

ANALIZA VERTIKALNIH NAPETOSTI IN POSEDKOV S PROGRAMSKIM PAKETOM B4, VERZIJA 3.0

POVZETEK: V času naglega razvoja računalnikov je smiselno pričakovati, da bodo nudili vedno močnejšo podporo inženirjem pri izračunu problemov, kakor tudi da bodo premagovali računске napore, ki so bili še včeraj praktično nerešljivi. Ker računalniški programi več kot uspešno nadomeščajo razne tabele in grafikone, njihova uporabnost vedno narašča, razvoj računalnikov pa hkrati omogoča tudi nadgradnjo 'klasičnih' enačb. Programski paket B4 je bil sprva namenjen kot orodje, v katerega sta bili vgrajeni izvorni nadgrajeni Boussinesqovi enačbi za račun napetosti in skrčkov poljubne točke polprostora, obremenjenega z gibko bremensko ploskvijo tlorisno pravokotne oblike. Dodatna prednost teh enačb je bila v dejstvu, da obtežba ni bila omejena samo na enakomerno vrednost, temveč je bila lahko opisana s poljubno ravnino.

Program je hitro prerastel prvotno načrtane okvirje, saj je nadgradnja programa dodatno vpeljala analogen račun napetosti in skrčkov z Westergaardovimi enačbami, ki so manj znane kot Boussinesqove, vendar nudijo uporabniku osnovo za ovrednotenje rezultatov.

Naslednji korak je bila vpeljava izračuna napetosti in skrčkov poljubne točke polprostora, obremenjenega z enakomerno gibko bremensko ploskvijo tlorisne oblike poljubnega četverkotnika. Integracija po površini poljubnega četverkotnika je bila s pomočjo transformacije lika iz globalnih koordinat prevedena v integracijo po dvoenotnem kvadratu v lokalnih koordinatah. Integracija po prvi spremenljivki je bila izvedena simbolično, integracija po drugi spremenljivki pa se izvaja numerično.

Program dalje omogoča izračun konsolidacije, kot tudi izračun deformacij terena, izboljšanega s peščenimi ali apnenimi piloti. Namenjen je uporabi v Windows okolju in nudi uporabniku množico informacij, ki jih s klasičnim postopkom reševanja ni mogoče dobiti tako enostavno v realnem času.

ANALYSIS OF VERTICAL STRESSES AND SETTLEMENTS WITH A COMPUTER PACKAGE B4, VERSION 3.0

SUMMARY: The rapid and extensive development of computers brings along the expectations from engineers for even stronger support at the computational analysis of structures. Furthermore, the progress allows also the extensive development and upgradation of some classical approaches. As the computer programs have been replacing graphs and tables their popularity and credibility grow. The computer package B4 was in the first phase introduced as a tool in which two original direct equations for the computation of stresses and settlements of an arbitrary point of the half-space, loaded with a nonuniform load over the rectangle were implemented. These equations were based on the Boussinesq's theory.

Package has very soon expanded over the originally settled margins when the second release introduced an alike computational approach based on similar Westergaard's equations. Those equations, less known than Boussinesq's, yield the designer a common basis for the comparison of the results obtained with these two theories.

The next step introduced the computation of stresses and settlements of an arbitrary point of the half-space, loaded with a uniform load over an arbitrarily shaped quadrilateral. The integration over the area of arbitrarily shaped quadrilateral in the global coordinates has been transformed into the integration over the bi-unit square in local coordinates. The first integration has been computed symbolically whereas the second integration still has to be evaluated numerically. Package further allows the computation of consolidation or settlements of the soil, improved with sand piles.

The package has been designed for the Windows platforms and offers an amount of information practically inaccessible in a real time using classical approaches. As the program supports four different languages, namely Slovene, Croat, English and Italian, it has been used also outside our country.

UVOD

Problem določitve vertikalnih napetosti in skrčkov je eden izmed najpogostejših in najbolj karakterističnih problemov v mehaniki tal. Rešitvi za račun napetosti in deformacij v točki elastičnega, izotropnega homogenega polprostora zaradi koncentrirane sile je prvi podal Boussinesq (1885). Integracijo napetosti pod vogalom pravokotnega temelja je prvi objavil Steinbrenner, ki je izvedel integracijo za vogala dveh pravokotnih trikotnikov in nato rezultata seštel. Njegovi diagrami so še danes v rabi. Omejitev vseh rešitev je v tem, da so podane samo za enakomerno obtežbo in je za izračun nekonstantne obtežbe potrebno uporabiti superpozicijo.

Vitone in Valsangkar (1986) sta predstavila enačbe za nekatere vrste neenakomernih obtežb, porazdeljenih preko pravokotnega temelja. Bowles (1988, 1996) uporablja za bolj splošne primere numerično aproksimacijo z deljenjem površine temelja na majhne pravokotnike, obremenjene z enakomerno obtežbo. Natančnost metode narašča s povečevanjem števila pravokotnikov, uporabljenih v diskretizaciji.

Pri vseh teh rešitvah velja omejitev, da mora biti računsko točko pod vogalom pravokotnega temelja. Za izračun poljubne točke (bodisi znotraj, bodisi zunaj temelja) je potrebno uporabiti pravilo superpozicije površin.

Izpeljava enačb za račun vertikalnih napetosti in deformacij v poljubni točki polprostora, obremenjenega s tlorsno pravokotno obtežbo, ki pa ni nujno enakomerna (Skrinar, Battelino; 1995), je omogočila enostavnejši izračun kompleksnejših primerov brez uporabe superpozicije.

Ti dve enačbi predstavljata vodilo nastanka raznih programov, ki so se zaokrožili v programu B4. Kratak opis možnosti zaključene verzije 2.4 je podan v literaturi (Skrinar, Battelino; 1996).

Verzija 3.0 programa pomeni bistven korak naprej, ne samo v računu napetosti in deformacij, temveč tudi v filozofiji programa. Smiselno ga je sedaj mogoče razdeliti na pet delov:

- module za pripravo podatkov
- analizo vertikalnih napetosti in deformacij
- analizo dopustnih napetosti
- račun konsolidacije
- račun deformacij tal, izboljšanih z apnenimi ali peščenimi piloti.

MODULI ZA PRIPRAVO PODATKOV

Na voljo so štiri moduli za pripravo podatkov in sicer:

- Določitev števila slojev z geofoni
- Določitev kota notranjega trenja in kohezije s pomočjo edometra
- Določitev kota notranjega trenja in kohezije s pomočjo strižne preiskave
- Določitev prostorninske teže materiala

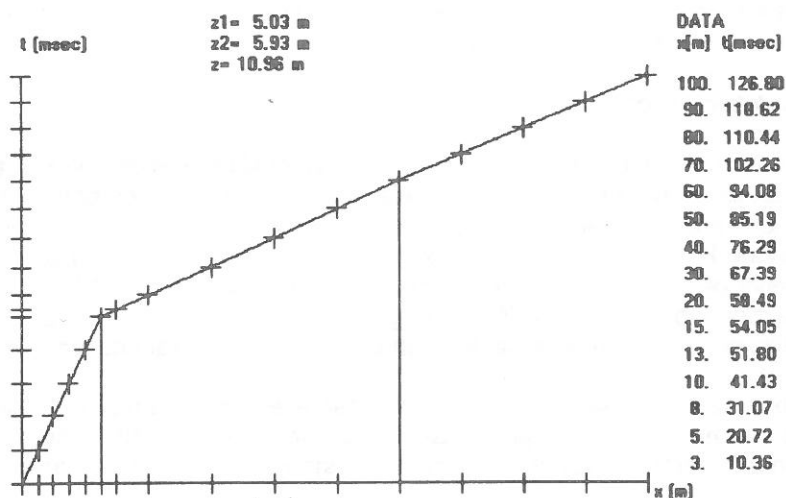
Določitev števila slojev z geofoni

Debelino enega ali dveh slojev je mogoče izračunati s pomočjo geoseizmičnih preiskav. Te potekajo tako, da na znanih razdaljah namestimo geofone in nato izmerimo čas, ki poteče med sprožitvijo zvočnega signala in njegovo zaznavo na geofonih. Za izračun slojev sta potrebni dve vrsti podatkov - razdalje geofonov od centra sprožitve zvočnega signala in izmerjeni časi. Ker gre za relativno kratke čase, so časi podani v milisekundah (msec).

Ko so podatki podani, program omogoča določitev enega ali dveh slojev. Reševanje problema se izvede s prilagajanjem dveh ali treh odsekovnih premic danim podatkom. Če podani podatki omogočajo zajetje podatkov s tremi premicami, lahko določimo dva sloja; če pa se dajo podatki zajeti s samo dvema premicama, lahko izračunamo podatke za samo en sloj. Program predpostavi tri premice in s pomočjo korelacije podatkov na posameznih odsekih izriše najoptimalnejšo varianto glede na vgrajene algoritme, ter izpiše izračunani globini. Posamezne premice so ločene z vertikalno

linijo, ki predstavlja mejo med posameznimi hitrostmi. Variacija rezultatov je mogoča s pomočjo premikanja mej.

Izračunani debelini slojev (ali ena sama) se izpišeta na vrhu risbe. Če so meje definirane tako, da se zahteva izračun dveh slojev, na ekranu pa so izpisani podatki samo za en sloj (prvi ali drugi), to pomeni, da pri izbrani kombinaciji ni izpolnjeno pravilo $v_3 > v_2 > v_1$, kjer v predstavlja hitrost.



Slika 1. Rezultati izračuna debelin dveh slojev

Določitev kota notranjega trenja in kohezije s pomočjo edometra oz. triaksialne preiskave

Podatki se vpisujejo v posebno okno v parih (σ_1, σ_3 oziroma σ, τ). Podprogram analizira podatke ter izriše sliko in izpiše kot notranjega trenja in kohezijo. Vhodne podatke je mogoče enostavno popravljati in dopolnjevati, in tako dobiti več rezultatov, ki se ne shranjujejo avtomatično na disk. Na sam izračun uporabnik nima vpliva.

Določitev prostorninske teže materiala

Modul omogoča enostaven izračun prostorninske teže zemljine za različne kombinacije količnika por ali deleža por, v odvisnosti od stopnje zasičenosti zemljine. Izračun je prav tako mogoče izvesti za zemljino, ki se nahaja pod nivojem podtalnice.

ANALIZA VERTIKALNIH NAPETOSTI IN DEFORMACIJ

Podatke je mogoče programu podajati neposredno ali pa preko vhodne datoteke. Tudi pri direktnem podajanju podatkov se podatki shranijo v vhodni datoteki, katere ime je potrebno vedno podati. Razlogi za tako odločitev so čisto praktične narave, saj je tako naknadno mogoče podatke še dodatno popravljati (še posebej, če je pri interaktivnem podajanju podatkov prišlo do napake). Vsekakor je opcija pisanja podatkov direktno v vhodno datoteko primernejša varianta za izkusnejše uporabnike, podajanje podatkov interaktivno pa je primerno za prve korake pri spoznavanju programa, še posebej, če upoštevamo dejstvo, da pri takem načinu lahko podamo samo osnovne podatke za najnujnejšo analizo. Pri pisanju podatkov v vhodno datoteko lahko podatke opremimo tudi s komentarji, ki jih pri neposrednem podajanju podatkov moramo izpustiti. Vsebinsko vhodne datoteke lahko pregledujemo in spreminjamo med delom s programom z uporabo programa *Notepad*.

Program vedno tvori tudi izhodno tekstovno datoteko. Ime izhodne datoteke je enako imenu vhodne datoteke, spremeni se samo ekstenzija. V to datoteko se najprej prepisujejo osnovni vhodni podatki, nato pa še vsi izračunani rezultati. Vanjo se ne shranjujejo risbe, ker jih je mogoče shraniti v samostojne datoteke. Dobljene rezultate je tako mogoče enostavno včitati v urejevalnike besedil in tam dokončno urediti.

Uporaba izhodne datoteke je koristna tudi v primeru, ko je bila pri podajanju podatkov storjena napaka. S pregledom izhodne datoteke je mogoče na osnovi vanjo že prepisanih vhodnih podatkov dobiti predstavo o tem, kje se skriva napaka. Tudi vsebino izhodne datoteke lahko pregledujemo med delom.

Podatki, potrebni za izračun vertikalnih napetosti in skrčkov

Problem definirata dve vrsti podatkov: podatki o temeljih in podatki o zemljini. Podatki o temeljih se dalje delijo na podatke o:

Podatki o številu temeljev, njihovi lokaciji in globini

Verzija 3.0 programa omogoča izračun tako tlorisno pravokotnih bremenskih ploskev, kakor tudi poljubnih četverokotnikov (in trikotnikov, ki jih program obravnava kot degenerirane četverokotnike). Tlorisni pravokotniki in poljubni četverokotniki se razlikujejo tako po obtežbi, kakor tudi po načinu računanja. Pri bremenskih ploskvah, ki so tlorisno pravokotniki, je vrednost obtežbe lahko različna v vsakem vogalu, pri poljubnih četverokotnikih pa je obtežba lahko samo enakomerna. Pri izračunu pravokotnikov se uporabljajo enačbe, dobljene s simboličnim integriranjem, medtem ko se pri izračunu poljubnih četverokotnikov uporablja numerična integracija, kar zahteva bistveno več računskega časa.

Izhodišče koordinatnega sistema je lahko poljubno izbrano, stranice temeljev pa so lahko postavljene poljubno napram koordinatnima osema. Pri podajanju podatkov o pravokotnih temeljih ločimo dva različna slučaja: stranice paralelne z osema koordinatnega sistema in stranice temelja nevzoredne s koordinatnima osema.

V prvem primeru je lokacija posameznega temelja v izbranem koordinatnem sistemu enolično definirana s samo štirimi podatki. V programu privzeta notacija potrebuje v takem primeru koordinate dveh diagonalnih točk. Za temelj tako podamo bodisi koordinati spodnje leve in zgornje desne ali zgornje leve in spodnje desne. Pri direktnem podajanju podatkov program vedno privzame da so vsi temelji vzporedni z koordinatnima osema.

Če stranice temelja niso vzporedne koordinatnima osema, je potrebno podati osem podatkov, ki podajajo koordinate vogalnih točk. Vrsten red pravzaprav ni pomemben, interno številčenje vogalnih točk poteka v sourni smeri, z začetkom v levem spodnjem vogalu. Pri podajanju koordinatnima osema nevzorednih temeljev je potrebna posebna previdnost, saj morajo podane koordinate resnično opisovati pravokotnik in ne morda romba. Program pri temeljih, podanih s štirimi vozlišči, izračuna dolžini obeh diagonal in ju primerja. Če sta med seboj različni, program lik okarakterizira kot romb in vso analizo izvaja numerično. Ker lahko imamo temelje (ne glede na njihovo obliko) v različnih globinah, je potrebno podati tudi globino temelja pred podatki o obtežbi.

Definiranje obtežb v vogalih temeljev

Kadar so vrednosti obtežbe po vogalnih točkah različne, moramo paziti na predpisan vrsten red. Kot prvo vrednost obtežbe upošteva program vrednost v prvem podanem vogalu, ostale pa mu sledijo v sourni smeri. Kadar želimo, da površina neenakomerne obtežbe opisuje ravnino, mora veljati naslednji pogoj: $q_1 + q_3 = q_2 + q_4$, kjer so q_1 , q_2 , q_3 in q_4 vrednosti obtežb v prvem, drugem, tretjem in četrtem vogalu. Pri enakomerni obtežbi temelja je podajanje še dodatno poenostavljeno, saj pri delu z datoteko lahko podamo samo (enotno) vrednost obtežbe kot vrednost v prvem vogalu, ostale vrednosti pa enostavno izpustimo. Enotno vrednost obtežbe zapišemo tudi v primeru, ko je bremenska ploskev poljuben četverokotnik, saj program za tak primer obravnava samo enakomerno zvezno obtežbo.

Podatki o zemljini

Delijo se na:

- število točk, kjer želimo računati napetosti in/ali posedke,
- podatke o zemljini pod posameznimi točkami (število slojev, elastični modul in Poissonov količnik za posamezne sloje).

Pozicijo posamezne točke definirata njeni koordinati.

Za vsak posamezni sloj podamo začetno globino (ki je enaka končni globini predhodnega sloja, razen za prvi sloj) ter pripadajoča elastični modul in Poissonov koeficient; podatke zaključuje končna globina. V primeru, da je geološki profil v več točkah enak, bi bilo zamudno (še posebej pri direktnem vnašanju podatkov) iste podatke ponovno vpisovati. Zato identičnega profila ni potrebno ponovno vpisovati, temveč se poda samo številka referenčne točke, kjer je bil geološki profil prvič opisan. Opcijo lahko uporabimo tako pri direktnem podajanju, kakor tudi pri zapisu podatkov v vhodno datoteko.

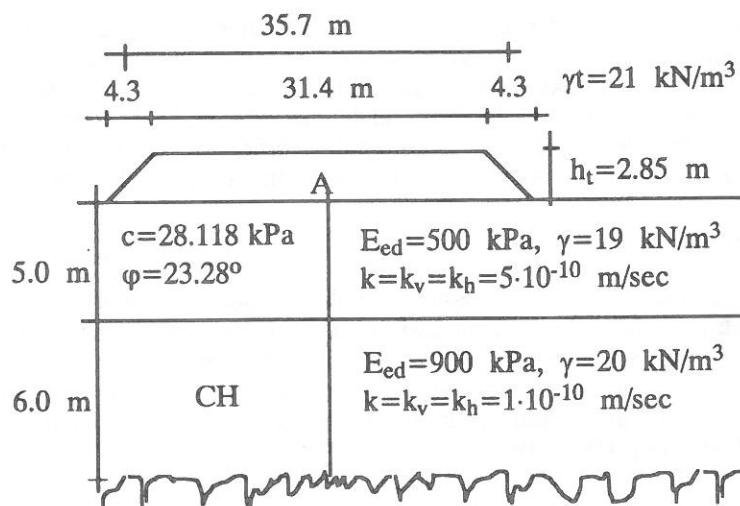
Analiza

Ob analizi posamezne točke so najpomembnejši rezultati prikazani na ekranu grafično in tekstovno. Levo zgoraj se nahaja slika, ki je razdeljena na dva dela. Levi del prikazuje stratigrafijo profila v računski točki - posamezne sloje in pripadajoče posejke. Na desni strani iste slike je vidna razporeditev vertikalnih napetosti po globini. Podani sta vrednosti napetosti pri najmanjši in največji globini. Podatki o napetostih po posameznih globinah posameznih slojev se shranijo v izhodno datoteko, hkrati pa je na trdi disk mogoče shraniti tudi sliko, ki jo lahko uporabimo pri izdelavi končnega poročila. Na gornji desni strani ekrana se nahajajo številčni podatki o skrčkih posameznih slojev, na koncu pa je podana njihova vsota. Tudi ti podatki so zapisani v izhodno datoteko.

Na spodnjem delu ekrana se nahaja tloris vseh temeljev, označenih s pokončnimi številkami. Računske točke so označene s krogom in s poševnimi številkami, in se pojavljajo sproti ob izračunu. Enačbe za račun deformacij so bile dodatno izpopolnjene tako, da upoštevajo Poissonov koeficient posameznega sloja, kar že objavljene formule ne vsebujejo. Kot paralela Boussinesqovim enačbam so bile izpeljane tudi analogne Westergaardove enačbe, ki podajajo drugačno razdelitev napetosti in skrčkov kakor Boussinesqove.

Zgled 1

Za neskončno dolgo trakasto obremenitev na sliki je potrebno izračunati končni posedek točke, ter časovni razvoj posejke za nedrenirani in drenirani primer.



Zgled

3

-20, -1000, -15.7, 1000,0, 0,0,59.85,59.85

-15.7, -1000, 15.7, 1000,0, 59.85

15.7, -1000, 20, 1000,0, 59.85,59.85,0,0

dva sloja

1

0, 0, 2, 0, g 19,c 28.118, f 23.28 ,kv 5e-10,kh 5e-10, 500, 0., 5.0,kv 1e-10, kh 1e-10,900,0.,11

Slika 2: Vhodna datoteka primera s slike

Uporabljena je možnost programa B4, da upošteva nagnjenost gornje ploskve bremena in nasip je tako natančno opisan s tremi obtežbami (prva in tretja sta trapezni, druga pa enakomerna). Dolžina nasipa je definirana kot 2000 m. V inženirski praksi bi napetosti brez uporabe programa izračunali s pomočjo formule za trakaste obtežbe z nadomestno širino 35.7 m. Končni posedek, izračun kot integral napetosti s pomočjo Simpsonove formule, deljen z edometerskim modulom, bi tako znašal: 0.98301 m. Rezultat, dobljen s programom B4, znaša 0.98269 m, kar je s stališča inženirske natančnosti enak rezultat.

Izračun skrčkov zaradi spusta podtalnice

Program omogoča tudi enostaven izračun skrčkov slojev zaradi nenadnega spusta podtalnice, ki je neodvisen od zunanje obtežbe. Zaradi izgube vzgona se poveča specifična teža sloja, ki leži med prvotnim in končnim nivojem, kar povzroči spremembo vertikalnih napetosti v slojih pod prvotnim nivojem vode. Potrebna podatka sta prvotni in končni nivo vode.

ANALIZA DOPUSTNIH NAPETOSTI

Menu q_{ult} omogoča izračun dopustne nosilnosti tal po enačbah, ki so jih podali Terzaghi, Meyerhof in Hansen (Cernica; 1995), ter Vesić (Bowles; 1996). Dopustna nosilnost tal je odvisna od oblike temelja, globine temelja ter zemljine pod temeljem (specifične teže zemljine γ , ter parametrov strižne odpornosti tal - kohezije c in kota notranjega trenja φ).

Program najprej preveri, v katerem sloju se temelj nahaja in nato, ali so za to točko in sloj podani podatki o zemljini. Če niso, program zahteva podatke o γ , c in φ . Podatke za γ , c in φ je mogoče vpisati tudi direktno v vhodno datoteko. Tak zapis ima tudi to prednost, da se pri uporabi referenčnih točk tudi ti podatki prenašajo skupaj z drugimi. Zapis se izvede tako, da se pred podatkom o elastičnem modulu sloja zapišejo podatki, ki sledijo prvi črki podatka, ki ga opisujejo (glej sliko 2).

Vrstni red podajanja podatkov o specifični teži, koheziji in kotu notranjega trenja v datoteko ni pomemben, vendar pa morajo biti ti podatki podani pred podatkom o elastičnem modulu sloja.

Šele ko so znani vsi podatki, program izvede izračun. Dobljenih je pet dopustnih nosilnosti po štirih avtorjih - Terzaghi namreč podaja dve rešitvi. Prva velja za kvadratne temelje in druga za neskončno dolge temelje. Ker oba primera redkeje nastopata v praksi, lahko smatramo, da se iskana rešitev za pravokotne temelje nahaja nekje med obema rešitvama. Če je katera izmed rešitev manjša od povprečne obremenitve temelja (povprečna obremenitev temelja se izračuna kot povprečje vogalnih obtežb), dobi polje, v katerem je izpisana problematična vrednost, opozorilno rdečo podlago.

IZRAČUN KONSOLIDACIJE

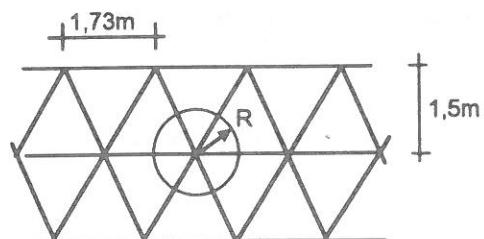
Pri izračunu konsolidacije je potrebno za posamezne sloje podati koeficiente propustnosti. Podatki se podajajo v vhodni datoteki skupaj z ostalimi podatki o sloju. Ker so podatki o propustnosti potrebni samo pri izračunu konsolidacije, spadajo med neobvezne podatke, in nimajo natančno predpisanega mesta. Zahteva se edino, da so zapisani pred edometerskim modulom pripadajočega sloja. Za izvedbo računa so potrebni še podatki o stratigrafiji terena, lokaciji računске točke, razporeditvi drenaž, razdalja med njimi in polmer drenaže.

Razporeditev drenaž je lahko v trikotnikih ali kvadratih; v odvisnosti od željene razporeditve v ustrezno okno podamo osno razdaljo med drenažami. V primeru, ko ni izbrana nobena možnost, program izpiše opozorilo. V primeru, ko sta obe okni polni, program upošteva trikotno (uspešnejšo) razporeditev drenaž.

Program izpiše naslenje podatke: računsko višino nadomestnega fiktivnega sloja, povprečni edometerski modul fiktivnega sloja, že prej omenjeni končni čas konsolidacije za nedrenirani primer ter čas potreben za konsolidacijo s pomočjo vertikalnih drenaž. Ti in še nekateri ostali pomembni podatki se izpišejo tudi v izhodno datoteko. Program dalje izriše časovni potek konsolidacije za nedrenirani in drenirani primer, podatki, izrisani v krivulji, pa se shranijo v izhodno datoteko v obliki tabele.

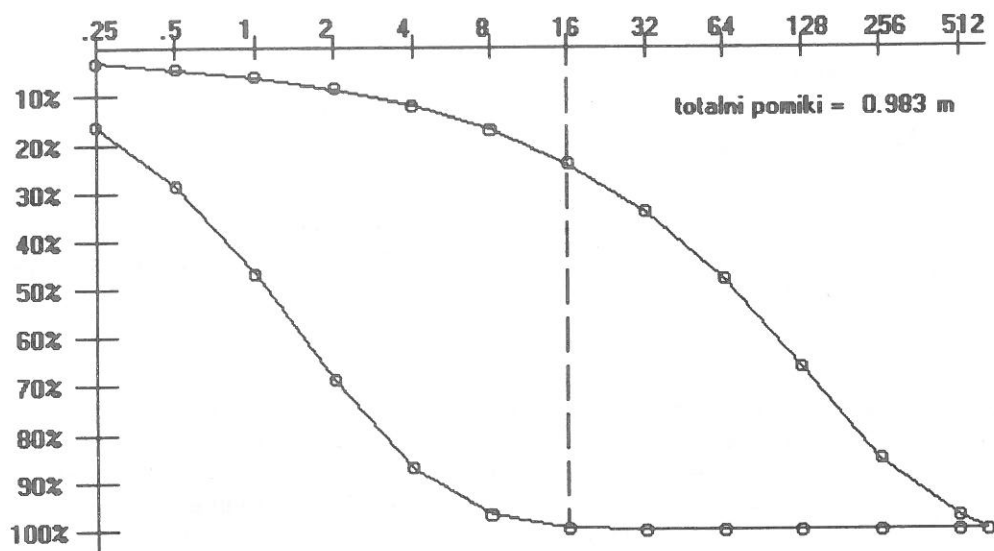
Zgled 2

Ker znaša čas konsolidacije nasipa iz zgleda 1 brez vertikalnih drenaž 644.4 let, se izvedejo vertikalne drenaže po naslednji shemi (polmer drenaže $r=4$ cm):



Slika 3: Prikaz razporeditve vertikalnih drenaž

Če za izbrano razporeditev vertikalnih drenaž izračunamo potek konsolidacije, vidimo, da je konsolidacija praktično končana po 16. letih (15.878 letih). Tabelarični zapis poteka konsolidacije se zapiše v izhodno datoteko, grafični prikaz obeh konsolidacijskih krivulj (brez in z vertikalnimi drenažami) pa se izriše na ekran.



Slika 4: Na ordinatni osi so podani % namesto dejanskih posedkov. Ker je končni posedek izpisan na sliki, je tako podajanje rezultatov primernejše.

RAČUN POSEDKOV TAL IZBOLJŠANIH S POMOČJO APNENIH ALI PEŠČENIH PILOTOV

Kadar so posedko temeljev nesprejemljivo veliki, je mogoče izvesti izboljšavo nosilnosti terena s pomočjo pilotov. Izbiramo lahko med apnenimi in gramoznimi piloti.

Gradnja peščenih (gramoznih) pilotov je ena izmed možnosti stabilizacije temeljnih tal. Uporabljajo se za izboljšanje tako koherentnih zemljin, kakor tudi meljastih peskov. Piloti dajejo vertikalno podporo za zgornje konstrukcije in nasipe. Pri izboljšanju večjega področja se piloti razporejajo tlorisno kvadratno ali trikotno. Razdalja med središči peščenih pilotov je med 1.5 in 3.5 m, lahko pa jih uporabljamo v skupinah ali linijah za povečevanje trdnosti, segati pa morajo do nosilne plasti.

Apneni piloti se izvajajo premera 0.5 - 0.6 m in globine do 15 m, seveda v odvisnosti od mehanizacije. Program pri uporabi apnenih pilotov vedno upošteva, da piloti segajo do nosilnih plasti, torej do poslednje globine računске točke, ki podaja stratigrafijo.

Ob kliku na ikono se v posebna okna zapišejo ustrezne vrednosti in izbere vrsta materiala za izboljšavo terena (apneni ali gramozni piloti). Ostali podatki so podatki, ki pripadajo pilotu. Podati je potrebno edometerski modul, kohezijo, razdaljo med piloti, premer posameznega pilota in njegovo globino ter faktor varnosti. Podatka o koheziji pri računu z gramoznimi piloti ni potrebno podati.

Zgled 3:

Za primer iz zgleda 1 je potrebno izračunati posedek v točki s kordinatama (0,0), ter izbrati takšno razporeditev pilotov, da bo posedek približno 0.2 m.

Podatki o pilotih: izberemo pilote iz gramoza.

$E_{ed,p} = 20000 \text{ kPa}$

Točka (0,0)

Skrček brez izboljšave: 0.983 m

Kontrola pilotov: $L=11 \text{ m}$, razmak med piloti 1.5 m, premer pilota 0.6 m:

Na ekranu dobimo rezultat skrčka z izboljšavo : 0.206 m

V datoteki odčitamo več podatkov:

Izboljšava terena s piloti

Skrček brez izboljšave : 0.983 m

$E_{ed,p} = 20000 \text{ MPA}$ $C_{,p} = 123.$ $f = 0.80$

$d = 1.500 \text{ m}$ $f_i = 0.600 \text{ m}$ $L = 11.000 \text{ m}$

$A = 0.2827 \text{ m}^2$

Piloti iz gramoza

sloj 1 0.0000 m - 5.0000 m $E = 2950. \text{ MPa}$ $n_i = 0.00$

sloj 2 5.0000 m - 11.0000 m $E = 3300. \text{ MPa}$ $n_i = 0.00$

Skrček z izboljšavo : 0.206 m

Če piloti ne segajo točno do meje med posameznima slojema, temveč se končajo sredi sloja, program v računu izboljšave tvori pomožno stratigrafijo, kjer sloj, kjer se pilot dejansko konča, razdeli na dva sloja: višje ležečemu sloju pripadajo izboljšane karakteristike (elastični modul); preostanek sloja pa ohrani karakteristike prvotnega sloja.

ZAKLJUČKI

Prispevek prikazuje možnosti programa B4, ki nudi uporabniku široko paleto možnosti. Namen prispevka seveda ni detajlna predstavitev vseh opcij, temveč samo informacija uporabnikom o obstoju programa, ki ga morda pogrešajo pri svojem delu. Enostavnost programa je eden izmed njegovih najmočnejših adutov. Ker lahko uporabnik izbira med štirimi jezikovnimi variantami (slovenska, hrvaška, angleška in italijanska), je program v uporabi tudi na univerzah in delovnih organizacijah v tujini.

LITERATURA

- (1) Bowles, J.E. (1988). Foundation analysis and design, McGraw-Hill Book Company
- (2) Bowles, J.E. (1996). Foundation analysis and design, 1175 strani, McGraw-Hill Book Company
- (3) Cernica, J.N. (1995). Foundation design, 486 strani, John Wiley & Sons, Inc.,
- (4) Šuklje, L., (1984). Mehanika tal, 359 strani, Univerza Edvarda Kardelja v Ljubljani, Ljubljana
- (5) Vitone, D.M.A., Valsangkar, A.J. (1986). Stresses from loads over Rectangular Areas, Journal of Geotechnical Engineering, Vol. 112, No. 10, October,
- (6) Skrinar, M., Battelino, D., (1995). Zum Spannungsberechnung unter Rechteckfundamenten nach Boussinesq, Geotechnik 1, 24-28
- (7) Skrinar, M., Battelino, D., (1996). Uporaba programa B4 za račun napetosti in deformacij tal, zbornik seminarja Računalnik v gradbenem inženirstvu 1996, 165 - 172
- (8) Skrinar, M. (1996). Problem posplošitve Boussinesqovih enačb za račun vertikalnih napetosti in skrčkov za poljubni četverkotnik, Kuhljevi dnevi 96
- (9) Skrinar, M. (1996). Program B4 za račun napetosti in deformacij tal, priročnik za uporabo