



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱۶۲۱۰

چاپ اول

اردیبهشت ۱۳۹۲

INSO

16210

1st. Edition

Apr.2013

مشخصات خاکستر بادی مورد استفاده در
تثبیت خاک-آیین کار

**Characterizing Fly Ash for Use in Soil
Stabilization-Code of practice**

ICS:93.020

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

نام موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است.

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می شود. پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال می شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادات در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند در کمیته ملی طرح و بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)^۱، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ در کشور فعالیت می کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور، از آخرین پیشرفت های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین المللی بهره گیری می شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) و سایل سنچش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) و سایل سنچش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization

2 - International Electrotechnical Commission

3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)

4 - Contact point

5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد
" مشخصات خاکستر بادی مورد استفاده در تثبیت خاک-آیین کار "

سمت و/یا نمایندگی

رئیس:

دانشگاه شیراز

شفیعی، امیر حسین
(فوق لیسانس مهندسی عمران)

دبیر:

اداره کل استاندارد استان فارس

معافی، حسن
(لیسانس مهندسی عمران)

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

شرکت طرح و ساخت ایستا

آزادی، بهراد
(فوق لیسانس مهندسی عمران)

کارخانه سیمان فارس

آمری، اکبر
(لیسانس شیمی کاربردی)

اداره کل استاندارد استان فارس

امیری، داریوش
(لیسانس مهندسی عمران)

آزمایشگاه فنی ومکانیک خاک استان فارس

توکلی، غلامرضا
(لیسانس مهندسی عمران)

سازمان صنعت، معدن وتجارت استان فارس

حاجی باقری، بنت الهدی
(لیسانس مهندسی صنایع)

شرکت بتن وبستر آزما

حسینی، وحید
(لیسانس مهندسی عمران)

اداره کل استاندارد استان فارس

خضراء، بابک
(لیسانس مهندسی عمران)

خواجه پور، مهرداد
(لیسانس مهندسی عمران)

اداره کل راه و شهرسازی استان فارس

ذاکر عباسی، زهرا

شرکت آجر ماهان

(فوق لیسانس زمین شناسی)

سعادت، سینا

دانشگاه آزاد اسلامی واحد بوشهر

(فوق لیسانس مهندسی عمران)

شاپوری، محسن

آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک استان فارس

(لیسانس مهندسی عمران)

عباسی رزگله، محمد حسین

اداره کل نظارت بر اجرای استانداردهای
صنایع غیرفلزی

(لیسانس مهندسی مواد- سرامیک)

فرشادی، فرنگیس

اداره کل استاندارد استان فارس

(فوق لیسانس شیمی)

کریم زاده، محمدامین

آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک استان فارس

(فوق لیسانس مهندسی عمران)

مجرد، محمد

شرکت بتن و بستر آزما

(لیسانس مهندسی عمران)

مصلائی، مهرداد

اداره کل استاندارد استان فارس

(فوق لیسانس شیمی)

منصوری، نادر

اداره کل استاندارد استان فارس

(لیسانس مهندسی مکانیک)

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ب	آشنایی با سازمان ملی استاندارد
ج	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
و	پیش گفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۲	۳ اصطلاحات و تعاریف
۳	۴ برنامه تضمین کیفیت خاکستر بادی
۳	۵ تعیین مشخصات خاکستر بادی
۵	۶ گزارش آزمون
۶	پیوست الف (اطلاعاتی) تثبیت خاک با خاکستر بادی

استاندارد " مشخصات خاکستر بادی مورد استفاده در تثبیت خاک - آیین کار " که پیش نویس آن در کمیسیون های مربوط توسط سازمان ملی استاندارد ایران تهیه و تدوین شده و در چهارصد و یازدهمین اجلاس کمیته ملی مهندسی ساختمان و مصالح و فرآورده های ساختمانی مورخ ۹۱/۱۲/۲۰ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدید نظر استاندارد های ملی استفاده کرد.

منبع و مآخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

ASTM D 5239 :2012, Standard Practice for Characterizing Fly Ash for Use in Soil Stabilization

مشخصات خاکستر بادی مورد استفاده در تثبیت خاک - آیین کار

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین مشخصات خاکستر بادی مورد استفاده در تثبیت خاک است. این استاندارد فهرست روش‌های آزمون را جهت تعیین مشخصات شیمیایی، فیزیکی و خواص سیمانی خاکستر بادی ارائه می‌دهد. در پیوست الف شرح کاملی از اهمیت این ویژگی‌ها در تثبیت خاک بیان شده است. تمامی مقادیر مشاهده و محاسبه شده باید از نظر رقم‌های با معنی و گرد شده با استاندارد ASTM D 6026 مطابقت داشته باشد.

روش مورد استفاده جهت مشخص کردن نحوه جمع‌آوری، محاسبه، یا ثبت داده‌ها در این استاندارد رابطه مستقیمی به دقت داده‌ها در طراحی یا سایر کاربردها ندارد. چگونگی استفاده از نتایج حاصل شده از این استاندارد فراتر از دامنه آن است.

این استاندارد مسائل ایمنی مرتبط با کاربرد (در صورت وجود) را در بر نمی‌گیرد و مسئولیت تأمین ضوابط ایمنی و سلامت مقتضی با کار، پیش از استفاده از این استاندارد به عهده کاربر می‌باشد.

این استاندارد یک مجموعه از دستور کارهای پیشنهادی را برای یک یا تعدادی عملیات ویژه ارائه می‌دهد و به هیچ‌وجه نباید جایگزین آموزش و تجربه شود و همواره باید به همراه قضاوت حرفه‌ای مورد استفاده قرار گیرد. تمامی موارد این استاندارد ممکن است در همه شرایط کاربرد نداشته باشند.

هدف این استاندارد استفاده از خاکستر بادی به صورت جداگانه یا به همراه سایر افزودنی‌ها به منظور بهبود ویژگی‌های خاک می‌باشد.

تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاکستر بادی باید در ارزیابی آن جهت تثبیت خاک مورد توجه قرار گیرد.

این استاندارد قصد ندارد که انعطاف‌پذیری در طرح تثبیت خاک را محدود کند. میزان موفقیت در تثبیت خاک به شدت به ترکیب خاص خاک، خاکستر بادی و سایر افزودنی‌ها و روش اجرا بستگی دارد. انتخاب مصالح مناسب، آزمون‌های کاربردی، معیارهای پذیرش جزو مسئولیت مهندس طراح است.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می‌شود.

در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است.

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۳۹۲، سیمان - تعیین زمان گیرش سیمان هیدرولیکی با سوزن ویکات - روش آزمون

۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۳۹۳، سیمان - تعیین مقاومت فشاری و خمشی - روش آزمون

۳-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۴۷۳۶، روش های آزمون آنالیز شیمیایی سنگ آهک و آهک زنده و آهک هیدراته

۴-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۵۷۱۴، آهک مورد استفاده با پوزولان‌ها- ویژگی‌ها

۵-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۶۱۷۱، خاکستر بادی و سایر پوزولان های مورد استفاده با آهک - ویژگی ها و روشهای آزمون

۶-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۶۷۱۳، نمونه برداری و آزمون پوزولان های طبیعی یا خاکستر بادی برای مصرف به عنوان یک افزودنی معدنی در بتن سیمان پرتلند - روش آزمون

2-7 ASTM C 265, Test Method for Water-Extractable Sulfate in Hydrated Hydraulic Cement Mortar

2-8 ASTM C 305, Practice for Mechanical Mixing of Hydraulic Cement Pastes and Mortars of Plastic Consistency

2-9 ASTM C311-11b Standard Test Methods for Sampling and Testing Fly Ash or Natural Pozzolans for Use in Portland-Cement Concrete

2-10 ASTM D 653, Terminology Relating to Soil, Rock and Contained Fluids

2-11 ASTM D 1293, Test Methods for pH of Water

2-12 ASTM D 3740, Practice for Minimum Requirements for Agencies Engaged in the Testing and/or Inspection of Soil and Rock as Used in Engineering Design and Construction

2-13 ASTM D 6026, Practice for Using Significant Digits in Geotechnical Data

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، علاوه بر اصطلاحات و تعاریف تعیین شده در استاندارد ASTM D653، اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به کار می‌رود:

۱-۳ خاکستر بادی خود سخت شونده

خاکستر بادی حاصل شده از سوختن زغال ساییده یا خرد شده است. این خاکستر بادی علاوه بر دارا بودن ویژگی‌های پوزولانی، از طریق اندرکنش شیمیایی با آب توانایی گیرش و سخت‌شوندگی داشته و قابلیت واکنش در زیر آب دارد.

۲-۳ خاکستر بادی خود سخت نشونده

خاکستر بادی حاصل شده از سوختن زغال ساییده یا خرد شده است. این خاکستر بادی دارای ویژگی‌های پوزولانی بوده ولی فاقد ویژگی خود سخت‌شوندگی است.

۳-۳ افزودنی‌های تثبیت کننده

افزودنی‌هایی که جهت بهبود ویژگی‌های خاک مانند افزایش دوام در مقابل چرخه یخ زدگی-ذوب خاک، سختی و مقاومت، کنترل بر فشردگی خاک و رطوبت؛ کاهش نفوذپذیری، خصوصیات خمیری و تورم؛ مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۴ برنامه تضمین کیفیت خاکستر بادی

۱-۴ پیشینه سنجش کیفیت

در صورتی که نمونه‌گیری خاکستر بادی مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۶۷۱۳ انجام شده و نتایج آزمون‌های شش ماه اخیر در دسترس باشد، صلاحیت آن از پیش تایید می‌شود. نوع آزمون‌های انجام گرفته و تناوب آن‌ها باید مورد پذیرش خریدار قرار گیرد.

یادآوری- هدف از پیشینه کیفیت، پذیرش یا رد خاکستر بادی نسبت به ضوابط تعیین شده نبوده، بلکه هدف فراهم کردن یک ارزیابی از یکنواختی خاکستر بادی است.

۲-۴ طرح

در حین انجام طرح باید به صورت تصادفی آزمون‌هایی بر روی خاکستر بادی پیش تایید شده، به صورت نمونه‌گیری و آزمایش‌های تناوبی توسط خریدار انجام شود. خاکستر بادی آماده فروش که از پیش تایید نشده است، باید در منبع (معدن) با تناوب حداقل یک نمونه در هر ۱۰۰ Ton و در محل طرح با تناوب حداقل یک نمونه در هر ۲۵ Ton نمونه‌گیری شود. نوع آزمون‌های انجام شده و تناوب آن‌ها باید مورد پذیرش خریدار باشد.

۵ تعیین مشخصات خاکستر بادی

۱-۵ کاهش وزن در اثر احتراق، رطوبت و اکسیدهای اصلی

کاهش وزن در اثر احتراق، رطوبت و اکسیدهای اصلی مطابق با استاندارد ملی شماره ۶۷۱۳ تعیین می‌شود.

۲-۵ آهک آزاد

میزان آهک آزاد در خاکستر بادی طبق روش شاخص آهک در استاندارد ملی ایران شماره ۴۷۳۶ (دستورالعمل آهک هیدراته) تعیین می‌شود.

۳-۵ نرمی

میزان باقی‌مانده روی الک $45\ \mu\text{m}$ (شماره ۳۲۵) در حالت تر مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۶۷۱۳ تعیین می‌شود.

۴-۵ مشخصات خود سخت شونده

با استفاده از آزمون مقاومت فشاری مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۳۹۳ مشخصات خود سخت شونده خاکستر بادی تعیین شود با این تفاوت که تنها از آب لوله کشی و خاکستر بادی به نسبت ۰/۳۵

جهت تهیه آزمون استفاده شود. طبق استاندارد ASTM C 305 خمیر را هم زده آزمون مقاومت فشاری در روزهای اول و هفتم انجام شود. اصلاح زمان اختلاط برای خاکسترهای بادی زودگیر مجاز است.

یادآوری ۱- از ماسه، سیمان پرتلند و افزودنی جهت ساخت آزمون ها استفاده نشود.

یادآوری ۲- توصیه می شود مطابق بند ۵-۳ استاندارد ملی ایران به شماره ۳۹۳ جهت ساخت آزمون برای آزمون تأییدیه، از آب مقطر یا آب یون زدایی شده استفاده نموده و در سایر آزمونها از آب آشامیدنی استفاده کرد. در موارد اختلاف و داوری نیز باید از آب مقطر و یا آب یون زدایی شده استفاده نمود.

۵-۴-۱ خاکستر بادی با خود سخت شونده گی زیاد

دارای مقاومت فشاری هفت روزه بیش تر از ۳۴۵ MPa می باشد.

۵-۴-۲ خاکستر بادی با خود سخت شونده گی متوسط

دارای مقاومت فشاری هفت روزه بیش تر یا مساوی ۷۰ MPa و کم تر یا مساوی ۳۴۵ MPa می باشد.

۵-۴-۳ خاکستر بادی بدون خود سخت شونده گی

دارای مقاومت فشاری هفت روزه کم تر از ۷۰ MPa می باشد.

۵-۵ واکنش پوزولانی آهک

واکنش پوزولانی آهک مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۶۱۷۱ تعیین می شود. ویژگی های آهک مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۵۷۱۴ باشد.

۵-۶ شاخص فعالیت مقاومتی با سیمان پرتلند

شاخص فعالیت مقاومتی با سیمان پرتلند مطابق استاندارد ASTM C311 تعیین می شود.

۵-۷ زمان گیرش

زمان گیرش خمیرخاکستر بادی و آب را در نسبت وزنی آب به خاکستر بادی ۰/۳۵ توسط سوزن و پیکات مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۳۹۲ تعیین کنید.

۵-۸ تعیین pH

pH خاکستر بادی را با افزودن ۲۰ gr خاکستر بادی به ۸۰ ml آب مقطر تعیین کنید. مخلوط را هم زده تا خاکستر بادی یکنواخت شود. ظرف آزمون را به صورت پوشیده و دست نخورده به مدت ۲ ساعت کنار گذاشته و سپس pH بر طبق استاندارد ASTM D 1293 تعیین شود.

۵-۹ سولفات ها

مقدار ۱ gr خاکستر بادی در ۱۰۰ ml آب مقطر برای مدت ۲ دقیقه هم زده و سپس آن را فیلتر کرده و باقی مانده را به طور کامل با ۳ ml تا ۱۰ ml آب با دمای اتاق با استفاده از یک فیلتر سریع (کاغذ صافی اسیدشویی درون کاغذ صافی اسیدشویی ریز بافت قرار داده) شستشو دهید. سولفات های محلول در آب مطابق روش آزمون استاندارد ASTM C 265 تعیین شود.

۵-۹-۱ میزان کل سولفات مطابق استاندارد ASTM C311 تعیین شود.

۶ گزارش آزمون

گزارش آزمون‌های فیزیکی و شیمیایی خاکستر بادی باید شامل زمان و مکان نمونه‌برداری و مشخصات آزمون‌های انجام شده بوده و چکیده‌ای از داده‌های اصلی (ذکر شده در بند ۵) را فراهم کند.

پیوست الف

(اطلاعاتی)

تثبیت خاک با خاکستر بادی

الف-۱ تثبیت با خاکستر بادی خود سخت نشونده

الف-۱-۱ خاکستر بادی خود سخت نشونده به خودی خود، تاثیر اندکی بر تثبیت خاک دارد. این نوع خاکستر بادی منبع ضعیفی از یون‌های کلسیم و منیزیم می‌باشد. اندازه دانه خاکستر بادی از اندازه حفرات خاک‌های ریزدانه تجاوز می‌کند و در نتیجه نمی‌توان از آن بعنوان پرکننده در این خاکها استفاده نمود. هر چند این خاکستر بادی در خاک‌های ماسه‌ای بد دانه‌بندی شده می‌تواند یک پرکننده مناسب باشد و همچنین سبب بهبود تراکم، افزایش چگالی و کاهش نفوذپذیری شود.

الف-۱-۲ خاکستر بادی خود سخت نشونده مخلوط با سیمان یا آهک

مزیت افزودن خاکستر بادی به خاک‌های ریزدانه، همراه با سیمان یا آهک، ویژگی‌های پوزولانی آن و بهبود بافت خاک می‌باشد. بعضی از رس‌ها در طبیعت پوزولانی هستند و فقط نیازمند آهک جهت شروع واکنش پوزولانی می‌باشند. کاربرد این خاکستر بادی مناسب رس‌هایی است که به اصلاح آهکی نیاز دارند، البته به شرط آن که آهک جهت بهبود واکنش‌های پوزولانی افزوده شود. در صورت نیاز، آهک باید ۲۴ ساعت پیش از افزودن خاکستر بادی به خاک اضافه گردد.

الف-۲ تثبیت با خاکستر بادی خود سخت شونده

الف-۲-۱ این نوع خاکستر بادی منبع غنی‌تری از یون‌های کلسیم و منیزیم البته نه به اندازه آهک یا سیمان پرتلند می‌باشد. خاکستر بادی خود سخت شونده حاوی میزان متغیر آهک آزاد (ترکیب نشده) (%۰ تا %۷ وزنی CaO) می‌باشد که در صورت استفاده به میزان قابل توجه می‌تواند تبادل کاتیونی و ازدحام یونی با خاک‌های ریزدانه ایجاد کند. که از آن به صورت موفقیت‌آمیزی در کنترل تورم خاک‌های آماسی (قابل تورم) استفاده شده است و همچنین از آن در تثبیت خاک‌های درشت‌دانه استفاده می‌شود.

یادآوری- گرچه مقدار CaO در بعضی خاکسترهای بادی تا %۳۵ می‌باشد (تجزیه عنصری شیمیایی)، بیشتر کلسیم به صورت آلومینات کلسیم، سیلیکات کلسیم و سولفات کلسیم ترکیب می‌شود.

الف-۲-۲ ایجاد تاخیر در گیرش بعضی از خاکسترهای بادی با خود سخت‌شوندگی زیاد با استفاده از مواد دیرگیرکننده ای مانند بورات سدیم، سیترات سدیم، اسید سیتریک یا افزودنی‌های دیرگیرکننده تجاری ممکن است برای تاخیر به اندازه کافی در واکنش‌های هیدراسیون ضروری باشد تا بتوان به اختلاط و تراکم مناسبی در محل دست یافت. از آن جایی که تاثیر دیرگیر کننده ها متغیر است، باید میزان مقاومت و زمان گیرش برای هر بهر خاکستر بادی کنترل شود.