

Matjaž SKRINAR

Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo Maribor, Katedra za gradbeno mehaniko

PROGRAMSKI PAKET B4 - NOVOSTI IN IZBOLJŠAVE

POVZETEK: Programskega paketa B4 je kot orodje za hiter in enostaven račun napetosti ter skrčkov poljubne točke polprostora, obremenjenega z gibkimi bremenskimi ploskvami tlorisno različnih oblik, že bil predstavljen strokovni javnosti. Prispevek tako prikazuje samo izboljšave in opcije, ki nudijo uporabniku dodatne možnosti, tako pri izbri vrste analize, kot tudi pri predstavitvi dobljenih rezultatov. Tako so v prispevku predstavljeni uporabniku priazen predprocesor za enostaven vnos vhodnih podatkov, modul za tvorbo poročila analize s pomočjo urejevalnika besedil WinWord, modul za račun dopustne obremenitve temeljnih tal, grafične možnosti predstavitev dobljenih rezultatov, prostorska interpolacija geoloških profilov in računanje posedkov po teoriji elastičnosti z upoštevanjem togosti nosilne konstrukcije.

COMPUTER PACKAGE B4 - NEWS AND IMPROVEMENTS

SUMMARY: Computer package B4 as a tool for fast and simple determination of vertical stresses and settlements of an arbitrary point of the half-space loaded with a flexible loads of various shapes has already been presented to the public. The paper thus projects only improvements and options that offer the user more alternatives, not only in the analysis process but also at the presentation of the results obtained. The main new features are user friendly preprocessor for a uncomplicated data input, a module for a creation of the analysis report file using the word processor WinWord, a detailed module for the ultimate bearing capacity, graphical options for the presentation of the results obtained, spatial interpolation of stratographies, and computation of settlements according to the theory of elasticity with consideration of the sub-structure stiffness.

UVOD

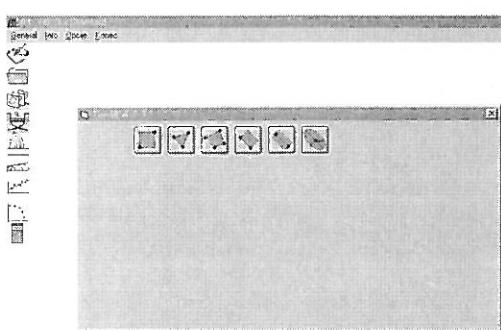
Programski paket B4 kot orodje, v katerega so bile vgrajene izvirne nadgradnje Boussinesqovih in Westergaardovih enačb za račun napetosti in skrčkov poljubne točke polprostora, obremenjenega z gibkimi bremenskimi ploskvami tlorisno različnih oblik, ni novost v slovenskem prostoru. Stara verzija programa, ki je lahko obravnavala obtežbo, ki ni bila omejena samo na enakomerno vrednost, temveč je bila lahko opisana s poljubno ravnino, je bila namreč predstavljena že na prejšnjem posvetovanju Slovenskega geotehničnega društva. Namenjena je bila uporabi v Windows okolju in je nudila uporabniku množico informacij, ki jih s klasičnim postopkom reševanja ni bilo tako enostavno mogoče dobiti v realnem času.

Starejše verzije programa so že omogočale izračun napetosti in skrčkov poljubne točke polprostora, obremenjenega z enakomerno gibko bremensko ploskvijo tlorisne oblike poljubnega četverokotnika. Integracija po površini poljubnega četverokotnika se je izvajala s kombinirano analitično numeričnim pristopom, kar je za dosego konvergenco rezultatov zahtevalo mnogo računskega npora. Najnovejša verzija odpravlja to pomanjkljivost, saj uporablja analitične izraze za izračun napetosti in posedkov zaradi bremenskih ploskev tlorisno trikotne oblike, obremenjenih z linearno obtežbo, kar zagotavlja večjo natančnost in hitrost rešitev.

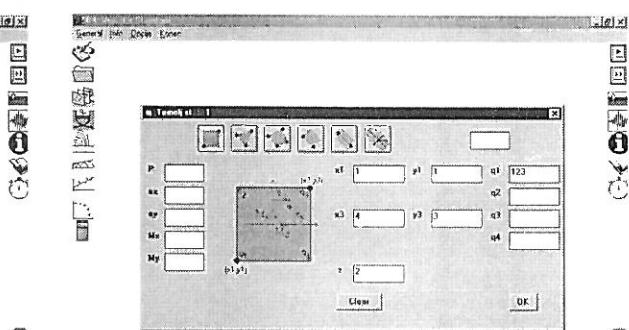
To je le ena izmed manjših izboljšav in novosti, ki jih vsebuje najnovejša verzija programa B4 - vse ostale najpomembnejše so opisane v ostalih poglavjih prispevka.

UPORABNIKU PRIJAZEN VNOS VHODNIH PODATKOV - PREPROCESOR

Vhodne podatke program dejansko čita iz vhodne datoteke, ki ima končnico *dat*. Podatke je v to datoteko mogoče zapisovati kar neposredno z uporabo poljubnega urejevalnika besedil, sam program pa omogoča neposredno podajanje vhodnih podatkov s pomočjo programa *Notepad*, ki je sestavni del okolja *Windows*. Vendar je tak način podajanja zaradi zahteve po detajlnem poznavanju vrstnega reda podatkov primeren samo za izkušene uporabnike ali za manjše korekcije vhodnih podatkov. Starejše verzije programa so zato omogočale tudi neposredno podajanje vhodnih podatkov v obliki podajanja odgovorov na vprašanja. Tak način podajanja podatkov je sedaj v celoti nadomestil predprocesor, ki ne omogoča samo tvorbe popolnoma novih vhodnih datotek, ampak tudi kreiranje novih datotek s pomočjo modifikacije starih datotek s sličnimi podatki. Neposrednemu podajanju numeričnih podatkov se sicer tudi s predprocesorjem ni mogoče izogniti, vendar je podajanje podatkov postal uporabniku prijaznejše, saj menuji s pomočjo vizualne predstavitve vhodnih podatkov omogočajo hitrejši in preglednejši vnos podatkov (sliki 1a in 1b).



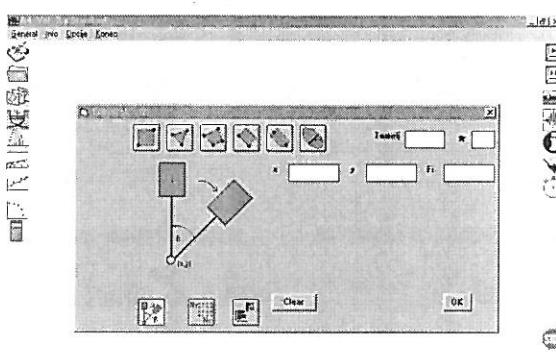
Slika 1a. Splošni menu izbire obtežbe



Slika 1b. Detajlni menu izbrane obtežbe

Pri podajanju bremenskih ploskev uporabnik tako v splošnem menuju (slika 1a) najprej izbere tlorisno obliko obtežbe, kar aktivira detajlneši menu (slika 1b) za izbrano obliko bremenske ploskve, kjer so grafično prikazani zahtevani podatki o obliku (lokaciji in dimenzijsah), obtežbi (vogalne vrednosti) in poziciji (globini) izbrane bremenske ploskve.

Po zaključenem podajanju prve bremenske ploskve so uporabniku na razpoglago še tri dodatne opcije za generiranje skupine novih obtežb s pomočjo že definiranih (slika 2). Tako je mogoče rotirati že obstoječo ploskvo okoli podane točke (kar je še posebej ugodno pri opisovanju polkrožnih trakastih temeljev), že opisani posamezni temelj je prav tako mogoče preslikati v mrežo (oz. samo vrstico ali stolpec) temeljev (kar je ugodno pri opisovanju skupine ploskev z enako obliko in obtežbo), prav tako pa je mogoče skupino že opisanih temeljev preslikati (brez rotacije) na novo lokacijo.



Slika 2. Dodatne opcije za opis bremenskih ploskev (prikazan je obrazec za rotacijo že obstoječe ploskve okoli podane točke)

TVORBA POROČILA ANALIZE Z UPORABO MODULA MED PROGRAMOMA B4 IN WinWord

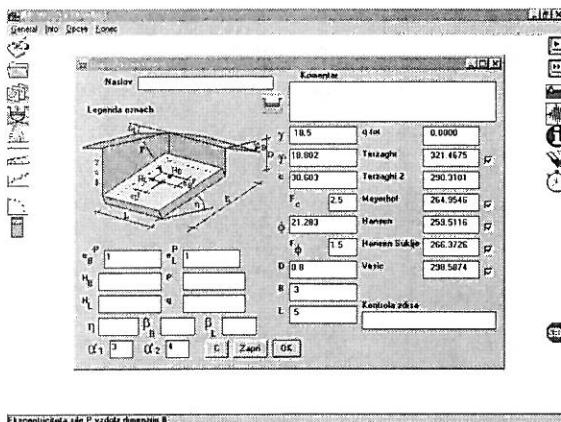
Program avtomatično zapisuje numerične rezultate analiz v izhodno datoteko s končnico */is*, katere ime je enako imenu vhodne datoteke. Zaradi obsežnosti slik jih program ne shranjuje avtomatično, ampak lahko uporabnik vsako sliko shrani posebej (z dvojnim klikom z miško na sliki - slika se shrani na delovnem direktoriju programa, na ekranu pa se izpiše ime slike). Rezultate v izhodni datoteki je mogoče pregledovati že, ko je program B4 še aktiven, saj lahko uporabnik aktivira program *Notepad*, s katerim je mogoče pregledovati rezultate.

Pomembna novost pa je opcija, ki omogoča shranjevanje rezultatov s pomočjo urejevalnika besedil *WinWord*¹ (verzije 6, 7 in 8 oz. 97). Program B4 samostojno aktivira program WinWord (verziji 6 in 97, pri verziji 7 program mora biti aktiviran predhodno), ga krmili ter v urejeni obliki zapisuje vhodne podate in izhodne rezultate. Prednost tega pristopa je velika hitrost kreiranja poročila analize pri delu s programom, saj program po želji uporabnika dodatno kreira prvo stran poročila (zapiše uporabnikov naslov, naslov poročila, kraj in datum), ostale strani pa opremi z uporabnikovim znakom v 'glavi' dokumenta ter strani oštrevilci. Tak zapis rezultatov omogoča ne samo bistveno hitrejšo tvorbo poročil, ampak tudi mnogo preglednejšo in reprezentativnejšo obliko poročila, saj so v poročilu zapisane tudi najvažnejše enačbe, kar omogoča končnemu uporabniku poročila lažjo kontrolo postopka preračuna.

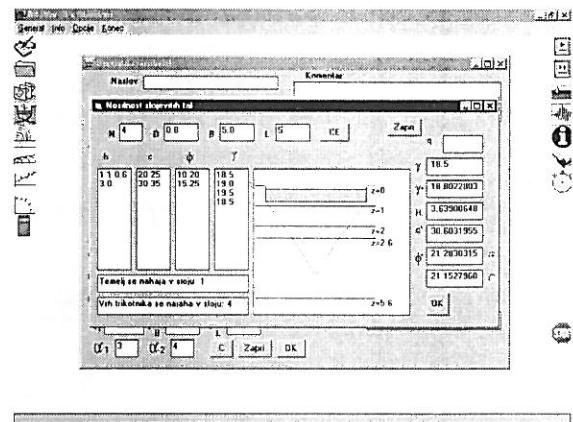
¹ Copyright Microsoft Corporation

IZRAČUN DOPUSTNE OBREMENITVE TEMELJNIH TAL

Menu *qult* omogoča kontrolo dopustne obremenitve tal za pravokotni temelj z upoštevanjem enačb, ki so jih podali Terzaghi, Meyerhof in Hansen (Cernica; 1995), ter Vesic (Bowles; 1996). Kontrola se lahko izvede v skladu z vsemi teorijami (predefinirana opcija), uporabnik pa lahko posamezne kontrole tudi izključi (slika 3).



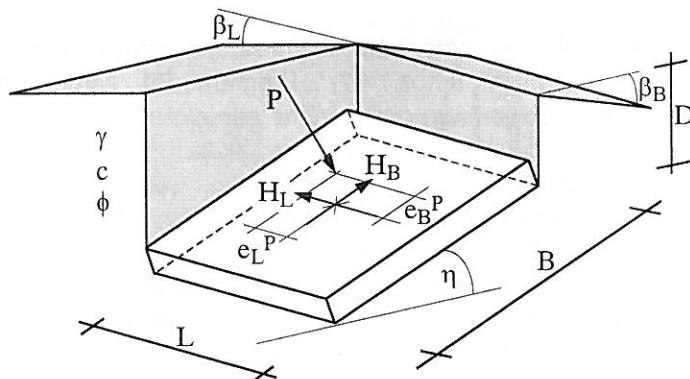
Slika 3. Analiza dopustne nosilnosti



Slika 4. Analiza večslojnih temeljnih tal

Modul za preračun dopustnih obremenitev tal je mogoče uporabiti samostojno pred izračunom vertikalnih napetosti in posedkov (v tem primeru je lahko temelj nagnjen, upošteva se lahko tudi ekscentrična normalna obtežba), po opravljeni analizi posedkov pa lahko za že obravnavani temelj naknadno opravimo analizo dopustne nosilnosti. Modul primerja podano obtežbo izbranega temelja z vsemi izračunanimi rezultati upoštevanih metod in v primeru, da je posamezna računska dopustna nosilnost manjša od obtežbe, tak rezultat dobri rdeče ozadje, kar predstavlja opozorila uporabniku. Če je poleg normalne obtežbe (enakomerna zvezna in/ali ekscentrična koncentrirana obtežba) podana še strižna sila, program izvede kontrolo zdrsa temelja.

Modul prav tako omogoča kontrolo dopustne nosilnosti na slojevitih tleh - posebni obrazec od uporabnika zahteva podatke za vsak sloj: debelino, prostorninsko težo, kohezijo in kot notranjega trenja (slika 4). Rutina nato izračuna povprečni vrednosti kohezije in kota notranjega trenja (dve različni rutini) in ti dve vrednosti uporabi pri izračunu dopustne nosilnosti na enoslojnem polprostoru.



Slika 5. Legenda vhodnih podatkov

Z urejevalnikom besedila WinWord urejeno poročilo za rezultate izračuna dopustnih nosilnosti je opremljeno s sliko (legendo), ki omogoča pregled vhodnih podatkov (slika 5). Izbirati je mogoče med polnim poročilom - vsi izračuni so opremljeni z enačbami (slika 6), in kratkim poročilom - podane so samo glavne enačbe in rezultati.

Izračun po Hansenu

Bowles, Foundations Analysis and Design, 5 th edition, 226-227

Koeficienti N

$$N_q = e^{\pi \cdot \tan \phi} \cdot \tan^2(\pi / 4 + \phi / 2) = 3.779$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \cot \phi = 10.703$$

$$N_\gamma = 1.5 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan \phi = 1.083$$

Koeficienti d - koeficienti globine temelja

$$d_{\gamma,B} = d_{\gamma,L} = 1$$

$$\text{za } D \leq B \quad d_{q,B} = 1 + 2 \cdot \tan \phi \cdot (1 - \sin \phi)^2 \cdot \frac{D}{B} = 1.047$$

$$\text{za } D \leq L \quad d_{q,L} = 1 + 2 \cdot \tan \phi \cdot (1 - \sin \phi)^2 \cdot \frac{D}{L} = 1.047$$

$$\text{za } D \leq B \quad d_{c,B} = 1 + 0.4 \cdot \frac{D}{B} = 1.064$$

$$\text{za } D \leq L \quad d_{c,L} = 1 + 0.4 \cdot \frac{D}{L} = 1.064$$

Koeficienti i - koeficienti rezultante koncentriranih sil

$$2 \leq \alpha_1 \leq 5 \rightarrow \alpha_1 = 3.000 \quad 2 \leq \alpha_2 \leq 5 \rightarrow \alpha_2 = 4.000$$

$$i_{q,B} = \left[1 - \frac{0.5 \cdot H_B}{uI} \right]^{\alpha_1} = 1.000 \quad i_{q,L} = \left[1 - \frac{0.5 \cdot H_L}{uI} \right]^{\alpha_1} = 1.000$$

$$i_{\gamma,B} = \left[1 - \frac{\left(0.7 - \frac{\eta_1}{450} \right) \cdot H_B}{uI} \right]^{\alpha_2} = 1.000 \quad i_{\gamma,L} = \left[1 - \frac{0.7 \cdot H_L}{uI} \right]^{\alpha_2} = 1.000$$

Dopustna nosilnost

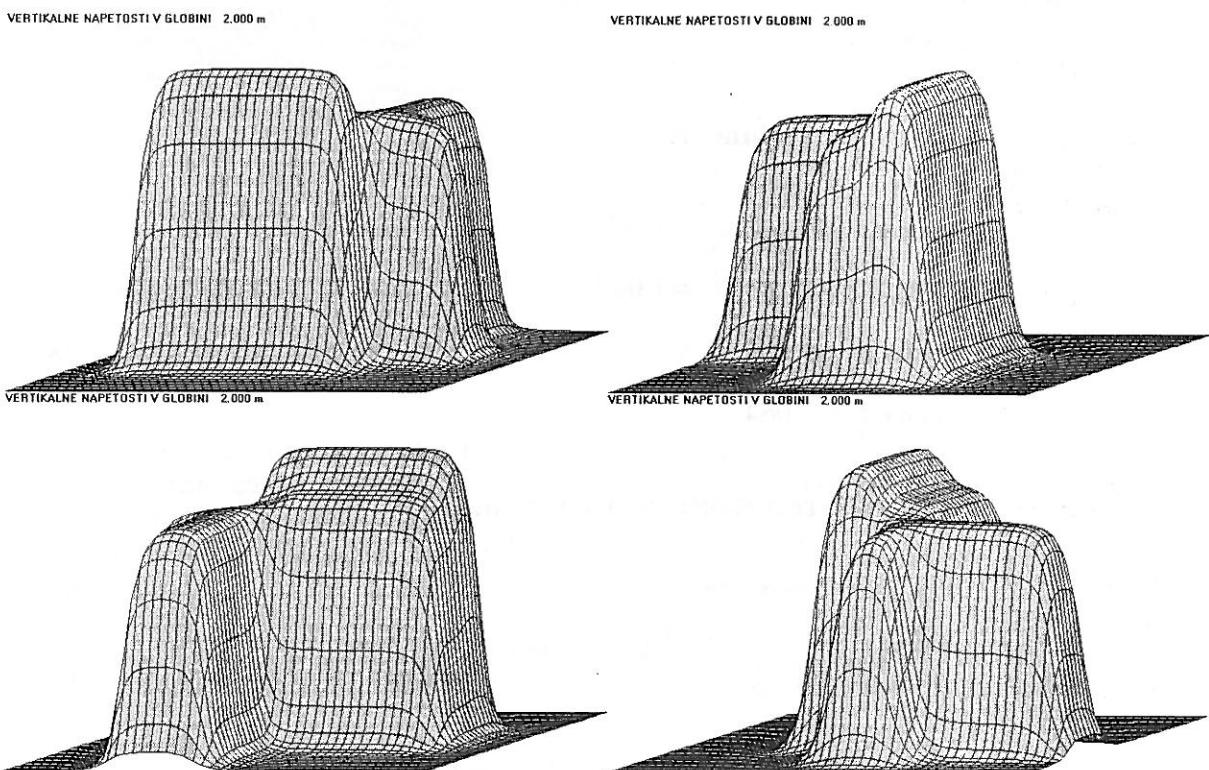
$$\begin{aligned} q_{u,B} &= c \cdot N_c \cdot s_{c,B} \cdot d_{c,B} \cdot i_{c,B} \cdot g_{c,B} \cdot b_{c,B} + \gamma \cdot D \cdot N_q \cdot s_{q,B} \cdot d_{q,B} \cdot i_{q,B} \cdot g_{q,B} \cdot b_{q,B} \\ &\quad + 0.5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot s_{\gamma,B} \cdot d_{\gamma,B} \cdot i_{\gamma,B} \cdot g_{\gamma,B} \cdot b_{\gamma,B} \\ &= 188.625 + 73.256 + 30.536 = \underline{\underline{292.416 \text{ kPa}}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_{u,L} &= c \cdot N_c \cdot s_{c,L} \cdot d_{c,L} \cdot i_{c,L} \cdot g_{c,L} \cdot b_{c,L} + \gamma \cdot D \cdot N_q \cdot s_{q,L} \cdot d_{q,L} \cdot i_{q,L} \cdot g_{q,L} \cdot b_{q,L} \\ &\quad + 0.5 \cdot \gamma' \cdot L' \cdot N_\gamma \cdot s_{\gamma,L} \cdot d_{\gamma,L} \cdot i_{\gamma,L} \cdot g_{\gamma,L} \cdot b_{\gamma,L} \\ &= 188.625 + 73.256 + 30.536 = \underline{\underline{292.416 \text{ kPa}}} \end{aligned}$$

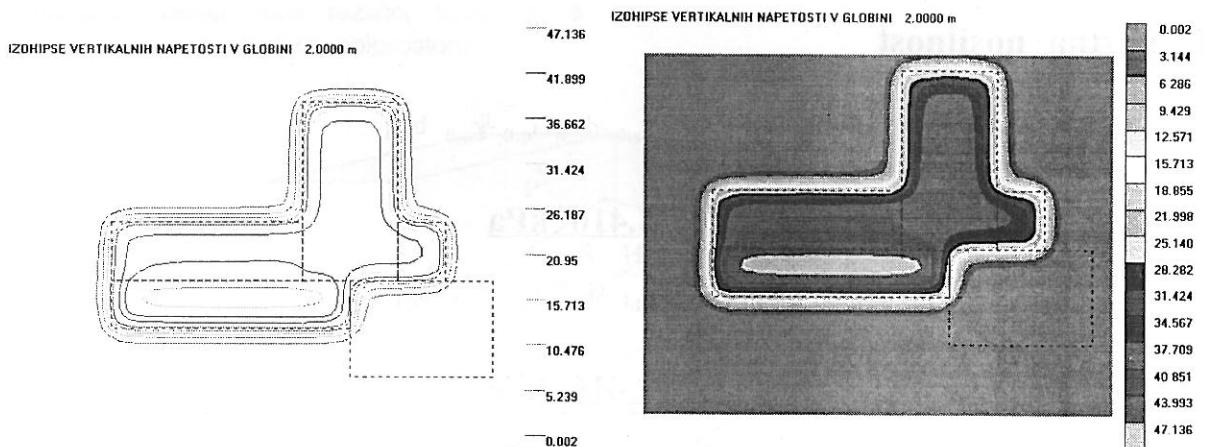
Slika 6. Detajl poročila o izračunu dopustne obremenitve temeljnih tal

GRAFIČNE PREDSTAVITVE REZULTATOV ANALIZE NAPETOSTI IN POSEDKOV

Pri analizi vertikalnih napetosti in posedkov pogosto ni dovolj poiskati njihove vrednosti samo v predefiniranih točkah s podanimi stratografijami, ampak je potrebno analizirati neko širše področje. Program tako nudi možnosti za primerjavo rezultatov v različnih grafičnih oblikah. Verjetno najbolj informativna je prostorska predstavitev rezultatov analize (vertikalnih napetosti ali posedkov), ki za izbrano pravokotno površino izriše rezultate za mrežo točk, ki jo definira uporabnik. Preglednost rezultatov je mogoče povečati s spremnjanjem velikosti izrisa ter kota pogleda, kot tudi z rotiranjem slike za pravi kot v obe smeri. Slika 7 tako prikazuje enako napetostno stanje v vseh štirih pogledih.



Slika 7. Različni pogledi na enako napetostno stnaje



Slika 8. Predstavitev z izolinijami in izoplastnicami

Prostorska predstavitev rezultatov je lahko tudi efektno nadomeščena z izolinijami ali izoplastnicami (slika 8). Dodatna prednost takšne predstavitve je možnost izbire nove posamezne računske točke kar direktno iz slike samo z uporabo miške. Čeprav je mogoče posamezne dodatne računske točke podajati tudi v posebnem menuju, omogoča uporaba miške uporabniku prijaznejšo in hitrejšo izbiro. Ker se ob premikanju miške po izrisani površini v spodnjem delu ekrana hkrati izpisujejo dejanske trenutne koordinate, je lahko takšna določitev dodatne točke enako natančna kot 'ročno' podajanje koordinat.

INTERPOLIRANJE GEOLOŠKIH PROFILOV PRI RAČUNANJU POSEDKOV

Pri računu posedkov pod večjimi objekti v opazovanih točkah se v računu običajno upošteva geološki profil najbliže točke, kjer je bil geološki profil dejansko izmerjen, brez upoštevanja, da se stratografija med posameznimi izmerjenimi geološkimi profili lahko dejansko spreminja. Program omogoča različne pristope za avtomatično tvorbo geoloških profilov s pomočjo prostorske interpolacije med znanimi geološkimi profili. Pogoj za uspešno izvedbo avtomatične interpolacije je, da imajo vsi podani profili enak vrstni red slojev, profili pa se razlikujejo samo po debelini posameznih slojev. Zaradi uporabljeni interpolacije slojev je tako mogoče pričakovati realnejšo sliko posedkov tudi v točkah, kjer geološki profil ni direktno podan.

Odsekovno linearne interpolacija - dolgi cestni nasipi

Pri računanju posedkov pod cestnimi nasipi so geološki profili običajno znani na primernih razdaljah vzdolž trase. Če se ugotovljeni profili medsebojno opazno razlikujejo po debelinah posameznih slojev, je potrebno spremiranje tudi ustrezno upoštevati v računu. Ker so razdalje med profili običajno večje, izmerjeni profili pa tlorisno opisujejo krivuljo, ki ima velik radij zakrivljenosti, se v inženirski praksi kot dovolj 'natančna' lahko uporabi kar odsekovno linearne interpolacija med posameznimi geološkimi profili.

Objekti visokogradnje

Pri objektih visokogradnje so geološki profili pogosto podani v obliki mreže razsejanih točk, kar onemogoči uporabo enoparametrične polinomske interpolacije. Ker dvoparametrične interpolacije ni mogoče izvesti preprosto z razširitvijo teorije enoparametrične interpolacije na dva parametra (medsebojno pravokotni koordinati), program ponuja dva pristopa k interpolaciji.

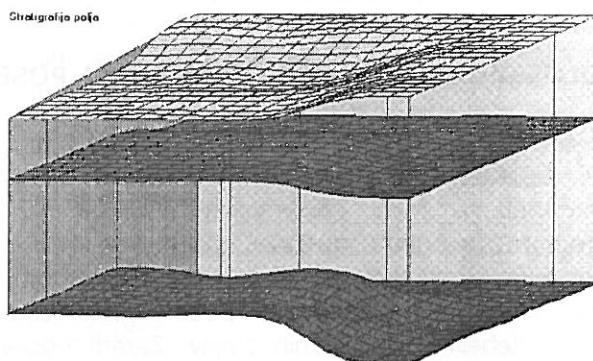
Interpolacija s pomočjo najbližjih N profilov preslikanih v dvoenotski kvadrat

Za vsako računsko točko izberemo število geomehanskih profilov N , ki jih bomo uporabili za izračun interpolirane stratigrafije iskane računske točke. Čeprav lahko načeloma izberemo za posamezne računske točke različno število interpolacijskih točk, v praksi najpogosteje uporabljamo za vse računske točke enotno število N . Nato za vsako računsko točko sproti poiščemo tistih N profilov, se nahajajo najbliže obravnavani računski točki. Ker lahko smatramo, da bo v obravnavani točki profil najbolj sličen najbližnjim dejansko izmerjenim profilom, geomehanski profil izračunamo z interpolacijo med temi najbližnjimi profili, ki poteka v dvoenotskem kvadratu. Opisani postopek interpolacije je uporaben samo omejenih primerih.

Proporcionalna potenčna interpolacija z upoštevanjem vseh geoloških profilov

Ideja interpolacije bazira na kreiranju novega računskega profila na osnovi vseh znanih geoloških profilov, pomnoženih z utežmi, premosorazmernimi oddaljenosti posameznega geološkega profila od računske točke. Zaradi enostavnosti postopka izračuna uteži je mogoče

upoštevati vse podane geološke profile (v nasprotju s prejšnjim postopkom, ki izvaja preslikavo profilov v dvoenotni kvadrat). S primerno izbiro koeficiente interpolacije p je mogoče dobiti porazdelitev geoloških profilov, ki vizualno predstavljajo primeren in korekten model tudi za točke, ki se nahajajo izven množice podanih geoloških profilov, kar potrjuje stabilnost metode (slika 9).



Slika 9. Rezultati interpolacije z vsemi obravnavanimi geološkimi profili (za $p=3$)

Ker pa je zemeljski polprostor izrazit primer inženirskega problema, kjer lahko nastopajo velike razlike med posameznimi računskimi točkami, lahko kljub dobri interpolaciji nastopijo odstopanja med realnostjo in računskim modelom. Gradbeni inženir se torej mora v takih primerih zanesti na svojo intuicijo in izkušnje pri izbiri pravega pristopa.

RAČUNANJE POSEDKOV Z UPOŠTEVANJEM TOGOSTI NOSILNE KONSTRUKCIJE

Probleme posedkov pod gibkimi bremenskimi ploskvami so obravnavali mnogi avtorji. Pri svojih izpeljavah za različne oblike ploskev in obtežb so večinoma upoštevali rešitve po teoriji elastičnosti, ki bazirajo na rešitvah, ki jih je že leta 1885 podal Boussinesq. Znane so tudi rešitve, ki temeljijo na enačbah, ki jih je podal Westergaard in naj bi bile primernejše za slojevite polprostore, kjer si sledijo sloji izrazito različnih modulov elastičnosti. Vse te rešitve zajema tudi program B4.

Ne glede na izbiro teorije analize (Boussinesq ali Westergaard) in oblike bremenske ploskev kot tudi obtežbe je mogoče v vsaki računski točki v izračun zajeti natančno stratografijo, hkrati pa tudi za vsak sloj upoštevati rezultate laboratorijskih preiskusov (enoosni, triaksialni, edometerski), če so le ti znani. Pri izračunu posedkov je prav tako brez težav mogoče izračunati celoten posedek obravnavane točke zaradi skupine različnih bremenskih ploskev, tudi če le te niso povezane.

Pri računanju posedkov pod bremenskimi ploskvami, ki se pojavijo na konstrukcijskih elementih, ki imajo svojo togost, kot npr. nosilci in plošče, pa se je najbolj uveljavil pristop z diskretizacijo nosilne konstrukcije z dvodimenzionalnimi končnimi elementi na končni podlagi (znane sot tudi druge rešitve, npr. metoda končnih differenc). Zemljina se modelira z vzmetmi, (Winklerjev prostor), za katere se običajno predpostavi, da so enakomerno porazdeljene pod nosilno konstrukcijo, za katero se upošteva dejanska upogibna togost. Togost zemljine (vzmeti) se pri enoslojnem polprostoru izrazi direktno s pomočjo modula reakcije tal, ki je podan za različne materiale z mejnimi vrednostmi, brez upoštevanja dejanske debeline sloja. V primeru večslojnega polprostora pa obstajajo obrazci za račun nadomestnega modula reakcije tal za slojevit polprostor, s katerim zajamemo v račun module reakcije tal za vse

sloje. Uporabnost metode je omejena, če obremenitev polprostora sestavlja več bremenskih ploskev, ki niso medsebojno povezane, saj pri računanju pomikov z dvodimenzionalnimi končnimi elementi ni mogoče zajeti vplivov vseh posameznih bremenskih ploskev na posedek posamezne točke.

Program B4 z novo metodo omogoča drugačen račun posedkov zaradi bremenskih ploskev na elastičnih nosilnih konstrukcijah, ki imajo svojo upogibno togost. Njena poglavita prednost je, da so v računu tako zajeti vsi pomembni podatki, ki opisujejo tako obtežbo (njeno razporeditev in velikost), nosilno konstrukcijo (dimenzijske in mehanske lastnosti) ter spodaj ležeča zemljina (število slojev, njihove debeline ter pripadajoči moduli elastičnosti in Poissonova števila). Druga prednost metode je, da omogoča upoštevanje posedkov zaradi ostalih bremenskih ploskev, ki niso medsebojno povezane. Pomanjkljivost metode proti računu z končnimi elementi na elastični podlagi pa je večji računski napor in z njim povezana poraba računskega časa. Vendar v času naglega razvoja računalniške tehnologije ta pomanjkljivost čedalja bolj izgublja svoj pomen.

DODATNE INFORMACIJE IN DEMONSTRACIJA UPORABE - DEMO CD

Pripravljen je tudi CD z zbirkom datotek, ki omogočajo uporabniku seznanjanje s programom. Obstaja namreč obsežna dokumentacija za predstavitev paket PowerPoint (v slovenskem in angleškem jeziku), ki omogoča pregled glavnih opcij programa.

Na CD-ju se nahaja tudi program, ki omogoča predvajanje demonstracijskih datotek s komentarji (na platformi Windows 95/98). Program za predvajanje se namestila na trdi disk, datoteke pa se čitajo direktno z CD-ja. Najdaljši demo je narejen v angleškem jeziku in traja približno 32 minut. Gre za celovito predstavitev (s komentarji) uporabe programa B4 na primeru izračuna napetosti in posedkov zaradi cestnega nasipa. Obstajo še krajše demonstracijske datoteke (v slovenskem jeziku), ki omogočajo predstavitev posameznih opcij programa.

Informacije o nadgradnjah in novejših verzijah so dosegljive tudi na Internet naslovu: <http://tfgra2.uni-mb.si/~b4/>.

ZAKLJUČKI

Prispevek prikazuje nove možnosti programa B4, ki nudi uporabniku široko paleto možnosti. Enostavnost programa ostaja eden izmed njegovih najmočnejših adutov, nove opcije pa uporabnikom nudijo še več informacij v krajšem času. Ker program izvaja tudi pisanje urejenih poročil, ima tako uporabnik na razpolago več časa za inženirske analize.

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). Analiza vertikalnih napetosti in posedkov s programskim paketom B4, verzija 3.0, zbornik Posvetovanja slovenskih geotehnikov, 95-100
- (9) Skrinar, M., (1996). Problem posplošitve Boussinesqovih enačb za račun vertikalnih napetosti in skrčkov za poljubni četverokotnik, zbornik seminarja Kuhljevi dnevi 96,
- (10) Skrinar, M., (1997). Computer package B4 - an advanced software package for analysis of vertical stresses and settlements of the half-space loaded with vertical loads. zbornik ECCE Symposium 1997, RIL, Finland, Helsinki. Computers in the practice of building and civil engineering, 392-396.
- (11) Skrinar, M., (1997). Computation of stresses and settlements under an arbitrary point in homogeneous, elastic, isotropic half-space under the load described by a uniform load over a general quadrilateral. Zbornik Internationales Kolloquium über Anwendungen der Informatik und Mechanik in Architektur und Bauwesen IKM- Digital proceedings.
- (12) Skrinar, M., (1997). A generalisation of Westergaard's method for vertical stresses computation in homoeneous, elastic, isotropic half-space, under the load described by a plane over a rectangle. Proceedings of the Seventh International conference on computing in civil and building engineering, 1861-1866.
- (13) Skrinar, M., (1997). Primerjava različnih enačb za račun dopustnih obremenitev pod pravokotnimi temelji, Zbornik 19. zborovanja gradbenih konstruktorjev Slovenije, 373-380.
- (14) Skrinar, M., (1998), Avtomatično interpoliranje geoloških profilov pri računanju posedkov. Zbornik 20. zborovanja gradbenih konstruktorjev Slovenije, 179-186.
- (15) Skrinar, M. (1998), Napetosti in posedki v zemljinskem polprostoru zaradi bremenskih ploskev trikotnih oblik. Zbornik Kuhljevi dnevi '98, Logarska dolina, 81-88.
- (16) Skrinar, M. (1996). Program B4 za račun napetosti in deformacij tal, priročnik za uporabo
- (17) Skrinar, M. (1998), Računanje posedkov s programom B4 z upoštevanjem teorije elastičnosti ter togosti nosilne konstrukcije. Zbornik 21. zborovanja gradbenih konstruktorjev Slovenije, v tisku.