

تحقیقات بتن

سال نهم، شماره دوم

پائیز و زمستان ۹۵

ص ۴۳ - ۵۳

تاریخ دریافت: ۹۴/۸/۲۵

تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۲/۱۲

به کارگیری زباله زغال سنگ در ساخت بتن و بررسی مقاومت فشاری

مرتضی نقی پور *

استاد دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل

مهدی تازیکه

کارشناسی ارشد مهندسی سازه، موسسه آموزش عالی طبری بابل

باقر حسینیان

استادیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل

چکیده

با توجه به منابع زیاد زباله زغال سنگ و اثرات مخرب آن بر محیط زیست و طبیعت، ارائه راهکارهای مهندسی جهت بهره برداری از این زباله‌ها در ساخت بتن، می‌تواند اثر بسیار زیادی در استفاده از این زباله‌ها و به دنبال آن کاهش خطرات زیست محیطی ناشی از دپوی این زباله‌ها در طبیعت شود. در مقاله حاضر از زباله زغال سنگ جیگ و فلو تاسیون، که از اطراف کارخانه زغال شویی البرز مرکزی در شهرستان زیراب استان مازندران بدست آمده است، به عنوان جایگزین بخشی از سیمان و ریزدانه مصرفی جهت ساخت بتن با مقاومت های فشاری هدف ۲۰ و ۳۱ مگاپاسکال استفاده شده است و سپس تاثیر درصدهای مختلف این جایگزینی بر خواص مقاومت فشاری بتن های حاصل مورد بررسی قرار می‌گیرد. براساس نتایج مقاومت‌های فشاری بدست آمده، بهترین درصد جایگزینی ماسه مصرفی با ریزدانه زباله زغال سنگ جیگ، ۱۰٪ و بهترین درصد جایگزینی سیمان مصرفی با پودر زباله زغال سنگ جیگ و فلو تاسیون، ۵٪ برای نمونه‌های با سن ۲۸ روزه حاصل شده است.

واژه‌های کلیدی: زباله زغال سنگ جیگ و فلو تاسیون، بتن، مقاومت فشاری.

* نویسنده مسئول: m-naghi@nit.ac.ir

۱- مقدمه

۱-۱- کارخانه تولید کننده زباله زغال سنگ

زباله زغال سنگ مصرفی در این پژوهش، از کارخانه زغال شویی البرز مرکزی واقع استان مازندران، تهیه شده است. کارخانه زغال-شویی انجیر تنگه، در سال ۱۳۶۷ با هدف شستشو و تغلیظ (کاهش خاکستر) زغال سنگ‌های استخراج شده از معادن مختلف، برای تولید زغال سنگ با پارامترهای مطلوب جهت مصرف در کارخانه ذوب آهن اصفهان تأسیس شده است [۱]. کارخانه زغال شویی تنگه انجیر یکی از بزرگ‌ترین و قدیمی‌ترین تولید کننده زغال سنگ کنسانتره در منطقه البرز مرکزی می‌باشد [۲-۳]. در این کارخانه ناخالصی‌های زغال سنگ توسط فرآیندهای فیزیکی و شیمیایی، کاهش می‌یابد. این فرآیند مقدار زیادی زباله مایع و جامد تولید می‌کند که در دامپ‌های و سدها باطله انباشت می‌شوند. میزان ذخایر احتمالی زغال سنگ در ایران، حدود ۱/۷ میلیارد تن اعلام شده است که هر ساله بیش از یک میلیون تن از این ذخایر استخراج می‌شود که تقریباً نیمی از این زغال سنگ استخراج شده به زباله زغال سنگ تبدیل می‌شود [۳-۴].

۲-۱- روند تولید زباله زغال سنگ جیگ و فلوتاسیون

زغال سنگ خام از معادن مختلف منطقه، به منظور انجام عملیات فرآوری وارد کارخانه زغال شویی می‌شوند. زغال سنگ‌های خام معادن مختلف با هم مخلوط شده و پس از خرد شدن توسط دستگاه‌های مخصوص، سرنده می‌شوند. زغال سنگ‌های با اندازه ۰/۵ تا ۸۰ میلیمتر و کوچکتر از ۰/۵ میلیمتر به ترتیب وارد تجهیزات جیگ و فلوتاسیون می‌شود و طی عملیات‌های فرآوری، قسمتی به کنسانتره و قسمتی به ضایعات تبدیل می‌شود. با انجام عملیات‌های مختلف شستشو در کارخانه زغال شویی البرز مرکزی، زباله‌های زغال سنگ جیگ و فلوتاسیون تولید می‌شود [۵-۷]. کمتر از نیمی از زغال سنگ ورودی به این کارخانه در این فرآیند، به زباله زغال سنگ تبدیل می‌شود و در اطراف کارخانه دپو می‌شود. در حال حاضر بیش از ۱/۵ میلیون تن زباله زغال سنگ در طبیعت اطراف کارخانه در حدود دو هکتار با ارتفاع چند ده متر دپو شده است [۱].

۳-۱- مشکلات زیست محیطی ناشی از تولید و دپوی

انواع زباله زغال سنگ

شستشویی زغال سنگ باعث تولید حجم بسیار زیاد زباله زغال سنگ می‌شود. یکی از مسائل مهم ایجاد شده ناشی از دپوی زباله زغال سنگ مشکل جدی زیست محیطی می‌باشد. در طول هوازدهگی زباله زغال سنگ، زه آب اسیدی معدنی تولید می‌شود. زه آب اسیدی^۱ معدنی وقتی شکل می‌گیرد که پیریت^۲ با آب و هوا واکنش می‌دهد به شکل اسید سولفوریک حل می‌شود. این زه آب اسیدی به زمین‌ها و آب‌های سطحی انتقال پیدا می‌کند، که باعث کاهش قابل توجه در کیفیت آب می‌شود و اثر شدید بر روی زندگی و نابودی آبزیان و گیاهان منطقه می‌گذارد. دپوی زباله زغال سنگ در اطراف کارخانه باعث شده است که قسمتی از پوشش گیاهی از بین برود و تنوع گیاهی هم کاهش یابد [۸-۱۳].

۴-۱- رویکرد مقابله با اثرات مخرب دپوی انواع

زباله‌های زغال سنگ

امروزه یکی از رویکردهای مهم صنعت بازیافت، بازیافت باطله‌ها می‌باشد. اهمیت بازیافت باطله‌ها نه تنها از دیدگاه اقتصادی حائز اهمیت است، بلکه بازیافت آن‌ها کمک شایانی به کاهش تاثیرات منفی زیست محیطی این مواد می‌کند [۱۴]. تشدید آلودگی و آگاهی جامعه از مشکلات ناشی از آلودگی محیط زیست در ارتباط با زباله‌های صنعتی باعث شده است تا نهادهای حافظ محیط زیست، راهکارهایی را برای بازیافت این زباله‌ها و استفاده از آن‌ها به عنوان موادخام را مورد توجه قرار دهند [۱۵-۲۳]. در مقایسه با مواد سنتی صنعت ساختمان، استفاده از زباله‌های صنعتی سازگار با محیط زیست برای جایگزینی با مصالح ساختمانی، کمک زیادی به صرفه جویی در انرژی، حفاظت از منابع طبیعی، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای (به ویژه CO₂) و حفاظت از محیط زیست می‌کند. با استخراج زغال سنگ از معادن، مقدار این ضایعات صنعتی به طور مداوم بالا خواهد رفت. در حال حاضر بسیاری از این پسماندها در زمین‌هایی با مساحت‌های بسیار زیاد برای ذخیره سازی دپو شده که باعث آلودگی شدید هوا، خاک و آب‌های زیرزمینی می‌شوند [۲۴]. همچنین، زباله‌های زغال سنگ تبدیل به

² Pyrite¹ Acid mine drainage

جدول ۱- درصدهای شیمیایی سیمان مصرفی		
ترکیب شیمیایی	ISIRI 389 (استاندارد ایران)	درصد
SiO ₂	> ۲۰	۲۱/۲۵
Al ₂ O ₃	> ۶	۴/۹۵
Fe ₂ O ₃	< ۶	۳/۱۹
K ₂ O	-	۰/۳۶
CaO	-	۶۴/۰۷
MgO	< ۵	۱/۲
SO ₃	< ۳	۲/۰۴
Na ₂ O	-	۰/۳۸
L.O.I	-	۲/۵۷

۲-۲- سنگدانه‌ها

مشخصات سنگدانه‌های ریز و درشت طبق روش‌های تست C33، C127، C128، C136، D2419 [۲۹-۳۳] از استاندارد ASTM تعیین شده است. چگالی ظاهری در حالت درون اشباع با سطح خشک (SSD) درشت دانه، طبق استاندارد ASTM: C127 برابر $2/73 \text{ gr/cm}^3$ محاسبه گردیده و حداکثر قطر سنگدانه برای مقاومت 31 Mpa ، 20 mm بوده و برای مقاومت 20 Mpa ، $9/5 \text{ mm}$ بوده است. همچنین چگالی ظاهری در حالت درون اشباع با سطح خشک ریزدانه نیز طبق استاندارد ASTM: C128 برابر $2/7 \text{ gr/cm}^3$ محاسبه شده است. شکل‌های شماره ۱ و ۲ نتایج دانه بندی سنگدانه‌ها را طبق استاندارد ASTM:C33 نشان می‌دهد. مشخصات فیزیکی سنگدانه‌ها در جدول شماره ۲ نشان داده شده است.

۲-۳- آب

آب مصرفی نیز آب شرب شهرستان بابل بوده، که دارای PH مناسب است.

۲-۴- زباله زغال سنگ

زباله زغال سنگ، در دو مرحله مورد استفاده قرار می‌گیرد، که در مرحله اول ریزدانه زباله زغال سنگ جیگ جایگزین ماسه مصرفی شده است و در مرحله دوم پودر زباله زغال سنگ جیگ و فلو تاسیون جایگزین سیمان مصرفی شده است.

یک نگرانی زیست محیطی در چین و اروپا شده است. در حال حاضر در چین $4/5$ میلیارد تن و در اروپا 175 میلیون تن زباله زغال سنگ در محیط زیست رها شده، که باعث تأثیرات نامطلوب اقتصادی و اجتماعی و زیست محیطی شده است [۲۵]. همه این مشکلات نشان می‌دهد که اقدامات مؤثر برای تولید محصولات با ارزش با استفاده این ضایعات باید انجام شود. در مطالعات انجام شده در حوزه‌های علمی و فنی به منظور استفاده از زباله زغال سنگ به عنوان یک افزودنی جدید، بهبود قابل توجهی در عملکرد مخلوط سیمان به دست آمده، مشاهده شده است. تعیین ارزش زباله زغال سنگ، می‌تواند به عنوان یک منبع جایگزین در مصالح مصرفی در ساخت بتن باشد [۲۶ و ۲۷].

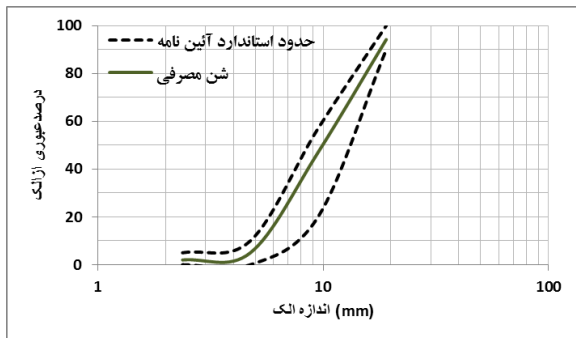
فریاس و همکارانش زباله زغال سنگ را به عنوان جایگزین بخشی از سیمان در مخلوط سیمانی مورد استفاده قرار دادند. بر اساس نتایج مقاومت‌های فشاری بدست آمده با 10 درصد جایگزینی زباله زغال سنگ، مقاومت فشاری در سنین اولیه کمی افزایش یافته و در ادامه با افزایش سن نمونه‌ها و همچنین افزایش درصد‌های جایگزینی تا 20 درصد، مقاومت فشاری کاهش می‌یابد [۲۷].

«رسی دوسانتوس» و همکارانش در کشور برزیل، تحقیقاتی را در مورد استفاده از زباله‌های زغال سنگ به عنوان ریزدانه در بلوک‌های بتنی برای سنگ فرش انجام داده‌اند و نتایج خوبی از مقاومت بلوک‌ها در سن 28 روزه بدست آمد و طی آزمایش‌های شیمیایی دریافتن، وقتی این مواد با سیمان ترکیب و تبدیل به بلوک بتنی می‌شود، مانع از ایجاد خاصیت اسیدی ناشی از اکسیداسیون این زباله‌ها شده و می‌توان گفت که سیمان باعث تثبیت زباله‌های زغال سنگ شده است [۲۸].

۲- مشخصات مصالح مصرفی

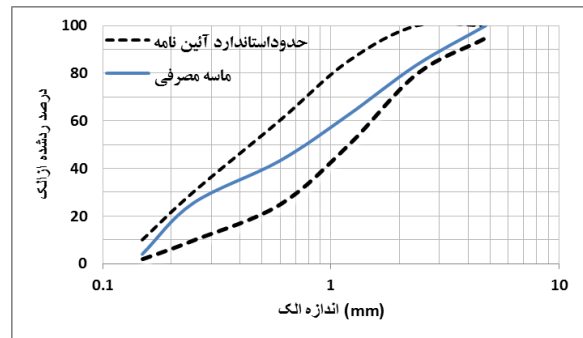
۱-۲- سیمان

سیمان مصرفی از سیمان تیپ دو کارخانه سیمان مازندران انتخاب گردید. کارخانه سیمان مازندران در شهر نکا واقع شده است. دانسیته سیمان مذکور برابر $3/15 \text{ gr/cm}^3$ و سطح ویژه (سطح بلین) $3042 \text{ cm}^2/\text{gr}$ است و همچنین سیمان مصرفی مورد آزمایش شیمیایی قرار گرفته و ترکیب شیمیایی سیمان در جدول شماره ۱ ارائه شده است.



شکل ۲- نمودار دانه بندی شن مصرفی به همراه حدود استاندارد

ASTM: C33



شکل ۳- نمودار دانه بندی ماسه مصرفی برای بتن با مقاومت ۳۱

مگا پاسکال به همراه حدود استاندارد ASTM: C33

جدول ۲- خصوصیات مصالح سنگی ریز (ماسه) و درشت (شن)

شن	ماسه	استاندارد		ویژگی سنگدانه
		شن	ماسه	
۲/۷۳	۲/۷	ASTM: C127	ASTM: C128	وزن مخصوص ظاهری (gr/cm^3)
۱/۵۷	-	ASTM: C127	-	وزن مخصوص انبوهی (gr/cm^3)
۰/۵	۰/۵	ASTM: C127	ASTM: C128	جذب رطوبت (%)
-	۳/۱	-	ASTM: C136-06	مدول نرمی (F.M)
-	۸۲	-	ASTM: D 2419-87	هم ارز ماسه (S.E) (%)

جدول ۵- آنالیز ترکیب شیمیایی زباله زغال سنگ جیگ

درصد	ترکیب شیمیایی	درصد	ترکیب شیمیایی
۲/۳۱	K_2O	۳۳/۲	SiO_2
۰/۲۲	Na_2O	۳/۴۵	Fe_2O_3
۰/۰۲	MnO	۱۴/۰۱	Al_2O_3
۰/۹۵	Ti_2O	۰/۳۸	CaO
۴۴/۲۶	L.O.I	۰/۸۶	MgO
		۰/۳۴	P_2O_5

جدول ۶- مشخصات دانه بندی ریزدانه زباله زغال سنگ جیگ

الک	درصد تجمعی رد شده از الک
۱۴۹mc	۳/۰۵
۲۹۷mc	۱۲/۳۵
۵۹۵mc	۳۳/۳۵
۱/۱۹ mm	۵۷/۹۵
۲/۳۸ mm	۸۳/۰۵
۴/۷۶ mm	۹۹/۹۵

ریزدانه زباله زغال سنگ جیگ از محل دپوی این مواد در اطراف کارخانه تهیه شده و به کارگاه انتقال پیدا کرد و بعد از خشک کردن کامل، از الک استاندارد نمره ۴ گذرانده شده، تا برای جایگزینی ریزدانه (ماسه) مصرفی، دانه بندی یکسانی با ریزدانه (ماسه) داشته باشد. زباله زغال سنگ جیگ و فلو تاسیون با دستگاه پودر کن پودر شده و از الک استاندارد نمره ۲۰۰ گذرانده شده تا برای جایگزینی سیمان مصرفی، دانه بندی یکسانی با سیمان داشته باشند.

جدول ۳- خصوصیات پودر زباله زغال سنگ جیگ و فلو تاسیون

ویژگی	استاندارد	جیگ	فلو تاسیون
وزن مخصوص ظاهری (gr/cm^3)	ASTM: C188-89	۲/۲۳	۱/۶۶

جدول ۴- خصوصیات ریزدانه زباله زغال سنگ جیگ

ویژگی	استاندارد	نتیجه
وزن مخصوص ظاهری (gr/cm^3)	ASTM: C128	۱/۹۴۵
در صد جذب رطوبت	ASTM: C128	۱

۳- طرح‌های اختلاط بتن

با استفاده از مقاومت‌های فشاری متوسط به دست آمده و براساس آیین نامه 89-1-211-ACI [۳۴] طرح اختلاط بتن معمولی به روش حجمی برای دو مقاومت متوسط ۲۰ و ۳۱ مگاپاسکال محاسبه می‌شود. در این تحقیق ۲۸۸ نمونه مکعبی در قالب ۳۶ طرح اختلاط برای دو مقاومت فوق ساخته شده است. آب مورد استفاده برای ساخت نمونه‌ها پس از محاسبه جذب آب مربوط به سنگدانه‌ها برای رسیدن به حالت اشباع با سطح خشک (SSD) و تفاوت آن با رطوبت طبیعی (NH) سنگدانه‌ها، به مخلوط اضافه شده است. در این تحقیق، دو طرح به عنوان طرح‌های شاهد (A و B) در نظر گرفته شدند.

برای سنجش ویژگی بتن تازه از آزمایش اسلامپ بر اساس استاندارد ASTM: C143 [۳۵] استفاده شده است. نمونه‌های بتنی سخت شده، برای مقاومت فشاری تست می‌شوند. آزمایش مقاومت فشاری بتن بر روی نمونه‌های مکعبی $10 \times 10 \times 10$ سانتیمتر براساس استاندارد BS1881-PART108:1983 [۳۶] معین شده اند. در آزمایش مقاومت فشاری، نمونه‌های بتن با اعمال نیروی محوری فشاری با سرعت مشخص، به حد مقاومت نهایی می‌رسند. مقاومت فشاری از تقسیم حداکثر نیروی تحمل شده توسط نمونه، به سطح مقطع نمونه به دست می‌آید. در نهایت مقاومت‌های فشاری بدست آمده با اعمال ضرایب، بر اساس مقررات ملی ساختمان ایران (طراحی سازه‌های بتنی) به مقاومت فشاری نمونه‌های استوانه‌ای، 15×30 سانتیمتر برحسب مگاپاسکال تبدیل می‌شوند.

۴- روش‌های آزمایش

با توجه به این که تاکنون تحقیقات مشخصی، روی میزان قابل قبول و مناسب جای‌گزینی این زباله‌ها با سیمان پرتلند تپ دو و ماسه صورت نگرفته است، لذا جهت انتخاب بهترین و مناسب ترین مقدار مصرف زباله زغال سنگ، نمونه‌های بتن در ابعاد $10 \times 10 \times 10$ سانتیمتر با ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۳۰ درصد جایگزینی سیمان با پودر زباله زغال سنگ جیگ و فلو تاسیون و همچنین جایگزینی ماسه با ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درصد ریزدانه زباله زغال سنگ جیگ برای دو مقاومت فشاری طراحی ۳۱ مگاپاسکال با اسلامپ ۱۰-۸ سانتیمتر و مقاومت فشاری طراحی ۲۰ مگاپاسکال

۵- شرح و تفسیر اطلاعات حاصل از آزمایش‌های مقاومت فشاری

شکل‌های شماره ۳ و ۴، نتایج مقاومت فشاری نمونه‌هایی که ماسه با ریزدانه زباله زغال سنگ جیگ جایگزین شده، را نشان می‌دهد. در شکل شماره ۳ مشاهده می‌شود که مقاومت فشاری در سنین ۷ و ۲۸ روزه با ۵٪ جایگزینی، به ترتیب ۰/۳ و ۱/۴۵٪ نسبت به نمونه شاهد (طرح A) افزایش و با ۱۰٪ جایگزینی، مقاومت فشاری در سنین ۷ و ۲۸ روزه، به ترتیب ۱۰/۲٪ کاهش و ۲/۷۷٪ افزایش می‌یابد و با ۵۰٪ جایگزینی، ۲۹/۳٪ مقاومت ۲۸ روزه کاهش می‌یابد. همچنین مشاهده می‌شود که روند صعودی کاهش مقاومت، در جایگزینی‌های ۱۵ تا ۳۰٪، کاهش می‌یابد و پس از آن یکباره افزایش می‌یابد. در شکل شماره ۴، مقاومت فشاری در سنین ۷ و ۲۸ روزه با ۵٪ جایگزینی، به ترتیب ۰/۳۲ و ۲/۱۶ درصد نسبت به نمونه شاهد (طرح B) کاهش می‌یابد و با ۱۰٪ جای‌گزینی، مقاومت فشاری در سنین ۷ و ۲۸ روزه، ۱/۲۷ و ۳/۶۷٪ کاهش می‌یابد.

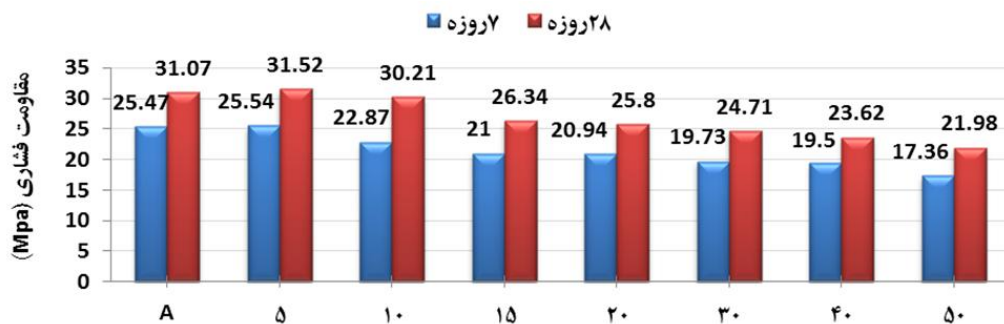
در شکل شماره ۴، مشاهده می‌شود که تا ۳۰٪ جایگزینی، مقاومت فشاری نمونه‌ها در سنین ۷ و ۲۸ روزه نسبت به نمونه شاهد، فقط، ۴/۸٪ و ۱۳/۵٪ کاهش یافته است. همچنین شیب کاهشی مقاومت نمونه‌ها در سنین ۲۸ روزه، نسبت به ۷ روزه، افزایش یافته است. با توجه به نتایج مقاومت فشاری در شکل‌های شماره ۳ و ۴، با افزایش جایگزینی مقاومت فشاری نسبت به نمونه شاهد کاهش می‌یابد که این مقدار در ۱۰٪ جای‌گزینی بسیار کمتر می‌باشد و با ۵۰٪ جایگزینی، مقاومت به طور چشمگیری کاهش می‌یابد، که می‌توان یکی از دلایل آن را افزایش رقیق‌کنندگی با جای‌گزینی بیشتر این مواد دانست که باعث کاهش مقاومت شده است.

جدول ۷- طرح های اختلاط بتن (بر حسب Kg/m^3)

اسلامپ (cm)	پودر جیگک**	پودر فلو تاسیون**	ریزدانه جیگک*	ماسه	شن	سیمان	آب	جایگزینی (%)	طرح
۱۰	-	-	-	۸۵۷	۹۴۲	۳۷۰	۲۲۶	-	A
۴/۵	-	-	-	۱۱۲۰	۷۴۰	۲۹۳	۲۱۳	-	B
۸	-	-	۳۰/۸۲	۸۱۴/۱۵	۹۴۲	۳۷۰	۲۲۷	۵	C
۸	-	-	۶۱/۶۴	۷۷۱/۳	۹۴۲	۳۷۰	۲۳۴	۱۰	
۹	-	-	۹۲/۴۶	۷۲۸/۴۵	۹۴۲	۳۷۰	۲۳۶	۱۵	
۸	-	-	۱۲۳/۵	۶۸۵/۶	۹۴۲	۳۷۰	۲۳۹	۲۰	
۹	-	-	۱۸۵/۱۳	۶۰۰	۹۴۲	۳۷۰	۲۴۱	۳۰	
۸	-	-	۲۴۷	۵۱۴/۲	۹۴۲	۳۷۰	۲۴۵	۴۰	
۹	-	-	۳۰۸/۷	۴۲۸/۵	۹۴۲	۳۷۰	۲۵۵	۵۰	
۴/۵	-	-	۴۰/۳	۱۰۶۴	۷۰۴	۲۹۳	۲۱۷	۵	D
۴	-	-	۸۰/۶	۱۰۰۸	۷۰۴	۲۹۳	۲۲۰	۱۰	
۴	-	-	۱۲۰/۹	۹۵۲	۷۰۴	۲۹۳	۲۲۳	۱۵	
۵	-	-	۱۶۱/۲	۸۹۶	۷۰۴	۲۹۳	۲۲۵	۲۰	
۴/۵	-	-	۲۴۱/۸	۷۸۴	۷۰۴	۲۹۳	۲۳۰	۳۰	
۵	-	-	۳۲۲/۴	۶۷۲	۷۰۴	۲۹۳	۲۳۲	۴۰	
۴/۵	-	-	۴۰۳	۵۶۰	۷۰۴	۲۹۳	۲۴۰	۵۰	
۱۰	۱۳/۱	-	-	۸۵۷	۹۴۲	۳۵۱/۵	۲۳۲	۵	E
۸	۲۶/۲	-	-	۸۵۷	۹۴۲	۳۳۳	۲۴۰	۱۰	
۹	۳۹/۳	-	-	۸۵۷	۹۴۲	۳۱۴/۵	۲۴۳	۱۵	
۸/۵	۵۲/۴	-	-	۸۵۷	۹۴۲	۲۹۶	۲۴۶	۲۰	
۸/۵	۷۸/۶	-	-	۸۵۷	۹۴۲	۲۵۹	۲۵۱	۳۰	
۹	۹/۷۵	-	-	۸۵۷	۹۴۲	۳۵۱/۵	۲۲۷	۵	
۹	۱۹/۵	-	-	۸۵۷	۹۴۲	۳۳۳	۲۳۲	۱۰	
۹	۲۹/۲۵	-	-	۸۵۷	۹۴۲	۳۱۴/۵	۲۳۶	۱۵	F
۸	۳۹	-	-	۸۵۷	۹۴۲	۲۹۶	۲۴۱	۲۰	
۸	۵۸/۵	-	-	۸۵۷	۹۴۲	۲۵۹	۲۴۷	۳۰	
۴/۵	۵/۱۸	-	-	۱۱۲۰	۷۰۴	۲۹۳	۲۱۳	۵	G
۳	۱۰/۳۷	-	-	۱۱۲۰	۷۰۴	۲۷۸/۴	۲۱۴	۱۰	
۴/۵	۲۰/۷۴	-	-	۱۱۲۰	۷۰۴	۲۶۳/۷	۲۱۵	۱۵	
۴	۳۱/۱۱	-	-	۱۱۲۰	۷۰۴	۲۴۹/۱	۲۱۶	۲۰	
۴	۴۱/۴۹	-	-	۱۱۲۰	۷۰۴	۲۳۴/۴	۲۱۸	۳۰	
۴	۷/۷۲	-	-	۱۱۲۰	۷۰۴	۲۷۸/۴	۲۱۳	۵	H
۴/۳	۱۵/۴۴	-	-	۱۱۲۰	۷۰۴	۲۶۳/۷	۲۱۴	۱۰	
۴/۵	۲۳/۱۶	-	-	۱۱۲۰	۷۰۴	۲۴۹/۱	۲۱۶	۱۵	
۵	۳۰/۸۸	-	-	۱۱۲۰	۷۰۴	۲۳۴/۴	۲۱۷	۲۰	
۴/۵	۴۶/۳۲	-	-	۱۱۲۰	۷۰۴	۲۰۵/۱	۲۲۰	۳۰	

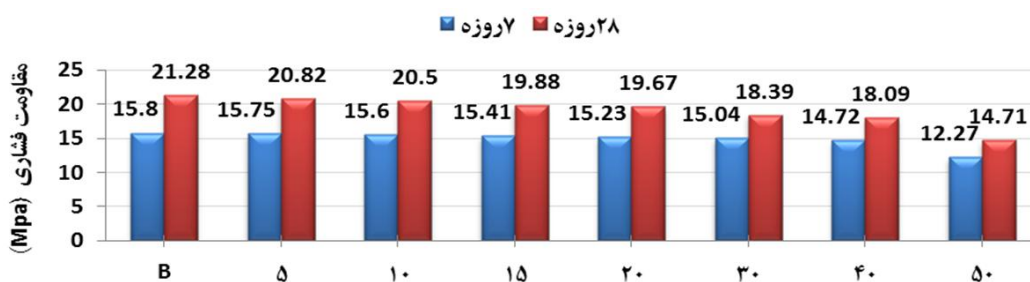
*ریزدانه زباله زغال سنگ جیگک جایگزین ماسه مصرفی

**پودر زباله زغال سنگ جیگک و فلو تاسیون جایگزین سیمان مصرفی



درصد جایگزینی ماسه مصرفی با ریزدانه زباله زغال سنگ جیگ

شکل ۳- نمودار نتایج مقاومت فشاری طرح C

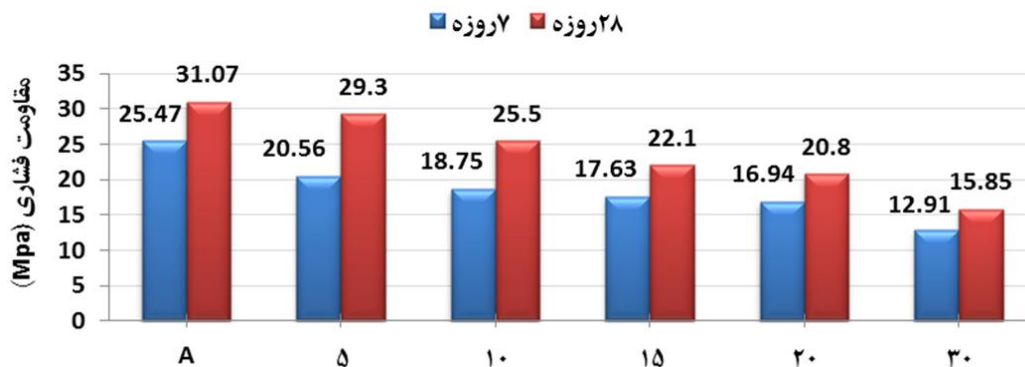


درصد جایگزینی ماسه مصرفی با ریزدانه زباله زغال سنگ جیگ

شکل ۴- نمودار نتایج مقاومت فشاری طرح D

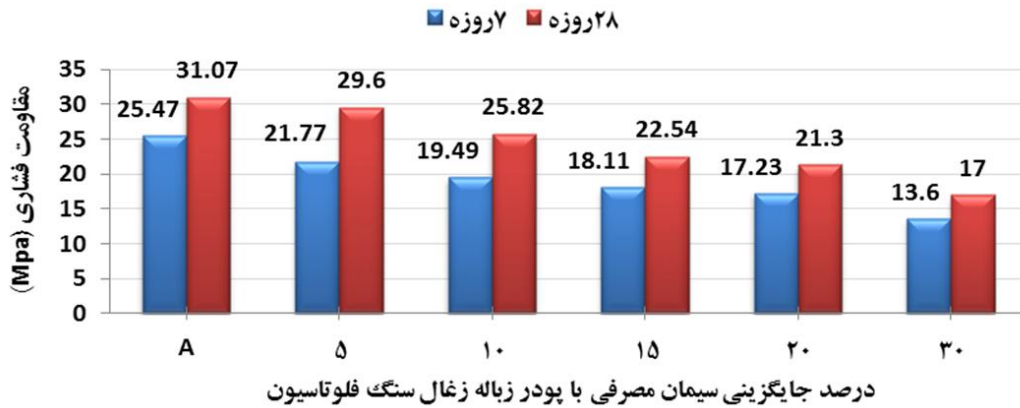
کاهش می‌یابد. بر اساس نتایج، با افزایش سن نمونه‌ها تا ۲۸ روز، روند کاهشی مقاومت به طور قابل توجهی کاهش یافته و حتی روند کسب مقاومت در بین سنین ۷ تا ۲۸ روزه با ۵ و ۱۰٪ جایگزینی، از نمونه شاهد بیشتر می‌باشد. براساس نتایج طرح‌های E و F، با افزایش جایگزینی، شیب کاهشی مقاومت در سنین ۷ و ۲۸ روزه در طرح F نسبت به طرح E کمتر می‌باشد و مقاومت‌های فشاری به دست آمده کمی بیشتر می‌باشد. در ادامه با ۳۰٪ جایگزینی، مقاومت‌ها به یکباره، بسیار کاهش می‌یابد.

شکل‌های شماره ۵ و ۶، نتایج مقاومت فشاری نمونه‌هایی که سیمان با پودر زباله زغال سنگ جیگ و فلو تاسیون جایگزین شده، را نشان می‌دهد. همان‌طور در شکل شماره ۵ مشاهده می‌شود، با جایگزینی ۵٪ پودر زباله زغال سنگ جیگ، مقاومت فشاری در سنین ۷ و ۲۸ روزه، ۱۹/۳٪ و ۵/۷٪ کاهش و با جایگزینی ۱۰٪، مقاومت فشاری ۲۶/۴٪ و ۱۷/۹٪ کاهش می‌یابد. در شکل شماره ۶ مشاهده می‌شود، با جایگزینی ۵٪ پودر زباله زغال سنگ فلو تاسیون، مقاومت فشاری در سنین ۷ و ۲۸ روزه، ۱۴/۵٪ و ۴/۷٪ کاهش و با جایگزینی ۱۰٪، مقاومت فشاری ۲۳/۵٪ و ۱۶/۹٪



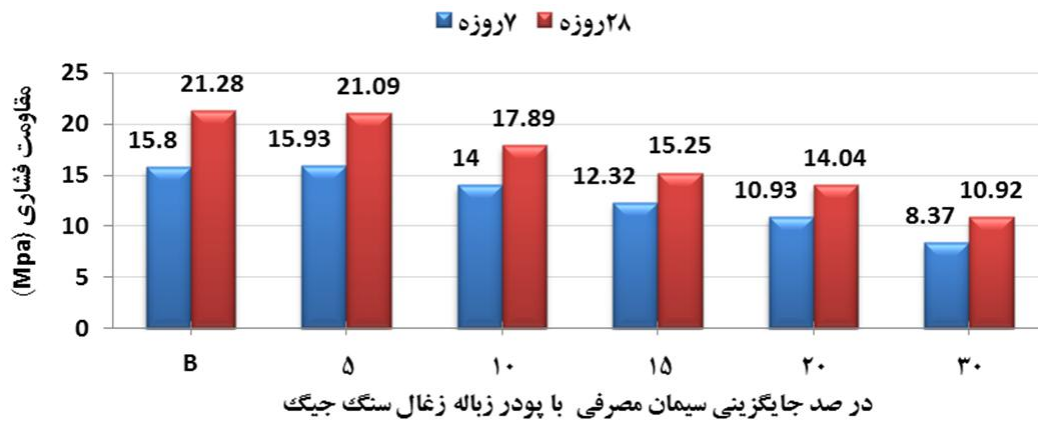
در صد جایگزینی سیمان مصرفی با پودر زباله زغال سنگ جیگ

شکل ۵- نمودار نتایج مقاومت فشاری طرح E

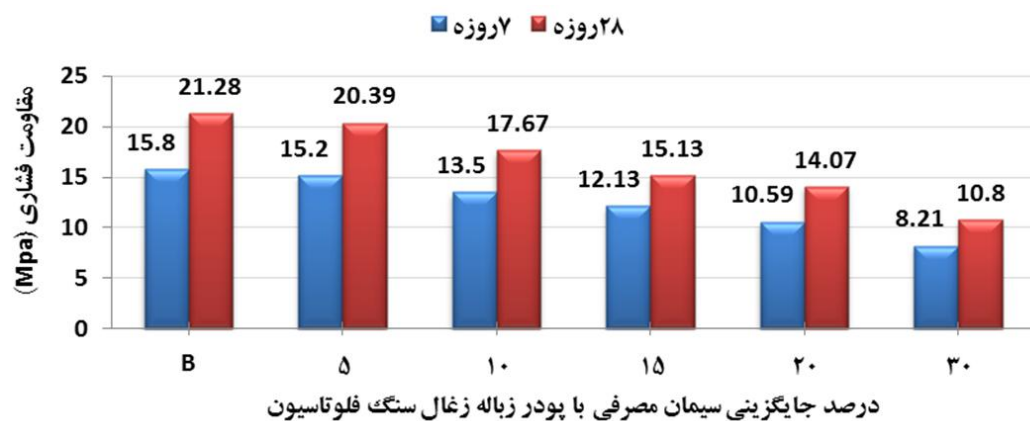


شکل ۶- نمودار نتایج مقاومت فشاری طرح F

شکل های شماره ۷ و ۸، نتایج مقاومت فشاری نمونه هایی که سیمان با پودر زباله زغال سنگ جیگ و فلو تاسیون جایگزین شده، را نشان می دهد. بر اساس نتایج بدست آمده در شکل شماره ۷، با جایگزینی ۵٪ پودر زباله زغال سنگ جیگ، مقاومت فشاری نسبت به نمونه شاهد در سنین ۷ و ۲۸ روزه، ۳/۸٪ و ۴/۲٪ و با جایگزینی ۱۰٪، مقاومت فشاری ۱۴/۶٪ و ۱۶/۹٪ کاهش می یابد. در نتایج طرح های G و H بر خلاف نتایج طرح های E و F، با جایگزینی ۵٪، مقاومت فشاری در سن ۷ روزه به یکباره کاهش زیاد نیافته است.



شکل ۷- نمودار نتایج مقاومت فشاری طرح G



شکل ۸- نمودار نتایج مقاومت فشاری طرح H

- [5]. Janusz S, Laskowski M.;" Coal flotation and fine coal utilization", Department of Mining and Mineral Process Engineering; 2001.
- [6]. Asanlu M, Adibi N, The study of environmental effects of karmozd coal mines waste dumps, http://www.civilica.com/Paper-IRANCOAL01-IRANCOAL01_091.html
- [7]. National Geoscience Database Of IRAN: <http://www.ngdir.ir/>
- [8]. Amirkhani Shiraz F, Doulati F.;"Investigating the source of contaminated plumes downstream of the Alborz Sharghi coal washing plant using EM34 conductivity data, VLF-EM and DC-resistivity geophysical methods", Exploration Geophysics, 2013, 44, 16–24
- [9]. Delgado J, Pérez-López R, Galván L.;"Enrichment of rare earth elements as environmental tracers of contamination by acid mine drainage in salt marshes: A new perspective", Marine Pollution Bulletin 64 (2012) 1799–1808.
- [10]. Gray, N.F.; "Environmental impact and remediation of acid mine drainage: a management problem", Environmental Geology, (1997), Vol. 30, p. 62–71.
- [11]. Bell, F.G. Bullock, S.E.T. Halbich, T.F.J. and Lindsay, P.;"Environmental impacts associated with an abandoned mine in the Witbank Coalfield, South Africa", International Journal of Coal Geology, (2001), Vol. 45, p. 195–216.
- [12]. Geller, W. Klapper, H. and Salomons, W.;"Acid mine lakes: acid mine drainage, limnology and reclamation", Springer-Verlag, New York. , (1998), 435 p.
- [13]. Cherry, D.S. Currie, R.J. Souek, D.J. Latimer H.A. and Trent, G.C.;"An integrative assessment of a watershed impacted by abandoned mined land discharges", Environmental Pollution, (2001), Vol. 111, p. 377–388.
- [14]. Geological survey of Iran: <http://www.gsi.ir/>.
- [15]. Sánchez de Rojas MI, Luxan MP, Frías M, Garcia N.;"The influence of different additions on Portland cement hydration heat". Cem Concr Res 1993; 23:46–54.
- [16]. Frías M, Sánchez de Rojas MI.;"The effect of high curing temperature on the reaction kinetics in MK/lime and MK-blended cement matrices at 60 °C. Cem Concr", Res 2003; 33:643–9.
- [17]. Stark J.;" Recent advances in the field of cement hydration and microstructure analysis", Cem Concr Res 2011; 41:666–78.
- [18]. Frías M, Sánchez de Rojas MI.;" Microstructural alterations in fly ash mortars: study on phenomena affecting particle and pore size", Cem Concr Res 1997; 27:619–28.

۶- نتیجه گیری

- ۱- بر اساس نتایج به دست آمده، بهترین درصد جای گزینی سیمان مصرفی با پودر زباله زغال سنگ جیگ و فلو تاسیون در دو مقاومت ۲۰ و ۳۱ مگاپاسکال در سن ۲۸ روزه، ۵٪ می باشد.
- ۲- بر اساس نتایج بدست آمده، بهترین درصد جایگزینی ماسه مصرفی با ریزدانه زباله زغال سنگ جیگ در دو مقاومت ۲۰ و ۳۱ مگاپاسکال در سن ۲۸ روزه، ۱۰٪ می باشد.
- ۳- استفاده از زباله زغال سنگ به عنوان جای گزین سیمان و ماسه به علت منابع تهیه زیاد و ارزان باعث کاهش قیمت تمام شده در ساخت بتن می شود.
- ۴- بر اساس مقاومت های بدست آمده در سنین مختلف مشاهده می شود که واکنش به آهستگی انجام گیرد و بنابراین، سرعت پیشرفت واکنش های شیمیایی و کسب مقاومت کند می باشد. استفاده از این مواد معمولاً زمان گیرش بتن را افزایش می دهند. افزایش زمان گیرش (کند شدن هیدراسیون) مربوط به کاهش مقادیر C_3A و C_4AF به دلیل جایگزینی سیمان با پودر زباله زغال سنگ است. استفاده از این نوع مواد در بتن های حجیم می تواند باعث کاهش نرخ رشد حرارت هیدراسیون شود.

۷- منابع

- [1]. Shakhoseiny .M, Doulati .F, Ardejani, Shafaei.S.Z, Noaparast .M, Hamidi .D.;"Geochemical and Mineralogical Characterization of a Pyritic Waste Pile at the Anjir Tangeh Coal Washing Plant, Zirab, Northern Iran", Mine Water Environ 32, p:84–96. 2013.
- [2]. Gholipoor, M. Mazaheri, A. Raghimi, M. and Shamanian, H.;"Investigation of environmental impacts of acid mine drainage (AMD) on coal tailing in Zirab coal cleaning factory, Mazandran Province", Iranian Society of crystallography and mineralogy, (2009) Vol. 17, p. 173-186.
- [3]. Safari Sinegani S, Abedi A.;" The Impact of Anjir-tangeh Coal Washing Plant on Concentration of Some Heavy Metals in the Native Vegetation, Mazandaran Province, Iran", Vol.47, No.2, Dec. 2013, pp. 151-161
- [4]. Bahri, Z. Shafaei, Z. and karamoozian, M. MSc Thesis: "Investigation of retreatment possibility of Zirab coal washing factory Jig tailings", Shahrood University of Technology, Faculty of Mining, Petroleum and Geophysics (2011).

- [34]. ACI-211.1-89: Standard practice for selecting proportions normal, heavy weight, and mass concrete. American Concrete Institute (1989).
- [35]. ASTM C143: Standard test method for slump of hydraulic-cement concrete.
- [36]. BS 1881-108:1983 - Testing concrete. Method for making test cubes from fresh concrete.
- [19]. de Lomas MC, Sánchez de Rojas MI, Frías M.;" Pozzolanic reaction of a spent fluid catalytic cracking catalyst in FCC-cement mortars", *J Therm Anal Cal* 2007; 90:443–7.
- [20]. Frías M, Rodríguez C.;" Effect of incorporating ferroalloy industry wastes as complementary cementing materials on the properties of blended cement matrices", *Cem Concr Compos* 2008; 30:212–9.
- [21]. Frías M, Villar E, Savastano H.;" Brazilian sugar cane bagasse ashes from the cogeneration industry as active pozzolans for cement manufacture", *Cem Concr Compos* 2011; 33:490–6.
- [22]. Villar E, Valencia E, Santo SF, Savastano H, Frías M.;" Pozzolanic behavior of bamboo leaf ash: characterization and determination of the kinetic parameters", *Cem Concr Compos* 2011; 33:68–73.
- [23]. Zhang N, Liu X, Sun H, Li L.;" Pozzolanic behavior of compound activated red mud coal gangue mixture", *Cem Concr Res* 2011; 41:270–8
- [24]. Shi Caijun, Qian Jueshi.;"High Performance Cementing Materials from Industrial Slag-A Review", *Resources Conservation & Recycling*, 2000, 29(3): 195-207
- [25]. Llamas JF, López C, García MJ, Ortega M, Llamas A, Díaz MA.;" Compuestos orgánicos en aguas de escombreras de carbon", Website of Universidad Politécnica de Madrid
- [26]. Haibin L, Zhening L.;" Recycling utilization patterns of coal mining waste in China", *Res Con Rec* 2010; 54:1331–40.
- [27]. Frías M, Sanchez de Rojas, M.I. García, R. Juan Valdés, A. Medina, C.; "Effect of activated coal mining wastes on the properties of blended cement", *Cement & Concrete Composites* 2012, 34, p: 678–683.
- [28]. Rossi DS, Amaral Filho JR, Pagnussat D, Schneider IAH, Tubino RMC.;" Use of Coal Waste as Fine Aggregates in Concrete Blocks for Paving", In: 10th international conferences on concrete block paving shanghai. Peoples Republic of China; 2012.
- [29]. ASTM C33: Standard specification for concrete aggregates.
- [30]. ASTM C127: Standard test method for relative density (Specific Gravity) and absorption of coarse aggregate.
- [31]. ASTM C128: Standard test method for relative density (Specific Gravity) and absorption of fine aggregate.
- [32]. ASTM C136: Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates.
- [33]. ASTM D2419: Standard test method for sand equivalent value of soils and coarse aggregates.

The Use of Coal Waste in Concrete Construction & Survey of Compressive Strength

M. Naghipour *

Professor, Department of Civil Engineering, Babol Noshirvani University of Technology

M. Tazikeh

M.Sc. in Structural Engineering, Babol Tabari Institution of higher education

B. Hoseinian

Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Babol Noshirvani University of Technology

Abstract

With respect of a lot of resources of coal waste and its destructive impacts on environment & nature, presentation of engineering solutions for apply of this waste in concrete construction can have great impact on use of these coal wastes & subsequently, the decrease of environmental risks due to coal waste depot in nature. In this article from jig and flotation coal waste that is obtained around of the central Alborz markazi coal washing Factory in Zirab city of Mazandaran province, it use in concrete as substitution a part of cement and fine aggregate with two different resistance (20&31 MPa). Afterwards, the impact on various percentages of this substitution is reviewed on compressive strength properties of concrete. Base on gained compressive strength results, the best substitution percentage of used sand with fine aggregate of jig coal waste is 10% & the best substitution percentage of used cement with the powder of jig and flotation coal waste is 5% for the sample with 28 days age.

Keywords: jig and flotation coal waste, concrete, compressive strength.

* Corresponding Author: m-naghi@nit.ac.ir