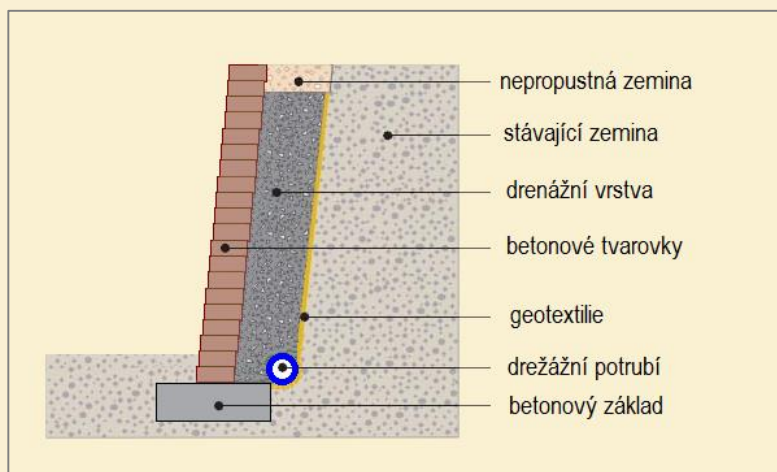


## SKLÁDANÉ OPĚRNÉ STĚNY

Široký sortiment betonových prvků pro vnější architekturu nabízí také prvky, z nichž lze buď suchou montáží anebo kombinací suché montáže a monolitického betonu zhotovit opěrné stěny. Opěrná stěna je velmi působivý architektonický prvek zvláště při použití barvených betonových prvků, jejichž povrch je různě profilován nebo kamenicky opracován. Stavba opěrné stěny je většinou považována za bezproblémovou jednoduchou stavbu. Praxe a řada vzniklých poruch na postavených opěrných stěnách ale dokládá, že tuto stavbu nelze jak z hlediska projektové přípravy, tak z hlediska vlastního provedení v žádném případě podcenit. Je třeba si uvědomit, že zřícená betonová opěrná stěna může způsobit kromě materiálních škod i újmu na zdraví. Opěrná stěna je po statické stránce dosti komplikovaná stavba a její chování závisí na mnoha faktorech. Z tohoto důvodu je nutné u opěrných stěn vyšších než 2 metry vždy zpracovat statický výpočet a posouzení únosnosti stěny a u opěrných stěn nižších než 2 metry je zpracování statického posudku spolehlivosti stěny doporučeno. Ve statickém posouzení spolehlivosti konstrukce opěrné stěny musí být specifikovány požadavky na provedení stavby, jejichž dodržení zajistí stabilitu opěrné stěny. Statický výpočet sice představuje určité malé finanční náklady, ale vzhledem k tomu, že jakákoliv porucha opěrné stěny vede většinou k jejímu rozebrání, nedojde-li k jejímu zřícení, jsou tyto náklady zanedbatelné. Pokud se obrátíte na nás, tak vám vypracujeme na stavbu opěrné stěny statický výpočet, podle kterého zjistíte, zda jsou vaše představy o stavbě opěrné stěny reálné a co všechno musíte zajistit, aby byla opěrná stěna stabilní.



Opěrné konstrukce jsou určeny pro podepření zemních těles, čímž udržují zeminu pod větším úhlem, než je úhel vnitřního tření zeminy a brání sesunutí zeminy nebo svahů. Důvodem provádění opěrných konstrukcí je snaha co nejvíce snížit objem zemních prací a přitom využít opěrnou konstrukci k architektonicky velmi působivé úpravě terénu.

Opěrné konstrukce se dělí podle provedení a statické funkce na:

- opěrné stěny – stěny, do kterých se opírá násep
- zárubní stěny – stěny podepírající
- obkladové stěny – stěny chránící obnaženou skálu

Pro přiblížení problematiky opěrných konstrukcí jsou dále uvedeny nejdůležitější faktory, které chování opěrné stěny ovlivňují a jejichž působení musí posoudit statik, má-li být stěna stabilní.

Opěrné stěny se staticky posuzují na:

- posouzení na únosnost v základové spáře
- pootočení zdi
- spolehlivost konstrukce proti překlopení
- spolehlivost proti posunutí v základové
- stabilitu svahu

# SKLÁDANÉ OPĚRNÉ STĚNY

Chování opěrné stěny je závislé především na hmotnosti opěrné stěny, na jejím tvaru a na její výšce. Dále chování opěrné stěny ovlivňuje zatížení terénu nad korunou stěny, sklon stěny směrem k terénu, způsob uložení stěny na základové konstrukci, typ zásypové horniny, způsob odvodnění zásypu, vlastnosti základové půdy a to, zda je stěna monolitická, zmonolitněná anebo pouze vyskládána z hotových prvků. Všechny tyto faktory je třeba zohlednit ve statickém výpočtu a stanovit předpoklady stabilního chování konstrukce. Podrobně zde nemá smysl jednotlivé faktory rozebírat vzhledem k jejich značné variabilitě.

Bez statického výpočtu lze zhotovit pouze nízké opěrné stěny z palisád (tyčových betonových prvků) anebo například ze dvou nebo třech vrstev betonových tvarovek. Úkolem těchto nízkých stěn je oddělit různě vysoké úrovně terénu bez zatížení zemním tlakem ani zatížením v koruně stěny. I u těchto velmi jednoduchých staveb je třeba dodržet několik zásad. Betonové palisády jsou vždy mírně kónické, tj. vždy se mírně zužují od spodního konce k hornímu konci. Tento fakt je třeba zohlednit při stavbě a mezi jednotlivé palisády v úrovni horního povrchu vkládat dřevěné nebo plastové klínky. Horninu za palisádami anebo za tvarovkami je třeba odvodnit drenáží. Pokud dojde ke zvodnění horniny za palisádami anebo za tvarovkami, může docházet k vyplavování rozpustných látek mezerami mezi jednotlivými prvky a k tvoření skvrn na stěně. Zvodnění zásypové horniny také způsobuje tvorbu vápenných výkvětů na povrchu palisád anebo tvarovek.



## **Skládané opěrné stěny**

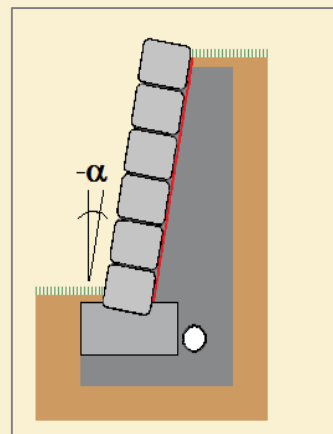
Nejvíce používaným materiálem pro stavby opěrných konstrukcí je beton. Z řady možných způsobů provedení opěrných konstrukcí je velmi často voleno provedení skládaných opěrných stěn. Skládané opěrné stěny umožňují stavět betonové pohledové stěny nebo stěny s integrovanou zelení. Použití betonových tvarovek pro stavbu opěrných stěn má mnoho výhod, jako:

- velká variabilita opěrných stěn
- použití poměrně lehkých prvků pro výstavbu stěn
- vzhledem ke hmotnosti jednotlivých tvarovek je možná stavba v nepřístupných místech
- pro stavbu skládaných stěn není nutné žádná malta nebo jiné pojivo

**Opěrné stěny jsou většinou vystaveny povětrnosti a tomuto faktu je nutné podřídil vlastnosti betonu, z něhož jsou vyrobeny. Podle normy ČSN EN 13198 je požadováno, aby byly tvarovky pro stavbu opěrných stěn zhotoveny z betonu C30/37, jehož hmotnostní nasákavost nepřekračuje hodnotu 7 %. Pokud je použit pro stavbu skládané stěny monolitický beton nebo cementová malta, tak musí být také z betonu třídy C30/37. Pokud se rozhodnete zhotovit opěrnou stěnu z tvarovek ztraceného bednění, tak musíte vyhledat na trhu takové tvarovky, které jsou vyrobeny z betonu třídy C30/37. Mně se tvarovky ztraceného bednění z takto pevného betonu nepodařilo najít.**

# SKLÁDANÉ OPĚRNÉ STĚNY

Skládané opěrné stěny se nejčastěji provádějí z plných betonových tvarovek skládaných na sucho bez integrované zeleně nebo z dutých nebo lžícových tvarovek skládaných na sucho s integrovanou zelení, jejich dutiny jsou vyplněny zeminou a zpravidla osázené zelení. Skládané opěrné stěny se zhotovují ve sklonu 0 až 30 stupňů. Opěrné konstrukce ve sklonu větším než 30 stupňů jsou označovány jako svahy. Pomocí betonových tvarovek je možné stavět také svislé opěrné stěny bez sklonu (tj. s nulovým sklonem), ale svislé stěny nejsou staticky výhodné a jsou používány pouze pro nízké stěny. Vyšší nevyztužené skládané stěny se proto vždy provádějí ve sklonu, čímž se dosahuje snížení zemního tlaku působícího na stěnu. I u vyztužených skládaných stěn je staticky výhodnější provádět stěny ve sklonu. Skládané opěrné stěny se nejčastěji navrhují a posuzují s použitím Coulombovy teorie zemních tlaků jako gravitační opěrné konstrukce. Skládané opěrné stěny se navrhují jako nevyztužené nebo vyztužené. Vyztužení se provádí vložením vodorovných plastových geomříží, které se kotví ve spáře mezi tvarovkami.



## Nevyztužené skládané opěrné stěny

Nevyztužené skládané opěrné stěny se zhotovují buď z plných tvarovek nebo z dutých tvarovek nebo lžícových tvarovek. Z plných tvarovek se zhotovují plné opěrné stěny, které mají vzhled betonového zdiva a jsou používány pro opěrné stěny s nižším sklonem. Z dutých a lžícových tvarovek se zhotovují opěrné stěny s integrovanou zelení a jsou používány zpravidla pro stěny s větším sklonem, aby bylo možné stěny osázet zelení. Nevyztužené opěrné stěny se navrhují jako gravitační a při statickém výpočtu je třeba v každé spáře posoudit tření, bránící vysunutí tvarovek.

U nevyztužené skládané opěrné stěny z plných tvarovek působí zemina za opěrnou zdí zemním tlakem, který je závislý nejvíce na druhu horniny za opěrnou zdí a na sklonu stěny. Jinak se chovají zeminy drobné nesoudržné a jinak se chovají zeminy plastické, takže má zásypová zemina podstatný vliv na chování opěrné stěny. Tvarovky mají často profil písmene Z nebo mají ozub, takže vzniká mezi tvarovkami zámek, který brání horizontálnímu vysunutí tvarovky ze stěny, a jsou použitelné pro stavby stěn s nižším nebo nulovým sklonem. Tvarovky bez zámků jsou použitelné pro nízké nevyztužené stěny nebo pro nevyztužené stěny s větším sklonem. Nevyztužené skládané opěrné stěny z plných tvarovek se ukládají na základ



z plastického betonu s vodním součinitelem nejvýše 0,60 a třídy minimálně **C 16/20 XC2**. Základ musí mít ozub, bránící posunu první řady tvarovek nebo se základ provede tak, aby byla první řada tvarovek součástí základu. Horní plocha základu je vodorovná u svislých stěn nebo sloněná u skloněných stěn. Základová spára základu musí být v nezáměrné hloubce, aby nebyla ohrožena stabilita stěny vlivem záporných teplot. Při stavbě opěrné stěny je nutné

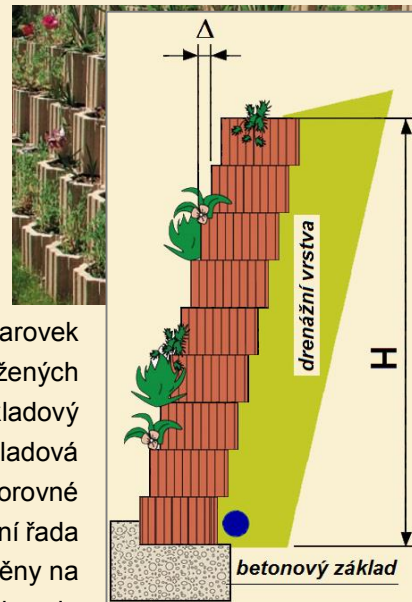


v úrovni první vrstvy tvarovek vložit drenáž odvádějící prosakující vodu. Aby se nehromadila voda za stěnou, tak musí být drenáž funkční po celou životnost opěrné stěny. Aby se v zásypu za stěnou nehromadila voda, tak musí na opěrnou stěnu navazovat zásyp provedený z vodopropustné zeminy, který vytvoří svislou filtrační vrstvu. Nejvhodnější je provést zásyp na rubu stěny z hutněného hrubého kameniva. Šířka filtrační vrstvy by měla být nejméně 300 mm. Velmi častou závadou, vedoucí i ke zřícení opěrné stěny, je ztráta funkčnosti drenážního systému. Aby bylo možné zjistit, zda je voda za stěnou spolehlivě odváděna, tak je vhodné vyvést drenážní systém přes stěnu. Vyústění drenážního systému se zakrývá mřížkou. Známkou špatného odvedení vody na rubové straně

# SKLÁDANÉ OPĚRNÉ STĚNY

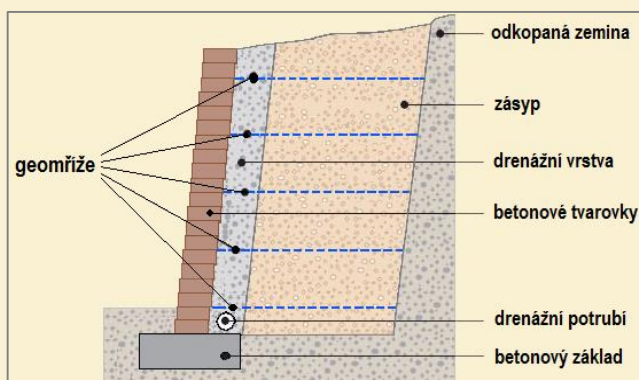
stěny je tvoření vápenných výkvětů na ploše stěny. Při stavbě skládané opěrné stěny z plných tvarovek se po položení tvarovek provede dosypání zásypového materiálu a zhutnění zásypu. Doplnění zásypu se má hutnit po vrstvách vysokých nejvýše 150 mm. Skládanou nevyztuženou stěnu z plných tvarovek je vhodné zakrýt koncovým prvkem, který brání zatékání vody do stěny.

Nevyztužené skládané opěrné stěny z dutých tvarovek nebo lžicových tvarovek jsou používány pro opěrné stěny s integrovanou zelení. Používány jsou jak pro nízké stěny v zahradách a parcích tak i pro vysoké stěny a svahy pro zpevňování svahů u komunikací a podobně. Opěrné stěny z dutých tvarovek nebo lžicových tvarovek jsou používány pro stěny s nižším sklonem. Stěny z dutých a lžicových tvarovek jsou méně odolné proti horizontálnímu posunutí tvarovek, protože se zatížení přenáší pouze třením mezi tvarovkami. Proto je nutné snížit vodorovnou složku zemního tlaku provedením nižšího sklonu stěny. Nevyztužené skládané opěrné stěny z dutých tvarovek nebo lžicových tvarovek je možné založit buď na betonovém základu, nebo přímo na řadu tvarovek, položených na zhutněném štěrkovém polštáři. Při založení stěny na betonovém pasu se základový pas o výšce 300 mm provede na vrstvu zhutněného štěrku tak, aby byla základová spára v nezámrazné hloubce. Na základu je třeba udělat ozub pro zachycení vodorovné složky zatížení. Při založení stěny na štěrkovém zhutněném polštáři musí být první řada tvarovek pod úroveň terénu, a to nejméně polovinou výšky tvarovek. Založení stěny na štěrkovém polštáři je méně časté než založení na základovém pasu. Důvodem je možnost poškození štěrkového základu při stavebních úpravách v blízkosti základů opěrné stěny. Stejně jako u stěn z plných tvarovek je nutné v úrovni první vrstvy tvarovek vložit drenáž odvádějící prosakující vodu, aby se nehromadila voda za stěnou. Tvarovky se pokládají v řadách na sebe nejčastěji na vazbu. Po položení řady tvarovek se dutiny zaplní zeminou, která se zhutní. Po zhutnění zeminy se položí další vrstva tvarovek. Při stavbě stěny je třeba zajistit, aby byly styčné plochy tvarovek čisté. Důvodem je dosáhnout co nejvyšší hodnoty tření mezi styčnými plochami tvarovek. Stěny s integrovanou zelení se osazují pnoucími nebo převislými rostlinami, které jsou nenáročné na závluku.



## Vyztužené skládané opěrné stěny

Vyztužené skládané opěrné stěny jsou opěrné konstrukce, u nichž jsou tahová napětí v zemině přenášena tahovou vodorovnou výztuží. K vyztužování zeminy jsou používány plastové sítě, tzv. geomříže. Stavby vyztužených opěrných stěn umožňují stavět velmi vysoké opěrné stěny, čehož se využívá především v silničním stavitelství. U nevyztužených opěrných stěn postačí při vhodné zemině vložit za stěnu drenáž a dosypat za stěnu zásypový materiál tak, aby vnikla za stěnou drenážní vrstva široká cca 300 mm. U vyztužených opěrných stěn je ale potřeba odstranit zeminu v šířce rovné přibližně výšce stěny, protože výztužné geomříže je nutné zakotvit. U vyztužených opěrných stěn je tedy nutné odstranit zeminu, provést drenáž a po vrstvách dosypat zeminu a zhutnit zásypovou zeminu, vložit vodorovnou geomříž a opět dosypat zeminu a zhutnit zásypovou zeminu. Stejně jako u nevyztužených opěrných stěn je nutné vytvořit za stěnou drenážní vrstvu. Pro stavby vyztužených opěrných stěn je třeba použít zvláštních tvarovek, u kterých je možné zakotvit geomříže. Pro kotvení geomříží se nejčastěji používají plastové kolíčky



U vyztužených opěrných stěn je tedy nutné odstranit zeminu, provést drenáž a po vrstvách dosypat zeminu a zhutnit zásypovou zeminu, vložit vodorovnou geomříž a opět dosypat zeminu a zhutnit zásypovou zeminu. Stejně jako u nevyztužených opěrných stěn je nutné vytvořit za stěnou drenážní vrstvu. Pro stavby vyztužených opěrných stěn je třeba použít zvláštních tvarovek, u kterých je možné zakotvit geomříže. Pro kotvení geomříží se nejčastěji používají plastové kolíčky

## SKLÁDANÉ OPĚRNÉ STĚNY

vkládáné do otvorů v tvarovkách. U většiny vyráběných tvarovek je možné kotvení geomříží tak, aby bylo možné udělat svislé stěny nebo skloněné stěny.

Stejně jako u nevyztužených opěrných stěn má zásadní význam funkčnost drenáže za stěnou. Při zasypávání geomříží je třeba vytvořit za stěnou drenážní vrstvu z hrubého štěrku o šířce nejméně 300 mm. Jestliže je drenážní vrstva jiná než vyztužená zemina, tak je vhodné oddělit drenážní vrstvu od vyztužené zeminy svislou geotextilií. Na dno drenážní vrstvy je nutné vložit drenážní potrubí, které odvádí prosáklou vodu a brání vlhnutí tvarovek. Aby byl drenážní systém trvale funkční, tak je vhodné vyvést drenáže přes tvarovky na povrch stěny a vyústění drenáže zakrýt mřížkami. Kromě drenážní vrstvy je třeba zabránit vnikání vody do stěny vhodným zakrytím stěny a omezit pronikání vody vhodnou úpravou terénu za stěnou.



Vyztužené opěrné stěny je možné založit buď na betonovém základu, nebo přímo na řadu tvarovek, položených na ztuhnutém štěrkovém polštáři. Při založení stěny na betonovém pasu se základový pas o výšce 300 mm provede na vrstvě ztuhnutého štěrku tak, aby byla základová spára v nezámrazné hloubce. Při založení stěny na štěrkovém ztuhnutém polštáři musí mít polštář tloušťku nejméně 300 mm a první řada tvarovek musí být pod úroveň terénu, a to nejméně polovinou výšky tvarovek. Štěrkový základ musí mít tedy celkovou tloušťku cca 500 mm. Při založení stěny na štěrkovém polštáři je velmi důležitá přesnost provedení první vrstvy tvarovek. Přesnost vytyčení a provedení první vrstvy tvarovek je určující pro stavbu celé stěny. Vyztužená zemina se ukládá ve vrstvách vysokých nejvýše 150 mm a ztuhne se. Hutnění zeminy v blízkosti stěny je možné provádět pouze lehkou hutnicí technikou. Od vzdálenosti jednoho metru od rubu stěny je možné použít pro hutnění vyztužené zeminy těžší techniku. Při ukládání další vrstvy tvarovek je třeba zajistit, aby byly styčné plochy tvarovek čisté. Důvodem je dosáhnout co nejvyšší hodnoty tření mezi styčnými plochami tvarovek.



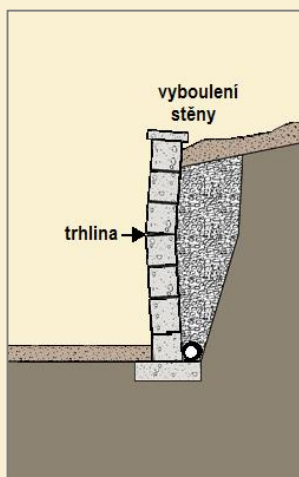
Geomříže se vkládají do zeminy podle statického návrhu vyztužené opěrné stěny. Geomříže se vkládají ve vodorovné poloze a kotví se ve spáře mezi tvarovkami. Tvarovky mají zpravidla takový tvar, aby se dosáhlo co nejlepšího zakotvení ve spáře mezi tvarovkami. Geomříže se ukládají v podélném směru na sraz bez přesahu a nesmí se v podélném směru nastavovat. To znamená, že musí být v podélném směru z jednoho kusu. Po položení geomříží na zeminu a položení další vrstvy tvarovek se geomříže ručně napnou a v napnutém stavu se zajistí skobami. Na napnuté geomříže se ukládá zemina, která se ztuhne. Posledním krokem stavby vyztužené opěrné stěny je zakrytí koruny stěny, aby nemohla do stěny vnikat voda.



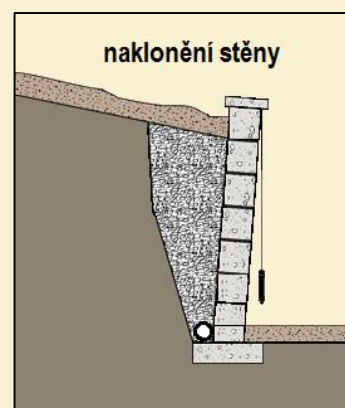
# SKLÁDANÉ OPĚRNÉ STĚNY

## Nejčastější závady na opěrných stěnách

Nejčastější příčinou poškození opěrných stěn je nefunkční nebo chybně provedená drenáž, odvádějící vodu z filtrační vrstvy. V mnoha případech není dokonce filtrační vrstva u opěrné stěny vůbec udělána a odvodnění drenáží je nahrazeno nopovou folií. Hromadění vody na rubu opěrné stěny signalizuje tvoření vápenných výkvětů na povrchu. Drenážní vrstva nesmí být provedená z materiálů obsahujících větší množství jemných částic nebo spíše by drenážní vrstva neměla jemné částice vůbec obsahovat. Nejvhodnějším materiálem pro provedení filtrační vrstvy je hrubý štěrk. Pokud na filtrační vrstvu z hrubého štěrku navazuje vrstva zásypové zeminy obsahující větší množství jemných částic, tak musí být zabráněno pronikání jemných částic do hrubého štěrku. Nejlepším řešením je oddělení filtrační vrstvy od zásypové zeminy geotextilií. Drenážní potrubí se ukládá v úrovni první vrstvy tvarovek a musí být vyústěno mimo opěrnou stěnu způsobem, který zaručuje trvale odvádění vody z rubu opěrné stěny. Často dochází k poškození plastového potrubí při hutnění, protože se dělá filtrační vrstva z hrubého kameniva. Proto je nutné postupovat při hutnění filtrační vrstvy opatrně.



Velmi často dochází u opěrných stěn k naklonění stěny, vyboulení stěny anebo vznik svislých trhlin v opěrné stěně. Tyto závady jsou způsobeny buď deformacemi a pohybem základů opěrné stěny nebo působením zemního tlaku. Základy opěrné stěny jsou namáhány mimostředním tlakem. Při překročení únosnosti základové půdy dochází působením svislé složky zatížení k nadměrnému sedání a deformacím základů, což je nejčastěji doprovázeno vznikem trhlin v základové konstrukci. Vodorovná složka zatížení způsobuje vznik ohybového momentu, který vyvolává u poddimenzované základové konstrukce pootáčení základové konstrukce a vychýlení opěrné stěny.



Selháním (poddimenzováním) základů nejčastěji dochází k naklonění opěrné stěny a ke kolapsu celé opěrné konstrukce.



Opěrné stěny se budují pro zachycení zemního tlaku. Nejčastěji vznikají poruchy opěrných buď změnou zatížení stěny, nebo změnami vlastností zeminy působící zemním tlakem na stěnu. Opěrná stěna by měla být navržena na zatížení, kterému může být vystavená během celé životnosti opěrné konstrukce. Pokud nastanou změny zatížení například umožněním najíždění těžších vozidel nad korunou opěrné stěny nebo přitížením terénu nad stěnou, je nutné opěrnou stěnu znovu posoudit a přijmout opatření,

aby nedošlo ke kolapsu stěny. Ke změnám vlastností zeminy působící zemním tlakem nejčastěji dochází zvodněním zeminy. Zvodněním zeminy za stěnou



## SKLÁDANÉ OPĚRNÉ STĚNY

dochází ke změně velikosti a směru výslednice zemního tlaku a k zemnímu tlaku se přidává hydrostatický tlak vody. Pokud překročí zemní tlak únosnost stěny, tak může dojít k překlopení stěny momentem anebo k posunutí stěny nebo části stěny. Porušení stěny je doprovázeno vznikem trhlin v opěrné stěně a může nastat zřícení stěny.

Samostatným problémem jsou závady u vyztužených opěrných stěn. U vyztužených opěrných stěn dochází nejčastěji k problémům s odvodněním celé stavby opěrné stěny a s problémy s výztužnými sítěmi. U vyztužených opěrných stěn je třeba zajistit, aby bylo zabráněno vnikání vody do opěrné stěny a aby bylo funkční odvedení vody z filtrační vrstvy. U vyztužených opěrných stěn mohou nastat problémy se soudržností plastových geomříží a zásypové zeminy a se zakotvením geomříží v lícové vrstvě, tj. se zakotvením ve spárách mezi tvarovkami. U vyztužených opěrných stěn může dojít k vytržení geomříží ze spáry mezi tvarovkami a k přetržení geomříže.

