Podporni zidovi na G2-103/1008 Ušnik – Plave, od km 4,426 do km 4,676 in od km 5,500 do km 6,063 LE

STATIČNI RAČUN PODPORNIH ZIDOV

Ljubljana, oktober 2019

Računala:
Lara Humar, dipl.inž.grad.

LARA HUMAR
dipl. inž. grad.
IZS G-2375

VSEBINA STATIČNEGA RAČUNA

stran

1	**ZASNOVA**	**4**
1.1	**Splošno**	**4**
1.2	**Obtežba**	**4**
2	**RAČUNSKI PRIMER 1**	**5**
2.1	**Vhodni podatki**	**5**
2.2	**Mejno stanje nosilnosti**	**7**
2.2.1	Kontrola prevrnitve na točko »A«	7
2.2.2	Kontrola zdrsa	7
2.2.3	Kontrola nosilnosti tal	7
2.3	**Mejno stanje uporabnosti**	**9**
2.3.1	Kontrola lege rezultante in napetosti pod temeljem	9
3	**RAČUNSKI PRIMER 2**	**10**
3.1	**Vhodni podatki**	**10**
3.2	**Mejno stanje nosilnosti**	**12**
3.2.1	Kontrola prevrnitve na točko »A«	12
3.2.2	Kontrola zdrsa	12
3.2.3	Kontrola nosilnosti tal	12
3.3	**Mejno stanje uporabnosti**	**14**
3.3.1	Kontrola lege rezultante in napetosti pod temeljem	14
4	**RAČUNSKI PRIMER 3**	**15**
4.1	**Vhodni podatki**	**15**
4.2	**Mejno stanje nosilnosti**	**17**
4.2.1	Kontrola prevrnitve na točko »A«	17
4.2.2	Kontrola zdrsa	17
4.2.3	Kontrola nosilnosti tal	17
4.3	**Mejno stanje uporabnosti**	**19**
4.3.1	Kontrola lege rezultante in napetosti pod temeljem	19
5	**DIMENZIONIRANJE KONZOLE**	**20**

1 ZASNOVA

1.1 Splošno

Obnova robnih vencev bo izvedena z odstranitvijo obstoječih robnih vencev in zgornjega dela obstoječih kamnitih in betonskih zidov. Novi robni venci bodo v odvisnosti od obstoječega stanja in projektiranega roba ceste izvedeni na novi AB kroni zidov, izvedeni v okviru obstoječih dimenzij podpornih konstrukcij, ali na nizkem podpornem zidu s temeljem v cestno telo in konzolo na zunanjo stran. Statično so s programom "POZ_4" preverjeni trije predvideni tipi podpornih zidov s konzolo:

Računski primer	Višina zidu	Širina temelja	Dolžina konzole	Debelina temelja/stene
1	0,80 m	0,90 m	0,30 m	50 / 50 cm
2	1,00 m	1,00 m	0,30 m	40 / 50 cm
3	1,00 m	1,10 m	0,40 m	30 / 50 cm

V sklopu geostatičnih kontrol je preverjeno mejno stanje nosilnosti (kontrola zdrsa, kontrola prevrnitve in kontrola nosilnosti tal) in mejno stanje uporabnosti (kontrola lege rezultante, napetosti).

Sestava tal

Za zaledno zemljino so upoštevane ocenjene karakteristike kamnitega zasipa:

prostorninska teža $\gamma = 21$ kN/m^3,
strižni kot $\varphi = 35°$,
kohezija $c = 0$ kPa.

Temeljna tla delno predstavlja kamnit nasip, lahko tudi že hribine, vsaj polovica temelja pa je v večini primerov na obstoječem zidu. Upoštevane so karakteristike:

prostorninska teža $\gamma = 22$ kN/m^3,
strižni kot $\varphi = 40°$,
kohezija $c = 0$ kPa.

1.2 Obtežbe

Upoštevane so **stalne obtežbe:**

- lastna teža zidu s prostorninsko težo $\gamma_{bet} = 25$ kN/m^3,
- teža komprimirane zemljine nad temeljem s prostorninsko težo $\gamma_{bet} = 21$ kN/m^3,
- aktivni zemeljski pritisk zaledne zemljine.

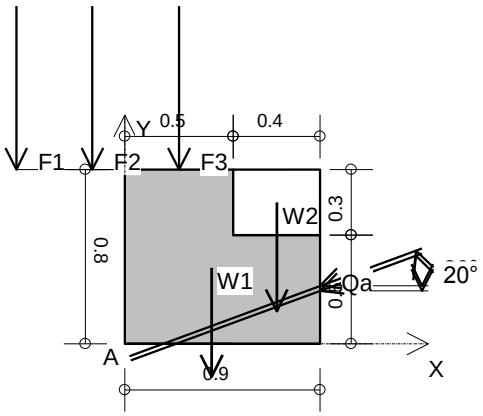
Prometna obtežba je upoštevana kot **spremenljiva obtežba** na prometnem pasu širine 3 m v velikosti 33,3 kPa.
Pri določitvi koeficienta aktivnega zemeljskega pritiska so upoštevane strižne karakteristike zaledne zemljine, podane v predhodni točki in naslednji parametri:

- ravno zaledje zidu,
- vertikalna zaledna stena,
- trenjski kot med zemljino in konstrukcijo $\delta = 20°$.

2 RAČUNSKI PRIMER 1

2.1 VHODNI PODATKI

Geometrija zidu



Karakteristike zemljin

Temeljna tla – prod:

γ_{tal}	= 22 kN/m^3	prostorninska teža
$c_{k,t}$	= 0 kPa	kohezija
$\varphi_{k,t}$	= 40 °	strižni kot
δ_d	= 30 °	trenjski kot
K= 30 MN/m^3		modul reakcije tal

Zasipni klin:

γ	= 21 kN/m^3	prostorninska teža
c_k	= 0 kPa	kohezija
φ_k	= 35 °	strižni kot

β = 0 ° nagib zaledja

δ = 20 ° kot trenja zid/zaledje

Koeficienti varnosti:

γ_G = 1.35, γ_{Gi} = 1.0, γ_Q = 1.5, γ_{i} = 1.0	VPLIVI, GEO/STR
$\gamma_{G;dst}$ = 1.1, $\gamma_{G;stb}$ = 0.9, $\gamma_{Q;dst}$ = 1.35, $\gamma_{Q;stb}$ = 0	VPLIVI, EQU
γ_c = 1.0, $\gamma_{R;v}$ = 1.4, $\gamma_{R;h}$ = 1.1, $\gamma_{R;e}$ = 1.4	ODPORI

Stalna vertikalna obtežba:

Teža zidu in zasipa:

g1	= 25 kN/m^3	prostorninska teža zidu
g2	= 21 kN/m^3	prostorninska teža zasipa
W1	= 0.60•25.00	= 15.00 kN/m'
W2	= 0.12•21.00	= 2.52 kN/m'
W		**= 17.52 kN/m'**

Obtežba robnega venca in konzole:

$F1_k$ = 4.8 kN, kot= 90°, robni venec, G-stalna
$F2_k$ = 3.4 kN, kot= 90°, hodnik+konzola, G-stalna
$F3_k$ = 3.2 kN, kot= 90°, hodnik2, G-stalna

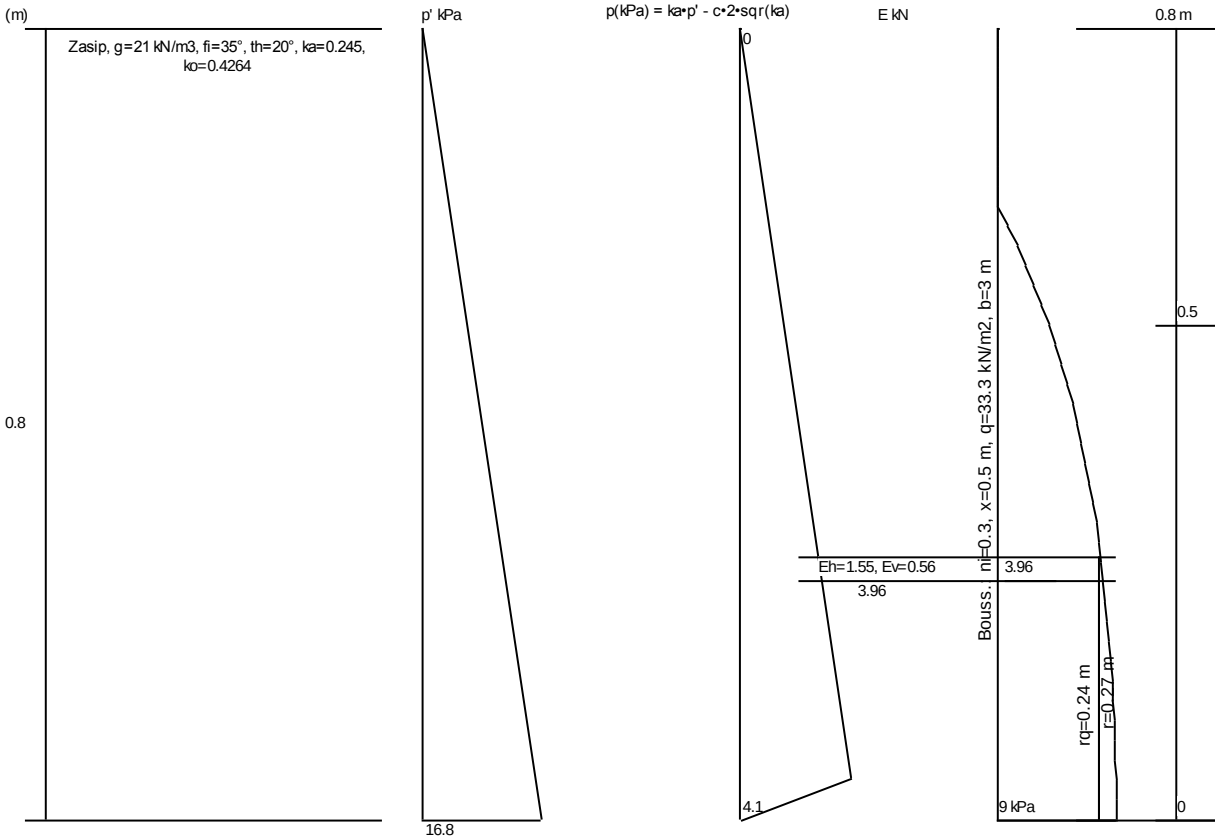
Ročice sil:

x=x'•COS(α)+y'•SIN(α) y=-x'•SIN(α)+y'•COS(α)

W1: y=0.35 m x=r1=0.40 m
W2: y=0.65 m x=r2=0.70 m
Ea: y=0.27 m x=0.90 m
re= (Ea•COS(20°)•y-Ea•SIN(20°)•x)/Ea=-0.06m
Qa: y=0.24 m x=0.90 m
rq= (Qa•COS(20°)•y-Qa•SIN(20°)•x)/Qa=-0.08m
F1: y=0.80 m x=-0.50 m
rf_1= (F•COS(90°)•y-F•SIN(90°)•x)/F= 0.50m
F2: y=0.80 m x=-0.15 m
rf_2= (F•COS(90°)•y-F•SIN(90°)•x)/F= 0.15m
F3: y=0.80 m x=0.25 m
rf_3= (F•COS(90°)•y-F•SIN(90°)•x)/F=-0.25m

<u>Stalna horizontalna obtežba:</u>

Sila zemeljskega pritiska Ea=1.65 kN/m'
Sila zaradi prometne obtežbe v zaledju Q=3.69 kN/m'



2.2 MEJNO STANJE NOSILNOSTI

2.2.1 Kontrola prevrnitve na točko »A«

- moment odpora

$Mo_{EQU} = \gamma_{G:stb}$•W1•r1 + $\gamma_{G:stb}$•W2•r2 = 0.9•15•0.4+0.9•2.52•0.7= **6.99 kNm/m'**

- moment prevrnitve

$Ma_{EQU} = \gamma_{G;dst}$•Ea•re + $\gamma_{Q;dst}$•Qa•rq + $\gamma_{G;dst}$•F1•r1+ $\gamma_{G;dst}$•F2•r2+ $\gamma_{G;stb}$•F3•r3= 1.1•1.65•-0.06 + 1.5•3.96•-0.08 + 1.1•4.8•0.5 + 1.1•3.4•0.15 - 0.9•3.2•0.25 = **1.9 kNm/m'**

Pogoj $E_d \leq R_d$: 1.9 < 6.99 JE izpolnjen

2.2.2 Kontrola zdrsa

- strižna sila pod temeljem

H_d = $-\gamma_{Ginf}$•W•SIN(0°) + γ_G•Ea•COS(0°+20°) + γ_Q•Qa•COS(0°+20°) + $\Sigma(\gamma$•F•COS(0°+$\alpha))_i$ =
= -1•17.52•SIN(0°) + 1.35•1.65•COS(20°) + 1.5•3.96•COS(20°) + 0 = **7.67 kN/m'**

- strižna odpornost pod temeljem

V_d = γ_{Ginf}•W•COS(0°) + γ_G•Ea•SIN(0°+20°) + γ_Q•Qa•SIN(0°+20°) + $\Sigma(\gamma$•F•SIN(0°+$\alpha))_i$ =
= 1•17.52•COS(0°) + 1.35•1.65•SIN(20°) + 1.5•3.96•SIN(20°) + 11.4 = 3**1.71 kN/m'**

$R_d = V_d$•tan$\delta_d/\gamma_{R;h}$ = 31.71•tan(30°)/1.1= **16.65 kN/m'**

Pogoj $H_d \leq R_d$: 7.67 < 16.65 JE izpolnjen

2.2.3 Kontrola nosilnosti tal

c = 0 kPa, φ = 40 °, g_z = 22 kN/m^3, D = 0 m, α = 0°, $L_{temelja}$ = 6 m

$R_d = B_{ef}$•(c•N_c•b_c•s_c•i_c + D•g_z•N_q•b_q•s_q•i_q + 0.5•g_z•B_{ef}•N_γ•b_γ•s_γ•i_γ)/$\gamma_{R;v}$ kN/m'

Nosilnost tal:	$N_q = e^{\pi tan\varphi}$•tan^2(45+φ/2)	$N_c = (N_q-1)$•cotφ	$N_\gamma = 2(N_q-1)$•tanφ
Oblika temelja:	$s_q = 1 + (B_{ef}/L)$•sinφ	$s_c = (s_q$•$N_q-1)/(N_q-1)$	$s_\gamma = 1-0.3$•(B_{ef}/L)
Nagib temeljne ploskve:	$b_q = (1-\alpha$•tan$\varphi)^2$	$b_c = b_q-(1-b_q)/N_c$/tanφ	$b_\gamma = b_q$
Nagib zaradi H:	$i_q = (1-H/(V+A'$•c•cot$\varphi))^m$	$i_c = i_q-(1-i_q)/(N_q-1)$	
	$i_\gamma = (1-H/(V+A'$•c•cot$\varphi))^{(m+1)}$		
	$m = (2+B_{ef}/L)/(1+B_{ef}/L)$	$A' = B_{ef}$•L	

Varnost zunanjih sil γ: F1:1(U)/1.35(N), F2:1(U)/1.35(N), F3:1(U)/1.35(N)

- moment na točko A od E+Q

Ma_d = γ_G•Ea•re + γ_Q•Qa•rq = 1.35•1.65•-0.06 + 1.5•3.96•-0.08 = **-0.61 kNm/m'**

Ugodno delovanje vertikalne sile

- horizontalna sila

H_d = γ_G•Ea•COS(20°) + γ_Q•Qa•COS(20°) + $\Sigma(\gamma$•F•COS(α))$_i$ =
= 1.35•1.65•COS(20°) + 1.5•3.96•COS(20°) + 0 = **7.67 kN/m'**

- vertikalna sila

V_d = γ_{Ginf}•W + γ_G•Ea•SIN(20°) + γ_Q•Qa•SIN(20°) + $\Sigma(\gamma$•F•SIN(α))$_i$ =
= 1•17.52 + 1.35•1.65•SIN(20°) + 1.5•3.96•SIN(20°) + 11.4 = **31.71 kN/m'**

- moment na težišče temeljne ploskve

M_d = Ma_d + V_d•0.9/2 - Mo•γ_{Ginf} + $\Sigma(\gamma$•F•r)$_i$ =
= -0.61 + 31.71•0.45 - 7.76•1 + 2.11 = **8.01 kNm/m'**

- Ekscentričnost: e = M_d/V_d = 8.01/31.71 = 0.25 m
- Efektivna širina temelja: B_{ef} = B - 2e = 0.9 - 2•0.25 = 0.39 m

N_q = 64.2, N_c = 75.31, N_γ = 106.05
b_q = 1, b_c = 1, b_γ = b_q
i_q = 0.584, i_c = 0.578, i_γ = 0.443, m = 1.938
s_q = 1.042, s_c = 1.043, s_γ = 0.98

R_d = 0.39 • 200.1 / 1.4 = 56.45 kN/m'

Pogoj $V_d \leq R_d$: 31.71 < 56.45 JE izpolnjen

Neugodno delovanje vertikalne sile

- horizontalna sila

H_d = γ_G•Ea•COS(20°) + γ_Q•Qa•COS(20°) + $\Sigma(\gamma$•F•COS(α))$_i$ =
= 1.35•1.65•COS(20°) + 1.5•3.96•COS(20°) + 0 = **7.67 kN/m'**

- vertikalna sila

V_d = γ_G•W + γ_G•Ea•SIN(20°) + γ_Q•Qa•SIN(20°) + $\Sigma(\gamma$•F•SIN(α))$_i$ =
= 1.35•17.52 + 1.35•1.65•SIN(20°) + 1.5•3.96•SIN(20°) + 15.39 = **41.84 kN/m'**

- moment na težišče temeljne ploskve

M_d = Ma_d + V_d•0.9/2 - Mo•γ_G + $\Sigma(\gamma$•F•r)$_i$ =
= -0.61 + 41.84•0.45 - 7.76•1.35 + 2.85 = **10.58 kNm/m'**

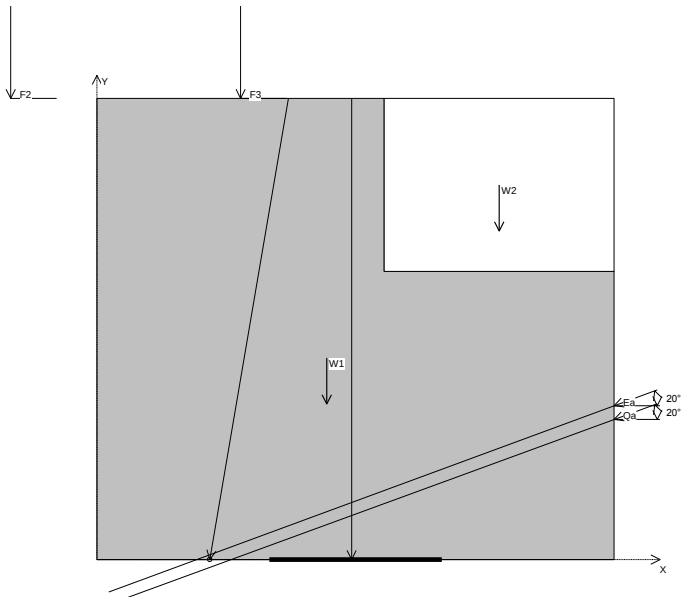
- Ekscentričnost: e = M_d/V_d = 10.58/41.84 = 0.25 m
- Efektivna širina temelja: B_{ef} = B - 2e = 0.9 - 2•0.25 = 0.39 m

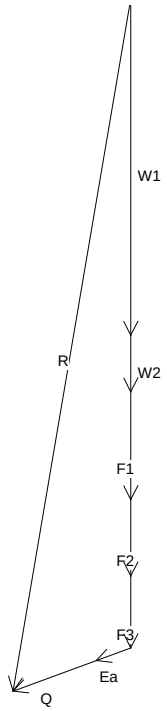
N_q = 64.2, N_c = 75.31, N_γ = 106.05
b_q = 1, b_c = 1, b_γ = b_q
i_q = 0.675, i_c = 0.67, i_γ = 0.551, m = 1.938
s_q = 1.042, s_c = 1.043, s_γ = 0.98

R_d = 0.39 • 248.4 / 1.4 = 69.91 kN/m'

Pogoj $V_d \leq R_d$: 41.84 < 69.91 JE izpolnjen

2.3 MEJNO STANJE UPORABNOSTI





- moment odpora

Mo_k = W1•r1 + W2•r2 = 15•0.4+2.52•0.7 = **7.76 kNm/m'**

- moment prevrnitve

$Ma_k = Ea_k \bullet re + Qa_k \bullet rq + \Sigma(F_k \bullet rf)_i$ = 1.65 • -0.06 + 3.96 • -0.08 + 2.11 = **1.69 kNm/m'**

- vertikalna sila

V_k = W + Ea_k•SIN(20°) + Qa_k•SIN(20°) + $\Sigma(F_k \bullet SIN(\alpha))_i$ =

= 17.52 + 1.65•SIN(20°) + 3.96•SIN(20°) + 11.4 = **30.84 kN/m'**

- moment na težišče temeljne ploskve

M_k = Ma_k + V_k•0.9/2 - Mo_k = 1.69 + 30.84•0.45 - 7.76 = **7.81 kNm/m'**

2.3.1 Kontrola lege rezultante in napetosti pod temeljem (tlak + nateg -)

$\sigma_{1,2}$= N/At ± Mt/Wt

- Odpornostni moment in površina temeljne ploskve

Wt = (1 • 0.9^2)/6 = 0.14 m^3

At = 1 • 0.9 = 0.9 m^2

- Ekscentričnost: e = M_k/V_k = 7.81/30.84 = 0.25 m **> j= 0.15 m**

REZULTANTA PADE IZVEN JEDRA PREREZA TEMELJNE PLOSKVE!

c = (a/2 - e) >= a/5

c = (0.9/2 - 0.25) = 0.2m > 0.18m

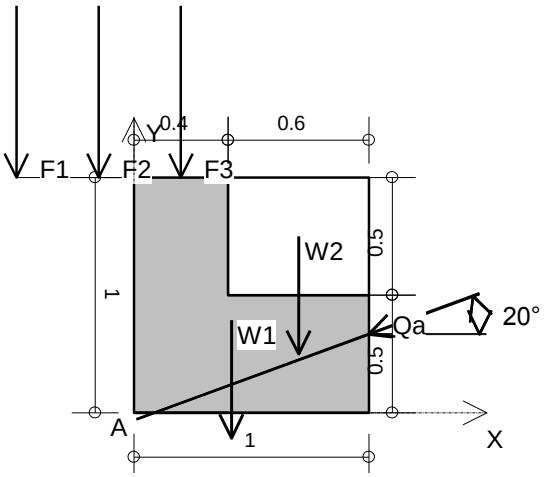
- Napetost:

σ_1 = N•2/3/c = 30.84•2/3/0.2

σ_1 **= 104.45 kN/m^2** σ_2 **= 0 kN/m^2**, $B_{tlač}$ = 0.717 m

3 RAČUNSKI PRIMER 2
3.1 VHODNI PODATKI

Geometrija zidu



Karakteristike zemljin

Temeljna tla – prod:

γ_{tal}	= 22 kN/m^3	prostorninska teža
$c_{k,t}$	= 0 kPa	kohezija
$\varphi_{k,t}$	= 40 °	strižni kot
δ_d	= 30 °	trenjski kot
K= 30 MN/m^3		modul reakcije tal

Zasipni klin:

γ	= 21 kN/m^3	prostorninska teža
c_k	= 0 kPa	kohezija
φ_k	= 35 °	strižni kot

β = 0 ° nagib zaledja

δ = 20 ° kot trenja zid/zaledje

Koeficienti varnosti:

γ_G = 1.35, γ_{Gi} = 1.0, γ_Q = 1.5, $\gamma_{\square}$ = 1.0	VPLIVI, GEO/STR
$\gamma_{G;dst}$ = 1.1, $\gamma_{G;stb}$ = 0.9, $\gamma_{Q;dst}$ = 1.35, $\gamma_{Q;stb}$ = 0	VPLIVI, EQU
γ_c = 1.0, $\gamma_{R;v}$ = 1.4, $\gamma_{R;h}$ = 1.1, $\gamma_{R;e}$ = 1.4	ODPORI

Stalna vertikalna obtežba:

Teža zidu in zasipa

g1	= 25 kN/m^3	prostorninska teža zidu
g2	= 21 kN/m^3	prostorninska teža zasipa
W1	= 0.70•25.00	= 17.50 kN/m'
W2	= 0.30•21.00	= 6.30 kN/m'
W		**= 23.80 kN/m'**

Obtežba robnega venca in konzole:

$F1_k$ = 4.8 kN, kot= 90°, robni venec, G-stalna
$F2_k$ = 3.4 kN, kot= 90°, hodnik+konzola, G-stalna
$F3_k$ = 3.2 kN, kot= 90°, hodnik2, G-stalna

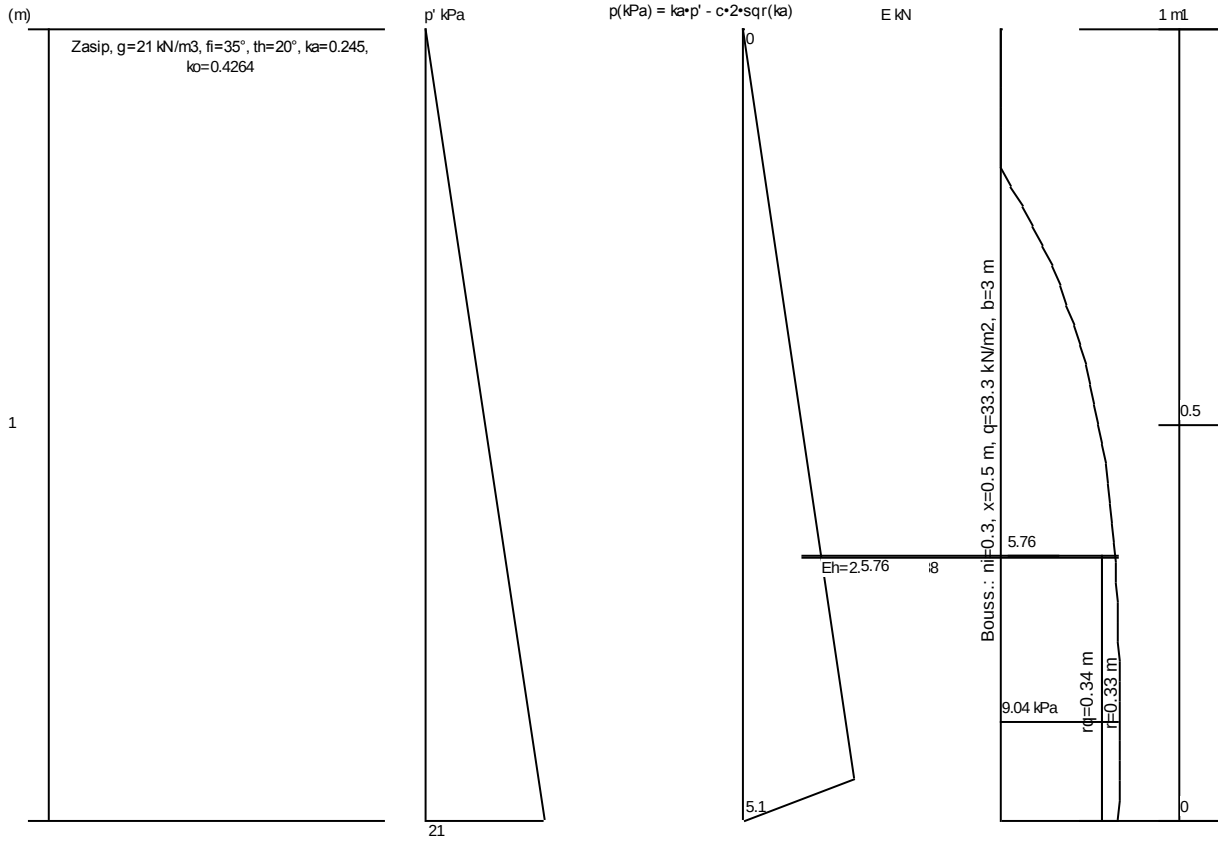
Ročice sil:

x=x'•COS(α)+y'•SIN(α) y=-x'•SIN(α)+y'•COS(α)

W1: y=0.39 m x=r1=0.41 m
W2: y=0.75 m x=r2=0.70 m
Ea: y=0.33 m x=1.00 m
re= (Ea•COS(20°)•y-Ea•SIN(20°)•x)/Ea=-0.03m
Qa: y=0.34 m x=1.00 m
rq= (Qa•COS(20°)•y-Qa•SIN(20°)•x)/Qa=-0.03m
F1: y=1.00 m x=-0.50 m
rf_1= (F•COS(90°)•y-F•SIN(90°)•x)/F= 0.50m
F2: y=1.00 m x=-0.15 m
rf_2= (F•COS(90°)•y-F•SIN(90°)•x)/F= 0.15m
F3: y=1.00 m x=0.20 m
rf_3= (F•COS(90°)•y-F•SIN(90°)•x)/F=-0.20m

<u>Stalna horizontalna obtežba:</u>

Sila zemeljskega pritiska	Ea=2.57 kN/m'
Sila zaradi prometne obtežbe v zaledju	Q=5.76 kN/m'



3.2 MEJNO STANJE NOSILNOSTI

3.2.1 Kontrola prevrnitve na točko »A«

- moment odpora

$Mo_{EQU} = \gamma_{G:stb}$•W1•r1 + $\gamma_{G:stb}$•W2•r2 =
= 0.9•17.5•0.41+0.9•6.3•0.7= **10.49 kNm/m'**

- moment prevrnitve

$Ma_{EQU} = \gamma_{G;dst}$•Ea•re + $\gamma_{Q;dst}$•Qa•rq + $\gamma_{G;dst}$•F1•r1+ $\gamma_{G;dst}$•F2•r2+ $\gamma_{G;stb}$•F3•r3= 1.1•2.57•-0.03 + 1.5•5.76•-0.03 + 1.1•4.8•0.5 + 1.1•3.4•0.15 - 0.9•3.2•0.2 = **2.28 kNm/m'**

Pogoj $E_d \leq R_d$: 2.28 < 10.49 JE izpolnjen

3.2.2 Kontrola zdrsa

- strižna sila pod temeljem

H_d = $-\gamma_{Ginf}$•W•SIN(0°) + γ_G•Ea•COS(0°+20°) + γ_Q•Qa•COS(0°+20°) + $\Sigma(\gamma$•F•COS(0°+$\alpha))_i$ =
= -1•23.8•SIN(0°) + 1.35•2.57•COS(20°) + 1.5•5.76•COS(20°) + 0 = **11.38 kN/m'**

- strižna odpornost pod temeljem

V_d = γ_{Ginf}•W•COS(0°) + γ_G•Ea•SIN(0°+20°) + γ_Q•Qa•SIN(0°+20°) + $\Sigma(\gamma$•F•SIN(0°+$\alpha))_i$ =
= 1•23.8•COS(0°) + 1.35•2.57•SIN(20°) + 1.5•5.76•SIN(20°) + 11.4 = **39.34 kN/m'**

$R_d = V_d$•tan$\delta_d/\gamma_{R;h}$ = 39.34•tan(30°)/1.1= **20.65 kN/m'**

Pogoj $H_d \leq R_d$: 11.38 < 20.65 JE izpolnjen

3.2.3 Kontrola nosilnosti tal

c = 0 kPa, φ = 40 °, g_z = 22 kN/m^3, D = 0 m, α = 0°, $L_{temelja}$ = 6 m

$R_d = B_{ef}$•(c•N_c•b_c•s_c•i_c + D•g_z•N_q•b_q•s_q•i_q + 0.5•g_z•B_{ef}•N_γ•b_γ•s_γ•i_γ)/$\gamma_{R;v}$ kN/m'

Nosilnost tal:	$N_q = e^{\pi tan\varphi}$•$tan^2(45+\varphi/2)$	$N_c = (N_q-1)$•cotφ	$N_\gamma = 2(N_q-1)$•tanφ
Oblika temelja:	$s_q = 1 + (B_{ef}/L)$•sinφ	$s_c = (s_q$•N_q-1)/(N_q-1)	$s_\gamma = 1-0.3$•(B_{ef}/L)
Nagib temeljne ploskve:	$b_q = (1-\alpha$•tan$\varphi)^2$	$b_c = b_q-(1-b_q)/N_c$/tanφ	$b_\gamma = b_q$
Nagib zaradi H:	$i_q = (1-H/(V+A'$•c•cot$\varphi))^m$	$i_c = i_q-(1-i_q)/(N_q-1)$	$i_\gamma = (1-H/(V+A'$•c•cot$\varphi))^{(m+1)}$
	$m = (2+B_{ef}/L)/(1+B_{ef}/L)$	$A' = B_{ef}$•L	

Varnost zunanjih sil γ: F1:1(U)/1.35(N), F2:1(U)/1.35(N), F3:1(U)/1.35(N)

- moment na točko A od E+Q

Ma_d = γ_G•Ea•re + γ_Q•Qa•rq = 1.35•2.57•-0.03 + 1.5•5.76•-0.03 = **-0.36 kNm/m'**

Ugodno delovanje vertikalne sile

- horizontalna sila

H_d = γ_G•Ea•COS(20°) + γ_Q•Qa•COS(20°) + $\Sigma(\gamma$•F•COS(α))$_i$ =
= 1.35•2.57•COS(20°) + 1.5•5.76•COS(20°) + 0 = **11.38 kN/m'**

- vertikalna sila

V_d = γ_{Ginf}•W + γ_G•Ea•SIN(20°) + γ_Q•Qa•SIN(20°) + $\Sigma(\gamma$•F•SIN(α))$_i$ =
= 1•23.8 + 1.35•2.57•SIN(20°) + 1.5•5.76•SIN(20°) + 11.4 = **39.34 kN/m'**

- moment na težišče temeljne ploskve

M_d = Ma_d + V_d•1/2 - Mo•γ_{Ginf} + $\Sigma(\gamma$•F•r)$_i$ =
= -0.36 + 39.34•0.5 - 11.66•1 + 2.27 = **9.92 kNm/m'**

- Ekscentričnost: e = M_d/V_d = 9.92/39.34 = 0.25 m
- Efektivna širina temelja: B_{ef} = B - 2e = 1 - 2•0.25 = 0.5 m

N_q = 64.2, N_c = 75.31, N_γ = 106.05
b_q = 1, b_c = 1, b_γ = b_q
i_q = 0.519, i_c = 0.511, i_γ = 0.369, m = 1.924
s_q = 1.053, s_c = 1.054, s_γ = 0.975

R_d = 0.5 • 207.89 / 1.4 = 73.63 kN/m'

Pogoj $V_d \leq R_d$: 39.34 < 73.63 JE izpolnjen

Negodno delovanje vertikalne sile

- horizontalna sila

H_d = γ_G•Ea•COS(20°) + γ_Q•Qa•COS(20°) + $\Sigma(\gamma$•F•COS(α))$_i$ =
= 1.35•2.57•COS(20°) + 1.5•5.76•COS(20°) + 0 = **11.38 kN/m'**

- vertikalna sila

V_d = γ_G•W + γ_G•Ea•SIN(20°) + γ_Q•Qa•SIN(20°) + $\Sigma(\gamma$•F•SIN(α))$_i$ =
= 1.35•23.8 + 1.35•2.57•SIN(20°) + 1.5•5.76•SIN(20°) + 15.39 = **51.66 kN/m'**

- moment na težišče temeljne ploskve

M_d = Ma_d + V_d•1/2 - Mo•γ_G + $\Sigma(\gamma$•F•r)$_i$ =
= -0.36 + 51.66•0.5 - 11.66•1.35 + 3.06 = **12.79 kNm/m'**

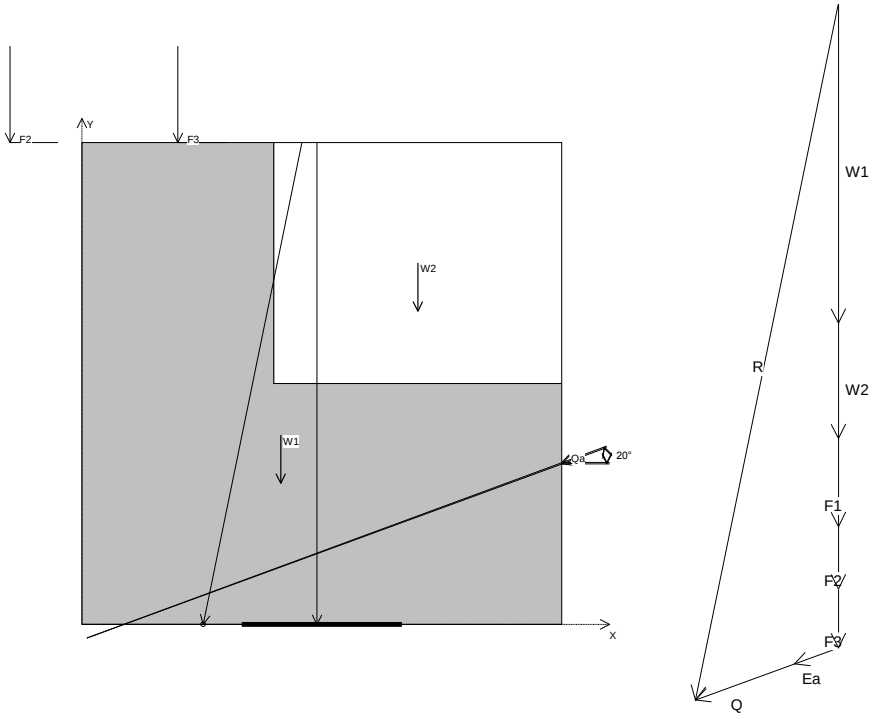
- Ekscentričnost: e = M_d/V_d = 12.79/51.66 = 0.25 m
- Efektivna širina temelja: B_{ef} = B - 2e = 1 - 2•0.25 = 0.5 m

N_q = 64.2, N_c = 75.31, N_γ = 106.05
b_q = 1, b_c = 1, b_γ = b_q
i_q = 0.62, i_c = 0.614, i_γ = 0.483, m = 1.922
s_q = 1.054, s_c = 1.055, s_γ = 0.975

R_d = 0.5 • 277.45 / 1.4 = 100.04 kN/m'

Pogoj $V_d \leq R_d$: 51.66 < 100.04 JE izpolnjen

3.3 MEJNO STANJE UPORABNOSTI



- moment odpora

Mo_k = W1•r1 + W2•r2 = 17.5•0.41+6.3•0.7 = **11.66 kNm/m'**

- moment prevrnitve

Ma_k = Ea_k • re + Qa_k • rq + $\Sigma(F_k \bullet rf)_i$= 2.57 • -0.03 + 5.76 • -0.03 + 2.27 = **2.02 kNm/m'**

- vertikalna sila

V_k = W + Ea_k•SIN(20°) + Qa_k•SIN(20°) + $\Sigma(F_k$•SIN(α))$_i$ =
= 23.8 + 2.57•SIN(20°) + 5.76•SIN(20°) + 11.4 = **38.05 kN/m'**

- moment na težišče temeljne ploskve

M_k = Ma_k + V_k•1/2 - Mo_k = 2.02 + 38.05•0.5 - 11.66 = **9.38 kNm/m'**

3.3.1 Kontrola lege rezultante in napetosti pod temeljem (tlak + nateg -)

$\sigma_{1,2}$= N/At ± Mt/Wt

- Odpornostni moment in površina temeljne ploskve

Wt = (1 • 1^2)/6 = 0.17 m^3

At = 1 • 1 = 1 m^2

- Ekscentričnost: e = M_k/V_k = 9.38/38.05 = 0.25 m **> j= 0.17 m**

REZULTANTA PADE IZVEN JEDRA PREREZA TEMELJNE PLOSKVE!

c = (a/2 - e) >= a/5
c = (1/2 - 0.25) = 0.25m > 0.2m

- Napetost:

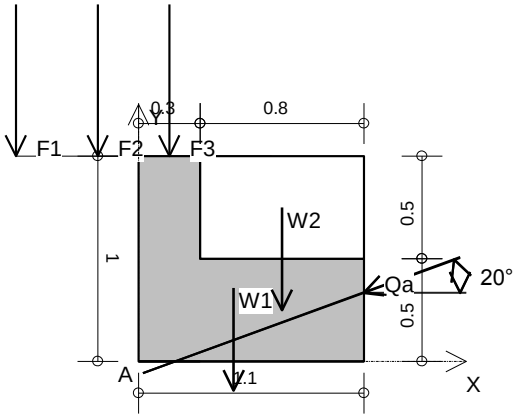
σ_1 = N•2/3/c = 38.05•2/3/0.25=

σ_1 **= 100.12 kN/m^2** σ_2 **= 0 kN/m^2**, $B_{tlač}$ = 0.838 m

4 RAČUNSKI PRIMER 3

4.1 VHODNI PODATKI

Geometrija zidu



Karakteristike zemljin

Temeljna tla – prod:

γ_{tal}	= 22 kN/m^3	prostorninska teža
$c_{k,t}$	= 0 kPa	kohezija
$\varphi_{k,t}$	= 40 °	strižni kot
δ_d	= 30 °	trenjski kot
K= 30 MN/m^3		modul reakcije tal

Zasipni klin:

γ	= 21 kN/m^3	prostorninska teža
c_k	= 0 kPa	kohezija
φ_k	= 35 °	strižni kot

β = 0 ° nagib zaledja

δ = 20 ° kot trenja zid/zaledje

Koeficienti varnosti:

γ_G = 1.35, γ_{Gi} = 1.0, γ_Q = 1.5, γ_{Qi} = 1.0	VPLIVI, GEO/STR
$\gamma_{G;dst}$ = 1.1, $\gamma_{G;stb}$ = 0.9, $\gamma_{Q;dst}$ = 1.35, $\gamma_{Q;stb}$ = 0	VPLIVI, EQU
γ_c = 1.0, $\gamma_{R;v}$ = 1.4, $\gamma_{R;h}$ = 1.1, $\gamma_{R;e}$ = 1.4	ODPORI

Stalna vertikalna obtežba:

Teža zidu in zasipa

g1	= 25 kN/m^3	prostorninska teža zidu
g2	= 21 kN/m^3	prostorninska teža zasipa
W1	= 0.70•25.00	= 17.50 kN/m'
W2	= 0.40•21.00	= 8.40 kN/m'
W		**= 25.90 kN/m'**

Obtežba robnega venca in konzole:

$F1_k$ = 6.2 kN, kot= 90°, robni venec, G-stalna
$F2_k$ = 4.5 kN, kot= 90°, hodnik+konzola, G-stalna
$F3_k$ = 1.9 kN, kot= 90°, hodnik2, G-stalna

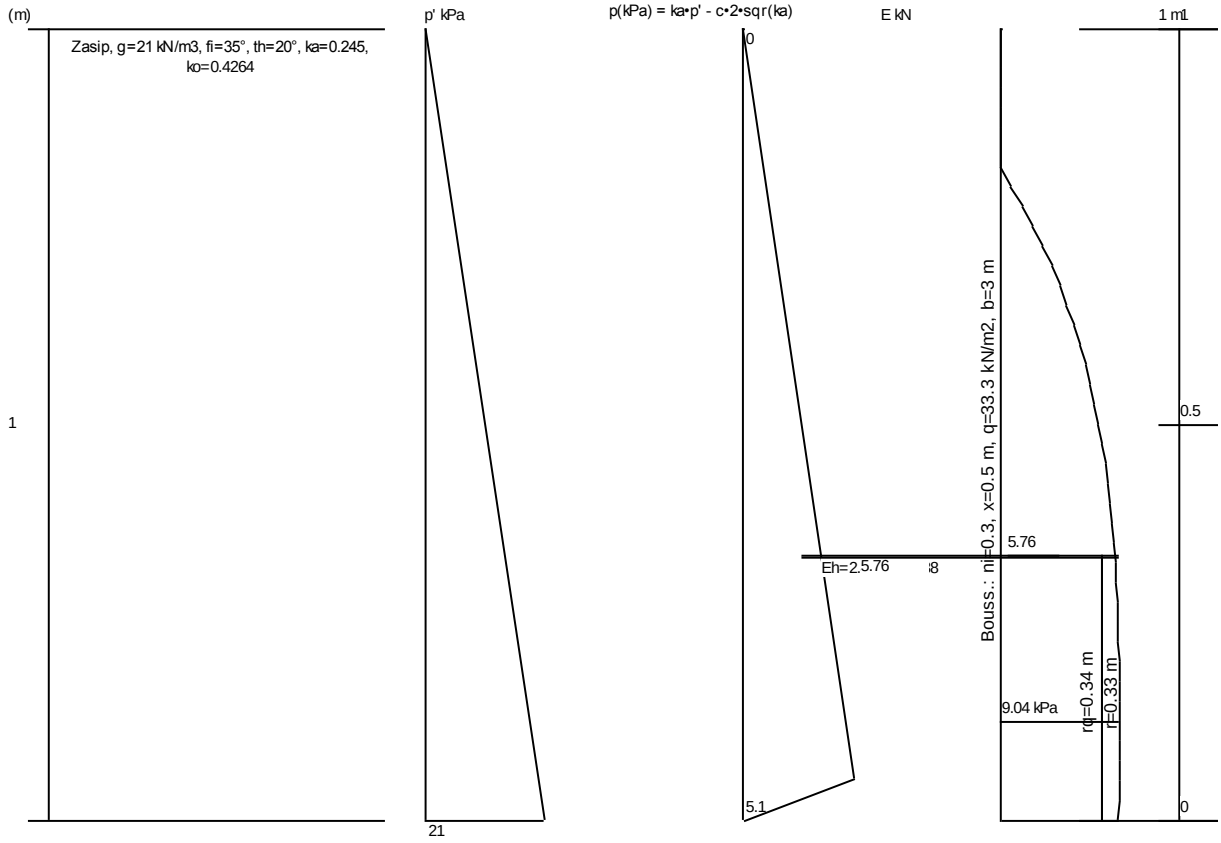
Ročice sil:

x=x'•COS(α)+y'•SIN(α) y=-x'•SIN(α)+y'•COS(α)

W1: y=0.36 m x=r1=0.46 m
W2: y=0.75 m x=r2=0.70 m
Ea: y=0.33 m x=1.10 m
re= (Ea•COS(20°)•y-Ea•SIN(20°)•x)/Ea=-0.06m
Qa: y=0.34 m x=1.10 m
rq= (Qa•COS(20°)•y-Qa•SIN(20°)•x)/Qa=-0.06m
F1: y=1.00 m x=-0.60 m
rf_1= (F•COS(90°)•y-F•SIN(90°)•x)/F= 0.60m
F2: y=1.00 m x=-0.20 m
rf_2= (F•COS(90°)•y-F•SIN(90°)•x)/F= 0.20m
F3: y=1.00 m x=0.15 m
rf_3= (F•COS(90°)•y-F•SIN(90°)•x)/F=-0.15m

<u>Stalna horizontalna obtežba:</u>

Sila zemeljskega pritiska Ea=2.57 kN/m'
Sila zaradi prometne obtežbe v zaledju Q=5.76 kN/m'



4.2 MEJNO STANJE NOSILNOSTI

4.2.1 Kontrola prevrnitve na točko »A«

- moment odpora

$Mo_{EQU} = \gamma_{G:stb} \cdot W1 \cdot r1 + \gamma_{G:stb} \cdot W2 \cdot r2 =$
$= 0.9 \cdot 17.5 \cdot 0.46 + 0.9 \cdot 8.4 \cdot 0.7 =$ **12.6 kNm/m'**

- moment prevrnitve

$Ma_{EQU} = \gamma_{G;dst} \cdot Ea \cdot re + \gamma_{Q;dst} \cdot Qa \cdot rq + \gamma_{G;dst} \cdot F1 \cdot r1 + \gamma_{G;dst} \cdot F2 \cdot r2 + \gamma_{G;stb} \cdot F3 \cdot r3 = 1.1 \cdot 2.57 \cdot -0.06 + 1.5 \cdot 5.76 \cdot -0.06 + 1.1 \cdot 6.2 \cdot 0.6 + 1.1 \cdot 4.5 \cdot 0.2 - 0.9 \cdot 1.9 \cdot 0.15 =$ **4.14 kNm/m'**

Pogoj $E_d \leq R_d$: 4.14 < 12.6 JE izpolnjen

4.2.2 Kontrola zdrsa

- strižna sila pod temeljem

$H_d = -\gamma_{Ginf} \cdot W \cdot SIN(0°) + \gamma_G \cdot Ea \cdot COS(0°+20°) + \gamma_Q \cdot Qa \cdot COS(0°+20°) + \Sigma(\gamma \cdot F \cdot COS(0°+\alpha))_i =$
$= -1 \cdot 25.9 \cdot SIN(0°) + 1.35 \cdot 2.57 \cdot COS(20°) + 1.5 \cdot 5.76 \cdot COS(20°) + 0 =$ **11.38 kN/m'**

- strižna odpornost pod temeljem

$V_d = \gamma_{Ginf} \cdot W \cdot COS(0°) + \gamma_G \cdot Ea \cdot SIN(0°+20°) + \gamma_Q \cdot Qa \cdot SIN(0°+20°) + \Sigma(\gamma \cdot F \cdot SIN(0°+\alpha))_i =$
$= 1 \cdot 25.9 \cdot COS(0°) + 1.35 \cdot 2.57 \cdot SIN(20°) + 1.5 \cdot 5.76 \cdot SIN(20°) + 12.6 =$ **42.64 kN/m'**

$R_d = V_d \cdot \tan\delta_d / \gamma_{R;h} = 42.64 \cdot \tan(30°)/1.1 =$ **22.38 kN/m'**

Pogoj $H_d \leq R_d$: 11.38 < 22.38 JE izpolnjen

4.2.3 Kontrola nosilnosti tal

c = 0 kPa, φ = 40 °, g_z = 22 kN/m^3, D = 0 m, α = 0°, $L_{temelja}$ = 6 m

$R_d = B_{ef} \cdot (c \cdot N_c \cdot b_c \cdot s_c \cdot i_c + D \cdot g_z \cdot N_q \cdot b_q \cdot s_q \cdot i_q + 0.5 \cdot g_z \cdot B_{ef} \cdot N_\gamma \cdot b_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma) / \gamma_{R;v}$ kN/m'

Nosilnost tal:	$N_q = e^{\pi \tan\varphi} \cdot \tan^2(45+\varphi/2)$	$N_c = (N_q-1) \cdot \cot\varphi$	$N_\gamma = 2(N_q-1) \cdot \tan\varphi$
Oblika temelja:	$s_q = 1 + (B_{ef}/L) \cdot \sin\varphi$	$s_c = (s_q \cdot N_q - 1)/(N_q - 1)$	$s_\gamma = 1 - 0.3 \cdot (B_{ef}/L)$
Nagib temeljne ploskve:	$b_q = (1-\alpha \cdot \tan\varphi)^2$	$b_c = b_q - (1-b_q)/N_c/\tan\varphi$	$b_\gamma = b_q$
Nagib zaradi H:	$i_q = (1-H/(V+A' \cdot c \cdot \cot\varphi))^m$	$i_c = i_q - (1-i_q)/(N_q-1)$	$i_\gamma = (1-H/(V+A' \cdot c \cdot \cot\varphi))^{(m+1)}$
	$m = (2+B_{ef}/L)/(1+B_{ef}/L)$	$A' = B_{ef} \cdot L$	

Varnost zunanjih sil γ: F1:1(U)/1.35(N), F2:1(U)/1.35(N), F3:1(U)/1.35(N)

- moment na točko A od E+Q

$Ma_d = \gamma_G \cdot Ea \cdot re + \gamma_Q \cdot Qa \cdot rq = 1.35 \cdot 2.57 \cdot -0.06 + 1.5 \cdot 5.76 \cdot -0.06 =$ **-0.73 kNm/m'**

Ugodno delovanje vertikalne sile

- horizontalna sila

H_d = γ_G•Ea•COS(20°) + γ_Q•Qa•COS(20°) + $\Sigma(\gamma$•F•COS(α))$_i$ =
= 1.35•2.57•COS(20°) + 1.5•5.76•COS(20°) + 0 = **11.38 kN/m'**

- vertikalna sila

V_d = γ_{Ginf}•W + γ_G•Ea•SIN(20°) + γ_Q•Qa•SIN(20°) + $\Sigma(\gamma$•F•SIN(α))$_i$ =
= 1•25.9 + 1.35•2.57•SIN(20°) + 1.5•5.76•SIN(20°) + 12.6 = **42.64 kN/m'**

- moment na težišče temeljne ploskve

M_d = Ma_d + V_d•1.1/2 - Mo•γ_{Ginf} + $\Sigma(\gamma$•F•r)$_i$ =
= -0.73 + 42.64•0.55 - 14.01•1 + 4.33 = **13.06 kNm/m'**

- Ekscentričnost: e = M_d/V_d = 13.06/42.64 = 0.31 m
- Efektivna širina temelja: B_{ef} = B - 2e = 1.1 - 2•0.31 = 0.49 m

N_q = 64.2, N_c = 75.31, N_γ = 106.05
b_q = 1, b_c = 1, b_γ = b_q
i_q = 0.55, i_c = 0.543, i_γ = 0.403, m = 1.925
s_q = 1.052, s_c = 1.053, s_γ = 0.976

R_d = 0.49 • 223.86 / 1.4 = 77.97 kN/m'

Pogoj $V_d \leq R_d$: 42.64 < 77.97 JE izpolnjen

Neugodno delovanje vertikalne sile

- horizontalna sila

H_d = γ_G•Ea•COS(20°) + γ_Q•Qa•COS(20°) + $\Sigma(\gamma$•F•COS(α))$_i$ =
= 1.35•2.57•COS(20°) + 1.5•5.76•COS(20°) + 0 = **11.38 kN/m'**

- vertikalna sila

V_d = γ_G•W + γ_G•Ea•SIN(20°) + γ_Q•Qa•SIN(20°) + $\Sigma(\gamma$•F•SIN(α))$_i$ =
= 1.35•25.9 + 1.35•2.57•SIN(20°) + 1.5•5.76•SIN(20°) + 17.01 = **56.12 kN/m'**

- moment na težišče temeljne ploskve

M_d = Ma_d + V_d•1.1/2 - Mo•γ_G + $\Sigma(\gamma$•F•r)$_i$ =
= -0.73 + 56.12•0.55 - 14.01•1.35 + 5.85 = **17.08 kNm/m'**

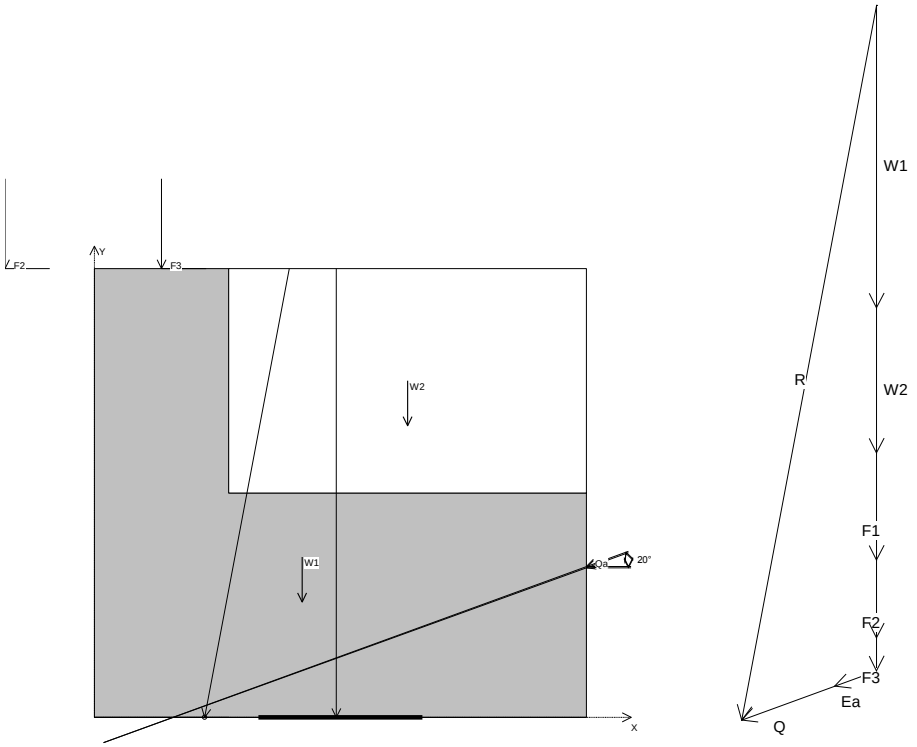
- Ekscentričnost: e = M_d/V_d = 17.08/56.12 = 0.3 m
- Efektivna širina temelja: B_{ef} = B - 2e = 1.1 - 2•0.3 = 0.49 m

N_q = 64.2, N_c = 75.31, N_γ = 106.05
b_q = 1, b_c = 1, b_γ = b_q
i_q = 0.647, i_c = 0.641, i_γ = 0.515, m = 1.924
s_q = 1.053, s_c = 1.053, s_γ = 0.975

R_d = 0.49 • 288.09 / 1.4 = 101.07 kN/m'

Pogoj $V_d \leq R_d$: 56.12 < 101.07 JE izpolnjen

4.3 MEJNO STANJE UPORABNOSTI



- moment odpora

Mo_k = W1•r1 + W2•r2 = 17.5•0.46+8.4•0.7 = **14.01 kNm/m'**

- moment prevrnitve

Ma_k = Ea_k • re + Qa_k • rq + $\Sigma(F_k \cdot rf)_i$= 2.57 • -0.06 + 5.76 • -0.06 + 4.33 = **3.84 kNm/m'**

- vertikalna sila

V_k = W + Ea_k•SIN(20°) + Qa_k•SIN(20°) + $\Sigma(F_k$•SIN(α))$_i$ =
= 25.9 + 2.57•SIN(20°) + 5.76•SIN(20°) + 12.6 = **41.35 kN/m'**

- moment na težišče temeljne ploskve

M_k = Ma_k + V_k•1.1/2 - Mo_k = 3.84 + 41.35•0.55 - 14.01 = **12.57 kNm/m'**

4.3.1 Kontrola lege rezultante in napetosti pod temeljem (tlak + nateg -)

$\sigma_{1,2}$= N/At ± Mt/Wt

- Odpornostni moment in površina temeljne ploskve

Wt = (1 • 1.1^2)/6 = 0.2 m^3

At = 1 • 1.1 = 1.1 m^2

- Ekscentričnost: e = M_k/V_k = 12.57/41.35 = 0.3 m **> j= 0.18 m**

REZULTANTA PADE IZVEN JEDRA PREREZA TEMELJNE PLOSKVE!

c = (a/2 - e) >= a/5
c = (1.1/2 - 0.3) = 0.25m > 0.22m

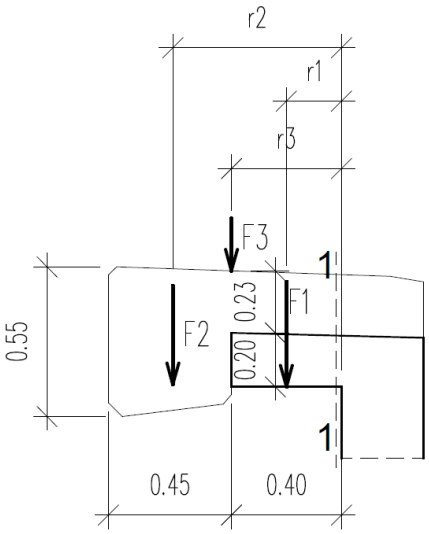
- Napetost:

σ_1 = N•2/3/c = 41.35•2/3/0.25

σ_1 **= 112.08 kN/m^2** σ_2 **= 0 kN/m^2**, $B_{tlač}$ = 0.882 m

5 DIMENZIONIRANJE KONZOLE

Shema obtežbe:



Obtežbe:

F_1 = 0,40 m · 0,45 m · 25 kN/m³ = 4,5 kN/m' teža konzole in robnega venca nad konzolo, stalna obtežba
r_1 = 0,20 m

F_2 = 0,45 m · 0,55 m · 25 kN/m³ = 6,2 kN/m' teža robnega venca, stalna obtežba
r_1 = 0,63 m

F_3 = 150 kN / 6 m = 25 kN/m' teža ene osi vozila, razporeditev na eno kampado zidu dolžine 6 m, spremenljiva obtežba

r_3 = 0,40 m

M_d = 1,35 · 4,5 kN · 0,20 m + 1,35 · 6,2 kN · 0,63 m + 1,50 · 25 kN · 0,40 m = 21,5 kNm/m'
projektni upogibni moment v prerezu 1-1

V_d = 1,35 · 4,5 kN + 1,35 · 6,2 kN + 1,50 · 25 kN = 52 kN/m' projektna prečna sila v prerezu 1-1

*** Upogibno-osna mejna nosilnost - EUROCODE 2 ***

Materiali: - beton C25/30 => f_{cd}=16.67 MPa, α=1, γ_c=1.5
- armatura S500 => f_{yd}=434.78 MPa, γ_s=1.15

Prerez - pravokoten
H = 18 cm
B = 100 cm
a = 5 cm
a'= 5 cm

M_{Ed}=21.5 kNm, N_{Ed}=0 kN

Prerez armature ..... : 4.00 cm² (μ = 0.22%)
ε_c ..... : 1.59 ‰
f_c ..... : 15.83 MPa
ε_s ..... : 10.00 ‰

f_s ..... :434.78 MPa
Z ..... : 12.35 cm
x ..... : 1.79 cm(0.14d)
M_c ..... : 52.77 kNm, k_{dc}=0.187, k_d=0.076

Izberem R Φ12 / 15 cm, A_{sdej} = 7,5 cm²/m

*** Strižna nosilnost - EC2 6.2 ***

V_{Ed}=52kN, f_{ck}=25, A_{sl}=4 cm², b_w=1m, d=0.13m
ρ_1=0,00308, σ_{cp}=0 MPa, θ=45°

$V_{Rd,c}$=61.59 kN, $V_{Rd,max}$=526.5 kN, $V_{Ed}/V_{Rd,max}$=0,1

$V_{Rd,c}$ > V_{Ed} - strižna armatura ni potrebna