بسمه تعالی

گروه مهندسین دریان

روش‌های کنترل آب زیرزمینی در گودبرداری

REV	شرح	تهیه	بررسی	تأیید	تصویب	تاریخ انتشار	محل ضرب مهرهای تحت کنترل- منسوخ
۰۰	**روش‌های کنترل آب زیرزمینی در گودبرداری**	**وحید پاچیده**	**امیر ساعدی**				
۰۱							
۰۲							
۰۳							

www daryan.co

تهران - سعادت آباد - خیابان ریاضی بخشایش - بن بست قائم - پلاک ۴ - طبقه چهارم

تلفن : ۷-۲۲۱۳۷۰۸۶ فکس : ۲۲۱۳۷۰۸۴

فهرست مطالب

۱-مقدمه ۳

۲-آب کشی گود..... ۵

۳-خشک سازی گود..... ۹

۴-روش های انحراف آب از اطراف گود..... ۱۵

۵-زهکشی گود..... ۱۸

۵-۱- سیستمهای نوین ۲۱

۱- مقدمه

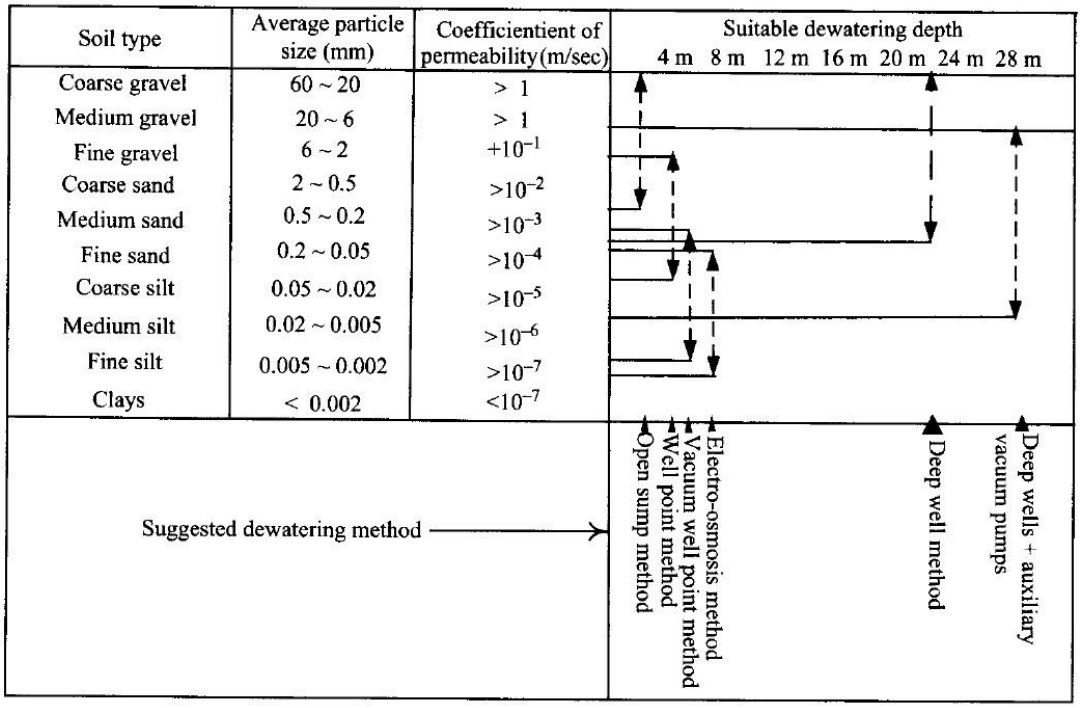
شاید به جرأت بتوان گفت هیچ مسئله‌ای به اندازه وجود آب نمی‌تواند موجب اخلال در یک پروژه گودبرداری شود. این مسئله می‌تواند موجب کاهش ظرفیت باربری سطحی، تخریب پیشانی خاکی گود، عدم تمایل پیمانکاران در انتخاب روش شمع زنی و افزایش زمان و هزینه خواهد شد. حتی در صورتی که این مسئله به طور مؤثر مدیریت و کنترل گردد، عامل مهمی در مورد مشکلات دسترسی و رفت و آمد در سایت می باشد. به بیان دیگر مسئله وجود گل و لای می‌تواند مشکلات جدید بسیاری را ایجاد و حتی طرح‌ها و برنامه‌های بسیار دقیق را نیز دچار اخلال نماید. چنانچه با این مسئله به درستی برخورد نشود، عملاً امکان آسیب به پیمانکار در تمام موضوعات وجود خواهد شد (شکل ۱) .

در برخورد با مسئله آب، باید آمادگی مواجهه با مشکلات آب سطحی،آب راکد و آب‌هایی که در حین گودبرداری خارج می‌شوند مشابه مسائل فشار آب و لایه‌های تحت فشار زیر عمق گودبرداری، توجه شود. لذا به منظور دستیابی به این موضوع، رسیدن به فهم دقیق از انواع شرایط مواجهه با آب ضروری است. این اطلاعات باید با اثرات بالقوه آب و هوایی و تغییرات فصلی ترکیب گردد. تنها در صورتیکه تصور صحیح و منطقی از این موضوعات وجود داشته باشد، امکان برنامه ریزی صحیح جهت کنترل مسئله آب که امری کاملاً ضروری در اجرای موفق پروژه گودبرداری است، وجود خواهد داشت.

تاکنون روش‌های مختلفی برای کنترل آب در گودبرداری ارائه شده است که هر یک برای شرایط خاصی مؤثر خواهند بود. با این حال معیارهایی برای انتخاب بهترین روش وجو دارد که می‌توان گفت نفوذپذیری خاک و جنس آن از مهمترین آن‌هاست. شکل ۲ نمونه‌ای از روش‌های پیشنهادی برای انتخاب روش زهکشی مناسب را نشان می‌دهد. در این نوشتار به برخی از پرکاربردترین روش‌های زهکشی گود پرداخته شده است.

شکل ۱: عدم کنترل صحیح آب (به اردک‌های موجود در تصویر دقت کنید)

Soil type	Average particle size (mm)	Coefficientient of permeability (m/sec)
Coarse gravel	60 ~ 20	> 1
Medium gravel	20 ~ 6	> 1
Fine gravel	6 ~ 2	$+10^{-1}$
Coarse sand	2 ~ 0.5	$>10^{-2}$
Medium sand	0.5 ~ 0.2	$>10^{-3}$
Fine sand	0.2 ~ 0.05	$>10^{-4}$
Coarse silt	0.05 ~ 0.02	$>10^{-5}$
Medium silt	0.02 ~ 0.005	$>10^{-6}$
Fine silt	0.005 ~ 0.002	$>10^{-7}$
Clays	< 0.002	$<10^{-7}$



شکل ۲: چارت انتخاب روش مناسب زهکشی گود براساس نوع ، اندازه دانه‌ها و نفوذپذیری خاک

۲- آب کشی گود

«آب‌کشی»[۱] عنوانی است که به روش‌های حذف آب بعد از ورود آن به محل گود داده می‌شود. در این خصوص ممکن است بین این اصطلاح و عنوان «خشک‌سازی گود»[۲] اشتباه شود. در حالیکه اصطلاح خشک سازی گود، مربوط به روش‌هایی است که از ورود آب به محل گود بوسیله‌ی عملیات پمپاژ جلوگیری می‌شود.

آب کشی می‌تواند در مورد سدهای صندوقه‌ای با سپر، بعد از نصب لایه‌ی آب‌بند در کف آن نیز انجام شود. چنانچه گودبرداری تقریباً سطحی باشد (کمتر از ۴,۵ متر)، عملیات پمپاژ معمولاً بوسیله‌ی پمپ‌های خلاء انجام می‌شود. لکن در صورت عمیق‌تر بودن گود، این کار بوسیله‌ی پمپ‌های شناور یا پمپ‌های لجن‌کش[۳] قابل انجام خواهد بود.

اگر آب نسبتاً شفاف باشد، می‌توان آن را مستقیماً یا با هر نوع کانال‌کشی به مسیر نهرها، رودها یا دریاچه‌ها منتقل کرد. با این حال، آبی که از محل گودبرداری جمع آوری می شود، دارای رسوبات زیادی است که لازم است قبل از رهاسازی در آب های طبیعی زدوده شوند. این فرآیند می‌تواند به سادگی پخش آب در یک فضای سبز وسیع جهت نفوذ مجدد آن به درون زمین نیز انجام شود. در غیر اینصوت ممکن است نیاز باشد آب جمع آوری شده به یک حوضچه‌ی رسوب که متشکل از مخازن بزرگ یا گودال‌هایی که به این منظور حفر شده اند، است، منتقل شود. در این بخش بعد از رسوب گل و لای، آب تسویه شده پشت یک بند جمع آوری می‌شود. در موارد بحرانی ممکن است نیاز باشد از برخی مواد کرکینه ساز[۴] با گیاهان خاصی جهت حذف مواد جامد استفاده شود. اگر آب حاوی آلودگی‌های خاصی باشد، ممکن است نیاز به استفاده از مواد شیمیایی جهت ایجاد رسوب یا فیلترهای جهت مناسب‌سازی آن برای طبیعت باشد.

آب کشی می‌تواند شامل حذف آب‌هایی که به تدریج در نقاط محدودی از گود تجمع می‌کنند و باید به طور مداوم تخلیه شوند، نیز باشد. منبع این آب‌ها ممکن است بارندگی یا آب جدول‌ها باشد که به داخل گود جریان می‌یابند. حجم این آب‌ها معمولاً آنقدر بالا نیست که بتوان از روش خشک‌سازی استفاده کرد، لذا با احداث کانال‌هایی (شکل های ۳ و۴) در محل پروژه در اطراف اجزای حساس کار جمع آوری شده، و به سمت یک یا چند چاه زهکش(شکل های ۵ و ۶) می‌شوند تا از انجا به خارج گود پمپ و تخلیه گردند.

---

[۱] *Unwatering*

[۲] *Dewatering*

[۳] *Trash pump*

[۴] *Flocculant*

شکل ۳: ترانشه‌های آب کشی

شکل ٤: اجرای کانال‌های آب کشی با سفال و شن درشت دانه

شکل ۵: چاه زهکشی

شکل ٦: چاه زهکشی با لایه‌ی محافظ

حال این سوال مطرح می‌شود که «چه موقعی باید از روش خشک‌سازی و چه موقعی باید از روش آب کشی استفاده کرد؟». این سوال نه تنها از جنبه «امکان‌پذیری» مطرح می‌شود، بلکه از لحاظ اقتصادی و اجرایی نیز قابل طرح است. چنانچه بتوان با استفاده از روش آب‌کشی به طور مؤثر مسئله آب را حذف کرد، تقریباً همیشه از لحاظ اقتصادی ارزان‌تر از روش خشک‌سازی خواهد بود. با این حال تصمیم انتخاب روش آب کشی به جای خشک-سازی اثراتی فراتر از مسئله هزینه بر پروژه‌های شمع‌زنی و گودبرداری خواهد داشت. لذا در استفاده از این روش ممکن است مواردی لزوم به رعایت باشند که عبارتند از:

- در روش آب کشی ممکن است نیاز به استفاده از شیب‌های ملایم‌تری جهت گودبرداری باشد.
- انتخاب روش آبکشی ممکن است گزینه‌های ممکن برای شمع‌زنی را محدود نماید، به عنوان مثال ممکن است نیاز لازم باشد از سپرها به جای شمع‌های کششی یا نیلینگ استفاده شود.
- در پروژه‌هایی که از روش آب‌کشی استفاده می‌شود، تقریباً همیشه کف گود مرطوب‌تر و لجنی‌تر خواهد بود که این مسئله مشکلات بیشتری را در مقایسه با روش خشک‌سازی ایجاد خواهد کرد.

به منظور کاهش هزینه‌های آب‌کشی، پرواضح است که باید حجم آب پمپاژ را کاهش داد. برای این کار روش‌های مختلفی وجود دارد، منجمله:

- به جای استفاده از یک چاه عمیق جهت جمع آوری آب، بهتر است از چند چاه در نقاط مختلف گود استفاده شود.
- از روش‌های انحراف جریان آب ورودی به محل گود (بخش ۴) به منظور کاهش حجم آب ورودی استفاده شود .
- با استفاده از اجرای *cutoff* میزان آب ورودی از یک منبع مشخص به داخل گود کاهش داده شود.

کیفیت مصالح مصرفی در زهکشی زیرزمینی، نقش اساسی در بهره دهی دراز مدت تأسیسات زهکشی ایفا می‌کند و به طور کلی باید دارای ویژگیهای زیر باشند :

الف- از نظر شیمیایی و فیزیکی، در شرایط محیطی پروژه مقاوم و با دوام باشند .

ب- مقاومت کافی سازه ای در برابر بارهای وارده و تغییر شکلهای ناشی از آن را داشته باشند .

پ- در ابعاد و اندازه هایی طراحی شوند تا بتوانند حجم آب مورد نظر و محاسبه شده در طرح را جمع آوری و تخلیه کند .

مصالح دانه ای

عملکرد مصالح دانه ای در سیستم زهکشی زیرزمینی شامل موارد زیر است :

الف- جمع آوری آبی که از سیستم عبور می کند

ب- جلوگیری از فرار و انتقال مواد ریزدانه خاک پایه (خاکی که باید زهکشی شود) به داخل مصالح زهکش

پ- تخلیه و خارج کردن آب به عنوان یکی از عملکردهای اصلی فرایند زهکشی

برای اینکه الزامات فوق قابل اجرا باشد مصالح دانه ای باید تابع معیارهای معینی از نظر دانه بندی، تراوایی، مقاومت در برابر دوره های متناوب ذوب و یخبندا ن و واکنشهای شیمیایی مضر بوده و از سنگدانه های سخت، بادوام و مستحکم تشکیل شده باشند .در صورت مصرف ماسه از نوع ماسه بتنی به عنوان مصالح زهکشی نباید از ماسه حاصل از سنگ شکسته کربناتی که به تدریج در آب حل می شود استفاده نمود .

۳- خشک سازی گود[۱]

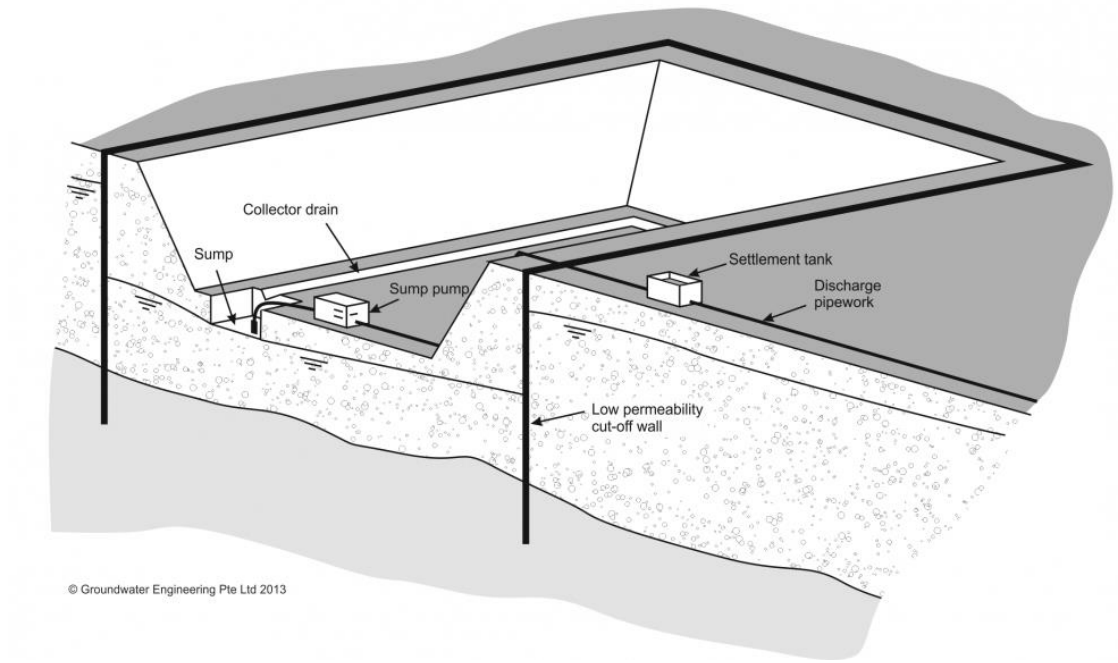
«خشک‌سازی» عبارتست از اقدامات اجرایی که به منظور حذف آب قبل از ورود آن به محل گودبرداری انجام می‌شود. این اقدامات می‌تواند به صورت کاهش سطح آب در خارج از محل پروژه و پائین نگه‌داشتن سطح آب زیرزمینی تا زمانی که اقداماتی مانند کارهای بتنی و اجرای طبقات که در زیر تراز سطح آب زیرزمینی انجام می‌شوند، به پایان برسد، باشد. این نوع از خشک‌سازی کلی در صورتی قابل انجام است که قبل از آن یک بررسی کامل از امکان‌سنجی این روش از نظر آسیب به عوارض همجوار پروژه کاملاً انجام شده باشد. زیرا این روش می‌تواند بر روی چاه‌های مجاور اثر بگذارد، موجب نشست در سازه‌های مجاور شود و جهت جریان آب‌های زیرزمینی را معکوس و درنتیجه گسترش آلودگی‌های موجود در آب‌های زیرزمینی به مناطقی که قبل از آن تحت تأثیر نبوده‌اند، را موجب شود.

چنانچه خشک‌سازی تنها در محدوده‌ی محل اجرای پروژه مدنظر باشد، باید با استفاده از دیوارهای آب‌بند که امکان ثابت ماندن سطح آب در خارج از محدوده‌ی پروژه را فراهم می‌کنند، محدودیت مذکور را اعمال

---

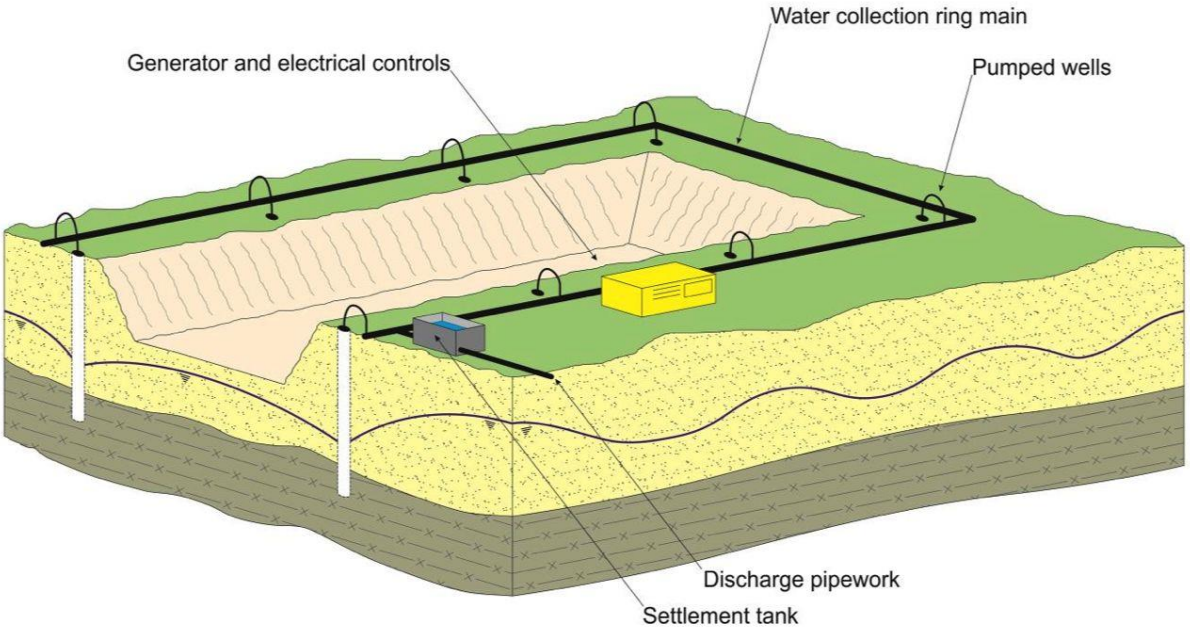
[۱] *Dewatering*

کرد. این دیوارهای آب‌بند می‌تواند سپر، دیوارهای سکانتی (شمع‌های سکانتی)، دیوارهای دیافراگمی یا ترانشه-های خاکی پر شده از مخلوط خاک-بنتونیت یا خاک-سیمان-بنتونیت، باشد (شکل ۷). به محض اجرای این نوع دیوارها، حجم آبی که باید پمپاژ شود کاملاً کاهش خواهد یافت.



شکل ۷: احداث دیوار آب بند دور تا دور محل گودبرداری

خشک‌سازی می‌تواند در قالب روش‌های دیگری مانند چاه‌های عمیق، چاهک‌های نقطه‌ای و زهکش‌های افقی نیز انجام شود. تقریباً همیشه اجرای چاه‌های عمیق نسبت به چاهک‌های نقطه‌ای گرانتر تمام می‌شودو معمولاً زمانی از آن استفاده می‌شود که نفوذپذیری خاک به حدی زیاد باشد که امکان افت سطح آب در محدوده‌ی وسیعی وجود داشته باشد. چاه‌ها معمولاً در فواصل مرکز به مرکز ۳۰-۴۵ متری حفر شده و پمپاژ آب از آن‌ها بوسیله‌ی پمپ‌های مسغرق با ظرفیت بالا انجام می‌شود. قطر این چاه‌ها معمولاً بین ۲۵-۷۵ سانتیمتر بوده و سطح داخلی آن‌ها بوسیله‌ی فیلترهایی پوشانده می‌شود تا از ورود ماسه و گل و لای به پمپ که موجب اخلال در عملکرد آن می‌شود، ممانعت بعمل آید. اجرای این نوع از چاه‌ها در خاک‌های ماسه‌ای و شنی با نفوذپذیری حداقل ۱×۱۰^{-۳} سانتیمتر بر ثانیه بهینه است. محدوده‌ی وسیعی را می‌توان با استفاده از تعداد محدودی چاه خشک کرد (شکل ۸).

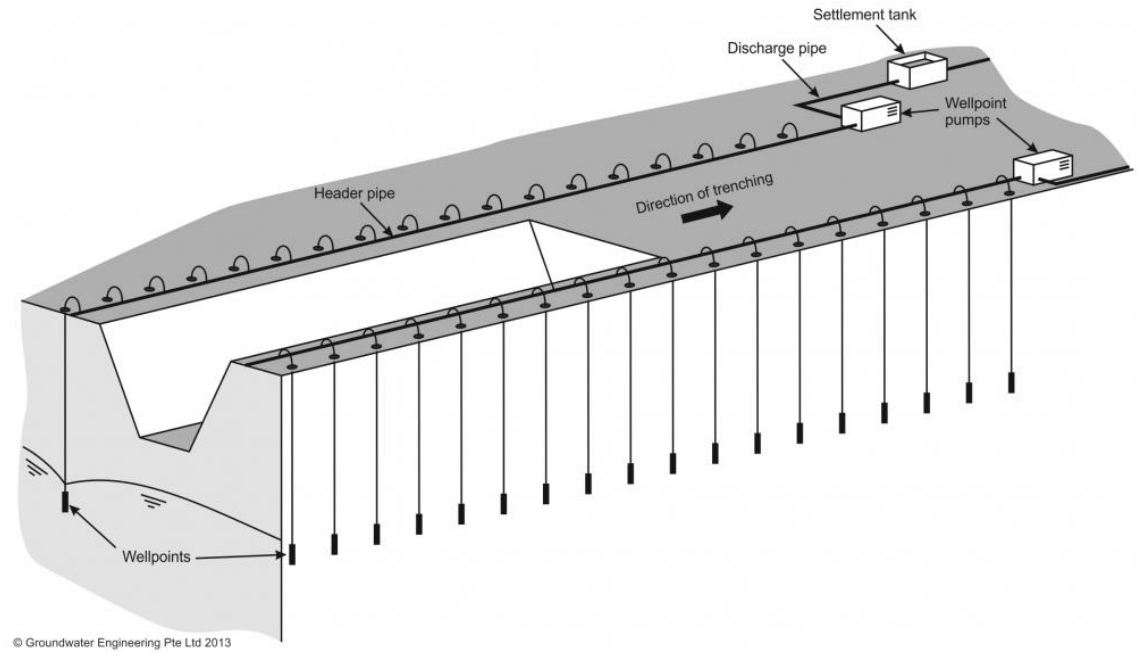


شکل ۸: اثر حفر چاهک بر پائین افتادن سطح آب زیرزمینی اطراف گود

گزینه‌ی دیگر قابل استفاده، روش چاهک‌های نقطه‌ای[۱] است. این چاهک‌ها، چاه‌هایی با قطر کم هستند که با استفاده از روش‌هایی مانند حفاری، کوبش یا نیروی جت نصب می‌شوند. چاهک‌ها با فواصل محدود و نزدیک به هم (فاصله مرکز به مرکز ۰٫۵–۲٫۵ متر) در محیط محدوده‌ای که خشک‌سازی آن مدنظر است، نصب می‌شوند (شکل ۹ و ۱۰). تمام چاهک‌های به یک خط انتقال مرکزی متصل می‌شوند. اگر عمق تحت خشک‌سازی کمتر از ۴٫۵ متر باشد، چاهک‌ها می‌توانند با خلاء کار کنند که در این صورت به آن‌ها «چاهک‌های نقطه‌ای مکشی» گفته می‌شود. مکش در خط مرکزی ایجاد شده و موجب مکیدن آب از دورن چاهک‌ها می‌شود. اگر عمق خشک‌سازی بیشتر از ۴٫۵ متر باشد، استفاده از چاهک‌های مکشی مستلزم اجرای یک ردیف دیگر از چاهک‌ها، ۴٫۵ متر پائین تر از ردیف اول است تا عملیات افت سطح آب مؤثر باشد.اگرچه این امر مستلزم گودبرداری به صورت شیبدار است، لکن در شکل ۱۱ یک نمونه از استفاده این روش در اجرای نیلینگ را نشان می‌دهد که از سیستم خشک‌سازی مکشی که در چند تراز مختلف روی جدار قائم گود نصب شده است، استفاده گردید.

---

[۱] *Wellpoint*



شکل ۹: اجزای سیستم چاهک‌های نقطه‌ای در خشک‌سازی گود

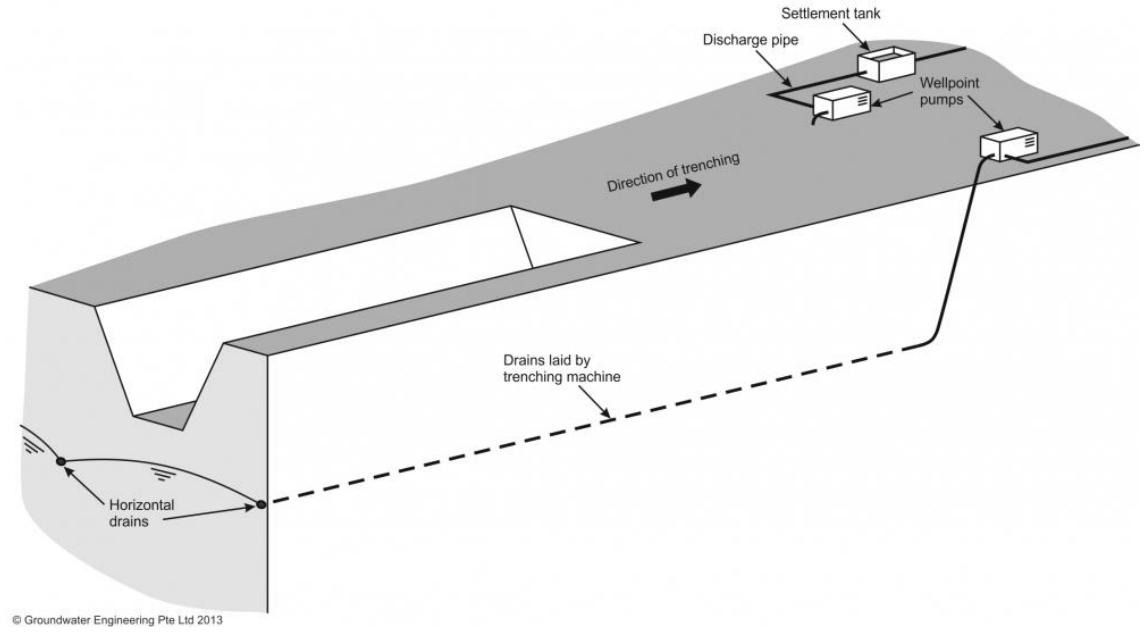
شکل ۱۰: استفاده از چاهک‌های نقطه‌ای در خشک‌سازی یک محدوده گودبرداری

شکل ۱۱: استفاده از خشک‌سازی به روش چاهک‌های مکشی که در دو تراز مختلف روی جدار قائم گود، قبل از گودبرداری جدید، نصب شده است.

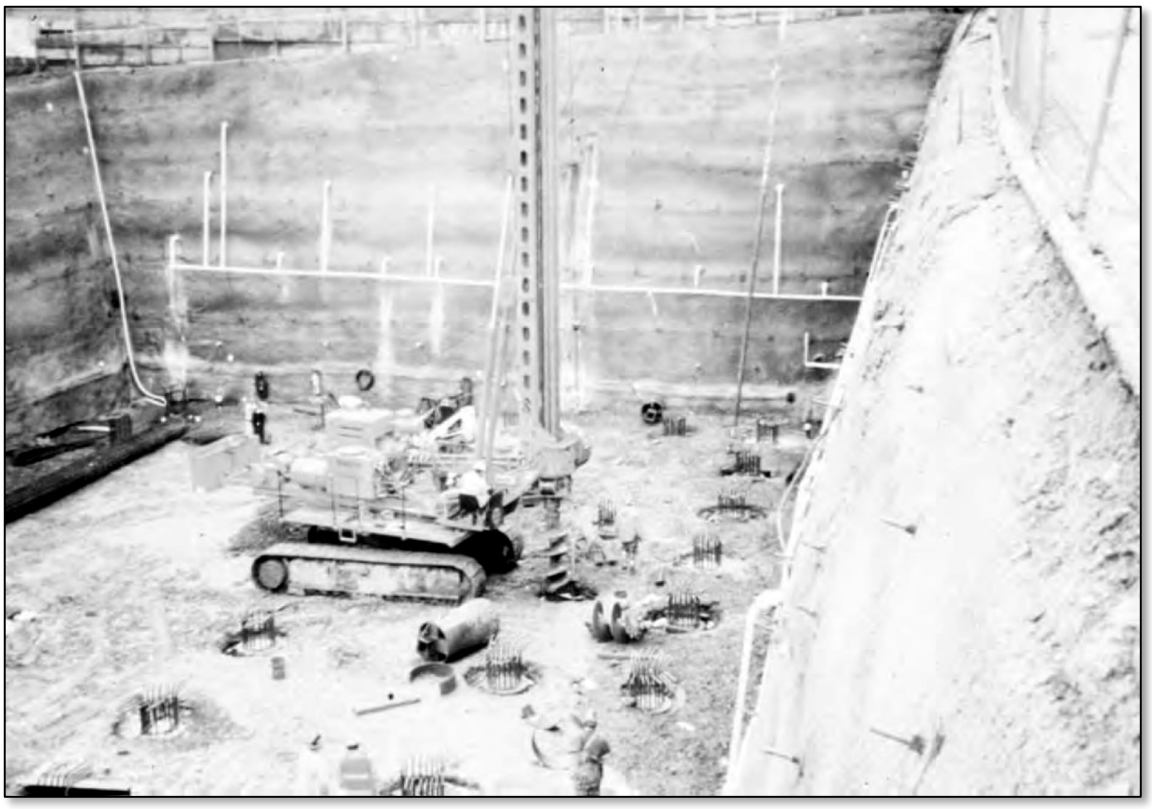
روش‌های چاهک‌های نقطه‌ای در خاک خاک‌های با نفوذپذیری حدوداً ۱×۱۰^{-۵} سانتیمتر بر ثانیه مؤثر می‌باشد. خاک‌هایی مانند ماسه‌ی سیلتی، سیلت‌های یخرفتی و ماسه‌های ریز سیلتی که نفوذپذیری آن‌ها در محدوده‌ی $۱۰^{-۳}$ تا $۱۰^{-۵}$ سانتیمتر بر ثانیه قرار می‌گیرد، می‌توانند با استفاده از روش‌های دیگر، خشک‌سازی شوند. در این خصوص بین کاهش اثر روش چاه‌های عمیق و صرفه اقتصادی در روش چاهک‌های نقطه‌ای، حالت تعادل وجود دارد.

زهکش‌های افقی روشی است که مخصوصاً در شرایطی که آب از لایه‌های فوقانی وارد گود می‌شود، مؤثر می‌باشد. از این روش غالباً در شرایطی استفاده می‌شود که یک سطح لغزش از خاک، در اثر وجود آب زیرزمینی لغزنده شده باشد و بتوان با پائین کشیدن سطح آب در سطح لغزش، شرایط پایداری آن را بهبود بخشید. این زهکش‌ها به صورت حفاری افقی بر جدار قائم محل گودبرداری و سپس راندن لوله‌های مشبک که منافذ آن با فیلتر محافظت شده است در درون سوراخ‌ها، نصب می‌شوند(شکل ۱۲). براین اساس آب در درون این لوله‌ها

جمع شده و به محلی مشخص پمپ و هدایت می‌شود. زهکش‌های افقی با طول تا ۲۱۵ متر هم جهت خشک‌سازی و تثبیت سطح لغزش مورد استفاده قرار گرفته‌اند(شکل ۱۳).



شکل ۱۲: اجزای سیستم زهکش‌های افقی



شکل ۱۳: زهکش‌های افقی با عمق تا ۲۱۵ متر (*Portland*) – به سیستم جمع‌آوری آب توجه شود

٤- روش های انحراف آب از اطراف گود

به منظور جلوگیری از جریان ناخواسته‌ی آب‌های سطحی به داخل محل اجرای گود و معضلات مبتنی بر آن، معمولاً پیمانکاران اقدام به احداث کانال یا بندهای کوچک در اطراف پروژه یا در مسیر محل‌های ممکن برای ورود آب می‌کنند. این کانال‌ها می‌توانند به سادگی کانال‌های بتنی معمولی یا شکلی شبیه ابرو داشته باشند (شکل۱۴). این سازه‌های انحرافی آب را به سمت سیستم‌های فاضلابی یا محل‌های انباشت آب هدایت می‌کنند تا از انباشتگی آن‌ها در سایت جلوگیری گردد.

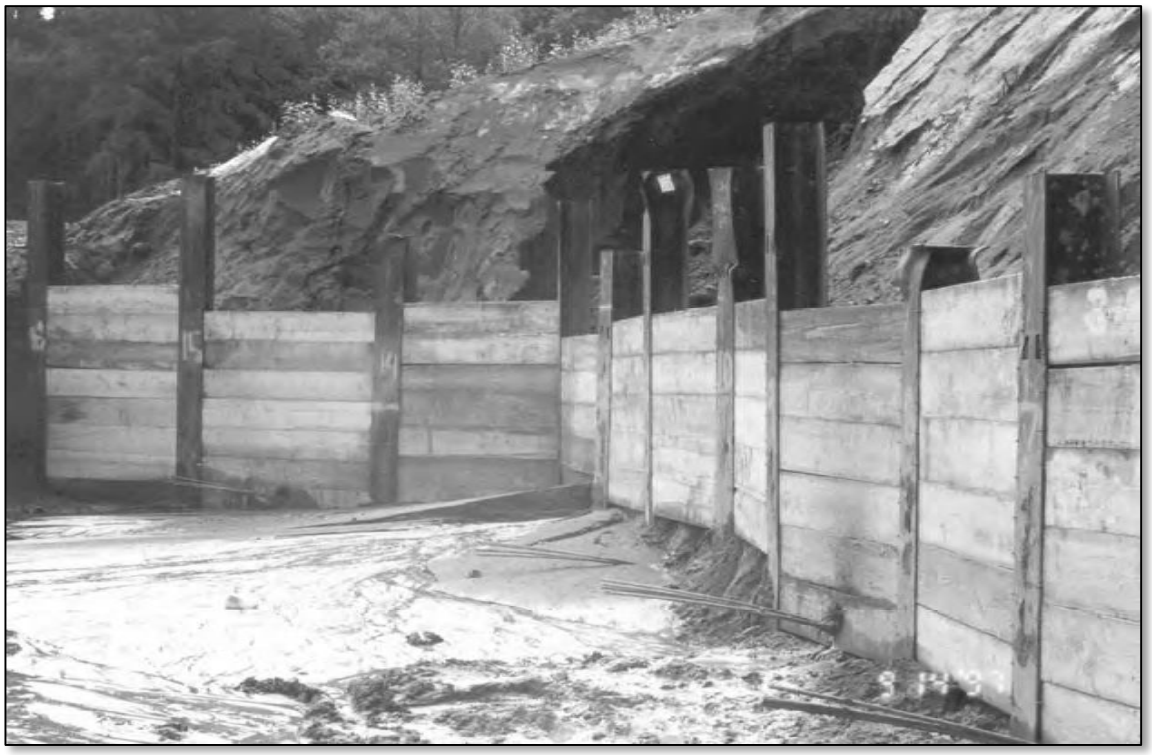
برای آب‌هایی که امکان انحراف آن‌ها از محل پروژه وجود ندارد مانند آب باران، ایده‌ی مناسب، کاهش اثرات آن‌ها بر شیب‌ها یا نفوذ آن‌ها به خاک پشت سیستم‌های اجرای شمع است. هنگامی که به آب اجازه داده شود تا روی شیب خاکی جریان یابد، با ایجاد کانال‌هایی موجب سست شدن آن خواهد شد. اگر آب این امکان را داشته باشد که پشت حاشیه‌ی خاکی دیوار نیلینگ یا شمع‌های کششی جریان داشته باشد، می‌تواند با شستن مصالح از پشت دیوار و سست کردن خاک، منجر به ناپایداری کلی سیستم شود.

شکل ١٤: موانع و کانال‌هایی که در اطراف محل گودبرداری احداث شده اند

در بالای هر شیب مجاور گود باید کانال‌هایی جهت انحراف آب و ممانعت از جریان یافتن آن روی شیب احداث گردد. بالای شیب باید در نواحی دورتر نیز جدول بندی شود تا در مواقع جریان‌های زیاد، آب وارد گود نشود. در مواقعی که شیب‌ها در معرض تخریب ناشی از وزش طوفان و بارش شدید هستند، باید روی آن ها با پوشش‌هایی مانند نایلون پوشانده شود (شکل ۱۵). این پوشش باید به گونه‌ای اجرا شود که از بالای شیب شروع شده و روی شیب تا بالای شمع‌ها ادامه یابد و یا تشکیل یک کانال جهت جمع آوری آب بدهد یا به حدی طول آن بزرگ انتخاب گردد که آب را به داخل گود، دور از پای دیوار، هدایت کند نه آن که روی شیب یا سیستم شمع جریان پیدا کند. سپس می‌توان آب ورودی به داخل گود را توسط سیستم پمپ و کانال جمع‌آوری کرد.

شکل ۱۶ عواقب عدم جلوگیری از ورود جریان آب‌های کنترل نشده بر یک شیب محافظت نشده را نشان می‌دهد. بسیاری از پیمانکاران ب این عقیده‌اند که هزینه‌ی نگهداری شیب با سیستم‌های پوششی بیشتر از اجرای یک لایه نازک شاتکریت (شکل ۱۷) می‌شود.

شکل ۱۵: پوشاندن روی شیب با نایلون



شکل ۱۶: فرسایش شیب به دلیل عدم اجرای پوشش محافظتی

شکل ۱۷: محافظت از شیب با اجرای لایه شاتکریت

۵- زهکشی گود

با وجود تهیه بهترین طرح‌ها، به ناچار آب وارد ناحیه‌ی پشت سیستم‌های اجرای شمع خواهد شد. در مورد سیسم‌هایی که برای مقابله با نیروهای هیدرواستاتیک طراحی نشده باشند، این مسئله می‌تواند نگران کننده باشد. سیستم‌های شمع کششی (*Soldier pile and lagging*) و نیلینگ از این دست سیستم‌ها هستند. در سیستم شمع-های کششی معمولاً هرگونه فشار آب از منافذ بین تخته‌هایی که بین شمع‌ها اجرا می‌شود (*lagging*)، از بین می‌رود. این در شرایطی قابل قبول خواهد بود که جریان آب به همراه خود ذارت ریز خاک را حمل نکند. در غیر این صورت، شسته شدن خاک موجب ایجاد حفره در پشت دیوار می‌شود. برای مقابله با این مشکل، معمولاً پیمانکاران پشت تخته‌ها را با کاه یا تراشه چوب پر می‌کنند تا به عنوان فیلتر مانع شسته شدن خاک شود.

برخی طراحان، طرح استفاده از پارچه‌های فیلتر و شن درشت دانه نخودی را برای پشت تخته‌ها، ارائه می‌کنند. هرچند این طرح‌ها روی کاغذ مناسب به نظر می‌آید، لکن اجرایی نیست. مقدار خاکبرداری اضافی که باید پشت تخته‌ها جهت نصب و اجرای این طرح‌ها انجام شود، منجر به تخریب گسترده‌ای خواهد شد. درنتیجه با برداشتن تخته‌ها به این فیلترهای سست آسیب وارد خواهد شد و به ناچار می‌افتند.

در سیستم‌های شمع کششی، روش صحیح اجرای زهکش به این صورت است که پس از نصب تخته‌ها، پارچه‌ی فیلتر روی آن متصل می‌شود (شکل ۱۸). سپس دیوار بتنی اجرا می‌گردد که با این کار، فیلتر بین دیوار و تخته محصور می‌شود. این روش موجب می‌گردد که جریان آب عبوری از تخته‌ها وارد فیلتر و از آنجا به پای دیوار منتقل گردد. سپس جریان‌های رسیده به پای دیوار به یک سیستم جمع‌آوری منتقل می‌شود.

شکل ۱۸: پارچه‌های زهکش

در مورد دیوارهای نیلینگ، این مسئله که آب پشت وجه دیوار که معمولاً شاتکریت و نفوذناپذیر است، جمع نشود. به منظور مستهلک کردن و ممانعت از فشار و تجمع آب پشت وجه دیوار، پیمانکاران اقدام به نصب نوارهای زهکشی پشت لایه‌ی شاتکریت در فواصل حدوداً ۲ متر از هم می‌کنند (شکل ۱۹). با این کار جریان آب ورودی به پشت دیوار توسط زهکش‌ها به پای دیوار منتقل می‌شود. علاوه بر نوارهای زهکشی قائم، نوارهایی به صورت افقی هم اجرا می‌شود که با نوارهای قائم تشکیل شبکه می‌دهند (شکل ۲۰). فاصله‌ی نوارهای افقی از هم معمولاً ۲ متر است و به اندازه طول هر گام شاتکریت بستگی دارد. این شبکه نوارها موجب می‌شود که در صورتیکه در یک زهکش قائم، انسداد ایجاد شد، جریان آب گزینه‌های دیگری برای ادامه مسیر داشته باشد. هنگامی که جریان به پای دیوار رسید، وارد لوله‌هایی که از درون دیوار بیرون آمده‌اند شده (شکل ۲۱) و به صورت ثقلی به سیستم هدایت و جمع‌آوری منتقل می‌شود (شکل ۲۲).

شکل ۱۹: نصب نوارهای زهکشی قائم

شکل ۲۰: نوارهای زهکشی اجرا شده به صورت شبکه د پشت یک دیوار نیلینگ

شکل ۲۱: لوله‌های جمع آوری و هدایت آب‌های زهکشی شده

شکل ۲۲: لوله‌های انتقال آب به یک سیستم جمع آوری کلی متصل شده‌اند

۵-۱- سیستم‌های نوین

یکی از روش‌های نوین در زهکشی گود، استفاده از مصالح ژئودرین (*Geodrain*) است که انواع مختلفی دارند. مراحل اجرای سیستم زهکشی با استفاده از این مصالح عبارتند از:

۱- بریدن یا کاور کردن سر نیلینگ یا آرماتورها: درصورت وجود نیلینگ و آرماتور باید در ابتدا سطح کف و دیواره ها برای اجرای لایه های *PVC* و ژئودرین کاملا صاف و هموار شود. برای این منظور دو راه حل اساسی توصیه می شود :

الف-کاور کردن سر نیل ها با نرمه ی سیمانی

ب-بریدن سر نیل ها تا حد امکان و استفاده از چند لایه ژئوتکستایل برای پوشاندن آن ها

۲- اجرای اولین لایه ی ژئوتکستایل: لایه ی ژئوتکستایل دو نقش اساسی دارد : (۱) فیلتر (برای جلوگیری از پر شدن خلل و فرج و شبکه بندی زهکش به وسیله ی سنگ ریزه ها و گل و لای) و (۲) هدایت کننده ی آب به سمت زهکش (ژئوتکستایل با جذب رطوبت ، آب را به سمت لایه ی بالایی (ژئودرین) هدایت می کند)

۳- اجرای لایه زهکش (ژئودرین): جهت هدایت آب به سمت لوله های زهکش و از آنجا انتقال آن به خارج از محیط کار از لایه های ژئودرین استفاده می شود.

٤- اجرای لایه ی دوم ژئوتکستایل: جهت محافظت از ژئوممبران *PVC* در برابر لایه ی بتن محافظ

٥- اجرای لایه یPVC : سطحی که پوشش روی آن نصب می شود، باید عاری از هرگونه نقاط نوک تیز و برنده و باید تقریبا صاف و هموار باشد.سطح باید از یک زیر سازی مستحکم مانند لایه ی شاتکریت و یا دیوار بتنی و یا آجری برخوردار باشد. وجود آب راکد،گل و لجن، برف و رطوبت بیش از حد بر روی سطح مجاز نمی باشد و پوشش در حضور این عوامل نباید گسترده و نصب شود.

در بسیاری از موارد جهت تثبیت خاک پس از گودبرداری از روش نیلینگ و شاتکریت استفاده می گردد. لذا جهت جلوگیری از آسیب فیزیکی به ورق ممبران، می بایست قسمت اضافه سر نیلها (بولتها) بریده شده، سپس با دو لایه ژئوتکستایل روی بولتها را پوشاند. پس از پهن کردن، ورق ها می بایست در نقاط همپوشانی به یکدیگر جوش داده شوند. در جوش ورق های پلیمری از دستگاههای جوش هوای داغ استفاده می گردد. تمام قسمت‌های همپوشانی باید از هر گونه خاک،گرد و غبار ، آب و ... عاری باشد.

برای جوشکاری ورق های *PVC* دستگاههای مختلفی وجود دارد که به صورت خودکار ، نیمه خودکار و دستی عمل می کنند. متداول ترین روش جوشکاری استفاده از دستگاه جوش هوای داغ دستی و یک غلتک جهت وارد آوردن فشار به قسمت های حرارت دیده است.

٦- اجرای بتن محافظ و ادامه ی پروژه