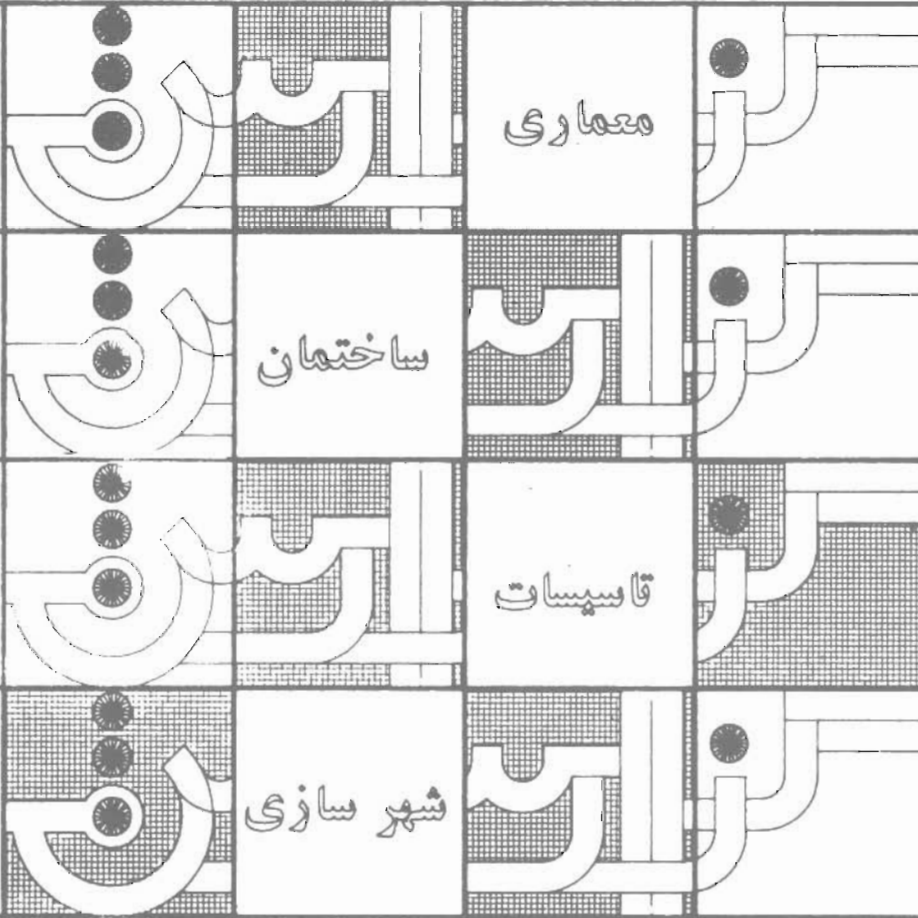


# سازمان

سازمان نظام مهندسی استان فارس



سال سوم،  
شماره ۹  
اسفند ۱۳۷۲

### لطف‌علی بهپور

عضو هیأت علمی بخش مهندسی  
راه و ساختمان دانشگاه شیراز

## ایمنی و حفاظت در خاک برداری‌های جدید و قدیم

(بخش دوم)

### ۳. روش‌های پیشگیری از خطر و ایجاد ایمنی

در بخش اول این مقاله که در شماره‌ی گذشته «گزارش» درج گردید، موارد ایجاد خطر و مشکلات ناشی از خاک برداری‌های جدید یا قدیم به ترتیب زیر دسته‌بندی گردید:

- خاک برداری در پای شیب‌ها

- خاک برداری زیر ساختمان‌های نسبتاً بزرگ و سنگین

- ریزش دیواره‌های ترانشه‌ها و کانال‌ها و مانند آن

- ریزش دیواره‌های چاه به داخل آن

- ریزش دیواره‌های چاه به داخل محوطه‌ی خاک برداری شده

- ریزش تونل‌ها، قنات، چاه‌ها و ...

در این بخش، روش‌های حفاظت و ایجاد ایمنی در موارد یاد

شده بررسی می‌گردند.

### ۱.۳. حفاظت شیب‌ها

اگر به هر دلیل پای شیب بریده شود و یا وزن اضافی در بالای شیب ایجاد گردد، بر اساس مطالب درج شده در بخش اول، امکان لغزش و ریزش شیب وجود خواهد داشت. برای پیشگیری از لغزش و مشکلات ناشی از آن می‌توان روش‌های مختلفی را در هر یک از دو مورد بالا به کار برد که در زیر به بررسی آن‌ها می‌پردازیم

### ۱.۱.۳. بریده شدن پای شیب

در این مورد، نخست باید با توجه به جنس زمین و تعیین پارامترهای ژئوتکنیکی آن، آنالیز پایداری بر اساس روش‌های موجود انجام شود تا ایستایی یا ناپایداری شیب معلوم گردد.

اگر جنس تپه یا شیب غیر سنگی باشد، پارامترهای زیر اهمیت دارند که بر حسب مورد، باید همه یا آن دسته از پارامترها را که لازم است، تعیین کرد.

الف. نوع خاک و طبقه‌بندی آن

ب. زاویه‌ی اصطکاک داخلی

پ. چسبندگی خاک (برای خاک‌های رسی یا رس‌دار)

ت. میزان تورم در اثر آب گرفتن و انقباض در اثر از دست دادن

آب (برای خاک‌های رسی)

ث. میزان مواد شیمیایی زیان‌آوری مثل گچ یا نمک در خاک، در صورت موجود بودن

ج. میزان نفوذ پذیری خاک

چ. میزان آبی که می‌تواند خاک را اشباع کند.

از پارامترهای بالا، برخی مثل «ب» و «پ» برای آنالیز

پایداری و تعیین میزان ایستایی خاک ضروری است. پاره‌ای مثل

«ت» و «ث» امکان باد کردن و یا ترک خوردن خاک‌های رسی را

در اثر گرفتن و از دست دادن آب نشان می‌دهند که در ریزش و

لغزش این دسته از خاک‌ها اهمیت دارد. پارامترهای «ج» و «چ»

وضعیت آب‌گذری و آب‌گیری خاک را روشن می‌سازند که در

مسئله‌ی پایداری مهم هستند، زیرا اگر آب نتواند به راحتی از

خاک بگذرد و در نتیجه، میزان آن در خاک افزایش یابد، امکان

رانش و لغزش را بالا می‌برد.

اگر بررسی پارامترهای یاد شده و آنالیز پایداری، امکان خطر رانش و لغزش را نشان دهند، باید از یک یا چند راه حل زیر برای پیشگیری از این مشکل استفاده کرد.

#### ۱.۱.۱.۳. ساختن دیوار حایل

یکی از روش‌های متداول در جلوگیری از رانش و لغزش شیب، به ویژه در منطقه‌ای نسبتاً محدود، ساختن دیوار حایل است. دیوارهای حایل از مصالح گوناگون و به شکل‌های مختلف می‌توانند ساخته شوند که برای به دست آوردن آگاهی بیشتر و جزئیات لازم می‌توان به کتاب‌های موجود در این زمینه مراجعه کرد. اما، یادآوری چند نکته در این جا سودمند است.

نخست این که در پشت دیوار حایل باید مصالحی به کار رود که زه کش باشد و راه خروج آب هم به شکل مناسب فراهم شود. دوم این که مصالح و نوع دیوار باید طوری انتخاب شوند که تهیه مصالح و ساختن دیوار در محل آسان باشد.

سوم شالوده و پی دیوار باید با توجه به مقاومت و وضعیت خاک محل طراحی شود که مشکل نشست کردن و حرکت دیوار در آینده پیش نیاید که در این صورت دیوار تأثیری در جلوگیری از رانش نخواهد داشت و تمام تلاش‌ها و هزینه‌های انجام شده به هدر خواهد رفت. هم‌چنین، در تعیین ضخامت قسمت‌های مختلف دیوار باید دقت کافی به کار رود.

چهارم این که لزومی ندارد که شکل و فرم دیوار حتماً از میان چند فرم، که معمولاً در کتاب‌ها دیده می‌شوند، انتخاب گردد. می‌توان از شکل‌های ابتکاری که هماهنگ با وضعیت مورد نظر باشند، استفاده کرد. برای نمونه، در بعضی موارد استفاده از دیوارهای وزنی به دلیل نیاز به مصالح زیاد و یا فضای قابل توجه مقدور نیست، در همان حال ممکن است ساختن دیوارهای نازک طره نیز به دلیل پایین بودن خاک مقاوم و در نتیجه، عمیق شدن شالوده و پی مشکل و غیر اقتصادی باشد. در چنین وضعیتی ممکن است بتوان از ترکیبی از ستون‌های دارای

پی نسبتاً عمیق و دیوارهای نازک که توسط این ستون‌ها تحمل می‌شوند، استفاده کرد. چگونگی ساختن این گونه ستون‌ها و دیوارها و نحوه پیوند آن‌ها به یکدیگر، انتخاب مصالح مناسب، بررسی لزوم احداث شناژهای افقی پایین، بالا و یا هر دو و مسایل مربوط دیگر هنگام معرفی نمونه‌های اجرا شده، که بعداً مطرح خواهند شد، مورد بحث خواهند گرفت.

#### ۲.۱.۱.۳. دور کردن آب از شیب

از آن جا که نفوذ و جمع شدن آب به دلایل گفته شده قبلی می‌تواند پایداری شیب را به مخاطره اندازد، دور کردن آب از راه زه‌کشی سطحی یا عمقی به روش‌های مناسب، پایداری را افزایش می‌دهد. این راه‌حل که معمولاً همراه با ساختن دیوارهای حایل به کار می‌رود، به ویژه، هنگامی که آب در سطح شیب جریان می‌یابد یا به میزان قابل توجه در آن نفوذ می‌کند، مؤثرتر است. در خاک‌های دانه‌ای زه‌کش سطحی چندان کارآیی ندارد، زیرا نفوذ پذیری زیاد است و آب در داخل خاک به حرکت در می‌آید. در این مورد، زه‌کش‌های عمقی مفیدترند. اما، در مورد خاک‌های چسبیده رسی و ریزدانه زه‌کش سطحی مؤثر است، زیرا از جمع شدن آب و نفوذ تدریجی آن در خاک از طریق شکاف‌ها و ترک‌ها و نیز ایجاد گل و جریان گل جلوگیری می‌کند.

#### ۳.۱.۱.۳. کم کردن زاویه شیب

برای شیب‌های با وسعت محدود، اگر بتوان زاویه شیب را کم کرد، پایداری افزایش خواهد یافت. سبک کردن بالای شیب (در صورتی که خود سبب خالی شدن پای شیب‌های بالاتر نشود) و یا افزودن وزن در پایین شیب نیز همین اثر را دارند.

۲.۱.۳. جلوگیری از مشکلات ناشی از افزوده شدن وزن در بالای شیب این وضعیت معمولاً در اثر خاک‌ریزی برای ساختن راه، ایجاد ساختمان‌ها و یا احداث منابع آب و نظایر این‌ها به وجود می‌آید. در شهرها با توجه به گسترش روزافزون و استفاده

از ارتفاعات مجاور بیش‌تر این وضعیت با بریده شدن پای شیب نیز همراه است. زیرا ساختمان پایین دست برای استفاده بیش‌تر از فضا مقدار از شیب را قطع می‌کند. در همان حال، ساختمان بالا دست وزن روی شیب را افزایش می‌دهد و اثر هم‌زمان این دو پدیده پایداری را بیش‌تر به مخاطره می‌اندازد. به ویژه اگر زمین شیب دارای مقاومت برشی کافی نباشد، ایجاد مشکل و خطر بسیار محتمل است. برای پیش‌گیری از خطر در این گونه موارد باید نکات زیر را رعایت کرد.

#### ۱.۲.۱.۳. کاهش وزن و دور کردن از لبه‌ی شیب

در مرحله‌ی نخست باید تا آن جا که ممکن است از وزن سربار روی شیب کم کرد. مثلاً اگر سربار از خاک‌ریز یک جاده تشکیل می‌شود، خط پروژه‌ی جاده را طوری تعدیل کرد که حداقل خاک‌ریز لازم باشد و یا ساختمان و منبع را در سبک‌ترین حالت طراحی کرد. هم‌زمان، باید تلاش کرد تا محل خاک‌ریز یا ساختمان یا منبع تا آن حد که ممکن باشد، از لبه‌ی شیب فاصله داشته باشد.

#### ۲.۲.۱.۳. تقویت پای شیب

اگر امکان داشته باشد، باید وزن اضافی به صورت خاک‌ریز در پای شیب ایجاد کرد. اگر در پای شیب خاک برداری شده باشد، ممکن است ایجاد دیوار حایل نیز ضرورت پیدا کند. در مورد ساختمان‌های واقع در دامنه‌ی شیب‌ها در شهرها که قبلاً اشاره شد، خاک‌ریزی عملی نیست و ساختن دیوار حایل معمولی نیز به دلایل مختلف، از جمله نیاز به فضای زیاد مقدور نیست. در این مورد ساختن دیوار نازک پشت بنددار، پلکانی کردن شیب همراه با ساختن دیوار و یا دیوارهای نازک تحمل شده با ستون عملی‌تر است. در مورد پلکانی کردن باید مطمئن شد که در آینده خاک‌برداری جدیدی صورت نگیرد و در مورد دیوار پشت بنددار نیز باید این اطمینان به دست آید که در تغییرات و یا تعمیرات بعدی ساختمان زیر دست، پشت بندها از بین نروند.

از آن جا که به دشواری می‌توان مطمئن شد که چنین تغییراتی صورت نخواهد گرفت، دیوار نازک متکی به ستون و شناژها قابل اعتمادتر است، شناژها ممکن است در بالا و یا در بالا و پایین هر دو لازم باشند.

#### ۳.۲.۱.۳. جلوگیری از نفوذ آب

در این مورد بخصوص وقتی که ساختمان‌ها پشت سر هم در دامنه‌ی شیب قرار گرفته باشند، باید دقت کرد که چاه‌های فاضلاب، باغچه‌ها، لوله‌های سوراخ شده در ساختمان بالا دست در مجاورت دیوار ساختمان پایین دست قرار نداشته باشند، چرا که نفوذ آب از آن‌ها و سست شدن احتمالی خاک حتی با وجود دیوارهای حایل می‌تواند مسأله‌ساز باشد. بهتر است که عمق چاه‌ها در صورت وجود تا پایین‌تر از کف ساختمان زیر دست ادامه یابد و در صورت لزوم، با تخلیه‌ی به موقع از پر شدن آن‌ها جلوگیری شود. در این موارد باید این آگاهی را در میان ساکنان ساختمان‌ها به وجود آورد که هرگونه اقدام غیر فنی و نادرست پایداری تمام ساختمان‌ها را چه در بالا دست و چه در پایین دست به مخاطره می‌اندازد و بهتر است که همکاری کامل بین آن‌ها وجود داشته باشد.

#### ۳.۱.۳. حفاظت شیب‌های سنگی

شیب‌های سنگی به دو شکل می‌توانند مسأله‌ساز شوند:

الف. لغزش در اثر حرکت لایه‌های سنگ به داخل شیب

ب. ریزش‌های موضعی در اثر هوازدگی

#### ۱.۳.۱.۳. پیشگیری از لغزش لایه‌های سنگی

برای این کار باید نخست تا حد امکان کوشش کرد که طراحی (مثلاً مسیر راه) طوری باشد که نیازی به بریدن پای شیب‌هایی که دارای لایه‌های سنگی با شیب تند به طرف داخل هستند، نباشد؛ بخصوص اگر بین لایه‌ها، مواد سست مثل رس وجود داشته باشد. اما، در صورت پیش آمدن چنین وضعیتی معمولاً از دیوارهای حایل و یا از دوختن لایه‌های سنگ به یکدیگر

می‌توان استفاده کرد. در روش اخیر با دستگاه‌های حفاری، سوراخ‌هایی تا عمق لازم در لایه‌ها را ایجاد می‌کنند و با کارگذاری فولاد در آن‌ها و ملات ریزی اطراف فولادها لایه‌ها را به هم می‌دوزند.

#### ۲.۳.۱.۳. پیشگیری از ریزش‌های موضعی در اثر هوازدگی

برای این کار باید سطح شیب را با بتون یا دیوار سنگی محافظت کرد. در راه‌گاهی می‌توان با ایجاد فاصله بین پای شیب و راه و احداث موانع کوتاه در کنار راه از ورود سنگ‌های ریزشی به سطح راه جلوگیری کرد که معمولاً از پوشش کل سطح شیب اقتصادی‌تر و عملی‌تر است.

#### ۲.۳. حفاظت در خاک برداری‌های ساختمانی

در بخش نخست دیدیم که خاک برداری در محل ساختمان‌های نسبتاً بزرگ می‌تواند برای افراد و تأسیسات، چه در محل ساختمان و چه در ساختمان‌های همسایه و اطراف محل، خطر ساز باشد. برای حفاظت دیواره‌ها باید ابتدا مانند آن چه که در بند ۱.۱.۳. گفته شد پارامترهای خاک محل را شناخت و بر اساس آن‌ها، اولاً امکان ریزش و لغزش را بررسی کرد و ثانیاً میزان نیرویی را که بر سازه‌ی پیشگیری‌کننده می‌تواند وارد شود، تعیین کرد. بدیهی است که در صورت وجود ساختمان در مجاورت محل خاک برداری، باید وزن تمام یا قسمتی از آن ساختمان نیز که می‌تواند به صورت سربار در رانش خاک مؤثر باشد، در نظر گرفته شود. پس از تعیین نیروهای رانشی محتمل، باید اقدامات حفاظتی لازم که در زیر شرح داده می‌شوند، به عمل آید.

#### ۱.۲.۳. حفاظت دیواره‌ی خاک برداری بدون وجود ساختمان مجاور

در این گونه موارد تنها حفاظت خود دیواره مطرح است و می‌تواند یک یا چند مورد از روش‌های زیر به کار رود.

#### ۱.۱.۲.۳. شمع بندی

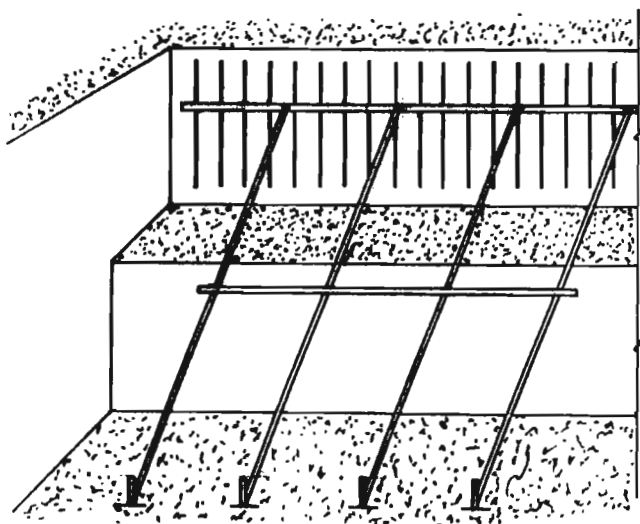
هر چند شمع بندی، متداول‌ترین راه حفاظت دیواره‌ی

خاک برداری است، اما، در بسیاری موارد این روش به شیوه‌ی درست اجرا نمی‌شود. در کتاب‌های کلاسیک مکانیک خاک و مهندسی پی، روش‌های گوناگونی معرفی شده‌اند که اغلب در شرایط کارگاهی در ایران عملی نیست، ولی، با رعایت نکات زیر می‌توان یک شمع بندی قابل قبول ایجاد کرد:

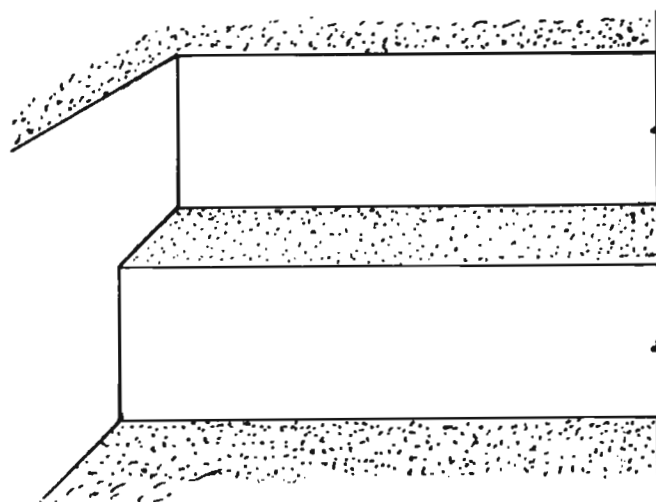
الف. قبل از هر نوع شمع بندی، ابتدا باید به این نکته‌ی بسیار مهم توجه شود که در بسیاری موارد، نباید خاک برداری را تا رقوم نهایی انجام داد و سپس شمع بندی کرد؛ چرا که قبل از شمع بندی ممکن است دیواره ریزش کند. به نظر نگارنده، شمع بندی و خاک برداری در صورت قابل توجه بودن عمق خاک برداری باید مرحله‌ای و به صورت زیر انجام شود.

نخست باید خاک برداری اولیه را به صورت پلکانی انجام داد و سپس، قسمت بالا را که خاک برداری آن تا مرز زمین انجام شده، شمع بندی کرد [شکل‌های (۱) و (۲)]. پس از آن، می‌توان قسمت پایین پلکان را خاک برداری کرد و دوباره شمع بندی کرد. شمع‌هایی که به این ترتیب، در بالا و پایین نصب می‌شوند، باید فوراً به صورت خرپا به هم متصل شوند. علاوه بر مرحله بندی کردن خاک برداری در عمق، خاک برداری در جهت طولی نیز باید مرحله‌ای باشد؛ بدین صورت که می‌توان ابتدا قطعات مثلاً ۴ متری از خاک را برداشت و بین آن‌ها قطعات دست نخورده‌ای باقی گذاشت و پس از کامل کردن شمع بندی قطعات ۴ متری، قطعات بین آن‌ها را خاک برداری و شمع بندی کرد [شکل‌های (۳) و (۴)]. نمونه‌ای از این نوع شمع بندی‌ها که توسط نگارنده طراحی و اجرا شده، با جزییات دیگر مربوط بعداً ارائه خواهد شد.

ب. نیروی وارد بر هر شمع باید دقیقاً محاسبه شود و شمع طوری طراحی شود که بتواند این نیرو را تحمل کند. از آن جا که معمولاً طول شمع زیاد است، شمع باید همیشه به صورت یک خرپا طراحی شود و در صورت فولادی بودن می‌تواند به شکل



شکل شماره‌ی (۲)



شکل شماره‌ی (۱)

قائم در فواصل مناسب روی دیوار قرار داد و به کمک گچ، آن‌ها را در جای خود محکم کرد، به گونه‌ای که دو طرف چوب‌ها و بین آن‌ها با گچ پوشانده شود (این کار برای جلوگیری از ریزش‌های موضعی نیز لازم است). پس از آن، باید تیرهای فلزی (برای شمع‌های فولادی) و یا تخته‌های با مقاومت مناسب (برای شمع‌های چوبی) به طور افقی روی آن‌ها قرار داد و تکیه‌گاه‌های شمع را روی این تیرها ایجاد و محکم کرد. پیوند به این تیرها در صورت فولادی بودن شمع، باید با جوش کافی انجام شود. در مورد شمع‌های چوبی باید سر شمع به شکلی بریده شود که با تیر بتواند تماس کافی پیدا کند و سپس، دور تا دور محل اتصال با گچ به مقدار کافی پوشانده شود.

ج. تکیه‌گاه یا تکیه‌گاه‌های پایین هر شمع باید به نحو مناسب در زمین مستقر شود، به طوری که از هر گونه حرکت پای شمع جلوگیری شود. برای این منظور در مورد شمع‌های فولادی، ابتدا باید گودالی در زمین حفر کرد و آن را با بتون پر کرد و در داخل آن یک نیم‌رخ فولادی با مقطع مناسب به شکلی کار گذاشت که قسمتی از آن از بتون بیرون بماند. پس از محکم شدن بتون باید

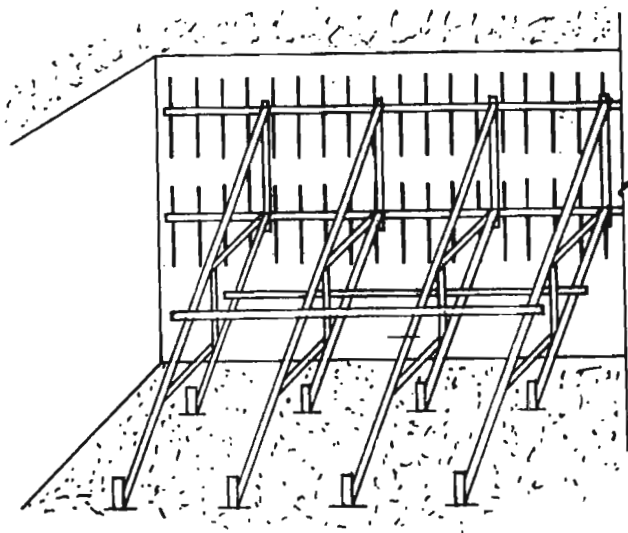
مثلی باشد و بهتر است رأس آن در زمین و قاعده‌ی آن در تماس با دیوار باشد؛ چه در این صورت بهتر می‌تواند دیوار را حفاظت کند و در زمین نیز کم‌تر دست و پاگیر می‌شود [شکل (۵)].

در صورت چوبی بودن شمع و یا زیاد بودن نیرو روی شمع فولادی باید از خرپای دارای عناصر طولی موازی در بالا و پایین (با عرض یکنواخت) استفاده کرد که در این صورت، شمع دارای دو تکیه‌گاه در زمین خواهد بود [شکل (۳) و (۴)].

پ. در فواصل معین باید شمع‌ها به طور جانبی به هم وصل شوند تا از کمانش جانبی آن‌ها نیز جلوگیری گردد. آشکار است که تعداد و قدرت حایل‌های جانبی باید برای پیشگیری از کمانش کافی باشد.

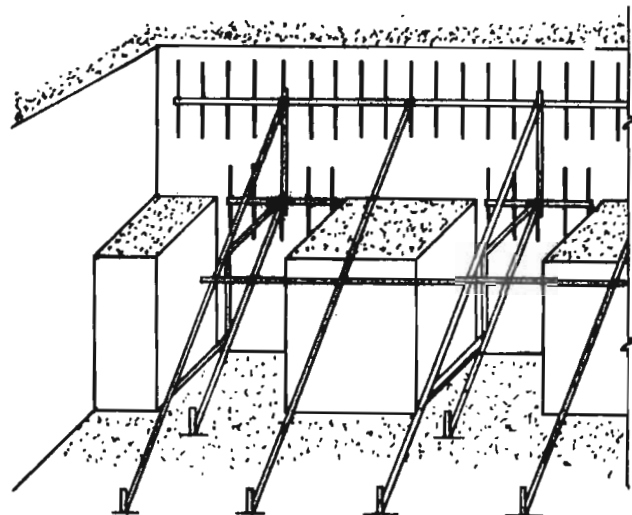
ت. برای خاک برداری‌های عمیق جنس شمع‌ها باید فولادی باشد، اما، برای خاک برداری‌های کم عمق از شمع‌های چوبی محکم نیز می‌توان استفاده کرد.

ث. برای این که هر شمع بتواند سطح کافی از دیواره را حفاظت کند، باید اتصال بین شمع و دیواره به روش مناسب انجام گیرد. برای این کار در بسیاری از موارد می‌توان ابتدا تیرهای چوبی



شکل شماره‌ی (۴)

به بار آورد؛ لذا، باید مراقبت‌های لازم از این نظر به عمل آید و در صورت پیش آمدن چنین وضعیتی، از نزدیک شدن افراد به محل جلوگیری کرد و سپس، منبع نفوذ آب را شناسایی کرد و اقدام لازم جهت قطع آن به عمل آورد. هم‌زمان، باید اقدامات حفاظت سطح دیواره همراه با احتیاط‌های لازم بیشتر شود.

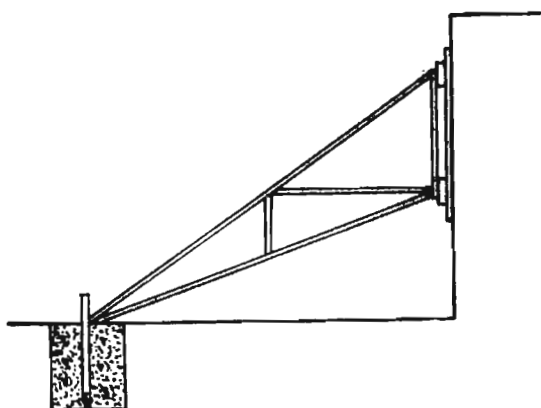


شکل شماره‌ی (۳)

پای شمع را به نیم‌رخ فولادی جوش داد. عمق و سطح مقطع گودال و در نتیجه، بتون ریخته شده باید به اندازه‌ای باشد که بتواند نیروهای قائم و افقی منتقل شده از شمع را بدون جا به جایی پای شمع به زمین منتقل کند. بدیهی است که باید قبلاً ظرفیت تحمل، مقاومت پاسیو خاک و سایر پارامترهای لازم را محاسبه و تعیین کرد [شکل (۵)].

در مورد شمع‌های چوبی، چون نیروی تحمل شده توسط این گونه شمع‌ها زیاد نیست، کافی است که پای شمع را مستقیماً در گودالی با عمق کافی قرار داد و اطراف آن را با مخلوط گچ و ماسه و یا بتون پر کرد. باید دقت شود که عمق گودال در حدی باشد که در طول مدت بهره‌برداری از شمع خاک اطراف آن دستخوش جا به جایی و یا سست شدن در اثر نفوذ آب و عوامل دیگر نگردد.

چ. باید دقت کرد که در صورت نفوذ آب به مقدار قابل توجه مثلاً از یک لوله‌ی آب سوراخ شده، به خصوص در خاک‌های رسی ممکن است خاک به حالت خمیری درآید و از زیر سیستم شمع‌بندی به داخل خاک برداری جاری شود و خطرات زیادی



شکل شماره‌ی (۵)

ح. در بسیاری موارد، به منظور جلوگیری از ریزش‌های موضعی و نیز ایجاد سطحی صاف برای عایق کاری رطوبتی می‌توان دیوارهای آجری یا بلوک سیمانی در مقابل خاک ایجاد کرد. این دیوارها علاوه بر آن، کار احداث دیوارهای اصلی زیرزمین را نیز آسان‌تر می‌کند و در بسیاری موارد، ساختن آن‌ها اقتصادی است. در صورت تصمیم‌گیری در مورد ایجاد این گونه دیوارها، باید آن‌ها را به شکل مناسب به سیستم شمع‌بندی پیوند داد.

#### ۲.۱.۲.۳. شیب‌دار کردن دیواره‌ی خاک‌برداری

در این روش می‌توان شیب پایدار خاک را تعیین کرد و دیواره‌ی خاک برداری را با آن شیب ایجاد کرد که طبعاً خطر ریزش و لغزش از بین می‌رود. در این روش دو اشکال وجود دارد: نخست این که باید زمین‌های اطراف محل خاک برداری در دسترس باشد که در شهرها به علت محدودیت زمین کم‌تر چنین امکانی وجود دارد؛ دوم این که پر کردن بعدی قسمت اضافی برداشته شده جهت ایجاد شیب باید با دقت کافی و با مصالح مناسب، که اغلب باید از بیرون کارگاه تهیه شود، انجام گیرد؛ زیرا، کوبیدن با وسایل سنگین در این موارد معمولاً مقدور نیست. در غیر این صورت، ممکن است خاک ریخته شده دچار نشست بعدی شود و مشکل بیافریند.

#### ۳.۱.۲.۳. پلکانی کردن دیواره‌ی خاک‌برداری

در این روش نیز هم چون روش بالا با انجام خاک‌برداری به صورت پلکانی می‌توان از ریزش جلوگیری کرد، ولی، همان اشکالات روش بالا را نیز داراست.

#### ۴.۱.۲.۳. روش حفاظتی «دیوار پیوسته»

این روش توسط نگارنده ابداع گردیده و برای نخستین بار در حفاظت دیوارهای خاک‌برداری زیرزمین برج دوم هتل بزرگ شیراز در خیابان زند شیراز به کار رفت. جزییات این روش در معرفی نمونه‌های اجرا شده در آینده ارائه خواهد شد. از ویژگی‌های آن می‌توان موارد زیر را نام برد:

الف. روشی بسیار سریع است.

ب. خطرات را به حداقل کاهش می‌دهد.

پ. اقتصادی است

ت. شمع و یا سازه‌ی نگه‌دارنده‌ی دست و پاگیر دیگری در محوطه‌ی خاک برداری به کار نرفته است و لذا، اجرای کارهای ساختمانی بعدی بسیار آسان‌تر می‌شود.

در این روش، پس از اتمام کارهای حفاظتی دیوار نازک یکپارچه‌ای باقی خواهد ماند که علاوه بر جلوگیری از رانش و لغزش خاک، سطحی صاف برای عایق کاری و قالب بندی دیوارها به وجود می‌آورد.

#### ۲.۲.۳. حفاظت ساختمان‌های مجاور

اگر در همسایگی محل خاک‌برداری، ساختمان دیگری موجود باشد، ممکن است علاوه بر حفاظت دیواره‌ی خاک برداری کنار آن، لازم شود که اقدامات کافی جهت حفاظت خودد ساختمان نیز انجام گیرد.

در این گونه موارد باید قبل از هر چیزی به این نکته توجه کرد که خاک برداری در مجاورت یک ساختمان موجود باید با برنامه‌ریزی قبلی و تهیه‌ی یک طرح فنی اجرایی و به طور مرحله‌ای همراه با حفاظت‌های لازم انجام شود. اکیداً توصیه می‌گردد که از خاک برداری ناگهانی و یک باره و حساب نشده در کنار ساختمان‌ها خودداری شود.

به نظر نگارنده لازم است که این مورد از طرف مسئولان مربوط در قالب یک دستورالعمل از راه‌های مناسب به تمام دست‌اندر کاران امور ساختمانی ابلاغ شود که بدون بررسی و تهیه طرح و برنامه‌ی حساب شده قبلی، از هر گونه خاک برداری در مجاورت ساختمان‌های موجود جلوگیری به عمل آورند.

حفاظت در چنین شرایطی باید شامل مراحل زیر باشد:

الف. خاک‌برداری، بسته به نوع خاک و وضعیت ساختمان مجاور با بررسی‌های لازم و انجام محاسبات مربوط در فاصله‌ی



معینی از ساختمان موجود متوقف شود. به بیان دیگر، حریمی به عرض کافی در کنار ساختمان بدون انجام خاک برداری باقی بماند.

ب. از مرز حریم یاد شده، خاک برداری به صورت پلکانی در عمق انجام شود.

پ. ساختمان با روش شمع‌بندی یا زیر بندی مهار شود.

ت. خاک برداری نهایی به طور مرحله‌ای (در طول) و همراه با حفاظت دیواره انجام گیرد.

حفاظت دیواره در این جا، کاملاً به چگونگی مهار ساختمان وابسته است. از آن جا که جزییات بسیاری باید رعایت شود، دو نمونه‌ی انجام گرفته ارائه خواهد شد، اما، به هر حال باید توجه کرد که برای هر وضعیت خاص ممکن است مشکلات ویژه‌ای موجود باشد که باید بررسی و برطرف شوند.

### ۳.۳. حفاظت دیواره‌های ترانشه‌ها و کانال‌ها

دیواره‌ی ترانشه‌های بزرگ را معمولاً با شیب‌دار کردن آن‌ها می‌توان پایدار کرد. اما، برای ترانشه‌ها یا کانال‌های کم عرض، به ویژه در مناطق شهری که عمدتاً برای کار گذاشتن تأسیسات شهری مثل لوله‌های آب، گاز، فاضلاب و کابل‌های برق و تلفن به کار می‌روند، نمی‌توان از روش شیب‌دار کردن سود برد. در این گونه موارد، پس از شناسایی جنس و نوع خاک در صورتی که خاک نسبتاً پایدار باشد (مثل خاک رسی بدون رطوبت یا با رطوبت خیلی کم) و عملیات سریع انجام گیرد، و عمق کانال هم زیاد نباشد، می‌توان کار را بدون حفاظت به انجام رسانید. با وجود این، در این گونه موارد نیز باید نکات زیر رعایت شود:

الف. کارکنان دارای کلاه ایمنی باشند.

ب. هر چند نفر از کارگران و کارکنان در کانال تحت نظر یک تکنسین یا تجربه باشند و فرد مسئول باید در تمام مدت کار، مراقب کارکنان و دیواره‌های کانال باشد و در صورت مشاهده‌ی ترک و شکاف جدید یا ریزش‌های موضعی و هر پدیده‌ی غیر

عادی، بلافاصله کارکنان را از کانال خارج کند.

پ. برای هر نفر که در کانال کار می‌کند، نردبام نسبتاً محکم و با ارتفاع کافی در کانال قرار داده شود. این نردبام می‌تواند در صورت بروز خطر خروج فرد را آسان سازد و در عین حال، در صورت بروز خطر، حایلی بین خاک در حال ریزش و فرد باشد که شانس زنده ماندن او را بسیار افزایش دهد. بدیهی است که نردبام باید در کنار محلی که فرد کار می‌کند، قرار داده شود. باید دقت کرد که این کار هزینه‌ی بسیار کمی در بر دارد و جا به جا کردن یک نردبام نسبتاً کوچک هم کار دشواری نیست، ولی، ایمنی قابل توجهی پدید خواهد آورد.

در مورد خاک‌های قابل ریزش، به خصوص خاک‌های شن و ماسه‌ای که در اثر ارتعاش (که در اثر حرکت خودروها و عوامل دیگر می‌تواند به وجود آید) ممکن است به طور ناگهانی و سریع ریزش کنند، باید حفاظت جداره‌های کانال انجام گیرد. برای این کار باید در دو طرف کانال صفحات فلزی یا چوبی قرار گذاشت و بین آن‌ها، تیرک‌های محکم فلزی یا چوبی قرار داد. هرچند به ظاهر این کار پر خرج و مشکل به نظر می‌رسد، اما، واقعاً چنین نیست، چون حفاری کانال‌ها معمولاً توسط مؤسسات بزرگی انجام می‌شود که مرتباً و در سطح وسیعی جهت توسعه یا تعمیر شبکه‌های تأسیساتی اقدام به این کار می‌کنند؛ لذا می‌توان قطعات پیش ساخته‌ای متناسب با پهنای کانال‌های مورد نظر تهیه کرد و در موارد وجود خاک‌های ریزشی به کار برد. تیرک‌های بین صفحات را می‌توان از میله یا لوله با ایجاد پیچ و مهره در دو طرف طوری ساخت که با پیچاندن آن، تیرک بین دو صفحه کاملاً محکم شود. چون صفحات و میله‌ها می‌توانند بارها مورد استفاده قرار گیرند، هزینه‌ی ساخت برای هر بار استفاده بسیار ناچیز خواهد بود. ضمناً، کارگذاری و برداشتن آن‌ها نیز کاری ساده است.

### ۴.۳. حفاظت دیواره‌ی چاه

برای جلوگیری از ریزش چاه باید ابتدا به این نکته توجه کرد که بعضی انواع خاک‌ها مثل خاک‌های شن و ماسه‌ای تمیز، بیش‌تر امکان ریزش دارند؛ لذا توجه به جنس خاک، هم زمان با حفاری چاه ضروری است. در بیش‌تر موارد، چند متر بالای چاه که سست است و یا در اثر آب‌های سطحی ممکن است خیس باشد و یا خیس شود، بیش‌تر در معرض ریزش قرار دارد. در این گونه موارد، می‌توان چاه را به صورت تلسکوپی حفر کرد و طوقه گذاری کرد. بدین شکل که مثلاً ۱/۵ متر اول با قطر ۱۲۰ سانتی‌متر حفر و طوقه گذاری گردد و سپس، ۱ متر بعدی به قطر ۱۰۰ سانتی‌متر حفاری و طوقه گذاری شود و پس از آن، بقیه‌ی چاه حفاری گردد.

چنان چه عمق خاک ریزشی زیاد باشد، بهتر است حفاری را متوقف کرد و عمق چاه را کاهش داد. ولی اگر به دلایلی به عمق بیش‌تر نیاز باشد، باید دیواره‌ی چاه به روش یاد شده و یا با روش‌های دیگر مانند آن چه در مورد کانال‌ها گفته شد، حفاظت شود.

۵.۳. جلوگیری از ریزش دیواره‌ی چاه به داخل خاک برداری در این مورد باید قبل از خاک برداری، اطراف محل را با دقت بررسی کرد و در صورتی که نزدیک به دیواره‌ی خاک برداری چاه فاضلاب، آب و... وجود داشته باشد، اقدامات لازم به عمل آید. اگر چاه فاضلاب، فعال است، باید آن را تخلیه کرد و هنگام خاک برداری مراقبت‌های لازم را به عمل آورد. در اینجا باید اشاره کرد که اگر چاه آب یا فاضلاب در مجاورت چاه جدید در حال حفاری نیز باشد، امکان ریزش دیواره‌ی چاه قدیمی به داخل چاه جدید وجود دارد؛ بنابراین، قبل از حفاری چاه‌ها نیز باید مطمئن شد که در فاصله‌ی نزدیک، چاه دیگری وجود نداشته باشد.

### ۶.۳. ریزش و نشست قنات‌ها

قنات‌های قدیمی چنان که در بخش نخست اشاره شد، می‌توانند باعث نشست و یا ایجاد خسارات عمده در ساختمان‌هایی شوند که بر روی آن‌ها یا در مجاورت آن‌ها ساخته شده‌اند.

برای پیشگیری از این خطر باید در مناطقی که امکان دارد قنات قدیمی موجود باشد، بررسی‌های لازم جهت کشف مسیر کوره‌ی قنات و محل میله‌های آن به عمل آید و سپس، آن‌ها را با مصالح مناسب و با روش درست باید پر کرد. توجه شود که بسیاری از میله‌های قنات‌های قدیمی با خاک دست ریز و زباله پر شده‌اند که باید این مواد تخلیه شده و میله‌ها با مصالح مناسب پر شوند که امکان نشست بعدی به وجود نیاید.

برای کشف مسیر قنات‌های قدیمی می‌توان از راه‌های گوناگون به جمع‌آوری اطلاعات لازم اقدام کرد؛ از جمله از سوابق موجود در مورد قنات‌ها، عکس‌های هوایی سال‌های گذشته، اطلاعات افراد محلی، به ویژه سالخوردگان، وضعیت توپوگرافی منطقه، سابقه‌ی کشاورزی و آبیاری حال و گذشته‌ی محل و نیز روش‌های گوناگون ژئوتکنیکی.

در بخش سوم این مقاله چند نمونه‌ی انجام شده از روش‌های عمده‌ی حفاظتی با جزییات اجرایی ارائه خواهد شد.

