

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

*Janova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si*



Visokošolski strokovni študij
gradbeništva, Konstrukcijska smer

Kandidat:

Dejan Kastelec

DIMENZIONIRANJE ČAŠASTIH TEMELJEV

Diplomska naloga št.: 385

Mentor:
doc. dr. Jože Lopatič

Ljubljana, 2010

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani **DEJAN KASTELEC** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom:
»DIMENZIONIRANJE ČAŠASTIH TEMELJEV«.

Izjavljam, da prenašam vse materialne avtorske pravice v zvezi z diplomsko nalogo na UL,
Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo.

Ljubljana, 27. 06. 2010

Dejan Kastelec

IZJAVE O PREGLEDU NALOGE

Nalogo so si ogledali učitelji konstrukcijske smeri:

BIBLIOGRAFSKO - DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK	624.012.45:624.15(043.2)
Avtor:	Dejan Kastelec
Mentor:	doc. dr. Jože Lopatič, univ. dipl. inž. grad.
Naslov:	Dimenzioniranje čašastih temeljev
Obseg in oprema:	76 str., 7 pregl., 45 sl.
Ključne besede:	Čašasti temelji, čaša, peta, obtežbe, dimenzioniranje, arm. načrti

Izvleček:

Diplomska naloga je sestavljena iz treh sklopov. Prvi sklop je teoretični. Predstavljena so splošna dejstva o plitvem in globokem temeljenju. Poudarek je na plitvem temeljenju z natančnejšim opisom čašastih temeljev. Opisan je postopek določitve napetosti pod točkovnimi temelji v odvisnosti od položaja obremenitev.

V drugem sklopu diplomske naloge je predstavljen postopek dimenzioniranja čašastih temeljev. Prikazana sta primera dimenzioniranja čašastih temeljev z gladko oz. narebričeno notranjo steno čaše točkovnega temelja. Prvi korak pri dimenzioniranju čašastih temeljev predstavlja določitev napetosti pod temeljem, ki so odvisne od velikosti temeljne ploskve temelja, vrste obtežbe ter tipa temeljnih tal. Napetosti pod peto temelja morajo biti manjše od dopustnih napetosti. Glede na velikost napetosti je potrebno prilagoditi dimenzije temeljne Pete oz. izboljšati karakteristike temeljnih tal. Sledi postopek določitve upogibne in strižne armature temeljne plošče. Velik vpliv na količino strižne armature v stenah čaše ima vrsta obdelave notranje površine stene. Iz predstavljenih primerov je razvidno, da gladko obdelane stene potrebujejo za prevzem enakih obremenitev bistveno večjo količino strižne armature kot narebričene stene čaš. Sledi določitev horizontalne in vertikalne armature sten čaše temelja. Na koncu drugega dela diplomske naloge je z pomočjo računalniškega programa za risanje armaturnih načrtov ArmCad 2000 izdelan armaturni načrt čašastega temelja z izvlečkom armature.

Tretji sklop diplomske naloge predstavlja računalniški program za račun čašastih temeljev. Programsko orodje je napisano v programu C Sharp (C#). Pogovorno okno je oblikovano v programu Microsoft Visual Studio 2008. Program omogoča računsko analizo čašastih temeljev vključno z določitvijo potrebne armature.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 624.012.45:624.15(043.2)
Author: Dejan Kastelec
Supervisor: assist.prof. dr. Jože Lopatič, univ. dipl. inž.grad.
Title: Design of pocket foundations
Notes: 76 p., 7 tab., 45 fig.
Key words: pocket foundation, pocket wall, footing slab, loads, design, reinforcement drawings

Abstract

Graduation thesis consists of three parts. The first part is theoretical. General facts about shallow and deep foundations are presented with an emphasis on shallow foundations. Pocket foundations are explained in detail. The calculation of stresses below footing slab under different types of loads is given.

In the second part the procedure for design of pocket foundation is explained. Two examples of design of pocket foundations are presented: pocket foundation with flat inner surface of footing wall and pocket foundation with ribbed inner surface of footing wall. The first step in designing pocket foundations is to determine the stresses under footing slab. Stresses depend on the size of footing slab, type of loading and type of ground soil. The calculated stresses must be within allowable stresses in grounds. Stresses define the dimensions of footing slab or actions needed to implement the soil. Next step is to determine the bending and shear reinforcement in footing slab. The type of inner surface on footing wall has a great influence on the amount of reinforcement. Example shows that the needed shear reinforcement in a pocket foundation with flat inner wall surface is bigger than in foundation with ribbed surface. Next step is to determine the horizontal and vertical reinforcement in footing wall. As an example a reinforcement drawing of pocket footing is presented. The drawing was made in a computer program for drawing reinforcement drawings Armcad 2000.

In the last part a computer program for designing pocket footings is explained. The program was written in a computer software C Sharp and Microsoft Visual Studio 2008. The program designs the pocket foundation and calculates needed reinforcement.

ZAHVALA

Za pomoč pri izdelavi diplomske naloge bi se zahvalil predvsem svojemu mentorju doc. dr. Jožetu Lopatiču, ter vsem ki so mi v kakršni meri nudili pomoč pri izdelavi diplomske naloge.

Zahvalo poklanjam tudi družini in prijateljem, ki so me vsa leta študija pomagali, me podpirali in spodbujali. Zahvalo poklanjam tudi podjetju Spina Novo mesto d.o.o., ki mi je tekom študija nudilo štipendijo in možnost pridobivanja praktičnih znanj.

1	UVOD.....	1
1.1	Temeljenje nekoč.....	1
1.2	Temeljenje danes	2
2	SPLOŠNO O TEMELJENJU	4
2.1	Izbor globine temeljenja.....	6
2.1.1	Značilnosti zemljišča.....	6
2.1.2	Značilnosti objekta.....	7
2.1.3	Način gradnje.....	7
2.2	Plitvi temelji	7
3	ČAŠASTI TEMELJI.....	9
3.1	Oblike čašastih temeljev	10
3.2	Elementi čašastih temeljev	10
3.2.1	Temeljna plošča.....	11
3.2.2	Čaša temelja.....	12
3.2.3	Čaše z narebričenimi površinami sten.....	13
3.2.4	Čaše z gladkimi površinami	15
3.3	OBTEŽBE NA ČAŠASTE TEMELJE.....	16
3.4	NAPETOSTI V TEMELJNIH TLEH V STIČNI PLOSKVI S TEMELJEM.....	17
3.4.1	Centrična obremenitev – sila N deluje v težišču temeljne ploskve	17
3.4.2	Dvojno ekscentrična sila v jedru prereza	18
3.4.2.1	Preverjanje ekscentričnosti obremenitve temelja.....	19
3.4.3	Enojna ekscentričnost sile v jedru prereza	21
3.4.4	Enojno ekscentrična sila izven jedra prereza.....	22
3.4.5	Dvojno ekscentrična sila izven jedra prereza	23
3.4.6	Računsko orodje za izračun napetosti pod temeljem.....	24
4	DIMENZIONIRANJE ČAŠASTEGA TEMELJA – RAČUNSKI PRIMER.....	28

4.1	Zaščitni sloj betona	28
4.2	Prikaz obremenitve in uporabljenih oznak.....	30
4.3	Primer izračuna čašastega temelja – dvojno ekscentrična sila	31
4.3.1	Karakteristike prereza	32
4.3.2	Določitev lastne teže temelja:.....	33
4.4	Kontrola nosilnosti temeljnih tal	34
4.4.1	Obtežba na temeljni ploskvi:	34
4.4.2	Kontrola ekscentričnosti temelja	34
4.4.3	Dejanske napetosti pod temeljem	35
4.4.4	Kontrola napetosti v temeljnih tleh.....	36
4.5	Momenti okoli osi x:.....	37
4.6	Momenti okoli osi y:.....	38
4.7	Dimenzioniranje v mejnem stanju nosilnosti	40
4.7.1	Gladka obdelava sten čaše.....	40
4.7.1.1	Karakteristike materialov	40
4.7.1.2	Dimenzioniranje temelja na upogib	40
4.7.1.3	Dimenzioniranje na preboj	42
4.7.1.4	Dimenzioniranje sten čaše.....	52
4.7.2	Narebričena obdelava sten čaše.....	55
4.7.2.1	Karakteristike materialov	55
4.7.2.2	Dimenzioniranje temelja na upogib	55
4.7.2.3	Dimenzioniranje na preboj	58
4.7.2.4	Dimenzioniranje sten čaše	63
4.7.3	Primerjava rezultatov potrebne armature čašastega temelja	65
4.8	Armaturni načrt in izvleček armature	65
5	RAČUNSKO ORODJE ZA DIMENZIONIRANJE ČAŠASTIH TEMELJEV...	66

VIRI73

PRILOGE..... 75

KAZALO SLIK

<i>Slika 1: Viseči stolp v Pisi.....</i>	<i>3</i>
<i>Slika 2: Tipične izvedbe čašastih temeljev.....</i>	<i>9</i>
<i>Slika 3: Armatura čaše temelja</i>	<i>11</i>
<i>Slika 4: Osnovni kontrolni obseg po SIST EN 1992-1-1.....</i>	<i>11</i>
<i>Slika 5: Smotrna globina čaše temelja oz. min t v odvisnosti obdelave sten čaše temelja in ekscentričnosti obremenitve (M/N) proti stranici stebra (d) (Hettler, 2000).....</i>	<i>13</i>
<i>Slika 6: Čaše z narebričeno stično površino (SIST EN 1992-1-1)</i>	<i>14</i>
<i>Slika 7: Prikaz narebričenja stene čaše in stebra (Hettler, 2000)</i>	<i>14</i>
<i>Slika 8: Čaše z gladko stično površino po SIST EN 1992-1-1</i>	<i>15</i>
<i>Slika 9: Prikaz izvedbe gladke stene čaše in stebra (Hettler, 2000).....</i>	<i>16</i>
<i>Slika 10: Centrična obremenitev temelja.....</i>	<i>17</i>
<i>Slika 11: Dvojno ekscentrično obremenjen temelj in obremenitve, ki delujejo nanj.....</i>	<i>19</i>
<i>Slika 12: Prikaz jedra prereza in premice, s katero prerjamo lego sile.....</i>	<i>19</i>
<i>Slika 13: Prikaz izpisa ekscentričnosti obremenitve izven jedra prereza v programu Excel ..</i>	<i>20</i>
<i>Slika 14: Prikaz izpisa ekscentričnosti obremenitve v jedra prereza v programu Excel.....</i>	<i>21</i>
<i>Slika 15: Enojno ekscentrično obremenjen temelj.....</i>	<i>21</i>
<i>Slika 16: Enojno ekscentrično obremenjen temelj – sila izven jedra prereza.....</i>	<i>22</i>
<i>Slika 17: Dvojno ekscentrično obremenjen temelj – sila izven jedra prereza</i>	<i>23</i>
<i>Slika 18: Prikaz vnosa podatkov za izračun napetosti pod temeljem.....</i>	<i>24</i>
<i>Slika 19: Prikaz omejitev za izračun napetosti.....</i>	<i>25</i>
<i>Slika 20: Prikaz napetosti pod temelje–negativne napetosti so izločene(celice označene z 0) ..</i>	<i>26</i>
<i>Slika 21: Grafični obdelava podatkov iz Slike 20.....</i>	<i>26</i>
<i>Slika 22: Prikaz rezultatov napetosti pod temeljem.....</i>	<i>27</i>
<i>Slika 23: Napetosti pod točkovnim temeljem in potek upogibnih momentov.....</i>	<i>30</i>
<i>Slika 24: Prikaz uporabljenih oznak.....</i>	<i>31</i>
<i>Slika 25: Grafični prikaz obremenitev na temelj.....</i>	<i>32</i>
<i>Slika 26: Prikaz komponent lastne teže čašastega temelja</i>	<i>33</i>
<i>Slika 27: Izpisa ekscentričnosti obremenitve temelja iz programa Excel.....</i>	<i>35</i>
<i>Slika 28: Prikaz oznak vogalnih napetosti.....</i>	<i>35</i>
<i>Slika 29: Prikaz izračuna $M_{x,max}$ na robu čaše na oddaljenosti</i>	<i>37</i>

<i>Slika 30: Prikaz mesta izračuna momenta $M_{C,x}$.....</i>	<i>38</i>
<i>Slika 31: Prikaz rezultatov MD,y na robu čaše.....</i>	<i>39</i>
<i>Slika 32: Prikaz mesta izračuna momenta $M_{D,y}$.....</i>	<i>39</i>
<i>Slika 33: Osnovni kontrolni obseg za gladko obdelano čašo.....</i>	<i>42</i>
<i>Slika 34: Priporočene vrednosti za koeficient β.....</i>	<i>44</i>
<i>Slika 35: Razporeditev strižnih napetosti zaradi neuravnoteženega momenta ob priključku temelja na notranji steber.....</i>	<i>45</i>
<i>Slika 36: Strižna armatura proti preboju (SIST EN 1992-1-1).....</i>	<i>51</i>
<i>Slika 37: Kontrolni obsegi pri notranjih stebrih (SIST EN 1992-1-1).....</i>	<i>51</i>
<i>Slika 38: Prikaz sil zagotavljanje ravnnotežja v steni gladke čaše (Hettler, 2000).....</i>	<i>53</i>
<i>Slika 39: Osnovni kontrolni obseg za narebričeno obdelano čašo.....</i>	<i>58</i>
<i>Slika 40: Prikaz momentov na steni narebričene čaše (Hettler, 2000).....</i>	<i>63</i>
<i>Slika 41: Prikaz opozorila zaradi prevelikih napetosti v temeljnih tleh.....</i>	<i>66</i>
<i>Slika 42: Pogovorno okno računskega orodja.....</i>	<i>67</i>
<i>Slika 43: Izpolnjeno pogovorno okno.....</i>	<i>67</i>
<i>Slika 44: Vnos obtežbenih primerov.....</i>	<i>68</i>
<i>Slika 45: Potrditev in potek izračuna.....</i>	<i>68</i>

KAZALO PREGLEDNIC

<i>Preglednica 1: Podatki o temelju.....</i>	<i>31</i>
<i>Preglednica 2: Prikaz vrednosti obtežb, ki delujejo na temelj.....</i>	<i>32</i>
<i>Preglednica 3: Prikaz napetosti pod temeljem.....</i>	<i>35</i>
<i>Preglednica 4: Vrednost k za obremenjene ploskve pravokotne oblike.....</i>	<i>45</i>
<i>Preglednica 5: Vogalne napetosti temelja in delež tlačene površine temelja.....</i>	<i>47</i>
<i>Preglednica 6: Vogalne napetosti temelja in delež tlačene površine temelja.....</i>	<i>60</i>
<i>Preglednica 7: Prikaz rezultatov izračuna potrebne armature.....</i>	<i>65</i>

1 UVOD

Temelji predstavljajo vmesni člen med objektom in temeljnimi tlemi, preko katerega prenesemo vso obtežbo na tla. Zaradi različnih oblik in namembnosti zgradb so se razvile različne oblike temeljev. Pri montažnih gradnjah se uporabljajo predvsem čašasti temelji, kateri predstavljajo jedro diplomskega dela.

1.1 Temeljenje nekoč

Človek - graditelj je že vse od najstarejših obdobj, ko je presegel stopnjo bivanja v naravnih zavetiščih, pričel uporabljati temeljenje na pilotih za gradnjo naselij na vodi. Tako so ostali za vsemi najstarejšimi civilizacijami in kulturami pomembni tehniški spomeniki oziroma njihovi ostanki, pri izgradnji katerih je bilo nujno reševanje raznih problemov temeljenja. V teh davnih časih pa vse do 19. stoletja so se temeljenja objektov običajnih dimenzij izvajala predvsem na osnovi tradicije in osebnih izkušenj graditeljev. Postopoma so reševali vse težje in težje probleme v geomehanski praksi, ki pa vedno niso pripeljali do zelenih ciljev. Najbolj poznan je vsekakor poševni stolp v Pisi (*Slika 1*). Težka, 55 m visoka zgradba je bila zgrajena leta 1174 na nekonsolidiranih in nehomogenih tleh. Kljub solidnemu kolobarastemu temelju se je objekt že med izgradnjo močno posedal in nagibal. Gradnja je trajala 180 let in graditelji so se sprti prilagajali vse večjemu nagibu in tako je nastala zgradba, ki še danes ni dosegla stanja končnega ravnotežja.

Racionalni razvoj inženirskih znanosti se je pričel v 17. stoletju. Po 200 letih eksperimentiranja in teoretičnih obdelav je inženirska znanost dosegla takšen nivo, da so pričele postopoma vplivati oziroma spreminjati običajne konstrukcije v gradbeništvo. Kot gradbeni materiali so se pojavili jeklo, cement in armirani beton, kar je omogočilo izgradnjo in oblikovanja povsem novih objektov.

Avstrijec Karl Terzaghi, ki je živel v ZDA in deloval po celem svetu je podal temelje nove znanosti, ki je iskala in našla rešitve za prej nerešljive probleme nehomogenih in raznolikih

temeljnih tal. Leta 1925 je izdal knjigo v kateri je združil rezultate svojega revolucionarnega dela v zaokroženo celoto in s tem podal temelje nadaljnega razvoja.

1.2 Temeljenje danes

V današnjem času je mogoče na osnovi preiskav vzorcev zemljin odvzetih pri sondiranju določiti karakteristične lastnosti materialov ter na osnovi dobljenih rezultatov sorazmerno natančno določiti nosilnost tal in pričakovane posedke objektov. Rutinska uporaba receptov in obrazcev v mehaniki tal ni zaželjena. Šele v kombinaciji presoje teoretskih oz. matematičnih modelov z osebnimi izkušnjami in logičnimi presojami vplivov naravnih dejavnikov lahko od mehanike tal pričakujemo rezultate, ki nas ne bodo razočarali, oziroma bodo odražali realno stanje. Težo in obremenitev vsakega objekta je potrebno prenesti na temeljna tla s katerimi mora biti le ta čvrsto povezan. Obremenitve z objekta se prenašajo na določeno območje tal v katerem zato nastanejo napetosti in deformacije. Povečane napetosti v tleh ne smejo presegati določenih mejnih vrednosti, da ne bi povzročile porušitve tal, gradbene jame in/ali objekta.

Zaradi vsega naštetega se danes pristopa k gradnji s predhodno izdelano geomehansko dokumentacijo. Ta je pogojevala pridobitev lokacijskega dovoljenja in služila projektantu kot osnova ali pogoj pri izbiri temeljenja.

Ugotovitve, katere nam pri izbiri parcele za gradnjo zelo koristijo:

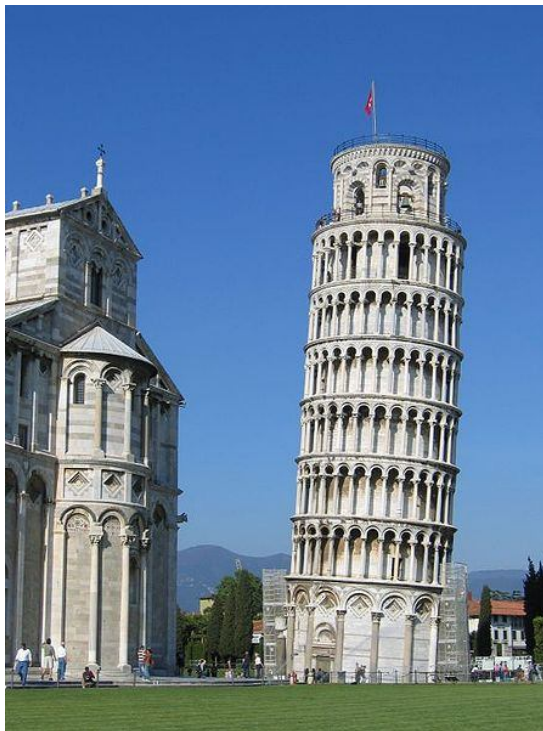
- Poceni parcela ponavadi pomeni zahtevno in drago temeljenje,
- Na pobočju je nevarnost plazenja, ki je aktivirano ko izvedemo izkop mi ali naš bližnji sosed,
- Na pobočju so vedno globoki vkopi, ki zahtevajo oporne zidove tako za objekt kot za dovozno cesto,
- Visoka podtalnica v ravnini ovira gradnjo, predstavlja pa tudi potencialno nevarnost (kapilarni dvig, poplavo kletnih ali pritličnih prostorov, vzgon),
- Preverite srednjeročne in dolgoročne prostorske plane, da ne bi nekoč nehote postali sosede avtoceste, železnice, daljnovoda, kamnoloma itd.,
- Res se skoraj vedno najde ustrezen način temeljenja objekta vendar pri tem cena celo

- večkrat celo preseže vrednost celotnega preostalega objekta,
- Ko izberemo parcelo ob potoku ne pozabimo, da je lahko ta potok hudournik, ki se nekajkrat poveča in ima rušilno moč in
 - Iz tal v bivalne objekte lahko prodira tudi plin radon katerega kratkoživi razpadni produkti (polonij, svinec, bizmut) povzročajo pljučnega raka.

V izogib naštetemu je zagotovo najkrajša pot, da naročimo izdelavo geotehničnega mnenja preden kupimo zazidalno parcelo. Tako lažje sprejmemo odločitev o nakupu, mnenje pa je pri večjih objektih tako in tako potrebno v fazi pridobivanja gradbenega dovoljenja in projektantu ter statiku služi kot dobra osnova za dober projekt.

Včasih je potrebno za določitev vseh parametrov vključiti tudi ostale strokovnjake kot so hidrogeologi, arheologi, fiziki, geometri, pa tudi domačine in sosede, ki nam lahko pomagajo s koristnimi podatki.

Zato je v izogib kasnejših problemov, ki so največkrat povezani z velikimi stroški, pravi čas potrebno poiskati strokovnjaka, ki lahko svetuje pri strokovni izvedbi temeljenja.



Slika 1: Viseči stolp v Pisi

2 SPLOŠNO O TEMELJENJU

Temelj je del konstrukcije, ki omogoča, da se reakcijske sile in momenti razporedijo na tolikšno površino, ki je potrebna za nosilnost in stabilnost objekta. Preučujemo deformacije in napetosti, ki se pojavijo na stiku temeljna tla – temelj. Temeljna tla morajo ustrezati pogojem, da so dovolj nosilna, obstojna in da se njihove lastnosti oz. karakteristike časovno ne spreminjajo.

Temelj projektiramo tako, da nudi varnost glede na nosilnost temeljnih tal, kar zagotovimo z ustreznimi dimenzijami ter obliko temelja. Preprečiti je potrebno tudi večje neenakomerno posedanje posameznih delov objekta, ki lahko povzroči znatne obremenitve v zgornji konstrukciji in celo porušitev objekta. Glede na mejno stanje uporabnosti je potrebno zagotoviti, da posedki in pomiki ostanejo v predpisanih mejah. Ker so velikokrat v neposredni bližini že obstoječi objekti moramo s temeljenjem zagotoviti, da temeljenje novozgrajenega objekta ne bo vplivalo na obnašanje obstoječih objektov in jih morebiti poškodovalo.

Glede na globino temeljenja razdelimo temelje na plitke in globoke, kar je osnovna delitev temeljenja. Na izbiro ustreznega temeljenja največkrat vplivajo vrsta in lastnosti temeljnih tal, konstrukcijska zasnova objekta, zahtevnost objekta, deformacije temeljnih tal ter nivo talne vode in spreminjanje le tega. Med plitke temelje uvrščamo temelje, pri katerih je globina D večja od četrte širine B . V nasprotnem primeru spadajo med globoke temelje.

Plitke temelje lahko razdelimo na razčlenjene, ki so zgrajeni pod določenim elementom konstrukcije, kot so stene, stebri ter na drugi strani temeljne plošče, ki delujejo kot kontinuiran element pod celim objektom. Med globoke temelje spadajo piloti, vodnjaki in kesoni.

Glede na način izvedbe lahko temelje delimo na:

- temelje v odprti gradbeni jami s črpanjem podtalne vode, kadar je višja od dna gradbene jame – lahko so globoki ali plitki temelji,
- temelje v zavarovani gradbeni jami, ki jo izkopljemo poleg obstoječega objekta, lahko so globoki ali plitki temelji,
- prefabricirane temelje,
- elemente diafragme različnih oblik,
- pilote, ki se zabijajo v tla,

- pilote, ki se jih izdeluje z betoniranjem v že izkopanih vrtinah v temeljnih tleh in
- predhodno zgrajeni temelje, ki se nato podkopavajo, da bi se spustili na določeno globino – vodnjaki.

Izbira temeljenja je odvisna od naslednjih dejavnikov:

- lastnosti in vrste temeljnih tal,
- konstrukcijskih lastnosti, velikosti ter absolutne ali celotne odpornost zgradbe na skupne in nične deformacije,
- vpliva odprte gradbene jame na sosednje objekte in
- nivoja podtalnice in nihanja le-tega, kar je pogosto eden izmed glavnih kriterijev temeljenja.

Glede na zgoraj navedene dejavnike je potrebna določitev dopustne obremenitve temeljnih tal. Ta ni odvisna samo od mejne napetosti, ampak tudi glede na velikost deformacij. Temelji morajo biti projektirani tako, da prenašajo obremenitve zgradbe na temeljna tla ter preprečujejo prevelike deformacije – posedke po mejnem stanju uporabnosti. Deformacije niso odvisne samo od velikosti obremenitev temelja, ampak tudi od velikosti, oblike in globine temeljne ploskve. Kadar pa imamo opravka s podtalno vodo, moramo biti pozorni na način izvedbe temeljenja, ki preprečuje vdor podtalne vode med samo gradnjo temeljev.

Glede obtežbe pri gradbenih objektov ločimo tri skupine sil, ki delujejo na temelje:

- glavna obtežba: lastna teža objekta, koristna obtežbe, hidrostatični pritisk in vzgon, hidrodinamični pritisk, aktivni zemeljski pritisk, mirujoči pritisk in odpor temeljnih tal,
- dodatna obtežba: pritisk zaledne vode, vpliv lezenja tal, nabrekanje tal, kapilarni pritisk, seizmični in dinamični vplivi in
- posebna obtežba: tvorjenje opornice v tleh in drugi vplivi, ki nastajajo le izjemoma.

Pri računu in načrtovanju temeljev je treba upoštevati kombinacijo vseh zgoraj navedenih obtežb.

2.1 Izbor globine temeljenja

Izraz globina temeljenja označuje višinsko razliko med koto dna temelja ter koto terena po ureditvi okolice. Globina je tako odvisna od:

- lastnosti zemljišča,
- značilnosti objekta in
- načina gradnje.

2.1.1 Značilnosti zemljišča

Pri izboru temeljenja moramo v največji meri upoštevati lastnosti zemljišča, saj nam lahko njihovo neupoštevanje povzroča velike težave že pri gradnji, poškodbe na že zgrajenem objektu ter posledično povečuje stroške gradnje.

Med značilnosti zemljišča spadajo zlasti:

- klimatske razmere: v največji meri je pomembna meja zmrzovanja. Pri manjših nepodkletenih objektih, ki so zgrajeni na dobro nosilnih tleh, mora globina temeljenja ustrezati globini zmrzovanja. Ta globina je na Primorskem približno 70 cm, v ostalih predelih približno 80 cm, razen v višje ležečih predelih, kjer znaša preko 100 cm,
- posamezni sloji: pomembne so lastnosti, sestava, debelina, medsebojna lega, nagibi ter nehomogenost materiala v slojih zemljine pod površjem. Podatke o slojih dobimo s sondiranjem, ki nam omogoča izris geološkega profila,
- geomehanske lastnosti zemljin: pomembna je predvsem stisljivost, nabrekanje in prepustnost za vodo, ki lahko povzroči ob neustreznem temeljenju posedanje objektov in
- lastnosti: spreminjanje nivoja podtalnice. Le-ta lahko povzroči vzgon ter tako neugodno vpliva na objekt.

Po večini so kvalitetna zemljišča namenjena kmetijski uporabi. Tako nam za gradnjo preostanejo manj kvalitetna zemljišča. Ravno zaradi tega razloga je še toliko bolj pomembno, da pred gradnjo objekta raziščemo lastnosti zemljišča, ter premislimo o načinu in izvedbi temeljenja.

2.1.2 Značilnosti objekta

Značilnosti objekta, ki vplivajo na globino temeljenja so:

- velikost ter masa objekta,
- vrsta objekta: ločijo se predvsem po namembnosti in pomembnosti objekta; stanovanjska hiša, industrijski objekt, poslovni objekt, ...,
- oblika objekta: bolj kot je objekt nesimetričen oz. nepravilnih oblik, večje so lokalne obremenitve temeljev, zato je priporočljivo tudi globlje temeljenje,
- posebnost objekta in občutljivost na posedanje: če je objekt podvržen neenakomernemu posedanju, bo potrebno globlje temeljenje. Arhitektonska razgibanost ter gradnja na neravnem terenu sta velikokrat vzrok, da so potrebni globlji temelji s čimer zmanjšamo neenakomerno posedanje objekta in
- doba trajanja objekta: za kako dolgo življenjsko dobo se bo objekt gradil.

2.1.3 Način gradnje

Način gradnje ima lahko velik vpliv na tip oz. vrsto temeljenja. Tako moramo upoštevati dejavnike kot so:

- časovna razlika med izkopom in gradnjo: če je časovna razlika med izkopom in pričetkom gradnje daljša, je potrebno globlje temeljenje in
- gradnja v fazah: temelje je potrebno dimenzionirati na končno fazo gradnje, ko bo nastopila maksimalna obremenitev.

Nosilnost tal običajno narašča z globino, zato je za težje objekte bolj primerno globoko temeljenje. Vendar pa globoki temelji kljub vsemu niso potrebni, kadar gre za lažje, nepodkletene in začasne objekte.

2.2 Plitvi temelji

Plitko temeljenje se uporablja, kadar so nosilna tla malo pod površjem. Tako lahko neposredno temeljimo ne njih.

Med plitve temelje spadajo:

- točkovni temelji,
- pasovni temelji
- temeljni nosilci,
- temeljne brane in
- temeljne plošče.

Točkovne temelje uporabljamo za temeljenje pri stebrih, opornikih, stopniščnih jaških in stebrih pri montažnih objektov. Na splošno predstavljajo najbolj ekonomično obliko prenosa teže zgradbe v temeljna tla. Pasovne temelje je smiselno uporabiti pri zgradbah, z zasnovo nosilne konstrukcije s stenami. Točkovni in pasovni temelji zahtevajo zadostno nosilnost temeljnih tal (*Enačba 2.1*), to pomeni, da imamo vsaj srednje gosta peščena in gramozna tla ali najmanj togo vezana tla. Drugi pogoj pa je da je dejanski posedek manjši od dopustnega (*Enačba 2.2*). Če kvaliteta temeljnih tal zemljišča ni ustrezna, lahko plitvo temeljenje kombiniramo z različnimi posegi za izboljšanje tal.

$$q_{dej} \leq q_{dop} \quad (2.1)$$

$$\rho_{dej} \leq \rho_{dop} \quad (2.2)$$

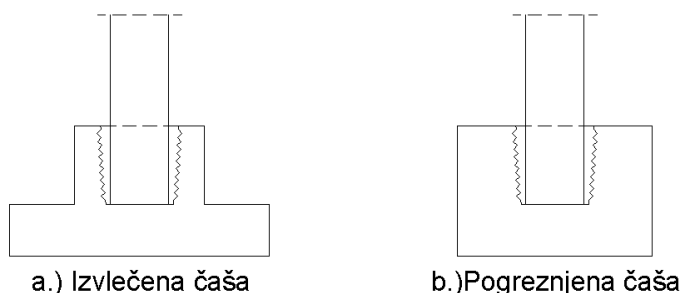
Dimenzioniranje točkovnih in pasovnih temeljev je načeloma zelo zahtevno, saj je temeljenje del statično nedoločenega sistema, ki sestoji iz stavbe, temelja in temeljnih tal. Potrebne so poenostavitve, ki so v skladu z inženirskimi predpisi. Najpogosteje se obremenitve določijo neodvisno od medsebojnega vpliva temeljenja in stavbe. Če je razmak med posameznimi temelji zadosten, lahko njihov medsebojni vpliv zanemarimo. Praviloma tako ostane posamezen dimenzioniran temelj z vnaprej točno določenimi obremenitvami.

Pogosto so diferenčne razlike v posedkih posameznih temeljev pri stanovanjskih zgradbah ali industrijskih halah tako majhni, saj je to s primernim dimenzioniranjem tako omejeno, da lahko njegov vpliv na zgradbo zanemarimo. Navedene poenostavitve praviloma ustrezajo. V posameznih primerih pa je vendarle lahko potrebno dokazati medsebojni vpliv na temeljna tla, to je pri majhnih osnih razmikih stebrov, ali preveriti vpliv posedkov na nastajajočo zgradbo pri konstrukcijah, občutljivih na posedanje.

3 ČAŠASTI TEMELJI

Čašaste temelje uvrščamo med točkovne temelje. To pomeni, da jih uporabljamo takrat, kadar obtežbo objekta prenašamo na nosilna tla preko stebrov. Pred temeljenjem mora biti podlaga poravnana in ustrezno zgoščena.

Poznamo čašaste temelje z izvlečeno in pogreznjo čašo (*Slika 2*). Temelji z pogreznjeno čašo imajo zgornji rob čaše na isti višini, kot znaša zgornji rob temeljne plošče. Temelji z izvlečeno čašo pa imajo zgornji rob čaše izven ravnine temeljne plošče vzporedno ravnini, ki je oddaljena od temeljne plošče za višino čaše. Take čašaste temelje tudi najbolj poznamo pod tem imenom in se izvajajo pogosteje od temeljev s pogreznjeno čašo.



Slika 2: Tipične izvedbe čašastih temeljev

Postopek montaže armiranobetonske konstrukcije poteka v fazah. Po izvedenem izkopu se izdelata temelj v celoti. Po času, ko beton dobi zadostno trdnost pa se v čašo vstavi prefabriciran armiranobetonski steber. Pri vgradnji stebra je potrebna velika natančnost in pazljivost, da ne pride do poškodbe temeljne plošče ali čaše temelja. Nato stebre učvrstimo z lesenimi zagozdami v ustrezno lego, dokler ne postavimo vseh stebrov. V zadnji fazi pa se prostor med stebrom in čašo temelja zalije z zalivnim betonom. Montažna gradnja je bistveno hitrejša, je pa potrebno posebej paziti na stikovanje prefabriciranih AB elementov; steber-nosilec, temelj-steber,... - detajli so zelo pomembni.

Temeljna plošča in čaša delujeta kot homogeno telo, ki prevzema sile, ko se pojavijo na spodnjem delu stebra ter jih prenaša v temeljna tla. Čeprav pri računu upoštevamo, da prevzema temeljna plošča zgolj vertikalne sile stebra, je treba povedati, da sodeluje tudi pri prevzemu horizontalnih sil. Ravno tako velja za čašo temelja, ki poleg horizontalnih sil prenaša tudi del vertikalnih sil stebra. Glede na namembnost zgrajenih objektov morajo prevzeti tudi horizontalne obremenitve. Te obremenitve pa predstavljajo vozila, različni stroji, žerjavne proge in veter. Na potresnih območjih, kamor Slovenija spada pa je potrebno zagotoviti tudi varnost na potresno obtežbo.

Za zagotovitev homogenosti spoja med temeljem in stebrom lahko stene čaše na notranji strani narebričimo. Z narebričenjem povečamo trenje med čašo in stebrom ter prenesemo del vertikalnih obremenitev na čašo. S tem ukrepom zagotovimo tudi zadostno vpetost stebra v čašasti temelj in s tem možnost prevzema horizontalnih sil in upogibnih momentov, ki nastopijo v spodnjem delu stebra. Več o obdelavi čaše je predstavljeno v enem od naslednjih poglavij.

3.1 Oblike čašastih temeljev

Oblika čašastih temeljev se prilagaja obliki stebrov, kateri prenašajo obtežbo preko temeljev na temeljna tla. Temelji so praviloma simetričnih oblik, to je običajno pravokotne, kvadratne ali okrogle oblike. Lahko pa se v posebnih primerih naredijo nesimetrični, če je potrebno zaradi zasnove objekta na zelo kratkem rastru temeljiti dva stebra, to izvedemo z eno temeljno ploščo in dvema čašama.

3.2 Elementi čašastih temeljev

Čašasti temelji so sestavljeni iz dveh delov:

- temeljne plošče in
- čaše temelja.

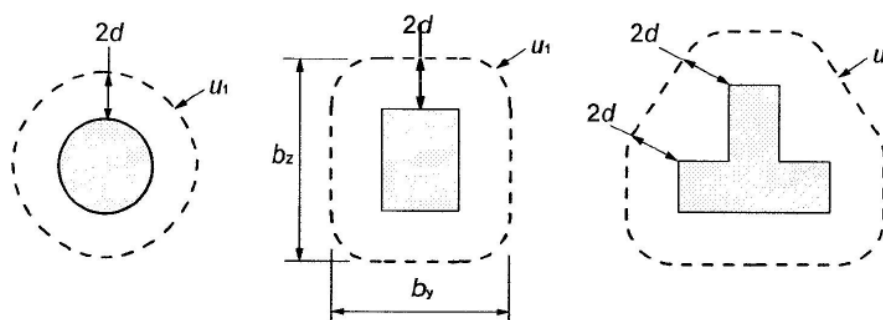
Čašasti temelji se izdelujejo v dveh fazah. Sprva se izdelata temeljna plošča iz katere je puščena armatura čaše. V drugi fazi pa se izdelata še čaša. V naslednjih poglavjih bom opisal temeljno ploščo in čašo temeljev, njihove značilnosti in kako se določijo njihove dimenzije.



Slika 3: Armatura čaše temelja

3.2.1 Temeljna plošča

Temeljna plošča čašastega temelja zagotavlja stik z temeljnimi tlemi. Skupna debelina temeljev je enaka vsoti višine čaše in višine temeljne plošče. Nikjer pa ne obstaja postopek, ki bi direktno določal višino temeljne plošče. Strižna sila (preboj) je prisotna že preden se polnilni beton strdi, to je v fazi začasne konstrukcije. Upoštevati pa je potrebno osnovni kontrolni obseg, ki je podan po SIST EN 1992-1-1.



Slika 4: Osnovni kontrolni obseg po SIST EN 1992-1-1

V primeru, da kritični obseg preseže rob spodnje temeljne ploskve se s tem prečna sila preko tlačnih diagonal prenese na temeljna tla naravnost, preboja ni. Temeljno ploščo pa je potrebno preveriti na delovanje prečne sile.

3.2.2 Čaša temelja

Čaša mora biti izdelana zelo natančno, saj bi vsaka napaka pri izdelavi le te občutno vplivala na obnašanje objekta in montažo stebrov objekta. Stebri morajo biti montirani zelo natančno, saj bi nepravilna lega povzročala dodatne napetosti v temeljih. Pri vpenjanju prefabriciranih stebrov je tudi zaradi same moentáže kakovost notranje površine čaše in površin montažnih stebrov odločilnega pomena. Razlikujemo med gladkimi in hrapavimi površinami sten čaše na notranji strani. Prav tako je lahko grobo ali gladko obdelan tisti del stebra, ki ga bomo sidrali v čašo. Zaradi slabše spojenosti pri gladkih površinah, je v primerjavi s hrapavimi površinami nujno potrebna višja globina čaše.

Razlog za povišanje čaše pri gladki čaši je v tem, da se momenti in horizontalne sile pri gladkih stenah uravnotežijo le preko horizontalnega para sil. Vertikalna sila pa se preko stebra neposredno prenese na temeljno ploščo čašastega temelja.

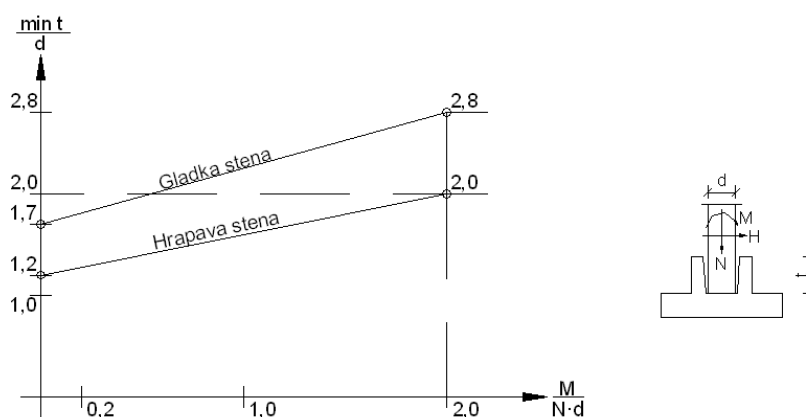
Globina čaše pri grobo obdelanih čašah (vir: Gradbeniški priročnik) je priporočena glede ja ekscentričnost osne sile:

- pri $\frac{M}{N \cdot d} \leq 0,15$; $t \geq 1,2 \cdot d$, (3.1)

- pri $\frac{M}{N \cdot d} \leq 2,00$; $t \geq 2,0 \cdot d$ (3.2)

Pri tem je d enak širini stebra.

Spodnja slika (Slika 5) prikazuje razliko v globini čaše glede na vrsto obdelave sten čaše. Pri tem grafu je lepo vidno, da je višina gladko obdelane čaše za $\approx 50\%$ višja kot pri narebričeni čaši.



Slika 5: Smotrna globina čaše temelja oz. $\min t$ v odvisnosti obdelave sten čaše temelja in razmerja ekscentričnosti obremenitve (M/N) proti stranici stebra (d) (Hettler, 2000)

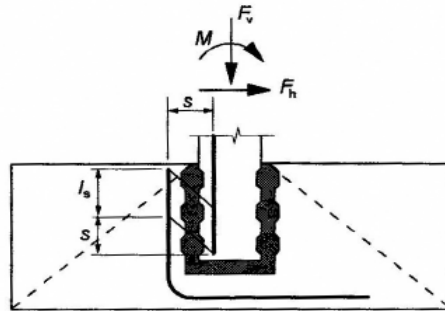
Pri zadosti hrapavem profilu narebričene stene čaše temelja, kjer je globina profila večja od 1.5 centimetra, se za prevzem upogibnih momentov stebra dodatno pridruži še vertikalni par sil, ki pomeni razbremenitev v horizontalni smeri. Pri gladko obdelanih stenah se pogosto pojavi težava preboja temeljne plošče, medtem ko pri hrapavi obdelavi običajno ne prihaja do teh težav.

3.2.3 Čaše z narebričenimi površinami sten

Čaše, ki se namenoma izdelajo s posebej profilirano oziroma narebričeno površino, se lahko obravnavajo, kot da delujejo monolitno s stebrom. Če je prenos strižnih sil med stebrom in temeljem ustrezno dokazan, se dimenzioniranje glede preboja lahko izvede kot pri monolitnih priključkih stebra na temelj. V nasprotnem primeru se dimenzioniranje glede preboja izvede kot pri čašastih temeljih z glatkimi površinami.

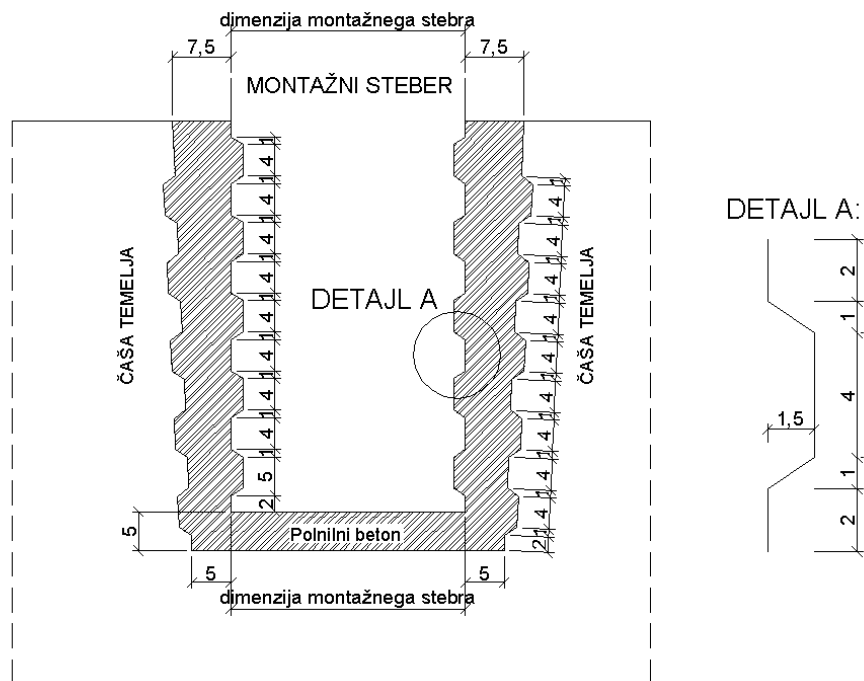
Kadar se zaradi prevzema upogibnega momenta pojavi nateg (Slika 6), je treba skrbno konstruirati prekrivanje armature stebra in temelja, podobno kot pri monolitni izdelavi, z upoštevanjem razmika (Slika 6) med prekrivanjem stikovanih palic.

Dolžino prekrivanja, določeno v pravilniku pod poglavjem 8.7, ki govori o podaljševanju palic s prekrivanjem. Običajno je treba povečati za najmanj toliko, kolikor znaša vodoravna razdalja med palicama v stebru in palicama v temelju (oznaka s na *Slika 6*). Pri stikovanju s prekrivanjem je treba namestiti tudi ustrezno vodoravno armaturo.



Slika 6: Čaše z narebričeno stično površino (SIST EN 1992-1-1)

Na spodnji sliki (*Slika 7*) je prikazan predlog izvedbe narebričenega stebra in notranje stene čaše. Možnih še kar nekaj izvedb, ki jih predlagajo različni avtorji.



Slika 7: Prikaz narebričenja stene čaše in stebra (Hettler, 2000)

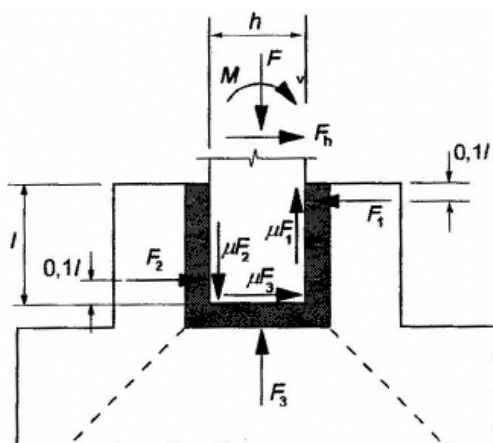
3.2.4 Čaše z gladkimi površinami

Za sile in upogibni moment stebra se lahko privzame, da se iz stebra preko polnilnega betona v temelj prenesejo s tlačnimi silami F_1 , F_2 , in F_3 in odgovarjajočimi silami trenja, ki delujejo na stiku s polnilnim betonom (Slika 8).

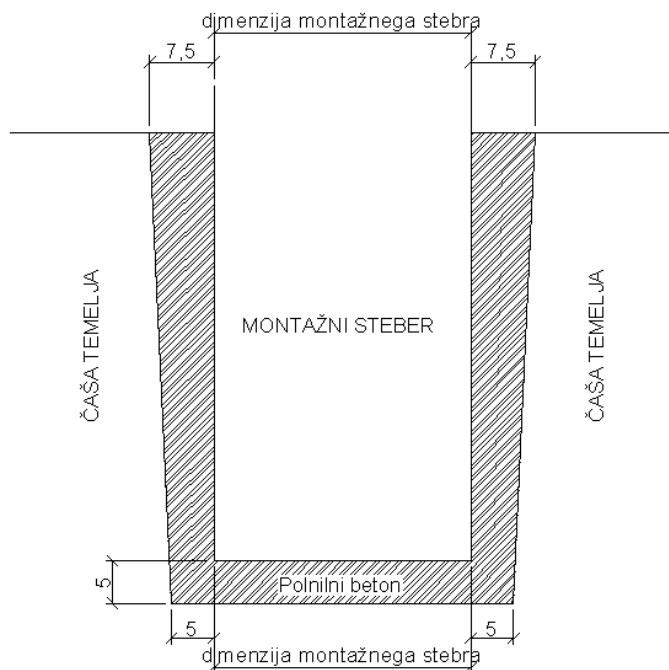
Za koeficient trenja se v skladu s standardom ne sme vzeti več od $\mu = 0,3$.

Posebno pozornost je po standardu treba posvetiti:

- detajliranju armature za prevzem sile F_1 ob vrhu sten čaše,
- prenosu sile F_1 vzdolž bočnih sten v podnožje temelja,
- sidranju glavne armature v stebri in stenah čaše
- strižni odpornosti stebra znotraj čaše in
- odpornosti podnožja temelja pod stebrom proti preboju zaradi sile stebra. V računu se lahko razširitev napetosti upošteva tudi v območju na mestu vgradnje betona pod montažnim elementom.



Slika 8: Čaše z gladko stično površino po SIST EN 1992-1-1



Slika 9: Prikaz izvedbe gladke stene čaše in stebra (Hettler, 2000)

3.3 OBTEŽBE NA ČAŠASTE TEMELJE

Stebre, ki so vpeti v čašaste temelje obravnavamo, kot konzolno vpete. To pomeni, da pri modeliranju montažnega objekta predpostavimo konzolno vpete stebre. Po analizi konstrukcije v računalniškem programu izpišemo rezultate notranjih statičnih količin (osne sile, prečne sile in upogibne momente). Ti rezultati že vsebujejo obtežbe faktorirane z varnostnimi faktorji, ki so predpisani v Evrokod standardih.

Obtežbe, ki jih obravnavamo pri običajnih objektih so zlasti:

- stalna obtežba objekta, razen lastne teže temeljev,
- koristna obtežba objekta,
- veter,
- sneg in
- potres.

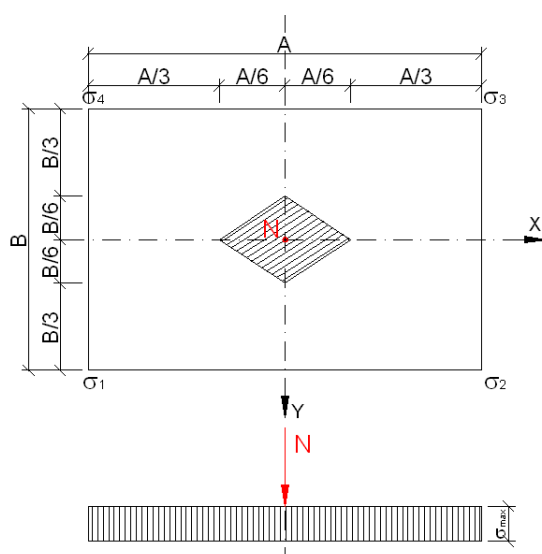
Dodatno je potrebno upoštevati lastno težo temeljev, kot bo prikazano v nadaljevanju na primeru dimenzioniranja čašastih temeljev.

3.4 NAPETOSTI V TEMELJNIH TLEH V STIČNI PLOSKVI S TEMELJEM

Pri računu napetosti v tleh pod temeljem upoštevamo naslednje poenostavitve:

- temeljna ploskev je pravokotnik. V večini primerov so temeljne ploskve pravokotniki, le izjemoma so tlorisi nepravilnih oblik,
- rezultanta obtežbe deluje pravokotno na temeljno ploskev in
- zagotavljanje varnosti napram zdrsu temelja zaradi prečne sile v stebru v nalogi ni obdelano.

3.4.1 Centrična obremenitev – sila N deluje v težišču temeljne ploskve



Slika 10: Centrična obremenitev temelja

Če pade sila N v središče temeljne ploskve, so tlaki pod spodnjo ploskvijo temelja konstantni in jih določimo po naslednji enačbi:

$$\sigma_{max} = \frac{N}{A_t} \quad (3.3)$$

Pri čemer sta:

N ... centrična sila [kN] in

A_t ... ploščina temeljne ploskve [m²]

3.4.2 Dvojno ekscentrična sila v jedru prereza

Če sila N deluje izven težišča, vendar še vedno v jedru prereza ji pravimo, da je v splošnem dvojno ekscentrična. Napetosti lahko določimo s splošno enačbo:

$$\sigma_{\min, \max} = \frac{N}{A_t} \mp \frac{M_x}{W_x} \pm \frac{M_y}{W_y} = \frac{N}{A_t} \mp \frac{N \cdot e_y}{W_x} \pm \frac{N \cdot e_x}{W_y} \quad (3.4)$$

N ... vertikalna centrična sila [kN]

M_x oz. M_y ... moment, ki ga povzroči ekscentrična sila [kNm]

$$(M_x = -N \cdot e_y; M_y = N \cdot e_x) \quad (3.5)$$

e_x, e_y ... ekscentričnosti vertikalne sile N v smeri osi x oz. y

Karakteristike temelje:

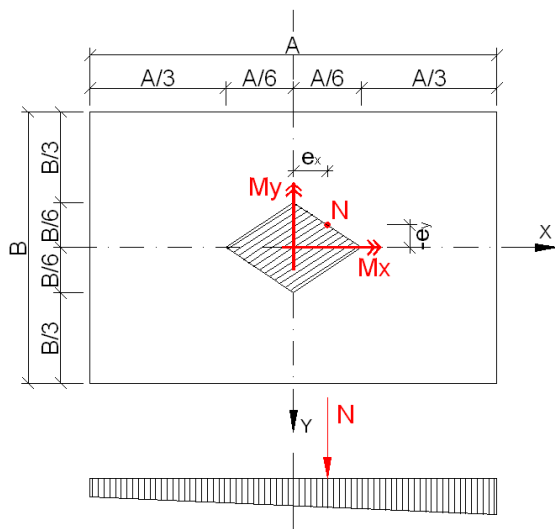
A_t ... ploščina temeljne ploskve [m²]

$$A_t = A \cdot B \quad (3.6)$$

W_x oz. W_y ... odpornostni moment [m³]

$$W_x = \frac{A \cdot B^2}{6}; W_y = \frac{B \cdot A^2}{6} \quad (3.7)$$

Slika 11 je splošna slika dvojno ekscentrično obremenjenega temelja:



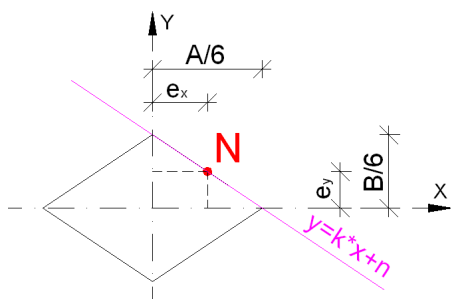
Slika 11: Dvojno ekscentrično obremenjen temelj in obremenitve, ki delujejo nanj

3.4.2.1 Preverjanje ekscentričnosti obremenitve temelja

Če je vsaj ena od ekscentričnosti e_x ali e_y večja od $1/6$ dolžine roba temelja A ali B vemo, da na temelj deluje sila izven jedra prereza.

$$e_x > \frac{A}{6} \text{ ali } e_y > \frac{B}{6} \rightarrow \text{govorimo o ekscentričnosti izven jedra prereza.} \quad (3.8)$$

V primeru ko sta e_x in e_y manjši od $\frac{A}{6}$ oz. $\frac{B}{6}$, potem je potrebno preveriti ali ležita znotraj jedra prereza. To preverimo s pomočjo premice: $y = k \cdot x + n$. (3.9)



Slika 12: Prikaz jedra prereza in premice, s katero prerjamo lego sile

Ker z enačbo premice preverjamo obe smeri ekscentričnosti uporabimo naslednje enačbe:

$$k = -\frac{B}{A} \quad (3.10)$$

$$|e_{y,\max}| = -\frac{B}{A} \cdot |e_x| + \frac{B}{6} \quad (3.11)$$

Nato pa preverimo naslednji pogoj:

$|e_y| \leq |e_{y,\max}|$... ko je pogoj izpolnjen vemo, da sila deluje v jedru prereza.

S pomočjo programa Excel sem izdelal preglednico, ki za različne ekscentričnosti glede na tlorisne dimenzije temelja izpiše ali je ekscentričnost v jedru prereza ali ni.

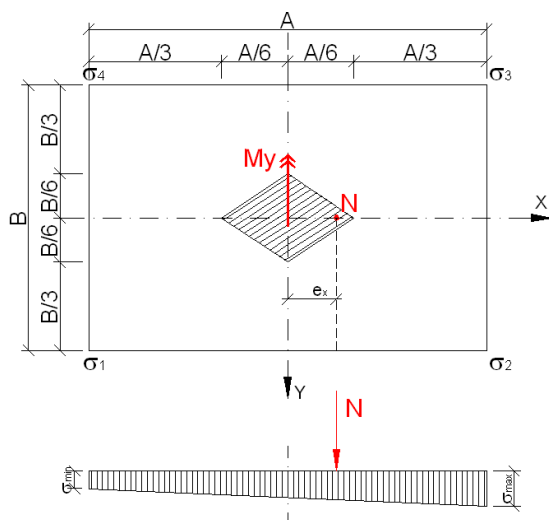
Kontrola obremenitve temelja			
A	4	m	
B	4	m	
Nv	4158,4	kN	Nv = N + G
Mx,Ed	1300,0	kNm	Mx,Ed = Mx - Hy*(h+t)
My,Ed	1800,0	kNm	My,Ed = My + Hx*(h+t)
ex	0,43	m	
ey	-0,31	m	
ey,max =		0,2	
Sila izven jedra prereza (ey ≥ ey,max)			

Slika 13: Prikaz izpisa ekscentričnosti obremenitve izven jedra prereza v programu Excel

Kontrola obremenitve temelja			
A	4	m	
B	4	m	
Nv	4158,4	kN	$Nv = N + G$
$M_{x,Ed}$	1300,0	kNm	$M_{x,Ed} = M_x - H_y \cdot (h+t)$
$M_{y,Ed}$	152,4	kNm	$M_{y,Ed} = M_y + H_x \cdot (h+t)$
e_x	0,04	m	
e_y	-0,31	m	
$e_{y,max}$	0,6		
Sila v jedru prereza ($ e_y \leq e_{y,max} $)			

Slika 14: Prikaz izpisa ekscentričnosti obremenitve v jedru prereza v programu Excel

3.4.3 Enojna ekscentričnost sile v jedru prereza



Za temelje pravokotne
 tlorisne oblike:

$$\sigma_{\min, \max} = \frac{N}{A \cdot B} \pm \frac{6 \cdot N \cdot e_x}{A^2 \cdot B} \quad (3.12)$$

Slika 15: Enojno ekscentrično obremenjen temelj

Ker zemljine lahko prenašajo le tlačne napetosti, je rešitev enačbe (3.12) ustrezna le za račun napetosti kadar je ekscentričnost: $e_x \leq \frac{A}{6}$...sila deluje v jedru prereza.

Ko je sila na robu jedra prereza velja:

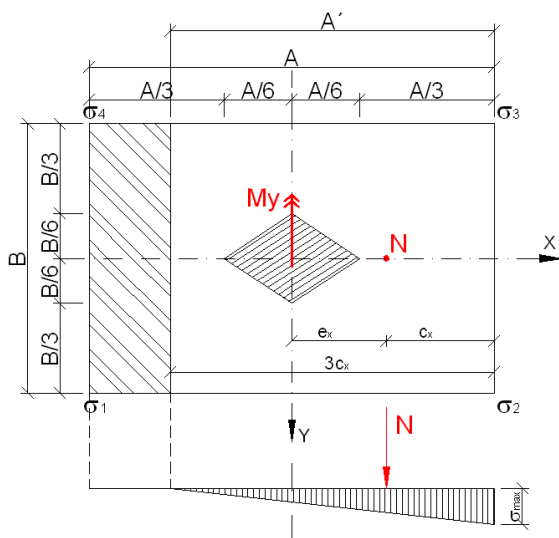
$$\begin{aligned} - \quad \sigma_{\max} &= \frac{2 \cdot N}{A \cdot B} \quad [\text{kN/m}^2] \\ - \quad \sigma_{\min} &= 0 \quad [\text{kN/m}^2] \end{aligned} \quad (3.13)$$

3.4.4 Enojno ekscentrična sila izven jedra prereza

Če pade sila N izven jedra prereza ($e_x > \frac{A}{6}$ ali $e_y > \frac{B}{6}$), so na spodnjem robu prereza (gledano na os prereza in silo N) lahko le kontaktni tlaki (σ_{\min}). V tem primeru izločimo natezne kontaktne tlake, na ta račun pa lahko na drugem robu kontaktne tlake določimo po enačbi:

$$\sigma_{\max} = \frac{2 \cdot N}{3 \cdot c_x \cdot B} \quad (3.14)$$

Minimalna oddaljenost sile N od roba prereza (c_x) mora biti večja od 20% dolžine A . To pomeni, da je dopustna največja ekscentričnost 30% dolžine A .



Za temelje pravokotne
tlorisne oblike:

$$\sigma_{\max} = \frac{2 \cdot N}{3 \cdot c_x \cdot B} \quad (3.15)$$

Slika 16: Enojno ekscentrično obremenjen temelj – sila izven jedra prereza

$A' = A - 2 \cdot e_x = 3c_x$...reducirana dolžina stranice A ekscentričnosti v smeri x [m^2]

$A_t' = A' \cdot B$... reducirana površina (tlačen del) [m^2]

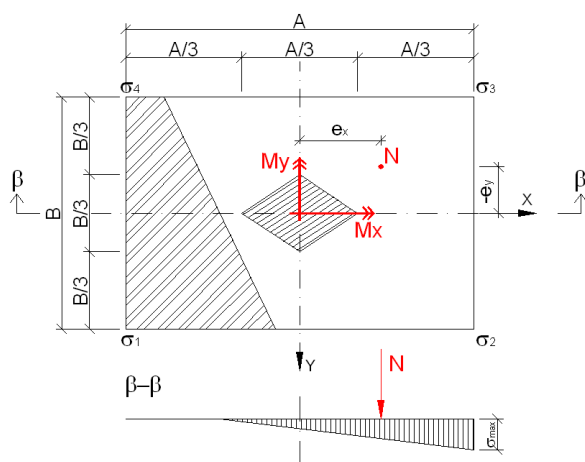
3.4.5 Dvojna ekscentrična sila izven jedra prereza

V tem poglavju govorimo o obtežbah z veliko ekscentričnostjo. Evrokod 7 ne omejuje ekscentričnosti sile. V osnutkih tega dokumenta so se pojavile zahteve, da mora biti 60% oz. 2/3 temelja tlačenege. Večja ekscentričnost neugodno vpliva na izračunano nosilnost tal in že zato bodo primeri temeljev, obremenjenih z zelo ekscentričnimi silami, redki.

Velika ekscentričnost bo lahko na ne dovolj togih tleh povzročila tudi znatne zasuke, ki jih moramo preveriti v sklopu preverjanja mejnega stanja uporabnosti. Predvsem slednje je razlog, da formalne omejitve ekscentričnosti ni.

Evrokod 7 pa vendarle zahteva posebno previdnost v primerih, kjer ekscentričnost obtežbe presega 1/3 širine pravokotnega temelja ali 0,6 radija krožnega temelja, in sicer:

- natančen pregled projektnih vrednosti vplivov,
- upoštevati je treba možna geometrijska odstopanja pri izvedbi. Če izdelavi temeljev ni posvečena posebna pozornost, naj se upoštevajo odstopanja do 0,10 m.

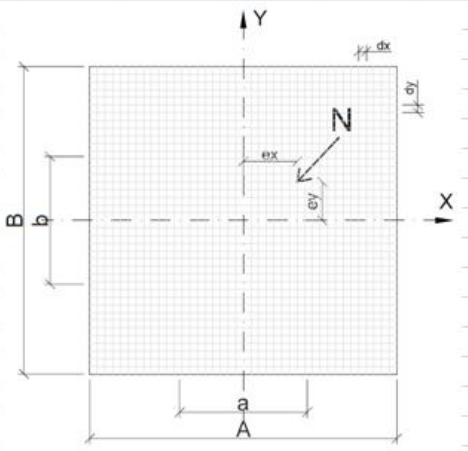


Slika 17: Dvojno ekscentrično obremenjen temelj – sila izven jedra prereza

3.4.6 Računsko orodje za izračun napetosti pod temeljem

Računsko orodje je pripravljeno v programu Excel in s pomočjo datatka Reševalec izvede napetosti pod temeljem. Pripravljen je za izračun točkovnih temeljev kvadratne oblike. Računsko orodje je zelo enostavno za uporabo, saj je potrebno podati le nekaj osnovnih podatkov, ki so vidni na spodnji sliki. Vpisati je potrebno podatke, katerih polja so obarvana rumeno. Zeleno obarvana polja se izračunajo sami in so potrebni za nadaljnje izračune.

Podatki:		
A	4	m
B	4	m
a	1,66	m
b	1,66	m
h	0,5	m
t	1,6	m
n	50	
N	2800,00	kN
G	721,10	kN
Hx	200,00	kN
Hy	130,00	kN
Mx	1300,00	kNm
My	1500,00	kNm
ex	0,55	m
ey	-0,37	m
dx	0,08	m
dy	0,08	m
dA	0,0064	m
At	16	m ²



IZRAČUNAJ

N ... točkovna sila na temelj	ex ... ekscentričnost sile v smeri x
G ... lastna teža temelja	ey ... ekscentričnost sile v smeri y
Hx ... horizontalna sila v smeri x	dx ... širina pasu v smeri x
Hy ... horizontalna sila v smeri y	dy ... širina pasu v smeri y
Mx ... moment okoli osi x	dA ... površina vsakega n-tega delca
My ... moment okoli osi y	At ... površina dna celotne temeljne ploskve
n ... št. pasov na katere je razdeljen temelj	

Slika 18: Prikaz vnosa podatkov za izračun napetosti pod temeljem

Računsko orodje je pripravljeno tako, da je σ določena s tremi neznankami, katere določimo s pomočjo Excelovega dodatka Reševalec in ga aktiviramo z gumbom » IZRAČUNAJ «.

Zgoraj omenjene neznanke so σ_0 , β_y , β_x .

$$\sigma = \max(0, \sigma_0 + \beta_y * x + \beta_x * y) \quad (3.16)$$

Iz zgornje enačbe je razvidno, da so negativne napetosti oz. nategi izločeni, kar prikazuje tudi spodnja preglednica in graf.

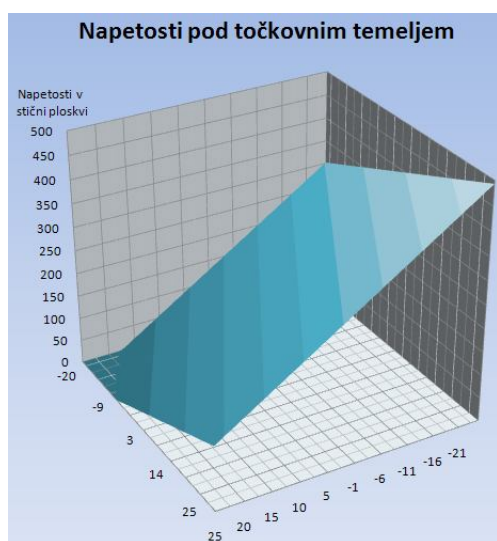
Reševalec poizkuša najti take vrednosti spremenljivk, da je vsota kvadratov N , M_x , M_y enaka nič oz. minimalna.

N	=	N	ΣdN	ΔN	$(\Delta N)^2$
M_y	=	$N * e_x$	ΣdM_y	ΔM_y	$(\Delta M_y)^2$
M_x	=	$-N * e_y$	ΣdM_x	ΔM_x	$(\Delta M_x)^2$
					$\Sigma()^2 = 0$

Slika 19: Prikaz omejitev za izračun napetosti

x	-1,96	-1,88	-1,80	-1,72	-1,64	-1,56	-1,48	-1,40	-1,32	-1,24	-1,16	-1,08	-1,00	-0,92	-0,84	-0,76	-0,68	-0,6							
y	n/n	-25	-24	-23	-22	-21	-20	-19	-18	-17	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-10	-9	-8						
1,96	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,44	9,27	15,1	20,9	26,8	32						
1,88	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,58	7,42	13,3	19,1	24,9	30,8	36						
1,80	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,56	11,4	17,2	23,1	28,9	34,8	40						
1,72	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,7	9,54	15,4	21,2	27,1	32,9	38,7	44					
1,64	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,85	7,68	13,5	19,4	25,2	31	36,9	42,7	48				
1,56	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,83	11,7	17,5	23,3	29,2	35	40,9	46,7	52				
1,48	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,97	9,81	15,6	21,5	27,3	33,2	39	44,8	50,7	56			
1,40	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,11	7,95	13,8	19,6	25,5	31,3	37,1	43	48,8	54,7	60		
1,32	17	0	0	0	0	0	0,26	6,1	11,9	17,8	23,6	29,4	35,3	41,1	47	52,8	58,6	64							
1,24	16	0	0	0	0	0	4,24	10,1	15,9	21,8	27,6	33,4	39,3	45,1	50,9	56,8	62,6	68							
1,16	15	0	0	0	0	0	2,38	8,22	14,1	19,9	25,7	31,6	37,4	43,2	49,1	54,9	60,8	66,6	72						
1,08	14	0	0	0	0	0,53	6,36	12,2	18	23,9	29,7	35,6	41,4	47,2	53,1	58,9	64,7	70,6	76						
1,00	13	0	0	0	0	0	4,51	10,3	16,2	22	27,9	33,7	39,5	45,4	51,2	57	62,9	68,7	74,6	80					
0,92	12	0	0	0	2,65	8,49	14,3	20,2	26	31,8	37,7	43,5	49,4	55,2	61	66,9	72,7	78,5	84						
0,84	11	0	0	0,79	6,63	12,5	18,3	24,1	30	35,8	41,7	47,5	53,3	59,2	65	70,8	76,7	82,5	88						
0,76	10	0	0	4,77	10,6	16,5	22,3	28,1	34	39,8	45,6	51,5	57,3	63,2	69	74,8	80,7	86,5	92						
0,68	9	0	2,92	8,76	14,6	20,4	26,3	32,1	37,9	43,8	49,6	55,5	61,3	67,1	73	78,8	84,7	90,5	96						
0,60	8	1,06	6,9	12,7	18,6	24,4	30,3	36,1	41,9	47,8	53,6	59,4	65,3	71,1	77	82,8	88,6	94,5	100						

Slika 20: Prikaz napetosti pod temelje–negativne napetosti so izločene(celice označene z 0)



Slika 21: Grafični obdelava podatkov iz Slike 20

Rezultati izračuna v programu Excelu s pomočjo dodatka Reševalec, ki jih uporabimo so maksimalna napetost pod temeljem Sigma in vogalne napetosti pod temeljem sigma1, sigma2, sigma3 in sigma4.

Rezultati:

Sigma	415	kN/m ²
Sigma0	174,0	kN/m ²
Beta X	-49,766178	kN/m ³
Beta Y	72,975299	kN/m ³

sigma1	128	kN/m ²
sigma2	415	kN/m ²
sigma3	219	kN/m ²
sigma4	0	kN/m ²

N	2800	kN	N ... podatek
My	1526,7956	kNm	My = N * ex
Mx	-1033,7679	kNm	Mx = - N * ey

Sigma pov.	191	kN/m ²
------------	-----	-------------------

Σ dN	2800	kN
Σ dMy	1527	kNm
Σ dMx	-1034	kNm

Δ N	0,000317	kN
Δ My	0	kNm
Δ Mx	0	kNm

(Δ N) ²	1,005E-07
(Δ My) ²	0
(Δ Mx) ²	4,376E-08
Σ =	1,458E-07

Slika 22: Prikaz rezultatov napetosti pod temeljem

4 DIMENZIONIRANJE ČAŠASTEGA TEMELJA – RAČUNSKI PRIMER

V tem poglavju bom prikazal celoten postopek dimenzioniranja čašastega temelja po standardu Evrokod 2.

Za primer bom vzel konkreten primer čašastega temelja iz objekta Rac Brinox, ki se bo gradil v Medvodah in je še v fazi projektiranja. Objekt bo deloma montažno in deloma monolitno grajen in se bo izvedel v dveh fazah. Podatke o analizi konstrukcije sem pridobil iz podjetja Spina Novo mesto d.o.o., ki projektira ta objekt. Izbrani temelj je lociran v notranjosti objekta.

4.1 Zaščitni sloj betona

Določamo ga kot sloj betona, ki je opredeljen z razdaljo od površine armature do najbližje ploskve betona. Odvisen je od namena uporabe ter od izpostavljenosti na različne vplive. Določamo ga z najmanjšo debelino krovnega sloja betona c_{min} in dovoljenim projektnim odstopanjem Δc_{dev} .

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} \quad (4.1)$$

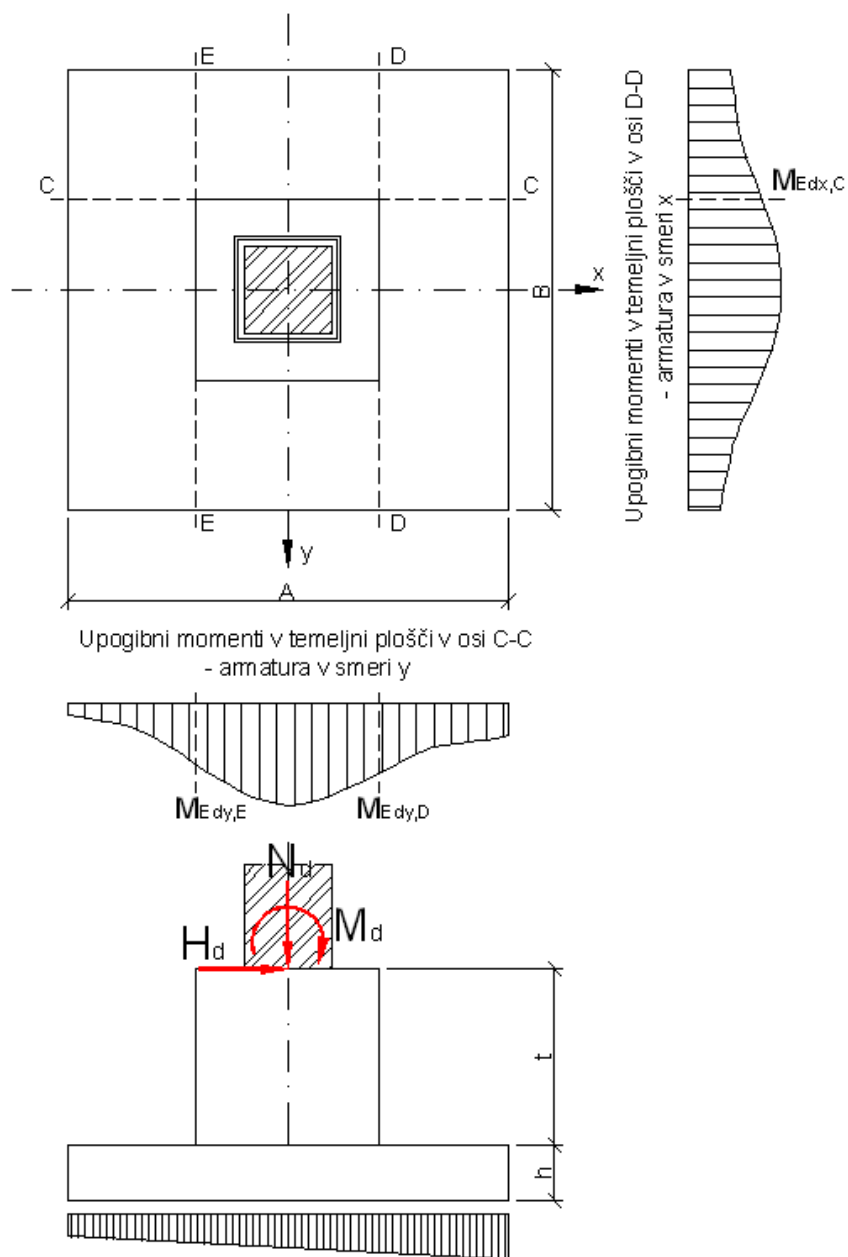
Najmanjšo debelino krovnega sloja je potrebno zagotoviti zaradi zaščite jekla proti naslednjim zahtevam:

- a) glede na pogoje okolja
 - korozija zaradi karbonatizacije
betonske površine v dolgotrajnem dotiku z vodo, [EC2, Tabela 4.1]
številni temelji → XC2
- b) razred konstrukcije S4 [EC2, Tabela 4.4N]
 $c_{min,dur} = 25\text{mm}$
- c) zahtevana najmanjša debelina krovnega sloja $c_{min,b}$ glede [EC2, Tabela 4.2]
sprijemnosti: posamična → premer palice $c_{min,b} = 12\text{ mm}$
(12mm je predpostavka premera palice)

- d) betoniranje na pripravljen teren (podložni beton) → najmanjša
debelina krovne sloja znaša najmanj $c_{\min} = 40 \text{ mm}$ [EC2 4.4.1.3(4)]
- e) dejanski upoštevanje odstopanja [EC2 4.4.1.3(1)]
 $\Delta c_{\text{dev}} = 10 \text{ mm}$
- $c_{\text{nom}} = c_{\min} + \Delta c_{\text{dev}} = 40 + 10 = 50 \text{ mm}$
 $c_{\text{nom}} = 50 \text{ mm}$

Ker objekt projektiramo za projektno življenjsko dobo betona 50 let spada temelj v razred konstrukcije S4, v primeru, da bi povečali življenjsko dobo na 100 let pa bi temelj spadal v razred konstrukcije S6. Orientacijski trdnostni razredi betona za zagotavljanje trajnosti so podani v SIST EN 1992-1-1 dodatek E.

4.2 Prikaz obremenitve in uporabljenih oznak



Slika 23: Napetosti pod točkovnim temeljem in potek upogibnih momentov

po oseh D-D in C-C

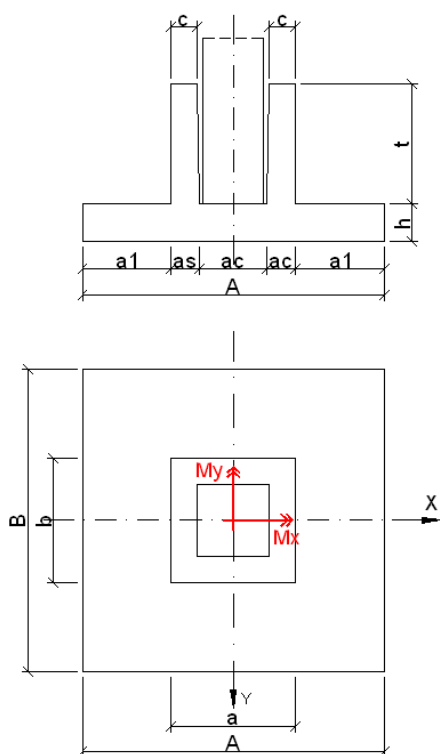
4.3 Primer izračuna čašastega temelja – dvojno ekscentrična sila

Podatki:

- Beton: C25/30
- Armatura: S500

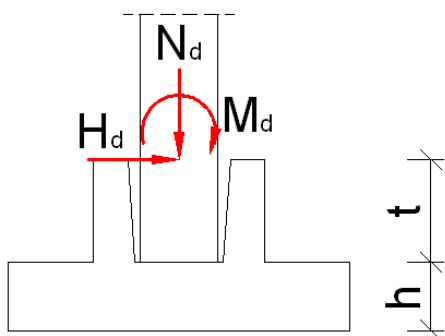
Preglednica 1: Podatki o temelju

A =	4,0	m
B =	4,0	m
a =	1,66	m
b =	1,66	m
c =	0,35	m
t =	1,6	m
h =	0,5	m
a_s =	0,38	m
a_c =	0,9	m
a_1 =	1,17	m



Slika 24: Prikaz uporabljenih oznak

Maksimalne obremenitve za točkovni temelj iz analize objekta s programom Tower. Primer se nanaša na objekt Rac Brinox, ki bo zgrajen v Medvodah (obremenitve so že fakturirane):



Slika 25: Grafični prikaz obremenitev na temelj

Preglednica 2: Prikaz vrednosti obtežb, ki delujejo na temelj

Oсна sila N	Upogibni moment okoli x osi Mx	Upogibni moment okoli y osi My	Prečna sila v x smeri Hx	Prečna sila v y smeri Hy
[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
3437,33	17,96	133,45	9,03	9,92
1765,01	589,84	1532,29	151,09	64,12
1765,01	1940,08	447,73	45,42	204,74

4.3.1 Karakteristike prereza

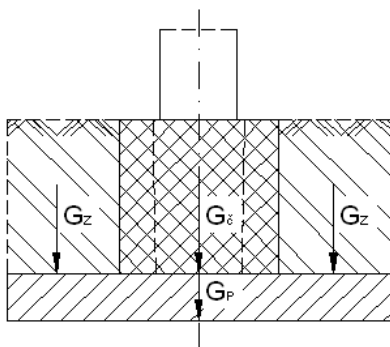
$$\frac{A}{B} = \frac{4.0}{4.0} \text{ m} \dots \text{razmerje stranic temelja}$$

$$A_t = A \cdot B = 4.0 \cdot 4.0 = 16 \text{ m}^2 \dots \text{površina temeljne ploskve}$$

$$W_x = \frac{A \cdot B^2}{6} = \frac{4.0^3}{6} = 10.67 \text{ m}^3 \dots \text{odpornostni moment temeljne ploskve okoli x osi}$$

$$W_y = \frac{B \cdot A^2}{6} = \frac{4.0^3}{6} = 10.67 \text{ m}^3 \dots \text{odpornostni moment temeljne ploskve okoli y osi}$$

4.3.2 Določitev lastne teže temelja:



Slika 26: Prikaz komponent lastne teže čašastega temelja

$$G_z = \gamma_z \cdot ((A \cdot B) - (a \cdot b)) \cdot t \dots \text{teža nasutja na robovih temeljne plošče} \quad (4.2)$$

$$G_z = 20 \cdot ((4.0 \cdot 4.0) - (1.66 \cdot 1.66)) \cdot 1.6$$

$$G_z = 423.82 \text{ kN}$$

$$G_{\check{c}} = \gamma_{AB} \cdot a \cdot b \cdot t \dots \text{teža AB čaše vključno s tulcem čaše} \quad (4.3)$$

$$G_{\check{c}} = 24 \cdot 1.66 \cdot 1.66 \cdot 1.6$$

$$G_{\check{c}} = 105.82 \text{ kN}$$

$$G_p = \gamma_{AB} \cdot A \cdot B \cdot h \dots \text{teža AB talne plošče temelja} \quad (4.4)$$

$$G_p = 24 \cdot 4.0 \cdot 4.0 \cdot 0.5$$

$$G_p = 192.0 \text{ kN}$$

$$G = G_z + G_{\check{c}} + G_p \quad (4.5)$$

$$G = 423.82 + 105.82 + 192$$

$$G = 721.1 \text{ kN}$$

4.4 Kontrola nosilnosti temeljnih tal

4.4.1 Obtežba na temeljni ploskvi:

$$N_{sd} = N + G \dots \text{vertikalna obtežba na temeljno ploskev} \quad (4.6)$$

$$N_{sd} = 1765.01 + 721.1$$

$$N_{sd} = 2486.10 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,x(h=0)} = M_x - H_y \cdot (t + h) \dots \text{moment na temeljno ploskev okrog x osi} \quad (4.7)$$

$$M_{Ed,x(h=0)} = 1940.08 - 204.74 \cdot (1.6 + 0.5)$$

$$M_{Ed,x(h=0)} = 1510.20 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,y(h=0)} = M_y + H_x \cdot (t + h) \dots \text{moment na temeljno ploskev okrog y osi} \quad (4.8)$$

$$M_{Ed,y(h=0)} = 447.73 + 45.42 \cdot (1.6 + 0.5)$$

$$M_{Ed,y(h=0)} = 543.1 \text{ kNm}$$

4.4.2 Kontrola ekscentričnosti temelja

$$N_v = N + G = 1765.01 + 721.1 = 2486.11 \text{ kN} \quad (4.9)$$

$$e_x = \frac{M_y}{N_v} = \frac{543.1}{2486.11} = 0.22 \text{ m} \quad (4.10)$$

$$e_y = -\frac{M_x}{N_v} = -\frac{1510.2}{2486.11} = 0.61 \text{ m} \quad (4.11)$$

$$y = k \cdot x + n$$

$$|e_{y,max}| = -\frac{B}{A} \cdot |e_x| + \frac{B}{6} = -\frac{4.0}{4.0} \cdot |0.22| + \frac{4.0}{6} \quad (4.12)$$

$$|e_{y,max}| = 0.45 \text{ m}$$

$$|e_y| \leq |e_{y,max}| \dots \text{če je pogoj izpolnjen deluje sila v jedru prereza} \quad (4.13)$$

$$|0.61| > |0.45| \dots \text{sila izven jedra prereza}$$

Kontrola obremenitve temelja			
A	4	m	
B	4	m	
Nv	2486,1	kN	$N_v = N + G$
$M_{x,Ed}$	1510,1	kNm	$M_{x,Ed} = M_x - H_y \cdot (h+t)$
$M_{y,Ed}$	543,1	kNm	$M_{y,Ed} = M_y + H_x \cdot (h+t)$
ex	0,22	m	
ey	-0,61	m	
$e_{y,max} =$	0,4		
Sila izven jedra prereza ($ e_{y1} \geq e_{y,max} $)			

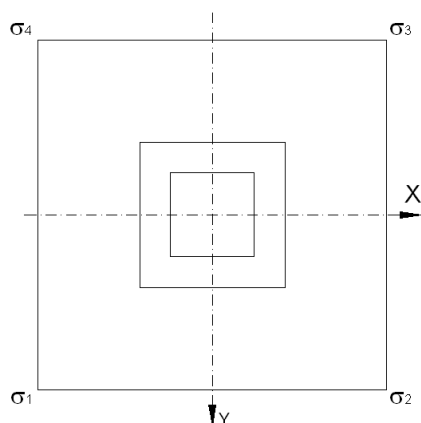
Slika 27: Izpisa ekscentričnosti obremenitve temelja iz programa Excel

4.4.3 Dejanske napetosti pod temeljem

Ker imamo opravka z dvojno ekscentričnostjo sem rezultate napetosti pod temeljem izvednotil v programu Excel z dodatkom Reševalec. Rezultati so prikazani v Preglednica 3. Največjo napetost je s v levem stolpcu, medtem ko so v desnem stolpcu prikazane vrednosti na vogalih temelja.

Preglednica 3: Prikaz napetosti pod temeljem

Rezultati:					
Sigma	346	kN/m ²	sigma1	0	kN/m ²
Sigma0	155,0	kN/m ²	sigma2	66	kN/m ²
Beta X	71,291093	kN/m ³	sigma3	346	kN/m ²
Beta Y	25,883171	kN/m ³	sigma4	244	kN/m ²



Slika 28: Prikaz oznak vogalnih napetosti

4.4.4 Kontrola napetosti v temeljnih tleh

$$\sigma_{\text{dej}} = 346 \text{ kPa}$$

$$\sigma_{\text{dop}} = 400 \text{ kPa}$$

$\sigma_{\text{dej}} < \sigma_{\text{dop}}$... ker je pogoj izpolnjen, dejanske napetosti v temeljnih tleh niso prekoračene

σ_{dop} ... podatek iz geomehanskega poročila

4.5 Momenti okoli osi x:

Obremenitve:

$$N_{sd} = 2486.10 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,x(h=0)} = 1510.20 \text{ kNm}$$

S pomočjo programa Excel sem izračunal momente, katere bom v nadaljevanju naloge uporabljal za dimenzioniranje temeljne plošče. Pri izračunu lastna teža temelja ni bila upoštevana. Momente lahko določim za poljubno ravnino pravokotno na osi x oz. y, ki so od središča temelja oddaljene za razdaljo $Y_{(Mx)}$ oz. $X_{(My)}$.

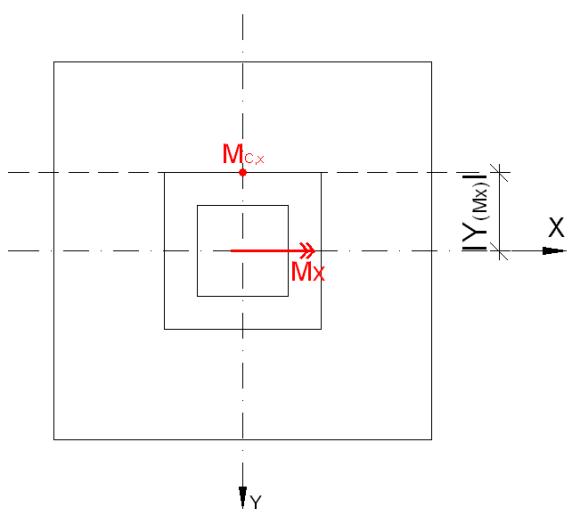
Prispevek lastne teže temelja,			
ki ga odštejemo od napetosti	$\Delta\sigma_s =$	0,288	kN/dAt
		45,07	kN/m ²
Ročica, na kateri računamo			
moment za dimenzioniranje plošče	$Y_{(Mx)} =$	0,83	
	At	16,00	m ²
	dA	0,08	m
	dB	0,08	m
	b/2	0,83	m
Max. Moment na absolutni ročici	$M_{x,max} =$	300,4	kNm

Slika 29: Prikaz izračuna $M_{x,max}$ na robu čaše na oddaljenosti

$b/2$ od središča temelja po y osi

Excel preveri vrednosti za poljubno oddaljenost od središča temelja na pozitivno in negativno stran osi. Nato pa izpiše maksimalno vrednost teh dveh rezultatov.

V mojem primeru sem postavil ravnino , po kateri vrednotim momente na rob čaše ($b/2$).



Slika 30: Prikaz mesta izračuna momenta $M_{C,x}$

Rezultat izračuna momenta $M_{C,x}$:

$$\mathbf{M_{C,x} = 300.4 \text{ kNm}}$$

4.6 Momenti okoli osi y:

Obremenitve:

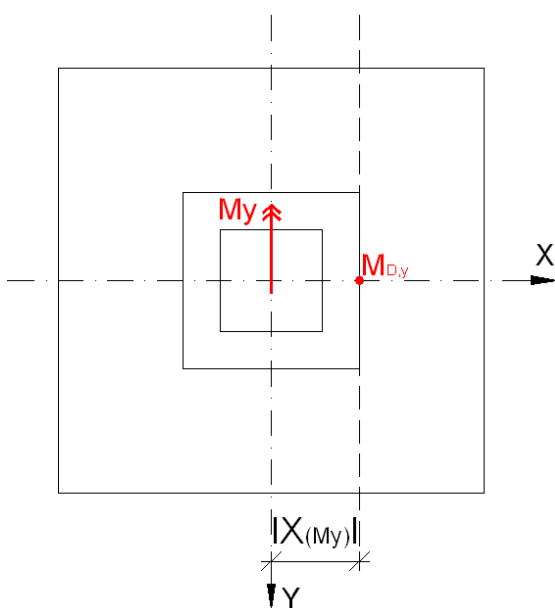
$$N_{sd} = 2486.10 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,y(h=0)} = 1849.60 \text{ kNm}$$

Izračun momenta je izveden na oddaljenosti $a/2$ od središča temeljne plošče oz. na robu čaše.

Prispevek lastne teže temelja, ki ga odštejemo od napetosti	$\Delta\sigma =$	0,288	kN/dAt
		45,07	kN/m ²
Ročica, na kateri računamo moment za dimenzioniranje plošče	$X_{(M_y)} =$	0,83	m
	A_t	16,00	m ²
	d_A	0,08	m
	d_B	0,08	m
	$a/2$	0,83	m
Max. Moment na absolutni ročici	$M_y =$	331,4	kNm

Slika 31: Prikaz rezultatov $M_{D,y}$ na robu čaše



Slika 32: Prikaz mesta izračuna momenta $M_{D,y}$

Rezultat izračuna momenta $M_{D,y}$:

$$M_{D,y} = 331.4 \text{ kNm}$$

4.7 Dimenzioniranje v mejnem stanju nosilnosti

4.7.1 Gladka obdelava sten čaše

4.7.1.1 Karakteristike materialov

$$\text{Beton C25/30} \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25}{1.5} = 16.67 \text{ MPa} \quad (4.14)$$

$$\text{Armatura S500} \quad f_{sd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_c} = \frac{500}{1.15} = 435 \text{ MPa} \quad (4.15)$$

4.7.1.2 Dimenzioniranje temelja na upogib

Moment okoli osi x – armatura v smeri y

Statična višina

$$d_x = h - c_{\text{nom}} - \frac{\emptyset_x}{2} = 50 - 5 - \frac{1.6}{2} = 44.2 \text{ cm} \quad (4.16)$$

Dimenzioniranje potrebne armature po postopku brezdimenzijskih koeficientov

$$M_{C,x} = 300.4 \text{ kNm}$$

$$k_d = \frac{M_{C,x}}{A \cdot d_x^2 \cdot f_{cd}} = \frac{300.4 \cdot 10^{-3}}{4.0 \cdot 0.442^2 \cdot 16.67} = 0.02306 \quad (4.17)$$

$$k_d = 0.037 \rightarrow k_s = 1.033$$

$$k_s = 1.033 \rightarrow \epsilon_1 / \epsilon_s = 1.00\% / 10.0\%$$

Potrebna armatura:

$$A_s = k_s \cdot \frac{M_{C,x} \cdot 100}{\sigma_s \cdot d_x} = 1.033 \cdot \frac{300.4 \cdot 100}{\frac{50}{1.15} \cdot 44.2} = 20.79 \text{ cm}^2 \quad (4.18)$$

Minimalna potrebna armatura :

$$A_{s,\min} = 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{sk}} \cdot A \cdot d_x = 0.26 \cdot \frac{2.6}{500} \cdot 400 \cdot 44.2 = 23.9 \text{ cm}^2 \quad (4.19)$$

in

$$A_{s,\min} = 0.0013 \cdot A \cdot d_x = 0.0013 \cdot 400 \cdot 44.2 = 22.99 \text{ cm}^2 \quad (4.20)$$

Potrebna armatura:

$$A_{y,\text{potr}} = \mathbf{24.00 \text{ cm}^2}$$

Izberem armaturo:

$$\mathbf{\emptyset 12/15 \text{ cm}; A_{s,\text{dej}} = 30.16 \text{ cm}^2}$$

Moment okoli osi y – armatura v smeri x

Statična višina

$$d_y = h - c_{\text{nom}} - \frac{\emptyset_x}{2} = 50 - 5 - \frac{1.6}{2} = 42.6 \text{ cm} \quad (4.21)$$

Dimenzioniranje potrebne armature po postopku brezdimenzijskih koeficientov

$$M_{D,y} = 331.4 \text{ kNm}$$

$$k_d = \frac{M_{D,y}}{B \cdot d_y^2 \cdot f_{cd}} = \frac{331.4 \cdot 10^{-3}}{4.0 \cdot 0.426^2 \cdot 16.67} = 0.0274 \quad (4.22)$$

$$k_d = 0.037 \rightarrow k_s = 1.033$$

$$k_s = 1.033 \rightarrow \epsilon_1 / \epsilon_s = 1.00\% / 10.0\%$$

Potrebna armatura:

$$A_s = k_s \cdot \frac{M_{D,y} \cdot 100}{\sigma_s \cdot d_y} = 1.033 \cdot \frac{331.4 \cdot 100}{\frac{50}{1.15} \cdot 42.6} = 23.80 \text{ cm}^2 \quad (4.23)$$

Minimalna potrebna armatura :

$$A_{s,\min} = 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{sk}} \cdot B \cdot d_y = 0.26 \cdot \frac{2.6}{500} \cdot 400 \cdot 42.6 = 23.04 \text{ cm}^2 \quad (4.24)$$

in

$$A_{s,\min} = 0.0013 \cdot B \cdot d_y = 0.0013 \cdot 400 \cdot 42.6 = 22.15 \text{ cm}^2 \quad (4.25)$$

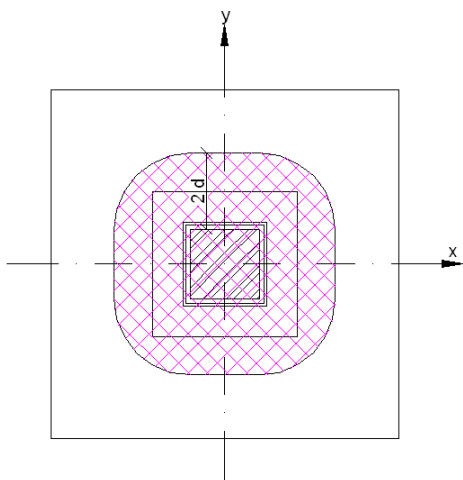
Potrebna armatura:

$$A_{x,\text{potr}} = 23.10 \text{ cm}^2$$

Izberem armaturo:

$$\text{Ø } 12/15 \text{ cm; } A_{s,\text{dej}} = 30.16 \text{ cm}^2$$

4.7.1.3 Dimenzioniranje na preboj



- Površina okoli osnovnega kontrolnega obsega znaša 11.20 m^2
- Površina znotraj osnovnega kontrolnega obsega A_{ko} znaša 4.90 m^2
- Celotna površina dna temelja 16 m^2

Slika 33: Osnovni kontrolni obseg za gladko obdelano čašo

V tem primeru lahko pride do preboja, saj kritični obseg ne preseže roba spodnje temeljne plošče.

Kontrolne obsege na oddaljenosti, manjši od $2d$, je treba preveriti, ali v okolici obremenjene ploskve znotraj razdalje $2d$ nasproti koncentriranim silam delujejo bodisi visoki pritiski (na primer zemeljski pritisk na temelj) bodisi učinki obtežbe ali reakcije.

Temeljno ploščo je potrebno preveriti na delovanje prečne sile.

Račun striga pri preboju:

Postopek dimenzioniranja glede striga pri preboju temelji na preverjanju ob robu stebra in v osnovnem kontrolnem prerezu u_1 . Če se zahteva strižna armatura, je treba poiskati dodatni obseg $u_{out,ef}$, pri katerem strižna armatura ni več potrebna. Vzdlž kontrolnih prerezov so definirane naslednje projektne strižne napetosti [MPa]:

$V_{Rd,c}$... je projektna vrednost prebojne strižne odpornosti temelja brez strižne armature za preboj vzdolž obravnavanega kontrolnega prereza,

$V_{Rd,cs}$... je projektna vrednost prebojne strižne odpornosti temelja s strižno armaturo za preboj vzdolž obravnavanega kontrolnega prereza in

$V_{Rd,max}$... je projektna vrednost največje prebojne strižne odpornosti pri preboju vzdolž obravnavanega kontrolnega prereza.

Izvesti je potrebno naslednje kontrole:

- Ob obsegu stebra oziroma ob obsegu obremenjene ploskve največja prebojna strižna odpornost ne sme biti prekoračena:

$$V_{Ed} < V_{Rd,max}$$

- Strižna armatura za preboj ni potrebna, če velja:

$$V_{Ed} < V_{Rd,c}$$

- kadar v obravnavanem kontrolnem prerezu V_{Ed} preseže vrednost $V_{Rd,c}$ je treba namestiti strižno armaturo.

Kadar je reakcija podpore ekscentrična glede na kontrolni obseg, je treba največjo strižno napetost določiti z izrazom:

$$v_{Ed} = \beta \cdot \frac{V_{Ed}}{u_1 \cdot d} \tag{4.26}$$

Prebojna strižna sila V_{Ed} se v temeljni plošči lahko zmanjša zaradi ugodnega učinka zemeljskega učinka.

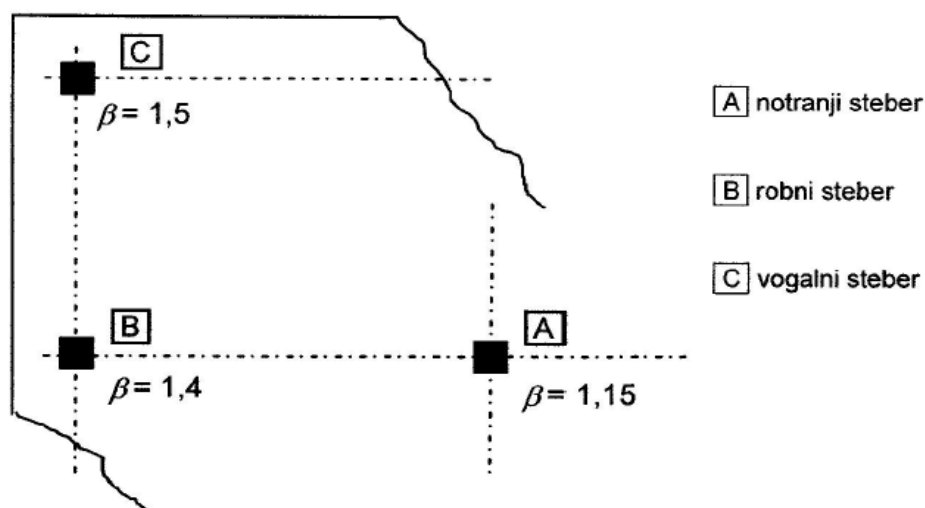
β ... koeficient, ki zajame ekscentrične obremenitve temelja zaradi upogibnih momentov (glej 6.4.3 (3) SIST EN 1992-1-1)

Priporočene vrednosti za koeficient β (vrednosti podane na sliki 6.21N SIST EN 1992-1-1):

$\beta = 1.15$... za notranji steber,

$\beta = 1.40$... za robni steber in

$\beta = 1.50$... za vogalni steber



Slika 34: Priporočene vrednosti za koeficient β

Dejansko pa se koeficient β izrazi s spodnjim izrazom:

$$\beta = 1 + k \frac{M_{Ed}}{V_{Ed}} \cdot \frac{u_1}{w_1} \quad (4.27)$$

pri tem pa so:

u_1 ... dolžina osnovnega kontrolnega obsega,

k ... koeficient odvisen od razmerja med dimenzijo stebra c_1 in c_2 , njegova vrednost je odvisna od deležev neuravnoveženega momenta, ki se prenaša z neenakomernim strigom ter z upogibnim momentom in torzijo (Preglednica 4) in

W_1 ... količina, ki ustreza razporeditvi strižnih napetosti prikazanih na *Slika 35*, in je odvisna od osnovnega kontrolnega obsega u_1

$$W_1 = \int_0^{u_1} |e| dl$$

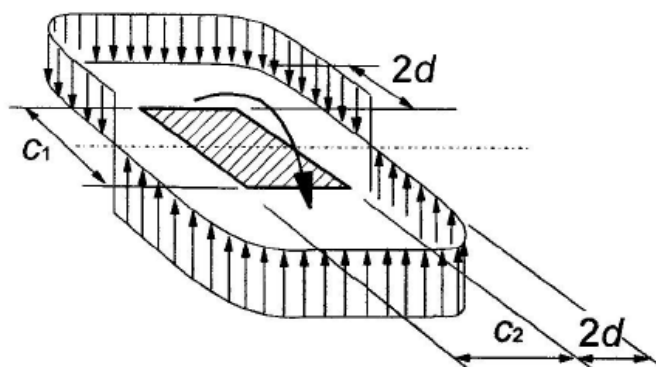
dl ... je diferencial obsega osnovnega kontrolnega obsega in

e ... je oddaljenost dl od osi, okoli katere deluje moment M_{Ed}

Preglednica 4: Vrednost k za obremenjene ploskve pravokotne oblike

(točka 6.4.3 (3) SIST EN 1992-1-1)

c_1/c_2	≤ 0.5	1.0	2.0	≥ 3.0
k	0.45	0.60	0.70	0.80



Slika 35: Razporeditev strižnih napetosti zaradi neuravnoteženega momenta ob priključku temelja na notranji steber

Pri pravokotnem stebru velja:

$$W_1 = \frac{c_1^2}{2} + c_2 + 4 \cdot c_2 \cdot d + 16 \cdot d^2 + 2 \cdot \pi \cdot d \cdot c_1 \quad (4.28)$$

kjer sta:

c_1 ... dimenzija stebra, ki je vzporedna z ekscentričnostjo obremenitve in

c_2 ... dimenzija stebra, ki je pravokotna na ekscentričnost obremenitve

Pri notranjih pravokotnih stebrih, pri katerih je obremenitev ekscentrična na obe osi, se lahko za β uporabi naslednji poenostavljen izraz:

$$\beta = 1 + 1.8 \sqrt{\left(\frac{e_y}{b_x}\right)^2 \cdot \left(\frac{e_x}{b_y}\right)^2} \quad (4.29)$$

kjer so:

e_x in e_y ... ekscentričnosti M_{Ed}/V_{Ed} v smeri osi y oziroma x in

b_y in b_x ... dimenzije kontrolnega obsega

Obremenitve:

$$N = 3437.33 \text{ kN}$$

$$e_x = 0.04 \text{ m}$$

$$e_y = 0.00 \text{ m}$$

Potem je v danem primeru β enak:

$$\beta = 1 + 1.8 \sqrt{\left(\frac{0.00}{0.80}\right)^2 \cdot \left(\frac{0.04}{0.80}\right)^2}$$

$\beta = 1.0 < 1.15$... da sem na varni strani vzamem koeficient $\beta = 1.15$.

$$\beta = 1.15$$

d_s ... statična višina temelja

$$d_x = 44.2 \text{ cm}$$

$$d_y = 42.6 \text{ cm}$$

$$d_s = \frac{d_x + d_y}{2} = \frac{44.2 + 42.6}{2} = 43.4 \text{ cm} \quad (4.30)$$

u_1 ... osnovni kontrolni obseg u_1 okoli obremenjenih ploskev

$$u_1 = 2 \cdot (2 \cdot a_c - 2d) + 2\pi \cdot 2d_s = 2 \cdot (2 \cdot 90.0 - 2 \cdot 5.0) + 2 \cdot 3.14 \cdot 2 \cdot 43.4 \quad (4.31)$$

$$u_1 = 885.30 \text{ cm}$$

$2d$... razlika širine a_c in širine stebra

u_0 ... kontrolni obseg ob obodu stebra

$$u_0 = 2 \cdot (2 \cdot a_c - 2d) = 2 \cdot (2 \cdot 90.0 - 2 \cdot 5.0) \quad (4.32)$$

$$u_0 = 340 \text{ cm}$$

Reducirana prebojna strižna sila zaradi ugodnega učinka zemeljskega pritiska:

$$V_{Ed,red} = V_{Ed} - \Delta V_{Ed} \quad (4.33)$$

kjer so :

V_{Ed} ... delujoča strižna sila in

ΔV_{Ed} ... rezultirajoča navzgor usmerjena sila znotraj obravnavanega kontrolnega obsega, to je rezultanta navzgor usmerjenega pritiska tal, ki pa ne upošteva lastne teže temelja.

$V_{Ed} = 3437.33 \text{ kN}$... brez lastne teže temelja

$$A_{ko} = \left(\frac{u_1}{4}\right)^2 = \left(\frac{8.8530}{4}\right)^2 = 4.899 \text{ m}^2 \quad (4.34)$$

A_{ko} ... ocena, ki je v večini primerov vedno na varni strani

Nato pa s pomočjo Excela določim delež tlačene površine dna temelja, kot je razvidno v Preglednica 5 in ga pomnožim z površino kontrolnega obsega A_{ko} . σ_{pov} je povprečna napetost vseh vogalnih napetosti temelja, če so pod temeljem v celoti tlačne napetosti, sicer pa je σ_{pov} enaka velikosti napetosti v središču temelja. Ta napetost ne zajema lastne teže temelja.

Preglednica 5: Vogalne napetosti temelja in delež tlačene površine temelja

sigma1	246	kN/m2	
sigma2	274	kN/m2	
sigma3	274	kN/m2	
sigma4	246	kN/m2	
Sigma pov.	215	kN/m2	... brez lastne teže temelja
Tlačena površina kontrolnega obsega:			
2500,0	delež temelja, ki je tlačen		
2500,0	celotni temelj		
1,00	delež tlačnega dela temelja (%)		
0,00	delež nateznega dela temelja (%)		

$$\Delta V_{Ed} = \sigma_{pov} \cdot A_{ko} \cdot 1,0 = 215 \cdot 4.899 \cdot 1.0 \quad (4.35)$$

$$\Delta V_{Ed} = \mathbf{1053.30 \text{ kN}}$$

$$V_{Ed,red} = 3437.33 - 1053.30$$

$$\mathbf{V_{Ed,red} = 2384.10 \text{ kN}}$$

Ali je strižna armatura potrebna:

$$v_{Rd,C} = [C_{Rd,C} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \quad (4.36)$$

$$C_{Rd,C} = \frac{0.18}{\gamma_c} = \frac{0.18}{1.5} = 0.12 \quad (4.37)$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d_s \cdot 10}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{434}} = 1.679 \leq 2 \quad (4.38)$$

$$\rho_1 = \frac{A_{sl}}{B \cdot d_s} = \frac{24.0}{400 \cdot 43.4} = 0.00138 \leq 0.02 \quad (4.39)$$

$$\sigma_{cp} = 0 \text{ MPa}$$

Kjer so:

A_{sl} ... ploščina prereza natezne armature,

b_w ... najmanjša širina prečnega prereza v območju natezne cone,

N_{ed} ... osna sila v prerezu, ki jo povzroča obtežba ali prednapetje in

A_c ... ploščina prečnega prereza betona

$$v_{Ed} = \beta \cdot \frac{V_{Ed,red}}{u_1 \cdot d_s} = 1.15 \cdot \frac{2384.10}{885.30 \cdot 43.4} \quad (4.40)$$

$$\mathbf{v_{Ed} = 0.0714 \frac{kN}{cm^2}}$$

$$v_{Rd,C} = [0.12 \cdot 1.679 \cdot (100 \cdot 0.00138 \cdot 25)^{1/3} + 0] = 0.305 \text{ MPa}$$

$$\mathbf{v_{Rd,C} = 0.0305 \frac{kN}{cm^2}}$$

$$v_{min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0.035 \cdot 1.679^{3/2} \cdot 25^{1/2} = 0.380 \text{ MPa} \quad (4.41)$$

$$\mathbf{v_{min} = 0.0380 \frac{kN}{cm^2}}$$

$$v_{Rd,C,max} = \max(v_{Rd,C}, v_{min}) = (0.0305 ; 0.0380) \quad (4.42)$$

$$v_{Rd,C,max} = 0.0380 \frac{kN}{cm^2} < v_{Ed} = 0.0714 \frac{kN}{cm^2} \rightarrow \text{Strižna armatura JE potrebna!}$$

Odpornost glede tlačnih razpor – merodajen prerez ob stebru

$$v_{Ed} = \beta \cdot \frac{V_{Ed,red}}{u_0 \cdot d_s} \leq v_{Rd,max} \quad (4.43)$$

$$v_{Ed} = \beta \cdot \frac{V_{Ed,red}}{u_0 \cdot d_s} = 1.15 \cdot \frac{2384.10}{340.0 \cdot 43.4}$$

$$v_{Ed} = \mathbf{0.162} \frac{kN}{cm^2}$$

$$v_{Rd,max} = 0.5 \cdot v \cdot f_{cd} \quad (4.44)$$

v ... redukcijski faktor strižne nosilnosti betona

$$v = 0.60 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0.60 \cdot \left(1 - \frac{25}{250}\right) \quad (4.45)$$

$$v = 0.54$$

$$v_{Rd,max} = 0.5 \cdot 0.54 \cdot 1.67$$

$$v_{Rd,max} = \mathbf{0.45} \frac{kN}{cm^2}$$

$$v_{Ed} = 0.162 \frac{kN}{cm^2} \leq v_{Rd,max} = 0.45 \frac{kN}{cm^2} \rightarrow \text{Pogoj je izpolnjen!}$$

Odpornost strižno armiranih temeljev je določena z izrazom:

Izberemo palice pod kotom $\alpha = 45^\circ$

$$v_{Rd,cs} = 0.75 \cdot v_{Rd,c} + 1.5 \left(\frac{d}{s_r}\right) \cdot A_{sw} \cdot f_{ywd,ef} \cdot \left(\frac{1}{u_1 \cdot d_s}\right) \cdot \sin \alpha \quad (4.46)$$

pri tem so:

A_{sw} ... ploščina prečnega prereza enega obsega strižne armature okoli stebra [mm^2],

s_r ... radialna razdalja med obsegi strižne armature,

$f_{ywd,ef}$... učinkovita projektna trdnost strižne armature proti preboju:

$$f_{ywd,ef} = 250 + 0.25d_s \leq f_{ywd} \text{ [MPa]} \rightarrow f_{ywd,ef} = 250 + 0.25 \cdot 434 = 358.5 \text{ MPa} \quad (4.47)$$

d_s ... srednja vrednost statičnih višin v medsebojno pravokotnih smereh [mm] in

α ... kot med strižno armaturo proti preboju in med ravnino plošče

Če se navzdol ukrivljene palice predvidene v eni sami vrsti, se za razmerje d/s_r lahko vzame vrednost 0.67.

Predpostavimo, da zadošča ena vrsta palic:

→ upoštevamo razmerje $d/s_r = 0.67$

Iz zgornjega izraza me zanima ploščina prečnega prereza enega obsega strižne armature okoli stebra A_{sw} .

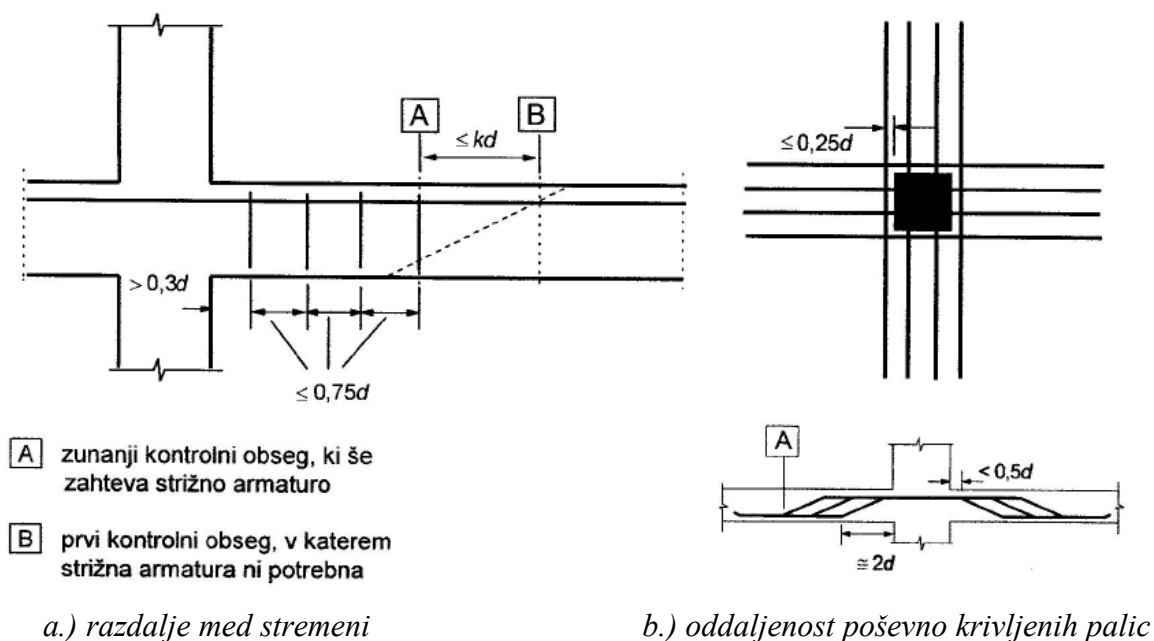
$$A_{sw} = \frac{(v_{Ed,red} - 0.75 \cdot v_{Rd,c}) u_1 \cdot d_s}{1.5 \cdot \left(\frac{d}{s_r}\right) \cdot f_{ywd,ef} \cdot \sin \alpha} = \frac{(0.714 - 0.75 \cdot 0.380) 8853.0 \cdot 434}{1.5 \cdot 0.67 \cdot 358.5 \cdot 0.707} = \frac{1648304.66}{255.082} = 6461.86 \text{ mm}^2 \quad (4.48)$$

$$A_{sw} = 64.70 \text{ cm}^2$$

Izberem strižno armaturo 32 Ø 16.

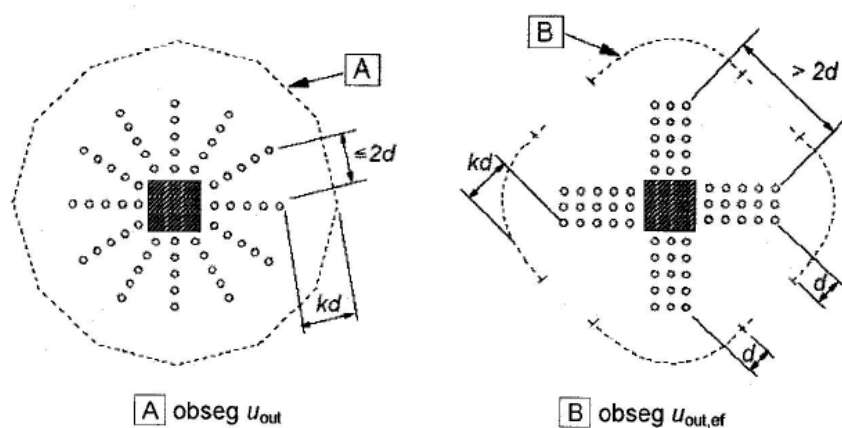
Detajliranje strižne armature proti preboju

Kadar je potrebna armatura proti preboju, jo je treba namestiti med obremenjeno ploskvijo oziroma stebrom in obsegom, ki je za $k \cdot d$ navznoter oddaljen od kontrolnega obsega, v katerem strižna armatura proti preboju ni več potrebna. Razvrstiti jo je treba v obliki najmanj dveh koncentričnih vrst krakov stremen, kot je prikazano na *Slika 36*. Razdalja med vrstami krakov stremen ne sme biti večja od $0.75d$.



Slika 36: Strižna armatura proti preboju (SIST EN 1992-1-1)

Oddaljenost med kraki stremen vzdolž krogov znotraj osnovnega kontrolnega obsega ($2 \cdot d$ od obremenjene ploskve) ne sme biti večja od $1.5 \cdot d$, vzdolž krogov izven osnovnega kontrolnega obsega pa ne večji od $2 \cdot d$, kar se upošteva, da ta del vrste stremen prispeva k strižni nosilnosti.



Slika 37: Kontrolni obsegi pri notranjih stebrih (SIST EN 1992-1-1)

Pri poševno krivljenih palicah, kot so prikazane na *Slika 36*, se lahko šteje, da zadošča en krog krakov (oziroma vrsta) stremen.

Kadar je potrebna strižna armatura, je prerez enega enega kraka stremena (ali nadomestni prerez) $A_{sw,min}$ podan z izrazom:

$$A_{sw,min} \cdot (1.5 \sin\alpha + \cos\alpha) / (s_r \cdot s_t) \geq 0.08 \cdot \sqrt{f_{ck}} / f_{yk} \quad (4.49)$$

kjer so:

α ... kot med strižno in glavno armaturo (za navpična stremena $\alpha = 90^\circ$ in $\sin\alpha = 1$)

s_r ... razdalja med strižnimi stremeni v radialni smeri

s_t ... razdalja med strižnimi stremeni v tangencialni smeri

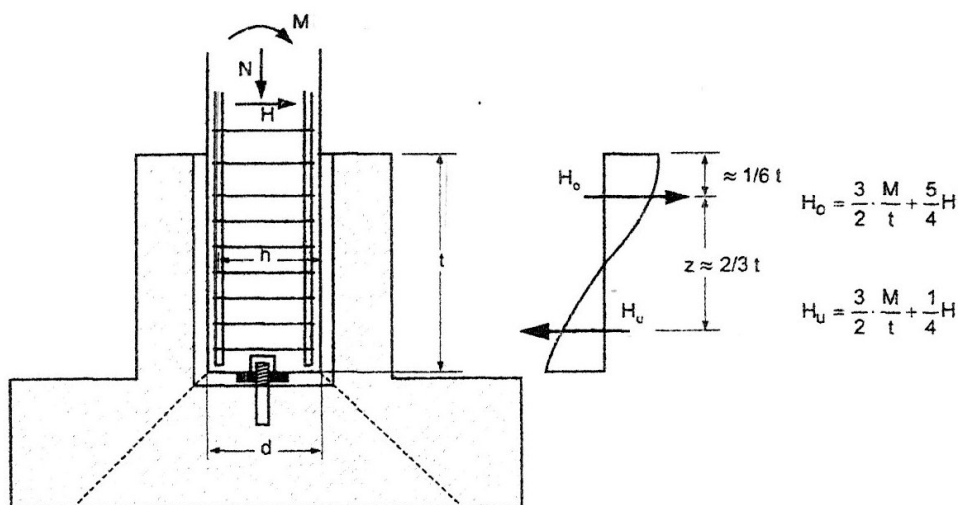
f_{ck} ... v MPa

Poševno krivljene palice, ki prečkajo obremenjeno območje ali so v oddaljenosti, ki ni večja od $0.25d$ od tega območja, se lahko uporabijo za strižno armaturo proti preboju (*Slika:19.b*)

Oddaljenost najbližje strižne armature, ki je upoštevana v računu nosilnosti, od roba podpore oziroma obremenjene ploskve ne sme biti večja od $d/2$. Ta oddaljenost se meri na nivoju natezne armature. Pri eni sami legi poševno krivljenih palic se lahko njihov naklon zmanjša na 30° .

4.7.1.4 Dimenzioniranje sten čaše

Pri določevanju armature čaše temelja je potrebno upoštevati različne kombinacije pri analizi konstrukcije. Pri dimenzioniranju čaše imajo velik vpliv momenti, ki se prenašajo iz stebrov in osne sile praktično nimajo nobene vloge pri obtežbi. Pogosto so merodajne obremenitve, katere smo pridobili pri potresni obtežbi. Momente pri potresni obtežbi še dodatno povečamo za 20%, kot to zahtevajo Evrokod standardi.



Slika 38: Prikaz sil zagotavljanje ravnnotežja v steni gladke čaše (Hettler, 2000)

Merodajni obtežbeni primer:

$N = 1765.01 \text{ kN}$

$M_x = 1940.08 \text{ kNm}$

$M_y = 447.73 \text{ kNm}$

$H_x = 45.42 \text{ kN}$

$H_y = 204.74 \text{ kN}$

Horizontalna stremena zgoraj:

$H_0 = \max \{ H_{0,x}, H_{0,y} \}$ (4.50)

$H_{0,x} = \frac{3 \cdot M_y}{2 \cdot t} + \frac{5 \cdot H_x}{4} = \frac{3 \cdot 447.73}{2 \cdot 1.60} + \frac{5 \cdot 45.42}{4} = 476.53 \text{ kN}$ (4.51)

in

$H_{0,y} = \frac{3 \cdot M_x}{2 \cdot t} + \frac{5 \cdot H_y}{4} = \frac{3 \cdot 1940.08}{2 \cdot 1.60} + \frac{5 \cdot 204.74}{4} = 2074.75 \text{ kN}$ (4.52)

$H_0 = 2074.75 \text{ kN}$

$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{1.15} = 43.48 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$ (4.53)

$$A_{az} = H_0 / (2 \cdot f_{yd}) = 2074.75 / (2 \cdot 43.48) \quad (4.54)$$

$$A_{az} = 23.85 \text{ cm}^2$$

Izberem armaturo v čaši zgoraj: 8 Ø 20 (horizontalna zaprta stremena; n = 4).

Horizontalna stremena spodaj:

$$H_u = \max \{ H_{u,x}, H_{u,y} \} \quad (4.55)$$

$$H_{u,x} = \frac{3 \cdot M_y}{2 \cdot t} + \frac{1 \cdot H_x}{4} = \frac{3 \cdot 447.73}{2 \cdot 1.60} + \frac{1 \cdot 45.42}{4} = 431.1 \text{ kN} \quad (4.56)$$

in

$$H_{u,y} = \frac{3 \cdot M_x}{2 \cdot t} + \frac{1 \cdot H_y}{4} = \frac{3 \cdot 1940.08}{2 \cdot 1.60} + \frac{1 \cdot 204.74}{4} = 1870 \text{ kN} \quad (4.57)$$

$$H_u = 1870 \text{ kN}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{1.15} = 43.48 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$A_{as} = H_u / (2 \cdot f_{yd}) = 1870 / (2 \cdot 43.48) \quad (4.58)$$

$$A_{as} = 21.51 \text{ cm}^2$$

Izberem armaturo v čaši zgoraj: 8 Ø 20 (horizontalna zaprta stremena; n = 4).

Vertikalna stremena v vogalu:

$$\text{tg}\alpha = \frac{5}{6} \cdot \frac{t}{0.85 \cdot a - \frac{c}{2}} = \frac{5}{6} \cdot \frac{1.6}{0.85 \cdot 1.66 - \frac{0.35}{2}} \quad (4.59)$$

$$\text{tg}\alpha = 1.079$$

$$Z_v = H_0 \cdot \text{tg}\alpha = 2074.75 \cdot \text{tg}\alpha \quad (4.60)$$

$$Z_v = 2238.66 \text{ kN}$$

$$A_{av} = Z_v / (2 \cdot f_{yd}) = 2238.66 / (2 \cdot 43.48) \quad (4.61)$$

$$A_{av} = 25.75 \text{ cm}^2$$

Izberem armaturo v vogalih čaše: 14 Ø 16 (vertikalna zaprta stremena; n = 7).

4.7.2 Narebričena obdelava sten čaše

4.7.2.1 Karakteristike materialov

$$\text{Beton C25/30} \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25}{1.5} = 16.67 \text{ MPa}$$

$$\text{Armatura S500} \quad f_{sd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_c} = \frac{500}{1.15} = 435 \text{ MPa}$$

4.7.2.2 Dimenzioniranje temelja na upogib

Moment okoli osi x – armatura v smeri y

Statična višina

$$d_x = h - c_{\text{nom}} - \frac{\varnothing_x}{2} = 50 - 5 - \frac{1.6}{2} = 44.2 \text{ cm}$$

Dimenzioniranje potrebne armature po postopku brezdimenzijskih koeficientov

$$M_{C,x} = 300.4 \text{ kNm}$$

$$k_d = \frac{M_{C,x}}{A \cdot d_x^2 \cdot f_{cd}} = \frac{300.4 \cdot 10^{-3}}{4.0 \cdot 0.442^2 \cdot 16.67} = 0.02306$$

$$k_d = 0.037 \rightarrow k_s = 1.033$$

$$k_s = 1.033 \rightarrow \epsilon_1 / \epsilon_s = 1.00\% / 10.0\%$$

Potrebna armatura:

$$A_s = k_s \cdot \frac{M_{C,x} \cdot 100}{\sigma_s \cdot d} = 1.033 \cdot \frac{300.4 \cdot 100}{\frac{50}{1.15} \cdot 44.2} = 20.79 \text{ cm}^2$$

Minimalna potrebna armatura :

$$A_{s,\min} = 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{sk}} \cdot A \cdot d_x = 0.26 \cdot \frac{2.6}{500} \cdot 400 \cdot 44.2 = 23.9 \text{ cm}^2$$

in

$$A_{s,\min} = 0.0013 \cdot A \cdot d_x = 0.0013 \cdot 400 \cdot 44.2 = 22.99 \text{ cm}^2$$

Potrebna armatura:

$$A_{y,\text{potr}} = \mathbf{24.00 \text{ cm}^2}$$

Izberem armaturo:

$$\mathbf{\emptyset 12/15 \text{ cm}; A_{s,\text{dej}} = 30.16 \text{ cm}^2}$$

Moment okoli osi y – armatura v smeri x

Statična višina

$$d_y = h - c_{\text{nom}} - \frac{\emptyset_x}{2} = 50 - 5 - \frac{1.6}{2} - 1.6 = 42.6 \text{ cm}$$

Dimenzioniranje potrebne armature po postopku brezdimenzijskih koeficientov

$$M_{D,y} = 331.4 \text{ kNm}$$

$$k_d = \frac{M_{D,y}}{B \cdot d_y^2 \cdot f_{cd}} = \frac{331.4 \cdot 10^{-3}}{4.0 \cdot 0.426^2 \cdot 16.67} = 0.0274$$

$$k_d = 0.037 \rightarrow k_s = 1.033$$

$$k_s = 1.033 \rightarrow \epsilon_1 / \epsilon_s = 1.00\text{‰} / 10.0\text{‰}$$

Potrebna armatura:

$$A_s = k_s \cdot \frac{M_{D,y} \cdot 100}{\sigma_s \cdot d_y} = 1.033 \cdot \frac{331.4 \cdot 100}{\frac{50}{1.15} \cdot 42.6} = 23.80 \text{ cm}^2$$

Minimalna potrebna armatura :

$$A_{s,\min} = 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{sk}} \cdot B \cdot d_y = 0.26 \cdot \frac{2.6}{500} \cdot 400 \cdot 42.6 = 23.04 \text{ cm}^2$$

in

$$A_{s,\min} = 0.0013 \cdot B \cdot d_y = 0.0013 \cdot 400 \cdot 42.6 = 22.15 \text{ cm}^2$$

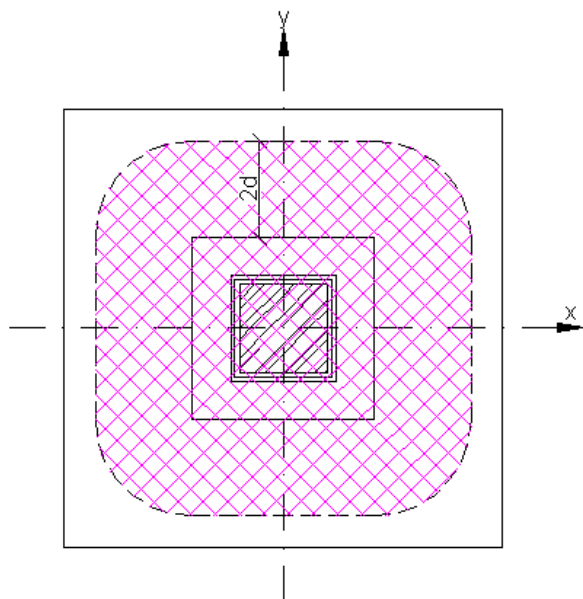
Potrebna armatura:

$$A_{y,\text{potr}} = \mathbf{23.10 \text{ cm}^2}$$

Izberem armaturo:

$$\mathbf{\emptyset 12/15 \text{ cm}; A_{s,\text{dej}} = 30.16 \text{ cm}^2}$$

4.7.2.3 Dimenzioniranje na preboj



- Površina okoli osnovnega kontrolnega obsega znaša 6.83 m^2
- Površina znotraj osnovnega kontrolnega obsega A_{ko} znaša 9.14 m^2
- Celotna površina dna temelja 16 m^2

Slika 39: Osnovni kontrolni obseg za narebričeno obdelano čašo

Kadar je reakcija podpore ekscentrična glede na kontrolni obseg, je treba največjo strižno napetost določiti z izrazom:

$$v_{Ed} = \beta \cdot \frac{V_{Ed}}{u_1 \cdot d}$$

Prebojna strižna sila V_{Ed} se pri temeljni plošči lahko zmanjša zaradi ugodnega učinka zemeljskega pritiska.

Pri notranjih pravokotnih stebrih, pri katerih je obremenitev ekscentrična na obe osi, se lahko za β uporabi naslednji poenostavljen izraz:

$$\beta = 1 + 1.8 \sqrt{\left(\frac{e_y}{b_x}\right)^2 + \left(\frac{e_x}{b_y}\right)^2}$$

kjer so:

e_x in e_y ... ekscentričnosti M_{Ed}/V_{Ed} v smeri osi y oziroma x in

b_y in b_x ... dimenzije kontrolnega obsega

Potem je v danem primeru β enak:

$$\beta = 1 + 1.8 \sqrt{\left(\frac{0.00}{1.66}\right)^2 \cdot \left(\frac{0.04}{1.66}\right)^2}$$

$\beta = 1.0 < 1.15$... da sem na varni strani vzamem koeficient $\beta = 1.15$.

$\beta = 1.15$

d_s ... statična višina temelja

$$d_x = 44.2 \text{ cm}$$

$$d_y = 42.6 \text{ cm}$$

$$d_s = \frac{d_x + d_y}{2} = \frac{44.3 + 42.9}{2} = 43.4 \text{ cm}$$

u_1 ... osnovni kontrolni obseg u_1 okoli obremenjenih ploskev

$$u_1 = 2 \cdot (a + b) + 2\pi \cdot 2d = 2 \cdot (166 + 166) + 2 \cdot 3.14 \cdot 2 \cdot 43.4$$

$u_1 = 1209.38 \text{ cm}$

$2d$... razlika širine a_c in širine stebra

u_0 ... kontrolni obseg ob obodu stebra

$$u_0 = 2 \cdot (a + b) = 2 \cdot (166 + 166)$$

$u_0 = 664.0 \text{ cm}$

Reducirana prebojna strižna sila zaradi ugodnega učinka zemeljskega pritiska:

$$V_{Ed,red} = V_{Ed} - \Delta V_{Ed}$$

kjer so :

V_{Ed} ... delujoča strižna sila in

ΔV_{Ed} ... rezultirajoča navzgor usmerjena sila znotraj obravnavanega kontrolnega obsega, to je rezultanta navzgor usmerjenega pritiska tal, od katere se odšteje pritisk lastne teže temelja.

$V_{Ed} = 3437.33 \text{ kN}$... brez lastne teže

$$A_{ko} = \left(\frac{u_1}{4}\right)^2 = \left(\frac{12.094}{4}\right)^2 = 9.14 \text{ m}^2$$

A_{ko} ... ocena, ki je skorajda vedno na varni strani

Nato pa s pomočjo Excela določim delež tlačene površine dna temelja, kot je razvidno v Preglednica 7 in ga pomnožim z površino kontrolnega obsega A_{ko} . σ_{pov} je povprečna napetost vseh vogalnih napetosti temelja, če so pod temeljem v celoti tlačne napetosti, sicer pa je σ_{pov} enaka velikosti napetosti v središču temelja. Ta napetost ne zajema lastne teže temelja.

Preglednica 6: Vogalne napetosti temelja in delež tlačene površine temelja

sigma1	206	kN/m2
sigma2	229	kN/m2
sigma3	223	kN/m2
sigma4	200	kN/m2
Sigma pov.	215	kN/m2
Tlačena površina kongtrolnega obsega:		
2500,0	delež temelja, ki je tlačen	
2500,0	celotni temelj	
1,0	delež tlačnega dela temelja (%)	
0,0	delež nateznega dela temelja (%)	

$$\Delta V_{Ed} = \sigma_{pov} \cdot A_{ko} \cdot 1,0 = 215 \cdot 9.14 \cdot 1.0$$

$$\Delta V_{Ed} = \mathbf{1965.10 \text{ kN}}$$

$$V_{Ed,red} = 3437.33 - 1965.10$$

$$V_{Ed,red} = \mathbf{1472.23 \text{ kN}}$$

Ali je strižna armatura potrebna:

$$v_{Rd,C} = [C_{Rd,C} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp})$$

$$C_{Rd,C} = \frac{0.18}{\gamma_c} = \frac{0.18}{1.5} = 0.12$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d_s \cdot 10}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{434}} = 1.679 \leq 2$$

$$\rho_1 = \frac{A_{sl}}{B \cdot d_s} = \frac{24.0}{400 \cdot 43.4} = 0.00138 \leq 0.02$$

$$\sigma_{cp} = 0 \text{ MPa}$$

Kjer je:

A_{sl} ... ploščina prereza natezne armature,

b_w ... najmanjša širina prečnega prereza v območju natezne cone,

N_{ed} ... osna sila v prerezu, ki jo povzroča obtežba ali prednapetje in

A_c ... ploščina prečnega prereza betona

$$v_{Ed} = \beta \cdot \frac{V_{Ed,red}}{u_1 \cdot d_s} = 1.15 \cdot \frac{1472.23}{1209.4 \cdot 43.4}$$

$$v_{Ed} = \mathbf{0.032} \frac{kN}{cm^2}$$

$$v_{Rd,C} = [0.12 \cdot 1.679 \cdot (100 \cdot 0.00138 \cdot 25)^{1/3} + 0] = 0.305 \text{ MPa}$$

$$v_{Rd,C} = \mathbf{0.0305} \frac{kN}{cm^2}$$

$$v_{min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0.035 \cdot 1.679^{3/2} \cdot 25^{1/2} = 0.380 \text{ MPa}$$

$$v_{min} = \mathbf{0.0380} \frac{kN}{cm^2}$$

$$v_{Rd,C,max} = \max(v_{Rd,C}, v_{min}) = (0.0305 ; 0.0380)$$

$$v_{Rd,C,max} = 0.0380 \frac{kN}{cm^2} > v_{Ed} = 0.032 \frac{kN}{cm^2} \rightarrow \mathbf{\text{Strižna armatura NI potrebna!}}$$

Odpornost glede tlačnih razpor – merodajen prerez ob stebru

$$v_{Ed} = \beta \cdot \frac{V_{Ed}}{u_0 \cdot d_s} \leq v_{Rd,max}$$

$$v_{Ed} = \beta \cdot \frac{V_{Ed,red}}{u_0 \cdot d_s} = 1.15 \cdot \frac{1472.23}{664.0 \cdot 43.4}$$

$$v_{Ed} = \mathbf{0.0588} \frac{kN}{cm^2}$$

$$v_{Rd,max} = 0.5 \cdot v \cdot f_{cd}$$

v ... redukcijski faktor strižne nosilnosti betona

$$v = 0.60 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0.60 \cdot \left(1 - \frac{25}{250}\right)$$

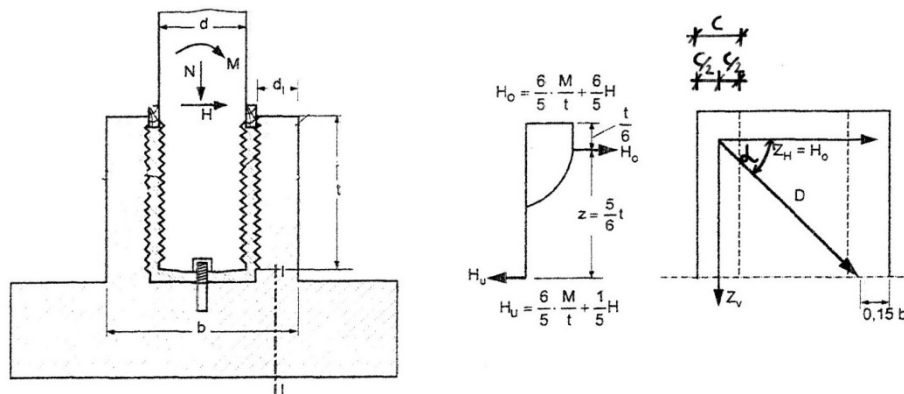
$$v = 0.54$$

$$v_{Rd,max} = 0.5 \cdot 0.54 \cdot 1.67$$

$$v_{Rd,max} = \mathbf{0.45 \frac{kN}{cm^2}}$$

$$v_{Ed} = 0.0588 \frac{kN}{cm^2} \leq v_{Rd,max} = 0.45 \frac{kN}{cm^2} \rightarrow \mathbf{Pogoj\ je\ izpolnjen!}$$

4.7.2.4 Dimenzioniranje sten čaše



Slika 40: Prikaz momentov na steni narebričene čaše (Hettler, 2000)

Merodajni obtežbeni primer:

$$N = 1765.01 \text{ kN}$$

$$M_x = 1940.08 \text{ kNm}$$

$$M_y = 447.73 \text{ kNm}$$

$$H_x = 45.42 \text{ kN}$$

$$H_y = 204.74 \text{ kN}$$

Horizontalna stremena zgoraj:

$$H_0 = \max \{ H_{0,x}, H_{0,y} \}$$

$$H_{0,x} = \frac{6 \cdot M_y}{5 \cdot t} + \frac{6 \cdot H_x}{5} = \frac{6 \cdot 447.73}{5 \cdot 1.60} + \frac{6 \cdot 45.42}{5} = 390.30 \text{ kN}$$

in

$$H_{0,y} = \frac{6 \cdot M_x}{5 \cdot t} + \frac{6 \cdot H_y}{5} = \frac{6 \cdot 1940.08}{5 \cdot 1.60} + \frac{6 \cdot 204.74}{5} = 1700.75 \text{ kN}$$

$$H_0 = 1700.75 \text{ kN}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{1.15} = 43.48 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$A_{az} = H_0 / (2 \cdot f_{yd}) = 1700.75 / (2 \cdot 43.48)$$

$$A_{az} = 19.56 \text{ cm}^2$$

Izberem armaturo v čaši zgoraj: 8 Ø 18 (horizontalna zaprta stremena; n = 4).

Horizontalna stremena spodaj:

$$H_u = \max \{ H_{u,x}, H_{u,y} \}$$

$$H_{u,x} = \frac{6 \cdot M_y}{5 \cdot t} + \frac{1 \cdot H_x}{5} = \frac{6 \cdot 447.73}{5 \cdot 1.60} + \frac{1 \cdot 45.42}{5} = 344.90 \text{ kN}$$

in

$$H_{u,y} = \frac{6 \cdot M_x}{5 \cdot t} + \frac{1 \cdot H_y}{5} = \frac{6 \cdot 1940.08}{5 \cdot 1.60} + \frac{1 \cdot 204.74}{5} = 1496.0 \text{ kN}$$

$$H_u = 1496.0 \text{ kN}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{1.15} = 43.48 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$A_{as} = H_u / (2 \cdot f_{yd}) = 1496.0 / (2 \cdot 43.48)$$

$$A_{as} = 17.21 \text{ cm}^2$$

Izberem armaturo v čaši zgoraj: 8 Ø 18 (horizontalna zaprta stremena; n = 4).

Vertikalna stremena v vogalu:

$$\text{tg}\alpha = \frac{5}{6} \cdot \frac{t}{0.85 \cdot a - \frac{c}{2}} = \frac{5}{6} \cdot \frac{1.6}{0.85 \cdot 1.66 - \frac{0.35}{2}}$$

$$\text{tg}\alpha = 1.079$$

$$Z_v = H_0 \cdot \text{tg}\alpha = 1700.75 \cdot \text{tg}\alpha$$

$$Z_v = 1835.11 \text{ kN}$$

$$A_{av} = Z_v / (2 \cdot f_{yd}) = 1835.22 / (2 \cdot 43.48)$$

$$A_{av} = 21.1 \text{ cm}^2$$

Izberem armaturo v vogalih čaše: 14 Ø 14 (vertikalna zaprta stremena; n = 7).

4.7.3 Primerjava rezultatov potrebne armature čašastega temelja

Preglednica 7: Prikaz rezultatov izračuna potrebne armature

Vrsta armature	Gladko obdelana čaša	Narebričeno obdelana čaša
Natezna armatura temeljne plošče		
- v smeri x:	23.10 cm ² (12Ø15 cm)	23.10 cm ² (12Ø15 cm)
- v smeri y:	24.10 cm ² (12Ø15 cm)	24.00 cm ² (12Ø15 cm)
Strižna armatura temeljne plošče	64.70 cm ² (32Ø16)	armatura NI potrebna
Vertikalna armatura v vogalih sten čaše	25.4 cm ² (14Ø16)	21.10 cm ² (14Ø14)
Stremenska armatura na spodnji tretjini čaše	21.51 cm ² (8Ø20)	17.21 cm ² (8Ø18)
Stremenska armatura na zgornji tretjini čaše	23.55 cm ² (8Ø20)	19.56 cm ² (8Ø18)

Iz zgornje tabele je razvidno, da se večja razlika armature pojavi le pri strižni armaturi, kar pa je bilo tudi pričakovano. Količina armatura v stenah čaše se le malo razlikuje in to razliko lahko iščemo v boljši povezavi med steno čaše in stebrom.

4.8 Armaturni načrt in izvleček armature

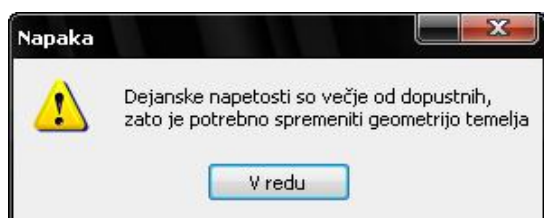
Armaturne načrte sem izdelal v računalniškem programu ArmCad 2000, ki deluje na osnovi programa AutoCad 2002. Program po končanem izrisu pripravi tudi izvleček armature.

5 RAČUNSKO ORODJE ZA DIMENZIONIRANJE ČAŠASTIH TEMELJEV

Računsko orodje je sprogramirano v programu C Sharp (C#), pogovorno okno pa je oblikovano v programu Microsoft Visual Studio 2008. Pripravljeno je za dimenzioniranje čašastih temeljev, ki so pozicionirani znotraj objekta. Obremenjeni so lahko le z stebri pravokotnih oblik. Računsko orodje je mogoče v nadaljevanju tudi nadgraditi, za obravnavanje vseh možnih pozicij čašastih temeljev v objektu. Dimenzioniranje se izvede v odvisnosti od izbranih geometrijskih karakteristik temelja, izbranih materialov, in glede na izbor obdelave sten čaše. Material, katerega je možno uporabiti je armatura kvalitete S500 in različne vrste betona.

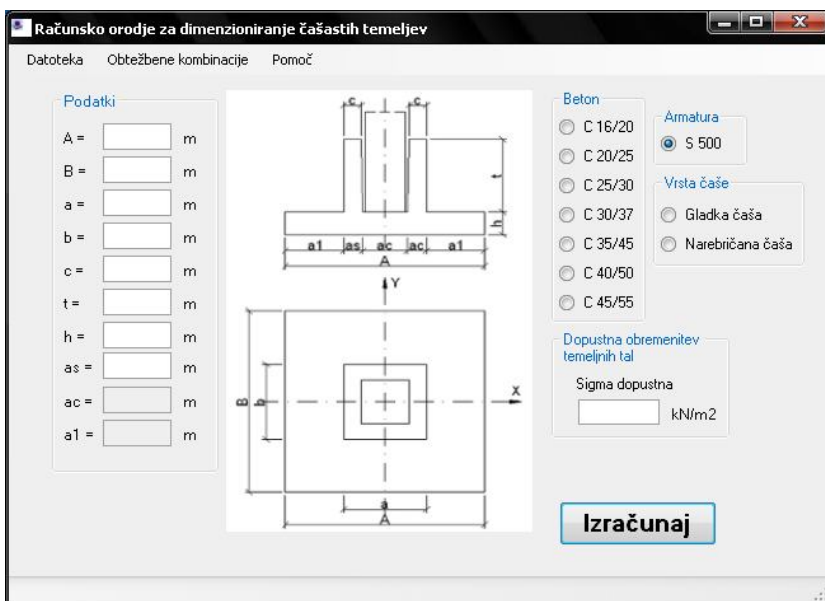
Računsko orodje deluje ob podpori Excelove datoteke z imenom *napetosti_pod_temeljem.xls* in mora biti nameščena na C:\ direktoriju osebnega računalnika. Tam mora biti nameščena tudi datoteka *casa2.jpg*, ki nam predstavlja sliko v pogovornem oknu.

Za pravilno delovanje računskega orodja je potrebno v programu Excel dodati dodatek Reševalec in omogočiti Makre. Oba dodatka se nahajata v Excelu pod zavihkom Excelove možnosti. Ko imamo nameščena zgoraj navedena dodatka lahko računsko orodje zaženemo. Odpre se nam pogovorno okno, v katerega je potrebno vpisati manjkajoče podatke, definirati vrsto betona in vrsto obdelave sten čaše na notranji strani čaše. Definirati je potrebno tudi dopustne napetosti v temeljnih tleh, katere določi geomehanik. Če so podane napetosti prekoračene glede na podane podatke o temelju, računsko orodje javi napako in konča račun.



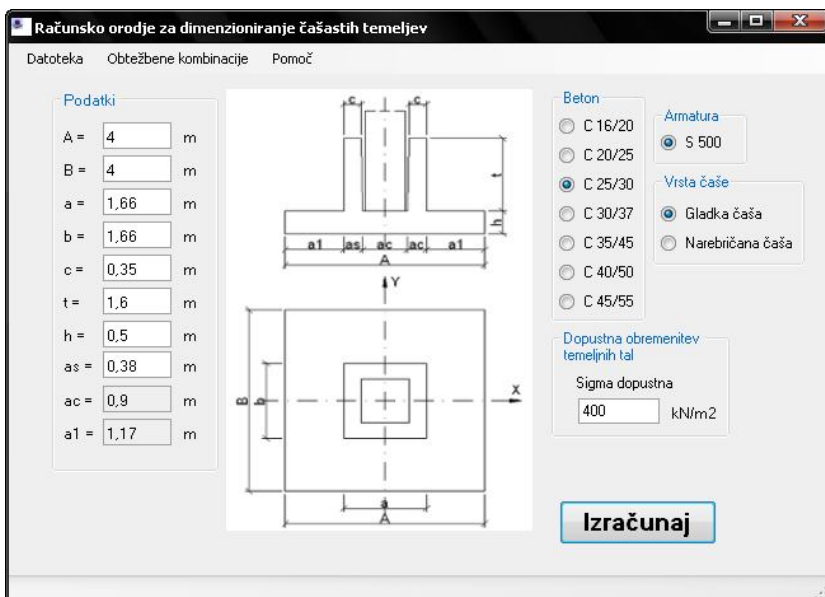
Slika 41: Prikaz opozorila zaradi prevelikih napetosti v temeljnih tleh

Prikaz pogovornega okna, v katerega je potrebno vnesti podatke o temelju:



Slika 42: Pogovorno okno računskega orodja

Pogovorno okno mora biti v celoti izpolnjeno, kot prikazuje spodnja slika.



Slika 43: Izpolnjeno pogovorno okno

Nato je potrebno podati obtežbene primere. Nove obrežbene primere podamo tako, da potrdimo zavihek Obtežbeni primeri in v novo pogovorno okno imamo možnost dodati sedem primerov, katere nato računsko orodje preveri.

Oсна сила N [kN]	Upogibni moment okoli osi Mx [kNm]	Upogibni moment okoli y osi My [kNm]	Prečna sila v x smeri Hx [kN]	Prečna sila v y smeri Hy [kN]	Obtežbena kombinacija
3437,33	17,96	133,45	9,03	9,92	Potres v smeri X
1765	589,84	1532,29	151,09	62,12	Potres v smeri Y
1765	1940,08	447,73	45,42	204,74	3
1276,2	352,4	56,43	34,04	28,48	4
1960,65	124,4	210,54	13,43	18,38	7
2275,12	955,53	422,86	76,33	32,18	8
1545,24	184,3	676,3	80,6	47,22	12

Pri zapisu decimalnih števil uporabljaj vejico. **Shrani**

Slika 44: Vnos obtežbenih primerov

Pri vnosu je potrebno za decimalno mesto uporabljati vejico. V primeru, da se v prazna polja ne vnese števila, računsko orodje javi napako. Nato podane obtežbe shranimo in zapremo pogovorno okno.

Za izračun temelja nato pritisnemo gumb » Izračunaj «.

Podatki

A = 4 m
 B = 4 m
 a = 1,66 m
 b = 1,66 m
 c = 0,35 m
 t = 1,6 m
 h = 0,5 m
 as = 0,38 m
 ac = 0,9 m
 a1 = 1,17 m

Beton

C 16/20
 C 20/25
 C 25/30
 C 30/37
 C 35/45
 C 40/50
 C 45/55

Armatura

S 500

Vrsta čaše

Gladka čaša
 Narebrčana čaša

Dopustna obremenitev temeljnih tal

Sigma dopustna
 400 kN/m²

Izračunaj

Slika 45: Potrditev in potek izračuna

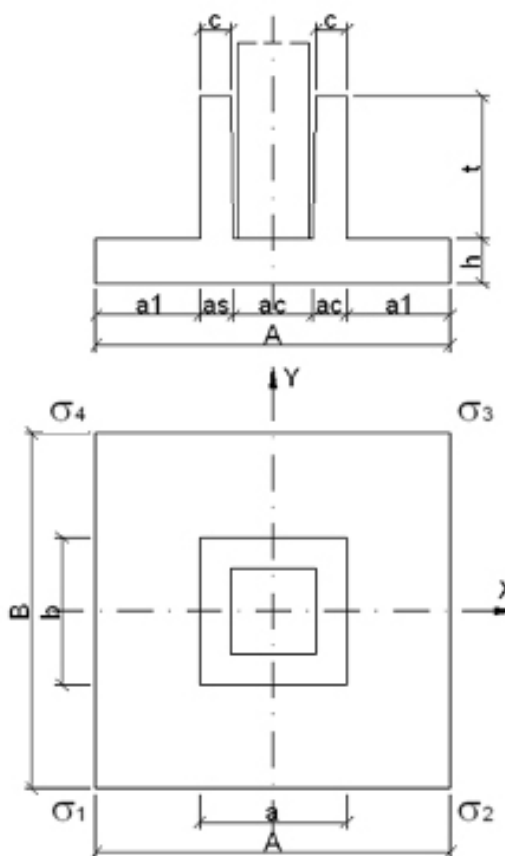
Ker izračun traja nekaj sekund preden se generirajo rezultati se na pogovornem oknu pojavi okence, ki prikazuje koliko časa bo izračun še potekal. Po končanem izračunu se v programu Word izdela poročilo iz katerega so razvidni podatki o temelju, podani obtežbeni primeri, rezultati izračunov.

Primer izpisa Računskega orodja za izračun čašastih temeljev:

Poročilo računskega orodja za dimenzioniranje čašastih temeljev

Podatki :

A =	4,00	m
B =	4,00	m
a =	1,66	m
b =	1,66	m
c =	0,35	m
t =	1,60	m
h =	0,50	m
as =	0,38	m
ac =	0,90	m
a1 =	1,17	m



-Vrsta čaše : Gladka čaša

-Vrsta betona : C 25/30

-Vrsta armature : S500

Obtežbene kombinacije

Osna sila N	Upogibni moment okoli x osi Mx	Upogibni moment okoli y osi My	Prečna sila v smeri Hx	Prečna sila v smeri Hy	Obtežbena kombinacija	
[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]		
3437,3	18,0	133,5	9,0	9,9	potres v x smeri	
(ex)	(ey)	Sigma1	Sigma2	Sigma3	Sigma4	SigmaMax
0,04	0,00	246,19	274,21	273,68	245,66	274,21
Sila v jedru prereza ($I_{ey} \leq I_{ey,maxI}$)						
1765,0	589,8	1532,3	151,1	62,1	potres v y smeri	
(ex)	(ey)	Sigma1	Sigma2	Sigma3	Sigma4	SigmaMax
0,74	-0,18	0,00	282,88	373,90	24,33	373,90
Sila izven jedra prereza ($I_{ey} \geq I_{ey,maxI}$)						
1765,0	1940,1	447,7	45,4	204,7	3,0	
(ex)	(ey)	Sigma1	Sigma2	Sigma3	Sigma4	SigmaMax
0,22	-0,61	0,00	66,08	345,53	244,07	345,53
Sila izven jedra prereza ($I_{ey} \geq I_{ey,maxI}$)						
1276,2	352,4	56,4	34,0	28,5	4,0	
(ex)	(ey)	Sigma1	Sigma2	Sigma3	Sigma4	SigmaMax
0,06	-0,15	86,22	109,73	163,51	140,00	163,51
Sila v jedru prereza ($I_{ey} \leq I_{ey,maxI}$)						
1960,7	124,4	210,5	13,4	18,4	7,0	
(ex)	(ey)	Sigma1	Sigma2	Sigma3	Sigma4	SigmaMax
0,09	-0,03	137,81	181,70	197,47	153,59	197,47
Sila v jedru prereza ($I_{ey} \leq I_{ey,maxI}$)						

2275,1	955,5	422,9	76,3	32,2	8,0	
(ex)	(ey)	Sigma1	Sigma2	Sigma3	Sigma4	SigmaMax
0,19	-0,30	52,09	159,28	322,51	215,31	322,51
Sila v jedru prereza ($I_{ey} \leq I_{ey,maxI}$)						
1545,2	184,3	676,3	80,6	47,2	12,0	
(ex)	(ey)	Sigma1	Sigma2	Sigma3	Sigma4	SigmaMax
0,37	-0,04	56,14	211,57	227,22	71,79	227,22
Sila v jedru prereza ($I_{ey} \leq I_{ey,maxI}$)						

Izračuni

-Napetosti pod temeljem :

Sigma dejanska : 373,90 kN/m²

Sigma dopustna : 400,00 kN/m²

Dimenzioniranje čašastega temelja

- Temeljna plošča

+ Upogibna armatura

Oсна sila N	Upogibni moment okoli x osi Mx	Upogibni moment okoli x osi My	Prečna sila v smeri Hx	Prečna sila v smeri Hy	Obtežbena kombinacija
[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	
1765,0	1940,08	447,73	45,42	204,74	

A_s v smeri x = 22,90 cm²

A_s v smeri y = 23,76 cm²

+ Armatura zaradi preboja

Osna sila N	Upogibni moment okoli x osi M _x	Upogibni moment okoli y osi M _y	Prečna sila v smeri H _x	Prečna sila v smeri H _y	Obtežbena kombinacija
[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	
3437,3	17,96	133,45	9,03	9,92	

$$A_{sw} = 64,62 \text{ cm}^2$$

- Stene čaše**+ Horizontalna stremena zgoraj**

$$H_{0max} = 2074,75 \text{ kN}$$

$$A_{az} = 23,86 \text{ cm}^2$$

+ Horizontalna stremena spodaj

$$H_{u,max} = 1870,01 \text{ kN}$$

$$A_{as} = 21,51 \text{ cm}^2$$

+ Vertikalna armatura v vogalih sten čaše

$$Z_{v,max} = 2238,12 \text{ kN}$$

$$A_{av} = 25,74 \text{ cm}^2$$

VIRI

Berden, J. 2010. Mehanika tal s temeljenjem. <http://www.apros.info/kontakt.htm> (15. 2. 2010)

Harej, R. 2004. Analiza čašastega armiranobetonskega temelja. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za gradbeništvo, Konstrukcijska smer: 91 f.

Hettler, A. 2000. Gründung von Hochbauten. Dortmund, Berlin, Ernst & Sohn.

Kurian Nainan, P. 2005. Desing of foundation systems: principles and practices. India, Harrow, Alpha Science International.

Logar, J., Pulko, B. 2009. Priročnik za projektiranje gradbenih konstrukcij po evrokod standardih, Ljubljana, Inženirska zbornica Slovenije: Evrokod 7 – Geotehnično projektiranje.

Microsoft Visual Studio 2008 Documentation (23.04.2010)

Mozetič, I. 2003. Analiza armiranobetonskega temelja montažnega stebra. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za gradbeništvo, Konstrukcijska smer: 78 f.

Rogač, R., Saje, F., Lozej, M. 1989. Priročnik za dimenzioniranje armiranobetonskih konstrukcij po metodi mejnih stanj. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 361 str.

Saje, F., Lopatič, J. 2009. Priročnik za projektiranje gradbenih konstrukcij po evrokod standardih, Ljubljana, Inženirska zbornica Slovenije: Evrokod 2 – Projektiranje betonskih konstrukcij.

Sklena , J., Vujadinovič, N. 2006. Proračun temelja, Beograd, AGM knjiga.

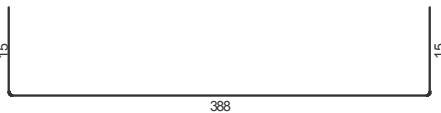
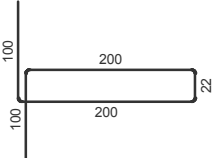
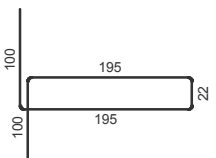
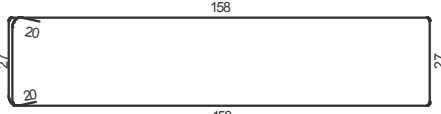
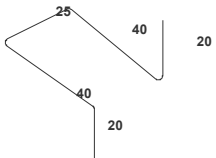
SLOVENSKI STANDARD SIST EN 1992-1-1, maj 2005, EVROKOD 2 – Projektiranje betonskih konstrukcij - 1.1.del: Splošna pravila in pravila za stavbe.

www.fgg.uni-lj.si/KMTal/ (15. 2. 2010)

<http://msdn.microsoft.com/> (14.05.2010)

PRILOGE

Izveček armaturnih načrtov

Izveček armature Diploma - primer armature za narebričeni čašasti temelj						
ozn	oblika in mere (cm)		Ø (mm)	lg (cm)	n (kos)	lgn (m)
Čašasti temelj - narebričena čaša (List št. 01) (1 kos.)						
1			12	418	86	359.48
2			14	622	24	149.28
3			14	612	20	122.40
4			18	437	44	192.28
5			10	145	70	101.50

Izveček armature Diploma - primer armature za narebričeni čašasti temelj			
Ø (mm)	lgn (m)	kg/m'	Teža (kg)
RA 400/500			
10	101.5	0.633	64.25
14	631.16	1.242	783.90
18	192.28	2.050	394.17
Skupaj			1242.32