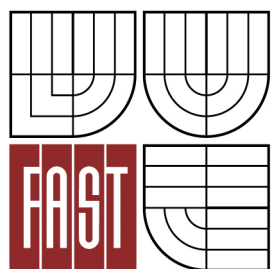




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV GEOTECHNIKY

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF GEOTECHNICS

ZALOŽENÍ BYTOVÉHO DOMU V TŘEBONĚ

FOUNDATION OF APARTMENT BUILDING IN TŘEBOŇ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

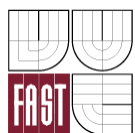
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

LUKÁŠ JURNÍČEK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. PETR SVOBODA, Ph.D.

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	Lukáš Jurníček
Název	Založení bytového domu v Třeboni
Vedoucí bakalářské práce	Ing. Petr Svoboda, Ph.D.
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 vedoucím bakalářské práce zvlášť.

Zásady pro vypracování

Úkolem autora bakalářské práce je navrhnout bezpečné a ekonomické založení bytového domu v Třeboni s přihlédnutím k možnosti použití moderní technologie hloubkového zlepšování zemin. Z možných různých metod založení autor vybere dvě optimální varianty, které následně podrobněji rozpracuje.

Předepsané přílohy

.....
Ing. Petr Svoboda, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá tematikou zakládání bytového domu. Jejím cílem je na základě studia odborných zdrojů a statického posouzení navrhnout vhodný způsob založení daného stavebního objektu. V teoretické části bakalářské práce se autor zabývá nejčastějšími možnostmi založení bytového domu, plošným, hlubinným a založením na hloubkově zlepšených zeminách. V druhé části práce autor vybírá konkrétní metodu založení (hlubinné pomocí pilotů) a aplikuje ji při výpočtu reálné konstrukce. Statický výpočet byl popsán a následně ručně zpracován, poté byl ověřen v programu GEO 5. Součástí práce je také přehled a stručný popis dalších zdrojů informací využitelných pro tvorbu statického výpočtu.

Klíčová slova

Zakládání, hlubinné základy, piloty, vrtané piloty, geotechnika, Geo 5

Abstract

The bachelor thesis deals with the theme of the apartment building foundation. Its objective is based on studies of expert resources and static assessment to design an appropriate way of building construction foundation. In the theoretical part of the bachelor thesis, the author is concerned with the most frequent possibilities of establishing common residential house, the area, and underground foundation on deep soils improved. In the second part, the author makes choice of a particular method of foundation (deep while using piles) and applies it to the calculation of the real structure. The static calculation has been described and consequently manually processed, and finally verified within the program GEO 5. The work also includes an overview together with a brief description of other information sources to be used for the creation of static calculation.

Keywords

Foundation, deep foundations, piles, drilled piles, geotechnics, Geo 5

Bibliografická citace VŠKP

Lukáš Jurníček *Založení bytového domu v Třeboni*. Brno, 2014. 79 s., 6 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geotechniky. Vedoucí práce Ing. Petr Svoboda, Ph.D.

Prohlášení:

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

V Brně dne 28.5.2014

.....
podpis autora
Lukáš Jurníček

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval všem, kteří mi byli nápomocní při psaní bakalářské práce, vážím si jejich podpory. Především bych chtěl poděkovat mému vedoucímu práce Ing. Petru Svobodovi Ph.D. za čas strávený četbou a konzultacemi mé práce. Za rady a pomoc při formální úpravě textu patří mé veliké díky Mgr. Pavlíně Valouchové Ph.D.

OBSAH

1.	Úvod	- 10 -
2.	Geologické poměry	- 11 -
2.1.	Horniny dle genetického hlediska	- 13 -
2.2.	Podzemní voda	- 13 -
2.3.	Archivní podklady.	- 13 -
2.4.	Geomorfologické a klimatické poměry	- 13 -
2.5.	Geologické a hydrogeologické poměry	- 15 -
2.6.	Klasifikace zemin pro zakládání staveb	- 15 -
2.7.	Geotechnické kategorie	- 17 -
3.	Možnosti založení	- 18 -
3.1.	Plošné základy	- 19 -
3.1.1.	<i>Patky</i>	- 19 -
3.1.2.	<i>Základové pasy a rošty</i>	- 20 -
3.1.3.	<i>Desky</i>	- 21 -
3.2.	Hlubinné zakládání	- 22 -
3.2.1.	<i>Piloty</i>	- 23 -
3.2.1.1.	<i>Technologie provádění vrtaných pilot</i>	- 25 -
3.2.1.2.	<i>Technologie provádění ražených pilot</i>	- 28 -
3.2.2.	<i>Únosnost pilot</i>	- 29 -
3.2.2.1.	<i>Únosnost pilot dle 1. MS</i>	- 29 -
3.2.2.2.	<i>Únosnost pilot dle 2. MS</i>	- 31 -
3.2.2.3.	<i>Zatížené horizontální silou a momentem</i>	- 37 -
3.2.2.4.	<i>Výpočet tuhé piloty</i>	- 38 -
3.2.2.5.	<i>Výpočet poddajné piloty</i>	- 40 -
3.2.3.	<i>Mikropiloty</i>	- 42 -
3.2.4.	<i>Podzemní stěny</i>	- 45 -
3.2.5.	<i>Studny</i>	- 46 -
3.2.6.	<i>Kesony</i>	- 46 -
3.3.	Hloubkové zlepšování zemin	- 47 -

3.3.1.	<i>Hloubkové vibrační zhutňování</i>	- 48 -
3.3.1.1.	<i>Vibroflotace</i>	- 49 -
3.3.2.	<i>Štěrkové pilíře – vibrační vpěchování</i>	- 51 -
3.3.2.1.	<i>Vibrované pilíře typu pilot</i>	- 52 -
3.3.3.	<i>DSM – hloubkové míchání zeminy</i>	- 52 -
4.	Výpočet založení BD v Třeboni	- 55 -
4.1.	Geologie	- 56 -
4.1.1.	<i>Přehled geologických poměrů</i>	- 56 -
4.1.2.	<i>Průzkumné práce</i>	- 56 -
4.1.3.	<i>Rozhodnutí o způsobu založení objektu</i>	- 57 -
4.2.	Zatížení	- 58 -
4.2.1.	<i>Vstupní parametry</i>	- 58 -
4.2.2.	<i>Svislá únosnost – výpočet 1. MS</i>	- 59 -
4.2.3.	<i>Posouzení piloty - 2. MS</i>	- 61 -
5.	Závěr	- 64 -
	Seznam použité literatury	- 66 -
	Seznam obrázků	- 69 -
	Seznam tabulek	- 71 -
	Seznam grafů	- 72 -
	Seznam zkratk a značek	- 73 -
	Seznam vzorců	- 77 -
	Seznam příloh	- 79 -

PŘÍLOHA A:	GEOLOGICKÝ PROFIL
PŘÍLOHA B1:	PŮDORYS
PŘÍLOHA B2:	ŘEZ A-A
PŘÍLOHA B3:	ŘEZ B-B
PŘÍLOHA C1:	POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI GEO 5
PŘÍLOHA C2:	POSOUZENÍ SEDÁNÍ GEO 5

1. ÚVOD

Předložená bakalářská práce se zabývá tematikou zakládání bytového domu. Jejím cílem je na základě studia odborných zdrojů a statického posouzení navrhnout vhodný způsob založení daného stavebního objektu. Práce je rozdělena do dvou částí. V první z nich, teoretické části bakalářské práce, se autor zabývá nejčastějšími možnostmi založení bytového domu. Rozsah bakalářské práce umožňuje pouhý výčet a základní popis jednotlivých metod, mezi které patří plošné a hlubinné zakládání, a jeho speciální větve zakládání na hloubkově zlepšených zeminách. Dle obsahu zadání bakalářské práce je v práci nejvíce prostoru věnováno hlubinnému založení. Protože je cílem práce navržení vhodného způsobu založení bytového domu, v teoretické části práce autor také představuje další zdroje informací, které je vhodné a účelné při takovémto projektu využít. Jedná se o oblast geologických poměrů, které významně ovlivňují možnosti a limity založení jakékoliv stavby. V první části práce je tak zpracována tematika hornin, podzemních vod, zemin a další.

V druhé části práce autor vybírá konkrétní metodu založení a aplikuje ji při výpočtu reálné konstrukce. Tato druhá část má sloužit jako aplikace znalostí z teoretické části a zároveň tento výpočet může sloužit jako modelový příklad. Výsledkem by tedy neměl být jen strohý výpočet konkrétního založení určitého stavebního objektu jednou metodou, nýbrž i stručný a srozumitelný přehled dalších možných způsobů založení. Důvodem je zejména to, že nelze říci, že by existoval pouze jediný správný způsob řešení, jediná metoda, kterou by bylo možné použít.

V obecné rovině musí být takovýto návrh dostatečně bezpečný a ekonomický. Tyto aspekty jdou však spíše proti sobě. Z ekonomického hlediska je snaha o co nejlevnější stavbu, z bezpečnostního hlediska snaha o životnost a stabilitu. To bylo důvodem pro vznik národních a dnes i evropských norem, které se snaží o skloubení obou hledisek. Každý geotechnik tak musí mít stále na mysli, že pracuje s přírodním materiálem – horninou (zeminou), která je nehomogenní a tedy statický návrh je stále pouze jen odhadem.

2. GEOLOGICKÉ POMĚRY

Pro stavebního inženýra – geotechnika představuje hornina základovou půdu a základové podmínky jsou často rozhodující hlavně ve volbě konstrukce zakládání, ale následně mají vliv na celou stavbu. Základová půda je v kontaktu se stavebním dílem a můžeme ji dělit na zeminu, která je nezpevněná, a skalní horninu, s pevnými vazbami.

Základem kvalitního návrhu je snaha o co nejpřesnější geologický rozbor. Tento rozbor však musí být i ekonomický vzhledem k náročnosti stavby a geologickým poměrům. Čím je geologický rozbor podrobnější, tím je přesnější, ale také dražší. Přesnost geologického rozboru nám umožní reálnější návrh a tím často uspoří prostředky během realizace. Avšak když vynaložíme velké prostředky za podrobný geologický průzkum a zjistíme, že lokalita či trasa stavby není vhodná, nechceme tyto prostředky ztratit volbou jiné i když vhodnější lokality. Následující podkapitoly tedy popisují oblasti informací, které je vhodné využít jako podklady pro tvorbu inženýrsko-geologického posudku.

2.1. HORNINY DLE GENETICKÉHO HLEDISKA

První oblastí, z které je vhodné mít podkladové informace, je oblast hornin. Horniny dělíme na tři základní kategorie. Horniny magmatické (vyvřelé), horniny sedimentární (usazené) a horniny metamorfované (přeměněné) [1]:

I. HORNINY MAGMATICKÉ (VYVŘELÉ)

- Intruzivní (plutonické, hlubinné)
- Extruzivní (vulkanické, výlevné)

II. HORNINY SEDIMENTÁRNÍ (USAZENÉ)

- Klasické
 - nezpevněné
 - sypké
 - soudržné

- zpevněné
- Biochemické
 - organogenní
 - chemogenní

Zvláštní postavení v klasifikaci hornin:

- Vulkanoklastické horniny
- Reziduální horniny

III. HORNINY METAMORFOVANÉ (PŘEMĚNĚNÉ)

- Kontaktně metamorfované
- Regionálně metamorfované
 - ortobřidlice
 - parabřidlice

GENETICKÁ SKUPINA			MAGMATICKÉ s. l.				SEDIMENTÁRNÍ				METAMORFOVANÉ		GENETICKÁ SKUPINA											
			PYRO-KLASTICKÉ		MAGMATICKÉ s.s.		ÚLOMKOVITÉ (KLASTICKÉ) SEDIMENTÁRNÍ		CHEMICKÉ / ORGANOGENNÍ															
Typická textura			VŠESMĚRNÁ				VRSTVNATÁ				BŘIDLICHNATÁ VŠESMĚRNÁ		Typická textura											
Minerální složení			Nejméně 50% zrn magmatického původu		Křemen, žvce, slidy, tmavé minerály		Žvce, tmavé minerály		Tmavé minerály		Úlomky hornin, křemen, žvce a jílové minerály		Nejméně 50% zrn karbonátů		Soli, karbonáty, silicity, kaustobiolity		Křemen, žvce, slidy, tmavé minerály		Křemen, žvce, slidy, tmavé minerály, karbonáty		Minerální složení			
					Kyselé	Neutrální	Basické	Ultra-basické																
Převládající velikost zrna [mm]	60	Velmi hrubozrná	Zaoblená zrna: AGLOMERÁTOVÝ TUF				PEGMATIT				Různé	Zrna jsou horninové úlomky		Vápěnc (ne-rostlin)	KALCI-RUDIT	Soli HALIT ANHYDRIT SÁDROVEC		TEKTONICKÁ BREKIE				60		
		Hrubozrná	OSTROHRANNÁ zrna: VULKANICKÁ BREKIE		GRANIT		DIORIT		GABRO			Zaoblená zrna: SLEPENEC											OSTROHRANNÁ zrna: BREKIE	
	2	Středně-zrná	TUF				DOLERIT				Areny	Zrna jsou především úlomky minerálů		KALK-ARENIT	Karbonátové horniny VÁPENEC DOLOMIT		MIGMATIT				2			
		Jemnozrná	Jemnozrný TUF		RHYOLIT		ANDESIT		BASALT			PÍSKOVEC										KALCI-SILTIT		
0,002	Velmi jemnozrná	Velmi jemnozrný TUF								Látky z jílovitě horniny	JÍLOVITO-PRACHOVITÁ BŘIDLICE: šupatelná		ŠÍLOVEC	KŘÍDA (pasel)		Křemě horniny ROHOVEC PAZOUŘEK		MYLONIT				0,002		
	Areny	JÍLOVEC: 50% velmi jemnozrných součástí		KALCI-LUTIT																				

Obrázek 2-1: Pomůcka k pojmenování hornin pro inženýrské účely [2]

2.2. PODZEMNÍ VODA

Další oblastí informací jsou informace o stavu podzemních vod. Tyto informace řeší hladinu těchto vod, její tlak a vlastnosti vody. Hladina podzemní vody je horní ohraničení zvodně, což je horninové prostředí obsahující vodu. Dle tlaku dělíme hladiny na volnou a napjatou. Hladina volná má tlak srovnatelný s tlakem atmosférickým, hladina napjatá má tlak vyšší než je tlak atmosférický. Vzdálenost povrchu země od hladiny podzemní vody je hloubka podzemní vody. Při průzkumu slabě napjatých vod rozeznáváme naraženou hladinu, hloubku při navrtání a hloubku ustálenou, která se měří po 24h.

Důležitou vlastností vody je agresivita. Rozeznáváme agresivitu síranovou, kterou způsobují minerály obsažené v horninách. Dalším typem je agresivita uhličitá, vyvolaná rozkladem organických látek. Posledním typem je voda hubená, což je vlastně voda destilovaná, která vyluhuje soli. Za agresivní vodu lze považovat také tu, která má nízké nebo vysoké pH. Podle míry agresivity můžeme podzemní vody dělit na lehce, středně nebo silně agresivní.

2.3. ARCHIVNÍ PODKLADY

Další důležitou oblastí informací, kterou lze pro tvorbu inženýrsko-geologického posudku využít, jsou archivní podklady, které lze nalézt v Geofondu Praha. V rámci tohoto geofondu jsou ze zákona povinně shromažďovány informace o všech sondách, které byly na území republiky provedeny. Z něj tedy můžeme získat přehled o sondách provedených v okolí stavby, a z těch posléze vyčíst, jaké geologické poměry jsou v blízkosti uvažované stavby.

2.4. GEOMORFOLOGICKÉ A KLIMATICKÉ POMĚRY

Geomorfologické a klimatické poměry jsou taktéž důležitým aspektem při plánování konstrukčního řešení konkrétní stavby. Na území České republiky zasahují dva geomorfologické celky Karpatská soustava a Český masív. Ten se dále dělí na subprovincie Šumavskou, Krušnohorskou, Krkonošsko-jesenickou, Poberounskou,

Česko-moravskou, Českou tabuli. Český masív formovaly dvě zásadní orogeneze, kadomský a variánský. Karpatská soustava, rozkládající se ve východní části Moravy, obsahuje tyto subprovincie: Vněkarpatské sníženiny a Vnější západní Karpaty. Na území České republiky ještě okrajově zasahují dva další geomorfologické celky, Vídeňská pánev (oblast Břeclavska na jižní Moravě) a Středopolské sníženiny (Opavsko na severní Moravě). Dále se tyto oblasti dělí do menších podoblastí.

V rámci zkoumání geomorfologických a klimatických poměrů se zabýváme nadmořskou výškou, situováním parcely v krajině (svah, údolní, nížina a další) a počtem dní mrazu. V České republice máme pro tyto informace rozsáhle zpracované mapové podklady.



Obrázek 2-2: Geomorfologické celky ČR [3]

2.5. GEOLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY

Jak bylo uvedeno výše, na území České republiky zasahují dva celky, Český masív a Karpatská soustava. Avšak pro přesné určení geologických poměrů je potřeba provést vrtané či kopané sondy, v rámci kterých jsou odebrány vzorky horniny nebo zeminy. Rozsah geologického průzkumu by měl zaručit naši prostorovou představivost o geologických poměrech, popřípadě výšce a druhu podzemní vody (hladina volná či napjatá, chemické vlastnosti atd.).

2.6. KLASIFIKACE ZEMIN PRO ZAKLÁDÁNÍ STAVEB

Stejně tak, jako je důležité získat informace o horninách, je důležité být při zakládání staveb dobře a podrobně informováni o základové půdě. Zeminy se skládají ze třech fází – pevné, plynné a kapalné [4]. ČSN 73 1001 rozděluje zeminy na 3 základní skupiny [5]:

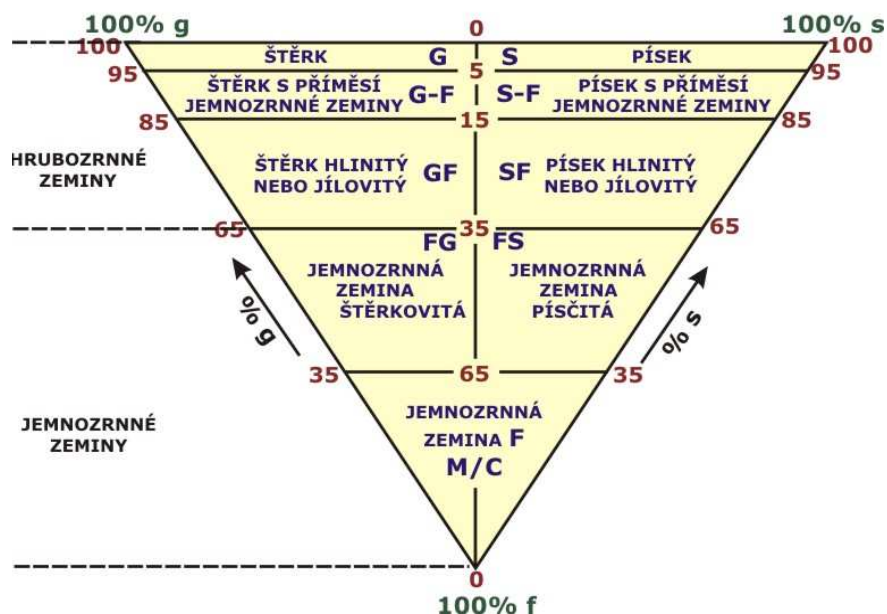
- skupina F zeminy jemnozrnné (F1-F8)
- skupina S zeminy písčité (S1-S5)
- skupina G zeminy štěrkovité (G1-G5)

	Frakce	Označení	Velikost částic [mm]
jemné částice f	jílovitá	-c-	0,002
	prachovitá	-m-	0,002 – 0,06
	písčitá	-s-	0,06 – 2
hrubé částice	štěrkovitá	-g-	2 – 60
	kamenitá	-cb-	60 – 200
velmi hrubé částice	balvanitá	-b-	> 200

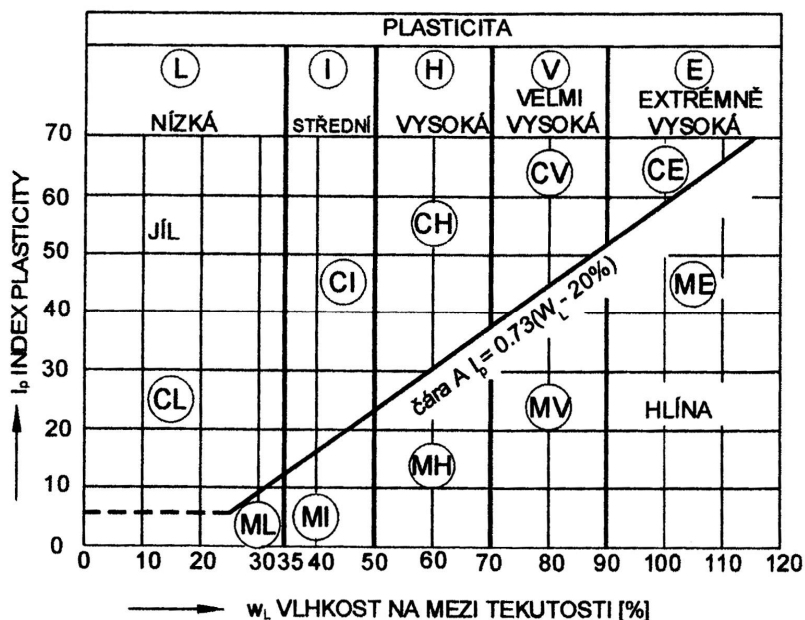
Symboly		
jemnozrnné zeminy	F	(fine soil)
jíl	<u>C</u>	(clay)
hlína	<u>M</u>	(mould)
hrubé zeminy		
písek	<u>S</u>	(sand)
štěrk	<u>G</u>	(gravel)
velmi hrubé zeminy		
kameny	<u>Cb</u>	(cobbles)
balvany	<u>B</u>	(boulders)

Obrázek 2-3: Klasifikace zemin pro zakládání staveb [6]

Zatřídění zemin můžeme provést dle Trojúhelníkového diagramu pro částice do 60 mm. Soudržné zemin y pak dále dělíme dle Casagrandeho diagramu plasticity.



Obrázek 2-4: Trojúhelníkového diagramu pro částice do 60 mm [7]



Obrázek 2-5: Diagram plasticity pro jemnozrnné zemin y [8]

2.7. GEOTECHNICKÉ KATEGORIE

Poslední zmiňovanou oblastí jsou geotechnické kategorie. Norma ČSN EN 1997-1 určuje 3 geotechnické kategorie. Kritériem pro určení geotechnické kategorie je míra rizika, kterou zakládání daného objektu v příslušných geotechnických poměrech představuje [9]:

1. GK: jednoduché stavby (běžné plošné základy rodinných domů, zemědělských objektů, patky zatíženy max. 250 kN pásy 100 kN/m opěrné zdi do 2 m) a známé a jednoduché geologické poměry. Výkop nad hladinou podzemní vody.

2. GK: běžné konstrukce bez abnormálních rizik, geologické poměry lze vystihnout běžnými metodami. Musí být proveden statický výpočet. Jsou to např. piloty složité základy, opěrné zdi, tunely v nerozpukaných horninách, násypy.

3. GK: náročné stavby s abnormálními riziky. Kde hrozí seismická, netypické stavby, nevhodné základové poměry je nutno prokázat mezní odolnost pro různé zatěžovací stavy.

3. MOŽNOSTI ZALOŽENÍ

Základní rozdělení způsobu založení je na plošné zakládání a hlubinné zakládání. V posledních letech se také uplatňuje speciální zakládání kombinující oba principy – zakládání na hloubkově zlepšených zeminách.

Mezi plošné základy patří patky, pásy, rošty, desky a prostorové konstrukce. Patky jsou vhodně využívány u skeletových konstrukcí (patka pod sloupem). Když jsou patky velké, je vhodné je spojit a vytvořit tak pásy. Tyto konstrukce jsou vhodné také pod stěnami. Když se pásy kříží, vzniká další typ plošného základu, kterým je rošt. Když je však šířka a hustota roštu velká je vhodnější zakládat spíše na monolitické základové desce. Posledním typem jsou prostorové konstrukce, které je vhodné využít tehdy, pokud chceme získat sklepní prostory.

Další možnost, jak založit objekt, je pomocí hlubinných základů. Zatímco plošné základy přenáší zatížení horizontální plochou, hlubinné jej přenáší hlavně plochou vertikální. Základní dělení můžeme provést na piloty, mikropiloty, podzemní stěny, studně a kesony. Piloty jsou masivnější dlouhé sloupy (průměry se obvykle pohybují v rozmezí od 0,6 - 3,0 m), průřez je obvykle kulatý, ale někdy se lze setkat i s průřezem hranatým. Mikropiloty jsou štíhlé prvky. Jejich výhodou je prostorová nenáročnost techniky. Dalším typem jsou podzemní stěny, sloužící mnoha účelům avšak jsou konstrukčně náročnější. Archaickými typy jsou stavební studny a kesony. Způsob výstavby stavebních studen je stejný jak pro studny na vodu. Kesony byly dříve využívány zejména pro stavbu mostních pilířů, dnes se však využívají bezpečnější technologie.

Vysoce moderním způsobem zakládání i na nekvalitních zeminách je speciální zakládání pomocí hloubkového zlepšování zemin. Mezi základní typy zlepšování zemin patří míchání zeminy s cementem či vápnem, šterkové pilíře či zrychlení konsolidace pomocí pěchování, geodrénů či zmrzováním. Vždy je však třeba mít na paměti, že při zakládání na zlepšené zemině uvažujeme s plošným zakládáním na zemině a tato zemina se skládá ze dvou nehomogenních částí (například šterkový pilíř a zemina).

3.1. PLOŠNÉ ZÁKLADY

Prvotní zakládání staveb probíhalo bez základů, čímž docházelo k poruchám stěn a pilířů. K eliminaci poruch se základy rozšířily a prohloubily. Plošné základy mají většinou vodorovnou spáru. Hloubka založení se volí tak, aby zemina byla dostatečně únosná (stlačitelnost) a zároveň musí být chráněna před mrazem (min. 0,8m), bobtnáním či vysycháním.

Pokud by zatížení od sloupů či stěn horní stavby bylo přenášeno přímo do základové půdy jen jejich malou plochou na styku se zeminou, mohlo by docházet k zaboření celé konstrukce. Z tohoto důvodu se pro zajištění stability stavební konstrukce budují základy. Základy musí svými rozměry a vlastnostmi umožnit roznos zatížení tak, aby konstrukce byla stabilní, a aby byly splněny požadavky mezního stavu únosnosti a použitelnosti.

3.1.1. *Patky*

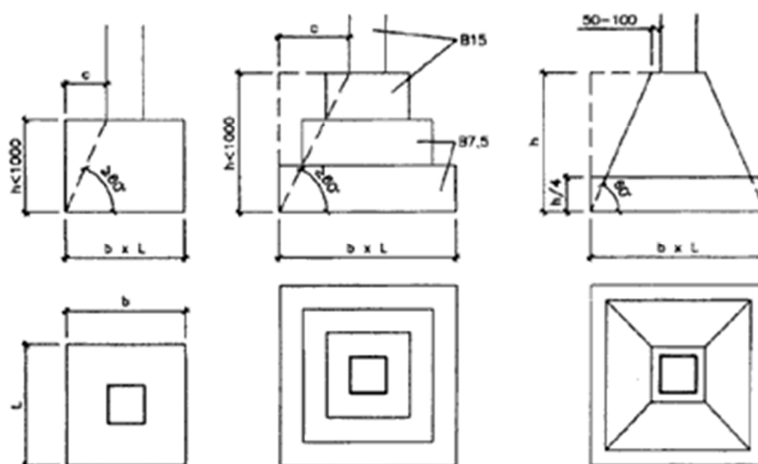
Základové patky patří mezi nejrozšířenější způsoby založení budov hlavně skeletové konstrukce. Jsou velmi oblíbené pro svoji snadnost provádění.

Základové patky můžeme rozdělovat dle technologického hlediska na montované a monolitické. U montovaných je největší výhodou kvalita betonu či přesné umístění výztuže. Mezi nevýhody patří nutnost prefabrikát dovážet z výrobní haly. Patka se poté osadí pomocí jeřábu do připraveného lože ze štěrku či hubeného betonu. Přesnost osazování musí být co nejpřesnější z důvodu nerovnoměrného sedání. Je třeba brát zřetel také na to, že díky rozlišným základovým poměrům a zatížení nemůže být návrh únosnosti patky nikdy minimalistický. Je to dáno také tím, že výrobci jsou schopni dodat pouze omezené množství rozměrů.

Monolitické patky se vyrábějí jak z prostého betonu, tak i z betonu železového. Na železobetonové patky používáme bednění a budují se na podkladní beton. Patky z prostého betonu můžeme provádět buď jako železobetonové, nebo přímo do výkopu. Mezi nejčastější napojení horní stavby patří napojení pomocí výztuže, která je vytažená přes pracovní spáru (horní povrch) patky. Další možností napojení je vytvoření kalichu,

do kterého se osazují prefabrikované prvky horní stavby. Mezi archaické typy patek patří patky vyskládané z cihel či kamene.

Patky mohou být rozličných tvarů, jak lze vidět na obrázku č. 6. Nejčastěji se setkáváme s půdorysem tvaru čtverce, obdélníku, zřídka i kruhu. Patky bývají nejčastěji jednostupňové, ale objevují se i dvou a vícešupňové, počet stupňů ovlivňuje hloubka založení.



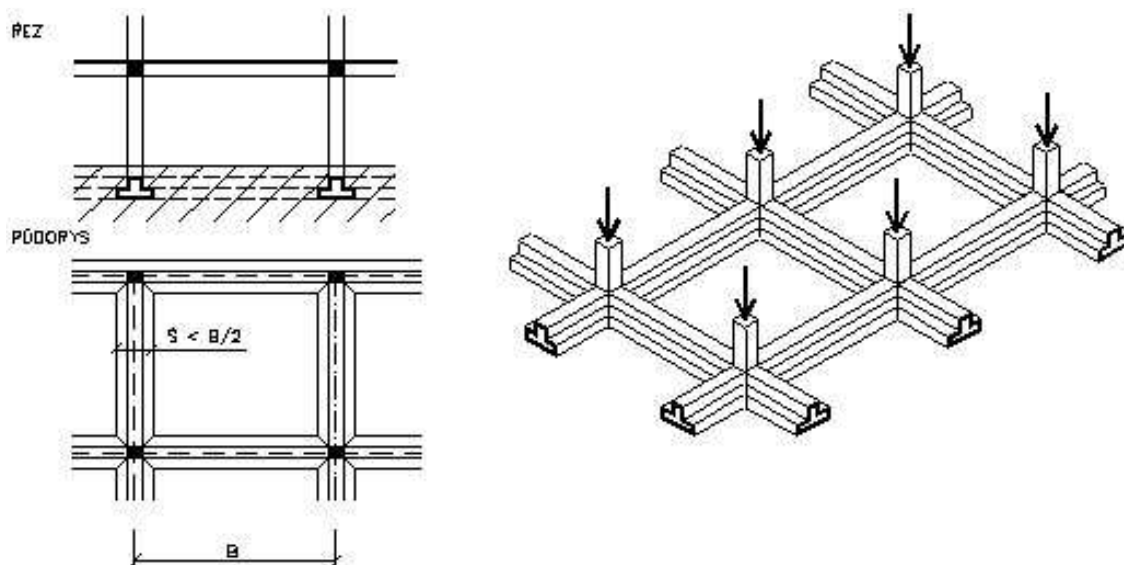
Obrázek 3-1: Tvary patek [10]

3.1.2. Základové pasy a rošty

Pasy, liniový prvek zakládání navrhují se tam, kde by se již nevyplatilo navrhovat patky, protože jejich rozměr by musel být natolik velký, že by byli již velmi blízko u sebe. Pasy se využívají v případě, že sloupy mají malou osovou vzdálenost nebo při kombinaci zatížení sloupy a stěnou. Základové pasy mají vyšší tuhost než patky, a to využíváme pro stavby, kterým hrozí nerovnoměrné sedání.

Křížením základových pasů získáváme základové rošty. Díky základovým roštům jsou konstrukce ještě tužší než pasy. Tento způsob zakládání využíváme u málo únosných zemín, kde hrozí zaboření či nerovnoměrné sedání. Vhodné jsou v územích poddolovaných a v územích s nebezpečím sesuvů.

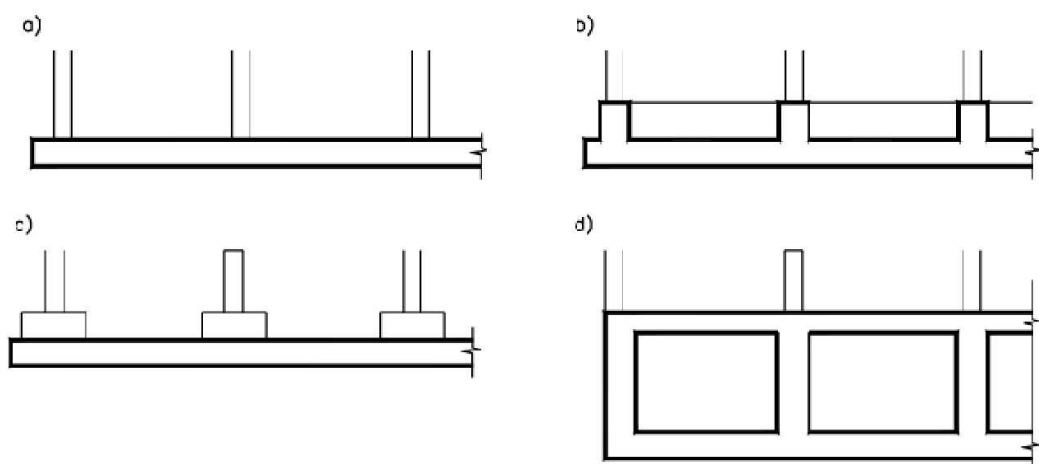
Obdobně jako u patek mohou být pasy a rošty monolitické i montované. Obvykle bývají železobetonové, ale můžeme se setkat i s pasy a rošty z prostého betonu či jejich kombinace. Tvary jsou patrné z obrázku č. 7.



Obrázek 3-2: Základové rošty [11]

3.1.3. Desky

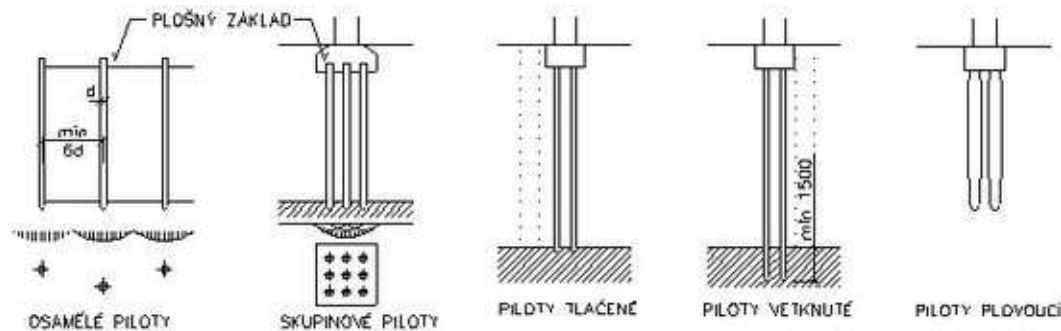
Dalším zvětšováním půdorysných rozměrů roštu získáváme souvislý plošný základ - základovou desku. V plošném zakládání můžeme mluvit o nejdražším řešení založení. Výhodou desky je nižší kontaktní napětí v základové spáře, dále souvislá tuhost desky a omezení nerovnoměrného sedání. Velikou výhodou je také snadné provádění celoplošné izolace proti vodě, proto se desky mohou navrhovat u budov, které mají hladinu podzemní vody nad základovou spárou. Další výhodou je snadné provedení bednění. Tvary desek jsou uvedeny na obrázku č. 8. Pod sloupy je možné využít hřibových hlavic, a takto přenést napětí, od kterého by hrozilo propíchnutí. Základovou desku můžeme vyztužit žebry. Tuhým spojením základové desky, svislých konstrukcí a vodorovných konstrukcí (stropu), získáme velmi tuhou krabicovou konstrukci. Opatříme-li tuto krabicovou konstrukci stavební chemií, stává se vhodnou pro zakládání pod hladinou podzemní vody.



Obrázek 3-3: Tvary základových desek: a) konstantní tloušťka b) vyztuženo roštem c) tvar obráceného hříbového stropu d) krabicový základ [12]

3.2. HLUBINNÉ ZAKLÁDÁNÍ

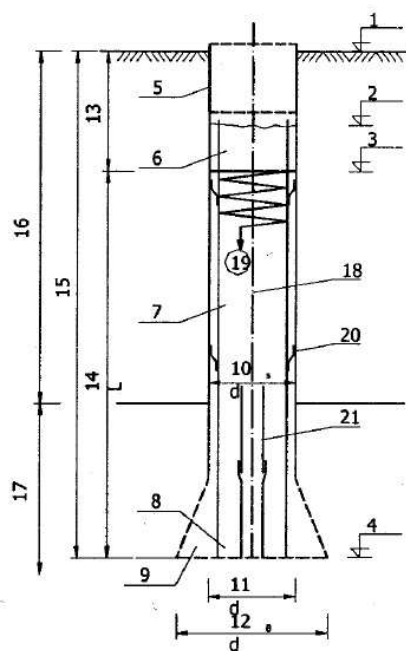
Volba hlubinného zakládání přichází na řadu, když plošné zakládání je neekonomické, nevhodné na provádění a zejména tehdy, když zemina není dostatečně únosná. V neúnosné zemině dochází k nadměrnému či nerovnoměrnému sedání. Vliv nadměrného stlačení horních vrstev eliminuje hlubinné zakládání. Pod označením hlubinné zakládání si představujeme vertikální konstrukce, které přenášejí zatížení od horní stavby do hlubších a únosnějších vrstev základové půdy. Všeobecně lze říci, že tyto konstrukce mohou být do únosných vrstev vetknuté, mohou být o ně opřené nebo jsou plovoucí. Zatížení se tak přenáší plášťovým třením (plášť nesmí být hladký). Základní dělení hlubinného zakládání je na studně, kesony, podzemní stěny, mikropiloty a piloty, dále kotvy a injektáže.



Obrázek 3-4: Usazení pilot v základové půdě [13]

3.2.1. Piloty

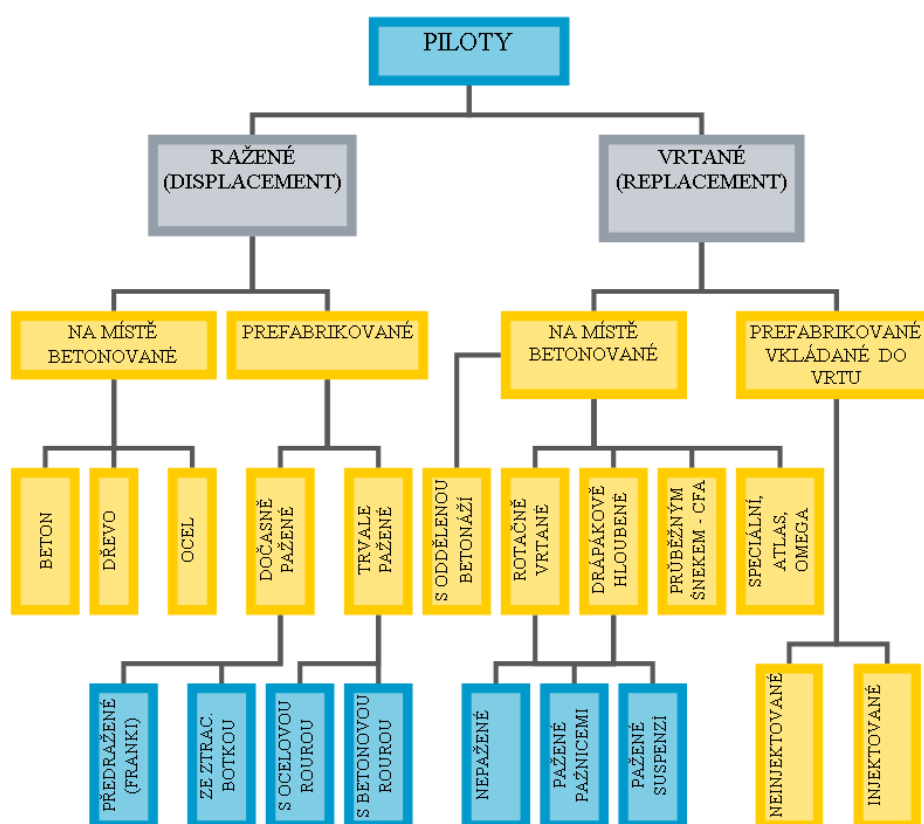
Piloty jsou svislé či šikmé prvky sloupového charakteru, nejčastěji kruhového průřezu (ale mohou být i tvaru čtverce či obdélníku). Jednotlivé části piloty jsou znázorněny na obrázku č. 10. Nejčastěji jsou piloty vyráběny z betonu, železobetonu, šterku či oceli. Vyrábí se mimo stavbu jako prefabrikát, a poté se dováží na místo zabudování. Dále máme piloty budované přímo na stavbě. Funkce piloty spočívá v přenosu zatížení od horní stavby pomocí pláště a paty do základové půdy. Piloty jsou dnes nejrozšířenějším způsobem hlubinného zakládání, což je dáno jejich příznivou cenou, která klesla díky masovému rozšíření technologie a čím dál výkonnějším vrtacím soupravám.



Vrtané piloty – označení a názvosloví: 1-pracovní plošina, 2-úroveň betonáže, 3-projektovaná hlava piloty (úroveň odbourání), 4-počva vrtu (základová spára piloty), 5-úvodní pažnice, 6-hlava piloty, 7-dřík piloty, 8-pata piloty, 9-rozšíření paty piloty, 10-průměr dříku piloty d_s , 11-průměr piloty d , 12-průměr paty piloty d_B , 13-hluché vrtání, 14-délka piloty L , 15 – hloubka vrtu, 16-neúnosná zemina, 17-únosná zemina, 18-osa piloty, 19-výztužný armokoš, 20-distanční prvek, 21-betonážní, nebo sypáková roura

Obrázek 3-5: Části piloty [9]

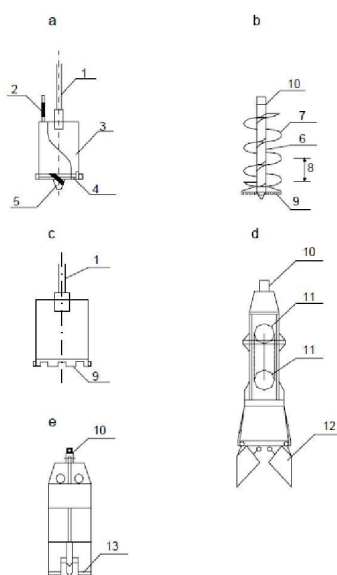
Piloty přenášející zejména tlakové napětí, ale mohou přenášet i napětí tahové nebo příčné. Materiál, ze kterého jsou piloty vyráběny, je zejména beton, železobeton, ale můžeme se setkat i s pilotami z přepjatého betonu či oceli. Pro výrobu bylo dříve užíváno i dubové dřevo. Podle průměrů dříku piloty je můžeme členit na maloprofilové 0,3 m – 0,6 m a velkoprofilové od 0,6 m do 3,0 m. Dělení podle technologie je znázorněno na následujícím grafu (graf č. 1). Ražené piloty – displacement, jsou takové piloty, při kterých během výroby nedochází k výměně zeminy. Piloty jsou do zeminy zaráženy, čímž se okolní zemina zhutní, a to přispívá k únosnosti pilot. Při replacement technologii – vrtaných pilotách, je zemina vytěžena a nahrazena materiálem piloty. Velkou pozornost musíme věnovat vyčištění paty piloty. Při ponechání zeminy by mohlo docházet k nadměrnému sedání. V České republice hlavní objem při výrobě pilot spadá na vrtané piloty typu replacement, a to přes 80%. Kolem 10% pak připadá na Franki piloty – displacement. Tento stav je dán geologií České republiky, která je značně proměnná, a proto zde jsou vrtané piloty díky svojí univerzálnosti nejvíce využívány. [14]



Graf 3-1: Dělení pilot dle technologie provádění. Srov. [9]

3.2.1.1. Technologie provádění vrtaných pilot

Vrtané piloty jsou konstrukce, které v zemině provádíme pomocí vrtání a těžení. Tak vznikne nosný dřík, kterým pilota přenáší zatížení do základové půdy. Postup provádění začíná přípravnými pracemi. Do přípravných prací patří zejména srovnání území, vytyčení polohy piloty, příprava staveniště či transport vrtné soupravy. Po dokončení přípravné fáze probíhá samotné vrtání, které se provádí nejčastěji technologií rotačně náběhového vrtání. Další využívanou technologií je drapákové hloubení. Nevýhodou této technologie je její vyšší časová náročnost, ale například v balvanitých zeminách je její využití více méně nutností. Mezi nejvyužívanější vrtné nástroje patří šapa, jinými slovy vrtný hrnec, nebo vrtný šnek. Šapu je vhodné využít zejména v nesoudržných zeminách, které mohou být jak suché tak zvodnělé, a taktéž v prostředí poloskalních hornin. Naopak vrtný šnek se používá v zeminách jemnozrnných. Pokud je třeba provrtat vložky skalních hornin, používáme vrtací korunku. Dalším typem vrtného nástroje je jednolanový drapák, jehož je využíváno zejména pro těžení balvanů. Posledním typem je dláto, které se využívá tehdy, kdy se v podloží vyskytne překážka, kterou je potřeba rozbít. Vrtací nástroje jsou znázorněny na obrázku č. 11, kde je znázorněna a) šapa b) vrtný šnek c) vrtací korunka d) jednolanový drapák e) dláto. [14] Vytěženou zeminu z vrtu můžeme buď přímo odvážet nákladními auty, nebo je sypána na okolní terén a nakládá se až dodatečně.



Obrázek 3-6: Vrtací nástroje [14]

Při provádění vrtu vlastnosti základové půdy rozhodují o tom, zda se bude jednat o vrt pažený nebo nepažený. Nepažený vrt je možno provést tehdy, pokud v průběhu provádění vrtu zůstávají steny i dno vrtu stabilní. To znamená, že nedochází k zapadávání vrtu okolní zeminou ani k prosakování spodní vody. Pokud se objeví jeden z těchto problémů, je třeba přistoupit k okamžitému pažení. Stejně tak by měly být paženy ty vrty, jejich průměr je větší než 1 m, a to alespoň úvodní pažnicí. Vrt je obvykle pažený pomocí ocelové pažnice či jílové suspenze. K pažení se používají černé varné ocelové roury nebo speciální spojovatelné ocelové pažnice. K jejich zavrtávání dochází současně s vrtáním otvoru pro pilotu nebo dokonce s předstihem. Zavrtávání je prováděno samotnou vrtnou soustavou. Pro usnadnění je pata pažnice osazena pažnicovou korunkou, díky níž je zajištěna snadnější prostupnost zeminou. Chceme-li pažit jen horní část vrtu, můžeme využít pažení pomocí varných rour. Při použití tohoto typu pažení se obvykle využívá maximálně dvou etází.

Při pažení se můžeme rozhodnout také pro využití pažení pomocí pažící suspenze. Tu je třeba v rozpalovači připravit z vody, jílu a dalších přísad, jejichž cílem je zamezit koagulaci (např. Lovosa) nebo ztekucení (např. pyrofosforečnan sodný). Stabilita stěn vrtu je v tomto případě zajištěna ochranným filtračním koláčem, který se ze suspenze vytvoří díky jejím vlastnostem - tixotropii (plastická „binghamova“ kapalina). Díky této vlastnosti může suspenze opakovaně přecházet mezi skupenstvím kapalným a gelovitým. Samotné pažení touto technologií pak probíhá přiváděním suspenze do oblasti vrtu. Sloupec hladiny suspenze ve vrtu musí být dostatečně vysoký, aby tak nedocházelo k odpadávání zeminy zpět do vrtu.

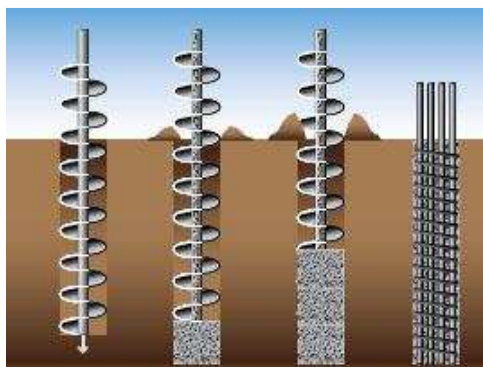
Další etapou je přípravná fáze. V rámci této fáze se snažíme, aby přestávka mezi vrtáním a následnou betonáží byla co možná nejkratší. Před samotnou betonáží se musí pilota očistit, odčerpat případná voda, zkontrolovat vrt a osadit armokoš. Bez výztuže mohou být jen piloty tlačené a takové, které nejsou v zeminách náchylných na ztrátu stability.

Betonáž pilot za sucha se provádí pomocí betonážní roury s násypkou. Při betonáži za mokra se beton ukládá pomocí sypákové roury. Ta je spuštěna na dno vrtu opatřena zátkou. Betonáž probíhá postupně od spodu nahoru za současného čerpání

suspenze. Ocelové pažnice pažených pilot se vytahují až po dokončení betonáže nebo v jejím průběhu, ale musí být dostatečně velký sloupec betonu zamezující promíchání zeminy s betonem. Na závěr dochází k odbourání hlavy piloty, které musí být šetrné, aby jí nedošlo k poškození zbytku piloty. Při dokončování piloty dochází také k úpravám výztuže, kdy dochází k narovnání výztuže, popřípadě k nahrazení, pokud je výztuž výrazněji poškozená. Poté dochází k betonáži hlavy piloty. Tato fáze je velmi důležitá, protože přes hlavu piloty dochází k jejímu propojení se zbytkem konstrukce. Použitý beton musí být dostatečné kvality. U skeletových konstrukcí upravujeme hlavu piloty pomocí kónického kalicha, který slouží k přímému osazení sloupu nad základové konstrukce. [14]

Beton pro výrobu pilot musí mít specifické vlastnosti. Mezi ně patří vysoká odolnost proti rozměšování, vysoká plasticita, schopnost samozhutnění a správnou zpracovatelnost jak pro jeho samotné ukládání, tak i vzhledem k nutnosti následného odstraňování pažení. Třída betonu se pohybuje mezi C16/20 až C30/37, avšak vyšší třídy betonu nemají dostatečné opodstatnění, protože při výrobě pilot nelze jejich vlastnosti vysoké pevnosti dostatečně využít a jsou proto z ekonomického hlediska neefektivní. Pokud je třeba ovlivnit některou z vlastností betonu, je možné využít některé z přísad, jakými jsou například plastifikátory, superplastifikátory, zpomalovače tuhnutí či provzdušňovací přísady.

Speciální druh vrtaných pilot je technologie CFA. Vrtání se provádí průběžným šnekem, což je velmi efektivní metoda, u které navíc není potřeba pažení. Šnek CFA piloty se nejdříve zavrtá na projektovanou hloubku. Následně začne betonáž pomocí středové roury. Při betonáži se šnek nesmí otáčet, nebo jen ve směru vrtání. Po betonáži se okamžitě odklidí nakupená zemina i s přebytečným betonem a zapouští se armokoš, který je na spodním okraji konický. Zapouští se nejdříve vlastní tíhou, poté přtlakem. Armokoš se při zapouštění nesmí vibrovat.

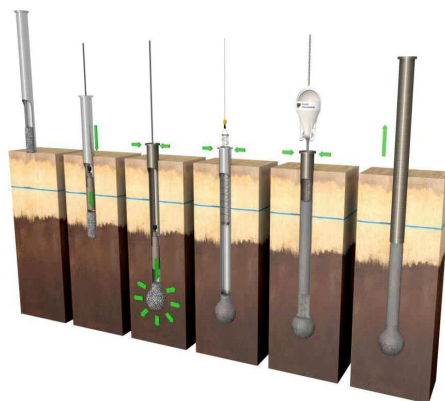


Obrázek 3-7: Provádění CFA pilot [15]

3.2.1.2. Technologie provádění ražených pilot

Ražené piloty mohou být na místě betonované a prefabrikované. Od provádění prefabrikovaných pilot se u nás téměř upustilo z důvodu složitých základových poměrů v ČR. Mezi další nevýhody této technologie patří poničená hlava piloty (komplikace u prefabrikovaných i ocelových konstrukcí) a problém se zarážením u skupinových pilot. Provádí se zejména beraněním, vibrováním a zřídka šroubováním.

Franki piloty jsou v České republice nejrozšířenější technologií ražených na místě betonovaných pilot. V první fázi se nejprve razí kruhový otvor pomocí silnostěnné razicí roury beraněním, vibrováním či šroubováním. Poté se vyrazí zátka, čímž vznikne rozšířená pata. Následně probíhá osazení armokoše a betonáž. Ponecháme-li ve vrtu rouru, hovoříme o trvale pažených pilotách. Opačným příkladem jsou piloty dočasně pažené, kdy se razicí roura vytahuje. Ražené piloty jsou menších průřezů, zato se vyznačují velikou únosností.



Obrázek 3-8: Provádění Franki pilot [16]

Zatížení piloty: V_{vd}

Dle plochy a délky piloty a dále únosnosti zeminy stanovíme únosnost paty piloty, podle vztahu (3-2):

$$U_{bd} = k_1 \cdot A_s \cdot R_d \quad (3-2)$$

Součinitel vyjadřující zvětšení únosnosti vlivem délky L piloty k_1

$$k_1 = 1 \quad \text{pro } L \leq 2 \text{ m}$$

$$k_1 = 1,05 \quad \text{pro } 2 \text{ m} < L \leq 4 \text{ m}$$

$$k_1 = 1,10 \quad \text{pro } 4 \text{ m} < L \leq 6 \text{ m}$$

$$k_1 = 1,15 \quad \text{pro } L \geq 6 \text{ m}$$

Plocha paty: A_s

Únosnost zeminy pod patou piloty: R_d

Výpočet únosnosti zeminy R_d se provede dle vzorce (3-3).

$$R_d = 1,2 \cdot c \cdot N_c + (1 + \sin\varphi_u) \cdot \gamma_1 \cdot L \cdot N_d + \gamma_2 \cdot d/2 \cdot N_b \quad (3-3)$$

$$N_c = 2 + \mu \quad \text{pro } \varphi = 0$$

$$N_c = (N_d - 1) \cdot \cotg\varphi \quad \text{pro } \varphi > 0$$

$$N_d = \text{tg}^2(45 + \varphi/2) \cdot e^{(\pi \cdot \text{tg}\varphi)}$$

$$N_b = 1,5 \cdot (N_d - 1) \cdot \text{tg}\varphi$$

Návrhová únosnost na plášti je dána délkou, průměrem a třením na plášti piloty. Stanoví se podle vztahu (3-4).

$$U_{fd} = \sum \pi \cdot d_i \cdot h_i \cdot f_{si} \quad (3-4)$$

Průměr piloty v i-té části: d_i

Hloubka i-té části: h_i

Plášťové tření i-té části: f_{si}

Plášťové tření vypočítáme dle vztahu (3-5)

$$f_{si} = \sigma_{xi} \cdot \text{tg}(\varphi / \gamma_{r1}) + c / \gamma_{r2} \quad (3-5)$$

Kontaktní napětí v i-té části, dle vzorce (3-6):

σ_{xi}

$$\sigma_{xi} = k_2 \cdot \sigma_{ori} \quad (3-6)$$

Geostatické napětí v hloubce h_i :

σ_{ori}

Součinitel bočního zemního tlaku na plášti piloty k_2

$$k_2 = 1,0 \quad z \leq 10 \text{ m}$$

$$k_2 = 1,2 \quad z > 10 \text{ m}$$

Vliv technologie provádění pilot vyjadřuje součinitel podmínek působení γ_{r1}

- betonáž piloty do suchého nezapaženého vrtu do soudržných zemin

$$\gamma_{r1} = 1,0$$

- betonáž piloty do suchého nezapaženého vrtu do nesoudržných zemin a poloskalních hornin

$$\gamma_{r1} = 1,1$$

- betonáž piloty do vrtu zapaženého ocelovou pažnicí a pod vodou

$$\gamma_{r1} = 1,2$$

- betonáž piloty do vrtu zapaženého pažicí suspenzí

$$\gamma_{r1} = 1,25$$

- betonáž piloty sekundárně chráněné folií umělé hmoty tloušťky 0,25 mm

$$\gamma_{r1} = 1,5$$

- betonáž piloty sekundárně chráněné folií umělé hmoty při průměru $d > 2 \text{ m}$

$$\gamma_{r1} = 1,6$$

Hodnoty součinitele podmínek působení základové půdy γ_{r2} jsou následující:

$$\gamma_{r2} = 1,3 \quad \text{pro } z \leq 1,0 \text{ m}$$

$$\gamma_{r2} = 1,2 \quad \text{pro } 1,0 \text{ m} < z \leq 2,0 \text{ m}$$

$$\gamma_{r2} = 1,1 \quad \text{pro } 2,0 \text{ m} < z \leq 3,0 \text{ m}$$

$$\gamma_{r2} = 1,0 \quad \text{pro } z > 3,0 \text{ m}$$

3.2.2.2. Únosnost pilot dle 2. MS

Únosnost paty je rozhodující pro volbu výpočtu podle druhé skupiny mezních stavů. Je-li pata do kvalitního nestlačitelného skalního prostředí R1 nebo R2 opřena či vetknutá, poté únosnost takové piloty odpovídá únosnosti betonu. Z důvodu náročné betonáže (znečištění betonu piloty zeminou), se uvažuje s pevností betonu v tlaku o 25 –

33% nižší. Zahloubení paty se provádí 0,1 m až 0,2 m. Únosnost opřené piloty vypočítáme dle vzorce (3-7).

$$U_{bd} = 0,8 \cdot A_s \cdot R_{bd} \quad (3-7)$$

Plocha paty piloty: A_s
 Výpočtová pevnost betobu v tlaku: R_{bd}

Deformace betonového dříku a deformace vyvolané smykovým napětím podél piloty a napětím v patě vyvolají celkové deformace, a toto okamžité sedání vypočítáme dle vztahu (3-8).

$$s = I_{sp} \cdot V \cdot L / (A_s \cdot E_b) \quad (3-8)$$

Koeficient sedání opřené piloty viz tabulka č. 1 I_{sp}

Tabulka 3-1: Koeficient sedání opřené piloty I_{sp} [9]

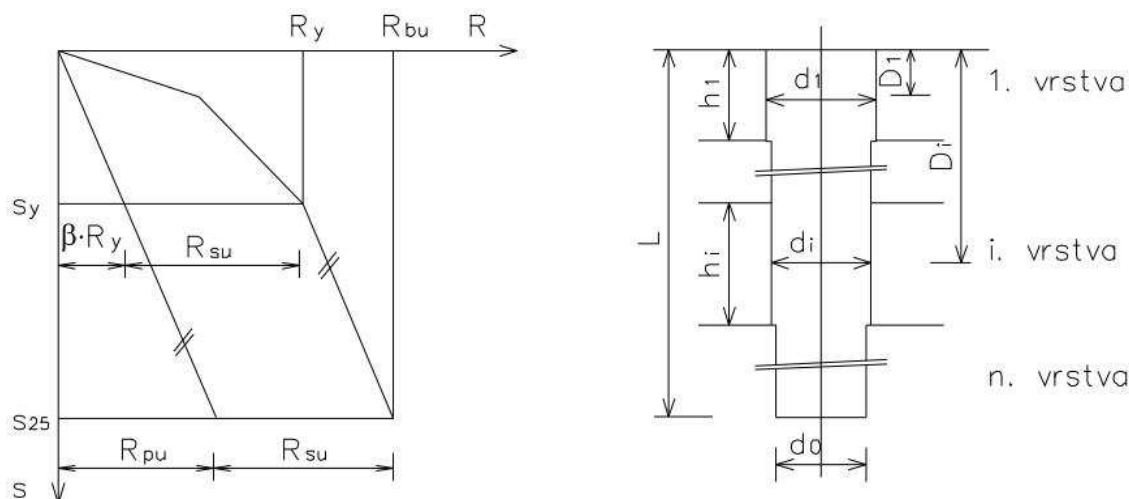
$\frac{K}{L/d}$	100	200	500	1 000	2 000	5 000	10 000
3	0,92	0,97	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00
5	0,88	0,92	0,97	0,98	0,99	1,00	1,00
10	0,75	0,84	0,92	0,96	0,98	1,00	1,00

Tuhost piloty K je poměr modulu pružnosti betonu ku průměrnému sečnového modulu deformace zeminy podél piloty.

$$K = E_b / E_s \quad (3-9)$$

Působící svislá síla: V
 Délka piloty: L
 Plocha paty piloty A_s
 Modul deformace pružnosti betonu: E_b

Výpočtová únosnost pilot budovaných ve stlačitelném podloží se skládá z únosnosti pláště a paty piloty. Na následujícím obrázku č. 15 je znázorněna zatěžovací křivka, podle které se únosnost stanovuje.



Obrázek 3-10: Mezní zatěžovací křivka [9]

Dle vztahu (3-10) uvedeného níže se stanoví únosnost pláště piloty, která je závislá na velikosti plášťového tření, členitosti pláště, rozměrech piloty a druhu zatížení.

$$R_{su} = m_1 \cdot m_2 \cdot \pi \cdot \sum d_i \cdot h_i \cdot q_{si} \quad (3-10)$$

Koeficient druhu zatížení m_1 (provozní zatížení $m_1 = 0,7$; extrémní zatížení $m_1 = 1,0$)

Koeficient vyjadřující vliv povrchu dřívku

m_2

- betonáž do suchého vrtu pod vodou: $m_2 = 1,0$
- betonáž pod pažící suspenzí: $m_2 = 0,9$
- ochrana dřívku fólií PVC, PE tl. přes 0,7 mm: $m_2 = 0,7$
- ochrana dřívku fólií a pletivem B - systému: $m_2 = 0,5$
- ochrana dřívku ponechanou ocelovou pažnicí: $m_2 = 0,15$

Plášťové tření v i-té vrstvě

q_{si}

Plášťové tření se určí podle vztahu (3-11) pomocí regresních koeficientů.

$$q_{si} = a - b/(D_i/d_i) \quad (3-11)$$

Regresivní koeficienty dle tabulky č. 2:

a, b

Tabulka 3-2: Regresivní koeficienty [9]

Zemina Hornina		Regresní koeficienty [kPa]			
		a	b	e	f
poloskalní	R 3	246,02	225,95	2 841,31	1 298,96
	R 4	169,98	139,45	1 616,22	1 155,34
	R 5	131,92	94,96	957,61	703,89
hrubozrnné	$I_D = 0,5$	62,46	16,06	268,11	174,89
	$I_D = 0,7$	91,22	48,44	490,34	445,42
	$I_D = 0,9$	154,03	115,88	1 596,70	1 399,88
jemnozrnné	$I_C = 0,5$	46,39	20,81	197,74	150,22
	$I_C = 0,75$	71,85	64,70	592,67	617,24
	$I_C \geq 1,0$	97,31	108,59	987,60	1 084,26

Hloubka středu i-té vrstvy: D_i

Průměr piloty v i-té vrstvě: d_i

Při plné mobilizaci plášťového tření stanovíme napětí na patě piloty dle vztahu (3-12).

$$q_0 = e - f/(L/d_0) \quad (3-12)$$

Regresivní koeficienty dle tabulky č. 2: e, f

Délka piloty L

Průměr piloty v patě d_0

Pomocí váženého průměru se stanovuje průměrná velikost plášťového tření dřívku piloty dle vzorce (4-13).

$$q_s = (\sum d_i \cdot h_i \cdot q_{si}) / (\sum d_i \cdot h_i) \quad (3-13)$$

Zatížení v hlavě piloty při mobilizaci plášťového tření lze vypočítat dle vzorce (3-14),

$$R_y = R_{su} / (1 - \beta) \quad (3-14)$$

kde koeficient přenosu zatížení do paty piloty β určíme dle vztahu (4-15).

$$\beta = q_0 / (q_0 + 4 \cdot q_s \cdot L / d_0) \quad (3-15)$$

Průměr paty piloty

d_0

Velikost sedání lze vypočítat dle rovnice (3-16)

$$s_y = R_y \cdot I / (d \cdot E_s) \quad (3-16)$$

Průměrný sečnový modul deformace E_s získáme ze vztahu (3-17). Pro jeho určení musíme znát mocnost jednotlivých vrstev h_i a moduly deformace dle následujících tabulek. Vypočítáme jej jako vážený průměr:

$$E_s = (\sum E_{si} \cdot h_i) / (\sum h_i) \quad (3-17)$$

Tabulka 3-3: Sečnový modul deformace E_s horniny poloskalní [9]

h [m]	d [m]								
	0,6			1,0			1,5		
	R 3	R 4	R 5	R 3	R 4	R 5	R 3	R 4	R 5
1,5	50,3	28,2	20,2	72,3	35,0	24,7	85,5	33,5	22,3
3	64,5	43,1	30,8	105,5	57,3	41,0	138,3	58,8	41,2
5	—	58,2	41,3	—	75,3	54,8	—	87,9	63,7
10	—	87,5	61,6	—	114,5	83,2	—	133,0	97,0

Tabulka 3-1: Sečnový modul deformace E_s zeminy hrubozrnné [9]

h [m]	d [m]								
	0,6			1,0			1,5		
	I_D								
	0,5	0,7	0,9	0,5	0,7	0,9	0,5	0,7	0,9
1,5	11,0	13,7	28,3	12,8	15,8	30,6	13,0	15,3	29,0
3	15,5	20,2	44,5	18,4	25,0	47,8	19,4	24,5	52,5
5	18,8	26,6	56,1	22,8	32,5	69,1	24,5	36,0	78,2
10	23,8	36,6	72,1	29,8	47,8	93,4	32,6	54,0	107,3

Tabulka 3-2: Sečnový modul deformace E_s zeminy jemnozrnné [9]

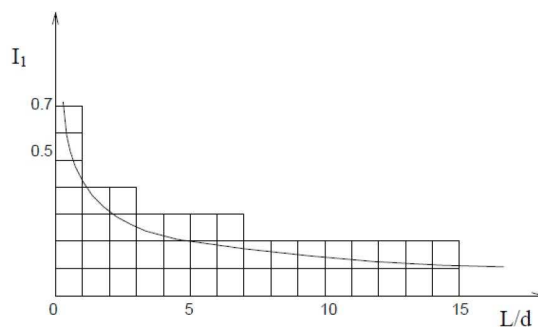
h [m]	d [m]								
	0,6			1,0			1,5		
	I_C								
	0,5	0,75	$\geq 1,0$	0,5	0,75	$\geq 1,0$	0,5	0,75	$\geq 1,0$
1,5	6,9	10,0	13,2	7,9	10,7	13,4	8,6	10,5	12,3
3	10,0	15,5	22,0	12,5	18,6	23,9	13,7	18,4	23,0
5	12,5	21,9	31,2	15,9	25,7	35,4	18,4	27,6	36,7
10	15,5	29,9	44,3	21,3	36,3	51,3	24,6	41,0	57,4

Koeficient sedání I získáme ze vztahu (3-18)

$$I = I_1 \cdot R_k \quad (3-18)$$

Základní příčinkový koeficient sedání piloty dle obrázku č. 16

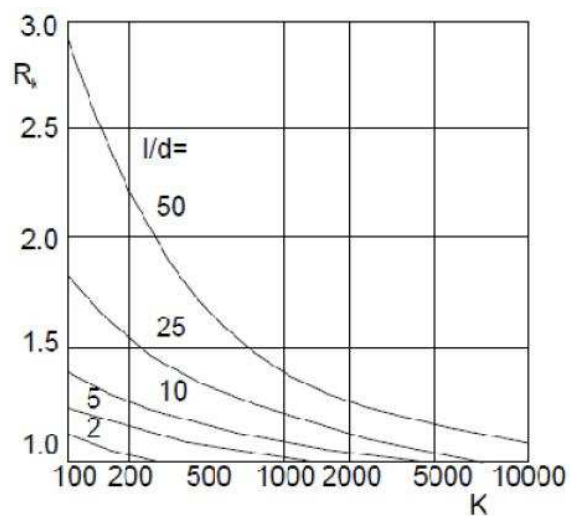
I_1



Obrázek 3-11: Základní příčinkový koeficient [14]

Korelační součinitel určující vliv tuhosti určujeme dle obrázku č. 17

R_k



Obrázek 3-12: Korelační součinitel [14]

Souřadnice (s_y ; R_y) jednoznačně určují první větev mezní zatěžovací křivky. Křivka má tvar paraboly a je určena rovnicí (3-19).

$$s = s_y \cdot (R/R_y)^2 \quad (3-19)$$

Zatížení piloty: R

Sedání piloty: s

Druhá část větve pokračuje za souřadnicemi (s_y ; R_y), tato větev je lineární, působí zde plášťové tření, které už se dále nezvyšuje. V této části narůstá vliv paty na celkovou únosnost. Vztah pro výpočet je uvedený níže (3-20). Limitní sedání piloty nastane v bodě se souřadnicemi (s_{25} ; R_{bu}).

$$s = s_y + (s_{25} - s_y) \cdot (R - R_y) / (R_{bu} - R_y) \quad (3-20)$$

3.2.2.3. Zatížení horizontální silou a momentem

I u pilot zatížených příčnými silami platí, že únosnost lze stanovit zátěžovou zkouškou nebo statickým výpočtem. Pro něj předpokládáme pružně plastické prostředí a v tomto prostředí je pilota vetknuta. V určitém oboru deformací řešíme, jako nosník omezené délky na pružném podkladě. Využíváme Winklerovu hypotézu, kde je lineární závislost mezi napětím a deformacemi.

$$\sigma_z = k_{h,z} \cdot u_z \quad (3-21)$$

Modul vodorovné reakce podloží v hloubce z: $k_{h,z}$

Vodorovná deformace piloty: u_z

Podle typu zeminy určíme modul vodorovné reakce podloží $k_{h,z}$. V soudržných zemínách ho určíme dle rovnice (3-22) a v nesoudržných podle vztahu (3-23).

$$k_h = E_{def} / d \quad (3-22)$$

$$k_{h,z} = n_h \cdot z / d \quad (3-23)$$

deformační modul zeminy	E_{def}
hloubka, jeli $d > 1,0m$ poté $d = 1,0$	d
hloubka zeminy	z
konstanta dle tabulky č. 6	n_h

Tabulka 3-3: Konstanta n_h [14]

Zemina	n_h [MNm ⁻³]		
relativní ulehlost I_D	0,33	0,50	0,90
suchý písek a štěrk	1,5	7,0	18,0
vlhký písek a štěrk	2,5	4,5	11,0

U příčně zatížených pilot vznikají dva druhy deformací v závislosti na vlastnostech půdy, tuhosti piloty a velikosti příčného zatížení:

- tuhé piloty: vlivem zatížení se pilota posunuje a otáčí, osa zůstává přímá
- ohebné piloty: vlivem zatížení se osa piloty deformuje

Podle podepření pilot jako nosníku v zemině rozeznáváme základní typy [14]:

- volná hlava, pevná pata: podepření sloupu osamělou pilotou
- pevná hlava, volná pata: piloty v hlavě vetknuté do základového bloku, jež neumožňují pootočení nýbrž pouze posun
- volná hlava, kloub v patě: zakotvení piloty na malou hloubku do skalního podloží, což neumožní posun v patě
- piloty zatížené jednostranným tlakem: pilotové stěny

3.2.2.4. Výpočet tuhé piloty

Za tuhou pilotu můžeme označit takovou pilotu, která vyhovuje vztahu (3-24).

$$L_{\max} = m \cdot d \quad (3-24)$$

Koeficient závislý na statickém schématu piloty dle tabulek č. 7 a 8. m

Tabulka 3-4: Koeficient m pro soudržné zeminy [14]

Statické schéma	Koeficient m			
totální koheze c_u [kPa]	10	30	60	100
vetknutá hlava, volná pata	6,7	5,5	4,5	3,5
volná hlava, volná pata	10,0	8,0	7,0	6,0
volná hlava, kloub v patě	9,5	7,5	6,0	5,0

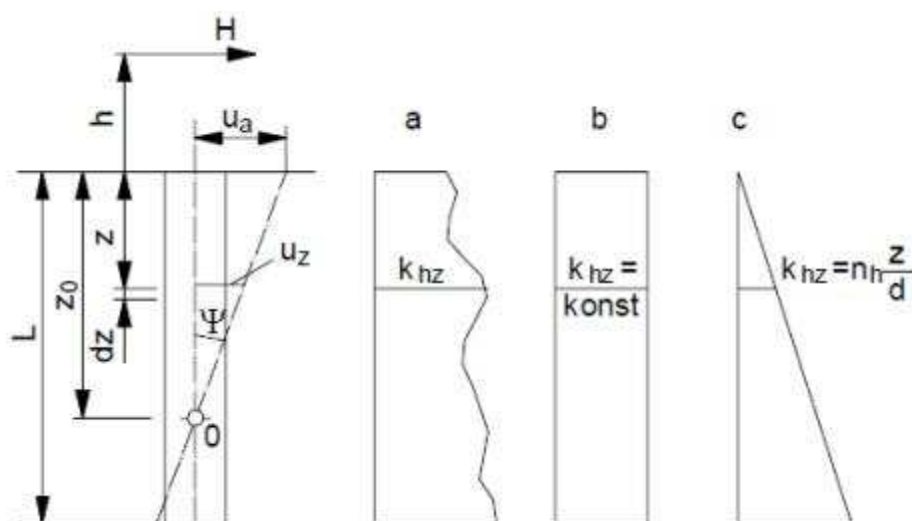
Tabulka 3-5: Koeficient m pro nesoudržné zeminy [14]

Statické schéma	Koeficient m		
relativní ulehlost I_D	0,5	0,7	0,9
vetknutá hlava, volná pata	5,5	4,2	3,2
volná hlava, volná pata	7,0	5,5	4,2
volná hlava, kloub v patě	5,5	4,2	3,2

Na obrázku č. 18 máme znázorněno statické schéma piloty s volnou patou i hlavou. Hledanou polohu bodu O v hloubce z_0 a výsledný posun v hlavě vyřešíme dle rovnic (3-25) a (3-26), vyjadřující silovou a momentovou podmínku rovnováhy. Protože tuhé piloty jsou staticky určitý systém, lze určit posun v hlavě u_s a velikost pootočení střednice ψ , a na základě určení vnitřních sil lze dimenzovat průřez piloty.

$$H - d \cdot u_s / z_0 \cdot \int k_{hz} \cdot (z_0 - z) \cdot dz = 0 \quad (3-25)$$

$$H \cdot (h + z_0) - d \cdot u_s / z_0 \cdot \int k_{hz} \cdot (z_0 - z)^2 \cdot dz = 0 \quad (3-26)$$



Obrázek 3-13: Statické schéma tuhé piloty příčně zatížené [14]

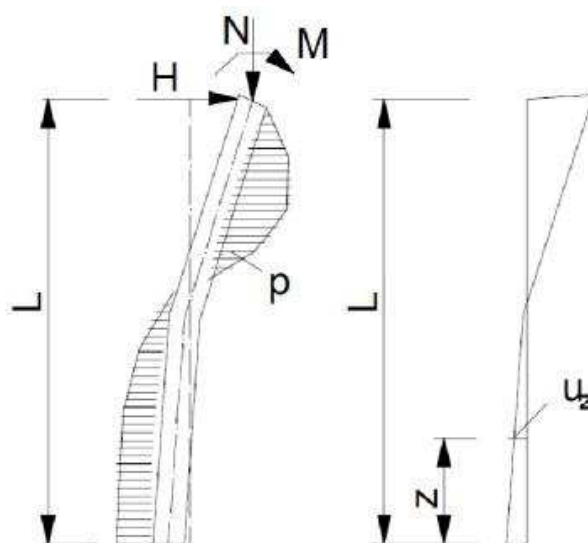
3.2.2.5. Výpočet poddajné piloty

Protože se u ohebné piloty nejedná o staticky určitý systém, nevystačíme s podmínkami rovnováhy. Na obrázku č. 19 je znázorněn tvar ohybové čáry, kterou vypočítáme dle vztahu (3-27).

$$E_b \cdot I \cdot (d^4 u / dz^4) + d \cdot k_{hz} \cdot u = 0 \quad (3-27)$$

Modul pružnosti piloty: E_b

Moment setrvačnosti piloty: I

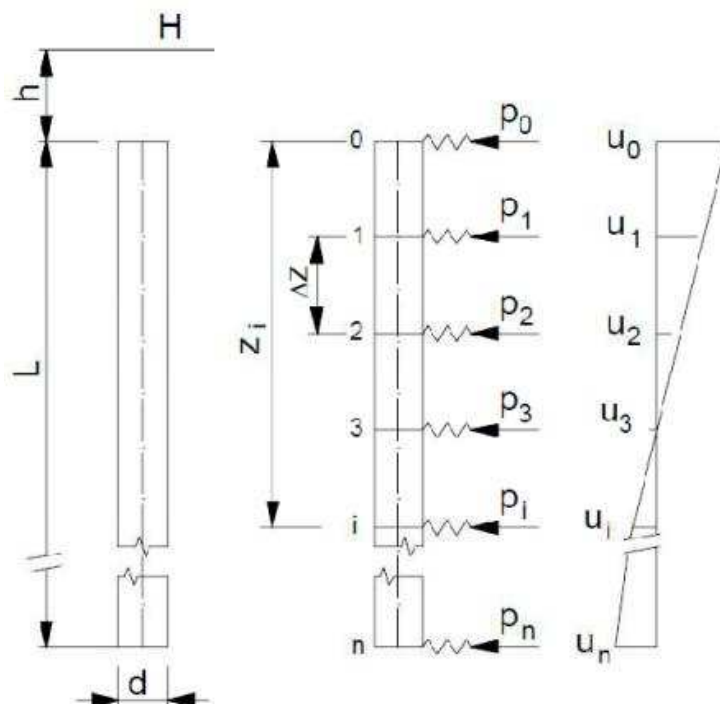


Obrázek 3-14: Deformace poddajné piloty [14]

Po dvojitým integrování rovnice ohybové čáry získáme známý tvar rovnice ohybové čáry nosníku (3-28).

$$E_b \cdot I \cdot (d^2 u / dz^2) = M_z \quad (3-28)$$

Rovnice (3-28) je použitelná jen v určitých případech uložení. Protože základová půda, ve které je pilota uložena, bývá povětšinou vrstevnatá, nelze uvažovat konstantní, ale naopak obecný modul vodorovné reakce. Poté diferenciální rovnici ohybové čáry nelze řešit přímo, ale využijeme přibližného řešení. Podstatou přibližného řešení je nahrazení derivace funkce u_z derivačními výrazy v určitých, předem zvolených bodech, dle obrázku č. 20.



Obrázek 3-15: Schéma výpočtu poddajné piloty – Winklerův model [14]

Pokud označíme dílky 1 až n v bodech 0 až n, získáme pro n dílků stejné délky $\Delta z = L/n$ celkem $n+1$ průřezů, kde hledáme $n+1$ neznámých vodorovných posunů. Okolní základová půda vzdoruje deformacím u_i napětím, jehož intenzita je přímo úměrná velikosti těchto deformací. V pružinovém (Winklerově) modelu představuje každá pružina konkrétní diskretní sílu P_i odporu prostředí, jež odpovídá u_i násobku pérových konstant C_i a takto dostaneme nespojitý průběh ohybové čáry podle rovnice (3-29). [14]

$$P_i = \Delta z \cdot d \cdot k_{hz} \cdot u_i = C_i \cdot u_z \quad (3-29)$$

Jestliže druhou derivaci funkce ohybové čáry nahradíme diferenciálním výrazem (3-30), potom po dosazení do vztahu (3-28) získáme rovnici (3-31). [14]

$$d^2u / dz^2_{(i)} = (u_{i-1} - 2 \cdot u_i + u_{i+1}) / (\Delta z)^2 \quad (3-30)$$

$$E_b \cdot I / (\Delta z)^2 \cdot (u_{i-1} - 2 \cdot u_i + u_{i+1}) = M_{\text{zatěžovací}} - M_{\text{vzdorovací}} \quad (3-31)$$

$$M_{\text{zatěžovací}} = H \cdot (h + z_i)$$

$$M_{\text{vzdorovací}} = P_0 \cdot z_i + P_1 \cdot (z_i - 1 \cdot \Delta z) + P_2 \cdot (z_i - 2 \cdot \Delta z) + \dots + P_i \cdot (z_i - i \cdot \Delta z)$$

$$= \sum P_j \cdot (z_i - j \cdot \Delta z)$$

Po dosazení do rovnice (3-30) získáme rovnici (3-32). [14]

$$E_b \cdot I / (\Delta z)^2 \cdot (u_{i-1} - 2 \cdot u_i + u_{i+1}) = H \cdot (h + z_i) - \sum C_{hi} \cdot u_j \cdot (z_i - j \cdot \Delta z) = 0 \quad (3-32)$$

Pro $n+1$ průřezů můžeme psát $n-1$ těchto lineárních rovnic s $n+1$ neznámými deformacemi u_0 až u_n . Zbývající dvě rovnice poskytují podmínky rovnováhy. Součtová podmínka rovnováhy ve vodorovném směru je ve tvaru (3-33) a momentová k bodu n (3-34). [14]

$$H - \sum P_i = 0 \quad (3-33)$$

$$H \cdot (h + 1) - \sum P_i \cdot L \cdot (1 - i/n) = 0 \quad (3-34)$$

3.2.3. Mikropiloty

Mikropiloty jsou velmi podobné prvky pilotám, jen jsou menších půdorysných i délkových rozměrů. Mikropilota je štíhlejší a snadno se provádí v úklonu od svislé osy. Další výhodou jsou menší vrtací soupravy, které mohou pracovat i v uzavřených a stísněných prostorech budov. Hlavním smyslem mikropilot má být podchycování konstrukcí. Zakládání nových konstrukcí není úplně účelné a může být použito tam, kde jsou stísněné prostory. Mikropiloty bývají vyztuženy trubkovou výztuží, zatímco piloty tyčovou.



Obrázek 3-16: Provádění mikropilot v praxi [17]

Mikropiloty jsou prvky, které nemají omezenou délku ani šikmost. Půdorysně můžeme za mikropiloty označit prvky, které mají menší průměr než 300mm u mikropilot vrtaných a 150 mm u mikropilot ražených.

Obdobně jako u pilot se mikropiloty skládají z hlavy, dříku a paty, ale oproti pilotám mají mikropiloty ještě kořen, což je proinjektovaná spodní část dříku. Hlava mikropiloty je u trubních mikropilot utvořena z ocelové desky s nátrubkem, u armokošových mikropilot je hlava vytvořena rozpletenou armaturou. Mezi hlavou a kořenem mikropiloty je dřík, který mezi nimi přenáší zatížení. Kořen je proinjektovaná spodní část, upínající mikropilotu do okolní horniny a tím do ní přenáší osově síly. Pata tvoří stejně jako u pilot podstavu.

Nejrozšířenější druhem mikropilot jsou podle výztuže mikropiloty trubkové oproti mikropilotám armokošovým, a to v poměru 10:1. U trubkových mikropilot je jejich výztuž tvořena, jak je patrné již z názvu silnostěnnou výztužnou trubicí, která je ve své spodní části perforovaná. Tato perforovaná část je překryta gumovými manžetami, které slouží k injektování kořene. Jednotlivé injektážní otvory tvoří etáže. Další možností výztuže mikropilot je armokoš, jehož středem prochází PVC manžetová trubka, kterou se provádí injektáž a která má stejně jako mikropilota trubková ve své spodní části – u kořene, gumové manžety. K injektáži a k utěsnění etáže nad a pod probíhající injektáží pak slouží mechanické, hydraulické a mechanické obdurátory.

Dalším možným kritériem, které lze využít při dělení mikropilot, je dělení podle způsobu namáhání. Mikropiloty mohou být namáhány tlakově, tahově nebo příčnými silami.

Posledním důležitým kritériem klasifikace mikropilot je jejich uvedení do funkce. Mikropiloty lze rozdělit na nepředtěžované, předtížené a předpjaté. U nepředtěžovaných mikropilot deformace potřebná k aktivaci únosnosti probíhá v plné hodnotě po spojení s nadzákladovou konstrukcí. Předtížené jsou takové mikropiloty, které jsou zatíženy ještě před spojením s nadzákladovou konstrukcí, takovým zatížením odpovídajícím jejich budoucímu zatížení, a konečné sedání je tedy dáno pružným stlačením. Posledním typem jsou mikropiloty předpjaté. Takováto mikropilota je v

předtíženém stavu spojena s konstrukcí, a díky tomu jsou výsledné deformace naprosto minimální.

Technologický postup výroby mikropilot má několik na sebe navazujících částí. V první fázi je třeba provést vrtání maloprofilových vrtů. Toto vrtání se většinou provádí jako bezjádrové, zejména kvůli udržení rychlosti vrtání a snížení ceny příslušných prvků. Maloprofilové vrtání můžeme rozdělovat dle způsobu, jakým dochází k rozrušování horniny. Lze jej dělit na vrtání rotační (na plnou čelbu nebo spirálové), příklepové, kombinované (rotačně příklepné), rotačně vibrační. Dalším typem dělení je dělení podle přenosu energie na vrtný nástroj. Zde můžeme rozlišovat vrtání kolonou vrtných trubek nebo vrtání lanové. Způsob vynášení rozrušené horniny z vrtu dělíme vrtání na vrtání za sucha, vrtání výplachové (s přímým a nepřímým proplachem). Poslední dělení je pak založeno na způsobu zajištění stability stěn, kde rozlišujeme vrty nepažené, pažené pomocí ocelových pažnic a pažené pomocí suspenze (většinou jílové nebo jílocementové). [14]

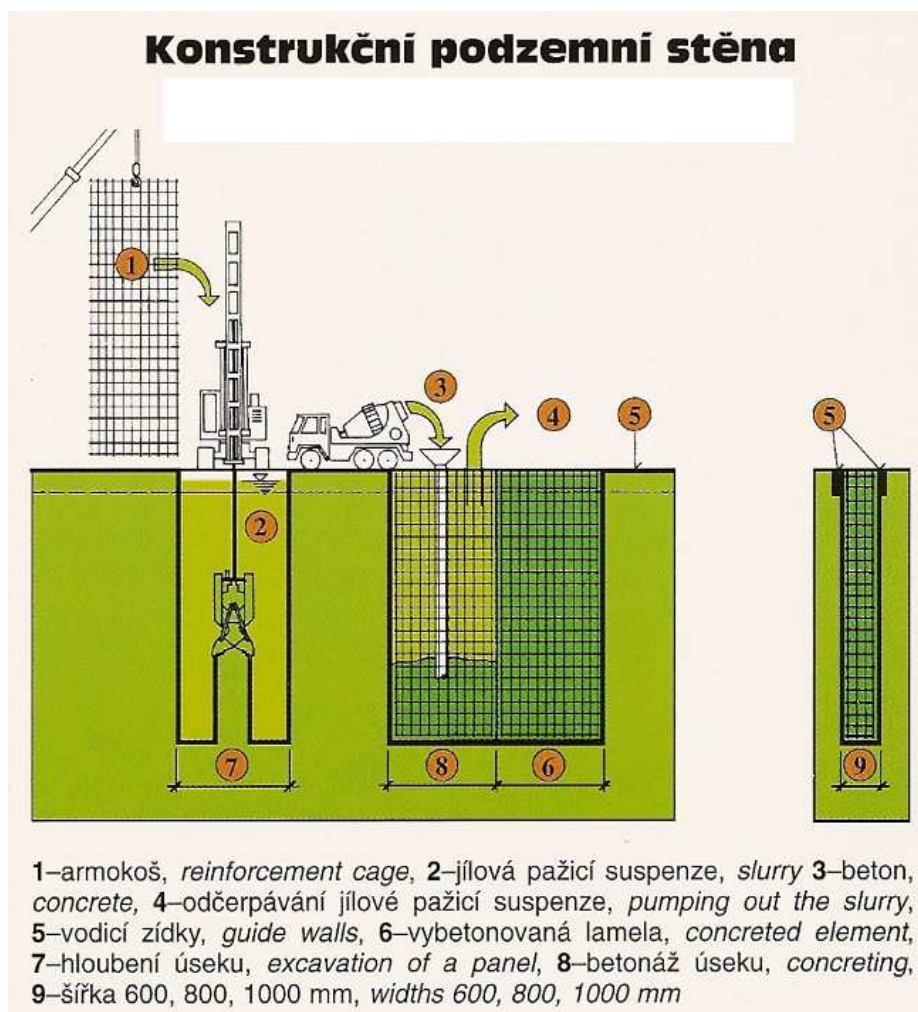
V druhé fázi výroby mikropilot dochází k zaplnění vrtu zálivkou. Tato zálivka se do vrtu vlévá až po jeho důkladném vyčištění. Pro mikropiloty se používá cementová zálivka o složení $c:v = 2,5:1$. Po zalití vrtu výše zmíněnou zálivkou dochází k zapouštění vyčištěné a odmaštěné výztuže mikropiloty, aby tak nedocházelo ke snížení přilnavosti k cementovému kameni. Výztuž mikropiloty může být tvořena, jak již bylo uvedeno výše, buď silnostěnnou ocelovou trubkou typizované délky 1500 nebo 3000 mm se závity o průměrech 70, 89 nebo 108 mm. Kořen trubky je opatřen 2 + 2 otvory sloužícími k následné injektáži. Taktéž může být výztuž mikropiloty tvořena armokošem, do kterého je vložena taktéž perforovaná PVC trubka.

Dalším krokem při budování mikropiloty je první fáze injektáže. V rámci tohoto kroku dochází k injektování jednotlivých etází mikropiloty do té doby, dokud není dosaženo předepsaného tlaku. Poté se obdurátor přesune o etáž výše a celý postup se opakuje. Druhá, popřípadě třetí fáze injektáže, která může následovat nejdříve po šesti až deseti hodinách od té předchozí, má za cíl dosáhnoutí předepsaného projektovaného tlaku nebo spotřeby injektážní směsi. Pokud není ani při třetí fázi splněna alespoň jedna z podmínek (tlak nebo spotřeba směsi), je třeba postup konzultovat s projektantem.

Posledním krokem je úprava hlavy mikropiloty. Cílem této úpravy je zejména funkční propojení mikropiloty s plošný základem nebo horní stavbou. Mikropilota se opatřuje ocelovou deskou s přivařeným nátrubkem. Mikropilota, která přenáší tah se osazuje deskou se speciálním šroubem, přizpůsobeným vnitřnímu závitu konce výztužné trubky. oba typy desek mají středový otvor o průměru 30 mm.

3.2.4. Podzemní stěny

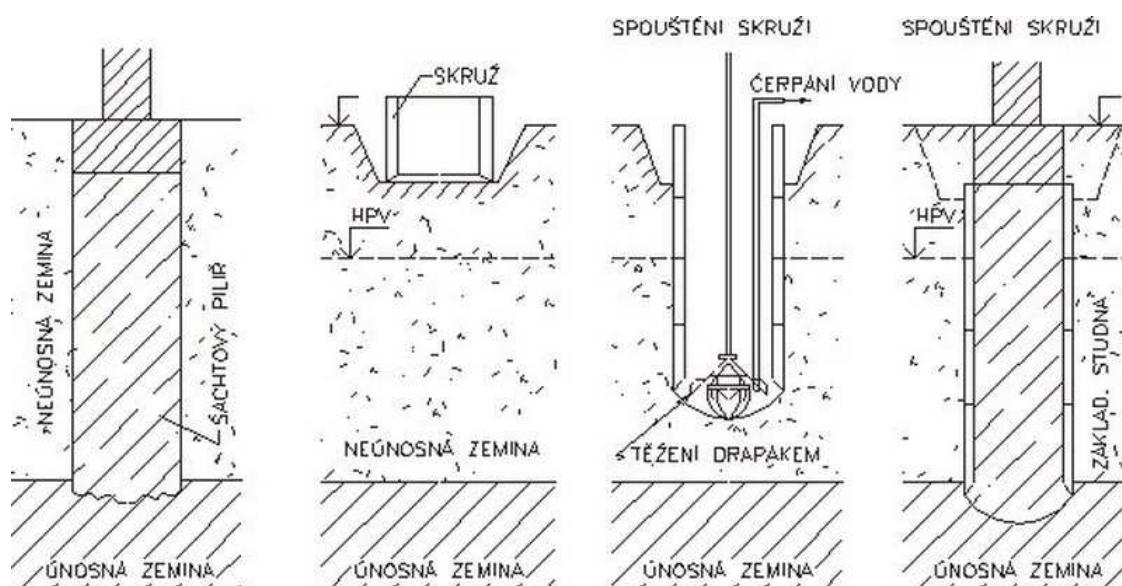
Podzemní stěny jsou užívány zejména jako konstrukce pažicí či těsnící. Správným technologickým postupem můžeme dosáhnout vodotěsnosti stěny. Takovéto stěny se poté využívají pro vodní nádrže, ale také například pro separaci agresivních látek. Lamely podzemních stěn dále využíváme pro výstavbu pažení stavebních jam.



Obrázek 3-17: Podzemní stěny [18]

3.2.5. Studny

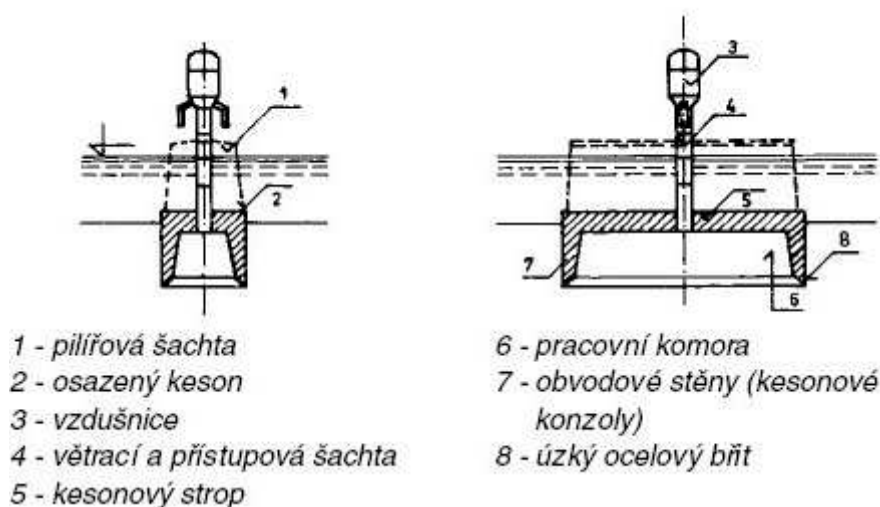
Spíše archaickým způsobem založení, a dnes již prakticky nepoužívaným způsobem založení, jsou studny. Provádění studní je obdobné jaké známe, když budujeme studnu za účelem zdroje vody. Prefabrikovanou skruž spouštíme za současného podkopávání až na dno základové spáry. Skruže bývá větších průměrů a spodní skruž má ozub pro snadnější zapouštění. Tento dutý prvek bývá následně vyplněný betonem. Studny můžeme provádět i jako monolitické.



Obrázek 3-18: Studny, jako základové konstrukce [19]

3.2.6. Kesony

Dalším dnes již méně využívaným způsobem zakládání jsou kesony. Jejich využití, omezeně i dnes, je v zakládání zejména mostních pilířů pod hladinou podzemní vody. Protože se v kesonech pracuje za zvýšeného tlaku, hrozí pracovníkům zdravotní problémy i smrt. Hlavně díky kesonové nemoci a fatálním důsledkům při haváriích během výstavby, jsou dnes kesony nahrazovány velkopřůměrovými pilotami.

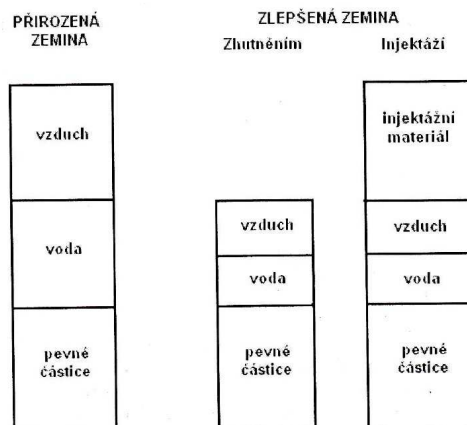


Obrázek 3-19: Kesony [20]

3.3. HLOUBKOVÉ ZLEPŠOVÁNÍ ZEMIN

Základní hnací silou pro rozvoj hlubinného zakládání byla vzrůstající potřeba zakládat na zeminách podmíněčně vhodných či nevhodných čím dál složitější stavební konstrukce. Nejrozšířenější hlubinné zakládání v České republice i ve světě je na pilotách. Avšak dalším a možná rozhodujícím fenoménem ve stavebnictví je cena díla. Proto tam, kde piloty mohou být značně neekonomické, nastupují alternativní metody mezi něž patří hloubkové zlepšování zemin. Protože lze dle autorova názoru hloubkové zlepšování zemin považovat za mezistupeň mezi plošným zakládáním a zakládáním hlubinným, věnuje se mu samostatná kapitola. Tento postoj vychází z toho, že výpočet únosnosti je stejný jako u plošného základu, ale hloubkové zlepšování zeminy se provádí podobným způsobem, jako hloubkové zakládání.

Při návrhu hloubkového zlepšování musíme mít stále na mysli, že materiálem je jen zlepšená zemina, na které plošně zakládáme. Výsledkem by měla být základová půda, která je více únosná, má nižší propustnost a je redukováno sedání. Toho je dosaženo redukcí plynné a vodní fáze, čímž dojde ke zvýšení smykové pevnosti a deformačního modulu zeminy. [21]



Obrázek 3-20: Struktura nezlepšených a zlepšených zemin [21]

Pro omezený rozsah této práce budou v textu popsány jen nejrozšířenější metody hloubkového zlepšování zemin, mezi ně patří: dynamická konsolidace, vibrační vpěchování, šterkové pilíře či DSM – hloubkové míchání zeminy. V České republice jsou metody zlepšování pomocí geosyntetik méně rozšířené, proto se jimi nezabývám v této práci. Dále vynecháme injektážní metody.

3.3.1. Hloubkové vibrační zhutňování

Předchůdcem této technologie je přitížení násypem, dnes spojeno s geodrény, které urychlí vymizení pórových tlaků. Výhodou je rovnoměrné sedání, nevýhodou náročnost na čas i finance. Další metodou je vibrování vibračními válci, ale jejich dosah je tak malý, že se prakticky nedá hovořit o hloubkovém zlepšení. Ubíjení – dynamická konsolidace, se využívá na odlehlých staveništích, protože se využívá závaží 12 – 20t, které padá z výšky až 20 m. [22]

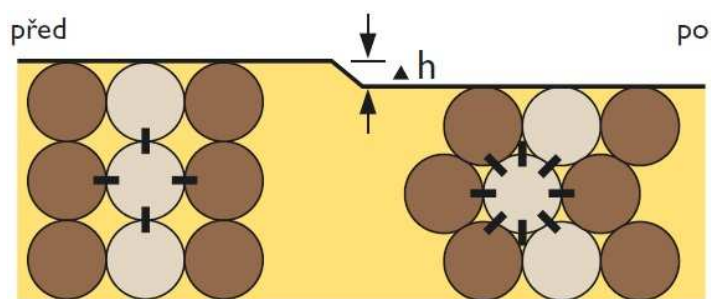


Obrázek 3-21: Dynamická konsolidace [23]

Za předchůdce hloubkového vibračního zhutňování lze považovat ražené Franki piloty. Výhodou této metody je rychlá konsolidace a možnost téměř okamžitě provádět následné stavební práce. Metoda je založena na využití mechanické energie pro zvýšení hustoty a snížení propustnosti.

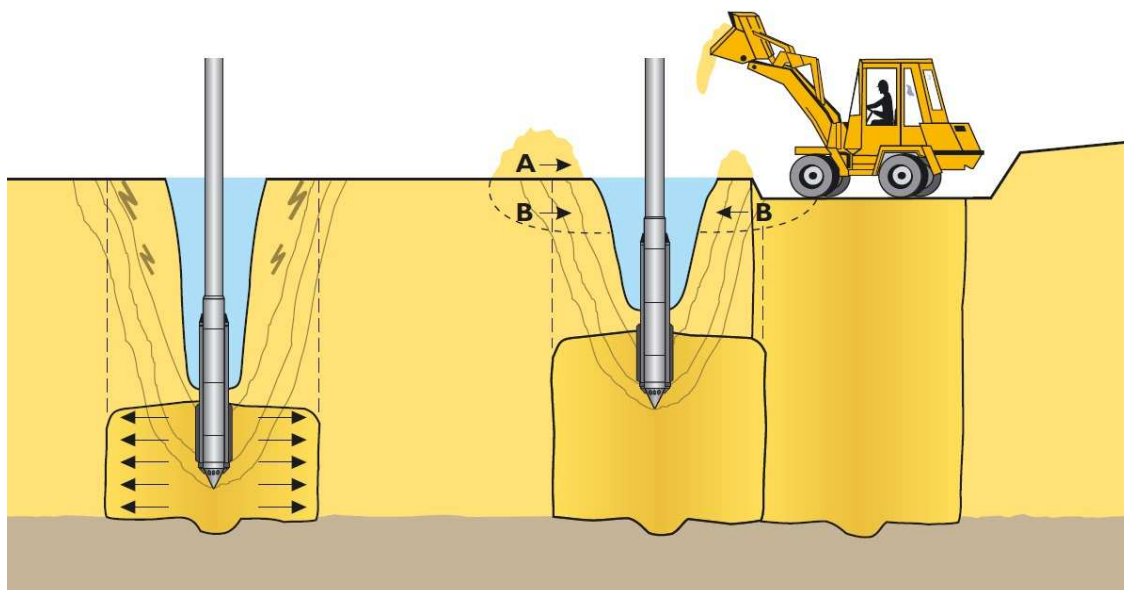
3.3.1.1. Vibroflotace

Vibrační zhutňování hrubozrnných zemin, neboli vibroflotaci, využíváme v nesoudržných zeminách, jakými jsou šterky či písky, jež jsou málo nebo nestejně ulehlé. Hutnění probíhá při nízkých kmitočtech v rozponu vpichů asi 1,5 až 2,5 m. Díky hutnění může zemina zmenšit svůj objem až o 10%. [21]

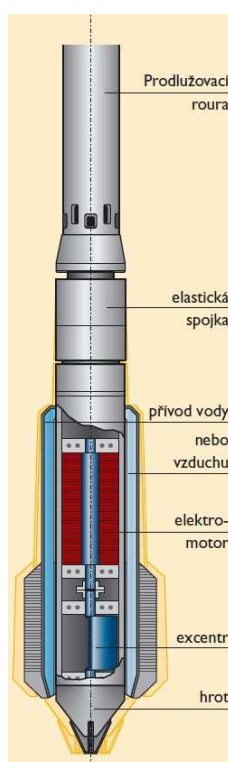


Obrázek 3-22: Hutnění nesoudržné zeminy – uspořádání zrn [23]

Technologický postup začíná zapuštěním vibrátoru, který vniká do základové půdy za pomoci vzduchu či vody až do požadované hloubky (dosah může být i 50 m). V druhém kroku následuje postupné zhutňování probíhající od dna k povrchu. Vliv zhutnění je okamžitě vidět na povrchu, kde se vytváří typický depresní kužel. Má-li být zachována původní niveleta, dosypává se maximálně podobný materiál ideálně z okolí. Na závěr se povrch dohutní válci.



Obrázek 3-23: Provádění vibračního zhutňování nesoudržných zemin [23]

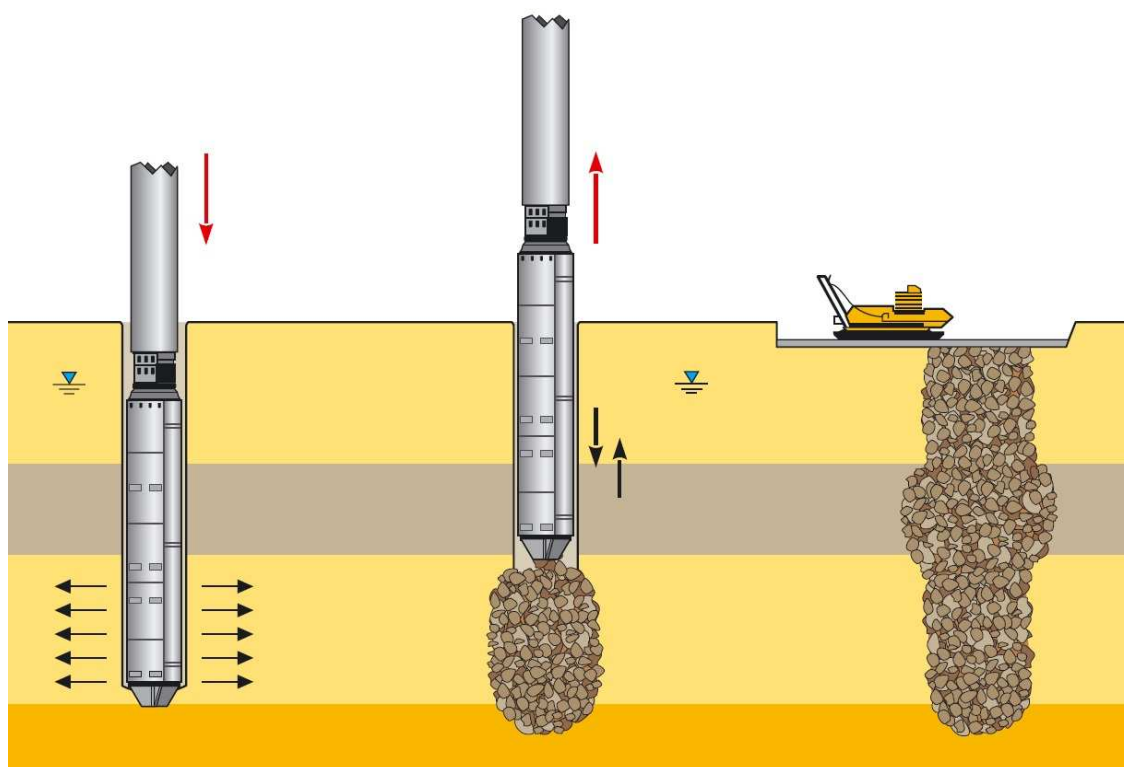


Obrázek 3-24: Schéma vibrátoru s horním plněním [23]

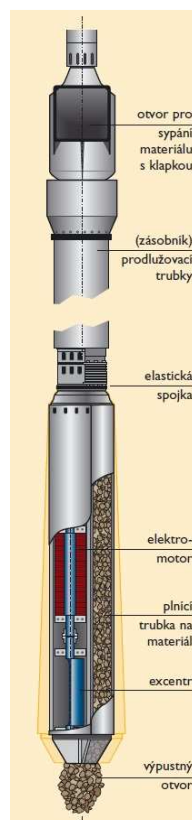
3.3.2. Štěrkové pilíře – vibrační vpěchování

Vibrační vpěchování je metoda vhodně využívaná v jemnozrnných zeminách nebo pro zlepšování navážek ze suti škvár či skrývkové zeminy. Princip zlepšení spočívá ve zvýšení tuhosti a smykové pevnosti štěrkových pilířů, nikoliv ve zhutnění okolní zeminy. Štěrkové pilíře můžeme považovat za vyztužující prvky, jejichž tuhost je několikanásobně vyšší než okolní zemina.

Pro budování štěrkového pilíře se využívá zásobníkový vibrátor s klapkou, který je nesen na věži, jehož výhodou je vytlačení materiálu na špici za pomoci vzduchu a okamžitého hutnění. Práce začíná umístěním a stabilizací pásového nosiče na požadované místo a naplněním násypky přídatným materiálem. Poté se materiál z násypky vysype do zásobníku a pomocí stlačeného vzduchu se dopraví na hrot. Vibrátor vniká do zeminy, kterou roztlačuje až do požadované hloubky. Následně se vibrátor povysune, materiál se pomocí přídatného vzduchu uvolní do dutiny a poté se vibrátor spustí a štěrk zhutňuje a zatlačuje do okolní zeminy.



Obrázek 3-25: Provádění štěrkových pilířů [23]



Obrázek 3-26: Vibrátor pro budování štěrkových pilířů [23]

3.3.2.1. Vibrované pilíře typu pilot

V soudržných zeminách, které nevytváří dostatečnou vazbu se štěrkovým pilířem, či v zeminách s velkým obsahem organických příměsí, lze budovat piloty typu displacement metodou vibračního vpěchování. Výhodou je, že pilota má klasické statické působení, kdy se zatížení přenáší pláštěm a patou. Lze ji vyrobit za použití směsí, které jsou hutnitelné obdobně jako štěrk, nebo s využitím pumpovaných betonů, kdy se prostor po vniknutí vibrátoru a vytvoření otvoru vyplní čerpaným betonem. Průměr piloty je maximálně 0,4 m.

3.3.3. DSM – hloubkové míchání zeminy

Již název metody prozrazuje, že se jedná o mechanické hloubkové míchání zeminy. Nejčastějšími výrobními postupy jsou mokrá a suchá. Míchacím nářadím, např.: šneky, pádly či vrtulemi, se zemina promíchává s vápnem, sádrou či popílkem. Tato metoda se nazývá suchý proces. U mokrého procesu se zemina promíchává s cementovou suspenzí.

Metoda DSM je velmi efektivní a z pohledů ekonomických i z pohledu pracnosti zcela může nahradit tryskové a jiné injektáže pro zlepšení podloží zejména tam, kde není nutno přecházet přes betonové, zděné či jiné těžko vrtatelné překážky. Poté lze podloží stabilizovat až do hloubky několika metrů.

DSM v jemnozrnných zeminách nebo například v rašelinách, ale i kyprých zeminách a navážkách je vhodné provádět mokrou metodu. Technologii DSM lze rovněž využít tam, kde chceme zabránit pronikání podzemní vody a můžeme budovat těsnící a pažící clony.

DSM se provádí pomocí vrtné soupravy. Využívá se šneků a osazuje se soustava zubů pro jednodušší promíchání zeminy. Další součástí je mísící zařízení, kde z míchačky pomocí čerpadla a hadic je směs distribuována na špici vrtného-míchacího nářadí. DSM pilíř provádíme ve dvou krocích. Zpočátku zavedeme vrtný nástroj až do požadované hloubky, pokud je třeba můžeme pro usnadnění vnikání přidat trochu suspenze. Následně je zahájeno čerpání suspenze za současného míchání směrem vzhůru. Vhodné je míchání opakovat v celé délce pro dosažení vyšší homogenity. Množství cementového pojiva bývá 80 až 450 kg/m³. [21]

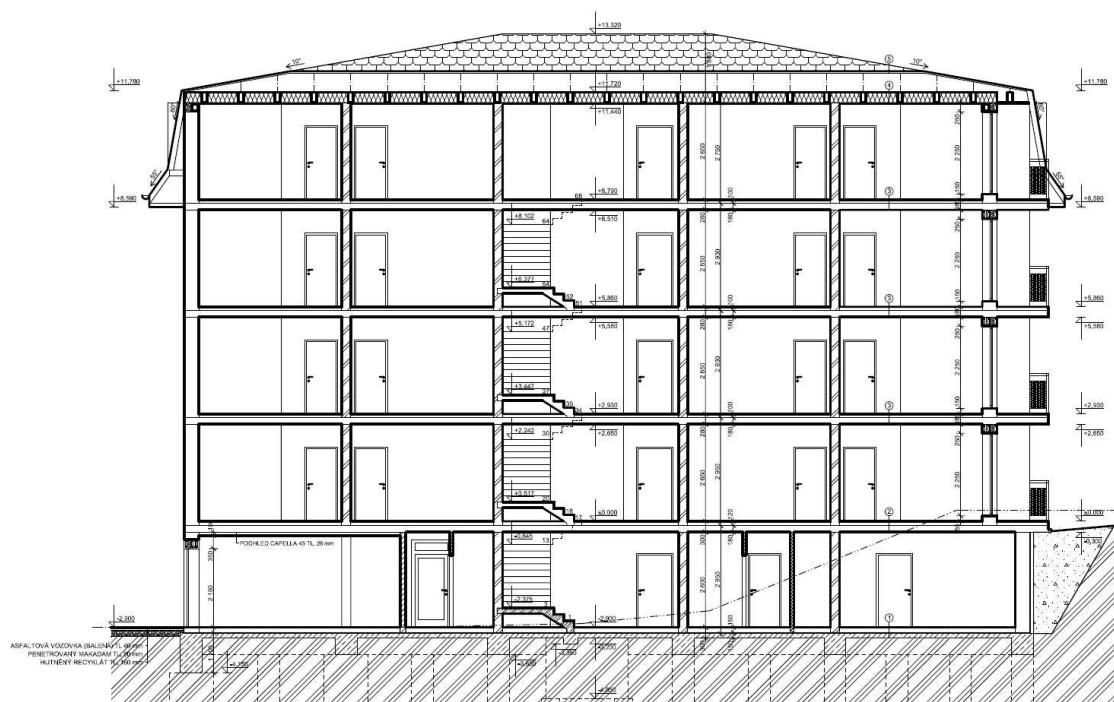
Do budoucna by technologie DSM mohla zažít ještě větší rozšíření, díky přísadě PowerCem, která se již využívá v silničním stavitelství, kde nahrazuje stabilizaci podloží. Provádí se přidáním této přísady do cementu. Promícháním se zeminou (i jemnozrnnou) získáme flexibilní zemní beton. Poté nejsou potřeba žádné další konstrukční vrstvy vozovky. Obdobně by se takto mohly pomocí technologie DSM provádět piloty.



Obrázek 3-27: Provádění pilířů DSM [24]

4. VÝPOČET ZALOŽENÍ BD V TŘEBONI

V praktické části se autor zabývá založením bytového domu v Třeboni na ulici Lázeňská. Součástí zadání bakalářské práce byly výsledky z vrtaných sond (geologický profil) a zatížení v hlavách pilot poskytnuté Ing. Júliusem Mojžišem. Cílem praktické části bylo ověřit, zda autorem navržená pilota bude svými vlastnostmi odpovídat zadanému zatížení, tzn., zda vyhoví skupině prvních a druhých mezních stavů. Výpočet byl proveden podle normy ČSN 73 1002 na pilotě, která je nejvíce namáhána normálovou silou. Specifikem realizované stavby je, že je budována na místě hliníku bývalé cihelny, který byl následně zasypán navážkou z jemnozrnných zemin bez řádného hutnění. Dle zadaných parametrů se autor na základě dostupných informací rozhodl pro využití vrtané piloty.



Obrázek 4-1: Řez budovou BD v ulici Lázeňská¹

¹ Obrázek BD převzat ze zadání bakalářské práce.

4.1. GEOLOGIE

K vyhodnocení základových poměrů v určené lokalitě lze využít dostupných podkladů, mezi které patří základní geologická mapa ČR, dále lze využít podkladů z geofondu, ale hlavním a nejpřesnějším zdrojem je šest vrtaných sond.

4.1.1. Přehled geologických poměrů

Podle regionálního členění reliéfu ČSR náleží tato lokalita do Českomoravské subprovincie, oblasti České pánve, celku Třeboňská pánev, podcelku Lomnická pánev. Staveniště se nachází při západním okraji svahu bývalého hliníku cihlářských jílu, ležícího na západním okraji města Třeboně. Území je zde ploché a s mírným spádem k rybníku Svět. Nadmořská výška dosahuje 446 m. n. m.

Hliník, který byl v minulosti vytěžen až na kótu 433 m. n. m. (odpovídá hloubce 13 m) byl v 70. a 80. letech zaplněn navážkami do úrovně kóty 442 m. n. m. V této nadmořské výšce se nalézají sportovní hřiště. Navážky mají charakter zelenošedých jílu s příměsí stavebního odpadu, organických příměsí i komunálního odpadu.

Z pohledu regionální geologie se posuzované území nalézá v jižní části Třeboňské pánve, tvořené svrchnokřídovými terciálními sedimenty. Podloží těchto sedimentů je budováno metamorfity jihočeského moldanubika. Povrch staveniště tvoří navážky opatřeny tenkou humózní vrstvou, pod nimi se nalézají písčité jíly a jílovité hlíny.

4.1.2. Průzkumné práce

Vrtné práce byly provedeny ve dnech 20. a 22. února 2006 osádkou vrtné soupravy rotační technologií, za použití spirálového vrtáku průměru 180mm. Vyhlobené sondy byly označeny V1 až V4, V6 a V7, v žádné sondě nebyla dosažena hladina podzemní vody.

Půdní poměry zjištěné v provedených sondách jsou schematicky zakresleny v řezu I-I' (Příloha č. 1) a půdorysu (Příloha č. 2). Základové poměry zjištěné vrty V4, J2 a 3386/1 jsou přehledně doplněny do tabulky č. 9.

Tabulka 4-1: Sondy a normové charakteristiky zemin

SONDY A NORMOVÉ CHARAKTERISTIKY ZEMIN											
Sonda	Třída	konzistence	Hloubka (m)	Tloušťka vrstvy(m)	γ (kN/m ³)	φ_u (°)	φ_{ef} (°)	c_u (kPa)	c_{ef} (kPa)	Edef (Mpa)	v (kPa)
J2	F4	měkká	0,00-0,20	0,2	18,5	0		30		3	0,35
	F4	měkká	0,20-2,10	1,9	18,5	0		30		3	0,35
	F4	tuhá	2,10-8,10	7,0	18,5	0		50		5	0,35
	F4	tuhá	8,10-9,70	1,6	18,5	0		50		5	0,35
	F6	pevná	9,70-10,50	0,8	21,0	0		80		8	0,40
V4	F3	tuhá	0,00-1,50	0,2	18,0	0		60		6	0,35
	F6	tuhá	1,50-4,30	2,8	21,0	0		50		4	0,47
	S4	tuhá	4,30-4,90	0,6	18,0		26		3	15	
	S5	tuhá	4,90-6,60	1,7	18,5		26		5	12	
	F6	tvrdá	6,60-7,50	0,9	21,0	0		100		8	0,47
3386/1	F5	tuhá	0,00-0,10	0,1	20,0	0		60		4	0,40
	F5	tuhá	0,10-1,90	1,8	20,0	0		60		4	0,40
	F6	tvrdá	1,90-2,80	0,9	21,0	0		100		8	0,47
	S5	ulehlý	2,80-4,00	1,2	18,5		26		5	12	
	F6	tvrdá	4,00-5,00	1,0	21,0	0		100		8	0,40
	F6	tvrdá	5,00-5,60	0,6	21,0	0		100		8	0,40
	S5	ulehlý	5,60-7,00	1,4	18,5		26		5	12	

4.1.3. Rozhodnutí o způsobu založení objektu

Tak, jak bylo uvedeno v teoretické části práce, existují tři možné metody založení objektu – plošné, hlubinné a založení na hloubkově zlepšených zeminách. Vzhledem k vstupním parametrům popsaným v úvodu kapitoly, byla jako nejvhodnější způsob založení tohoto konkrétního objektu zvolena metoda hloubkového zakládání. Konkrétně založení na vrtaných pilotách. Důvody pro volbu této metody jsou uvedeny níže.

Plošné zakládání není vhodné z důvodu neekonomičnosti. Protože je podloží stavby složeno z neuhlené jemnozrnné zeminy, nacházející se v místě bývalého hliníku cihelny, jedná se o základovou půdu, která je pro konstrukci pětipodlažního bytového domu metodou plošného zakládání nevhodná. Základový rošt by nebyl dostatečně únosný a museli bychom zakládat na velmi masivní základové desce, která by pro množství betonu byla velmi drahá.

Hlubinné zakládání můžeme podle technologie rozdělit na dva základní principy displacement – ražené a replacement – vrtané piloty. Specifikem ražených pilot jsou značné dynamické účinky na okolí stavby, proto je není vhodné provádět v obydlených oblastech. Dále se ražené piloty účelně budují v nesoudržných zeminách. Protože se však v lokalitě výstavby nacházejí jíly, tedy zeminy soudržné, metoda je naprosto nevyhovující.

Další možnou metodou zakládání je zakládání na hloubkově zlepšených zeminách. Jedná se o pojem, který v sobě často ukrývá mnoho odlišných metod zakládání. O některých z metod zakládání na hloubkově zlepšených zeminách nelze uvažovat pro jejich nevhodnost použití, danou zejména geologickým profilem a také typem stavebního objektu. Například vibroflotace či dynamické zhutňování není v jemnozrnných zeminách nejvhodnější. Zato zakládání na štěrkových pilířích či metoda DSM by využita být mohla, ale v tomto případě by při volbě konkrétního způsobu rozhodovala cena. V době momentálně probíhající ekonomické krize značně klesly ceny ve stavebnictví. Veřejné zakázky jsou soutěženy kolem 60% předpokládané ceny, což vytváří ještě větší tlak na efektivitu práce. Je pravdou, že například materiál štěrkových pilířů je levnější než beton pilot klasických, zato výroba pilot je dnes velmi rozšířená a tedy efektivní. Navíc tuto již poměrně běžnou technologii dnes zvládlo větší množství firem, a toto konkurenční prostředí drží cenu poměrně nízko. Pro rozšířenost metody vrtaných pilot se tedy autor rozhodl vypracovat statické posouzení právě na tuto variantu, i když si zároveň uvědomuje, že aby se mohl rozhodnout fundovaně, chybí základní podklad a tím je rozpočet projektu.

4.2. ZATÍŽENÍ

4.2.1. Vstupní parametry

Bytový dům v ulici Lázeňská bude situován v prostoru vytěženého hliníku bývalé cihelny, který byl zasypán cca devíti metry jílovitých zemin. Ukládání zeminy bylo provedeno bez řádného hutnění. Protože hrozí velké sedání, není možné objekt založit plošně. Založení se provádí pomocí hlubinného založení na vrtaných pilotách.

Základová deska 1. PP se ukládá na základový rošt průřezu a 500x500. Pasy základového roštu jsou podepírány hlavami pilot, které dosahují kóty 441,61 m. n. m. Pod stěnami výtahové šachty jsou piloty $\varnothing$ 400 mm se zatížením 284 kN. Piloty $\varnothing$ 600 mm jsou zatěžovány 600 až 900 kN. Základové pasy 500x500 pod nosnými vnitřními i venkovními stěnami jsou podporovány pilotami $\varnothing$ 900 mm s maximálním charakteristickým zatížením 1680 kN. Pro výpočet podle první skupiny mezních stavů musíme použít součinitel zatížení $\gamma = 1,35$ a pro druhou skupinu mezních stavů se užije součinitel o hodnotě $\gamma = 1,00$. Výpočet bude proveden pro nejvíce zatíženou pilotu délky 13,5 m. Vlastnosti základové půdy jsou v následující tabulce č. 10.

Tabulka 4-2: Normové charakteristiky zeminy pro výpočet²

Normové charakteristiky základové půdy											
Třída	konzistence	Hloubka (m)	Tloušťka vrstvy(m)	γ_d (kN/m ³)	φ_{ef} (°)	$\gamma_{m\varphi}$	φ_d (°)	c_{ef} (kPa)	γ_{mc}	c_d (kPa)	E_{def} (Mpa)
F4	měkká	0,00-1,35	1,35	18,5	23	1,4	16	12	2	6	3
F4	tuhá	1,35-7,35	6,00	18,5	23	1,4	16	16	2	8	5
F4	tuhá	7,35-8,95	1,60	18,5	23	1,4	16	18	2	9	5
F6	pevná	8,95-13,5	4,55	21,0	21	1,4	15	18	2	9	8

4.2.2. Svislá únosnost – výpočet 1. MS

Návrh je proveden na velkopřůměrovou pilotu $\varnothing$ 900 mm. Délka piloty je zvolena 13,5 m tak, aby pilota byla vetknuta do podloží z tvrdých jílu. V prvním kroku vypočítáme svislou únosnost piloty. Návrhové zatížení piloty vypočítáme z charakteristického $N_d = N_k \cdot \gamma = 1680 \cdot 1,35 = 2\,268 \text{ kN}$

$$U_{vd} = U_{bd} + U_{fd} \geq N_d$$

Únosnost paty piloty je:

$$U_{bd} = k_1 \cdot A_s \cdot R_d = 1,15 \cdot 0,636 \cdot 1424 = \underline{1041,51 \text{ kN}}$$

$$k_1 = 1,15$$

$$A_s = \pi \cdot d^2 / 4 = \pi \cdot 0,9^2 / 4 = 0,636 \text{ m}^2$$

² Protože $\gamma_{m\varphi} = 1$, poté $\gamma = \gamma_d$.

$$R_d = 1,2 \cdot c \cdot N_c + (1 + \sin \varphi_d) \cdot \gamma_1 \cdot L \cdot N_d + \gamma_2 \cdot d/2 \cdot N_b$$

$$R_d = 1,2 \cdot 9 \cdot 10,97 + (1 + \sin 15) \cdot 19,34 \cdot 13,5 \cdot 3,94 + 15 \cdot 1,2/2 \cdot 1,18 = 1424 \text{ kPa}$$

$$N_d = \operatorname{tg}^2(45 + \varphi/2) \cdot e^{(\pi \cdot \operatorname{tg} \varphi)} = \operatorname{tg}^2(45 + 15/2) \cdot e^{(\pi \cdot \operatorname{tg} 15)} = 3,94$$

$$N_c = (N_d - 1) \cdot \cot \varphi = (3,94 - 1) \cdot \cot 15 = 10,97$$

$$N_b = 1,5 \cdot (N_d - 1) \cdot \operatorname{tg} \varphi = 1,5 \cdot (3,94 - 1) \cdot \operatorname{tg} 15 = 1,18$$

Průměrná objemová hmotnost zeminy:

$$\gamma_1 = \sum h_i \cdot \gamma_i / L = (1,9 \cdot 18,5 + 7 \cdot 18,5 + 1,6 \cdot 18,5 + 0,8 \cdot 21) / 13,5 = 19,34 \text{ kN/m}^3$$

Výpočtová únosnost pláště piloty:

$$U_{fd} = \sum \pi \cdot d_i \cdot h_i \cdot f_{si}$$

Tření na plášti:

$$f_{si} = \sigma_{xi} \cdot \operatorname{tg}(\varphi / \gamma_{r1}) + c / \gamma_{r2}$$

Kontaktní napětí a součinitel bočního tlaku:

$$\sigma_{xi} = k_2 \cdot \sigma_{ori}$$

$$k_2 = 1,0 \quad z \leq 10 \text{ m}$$

$$k_2 = 1,2 \quad z > 10 \text{ m}$$

Geostatické napětí v polovině i-té vrstvy:

$$\sigma_{ori} = \sum \gamma_i \cdot h_i$$

suchý nezapažený vrt do soudržných zemin $\gamma_{r1} = 1,0$

Součinitel podmínek působení od základové půdy:

$$\gamma_{r2} = 1,3 \quad \text{pro } z \leq 1,0 \text{ m}$$

$$\gamma_{r2} = 1,2 \quad \text{pro } 1,0 \text{ m} < z \leq 2,0 \text{ m}$$

$$\gamma_{r2}=1,1 \quad \text{pro } 2,0\text{m} < z \leq 3,0\text{m}$$

$$\gamma_{r2}=1,0 \quad \text{pro } z > 3,0\text{m}$$

Neúčinná délka:

$$L_p = d \cdot N_d^{2/3} / 4 = 0,9 \cdot 3,94^{2/3} / 4 = 0,56$$

Výsledná výpočtová únosnost pláště piloty je znázorněna v tabulce č. 11.

Tabulka 4-3: Výpočet únosnosti pláště

Výpočet únosnosti pláště													
Třída	Tloušťka vrstvy(m)	γ_d (kN/m ³)	φ_d (°)	c_d (kPa)	E _{def} (MPa)	z_i (m)	σ_{ori} (kPa)	k ₂	γ_{r1}	γ_{dr2}	σ_{xi} (kPa)	f_{si} (kPa)	U_{fdi} (kN)
F4	1,35	18,5	16	6	3	0,68	12,49	1	1	1,3	12,49	8,20	31,28
F4	6,00	18,5	16	8	5	4,35	80,48	1	1	1,2	80,48	29,74	504,27
F4	1,60	18,5	16	9	5	8,15	150,78	1	1	1	150,78	52,24	236,21
F6	4,55	21,0	15	9	8	11,23	213,35	1,2	1	1	256,02	64,26	826,27
$\Sigma U_{fd} =$													1598,04

Poté svislá výpočtová únosnost piloty je dle vztahu:

$$\underline{U_{vd} = U_{bd} + U_{fd} = 1\,041,5 + 1\,598,0 = 2\,639,5 \text{ kN} > 2\,268 \text{ kN} = N_d}$$

Pilota vyhovuje na zatížená svislou silou pro 1. MS.

4.2.3. Posouzení piloty - 2. MS

V následující tabulce č. 12 jsou vstupní hodnoty pro výpočet podle druhé skupiny mezních stavů, teorie probrána v kapitole 4.2.2.2.

Tabulka 4-4: Vstupní hodnoty pro výpočet sedání

Vstupní hodnoty pro výpočet sedání									
Třída	Tloušťka vrstvy(m)	z_i (m)	I_c	a (kPa)	b (kPa)	e (kPa)	f (kPa)	E_s (MPa)	$E_s \cdot h_i$ (MPa)
F4	1,35	0,68	0,5	46,39	20,81	197,74	150,22	8,15	11,0025
F4	6	4,35	0,75	71,85	64,7	592,67	617,24	27,14	162,84
F4	1,6	8,15	0,75	71,85	64,7	592,67	617,24	11,15	17,84
F6	4,55	11,2	1	97,31	108,85	987,6	1084,26	31,62	143,871

Vypočítáme plášťové tření a jeho průměrnou velikost.

$$q_{si} = a - b/(D_i/d_i)$$

$$q_s = (\sum d_i \cdot h_i \cdot q_{si}) / (\sum d_i \cdot h_i)$$

Dále volíme koeficient podle druhu zatížení a podle povrchu piloty

provozní zatížení $m_1 = 0,7$

betonáž do suchého vrtu pod vodou: $m_2 = 1,0$

V tabulce č. 13 je znázorněn výpočet mezního plášťového tření

Tabulka 4-5: Plášťové tření

Mezní plášťové tření							
Třída	Tloušťka vrstvy(m)	z_i (m)	a (kPa)	b (kPa)	d (m)	q_{si} (kPa)	$q_{si} \cdot h_i \cdot d_i$
F4	1,35	0,68	46,39	20,81	0,9	18,64	22,65
F4	6,00	4,35	71,85	64,70	0,9	58,46	315,70
F4	1,60	8,15	71,85	64,70	0,9	64,71	93,18
F6	4,55	11,23	97,31	108,85	0,9	88,58	362,75
$q_s =$						65,37	794,28

Poté můžeme dosadit do vzorce na výpočet mezní únosnosti na plášti piloty.

$$R_{su} = m_1 \cdot m_2 \cdot \pi \cdot \sum d_i \cdot h_i \cdot q_{si} = 0,7 \cdot 1,0 \cdot \pi \cdot 794,28 = 1\,746,7 \text{ kN}$$

Napětí na patě piloty:

$$q_0 = e - f/(L/d_0) = 987,6 - 1084,26/(13,5/0,9) = 915,3 \text{ kPa}$$

Výpočet koeficientu přenosu zatížení:

$$\beta = q_0 / (q_0 + 4 \cdot q_s \cdot L / d_0) = 915,3 / (915,3 + 4 \cdot 65,37 \cdot 13,5 / 0,9) = 0,189$$

Následně dosadíme do vztahu pro výpočet zatížení v hlavě piloty na mezi mobilizace plášťového tření.

$$R_y = R_{su} / (1 - \beta) = 1\,746,7 / (1 - 0,189) = 2\,153,7 \text{ kN}$$

Průměrný modul deformace:

$$E_s = (\sum E_{si} \cdot h_i) / (\sum h_i) = 335,5 / 13,5 = 24,85 \text{ MPa}$$

Koeficient sedání, kde hodnoty I_1 a R_k odečítáme z grafů:

$$I = I_1 \cdot R_k = 0,101 \cdot 1,15 = 0,115$$

Pro odečet korelačního součinitele musíme znát tuhost piloty a štíhlostní poměr.

$$K = E_b/E_s = 30000/24,85 = 1\,207$$

$$L/d = 13,5/0,9 = 15$$

Velikost sedání piloty:

$$s_y = R_y \cdot I / (d \cdot E_s) = 2\,153,7 \cdot 0,115 / (0,9 \cdot 24,85) = 11,07 \text{ mm}$$

Zatížení odpovídající deformaci 25 mm:

$$R_{bu} = R_{su} + R_{pu} = 1\,746,7 + 919,3 = 2\,665,9 \text{ kN}$$

$$R_{pu} = \beta \cdot R_y \cdot s_{25} / s_y = 0,189 \cdot 2\,153,7 \cdot 25 / 11,07 = 919,3 \text{ kN}$$

Celkové sedání:

$$**s = s_y \cdot (R/R_y)^2 = 11,07 \cdot (1680 / 2\,153,7)^2 = 6,4 \text{ mm}**$$

Sedání vyhovuje na podmínku $L/250 = 13,5/250 = 0,054 \text{ m} = 54 \text{ mm}$

Sedání vyhovuje na podmínku mezního sedání zděných vícepodlažních budov z cihel, která je 80 mm. [9]

5. ZÁVĚR

Hlavním cílem bakalářské práce, který si autor v úvodu vytýčil, bylo stručně a přehledně popsat možnosti zakládání bytového domu, zdůraznit další zdroje informací, které mohou být při projektování využity a na konkrétním případu výpočtu únosnosti piloty pro konkrétní bytový dům prokázat praktické zvládnutí tohoto postupu, ale i představit konkrétní postup při výpočtech. V prvních kapitolách je shrnuta problematika geologie a klasifikace zemin. Tak jak se o matematice říká, že je „služkou věd“, analogicky lze říci, že geologie je jakousi „služkou“ každému geotechnikovi, a proto by o ní měl mít alespoň základní přehled. Informace, které spadají do této oblasti jsou pro geotechnika cenným zdrojem informací a cílem by mělo být, aby s nimi dokázal při své práci účelně a efektivně pracovat.

Nosnou částí bakalářské práce je přehled možností zakládání. Nejzákladnější dělení je na zakládání plošné a hlubinné, a jeho speciální odnož zakládání na hloubkově zlepšených zeminách. Základní dělení popsané výše je ctěno i při dělení kapitol bakalářské práce. Protože bakalářská práce může mít jen omezený rozsah, nalézají se zde jen nejpoužívanější způsoby zakládání ve stavební praxi. Podrobný vyčerpávající popis všech možných technologií není z kapacitních důvodů možný a nebyl by ani účelný. Přesto však bylo cílem alespoň stručně představit zmíněné možnosti zakládání, jejich hlavní výhody a případná omezení. Tato část teoretické části práce tedy představuje nejen tyto tři základní typy, ale popisuje i technologii při jejich výrobě, možnosti využití a částečně se i vyrovnává s přínosy a limity při využití té které metody.

Několik posledních kapitol je věnováno konkrétnímu příkladu. Řeší se zde založení bytového domu v oblasti vytěžené cihelny, která byla zasypana nedostatečně hutněnými navážkami. Založení je počítáno na vrtaných pilotách. Cílem této části bylo vytvoření vzorového výpočtu únosnosti nejvíce zatížené piloty zmiňovaného bytového domu, který čtenáři představí postup práce, který je třeba při takovémto druhu výpočtu dodržet. Tento výpočet má taktéž umožnit autorovi práce na konkrétním příkladu prakticky využít teoretických znalostí nabytých během studia a prokázat tak zvládnutí dané problematiky. Konkrétně tedy autor v předložené bakalářské práci navrhl pilotový

základ, který musí být únosný a zároveň vyhoví požadavkům použitelnosti, reprezentované sedáním. V následující tabulce jsou představeny hlavní výsledky, které byly vypočteny pomocí programu Geo5 a ručním výpočtem.

Tabulka 5-1: Tabulka Výsledného posouzení metod výpočtu

Výsledné posouzení	1. MS		2. MS	
	Únosnost [kN]	Zatížení [kN]	Sedání [mm]	Sedání limitní [mm]
Geo 5	2 639,5	2 268	6,4	54
Ruční výpočet	2 590,0	2 268	6,4	54

Celkově lze tedy říci, že práce poskytuje základní vhled do možností založení nejen bytového domu, ale i jiných typů staveb. Čtenáři tak umožní alespoň základní orientaci v dané problematice. Přidanou hodnotou práce je i aplikace poznatků na konkrétním výpočtu, nutném pro založení zmírňovaného bytového domu. Autor si uvědomuje, že velmi významným ukazatelem pro posouzení daného projektu a volby metody založení by byl ekonomický rozpočet, který však není součástí práce. Tak jak bylo zmiňováno již v úvodu práce, je ekonomické hledisko v současné době jedním z hlavních kritérií, proto by rozpočet projektu tvořil v praxi jednu ze základních a nutných částí a mohl by i výrazně ovlivňovat konečnou volbu řešení.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] POSPÍŠIL, P. *Geologie – Základy petrologie*, učební text. Brno: FAST VUT, 2004. 63 s.
- [2] Pomůcka k pojmenovávání hornin pro inženýrské účely [online]. Poslední aktualizace neuvedena [cit. 2014-03-12]. Dostupné z: <<http://geotech.fce.vutbr.cz/studium/geologie/Klasifikacni-tabulka.htm>>.
- [3] Geomorfologie [online]. Poslední aktualizace neuvedena [cit. 2014-03-15]. Dostupné z: <<http://geoportal.kraj-lbc.cz/geomorfologie>>.
- [4] HORÁK, V. *Mechanika hornin*, učební text. Brno: FAST VUT, 2006. 46 s.
- [5] ČSN 73 1001/1988. *Zakládání staveb. Základová půda pod plošnými základy*. Praha: Český normalizační institut, 1988. 76 s.
- [6] *Mechanika zemin*, učební text [online]. Poslední aktualizace 21. 4. 2006 [cit. 2014-04-25]. Dostupné z: <[http://lences.cz/skola/subory/-%20-%20PREDMETY%20%20\(semester%201%20-%2010\)%20-%20-/4-semester/BF02%20-%20Mechanika%20zemin/Ucebni_texty/1-Mechanika-zemin-uvod.pdf](http://lences.cz/skola/subory/-%20-%20PREDMETY%20%20(semester%201%20-%2010)%20-%20-/4-semester/BF02%20-%20Mechanika%20zemin/Ucebni_texty/1-Mechanika-zemin-uvod.pdf)>.
- [7] Horniny ve stavební praxi [online]. Poslední aktualizace neuvedena [cit. 2014-03-15]. Dostupné z: <http://geologie.vsb.cz/geologie/KAPITOLY/5_horniny_v_praxi/5_horniny_stav_praxi.htm>.
- [8] WEIGLOVÁ, K. *Mechanika zemin, modul M01*, učební text. Brno: FAST VUT, 2005. 34 s.
- [9] MASOPUST, J. *Navrhování základových konstrukcí. Příručka k ČSN EN 1997*. Vyd. 1. Praha: IC ČKAIT, 2012. 208 s. ISBN: 978-80-87438-31-2.

- [10] Základové konstrukce [online]. Poslední aktualizace 24. 10. 2012 [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: <http://stavebnikomunita.cz/m/blogpost?id=6453524%3ABlogPost%3A18851>.
- [11] Základové rošty [online]. Poslední aktualizace neuvedena [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: <http://fast10.vsb.cz/perina/ps1/zakladove-rosty.html>.
- [12] MASOPUST, J. a V. GLISNÍKOVÁ. *Zakládání staveb: modul M01: zakládání staveb*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2007, 182 s. ISBN: 978-80-7204-538-9.
- [13] Základy hlubinné [online]. Poslední aktualizace neuvedena [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: <http://fast10.vsb.cz/perina/ps1/zaklady-hlubinne.html>.
- [14] MASOPUST, J. *Speciální zakládání staveb*. 1. díl. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004, 141 s. ISBN: 80-214-2770-1.
- [15] Search Results By Etiquetas : pilotes [online]. Poslední aktualizace 22. 4. 2013 [cit. 2014-05-17]. Dostupné z: <http://procedimientosconstruccion.blogs.upv.es/tag/pilotes/>.
- [16] Pilote hincado y entubado [online]. Poslední aktualizace 2014 [cit. 2014-05-04]. Dostupné z: <http://www.archiexpo.es/prod/franki-geotechnics-b/pilotes-hincados-entubados-61404-1121919.html>.
- [17] Katalog vrtných souprav [online]. Poslední aktualizace 2014 [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: <http://geoprzkum.cz/katalog-vrtnych-souprav/#!/prettyPhoto>.
- [18] Speciální zemní práce ve stavebnictví [online]. Poslední aktualizace neuvedena [cit. 2014-04-29]. Dostupné z: <http://www.hornictvi.info/prirucka/geotech/geotech.htm>.
- [19] Šachtové pilíře a studně [online]. Poslední aktualizace neuvedena [cit. 2014-02-27]. Dostupné z: <http://fast10.vsb.cz/perina/ps1/sachtove-pilire.html>.
- [20] Kesony [online]. Poslední aktualizace neuvedena [cit. 2014-03-08]. Dostupné z: <http://fast10.vsb.cz/perina/ps1/kesony.html>.

- [21] SVOBODA, P. *Hlubkové zlepšování zemin v české praxi*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2009. 136 s. ISBN 978-80-7204-663-8.
- [22] MASOPUST, J. *Speciální zakládání staveb*. 2. díl. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006, 149 s. ISBN: 80-7204-489-3.
- [23] Hlubkové vibrační zhutňování zemin [online]. Poslední aktualizace 3. 6. 2003 [cit. 2014-04-29]. Dostupné z: <<http://www.kellergrundbau.cz/technologie/files/10-02CZ.pdf>>.
- [24] Použití metody DEEP SOIL MIXING v České republice [online]. Poslední aktualizace 27. 1. 2009 [cit. 2014-04-29]. Dostupné z: <<http://www.asb-portal.cz/inzenyrske-stavby/geotechnika/pouziti-metody-deep-soil-mixing-vceske-republice>>.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 2-1	Pomůcka k pojmenování hornin pro inženýrské účely	- 12 -
Obrázek 2-2	Geomorfologické celky ČR	- 14 -
Obrázek 2-3	Klasifikace zemin pro zakládání staveb	- 15 -
Obrázek 2-4	Trojúhelníkový diagram pro částice do 60 mm	- 16 -
Obrázek 2-5	Diagram plasticity pro jemnozrnné zemin	- 16 -
Obrázek 3-1	Tvary patek	- 20 -
Obrázek 3-2	Základové rošty	- 21 -
Obrázek 3-3	Tvary základových desek: a) konstantní tloušťka b) vyztuženo roštem c) tvar obráceného hříbového stropu d) krabicový základ	- 22 -
Obrázek 3-4	Usazení pilot v základové půdě	- 22 -
Obrázek 3-5	Části piloty	- 23 -
Obrázek 3-6	Vrtací nástroje	- 25 -
Obrázek 3-7	Provádění CFA pilot	- 28 -
Obrázek 3-8	Provádění Franki pilot	- 28 -
Obrázek 3-9	Statické schéma piloty	- 29 -
Obrázek 3-10	Mezní zatěžovací křivka	- 33 -
Obrázek 3-11	Základní příčinkový koeficient	- 36 -
Obrázek 3-12	Korelační součinitel	- 36 -
Obrázek 3-13	Statické schéma tuhé piloty příčně zatížené	- 39 -
Obrázek 3-14	Deformace poddajné piloty	- 40 -
Obrázek 3-15	Schéma výpočtu poddajné piloty – Winklerův model	- 41 -
Obrázek 3-16	Provádění mikropilot v praxi	- 42 -
Obrázek 3-17	Podzemní stěny	- 45 -
Obrázek 3-18	Studny, jako základové konstrukce	- 46 -
Obrázek 3-19	Kesony	- 47 -

Obrázek 3-20	Struktura nezlepšených a zlepšených zemin	- 48 -
Obrázek 3-21	Dynamická konsolidace	- 48 -
Obrázek 3-22	Hutnění nesoudržné zeminy – uspořádání zrn	- 49 -
Obrázek 3-23	Provádění vibračního zhutňování nesoudržných zemin	- 50 -
Obrázek 3-24	Schéma vibrátoru s horním plněním	- 50 -
Obrázek 3-25	Provádění štěrkových pilířů	- 51 -
Obrázek 3-26	Vibrátor pro budování štěrkových pilířů	- 52 -
Obrázek 3-27	Provádění pilířů DSM	- 54 -
Obrázek 4-1	Řez budovou BD v ulici Lázeňská	- 55 -

SEZNAM TABULEK

Tabulka 3-1	Koeficient sedání opřené piloty I_{sp}	- 32 -
Tabulka 3-2	Regresivní koeficienty	- 34 -
Tabulka 3-3	Sečnový modul deformace E_s horniny poloskalní	- 35 -
Tabulka 3-4	Sečnový modul deformace E_s zeminy hrubozrnné	- 35 -
Tabulka 3-5	Sečnový modul deformace E_s zeminy jemnozrnné	- 35 -
Tabulka 3-6	Konstanta n_h	- 38 -
Tabulka 3-7	Koeficient m pro soudržné zeminy	- 39 -
Tabulka 3-8	Koeficient m pro nesoudržné zeminy	- 39 -
Tabulka 4-1	Sondy a normové charakteristiky zemin	- 57 -
Tabulka 4-2	Normové charakteristiky zeminy pro výpočet	- 59 -
Tabulka 4-3	Výpočet únosnosti pláště	- 61 -
Tabulka 4-4	Vstupní hodnoty pro výpočet sedání	- 61 -
Tabulka 4-5	Plášťové tření	- 62 -
Tabulka 5-1	Tabulka Výsledného posouzení metod výpočtu	- 61 -

SEZNAM GRAFŮ

Graf 3-1 Dělení pilot dle technologie provádění

- 24 -

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

ČSN	- česká státní norma
m. n m.	- metrů nad mořem
č.	- číslo
a	- regresivní koeficient
A_s	- plocha paty piloty
b	- regresivní koeficient
c_{ef}	- efektivní soudržnost zeminy
c_d	- efektivní výpočtová soudržnost zeminy
c_u	- totální soudržnost zeminy
d_i	- průměr piloty v i-té části
d_0	- průměr piloty v patě
D_i	- hloubka středu vrstvy i-té zeminy
e	- regresivní koeficient
E_b	- modul pružnosti betonu
E_{def}	- deformační modul zeminy
E_s	- modul deformace zeminy a horniny
f	- regresivní koeficient
f_{si}	- plášťové tření v i-té části
h_i	- hloubka i-té části
I	- koeficient sedání piloty
I_{sp}	- koeficient sedání opřené piloty
I_D	- relativní ulehlost
I_c	- stupeň konzistence
I_1	- základní koeficient sedání piloty

l	- kratší rozměr základu
l_p	- neúčinná délka piloty
L	- délka piloty
$L_{\max}$	- maximální délka piloty
k_1	- součinitel vyjadřující vliv délky piloty
k_2	- součinitel bočního zemního tlaku na plášti piloty
$k_{H,Z}$	- modul vodorovné reakce podloží v příslušné hloubce z
K	- tuhost
m	- koeficient závislý na statickém uložení piloty
m_1	- koeficient podle druhu zatížení piloty
m_2	- koeficient podle druhu povrchu piloty
MS	- mezní stav
n	- počet prvků
n_h	- konstanta
N	- normálová síla
N_b	- součinitel únosnosti
N_c	- součinitel únosnosti
N_d	- součinitel únosnosti
Obr.	- obrázek
q_{si}	- plášťové tření v i-té vrstvě
Q_p	- penetrační pevnost
r	- součinitel kvality sklaní horniny
R	- zatížení piloty
R_y	- zatížení v hlavě piloty při mobilizaci plášťového tření
R_{bd}	- únosnost betonu v tlaku
R_d	- výpočtová únosnost

R_{bu}	- zatížení odpovídající deformace piloty 25 mm
R_{su}	- mezní únosnost na plášti piloty
R_k	- korelační součinitel
s	- sedání
s_y	- sedání piloty
s_{lim}	- limitní sedání
Tab.	- tabulka
u_z	- příslušná deformace piloty
U_{vd}	- celková únosnost piloty
U_{bd}	- únosnost paty piloty
U_{fd}	- únosnost pláště piloty
V	- vertikální síla
V_n	- normové zatížení
V_d	- výpočtové zatížení
V_{de}	- zatížení extrémní výpočtové
V_{ds}	- zatížení provozní výpočtové
β	- koeficient přenosu zatížení do paty piloty.
γ	- objemová tíha zeminy
γ_{r1}	- součinitel podmínek působení technologie
γ_{r1}	- součinitel podmínek působení technologie
γ_{r2}	- součinitel podmínek působení základové půdy
γ_{mc}	- součinitel spolehlivosti
γ_F	- součinitel zatížení
γ_Q	- součinitel zatížení
γ_G	- součinitel zatížení
γ_d	- výpočtová objemová hmotnost zeminy

ν	- Poissonovo číslo
σ_{de}	- extrémní konstantní napětí
σ_c	- pevnost v tlaku horniny
σ_{ri}	- geostatické napětí v hloubce z_i
φ	- úhel vnitřního tření
φ_{ef}	- efektivní úhel vnitřního tření
φ_d	- efektivní výpočtový úhel vnitřního tření
φ_u	- totální úhel vnitřního tření

SEZNAM VZORCŮ

$$U_{vd} = U_{bd} + U_{fd} \geq V_{vd} \quad (3-1)$$

$$U_{bd} = k_1 \cdot A_s \cdot R_d \quad (3-2)$$

$$R_d = 1,2 \cdot c \cdot N_c + (1 + \sin\varphi_u) \cdot \gamma_1 \cdot L \cdot N_d + \gamma_2 \cdot d/2 \cdot N_b \quad (3-3)$$

$$U_{fd} = \sum \pi \cdot d_i \cdot h_i \cdot f_{si} \quad (3-4)$$

$$f_{si} = \sigma_{xi} \cdot \operatorname{tg}(\varphi / \gamma_{r1}) + c / \gamma_{r2} \quad (3-5)$$

$$\sigma_{xi} = k_2 \cdot \sigma_{ori} \quad (3-6)$$

$$U_{bd} = 0,8 \cdot A_s \cdot R_{bd} \quad (3-7)$$

$$s = I_{sp} \cdot V \cdot L / (A_s \cdot E_b) \quad (3-8)$$

$$K = E_b / E_s \quad (3-9)$$

$$R_{su} = m_1 \cdot m_2 \cdot \pi \cdot \sum d_i \cdot h_i \cdot q_{si} \quad (3-10)$$

$$q_{si} = a - b/(D_i/d_i) \quad (3-11)$$

$$q_0 = e - f/(L/d_0) \quad (3-12)$$

$$q_s = (\sum d_i \cdot h_i \cdot q_{si})/(\sum d_i \cdot h_i) \quad (3-13)$$

$$R_y = R_{su} / (1 - \beta) \quad (3-14)$$

$$\beta = q_0 / (q_0 + 4 \cdot q_s \cdot L / d_0) \quad (3-15)$$

$$s_y = R_y \cdot I / (d \cdot E_s) \quad (3-16)$$

$$E_s = (\sum E_{si} \cdot h_i) / (\sum h_i) \quad (3-17)$$

$$I = I_1 \cdot R_k \quad (3-18)$$

$$s = s_y \cdot (R/R_y)^2 \quad (3-19)$$

$$s = s_y + (s_{25} - s_y) \cdot (R - R_y) / (R_{bu} - R_y) \quad (3-20)$$

$$\sigma_z = k_{h,z} \cdot u_z \quad (3-21)$$

$$k_h = E_{\text{def}} / d \quad (3-22)$$

$$k_{h,z} = n_h \cdot z / d \quad (3-23)$$

$$L_{\text{max}} = m \cdot d \quad (3-24)$$

$$H - d \cdot u_s / z_0 \cdot \int k_{hz} \cdot (z_0 - z) \cdot d_z = 0 \quad (3-25)$$

$$H \cdot (h + z_0) - d \cdot u_s / z_0 \cdot \int k_{hz} \cdot (z_0 - z)^2 \cdot d_z = 0 \quad (3-26)$$

$$E_b \cdot I \cdot (d^4 u / dz^4) + d \cdot k_{hz} \cdot u = 0 \quad (3-27)$$

$$E_b \cdot I \cdot (d^2 u / dz^2) = M_z \quad (3-28)$$

$$P_i = \Delta z \cdot d \cdot k_{hz} \cdot u_i = C_i \cdot u_z \quad (3-29)$$

$$d^2 u / dz^2_{(i)} = (u_{i-1} - 2 \cdot u_i + u_{i+1}) / (\Delta z)^2 \quad (3-30)$$

$$E_b \cdot I / (\Delta z)^2 \cdot (u_{i-1} - 2 \cdot u_i + u_{i+1}) = M_{\text{zatěžovací}} - M_{\text{vzdorovací}} \quad (3-31)$$

$$E_b \cdot I / (\Delta z)^2 \cdot (u_{i-1} - 2 \cdot u_i + u_{i+1}) = H \cdot (h + z_i) - \sum C_{hi} \cdot u_j \cdot (z_i - j \cdot \Delta z) = 0 \quad (3-32)$$

$$H - \sum P_i = 0 \quad (3-33)$$

$$H \cdot (h + 1) - \sum P_i \cdot L \cdot (1 - i/n) = 0 \quad (3-34)$$

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA A:	GEOLOGICKÝ PROFIL
PŘÍLOHA B1:	PŮDORYS
PŘÍLOHA B2:	ŘEZ A-A
PŘÍLOHA B3:	ŘEZ B-B
PŘÍLOHA C1:	POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI GEO 5
PŘÍLOHA C2:	POSOUZENÍ SEDÁNÍ GEO 5