



ارائه شده توسط:

سایت ترجمه فا

مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده

از نشریات معتبر

ترکیب بتن سبز با استفاده از ضایعات جامد و نانو ذرات به عنوان جایگزین -

بررسی

چکیده

فرایند تولید سیمان پورتلند معمولی (OPC) بسیار انرژی است و مشکلات زیست محیطی مختلفی، مانند آلودگی و انتشار CO₂ را ایجاد می کند. بنابراین نیاز به جایگزینی بتن سبز سازگار با محیط زیست، وجود دارد. ضایعات کشاورزی، صنایع، زباله های بهداشتی، زباله های دریایی و زباله های الکترونیکی را می توان بازیافت کرد و به عنوان مواد افزودنی برای ساخت بتن سبز، بکار برد. این کار، اثر زیست محیطی و مصرف انرژی را کاهش خواهد داد. استفاده از فناوری نانو برای یک ساختمان سبز در حال حاضر و آینده بسیار مهم است. تولید و پیاده سازی طرح بتن سبز هنوز در مرحله ابتدایی است. اعضای انجمن علمی و R & D، نیاز به ارتقاء برنامه کاربردی در سطح صنعت دارند. تمرکز این مقاله بر ایجاد آگاهی برای استفاده از مواد دور ریختنی و همچنین برجسته کردن تکنولوژی جدید برای تولید بتن سبز می باشد.

کلید واژه ها: بتن سبز، زباله بازیافت شده، نانوذرات.

۱. مقدمه

اقتصاد هر کشوری بر اساس زیرساختهای موجود رشد می کند. زیر ساخت رودها، پل ها، انبارها، ساختمان ها، فرودگاه ها، بندرها، و غیره را پوشش می دهد. همانطور که درخواست برای زیرساخت ها رشد می کند، نیاز به بتن ریزی نیز افزایش می یابد که منجر به درخواست بیشتر سیمان می گردد. بتن سیمانی بیشترین درخواست را در صنعت ساختمان دارد و در همین حال آن یک نگرانی محیطی است، زیرا گازهای خطرناکی را در مراحل مختلف تولید، ایجاد می کند. بطور کلی می دانیم که هر ترکیب بتنی دارای سیمان، ماسه و شن، مواد سنگی، آب و افزودنی های دیگر بر حسب نیاز طراحی است. با افزایش تقاضا برای کنترل آلودگی و استفاده از مواد بازیافتی صنایع مختلف، تلاش برای جایگزینی مواد استاندارد با بدل های پیشنهادی، آغاز شد. آن اثرات بر مقاومت فشاری، زمان تنظیم، هزینه اثربخشی و کاهش

سطح آلودگی را پوشش می دهد. منابع طبیعی همیشگی نیستند، بنابراین ما نیاز به پیدا کردن جایگزین هایی، برای جایگزینی آنها بدون کاهش کیفیت و پارامترهای موثر نهایی در محصول نهایی داریم. کوره های سیمان گازهای خطرناک را تولید کرده و به گرم شدن جهانی کمک می کنند. حیوانات نیز تحت تاثیر آلودگی ناشی از کارخانه های سیمان قرار می گیرند. در طول حمل کیسه های سیمان از سایت تولیدی به کاربر نهایی، پوشش آنها پاره شده و گرد و غبار سیمان در محیط زیست پراکنده می شوند، که سبب بیماری های تنفسی شده و کارگرهایی را که حمل، تخلیه و توزیع دوباره کیسه های سیمان ذخیره شده را بر عهده دارند، تحت تاثیر قرار می دهد. مدیریت زباله های جامد، به دلیل افزایش مقدار مواد زائد و محصولات صنعتی، یک نگرانی عمده است که باعث افزایش مشکلات اشغال زمین و هزینه بازیافت مواد زائد می گردد. استفاده از این مواد به عنوان بتن سبز تنها گزینه برای کاهش نگرانی دفع زباله ها است. بتن سبز از مواد زائد ساختار با محیط زیست ساخته شده است و انقلابی در صنایع بتن توسط تکنولوژی آن بوجود آورده است. محصولات زباله را می توان به صورت مستقیم به عنوان یک جایگزین جزئی از سیمان استفاده مجدد کرد و بنابراین در مصرف انرژی در طول تولید سیمان صرفه جویی کرد. برخی از مواد زائد دارای خصوصیات پوزولان ها می باشند. پوزولان ها ماده ای غنی از سیلیکا و آلومینا (اکسید آلومینیوم) است که دارای خصوصیت چسبندگی کم یا ناچیز هستند، اما در حضور آب، در دمای معمولی برای تشکیل خصوصیات چسبندگی به طور شیمیایی با هیدروکسید کلسیم واکنش می دهند [۱].

فرآیند کامل تولید سیمان، از خرد کردن و انتقال سنگ آهک، تا گرم کردن کوره و فشرده سازی همه تولید آلودگی می کنند. شن و ماسه رودخانه به عنوان سنگدانه های ریز برای مخلوط های بتنی استفاده می شود که از بستر رودخانه ها به دست آمده و باعث فرسایش خاک پر ارزش می شود. از آنجا که معدن شن و ماسه یک تجارت پرسود است، از لحاظ اقتصادی به نفع دولت نیست و اکولوژی رودخانه ها را مختل می کند. جریان آب یکنواخت نیست و بستر رودخانه تخریب شده است. خرده سنگ های درشت خرد شده و به اندازه های از گرانیات و سنگهای لاجوردی پودر می شوند. این باعث استخراج معدن می شود و فلز آبی (فلز کبود) در تراشیدن و انفجار کوه ها مشارکت می کند. بیشتر کوه ها کاملاً تراشیده شده اند، که این کار بر الگوی بارندگی تأثیر می گذارد. آلودگی و گرد و غبار خاکستری پراکنده شده در

هوا، یک وضع نامساعد از استخراج فلزات آبی می باشد. این همچنین برای تولید ماسه شکسته پودر شده است، که یک جایگزین ارزان تر برای شن و ماسه رودخانه می باشد. همچنین مواد آتشفشانی و مواد پردازش شده حرارتی، می توانند به صورت توده های سبک وزن به عنوان منابع طبیعی استفاده شوند. آب یک ماده اصلی است و معمولا آب آشامیدنی برای تولید مخلوط بتن سیمان، مناسب ترین است. ذخایر زمینی آب در حال تخلیه شدن است و آب بازیافت شده باید در سیستم برای داشتن یک منبع پایدار از آب، جایگزین شود. مخلوط بتن باعث انتشار گازهای گلخانه ای (CO₂) و آلودگی ها در اتمسفر می شود. بتن کاربردی ترین ماده در صنعت ساخت و ساز است و انواع مختلفی از فرسودگی را با توجه به اثرات زیست محیطی متحمل می شود.

، مقدار زیادی از مواد زائد از محیط های اطراف، زیست محیط ها و صنایع هر روز تولید می شوند. مواد زائد مانند خاکستر پوسته برنج (RHA)، خاکستر خاک اره (SDA)، لاستیک ترک خورده، ضایعات پلاستیکی، پوست و غلاف نارگیل، زباله نساجی (لجن و لیف) و غیره منجر به بحران های دفع زباله شده اند. بازیافت این زباله ها را می توان به عنوان یک مخلوط برای ساخت سازه های بتنی سبز استفاده کرد. این کار مقدار سیمان مصرفی و انتشار CO₂ و گرمای زمین را کاهش می دهد. در این مقاله، بحث در مورد استفاده از مواد زائد به عنوان یک مخلوط بتن است که ماندگاری و دوام بهتری نسبت به بتن های موجود ارائه می دهد و نه تنها مسائل زیست محیطی و اکولوژیکی را حل می کند بلکه خصوصیات ریزساختاری و دوام بتن را به طور قابل توجهی بهبود می بخشد. نخاله های ساختمانی در بتن مخلوط شده اند که موجب صرفه جویی در فضای مورد نیاز برای دور ریختن آنها می شود و در عین حال آنها دوباره بازیافت شده و مواد جدید مورد نیاز نمی باشد.

این مقاله سه نوع مختلف از منابع را توضیح می دهد: به عنوان منابع کشاورزی، صنایع و زباله های بیولوژیکی. با پیاده سازی فناوری نانو، خواص سازه های بتنی می توانند بهبود یابند.

۲. منابع مواد

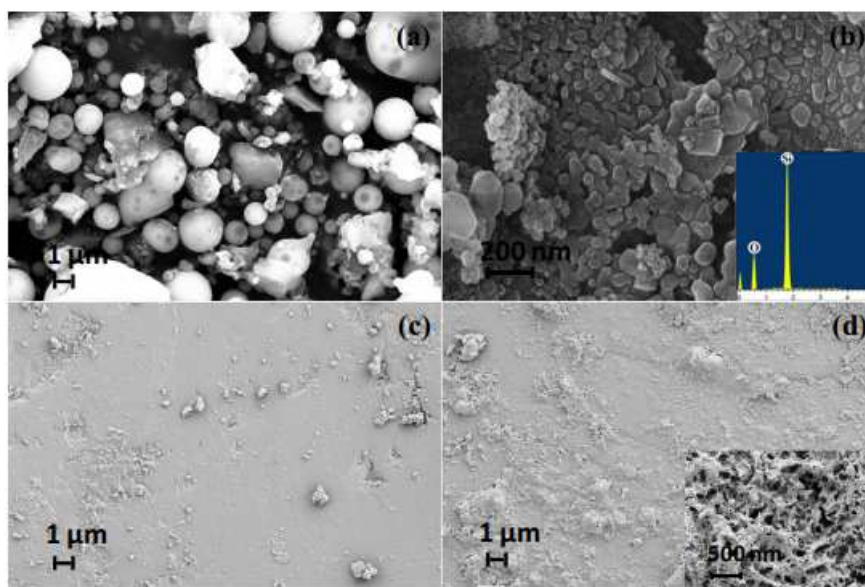
۱-۲ منابع کشاورزی

زباله های زراعتی بر پایه گیاه مانند پوسته برنج، زباله های چوب مانند خاک اره، خاکستر سوخت روغن پالم (نخل) و پوست و غلاف نارگیل منابع پایداری برای تولید بتن هستند.

۱-۱-۲ خاکستر پوسته برنج (RHA)

پوسته برنج زباله زراعتی بدست آمده از آسیاب برنج است، که یکی از بزرگترین منابع زیست محیطی استفاده نشده موجود می باشد. دفع این زباله طبیعی یک مشکل بزرگ است زیرا باعث آلودگی می شود. RHA (مواد سیلیکایی) با توجه به منطقه سطحی فوق العاده آن، بسیار پوزولانی است. آن شامل ۹۰ تا ۹۵ درصد SiO_2 است که جزئی ضروری در بتن می باشد در حالیکه OPC حاوی ۲۱ درصد SiO_2 است. زباله تولید شده از مزرعه برنج، مانند RHA می تواند برای بهبود کارایی، ماندگاری، دوام و کاهش مقدار سیمان در مخلوط بتن (بتن سبز) استفاده شود. RHA یک ژل کلسیم سیلیکات هیدرات (C-S-H) را تشکیل می دهد که می تواند ترک خوردگی بتن را متوقف کرده و از آن در برابر هر نوع خوردگی و فرسایشی محافظت می کند. استفاده از RHA در بتن توسعه مقاومت را نشان می دهد [۲،۳]. در بتن خود فشرده ساز، RHA مساله دفع زباله ها را حل می کند، و از اینرو محیط زیست را بطور رایگان از آلودگی حفظ می کند [۴]. سیلیکا موجود در RHA، با هیدروکسید کلسیم ترکیب می شود و یک مقاومت بر مواد، تحت شرایط اسیدی تشکیل می دهد. Ramezianpour و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که بتن با جای دادن RHA در بتن تغییر یافته، دارای فشرده سازی عالی است، مقاومت کششی شکاف خوردگی و مدول های کشسانی (الاستیک) در مقایسه با بتن کنترل شده، متفاوت هستند [۵]. Alireza و همکاران (۲۰۱۰) از RHA به عنوان مواد پوزولانی در ملات و بتن استفاده کردند [۶]. این خصوصیات مکانیکی و ماندگاری را بهبود می بخشد. Ramasamy (2012) دریافت که ۲۰ درصد اضافی از RHA، مقاومت بیشتری نسبت به حمله سولفاتی را نشان می دهد [۷]. Krishna (۲۰۱۲) در مورد اثربخشی RHA، به عنوان یک مخلوط بتن چند منظوره و کاربرد بتن [8] RHA بحث کرد. Godwin (۲۰۱۳) ثابت کرد که با استفاده از RHA بتن می تواند اصلاح شود که جایگزین مناسبی است و به شکل انواع مختلفی از سازه های بتنی استفاده شده است [۹]. Jayanti و همکاران (۲۰۱۳) مشاهده کردند که تقریباً جایگزینی ده درصدی با RHA به جای سیمان، نتایج مطلوبی برای ماندگاری ۲۸ روزه داشت [۱۰]. Padma Rao و همکاران

(۲۰۱۴) افزایش قابل توجه در مقاومت فشاری از ۷,۲۸ و پس از ۵۶ روز را در بتن با استفاده از [11] RHA تأیید کردند. یک مطالعه مقایسه ای از جایگزینی جزئی OPC با خاکستر بادی (۲۰٪) و بتن تغییر یافته RHA (۳٪) مقاومت بیشتر، تخلخل کمتر و نفوذ پذیری را در بتن تغییر یافته RHA با توجه به حضور نانوسیلیکا نشان می دهد [۱۲]. علاوه بر این، آنها همچنین از طریق تجزیه و تحلیل FESEM تأیید کردند که حضور نانوسیلیکا در بتن تغییر یافته RHA، دارای ساختار لایه ای پلیمری و بافت سطح ناهموار است که به افزایش چسبندگی بین سنگدانه ها و خمیر سیمان کمک می کند، بنابراین مقاومت را (شکل ۱) با استفاده از RHA افزایش می دهد به طوریکه بتن سبز، انتشار کربن را از صنعت بتن کاهش می دهد. تا کنون، بتن تغییر یافته RHA در مرحله آزمایشگاهی باقی مانده است که می تواند بیشتر بهبود یابد و صنایع باید با آن منطبق گردند.



شکل ۱ پوشش ریز نگار الکترونی (a) خاکستر بادی (b) RHA (c) بتن تغییر یافته خاکستر بادی (d) بتن تغییر یافته RHA.

۲-۱-۲ خاکستر خاک اره (SDA)

SDA یک مقدار اضافی از خاکستر تولید شده چوب، به عنوان یک محصول جانبی از سوختن زباله های چوب است که برای حل مشکلات مربوط به دفع آنها ضروری می باشد. Rudolph، Tarun و Rafat (۲۰۰۳) وجود عناصر زیر را در خاکستر چوب گزارش دادند: کربن (۵-۳۰ درصد)، کلسیم (۵-۳۰ درصد)، کربن (۷-۳۳ درصد)، پتاسیم (۴-۳ درصد)،

منیزیم (۱ درصد - ۲ درصد)، فسفر (۰,۳ درصد - ۱,۴ درصد) و سدیم (۰,۲ درصد - ۰,۵ درصد). این همچنین حاوی SiO_2 و CaO است که مواد پوزولانی هستند [۱۳]. Abdullahi (۲۰۰۳) رفتار خاکستر چوب / بتن OPC را مطالعه کرده و با تجزیه و تحلیل شیمیایی خاکستر چوب، استحکام، زمان تنظیم و آزمایش استامپ خمیر تازه، تعیین شده است [۱۴]. Abdullahi (۲۰۰۶) دریافت که مقاومت فشاری بتن با جایگزینی ۲۰ درصدی خاکستر چوب در ۶۰ روز افزایش یافته است [۱۵]. خاکستر زباله چوب، یک ماده قابل قبول برای تولید بتن ساختمانی با مقاومت و دوام بهبود یافته است [۱۶]. Raheem و همکاران (۲۰۱۲) جایگزین SDA را به عنوان پوزولان در تولید بتن استفاده کرده که SiO_2 ، Al_2O_3 و Fe_2O_3 را ترکیب نموده است [۱۷]. این خاک اره یکی از تهدیدات زیست محیطی برای جامعه است بطوریکه برای سلامت انسان و موجودات زنده دیگر خطرناک است. استفاده از SDA به عنوان بتن سبز مساله دفع و آلودگی محیط زیست را حل خواهد کرد و سازه های بتنی مقاومی را می سازد. صنایع چوب، می توانند این را به عنوان یک جایگزین برای دفع خاک اره زائد در نظر بگیرند.

۳-۱-۲ خاکستر سوخت روغن پالم (POFA)

POFA، یک زباله کشاورزی باقی مانده از روغن پالم است که از الیاف و پوسته نخل تولید شده است. آنها با در ۸۰۰ تا ۱۰۰۰ سانتی گراد سوزانده شده تا گرمایش الکتریکی را تولید کنند [۱۸]. این یکی از تهدیدات زیست محیطی است، از اینرو به عنوان موارد خاکچال دفع شده است، زیرا استفاده بیشتر از آن امکان پذیر نمی باشد. این توسط بسیاری از محققان به عنوان یک ماده چسبناک مکمل در ملات یا بتن، مورد استفاده قرار گرفت [۱۹-۲۴]. POFA حاوی ۲۱ تا ۲۲ درصد از اکسید سیلیکا است که می تواند با کلسیم هیدروکسید ($Ca(OH)_2$) از فرایند هیدراتاسیون و تولید هیدرات کلسیم سیلیکات بیشتر (C-S-H) واکنش نشان دهد [25]. جایگزینی ۲۰ درصدی POFA، می تواند سطح مطلوبی برای رسیدن به مقاومت بتن باشد، بطوریکه به تدریج به فراتر از این سطح جایگزینی کاهش می یابد [۲۵]. Sata Vanchai (۲۰۰۴)، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد از بتن های خاکی POFA را تجزیه و تحلیل کرد و دریافت که بالاترین مقاومت در جایگزینی ۲۰ درصدی POFA در مدت ۲۸ روز می باشد، مقاومت فشاری بتن های حاوی POFA در دوره های ۷،۲۸ و ۹۰ روزه مورد آزمایش قرار گرفت [۲۳]. Michael Yong

Jing Liu (۲۰۱۴) بر روی استفاده از خاکستر سوخت روغن پالم به عنوان چسب در بتن ژئوپلیمری پوسته نخل روغن سبک کار کرد و دریافت که مخلوط ۲۰ درصدی POFA می تواند به صورت بتن سبک سازه ای دسته بندی شود [۲۶]. Ramin.

Andalib (۲۰۱۴) بر این نکته تاکید کردند که در تیر بتن مسلح به جای سیمان، استفاده از خاکستر سوخت روغن پالم (POFA) با خاکستر بادی ترکیب شده بود [۲۷]. افزایش فوق روان کننده برای دستیابی به کارایی، قابلیت خاگریزی بالا، سیلانی، کاهش اصطکاک بین دانه ای، حفظ ظرفیت تغییر شکل، چسبندگی و قابلیت خود متراکم در سازه های بتنی با افزایش مقاومت فشاری، قابل توجه است [۲۸، ۲۹]. تولید پایدار بتن سبز توسط POFA دقیقاً برای محیط زیست امکانپذیر است. بر اساس بررسی کلی می توان نتیجه گرفت که POFA می تواند به عنوان یک ماده چسبناک فوق روان کننده مؤثر، برای جایگزینی ۲۰ درصدی سیمان در بتن و ملات استفاده شود.

۴-۱-۲ پوست و غلاف نارگیل

دور ریختن غلاف و پوست نارگیل، یکی دیگر از مسائل زیست محیطی است. مطالعات نشان داده است که سوزاندن زباله های کشاورزی باعث آلودگی هوا و کاهش مواد مغذی زمین می شود که منجر به کاهش باروری خاک می گردد [۳۰]. اگرچه تجزیه زباله های کشاورزی در این زمینه مضر نیست بلکه باروری خاک را نیز افزایش می دهد، اما تجزیه خاک بسیار کند است. برای تهیه غلاف نارگیل به صورت مصالح دانه ای، آن در دمای ۲۵-۳۰ سانتیگراد اتاق با هوا خشک شده است و می تواند به صورت دستی به ریز دانه هایی به اندازه ۱۲ میلی متر شکسته شود. این در صنایع بتنی به عنوان جایگزینی جزئی از دانه های درشت برای کاهش مصرف طبیعی برای تولید بتن سبز استفاده شده است. جایگزینی غلاف نارگیل به عنوان مصالح دانه ای در مخلوط بتن، مقاومت فشاری را در مقایسه با مخلوط بتن معمولی افزایش داده است [۳۱]. این مصالح دانه ای غلاف نارگیل طبیعی باید به جای ۱۰ الی ۲۰ درصد از عناصر نرمال جایگزین شود. عملکرد بتن مخلوط شده با مصالح دانه ای غلاف نارگیل کمی کمتر از بتن مصالح دانه ای معمولی است [۳۲]. Vishwas P (2013) مشاهده کرد که در ۲۸ روز، مقاومت فشاری بهبود یافته برای بتن تغییر یافته با مصالح دانه ای غلاف نارگیل برای ۱۰ درصد، ۲۰ درصد و ۳۰ درصد، به ترتیب ۲۴، ۲۱، ۲۲، ۸۱ و ۲۱، ۸۰ بود که نتایج

امیدوار کننده ای را برای بتن سبک ارائه دادند [۳۳]. از نقطه نظر زیست محیطی و اقتصادی، پوست و غلاف نارگیل می تواند به عنوان مواد ساختمانی جایگزین استفاده شود.

۵-۱-۲ زباله های ملاس

ملاس، زباله تولید شده از صنایع شکر و کاغذ است که شامل لیگنوسولفات می باشد و به عنوان یک واکنشگر پراکنده عمل می کند. آنها دارای اثر روانسازی برای بهبود ویژگی های فیزیکی سازه های بتنی مانند کارایی، دوام و مقاومت هستند. روانساز (ماده افزودنی) یکی از مواد افزودنی مهم است که برای طراحی سازه های بتنی مورد استفاده قرار می گیرند و محتوای آب را در مخلوط بتن کاهش می دهد. ملاس از جمله زباله های مخمر تخمیر بعنوان یک روانساز در مخلوط بتن استفاده شده است و اثرات عناصر آلی و غیر آلی (معدنی) زباله مخمر تخمیر را در خصوصیات سیستم پیوند بتن تحلیل می کند [۳۴]. Akar و Canbaz (۲۰۱۶) در مطالعه ی خود دریافتند که افزودن ۰,۵ و ۱ درصد مواد ملاس، نسبتهای آب - سیمان در بتن را کاهش داده ، بر دوام بتن اثر منفی می گذارد و هزینه تولید بتن سبز را کاهش می دهد [۳۵].

جدول ۱ جزئیات مخلوط بتن های طبیعی و بتن تغییر یافته خاکستر بادی.

مخلوط بتن N/30/20/60: بتن معمولی				
عناصر سازنده	سیمان	آب	سنگدانه ریز	سنگدانه درشت
In kg/m ³	(C)	(w)	(FA)	(CA)
بتن	400	180	684	1168
تهیه مخلوط	C÷C:	W÷C:	FA÷C:	CA÷C
توسط آب	1	0.45	1.71	2.92

مخلوط بتن N/35/20: بتن با خاکستر بادی و فوق روان کننده (SP)							
عناصر سازنده	سیمان	آب	خاکستر بادی	ذرات خاک رسی (چسب)	ماسه	سنگدانه های درشت	فوق روان کننده
In kg/m ³	(C)	(w)	(FA)	(B)	(FA)	(CA)	SP
بتن	225	143	150	375	549	1130	6.75
	C÷C:	W÷C:	FA	B کلی	FA÷C:	CA÷C	B÷Sp

تهیه مخلوط توسط آب	0.6	0.38	0.4	1	1.46	3.01	1.8 درصد
--------------------	-----	------	-----	---	------	------	----------

۲-۲ منابع صنعتی

۲-۲-۱ خاکستر بادی

خاکستر بادی، باقی مانده ذغال سنگ سوخته است و غالباً از نیروگاه های حرارتی تولید شده است. در هند، ما هنوز هم به شدت وابسته به نیروگاه های حرارتی هستیم بطوریکه تولید ذغال قهوه ای و زغال سنگ افزایش یافته است. باقی مانده ناشی از سوخت زغال باید دفع شود. بازیافت خاکستر بادی به جای سیمان، یک راه حل را برای دفع فراهم می کند و همچنین یک جایگزین مقرون به صرفه برای ساره بتن سبز ارائه می دهد. بتن تغییر یافته خاکستر بادی با کلسیم هیدروکسید سیمان واکنش می دهد و ترکیبات مقاوم تر و با دوام تری را تشکیل می دهد. این مواد شیمیایی سمی از منابع طبیعی آلوده را محصور می کند و همچنین استفاده از انرژی و انتشار گازهای گلخانه ای را کاهش می دهد. این باعث کاهش نیاز به آب، افزایش کارایی، کاهش عرق ریزی بتن، جداسازی (تفکیک) و گرمای هیدراتاسیون می شود و مقاومت در برابر حمله سولفات و اسید، را با کسب مقاومت طولانی مدت بهبود می بخشد. خاکستر بادی حاوی SiO_2 ، Al_2O_3 ، Fe_2O_3 می باشد، در حالی که ژل CSH محصول واکنش های بین خاکستر بادی و کلسیم هیدروکسید است که به عنوان یک پرکننده خوب عمل می کند. مقاومت را افزایش، نفوذ پذیری و خوردگی را کاهش، مقاومت سولفات را نیز افزایش و واکنش قلیایی سنگدانه ها را کاهش می دهد. مخلوط بتن طبیعی (NC) و بتن تغییر یافته خاکستر بادی با فوق روان کننده برای ارائه مطالعاتی در آب دریا، طبقه بندی شده اند (جدول ۱) [۳۶].

۲-۲-۲ سرباره کوره انفجار گرانول (GGBFS)

GGBFS محصولی از آهن، فولاد و سرباره آهن گرانول از کوره های ذوب آهن است و ترکیب آن وابسته به مواد خام استفاده شده در طول تولید آهن می باشد. این ماده به عنوان ماده بازیافت شدنی سبز در نظر گرفته شده است. این به عنوان سیمان سرباره با ترکیب سیلیکات، آلومینات، CaO و MgO در مخلوط بتن استفاده شده است. سازه های

بتنی که در دمای بالا (۴۵۰ درجه سانتیگراد) دوام می آورند باید مسائل مربوط به دهیدراسیون (آب زدایی) نما، نفوذ پذیری، انبساط حرارتی و ترک خوردگی را حل کنند، کاهش مقاومت و افزایش تخلخل بر سازه های بتنی تاثیر می گذارد. در دمای خیلی بالا، مقاومت بتن تقریباً ۱۵ تا ۲۰٪ کاهش می یابد [۳۷-۳۹]. سازه های بتنی GGBFS با استفاده از سرباره آهن، مصالح ساختمانی مقاومی برای پیاده رو ها، لوله ها، فونداسیون و کاربردهای دریانوری هستند.

۳-۲-۲ ضایعات ماسه ریخته گری (WFS)

WFS یا ماسه سبز یک محصول جانبی از صنایع ریخته گری فلزات غیر آهنی و آهنی، با خصوصیات فیزیکی یکنواخت و سیلیکا کیفیت بالا می باشد. که به عنوان یک ماده قالب گیری استفاده شده است، WFS دارای هدایت حرارتی بسیار خوبی است. هنگامیکه WFS از ریخته گری دور ریخته می شود، زباله یا ماده ریخته گری سبز نامیده می شود. بسیاری از محققان استفاده از ضایعات ماسه ریخته گری را در کاربردهای مختلف مانند بزرگراه [۴۱-۴۸] و دیگر محصولات بتنی مانند آجر، بلوک و سنگ مصنوعی گزارش دادند [۴۹-۵۳]. استفاده از WFS ها در آن را مقرون به صرفه می کند، بلکه به کاهش نگرانی های مربوط به دفع نیز کمک می کند [۵۴]. افزایش مقاومت فشاری، مقاومت کششی و مقاومت خمشی آن توسط جایگزینی ۳۰ درصدی سنگدانه های ریز، با بتن معمولی مقایسه گردید [۵۵]. Eknath و WFS (2011) Desai سنگدانه های ریز را در ساخت بتن ساختمانی با درصد های جایگزینی متفاوت، از جمله ۰، ۱۰، ۲۰، و ۳۰ درصد از وزن سنگدانه های ریز بکار بردند و آزمایشات را برای ۷ و ۲۸ روز انجام دادند. بتن لایه اساس M20 خرد شد و مقاومت 20 N/mm^2 پس از ۲۸ روز بدست آمد [۵۶]. لایه اساس M20 بتن، نسبت مخلوط سیمان، ماسه و سنگدانه ها 1:1.5:3 در حجم است. (Gunev (2010 دریافت که بتن با ۱۰ درصد ضایعات ماسه ریخته گری، تقریباً نتایج مشابهی با کنترل دیگری دارد [۵۷].

۳-۲-۴ دوده (بخار) سیلیکا

دوده سیلیکا به علت نرمی (ریزی) خیلی زیاد و مقدار سیلیکا بالا [۵۸،۵۹] یک ماده بسیار پوزولانی مفید است. این یک محصول جانبی از فرآیند ذوب برای تولید فلز سیلیکون و آلیاژ فروسیلیس در صنایع می باشد. این یک پودر فوق العاده ریز و کروی شکل با اندازه میانگین ۱۵۰ نانومتر است. دوده سیلیکا حاوی بیش از ۸۵ تا ۹۰ درصد سیلیکا می باشد

که ۱۰۰ تا ۱۵۰ برابر کوچکتر از ذرات سیمان است. آن به صورت یک پر کننده عمل می کند و به عنوان یک مخلوط شیمیایی در بتن استفاده می شود. آن مقاومت بیشتری را برای بتن فراهم می کند، به طوریکه با کلسیم هیدروکسید بتن تازه واکنش نشان می دهد و ژل CSH بیشتری برای کاهش نفوذ پذیری و ساختار منافذ پالایش شده ایجاد می کند که منجر به مقاومت بیشتری نسبت به حمله سولفات در محیط های تهاجمی می شود [۶۰]. دوده سیلیکا با هیدروکسید کلسیم موجود در سیمان پورتلند واکنش نشان می دهد و کلسیم سیلیکات هیدرات شیشه به کلسیم سیلیکات هیدرات موجود در سیمان پورتلند را تشکیل می دهد.

۲-۲-۵ الیاف پشم شیشه

پشم شیشه با مخلوط کردن ماسه طبیعی و شیشه بازیافت شده در ۱۴۵۰ درجه سانتیگراد تولید شده است. پشم شیشه یک ماده سبک و بسیار محکم بازیافت شده است. خصوصیات قدرت انبوه و وزن آن نسبت به فلزات دیگر مطلوب است. افزودن ۰,۱ درصدی فیبرهای شیشه ای به بتن می تواند خصوصیات مکانیکی و دوام بهبود یافته را در ۲۸ روز توسعه دهد [۶۱]. بررسی انجام شده توسط R. Gowri و (2013) Angeline Mary نشان داد که مقاومت کششی شکاف خوردگی و فشاری بتن، در مدت ۲۸ روز با افزودن الیاف شیشه ای افزایش می یابد [۶۲]. ضایعات پودر شیشه که معمولاً در خاکچال دفن می شوند، نیز باید جایگزین سنگدانه های ریز در صنایع ساختمانی گردند. پودر شیشه همراه با خاکستر بادی و دوده سیلیکا به عنوان جایگزین جزئی سیمان، با لاستیک بوتادین استایرن (SBR) اضافه شده، باعث بهبود پیوند بین SBR و خمیر سیمان شد. این افزایش مقاومت های فشاری و خمشی، کاهش انبساط های واکنش آلکالی سیلیکا (ASR)، ضریب جذب آب و میزان جذب آب از مخلوط کنترل شده را نشان می دهد [۶۳].

۲-۲-۶ ضایعات لاستیکی

دور ریختن لاستیک (تایر) یک مشکل دیگر برای محیط زیست می باشد. سوزاندن تایر باعث ایجاد مشکلات اتمسفری و بهداشتی می شود. علاوه بر این، خاکچال نیز راه حل نیست. بنابراین جایگزین دیگری از تکنولوژی بتن سبز، استفاده بالقوه از این مواد زائد می باشد. این می تواند به عنوان سنگدانه هایی استفاده شود که مقاومت کششی شکاف خوردگی و فشاری کمتری نسبت به بتن معمولی دارد [۶۴]. خصوصیات این نوع بتن ها می توانند با استفاده از مواد افزودنی

که وابسته به اندازه و توزیع ذرات لاستیک هستند، افزایش یابند [۶۵،۶۶]. بتن لاستیکی که "rubcrete" نامیده می شود، می تواند مشکلات استفاده از لاستیک طبیعی را حل کند. بتن تغییر یافته با ضایعات لاستیک، برای سازه های بتنی به ویژه در مناطق زلزله خیز، عملیات دینامیکی مانند ریل بندهای (تراورس) راه آهن پیشنهاد شده اند و می تواند برای کاهش نویز سازه های باربری استفاده می شود [۶۷]. رفتار مکانیکی بتن، مانند مقاومت فشاری و بارگذاری دینامیک می تواند در این بتن حاوی خرده لاستیک، تجزیه و تحلیل شود.

۲-۲-۷ ضایعات پلاستیکی

بتن سبز نیز می تواند با استفاده از ضایعات پلاستیکی تولید شود که مقاومت و دوام را افزایش می دهد. استفاده از پلاستیک تا حد زیادی افزایش یافته است، تقریباً پلاستیک ها بخش و قسمتی از هر حوزه فعالیت ما می باشند. به طور طبیعی ضایعات پلاستیکی در محیط زیست تجزیه پذیر نیستند و سالها طول می کشد تا از بین بروند. این ضایعات می توانند برای سنگدانه های ریز بعنوان جایگزینی برای ماسه در فرمولاسیون بتن استفاده شوند. تا کنون ماسه رودخانه به عنوان سنگدانه های ریز استفاده شده است که ممکن است مشکلاتی برای کمبود ماسه رودخانه در آینده نزدیک بوجود آید. بنابراین، ما همیشه به جایگزینی برای این سنگدانه های ریز می اندیشیم. زباله های پلاستیکی بریده شده، مانند کیسه های پلی اتیلن و بطری های پلاستیکی با اندازه دانه یکسان، می توانند به عنوان مواد جایگزینی استفاده شوند به طوریکه بتن سبک که مسائل مربوط به دفع زباله در طبیعت را کاهش می دهد و از نظر حمل و نقل مقرون به صرفه است. Zainab و همکاران (۲۰۰۸) استفاده مجدد از ضایعات پلاستیکی به عنوان سنگدانه های جایگزین ماسه در بتن را، رویکرد مناسبی برای کاهش هزینه و مشکلات مربوط به دفع پلاستیک می دانند [۶۸]. نتایج Youcef Ghernouti (۲۰۱۴) نشان داد که استفاده از ضایعات کیسه های پلاستیکی، کارایی و چگالی را بهبود می بخشد اما در همان زمان مقاومت فشاری بتن حاوی ۱۰ و ۲۰ درصد از زباله را به ترتیب ۱۰ و ۲۴ درصد کاهش می دهد. این کاهش مقاومت مکانیکی برای مواد سبک قابل قبول است [۶۹].

جدول ۲- EDAX OPC و CDA نشان دهنده ی درصد وزن عناصر مختلف.

عناصر سازنده	C	O	Na	Mg	Al	Si	P	S	K	Cl	Ca	Ti	Fe
OPC	6.56	43.01	-	0.27	1.02	6.21	-	1.08	0.63	-	39.28	0.26	1.69
CDA	6.47	49.81	1.70	3.05	1.45	25.85	1.49	-	1.62	0.63	7.30	-	0.63

۲-۲-۸ زباله های الکترونیکی

همچنین، تلاش هایی برای استفاده از زباله های الکترونیکی تجزیه ناپذیر به عنوان یک جایگزین جزئی از سنگدانه های درشت یا ریز در صنایع بتنی صورت گرفته شده است. استفاده از زباله های الکترونیکی برای ساخت بتن سبز می تواند مشکلات خاکچال و دفع مواد زائد الکترونیکی را کاهش دهد. ذرات زباله های الکترونیکی به عنوان سنگدانه های درشت در بتن استفاده شده اند. با جایگزینی ۰ تا ۳۰ درصدی، مقاومت آن به خوبی افزایش می یابد [۷۰]. خصوصیات آن می تواند با ماسه مقایسه شود، زیرا حاوی مواد سیلیکا می باشد. زباله های الکترونیکی خرد شده که توسط دستگاه غلتک نورد پودر شده بودند، با جایگزینی ۴ درصد از سنگدانه های ریز موجب افزایش مقاومت می گردد. متعاقباً به دلیل کاهش چگالی فشرده‌گی، مقاومت نیز کاهش یافته بود. Rao و Krishna (۲۰۱۴) دریافتند که مقاومت فشاری بتن بهبود یافته است وقتی که سنگدانه های درشت با ۱۵ درصد از زباله های الکترونیکی جایگزین شده بودند [۷۲]. استفاده از قسمتهای غیر فلزی زباله های الکترونیکی در بتن، برای افزایش خواص مکانیکی آن، موجب افزایش مقاومت خوب در مخلوط بتن کنترل شده می گردد [۷۳].

۲-۲-۹ سنگدانه های درشت بازیافت شده

نخاله های ساختمانی و مصالح ساخت و ساز یکی از مهمترین زباله جامد دهن شده در خاکچال ها می باشند. استفاده از سنگدانه های درشت بازیافت شده از ساختمان های تخریب شده، می تواند به عنوان جایگزین ۱۰۰ درصدی برای سنگدانه های درشت استفاده شود [۷۴]. این سنگدانه های درشت بازیافت شده، می توانند برای کف جاده ها، پیاده روها، مرزها و حفظ منابع طبیعی استفاده شوند [۷۵]. مطالعه مهم دیگری درباره ساخت بتن سبز با سنگدانه های بتن بازیافت شده (RCA)، فیبر پلیمر تقویت شده (FRP) و فیبر سنگدانه های خرد شده (FSA) وجود دارد که نشان می دهد، خصوصیات هر دو بتن تازه و سخت شده RCA، همانند خصوصیات بتن کنترل شده می باشند که تنها حاوی سنگدانه های طبیعی است [۷۶].

۲-۲-۱۰ فاضلاب و لجن

زباله های تولید شده از کارخانه های تصفیه پساب، فاضلاب و لجن هستند. دفع فاضلاب منجر به مشکلات زیست محیطی شده و از سوی دیگر تصفیه و تخلیه آن پر هزینه می باشد. با توجه به فقدان دفع مناسب فاضلاب، آن باعث آب زمین و تاثیر سوء بر محیط زیست می گردد. مصرف آب آشامیدنی برای تولید بتن سبز روز به روز در حال افزایش است. فاضلاب صنایع نساجی برای ریخته گری بتن استفاده شده بود و با نمونه هایی که با آب آشامیدنی ریخته شده بودند، مقایسه گردیدند [۷۷،۷۸]. K. Chandrasekaran (2001) گزارش داد که آجر تولید شده توسط ۱۰-۲۰ درصد لجن کارخانه های تصفیه فاضلاب رنگرزی لباس و جوراب، مقاومت ایده آلی را ارائه می دهند [۷۹].

۲-۳ زباله های بیولوژیکی

۲-۳-۱ خاکستر کود گاو (CDA)

زباله های بیولوژیکی، مانند CDA یکی از مواد مکمل برای تهیه بتن سبز مقاوم در آینده می باشند. این یک مخلوط غیر آلاینده، حاوی SiO_2 ، Al_2O_3 ، Fe_2O_3 ، CaO ، MgO ، Na_2O ، K_2O ، SO_3 می باشد و جایگزینی سیمان می تواند در ۵ تا ۳۰ درصدی انجام شود. درصد وزنی OPC و CDA برای عناصر مختلف توسط طیف سنجی پراش انرژی پرتو ایکس (EDS) مقایسه گردید و دریافتند که ماهیت اصلی CDA، مقدار سیلیکا بیشتری نسبت به OPC دارد (جدول ۲) [۸۰]. آثار نشان می دهند که ممکن است کود، کارایی و دوام را بهبود بخشد یا ممکن است بعنوان یک چسب افزودنی عمل کند [۸۱]. Pam Billy Fom و همکاران (۲۰۱۱) مقاومت فشاری آجرهای تثبیت شده از سیمان کود گاوی را مطالعه و بلوک های خاک لاتریتی با کود گاوی را بررسی کردند و دریافتند که آن مقاومت فشاری بالاتری نسبت به بلوک های لاتریتی معمولی دارد [۸۲]. Peter و Dorothy (۲۰۱۳) خصوصیات مقاومت و دوام آجر خاکی تثبیت شده از کود گاوی را بررسی کردند و دریافتند که مقاومت فشاری بهتری در حالت خشک پس از شرایط مرطوب مشاهده شد [۸۳]. آجر تثبیت شده با ۲۰ درصد کود گاو حاوی خاک به ترتیب دارای مقاومت فشاری خشک و مرطوب ۶،۶۴ و ۲،۲۷ MPa می باشد. آنها پیشنهاد کردند که مانع تماس مستقیم طولانی مدت آجرهای خاکی تثبیت شده کود گاوی، با آب باران گردیم. سیلیکا با استفاده از CDA ترکیب شده بود و نتایج با پراش اشعه ایکس و آنالیز EDS تایید شدند. تفاوت زیادی در ساختار بلوری و ترکیب شیمیایی OPC و [84] CDA یافت نشد. Sahin Sirri و

همکاران (۲۰۰۶) جایگزینی خاکستر کود گاو را به جای سیمان در بتن مورد بررسی قرار دادند و دریافتند که مقاومت فشاری ۵۶ روزه نمونه هایی با ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد خاکستر کود گاو بهترین نتایج را ارائه داده و به ترتیب ۹۶، ۹۵ و ۹۴ درصد از ارزش کنترل، را مشخص کرده اند [۸۵]. CDA هنگام استفاده از یک درصد محدود (تا ۱۰٪) برای برنامه های کاربردی کفسازی و یا اجزای ساختمان بخوبی انجام می شود، اما در معرض تنش های ساختاری بالا قرار نمی گیرد [۸۶]. بتن تغییر یافته ی CDA انتشار CO₂ را کاهش، مقاومت در برابر حمله سولفات و مقاومت کششی اضافی را افزایش می دهد، ترک خوردگی را کمتر می کند، دوام و هزینه موثر را بهبود می بخشد.

۲-۳-۲ روغن پالم لیف تنه خرما

Ahmad و همکاران (۲۰۱۰) از روغن پالم لیف تنه خرما بطور بالقوه به عنوان یک منبع زباله بیولوژیکی برای تقویت بتن با بهبود خواص مکانیکی و دوام گزارش دادند [۸۷]. روغن تنه باید به مدت ۳ تا ۴ روز در نور خورشید خشک شود تا رطوبت را از بین برود و با استفاده از دستگاه سنگ شکن، اندازه مطلوب لیف را می توان به دست آورد [۸۸]. با افزایش مقدار لیف، در فرایند خشک شدن و همچنین کنترل ترک خوردگی کاشی رخ می دهد [۸۹]. مخلوط های ملات سیمان حاوی ۱ تا ۴ درصد روغن پالم لیف ساقه، کارایی ملات سیمان را با افزایش روغن پالم لیف ساقه کاهش می دهد. مقاومت فشاری بتن به مقدار روغن پالم لیف ساقه وابسته است. یک مقدار زیاد مقاومت فشاری را کاهش داده و نیاز به آب بیشتری دارد از اینرو، چگالی را نیز کاهش می دهد. پیشنهاد شده بود که ۲ درصد وزن لیف، برای رسیدن به بیشترین مقاومت فشاری کافی بود.

۲-۳-۲ زباله های دریایی

زباله پوسته صدف، یک پیامد از محیط دریایی است و یک مشکل خاکچال عمده به حساب می آید. آن همچنین غیر قابل تجزیه می باشد و وقتی دور ریخته می شود آب و زمین را آلوده می کند. آنها بطور مکانیکی یا دستی خرد و شکسته شده و سپس به اندازه های مناسبی برای استفاده بعنوان سنگدانه ها غربال می شوند. برخی از مقالات درباره این توضیح می دهند که پیاده روهای ساخته شده از زباله پوسته صدف، شکسته نخواهند شد. گرما و سرمای شدید بر پیاده رو ها تاثیر نمی گذارند و بنابراین مانع از تشکیل چاله می شوند. Yang و همکاران (۲۰۰۵) دریافتند که با

استفاده از پوسته صدف خرد شده می توان به مقاومت فشاری بهتر دست یافت، اما کارایی با مدول نرمی کاهش می یابد و نسبت جایگزینی پوسته صدف افزایش می یابد [92]. Chou-Fu Liang. و Hung-Yu Wang (2013) که با خاک و خاکستر بادی کار کردند دریافتند که این مخلوط دارای خواص پوزولانی نمی باشد، و از این رو کیفیت پایین تر را به نمایش می گذارد [93].

۳. نانو ذرات در مصالح ساختمانی

اخیرا، بسیاری از مقالات، کاربرد نانوذرات را در مصالح ساختمانی گزارش داده اند. نانوذرات ماده را در سطح اتمی کنترل می کنند که با ذره برخورد می کند و اندازه ای کمتر از ۱۰۰ نانومتر دارد. نانوذراتی با قطر ۴ نانومتر بیشتر از ۵۰ درصد اتم در سطح دارد و بنابراین بسیار واکنش پذیر است [94]. استفاده از نانوذرات در سازه های بتنی، به دلیل نسبت بالای حجم به سطح، زیر ساختهای فیزیکی و مکانیکی را تغییر می دهد. امروزه محققان به دنبال افزودن نانوذرات مهندسی شده هستند که بصورت بتن سبز عمل می کنند. تولید بتن سبز باید اثرات زیست محیطی را در طول ساخت سازه های بتنی با افزایش طول عمر آنها، کاهش دهد. نانوذرات در سازه های بتنی به صورت یک پرکننده و فعال کننده برای گسترش فرایند هیدراسیون عمل می کنند و بنابراین زیر ساختهای بتن را توسعه می دهند [95]. سیلیکا به طور طبیعی در بتن معمولی یافت شده است. افزودن سیلیکا در بتن می تواند ساختار فشرده سازی ذره را بهبود بخشد، مشکلات نفوذپذیری در بتن را کاهش داده و خصوصیات مکانیکی را افزایش دهد. برخی از سازه های بتنی در معرض محیطهای آبی قرار دارند که ممکن است مشکلات لیچینگ کلسیمی در آن رخ دهد. افزودن سیلیکا در سیمان می تواند این مشکلات خطرناک را توسط C-S-H (کلسیم-سیلیکات-هیدرات) کنترل کند. نانوذرات SiO_2 به دلیل تشکیل ژل C-S-H به صورت یک نانو پرکننده عمل می کند و تراکم بالای خمیر دوام و مقاومت مواد را بهبود می بخشد. توزیع یکنواخت نانوذرات، مقاومت فشاری را در ملات سیمان افزایش می دهد [96]. Saloma. و همکاران (۲۰۱۳) نفوذ نانوسیلیکا را بعنوان یک جایگزین جزئی در بتن و در مدت سه روز، با مقاومت فشاری بتن که حاوی نانوذرات افزایش یافته بین ۳،۸۲ و ۱۱،۸۴ بود، ارائه دادند، بطوریکه در مدت ۷ تا ۲۸ روز، مقاومت فشاری بتن با نانوسیلیکا به ترتیب توسط ۳،۸۷ تا ۱۷،۲۴ درصد و ۴،۹۳ تا ۲۴،۵۹ درصد افزایش یافت [97]. همچنین دریافتند که مدول

الاستیسیته و مقاومت کششی شکاف خوردگی با افزایش مقاومت فشاری بتن افزایش می یابد و مطالعات بیشتر در زمینه دوام نانوذرات در بتن را پیشنهاد کردند. تیتانیوم دی اکسید (TiO_2) دارای خصوصیات خود تمیز شونده و هیدروفیل می باشد که قادر به تجزیه آلاینده های آلی و غشاهای باکتریایی از واکنش های کاتالیزوری قوی است. نانوذرات TiO_2 سرعت هیدراسیون سیمان را افزایش داده و بنابراین مقاومت بتن را به دلیل تاثیر پر کننده بر آن، افزایش می دهد [98]. چندین گزارش از ذرات TiO_2 مخلوط شده در بتن وجود دارد که نشان می دهد آن در مقایسه با بتن بدون ذرات نانو TiO_2 دارای مقاومت فشاری بالای قابل توجه ای می باشد. جایگزینی سیمان با ذرات نانو TiO_2 (۵ درصد، ۱ درصد، ۱٫۵ درصد و ۲ درصد) تا حدود اندازه های ذرات ۱۵ تا ۲۰ نانومتری، دوام بتن را افزایش می دهد. با این حال، می توان دریافت که جایگزینی جزئی سیمان با ذرات نانو TiO_2 ، کارایی بتن تازه را کاهش می دهد، بنابراین استفاده از فوق روان کننده یا عوامل کاهنده آب یا برخی از مخلوط های معدنی، قابل توجه است. افزودن نانوذرات TiO_2 توسط جایگزینی سیمان در سازه های بتنی می توانست به دوام و خصوصیات آنتی باکتریال و خود تمیز کننده دست یابد. کاربرد مهم TiO_2 در مصالح ساختمانی با توجه به اثر فوتوکاتالیستی برای کاهش سطح آلودگی، خصوصیات خود تمیز شونده برای حفظ ظاهر زیبا و خود ضد عفونی کننده، دستیابی به یک محیط رایگان میکروارگانیسم در سازه های بتنی می باشد [99]. استفاده از نانو $CaCO_3$ در سازه های بتنی به عنوان یک پر کننده عمل می کند و مقاومت بیشتری را فراهم کرده و سرعت هیدراسیون را شتاب می بخشد. Xiaoyan Liu و همکاران (۲۰۱۲) اثر نانو $CaCO_3$ بر خصوصیات خمیر سیمان را مورد مطالعه قرار دادند [100] و دریافتند که افزودن نانو $CaCO_3$ قابلیت روان شدن کاهش می دهد و زمان نشست کوتاه تر خواهد شد. با این حال، نانو $CaCO_3$

تاثیری بر نیاز به آب برای روانی سیمان ندارد. افزودن یک درصدی نانو $CaCO_3$ می توانست به طور مشخص مدت انقباض خمیر سیمان را کاهش دهد. برخی از مطالعات اخیر همچنین به اثر بارورسازی نانوذرات $CaCO_3$ اشاره کردند و اظهار داشتند که هسته زایی C-S-H موجب افزایش مقاومت گردیده است. با این حال مطالعات بیشتر برای اثبات این موضوع لازم است. افزودن نانو $CaCO_3$ در مخلوط بتن ممکن است مشکل لیچینگ کلسیم را آسان سازد و زمان هیدراسیون، روان کننده با سرعت بهبود یافته هیدراسیون، مقاومت فشاری و خصوصیات شیمیایی و فیزیکی بهتر را

بهبود بخشد. یک مطالعه درباره ی افزودن مقدار بیشتر CaCO_3 ، شتاب هیدراسیون C_3S را اثبات کرد [101]. اثر شتاب بر CaCO_3 نهایی در هیدراسیون خمیر سیمان منجر به ته نشینی مقداری از کلسیم هیدرات کربوسیلیکات شد. هیدراسیون تری سیلیکات کلسیم C_3S در حضور بیش از ۳۰ درصد CaCO_3 ، مقداری کلسیم هیدرات کربوسیلیکات با عملکرد مکانیکی خوب تولید کرد [102]. نانو ذرات ZnO دارای خصوصیات مشابه ای مانند نانو ذرات TiO_2 هستند. آن همچنین ضد باکتری، ضد خوردگی و ضد قارچ می باشد. Mohammad و Saeed (۲۰۱۲) کاهش نانو ذرات را در منافذ سازه های بتنی و افزایش مقاومت خمشی و مکانیکی را مورد بررسی قرار دادند [103]. جایگزینی جزئی سیمان تا ۴ درصد نانو ذرات ZnO_2 می تواند تشکیل ژل C-S-H را در آغاز هیدراسون شتاب بخشد [104]. نانو ذرات ZnO_2 می توانند به صورت نانو روان کننده ها عمل کنند و منفذ سازه ها را با حذف منافذ مضر کاهش دهند [105]. Riahi و Nazari (۲۰۱۱) دریافتند که وقتی بتن نانو ذرات ZnO_2 تا ۳۰ درصد وزنی افزایش یافته است، مقاومت خمشی نیز افزایش می یابد که با تشکیل سریع محصولات هیدراته با روش XRD اثبات گردید [105]. مانند نانو ذرات دیگر، جایگزینی ۲ درصدی سیمان توسط نانو ذرات Fe_2O_3 در بتن همچنین مقاومت بهبود یافته را نشان داد، در حالی که مقاومت نهایی بتن در جایگزینی ۱۰،۰ درصدی سیمان به دست آمده است [106]. او نتیجه گرفت که نانو ذرات مقاومت خمشی و کششی شکاف خوردگی بتن را بهبود می بخشد اما زمان نشست آن را کاهش می دهد. Abdoli و همکاران (۲۰۱۱) دریافتند که ریزساختارهای ملات سیمان حاوی نانو ذرات Fe_2O_3 ، ساختار های متراکم و بهم فشرد و منافذ کمتری را نشان داده اند [107]. او همچنین توضیح داد که با افزایش نانو ذرات Fe_2O_3 تا ۵۰ درصد، خصوصیات مکانیکی کاهش می یابند. افزودن ۴ درصدی نانو ذرات Fe_2O_3 مقاومت و نفوذ پذیری آب را در نمونه های بتن افزایش داده و منافذ زیان آور را برای بهبود نفوذ پذیری آب کاهش می دهد که به عنوان نانو روان کننده در نظر گرفته شده است [۱۰۸]. تشکیل ژل C-F-H با توجه به افزودن نانو ذرات Fe_2O_3 می تواند اثر روان کننده بهتری را با عمل پوزولانیک بدست آورد [109]. Ali Nazari و همکاران (۲۰۱۱) ، آب آهک حاصل از بتن تصفیه شده را با افزودن نانو ذرات Al_2O_3 در تشکیل ژل مقوی تر بدست آورند و سازه نافذ نمونه را بازیافت کرد [110]. Ali Nazari و همکاران (۲۰۱۰) و Agarkar و Joshi (۲۰۱۲) نتیجه گرفتند که جایگزینی جزئی نانو ذرات Al_2O_3 مقاومت فشاری

بتن را افزایش می دهد در حالیکه کارایی آن کاهش می یابد [110,111] M.R. Aref. و همکاران (۲۰۱۱) دریافتند که تاثیر نانو ذرات Al_2O_3 بر افزایش خصوصیات مکانیکی همانند خصوصیات ریزساختاری ملات سیمان می باشد [112]. افزودن نانوذرات Al_2O_3 کلوییدی به ساختار بتن مقاومت آن را بهبود می بخشد [113]. نانو لوله های کربنی (CNT's) به شکل استوانه با هدایت گرمایی بالا هستند [114]. افزودن مقدار کمی (یک درصد وزنی) CNT's می تواند خصوصیات مکانیکی بتن و آب را بهبود بخشد. نانولوله های چند جداره اکسید شده (MWNT) پیشرفت مقاومت فشاری و مقاومت خمشی را در مقایسه با بتن معمولی نشان دادند.

۴- نتیجه گیری

ساختارهای بتنی تهیه شده از مواد زائد تاثیر زیست محیطی کمتری، از نظر انتشار CO_2 و حفظ تمام مشخصات "بتن سبز" دارند. اهمیت این مطالعه در تشویق به استفاده از ضایعات جامد برای به حداقل رساندن هزینه دفع مواد زائد، کاهش خطر آلودگی محیط زیست و صرفه جویی در فضای دفن زباله می باشد. زباله های جامدی که از زباله های کشاورزی، صنایع و بیولوژیکی تولید شده اند، می توانند استفاده از سیمان را در ساختارهای بتنی کاهش دهند. پیشنهاد شده است که این مواد زائد بعنوان یک جایگزین مخلوط برای دستیابی به کارایی، مقاومت و دوام در ساختارهای بتنی اضافه گردند. یافته های دیگر این مقاله، مر بوط به استفاده از نانوذرات برای ساخت بتن سبز و دستیابی به عملکرد بالا بتن، با کاهش استفاده از منابع طبیعی و انتشار گاز گلخانه ای (CO_2) می باشد. افراد می توان با فروش این مواد زائد به صنایع ساخت و ساز درآمد کسب کنند و گرمای کلی را ذخیره کنند.

References

- [1] V.M. Malhotra, P.K. Mehta, Pozzolanic and Cementitious Materials, Gordon & Breach Publishers, Amsterdam, 1996.
- [2] Moayad N. Al-Khalaf, Hana A. Yousif, Use of rice husk ash in concrete, Int. J. Cem. Compos. Lightweight Concr. 6 (4) (1984) 241-248.
- [3] Gemina Rodriguez de Sensale, Strength development of concrete with rice-husk ash, Cem. Concr. Compos. 28 (2) (2006) 158-160.
- [4] Shazim Ali Memon, Muhammad Ali Shaikh, Hassan Akbar, Production of low cost self compacting concrete using rice husk ash, in: First International Conference on Construction In Developing Countries (ICCIC-1) "Advancing and Integrating Construction Education, Research & Practice" August 4-5, 2008, Karachi, Pakistan.
- [5] A. Ramezani-pour, M. Mahdi khani, Gh. Ahmadibeni, The effect of rice husk ash on mechanical properties and durability of sustainable concretes, Int. J. Civ. Eng. 7 (2) (2005) 83-91.
- [6] Alireza Naji, Civil, Suraya Abdul Rashid, A. Aziz, Farah Nora, Mohamad Amran Mohd Salleh, Contribution of rice husk ash to the properties of mortar and concrete: a review, J. Am. Sci. 6 (3) (2010) 157-165.
- [7] V. Ramasamy, Compressive strength and durability properties of Rice Husk Ash concrete, RSCE J. Civ. Eng. 16 (1) (2012) 93-102.
- [8] R.N. Krishna, Rice Husk Ash - an ideal admixture for concrete in aggressive environments, in: 37th Conference on Our World in Concrete & Structures, 29-31 August, 2012, Singapore.
- [9] Godwin A. Akete, Maurice E. Ephraim, I.E.S. Akobo, Joseph O. Likpara, Structural properties of rice husk ash concrete, Int. J. Eng. Appl. Sci. 3 (7) (2013) 57-62.
- [10] Jayanti Rajput, R.K. Yadav, R. Chandak, The effect of rice husk ash used as supplementary cementing material on strength of mortar, Int. J. Eng. Res. Appl. 3 (3) (2013) 133-136.

- [11] P. Padma Ravi, A. Pradhani Kumar, B. Bhaskar Singh, A study on use of rice husk ash in concrete, *Int. J. Appl. Eng. Res.* 4 (2014) 35–41.
- [12] Vinita Vishwakarma, D. Ramachandran, N. Anandaram, Arul Maniyan, Rajul, Materials studies of rice husk ash nanoparticles on the mechanical and microstructural properties of the concrete, *Turkey Proceedings 3* (2016) 1999–2007.
- [13] R.N. Tamin, N.K. Rudolph, S. Rafat , Use of Wood Ash in Cement-based Materials, A CBU Report, CBU-2003-19 (RFP-513), <http://www.cbu.org/Depot/URU/report/>, 2003.
- [14] M. Abdulhaliq, Characteristics of Wood Ash/OPC Concrete, Civil Engineering Department, Federal University of Technology, 2001. F.M.B. 65, Minna, Niger State, Nigeria.
- [15] M. Abdulhaliq, Characteristics of wood Ash/OPC concrete, *Lectures in Electron. J. Phys. Technol.* 8 (2006) 9–16. ISSN 1383-1037.
- [16] Chae Rae Cheah, Malyndrine Ramli, The implementation of wood waste ash as a partial cement replacement material in the production of structural grade concrete and mortar: an overview, *Resour. Conserv. Recycl.* 55 (7) (2011) 669–685.
- [17] A. Rahmani, B.S. Ghoshalankar, C.S. Subramani, Saw dust ash as partial replacement for cement in concrete, *Organ. Technol. Manag. Constr. Int. J.* 4 (2) (2012) 474–480.
- [18] T.J. Deyak, Akhila Elangudi, Nave Hassan, N. Chakravarthy, Sow Yee Eong, B. M. Mithran, Investigation on properties of concrete with palm oil fuel ash as cement replacement, *Int. J. Sci. Technol. Res.* 3 (7) (2014) 138–142.
- [19] M.A. Majeed Jolani, A.M. Zeyad, N. Mahamud Burman, K.S. Ariffin, Engineering and transport properties of high-strength green concrete containing high volume of ultrafine palm oil fuel ash, *Constr. Build. Mater.* 30 (3) (2012) 291–298.
- [20] C. Jaitupattakul, K. Kiatrakomol, W. Tangchirapatt, T. Saering, Evaluation of the sulfate resistance of concrete containing palm oil fuel ash, *Constr. Build. Mater.* 21 (7) (2007) 1399–1405.
- [21] S. Rakim, P. Chindaprasit, An experimental investigation of the carbonation of blended Portland cement-palm oil fuel ash mortar in an indoor environment, *Indone. Built Environ.* 18 (4) (2009) 313–318.
- [22] M. Sefouhies, M.A. Salem, M.Z. Jarnat, Utilization of palm oil fuel ash in concrete: a review, *J. Civ. Eng. Manag.* 17 (2) (2011) 234–247.
- [23] V. Sata, C. Jaitupattakul, K. Kiatrakomol, Utilization of palm oil fuel ash in high-strength concrete, *J. Mater. Civ. Eng.* 16 (8) (2004) 623–628.
- [24] V. Sata, C. Jaitupattakul, C. Rattanasachattant, Compressive strength and fast evolution of concrete containing palm oil fuel ash, *J. Mater. Civ. Eng.* 22 (10) (2010) 1023–1028.
- [25] Y.M. Saeed, Effect of palm oil fuel ash (POFA) on strength properties of concrete, *Int. J. Sci. Res. Publ.* 3 (8) (2013) 1–7.
- [26] Michael Yong Jing Liu, Choon Ping Chua, G. Jithinisan Alengaram, Mohd Zaimi Jumaat, Utilization of palm oil fuel ash as binder in lightweight oil palm shell geopolymer concrete, *Adv. Mater. Sci. Eng.* 2014 (2014) (2013) 1–6.
- [27] Ramzi Arifiah, Mohd Wasli Huzair, Mohd Zaimi Abd Majid, Mohd Azim, Harul Haidar Ismail, Structural performance of sustainable waste palm oil fuel ash-fly ash geo-polymer concrete beams, *J. Environ. Treatment Tech.* 2 (3) (2014) 115–118.
- [28] S.M. Dhanoo, Effect of superplasticizer on fresh and hardened properties of self-compacting concrete containing fly ash, *Am. J. Eng. Res.* 3 (3) (2014) 205–211.
- [29] A.S.M. Abdul Awwad, Sew Kiat Nguzun, A short-term investigation on high volume palm oil fuel ash (POFA) concrete, in: *35th Conference on "Our World in Concrete & Structures"*: 25–27 August, 2010, Singapore.
- [30] Hu Zhonghua, M.P. Srinivasan, Preparation of high-strength green activated carbon from coconut shell, *Microprocess. Bioprocess. Mater.* 27 (3) (1999) 11–18.
- [31] Tamas U. Gacser Jr., Research article sustainable management of waste coconut shells as aggregates in concrete mixture, *J. Eng. Sci. Technol. Review* 6 (5) (2013) 7–14.
- [32] Anuragth Varanmalaa, C. Ramachandrab, Properties of concrete with coconut shells as aggregate replacement, *Int. J. Eng. Innovations* 1 (6) (2012) 21–21.
- [33] Vidwan P. Rikarini, Saipya Kumar B. Gokwad, Comparative study on coconut shell aggregate with conventional concrete, *Int. J. Eng. Innovative Technol.* 12 (2013) 67–70.
- [34] A.V. Baloboka, V.I. Kuznetsovskaya, Use of yeast fermentation waste as a bioadditive of concrete (review), *Appl. Biochem. Microbiol.* 36 (3) (2000) 205–214.
- [35] Cem Akara, Mehmet Cebici, Effect of residues as an admixture on concrete durability, *J. Cleaner Prod.* 132 (4) (2016) 2374–2380.
- [36] Vinita Vishwakarma, R.P. George, D. Ramachandran, K. Anandkumar, U. Maulik Kanarkar, Studies of detailed leachate characterization on fly ash concrete at saturation with normal and superplasticizer concrete in seawater environment, *J. Environ. Technol.* 35 (1–4) (2016) 42–51.
- [37] C. Cantillo, A. Durrant, Effect of transient high temperature on high-strength concrete, *ACI Mater. J.* 87 (1) (1990) 47–51.
- [38] U. Duesterich, U.M. Junttanen, V. Penttila, Behavior of High Strength Concrete at High Temperatures, Rep. No. 02, Helsinki University of Technology, Finland, 1983.
- [39] S. Ghosh, K.V. Ramesh, Effects of high temperature and pressure on strength and elasticity of lignite fly ash and silica fume concrete, *ACI Mater. J.* 93 (1) (1990) 51–60.
- [40] R. Felice, J.G. Gambarova, Effects of high temperature on the residual compressive strength of high-strength siliceous concrete, *ACI Mater. J.* 95 (4) (1992) 383–406.
- [41] J.E. Ujhelyi, A. Italliani, Hot weather concreting with hydraulic admixtures, *Concr. Constr. Res.* 21 (2–3) (1993) 345–354.
- [42] Foundry Industry Recycling Starts Today (FIRIST), Foundry Sand Facts for Civil Engineers, Federal Highway Administration Environmental Protection Agency, Washington, DC, 2004.
- [43] J.R. Kleven, T.R. Edle, C.F. Benson, Evaluation of excess foundry system sands for use as sub base material, *Trans. Res. Rec.* 1714 (2000) 40–43.
- [44] T. Alkhatib, C.H. Benson, Y.B. Erti, Database on beneficial reuse of foundry by-products, in: C. Vignolesian, D. Elton (Eds.), *Recycled Materials in Geotechnical Applications*, vol. 79, Geotechnical Special Publication ASCE, 1998, pp. 210–223.
- [45] S. Javed, C.W. Lovell, Use of Waste Foundry sand in Highway construction, Report, BHP/INDOT/THWA-04(2), Final Report, Purdue School of Engineering, West Lafayette, IN, 1994.
- [46] S. Javed, C.W. Lovell, Use of Waste Foundry Sand in Civil Engineering, *Trans. Res. Rec.* 1480 (1994) 100–111.
- [47] MOEE, *Spent Foundry Sand – Alternative Uses Study*, Report prepared by John Emery Geotechnical Engineering Limited for Ontario Ministry of the Environment and Energy and the Canadian Foundry Association, Queen's Printer for Ontario, 1993.
- [48] American Foundrymen's Society (AFS), *Alternative Utilization of Foundry Waste Sand*, Des Plaines, IL: Final Report (Phase I) prepared by American Foundrymen's Society Inc. for Illinois Department of Commerce and Community Affairs, 1991.
- [49] P.A. Yeager, Evaluation of the Construction use of Foundry Wastes in Highway Construction MS thesis, The University of Wisconsin-Madison, Madison, WI, 1987.
- [50] Rafiq Siddique, Gopreet Singh, Utilization of waste foundry sand (WFS) in concrete manufacturing, *Resour. Conserv. Recycl.* 55 (11) (2011) 885–892.
- [51] T.R. Naik, R.N. Kraus, Y.M. Chao, W.B. Raynor, S. Siddique, Porosity concrete products using industrial by-products, *ACI Mater. J.* 101 (3) (2004) 199–206.
- [52] T.R. Naik, R.N. Kraus, Y.M. Chao, W.B. Raynor, S.S. Singh, Properties of field manufactured cast-concrete products utilizing recycled materials, *J. Mater. Civ. Eng. ASCE* 15 (4) (2001) 400–407.
- [53] J.M.K. Jadhav, D.J. Elia, Mechanical Properties of Concrete Containing Foundry Sand, *ACI Sp. Pub. SP-200*, ACI, 2001, pp. 733–748.
- [54] S. Pinn, M.C. Zaretis, Foundry waste reuse and recycling in concrete production, *Am. J. Environ. Sci.* 1 (3) (2007) 135–142.
- [55] Yogesh Aggarwal, Rafiq Siddique, Microstructure and properties of concrete using bottom ash and waste foundry sand as partial replacement of fine aggregates, *Materials* 15 (2014) 210–223.
- [56] Elmadh P. Salokhe, D.B. Desai, Application of foundry waste sand in manufacture of concrete, *IOSR J. Mech. Civ. Eng.* (2011) 43–48. ISSN: 2278-1684.
- [57] Y. Gurey, Y.D. Sari, M. Yalvin, A. Tuzcan, S. Demirel, Re-use of waste foundry sand in high-strength concrete, *Waste Manag.* 30 (8–9) (2010) 1705–1713.
- [58] ACI Composites, 228, Silica fume in concrete: Preliminary report, *ACI Mater. J.* (1987) 158–166.
- [59] M.D. Luther, High-performance silica fume (microsilica)-modified cementitious repair materials, in: *60th Annual Meeting of the Transportation Research Board*, paper no. 890448 (January), 1990.
- [60] R. Siddique, M.I. Khan, M. Iqbal Khan, *Silica Fume, Supplementary Cementing Materials*, Springer, Berlin, Germany, 2011.
- [61] Ronak Prabhakar Patel, Jayraj Vinodh Solanki, Jaysukumar Pitroda, A study on glass fibre as an additive in concrete to increase concrete tensile strength, *J.* (2013) 85–87.
- [62] R. Goswami, M. Angelina Mary, Effect of glass wool fibres on mechanical properties of concrete, *Int. J. Eng. Technol.* 4 (7) (2013) 3045–3048.
- [63] Anant Pargth, M. Shabira Alam, Physical and mechanical properties of cementitious composites containing recycled glass powder (RGP) and styrene-butadiene rubber (SBR), *Constr. Build. Mater.* 104 (2016) 34–43.
- [64] H. Elhvi, A. Sevcovic, Rubber tire particles as concrete aggregate, *J. Mater. Civ. Eng. 5* (4) (1993) 478–486.
- [65] L.H. Chew, C.K. Lu, J.R. Chang, M.T. Lee, Use of waste rubber as concrete additive, *Waste Manag. Res.* 25 (1) (2007) 68–76.
- [66] Su. Hanlin, Jun Yang, Tang-Chai Ling, Garroel S. Gbatema, Samir Draz, Properties of concrete prepared with waste tyre rubber particles of uniform and varying size, *J. Clean. Prod.* 31 (2013) 283–294.
- [67] N.R. Katoch, Meelin Gopalini Balachand, Study on waste tyre rubber as concrete aggregates, *Int. J. Sci. Eng. Technol.* 3 (4) (2014) 433–436.
- [68] Zeyad Z. Jomail, Enas A. Al-Hadrami, Use of waste plastic in concrete mixture as aggregate replacement, *Waste Manag.* 29 (11) (2008) 2041–2047.
- [69] Youcef Ghermoul, Bahia Khatib, Brahim Sefi, Kabab Chaid, Use of recycled plastic bag waste in the concrete, *J. Int. Sci. Publ. Mater. Methods Technol.* 8 (2014) 480–487.
- [70] R. Lakshmi, S. Nagan, Studies on concrete containing E plastic waste, *Int. J. Environ. Sci.* 1 (3) (2010) 270.
- [71] Ashit Anwar, Uenal V. Doro, Utilization of e-waste and plastic bottle waste in concrete, *Int. J. Environ. Res. Technol. Manag.* 1 (04) (2011) 388–406.
- [72] P. Vinitha Prasadha, M. Kavita Ravi, Strength variations in concrete by using E-waste as coarse aggregate, *IJAR* 4 (2) (2014) 82–82.

- [73] P. Gamarali Nagarathu, T. Felizkela, Compressive strength of concrete incorporated with 2-fiber waste. *Int. J. Emerg. Technol. Adv. Eng.* 4 (4) (2014) 23–27.
- [74] Sumaya Baiti Huda, M. Shafira Alam, Mechanical behavior of three generations of 100% recycled coarse aggregate concrete. *Constr. Build. Mater.* 85 (2014) 574–582.
- [75] S. Mansi, C. Mazzoni, M.C. Bisognati, Short and long-term behavior of structural concrete with recycled concrete aggregate. *Constr. Compos.* 37 (2015) 312–318.
- [76] M. Shafira Alam, Emma Slater, A.H.M. Mustain Bilal, S.M. ASCE, Green concrete made with RCA and FRP strap aggregate: fresh and hardened properties. *J. Mater. Civ. Eng.* 25 (12) (2013) 1781–1794.
- [77] K. Narsulkumar, V. Sivakumar, Curing studies on concrete using treated and untreated textile effluent and impact of corrosion inhibitor. *J. Sustainable Dev.* 1 (3) (2008) 62–74.
- [78] Palani Rajaguru, Radhika Bhaskari, Manish Kumar, Prabash Nanthagopalan, Reusing: usage of textile dye waste water in concrete. *Proc. ICE – Constr. Mater.* 168 (2) (2015) 40–52.
- [79] K. Chandrasekaran, Studies on management of sludge from hosiery knitwear dyeing wastewater treatment plants, in: *Workshop on Eco-friendly Technology for Waste Minimization in Textile Industry*, 2001, pp. 61–62.
- [80] D. Karthikeyan, R.P. George, Vinitha Vishwakarma, N. Anbarasan, K. Vivekanathan, Kalpana Kumari, V. Venkateshalapathy, Studies of strength, durability and microstructural properties of row dung ash modified concrete, in: *2nd IN Raikar Memorial International Conference and Rasthio-Banher International Symposium on Advances in Science and Technology of Concrete*, 18–19 December, 2015, Mumbai, pp. 284–291.
- [81] J. Ashraf, N. Ashraf, *Practical Building Construction*, Volume 2: Brick, Terrazzo and Earth. *Green, Aldershot*, 1998.
- [82] Pam Billy Poo, D.A.M. Udo, Joseph Elma Logan, Effect of cement-crowding on the compressive strength of laterite bricks. *J. Sci. Manage.* 1 (1) (2011) 31–34.
- [83] Peter Pao-Koh Valley, Dorothy Manu, Strength and durability properties of row dung stabilized earth brick. *Civ. Environ. Res.* 5 (17) (2013) 117–123.
- [84] C. Sivakumar, E. Anantha, Studies on silica obtained from row dung ash. *Adv. Mater. Res.* 384 (2012) 470–472.
- [85] Sivt Sahin, Behar Kucumran, Ibrahim Orucog, Selvak Mennin, Replacing rubble masonry ash as cement in concrete. *J. Appl. Sci.* 6 (13) (2006) 2840–2842.
- [86] V.S.R. Pavani Kumar, Rajapuro, P. Pola Raja, Incorporation of row dung ash in mortar and concrete. *Int. J. Eng. Res. Appl.* 2 (3) (2012) 580–585.
- [87] Z. Ahmad, H.M. Saman, P.M. Tahir, Oil palm trunk fiber as a bio-waste resource for concrete reinforcement. *Int. J. Mech. Mater. Eng.* 5 (2) (2010) 199–207.
- [88] Alia Abdullh, Mohd Mustafa Al Bakri Abdullah, Kamaludin Ibrahim, Che Mohd Ruzaidi Ghazali, Mohd Arif Anuar Mohd Salleh, Phang Kam Sang, Md. Muhammad Fahenn, Study on the properties of oil palm trunk fiber (OPTF) in cement composite. *Appl. Mech. Mater.* 423 (2013) 395–400.
- [89] Zakiah Ahmad, Azmi Ibrahim, Drying shrinkage characteristics of concrete reinforced with oil palm trunk fiber. *Int. J. Eng. Sci. Technol.* 2 (3) (2010) 698–708.
- [90] Harash Marlan, A.S.A. Abdul Awal, Properties of cement based composite containing oil palm stem as fiber reinforcement. *Malaysian Civ. Eng.* 24 (2) (2012) 107–117.
- [91] Alia Abdullh, Mohd Mustafa Al Bakri Abdullah, Hanan Kamarudin, Che Mohd Ruzaidi Ghazali, Mohd Arif Anuar Mohd Salleh, Phang Kam Sang, Md. Tahir Muhammad Fahenn, Study on the properties of oil palm trunk fiber (OPTF) in cement composite. *Appl. Mech. Mater.* 421 (2013) 393–400.
- [92] Han-Bk Yang, Seung-Tae Yi, Young-Moon Leem, Effect of nylon shell substituted for fine aggregate on concrete characteristics: Part I. Fundamental properties. *KSCE J.* (2005) 2175–2182.
- [93] Chou-Fu Liang, Heng-Yu Wang, Feasibility of pulverized nylon shell as a cementing material. *Adv. Mater. Sci. Eng.* 2013 (2013) 1–7. Article ID 808247.
- [94] M.R. Wazir, J.Y. Bhattar, *Environmental Nanotechnology: Applications and Impacts of Nanomaterials*, McGraw-Hill, New York, 2007.
- [95] Hui Li, Hui-gang Xue, Jie Yuan, Jinyang Ou, Microstructure of cement mortar with nano-particles. *Compos. Part B* 35 (2004) 185–188.
- [96] Munir Lutfi, Achraf Gachrek, Pierre Minzanga, Abdelhadi Kherif, Experimental study of the effect of addition of nano-silica on the behavior of cement mortar. *Procedia Eng.* 10 (2011) 950–955.
- [97] Salma, Amreregh Nantou, Ismael Siran, Mikrapulim, Abdallah, Experimental investigation on nanomaterial concrete. *Int. J. Civ. Environ. Eng.* 13 (3) (2013) 15–20.
- [98] R.Y. Lee, J. Thomas, M. Treager, K.E. Kurtz, Influence of TiO₂ nanoparticles on early C3S hydration. *Nanotechnology of concrete: the next big thing is small*, in: *ACI Convention*, New Orleans, LA, USA, 8–12 November, 2009; CD-ROM (SP-267), pp. 35–44.
- [99] J. Chen, C.S. Pao, *Photocatalytic construction and building materials: from fundamentals to applications*, *Built Environ.* 44 (2009) 1300–1309.
- [100] Xinyan Liu, Lei Chen, Aihua Liu, Xinyi Wang, Effect of nano-Ca(OH)₂ on properties of cement paste. *Energy Fuels* 16 (2002) 991–996.
- [101] V.S. Ramachandran, C. Zhang, Influence of Ca(OH)₂ on hydration and microstructural characteristics of tricalcium silicate. *Cement* 83 (1988) 129–132.
- [102] J. Peña, S. Huesos, E. Gálvez, Influence of finely ground limestone on cement hydration. *Constr. Compos.* 21 (1999) 90–105.
- [103] Muhammad Bata Awli and Saad Kanan-Zarbi, Synthesis of zinc oxide nanoparticles and their effect on the compressive strength and setting time of self-compacted concrete paste as cementitious composites. *Int. J. Mod. Sci.* 13 (4) (2012) 4340–4350.
- [104] Ali Nazari, Shadi Bahi, Al₂O₃ nanoparticles in concrete and different curing media. *Energy Build.* 45 (5) (2011) 1480–1488.
- [105] Ali Nazari, Shadi Bahi, The effects of ZnO nanoparticles on strength assessments and water permeability of concrete in different curing media. *Mater. Res.* 14 (2) (2011) 177–188.
- [106] Ali Nazari, Shadi Bahi, Shirin Bahi, Seyedeh Fatemeh Shamschi, A. Khademi, Benefits of Fe₂O₃ nanoparticles in concrete mixing matrix. *J. Am. Science* 6 (4) (2010) 102–108.
- [107] N. Ajmal Yash, M.R. Aref, E. Mullaieenail, E. Abdelhadi Negard, To study the effect of adding Fe₂O₃ nanoparticles on the morphology properties and microstructure of cement mortar. *Life Sci.* 8 (4) (2011) 550–554.
- [108] Ali Khashtkhah, Ali Nazari, Ghaderrez Khaleq, Effects of Fe₂O₃ nanoparticles on water permeability and strength assessments of high strength self-compacting concrete. *J. Mater. Sci. Technol.* 28 (1) (2012) 73–82.
- [109] Ali Nazari, Shadi Bahi, Shirin Bahi, Seyedeh Fatemeh Shamschi, A. Khademi, The effects of incorporation Fe₂O₃ nanoparticles on tensile and flexural strength of concrete. *J. Am. Sci.* 6 (4) (2010) 90–93.
- [110] Ali Nazari, Shadi Bahi, Shirin Bahi, Seyedeh Fatemeh Shamschi, A. Khademi, influence of Al₂O₃ nanoparticles on the compressive strength and workability of blended concrete. *J. Am. Sci.* 6 (5) (2010) 6–9.
- [111] S.V. Agarkar, M.M. Joshi, Study of effect of Al₂O₃ nanoparticles on the compressive strength and workability of blended concrete. *Int. J. Curr. Res.* 4 (12) (2012) 382–384.
- [112] M.R. Aref, M.R. Javeri, E. Mullaieenail, To study the effect of adding Al₂O₃ nanoparticles on the mechanical properties and microstructure of cement mortar. *Life Sci.* 8 (4) (2011) 615–617.
- [113] S.A. Hase, Prof. V.R. Katti, Properties of high strength concrete incorporating colloidal nano-Al₂O₃. *Int. J. Innovative Res. Sci. Eng. Technol.* 4 (3) (2015) 950–963.
- [114] Arati Srivastava, Kirsi Singh, *Nanotechnology in Civil Engineering and Construction: a review on state of the art and future prospects*, in: *Proceedings of Indian Geotechnical Conference December 15–17, 2011, Kochi (Paper No.R-024)*.



این مقاله، از سری مقالات ترجمه شده رایگان سایت ترجمه فا میباشد که با فرمت PDF در اختیار شما عزیزان قرار گرفته است. در صورت تمایل میتوانید با کلیک بر روی دکمه های زیر از سایر مقالات نیز استفاده نمایید:

لیست مقالات ترجمه شده ✓

لیست مقالات ترجمه شده رایگان ✓

لیست جدیدترین مقالات انگلیسی ISI ✓

سایت ترجمه فا ؛ مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده از نشریات معتبر خارجی