تثبیت و جامد سازی لجن حاصل از صنایع آبکاری با استفاده از مصالح ساختمانی

وحید شاپوری
دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست دانشگاه صنعتی امیرکبیر (عهده دار مکاتبات)
*سید محمد رضا علوی مقدم
*تقی عبادی
*استاد یار دانشگاه صنعتی امیرکبیر

تاریخ دریافت: ۸۵/۸/۱۰ تاریخ پذیرش: ۸۵/۱۲/۱۵

چکیده

تثبیت و جامد سازی فرآیند متداولی است که برای تصفیه نهایی مواد زاید خطرناک ، قبل از مرحله دفن انجـــام می شود. از این روش در تصفیه بسیاری از آلاینده های خطرناک از جمله لجن های حاوی فلزات سنگین استفاده می شود. در این تحقیق از سیمان و میکروسیلیس برای تثبیت کروم شش ظرفیتی موجود در لجن صنایع آبکاری استفاده شده است . نمونه های تثبیت شده با استفاده از آزمایش TCLP و مقاومت فشاری مورد ارزیابی قرار گرفته اند . نمونه ها براساس غلظت های مختلف کروم در لجن(۱۲ ، ٦ و ۱ گرم بر لیتر) و بر اساس استاندارد ASTM C109/C 109M – 95 ساخته شده است. نتایج حاصله از آزمایش TCLP نشان می دهد که غلظت کروم در محلول شستشو دهنده ، در نمونه های تثبیت شده ای که با غلظت کروم در لجن ۱۲ و ٦ گرم بر لیتر ساخته شده است ، از مقدار حداکثر غلظت کروم در آزمایش TCLP (۵ میلی گرم بر لیتر) بالاتر بوده و این نمونه ها جزو مواد زاید خطرناک محسوب می شود. در عین حال نتایج حاصل از مقدار تثبیت کروم نشان می دهد که تثبیت کروم با استفاده از سیمان کاملا موثر بوده و به طور متوسط ۸۷ ٪ کروم لجن ، در نمونه ها تثبیت شده است که این درصد با توجه به نحوه دفن این گونه لجن ها در کشورمان، قابل قبول به نظر می رسد . همچنین جایگزینی ۱۰ ٪ میکروسیلیس به جای سیمان موجب شده است که بازدهی حذف کروم در این روش برای نمونه های ۲۸ روزه ٤٪ افزایش پیدا کند که این نتیجه تاثیر مثبت استفاده از میکروسیلیس را در جهت بهبود فرآیندهای هیدراتاسیون سیمان و کیفیت تثبیت و جامد سازی نشان می دهد. در پایان نیز نتایج آزمایش مقاومت فشاری نشان می دهد مقاومت تمامی نمونه های ساخته شده، از مقاومت حداقل EPA برای مواد زاید تثبیت شده، بیشتر بوده و قابلیت دفن در محل های دفن را خواهند داشت .

واژه های کلیدی: لجن آبکاری، تثبیت کروم، جامدسازی و تثبیت، سیمان، میکروسیلیس

مقدمه

تثبیت و جامد سازی به عنوان یکی از ابزارهای مهم مدیریت مواد زاید خطرناک می تواند در کنترل آلودگی مواد زاید خطرناک نقش اساسی ایفا کند(۱). این تکنولوژی برای تصفیه فاضلاب های صنعتی، تصفیه مواد زاید قبل از دفن نهایی و تصفیه منطقه آلوده استفاده می شود(۲). هدف از انجام عملیات تثبیت و جامد سازی کاهش انتقال آلودگی های مختلف از داخل محل دفن به محیط های طبیعی می باشد(۳).

یکی از معضلات زیست محیطی واحدهای صنعتی در کشور ما ، دفع لجن حاصل از این واحدها میباشد . از جمله این واحدها ، واحدهای آبکاری فلزات هستند که لجن حاصل از این واحدها عموما شامل غلظت های بالایی از فلزات سنگین خصوصا کروم ، نیکل ، سرب ، روی و .... است(۳). تثبیت و جامدسازی این لجن ها می تواند در کنترل انتقال آلودگی از محل های دفن به منابع زیر زمینی، نقشی مهمی داشته باشد . وجود حجم انبوهی از این لجن ها در کشور ما و آلودگی خاک و منابع زیر زمینی ضرورت

www.SID.ir

استفاده از این روش را در جهت ایمن کردن محل های دفن مواد زاید خطرناک، نشان می دهد.

به طور کلی در روش های تثبیت و جامدسازی ، سیمان یکی از موادی است که به طور قابل ملاحظه ای در تثبیت لجن های حاوی فلزات سنگین خصوصا کروم استفاده می شود . برای تثبیت کروم توسط سیمان و مواد افزودنی مختلف به تحقیقات انجام شده توسط Darmatas، Jun Qian، Park ، می توان اشاره نمود (٤–٧). هدف از انجام این مطالعه بررسی میزان تثبیت و جامد سازی فلز کروم موجود در لجن صنایع آبکاری با استفاده از سیمان و افزودنی میکروسیلیس است. در این تحقیق با استفاده ازنتایج آزمایش تراوش آلودگی (TCLP)[1] میزان خطرناک بودن مواد زاید پس از تثبیت و جامد سازی مورد بررسی قرار گرفت . همچنین با استفاده ازنتایج آزمایش مقاومت، میزان تحمل نمونه ها در برابربارهای محیطی ارزیابی شد.

مواد و روش ها

مواد

سیمان و میکروسیلیس

در این تحقیق از سیمان تیپ دو برای تثبیت شیمیایی فلز کروم و از میکروسیلیس نیز به عنوان یک افزودنی و جایگزین سیمان جهت تقویت واکنش های هیدراتاسیون سیمان استفاده شده است. مشخصات ترکیبات شیمیایی میکروسیلیس به طور عمومی در جدول ۱ نشان داده شده است .

جدول ۱- مشخصات عمومی میکروسیلیس مصرفی [۱۷]

اکسیدها (٪)	میکروسیلیس
CaO	۲ - ۲/۳
SiO_2	۸۵ - ۹۵
MgO	۰/۱ - ۰/۹
Al_2O_3	۰/۵ - ۱/۷
Fe_2O_3	۰/۴ -۲
K_2O	-----
سایر اکسیدها	۰/۶ - ۱/۵

لجن صنایع آبکاری

لجن استفاده شده در این تحقیق از وان اصلی یک واحد آبکاری کروم واقع در تهران (منطقه تهرانپارس) نمونه برداری شده است. نتایج به دست آمده از آنالیز لجن فوق به صورت خلاصه در جدول ۲ آورده شده است.

در این تحقیق، برای ساخت نمونه های مختلف جهت انجام فرآیند جامد سازی و تثبیت از لجن اولیه و محلول های رقیق شده آن استفاده شد.

روش ها

آماده سازی نمونه ها

در فاز صفر این تحقیق نمونه هایی با نسبت های مختلف لجن به سیمان ساخته شد و براساس اصل توجیه کیفی نمونه ها ، نمونه هایی که پس از گذشت ۲٤ ساعت امکان جداشدن از قالب را داشتند به عنوان نمونه های اصلی طرح انتخاب شدند. در جدول ۳ نسبت های اختلاط انتخاب شده ارایه شده است.این نمونه ها بر اساس دستورالعمل ارایه شده در ASTM C109/C109M–95 ساخته شده است . با توجه به اسیدی بودن لجن از سود صنعتی جهت خنثی سازی استفاده و pH لجن به ۸/۵ رسانده شد .

جدول ۲- نتایج آنالیز بر روی لجن وان اصلی آبکاری کروم

پارامتر	پارامتر	مقدار اندازه گیری شده
غلظت کروم شش ظرفیتی	گرم بر لیتر	۱۲
TSS	میلی گرم بر لیتر	۶۲۰
وزن مخصوص خشک(ρ_d)	کیلوگرم بر متر مکعب	۳۰۶
درصد رطوبت (W_d)	درصد	۸۲
pH		۲/۶

1-Toxicity Characteristics Leaching Procedure

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- نسبت های بهینه انتخاب شده جهت ساخت و درصد وزنی ترکیبات

ردیف	درصد وزنی سیمان مصرفی	درصد وزنی میکروسیلیس مصرفی	درصد وزنی لجن مصرفی	نسبت لجن به سیمان و میکروسیلیس
۱	۷۰	۵	۲۵	۲۵/۷۵
۲	۶۵	۱۰	۲۵	۲۵/۷۵
۳	۷۵	۰	۲۵	۲۵/۷۵
۴	۶۵	۵	۳۰	۳۰/۷۰
۵	۶۰	۱۰	۳۰	۳۰/۷۰
۶	۷۰	۰	۳۰	۳۰/۷۰
۷	۵۵	۵	۴۰	۴۰/۶۰
۸	۵۰	۱۰	۴۰	۴۰/۶۰
۹	۶۰	۰	۴۰	۴۰/۶۰

در نهایت نمونه ها با استفاده از سه غلظت مختلف کروم در لجن (۱۲ و ٦ و ۱ گرم بر لیتر لجن های رقیق شده) ساخته و آزمایش های مورد نظر صورت پذیرفت.

آزمایش مقاومت فشاری

آزمایش مقاومت فشاری یکی از مهمترین آزمایش های بتن است که در مهندسی عمران استفاده می شود. در این آزمایش نمونه ها توسط دستگاه پرس هیدرولیکی شکسته شده و میزان نیروی وارده به نمونه توسط دستگاه از گیج خوانده می شود و در نهایت با تقسیم نیرو بر سطح نمونه ها مقدار مقاومت فشاری بر حسب کیلوگرم بر سانتی متر مربع محاسبه می شود . با توجه به نتایج این آزمایش می توان میزان تحمل مواد تثبیت شده را در برابر بارهای محیطی در محل های دفن تخمین زد. در این تحقیق آزمایش مقاومت براساس استاندارد ASTM C۱۰۹ انجام شده است . نمونه ها پس از ساخت در سن ۲۸ روز تحت این آزمایش قرار گرفتند .

آزمایش TCLP

آزمایش انتخاب شده جهت آبشویی نمونه ها ، آزمایش تراوش آلودگی TCLP بوده است . آزمایش فوق طبق استاندارد EPA–۱۳۱۱ انجام شده است (۸) . دراین راستا ابتدا نمونه شکسته شده و از هسته نمونه ها ، نمونه برداری انجام شد سپس نمونه های انتخاب شده به مدت ۱۷ ساعت در دستگاه مخصوص اغتشاش گر دورانی (تامبلر) جهت استخراج کروم موجود در نمونه ها قرار داده شد . و پس از استخراج ، میزان کروم موجود در محلول شستشودهنده اندازه گیری شد .

دستگاه آنالیز کروم

جهت اندازه گیری میزان کروم موجود در محلول تراوش شده از دستگاه اسپکتروفوتومتر با مشخصات DR/4000U و با طول موج ۵٤۰ نانومتر استفاده شده است . اندازه گیری غلظت کروم براساس روش کتاب 3500–Cr B Standard Method بوده است (۹) .

بحث و نتایج

در این تحقیق با استفاده از دو آزمایش تراوش آلودگی(TCLP) و مقاومت فشاری، میزان تثبیت و جامد سازی فلز کروم با استفاده از سیمان مورد ارزیابی قرار گرفته است . نتایج حاصل در دو قسمت نتایج حاصل از آزمایش تراوش آلودگی و مقاومت فشاری به صورت زیر ارایه می شود:

نتایج حاصل از آزمایش تراوش آلودگی (TCLP)

آزمایش تراوش آلودگی (TCLP) یکی از مهمترین و متداول ترین تست های آبشویی مواد زاید خطرناک است که در بسیاری از تحقیقات مربوط به تثبیت و جامدسازی مواد زاید خطرناک استفاده می شود . در مورد فلزات سنگین تثبیت شده، با استفاده از این تست می توان میزان جداشدن فلزات سنگین را از ماده تثبیت شده تحت شرایط طبیعی در

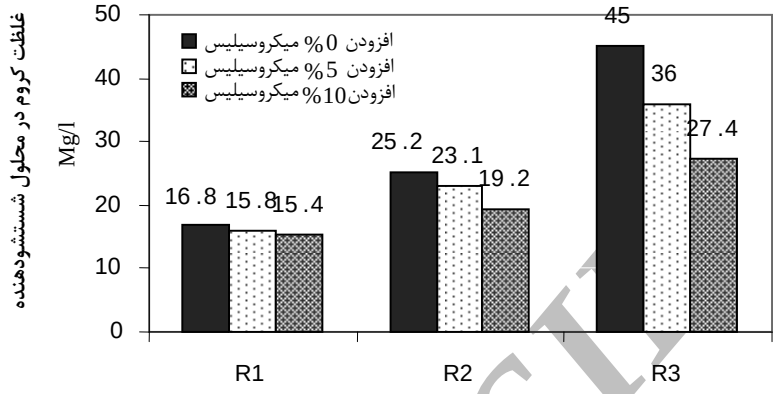
Archive of SID

www.SID.ir

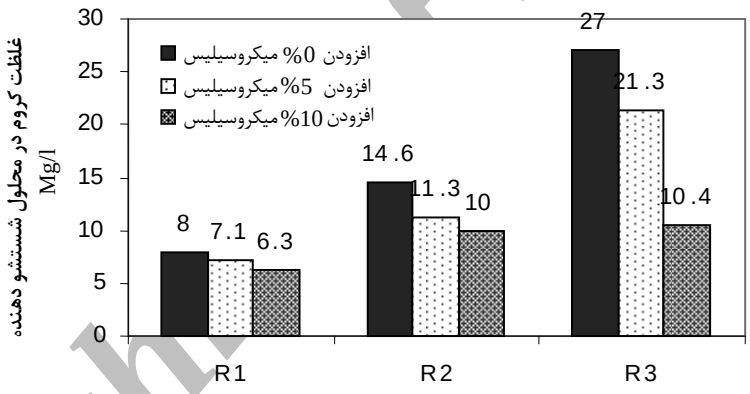
محل های دفن بررسی نمود (۲).

مقایسه غلظت کروم در نمونه ها با استاندارد آزمایش تراوش آلودگی

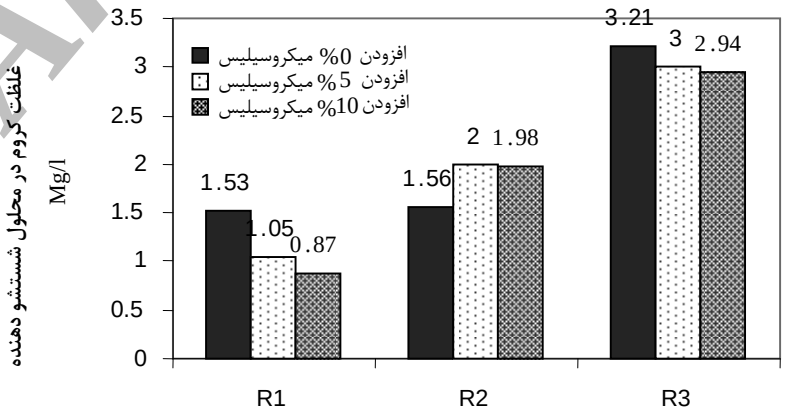
در نمودار شماره ۱ غلظت کروم در محلول شستشو دهنده با طرح های مختلف اختلاط پس از ۲۸ روز از ساخت نمونه ها نشان داده شده است که در قسمت های الف ،ب وج غلظت های کروم در لجن به ترتیب ۶،۱۲ و ۱ گرم بر لیتر می باشد. نتایج به دست آمده در نمودار ۱ قسمت الف وب نشان می دهد که در همه طرح های اختلاط مقدار غلظت



الف – غلظت کروم در حین اختلاط ۱۲ g/l



ب – غلظت کروم در حین اختلاط ۶ g/l



ج – غلظت کروم در حین اختلاط ۱ g/l

R1-اختلاط با نسبت لجن به سیمان ۲۵/۷۵ **R2**- اختلاط با نسبت لجن به سیمان۳۰/۷۰ **R3**- اختلاط با نسبت لجن به سیمان۴۰/۶۰

نمودار۱– تاثیر غلظت اولیه کروم در لجن بر غلظت کروم در محلول شستشودهنده در نسبت های مختلف طرح اختلاط درصد تثبیت شیمیایی کروم در نمونه های تثبیت شده با استفاده از سیمان و میکروسیلیس

Archive of SID

www.SID.ir

کروم در محلول شستشو دهنده از حداکثر مقدار ارایه شده در آزمایش TCLP (۵ میلی گرم بر لیتر)،(۱۸) بیشتر بوده است و از نظر این استاندارد ماده تثبیت شده جزو مواد زاید خطرناک محسوب می شود. نتایج نمودار ۱ قسمت ج نیز نشان می دهد که غلظت کروم در مایع شستشو دهنده از غلظت حداکثر مجاز کروم کمتر بوده است و نمونه تثبیت شده قابلیت دفن در محل های دفن مواد زاید خطرناک را داراست .

در جدول ٤ تاثیر غلظت کروم در لجن بر روی درصد تثبیت کروم در نمونه ها در طرح اختلاط های مختلف نشان داده شده است. لازم به توضیح است که درصدهای به دست آمده در این جدول با استفاده از نتایج حاصل از آزمایش تراوش آلودگی و معادله تعادل جرم به محاسبه شده است.

نتایج حاصله از جدول ٤ نشان می دهد که کروم در نمونه های حاوی لجن به طور متوسط ۸۷ درصد تثبیت شده است. طبق الگویی که توسط J.R.Conner (۱۰) ارایه شد. مشخص گردیده است که عموما فلز کروم در حین تثبیت به درون کریستال های ژل سیلیکات سیمان هیدراته شده نفوذ می کند در حالی که سایر فلزات سنگین قابلیت نفوذ در ژل هیدارته شده را ندارند و تنها بر روی سطح آن تثبیت می شوند. این نتیجه با میانگین درصد به دست آمده از جدول ٤ مطابقت دارد .

در تحقیق دیگری که توسط Asavapisit (۱۱) انجام شد ، میزان تراوش پذیری کروم از نمونه های تثبیت شده با سیمان مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان می دهد که میزان تراوش پذیری کروم به مقدار قابل توجهی کاهش پیدا کرده است. البته به نظر می رسد درصد بازدهی حذف کروم در آزمایشات Asavapisit بیشتر از درصد بازدهی به دست آمده در نتایج این تحقیق بوده است، که این تفاوت بیشتر به ماهیت لجن تثبیت شده در دو نوع تحقیق بر می گردد.

همچنین وجود غلظت های سایر فلزات سنگین و تداخل آن ها در نتایج آزمایشات از یک سو و تفاوت تکنیک های کار در صنایع آبکاری در کشورهای مختلف از سوی دیگر باعث می شود تا نتایج آزمایشات در مناطق مختلف متفاوت باشد .

نتایج آزمایش TCLP در بخش قبل نشان می دهد که بسیاری از نمونه های تثبیت شده جزو مواد خطرناک به شمار می آیند ولی با این حال درصد تثبیت کروم در نمونه ها نشان می دهد که مقادیر قابل ملاحظه ای از فلز کروم در نمونه ها تثبیت شده است به همین دلیل استفاده از این روش می تواند در کاهش سمیت مواد زاید دفن شده در محل های دفن نقش مهمی را داشته باشد و در حل معضلات زیست محیطی دفن این گونه مواد در کشور ، ما را یاری دهد.

جدول ٤ تاثیر غلظت کروم در لجن بر روی درصد تثبیت کروم نمونه ها در طرح اختلاط های مختلف

غلظت کروم در حین اختلاط گرم بر لیتر	درصد تثبیت کروم با نسبت لجن به سیمان ۲۵/۷۵			درصد تثبیت کروم با نسبت لجن به سیمان ۳۰/۷۰			درصد تثبیت کروم با نسبت لجن به سیمان ۴۰/۶۰		
	درصد میکروسیلیس								
	٪۰	٪۵	٪۱۰	٪۰	٪۵	٪۱۰	٪۰	٪۵	٪۱۰
۱۲	۸۸	۸۹	۹۰	۸۶	۸۷	۸۹	۸۱	۸۵	۸۸
۶	۸۳	۹۰	۹۱	۸۳	۸۷	۸۹	۷۷	۸۲	۹۱
۱	۸۸	۹۱	۹۳	۸۹	۸۸	۸۷	۸۴	۸۵	۸۵
میانگین	۸۶	۹۰	۹۱	۸۶	۸۷	۸۸	۸۱	۸۴	۸۸

Archive of SID

www.SID.ir

الف– تاثیر میکروسیلیس بر روی درصد بازدهی تثبیت کروم

همان طور که جدول ٤ نشان می دهد با افزودن ۱۰٪ میکروسیلیس میزان بازدهی حذف کروم به طور متوسط ٤ ٪ افزایش پیدا کرده است که این نتیجه ، اثر مثبت میکرو سیلیس را در ساختار مخلوط سیمان و لجن نشان می دهد. اصولا میکروسیلیس در مخلوط های سیمانی ضمن واکنش با هیدروکسید کلسیم باعث تولید ژل سیلیکات ثانویه در مخلوط می گردد و بر تثبیت بیشتر کروم در درون ژل سیلیکات کمک می کند. در ضمن حضور میکروسیلیس باعث کاهش نسبت Ca/Si در کریستال ژل سیلیکات گشته و موجب افزایش بار منفی بر سطح کریستال ژل سیلیکات می شود (۱۹) که این افزایش بار منفی باعث جذب بیشتر کاتیون فلز کروم شش ظرفیتی می گردد و در نتیجه درصد حذف کروم را افزایش می دهد که نتایج به دست آمده در این تحقیق با مطالب بالا مطابقت کامل دارد .

طبق تحقیقاتی که توسطJun و همکارانش (۵) انجام شد، این نتیجه نیز به دست آمده است که استفاده از میکرو سیلیس برای جامد سازی لجن های مواد آلی آلوده به کروم با غلظت بالا، باعث کاهش قابل ملاحظه آلاینده ها گردیده و مقاومت فشاری نمونه ها نیز افزایش پیدا کرده است. در تحقیق دیگری نیز از ماده ای شبیه به میکروسیلیس (زایدات واحدهای ذوب آهن) استفاده شده است که نتایج حاصله نشان می دهد استفاده از این ماده در جهت تقویت تثبیت کروم بوده است (۱۲) .در بعضی از تحقیقات دیگر، از خاکستر بادی (نوعی پوزولان شبیه به میکروسیلیس) به عنوان جایگزین و افزودنی، برای تثبیت فلز کروم استفاده شده است، که نتایج حاصله نشـــان می دهد مقاومت نمونه های حاوی خاکستر بادی نسبت به نمونه های حاوی سیمان پرتلند بهبود یافته است (٤،۷). در این تحقیق نیز با توجه به مطالعات انجام شده و مقدار میانگین درصد تثبیت کروم در طرح های اختلاط ، توصیه می شود که در طرح های اختلاط از میکروسیلیس در جهت بهبود تثبیت شیمیایی کروم استفاده شود.

ب– تاثیر نسبت لجن به سیمان در نمونه های ساخته شده بر روی میزان تثبیت کروم در نمونه ها :

نتیجه دیگری نیز که از جدول ٤ می توان گرفت این است که با کاهش نسبت لجن به سیمان از ٤۰/٦۰ به ۳۰/۷۰، درصد بازدهی حذف کروم در نمونه های حاوی سیمان و لجن بدون ماده افزودنی ٤ ٪ افزایش پیدا کرده است.یکی از دلایل اصلی این افزایش به ماهیت سیمان بر می گردد. اصولا با کاهش نسبت آب به سیمان در حین اختلاط بتن، مقاومت نهایی آن افزایش پیدا می کند که این نشان می دهد واکنش های هیدراتاسیون در حین عمل آوری بهتر انجام شده است (۲۰) . با توجه به این اصل نیز می توان اثر کاهش نسبت لجن به سیمان و تاثیر آن بر روی درصد حذف کروم را توجیه نمود .

در پایان با توجه به مقادیر درصد تثبیت کروم در جدول ٤ ، بیشترین درصد تثبیت فلز کروم در نمونه ای است که با طرح اختلاط ۲۵/۷۵ و افزودن ۱۰ ٪ میکروسیلیس ساخته شده است .

نتایج آزمایش مقاومت در نمونه ها

مواد تثبیت و جامد شده زمانی که در محل های دفن مدفون می شود، تحت بارهای محیطی مانند فشار لایه های خاک، پی ساختمان هایی که روی این این محل ها ممکن است ساخته شود و .... قرار می گیرند. به منظور تخمین میزان تحمل این مواد در برابر فشارهای محیطی از آزمایش مقاومت فشاری استفاده می شود. در ضمن، آزمایش مقاومت فشاری ، یکی از معیارهایی است که می تواند میزان تغییرات در واکنش های هیدراتاسیون سیمان را نشان دهد و طبق تحقیقات انجام شده (۱۳و۱٤) اصولا بین واکنش های هیدراتاسیون سیمان و میزان تثبیت کروم رابطه مستقیمی وجود دارد.

در این تحقیق نمونه های ساخته شده در عمر ۲۸ روز تحت آزمایش مقاومت قرار گرفتند. با توجه به مشابه بودن روند تغییرات در این قسمت تنها به ارایه نتایج حاصل از نمونه هایی با نسبت طرح اختلاط لجن به سیمان ۲۵/۷۵ اکتفا می شود.

Archive of SID

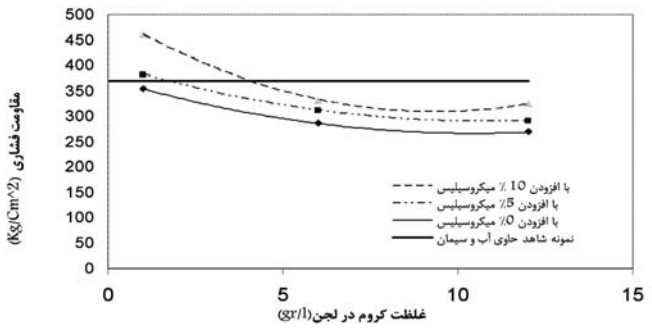
www.SID.ir

مقایسه نتایج به دست آمده با ضوابط سازمان محیط زیست ایالات متحده

مواد تثبیت و جامد شده ۲۸ روزه ای که دارای حداقل مقاومت ۳/۵کیلوگرم بر سانتی متر مربع باشد ، قابلیت مدفون شدن در محل های دفن را دارند (۲). این مقدار برای وزن خاک فوقانی و وزن وسایل نقلیه عبوری و پی ساختمان های مسکونی معمولی ارایه شده است. بر این اساس تمامی نمونه ها به لحاظ مقاومت ، قابلیت دفن در محل های دفن را دارا می باشند .

تاثیر غلظت های مختلف کروم موجود در لجن بر روی مقاومت فشاری نمونه ها

نتایج حاصله از این آزمایش نشان می دهد که مقاومت نمونه های حاوی کروم با غلظت های مختلف ، نسبت به مقاومت نمونه شاهد کاهش داشته است، که این نتیجه نشان می دهد فلز کروم بر روی واکنش های هیدراتاسیون سیمان تاثیر منفی داشته و باعث کاهش مقاومت فشاری گشته است. تحقیقات دیگر نیز نشان می دهد که وجود کروم در لجن باعث کاهش مقاومت فشاری شده است (۱۵) که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. نتیجه دیگر این تحقیق نشان می دهد که با افزایش غلظت کروم در نمونه ها مقاومت نمونه های ۲۸ روزه حاوی سیمان و لجن کاهش پیدا کرده است . لازم به ذکر است که براساس تحقیقات به عمل آمده توسط محققین حضور اکسیدهای فلزات سنگین مانند روی ، سرب ، کروم و اکسیدهای آهن باعث کند گیر شدن سیمان می شود و بر روی واکنش های هیدراتاسیون سیمان تاثیر منفی می گذارد(۱۶) .



نمودار ۲- مقاومت فشاری نمونه ها با طرح اختلاط ۲۵/۷۵ (سیمان / لجن)

تاثیر میکروسیلیس بر روی مقاومت فشاری نمونه ها

افزودن میکروسیلیس به نمونه ها در جهت افزایش مقاومت نمونه ها کاملا موثر بوده است. در پژوهش هایی که در سال ۲۰۰۱ انجام شد از خاکستر بادی که دارای خواص پوزولانی است به عنوان جایگزین استفاده شده است که نتایج این آزمایشات نیز روند کسب مقاومت بیشتر را در مقایسه با سیمان پرتلند نشان می دهد (٦) . در این تحقیق نیز افزودن ۵٪ میکروسیلیس توانسته است در اکثر نمونه ها اثر منفی افزودن کروم را کاهش دهد و یا آن را خنثی کند.

نتیجه گیری

در این تحقیق از سیمان و میکروسیلیس برای تثبیت و جامدسازی کروم موجود در لجن استفاده شده است . نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان می دهد نمونه های تثبیت شده ای که با غلظت کروم در لجن ۱۲ و ٦ گرم بر لیتر ساخته شده اند، به عنوان ماده خطرناک محسوب می شوند . نتایج حاصله از میزان تثبیت کروم نیز نشان می دهد که کروم در نمونه های حاوی لجن به طور متوسط ۸۷٪ تثبیت شده است که با توجه به وجود معضلات و مسایل زیست محیطی در مورد این لجن ها در کشور ما این درصد حذف قابل قبول به نظر می رسد.

استفاده از ۱۰٪ میکروسیلیس نیز در جهت تقویت واکنش های هیدراتاسیون سیمان کاملا موثر بوده است به طوری که بازدهی حذف کروم به طور متوسط حدود ٤ درصد

Archive of SID

www.SID.ir

افزایش داشته است و توصیه می شود از میکروسیلیس در جهت بهبود تثبیت شیمیایی کروم استفاده شود . با توجه به نتایج به دست آمده از درصد تثبیت کروم در سه طرح اختلاط این تحقیق (۲۵/۷۵، ۳۰/۷۰ ، ۴۰/۶۰) ، بیشترین درصد تثبیت فلز کروم در نمونه های با طرح اختلاط ۲۵/۷۵ ، بوده که از ۱۰ ٪ افزودنی در آن ها استفاده شده است . نتایج حاصله از آزمایش مقاومت نیز نشان می دهد که تمامی نمونه های ساخته شده قابلیت دفن در محل های دفن را دارند . نتیجه دیگری نیز که از آزمایش مقاومت فشاری حاصل شده این است که مقاومت فشاری نمونه های حاوی کروم با غلظت های مختلف نسبت به نمونه شاهد کاهش داشته است که این نتیجه نشان می دهد فلز کروم بر روی واکنش های هیدراتاسیون سیمان و مقاومت فشاری تاثیر منفی داشته و باعث کاهش مقاومت فشاری شده است. نتایج آزمایش مقاومت نیز استفاده از میکروسیلیس را در جهت افزایش مقاومت و تقویت واکنش ها مثبت نشـان می دهد .

تشکر و قدردانی

در این جا لازم است که از خانم ها فرزانه سیمیاری و الهام پاسه کارشناسان آزمایشگاه محیط زیست و شیمی مصالح و آقای مهندس منصور پیدایش سرپرست محترم آزمایشگاه بتن و آقایان مهندس نعمت الله بخشی، مصطفی یزدی و حسین سعیدی کارشناسان آزمایشگاه بتن دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست دانشگاه صنعتی امیرکبیر که در این تحقیق ما را یاری کردند کمال تشکر و قدردانی را بنماییم .

منابع

1- EPA , (2002) “Treatment Technologies for Site Clean up” : Annual Status Report , EPA542-R-03-009-2,

2- M.John Culline , Larry W.Jones , (1990) “Handbook for Stabilization/Solidification of Hazardous Waste “ , US. Environmental Protection Agency Publication .

3- M.Lagrega , P.L.Buckingham , J.C.Evans , “Hazardous Waste Management “ , McGraw-Hill , 2nd Edition , Section 11 , (2001)

4- D.Darmatas , X.Meng , “ Utilization of Fly Ash for S/S of Heavy Metal Contaminated Soils “ , J. Engineering Geology , Vol.70 , pp. 377-394, (2003)

5- H.S.Shin , K.S.Jun , “ Cement based Stabilization/Solidification of Organics Contaminated Hazardous Wastes Using Na-bentonite and Silica fume “ , J .of Environmental Science and Health , (1995)

6- C.Park , “ Hydration and Solidification of Hazardous Wastes Containing Heavy Metals Using Modified Cementitious Materials “ , Cement and Concrete Research , Vol 30 , pp .429-435(2000)

7- G.Qian , Y.Cao , P.Chui , “ Utilization Cement and Mswi Fly Ash for Stabilization/Solidification of Industrial Waste Sludge “ , J . Hazardous Materials , Vol.129 , pp.274-281, (2006)

8- USEPA Method 1311 , “Toxicity Characteristic Leaching Procedure Method for Evaluation of Solid Waste “ , SW846, (2001)

9- A.E.Greenberg , L.S.Clesceri , A.D.eator , “ Standard Method for Examination of Water and Waste Water “ , Published by American Public Health Association , (1992)

Archive of SID

www.SID.ir

10- J.R. Conner, " Chemical Fixation and Solidification of Hazardous Wastes " , New York , (1990)

11- S.Asavapisit , G.Flower , C.R.Cheeseman , " Solution Chemistry During Cement Hydration in the Presence of Metal Hydroxide Waste " , J .of Environmental Cement and Concrete Research ,Vol27,pp1249-1260 , (1997)

12- J.Duchesne , G.Laforest , "Evaluation of the degree of Cr ions immobilization by different binders , Cement and Concrete Research", J .of Environmental Cement and Concrete Research , ,Vol34,pp.1173-1177 (2004)

13- X.C.Qiao , C.S.Poon "Transfer Mechanisms of Contaminants in Cement-based Stabilized/Solidified Wastes ", Vol.43 , pp.290-296, (2005)

14- C.Y.Rha , S.K.Kang , C.E.Kim , "Investigation of The Stability of Hardened Slag Paste for the S/S of Wastes Containing Heavy Metal Ions " , Vol73 , pp .255-267 (1999)

15- S.Wang , C.Vipulanandan (2001) , " Solidification/Stabilization of Cr with Cement , Leach ability And Compression Analyses " , Cement and Conceret Research , Vol.30 , pp.385-389

16- I.Fernandez , E.Chacon , A.Irabien , " Influence of Lead , Zinc , Iron , Chromium Oxides On the Setting Time and Strength Development of Portland Cement " , Cement and Concrete Research Vol.31 , pp.1213-1219(2001)

۱۷– شرکت فروسیلیس ایران ،(۱۳۸٤) ، «مشخصات فنی میکروسیلیس »

۱۸– م.اسدی ، د.فائزی . ر.نبی زاده ،(۱۳۷۹) ، «مدیریت مواد زاید خطرناک « ، فصل هفتم انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست »

۱۹–ع.رمضانیانپور ، م. شاه نظری ، (۱۳۷۹)، «تکنولوژی بتن » ، فصل دوم ، انتشارات پرهام چاپ ششم

۲۰–ع.رمضانیانپور ، م.پیدایش ،(۱۳۷۷) ، « دوام بتن و نقش سیمان های پوزولانی » ، فصل دوم، انتشارات مرکز تحقیقات و مسکن ، چاپ اول

Archive of SID
www.SID.ir