلتکی با مصالحی مشابه بتن معمولی ساخته شده و دارای مقاومتی مشابه با بتن های معمولی (کمی بیشتر) می باشد. مهمترین تفاوت RCCP با بتن معمولی در درصد بیشتر ریزدانه و دانه بندی سنگدانه ها می باشد. RCCP را معمولاً با تجهیزات آسفالت پخش و با غلتک متراکم می کنند. همان طور که استفاده از دستگاه مناسب و با قدرت ارتعاش و فشار مناسب در ساخت این نوع بتن بسیار ضرورت دارد، استفاده از مصالح مناسب، طرح اختلاط مناسب، عمل آوری مناسب و ... نیز هر کدام نقش های بسزایی در ساخت رویه مناسب و بادوام دارند [۱-۳].

عمل آوری یکی از پارامترهای مؤثر بر مقاومت و دوام بتن های غلتکی می باشد. عمل آوری مناسب باعث پیشرفت روند کسب

مقاومت، کاهش احتمال پوسته پوسته شدن سطح بتن و افزایش مقاومت سایشی آن می شود. از آنجائیکه مقدار آب در بتن های غلتکی کم است و آب انداختگی نیز اتفاق نمی افتد، احتمال بروز ترک های پلاستیک و همچنین ناشی از جمع شدگی خشک شدن، بسیار زیاد است. بدین منظور باید بلافاصله بعد از اتمام عملیات تراکم، عمل آوری آغاز شود. بر اساس منابع موجود، روش های عمل آوری مرطوب و عمل آوری با ترکیبات غشاء ساز برای روسازی های بتن غلتکی متداول است. در اغلب پروژه های بتن غلتکی ترکیبات عمل آورنده غشاء ساز سفید رنگ استفاده می شوند. این روش موثر، اقتصادی و سریع است. ترکیبات عمل آورنده که برای روسازی های بتنی مورد استفاده قرار می گیرند معمولاً شامل واکسها یا رزین ها هستند که به صورت امولسیون در آب و یا محلول در یک حلال وجود دارند. ترکیب عمل آورنده بر روی سطح روسازی اعمال می شود و سپس آب یا حلال تبخیر شده و واکس یا رزین غشائی را بر روی سطح روسازی ایجاد می کند، این غشاء موجب حفظ

بتن غلتکی که در یکی از آن‌ها بخشی از سیمان با میکروسیلیس جایگزین شده است، ساخته شده و قالب‌گیری، متراکم و عمل آوری شدند و میزان سایش آن‌ها در سن ۲۸ روز مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.

۲- مواد و روش‌ها

طرح مخلوط آزمونه‌های بتنی ساخته شده بر اساس مقادیر گزارش شده برای اجزای مخلوط توسط مدارک فنی مربوط به روسازی‌های بتن غلتکی به دست آمد.

جدول ۱ مصالح مورد استفاده و طرح مخلوط آزمونه‌های بتنی ساخته شده در این تحقیق را نشان می‌دهد. در مخلوط‌های حاوی میکروسیلیس ۷ درصد وزن سیمان با میکرو سیلیس جایگزین شد و مقدار آب به منظور رسیدن به کارایی مشابه مخلوط فاقد میکرو سیلیس به میزان ۱۵ درصد افزایش داده شد.

جدول ۱- طرح مخلوط آزمونه‌های بتنی ساخته شده

نسبت آب به سیمان	جذب آب (درصد)	مقدار مصالح در حالت خشک (کیلوگرم)	مصالح مورد استفاده
۰/۳۷	۲	۶۹۸/۵۵۸	شن بادامی
-	۳/۰۲	۱۳۱۰/۷۲۱	ماسه طبیعی ساتر یفیوژ شده
-	-	۱۰۴/۵۰۰	آب
-	-	۲۷۵/۰۰۰	سیمان پرتلند نوع ۲

پس از مخلوط کردن اجزاء با نسبت‌های معین، آزمونه‌های بتنی از طریق متراکم کردن با روش استفاده از چکش لرزه‌ای مطابق با ASTM 1435-99 [۱۰] در قالب‌های ۱۵×۱۰×۹ سانتی‌متری متراکم شدند (شکل ۱).



شکل ۱- تراکم آزمونه‌های بتن غلتکی توسط چکش لرزه‌ای

رطوبت در بتن می‌شود. مواد غشاء ساز می‌بایست الزامات ASTM C-309-91 [۴] را رعایت کنند. یکی از روش‌های عمل آوری مورد استفاده در روسازی‌های بتن غلتکی که آسفالت بر روی آنها قرار خواهد گرفت، بکار بردن یک امولسیون قیری کاتیونی با حداقل pH چهار می‌باشد. این روش عمل آوری همچنین چسباننده‌های قیری لازم برای پوشش آسفالتی را فراهم می‌کند. با توجه به اینکه در صورتی که آب برای عمل آوری مورد استفاده قرار گیرد آب پاشی باید بلافاصله پس از عملیات تراکم آغاز شود و حداقل ۷ روز ادامه یابد، روش عمل آوری مرطوب برای روسازی‌های بتن غلتکی توجیه اقتصادی ندارد [۳-۱].

تا کنون تحقیقات بسیاری در زمینه تأثیر روش‌های مختلف عمل آوری بر خواص مکانیکی و دوام بتن انجام شده است. برای مثال ابراهیم و همکاران تأثیر روش‌های مختلف عمل آوری شامل عمل آوری با گونی خیس و بکارگیری چهار نوع ترکیب عمل آورنده (رزین اکریلیک، آب، مواد پایه قیری و مواد اپوکسی) بر خواص مکانیکی بتن‌های شامل سیمان پرتلند معمولی و میکرو سیلیس را مورد بررسی قرار دادند. بر اساس نتایج به دست آمده خواص مقاومت و دوام هر دو نوع بتن در شرایطی که با ترکیبات عمل آورنده پوشش داده شدند، بهتر از شرایطی بود که فقط با استفاده از گونی خیس عمل آوری شده بودند [۵].

در زمینه تأثیر عمل آوری بر مقاومت سایشی بتن نیز گزارش‌هایی موجود هستند که بر اساس آن‌ها عمل آوری مرطوب نمونه‌های بتن تأثیر قابل توجهی در کاهش سایش آن‌ها داشته است [۶ و ۷].

تأثیر روش‌های مختلف عمل آوری بر برخی خواص مقاومتی و دوام بتن غلتکی روسازی توسط باقری و همکاران مورد بررسی قرار گرفته است و بر اساس نتایج عمل آوری مرطوب نسبت به اعمال ترکیبات عمل آورنده در بهبود این خواص مؤثرتر نشان داده است [۸].

در روسازی‌های بتنی خسارت‌های ناشی از سایش سطوح بتنی در بندرگاه‌ها، فرودگاه‌ها یا مکان‌هایی که از وسایل نقلیه زنجیردار استفاده می‌شود بسیار زیاد است و افزایش هزینه نگهداری، و گاهی به علت خرابی‌ها توقف تردد را بدنبال خواهد داشت [۹]. در این تحقیق تغییر مقاومت سایشی بتن غلتکی روسازی در اثر اعمال روش‌های مختلف عمل آوری شامل استفاده از ترکیب غشاء ساز مایع و عمل آوری مرطوب نسبت به شرایط بدون عمل آوری مطالعه شده است. دو نوع مخلوط

دوام آن در برابر یخزدگی و جذب آب و نمک‌ها، جمع شدگی و غیره دارد [۱۱-۱۵].

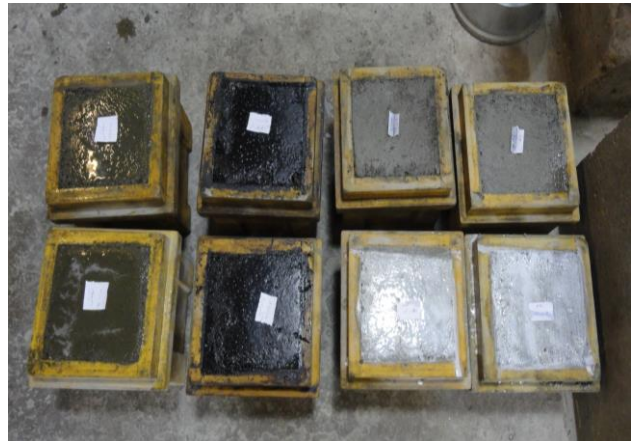
جدول ۲- نتایج مقاومت سایشی آزمون‌های فاقد میکروسیلیس در ۲۸ روز

شرایط عمل آوری	مقدار سایش (mm)
حوضچه عمل آوری (W)	۱۹/۳
CIR	۲۰
بدون عمل آوری (WC)	۲۱/۵

جدول ۳- نتایج مقاومت سایشی آزمون‌های فاقد میکروسیلیس در ۲۸ روز

شرایط عمل آوری	مقدار سایش (mm)
حوضچه عمل آوری (W)	۲۱
CIR	۲۱/۵
بدون عمل آوری (WC)	۲۲

سپس به منظور انجام عمل آوری بر روی آزمون‌ها، برخی از آن‌ها تا زمان انجام آزمون مقاومت سایشی در آب غوطه‌ور شدند، برخی تا زمان انجام آزمون در محیط آزمایشگاه قرار گرفتند و آزمون‌های دیگر توسط ترکیب عمل آورنده غشاء ساز بر پایه کائوچو (Chlorinated Rubber (CIR)) عمل آوری شدند.



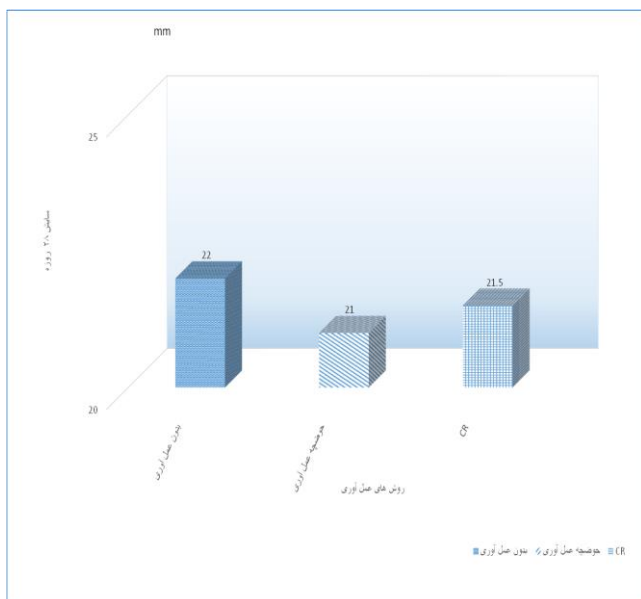
شکل ۲- آزمون‌های بتن غلتکی عمل آوری شده

پس از گذشت ۲۸ روز از ساخت آزمون‌ها آزمون تعیین مقاومت سایشی بر اساس استاندارد ISIRI 12728 بر روی آن‌ها صورت گرفت و مقدار سایش ایجاد شده در آزمون‌ها به دست آمد.

۳- نتایج و بحث

جدول ۲ و ۳ نتایج تعیین مقاومت سایشی آزمون‌های بتن غلتکی ساخته شده به ترتیب با طرح اختلاط فاقد و حاوی میکروسیلیس و نمودارهای شکل‌های ۳ و ۴ نیز روند تغییرات مقدار سایش آزمون‌های بتن غلتکی را در اثر شرایط مختلف عمل آوری نشان می‌دهند. با توجه به نتایج به دست آمده، عمل آوری مرطوب از طریق غوطه‌ورسازی آزمون‌ها در آب تا ۱۰ درصد و استفاده از ترکیبات عمل آورنده غشاء ساز تا ۷ درصد موجب افزایش مقاومت سایشی آزمون‌ها شده‌اند. تأثیر عمل آوری بر افزایش مقاومت سایشی آزمون‌های بتن غلتکی ساخته شده با میکروسیلیس تا حدی کمتر از آزمون‌های فاقد میکروسیلیس می‌باشد.

با توجه به نتایج به دست آمده در این تحقیق و نتایج حاصل از تحقیقات گذشته، نوع روش عمل آوری بتن معمولی و بتن غلتکی تأثیر قابل توجهی بر خواص مکانیکی از جمله مقاومت فشاری، مقاومت خمشی، مقاومت سایشی و غیره و همچنین



شکل ۳- نمودار نتایج مقاومت سایشی آزمون‌های فاقد میکروسیلیس در ۲۸ روز

[4] Standard Specification for Liquid Membrane-Forming Compounds for Curing Concrete, ASTM C 309 – 03.

[5] Ibrahim, M., Shameem, M., Al-Mehthel, M., Maslehuddin, M., 2013, Effect of curing methods on strength and durability of concrete under hot weather conditions, Cement & Concrete Composites, Vol. 41, pp. 60–69.

[6] Ferreira, L., de Brito, J., Saikia, N., 2012, Influence of curing conditions on the mechanical performance of concrete containing recycled plastic aggregate, Construction and Building Materials, Vol. 36, pp.196–204.

[7] Fonseca, N., de Brito, J., Evangelista, L., 2011, The influence of curing conditions on the mechanical performance of concrete made with recycled concrete waste, Cement & Concrete Composites, Vol. 33, pp. 637–643.

[۸] باقری، علیرضا، محمودیان، مجتبی، فخری، منصور، ۱۳۸۵، تأثیر

عمل آوری بر خواص بتن های غلتکی روسازی راه، با و بدون دوده سیلیس، پژوهشنامه حمل و نقل، سال سوم، شماره سوم.

[9] Dhir, R. K., Hewlett, P. C., Chan, Y. N., 1991, Near Surface Characteristics of Concrete: Abrasion Resistance, Materials and Structures/Matériaux et Constructions Vol. 24, pp. 122-128.

[10] Standard practice for molding roller compacted concrete in cylinder molds using a vibrating hammer, ASTM C-1435-99.

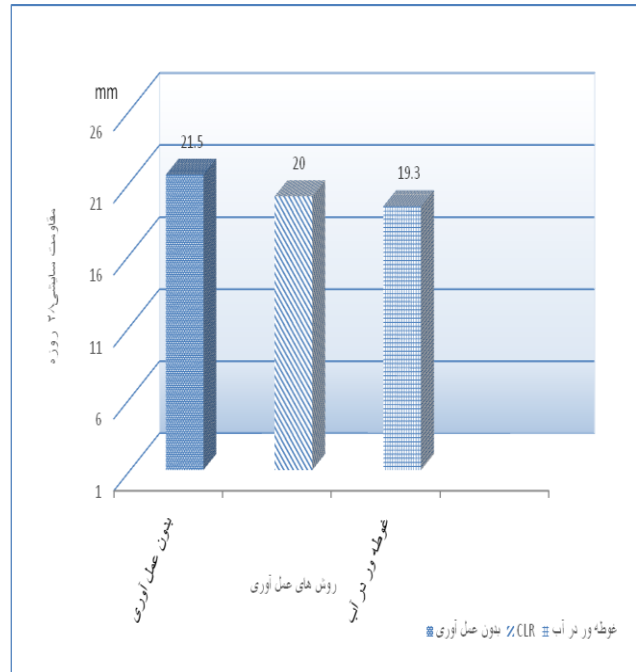
[11] Yilmaza, U. S., Turkenb, H., 2012, The effects of various curing materials on the compressive strength characteristic of the concretes produced with multiple chemical admixtures, Scientia Iranica Vol. 19, 77–83.

[12] Maslehuddin, M., Ibrahim, M., Shameem, M., Ali, M.R., Al-Mehthel, M.H., 2013, Effect of curing methods on shrinkage and corrosion resistance of concrete, Construction and Building Materials, Vol. 41, pp. 634–641.

[13] Al-Gahtani, A.S., 2010, Effect of curing methods on the properties of plain and blended cement concretes, Construction and Building Materials, Vol. 24, pp. 308–314.

[14] Mohammadi Ahani, R., Nokken M. R., 2012, Salt scaling resistance – The effect of curing and pre-saturation, Construction and Building Materials, Vol. 26, pp. 558–564.

[15] Choi, S., Heum Yeon, J., Won, M. C., 2012, Improvements of curing operations for Portland cement concrete pavement, Construction and Building Materials, Vol. 35, pp. 597–604.



شکل ۴- نمودار نتایج مقاومت سایشی آزمونهای حاوی میکروسیلیس در ۲۸ روز

۴- جمع بندی

در این تحقیق، مخلوط های بتن غلتکی با دو طرح فاقد و حاوی میکروسیلیس ساخته شده و با روش استفاده از چکش لرزه ای متراکم شدند. پس از قالب گیری بر روی برخی از آزمونها ترکیبات عمل آورنده غشاءساز مایع پاشیده شد، برخی از آزمونها در آب غوطه ور شدند و برخی در محیط آزمایشگاه قرار گرفتند. پس از ۲۸ روز آزمون تعیین مقاومت سایشی بر روی آزمونها انجام شد و بر اساس نتایج، عمل آوری بر افزایش مقاومت سایشی آزمونهای بتن غلتکی تأثیر نشان داده است و عمل آوری از طریق غوطه ور سازی در آب نسبت به اعمال ترکیبات عمل آورنده در کاهش سایش مؤثرتر می باشد.

۵- منابع

- [1] Harrington, D., 2010, Guide for Roller-Compacted Concrete Pavements, Portland Cement Association (PCA).
- [2] Report on Roller-Compacted Concrete Pavements, 2001, American concrete Institute, Reported by ACI Committee 325.
- [3] Design and Construction of Roller Compacted Concrete Pavements in Quebec, 2005, The Cement Association of Canada (CAC) and the Association béton Québec (ABQ).