

تأثیر استفاده از ماسه ریخته گری استفاده شده (UFS) در تولید کفپوش های بتنی کد (G)

نیما امینیان^۱ میثم کریمی نیا^۲ محمد پیروی^۳ صالح مزدهی^۴

^۱مدیر تحقیق و توسعه و کنترل کیفیت شرکت ساختمانی، تولیدی و تحقیقاتی آپتوس ایران و
مدرس دانشگاه های آزاد اسلامی
^۲مدیر فنی آزمایشگاه شرکت ساختمانی، تولیدی و تحقیقاتی آپتوس ایران
^۳کارشناس ارشد واحد تحقیق و توسعه شرکت ساختمانی، تولیدی و تحقیقاتی آپتوس ایران
^۴معاون اداره کل استاندارد البرز

aminian55@gmail.com
Maysam.kariminia@yahoo.com
peirovimohammad@yahoo.com
saleh.mojdehi@gmail.com

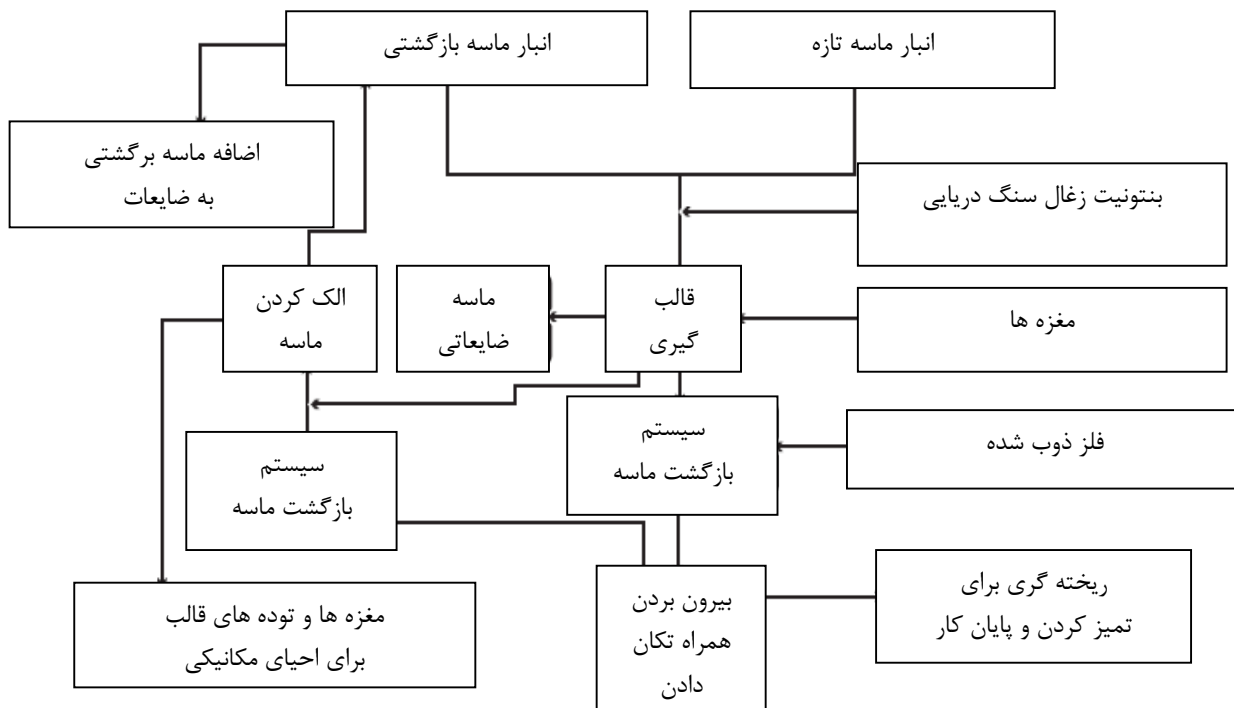
چکیده

ریخته گری یکی از قدیمی ترین صنایع در بیشتر کشورهای دنیا از جمله ایران می باشد. با وجود پیشرفت های شگرفی که در علوم مختلف صورت گرفته است ولی هنوز ماسه به دلایلی همچون خواص حرارتی خوب، جزو جدانشدنی این صنعت به شمار می آید. پس از مصرف چند باره از ماسه در قالب گیری، این ماسه به ضایعات تبدیل می شود و حجم بالای این ماده ضایعاتی مشکلات عدیده ای را برای صنعت گران و شهرداری ها ایجاد نموده است. به منظور یک راهکار صحیح برای دفع اصولی این ماده به بررسی استفاده از آن به عنوان جایگزین وزنی بخشی از ریزدانه رویه کفپوش های بتنی صورت گرفته است. بدین منظور ماسه ریخته گری استفاده شده (UFS) با درصدهای ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ جایگزین وزنی ماسه ۳-۰ مصرفی در رویه کفپوش های بتنی شده است. نسب آب به سیمان برای تمام نمونه ها به میزان ۰/۳۵ در نظر گرفته شده است. جذب آب سطحی در نمونه شاهد کمترین میزان را دارا می باشد، استحکام خمشی نمونه حاوی ۱۰٪ ماده ضایعاتی بیشترین مقدار را نشان می دهد و کمترین میزان سایش در نمونه حاوی ۲۰٪ ماسه ریخته گری دیده می شود.

واژه های کلیدی: ریخته گری، رویه کفپوش بتنی، جذب آب سطحی، استحکام خمشی، سایش

مقدمه

ریخته گری و صنایع مرتبط به آن قدمتی طولانی در دنیا و همین طور کشور ایران دارد. یکی از ملزومات و اجزای جدانشدنی این صنعت، ماسه ریخته گری می باشد. ماسه ریخته گری، ماسه ای با درصد بالای سیلیس با کیفیت می باشد. (۱) در فرآیند قالب گیری ماسه چندین بار مورد استفاده قرار می گیرد. نهایتاً ماسه چندین بار استفاده شده دیگر نمی تواند در فرآیند قالب گیری مورد استفاده قرار گیرد. در این مرحله ماسه قدیمی و کهنه از چرخه قالب گیری به عنوان یک محصول فرعی خارج می شود و ماسه جدید جایگزین می شود و چرخه دوباره تکرار می گردد. ماسه ریخته گری استفاده شده یک محصول فرعی قالب گیری فلزی و غیر فلزی می باشد (۲). در شکل شماره ۱ نحوه استفاده دوباره از ماسه ریخته گری و تبدیل آن به ماسه ریخته گری استفاده شده را نشان می دهد.



شکل ۱ نمودار نحوه استفاده دوباره از ماسه ریخته گری (۳)

در صنایع ریخته گری، در دنیا سالانه میلیون ها تن از مواد استفاده شده دور ریخته می شوند. بیش از ۷۰٪ این مواد دور ریختنی ماسه می باشد. (۴) در کشور ایالات متحده امریکا سالانه ۷۰۰-۵۰۰ هزار تن ماسه ریخته گری در کارهای مهندسی مورد استفاده قرار می گیرد. (۲) پرسش اصلی در اینجا مطرح می شود که حال با این حجم از مواد دور ریختنی که فضای قابل ملاحظه ای را اشغال می کنند چه باید کرد؟ تا به حال از فرآیندهای مختلفی جهت دفع این ضایعات استفاده شده است، همانند: دفن^۱، ایجاد خاکریز^۲، استفاده در زیر اساس^۳ راه ها و غیره. یک روش دیگر جهت استفاده از این ضایعات، استفاده از آن در صنایع دیگر می

¹ Land fill
² embankment
³ Sub base

باشد. برای مثال استفاده از آن در صنعت ساختمان. پرمصرف ترین مصالح ساختمانی بتن می باشد. از آن جایی که این ماده ضایعاتی با درصد سیلیس بالا می باشد، محققین به بررسی تاثیرات آن در انواع بتن ها پرداخته اند. در ذیل به چند مورد از موضوع این تحقیقات اشاره می نمائیم:

استفاده از ماسه ریخته گری استفاده شده در خواص مکانیکی بتن، که در آن ماسه ریخته گری را با درصد های ۱۰ و ۲۰ و ۳۰ جایگزین وزنی ریزدانه بتن معمولی شده و مقاومت فشاری، مقاومت کششی دو نیم شدگی، مدول الاستیسیته در سنین مختلف بررسی شده است. (۱)

در تحقیقاتی که به منظور بررسی مقاومت، دوام و ریز ساختار بتن ساخته شده با ماسه ریخته گری پرداخته شده است، ماسه ریخته گری با درصد های صفر تا ۶۰٪ جایگزین وزنی ریزدانه بتن شد و مقاومت فشاری، مقاومت کششی دو نیم شدگی، و خواص دوامی هم چون نفوذ یون کلر، کربناسیون بر روی نمونه های بتن صورت گرفت. (۲)

در مطالعاتی دیگری نیز مقاومت سایشی و خواص مقاومتی بتن دارای ماسه ریخته گری بررسی شده و ماسه ریخته گری جایگزین وزنی صفر تا ۲۰٪ وزنی ماسه شده است و سپس مقاومت سایشی و مقاومت فشاری و مقاومت کششی دو نیم شدگی نمونه ها بررسی شده است. (۵)

همچنین گروهی نیز به تاثیر دماهای بالا بر خواص بتن خود تراکم حاوی خاکستر آتش فشانی و ماسه ریخته گری پرداخته اند. (۶)

مطالعاتی نیز بر روی تاثیر ماسه ریخته گری و خاکستر آتش فشانی برای توسعه بتن خودتراکم سبز انجام شده که در آن درصد های صفر تا ۱۰۰ ماسه ریخته گری استفاده شده جایگزین وزنی ریزدانه بتن شده اند. (۷)

در مواردی هم به محققین به استفاده از ماسه ریخته گری استفاده شده در قطعات غیر بتنی مبادرت نموده اند، همانند مورد زیر: مطالعاتی نیز در مورد استفاده از این ماده در تولید آجر انجام شده است که در آن ماسه ریخته گری از صفر تا ۵۰٪ مورد استفاده قرار گرفته است. (۸)

هرچند تا کنون به استفاده از این ماده ضایعاتی در انواع بتن پرداخته شده است ولی تاکنون به استفاده از این ماده در قطعات بتنی پرسی به روش خشک پرداخته نشده است.

امروزه یکی از قطعات بتنی پر مصرف، کفپوش های بتنی می باشند که با فرآیند پرس خشک تولید می شوند. توسعه شهر نشینی و نیاز بیشتر به فضاهای رفت و آمدی از یک سو، و قیمت نسبتا پایین و کیفیت بالای کفپوش های بتنی از سوی دیگر روز به روز به افزایش استفاده از آن منجر شده است. به دلیل ریز دانه بودن ماسه ریخته گری استفاده شده، در این مقاله به منظور ارائه یک راهکار مناسب جهت دفع اصولی این ماده ضایعاتی تولیدی در کشور، به بررسی استفاده از ماسه ریخته گری مصرف شده جایگزین وزنی بخشی از ریزدانه رویه^۴ کفپوش های بتنی پرداخته شده است. نمونه های با درصد های ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ جایگزین ماسه طرح اختلاط ماسه مصرفی در رویه کفپوش های بتنی شد.

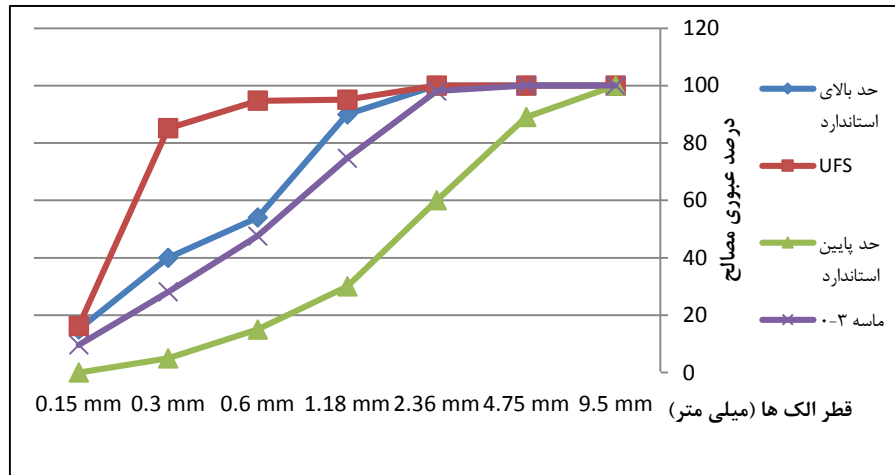
مصالح مصرفی

نمونه ها در یکی از شرکت های تولید کننده کفپوش با روش پرسی خشک تولید شده و مصالح اولیه مورد استفاده نیز از دپوی همین شرکت تهیه شده است. خواص فیزیکی سنگدانه های مصرفی در جدول شماره ۱ قابل ملاحظه می باشد. نمودار دانه بندی ماسه ریخته گری ماسه ۳-۰ و حد بالا و پایین استاندارد ملی ۳۰۲ در شکل شماره ۲ در دسترس می باشد.

جدول ۱- خواص فیزیکی سنگدانه های مصرفی

نام سنگدانه	درصد جذب آب	چگالی توده جامد در حالت SSD (kg/m^3)	درصد ذرات عبوری از الک ۲۰۰
ماسه ۰-۶	۳/۶	۲۵۵۵	۳/۷
ماسه ۰-۳	۳/۳	۲۵۵۰	۴/۶
شن ۵-۸	۲/۵۲	۲۵۹۶	۰/۲

⁴ face



شکل ۲ نمودار دانه بندی ماسه ریخته گری استفاده شده

تصویر ماسه ریخته گری استفاده شده مصرفی در شکل شماره ۳ قابل ملاحظه می باشد.



شکل ۳ تصویر ماسه ریخته گری استفاده شده مصرفی

سیمان مورد استفاده در این تحقیق پرتلند نوع ۲ و محصول کارخانه سیمان سپاهان بود.

طرح اختلاط

برای طرح اختلاط پایه از طرح اختلاط کفپوش های شرکت محل آزمایش استفاده شده است. درصد های جایگزینی انتخاب شده در طرح اختلاط با روش سعی و خطا، ولی الهام گرفته شده از مقالات معتبر جهانی با پیشینه تحقیق موجود، استفاده شده اند. نحوه نام گذاری نمونه ها به صورت زیر می باشد که $PBF10\%$ به معنی این است که 10% ماسه ۰-۳ با ماسه ریخته گری استفاده شده، جایگزین شده است. در همه طرح ها برای این که مقایسه بین نمونه های مختلف به درستی صورت گیرد، نسبت آب به سیمان ثابت و به میزان 0.35 در نظر گرفته شده است. در جدول شماره ۲ طرح اختلاط مورد استفاده در دسترس می باشد.

جدول ۲- طرح اختلاط نمونه ها

میزان ماسه ریخته گری (kg)	نام آزمونه
۰	PBF0%
۱۲	PBF5%
۲۴	PBF10%
۳۶	PBF15%
۴۸	PBF20%

آزمایش ها و نتایج حاصله

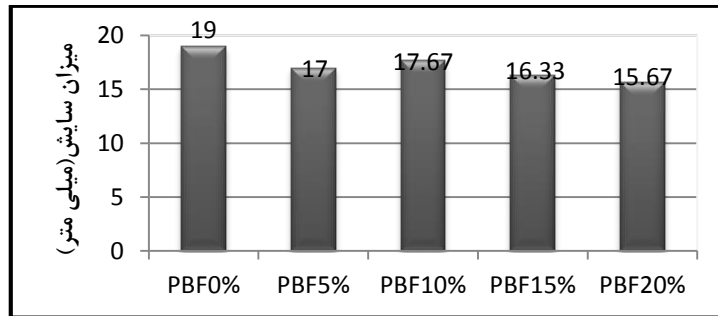
کلیه آزمایشهای صورت گرفته براساس استاندارد ملی ایران با شماره ۷۵۵، "موزائیک _ ویژگی ها و روش های آزمون" صورت گرفته است. نمونه ها در سن ۲۸ روزگی مورد آزمایش ها قرار گرفتند.

مقاومت سایشی

مقاومت سایشی نمونه ها با توجه به استاندارد و طبق روش آزمون با دستگاه چرخ پهن صورت گرفته است. نتایج آزمایش در جدول شماره ۳، و میانگین مقاومت سایشی نمونه ها در شکل شماره ۳ قابل ملاحظه می باشد.

جدول ۳- نتایج آزمایش مقاومت سایش

نام آزمونه	میزان سایش (میلی متر)	میانگین میزان سایش (میلی متر)
PBF0%	۱۸	۱۹
PBF0%	۲۰	
PBF0%	۱۹	
PBF5%	۱۸	۱۷
PBF5%	۱۸	
PBF5%	۱۵	
PBF10%	۱۹	۱۷/۶۷
PBF10%	۱۶	
PBF10%	۱۸	
PBF15%	۱۶	۱۶/۳۳
PBF15%	۱۶	
PBF15%	۱۷	
PBF20%	۱۶	۱۵/۶۷
PBF20%	۱۵	
PBF20%	۱۶	



شکل ۳ نمودار مقایسه میانگین میزان سایش نمونه ها

جذب آب سطحی

نمونه ها جهت انجام این آزمایش بر طبق استاندارد ذکر شده آماده شدند به طوری که نمونه ها پس از خشک شدن، با ماده آب بند کننده p.k آب بندی شدند و پس از وزن کردن تحت آزمایش قرار گرفتند. سپس با استفاده از فرمول شماره ۱ جذب آب سطحی نمونه ها محاسبه شد و میانگین نتایج در شکل شماره ۴ در دسترس می باشد.

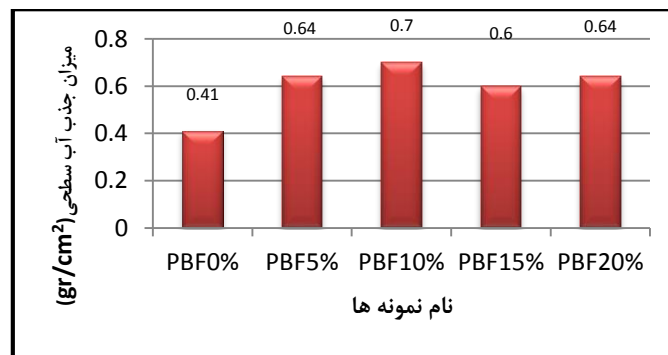
$$W_{24h} = \frac{m_{h,24h} - m_{d \text{ sealed}}}{S} \quad (1)$$

W_{24h} : جذب آب سطحی در فشار اتمسفریک بعد از ۲۴ ساعت بر حسب گرم بر سانتی مترمربع

$m_{h,24h}$: جرم آزمون بعد از ۲۴ ساعت جذب آب سطحی، سطح آزمون بر حسب g

$m_{d \text{ sealed}}$: جرم خشک آزمون آب بندی شده بر حسب g

S : سطح (در تماس با آب) آزمون بر حسب cm^2



شکل ۴ میانگین نتایج جذب آب

استحکام خمشی

استحکام خمشی نمونه ها بر طبق استاندارد مذکور و با استفاده از فرمول شماره ۲ محاسبه شده است. نتایج در جدول شماره ۴ در دسترس می باشد. مقایسه نتایج استحکام خمشی در شکل شماره ۵ قابل ملاحظه می باشد.

$$T = \frac{3}{2} \frac{PL}{bt^2} \quad (2)$$

T : استحکام خمشی بر حسب مگاپاسکال

P : نیروی وارده هر نمونه به وسیله دستگاه بر حسب نیوتن

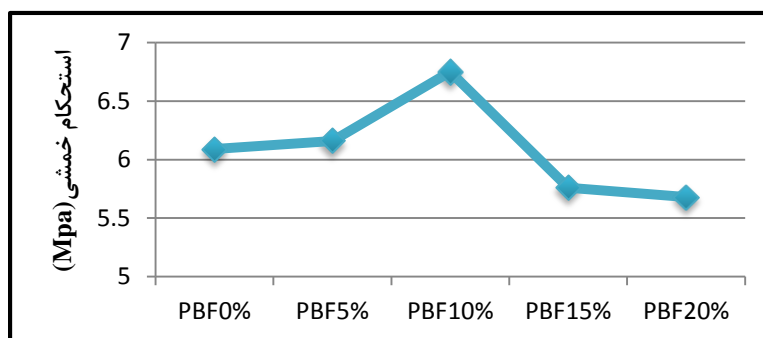
L : فاصله تکیه گاه بر حسب میلی متر

b: عرض موزائیک مورد آزمون برحسب میلی متر

t: ضخامت هر نمونه برحسب میلی متر

جدول ۴ نتایج آزمایش استحکام خمشی

نام آزمونه	استحکام سایشی (مگاپاسکال)	میانگین استحکام سایشی (مگاپاسکال)
PBF0%	۶/۱۹	۶/۰۹
PBF0%	۶/۳۰	
PBF0%	۵/۹۷	
PBF0%	۵/۹۸	
PBF0%	۶/۰۴	
PBF5%	۶/۵۸	۶/۱۶
PBF5%	۵/۹۸	
PBF5%	۵/۷۵	
PBF5%	۶/۷۸	
PBF5%	۵/۷۳	
PBF10%	۶/۷۵	۶/۷۵
PBF10%	۶/۹۳	
PBF10%	۶/۷۲	
PBF10%	۶/۶۴	
PBF10%	۶/۷۳	
PBF15%	۵/۸۹	۵/۷۶
PBF15%	۵/۹۹	
PBF15%	۵/۵۶	
PBF15%	۵/۶۴	
PBF15%	۵/۷۱	
PBF20%	۵/۳۲	۵/۶۸
PBF20%	۵/۳۶	
PBF20%	۵/۱۷	
PBF20%	۶/۲۲	
PBF20%	۶/۳۲	



شکل ۵ میانگین نتایج استحکام خمشی

نتیجه گیری

میزان سایش با افزایش درصد جایگزینی UFS به جای ماسه ۳-۰ مصرفی کاهش پیدا کرده است، به طوری که در نمونه PBF20% نسبت به نمونه PBF0% سایش به میزان تقریبی ۱۷٪ کاهش پیدا نموده است. نتایج تحقیقات پیشین انجام شده نیز موید این موضوع می باشد که با افزایش درصد استفاده از این ماده در بتن مقاومت سایشی نمونه ها افزایش داشته است. (۶) بافت سطح ساییده شده نیز با افزایش میزان جایگزینی خشن تر و زبرتر شد.

میزان جذب آب سطحی تمامی نمونه های حاوی ماسه ریخته گری استفاده شده بیشتر از نمونه شاهد PBF0% می باشد. بیشترین میزان درصد جذب آب سطحی مربوط به نمونه PBF10% می باشد که نسبت به نمونه شاهد به میزان تقریبی ۷۰٪ افزایش داشته است. در باقی نمونه ها این میزان افزایش به میزان تقریبی ۵۰٪ محدود می شود.

استحکام خمشی نمونه ها تا نمونه PBF10% روند افزایشی دارد ولی پس از آن روند کاهشی را در پیش می گیرد. در نمونه PBF10% نسبت به نمونه شاهد PBF0% به میزان حدوداً ۱۱٪ افزایش استحکام خمشی مشاهده می شود که بیشترین میزان افزایش می باشد، در مطالعات صورت گرفته توسط دیگر محققین نیز بیشترین درصد افزایش مقاومت فشاری و کششی را در نمونه ای که ۱۰٪ از ماسه طبیعی با ماسه ریخته گری استفاده شده جایگزین شده بود را گزارش کردند. (۲) نمونه PBF20% به نسبت نمونه شاهد PBF20% به میزان تقریبی ۷٪ کاهش استحکام خمشی داشته است، ولی با این وجود، حداقل های استاندارد ۷۵۵ در مورد استحکام خمشی را ارضا می نماید.

از آن جایی که در نمونه PBF10% استحکام خمشی و میزان جذب آب سطحی هر دو بیشترین مقدار را دارا می باشند، و از آن جایی که میزان سایش در این نمونه نسبت به نمونه شاهد PBF0% کاهش یافته است، لذا به منظور نتیجه گیری قطعی در مورد تاثیر ماسه ریخته گری استفاده شده بر روی خواص دوامی، آزمایش های بیشتری به محققین برای کارهای آتی پیشنهاد می گردد. این موضوع به نحوی در پژوهش های دیگر محققینی که بر روی این ماده مطالعه نموده اند نیز مشاهده می شود. (۹) بطوری که در نمونه های بدون متاکاؤلن با جایگزین کردن ۲۰٪ ماسه ریخته گری استفاده شده با ماسه مصرفی، با وجود اندکی افزایش در مقاومت فشاری، میزان جذب آب نمونه ها افزایش یافته است. البته بررسی ریزساختار نیز می تواند در نتیجه گیری قطعی بسیار تاثیر گذار باشد.

در مجموع با توجه به مشکلات زیست محیطی موجود که ماسه ریخته گری استفاده شده به وجود آورده است و با در نظر گرفتن نتایج آزمایش های موجود بر روی کفپوش های بتنی از نقطه نظر فنی، امکان استفاده از ماسه ریخته گری استفاده شده به عنوان جایگزین بخشی از ماسه مصرفی در رویه کفپوش های بتنی وجود دارد، البته در مورد جذب آب سطحی زیاد نمونه ها با توجه به دیگر پژوهش های انجام شده در این زمینه (۹) می توان با استفاده از پوزولان ها مقدار آن را کاهش داد.

تقدیر و تشکر

بدینوسیله مراتب تقدیر و تشکر خود را از مسئولین محترم شرکت آپتوس به جهت همکاری و در اختیار گذاشتن امکانات مجموعه متبوع خویش در تولید این مقاله اعلام می داریم.

منابع و مراجع

1. Effect of used-foundry sand on the mechanical properties of concrete. **Siddique, Rafat, De Schutter, Greet and Noumowe, Albert.** 2009, Construction and Building Materials, pp. 976-980.
2. Re-usage of waste foundry sand in high-strength concrete. **Guney, Yucel, Dursun Sari, Yasin and Yalcin, Muhsin.** 2010, Waste Management, pp. 1705-1713.
3. **U.S Department of Transportation.** Foundry Sand Facts for Civil Engineers. May 2004, p. 13.
4. **Society, American Foundry.** Final Report on Alternate Utilization of Foundry Waste Sand Phase II. 1992.

5. Effects of elevated temperatures on properties of self compacting concrete containing fly ash and spent foundry sand. **Pathak, Neelam and Siddique, Rafat** . 2012, Construction and Building Materials, Vol. 34, pp. 512-521.
6. Abrasion resistance and strength properties of concrete containing waste foundry sand (WFS). **Singh, Gurpreet and Siddique, Rafat**. 2012, Construction and Building Materials, Vol. 28, pp. 421-426.
7. Use of spent foundry sand and fly ash for the development of green self-consolidating concrete. **Sahmaran, Mustafa, Lachemi, Mohamed K and Erdem, Tah**. 2011, Materials and Structures, Vol. 44, pp. 1193-1204.
8. Valorization of Foundry Sand in Clay Bricks at Industrial Scale. **Alonso-Santurde, Rebeca, Coz, Alberto and Quijorna, N**. 2010, Journal of Industrial Ecology, Vol. 14, pp. 217-230.
9. Effect of metakaolin and foundry sand on the near surface characteristics of concrete. **Siddique, Rafat and Kadri, El-Hadj**. 2011, Construction and Building Materials, Vol. 25, pp. 3257-3266.
10. Strength, durability, and micro-structural properties of concrete made with used-foundry sand (UFS). **Siddique, Rafat, Aggarwal, Yogesh and Aggarwal, Parat**. 2011, Construction and Building Materials, pp. 1916-1925.

The utilization effect of Used Foundry Sand (UFS) to producing flooring concrete

**Nima Aminian, Maysam Kariminia, Mohammad Peirovi,
Saleh Mojdehi**

Abstract

Casting is one of the ancient industrial in many countries, including Iran. Despite excellent progress in varies science, but because the reasons such as good conductivity, sand is an integral part of this industry. After multiple use of sand in molding, this sand is became waste and huge volume of this wastes materials has create many problems for industries and municipals. In order to have a correct solution to disposal of this waste material, using this waste material as weight partial replacing the face sand of flooring concrete is investigated. Therefore the percentage of Used Foundry Sand (UFS), 5, 10, 15 and 20 replaced as weight partial of 0-3 sand of flooring concrete face. Water to cement ratio is taken 0.35 for all specimens. The lowest surface water absorption is in control specimen, maximum flexural strength is observed in specimen containing 10% waste and minimum abrasion is in specimen including 20% foundry sand.

Key words: casting, concrete floor face, surface water absorption, flexural strength, abrasion