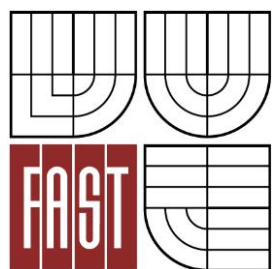




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

OPĚRNÁ ŽELEZOBETONOVÁ STĚNA

CONCRETE RETAINING WALL

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

PAVEL GRIC

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JIŘÍ STRNAD, Ph.D.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3608R001 Pozemní stavby
Pracoviště	Ústav betonových a zděných konstrukcí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Pavel Gric
Název	Opěrná železobetonová stěna
Vedoucí bakalářské práce	Ing. Jiří Strnad, Ph.D.
Datum zadání bakalářské práce	30. 11. 2012
Datum odevzdání bakalářské práce	24. 5. 2013

V Brně dne 30. 11. 2012

.....
prof. RNDr. Ing. Petr Štěpánek, CSc.
Vedoucí ústavu



N. R.

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

Podklady a literatura

Schémata zadaného objektu (dílčí půdorysy a řezy)

Platné normy z oboru betonových a zděných staveb, geotechniky atd.

Majdúch: Zásady vystužovania betónových konštrukcií

Skripta, podklady a opory používané ve výuce na ÚBZK FAST VUT v Brně

Výpočetní programy pro PC

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

Rozbor zatěžovacích stavů se zaměřením na geotechnické zatížení.

Statická analýza nosné konstrukce.

Výkresová dokumentace geometrie a vyztužení.

Technická zpráva statické části.

Textová část (průvodní zpráva atd.)

Přílohy textové části:

P1) Použité podklady

P2) Statický výpočet

P3) Výkresová dokumentace

P4) vizualizace

Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP (1x), Popisný soubor závěrečné práce (1x)

Bakalářská práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě dle směrnic a na CD (1x).

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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



Ing. Jiří Strnad, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem a posouzením železobetonové úhlové opěrné stěny. Jsou zde rozebrány účinky zatížení od jednotlivých návrhových přístupů uvedených v normě ČSN EN 1997. Posouzení samotné konstrukce je provedeno dle normy ČSN EN 1992.

Klíčová slova

Železobetonová úhlová opěrná stěna, návrhové přístupy, zemní tlaky, návrh a posouzení

Abstract

This thesis is about design and assessment of angular retaining wall from reinforced concrete. There are analyzed effects of loads from each design approach listed in standard ČSN EN 1997. The retaining wall is designed according to the standard ČSN EN 1992.

Keywords

Angular retaining wall from reinforced concrete, design approaches, earth pressures, design and assessment

Bibliografická citace VŠKP

GRIC, Pavel. *Opěrná železobetonová stěna*. Brno, 2013. 20 s., 95 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Jiří Strnad, Ph.D..

Prohlášení:

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

V Brně dne 21.5.2013

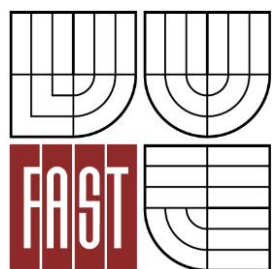
.....
podpis autora
Pavel Gric

Poděkování:

Děkuji vedoucímu mé bakalářské práce, panu Ing. Jiřímu Strnadovi, Ph.D., za rady, připomínky, ochotný přístup a čas věnovaný konzultacím a zaměstnancům ústavu geotechnik, kteří mi byli vždy ochotni pomoci. V neposlední řadě děkuji své rodině, která mi studium na škole umožnila a přátelům, jež mi pomohli zachovat zdravý rozum.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

TEXTOVÁ ČÁST

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

PAVEL GRIC

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JIŘÍ STRNAD, Ph.D.

OBSAH:

1. ÚVOD	10
2. TECHNICKÁ ZPRÁVA KE STATICKÉMU VÝPOČTU	11
1.1 Svislé konstrukční prvky	11
2.2 Základové konstrukce	11
3. PRŮVODNÍ ZPRÁVA KE STATICKÉMU VÝPOČTU	12
3.1 Obecně	12
3.2 Návrhové přístupy.....	12
3.3 Mezní stav GEO	13
3.4 Mezní stav (STR).....	14
3.4.1 Stěna	14
3.4.2 Základ.....	15
3.4.3 Základ vyčnívající před stěnu.....	15
3.4.4 Otvor ve stěně	15
4. ZÁVĚR	16
5. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	18
5.1 Normy	18
5.2 Ostatní literatura	18
5.3 Výkresové podklady.....	18
6. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	19
7. SEZNAM PŘÍLOH	20

SEZNAM TABULEK:

Tabulka 1 – dílčí součinitele zatížení γ_F	13
Tabulka 2 – dílčí součinitele parametrů základové půdy γ_M	13
Tabulka 3 – dílčí součinitele únosnosti γ_R	13
Tabulka 4 - porovnání návrhových přístupů, MS GEO, výpočtové hodnoty	16
Tabulka 5 - porovnání návrhových přístupů, MS STR, výpočtové hodnoty.....	17

SEZNAM OBRÁZKŮ:

Obrázek 1 - Účinek sil pro výpočet GEO.....	14
Obrázek 2 – Účinek sil pro výpočet STR.....	15
Obrázek 3 - porovnání návrhových přístupů, MS GEO, výpočtové hodnoty	16
Obrázek 4 - porovnání návrhových přístupů, MS STR, výpočtové hodnoty	17

1. ÚVOD

Úkolem této bakalářské práce je návrh a posouzení železobetonové opěrné stěny. Posouzení bude provedeno podle mezních stavů EQU (ztráta rovnováhy konstrukce nebo základové půdy uvažované jako tuhé těleso), GEO (porušení či nadměrná deformace základové půdy) a STR (vnitřní porušení či nadměrná deformace konstrukce nebo jejich prvků. Prvním úkolem bude výpočet a porovnání výsledků tří návrhových přístupů, které zavádí norma ČSN EN 1997 pro případy porušení STR a GEO. Následně bude proveden návrh a posouzení konstrukce dle normy ČSN EN 1992 pro nejnepříznivější návrhový přístup.

2. TECHNICKÁ ZPRÁVA KE STATICKÉMU VÝPOČTU

1.1 Svislé konstrukční prvky

Svislá konstrukce je železobetonová stěna vetknutá do základů. ŽB stěna je v půdoryse třikrát zalomená a její výška se mění v závislosti na průběhu terénu. V nejvyšším místě má stěna výšku 3,2 m. Stěna by se dala rozdělit do tří částí, přičemž první část dlouhá 5,4 m má tloušťku stěny 200 mm po celé výšce, druhá část dlouhá 4,2 m má do výšky 1,6 m tloušťku 500 mm, nad touto výškou je tlustá 200 mm, třetí část stěny dlouhá 5,2 m má v patě tloušťku od 800 mm do 150 mm, v nejširší části je stěna vysoká 3,2 m a v nejnižší 0,3 m. Ve druhé části stěny je dále otvor 1,9 x 0,8 m, který může v budoucnu sloužit jako vstup do podzemního objektu.

Jako materiál bude použit beton C25/30 – XC2, XF1 a betonářská výztuž B500B, krytí výztuže bude 50 mm. Stupeň konzistence čerstvého betonu sednutí kužele S3.

2.2 Základové konstrukce

Jedná se o základovou desku, jejíž šířka je zvolena v závislosti na výšce stěny, přibližně 2/3 výšky a šířka je tedy 2,4 m pod první a druhou částí stěny, přičemž přesahuje líc stěny o 200 mm. Pod třetí částí stěny má základ proměnlivou šířku 2,2 m a 1,4 m, přední (vzdušná) strana základu kopíruje průběh stěny nad základem. Tloušťka základu je po celé délce 0,5 m. Hloubka založení základu je 0,8 m pod přilehlým upraveným terénem.

Jako materiál bude použit beton C25/30 – XC2, XF1 a betonářská výztuž B500B, krytí výztuže bude 50 mm u horního povrchu a 80 mm u spodního povrchu. Stupeň konzistence čerstvého betonu sednutí kužele S3.

Podloží pod základem tvoří zemina F4 - jíl písčitý

3. PRŮVODNÍ ZPRÁVA KE STATICKÉMU VÝPOČTU

3.1 Obecně

Statický výpočet je obsažen v příloze P1. Konstrukce je rozdělena do čtyř řezů, ve kterých je proveden výpočet a posouzení. V řezu 2-2 jsou provedeny výpočty mezních stavů GEO a STR podle jednotlivých návrhových přístupů, ostatní řezy jsou spočítány jen podle nejneprůzračnějšího návrhového přístupu. Řez 2-2 je dále posouzen dle mezního stavu EQU, kde je ukázáno, že není rozhodující a proto s ním není v ostatních řezech počítáno. Pro GEO se spočítá tvar zemního klínu, tíha konstrukce a zeminy, napětí od zeminy, určí se výslednice sil a provede se výpočet vnitřních sil a napětí v zemině a výpočet únosnosti základové půdy ve svislém a vodorovném směru. Pro mezní stav STR je spočítáno působící napětí na stěnu, základ a část základu vystupující před stěnu a jsou spočítány vnitřní síly, na které je následně proveden návrh a posouzení.

Na železobetonovou stěnu působí stálé zatížení od zeminy a vlastní tíhy a dále je uvažováno s rovnoměrným nahodilým zatížením $f_a = 2 \text{ kN/m}^2$. Zemina je F4 – jíl písčitý a vlastnosti jsou převzaty ze směrných normových charakteristik z normy ČSN 73 1001. Úhel vnitřního tření zeminy φ_{ef} dle této normy nabývá hodnot 22 až 27 °, úhel sklonu svahu β dle podkladů se však pohybuje kolem 40 °, skutečné parametry zeminy jsou tedy vyšší. Vzhledem k tomu, že $\varphi > \beta$, uvažuje se s nejvyšší možnou hodnotou $\varphi_{ef} = 27^\circ$ a úhel svahu terénu se upraví na konzervativních $\beta = 25^\circ$. Další parametry zeminy $c' = 14 \text{ kPa}$, $\gamma = 18,5 \text{ kN/m}^3$. Způsob výpočtu úhlové opěrné stěny norma ČSN EN 1997 neřeší a výpočet je tedy proveden podle ČSN 73 0037.

3.2 Návrhové přístupy

Norma ČSN EN 1997 zavádí tři návrhové přístupy (NP), podle kterých může být proveden výpočet zatížení. V jednotlivých NP se kombinují tři soubory součinitelů pro zatížení (A), materiály (M) a únosnosti (R). Kombinace jsou pro všechny základové konstrukce vyjma pilot a kotev následující:

Návrhový přístup 1 – kombinace 1 (A1+M1+R1)

Návrhový přístup 1 – kombinace 2 (A2+M2+R1)

Návrhový přístup 2 (A1+M1+R2)

(pokračování na další straně)

Návrhový přístup 3 ((A1 nebo A2)+M2+R3)

A1 se použije pro zatížení na konstrukci

A2 se použije pro geotechnické zatížení

Hodnoty jednotlivých soborů:

zatížení		značka	soubor	
			A1	A2
Stálé	Nepříznivé	γ_G	1,35	1,0
	Příznivé		1,0	1,0
Proměnné	Nepříznivé	γ_Q	1,5	1,3
	Příznivé		0,0	0,0

Tabulka 1 – dílčí součinitele zatížení γ_F

Parametr zeminy	značka	soubor	
		M1	M2
úhel vnitřního tření	γ_φ	1,0	1,25
efektivní soudržnost	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
neodvodněná smykový pevnost	γ_{cu}	1,0	1,4
pevnost v prostém tlaku	γ_{qu}	1,0	1,4
objemová tíha	γ_Y	1,0	1,0

Tabulka 2 – dílčí součinitele parametrů základové půdy γ_M

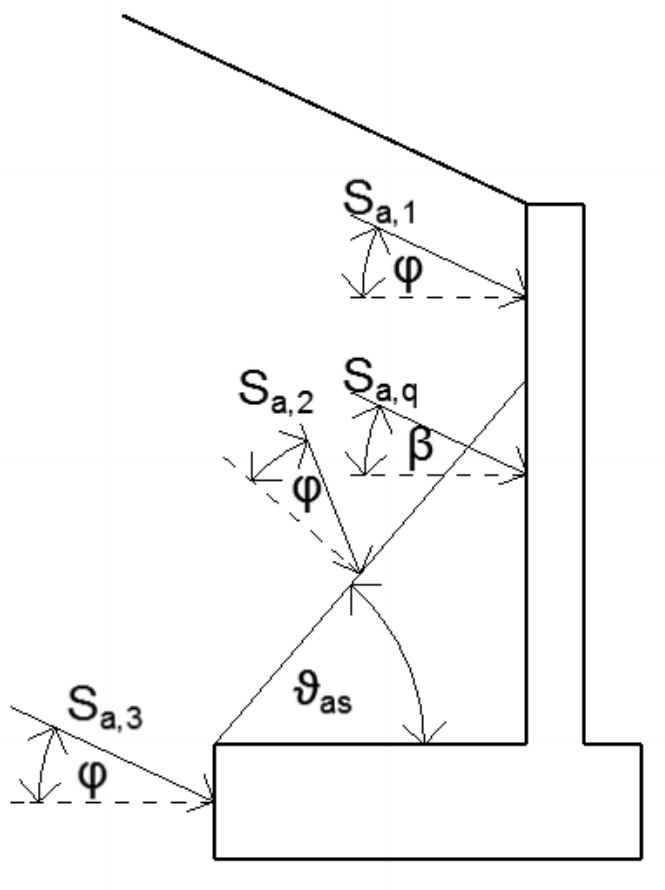
STR, GEO				
	značka	soubor		
		R1	R2	R3
únosnost	$\gamma_{R,v}$	1,0	1,4	1,0
usmyknutí	$\gamma_{R,h}$	1,0	1,1	1,0

Tabulka 3 – dílčí součinitele únosnosti γ_R

3.3 Mezní stav GEO

Uvažuje se, že za stěnou se vytvoří zemní klín, který spolupůsobí s opěrnou stěnou jako tuhý celek. Tvar zemního klínu se určí pomocí úhlu ϑ_{as} , což je úhel mezi hranou zemního klínu a základem. Následně je proveden výpočet tíhy konstrukce a zemního klínu a zatížení od zeminy a přetížení nahodilým zatížením, při výpočtu GEO se uvažuje s působením aktivního zemního tlakem. Aktivní zemní tlak působí na svislou část zdi pod úhlem $\delta = \varphi$, na šikmou část zdi pod úhlem $\delta = \varphi + \alpha$, kde α je odklon stěny (zemního klínu) od svislé roviny. Napětí od přetížení se uvažuje, že působí na hranu stěny, tedy bez vlivu zemního klínu, a to pod úhlem $\delta = \beta$. Po určení sil je spočítaný moment ke středu základové

spáry M_{Ed} , součet svislých sil V_{Ed} a vodorovných sil H_{Ed} , z čehož se následně určí napětí v základové spáře σ_d . Provede se výpočet únosnosti základové půdy ve svislém směru $R_{d,v}$ a vodorovném směru $R_{d,h}$. Následuje posouzení $R_{d,v} \geq \sigma_d$, $R_{d,h} \geq H_{Ed}$.

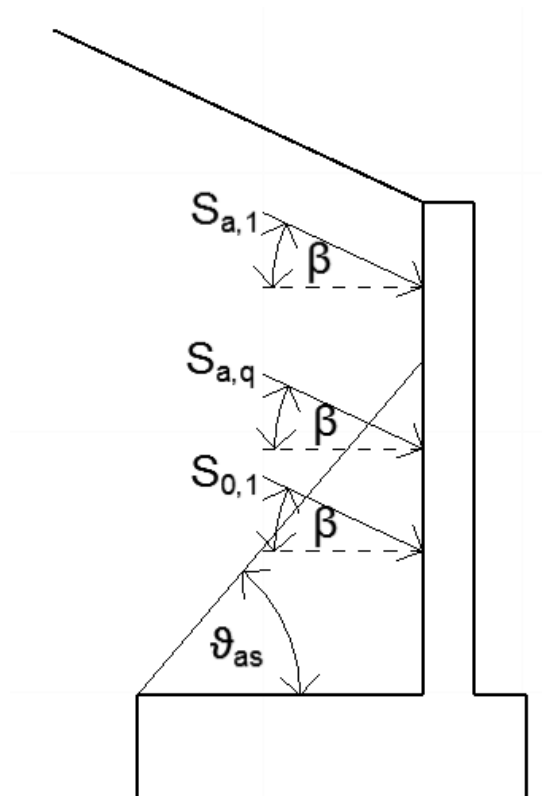


Obrázek 1 - Účinek sil pro výpočet GEO

3.4 Mezní stav (STR)

3.4.1 Stěna

Uvažuje se, že na stěnu působí klidový zemní tlak od zemního klínu, aktivní zemní tlak nad zemním klínem a napětím od přetížení po celé výšce. Veškeré zatížení působí na stěnu pod úhlem $\delta = \beta$. Statické schéma stěny je konzola vetknutá do základu. Provede se výpočet vnitřních sil a návrh a posouzení dle normy ČSN EN 1992.



Obrázek 2 – Účinek sil pro výpočet STR

3.4.2 Základ

Statické schéma základu je konzola s vetknutím na rubu stěny. Do základu se přenáší moment a normálová síla od paty stěny, dále je zatížen svislým zatížením od zeminy, které je nahrazeno rovnoměrným zatížením a napětím v základové spáře spočítaného v mezním stavu GEO příslušného návrhového přístupu. Základ je tedy namáhán normálovou silou a momentem, na což je navržen a posouzen dle normy ČSN EN 1992.

3.4.3 Základ vyčnívající před stěnu

Pro výpočet vyčnívající části se použije příhradové analogie a posoudí se síla působící ve výztuži Z_{Ed} se silou únosnosti výztuže $F_{s,Rd}$.

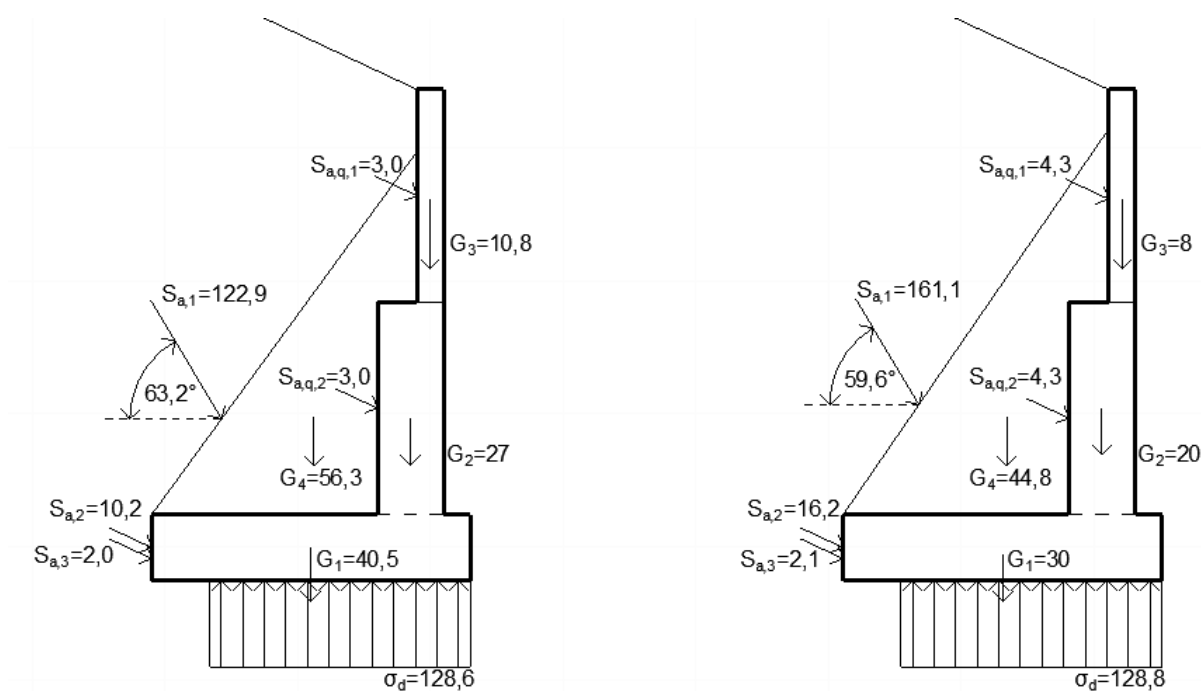
3.4.4 Otvor ve stěně

Část stěny nad otvorem a kolem otvoru není vyšetřována, protože účinek sil je k poměru tuhosti stěny zanedbatelný. Dále ŽB desky, jež tvoří vstup do předpokládaného podzemí, jsou vetknuty jak do základové desky, tak i do stěny úhlové zdi a desky tak mají jen jeden volný konec. V místě nejvyššího působení zemního tlaku má pak stěna délku volného konce

0,2 m, ve vrchní části, kde je zemní tlak menší, má délku 0,5 m a reakce ve vetknutí jsou zanedbatelné a desky nejsou vyšetřovány.

4. ZÁVĚR

V řezu 2-2 byl proveden rozbor jednotlivých návrhových přístupů, ze kterých vyplývá, že pro náš případ je nejnepríznivější NP3. Naopak nejpríznivější a tedy z hlediska návrhu i nejekonomičtější je NP1-K2. Pro mezní stav GEO vychází napětí v zemině pro všechny návrhové přístupy téměř totožné, liší se pouze výpočtovou únosností zeminy a to o až přibližně 230 %, viz tabulka a obr.

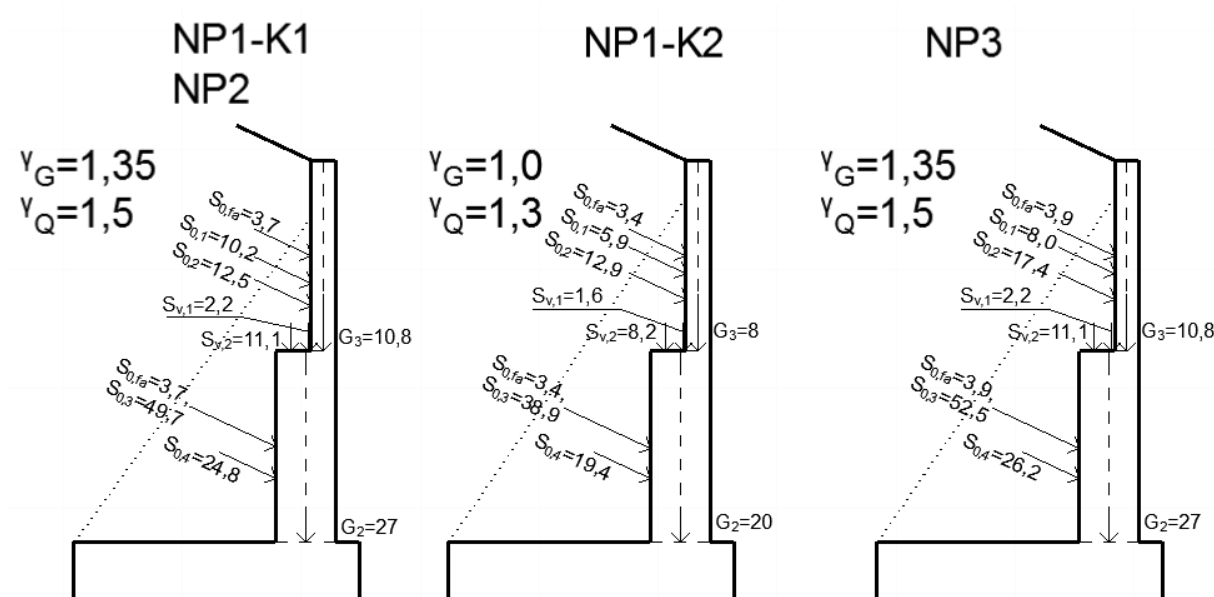


Obrázek 3 - porovnání návrhových přístupů, MS GEO, výpočtové hodnoty

NP1-K1 NP2	NP1-K1		NP2		NP1-K1 NP2	NP1-K2, NP3	
σ_d	$R_{d,v}$	$\sigma_d / R_{d,v}$	$R_{d,v}$	$\sigma_d / R_{d,v}$	σ_d	$R_{d,v}$	$\sigma_d / R_{d,v}$
128,6	571,9	0,225	408,5	0,315	128,8	241,7	0,533
H_{Ed}	$R_{d,h}$	$H_{Ed} / R_{d,h}$	$R_{d,h}$	$H_{Ed} / R_{d,h}$	H_{Ed}	$R_{d,h}$	$H_{Ed} / R_{d,h}$
71,8	156,2	0,46	142,0	0,506	105,0	140,0	0,75

Tabulka 4 - porovnání návrhových přístupů, MS GEO, výpočtové hodnoty

Porovnání mezního stavu STR.



Obrázek 4 - porovnání návrhových přístupů, MS STR, výpočtové hodnoty

	NP1-K1, NP2		NP1-K2		NP3
N	95,38 kN	N	73,33 kN	N	98,44 kN
V	94,91 kN	V	76,06 kN	V	101,46 kN
M	99,19 kNm	N	79,82 kNm	M	107,96 kNm

Tabulka 5 - porovnání návrhových přístupů, MS STR, výpočtové hodnoty

Je nutno podotknout, že ne vždy je nejnepríznivější právě NP3, např. v příručce *Navrhování základových a pažicích konstrukcí, příručka k ČSN EN 1997 (1)* je nejnepríznivější NP2. Vysvětluju si to tím, že v příručce je oproti mému případu zadána nesoudržná zemina a rozdílný úhel sklonu svahu terénu.

Dále byl proveden návrh a posouzení železobetonové opěrné stěny dle NP3 a vypracovány výkresy.

1 MASOPUST, Jan. *Navrhování základových a pažicích konstrukcí příručka k ČSN EN 1997*. 1. vyd. Praha: ČKAIT, 2012. 220 s. ISBN 978-80-87438-21-2, str. 187-193

5. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

5.1 Normy

- [1] ČSN EN 1990. *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*, Praha: ČNI, 2004
- [2] ČSN EN 1992-1-1. *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*, Praha: ČNI, 2006
- [3] ČSN EN 1997-1. *Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla*, Praha: ČNI, 2006
- [4] ČSN 73 0037. *Zemní tlak na stavební konstrukce*, Praha: ČNI, 1992

5.2 Ostatní literatura

- [5] MASOPUST, Jan. *Navrhování základových a pažících konstrukcí příručka k ČSN EN 1997*. 1. vyd. Praha: ČKAIT, 2012. 220 s. ISBN 978-80-87438-21-2
- [6] LAMBOJ, L., ŠTĚPÁNEK, Z. *Mechanika zemin a zakládání staveb*. 1. vyd. Praha: nakladatelství ČVUT, 2008. 218 s. ISBN 978-80-01-03094-3
- [7] FINE, spol. s.r.o. *geo 5 user guide cs.pdf*. ver. 15. www.fine.cz, 2012

5.3 Výkresové podklady

- [8] Půdorys, pohledy, řez, situace, výkopy, odvodnění

6. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Veškeré značky jsou vysvětleny v textu.

7. SEZNAM PŘÍLOH

P1) Použité podklady

P2) Statický výpočet

P3) Výkresová dokumentace

P3.1) Výkres tvaru základu

P3.2) Výkres horní výztuže základu

P3.3) Výkres dolní výztuže základu

P3.4) Výkres tvaru opěrné stěny

P3.5) Výkres výztuže opěrné stěny

P3.6) Výkres výztuže opěrné stěny – část 1, otvor

P3.7) Výkres výztuže opěrné stěny – část 2

P3.8) Výkres výztuže opěrné stěny – část 3

P4) Vizualizace