

Jak ušetřit miliony na základových konstrukcích aneb k čemu jsou nám geotechnické normy



RNDr. Mgr. Ivan Poul, Ph.D., GIPENZ

Je absolventem Fakulty přírodovědecké MU v Brně a Fakulty stavební VUT v Brně; v současné době působí jako projektant, geolog a jednatel firmy Projekce iGEO, s.r.o. Má mnohaletou praxi v Evropě a zámoří. V ČR je autorizovaným geotechnikem a držitelem dalších šesti odborných způsobilostí v geologických oborech na MŽP ČR. Držitel oprávnění k průzkumným a diagnostickým pracím pro obor geotechnika od MD.

Nejen odborná literatura, ale také praxí zkušenosti projektanti demonstrují, že nezbytnou součástí projektové dokumentace je inženýrsko-geologický průzkum. V cizině, především směrem na západ, tomu tak skutečně je, protože tato povinnost stavebníkovi vyplývá ze zákona. České stavební zákony se oproti tomu zaměřují na posouzení vsakování dešťové vody a měření radonu, ale průzkumné práce za účelem stanovení mechanických vlastností základové půdy povinné nejsou. Stavebník je tedy tím pádem postaven před obtížnou volbu: Financovat? Nefinancovat? V praxi se tak rozhodování přesouvá na projektanta a do rozpočtu jeho prací.

Úvod

Projektant je potom pod dvojnásobným tlakem. Za prvé chce být odborníkem a svoji práci odvést co nejpřesněji, neboť za to má zákonem danou zodpovědnost. Na druhé straně si uvědomuje, že tato geologická subdodávka bude značným zásahem do jeho rozpočtu. Při podrobnějším pohledu zjistíme, že je to možná i dobře – zatímco stavebník nemá takové znalosti, aby rozhodoval o rozsahu průzkumných prací, projektant si umí nadefinovat kritéria, podle kterých volí – nejen to, zda jsou průzkumné práce žádoucí, ale také v jakém rozsahu a kvalitě, jak jsou nákladné nebo časově náročné. Původ zmíněného dilematu spočívá v nekompatibilitě zákona o geologických pracích a stavebního zákona. Pokud jsou průzkumné práce pro projekt realizovány, potom rozsah ze strany stavebníka často odráží požadavky zákona geologického, nikoli zákona stavebního. Návrh rozsahu a realizace průzkumných prací potom provádí odborně způsobilý geolog podle svého nejlepšího vědomí a svědomí, bez nutnosti dodržovat normy (zákon č. 62/1988 Sb., ve znění pozdějších předpisů, ukládá geologům pouze pracovat „odborně“, míra odbornosti není dána). Výsledkem jsou obvykle dlouhé kapitoly textu o geologickém

vývoji, krátké geologické vrty a odhad mechanických vlastností základové půdy. Ve stavebním zákoně geotechnický průzkum vůbec není definován.

V následujícím textu si přiblížíme, podle jakých kritérií lze poznat, že projektant nebo stavebník uvažuje nad rozsahem stavebních prací správně. Kromě financí vstupují do hry také osobní etické normy toho, kdo průzkumné práce realizuje, a zkušenost projektanta. V konečné fázi však výstupy průzkumů musí poskytnout podklady pro dostatečně bezpečný a zároveň i ekonomický návrh geotechnických konstrukcí, pro které se průzkum prováděl.

Geolog není projektant základových konstrukcí

Málokdo ví, jak v současnosti probíhá běžná praxe v každodenní realitě. Pro investice za stovky milionů korun jsou běžně získávány informace o základové půdě tím nejlevnějším způsobem. Ten obsahuje pouze několik mělkých vrtů a převážně výsledky zrnitostních rozborů zemin se slovním popisem. Namísto skutečných mechanických vlastností zemin pak bývá předložen odhad na základě zkušenosti geologa (podrobněji

dále), což není normový postup. Vlastnosti stanovené tímto způsobem mohou dosahovat 30–75 % skutečných hodnot. V případě pouze odhadnutých vlastností zemin statik založení a suterén stavby z bezpečnostních důvodů předimenzuje a realizaci tak významně zdraží. K nalezení odpovídajícího řešení rozsahu průzkumných prací a požadavku na sestavení geotechnického modelu je doporučeno využít norem a služeb autorizovaných inženýrů-geotechniků, kteří mají požadované znalosti a také profesní zodpovědnost.

Proto se nabízí otázka: Proč by se neměl projektant informovat u geologa? Bývala to běžná praxe. Odpovědí je, že průzkumné geologické práce mohou provádět pouze osoby odborně způsobilé na MŽP. Geolog je sice odborníkem na popis přírodního prostředí, ale až na výjimky rozhodně není projektantem a nemá pro projektování staveb technické vzdělání ani zkušenosti. Odborná způsobilost z geologických prací spadá pod Ministerstvo životního prostředí, nespadá pod autorizační zákon (geolog není členem ČKAIT, zákon č. 360/1992 Sb.) a na základě své profese, specializace a českých zákonů není proto geolog nikterak nucen dodržovat normy a technologické předpisy. Velké množství českých geologů totiž ani Eurokódy jakožto normy pro svou práci neuznává (geologické zákony a obdobně vyhlášky MŽP nepožadují dodržování technických norem). Rozsah průzkumných prací a požadované výsledky tedy musí stanovit projektant, který dokáže definovat požadavky pro statické výpočty prováděné konkrétní metodikou.

Průzkumné práce je nutné volit podle statické náročnosti stavby

Rozsah průzkumných prací je podle platných norem a předpisů (harmonizované ČSN EN 1997-1, ČSN EN 1997-2 a české ČSN P 73 1005, SŽ S4:2021, ŘSD TP76A, odkazující na zmíněné normy) závislý na statické náročnosti konstrukce a složitosti přírodních poměrů, což unifikují tzv. geotechnická kategorie (GK), které jsou tři. První GK (ČSN EN 1997-1, odst. 2.1) značí jednoduché přírodní poměry, při kterých je pozemek rovný, vrstvy základové půdy jsou průběžné a projektuje se staticky nenáročná konstrukce (např. jeden přízemní

nepodsklepený rodinný dům). Pro získání informací o základové půdě zpravidla postačuje řešerše dříve provedených průzkumných prací z internetového portálu České geologické služby a informace pro návrh jednoduchých plošných základových konstrukcí z přílohy nově sestavené normy ČSN 73 1004. Nejdůležitější informace jsou v tomto případě (ne)přítomnost záplavového území, poddolování, geodynamické jevy a pro případ budování suterénu i přítomnost volné hladiny podzemní vody. Takové informace dokáže sestavit inženýrský geolog za cenu do 10 000 Kč.

Naproti tomu 3. geotechnická kategorie kombinuje staticky náročné stavby – těmi jsou např. výškové budovy a většina výrobních hal a mostů, vysoké násypy, budovy s více suterény apod. – a složité přírodní poměry, jako např. brownfieldy, vysoké návahy, parcely s přítomností sesuvů nebo záplavová území. V takovém případě kvalita průzkumných prací a přesnost vlastností pro výpočty často určuje, zda daný podzemek koupit, a určuje samotnou rentabilitu investice. Jedná se často o velkoobjemové zemní práce, stabilizace zemin, hluboké velkopříměrové ŽB piloty apod. Odhadnuté vlastnosti zemin pro výpočty na základě „zkušenosti geologa“ potom zřejmě nebudou požadovanými vstupními podklady.

Etapovitost průzkumných prací

Průzkumné práce by podle ČSN EN 1997-1 měly být prováděny ve více etapách, což se většinou dodržuje pouze u státních zakázek tak, že geolog, navrhující průzkumné práce, objem prací rozmělní do více etap. Takový postup, kdy se na místo skutečných analýz přinášejících numerické poznatky pro výpočty provádějí vrty a zrnitostní rozborů zemin, je však dávno překonán. Správným řešením by bylo, aby každá navazující etapa průzkumu doplňovala požadavky na zpřesnění informací získané v předešlé etapě projektové dokumentace. Z toho ovšem vyplývá nutnost postupu průzkumných prací konzultovat přímo s projektantem, což se však v praxi provádí velmi zřídka.

První etapou je provedení řešerše dostupných informací, která přináší základní podklady pro rozhodnutí, zda je záměr projektu rentabilní. Vzhledem k tomu, že se již málokdy staví na zelené louce, je nutné znát, jaký vývoj krajiny lze v blízkém časovém horizontu možné předpokládat (zvětrávání hornin, sesuvy, skalní říční nebo třeba vydatné srážky). Neméně



▲ Obr. 1 Statická penetrace v praxi (Pagani TG 150)

důležité je rovněž předem posoudit, jak nově vybudovaná konstrukce ovlivní přírodní poměry a ty posléze i zpětně okolní zástavbu. Příkladem může být velká stavba se dvěma podzemními podlažími ve staré okolní nepodsklepené zástavbě, kdy změna hydraulického režimu zásadně ovlivní založení sousedních staveb. Praxe bývá poněkud odlišná a objednatel inženýrskogeologické řešerše takové informace převážně neobdrží, ale zato se seznámí s názvoslovím geomorfologických jednotek, geologickým vývojem prostředí a stářím geologických vrstev.

Informací využitelných pro projektování bývá jen velmi omezené množství. Je to důsledkem vyhlášky MŽP č. 206/2001 Sb., ze které vyplývá, že odborně způsobilý geolog (realizátor průzkumných prací) nemusí mít žádné geotechnické vědomosti.

Do další etapy průzkumu (předběžná, podrobná...) by proto měl zasáhnout geotechnik, který je na základě informací o přírodním prostředí a vlastnostech podloží schopen rozhodovat o způsobu založení (tedy zda jsou pod podlahovou deskou suterénu piloty skutečně nutné) a může se statickem konzultovat charakter horní stavby. Samozřejmostí jsou průkazné numerické podklady pro statické výpočty (nikoliv odhady), kdy se rozhoduje o způsobu zajištění zářezů, zlepšování podloží, podchycení stávajících základů i založení staveb a zejména o ceně konstrukcí. Určitě by se mělo jednat o kombinaci penetračních sond s vrtnými průzkumy, což přinese požadované výsledky pro projektování staticky náročných konstrukcí. Sestavit geotechnický model



mechanických vlastností, které se vyvíjejí s narůstající hloubkou, potom bude úkolem geotechnika.

Návrh rozsahu průzkumných prací podle platných norem

Rozsah průzkumných prací pro všechny typy staveb specifikují oba díly normy ČSN EN 1997 (dále EC7). EC7-2 doporučuje počet sond (odst. 2.4.1.3), hloubky sond a specifikaci laboratorních analýz pro jednotlivé typy základové půdy. Počty sond by měly reflektovat plošný rozsah stavby a nehomogenitu podloží. Předepsané hloubky sond zase mají za úkol prozkoumat podloží do míst, kde jsou zemin podzákladí ovlivněny umístěním základové konstrukce (převážně deformací). To se většinou neděje a krátké vrty provedené šnekem bez průkazných laboratorních testů jsou potom důsledkem soutěží za nejnižší cenu bez správně vypsání zadání.

Názornou ukázkou nesprávného průzkumu a předimenzovaného navazujícího projektu může být námi provedené přepracování projektové dokumentace základových konstrukcí spojené s doplňkovým průzkumem, které v konečném důsledku vedly k ušetření 40 % stavebního materiálu. V dokumentaci DPS založení pavilonu CH FN v Českých Budějovicích (článek o realizaci byl publikován ve Stavebnictví č. 09/2022) se původně uvažovalo s extrémně dlouhými pilotami délky až

36 m a průměru 1 200 mm. Návrh byl důsledkem průzkumných prací, kdy byly realizovány pouze mělké vrty s tím, že základová půda je homogenní od povrchu až do značné hloubky. Projektant tak byl nucen pracovat s informacemi z krátkých vrtů a neměl k dispozici informace o hlubším podloží, kde lze očekávat lepší mechanické vlastnosti zeminy.

Námi byl proveden doplňkový průzkum – tři statické penetrace a jeden vrt – hluboké až 30 m, kdy již od hloubky 15 m byly ověřeny výrazně únosnější zeminy, kam bylo možné piloty opřít.

V projektové praxi se bohužel stává, že na základě 6 m hlubokého vrtu se projektuje hlubinné založení na pilotách dlouhých 15 m. Jak je to možné? Je to způsobeno právě tím, že není proveden projekt geologických prací, který by reflektoval potřeby projektanta pro danou stavbu. Geologická firma se pokusí zakázku vyhrát nejnižší cenou a projekt záměrně klasifikuje 1. geotechnickou kategorií, kde jsou nízké požadavky na kvalitu průzkumu. Geolog bez technického vzdělání stavebního směru by ale v první řadě neměl o způsobu založení vůbec rozhodovat (nebo způsob založení doporučovat). Podle přílohy B EC7-2 by alespoň některé sondy měly být hlubší, než je délka piloty stanovená orientačním výpočtem, plus deset průměrů takové piloty. Odhad délky sond v takovém rozsahu průzkumu vám geolog zkrátka nezpracuje. Počty jednotlivých mechanických laboratorních a terénních vrtů a testů (penetrační sondy) musí odpovídat nehomogenitě podloží.

Stávající postupy a typické chyby versus modernější technologie

Průzkumné postupy se rozlišují na metody přímé (vrty), kdy lze odebrat vzorky zemín, a na metody nepřímé (penetrační sondy, geofyzika). K dispozici máme velké množství technologií realizace vrtů, nejdůležitějším aspektem je však možnost odebrání neporušených vzorků zemín zejména pro stanovení stlačitelnosti a smykové pevnosti, kdy jejich výsledky dále slouží projektantovi. Typickým výsledkem ze strany geologa je zrnitostní rozbor zeminy, což je popisná vlastnost. Ještě hůře je ta provedená vrtáním spirálovým vrtákem, kdy získáme pouze rozvrtnou zeminu k popisu – vrtné jádro nelze použít pro mechanické testování. Technologie spirálovým vrtákem pak pod hladinou podzemní vody zeminu kompletně rozmíchá s vodou a rozvrtné zeminy mohou zcela nesprávně budít

dojem kašovitě konzistence (což je také častou chybou geologického popisu). Geolog následně na základě popsané „kašovitě zeminy“ doporučuje hlubinné založení (na velmi dlouhých pilotách), které mnohdy stavebník akceptuje. V případě nesoudržných zemín stanovení ulehlosti na základě jádra vysypaného do vzorkovnice opravdu není normovým postupem.

Pro testování zejména hrubozrnných zemín a zvětralých hornin se i v ČR využívají stále častěji výsledky dynamických penetrací. Primárním výstupem je počet úderů nutných k zaražení testovacího soutyčí v závislosti na hloubce. Zkušený interpretátor dokáže stanovit přetvárné charakteristiky, neodvodněnou smykovou pevnost a konzistenci jemnozrnných zemín a k tomu také ulehlost i úhel vnitřního tření hrubozrnných zemín (tab. 1). U vyhodnocení málo únosných zemín a jílu je však nutné být velmi obezřetný!

Dynamické penetrace jsou výborným pomocníkem, pokud je nutné překonat hrubozrnnou navážku a ověřit hloubku a míru zvětrání skalního podloží (kdy by vrtná souprava zvětralou skálu rozemlela na štěrkopísek). Obvykle se měří počet úderů na 10 cm a horní limit počtu úderů není technologicky stanoven. Problematické je testování v jílovitých zeminách, které jsou tuhé, až pevné, a lepivé. S rostoucí hloubkou totiž výrazně narůstá tření mezi zeminou a zaraženým soutyčím, neboť na zaraženou tyč se lepí přítomný jíl. Dynamická energie úderů se pak spotřebovává na překonání tření a z toho důvodu enormně narůstá jejich potřebný počet. Pro eliminaci se používá měření torzního momentu, což funguje dobře u mělkých sond. Významným problémem k řešení je, jak se dá z torzního momentu získat počet „falešných úderů“ pro redukci (doručuje EC7). Korekce je nezbytná, ale jednoduchý postup je analytický a není doporučen žádnou normou.

Například při testování neogenního jílu pevné konzistence v Brně tření exponenciálně narůstá s délkou testovacích tyčí a z původních tří úderů na 10 cm (orientačně $E_{def} = 4$ MPa) již v hloubce 8 m často dosahujeme bez korekce hodnoty více než 100 úderů/10 cm ($E_{def} = 120$ MPa). Takový výsledek bez korekce potom může odpovídat velmi ulehlému štěrku a využitím takových dat se projektant vystavuje velkému riziku. Po korekci se počet úderů sníží např. na 9 ($E_{def} = 10$ MPa).

Projektant je nyní před dilematem, zda geologem představené výsledky jsou skutečně reálné a zda je pro projektování založení může vůbec použít. Odevzdání

pouhého počtu úderů (i bez stanovení torzních momentů pro korekci) nebo odevzdání dynamického penetračního odporu je ze strany geologických firem běžnou praxí, a to i přesto, že se evidentně jedná o nedostatečný výsledek, který může vést k výrazným pochybením.

Při projektování je proto nutné postupovat obezřetně a výsledky nepřímých metod mít kalibrované s pozorováním z vrtů a mechanickými výsledky laboratoře (doporučuje norma EC7-2). Špatným příkladem využití nesprávně interpretovaných dynamických penetrací může být havarie nosných konstrukcí na nově postavené rozlehlé skladové hale nedaleko za Brnem, kde právě vlivem poddimenzování založení došlo k nerovnoměrnému sedání základů až o 260 mm. Primárním problémem bylo využití pouze mělkých dynamických penetrací bez dosažení únosné zeminy a bez korelace výsledků s vrty (falešné zvýšení únosnosti). Završením byla zřejmě nesprávná dokumentace vývrtu z realizace pilot ze strany realizační firmy, kdy zpravděpodobně stavbyvedoucí nebo TDS nesprávně stanovil původ a konzistenci zeminy. Vzniklá škoda dosahuje prvních desítek milionů a soud za náhradu škody stále běží.

Královnou v testování zemín jsou sondy statické penetrace (CPT), které netrpí triviálními dětskými nemocemi dynamických penetrací a dokážou vcelku přesně stanovit přetvárné a smykové vlastnosti zemín. Oproti dynamickým penetračním sondám přináší „statiky“ mnohem více a dokážeme díky nim získat i objemovou hmotnost, propustnost nebo dynamický pórový tlak v zemině (tab. 2). Zkušený interpretátor dokáže na základě vyhodnocení penetračních záznamů provést rovněž klasifikaci zeminy (což je sice nenormový postup, ale ve světě existuje velké množství dobře fungujících modelů).

Metodika interpretace křivek statické penetrace pro české geologické podloží však neexistuje a geologové, kteří mají vzdělání vhodné pro popis přírodního prostředí, nejsou schopni tyto matematické interpretace provádět. Panuje tedy zvláštní situace – v ČR se z 90 % realizují vrty s popisem barvy zeminy, občasným stanovením vlastností pro jednu vrstvu i jednu hloubku a ulehlost štěrku určuje vrtmistr. Kdežto v zahraničí převládají statické penetrace, které interpretují autorizovaní inženýři pro geotechniku. V České republice panuje bizarní situace, že realizace 1 bm statické penetrace (a to včetně interpretace) je výrazně levnější než 1 bm vrtu (aniž by zeminu z vrtu vůbec viděl geolog, kterého je také nutné platit). Velkou výhodou výsledků CPT je možnost přímého využití dat pro projektování

hloubka sondy	[H]	11	[m]	[s]	0,03	[m]
hladina vody	[HPV]	4,6	[m]	[pa]	101	[kPa]
obj. hm. vody	[γ_{H_2O}]	9,81	[kN/m ³]	Realizoval: Vyhodnotil: Vyhodnoceno podle: ČSN EN1997-2, ČSN EN ISO 22476-2		
hmotnost beranu	[Mh]	50	[kg]			
pád beranu	[Hh]	0,5	[m]			
hmotnost válce	[Ma]	17	[kg]			
hmotnost tyče	[Mt]	4,75				
gravit. zrychlení	[g]	9,81	[m/s ²]			
úhel hrotu	[σ]	90	[deg]			
průměr hrotu	[D]	0,0437	[m]			
plocha kužele	[A]	0,002	[m ²]			
přepočít z Mmt	[α_{Npcm}]	0,06				

[H]	[N _p]	[M _{tm}]	[N _{pc}]	[N _{pc}]	typ zem.	[N _r /10]	[N ₆₀]	[r _a]	tyč	[q _a]	popis zeminy	[I _c]	[I _c]	[I _c]	[I _o]	[I _o]	[I _o]	[γ]	[ϕ_{er}]	[c _u]	[v]	[β]	[E _{der}]	
[m]		[Nm]	[z Mmt]	[m \ddot{e} ř]						[MPa]									[kN/m ²]	[°]	[kPa]	-	-	[MPa]
0,0	0		0,0																					
0,1	2		0,0		Pr	2,0	4	3,2	1	2,3	prach, hlína	0,72	tuhá	tuhá	-	-	-	17	-	32	72	0,32	0,69	3,4
0,9	25	3	0,2		Šjm	24,9	49	40,6	1	28,3	štěrk jemnozrný	-	-	-	0,73	ulehlý	ulehlý	-	18	41	-	0,26	0,82	99,1
2,6	6		0,5		Pr	5,5	11	9,0	3	5,6	prach, hlína	1,13	velmi pevná	pevná	-	-	-	17	-	33	113	0,31	0,72	8,4
7,0	13		5,2		P	7,8	16	12,8	8	6,1	písek	-	-	-	0,53	středně ulehlý	středně ulehlý	-	19	34	-	0,31	0,73	18,3
7,9	22	95	5,7		Šjm	16,3	32	26,7	8	12,7	štěrk jemnozrný	-	-	-	0,65	středně ulehlý	středně ulehlý	-	19	37	-	0,28	0,78	44,4
10,5	51		6,0		Š	45,0	89	73,6	11	30,8	štěrk	-	-	-	0,80	ulehlý	ulehlý	-	19	41	-	0,25	0,83	123,4
10,9	320	150	8,9	9	R	311,1	617	508,6	12	205,1	skála navětralá		velmi pevná	tvrdá	-	-	-	R6	19	50	687	0,19	0,91	820,3

▲ Tab. 1 Ukázka výsledků interpretace křivek těžké dynamické penetrace s měřením torzního momentu, pomocí kterého se počítá redukovaný počet úderů (Nr/10); počet řádků byl redukován, standardně je získán výsledek každých 10 cm

Hloubka	Odpor na hrotu	Tření na plášti	Pórový tlak měřeno CPT	Pórový tlak (podle HPV)	Typ zeminy	Klasifikace zemín ČSN EN ISO 14688	Obsah jemnozrné frakce (Davies 1999)	Klasifikace hornin podle ČSN P 73 1005	Typ zeminy podle zrnitosti (stanoveno metodou podle Robertsona nebo podle popisu z vrtu)	Objemová tíha z CPT	Neodvodněná smyková pevnost z CPT	Stanoveno výpočtem z cu	Konzistence slovně podle ČSN EN ISO 14688	Konzistence slovně podle ČSN 75 2410, ČSN P 73 1005	Koeficient filtrace	Podle ČSN EN 1997.D.1	Ulehlost slovně podle ČSN EN ISO 14688	Ulehlost slovně podle ČSN 73 6133, ČSN 75 2410, ČSN P 73 1005	SPT Počet úderů na 30 cm	Úhel vnitřního tření [ϕ_r] doporučen.	Poissonovo číslo	Koef. přepočít $E_{der} \leftrightarrow E_{red}$	Oedometrický modul	Deformační modul z E_{red}	Modul reakce podloží (D = 750 mm)
[H]	[q _a]	[f _s]	[u _z]	[u _o]		[%]	popis zeminy		[γ]	[c _u]	[I _c]	[I _c]	[I _c]	[I _c]	[k]	[I _o]	[I _o]	[I _o]	[N ₆₀]	[ϕ_{er}]	[v]	[β]	[E _{oed}]	[E _{der}]	[k _s]
[m]	[MPa]	[MPa]	[kPa]	[kPa]					[kN/m ³]	[kPa]					[m/s]					[°]		[MPa]	[MPa]	[kN/m ²]	
0,55	5,5	0,028	0,9	0	P	saGr	<1	-	písek	17,4	-	-	-	-	2,48E-03	0,41	středně ulehlý	středně ulehlý	8	34	0,31	0,73	10,8	7,9	9,8
4,65	9,0	0,093	3,6	14,22	P	Sa	24,0	-	písek	19,0	-	-	-	-	1,99E-05	0,58	středně ulehlý	středně ulehlý	21	36	0,29	0,76	22,3	17,0	20,5
7,75	12,6	0,097	78,9	44,64	P	Sa	10,4	-	písek	19,2	-	-	-	-	1,90E-04	0,70	ulehlý	ulehlý	24	37	0,28	0,78	31,2	24,3	28,9
9,35	33,5	0,084	0,0	60,33	Šjm	Gr	<1	-	štěrk jemnozrný	19,4	-	-	-	-	1,28E-02	1,04	velmi ulehlý	ulehlý	44	42	0,25	0,84	49,1	41,1	46,4
9,95	53,7	0,130	67,55	66,22	Š	Gr	<1	-	štěrk	20,1	-	-	-	-	3,12E-02	1,20	velmi ulehlý	ulehlý	64	44	0,23	0,86	67,0	57,5	63,6
11,75	2,8	0,197	147,95	83,88	NG	Cl	65,2	-	jíl překonsolidovaný	19,4	77	0,77	pevná	tuhá	2,24E-08	-	-	-	12	21	0,39	0,51	6,4	3,3	4,7
15,45	5,0	0,083	0,05	120,17	NG	Si	40,3	-	jíl překonsolidovaný	18,6	190	1,90	velmi pevná	tvrdá	1,36E-06	-	-	-	15	22	0,38	0,52	11,7	6,1	8,7
15,55	3,9	0,088	0,05	121,15	NG	Si	47,7	-	jíl překonsolidovaný	18,6	137	1,37	velmi pevná	pevná	3,99E-07	-	-	-	13	22	0,39	0,51	9,0	4,6	6,7

▲ Tab. 2 Ukázka výsledků interpretace křivek statické penetrace s měřením dynamického pórového tlaku; počet řádků byl výrazně redukován pro ukázkou z původního měření à 1 cm směrem do hloubky

plošných a hlubinných základových konstrukcí, což v ČR nemá tradici (postupy např. v příloze D normy EC7-2). Takový postup projektování v moderní době dodání dokumentace značně zrychluje. Přijměte si, že čekání na závěrečnou zprávu o IG průzkumu bývá často velmi dlouhé a stavbu zdržuje.

Projekt průzkumných „geo“ prací by měl provádět geotechnik

Projekt průzkumných prací by měl optimálně zpracovávat geotechnik, který dokáže stanovit požadavky na délky a typy jednotlivých sond (ne jenom vrty), ale také na laboratorní analýzy, které přinesou geotechnické parametry kontinuálně pro celé dotčené geologické podloží, jež bude projektant pro výpočty potřebovat. Návrh délky sond stanoví na základě předběžného výpočtu (např. pro pevný jíl s $V_d = 1\,000$ kN průměru 600 mm je délka piloty cca 8 m, délka sondy by měla být 14 m), typy analýz a metodiku sondování potom vyčte z normy. Smutným přežitkem z minulosti je rovněž to, že i v současné době projektanti (zejména statici) po geologických požadavcích sestavení geotechnických modelů mechanických vlastností základové půdy. Geolog bez nutnosti pracovat podle norem tak v závěrečné zprávě o IG průzkumu totiž pouze často vykopíruje tabulky z dnes už dávno neplatné normy ČSN 73 1001.

Mechanické vlastnosti zemín z tabulek této normy lze získat buď pouze na základě subjektivního popisu zeminy geologem zdarma, nebo zrnitostní analýzou pořízenou v laboratoři (za cca 1 200 Kč). Tímto sice klient ušetří přibližně 7 000 Kč za nerealizované průkazné mechanické analýzy, ale průkaznost dodaných informací potom odpovídá způsobu jejich získání. Pro stavebníky by měl být červeným vykřičníkem fakt, že tato čísla ze zrušených tabulek mohou být běžně o 20–50 % nižší, než je skutečnost, což se výrazně projeví na výsledcích vypočtené únosnosti základové nebo geotechnické konstrukce a na financích za realizaci základové konstrukce. Takovéto postupy získání informací o zemínách jsou však ze strany inženýrských geologů možné, neboť inženýrský geolog nese žádnou profesní zodpovědnost za doporučení charakteristických hodnot základové půdy do výpočtů, což už samotné by pro projektanty mělo být alarmující. Děkuje České agentuře pro standardizaci (ČAS), že je tato norma už více než třináct

roků zrušena, protože tabulky mechanických vlastností zemín neodpovídají moderním požadavkům na geotechnické projektování.

Závěr

Závěrem tohoto příspěvku je apelování na projektanty, aby využívali geotechnické normy (EC7, díl 1 a 2, zavedené v ČR již v roce 2006) a požadovali takové postupy po geologech. Za použití získaných geotechnických vlastností zemín mají totiž projektanti profesní odpovědnost. V Eurokódu 7 je uveden návod k navržení průzkumných prací, které přinesou ucelený obraz o přírodním prostředí a vlastnostech základové půdy pomocí více metodik (penetrační sondy, presiometr aj., kombinované s mechanickými testy v laboratoři). Takové informace jsou potom použitelné pro projektování bez rizika a vedou k bezpečnému užívání stavby bez zbytečných vícenákladů. Jak bylo popsáno výše, správně provedené průzkumné práce a projektování podle platných normových postupů ve výsledku ušetří investorům i miliony korun a zabrání haváriím.

K získání mechanických vlastností zemín by měly být prováděny převážně průkazné mechanické laboratorní analýzy kombinované s terénním testováním (penetrační

sondy, které přinášejí informace o mechanice zemín průběžně). Zrnitostní rozbory, jež dodávají geologické průzkumy, slouží pro klasifikaci (popis) zemín, nikoliv ke stanovení mechanických vlastností. Hloubky sond by měly odpovídat charakteru budovy, typu založení a přírodním poměrům. Optimálním poměrem jednotlivých typů sond by měla být cca třetina vrtů (ve vrtech lze provádět mimo odběrů vzorků i další exaktní testy), třetina dynamických penetrací a třetina statických penetrací. Výsledky zejména dynamických penetračních sond je následně nutné kalibrovat s průkaznými mechanickými analýzami z laboratoře. V místě velmi složitě geologického podloží (místa sesuvů či poddolování) je doporučeno sondy kombinovat také s geofyzikálními měřeními (pozor, bez vrtů je geofyzika často slepá).

Vlastně je to velmi jednoduché – pokud si při návrhu průzkumných prací nejste jisti, stačí se v tomto ohledu vždy řídit normou EC7, pomůže vám. Určitě by bylo v budoucnu vhodné dospět do stavu, kdy ČAS prosadí dodržování Eurokódů také v průzkumné praxi. Samotné nedodržování mezinárodních dohod mezi ČR a EU o harmonizovaných normách a nedodržování geotechnických norem ze strany českých úřadů, projektantů a zejména geologů ve stavebnictví je skandální. ■

How to Save Millions on Foundation Structures, or Why We Need Geotechnical Standards

ENGLISH SYNOPSIS

An essential part of the project documentation is an engineering geological investigation. Especially in the West, this is indeed the case; this obligation is imposed on the investor by law. In contrast, Czech building codes focus on rainwater harvesting and radon measurements, but exploratory work to determine the mechanical properties of the foundation soil is not mandatory. In practice, this shifts the decision-making to the designer and his work budget. If designers are unsure about the character of the survey, it is always recommended to follow EC-7, Parts 1 and 2, and require such procedures from geologists. The reason is the designers have a professional responsibility to use the geotechnical soil properties obtained. Eurocode 7 serves as a guide to investigations that will provide a comprehensive picture of the natural environment and foundation soil properties using multiple methodologies.

KLÍČOVÁ SLOVA: normy evropské, normy technické, inženýrskogeologický průzkum, průzkum geotechnický, průzkum geologický, penetrace dynamická, penetrace statická, zakládání staveb

KEYWORDS: European standards, technical standards, engineering geological investigation, geotechnical investigation, geological survey, dynamic penetration test, cone penetration test, building foundation

Odborné posouzení článku:

doc. Ing. Alexandr Rozsypal, CSc.

Zabývá se problematikou geotechnických průzkumů, geotechnického monitoringu a řízením geotechnických rizik zejména v inženýrském stavitelství a při výstavbě tunelů. V současné době přednáší jako externista na Přírodovědecké fakultě UK v Praze a provádí konzultační činnost jako nezávislý autorizovaný inženýr ČKAIT v oboru geotechnika.