

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV GEOTECHNIKY

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF GEOTECHNICS

NÁVRH STAVEBNÍ JÁMY PRO BYTOVÝ DŮM

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Jakub Šobáň

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

ing. Věra Glisníková, CSc.

BRNO 2014



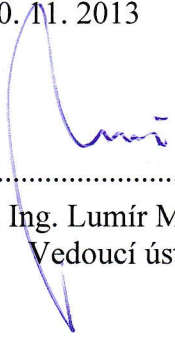
VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R013 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav geotechniky

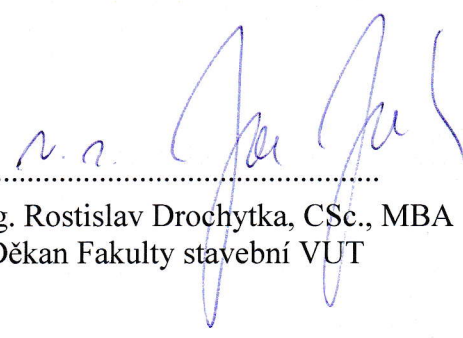
ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Jakub Šobáň
Název	Návrh stavební jámy pro bytový dům
Vedoucí bakalářské práce	Ing. Věra Glisníková, CSc.
Datum zadání bakalářské práce	30. 11. 2013
Datum odevzdání bakalářské práce	30. 5. 2014

V Brně dne 30. 11. 2013


.....
doc. Ing. Lumír Miča, Ph.D.
Vedoucí ústavu




.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

Budou předány vedoucí bakalářské práce samostatně.

Literatura:

Masopust, J.: Speciální zakládání staveb - 1. díl, AN CERM, s.r.o., 2004

Masopust, J.: Speciální zakládání - 2. díl, AN CERM, s.r.o., 2006

Macnab, A.: Earth retention systems, McGraw-Hill, 2002

Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

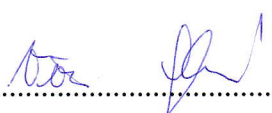
Předmětem bakalářské práce je navrhnout zajištění stavební jámy pro výstavbu bytového domu Kadetka v Brně. Úkolem bakalářské práce je pro zvolenou alternativu zpracovat statické posouzení instalované konstrukce a vypracovat optimální technologický postup provádění.

Při vypracovávání bakalářské práce vycházejte ze zadaných podkladů, pokynů vedoucího BP a odborné literatury.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).


.....
Ing. Věra Glisníková, CSc.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá zajištěním jižní stěny stavební jámy pro nový BD Kadetka v Brně. Jejím cílem je navržení pažící konstrukce a popsání technologie výstavby zvoleného pažení, kterým je jednou kotvená záporová pažící konstrukce. Statický výpočet byl proveden pomocí programu GEO5.

KLÍČOVÁ SLOVA

geotechnika, stavební jáma, pažící konstrukce, záporové pažení, GEO5

ABSTRAKT

The bachelor's thesis focuses on meeting of a construction pit for residential building Kadetka in Brno. The purpose of this thesis is to design meeting construction and describe technological process of building the chosen construction type which is in this work represented by once anchored meeting structure. This meeting structure was analysed in geotechnical program GEO5.

KEY WORDS

geotechnics, construction pit, building pit, sheeting construction, GEO5

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

ŠOBÁŇ, Jakub. *Návrh stavební jámy pro bytový dům*. Brno, 2014. 50 s., 3 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geotechniky. Vedoucí práce: Ing. Věra Glisníková, CSc.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne

.....

podpis autora

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji firmě TOPGEO s.r.o. a konkrétně pánům Ing. T. Komárkovi, Ing. R. Bencovi a Ing. J. Kopečnému za poskytnutí podkladových materiálů pro zpracování této bakalářské práce. Děkuji také paní Ing. Věře Glisníkové, CSc. za podporu a vedení.

OBSAH

1	Úvod	8
2	Stavební jámy	9
2.1	Záporové pažení.....	9
2.2	Podzemní stěny.....	10
2.3	Pilotové stěny	11
2.4	Mikrozáporové pažení	12
2.5	Trysková injektáž.....	13
3	Popis objektu	14
3.1	Poloha objektu.....	14
3.2	Popis lokality a objektu	15
4	Geologické, hydrogeologické a geotechnické poměry.....	15
4.1	Geologické poměry.....	15
4.1.1	Geologické profily	16
4.2	Hydrogeologické poměry	17
4.3	Geotechnické poměry.....	18
5	Statický výpočet	20
5.1	Metoda výpočtu	20
5.1.1	Modul reakce podloží.....	20
5.1.2	Postup výpočtu	22
5.2	Výpočet zajištění stavební jámy.....	23
5.2.1	Vstupní parametry	23
5.2.2	Výstup výsledků.....	24
5.2.3	Návrh a posouzení jednotlivých částí.....	35
6	Technologie a postup provádění	38
6.1	Zápory	38
6.2	Pažiny	39

6.3	Převázky.....	40
6.4	Kotvy	41
7	Závěr	43
8	Seznam použitých zdrojů	44
9	Seznam použitých symbolů a zkratek	46
10	Seznam obrázků	48
11	Seznam tabulek	49
12	Seznam příloh.....	50

1 ÚVOD

Úkolem této bakalářské práce bylo navrhnout zajištění stavební jámy pro výstavbu bytového domu Kadetka v ulici Božetěchova v Brně. Návrh a posouzení zajištění stavební jámy bude zpracován na základě dostupných materiálů a s pomocí výpočetního softwaru. V práci bude také popsán optimální technologický postup provádění zajištění stavební jámy.



Obr. 1: Vizualizace bytového domu Kadetka [1]

2 STAVEBNÍ JÁMY

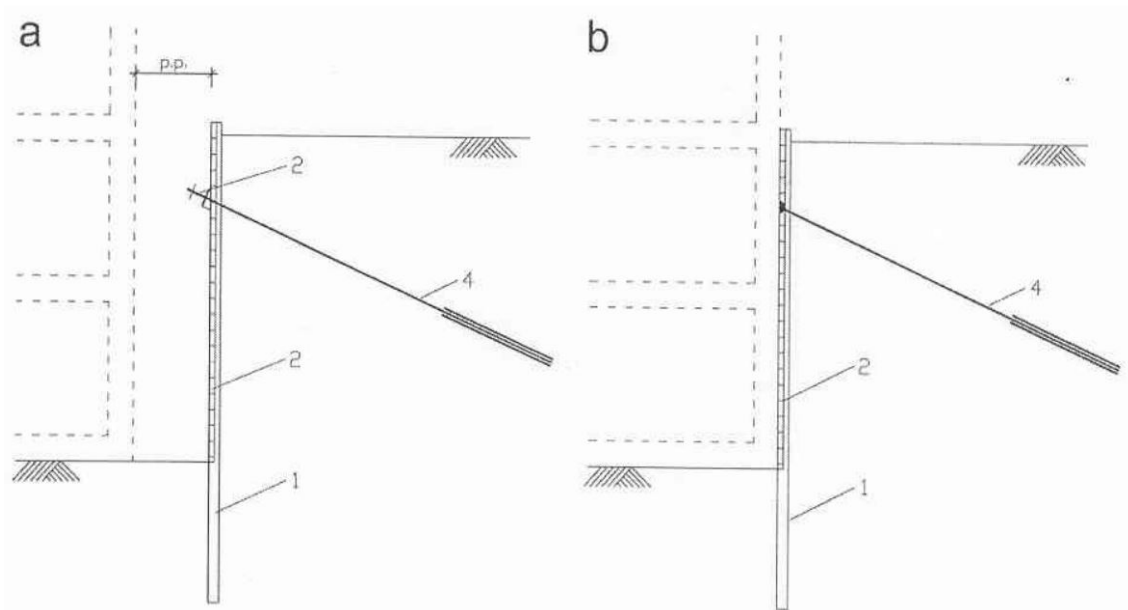
Stavební jámy jsou stavebním dílem, které nám umožňují provést bezpečné založení stavby. V drtivé většině se dnes zakládá pod úroveň terénu, proto je potřeba spolehlivou konstrukcí zajistit jednotlivé strany stavebních jam. Návrh konstrukce pažení závisí na několika faktorech, kterými jsou inženýrsko-geologické a hydrogeologické poměry v dané lokalitě, na půdorysných rozměrech stavební jámy na požadavcích vodotěsnosti a dovolených deformacích nebo zda se bude jednat o trvalou nebo dočasnou konstrukci. [2]

Pro zajištění stavebních jam se v České republice nejčastěji používají metody:

- záporové pažení
- podzemní stěny
- pilotové stěny
- mikrozáporové pažení
- trysková injektáž

2.1 Záporové pažení

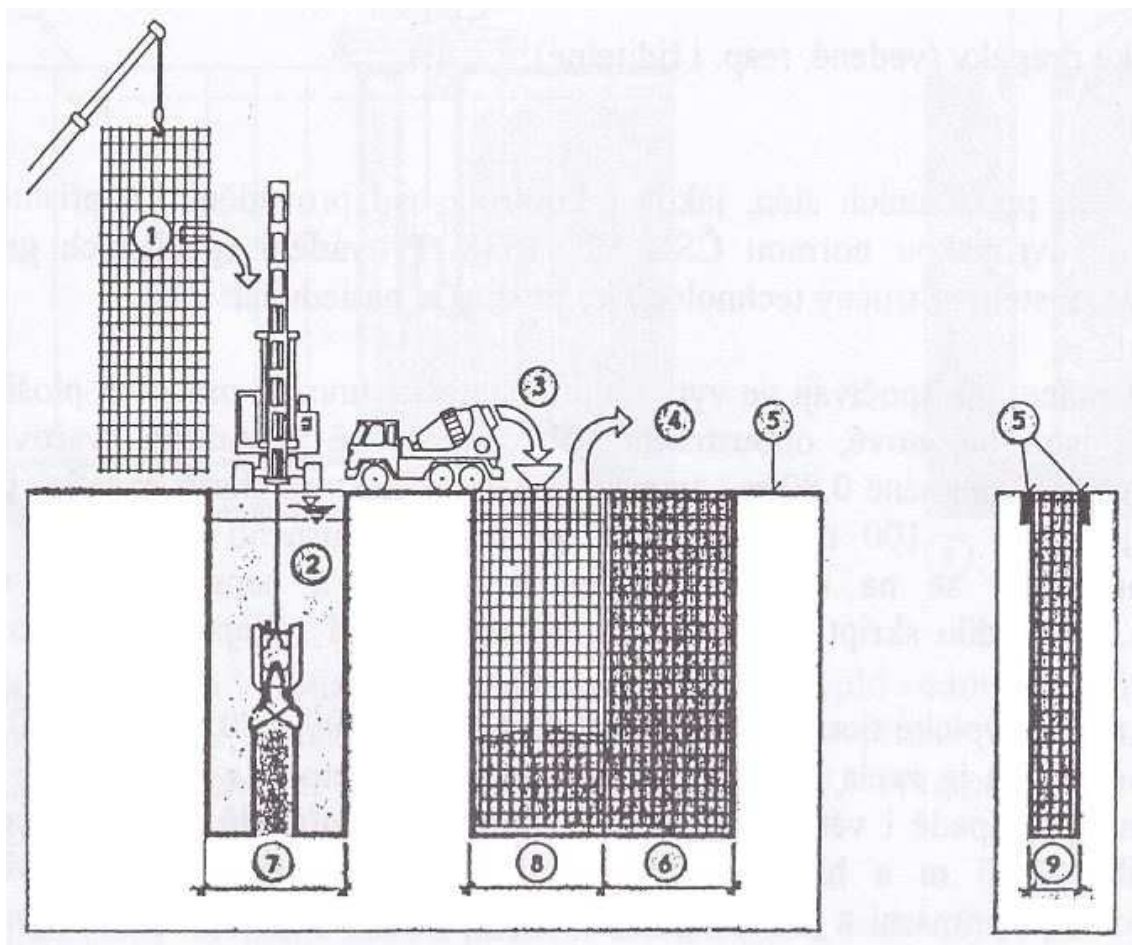
Záporové pažení se skládá z několika prvků: zápor, pažin, převázek a kotev. Zápory jsou tvořeny ocelovými profily, které se vkládají do předvrtaných vrtů. Pata záporu, která je pode dnem, se zabetonovává. Zápory mohou být do zeminy i zavibrovány. Pažiny jsou nejčastěji tvořeny dřevěnými hranoly popř. kuláky, které se vkládají mezi jednotlivé zápory v průběhu odtěžování zeminy. Převázky jsou tvořeny ocelovými profily nejčastěji dvojicí profilů IPE nebo UPE, které se opírají o příruby zápor. Dvojice profilů se k sobě spojují navařením několika malých kusů pásovin po délce převázky. Rozlišujeme převázku předsazenou nebo zapuštěnou. Kotva může být tyčová nebo lanová, tvořená pramenci. Tlak působící zeminou je zachycen skrze pažiny do zápor a dále přes převázky do kotvy popř. rozpěry. Rozlišujeme kotvy dočasné a trvalé. Výhodou záporového pažení je jeho rychlost vyhotovení a využití jako ztraceného bednění. [2]



Obr. 2: Schéma záporového pažení: a) s pracovním prostorem, b) bez pracovního prostoru; 1 – zápora, 2 – pažina, 3 – předsazená / zapuštěná převázka, 4 – kotva [3]

2.2 Podzemní stěny

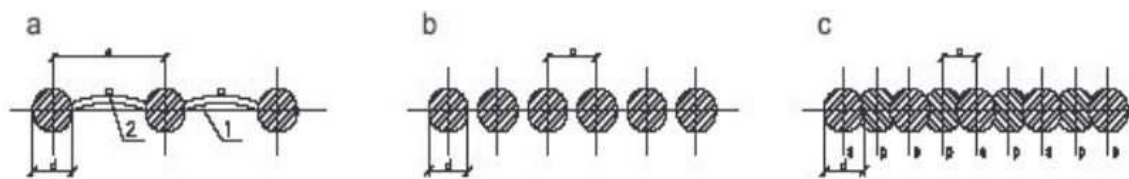
Zhotovují se nejčastěji jako monolitické stěny o tloušťce 0,4 – 0,8 m do rýhy, která je vyhotovena hydraulickým drapákem a jištěna pažící suspenzí. Po vyhloubení se rýha osadí armokošem a vybetonuje. V případě prefabrikovaných stěn se do rýhy osadí již vyhotovený prvek, který je na stavbu dovezen. Výhoda prefabrikované stěny oproti monolitické je její rovná povrchová úprava, která se nemusí dále upravovat. Stěny slouží jako stěny konstrukční. Jsou tedy připraveny na osazení další, třeba stropní konstrukce. Stěny mohou být vodotěsné po vložení těsnícího prvku mezi jednotlivé lamely. Nejčastěji se používají pro výstavbu podzemních garáží. [2]



Obr. 3: Schéma provádění monolitických podzemních stěn: 1 – armokoš, 2 – pažící suspenze, 3 – betonáž, 4 – odčerpávání pažící suspenze, 6 – vybetonovaná lamela, 7 – hloubení úseku, 8 – betonáž lamely, 9 – tloušťka podzemní stěny [3]

2.3 Pilotové stěny

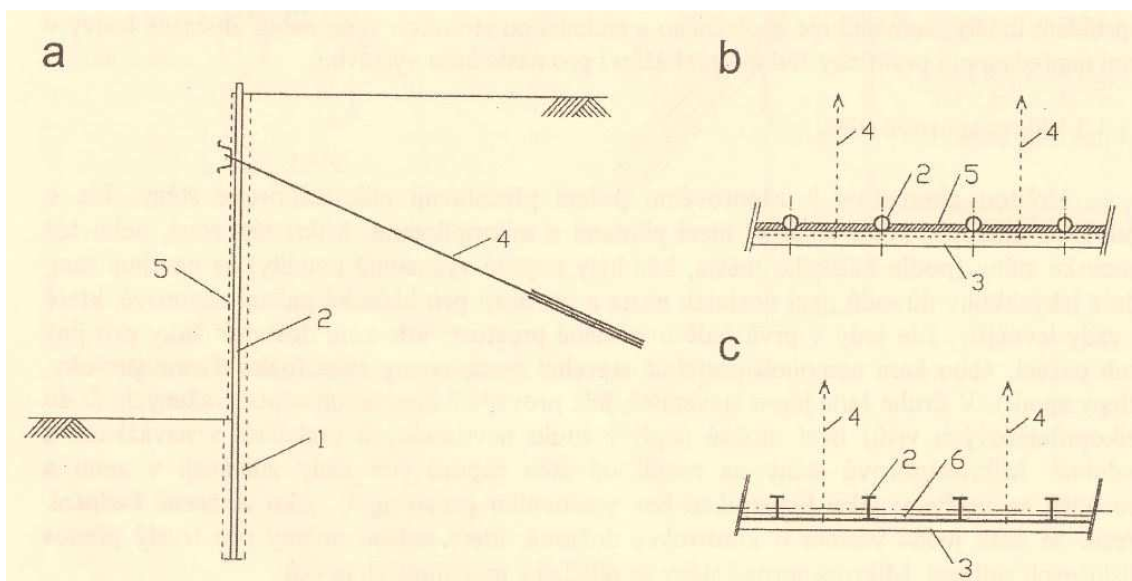
Pilotové stěny se provádějí ve třech konstrukčních provedeních. Stěna s velkou osovou vzdáleností, kdy průměr pilot je větší než jejich osová vzdálenost $a > d$. Mezery mezi pilotami jsou vyplněné stříkaným betonem. Dále jsou pilotové stěny tangenciální. Osová vzdálenost pilot se rovná jejich průměru, tedy piloty jsou v úzkém kontaktu $a = d$. Posledním typem pilotových stěn jsou převrtávané. Jejich osová vzdálenost je menší než průměr pilot $a < d$. Vyhotovují se ve dvou fázích. Nejdříve se vyvrtají a vybetonují primární piloty a poté se do prostor mezi primární piloty vyvrtají, vyarmují a vybetonují sekundární piloty. Pouze sekundární piloty jsou vyztužené a tudíž pouze ty se dají v případě potřeby kotvit. Výhodou těchto pilotových stěn je jejich velká únosnost a v případě převrtávaných pilot také jejich vodotěsnost. [2]



Obr. 4: Provedení pilotové stěny: a) stěna s velkou osovou vzdáleností $a > d$, b) stěna tangenciální $a = d$, c) stěna převrtávaná $a < d$ [3]

2.4 Mikrozáporové pažení

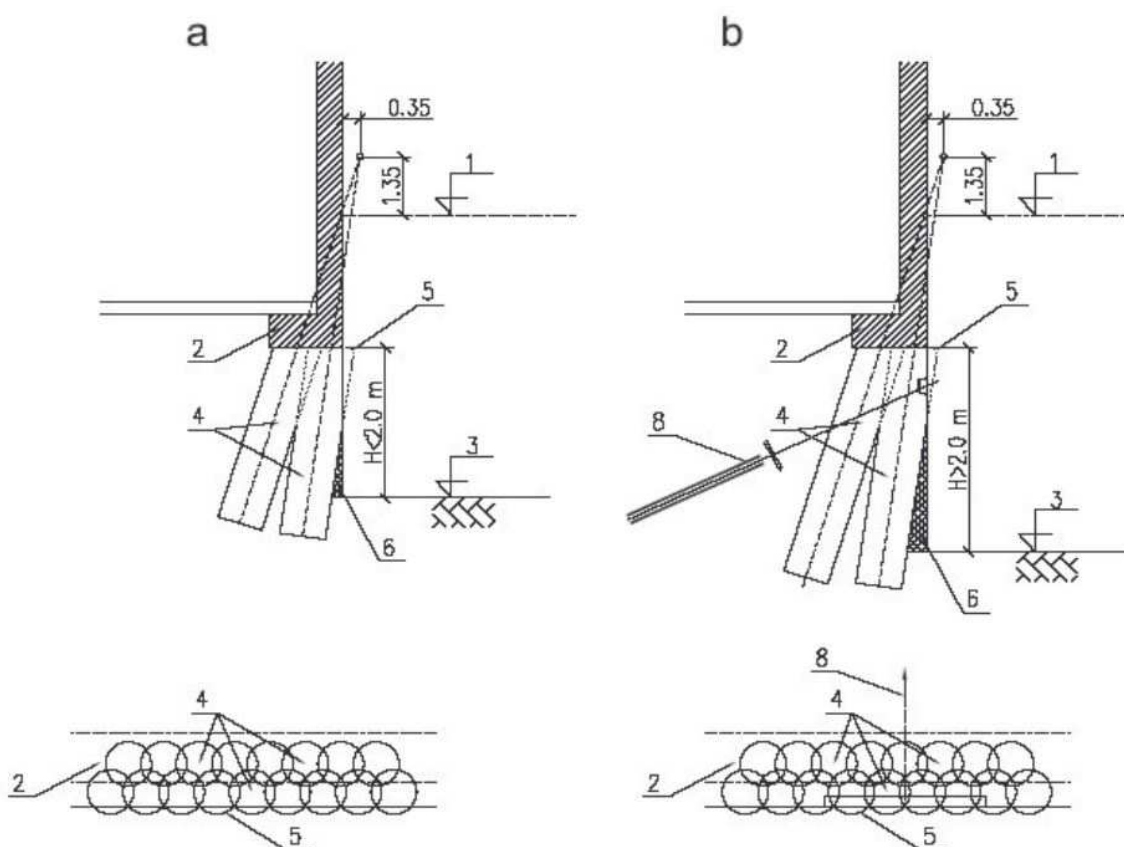
Mikrozáporové pažení se nejčastěji používá v situaci, kde je manipulační prostor omezen a nedá se využít těžké mechanizace. Je tvořeno jako ztracené bednění bez pracovního prostoru. Mikrozápory jsou tvořeny ocelovými trubkami o malém průměru, popř. použitím profilů HEB osazených do předvrtaných vrtů. Jako pažiny jsou mezi mikrozáporami použity výztužné sítě a stříkaný beton. Nevýhodou této metody je menší únosnost.



Obr. 5: Schéma mikrozáporového pažení: a) charakteristický řez, b) půdorys s mikrozáporami z ocelových trubek, c) půdorys s mikrozáporami z profilů HEB; 1 – vrt, 2 – mikrozápora, 3 – převázka, 4 – kotva, 5 – stříkaný beton, 6 – pažiny [3]

2.5 Trysková injektáž

Trysková injektáž se používá pro zachycení (podchycení) sousedních objektů v okolí stavební jámy, pro vytvoření vodotěsných stěn a také pro zajištění vodotěsnosti dna stavební jámy proti průsakům vody. Trysková injektáž se nejčastěji kombinuje s mikrozáporovým pažením. Výhodou je rychlost provádění, naopak negativem tohoto řešení je malá tuhost stěn z tryskové injektáže. Tato nevýhoda se ovšem řeší zvětšením mocnosti vrstvy. [2]



Obr. 6: Schéma tryskové injektáže: a) volná výška $H < 2\text{ m}$, b) výška $H > 2\text{ m}$; 1 – pracovní plošina, 2 – stávající základ, 3 – dno stavební jámy, 4 – sloupy TI, 5 – odbourání sloupů, 6 – dobetonávka, 7 – zapuštěná převážka, 8 – kotva [3]

3 POPIS OBJEKTU

3.1 Poloha objektu

Lokalita bytového domu Kadetka se nachází v lokalitě ulice Božetěchova na severu Brna v městské části Brno – Královo Pole. Objekt zaujímá plochu parcel 560 – 562. Zelená vlaječka na mapě zobrazuje polohu bytového domu Kadetka.



Obr. 7: Poloha bytového domu Kadetka [4]

3.2 Popis lokality a objektu

Řešená lokalita leží v severní části města Brna, v městské části Královo Pole. V současné době se v lokalitě nachází malé objekty, které se nevyužívají a které budou před zahájením stavebních prací odstraněny. Plocha budoucího staveniště je ve východní části vybetonovaná a tvoří nájezd do areálu. Povrch střední části je vysypán štěrkem a zbylá plocha je zatravněná. Terén je v těchto místech nečlenitý, v celkovém mírném spádu směrem k východu, tedy k ulici Božetěchova. Bytový dům Kadetka se skládá ze tří samostatně stojících objektů, které jsou spojeny společným prostorem podzemních garáží. Všechny tři objekty budou mít pět nadzemních podlaží. [6]

Požadavek investora je, aby se docílilo efektivního ekonomického využití konstrukce zajištění stavební jámy, tedy aby konstrukce měla rovný líc a dala se použít jako ztracené bednění.

4 GEOLOGICKÉ, HYDROGEOLOGICKÉ A GEOTECHNICKÉ POMĚRY

V okolí řešené lokality BD Kadetka byly již v historii provedeny IG průzkumy. Byly provedeny sondy J-1 firmou TOPGEO, s.r.o. v roce 2004 a sonda J-9 v roce 2003 firmou HS geo, s.r.o.. Tyto sondy posloužily pouze pro orientaci. Na základě požadavku developerské firmy DOMOPLAN, s.r.o. byl formou Balun, s.r.o. vyhotoven nový IG průzkum. V místě budoucího staveniště byly provedeny celkem čtyři sondážní vrty. Pro provedení vrtů V-1 až V-4 se použilo pojízdné vrtné soupravy UVS 15. Vrtáno bylo jádrovým způsobem o $\varnothing$ 137 mm. Vrty V-1 a V-4 byly vrtány do hloubky 10 m a vrty V-2 a V-3 vrtány do hloubky 7 m pod úroveň stávajícího terénu. [6]

4.1 Geologické poměry

Posuzovaná lokalita spadá z hlediska geomorfologického členění do okrsku Řečkovického prolomu a oblasti Brněnské vrchoviny. Geologické podloží předkvartérního stáří je v řešené lokalitě tvořeno načervenalými biotickými granodiority. Toto skalní podloží je překryto mocnou vrstvou neogenních mořských sedimentů tvořené vysoce plastickými vápnitými jíly třídy F8. Vrstvy kvartéru jsou zastoupeny

nivními sedimenty třídy G3 a S3 s příměsí jemnozrnné frakce a třídy S5 a G5, které obsahují větší podíl jílové frakce. Vrstva nivních sedimentů je překryta deluviálními a navátými sedimenty holocenního a pleistocenního stáří. Jsou tvořené zeminami třídy F6, ve svrchních vrstvách poté jako F5-MI. Konzistence těchto zemin se v závislosti na úrovni podzemní vody pohybuje mezi měkkou až po pevnou. [6]

4.1.1 Geologické profily

Konkrétní geologické profily v jednotlivých vrtech jsou patrné z následujících tabulek.

Tab. 1: Geologický profil vrtu V-1 s ustálenou HPV 6,1 m [6]

HLOUBKA	GEOTECHNICKÝ POPIS ZÁKLADOVÝCH PŮD	KLASIFIKACE
0,2 m	Beton	Y
1,4 m	Zdivo cihelné, navážka - hlína, cihly	Y
2,8 m	Hlína prachová, středně plastická, tuhá až pevná, světle hnědá	F5-MI
6,5 m	Hlína prachová, slabě zajiňovaná, tuhá	F6-CI
9,3 m	Jíl velmi vysoce plastický, šedohnědý, tuhý až pevný	F8-CV
10,0 m	Jíl velmi vysoce plastický, šedý, pevný	F8-CV

Tab. 2: Geologický profil vrtu V-2 s ustálenou HPV 5,5 m [6]

HLOUBKA	GEOTECHNICKÝ POPIS ZÁKLADOVÝCH PŮD	KLASIFIKACE
0,9 m	Navážka - štěrk, hlína	Y
1,8 m	Hlína prachová, slabě vápnitá, tuhá až pevná, světle hnědá	F5-MI
4,3 m	Hlína prachová, slabě jílovitá, tuhá	F6-CI
6,0 m	Hlína prachová, se štěrčíky, měkká až tuhá	F2-CG
6,6 m	Jíl velmi vysoce plastický, šedohnědý, tuhý	F8-CV
7,0 m	Jíl velmi vysoce plastický, šedý, pevný	F8-CV

Tab. 3: Geologický profil vrtu V-3 s ustálenou HPV 5,7 m [6]

HLOUBKA	GEOTECHNICKÝ POPIS ZÁKLADOVÝCH PŮD	KLASIFIKACE
0,8 m	Navážka - hlína, štěrk, úlomky cihel	Y
1,6 m	Spraš, žilkovaně provápněná, tuhá až pevná, světle hnědá	F5-MI
3,4 m	Hlína prachová, slabě jílovitá, tuhá	F6-CI
4,5 m	Hlína prachová, měkká až tuhá	F6-CI
6,3 m	Štěrk středně zrnitý, písčitý, slabě zahliněný, středně ulehlý, světle hnědý, zvodnělý	G3-GF
7,0 m	Jíl vysoce plastický, tuhý až pevný	F8-CH

Tab. 4: Geologický profil vrtu V-4 s ustálenou HPV 5,5 m [6]

HLOUBKA	GEOTECHNICKÝ POPIS ZÁKLADOVÝCH PŮD	KLASIFIKACE
0,6 m	Navážka - hlína, štěrk, úlomky cihel	Y
1,9 m	Spraš, žilkovaně provápněná, pevná, světle hnědá	F5-MI
3,2 m	Hlína jílovitoprachová, světle hnědá, tuhá	F6-CI
4,2 m	Hlína jílovitoprachová, měkká až tuhá	F6-CI
4,5 m	Štěrk středně zrnitý, písčitý, slabě zajiňovaný, ulehlý, světle hnědý, navlhlý	G3-GF
4,8 m	Písek se štěrkem, navlhlý, ulehlý, světle hnědý	S3-SF
5,1 m	Štěrk písčitý, zajiňovaný, světle hnědý, výplň měkká až tuhá	G5-GC
5,6 m	Písek hrubozrnný, se štěrkem, zajiňovaný, světle hnědý, výplň měkká	S5-SC
6,8 m	Štěrk písčitý, zajiňovaný, světle hnědý, výplň měkká	G5-GC
9,5 m	Jíl vysoce plastický, světle hnědý, níže šedý, tuhý	F8-CH
10,0 m	Jíl vysoce plastický, pevný	F8-CH

4.2 Hydrogeologické poměry

V řešené lokalitě je patrná souvislá hladina podzemní vody v úrovni od 5,5 do 6,1 m. Pod hladinou podzemní vody se nachází nepropustné podloží tvořené neogenními jíly, které vytvářejí hydrogeologický izolátor. Dá se očekávat, že hladina podzemní vody bude v průběhu roku kolísat v závislosti na vlhčím či sušším období a také bude mít vliv na geotechnické parametry základových zemin. Ze vzorku podzemní vody z vrtu V-2 bylo laboratorními testy zjištěno slabě agresivní chemické prostředí z pohledu působení vody na beton. [6]

4.3 Geotechnické poměry

Vzorky odebrané při IG průzkumu byly předány laboratoři mechaniky zemin pro přesně zatřídění zemin do kategorií podle již dnes neplatné normy ČSN 73 1001.

Jako podklad pro statický výpočet budou brány geotechnické parametry zemin z vrtu V-4 pro jeho pestré zastoupení všech zemin v dané lokalitě.

Tab. 5: Geotechnické parametry zemín z vrtu V-4 [6]

PARAMETR	ZNAČKA [JEDNOTKA]	ZEMINA											
		Y	F5-MI	F6-CI	F6-CI	G3-GF	S3-SF	G5-GC	S5-SC	G5-GC	F8-CH	F8-CH	
Konzistence	I _c [--]	měkká až tuhá	pevná	tuhá	měkká až tuhá	ulehlá	ulehlá	měkká až tuhá	měkká	měkká	tuhá	pevná	
Zvodnění	--	--	--	--	--	navlhlý	navlhlý	--	--	--	--	--	
Tab. výpočtová únosnost	R _{dt} [kPa]	140	250	100	75	450	275	150	130	125	80	160	
Objemová tíha	γ [kNm ⁻³]	19,5	20	21	21	19	17,5	19,5	18,5	19,5	20,5	20,5	
Úhel vnitř. tření	- totální φ _u [°]	4	12	1	0	--	--	--	--	--	0	2	
	- efektivní φ' [°]	26	23	19	18	36	32	29	26	28	15	17	
Koheze	- totální c _u [kPa]	45	75	50	40	--	--	--	--	--	40	80	
	- efektivní c'[kPa]	8	30	12	10	0	0	6	4	4	6	12	
Modul deformace	E _{def} [MPa]	8	9	5	3	95	22	45	4	40	3	5	
Přetvárný součinitel	β [--]	0,62	0,47	0,47	0,47	0,83	0,74	0,74	0,62	0,74	0,37	0,37	
Opravný souč. přetížení	m [--]	0,2	0,2	0,2	0,1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,1	0,2	

5 STATICKÝ VÝPOČET

Na základě IG průzkumu a požadavků investora se nabízí použití metod záporového pažení nebo podzemních stěn. Obě konstrukce by zajistily požadované vlastnosti rovného líce. Z hlediska ekonomického ovšem vychází lépe použití metody záporového pažení. Metoda záporového pažení bez pracovního prostoru a se zapuštěnými převážkami byla zvolena pro danou situaci jako nejideálnější. Konstrukce pažení bude využita zároveň i jako ztracené bednění. Statický výpočet zajištění stavební jámy byl proveden pomocí softwaru GEO5 firmy FINE, s.r.o., kde byl pro řešenou situaci použit programový modul Pažení posudek.

5.1 Metoda výpočtu

Program GEO5 – Pažení posudek řeší výpočet pažící konstrukce deformační variantou metody konečných prvků. Po zadání výpočtového modelu je konstrukce programem rozdělena na několik menších uzlů (úseků). Standardní nastavení programu je rozdělení na 20 uzlů. Uzel se vytvoří v každém významném bodě na konstrukci (začátek a konec konstrukce, v místech kotev a podpor). V každém uzlu je poté vypočítána deformace, vnitřní síly a modul reakce podloží.

Program posuzuje konstrukci podle metody závislých tlaků. V této metodě se zavádí předpoklad pružně-plastického chování zeminy v okolí pažící konstrukce tzv. Winklerova hmota. Tato hmota je určena modulem reakce podloží k_h , který určuje přetvoření zeminy v pružné oblasti a pak také mezními deformacemi, při jejichž překročení se hmota chová jako ideálně plastická. [2] [7] [8]

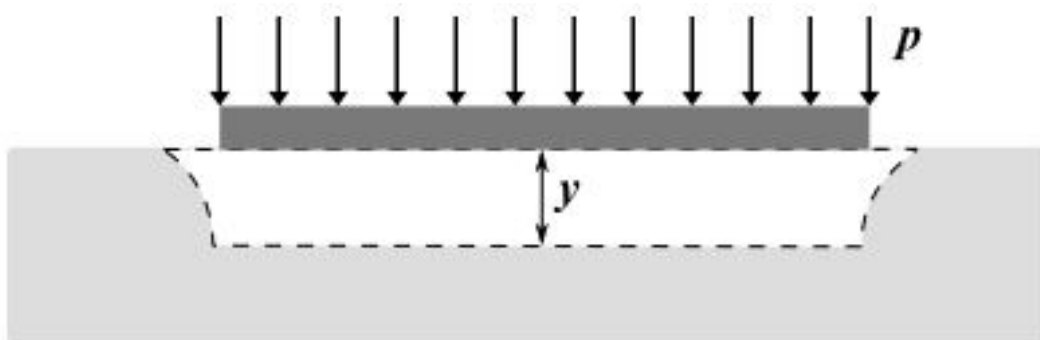
5.1.1 Modul reakce podloží

Modul reakce prostředí představuje ve Winklerově modelu tuhost pružiny, který popisuje vztah mezi zatížením tuhé desky a jejím zatlačením do podloží vyjádřený vztahem: [9]

$$p = k \cdot y$$

p – zatížení působící na kontaktu desky a povrchu podloží
 k – tuhost Winklerovy pružiny
 y – zatlačení desky do podloží

Vzorec 1: Vztah pro výpočet zatížení na kontaktu desky s podložím [9]



Obr.8: Definice modulu reakce podloží [9]

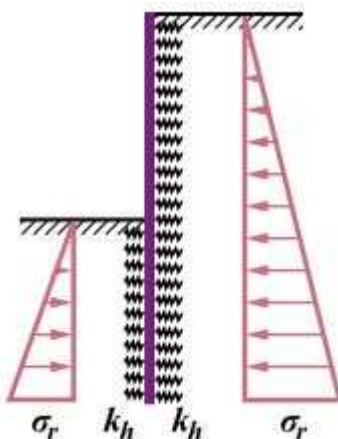
Modul reakce podloží k_h nelze jednoznačně stanovit přímo z inženýrsko-geologického průzkumu, proto program Pažení posudek nabízí několik variant, jak tento modul zadat. V tomto řešeném případě bylo zvoleno jeho zadání iteračně z přetvárných charakteristik zemin, modulu přetvárnosti E_{def} a strukturní pevnosti m . Postup tohoto iteračního výpočtu vychází z předpokladu, že deformace pružného poloprostoru daný modulem přetvárnosti E_{def} , při změně napjatosti odpovídající změně zemních tlaků, se rovná deformaci pažící konstrukce. Program se snaží najít takové hodnoty modulu k_h , které zachovají spojitost deformací stěny a zeminy. Při iteraci se nepočítá s plastickou deformací konstrukce. [10]

5.1.2 Postup výpočtu

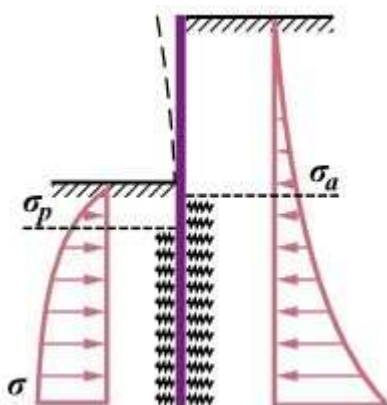
Vlastní výpočet podzemní konstrukce zavádí předpoklady:

- na stěnu působí zemní tlak, který se pohybuje v rozmezí aktivního a pasivního zemního tlaku
- na nedeformovanou konstrukci působí zatížení zemního tlaku v klidu

Na programem rozdělenou konstrukci, se všem uzlům přiřadí modul reakce podloží k_h a poté se konstrukce zatíží zemním tlakem v klidu (Obr. 9). Po provedení výpočtu se zkontroluje velikost tlaků na konstrukci. V místech, kde nebyly splněny podmínky, se konstrukce zatíží znovu aktivním respektive pasivním zemním tlakem a modul reakce podloží se tentokrát stanoví na $k_h = 0$. Výpočet se opakuje tak dlouho, dokud nejsou splněny všechny podmínky (Obr. 10). [8]



Obr. 9: Schéma konstrukce před první iterací [8]



Obr. 10: Schéma konstrukce během iterace [8]

5.2 Výpočet zajištění stavební jámy

Statický výpočet byl proveden celkem ve třech fázích:

- Fáze 1: hloubení na první kotevní úroveň
- Fáze 2: osazení a aktivace kotev
- Fáze 3: hloubení jámy na konečnou hloubku

5.2.1 Vstupní parametry

5.2.1.1 Geometrie konstrukce

Geometrické parametry pažící konstrukce, které byly použity jako vstupní hodnoty výpočtu do programu GEO5 jsou uvedeny v tabulce Tab. 6.

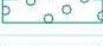
Tab. 6: Geometrie pažící konstrukce [11]

TYP STĚNY	ocelový I průřez
DÉLKA KOSTRUKCE	8 m
PROFIL	HEB 340
OS. VZDÁL. PROFILŮ	2 m
MODUL PRUŽNOSTI	$E = 210 \cdot 10^3 \text{ MPa}$
MODUL PRUŽNOSTI VE SMYKU	$G = 81 \cdot 10^3 \text{ Mpa}$
PLOCHA PRŮŘEZU	$A = 8,550 \cdot 10^3 \text{ m}^2$
MOMENT SETRVAČNOSTI	$I = 1,835 \cdot 10^4 \text{ m}^4$

5.2.1.2 Základní parametry zemin

Základní parametry zemin, které byly použity jako vstupní hodnoty do programu GEO5 jsou uvedeny v tabulce Tab. 7.

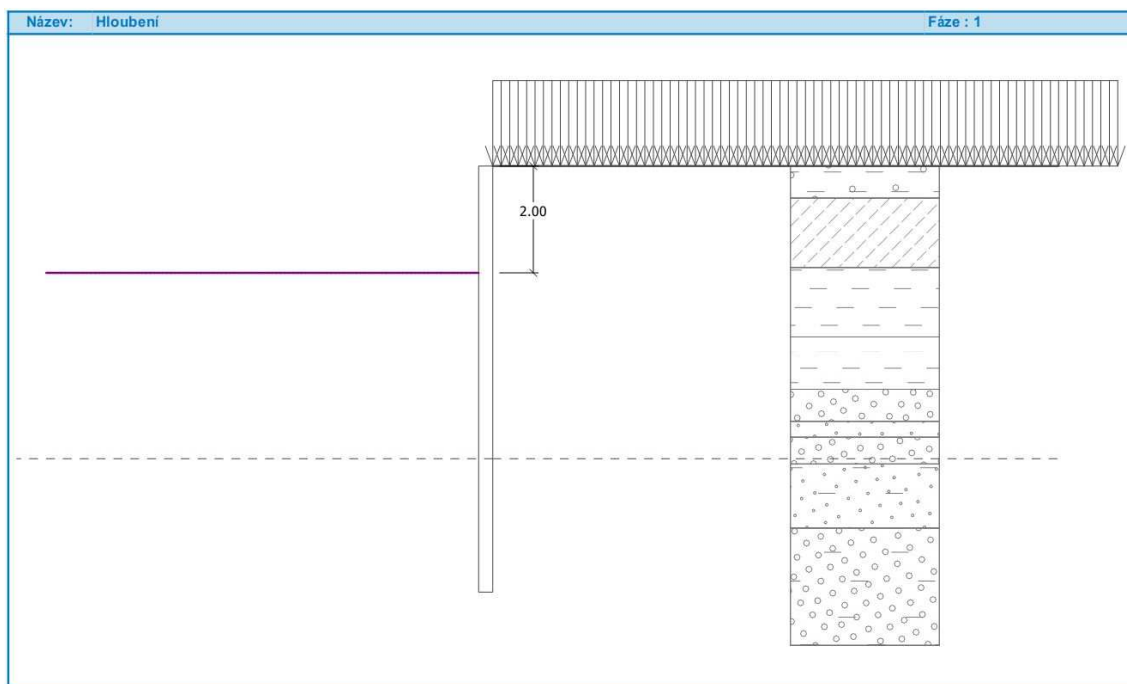
Tab. 7: Základní parametry zemin [11]

Číslo	Název	Vzorek	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]	γ_{su} [kN/m ³]	δ_a [°]	δ_p [°]
1	Hlína prachová, slabě zajiňovaná, se stěříčky F2-CG		26.00	8.00	19.50	9.50	17.33	13.00
2	Spraš, žilkovaná provápněná, středně plastická F5-MI		23.00	30.00	20.00	10.00	15.33	11.50
3	Hlína prachová, středně plastická, slabě zajiňovaná F6-CI		19.00	12.00	21.00	11.00	12.66	9.50
4	Hlína prachová, středně plastická, slabě jílovitá F6-CI		18.00	10.00	21.00	11.00	12.00	9.00
5	Štěrka středně zrnitý, písčité, slabě zajiňovaný G3-GF		36.00	0.00	19.00	9.00	24.00	18.00
6	Písek se štěrkem S3-SF		32.00	0.00	17.50	7.50	21.33	16.00
7	Štěrka písčité, zajiňovaný G5-GC		29.00	6.00	19.50	9.50	19.33	14.50
8	Písek hrubozrnitý, se štěrkem, zajiňovaný S5-SC		26.00	4.00	18.50	9.50	17.33	13.00
9	Štěrka písčité, zajiňovaný G5-GC_2		28.00	4.00	19.50	9.50	18.67	14.00
10	Jíl vysoce, velmi vysoce plastický F8-CH		15.00	6.00	20.50	10.50	10.00	7.50
11	Jíl vysoce, velmi vysoce plastický F8-CH_2		17.00	12.00	20.50	10.50	11.33	8.50

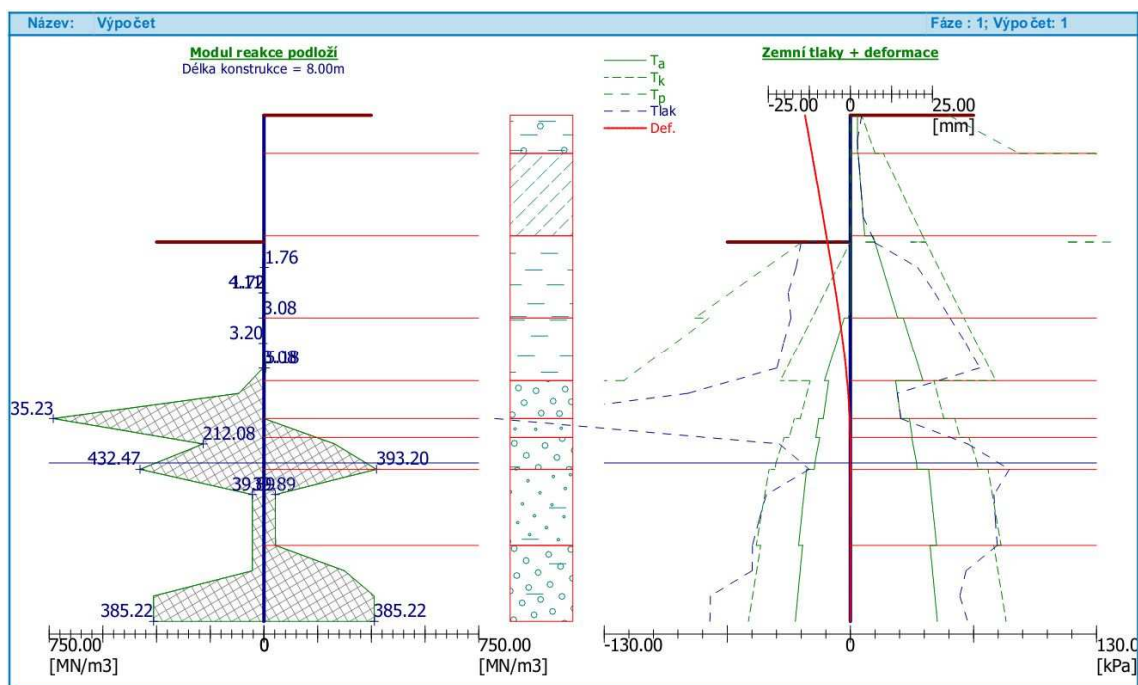
5.2.2 Výstup výsledků

5.2.2.1 Fáze 1 - výsledky

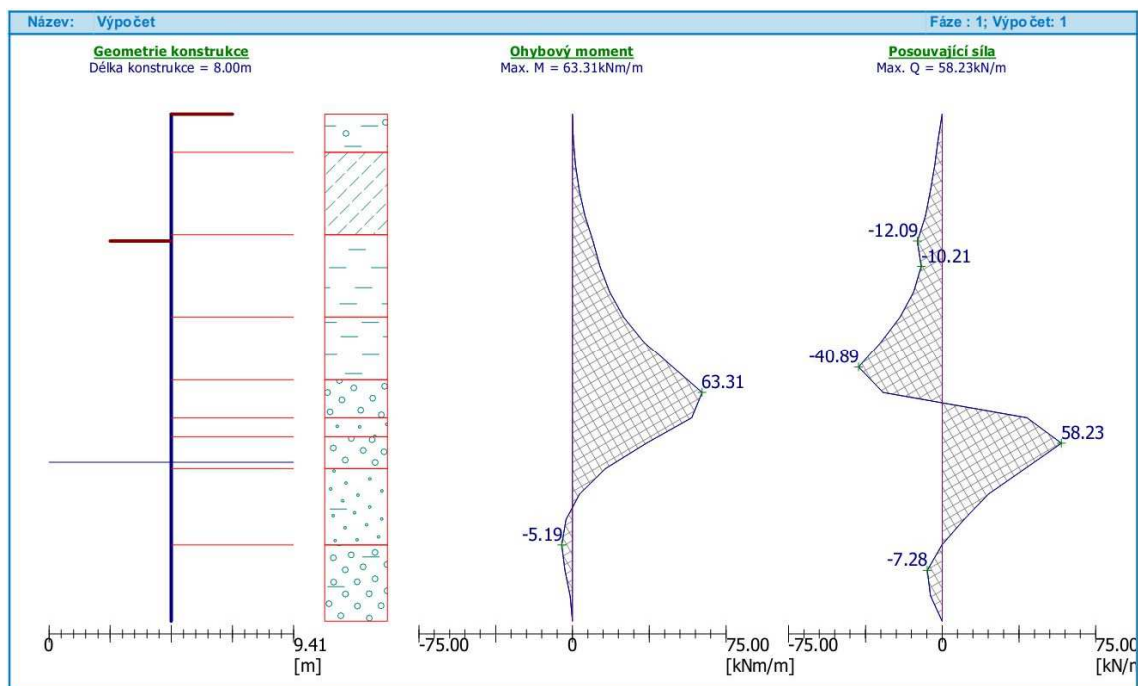
- Hloubení: na první kotevní úroveň, 2 m pod úroveň terénu
- Terén: za konstrukcí rovný
- Voda: před a za konstrukcí v hloubce 5,5 m
- Přetížení: celoplošné 10 kN/m²



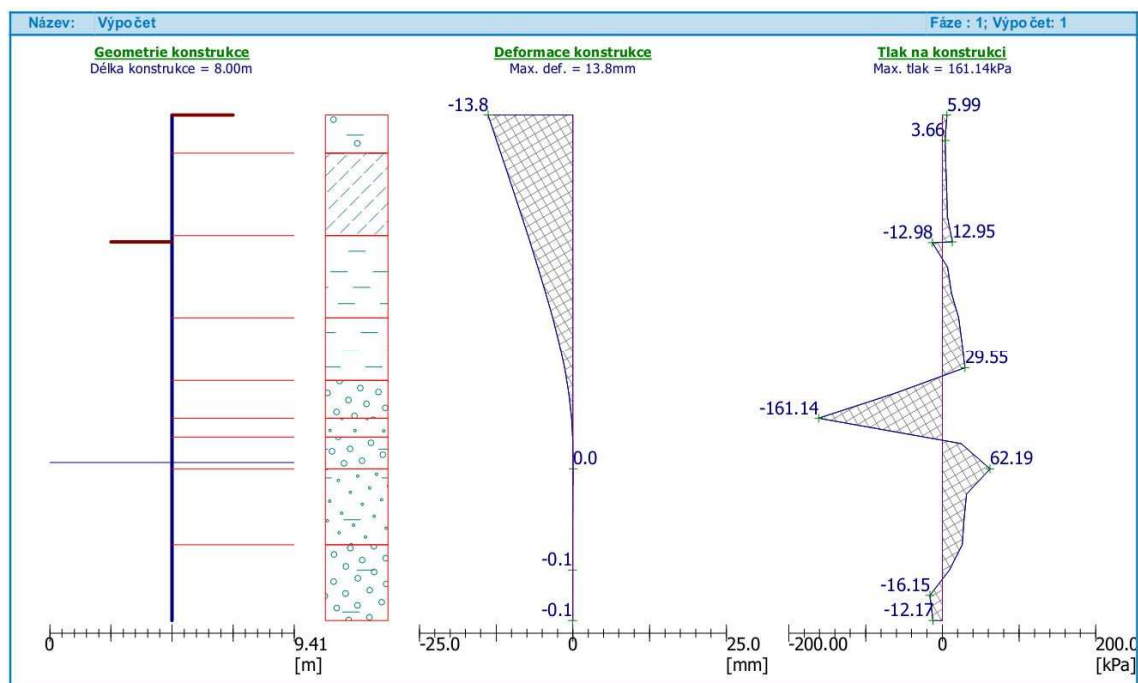
Obr. 11: Modelové schéma - Fáze 1 [11]



Obr. 12: Modul reakce podloží a zemní tlaky – Fáze 1 [11]



Obr. 13: Vnitřní síly – Fáze 1 [11]



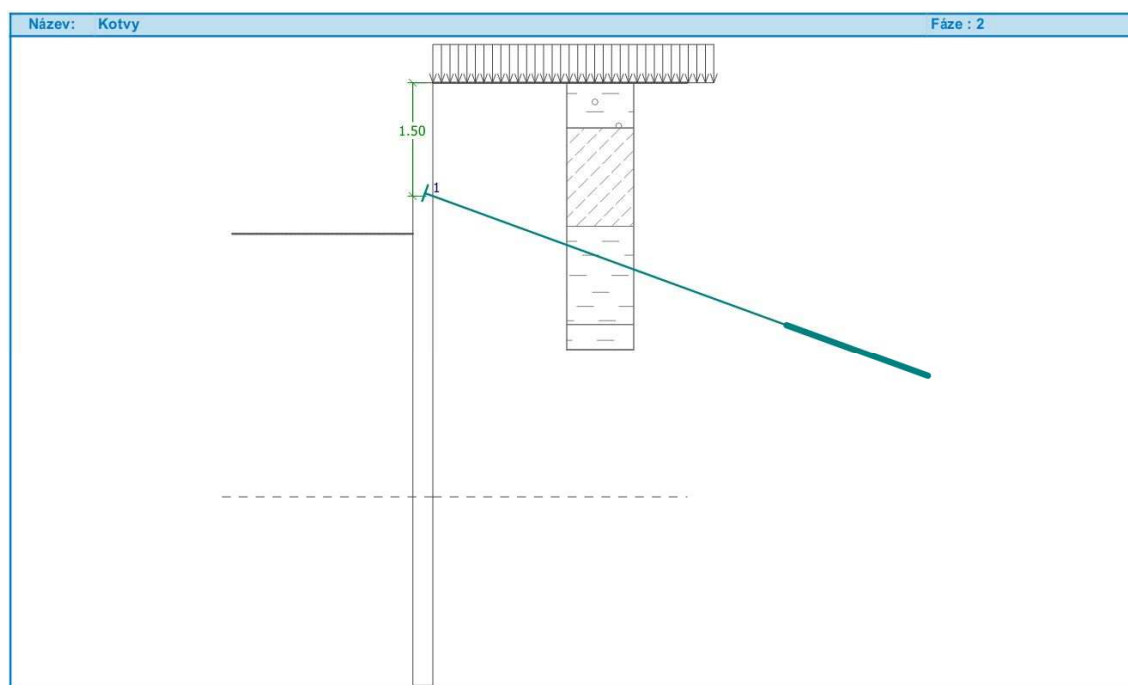
Obr. 14: Deformace a tlak na konstrukci – Fáze 1 [11]

5.2.2.2 Fáze 2 - výsledky

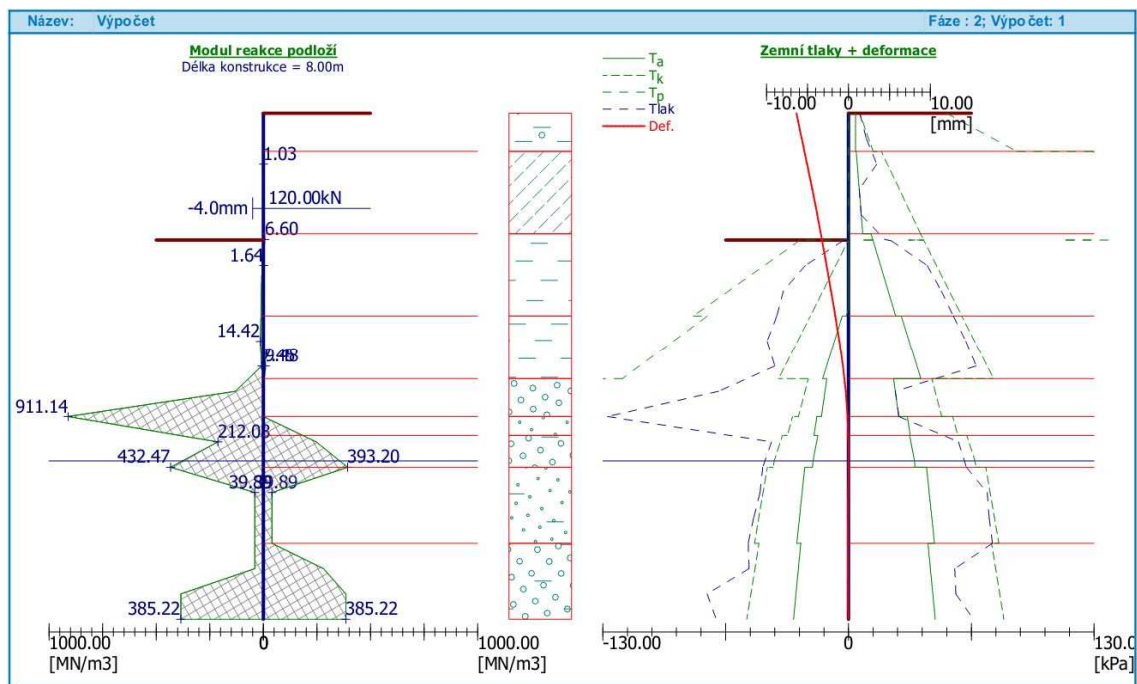
- Hloubení: na první kotevní úroveň, 2 m pod úroveň terénu
- Terén: za konstrukcí rovný
- Voda: před a za konstrukcí v hloubce 5,5 m
- Přetížení: celoplošné 10 kN/m^2
- Kotvy: viz Tab. 8

Tab. 8: Parametry dvoupramencové kotvy [11]

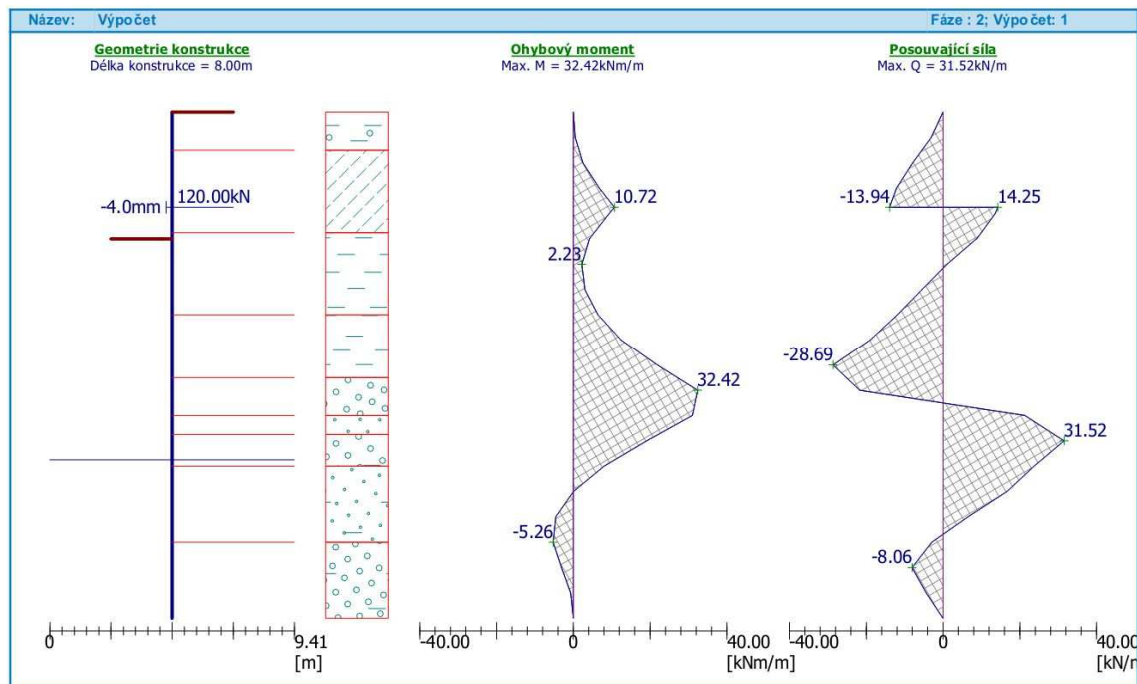
NOVÁ	HLOUBKA [m]	DÉLKA [m]	KOŘEN [m]	SKLON [°]	OS. VZDÁL. [m]	PLOCHA [mm ²]	MODUL E [MPa]	SÍLA [kN]
ANO	1,50	5,00	2,00	20,00	4,00	300,00	210000,00	120,00



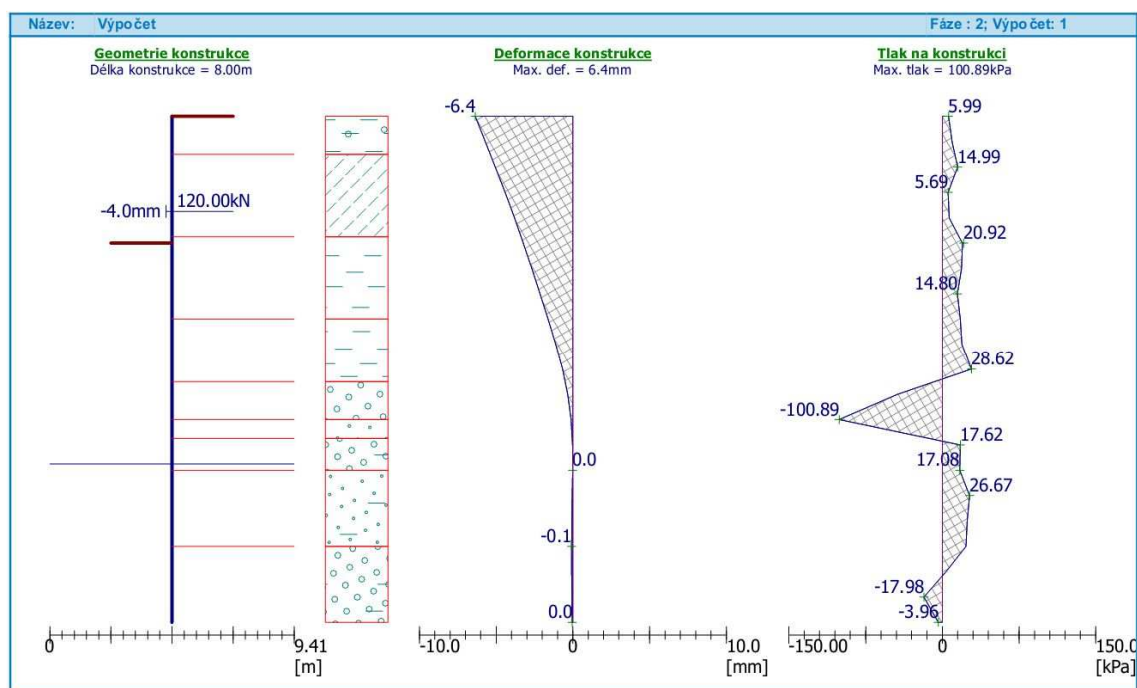
Obr. 15: Modelové schéma - Fáze 2 [11]



Obr. 16: Modul reakce podloží a zemní tlaky – Fáze 2 [11]



Obr. 17: Vnitřní síly – Fáze 2 [11]



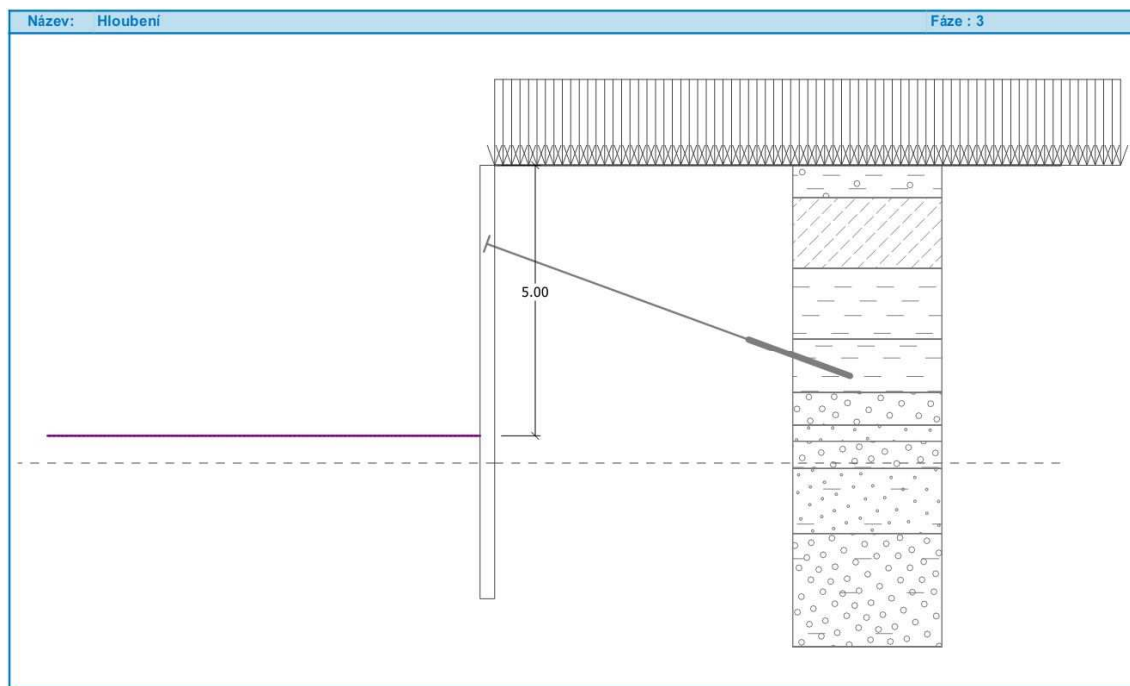
Obr. 18: Deformace a tlak na konstrukci – Fáze 2 [11]

5.2.2.3 Fáze 3 - výsledky

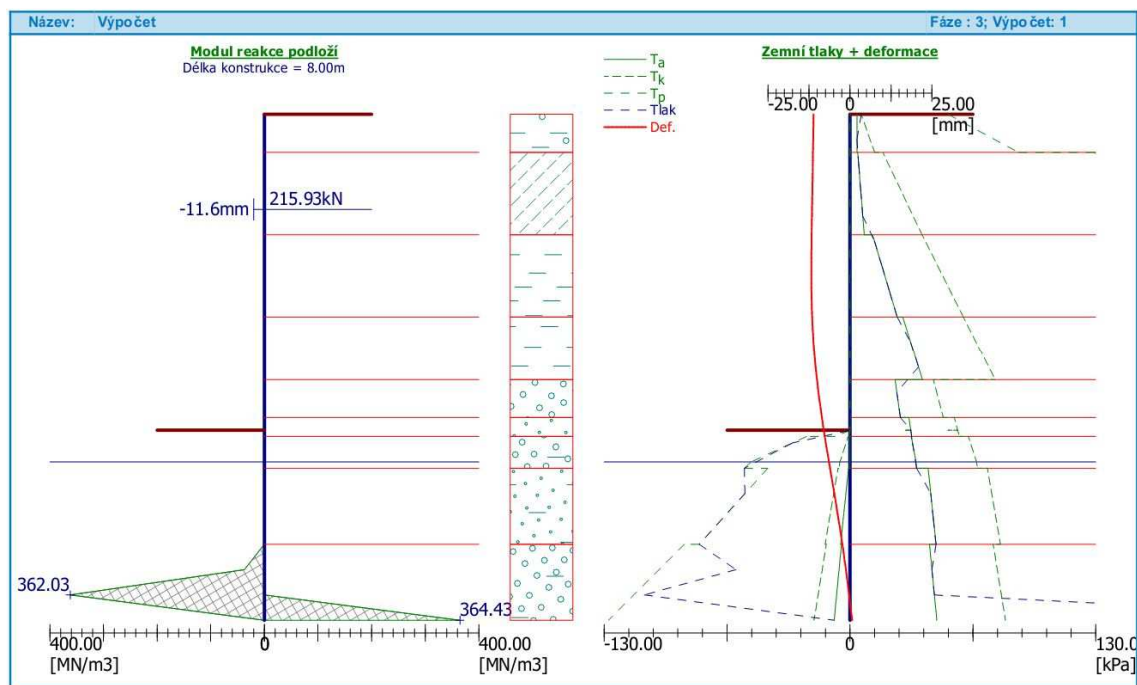
- Hloubení: na dno jámy, 5 m pod úroveň terénu
- Terén: za konstrukcí rovný
- Voda: před a za konstrukcí v hloubce 5,5 m
- Přetížení: stálé celoplošné o velikosti 10 kN/m^2
- Kotvy: viz. Tab. 9

Tab. 9: Parametry dvoupramencové kotvy - Fáze 3 [11]

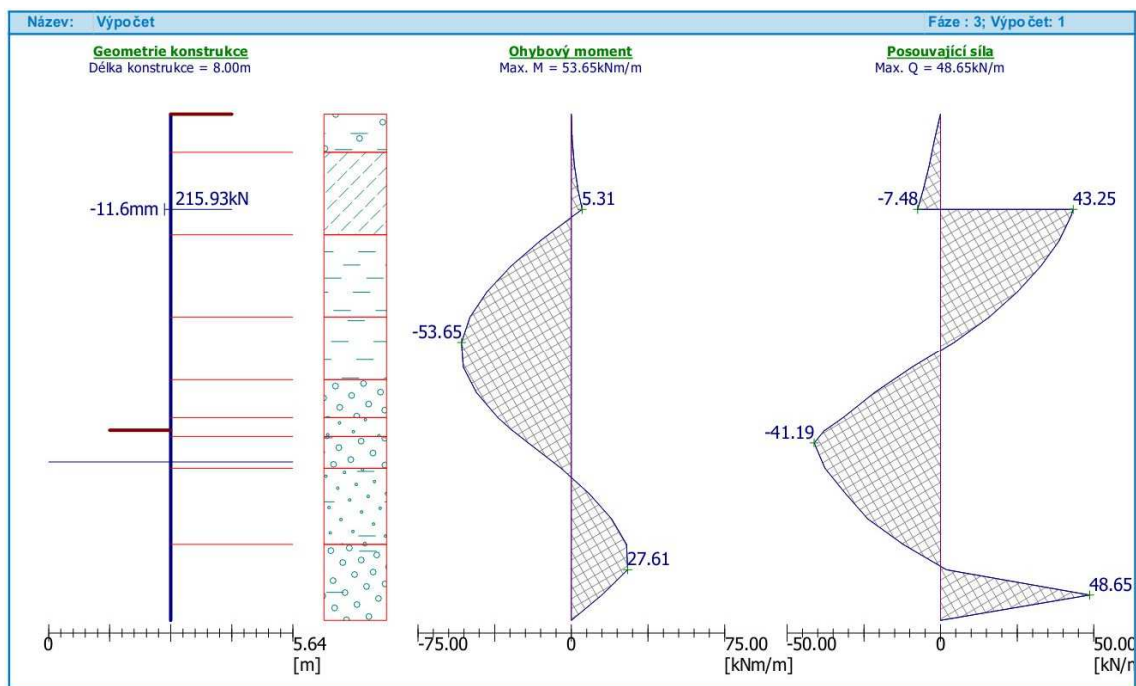
NOVÁ	HLOUBKA [m]	DÉLKA [m]	KOŘEN [m]	SKLON [°]	OS. VZDÁL. [m]	PLOCHA [mm ²]	MODUL E [MPa]	SÍLA [kN]
NE	1,50	5,00	2,00	20,00	4,00	300,00	210000,00	215,93



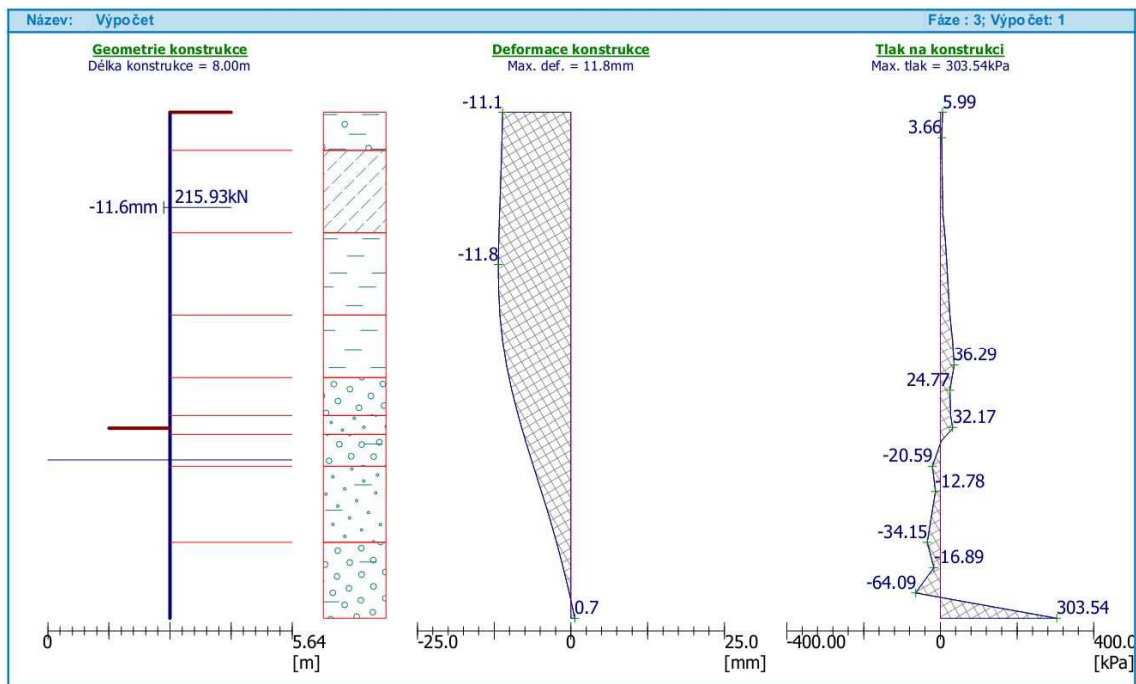
Obr. 19: Modelové schéma - Fáze 3 [11]



Obr. 20: Modul reakce podloží a zemní tlaky – Fáze 3 [11]

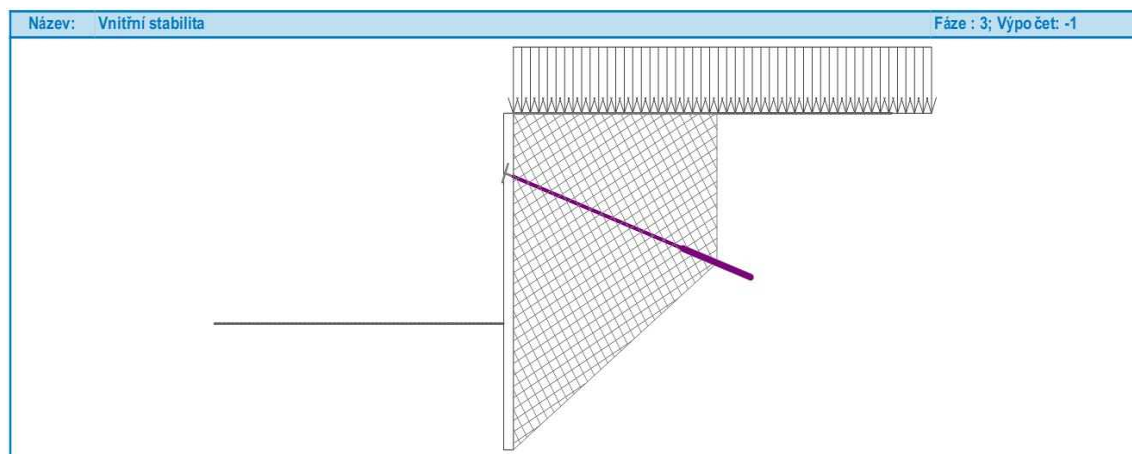


Obr. 21: Vnitřní síly – Fáze 3 [11]



Obr. 22: Deformace a tlak na konstrukci – Fáze 3 [11]

5.2.2.4 Posouzení vnitřní stability



Obr. 23: Vnitřní stabilita kotevního systému [11]

Vnitřní stabilita kotevního systému je určena podmínkou stupně bezpečnosti $SB > SB_{\min}$. Stupeň bezpečnosti se získá výpočtem podílu maximální přípustné kotevní síly a síly v kotvě.

Tab. 10: Stupeň bezpečnosti [11]

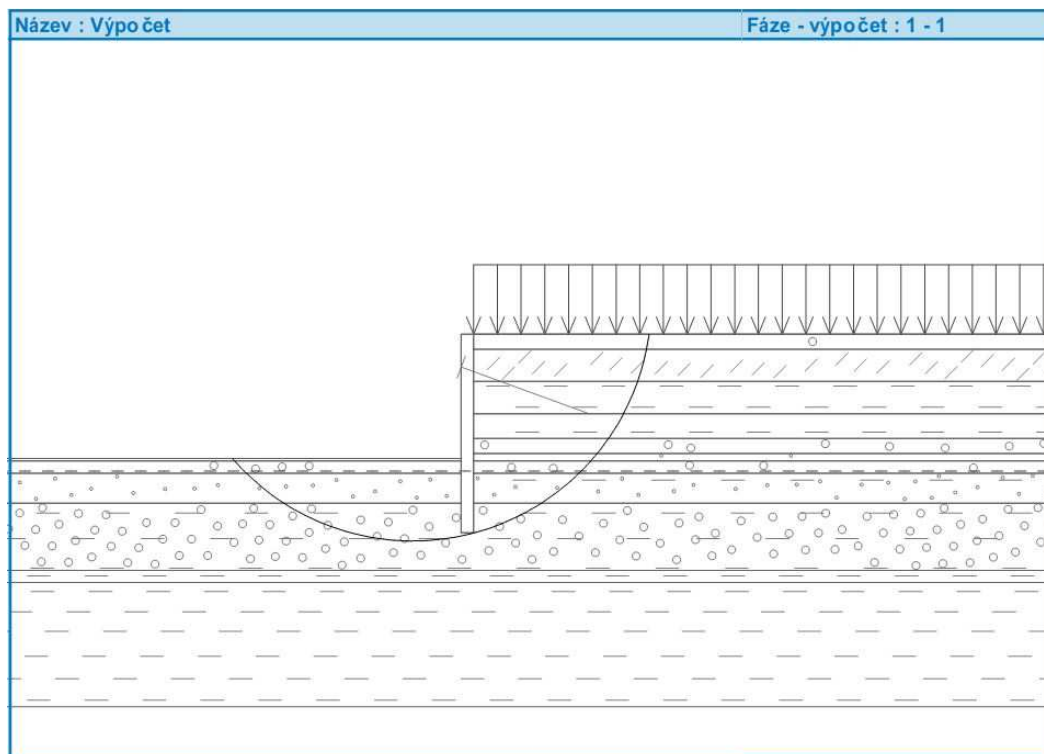
Číslo	Síla v kotvě [kN]	Max.přip.síla [kN]	Stupeň bezpečnosti
1	215.93	388.70	1.800

$$SB > SB_{\min}$$

$$1.8 > 1.5$$

Posouzení vnitřní stability vyhovuje.

5.2.2.5 Posouzení vnější stability



Obr. 24: Vnější stabilita svahu [11]

Posouzení stability svahu neprobíhá v programovém modulu Pažení posudek, ale v modulu Stabilita svahu, do kterého se vstupní data z modulu Pažení posudek automaticky načtou. V modulu Stabilita svahu byla určena předpokládaná kruhová smyková plocha, která byla programem ještě optimalizována a metodou dle Bishopa vypočítána. Metoda dle Bishopa počítá stupeň bezpečnosti poměrem aktivních/pasivních sil a také poměrem sesouvajících/vzdorujících momentů. Opět platí, že stupeň bezpečnosti musí být > 1.5 .

Tab. 11: Hodnoty vstupující do posouzení [11]

SUMACE AKTIVNÍCH SIL	$F_a = 427,00 \text{ kN/m}$
SUMACE PASIVNÍCH SIL	$F_p = 850,10 \text{ kN/m}$
MOMENT SESOUVAJÍCÍ	$M_a = 4120,56 \text{ kNm/m}$
MOMENT VZDORUJÍCÍ	$M_p = 8203,51 \text{ kNm/m}$

$$SB > SB_{\min}$$

$$1,99 > 1.5$$

Posouzení vnější stability vyhovuje.

5.2.2.6 Přehled výsledků

Největší horizontální deformace konstrukce 13,8 mm, ohybového momentu 63,31 kNm/m a posouvající síly 58,23 kN/m bylo dosaženo ve Fázi 1. Ve fázi, kdy proběhlo hloubení stavební jámy pod první kotevní úroveň. Tyto maximální hodnoty ze všech tří fází jsou způsobené tím, že ve Fázi 1 bylo počítáno s nekotvenou konstrukcí. Všem zemním tlakům a namáháním odolávala pouze samotná tuhost konstrukce.

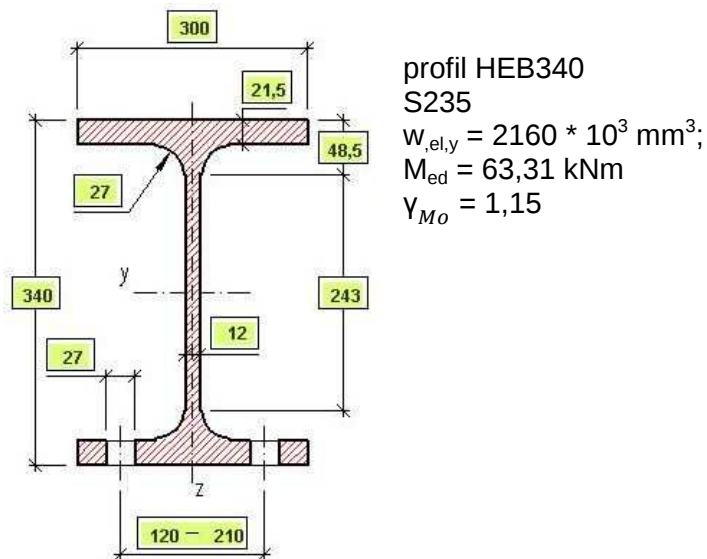
Stupeň bezpečnosti vnitřní ($SB = 1,8$) a vnější ($SB = 1,99$) stability zajišťuje kontrolu, že návrh a posouzení zajištění stavební jámy je v pořádku a s dostatečnou rezervou.

Tab. 12: Přehled výsledků [11]

MAX HORIZONTÁLNÍ DEFORMACE KCE.	13,8 mm
MAX POSOUVAJÍCÍ SÍLA	58,23 kN/m
MAX OHYBOVÝ MOMENT	63,31 kNm/m
MAX SÍLA V KOTVĚ	215,93 kN

5.2.3 Návrh a posouzení jednotlivých částí

5.2.3.1 Zápory



Obr. 25: Rozměry HEB 340 [12]

Posudek na ohyb:

$$M_{Rd} \geq M_{Ed}$$

$$M_{Rd} = \frac{f_{yk} \cdot w_{el,y}}{\gamma_{Mo}} = \frac{235 \cdot 10^6 \cdot 0,00216}{1,15} = 441,39 \text{ kNm}$$

$$441,39 \text{ kNm} > 63,31 \text{ kNm}$$

Zápory na posouzení v ohybu vyhovuje.

5.2.3.2 Pažiny

$$P_{max} = q = 36,29 \text{ kPa}$$

$$L = 2 \text{ m}$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$h = 0,12 \text{ m}$$

$$k_{MOD} = 0,7$$

$$f_{t,k} = 18 \text{ MPa}$$

$$\gamma_M = 1,3$$

Posudek napětí v ohybu:

$$\sigma_{\text{dov}} \geq \sigma$$

$$M_{\text{Ed}} = \frac{1}{8} \cdot q \cdot L^2 = \frac{1}{8} \cdot 36,29 \cdot 2^2 = 18,15 \text{ kNm}$$

$$w_{\text{el}} = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 1 \cdot 0,12^2 = 0,0024 \text{ m}^3$$

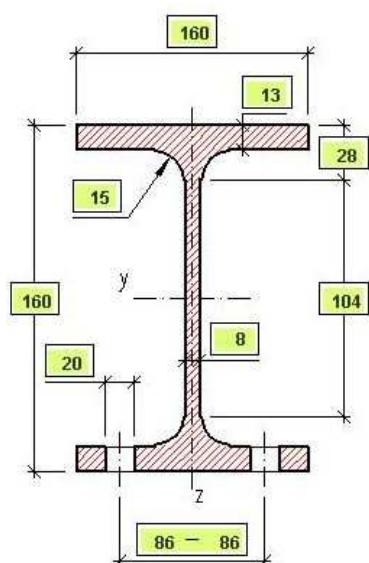
$$\sigma = \frac{M_{\text{Ed}}}{w_{\text{el}}} = \frac{18,15}{0,0024} = 7,56 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{dov}} = k_{\text{MOD}} \cdot \frac{f_{t,k}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{18}{1,3} = 9,69 \text{ MPa}$$

$$9,69 \text{ MPa} > 7,56 \text{ MPa}$$

Pažina na posouzení napětí v ohybu vyhovuje.

5.2.3.3 Převázky



profil 2x HEB 160

S355

$$w_{\text{el},y} = 2 \cdot 311 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

síla od kotvy $F = 215,93 \text{ kN}$

os. vzdál. zápor $L = 2 \text{ m}$;

$k = 1,6$

Obr. 26: Rozměry HEB 160

Posudek napětí v ohybu:

$$\sigma_{\text{dov}} \geq \sigma$$

$$M_{\text{Ed}} = \frac{1}{4} \cdot F \cdot L = \frac{1}{4} \cdot 215,93 \cdot 2 = 107,96 \text{ kNm}$$

$$\sigma = \frac{M_{\text{Ed}}}{w_{\text{el,y}}} = \frac{107,96 \cdot 10^3}{0,000622} = 172,93 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{\text{dov}} = \frac{f_y}{k} = \frac{355}{1,6} = 221,88 \text{ MPa}$$

$$221,88 \text{ MPa} > 172,93 \text{ MPa}$$

Převázka na posouzení napětí v ohybu vyhovuje.

6 TECHNOLOGIE A POSTUP PROVÁDĚNÍ

Jak již bylo v textu zmíněno, záporové pažení je nejrozšířenější metoda zajištění stěn stavebních jam v ČR. V případě stavební jámy bytového domu Kadetka byla navržena metoda záporového pažení bez pracovního prostoru, protože investorův záměr byl použít pažící konstrukci jako ztracené bednění pro vybudování svislých nosných stěn podzemních garáží.

6.1 Zápory

Jako základní prvek pro pažení jižní stěny, proměnlivě hluboké jámy, bylo navrženo použít zápor s profilem HEB 340 o celkové délce 8,0 m, které se jeřábem vloží do předvrtaných vrtů o průměru 630 mm. Vrty budou provedeny pomocí vrtné soupravy Bauer RTG RG 25 S.

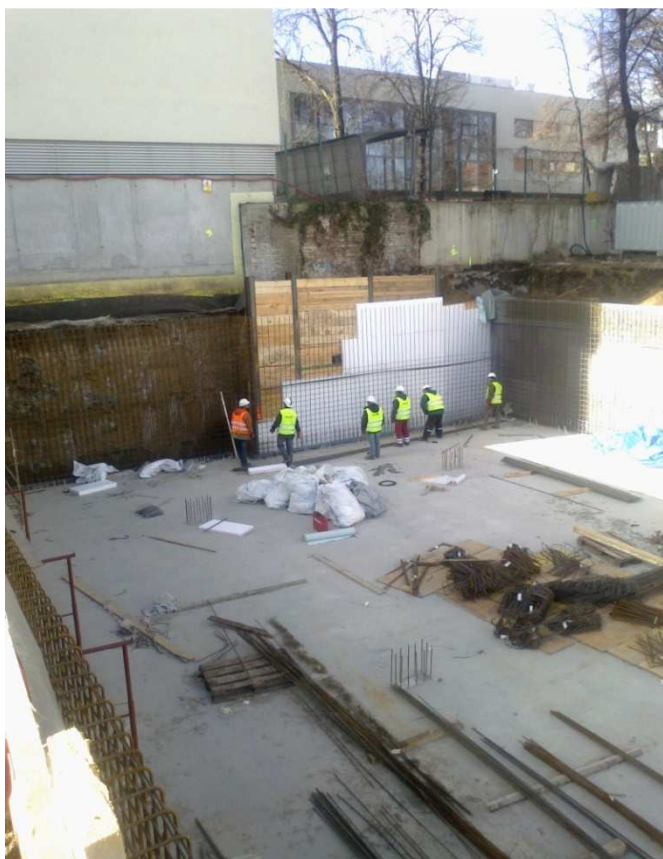


Obr. 27: Univerzální vrtná souprava Bauer RTG RG 25 S [13]

Průměr vrtu 630 mm je dostatečně velký, aby bylo možné záporu přesně osadit. Pata záporu pode dnem stavební jámy se vybetonuje betonem C8/10. Zbylý prostor ve vrtu se po celé výšce až po úroveň terénu zasype vyvrtanou zeminou, která bude zbavena hrubé frakce (nad 60 mm). Osová vzdálenost jednotlivých zápor byla návrhem stanovena na 2,0 m. Konstrukce byla projektována jako konstrukce bez pracovního prostoru. Po vybudování spodní stavby nebude již možné záporů vytažením demontovat, a tak se v zemi ponechají.

6.2 Pažiny

Pažiny se osazují mezi ocelové záporů, za jejich příruby. Bylo navrženo použít dřevěných pažin ve tvaru hranolu s tloušťkou 120 mm. Pažiny se až do první fáze odkopu budou vkládat ze shora. Po odkopu v rámci další fáze již vkládání ze shora nebude možné. Pažiny je nutné vkládat z líce záporů. Délka záporů se upraví dle potřeby na staveništi. Velký důraz je kladen na důsledné a dostatečné zasypávání prostoru mezi pažinami a stěnou jámy zeminou. Zeminu je nutné po jednotlivých vrstvách přibližně 0,1 m ručně hutnit.



Obr. 28: Pohled na záporovou stěnu s rovným lícem

Je tak snaha o co největší zamezení poklesu nebo sesutí stěny stavební jámy. Standardně se pažiny klínují proti přírubám zápor, ale požadavek na rovný líc pažící konstrukce tuto úpravu nedovoluje. Rovný líc bude dále použit jako podklad pro uložení izolace a jako jedna strana bednění pro betonáž svislých konstrukcí.

6.3 Převázky

Navržené ocelové zapuštěné převázky z profilů 2 x HEB 160, jsou po délce svařeny k sobě. Jsou umístěny vždy ob jednu záporu. Převázky jsou zároveň přivařeny ke stojinám zápor pomocí kusů pásoviny z každé strany o tloušťce cca 10 – 15 mm. Toto řešení zajistí požadovaný sklon hlavy kotvy a také dostatečný prostor pro zapuštěnou hlavu kotvy. Požadavek na rovný líc pažící stěny bude splněn.



Obr. 29: Pohled na zapuštěnou převázku

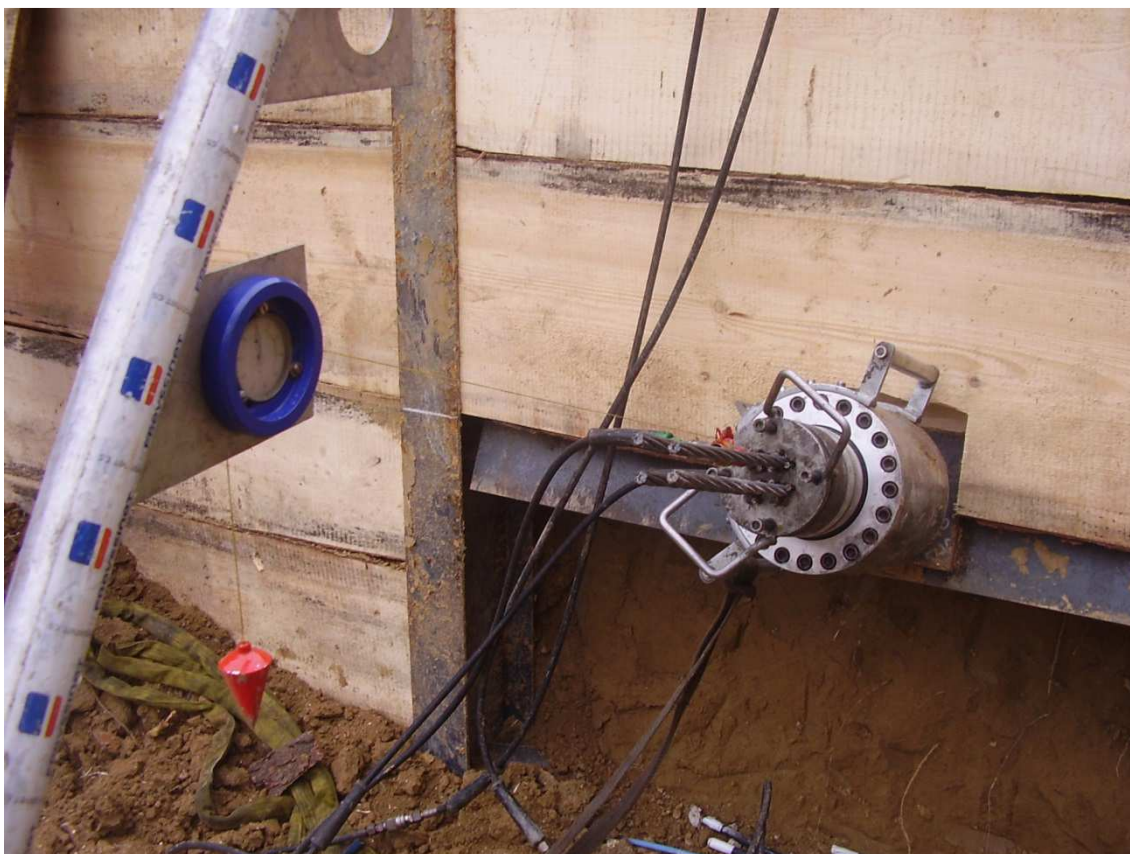
6.4 Kotvy

Pro danou situaci zajištění stěny byly navrženy dvoupramencové trvalé lanové kotvy firmy Freyssinet o průměru lana 15,5 mm a o celkové ploše 300 mm². Pramence se vloží do předvrtaného vrtu paženého cementovou zálivkou. Vrt je předvrtán maloprofilovou vrtnou soupravou KLEMM KR 806-3 v hloubce 1,5 m pod úroveň terénu.



Obr. 30: Maloprofilová vrtací souprava KLEMM KR 806-3 [13]

Vrt se provede na délku 7 m a sklon 20°. Po osazení pramenců se kořen kotvy v délce 2 m proinjektuje a nechá zatuhnout. Po zatuhnutí kořene kotvy a osazení zapuštěných převázek se osadí a aktivuje kotva pomocí hydraulického napínacího zařízení na sílu 150 kN. Celý proces aktivace kotvy se bude podrobně monitorovat.



Obr. 31: Pohled na aktivaci kotvy v první kotevní úrovni

7 ZÁVĚR

Bakalářská práce se zabývala řešením zajištění jižní stěny stavební jámy bytového domu Kadetka. Jáma byla navrhována pro vybudování jednoho podzemního podlaží, které má sloužit, jako podzemní garáž. Hloubka jámy se po délce pohybovala od 4,5 až po 5,0 m.

Na základě inženýrsko-geologického průzkumu a požadavků investora byla pro zajištění stavební jámy navržena metoda záporového pažení se zapuštěnými převážkami pro dosažení rovného líce. Možnou alternativou k záporovému pažení mohla být podzemní stěna, která by zajistila jak požadovaný rovný líc, tak vodotěsnost v případě vyšší hladiny podzemní vody. Nevýhodou této varianty je bezesporu její mnohem vyšší cena a časová náročnost oproti zvolené metodě.

Záporové pažení bylo navrženo se záporami o profilu HEB 340 s osovou vzdáleností 2,0 m, kotvené přes zapuštěné převázky dvoupramencovými trvalými kotvami v jedné kotevní úrovni se sklonem 20° a s osovou vzdáleností 4 m.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] DOMOPLAN, S.R.O. O Projektu Kadetka. *DOMOPLAN: Bytový dům Kadetka* [online]. Brno: DOMOPLAN, s.r.o., © 2010–2014 [cit. 2014-05-10]. Dostupné z: <http://www.domoplan.cz/bytovy-dum-kadetka/>
- [2] MASOPUST, Jan. *Rizika prací speciálního zakládání staveb*. 1. vyd. Praha: Pro Asociaci dodavatelů speciálního zakládání staveb a Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě vydalo Informační centrum ČKAIT, 2011, 116 s. Technická knihovna (ČKAIT).
- [3] MASOPUST, Jan. *Speciální zakládání staveb*. Vyd. 1. Brno: CERM, 2006, 150 s. Učební texty vysokých škol (Cerm). ISBN 80-720-4489-3.
- [4] MAPY.CZ. *Mapy.cz: Božetěchova, Brno* [online]. Brno: GEODIS BRNO, s.r.o., © 2011 [cit. 2014-05-29]. Dostupné z: http://www.mapy.cz/#!x=16.594007&y=49.226671&z=16&q=Bo%25C5%25BEet%25C4%259Bchova%252C%2520Brno&qp=16.590971_49.225552_16.593329_49.226367_18&rc=16.595148_49.227674___&rl=%C4%8Dtvr%C5%A5%20Brno-Kr%C3%A1lovo%20Pole%2C%20Brno%2C%20okres%20Brno-m%C4%9Bsto_&rp=%7B%22criterion%22%3A%22fast%22%7D&t=s
- [5] ČESKÝ ÚŘAD ZEMĚMĚŘICKÝ A KATASTRÁLNÍ. Nahlížení do katastru nemovitostí: Vyhledání parcely. *Státní správa zeměměřictví a katastru* [online]. Praha: Český úřad zeměměřický a katastrální, © 2004 - 2014 [cit. 2014-05-19]. Dostupné z: <http://nahlizeniidokn.cuzk.cz/VyberParcelu.aspx>
- [6] BALUNOVÁ, Ing. Hana. BALUN, s.r.o. *Zpráva o IG průzkumu*. Brno, 2011, 29 s.
- [7] FINE SPOL. S R.O. Pažení posudek. *Fine* [online]. Praha: Fine spol. s r.o., © 2007– 2014 [cit. 2014-05-01]. Dostupné z: <http://www.fine.cz/napoveda/geo5/cs/pazeni-posudek-01/>
- [8] FINE SPOL. S R.O. Metoda závislých tlaků. *Fine* [online]. Praha: Fine spol. s r.o., © 2007– 2014 [cit. 2014-05-01]. Dostupné z: <http://www.fine.cz/napoveda/geo5/cs/metoda-zavislych-tlaku-01/>

- [9] FINE SPOL. S R.O. Stanovení modulu reakce podloží. *Fine* [online]. Praha: Fine spol. s r.o., © 2007– 2014 [cit. 2014-05-01]. Dostupné z: <http://www.fine.cz/napoveda/geo5/cs/stanoveni-modulu-reakce-podlozi-01/>
- [10] FINE SPOL. S R.O. Modul reakce podloží určený iterací. *Fine* [online]. Praha: Fine spol. s r.o., © 2007– 2014 [cit. 2014-05-01]. Dostupné z: <http://www.fine.cz/napoveda/geo5/cs/modul-reakce-podlozi-urceny-iteraci-01/>
- [11] FINE SPOL. S R.O. *Geotechnický software GEO5* [počítačový program]. Praha: Fine spol. s r.o., © 2014 [cit. 2014-05-02]. Dostupné z: <http://www.fine.cz/ke-stazeni/demo/>
- [12] HRŮZA, Jiří. *OCELÁŘ.cz* [online]. © 2010 [cit. 2014-05-02]. Dostupné z: <http://www.steelcalc.com/cs/>
- [13] TOPGEO BRNO, SPOL. S R.O. Strojní park - Přehled. *TOPGEO Brno* [online]. Brno: TOPGEO BRNO, spol. s r.o., © 2014 [cit. 2014-05-19]. Dostupné z: <http://www.topgeo.cz/cs/katalog/strojni-park-prehled>

9 SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ZNAČKA	POPIS	JEDNOTKA
α	sklon kotvy	[°]
β	přetvárný součinitel	[-]
γ	objemová tíha zeminy	[kNm ⁻³]
γ_{sat}	objemová tíha zeminy nasyc. vodou	[kNm ⁻³]
γ_{su}	objemová tíha zeminy pod HPV	[kNm ⁻³]
γ_m	dílčí součinitel spolehlivosti	[-]
δ_a	aktivní třecí úhel	[°]
δ_p	pasivní třecí úhel	[°]
φ_{ef}	efektivní úhel vnitřního tření	[°]
φ_u	totální úhel vnitřního tření	[°]
σ_a	aktivní zemní tlak	[kPa]
σ_p	pasivní zemní tlak	[kPa]
σ_r	zemní tlak v klidu	[kPa]
ν	Poissonovo číslo	[-]
A	průřezová plocha	[m ²]
b	šířka, vzdálenost mezi záporami	[m]
c_{ef}	efektivní soudržnost (koheze)	[kPa]
c_u	totální soudržnost (koheze)	[kPa]
E	modul pružnosti oceli	[MPa]
E_{def}	deformační modul	[MPa]
E_{oed}	edometrický modul	[MPa]
G	modul pružnosti ve smyku	[GPa]
I	moment setrvačnosti	[m ⁴]
k	tuhost Winklerovy pružiny	[kNm ⁻¹]
k_h	modul reakce podloží	[MNm ⁻³]
K	tuhost	[-]
I_c	stupeň konzistence	[-]
I_D	index relativní ulehlosti	[-]
l	délka konstrukce	[m]

M	ohybový moment	[kNm]
p	tlak na konstrukci	[kPa]
P _k	kotevní síla	[kN]
q	přetížení	[kNm ⁻²]
R	vnitřní únosnost kotev	[kN]
w	deformace	[mm]
W	modul průřezu	[m ³]
y	posun bloku zeminy do podloží	[m]
z	hloubka	[m]

10 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Vizualizace bytového domu Kadetka [1]	8
Obr. 2: Schéma záporového pažení [3]	10
Obr. 3: Schéma provádění monolitických podzemních stěn [3]	11
Obr. 4: Provedení pilotové stěny [3]	12
Obr. 5: Schéma mikrozáporového pažení [3]	12
Obr. 6: Schéma tryskové injektáže [3]	13
Obr. 7: Poloha bytového domu Kadetka [4]	14
Obr. 8: Definice modulu reakce podloží [9]	21
Obr. 9: Schéma konstrukce před první iterací [8]	22
Obr. 10: Schéma konstrukce během iterace [8]	22
Obr. 11: Modelové schéma - Fáze 1 [11]	25
Obr. 12: Modul reakce podloží a zemní tlaky – Fáze 1 [11]	25
Obr. 13: Vnitřní síly – Fáze 1 [11]	26
Obr. 14: Deformace a tlak na konstrukci – Fáze 1 [11]	26
Obr. 15: Modelové schéma - Fáze 2 [11]	27
Obr. 16: Modul reakce podloží a zemní tlaky – Fáze 2 [11]	28
Obr. 17: Vnitřní síly – Fáze 2 [11]	28
Obr. 18: Deformace a tlak na konstrukci – Fáze 2 [11]	29
Obr. 19: Modelové schéma - Fáze 3 [11]	30
Obr. 20: Modul reakce podloží a zemní tlaky – Fáze 3 [11]	30
Obr. 21: Vnitřní síly – Fáze 3 [11]	31
Obr. 22: Deformace a tlak na konstrukci – Fáze 3 [11]	31
Obr. 23: Vnitřní stabilita kotevního systému [11]	32
Obr. 24: Vnější stabilita svahu [11]	33
Obr. 25: Rozměry HEB 340 [12]	35
Obr. 26: Rozměry HEB 160 [12]	36
Obr. 27: Univerzální vrtná souprava Bauer RTG RG 25 S [13]	38
Obr. 28: Pohled na záporovou stěnu s rovným lícem	39
Obr. 29: Pohled na zapaštěnou převážku	40
Obr. 30: Maloprofilová vrtací souprava KLEMM KR 806-3 [13]	41
Obr. 31: Pohled na aktivaci kotvy v první kotevní úrovni	42

11 SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Geologický profil vrtu V-1 s ustálenou HPV 6,1 m [6]	16
Tab. 2: Geologický profil vrtu V-2 s ustálenou HPV 5,5 m [6]	16
Tab. 3: Geologický profil vrtu V-3 s ustálenou HPV 5,7 m [6]	17
Tab. 4: Geologický profil vrtu V-4 s ustálenou HPV 5,5 m [6]	17
Tab. 5: Geotechnické parametry zemin z vrtu V-4 [6]	19
Tab. 6: Geometrie pažící konstrukce [11]	23
Tab. 7: Základní parametry zemin [11]	24
Tab. 8: Parametry dvoupramencové kotvy [11]	27
Tab. 9: Parametry dvoupramencové kotvy - Fáze 3 [11].....	29
Tab. 10: Stupeň bezpečnosti [11]	32
Tab. 11: Hodnoty vstupující do posouzení [11]	33
Tab. 12: Přehled výsledků [11]	34

12 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1 – Návrh stavební jámy pro BD Kadetka – Půdorys části jižní stěny

Příloha č. 2 – Návrh stavební jámy pro BD Kadetka – Řez záporovým pažením A – A'