INSO
21423
1st. Edition
2017

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران
Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران
۲۱۴۲۳
چاپ اول
۱۳۹۵

نمونه‌برداری خاک به روش رانش مستقیم برای تعیین مشخصات زیست‌محیطی محل- راهنما

دارای محتوای رنگی

Direct Push Soil Sampling for Environmental Site Characterizations -Standard Guide

ICS: 13.080.99

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق‌پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ تهران- ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۱۶۳-۳۱۵۸۵ کرج - ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: standard@isiri.org.ir

وبگاه: http://www.isiri.gov.ir

Iranian National Standardization Organization (INSO)

No. 2592 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: standard@isiri.org.ir

Website: http://www.isiri.gov.ir

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

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

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند درکمیته ملی طرح، بررسی و درصورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)[1]، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5] در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدورگواهی سامانه‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، واسنجی وسایل سنجش، 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 for Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legals)
4- Contact point
5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

« نمونه‌برداری خاک به روش رانش مستقیم برای تعیین مشخصات زیست‌محیطی محل- راهنما»

رئیس:	**سمت و/یا محل اشتغال:**
قیصری، تقی (کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک)	شرکت خدمات مهندسی سرمد تبریز
دبیر:	
قدیمی، فریده (کارشناسی ارشد شیمی)	اداره کل استاندارد آذربایجان شرقی
اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
ارشد، بهمن (کارشناسی ارشد مهندسی عمران)	اداره کل استاندارد آذربایجان شرقی
رحیم‌اوقلی، شاهین (کارشناسی ارشدمحیط زیست-ارزیابی و آمایش سرزمین)	اداره کل حفاظت محیط زیست آذربایجان شرقی
دواتگر، ناصر (دکتری خاک‌شناسی- فیزیک و حفاظت خاک)	وزارت جهاد کشاورزی- موسسه تحقیقات خاک و آب
ذاکرحمیدی، محمدصادق (دکتری شیمی)	دانشگاه تبریز
فخری، محمدرضا (کارشناسی ارشد محیط زیست)	شرکت آب و فاضلاب شهری آذربایجان شرقی
فرجزاده، اصغر (کارشناسی ارشد رده‌بندی خاک)	مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی
عابدینی طرقبه، جواد (دکتری شیمی)	سازمان مدیریت پسماند شهرداری مشهد
قدیمی، نیما (کارشناسی مهندسی عمران)	عضو مستقل
کبیری، رویا (دکتری شیمی)	دانشگاه تبریز

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	**سمت و/یا محل اشتغال:**
گوگانیان، امیرمحمد (دکتری شیمی)	شرکت کیمیا گستر نوین آزمای تبریز
مختاری اصل، ابوالفضل (دکتری منابع طبیعی-مرتع‌داری)	اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری آذربایجان شرقی
مرادی‌کیا، سعید (کارشناسی ارشد بازیافت پسماندهای چوب و کاغذ)	سازمان مدیریت پسماند شهرداری تبریز
ملازاده، میکائیل (کارشناسی ارشد شیمی)	اداره کل استاندارد آذربایجان شرقی
هراتی، حبیبه (کارشناسی ارشد منابع طبیعی و محیط زیست)	سازمان مدیریت پسماند شهرداری تبریز

ویراستار:

اخیاری، شهاب (دکتری شیمی)	اداره کل استاندارد آذربایجان شرقی

فهرست مندرجات

عنوان	صفحه
پیش‌گفتار	ز
۱ هدف و دامنه کاربرد	۱
۲ مراجع الزامی	۲
۳ اصطلاحات و تعاریف	۴
۴ خلاصه روش	۷
۵ اهمیت و کاربرد	۷
۶ معیارهای انتخاب	۱۵
۷ دستگاه	۱۶
۸ آماده‌سازی	۲۴
۹ روش‌کار	۲۵
۱۰ تکمیل و درزبندی چال	۳۰
پیوست الف (آگاهی‌دهنده) عوامل مؤثر بر بازیابی نمونه در نمونه‌گیری به روش رانش مستقیم	۳۳
کتاب‌نامه	۳۷

پیش‌گفتار

استاندارد «نمونه‌برداری خاک به روش رانش مستقیم برای تعیین مشخصات زیست‌محیطی محل- راهنما» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط تهیه و تدوین شده است، در یک صد و شصتمین اجلاسیه کمیتهٔ ملی استاندارد محیط‌زیست مورخ ۱۳۹۵/۱۲/۰۵ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ (استانداردهای ملی ایران- ساختار و شیوهٔ نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینهٔ صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون‌های مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

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

ASTM D6282/D6282M: 2014, Standard Guide for Direct Push Soil Sampling for Environmental Site Characterizations

نمونه‌برداری خاک به روش رانش مستقیم برای تعیین مشخصات زیست‌محیطی محل- راهنما

۱ هدف و دامنهٔ کاربرد

۱-۱ هدف از تدوین این استاندارد، ارائهٔ راهنمایی‌هایی در مورد نمونه‌گیرهای رانش[1] مستقیم که می‌توان آنها را از سطح زمین یا کفِ چال‌های از قبل حفرشده به داخل خاک راند، است. نمونه‌گیرها می‌توانند پیوسته یا به صورت بازه‌های زمانی ناپیوسته باشند. نمونه‌گیرها با رانش ایستا یا ضربه‌های وزنه‌کوب‌ها[2]، یا به روش‌های ارتعاشی یا ترکیبی از آنها تا عمق مورد نظر رانده می‌شوند. با روش رانش مستقیم می‌توان از هر دو سامانه‌های دولوله‌ای یا تک‌لوله‌ای برای نمونه‌گیری از خاک استفاده کرد. این نمونه‌ها برای چاه‌پیمایی سنگ‌شناسی/آب‌چینه‌شناسی و طبقه‌بندی خاک (به استاندارد ASTM D2488 مراجعه شود) و نیز به‌عنوان نمونه‌های فرعی برای آنالیز آلاینده‌ها و مواد شیمیایی به کار می‌روند.

۱-۲ برای استفاده در کارهای مهندسی و ساختمان، می‌توان از دیگر روش‌های وزنه‌کوبی و نمونه‌گیری نیز استفاده کرد. در این استاندارد، نمونه‌گیری تکی از کف بکر چال با استفاده از تجهیزات وزنه‌کوبی دوار (روتاری) که در آنها با پیشرَوی نمونه‌گیر، نمونه‌ها بیرون ریخته می‌شوند مورد بررسی قرار نمی‌گیرد. سایر استانداردهای نمونه‌گیری مانند استانداردهای ASTM D1586، ASTM D1587 و ASTM D3550 و استاندارد ASTM D6169 در فعالیت‌های وزنه‌کوبی دوار (به استاندارد ASTM D6286 مراجعه شود) به‌کار برده می‌شوند. این استاندارد، در مورد نمونه‌گیرهای دستی با محفظهٔ باز مانند مته مارپیچ، نمونه‌گیرهای کشاورزی برای عمق‌های کم، یا نمونه‌گیرهای دیوارهٔ جانبی کاربرد ندارد.

۱-۲-۱ گرچه وزنه‌کوبی صوتی به عنوان نوعی روش رانش مستقیم شناخته می‌شود، این استاندارد می‌تواند در مورد تجهیزات سنگین اشاره شده در استاندارد ASTM 6914 به کار برده نشود.

۱-۳ راهنمایی در مورد جمع‌آوری، بارگیری و تخلیه نمونه‌ها در استانداردهای ASTM D4220 و ASTM D6640 ارائه شده است. نمونه‌های جمع‌آوری شده برای آنالیز شیمیایی باید غالباً به نمونه‌های دست‌پایین‌تر تفکیک شده و برای انجام آنالیز شیمیایی با استفاده از فنون ویژه مانند مفاد مندرج در استانداردهای ASTM D4547 و ASTM D6640 نگهداری شوند. اطلاعات تکمیلی در مورد نگهداری و حمل و نقل نمونه‌ها در مراجع [1، 2، 3، 4، 5 و 6] ارائه شده است. نمونه‌های لازم برای طبقه‌بندی خاک را می‌توان با استفاده از روش‌های ارائه شده در استاندارد ASTM D4220 مشابه ردهٔ **A** نگهداری کرد. در بسیاری از موارد، نمونهٔ رانشی مستقیم به عنوان ردهٔ B در استاندارد ASTM D4220 طبقه‌بندی می‌شود با این تفاوت که به صورت حفاظت شده، معرف، و مناسب برای آنالیز شیمیایی هستند. از نمونه‌های برداشته

---

1 - Direct push

بارگیری مستقیم هم گفته می‌شود.

2 - Hammer

شده با این روش (به‌جز نمونه‌گیرهای جدارنازک با اندازهٔ استاندارد) معمولاً نمی‌توان نمونه‌های ردهٔ C و D برای آزمون آزمایشگاهی خواص مهندسی مانند استحکام برشی و تراکم‌پذیری تهیه کرد.

۱-۴ روش‌های فروبردن نمونه‌گیر در خاک عبارتند از رانش ایستا، ضربه، انفجار، رانش ارتعاشی/صوتی و تلفیقی از این روش‌ها با استفاده از تجهیزات رانشی مستقیم که در دکل‌های حفاری، دستگاه‌های نفوذسنج مخروطی و ماشین‌های مرکب رانشی مستقیم/انفجاری به کار گرفته می‌شود. وزنه‌کوب‌های مورد استفاده برای فرو بردن نمونه‌گیر عبارت‌اند از دستگاه‌های سقوطی، فعال‌شدهٔ هیدرولیکی، فعال‌شدهٔ بادی، و بالابرهای مکانیکی.

۱-۵ نمونه‌گیری به روش رانش مستقیم به خاک‌ها و مواد سنگ نشده‌ای اطلاق می‌شود که با تجهیزات موجود می‌توان در داخل آنها نفوذ کرد. توانایی نفوذ در لایه‌ها به انرژی وزنه‌کوب، وزن وسیلهٔ حمل کننده، تراکم خاک، و انسجام خاک بستگی دارد. نفوذ در خاک باید محدود باشد وگرنه در برخی زیرلایه‌ها که در زیربند ۵-۶ دربارهٔ آنها بحث شده است، امکان محدود شدن نفوذ یا صدمه‌دیدن با نمونه‌گیرها یا تجهیزات هدایت‌کننده وجود خواهد داشت. بازیابی موفقیت‌آمیز نمونه به قابلیت بیرون‌کشیدن ابزار از داخل چال گمانه[1] بستگی دارد. در کارهای اکتشافی در عمق زیاد یا شرایط سخت، باید تجهیزاتی که بتواند نیروی کافی برای بیرون کشیدن نمونه‌گیر و ملحقات آن ایجاد کند، در اختیار باشد.

۱-۶ در این استاندارد نصب هیچ‌گونه دستگاه‌های پایش یا اصلاح موقت یا دائمی خاک، آب زیرزمینی، یا بخار مورد بررسی قرار نمی‌گیرد.

۱-۷ اجرای روش‌های رانش مستقیم را می‌توان با مقررات محلی حاکم بر دخل و تصرف در خاک زیرزمینی کنترل کرد. ممکن است لازم باشد الزامات صدور پروانه یا مجوز، یا هر دو، پیش از شروع به تعیین هرگونه معیار برای فعالیت‌های میدانی مورد توجه قرار گیرد.

۱-۸ در این استاندارد، تمام موارد ایمنی و بهداشتی درج نشده است. در صورت مواجهه با چنین مواردی، مسئولیت برقراری شرایط بهداشت و ایمنی مناسب و اجرای آن بر عهدهٔ کاربر این استاندارد است.

۱-۹ در این استاندارد، مجموعه‌ای نظام‌یافته از اطلاعات یا رشته‌ای از گزینه‌ها ارائه می‌شود و رشته اقدامات خاصی توصیه نمی‌شود. این سند جایگزین تحصیلات و تجربه نیست و بهتر است همراه با قضاوت حرفه‌ای به کار برده شود. تمام جنبه‌های این استاندارد قابل کاربرد در تمام شرایط نیست.

۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به صورت الزامی به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند.

---

1 - Borehole

در صورتی که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزام‌آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی برای این استاندارد الزام‌آور است.

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

۲-۱ مقررات ملی ساختمان- مبحث هفتم: پی و پی‌سازی

2-2 ASTM D653 Terminology Relating to Soil, Rock, and Contained Fluids

2-3 ASTM D1452 Practice for Soil Exploration and Sampling by Auger Borings

2-4 ASTM D1586 Test Method for Penetration Test (SPT) and Split- Barrel Sampling of Soils

2-5 ASTM D1587 Practice for Thin-Walled Tube Sampling of Soils for Geotechnical Purposes

2-6 ASTM D2488 Practice for Description and Identification of Soils (Visual-Manual Procedure)

2-7 ASTM D3550 Practice for Thick Wall, Ring-Lined, Split Barrel, Drive Sampling of Soils

2-8 ASTM D3694 Practices for Preparation of Sample Containers and for Preservation of Organic Constituents

2-9 ASTM D3740 Practice for Minimum Requirements for Agencies Engaged in Testing and/or Inspection of Soil and Rock as Used in Engineering Design and Construction

2-10 ASTM D4220 Practices for Preserving and Transporting Soil Samples

2-11 ASTM D4547 Guide for Sampling Waste and Soils for Volatile Organic Compounds

2-12 ASTM D4700 Guide for Soil Sampling from the Vadose Zone

2-13 ASTM D5088 Practice for Decontamination of Field Equipment Used at Waste Sites

2-14 ASTM D5092 Practice for Design and Installation of Groundwater Monitoring Wells

2-15 ASTM D5299 Guide for Decommissioning of Groundwater Wells, Vadose Zone Monitoring Devices, Boreholes, and Other Devices for Environmental Activities

2-16 ASTM D5434 Guide for Field Logging of Subsurface Explorations of Soil and Rock

2-17 ASTM D6001 Guide for Direct-Push Groundwater Sampling for Environmental Site Characterization

2-18 ASTM D6067 Practice for Using the Electronic Piezocone Penetrometer Tests for Environmental Site Characterization

2-19 ASTM D6169 Guide for Selection of Soil and Rock Sampling Devices Used With Drill Rigs for Environmental Investigations

2-20 ASTM D6286 Guide for Selection of Drilling Methods for Environmental Site Characterization

2-21 ASTM D6418 Practice for Using the Disposable En Core Sampler for Sampling and Storing Soil for Volatile Organic Analysis

2-22 ASTM D6640 Practice for Collection and Handling of Soils Obtained in Core Barrel Samplers for Environmental Investigations

2-23 ASTM D6724 Guide for Installation of Direct Push Groundwater Monitoring Wells

2-24 ASTM D6725 Practice for Direct Push Installation of Prepacked Screen Monitoring Wells in Unconsolidated Aquifers

2-25 ASTM D6914 Practice for Sonic Drilling for Site Characterization and the Installation of Subsurface Monitoring Devices

2-26 ASTM D7242 Practice for Field Pneumatic Slug (Instantaneous Change in Head) Tests to Determine Hydraulic Properties of Aquifers with Direct Push Groundwater Samplers

2-27 ASTM D7648 Practice for Active Soil Gas Sampling for Direct Push or Manual-Driven Hand-Sampling Equipment

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، علاوه بر اصطلاحات و تعاریف ارائه شده در استانداردهای ASTM D653 و Guide D6001 اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به‌کار می‌رود:

۱-۳

طول در حالت مونتاژ شده

assembly length

طول بدنهٔ نمونه‌گیر و لوله‌های قائم را گویند.

۲-۳

نمونه‌گیر رانش مستقیم

direct push sampler

تجهیزات نمونه‌گیری برای نمونه‌برداری بدون حفاری یا خاک‌برداری چال گمانه که به داخل خاک رانده می‌شود.

۳-۳

لولهٔ رابط

extension rod

میلهٔ فولادی توخالی، رزوه‌دار، با طول‌های متفاوت که برای راندن در خاک و درآوردن نمونه‌گیر و سایر ملحقات حین وزنه‌کوبی به روش رانش مستقیم به کار می‌رود. این قطعه، لولهٔ رانش نیز گفته می‌شود. در بعضی موارد، برای فعال کردن نمونه‌های محدودشده در عمق خاک، میله‌های رابط توپر کوچک در امتداد لوله‌های توخالی به کار برده می‌شود.

۴-۳

نمونه‌گیری و حفاری افزایشی

incremental drilling and sampling

روش رانش که در آن برای نمونه‌گیری عمق‌به‌عمق تدریجی، نمونه‌گیری و وزنه‌کوبی دورانی (روتاری) به

طور متوالی عوض می‌شود. حفاری افزایشی غالباً برای دست‌یابی به سازندهای سخت‌تر یا عمیق‌تر به کار گرفته می‌شود.

۳-۵

عمق رانش

push depth

فاصلهٔ تراز سطح زمین تا نوک لولهٔ نمونه‌گیر رانش مستقیم در محل قرارگیری آن است.

۳-۶

بازهٔ نمونه

sample interval

منطقه تعریف شدهٔ لایهٔ زیرسطحی که نمونه از آن برداشته می‌شود.

۳-۷

بازیابی نمونه

sample recovery

طول مصالح بازیابی شده تقسیم بر طول پیشرَوی نمونه‌گیر برحسب درصد است.

۳-۸

مغزهٔ خاک

soil core

نمونهٔ استوانه‌ای شکل به‌دست آمده از عمل نمونه‌گیر خاک از رسوب‌ها، خاک، یا دیگر تودهٔ ذرات جامد سنگ‌نشدهٔ حاصل از رسوب یا تجزیهٔ فیزیکی یا شیمیایی سنگ‌هاست که می‌تواند حاوی مواد آلی باشد یا نباشد.

۳-۹

نمونه‌گیر استوانه‌ای بسته

closed barrel sampler

وسیلهٔ نمونه‌گیر با یک پیستون یا وسیلهٔ مناسب دیگر که حرکت مصالح در داخل محفظهٔ نمونه‌گیر را تا زمانی که وسیلهٔ مسدودکننده برداشته نشده یا رها نشده است، مسدود می‌کنند. در نمونه‌گیرهای بسته استفاده از غلاف الزام است. هم‌چنین به این نمونه‌گیرها، نمونه‌گیرهای نوع محفوظ (محافظت‌شده)[1] هم گفته

1- Protected

می‌شود.

۳-۱۰

سنبه‌های ضربه‌ای/سنبه‌های رانشی

impact heads/drive heads

قطعه یا مجموعه‌ای که به انتهای قسمت روسطحی مجموعهٔ ابزار رانش مستقیم که ضربهٔ وزنه‌کوب را دریافت و انرژی ضربه‌ای را به قطعات الحاقی یا لوله‌های رابط منتقل می‌کند.

۳-۱۱

نمونه‌گیر استوانه‌ای باز

open barrel sampler

محفظهٔ نمونه‌گیری که ته آن باز است و امکان ورود مصالح را در هر زمان و عمقی فراهم می‌کند. هم‌چنین به آن نمونه‌گیر از نوع غیر محفوظ (محافظت‌نشده)[1] هم می‌گویند.

۳-۱۲

قفل پیستون

piston lock

وسیله‌ای برای قفل کردن پیستون نمونه‌گیر برای جلوگیری از ورود هرگونه مواد خارجی به داخل نمونه‌گیر پیش از نمونه‌گیری است.

۳-۱۳

سامانهٔ تک‌لوله‌ای

single tube system

سامانه‌ای که در آن از یک لولهٔ رابط/لولهٔ رانش و نمونه‌گیر برای برداشتن نمونهٔ خاک، برای وارد کردن در لایه‌های زیرسطحی استفاده می‌شود.

۳-۱۴

نمونه‌گیر استوانه‌ای صلب

solid barrel sampler

نوعی نمونه‌گیر خاک متشکل از لوله‌ای پیوسته یا چندتکه که ضخامت دیوارهٔ آن به اندازه‌ای ضخیم است که

1 - Unprotected

بتواند در برابر نیروهای حاصل از وارد شدن در لایه‌های مورد نظر و گرفتن نمونه مقاومت کند. یک ناخن[1] بُرنده و یک سنبه رابط به محفظه وصل می‌شود.

۳-۱۵

نمونه‌گیر استوانه‌ای دوکفه‌ای

split barrel sampler

نمونه‌گیری متشکل از دو نیم‌لولهٔ کاملاً جفت شونده، که یک سرشان به ناخن و سر دیگرشان به سنبه رابط متصل است.

۳-۱۶

سامانه‌های دولوله‌ای

dual tube systems

سامانه‌ای که لوله‌های داخلی و بیرونی برای برداشتن نمونه، به طور هم‌زمان با هم به لایه‌های زیرسطحی فرو برده می‌شوند. لولهٔ خارجی برای تحکیم چال گمانه به کار می‌رود. لوله داخلی برای فرو بردن در خاک و بازیابی نمونه به کار برده می‌شود.

۴ خلاصهٔ روش

نمونه‌گیری خاک با رانش مستقیم متشکل از فرو بردن یک وسیلهٔ نمونه‌گیری به لایه‌های زیرسطحی خاک با اعمال رانش ایستا، ضربه، یا با ارتعاش، یا ترکیبی از آنها به قسمت باقی‌مانده در بالای سطح لوله‌های رابط است تا حدی که نمونه‌گیر به عمق مورد نظر برسد. نمونه‌گیر، تمیزکاری شده و عملیات برای بازهٔ نمونه‌گیری مورد نظر بعدی تکرار می‌شود. نمونه‌گیری می‌تواند در کل عمق چاه‌پیمایی به صورت پیوسته یا برای بازهٔ نمونه‌گیری خاصی به صورت افزایشی انجام شود. نمونه‌گیرها می‌توانند از نوع محفوظ برای برداشت نمونه به صورت کنترل شده، یا غیرمحفوظ برای برداشت نمونهٔ خاک در شرایط کلی باشد.

۵ اهمیت و کاربرد

۵-۱ از نمونه‌گیری خاک به روش رانش مستقیم به طور گسترده در تعیین مشخصات محل زیست‌محیطی خاک زیرسطحی استفاده می‌شود و نیز می‌توان برای تعیین مشخصات محل ژئوتکنیک [3، 7، 8، 9 تا 12، 13] استفاده کرد. مطالعات محدود اولیه با استفاده از روش نمونه‌گیری خاک به روش رانش مستقیم در مطالعات زیست‌محیطی انجام گرفت [۱۴، ۱۵، ۱۶]. این روش، برای تعیین مشخصات محل‌های زیست‌محیطی، به روش‌های وزنه‌کوبی نمونه‌گیری روتاری ترجیح داده می‌شود (ASTM D6169، ASTM D6286) زیرا آنها دارای تداخل حداقل (با تخریب کم‌تر ستون خاک) بوده و بخش خاک برش خورده‌ای ایجاد نمی‌کنند که می‌تواند آلوده شده و مستلزم وارهایی ایمن متعاقب تعیین مشخصات باشند.

1 - Shoe

نمونه‌گیرهای خاک از نوع رانش مستقیم به دو گروه تک‌لوله‌ای و دولوله‌ای تقسیم می‌شوند.

۵-۱-۱ سامانه‌های دولوله‌ای: سامانه‌های نمونه‌گیری خاک دولوله‌ای بر دیگر سامانه‌های نمونه‌گیری ترجیح دارد زیرا حین عملیات، چال گمانه توسط پوستهٔ خارجی محافظت و درزبندی می‌شود. با این وجود، در شرایط معینی، وقتی نمونه‌گیری پایین‌تر از آب زیرزمینی انجام می‌شود، برای احتراز از آلودگی متقابل باید از نوعی نمونه‌گیر تک‌لوله‌ای بی‌درز (زیربند ۵-۱-۲) استفاده شود. در شکل ۱ نحوهٔ استفاده از سامانه دولوله‌ای نشان داده شده است. لولهٔ بیرونی برای حفاظت و درزبندی چال گمانه به کار می‌رود و مانع آلودگی بالقوهٔ چال و نمونهٔ خاک می‌شود. در نمونه‌گیرهای دولوله‌ای امکان نمونه‌گیری پیوسته و سریع هم در بالای سطح آب زیرزمینی[1] و هم در زیر آن وجود دارد. اگر نمونه‌گیری لازم نباشد، می‌توان از یک سنبهٔ توپر که به سر لولهٔ رانش بسته شده است استفاده کرده و لایه‌هایی را که برای نمونه‌گیری در نظر گرفته نشده، لایه‌های سخت یا سازندهایی که نمونه‌گیری از آنها دشوار است، با آن شکافت.

۵-۱-۱-۱ سامانه‌های دولوله‌ای، به‌کارگیری سامانه‌های نمونه‌گیری و آزمون از انواع دیگر (روش آزمون ASTM D1586 و آیین‌کار ASTM D1587) و حسگرها، نمونه‌گیری آب زیرزمینی (ASTM D6001)، آزمون آب (ASTM D7242)، و حتی پایش تأسیسات چاه (ASTM D6724 و ASTM D6725) را تسهیل می‌کند. تجهیزات چاه معمولاً مستلزم استفاده از سرمته‌های بازشونده‌ای با طراحی ویژه برای حفاری چاه است.

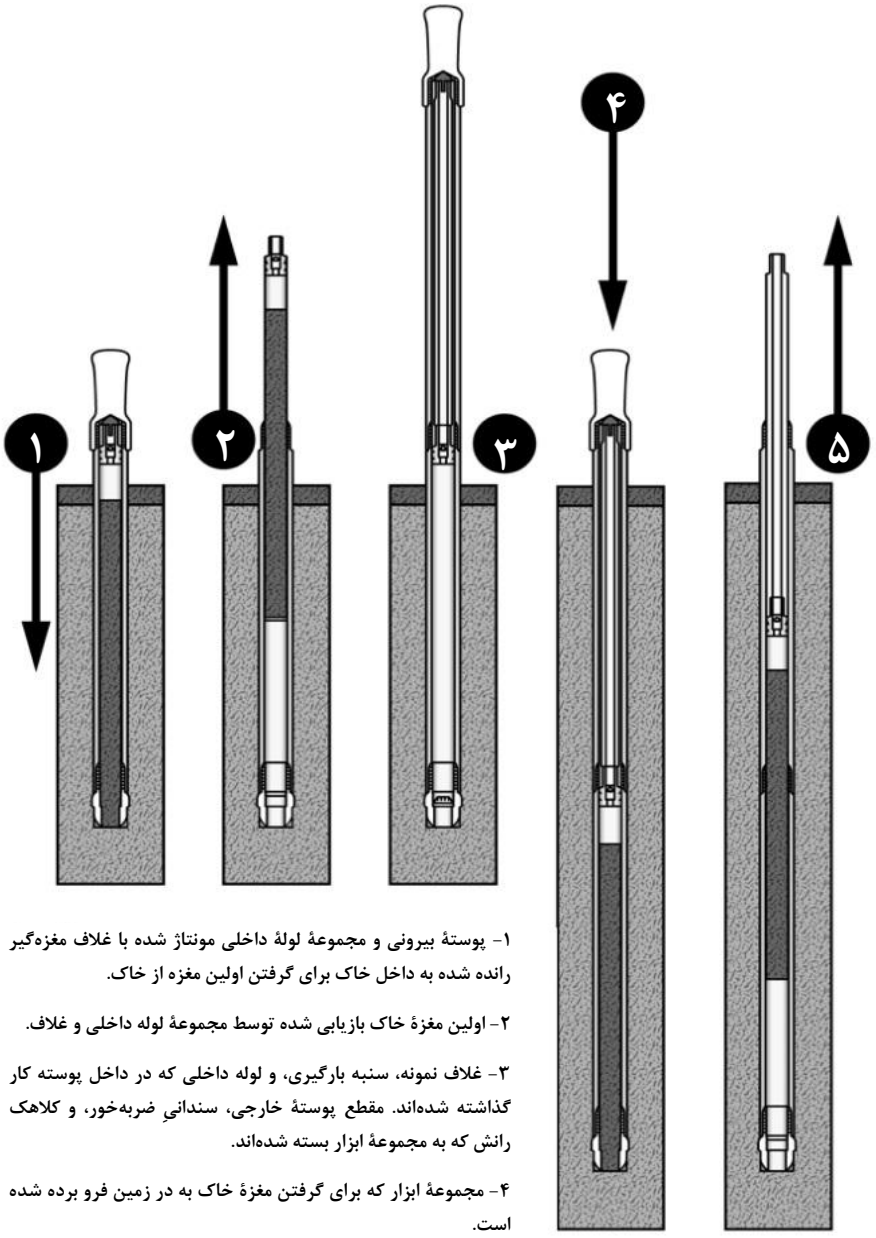
۵-۱-۱-۲ در سامانه‌های دولوله‌ای بزرگ با قطر داخلی کمینه ۷۵ mm، آزمون نفوذ استاندارد (ASTM D1586) غالباً در تهِ چال انجام می‌شود. مقادیر قابل اعتماد N برای آزمون SPT را می‌توان در اغلب سازندهای خاکی که در نتیجهٔ حرکت غلاف، دست‌خورد نشده‌اند به دست آورد. ماسه‌های بدون چسبندگی (سست و بی‌قوام)[2] و رس‌های نرم معمولاً حین پیشروی سامانه دولوله‌ای برای آزمودن عمق متلاشی می‌شوند و در صورت مشکوک بودن، باید ارزیابی و نشانه‌گذاری شوند. در صورت وجود شواهدی مبنی بر خیزاُفت[3] یا ناپایداری چال گمانه از بستر چال تا داخل غلاف، معمولاً نمی‌توان مقادیر N قابل اعتمادی را به دست آورد.

۵-۱-۱-۳ در سامانه‌های دولوله‌ای به‌آسانی می‌توان تزریق دوغاب و درزبندی انجام داد زیرا غلاف بیرونی، چالی قابل دسترس برای وارد کردن لوله‌های تزریق یا پاشش دوغاب ایجاد می‌کند.

۵-۱-۱-۴ به طوری که در شکل ۱ نشان داده شده است، نمونه‌گیری پیوسته با استفاده از درزی که در ته غلاف بیرونی در حین فرآیند نمونه‌گیری باز می‌ماند، انجام می‌شود. تا زمانی که سازند میان دو نمونه‌گیری پایدار باشد، این روش مناسب است. اگر شرایط خیزاُفت به داخل غلاف بیرونی وجود داشته باشد، می‌توان غلاف بیرونی را برای تنظیم محفظهٔ نمونه‌گیر در موقعیت مناسب جابه‌جا[4] کرد. ناپایداری را می‌توان با نگه داشتن بیلان سطح آب در داخل غلاف بیرونی و حرکت آرام مجموعهٔ نمونه‌گیر هنگام بیرون کشیدن

1 - Water table
2 - Cohesionless sands
3 - Heave
4 - Retracted

آن، بهبود بخشید. اگر پایداری مصالح مسئله‌ساز باشد، باید از نمونه‌گیر پیستونی تک‌لوله‌ی بی‌درز (۵-۱-۲) در داخل چال و هنگام برداشتن نمونه استفاده شود.



۱- پوستهٔ بیرونی و مجموعهٔ لولهٔ داخلی مونتاژ شده با غلاف مغزه‌گیر رانده شده به داخل خاک برای گرفتن اولین مغزه از خاک.

۲- اولین مغزهٔ خاک بازیابی شده توسط مجموعهٔ لوله داخلی و غلاف.

۳- غلاف نمونه، سنبه بارگیری، و لوله داخلی که در داخل پوسته کار گذاشته شده‌اند. مقطع پوستهٔ خارجی، سندانیِ ضربه‌خور، و کلاهک رانش که به مجموعهٔ ابزار بسته شده‌اند.

۴- مجموعهٔ ابزار که برای گرفتن مغزهٔ خاک به در زمین فرو برده شده است.

شکل ۱ – عملیات نمونه‌گیر خاک به روش رانش مستقیم دولوله‌ای

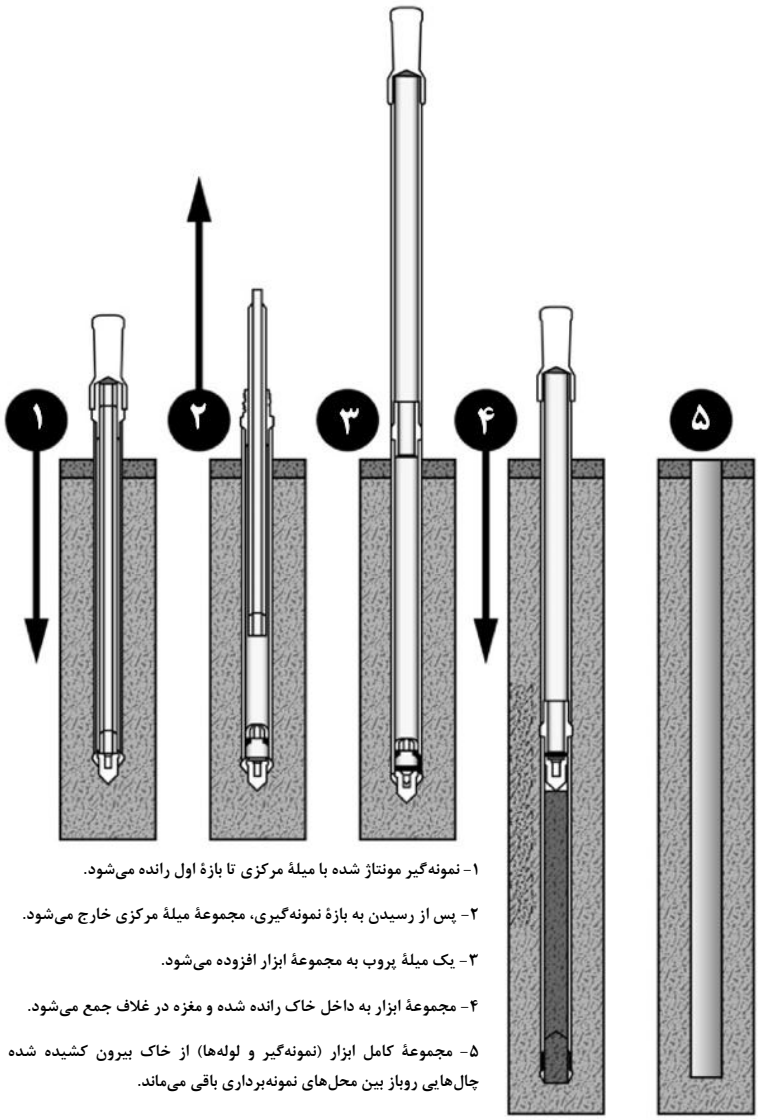
۵-۱-۱-۵ سامانه نمونه‌گیر دولوله‌ای با قطر ثابت لولهٔ بیرونی عموماً اصطکاک بیشتری در مقایسه با نمونه‌گیرهای تک‌لوله‌ای داشته و معمولاً مستلزم تجهیزات بزرگتری هستند که بتواند نیروهای ضربه‌ای یا فشاری سنگین‌تری را اعمال کند. سامانه‌های دولوله‌ای با قطر بیرونی نزدیک به ۱۰۰ mm تا ۱۵۰ mm طراحی و ساخته شده‌اند و مستلزم تجهیزات رانشی مستقیم حجیمی هستند.

۵-۱-۲ سامانه‌های تک‌لوله‌ای: در نمونه‌های تک‌لوله‌ای درزبندی شده، اطمینان بیشتری در مورد مسئلهٔ آلودگی متقابل توسط سایر خاک‌ها یا مایعات داخل چال گمانه وجود دارد و ازاین‌رو در شرایط زیر آب زیرزمینی، روش نمونه‌گیری بهتری است. سامانه‌های نمونه‌گیری خاک تک‌لوله‌ای غالباً برای عملیات یک‌بار نمونه‌گیری خاک به روش گسستهٔ افزایشی[1] به کار گرفته می‌شوند اما می‌توان از آن برای حالت‌های نمونه‌گیری پیوسته با محدودیت‌های شرح داده شده در زیر نیز استفاده کرد. نمونه‌های از نوع پیستونی درزبندی شده، بهترین وضعیت را برای حفاظت نمونه بدون هرگونه آلودگی متقابل فراهم می‌کنند. در شکل ۲، عملیات اساسی نمونه‌گیری تک‌لوله‌ای نشان داده شده است. برای احتراز از توزدگی خاک حین پیشروی تا عمق نمونهٔ مورد نظر، یک پیستون نوک‌تیز توپر به سر این نمونه‌گیر بسته می‌شود. سپس پیستون با استفاده از سازوکار مختلفی رها می‌شود و نمونه به طول تعیین‌شده رانده می‌شود. لولهٔ نمونه‌گیر کامل و لوله‌های رابط از زمین بیرون کشیده می‌شود تا نمونه بازیابی شود و حفره‌ای خالی پس از نمونه‌گیری به جا می‌ماند.

۵-۱-۲-۱ ایرادی که نمونه‌گیری تک‌لوله‌ای دارد این است که چال باقی‌مانده در زمین نمی‌تواند باز بماند و در صورت نیاز به تزریق دوغاب، کار دشوار می‌شود. اگر قطعاً مقاوم‌سازی تزریق دوغاب الزام شده باشد، راندن مجدد لولهٔ تزریق دوغاب به عمق نمونه‌برداری برای دوغاب‌کاری چال ضرورت خواهد داشت (ASTM D6001). ایراد دیگر، امکان حرکت مواد آلاینده به سمت پایین چال روباز وجود دارد. اگر جلوگیری از آلودگی متقابل مهم باشد، بهتر است از سامانه نمونه‌گیری دولوله‌ای استفاده شود.

۵-۱-۲-۲ در بسیاری از سامانه‌های تک‌لوله‌ای از لوله‌های رابطی با قطر کوچک‌تر از بدنهٔ نمونه‌گیر استفاده می‌شود. استفاده از لوله‌های رابط با قطر کوچک‌تر، دو مسئله هنگام نمونه‌گیری پیش می‌آورد. اول این که خاک بالای بدنهٔ نمونه‌گیر می‌تواند بر روی نمونه‌گیر بریزد و خارج کردن آن را دشوار کند. دوم، وقتی آنالیز شیمیایی لازم باشد نمونه‌گیر نفوذ کرده و از بازه‌های مختلف آلوده عبور می‌کند و این مسئله را ایجاد می‌کند که مایعات از لایه‌های بالایی به سمت پایین چنبرهٔ باز بالای نمونه‌گیر حرکت کرده و باعث آلودگی متقابل می‌شود.

1 - Single incremental discrete soil sampling



شکل ۲ – عملیات نمونه‌گیر خاک به روش رانش مستقیم تک‌لوله‌ای

۵-۱-۲-۳ گاهی نمونه‌گیرهای پیستونی همراه با آزمون نفوذسنج‌های مخروطی[1] (ASTM D6067) به کار برده شده و می‌تواند در سایر عملیات ژئوتکنیکی (ASTM D6169) در ته یک چال گمانه مورد استفاده قرار گیرد.

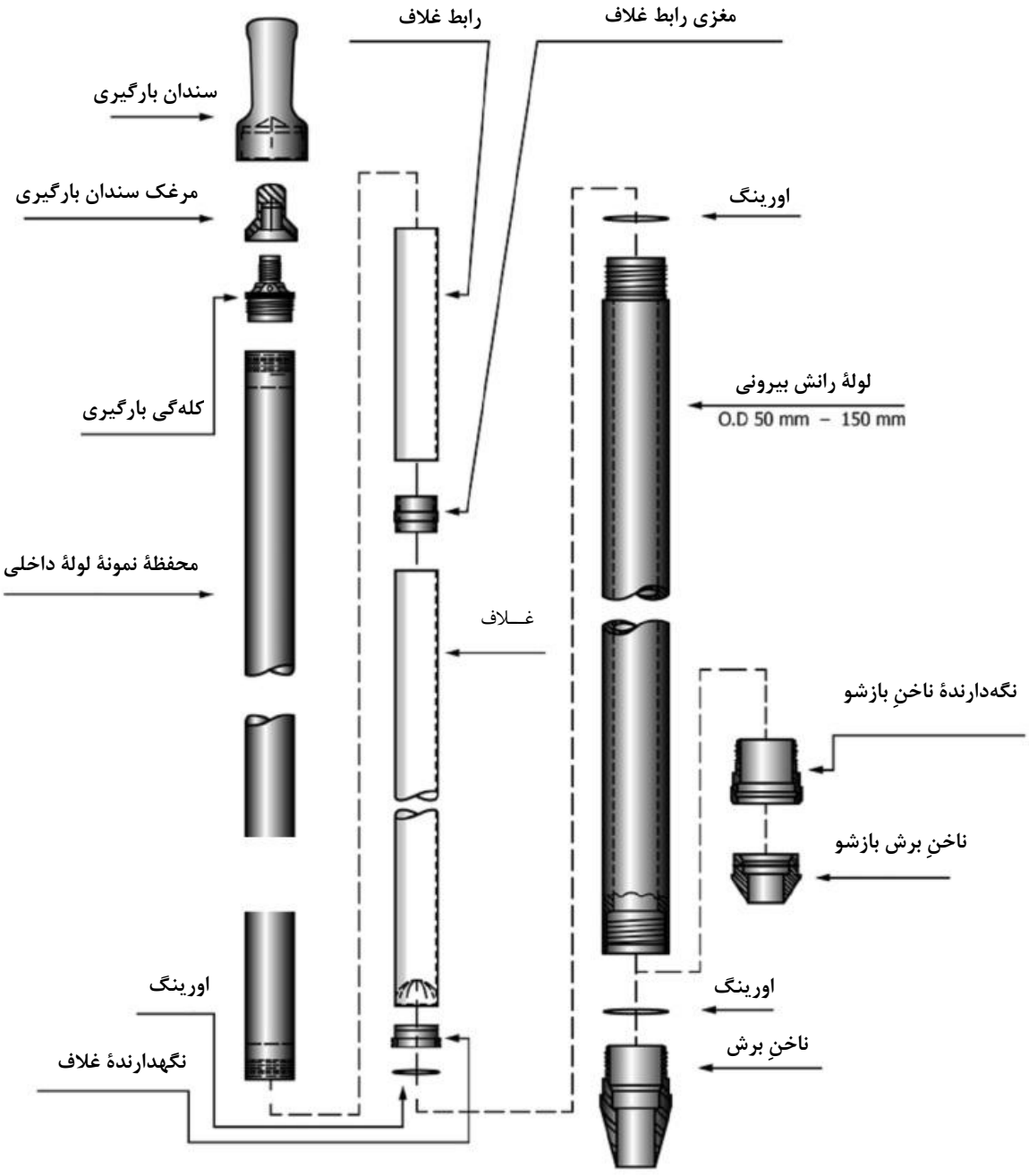
۵-۱-۲-۴ عملیات نمونه‌گیری پیوسته را می‌توان در همان چال با محدودیت‌هایی انجام داد. با استفاده از نمونه‌گیر پیستونی توپر، از طریق راندن مجدد نمونه‌گیر پیستونی توپر به عمق‌های بیشتر، نمونه‌های متوالی را می‌توان در همان چال به دست آورد.

1 - Cone Penetrometer Testing (CPT)

۵-۱-۲-۵ بهتر است نمونه‌گیرهای لوله‌ای باز بدون پیستون (شکل ۳) به‌جز در موارد نادر به کار برده نشوند. استفاده مکرر از نمونه‌بردار محفظه‌ای باز درزبندی نشده بدون پیستون توپر در یک چال یکسان، باعث آلودگی متقابل نمونه‌ها از طریق جدار چال، تخریب (فروریختن)[1]، و خیزاُفت می‌شود. گاهی نمونه‌گیری پیوستهٔ خاک با استفاده از محفظهٔ باز بالای سطح آب زیرزمینی که در آن چال‌ها بسیار پایدارند، انجام می‌شود. این حالت نمونه‌گیری بهتر است هرگز زیر سطح آب‌های زیرزمینی به کار گرفته نشود. برای اطمینان از آلوده نشدن متقابل، درزبندی نمونه الزامی است.

۵-۲ روش‌های رانش مستقیم برای نمونه‌گیری خاک در مطالعات زمین‌شناسی، مطالعات آلودگی بافت خاک زیرسطحی، و مطالعات کیفیت آب به کار گرفته می‌شود. مثال‌هایی از چند نوع مطالعات که در آنها از نمونه‌گیری به روش رانش مستقیم استفاده می‌شود عبارت‌اند از ارزیابی محل، مطالعات مخازن ذخیرهٔ زیرزمینی، و مطالعات زباله‌گاه‌های مواد خطرناک [17-19]. نمونه‌گیری پیوسته برای تأمین اطلاعات مشروح درباره سنگ‌شناسی لایه‌های زیرزمینی و برداشت نمونه‌هایی برای طبقه‌بندی و آزمون‌های تعیین شاخص یا برای آزمون شیمیایی به کار می‌رود. نمونه‌هایی که با روش رانش مستقیم به دست آمده، آزمونه‌های لازم را برای تعیین نوع و غلظت آلاینده‌ها در خاک و رسوبات و در اغلب شرایط، آب حفره‌ای (منفذی)[2] فراهم می‌کنند [7، 8، 9، 10، 11، 12، 13]. روش‌های جابه‌جایی مغزهٔ خاک برای آزمون‌های شیمیایی در استاندارد ASTM D6640 ارائه شده است. نمونه‌گیری برای ترکیبات آلی فرّار[3] در استاندارد ASTM D4547 ارائه شده و غالباً مغزه می‌تواند با استفاده از روش‌هایی مانند ASTM D 6418 یا سایر روش‌های مشابه از طریق نمونه‌گیرهای کوچک دستی به‌سرعت در محل به آزمونه‌های فرعی تقسیم شود. نمونه‌های لازم برای سایر آزمون‌های تعیین مشخصات شیمیایی عموماً مستلزم تقسیم نمونه به نمونه‌های فرعی در داخل بطری‌های شیشه‌ای، پلاسیتیک یا ویال و نگه‌داری آنها در یخچال است (به روش آزمون EPA به شمارهٔ (4) SW-846 مراجعه شود). الزامات ظروف و شرایط نگهداری را از نظر انطباق با کیفیت داده‌ها مطابق مقررات ملی ازجمله مبحث هفتم مقررات ملی ساختمان ایران یا الزامات کارفرما در هر پروژهٔ خاص و نیز الزامات آزمایشگاه تجزیه، تصدیق کنید.

1 - Cave
2 - Pore water
3 - Volatile Organic Compounds (VOC)



شکل ۳ – نمونه‌گیر خاک دولوله‌ای با محفظه و غلاف یک‌تکه

۳-۵ اگر تمهیدات لازم برای حصول اطمینان از این که نمونه‌های گسسته برداشته شده، بازیابی نمونه به میزان بیشینه انجام گرفته و در حین برداشتِ نمونه از ابزارهای تمیز و بدون آلودگی استفاده شده است. روش‌های رانش مستقیم اطلاعات درستی را در مورد مشخصه‌های خاک‌های مورد نظر و ترکیب شیمیایی آنها فراهم می‌کنند. برای مقاصد این استاندارد، «خاک» باید مطابق استاندارد ASTM D653 باشد. استفاده

از ابزارهای محفوظ یا درزبندی شده، چال‌های دوغاب‌پاشی شده، و فنون رانش مناسب می‌تواند در مورد برداشت نمونه‌های معرف خوب اطمینان ایجاد کند. چال‌های حفر شده به روش رانش مستقیم را می‌توان بخش مکمل مطالعات کلی محل در نظر گرفت یا در صورت وجود مجوز دسترسی به کل محل[1] می‌توان از آنها برای مطالعهٔ کامل محل استفاده کرد. دراین‌صورت، بهتر است چنین مطالعاتی مطابق استانداردهای اطمینان از کیفیت و بازنگری روش‌هایی انجام شود که به سایر انواع وزنه‌کوبی‌های زیرسطحی اعمال می‌شود. وجود دانش کلی درباره شرایط زیرسطحی در محل مورد نظر مفید خواهد بود.

۴-۵ نیمرخ‌برداری چینه‌ای[2] خاک تا اعماق کم می‌تواند در زمین‌های بزرگ، به دلیل توانایی برداشت سریع نمونه با روش رانش مستقیم نسبت به روش‌های وزنه‌کوبی معمول در کم‌ترین زمان انجام شود. برای بخش مفید کارهای مطالعات، زمان بیشتری در اختیار خواهد بود، زیرا زمان صرف‌شده برای فعالیت‌های فرعی مانند زدودن آلودگی‌ها، برپاکردن دکل، جابه‌جایی ابزار، پر کردن چال گمانه و تمیزکاری در مقایسه با روش‌های وزنه‌کوبی سنتی کم‌تر می‌شود. مزیت‌های نمونه‌گیری خاک به روش رانش مستقیم عبارت‌اند از کوچک بودن اندازهٔ ابزار، کوچک بودن قطر چال‌ها، و تولید کمینهٔ پسماندهای عملیات مطالعات.

۵-۵ روش نمونه‌گیری خاک به روش رانش مستقیم را می‌توان به عنوان ابزار تعیین مشخصات محل در مطالعات زیرسطحی و مطالعات بهبودبخشی[3] و اقدامات اصلاحی به کار گرفت. بسته به چگالی خاک و اندازهٔ ذرات، تعیین عمق آب زیرزمینی، طرح اولیهٔ مطالعات از طریق رانش مستقیم می‌تواند اطلاعات چینه‌نگاری رسوبی و خاک‌شناسی خوب و نمونه‌هایی برای غربال‌گری میدانی و آنالیز رسمی تجزیه‌ای برای تعیین نوع و غلظت مواد شیمیایی داخل خاک یا رسوبات و مایعات حفره‌ای داخل آنها فراهم کند. این روش، نمونه‌هایی برای آزمون آزمایشگاهی خواص مهندسی فراهم نمی‌کند (رده‌های C و D استاندارد ASTM D4220).

۶-۵ این استاندارد ممکن است روشی درست برای مطالعات در همهٔ موارد نباشد. مانند تمام روش‌های وزنه‌کوبی، شرایط زیرسطحی بر عملکرد تجهیزات و روش‌های نمونه‌گیریِ مورد استفاده تأثیر می‌گذارد. روش‌های رانش مستقیم برای سنگ‌های جامد کارآیی ندارد و در سنگ‌های تا حدی هوازده یا خاک‌های بسیار چگال کارایی اندکی دارد. از این روش‌ها می‌توان برای تعیین عمق سطحی سنگ استفاده کرد. حضور یا غیاب آب زیرزمینی می‌تواند بر عملکرد ابزار نمونه‌گیری تأثیر بگذارد. یخ‌نهشته‌های[4] ماسه‌ای فشرده حاوی گرداله[5] و بلوک‌های سنگی[6]، رس چسبنده، ماسهٔ فشرده، و خاک سیمانی می‌تواند مانع نفوذ و فرورفتن ابزار در زمین شود. برخی خاک‌های چسبنده بسته به آب محتوی آن، می‌تواند باعث ایجاد اصطکاک در ابزار نمونه‌گیری و افزایش نیروی استاتیکی یا انرژی لازم برای وارد کردن ضربه، یا هردو، برای راندن آن به زمین و ممانعت از نفوذ ابزار شود. تمام یا بعضی از این شرایط می‌تواند باعث ایجاد دشواری در خارج کردن

1 - Site conditions permit
2 - Strata profiling
3 - Remedial investigation
مطالعات دقیق و عمیق به منظور جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز برای تعیین ماهیت و گستردگی آلودگی یک منطقه
4 - Tills
5 - boulders
6 - Cobbles

ابزارهای نمونه‌گیری از چال شود. بهتر است نیروی برون‌کشی کافی برای ایجاد اطمینان از بازیابی کامل ابزار داخل زمین فراهم باشد. در تمام روش‌های رانشی نمونه‌گیرهای خاک لازم است احتیاط‌های لازم برای پیشگیری از آلودگی متقابل سفره‌های زیرزمینی آب از طریق انتقال آلاینده‌ها در جهت بالا یا پایین چال انجام گیرد. مستقل از اندازهٔ ابزار، حرکت ابزار وزنه‌کوبی و نمونه‌گیری از میان لایه‌های آلوده، این ریسک را ایجاد می‌کند. بهتر است کمینه‌کردن این ریسک یک عامل کنترل‌کننده در انتخاب روش‌های نمونه‌گیری و وزنه‌کوبی باشد. بهتر است کاربر احتمال وقوع واکنش شیمیایی میان نمونه و خود ابزار نمونه‌گیری، غلاف‌های نمونه‌گیری، یا سایر اقلامی را که با نمونه تماس دارند، در نظر داشته باشد [3 و 4].

۵-۷ در بعضی از موارد، می‌توان از این استاندارد برای نمونه‌گیری آب یا نمونه‌گیری بخار یا هردو به صورت تلفیقی طی عملیات واحد، مطالعاتی انجام داد. برای کسب اطلاعات تکمیلی در مورد روش‌های قابل کاربرد در چنین فعالیت‌های تلفیقی می‌توان به استانداردهای ASTM D6001، ASTM D4700 و ASTM D7648 مراجعه کرد. عوامل ارزیابی برای فعالیت‌های مندرج در این استاندارد در استاندارد ASTM D3740 ارائه شده است.

یادآوری - کیفیت نتیجهٔ به دست آمده هنگام استفاده از این استاندارد به شایستگی افراد در اجرای آن و مناسب بودن تجهیزات و امکانات به کار گرفته شده بستگی دارد. نمایندگی‌هایی که معیارهای استاندارد ASTM D3740 را برآورده کنند، عموماً دارای شایستگی برای انجام آزمون/ نمونه‌گیری/ بازرسی عینی و ... شناخته می‌شوند. به کاربران این استاندارد هشدار داده می‌شود که رعایت استاندارد ASTM D3740 به‌خودی‌خود حصول نتایج قابل اطمینان را تضمین نمی‌کند. نتایج قابل اطمینان به عوامل بسیاری بستگی دارد؛ استاندارد ASTM D3740 امکانی برای ارزیابی بعضی از آن عوامل فراهم می‌کند.

۶ معیارهای انتخاب

۶-۱ معیارهای مهمی که لازم است هنگام انتخاب ابزارهای نمونه‌گیری رعایت شود عبارت‌اند از:

۶-۱-۱ اندازهٔ نمونه

۶-۱-۲ کیفیت نمونه (رده‌های A، B، C، D) برای نمونه‌های فیزیکی، به استاندارد ASTM D4220 مراجعه شود.

۶-۱-۳ الزامات جابه‌جایی نمونه، مانند الزامات مربوط به ظروف و الزامات نحوهٔ نگه‌داری، به استاندارد ASTM D6640 مراجعه شود.

۶-۱-۴ پیش‌بینی شرایط خاک.

۶-۱-۵ عمق پیش‌بینی شدهٔ آب زیرزمینی و سطح آب حفره‌ای.

۶-۱-۶ عمق وزنه‌کوبی لازم.

۶-۱-۷ نوع و غلظت آلاینده‌های خاک یا رسوبات و مایعات داخل حفره‌ها و تخلخل‌ها.

۶-۱-۸ احتمال آلودگی متقابل.

۶-۱-۹ بودجهٔ در اختیار.

۶-۱-۱۰ هزینهٔ برآوردی.

۶-۱-۱۱ محدودیت‌های زمانی.

۶-۱-۱۲ تاریخچهٔ عملکرد ابزار تحت شرایط پیش‌بینی شده (با کاربران باتجربه و سازندگان مشورت

شود).

۶-۲ معیارهای مهمی که لازم است هنگام انتخاب تجهیزات رانش مستقیم در نظر گرفته شود عبارت‌اند از:

۶-۲-۱ دسترس‌پذیری محل.

۶-۲-۲ بازدیدپذیری محل.

۶-۲-۳ پیش‌بینی شرایط خاک.

۶-۲-۴ عمق لازم برای چال گمانه.

۶-۲-۵ الزامات درزبندی چال گمانه.

۶-۲-۶ تاریخچهٔ عملکرد تجهیزات.

۶-۲-۷ افراد مورد نیاز.

۶-۲-۸ الزامات مستندسازی.

۶-۲-۹ امکانات تزریق دوغاب تجهیزات.

۶-۲-۱۰ الزامات مقررات کشوری.

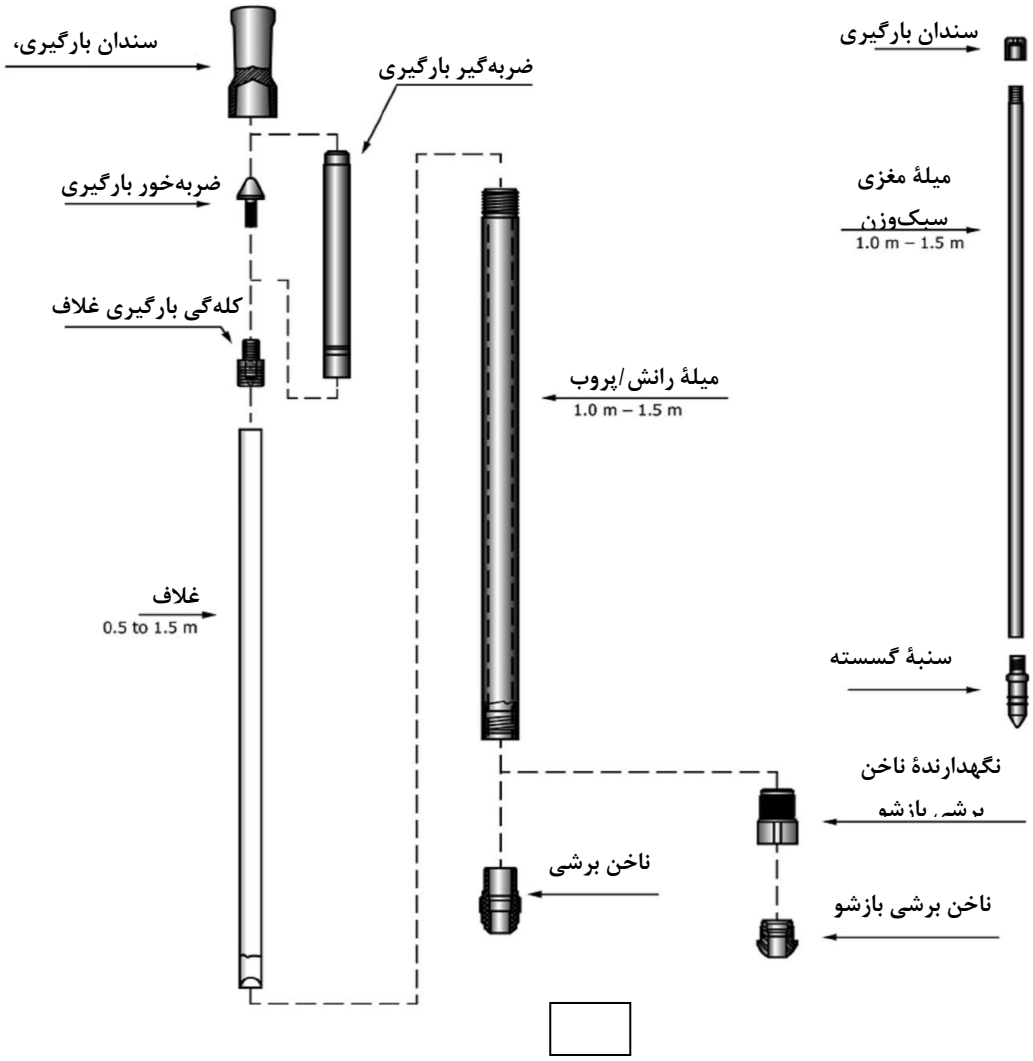
۷ دستگاه

۷-۱ کلیات

سامانه‌های نمونه‌گیری خاک به روش رانش مستقیم از یک ابزار برداشت نمونه، لوله‌های رابط توخالی برای رانش، برون‌کشی، انتقال انرژی به نمونه‌گیر و منبع انرژی برای تأمین نیروی نفوذ نمونه‌گیر تشکیل می‌شود. ابزار کمکی نیز برای جابه‌جایی، مونتاژ و دمونتاژ، تمیزکاری، و تعمیر ابزارهای برداشت نمونه و سطوح ضربه‌خور لازم است. ملزومات ضروری مصرف شدنی عبارت‌اند از ظروف نمونه، درپوش ظروف نمونه، غلاف نمونه، نگهدارندهٔ نمونه، روان‌کارهای لازم و تجهیزات ایمنی فردی. متن زیرین و ارقام داده شده در آن، مقصود کلی این استاندارد را بیان می‌کنند؛ بااین‌حال، اگر ابعاد و پیکربندی دقیق بیان شده در اینجا در پیکربندی ابزار دیگری متفاوت باشد، مقصود استاندارد حاضر برآورده خواهد شد و ازاین‌رو پیکربندی آن ابزار خاص برای استفاده به عنوان مجموعه‌ای منطبق با این استاندارد قابل قبول است.

۷-۲ سامانه‌های نمونه‌گیری خاک از نوع ابزار رانش مستقیم – نمونه‌گیرهای خاک از نوع رانش مستقیم در دو گروه توصیف می‌شوند: دولوله‌ای و تک‌لوله‌ای.

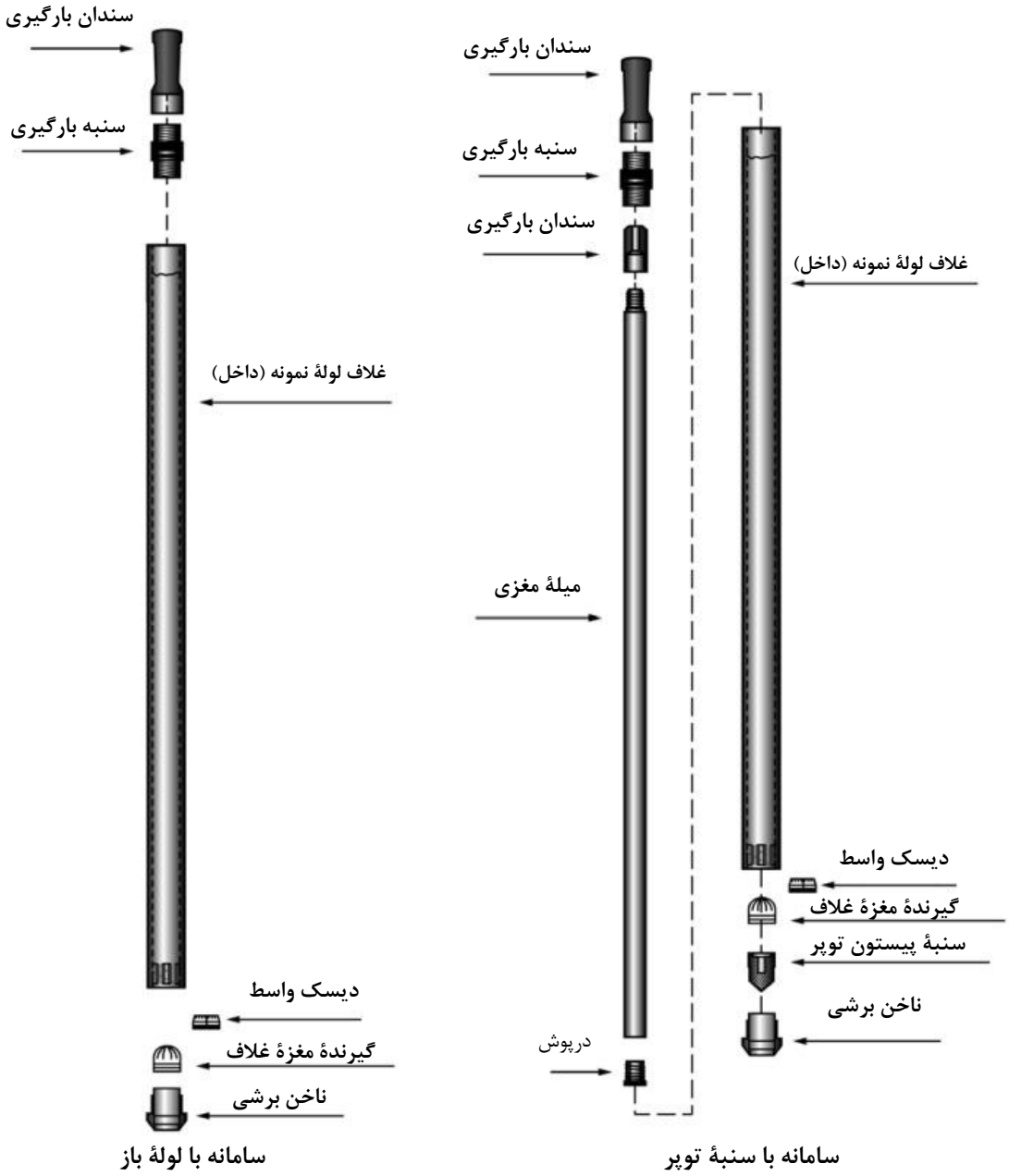
سامانه دولوله‌ای: در شکل ۳ و ۴ مثال‌هایی از نمونه‌گیرهای خاک رانش مستقیم نشان داده شده است. لولهٔ رانش بیرونی عموماً دارای قطر ثابتی است. قطرها از ۵۰ mm تا ۱۵۰ mm متغیر است. در نقشه‌های فنی لولهٔ رانش بیرونی را میلهٔ پروب نیز می‌گویند. اصطکاک لولهٔ رانش بیرونی را می‌توان با استفاده از ناخن‌های برشی بزرگ‌تر یا سایر کاهنده‌های اصطکاک کاهش داد. لولهٔ رانش بیرونی در خاک می‌ماند و مانع ریزش چال و حفاظت آن حین حرکت نمونه‌گیر به طرف عمق چال می‌شود.



شکل ۴ - نمونه‌گیر دولوله‌ای با میله‌های داخلی و غلاف داخلی

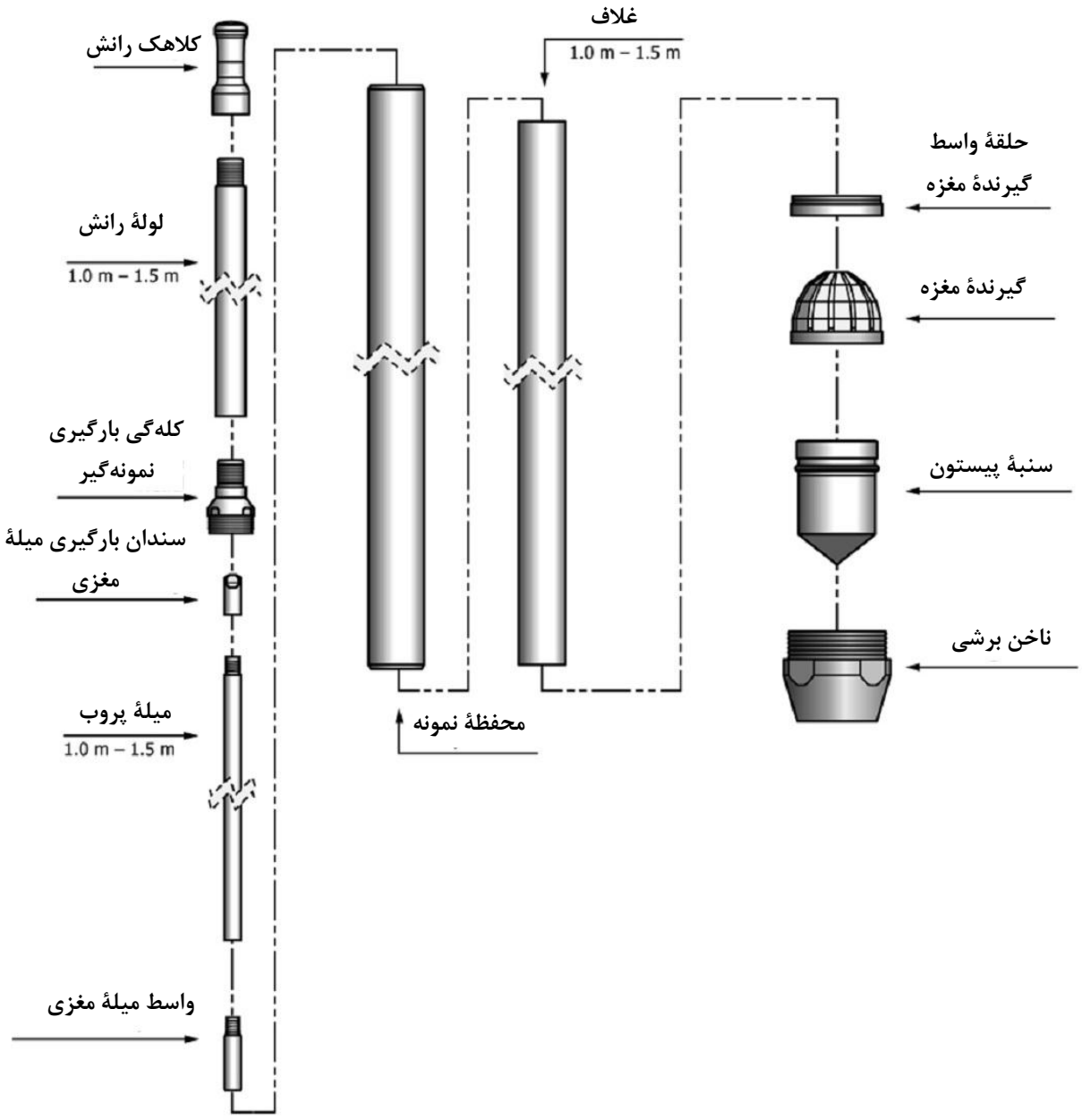
۷-۲-۱-۱ نمونه‌گیر: در شکل ۳، نوعی نمونه‌گیر با محفظهٔ داخلی یک‌تکه با غلاف داخلی محفظه نشان داده شده است. در شکل ۴ تنها یک غلاف داخلی بدون محفظهٔ یک‌تکه دیده می‌شود. محفظهٔ یک‌تکه برای مواقعی که احتمال آسیب غلاف داخلی وجود دارد، لازم است. طول نمونه از ۰٫۵ m تا ۱٫۵ m و گسترهٔ قطر از ۵۰ mm تا ۱۲۵ mm است. عموماً نمونه‌گیر با یک سری میله‌های رابط داخلی که داخل لولهٔ خارجی قرار می‌گیرد نگه داشته می‌شود و به کلاهک رانش[1] وصل می‌شود به طوری که لوله‌های بیرونی و لوله‌های داخلی با هم حرکت کنند. لوله‌های داخلی برای جاگذاری و درآوردن محفظه‌های نمونه‌گیری حین عملیات نمونه‌گیری به کار می‌روند. روش دیگری برای قفل کردن درجای محفظهٔ نمونه کنار میله‌های داخلی، استفاده از سازوکار سیم و چفت است.

1 - Drive cap



شکل ۵ – سامانه نمونه‌گیری تک‌لوله‌ای که در لوله‌های باز یا سنبه‌های توپر (درزبندی شده) استفاده می‌شود

۷-۲-۱-۲ به سر لولهٔ رانش بیرونی، ناخن برنده‌ای به طور ویژه برای سامانه نمونه‌گیر، طراحی شده است به طوری که غلاف‌ها، اورینگ‌ها و مغزه‌گیرها همگی به طور صحیح در جای خود قرار گیرند و ناخنِ برش، مغزه را جدا کند و با کم‌ترین به‌هم‌خوردگی به داخل غلاف نمونه‌گیر براند. ناخن‌های برشی مختلفی برای شرایط مختلف خاک (به پیوست الف مراجعه شود) وجود دارد، ازاین‌رو باید نوع مناسب ناخن برای خاک مورد نظر برای نمونه‌گیری انتخاب شود. ناخن برشی مهم‌ترین مشخصه‌ای است که بر کیفیت یا کمیت مغزهٔ خاک تأثیر می‌گذارد. ناخن‌های برشی در گسترهٔ وسیعی از کانه‌ها به‌خوبی عمل می‌کنند، اما اگر کمیت بازیابی نمونه کم باشد، بهتر است طراحی ناخن‌های برشی، با توجه به خاک مورد نظر تغییر داده شود. وقتی مطالعات برنامه‌ریزی شده مستلزم تأسیسات پسانمونه‌گیری مانند چاه‌های پایشی باشد، می‌توان از ناخن‌های برشی بازشو (شکل‌های ۴ و ۵) استفاده کرد (ASTM D 6724 و ASTM D 6725).



شکل ۶ – نمونه‌گیر پیستونی تک‌لولهٔ درزبندی شده

۳-۱-۲-۷ برای کمک به بازیابی خاک با احتراز از اتلاف مغزه می‌توان از گیرندهٔ مغزه[1] استفاده کرد. در شکل ۳ گیرندهٔ مغزه‌ای جاسازی شده در داخل غلاف نمونه‌گیر داده شده است. بهتر است در اغلب شرایط خاک‌ها از مغزه‌گیر استفاده شود. جز در خاک‌های بسیار سست، گیرندهٔ مغزه خاک را به هم نمی‌ریزد. استفاده از گیرندهٔ مغزه این اطمینان را ایجاد می‌کند که در صورت نمونه‌گیری از شن تمیز، می‌توان آن را بدون سرریز شدن یا ریختن از پایین غلاف، بازیابی کرد.

1 - Core catcher

۷-۲-۱-۴ در شکل ۴، سنبهٔ گسسته‌ای با لوله‌های داخلی نشان داده شده است که می‌تواند درون سامانه دولوله‌ای به جای محفظهٔ نمونه‌گیر برای وزنه‌کوبی بدون نمونه‌گیری جاسازی شود. از این نوع سنبه می‌توان برای بارگیری وزنه‌کوب در سازندهای دشوار و بازه‌هایی که در آنها نیاز به نمونه‌گیری وجود ندارد استفاده کرد.

۷-۲-۲ نمونه‌گیرهای تک‌لوله‌ای

در شکل‌های ۵ و ۶ چند نوع سامانه نمونه‌گیر تک‌لوله‌ای نشان داده شده است. در شکل ۵ سامانه تک‌لوله‌ای در حالت‌های باز و درزبندی‌شده نشان داده شده است. طول نمونه بین ۰٫۵ m تا ۱٫۵ m متفاوت است. قطر نمونه نوعاً در گستره‌ای از ۳۰mm تا ۱۰۰ mm است. شکل ۶، نمونه‌گیر تک‌لوله‌ای درزبندی شده‌ای را با محفظه صلب، غلاف داخلی، سنبه پیستون و ناخن برشی نشان می‌دهد. سامانهٔ درزبندی شده شامل پیستون و لوله داخلی داخل غلاف قفل شده‌اند و نمونه‌گیر تا عمق نمونه‌گیری پیش می‌رود. پیستون با استفاده از لوله‌ها یا روش‌های دیگر قبل از بارگیری نمونه‌گیری قفل نمی‌شود. محفظه نمونه برای بازیابی بهینه با ناخن برشی که به گونه خاصی برای بریدن مغزه طراحی شده است، تجهیز می‌شود.

۷-۲-۲-۱ شکل ۷ نمونه‌گیر پیستونی را نشان می‌دهد که در دکل‌های CPT[1] (ASTM D6067) به کار برده می‌شود [20]. در این نمونه‌گیر از یک سامانه ساچمه‌ای برای رها کردن پیستون پس از رسیدن به عمق نمونه‌گیری استفاده می‌شود.

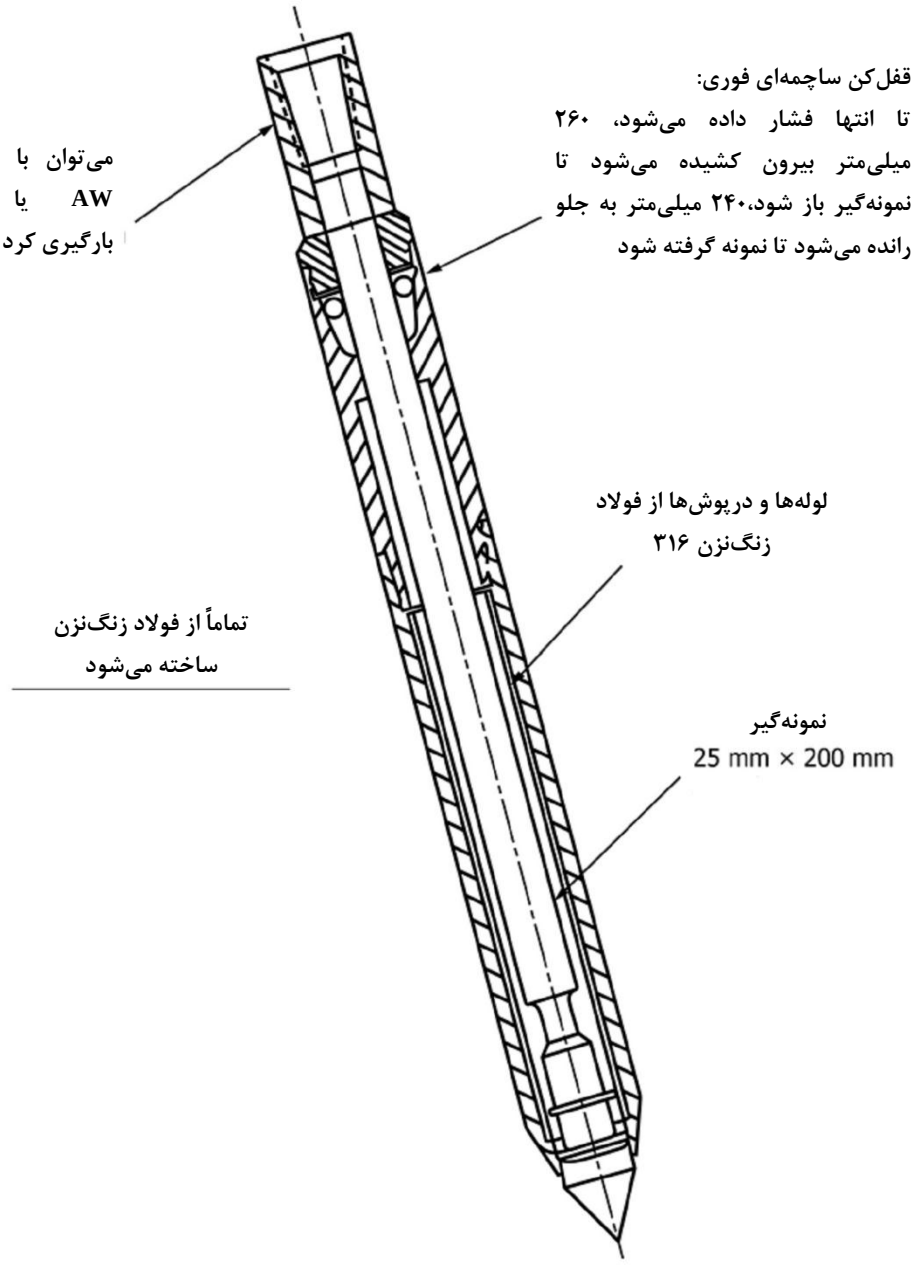
۷-۲-۲-۲ گاهی از گیرندهٔ مغزه برای بازیابی ماسه و گل‌ولای سفت استفاده می‌شود. این گیرنده‌ها مجدداً قابل استفاده بوده و داخل غلاف جاسازی نمی‌شوند. در بسیاری از موارد، استفاده از گیرنده لازم نیست چون خلأ ایجاد شده توسط سامانه پیستون باعث نگه داشتن نمونه در داخل غلاف می‌شود.

۷-۲-۲-۳ شکل ۵ کاربرد نمونه‌گیر تک‌لوله‌ای بدون پیستون را در حالت نمونه‌گیری روباز نشان می‌دهد. به طوری که در زیربند ۵-۱-۲-۵ بحث شد، استفاده از نمونه‌گیر روباز برای عملیات نمونه‌گیری متوالی از محدودیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است.

۷-۳ لوله‌های رابط/رانش نمونه‌گیر: لوله‌های رابط/رانش نمونه‌گیر، قطعاتی از میله یا لوله‌هایی هستند که برای مقاومت در برابر نیروهای فشار یا ضربهٔ وارد شده از فولاد ساخته می‌شوند. لوله‌های رابط داخلی را که در سامانه‌های دولوله‌ای به کار می‌رود، می‌توان به منظور سبک‌سازی و کاهش نیروی لازم برای نمونه‌گیری دستی از لوله‌های جدارنازک تهیه کرد. به طور معمول، طول لوله‌های رابط از ۱٫۰ m تا ۱٫۵ m متغیر است، اما در طول‌های دیگر هم قابل تهیه هستند. بهتر است طول لوله با پوسته و تجهیزات نمونه‌گیر مورد استفاده سازگار باشد. انواع رزوه و رده‌های آنها از سازنده‌ای به سازندهٔ دیگر متفاوت است. اتصالات لوله‌ها را می‌توان برای جلوگیری از نشت مایعات با اورینگ، نوار یا واشرهای تفلونی آب‌بندی کرد. به دلیل وجود نیروهای ضربه‌ای، درزبند اتصالات باید در هر بار نمونه‌گیری وارسی شود. قطر داخلی لوله‌های بیرونی در سامانه‌های دولوله‌ای، به قدر کافی برای جا دادن تجهیزات و انجام کار مورد نظر بزرگ است. برای تاسیسات پایش رانش

1 - Cone Penetration Testing

مستقیم (ASTM D6725 و ASTM 6725)، تحقیقات [21] نشان داده است که الـزام کمینـه قطـر داخلـی ۱۰۰ mm که برای چاه‌های پایشی حفر شده به طریـق دورانـی یـا روتـاری (بـه اسـتاندارد ASTM D5092 مراجعه شود) برای تأسیساتی با قطر کم‌تر در چاه‌های حفر شده به طریق رانش مستقیم، الزامی نیست.



شکل ۷ – نمونه‌گیر پیستونی تک‌لوله‌ای که در عملیات چال‌زنی و CPT به کار می‌رود

۷-۴ غلاف‌های نمونه‌گیر: غلاف‌های نمونـه‌گیـری بـرای برداشـت و نگـه‌داری نمونـه‌هـا و انتقـال آنهـا بـه آزمایشگاه، آزمون‌های تعیین شاخص در محل، و خارج کردن نمونه‌ها از نمونه‌گیرهای نوع محفظهٔ یـک‌تکـه به کار می‌روند. اغلب آزمون‌های شیمیایی مغزه‌های گرفته شده از خاک، مسـتلزم تقسـیم سـریع نمونـه بـه

نمونه‌های فرعی، مظروف کردن، و محافظت از نمونه‌ها (به زیربند ۵-۲ مراجعه شود) برای آزمون است. ازاین‌رو، مواد غلاف و اثر متقابل آن با مواد شیمیایی، از حساسیت عمده‌ای برخوردار نیست. غلاف‌ها تنها برای نگه داشتن خاک به مدت طولانی به منظور طبقه‌بندی و آزمون‌های شاخص‌بندی خواص ژئوتکنیکی به کار می‌روند. غلاف‌ها در طول‌هایی از ۱۵۰ mm تا ۱٫۵ m ساخته می‌شوند. بهتر است غلاف‌ها مطابق با استاندارد ASTM 4220 درزبندی شده یا زیرنمونه‌های درزبندی‌شدهٔ برداشته شده از نمونه‌ها، برای آزمون فیزیکی محتوای رطوبت‌شان استفاده شود. عموماً غلاف‌ها در محل برای برداشتن نمونه‌های فرعی از هم جدا می‌شوند. غلاف‌های دوکفه‌ای به صورت تکی در برخی از اندازه‌ها برای استفاده در محل، ساخته می‌شوند. قطر داخلی غلاف‌ها باید اندکی بزرگ‌تر از نمونهٔ خاک باشد تا اصطکاک خاک را کاهش و بازیابی را تسهیل کند (به زیربند ۷-۵ مراجعه شود). وقتی از غلاف اندکی بزرگ‌تر استفاده می‌شود احتمال فاصلهٔ هوایی در دُور نمونه وجود خواهد داشت. امکان تأثیرپذیری بعضی نمونه‌های شیمیایی توسط هوای محبوس وجود دارد. به‌این‌ترتیب، ممکن است لازم باشد برای کاهش اصطکاک، از غلاف‌هایی با رواداری کم‌تر و بازه‌های کوچک‌تر نمونه‌گیر استفاده شود. پس از تمیزکاری و زدودن آلاینده‌ها، می‌توان مجدداً از غلاف‌های فلزی استفاده کرد. بهتر است غلاف‌های پلاستیکی پس از استفاده به روش مناسبی کنار گذاشته شوند.

۷-۴-۱ پرکاربردترین مواد به کار رفته در ساخت غلاف، ردهٔ شفاف بهداشتی پلی‌ونیل‌کلراید است. شفاف بودن غلاف این امتیاز را دارد که پس از بازیابی می‌توان مغزهٔ گرفته شده از خاک را به صورت چشمی بررسی کرد. آلودگی خاک در داخل غلاف روی نمی‌دهد و بهتر است غلاف باز شده و پس از آن نمونه‌های فرعیِ لازم گرفته شود. غلاف‌ها از پلاستیک، تفلون، برنج، و فولاد زنگ‌نزن ساخته می‌شوند. از سایر مواد نیز می‌توان حسب نیاز استفاده کرد، بااین‌حال، ازآنجاکه حساسیت خاصی در مورد نمونه‌های فرعی که بلافاصله برای نتایج آزمون‌های شیمیایی برداشته می‌شوند وجود ندارد، لزومی به استفاده از مواد گران‌قیمت خنثی مانند تفلون یا برنج برای غلاف نخواهد بود. لازم است جنس غلاف‌ها از نظر انطباق با الزامات قوانین و مقررات کشوری و نیز مشخصات ارائه شده در طرح نمونه‌گیری و نیز طرح اطمینان از کیفیت، کنترل و تصدیق شود.

۷-۵ ناخن‌های برشی: ناخن‌های برشی، یکی از مهم‌ترین قطعاتی هستند که می‌توانند بر کیفیت و بازیابی نمونه‌های مورد آزمون خاک (زیربند ۹-۵-۴) تأثیر گذارند. ناخن‌های برشی با هدف کلی در اغلب فرم‌ها به‌خوبی کار می‌کنند اما اگر بازیابی مغزه رضایت‌بخش نباشد، بهتر است ناخن‌های برشی و طراحی غلاف برای بهینه کردن کیفیت و کمیت نمونهٔ بازیابی شده تغییر داده شود. نسبت لقی (نسبت قطر داخلی ناخن برشی به قطر داخلی غلاف) مهم‌ترین پارامتر در بهینه کردن کیفیت و کمیت نمونهٔ بازیابی شده است. عموماً، نسبت لقی لازم برای سازندهای خاکی، چگال بالا است و در خاک‌های سست‌تر می‌توان از نسبت لقی کم‌تر استفاده کرد. زاویهٔ برش ناخن‌ها نیز بر کیفیت نمونه تأثیر می‌گذارد. هرچه لبهٔ ناخن‌ها تیز باشد، در سازندهای دانه‌ریزتر بهتر کار می‌کند اما دوام‌شان کم‌تر است. در پیوست **الف**، اطلاعات تکمیلی در مورد طراحی ناخن‌های برشی داده شده است. در مورد مسائل مربوط به کیفیت و کمیت بازیابی با سازندهٔ دستگاه مشورت کنید.

۷-۶ ظروف نمونه: بهتر است ظروف نمونه مطابق با کاربرد مورد انتظار از نمونهٔ آزمونه انتخاب شود. ممکن است برای نمونه‌های برداشته شده برای آزمون شیمیایی، استفاده از ظروف تمیز با نگهدارنده‌های خاص (به زیربند ۵-۲ مراجعه شود) الزام شده باشد. در استانداردهای ASTM D3694 و EPA SW-846 [4] اطلاعاتی در مورد بعضی ظروف ویژه ارائه شده و تکنیک‌ها نگهداری لازم برای این ظروف در حد تمیزی بر اساس معیارهای معین است. نمونه‌های لازم برای آزمون ژئوتکنیکی مستلزم رعایت حداقلی از مقادیر و فنون جابه‌جایی است. در استاندارد ASTM D4220 راهنمایی برای جابه‌جایی نمونه‌های تهیه شده برای آزمون‌های فیزیکی ژئوتکنیکی ارائه شده است.

۷-۷ منابع قدرت رانش مستقیم: سامانه‌های رانش ضربه‌ای کاوشی[1] خاک، سامانه‌های رانشی نفوذسنجی، و تجهیزات وزنه‌کوبی روتاری را می‌توان برای راندن پوسته‌ها و تجهیزات نمونه‌گیری خاک به روش رانش مستقیم در زمین فرو برد. بهتر است این تجهیزات قادر به وارد کردن نیروی استاتیکی یا نیروی دینامیکی کافی یا هردو، برای پیش راندن نمونه‌گیر تا عمق تعیین شده برای برداشتن نمونهٔ مورد نظر باشند. سامانه باید دارای نیروی کافی برای بیرون کشیدن نمونه‌گیر و لوله‌های رانشی/رابط پس از رسیدن به لایهٔ مورد نظر باشد. اگر در مکانیسم سامانه رانش پیش‌بینی شده باشد، هنگام فرو بردن در زمین، و هنگام بیرون کشیدن، می‌توان به مجموعهٔ وزنه‌کوب دَوران داد.

۷-۷-۱ نیروی برون‌کشی: نیروی برون‌کشی می‌تواند با استفاده از نیروی کشش مکانیکی مستقیم از طریق سامانه هیدرولیکی منبع محرکه، مکانیسم جمع‌کن قرقره‌ای با استفاده از محرک هیدرولیکی یا مکانیکی و مکانیسم‌های جمع‌کن سیمی از انواع دیگر اعمال شود. بهتر است جمع‌کن‌های قرقره‌ای مورد استفاده در سامانه‌های رانش مستقیم، کمینه نیرویی برابر ۹۰۰ kg در بالاترین لایه و سرعت خطی جمع‌کن برابر ۱۲۰ m/min برای تأمین جابه‌جایی مؤثر ابزار داشته باشند. ابزارهای نمونه‌گیر به روش رانش مستقیم را می‌توان با اعمال نیرو در جهت مقابل از طریق وزنه‌هایی مشابه با وزن مجموعهٔ آزمون نفوذ استاندارد بیرون کشید. ضربه در جهت مقابل برای بازیافت نمونه می‌تواند به انسجام نمونه لطمه بزند و باعث به‌هم‌خوردن آن شود. بهتر است از سایر روش‌های برون‌کشی مانند جک زدن که نمونه را به هم نمی‌زند، استفاده شود.

۷-۷-۲ دستگاه‌های ضربه‌ای: دستگاه‌های ضربه‌ای برای استفاده با روش‌های رانش مستقیم، عبارتند از وزنه‌کوب‌های هیدرولیکی، وزنه‌کوب‌های بادی، و وزنه‌کوب‌های مکانیکی. بهتر است وزنه‌کوب‌های هیدرولیکی دارای انرژی کافی برای حرکت دادن مؤثر نمونه‌گیر از میان لایه‌های مورد نظر باشد. بیشینه انرژی اعمال شده به ابزارهای مورد استفاده بستگی دارد. هرگاه انرژی وزنه‌کوب از حد تحمل ابزار بیشتر شود، باعث صدمه یا از بین رفتن ابزار شده و نمونه‌گیر را از کار می‌اندازد. وزنه‌کوب‌های بادی نیز بهتر است قادر به اعمال انرژی کافی باشند. سامانه وزنه‌کوب‌زنی با استفاده از روغن هیدرولیک یا هوای فشرده بهتر است در محدودهٔ تعیین شده توسط سازنده به کار گرفته شوند. از وزنه‌کوب‌های دستی می‌توان برای رانش مستقیم ابزار استفاده کرد. این وزنه‌کوب‌هارا می‌توان به صورت مکانیکی یا دستی با استفاده از تیفور کله‌گربه‌ای[2] به کار انداخت. در این

1 - Probing
2 - Cathead and rope

سامانه‌ها معمولاً از وزنه‌کوب‌های باردهی استاندارد (به استاندارد ASTM D1586 مراجعه شود) ۶۳٫۵ kg که برای نمونه‌گیری به روش رانش مستقیم مناسب هستند استفاده می‌شود. این وزنه‌کوب‌ها هنگام کار از وزنه‌کوب‌های هیدرولیکی کندتر کار می‌کنند و می‌توانند در نمونه‌گیرهای رانش مستقیمی که برای تحمل چنین ضربه‌هایی طراحی نشده‌اند باعث آسیب به ابزار شوند. وزنه‌کوب‌های هیدرولیکی و بادی، ضربه‌هایی تا ۲۰۰۰ بار بر دقیقه وارد می‌کنند. علاوه بر انرژی منتقل شده، عمل سریع وزنه‌کوب، ارتعاشی را نیز ایجاد می‌کند که به نفوذ و رانش کمک می‌کند. این پدیدهٔ ارتعاش همراه با اثر ضربه، می‌تواند بعضی نمونه‌های خاک را به هم بزند.

۷-۷-۳ سامانه‌های رانش استاتیکی: سامانه‌های نفوذسنج مخروطی، مثالی از سامانه‌های رانش استاتیکی هستند. در این دستگاه‌ها، انرژی با استفاده از جک‌های هیدرولیکی و از طریق وارد کردن فشار به به نمونه‌گیر و لوله‌های رابط منتقل می‌شود. فشار وارد شده، به وزنهٔ واکنشی موتور محرکه محدود است. در بعضی از سامانه‌های سیار از لنگرهای پیچ شده به زمین برای مهار ماشین در آزمون CPT (ASTM D6067) استفاده می‌شود. مته‌های زمین‌بُر، نیروی عکس‌العمل را برای پیشروی کاوش‌گر CPT فراهم می‌کند. برون‌کشی نمونه‌گیر و لوله‌های رابط با کشش استاتیکی توسط جک هیدرولیک انجام می‌شود.

۷-۷-۴ سامانه‌های ارتعاشی/صوتی: در سامانه‌های صوتی (ASTM D6914) از یک وسیلهٔ ارتعاشی که به سر لوله‌های ربط متصل است استفاده می‌شود. فشاری عکس‌العملی و ارتعاش به نمونه‌گیر اعمال شده و نمونه‌گیر را در سازند مورد نظر فرومی‌برد. در بعضی سازندها، بازیابی نمونه و نفوذ در سازند به‌راحتی صورت می‌گیرد اما همهٔ سازندها به طور یکسانی به روش‌های نفوذ ارتعاشی واکنش نشان نمی‌دهند.

۷-۷-۴-۱ سامانه‌های وزنه‌کوبی تشدیدی یا صوتی: این سامانه‌ها از نوع سامانه‌های ارتعاشی هستند که می‌توانند در سامانه‌های دولوله‌ای و تک‌لوله‌ای با قطر بزرگ به طور مؤثری عمل کنند. این سامانه‌ها عموماً قابلیت نفوذ در عمق‌هایی بیش از عمق قابل نفوذ توسط سامانه‌های رانش مستقیم کوچک‌تر دارند.

۷-۷-۵ تجهیزات وزنه‌کوبی روتاری: سامانه‌های رانش مستقیم به‌سادگی با دستگاه‌های وزنه‌کوبی روتاری قابل انطباق است (ASTM D286). دستگاه‌های حفاری سامانه هیدرولیک ساده‌ای برای به کار انداختن وزنه‌کوب‌های ضربه‌ای و نیز وزنهٔ عکس‌العملی برای رانش استاتیک فراهم می‌کنند. بهتر است در دستگاه‌های حفاری با امکانات رانش مستقیم، که فنون وزنه‌کوبی نیز ارائه می‌کنند موانع هنگام استفاده از فناوری رانش مستقیم در نظر گرفته شود. دستگاه‌های وزنه‌کوبی بزرگ ممکن است دارای وزنه‌هایی باشند که از ظرفیت بارگیری ابزار بیشتر باشد، و باعث آسیب زدن به ابزار شود. تجهیزات وزنه‌کوبی روتاری بزرگ‌تر و حجیم‌تر از تجهیزات رانش مستقیم کوچک‌تر هستند که می‌تواند منجر به محدودیت‌هایی در دسترسی به محل و کندتر شدن سرعت جابه‌جایی شود.

۸ آماده‌سازی

۸-۱ آلودگی‌زدایی: بهتر است تجهیزات نمونه‌گیری که با خاک مورد نظر برای نمونه‌گیری تماس می‌یابند، پیش از نمونه‌گیری و پس از آن تمیزکاری و آلودگی‌زدایی شوند (ASTM D5088). بهتر است لوله‌های رابط

پیش از هر عملیات وزنه‌کوبی برای احتراز از انتقال مواد آلوده کننده و تسهیل بستن اتصالات تمیز شوند. نگهداشت رزوه‌ها برای حصول اطمینان از طولانی بودن عمر ابزار ضروری است. بهتر است غلاف‌های نمونه‌ها پیش از استفاده در محیطی بسته یا تمیز نگهداری شوند. بهتر است تمام ابزارهای کمکی استفاده شده در فرآیند نمونه‌گیری به طور کامل تمیز شوند و اگر آلودگی‌ای مشاهده شد، پیش از ترک محل زدوده شود. بهتر است چنین فرض نشود که ابزارهای تازه تمیز هستند و این ابزارها پیش از استفاده تمیزکاری و آلودگی‌زدایی شود. بهتر است آلودگی‌زدایی مطابق روش بیان شده در ASTM D5088 و نیز طرح‌های ایمنی محل، طرح‌های نمونه‌گیری، یا الزامات مقرراتی و قانونی باشد.

۸-۲ انتخاب ابزار: بهتر است پیش از ارسال به محل پروژه، موجودی ابزارهای ضروری برای نمونه‌گیری فراهم شود. بهتر است غلاف‌های نمونه‌گیر، ابزارهای نمونه‌گیری، و تجهیزات کمکی برای اطمینان از کارکرد درست در برنامهٔ تعیین شده وارسی شوند. داشتن دو یا سه نمونه‌گیر در محل، کار نمونه‌گیری را تسهیل می‌کند. چون نمونه‌ها می‌توانند به‌سرعت بازیابی شوند، وجود مجموعه‌ای از نمونه‌گیرها امکان می‌دهند که وزنه‌کوبی تکمیل شود، ازاین‌رو سایر کارها را می‌توان در طول مدت زمان نمونه‌گیری انجام داد. بهتر است غلاف‌ها و ناخن‌های برشی متفاوتی برای بهینه‌کردن کیفیت و کمیت بازیابی نمونهٔ خاک در محل در دسترس قرار گیرد. بهتر است نوعی سامانه یدکی سازگار و منطبق با امکانات موتور محرکه در محل آماده باشد تا اگر روش برنامه‌ریزی شدهٔ اولیه کار نکند، با آن جایگزین شود. بهتر است همواره مواد لازم برای درزبندی مناسب چال‌ها در محل موجود باشد (به ASTM D6011 مراجعه شود).

۹ روش کار

۹-۱ هرچند روش‌های نمونه‌گیری خاک به روش رانش مستقیم با دو روش متداول رانش مستقیم در استاندارد حاضر تشریح شد، سامانه‌های دیگری نیز می‌تواند موجود باشد. تا زمانی که اصول اساسی کار مرتبط با ساختار نمونه‌گیر و کاربرد آن رعایت شود، کاربرد سایر سامانه‌ها نیز قابل قبول خواهد بود.

۹-۲ پیکربندی عمومی: مکان وزنه‌کوبی را انتخاب و امکانات زیرزمینی و روزمینی و سایر موانع محل را بررسی کنید. یک نقطهٔ مرجع در محل برای برداشتن اندازه‌ها تعیین و دستگاه رانش مستقیم را در محل چال مستقر کنید. دستگاه را تراز و تثبیت کنید، دکل یا برج را در موقعیت چال برپا کنید، و در صورتی که مجموعهٔ وزنه‌کوب (وزنه‌کوب) به طور دائمی به دستگاه وصل نیست آن را وصل کنید. مجموعهٔ سندان را طبق دستورالعمل وصل کنید، دستگاه رانش مستقیم را به موقعیت خود در بالای چال بلغزانید، بخشی از فاصلهٔ لغزش را برای هم‌راستا کردن پیشرَوی ابزار نگهدارید و ابزار را آماده‌ی فروبردن کنید.

۹-۲-۱ آماده‌سازی ابزار: ابزارهای رانش مستقیم را پیش از استفاده بازرسی، و در صورت لزوم، تمیز و آلودگی‌ها را رفع کنید. ناخن‌های رانشی را از نظر آسیب‌دیدگی لبه‌های برنده، دندانه‌ها، یا رزوه‌ها بررسی کنید زیرا وجود ایراد در این موارد می‌تواند باعث افت بازیابی نمونه و کندی پیشروی ابزار شود. اگر مجاز باشد، اتصالات لوله‌های رابط را با مواد مناسبی روغن‌کاری کنید، هرچند تمیز کردن با آب بهترین گزینه است. بسیاری از روان‌کارهای آلی می‌توانند باعث تداخل با آزمون‌های آنالیز شیمیایی‌ای شوند که قرار است

بر روی نمونه‌ها انجام شود [22]. پیش از استفاده از ابزار، بررسی و تصدیق کنید که هرگونه روان‌کار به کار برده شده باعث تداخل با آنالیزهای شیمیایی و بروز نتایج کاذب مثبت نخواهد شد. سطوح ضربه‌خور را از نظر ترک یا دیگر آسیب‌هایی که می‌تواند باعث وامانی حین عملیات شود بررسی کنید. نمونه‌گیرها را مونتاژ و هر جا که لازم است نصب کنید، گیرنده‌های نمونه‌ها را در جاهایی که لازم است نصب کنید، و پیستون‌های نمونه‌گیر را برای حصول اطمینان از کار صحیح در صورت نیاز، نصب و محکم کنید.

۹-۲-۲ فرآوری نمونه: بهتر است در فرآوری نمونه، برای حصول اطمینان از این که الزامات کنترل کیفی برآورده می‌شوند، از روش استاندارد استفاده شود (زیربند ۵-۲). در صورت امکان، نمونه را در وسیلهٔ نمونه‌گیری اصلی بررسی کنید. وسیلهٔ نمونه‌گیری را با دقت باز کنید تا به‌هم‌خوردگی نمونه به حداقل برسد. هنگام استفاده از غلاف یا لوله‌های جدار نازک، انتهاها را برای جلوگیری از ریزش یا به‌هم‌خوردگی نمونه در اثر حرکت در داخل آنها، بگیرید. نمونهٔ بازیابی شده را درست اندازه بگیرید، به ترتیبی که در برنامهٔ کار یا آیین‌های کار استاندارد مرتبط مشخص شده مظروف کنید، و برچسبی دارای اطلاعات مناسب در بارهٔ نمونه به عنوان شناسه بر روی آن بزنید. هنگام برداشت نمونه‌هایی برای آنالیز مواد شیمیایی فرّار، نمونه‌های آزمونه باید بلافاصله پس از برداشت، مظروف و محفوظ شود تا اتلافی در اجزای آن روی ندهد. هنگام فرآوری نمونه‌های برداشت شده برای آنالیز شیمیایی، دستورالعمل‌های موجود و سایر مستندات مرتبط (به استاندارد ASTM D6640 مراجعه شود) را رعایت کنید.

۹-۳ سامانه‌های دولوله‌ای: پوستهٔ خارجی را با ناخن‌های برشی/رانشی در انتهای آنها مونتاژ کنید. نمونه‌گیر و غلاف را، در صورت استفاده، مونتاژ و نمونه‌گیر را به لوله‌های رابط متصل کنید. سنبه بارگیری را به سر لوله‌های رابط وصل و مجموعهٔ نمونه‌گیر را در داخل پوستهٔ خارجی وارد کنید. پوستهٔ خارجی را جابجا کنید تا در جای خود زیر سنبه وزنه‌کوب قرار گیرد و سنبه را به سمت پایین حرکت دهید تا بر روی مجموعهٔ ابزار، فشار وارد شود. اگر شرایط خاک اجازه می‌دهد، مجموعهٔ نمونه‌گیر/پوسته را با سرعت آهسته و پیوسته به داخل خاک برانید تا خاک بریده شده و به سمت بالا و داخل محفظهٔ نمونه‌گیر حرکت کند. اگر سرعت حرکت نمونه‌گیر زیاد باشد، می‌تواند به دلیل اصطکاک خاک و گیر کردن در داخل ناخن باعث افت حجم بازیابی شود. عمل وزنه‌کوب در فواصل زمانی معین حین رانش می‌تواند با به هم زدن سطح نمونه به بازیابی کمک کند. اگر شرایط خاک مانع پیشرَوی و رانش پیوسته شود، برای به پیش راندن نمونه‌گیر، وزنه‌کوب ضربه‌ای را به کار اندازید. حین ضربه زدن برای تسهیل نفوذ در خاک، فشار پیوسته‌ای اعمال کنید. فشار لازم متناسب با شرایط زیرسطحی کنترل می‌شود. اِعمال فشار بیش از حد می‌تواند منجر به انحراف دستگاه از محور چال و در نتیجهٔ آن، ناهم‌راستایی باعث وارد شدن آسیب به ابزار شود. پس از این که محفظهٔ نمونه‌گیر به اندازهٔ تعیین شده پایین رفت، کار وزنه‌کوب را متوقف کنید. فشار را قطع و سنبه چال‌زن را از سندان بالایی رها کنید. وسیلهٔ برون‌کشی را به لوله‌های رابط یا اتصالهٔ وزنه‌کوب وصل کنید و نمونه‌گیر را از چال بیرون بکشید. پس از آمدن به سطح، نمونه‌گیر را از لوله‌های رابط جدا و فرآوری کنید. طبقه‌بندی خاک به‌آسانی با استفاده از نمونه‌گیرهای استوانه‌ای دوکفه‌ای انجام می‌شود به‌طوری‌که پس از باز کردن استوانه، آزمونه به‌آسانی برای بازدید چشمی، بازرسی فیزیکی، و تهیهٔ نمونه‌های فرعی آماده است. بااین‌حال،

مجاورت غیرضروری نمونه با هوای جو منجر به از دست رفتن آلوده‌سازهای فرّار خواهد شد. اگر از غلاف استفاده شود بهتر است برای طبقه‌بندی و تحویل خاک به صورت جداجدا بیرون آورده شوند. نمونه‌گیر را رفت‌وروب، آلودگی‌زدایی و مجدداً مونتاژ کنید. نمونه‌گیر را به لولهٔ رابط وصل کرده و لوله‌های رابط لازم و پوستهٔ بیرونی را برای رسیدن به بازهٔ نمونه‌گیری بعدی مجدداً وصل و پیش از شروع مجدد هر مرحله از چال‌زنی، چال را از نظر وجود آب[1] بررسی کنید. اگر آب وجود داشته باشد، ممکن است لازم باشد ابزار نمونه‌گیری تعویض و از نمونه‌گیر تک‌لوله‌ای درزبندی شده استفاده شود. فشار نامتعادل در داخل پوسته می‌تواند منجر به جابه‌جایی مواد و به‌هم‌خوردن خاک، درست زیر پوسته شود. نمونه‌گیر را تا موقعیت مناسبی پایین بیاورید، سنبه بارگیری را اضافه کنید، و فرآیند را تکرار کنید. اگر می‌خواهید از لایه‌های معینی بدون نمونه‌گیری عبور کنید، از یک سنبه به جای نمونه‌گیر استفاده کنید (به شکل ۵ مراجعه شود). وقتی به بازهٔ نمونه‌گیری رسیدید، سنبه را بیرون بیاورید و نمونه‌گیر را وصل کنید. به طوری که گفته شد، نمونه‌گیر را فروبرانید. پس از رسیدن به عمق چال تعیین شده، ادوات اندازه‌گیری را نصب یا چال را طبق بند ۱۰ درزبندی کنید و پوستهٔ خارجی را بیرون بکشید.

۹-۳-۱ سامانه دولوله‌ای: انواع دیگر نمونه‌گیر

۹-۳-۱-۱ لوله‌های جدارنازک: لوله‌های جدارنازک (استاندارد ASTM D1587) را می‌توان با سامانه‌های دولوله‌ای به کار برد. مجموعهٔ لوله‌ها را به لوله‌های رابط وصل کنید و آن را تا پایین‌ترین حد پوستهٔ خارجی پایین بیاورید به‌طوری‌که ناخن برشی حداقل به اندازهٔ ۶ mm بیرون زده و با خاک مماس شده باشد. لوله را با یا بدون پوستهٔ خارجی، با سرعتی یکنواخت مطابق استاندارد ASTM D1587 پیش برانید. پس از رسیدن به عمق مورد نظر، لوله را به مدت یک دقیقه ثابت نگه دارید. لوله را به اندازهٔ دو دور به‌آرامی بچرخانید تا نمونه از خاک بریده شود. لوله را از چال درآورید، نمونهٔ بازیابی شده را اندازه‌گیری، و خاک را طبقه‌بندی کنید. لولهٔ جدارنازک را می‌توان برای آنالیز در محل تخلیه کرد یا آن را مطابق استاندارد ASTM D4220 درزبندی کرده و برای فرآوری به آزمایشگاه فرستاد. نمونه‌های گرفته شده برای آزمون‌های زیست‌محیطی، عموماً مستلزم تقسیم به نمونه‌های فرعی و نگهداری آنها در ظروف حفاظت شده است. نمونه‌های خاک عموماً برای انبارش و حمل در وسیلهٔ نمونه‌گیری بیرون آورده می‌شوند. بهتر است لوله‌های جدارنازک پیش و پس از استفاده، تمیزکاری و آلودگی‌زدایی شوند.

۹-۳-۱-۲ نمونه‌گیر پیستونی تک‌لوله‌ای درزبندی شده: نمونه‌گیرهای پیستونی تک‌لوله‌ای درزبندی شده را می‌توان داخل سامانه دولوله‌ای استفاده کرد. کاربرد این نوع از نمونه‌گیرها هنگامی لازم می‌شود که:

۱- به دلیل وجود آب در سامانه دولوله‌ای و الزام آزمون شیمیایی، هیچ‌گونه آلودگی متقابل مجاز نیست،

۲- وقتی چال ناپایدار می‌شود و در صورت ادامهٔ استفاده از سامانه نمونه‌گیری با لولهٔ باز نمی‌توان مطمئن شد که نمونهٔ خاک دست‌نخورده بدون گل‌ولای یا خیزاُفت در نمونه بازیابی‌شده به دست آمده باشد. برای بهره‌برداری از نمونه‌گیرهای تک‌لوله‌ای در داخل سامانه‌های دولوله‌ای، مطابق زیربند ۹-۴ عمل کنید.

---

۱ - آب به صورت آزاد

۹-۳-۱-۳ نمونه‌گیرهای با استوانهٔ باز: هنگامی که شرایط خاک موجب ورم کردن نمونه‌گیرهای استوانه‌ای دوکفه‌ای شود، یا در مواقعی که اصطکاک با پوستهٔ خارجی باعث توقف پیشرَوی می‌شود و بااین‌همه، نمونه‌گیری باید ادامه یابد، از نمونه‌گیرهای تک‌لوله‌ای از نوع استوانه‌ای باز (شکل ۵- الف) استفاده می‌شود. برای بیرون آوردن نمونه، استفاده از غلاف در نمونه‌گیر لازم است. نمونه‌گیر باید پیش از استفاده تمیزکاری و آلودگی‌زدایی شود.

۹-۳-۱-۴ آزمون نفوذ استاندارد با نمونه‌گیر استوانه‌ای دوکفه‌ای (ASTM D1586): نمونه‌گیر دوکفه‌ای ناوه‌ای[1] را به یک لولهٔ رابط یا لولهٔ چال‌زن وصل کنید. با استفاده از وزنه‌کوب مکانیکی یا هیدرولیکی، نمونه‌گیر را به طول مورد نظر به داخل خاک برانید به‌طوری‌که که طول پیشرَوی از طول محفظهٔ نمونه‌گیر بیشتر نشود. نمونه‌گیر را از چال بیرون بیاورید، دمونتاژ کنید، و نمونه را فرآوری کنید. در صورتی که قوام دیوارهٔ چال مناسب باشد و بتوان بر نیروی اصطکاک غلبه کرد، امکان استفاده از نمونه‌گیرهای دوکفه‌ای استاندارد وجود دارد. اگر احتمال ریزش یا تخریب وجود داشته باشد، بهتر است سر نمونه‌گیر بسته باشد یا از انواع دیگر ابزارهای نمونه‌گیری استفاده شود.

۹-۴ سامانه تک‌لوله‌ای

۹-۴-۱ نمونه‌گیر بسته (شکل ۳-۷): غلاف نمونه را به ناخن وصل و مجموعه را به داخل نمونه‌گیر استوانه‌ای یک‌تکه وارد کنید. سبد نگه‌دارندهٔ نمونه را در صورت لزوم نصب کنید. کوپلینگ چفت کننده یا سنبه نمونه‌گیر را وصل کنید و مجموعهٔ پیستون را با سنبه، و در صورت وجود آب با اورینگ، با نگهدارنده به مکانیزم چفت کننده ببندید. پیستون یا لقمهٔ جدا کننده[2] را در موقعیت مناسب خود وارد غلاف کنید به طوری که سنبه بتواند در پیشانی ناخن نمونه‌گیر قرار گیرد. چفت را ببندید، لقمهٔ جدا کننده را بارگذاری کنید یا پین قفلی را جا بزنید و نمونه‌گیر مونتاژ شده را به لوله‌های رابط وصل کنید. سنبه بارگیری را اضافه کنید و آن را در زیر سندان وزنه‌کوب تنظیم کنید. فشاری در جهت قائم اعمال کنید و در صورت لزوم وزنه‌کوب را هم به کار اندازید تا نمونه‌گیر در خاک فروبرود و از لایه‌های بالای بازهٔ نمونه‌گیری بگذرد. وقتی به عمق نمونه‌گیری رسیدید چفت را آزاد کنید و ابزار را بازیابی کنید، با درآوردن پیستون یا وارد کردن پین‌درآر لوله‌های رابط از طریق لوله‌های رانش، چرخاندن آن در جهت خلاف عقربه‌های ساعت، و درآوردن پین قفلی پیستون به طوری که پیستون بتواند در بالای نمونه آزادانه حرکت کند یا این که هرگونه وسیلهٔ نگه دارندهٔ پیستون را آزاد کنید. وزنه‌کوب را به کار بیندازید یا نمونه‌گیر را مستقیماً تا عمق مورد نظر فروبرانید. با بیرون کشیدن لوله‌های رانش/رابط از چال، نمونه را بازیابی کنید. ناخن را درآورید و غلاف نمونه‌گیر را برای فرآوری بیرون بکشید. نمونه‌گیر را بشویید و آلودگی‌های آن را بزدایید، طبق دستورالعمل مجدداً بارگذاری و مراحل را تکرار کنید. هنگام فروبردن در خاک‌های چگال، تنش فوق‌العاده‌ای به پیستون وارد می‌شود. اگر پیستون پیش از موعد لازم آزاد شود، امکان بازیابی نمونه از بازهٔ صحیح وجود نخواهد

---

1 - Split spoon

نمونه‌گیرهایی که از دو نیم‌استوانه تشکیل می‌شوند و برای درآوردن نمونه‌ها، دو تکهٔ محفظهٔ نمونه‌گیر به‌آسانی از هم جدا می‌شوند.

2 - Packer

وسیله‌ای که در چال قرار داده می‌شود تا یک بخش از آن را از بخش دیگر جدا کند.

داشت و نمونه‌گیری باید تکرار شود. اگر نمونه‌گیر مجهز به پیستون قابل دمونتاژ باشد می‌توان از آن به عنوان ابزار تزریق دوغاب برای درزبندی چال هنگام تکمیل کار استفاده کرد.

۹-۵ کنترل کیفی

۹-۵-۱ کنترل کیفی: اقدامات کنترل کیفی برای اطمینان از این که یکپارچکی نمونه حفظ شده و اهداف کیفی داده‌های پروژه برآورده شده است ضرورت دارد. با پیروی از اصول مهندسی خوب، تعیین مشخصات محل امکان‌پذیر می‌شود.

۹-۵-۲ کنترل آب‌گرفتگی: ورود آب به داخل پوستهٔ رانش مستقیم یا لوله‌های رابط از نواحی آلوده می‌تواند بر نتایج آزمون تأثیر بگذارد. در فواصل زمانی معین، پیش از وارد کردن نمونه‌گیر به داخل چال یا داخل پوستهٔ خارجی، در سامانه دولوله‌ای، وجود آب زیرزمینی را بررسی کنید. اگر آب وجود داشته باشد برای جلوگیری از به‌هم‌ریختگی نمونه ممکن است تعویض نمونه‌گیر با نوع پیستونی درزبندی شده ضرورت داشته باشد. درزبندی لوله یا اتصالات پوسته می‌تواند از ورود آب زیرزمینی از طریق اتصالات جلوگیری کند.

۹-۵-۳ نقاط مرجع: تعیین نقاط مرجع مناسب، برای تأمین نمونهٔ قابل اطمینان از عمق و ارتفاع مورد نظر ضرورت دارد. نقاط میخ‌کوبی مرجعی را انتخاب کنید که به اندازهٔ کافی در نتیجهٔ رفت و آمدها و فعالیت‌های داخل محل آسیب‌پذیر نباشد و برای کارهای آتی نیز ماندگار باشد. بهتر است اندازه‌گیری‌های میدانی mm ۳ بوده و همزمان با پیشرَوی چال‌زنی، برای تعیین عمق نمونه، لوله‌های رابط اندازه‌گیری شود. لوله‌ها را پیش از فروراندن تا هر بازهٔ نمونه‌گیری برای تعیین درستی اندازه‌گیری بازیابی نمونه و درستی ثبت عمق چال، علامت‌گذاری کنید.

۹-۵-۴ بازیابی نمونه: بازیابی نمونه‌ها را یک‌به‌یک ثبت و گزارش کنید. بازیابی عبارت است از طول نمونه تقسیم بر طول رانش، به درصد. بهتر است بازیابی نمونه از نزدیک پایش شده و نتایج مستند شود. بازیابی ضعیف می‌تواند نشانهٔ نامناسب بودن اجرای نمونه‌گیری، انتخاب نادرست ابزار یا لزوم تغییر در روش نمونه‌گیری باشد. ناخن‌های برشی و غلاف‌ها را چنان تنظیم کنید تا میزان بازیابی در محل بهینه شود (به زیربند ۷-۵ و پیوست الف مراجعه شود). در بازیابی نمونه شرایط و مقدار نقش دارند. بهتر است در صورت ضعیف بودن بازیابی نمونه بلافاصله در برنامهٔ نمونه‌گیری بازنگری شود.

۹-۵-۵ آلودگی‌زدایی: دستورالعمل‌های تعیین شده را رعایت کنید. میان‌بر زدن روش‌ها می‌تواند منجر به ایجاد داده‌های نادرست یا مشکوک شود.

۹-۵-۶ نمونه‌های آب‌کشی تجهیزات: بهتر است نمونه‌های آب‌کشی تجهیزات از نمونه‌گیرهای آلودگی‌زدایی شده به طور ادواری حین برنامهٔ نمونه‌گیری مطابق با الزامات طرح اطمینان از کیفیت برداشته شود. آب تمیز با کیفیت معلوم روی نمونه‌گیر مونتاژ شده به طور کامل یا ناقص، ریخته می‌شود به‌طوری‌که تمام سطوحی که می‌توانند با نمونه تماس داشته باشند، از قبیل غلاف‌ها، آب‌کشی شوند. آب آب‌کشی در

ظروف نمونهٔ تمیز جمع‌آوری شده و برای آنالیز نگه داشته می‌شوند. بهتر است نمونه‌های آب‌کشی از نظر همان موادی آنالیز شوند که خود نمونهٔ خاک و رسوبات یا آب زیرزمینی آنالیز می‌شوند. سوابق نمونه‌های آب آب‌کشی به منظور اثبات کفایت روش‌ها و تحت کنترل بودن آلودگی متقابل به کار می‌رود. در محل‌های با اولویت بالا و پروژه‌های بزرگ، آنالیز سریع نمونهٔ آب آب‌کشی در هر چرخهٔ کار برای تصدیق بکر ماندن نمونه حین برنامهٔ نمونه‌گیری توصیه می‌شود.

۹-۵-۷ تکرار چال‌زنی: توصیه می‌شود حداقل از هر ۲۰ چال، یکی دوباره تکرار شود تا کنترل کیفی اولیه‌ای در مورد تکرارپذیری فرآیند چال‌زنی و نمونه‌گیری صورت گیرد. بهتر است فواصل میان چال‌های تکراری بین ۱ m تا ۱٫۵ m چال مورد نظر باشد. بهتر است روش‌ها و نوع ابزارهای نمونه‌گیری، همانی باشد که در چال مورد نظر به کار رفته بود. این اقدامات مزایای دیگری نیز ایجاد می‌کند که عبارت‌اند از:

۱- اطلاعاتی در بارهٔ تغییرات عرضی خاک و لایه‌های رسوبی،

۲- میزان نامتجانس بودن توزیع آلاینده‌ها برای مطالعات ژئو زیست‌محیطی.

۱۰ تکمیل و درزبندی چال

۱۰-۱ تکمیل: در چال‌هایی که وسایل پایش دایمی کار گذاشته می‌شود، بهتر است تکمیل مطابق استانداردهای ASTM D5092، ASTM D6724 یا ASTM D6725، برنامه کاری محل ویا الزامات قانونی کشوریِ حاکم بر پروژه باشد.

۱۰-۲ درزبندی چال: چال‌های زده شده به روش رانش مستقیم را برای کمینه کردن مسیرهای جانبی برای انتقال آلاینده‌ها درزبندی کنید. مشخصات دوغاب قابل قبول و نحوهٔ اعمال آن معمولاً در مقررات ملی ارائه می‌شود، بنابراین برای اطلاع از مشخصات و روش تزریق دوغاب به آیین‌نامه‌های ملی مرتبط (ازجمله مجموعهٔ ضوابط اجرایی شرکت‌های خدمات فنی و آزمایشگاهی) مراجعه کنید. اطلاعات تکمیلی و راهنما در مورد درزبندی چال را در متونی مانند استانداردهای ASTM D5299، ASTM D6001، ASTM D6725 می‌توان یافت.

۱۰-۲-۱ درزبندی با دوغاب، سامانه دولوله‌ای: چال را از نظر وجود آب بررسی کنید. اگر آب در پوسته وجود داشته باشد از یک لولهٔ ترمی[1] یا لوله‌های رابط، دهانه‌باز، تا پایین‌ترین نقطهٔ پوستهٔ خارجی استفاده کنید. دوغاب را طبق آیین‌نامه‌های مرتبط یا دستورالعمل کارگاه تهیه کنید. دوغاب را از طریق لولهٔ ترمی یا لوله‌های رانش/رابط تا دیده شدن آن در سطح پوستهٔ خارجی پمپ کنید. ضمن نگه داشتن فشار اندکی در چال، پوستهٔ خارجی و لولهٔ ترمی را به‌آرامی بیرون بکشید. هم‌چنان‌که ابزارها بیرون کشیده می‌شود، برای جلوگیری از ریزش جدارهٔ چال و درزبندی که هنوز خودش را نگرفته مقداری دوغاب را در پوستهٔ خارجی نگه دارید. اگر آب در چال وجود نداشته باشد، دوغاب را می‌توان به روش ثقلی اِعمال کرد.

1 - Termie tube

هم‌زمان با بیرون کشیدن پوستهٔ خارجی، چال را از دوغاب لب‌به‌لب نگه دارید.

۱۰-۲-۱-۱ مخلوط‌های دوغابی: مخلوط‌های دوغابی مورد استفاده برای تزریق دوغاب. در چال‌های حفر شده به روش رانش مستقیم که در آنها از لوله‌های ترمی کم‌قطرتری استفاده می‌شود، می‌تواند گران‌روی کم‌تری داشته باشد. مخلوط‌های قابل استفاده از ۲۲٫۷ l تا ۳۰٫۲۸ l آب و یک کیسه سیمان ۴۲٫۶۴ kg با ۲٫۲۷ kg کیلوگرم بنتونیت یا ۹۰٫۸۴ l تا ۱۳۶٫۲۸ l آب با ۲۲٫۶۸ kg بنتونیت تهیه می‌شوند.

۱۰-۲-۲ درزبندی ثقلی، سامانه دولوله‌ای: عمق چال را اندازه‌گیری کنید تا مطمئن شوید تا حد تعیین شده باز شده است. به‌آرامی براده یا خرده‌های بنتونیت را تا تقریبا ۶۱ cm در پوسته پر کنید. پوسته را به اندازه ۶۱ cm بیرون بکشید و عمق را مجدداً کنترل کنید. با افزودن آب، بنتونیت را تر کنید. این کار را ضمن بیرون کشیدن پوسته تا آخر تکرار کنید. بنتونیت باید حین آب‌پوشی زیر قاعدهٔ پوسته باشد. خیس بودن بنتونیت ممکن است باعث شود تا بنتونیت دانه‌ای به سمت تهِ پوسته حرکت کند. می‌توان از لولهٔ ترمی به منظور افزودن آب برای ئیدراتاسیون بنتونیت خشک استفاده کرد. ۳۰ cm بالای چال را با مصالحی که از همان ناحیه خارج شده است پر کنید.

۱۰-۲-۳ درزبندی چال با سامانه تک‌لوله‌ای

۱۰-۲-۳-۱ درزبندی ثقلی از سطح: اگر مقاومت جدار لایهٔ خاکی که نفوذ به آن انجام شده است برای نگه داشتن چال باز کافی باشد و کف چال بالاتر از تراز آب زیرزمینی باشد، امکان افزودن مواد درزبندی از سطح می‌تواند وجود داشته باشد. دانه‌ها یا تراشه‌های بنتونیت خشک را می‌توان به روش ثقلی در چال ریخت. بهتر است عمق و حجم چال گمانه تعیین شود و برای اطمینان از خالی نماندن بخشی از فضای چال گمانه آن را پس از هر ۱٫۵ m، عمق‌یابی کرد. بهتر است بنتونیت با افزودن ۱ l آب تمیز به هر ۱٫۵ m بنتونیت، آبدار شود. سطح را با خاک محلی تراز کنید.

۱۰-۲-۳-۲ درزبندی با مخلوط دوغاب تر و لولهٔ ترمی: هرگاه مقاومت جدار چال برای باز نگه داشتن حفرهٔ چال کافی باشد یا زمانی که لوله‌های رابط با سنبهٔ یک‌بارمصرف برای ورود مجدد به چال مورد استفاده قرار می‌گیرد، روش‌های درزبندی با ترمی را می‌توان با سامانه‌های تک‌لوله‌ای به کار برد. بهتر است لولهٔ دوغاب بلافاصله پس از بیرون کشیدن ابزار رانش مستقیم یا از داخل حلقهٔ لوله‌های رابطی که مجدداً برای تزریق دوغاب به داخل چال فروبرده شده‌اند در چال قرار داده شوند. باید دقت شود تا انتهای لوله مسدود نشود. برای احتراز از مسدود شدن، می‌توان از لوله‌های تزریق جانبی دوغاب نیز استفاده کرد.

۱۰-۲-۴ دوغاب‌کاری با رانش مجدد: اگر جدارهای چال، پایدار نباشد، می‌توان مجدداً ابزارهای دوغاب‌کاری، مانند سنبهٔ یک‌بارمصرف متصل به لوله‌های رابط/رانش را به تهِ چال قبلی وارد کرد. دوغاب را حین بیرون کشیدن، از طریق لوله‌ها پمپ کنید. تجهیزات فشار قوی دوغاب‌کاری می‌تواند در پمپ کردن مخلوط‌های استاندارد دوغاب از طریق لوله‌های گرانشی کم‌قطر مفید باشد. لازم است دقت کنید تا از درزبندی چال اولیه اطمینان حاصل شود.

۱۱ گزارش‌ها: فرم‌ها و برگه‌های ثبت داده‌های آزمون.

۱-۱۱ سوابق کارهای میدانی باید برای هر یک از عملیات نمونه‌گیری خاک ثبت و نگهداری شود. این سوابق، در برگه‌های داده‌های میدانی برای نشان دادن عمق چال‌زنی و عملیات نمونه‌گیری با تقریب ۵ cm، بازیابی بر حسب درصد از ۲ تا ۳ رقم معنی‌دار و سوابق مربوط به فرآوری نمونه، محل‌های نمونه‌گیری فرعی، و طبقه‌بندی چشمی خاک مستند می‌شود. نمونه‌های خاک را می‌توان مطابق استاندارد ASTM D2487 ویا ASTM D2488 یا سایر روش‌های الزام شده در مطالعه طبقه‌بندی کرد. گزارش نهایی را مطابق استانداردهای ذکر شده در ASTM D5434 که در آن پارامترهای لازم برای برنامه‌های مطالعات میدانی ارائه شده است تهیه کنید. تمام آلاینده‌های شناسایی شده، قرائت‌ها ادوات اندازه‌گیری، و یادداشت‌های مربوط به پیشرَوی نمونه‌گیر را فهرست کنید. هرگونه آزمون میدانی ویژه و روش‌های فرآوری نمونه را، غیر از آنهایی که به طور متداول در مطالعات به کار می‌رود ثبت کنید. رویّه‌های درزبندی چال، مواد به کار برده شده و فرمول اختلاط را در برگهٔ ثبت چال‌زنی تبت کنید. برای تهیهٔ سابقهٔ دائمی از مکان‌یابی محل چال‌زنی، آن را نقشه‌برداری یا به هر روش دیگری مشخص کنید.

۲-۱۱ سابقهٔ پر کردن چال: روش درزبندی، مصالح به کار برده شده و حجم مصالح ریخته شده در هر چال را ثبت کنید. این اطلاعات را می‌توان به برگهٔ ثبت میدانی چال افزود یا در فرم جداگانه‌ای ثبت کرد.

پیوست الف

(آگاهی‌دهنده)

عوامل مؤثر بر بازیابی نمونه در نمونه‌گیری به روش رانش مستقیم

الف-۱ عمده‌ترین عوامل مؤثر بر بازیابی نمونه در نمونه‌گیری خاک به روش رانش مستقیم عبارتند از شکل و قطر داخلی ناخن‌های برشی، طول و قطر داخلی غلاف. سایر عوامل عمده عبارتند ازسازند خاکی که قرار است نمونه‌گیری شود شامل نوع خاک، اندازهٔ ذرات، چسبندگی، و تاریخچهٔ تنش‌های وارد شده. بهتر است تلفیق ناخن برشی و غلاف بهینه بوده و با سازند خاکی که قرار است نمونه‌گیری شود سازگار باشد. لازم است انواع مختلفی از تجهیزات در اختیار باشد تا در صورت برخورد با شرایط پیش‌بینی نشدهٔ میدانی، کار متوقف نشود.

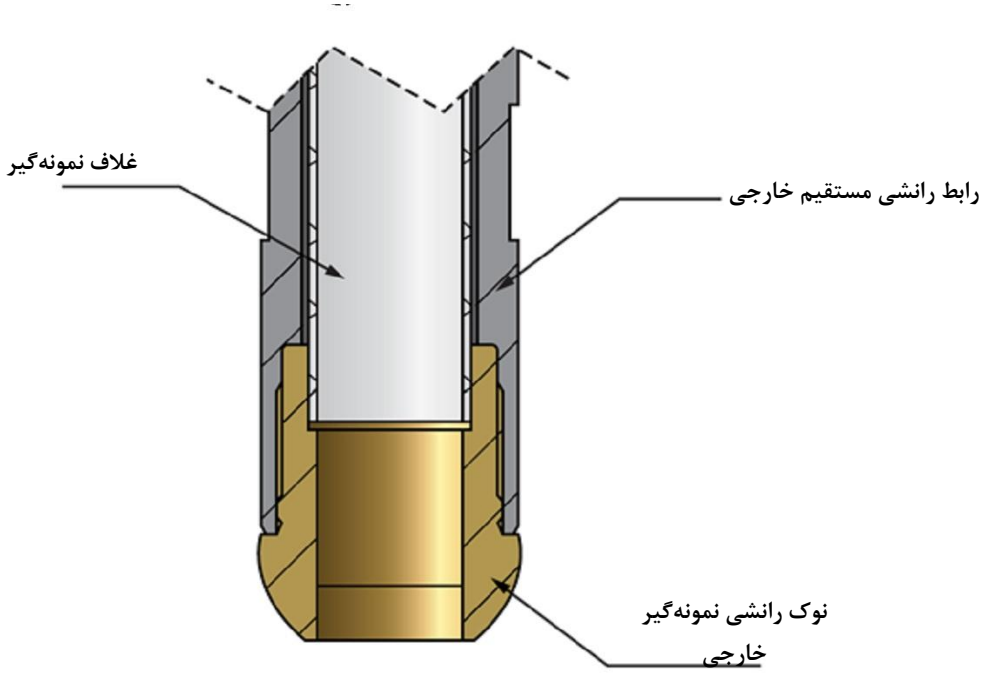
الف-۲ بازیابی نمونه (زیربند ۹-۵-۴) در نمونه‌گیری رانش مستقیم به‌ندرت به میزان مطلوب ٪ ۱۰۰ می‌رسد. کاربرد رایج طول رانش m ۱ تا m ۱٫۵ غالباً منجر به نتایج بازیابی پایین‌تر از حد مطلوب می‌شود. کوتاه کردن طول نمونه‌ها می‌تواند بازیابی را بهبود دهد اما این کار به‌ندرت انجام می‌شود. به دلیل وجود نسبت‌های بالای رواداری میان ناخن برشی و غلاف، بازیابی‌های بیش از ٪ ۱۰۰ غالباً در نمونه‌گیری خاک به روش رانش مستقیم پیش می‌آید. در رس‌های به‌شدت سنگ شده‌ای که میل به انبساط دارند، بازیابی‌های بیش‌ازحد زیاد می‌تواند مشاهده شود. به‌عکس، بازیابی‌های کم‌تر از ٪ ۱۰۰ می‌تواند در خاک‌های با چگالی پایین و شکل‌پذیری پایین پیش آید. ته‌نشست‌های ماسه‌ای تمیز زیر آب زیرزمینی می‌تواند روان شده و هنگام برون‌کشی نمونه‌گیر و هنگام عبور آن از تراز آب، از لولهٔ نمونه‌گیر بیرون بریزد. در صورت بروز روان‌شدگی ماسه، بهتر است برای کمک به نگه‌داشتن خاک، از نگهدارنده‌های سبدی استفاده شود.

الف-۳ ناخن برشی مهم‌ترین قطعه‌ای است که بازیابی نمونه را کنترل می‌کند. برای کمک به کاهش اصطکاک بین مغزهٔ داخل غلاف، ناخن‌های برشی با گشادگی قطر کم‌تر از غلاف طراحی می‌شود. نسبت قطر داخلی ناخن برشی به قطر داخلی غلاف را نسبت لقی می‌گویند. اگر بازیابی نمونه در سازند خاک معینی ضعیف باشد، بهتر است اپراتور، ناخن‌های برشی را برای سازگار کردن با سازند، عوض کند.

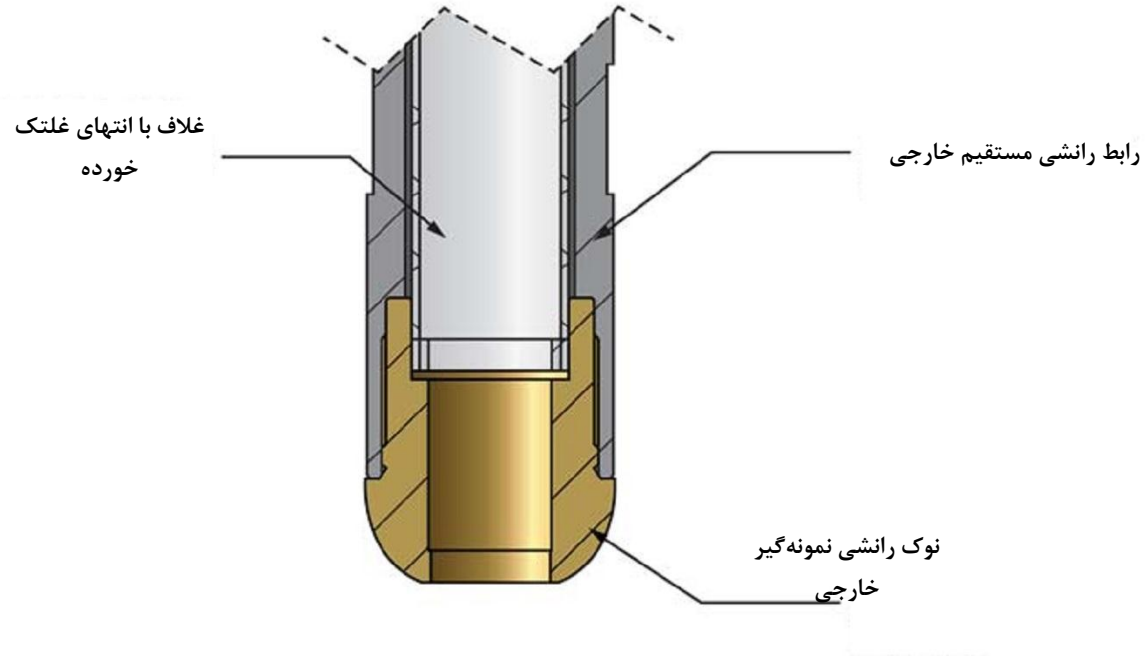
الف-۴ تحقیق بر روی نمونه‌گیری خاک بدون به‌هم‌خوردگی، نشان می‌دهد که بهتر است زاویهٔ برش ناخن (تیزی) کم‌تر از ۱۰ درجه باشد. لبهٔ اغلب ناخن‌های رانش مستقیم کُند و تا حدی تخت یا گرد است زیرا باید در مقابل بارهای ضربه‌ای و نیروی رانش مستقیم، بسیار مقاوم باشند. این سطوح کُند، امواج ضربه‌ای را منتقل می‌کنند و تغییر شکل لبه در مقابل چنین بارهایی باعث می‌شود تا نمونهٔ خاک پیش از ورود به کفهٔ ناخن و استوانهٔ نمونه‌گیر، به هم بخورد. در بعضی خاک‌های شکل‌پذیر چگال، این عامل می‌تواند باعث انبساط شدید مغزه‌ها شود. در صورت بروز چنین عارضه‌هایی در سازندهای دانه‌ریز، تیزکاری لبه‌های ناخن‌ها می‌تواند باعث ایجاد مغزه‌هایی با کیفیت بالاتر شود.

الف-۵ سازنده‌ها، فرم‌های خاصی از لبه‌های برندهٔ ناخن‌های نمونه‌گیری می‌سازند که می‌توانند در

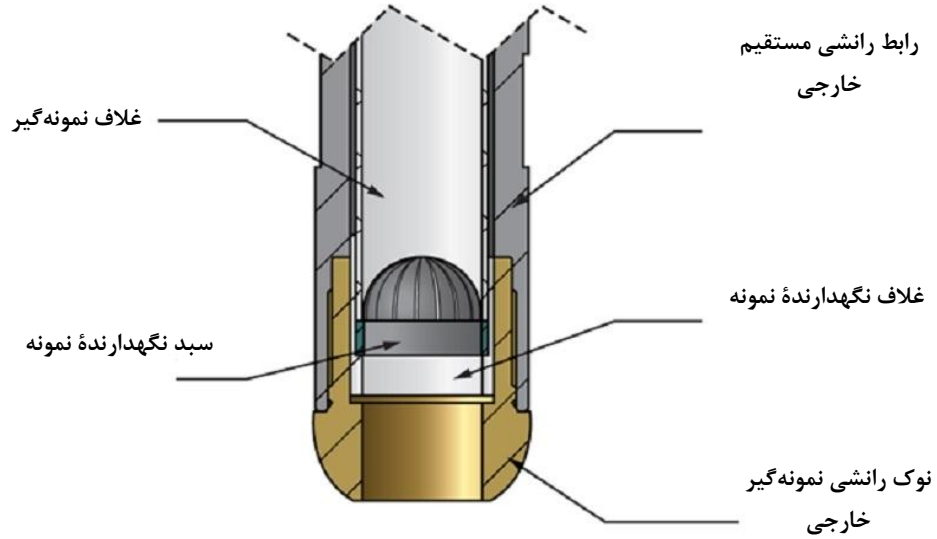
رسوب‌های خاکی دشوار به کار گرفته شود. شکل‌های الف-۱ تا الف-۶ بعضی از مثال‌های چنین فرم‌هایی را برای سازندهای دشوار نشان می‌دهد. در مورد انتخاب ناخن‌های برشی در خاک‌هایی که قرار است آزمایش شوند، مشورت کنید.



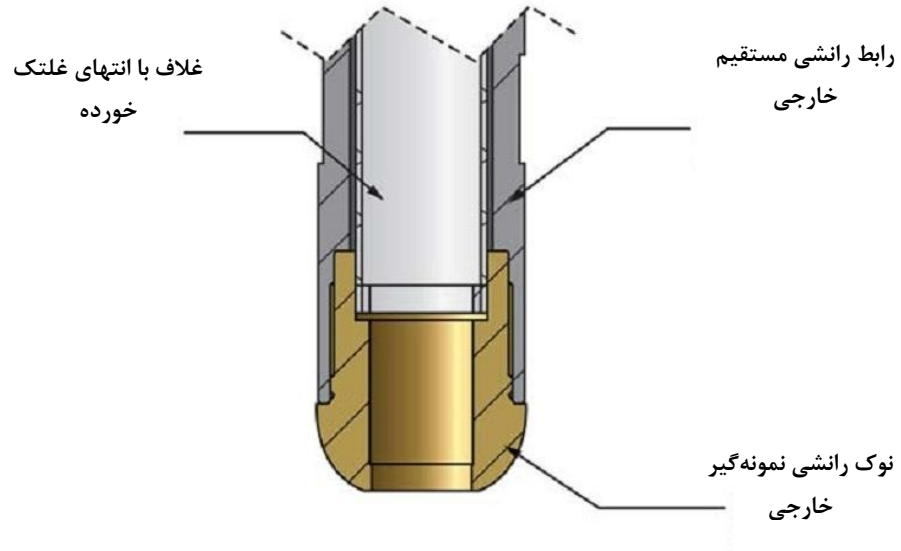
شکل الف-۱- ناخن برشی نمایا برای ماسه و لای



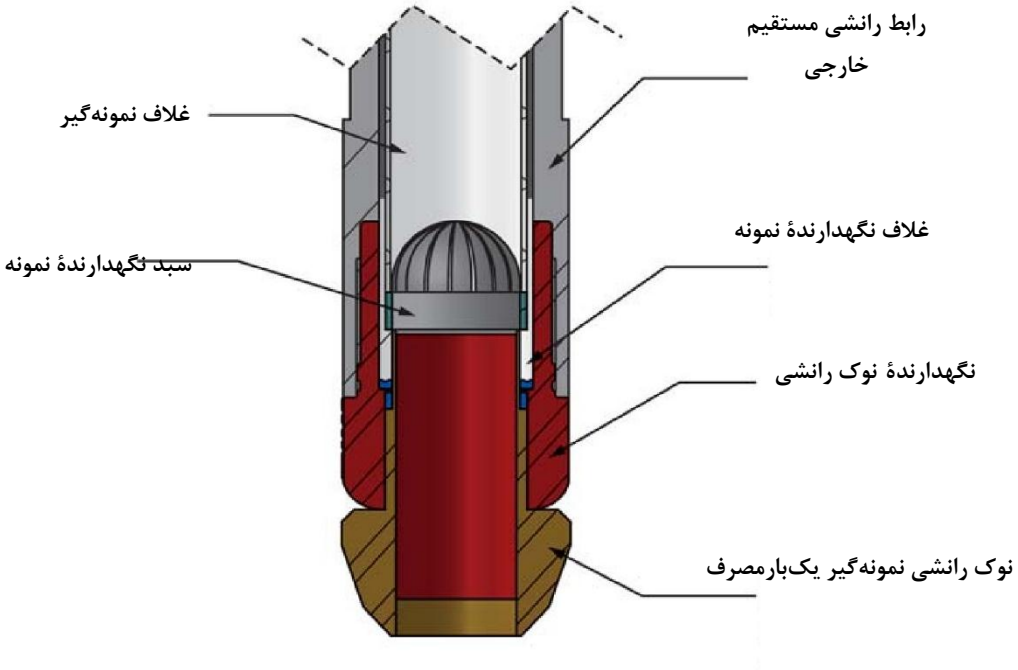
شکل الف-۲- ناخن برشی نمایا برای رس



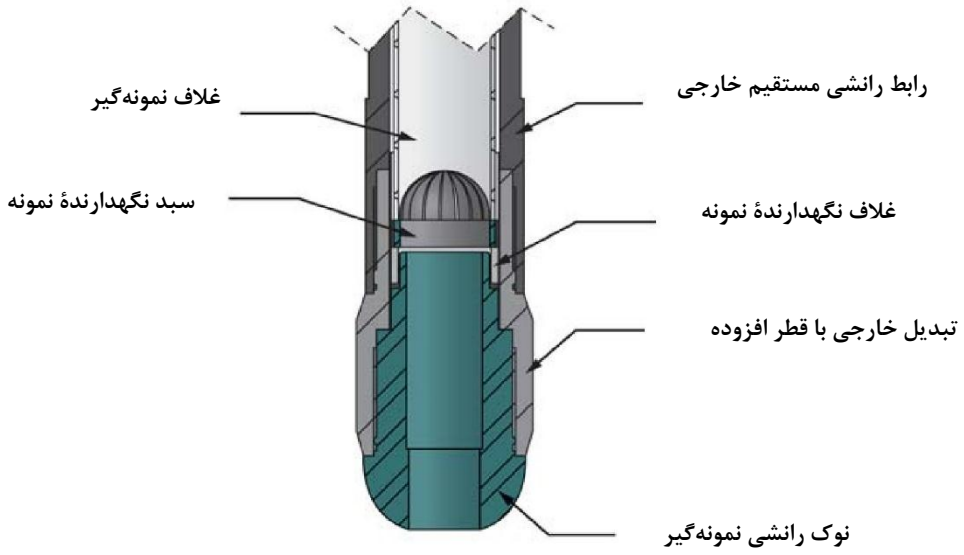
شکل الف-۳- ناخن برشی برای لای ماسهٔ سست – (به سبد نگهدارندهٔ توجه کنید)



شکل الف-۴- ناخن برشی برای لای و ماسهٔ بسیار سست



شکل الف-۵- ناخن برشی برای رس‌های شدیداً سخت شده و سفت



شکل الف-۶- ناخن برشی یک‌بارمصرف برای رس‌های سفت

کتابنامه

[1] U.S. EPA, 1996, Method 5035: Closed-System Purge-and-Trap and Extraction for Volatile Organics in Soil and Waste Samples. Test Methods for Evaluating Solid Waste: Physical/Chemical Methods (SW-846), Vol 1B, Final Update III.

[2] U.S. EPA, 1996, Method 5021: Volatile Organic Compounds in Soils and Other Solid Matrices Using Equilibrium Headspace Analysis. Test Methods for Evaluating Solid Waste: Physical/Chemical Methods (SW-846) , Vol 1B, Final Update III.

[3] USEPA, 1997. SW-846 Method 8260C, Test Methods for Evaluating Solid Waste, Physical/Chemical Methods (SW-846) Final Update III. Office of Solid Waste, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.

[4] USEPA. 1997c. SW-846 Method 8021. Test Methods for Evaluating Solid Waste, Physical/Chemical Methods (SW-846) Final Update III]. Office of Solid Waste, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C.

[5] USEPA, 2002. SW-846 Method 5035A, Closed-System Purge-andTrap and Extraction for Volatile Organics in Soil and Waste Samples. Test Methods for Evaluating Solid Waste, Physical/Chemical Methods (SW-846) Final Update III). Office of Solid Waste, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C.

[6] "Guidance Document for the Implementation of United States Environmental Protection Agency Method 5035: Methodologies for Collection, Perservation, Storage, and Preparation of Soils to be Analyzed for Volatile Organic Compounds," Department of Toxic Substances Control, California Environmental Protection Agency, November 2004

[7] Mayfield, D., Waugh, J., and Green, R., Environmental Sampling Guide in Environmental Testing and Analysis Product News, Vol 1, No. 1, April 1993. McLoy and Associates, Inc. "Soil Sampling and Analysis—Practice and Pitfalls," The Hazardous Waste Consultant, Vol 10, Issue 6, 1992

[8] McLoy and Associates, Inc. "Soil Sampling and Analysis—Practice and Pitfalls," The Hazardous Waste Consultant, Vol 10, Issue 6, 1992.

[9] Boulding, J.R., "Description and Sampling of Contaminated Soils: A Field Pocket Guide," EPA- 625/12-91/002; 1991. (second edition published in 1994 by Lewis Publishers).

[10] ITRC (Interstate Technology & Regulatory Council). 2012. Incremental Sampling Methodology. ISM-1. Washington, D.C.: Interstate Technology & Regulatory Council, Incremental Sampling Methodology Team. www.itrcweb.org.

[11] "Drilling, Logging, and Sampling at Contaminated Sites," California Environmental Protection Agency: Department of Toxic Substances Control, June 2013.

[12] "Operating Procedure—Soil Sampling," Report No. SESDPROC-300-R2, Science and Ecosystem Support Division, Region 4, U. S. Environmental Protection Agency, Athens, GA, December 20, 2011.

[13] McCall, Wesley, David M. Nielsen, Stephen P. Farrington and Thomas M. Christy, 2006. Use of Direct Push Technologies in Environmental Site Characterization and Ground-Water Monitoring. In Practical Handbook of Environmental Site Characterization and Ground-Water Monitoirng, 2nd Edition. CRC Taylor & Fancis, Boca Raton, FL. Chapter 6, pages 345-472.

[14] Final Demonstration Plan for the Evaluation of Soil Sampling and Soil Gas Sampling Technologies - Superfund Innovative Technology Evaluation Program Prepared for: U.S. Environmental Protection Agency, National Exposure Research Laboratory Las Vegas, Nevada 89119 (Draft Report available on NREL website; http://www.epa.gov/etv/pubs/01_tp_soilgastech.pdf.

[15] Environmental Technology Verification Report Soil Sampling Technology, Geoprobe Systems, Inc. Large-Bore Soil Sampler, Environmental Protection Agency, Office of Research Development and EPA/600/R-98/092, August 1998

[16] Environmental Technology Verification Report—Soil Sampling Technology—Art's Manufacturing and Supply—AMS Dual Tube Liner Sampler, Environmental Protection Agency, Office of Research Development and EPA/600/R-98/093, August 1998

[17] U.S. EPA, 1997. Expedited Site Assessment Tools for Underground Storage Tank Sites: A Guide for Regulators. Solid Waste and Emergency Response 5403G. EPA 510-B-97-001. March.

[18] Ohio EPA, 2005. Chapter 15: Use of Direct Push Technologies for Soil and Ground Water Sampling. Ohio EPA, Division of Drinking and Ground Waters, Columbus, Ohio. www.epa.state.oh.us/ddagw. February.

[19] Connecticut DEP, 1997. Recommended Guidelines for Multilevel Sampling of Soil and Ground Water in Conducting Expedited Site Investigations at Underground Storage Tank Sites in Connecticut. LUST Trust Fund Program, Connecticut DEP, Hartford, CT. March.

[20] Kay, J. N., "Technical Note," "Symposium on Small Diameter Piston Sampling with Cone Penetrometer Equipment," ASTM, 1991.

[21] ITRC (Interstate Technology & Regulatory Council). 2006. The Use of Direct-push Well Technology for Long-term Environmental Monitoring in Groundwater Investigations. SCM-2. Washington, D.C.: Interstate Technology & Regulatory Council, Sampling, Characterization and Monitoring Team. www.itrcweb.org.

[22] Clausen, Jay, Elizabeth Wessling and Brad Chirgwin, 2007. Energetic Compound False Positives in Ground Water Profile Samples. Ground Water Mon. & Rem. vol. 27, no. 3. Pages 90-101. Summer.

[23] Lackey, Susan Olafsen, Will F. Meyers, Thomas C. Christopherson and Jeffrey J. Gottula, 2009. Nebraska Grout Task Force: In-Situ Study of Grout Materials 2001-2006 and 2007 Dye Tests. Educational Circular EC-20, Conservation and Survey Division, School of Natural Resources, University of Nebraska-Lincoln. October.

[24] Ross, Jill, 2010. The Nebraska Grout Study. Water Well Journal, November, pages 25-30. The National Ground Water Association. November. www.ngwa.org