

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

جمهوری اسلامی ایران
سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

طراحی، اجرا، نگهداری و بهره‌برداری
**خاک چالهای بهداشتی برای
زباله‌شهری**

نشریه شماره ۲۱۷

معاونت امور فنی
دفتر امور فنی و تدوین معیارها

۱۳۸۰

انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور ۸۰/۰۰/۷

فهرست برگه

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. دفتر ارزیابی عملکرد مدیریت
طراحی، اجرا، نگهداری و بهره‌برداری خاک چالهای بهداشتی برای زیاله شهری /
معاونت امور فنی، دفتر امور فنی و تدوین معیارها. - تهران: سازمان مدیریت و
برنامه‌ریزی کشور، معاونت امور پشتیبانی، مرکز مدارک علمی و انتشارات، ۱۳۸۰.
یازده، ۳۰۳ص: مصور. - (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. دفتر امور فنی و
تدوین معیارها؛ نشریه شماره ۲۱۷) (انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور؛
۸۰/۰۰/۷)

ISBN 964-425-255-1

واژه‌نامه: انگلیسی - فارسی

۱. زیاله زدایی بهداشتی. ۲. مواد زاید - پوشش. ۳. آبهای زیرزمینی - حفاظت. الف.
سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. مرکز مدارک علمی و انتشارات. ب. عنوان. ج.
فروست.

ش. ۲۱۷ ۲۴/س ۳۶۸ TA

ISBN 964-425-255-1

شابک ۱-۲۵۵-۴۲۵-۹۶۴

طراحی، اجرا، نگهداری و بهره‌برداری خاک چالهای بهداشتی برای زیاله شهری
تهیه‌کننده: دفتر امور فنی و تدوین معیارها
ناشر: سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، معاونت امور پشتیبانی، مرکز مدارک علمی و انتشارات
چاپ اول: ۱۰۰۰ نسخه، ۱۳۸۰
قیمت: ۱۵۰۰۰ ریال
لیتوگرافی: قاسملو
چاپ و صحافی: مؤسسه زحل چاپ
همه حقوق برای ناشر محفوظ است.

پیشگفتار

استفاده از ضوابط، معیارها و استانداردهای ملی برای طراحی، اجرا و بهره‌برداری از طرح‌های عمرانی به لحاظ توجیه فنی و اقتصادی آنها از اهمیتی ویژه برخوردار است. نظام جدید فنی و اجرایی طرح‌های عمرانی کشور (مصوبه جلسه مورخ ۱۳۷۵/۳/۲۳ هیأت محترم وزیران) به کارگیری معیارها، استانداردها و ضوابط فنی را در مراحل طراحی، اجرا، نگهداری و بهره‌برداری طرح‌های عمرانی مورد تأکید جدی قرار داده است.

نظر به اینکه با توجه به مندرجات ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه، تاکنون ضوابط و معیاری برای طراحی، اجرا و بهره‌برداری از مستحقات لازم به منظور جابه‌جایی و دفع بهداشتی زباله‌های شهری تهیه و تدوین نشده، انتشار کتاب یا نشریات مرتبط با موضوع یاد شده، به منظور ایجاد زمینه برای شروع تدوین این‌گونه ضوابط، در دستور کار دفتر امور فنی و تدوین معیارها قرار گرفته است. کتاب حاضر نمونه اول از این نشریات می‌باشد. هدف از تهیه و تدوین این کتاب بالا بردن آگاهی مهندسان، طراحان و دست‌اندرکاران خدمات شهری در باره طرح، اجرا، نگهداری، گرداندگی و پایش خاک‌چالهای بهداشتی زباله است تا به یاری این آگاهی، آب‌های زیرزمینی از آلودگی و زیانبار شدن در اثر آب زباله، که بسیار آلاینده‌تر از فاضلاب شهری است، مصون بماند. بسیاری از مواد شیمیایی گزندبار، با گذر از خاکچال به سفره آب زیرزمینی راه یافته و این منبع پر ارزش طبیعی را که مورد نیاز شهروندان و کار کشاورزی است، آلوده می‌کنند. آلودگی آب‌های زیرزمینی، گاه چنان گسترده است که دیگر بازیافت آب پاک، میسر نیست. چنین رویدادی، بزرگترین لطمه به ثروت‌های طبیعی هر سرزمین به‌شمار می‌رود و باید با هوشیاری و قاطعانه، از رخداد آن جلوگیری کرد.

امید است آشنایی با فنون جدید و اجرای پروژه‌های خاکچال از آلوده شدن آب‌های زیرزمینی، این منبع حیاتی در شهرهای بزرگ و همچنین از برهم خوردن ظاهر فضای شهرها، در ارتباط با آلوده شدن با زباله‌های شهری جلوگیری به عمل آورد و زدودن بهداشتی زباله‌ها و پس‌مانده‌های شهری و صنعتی امکان‌پذیر گردد.

معاونت امور فنی از جناب آقای دکتر آصف خلدانی به خاطر زحمات و کوششهای فراوان ایشان در تدوین کتاب حاضر و همچنین هدیه آن به جامعه مهندسان ایرانی، قدردانی و تشکر می‌نماید. در ضمن لازم است از تلاش‌های جناب آقای مهندس محمدرضا طبیب‌زاده نوری که از ابتدای تهیه و تدوین این کتاب در چند سال گذشته، همکاری و مشارکت مؤثر داشته‌اند، تشکر شود. از همکاران دیگر آقایان مهندس کامبیز زنجانی، مهندس علی مهرآذرین، مهندس کارا، مهندس آزموده و شکوهی که در تدوین کتاب با آقای دکتر خلدانی همکاری نموده‌اند نیز تشکر و قدردانی می‌شود. از همکاران دفتر امور فنی و تدوین معیارها سرکارخانم مهندس بهناز پورسید و آقای مهندس میرمحمود ظفری که در تنظیم مطالب کتاب در راستای اهداف دفتر تلاش نموده‌اند نیز سپاسگزاری می‌شود.

معاونت امور فنی توفیق روزافزون این عزیزان را در خدمت به جامعه مهندسان کشور از درگاه ایزد متعال مسئلت دارد.

معاون امور فنی

بهار ۱۳۸۰

فهرست گفتارها

۱۳	گفتار یکم: شناختی از خاکچال
۱۳	۱. شناسایی
۱۴	۲. خاکچالهای بهداشتی
۱۷	۳. چند نکته در برخورد با طرح خاکچال
۱۸	۴. گفتارهای نوشتار
۲۱	گفتار دوم: گزینش جای خاکچال
۲۱	۱. شناسایی
۲۳	۲. گردآوری یافته‌ها و آگاهیها
۲۷	۳. ویژگیهای خاکچال
۲۹	۴. مردم و طرح خاکچال
۲۹	۵. فهرست‌بندی «زمین» های دردست بررسی
۳۰	۶. گزینش قطعی زمین خاکچال
۳۴	۷. گزارش بررسیهای نخستین
۳۹	گفتار سوم: پیدایش آبزباله و گاز
۳۹	۱. شناسایی
۴۲	۲. پدیده‌های مؤثر در مقدار آبزباله

۴۳	۳. حجم آبرزاله
۵۴	۴. ارزیابی کیفیت احتمالی آبرزاله
۵۶	۵. کیفیت آبرزاله پسمانده‌های گوناگون بی خطر
۵۸	۶. تصفیه آبرزاله
۶۰	۷. پیدایش گاز

گفتار چهارم: شناخت و رده‌بندی پسمانده‌ها..... ۶۳

۶۳	۱. شناسایی
۶۵	۲. زباله شهری
۶۵	۳. پسمانده‌های کانی
۶۷	۴. پسمانده‌های صنعتی
۶۸	۵. شناخت و رده‌بندی پسمانده‌ها
۷۰	۶. نکته‌هایی چند، از ویژگیهای پسمانده
۷۳	۷. پسمانده‌های خطرزا
۷۵	۸. محدودیت ریختن پسمانده‌های خطرزا در خاکچال
۷۵	۹. آزمایش پسمانده‌های بی خطر

گفتار پنجم: خاکچالهای خودپالا..... ۷۷

۷۷	۱. شناسایی
۸۰	۲. فرآیند خودپالایی
۸۱	۳. ابزار خودپالایی
۸۶	۴. تأثیر پدیده‌های گوناگون، در فرآیند خودپالایی
۸۸	۵. ابزار خودپالایی، برای آلانده‌های شیمیایی
۹۴	۶. روش برخورد با طرح خاکچال
۱۰۰	۷. چکیده گفتار و چند پیشنهاد

گفتار ششم: خاکچالهای دور بسته یا روکش دار..... ۱۰۱

۱۰۱	۱. شناسایی
-----	------------

- ۱۰۳ ۲. خاکچالهای یک روکشه
- ۱۰۴ ۳. خاکچالهای دو روکشه
- ۱۰۶ ۴. مبانی گزینش روکش
- ۱۰۶ ۵. چند نکته درباره ضخامت لایه روکش
- ۱۰۷ ۶. سهم بندی آبزباله و شیوه پخش و جریان آن
- ۱۰۹ ۷. طرح خاکچالهایی که بسترشان پایین تر از تراز سفره آب زیرزمینی است
- ۱۱۶ ۸. خاکچالهای خودپالا و خاکچالهای دور بسته

۱۱۹ گفتار هفتم: روکشا

- ۱۱۹ ۱. شناسایی
- ۱۱۹ ۲. خاک رس
- ۱۲۹ ۳. روکشهای ماشینی
- ۱۳۲ ۴. خاک بهیافته و دیگر آمیخته های خاکی

۱۳۵ گفتار هشتم: بخشهای گوناگون خاکچال

- ۱۳۵ ۱. شناسایی
- ۱۳۵ ۲. شبکه گردآوری آبزباله
- ۱۵۱ ۳. بیرون راندن آبهای سطحی از کارگاه خاکچال
- ۱۵۹ ۴. روکش ساختگی (ماشینی)
- ۱۶۴ ۵. طرح پشته خاکی
- ۱۶۵ ۶. پایداری شیب پسمانده
- ۱۶۶ ۷. طرح راههای دسترسی
- ۱۶۹ ۸. طرح پوشش پایانی
- ۱۷۱ ۹. طرح سامانه گازگیری
- ۱۸۲ ۱۰. برگرداندن خاکچالهای خودپالای موجود به خاکچالهای دور بسته

۱۸۵ گفتار نهم: ساختمان خاکچال

- ۱۸۵ ۱. شناسایی

۱۸۵	۲. ساختمان لایه زیرپی
۱۸۶	۳. ساختمان روکش
۲۰۲	۴. ساختمان پشته خاکی
۲۰۴	۵. ساختمان بستر زهکش ماسه‌ای
۲۰۵	۶. ساختمان ترانشه گردآوری آبزیاله
۲۰۷	۷. ساختمان روکش دولایه
۲۰۷	۸. ساختمان سامانه آبکشی آب زیرزمینی
۲۰۸	۹. ساختمان لایسمتر
۲۰۸	۱۰. ساختمان پوشش پایانی
۲۰۹	۱۱. فراهم ساختن مصالح و برنامه کار، ساختمانی

گفتار دهم: پایش یا کارنگری خاکچالها..... ۲۱۱

۲۱۱	۱. شناسایی
۲۱۳	۲. ارتفاع فشاری آبزیاله
۲۱۴	۳. ارتفاع فشاری سامانه آبکشی
۲۱۵	۴. پایش آب پسدادگی
۲۲۲	۵. پایش آب زیرزمینی
۲۲۸	۶. پایش گاز
۲۳۰	۷. پایش انبار آبزیاله
۲۳۰	۸. پایش پایداری پوشش پایانی

گفتار یازدهم: کاربری و گرداندن خاکچال..... ۲۳۳

۲۳۳	۱. شناسایی
۲۳۵	۲. کاربرد خاک کوب
۲۳۵	۳. مرحله بندی انجام کار
۲۳۷	۴. پوشاندن روی پسمانده
۲۳۸	۵. چال کردن لجنهای بی خطر در خاکچال شهری

۲۳۹	۶. پیشگیری از آتش سوزی در خاکچالها
۲۳۹	۷. مهار آشفالهای سبک
۲۴۰	۸. مهار گرد و غبار
۲۴۰	۹. نگهداری راههای دسترسی
۲۴۰	۱۰. نگهداری شبکه گردآوری آبزباله
۲۴۱	۱۱. نگهداری پوشش پایانی
۲۴۳	گفتار دوازدهم: بررسی مالی
۲۴۳	۱. شناسایی
۲۴۴	۲. برآورد هزینه‌ها
۲۴۸	۳. اطمینان از پشتوانه مالی پیمانکار
۲۵۱	واژه‌نامه انگلیسی به فارسی
۲۷۷	واژه‌نامه فارسی به انگلیسی

گفتار یکم

شناختی از خاکچال

۱. شناسایی

چال کردن زباله‌خاکی و دیگر پسماندها در درون زمین، شیوه‌ای دیرینه است. تا چندی پیش، پنداشته می‌شد که این روش مناسب و مطلوب است و آب‌زباله حاصل از روی هم ریختن زباله‌ها، با گذر از لایه‌های خاک و آمیختگی با آبهای زیرزمینی، خودپالایی می‌یابد و پاک می‌شود.

اگرچه با کوچک بودن شهرها، تا چند سده پیش، آبهای روان در جوار شهرها، برای آشامیدن و دیگر کاربردهای روزانه مردم، به‌نظر بسنده می‌آمد، اما، با گسترش صنعت و بهبودی در زندگانی و بهداشت ساکنان شهرها، لازم شد که افزون بر آب رودخانه‌ها، به‌بهره‌برداری از آبهای زیرزمینی نیز پرداخته شود.

رفته رفته، این منبع پر ارج طبیعی، ارزشی دیگر یافت. تا آنجا که به‌سان ثروت ملی پنداشته شد. گسترشهای شهری و افزایش شمار مردم، باعث بیشتر شدن زباله شهری و پیدایش پسماندهای صنعتی گردید، که گاه، خطرزا نیز می‌توانست باشد. این گرفتاری، ابعادی تازه به‌موضوع دفع زباله‌های شهری داد، و سرانجام، طرح پیشگیری از آلودگی آبهای زیرزمینی را پیش آورد. از سوی دیگر، ریختن پسمانده در خاک، یا ریختن زباله در

دره‌ها و آبرفت‌های پیرامون شهر، از سوی مهندسان محیط زیست و بهسازان شهر نه تنها روشی بهداشتی و پذیرفتنی تشخیص داده نشده، بلکه بزرگترین و خطرناکترین منبع آلودگی آب‌های زیرزمینی تشخیص داده شد.

در ایران زمین، روال کار، بر اصل «دور» ریختن با به‌سخن دیگر، از «خود» دور کردن زباله، بود. تا آنجا که، هر کس و هر خانواده و هر آبادی، تلاش می‌کرد که زباله‌های تولیدی خود را از پیرامون «خویش» دور سازد.

تا زمانی که خانه‌ها پراکنده و آبادیها دور از یکدیگر بودند، این روش دفع زباله، گرفتاریهای چندانی به همراه نداشت. تابش خورشید و دیگر نیروهای پاکساز طبیعی، از پس این‌گونه آلودگیها برمی آمد. اما، گرایش به شهرنشینی، چسبیدن خانه‌ها به یکدیگر، و همسایه شدن آبادیها، پیدایش نوآبادیها، دگرگونی آمیخت زباله، و افزایش مقدار روزانه زباله تولیدی، دشواریهایی فراهم کرد، که دیگر نیروهای پاک‌کننده در طبیعت، از پس زدودن آلودگی حاصل، بر نیامدند. شهرها به‌زشتی گرایید، و زیست شهری با بوی زننده و ناخوشایند زباله‌های مانده، و پراکندگی گرده زباله در هوا، ناممکن گشت. اما، این تنها یک روی گرفتاری بود، چون محسوس بود. اما خطر جدی در درازمدت، آلودگی آب‌های زیرزمینی و آب آشامیدنی بود، که مانند سایه نه‌دیدنی بر زندگی آیندگان، به چشم می‌خورد. زیر فشار پیشروان، اندیشمندان و دست‌اندرکاران خدمات شهری، دارندگان صنایع، و ادار شدند که به‌چاره‌جویی پردازند. رفته‌رفته، کار به آنجا کشید، که ریختن و چال کردن زباله و پسمانده‌های شیمیایی خطرزا، درون خاکچالهای عادی هم نامطلوب انگاشته شد، و سرانجام، بنای «خاکچالهای بهداشتی»، همچون مناسبترین روش دفع زباله و پسمانده شهری، پایه‌ریزی شد.

۲. خاکچالهای بهداشتی

اساس طرح خاکچالهای بهداشتی، که این نوشتار برای روشن ساختن آن می‌کوشد، چال کردن هرگونه زباله و پسمانده خطرزا و بی‌خطر، درون زمین است، بی آنکه محیطی غیر بهداشتی در شهر و پیرامون آن، فراهم آورده یا آب‌های زیرزمینی را آلوده کند. در این فرایند،

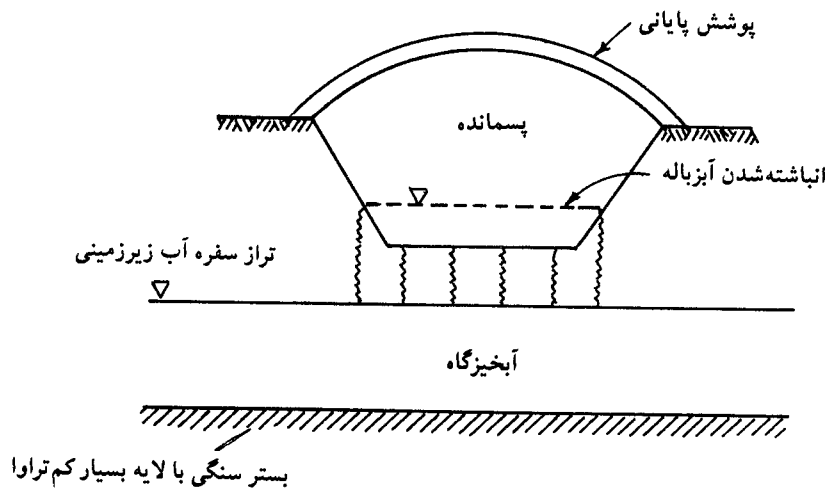
دوگونه برخورد، برای حفاظت آبهای زیرزمینی از آلاینده‌ها و آبریزاله‌ها، شکل گرفت:

الف) ساختمان خاکچالهای خودپالا که برای پسماندهای بی خطر و کم حجم مناسب است.

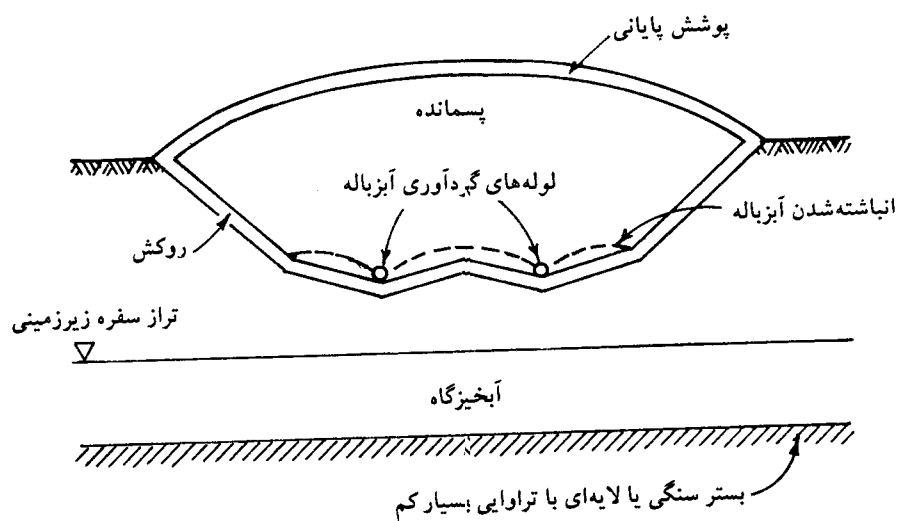
ب) ساختمان خاکچالهایی که برای ریختن هرگونه پسمانده و با هر حجمی آمادگی داشته باشد.

در خاکچالهای خودپالا، چنین فرض شد که منطقه سیرآب نشده زیرزمین، دارای ضخامتی به اندازه بوده و خاکچال دور از زیستگاه مردمان پیرامون شهر است، و بستر سنگی کف خاکچال، نازک نیست. با این چند شرط و اینکه در پیرامون شهر، چاه آبی کنده نشده است، پروانه ساخت خاکچالهای خودپالا، که همراه با نشت آبریزاله به آبخیزگاه زیرزمینی است، داده شد. چون هماهنگی با همه این خواستها همواره میسر نمی شد، بنای خاکچالهای خطرزا، که با نام «خاکچالهای دور بسته» یا «خاکچالهای بهداشتی» شناخته شده‌اند، پدیدار گشت.

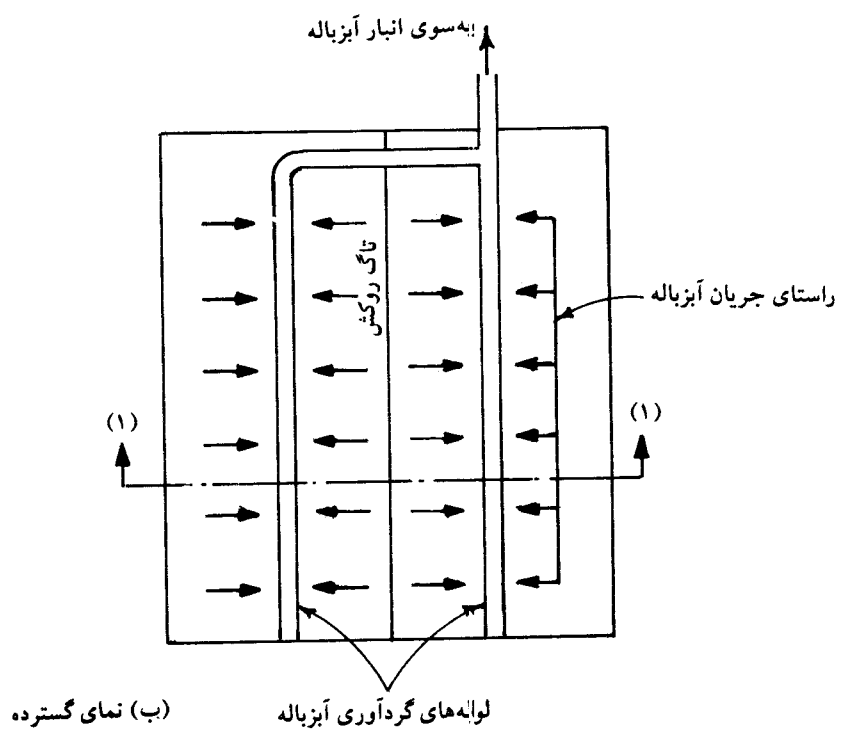
طرح و ساختمان خاکچالهای خطرزا، براین پایه استوار شد، که از رخنه و گذر هرگونه آبریزاله به آبخیزگاه و سفره آب زیرزمینی، خودداری به عمل آید. برای این کار، لازم است، نخست کف خاکچال با روکشهایی ناتراوا پوشانده شده و ترتیبی فراهم آید، که آبریزاله گردآوری شده در کف خاکچال، به بیرون از کارگاه رانده شود، شکلهای ۱-۱ و ۲-۱.



شکل ۱-۱. خاکچال خودپالا.

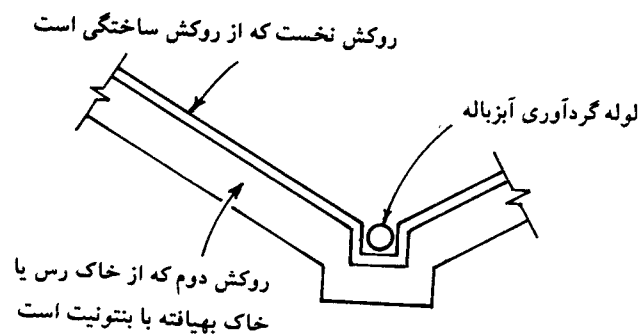


(الف) - برش ۱ - ۱



شکل ۱ - ۲. خاکچال دور بسته.

پژوهشهای بعدی، نشان داد که خودپالایی زباله در درون زمین - ولو آنکه خاک آن سیرآب نبوده و دارای ضخامت به اندازه هم باشد - حتمی نیست و ایمنی همه جانبه برای پاکیزه ماندن آب زیرزمینی را فراهم نمی کند. از این رو، محدودیتهای بیشتری در ساختمان خاکچالهای بی خطر پیشنهاد شد. اگر تا چندی پیش، پهن کردن یک لایه روکش در کف خاکچال کافی می نمود، آزمونه های کارگاهی نشان داد که همچنان احتمال دارد آب زباله به آبخیزگاه و سفره آب زیرزمینی نشت کند و کاربرد دو لایه روکش مناسبتر خواهد بود، شکل ۱-۳.



شکل ۱-۳. خاکچال دو روکشی.

۳. چند نکته در برخورد با طرح خاکچال

نخستین خویشکاری مهندس طرح، گرد آوردن همه آگاهیها و یافته های پراکنده ای است که در شهرداری، بخشهای خدمات و بهسازی شهری، بایگانی شده اند. دوم، شناخت سازمانهای گوناگون دولتی و خصوصی، آگاهیهای سودمندی در دست دارند و می توان آنها را به آسانی و با هزینه کم به دست آورد. سوم، شناخت کارفرمایی است، که کارگرداندن طرح خاکچال را بر دوش خواهد گرفت، با یک چنین پیش آگاهی است که از آغاز کار می توان هماهنگی لازم را برای پیشبرد هر مرحله از طرح، فراهم کرد. چنانچه سازمان امور خاکچال

(کارفرما) جدا از سازمان فاضلاب شهر باشد، باید بی آنکه پاسخگویی و مسئولیت هیچ یک از دو سازمان خدشه دار شود، همکاری و پیوندی میان این دو نهاد فراهم ساخت. آگاهی مهندس طرح از شیوه کار و نیروی درون سازمانی کارفرما، و بنیه مالی و فنی آن نیز در انجام مطلوب طرح، ضروری است.

توجه به آیین نامه های سازمانهای بهداشت، محیط زیست و خدمات شهری، و آگاهی از روند فکری آنها - اگر در آستانه نوشتن آن هستند - نیز، مهم است. سرانجام، اگر در این نوشتار به «مهندس طرح» که بیشتر از میان مهندسان رشته ساختمان است، تکیه شده است، هرگز نباید همکاری روزانه و ناگسسته زمین شناسان، خاک شناسان و زمیناب شناسان را در طرحهای خاکچال بهداشتی شده، کم بها پنداشت.

۴. گفتارهای نوشتار

دوازده گفتار زیر، پایه این دفتراند:

- ۱- تاریخچه خاکچال، ریختن زباله پسمانده در درون زمین.
- ۲- گزینش جای خاکچال.
- ۳- پیدایش آبزباله و گاز در خاکچال، شیوه ارزیابی چندی و چونی آبزباله.
- ۴- شناخت و رده بندی پسماندها؛ پسمانده خطرزا و بی خطر.
- ۵- خاکچالهای خودپالا، فرایند خودپالایی و شیوه برخورد با آن.
- ۶- مبانی طرح خاکچالهای دور بسته.
- ۷- روکشهای گوناگون، آب بندی دیواره و کف خاکچال.
- ۸- بخشهای متشکله خاکچال.
- ۹- ساختمان، آزمایش، سنجش و واریسی چگونگی کار بخشهای گوناگون خاکچال.
- ۱۰- پایش، یا کارنگری خاکچالها.
- ۱۱- گرداندگی و نگهداری روزانه و درازمدت خاکچال.
- ۱۲- بررسی مالی، برآورد هزینه ساختمانی، گرداندن و پایش و بستن روی خاکچالهای پُر شده.

یک بار دیگر یادآور می شویم که ساختمان خاکچال، فنی است که همکاری همه جانبه گروه های گوناگونی از مهندسان محیط زیست و بهداشت همگانی، شیمی دان، ریاضی دان، آگاهان از مصالح ساختمانی و نیز آشنایان به قانون مالکیت و کارهای حقوقی را، لازم دارد. این فن، پیشینه ای دیرینه ندارد. کاری تازه است و آگاهی همگانی از آن کم. از این رو، پاسخ به همه دشواری های طرح و گرداندنش به گونه ای روشن و قطعی، همیشه میسر نیست. پاسخ به هر گرفتاری، نیاز به بررسی چندجانبه دارد، و هر پاسخی را هم نباید کامل پنداشت. در پایان، لازم به پافشاری است که سود جستن از خاکچال های بهداشتی برای دفع زباله شهری، در سرزمین های گسترده ای چون ایران زمین، مناسب ترین شیوه است. زیرا، با بودن زمین فراوان پیرامون شهرها، - جز در بخش های خاصی از این سرزمین که بارندگی بسیار و سفره آب زیرزمینی بالا و شهرها و روستاها به یکدیگر پیوسته شده اند - روی آوردن به راه حل های کاربردی در کشورهای کوچک و صنعتی، به مانند سوزاندن زباله در کوره های زباله سوز، یا کود زباله سازی را نباید چشم بسته و به صورت در بست پذیرفت، زیرا که روش هایی بی دردسر و اقتصادی برای ما نمی توانند باشند.

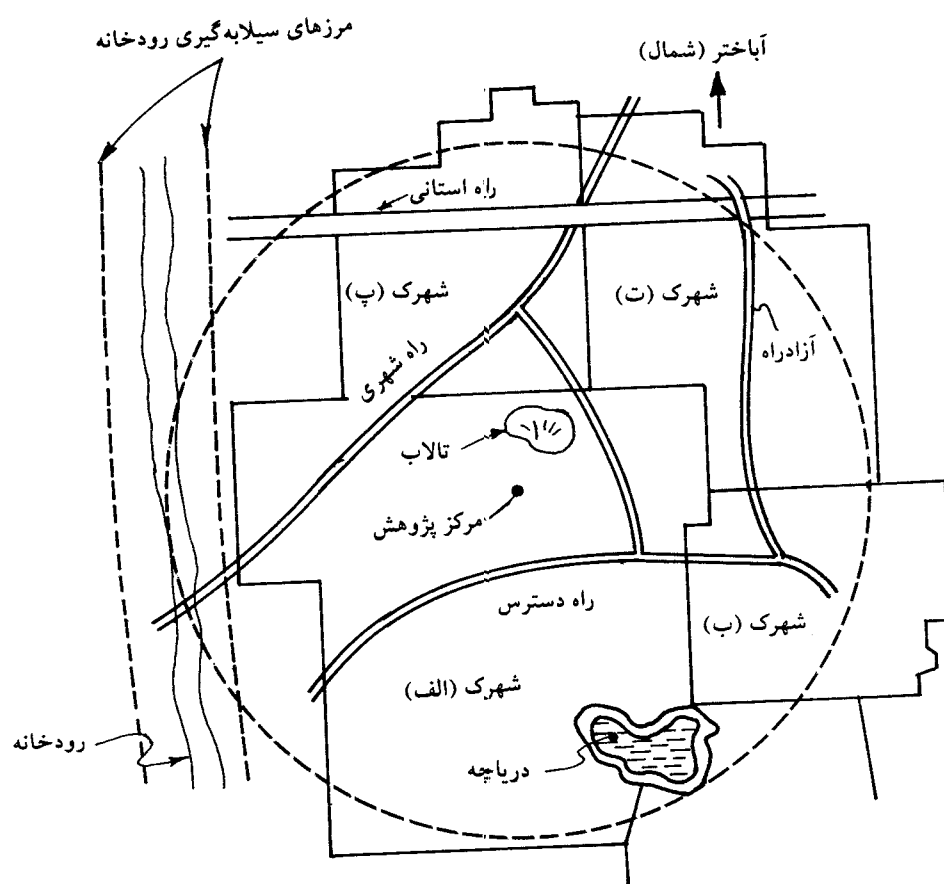


گفتار دوم

گزینش جای خاکچال

۱. شناسایی

جای خاکچال، ضمن آنکه باید از دیدگاه فن زمین‌شناسی پذیرفتنی باشد، نباید ناخشنودی مردم پیرامونش را برانگیزد. نخستین گام در گزینش جای خاکچال شناسایی چند «زمین» است، زمینی که پاسخگوی دو خواست بالا باشد. آنگاه، به بررسی این زمینهای احتمالی در چارچوب دایره‌ای به شعاع بیشترین فاصله بردن زباله تا خاکچال، که «پرتو پژوهش» نامیده می‌شود، می‌پردازند که در پایگرد بررسیها و متناسب با یافته‌های دیگر، می‌شود کمی آن را جابه‌جا کرد. سپس، نقشه راه و جاده‌های شهر، برونشهر و کارخانه‌هایی که باید پسمانده‌شان را به خاکچال ببرند، مشخص می‌کنند. در این بررسی، شهر یا کارخانه‌های تولید پسمانده را - بسته به بزرگی و ظرفیت تولید زباله هریک - در مرکز دایره فرض می‌کنند، شکل ۲ - ۱. اگر درون این چارچوب پژوهش، جایی مناسب به دست نیاید، به اندازه «دایره پژوهش» می‌افزایند. چنان‌که بیش از یک منبع پسمانده وجود داشته باشد، یا بخواهند زباله چندین شهر نزدیک به هم را یک جا گرد آورده و چال کنند، بهتر است کارگاهی را برگزینند که همه پسمانده تولیدکنندگان را دربرگیرد. همزمان با برداشتن این گامهای دفتری، بهتر است که با همه سازمانهای دست‌اندرکار خدمات شهری، شهرداریها و



شکل ۲-۱. دپرتو پژوهش، برای گزینش جای خاکچال.

دیگر تولیدکنندگان پسمانده، به گفت و شنود نشسته و نه تنها آنان را از جاهای ممکن برای ساختمان خاکچال آگاه سازند، بلکه به نظرخواهی در آن زمینه نیز پردازند. همکاری ناگسستنی شهرداریها با مهندسان طرح، بسیار پرارزش و مهم است، تا از روز نخست، کار به درستی و با روایی تأییدشده پیش برود. اگر سازمانهایی در آستانه نوشتن آیین نامه های

خاکچال بهداشتی هستند، بهتر است پیش‌نویس‌های آنان واریسی و در صورت لزوم، طرح با آن آیین‌نامه‌ها هماهنگ گردد. با در نظر گرفتن این نکته که بهتر است جای خاکچال، کنار آبادیها یا کنار راه و جاده‌های اصلی باشد، انجام بررسیهای زیر، برای یافتن مناسبترین کارگاه پیشنهاد می‌شود:

۲. گردآوری یافته‌ها و آگاهیها

نخستین گام برای بررسی در چارچوب «پرتو پژوهش»، گردآوری نقشه‌های ترازنما، نوع خاکهای گوناگون زیرزمینی، نقشه راهها و جاده‌ها، به‌ویژه، نقشه شهر با گسترش بیست سال آینده است. در این وهله از بررسی، بهتر است آگاهی بیشتری از نوع ماده‌های وازده، پسمانده، یا زباله شهری و مقدار روزانه آنها نیز فراهم آورد.

۲-۱. نقشه‌های ترازنما

این نقشه‌ها، نمودار پستی و بلندی زمین کارگاه و نشانگر جهت جریان آبهای بارندگی، جای آبرفت‌ها، نهرها و زهکشهاست. در این نقشه‌ها، چه بسا که جای تالابها نیز - که جای پرندگان به‌هنگام کوچیدن موسمی آنهاست - نشان داده شده باشد. با در دست داشتن این نقشه‌ها، می‌توان «زمین»‌هایی را که در مسیر جریان طبیعی آبهای بارندگی و مسیلهای نیستند، مشخص کرده و از همان آغاز کار بررسی و ازگزینش زمینهایی که گرد آمدن آب در آنها بر افزایش آبهای زیرزمینی منطقه کمک می‌کند، دوری گزید.

۲-۲. نقشه‌های خاک‌شناسی

نقشه‌های خاک‌شناسی که معمولاً برای کارهای کشاورزی تهیه می‌شود، نشان‌دهنده نوع خاک در نزدیکی سطح زمین است، و از این‌رو، در بررسی‌های مربوط به طرح خاکچالهای خودپالا، سودمنداند.

۲-۳. نقشه‌های «زمین»

این نقشه‌ها، نشان‌دهنده مرزبندی و محدودیتهایی است که از سوی دولت، در استفاده از

زمینهای شهری وضع شده است. چه بسا که زمین دلخواه بر پایه بررسیهای نخستین، زمینهای جنگلکاری و کشاورزی، با گردشگاه همگانی قلمداد شده باشد، و از همان بدو کار به کنار نهاده شود.

۲-۴. نقشه‌های راهها و جاده‌ها

این نقشه‌ها، مسیر راه، جاده، راه آهن و فرودگاهها را نشان می‌دهد. با بررسی آنها می‌توان کارگاهی را برگزید که برخوردی با این‌گونه تسهیلات همگانی به وجود نیاورد و نیز در جایی قرار گیرد که به ساختمان جاده‌های دیگری جز جاده دسترسی به خاکچال، نیازی نباشد. با در دست داشتن این نقشه‌ها، می‌توان فاصله حمل خاک رس مورد نیاز در خاکچال را دانست، و هزینه‌های بهره‌برداری از خاکچال را پیش‌بینی کرد. در این بررسی‌هاست که می‌توان طرحهای دیگر آبادانی شهری را، با طرح ساختمان خاکچال، هماهنگ کرده جاده‌ای را پهن‌تر نمود، یا تغییر مسیر داد تا دسترسی خودروها و آمدوشد آنها به کارگاه، آسانتر انجام پذیرد.

۲-۵. نقشه‌های آبرسانی

نقشه‌های آبرسانی و لوله‌کشیهای آن، به طور معمول، یکجا فراهم نشده است، اما می‌شود برای «زمین»های در دست بررسی، یافته‌ها را پیش هم نهاد و مطمئن شد که فراهم آوردن آب برای نیازمندیهای خاکچال، دشوار نیست. این‌گونه نقشه‌ها، به طور معمول، جای چاههای همگانی و خصوصی آب، ظرفیت آبدهی، مقدار و نوسان مصرف آب از هر چاه را نشان می‌دهد. «زمین» خاکچال، دست‌کم ۴۰۰ متر دورتر از نزدیکترین منبع آب، در نظر گرفته می‌شود.

۲-۶. نقشه‌های دشت و زمینهای سیلاب‌گیر

این نقشه‌ها، نشان‌دهنده زمینهای پیرامون شهر است که احتمال سیلاب‌گیری آنها در صد سال آینده، وجود دارد. باید در گزینش جای خاکچال، از این‌گونه زمینها دوری جست و در مورد دفع پسماندهای خطرزا، کارگاه خاکچال باید در چنان زمینی باشد، که سیلاب

احتمالی پانصد ساله هم، آن را فرا نگیرد.

۲-۷. نقشه‌های زمین‌شناسی

این نقشه‌ها، چگونگی لایه‌های خاک و چینه‌بندیهای درون زمین را روشن می‌کند. از این‌رو، برای گزینش برداشتگاه خاک‌رس و به‌ویژه آگاهی از میزان اثر یخبندانها بر برداشتگاههای خاک رس در سرزمینهای سردسیر، سودمند است.

۲-۸. عکسهای هوایی

چه‌بسا برای زمینهای دردست بررسی، چنین نقشه‌هایی فراهم نشده باشد. در این صورت، برای کاستن هزینه تهیه عکسهای هوایی، بهتر است «زمین»های محتمل را نشان کرده، و برداشتن عکسهای هوایی آن مناطق را همگام با نقشه‌برداری زمینی انجام داد. در این نقشه‌ها، به‌طور معمول، جای برکه، مسیل، نهر و آبرفتها نیز، نشان داده می‌شود.

۲-۹. چگونگی و نوع پسمانده

نخستین گام در شناخت کیفیت پسمانده، پی بردن به‌خطرزا بودن یا بی‌خطر بودن زباله و پسماندها است، زیرا، چال کردن این دوگونه پسمانده، یکسان انجام نمی‌گیرد. پسماندهای مانند زباله شهری، ممکن است بی‌خطر باشد، اما با پسماندهای صنعتی بی‌خطر، در یک رده به‌شمار آورده نشود. زیرا زباله شهری، بسیار گوناگون، درهم آمیخته و ناهمگن است، در حالی‌که پسماندهای صنعتی، یکدست‌تر است و یا آمیخته‌ای از دو یا سه‌گونه پسمانده مشخص است. از این‌روست که رده‌بندی زباله و پسمانده، در گزینش جا و طرح خاکچال، اهمیت پیدا می‌کند.

۲-۱۰. مقدار پسمانده

برآورد حجم پسماندهای صنعتی بی‌خطر و پسماندهای خطرزا، بر پایه گزارشهای دردست از دیگر کارگاههای همانند، آسان است. برای کارخانه‌های دردست ساختمان نیز، می‌توان با بررسی مقدار پسمانده کارخانه‌های مشابه، به برآوردی پذیرفتنی رسید. اما،

برآورد حجم زباله شهری، به آسانی انجام پذیر نیست. زیرا، مقدار آن از شهری به شهر دیگر، و از کشوری به کشور دیگر تفاوت دارد. برای شهرهای آمریکا، مقدار زباله تولیدی سرانه در روز، ۱ تا ۲ کیلوگرم (۶۵۰ تا ۸۱۵ کیلوگرم در یک متر مکعب) و برای شهرهای نوینیا، این مقدار، که شامل زباله های ساختمانی هم می شود، به بیش از ۳ کیلوگرم در روز می رسد. با برآورد شمار مردم شهر در دوره طرح خاکچال، می توان ظرفیت خاکچال دلخواه را حدس زد.

۲-۱۱. حجم خاکچال

با دانستن مقدار زباله و خاکی که روی لایه های پسمانده ریخته می شود، می توان حجم خاکچال را با توجه به اینکه هنگام چال کردن زباله شهری، پس از پایان کار روزانه، روی زباله های چال شده را با خاک، به نسبت ۱ به ۴ تا ۱ به ۵، می پوشانند، محاسبه کرد.

۲-۱۲. فراهم آوردن ابزار کار خاکچالها

گرچه فراهم آوردن ابزار مورد نیاز، برای بهره برداری از خاکچال، در انجام بررسیهای نخستین لازم نیست، اما پیشنهاد می شود که از همان آغاز کار، امکان خرید و دستیابی به آنها، در نظر گرفته شود. در مورد شهرهایی که لجن به دست آمده از تصفیه فاضلاب شهری، در خاکچال ریخته می شود، داشتن بارکشهای ویژه ای مورد نیاز است که به هنگام بردن لجن از تصفیه خانه شهر تا خاکچال، راهها و جاده ها را با آب لجن آلوده نگرداند.

۲-۱۳. بازیابی و سوزاندن زباله

روش سوزاندن همه، یا بخشی از زباله گرد آمده - که در برخی از کشورها، سوزاندن زباله ممنوع شده است - کاری است که از همان آغاز بررسی، باید مورد توجه باشد. باید هشیار بود که بازیابی از زباله، در سرزمینهای پهناور، شهرهای دور از یکدیگر، یا در مناطقی از جهان که دسترسی به کود شیمیایی ارزان فراهم است، از دیدگاه فنی و اقتصادی، ممکن است روش درستی نباشد. به ویژه آنکه، کود زباله، مواد از ته و فسفات چندانی ندارد. همیشه

باید به خاطر داشت، که اساس طرحهای دفع زیاله، برای حفظ آبهای زیرزمینی، تأمین بهداشت و پاکیزگی محیط زیست مردم و شهروندان است و نه فراهم آوردن کود از زیاله.

۲-۱۴. بهره‌جویی از خاکچالهای موجود

در شهرهایی که دارای خاکچال هستند، گاه به‌جای ساختمان یک خاکچال نو، گسترش و نوسازی خاکچال موجود، ارزاتر تمام می‌شود. هزینه‌های نهفته در ساختمان خاکچال نو، مانند هزینه‌های نگهداری، بهره‌برداری، نمونه‌برداری و پایش آبهای زیرزمینی، برای یک یا دو کارگاه، تفاوت بسیار دارد. بهتر است همه خاکچالهای یک منطقه، روی یک نقشه نشان داده شود، تا هنگام ناچاری و پایان نپذیرفتن به‌هنگام خاکچال در دست ساختمان، امکانات استفاده از مناسبترین خاکچالهای موجود، فراهم شده باشد.

۲-۱۵. پیش‌بینی بودجه

ساختمان خاکچال پُرهزینه است. پس از همان آغاز کار، باید بودجه لازم و منبع تأمین آن، برای فراهم آوردن طرح، ساختمان، گرداندن و پایش خاکچال، مشخص گردد. باید هزینه هر وهله از کار، پیش از دست‌زدن به هر بخش از کار، در نظر گرفته شود. بازماندن و وقفه در میانه اجرای طرح، نه تنها در پیشرفت کار خدشه وارد می‌کند، بلکه از سرگرفتن دوباره کار مقدار بسیار زیادی بر هزینه‌های پیش‌بینی شده می‌افزاید.

۳. ویژگیهای خاکچال

بهتر است جای خاکچال دور از منابع طبیعی آب، مانند برکه، دریاچه، رودخانه، چاههای آب، تالاب یا دشتهای سیلاب‌گیر، و نیز، جاده‌های همگانی، شاهراهها، راه آهن و فرودگاهها انتخاب شود. افزون بر این، برای پاک نگهداشتن آبهای زیرزمینی و آبهای روان از آلودگیهای ممکن، بهتر است خاکچال را در پایین دست این‌گونه منابع و با در نظر گرفتن فاصله‌های زیر، برگزید:

۳-۱. منابع طبیعی آب

خاکچال نباید در فاصله‌ای کمتر از ۳۰۰ متر از دریاچه، یا برکه، یا هرگونه آب‌بند و سد، یا در فاصله‌ای کمتر از ۱۰۰ متر از رودخانه یا نهر - به‌ویژه اگر رودخانه برای کشتیرانی به‌کار رود - ساخته شود. چنانچه فراهم آوردن چنین فاصله‌ای با دشواری روبرو شود، با انجام کارهای ساختمانی ویژه‌ای، می‌توان این فاصله را تا به ۳۰ متر، کاهش داد.

۳-۲. زمینهای سیلاب‌گیر

خاکچال را نباید به‌جز هنگام ناچاری، در زمینی که احتمال سیل صدساله در آن هست، ساخت. در چنین حالتی، بهتر است به‌ساختن پشته‌های خاکی در کناره نهر پرداخت، تا از ورود سیل به‌زمین خاکچال، جلوگیری شود. اما هرگز نباید زمین خاکچال را در زمینهای سیلاب‌گیر کنار رودخانه، بنا کرد.

۳-۳. جاده‌ها و بزرگراهها

زمین خاکچال، دست‌کم باید ۳۰۰ متر از حریم جاده‌ها و بزرگراهها، دور باشد. بهتر است میان جاده و خاکچال، پشته‌های خاکی ساخته و روی آن را درختکاری کرد تا جاده و چشم‌انداز پیرامون آن، به‌زشتی نگراید.

۳-۴. گردشگاههای همگانی

زمین خاکچال، باید دست‌کم ۳۰۰ متر از گردشگاهها فاصله داشته باشد، و با برپا کردن چپرهای بلند و نصب در، برای آمد و شد، از نزدیک شدن مردم به‌کارگاه خاکچال، جلوگیری نمود.

۳-۵. شکارگاهها و زیستگاههای پرندگان

باید از ساختن خاکچال پیرامون شکارگاهها و زیستگاههای پرندگان خودداری ورزید، تا جان آنان به‌خطر نیافتد و نیز، از گسترش آلودگیهای خاکچال به‌آبادیهای نزدیک، پیشگیری به‌عمل آید.

۳-۶. تالابها

خاکچال را نباید در تالابهایی بنا کرد، که از دیدگاه سازمانهای گوناگون و در کشورهای مختلف، یکسان تعریف نشده‌اند.

۳-۷. فرودگاهها

برای پیشگیری از نزدیک شدن پرندگانی که همیشه روی کارگاه خاکچال، در پی خوردنی به پروازند، باید میان کارگاه خاکچال و فرودگاه، دست‌کم ۳ کیلومتر فاصله باشد.

۳-۸. چاههای آب

برای پرهیز از هرگونه آلودگی آب چاهها، باید میان خاکچال و چاههای آب شهری، دست‌کم ۴۰۰ متر فاصله باشد. اگر چاههای آب در پایین دست باشند، دوراندیشی بیشتری لازم است.

۴. مردم و طرح خاکچال

برای آگاهی همگانی، به‌ویژه مردم نزدیک به خاکچال، بهتر است از همان آغاز کار، نشانی «زمین»‌های دردست بررسی را در اختیار آنان گذاشت. بالا بردن آگاهی مردم از سودمندیهای طرح خاکچال و گرفتاریهای ناشی از آلودگیهای احتمالی آن، بسیار مهم است. پذیرش مردم از برنامه‌های بهزیستی شهری، همان اندازه پراهمیت است، که بررسیهای فنی و اقتصادی آن. زیرا، ساختمان و بهره‌برداری از خاکچال، با سر و صدای آلوده‌شد خودروها، گرد و غبار شلوغی و کاهش ارزش زمین و ساختمانهای پیرامون آن، همراه است. بنابراین، ناخشنودی مردم از اجرای چنین طرحهایی، چندان هم بی‌پایه نیست.

۵. فهرست‌بندی «زمین»‌های دردست بررسی

برپایه آنچه یاد شد، بهتر است زمینهای احتمالی برای ساختمان خاکچال، مرزبندی و مشخص شده، نقشه آنها در اختیار همگان و به‌ویژه دارندگان زمینهای همجوار، گذاشته

شود. روشن کردن طرح و نوشتن مفاهیم آن به‌زیبانی ساده، بسیار مهم است، تا مردم خود را با مبانی طرح، همراه و شریک بدانند و خود نیز راههای بهتری پیشنهاد نمایند، و اطلاعاتی را مطرح کنند، که چه بسا مهندسان، از آن آگاه نباشند. این شیوه برخورد با طرح، همیشه یاری‌رسان است. شناخت فنی زمین کارگاه، اصل دیگری از کار است که سرانجام، بر آن پایه می‌توان برخی از «زمین» ها را کنار گذاشت و از شمار زمینهای دردست بررسی کاست. با در نظر گرفتن اینکه، «زمین» دردست بررسی، ممکن است، صاحبان زیادی داشته باشد، باید از گرفتاریهای حقوقی نیز آگاهی داشت تا خرید و فراهم کردن «زمین» با دشواری برخورد نکند.

در طول دوران انجام این بررسیها، لازم است مهندس طرح سازمانهای مربوطه و شهرداری را از بررسیهای انجام شده آگاه کند تا هنگام ارائه گزارش، برخورد بازدارنده‌ای از پیشرفت کار پیش نیاید.

۶. گزینش قطعی زمین خاکچال

شاید در آغاز کار، بیش از ده قطعه «زمین» در نظر گرفته شود، اما تنها دو یا سه قطعه «زمین»، به‌همه خواستهای فنی، مالی و پذیرش همگانی، پاسخگو می‌شود. پس از انجام این وهله از کار و محدود کردن شمار زمینها، باید به بررسی فنی زمینهای به‌جا مانده پرداخت؛ و نیز، گزینش برداشتگاه یا برداشتگاههای خاک‌رس را، برای پوشش روزانه پسمانده را هم آغاز کرد.

۶-۱. شناخت فنی زمین

منظور از شناخت فنی زمین خاکچال، آگاهی از چگونگی لایه‌ها و چینه‌بندی خاک و تراز آب زیرزمینی کارگاه است. برای پرداختن به این بخش از بررسی، گامهای زیر برداشته می‌شود:

بررسی لایه زیرین زمین کارگاه: با نمونه‌برداری از خاک زیرزمین، می‌توان به چگونگی لایه‌بندی زمین کارگاه پی برد. اگرچه ویژگیهای مکانیکی خاک، یعنی یکپارچگی و ایستایی

آن، اساس بررسی در شناخت لایه‌های زیرزمین نیست، اما مطالعه یکپارچگی لایه‌های رسی پُر از مواد آلی، یا خاکهایی که گمان ریزش آنها می‌رود، بسیار مهم است. نکته مهم دیگر در شناخت فنی خاک، دانستن میزان تراوایی آزمایشگاهی و تراوایی کارگاهی لایه‌های خاک زیرزمین است. در طرحهای بزرگ، باید تراوایی افقی و عمودی از نمونه‌های دست‌نخورده از خاک را هم به دست آورد. این نسبت، برای خاکهای رس گوناگون، رقمی کمتر از ۷ است، اما برای خاکهای کائولینی تا به ۲۰ و در برخی از خاکهای رس با دانه‌بندی کاملاً افقی، ممکن است تا به ۱۰۰ هم برسد.

از دیگر بررسیهای فنی خاک در طرحهای خاکچال، چندمورد زیر، اهمیت بیشتری دارند:

الف) حد آتربرگ (Atterberg) برای خاکهای ریزدانه.

ب) دانه‌بندی و چگونگی پخش دانه‌ها.

ج) وجود شکستگی در لایه‌های رسی.

د) کلفتی هر لایه.

ه) ژرفای بستر سنگی.

و) ویژگیهای بستر سنگی.

ز) مقدار نم طبیعی خاک و درجه سیرابی لایه رسی.

دو مورد آخر، برای آگاهی از سطح آب زیرزمینی در لایه‌های خاک رس، جا و تراز ایستابه زیرزمینی - که با کارگذاری چاههای پایش آبهای زیرزمینی عملی می‌شود - مهم است. بودن خاک‌شناس و زمیناب‌شناس، هنگام انجام این‌گونه بررسیهای کارگاهی، ضروری است. از دیگر کارهای این مرحله، فراهم آوردن برنامه گمانه‌زنی، با همه جزئیات آن است. یادداشت‌برداری از دیده‌ها و شنیده‌ها و تهیه گزارش روزانه کار، باید جدی تلقی شده، اهمیت آن همواره به کارکنان گوشزد گردد و انجامش از آنان خواسته شود.

شمار نمونه‌های خاکبرداری و گمانه‌زنی لازم، که به درستی لایه‌های خاک و سطح سفره آب زیرزمینی را مشخص می‌کند، در طرحهای گوناگون یکسان نیست، اما برای راهنمایی، به پیشنهادهای زیر توجه شود:

۱) شمار گمانه‌ها در سطح کارگاه خاکچال، باید چنان باشد که دست‌کم تا ۲۵٪ بیش از

سطح کارگاه را دربرگیرد.

(۲) برای ۲ هکتار نخست از زمین خاکچال، ۵ گمانه و از آن پس برای هر هکتار از زمین کارگاه، ۲ گمانه لازم است، که باید همه سطح کارگاه را دربر گیرد.
(۳) ژرفای گمانه‌ها، دست‌کم باید تا به ۷/۵ متر زیر پی خاکچال برسد.

این گمانه‌ها برای شناخت نوع و چگبستگی خاک و آگاهی از ژرفای بستر سنگی و آبخیزگاه است. اگر ژرفای بستر سنگی و آبخیزگاه زیاد باشد، بهتر است دست‌کم دو گمانه را تا ۲ متر، درون آبخیزگاه و بستر سنگی ادامه داد.
از آنجا که رساندن ابزار و ماشینهای گمانه‌زنی به کارگاه پرهزینه است، باید برنامه کار چنان چیده شود که نیازی به بازگرداندن دوباره این ابزار به کارگاه نباشد.

۶-۲. بررسی برداشتگاههای خاک

گرچه برای خاکچالهای خودپالا، خاک رس روزانه چندانی لازم نیست، اما برای خاکچالهای مربوط به پسماندهای خطرزا، فراهم کردن خاک رس لازم، پرهزینه است. از این رو، باید از آغاز کار برداشتگاه یا برداشتگاههای گوناگون خاک رس را شناسایی کرد و اگر ساختمان زهکش هم لازم باشد، برداشتگاه ماسه نیز در مد نظر قرار گیرد. ویژگیهای زیر برای خاک مورد نیاز پیشنهاد می‌شود:

۶-۲-۱. خاک رس

خاک رس را برای لایه نخست، یا در خاکچالهای دوروکشه، برای لایه دوم نیز به کار می‌برند. چالهای آزمایش و گمانه‌های زده شده در کارگاه، جای خاک رس، گسترده‌گی آن و اینکه لایه‌ها افقی هستند یا عمودی، مشخص می‌کند، و به شناخت برداشتگاه خاک رس و مقدار خاک برداشتی ممکن، کمک می‌نماید. بهتر است، ۵ چال آزمایشی و ۵ گمانه برای هر دو هکتار نخست، و ۲ چال و ۲ گمانه برای هر هکتار اضافی از زمین کارگاه، زده شود به گونه‌ای که همه سطح کارگاه را، همسان دربر گیرد. نمونه‌های برداشتی، باید نمودار لایه‌های زیرزمینی و چگونگی رده‌بندی خاک باشد. از این رو، بهتر است دیده‌ها و شنیده‌ها، در گزارشهای روزانه یادداشت شود، که گاهی بر آینده، می‌تواند مشکل‌گشا شود. چنانچه ضخامت لایه رسی زیرزمین کارگاه، کمتر از ۱/۵ متر باشد، از برداشت آن چشم‌پوشی می‌پوشند.

سپس، منحنی دانه‌بندی خاک رسی را، که گمان می‌رود برداشت خواهد شد، ترسیم کرده و حد آتبرگ را برای دست‌کم ۲ تا ۳ نمونه از لایه رسی تعیین می‌کنند.

خاک رس درجا کوبیده‌ای که تراوایی آن، 1×10^{-7} سانتیمتر بر ثانیه و کمتر باشد، خاکی دلخواه است، اما از دید راهنمایی در به‌دست آوردن کمترین تراوایی خاک، مشخصات زیر پیشنهاد می‌شود: حد آبگونی ۲۰ تا ۳۰ درصد، نمایه خمیری ۱۰ تا ۲۰ درصد، دانه‌های $0/074$ میلیمتری یا کمتر (الک ۲۰۰)، ۵۰ درصد یا بیشتر، خاک رس $0/002$ میلیمتری یا ریزتر، ۲۵ درصد یا بیشتر. با این ویژگیها، خاکی که منحنی دانه‌بندی‌اش (S وارونه) باشد، به آسانی کوبیده شده و کمترین تراوایی را به‌دست می‌دهد. خاک با رس زیاد و دانه‌بندی نایک‌نواخت، به آسانی کوبیده نمی‌شود و هر اندازه هم که کوبیده شود، کمترین تراوایی از آن، حاصل نمی‌گردد.

برای به‌دست آوردن منحنی اصلاحی پروکتور، که پنج نقطه از منحنی را دربرگیرد، بهتر است پنج نمونه برای چهار هکتار نخست، و یک نمونه برای هر دو هکتار دیگر، در نظر گرفته شود. پس، برای چهار هکتار نخست پنج منحنی اصلاحی پروکتور، و برای هر دو هکتار دیگر از برداشتگاه خاک، یک منحنی پروکتور به‌دست خواهد آمد.

مطالعه پیوند میان کوبیدن، مقدار نم به‌هنگام کوبیدن، و تراوایی لایه‌های خاک رس که از نو کوبیده می‌شود، بسیار مهم است. برای این کار، بهتر است که تراوایی نمونه‌های پروکتورهای اصلاحی بررسی شده برپایه آن حدود از تغییرات تراوایی، که متناسب با مقدار نمهای گوناگون است (در رابطه با مقدار کوبیدن) مشخص شود. پژوهشهای انجام شده، گویای آن است که خاک خیس‌تر از نم مطلوب، تراوایی کمتری را به‌دست می‌دهد، تا خاکی که کمتر از نم مطلوب خیس باشد. خاک خیس‌تر از مقدار نم مطلوب، ورزپذیری و سرشتن بهتری را برای خاک فراهم می‌آورد.

۲-۲-۶. ماسه

بیشترین مقدار تراوایی (1×10^{-2} تا 1×10^{-3} سانتیمتر بر ثانیه) را از ماسه شسته زبردانه، یا حداکثر ۵ درصد از دانه‌های زیر $0/074$ میلیمتر (الک ۲۰۰)، به‌دست می‌آید. شمارگمانه و چالهای آزمایشی، همان است که در بالا، برای خاک رس آورده شد. اگر ضخامت لایه

ماسه‌ای کمتر از ۱/۵ متر باشد، بهتر است از برداشتن آن چشم‌پوشی شود. برای انجام دو گونه آزمایش لازم از ماسه، دو یا سه نمونه از هر چال یا گمانه برداشته شده و هر نمونه به‌طور جدا آزمایش می‌شود، تا چگونگی دانه‌بندی و مقدار تراوایی آن برای ۸۰ تا ۹۰ درصد تراکم نسبی، روشن گردد. ناگفته نماند که تراوایی ماسه شسته، ارتباط چندانی با کوبیدن آن ندارد.

۶-۲-۳. خاک لای‌دار

۶۰ تا ۹۰ سانتیمتر خاک لای‌دار را، روی پوشش پایانی خاکچال که از جنس رس است، می‌ریزند، تا از یخ‌زدگی، خشک شدن و ترک خوردن آن، جلوگیری شود. شمار چال و گمانه برای دانستن وضع برداشتگاه خاک لای‌دار، همان است که برای برداشتگاه خاک رس گفته شد.

الف) روخاک. آخرین لایه خاکی روی پوشش پایانی خاکچال را، روخاک می‌گویند که پراز مواد آلی است. معمول است که در آغاز کار ساختمانی، خاک رویه زمین طبیعی را پس زده و برای کاربرد روی پوشش پایانی، در کارگاه انبار می‌کنند. اگر چنین خاکی یافت نشود، یا به‌اندازه نباشد، باید برداشتگاه چنین خاکی نیز، در آغاز کار، بررسی شود. رایزنی با مهندسان کشاورزی، برای بهبودی و افزایش تیران خاک و دانستن مقدار اسید خاک که با آمیختن با خاکهای دیگر میسر می‌گردد، شیوه‌ای پسندیده است.

ب) شبکه گردآوری آب‌باله و روکشهای ساختگی. بهتر است به‌هنگام بررسیهای نخستین با سازندگان لوله و سازندگان روکشهای گوناگون ساختگی (ماشینی)، به‌گفتگو نشست و از ساخته‌ها و فرآورده‌هایی که بر سازندگان آن روشن است و در آستانه آوردن به‌بازار، یا در برنامه‌های آینده آنان است، پیش‌آگاهی یافت.

۷. گزارش بررسیهای نخستین

هدف از بررسی‌های نخستین، آگاهی از مناسب بودن کارگاهی است که برای ساختمان

خاکچال شهر، یا چال کردن پسمانده‌های ویژه، پیش‌بینی شده است. این گزارش، باید در هماهنگی با خواسته‌های کارفرما باشد و از نظر فنی و برخی از گرفتاریهای حقوقی در به‌دست آوردن زمین یا زمینهای لازم، پیش‌بینی‌های ممکن را خاطر نشان کند. برخی دیگر از نکته‌هایی که در این‌گونه گزارش‌ها گنجانده می‌شوند در زیر یاد شده است.

۷-۱. ویژگیهای فنی خاک

گزارش نخستین، باید شرحی کامل از کارگاه خاکچال، نقشه بستر سنگی و ژرفای آن، چگونگی توزیع بخشهای دست نخورده و نامتراکم، و ترازنمای سطح زمین را ارائه دهد. خطهای تراز در نقشه تراز نما، بهتر است ۳۰ تا ۶۰ سانتیمتری باشد.

۷-۲. هیدرولوژی

بررسیهای هیدرولوژی، باید گویای ژرفای آب زیرزمینی، جهت جریان آب زیرزمینی، شیب هیدرولیکی افقی و عمودی آب، بودن هرگونه تقسیم، بُره و بخش شدن آب زیرزمینی و ژرفای سودمند آبخیزگاه باشد. برای دست یافتن به چنین آگاهی از زیرزمین، از چاههای بازدید که کنده یا کارگذاری می‌گردند، استفاده می‌شود. اگر سازمانهای دست‌اندرکار شمارش چاهها را در آیین‌نامه نیاورده باشند، پیشنهادهای زیر، در این زمینه سودمند است: - برای دو هکتار نخست، دو چاه تا سفره آب زیرزمینی لازم است. دست‌کم در ۲۵ درصد از محل سفره آب زیرزمینی، باید چاه دوم را کار گذارد، تا بتوان پیزومتر عمودی را بررسی کرد. چاهها و پیزومترها باید به درستی کارگذاری شوند. به این معنی که از دانه‌های ریز و خرده خاکهای حاصل از سوراخ کردن زمین و جز اینها، پاک شوند و دیواره شکاف‌دار فلزی چاه نیز، از این‌گونه مصالح ریزدانه زدوده شده باشد تا اطمینان حاصل شود که آب به آسانی به درون چاه کشانده می‌شود. چنین کاری، نیاز به تلمبه‌زنی دارد و دست‌کم، دو تا سه برابر حجم آب چاه را باید تلمبه کرد. با این کار، سطح آب زیرزمینی برای مدتی، ایستا و یک تراز نمی‌ماند. برگشت آب به تراز نخست، در خاک رس، در بیشترین زمان و در زمینهای ماسه‌ای، در کوتاهترین زمان، رخ می‌دهد. نکته دیگر، نوسانهای سطح آب زیرزمینی در طول سال، یعنی همان نوسانهای موسمی است که با گذشت زمان تغییر می‌کند. پس، بهتر

است تراز آب زیرزمینی را در طول سال، اندازه‌گیری کرد، تا نوسانهای موسمی آب و بالاترین تراز سطح آن، دانسته شود.

کیفیت آب زیرزمینی، باید پیش از ریختن و چال کردن پسمانده در خاکچال، دانسته شود. برای انجام آزمایش کیفی آب، می‌توان از آب چاه و پیزومتر نمونه‌برداری کرد و آزمایشهای لازم را انجام داد. شمارش نمونه‌ها، بهتر است دست‌کم چهار و یا از هر چاه نمونه‌ای برداشته شود.

۷-۳. اثر ساختمان خاکچال بر محیط زیست

بررسی اثر ساختمان خاکچال در محیط زیست پیرامون‌اش، مهم است. خاکچال، می‌تواند آثار ناخوشایندی بر جانوران، گیاهان و رستنیها و آبهای سطحی و زیرزمینی گذارده و هوای منطقه را نیز، آلوده کند. در این باره، لازم است، مهندس طرح همیشه با کارفرما و سازمانهای دست‌اندرکار، در پی یافتن مناسبترین راههای اجرایی باشند.

۷-۴. طرح پنداره‌ای خاکچال

مهندس طرح خاکچال، باید طرح دلخواه پنداره‌ای خود را آشکارا به همگان نشان دهد. در این زمینه، روشن کردن چگونگی آب‌زیرین خاکچال، حجم و ظرفیت خاکچال، نوع، چگونگی و کلفتی روکش / روکشهای رسی یا مصنوعی، شبکه گردآوری آب‌زباله، ترازبندی پایانی کارگاه، پوشش پایانی خاکچال، جهت رانش آبهای سطحی در کارگاه، شیوه پالایش آب‌زباله (که در تصفیه‌خانه‌ای در کارگاه، یا بیرون از آن انجام خواهد گرفت)، کاربرد آینده کارگاه خاکچال پس از پُر شدن و تکمیل پوشش پایانی آن - که درختکاری شده و به فضای سبز و گردشگاه تبدیل خواهد شد - از نکته‌های مهم گزارش مهندس طرح است.

۷-۵. برنامه‌های پیش‌بینی نشده

گزارش، باید پیش‌بینی‌هایی را که در آغاز کار دیر از ذهن می‌نماید، اما احتمال رویداد آنها وجود دارد، یادآوری کرده و رهنمود دهد. برای مثال، اگر آب زیرزمینی در گستره کارگاه، به هر دلیلی آلوده شد، چه راه یا راههایی برای بازیابی آن میسر است. این‌گونه پیش‌بینی‌ها،

اگرچه برای خاکچالهای کوچک ضروری نیست، اما برای خاکچالهای بزرگ، با پسماندهای گوناگون بی خطر و خطرزا، بسیار مهم است. زیرا، دیده شده است برای کارگاهی که از همه نظر مناسب بوده، به این نتیجه رسیده اند که به رغم کاربرد روکش ماشینی و کوششهای فنی دیگر، باز هم از آلودگی آبهای زیرزمینی، نمی توان پیشگیری نمود و ناچار، جای کارگاه را عوض می کنند یا از روکش دولا یا روکش ساختگی با کیفیتی برتر، بهره می گیرند، که البته بسیار پرهزینه است.



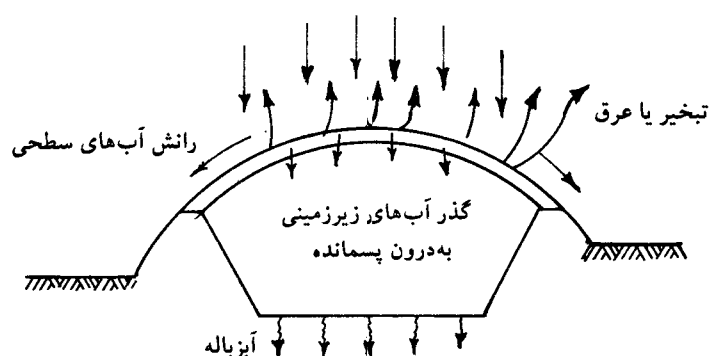
گفتار سوم

پیدایش آبزباله و گاز

۱. شناسایی

هدف از این گفتار شناساندن آبزباله و گاز حاصل از پسمانده و چگونگی بستگی آنها به طرح خاکچال است. آگاهی از چندی و چونی آبزباله در دوران بهره‌برداری از خاکچال و پس از بسته شدن روی آن، در گرداندن خاکچال، شیوه تصفیه و دفع آبزباله اثر می‌گذارد. از اینرو، باید شناختی خوب از آن داشت.

آبزباله در خاکچال، در اثر خروج آب یا مایعهای دیگر از درون پسمانده و زباله، یا فشرده شدن زباله زیر سنگینی خود، به وجود می‌آید. آبزباله آلوده بوده و دارای مواد محلول و شناور گوناگونی است. فروشدن آبهای بارندگی و آب شدن برف در پوشش خاکچال، به هنگام رخنه و گذر از پسمانده، واکنشهای فیزیکی و شیمیایی پدید می‌آورد. این مایع آبگون با آبزباله ناشی از سنگینی و در هم فشردگی پسمانده فروتر رفته و به سفره آب زیرزمینی رسیده، آن را آلوده می‌سازد، شکل ۳ - ۱. افزودن بر آلودگیهای یادشده، جابه‌جا شدن میکروبهای گوناگون نیز بر فرآیند پوسیدگی زباله‌های شهری و بر کیفیت آبزباله اثر می‌گذارد. از زباله شهری، گاز متان، اکسیدکربن، آمونیاک و گازهایی مانند هیدروژن سولفور، در اثر کنش و واکنشهای میکروبی، متصاعد می‌شود. این گازها، در آب حل می‌شوند و



شکل ۳-۱. چگونگی پیدایش آب زباله.

موجب واکنشهای دیگری می گردند. سپس، با آب و مایه های آبگون دیگر در آمیخته و ترکیبهای دیگری را پدید می آورند. به طوری که، اکسید کربن در ترکیب با آب، اسید کربنیک ایجاد می کند که خود برخی از ماده های کانی را حل کرده و ترکیبهای دیگری به دست می دهد. کنش و واکنشهای شیمیایی - بسته به چگونگی و نوع پسمانده - آمیخته های شیمیایی گوناگونی را پدید می آورد که باید از آنها آگاه بود. فراموش نشود که اگر از گذر آب از درون زباله جلوگیری شود، باز کمی آبگون آلوده، در اثر واکنشهای بیولوژیکی و شیمیایی حاصل می شود که آب زباله به شمار می آید و خاتمچال را باید متناسب با آثار آن، طرح و بنا کرد.

۱-۲. اثر پدیده های گوناگون در چگونگی آب زباله

پدیده های زیر، در کیفیت آب زباله مؤثراند:

۱-۳. ترکیب بندی مواد وازده

تغییر در ترکیب مواد وازده در زباله شهری، بیش از پسمانده های صنعتی است و چون میزان تغییر کیفی مواد پوسیدنی بیش از مواد ناپوسیدنی است، کیفیت آب زباله اشغالهای شهری، متنوع تر می شود.

۱-۴. زمان

کیفیت آب زباله، با گذشت زمان دگرگونه می شود، به طوری که غلظت آب زباله در سالهای

نخست بهره‌برداری، از غلظت آن در سالهای بعدی بیشتر است. افت و خیز در چگونگی آبزباله، آن‌گونه که در شکل ۳-۲ نشان داده شده، یکنواخت نیست، زیرا، همه مواد آلاینده همزمان با هم به بیشترین غلظت خود نمی‌رسند.



شکل ۳-۲. نمودار دگرشدن کیفیت آبزباله با گذشت زمان.

۱-۵. گرمی و سردی هوا

گرم و سرما، در نمو باکتریها و واکنشهای شیمیایی مؤثر است و در کیفیت آبزباله هر خاکچالی، اثر می‌گذارد. سرما و یخبندان، ممکن است برخی از پسماندها و آبزباله را منجمد کند و از پاره‌ای واکنشهای درونی، جلوگیری به عمل آورد. اگرچه گزارشهای دردست، نشان می‌دهد که در سخت‌ترین سرما نیز، تنها گوشه‌هایی از خاکچال، یخ می‌بندد.

۱-۶. مقدار نم پسمانده

مقدار نم پسمانده در پیدایش مواد شیمیایی درون آبزباله، مؤثر است. از این‌رو، کیفیت آبزباله مناطق پر باران با آبزباله مناطق خشک، یکسان نیست.

۱-۷. اکسیژن موجود

بودن اکسیژن در پسماندها، به‌ویژه در پسماندهای پوسیدنی مهم است. مواد شیمیایی که

در اثر کنش و واکنش باکتریهای هوازی به وجود می آید، با آنچه در اثر باکتریهای بی هوازی حاصل می شود، یکی نیست. با ریختن زباله و پوشش روزانه و هفتگی خاکچال با خاک، از رخنه هوا به درون پسمانده کاسته شده و مقدار اکسیژن کم می شود. بنابراین، خود به خود شرایط بی هوایی و جنبش باکتریهای بی هوازی پدید می آید و هرچه ژرفای پسمانده بیشتر باشد، چالش باکتریهای بی هوازی، محسوستر می گردد.

۲. پدیده‌های مؤثر در مقدار آبزباله

پدیده‌های زیر، در مقدار آبزباله تولیدی اثر می‌گذارد:

۲-۱. بارش

مقدار بارش باران و برف بر روی خاکچال، اثر مستقیم بر مقدار آبزباله تولیدی دارد.

۲-۲. بالا آمدن آبهای زیرزمینی

با بالا بودن تراز سفره آب زیرزمینی، چون کف شالوده خاکچال زیر سطح سفره آب زیرزمینی نهاده می شود، آب زیرزمینی به سوی پسمانده کشانده شده و مقدار آبزباله افزایش می‌یابد.

۲-۳. مقدار آبزباله و ماده‌های واژه

فشار ناشی از سنگینی پسمانده و گذر آب از آن، سبب افزایش آبزباله می شود. پسمانده‌های سیرآب نشده، آب را تا رسیدن به حد سیرآبی - که در اصطلاح «ظرفیت خیزی کارگاهی» گفته می شود - به خود می‌کشاند. از این رو، پسمانده خشک، آبزباله کمتری تولید می‌کند. در برخی از موارد، آب از لابلای آشغال، بی آنکه آشغالها را شسته و مواد شیمیایی را در خود فرو کشاند، روان می شود. در این حالت، مقدار جذب آبزباله، کمتر از آن است که در آزمایشگاه تعیین می شود. در شهرهایی که لجن تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری را در خاکچال می‌ریزند، مقدار آبزباله بیشتر است.

۲-۴. طرح پوشش پایانی

با پوشاندن روی خاکچال و تکمیل پوشش پایانی، رفته رفته، مقدار آبزیاله هم به دو دلیل زیر، کاهش می یابد:

- رویش رستنیها روی پوشش پایانی و فراكشیدن آبهای درون خاکچال، و نیز تبخیر و تعرق، از آب درون خاکچال می کاهد.

- آبهای بارندگی به سوی مجاری گردآوری آبهای سطحی در کارگاه روان شده و از گستره خاکچال دور می گردد. از این رو، همان گونه که خواهد آمد طرح درست پوشش پایانی خاکچال، بسیار پر اهمیت است.

۳-۳. حجم آبزیاله

حجم آبزیاله تولیدی بستگی به مقدار بارندگی دارد. از آنجا که برآورد مقدار بارش کار ساده ای نیست، آگاهی از حجم آبزیاله نیز به سادگی انجام نمی پذیرد. چون آبزیاله حاصل، در طرح شبکه گردآوری آبزیاله، فاصله لوله ها، محاسبه انبار آبزیاله و شیوه تصفیه آبزیاله (که در کارگاه خاکچال صورت می گیرد یا به تصفیه خانه شهر برده می شود)، اثر می گذارد و برآورد درست از مقدار آن، مهم است. در زیر، شیوه برآورد حجم آبزیاله تولیدی در زمان بهره برداری و پس از بسته شدن خاکچال، آورده می شود.

۳-۱. مقدار آبزیاله تولیدی پیش از بستن روی خاکچال

گفته شد که بیشتر آبزیاله، با فروشدن آبهای بارندگی و فشرده گی و بیرون آمدن آبگوینها از روزنه های آشغال ریخته شده در خاکچال، به دست می آید. منبع دیگر تولید آبزیاله، از هم پاشیدگی پسماندهای پوسیدنی است که موجب آزاد شدن آب و دیگر آبگوینها می گردد. آزمونهای در دست، نشان می دهد که مقدار آبزیاله ناشی از پوسیدن و از هم فرو پاشیدن پسمانده، با اینکه به چهار سانتیمتر به ازای هر متر بلندی پسمانده می رسد، چشم پوشیدنی است. برای کاستن از مقدار آبزیاله، شبکه گردآوری آبهای سطحی در کارگاه خاکچال را چنان پیش بینی می کنند که آبهای سطحی از خاکچال دور شود. به طور کلی، حجم آبزیاله را

پیش از بستن روی خاکچال، در صورتی که، نخواهند از ساختن مدل و روش تجربی سود جویند، از رابطه زیر که در کارهای هیدرولوژی به کار می‌رود، به دست می‌آورند:

$$L_v = S + P - E - FC$$

در این رابطه:

L_v = حجم آبزباله پیش از بستن روی خاکچال.

S = حجم آب / آبگون ناشی از فشرده شدن پسمانده.

P = مقدار بارندگی.

E = حجم آب / آبگون از دست رفته در اثر تبخیر.

FC = ظرفیت کارگاهی پسمانده.

گمان زدن درست مقدار FC ، E و δ دشوار است، اما با آزمودن و بررسیهای هم‌جانبه، رقمهایی را می‌شود پذیرفت. از موارد دیگری که در مقدار آبزباله اثر می‌گذارد، چند مورد زیر نام‌بردنی است:

الف) آبزباله ناشی از فشرده شدن پسمانده

با ریختن لجن به دست آمده از تصفیه فاضلاب شهری در خاکچال، آبی که روزنه‌های لجن را پر کرده - در اثر درهم فشردگی لجن و سنگینی لایه‌های زباله - بیرون می‌زند. بیرون زدگی آب با فشرده شدن و جا افتادن لجن رخ می‌دهد و هر دو مرحله فشردگی، یعنی تراکم نخستین و تراکم دوم، ممکن است، رخ دهد. تراکم دوم برای پسمانده‌های پوسیدنی بیشتر رخ می‌دهد، که خود بخشی ناشی از خزش بافتهای پوسته‌ای و بخشی در اثر واکنش میکروبی مواد آلی موجود در پسمانده‌هاست. با وجود این، چون کل حجم آبزباله در تراکم دوم چندان نیست، به مقدار آبزباله مرحله نخستین بسنده می‌شود، که برآوردی پذیرفتنی برای تهیه طرح خاکچال است.

برای به دست آوردن آبزباله حاصل از ریختن لجن در خاکچال، شیوه‌های گوناگونی، از جمله روش آزمایشگاهی زیر، به کار می‌رود:

لجن را در قالب پروکتور ریخته و بر آن فشاری همسنگ بیشترین وزن لجن در خاکچال، وارد می‌کنند. فشار را چندین روز ثابت نگهداشته و میزان نشست لجن را

یادداشت می‌کنند. فرض آن است که همه نشست در اثر درهم‌رفتگی و جمع شدن روزنه‌ها و به‌سختی دیگر، بیرون شدن آب لجن از درون منفذهای لجن به‌دست می‌آید. با چنین فرضی، برآورد آزمایشگاهی آبزیاله را به‌دست آورده و در طرح خاکچال به کار می‌گیرند. نباید با دستگاههای مکانیکی، به لجن فشاری بیش از آنچه در خاکچال خواهد بود، وارد کرد، زیرا آبزیاله بیشتری بیرون می‌زند که همراه‌کننده است و پیامد آن، پرهزینه شدن بیهوده طرح.

ب) کاهش آبزیاله در اثر تبخیر

خیسی ناشی از بارش در خاکچال، پدیده تبخیر را به وجود می‌آورد، که مقدار آن، به گرمای محیط، تندی وزش باد، تغییر فشار بخار شدن میان سطح تبخیر و هوا، چگالی آبگونی که تبخیر می‌شود و فشار جو بستگی دارد. در این باره، آگاهیهای زیر سودمند است:

- با افزایش ۱٪ چگالی آبگون، ۱٪ کاهش در میزان تبخیر گزارش شده است.
- خاک، گرایش به خود کشاندن مولکولهای آب دارد که با میزان نم و دیگر مشخصات خاک بستگی دارد.

- میزان تبخیر از خاک سیرآب نشده، در چارچوب تغییرات میزان نم خاک، یکسان به جای می‌ماند، اما اگر لایه‌های خاک نازک باشد (۱۰ تا ۲۰ سانتیمتر)، تبخیر ادامه می‌یابد تا به نقطه پژمردگی و پلاسیده شدن برسد (پژمردگی هنگامی روی می‌دهد که نم خاک به اندازه‌ای کاهش یابد، که آب کافی برای زنده نگهداشتن سلولهای گیاهی به آنها نرسد).

- میزان تبخیر برای خاکهای سیرآب، صد درصد و برای خاکهای خشک، صفر درصد انگاشته شده و برای خاک در ژرفای زیاد، تبخیر را به شمار نمی‌آورند.

برای اندازه‌گیری تبخیر از سطح آب، از تشت آهنی گالوانیزه رنگ‌نرده استفاده می‌کنند. اندازه تشت را در آمریکا ۴ فوت و به بلندی ۱۰ اینچ در نظر گرفته و آن را در ۱۲ اینچی از روی زمین، روی چهارپایه‌ای چوبی کار می‌گذارند. میزان تبخیر اندازه‌گیری شده را در ضریبی که آن را «ضریب تشت» می‌نامند و برابر است با ۰/۶۷ - ۰/۸۱، ضرب می‌کنند. از آنجا که این رقم بیشتر گویای تبخیر از برکه و دریاچه است، بهتر است اندازه تبخیر برای

خاکچال، که همیشه در شرایط سیرابی کامل نیست، در درازمدت انجام گیرد.

ج) کاهش آبریزاله در اثر خاصیت در خودفروکشی پسمانده

پسمانده می‌تواند کمی از نم آب را پیش از گذر آب از روزنه‌هایش، در خود فرودکشد. این در خودفروکشی، تا هنگامی ادامه دارد که پسمانده به‌خیزی کامل نرسیده و با افزایش بارش، آبهای فرورفته در خاکچال، به‌صورت آبریزاله ظاهر نشده است. بنابر تعریف، ظرفیت «خیزی کارگاهی» برای هر پسمانده، حداکثر نمی‌است که پسمانده در مقابله با کشش نیروی ثقل می‌تواند دارا باشد، بی‌آنکه آب یا آبگون، از آن به‌پایین جاری شود. مقدار آب در خودفروکشی پسمانده‌ها یکسان نیست و چون در خاکچال پسمانده‌های گوناگون و ناهمگون ریخته می‌شود، برآورد درست این شناسه دشوار است. نکته دیگر در این زمینه، امکان باز شدن باریکه‌راههایی از میان توده‌های روی هم انباشته از پسمانده است، که باز ناشی از ناهمگونی پسمانده‌هاست. بر پایه بررسیهای انجام شده و با دانستن نوع و مشخصات پسمانده، می‌توان ظرفیت «خیزی کارگاهی» را برای پسمانده، برآورد کرد.

بر پایه یافته‌های در دست، میانگین ظرفیت خیزی آشغال شهری را می‌توان برابر ۳۲ سانتیمتر بر مترمکعب و میزان نم اولیه را ۱۲ سانتیمتر بر مترمکعب در نظر گرفت. به این ترتیب، آشغالهای شهری می‌تواند به‌طور متوسط تا ۲۰ سانتیمتر نم اضافی را در خود فرودکشد. البته، با راه باریکه باز کردن و گریز آب از نقبها، ظرفیت خیزی آشغال به‌رقم یادشده در بالا، نمی‌رسد. برای لجن ریخته‌شده در خاکچال، چون کاملاً خیس است، در محاسبه آبریزاله رقمی برای آب در خود فروکشیدن وارد نمی‌کنند. در مورد پسمانده کوره‌ها و قالب‌سازی، که پسمانده آنها ماسه‌دار و پوسیده‌شدنی نیست، ظرفیت خیزی کارگاهی پسمانده را نادیده می‌انگارند. با فراهم آوردن برنامه‌ای در ریختن و پخش لایه‌های گوناگون پسمانده‌ها، می‌توان میزان خیزی را افزوده و به این ترتیب، از حجم آبریزاله کاست.

۳-۲. مقدار آبریزاله پس از بستن خاکچال

با بستن روی خاکچال، آبی که به‌پسمانده می‌رسد، تبدیل به آبریزاله می‌شود. برای برآورد آبریزاله از این بابت، روشهای زیر به کار گرفته می‌شود: روش توازن آب، مدل کامپیوتری در

ارتباط با روش توازن آب، روش آزمون مدل‌های ریاضی و اندازه‌گیری مستقیم نشت آب.

۳-۲-۱. روش توازن آب

این روش بر رابطه زیر استوار است:

$$L'V = P - ET - R - \Delta S$$

$L'V$ = حجم آبزیاله، پس از بستن روی خاکچال

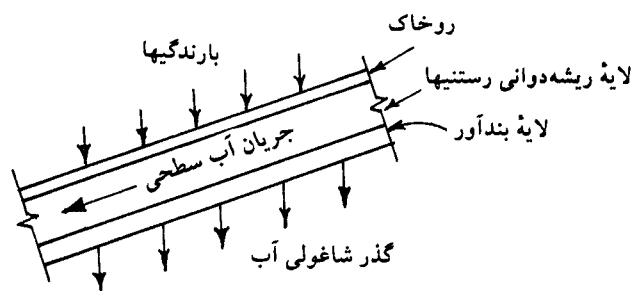
P = حجم بارندگی

ET = حجم بخار - عرق

R = حجم آب سطحی جاری

ΔS = حجم نمآب انبارشده در خاک

به‌هنگام بارش روی پوشش پایانی خاکچال، بخشی از آب سطحی (R) به بیرون از سطح خاکچال رانده می‌شود، بخشی در رویدن گیاهان به کار می‌رود و بازمانده آن، از رویه خاکچال به درون نشت می‌کند و در خاک به جای می‌ماند، شکل ۳-۳. این روش، برای خاکچال‌های با خاک پرتراوا است. خاکچال‌هایی که پوشش پایانی آنها خاک رس یا روکش‌های ماشینی است، از مقدار نشت آب، بسیار کاسته می‌شود.



شکل ۳-۳. سهم‌بندی بارندگی در گذر از پوشش خاکچال.

۳-۲-۱-۱. بخار-عرق

بخار آب، سبب کاهش آب سطحی خاک (بند ۴-۳-۱) شده و عرق کردن با کشیده شدن آب به سوی ریشه رستنیها و سپس پس دادن آن، رخ می دهد. اندازه گیری جداگانه این دو پدیده دشوار است، از این رو، این دو پدیده را با کاربرد دو روش زیر، یکجا اندازه گیری می کنند:

الف) روش آزمونی

میزان بخار-عرق، بستگی به نوع رستنی و گیاهان پوششی خاکچال دارد، اما با این فرض که رستنیها، همیشه آب مورد نیاز خود را دارا هستند، می توان میزان بخار-عرق را برابر میزان بخار آب از تشت - با منظور داشتن ضریب تبخیر تشت - به شمار آورد.

ب) شیوه نظری - آزمونی

در این باره، روشهای گوناگونی پیشنهاد شده است که در اساس، به میانگین دما و میانگین نم نسبی ماهیانه کارگاه خاکچال، بستگی دارد. برخی، این رابطه را خطی ندانسته و به صورت توانی می دانند. آزمایشهای انجام شده، گویای آن است که میزان بخار-عرق، به جای کارگاه و نوع و ریشه رستنیها بستگی دارد و تا ۴۰۰٪ هم تغییر می کند.

۳-۲-۱-۲. آبهای سطحی

روش برآورد آبهای سطحی ناشی از بارش باران، با بارش برف یکسان نیست. باران، در زمانی کوتاه آب سطحی به بار می آورد، در حالی که برف، پس از آب شدن به صورت نشت آب پدیدار می شود. در زیر، روشهای اندازه گیری هر دو مورد آورده شده است.

الف) برآورد آبهای سطحی، اندازه گیری درجا

نخستین گام در این زمینه، مرزبندی و مشخص کردن محدوده اندازه گیری آبهای سطحی است. دستگاه اندازه گیری را در جوار منطقه مورد آزمایش کار گذارده و در فواصل زمانی مشخص که نباید بیش از یک ساعت باشد، مقدار بارش اندازه گیری می شود. برای این کار، چند منطقه را با شیب گوناگون و با همان خاک پوشش پایانی و رستنیهای روی آن، در نظر

گرفته و آزمایشها را انجام می دهند. چون این شیوه پرهزینه است، بهره جستن از روش آزمونی، خواهان بیشتری دارد.

ب) رابطه آزمونی

از میان چند روش، دو شیوه زیر، بیشتر در آمریکا معمول است:
 ۱- روش منطقی: رابطه زیر، گویای روش منطقی است و حداکثر آب سطحی را مشخص می کند.

$$R = CIA_S$$

در این رابطه:

C = ضریب بارندگی.

R = مقدار روان آب سطحی ناشی از بارندگی، برحسب لیتر در ثانیه.

I = مقدار بارش یکنواخت، برحسب سانتیمتر در ساعت.

A_S = سطح خاکچال، برحسب هکتار.

نکته مهم در این رابطه، گزینش درست و مناسب ضریب بارندگی (C) است که بستگی به شرایط کارگاه خاکچال دارد. در این روش آزمونی، پیوستگی میان مدت بارندگی با مقدار آب جاری سطحی، خیزی خاک پیش از بارندگی، بسامد بارندگی و میزان تراوایی رویه خاکچال، به شمار آورده نمی شود.

مثال ۳-۱

مقدار آب سطحی حاصل را، برای خاکچالی به مساحت ۵ هکتار و به ازای داده های زیر، برآورد نمایید. بارندگی ده ساله با شدت بارندگی ۲۴ ساعته، ۶/۵ سانتیمتر در ساعت است، پوشش پایانی خاکچال با لایه های زیر: ۳۰ سانتیمتر ماسه روی پسمانده، ۶۰ سانتیمتر خاک رس از نو کوبیده، ۷۵ سانتیمتر ماسه لای دار، ۱۵ سانتیمتر رو خاک؛ روی خاکچال به خوبی با رستنی پوشیده شده و شیب پوشش پایانی ۲٪ تا ۵٪ است.
 بر پایه جدول ۳-۱، مقدار C برای خاک ماسه ای با شیب ۲٪ تا ۷٪، برابر ۴/۱۰، و

برای خاک توپر با شیب ۲٪ تا ۷٪، برابر ۶/۰۵ است، که میانگین آن ۵/۰۷۵ می شود. بر پایه آنچه رفت، مقدار آب سطحی، برابر با ۱۶۵ لیتر در ثانیه می گردد.

جدول ۳-۱. ضریب بارندگی (C)، برای بسامد ۵ تا ۱۰ سال

ضریب بارندگی (C)		زمین کارگاه
اروپایی	آمریکایی	
۸/۲۵ - ۲/۷۵	۰/۳۰ - ۰/۱۰	۱ - زمین بایر و دست نخورده
		۲ - چمن، روخاک ماسه دار:
۲/۷۵ - ۱/۳۷	۰/۱۰ - ۰/۰۵	- زمین صاف، شیب ۰ - ۲٪
۴/۱۰ - ۲/۷۵	۰/۱۵ - ۰/۱۰	- شیب ۲ تا ۷٪
۵/۵۰ - ۴/۱۰	۰/۲۰ - ۰/۱۵	- شیب تندتر از ۷٪
		۳ - چمن، روی زمین سخت:
۴/۷۰ - ۳/۶۰	۰/۱۷ - ۰/۱۳	- زمین صاف، شیب ۰ - ۲٪
۶/۰۵ - ۴/۹۵	۰/۲۲ - ۰/۱۸	- شیب ۲ تا ۷٪
۹/۷۰ - ۷/۰۰	۰/۳۵ - ۰/۲۵	- شیب تندتر از ۷٪

ج) روش شمارش منحنی

این شیوه را وزارت کشاورزی آمریکا، بیشتر برای برآورد مقدار آب روان بر زمینهای زیرکشت، به کار می برد. در این روش، افزون بر حجم آب باران، خاک پوششی روی زمین، چگونگی کاربرد زمین و خیزی زمین پیش از بارندگی نیز، در نظر گرفته می شود. میزان خیزی پیش از بارش را، متناسب با موسم سال (دوران خموشی و دوران بالندگی گیاهان) و باران پنج روزه پیشین، به سه گروه تقسیم می کنند. خاک را نیز، بر پایه امکان جاری شدن آب سطحی به روی آن، در چهار گروه رده بندی می نمایند. به این معنی که خاک رس دار، بیش از همه زمینها و زمین ماسه ای یا شن بوم، کمترین جریان آب سطحی ناشی از بارندگی را سبب می گردد. با در نظر گرفتن آنچه آورده شد، کاربرد زمین و پوشش آن را تعیین نموده، آنگاه، با سبک سنگین کردن این یافته ها و کاربرد جدولهای در دست، مقدار آب سطحی را برای

شهرهای آمریکا، از رابطه زیر، به دست می آورند:

$$Ri = \frac{\{Wp - 0.2 [(1000/CN) - 10]\}^2}{Wp + 0.8 [(1000/CN) - 10]}$$

در این رابطه، Ri مقدار آب سطحی یا روان برحسب اینچ، Wp مقدار بارندگی برحسب اینچ و CN شماره منحنی است. (Curve Number)

۳-۲-۱-۳. نشتاب پیش از برفاب

در مناطق سردسیر و برف گیر، با آب شدن برف، بر مقدار آبزباله افزوده می شود، که در آغاز موسم بهار، به اوج می رسد. اندازه نشتاب، به زمین (یخ زده یا یخ نزده)، دمای هوا و مدت سرما (آب شدن برف بستگی به دما دارد که دست کم باید یک یا چند روز، بالای صفر باشد)، تندی تابش خورشید یا ابری بودن هوا، بارش همزمان با آب شدن برف (باران بر آب شدن برف می افزاید)، بستگی دارد. پس، پدیده های گوناگونی بر مقدار برفاب و در نتیجه، نشتاب اثر می گذارد و پیش بینی مقدار آن را دشوار می کند. برای برآورد مقدار آب سطحی ناشی از آب شدن برف، یا نشتاب حاصل، دو روش به کار می رود: روش «درجه - روز»، و رابطه ای که سازمان مهندسان ارتش آمریکا، آن را ارائه کرده است:

الف) روش «درجه - روز»

رابطه زیر، برای برآورد مقدار نشتاب ناشی از برفاب، پیشنهاد شده است:

$$SM = K(T - 32)$$

در این رابطه:

SM = مقدار برفاب ممکن و نشتاب ناشی از آن، برحسب اینچ.

K = ضریب ثابت، که به حوزه برف گیر و پخش آب بستگی دارد.

T = دمای هوا، که بالای ۳۲ درجه فارنهایت است.

$(T-32)$ شمارش «درجه - روز»، برای یک روز است. کل نشتاب برآورد شده ناشی از برفاب، نباید بیش از کل آب هم سنگ با برف باریده شده باشد (هر واحد آب، هم سنگ با ۱۰ واحد برف است).

مثال ۳-۲

مقدار نشت آب ناشی از بارش ۱۸ اینچ برف را در موسم بهار، در صورتی که میانگین دمای روزانه در پنج روز، به ترتیب ۳۳، ۳۴، ۲۹، ۳۱ و ۳۶ درجه فارنهایت باشد، برآورد نمایید. بر پایه جدول ۳-۲، مقدار $K=0.02$ است. برای به دست آوردن بیشترین مقدار آبزباله، آب سطحی کم و دمای زیر ۳۲ درجه فارنهایت، کنار گذارده می شود. پس،

$$[(36-32) + (34-32) + (33-32)] \times 0.02 = \text{کل نشت آب}$$

خواهد بود.

جدول ۳-۲. ارزش K برای رابطه د درجه - روز، برای طرح پوشش پایانی خاکچال

شمارش نمونه	شرایط حوزه آگیر	K
۱	منطقه جنگلی به نسبت انبوه، با شیب شمالی	۰/۰۴ - ۰/۰۶
	منطقه جنگلی به نسبت انبوه، با شیب جنوبی	۰/۰۶ - ۰/۰۸
۲	با فرض فزونی آب سطحی	۰/۰۳

۳-۲-۱-۴. انبار شدن نم در خاک

بخشی از نشت آب، درون خاک انبار شده و تنها بخشی از آن به کار رویش گیاهان می رسد. مقدار آب انبار شده در خاک، از رابطه زیر به دست می آید:

$$S = \text{نقطه پلاسیدن یا پژمردگی گیاه} - \text{ظرفیت گیرش آب}$$

ظرفیت انبار شدن نم برای خاک، بستگی به نوع، کوبیدگی و کلفتی رویه خاکی پوشش پایانی دارد.

۳-۲-۱-۵. چند پیشنهاد درباره کاربرد روش توازن آب

پیش از این، درباره روش برآورد میزان بخار - عرق و نم انبار شده در خاک و مقدار آب سطحی ناشی از بارش روزانه سخن رفت. حجم آبزباله را در خاکچال پس از پوشش پایانی می توان با کاستن مقدار سه پدیده بالا از کل بارش روزانه، به دست آورد. بر پایه آزمونهای کارگاهی و کامپیوتری، چنین نتیجه گیری شده که روش برآورد توازن آب، از لغزش بیشتری برخوردار است که به بیش از ۴۰٪ حجم پیش بینی شده از یافته های جوی و آبزباله واقعی خاکچال می رسد. آزمونها و گزارشهای در دست از ۱۲۵ مورد (۵ خاکچال و ۲۵ روش

محاسبه)، بازگویی آن است که در ۵۴ مورد (۴/۴۲٪)، آبریزاله تولیدی کمتر از مقدار برآورد شده، و در ۷۱ مورد (۸/۵۶٪)، آبریزاله برآوردشده، بیش از آن بوده که محاسبه نشان داده است. میانگین خطا یا لغزش نیز، در این ۲۵ شیوه محاسبه، به ۸۳٪ تا ۱۵۴۳٪ می‌رسید. با این همه - و با اینکه مقدار آبریزاله برآوردشده - از مقدار واقعی آن بیشتر است، روش توازن آب، بیش از هر روش دیگری برای برآورد مقدار آبریزاله به کار گرفته می‌شود.

۳-۲-۲. مدل‌های کامپیوتری همراه با روش توازن آب

برای برآورد مقدار آبریزاله، برنامه‌های کامپیوتری فراهم شده که تراوایی پوشش پایانی را نیز در محاسبه مقدار نشت آب به درون خاکچال، در نظر می‌گیرد. آزمونهای دردست، گویای آن است که سامانه "HELP" دارای دقتی پذیرفتنی از آبریزاله برای خاکچالهای با روکش ماشینی است و بسیار مناسب شناخته شده است.

۳-۲-۳. روش آزمونی

رابطه زیر، برای روش آزمونی پیشنهاد شده است:

$$I = \exp [(K + \beta_1 \ln W_p) + \beta_2 \left(\frac{W_i}{W_f} \right) + \beta_3 \ln(\gamma_\alpha) + \beta_4 \ln(\alpha) + \beta_5 C_c]$$

در این رابطه:

I = گذر آب از پوشش پایانی.

W_p = مقدار بارش (اینچ).

α = شیب خاکچال (درصد).

W_i = درصد نم اولیه خاک رس پوشش پایانی.

W_f = ظرفیت خیزی با نم‌پذیری کارگاهی خاک (درصد).

γ_α = وزن مخصوص خاک (پوند بر فوت مکعب).

C_c = ضریب خم شدن خاک.

β_1 تا β_5 = ضریب‌هایی ثابت.

با سنجش رقمهای به دست آمده از این روش، با یافته‌های کارگاهی و با کاربرد روش توازن آب و نیز، با کاربرد مدل "HELP" می‌توان به میزان تراوایی پوشش پایانی خاکچال پی برد.

۳-۲-۴. روش ریاضی

مدلهای ریاضی نیز برای اندازه‌گیری مقدار آبریزاله پیشنهاد شده است که بر نظریه جریان آبگون سیرآب نشده استوار است.

۳-۲-۵. اندازه‌گیری مستقیم یا بی‌میانجی نشتآب

در بخشهای شمالی سرزمین آمریکا، یافته‌های بسیاری از میانگین تراوایی درازمدت برای خاکهای گوناگون گردآوری شده و دردسترس است. برای نمونه، در ایالت اوهایو، برای خاک لای‌دار آمیخته با خاک حاصلخیز پر از مواد آلی و لای، این مقدار ۱۷٪ (۱۳-۲۷٪) و میانگین سالیانه تراوایی در ۷ سال، ۱۸٪ گزارش شده است، که ۸۰٪ آن، ناشی از نشتآب در موسم بهار است. پس، برای میانگین تراوایی سالیانه در برآورد مقدار آبریزاله در درازمدت، ۲۰٪ رقمی پذیرفتنی است.

۳-۲-۶. چکیده پیشنهادها درباره مقدار آبریزاله در درازمدت

بر پایه آنچه پیش از این گفته شد، پیش‌بینی درست مقدار آبریزاله پس از بسته‌شدن خاکچال، کاری دشوار است، درحالی‌که دانستن این موضوع، برای گرداندن و نگهداری این‌گونه طرحها به‌ویژه فراهم ساختن بودجه درست برای این دوره از کار، بسیار مهم است. نکته دیگر، سود جستن از تبخیر-تعرق رستنیهای روی خاکچال است که البته در سالهای نخست، گیاهان و درختان، چندان رشد نکرده‌اند و از این‌رو، آبریزاله افزونتر از سالهای آینده و به‌همان اندازه‌ای است که پیش از پوشش پایانی بوده است. از این‌رو، بودجه گردآوری و تصفیه آبریزاله را، باید برای دوره پس از پوشش پایانی نیز فراهم کرد.

۴. ارزیابی کیفیت احتمالی آبریزاله

ارزیابی کیفیت آبریزاله نیز، بدون دشواری نیست. در این زمینه، دوگونه آزمایش، در «آزمایشگاه» و در «کارگاه»، انجام می‌شود. نتایج به‌دست آمده در این دوگونه آزمایش، بسیار متفاوت از یکدیگراند. چهار نکته زیر، در گامهای نخست شناخت کیفیت آبریزاله، مهم است: الف) خطرزا بودن یا بی‌خطر بودن پسمانده.

ب) گزینش مناسبترین طرح خاکچال، با توجه به نکته نخست.

ج) ساختمان تصفیه خانه آبزباله در کارگاه، یا بردن آبزباله به تصفیه خانه فاضلاب شهر.

د) برای فراهم آوردن فهرستی از مواد شیمیایی برای برنامه پایش آب زیرزمینی، چون سنجش نتیجه کیفیت آزمایشگاهی آبزباله، با نتایج احتمالی کارگاهی برای یک نوع پسمانده کمتر امکان پذیر است، معمولاً به بهره گیری از نتایج آزمایشگاهی بسنده می شود. برای ارزیابی کیفیت آبزباله، سه شیوه به کار می رود: آزمایش در آزمایشگاه، بررسی کارگاهی کیفیت آبزباله با کاربرد لایسیمتر (Lysimeter)، و کاربرد مدلهای پیشگو. برای پسماندهای پوسیدنی که باکتری در فساد آنها نقش بزرگی دارد، روش آزمایشگاهی استفاده نمی شود.

۴-۱. آزمایش در آزمایشگاه

در آزمایشگاه، سه روش معمول است. آزمایش آبشویی، آزمایش استاندارد آبزباله، و روش جداسازی آلاینده های زیان بار (Extraction Procedure Toxicity Test).

الف) آزمایش آبشویی: با آنکه نتایج به دست آمده در شیوه پیشنهادی ASTM(D 3987-85) به درستی نمایانگر کیفیت آبزباله نیست، این روش در آزمایشگاه به کار گرفته می شود. در این روش، ۷۰ گرم از پسمانده را با ۱۴۰۰ میلی لیتر آب (نسبت ۱ : ۲۰) - که در هماهنگی با مشخصات "ASTM D 1195" است - در ظرفی به حجم ۲ لیتر می ریزند (برای نمونه هایی که گاز تولید می کنند، از ظرفهای هواکش دار مکانیکی استفاده می شود، اما باید به خاطر داشت که این گونه ابزار در میزان غلظت ترکیبات فزّار که در دست جداسازی است، اثر می گذارد)، سپس، آن را در دمای ۱۸ - ۲۷ درجه سانتیگراد برای ۱۸ ساعت با هم زن مکانیکی ۲۹ دور در دقیقه، به هم می زنند. آنگاه، تک تک ترکیبات نمونه را به روال استاندارد آزمایش می کنند. نسبت ماده های جامد به آبکی، و دور موتور هم زن، اثری قابل توجه بر کیفیت آبزباله می گذارد. این روش، برای آزمایش مواد آلی و تک ماده ای و پسمانده های سفت شده، مناسب نیست.

ب) آزمایش استاندارد آبزباله: این آزمایش، از دو گروه آزمایش که می توانند جایگزین یکدیگر باشند، تشکیل شده است. روش یکم، برای به دست آوردن بیشترین میزان مواد

آلاینده ممکن، و روش دوم، برای به دست آوردن حداکثر غلظت ممکن از مواد آلوده، در آبزباله است. در انجام هر دو آزمایش، می توان از آب چکه (مقطر)، یا از آبزباله دست ساخت استفاده کرد، که بیشتر برای زباله شهری به کار گرفته می شود.

(ج) آزمایش جداسازی آلاینده های زیان بار: در این شیوه، برای فراهم ساختن محیط اسیدی، به جای آب، از اسید استفاده می شود. این شیوه آزمایش، برای آگاهی از خطرزا بودن پسمانده، و یا برای خاکچالی است که پسمانده صنعتی و زباله شهری، یکجا در آن ریخته می شود. برای آشنایی با میزان زیانباری و چگالی آمیخته های گوناگون شیمیایی، تنها به جدول ۳ - ۳، که برای آبزباله شهری است، بسنده می شود.

۴-۲. بررسی آبزباله با کاربرد لایسیمتر

لایسیمترهای چهاربر یا استوانه ای را برای آزمایش کیفیت آبزباله، به کار می گیرند. لایسیمترهای بزرگ به درازای ۱۵ - ۶۰ متر، پهنای ۶ - ۹ متر و ژرفای ۲/۵ - ۳ متر است. از آنجا که پسماندها در زمانی کوتاه تثبیت نمی شود، برای بررسیهای درازمدت ۵ - ۶ ساله، کاربرد این ابزار، یافته های باارزشی به دست می دهد.

۴-۳. مدلهای پیشگو

دو روش مدل سازی در دست است، یکی برای دانستن ویژگیهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آبزباله، و دیگری آزمونی است برای یافتن رابطه ای که بر پایه آن، بتوان چگالی آبزباله را در رابطه با زمان، حدس زد. این روش، هنوز به خوبی گسترش نیافته و کاربرد آن همراه با محدودیتهایی است.

۵. کیفیت آبزباله پسمانده های گوناگون بی خطر

کیفیت آبزباله پسمانده های گوناگون بی خطر متفاوت است و از آنجا که کیفیت آبزباله حتی برای یک نوع پسمانده هم یکسان نیست، در طرح خاکچالها، نباید پیش از انجام بررسی، مواد متشکله یا غلظتهای داده شده را به کار بست.

جدول ۳-۳. کیفیت آب‌زباله پسمانده‌های شهری

وزن غلظت (میلی‌گرم بر لیتر یا آنچه آورده شده)	نام آخشیح یا پارامتر
584-55.000	TDS کل مواد جامد محلول
480-72.500 mho/cm	Specific conductance ویژگی هدایت
2-140.900	TSS کل مواد جامد متعلق
0-195.000	BOD اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی
6.6-99.000	COD اکسیژن مورد نیاز شیمیایی
3.7-8.9 units	pH پ - هاش
ND-15.050	Total alkalinity قلیائیت کل
0.1-225.000	Hardness سختی
2-11.375	Chloride کلرور
3.0-2.500	Calcium کلسیم
12-6.010	Sodium سدیم
2-3.320	Total Kjeldahl Nitrogen ازت کل
ND-4.000	Iron آهن
ND-3.200	Potassium پتاسیم
4.0-780	Magnesium منیزیم
ND-1.200	Ammonia-Nitrogen ازت آمونیاکی
ND-1.850	Sulfate سولفات
ND-85	Aluminum آلومینیوم
ND-731	Zinc روی
ND-440	Manganese منگنز
ND-234	Total Phosphorus کل مواد فسفری
0.87-13	Boron بارون
ND-12.5	Barium باریوم
ND-7.5	Nickel نیکل
ND-250	Nitrate-Nitrogen ازت نیتراتی
ND-14.2	Lead سرب
ND-5.6	Chromium کرم

جدول ۳-۳. کیفیت آب‌باله پسمانده‌های شهری (ادامه)

وزن غلظت (میلی گرم بر لیتر یا آنچه آورده شده)	نام آخشیج یا پارامتر
ND-3.19	آنتیمونی Antimony
ND-9.0	مس Copper
ND-0.78	تالیوم Thallium
ND-6	سیانور Cyanide
ND-70.2	آرسنیک Arsenic
0.01-1.43	مولیبدن Molybdenum
ND-0.16	قلع Tin
ND-1.46	ازت نیتريتی Nitrite-Nitrogen
ND-1.85	سرلنیوم Selenium
ND-0.4	کادمیوم Cadmium
ND-1.96	نقره Silver
ND-0.36	برلیوم Beryllium
ND-3.0	سیماب (جیوه) Mercury
Jackson units 40-500	کدورت Turbidity

* (۰) - نمایانگر نیافتن اثری از مورد در دست آزمایش است

۶. تصفیه آب‌باله

آب‌باله بسیار آلوده است و به هیچ وجه نباید در آبهای طبیعی ریخته شود، زیرا منابع آب آشامیدنی زیر دست را آلوده می‌کند و ماهی و دیگر جانداران را از میان می‌برد. برای تصفیه آب‌باله، شیوه‌های تصفیه فاضلاب شهری نیز کاربرد دارد، اما باید به نوسان و دگرگونی کیفیت آب‌باله در کوتاه مدت و درازمدت و نیز، به بودن مواد آلی با چگالی بالا، فلزها و دیگر مواد نامطلوب و غلیظ در آب‌باله شهری، توجه کرد. در زیر، فهرستی پیشنهادی درباره تصفیه آب‌باله آورده شده است.

الف) آب‌باله را به ویژه اگر از پسمانده بی خطر باشد، می‌شود در کارگاه تصفیه کرده یا

- به تصفیه‌خانه فاضلاب شهر هدایت کرد. برای خاکچال بسیار بزرگ، روش نخست به صرفه‌تر است، اما اگر درجه آلودگی خیلی بالا باشد، بهتر است آبزباله را پیش تصفیه کرده و سپس به تأسیسات فاضلاب شهری برد.
- (ب) برای تصفیه آبزباله، ترکیبی از روشهای تصفیه بیولوژیکی و فیزیکی / شیمیایی، به کار گرفته می‌شود.
- (ج) معمول بر آن است که آبزباله با مواد آلی زیاد، با شیوه بیولوژیکی و آبزباله با مواد آلی کم، با روش فیزیکی / شیمیایی تصفیه شود.
- (د) برای پیشگیری از بار ناگهانی ناشی از یکباره وارد کردن بیش از اندازه مواد آلی به تصفیه‌خانه، بهتر است آبزباله را نخست در مخزن نوسان‌گیر انبار کرده و سپس، خردخرد به تصفیه‌خانه روان ساخت. در گزینش انبار آبزباله، توجه به نوع آبزباله - به ویژه اگر حجم فاضلاب شهری کم باشد - بسیار مهم است.
- (ه) برای آنکه گردانندگان تصفیه‌خانه شهر بتوانند همواره فاضلاب خروجی را واریسی نموده و در هماهنگی با آیین‌نامه‌ها نگه دارند، باید نوسانهای پیش‌بینی شده از دگرگونی کیفیت آبزباله را در اختیار داشته باشند.
- (و) از همان آغاز بهره‌برداری از خاکچال، باید تصفیه‌پذیری آبزباله بررسی گردد.

امروزه، آبزباله پسماندهای بی‌خطر را در تصفیه‌خانه شهری، و آبزباله پسماندهای صنعتی را در تصفیه‌خانه پسابهای صنعتی وارد می‌کنند. با پیش‌بینی ساختمان تصفیه‌خانه جداگانه برای آبزباله، می‌توان آبزباله پیش‌پالایش‌یافته را بدون دشواری به تصفیه‌خانه فاضلاب شهری هدایت کرد. در شیوه تصفیه، برگرداندن آبزباله پذیرفتنی است، زیرا از اکسیژن مورد نیاز زیستی و اکسیژن مورد نیاز شیمیایی می‌کاهد، اما بر تراکم فلزها و کلرور می‌افزاید. اگرچه این شیوه در سالهای نخست بهره‌برداری، نتیجه‌ای دلخواه به بار می‌آورد، اما با گذشت زمان چنین نبوده و برای تصفیه آبزباله، مناسب نیست.

پخش و فروبری آبزباله در زمین، به میزان بده و نسبت بده و کیفیت آن به فاضلاب شهری، بستگی دارد. این کار اگرچه از دیدگاه تصفیه آبزباله امکان‌پذیر است، اما برای گیاهان و کشت، زیان‌بار خواهد بود.

۷. پیدایش گاز

اگرچه از برخی خاکچالها، مانند خاکچال خاکستر ریخته گری، گاز کمی برمی خیزد، اما مقدار گاز تولیدی از خاکچال شهری، قابل توجه است و کیفیت آن نیز، به نوع پسمانده بستگی دارد. کیفیت گاز برخاسته از آبزباله، در جدول ۳-۴ آمده است.

جدول ۳-۴. نموداری از ترکیب گاز خاکچال زباله شهری، اگر مقدار پسمانده کمتر از ۳۵/۰ میلیون مترمکعب باشد

نام پارامتر	درصد با تراکم
متان Methane	۳۰-۵۳٪
دی اکسید کربن Carbon dioxide	۳۴-۵۱٪
ازت Nitrogen	۱-۲۱٪
اکسیژن Oxygen	۱-۲٪
بنزن Benzene	۳۲-۰
کلرور وینیل Vinyl chloride	۴۴-۰
تولوئن Toluene	۱۵۰
t-1.2-Dichloroethane	۵۹
CHCl ₃	۰/۶۹
1.2-Dichloroethane	۱۹
1.1, 1-Trichlorethane	۳/۶
CCl	۰/۰۱۱
Trichloroethane	۱۳
Perchloroethane	۱۹

کیفیت گاز تولیدی، با گذشت زمان چهار مرحله زیر را می گذرانند: در هفته های نخست، مواد اصلی تشکیل شده، ازت و اکسیژن رفته رفته رو به کاهش می نهد و از سوی دیگر، اکسید کربن به سرعت افزایش می یابد. در مرحله دوم، درصد هر دو ماده ازت و اکسیژن، کاهش یافته و شرایط چالش باکتریهای بی هوازی، افزایش می یابد. نشانه این

دگرگونی، پیدایش هیدروژن و اکسیدکربن است. در مرحله سوم، درصد بیشتری از اکسیدکربن و ازت گاز حاصل کاسته شده و چگالی اکسیژن و هیدروژن، کم می‌گردد تا به صفر برسد. در این هنگام است که گاز متان پدیدار می‌شود. در مرحله چهارم، مرحله‌ای ثابت و یکنواخت فراهم آمده و درصد ازت، اکسیدکربن و متان، تثبیت می‌شود. چون متان هم پس از رسیدن به اوج خود رو به کاهش می‌گذارد، دانستن زمان تولید بیشترین میزان، از دیدگاه برنامه‌ریزی برای کاربرد آن، مهم است. میزان گاز به دست آمده از پسماندها، بستگی به حجم و مدت ریخته شدن آن در خاکچال دارد. چنانچه لجن فاضلاب شهری یا پسمانده فرآورده‌های کشاورزی در خاکچال ریخته شود، بر میزان گاز برخاستی افزوده می‌گردد. جداسازی فلزها، نپوشاندن روزانه روی زباله‌های ریخته شده با خاک و نریختن لایه‌های میانی خاکی در خاکچال نیز، بر میزان گاز برخاستی اثر گذارده و آن را افزایش می‌دهد. گاز متان به دست آمده از خاکچالها، برای هر کیلوگرم زباله در سال، $1/2$ تا $7/5$ لیتر گزارش شده است. چنانچه پیدایش گاز برای خاکچالی پیش‌بینی شود، بهتر است از همان آغاز کار، روش گازگیری و تصفیه احتمالی آن فراهم گردد. در این زمینه، نگرش به چند نکته زیر سودمند است:

(الف) گاز برخاستی با فشار کم، موجب درهم ریختن و باز شدن روی پوشش پایانی خاکچال نمی‌شود، اما اگر پیش‌بینی می‌شود که در اثر تجزیه و فروپاشی زیستی یا واکنشهای فیزیکی / شیمیایی، گاز زیادی برخواهد خاست، باید در طرح خاکچال، گازگیر پیش‌بینی شود.

(ب) گاز برخاستی، با فشار بر گیاهان و رستنیهای روی پوشش پایانی اثر می‌گذارد و سبب پژمردگی و از میان رفتن آنها می‌شود که پیامد آن، آبستستگی رویه خاکچال است.

(ج) گاز برخاستی از خاکچال، زیانبار و چه بسا مسموم‌کننده است. با آگاهی از درصد گاز، چگالی و زیان‌باری آن، می‌توان به میزان آلایندگی هوای پیرامون کارگاه پی برده و مطمئن شد که میزان آلایندگی، بیش از آن نشود که در چارچوب آیین‌نامه‌های سازمان محیط زیست آمده است.

(د) در گزینش جای خاکچال، مهم است که گاز پراکنده شده در فضا، مردم پیرامون خاکچال را نیازارد.

گفتار چهارم

شناخت ورده‌بندی پسمانده‌ها

۱. شناسایی

پسمانده، آمیخته‌ای از ماده‌های وازده شهروندان و صنایع است که هر یک به صورت بستگ (جامد)، لجن، آبگون (مایع) یا گاز، پدیدار می‌شود. با گسترش شهرنشینی و دگرگونی زندگی مردم و با صنعتی شدن اجتماع، روز به روز بر مقدار پسمانده‌ها افزوده می‌شود. پسمانده خودبه‌خود در فرآیند دگرگونی، از هم پاشیدگی و پوسیدن، به‌موادی بی‌زیان بدل می‌شود، یا آنکه با تجزیه‌ناپذیر بودن، به‌شکلی زیان‌بخش و خطرزا به‌جای می‌مانند که با انباشته شدن، می‌توانند به‌زندگی انسانها و جانداران دیگر، آسیب رسانند. بیشتر پسمانده‌ها و ماده‌های وازده، حتی در کشورهای صنعتی، موادی از هم‌پاشیدنی و بی‌خطراند، به‌طوری‌که در آمریکا، ۱۰ تا ۱۵٪ پسمانده‌های تولیدی، در جرگه پسمانده‌های خطرزا رده‌بندی شده‌اند. اما باید هشیار بود که این رقمها و آمار، سبب کجروی و ساده انگاشتن گرفتاریهای زیان‌بار ناشی از نادرستی روش دفع پسمانده و زباله شهری نگردد.

پسمانده را می‌توان در خاکچال ریخت، یا روی زمین پخش کرد، یا با کندن چاههای ژرف و ریختن پسمانده‌های آبکی در آن، به‌خورد زمین داد. در آمریکا که کشوری گسترده

است، دفع پسمانده در خاکچال، بسیار معمول است، در حالی که برای سرزمینهای کوچک با آبادیهای درهم فشرده و پر جمعیت، مانند کشورهای اروپایی، راههای دیگری گزیده شده است، جدول ۴ - ۱. با چنین نگرشی، به نظر می رسد که برای شهرهای ایران زمین، که سرزمینی است پهناور، با زمین فراوان، گسترش صنعتی کم، تولید نسبی کم و پسمانده کم، بهتر آن است که به ساختمان خاکچال و خودپالایی پسمانده نظر داشت، تا به راههایی که سرمایه گذاریهای هنگفت و وابستگیهای دیگر فنی را، به همراه دارد.

جدول ۴ - ۱. مقدار تولید سالانه پسماندهای بی خطر در آمریکا و شیوه دفع آن

شیوه های دفع پسمانده*								مقدار پسمانده میلیون تن	منبع پسمانده
۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱		
				x	x	x	x	۱۳۳	- زباله و پسمانده شهری.
		x	x				x	۰/۱ - ۰/۰۰۱	- پسمانده های خطرزای خانه ها.
x	x				x	x	x	۸/۴	- لجن فاضلابها (به صورت وزن خشک آن)
							x	۰/۸۳ - ۰/۲۱	- لجن تصفیه خانه های آب.
							x	۲/۳	- خاکستر کوره های زباله شهری (زباله شهری).
							x	۴۳۰	- پسمانده های بی خطر صنعتی.
							x	۰/۶۶	- پسمانده های خطرزای کم حجم (کمتر از ۱۰۰۰ کیلوگرم در ماه).
							x	۳۱/۵	- پسمانده های ساختمانی و نخاله.
	x							۱۴۰۰	- پسمانده کانهای گوناگون (جز کانهای زغال سنگ).
	x							۱۰۰۰	- پسمانده کارهای کشاورزی (لیتر در روز).
	x							۶۲۵۰	- پسمانده های نفت و گاز (لیتر در روز).

* شیوه های دفع و دورریزی:

- (۱) خاکچال بهداشتی؛ (۲) ریختن در دریا و اقیانوس؛ (۳) سوزاندن در کوره؛ (۴) بازیابی؛ (۵) شبکه فاضلاب؛ (۶) انباره های سبتیک؛ (۷) برکه / ریختن روی زمین؛ (۸) پخش در زمین.

۲. زباله شهری

زباله شهری، آمیخته‌ای ناهمگن از پسمانده است که از خانه‌ها و مراکز داد و ستد گردآوری شده است. ترکیب‌بندی آن، به‌صنعت، بازرگانی و شیوه زندگی مردم بستگی دارد. ضمن آنکه زباله شهری، پسمانده‌های خوراکی، باغ و باغچه، کاغذ، پلاستیک، پارچه، خاکستر، چوب و خاکی که روزانه روی زباله چال شده می‌ریزند، نیز شامل می‌شود. پس، با این همه ناهمگونی، نوع و مقدار آمیخته‌ها در زباله شهری یکسان نیست.

برای شناختی بهتر از درصد ترکیب‌بندی زباله، نیم تا یک تن زباله را به‌دلخواه، برداشته و با روش دستی، از هم جدا می‌کنند. انجام این کار، با چهار تا پنج کارگر خبره، در یک روز، شدنی است. با داشتن چنین برنامه‌ای برای بخشهای گوناگون شهر - و در زمانهای مختلف سال - شناختی بهتر از درصد آمیخته‌ها، به‌دست می‌آید.

این کار، از نخستین گامهایی است که برای شهرهای ایران‌زمین و برای آن بخش از کشور که آبادیها نزدیک به هم هستند، باید برداشته شود. در جدول ۴ - ۲، نمونه‌ای از آمیخته‌های زباله شهری چندین شهر از چندین کشور، آورده شده است. همان‌طور که در جدول به‌چشم می‌خورد، در شهرهای صنعتی، نسبت به شهرهای کم‌صنعت، پسمانده مواد خوراکی پوسیدنی، نسبت به دیگر مواد متشکل زباله، کمتر است.

۳. پسمانده‌های کانی

در فرایند برون‌کشیدن فلز، سوخته‌های طبیعی، خاک رس، کود و ماده‌های شیمیایی از دل زمین، پسمانده‌های کانی، به‌جای می‌مانند. این پسمانده‌ها، همان است که به‌هنگام بهره‌برداری، کنار معدن گردآوری شده و روی هم انباشته می‌گردد. اگر کار به‌ظاهر ساده انبار کردن این مواد وازده به‌درستی انجام نگیرد، پسمانده‌های تلنبارشده سبب آلودگی خاک، هوا و آبهای پیرامون کان می‌گردد. یادآوری می‌شود که با افزایش مقدار بیرون‌کشیدن ماده‌های کانی، که نیاز انسانها به آن روز به‌روز افزایش می‌یابد، کیفیت‌کانها رفته رفته رو به‌کاستی نهاده و پسمانده بیشتری هم به‌جای می‌ماند که اگرچه خطرزا نیستند، اما آلاینده‌اند. در این زمینه، بیرون آوردن زغال سنگ را می‌توان یادآور شد، که امروزه،

جدول ۴-۲. درصد وزنی آمیخته زباله‌های شهری، در شهرها یا کشورهای گوناگون جهان

نام کشور یا شهر*													آمیخته‌ها
۱۳	۱۲	۱۱	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	
۵	۷	۱۰	۵	-	۳	-	۳	۳	۱	۱	۱	-	فلز
				+۱								+۱	
۳۱	۵۴	۳۷	۲۲	۱۴	۱۰	۳۸	۳	۳۳	۴۵	۵	۲۵	۳۷	کاغذ، مقوا و جز این‌ها
-	۲	۷	-	-	-	۸	-	-	۲	۱	-	-	پلاستیک
			۲										
۴	۲	۶	۳	-	۴	۱۲	۲	۷	-	۱	۷	-	لاستیک، چوب و چرم
۲	۲	۲	-	-	-	-	-	۱۰	۴	-	۳	-	پارچه و جز این‌ها
				۳								۳	
۱۳	۲۳	۲۶	۲۰	۵۶	۷۴	۱۸	۶۰	۱۵	۲۵	۴۵	۴۴	۴۵	خوراکی‌ها و پسمانده
													باغچه‌ها
۱۳	۵	۱۰	۶	-	۷	-	۲	۱۰	۱۱	۱	۱	-	شیشه
				۴								۴	
۲۹	۵	۲	۴۳	۳۰	۲	۲۴	۳۰	۲۲	۷	۴۶	۱۹	۱۸	مواد ناآلی، فیبردار و پوسته‌دار

* نام شهر و کشورهای جهان: (۱) استرالیا؛ (۲) بانکوک؛ (۳) پکن؛ (۴) برکلی (کالیفرنیا)؛ (۵) هنگ‌کنگ؛ (۶) جاکارتا؛ (۷) ژاپن؛ (۸) کره؛ (۹) مدرس (هندوستان)؛ (۱۰) نیویورک؛ (۱۱) آمریکا؛ (۱۲) انگلیس؛ (۱۳) آلمان.

چند نکته برای روشن شدن جدول بالا:

- (۱) فلزها در جرگه کاغذ آورده شده است؛
 (۲) تنها چوب را دربرمی‌گیرد؛
 (۳) چوب و استخوان هم در این جرگه آورده شده است؛
 (۴) شیشه، پوست نارگیل، هسته و فیبر.

همچنان ادامه داشته و برای فراهم کردن هرچه بیشتر نیروی برق، میزان بهره‌گیری از آن فزونی می‌یابد. در فرآیند تولید زغال سنگ، پسمانده‌های دانه درشت - به‌هنگام برداشت از کان (۵/۰ میلیمتر) - و نیز خاکستر زغال سنگ، به‌جای می‌ماند که به ۱۲ تا ۱۵٪ کل زغال سنگ فرآورده می‌رسد، و باید به‌گونه‌ای دفع شهرد.

همراه با سنگ فسفات که برای به‌دست آوردن کود شیمیایی از زمین بیرون کشیده

می‌شود. و در فرآیند تولید، ۷۰٪ به‌صورت رس و ماسه حاصل می‌شود - باید جدا شود. جدا شدن ماسه با شسته شدن و ته‌نشینی در حوضچه‌ها آسان و ممکن است، اما رس شناور به‌جای مانده، چه‌بسا که در خاکچال باید چال شود.

۴. پسماندهای صنعتی

پسماندهای صنعتی در روند فراهم شدن فرآورده‌هایی مانند مواد شیمیایی، خوراکی، نفتی و پالایش نفت، پلاستیک‌سازی و راتیانه، کاغذ، چوب‌بری، بریدن الوار و فرآورده‌های گوناگون دارویی، پدیدار می‌گردند. پسماندهای کشاورزی نیز، از پسمانده‌های جانوران، آبیاری و ته‌نشستهای رانش آب بر زمینهای زیر کشت غله و دیگر فرآورده‌ها، و کودهای شیمیایی به‌کار برده شده، به‌بار می‌آیند. این رده از پسماندها، چه خطرزا باشند و چه بی‌خطر، دارای مواد آلی و ناآلی فراوانی هستند، که اگر هم به‌دور از مواد فلزی باشند، باز باید به‌درستی دفع شوند.

همان‌طور که پیشتر آمد، در آمریکا تا ۱۵٪ از این دست پسماندها، خطرزا هستند و هر روز با شناخت بیشتری از آلاینده‌ها و بلند بالا شدن فهرست نام آنها، بر مقدارشان افزوده می‌شود.

۴-۱. رده‌بندی پسماندهای خطرزا

آمار چاپ‌شده در آمریکا از پسماندهای خطرزا، گویای آن است که ۹۰٪ آبگون هستند، که ۶۰٪ از آنها پایه آلی و ۴۰٪ از آنها آبگونهای غیرآلی دارند. پسماندهای خطرزا را در چهار رده زیر، دسته‌بندی می‌کنند:

(الف) آبگونهای ناآلی

(ب) آبگونهای آلی

(ج) مواد آلی

(د) مواد لجنی خطرزا، ته‌نشستها و ماده‌های بستگ (جامد)

در بند الف، ماده حل‌کننده‌ها و حل‌شونده‌ها، بیشتر مواد غیرآلی هستند، که در

صنایعی مانند آبکاری، به صورت کادمیوم و سیانور یافت می شوند. در بند ب، حل شونده ها بیشتر ریشه کربنی و آمیخته های کربن دار هستند. در بند ج، ماده حل کننده و حل شونده از ماده های آلی، مانند رنگهای روغنی و روغن کاربردی برای ابزار و دستگاههای مکانیکی و ماشینها هستند. در بند د، لجن است که در فرآیند آبکشی و گذر از صافی در تصفیه خانه ها و پالایشگاهها، به دست می آید. در جدول ۴-۳ از ماده های خطرزا که در صنایع گوناگون پدید می آید، نام برده شده است.

جدول ۴-۳. ماده های خطرزای ناشی از صنایع گوناگون

نام صنایع	As	Cd	CH	Cr	Cu	Cn	Pb	Hg	Mo	Se	Zn
- باتری سازی		x		x	x						
- شیمیایی			x	x	x			x	x		
- الکتریکی و الکترونیکی			x		x	x	x	x		x	
- آبکاری و روکش فلز		x		x	x	x					x
- ماده های منفجره	x				x		x	x			
- چرم سازی			x						x		
- برون آوردن کانیها و فلزها	x	x		x	x	x	x	x		x	x
- رنگ و رنگرزی		x		x	x	x	x	x	x	x	
- حشره کش ها	x		x			x	x	x			x
- مواد نفتی و زغال سنگ	x		x				x				
- دارو سازی	x							x	x		
- چاپ و نسخه برداری	x			x	x		x		x	x	
- خمیر چوب و کاغذ سازی								x	x		
- بافندگی و پارچه بافی				x	x			x	x		

۵. شناخت ورده بندی پسماندها

پیش از پرداختن به طرح خاکچال، باید از ویژگیهای پسمانده، شناختی درست و روشن

داشت. همان‌گونه که یاد شد، پسماندها به هیچ وجه، یکسان نیستند و حتی پسمانده یک صنعت خاص هم، در دو جای جدا از یکدیگر، ناهمسانی نشان می‌دهند. دگر شدن فرآیند تولید و نوآوریهای صنعتی، که امروزه پدیده‌ای روز به روز شده است، در کیفیت پسماندهای صنعتی اثر بسیار گذاشته و باید در بررسیها، همیشه به نوآموزی، بازشناسی و ارزیابی پرداخت و بر دانسته‌های خود افزود.

رده‌بندی پسماندهای صنعتی، ساده‌تر می‌نماید، زیرا برداشتن نمونه‌ای که نشانگر درستی از آمیخته آن باشد، دشوار نیست، در حالی که، انجام آزمایش روی نمونه‌ای که به درستی نشانگر زباله شهری باشد، به آسانی میسر نیست. از این رو، رده‌بندی زباله‌های شهری، به آسانی انجام‌پذیر نبوده و همیشه با کمی بدگمانی، همراه است. حتی برای زباله شهرهای یک کشور، که همانندی اجتماعی و جغرافیایی نزدیک با یکدیگر دارند، لازم است نمونه‌برداری و آزمایشهای جدا از هم انجام گرفته و به داشتن آماری از یک شهر، بسنده نشود. حال، با چنین بینشی، به شناخت و رده‌بندی پسماندها پرداخته می‌شود، که برای آشکار ساختن نکته‌های زیر، ضروری هستند:

- الف) خطرزا یا بی‌خطر بودن پسمانده.
- ب) امکان چال کردن پسمانده.
- ج) آمیخته‌های احتمالی آب‌زباله پسمانده، که برگزینش پوشش پایانی و پوشش میانی، طرح تصفیه‌خانه و مهمتر از همه برنامه‌ریزی پایش آبهای زیرزمینی اثر می‌گذارد.
- د) حجم پسمانده تولیدی.
- ه) شناختن آن بخش از ویژگیهای فیزیکی پسمانده، که در طرح درست خاکچال لازم است.
- و) شناخت آن بخش از ویژگیهای فیزیکی پسمانده، که برای گرداندن و بهره‌برداری از خاکچال ضروری است.
- ز) شناخت کارهای ایمنی احتیاطی برای گردانندگان، بازرسان و کارکنان خاکچال.
- ح) شناخت پسماندهایی که در فرایند بازیابی سبب کاهش کل پسمانده گردآوری شده، می‌گردد.

برای آشنایی با ویژگی آمیخته زباله‌های شهری، جدول ۴-۴ که برای شهرهای آمریکا فراهم شده است، آورده می‌شود.

جدول ۴-۴. افت و خیز ترکیببای اصلی زباله شهری در آمریکا

شماره نمونه	ترکیبهای اصلی	درصد زیر، زبری (وزن تر)
۱	پسمانده خوراکی	۴/۴ - ۱۵/۳
۲	پسمانده درختکاری و باغ	۱۲/۵ - ۲۴/۲
۳	فرآورده‌های شیشه‌ای	۶/۵ - ۱۰/۹
۴	فلزها (آهن و آلومینیوم)	۴/۰ - ۹/۰
۵	نم و خیسی (رطوبت)	۲۷/۱ - ۳۵/۰
۶	دیگر ماده‌های سوختنی	۱/۶ - ۱۲/۱
۷	دیگر ماده‌های نسوختنی	۱/۸ - ۱۱/۱
۸	کاغذ	۴۱/۶ - ۵۳/۵
۹	پلاستیک	۵/۷ - ۰/۷۶

۶. نکته‌هایی چند، از ویژگیهای پسمانده

نخستین گام برای شناخت ویژگیهای هر پسمانده، بررسی روند پیدایش آن است. باید نمودار جابه‌جایی مواد را در فرآیند تولید هر فرآورده‌ای تهیه کرده و پسمانده‌های مختلفی را که قرار است در خاکچال ریخته شود، شماره‌بندی نمود، تا شناسایی ویژگیهای پسمانده، آسانتر انجام گیرد. باید همیشه به یاد سپرد، که از دیدگاه طرح خاکچال، فرآیند بازبازی آن‌چنان پراهمیت نیست، که شناخت پسمانده‌هایی که در خاکچال ریخته خواهد شد مهم است. آگاهی از ماده‌های خام و ماده‌های شیمیایی به کار رفته در ساخت فرآورده‌های صنعتی راهنمایی سودمند برای حدس مواد متشکل پسمانده‌های احتمالی است.

۶-۱. روش نمونه‌برداری

در فرآیند تولید، تنها مشخص کردن نقاط نمونه‌برداری کافی نیست. باید حجم نمونه، بسامد برداشت و ابزار نمونه‌برداری را که متناسب با نوع و یکنواخت بودن یا نبودن پسمانده‌های

گوناگون است، روشن ساخت. در زیر، فهرستی از برخی آزمایشهای استاندارد، آورده شده است:

- ۱ - استاندارد ASTM, D140-70، برای مواد آبگون با نوچی بسیار بالا.
- ۲ - استاندارد ASTM, D346-75، برای پسمانده گردگون.
- ۳ - استاندارد ASTM, D420-69، برای خاک و پسماندهای سنگی.
- ۴ - استاندارد ASTM, 1452-65، برای پسماندهای خاک‌گون.
- ۵ - استاندارد ASTM, 2234-76، برای پسماندهای خاکسترگون.

همان‌طور که یادشد، پسماندها بسیار گوناگون بوده و حتی زباله یک شهر هم، در موسم چهارگانه سال، یکسان نمی‌ماند. برای مثال، در کارخانه کاغذسازی نیز بسته به مواد شیمیایی به کار رفته برای تولید کاغذهای رنگی با رنگهای گوناگون، یا در تولید روزانه و هفتگی نوع پسمانده در تغییر است. با شناخت و آشنایی از این دگرشدگی، بهتر می‌توان دربارهٔ بسامد نمونه‌برداری‌ها تصمیم گرفت. ضمن آنکه، چون تک نمونه‌ها، نتیجهٔ درستی از همه ویژگیهای پسمانده به دست نمی‌دهند، نمونه‌های آمیخته، مطلوبتر است. اگر دو یا چندگونه پسمانده، همزمان با یکدیگر در خاکچال ریخته شوند، نمونه‌برداری از هر پسمانده، باید متناسب با حجم یا وزن یکایک آنها انجام گیرد (لجن فاضلاب شهری از دیدگاه نمونه‌برداری، جزو ماده‌های آبگون نوچ است).

۶-۲. آزمایشهای شیمیایی

آزمایشهای پذیرفته‌شدهٔ شیمیایی، در فرآیند تولید پسمانده، به شرح زیر است:

الف) آزمایش کلی شیمیایی، برای آگاهی از ساختار و مواد متشکل پسمانده است و هدف آن است که بتوان تا ۹۹/۹۹٪ کل مواد متشکل اولیهٔ پسمانده را، با وزن کردن نمونه مشخص کرد. دستورکار این آزمایشها را فدراسیون کنترل آبهای آلوده آمریکا، در سال ۱۹۸۱، با شماره‌های "E-886-82"، "ASTM D-2795-84"، به نگارش درآورده است. با آگاهی از مواد خام به کار رفته، آزمایشها را بهتر می‌توان فهرست‌بندی کرد. در جدولهای (۲-۴) و (۳-۴)، عناصری را که باید بازشناخت و در جدول (۴-۴)،

فهرستی از ترکیبهای گوناگون برای پسماندهای مختلف آورده شده است. این فهرستها را نباید کامل پنداشت و باید هر بار متناسب با بررسیها و شناخت پسمانده، از فهرست یاد شده کاسته و یا بر آن افزود. آزمایشهای کلی شیمیایی، دارای افزونه‌ها و کاستی‌هایی است، که در زیر آورده شده است.

۱ - چون در واری و کنترل این آزمایش، عوامل دگرشونده کمترین میزان ممکن است، منابع لغزش نیز، کمترین است.

۲ - آزمایش کلی شیمیایی، تنها راه شناخت آلودگی احتمالی پسماندهای ناپایدار است.

۳ - آزمایش کلی شیمیایی، در عمل کل آلودگی را نشان می‌دهد.

۴ - یافته‌های این آزمایش، برای سنجیدن پسماندهای گوناگون با یکدیگر و سنجش آنها با ماده‌های طبیعی است.

۵ - آزمایش کلی شیمیایی، برای کمک به فراهم کردن مبانی بررسی ورده‌بندی ترکیبهای آبرزاله است.

کاستیهای آزمایش کلی نیز، چنین است:

۱ - گرچه هدف از این آزمایش شناخت کامل همه عناصر پسمانده است، اما در بسیاری از موارد، ۹۹/۹۹٪ شناخت از ترکیب پسمانده حاصل نمی‌شود.

۲ - شیوه آزمایش چنان است که به درستی نمایانگر خاکچال نیست، تا آنجا که چگالی ترکیبهای آبرزاله حاصل، به ندرت با چگالی مواد متشکل پسمانده هم‌سنگ است.

(ب) پیش از گزینش مایع مورد استفاده برای آزمایش، باید شرایط ریختن پسمانده را در خاکچال، بررسی کرد. برای خاکچالهای تک‌پسمانده‌ای، شیوه آزمایش آبشویی مناسب است و برای شست‌وشو می‌شود آب به کار برد. اما اگر چندین ماده در خاکچال ریخته شود، بهتر است به جای آبشویی، اسیدشویی نمود، یا آنکه از آبرزاله دست‌ساخت سود جست. فهرست آزمایشها، مانند آزمایشهای کلی است، مگر آن بخش از عناصر که در آزمایش کلی، درصد بسیار کمی را تشکیل داده و در آزمایش

آبشویی (بند ۴ - ۱)، به صورت محلول در نمی‌آیند. در این حال، بهتر است این گونه عناصر را از فهرست مواد شیمیایی مورد آزمایش، کنار نهاد.

۶-۳. آزمایشهای فیزیکی

از جمله کارهای مهندس طرح، گزینش فهرستی از آزمایشهای فیزیکی برای آگاهی از ویژگیهای زیر است: (۱) وزن واحد حجم مواد کوبیده شده؛ (۲) جرم مخصوص؛ (۳) چگونگی پخش اندازه‌های مواد متشکل؛ (۴) تراوایی؛ (۵) تراکم یا درهم فشردگی یا حد آتربرگ و ایستایی، که شامل یافتن زاویه مالش داخلی، یا گیراگیری (التصاق) مواد است. از میان ویژگیهای بالا، دانستن وزن واحد حجم پسمانده کوبیده شده همیشه مورد نیاز است، تا برپایه آن بتوان هزینه ریختن زباله در خاکچال را برآورد کرد، بر پایه آن نرخها را تعیین نموده و از صنایع و شهروندان پول دریافت کرد. آزمایش آتربرگ یا آزمایش جرم مخصوص، همیشه لازم نیست و آزمایشهای استاندارد خاک را می‌توان برای این مورد هم گسترش داد. گرفتاری هنگامی است که در پسمانده، لجن یا مواد پوسیدنی ریخته شود. درباره زباله شهری نیز، گرفتاری دارای ابعاد دیگری است، زیرا مواد متشکله‌اش بسیار گوناگون و ناهمگن است و تا به امروز هم هیچ آزمایش استاندارد برای این گونه پسماندها، نوشته نشده است.

۷. پسماندهای خطرزا

نخستین گام پیش از برنامه‌ریزی انجام آزمایشها، آگاهی از خطرزا بودن یا بی خطر بودن پسمانده است. خطرزایی پسمانده به درستی تعریف پذیر نیست و هر کشوری شناسه‌ای از فهرست موادی که آنها را در جرگه پسماندهای خطرزا قرار می‌دهد، ارائه کرده است. امروزه، در آمریکا همه پسماندهای جامد را که دارای آمیخته‌های خطرزا است، در جرگه پسمانده خطرزا به شمار می‌آورند، مگر اینکه تولیدکنندگان جز این را ثابت کنند. پایه شناخت پسماندهای خطرزا، چنین است: آیا پسمانده مورد نظر، در جرگه پسماندهای خطرزا آورده شده است یا نه (پسماندهای رادیو آکتیو، جدا بوده و جزو

پسمانده‌های خطرزا به‌شمار آورده نمی‌شود. اگر نام پسمانده در فهرست پسمانده‌های خطرزا نباشد، به بررسی زیر می‌پردازند:

۷-۱. ویژگیها

چهار ویژگی زیر، در شناخت خطرزا بودن پسمانده (جز پسمانده‌های عفونی که در این بحثها گنجانده نشده است)، به کار می‌رود:

(الف) زنگ‌زدگی، خوردگی . پسمانده آبدار با pH کمتر از ۲ یا بیشتر از ۲/۵ را که بتواند فولاد کربن‌دار یا کربن ۰/۲٪ را در درجه حرارت ۵۵ درجه سانتیگراد و با شدت ۶/۳۵ میلیمتر یا بیشتر بخورد، در جرگه پسمانده‌های خطرزا به‌شمار آورده‌اند.

(ب) زیانباری (EP Toxicity). این آزمایش را هنوز هم برای پسمانده انجام می‌دهند، اما همان‌طور که گفته شد، رفته‌رفته آزمایش TCLP (Toxicity Characteristic Leaching Procedure) جای این آزمایش را می‌گیرد. اگر افشره جدا شده دارای چگالی بیشتر یا برابر با آنچه در جدول زیر آمده است باشد، آن‌گونه پسمانده را در جرگه پسمانده خطرزا به‌شمار می‌آورند.

(ج) آتش‌زایی . اگر پسمانده از محلولی جز آب تشکیل شده و دارای کمتر از ۲۴٪ حجمی الکل و نقطه آتش‌زایی ۶۰ درجه سانتیگراد، یا مطابق با آزمایشهای (ASTM D-93-79) یا (ASTMD-93-80) باشد، آن پسمانده را آتش‌زا به‌شمار می‌آورند. پسمانده‌هایی را که آبکی نیستند، اما در فشار جو و دمای صفر درجه سانتیگراد، یا در شرایط اصطکاک، یا جذب رطوبت، یا تغییر یکباره شیمیایی سبب بروز آتش شود، در جرگه پسمانده‌های آتش‌زا به‌شمار آورده و آن را بر پایه ASTM D-332 آزمایش می‌کنند.

(د) واکنش‌داری . پسمانده‌ای که بی‌ثبات بوده و به‌ویژه در تماس با آب تغییر ناگهانی از خود بروز دهد، پسمانده واکنش‌دار می‌نامند. این‌گونه پسمانده‌ها، با آمیختن با آب، تندرستی مردمان و پاکی محیط زیست را به‌خطر می‌اندازد.

۸. محدودیت ریختن پسماندهای خطرناک در خاکچال

بهتر است پسماندهای خطرناک پیش از تصفیه، در خاکچال ریخته نشود. یکی از آسیب‌های احتمالی چنین کاری، از میان رفتن روکش‌های خاکچال است. البته، با انجام چند آزمایش، می‌توان به‌سازگاری یا ناسازگاری پسمانده و روکش پی برد. پسماندهایی را که در تماس با آب یا با پسماندهای درون خاکچال، یا با پسماندهایی که نقطه آتش‌زایی بالای ۶۰ درجه سانتیگراد دارند، دودهای زیانبار و مسموم‌کننده ایجاد می‌کنند، نباید در خاکچال ریخت و پیشنهاد می‌شود که از ریختن پسماندهای زیر نیز، در خاکچالها خودداری شود:

- الف) پسماندهای دارای درصد بالایی از مواد فرّار.
- ب) پسمانده گیاهان خوشبو یا ترکیب‌های هالوژن‌دار (ترکیب‌های کلر، فلوئور، برم و ید).
- ج) پسمانده با درصد بالایی از فلزهایی، مانند آرسنیک، کادمیوم، سرب، جیوه و سلنیم.
- د) پسمانده با درصد بالایی از سیانور و سولفور.
- ه) پسماندهای خطرناک گردگون پیرامون کارگاه خاکچال که موجب گرفتاری می‌شوند.
- و) مواد کاربردی در پوشش پایانی خاکچال، که دارای تاب برشی کم است و هنگام پوشاندن خاکچال درهم می‌شکند.
- ز) پسماندهای آبی و پر آب، که بر مقدار آب‌باله می‌افزاید.

۹. آزمایش پسماندهای بی‌خطر

همان‌طور که پیش از این گفته شد، شناخت کامل ویژگی‌های پسمانده، شامل دانستن خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن است. برای پسماندهای بی‌خطر، به آزمایش آتشویی و برخی آزمایش‌های فیزیکی، بسنده می‌شود، اما بهتر است که آزمایش زیان‌باری (Ep Toxicity) انجام شود.

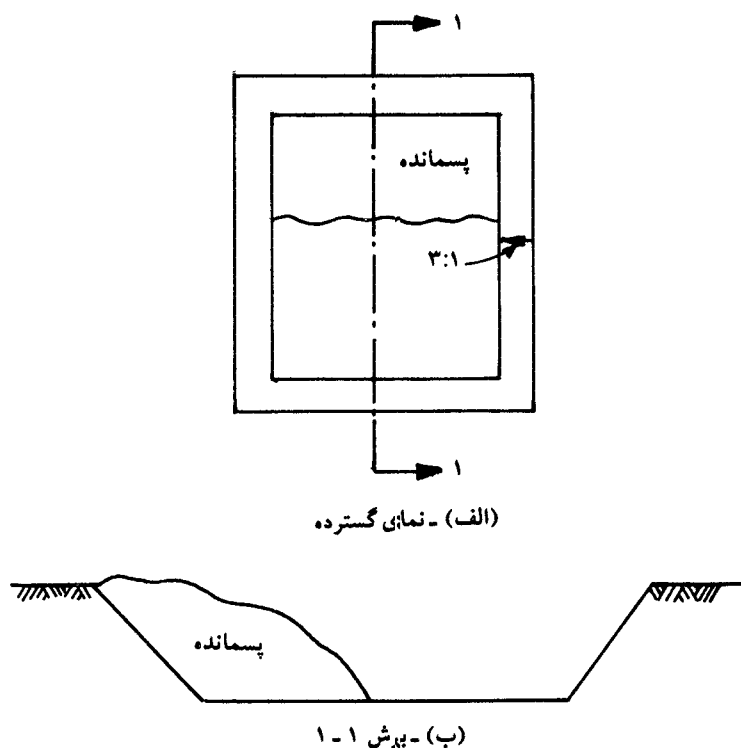
گفتار پنجم

خاکچالهای خودپالا

۱. شناسایی

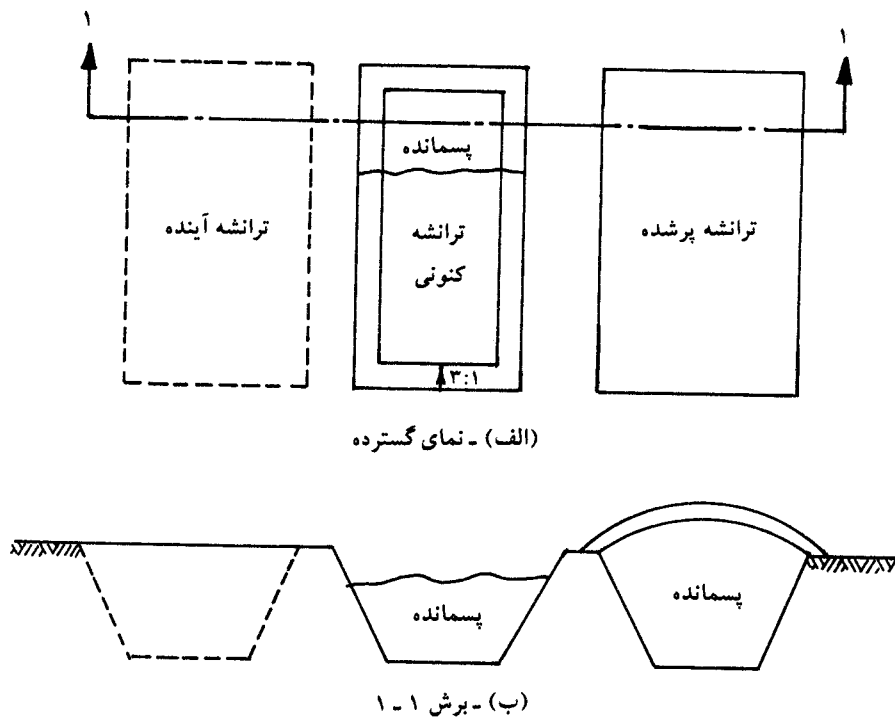
خاکچالهای خودپالا، بر این فرآیند استواراند که آبزباله تراویده از کف خاکچال، به وسیله لایه خاکی سیرآب نشده زیر بستر خاکچال، و نیز گذر از منطقه آبخیز (آبخیزگاه) خودپالایی می یابد. اما امروزه، لایه خاک سیرآب نشده زیر خاکچال را پاک کننده کامل مواد آلاینده به شمار نمی آورند و آن را تصفیه کننده طبیعی کامل نمی دانند. با این برداشت نو، جز پسماندهای بی خطر هیچ گونه پسماندهای، مگر با تدابیری که از آن سخن خواهد رفت، در خاکچال ریخته نمی شود. گزارشهای در دست، گویای آن است که حتی خاکچالهای کوچک با ظرفیت ۴۰۰۰۰ متر مکعب نیز اگر به درستی ساخته نشوند، بر آبهای زیرزمینی اثری ناخواسته به جای می گذارند. این بدگمانی به خاکچالهای خودپالا، وسواس در نگهداری بهداشتی آبهای زیرزمینی، در برخی ایالتهای آمریکا و در کشور آلمان، تا بدان حد است که دیگر پروانه ساختمان خاکچالهای خودپالا، هر اندازه هم که کوچک باشند، صادر نمی شود. در ساخت و بهره برداری از خاکچالهای خودپالا، دو شیوه به کار گرفته می شود: گودال گسترده، و گودال باریکه یا کندک. در شیوه نخست، همه سطح تا تراز کف را گودبرداری می کنند و ریختن پسمانده را از یک سو آغاز می کنند. در شیوه دوم، هر باریکه ای جدا

خاکبرداری شده، پسماندها را در آن ریخته و رویش را می‌پوشانند، شکل ۵-۱ و ۵-۲. زمین مورد نیاز در شیوه گسترده کمتر است، اما چون به‌هنگام بارندگی همه سطح پسمانده خیس می‌شود، آبزباله بیشتر و با کیفیتی بدتر تولید می‌شود. از این‌رو، گزینش هر یک از این دو شیوه، بستگی به ارزش زمین دارد.



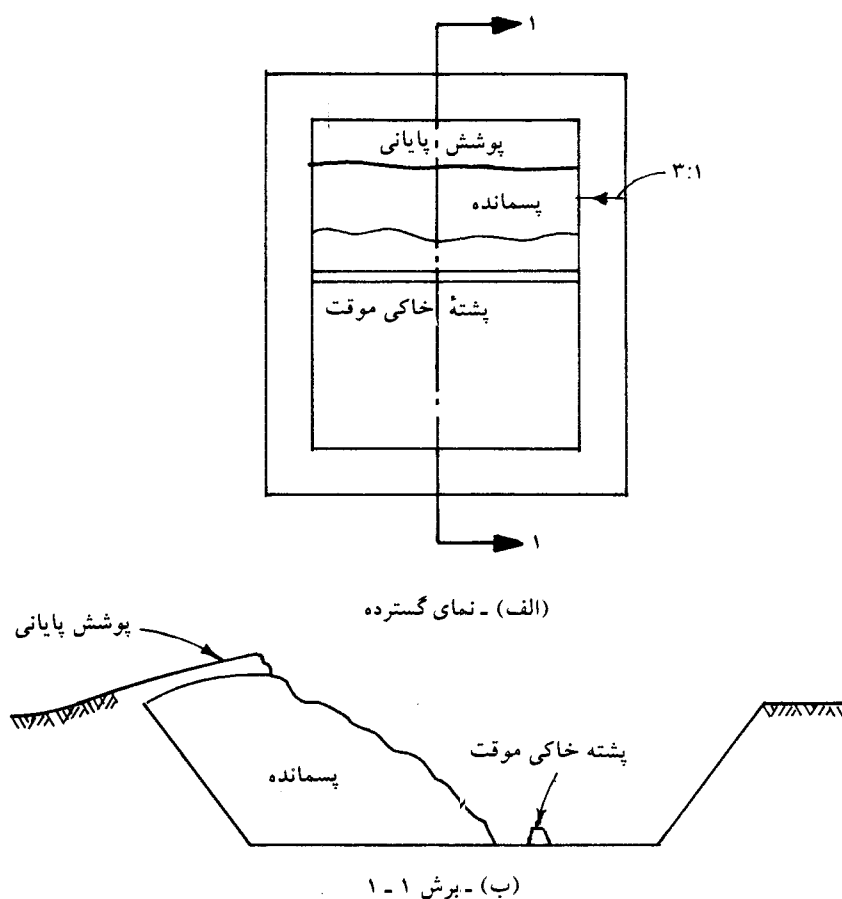
شکل ۵-۱. خاکچال خودبالا با گودال گسترده.

روش سومی نیز هست که به زمین کمتری نیاز دارد و آبزباله کمتری هم تولید می‌شود، شکل ۵-۳. در این شیوه، کندن خاکچال از یک سو انجام می‌گیرد و ضمن پیشرفت کار، بخش پر شده خاکچال را که به تراز بالا و قطعی رسیده است، پوشش پایانی می‌کنند و بستر خاکچال را هم شیب‌دار ساخته و شیب آن را در جهت خاکبرداری در نظر می‌گیرند. برای



شکل ۵ - ۲. خاکچال خودپالای باریکه‌ای.

جلوگیری از آلودگی آب داخل گودال که در تماس با پسمانده قرار می‌گیرد، با تلمبه آب را تخلیه می‌کنند. برای این کار، در فاصله‌ای مناسب از برگودال و در درازای آن، پشته خاکی موقت به بلندی ۶۰ تا ۹۰ سانتیمتر ساخته می‌شود. باید مطمئن بود که کارکنان خاکچال، به‌خوبی از سمت ریختن پسمانده، آگاه باشند و همیشه پسمانده را در درازای گودال گسترده بریزند تا از هرگونه آلودگی آب جلوگیری شود. بی‌دقتی در این کار، سبب می‌گردد که آبهای ناآلوده‌ای هم که در تماس با پسمانده نیست، آلوده شده و در نتیجه آبهای سطحی پیرامون خاکچال نیز، در اثر تلمبه‌زنی آلوده گردد. اگر شبکه گردآوری آبهای سطحی در کارگاه وجود داشته باشد، با اجازه سازمانهای دست‌اندرکار، می‌توان آبهای درون گودال گسترده را در آن سوی پشته خاکی، در شبکه آب باران ریخت.

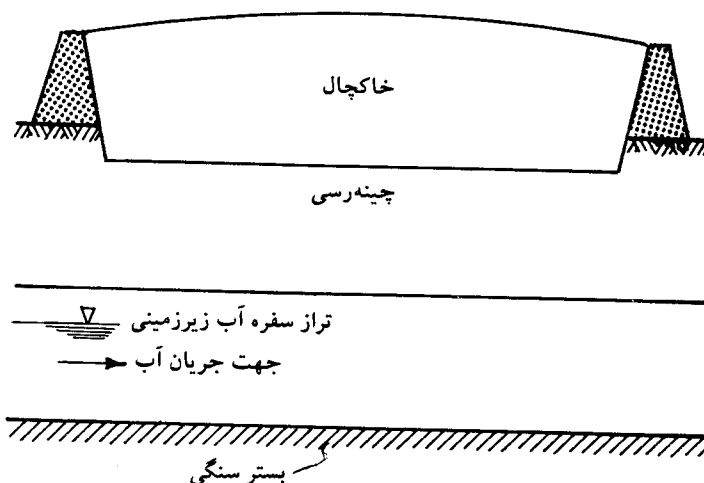


شکل ۵ - ۳. شیوه چال کردن پسمانده در خاکچال.

گودال گسترده، بیشتر برای ریختن پسمانده روزانه، با حجم زیاد، به کار می‌رود، درحالی‌که روش گودال باریکه (کنده) برای چال کردن پسمانده‌های با حجم کم، در زمانی کوتاه و با بسامدی بلند (شش ماه تا یک سال)، مناسب است.

۲. فرآیند خودپالایی

همان‌گونه که در شکل ۴-۵ نشان داده شده است، زیربستر خاکچال، لایه‌ای از خاک رس است



شکل ۵-۴. چینه‌بندی آرمانی زمین در خاکچال خودپالا.

(خاک ML یا ML-CL، براساس سامانه رده‌بندی خاک (Unified Soil Classification System)، که روی لایه آبخیز ماسه‌ای قرار دارد. بستر سنگی زیر آبخیزگاه ماسه‌ای، باید بسیار ژرف باشد (۱۵-۱۸ متر یا بیشتر زیر سفره آب زیرزمینی). در یک چنین خاکچالی، خودپالایی در دو مرحله انجام می‌گیرد: نخست درگذر آبرزاله از لایه‌های ماسه‌ای و سپس خودپالایی آبرزاله در آبخیزگاه زیرزمینی.

۳. ابزار خودپالایی

منظور از خودپالایی یا تصفیه طبیعی، کاهش تراکم پدیده‌های تشکیل‌دهنده آبرزاله تا حد مجاز (پذیرفتنی) آنهاست. بر پایه تعریف بالا، شش‌گونه ابزار خودپالایی را می‌توان نام برد.

۳-۱. کشش پوسته‌ای

پوسته نازک رویه هر چیز، مولکول گاز، محلول آبگون یا جامدی را که در تماس با آن قرار

گیرد، به سوی خود می‌کشد (کشش دیگری نیز هست که سبب در خود فروکشیدن می‌گردد، اما با کشش بالا یکی نیست، که بعد، از آن سخن خواهد رفت). هر ذره خاک رس، توانایی آن را دارد که مولکولهای آب، یا هر آبگونی را به سوی خود بکشاند. این ویژگی یعنی کشش پوسته‌ای، با واکنش جابه‌جایی یونها یکی نیست، اما چنان همانند است که برخی هر دو را یکی می‌انگارند. آنچه از دیدگاه طرح خاکچال پراهمیت است، کشش پوسته‌ای است که سبب کاهش کل مواد جامد محلول در آبزباله می‌شود و در فرآیند خودپالایی سودمند است؛ در حالی که واکنش جابه‌جایی یونها، سبب چنین کاهشی نشده و تنها موجب تغییر نوع یونهای آبزباله‌ای می‌گردد که از لایه خاکی سیرآب نشده، نشت کرده است. کشش پوسته‌ای، بستگی به میزان pH دارد و با آزمونهایی نه چندان آسان، می‌توان به ظرفیت کشش پوسته‌ای هر خاک رسی پی برد.

۳-۲. فراکشی زیستی

پدیده‌های زنده بسیار ریز، آبزباله را به سوی خود کشیده و با شکستن مواد تشکیل‌دهنده آن، سبب خودپالایی می‌شوند. این فرآیند، به‌ویژه در آغاز مراحل نخستین خودپالایی، بسیار کارساز است. آنچه رخ می‌دهد، چنین است:

- (الف) پسمانده‌های کربن‌دار درهم می‌شکنند.
- (ب) کربن دی‌اکسید تولید شده و در پی آن، اسید کربنیک پدیدار می‌گردد.
- (ج) آن‌گاه، چند گونه اسید آلی به دست می‌آید.
- (د) اکسیژن موجود مصرف شده و با کاسته شدن میزان آن، محیط زیست برای پیدایی باکتریهای بی‌هوازی پدیدار می‌گردد.
- (ه) واکنش جابه‌جایی یون در فلزها، خود را نشان می‌دهد.
- (و) اکسیده شدن و کاهش ترکیبهای ناآلی، فراهم می‌شود.
- (ز) سیانور با دگرگون شدن، به‌ازت معدنی تبدیل شده، کاهش ازت ترکیبها (ازت‌زدایی) آغاز می‌شود و گاز ازت حاصل می‌گردد.
- (ح) متیل‌شدگی برخی فلزها و شبه‌فلزها ظاهر می‌شود.
- (ط) آمیخته‌های پیچیده آلی، پدیدار می‌شود که با ترکیبهای آبزباله، واکنشهای دیگری را

فراهم می آورد.

ی) برخی از مواد آلی زنده ریز و درشت، پدید می آید که روی آنها، مواد تشکیل دهنده آبزباله، فروکشانده می شود.

ک) مواد آلی ریز دانه وازدهای پدیدار می شود، که می تواند روزنه های خاک را پر کرده و از تراوایی خاک بکاهد.

ترکیبهای آلی پیچیده در آبزباله شهری، بسیاری از پسماندهای فلزی را در شرایط هوازی، بی جنبش و ته نشین می سازد. اما در شرایط بی هوازی و اسیدی، خودپالایی مواد فلزی در اثر میکروبا، کمتر انجام می گیرد، به ویژه اگر pH تا به ۳ و کمتر از آن کاهش یابد. فراکشی زیستی برای پسماندهای پوسیدنی، در وهله نخست ناشی از عملکرد باکتریهای بی هوازی است. تولید متان، بهترین نشانه فعالیت زیستی باکتریهای بی هوازی است که در آغاز کار، زیاده تر تولید شده و رفته رفته تولید آن فروکش می کند. تولید متان، بستگی به مقدار مواد پوسیدنی و پوسیده شدن مواد آلی ریزدانه در آن دارد، که آن هم خود در پیوند با بودن مواد غذایی در زباله است. چکیده یافته ها و آگاهیها، نشانگر این است که فراکشی زیستی، در خودپالایی نقش مهمی دارد، اما میزان اثر آن ناشناخته مانده است.

۳-۳. جابه جاشدن کاتیون و آنیون

جابه جایی کاتیون و آنیونی که به طور عمده در رابطه با دانه های معدنی رس انجام می گیرد، جابه جاشدن یک یون با یون دیگر است، بی آنکه ساختار معدنی آن، دگرگون شود. میزان جابه جایی آنیون، با کاهش میزان pH خاک افزایش می یابد و پایین بودن پایه اسیدی (pH)، در خودپالایی مواد آلی اثر خوبی دارد.

۳-۴. آبکی سازی

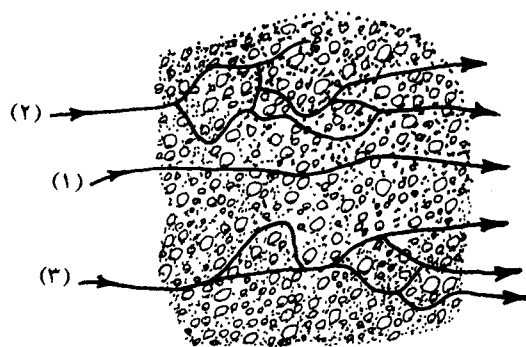
در این شیوه، غلظت مواد تشکیل دهنده آبزباله، کاهش می یابد. بهره وری از این روش، بستگی به آن دارد که آلودگی آبهای زیرزمینی، بالاتر از میزان مجاز نباشد. از آنجا که کلرورها، نیتراها و مواد سولفات که در زباله شهری یافت می شوند، در اثر خودپالایی خاک از میان نمی روند، با آگاهی از غلظت مجاز این گونه پدیده ها در آبخیزگاه، می توان شیوه

آبکی سازی را به کار بست یا به کنار نهاد. برای حفظ آبهای زیرزمینی پایین دست، بهتر است میان خاکچال و نزدیکترین چاه آب آشامیدنی، ۳۵۰ تا ۴۰۰ متر فاصله پیش بینی شود. عامل اصلی مؤثر در شیوه آبکی کردن، اختلاف چگالی آب زیرزمینی و آبزباله است. ضمن آنکه عوامل دیگری مانند سرعت جریان آب زیرزمینی، سرعت ورود آبزباله، خاصیت پراکنده شدن مواد تشکیل دهنده آبزباله در آب زیرزمینی، و سرانجام لایه بندی خاک بستر و پی شالوده خاکچال نیز، در پدیده آبکی شدن مؤثر هستند. همه این عوامل را در کارگاه می توان حدس زد و به دست آورد، اما حدس درست تر، از راه مدل سازی به دست می آید. چون کاربرد خاکچالهای خودکفا تنها در شهرهای کوچک پذیرفته شده است، و از سوی دیگر این گونه شهرها، کمتر توانایی مالی برای تأمین بودجه مدل سازی و انجام این گونه بررسیها دارند، از این رو اجرای چنین طرحهایی هنگامی میسر است که بودجه بندی در مقیاس کشوری انجام شود و سرمایه لازم، در اختیار شهرهای کوچک نیز قرار گیرد.

۳-۵. افشاندگی و پراکندگی

منظور از افشاندگی، افشان شدن همه سویه تا حد هدر رفتن آبگون است، در حالی که پراکندگی، پخش شدن همه جانبه از یک کانون ثابت است. این دو ابزار، آبزباله درون سفره آب زیرزمینی را آبکی تر می کند. زیرا، آبزباله دارای مواد متشکلی است با چگالی متفاوت با آب، و همین امر، سبب پراکندگی و پخش شدن آبزباله تا رسیدن به توازن کیفی با پیرامون خود می شود. پس اگر پراکندگی در اساس پدیده ای فیزیکی / شیمیایی است، افشاندگی پدیده ای مکانیکی است و از این رو، هم در جهت افقی و هم در جهت عمودی، رخ می دهد. افشاندگی افقی، در جهت جریان آب یا آبگون رخ داده و از هر روزنه بازتری راهی برای پخش به وجود می آید. برای آبزباله ای که در نقطه ۲ یا ۳، شکل ۵-۵ وارد می گردد، پیشرفت جریان کندتر از آبزباله ای است که از نقطه ۱ وارد می شود.

افشاندگی عمودی، در جهت عمود بر جریان رخ می دهد و پیامدش شکسته شدن و چندشاخگی ناشی از برخورد آب / آبگون، با تورات جامدی است که در آبخیزگاه وجود دارد. این انگاره، کاربری بیشتری برای ته نشین های ماسه ای و شنی دارد، در حالی که برای خاک رس ترک نخورده، افشاندگی عمودی روئی نمی دهد.



شکل ۵-۵. چگونگی خزش و پراکندگی آلاینده‌ها در درون خاک زمین.

۳-۶. صافی سازی

صافی سازی، ابزاره‌ای است که در اثر آن ترکیبهای آبزیاله از دیدگاه فیزیکی، گیر می‌افتد. به این معنی که مواد جامد ته‌نشین شدنی و شناور در آبزیاله، همان‌گونه که در اثر نیروی وزن ماسه و شن و مواد جامد در تصفیه خانه آب رخ می‌دهد، در لابلای ساختار روزنه‌ای خاک از جریان باز می‌مانند. میزان صاف‌شدگی آبزیاله، بستگی به شیب هیدرولیکی آبزیاله و اندازه روزنه‌ها دارد، اما چون صاف‌شدن یک‌بار رخ می‌دهد، بازدهی خیلی چشمگیر نیست و از این رو در طرح خاکچالها، کنار نهاده شده است.

۳-۷. ته‌نشینی

با دگرگونی عناصر شیمیایی محلول در هر آبگونی، مواد ته‌نشین شدنی، بلورگونه شده، چگالی آنها از حد محلول بودن فزونی یافته و ته‌نشینی رخ می‌دهد. این پدیده، بستگی به عوامل گوناگونی مانند جنس و تراکم یونها دارد، که این خود به دما، پایه قلیایی یا اسیدی (pH) و چگالی مواد محلول بستگی دارد. در جدول ۵-۱ چکیده‌ای از اثر پدیده‌های گوناگون خودپالایی آورده شده است.

جدول ۵ - ۱. اثر تکنیک ابزارهای خودپالایی

نام ابزاره	اثر ابزاره
- کشش پوسته‌ای	در صورتی که دگرگونی pH زیاد نباشد، جابه‌جایی نیست
- فراکشی زیستی	جابه‌جایی موقت است
- جابه‌جا شدن کاتیون و آنیون	آمیخته‌ها بی‌جنبش‌اند، اما آبکی شدن برخی از پدیده‌ها، میزان غلظت را افزایش می‌دهد
- آبکی شدن	کم شدن غلظت
- صافی شدن	بی‌جنبشی
- ته‌نشینی	در بیشتر موارد بی‌جنبشی است؛ دگرگونی pH و EH اثر بسیاری دارد

۴. تأثیر پدیده‌های گوناگون، در فرآیند خودپالایی

سرعت جریان آب‌زباله و درجه سیرابی خاک، دو عاملی هستند که در تغییر کیفی مشهود در طبیعت، نقش دارند. در زیر اشاره‌ای به این دو عامل شده است.

۴-۱. سرعت جریان آب‌زباله

فرآیند خودپالایی، تا حد زیادی بستگی به سرعت جریان آب‌زباله دارد. واکنش جنبشی بر چهار ابزاره از پنج ابزاره کشش پوسته‌ای، یعنی فراکشی زیستی، جابه‌جا شدن کاتیونی و آنیونی و سرانجام، ته‌نشینی، اثر می‌گذارد. از آنجا که آگاهی از این بابت کم است، فرض بر این است که جریان آب‌زباله، چنان آرام و کند رخ می‌دهد، که همه ابزاره‌ها در خودپالایی تأثیر دارند.

۴-۲. درجه سیرابی منطقه سیرآب نشده

درجه سیرابی خاک، در فراکشی زیستی اثری محسوس دارد و در ته‌نشینی تا حدی مؤثر است. سیرابی بیشتر خاک، به معنای کاستی اکسیژن لازم موجود برای واکنش زیستی است، که سرانجام به رشد باکتریهای بی‌هوازی منجر می‌گردد. از آنجا که منطقه سیرآب نشده، همیشه ممکن است سیرآب گردد، بهتر است که تنها در چنین شرایطی به خودپالایی ناشی از فراکشی زیستی توجه شود.

۳-۴. مواد آلی و ناآلی در خاک رس، و بافت خاکی

خاک رس دار، با نسبتی به مراتب بیشتر از رس معدنی، بر کشش پوسته‌ای، ته‌نشینی، و فراکشی زیستی، اثر می‌گذارد. روبه مواد آلی، ضمن آنکه منبع انرژی برای موجودات زنده ذره‌بینی است، کشش پوسته‌ای نیز، فراهم می‌کند. مواد ناآلی، مانند اکسیدها یا هیدراکسیدهای آهن، آلومینیوم و منگنز، در فرآیند ته‌نشینی شرکت می‌کند و به مقدار pH آبزباله - خاک، اثر می‌گذارد. بافت خاکی هم بر روند صافی شدن مؤثر است و باید افزوده در شرایط گوناگون کارگاهی، یک یا چند پدیده یادشده، نقش اصلی را در مهار و کنترل جریان خودپالایی دارند.

۴-۴. چینه‌بندی خاک

چگونگی قرار گرفتن لایه‌های خاک به روی هم (ماسه، لای و رس)، اثری فراوان در فرایند خودپالایی دارد. دست یافتن به مناسبترین چینه‌بندی خاک از دیدگاه خودپالایی، شکل ۴-۵ ناممکن است و هر کارگاهی لایه‌بندی خاص خود را دارد. اشاره به چند نکته زیر، برای روشن شدن این گفت‌وگو، ضروری می‌نماید:

الف) چنانچه زیر خاکچال در دست طرح، لایه رسی نباشد، باید به ساختن پی کندساز پرداخت تا جریان آب را کند کرده و به این ترتیب، کار منطقه سیرآب نشده، در زمین انجام گیرد.

ب) ممکن است در حالت نقب‌زنی، گذرآب از شکافهای زمین - بی آنکه با خاک منطقه سیرآب نشده تماس حاصل کند - روی دهد و موجب گریز آبزباله از خاک شود.

ج) ناهمگونی ناشی از دگرگونیهای جوی، چه بسا در بستر سنگی زیرزمین، کوهواره‌هایی به بار آورده باشد. در این صورت، باید از ساختمان خاکچال خودپالا بر روی چنین بستری، دوری گزید.

د) پایین بودن تراوایی منطقه سیرآب نشده (10^{-7} سانتیمتر بر ثانیه یا کمتر) تراوش درست آبزباله را دشوار می‌کند و احتمال جمع شدن آبزباله را در گوشه و کنار منطقه و نشست آن را، سبب می‌شود. از این رو، نباید به ساختن خاکچال خودپالا در این گونه زمینها پرداخت.

ه) ضخامت لایه بندی خاک در آبکی شدن آبزیاله اثر می گذارد، پس اگر ضخامت آبخیزگاه زیر لایه خاکی، به اندازه مناسب نباشد، جریان آبکی شدن آبزیاله، به درستی انجام نمی پذیرد.

و) چگونگی لایه بندی خاک، همچنین بر شکل خوشه آلودگی درون خاک، که ناشی از سرعت جریان آبزیاله به سوی آب زیرزمینی است، اثر می گذارد و سرعت جریان آب زیرزمینی نیز در شکل این خوشه ها، اثر دارد.

۵. ابزاره خودپالایی، برای آلاینده های شیمیایی

امروزه در بازار آمریکا، ۶۶۰۰۰ ماده شیمیایی، در دسترس است و در جهان، ۴۵۰۰۰ گونه از آن داد و ستد می گردد. برآوردی از نوآوریها در زمینه شیمی، گویای آن است که هر ساله، ۱۰۰۰ ماده شیمیایی نو، ساخته می شود و به نهرست امروزی این ماده ها افزوده می گردد. این در حالی است، که بررسی مدونی از ابزاره خودپالایی برای همه مواد شیمیایی، فراهم نشده است. در بخش زیر، نگاهی به ابزاره خودپالایی خاک و آب زیرزمینی در رابطه با مواد شیمیایی گوناگون - که به طور معمول، در آبزیاله پسماندهای بی خطر یافت می شود - ارائه شده است. چون پسماندهای زیانبار را در خاکچالهای خودپالا نمی ریزند، در زیر به آن دسته از مواد پرداخته نمی شود.

۵-۱. آلومینیوم

بیشتر آلومینیوم، در فرآیند خودپالایی ته نشین می گردد. در حالی که، آلومینیوم در محیط اسیدی کاملاً حل شونده است، در محیط توازن قلیایی و اسیدی، آلومینیوم به آسانی ترکیب اکسیدی نامحلول، هیدرواکسید و سیلیکات، تولید می کند. جابه جا شدن آلومینیوم در محیط رسی، به کندی صورت می گیرد.

۵-۲. آمونیوم

برای آمونیوم که ترکیبی ازته با ریشه NH_4 است، خودپالایی به صورت تبادل کاتیونی یا

فراکشی زیستی رخ می‌دهد. در حالت دوم، آمونیوم تبدیل به نیترات یا ترکیبات آلی ازته می‌شود. این واکنشها، چه بسا به محلول یا گاز آمونیاک یا سایر فرآورده‌های دیگر ازته، منجر می‌شوند. فرآیند ازته شدن که پیدایش نیترات و نمکهای ازت دار است، دوگامه بوده و افزون بر اثر باکتریایی خاص در این فرآیند، فراوانی آمونیوم، اکسیژن لازم که همواره کمبود آن محتمل است، نم و دمای ۳۰ درجه سانتیگراد و محیطی با pH حدود ۸/۵، در انجام بهتر این واکنشها، اثر می‌گذارد. جابه‌جا شدن آمونیوم در خاک رس‌دار، نیمه کند است.

۵-۳. آرسنیک

خودپالایی آرسنیک در اثر ته‌نشینی و کشش پوسته‌ای رخ می‌دهد. در شرایط هوازی، آرسنیک با آهن، آلومینیوم، کلسیم و دیگر فلزها ترکیبهای آرسناتی تولید می‌کند که تا اندازه کمی حل‌شدنی است. بیشترین مقدار آرسنات را که می‌شود از آب‌باله خارج کرد، در pH میان ۴ تا ۶ است و از میان بردن آب‌باله در pH میان ۳ تا ۹، بهتر رخ می‌دهد. جابه‌جایی آرسنیک در خاک رس‌دار، خیلی کند نیست.

۵-۴. باریوم

در فرآیند خودپالایی، در اثر کشش پوسته‌ای، تبادل یونی و ته‌نشینی، از مقدار باریوم کاسته می‌شود. با بودن آهک در خاک، باریوم به صورت کربنات باریوم ته‌نشین می‌شود و چون ماده‌ای بسیار کم حل‌شدنی است، در نتیجه به آسانی خودپالایی می‌یابد. جابه‌جا شدن باریوم در خاک رس‌دار، کند است.

۵-۵. بریلیوم

بیشتر خودپالایی بریلیوم، در اثر ته‌نشینی و تبادل کاتیونی رخ می‌دهد. بریلیوم در pH پایین به خوبی در خاک جابه‌جا می‌شود، اما جابه‌جا شدن آن در خاک رس‌دار، کند است.

۵-۶. بُر

بخش زیادی از خودپالایی بُر، در اثر کشش پوسته‌ای روی می‌دهد و بودن آلومینیوم و آهن دوظرفیتی، در این فرآیند مؤثر است. مقدار جابه‌جا شدن بُر در خاک رس‌دار، بالا است.

۵-۷. کادمیوم

خودپالایی کادمیوم، ناشی از کشش پوسته‌ای و ته‌نشینی است. کشش پوسته‌ای مواد کلوییدی، سبب چنین واکنشی بوده و pH مهمترین پدیده در مهار خودپالایی است. سنگ آهک (کربنات کلسیم)، می‌تواند مانعی میان پسمانده و خاک گردیده و خودپالایی بیشتری در رابطه با کادمیوم فراهم آورد. ولی کاربرد سنگ آهک در خاکچالهای خودپالا، از میزان تراوایی کاسته و سبب فراهم نشدن خاکچالی با خودپالایی دلخواه می‌شود.

۵-۸. کلسیم

خودپالایی کلسیم، از راه ته‌نشینی و تبادل کاتیونی است. در محیط قلیایی، کربنات به‌دست می‌آید که به آسانی ته‌نشین می‌گردد. گریز کلسیم از خاک، بیشتر ناشی از تبادل نمکهای سدیم، پتاسیم، آمونیوم و منیزیم موجود در آبرزاله است، که سبب افزایش سختی آب زیرزمینی می‌شود.

۵-۹. اکسیژن مورد نیاز شیمیایی

COD یعنی نیاز شیمیایی اکسیژن، نشانه بودن گروهی از ترکیبها، مانند مولکولهای مواد آلی، در آن است. برخی از آنها، مانند محلول دی‌کرمات پتاسیم و اسید سولفوریک، در اثر جوشاندن اکسیده می‌شوند. مهمترین ابزار خودپالایی COD، در اثر فراکشی زیستی است که اکسید سولفور (SO_2) و متان، حاصل آن است. در خاکچالهای زباله شهری، با نبودن هوا، تجزیه مواد به‌کندی پیش می‌رود و تولید اسیدی را در پی دارد. خاک ریزدانه برای خودپالایی مؤثرتر است، زیرا سطح تماس زیادتری را فراهم آورده و آمیزش محلول با مواد جامد را افزایش می‌دهد.

۵-۱۰. کلر

کلر، با خاک پالایش نمی‌یابد، اما جابه‌جا شدن آن در هر شرایطی، به‌خوبی رخ می‌دهد.

۵-۱۱. کرومیوم

ابزاره خودپالایی کرومیوم ته‌نشینی، تبادل کاتیونی و کشش پوسته‌ای در خاک است. تراکم

کرومیوم در خاک، در اثر کشش پوسته‌ای مواد آلی، رس کانی و هیدراکسیدهای آهن، منگنز و آلومینیوم کاهش یافته و اثر pH، بستگی به ظرفیت کرومیوم (شش ظرفیتی، یا سه ظرفیتی) دارد. در خاکهای با بافت زبردانه و با روزه کمتر، خودپالایی کمتر از خاک با بافت ریزدانه رخ می‌دهد.

۵-۱۲. مس

خودپالایی مس، ناشی از کشش پوسته‌ای، تبادل یونها و ته‌نشینی است و میزان آن، بستگی به نوع رس و میزان pH خاک دارد، که مهمترین عامل مهارکننده برای ازمیان رفتن مس است. هیدرواکسید آهن و منگنز و بودن رس زیاد هم در خودپالایی مس اثر گذارده و در pH نزدیک به خنثی، خودپالایی مس فزونی می‌گیرد. جابه‌جا شدن مس در خاک رس‌دار، کند است.

۵-۱۳. سیانور

تنها ابزار خودپالایی سیانور، کشش پوسته‌ای است. سیانور در خاک رس‌دار، به خوبی جابه‌جا می‌شود.

۵-۱۴. فلوئور

خودپالایی فلوئور در خاک، در اثر تبادل آنیونی است. جابه‌جا شدن فلوئور در خاک رس‌دار، به آسانی روی می‌دهد.

۵-۱۵. آهن

ته‌نشینی، تبادل کاتیونی، کشش پوسته‌ای و همچنین فراکشی زیستی، در خودپالایی آهن اثر می‌گذارد. جابه‌جا شدن آهن در خاک رس، نیمه کند و کند است.

۵-۱۶. سرب

خودپالایی سرب، ناشی از ته‌نشینی، کشش پوسته‌ای و تبادل کاتیونی است و در خاک رس‌دار، با افزایش میزان pH از ۵ تا ۶، خودپالایی سرب بالا می‌رود. در خاکچالهای زیاله

شهری که شرایط بی‌هوایی رخ می‌دهد، سرب خاصیت جابه‌جایی بیشتری پیدا می‌کند. جابه‌جا شدن سرب در خاک رس‌دار، به‌کندی روی می‌دهد.

۵-۱۷. منیزیم

دو ابزار ته‌نشینی و تبادل کاتیونی، سبب اصلی خودپالایی منیزیم‌اند. منیزیم در خاک رس‌دار، خودپالایی نسبتاً خوبی دارد.

۵-۱۸. منگنز

دو ابزار ته‌نشینی و تبادل کاتیونی، در خودپالایی منگنز اثر می‌گذارند. منگنز در خاک رس‌دار، به‌خوبی جابه‌جا می‌شود.

۵-۱۹. سیماب (جیوه)

سیماب در اثر کشش پوسته‌ای و ته‌نشینی، خودپالایی یافته و برخی از واکنشها سبب افزایش خاصیت‌گریز این آخشید می‌شود. سیماب در خاک رس با کشش پوسته‌ای، اکسید آهن، مواد آلی و مواد کلوییدی پالایش می‌یابد و هرچه بر شرایط قلیایی افزوده شود، این خاصیت خودپالایی فزونی می‌گیرد. رویهم‌رفته، سیماب در خاک، به‌خوبی جابه‌جا می‌گردد.

۵-۲۰. نیکل

خودپالایی نیکل، در اثر دو ابزار ته‌نشینی و کشش پوسته‌ای رخ می‌دهد. نیکل در خاک رس‌دار، جابه‌جایی چندانی ندارد.

۵-۲۱. نیتрат

نیتراتها، در اثر ابزاره فراکشی زیستی پالایش می‌یابند، که خود نیاز به شرایطی دارد که از جنب و جوش باکتریهای بی‌هوازی کاسته نشود و منابع کربن‌دار هم فراهم باشد. نیتراتها به‌خوبی در خاک جابه‌جا می‌شوند.

۵-۲۲. پتاسیم

دو ابزاره خودپالایی مؤثر، بر پتاسیم ته نشینی و تبادل کاتیونی است. خودپالایی پتاسیم، در خاک رس بسیار زیاد است و در خاک رس دار، نسبتاً خوب جابه جا می شود.

۵-۲۳. سلنیوم

ته نشینی و تبادل کاتیونی دو ابزاره خودپالایی برای سلنیوم است. سلنیوم در خاک بیشتر به صورت آنیون ناآلی است که همراه با آهن، کلسیم و سدیم، بروز می کند. جابه جا شدن سلنیوم در خاک رس دار، به نسبت خوب انجام می گیرد.

۵-۲۴. سیلیس

خودپالایی سیلیس در اثر ته نشینی آن است. در خاک به نسبت خوب جابه جا می شود و هرچه خاک قلیایی تر باشد، جابه جایی بهتر انجام می گیرد.

۵-۲۵. سدیم

تبادل کاتیونی ابزاره، عمده خودپالایی سدیم است و تمام سدیم را می تواند از میان ببرد.

۵-۲۶. سولفات

خودپالایی سولفات، در اثر تبادل آنیونی است. سولفات فرآورده ای ناشی از واکنش پدیده های زنده ذره بینی است و از مواد سولفیتی و سولفور آزاد با بودن باکتریهای هوازی که نیاز به اکسیژن دارند، در محیطی با pH پایین و گرمای ۳۰ درجه سانتیگراد نیز، حاصل می شود. از آنجا که سولفاتها آنیون هستند، جابه جا شدن آنها در خاک آسان است.

۵-۲۷. ویروسها

زیست ویروسها در خاک، به میزان نم خاک، دما، pH و بودن ماده خوراکی، بستگی دارد. عامل اصلی از میان رفتن ویروسهای آبزیاله، pH پایین، رس دار بودن خاک و پیدایش کاتیونهاست. جابه جا شدن ویروسها در خاک رس دار، به کندی روی می دهد.

۵-۲۸. مواد آلی فرار و آمیخته‌های گریزنده آلی

این مواد، از آمیخته‌های آلی هستند که در گرما و فشار عادی، گریزنده می‌شوند. دو ابزاره فراکشی زیستی و آبکی‌سازی، سبب خودپالایی آنهاست. تراکم این مواد در آبهای زیرزمینی، پیرامون خاکچالهای خودپالای کوچک، زیاد است.

۵-۲۹. روی

در اثر کشش پوسته‌ای، تبادل کاتیونی و ته‌نشینی، خودپالایی برای روی رخ می‌دهد و با افزایش pH، سرعت خودپالایی روی از ۲ به ۸ فزونی می‌گیرد. ته‌نشینی روی با آنیونهای گوناگون همچون سولفور، فسفات، کربنات، و سیلیکات، مشاهده شده است. نوع خاک رس هم در این خودپالایی بی‌اثر نیست و شرایط قلیایی، بر مقدار آن می‌افزاید. جابه‌جا شدن روی در خاک رس‌دار، به‌کندی انجام می‌گیرد.

۵-۳۰. چکیده‌گفته‌ها

در بالا، خودپالایی ۲۹ آخشیج شیمیایی که در آبزباله‌های خاکچال یافت می‌شود آورد شده که جدول ۵-۲، خلاصه‌ای از این گفته‌هاست. نکته‌های دیگر در این زمینه، چنین‌اند:

الف) بیشتر فلزها در خاک رس‌دار، به‌خیریبی خودپالایی می‌یابند.

ب) مواد غیر فلز، در خاک رس‌دار خیلی خودپالا نیستند.

ج) در خاک رس، برای مواد نیتراتی، سولفاتی، مواد آلی فرار و اکسیژن‌نیاز شیمیایی، باید انتظار خودپالایی بسیار کمی داشت.

د) کلرورها، در خاک خودپالایی نیافته و تنها ابزاره مؤثر بر آن، آبکی شدن است.

۶. روش برخورد با طرح خاکچال

با بودن موجودات زنده ذره‌بینی در آبزباله خاکچالهای بی‌خطر، به‌دشواری می‌توان در آزمایشگاه آبزباله‌ای همانند فراهم ساخت و به سخن دیگر، آمیخته‌ای دقیق از آبزباله در دست داشت که با گذشت زمان در خاکچال تولید خواهد شد. از این‌رو، تحلیل چگونگی درست و همه‌جانبه از واکنشهای شیمیایی میان آبزباله و خاک، پیش از اجرای طرح میسر نمی‌شود. پس آنچه شدنی است، روشی به نسبت کیفی است که بر پایه بخشهای ۳ و ۵ از

این گفتار، استوار است. برای روشن شدن مطلب، نکته‌های زیر که گامهای اصلی طرح درست خاکچال را روشن می‌کند، آورده می‌شود.

الف) فهرستی از آمیخته‌های آبزباله شهری با غلظت قابل ملاحظه تهیه و بر پایه آن، کل ترکیباتی که در درازای عمر خاکچال انتظار می‌رود، برآورد شود.

ب) اثر ابزارهای خودپالایی ترکیبهای آبزباله را که از غلظتی بالا برخوردارند، و اثر همه‌جانبه آبزباله بر آب زیرزمینی، مشخص شود.

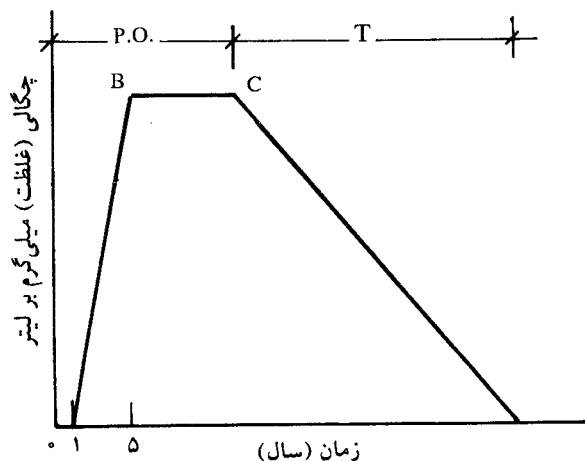
ج) حجم خاک منطقه سیرآب نشده که در فرآیند خودپالایی مؤثر است، محاسبه شود.

د) به‌آبکی شدن ترکیبهای آبزباله در آبخیزگاه زیرزمینی، توجه شود.

۶-۱. آخشیج‌های اصلی آبزباله

آلاینده‌های اصلی خاکچال زباله شهری، شامل مس، سرب، آهن، آمونیم، پتاسیم، سدیم، منیزیم، نیترات، کلرور، و سولفات و میزان COD, BOD است.

ترکیبات شیمیایی و غلظت آنها در آبزباله، دارای محدوده تغییر گسترده‌ای است. این دگرگشتن، ناشی از ترکیب مواد وازده، عمر خاکچال و شرایط جوی است. بر پایه نمودار ۵-۶ می‌توان کل هر پدیده شیمیایی را، مانند آمونیوم، پتاسیم، سدیم و منیزیم، محاسبه کرد. در این شکل، زمان (PO) نشانه دوره‌ای از آغاز کار خاکچال تا تکمیل پوشش پایانی و بسته شدن روی خاکچال است و به‌ازای (PO)، بیش از ۵ سال نقطه C و B روی هم می‌افتد. زمان



شکل ۵-۶. نموداری از چگونگی دگرشدن چگالی ماده تشکیل‌دهنده آبزباله باگذشت زمان.

T، دوره پس از پوشش پایانی است که مقدار تراکم آبرزاله طی آن چنان کاهش می‌یابد، که دیگر برای محیط زیست نگرانی نیست. در بخش ۵، کاربرد این نمودار آورده شده است.

۶-۲. ابزاره خودپالایی مواد آلاینده و بیشینه اثر آبرزاله

در مرحله نخست خودپالایی، پنج ابزاره‌کشش پوسته‌ای، فراکشی زیستی، تبادل کاتیونی، و ته‌نشینی در لایه رسی نقش دارند. در گام دوم از خودپالایی، که در آبخیزگاه ماسه‌ای رخ می‌دهد، گرچه هر پنج ابزاره نامبرده مؤثر هستند، اما ابزاره ششم که آبکی‌سازی آبرزاله است، نقش مؤثرتری پیدا می‌کند.

در گام نخست از خودپالایی که در منطقه سیرآب‌نشده رخ می‌دهد، pH آبرزاله تقریباً خنثی و خودپالایی موادی چون مس، روی، آمونیوم، آهن، منیزیم، پتاسیم، و سدیم، انجام می‌پذیرد. آمونیوم، منیزیم و پتاسیم، تبادل کاتیونی یافته، سبب می‌شوند که کلسیم شسته و زدوده شود، که پیامد آن، سنگین شدن آب زیرزمینی است. در جریان آبکی‌شدن، اکسیژن نیازه زیستی و شیمیایی، نیتратها، کلرورها، و سولفاتها، خودپالایی می‌یابند.

۶-۳. حجم خاک درگیر در فرآیند خودپالایی

با چشم‌پوشی از افزایش ارتفاع فشاری آبرزاله در مورد زباله شهری، حجم خاکی که درگیر در فرآیند خودپالایی می‌شود، از پیوستار زیر به‌دست می‌آید:

$$V_s = R \times A \times H$$

در این پیوستار:

V_s = حجم خاک درگیر در خودپالایی (متر مکعب).

R = عامل کاهش اثر خودپالایی ناشی از بافت خاک ($\frac{1}{1.3}$ و $\frac{1}{1.2}$ تغییر می‌کند).

A = سطح خاک خاکچال (متر مربع).

H = میانگین ژرفای منطقه سیرآب‌نشده، زیر خاکچال (متر) است.

میزان V_s به‌دست آمده از این پیوستار، با اینکه دست‌بالاست، اما پذیرفتنی است.

۶-۴. آبکی‌شدن آلاینده‌ها

گرچه ابزاره آبکی‌سازی از کل آلاینده‌ها نمی‌کاهد، اما سبب کاهش تراکم آنها می‌شود. با

گذر آبزباله از منطقه سیرآب نشده به سفره آب زیرزمینی، با تفاوتی که چگالی آن با آب دارد - در اثر افشاندگی و پخش مواد - از غلظت شان کاسته می شود. این آلاینده های خوشه ای، شکلی هندسی دارند و بر پایه یافته های آزمایشگاهی و کارگاهی، فراهم می شوند. در شکل ۵-۷ آنچه خط چین است نمونه ای احتمالی از شکل خوشه ای آلاینده هاست. اگر فرآیند آبکی سازی مداوم و همیشگی فرض شود، سطحی که با خوشه پیشنهادی تداخل یافته است، در جهت افقی، فاصله ای به شرح زیر را دربر می گیرد:

$$A_i = [(L_1 + X_1) \tan \theta_1 + X_2 \tan \theta_2] \times [L_1 + 2(X_1 + L_2) \tan \theta_2 + 2X_2 \tan \theta_2]$$

در این پیوستار:

A_i = سطحی است که در برخورد با آب زیرزمینی بر آبکی شدن آلاینده ها اثر می گذارد (متر مربع).

X_1 و X_2 = فاصله افقی است که در شکل ۵-۷، نشان داده شده است (متر).

L_1 = اندازه خاکچال به موازات جریان آب زیرزمینی است (متر).

L_2 = اندازه خاکچال در جهت عمود بر جریان آب زیرزمینی است (متر).

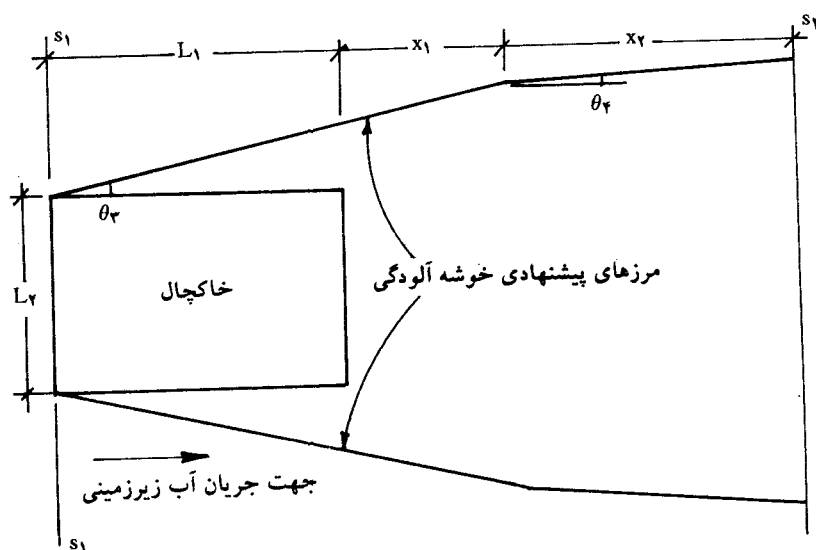
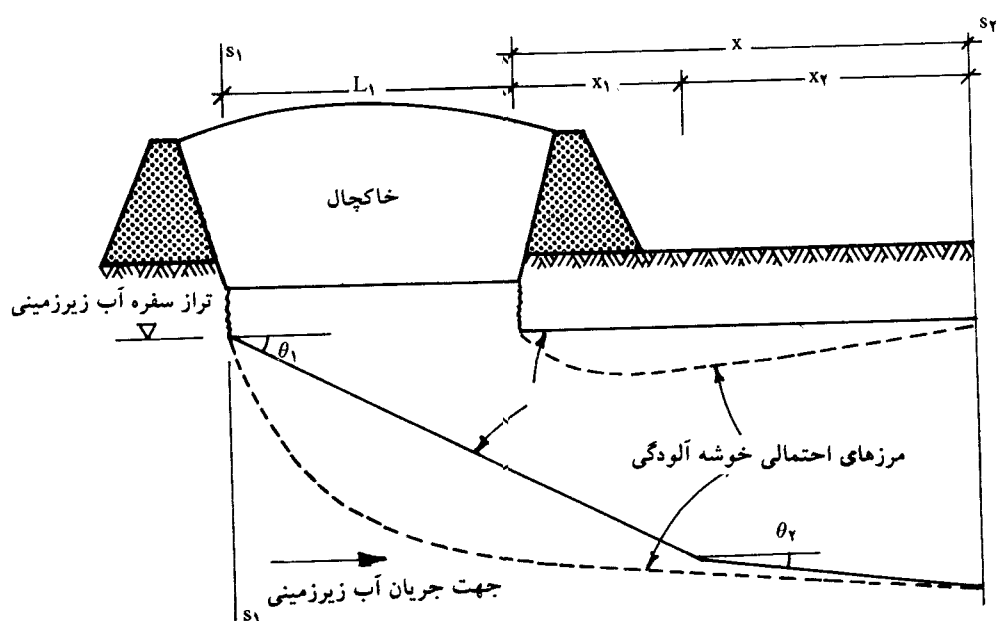
θ_1 تا θ_2 = با زاویه های دورگشتگی است (درجه).

۶-۵. روش طرح

روش زیر، برای طرح خاکچال خودپالا در کارگاهی به شکل ۵-۴ کاربرد دارد. الف) سه فلز مس، سرب و روی از فلزهای سنگین هستند که اگر مقدار آنها در آبزباله کم باشد، در محیط رسی ته نشین می شوند.

ب) خودپالایی آهن در محیط رسی چندان چشمگیر نیست، از این رو می توان فرض کرد که حداکثر ۵۰٪ غلظت در آبخیزگاه ماسه ای، آبکی می گردد.

ج) آمونیم، منیزیم و سدیم، با گذر از تبادل کاتیونی در گام نخست خودپالایی، سبب افزایش سنگینی آب می شود. در این مورد، باید مطمئن شد که حجم کافی از رس در دسترس است. با فراهم بودن ظرفیت تبادل کاتیونی و سنگینی برون نشت (شامل سنگینی آبزباله و افزایش سنگینی در اثر تبادل کاتیونی آلاینده ها)، می شود فرآیند آبکی سازی را بررسی کرد.



شکل ۵-۷. پیکره هندسی خوشه آلودگی در خاکچالهای خودپالا.

د) اکسیژن نیاز شیمیایی و زیستی نترات، کلرور و سولفات، تنها راه آبکی شدن است و چون در دراز مدت خودپالایی می یابد، باید بیشترین غلظت آنها را برای ابزار آبکی شدن بررسی کرد. اندازه خاکچال را باید چنان برگزید که غلظت آلاینده ها در آب زیرزمینی، در فاصله ۳۰۰ متری از خاکچال، بیش از مقدار پذیرفتنی (مجاز) نباشد.

مثال ۵-۱

اندازه خاکچالی ۱۰۰ متر به موازات جریان آب زیرزمینی (L_1) و ۱۵۰ متر در جهت عمود بر جریان (L_2) است. منطقه سیر آب نشده خاک رس دار با ظرفیت تبادل کاتیونی (mEq) ۳۰ به ازای ۱۰۰ گرم خاک و ضخامت آن ۶ متر است. حجم پسمانده ۶۰۰۰۰ متر مکعب ارزیابی شده، عمر خاکچال ۱۰ سال و بیشترین غلظت آلاینده ها در آبزباله و آب بالادست خاکچال به شرح جدول ۵-۳ است.

جدول ۵-۳. بیشترین غلظت برخی از آلاینده ها در آبزباله و آب زیرزمینی

شماره نمونه	ترکیبات آلاینده	در آبزباله (میلیگرم برلیتر)	در آب بالادست پیش از آمیختگی (میلیگرم برلیتر)
۱	آمونیم	۲۰۰/۰۰	۰/۰۰
۲	اکسیژن نیاز زیستی پنج روزه (BOD)	۵۰۰۰/۰۰	۰/۰۰
۳	کلرور	۵۰۰/۰۰	۱۰۰/۰۰
۴	اکسیژن نیاز شیمیایی COD	۱۲۰۰۰/۰۰	۰/۰۰
۵	مس	۰/۵۰	۰/۰۱
۶	سختی (کربنات کلسیم)	۴۰۰۰/۰۰	۵۰/۰۰
۷	آهن	۲۰۰/۰۰	۰/۰۳
۸	سرب	۰/۲۰	۰/۰۰۵
۹	منیزیم	۱۵۰/۰۰	۰/۰۰
۱۰	پتاسیم	۲۰۰/۰۰	۰/۰۰
۱۱	سدیم	۳۰۰/۰۰	۰/۰۰
۱۲	سولفات	۳۰۰/۰۰	۵۰/۰۰

در این کارگاه، سرعت جریان آب زیرزمینی در منطقه ماسه‌ای 1×10^{-1} متر در روز، $T=15$ سال، $R=1:1/2$ ، وزن مخصوص خاک $1/9$ گرم بر سانتیمتر مکعب، $\theta_1=5$ ، $\theta_2=3$ ، $\theta_3=2/5$ ، $\theta_4=1$ بوده و $X_1=60$ متر و $X_2=100$ متر و بارش سالیانه 75 سانتیمتر فرض شده است.

جابه‌جایی کاتیونی را برپایه پیوستار $5-1$ ، این‌گونه می‌توان محاسبه کرد:

$$V_s = \left(\frac{1}{1/2}\right) \times 100 \times 150 \times 6 = 7/5 \times 10^4 \text{ متر مکعب}$$

$$= (7/5 \times 10^4) \times (1/9 \times 10^6) = 1/425 \times 10^{11} \text{ وزن خاک}$$

$$= (1/425 \times 10^{11}) \times (30/100) = 42/75 \times 10^9 \text{ mEq}$$

۷. چکیده گفتار و چند پیشنهاد

بر پایه آنچه آورده شد، می‌توان گفت که تحلیل کیفی کاملی از خاکچالهای خودپالا امکان‌پذیر نیست. همه اقلام نامبرده در زیر، مانند مقدار کمی و کیفی آب‌زباله، آمیخته‌های شیمیایی خاک و برپایه آن، ظرفیت خودپالایی خاک در منطقه سیرآب نشده، شکل خوشه آلودگی و از آن طریق، ظرفیت آبکی ساختن آبخیزگاه، یک به یک باید در کارگاه بررسی و مشخص شود. با چنین گستردگی در تعیین پدیده‌های گوناگون، به‌سادگی نمی‌شود اندازه‌درستی از پسمانده را که بتوان با اطمینان در خاکچال از نوع خودپالا ریخت، مشخص کرد. با این همه، برپایه یافته‌های در دست، برای زباله شهری بیشترین ظرفیت خاکچال خودپالا را 35 تا 40 هزار متر مکعب دانسته‌اند. برای پسمانده‌های دیگر که نبوسیدنی باشند، می‌شود حجم بیشتری برای خاکچال در نظر گرفت. نکته دیگر در خاکچالهای خودپالا تغییر یافتن کیفیت آب زیرزمینی در پایین‌دست (در جهت شیب هیدرولیکی) است که بدون توجه به حجم پسمانده چال شده رخ می‌دهد. در این زمینه، باید افزود که ضخامت منطقه سیرآب نشده هر اندازه که باشد، اثری بر آب زیرزمینی ندارد. سختی نشتاب آمیخته، همیشه بیش از سختی خود آب‌زباله است و برخی از آمیخته‌های آب‌زباله (مانند کلرور، نترات و مواد آلی)، در گذر از منطقه سیرآب نشده خودپالایی نمی‌یابد. از این‌رو، این مواد متشکله سبب کاهش کیفیت آب پایین‌دست در مقایسه با کیفیت آب بالادست می‌شوند.

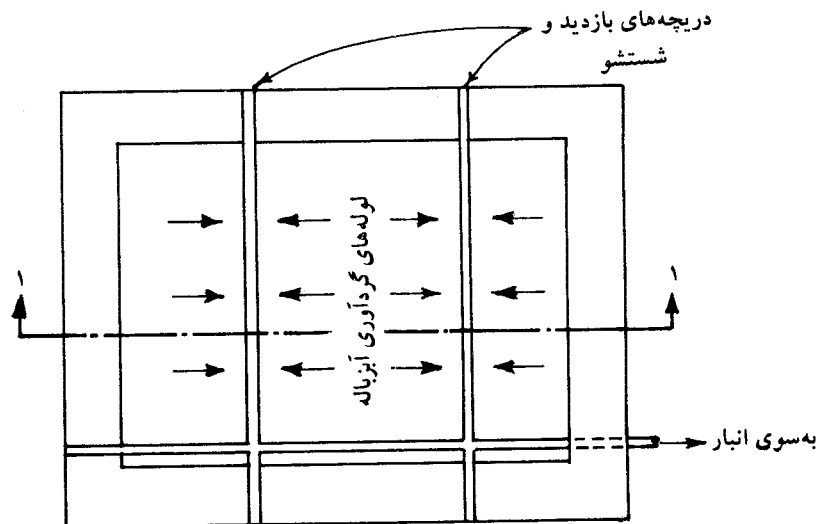
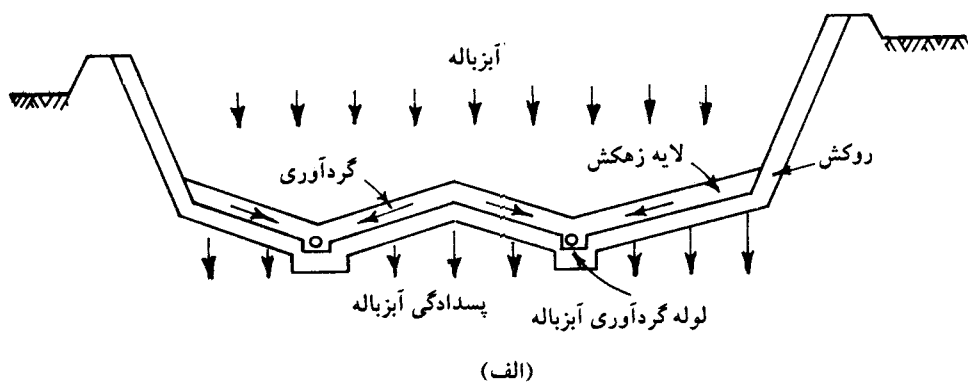
گفتار ششم

خاکچالهای دور بسته یا روکش دار

۱. شناسایی

پایه طرح خاکچالهای دور بسته، در محدود کردن گذر آبزباله به آبخیزگاه (لایه آبخیز) و در نتیجه کاهش مقدار آلودگی آب زیرزمینی است. برای تأمین چنین منظوری، بستر خاکچال را با لایه‌های خاک رس یا روکش ساختگی پوشانده و با گذاردن لوله در کف خاکچال، آبزباله را جمع کرده و در نتیجه، از گذر آن به سفره آب زیرزمینی جلوگیری می‌شود، شکل ۶ - ۱. نخستین گام در این راه، شناخت و به‌سخن دیگر، تعریف «سفره آب زیرزمینی» است، تا مشخص شود که از آلوده شدن کدام آب باید جلوگیری شود. شناسه پذیرفته شده از سفره آب زیرزمینی، چنین است:

«آب زیرزمینی، آبی است که از درون زمین می‌توان بیرون کشید و به‌کار برد». برخی هم می‌گویند: «آب زیرزمینی آبی است که در زیر زمین و در لابلای چین‌های خاک سیرآب شنی یا سنگی زیرزمین یافت می‌شود». در شناخت نخست، تنها حفاظت آبخیزگاه کافی است، در حالی که برپایه شناخت دوم، افزون بر آبخیزگاه باید لایه‌های رسوبی (نهشت) خاک رس سیرآب شده و نیز، آب غوطه‌ور زیرزمینی یعنی ایستابه را (آبی که یکجا گردآوری و تلمبه نتوان کرد)، از آلودگی حفظ کرد. چنانچه دیده می‌شود، این دو شناخت و



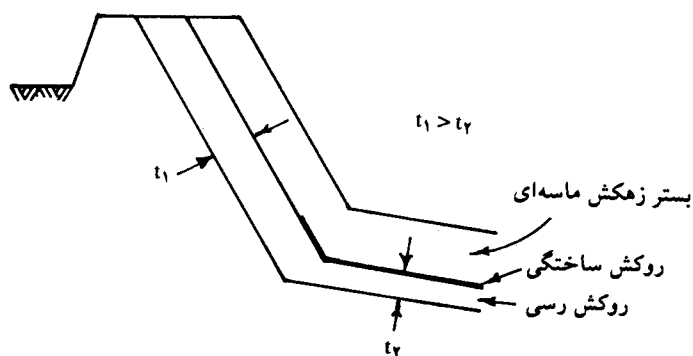
شکل ۶ - ۱. خاکچال دور بسته یک روکش.

تعریف گوناگون، دومبنای طرح جدا از هم به دست داده و بر چگونگی پایش دگرگونیهای کمی و کیفی آب زیرزمینی به هنگام بهره‌برداری و پس از تکمیل پوشش پایانی و بستن خاکچال نیز، اثر می‌گذارد. پس، نخستین گام، همسخن شدن مهندسان طرح و سازمانهای دست‌اندرکار در شناخت از آب زیرزمینی است.

۲. خاکچالهای یک روکش

خاکچالها را با خاک رس یا روکش ماشینی پوشش می دهند، شکل ۶-۱. در حالی که روکش رسی به سادگی آسیب پذیر نیست، کاربرد روکش ساختگی که برای کاهش نشست و پسدادگی (Leakage) آبزباله از خاکچال است، دارای مشکلاتی است، زیرا هنگام پهن کردن آن، همیشه احتمال آسیب پذیری روکش هست. در خاکچالهایی که لجن فاضلاب شهری ریخته می شود، می توان از روکش ساختگی سود جست، اما باید از آمد و شد ابزار کار و خودروها بر روی روکش، خودداری ورزید. برای پخش لجن روی خاکچال، برخی «دراگلین» را مناسبتر می دانند، زیرا می توان لجن را با دلوچه های آن برداشته و در فاصله ای دور، روی روکش خاکچال ریخت. گاهی نیز برای حفاظت بیشتر، هر دو گونه روکش را با هم به کار می برند، شکل ۶-۲.

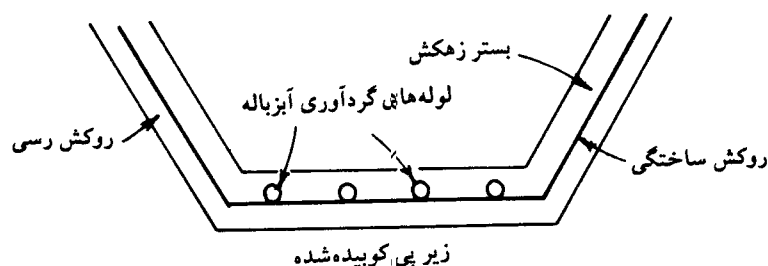
پسدادگی آبزباله از روکش رسی چندان نبوده و با گذشت زمان و کاهش تراوایی روکش، مقدار آن کمتر می شود. در مورد روکش ماشینی، پسدادگی در اصل ناشی از آسیب یافتن روکش به هنگام پهن کردن آن است. پس، واریسی و پایش روکش به هنگام پهن کردن و بهره برداری آن، بسیار مهم است و باید پینه زنی و ترمیم جای آسیب یافته، در پی هر آسیبی، بی درنگ انجام پذیرد.



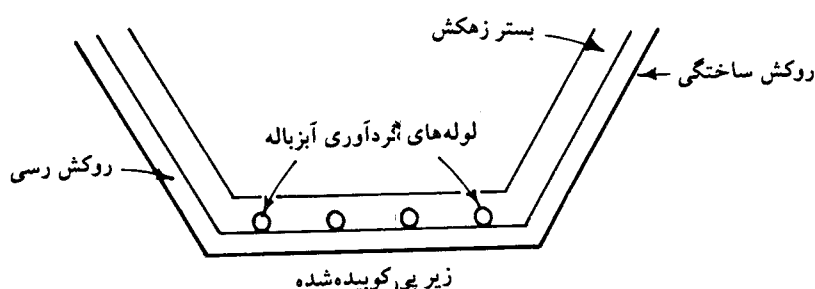
شکل ۶-۲. پیکره ای از خاکچال دور بسته با روکش رسی و روکش ساختگی.

۳. خاکچالهای دوروکشه

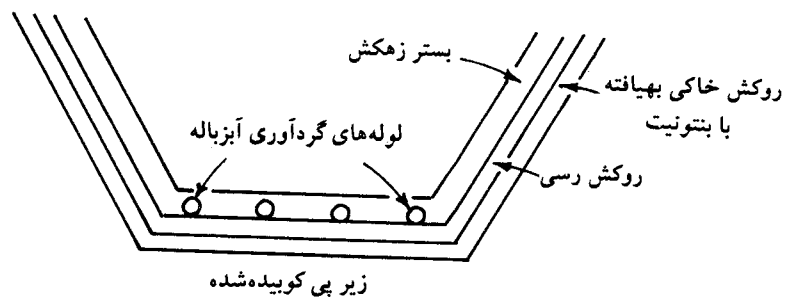
برای آب‌بندی کامل خاکچال، از دو لایه روکش و یک یا دو شبکه گردآوری آب‌بانه، استفاده می‌شود، شکل‌های ۶-۳ تا ۶-۷. اگر یکی از دوروکش، رسی و دیگری ساختگی باشد، باید بسیار مواظب بود که هنگام ساختمان روکش رسی، که نیاز به کوبیده شدن دارد، آسیبی به روکش ساختگی وارد نشود، شکل ۶-۴. ساختن شبکه دوم آب‌بانه، بیشتر برای خاکچالهایی است که پسمانده‌های ریخته شده در آن، به شدت خطرناک است و حفظ آب زیرزمینی منطقه بسیار پر اهمیت است. باید دانست که با کم بودن ارتفاع فشاری آب‌بانه، مقدار کمی از آن در شبکه دوم گرد می‌آید. دیگر آنکه، شیب جریان آب‌بانه - که ناشی از شیب هیدرولیکی سطح آب‌بانه است - به سویی شبکه است و شیب روکش تأثیر چندانی در



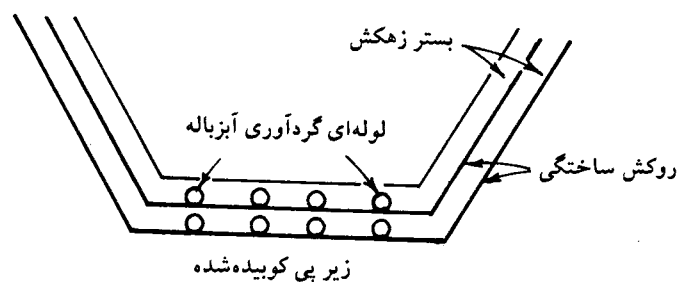
شکل ۶-۳. خاکچال دوروکشه با «یک» شبکه گردآوری آب‌بانه؛ مرتبه یکم.



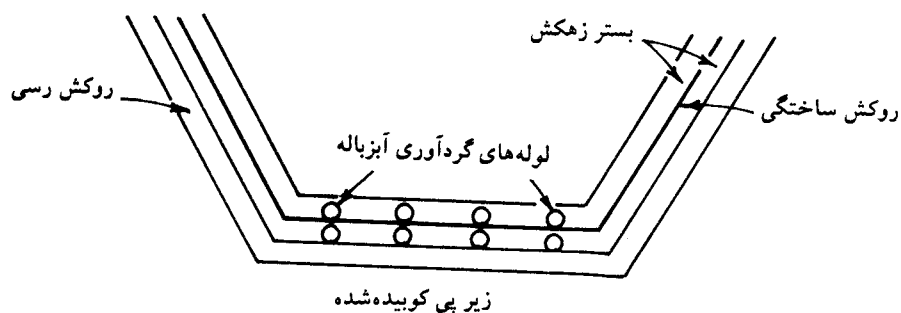
شکل ۶-۴. خاکچال دوروکشه با «یک» شبکه گردآوری آب‌بانه؛ مرتبه دوم.



شکل ۶-۵. خاکچال دوروشه با دیگه شبکه گردآوری آبزیانه؛ گرتنه سوم.

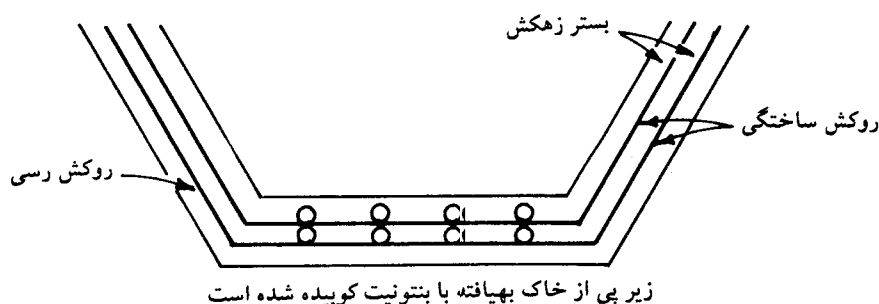


شکل ۶-۶. خاکچال دوروشه با دوه شبکه گردآوری آبزیانه؛ گرتنه یکم.



شکل ۶-۷. خاکچال دوروشه با دوه شبکه گردآوری آبزیانه؛ گرتنه دوم.

کشانده شدن آبزباله به نقطه گردآوری ندارد. آنچه دوباره باید گوشزد شود، آسیب‌پذیری روکش است که در خاکچالهای دو روکشی، احتمال آن افزایش می‌یابد. از این‌رو، چنانچه ساختمان خاکچال دوربسته کامل در نظر باشد، طرحی مانند شکل ۶-۸ مناسب است. چنانچه بخواهند ضخامت روکش رسی را تا ۹۰ سانتیمتر بکاهند، کاربرد یک لایه خاک اصلاحی با بنتونیت به مثابه زیرپی، توصیه می‌شود.



شکل ۶-۸. خاکچال دوربسته چند روکشی با دو شبکه گردآوری آبزباله.

۴. مبانی‌گزینش روکش

گزینش روکش خاکچال بستگی به نوع پسمانده دارد که با آبزباله سازگار باشد و به‌سختی دیگر، بر روکش اثر نگذاشته و آن را نفرساید. اگر روکش دولایه در نظر گرفته شده باشد، سازگاری و تاب روکش نخستین مهم‌تر است. اگر روکش نخست ساختگی باشد و از ابزارهای مکانیکی سنگین - به‌ویژه در بهره‌برداری از خاکچال زیباله‌شهری سود ببرند - زهکش خاکچال را ضخیم‌تر در نظر گرفته و نهایت دقت در پخش و ساختمان زهکش، به‌کار می‌رود. ریختن ۱/۲ متر از نخستین پسمانده بر خاکچال، باید به آرامی انجام گیرد تا موجب جابه‌جایی نشود.

۵. چند نکته درباره ضخامت لایه روکش

افزایش ضخامت روکش، از ترک خوردن و مقدار تراوایی آن کاسته و به‌این ترتیب از کاهش

تاب روکش ساختگی در اثر فروسایی ناشی از تابش پرتو فرابنفش، جلوگیری می‌کند. ضخامت چنین روکشهایی را $1/5$ تا $2/0$ میلیمتر ($60-80$ میل mil)، در نظر می‌گیرند. افزون بر این، چون باید از تاب روکش در مقابله با آبرزاله هم مطمئن بود، برای دست یافتن به مناسبترین ضخامت برای روکش، آزمایشهایی را که نام برده خواهد شد، انجام می‌دهند. اندازه ضخامت روکش رسی، بیشتر در پیوند با دشواریهای ساختمانی آن است، چه در آب و هوای بسیار سرد و یخبندان - و چه بسیار خشک - آسیب‌پذیراند و با ترک و شکاف برداشتن، تراوایی آن افزایش می‌یابد. با آنکه ضخامت 15 تا 30 سانتیمتر برای به دست آوردن روکشی با تراوایی کم کافی می‌نماید، اما چون در سال نخست بهره‌برداری از خاکچال، بخش زیرین این رویه در معرض پدیده‌های آسیب‌زای طبیعی قرار می‌گیرد - که گاه این اثر بر 30 تا 60 سانتیمتر بخش زیرین هم مشاهده شده است - از این رو، ضخامت روکش رسی را $1/2$ تا $1/5$ متر در نظر می‌گیرند، تا پس از فروسایی بخش زیرین یادشده، همچنان لایه‌ای از روکش رسی به ضخامت 60 تا 90 سانتیمتری با تراوایی کم، بر جای ماند. چنین تدبیری، حفاظت بیشتری را برای روکش در برابر چین‌خوردگی، چاک خوردگی و ناهمگونیهای دیگر، فراهم می‌آورد.

۶. سهم‌بندی آبرزاله و شیوه پخش و جریان آن

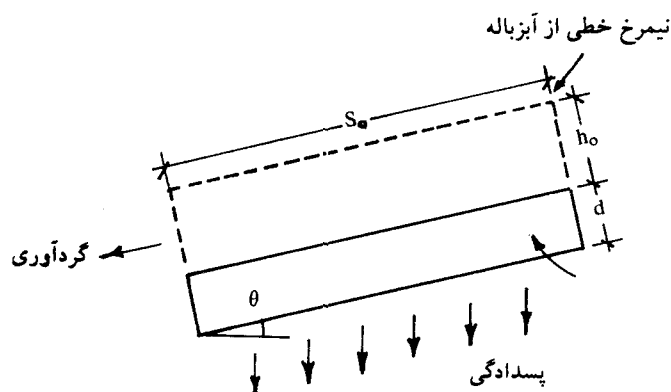
آبرزاله از درون پسمانده در جهت عمود بر روی لایه‌های چال‌شده، از پسمانده‌گذر می‌کند و تا زمانی که به لایه کم‌تراوا نرسد، از رانش باز نمی‌ماند. آبرزاله در برخورد با روکش، روی سطح آن گپه گپه جمع می‌شود، قسمتی از آن با جریان جانبی به سوی شبکه آبرزاله رانده شده و بهری دیگر شاغول‌وار از روکش رد می‌شود. بخشی از آبرزاله تولیدی را که جریان جانبی دارد، «بهر زهکشی» و بخشی از آن که جریان عمودی داشته و از روکش رد می‌شود، «بهر پسدادگی» نامند. برای دانستن میزان این دو بهر از آبرزاله، مدل‌های گوناگونی برپایه جریان یکنواخت و نایکنواخت طرح و ساخته شده، که از آن‌گونه یکی با نام سازنده‌اش وانگ (Wong، سال ۱۹۷۷) شهرت یافته است. مدل وانگ بر این استوار است که آبرزاله روی تاوه‌ای همزمان با شکل گرفتن آن درست‌شده و در توازی با رویه روکش جمع

می‌گردد. مقدار آبریزاله گردآوری شده، بستگی به سرعت جریان آن روی همین تاوه آبریزاله دارد که روی روکش تشکیل می‌شود، شکل ۶-۹. در زمان t ، مقدار آبریزاله سیرآب شده روی روکش V را می‌شود از پیوستار زیر به دست آورد:

$$V = S h \cos \theta$$

در این پیوستار، S درازای تاوه آبی در زمان t ، h ضخامت تاوه آب در زمان t ، θ ، شیب روکش است. از آنجا که این نوشتار از نخستین گامهای برداشته شده برای آشنایی مهندسان ایرانی با فن خاکچال به شمار می‌رود، از آوردن گفتگوهای پیچیده و انگاره‌ای درباره مدلها و پیوستارهای دیگر خودداری می‌کنیم.

نکته مهم دیگر، پیوستگی آبریزاله با مقدار بارش است. چون بخشی از بارش، روی خاکچال بخار شده و بخشی در پسمانده فروکشیده می‌شود، حجم آبریزاله حاصل، همیشه کمتر از مقدار بارش روی خاکچال است. دیگر آنکه، چون در مناطق سردسیر برفهای زمستانی در بهار آب می‌شود، در محاسبه حجم آن باید به این مطلب توجه داشت. بر پایه آنچه گفته شد، مقدار آبریزاله هنگام بهره‌برداری از خاکچال، به سه پدیده: بخار شدن، فروکشیدگی و انباشته شدن برف روی پوشش، بستگی پیدا می‌کند. اگر بتوان اثر این سه پدیده را در مقدار آبریزاله برای یک سال بهره‌برداری از خاکچال به دست آورد، می‌شود آن یافته‌ها را تعمیم داده و برای طرح خاکچالهای مشابه، به کار بست. نکته دیگر، ضخامت بستر زهکش است که بستگی به بیشترین عمق آبریزاله در بالاترین نقطه h در یک سال داشته و باید



شکل ۶-۹. شکل هندسی مدل سهم‌بندی وانگ Wong از آبریزاله.

آن چنان باشد که همیشه کپه آبزباله را در سراسر سال، دربرگیرد. در این باره، شیوه‌هایی برای تعیین مقدار روزانه آبزباله و ارتفاع h فراهم آمده است که به فاصله لوله‌های شبکه آبزباله، تراوایی بستر زهکش و روکش، و نیز ضخامت و شیب روکش، بستگی دارد. آگاهی از بیشترین مقدار آبزباله از دیدگاه طرح و بنای تصفیه‌خانه آبزباله در کارگاه - یا بیرون بردن و ریختن آن در تصفیه‌خانه فاضلاب شهر - بسیار مهم است. در نبود چنین آماری، پیشنهادهای زیر سودمند است:

الف) ضخامت روکش رسی: ۱ - ۱/۵ متر با تراوایی 1×10^{-7} سانتیمتر بر ثانیه (یا کمتر).

ب) فاصله لوله‌ها: ۱۵ - ۳۰ متر.

ج) قطر لوله‌ها: دست کم ۱۵ سانتیمتر.

د) شیب روکش: ۲٪ - ۴٪.

ه) ضخامت بستر زهکش: ۱۲ - ۳۰ سانتیمتر.

۷. طرح خاکچالهایی که بسترشان پایین تر از تراز سفره آب زیرزمینی است

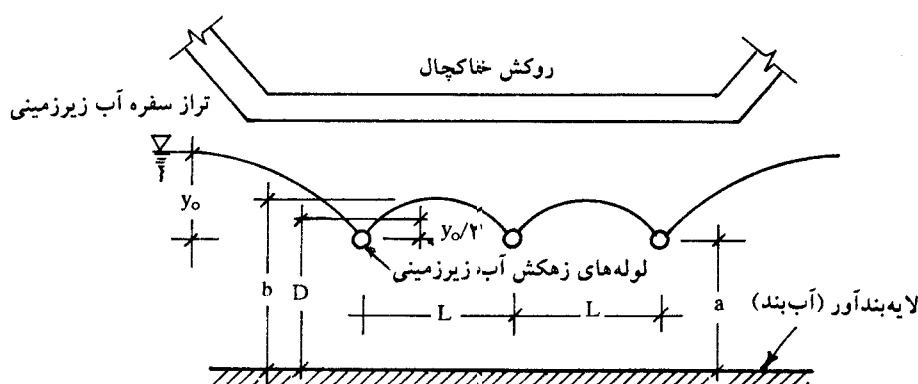
در این حالت، کف بستر خاکچال، همیشه باید بالاتر از بیشترین تراز موسمی سفره آب زیرزمینی باشد. برحسب اینکه زیرپی تماماً رسی یا ماسه‌ای باشد، نحوه برخورد با طرح خاکچال متفاوت است. اگر زیرپی رسی هم باشد، باز ساختمان روکش رسی را باید ضروری دانست، زیرا ممکن است در لابلای خاک رس زیرپی، رگه‌های ماسه‌ای یا شکافهای عمودی یا افقی پدیدار شوند، که هنگام بررسیهای خاکشناسی زیرزمین آشکار نشده باشند. آزمونهای دردست، گویای این واقعیت است که چنانچه آزمایشهای تراوایی در کارگاه با حوصله لازم انجام نگیرد، این گونه گرفتاریها به درستی مشخص نمی‌شود و آب پسدادگی بیش از اندازه‌ای از لابلای شکافها و درزها رخ می‌دهد. با روکش کردن زیرسازی خاکچال، می‌شود مطمئن شد که مقدار پسدادگی آبزباله در این گونه خاکچالها، از حد مورد نظر تجاوز نخواهد کرد.

در زمینه‌های ماسه‌ای، با آبکشی از زمین - یا با به کار بردن ابزار آبکش دائمی - سطح

سفره آب زیرزمینی را پایین نگه می‌دارند، شکل ۶-۱۰. چنانچه از شیوه آبکشی دایمی استفاده شود، باید مطمئن بود که همواره سوراخ لوله‌های آبکش باز است و دست‌کم سالی یک‌بار آنها را واریسی کرد. در برخی موارد با طرح تراز پی خاکچال، در سطحی بالاتر، از بنای شبکه آبکشی که کاری پُردردسر و پُرهزینه است، اجتناب می‌شود. فاصله لوله‌های آبکش را از یکدیگر، بر پایه پیوستار زیر که در اصل، برای زهکشی زمینهای کشاورزی فراهم شده تعیین می‌کنند.

$$L^2 = \frac{4K(b^2 - a^2)}{Q_d}$$

در این پیوستار، L فاصله لوله‌های زهکش (متر)، K میزان هدایت الکتریکی (متر در روز)، a فاصله میان لوله‌ها و لایه آب‌بند (متر)، b بیشترین فاصله پذیرفتنی میان تراز آب زیرزمینی و لایه آب‌بند (متر)، Q_d میزان پُرشدن آب (مترمکعب در مترمربع در روز) است.

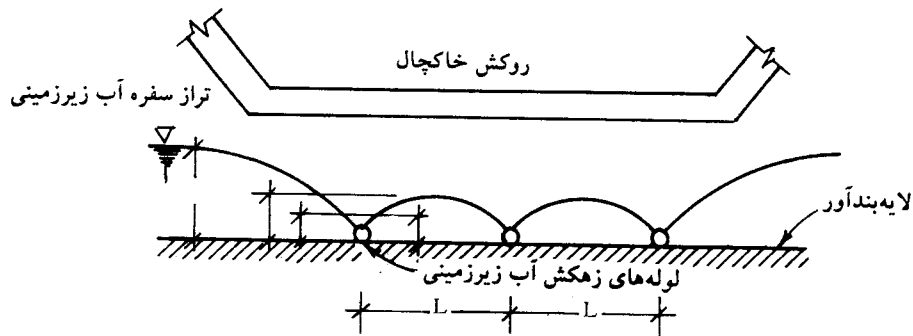


شکل ۶-۱۰. پیکره هندسی طرح سامانه آبکشی آب زیرزمینی: لوله‌ها بالای لایه بندآوراند.

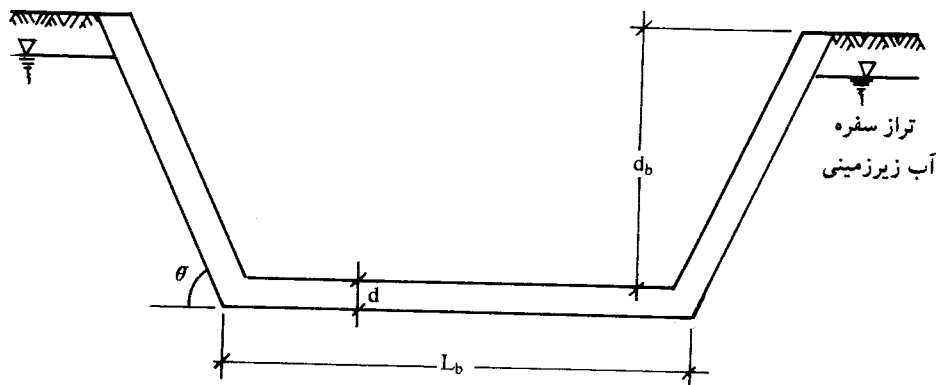
چون مقدار آبزیاله‌ای که وارد آب زیرزمینی می‌گردد بسیار ناچیز است، برای شبکه آبکش، $Q = K_i$ بوده، از این‌رو پیوستار بالا چنین نوشته می‌شود:

$$L^2 = \frac{4(b^2 - a^2)}{i}$$

کاربرد پیوستار بالا، برای هنگامی است که لوله‌های آبکش در بالای لایه نفوذپذیر



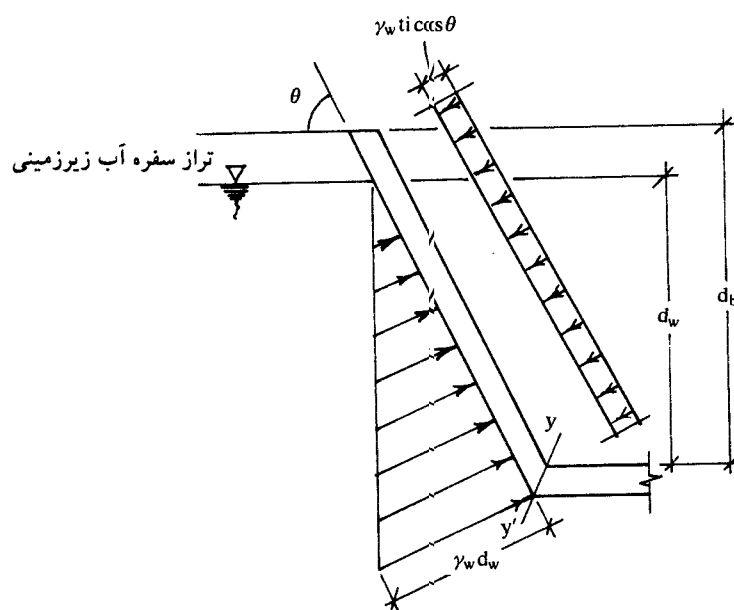
شکل ۶-۱۱. پیکره هندسی طرح سامانه آبکشی آب زیرزمینی: لوله ها روی لایه بندآوراند.



شکل ۶-۱۲. وضع احتمالی گسیختگی در روکش.

کارگذاری شوند، شکل ۶-۱۰. اگر لوله ها را روی لایه نفوذپذیر کار بگذارند، اندازه a صفر می شود، شکل ۶-۱۳. بر پایه آزمایشهای در دست، بهتر است که در پیوستار بالا ضریب کاهشی همسنگ با $0/8$ تا $0/9$ در نظر گرفته و فاصله ها را با این نسبت کاهش داد. در مواردی که لوله ها روی لایه آب بند کارگذاری شده باشند، بده از لوله ها را از پیوستار زیر به دست می آورند:

$$q_r = \frac{2\pi KY.D}{86/400 L}$$



شکل ۶-۱۳. نمودار نیروهای وارده در گسیختگی کناری روکش.

اگر لوله‌ها روی لایه آب‌بند کارگذاری شده باشند، از پیوستار زیر سود می‌جویند.

$$q_0 = \frac{4KH^2}{864/0.0L}$$

در این پیوستارها، q_r و q_0 ، مقدار آب ورودی از دو سمت زهکش در واحد درازای آبکش، Y_0 یا H ، بیشترین ارتفاع تراز سفره آب زیرزمینی از کف لوله، K میانگین هدایت هیدرولیکی خاک میان بیشترین تراز سفره آب زیرزمینی از لایه آب‌بند یا زهکش در روز، D میانگین عمق جریان آب و برابر $(d=y/2)$ بوده و L فاصله لوله‌ها از یکدیگر است.

کل آب بیرون آمده از لوله، با ضرب کردن q_r یا q_0 در کل درازای لوله‌ها به دست می‌آید و قطر آن که به هر حال نباید کمتر از ۱۰ سانتیمتر باشد، با کاربرد پیوستار مانینگ، محاسبه می‌گردد. برای روشن شدن گفته‌های بالا، مثال زیر که برپایه اندازه‌های انگلیسی است، آورده می‌شود.

مثال ۶-۱

شبکه آبکشی زیرزمینی خاکچال را که خاک آن دارای K برابر $۲/۸۳$ فوت در روز (۱×۱۰^{-۳} سانتیمتر در ثانیه) و شیب $۰/۱$ است به دست آورید. بیشترین تراز مجاز برای سفره آب زیرزمینی ۱۰ فوت بالای لایه آب بند، ارتفاع کف لوله ۵ فوت بالای لایه آب بند و درازای هر لوله پلاستیکی ۱۰۰۰۰ فوت با شیب $۰/۱$ و ضریب زبری $n = ۰/۰۱۵$ است. بر پایه پیوستار بالا:

$$L^2 = \frac{4(b-a)^2}{i}$$

$$L^2 = \frac{4(10^2 - 5^2)}{0/1} = 55 \text{ فوت}$$

با کاربرد ضریب کاهش برابر $۰/۸$ ، $L = 44$ فوت و از پیوستار زیر:

$$q_r = \frac{2_4 KY_4 D}{86400 L}$$

$$D = 5 + \frac{5}{4} = 7/5 \text{ فوت}$$

$$q_r = \frac{2\pi \times 2/83 \times 5 \times 7/5}{86400 \times 4} = 0/00017 \text{ فوت مکعب / ثانیه}$$

و به این ترتیب، کل بده برابر:

$$\frac{0/00017}{4} \times 10000 = 0/09$$

فوت - ثانیه / فوت مکعب می شود.

چنانچه قطر لوله ۴ اینچ و با جریان پر فرض شود:

$$V = \frac{1/486}{0/015} \times \left(\frac{4}{2 \times 12} \right) \times \frac{2}{3} \times (0/01)^{1/2} = 3 \text{ فوت / ثانیه}$$

و ظرفیت چنین لوله ای با جریان پر برابر:

$$3 \times \pi \left(\frac{2}{12} \right)^2 = 0/26 \text{ فوت مکعب / ثانیه}$$

می شود که بیشتر از کل بده است.

۷-۱. بررسی ترک خوردگی در روکش کف

از جمله دلایل ترک خوردگی روکش کف، پدیده‌های زیراند:

الف) گسیختگی برشی

ب) گسیختگی خمشی

ج) گسیختگی برشی، ناشی از سوراخ شدن بر اثر فشار ناشی از ارتفاع فشاری آب است، که سبب خستگی و کشش می‌گردد. این فشار، که برابر مقاومت روکش است - و آن را ارتفاع بحرانی می‌نامند - از دو بخش تشکیل شده است: یکی در برگیرنده ایستایی برشی یا خمشی روکش رسی است، دیگری در برگیرنده نسبت وزن خاک به آب است. آزمونهای در دست، گویای آن است که خستگی خمشی بالا، بیشترین عامل گسیختگی است. پیوستار زیر ارتفاع بحرانی (h) را نشان می‌دهد:

$$h_b = \frac{4}{3} \times \frac{K_b Cu}{\gamma_w} \left(\frac{d}{L_b} \right)^2 + \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \times d$$

در این پیوستار، Cu واحد ایستایی برشی خاک رس، K_b شماره‌ای ثابت (نزدیک به ۰/۲۵)، γ_w وزن واحد حجم آب، γ_s وزن واحد حجم خاک، d ضخامت لایه روکش، و L_b درازای کف خاکچال است. بر پایه آزمونهای در دست - و از دیدگاه طرح - می‌توان از بخش نخست پیوستار بالا چشم‌پوشی کرد.

۷-۲. گسیختگی روکش کناری

گسیختگی روکش کناری خاکچال در زیر سفره آب زیرزمینی، در اثر فشار آرتزین در درز ماسه‌ای رخ می‌دهد. در زیر، نخست به گسیختگی در برش (Y-Y) پرداخته می‌شود که ناشی از گسیختگی برشی و گسیختگی خمشی است. در این مورد هم، ارتفاع بحرانی آب روی روکش را، می‌توان دو بخش کرد: یکی در برگیرنده ایستایی برشی یا خمشی خاک رس و دیگری در برگیرنده نسبت واحد وزن مخصرص خاک و آب است. آزمونهای در دست، گویای آن است که تنش برشی زیاد بیش از هر عامل دیگری سبب گسیختگی احتمالی و گویای ارتفاع بحرانی آب برای گسیختگی برشی در برش Y-Y است:

$$C_{dw} = \sqrt{\frac{2 C_u d \sin^2 \theta}{\gamma_w} + \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \sin^2 \theta} d_b$$

در این پیوستار، C_{dw} عمق بحرانی سفره آب روی روکش، d عمق بالای روکش کف از سطح زمین، و دیگر عناصر همان است که پیشتر آورده شده است.

مثال ۶-۲

امکان ترک خوردن خاکچال چهارگوشی را که برای آن شبکه آبکش در نظر گرفته شده و دارای اندازه‌های زیر است، به دست آورید: C_u برابر ۷۵۰۰ کیلوگرم بر متر مربع، L_d برابر ۵۰ متر، d_b برابر ۵ متر، d_w برابر ۳ متر، d برابر ۱/۵ متر، θ برابر ۱۸/۴ درجه، وزن مخصوص پسمانده یا γ_w برابر ۸۱۶ کیلوگرم بر متر مکعب، و وزن مخصوص خاک، γ_s برابر ۱۶۵۰ کیلوگرم بر متر مکعب است.

نخست، گسیختگی در کف لایه نفوذناپذیر واری می‌شود. ارتفاع بحرانی برای روکش کف برابر است با:

$$\text{متر } ۲/۵ = ۱/۵ \times (۱۰۰۰ + ۱۶۵۰)$$

از آنجا که ارتفاع تراز سفره آب زیرزمینی برابر $4/5 = (1/5 + 3) = d + d_w$ متر و بالاتر از کف لایه آب‌بند است، گسیختگی هنگامی ممکن است رخ دهد که آبکشی بی‌درنگ با پایان یافتن کار ساختمانی، قطع شود. برای جلوگیری از چنین رویدادی بهتر است پیش از آنکه شبکه آبکشی از کار انداخته شود، خاکچال را تا ارتفاع مناسبی با پسمانده پر کرد. ارتفاعی از آب که باید با ریختن پسمانده توازن یابد، برابر:

$$\text{متر } ۲ = ۴/۵ - ۲/۵$$

است و ارتفاع همسنگ از پسمانده که باید در خاکچال ریخته شود برابر است با:

$$\text{متر } ۲/۴۵ = ۸۱۶ : (۲ \times ۱۰۰۰)$$

پس برای جلوگیری از گسیختگی لایه آب‌بند، دست‌کم باید ۲/۴۵ متر پسمانده در همه سطح کف روکش‌شده ریخته و سپس شبکه آبکشی را متوقف کرد. راه دیگر افزایش ضخامت لایه آب‌بند است.

حال به بررسی گسیختگی کناری لایه بندآور پرداخته می‌شود، که در برش $Y-Y$ ،

به شرح زیر است:

$$C_{dw} = \sqrt{\frac{2 \times 7500 \times 1/5 \times \sin^2(18/4)}{1.3} + \frac{816 \times 1/5 \times 5 \times \sin^2(18/4)}{1.3}} = 1/68 \text{ m}$$

پس چنانچه شبکه آبکشی را بی درنگ با پایان گرفتن کار ساختمانی روکش خاموش کنند، گسیختگی در خاکچال و در برش $Y-Y$ ، رخ خواهد داد. برای پیشگیری از این گسیختگی، یا باید روکش را در امتداد گوشه (برش $Y-Y$)، ضخیمتر در نظر گرفت یا پیش از آنکه سامانه آبکش از کار انداخته شود، پسمانده تا ارتفاعی که لازم است، روی لایه انباشته شود. به طور معمول، ضخیمتر کردن گوشه را ترجیح می دهند که بر تاب برشی روکش نیز می افزاید.

اجرای نادرست کار ساختمانی نیز سبب گسیختگی کف و روکش کناری خاکچال می گردد. پس بهتر است همواره مهندسانی کارآزموده به واریسی کار گمارده شوند که در دستیابی به کیفیت دلخواه سختگیری نشان داده و راهنمایی نمونه برای دیگر کارکنان باشند.

۸. خاکچالهای خودپالا و خاکچالهای دور بسته

در سنجش این دو شیوه چال کردن، مهندس طرح باید به افزونه ها و کاستیهای هر دو روش توجه کند و هر کدام را که از دیدگاه فنی و مالی مناسبتر است، برگزیند. نخستین گام در این راه، رایزنی با سازمانهای دست اندرکار و آگاهی از خواست و روش برخورد آنها با این دو شیوه است. در زیر، برخی از نکته های سودمند که جنبه عمومی دارد آورده شده است:

الف) خاکچالهای خودپالا را برای پسمانده های بی خطر و با حجم روزانه کم می سازند، زیرا بنای خاکچالهای دور بسته گران و پرهزینه، و همراه با گرفتاریهای دیگری است.

ب) روکش کردن تنها بخشی از دیواره و کف خاکچال در سالهای نخست و ادامه آن با گسترش خاکچال، از دیدگاه اجرایی و اقتصادی به صلاح نیست و بهتر است همه کارگاه یکجا و یکباره روکش شود - اگرچه آن بخش از روکش که بهره برداری از آن در سالهای نخست انجام نمی گیرد، در اثر تابش خورشید و دیگر پدیده های جوی مانند باد و برف، فرسودگی می یابد.

ج) اگر پسمانده تنها در بخش کوچکی از خاکچال دور بسته ریخته شود، همه بارش روی سطح خاکچال، به سوی شبکه آبریزاله روان می شود - گرچه مقدار آلودگی نسبی اش پایین است، اما الزاماً همه زباله گرد آورده شده، باید تصفیه گردد.

- (د) خاکچال خودپالا، برای پسمانده با حجم زیاد مناسب نیست، زیرا در این صورت، گریزی از آلودگی آبهای زیرزمینی نیست. اگرچه خاکچال خودپالا اثری ناچیز بر محیط زیست به جای می گذارد، اما خاکچال دوربسته نه تنها بر زمین و کارگاه خاکچال اثری نامطلوب دارد، بلکه بر برداشتگاه ماسه و خاک رس (به ویژه اگر روکش رسی گزیده شده باشد) نیز، اثر می گذارد و پایشی پیوسته لازم دارد که پرهزینه است.
- (ه) نکته دیگر، نیاز به نیروی انسانی بیشتر، ابزار اجرایی مورد نیاز و بهره برداری و نگهداری از خاکچال دوربسته، نسبت به خاکچالهای خودپالا است.
- (و) اگر از یکسان ماندن کیفیت پسمانده با حجم زیاد، اطمینان حاصل می شد، سود بردن از خاکچال خودپالا و کاستن از هزینه ها، ضمن آنکه آب زیرزمینی هم از آلودگی مصون می ماند، میسر می گشت. اما، کمتر مهندس طراحی در این گونه تصمیم گیری ها - ولو آنکه سازمانهای دست اندرکار به چنین طرحهایی روی خوش نشان دهند - پای پیش نهاده و به پاسخگویی های آینده تن درمی دهد.
- چکیده سخن آنکه در هر موردی، مهندس طرح باید با سبک سنگین کردن جنبه های گوناگون فنی و اقتصادی منطقه ای، به داوری نشسته و مناسبترین شیوه را برگزیند. اگر طراح به کارش پایبند باشد با پافشاری بر طرح پیشنهادی خود، همکاری و همراهی دیگران را هم به دست خواهد آورد. چنانچه حجم پسمانده روزانه کم باشد و آیین نامه، ریختن پسمانده را در خاکچال خودپالا نادرست بداند، ممکن است به جای ساختن خاکچال دوربسته کوچک، پسمانده را با کامیونهای حفاظت شده، به نزدیکترین خاکچال دوربسته شهر نزدیک حمل کرده و در آنجا چال کرد، که هم بهداشتی تر و هم به صرفه تر است.

گفتار هفتم

روکشا

۱. شناسایی

روکش و پوشش پایانی خاکچال بر سه گونه است: خاک رس، روکشهای ساختگی (ماشینی) و روکش با خاک اصلاح شده. در هر طرحی باید امکان کاربرد هر یک از این سه گونه روکش، و افزونه‌ها و کاستیهای آنها، همراه با بررسیهای فنی و هزینه‌های انجام هر یک را بررسی کرده و مناسبترین را برگزید.

۲. خاک رس

روکش خاکچالهای بی خطر، بیشتر خاک رس است، اما شناسایی خاک رس، خود بحث برانگیز است. برخی رس را خاکی با دانه‌های ریز تا به قطر کمتر از 0.075 میلیمتر تعریف می‌کنند و برخی آن را خاکی با دانه‌هایی برابر یا ریزتر از 0.075 میلیمتر می‌دانند. در دو سامانه "Unified Classification System" و "The International Classification System" و همچنین در سامانه MIT (MIT Classification System)، خاک رس را دانه‌هایی با قطری برابر یا کمتر از 0.075 میلیمتر شناخته‌اند. رده‌بندی MIT (برای خاک) که ساده‌تر است

چنین است:

- ماسه: ۰/۰۶ تا ۲ میلیمتر.

- لای: ۰/۰۶ تا ۰/۰۰۲ میلیمتر.

- رس: ۰/۰۰۲ میلیمتر و ریزتر.

در این نوشتار، هرگاه از خاک رس نام برده می‌شود، منظور همان دانه‌بندی به قطر ۰/۰۰۲ میلیمتر و ریزتر است.

فراهم آوردن منحنی دانه‌بندی برای دست یافتن به کمترین تراوایی از روکش خاکی کوبیده شده لازم است. آزمونهای در دست، گویای آن است که منحنی "S" وارونه، مناسبترین تراوایی را برای خاک به دست می‌دهد.

۲-۱. تأثیر روکش دولایی

آگاهی از نقش الکتریکی دولا بودن روکش خاک رس، در چگونگی واکنش و مهار کردن آن مهم است. سطح دانه‌های رس، به‌طور معمول بار الکتریکی منفی اضافی دارد و فضای میان دو دانه رس، دارای کاتیون (یونهای با بار مثبت) و آنیون (یونهای با بار منفی) است. میزان تراکم کاتیون در نزدیکی بار منفی سطح خاک رس، زیاد است و در نتیجه با افزایش فاصله رو به کاهش می‌نهد. سطح خاک رس را که دارای بار الکتریکی منفی است، با مایعی که در جوار آن است، جمعاً روکش دولای افشان نامند. ضخامت این دولا (T_h)، از پیوستار زیر، به دست می‌آید:

$$T_h = \left(\frac{DKT}{8\pi n_0 \epsilon^2 \gamma^2} \right)^{1/2}$$

در این پیوستار، D ضریب ثابت دی‌الکتریک، K^2 ضریب بولتزمن، T دمای مطلق (در سامانه کلون)، n_0 تراکم یونها، ϵ واحد بار الکتریکی و γ ظرفیت یونها است.

پیوستار بالا، گویای آن است که ضخامت روکش دولا، به‌طور معکوس متناسب با ظرفیت یونها و به‌توان دوازدهم تراکم یونهاست و متناسب با دما و ضریب دی‌الکتریک افزایش می‌یابد. از این پیوستار، نتایج زیر نیز به دست می‌آید:

الف) ری کردن خاک رس، تا حدودی بستگی به تراکم الکترولیت درون روکش دولایی دارد.

- ب) افزایش میزان کمی از کاتیونهای دویا سه ظرفیتی به سامانه تک ظرفیتی دولایی، اثری عمده بر ویژگیهای فیزیکی خاک رس می گذارد.
- ج) ضخامت روکش دولایی، گرایش به کم و زیاد شدن را مهار کرده و بر فشاری کردن رس هم اثر می گذارد.
- د) کاهش ضخامت روکش دولایی، سبب درهم شدگی و انقباض خاک رس می شود. این نکته در مورد خاکچال مهم است، زیرا ضریب دی الکتریک آبزباله و آب زیرزمینی یکی نیست.
- ه) اثر دما بر دولایی بودن را به آسانی نمی توان پیش بینی کرد، چون ضریب دی الکتریک نیز بستگی به دما دارد. برای آب، تغییر میزان DXT چندان نبوده و برای دمای از صفر تا شصت درجه سانتیگراد، تغییر ضخامت دولایی در اثر تغییر دما قابل توجه نیست.

۲-۲. تاثیر آخشیج های گوناگون بر ویژگیهای خاک رس

ویژگیهای مکانیکی خاک رس بستگی به چندین پدیده مؤثر در یکدیگر دارد، مانند درصد ماده های بلور نشده بی شکل، کاتیونهای فروکشیده شده، چگونگی پخش و شکل دانه ها، آمیخته های کانی، آمیخته شیمیایی مایع رخنه کننده، بافت خاک و درجه سیرابی با کاربرد نظریه های شیمی - فیزیک. می توان به تأثیر پدیده های یادشده در ویژگیهای کمی خاک، تا اندازه ای پی برد، اما پیش بینی کیفی آن، به دشواری میسر است.

بررسی تأثیر مواد آلی و ناآلی بر میزان تراوایی خاک رس، نشان می دهد که آبگوتهای آلی، اثری بر تراوایی خاک ندارد اما آبگوتهای ناآلی، سبب دگرگونی تراوایی خاک رس می شود. بر پایه آزمونهای در دست، برای روکش کردن خاکچالهای خطرزا، بهتر است از کاربرد خاک رس پرهیز شود.

۲-۳. اثر کوبیدن خاک رس بر میزان تراوایی

کوبیدن خاک رس به هنگام ساختمان روکش، سبب دگرگونی بافت خاکی و تغییر ویژگی مکانیکی و به ویژه تراوایی آن می گردد. خاکی که دارای بافت پراکنده و روزنه های بازتر و پیچ و خم بیشتر است، میزان تراوایی را افزایش می دهد. پیوستار زیر که برای ماسه پیشنهاد

شده، اگر چه برای بررسی تراوایی خاک رس کافی نیست، اما گویای مطلب است. بر پایه این پیوستار، میزان تراوایی خاک سیرآب شده چنین است:

$$K = \frac{1}{K_0 T_f^2 S_0^2} \left(\frac{e^2}{1+e} \right) \left(\frac{\gamma}{\mu} \right)$$

در این پیوستار، K میزان تراوایی خاک، K_0 ضریب شکل روزنه‌های خاک، T_f ضریب پیچ و خم (Tortuosity Factor)، S_0 سطح مخصوص دانه‌های خاک به ازای واحد حجم آن، e نسبت پوچی (Void Ratio) خاک، γ واحد وزن مایع تراوش شده، و μ میزان گرانیروی آبگون تراونده است. برداشتهای زیر، از پیوستار بالا به دست می‌آید:

(الف) تراوایی با کاهش نسبت پوچی کاسته می‌شود.

(ب) تراوایی متناسب با نسبت واحد وزن و گرانیروی مایع تراونده است.

(ج) تراوایی با افزایش پیچ و خم کاسته می‌شود.

(د) تراوایی با افزایش سطح مخصوص کاهش می‌یابد.

دانه‌های خاک رس با کوبیدن درهم رفته و به صورت کلوخه‌هایی کوچک در می‌آید، که دوباره درهم آمیخته و کلوخه‌های بزرگتری را تشکیل می‌دهد. اندازه روزنه‌ها در درون هر یک از این کلوخه‌ها، کمتر از اندازه فضایی است که میان دو کلوخه پدیدار می‌شود. افزون بر این روزنه‌ها، دو گونه روزنه دیگر که چاک و شکاف باشد، به طور طبیعی در خاک رس پدید می‌آید که بزرگترین عامل گذر آبگون است و باید به هنگام کوبیدن خاک رس کوشش شود که از چاک خوردن و ترک خوردگی آن پرهیز گردد. از عواملی که بر بافت خاک رس کوبیده شده اثر می‌گذارد، مقدار آب هنگام کوبیدن، شیوه کوبیدن و کوششی که در این کار اعمال می‌شود، اندازه کلوخه و میزان چفت و بست لایه‌ها را می‌توان نام برد.

از آنجا که با افزایش میزان پیچ و خم و کاهش اندازه روزنه‌ها، پراکندگی و پخش رشته‌های خاک زیادتر می‌شود، پس هدف از کوبیدن خاک، فراهم کردن بافتهای پخش و جدا از هم است. سرشتن و ورز دادن خاک هنگام کوبیدن آن، سبب فزونی تغییر شکل برشی و در نتیجه، درهم شکستن و پراکنده شدن بافتهای یکپارچه شده از هم است. مقدار آب هنگام کوبیدن، و شیوه کوبیدن نیز، در قرار گرفتن دوباره دانه‌های رس مؤثر است و در میزان

تراوایی، اثر می‌گذارد. بر پایه آنچه گفته شد، بهترین ابزار کوبش خاک رس، غلتکهای پاچه‌بزی هستند که کوبیدن و ورز دادن خاک را یکجا فراهم می‌آورند.

۲-۴. اثر اندازه کلوخه، بر تراوایی خاک رس

پیش‌کوبیدگی کلوخه‌ها، بر سازه رس کوبیده شده و در نتیجه بر تراوایی رس، اثر می‌گذارد. آزمونهای در دست، گویای آن است که مرز آبگونگی (Liquid Limit) خاک رس با خشک شدن و آب‌پاشی دوباره خاک، دگرگونی یافته و به حالت نخستین بر نمی‌گردد. پس بهتر است تا آنجا که ممکن است، خیزی طبیعی خاک را نگهداشته و زمانی کافی برای خیساندن خاک در کارگاه، در نظر گرفته شود.

۲-۵. اثر پدیده‌های طبیعی بر خاک رس

دو پدیده مؤثر در تراوایی خاک رس، چاک خوردن ناشی از خشک شدن و دیگری فروسایبی حاصل از یخزدگی و وارفتن یخ است.

الف) ترک ناشی از خشک شدن (*Desiccation Cracks*). با پایان یافتن کار ساختمانی، روکش خاک رس کوبیده شده در معرض خشک شدن قرار گرفته و چه بسا ترکهایی در روکش رخ می‌دهد. آزمایشهای انجام شده در آزمایشگاه، گویای آن است که تراوایی نمونه‌های ترک خورده، رو به افزایش می‌نهد. عمق این ترکها و چاک خوردگیها، به ۳۰ سانتیمتر هم می‌رسد که اثر آن بر خاکچال، اجتناب‌ناپذیر است. این‌گونه ترکها، در اساس با جمع شدن و مچاله گشتن خاک همراه است و از این‌رو، خاکهای با مرز آبگونگی بالا، گرایش بیشتری با مچاله شدن دارند. میزان مچاله شدن (*Sr*) را از پیوستار زیر به دست می‌آورند:

$$S_r = \frac{V_i - V_f}{V_i}$$

در این پیوستار، V_i حجم نخستین نمونه پیش از خشک شدن و V_f حجم پایانی نمونه پس از خشک شدن است. آزمایشهای استاندارد، مرز مچالگی (*Shrinkage Limit*) را برای یافتن این دو حجم به کار می‌بندند. جدول ۷-۱، گروه‌بندی خاک را بر پایه مچاله شدن آن نشان می‌دهد. اگرچه خاک خوب کمتر مچاله می‌شود، اما از دیدگاه ساختمانی بسیار

جدول ۷-۱. برتريها و کاستيهاي روکشهای گوناگون ماشینی

شماره	نام روکش	برتريها و کاستيها
۱	Butyl rubber	- پرتو فرابنفش (U.V.) خورشيد بر آن اثر می‌گذارد. تاب خوبی در برابر پرتو اُزون (Ozone Ray) و ديگر پدیده‌های جوی نشان می‌دهد. - در گرمای کم یا زیاد کاربرد خوبی دارد. - در جوار آب ری نمی‌کند. - نسبت به هیدروکربنها، تاب کمی نشان می‌دهد. - درزبندی آن، همراه با دشواری است.
۲	Chlorinated Rolyethylene (CPE)	- زیر بارهای وارده، ایستایی نشان می‌دهد. - به پرتو فرابنفش و اُزون و ديگر پدیده‌های جوی، تاب نشان می‌دهد. - در گرمای کم کاربردی خوب دارد. - ایستایی خوبی به ماده‌های شیمیایی، اسید و چربی نشان می‌دهد. - به آسانی درزپذیر است اما درز به دست آمده کیفیتی بالا و دلخواه ندارد.
۳	Chlorosulfonated Rolyethylene	- تابی خوب به پرتو فرابنفش و اُزون و ديگر پدیده‌های جوی دارد. - در گرمای پایین کاربردی خوب دارد. - ایستایی خوبی به ماده‌های شیمیایی، اسید و ماده‌های روغنی نشان می‌دهد. - تاب رویارویی با باکتری را دارد. - زیر بارهای وارده، ایستایی کمی دارد. - درزبندی با دشواری انجام می‌گیرد.

جدول ۷-۱. برتریها و کاستیهای روکشهای گوناگون ماشینی (ادامه)

شماره	نام روکش	برتریها و کاستیها
۴	Ethylene - Propylene Rubber (EPDM)	- تابایی خوب به پرتو فرابنفش، اُزون و دیگر پدیده‌های جوی دارد. - زیر بار، ایستایی خوبی نشان می‌دهد. - آب را در خود کم فرو می‌کشد. - تابایی کم نسبت به روغنها، هیدروکربن و دیگر حلالها نشان می‌دهد. - درزبندی آن از کیفیتی پایین، برخوردار است. - تابایی خوب به بیشتر ماده‌های شیمیایی نشان می‌دهد.
۵	Low - Density and High - Density Polyethhtelene (LDPE AND HDPE)	- در گرمای کم، کاربردی خوب دارد. - زیر بار، ایستایی خوبی نشان داده و از درزبندی نیکویی برخوردار است. - تاب سوراخ شدن آن کم است.
۶	Polyvynyl Chloride (PVC)	- کاربردی بسیار خوب دارد. - به آسانی درزپذیر است. - تابایی کم به پرتو فرابنفش، اُزون، سولفیت و پدیده‌های جوی دارد. - در گرمای کم یا زیاد، کاربرد آن همراه با دشواری است.

اساسی است که با پایان یافتن کار ساختمانی، روکش را از گزند خشک شدن بیش از اندازه دور داشته و آب‌پاشی روی آن، یکباره کنار گذاشته نشود. ریختن پسمانده و زباله شهری درون خاکچال همان‌طور که پیش از این یاد شد، از پیدایش ترک و شکل گرفتن آن می‌کاهد.

ب) یخزدگی و وارفتن یخ. در مناطق بسیار سردسیر که احتمال یخزدگی روکش و آب شدن یخ وجود دارد، کیفیت خاک افت می‌کند و موجب فرسایش خاک می‌شود. آزمونهای در دست، گویای آن است که تراوایی خاکهای دارای خاصیت خمیری بالا، در اثر یخزدگی افزایش می‌یابد. چون یخزدگی و رگه‌های یخ، خاک را تبدیل به تکه‌های نامنظمی می‌کند، پس باید از افت کیفیت در اثر یخزدگی و وارفتن یخ، جلوگیری کرد. هر اندازه روکش ضخیمتر باشد، خاک، ایستایی و تاب بیشتری در مقابله با هر دو پدیده از خود نشان می‌دهد. خاک با تراوایی کم (1×10^{-8} سانتیمتر بر ثانیه و کمتر)، با روکش ماشینی همسنگ است.

۲-۶. آزمایش تراوایی

یکی از مناسبترین روش‌های اندازه‌گیری تراوایی روکش، اندازه‌گیری و آزمایش روی نمونه‌های دست نخورده است، اما برخی آزمایش درهمشدگی را (Consolidation test) در هماهنگی بیشتر با شرایط کارگاهی می‌انگارند. کاربرد تراواسنج‌های با دیواره نرم و انعطاف‌پذیر که همراه با فشار از پشت است، بر تراواسنج‌های با دیواره ایستا (ثابت)، ترجیح داده می‌شود. در جریان آزمایش، شیب هیدرولیکی، کیفیت شیمیایی آبگون، درجه سیرابی، و فشار گرداگردی در میزان تراوایی نمونه خاک، اثر می‌گذارد. به هر حال، باید در برپا کردن شرایطی همانند کارگاه، کوشید و هنگام آزمایش تراوایی، به درجه سیرابی ۹۰-۱۰۰٪ دست یافت. فشار گرداگردی کم (جدار بسته) و شیب هیدرولیکی آرام در نزدیکتر شدن به شرایط کارگاهی، مؤثر است.

با همه کوشش در کاستن لغزش و خطا در آزمایش، باز هم از برخی لغزش‌های آزمایشگاهی، حتی اگر همه استانداردها رعایت شود، نمی‌توان دوری جست. کاربرد تراواسنج‌های سه‌محوره و آبزاله، به مثابه آبگون تراوایی از خاک، در آزمایشگاهها معمول است. چنانچه شمار باکتریها در آبزاله زیاد باشد (در آبزاله پسماندهای پوسیدنی)، زمان زیادی برای انجام آزمایش لازم است و این روش مناسب نیست. امروزه، آمیخته‌های ویژه‌ای در آزمایشگاه فراهم می‌آورند که مناسب ولی گران است. برای به دست آوردن آزمایشی با کیفیت خوب و کاهش هزینه، روش زیر را به کار می‌برند. آزمایش سه‌محوره با فشار گرداگردی و شیب هیدرولیکی کم را روی ۱۰ تا ۱۵٪ از نمونه‌ها، انجام داده و نتایج

به دست آمده را با آنچه از آزمایشهای تراوایی استاندارد، با افت ارتفاع به دست می آید، به سنجش می نهند. باید سیرآبی هر یک از نمونه ها را پیش و پس از آزمایش اندازه گیری نمود، چنانچه به ازای درجه سیرآبی ۹۰٪ یا بیشتر، نتایج به دست آمده از دو گروه نمونه ها به هم نزدیک باشند، می توان نتایج حاصل از آزمایش تراوایی را با افت ارتفاع پذیرفت. در برخی از طرحهای بزرگ، افزون بر آزمایشهای آزمایشگاهی، دست به نشتآب سنجی کارگاهی می زنند. روش پیشنهادی ASTM، درباره نشتآب سنجی خاک رس چندان مناسب دانسته نشده و به تازگی روشهای دیگری هم پیشنهاد شده است که به زمان کمتری نیاز دارد و از تبخیر آب به هنگام آزمایش - که اثری دلخواه تر بر نتیجه های به دست آمده دارد - کاسته می شود.

۲-۷. آزمایش درهم فشردگی

در ساختمان روکش رسی، آگاهی از دوگونه تراکم ضروری است: نخست آزمایش اصلاحی پروکتور برای دانستن تراکم (ASTM D1557-78)، که در آزمایشگاه برای یافتن رابطه حداکثر تراکم و نم مطلوب خاک انجام می گیرد. دوم آزمایش تراکم کارگاهی و رطوبت خاک از دیدگاه بررسی و پایش کیفیت است.

الف) آزمایش در آزمایشگاه. پروکتور به سال ۱۹۳۳ به بررسی پیوستگی میان تراکم و نم خاک پرداخت و از آن پس، این آزمایش به نام او شناخته شده و آزمایشی استاندارد گردید. در این آزمایش، سنگینی چکش ۵/۵۰ پوند، افت آزاد ۱۲ اینچ، دهانه قالب ۴ اینچ بوده و آزمایش در سه لایه که هر یک ۲۵ ضربه چکش در کوبیدن آنها به کار رفته است، انجام می شود. در شیوه آزمایش اصلاحی پروکتور، خاک در پنج لایه در قالب ۴ اینچی و چکش ۱۰ پوندی و افت آزاد ۱۸ اینچ انجام می شود که باز هر لایه با ۲۵ ضربه کوبیده می شود و تراکم خاک کوبیده شده با اندازه گیری وزن چند نمونه کوبیده با نم گوناگون، به دست می آید. بهترین میزان نم خاک، همان است که بیشترین چگالی تراکم خاک را به دست می دهد.

ب) آزمایش کارگاهی. دوگونه آزمایش کارگاهی انجام می پذیرد، یکم، اندازه گیری مستقیم،

که با کاربرد مخروط ماسه‌ای یا سیلندری که به‌پیش رانده می‌شود یا با بالون لاستیکی انجام می‌گیرد. دوم، اندازه‌گیری غیرمستقیم که با اندازه‌گیرهای هسته‌ای صورت می‌گیرد. یکم، روش مستقیم: این روش، شامل کندن خاک برای نمونه‌برداری، اندازه‌گیری حجم ترانسه با پر کردن آن با ماسه و به‌دست آوردن وزن خاک خشک نمونه است (ASTM D1556). تراکم خاک خشک، از بخش کردن وزن آن بر حجم ماسه به‌دست می‌آید. شیوه بالون لاستیکی مانند شیوه یاد شده است، با این تفاوت که ترانسه را به‌جای پر کردن با ماسه، با آب پر می‌کنند و زیر فشاری ثابت اندازه می‌گیرند (ASTM D2176). روش رانش سیلندر، در واقع فرو بردن سیلندر یا لوله‌ای بی‌درز و استاندارد شده در خاک، سپس بریدن صاف و همبر کردن ته لوله با تراز خاک و وزن کردن خاک درون این لوله بی‌درز است (ASTM D2937). تراکم خشک نمونه با بخش کردن وزن خاک بر حجم لوله بی‌درزی که معلوم شده، به‌دست می‌آید. نم خاک نیز با خشکاندن نمونه کارگاهی در کوره روشن می‌شود (ASTM D2216-80). برخی برای انجام این کار، از کوره‌های ریز موج (Microwave) استفاده می‌کنند. دوم، روش غیرمستقیم (با میانجی): در این روش که اندازه‌گیری تراکم و نم خاک به‌تندی انجام می‌گیرد، از ابزار هسته‌ای با پرتو گاما سود می‌برند (ASTM D2922).

۲-۸. مشخصات فنی خاک رس

گزینش خاک رس‌دار در وهله نخست، بر پایه تراوایی خاک از نو کوبیده شده در شرایط کارگاهی صورت می‌گیرد. برای روکش خاکچال، خاک رس کوبیده شده با تراوایی پایین (1×10^{-7} سانتیمتر بر ثانیه یا کمتر) را برای ۹۰-۹۵٪ حداکثر میزان تراکم خشک پروکتور و به‌ازای نم مطلوب، انتخاب می‌کنند. از آنجا که خاک با مرز آبگونی (LL) بالا، گرایشی بیشتر به‌چاک برداشتن به‌هنگام خشک شدن دارد، رس با نمایه خمیری (PI)، یا مرز خمیری (PL) پایین را کمتر به‌کار می‌برند. دیگر آنکه چوون خاک با دانه‌بندی خوب و کوبیدن درست، تراوایی کمی می‌یابد، باید در مشخصات فنی خاک، نمایه خمیری، مرز خمیری و کمترین مشخصه از دانه‌بندی را درج کرد. خاک رس ناآلی با خاصیت خمیری میانه، برای روکش خاکچال مناسبترین خاک دانسته شده است، شکل ۷-۱. در زیر، برای راهنمایی، نمونه‌ای از مشخصات فنی خاک رس آورده می‌شود:

- مرز آبگونی (LL)، برابر یا بیشتر از ۳۰٪.
- نمایه خمیری (PI)، برابر یا بیشتر از ۱۵٪.
- ۵۰٪ یا بیشتر، دانه بندی به قطر ۰/۰۷۴ میلیمتر و کمتر، (الک ۲۰۰).
- دانه رسی، برابر یا بیشتر از ۲۵٪.
- از دیگر مشخصات که باید آورده شود، کمترین درصد کوبیدن (معمولاً ۹۰ تا ۹۵٪ چگالی حداکثر پروکتور بهیافته)، حد آتربرگ و درصد اندازه هاست. برای داشتن خاکی با ورز بهتر و تراوایی کمتر، باید کوبیدن آن را به ازای نم مطلوب انجام داد. مشخصه دیگر، منحنی دانه بندی است که باید به شکل S وارونه باشد.
- دستیابی به خاکی با همه مشخصات دلخواه، همیشه میسر نیست، اما آزمونهای در دست، گویای آن است که خاکی با مشخصات زیر را، می شود آنچنان کوبید که روکشی با تراوایی کم به دست آورد:
- نمایه خمیری، ۱۰ تا ۱۵٪.
- مرز آبگونی، ۲۵ تا ۳۰٪.
- دانه به قطر ۰/۰۷۴ میلیمتر یا کمتر، ۴۰ تا ۵۰٪.
- دانه رسی، به مقدار ۱۸ تا ۲۵٪.

۲-۸-۱. آزمایش کارگاهی

پیش از پرداختن به آزمایش کارگاهی، باید نتایج آزمایشهای آزمایشگاهی را در دست داشت، آنگاه در کارگاه خاک را در لایه های ۲۰ تا ۲۵ سانتیمتری (پیش از کوبیدن)، در دو یا چند رشته پهن کرد و با درصدهای گوناگون نم، کوبید. نمونه های خاک دست نخورده را بر پایه پیشنهاد های گفتار ۹-۲ برداشته و روی آنها آزمایش تراوایی را انجام می دهند. به این ترتیب، میزان نم واقعی و درصد کوبیدگی که تراوایی دلخواه را فراهم کند، بر پایه یافته های کارگاهی تعیین می شود. انجام آزمایش کارگاهی برای همه طرحهای بزرگ، ضروری است.

۳. روکشهای ماشینی

چندین گونه ماده «پلیمر» - که در اثر گرمایش آمده و باز به جای نخست برمی گردد - در

بازار موجود است، که در آمیختگی با دیگر افزودنیها، ترکیبی تازه را که پلاستیکهای دمایی باشند، شکل می دهد که، روکش زمبافت، نامیده می شود. مولکولهای مواد کشی یا پلاستیکی، که امروزه با نام پلیمر شناخته می شود، بسیار گسترده اند. اما آنچه در ویژگیهای پلیمرها اثر می گذارد، اندازه مولکولها، چگونگی پخش مولکولهای با اندازه های گوناگون در زنجیره پلیمر و شکل و ساختار تک تک مولکولهاست.

اگر چه با کاربرد مواد افزودنی و پلیمری، هزاران جنس گوناگون ساخته شده است، اما تنها شمار کمی از این فرآورده ها که با پلیمر اصلی به کار رفته، همان گشته و به بازار عرضه شده اند. در جدول ۷-۱، شش پلیمر با افزونه ها و کاستیهایی که دارند، برای آگاهی آورده شده اند.

۳-۱. آسیب ناشی از میکروبیهای خاک، جوندگان و رستنیها

راتیانه / صمغ (Resin)، در رویارویی با جاندارهای ذره بینی که در برخی پسماندها یافت می شود، تاب نشان می دهد، اما افزودنیها چنین نیستند. برای آنها، دو آزمایش "ASTM G-21" و "ASTM G-22" پیشنهاد شده، که هر دو آزمایشهای کوتاه مدت اند.

حشره ها و جونده ها نیز، به پلاستیک آسیب می رسانند. جانوران سُم دار، مانند بز کوهی و گوزن نیز سبب پاره شدن روکش می شوند. با اینکه ریشه بیشتر رستنیها از روکشهای ماشینی نمی گذرد، اما ریشه برخی چمنها از روکش رد می شود. از این رو، برای پیشگیری از این گونه آسیبها، بهتر است پیش از پهن کردن زمبافت، زیر آن سمپاشی شود.

۳-۲. کار کردن با روکش

هر چه پهن کردن روکش آسانتر انجام گیرد، هزینه کار هم کمتر می شود. روکشهای کلفت تر از ۱/۵ میلیمتر (۶۰ میل)، نرمشی (Tolerance) بیشتر برای کاربرد در شرایط سخت مناسب تراند. اما چون سنگین تراند جابه جایی آنها نیاز به ابزاری ویژه دارد و در جریان درزبندی نیز، ضعیف می شوند. روکش ماشینی، چه پیش از پهن کردن و چه هنگام کارگذاری، در معرض دمای هواست و بررسی چسبیدگی آنها از این دیدگاه، ضروری است. درزپذیری روکش، از دیگر ویژگیهای مهم آن است، که در کارگذاری روکش اثر

می‌گذارد. روکشهای کم‌تاب، در جوار مواد شیمیایی، درزبندی خوبی از خود نشان نمی‌دهند. درز باید در درازمدت هم از خود ایستایی نشان دهد و بهتر است پس از ریختن پسمانده روی آن نیز، وارسی شود. ماده حل‌کننده، باید در فرآیند درزبندی از خود سازگاری شیمیایی مطلوبی نشان دهد، چون فرسودگی روکش با گذشت زمان اتفاق می‌افتد. ممکن است از امکان نوکاری و تعمیر آن کاسته شود و درزبندی و پینه زدن روکش نو با روکش به‌کار رفته، به‌دشواری انجام پذیرد. روکشهای دارای "Hypalone"، در نوسان گرما کم‌تاب‌اند و توانایی درزپذیری خود را در همان یک سال نخست، ولو آنکه با لایه خاکی حفاظت شده باشند، از دست می‌دهند.

۳-۳. سازگاری روکش ساختگی یا ماشینی، با پسمانده

باید سازگاری روکش، با پسمانده‌ای که در خاکچال ریخته می‌شود بررسی شود. آزمایش سازگاری با فرو بردن نمونه‌ای از روکش، درون آّب‌باله انجام می‌گیرد، که می‌تواند در هر دو رویا در یک‌رو، در تماس با آّب‌باله گذاشته شود. برای این‌کار، تکه‌ای از روکش در تماس با آّب‌باله را، پس از زمانی که به ۱۲۰ روز می‌رسد، برداشته و به آزمایش برخی از ویژگیهای مهم فیزیکی آن می‌پردازند. باید در نظر داشت که میزان لغزش / (خطا) در فرآیند آزمایشها بالاست. نکته دیگر سازگاری روکش ساختگی، نه با آّب‌باله و پسمانده، بلکه با خاکی است که در تماس با آن قرار می‌گیرد. پس، بررسی سازگاری روکش با خاک کارگاه هم کاری ضروری است. اکسیدهای فلزی، کلرورها و آمیخته‌های سولفوری و برخی از آمیخته‌های آلی، به‌روکش ساختگی واکنش نشان می‌دهند. pH بالا یا پایین خاک نیز، در فرسودن روکش مؤثر است. آزمایش ASTM D-3083، سازگاری کوتاه‌مدت روکش با خاک زمین کارگاه را، نشان می‌دهد.

۳-۴. ویژگیهای ابزاره‌ای روکشها

فهرستی از ویژگیهای ابزاره‌ای روکش و آزمایش متناسب با آن، در جدول ۷-۳ فراهم آمده و روش انجام آزمایشها نیز در نوشتارهای ASTM، گردآوری شده است. چون پیش از این، از تاب روکش در تماس با آّب‌باله سخن رفته بود، در جدول بالا دوباره آورده نشدند.

۳-۵. پلی اتیلن

با اینکه پلیمرهای گوناگونی در ساختن روکش خاکچال به کار می‌رود، اما دو نوع LDPE و HDPE، بر دیگر پلیمرهای موجود در بازار، برتری یافته‌اند. راتیانه یا رزینی که سازندگان لوله‌های پلی اتیلن به کار می‌برند، بهترین نوع راتیانه برای ساخت روکش شناخته شده است.

۳-۶. روکشهای موجود در بازار

سه گونه روکش ساختگی زیر، در بازار یافت می‌شود:

(الف) روکش تقویت نشده. این روکشها را در کارخانه با پیش راندن فشاری یا با گذراندن ماده روکش از دو غلطانۀ گردان، می‌سازند. پهنای روکش با ساخت فشاری ۱۶ تا ۳۳ فوت (۴/۸۵ تا ۱۰ متر) و ضخامت ۰/۲۵ تا ۲/۴ میلیمتر (۱۰ تا ۹۶ میل) است. در روش دوم، پهنای روکش ۵ تا ۸ فوت (۱/۵ تا ۲/۴ متر) و ضخامت آن، ۰/۲۵ تا ۲/۰ میلیمتر (۱۰ تا ۸۰ میل) است.

(ب) روکش تقویت شده. زمبافت درهم بافته یا درهم نبافته را با آمیخته‌های پلیمری اندود و تقویت می‌کنند. ضخامت و پهنای این گونه روکشها، میان ۰/۷۵ تا ۱/۵ میلیمتر (۳۰ تا ۶۰ میل) و پهنای آنها، بستگی به پهنای رشته‌های بلافی به کار رفته دارد.

(ج) روکش لعابدار. پهنای و ضخامت روکشهای درهم نبافته که از میان دو غلطان گردان رد می‌کنند، بستگی به ضخامت و پهنای روکش ساختگی دارد.

۴. خاک بهیافته و دیگر آمیخته‌های خاکی

سه گونه خاک بهیافته در بازار یافت می‌شود که هر آمیخته شدن با بتونیت، اسفالت و سیمان فراهم می‌شود. از میان این سه گونه خاک بهیافته، خاک آمیخته با بتونیت را بیشتر در طرحهای خاکچال به کار می‌برند. در این زمینه، دو بحث زیر پیش کشانده شده است:

۴-۱. آمیخته‌های بی‌بتونیت

چهارگونه از آمیخته‌ها را برای زمانی بلند (۵۶ ماه) در معرض زباله شهری و آّب‌زباله گذارده و نتایج زیر را به دست آورده‌اند:

الف) روکش آسفالتی. روکش آسفالتی، آمیخته‌ای از ۷٪ آسفالت داغ (با درجه نفوذ ۶۰ تا ۷۰) و گرانیت با نسبتی است که بتوان آسفالتی با تراکم به ضخامت ۲۵/۰ اینچ فراهم آورد.

ب) آسفالت آبکی. این نوع روکش، آمیخته‌ای داغ از ۹٪ آسفالت (با درجه نفوذ ۶۰ تا ۷۰) با گرانیت به نسبتی است که بتوان آسفالتی متراکم به ضخامت ۲۵/۰ اینچ فراهم آورد.

ج) آسفالت خاکی. این آمیخته، از ۱۰۰ بهر خاک با ۷ بهر آسفالت آبگون با درجه SC-800 به دست می‌آید.

د) خاک سیمانی. این آمیخته، از ۹/۵ بهر خاک، ۵ بهر کائولینیت، ۱۰ بهر سیمان پرتلند و ۸/۵ بهر آب به دست می‌آید.

گرچه تراوایی و دیگر ویژگیهای فیزیکی آمیخته‌های آسفالتی روبه خرابی نمی‌گذارد، اما در اثر درخودفروکشی آب و آّب‌زباله، ایستایی فشاری (Compressive Strength) آنها بیشتر کاهش می‌پذیرد. آمیخته خاک سیمانی، هرچند امکان ترک خوردن دارد، اما ایستایی آن افزوده شده و تراوایی آن کاسته می‌گردد. بررسیهای دردست، کاربرد این‌گونه آمیخته را در خاکچالها و پوششهای پایانی، روا نمی‌دارد، زیرا جز خاک سیمانی، دیگر آمیخته‌ها در معرض آّب‌زباله و پسماندهای صنعتی، نتایج مطلوبی به بار نیاورده‌اند.

۴-۲. خاک بهیافته با بتونیت

در بسیاری از کارهای ساختمانی از آمیخته خاک و بتونیت استفاده می‌شود. بتونیتها، در اساس رس کانی با ویژگی پاک‌کننده، مانند صابون بوده و از گروه Smectite با ساختاری از لایه‌های برهم انباشته با چسبندگی ضعیف و بار الکتریکی بی‌توازی هستند. از این‌رو، آب

به آسانی به میان لایه‌ها کشانده شده و به ری کردن رس کمک می‌کند.

۴-۲-۱. روال آمیختن

آمیختن در کارگاه مرکزی، مناسب‌ترین روش است. ماسه با دانه‌بندی خوب، ۱۵٪ ماسه ۰/۰۷۴ میلیمتری یا کمتر (الک ۲۰۰) را با ۴٪ پودر بتونیت در می‌آمیزند که فرآورده‌ای با تراوایی کم (1×10^{-7} سانتیمتر بر ثانیه و کمتر)، به دست می‌دهد. بایسته است که همیشه کیفیت این آمیخته را واریسی کرده و از یکنواختی و درستی درصد بتونیت آن، مطمئن شد. آزمایش متیلین آبی (ASTM C-837) و آزمایش همسنگ ماسه (ASTM D-2419) برای برآورد میزان بتونیت آمیخته شده، معمول است.

گفتار هشتم

بخشهای گوناگون خاکچال

۱. شناسایی

طراحی درست تمام بخشهای خاکچال، سبب می شود که اجرای ساختمانی، گردانندگی، نگهداری و پایش دلخواه آن، در هماهنگی با خواسته های محیط زیست بوده و نیز، کم هزینه باشد. یافتن طرح جزییات هر بخش از خاکچال، کار دشواری نیست، اما گزینش به جای آن، که با شرایط شهر در دست بررسی وفق دهد، هنری است که مهندسی آزموده و شایسته را از دیگر مهندسان جدایی می بخشد. در زیر، بخشهای گوناگون خاکچال نام برده شده است:

۲. شبکه گردآوری آبزباله

شبکه آبزباله، شامل کندک یا ترانشه، لوله، دریچه دسترسی و شست و شو، تلمبه، تلمبه خانه و انبار آبزباله بوده و گرفتاریهایی که در آنها رخ می دهد، به شرح زیر است:

۲-۱. ازکارافتادگی شبکه

شبکه آبزباله، ممکن است در اثر بند آمدن لوله، درهم شکستن لوله، یا لغزش در طرح شبکه، ازکار بیفتد.

الف) بند آمدن لوله . لوله در اثر انباشته شدن ریزدانه‌ها، نمو جانداران ذره‌بینی یا ته‌نشینی مواد شیمیایی، ممکن است بسته شود. ریزدانه‌های درون آبرزاله، یا دانه‌های ریز ورودی از ترانشه (به‌ویژه اگر روکش، خاک رس باشد)، رفته رفته درون لوله انباشته می‌گردند. برای کاستن از این‌گونه ته‌نشست‌ها، بهتر است کناره‌های ترانشه، با زمیافت پوشانده شود. در صورتی که روزنه‌های صافی چنان ریز باشد که ۸۵٪ دانه‌های خاک را در خود بگیرد، کشانده شدن خاک به درون ترانشه، رخ نمی‌دهد. بند آمدن لوله، در اثر نمو و افزایش جانداران ذره‌بینی در آبرزاله، به دلیل وجود مواد خوراکی، بالا رفتن چگالی پلی یورومیدها (polyuromids)، گرما و نم خاک، و نسبت کربن به ازت در آبرزاله، روی می‌دهد. از علل دیگر بند آمدن لوله، ته‌نشینی شیمیایی است که می‌توان آن را با دگر ساختن pH، تغییر نسبی فشار اکسیدکربن و تبخیر، از میان برد. ته نشست‌های ناشی از فرآیند بیوشیمی با ماده‌های لزجی که انبوه‌ای از باکتری است، درهم آمیخته و به دیواره لوله می‌چسبد. یادآور می‌شود که پلیمرها و افزودنیها، گرایش به از میان بردن جانداران ذره‌بینی دارد و ترک خوردن لوله‌های پلی یوروتان، در اثر نمو جلبکها صورت می‌گیرد.

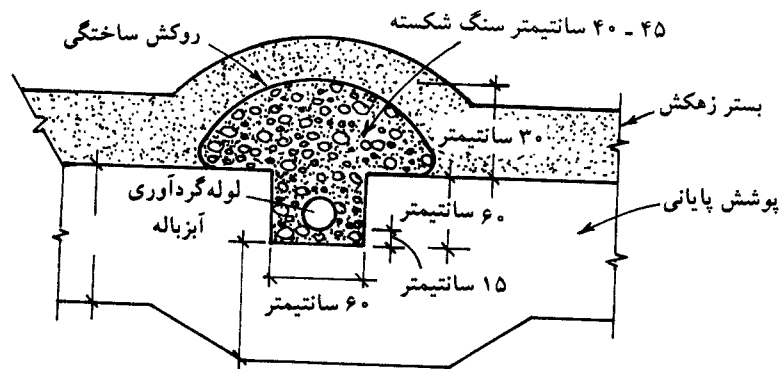
ب) درهم شکستن لوله . درهم شکستن لوله‌های کم‌تاب درون ترانشه، امری امکان‌پذیر است. لوله‌های پلاستیکی نرم، در اثر انباشته شدن بیشتر مواد ته‌نشین شدنی، بیش از شکستگی، به خمیدگی گرایش دارد.

ج) خطا یا لغزش در طرح . چه بسا نادرستی در طرح، سبب از کار افتادن شبکه گردآوری آبرزاله می‌شود. اگرچه مقدار آبرزاله بسیار کم و در مرز ۵/۵ تا ۱۰ سانتیمتر مکعب در دقیقه است، اما در اثر پاره‌ای رخداده‌ها و گسیختگی در ساختار خاکچال، میزان بده می‌تواند چنان افزایش پیدا کند که اندازه لوله آبرزاله، برای رد کردن چنین بده‌ای کافی نباشد و گرفتاری به بار آید. از سوی دیگر، گزینش اندازه لوله برای رویارویی با این‌گونه شرایط، شیوه‌ای اقتصادی نیست و مهندس طرح، در عمل به چنین کاری دست نمی‌زند. لوله آبرزاله چرب در اثر نشست ناهمگون خاک زیر آن، به‌ویژه در کناره‌های خروجی، یا ورودی به دریچه‌های شست‌وشو، یا نادرستی جزئیات طرح درهم می‌شکند. از این‌رو، باید در طراحی و اجرای

یکی یک بخشهای تشکیل دهنده خاکچال، توجه داشت.

۲-۲. طرح ترانشه و لوله آبریز

لوله آبریز را بیشتر درون ترانشه پر از شن کار می‌گذارند و برای جلوگیری از ورود دانه‌های بسیار ریز از لایه روکش به درون ترانشه، دیواره آن را با زمبافت می‌پوشانند، شکل ۸-۱. همان‌گونه که نشان داده شده، بهتر است ضخامت لایه روکش رسی زیر کف ترانشه را در سراسر آن یکسان در نظر گرفت. نکته‌های مهم دیگر در این زمینه، به شرح زیراند:



شکل ۸-۱. برشی از ترانشه گردآوری ساخته شده در درون روکش رسی.

۲-۲-۱. ترانشه آبریز

برای جلوگیری از درهم شکستن لوله، درون ترانشه را شن پخش می‌کنند تا بار ناشی از کاربرد خاک کوب و دیگر ابزار کوبش، به‌طور همگن بر سراسر لوله وارد آید. زمبافت، بهتر است روی شن کشیده شود، یا آنکه ماسه دانه‌بندی شده، به‌منزله صافی به‌کار برده شود، تا ورود ریزدانه‌های پسمانده به درون ترانشه کاهش یابد. طرح صافی خاکی و زمبافت، به شرح زیر است:

الف) صافی خاکی. گرچه برخورد های گوناگونی از طرح صافی دانه‌بندی شده در دست است، اما همه آنها در اصل همانند هستند و دوگونه سنجه در ساخت صافیهای خاکی، خواهان یافته است:

$$\frac{D_{15} \text{ صافی}}{D_{85} \text{ خاک رویه}} < 4-5 \quad \text{سنجه اول:}$$

$$\frac{D_{15} \text{ صافی}}{D_{85} \text{ خاک رویه}} > 4-5 \quad \text{سنجه دوم:}$$

در این پیوستارها، D_n اندازه دانه‌هایی است که $n\%$ آن از دانه‌های خاک کوچکتر است. سنجه اول برای جلوگیری از ورود خاک روی شن به درون صافی، و سنجه دوم برای تأمین هدایت هیدرولیکی لازم، برای صافی است، تا همیشه زهکشی دلخواه فراهم آید.

ب) صافیهای زمبافت (*Geotextile Filters*). اساس طرح این زمبافتها، سنجیدن ویژگیها و اندازه دانه‌های خاک با «اندازه آشکار روزنه» ($\text{Apparent Opening Size} = \text{AOS}$) بافت صافی است که در زیر آمده است:

یکم: برای خاکی که دست کم 50% دانه‌های آن از الک 0.075 میلیمتر (الک ۲۰۰) بگذرد، میزان AOS بافت صافی، باید درشت‌تر یا برابر 0.075 میلیمتر (الک شماره ۳۰ استاندارد آمریکا) باشد.

دوم: برای خاکی که کمتر از 50% دانه‌های آن از الک 0.075 میلیمتر (الک ۲۰۰) بگذرد، میزان AOS بافت صافی، باید درشت‌تر یا برابر 0.25 میلیمتر (الک شماره ۵۰ استاندارد آمریکا) باشد.

۲-۲-۲. لوله آب‌باز

از آنجا که ممکن است درهم شکستن، بند آمدن و نادرستی در طرح رخ دهد، بهتر است به نکته‌های زیر توجه شود:

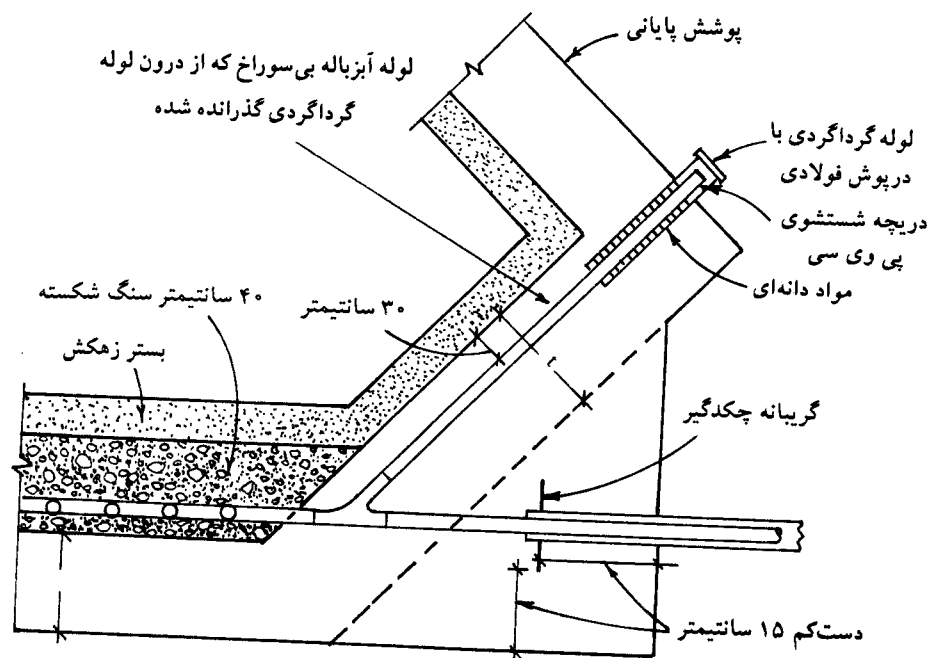
الف) بند آمدن لوله. برای جلوگیری از پیدایش ته‌نشست‌های ناشی از فرآیندهای شیمیایی و زیستی، بهترین راه تمیز کردن لوله از راه دریچه شست‌وشو است، شکل ۸-۲. که برای انجام آن، دو روش معمول است:

(۱) کاربرد ابزار تمیزکننده.

(۲) شست‌وشو با آب.

ابزار لوله تمیزکن، همان است که در شبکه‌های فاضلاب شهری هم به کار می‌رود، با

این تفاوت که آن را برای کاربرد در شبکه آبریزاله، هماهنگ می‌کنند. سه‌گونه ابزار تمیزکننده در بازار موجود است: تمیزکن میله‌ای، مفتولی و دلوی یا جامی. میله‌زنی لوله با پس و پیش راندن چندین میله سخت بهم پیوسته - که به شکل رشته درآمده و در پیوندگاهها خم می‌شود - انجام می‌گیرد. در نوع مفتولی، تکه سر مفتول را تاب داده، چرخانده و به پیش می‌رانند. در هر دو مورد، تکه‌های اتصال به ته ابزار، تمیز کردن لوله را میسر می‌کند. ولی باید در نظر داشت که با این‌گونه تمیزکن‌ها، نمی‌توان نخاله‌های کنده شده را جز با کاربرد آب فراوان در شستن خط، به آسانی از درون لوله به بیرون راند. به کار بستن این روش تمیز کردن، هنگامی است که ته‌نشست‌های شیمیایی و زیستی را که به دیواره لوله چسبیده و انبوه شده، نتوان با آب پرفشار شست، ضمن آنکه بالا بودن بیش از اندازه فشار آب ممکن است به تهنه و بند لوله آسیب برساند. از دیدگاه مالی، هر دو شیوه ابزاری و شست‌وشو یکسان است، اما میله‌زنی و کاربرد مفتول ارزانتر از شست‌وشو با آب پرفشار است. ابزار دلوی، بیشتر برای مواردی است که دو دریچه در دو سوی خط لوله پیش‌بینی شده باشد. در این روش، دلو در



شکل ۸ - ۲. برشی از دریچه بازدید و شست‌وشو و ریزه‌کاریهای آن.

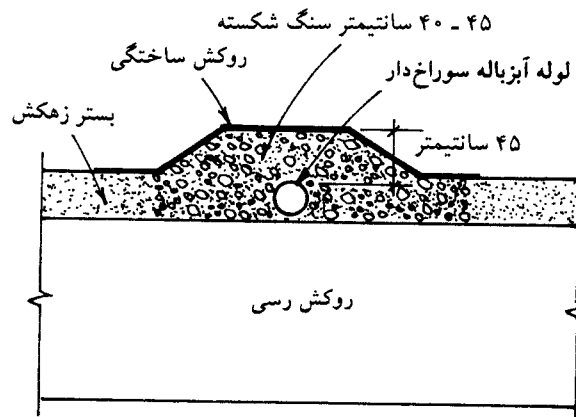
یک جهت کشانده می شود و در این جابه جا شدن، دهانه جام باز شده ته نشستها در آن پر می گردد و به بیرون آورده می شوند.

ابزار آبشویی نیز بر دو گونه است: با پرتاب آب (Jetting) و با رانش آب (Flushing). در نوع پرتابی، آب با فشاری که تا ۱۴ اتمسفر می رسد، از دهانه افشانه ای پرتاب شده و چرخان به بیرون فواره می زند. چنانچه فشار افشانه کمتر از این اندازه باشد، آب پرتاب شده از چرخندگی باز می ماند. پیشنهاد می شود که برای یافتن بیشترین فشاری که به لایه زهکش هم آسیبی نرساند، در آغاز کار، آزمایش کارگاهی انجام شود. برای کاهش دادن آسیب به لایه زهکش، در سالهای نخستین بهره برداری از طرح، می توان فشاری کمتر از آنچه که خود چرخندگی را فراهم می آورد، به کار بست. کاربرد این شیوه، پاکسازی آسان است. دسترسی به لوله از یک سو کافی است و درازای لوله آبریزاله زیر شست و شو را می توان تا ۳۰۰ متر در نظر گرفت.

در روش رانش آب، نخست یک گوی لاستیکی را از لوله رد کرده و سپس آب در لوله رانده می شود. گوی درون لوله، جریان آزاد آب را بند می آورد و آب ناچار از گرداگرد گوی با فشار راه باز می کند و به این ترتیب، کار شستن لوله انجام می گیرد. مواد کنده شده از دیواره را با کاربرد ابزار مکش، از لوله برون می کشانند. در این شیوه نیز، اگرچه دسترسی به یک سر لوله بس است، اما دسترسی به هر دو سر لوله بهتر است.

ب) درهم شکستن لوله. لوله گردآوری آبریزاله، ممکن است هنگام کار ساختمانی یا در دوره گرداندگی، شکسته شود. برای اجرای تمار، بهتر است پس از خاکبرداری ترانشه و شیب بندی کف آن، لوله را کنار ترانشه ریشه کنند. سپس، به آرامی در کف بستر کار گذارند. همواره باید از راندن و یا گذر ابزار سنگین روی لوله، خودداری ورزید.

لوله را همان گونه که در شکل ۸-۳، نشان داده شده، در کف بستر ترانشه، یا روی کف زهکش نصب می کنند. نکته دیگر، در نظر گرفتن ایستایی لوله، زیر بار وارده است، حتی اگر لوله ها از نوع خم پذیر باشند. هنگام کار ساختمانی و پس از پایان یافتن کار، باید مطمئن شد که لوله خود استوار به جای می ماند. پذیرفتن ایستایی برای لوله، به این دلیل است که میزان خمش لوله، بیش از ۰.۵٪ می گردد. پیوستارهای زیرین را که به نام پیوستار آیووا (Iowa)



شکل ۸-۳. کارگذاری لوله گردآوری آبزیاله روی روکش رسی.

شناخته شده، برای دانستن میزان ایستایی لوله به کار می گیرند:

$$\% \frac{\Delta}{D_R} = \frac{DBP(100)}{0.149(E/\Delta Y) + 0.016 E'}$$

$$\% \frac{\Delta}{P} = \frac{DBP(100)}{[2E/3(DR-1)]^3 + 0.016 E'}$$

در این پیوستار، D ضریب دیرپایی خم گشتگی (deflection)، B ضریب ثابت بستر لوله، P فشار روی لوله (پوند بر اینچ مربع psi)، Δ میزان خمش، E مدول الاستیسیته (نرمینگی)، E' مدول واکنش خاک (psi)، DR نسبت اندازه لوله که برابر است با نسبت قطر بیرونی به ضخامت دیواره لوله (اینچ)، $F/\Delta Y$ میزان تردی لوله (psi) است. پیوستار ۸-۳، گامی به کار می رود که میزان $F/\Delta Y$ مشخص باشد. پیوستار بالا، برای هنگامی است که میزان D در دست باشد. تردی لوله بر پایه استاندارد "ASTM D-2412"، برای لوله های خم پذیر اندازه گرفته شده و مدول نرمینگی لوله ها، بستگی به ماده به کار رفته در ساخت لوله دارد. در جدول ۸-۱، برخی دیگر از عوامل یاد شده در پیوستارهای بالا آورده شده است. چنانچه ژرفای خاکچال بیش از ۱۰ متر باشد، در گزینش اندازه های پیشنهادی، باید دقت بیشتری نشان داد. برای محاسبه تردی لوله، از پیوستار زیر سود می جویند:

$$\frac{F}{P} = 0.559 E \left(\frac{1}{P} \right)^3$$

در این پیوستار، t ضخامت دیواره لوله (اینچ) و r میانگین شعاع لوله (اینچ) است. برای یافتن میزان تردی لوله‌هایی که با شماره SDR مشخص شده است (مانند SDR 35)، از پیوستار زیر بهره می‌گیرند.

$$\text{تردی لوله} = \frac{E}{(DR-1)^3} = 4/47$$

جدول ۸ - ۱. افت و خیز (Range) عوامل پیوستارهای بالا

عوامل متغیر	افت و خیز	برخی آگاهیهای دیگر
B	۰/۱ - ۰/۰۸	لوله‌ها در بستر شنی یا ماسه‌ای است.
D	۲/۵ - ۱/۵	اگر خاک درون ترانشه کوبیده نشده باشد، باید D بزرگتر را به کار برد.
E' (psi): برای سنگ شکسته	۳۰۰۰ - ۱۰۰۰	اگر خاک درون ترانشه کوبیده نشده باشد، باید D کوچکتر را به کار بست.
برای خاک ماسه‌ای و شن گردگوشه تردی لوله:	۴۰۰ - ۱۰۰	
شماره (Schedule 40)	~ 129	شماره‌ها، برای لوله‌های ۶ اینچی است.
شماره (Schedule 80)	~ 700	
SDR 35	46	
SDR 26	115	

مثال ۸ - ۱ (در سامانه اندازه‌گیری آمریکایی)

ایستایی لوله‌های (پی وی سی ۴۰ Schedule 40) ۶ اینچی را در ترانشه‌ای با شن شسته و در شرایط زیر بررسی نمایید: ژرفای خاکچال، ۷۰ فوت، نسبت پسمانده به خاک، ۱:۵، ضخامت پوشش پایانی، ۴ فوت، ضخامت زهکش، ۱ فوت، وزن مخصوص پسمانده، ۵۰ پوند بر فوت مکعب، وزن مخصوص خاک، ۱۱۰ پوند بر فوت مکعب، و بیشترین ارتفاع فشاری آب‌باله نیز، ۳ فوت برآورد شده است.

$$\text{فوت} (15) = 4 + \frac{1}{(5+1)} \times (70-4) = \text{پوشش پایانی} + \text{ضخامت پوشش روزانه}$$

$$\text{پوند بر فوت مربع} (469/2) = 110 \times 1 + 4/62 \times 3 + 110 \times 15 + 50 \times (70-15) = \text{فشار وارد بر لوله}$$

که همسنگ با ۳۲/۶ پوند بر اینچ مربع است.

درصد خمگشتگی برابر است با:

$$\% \frac{\Delta}{D_p} = \frac{2 \times 0.09 \times 32/6 \times 100}{0.149 \times 129 + 0.061 \times 200} = 18/6 \%$$

درصد خمگشتگی لوله شماره ۸۰ نیز، برابر ۵/۰۳ می شود که با درصد مجاز خمگشتگی ۵٪ در نظر می گیرند، مناسب است. واحد سازندگان لوله های PVC، این درصد را ۷/۵ هم توصیه کرده اند. فشار P، بار زنده ناشی از جابه جایی خودروها و خاک کوب ها را که روی خاکچال در آمد و شد هستند، باید افزود. بیشترین اثر بار زنده به هنگام ساختمان نخستین لایه است و از این رو بهتر است میزان خمگشتگی را به ازای فشار خاک کوب هایی که روی ۳۰ سانتیمتر نخست پسمانده به کار گرفته می شوند، محاسبه کرد. نباید فراموش کرد که اثر بار زنده روی لوله، رفته رفته با افزایش ژرفای خاکچال، کاهش پیدا می کند، می توان شماره های آورده شده در جدول ۸-۲ را با ضرب کردن در میزان ژرفا به دست آورد، شکل ۸-۴. در این شکل، WP پهنای چرخ خاک کوب است که در تماس با خاک قرار می گیرد. q فشار تماس خاک کوب و Z ضخامت پسمانده است.

مثال ۸-۲

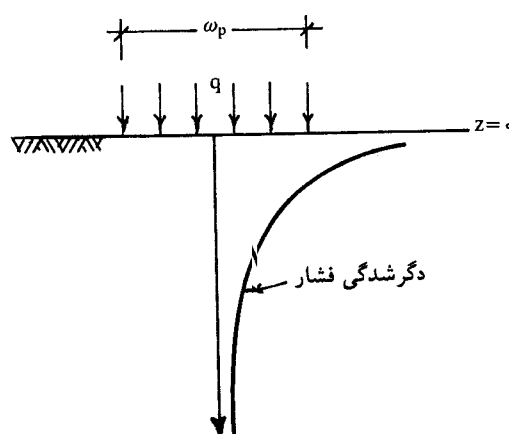
به ازای q برابر ۲۰ پوند بر اینچ مربع و WP برابر ۱۲ اینچ، کل فشار بر لوله را چنانچه ضخامت نخستین لایه پسمانده ریخته شده ۳۰ سانتیمتر باشد، به دست آورید.

$$\text{پوند بر اینچ مربع } 3 = \frac{1 \times 50}{144} + \frac{1 \times 110}{144} + 20 \times 0.1$$

شماره یا ضریب $P=3$ را باید به P که در مثال ۸-۱ آورده شده افزود و بر آن پایه، میزان درصد خمگشتگی را بر آورد کرد. این کار، به ویژه برای لوله های با تردی کم معمولی تر است.

جدول ۸-۲. ضریب فشاری برای ژرفای گوناگون

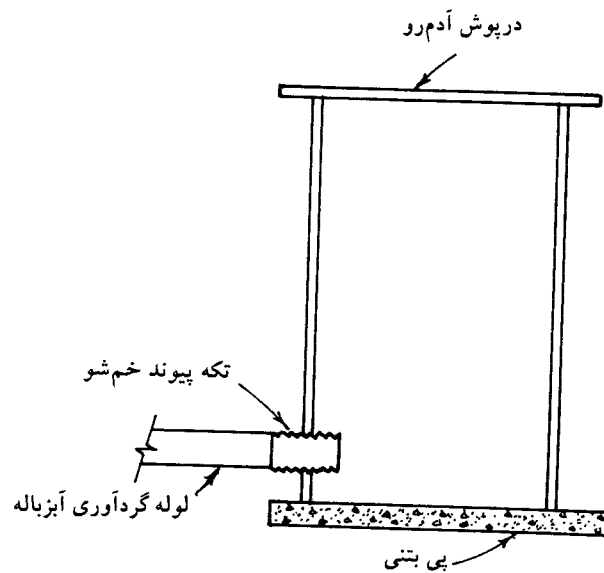
ژرفای خاکچال	ضریب فشار
۱ WP	۰/۴
۲ WP	۰/۱
۳ WP	۰/۵۵
۴ WP	۰/۰۳
۵ WP	۰/۰۲
۶ WP	۰/۰۱۵



شکل ۸-۴. دگرشدن فشار نسبت به ژرفای زیر بار سطحی.

ج) نادرستی طرح. برای رانش ابزار لوله تمیزکن - که به سادگی به همه سوی خم نمی شوند - باید مسیر لوله، صاف یا دارای خم ملایمی باشد. در پیوستن لوله های کوچکتر به لوله اصلی آبزباله، باید از کاربرد سراه های ۹۰ درجه ای خودداری کرد و یا از سراه های باز گوشه (۱۳۵ درجه) سود جست، یا آنکه آنها را با خمی ملایم به هم پیوست.

بهتر است شمار دریچه های بازدید و شست و شو، در طرح کمترین باشد و در نصب لوله های درونشو و برونشو، از اتصال های خم شو استفاده کرد، شکل ۸-۵. از آنجا که امکان نشست دریچه های شست و شو - به ویژه اگر ژرفای آنها بیش از ۷/۵ متر باشد - وجود



شکل ۸-۵. آدم‌روی خاکچال.

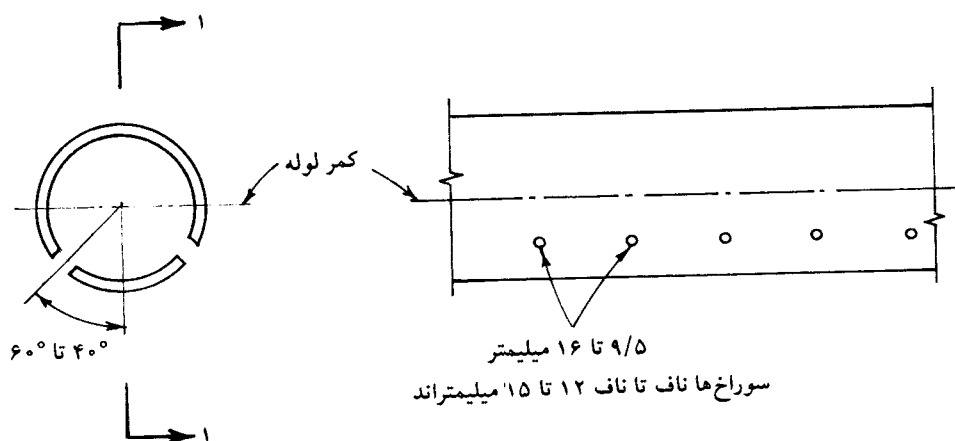
دارد، بهتر است در ساختمان این دریچه‌ها به جای بتن، از مصالح سبکتر استفاده شود. نکته دیگر، سوراخ دیواره لوله‌های گردآوری آب‌زباله است که پیشنهاد می‌گردد مانند شکل ۸-۶ بوده و برای دوری از کاهش ایستایی لوله، سوراخها در امتداد کف لوله باشد.

۲-۳. دریچه شست‌وشوی خط لوله آب‌زباله

لوله شست‌وشو و پاکسازی آب‌زباله، در برونش باید به‌خوبی محافظت شود، شکل ۸-۶. با ساختن آدم‌روهای بتنی، می‌توان بر میزان اطمینان کار، برای گذر ابزارهای سنگین از روی دریچه‌های شست‌وشو، افزود. بهتر است لوله را در امتداد شیب کناره نصب کرد و اگر لازم است لوله با شیبی تند (۹۰ درجه) کار گذاشته شود، و از زانویی بلند، با خمی آرام سود جست و آن را به لوله آب‌زباله متصل ساخت.

۲-۴. تلمبه‌گردآوری آب‌زباله و تلمبه‌خانه بالارسانی

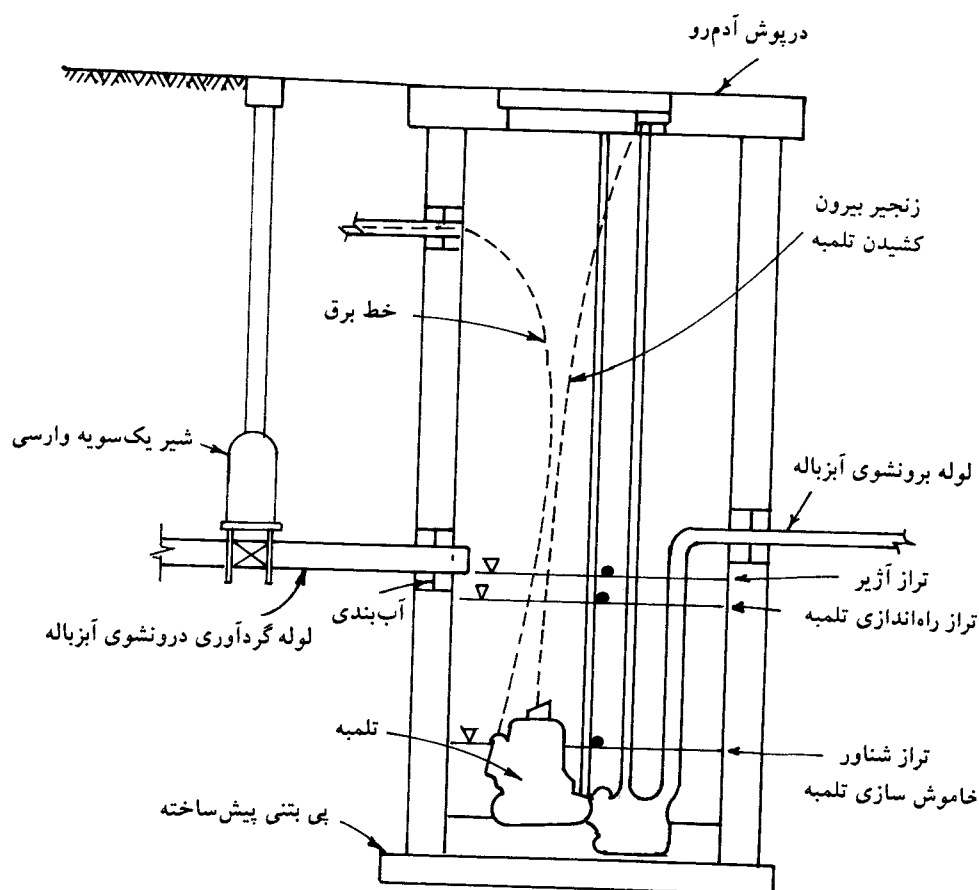
درگزینش تلمبه، باید ظرفیت آن را با در نظر گرفتن اینکه چگالی آب‌زباله بیش از چگالی آب



شکل ۸-۶. سوراخ‌بندی، «یواره لوله‌گرد آوری آب‌باله».

است، تثبیت کرد و ارتفاع تلمبه‌زنی و مکش را مشخص ساخت. تلمبه‌خانه آب‌باله، مانند شکل ۸-۷ است و تلمبه‌های مورد استفاده، بیشتر از نوع شناور و خودکار است. پیشنهاد می‌شود که خط تراز راه‌اندازی و از کاراندازی تلمبه، چنان پیش‌بینی شود که تلمبه پس از رسیدن به ترازهای یادشده، همچنان تا زمان کپ‌تاهی به کار خود ادامه دهد تا به این ترتیب، از خاموش و روشن شدن پشت سرهم تلمبه پرهیز و از آسیب بر تلمبه، جلوگیری گردد. دگمه خاموش‌کننده، باید دست‌کم ۱۵ سانتیمتر پایین‌تر از تراز لوله درونشو به تلمبه‌خانه باشد. تلمبه‌های شناور را روی ریل کار می‌گذارند، تا جابه‌جا کردن آن به‌هنگام نوکاری، نگهداری و بازرسی آسان‌تر انجام گیرد.

در خاکچال‌های بزرگ که تلمبه یدک نیز فراهم می‌شود، روی لوله درونشو، شیری نصب می‌کنند. نگهداری و رسیدگی به تلمبه، باید بسامدی و بر پایه برنامه زمانی مشخصی انجام شود. برای حوضچه یا تلمبه‌خانه بیرون از خاکچال، دیواره آن را با خاک رس یا روکشهای ماشینی می‌پوشانند، تا هرگز آب‌باله از آن، به زمین بیرون پس نزنند. تلمبه‌خانه‌ها را از درون نیز آب‌بندی می‌کنند. نکته دیگر، آگاهی از نشست تلمبه‌خانه است، برای بررسی آن، افزون بر سنگینی ساختمان تلمبه‌خانه، باید سنگینی ریل، تلمبه، دریچه، لوله و آب‌باله را



شکل ۸-۷. تلمبه خانه آبزیاله.

هم، به درون چاهک تلمبه خانه برشمرده. از آنجا که تولید آبزیاله یکنواخت نیست - تلمبه همیشه در کار نبوده و گاهی روشن می شود - پس برای دستیابی به بهترین بازده، حجم تلمبه خانه باید چنان باشد که تلمبه در هر دور از کار، دست کم ۱۲ دقیقه کار کند. برای تأمین این ظرفیت، اندازه چاهک را برابر با مقدار آبزیاله ورودی، به ازای نیمی از دوره تلمبه زنی در نظر می گیرند و به این ترتیب، ظرفیت انبار آبزیاله یا چاهک، از پیوستار زیر برآورد می شود:

$$S_c = V_c t$$

در این پیوستار، V_c مقدار آبزباله در دقیقه و t ، نیمی از دوره تلمبه‌زنی است. میزان تلمبه‌زنی (P_l) نیز، از پیوستار زیر به دست می‌آید:

$$P_l = \frac{V_c t + V_c t}{t} = 2V_c \text{ (حجم در دقیقه)}$$

بیشترین بده آبزباله را در روز، برای برآورد ظرفیت چاهک و میزان تلمبه‌زنی در نظر می‌گیرند، و بالاترین تراز آبزباله را در چاهک، برای راه‌اندازی تلمبه، ۱۵ سانتیمتر پایین‌تر از تراز کف لوله ورودی، پیش‌بینی می‌کنند. تراز زیرین آبزباله را در چاهک، که در آن تراز، تلمبه خاموش می‌شود، ۶۰ تا ۹۰ سانتیمتر از کف چاهک و فاصله این دو تراز را از یکدیگر (D_f)، ۶۰ تا ۹۰ سانتیمتر پیش‌بینی می‌کنند. سطح برش چاهک تلمبه‌خانه (A_f) را با فرض رقمی برای D_f و ظرفیت انبار چاهک، از پیوستار زیر به دست می‌آورند:

$$A_f \times D_f = S_s$$

با آگاهی از ارتفاع تلمبه‌زنی، که اختلاف میان مکش و رسیدن آبزباله به نقطه پایان است، می‌شود توان تلمبه را برحسب اسب بخار (BHP) Break Horse Power به دست آورد:

$$BHP = \frac{\gamma h d P_l}{550 \cdot E}$$

در این پیوستار، γ چگالی آبزباله (چگالی آبزباله ۱۰ تا ۱۵٪ بیش از چگالی آب است) و E بازده تلمبه است. باید ارتفاع مکش و کشش را هنگام گزینش تلمبه‌های شناور، در نظر داشت.

مثال ۸-۳

چاهک گردی را برای جمع‌آوری آبزباله با بده (V_c) ۱/۲۵ فوت مکعب در دقیقه، دوره تلمبه‌زنی (۲۱) برابر با ۱۲ دقیقه، D_f برابر با ۲ فوت و ارتفاع تلمبه‌زنی (h) برابر با ۱۶ فوت و بازده ۸۰٪، به دست آورید.

$$\text{فوت مکعب} = 1/25 \times 6 = 7/5 = \text{ظرفیت چاهک}$$

برای چاهک به قطر d :

$$\frac{\pi d^2}{4} \times 2 = 7/5$$

پس، $d = 2/1$ می‌گردد.

اگر قطر چاهک ۲ فوت باشد:

(فوت مکعب در دقیقه) $2 \times 1/25 = 2/5$ = میزان تلمبه‌زنی

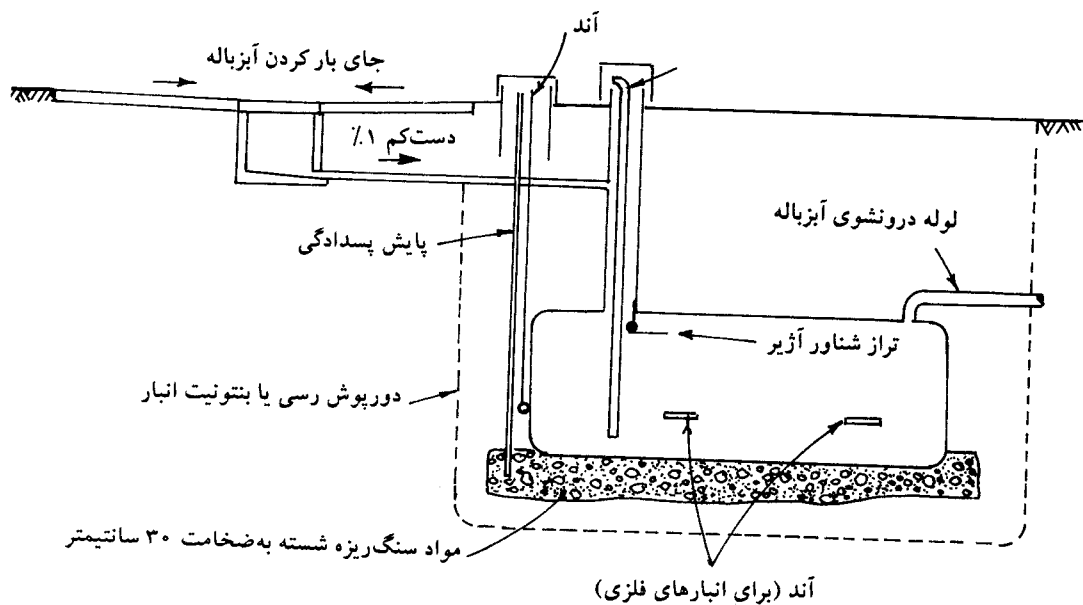
و توان موتور تلمبه برابر می‌شود با:

$$\text{BHP} = \frac{62.4 \times 1/1 \times 16 \times 2/5}{550 \times 0.8} = 6/24 \text{ (اسب بخار)}$$

۲-۵. انبار آبریز

انبار آبریز، باید چنان باشد که بتواند آبریز تولیدی یک تا سه روز را هنگام بیشترین تولید موسمی، در خود جای دهد. به این ترتیب، حجم انبار بستگی به دوره تلمبه‌زنی، شمار تلمبه‌زنی و بیشترین مقدار آبریزه‌ای دارد که به تلمبه‌خانه هدایت می‌گردد.

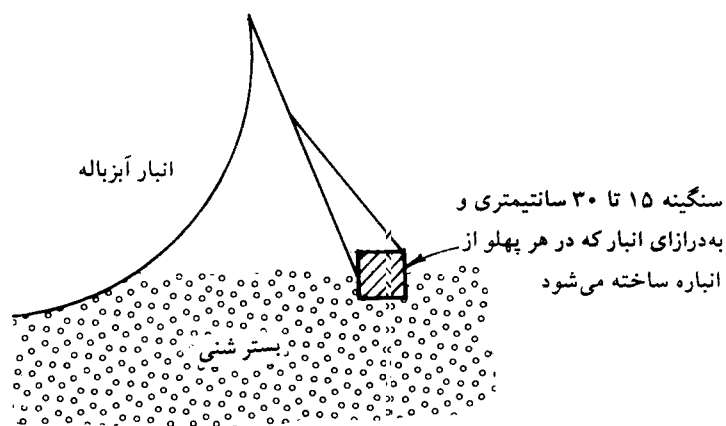
انبارهای پیش ساخته تک دیواره‌ای و دو دیواره‌ای را می‌توان فراهم کرد. برای پیشگیری از پسدادگی، انبارهای تک دیواره را با رس یا روکش ساختگی چنان دورپوش می‌کنند، که بتوان درون دورپوش را پایید، شکل ۸-۸. چاه پایش را که برای واریسی و آگاه



شکل ۸-۸. انبار آبریز.

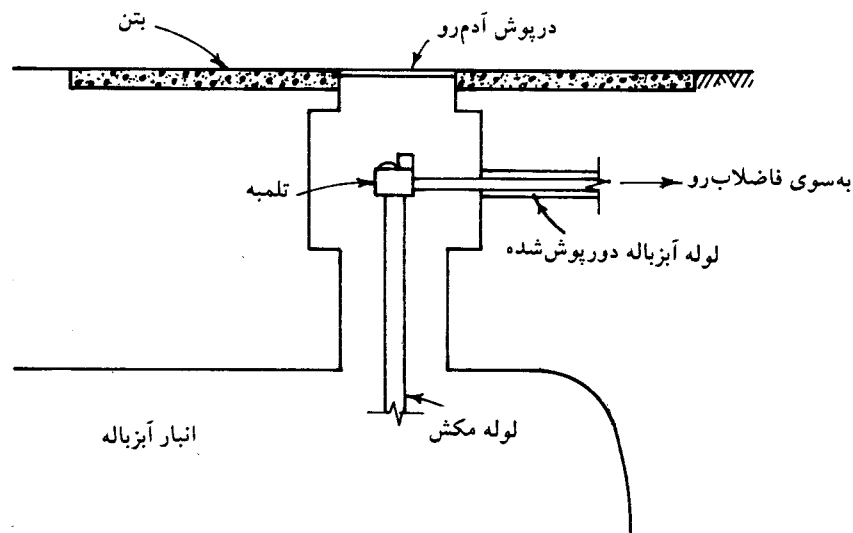
شدن از پسدادگی آبزیاله می سازند، باید ماهی یک بار سرکشی کرد و از کار ابزار نشت یاب، مطمئن شد. ساخت این گونه درپوش برای انبارهای دو دیواره ای موردی ندارد، هر چند که برخی خواستار پایش فضای میان دو دیواره نیز، هستند.

دیواره انبارهای فلزی را با ماده هایی مناسب اندود می کنند، تا از زنگ زدگی و خوردگی ناشی از آبزیاله، به دور باشد. پیش از کارگذاری انبارهای پیش ساخته، آن را زیر فشار آزمایش می نمایند تا مطمئن شوند پسدادگی و نشتی رخ نخواهد داد. در پر کردن گرداگرد انبار و کارگذاری آن، نباید شتاب ورزید، زیرا ممکن است باعث آسیب رسیدن به دیواره آن شود. کف انبار را با بتن پی یکنی کرده و کوشش می شود که این یکپارچگی به ویژه اگر سفره آب زیرزمینی بالا و در ترازای فراتر از کف انبار است، به خوبی فراهم شود. مهار کردن انبارهایی که در عمق کم اما زیر سطح سفره آب زیرزمینی باشد، کاری مهم است. در شکل ۸- ۹، شیوه ای از تسمه بندی انبار با فاصله ۱/۸ متری نشان داده شده است.



شکل ۸- ۹. مهار انبار آبزیاله با کاربرد سنگین.

خاکبرداری گرداگرد انبار با شن رودخانه ای یا سنگ شکسته، ۳ تا ۱۵ میلیمتر پر کرده و درپچه بازدید روی سقف انبار را چنان کار می گذارند که به درستی در امتداد تلمبه باشد، شکل ۸- ۱۰. نگهداری و پایش تلمبه های کارگذاری شده روی ریل، بهتر انجام می گیرد، زیرا کشاندن، لغزاندن و جابه جا کردن آن آسانتر است. برونشوی تلمبه را درون لوله ای دیگر



شکل ۸-۱۰. انبار آبزیاله با آدمرو و تلمبه بیرون ران.

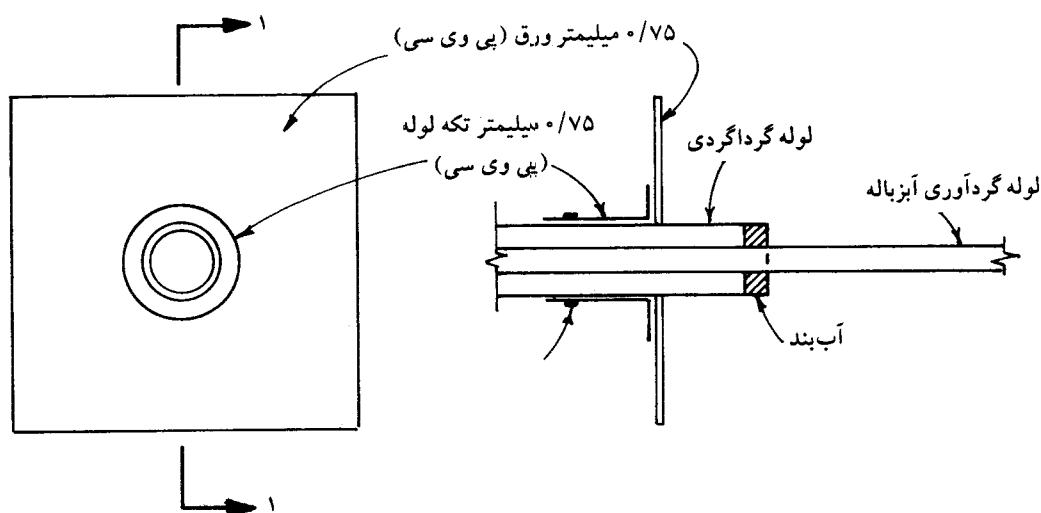
با دهانه بزرگتر کار می‌گذارند، تا جلوگیری بیشتری از بروز آلودگی فراهم شود. نکته دیگر، شیب بتن سطحی است که انبار در آن جای گرفته، که باید به سوی انبار باشد تا آبزیاله بیرون ریخته هنگام بار کردن و بردن از کارگاه، دوباره به انبار روان گردد.

۲-۶. گریبانه چکه گیر

لوله برونشوی آبزیاله را از درون گریبانه‌ای می‌گذارند، تا آبزیاله هرگز به بیرون راه نداشته باشد، شکل ۸-۱۱. خاک دور گریبانه، لوله برونشوی آبزیاله و ساختمان پشته خاکی را هم دستی می‌کوبند.

۳. بیرون راندن آبهای سطحی از کارگاه خاکچال

برای کاهش مقدار آبزیاله تولیدی، باید آبهای سطحی درون و پیرامون خاکچال، گردآوری و



شکل ۸-۱۱. ریزه کاریهای گریبانه چکه گیر.

به بیرون از کارگاه هدایت شود. چون خاکچالها همیشه کنار آب برهای طبیعی ساخته نمی شوند، پس باید راههای مناسب و کم هزینه ای برای هدایت آبهای سطحی در پیش گرفته شود. توجه به چند نکته زیر، برای گردآوری آبهای سطحی سودمند است.

۳-۱. طرح نهرآبه آب باران

طرح نهرآبه های آب باران، مانند طرح آبروهای روباز است. چندین نهرآبه در کناره و روی گستره خاکچال ساخته شده و نهرآبه های کوچک شاخه ای را به نهرآبه های بزرگ و اصلی، به گونه ای می پیوندند که همه آبهای سطحی کارگاه گردآوری شده و به بیرون از کارگاه رانده شود. برآورد بده آب سطحی در هر بخش از خاکچال، مهم است. شیب نهرآبه های روی خاکچال را ملایم می گیرند تا از شسته شدن و سایش خاک جلوگیری شود. بیشترین شیب ممکن برای نهرآبه ها را ۱۰٪ پیشنهاد کرده اند. اگرچه نگهداری نهرآبه آسان به نظر می رسد، اما در دراز مدت، نگهداری آن به دور از دشواری نیست.

محاسبه ابعاد نهرآبه، از پیوستار مانینگ (Manning) میسر است.

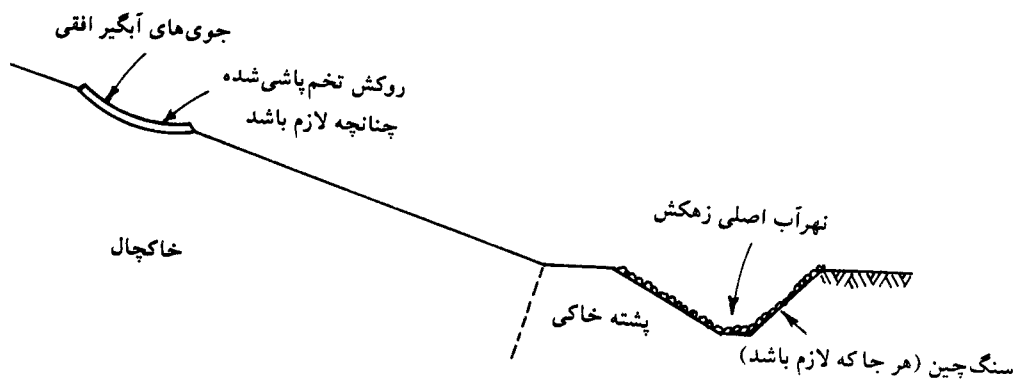
$$V = \frac{1/486}{n_r} r^2 s^{1/2}$$

در این پیوستار، V سرعت میانگین جریان آب (فوت مکعب در ثانیه)، r پرتو تر شده (فوت)، S شیب خط انرژی (در آبروهای کوچک می توان آن را با شیب کف آبرو یکی دانست) و n_r ضریب زبری دیواره آب بر است. گزینش درست ضریب زبری و محدود کردن سرعت جریان آب، که سبب شست و شوی دیواره و کف نهرآبه می شود، به آسانی انجام نمی گیرد. در جدول ۸-۳ پیشنهادهای سودمندی در این زمینه برای سالهای نخست بهره برداری، شده است.

جدول ۸-۳. شماره های پیشنهادی برای n و V در طرح نهرآبه های خاکچال

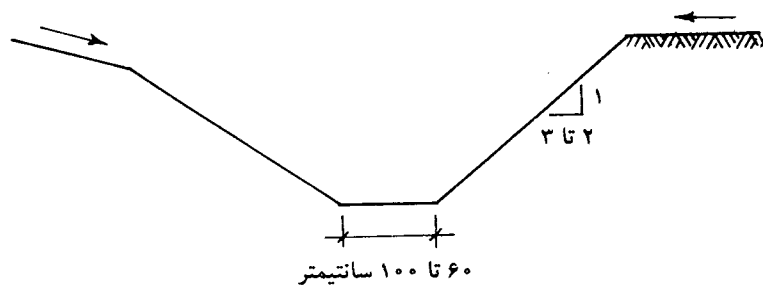
دگرشو (متغیر)	شماره های پیشنهادی
n_r	در دوره نخست: ۰/۰۳ - ۰/۰۲
	در درازمدت: ۰/۱۴ - ۰/۱۰
	بیشترین V مجاز (فوت مکعب در ثانیه) دوره نخست: ۵ - ۳
	درازمدت: رس: ۵ - ۴
	ماسه با لایه رسوبی: ۲/۵ - ۱/۵

شکلهای ۸-۱۲ و ۸-۱۳ برای جلوگیری از سایش و شسته شدن دیواره نهرآبه، آن را سنگ چین کرده یا به ساختن بندهای سرعت شکن دست می زنند، شکلهای ۸-۱۲ و ۸-۱۳.

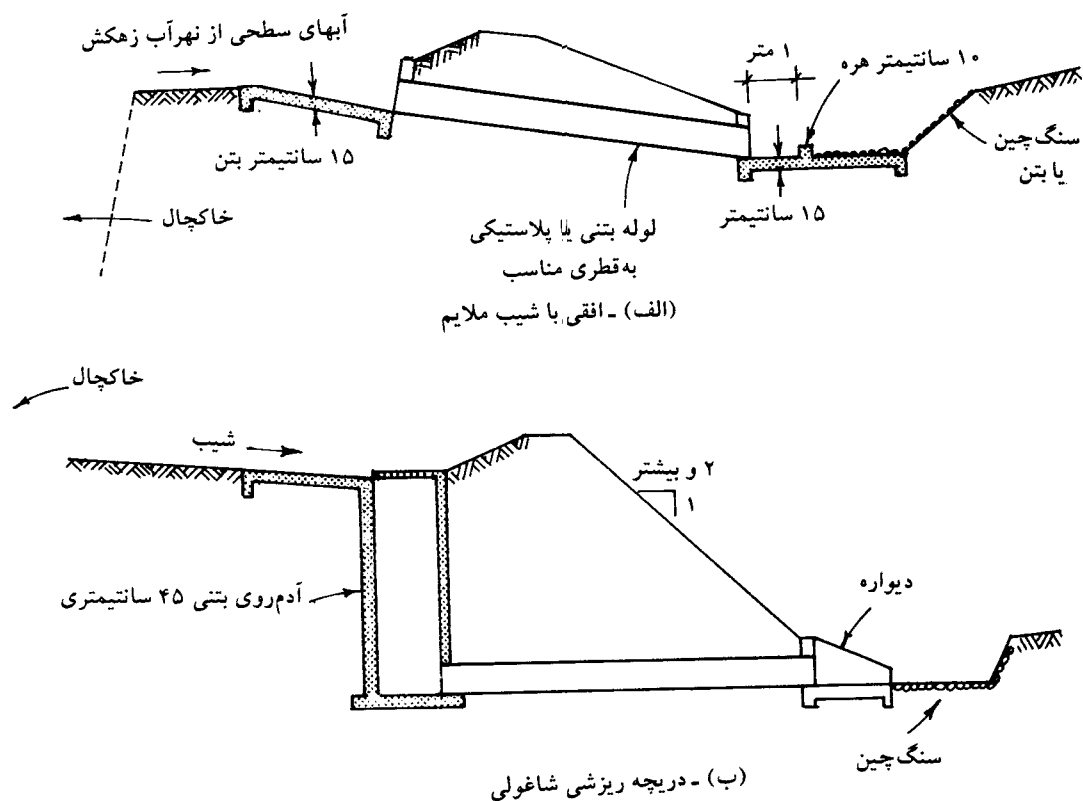


شکل ۸-۱۲. سامان بیرون راندن آبهای سطحی از خاکچال.

در برخی از خاکچالها، برای گردآوری آبهای سطحی، ساختن آبگیرهای ریزشی لازم است،
شکلهای ۸-۱۴ الف و ۸-۱۴ ب.



شکل ۸-۱۳. برشی از نهرا به زهابکشی.



شکل ۸-۱۴. حوضچه آبگیر ریزشی.

مثال ۸ - ۴

نهرآبه‌ای را برای بده $5/8$ فوت مکعب در ثانیه طرح کنید. برای یافتن اندازه‌های نهرآبه، روش «تکرار تایافت» (trial-end-error)، پیش گرفته شده، شیب کف در محاسبه یکسان، شیب کناره $3:1$ و شیب کف $1/1$ در نظر گرفته می‌شود. یکم به‌ازای n_r از جدول ۸-۳ و بر پایه پیوستار مانینگ، اندازه نهرآبه‌ای که بتواند بده بالا را بگذراند برآورد می‌شود.

دوم) سپس، بررسی می‌شود که سرعت جریان به‌دست آمده از حد مجاز، بیشتر نباشد. محاسبات انجام یافته در پس یکدیگر یادداشت می‌شود، جدول ۸-۴. در طرح درازمدت، بهتر است اندازه نهرآبه چنان باشد که بده‌ای همسنگ $1/5$ برابر بده در نظر گرفته شده را از خود بگذراند. گودی آب در سراسر نهرآبه یکسان و برابر $1/8$ فوت فرض شده و لبه آزاد آب را که در درازی نهرآبه رو به‌کاهش است، می‌شود برای نهرآبه‌های شاخه‌ای یکسان دانست.

در نهرآبه‌های اصلی لبه آزاد انتهایی، نباید کمتر از 80% لبه آزاد در آغاز آن باشد. (به این ترتیب، در مثال بالا، ژرفای تجدیدنظر شده می‌تواند $1/10$ فوت - نه $1/8$ فوت - باشد).

در این مثال، لبه آزاد $1/10$ فوت، میزان rh به‌ازای ژرفای $1/8$ فوت، با برش راست گوشه برابر با $0/85$ فوت، 7 برابر با 95% فوت در ثانیه و بده Q برابر با $9/25$ فوت مکعب در ثانیه می‌گردد. از آنجا که ظرفیت این نهرآبه از $1/5$ برابر بده طرح بیشتر است، پس اندازه‌های گزیده شده پذیرفتنی است.

جدول ۸ - ۴. محاسبه تکرار تایافت، برای مثال نهرآبه

تکرار تایافت	ژرفا (فوت)	r_h (فوت)	سرعت فوت بر ثانیه	بده فوت مکعب بر ثانیه
۱	$0/6$	$0/29$	$2/6$	$2/8$
۲	$0/8$	$0/37$	$3/06$	$5/87$
۳	$1/8$	$0/47$	$3/59$	$10/77$
ژرفای نهرآبه: فوت $1/8 = 1/10 + 0/8$ (لبه آزاد)				

۲-۳. طرح آبگذر

برای گذر آب از زیر راه و جاده، آب‌گذرهایی را با دهانه گرد یا راست گوشه بنا می‌کنند. دهانه درونشو، برونشو در این آبگذرها، باید به آرامی باز و فراخ شود، تا از خورده شدن دیواره کاسته گردد. کاربرد بتن در ساختمان این آبگذرها، مناسبتر از مصالح فلزی است، زیرا هر از چندگاه، نیاز به نوکاری دارد. برخی نیاز به آبگذر را برای ۲۰ تا ۳۰ سال از آغاز پوشش پایانی خاکچال دانسته و پیشنهاد می‌کنند که با بسته شدن خاکچال، جاده را بریده و به نوکاری و دوباره سازی آبگذر که پرهزینه است، اقدام نشود. اندازه آبگذرها را کمی بزرگتر و بر مبنای جریان پر، و نیمه پر، طرح و بنا می‌کنند و جریان آب را از آن، با توجه به شکل هندسی ورودی، شیب، اندازه، زبری دیواره، چگونگی درون شدن آب، و شرایط آب در پایین دست آبگذر، در نظر می‌گیرند. برای بده، تا ۰/۳ متر مکعب در ثانیه و شیب ۱/۱ آبگذرهای دهانه گرد، مناسبتر است.

۳-۳. طرح حوضچه آب بارانگیر

برای کاستن ماده‌های ته‌نشین شدنی، پیش از ورود آبهای سطحی به آب‌برهای طبیعی، به ساختن حوضچه‌های ته‌نشینی می‌پردازند. ته‌نشست‌های کف حوضچه را گاه‌گاه گردآورده و در خاکچال می‌ریزند. بر پایه قانون استوک (Stoke)، سرعت نشست دانه‌ها در حوضچه ته‌نشینی، از پیوستار زیر به دست می‌آید:

$$V_s = \frac{g(p_s - p_w)d^2}{18\mu}$$

در این پیوستار، V_s سرعت ته‌نشینی دانه، g شتاب ثقل، p_s وزن مخصوص دانه، p_w چگالی آب، d قطر دانه و μ میزان گرانروی مطلق آب است. در بهترین شرایط، سطح حوضچه A که بتواند همه دانه‌ها را با سرعتی برابر V ته‌نشین سازد، از پیوستار زیر به دست می‌آید:

$$A = \frac{Q}{V_s}$$

در این پیوستار، Q میزان بار سطحی یا میزان سرریز از حوضچه است. شرایط یادشده،

با رویداد پدیده‌های زیر، به هم می‌خورد:

- (۱) جریان سطحی ناشی از وزش باد.
- (۲) جریان درون حوضچه‌ای با متفاوت بودن درجه گرمای درون و بیرون حوضچه.
- (۳) جریان چگالی ناشی از دگرگون‌بودن چگالی آب ورودی به حوضچه، با آب درون آن.
- (۴) جریان موجی شکل، که آب ورودی درون حوضچه را فراهم می‌آورد.

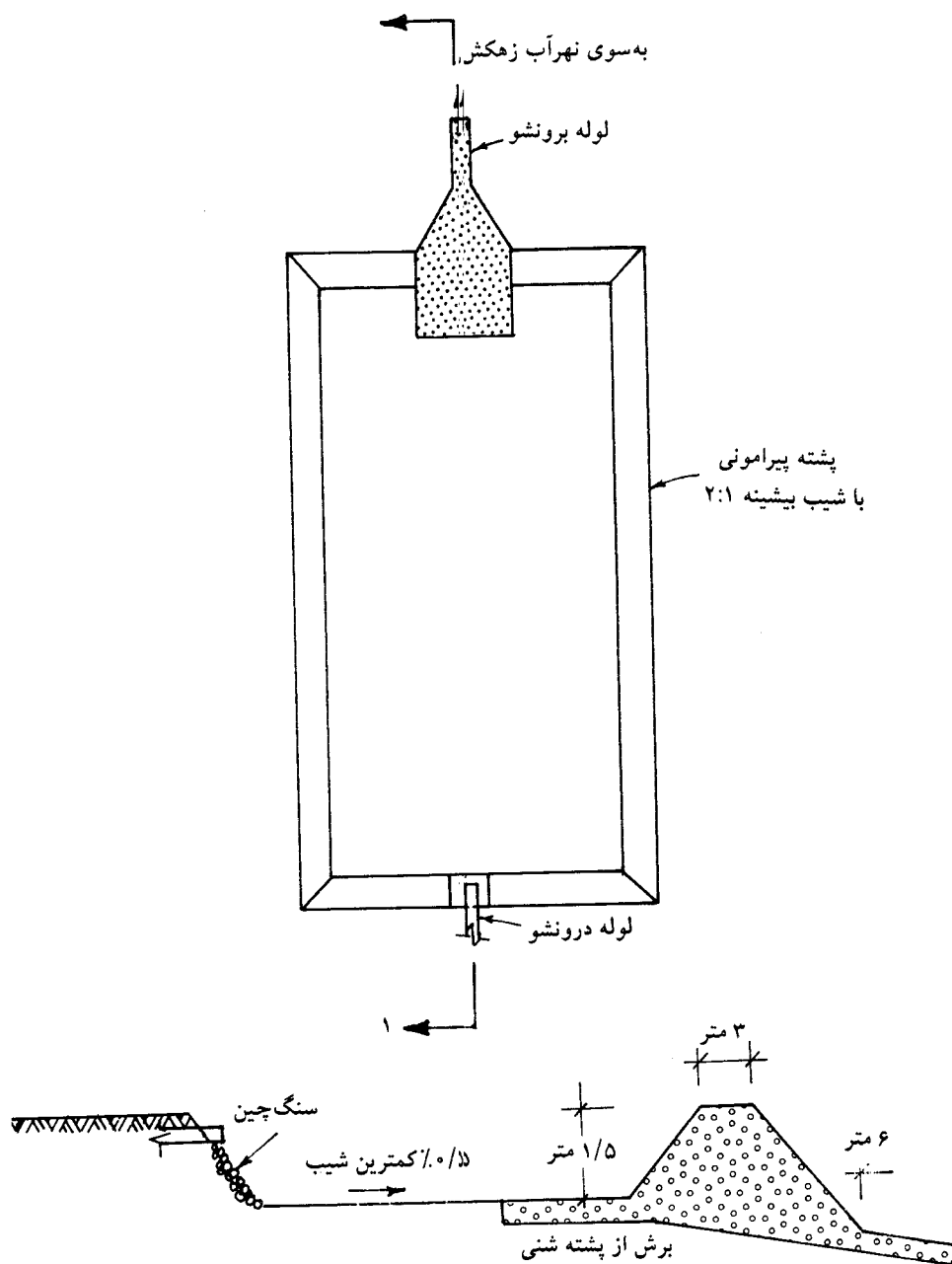
افزون بر آنچه گفته شد، سه گونه کنش و واکنش هم برای دانه‌ها روی می‌دهد:

- (۱) افزایش ته‌نشینی با به هم چسبیدن و دلمه شدن دانه‌ها به یکدیگر.
- (۲) دیرکرد در ته‌نشینی ناشی از جریان بالا آمدن ذره‌های آب، که با دانه‌ها جانشین می‌گردند.
- (۳) دیرکرد در ته‌نشینی با بالا بودن وزن مخصوص ته‌نشست‌ها، در نزدیکی کف حوضچه.

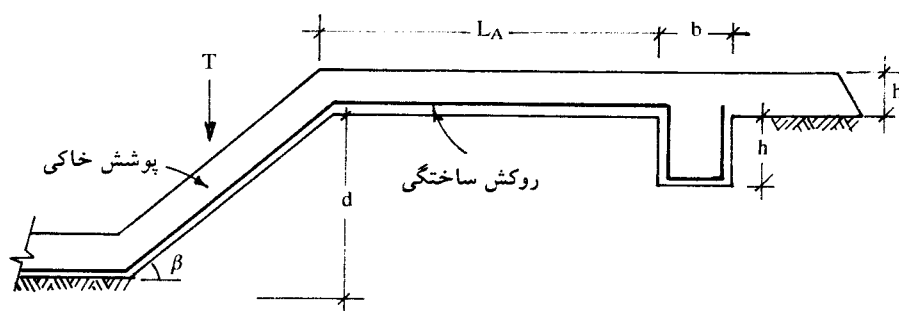
عامل مؤثر دیگر در این زمینه، طرح دهانه درونشو و برونشوی آبگذراست که آن هم در میزان ته‌نشینی مؤثر است. معمولاً، دانه‌های به قطر ۱۰۰ - ۱۰ هزارم میلیمتر یا بیشتر را می‌توان از آبهای سطحی جدا کرد. در جدول ۸-۵ سطح لازم برای این حوضچه‌ها به‌ازای بده‌ای برابر با ۱/۰ متر مکعب در ثانیه و دانه‌هایی با اندازه‌های گوناگون، آورده شده است. نکته دیگر، ژرفای حوضچه‌هاست که اثری کم در بازده آنها دارد، شکل ۸-۱۵. اندازه دانه‌هایی که در نظر است از آب سطحی گرفته شود، بستگی به چگونگی پخش دانه‌ها و مقدار آنها در آب دارد. معمول آن است که دانه‌های ۴۰ هزارم میلیمتر و درشت‌تر را جدا می‌کنند. شکل ۸-۱۶، اندازه ترانسه و دیگر بخشهای حوضچه آب بارانگیر را نشان می‌دهد.

جدول ۸-۵. سطح لازم از حوضچه برای ۱/۰ متر مکعب در ثانیه

اندازه دانه (میلیمتر)	سطح (متر مربع)
۰/۱ (معادل ۱۰۰ μm)	۱۲۵
۰/۰۶	۲۶۳
۰/۰۴	۴۷۶
۰/۰۱	۶/۷ × ۱۰ ^۳
۰/۰۰۱	۶/۷ × ۱۰ ^۵



شکل ۸-۱۵. حوضچه ته‌نشینی باریزه‌کاریهای آن.



شکل ۸-۱۶. طرح بخشهای گوناگون روکش ساختگی.

مثال ۸-۵

اندازه حوضچه ته نشینی را برای جدا کردن دانه‌هایی به قطر $40(\mu m)$ و درشت‌تر، و بده پیشینه $1/5$ متر مکعب در ثانیه را به دست آورید.

بر پایه جدول ۸-۵، سطح لازم برای حوضچه، می‌شود:

$$1/5 \times 476 = 714 \text{ (متر مربع)}$$

با توجه به اینکه اگر نسبت درازا به پهنای حوضچه‌های آب بارانگیر را $2:1$ و گودی حوضچه‌ها را معمولاً $1/5$ متر در نظر می‌گیرند، درازا به پهنای $2:1$ باشد، پهنای حوضچه‌هایی به اندازه $18/9$ متر شده و از این رو، حوضچه $1/5 \times 19 \times 38$ متری مناسب است.

۴. روکش ساختگی (ماشینی)

در این باره، پیشتر گفت‌وگو شد و باید افزود که به هنگام هر طرحی بهتر است با سازندگان روکشهای ماشینی گفت‌وگو کرده و از تازه‌ترین دگرگونیهای فیزیکی فرآورده‌های آنان آگاهی یافت.

۴-۱. طرح ترانشه مهاری

برای گیر انداختن و مهار روکش در امتداد پشته خاکی، ترانشه را خاکبرداری کرده و سپس

روکش را درون آن پهن می‌کنند تا مانند یک مهار می‌کار کند. اندازه ترانشه، باید چنان باشد که روکش از جای کنده نشود. بیشترین نیروی کششی مجاز از جا کردن F در نقطه A ، از پیوستار زیر به دست می‌آید:

$$F_r = \delta_y \cdot l$$

در این پیوستار، δ_y حد جاری شدن روکش و l ضخامت روکش است. کل نیروی ایستایی (F_R) را در رویارویی با این نیروی کشش - هنگامی که ترانشه با خاک پر شده، اما پوشش خاکی انجام نگرفته است - از پیوستار زیر به دست می‌آورند (ترانشه پر نشده با خاک را می‌توان با کیسه‌های ماسه‌ای پر کرد):

$$F_R = \delta_s \cdot h \cdot b \cdot \tan \delta + w \cdot L_A \cdot \tan \delta$$

در این پیوستار، δ_s وزن مخصوص خاک، b پهنای ترانشه، h ژرفای ترانشه δ گوشه مالش میان روکش و خاک و w وزن واحد سطح روکش است. در خاکچال بی‌پسمانده، برای حد جاری شدن روکش آغاز به کار نشده، ضریب اطمینانی همسنگ با $1/2$ تا $1/5$ برای F_r در نظر گرفته و ترانشه را بر آن پایه طرح می‌کنند. بنابراین، کل نیروی ایستایی در برابر نیروی از جا کردن برای پوشش خاکی (F_{rc}) اعمال شده، در شکل ۸-۶، برابر است:

$$F_{rc} = \delta_s (h + h') \cdot b \cdot \tan \delta + (w + \delta_s) L_A \cdot \tan \delta$$

معمولاً از w در مقایسه با δ_s چشم‌پوشی کرده و ضریب اطمینان را برای محاسبه $1/5$ تا 2 در نظر می‌گیرند.

مثال ۸-۶

برای ترانشه‌ای که در آن از روکش HDPE ۴۰ میلی (کیلوگرم بر متر 1440) استفاده شده است، مهار می‌لازم را چنانچه ضخامت پوشش خاکی ۶۰ سانتیمتر، وزن مخصوص آن $1/7$ گرم بر سانتیمتر مکعب، پهنای ترانشه $1/2$ متر، درازای $1/0$ متر و ضریب اطمینان $s = 1/3$ و δ برابر 18 درجه باشد، طرح کنید.

میزان F_{rc} ، از پیوستار بالا چنین می‌گردد:

$$F_{rc} = 1/7 \times 10^3 (h + 0/6) \times 1/2 \tan 18 + 1/7 \times 10^3 \times 0/6 \times \tan 18$$

به‌ازای ژرفای ترانشه ۶۰ سانتیمتر و برابر دانستن F_p و F_{rc} ، h ، برابر $0/57$ متر می‌گردد.

۴-۲. سنگینی مجاز خودروها

برای جلوگیری از برون کشیدگی، از جا درآمدن، پاره شدن یا کیش آمدن ناخواسته روکش، باید از آمد و شد خودروهای سنگین بر روی روکش، جلوگیری شود و پیش از اجازه آمد و شد خودروها بر روی خاکچال، پوشش خاکی را به پایان رسانید. بیشترین سنگینی (T) مجاز برای خودروها، از پیوستار زیر به دست می آید.

$$T \sin \beta + W \sin \beta = W \cos \beta \tan \delta + F_{rc} + \frac{\delta_y t}{FS}$$

در این پیوستار، T سنگینی مجاز خودرو، W کل سنگینی خاک روی شیب برابر $(\delta_s h d / \sin \beta)$ = گوشه شیب روکش و FS ضریب اطمینان است.

مثال ۸-۷

سنگین ترین خودروی مجاز را برای مثال ۸-۵، به ازای ژرفای ۶ متر و شیب کناره ۳/۵:۱ $(\beta = 15/9^\circ)$ درجه، به دست آورید.

– بر پایه پیوستار ۱۸-۸، سنگینی خودرو T چنین است:

$$T \sin 15 + 1/7 \times 10^3 \times 0/6 \times 6 = 1/7 \times 10^3 \times 0/6 \times \left(\frac{6}{\tan 15/9} \right) \times \cos 15/9 \times \tan 18 =$$

$$1/7 \times 10^3 \times (0/6 + 0/6) \times 1/2 \tan 18 = 1/7 \times 10^3 \times 1/6 \times 1 \times \tan 18 +$$

$$\frac{1140}{1/3} = 11/253 \text{ کیلوگرم}$$

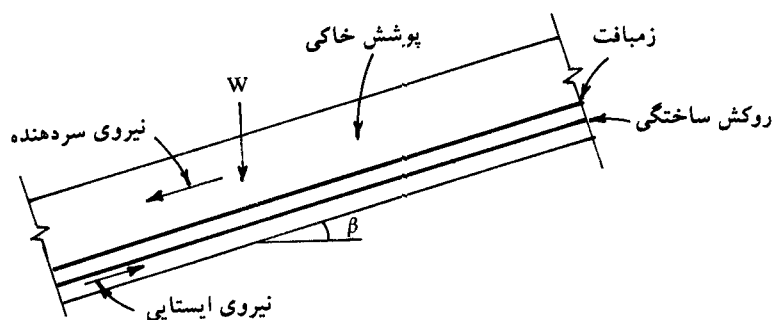
۴-۳. واریسی لغزش پوشش خاکی

چنانچه با پهن کردن روکش ساختگی تماس و مالش لازم به دست نیاید، پوشش خاکی ممکن است در جهت شیبی که دارد، به پایین لغزیده شود. برای جلوگیری از این رویداد و حفاظت روکش، در برخی خاکچالها در زیر یا روی روکش، از زمبافت استفاده می کنند. در این حالت، زاویه مالش میان روکش و زمبافت – که معمولاً دارای زاویه مالش کمتر است – یا کمترین زاویه مالش میان مصالح را در طرح منظور می دارند. بررسیهای در دست، گویای این است که زاویه میان خاک و روکش ۱۷ تا ۲۷ درجه، و میان خاک و زمبافت ۲۳ تا ۳۰ درجه

و میان زربافت و روکش ساختگی ۶ تا ۲۳ درجه است. آزمونهای در دست نشان می دهد که زاویه مالش، بستگی به نوع مصالح کاربردی دارد و گرچه زاویه مالش برای خاک با روکش و خاک با زربافت نزدیک به هم هستند، اما زاویه مالش میان این دو جنس ساخته شده کم است و برای نوع HDPE، کمترین است. در نبود یافته ها، می توان شماره های پیشنهادی زیر را برای پوشش ماسه ای و HDPE به کار بست. زاویه مالش میان خاک و روکش ساختگی برابر ۱۷ درجه و میان خاک و زربافت ۲۳ تا ۲۵ درجه (بسته به جنس زربافت)، و زاویه مالش میان روکش و زربافت ۶ تا ۸ درجه است.

ضریب اطمینان برای خطا یا لغزش و شر خوردن خاک (FS)، از پیوستار زیر به دست می آید، شکل ۸-۱۷:

$$FS = \frac{W \cos \beta \times \tan \delta}{W \sin \beta} = \frac{\tan \delta}{\tan \beta}$$



شکل ۸-۱۷. گزیده نیروهای وارده در طرح روکش ساختگی.

مثال ۸-۸

ضریب اطمینان مناسب برای پیشگیری از لغزش ۶۰ سانتیمتر پوشش خاکی روی زربافت را در صورتی که زربافت روی روکش از نوع HDPE گسترده شده باشد، پیدا کنید:

- سنگینی ویژگان خاک ۱/۶ گرم بر سانتیمتر مکعب، شیب روکش ۱۸/۴ درجه، گوشه های مالش زربافت با زمین ۲۳ درجه، میان خاک و روکش ۱۸ درجه و میان روکش و

زمبافت برابر ۱۰ درجه فرض می‌گردد.

- در این حالت، زمبافت بیشتر در معرض لغزش روی روکش بوده و نتیجه:

$$FS = \tan 10 / \tan 18/4 = 0/53$$

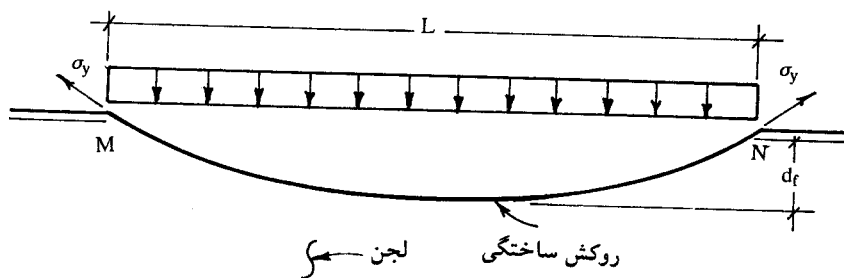
برای جلوگیری از گسیختگی و لغزش، بهتر است شیب روکش را به ۵:۱ کاهش داد، از کاربرد زمبافت دوری گزید؛ و شیب را به ۳/۵:۱ کاهش داد. در این صورت، $\frac{\tan 15/9}{\tan 18} = 1/1$ می‌شود.

طرح ترانشه مهار را چنان پیش‌بینی می‌کنند که بیش از کشش ناشی از زمبافت به‌ازای $\delta = 10$ باشد. پس لازم است ایستایی زمبافت و روکش ساختگی نیز، بررسی گردد. پیوستار یاد شده را با فرض $T = 0$ و $FS = 1$ می‌شود برای یافتن میزان کشش، و طرح ترانشه مهار به کار بست.

۴-۴. نشست نابرابر

نامیزانی و نشست نابرابر را برای پوشش خاکچال، به‌درستی نمی‌توان پیش‌بینی کرد. در مورد روکشهای ساختگی که از ماده‌های بسیار خم‌پذیر نباشند، کششی که در اثر خمیدگی پدید می‌آید، تا حدودی کمتر از آن است که از پیوستارهای یاد شده حاصل می‌شود که برای بیشترین شکم‌دادگی در مفتول، به کار می‌بندند. شکل مفتول زیر بار یکنواخت سهمی بوده و بیشترین کشش در دو نقطه M و N، از شکل ۸-۱۸ رخ می‌دهد.

$$\delta_y = H(1 + 16 S_r^2)^{1/2}$$

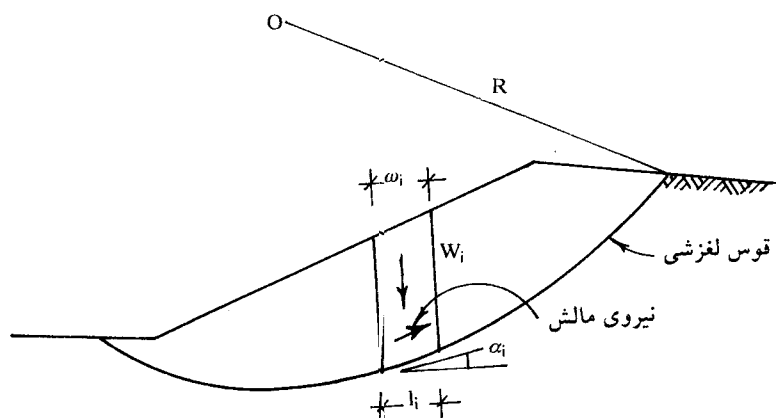


شکل ۸-۱۸. ممرته نیروهای وارده در شکم‌دادگی روکش ساختگی.

$$H = \frac{(W + d_s) h L^r}{\Lambda d_f}$$

پیوستار بالا را برای برآورد اندازه مجاز گودافتادگی به کار می گیرند و اگر آن را در دست داشته باشند، می شود δ_y را برآورد کرد.

پشته خاکی گرداگرد خاکچال، باید پایدار باشد. در بیشتر محاسبه‌ها، گسیختگی را در امتداد قوس دایره‌ای در نظر می‌گیرند و پشته درون این قوس را به بُره‌هایی بخش بخش کرده و تعادل آن را بررسی می‌کنند، شکل ۸-۱۹. بلندی پشته، آب و هوای کارگاه، گوشه مالش درونی و گیراگیری (التصاق)، از عوامل مؤثر در این باره‌اند. وزن مخصوص خاک پشته نیز، در پایداری شیب کناری آن اثر می‌گذارد. در سرزمینهای زمین لرزه‌خیز، لازم است اثر زمین لرزه هم بر پایداری سازه پشته، بررسی گردد. گزینش شیبی برابر $1:2/5$ تا $2:1$ ، برای شیب کناری پشته با خاک شن‌دار و با بلندی ۳ تا ۴ متر، مناسب است.



شکل ۸-۱۹. ریخت هندسی و نیروها در شیوه بررسی بره ای.

پشته، باید از دیدگاه سایش در اثر باد و آب هم نگهداری شود. تندی بارندگی، درازای پشته در امتداد شیب، تندی شیب، رستنیهای روی پشته و نوع خاک، در سایش پشته اثر می‌گذارند. سایش خاک بی‌پوشش با شیب ۱ عمودی: ۳ افقی، به مراتب بیش از سایش به‌ازای شیب ۴:۱ است. برای کاستن درازای شیب پشته که بیش از ۲ متر نشود، ساختن پشته‌های افقی خاکی، به‌ویژه ساختن جویهای زهکش، راه حلی مناسب است. اگر رویش رستنیها از سایش می‌کاهد، اما یخ‌زدگی و آب‌شدن، سبب فرسایش و بدشدن خاک گشته و با نرویدن رستنی، اثر یخ‌زدگی و آب‌شدن فزونی می‌یابد. برای جلوگیری از سایش خاک، بهتر است شیب پشته را کمتر از آنچه در محاسبات به‌دست می‌آید، در نظر گرفت. شیب ۱ عمودی: ۳ افقی، برای پشته‌هایی به‌بلندی ۳ تا ۴ متر و برای خاک شنی، به‌اندازه است.

۶. پایداری شیب پسمانده

تندی شیب پسمانده نیز، باید ارزیابی گردد. دشواری اصلی در این ارزیابی، آگاهی از پدیده‌های مؤثر در ایستایی برشی پسمانده است که پایداری شیب را فراهم می‌آورد. برای پسمانده‌های همگن، می‌توان با انجام آزمایشهای استاندارد، C را به‌دست آورد. اما این آزمایشها، به‌دلیل زیر، چندان کاربردی ندارند:

- (۱) هنگام آزمایش برخی از پسماندهای لجنی (چون کاغذسازی)، گاز برخاسته و بر نتیجه آزمایش اثر می‌گذارد.
- (۲) پسماندهای پوسیدنی با گذشت زمان روی به‌زوال می‌نهد که با دگرشدن ایستایی برشی پسمانده همراه است.
- (۳) نمونه گرفته‌شده از پسماندهای بسیار ناهمگن، مانند زیاله شهری، ویژگیهای پسمانده را به‌درستی نمی‌رساند.

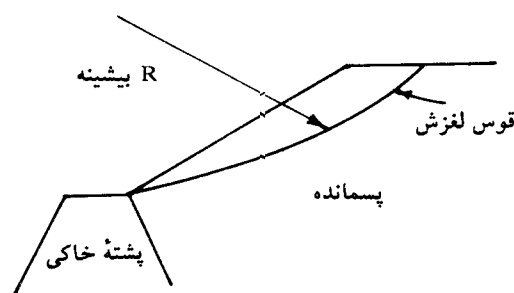
(۴) کوبیدن پسمانده در آزمایشگاه، دشوار است.

از آنجا که بیشتر پسماندها ناهمگن هستند، نکته‌های یادشده در بخش ۸-۴ را نمی‌توان به‌کار بست و این خود، بررسی میزان پایداری شیب پسمانده را دشوار می‌کند. کنار هم نهادن بررسیهای نظری و کارگاهی برای یافتن تندی شیب پسمانده، که پایداری آن را

تضمین کند، راهی مناسب است. در این مورد، ضریب اطمینان را به $1/5$ تا 2 افزایش داده، میزان C' و ϕ' را کاهش می‌دهند و سپس، به محاسبه زاویه شیب پایدار می‌پردازند. باید توجه شود که سراسر قوس دایره‌ای، تنها لغزش پسمانده را دربر گرفته و هیچ بخش دیگری از پشته را شامل نمی‌شود، شکل ۸ - ۲۰. در محاسبه میزان ایستایی‌های برشی، ϕ' و C' را که در آزمایشگاه به دست آمده، ۱۵ تا ۲۵٪ کاهش می‌دهند.

شیبهای زیر، برای دست یافتن به پایداری پشته، مطلوب است:

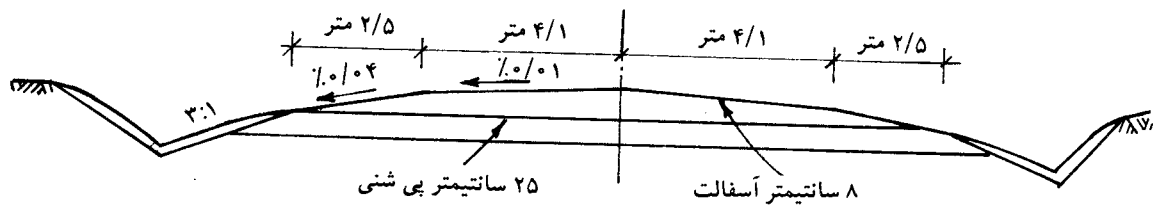
- زباله شهری، ۱ عمودی: ۳ افقی تا ۱ عمودی: ۴ افقی.
- پسماندهای لجنی با دست کم ۴۰٪ سواد جامد، ۱ عمودی: ۸ افقی.
- پسمانده ماسه ریخته‌گری، ۱ عمودی: ۳ افقی تا ۱ عمودی: ۴ افقی.
- لجن خاکستر تصفیه شده، ۱ عمودی: ۷ افقی تا ۱ عمودی: ۶ افقی.



شکل ۸ - ۲۰. قوس لغزش پیشینه مجاز در بررسی شیب پسمانده.

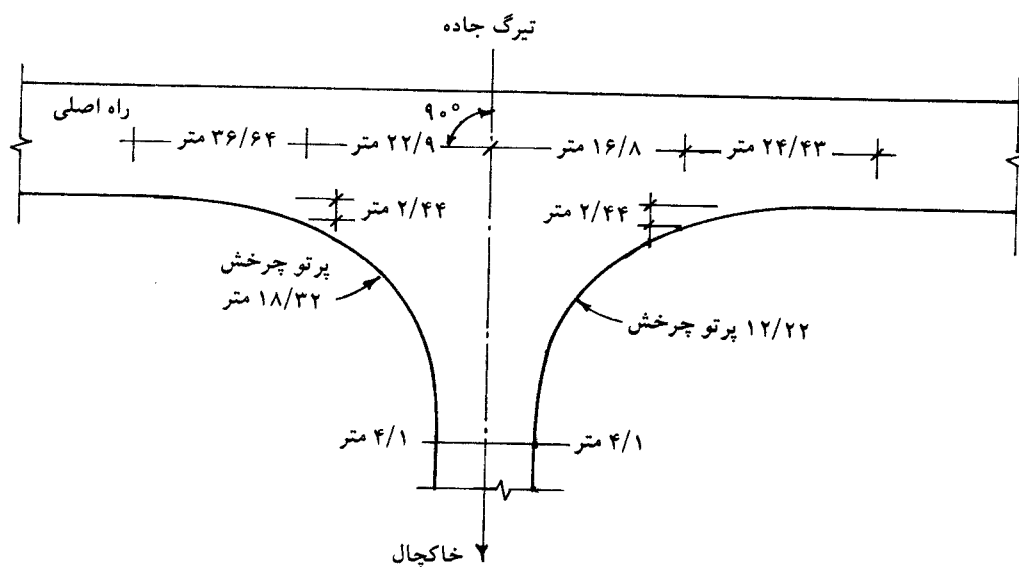
۷. طرح راههای دسترسی

برای کاهش گرفتاریهای اجرایی، بهره‌برداری و نگهداری از خاکچال، ساختمان راههای اصلی و دسترسی به درون و بیرون از کارگاه، بسیار مهم است، تا به آسانی و بی‌آنکه خودروبی از کار بازماند، آشغالها جابه‌جا شود، شکل ۸ - ۲۱. طرح سازه راه و شکل هندسی راههای بیرون از کارگاه نیز، کاری جدی است. فاصله مناسب میان راهها در برخورد با یکدیگر، به هم رسیدن جاده‌ها و خروجیها از بزرگراهها و جاده‌های اصلی نیز، کاری



شکل ۸-۲۱. برشی از طرح سازه جاده دسترسی در خاکچال.

اساسی است. از آنجا که آمد و شد زباله‌کش‌ها در درونشو و برونشوی کارگاه با شتاب و تندی انجام نمی‌گیرد، طرحهای موردنظر چندان پیچیده نیستند، شکل ۸-۲۲. نکته مهم دیگر، کارگزاران نشانه‌های گوناگون برای آگاهی و راهنمایی خودروهایی سنگین در مسیر جاده اصلی و ورودی به خاکچال است. باید از پراکندگی و پخش شدن پسمانده و زباله روی راهها و جاده‌ها پرهیز شود، زیرا پسماندها با چسبیدن به زباله‌کش‌ها و آشغال‌برها جابه‌جا شده و گستره بیشتری را آلوده می‌کند. در خاکچالهای خطرزا، باید چرخهای خودروها



شکل ۸-۲۲. ریخت هندسی راه درونشو به خاکچال.

شسته و تمیز شود. یکی از راههای معمول و پسندیده، ساختن دست اندازهای کوچک پی در پی بر سر راه خودروها، یا ریختن شن روی جاده، در محل خروجی کارگاه است. در نقشه‌های سازه جاده‌های دسترسی، ضخامت پی راه، دانه‌بندی زیرپی و نوع روسازی سطح جاده نشان داده می‌شود.

روسازی نرم برای راههای دسترسی، مناسبتر است و ضخامت آن (t) ، از پیوستار بوزینسک به دست می‌آید:

$$t_p = \left[\sqrt{\left(\frac{3A_t mn}{2\pi E_s \Delta} \right)^2 - a^2} \right] \left[\sqrt{\left(\frac{E_s}{E_p} \right)} \right]$$

در این پیوستار، A_t کل سنگینی خودرو، m ضریب آمد و شد خودروها، n ضریب سیرآبی، E_s مدول الاستیسیته بستر جاده، Δ میزان خمیدگی مجاز ($= 1/10$ اینچ)، a شعاع تماس چرخ، E_p مدول الاستیسیته روسازی با رویه زبردانه است. اگر چنانچه شمارهای آزمونی در دست نباشد، می‌توان ارزشهای پیشنهادی زیر را از سیستم آمریکایی در طرح جاده‌ها به کار گرفت، $m=0.5$ ، $n=0.5$ ، میانگین بارش سالانه ۱۵ - ۱۹/۵ اینچ و ۱/۰ برای بارشی برابر با ۴۰ تا ۵۰ اینچ. بر میزان n برای هر ۱۰ اینچ افزایش بارندگی، ۰/۱ می‌افزایند (پس، برای میانگین بارش سالانه ۲۰ تا ۲۴/۵ اینچ، $n=0.6$ می‌شود). برای شن، $E_s=5000$ (پوند بر اینچ مربع)، برای خاک رس ۱۵۰۰ و $E_p=1500$ (پوند بر اینچ مربع)، و $a=6$ اینچ است. اگر از مصالح خرد شده سنگی درشت دانه که در پی به کار می‌رود، برای ساخت گستره قیری استفاده کنند، ضخامت مصالح درشت دانه پی را از پیوستار زیر به دست می‌آورند:

$$t_b = (t_p - t_s) \sqrt{\frac{E_p}{E_b}}$$

در این پیوستار، t_b ضخامت رویه فرسایش پذیر (معمولاً ۵ - ۱۵ سانتیمتر) و E_b مدول الاستیسیته مصالح پی است. نمونه‌ای از برش راههای دسترسی بیرون از خاکچال در شکل ۸-۲۱ و طرح هندسی آن در شکل ۸-۲۲، نشان داده شده است.

مثال ۸-۹

برای منطقه‌ای با بارش سالانه ۳۰ تا ۳۴/۵ اینچ و خود روی تک چرخه‌ای با سنگینی

۲۰۰۰۰ پوند، راه دسترسی را طرح کنید. مدول الاستیسیته شن درشت دانه بی $E_s = ۵۰۰۰$ پوند بر اینچ مربع و برای دسترسی راه، ۵۰۰ پوند بر اینچ مربع است. بر پایه پیوستار پیشین:

$$t_p = \left[\sqrt{\left(\frac{3 \times 2000 \times 0.5 \times 0.8}{2 \times 500 \times 0.1} \right)^2 - 6^2} \right] \left[\sqrt{\left(\frac{500}{1500} \right)} \right] = 11/5$$

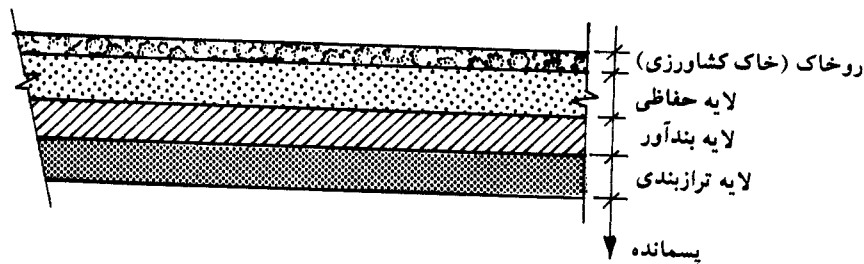
پس، ۱۱/۵ اینچ گستره قیری، روی دسترسی راه بس است. با افزایش ۲ اینچ رویه و ۶ اینچ پی شنی، ضخامت مصالح درشت دانه دسترسی راه بر پایه پیوستار یاد شده چنین است:

$$\text{اینچ } 13/7 = (11/5 - 2) \sqrt{\frac{1500}{5000}} = \text{ضخامت شن درشت دانه پی}$$

در نتیجه، ضخامت دسترسی جاده، برابر است با: اینچ ۱۱ $= \sqrt{\frac{1500}{5000}} (13/7 - 6)$ شده و به این ترتیب، برش راه شامل ۲ اینچ رویه، ۶ اینچ پی شنی و ۱۱ اینچ دسترسی راه می شود.

۸. طرح پوشش پایانی

ساختن پوشش پایانی در خاکچالها، برای کاستن هرچه بیشتر گذر آب سطحی به درون آن است. این پوشش چند لایه ای است، شکل ۸-۲۳ و هر لایه برای کاری است. لایه تراز بندی برای فراهم ساختن سطح پایداری است که روی آن بتوان لایه کم تراوایی ساخت و در ضمن، گازگیری را آسانتر کرد. ضخامت این لایه نخستین که از مصالح دانه ای است، بستگی به پایداری پسمانده و شیوه گردآوری گازهای برخاسته دارد و بین ۱۵ تا ۶۰ سانتیمتر، گزیده



شکل ۸-۲۳. لایه های گوناگون پوشش روی خاکچال.

می‌شود. سپس، لایه آب‌بند است که برای جلوگیری از نشت و گذر آب بوده و در ساختمان آن از خاک رس یا روکش ساختگی استفاده می‌شود. روی این لایه، سومین لایه را که لایه حفاظتی می‌نامند، بنا می‌کنند تا روکش را از یخزدگی و وارفتن یخ و نیز، خشک‌شدگی و چاک برداشتن به دور داشته و برای ریشه دوانیدن رستنیها نیز به کار می‌رود. ضخامت این لایه ۳۰ تا ۱۰۵ سانتیمتر، بسته به موقعیت کارگاه است و با اینکه این لایه سبب افزایش نشت پوشش پایانی می‌شود، اما بخشی ضروری از طرح خاکچال است. سرانجام، روخاک به ضخامت ۱۰ تا ۱۵ سانتیمتر است که برای رویش رستنیهاست. در پنج سال نخست از ساختمان پوشش پایانی، بهتر است لایه روخاک را با افزایش آهک و کود و مواد غذایی، پرتواتر کرد تا رویش رستنیها به خوبی انجام گیرد. رویش این رستنیها، نه تنها به پایداری پوشش می‌افزاید، بلکه از سایش خاک کاسته و در اثر تبخیر دوگانه ناشی از هوا و گیاه، از میزان نشت می‌کاهد.

۸-۱. لایه آب‌بند با رس یا خاک بهیافته

ضخامت این لایه، بستگی به امکان کاهش تراوایی و کاستن از گذر آب دارد. بر پایه اصول مکانیک خاک، با لایه‌ای به ضخامت کم نیز چنین خواسته‌ای را می‌شود برآورد، اما از دیدگاه ساختمانی به ضخامت بیشتری نیاز است. کمترین ضخامت ممکن برای لایه آب‌بند رسی ۶۰ سانتیمتر و برای خاک بهبود یافته با بنتونیت ۳۰ سانتیمتر است. هرچه این لایه ضخیمتر باشد، از میزان نشت و گذر آب کاسته می‌شود، اما هزینه کار افزایش پیدا می‌کند. برخی برای کاستن گذر دانه‌های ریز از لایه رسی به درون لایه درشت دانه‌تر، زیر آن از یک لایه صافی - به‌ویژه اگر ضخامت لایه بندآور کم و حدود ۳۰ سانتیمتر باشد - با مشخصات بخش ۱-۱، سود می‌برند. راه دیگر برای دستیابی به این هدف، پهن کردن زمبافت روی لایه نخستین است.

۸-۲. کاربرد روکش ساختگی به جای لایه آب‌بند

کمترین ضخامت روکش ساختگی یک میلیمتر (۴۰ میل) است، اما روکشهای ۱/۵ تا ۲ میلیمتری (۶۰ تا ۸۰ میل) مناسبتر است. هنگام پهن کردن این روکشها برای گازگیری، که پس

از آن انجام می‌گیرد، لازم است جاسازی پیش‌بینی شود. بهتر است میان لایه دوم و لایه آب‌بند و روکش ساختگی از زنبافت استفاده نشود، زیرا سُر خوردن لایه بندآور را سبب می‌شود. چنانچه خاک به کار رفته در ساختن لایه حفاظ، دارای دانه ۶ میلیمتری و درشت‌تر، به مقداری زیاد باشد، کاربرد زنبافت توصیه می‌شود. در آن صورت باید از شیب کناری کاسته یا از روکشهای مخصوص با ضریب مالش بالا استفاده کرد.

۹. طرح سامانه گازگیری

از سرآغاز کار طرح، باید در گزینش یکی از دو شیوه بیرون کشیدن گاز، یعنی گازکشی با دمنده یا گازکشی بی‌دمنده تصمیم‌گیری شود. برخلاف باور برخی، به‌سادگی نمی‌توان گازکش بی‌دمنده را با پیوستن لوله‌های گردآوری و کار گذاردن دمنده‌ای در ته لوله اصلی به سامانه گازکشی یا دمنده، تبدیل کرد. با کندن چاههای ژرف گازکشی در گستره خاکچال و در فاصله‌های مناسب، می‌توان به بیرون کشاندن گاز از درون خاکچال، دست یافت. بررسی و توجه به نکته‌های زیر، درباره دو سامانه یادشده لازم است:

(۱) طرح خاکچال: جابه‌جایی گاز از خاکچالهای خودپالا، معمولاً بیشتر از خاکچالهای دوربسته است.

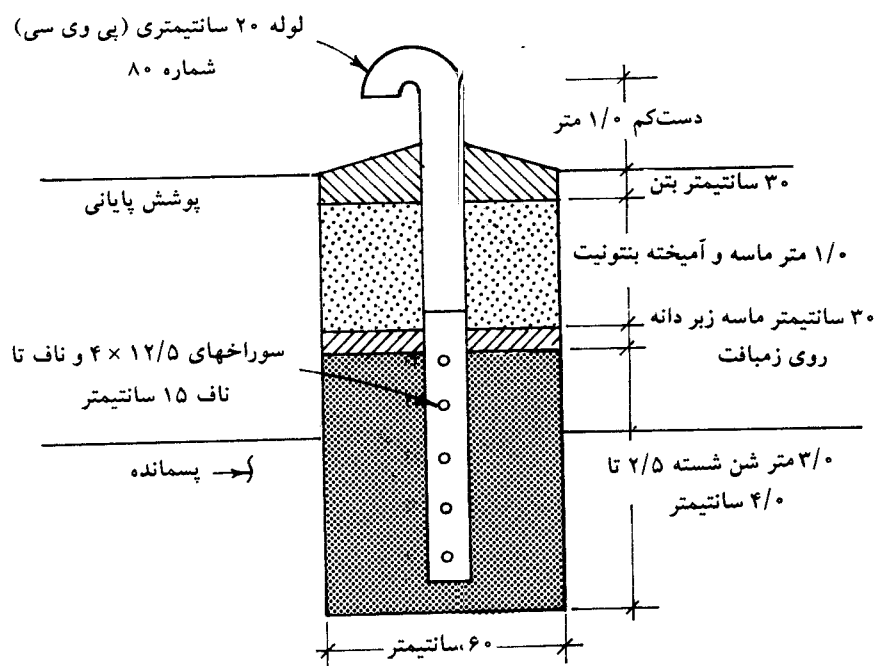
(۲) نوع و چگونگی خاک گرداگرد خاکچال: جابه‌جاشدن گاز در خاک شنی بیشتر و آسانتر از جابه‌جایی آن در خاک رس است.

(۳) فاصله خاکچال از انبار و خانه‌ها: گاز خاکچال تا فاصله ۱۵۰ متری و گاه بیشتر پخش می‌شود. از این‌رو، باید تا فاصله ۳۰۰ متری از خاکچال، همیشه میزان گاز متان تولیدی را پایید و اندازه‌گیری کرد و مطمئن شد که آسیبی برای باشندگان پیرامون خاکچال فراهم نکند.

(۴) امکان استفاده از خاکچال در آینده.

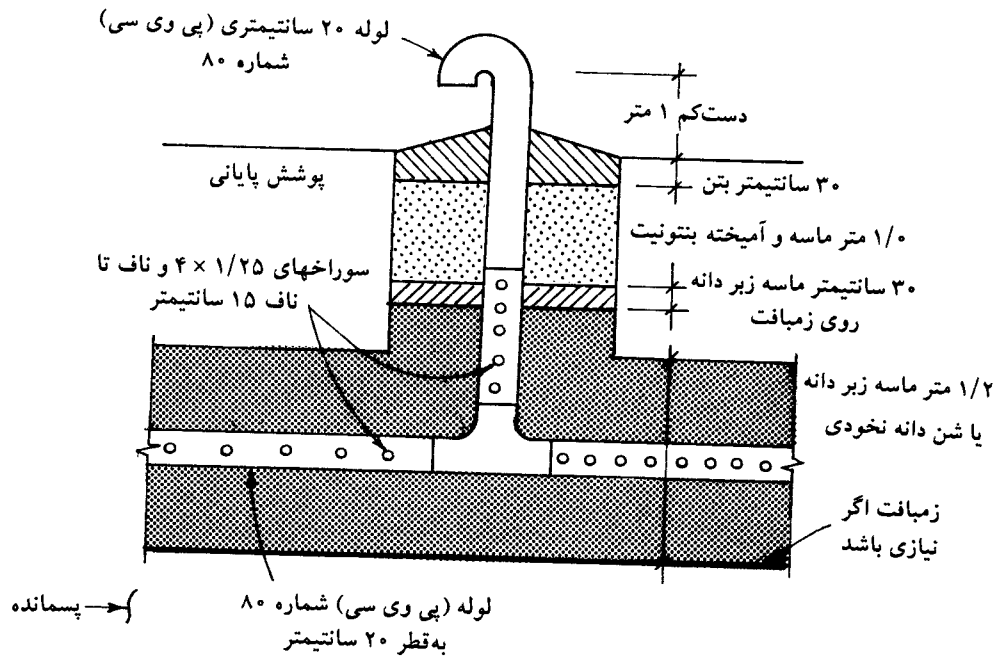
(۶) بررسی همه جانبه گاز برخاستی که بستگی به چگونگی کیفیت پسمانده دارد.

در خاکچالهایی که تولید گاز کم و جابه‌جایی برای آن در بیرون از کارگاه پیش‌بینی نمی‌شود، سامانه‌های گازگیری بی‌دمنده خواستار بیشتری دارد. در اساس، این‌گونه سامانه برای خاکچالهای شهری کوچک (تا ۴۰۰۰۰ متر مکعب) و خاکچالهای دورسته شهری با پسماندهای جزئی‌تر، مناسب‌تر است. این سامانه، متشکل از گازگیرهای جدا از یکدیگر، مانند شکل ۸-۲۴ است. برای طرح این سامانه، هیچ روش مشخصی برای شمار گازگیرها در دست نیست، اما برای هر ۱۱۰۰۰ متر مکعب پسمانده، یک گازکش، کافی به نظر



شکل ۸-۲۴. برشی از گلارکش بی دمنده جدا از هم.

می‌رسد. در برخی از کارگاهها، این گازکش‌های جدا از هم را با لوله سوراخداری که در بستری هموار کار گذارده می‌شود، به یکدیگر می‌پیوندند، شکل ۸-۲۵.



شکل ۸-۲۵. برشی از گازکش بی‌دمنده به هم پیوسته.

۹-۲. گازکش بادمنده

گازکشی بادمنده، مجموعه‌ای از چاههای گازکشی پیوسته به یکدیگر، با یک لوله جمع‌کننده اصلی است، که به دمنده‌ای متصل شده است. گاز به دست آمده، به مثابه سوخت به نقاط مصرف یا به گازسوزی که در کارگاه فراهم آمده است، هدایت می‌شود. ممکن است گاز را پیش از سوزاندن در هوای آزاد رها کرد. در این زمینه، بررسی چند نکته زیر، ضروری است:

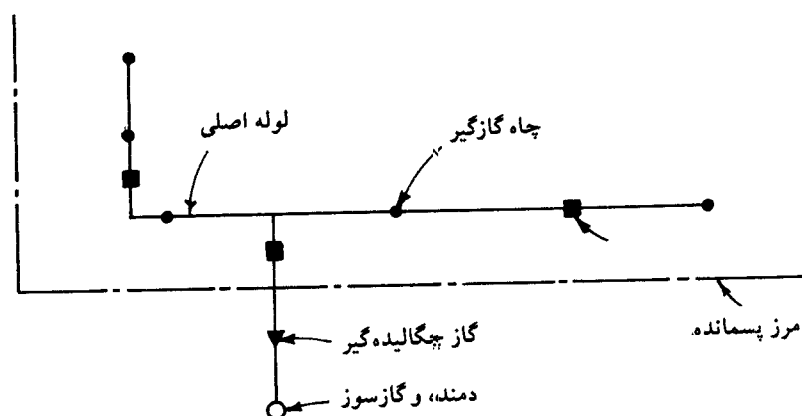
۹-۲-۱. آمیخت شیمیایی گاز

چنانچه گاز دارای مواد آلاینده هوا، ماننده کلرور وینیل (Vinyl Chloride)، یا بنزن

(Benzen) باشد، آن را می‌سوزانند، اما اگر بری از این‌گونه مواد باشد، ممکن است رها ساختن گاز در فضای آزاد، با آگاهی سازمانهای دست اندرکار، کاری شدنی گردد.

۹-۲-۲. جای خاکچال

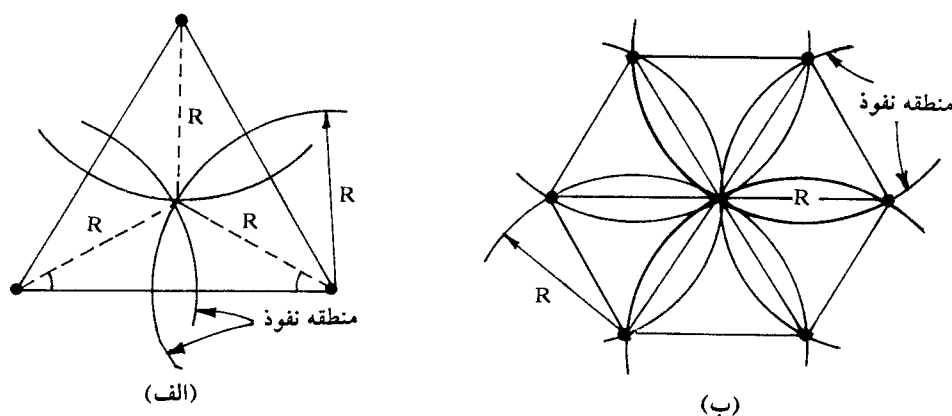
چنانچه خاکچال درون شهر، یا در نزدیکی آن باشد، گردآوری و سوزاندن گاز خاکچال ضروری است، به‌ویژه آنکه بوی متان می‌تواند برای مردم پیرامون کارگاه، آزاردهنده باشد. در شکل ۸-۲۶، طرح چیدن سامانه گازکشی با دمنده و بخشهای تشکیل دهنده آن، نشان داده شده است.



شکل ۸-۲۶. طرح چیدن گازکش با دمنده.

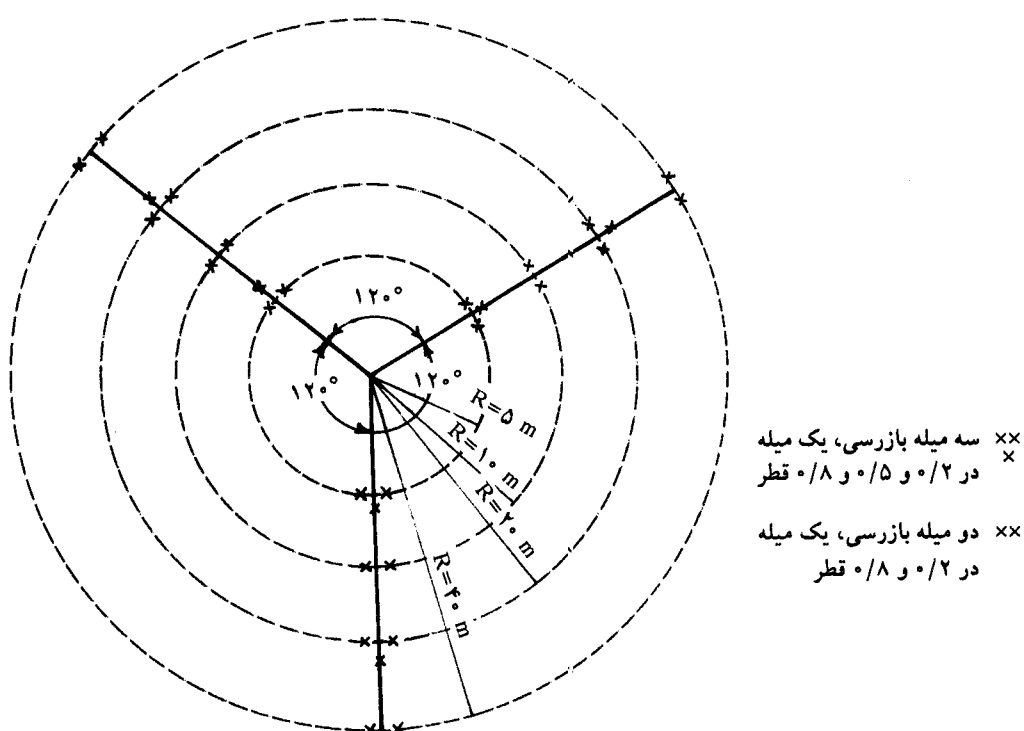
الف) چاه گازگیری (جدا کردن گاز). برای دستیابی به بهترین بازده در گرفتن گاز از خاکچالها، فاصله چاههای گازگیر از یکدیگر مهم است و باید چنان باشد که منطقه عمل یکدیگر را به خوبی بپوشانند. برای ۲۷٪ پوشش، چاههای گازگیر را در گوشه‌های سه پهلوی برابر، که درازای هر پهلوی آن، $R \frac{1}{\sqrt{3}}$ است، کار می‌گذارند، شکل ۸-۲۷ الف. پوشش ۱۰۰٪ را می‌توان با کار گذاردن چاههای گازگیر در گوشه‌های شش‌پهلوی با پهلوهایی برابر با R ، تأمین کرد، آرایه چهار پهلوی نیز پوششی برابر ۶۰٪ را فراهم می‌کند. فاصله چاههای گازگیر از پیوستار زیر، به دست می‌آید:

$$R(2 - Q/100) = \text{فاصله چاههای گازگیر}$$



شکل ۸ - ۲۷. آرایه جادادن چاههای گازگیر، برای روی هم پوشاندن کامل یکدیگر. الف) آرایه سه پهلو؛ ب) آرایه شش پهلو؛ نقطه‌های پررنگ نشانگر جای چاههای گازگیر هستند.

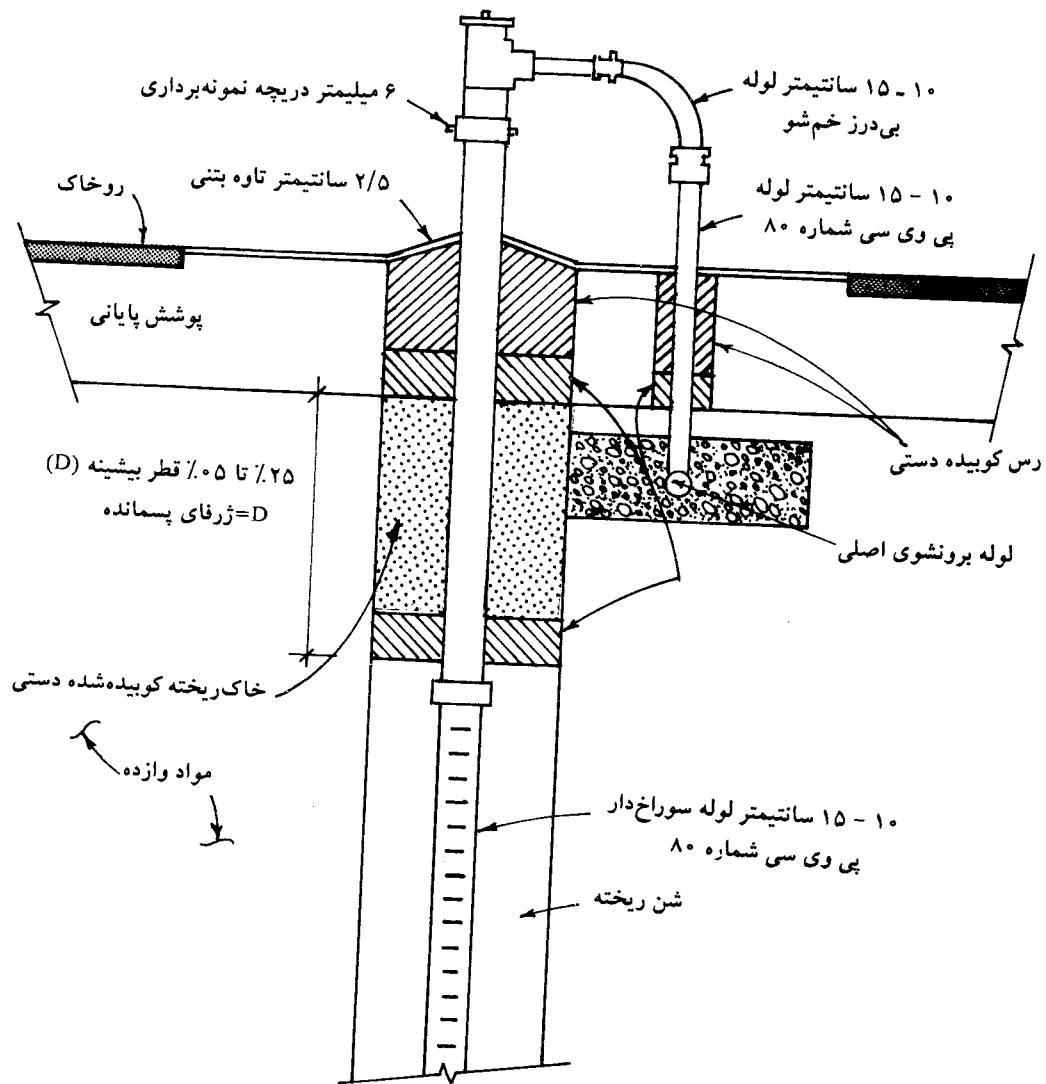
در این پیوستار R پرتو نفوذ چاه گازگیر و Q میزان پوشش مورد نیاز است. آزمونهای در دست نشان می‌دهد که بهتر است میله‌های گازسنج در فاصله‌ای معین و یکسان از چاه گازگیر و در همه گستره خاکچال نصب شود، شکل ۸ - ۲۸. با انجام آزمایش کوتاه مدت و بلندمدت، طرح با بازده مناسبی فراهم شدنی است. آزمایشهای دراز مدت، مناسبترین طرح را با بازدهی بالا فراهم می‌کند و آزمایش کوتاه مدت گازگیری (۴۸ ساعت تا چند روز)، برای به حداقل رسانیدن میزان جابه‌جایی گاز خاکچال است. اما شرایط آزمایش، بلندمدت است که همسانی بیشتری با شرایط طرح دارد. چاههای گازگیر را که معمولاً ۷۰ تا ۸۰٪ بخش پایینی آن سوراخدار است، در ۸۰ تا ۹۰٪ ضخامت پسمانده فرو می‌کنند. این چاهها، نخست باید دست‌کم ۴۸ ساعت تلمبه‌زنی شوند و سپس، فشار همه میله‌های بازرسی را برای ۳ روز پی در پی پایید. میله‌های گازسنج نزدیکتر به چاه گازگیر بیشترین فشار منفی را نشان داده و با دور شدن از چاه گازگیر، این فشار به شدت افت می‌کند. پرتو نفوذ را که فشار در آن حیطه، نزدیک به صفر است، برابر با ۴۵ متر می‌گیرند. اگر ارتفاع فشاری آب‌باله خیلی بالا، یعنی ۱/۲ متر یا بیشتر باشد، چاه گازگیری را به گونه‌ای طرح و مجهز می‌کنند که جداسازی آب‌باله، به سادگی انجام‌پذیر باشد. شکل ۸ - ۲۹ جزئیات چاههای گازگیر را نشان می‌دهد.



شکل ۸-۲۸. چاههای گازگیر و ریخت میله‌های بازرسی کنار هم، برای شناخت پرتو نفوذ.

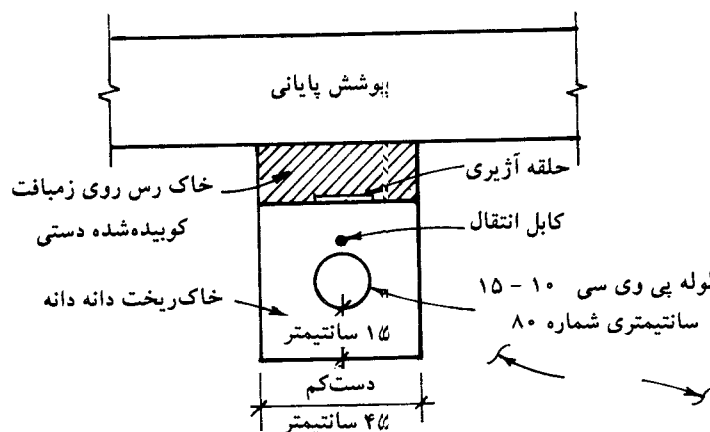
ب) لوله اصلی . اتصال چاه گازگیر به دمنده، با لوله‌های پلاستیکی به قطر ۱۵ تا ۲۰ انجام گرفته و با افزایش قطر لوله، می‌توان میزان افت ناشی از مالش را کاهش داد. این لوله‌ها را در بستر ترانشه که زیرسازی شنی دارد کار می‌گذارند، شکل ۸-۳۰. لوله‌های اصلی که از PVC یا HDPE است، نباید سوراخدار باشد، زیرا افت فشار ناشی از سوراخها زیاد است و در نتیجه، درحالی‌که چندان افزایشی در حجم گاز به دست آمده روی نمی‌دهد، باید دمنده‌های با ظرفیت خیلی بالا به کار برد.

ج) دمنده . دمنده را کمی بالاتر از ارتفاع نقطه پایانی لوله اصلی و روی سکویی که دارای سرپناه است، نصب می‌کنند، تا به چگالیدن و چکیدن گاز کمک کند. اندازه دمنده بر پایه کل



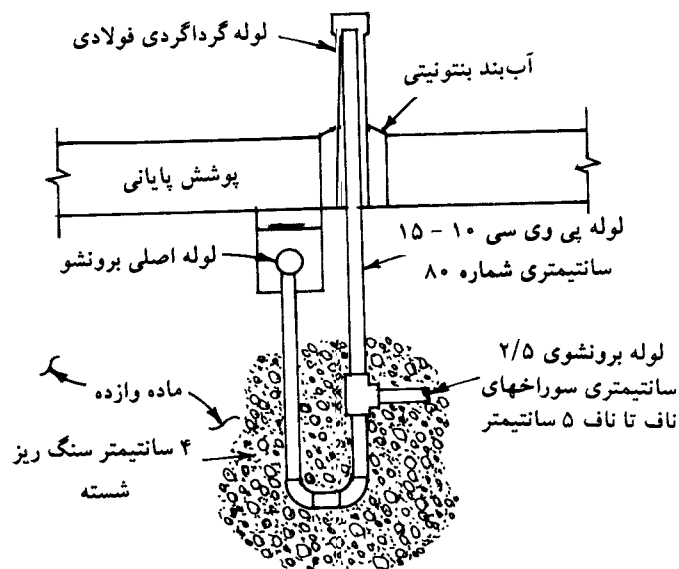
شکل ۸-۲۹. برشی از چاه گازگیر و ریزه کارهای آن.

ارتفاع منفی و میزان گازی که گرفته می شود طراحی می گردد. برای موتورهای با نیروی بیشتر از ۵ اسب بخار، کاربرد برق سه فاز پیشنهاد شده و چنانچه در کارگاه چنین تسهیلاتی فراهم نباشد، در آن صورت، دمنده ها را با توانی کمتر از ۵ اسب برمیگزینند.



شکل ۸ - ۳۰. برشی از ترانشه و لوله اصلی گازگیر.

(د) بیرون راندن گاز چگالیده. گاز خاکچال سیرآب است و با کاسته شدن گرمای آن به هنگام گذر از درون لوله اصلی، می چگالد. باید این گاز چگالیده را گردآورده و با سود بردن از چکه گیر - به فاصله ۱۵۰ تا ۳۰۰ متر از یکدیگر - بیرون آورد. گاز چگالیده گردآوری شده را یا از نو در خاکچال وارد می کنند یا برای کاربرد بعدی به تصفیه خانه گاز می برند، شکل ۸ - ۳۱.



شکل ۸ - ۳۱. برشی از چکه گیر پایه دار.

مثال ۸-۱۰

مثال ۸-۱۰: برای خاکچالی به حجم ۳۰۰۰۰ تن پسمانده (هر تن آمریکایی برابر با ۲۰۰۰ پوند است) که در آن از لوله‌های HDPE مانند شکل ۸-۳۲، استفاده شده است، گازگیری با دمنده را با

این فرض که از همه چاهها به یک اندازه و سالانه ۰/۳ فوت مکعب، به ازای هر پوند پسمانده تولید شده و دست کم فشار منفی ای برابر با ۲ اینچ ستون آب، همیشه در دورترین چاه نیز فراهم آورده شود، طرح نمایید.

$$\text{(فوت مکعب در روز)} = \frac{۳۰۰۰۰ \times ۲۰۰۰ \times ۰/۳}{۳۶۵} = ۴۹/۳۱۵$$

کل حجم گاز تولیدی روزانه
با در نظر گرفتن شمار رینولد:

$$\text{شمار رینولد} = \frac{D_i V \rho_g}{\mu}$$

که در آن:

$$D_i = \text{قطر درونی لوله} = ۵/۷ \text{ اینچ} = ۰/۴۷۵ \text{ فوت است.}$$

$$V = \text{سرعت جریان} = ۰/۵۸ \text{ فوت بر ثانیه}$$

$$\rho_g = \text{چگالی گاز} = ۰/۰۸۰۸ \times ۱/۰۵ = ۰/۰۸۴۸۴ \text{ فوت مکعب بر پوند}$$

$$\mu_g = \text{گرانرچی (Viscosity) گاز} = ۰/۰۲۹۳ \text{ پوند بر فوت در ساعت}$$

در این مثال، میزان ρ_g و μ_g بر پایه وزن مولکولی گاز برابر ۳۰ و وزن مخصوص ۱/۰۵ برآورد شده است، اما برای طرحهای بزرگتر، باید یافته‌های آزمایشگاهی را به کار بست.

نکته دیگر، ضریب زبری مانینگ (Manning)، مربوط به لوله و شمار رینولدز است.

برای لوله‌های پلاستیکی، میزان زبری (r_f) برابر با ۰/۰۰۰۰۰۵ را به کار بسته و به این ترتیب،

$$(r_f)/d = ۰/۰۰۰۰۰۵ = ۰/۰۰۰۱ \text{ می‌گردد. افت فشار نیز از پیوستار زیر به دست می‌آید:}$$

$$\Delta_p = \frac{۳۲ \rho_g f L P q^2}{\pi^2 g_c D_i^5}$$

در این پیوستار، f ضریب زبری مانینگ، LP درازای لوله (فوت)، q بده (فوت در

ثانیه)، g_c ضریب ثابت و برابر با ۳۲/۱۷، و D_i قطر درونی لوله (۰/۴۷۵ فوت) است. افت

فشار در هر یک از پیوسته‌های لوله و شیر را با آگاهی از سرعت و پدیده افت فشار مالشی (K)

محاسبه می‌کنند. میزان K برای پیوسته‌های گوناگون لوله چنین است: زانویی ۴۵ درجه

(۰/۳۵)، زانوی ۹۰ درجه (۰/۷۵)، سه‌راهی (۱/۰)، شیر کشویی نیمه‌باز (۴/۵). افت در

این اتصالات، از پیوستار زیر محاسبه می‌شود و در جدول ۸-۶ نیز، آورده شده است:

$$\Delta_p = \rho_g K \frac{V^2}{2g}$$

در این پیوستار، V سرعت جریان درون لوله (فوت بر ثانیه) و g ضریب ثابت کشش زمین است. افت فشار در هریک از چاههای گازگیر را نیز، از پیوستار زیر به دست می آورند:

$$\Delta P_W = \frac{\mu_g F_g D_f}{2 K_g g} \left[R^2 \ln \left(\frac{R}{r_w} \right) + \frac{\gamma W}{2} - \frac{R^2}{2} \right]$$

جدول ۸-۶. افت فشار در بخشهای گوناگون لوله اصلی و پیوستها (اتصالها)

افت فشار (پوند بر اینچ مربع)	بخشهای لوله
۰/۰۰۰۰۰۶	DE
۰/۰۰۰۰۱۹	EC
۰/۰۰۰۰۰۶	AB
۰/۰۰۰۰۱۹	BC
۰/۰۰۰۰۹۴	CF
۰/۰۰۰۰۳۹۷	زانویی در E
۰/۰۱۵۹	زانویی در C

در این پیوستار، μ_g گرگرچی گاز برابر $8/14 \times 10^{-6}$ پوند بر فوت - ثانیه (۰/۰۲۹۳ پوند بر فوت - ساعت) F_g میزان گاز تولیدی 9×10^{-9} فوت مکعب بر پوند بر ثانیه (۰/۳ فوت مکعب بر پوند بر سال)، D_f چگالی پسمانده $37/03$ پوند بر فوت مکعب (۱۰۰۰ پوند بر یارد مکعب)، K_g تراوایی نمایی پسمانده $1/08 \times 10^{-10}$ برابر تراوایی μ/ρ_w که برابر است با 1×10^{-7} سانتیمتر مربع یا $1/08 \times 10^{-10}$ فوت مربع، R برابر ۱۰۰ فوت و r_w که پرتو چاه گیر برای جدا کردن گاز است، برابر با ۲ فوت فرض می شود. با گذاردن رقمهای بالا در پیوستار پیشین میزان:

$$\Delta P_W = 0/093 \text{ (اینچ مربع / پوند)}$$

$$5 \times 0/093 = 0/465 \text{ (پوند بر اینچ مربع)}$$

$$0/465 + 0/02131 = 0/4831 \text{ (پوند بر اینچ مربع)}$$

می گردد. معمول است که فشار منفی حداقلی برابر ۲ اینچ آب (۰/۰۷۲۲ پوند بر اینچ مربع)

در لوله اصلی حفظ شود، که در این صورت:

اینچ مربع / پوند $= 0/55831 = 0/722 + 0/48631 =$ کل فشار مکش لازم شده و توان موتور مکش برابر:

$$\text{اسب بخار } 0/08 = \frac{\text{بده (فوت مکعب بر ثانیه)} \times \text{فشار (پوند بر فوت مربع)}}{550}$$

و به ازای بازده $0/80$ توان موتور برق برابر: $0/10 = 0/08$ (اسب بخار) می گردد.

با در دست داشتن بده، افت فشار، قطر، دور چرخ گردان و اندازه لوله برونش، می توان تلمبه مکشی مناسب را برگزید، اما بهتر است همیشه تلمبه ای با نیروی بیشتر به کار گرفته شود، تا ناآگاهیهایی ممکن در طرح، سرشکن گردد. بهتر است دمنده را بزرگتر برگزید تا کاهشی که در روند بهره برداری با گذشت زمان، و با بالا رفتن چگالی گاز در اثر سیراب شدن و اثر سرمای هوا در بازده کار روی می دهد، سرشکن گردد.

و) پایش کار. پس از کارگذاری سامانه گازکشر دمنده، چگونگی کار آن را واریسی می کنند که همانند طرح باشد. میزان فشار و آمیخت گاز را در هر یک از چاههای گازگیر و همچنین میله های گازسنج را هفت روز پس از تنظیم کار سامانه، در گستره خاکچال، دست کم دوبار در روز، و دو تا سه روز پی در پی، پاییده و یادداشت بر می دارند. دهانه شیرهای گازگیر باید چنان باز و تنظیم شود که در دورترین چاه هم بتوان به فشار طرح شده دست یافت. هرگونه گرفتگی، بند آمدن یا پس زدگی گاز در لوله اصلی، یا کار نادرست شیرهای چاههای گازگیر و دستگاه دمنده را، با پایش سامانه می توان پیدا کرد.

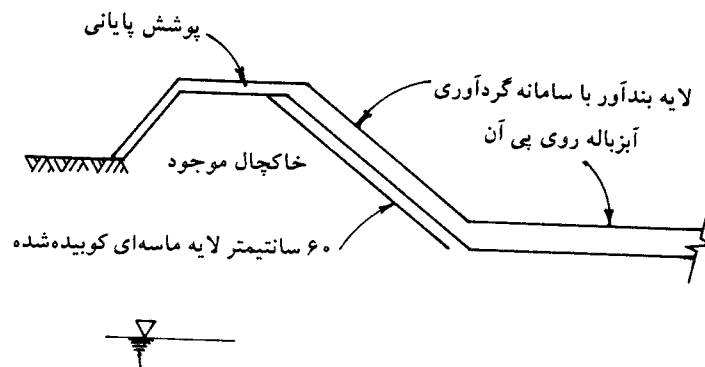
۱۰. برگرداندن خاکچالهای خودپالای موجود به خاکچالهای دوربسته

گرچه این مطلب برای کشورهایی است که از زسانی پیش دست به ساختمان خاکچال زده اند، اما آگاهی از اصول آن در روشن شدن بحث، موز از فایده نیست. نخستین گام در برگردانی خاکچال خودپالا به خاکچال دوربسته، بررسی آب زیرزمینی و آگاهی از آلودگی یا ناآلودگی آن است. اساس برگرداندن این خاکچالها، هماهنگ کردن آنها با آیین نامه های نو نوشته و

دوری گزیدن از آلودگی احتمالی آبهای زیرزمینی پیرامون وزیر دست است. برگردان و از نو جور کردن را نباید با بهسازی یکی دانست. بهسازی، هنگامی صورت می گیرد که آلودگی در آبهای زیرزمینی به چشم می خورد، یا رویداد آن بسیار محتمل باشد. در حالی که از نو جور کردن یا برگرداندن خاکچال، همیشه میسر نیست، زیرا زمین کارگاه، باید از دید زمین شناس و زمیناب شناس، مناسب باشد و با ساختمان شبکه گردآوری آبزبانه در کف و ساختمان شبکه گردآوری پیرامونی آبزبانه، همراه باشد.

۱۰-۱. شبکه گردآوری آبزبانه در کف

چنانچه بخش بزرگی از خاکچال استفاده نشده باشد، می توان شبکه آبزبانه را ساخته و سپس آن بخش از خاکچال که پیش از این استفاده شده است، با لایه آب بند، پوشانید، شکل ۸-۳۳. لایه شنی کوبیده به ضخامت ۶۰-۹۰ سانتیمتر، با تراکم نسبی ۰.۸۵، درون خاکچال پایداری و حفاظ لازم را فراهم می کند. برای به دست آوردن ایستایی بیشتر، زیر این لایه آب بند را یک لایه شنی به ضخامت ۳۰ سانتیمتر ریخته و می کوبند. باید به یاد سپرد و مطمئن بود که تراز سفره آب زیرزمینی، پایین تر از لایه زیرینی (Subbase) بخش تازه ساز خاکچال باشد.

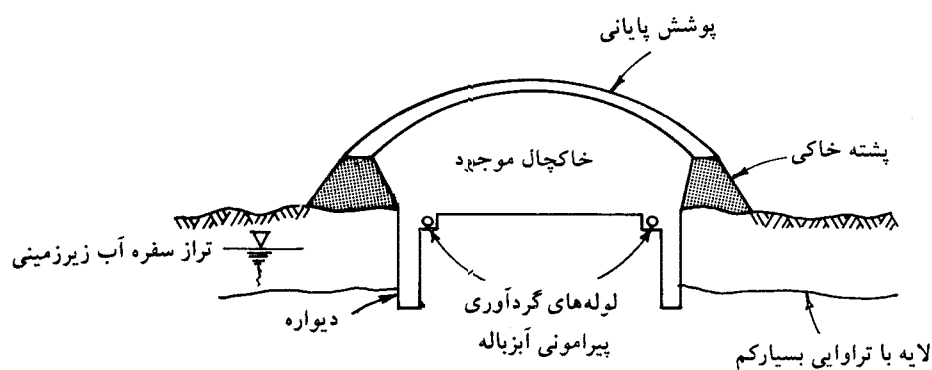


شکل ۸-۳۳. از نو جور سازی خاکچالی نیمه پر با کارگذاری شبکه آبزبانه در کف.

۱۰-۲. شبکه آبزبانه پیرامونی

چنانچه از همه گستره خاکچال استفاده شده و لایه کم تراوای نه چندان گودی در زیرزمین

خاکچال موجود باشد، همان‌گونه که در شکل ۸ - ۳۴ نموده شده، می‌توان شبکه آب‌زبانه پیرامونی را ساخت. دیوار آب‌بند، باید دست‌کم ۹۰ سانتیمتر زیر لایه کم‌تراوا ریشه داشته و لوله آب‌زبانه درون این بخش از دیوار آب‌بند، کار گذاشته می‌شود. برای بیرون کشیدن آب‌زبانه از خاکچال، از تلمبه‌های شناور استفاده می‌شود.



شکل ۸ - ۳۴. از نو‌جورسازی خاکچال موجود با دو شبکه گردآوری پیرامونی آب‌زبانه.

گفتار نهم

ساختمان خاکچال

۱. شناسایی

این گفتار، درباره شیوه ساخت، آزمایش، سنجش کیفیت روکش و پوشش پایانی است. در گفتار گذشته، جزییات بخشهای گوناگون خاکچال روشن شد، اما نکته دیگر مهم گزینش مصالح کاربردی، واریسی، سرکشی و اطمینان از کیفیت کار در سراسر دوره اجرایی است، که در زیر بدان پرداخته می شود.

۲. ساختمان لایه زیرپی

در ساختمان خاکچال، زمینی که روکش روی آن پهن می گردد، زیرپی نامیده می شود. صاف و هموار بودن و کوبیده شدن زیرپی، برای ساختمان بی دردسر روکش بسیار مهم است. اگر زیرپی کوبیده نشود، کوبیدن لایه های خاکی اول و دوم تا رسیدن به تراکم ۹۰ تا ۹۵٪ پروکتور بهیافته، با دشواری میسر می شود. زیرپی را به همان میزان تراکم روکش رسی و اگر لایه زیرپی ماسه ای باشد، تا رسیدن به ۸۰ تا ۸۵٪ تراکم نسبی می کوبند. در مورد مصالح درشت دانه، تراکم پروکتور نسبت به میزان نم، صدق نمی کند (ASTM D698-78)، پس باید درصد

نسبی و آزمایش نسبی تراکم (ASTM D-253-83)، مشخص شود. اندازه‌گیری تراکم، در هر گوشه از چارخانگ و در فاصله ۳۰ متری از یکدیگر، انجام می‌گیرد، اما می‌توان چارخانگ را بسته به نوع پسمانده و ویژگیهای خاک و توانایی و اطمینان از پیمانکار، کوچکتر یا بزرگتر در نظر گرفت. برای کوبیدن خاک ماسه‌ای، از غلتکهای لرزان سود می‌جویند، اما اگر ماسه پیش از غلتک زدن متراکم باشد، لرزاندن سبب سستی آن می‌شود. بهتر است پیش از گزینش خاک کوب، تراکم در جای ماسه را واریسی کرده و از شیوه‌های استاندارد مانند مخروط ماسه‌ای، استفاده شود. هنگام بررسی و طرح کارگاه خاکچال، ویژگی تراکم و برگشت به‌خود لایه زیری را در نظر می‌گیرند، این ویژگی لایه زیری، برای خاک رس مهمتر از ماسه است. برپایه آزمونهای دردست، بیشترین فشار بار اضافی در خاکچالها، به‌صورت بار به‌روی پسمانده‌های خطرزا، از ۳/۸ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع (۷۵۷۵ پوند بر فوت مربع)، فراتر نمی‌رود، اما باید نشست لایه زیری، در زیر چنین باری واریسی شود. چنانچه لایه زیری رسی یا لایه‌های ضخیم رسی، با فاصله‌ای کم از زیر تراز لایه زیری باشد، باید میزان برگشت به‌خود این لایه، از دیدگاه کوبیدگی و برداشت بار اضافی، بررسی گردد. برگشت به‌خود لایه زیری، چه بسا سبب بالادگی و ناهمواری روکش و از کار افتادن شبکه گردآوری آب‌بازاله شود. در برآورد میزان برگشت به‌خود لایه زیرین چنانچه ساختن فوری روکش در برنامه کار باشد، می‌توان وزن روکش را بی‌آنکه سنگینی پسمانده به‌حساب آورده شود، به‌مثابه سنگینی محدودکننده‌ای به‌شمار آورد، زیرا زمان زیادی میان ساختن روکش و انباشتگی پسمانده تا رسیدن به‌تراز قطعی آن وجود دارد، که ممکن است برای برگشت به‌خود لایه زیری کافی باشد. بررسی نکته‌های زیر نیز پیشنهاد می‌گردد:

۳. ساختمان روکش

برای فراهم آوردن مشخصات ساختمانی روکش، دوگونه برخورد در پیش پای مهندس طرح است: اول آنکه از پیمانکار خواسته می‌شود چه کارهایی را و چگونه انجام دهد؛ دوم آنکه دست پیمانکار را باز گذارد و خواست طرح در پایان کار را، معیار قرار داد.

معمولاً پیشنهاد دریافتی از پیمانکار در رویه نخست رقم کمتری را نشان می‌دهد، زیرا برای پیمانکار، اجباری در صرف زمان و هزینه برای تحقیق در چگونگی رسیدن به خواست و طرح استخدام کارکنان فنی آشنا به کار برای بررسیهای کیفی اجرایی، وجود ندارد. از آنجا که برای کار اجرایی و واریسی کیفیت روکش، استاندارد قطعی و همه پسند فراهم نشده است، کاربرد رویه نخست، در حالی که رویه‌ای شناخته شده است، می‌تواند همراه با زیانهای احتمالی باشد. در این رویه، مشخصات و اسناد پیمان، شامل مطالبی مانند شمار رفت و برگشت غلتک برای متراکم کردن خاکریخت روکش رسی و جز اینهاست، در حالی که ممکن است آنچه خواسته شده، برای روکش مطلوب کافی نباشد. این نکته، خود درگیریهایی را میان مهندس ناظر، پیمانکار و کارفرما، به وجود می‌آورد و فرجامی جز از دست دادن زمان و بالا رفتن هزینه‌ها، دربر نخواهد داشت. اگر این روش کار، موردنظر است، بهتر آن است که از مشخص کردن جزییات اجرایی کار، دوری جست. تکیه بر واریسی و بازرسی کیفی در اسناد پیمان - از سوی سازمانها و پائندگان فنی بر کار پیمانکار - در به دست آوردن نتیجه قطعی هر بخش از کار، مهم است.

حال به نکته‌های دیگری درباره روکش که در گفتار هفتم آورده نشده، پرداخته می‌شود. گفته شد که سه ماده برای ساختمان روکش در دسترس است. رس، خاک بهیافته با بتونیت و روکش ساختگی. چون فن ساختمان روکش با خاک رس و با خاک بهیافته همانند است، در بررسیهای زیر، این دوگونه روش یکجا آورده شده است.

۳-۱. ساختمان روکش رسی و روکش با خاک بهیافته

چون ساختمان و واریسی کیفیت روکش پی و لایه ناتراوای پوشش پایانی نیز همانندی دارد، در زیر، در مورد هر دو یکجا بحث شده و به شیوه اجرایی لایه آب‌بند بندآور پوشش پایانی جداگانه پرداخته می‌شود.

الف) کار ساختمانی

آزمایشهای آزمایشگاهی، گواه بر این است که افزایش اندازه کلوخه از ۱/۶ به ۹/۵ میلیمتر، بر میزان تراوایی خاک رس، تا ۳۰ برابر می‌افزاید. از این رو، باید از اندازه کلوخه‌ها کاست.

رقم پیشنهادی مهندسان طرحهای خاکچال برای کلوخه، از ۲/۵ سانتیمتر تا ضخامت لایه خاکریخت، نوسان دارد. اندازه کلوخه، بهویژه اگر میزان نم خاک پیش از آغاز کار ساختمانی کمتر از میزان نم مطلوب بهازای تراکم پیشنهادی باشد، بسیار مهم است. خیساندن خاک رس زمان می برد و اگر اندازه های کلوخه در انجام آزمایش تراوایی کارگاهی، از اندازه آزمایشگاهی آن درشت تر باشد، چه بسا در زمان کوتاهی که در کارگاه پیش می آید، همه خاک رس با همان میزان نم، به دست نیاید. نوع خاک کوب نیز برای رسیدن به تراکم و درهم فشردگی دلخواه، مؤثر است. پیشنهاد می شود که کار با کوبیدن کلوخه های کوچکتر ۲/۵ سانتیمتری آغاز شود و برای درهم شکستن رس، از ابزار شخم زنی و صفحه ای بهره می گیرند که با دوبار رفت و برگشت، اندازه تلوخه های رسی را به کمتر از ۳/۸ سانتیمتر کاهش می دهد. این ابزار، همان است که برای شکستن رویه های اسفاله راهها هم از آنها استفاده می شود.

«زمان»، در به دست آوردن نم و رطوبت یکدست برای همه خاک و «نم مطلوب» برای تراکم دلخواه خاک رس، نقشی اساسی دارد. یکنواخت نبودن نم در لایه رسی، ناشی از بزرگ بودن اندازه کلوخه ها، پاشیده نشدن یکدست آب، و کمبود زمان برای خیساندن است. بهتر است هنگام ایستاندن کار، بخش کوبیده را نمناک نگهداشت تا از خشک شدن و چاک خوردگی جلوگیری شود. از خیسی بیش از اندازه هم باید دوری جست، که کار کوبیدن تا رسیدن به تراکم مطلوب را دشوار می کند. پوشاندن روی روکش با پلاستیک، کاری سودمند است.

برنامه کار اجرایی، باید چنان باشد که چون هر بخش از کار آغاز شد، دیگر آن کار قطع نشود و تا پایان یافتنش، یکسره ادامه یابد. اگر به هر دلیلی - مانند سرمای سخت زمستانی - کار از روال خود باز بماند، بهتر است هنگام از سر گرفتن کار، نخست تا ۳۰ سانتیمتر از روی لایه روکش رسی خراشیده و از نو کوبید. نکته دیگر، گزینش خاک کوبها یا ابزار کوبیدن خاک است. از جمله خاک کوبها که کاربردی همگانی دارند غلتکهای پاچه بزی خودرو (موتوردار) یا کشاندنی، غلتکهای لرزان (با غلتک صاف یا پاچه بزی) و غلتکهای چرخ لاستیکی را می توان نام برد. در ساختمان روکش رسی، از غلتکهای پاچه بزی که لرزان نیستند - و در ضمن، کلوخها را بیشتر خرد می کنند - و کارشان همراه با ورز دادن و سرشتن خاک است،

سود می جویند.

غلتکهای لرزان و چرخ لاستیکی، چون برای دانه‌های خاک راستایی درست فراهم نمی‌کنند، روکشی کم‌تراوا به دست نمی‌دهند. لرزاندن خاک، سبب افزایش فشار موقت روزنه‌ای در درون کلوخه‌ها شده، ایستایی برشی آن را افزایش می‌دهد و فشار بیشتری برای به دست آوردن لایه خوب، همگن، یکنواخت و متراکم، لازم دارد. سنجش میان سرشتن و درهم فشردن، به ازای نم گوناگون، نشان می‌دهد که بهتر است برای کوبیدن در نم مطلوب، ابزار ورزدهنده را به کار گرفت. با توجه به همه جوانب کار، غلتکهای پاچه‌بزی سنگین برای کوبیدن خاک رس، خواهان بیشتری دارد.

باید گستره خاکچال را نیز در گزینش ابزار و خاک‌کوبها، در نظر داشت. خاک‌کوبهای سنگین و بزرگ، نیاز به شعاع چرخش بیشتری دارند، از این رو، در خاکریزیهایی با ظرفیت کم، ابزار کوچک به کار می‌گیرند که معمولاً روکش کم‌تراوا فراهم نمی‌آورند. شیب دیواره کناره خاکچال نیز، در گزینش ابزار کار، مهم است و برای انجام کار اجرایی بخشهای شیبدار، از دو شیوه بهره می‌گیرند: کار ساختمانی همتراز و صاف، یا کار ساختمانی پلکانی، مانند شکل‌های ۹-۱ الف و ۹-۱ ب. برای شیب کناری بیش از ۳:۱، رویه را پلکانی ساخته و برای آسان‌شدن کار، شیب را کم می‌کنند که البته، به زمین بیشتری نیاز خواهد بود، شکل ۹-۲. شیب نهایی ۳:۱ را می‌توان با ساختمان بستر زهکش ماسه‌ای ضخیم که حفاظت بهتری برای روکش رسی در دیواره‌های کناره است، فراهم می‌آورد که همچنین از یخزدگی و آب شدن یخ که سبب ترک‌خوردگی می‌گردد، پیشگیری می‌کند. و در ضمن کار غلتک پاچه‌بزی را هم آسانتر می‌کند.

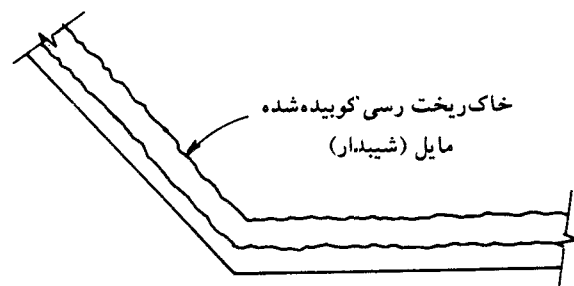
ب) واریسی کیفیت (Quality Control):

برای واریسی کیفیت اجرایی روکش با خاک رس یا خاک بهیافته با بتونیت، چند نکته زیر از دیدگاه ساختمانی و گرداندن طرح مهم است:

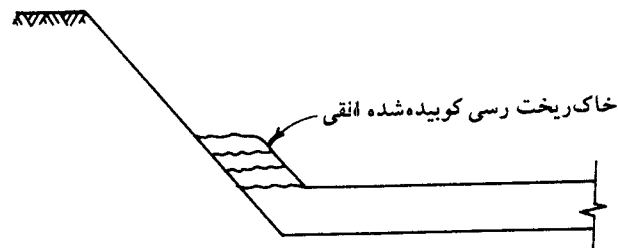
۱) واریسی و سنجش کیفی روکش رسی پیش از آغاز کار و هنگام کار ساختمانی.

۲) دانش و پختگی کارکنان واریسهای کیفیت کار.

۳) یادداشت‌برداری و گزارش‌پردازی مستند از روند کار ساختمانی خاکچال.



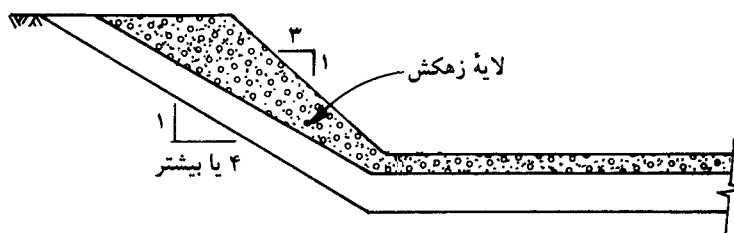
(الف)



(ب)

شکل ۹ - ۱. دیوار کناره خاکچال. الف) روکش شیبدار صاف ب) روکش شیبدار پلکانی.

فراموش نشود که ساختمان خاکچال دور بسته، همیشه پرهزینه است و کم توجهی به ساختمان و گردانیدن خاکچال، نتیجه اش آلوده شدن آبهای زیرزمینی و بی ارزش شدن همه رنج کار و هزینه های انجام شده است. بی دلیلی نیست که بودجه ای برابر با ۱۰ تا ۲۰٪ از کل هزینه طرح را برای انجام واریسهای چگونگی کار، پیش بینی می کنند.



شکل ۹ - ۲. ساختمان دیواره با شیب ملایم.

۱) واریسی کیفیت روکش رسی پیش از آغاز و هنگام اجرای کار نخستین گام، یافتن برداشتگاهی مناسب از خاک رس است (گفتار ۲-۵-۲). کیفیت خاک، درصد کوبیدگی و نم به هنگام کوبیدن، باید از آغاز کار روشن و مشخص باشد و نحوه کوبیدن خاک، ضخامت خاکریخت، شمار رفت و برگشت خاک کوب، بسامد انجام آزمایشها و اندازه گیری تراکم خاک کوبیده شده و میزان نم و تراوایی روکش کوبیده شده، همیشه در مدنظر باشد.

ضخامت مناسب برای خاکریخت پیش از کوبیدن، ۲۰ تا ۲۵ سانتیمتر است، که پس از کوبیدن، به ۱۵ تا ۲۰ سانتیمتر کاهش می یابد. این ضخامت، امکان ورز دادن خاک را در سراسر درازای خاکریخت، فراهم می آورد. با گزینش چنین ضخامتی، به خاکریخت زیرین نیز، آسیبی نمی رسد. چفت شدن این لایه های خاکریخت - به ویژه در کناره های روکش افقی - بسیار مهم است، شکل ۹-۱-ب.

اگر این خاکریخت ها، به درستی درهم نرفته و به هم نپیوندند، تراوایی در راستای افقی و در مرز دو لایه خاکریخت، فزونی می گیرد. چون غلتکهای پاچه بزی بهتر مرز میان لایه های خاکریخت را از میان برمی دارد، برای کوبیدن روکش رسی، دستگاه مناسبتری است. شمار رفت و برگشت غلتک، بستگی به تلاش در کوبش خاک دارد و به صورت متر مکعب/کیلوگرم - متر، نشان داده می شود. فشار تماس پاچه های غلتک بر خاکریخت در رسیدن به تراوایی دلخواه، به ازای تراکم و نم پیشنهادی در طرح، نکته مهمی است و برخورد با آن، در اسناد پیمان به دو صورت است: فشار تماس پاچه و شمار رفت و برگشت - که شمار گذر را مشخص می کند - یا شمار گذر را براساس تلاش در کوبش و نیروی لازم برای کشاندن غلتک و جز اینها، به دست می دهد. برای حالت نخست، دست کم ۴ تا ۶ گذر غلتک پاچه بزی برای خاک ریزدانه، به ازای فشار تماس پاچه برابر با ۲۵ تا ۳۷ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع را به کار می گیرند. بهتر است فشار تماس پاچه پس از سه تا چهار گذر، از نو تنظیم شود. سطح تماس پاچه غلتک در این حالت، میان ۳۰ تا ۹۰ سانتیمتر مربع، تغییر می کند. برخورد دوم، که برپایه محاسبه شمار گذرهاست، از پیوستار زیر، به دست می آید:

$$CE = (P \times N \times L) / (R_w \times L_T) \times (L)$$

در این پیوستار، CE تلاش کوبش، P نیروی لازم برای کشاندن غلتک، N شمار گذر،

L درازای گذر، R_w پهنای غلتک و L_T ضخامت خاکریخت است.

روش معمول در کارگاهها، آن است که در آغاز کار کوبش، تراکم را با بسامدی بیشتر اما مرتب، اندازه گیری می کنند. ممکن است غلتکها در آغاز کار، خاک را برّه برّه کنند، اما پس از چند گذر، چنین نیست. اگر در اثر بالا بودن فشار تماس پاچه های غلتک پس از ۷ یا ۸ گذر، همچنان برّه شدن خاک ادامه یابد، بهتر است با کاستن سنگینی غلتانها از فشار کاسته شود. اما اگر پاچه ها در دوسوم از درازای خاکریخت، برّه ای نشان نداد، غلتان را از نو سنگین تر می کنند.

در مشخصات فنی، باید شمار آزمایشهای اندازه گیری تراکم، میزان نم و تراوایی که واریسی کیفی بر پایه آنهاست، آورده شود. روکش رسی گرچه متشکل از ریزدانه های ناهمگن است، اما با انجام بررسیهایی در مقیاس بزرگ، می توان خاک رس را همگن انگاشت. برای آگاهی از تراوایی کلی، نمونه های کوچکی از خاک روکش اندازه گیری می کنند، و نتیجه های به دست آمده از تراوایی نمونه ها را به همه روکش تعمیم می دهند. احتمال درستی آن برای نم خاک، به قدری است که می تواند باشد. اما برای تراکم، رقم تعمیم یافته کمتر از آنچه که هست بوده و برای تراوایی رقم به دست آمده، بیش از آن است که باید باشد. بسامد درستی نتایج برای نم خاک قطعی است و برای تراکم، نتایج حاصله کمتر از مقدار واقعی است و سرانجام، برای تراوایی بیش از مقدار آن است.

آزمایشهای واریسی کیفی، از سوی مهندسان یکی نیست. شمار آزمایشهای خواسته شده برای تراکم و نم را، بیش از نیاز در نظر می گیرند تا از یکنواختی کار اجرایی مطمئن باشند. در صورت نبودن دستور کار از بسامد آزمایشها، پیشنهادها زیر سودمند است: اندازه گیری تراکم خاک خشک و میزان نم را در هر گره ۳۰ متری از چارخانگ و برای هر خاکریخت - به شرط آنکه شمار این اندازه گیریها از ۱۲ اندازه گیری به ازای هر هکتار از هر خاکریخت کمتر نباشد - انجام می دهند. در کارگاههایی که جای کار و جابه جاشدن محدود باشد و آمد و شد خاک کوبها به سختی انجام گیرد، چون از کوبنده های دستی سود برده می شود، بسامد آزمایشهای بالا را افزایش می دهند. شناخت دانه بندی خاک، حد روانی، نمایه خمیری و تراوایی از نمونه های دست نخورده باید روی ۲۵٪ از چارخانگ ۳۰ متری انجام شود و شمار آزمایشها، نباید کمتر از ۵ آزمایش در هر هکتار از هر خاکریخت باشد.

چگونگی دانه‌بندی و آزمایش آتربریگ و منحنی پروکتور را برای هر ۴۰۰۰ متر مکعب خاک ریخته شده واریسی می‌کنند، تا از دگرشدگی برداشتگاه خاک رس، آگاه باشند. واریسی رنگ خاک بار هر کامیون هم سودمند است، زیرا دگرگون شدن رنگ خاک، گویای تغییر در ویژگیهای آن است.

۲) خُبریگی کارکنان فنی در واریسیهای کیفیت روکش

هنگام ساختمان روکش رسی، حضور کارشناسان خبره و آشنا با فن کوبیدن در کارگاه، بسیار مهم است، تا در انجام آزمایشهای کمی و کیفی کارگاهی، راهنما باشند. آزمایش کوبش خاک و شیوه نمونه‌برداری لوله‌ای شلبی (Samples Shelby Tube) از خاک دست نخورده، برای یافتن میزان تراوایی خاک و واریسی نقشه‌برداریهای لازم، از کارهای پراهمیت است. بهتر است پایندگان فنی کارگاه، از میان کارکنان پیمانکار نباشند چون برخورد میان کارفرما و پیمانکاران همیشه محتمل است.

حضور همیشگی پایندگان فنی در سراسر زمان کوبیدن خاک، بسیار مهم است، زیرا همگن شدن خاک رس کوبیده را تنها با انجام آزمایشهای سنجش کیفیت و باهر شماری از گذر نمی‌توان مطمئن شد. سرمهندس، باید چشم به‌همه کارها داشته باشد و با سرکشی به‌همه گوشه‌های کارگاه، از همه رویدادها آگاه شود و هر آنچه را هم که در آینده انجام خواهد شد در نظر داشته باشد. سرمهندس، ضمن استواری و کارآیی، باید نرمش داشته باشد و به‌خواسته‌های کارکنان پیمانکار - ولو آنکه در همه موارد همداستان نباشد - گوش فرا داده و از یاری رساندن به آنها دریغ نرزد. چنین رویه‌ای، سبب پیدایش کارگاهی آرام و دلپذیر می‌شود و در بالا رفتن بازده و پایان یافتن به‌هنگام کار، بی‌اندازه مؤثر است. نکته دیگر، باز گذاشتن دست پیمانکار در گزینش ابزار کار موردنیاز خود است. چه بسا پیمانکاری به‌جای کاربرد غلتک پاچه‌بزی، از غلتک چرخ لاستیکی بهره‌برده و میزان کوبش لازم و مشخص شده را به‌دست آورد. پافشاری بر این‌گونه تصمیمهای پیمانکار، فرجامی جز کندی کار و ناآرامی در کارگاه ندارد. فراموش نشود که هدف اصلی از کار پایندگان فنی، پیگیری خشک در رعایت مشخصات فنی برای رسیدن به‌میزان نم خاک، کوبیدن و جز اینها نیست، این ویژگیها، وسیله‌ای است برای دستیابی به‌خاکی با تراوایی هرچه کمتر. اگر

کارفرما بخواهد انجام آزمایشهای کیفی را در آزمایشگاه خود انجام دهد، بهتر است دست کم ۱۰ تا ۲۰٪ از آزمایشها را به سازمان دیگری واگذارد. گرچه آزمایشهای انجام شده از سوی پیمانکار پایه بررسیها قرار نمی گیرند، اما آگاهی از کار آنها نیز، کم ارزش نیست.

۳) گواهنگاری

تک تک کارهای ساختمانی، باید روزانه گزارش و گواهنگاری شود. ریز کارها، زمان انجام هر کدام از کارها، دگریافتگیها و دورشدگی از مفاد پیمان و مشخصات فنی و دلایل چنین دورشدگیها باید در پرونده گزارش کار آورده شود. انجام این کار، هم از دیدگاه فنی و هم از دیدگاه حقوقی، بسیار اساسی است. باید جای هر آزمایش، هر خاکریخت و جز اینها، به درستی روی نقشه ها نشان داده شود و پیشرفت کار و پس ماندگی از برنامه یا پیش افتادگی از بخشی از برنامه کار، در دفتر گزارش روزانه کار، بازتاب یابد. در یادداشتهای روزانه، باید از خط خوردگی پرهیز شود و اگر اشتباهی رخ داد، باید روی یادداشت خط کشید و از نو، خوانا و پاکیزه یادداشت کرد. گزارشها را باید به روی همگان گشوده داشت و پس از تسلیم به کارفرما نیز، همچنان همه علاقمندان بتوانند از محتوای آنها آگاهی یابند.

۳-۲. ساختمان روکش ساختگی (ماشینی)

وارسی در پهن کردن روکش ساختگی، نسبت به روکش رسی، کار ساده تری است و هرآنچه برای روکش رسی یاد شد، در کار اجرایی روکش ساختگی هم پذیرفتنی است.

۳-۲-۱. ساختمان روکش ساختگی

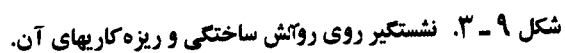
نخستین گام، آماده کردن لایه زیرپی برای پهن کردن روکش ساختگی است. به این معنی که لایه زیرپی، بر پایه مشخصات فنی تا تراکم نسبی ۸۵ تا ۹۰٪ برای ماسه و تراکم پروکتور اصلاحی ۹۰٪ برای رس یا خاک بهیافته فراهم شود. لایه زیرپی، نباید دارای دانه های درشت تر از ۱/۵ سانتیمتر باشد، زیرا یخزدگی و وارفتن یخ روی روکش، سبب پدید آمدن برآمدگی می شود.

برای پیشگیری از رشد رستنیها در زیر روکش، بهتر است روی لایه زیر پی و زیر

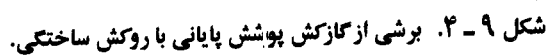
روکش، ماده علفکش پاشیده شود. برنامه پهن کردن روکش، باید چنان باشد که هنگام جابه‌جایی ماشین ابزار سنگین، آمد و شدی روی روکش، انجام نشود و با پایان یافتن کارگذاری روکش نیز، این‌گونه ابزار، از روی آن گذر نکند. آمد و شد ابزار و کارکنان درزبند و آزمایش درز را نیز، باید به کمترین میزان رسانید. بهتر است درزها دست‌کم ۹۰ سانتیمتر از لوله گردآوری آبرزباله فاصله داشته باشد. پیش از کارگذاری روکش، باید مطمئن بود که هیچ‌گونه فرورفتگی در لایه زیرپی نباشد، زیرا ابزار درزبندی ممکن است در این چاله‌ها گیر کرده و در نتیجه، روکش بسوزد و ترمیم و پینه‌کاری لازم شود، که کاری پُرهزینه است و انجامش به‌زمان فراوانی نیاز دارد. برای جلوگیری از این‌گونه رویدادها، تکه‌ای کوچک از روکش ساختگی را زیر درز می‌گذارند و با پیشرفت درزبندی، آن تکه را جابه‌جا می‌کنند. این کار، از احتمال سوختگی روکش در چاله و گودیه‌های زیرپی، می‌کاهد. کارکنان و روکش‌کاران، باید از پوشیدن کفشهای سنگین یا بردن ابزاری که در کار روکش‌سازی نیازی به آنها نیست، خودداری ورزند. هنگام وزش بادهای تند (۲۴ کیلومتر در ساعت و بیشتر)، بهتر است از پهن کردن روکش خودداری شود.

دمای تیز و تند، آثار ناخواسته‌ای بر روکش ساختگی دارد. بهتر است با سازندگان روکش گفت‌وگو شود و پیشنهاد آنان دربارهٔ بالا و پایین شدن دما هنگام کارگذاری روکش، در نظر گرفته شود. روکشهای ساختگی با داشتن کربن سیاه، گرما را به‌خود کشیده و خیلی زود داغ می‌شود و در روزهای آفتابی تند، گرفتاری به‌بار می‌آورد. در کارگاههای بلند نسبت به‌تراز دریا، پهن کردن روکش را در دمایی میان ۴ تا ۲۷ درجه سانتیگراد و در کارگاههایی که هم‌تراز با دریا یا در بلندی کمی از دریا هستند، بیشینه دما را به‌هنگام کار اجرایی، زیر ۲۷ درجه سانتیگراد پیشنهاد کرده‌اند. بالا و پایین شدن زیاد دما در شب و روز، روی درز روکش، چین‌خوردگی پدید می‌آورد، که بهتر است درزبندی پس از تبخیر شب‌نم از روی روکش یعنی در پاس نخستین از روز، انجام شود. جوش دادن درز، نباید هنگام بارندگی یا زمانی که روکش خیس است، انجام گیرد. بهتر است رویه روکش، نخست با اسفنج خشک شود. اگر بارندگی در پایان کار درزبندی رخ دهد، روی درز را با چادری می‌پوشانند.

برای پسمانده‌های نشست‌پذیر و پوشش پایانی خاکچال، از نشستگیر (گفتار دهم - بند ۷) سود می‌جویند، شکل ۹ - ۳. نکتهٔ مهم، پیوند زدن نشستگیر با روکش ساختگی است. از



آنجا که در بیشتر خاکچالها لوله گازکش نصب می شود، باید به چگونگی کارگذاری آن توجه داشت، شکل ۹-۴. برای ساختمان خاکچال با پسماندهای پوسیدنی که در آینده نیاز به سامانه گازکش دارند، بنای چاههای گازگیر پیرامون آن و پیوستن آنها به وسیله لوله اصلی



گازگیری، مطرح می‌شود. پس، بهتر است از همان آغاز کار، چاههای ژرف گازگیری را پیرامون خاکچال در نظر گرفت و هنگام پهن کردن روکش، سوراخهای لازم را کارسازی کرد تا در آینده دچار دشواری پیوند زنی نشوند.

جابه‌جا کردن روکش ساختگی از کارخانه تا پای کار و در درون کارگاه، باید با احتیاط انجام گیرد. برنامه‌ریزی انبار کردن و شیوه جابه‌جا کردن روکش نیز، مهم است. بهتر است درازای روکش برای هر خاکچالی به آگاهی کارخانه سازنده رسانده شده و در هماهنگی با میزان تولید، روی روکشا نشانه‌گذاری شود. در پیاده کردن روکش، ۱۵ تا ۲۵ سانتیمتر رویهم‌رفتگی در نظر گرفته و درازای آن را بسته به توانایی ابزار درزبندی و شیوه کاربرد آن، مشخص کرد. با آگاهی از درازای درز، روکشا را در درازای آن - که پیشتر در کارخانه نشانه‌گذاری شده است - جای می‌نهند. با این کار، از جابه‌جا کردن روکش، که پُرهزینه است، پرهیز می‌شود.

چون پرتو فرابنفش، روکشهای ساختگی را زود فرسوده و سرانجام نابود می‌کند، روی آنها را در کارگاه می‌پوشانند. اگر زمان کارگذاری روکش به درازا انجامد، روکش را در سایه انبار کرده و اگر دمای انبار بالا رود، انبار را تهویه می‌کنند. نکته مهم دیگر، درزبندی روکش است که چند گونه روش زیر، برای آن معمول است:

(۱) درزبندی با هوای داغ؛ (۲) چسباندن ذوبی یا جوش برجسته؛ (۳) کاربرد چسبهای

حل‌کننده.

سازندگان روکش - که تولیدکننده ابزار کاربرد چسبهای حل‌کننده درزبندی هم هستند - دستور کارهای سودمندی در اختیار دارند، که به کار گرفتن آنها، درزبندی را مطمئن‌تر می‌کند. در مورد روکش‌های HDPE، شیوه جوش برجسته یا چسباندن ذوبی، خواهان بیشتری دارد. آزمونهای در دست، از درزبندی و اثر آن در میزان ایستایی و دوام درزها، گویای نکته‌های زیر است:

الف) هیچ‌گونه پیوستگی مستقیم، میان ایستایی برشی درز و ایستایی پوسته شدن

نیست.

ب) با آزمایش مقاومت در پوسته شدن درز، چگونگی کیفیت درز آشکار می‌شود.

ج) آزمایش پوسته شدن زیر بار مرده، روش با ارزشی برای ارزیابی کیفیت درز نیست.

(د) برای بررسی سازگاری شیمیایی برخی از درزها، آزمایش شیمیایی غوطه‌ور سازی در زمان کوتاه (۶ ماه و کمتر)، کافی نیست.

(ه) از میان سه گونه درزبندیهای یادشده در بالا، روش جوش ذوبی بالاترین مقاومت برشی و پوسته‌شدن را برای روکشهای HDPE فراهم می‌کند.

پس از پهن کردن روکش، باید بی‌درنگ روی آن را با خاک یا پسمانده پوشانید. گرچه برخی از آزمایشهای واریسی کیفیت روکش، در آزمایشگاه انجام می‌گیرد، اما آزمایشهای کیفیت سنجی در کارگاه را می‌توان در زمان پهن کردن روکش ساختگی انجام داده و با برنامه‌ریزی مناسب، زمان انجام آزمایشها را بپیمایش داد.

نکته دیگر، فراهم آوردن خاک لازم در پای کار و تل‌انبار کردن آن است، تا پس از دریافت نتیجه دلخواه از آزمایشها و بازدید کارگاهی، خاک را روی روکش پخش کرده و آن را پوشانید. از آنجا که روکش ساختگی، با آمد و شد جانوران سم‌دار آسیب می‌بیند، بهتر است برگرد روکش لخت و پوشش نشده، حصار کشیده شود. پوشش خاکی روی روکش، دست‌کم ۳۰ سانتیمتر ماسه یا خاک همانند آن است که غربال شده و دارای دانه‌های درشت‌تر از ۱/۵ سانتیمتر نیست. خاک را نباید یکباره روی روکش ریخت و انباشته کرد، بلکه باید آن را پخش نمود. در بخشی از روکش که خودروهای سنگین برای جابه‌جایی خاک در رفت و آمد هستند، ضخامت خاک دست‌کم ۶۰ سانتیمتر و بهتر است که ۹۰ سانتیمتر در نظر گرفته شود.

آسیب ناشی از آمد و شد خودروهای سنگین، چه بسا از دید پنهان بماند. هر اندازه هم در پهن کردن روکش احتیاط به کار رود، چنانچه پوشاندن روی آن به آرامی انجام نگیرد، نتیجه دلخواه فراهم نمی‌شود. بر پایه آزمونهای در دست، زمان لازم برای پوشش روکش ساختگی با خاک، ۵۰ تا ۱۰۰٪ زمان پهن کردن و کارگذاری روکش است. از آنجا که کاربرد بیش از اندازه ابزار، سبب شتابزدگی و ناآرامی در کارگاه می‌شود، پیشنهاد می‌گردد که بیش از دو گروه (هر گروه شامل یک کامیون کوچک و یک بولدوزر سبک) برای پخش خاک روی پوشش، به کار گرفته نشود. نخستین بار پسمانده را روی روکش پخش کرده و با ابزار سبک می‌کوبند، اما بهتر است ۳۰ سانتیمتر نخست پسمانده را نکوبیده و از ریختن پسمانده‌های درشت هم پرهیز کرد.

در اسناد پیمان، برای آوردن روکش به کارگاه و جابه‌جا کردن و کارگذاری روکش ساختگی، باید هم از پیمانکار و هم از سازنده، تضمینهای ضروری را به سود کارفرما درخواست کرد. البته برای روکش رسی، چنین تضمینی مورد ندارد. هنگام گزینش پیمانکار، باید این تضمین نامه به اسناد پیوست شده باشد، زیرا فراهم کردن آن برای پیمانکار، هزینه دربردارد و کوشش پیمانکار بر آن است که این مطلب نادیده انگاشته شود. در اسناد پیمان، باید درباره پیشینه کار پیمانکار در این‌گونه طرحها و پیشینه سازنده روکش، ویژگیهای فیزیکی راتپانه و روکش و دمای مناسب برای کار، نوسان گرما و سرما هنگام کارگذاری روکش پرسش شود و بخواهند که حتماً به این پرسشها آشکار، روشن و کامل پاسخگویی شود و رسیدگی به اسنادی که در آن از پاسخ کامل به پرسشها خودداری شده باشد، هرگز صورت نگیرد.

۳-۲-۲. واری کیفیت روکش

واری کیفیت روکشها همان است که برای ساختمان با روکش رسی گفته شد. در این مورد هم، یادآور می‌شود که گزارش کار و گواه کاری از کیفیت روکش - پیش از کارگذاری و هنگام پهن کردن - کاری اساسی و ضروری است.

۳-۲-۲-۱. واری چگونگی کارگذاری روکش

گرچه سازندگان روکش، بسیاری از آزمایشهای مورد نیاز را در آزمایشگاه خود انجام می‌دهند، اما بازرسی بر انجام چند آزمایش از ویژگیهای فیزیکی مصالح توسط کارشناسان سازمانهای خبره بازرسی، هنگام ساخت روکش در کارخانه، مهم است. ضرورت انجام این‌گونه خدمات، باید آشکار و روشن، در مشخصات فنی و اسناد پیمان آورده شود، تا هنگام کار، درگیری رخ ندهد. آزمایشهای زیر، از دیدگاه کیفیت روکش، پیشنهاد می‌گردد:

- ضخامت هر برگ روکش بر پایه (ASTM D 638).

- نمایه آب شدن (Melting Index) (ASTM 1238).

- درصد کربن سایه (ASTM 1603).

- تاب سوراخ برداشتن (Puncture Resistance) (FTMS-101B).

- تاب پارگی (Tear Resistance) (ASTM D11004).
- پایداری و یکنواخت ماندن اندازه‌ها (Dimensional Stability) (ASTM D1204).
- چگالش و تراکم (Density) (ASTM D729).
- شکنندگی در دمای پایین (Low Temperature Brittleness) (ASTM D746).
- گیراگیری در پوسته شدن و ورا آمدن (Peel Adhesion) (ASTM D413).
- ایستایی به هم پیوستگی درزها (Bonded Seam Strength) (ASTM D-3083).

در آزمایشهای کیفیت کارگذاری روکشهای ساختگی توجه به نکات زیر، مهم است:
 الف) باید از میزان تراکم و صاف بودن رویه، مطمئن شد. همانگونه که پیش از این گفته شد، لایه زیرین، باید بری از هرگونه گودی و فرورفتگیهای ولو کوچک، باشد تا موجب گرفتاری و موتورسوزی درزبندها نشود.

ب) همه رسیده‌های دریافت جنس و حلقه‌های روکش به کارگاه، باید واریسی شده و اطمینان حاصل شود که تمام سفارش‌ها در کارگاه فراهم و آماده شده است.

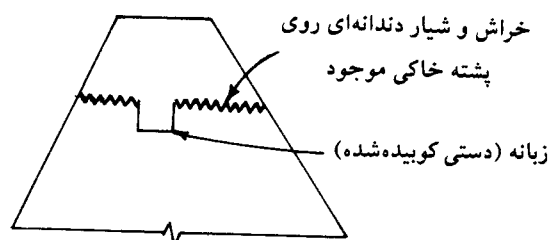
ج) نقشه پیاده کردن روکش را باید رسیدگی کرد و مطمئن شد که حلقه‌های روکش در کارخانه و در کارگاه، به درستی شماره‌بندی شده است. در این نقشه‌ها، پهنای روکش ثابت است و درازای آن متناسب با نقشه پیاده کردن روکش، تغییر می‌کند.

د) پس از پهن کردن و پیش از روی هم نهادن روکش، باید از رویهم رفتگی و میزان آن مطمئن شد، که خود بستگی به درزبند و چگونگی درزبندی دارد، اما به هر حال، نباید کمتر از ۱۵ سانتیمتر باشد.

ه) پیش از کارگذاری روکش، باید ترانشه‌های سهاری و اندازه‌های چاهک را واریسی کرد و مطمئن شد که هرگز در ترانشه‌ها و چاهکها، ماده یا سنگی تیز گوشه نباشد. بهتر است ترانشه و چاهک، با خاکی که از الک ۱/۳۵ سانتیمتر گذشته است، پر شود.

و) باید درزها را در کارخانه و در کارگاه، با به کار بردن ابزار فنی مناسب آزمایش کرد. جعبه مکش، بهترین وسیله آزمایش روکش HDPE با ضخامت بیش از ۷۵/۰ میلیمتر (۳۰ میل) است، شکل ۹-۵. آزمایش هوا (Air Lane Testing) برای روکشهای ضخیم چندان مناسب نیست، اما دوشیوه فنی تازه، یعنی صفحه‌کنندساز فراصدا (UPI) (Ultrasonic Impedence Plane) که به نام بسامد موج رزونانسی

(Resonant Frequency Wave)، شناخته می‌شود و فن پژواک فرابنفش (Ultra Pulse Echo Technique)، گرچه گامهای نخستین کاربرد را می‌پیماید، اما



شکل ۹-۵. سسترس دادن پشته خاکی و ریزه کاریهای آن.

استفاده از آن در کارگاه‌ها، سودمند بوده است.

ز) آزمایش مقاومت نابودی درز (Destructive Seam Strength) را، برای هر دستگاه درزبند و دست‌کم در درازای ۶۰ سانتیمتر و دوبار در روز، (یک‌بار در آغاز روزکاری) انجام می‌دهند. در هر درزبندی، باید دست‌کم یک آزمایش درزبندی در روز انجام گیرد. بخشی از آزمایش ایستایی درز، در کارگاه و بخش دیگر را در آزمایشگاه انجام می‌دهند. آزمایش چسبندگی، ویرامدن و پوسته شدن که در کارگاه انجام می‌شود، استاندارد شدنی است. برای این کار، باید اندازه نمونه و میزان جابه‌جا شدن ابزار آزمایش را معین کرد و به اندازه‌گیری میزان پس‌زدگی و جابه‌جایی پرداخت، سپس، با درجه‌بندی آن نیروی کششی را مشخص نمود. بهتر است برای نمونه‌هایی که مورد آزمایش درز؛ آزمایش چسبندگی و پوسته شدن (ASTM D415)؛ و نیز آزمایش مقاومت پیوستگی درزها قرار می‌گیرد، این کار انجام شود.

ح) در هر حال، گریزی از آسیب رسیدن به روکش نیست. درز بد، سوختگی و کاستی در ساخت روکش در کارخانه، گرفتاریهای ناشی از جابه‌جا کردن روکش و آوردن و بردن آن، سوراخ شدن با فرو افتادن چیزهای نوک تیز بر روی روکش گذر جانوران سم‌دار، آسیب ناشی از وزش تندباد هنگام پهن کردن روکش و چین خوردن روکش، از رویدادهایی است که جلوگیری صددرصد از آنها امکان‌پذیر نیست. پس پینه زدن روکش، ضرورت می‌یابد. درزها پس از پینه‌زنی و ترمیم، باید از نو آزمایش و از کار

انجام شده اطمینان حاصل گردد. برای شمار و میزان پینه‌زنی، استاندارد فراهم نشده است، اما بر پایهٔ آزمونهای دردست، برای هر ۹۰۰ متر مربع، یک یا دو پینه‌زنی و نوکاری (تعمیر) پذیرفتنی است.

لازم است در گزارشهای روزانه کارگاه، جای نوکاریها، دلیل نادرستی درز و نیاز به پینه‌زنی، زمان واریسی و نام بازرسی، زمان نوکاری و روز آزمایش دوبارهٔ درز، با همهٔ ریزه کاری انجام شده، یادداشت شود. در دست داشتن این‌گونه گزارشها، از دردسرهای آینده میان کارفرما و پیمانکار، می‌کاهد. سرزدن بورهنگام مهندسان فنی به کارگاه، روشی سودمند در رسیدن به اجرای بهتر طرح است.

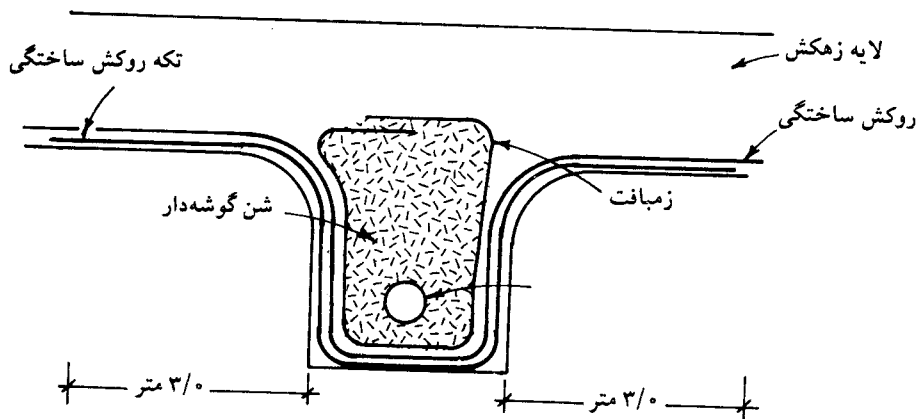
۳-۲-۲. گواه‌نگاری

گواه‌نگاری روکشهای ساختمانی، همان است که در گفتار ۹-۲-۱، برای خاک‌رس آورده شد. این گواه‌نگاریها دربرگیرندهٔ نتیجهٔ آزمایشهای کارگاهی و آزمایشگاهی، جای پینه‌زنیها، تضمین‌نامه‌های سازندگان، روکش‌کنندگان و همهٔ تلاشهای روزانه ساختمانی است.

۴. ساختمان پشته خاکی

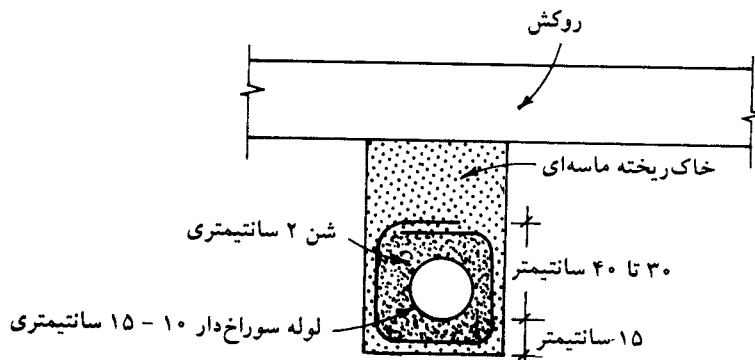
پشته خاکی، از خاک ماسه‌دار و کوبیدن دانه‌ها با غلتک لاستیکی یا غلتکهای استوانه‌ای صاف و تراکتورهای زنجیری، ساخته می‌شود. ضخامت خاکریخت‌ها را پیش از کوبیدن، ۲۵ تا ۳۰ سانتیمتر و فشار چرخ را ۲۱ تا ۲۸ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع (۶۰ تا ۸۰ پوند بر اینچ مربع)، برمی‌گزینند تا تراکم نسبی ۹۰٪ فراهم شود. برای رسیدن به تراکم نسبی در مشخصات فنی، فهرست آزمایشها و شیوه موردنظر - که خشک یا تر (ASTM D4253) است - سه تا شش گذر لازم به نظر می‌رسد. پشته را در خاکریخت افقی بنا می‌کنند و بر رویه کناری و روی پشته رو خاک می‌ریزند، تا هر چه زودتر رستنیها روی آن روییده و از شسته شدن و سایش پشته در اثر ریزش بارانهای تند و جز اینها، پیشگیری شود. بخش درونی پشته‌های خاکچالهای خودپالا را می‌توان رس یا سنگچین در نظر گرفت.

برای گسترش خاکچال و بالا بردن تراز پشته، باید نهایت کوشش در چفت و بسته شدن



شکل ۹-۶. ساختمان ترانشه گردآوری آب‌باله برای روکش ساختگی و ریزه‌کاریهای آن.

دو پشته به کار رود، شکل ۹-۷. برای این کار، چفت ۹۰×۹۰ تا ۱۵۰×۱۵۰ سانتیمتری، کافی است. برای انجام این کار، رویه پشته را خراش داده و سپس خاکریزی پشته دوم انجام می‌گیرد. چفت خاکریخت نخستین را، به آهستگی و آرامی با کوبنده‌های موتوردار ضربه‌ای - که ضربه‌های پی در پی وارد می‌کند - با خاک کوب دستی می‌کوبند. از کاربرد کوبنده‌های لرزشی که سبب گشودگی و سستی پشته و از هم پاشیدگی دوباره ماسه کوبیده شده می‌گردد، باید خودداری ورزید.



شکل ۹-۷. ترانشه کارگذاری لوله و شبکه گردآوری آب زیرزمینی.

چون پیوندگاه پشته زبرین و زیرین ممکن است آبراهی برای گذر آبزباله فراهم آورده و به‌ویژه در خاکچالهای خودپالا برون پسدادگی پیدا شود، دیواره درونی پشته را با روکش ساختمانی به ضخامت ۰/۵ تا ۰/۷۵ میلیمتر (۲۰ تا ۳۰ میل) می‌پوشانند.

آزمایش تراکم خاکریخت کوبیده شده را که در واقع آزمایشهای سنجش کیفیت روکش است، در بهنایی کمتر از ۴۵ متر و در هر ۳۰ متر و اگر بهنای خاکریخت بیش از ۴/۵ متر باشد، در هر ۲۵ متر، در زمانهای برنامه‌ریزی شده، انجام می‌دهند. برای بهتر نمایاندن کوبش و تراکم نسبی، جای آزمایشها روی خاکریخت، در یک خط نبوده و کج واکج و در آغاز، میانه و پایان پشته‌گزیده می‌شود. آزمایش دانه‌بندی مواد خاکی پشته را هم، بسته به یکدست بودن خاک برداشتگاه، یا همگن و یکنواخت نبودن آن، برای هر ۷۵۰ تا ۲۰۰۰ متر مکعب، در نظر می‌گیرند. بهتر است مصالح خاکی بیش از اندازه شنی نباشد، و لایه زیرینی که پشته خاکی را روی آن می‌سازند نیز کوبیده شود. برای دست یافتن به زیرسازی پایدار و سفت، از شن ۲ سانتیمتری به ضخامت ۱۵ سانتیمتر سود می‌برند. کف پشته در کناره بیرونی آن، دست‌کم باید ۱۵ سانتیمتر پایین‌تر از تراز زمین موجود باشد تا پسدادگی آبزباله در پاشنه پشته به کمترین میزان برسد. چنانچه بررسیهای زمین‌شناسی گواه بر بودن نشستهای در زیرزمین باشد - و طرح و اسناد پیمان خواستار پیش بارگذاری (Preloading) باشد - باید پیمانکار آمادگی لازم برای انجام چنین کاری را داشته باشد. یادداشت‌برداری از میزان نشست پشته و آزمایشهای کیفیت، باید در هر زمان از کار اجرایی و پس از پایان پذیرفتن کار ساختمانی، همچنان ادامه یابد، تا از هرگونه دگرگونی آگاهی حاصل شود.

۵. ساختمان بستر زهکش ماسه‌ای

اگرچه بنای زهکش ماسه‌ای به دشواری ساختن روکش ساختمانی نیست، اما تنها با ریختن ماسه روی روکش، کار پایان‌یافته تلقی نمی‌شود. باید ماسه را به آرامی و با احتیاط - به گونه‌ای که خودروها روی روکش، به‌طور مستقیم آمد و شد نداشته باشند - با بولدوزر به جلو رانده و پخش کرد. اگر در نظر باشد بستر زهکش ماسه‌ای روی روکش ساخته شود، باید بیشتر احتیاط کرد و در نگهداری روکش بیشتر کوشید. بستر زهکش ماسه‌ای، روی

کناره روکش در اثر بارندگیهای تند سایش می‌یابد، و از این روست که در ساختمان آن شن نخودی به کار می‌برند، زیرا ایستایی بهتری از خود نشان می‌دهد.

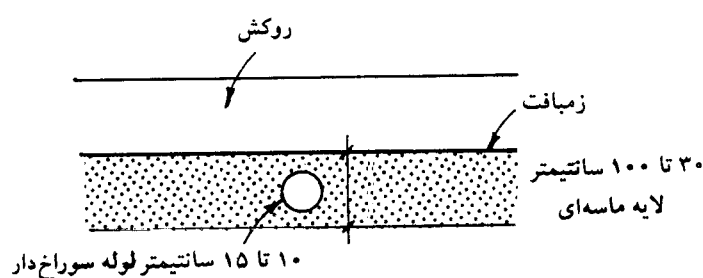
میزان مصالح دانه‌ای ۰/۰۷۴ میلیمتری یا کمتر (الک ۲۰۰) در ماسه‌های کاربردی برای بستر زهکش، نباید از ۵٪ بیشتر باشد. ماسه تمیز و درشت دانه برای ساختن زهکش بسیار مناسب است و از شن نخودی تیز گوشه نیز بسیار استفاده می‌شود. نباید از شن تنها برای ساختمان زهکش سود جست، زیرا ریزدانه‌های درون پسمانده از لابلای روزنه‌های شن گذشته، سبب بسته شدن بستر زهکش می‌شود.

اجرای درست ساختمان زهکش، مانند ساختمان صافیهای شنی است و سنجش کیفیت آن، شامل بررسی اندازه دانه‌ها، دانه‌بندی و تراوایی است. پیشنهاد می‌شود برای هر ۷۵۰ متر مکعب از مصالح کاربردی، یک آزمایش دانه‌بندی و برای هر ۲۰۰۰ متر مکعب، یک آزمایش تراوایی انجام گیرد. در حجمهای کمتر، بهتر است دست‌کم برای هر آزمایش، چهار نمونه برداشته و آزمایش کرد و در ضمن، تراوایی را به‌ازای تراکم نسبی ۹۰٪ به‌دست آورد.

۶. ساختمان ترانشه‌گردآوری آبزباله

لوله گردآوری آبزباله، باید در جایی مناسب و به‌فاصله‌ای از روکش باشد که گذر نشتاب از درون روکش، به کمترین میزان ممکن کاهش یابد. لوله آبزباله را روی روکش یا درون آن کار می‌نهند. چنانچه لوله را در ترانشه نصب کنند، باید ترانشه را دست‌کم با شیبی برابر ۵٪ به‌سوی حوضچه بازدید در نظر گرفت و ترانشه را با خاکبرداری، کندن لایه زیرپی با دیواره‌هایی که در هر دو سمت صاف و شاغولی است، بنا کرد تا کوبیدن آن به آسانی انجام پذیرد، شکل ۸-۱.

اگر روکش ساختگی روی خاک رس یا خاک بهیافته با بتونیت انجام پذیرد، تکه‌ای اضافی از روکش را در سراسر زیر آن پهن می‌کنند، شکل ۹-۸. درزبندی روکش، همان‌گونه که پیشتر آمد، باید در بیش از ۹۰ سانتیمتری از ترانشه لوله آبزباله انجام گیرد و جابه‌جا کردن ماسه در ترانشه نیز به آهستگی و احتیاط انجام پذیرد. لوله‌های ریشه شده آبزباله را بهتر است در نزدیکی ترانشه، سرهم و آماده نصب کرد، تا نیازی به کشاندن همه لوله‌های سرهم



شکل ۹-۸. کارگذاری لوله‌کوره‌آوری آب زیرزمینی در بستر ماسه‌ای.

شده به درون ترانشه و پارگی روکش پیش نیاید. از این رو، پیشنهاد می‌شود، نخست بستر زهکش را در سراسر درازای ترانشه پخش کرد، ضمن آنکه ۱۵ سانتیمتر از دولبه ترانشه برای کارگذاری لوله آب‌بازاله آزاد گذاشت، تا جابه‌جا شدن ابزار سبک و جابه‌جا کردن ماسه و لوله آب‌بازاله، آسانتر انجام گیرد.

تا زمانی که لوله آب‌بازاله درون ترانشه کارگذاری نشده است، نیازی به ضخیم‌تر کردن روکش زیر جا لوله نیست، شکل‌های ۸-۱ و ۸-۳.

روش نشان داده شده در شکل ۸-۱، پسندیده‌تر است. برای لوله‌های آب‌بازاله که در روکش فرو می‌رود، گریبانه پادشست در نظر گرفته و به‌گرد آن دست‌کم ۱/۵ متر خاک رس کوبیده شده فراهم می‌آورند. گرداگرد لوله‌های هدایت آب‌بازاله در بیرون از منطقه روکش شده، با خاک رس کوبیده شده را، باید دست‌کم با ۶۰ سانتیمتر رس پوشانید، یا آنها را از توی لوله بزرگتری گذرانید، توجه به نکته‌های زیر، در واریسی کیفیت ترانشه لوله گردآوری آب‌بازاله اساسی است.

الف) آزمایش تراکم برای روکش‌های طبیعی، به فاصله ۳۰ متری از مرکز تا مرکز.

ب) آزمایش شن و آگاهی از دارا بودن دانه‌های ۰/۰۷۴ میلی‌متر (الک ۲۰۰) یا ریزتر به ازای هر ۷۵ متر مکعب از مصالح به کار رفته. شن کاربردی باید دارای ضریب یکنواختی کمتر از ۴ بوده و بی‌گوشه باشد. بزرگترین قطر دانه را ۵ سانتیمتر و برای روکش ساختگی ۲/۵ سانتیمتر پیشنهاد کرده‌اند. کاربرد مصالح سنگی ریز دانه آهکی یا دولومیت، مناسب

نیست، زیرا اسید آبزباله بر آن اثر می‌گذارد و گرفتگی لوله پیش می‌آید.

(ج) آزمایش تردی و تاب لوله‌های آبزباله بر پایه ASTM D2412 و نتیجه آزمایشها باید در هماهنگی با استانداردهای Uni-Bee 1979، باشد.

(د) واریسی تراز کف بستر لوله در هر ۱۰ متر با دستگاههای نقشه‌برداری و اطمینان از شیب لوله که از ۰/۵٪ کمتر نباشد.

با چکانیدن آرام و یکنواخت کمی رنگ در درون لوله آبزباله - به‌طوری که میزان رنگ بیرون آمده یکسان بماند - می‌توان از یکنواخت بودن جریان آبزباله اطمینان یافت. این شیوه آزمایش را به‌ویژه برای طرحهای بزرگ و هنگامی که به‌کار نقشه‌برداری بدگمانی به‌وجود آید، به‌کار می‌بندند. بهتر است این آزمایش، پس از شست‌وشوی لوله انجام گیرد.

(ه) برای پاکیزگی لوله آبزباله، می‌توان از ابزار ویژه فاضلاب‌روهای شهری سود جست، اما شست‌وشوی لوله‌ها با آب پرفشار مناسب‌تر است، زیرا نخاله‌های ریزدانه ساختمانی و جز اینها را شسته و آسیب‌های وارد بر لوله و کاستیهای آن را آشکار می‌سازد.

۷. ساختمان روکش دولایه

واریسی کیفیت روکش و ساختمان روکشهای ساختمانی و رسی پیشتر گفته شد، اما دشوارترین مورد در کارگذاری روکش دولایه - همان‌گونه که در گفتار ششم یاد شد - برای روکش زیرین رخ می‌دهد. دیده شده که روکش زیرین بسیار آسیب‌پذیر است و چنانچه صدمه‌ای ببیند، یافتن جای درست آن کاری دشوار و ناممکن می‌گردد. از آنجا که بیشترین آسیب، ناشی از آمد و شد خودروها هنگام ساختمان روکش نخست زیرین روی می‌دهد - و چاره‌ای هم از آمد و شد آنها نیست - تنها با آرام کار کردن و گذرگند و یواش خودروها می‌شود از بروز این‌گونه آسیبها پیشگیری کرد.

۸. ساختمان سامانه آب‌کشی آب زیرزمینی

نیاز به ساختمان سامانه آب‌کشی و پایین بردن تراز آب زیرزمینی، بیشتر برای زمینهای

ماسه‌ای است. برای انجام آن، ترانشه را خاکبرداری کرده و لوله‌های سوراخدار آبکش را درونش کار می‌نهند. آب با سنگینی خود از لوله‌ها به‌سوی چاهک یا حوضچه بازدید روان می‌شود و پس از گذر از ترانشه، به‌درون نهرک یا آب‌برهای طبیعی - که آبهای سطحی دیگر را هم جمع می‌کند - هدایت می‌شود. برای گریز از آلودگی آب در خاکچال خطرزا، آب گرد آمده را در این‌گونه حوضچه‌ها و آب‌باران‌گیرها نریخته و به‌ساختن حوضچه‌ای جداگانه می‌پردازند.

دیگر آنکه، روی بستر ماسه‌ای زمبافت می‌کشند تا هم از گذر دانه‌های ریز رسی از لایه روکش رسی جلوگیری شود و هم اینکه پهن کردن روکش ساختگی آسانتر انجام گیرد.

۹. ساختمان لایسمتر

لایسمتر را همان‌گونه که در گفتار ۱۰ - ۳ - ۱ از آن سخن رفته است، زیر روکش کار می‌گذارند و برای آزمایش پسدادگی استفاده می‌کنند. برای این‌کار، آن را از آب پر و لبریز کرده، دهانه آن را بسته و دست نخورده برای ۲۴ تا ۴۸ ساعت به‌جای می‌نهند و سپس، تراز آب را در آغاز و پایان آزمایش اندازه‌گیری می‌کنند. اگرچه این آزمایش سوراخهای ریز را شناسایی نمی‌کند، اما گرفتاریهای جدی پسدادگی آب را آشکار می‌کند. یادآوری می‌شود که بیشترین گرفتاری پهن کردن روکش ساختگی و پوشش ساق روی لوله گردآوری است. در انجام این‌کار، نخست لایه زیرپی را از هرگونه سنگ و قلوه و سنگ درشت‌تر از ۱/۳ سانتیمتر پاک کرده و اگر میسر شود خاکبرداری را گودتر می‌کنند و لایه زیرپی را با خاکی که از الک شماره ۴ می‌گذرد، پُر می‌نمایند. واریسی و آزمایش درزبندی، باید به‌آرامی انجام شود و بهتر است از روکشهای بی‌درز سود جست، یا درزبندی را در کارخانه انجام داد.

۱۰. ساختمان پوشش پایانی

آنچه درباره‌ی ساختمان لایه روکش رسی آورده شد، درباره‌ی ساختمان پوشش پایانی نیز معتبر است. لایه زیر لایه کم‌تراوا را که لایه ترازبندی یا لایه گازکشی می‌نامند، از ماسه با دانه‌بندی

معمولی (ماسه SW یا SP بر پایه رده بندی USCS) که ارزاتر است می سازند. آزمایش و واریسی کیفیت دانه بندی برای هر ۴۰۰ متر مکعب از مصالح به کار رفته و در هر گوشه از چارخانگ ۳۰ متری، صورت می گیرد. لایه را ۸۵ تا ۹۰٪ تراکم نسبی می کوبند، تا زیرپی استواری برای لایه کم تراوی رویی فراهم شود.

لایه روی لایه کم تراوا، که همان پوشش پایانی است، باید در رده بندی USCS در جرگه SC، SM یا ML باشد. اگر خاک آبرفتی لای ته نشست Silt، در دست نباشد، در ساختمان پوشش، از نرمه خاک آمیخته با ماسه نرم استفاده می شود. در این باره، بهتر است با مهندسان مکانیک خاک و کشاورزی به رایزنی نشست. واریسی کیفیت دانه بندی را، برای هر ۷۵۰ متر مکعب از مصالح کاربردی، انجام می دهند. نکته مهم، نکوبیدن بی درنگ پوشش پایانی پس از پایان کار اجرایی خاکچال است، تا آنکه رستنیهای روی آن، به آسانی ریشه بدواند. از کود و آهک برای بهبودی رو خاک سود می جویند و از آمد و شد خودروهای سنگین روی پوشش پایانی، خودداری می ورزند تا رستنیها جان گیرند. کاشتن درختهای ساقه کوتاه که نیازی به آب پاشی روزانه و لوله کشی جداگانه آب ندارد، مناسب ترین روش است.

۱.۱. فراهم ساختن مصالح و برنامه کار ساختمانی

مصالح لازم باید خیلی پیشتر از آغاز کار ساختمانی سفارش داده شده و تاریخ دریافت همه خریدها و سفارشها به کارخانه و جز اینها، قطعی شود. برنامه ریزی کار، به ویژه برای کار در سرزمینهای سردسیر و با بارندگیهای موسمی بسیار، کاری اساسی است. پیش از سر رسیدن زمستان، باید دست کم ۱ تا ۱/۵ متر پسمانده روی روکش ریخت تا گرفتاریهای طبیعی، آسیبی بار نیاورد. چون خاک رس روکش بیش از وضع طبیعی آن کوبیده و درهم فشرده می گردد، پدیده مچاله شدن خاک را باید برآورد کرد، که از پیوستار زیر به دست می آید:

$$SF = (Fd - N.d) / Nd$$

در این پیوستار، SF پدیده مچالگی، F تراکم کارگاهی پیشنهادی طراح برای خاک

(کیلوگرم بر متر مکعب)، و N_d تراکم طبیعی خاک برداشتگاه است. حجم برداشتگاه، دست‌کم باید $(1+SF) \times FV$ باشد، که در این پیوستار، FV میزان خاک مورد نیاز در کارگاه است. برای سرشکن کردن ریخت و پاشها، بهتر است متناسب با بزرگی یا کوچکی طرح ۲٪ تا ۱۰٪ بر میزان خاک برآورد شده افزود. کمترین میزان خاک (RV) از برداشتگاه، با در نظر گرفتن ۵٪ ریخت و پاش، از پیوستار زیر به دست می‌آید:

$$Rv = (1 - SF)(FV + 0.05Fv) = FV(1.05 + SF)$$

مثال ۹ - ۱

حجم خاکی با ۵٪ ریخت و پاش که از برداشتگاه خاک برای خاکچالی فراهم می‌یابد، اگر، $Fd = ۱۶۸۰$ و $ND = ۱۳۹$ کیلوگرم و $Fv = ۱۰۰۰۰۰$ مترمکعب باشد، چه اندازه است:

$$SF = (۱۶۸۰ - ۱۳۶۰) / ۱۳۶۰ = ۰.۲۴$$

$$R = ۱۰۰۰۰۰ \times (۱.۰۵ + ۰.۲۴) = ۱۲۹۰۰۰ \text{ مترمکعب}$$

گفتار دهم

پایش یا کارنگری خاکچالها

۱. شناسایی

برای آگاهی و اطمینان از کار خاکچال و هماهنگی کار آنها با آیین‌نامه‌ها و مهمتر از همه، حفاظت آبهای زیرزمینی از آلودگی، باید همیشه به پایش خاکچال پرداخت. با اینکه برنامه پایش آبهای زیرزمینی را زمیناب شناسان و برنامه حفاظت محیط زیست پیرامون خاکچال را مهندسان این فن فراهم می‌آورند، اما باز هم خبرگی مهندس طرح است که با آگاهی همه جانبه خود، پایش و برنامه‌های وابسته به ساختمان خاکچال، گردانیدن خاکچال، نگهداشت پاکیزگی آب زیرزمینی و هوای پیرامون کارگاه را، تضمین نماید. مهندس طرح، لازم است در همه گفت و شنودها با خبرگان فن زمین شناسی، آب شناسی، زمیناب شناسی، مهندسان محیط زیست، و نیز روند نمونه برداری، انجام آزمایش، گزارش نویسی و گرفتاریهای حقوقی و مالکیت، نه تنها شرکت کند، بلکه در هماهنگی کردن خواسته‌های گوناگون این و آن - که گاه در تضاد با یکدیگراند - راه چاره نشان دهد.

آگاهی از نکته‌های زیر، در پایش خاکچالهای بهداشتی مهم است: ارتفاع فشاری آبزباله در درون خاکچال، ارتفاع فشاری سامانه آبکشی، آب پسدادگی از زیر پی خاکچال، کیفیت آب زیرزمینی پیرامون خاکچال، گاز درون خاک و هوای بیرون خاکچال، ارتفاع

فتاری و کیفیت آبرزاله در انبار آبرزاله و پایداری پوشش پایانی خاکچال. چند نکته زیر را نیز، هنگام فراهم آوردن برنامه پایش، باید به یاد سپرد: ابزار کاربردی برای پایش، جای کارگذاری دستگاههای پایش در گستره خاکچال، بسامد پایش و اینکه هر از چندگاه باید کارنگری انجام گیرد، و مواد شیمیایی مورد نیاز در کارگاه و در زیر به روشن شدن سه نکته دیگر که پیشتر از آنها سخن نرفته است، پرداخته می شود.

الف) گزینش آزمایشگاه

آزمایشگران، باید دانش فنی، و آزمایشگاه باید ابزار لازم را داشته باشد، تا هر یک از کارها با دقت اندازه گیری شود و همسانی آن با آنچه مقرر شده است، واریسی گردد. به این معنی که اگر قرار است آمیخت شیمیایی ماده ای با چگالی $0/001$ میلی گرم در لیتر و کمتر از آن باشد، آزمایشگاه باید بتواند آن ترکیب خاص را در مرز و اندازه خواسته شده شناسایی و بیابد. آزمایشگر، باید از چگونگی انجام آزمایشها و فرایندهای پذیرفته شده به خوبی آگاه باشد و استانداردهای پیشنهادی درباره نمونه برداری، آوردن نمونه تا آزمایشگاه و نگهداری نمونه تا آزمایش آن و همچنین گزینش و به کار بستن شیوه های آزمایش را بی هیچ گونه کاستی به کار بندد.

ب) گردآوری داده ها و بایگانی آنها

برای برداشتن یادداشت و نوشتن آمیخته های گوناگون شیمیایی مورد آزمایش، بهتر است از یادداشتهای استاندارد شده در دست، سود جست و از نوآوریهای بیهوده پرهیز کرد. در این گونه یادداشتهای، چگالیهای بیشتر ماده های شیمیایی آورده شده است تا همواره برای آزمایشگر، یادآور باشد.

نتیجه آزمایشها و یافته ها باید بی درنگ، در این یادداشتهای وارد شود و در جای خود بایگانی گردد. برخی کاربرد کامپیوتر را سودمند می دانند، که البته چنانچه شمار آزمایشها بسیار باشد، روشی بجاست.

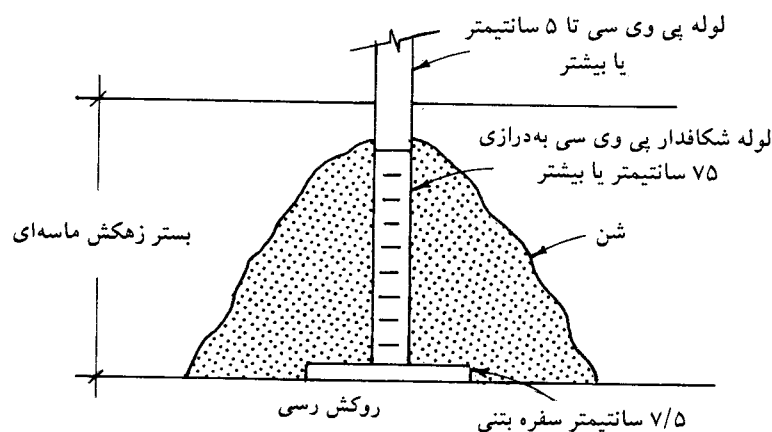
ج) بررسی یافته ها

لازم است که روشی روشن و مشخص برای یافته ها به کار بست و کوشید که از آن دوری

نگزید. کاربرد شیوه‌های آماری مناسب، ضروری است، تا بی‌درنگ از هرگونه اثر ناخواسته و نپذیرفتنی در آب زیرزمینی یا هوای پیرامون خاکچال، آگاهی یافت.

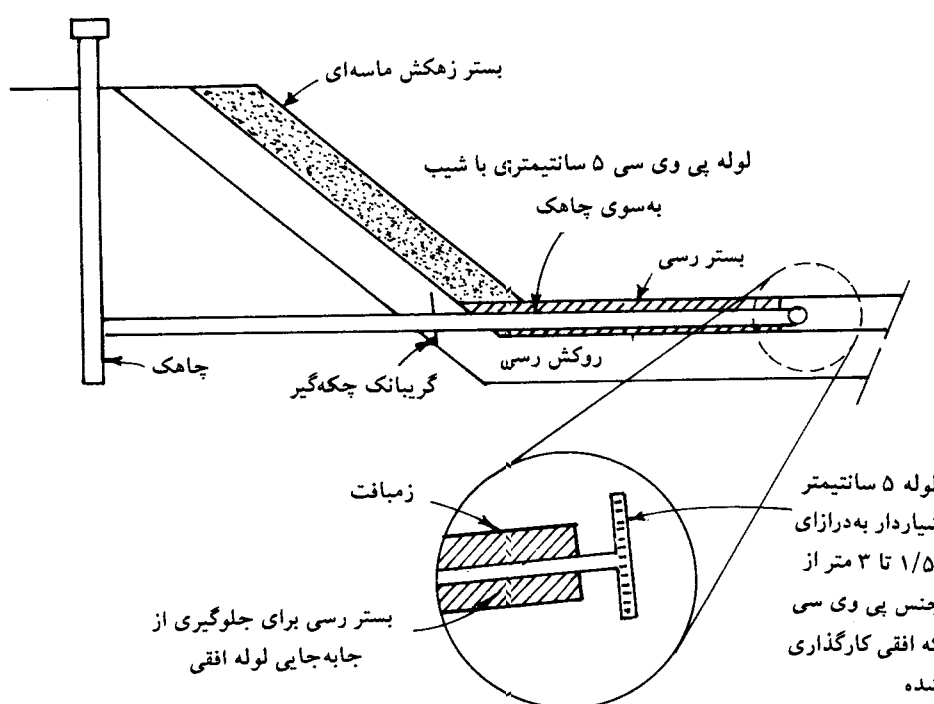
۲. ارتفاع فشاری آب‌زبانه

پایش ارتفاع فشاری آب‌زبانه در خاکچالهای دوربسته، بسیار مهم است، اما می‌شود برای خاکچالهای خودپالا، به آن نپرداخت. برای این کار، به‌طرح دوگونه چاه یعنی چاه افقی یا عمودی می‌پردازند، شکل‌های ۱-۱ و ۱۰-۲. ساختمان تاوه بتونی مناسب است و باید جای آن روی نقشه‌های کارگاهی نشان داده شود. کاربرد هر دوگونه چاه عمودی و افقی، برای پایش، معمول است. و افزونه و کاستی آنها، در جدول ۱-۱، آورده شده است.



شکل ۱-۱۰. طرح چاه پایش شاغولی برای اندازه‌گیری ارتفاع فشاری آب‌زبانه.

ارتفاع فشاری آب‌زبانه ثابت نیست و با زمان و جای برداشت، دگرگونی نشان می‌دهد. در نزدیکی به‌تاک روکش، این فشار بیشتر است و با نزدیک شدن به لوله‌های گردآوری آب‌زبانه، میزان آن کم می‌شود. پس، لازم است در این دو نقطه، ارتفاع فشاری را پایید و یادداشت کرد. تراز ارتفاع فشاری هم با زمان تغییر می‌کند، پس باید اندازه‌گیری شود تا از درستی کار خاکچال و هماهنگی آن با طرح، مطمئن شد. بهتر است در سه تا چهار سال



شکل ۱۰ - ۲. طرح چاه پایش افقی برای اندازه‌گیری ارتفاع فشاری آبزبانه و ریزه‌کاریهای آن.

نخست از گرداندن خاکچال، هفته‌ای یک‌بار و در سالهای بعدی هر دو هفته یک‌بار، پایش آبزبانه انجام گیرد.

۳. ارتفاع فشاری سامانه آبکشی

ارتفاع فشاری سامانه آبکشی را باید پایید و مطمئن شد که شبکه آبکشی در هماهنگی با طرح کار می‌کند. این ارتفاع، با زمان و در جاهای گوناگون از شبکه آبکشی یکسان نیست و تغییر می‌کند. برای پایش ارتفاع فشاری در سامانه آبکشی، تنها از چاههای افقی سود می‌جویند. بسامد پایش برای نشان دادن افت و خیزهای موسمی، یک‌بار در ماه کافی است و با گذشت زمان می‌شود به چند ماه یک‌بار بسنده کرد.

جدول ۱۰ - ۱. افزونه‌ها و کاستیهای چاه عمودی و افقی پایش آبرزاله

چاههای عمودی	چاههای افقی
(۱) می‌توان آنرا پیش از ریختن و جابه‌جا کردن کامل پسمانده یا هنگام انجام، یا پس از اتمام عملیات نصب کرد.	- تنها می‌توان پیش از ریختن و جابه‌جا کردن کامل پسمانده نصب کرد.
(۲) اگر هنگام ریختن یا پیش از ریختن و جابه‌جا کردن نصب شود، باید گاه‌گاهی بر آن افزود.	- به افزایش و گسترش نیاز ندارد.
(۳) احتمال آسیب دیدگی هنگام جابه‌جایی پسمانده زیاد است.	- احتمال آسیب دیدگی هنگام جابه‌جایی پسمانده کم است.
(۴) نگهداری در برابر جابه‌جا شدن و نشست پسمانده و بویژه در خاکچال لجن تصفیه‌خانه‌ها، کاری بسیار سخت و دشوار است.	جابه‌جا شدن و نشست هرگونه پسمانده اثری به جای نمی‌نهد.

۴. پایش آب پسدادگی

باید منطقه سیرآب نشده میان روکش و سفر آب زیرزمینی را، چنانچه روکش در همه جا بالاتر از بلندترین تراز آب زیرزمینی در موسم پرآبی است، زیر نظر داشت. آنچه امروزه برای پایش آب پسدادگی انجام می‌گیرد، چنین است:

الف) کارگذاری دستگاههای پایشی که بتواند بیرون زدگی آبرزاله را آشکار سازد. این رویه پایش بی میانجی یا پایش مستقیم نام دارد.

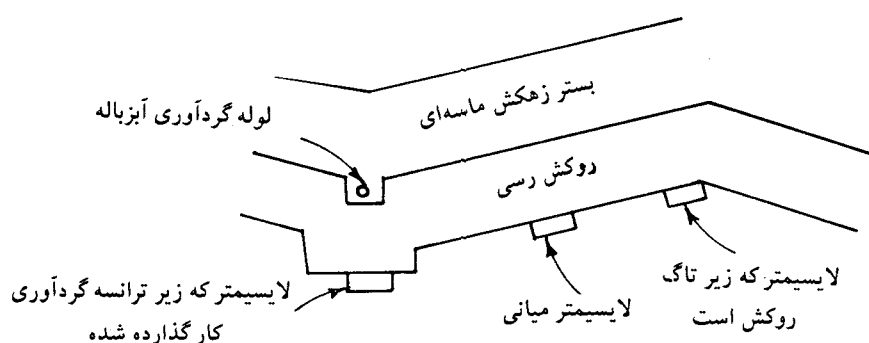
ب) کارگذاری دستگاههای پایشی که تراوش آب را آشکار می‌کند پایش با میانجی یا پایش غیرمستقیم نام دارد. با کاربرد این دستگاهها که لایسیمتر نامیده می‌شود، بی‌درنگ به پسدادگی آب پی برده و به موقع می‌شود به رفع گرفتاری پرداخت و از هزینه‌های بیهوده کاست.

۴ - ۱. پایش با میانجی از پسدادگی

دوگونه لایسیمتر در دسترس است؛ لایسیمتر مکشی و لایسیمتر حوضچه‌ای. بسته به طرح و

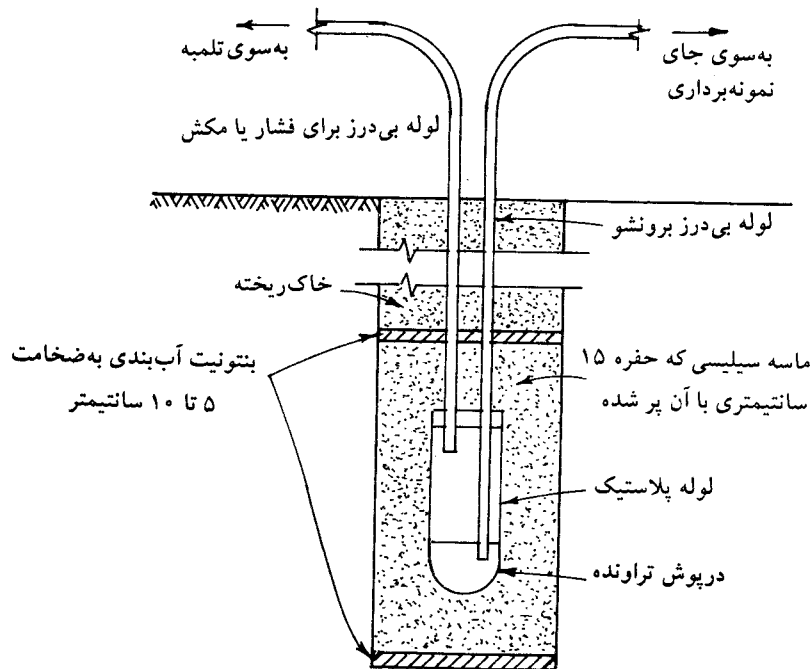
جای خاکچال، از هر دو دستگاه می‌توان سود جست. برای کارگذاری لایسیمتر در زیر پی، بهتر است بیش از یک دستگاه کارگذاری شود تا با رسیدن آسیب به یک لایسیمتر کار پایش لنگ نشود. برای کاهش درازای لوله انتقال، لایسیمتر را در کناره خاکچال و به دور از اتصالها نصب می‌کنند. در خاکچالهای خودپالا، لایسیمتر را در هر جا که در ترازای پایین‌تر از تراز خاکچال است، کار می‌گذارند. در نصب لایسیمتر در خاکچالهای دوربسته، توجه به چند نکته زیر لازم است. ارتفاع فشاری آب‌بازاله، در تاک روکش پی، از همه جا بیشتر و از این‌رو میزان پسدادگی از همه جا افزون‌تر است. کمترین پسدادگی در زیر ترانشه لوله آب‌بازاله رخ می‌دهد، اگر بخواهند در هر مرحله از گرداندگی خاکچال، یک لایسیمتر کار نهند، بهتر است آن را پایین‌تر از برآمدگی روکش پی تیار گذارند. چنانچه برای هر مرحله از گرداندن خاکچال، کاربرد دو لایسیمتر در نظر باشد، در آن صورت، باید یکی از آنها را زیر تاک روکش پی و دیگری را پایین‌تر از تراز میانی نصب کرد، شکل ۱۰ - ۳. چنانچه بخواهند لایسیمتر سومی را هم نصب کنند، بهتر است آن را پایین‌تر از تراز ترانشه گردآوری آب‌بازاله در نظر گرفت. در هر صورت، برای خاکچالهای دوربسته، دست‌کم باید به‌ازای هر مرحله از بهره‌برداری، یک لایسیمتر پیش‌بینی کرد.

الف) لایسیمتر مکشی. لایسیمتر مکشی را زیر منطقه روکش‌دار و دست‌کم ۶۰ سانتیمتر پایین‌تر از تراز لایه زیر پی نصب می‌کنند، تا هنگام کار ساختمانی و گرداندگی، آسیبی نبیند.



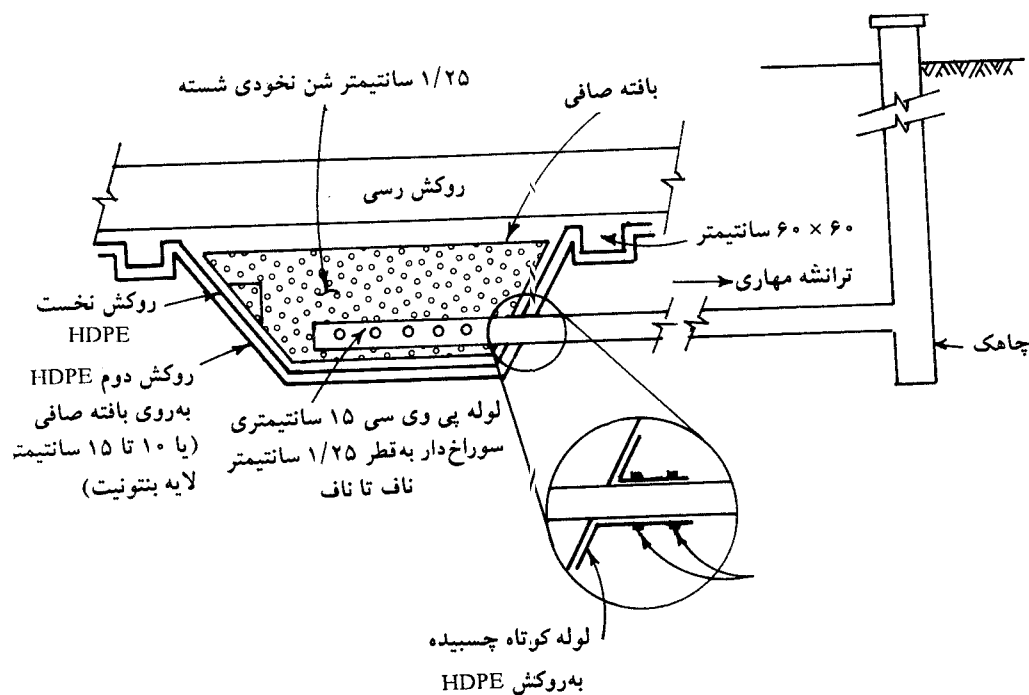
شکل ۱۰ - ۳. جای کارگذاری پیشنهادی برای لایسیمتر.

لایسیمتر که برای نمایاندن میزان نم زمین است، در آن بخش از خاکچال که خیلی بسیار کم است، کاربرد مطلوبی ندارد. لایسیمترهای مکشی، سه گونه‌اند: با سامانه مکشی تهی‌ساز، تهی‌ساز فشاری، نمونه‌بردار تهی‌ساز فشاری یا شیر یک‌سویه. لایسیمترها را به صورت پشت سرهم در ژرفای گوناگون درون یک گمانه، یا درون چند گمانه، نزدیک به هم نصب می‌کنند، شکل ۱۰ - ۴.



شکل ۱۰ - ۴. لایسیمتر مکشی.

(ب) لایسیمتر حوضچه‌ای. این لایسیمتر را هنگام اجرای کارهای ساختمانی، درون حوضچه‌ای کار می‌گذارند تا حجم کافی برای نمونه‌برداری را فراهم آورد، شکل ۱۰ - ۵. برون‌نشت گردآوری شده را می‌شود برای آگاهی از میزان پسدادگی و کیفیت آبزیاله، پایید. برای آزمایش آبزیاله، دست‌کم دو لیتر آبزیاله لازم است. آبزیاله، به وسیله لوله انتقال به لوله ایستان روان شده و از آنجا به وسیله تلمبه یا دستی، برداشت می‌گردد. اندازه لوله



شکل ۱۰-۵. لایسیمتر گردآورنده.

ایستان، باید کافی بوده و دسترسی و پاک کردن آن، آسان باشد. ارتفاع آبزیاله درون لوله ایستان را دست کم دوبار در ماه واریسی می کنند و هرگاه تراز آبزیاله به ۱۵ سانتیمتر زیر کف لوله انتقال برسد، آن را خالی می کنند. چنانچه میزان پسدادگی برای دو تا سه سال یکسان بماند، می شود از بسامد سرکشی و واریسی کاست. پاک کردن لوله انتقال نیز، یک بار در هر دو سال کافی است.

مثال ۱۰-۱

سطح مورد نیاز برای یک لایسیمتر حوضچه ای، را که زیر لایه رسی به ضخامت ۱/۳ متر کار نهاده شده است، در صورتی که میزان هدر رفتگی ۱۰۰٪ و بسامد نمونه برداری ۳۰ روز و تراوایی رس 1×10^{-7} سانتیمتر بر ثانیه (میزان تراوایی با گذشت زمان و گرفتگی روزنه ها در

دو تا سه سال از پایان کار ساختمانی، کاهش می‌یابد) و میانگین ارتفاع فشاری روکش برابر ۳۰ سانتیمتر، به دست آورید:

$$A(1/23 \times 10) = (130 - 30) \times A / (130) \times (1 \times 10) = \text{پسدادگی در ثانیه}$$

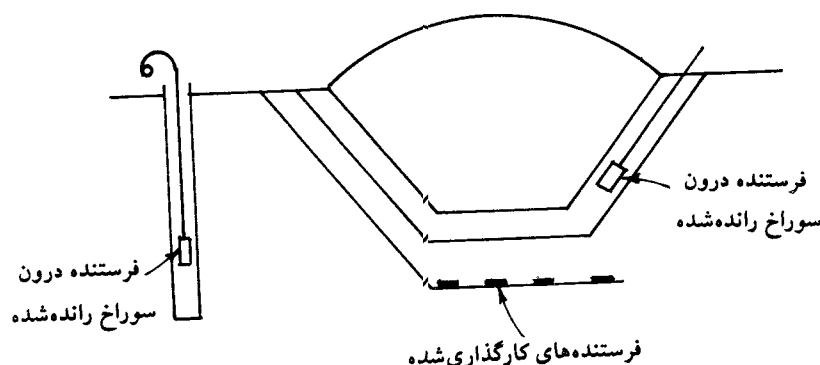
$$A \times 0.3\% = \text{سی روز/پسدادگی} = \text{سطح حوضچه}$$

به ازای ۱۰۰٪ هدررفتگی، دست کم باید ۴ لیتر آبزیاله در یک ماه گردآوری شود. بنابراین: $4 \times 1000 = 0.3\% A$ و A برابر ۱۲۵۳۸۶ سانتیمتر مربع می‌گردد. چنانچه نسبت درازا به پهنای حوضچه ۲:۱ فرض شود، اندازه حوضچه 250×500 سانتیمتر می‌گردد. بهتر است اندازه‌های به دست آمده را ۵۰ تا ۱۰۰٪ افزایش داد که تراوایی کمتر شود و هدررفتگیهای دیگر، سرشکن گردد.

۴-۲. پایش بی‌میانجی (مستقیم) پسدادگی

بسیاری از پژوهشگران برآنند که ابزاری نو فراهم آورند، یا دستگاههای موجود را برای نمایاندن پسدادگی هماهنگ کنند. اگرچه در این کوششها دستیافتهایی هم حاصل شده است، اما در اساس دستگاههای پایش بی‌میانجی، همان است که بوده. یکی از این دستگاهها، دگرگونی میزان نم منطقه خیس زمین را می‌نمایاند و گونه دوم آن، دگرگونی چگالی (میزان شوری) منطقه آبدار را آشکار می‌کند. هر دوی این دستگاهها، میزان نم یا دگرگونی چگالی شیمیایی را نشان می‌دهد و گویای تغییر کیفی نیستند. این دستگاهها، اگرچه در آغاز کار بهره‌برداری از خاکچال با روکش رُسی - که در آن پسدادگی کم است - آگاهیهای سودمندی فراهم می‌آورد، اما با گذشت چند سال که ایستایی در منطقه نمودار پدیدار می‌شود، از کار می‌افتد و به درستی پسدادگی را نشان نمی‌دهد. کاربرد این دستگاهها برای خاکچالهای با پسدادگی صفر و بسیار کم (خاکچالهای دوروکشه یا باروکش ساختگی) چندان سودمند نیستند. با این همه اگر به هر دلیلی پسدادگی رخ دهد، چون آگاهیهای پرارزشی را در اختیار می‌نهد، توجیهی برای هزینه انجام شده به دست می‌دهد. پایش بی‌میانجی را که در زیر چند نمونه از آنها نامبرده شده، برای پایش روزانه از خاکچالها به کار نمی‌گیرند.

الف) نم سنج نیوترونی . این نم سنجها را که نیمرخ از نم خاک را نشان می دهد، زیر خاکچال، یا در گمانه ای در نزدیکی و کناره خاکچال، کار می گذارند، شکل ۱۰ - ۶.

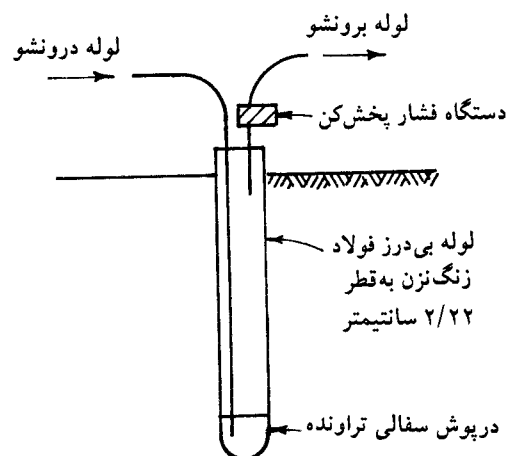


شکل ۱۰ - ۶. کارگذاری نم سنج نیوترون.

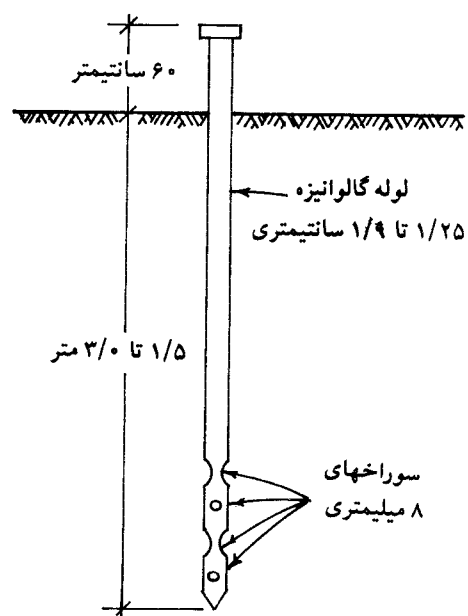
ب) میله بازرسی با پرتو گاما . این میله بازرسی را برای نمایاندن دگرگونی نم خاک به کار می گیرند. میزان کاهش و باریک شدن پرتو گاما، بستگی به چگالی کلی و نم مواد متشکل دارد.

ج) بلوکهای مقاوم جریان برق . این بلوکهای با پوشش اسفنجی را که در خاک کار می گذارند، با دگرگون شدن آب در منطقه آبدار، ویژگی آنها تغییر می کند. با فراهم آوردن نمودار تغییرها می توان به میزان نم خاک پی برد.

از میان این گونه دستگاهها، اندازه گیر دمایی و تنش سنج را، می توان نام برد که کاربردی دیرینه در کارهای خاکی دارد و برای اندازه گیری فشار منفی (فشار مویینه) موجود در خاک سیراب نشده، به کار می گیرند، شکل ۱۰ - ۷. اندازه گیرهای پراکندگی گرما، میله بازرسی الکتریکی، گیرنده های شورنما و اندازه گیرهای میله ای گاز خاک نیز، برای دانستن آمیخته های آلی گریزنده به کار می رود، که از آهن گالوانیزه است، شکل ۱۰ - ۸. دستگاههای موج سنج نیز در بازار موجود است که بر پایه دوگانگی ویژگیهای الکتریکی آب و خاک کار می کنند.



شکل ۱۰ - ۷. کارگذاری تنسیومتر.



شکل ۱۰ - ۸. میله بازرسی گاز زیرزمین.

۵. پایش آب زیرزمینی

برای یافتن آثار آلودگی در آبهای زیرزمینی، دو راه در پیش است: یکی روش پایش یا میانجی و استفاده از چاه آب، دیگری براساس کاربرد ژئوفیزیک که برای «بهسازی» آبهای آلوده زیرزمینی است و کمتر برای «پایش» آبهای زیرزمینی از آن استفاده می‌شود. نکته‌های زیر را در طرح، کارگذاری چارخانگ و نمونه‌برداری از آب زیرزمینی، به کار می‌بندند: هماهنگ کردن جای نمونه برداریها، کمترین نمونه‌برداری ممکن، طرح و ساختمان چاهها، چگونگی کیفیت آب زیرزمینی پیش از ساختمان و بهره بردن از خاکچال، بسامد نمونه‌برداری، برداشتن نمونه‌ها و نگهداری آنها تا انجام آزمایش روی آنها.

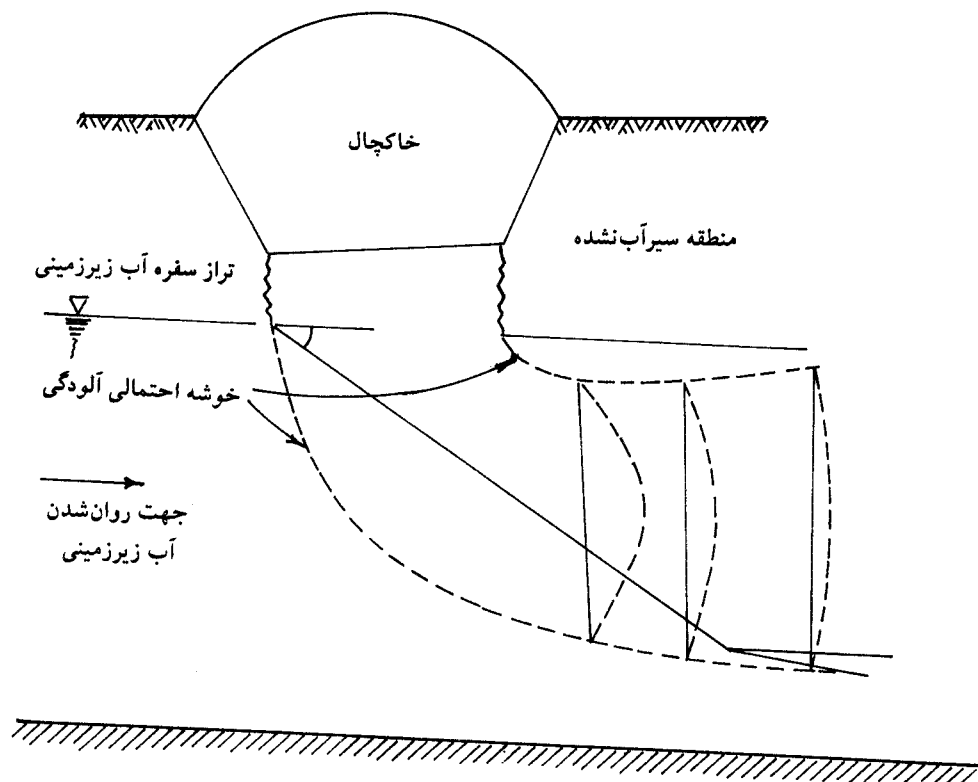
۵-۱. تیرگ جانما (محور مختصات) و نقطه‌های نمونه‌برداری

ریخت آلودگی خوشه‌وار آبزیاله، باید پیش از طرح و کارگذاری سامانه پایش و پیش از چال کردن پسمانده، از سوی مهندس طرح، انگاشته شود. این کاری دشوار است، به‌ویژه اگر خاک زیر سفره آب زیرزمینی، دارای چینه‌بندی و کپه‌های خاکی با تراوایی گوناگون و ترک‌خوردگی باشد. در گفتار دوم، نکته‌هایی درباره شناسایی کارگاه آورده شد. نکته مهم دیگر، در ارتباط با چارخانگ پایش خاکچال و جابه‌جا شدن ماده‌های آلاینده است، که پدیده‌ای سه سویه می‌باشد. در راستای ژرفا که شاغولی است و تنه شکافدار چاه در آن سوی این جابه‌جایی، همان اندازه مهم است که در دو سوی دیگر. به هر حال، باید به سه پدیده مؤثر در گزینش جای چاه پایشی توجه داشت، که عبارت‌اند از: ویژگی شیمیایی ماده آلاینده که احتمال نشت آن می‌رود طرح خورد خاکچال و روکش به کار رفته که گزینش آن بستگی به نوع پسمانده دارد و ویژگیهای زمیناب کارگاه.

جابه‌جا شدن مواد آلاینده در زیر سطح زمین، بستگی به میزان حل شوندگی آن مواد در آب، خاصیت پراکندگی و پخش و نیز، واکنش آنها با خاک زمین کارگاه دارد. از این‌رو، گستره خوشه آلودگی بسته به نوع آمیخته‌ها، یکسان نیست. آلاینده‌های سبکتر و آبکی‌تر و نیامیختنی، بیشتر گرایش به شناور شدن دارند، اما در آلاینده‌های سنگین‌تر و آمیخته شو، جابه‌جا شدن به درجه گرانروی و چگالی، بستگی دارد. دسته‌ای از ماده‌ها، مانند کلرورها و مواد با وزن مولکولی کم نیز هستند، که بسیار جنبنده بوده و به خوبی جابه‌جا می‌شوند، در

حالی که موادی با وزن مولکولی سنگین مانند فلزها، از جنبندگی کمتری برخوردارند. ریخت خوشه‌های آلودگی، بستگی به سرعت جریان و نشت آب‌باله در آبخیزگاه نیز دارد. سرعت جریان در خاکچالهای خودپالا، بیشتر از سرعت جریان آب‌باله در خاکچالهای دور بسته است، از این رو، رخنه آب‌باله در خاکچالهای خودپالا، در ژرفای بیشتری از آبخیزگاه دیده شده است.

ویژگی زمین کارگاه از دیدگاه فن زمیناب نیز، دوگونه است: یا همگن است، یا درهم ریخته و ناهمگن. انگاشتن (برآورد) آلودگی در زمینهای همگن ساده‌تر و کار پایش آسانتر است، در نتیجه، گزینش جای کارگاه خاکچال در آبخیزگاههای همگن، راحت‌تر است. در آبخیزگاههای ژرف و ماسه‌ای، ریخت هندسی خوشه آلودگی، مانند شکل ۱۰ - ۹ است و می‌شود آن را مرزبندی کرد. گوشه‌ای که در شکل نشان داده شده، گوشه دورگشت می‌نامند



شکل ۱۰ - ۹. برش خوشه آلودگی در خاکچالی با آبخیزگاه ضخیم و همگن.

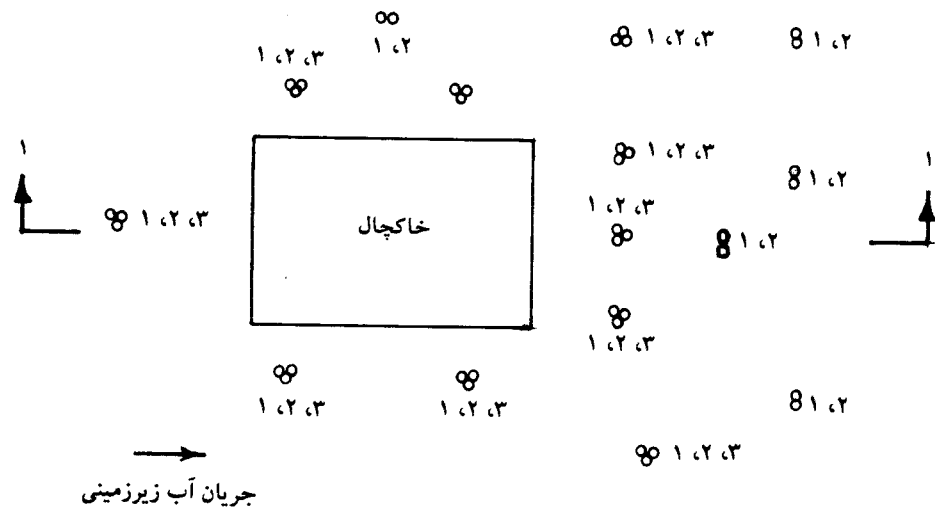
که با بهم پیوستن دورترین نقطه خاکچال و مرز خوشه که آن را به فاصله ۹۰ متری در نظر می گیرند، به دست می آید. آبخیزگاههای ناهمگن، دو گروه اند: تو در تو که یک لایه ماسه ای و یک لایه رس است، گروه دوم به شکل عدسکهای رس است در چینه پر از ماسه.

الف) آبخیزگاه با بستر تو در تو. در این گونه، چینه بندی، سمت روان شدن آب زیرزمینی در لایه بالایی یا پایینی یکی نیست و شیب هیدرولیکی در یکی افقی و در دیگری شاغولی است. اساس طرح سامانه پایش در این گونه زمینها، با ارزیابی درست از جهت جریان و شیب هیدرولیکی میسر است. در شکل ۱۰-۱۰، نمونه ای از خاکچال خودپالا برای زباله شهری، در آبخیزگاهی با بستر تو در تو نشان داده شده است. چون رخنه کردن خوشه آلوده به لایه زیرین امری ممکن است، نمونه برداری از آب - پیش از چال کردن پسمانده و از سه لایه دور از هم - لازم است. درباره خاکچالهای دور بسته چون پیکره خوشه آلودگی به گونه دیگری است، باید سامانه پایش را متناسب با آن تغییر داد.

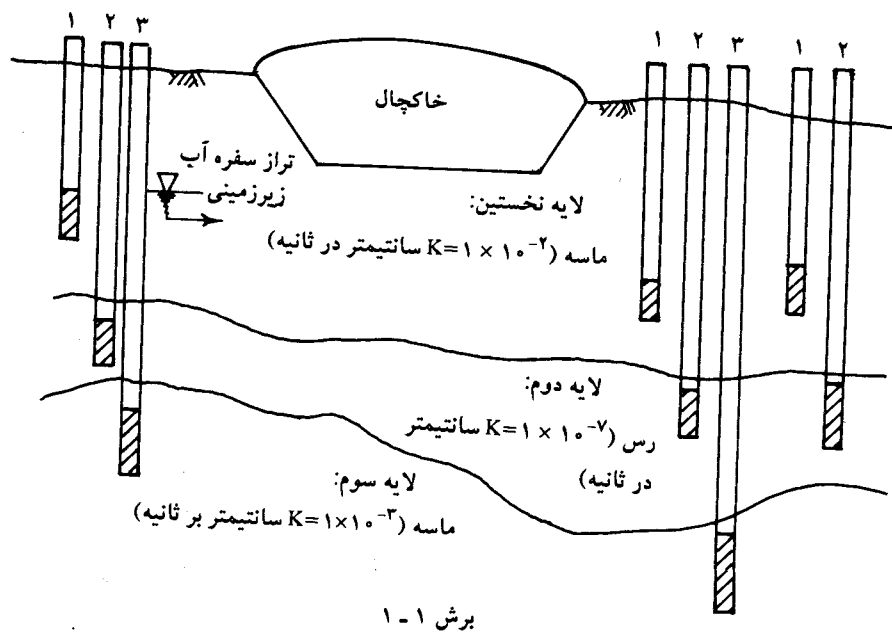
ب) آبخیزگاه با عدسکهای رسی. در این گونه کارگاهها، دانستن اندازه عدسکها مهم است. گاه این عدسکها، ایستابه های بسیار بزرگی هستند (منظور از ایستابه، آب غوطه وری است که تخلیه شدنی نیست). شکل ۱۰-۱۱، نمونه ای از خاکچال دور بسته برای کارخانه کاغذسازی، در این گونه زمینهاست. همان گونه که دیده می شود، نمونه برداری از آب بالادست در ژرفا و پایش عدسک بزرگ رسی، جداگانه انجام می گیرد.

۵-۲. طرح چاهها و بسامد نمونه برداری

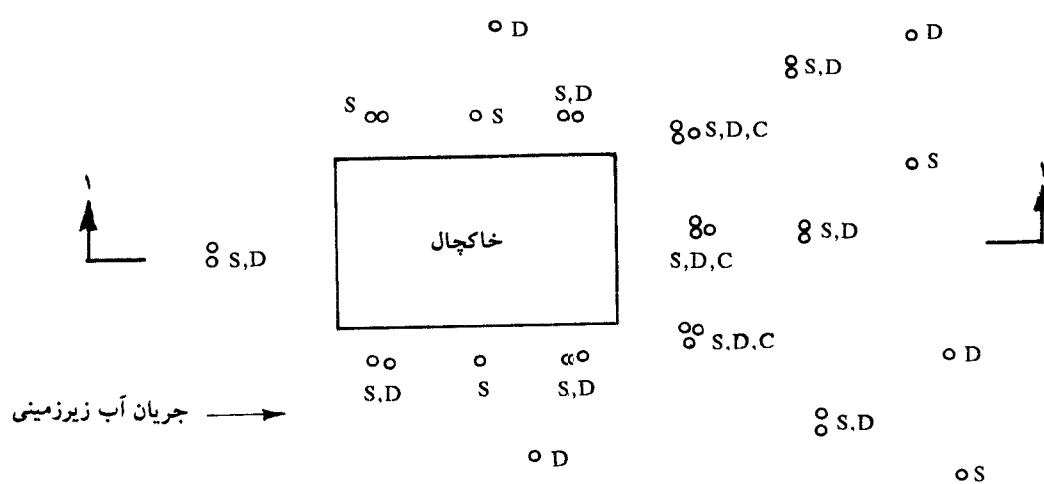
پس از تثبیت تیرگ جانما، به ساختن چاه در نقاط نمونه برداری می پردازند. طرح چاههای بالادست خاکچال، و نیز آگاهی از چگونگی آب زیرزمینی، دو موضوع مهم است. برای پایش کیفیت آب بالادست خاکچال، چاه را در بالادست در نظر گرفته و با بسامد مشخص به پایش دگرگون شدن کیفیت آب زیرزمینی در شیبی پایین تر، می پردازند. کیفیت آب بالادست با آلوده شدن آب در بالادست خاکچال، تغییر می یابد و برای آگاهی از این دگرگونی، باید چندین چاه با جدار شکافدار، مانند شکل ۱۰-۱۲، در نظر گرفته شود و



نمای گسترده



شکل ۱۰-۱۰. پایش آبخیزگاه تو در تو و درهم رفته.

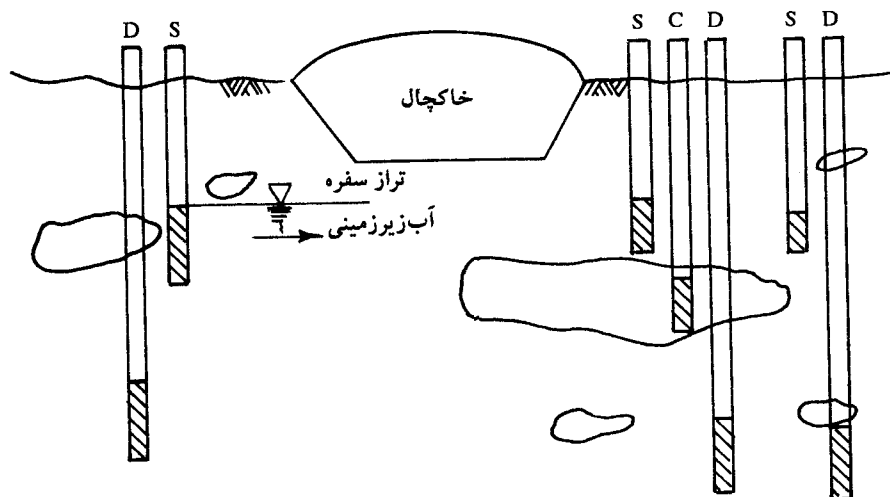


نمای گسترده

S = کم ژرف

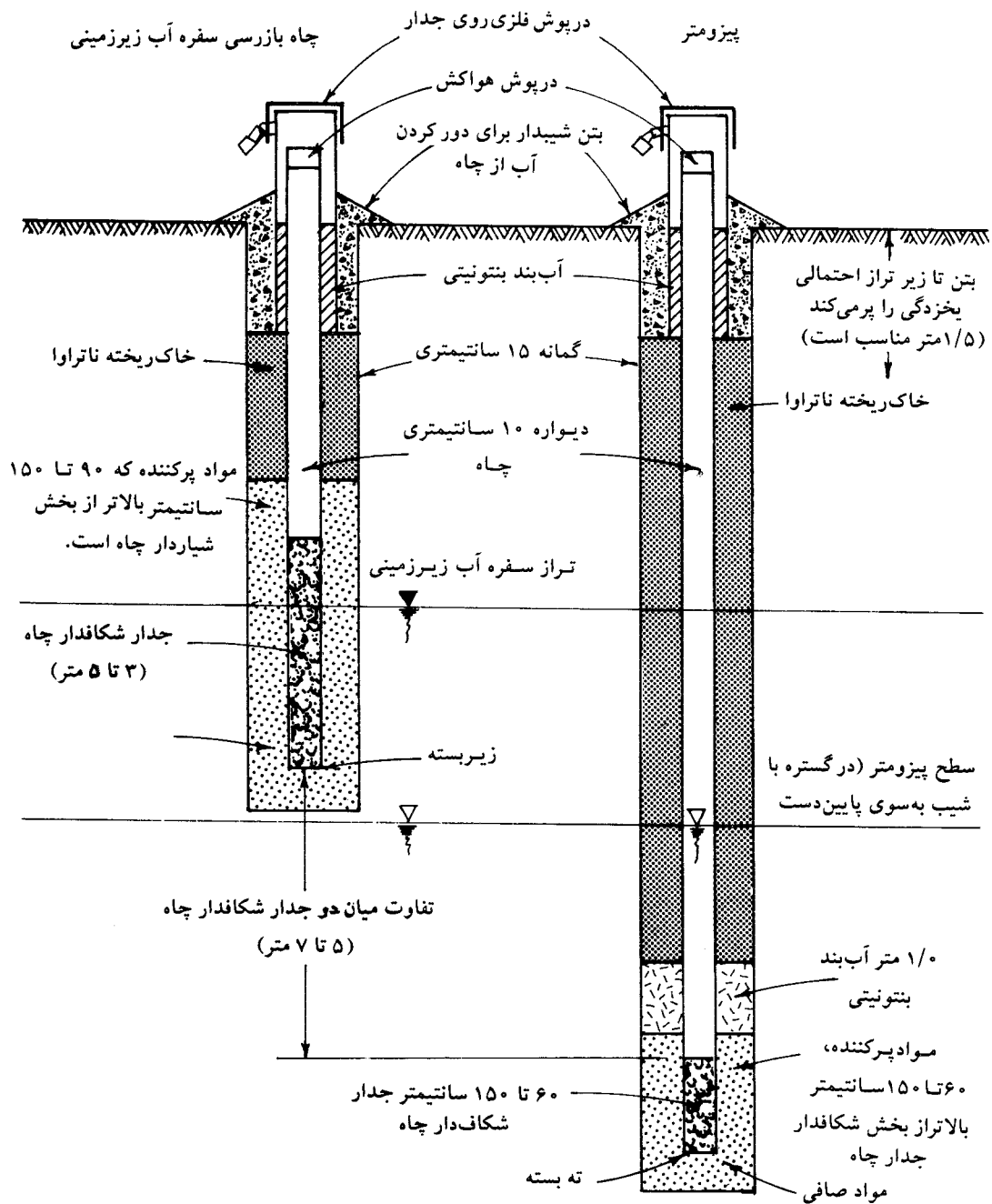
D = ژرف

C = در عسک های رسی



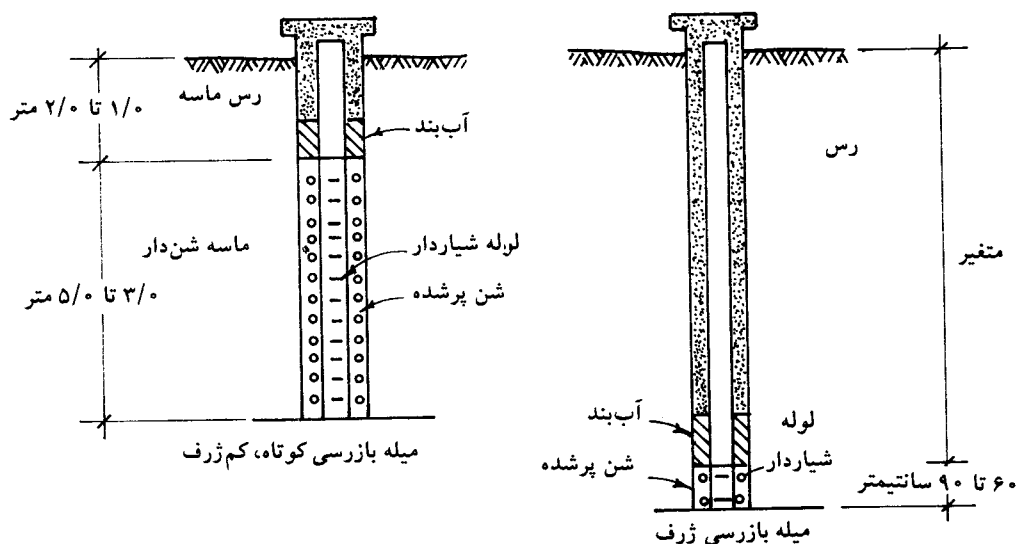
برش ۱-۱

شکل ۱۰-۱۱. پایش عسک آلوده درون، آبخیزگاه در خاکچال کارخانه کاغذسازی.



شکل ۱۰ - ۱۲. چاه پایش تراز آب زیرزمینی و پیزومتر باریزه کاربهای آن.

بالادست با آلوده شدن آب در بالادست خاکچال، تغییر می‌یابد و برای آگاهی از این دگرگونی، باید چندین چاه با جدار شکافدار مانند شکل ۱۰ - ۱۲، در نظر گرفته شود و اندازه‌گیری در چند تراز، انجام گیرد. برخی، کاربرد پیزومتر را در انجام این کار پیشنهاد کرده‌اند که در ژرفای گوناگون کارگذاری می‌شود، شکل ۱۰ - ۱۳.



شکل ۱۰ - ۱۳. میلۀهای بازرسی گاز خاکچال.

گزینش تنه چاه بستگی به چگونگی آب و پدیده‌های شیمیایی دارد که در ضمن پایش به دست می‌آید. کاربرد لوله‌های (پی وی سی) برای مواردی که مواد آلی در میان نباشد، مناسب است. اما با بودن مواد آلی، از لوله‌های فولادی با پوشش شیمیایی نارادیواکتیو، سود می‌جویند، برای چاههای کم ژرفا، لوله (پی وی سی) ۵ سانتیمتری شماره ۴۰ و برای چاههای ژرفتر از ۳۰ متر، بهتر است از لوله‌های (پی وی سی) شماره ۸۰ استفاده شود. اندازه شکافهای تنه لوله دیواره چاه - به ویژگیهای خاکی که گرداگرد چاه می‌ریزند - بستگی دارد. کاربرد خاکی با دانه‌های ۱۵/۰ تا ۲۵/۰ میلیمتر مناسب است. سطح شکافها، باید دست‌کم ۱۰٪ سطح همه تنه لوله باشد. مواد صافی ریخته شده

به گرد چاه، بهتر است از موادی مانند سیلیس پاک و خالص باشد که واکنشی به ماده‌های شیمیایی نشان نمی‌دهند.

راه‌اندازی چاه، با شست‌وشوی آن آغاز می‌شود. با این کار، مواد انبوه شده هنگام چاه‌زنی از میان برداشته شده و تراوایی خاک گرداگرد چاه به حال نخست برمی‌گردد. بهترین روش شست‌وشوی چاه، کاربرد تلمبه با آبی پرفشار و تندواره است که در چاه روان گردد. حفاظت چاه در سطح زمین نیز، ضروری است.

فراهم آوردن برنامه‌ای از کارگذاری چاهها، همراه با رعایت نکته‌های زیر، کاری سودمند است: شمارش چاهها، شماره‌بندی آنها و جای هر چاه نسبت به تیرگ جانما، تاریخ کارگذاری، نوع، جنس و اندازه تنه دیواره چاه، تراز نقطه زیرین تنه دیواره چاه، تراز نقطه زیرین تنه چاه نسبت به سطح دریا، تراز کف چاه و تراز آب، کیفیت آب زیرزمینی در کارگاه، پیش از ریختن پسمانده در خاکچال (آب دست نخورده بالادست). با نبودن برنامه نمونه‌برداری برای دست یافتن به همه پدیده‌های شیمیایی، هشت بار نمونه‌برداری به صورت ماهیانه از همه چاههای بالادست، برای پایش آب زیرزمینی پس از ریختن پسمانده در خاکچال، لازم است. پایش آب زیرزمینی نیز بسته به نوع پسمانده، اندازه و طرح خاکچال، جنس آبخیزگاه به صورت موسمی، دویار یا یک‌بار در سال، انجام می‌شود.

۶. پایش گاز

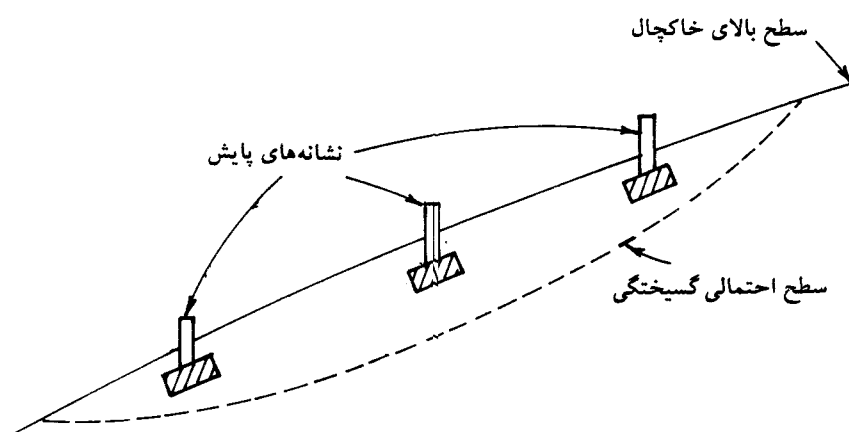
گاز برخاسته از درون خاکچال، در روی زمین کارگاه - حتی برای خاکچالهای دوربسته که ایجاد آلودگی از این دیدگاه کم است - باید پاییده و کنترل شود. هوای پیرامون خاکچال هم باید پاییده و مطمئن شد که عاری از مواد آلاینده بیماری‌زا و زیانبار است، و گرفتاری برای مردم و کارگران پیرامون خاکچال، فراهم نخواهد شد.

۶-۱. پایش گاز زیرزمینی

هدف از پایش گاز، آگاهی از چگالی متان در خاکچال است، زیرا متان با ۵٪ تا ۱۵٪ تراکم از حجم هوا، می‌تواند بترکد. نکته مهم در این بررسیها، به‌یاد سپاری جابه‌جا شدن نایک‌نواخت

گاز متان است. اندازه‌گیری متان، دوبار در روز و هفت تا ده روز پیاپی در ماه و نیز هنگامی که جابه‌جایی بیشتری از متان به چشم می‌خورد، باید انجام گیرد.

برای انجام این کار، میله گازسنج را که مانند میله چاههای آب است، پیرامون خاکچال کار می‌گذارند. پیش از گزینش ابزار پایش و جای کارگذاری آنها، بهتر است خاک زیرزمین بررسی شود. بیشترین جنبش و جابه‌جایی گاز در لایه‌های ماسه‌ای است، اما در زمینهای ترک‌دار نیز، جابه‌جایی گاز دیده شده است. گاز از لابلاهای شنهای ریخته شده در ترانشه لوله و دیگر تسهیلات محوطه، جابه‌جا شده و بیرون می‌زند. برای کار پایش گاز، از میله‌های گازسنج کوتاه یا بلند، با جدار شکافدار، سود می‌برند و کف آنها را بالاتر از بلندترین تراز سفره آب زیرزمینی، در نظر می‌گیرند، شکل ۱۰ - ۱۴.



شکل ۱۰ - ۱۴. پایش پایداری شیب کناره با کارگذاری نشانه‌های میله‌ای.

۶-۲. پایش هوای خاکچال

نمونه‌برداری و آگاهی از چگالی آلودگی هوا در بررسی پایش هوای خاکچال، همراه با دشواریهای خاصی است. دستگاههای گوناگونی در این زمینه فراهم آمده، که از آن جمله نمونه‌برداری دستی گیلیان (GILIAN) است، که شامل تلمبه و لوله‌های بدون درز زغال زنده یا فعال بوده و می‌توان در مدت ۶ دقیقه کار نمونه‌برداری را انجام داد.

۷. پایش انبار آبزباله

تراز و کیفیت آبزباله، در انبار آبزباله باید پاییده شود. بر پایه برآورد میزان آبزباله به هنگام طرح، می شود زمان پر شدن انبار را پیش بینی، و از لبریز شدن آن جلوگیری کرد. آگاهی روزانه، هفتگی، و ماهیانه از بده و ارتفاع فشاری تراز آبزباله در انبار، لازم بوده و بهتر است دست کم سالی یک بار، آزمایش کیفیت و آزمایش میزان اکسیژن مورد نیاز زیستی (بی اودی) از آبزباله هم انجام شود و اثر آن بر فرآیند تصفیه فاضلاب در تصفیه خانه شهر یا کارگاه، روشن گردد.

۸. پایش پایداری پوشش پایانی

اگر شیب پسمانده انباشته در خاکچال، خیلی تند باشد، آزمایش پایداری پوشش، لازم می شود. روش انجام این آزمایش، به نوع پوشش که رسی یا ساختمانی باشد، بستگی پیدا می کند.

۸-۱. پایش روکش ساختمانی

ابزار نشست نما را برای پایش پایداری پوشش پایانی، روی روکش ساختمانی کار می گذارند، تا از میزان نشست پوشش آگاه شوند. نشست بیش از اندازه روکش که بیشتر در مورد پسمانده های لجنی رخ می دهد، ممکن است سبب برش در روکش شود. این دستگاهها را، به فاصله ۳۰ متری از یکدیگر و در چهارگوشه چارخانگ کارگذاری می کنند و اندازه گیری موسمی یا نیم سال را انجام می دهند. نشست نما را برای آگاهی از پایداری خاکچال، در بخش شیبدار کار می گذارند، اما برای سنجش نشست لجن، بهتر است آن را در سطح پوشش پایانی سوار کرد، که احتمال نشست بیشتر است.

۸-۲. پایش روکش رسی

روکش رسی پوشش پایانی نیز، باید پاییده شود. برای این کار، از نشانه هایی استفاده می شود که روی سطح شیبدار کناره خاکچال و در فاصله های ۳۰ متری چارخانگ کار می گذارند، تا

نشست آن بخش به درستی آشکار گردد. زمان اندازه گیری نیز، موسمی یا نیم سال است. چون گسیختگی در راستای کمانه دایره ای رخ می دهد، از این رو در پایش شیب کناره، دست کم باید سه نشانه در امتداد شیب، نصب کرد. پایش این نشانه ها باید در هر دو جهت افقی و شاغولی به صورت موسمی و نیم سال انجام گیرد، تا به خوبی از وضعیت پایداری پوشش آگاه شد.

گفتار یازدهم

کاربری و گرداندن خاکچال

۱. شناسایی

راز کاربری و گرداندن بی دردسر خاکچال، داشتن برنامه‌ای ساده و سامان یافته از طرح، و نیز کارکرد هر بخش از خاکچال است. برنامه‌ای که تنها برای خشنودی دست اندرکاران و همداستانی با آیین‌نامه‌ها فراهم آید، راهگشا نمی‌تواند باشد، مگر آنکه بر پایه آزمون‌ها و در هماهنگی با شرایط بومی فراهم آمده باشد. «دستور کار» یعنی روش گرداندن و بهره‌برداری از طرح برای انجام کارهای روزانه، ماهانه و سالانه، سبب می‌شود از حجم خاکچال، نهایت استفاده شود، ضمن آنکه از دیدگاه ایمنی، نگهداشت محیط زیست، و تأمین بهداشت، در هماهنگی با استانداردهای سازمانهای خدمات شهری و بهداشت همگانی بسیار مؤثر است. توجه به چند نکته در گرداندن خاکچال یاری‌دهنده است:

- الف) بیشترین درهم فشردگی و تراکم پسمانده، هنگامی فراهم می‌آید که کوبیدن خاک از کف بستر خاکچال تا تراز قطعی، به درستی انجام پذیرد.
- ب) پسمانده از کناره‌های خاکچال، به درون آن ریخته شود.
- ج) راههای دسترسی درون و بیرون از خاکچال، باید برای دگرگونی آب و هوا در درازای سال، مناسب باشند.

(د) بر درونی خاکچال، در همه سو از شیبی ملایم (۳ افقی و ۱ عمودی) برخوردار باشد.

(ه) منطقه پرآمد و شد و پرجنب و جوش خاکچال، کوچک و جمع و جور باشد.
(و) آبهای سطحی ناشی از بارندگی، با ساختن نهرک و آب برهای کوچک، گردآوری و از خاکچال و پیرامون آن بیرون رانده شود.
(ز) آبهایی که در تماس با پسمانده است، درون کارگاه و از کارگاه، به هر سو جاری نشود.

(ح) پیرامون کارگاه خاکچال، باید حصار داشته و درهای آمد و شد از خاکچال، قفل داشته باشد.

(ط) برای سوزاندن آن بخش از زباله‌هایی که سوختنی هستند، مراقبتهای لازم پیش‌بینی شود.

(ی) در کارگاه خاکچال، نوشته و نشانه‌های راهنما برای آمد و شد خودرو و جز اینها، آشکار و روشن، پیش چشم کارگذاره شوند. در خاکچالهای شهری، بهتر است جای ریختن ابزار چوبی و تخته و دیگر ماده‌های سوختنی مانند آن و نیز جای یخچال و دیگر ابزار خانگی، و جای ماده‌های بازیافت‌پذیر مانند تباغذ، مقوا و شیشه، مشخص و جدا از هم فراهم شود، تا دسترسی و بازیابی آن، ساده‌تر انجام گیرد.

(ک) گردانندگان خاکچال، باید آزمودگی کافی برای نشانیدن و خاموش کردن آتش داشته و آشنا به شیوه‌های رسانیدن کمکهای فوری به کارگران زخمی و دیگر آسیب‌دیدگان باشند.

(ل) گردانندگان و کارگران کارگاه، باید آموزش لازم برای ایمنی کارگاه و رویارویی با هرگونه خطر را فرا گرفته باشند.

(م) گردانندگان و کارگران، باید از پیدایش پدیده‌هایی مانند باکتریها و ماده‌های شیمیایی آلاینده در کارگاه آگاه بوده و در انبار کردن جنسهای گوناگون، احتیاط نشان دهند و نیز، هنگام خوردن و نوشیدن در کارگاه همیشه هشیار باشند.

(ت) گردانندگان و کارگران، باید در آگاهی کامل از اصول نگهداری کارگاه، و به‌روشهای برداشتن گزارش از روند کار و رویدادها، آشنا باشند.

۲. کاربرد خاک کوب

گزینش درست ابزار با ظرفیت مناسب، در بهره‌برداری و گرداندن خوب خاکچال، کاری پایه‌ای بوده و فراهم بودن و دسترسی آسان به تکه‌های یدکی به هنگام نیازمندی، امری اساسی است. بهتر است از برخی ابزار و خودروها دو یا سه واحد، در کارگاه فراهم آمده باشد، تا هنگام از کارافتادگی دستگاهی، روال گرداندگی خاکچال درهم نریزد و دشواری به بار نیاید. سه کار مهم و پایه‌ای در گرداندگی خاکچال، چنین‌اند:

الف) پخش یکنواخت و آرام پسمانده‌های ریخته شده در خاکچال؛ ب) کوبیدن و درهم فشردن پسمانده ریخته شده؛ ج) پخش روزانه خاک و پوشش میانی روی پسمانده.

جدول ۱۱ - ۱. فهرستی از ابزار لازم در کارگاه و کاربرد آنها

نام ابزار		پسمانده بستگ (جامد)		پوشش روی پسمانده	
کارکرد ابزار	پخش کردن	کوبیدن	کندن	پخش کردن	کوبیدن
بولدوزر چرخ زنجیری	بسیار خوب	خوب	بسیار خوب	بسیار خوب	خوب
خاک بارکن (لودر)	خوب	خوب	بسیار خوب	خوب	خوب
بولدوزر چرخ لاستیکی	بسیار خوب	خوب	بد	خوب	خوب
لودر چرخ لاستیکی	خوب	خوب	بد	خوب	خوب
خاک کوب خاکچال	بسیار خوب	بسیار خوب	نه چندان	خوب	بسیار خوب
اسکریپر	نامناسب	نامناسب	خوب	بسیار خوب	نامناسب
دراگلاین	نامناسب	نامناسب	بسیار خوب	بد	نامناسب

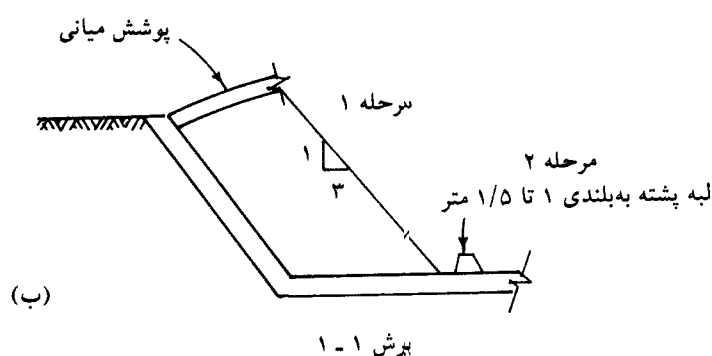
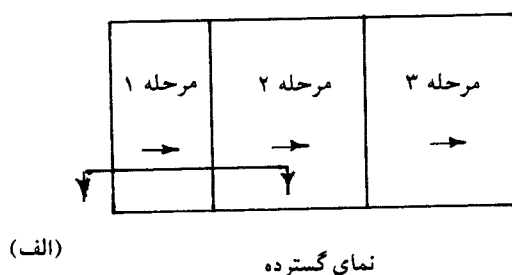
نکته دیگر، در دسترس بودن همه تکه‌ها و ابزار یدکی و جای دادن آنها در کتوها و قفسه‌های برجسب‌دار و پیروی از شیوه روغن‌کاری، شست‌وشو و نگهداری روزانه ابزار کارگاه است که بر پایه برنامه‌ای با پیشنهاد و نظر سازندگان، انجام گیرد.

۳. مرحله‌بندی انجام کار

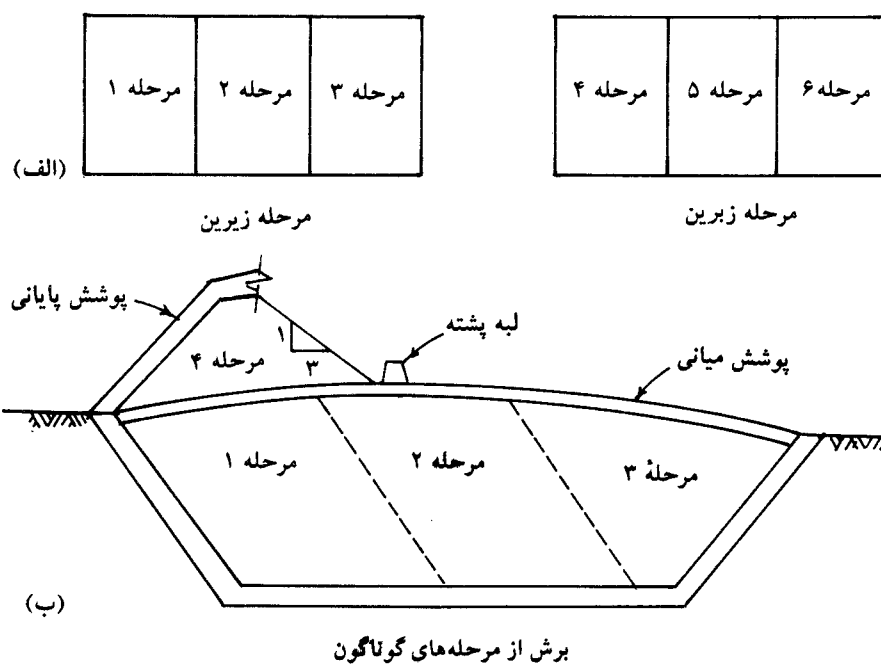
مرحله‌بندی انجام کارهای خاکچال، چه هنگام گرداندن و چه در زمان برنامه‌ریزی مالی و

بودجه‌بندی - و انجام پوشش پایانی خاکچالهای خودپالا و دور بسته (گفتار ۱۲ - ۱ - ۲) - بسیار مهم است. بهتر است پوشش هر بخش از خاکچال، در کمترین زمان ممکن انجام گیرد. لازمه چنین کاری آن است که در هر بخش از خاکچال زیر بهره‌برداری، پسمانده تا تراز قطعی در همان بخش ریخته و کوبیده شود، شکل ۱۱ - ۱. چنانچه بلندی پسمانده ریخته و کوبیده شده از کف خاکچال به بیش از ۹ متر برسد، بهتر است برای آن، پوشش میانی در نظر گرفت که شامل خاک رسی به ضخامت ۶۰ سانتیمتر و روخاکی به ضخامت ۱/۵ سانتیمتر است، شکل ۱۱ - ۲.

از آنجا که خاک مصرفی در روند ساختمان پوشش میانی آلوده می‌گردد، نباید از آن خاک در ساختمان پوشش پایانی سود جست. در برنامه کارگرداندگی خاکچال، باید جهت ریختن پسمانده به‌خوبی روشن شده باشد، تا هیچ‌گونه سردرگمی پیش نیاید. راههای دسترسی، هرگز نباید روی خاکریز یا پوشش میانی ساخته شود. بهتر است،



شکل ۱۱ - ۱. مرحله‌بندی کار خاکچال یک‌گامه. (الف) نمای گسترده؛ (ب) برش ۱ - ۱.



شکل ۱۱ - ۲. مرحله بندی کار خاکچال چندگانه. الف) مرحله زیرین؛ ب) مرحله زیرین.

راهها در توازی با جهتی باشد که در مرحله بندی ریختن پسمانده، در نظر گرفته شده است. اما راههای شاخه ای را می توان در جهت بستر و شالوده خاکچال بنا کرد. جهت آمد و شد خودروها و دیگر ابزار سنگین، باید چنان باشد که ریختن پسمانده ها در جای نهایی خود، انجام گیرد، تا به جابه جا کردن دوباره پسمانده یا خاک، نیازی نباشد.

۴. پوشاندن روی پسمانده

سه گونه پوشش در ساختمان و بهره برداری از خاکچال، انجام می گیرد: پوشش روزانه، پوشش میانی، و پوشش پایانی. در گفتار نهم و گفتار هفتم، طرح و ساختمان پوشش پایانی آورده شده است. اینک به ساختمان پوشش میانی و پوشش روزانه که در چال کردن درست

زباله شهری بسیار پراهمیت‌اند، پرداخته می‌شود. پوشش روزانه که یک پنجم تا یک ششم حجم خاکچال را تشکیل می‌دهد، از ظرفیت مفید خاکچال می‌کاهد، اما چون دسترسی به خاکچال را ساده‌تر، شکل ظاهری کارگاه را پسندیده‌تر، و از بروز و پراکندگی بوهای ناخوش پیشگیری می‌کند، انجام آن ضروری است. برخی، به پوشش‌های هفتگی و ماهانه بسنده می‌کنند، که هزینه‌ای کمتر به بار می‌آورد، اما این کار، باید با آگاهی و پذیرش سازمانهای دست‌اندرکار خاکچال، بهداشت و محیط زیست باشد. امتیاز دیگر پوشش روزانه، جلوگیری از پراکنده شدن غبار و گرده آشفال، به‌ویژه زباله‌های سبک، مانند کاغذ و پلاستیک، در کارگاه و پیرامون آن است، که همیشه در اثر وزش باد، رخ می‌دهد. سرانجام، پوشش روزانه از خطر انتقال بیماریهای میکروبی و جز آن – که با جابه‌جا شدن پرندگان، حشره‌ها و موش، امکان می‌یابد – بسیار کاسته و در ضمن محیطی بهتر برای خودپالایی پسمانده فراهم می‌آورد. در صورتی که لازم شود روی بخشی از خاکچال، برای زمانی دراز (دو سال و بیشتر) باز بماند، ساختمان پوشش میانی به ضخامت ۱۵ سانتیمتر را پیشنهاد کرده‌اند، تا بارندگی روی بخش پوشیده شده از خاکچال را دور کند و حجم آب‌زباله در خاکچال، فزونی نگیرد.

۵. چال کردن لجنهای بی‌خطر در خاکچال شهری

چال کردن لجن فاضلاب شهری، همراه با زباله شهری، باید چنان انجام گیرد، که هیچ‌گونه گرفتاری پیش نیاید. باید از ریختن لجن آبکی در خاکچال، خودداری ورزید. بهتر است لجن را بیشتر آبیگری کرد تا دست‌کم بیش از ۴۰٪ حجم آن، مواد بستگ (جامد) باشد. سپس، می‌توان لجن را در لایه‌های نازک، روی زباله پخش کرد و روی آن از نو زباله ریخت. با این حال، نباید نسبت لجن به زباله شهری از ۲۵٪ تا ۳۰٪ فزونی گیرد. برای نگهداشت راههای دسترسی و سادگی کار بارگیری و جابه‌جایی کامیونها و زباله‌کش‌ها، در برخی خاکچالها، جایی مشخص و جدا از جای چال زباله، برای پخش کردن لجن در نظر گرفته می‌شود و برای آسانتر شدن آمد و شد، گاهی لجن را با خاک خشک درمی‌آمیزند.

۶. پیشگیری از آتش سوزی در خاکچالها

در خاکچالهایی که پاره‌ای از پسماندها را پیش از چال کردن، در کارگاه می‌سوزانند، همیشه خطر آتش سوزی، پراکندگی دودهای زیان‌بخش، و تهدیدی برای تندرستی کارگران و مردم پیرامون خاکچال وجود دارد. در چنین طرحهایی که بیشتر برای شهرهای دور افتاده و کوچک معمول است، بهتر است به نکته‌های زیر، توجه شود:

الف) گردانندگان خاکچال، همیشه تا خاموشی و نشاندن کامل پسمانده از آتش، در سرکار بمانند.

ب) دست‌کم، سه تا پنج متر از پیرامون جای پسمانده سوزی، آزاد و تهی از هر چیز باشد.
ج) از سوزاندن اسفالت، لاستیک، پلاستیک و جز اینها، خودداری شود، زیرا هوا را بسیار آلوده می‌سازد.

د) ماده‌های سوختنی نخست باید در گودالی سوزانده شده و تنها خاکسترش چال گردد.
ه) جاده‌های دسترسی به گودال زباله‌سوزی، باید همیشه سرکشی شود و آمد و شد به آن، همواره زیر نظر باشد.

و) باید ماسه و خودروهای با مخزن آب و دیگر ابزار آتش‌نشانی، همیشه در دسترس باشد.

ز) گردانندگان خاکچال، لازم است به فن آتش‌نشانی آشنا بوده و کار آموخته باشند.
ح) شماره تلفنهای سازمان آتش‌نشانی و بیمارستانهای پیرامون کارگاه، باید پیش چشم بوده و دسترسی به آنها، هنگام نیاز آسان باشد.

ط) بهتر است که گردانندگان خاکچالهای بزرگ آن را سالی یک بار، از نوباقن و شگردهای نشاندن آتش، آشنا ساخت.

۷. مهار آشفالهای سبک

آشفالهای سبک، مانند کاغذ و پلاستیک پیرامون خاکچال، گرفتاری فراهم می‌آورند. برخی، برای جلوگیری از پخش آشفالهای سبک، هنگام وزش باد، از غربالهای کوچکی بهره

می‌گیرند و در برخی از خاکچالها، در پایان هر روز به گردآوری دستی این‌گونه آشغالها می‌پردازند. در سرزمینهای بادخیز با وزش بادهای شدید، در جهت عمود بر وزش باد، حصاری سیمی به‌پا می‌کنند یا به‌بنای پشته‌های خاکی دست می‌زنند. برای کمک به‌نمای خاکچال و پنهان کردن خاکچال از دید همگانی در بیرون از کارگاه، دو سه رج درخت می‌کارند که روش پسندیده‌ای است.

۸. مهارگرد و غبار

مهار کردن غبار و گرده آشغال در خاکچال، کاری دشوار است. آمد و شد و جابه‌جا شدن خودروهای گوناگون و به‌ویژه، زباله‌کشها و خاک‌کاربردی در خاکچال، همیشه گرد و غبار به‌پا می‌کنند. پاره‌ای از گردانندگان خاکچال، برای فرونشاندن گرد و غبار و خاک، به‌پاشیدن آب می‌پردازند. اما این کار خود سبب افزایش آبرزاله می‌گردد. راه چاره پذیرفته شده، آن است که پسماندهای گرده آشغالدار را در بخشهای پست خاکچال ریخت یا نخست، روی آنها کمی آب پاشیده و سپس، به‌ریختن آنها در خاکچال دست زد.

۹. نگهداری راههای دسترسی

راههای بیرونی و درونی خاکچال، باید به‌خوب نگهداری شود و همیشه آبهای ناشی از بارندگی، از روی آن به‌دور رانده شود. نگهداری از راههای موقت نیز، مهم بوده و لازم است تا آنجا که ممکن باشد از آمد و شد و جابه‌جایی خودروهای سنگین چرخ زنجیری، روی جاده‌های آسفالته، پرهیز شود. چنانچه چاره‌ای بر این کار نباشد، راندن آنها روی شانه جاده‌ها مطلوبتر است. برای جابه‌جایی این‌گونه ابزار، میان بخشهای گوناگون خاکچال و تعمیرگاه خودروها، بهتر است محوطه‌ای پهن و صاف پیش‌بینی شود.

۱۰. نگهداری شبکه گردآوری آبرزاله

لوله و آدم‌رو، انبار آبرزاله، تلمبه‌خانه و دیگر بخشهای وابسته به گردآوری آبرزاله را باید

به خوبی نگهداری کرد. لوله‌ها، باید سالانه یک بار پاک شوند، تا از رشد و افزایش موجودهای ریز زنده در جدار آنها جلوگیری شود. انبار و تلمبه‌خانه و آدم‌روها نیز، همیشه باید پاکیزه بمانند. از آنجا که آب‌زباله سبب زنگ‌زدگی و خوردگی تکه‌های فلزی می‌شود، این‌گونه سرکشی‌ها، از بسیاری دردسرها، مانند سرریز کردن آب‌زباله از انبار یا گرفتگی و از کار افتادن تلمبه و دیگر خرابیهایی که نوسازی گران و پرهزینه به همراه دارد، می‌کاهد. هنگام داخل شدن به درون آدم‌رو، انبار و تلمبه‌خانه، باید هشیار بود و کارگرانی که به چنین کاری دست می‌زنند، باید کمربند ایمنی بسته و چند تن دیگر همیشه آنها را زیر چشم داشته باشند، تا به موقع، به یاری آنها بشتابند. بایسته است که هرگونه مشاهده‌ای از ناروایی‌ها را در بازدیدها، بی‌درنگ به سرپرستان گزارش و به‌نوشته درآید.

۱۱. نگهداری پوشش پایانی

برای کاهش هرچه بیشتر نشست در خاکچال، باید از پوشش پایانی به خوبی نگهداری شود. روان‌شدن آبهای سطحی، نشست خاک، اثر گازهای تولیدی از درون خاکچال بر رستنیهای روی پوشش و دیگر موارد مشابه، سبب سایش رویه پوشش پایانی خاکچال می‌گردد. هنگام رخداد چنین آسیبهایی، باید بی‌درنگ سطح آسیب یافته پوشش، مرمت گردد و ریشه گرفتاری از میان برداشته شود. چنانچه آسیب وارده بر روخاک و رستنیها، ناشی از فشار گاز برخاستی از درون خاکچال باشد، باید ابزار گاز کش برای خاکچال، پیش‌بینی شود. آسیب پوشش، ممکن است در اثر فرسایش و شسته شدن رویه خاکی باشد، که لازم است دلایل سایش و آسیب بررسی و روشن گردد. درازای بیش از اندازه پوشش، تندی یا کمی شیب رویه، روییدن نامرتب رستنیها و بدی سبزه‌های روی آن، یا نشست نایکنواخت پسمانده زیر پوشش، سبب آسیب و سایش می‌شود. رستنیهای روی پوشش، باید به‌درستی نگهداری شده و همیشه سالم باشند، که در ایستایی شیب و کاهش میزان سایش از یک‌سو، و کاستن میزان آب‌زباله با روان ساختن بهتر آبهای بارش به‌سوی شبکه آب باران و آب‌برها و همچنین بخار شدن آن از سوی دیگر، کمک شایانی می‌کند.

در سه تا پنج سال نخست بهره‌برداری از خاکچال، باید دست‌کم دو بار در سال -

یک بار هنگامی که رشد رستنیها بسیار آرام می شود و یک بار در موسم بیشترین رشد آنها - از سراسر پوشش پایانی، سرکشی به عمل آید. بهترین موسم دیدن آسیب، هنگام خشکی گیاهان و رستنیها در درازای سال است و جاهای تَنک و کم رشد هم به هنگام رشد کامل گیاهان، بهتر به چشم می خورد. با گذشت زمان و در ده پانزده سال نخست گردانندگی خاکچال، چنین سرکشی هایی ضروری است. در گزینش رستنیها، باید توجه داشت که چنان ریشه دوانی نداشته باشند که سبب افزایش نشست آب به درون خاکچال گردد. سرانجام آنکه، باید از آمد و رفت جانوران به ویژه جانوران سم دار به محوطه، به ویژه روی پوشش پایانی، جلوگیری کرد.

گفتار دوازدهم

بررسی مالی

۱. شناسایی

در سرآغاز طرح خاکچال، نه تنها بودجه بررسیهای نخستین، بلکه هزینه کارهای اجرایی و همچنین هزینه های گرداندن آن، شامل پول لازم برای نگهداری، فراهم آوردن ابزار و خودروها و تکه های یدکی و پایش، باید قلم به قلم مشخص و روشن شود.

چون پایش خاکچال ۲۰ تا ۳۰ سالی پس از بسته شدن آخرین بخش آن ادامه می یابد، چه بسا هزینه درازمدت نگهداری و پایش خاکچالهای دوربسته در برخی موارد، از کل هزینه ساختمانی آن بالاتر رود. پیش بینی پول لازم، باید براساس برآورد هزینه های آینده و با توجه به کاهش ارزش پول باشد.

گرداندن خاکچالها را یا سازمانهای دولتی مانند شهرداری، یا بخشهای خصوصی، مانند صنایع تولیدکننده پسمانده، دراختیار می گیرند. از این دیدگاه، چگونگی تأمین پول مورد نیاز، متفاوت از یکدیگر است. اما آنچه به چشم می خورد، ریزینی و دقت بیشتری است که بخش خصوصی در برآورد هزینه های هر قلم از کار و تک تک کارهای ممکن، نشان می دهد. هزینه خاکچالهای شهری، یا از سوی دولت فراهم می شود، یا شهروندان آن را پرداخت می نمایند. چنانچه شیوه تأمین بودجه، از راه دریافت از شهروندان باشد، بایسته

است که همه نیازمندیها و هزینه‌های روز و آینده، با تورم اقتصادی و جزاینها، به‌شمار آورده شده و ریز هزینه‌ها به‌آگاهی شهروندان برسد. چنین رویه‌ای، همکاری همگانی را فراهم می‌آورد و به‌کاهش برخی از هزینه‌های ناشی از افزایش بیهوده خدمات شهری، کمک می‌کند. ممکن است شهرداری، زیر نام کارفرما، گرداندگی و چرخاندن بخشی از کار، مانند دریافت پرداختهای ماهانه از هر خانه، یا از صنایع راه، به‌بخش خصوصی واگذار کند. در آن صورت، بسته به روش کار چنین سازمانی، ممکن است به‌ازای ظرفیت کامل هر زیاله‌کش، پولی از تولیدکنندگان پسمانده دریافت و بخشی از آن به کارفرما پرداخته شود.

۲. برآورد هزینه‌ها

هزینه خاکچال، در اساس شامل انجام کارهای ساختمانی، گرداندن، پایش و اتمام پوشش پایانی است که همراه با هزینه‌های درازمدت آورده می‌شود. هزینه دیگر در همین زمینه، پول لازم برای آوردن پسمانده تا خاکچال است، که بستگی به فاصله، گستردگی شهر و بافت خیابان‌کشی شهر دارد.

هزینه مهم دیگر، فراهم آوردن خاک لازم برای ساختمان راههای دسترسی و ریختن خاک روی زیاله‌هاست. در جدول ۱۲-۱، سرفصلهایی از هزینه‌ها و پایه کارهای مربوط آورده شده است.

۲-۱. هزینه ساختمانی پوشش پایانی و بستن خاکچال

در جدول ۱۲-۲، فهرستی از کارهای ساختمانی لازم برای انجام پوشش پایانی و به‌سختن دیگر، بستن روی خاکچال، و پایه هزینه‌های مربوط به هر کاری در این زمینه آورده شده است.

ممکن است کارفرما با باز ایستاندن بخش خصوصی از انجام کار در میانه پیمان، ناچار شود اجرای پوشش پایانی ناتمام مانده را خود انجام دهد. هزینه چنین کارهایی که در پاره‌ای از موارد بسیار هنگفت است، هزینه سوم می‌نامند. در برآورد هزینه‌های طرح خاکچال، این هزینه باید گنجانده شود، تا در صورت بروز چنین رویدادی، خدشه‌ای به کار و پیشرفت آن

جدول ۱۲ - ۱. سرفصلهایی از هزینه‌های ساختمانی خاکچال

پایه هزینه	سرفصل کارها
کندن و برداشتن درختان و نخاله‌های روی زمین کارگاه ریختن و کوبیدن سنگ شکسته خراشیدن و تلمبار کردن رو خاک شیب‌بندی در آغاز کار و حفاظت زمین کارگاه از سایش ساختن پشته خاکی، لوله‌های برونشو و سنگچین بریدن و برداشتن خاک تا تراز کار خاکریزی پشته‌های پیرامونی کارگاه (کوبیدن و متراکم ساختن)	تمیز کردن و آماده کردن کارگاه راههای دسترسی به درون کارگاه خراشیدن رو خاک سطح کارگاه ساختمان زهکشهای آب‌بر در کارگاه ساختمان حوضچه‌های ته‌نشینی خاکبرداری تا تراز کار ساختمان پشته خاکی
خاکبرداری، روکش، بسترسازی، لوله‌کشی، لوله ایستان و آدم‌رو انبارها آوردن خاک به کارگاه، ریختن و کوبیدن آن، سامان دادن به برداشتگاه آوردن و ریختن مصالح لازم خاکبرداری ترانشه، بسترسازی لوله‌گذاری، پُر کردن و پهن کردن صافی روپوش کردن دوجداره و کارگذاری گریبانهای چکه‌گیر خاکبرداری ترانشه، لوله‌گذاری، خاکریزی و کوبیدن آن خاکبرداری، کارگذاری یا بنای آدم‌رو، خاکریزی پیرامون آن و تلمبه آوردن رو خاک به کارگاه و ریختن و پخش آن بر مبنای هکتار یا مترمربع از سطح تخم‌پاشی وارسی، آزمایش و گواه‌نگاری از کار و دگرشدگیها	لایسیمتر ساختمان روکش رسی ساختمان بستر زهکش لوله گردآوری آبزیاله لوله برونشوی آبزیاله تا آدم‌رو حوضچه‌های پاکسازی و بازدید شبکه آبزیاله انبار گردآوری و تلمبه‌خانه آبزیاله رو خاک تخم‌پاشی، پخش کود و جز اینها نقشه‌برداری و پایش فنی از کار و گزارش‌نگاری

۲۴۶

گفتار دوازدهم

سرفصل کارها	پایه هزینه
ساختمان پوشش پایانی	ساختمان لایه بندآور و دیگر لایه‌ها، مصالح و ریختن و پخش آن، سامان دادن به برداشتگاههای خاک، ریختن و پخش و شیب‌بندی روخاک
تخم‌پاشی و پخش‌کود و جز اینها	برمبنای هکتار یا متر مربع از سطح تخم‌پاشی
چاههای سنجش ارتفاع فشاری	گمانه زنی و نصب چاهها
آب‌زباله (چنانچه برای نصب پس از تکمیل کار مطرح شده باشد)	
نقشه‌برداری و گزارش و گواه‌نگاری	وارسی، آزمایش، گزارش نویسی، پایش فنی کار
پیش‌بینی نشده‌ها	۱۰ تا ۲۵٪ کل هزینه

۲-۲. هزینه‌های درازمدت

برای خاکچالهای خودپالا، همه‌هزینه‌های یادشده به‌جز هزینه گرداندگی و دفع آّب‌باله، به‌جا می‌ماند. در این مورد نیز، بهتر است هزینه احتمالی سوم شخص را در نظر گرفت.

از دیگر هزینه‌های درازمدت پول لازم، برای نوسازی سطح بخشهایی از خاکچال است که سایش می‌یابد - و میزان آن را، در سال به ۲۰ تا ۴۰ متر مربع از هر هکتار سطح پوشیده شده - در نظر می‌گیرند. هزینه نوسازی سایش پوشش پایانی، رقمی است که به‌ویژه در سال نخست بهره‌برداری از خاکچال، بالاست. اما چنانچه از خاکچال به‌خوبی نگهداری شود، در ۷ تا ۱۰ سال، به ۱۰٪ هزینه سالهای نخستین کاهش می‌یابد. هزینه بردن

جدول ۱۲ - ۳. سرفصلهایی برای برآورد هزینه درازمدت نگهداری خاکچال

سرفصل کارها	پایه هزینه
نگهداری از رویه زمین کارگاه پاک	نوکاری سطح سایش یافته، از نو تخم پاشی، و پاکسازی
کردن لوله‌های لایسیمتر و آبزباله	لوله‌ها با ابزار مناسب
پایش آبهای زیرزمینی	نمونه برداری از آب و آزمایش آن
پایش گاز	آزمایش کارگاهی
پایش آبزباله	نمونه برداری از آبزباله و آزمایش آن در آزمایشگاه و کارگاه
سرپرستی کارها در رابطه با آبزباله	بردن آبزباله و تصفیه آن، واریسی تلمبه‌های چاهکی و نگهداری انبار
ارزیابی سالانه کارگاه	سرکشی و واریسی همه گستره کارگاه و نوشتن گزارش بازدید
هزینه گرداندگی و هزینه‌های پیش‌بینی نشده	۱۰ تا ۲۵٪ کل هزینه

و تصفیه آبزباله در بیرون از کارگاه خاکچال، از دیگر هزینه‌هایی است که اگرچه در آغاز کار بالاست، اما رفته رفته کاهش می‌یابد. برآورد مقدار آبزباله، بسیار دشوار است، اما همان‌گونه که پیشتر آمد، می‌توان در سالهای نخست، گرداندگی خاکچال، آن را ۲۰٪ تا ۳۰٪ کل بارندگی که همسنگ نشت آب می‌شود، به‌شمار آورد. بهتر است برای بردن آبزباله، «هزینه سوم شخص» را، حتی اگر کارفرما خود دارنده تصفیه‌خانه شهر باشد، در نظر گرفت.

۲-۳. هزینه گرداندن خاکچال

در جدول ۱۲-۴، فهرستی از هزینه‌های نگهداری خاکچالهای دوریسته آورده شده است که برای خاکچالهای خودپالا هم با کاستن هزینه‌های بردن آبزباله به بیرون از کارگاه و پایش لایسیمتر و «هزینه سوم شخص»، می‌توان برای خاکچال خودپالا نیز، به کار برد.

هرگاه برای چند شهر نزدیک به هم در منطقه‌ای، خاکچال مشترکی ساخته شود، زباله هر یک از شهرها به آن خاکچال برده می‌شود، که در این صورت، بر پایه پیمانی میان شهر و سازمان دارنده خاکچال، پولی متناسب وزن پسمانده چال شده به سازمان پرداخت می‌شود. بهتر است بخشی از پول دریافتی از شهروندان و تولیدکنندگان پسمانده برای گسترش یا ساختمان خاکچال نو کنار نهاده شود. لازمه این کار، آن است که در برآورد هزینه‌های

جدول ۱۲ - ۴. سرفصلهای برآورد هزینه‌های سالانه گرداندگی

سرفصل کارها	پایه هزینه
جابه‌جا کردن پسمانده پوشش میانی پایش آبهای زیرزمینی، آبی‌زاله و گاز	نیروی انسانی و ابزار مورد نیاز کوبیدن و متراکم کردن پسمانده آوردن خاک به کارگاه، پخش و کوبیدن آن به جدول ۱۲ - ۳ بنگرید
گرداندن کارهای مربوط به آبی‌زاله پرداخت سالانه گرداندگی	به جدول ۱۲ - ۳ بنگرید دفع پسمانده بر پایه حجم بر وزن پسمانده

دریافتی از شهروندان و دیگر مشترکان، هزینه گسترش و ساختمان خاکچال نو نیز گنجانده شود. نکته دیگر در زمینه هزینه دریافتی از شهروندان، دگرگونی در پایه برآورد هزینه‌ها و دریافتها - در اثر نادرست بودن برآورد حجم واقعی پسمانده و زباله گردآوری شده، یا کاربرد شیوه‌های بازیابی برخی از مواد تشکیل دهنده زباله است - که منجر به کاهش حجم پسمانده ریخته شده در خاکچال می‌شود. در این‌گونه موارد، باید به همان نسبت در برنامه‌های مالی تجدیدنظر و هماهنگی شود. روش درست آن است که شهروندان و دیگر تولیدکنندگان زباله و پسمانده را همیشه از آمار و ارقام به دست آمده آگاه ساخت، تا گرفتاری و بداندیشی پیش نیاید.

۳. اطمینان از پشتوانه مالی پیمانکار

چنانچه بخش خصوصی پیمانکاری، کار نگهداری از خاکچال را عهده‌دار شود، بهتر است کارفرما از پشتوانه مالی پیمانکار در سراسر دوران بهره‌برداری از خاکچال آگاه باشد، تا اگر پیمانکار نتواند به درستی کار را ادامه دهد، با پشتوانه مالی که در آغاز کار از او دریافت شده است، خود به گرداندگی طرح بپردازد.

۳-۱. روشهای تأمین پشتوانه مالی

در تثبیت پشتوانه مالی پیمانکار سه روش کاربردی زیر معمول است: سپرده‌بانی با بهره،

سپردن تضمین نامه از شرکت بیمه یا بانک، افزایش سرمایه شرکت. در شیوه نخست، پولی به حساب کارفرما واریز می شود که در پایان هر سال، بهره ای از آن دریافت شده و بودجه لازم برای پوشش پایانی و دیگر هزینه های نگهداری، از آن پول تأمین می شود. چنین پشتوانه ای، باید برای ۲۰ تا ۳۰ سال پس از تاریخ بسته شدن خاکچال، معتبر باشد. در این گونه موارد، تنها کارفرما حق برداشت از آن حساب را دارد.

ممکن است پیمانکار به کارفرما تضمین مالی از شرکت بیمه تسلیم کند، که تا پایان دوران بهره برداری از خاکچال، ارزش داشته باشد. در آن صورت، در حالی که تضمین دهنده مسئول پرداخت هزینه سالانه تجدید ضمانت نامه است، کارفرما آزاد است که بی هیچ بند و شرطی از آن تضمین سود جوید. در برخی از موارد، کارفرما می پذیرد که شرکت پیمانکار گرداننده کار خاکچال، برای تأمین هزینه پوشش پایانی و نگهداری از طرح، سرمایه اش را به همان نسبت افزایش دهد. در این صورت، پیمانکار باید گواهی مالی شرکت را که در آن ارزش خالص دارایی شرکت آورده شده است، به کارفرما عرضه کند.

۳-۲. میزان پشتوانه مالی

با برآورد هزینه های پوشش پایانی و نگهداری درازمدت، با در نظر گرفتن تورم اقتصادی، هزینه و بودجه لازم پیش بینی می شود. از آنجا که تورم اقتصادی ارزش و توان خرید پول را می کاهد، پس اگر در آغاز کار ۱۰۰۰ واحد پول برای پوشش پایانی لازم باشد، برای انجام همان کار در سال آینده، همسنگ $(1+f)$ (۱۰۰۰) پول لازم خواهد بود. در این پیوستار، f درصد تورم سالانه است که میزان آن را در درازای یک سال، ثابت می گیرند. به این ترتیب، در پایان سال دوم، مقدار پول مورد نیاز، برابر $(1+f)(1+f)(1000)$ و در سال n ، برابر $(1+f)^n(1000)$ خواهد بود. چنانچه پول در حساب، با بهره واریز شود، مقدار بهره دریافتی، از شمار بالا کم می شود.

به این ترتیب، مقدار پولی که بتواند در پایان سال نخست، هزینه های لازم را تأمین کند، D به ازای نرخ بهره $i\%$ ، برابر است با: $D = (1000)(1+f)/(1+i)^n$ و در پایان سال n برابر $D = (1000)(1+f)^n/(1+i)^n$ می شود.

برای شیوه پشتوانه مالی با سپردن ضمانت نامه بانکی یا افزایش ارزش دارایی خالص

شرکت تنها تورم اقتصادی (f) را در نظر گرفته و هزینه پوشش پایانی و نگهداری در درازمدت را سالانه و متناسب با میزان تورم، افزایش می‌دهند تا هزینه‌ها در سراسر دوران بهره‌وری از خاکچال، با هزینه‌های واقعی هماهنگ گردد.

با این امید که گوشه‌هایی از «فن» پاکیزه داشتن زندگانی شهروندان ایران زمین روشن شده باشد، به این نوشتار پایان بخشیده و در آرزوی گسترش این نوشتار از سوی دیگر مهندسان و دانش‌اندوختگان، هستم.

واژه‌نامه انگلیسی به فارسی

A

Absence	نبود، نبود (در) ، نبودن
Absord	در خود فروکشی آب (مانند اسفنج)
Acceptable level	حد مجاز، مرز پذیرفتنی
Access road	راه دسترس، راههای کارگاهی
Accessories	ابزارها، تکه‌های دستگاه، تکه‌ای کناری
Acidity	تیزآبی، اسیدی
Active area	منطقه پرآمد و شد و پر جنب و جوش
Active life	دوران بهره‌برداری، عمر سودمند، دوره بهره‌یابی
Additive	افزودنی، افزوده
Adhesion	گیراگیری، (التصاق)، چسبندگی، گیرایی
Adsorb	کشش پوسته‌ای (همانند خیس شدن رویه سنگ از آب)
Advantages	افزونه‌ها
Aerobic	هوازی (باکتریهای هوازی)
Aesthetic	نمای زیبا و خوش

Air lane testing	آزمایش خط (لوله) با هوا
Alkaline	پایه‌ای، بازی برای ماده شیمیایی
Allowable	پذیرفتنی (بر پایه آیین‌نامه)، مجاز
Ambient temperature	دمای پیرامونی، گرمای هوای دور و بر
Amended	بهیافته، اصلاح شده
Amended soil	خاک بهیافته (با افزایش خاکهای دیگر)
Anaerobic	بی‌هوازی (باکتری)
Analysis	بررسی، درونکاوی، آنالیز
Analyze	بررسی کردن، درونکاوی کردن، آنالیز کردن
Anchorage	مهار، مهار، لنگر
Annual	سالانه، سالانه
Antiseep Collar	گریبانه چکه‌گیر
Apparatus	ابزار، دستگاه
Apparent Openinig Size (AOS)	اندازه آشکار روزنه
Apportionment	سهم‌بندی، بهربندی
Approach	برخورد (با)
Area method (Landfill)	خاکچال با گودال گسترده
Aromatic	گیاهان خوشبو
Aromatic	آبخیزگاه (جایی از زیرزمین که می‌شود آب برداشت کرد)
Arrangement	سامان دادن، سامان بندی
Array	آرایه، ترتیب
Assive ventillation system	سامانه گازکشی با دمنده
Attenuation (natural)	خودپالایی

B

Background water

آب بالادست (آب بالاتر از منطقه کار)

Baffle	دست‌انداز، مانع
Bark	پوست تنه درخت
Barrier layer	لایه بندآور (آب)، لایه آب‌بند
Base	پی، شالوده
Base liner	روکش پی
Bedrock	بستر سنگی
Bending failure	گسیختگی خمشی، گسیختگی خمیدگی
Berm	پشته، پشته خاکی، هرّه
Biological Oxygen Demand (BOD)	اکسیژن مورد نیاز زیست
Biological uptake	به‌خود فراکشی (بیولوژیکی)، فراکشی زیستی
Bituminous mat	گستره قیری، روکش قیری
Blower	دمنده
Blowout	گسیختگی، پاره‌شدن، در رفتن
Bonded Seam Strength	ایستایی و بهم پیوستگی درز
Bonded seam	درز بهم پیوسته
Boot	ساق، لوله کوتاه
Bore (hole)	گمانه
Boring	گمانه‌زنی
Borrow source	برداشتگاه (خاک)
Brittleness	شکنندگی، تردی
Bucket	دلو، جام، سطلک
Bulk	بیشتر، یکجا، عمده
Burner (Gas)	گازسوز، اجاق

C

Cable	مفتول، کابل
-------	-------------

Calibration	درجه‌بندی کردن
Callendering	گذراندن فلز یا روکش از میان دو غلتان‌گردان (برای شکل دادن)
Cash flow	نقدینه، پول در جریان
Cut-off wall	دیوار آب‌بند
Channeling	گذرکردن، نقب زدن، راه باز کردن
Characteristics	ویژگیها
Check	وارسی کردن، بازدید کردن، سرکشی کردن
Check dam	سد شتاب‌گیر، سد سرعت‌شکن، مانع مهارساز
Chemical Oxygen Demand, (COD)	اکسیژن موردنیاز شیمیایی
Classification	رده‌بندی، گروه بندی، جرگه‌بندی
Clod	کلوخ، کلوخه
Clogging	بند آمدن، بسته شدن
Closure	بستن (روی چیزی)
Coarse	زبردانه
Coated	اندود شده
Coefficient	ضریب، زدنی
Cohesion	به هم چسبندگی، گیرش، گیرایی
Collapse	ریزش کردن، فرو ریختن
Collection System	شبکه گردآوری، سامانه گردآوری (آب باران)
Combustible	آتش‌زا، آتش‌گرفتنی
Compaction	کوبیدن، درهم فشردن
Compaction equipment	خاک‌کوب، ابزار کوبش
Compactive effort	تلاش کوبش
Compatibility	سازگاری
Compatible	سازگار، جور
Complex	پیچیده

Composite sample	نمونه آمیخته
Compound	آمیخت، ترکیب
Compressed	فشرده، متراکم
Compressive Strength	ایستایی زیر فشار (فشاری)
Conceptual	پنداره‌ای
Concrete	بتن
(Condensed) dripping	چکیدن چکه (گاز)، چکه چگالیده
Configuration	پیکره، ریخت
Consolidation	چگالیدن، چگالش، یکپارچه شدن، جا افتادن
Constituents	تشکیل دهنده، آمیختار
Construction schedule	برنامه کار ساختمانی
Containment	دور بسته، کرانه‌دار
Contingency	هزینه پیش‌بینی نشده
Contingency (Plan)	برنامه ناچارگی
Control	سرکشی، واریسی، بازرسی، مهار کردن
Coordinate	تیرگ جانما، محور مختصات
Corrosivity	خورندگی، زنگ‌زدگی
Cost	ارزش، هزینه
Cover	پوشش، روپوش
Crack	ترک، شکاف، چاک
Crawler tractor	تراکتور چرخ زنجیری
Creep	خزش، خزیدن
Criteria	سنجه، مبنای سنجش
Crushing	درهم شکستن
Crystallization	بلور، بلور شدن
Culvert	آب گذر

Current (practice)	روش روز، روش معمول
Curvature	چرخش، پیچش
Curve number	شماره منحنی، شماره پیچ

D

Damage	آسیب، صدمه
Data	داده، آگاهی
Data acquisition and storing	دریافت و بایگانی کردن داده‌ها
Deadman	سنگینه (چیزی سنگین و سنگی برای مهار)
Debris	نخاله ساختمان، آشغالهای مانند نخاله
Decomposition	ازهم پاشیدگی، پاشیدن، تجزیه، فساد
Defect	کاستی، کمبود، نقص
Definition	شناسه (تعریف)
Deflection	گود افتادگی، خم شدن، شکم‌دادگی
Degradable	فرسایش یافتنی، فرسودنی
Degradation	فروسایی، فروساییدن
Delineate	مرزبندی کردن
Dense	توپر، درهم فشرده، متراکم
Density	تراکم، چگالی
Deplete	کاهش یافتن (تا مرز از میان رفتن)
Deposit	ته‌نشست، رسوب
Depression	گودال، چاله، فرو رفتگی
Desiccation	شکاف خوردن، چاک و ترک برداشتن در اثر خشک شدن
Destruction	ویرانگی، خراب کردن، آسیب زدن

Destructive	نابودگر، خراب‌کار
Detail	ریزه کاری، جزء (جزئیات)
Detection	برخوردن (به چیزی)، یافتن، متوجه شدن، بازشناسی
Detention	زمان ماند، ماندگاری
Deteriorate	فرسوده شدن، رو به فرسودگی نهادن، فرتوتی
Dewatering	آبکشی، آب کشیدن از
Diffusion	پراکندگی و پخش (چیزی) در همه سو از یک کانون
Dilution	آبکی کردن، آبکی شدن (رقیق کردن)
Dimension	اندازه، ابعاد
Dimensional stability	پایداری همه‌سویه
Dinitrification	ازت‌زدایی
Direct	بی‌میانجی، یکراست (مستقیم)
Direct Correlation	پیوستگی بی‌میانجی
Disadvantages	کاستیها
Discard	کنار نهادن، نپذیرفتن
Discharge	بده
Discharge (Pipe)	برونشو (لوله)
Dislodged (debris)	برکندن ازجا، کنده شده (نخاله)
Dispersion	پراکندگی و پخش شدن از یک کانون
Disposal	دور ریختن، چال کردن (دفع کردن)
Dissolved	حل شده
Distilled water	آب چکه‌ای (مقطر)
Disturbance	به هم زده، دست خوردگی
Disturbed (soil)	خاک دست‌خورده
Ditch	نهرآب، جوی
Divergence angle	گوشه چرخش یا پیچش، گوشه دورگشتگی

Documentation	گواه‌نگاری، گواه‌پردازی (سندسازی)
Dormant (Season)	موسم خاموشی (گیاهان)، موسم زمستان
Double Lined	روکش دولا، دو روکشه
Downstream	زیردست
Drainage	زهکشی
Drainage blanket	بستر زهکش، لایه زهکش
Dripleg	چکه‌گیر
Dumping	بردن، ریختن بار، بار خالی کردن
Dumping vehicle	زباله‌کش
Durability	پایایی، دوام، پاخوری
Dust	گرد و غبار

E

Economic analysis	بررسی مالی
Efficiency	بازدهی
Elongation	دراز شدن، کش آمدن
Elapsed (time)	(زمان) سپری شده
Elastic	کشوار، کشواره، کش آمدنی
Elasticity	کشوارگی
Element	عنصر، بُنه، پدیده
Elude	زدودن، شستن، از میان برداشتن
Emergency	یاری رسانی فوری
Emergency	ناچارگی، اضطراری، نیاز آنی
Emergency repair	نوکاری و پینه‌زدن فوری

Empirical	آزمونی (تجربی)
Encasement	غلاف‌کردن (درون)، دورپوشانی، پوشش گرداگردی
End cap	درپوش
Ensure	اطمینان، مطمئن ساختن، دلگرمی (تضمین)
Environmental	زیست محیط
Equation	پیوستار (معادله، رابطه)
Equivalent	همسنگ، برابر (معادل)
Erosion	سایش، ساییده شدن، آب شست، فرسایش، فرسودگی
Error	لغزش (اشتباه و خطا)
Estimate	گمان زدن، تخمین
Evapotranspiration	عرق - بخار کردن
Exchange	این دست آن دست کردن، مبادله
Exhilaration	برون‌نشت
Explosion	ترکیدن، از هم پاشیدن (انفجار)، ترکاندن
Extraction	جداسازی، افشره (کردن)
Extraction (procedure)	روش جداسازی
Extrusion	گذردادن صفحه و روکش برای شکل دادن (همراه با فشار)

F

Failure	از کار افتادن، پذیرفته نشدن
Falling head	افت فشار، کاهش فشار
Fallow	زمین شخم زدن پیش از کاشته شدن و کاشتن
Faulty design	لغزش در طرح، طرح نادرست
Feasibility report	گزارش نخستین

Feasible	شدنی، انجام‌پذیر
Feature	چگونگی، سیما، چهر
Fiber	بافت
Field capacity	ظرفیت کارگاهی
Filtration	از صافی گذراندن، صاف کردن با گذر از صافی
Final	پایانی (قطعی)، فرجامی
Final cover	پوشش پایانی
Fine materials	مواد ریزدانه
Firm	سفت، سخت یا شرکت و سازمان کاری
Fissuring	چاک خوردن، چاک خوردگی
Flame arrester	شعله‌گیر، فروزش‌گیر
Flash point	نقطه آتش‌زایی، نقطه گر گرفتن
Flexible	نرم، خم‌شو، تاشو
Flood	سیل، سیلاب
Flood plain	دشت سیل‌گیر، سیلاب‌گیر
Fluctuate	بالا و پایین شدن، نوسان، جابه‌جایی (تغییر)
Flushing (water)	شست‌وشو با رانش آب، رانش و راندن آب
Foot contact pressure	فشار کف (پاچه)، فشار رویه پاچه (بزی)
Form	یادداشت‌نامه، (درخواست‌نامه)، یادداشت
Foundry	کوره قالب‌سازی، قالب‌ریزی، ریخته‌گری
Fraction	بخشی، بهره‌ای (جزیی)
Fractured	شکسته، ترک خورده
Freeboard	لبه آزاد (آب تا لبه حوض)
Freeze	یخ‌زدن
Freeze-thaw	یخ‌زدگی تا وارفتن
Friction angle	گوشه (زاویه)، مالش

Fund بودجه، پول موردنیاز (برای انجام طرحی)

G

Gas extraction wells چاههای گازگیر (جداکننده گاز)
 Gas venting system سامانه دمنده گازگیری
 Gauge دستگاه سنجش و اندازه گیری
 Generation پیدایش، تولید
 Generation تولید، فراوری
 Geofabric زمین $\equiv$ زم + بافت، زمبافت، نوعی روکش پردوام
 Geomembrane, Geosynthetic روکش ساختگی، روکش ماشینی
 Glaciated (region) منطقه یخبندان، یخ بسته
 Gradually رفته رفته، خرد خرد (تدریجی)
 Granular (Coarse) زبردانه
 Gravitation کشش زمین، نیروی سنگینی (ثقل)
 Grid چارخانک (شبکه)
 Grid point گوشه‌های چارخانگ
 Ground water table سفره آب زیرزمینی
 Growing (Season) موسم بالیدن و نمو
 Guide line دفترچه راهنما

H

Hauling بارکشی، باربری، کشیدن چیزی از جایی به جایی

Hazardous	خطرزا
Non-Hazardous	بی‌خطر
Head	ارتفاع فشاری
Header (Pipe)	لوله اصلی، لوله برونشو
High level	تراز زیرین
Hydraulic asphalt	آسفالت بتنی نرم
Hydraulic gradient	شیب هیدرولیکی
Hydraulic radius	پرتو تر شده، شعاع تر شده
Hydrogeology	زمیناب‌شناسی

I

Ideal	آرمانی
Ignate	فروزش، افروختن، روشن کردن، سوزاندن
Ignitability	آتش‌گرفتنی، روشن شدنی، سوختنی، فروزش‌پذیری
Immersion (test)	غوطه‌ور سازی (آزمایش)، شناوری
Impact	همایش، اثر
Impermeable	ناتراوا
Incinerator	کوره زباله سوزی، زباله‌سوز
Index	نمایه (شاخص)
Indirect	با میانجی (غیرمستقیم)
Industrial waste	پساب صنعتی
Infiltration	نشت کردن
Inflation	گرافه شدن، گزافگی، تورم
Inflow Line	خط لوله درونشو

Initiall	سرآغاز کار، نخست
Initially	آگاهی، نخست، سرآغاز
Inlet	درونشو
Inlet drop	آبگیر ریزشی
Inorganic	ناآلی
Inspection	بازرسی، سرکشی، پایش
Installation	کارگذاری، نصب
Interbeded	تو در تو، درهم چفت‌شده، چفت و بست شده
Interlocking	چفت و بست شدن
Intermediate	میان (مرحله یا کاری یا یک بررسی)
Intrinsic	پایانه، فرجامی، سرانجامی
Intrusion	فراکشیدگی، رخنه کردن، پیشروی (درون چیزی)
Investigation	بررسی، بازجویی
Isolated gas vent	تک گاز، گازگیری جدا از هم

J

Jetting (water)	شست‌وشو با آب زیر فشار
-----------------	------------------------

K

Kinetic reaction	واکنش جنبشی
Kneading	ورز دادن، سرشتن

L

Lack (of)	نبود
Lag	پس افتادگی، دیرمانده، بازمانی
Laminated	لعب‌دار، لعب‌داده شده
Land disposal	در زمین دفع کردن
Landfill	خاکچال
Lay out	آرایه، پیاده کردن، چیدن
Leachate	آب‌باله
Leakage	پس‌دادگی، پس دادن آب و آبگون
Lighter	سبکتر
Lined (landfill)	خاکچال روکش‌دار
Liner blowout	گسیختگی، از هم‌گسیختگی روکش
Liquid limit	مرز آبگونی
Listing	فهرست‌بندی
Litter	آشغال، ماده وازده
Long term	درازمدت، بلندمدت
Long term care	نگهداری در درازمدت
Loss	افت، از دست دادن
Lysimeter	زوال‌سنج

M

Mandatory	ناگزیر، اجباری
Maximum	بیشینه
Melting Index	نمایه آب‌شدن (آب‌شدگی)

Microbial activities	جنبش و جابه‌جایی جانداران ذره‌بینی (میکربی)
Microorganism	جانداران ذره‌بینی
Microwave	ریز موج (اجاق)
Migration	جابه‌جا شدن، جابه‌جایی
Mineral	کانی
Minimum	کمینه
Mix	آمیختن
Mixed	آمیخته، درهم آمیخته
Mixing process	فرآیند آمیختن
Mobility	جابه‌جایی، جابه‌جا شدن
Modification	بهبود بخشیدن، بهسازی
Moisture	نم، رطوبت، خیسگی
Moisture Content	میزان نم
Moisture meter	نم‌سنج
Molding	ریخته‌گری، قالب ریختن، شکل دادن به چیزی
Money	پول، بودجه، سرمایه برای انجام کار
Monitoring	پاییدن، پایش، کارنگری
Monolithic	تک‌ماده‌ای
Monument	نشانه
Municipal garbage	زباله، آشغال شهری

N

Natural elements	بنه، عنصر طبیعی
Nomograph	نمودار

Nozzle افشانه، پخش‌شان

O

Odor	بوی، بوی ناخوشایند
On site	در کارگاه، درجا
Operation	بهره‌برداری
Optimum	مطلوب، دلخواست
Optimum moisture	نم مطلوب
Option	گزینه
Organized	سر و سامان یافته
Orientation (soil)	راستای دانه‌های خاک
Outflow Line	خط لوله برونشو
Out lay, Lay out	پیاده کردن
Outlet	برونشو
Overflow	سر ریز کردن، لبریز شدن
Overlap	روهمرفتگی

P

Parameter	آخشیج، پدیده (عنصر)، عوامل
Particle	ذره، دانه
Passive ventillation system	سامانه گازکشی بی‌دمنده
Pasture	چراگاه

up	پینه‌زنی، پینه
ment	رویه (اسفالت)، روسازی
travel	شن نخودی
	تاگ، اوج، بیشترین حد ممکن
	خاک نباتی، خاک زراعتی (خاک پر از مواد آلی)
	پوسته، پوسته شدن
adhesion	چسبندگی و گیرایی پوسته‌ای
rate	فروبری، فرو بردن (نفوذ)
subground water	آب زیرزمین مانده. ایستابه، (آبی درون زمین که آن را نتوان تلمبه کرد)
ate	تراویدن، تراوش
ating	تراویدن، تراوش، گذر
Performance Monitoring	پایش کار، کارنگری
ster	کناره‌ای، پیرامونی، لبه‌ای
ment	همیشگی، پایدار، دایمی
able	تراوایی (نفوذپذیری)، با تراوا
meter	تراواسنج
sible	مجاز، پذیرفته
	پروانه، اجازه
	خان، مرحله
3	مرحله‌بندی، خان‌بندی
c	آب آلوده
	نمای گسترده، نمای رویه، نمای رویین
limit	مرز خمیری
ty index	نمایه خمیری، نمایه خمیرگی
	خوشه (آلودگی)
nt	آلاینده، آلوده ساز (مواد)

Pollution	آلودگی
Polymer	چندبندی، بندبند (در آمیخته‌های شیمیایی)
Ponding	کپه شدن، کپه کپه شدن آب، مردابه شدن
Pore	روزنه (خلل و فرج)، منفذ
Porous	اسفنجی، روزنه‌دار
Potential	نهفته، خفته
Powdery	گردواره، گردوار
Precipitation	بارش، بارندگی
Precompaction	پیش‌کوبیده
Predictive (modeling)	مدل پیشگو
Preliminary report	گزارش بررسی نخستین
Preloading	پیش بارگذاری
Preservation	نگهداری
Procedure	روش، رویه، روند، شیوه
Process	فرآیند
Procurement	فراهم آوردن، تهیه کردن
Profile	نیمرخ
Prohibit	قدغن، جلوگیری
Proof of financial responsibility	اطمینان از پشتوانه مالی
Proposed	پیشنهادی
Protective layer	لایه حفاظتی
Pullout (force)	نیروی کشندگی، از جا کندن
Punching	سوراخ شدن
Puncture resistance	تاب و ایستایی در رویارویی با سوراخ شدن
Putrescible	پوسیدنی (تجزیه پذیر)

Q

Quality control

بازرسی چونی - واریسی چونی (کیفی)

R

Radius

پرتو (شعاع)

Radius of Influence

پرتو نفوذ

Rainfall

آب باران

Random sample

تک‌نمونه

Range

زیر و زبری، افت و خیز

Reaction exchange

واکنش جابه‌جایی

Rebound

برگشت به جای خود

Recirculation

برگشت دادن (چیزی)، برگشتی

Recompaction

از نو کوبیدن، دوباره کوبیدن

Recording

یادداشت‌برداری، گزارشگری

Recovery

بهبودی، بازگشت

Recovery (time)

زمان بازگشت

Recycling

بازیابی

Reduction

کاستن

Reflection

بازتاب

Refuse

مواد وازده

Region

برزن (منطقه)، پهلو

Regulatory compliance

هماهنگی با آیین‌نامه، خواستهای آیین‌نامه‌ای

Regulatory agency

سازمان آیین‌گذاری

Remidial	١، بهبود بخشی
Repair	١، پینه‌زنی (تعمیر)
Representative	نماینده
Resin	(صمغ)
Resistance	
Retrofit	مازی، جورکردن
Riprap	چین، خشکه چین
Rodding machine	میزکننده، رویند میله‌ای
Rotary motion	ی با چرخش، پیش‌راندن چرخواره‌ای
Rough estimate	١. سرانگشتی
Roughness coefficient	ب زبری
Routing	ت، راه باز کردن
Runoff	١، بارندگی

S

Safety factor	ب آگاهی، ضریب اطمینان
Salinity sensor	١، شوری نما
Sample	٤
Sampling	٤ برداری
Sanitary	شتی
Saturation	ب شدن، سیرابی (اشباع)
Scattered	نده
Schedule (80)	شماره ٨٠
Scheme	٤، طرح

Scraping	خراشیدن، خراش
Screen (well)	تنه شیاردار
Seam	درز، درزبندی
Seaming equipment	درزبند، ابزار درزبندی
Seamless	بی‌درز
Search radius	پرتو پژوهش
Section	برش، بخش، بهر
Sedimentation	ته‌نشینی
Self-propelled	خودچرخان، چرخنده
Series	بهم پیوسته، پی‌اندر پی، زنجیره‌ای
Service	نگهداری و رسیدگی
Settlement hub	نشست‌گیر
Shear	برش یافتن، بره بره شدن
Sheep's foot roller	غلtek پاچه‌بزی
Shock	تکانش، تکان خوردگی
Shrinkage	مچالگی، مچاله شدن، جمع شدن، آب رفتن
Shut off	خاموش کردن، از کار انداختن
Side liner	روکش کناری
Significant	هنگفت، چشمگیر، بی‌اندازه
Silt	لای
Silty sand	ماسه لای‌دار
Single lined	تک روکشه
Site	کارگاه، جا
Slab	تاوه
Sliding	لغزیدن، سُرخوردن، رانش
Slime	ماده لزج

Slip circle	قوس لغزش
Slot	شیار
Snetite	گروه‌های پاک‌کننده، زداینده (صابونی)
Snow melt	برفاب، برفابه
Soil property	ویژگیهای خاک، مشخصات خاک
Solid	بستگ (بسته)، جامد
Source	خاستگاه، آبشخور (منبع)
Spare	یدک، تکه یدکی
Specification	مشخصات، ویژگیها
Spillage	ریخت و پاش، هدر رفته
Spine	تابیدن، تاباندن، تاب دادن
Spring line	خط کمربندی (میان)
Square array	آرایه چهارگوش
Stability	پایداری
Stage (step)	گام، وهله، مرحله
Stand point	از دیدگاه، از دید
Start	راه‌اندازی، آغازیدن
Steep	پُرشیب، شیبدار
Stiff	ثُرد، شق
Stiffness	ثُردی، شقی، سختی
Stock	انبار کردن، در انبار
Stormwater basin	حوضچه آب باران‌گیر
Stratification	چینه‌بندی، چین خوردگی
Stream bed	آبرفت
Strength	ایستایی
Stringent	سختگیر، سختگیرانه

Subbase	زیرپی
Submersible (pump)	تلمبه غوطه‌ور، شناور
Subsequent	پیامد
Suction	مکش
Summary	چکیده، فشرده (خلاصه)، کوتاه شده
Sump	چاهک (چاهکی)
Surface runoff	آبهای سطحی، باران
Surrounding (soil)	گرداگرد (خاک)
Swale (flowage)	آب‌بر طبیعی
Swelling	ری کردن، باد کردن
Synthetic material, Synthetic membrane	ماده ساختگی و روکش ساختگی

T

Tank	انباره
Tear resistance	تاب پاره شدن، تاب پارگی
Technique	فن، شگرد
Temper	زمین‌کوب دستی (تخم‌اق)، ابزار دستی کوبیدن
Temporary	کوتاه زمان (موقت)
Tendency	گرایش، تمایل
Tensiometer	تنش‌سنج
Test pit	چال یا چاله آزمایش
Theory	انگاره
Three-dimensional	سه‌سویه (سمک $\equiv$ بُعد)، سه‌سمک (سه‌بعدی)
Tiller	شخم‌زن، صفحه بران (تراکتوربا)

Tolerance	نرمش، تا شدگی، نرم‌پذیری
Topographical map	ترازما (نقشه)، ترازبندی
Topsoil	روخاک، خاک نباتی
Tortuosity factor	ضریب پیچ و خم
Toxicity	زیانباری
Treatment	پالاییدن، پالایش، تصفیه
Trench	کنده (در کار لوله‌کشی و مانند آن)
Trench	ترانشه (در راه‌سازی که بریدن خاک پیش می‌آید): «بغل بری
Trench method	روش کنده، روش گودال باریک
Trial-and-error	تکرار تا یافت
Tube	لوله بی‌درز
Turgor	زنده مانده (سلول گیاهی)
Two stage	دوگامه
Type	رده، نوع، گونه

U

Ultra pulse echo technique	فن پژواک فراتپش
Ultrasonic impedance plane	صفحه فراصدای کندساز
Ultraviolet ray	پرتو فرابنفش
Uneven settlement	نشست ناهموار، نشست نابرابر
Uniform	یکنواخت، یک شکل، همشکل
Unimproved areas	زمینهای دست نخورده، آباد نشده (طبیعی)

V

Vacuum-Pressure operated	سامانه تهی سازی فشاری
Vacuum-Pressure sampler	نمونه بردار تهی سازی فشاری
Vadose zone	منطقه آبدار (آبی زیرزمینی که یکجا گرد نیاوردنی است)
Valid	ارزشمند، پذیرفتنی، معتبر
Variable	دگرپذیری، دگرشو
Constant	ایستاد، ثابت، ضریب
Vehicle	خودرو، ابزار موتوردار
Verification	رسیدگی
Viscosity	نوچی (ویسکوزیته)
Visualize	انگاشتن (تجسم)، پنداشتن، در ذهن دیدن
Void	تهی، بیهوا، پوچ
Void ratio	نسبت پوچی
Volatile	گریزنده، فرّار
Volatile organic Compound, (VOC)	آمیخته‌های آلی گریزنده (ترکیبات آلی فرّار)

W

Warning	هشدار، هشدار دادن، آژیر (اخطار)، گوشزد کردن
Waste type	رده یا نوع پسمانده
Water balance	توازن آب، هم‌اندازگی
Water head	ارتفاع فشاری آب
Water leach	آبشویی، شستن چیزی با آب
Water table	سفره آب (زیرزمینی)، ایستابه، تراز آب

Wave sensing device	موج‌سنج (دستگاه)
Wearing surface	رویه فرسوده، رویه‌رفته
Wedge fusion	جوش برجسته
Well capacity	بده (ظرفیت)، آبدهی چاه
Well casing	دیواره فلزی چاه، جدار چاه
Well equipped	پر ابزاره (مجهز)
Wet	خیس، تر
Wetland	تالاب
Wilting	پژمرده شدن، پلاسیدن
Workability	کارپذیری، شکل‌پذیری

Y

Yield stress	حد جاری شدن، مرز راه‌افتادگی
--------------	------------------------------

Z

Zigzag	کج واکج
Zoning	برزن‌بندی، بخش‌بندی شهر برای کارهای گوناگون

واژه‌نامه فارسی به انگلیسی

۲

Phreatic	آب آلوده
Rainfall	آب باران
Background water	آب بالادست (آب بالاتر از منطقه کار)
Swale (flowage)	آب بر طبیعی
Distilled water	آب چکه‌ای (مقطر)
Aromatic	آبخیزگاه (جایی از زیرزمین که می‌شود آب برداشت کرد)
Stream bed	آبرفت
Leachate	آبزباله
Perched ground water	آب زیرزمین مانده. ایستایه، (آبی درون زمین که آنرا نتوان تلمبه کرد)
Water leach	آبشویی، شستن چیزی با آب
Dewatering	آبکشی، آب کشیدن از
Dilution	آبکی کردن، آبکی شدن (رقیق کردن)
Culvert	آب گذر
Inlet drop	آبگیر ریزشی

Surface runoff	آبهای سطحی، باران
Combustible	آتش‌زا، آتش‌گرفتنی
Ignitability	آتش‌گرفتنی، روشن‌شدنی، سوختنی، فروزش‌پذیری
Parameter	آخشیج، پدیده (عنصر)، عوامل
Lay out	آرایه، پیاده‌کردن، چیدن
Array	آرایه، ترتیب
Square array	آرایه چهارگوش
Ideal	آرمانی
Air lane testing	آزمایش خط (لوله) با هوا
Empirical	آزمونی (تجربی)
Hydraulic asphalt	آسفالت بتنی نرم
Damage	آسیب، صدمه
Litter	آشغال، ماده‌وازده
Initially	آگاهی، نخست، سرآغاز
Pollutant	آلاینده، آلوده‌ساز (مواد)
Pollution	آلودگی
Compound	آمیخت، ترکیب
Mix	آمیختن
Volatile organic Compound, (VOC)	آمیخته‌های آلی‌گریزنده (ترکیبات آلی فرار)
Mixed	آمیخته، درهم‌آمیخته

الف

Rodding machine	ابزار تمیزکننده، روبند میله‌ای
Apparatus	ابزار، دستگاه

Accessories	ابزارها، تکه‌های دستگاه، تکه‌ای کناری
Head	ارتفاع فشاری
Water head	ارتفاع فشاری آب
Valid	ارزشمند، پذیرفتنی، معتبر
Cost	ارزش، هزینه
Dinitrification	ازت‌زدایی
Stand point	از دیدگاه، از دید
Filtration	از صافی گذراندن، صاف کردن با گذر از صافی
Failure	از کار افتادن، پذیرفته نشدن
Recompaction	از نو کوبیدن، دوباره کوبیدن
Decomposition	از هم پاشیدگی، پاشیدن، تجزیه، فساد
Porous	اسفنجی، روزنه‌دار
Proof of financial responsibility	اطمینان از پشتوانه مالی
Ensure	اطمینان، مطمئن ساختن، دلگرمی (تضمین)
Loss	افت، از دست دادن
Falling head	افت فشار، کاهش فشار
Additive	افزودنی، افزوده
Advantages	افزونه‌ها
Nozzle	افشانه، پخش‌ان
Biological Oxygen Demand (BOD)	اکسیژن موردنیاز زیست
Chemical Oxygen Demand, (COD)	اکسیژن موردنیاز شیمیایی
Stock	انبار کردن، در انبار
Tank	انباره
Apparent Openinig Size (AOS)	اندازه آشکار روزنه
Dimension	اندازه، ابعاد
Coated	اندود شده

Theory	انگاره
Visualize	انگاشتن (تجسم)، پنداشتن، در ذهن دیدن
Constant	ایستادن، ثابت، ضریب
Strength	ایستایی
Compressive Strength	ایستایی زیر فشار (فشاری)
Bonded Seam Strength	ایستایی و بهم پیوستگی درز
Exchange	این دست آن دست کردن، مبادله

ب

Precipitation	بارش، بارندگی
Runoff	بارش، بارندگی
Hauling	بارکشی، باربری، کشیدن چیزی از جایی به جایی
Reflection	بازتاب
Efficiency	بازدهی
Quality control	بازرسی چونی - واریسی چونی (کیفی)
Inspection	بازرسی، سرکشی، پایش
Recycling	بازیابی
Fiber	یافت
Fluctuate	بالا و پایین شدن، نوسان، جابه جایی (تغییر)
Indirect	با میانجی (غیرمستقیم)
Concrete	بتن
Fraction	بخشی، بهره‌ای (جزیی)
Discharge	بده
Well capacity	بده (ظرفیت)، آبدهی چاه

Rough estimate	برآورد سرانگشتی
Approach	برخورد (با)
Detection	برخوردن (به چیزی)، یافتن، متوجه شدن، بازشناسی
Borrow source	برداشتگاه (خاک)
Dumping	بردن، ریختن بار، بار خالی کردن
Investigation	بررسی، بازجویی
Analysis	بررسی، درونکاوی، آنالیز
Analyze	بررسی کردن، درونکاوی کردن، آنالیز کردن
Economic analysis	بررسی مالی
Zoning	برزن‌بندی، بخش‌بندی شهر برای کارهای گوناگون
Region	برزن (منطقه)، پهلو
Section	برش، بخش، بهر
Shear	برش یافتن، بره بره شدن
Snow melt	برفاب، برفابه
Dislodged (debris)	برکندن ازجا، کنده شده (نخاله)
Rebound	برگشت به جای خود
Recirculation	برگشت دادن (چیزی)، برگشتی
Construction schedule	برنامه کار ساختمانی
Contingency (Plan)	برنامه ناچارگی
Outlet	برونشو
Discharge (Pipe)	برونشو (لوله)
Exhiltration	برون‌نشت
Drainage blanket	بستر زهکش، لایه زهکش
Bedrock	بستر سنگی
Solid	بستگ (بسته)، جامد
Closure	بستن (روی چیزی)

Crystallization	بلور، بلور شدن
Clogging	بند آمدن، بسته شدن
Natural elements	بنه، عنصر طبیعی
Fund	بودجه، پول مورد نیاز (برای انجام طرحی)
Odor	بوی، بوی ناخوشایند
Modification	بهبود بخشیدن، بهسازی
Recovery	بهبودی، بازگشت
Biological uptake	به خود فراکشی (بیولوژیکی)، فراکشی زیستی
Sanitary	بهداشتی
Operation	بهره برداری
Remidial	بهبودی، بهبود بخشی
Series	بهم پیوسته، پی اندر پی، زنجیره‌ای
Cohesion	به هم چسبندگی، گیرش، گیرایی
Disturbance	به هم زده، دست خوردگی
Amended	بهبافته، اصلاح شده
Non-Hazardous	بی خطر
Seamless	بی درز
Bulk	بیشتر، یکجا، عمده
Maximum	بیشینه
Direct	بی میانجی، یکرست (مستقیم)
Anaerobic	بی هوازی (باکتری)

پ

Treatment

پالاییدن، پالایش، تصفیه

Intrinsic	پایانه، فرجامی، سرانجامی
Final	پایانی (قطعی)، فرجامی
Durability	پایایی، دوام، پاخوری
Stability	پایداری
Dimensional stability	پایداری همه‌سویه
Performance Monitoring	پایش کار، کارنگری
Alkaline	پایه‌ای، بازی برای ماده شیمیایی
Monitoring	پاییدن، پایش، کارنگری
Allowable	پذیرفتنی (بر پایه آیین‌نامه)، مجاز
Well equipped	پر ابزاره (مجهز)
Diffusion	پراکندگی و پخش (چیزی) در همه سو از یک کانون
Dispersion	پراکندگی و پخش شدن از یک کانون
Scattered	پراکنده
Search radius	پرتو پژوهش
Hydraulic radius	پرتو تر شده، شعاع تر شده
Radius	پرتو (شعاع)
Ultraviolet ray	پرتو فرابنفش
Radius of Influence	پرتو نفوذ
Steep	پُرشیب، شیبدار
Permit	پروانه، اجازه
Wilting	پژمرده شدن، پلاسیدن
Industrial waste	پساب صنعتی
Lag	پس افتادگی، دیرماند، بازمانی
Leakage	پس دادگی، پس دادن آب و آبگون
Berm	پشته، پشته خاکی، هَره
Conceptual	پنداره‌ای

Bark	پوست تنه درخت
Peel	پوسته، پوسته شدن
Putriscible	پوسیدنی (تجزیه پذیر)
Final cover	پوشش پایانی
Cover	پوشش، روپوش
Money	پول، بودجه، سرمایه برای انجام کار
Out lay, Lay out	پیاده کردن
Subsequent	پیامد
Complex	پیچیده
Generation	پیدایش، تولید
Base	پی، شالوده
Preloading	پیش بارگذاری
Rotary motion	پیشرانی با چرخش، پیش راندن چرخواره‌ای
Precompaction	پیش‌کوبیده
Proposed	پیشنهادی
Configuration	پیکره، ریخت
Patch up	پینه‌زنی، پینه
Equation	پیوستار (معادله، رابطه)
Direct Correlation	پیوستگی بی‌میانجی

ت

Resistance	تاب
Tear resistance	تاب پاره شدن، تاب پارگی
Puncture resistance	تاب و ایستایی در رویارویی با سوراخ شدن

Spine	تاییدن، تاباندن، تاب دادن
Peak	تاگ، اوج، بیشترین حد ممکن
Wetland	تالاب
Slab	تاوه
High level	تراز زبرین
Topographical map	ترازما (نقشه)، ترازبندی
Crawler tractor	تراکتور چرخ زنجیری
Density	تراکم، چگالی
Trench	ترانشه (در راه‌سازی که بریدن خاک پیش می‌آید)، بغل بری
Permeameter	تراواسنج
Permeable	تراوایی (نفوذپذیری)، با تراوا
Percolate	تراویدن، تراوش
Percolating	تراویدن، تراوش، گذر
Stiff	ثرد، شق
Stiffness	ثردی، شقی، سختی
Crack	ترک، شکاف، چاک
Explosion	ترکیدن، از هم پاشیدن (انفجار)، ترکاندن
Constituents	تشکیل‌دهنده، آمیختار
Shock	تکانش، تکان خوردگی
Trial-and-error	تکرار تا یافت
Single lined	تک روکشه
Isolated gas vent	تک گاز، گازگیری جدا از هم
Monolithic	تک ماده‌ای
Random sample	تک نمونه
Compactive effort	تلاش کوبش
Submersible (pump)	تلمبه غوطه‌ور، شناور

Tensiometer	تنش سنج
Screen (well)	تنه شیاردار
Water balance	توازن آب، هم‌اندازگی
Dense	توپر، درهم فشرد، متراکم
Interbeded	تو در تو، درهم چفت‌شده، چفت و بست شده
Generation	تولید، فراوری
Deposit	ته‌نشست، رسوب
Sedimentation	ته‌نشینی
Void	تهی، بیهوا، پوچ
Coordinate	تیرگ جانما، محور مختصات
Acidity	تیزآبی، اسیدی

ج

Migration	جاب‌جا شدن، جابه‌جایی
Mobility	جاب‌جایی، جابه‌جا شدن
Microorganism	جانداران ذره‌بینی
Extraction	جداسازی، افشره (کردن)
Microbial activities	جنبش و جابه‌جایی جانداران ذره‌بینی (میکربی)
Retrofit	جورسازی، جورکردن
Wedge fusion	جوش برجسته

چ

Grid	چارخانک (شبکه)
------	----------------

Fissuring	چاک خوردن، چاک خوردگی
Test pit	چال یا چاله آزمایش
Sump	چاهک (چاهکی)
Gas extraction wells	چاههای گازگیر (جداکننده گاز)
Pasture	چراگاه
Curvature	چرخش، پیچش
Peel adhesion	چسبندگی و گیرایی پوسته‌ای
Interlocking	چفت و بست شدن
Dripleg	چکه‌گیر
(Condensed) dripping	چکیدن چکه (گاز)، چکه چگالیده
Summary	چکیده، فشرده (خلاصه)، کوتاه شده
Consolidation	چگالیدن، چگالش، یکپارچه شدن، جا افتادن
Feature	چگونگی، سیما، چهر
Polymer	چندبندی، بندبند (در آمیخته‌های شیمیایی)
Stratification	چینه‌بندی، چین خوردگی

ح

Yield stress	حد جاری شدن، مرز راه افتادگی
Acceptable level	حد مجاز، مرز پذیرفتنی
Dissolved	حل شده
Stormwater basin	حوضچه آب باران‌گیر

خ

Source	خاستگاه، آب‌شخور (منبع)
--------	-------------------------

Amended soil	خاک بهیافته (با افزایش خاکهای دیگر)
Landfill	خاکچال
Area method (Landfill)	خاکچال با گودال گسترده
Lined (landfill)	خاکچال روکش دار
Disturbed (soil)	خاک دست خورده
Compaction equipment	خاک کوب، ابزار کوبش
Peat	خاک نباتی، خاک زراعتی (خاک پر از مواد آلی)
Shut off	خاموش کردن، از کار انداختن
Phase	خان، مرحله
Scraping	خراشیدن، خراش
Creep	خزش، خزیدن
Hazardous	خطرزا
Spring line	خط کمربندی (میان)
Outflow Line	خط لوله برونشو
Inflow Line	خط لوله درونشو
Attenuation (natural)	خودپالایی
Self-propelled	خودچرخان، چرخنده
Vehicle	خودرو، ابزار موتوردار
Corrosivity	خورندگی، زنگ زدگی
Plume	خوشه (آلودگی)
Wet	خیس، تر

Elongation	دراز شدن، کش آمدن
Long term	دراز مدت، بلند مدت
End cap	درپوش
Calibration	درجه بندی کردن
Absord	در خود فروکشی آب (مانند اسفنج)
Seaming equipment	درزبند، ابزار درزبندی
Bonded seam	درز بهم پیوسته
Seam	درز، درزبندی
Land dispoal	در زمین دفع کردن
On site	در کارگاه، درجا
Inlet	درونشو
Crushing	درهم شکستن
Data acquisition and storing	دریافت و بایگانی کردن داده‌ها
Baffle	دست انداز، مانع
Gauge	دستگاه سنجش و اندازه گیری
Flood plain	دشت سیل گیر، سیلاب گیر
Guide line	دفترچه راهنما
Variable	دگرپذیری، دگرشو
Bucket	دلو، جام، سطلک
Ambient temperature	دمای پیرامونی، گرمای هوای دور و بر
Blower	دمنده
Active life	دوران بهره برداری، عمر سودمند، دوره بهره یابی
Containment	دور بسته، کرانه دار
Disposal	دور ریختن، چال کردن (دفع کردن)
Two stage	دوگامه
Cut-off wall	دیوار آب بند

Well casing دیواره فلزی چاه، جدار چاه

ذ

Particle ذره، دانه

ر

Resin	راتیانه (صمغ)
Orientation (soil)	راستای دانه‌های خاک
Start	راه‌اندازی، آغازیدن
Access road	راه دسترسی، راههای کارگاهی
Routing	راه یافت، راه باز کردن
Classification	رده‌بندی، گروه بندی، جرگه‌بندی
Type	رده، نوع، گونه
Waste type	رده یا نوع پسمانده
Verification	رسیدگی
Gradually	رفته‌رفته، خردخرد (تدریجی)
Topsoil	روخاک، خاک نباتی
Pore	روزنه (خلل و فرج)، منفذ
Extraction (procedure)	روش جداسازی
Current (practice)	روش روز، روش معمول
Procedure	روش، رویه، روند، شیوه
Trench method	روش کندک، روش گودال باریک

Base liner	روکش پی
Double Lined	روکش دولا، دو روکشه
Geomembrane, Geosynthetic	روکش ساختگی، روکش ماشینی
Side liner	روکش کناری
Overlap	روهمرفتگی
Pavement	رویه (اسفالت)، روسازی
Wearing surface	رویه فرسوده، رویه رفته
Spillage	ریخت و پاش، هدر رفته
Molding	ریخته‌گری، قالب ریختن، شکل دادن به چیزی
Collapse	ریزش کردن، فرو ریختن
Microwave	ریز موج (اجاق)
Detail	ریزه کاری، جزء (جزئیات)
Swelling	ری کردن، باد کردن

ز

Municipal garbage	زباله، آشغال شهری
Dumping vehicle	زباله کش
Coarse	زبردانه
Granular (Coarse)	زبردانه
Elude	زدودن، شستن، از میان برداشتن
Recovery (time)	زمان بازگشت
Elapsed (time)	(زمان) سپری شده
Detention	زمان ماند، ماندگاری
Hydrogeology	زمیناب شناسی

Geofabric	زمین $\equiv$ زم + بافت، زمبافت، نوعی روکش پُردوام
Fallow	زمین شخم زدن پیش از کاشته شدن و کاشتن
Temper	زمین کوب دستی (تخماق)، ابزار دستی کوبیدن
Unimproved areas	زمینهای دست نخورده، آباد نشده (طبیعی)
Turgor	زنده مانده (سلول گیاهی)
Lysimeter	زوال سنج
Drainage	زهکشی
Toxicity	زیانباری
Subbase	زیرپی
Downstream	زیردست
Range	زیر و زبری، افت و خیز
Environmental	زیست محیط

س

Compatible	سازگار، جور
Compatibility	سازگاری
Regulatory agency	سازمان آیین گذاری
Boot	ساق، لوله کوتاه
Annual	سالیانه، سالانه
Arrangement	سامان دادن، سامان بندی
Vacuum-Pressure operated	سامانه تهی سازی فشاری
Gas venting system	سامانه دمنده گازگیری
Assive ventilation system	سامانه گازکشی با دمنده
Passive ventilation system	سامانه گازکشی بی دمنده

Erosion	سایش، ساییده شدن، آب شست، فرسایش، فرسودگی
Lighter	سبکتر
Stringent	سختگیر، سختگیرانه
Check dam	سد شتابگیر، سد سرعت شکن، مانع مهارساز
Initiall	سرآغاز کار، نخست
Overflow	سرریز کردن، لبریز شدن
Control	سرکشی، واریسی، بازرسی، مهار کردن
Organized	سر و سامان یافته
Firm	سفت، سخت یا شرکت و سازمان کاری
Ground water table	سفره آب زیرزمینی
Water table	سفره آب (زیرزمینی)، ایستابه، تراز آب
Criteria	سنجه، مبنای سنجش
Riprap	سنگ چین، خشکه چین
Deadman	سنگینه (چیزی سنگین و سنگی برای مهار)
Punching	سوراخ شدن
Three dimensional	سه سویه (سمک $\equiv$ بُعد)، سه سمک (سه بعدی)
Apportionment	سهم بندی، بهر بندی
Saturation	سیراب شدن، سیرابی (اشباع)
Flood	سیل، سیلاب

ش

Collection System	شبکه گردآوری، سامانه گردآوری (آب باران)
Tiller	شخم زن، صفحه بران (تراکتوربا)
Feasible	شدنی، انجام پذیر

Jetting (water)	شست‌وشو با آب زیر فشار
Flushing (water)	شست‌وشو با رانش آب، رانش و راندن آب
Flame arrester	شعله گیر، فروزش گیر
Desiccation	شکاف خوردن، چاک و ترک برداشتن در اثر خشک شدن
Fractured	شکسته، ترک خورده
Brittleness	شکنندگی، تردی
Curve number	شماره منحنی، شماره پیچ
Definition	شناسه (تعریف)
Pea gravel	شن نخودی
Salinity sensor	شور، شوری نما
Slot	شیار
Hydraulic gradient	شیب هیدرولیکی

ص

Ultrasonic impedance plane	صفحه فراصداى کندساز
----------------------------	---------------------

ض

Safety factor	ضریب آگاهی، ضریب اطمینان
Tortuosity factor	ضریب پیچ و خم
Roughness coefficient	ضریب زبری
Coefficient	ضریب، زدنی

ظ

Field capacity	ظرفیت کارگاهی
----------------	---------------

ع

Evapotranspiration	عرق - بخار کردن
Element	عنصر، بُنه، پدیده

غ

Encasement	غلاف کردن (درون)، دورپوشانی، پوشش گرداگردی
Sheep's foot roller	غلtek پاچه‌بزی
Immersion (test)	غوطه‌ور سازی (آزمایش)، شناوری

ف

Process	فرآیند
Mixing process	فرآیند آمیختن
Intrusion	فراکشیدگی، رخنه کردن، پیشروی (درون چیزی)
Procurement	فراهم آوردن، تهیه کردن
Degradable	فرسایش یافتنی، فرسودنی
Deteriorate	فرسوده شدن، رو به فرسودگی نهادن، فرتوتی

Penetrate	فروبری، فرو بردن (نفوذ)
Ignate	فروزش، افروختن، روشن کردن، سوزاندن
Degradation	فروسایی، فروساییدن
Foot contact pressure	فشار کف (پاچه)، فشار رویه پاچه (بزی)
Compressed	فشرده، متراکم
Ultra pulse echo technique	فن پژواک فراتپش
Technique	فن، شگرد
Listing	فهرست‌بندی

ق

Prohibit	قدغن، جلوگیری
Slip circle	قوس لغزش

ک

Workability	کارپذیری، شکل‌پذیری
Site	کارگاه، جا
Installation	کارگذاری، نصب
Reduction	کاستن
Defect	کاستی، کمبود، نقص
Disadvantages	کاستیها
Mineral	کانی
Deplete	کاهش یافتن (تا مرز از میان رفتن)

Ponding	کپه شدن، کپه کپه شدن آب، مردابه شدن
Zigzag	کج واکج
Adsorb	کشش پوسته‌ای (همانند خیس شدن رویه سنگ از آب)
Gravitation	کشش زمین، نیروی سنگینی (ثقل)
Elastic	کشوار، کشواره، کش آمدنی
Elasticity	کشوارگی
Clod	کلوخ، کلوخه
Minimum	کمینه
Discard	کنار نهادن، نپذیرفتن
Perimeter	کناره‌ای، پیرامونی، لبه‌ای
Trench	کندک (در کار لوله کشی و مانند آن)
Compaction	کوبیدن، درهم فشردن
Temporary	کوتاه زمان (موقت)
Incinerator	کوره زباله سوزی، زباله سوز
Foundry	کوره قالب سازی، قالب ریزی، ریخته گری

گ

Burner (Gas)	گازسوز، اجاق
Stage (step)	گام، وهله، مرحله
Callendering	گذراندن فلز یا روکش از میان دو غلتان گردان (برای شکل دادن)
Extrusion	گذردادن صفحه و روکش برای شکل دادن (همراه با فشار)
Channeling	گذر کردن، نقب زدن، راه باز کردن
Tendency	گرایش، تمایل
Scheme	گرتّه، طرح

Surrounding (soil)	گرداگرد (خاک)
Powdery	گردواره، گردوار
Dust	گرد و غبار
Snetite	گروه‌های پاک‌کننده، زداینده (صابونی)
Antiseep Collar	گریبانه چکه گیر
Volatile	گریزنده، فزّار
Preliminary report	گزارش بررسی نخستین
Feasibility report	گزارش نخستین
Inflation	گزافه شدن، گزافگی، تورّم
Option	گزینه
Bituminous mat	گستره قیری، روکش قیری
Liner blowout	گسیختگی، از هم گسیختگی روکش
Blowout	گسیختگی، پاره شدن، در رفتن
Bending failure	گسیختگی خمشی، گسیختگی خمیدگی
Estimate	گمان زدن، تخمین
Bore (hole)	گمانه
Boring	گمانه زنی
Documentation	گواه‌نگاری، گواه‌پردازی (سندسازی)
Deflection	گود افتادگی، خم شدن، شکم‌دادگی
Depression	گودال، چاله، فرو رفتگی
Divergence angle	گوشه چرخش یا پیچش، گوشه دورگشتگی
Friction angle	گوشه (زاویه)، مالش
Grid point	گوشه‌های چارخانگ
Representative	گویا، نماینده
Aromatic	گیاهان خوشبو
Adhesion	گیراگیری، (التصاق)، چسبندگی، گیرایی

ل

Silt	لای
Barrier layer	لایه بندآور (آب)، لایه آب‌بند
Protective layer	لایه حفاظتی
Freeboard	لبه آزاد (آب تا لبه حوض)
Laminated	لعب‌دار، لعب‌داده شده
Error	لغزش (اشتباه و خطا)
Faulty design	لغزش در طرح، طرح نادرست
Sliding	لغزیدن، سُرخوردن، رانش
Header (Pipe)	لوله اصلی، لوله برونشور
Tube	لوله بی‌درز
Schedule (80)	لوله شماره ۸۰

م

Synthetic material, Synthetic membrane	ماده ساختگی و روکش ساختگی
Slime	ماده لزج
Silty sand	ماسه لای‌دار
Permissible	مجاز، پذیرفته
Shrinkage	مچالگی، مچاله شدن، جمع شدن، آب رفتن
Predictive (modeling)	مدل پیشگو
Phasing	مرحله‌بندی، خان‌بندی
Liquid limit	مرز آبگونی
Delineate	مرزبندی کردن

Plastic limit	مرز خمیری
Specification	مشخصات، ویژگیها
Optimum	مطلوب، دلخواست
Cable	مفتول، کابل
Suction	مکش
Vadose zone	منطقه آبدار (آبی زیرزمینی که یکجا گرد نیاوردنی است)
Active area	منطقه پرآمد و شد و پر جنب و جوش
Glaciated (region)	منطقه یخبندان، یخ بسته
Fine materials	مواد ریزدانه
Refuse	مواد وازده
Wave sensing device	موج‌سنج (دستگاه)
Growing (Season)	موسم بالیدن و نمو
Dormant (Season)	موسم خاموشی (گیاهان)، موسم زمستان
Anchorage	مهار، مهار، لنگر
Intermediate	میانہ (مرحله یا کاری یا یک بررسی)
Moisture Content	میزان نم

ن

Inorganic	ناآلی
Destructive	نابودگر، خراب‌کار
Impermeable	ناتراوا
Emergency	ناچارگی، اضطراری، نیاز آنی
Mandatory	ناگزیر، اجباری
Lack (of)	نبود

Absence	نبود، نبود (در) ، نبودن
Debris	نخاله ساختمان، آشغالهای مانند نخاله
Flexible	نرم، خم‌شو، تاشو
Tolerance	نرمش، تا شدگی، نرم‌پذیری
Void ratio	نسبت پوچی
Monument	نشانه
Infiltration	نشت کردن
Settlement hub	نشست‌گیر
Uneven settlement	نشست ناهموار، نشست نابرابر
Cash flow	نقدینه، پول در جریان
Flash point	نقطه آتش‌زایی، نقطه گر گرفتن
Preservation	نگهداری
Long term care	نگهداری در دراز مدت
Service	نگهداری و رسیدگی
Aesthetic	نمای زیبا و خوش
Plan	نمای گسترده، نمای رویه، نمای رویین
Melting Index	نمایه آب‌شدن (آب‌شدگی)
Plasticity index	نمایه خمیری، نمایه خمیرگی
Index	نمایه (شاخص)
Moisture	نم، رطوبت، خیزی
Moisture meter	نم‌سنج
Optimum moisture	نم مطلوب
Nomograph	نمودار
Sample	نمونه
Composite sample	نمونه آمیخته
Vacuum-Pressure sampler	نمونه‌بردار تهی‌سازی فشاری

Sampling	نمونه برداری
Viscosity	نوحی (ویسکوزیته)
Repair	نوکاری، پینه زنی (تعمیر)
Emergency repair	نوکاری و پینه زدن فوری
Ditch	نهرآب، جوی
Potential	نهفته، خفته
Pullout (force)	نیروی کشندگی، از جا کردن
Profile	نیمرخ

و

Check	وارسی کردن، بازدید کردن، سرکشی کردن
Reaction exchange	واکنش جابه جایی
Kinetic reaction	واکنش جنبشی
Kneading	ورز دادن، سرشتن
Destruction	ویرانگی، خراب کردن، آسیب زدن
Characteristics	ویژگیها
Soil property	ویژگیهای خاک، مشخصات خاک

ه

Contingency	هزینه پیش بینی نشده
Warning	هشدار، هشدار دادن، آژیر (اخطار)، گوشزد کردن
Regulatory compliance	هماهنگی با آیین نامه، خواسته های آیین نامه ای

Impact	همایش، اثر
Equivalent	همسنگ، برابر (معادل)
Permanent	همیشگی، پایدار، دائمی
Significant	هنگفت، چشمگیر، بی‌اندازه
Aerobic	هوازی (باکتریهای هوازی)

ی

Recording	یادداشت‌برداری، گزارشگری
Form	یادداشت‌نامه، (درخواست‌نامه)، یادداشت
Emergency	یاری رسانی فوری
Freeze-thaw	یخ‌زدگی تا وارفتن
Freeze	یخ‌زدن
Spare	یدک، تکه یدکی
Uniform	یکنواخت، یک شکل، همشکل

Islamic Republic of Iran
Management and Planning Organization

Design, Construction, Operation and Maintenance of Sanitary Landfill

No: 217

Office of the Deputy for Technical Affairs
Bureau of Technical Affairs and Standards

1380/2001