

آسیب‌شناسی دیوارهای نگهبان

آسیب‌های ناشی از افزایش فشار، «فشار هیدرواستاتیک»

دکتر محمّد جواد ثقفی*

چکیده:

در میان عناصر مختلف ساختمان که به شکل مجرّد و یا بخشی از ساختمان ساخته می‌شوند باید از دیوارهای نگهبان (حائل) یاد کرد. دیوار نگهبان که در هر دو شکل یاد شده در معرض فشار خاک پشت دیوار قرار دارد، با تغییراتی که در فشار خاک می‌تواند بوجود آید در معرض فشارهای جدیدی قرار می‌گیرد که ممکن است برای آن میزان فشار طراحی نشده باشد. از جمله عواملی که می‌تواند موجب تغییرات یاد شده گردد حضور ناخواسته آب در اطراف و بویژه در خاک پشت دیوار است. حضور آب موجب افزایش فشار خاک پشت دیوار تا حتی سه برابر فشار خاک موجود می‌شود و می‌تواند عواقب زیانباری بدنبال داشته باشد. حضور ناخواسته آب نیز خود می‌تواند ناشی از عدم وجود سیستم دفع آب در دیوار و یا عدم کارایی آن در کوتاه مدت و یا دراز مدت باشد که لازم است با در نظر گرفتن برخی تمهیدات و توجه به دستورالعمل‌های مربوطه میزان آسیب را تا حدّ امکان کاهش داد.

کلید واژه:

دیوار نگهبان - آسیب‌شناسی - فشار آب - تغییرات فشار خاک - عوامل تغییرات فشار - تمهیدات لازم - عدم کفایت تمهیدات - محاسبات - اندازه‌های تجربی - پیشنهاد.

* دانشیار گروه آموزشی معماری، دانشکده هنرهای زیبا - دانشگاه تهران.

مقدمه:

از جمله عناصر ساختمانی که گاه به صورت مجرد و گاه به صورت بخشی از یک ساختمان ساخته می‌شود (عنصری که گاه به عنوان یک کار سیویل و گاه به عنوان بخشی تفکیک‌ناپذیر از ساختمان در حال احداث به آن می‌پردازیم) دیوار حائل - دیوار نگهدارنده - است. در بسیاری از ساختمانهای ساخته شده و در حال احداث - بویژه در نقاط مختلف کشور که در کوهپایه‌ها و زمین‌های شیبدار واقع شده‌اند - دیوارهای نگهدارنده به صورت مجرد (به‌عنوان نگهدارنده خاک یا خاکریز موجود) و یا بخشی از ساختمان (به عنوان دیوار زیرزمین و ...) نقش بسیار مهمی برعهده دارند و از این جهت شناخت آسیب‌هایی که می‌تواند پایداری و دوام آنها را مورد مخاطره قرار دهد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. آسیب‌های وارده بر دیوار می‌توانند ناشی از عوامل مختلفی چون:

- عدم توجه کافی به شرایط تعادل دیوار نگهدارنده و اجرای مناسب آن،
- تغییر وضعیت فیزیکی خاک و دیوار که ناشی از تغییر کاربری بالادست، خوردگی آب، شسته شدن خاک و ...،
- عدم وجود یا عدم کفایت تمهیدات لازم برای دفع آب از اطراف و بویژه بالادست دیوار تکیه، باشد که در این یادداشت ما به بررسی شرایطی می‌پردازیم که در آن جریان آب در سطح و نفوذ آن در خاک پشت دیوار موجب خسارت‌هایی گاه جبران‌ناپذیر می‌شود.

این مسئله به راحتی قابل اثبات است که: دیوار نگهدارنده علاوه بر فشار خاک در معرض فشار آب نیز قرار گرفته باشد، متحمل تنشهایی تا حدی سه برابر میزانی خواهد شد که اگر تنها تحت کنش خاک (به تنهایی) قرار می‌گرفت. از آنجایی که ضریب ایمنی در نظر گرفته شده برای گسیختگی ناشی از فروریختن دیوار در حدود ۱/۵ است، به راحتی می‌توان نتیجه گرفت که: چنانچه دیواری تنها برای مقاومت در برابر فشار خاک محاسبه شده باشد، چنانچه در معرض فشار آب نیز قرار

گیرد پایدار نخواهد ماند.

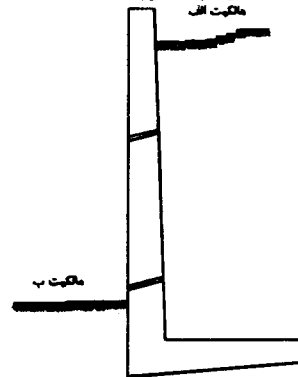
هر هنگام که مشخصات خاک موجب شود که دیوار نگهدارنده نقش سدّی را برای آبهای جاری ایفا کند و تمهیدات لازم، خواه برای جمع‌آوری و خواه برای دفع این آب پیش‌بینی نشده باشد این خطر وجود خواهد داشت.

عوامل بروز مشکلات ناشی از کنش فشار آب به سه دسته قابل تقسیم هستند.

۱. عدم وجود تمهیدات لازم جهت دفع آب.
۲. کافی نبودن تمهیدات لازم جهت دفع آب.
۳. آسیب‌دیدگی (در طول زمان) تمهیدات لازم جهت دفع آب.

۱. عدم وجود تمهیدات لازم جهت دفع آب:

در زمینهای شیبدار که زوایای نسبتاً تند دارند و با تراش‌بندی به قطعات مسطح زمین تقسیم شده‌اند، حد فاصل زمینها - که در ارتفاعهای مختلف قرار دارند - با دیوارهای نگهدارنده نگه داشته شده است. در این حال شیب نسبی زمین امکان جمع شدن آبهای جاری در قسمت پایین زمین و در پشت دیوار را افزایش می‌دهد. این امکان همواره وجود دارد که خواسته یا ناخواسته دیوار نگهدارنده بدون آبرو ساخته شود و یا آبروهای ساخته شده



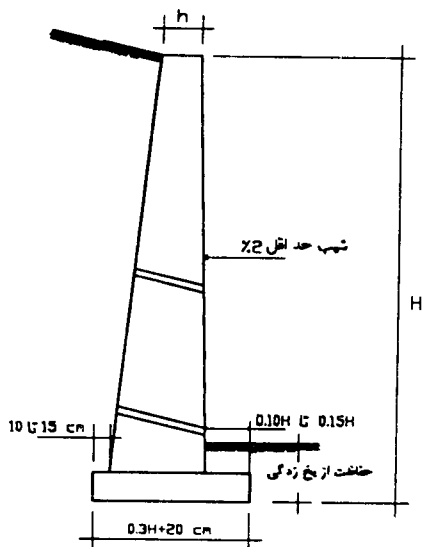
شکل ۱. دیوار احداث شده در حد فاصل زمینهای مختلف (مالکیت‌های مختلف) غالباً بدون در نظر گرفتن آبرو ساخته می‌شوند و در صورت وجود آن نیز ممکن است به دلایل مختلف توسط همسایه مسدود شود. به همین جهت نیز احتمال فروریختن دیوار همواره وجود دارد.

به علت اینکه در محدوده مالکیت، زمین پایین دست واقع شده است توسط مالک این زمین مسدود شود. همانگونه که اشاره شد این دیوار علیرغم اینکه می‌تواند در مقابل بدترین شرایط فشار خاک کاملاً پایدار باشد، با تغییر شرایط - بارندگی شدید - آبهای جاری دیوار را تحت فشار هیدرواستاتیکی قرار خواهند داد و موجب آسیب‌دیدگی دیوار خواهند شد (شکل ۱).

۲. کافی نبودن تمهیدات لازم برای دفع آب:

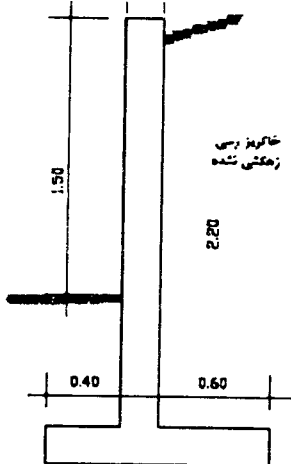
رایج‌ترین مورد مربوط به دیوارهایی است که در آنها پیش‌بینی آبرو شده است ولی به دلیل آنکه خاک پشت دیوار از نفوذپذیری کافی جهت رسیدن آب به پشت دیوار برخوردار نیست، آب با سرعت کافی و لازم به آبروها نمی‌رسند. در این حال دیوار تحت فشار هیدرواستاتیکی ناشی از تجمع آب در پشت دیوار قرار می‌گیرد و با احتمال بسیار زیاد فرو خواهد ریخت (واژگون خواهد شد). در این حال توجه به قرار گرفتن آبروها در چند ردیف و به فواصل حدود ۱/۵ متر از یکدیگر و در نظر گرفتن قطر کافی برای آنها (۱۰ سانتیمتر و بیشتر) می‌تواند از بروز مشکل - حداقل در میان‌مدت - جلوگیری کند. در این موارد، دقت در استفاده از خاک مناسب برای خاکریز پشت دیوار - جنس و دانه‌بندی آن - نقشی اساسی دارد.

پس از یک بارندگی فصلی - که در نقاط مختلف و از جمله در نواحی جنوبی کشور به فراوانی رخ می‌دهد - در مدت زمانی کوتاه، مقدار زیادی آب در سطح بالاتر و در نهایت پشت دیوار جمع می‌شود. در این حال چنانچه آبروهای در نظر گرفته شده نتوانند در زمان مناسب تمام آب را دفع کنند دیوار نگهدارنده نقش دیواره سدّ را برعهده خواهد گرفت و پیش از آنکه آبروها بتوانند به وظیفه خود عمل کنند، دیوار واژگون و تخریب خواهد شد - مورد خانهای واقع در ضلع شمالی بزرگراه دسدر - (شکل ۲).



شکل ۳. ابعاد تقریبی قابل استفاده برای دیوارهای نگهبان وزنی.

در استفاده از ابعاد تجربی ذکر شده باید به این نکته توجه داشت که این ابعاد تنها هنگامی قابل قبول هستند که شش شرط همزمان وجود داشته باشند. به معنی دیگر، در مواردی به غیر از دیوارهای معمول و رایج که به آن اشاره شده است باید طراحی و محاسبه دیوار تکیه انجام شود.



شکل ۴. ابعاد تقریبی قابل استفاده برای دیوار نگهبان غیروزنی. حداقل ضخامت دیوار در پایه آن نباید از $\frac{H}{12}$ یا ۲۰ سانتیمتر کمتر باشد.

شرایطی که اندازه گذاری تجربی دیوار تکیه - دیوار نگهبان رایج - را ممکن می کند:

۱. ارتفاع H دیوار تکیه از ۴ متر بیشتر نشود. (شکل ۵)
۲. شیب خاک نگه داشته شده (پشت

بهره برداریهای گوناگون که بر خاک و خاکریز پشت دیوار وارد می شود. (انبار کردن لوازم و وسایل مختلف سبک و سنگین، رفت و آمد خودروهای سبک و سنگین و ...)

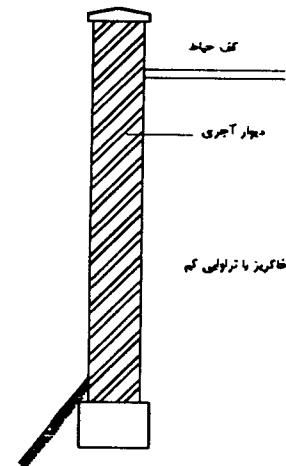
(۳) فشار هیدرواستاتیکی آب با توجه به موارد زیر:

در نظر داشتن فشار هیدرواستاتیکی: در برخی موارد مانند سدّها و مخزن ها، در نظر گرفتن فشار هیدرواستاتیکی یک اصل غیر قابل اجتناب است. با این وجود برای بسیاری از دیگر کارهای ساختمانی که در آن دیوار نگهبان به شکل خود پایدار عمل می کند، طراح می تواند دو انتخاب داشته باشد:

• اول آنکه دیوار را برای مقاومت در مقابل فشار خاک و در عین حال در مقابل فشار آب طراحی کند. این نگرش طراح موجب می شود که دیوار نگهبان حجیم و بزرگ طراحی شود که بدون شک از نظر اقتصادی راه حل مناسبی نیست.

• دومین راه حل آن است که به اشکال مختلف ممکن از تجمع آب در پشت دیوار ممانعت و پیشگیری شود. این راه حل که کاملاً اقتصادی است این امکان را می دهد که دیوار نگهبان برای فشارهای مختلفی که بر آن وارد می شوند - به غیر از فشار آب - محاسبه شود.

ب - در مورد الف که قابل توجه و دقت نیز هست مشکلی وجود دارد. مشکل این است که برای تمام دیوارهای نگهبان - حتی کم اهمیت - انجام طراحی و محاسبه لازم و ضروری خواهد بود. از این رو و با توجه به هزینه هایی که انجام محاسبات دربر خواهد داشت این امکان وجود دارد که کمتر مورد توجه قرار گیرد. جهت حل این مشکل و برای دستیابی به ابعاد دیوارها می توان به مثال نمونه ای از ابعاد و اندازه های تجربی برای دیوارهای نگهبان رایج و مرسوم استفاده کرد. در شکل ۳ ابعاد و اندازه های مربوط به دیوارهای تکیه وزنی و در شکل ۴ ابعاد و اندازه های تجربی مربوط به دیوارهای تکیه غیر وزنی - طرّه دار و ... - آمده است.



شکل ۲. اگر چه دیوار دارای آبرو است ولی به دنبال بارش باران شدید به علت وجود خاکریزی با تراوایی کم امکان فروریختن دارد.

۳. گرفتگی وسیله های تخلیه آب:

مستادول ترین گرفتگی آبروها، گرفتگی تدریجی است. در این حال آبروها که دارای ابعاد لازم و کافی نیستند در دراز مدت دچار گرفتگی می شوند. بخشی از خاکریز پشت دیوار که به عنوان فیلتر در نظر گرفته شده است به تدریج تراوایی خود را از دست می دهد، زیرا فضاهای خالی میان دانه های خاکریز بوسله ذرات ریز خاک که همراه آب جاری به محل آورده شده اند پر خواهد شد. در این صورت هیچیک از آبروهای تعبیه شده آبی دریافت نخواهند کرد و بر اثر جمع شدن آب زیاد در پشت دیوار، با احتمال فراوان دیوار شکاف برداشته و فرو خواهد ریخت و یا بخشی از آن ترک خورده و جابجا خواهد شد. (مثال دیوار نگهبان بزرگراه شهید مدرس).

چند پیشنهاد برای طراحی و اجرای دیوارهای نگهبان خود پایدار:

- الف - در محاسبه دیوارهای نگهبان موارد زیر در نظر گرفته شود:
 - (۱) محاسبه فشار خاک برای بدترین شرایط در نظر گرفته شود. (خاک مرطوب، عدم وجود هرگونه تکیه گاه ثانوی در مقابل دیوار و ...)
 - (۲) فشار بارهای اعمال شده بوسیله

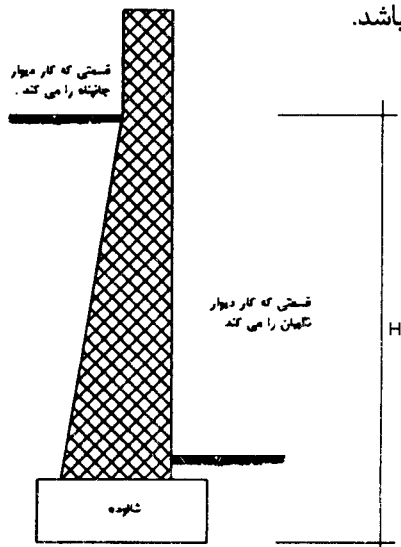
دیوار) نسبت به خط افق از ۱۰٪ بیشتر نباشد.

۳. بار زنده وارد شده بر خاک پشت دیوار تنها ناشی از رفت و آمد عابری پیاده باشد (بدون بار دینامیک قابل توجه).

۴. زمین محل احداث دیوار تکیه تقریباً افقی بوده و از خاکهایی که قابلیت فشرده شدن دارند (مانند خاک رُس نرم و ...) تشکیل شده باشد.

۵. خاکریز پشت دیوار از دانه بندی مناسب و تراوا تشکیل شده باشد (ماسه تمیز و شن که دارای درصد بسیار کمی از دانه های ریز باشد). در این حال بدون شک استفاده از هرگونه خاک رُس مجاز نیست.

۶. دیوار دارای اجزاء لازم جهت ممانعت از تجمع آب (در پشت دیوار) باشد.

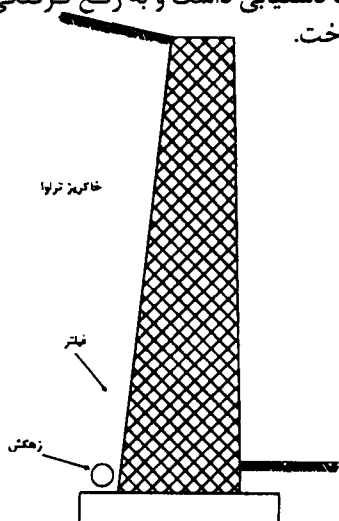


شکل ۵. قابل توجه است که ارتفاع دیوار (H) ارتفاع قسمتی از دیوار است که به عنوان دیوار نگهبان کار می کند و ممکن است این اندازه برابر ارتفاع کل دیوار نباشد.

جهت احراز شرط آخر دو راه حل امکان پذیر است:

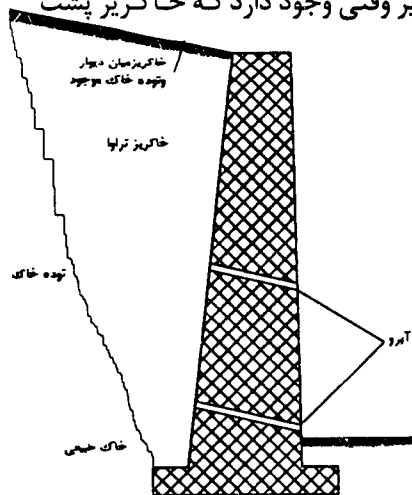
اول - در نظر گرفتن یک سیستم زهکشی در پشت دیوار (شکل ۶). در حالی که می دانیم زهکشی ها به مرور زمان مسدود می شوند. این نکته قابل توجه است که چنانچه به اجرای دقیق و مناسب آن توجه نشود این سرعت بیشتر خواهد بود. از این رو لازم است که علاوه بر اجرای

دقیق و مناسب اتاقت های باز دید فراموش نشوند. در این حال می توان در مواقع لزوم به نقطه ای که مسدود شده است دستیابی داشت و به رفع گرفتگی پرداخت.



شکل ۶. این امکان وجود دارد که بدون استفاده از آبروی دیوار آب را از طریق فیلتر پشت دیوار هدایت و دفع کرد.

دوم - در دیوار، حفره های تخلیه آب با ابعاد بزرگ در نظر گرفته شوند. این حفره ها می توانند از لوله هایی به قطر ۱۰ سانتیمتر تشکیل شده باشند که از هر دو جهت به فاصله های ۱/۵ تا ۲ متر از یکدیگر قرار دارند. نکته قابل توجه آن است که این سوراخها تنها وقتی می توانند نقش خود را ایفاء کنند که آب بتواند خود را به آنها برساند. این امکان نیز وقتی وجود دارد که خاکریز پشت

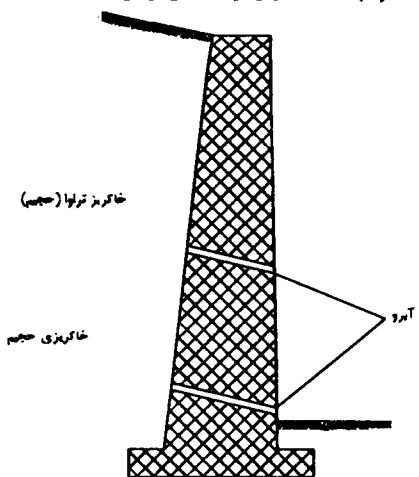


دیوار به اندازه کافی تراوا باشد. وجود خاک تراوا در پشت دیوار نیز به در شکل امکان پذیر است:

۱. زمین طبیعی موجود برای ساختن دیوار بریده شده و در نتیجه توده های خاک موقت و کم و بیش شبیدار بوجود آمده است. در این حال خاکریز میان زمین موجود که بریده شده است و دیوار - بدون توجه به جنس خاک موجود در محل - باید اجباراً از مصالح تراوا تشکیل شده باشد. (شکل ۷)

۲. دیوار نگهبان برای خاکریزی حجیمی که در آینده انجام خواهد گرفت ساخته شده است. در این مورد مصالحی که در تماس با دیوار قرار می گیرند باید لایه ای ضخیم و تراوا را تشکیل دهند. (شکل ۸)

استفاده از مصالح تراوا در پشت دیوار دارای مزیت های دیگری نیز هست. از آنجا که این مصالح نسبت به یخ زدگی حساس نیستند. این نگرانی وجود ندارد که هنگام زمستان و در هوای بسیار سرد، دیوار تحت تنش و فشارهای اضافی قرار گیرد. نباید فراموش کرد که در هوای بسیار سرد نه تنها زمین زیر دیوار ممکن است یخ بزند (و به همین دلیل رعایت عمیق یخ زدگی - شکل ۷ و شکل ۸ - لازم است)، بلکه خاکریز پشت دیوار نیز به دنبال سرمای که از دیوار عبور خواهد کرد یخ خواهد زد. در این حال، در صورتی که خاک پشت دیوار از جنس رُس باشد، به



شکل ۷ و ۸. آنها را می توان به صورت های مختلف از طریق زهکشی هدایت و دفع کرد. ما بدون تردید بهترین راه حل استفاده از آبروهای متعدد و خاکریز تراوا در حجم زیاد است.

● روی خاک بالادست (پشت دیوار) از پوششی برای خاک استفاده شود که تا حدّ ممکن کمتر تراوا باشد. در این صورت حجم فراوان آب ناشی از رگبار را می‌توان از روی دیوار عبور داد (در این مورد باید به جمع شدن آب در پایین دست دیوار نیز توجه ویژه داشت) و یا اینکه آب را به طرف نهرهای آب که از دیوار دور می‌شوند هدایت کرد.

● خاک پایین دست نیز علاوه بر داشتن پوشش ناتراوا باید دارای شیب کافی نیز باشد تا به این ترتیب شالوده دیوار را از آبی که از روی دیوار یا از آبروها عبور می‌کند دور نگه دارد. چنانچه زمین محلّ احداث دیوار رُسی است، باید تمهیدات لازم در مقابل احتمال واژگونی دیوار - که ناشی از نرم شدن خاک رُس است - در نظر گرفته شود.

با ذکر این نکته بحث آسیب‌پذیری دیوارهای نگهبان در مقابل فشار آب را به پایان می‌بریم که: چنانچه پیش‌بینی‌های اولیه در نظر گرفته شوند، بدون شک دیوارهای نگهبان کمتری آسیب خواهند دید و حداقل آنکه آسیب‌ها چنان خواهند بود که مجبور به تخریب آن نخواهیم شد.

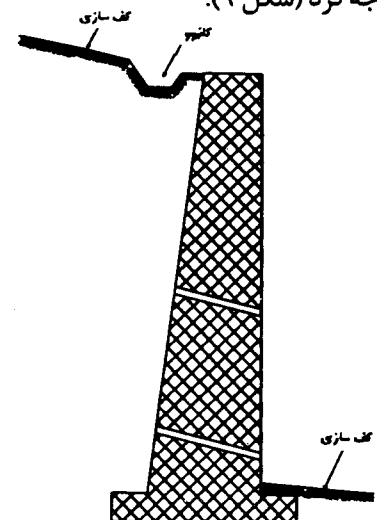
منابع و مأخذ:

- C.S.T.B. Magazine, No. 32.
- C.S.T.B. Magazine, No. 40.
- C.S.T.B. Magazine, No. 42.
- Etancheite et Protection des Parois Enterreed, Eoliyon Siplat.
- Les Maçonneries Enterrees, Edition L'assurance Francaise.
- Les Points Sensibles de la Construction, Edition Qualite Construction.

دلیل از دیاد حجم یخ نسبت به آب، خاکریز متورم خواهد شد و بار مضاعفی را بر دیوار وارد خواهد کرد. از این رو طراحی دیوار و خاکریز پشت آن باید با توجه به میزان آبهای جاری‌ی باشد که امکان دارد در پشت دیوار جمع شود. این موضوع پیش از هر چیز به وضعیت جغرافیایی محلّ (که بارندگی‌های فصلی در آن رخ می‌دهد یا ...) و طبیعت و چگونگی خاک محلّ مربوط می‌شود.

اگر به دلایلی مجبور شویم از خاکهایی با دانه‌های ریز (رُس، مارن و ...) برای خاکریز پشت دیوار استفاده کنیم، باید تمهیداتی در نظر گرفته شود که به هر شکلی ممکن جمع‌آوری آب پیش از رسیدن آن به پشت دیوار انجام پذیرد. این کار می‌تواند بوسیلهٔ زهکشی‌های افقی و مایل و یا یک لایه فیلتر ضخیم و غیر قابل مسدود شدن با ضخامت حداقل ۳۰ سانتیمتر که آب را به سوی آبرو هدایت می‌کند و یا بوسیلهٔ هر دو روش به صورت همزمان انجام پذیرد.

و بالاخره لازم است به یاد داشته باشیم که از یک سو اجزاء در نظر گرفته شده برای تخلیهٔ آب دچار گرفتگی می‌شوند و از سوی دیگر امکان تخلیهٔ تقریباً لحظه‌ای مقدار قابل ملاحظهٔ آب (مثلاً ناشی از رگبارهای شدید و مکرر) را ندارند. به این دلیل است که در زمینهای شیبدار، علاوه بر در نظر گرفتن زهکشی یا زهکشی و آبرو باید به نکته‌های زیر نیز توجه کرد (شکل ۹):



شکل ۹. بهتر است که به هر شکل ممکن از میزان آب در تماس با دیوار کاسته شود.