
Geotechnické navrhování

ČSN EN 1997-1

Eurokód 7: Navrhování
geotechnických konstrukcí

Část 1: Obecná pravidla

Obsah EC 7-1 1/2

- 1 Všeobecně
- 2 Zásady navrhování geotechnických konstrukcí
- 3 Geotechnické údaje
- 4 Stavební dozor, monitoring a údržba
- 5 Násypy, odvodňování, zlepšování
a vyztužování základové půdy
- 6 Plošné základy
- 7 Pilotové základy
- 8 Kotvení
- 9 Opěrné konstrukce

Obsah EC 7-1 2/2

- 10 Hydraulické porušení
- 11 Celková stabilita
- 12 Násypy

Příloha A (normativní)
Přílohy B-J (informativní)
Národní příloha (informativní)

Mezní stavy únosnosti:

EQU: ztráta rovnováhy konstrukce nebo základové půdy, uvažované jako tuhé těleso;

STR: vnitřní porušení nebo nadměrná deformace konstrukce nebo konstrukčních prvků;

GEO: porušení nebo nadměrná deformace základové půdy;

UPL: ztráta rovnováhy konstrukce nebo základové půdy v důsledku zdvihu tlakem vody (vztlaku);

HYD: nadzdvihování, vnitřní eroze a sufoze v základové půdě způsobené hydraulickými spády.

1. geotechnická kategorie

Pouze malé a relativně jednoduché konstrukce:
pro které je možné zajistit, že základní požadavky budou splněny na základě zkušenosti a kvalitativního geotechnického průzkumu se zanedbatelným rizikem.

(zanedbatelné riziko ztráty celkové stability nebo pohybů základové půdy, základové poměry známé ze srovnatelné místní zkušenosti a dostatečně spolehlivé, neprovádí se výkop pod HPV nebo podle místní srovnatelné zkušenosti nebude komplikovaný)

Postupy pro návrh základu a provádění mohou obsahovat rutinní metody.

2. geotechnická kategorie

Konvenční typy konstrukcí a základů s běžným rizikem nebo jednoduchými základovými poměry či zatěžovacími podmínkami.

(plošné, roštové a pilotové základy; stěny a ostatní konstrukce zadržující nebo podporující zeminu nebo vodu; výkopy; mostní pilíře a opěry; násypy a zemní práce; zemní kotvy a ostatní systémy, které vnášejí zatížení zpět do základové půdy; tunely v tvrdých neporušených horninách nevyžadující zvláštní požadavky na vodotěsnost nebo jiné požadavky)

Používat kvantitativní geotechnické údaje a rozbory, mohou se používat rutinní postupy pro terénní a laboratorní zkoušky, návrh a provádění.

3. geotechnická kategorie

Konstrukce nebo části konstrukcí, které nespádají do 1. a 2. geotechnické kategorie.

(velmi velké nebo neobvyklé konstrukce; konstrukce vyvolávající abnormální riziko nebo konstrukce ve složitých základových poměrech nebo konstrukce složitě zatížené; konstrukce ve vysoce seismických oblastech; konstrukce v oblastech pravděpodobné nestability staveniště nebo stálých pohybů základové půdy, které vyžadují zvláštní průzkum nebo speciální opatření.)

3. geotechnická kategorie má běžně zahrnovat alternativní ustanovení a pravidla k těm v této normě.

Návrhové situace 1/4

Musí se uvažovat jak krátkodobé tak dlouhodobé návrhové situace.

Podrobná klasifikace návrhových situací v geotechnickém návrhu má zahrnovat:

zatížení, jejich kombinaci a zatěžovací případy;

obecnou vhodnost základové půdy, na které je umístěna konstrukce, vzhledem k celkové stabilitě a pohybům základové půdy;

dispozici a klasifikaci různých zón zeminy, horniny a prvků konstrukce, které se uplatní v jakémkoli výpočetním modelu;

sklon podložních vrstev;

Návrhové situace 2/4

*hornické práce, kaverny nebo jiné podzemní konstrukce;
v případě konstrukcí spočívajících na nebo blízko hornin:*

mezilehlé tvrdé a měkké vrstvy;

poruchy, pukliny, trhliny;

možnou nestabilitu horninových bloků;

*vyluhované dutiny jako jsou závrtky nebo trhliny
vyplněné měkkým materiálem a pokračující proces
vyluhování;*

Návrhové situace 3/4

prostředí, uvnitř kterého je vypracován návrh:

vliv vyplavování, eroze a výkopu vedoucí ke změnám v geometrii zemského povrchu;

vliv chemické koroze; vliv zvětrávání;

vliv promrzání; vliv dlouhodobého vysoušení;

vliv změn výšky hladiny podzemní vody včetně vlivu odvodnění, možných povodní, poruch drenážního systému, využití vody;

přítomnost plynů unikajících ze základové půdy;

ostatní účinky času a prostředí na smykovou pevnost a ostatní vlastnosti materiálu, např. vliv děr způsobených zvířaty;

Návrhové situace 4/4

zemětřesení;

zemní pohyby zapříčiněné dolováním nebo jinými aktivitami;

citlivost konstrukce na deformace;

vliv nové konstrukce na stávající konstrukce, inženýrské sítě a místní prostředí.

Zatížení 1/3

Při navrhování geotechnických konstrukcí se má uvažovat jako zatížení:

tíha zeminy, horniny a vody;

napětí v základové půdě;

zemní tlaky a tlak podzemní vody;

tlaky volné vody včetně tlaků vln;

tlaky podzemní vody;

průsakové síly;

užitná nebo vložená zatížení z konstrukcí;

zatížení povrchu;

Zatížení 2/3

vázací síly;

odstranění zatížení nebo výkop základové půdy;

dopravní zatížení;

pohyby vyvolané dolováním nebo jiným budováním podzemních prostor nebo tunelováním;

bobtnání a smršťování vyvolané vegetací a změnami podnebí nebo vlhkosti;

pohyby vyvolané sekundární konsolidací nebo usmyknutím nebo sedáním masy základové půdy;

Zatížení 3/3

pohyby vyvolané degradací, disperzí, dekompozicí, vlastním zhutňováním a rozpouštěním;

pohyby a zrychlení vyvolané zemětřesením, výbuchy, vibracemi a dynamickými zatíženími;

vliv teploty včetně účinků mrazu;

zatížení ledem;

zavedená předpětí v zemních kotvách nebo rozpěrách;

negativní tření.

Vlastnosti základové půdy 1/3

Vlastnosti zemních a skalních masivů, které jsou kvantifikovány geotechnickými parametry, se musí získat z výsledků zkoušek buď přímo nebo korelací, teorií nebo empiricky a z jiných relevantních údajů.

Hodnoty získané z výsledků zkoušek a ostatní údaje se musí pro uvažovaný mezní stav přijatelně interpretovat.

Pozornost se musí věnovat rozdílu mezi vlastnostmi základové půdy a geotechnickými parametry získanými z výsledků zkoušek a těmi, které řídí chování geotechnické konstrukce.

Vlastnosti základové půdy 2/3

Rozdíly mohou způsobit následující faktory:

četné geotechnické parametry nejsou pravé konstanty, ale závisí na úrovni napětí a způsobu deformace;

stavba zeminy a horniny (puklinatost, vrstevnatost nebo velké částice) může hrát různou roli při zkoušce a v geotechnické konstrukci;

vliv času;

účinek prosakující vody na snížení smykové pevnosti zemin a hornin;

Vlastnosti základové půdy 3/3

*možný účinek změkčení dynamickým zatížením;
křehkost nebo tažnost zkoušené zeminy a horniny;
metoda výstavby geotechnické konstrukce;
vliv kvality provádění na uměle nasypanou nebo
zlepšenou základovou půdu;
vliv stavební činnosti na vlastnosti základové půdy.*

Plošné základy – mezní stavy

Musí se uvažovat následující mezní stavy a musí se sestavit jejich příslušný seznam:

ztráta celkové stability;

únosnost, vytlačení, zaboření;

porušení smykem;

kombinované porušení v základové půdě a v konstrukci;

porušení konstrukce v důsledku pohybu základu;

nadměrná sedání;

nadměrné zvednutí v důsledku bobtnání, mrazu a jiných příčin;

nepříjemné vibrace.

Plošné základy – návrhové metody

přímá metoda, u které se vypracují oddělené analýzy pro každý mezní stav. Pokud se kontroluje dosažení mezního stavu únosnosti, musí mechanismus porušení co nejpřesněji modelovat předpokládaný; ke kontrole mezního stavu použitelnosti se musí použít výpočet sedání;

nepřímá metoda, která užívá srovnatelnou zkušenost a výsledky terénních nebo laboratorních měření nebo pozorování a vybraná zatížení ve vztahu k meznímu stavu použitelnosti tak, aby splňovala požadavky všech relevantních mezních stavů;

metoda předběžného opatření, při které se použije předpokládaná únosnost

Pilotové základy - všeobecně

Ustanovení této kapitoly se musí použít na opřené piloty, plovoucí piloty, tažené piloty a příčně zatížené piloty instalované beraněním, zatlačováním a šroubováním nebo vrtáním s nebo bez injektování.

Ustanovení této kapitoly se nemají přímo použít na návrh pilot, které jsou zamýšleny ke snížení sedání, jako je tomu v některých podpilotovaných roštových základech.

Pro provádění pilot se musí použít následující normy:

EN 1536:1999, pro vrtané piloty;

EN 12063:2000, pro štětové stěny;

EN 12699:2000, pro ražené piloty;

EN 14199:2005, pro mikropiloty.

Pilotové základy – mezní stavy

Musí se uvažovat a sestavit jejich příslušný seznam:

ztráta celkové stability;

porušení únosnosti pilotového základu;

vztlak nebo nedostatečná únosnost v tahu pilotového základu;

porušení základové půdy v důsledku příčného zatížení pilotového základu;

konstrukční porušení piloty v tlaku, tahu, ohybu, vybočení nebo smyku;

kombinované porušení v základové půdě a pilotovém základu;

kombinované porušení v základové půdě a konstrukci;

nadměrné sedání;

nadměrný zdvih dna;

nadměrný boční pohyb;

nepříjemné vibrace.

Piloty – návrhové metody

Musí být založeny:

na výsledcích statických zatěžovacích zkoušek, které byly potvrzeny výpočty nebo jinak a jsou v souladu s ostatní relevantní zkušeností;

na empirických nebo analytických výpočetních metodách, jejichž platnost byla potvrzena statickými zatěžovacími zkouškami ve srovnatelných situacích;

na výsledcích dynamických zatěžovacích zkoušek, jejichž platnost byla potvrzena statickými zatěžovacími zkouškami ve srovnatelných situacích;

na pozorovaném chování srovnatelného pilotového základu podpořeném výsledky průzkumu staveniště a zkouškami základové půdy.

Piloty - návrhová doporučení 1/5

Musí se uvažovat chování osamělých pilot, pilotových skupin a tuhost a pevnost konstrukce spojující piloty.

Při výběru výpočetních metod a hodnot parametrů základové půdy s využitím výsledků zatěžovacích zkoušky se musí uvažovat trvání a změny zatížení v čase.

Jak ve výpočtech, tak v interpretacích výsledků zatěžovacích zkoušky se musí uvažovat plánované budoucí umístění nebo odstranění nadloží nebo potenciální změny v režimu podzemní vody.

Piloty - návrhová doporučení 2/5

Výběr typu piloty včetně kvality materiálu piloty a metody instalace, musí vzít v úvahu:

podmínky podzemní vody a základové poměry na staveništi včetně přítomnosti nebo možnosti překážek v základové půdě;

vzniklá napětí v pilotě během instalace;

možnost ochránit a vyzkoušet integritu piloty, která byla instalována;

vliv metody a sled instalace pilot, které již byly instalovány na přilehlé konstrukce nebo inženýrské sítě;

Piloty - návrhová doporučení 3/5

tolerance, za kterých může být pilota reálně instalována;
škodlivý vliv chemikálií v základové půdě;
možnosti propojení různých režimů podzemní vody;
nakládání a doprava pilot;
vliv výstavby piloty na okolní budovy.

Piloty - návrhová doporučení 4/5

Při uvažování výše uvedených aspektů se má věnovat pozornost následujícímu:

rozmístění pilot v pilotových skupinách;

přemístěním nebo vibracím přilehlých konstrukcí v důsledku instalace pilot;

typu použitého beranu nebo vibrátoru;

dynamickým napětím v pilotě během beranění;

pro ty typy vrtaných pilot, kde se používá výplach uvnitř vrtu, je potřebné udržovat tlak výplachu na úrovni, která zajistí, že vrt nekolabuje a nevyskytne se hydraulické porušení dna;

Piloty - návrhová doporučení 5/5

čištění dna a někdy pláště vrtu, zvláště za použití bentonitu, aby se odstranil rozrušený materiál;

místní nestabilitě pláště během betonování, která může způsobit vnikání zeminy do piloty,

vniku zeminy nebo podzemní vody do průřezu piloty betonované na místě a možnému porušení vlhkého betonu prouděním podzemní vody pilotou;

vlivu vrstev nenasyceného písku kolem piloty, který odsává vodu z betonu;

zpomalujícímu vlivu chemikálií v zemině;

zhutňování zeminy způsobené beraněním ražených pilot;

porušení zeminy v důsledku vrtání pilotové ohlubně.

Návrhové přístupy

Dílčí součinitele v Příloze A, které se užijí v rovnicích, jsou uspořádány do skupin označených A (pro zatížení nebo účinky zatížení), M (pro parametry zemin) a R (pro odporu). Jsou vybrány podle návrhového přístupu, který je použit.

Návrhový přístup 1

S výjimkou návrhu osově zatížených pilot a kotev se musí ověřit, že mezní stav porušení nebo nadměrné deformace nenastane s následující kombinací souborů dílčích součinitelů:

Kombinace 1: A1 “+” M1 “+” R1

Kombinace 2: A2 “+” M2 “+” R1,

kde “+” znamená: “bude kombinováno s”.

V kombinacích 1 a 2 se dílčí součinitele použijí na zatížení a parametry smykové pevnosti základové půdy.

Návrhové přístupy

Pro návrh osově zatížených pilot a kotev se musí ověřit, že mezní stav porušení nebo nadměrné deformace nenastane při následující kombinaci souborů dílčích součinitelů:

Kombinace 1: A1 “+” M1 “+” R1

Kombinace 2: A2 “+” (M1 nebo M2) “+” R4

V kombinaci 1 se dílčí součinitele použijí na zatížení a parametry smykové pevnosti základové půdy. V kombinaci 2 se dílčí součinitele použijí na zatížení, na odpor základové půdy a někdy na parametry základové půdy.

V kombinaci 2 se užívá soubor M1 pro výpočet odporu pilot nebo kotev a soubor M2 pro výpočet nepříznivých zatížení pilot vystavených negativnímu plášťovému tření nebo příčnému zatížení.

Pokud je zřejmé, že jedna ze dvou kombinací řídí návrh, výpočty pro druhou kombinaci se nemusí provádět. Ovšem různé kombinace mohou být kritické pro různé aspekty téhož návrhu.

Návrhové přístupy

Návrhový přístup 2

Musí se ověřit, že mezní stav porušení nebo nadměrné deformace nenastane při použití následující kombinace souborů dílčích součinitelů:

Kombinace: A1 “+” M1 “+” R2

Při tomto přístupu se dílčí součinitele použijí na zatížení nebo na účinky zatížení a na odpor základové půdy.

Pokud se použije tento přístup pro analýzu svahu a celkové stability, výsledný účinek zatížení na plochu porušení se vynásobí γ_E a smykový odpor podél plochy porušení se vydělí $\gamma_{R,e}$.

Návrhové přístupy

Návrhový přístup 3

Musí se ověřit, že mezní stav porušení nebo nadměrné deformace nenastane při použití následující kombinace souborů dílčích součinitelů:

Kombinace: (A1* nebo A2†) “+” M2 “+” R3

*na zatížení konstrukce

†na geotechnická zatížení

Při tomto přístupu se dílčí součinitele použijí na zatížení nebo na účinky zatížení z konstrukce a na smykové parametry základové půdy.

Pro analýzu svahu a celkové stability se zatížení na zeminu (např. zatížení konstrukcí, dopravní zatížení) považuje jako geotechnické zatížení a použije se soubor součinitelů zatížení A2.

Mezní stavy použitelnosti

Ověření mezních stavů použitelnosti v základové půdě nebo v konstrukční sekci, prvku nebo spojení, musí vyžadovat buď, že:

$$E_d \leq C_d,$$

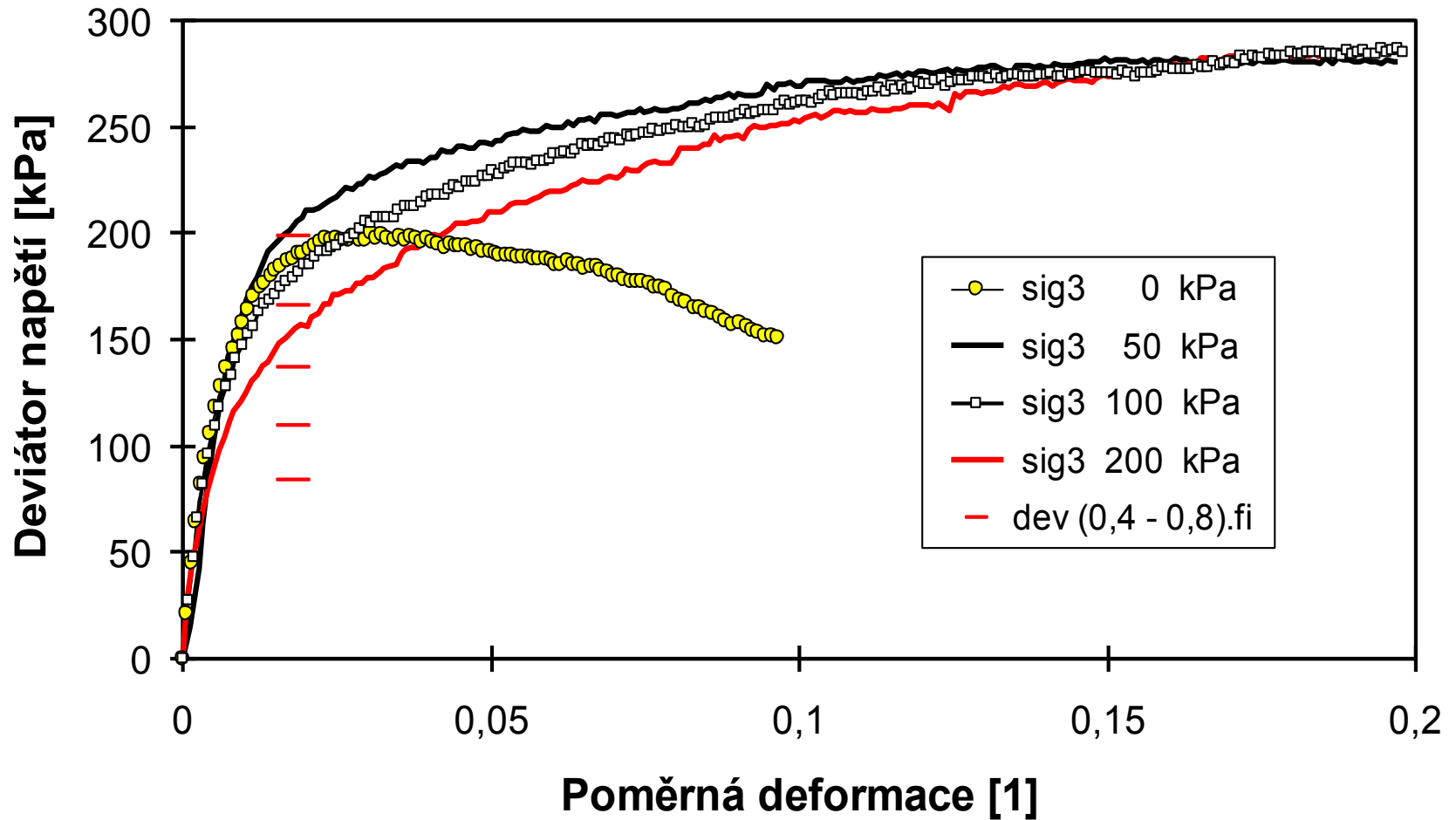
nebo se musí prokázat, že se mobilizuje dostatečně malá část smykové pevnosti základové půdy, aby se udržela deformace v požadovaných mezích použitelnosti. Tento zjednodušený přístup je omezen na návrhové situace, kde:

- hodnota deformace se nevyžaduje k ověření mezního stavu použitelnosti
- existuje srovnatelná zkušenost v podobné základové půdě, konstrukci a aplikační metodě.

Dílčí součinitele pro mezní stavy použitelnosti se mají obvykle rovnat 1,0.

Mezní hodnota jednotlivé deformace je hodnota, při které se předpokládá, že se vyskytne v podporované konstrukci mezní stav použitelnosti. Tato mezní hodnota se musí dohodnout během návrhu podporované konstrukce.

Triaxiální test UU



Dílčí součinitele dle návrhových přístupů: plošné základy

	NP 1		NP 2	NP 3
	Kombinace 1	Kombinace 2		
	A1+M1+R1	A2+M2+R1	A1+M1+R2	(A1 v A2)+M2+R3
$\gamma_{F, E, G}$	1,35/1,0	1,0/1,0	1,35/1,0	(1,35 v 1,0)/1,0
$\gamma_{F, E, Q}$	1,5/0,0	1,3/0,0	1,5/0,0	(1,5 v 1,3)/0,0
$\gamma_{\varphi'} \quad \gamma_{c'}$	1,0	1,25	1,0	1,25
$\gamma_{cu} \quad \gamma_{qu}$	1,0	1,4	1,0	1,4
$\gamma_{Rv} \quad \gamma_{Re}$	1,0	1,0	1,4	1,0
γ_{Rh}	1,0	1,0	1,1	1,0

Dílčí součinitele dle návrhových přístupů: pilotové základy

	NP 1		NP 2	NP 3
	Komb. 1	Kombinace 2		
	A1+M1+R1	A2+M1(2)+R4	A1+M1+R2	(A1 v A2)+M2+R3
$\gamma_{F, E, G}$	1,35/1,0	1,0/1,0	1,35/1,0	(1,35 v 1,0)/1,0
$\gamma_{F, E, Q}$	1,5/0,0	1,3/0,0	1,5/0,0	(1,5 v 1,3)/0,0
$\gamma_{\phi'} \gamma_{c'}$	1,0	1,0 (1,25)	1,0	1,25
$\gamma_{cu} \gamma_{qu}$	1,0	1,0 (1,4)	1,0	1,4
γ_R	Tab.	Tab.	Tab.	Tab.
γ_R	Tab.	Tab.	Tab.	Tab.

Dílčí součinitele únosnosti vrtaných pilot

Únosnost	R1	R2	R3	R4
Patka	1,25	1,1	1,0	1,6
Plášť (tlak)	1,0	1,1	1,0	1,3
Celková (tlak)	1,15	1,1	1,0	1,5
Plášť (tah)	1,25	1,15	1,1	1,6

Dílčí součinitele dle návrhových přístupů: vrtané piloty

	NP 1		NP 2	NP 3
	Komb. 1	Kombinace 2		
	A1+M1+R1	A2+M1(2)+R4	A1+M1+R2	(A1 v A2)+M2+R3
$\gamma_{F, E, G}$	1,35/1,0	1,0/1,0	1,35/1,0	(1,35 v 1,0)/1,0
$\gamma_{F, E, Q}$	1,5/0,0	1,3/0,0	1,5/0,0	(1,5 v 1,3)/0,0
$\gamma_{\phi'} \gamma_{c'}$	1,0	1,0 (1,25)	1,0	1,25
$\gamma_{cu} \gamma_{qu}$	1,0	1,0 (1,4)	1,0	1,4
γ_b	1,25	1,6	1,1	1,0
γ_s	1,0	1,3	1,1	1,0

Korelační součinitele pro odvození charakteristických únosností pilot ze zkoušek zatěžovacích a základové půdy

n	1	2	3	4	>4
průměr	1,40	1,30	1,20	1,10	1,00
minimum	1,40	1,20	1,05	1,00	1,00

n	1	2	3	4	5	7	10
průměr	1,40	1,35	1,33	1,31	1,29	1,27	1,25
minimum	1,40	1,27	1,23	1,20	1,15	1,12	1,08

Provádění speciálních geotechnických prací

ČSN EN 1536:1999	-Vrtané piloty
ČSN EN 12699:2001	-Ražené piloty
ČSN EN 14199:2005	-Mikropiloty
ČSN EN 12063:2000	-Štětové stěny
ČSN EN 1537:2001	-Injektované horninové kotvy
ČSN EN 1538:2001	-Podzemní stěny
ČSN EN 12715:2001	-Injektáže
ČSN EN 12716:2002	-Trysková injektáž
ČSN EN 14475:2006	-Vyztužené zemní konstrukce
ČSN EN 14679:2006	-Hlubkové zlepšování zemin
ČSN EN 14731:2006	-Hlubkové zhutňování zemin vibrováním