

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE

FAKULTA STAVEBNÍ
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ
DEPARTMENT OF STEEL AND TIMBER STRUCTURES



DŘEVĚNÁ KONSTRUKCE KNIHOVNY

TECHNICKÁ ZPRÁVA
- ČÁST ZALOŽENÍ STAVBY -

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. Michal Žabka

KONZULTANT PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. Jan Záleský, CSc.

PRAHA 2017

Obsah

1. ÚVOD	2
1.1. Popis objektu spodní stavby	2
1.2. Geologické poměry	2
1.3. Výpočet.....	3
1.4. Zatížení.....	3
2. KOTVENÍ PODZEMNÍCH STĚN	5
2.1. Pramencové kotvy	5
3. BÍLÁ VANA	6
4. GEOTECHNICKÝ MONITORING	6
5. PODKLADY A ZDROJE	6
6. ZÁVĚR	6

1. Úvod

Statický výpočet skeletu knihovny je rozšířen o geotechnickou část. V následujícím textu bude nastíněn způsob provedení založení řešeného objektu. Výpočet navazuje na statický výpočet horní stavby skeletu a střešní konstrukce, z kterých přebírá hodnoty reakcí do výpočtu zatížení základů. Předmětem návrhu je pažíci podzemní stěna a základová deska.

Skutečný objekt se nachází v Rotterdamu v Holandsku. V rámci řešení diplomové byl objekt umístěn v Praze – Troji, kde se předpokládají podobné základové poměry – tedy silné vrstvy sedimentů s vysokou HPV.



vybrané místo založení objektu– zdroj geologická mapa 1:25 000

1.1. Popis objektu spodní stavby

Spodní stavba je provedena jako železobetonový monolitický skelet o dvou podzemních podlažích z nichž 1.PP je využíváno jako podzemní garáže s prostory vzduchotechniky, 2.PP slouží jako knižní archiv. Pozice nosných prvků kopíruje rozmístění sloupů horní stavby. Po obvodu jsou provedeny nosné podzemní betonové stěny, které slouží během výstavby jako pažíci. Stěny jsou navrženy v patě volně uloženy a jedenkrát kotveny v úrovni stropní desky nad 1.PP. Stropní železobetonové desky jsou uloženy do ozubů podzemních stěn, které jsou provedeny již během betonáže stěn vložením EPS do armokoše. Deska nad 1.PP je provedena s viditelnými průvlakly, deska 2.PP je hladká, bez průvlaků nebo hlavíc. Tloušťky desek jsou zvoleny z empirických vzorců. Konstrukční výška podzemních pater je 3,90 m. Z toho vyplývá úroveň základové spáry přibližně 8,0 m. Základová spára se nachází těsně nad úrovní HPV. Během výstavby bude snížena úroveň HPP, aby bylo zaručeno bezpečné provedení základových konstrukcí a nebyly poškozeny zemní vlhkostí. Působení vztlaku na konstrukci není v našem případě uvažován.

Založení objektu je provedeno na desce, která spolu s obvodovými podzemními stěnami tvoří bílou vanu. Obvodové stěny slouží zároveň jako pažíci. Všechna riziková místa konstrukce jsou osazena injekčními kanálky, kterými by se případné průsaky sanovaly.

Kotvení stěn je navrženo pramencovými kotvami v úrovni stropní desky nad 1.PP, osová vzdálenost kotev je navržena $b = 2,0$ m. Kotvy se po vybetonování stropních desek odříznou.

1.2. Geologické poměry

Představa o základových poměrech v místě stavby byly zjištěny z mapy geologických poměrů v měřítku 1: 50 000, číslo mapového listu 7 – 9, Praha – Troja. Hodnoty jsou pouze orientační, z podkladů byly zjištěny následující informace:

pokryvné útvary – písčité štěrky, G3 (G-F); mocnost vrstvy 8 -10 m
horniny skalního podloží - droby, prachovce, břidlice
hydrologie: hladina podzemní 8 – 10 m pod úrovní terénu
základové zeminy jsou zatříděny dle dnes již neplatné normy ČSN 73 1001 – ze stejné normy jsou převzaty i jejich mechanické parametry. Přesné hodnoty by byly zjištěny případným inženýrsko – geologickým průzkumem.

Tab. 13 SMĚRNÉ NORMOVÉ CHARAKTERISTIKY ŠTĚRKOVITÝCH ZEMIN

Třída	Symbol	ν	β	γ kN.m ⁻³	E_{def} MPa		φ_{ef} °		c_{ef} kPa	Činitele ovlivňující stanovení charakteristik v rámci rozpětí třídy
					$I_D =$ 0,33 až 0,67	$I_D =$ 0,67 až 1,0	$I_D =$ 0,33 až 0,67	$I_D =$ 0,67 až 1,0		
G 1	GW	0,20	0,90	21	250 až 390	360 až 500	36 až 41	39 až 44	0	$I_D, w, \% g, \text{ tvar zrn, angularita}$
G 2	GP	0,20	0,90	20	100 až 190	170 až 250	33 až 38	36 až 41	0	
G 3	G-F	0,25	0,83	19	80 až 90	90 až 100	30 až 35	33 až 38	0	
G 4	GM	0,30	0,74	19	60 až 80		30 až 35		0 až 8	podíl jemných částic a konzistence zeminy
G 5	GC	0,30	0,74	19,5	40 až 60		28 až 32		2 až 10	

1.3. Výpočet

Výpočet proveden dle normy ČSN EN 1997 - 1, navrhování geotechnických konstrukcí část 1: obecná pravidla.

Objekt zařazen do druhé geotechnické kategorie, základové podmínky jednoduché.

Výpočet pažicí stěny a základové desky je proveden v programu GEO v5.

Hladina podzemní vody se za běžných okolností vyskytuje pod úrovní základové spáry desky bílé vany a ve výpočtu se vztlakem vody není uvažováno. Při návrhu bílé vany je nutné však počítat s mimořádnými událostmi jako jsou povodně nebo dlouho trvající deště, které mohou HPV dočasně zvýšit a desku je nutné proto posoudit případný vztlak nebo stav, kdy budou vnitřní prostory zaplaveny vodou. Tyto zatěžovací stavy vzhledem k prostoru věnovanému na návrh založení objektu nebyly uvažovány. Posouzený je pouze běžný zatěžovací stav, kdy na konstrukce působí kombinace stálého a proměnného užitého zatížení.

Podzemní stěny jsou navrženy v 1. fázi výstavby jako jedenkrát kotveny, s patou volně uloženou. Ve 2. fázi kdy jsou stěny rozepřeny základovou stěnou a stropní deskou nad 2.NP.

1.4. Zatížení

Zatížení působící v úrovni základové spáry je složeno z hodnoty reakcí sloupů horní stavby a zatížení působící v úrovni spodní stavby.

Reakce sloupů horní stavby v charakteristických hodnotách

Zatížení působící v úrovni spodní stavby

(první číslo znamená objemová tíha, další čísla udávají rozměry)

STÁLÉ ZATÍŽENÍ

Stálé zatížení (bet. deska tl. 250 mm)

$$g_k = 25 \times 0,25 = 6,25 \text{ kN/m}^2$$

Ostatní stálé zatížení

$$g_k = 1,50 \text{ kN/m}^2$$

Sloupy (0,3 x 0,3 x 3,9 m)

$$g_k = 25 \times 0,3 \times 0,3 \times 3,9 = 8,77 \text{ kN}$$

Stěny jádra (0,2 x 3,9 m)

$$g_k = 25 \times 0,2 \times 3,9 = 19,5 \text{ kN/m}$$

Obvodové fasádní stěny (h= 8,5 m)

$$g_k = 3,65 \times 8,5 = 31,0 \text{ kN/m}$$

PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ

Užitné zatížení 1.NP (kat. C3)

$$q_k = 3,0 \text{ kN/m}^2$$

Užitné zatížení 1.PP (kat. F - garáže)

$$q_k = 2,5 \text{ kN/m}^2$$

Užitné zatížení 1.PP (kat. E - sklad)

$$q_k = 7,5 \text{ kN/m}^2$$

Zatížení působící v místě jednotlivých sloupů shrnuty v následující tabulce:

Zatížení působící na obvodové stěny jsou uvažovány konstantní hodnotou po celém obvodu

tabulka působícího zatížení

Pozice (sloupec/řada)	Hodnoty reakce vrchní stavby Rk[kN]	Zat. plocha sloupu A [m ²]	stálé zatížení celkem [kN/m ²]	char. hodnota Fk[kN]	užitné zatížení celkem [kN/m ²]	char. hodnota Fk[kN]
B/2	670	46,4	7,75	377,14	13	603,2
B/4	930	52,0	7,75	420,54	13	676
B/5	873	40,5	7,75	331,415	13	526,5
B/6	1030	40,5	7,75	331,415	13	526,5
B/7	685	44,2	7,75	360,09	13	574,6
B/8	740	37,4	7,75	307,39	13	486,2
B/9	0	34,1	7,75	281,815	13	443,3
C/2	50	66,2	7,75	530,59	13	860,6
C/5	605	40,0	7,75	327,54	13	520
C/7	1175	44,0	7,75	358,54	13	572
C/8	830	37,2	7,75	305,84	13	483,6
C/9	0	33,9	7,75	280,265	13	440,7
D/7	1060	38,2	7,75	313,59	13	496,6
D/8	720	32,3	7,75	267,865	13	419,9
D/9	0	29,3	7,75	244,615	13	380,9
E/2	380	66,2	7,75	530,59	13	860,6
E/5	530	40,0	7,75	327,54	13	520
E/7	1125	44,0	7,75	358,54	13	572
E/8	840	37,2	7,75	305,84	13	483,6
E/9	0	33,9	7,75	280,265	13	440,7
F/2	505	46,4	7,75	377,14	13	603,2
F/4	900	52,0	7,75	420,54	13	676
F/5	760	40,5	7,75	331,415	13	526,5
F/6	905	40,5	7,75	331,415	13	526,5
F/7	705	44,2	7,75	360,09	13	574,6
F/8	660	37,4	7,75	307,39	13	486,2
F/9	0	34,1	7,75	281,815	13	443,3
	Hodnoty reakce vrchní stavby Rk[kN]	zat. šířka b[m]	stálé zatížení celkem [kN/m ²]	Bodová síla[kN/m]	užitné zatížení celkem [kN/m ²]	char. hodnota Fk[kN/m]
obvodové stěny	250	3,0	7,75	124,5	13	78
stěny jádra	600	2,7	7,75	119,85	13	72,2

2. Kotvení podzemních stěn

2.1. Pramencové kotvy

Podzemní stěny jsou kotveny ve výšce 3,30 m po terénu pramencovými kotvami v osové vzdálenosti 2,0 m. Dle návrhu podzemní stěny musí kotva přenést kotevní sílu $F_D = 400$ kN. Navržený jsou 3 prameny $\phi 15,7$ mm, použitá ocel kotvy je 1570/1770 MPa. Průměr vrtu kotvy je 120 mm. Kotvy jsou navrženy jako dočasné. Vrt bude po celé délce vyplněný cementovou záplivkou a injektován po etážích při dosažení minimálního injektážního tlaku 2,0 MPa. Únosnost kořene kotvy je nutné ověřit na stavbě zkouškou. Při návrhu se vychází z tabulkových hodnot. Pro šterky písčité vychází plášťové tření τ v rozmezí 0,2 – 0,6 MPa. Ve výpočtu vzata střední hodnota $\tau = 0,4$ MPa.

Charakteristická únosnost kotvy proti vytažení

$$R_{a,k} = \pi \cdot d \cdot l_k \cdot \tau = \pi \times 0,12 \times 3,5 \times 400 = 527,8 \text{ kN}$$

Návrhová únosnost kotvy proti vytažení

$$R_{a,d} = R_{a,k} / \gamma_a = 527,8 / 1,1 = 479,8 > F_D = 400 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Konstrukční únosnost kotvy

$$R_{i,k} = n \cdot A \cdot f_y / \gamma_M = 3 \times 0,00014 \times 1570 / 1,15 = 573,4 \text{ kN}$$

$$R_{i,d} = R_{i,k} / \gamma = 573,4 / 1,35 = 424,8 > F_D = 400 \text{ kN}$$

Vyhovuje

Informace pro napínání kotvy

$$\text{předínací síla } P_0 = 400 \text{ kN} < 0,6 P_{tk} = 0,6 \times 743 = 446 \text{ kN}$$

$$P_{tk} = n \cdot A \cdot f_u = 3 \times 0,00014 \times 1770 = 743 \text{ kN}$$

$$\text{zkušební síla } P_P = 1,25 P_0 = 1,25 \times 400 = 500 \text{ kN}$$

$$\text{předtížení kotvy } P_a = 0,1 P_0 = 40 \text{ kN}$$

Délka kořene kotvy je 3,5 m, volná délka kotvy je 5,0 m. Po vytvrnutí injektáže dojde k předepnutí kotvy požadovanou předpínací silou $P_0 = 400$ kN.

Tab. 10 Hlavní parametry ocelových pramenců

Typ pramence	Pramenec ϕ 15,5/1620	Pramenec ϕ 15,5/1800	Pramenec ϕ 15,7/1770
jmenný průměr [mm]	15,5	15,5	15,7
jmenný průřez [mm ²]	141,5	141,5	150,0
zatižení a napětí			
na mezi pevnosti F_m [kN]	229,2	255	265,5
f_p [MPa]	1 620	1 800	1 770
na mezi 0,2 $F_{p0,2}$ [kN]	194,8	217	235,5
$f_{p0,2}$ [MPa]	1 377	1 532	1 570
na mezi 0,1 $F_{p0,1}$ [kN]	–	178	–
$f_{p0,1}$ [MPa]	–	1 620	–
tažnost [%]	3,0	3,5	3,5
modul pružnosti E [Gpa]	200 ± 10 %	200 ± 10 %	195
jmenná hmotnost [kgm ⁻¹]	1,12	1,12	1,15

Tab. 12 Charakteristické velikosti plášťového tření kořenů kotev

Druh základové půdy	Typické vlastnosti	Počet injektáží	Konečný injektážní tlak [MPa]	Plášťové tření τ_i [MPa]
skalní horniny R1 – R4	$\sigma_f > 50$ MPa	0	–	0,6 – 1,0
poloskalní horniny R5, R6	$\sigma_f < 50$ MPa	0 – 1	0,5 – 3,0	0,2 – 0,6
šterky písčité	$35^\circ < \varphi < 45^\circ, c = 0$	1 – 2	1,0 – 2,0	0,15 – 0,20
šterky jílovité	$25^\circ < \varphi < 35^\circ, c = 10$	1 – 2	2,0 – 4,0	0,15
pisky	$25^\circ < \varphi < 35^\circ, c = 0$	2 – 3	1,5 – 4,0	0,1 – 0,15
soudržné zeminy tvrdé	$10^\circ < \varphi_u < 30^\circ$ $c_u > 0,1$ MPa	1 – 3	1,5 – 3,0	0,08 – 0,14
soudržné zeminy pevné	$\varphi_u < 100$ $0,05 < c_u < 0,15$ MPa	2 – 3	1,0 – 2,5	0,06 – 0,08
soudržné zeminy tuhé	$\varphi_u = 0$ $0,025 < c_u < 0,05$ MPa	3 – (4)	0,5 – 2,0	0,04 – 0,06

3. Bílá vana

Beton použit na konstrukci bílé vany musí být speciální vodostavební beton s minimalizovaným smršťováním a dotvarováním betonu. Šířka trhlin vodonepropustného betonu je $w < 0,2$ mm, šířka trhlin musí být splněna pro základovou desku i podzemní stěny. Betonáž musí být rozvržena, aby nedocházelo ke tvorbě pracovních spár pod úrovní HPV. Vždy musí být provedena kontinuální betonáž na celý dilatační celek, jejichž konce jsou opatřeny příslušnými těsnícími lištami. Betonová směs použita na bílou vanu musí mít specifickou granulometrii a vodní součinitel. Dále jsou použity přísady pro zpomalování tuhnutí, blokátory pórů a superplastifikátorů. Tloušťka stěny bílé vany v nejtenčím místě musí být větší jak 250 mm. Stupeň vyztužení betonu je vyšší, než je vyžadováno pro pouhé přenesení zatížení.

4. Geotechnický monitoring

Po dobu provádění základových prací, tj. výkopu základové jámy, provedení dočasných kotvení podzemních stěn a betonáže základové desky a následných stropních desek pod úrovní terénu, musí být prováděn geotechnický monitoring kontrolující přetváření a stabilitu pažící konstrukce, včetně dna jámy a vliv jámy na stabilitu a deformaci okolí jámy. Monitoring bude prováděn geodetickými metodami, kdy budou v koruně podzemní stěny a v místě pramencových kotev osazeny měřicí body. Měření bude prováděno totální stanicí ze stabilních bodů.

5. Podklady a zdroje

mapa geologických poměrů v měřítku 1: 50 000, číslo mapového listu 7 – 9, Praha – Troja

zatřídění základových zemin ČSN 73 1001 - NEPLATNÁ

pomůcky pro návrh pramencových kotev:

http://www.profesis.cz/files//dokumpdf/tp1.9.6/tp1.9.6_kap2.pdf

pomůcky pro návrh bílé vany:

http://cze.sika.com/cs/produkty_a_reseni/stavebnictvi/02a015/bila_vana_vodonepropustny_beton.html

6. Závěr

Rozšiřující část diplomové práce týkající se založení objektu představuje spíše ideový návrh způsobu založení objektu a zajištění pažení výkopové jámy. Konstrukce byly navrženy a posouzeny dle normy ČSN EN 1997 - 1, navrhování geotechnických konstrukcí část 1: obecná pravidla, výpočty konstrukcí byly provedeny v programu GEO. Výstupy programu jsou obsahem statického výpočtu.