UDK — UDC
05:624

YU ISSN 0017-2774

GRADBENI VESTNIK

LJUBLJANA, DECEMBER 1977
LETNIK 26, ŠT. 12, STR. 277-308

12

GP Tehnika 1947 30 1977 Ljubljana

GP TEHNIKA LJUBLJANA:

»Čipke« v betonu na terasi hotela Polynesia v Katoru. Leto 1977.
(Foto: Jaro Novak)

STEKLO

ljubljana, titova 36, n. sol. o.

TOZD »SPECTRUM«
PROIZVODNJA, INŽENIRING
61001 ljubljana, beljaška 4, n. sol. o.

Migros-Markt Pfäffikon ZH

Projektantom, investitorjem in gradbenim podjetjem svetujemo, projektiramo in izvajamo:

- **fasadne zastaklitve z vsemi vrstami ravnega stekla debelin od 2 do 21 mm, višine klasično postavljenih stekel do 6,00 m, obešena stekla so praktično po višini neomejena, vendar svetujemo, da se višina ne prekorači, oziroma da bi višina 10 m bila zgornja meja zasteklitev;**

  zasteklitve s termoizolacijskimi in termoreflekcijskimi stekli domačih in tujih proizvajalcev, med njimi neprobojna stekla, stekla odporna na močan zvok;

  dobava in montaža steklenih sten, vrat na fizično odpiranje in avtomatsko odpiranje iz kaljenih prozornih stekel, iz termoreflekcijskih stekel in termoabsorpcijskih stekel. Avtomatika je prirejena tako, da je pogon s pomočjo kontaktnega tepiha v tleh, lahko pa se avtomatika regulira s pomočjo radarja, ki ga montiramo v višini pogonskega mehanizma nad vrati. Pri taki izvedbi za kontrolo dodatno vgradimo fotocelice v višini ca. 80 cm nad tlemi;

  dobava in montaža svetlobnih kupol in trakov, kar je posebej priporočljivo pri velikih tlorisnih površinah, kjer je osvetlitev s klasičnimi okni nezadostna, poleg tega pa je intenzivnost osvetlitve s stropa nekajkrat večja.

- **Poleg steklarskih del svetujemo in projektiramo kompletne fasade z alu konstrukcijami, litimi fasadnimi parapetnimi ploščami, prešane pločevine idr.**

- **Pri plavalnih bazenih in drugih posebnih objektih, kjer se zahteva bazokislinsko in mrazoodporna keramika, vam izdelamo ponudbe, projekte in predračune ter v ugodnih rokih montiramo kompletne obloge.**

GRADBENI VESTNIK

GLASILO
ZVEZE DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE

ŠT. 12 — LETNIK 26 — 1977

YU ISSN 0017-2774

VSEBINA-CONTENTS

Članki, študije, razprave
Articles, studies, proceedings

LUJO ŠUKLJE:

O računu posedkov cestnih nasipov 284
Computation of settlements of road embankments

N. N.:

Gradbeno podjetje Tehnika Ljubljana slavi 30 let obstoja 298
30 years of the building enterprise Tehnika Ljubljana

Mnenje in kritika
Opinions

UREDNIŠKI ODBOR:

Gradbeni vestnik v letu 1977 299

Vesti
News

Program informativno pripravljalnih seminarjev za opravljanje strokovnih izpitov v gradbeništvu 300

Razpis seminarjev za pripravo za strokovni izpit iz elektrotehniške stroke 300

Iz Raziskovalne skupnosti Slovenije
Research institutions of Slovenia

Izvlečki iz poročila za leto 1976 (Konec) 301

Iz naših kolektivov
From our enterprises

BOGDAN MELIHAR:

Vesti iz kolektivov:

GIP Beton Zasavje Zagorje 302
IMP Ljubljana 302
GIP Gradis Ljubljana 303
Združena gradbena podjetja Giposs 304

Informacije Zavoda za raziskavo materiala in konstrukcij Ljubljana
Proceedings of the material and structures research institute Ljubljana

JANEZ GJURA - VLADIMIR BRAZ:

Tehnološki postopek priprave kamnitega eruptivnega agregata in kontrola stalnosti proizvodnje v kamnolomski separaciji SGE Rogaška Slatina (Se nadaljuje) 305

Glavni in odgovorni urednik: SERGEJ BUBNOV
Tehnični urednik: BOGO FATUR
Uredniški odbor: DR. JANKO BLEIWEIS, VLADIMIR ČADEŽ, MARJAN GASPARI, DUŠAN LAJOVIC, DR. MILOŠ MARINČEK, SAŠA ŠKULJ, VIKTOR TURNŠEK

Revijo izdaja Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije, Ljubljana, Erjavčeva 15, telefon 23 158. Tek. račun pri SDK Ljubljana 50101-678-47602. Tiska tiskarna Tone Tomšič v Ljubljani. Revija izhaja mesečno, Letna naročnina skupaj s članarino znaša 100 din, za študente 38 din, za podjetja, zavode in ustanove 500 din

O računu posedkov cestnih nasipov

UDK 624.131:625.714

LUJO ŠUKLJE

UVOD

Običajni geotehnični računi za cestne nasipe obravnavajo ločeno njihovo stabilnost, to je varnost proti zdrsnitvi, in njihovo posedanje. Za stabilnostno analizo se uporabljajo navadno metode mejnega ravnovesja tako, da poiščemo vzdolž najneugodnejše potencialne porušnice stopnjo mobilizacije trdnosti zemljin, ki zagotavlja ravnovesje celotnega telesa nasipa in tal nad potencialno porušnico. To telo obravnavamo kot togo, to je, ne brigamo se za deformacije, ki jih povzročajo obtežbene sile in njihove reakcije. Trdnost izražamo navadno s Coulombovim strižnim zakonom, statično nedoločenost problema pa eliminiramo z določenimi supozicijami o porazdelitvi reakcijskih sil.

Neodvisno od stabilnostne analize računamo napetosti in deformacije v zemeljskih telesih navadno z uporabo linearne teorije elastičnosti. Z uporabo numeričnih računskih metod in elektronskih računalnikov lahko obravnavamo tla — glede na njihov stratigrafski sestav — kot polprostor, ki je bodisi elastično izotropen ali antizotropen, homogen ali slojevit. Za takšne račune imamo danes na voljo raznovrstne računske programe. Če uvedemo v te račune za malo propustne sloje deformacijske parametre nedreniranih vzorcev, predstavljajo rezultati začetne vrednosti totalnih napetosti in posedkov, z deformacijskimi parametri dreniranih vzorcev pa izračunamo »konsolidacijske« posedke in efektivne končne napetosti. Za ocenitev končnih posedkov malo propustnih tal je priporočljivo, da vzamemo vsoto obeh vrednosti posedkov.

Če združimo diferencialne ravnovesne enačbe teorije elastičnosti z diferencialno enačbo konsolidacije (Biotove enačbe), lahko z razrešitvijo združenih enačb proučimo razvoj konsolidacije v malo propustnih, zasičenih tleh. Toda računski programi, ki so nam dandanes na voljo, se omejujejo na enoslojna homogena tla s togo podlago in na ravninske ali osnosimetrične probleme.

Zaradi te omejitve in tudi zato, ker določujemo deformabilnost tal še vedno pretežno z edometrskimi preizkusi, to je v linearnih deformacijskih pogojih, računamo v vsakdanji tehniški praksi konsolidacijske posedke in njhov razvoj navadno na naslednji način: Navpičnim tlakom, ki smo jih določili po zgoraj nakazanem elastičnostnem računu, priredimo vzdolž napvičnice ustrezne edometrske specifične deformacije; z numerično integracijo deformacijskih diagramov dobimo posedke.

Časovni razvoj teh posedkov analiziramo potem po Terzaghijevi enodimenzionalni konsolidacijski teoriji; če predpostavimo hipen porast obremenitve, vzamemo diagram dodatnih navpičnih tlakov kot ničelno izohrono.

Pri nakazanih elastičnostnih računih ne upoštevamo dosledno niti nelinearnosti odnosov med napetostmi in deformacijami, ki jo izpričujejo vsi preizkusi, niti viskoznostnih lastnosti, ki so pri mnogih zemljinah pomembne. V tem članku bomo obravnavali možnosti upoštevanja nelinearnih in viskoznih lastnosti zemljin v napovedi posedkov. Vendar bomo podrobneje obravnavali samo postopke, ki jih lahko oslonimo na enostavne, v tehniški praksi običajne edometrske preizkuse ter na triaksialne preizkuse z enim samim napetostnim intervalom. Popolnejše analize, ki obravnavajo zemljine kot kompleksne reološke modele in zahtevajo obsežne triaksialne preizkuse, bomo samo nakazali in prikazali sedanje možnosti in težave, da jih uveljavimo v praksi. Rezultate nekih analiz, izvedenih za gradnjo nove ceste preko Ljubljanskega barja, bomo vzporedili meritvam na preizkusnem nasipu.

PRIBLIŽNO UPOŠTEVANJE NELINEARNEGA IN VISKOZNEGA PONAŠANJA ZEMLJIN NA OSNOVI EDOMETRSKIH PREIZKUSOV

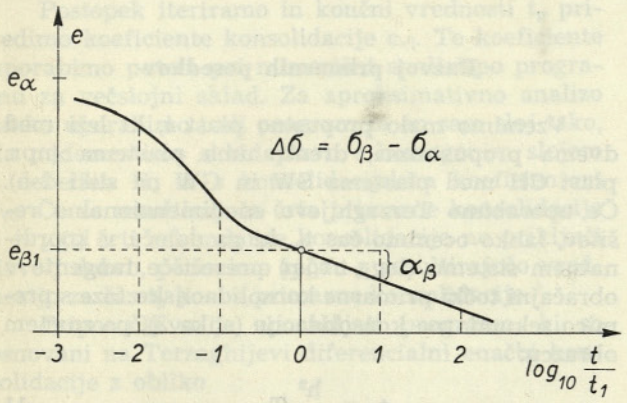
Potek sekundarnih posedkov

Približen račun posedkov, kakršen je bil uporabljen tudi v projektu nove ceste prek Ljubljanskega barja, je osnovan na podatkih edometrskih preizkusov. Za vsako bremensko stopnjo med dvema tlakoma σ_α in σ_β — bodisi da je bila obtežba povečana hitro, diskontinuirano, ali počasi, zvezno

Avtor: Dr. Lujo Šuklje, univ. prof. v pok., Laboratorij za mehaniko tal FAGG univerze v Ljubljani, Jamova 2

— lahko predstavimo konsolidacijsko krivuljo, to je funkcijsko črto e = e (t) med količnikom por e in časom t. Potem ko so ob koncu primarne konsolidacije porni tlaki splahneli do nemerljivo majhnih vrednosti, preide navadno konsolidacijska krivulja e = e (log t/t$_1$) v premico (slika 1):

$$e_\beta = \epsilon_{\beta 1} - \alpha_\beta \log_{10} t/t_1 \qquad \ldots 1$$



Slika 1. **Konsolidacijska krivulja pri edometrskem preizkusu**

Kompresijsko krivuljo $e_1 = e_1(\sigma')$ dopolnjujeta podatka o času t_1 in o gradientu α_β (slika 2-b). S tema podatkoma lahko določimo linearno osno deformacijo $\Delta\varepsilon$, ki ustreza v napetostnem intervalu $\Delta\sigma_1 \cong \Delta\sigma = \sigma_\beta - \sigma_\alpha$ poljubnemu času t. Ker v edometru bočne deformacije niso možne, je deformacija $\Delta\varepsilon$ enaka prostorninski deformaciji $\Delta\varepsilon_v$.

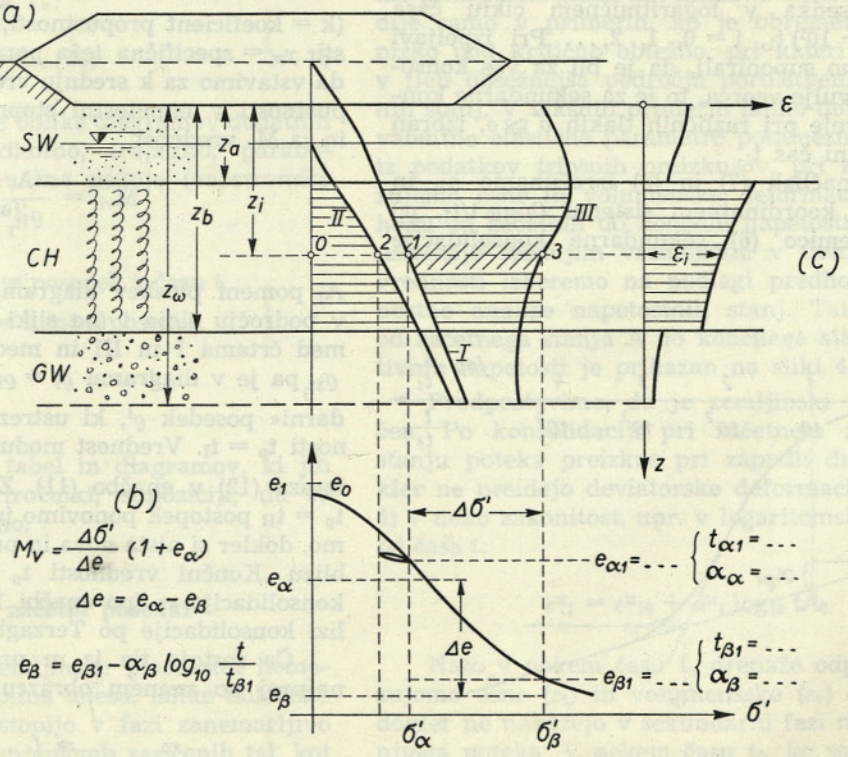
$$\Delta\varepsilon = \Delta\varepsilon_v = \frac{-\Delta e}{1+e_\alpha} = \frac{e_\alpha - e_\beta}{1+e_\alpha} =$$

$$= \frac{e_\alpha - e_{\beta 1} + \alpha_\beta \log_{10} t/t_1}{1+e_\alpha} \qquad \ldots 2$$

Pri računu posedkov vzamemo za e_α začetno vrednost količnika por, ki ustreza začetnemu (»geološkemu«) tlaku v tleh. Modul stisljivosti M_v lahko izrazimo tedaj kot odvisnico časa z naslednjo enačbo:

$$M_v = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon} = \frac{\Delta\sigma(1+e_\alpha)}{e_\alpha - e_{\beta 1} + \alpha_\beta \log_{10} t/t_1} \qquad \ldots 3$$

Če je položen cestni nasip v plitev izkop (slika 2), lahko navadno zanemarimo vpliv izkopa in ponovne obremenitve do vrednosti odkopne teže in sicer zaradi kratkotrajnosti razbremenitve in ponovne obremenitve ter zaradi bistveno manjše deformabilnosti normalno konsolidiranih zemljin v tem pretežno elastičnem področju. Napetostni interval $\Delta\sigma$ (slika 2-a, b) vzamemo tedaj enak razliki med končnim tlakom $\sigma_{III} = \sigma_{II} + \Delta\sigma_q$ in začetnim tlakom σ_I; pri tem pomeni $\Delta\sigma_q$ vpliv dodatne obtežbe z nasipom, σ_{II} tlak po izkopu $\sigma_{II} = \sigma_I - \Delta\sigma_g$, $\Delta\sigma_g$ pa pomeni vpliv izkopa. Tlačnemu intervalu $\Delta\sigma$ ustreza specifična linearna deformacija $\Delta\varepsilon$ (slika 2).



Slika 2. **(a) diagrami navpičnih tlakov $\sigma_2 = \sigma$; (b) krivulja stisljivosti edometrskega preizkusa; (c) diagram specifičnih deformacij**

Z integracijo diagrama $\Delta\varepsilon = \Delta\varepsilon(z)$ (slika 2-c) določimo posedek nasipa v času t sekundarne konsolidacije:

$$\varrho = \int_{z=0}^{z_\omega} \Delta\varepsilon \, dz \qquad \ldots 4$$

Z upoštevanjem izraza (3) lahko napišemo zgornjo enačbo tudi v obliki:

$$\varrho = \int_{z=0}^{z_\omega} \frac{\Delta\sigma}{M_v} dz \qquad \ldots 5$$

Skrček poljubnega sloja i, ki leži med globinama z_a in z_b (slika 2-a), lahko z upoštevanjem enačbe (2) izrazimo takole:

$$\varrho_i = \varrho_{1i} + \alpha_{\varrho i} \log_{10} \frac{t}{t_1} \qquad \ldots 6$$

pri čemer je

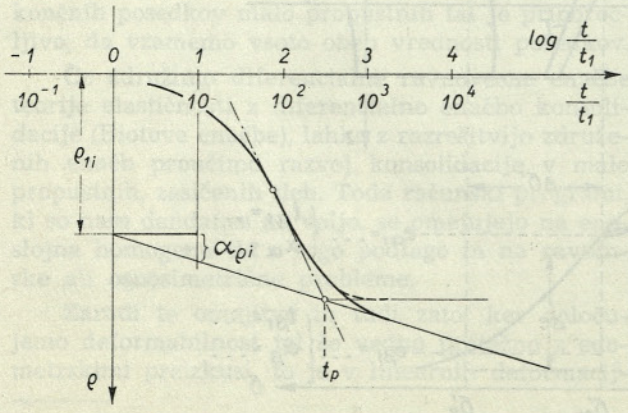
$$\varrho_{1i} = \int_{z=z_a}^{z_b} \frac{e_\alpha - e_{\beta 1}}{1 + e_\alpha} dz \qquad \ldots 7$$

posedek v času $t = t_1$ in

$$\alpha_{\varrho i} = \int_{z=z_a}^{z_b} \frac{\alpha_\beta}{1 + e_\alpha} dz \qquad \ldots 8$$

prirastek posedka v logaritmičnem ciklu časa $\Delta t = (10^{i+1} - 10^i)\, t_1$, $i = 0, 1, 2, \ldots$ Pri izpeljavi enačbe (6) smo suponirali, da je bil za vse konsolidacijske krivulje vzorca, to je za sekundarne konsolidacijske veje pri različnih tlakih $\sigma' \cong \sigma$, izbran isti primerjalni čas t_1.

Če po enačbah (7) in (8) izračunamo ϱ_{1i} in $\alpha_{\varrho i}$, lahko v koordinatnem sistemu ($\log_{10} t/t_1$, ϱ_i) narišemo premico (6) sekundarne konsolidacije (slika 3).



Slika 3. Črta sekundarnih posedkov $\varrho_i = \varrho_{1i} + \alpha_{\varrho i} \cdot \log_{10} t/t_1$ in priključek črte primarne konsolidacije nanjo

Če uporabimo zgoraj prikazani postopek za vseh n slojev talnega sklada z isto vrednostjo t_1 primerjalnega časa, dobimo črto celotnega posedka

$$\varrho = \varrho_1 + \alpha_\varrho \log_{10} t/t_1 \qquad \ldots 9$$

s seštetjem parametrskih vrednosti:

$$\varrho_1 = \sum_{i=1}^{n} \varrho_{1i}, \quad \alpha_\varrho = \sum_{i=1}^{n} \alpha_{\varrho i} \qquad \ldots 10$$

Razvoj primarnih posedkov

Vzemimo malo propustno plast i, ki leži med dvema propustnima, dreniranima plastema (npr. plast CH med plastema SW in GW na sliki 2-a). Če uporabimo Terzaghijevo enodimenzionalno rešitev, lahko ocenimo čas t_p, ki ga določa v koordinatnem sistemu ($\log_{10} t/t_1$, ϱ) presečišče tangente v obračajni točki primarne konsolidacijske faze s premico sekundarne konsolidacije (slika 3), po znanem obrazcu:

$$t_p = \frac{h^2}{c_v} T_{vp} \qquad \ldots 11$$

h je dolžina filtracijske poti (polovična debelina sloja), c_v je koeficient konsolidacije in $T_{vp} = 0{,}95$ faktor časa za t_p po zgornji definiciji. Prvo aproksimacijo za c_v

$$c_v = \frac{k M_v}{\gamma_w} \qquad \ldots 12$$

(k = koeficient propustnosti, M_v = modul stisljivosti, γ_w = specifična teža porne vode) dobimo tako, da vstavimo za k srednjo vrednost koeficienta propustnosti v napetostni stopnji $\sigma_I \rightarrow \sigma_{III}$ (slika 2-a) in za M_v vrednost

$$M_{vI} = \frac{A_i}{\varrho_{it_I}} \qquad \ldots 13$$

A_i pomeni ploskev diagrama dodatnih tlakov $\Delta\sigma$ v področju sloja i (na sliki 2-a šrafirana ploskev med črtama I in III in med globinama z_a in z_b), ϱ_{it_j} pa je v diagramu $\varrho_i = \varrho_i(t/t_i)$ (slika 3) »sekundarni« posedek ϱ^i, ki ustreza neki ocenjeni vrednosti $t_p = t_I$. Vrednost modula M_{vi_I} vstavimo prek izraza (12) v enačbo (11). Z rezultirajočim časom $t_p = t_{II}$ postopek ponovimo in ga tolikokrat iteriramo, dokler si nista nova in prejšnja vrednost dovolj blizu. Končni vrednosti t_p ustrezajoči koeficient konsolidacije c_v (po enačbi 12) upoštevamo v analizi konsolidacije po Terzaghiju.

Če sestoje tla iz m propustnih plasti, lahko najprej po znanem obrazcu

$$H_r = \sum_{i=1}^{m} H_{ir} = \sum_{i-1}^{m} \left(H_i \sqrt{\frac{c_{v0}}{c_{vi}}} \right) \qquad \ldots 14$$

izračunamo reducirano debelino sklada plasti H_r; pri tem priredimo konsolidacijske koeficiente c_{vi} posameznih plasti po izrazih (13) in (12) nekemu ocenjenemu času t_p; c_{v0} je poljubna primerjalna vrednost konsolidacijskih koeficientov (navadno jo vzamemo enako koeficientu c_{vi} najmočnejšega sloja). Nato določimo po enačbi (11) čas t_p tako, da vstavimo $T_{vp} = 0{,}95$, $c_v = c_{v0}$ in $h = H_r$ pri enostranski drenaži porne vode in $h = H_r/2$ pri obojestranski filtraciji (navzgor in navzdol).

Postopek iteriramo in končni vrednosti t_p priredimo koeficiente konsolidacije c_{vi}. Te koeficiente uporabimo potem pri numerični analizi po programu za večslojni sklad. Za aproksimativno analizo lahko uporabimo tudi program za en sam sloj tako, da nadomestimo sklad plasti s homogenim slojem z debelino H_r in s konsolidacijskim koeficientom c_{v0}. Če se rezultirajoča črta primarne konsolidacije $\varrho = \varrho\,(t)$ črti sekundarne konsolidacije ne priključi dovolj dobro, ponovimo račun z rezultirajočo vrednostjo za čas t_p konca primarne konsolidacije.

Priporočljivo je uporabljati programe, ki so osnovani na Terzaghijevi diferencialni enačbi konsolidacije z obliko

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial \sigma}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial z}\left(c_v \frac{\partial u}{\partial z}\right) \qquad \ldots 15$$

(u je porni pretlak) tako, da je mogoče upoštevati hitrost naraščanja totalnih tlakov $\frac{\partial \sigma}{\partial t}$. To hitrost lahko upoštevamo tudi pri pripravi tabel in diagramov za določitev stopnje konsolidacije U_v v odvisnosti od faktorja časa T_v:

$$U_v = U_v\,(T_v) \qquad \ldots 16$$

za določene geometrijske oblike diagramov dodatnih tlakov (pravokotno, trikotno, trapezno, parabolično) in za robne drenažne pogoje (enostranska ali dvostranska filtracija);

$$U_v = \frac{\varrho_t}{\varrho}, \quad \varrho_t = \text{posedek v času t}, \quad \varrho = \text{končni posedek}$$

$$T_v = \frac{c_v}{h^2}\, t$$

Vendar ustreza večina tabel in diagramov, ki jih nudijo učbeniki in priročniki, supoziciji, da se poveča obremenitev hipno.

Deviatorski začetni posedki

Če obravnavamo zemljinske plasti kot homogena, linearno deformabilna telesa, lahko določimo začetne posedke, ki nastopijo v fazi zanemarljivo majhnih volumenskih izprememb zasičenih tal, kot čiste deviatorske deformacije prostorninsko stanovitnih medijev (Poissonov količnik $\nu = 0{,}50$). Iz podatkov edometrskih preizkusov pa ne moremo določiti strižnih modulov, ki ustrezajo deformacijam brez izprememb volumna. V nekem času t sekundarne konsolidacije obstoji med strižnimi moduli G_t in moduli stisljivosti M_{vt} razmerje

$$G_t = \frac{1 - 2\nu}{2\,(1 - \nu)} M_{vt} \qquad \ldots 17$$

Iz podatkov običajnega edometrskega preizkusa Poissonovega koeficienta ν ne moremo določiti. Pa tudi če izračunamo po enačbi (17) strižni modul G_t z neko ocenjeno vrednostjo količnika ν, ta modul ne izraža deformabilnosti nedreniranih tal. Razen tega veljajo moduli, izračunani po enačbi (17), samo za razmerja glavnih napetosti v linearnih deformacijskih pogojih edometrskega preizkusa ($\varepsilon_2 = \varepsilon_3 = 0$). Če pri pomanjkanju boljših eksperimentalnih podatkov uporabimo za izračun začetnih posedkov module G_t izračunane po enačbi (17) (npr. za čas $t = \Delta\, t/2$, $\Delta\, t$ = čas obremenjevanja), se moramo zavedati nezanesljivosti postopka.

PRIBLIŽNI RAČUNI Z UPORABO »EKVIVALENTNIH« MODULOV TRIOSNIH PREIZKUSOV

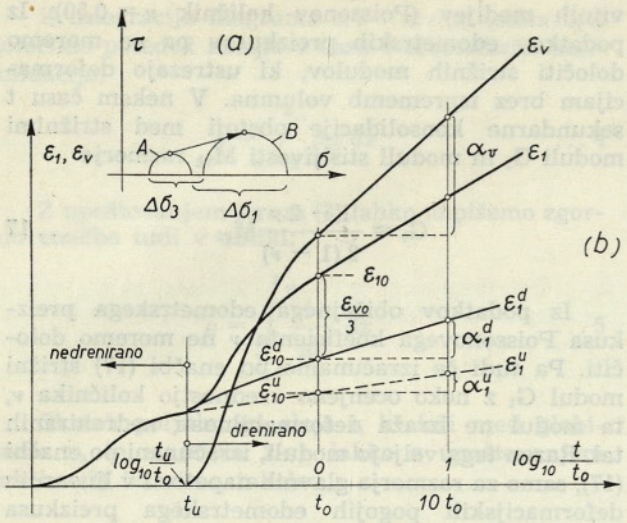
Ekvivalentni elastični parametri

S sprejemljivo natančnostjo lahko obravnavamo zemljinske plasti kot linearno deformabilne medije samo v primerih, ko je obremenitev dovolj nizko pod kritično obtežbo, pri kateri se pojavijo v tleh obsežnejša področja porušitvenih napetostnih stanj. V takšnih primerih lahko določimo ekvivalentne elastične parametre posameznih plasti tal iz podatkov triosnih preizkusov, pri katerih opazujemo osne in volumenske deformacije pri prehodu od začetnih do končnih napetostnih stanj, ki ustrezajo srednjim vrednostim v tleh; te srednje vrednosti izberemo na podlagi predhodne elastičnostne analize napetostnih stanj. Takšen prehod od začetnega stanja A do končnega stanja B efektivnih napetosti je prikazan na sliki 4-a.

Predpostavimo, da je zemljinski vzorec zasičen. Po konsolidaciji pri začetnem napetostnem stanju poteka preizkus pri zaprtih drenažah, dokler ne preidejo deviatorske deformacije $\varepsilon^u{}_1$ (slika 4) v neko zakonitost, npr. v logaritemsko odvisnost od časa t:

$$\varepsilon^u{}_1 = \varepsilon^u{}_{10} + \alpha^u{}_1 \log_{10} t/t_0 \qquad \ldots 18$$

Nato v nekem času t_u drenaže odpremo. Opazujemo osne (ε_1) in volumenske (ε_v) deformacije, dokler ne nakažejo v sekundarni fazi nekega zakonitega poteka. V nekem času t_0, ko so porni tlaki upadli na nemerljivo majhno vrednost, odmerimo



Slika 4. Konsolidacijske krivulje pri triosnem preizkusu

osno deformacije ε_{10} in volumensko deformacijo ε_{v0}. V glavni smeri (1) ima tedaj deviatorska komponenta deformacije vrednost

$$\varepsilon^d{}_{10} = \varepsilon_{10} - \frac{\varepsilon_{v0}}{3} \qquad \ldots 19$$

Podoben odnos velja za vsak čas t. Če v nekem logaritmičnem ciklusu časa $\Delta t = (10^{i+1} - 10^i)\, t_0$, $i = 0, 1, 2, \ldots$ upadejo volumenske deformacije za α_v in deviatorske deformacije v smeri (1) za $\alpha^d{}_1$ (slika 4 b). lahko določimo za izbrani napetostni interval vrednosti kompresijskega modula K_t in strižnega modula G_t v času t po enačbah:

$$K_t = \frac{\Delta\sigma^o}{\varepsilon_{v0} + \alpha_v \log_{10} t/t_0} \qquad \ldots 20$$

$$G_t = \frac{\Delta\sigma^d{}_1}{2\,(\varepsilon^d{}_{10} + \alpha^u{}_1 \log_{10} t/t_0)} \qquad \ldots 21$$

Pri tem sta

$$\Delta\sigma^o = \frac{1}{3}(\Delta\sigma_1 + 2\,\Delta\sigma_3) \qquad \ldots 22$$

$$\Delta\sigma^d{}_1 = \Delta\sigma_1 - \Delta\sigma^o = \frac{2}{3}(\Delta\sigma_1 - \Delta\sigma_3) \qquad \ldots 23$$

sferna in deviatorska komponenta napetostne razlike $\Delta\sigma_1$. Če so sekundarni učinki zanemarljivo majhni, preideta enačbi (20) in (21) v poenostavljena izraza

$$K = \frac{\Delta\sigma^o}{\varepsilon_{v0}} \qquad \ldots 24, \qquad G = \frac{\Delta\sigma^d{}_1}{2\,\varepsilon^d{}_{10}} \qquad \ldots 25$$

Strižni modul $G^u{}_t$ nedreniranega zemljinskega vzorca lahko določimo analogno iz podatkov nedrenirane faze preizkusa (slika 4 b):

$$G^u{}_t = \frac{\Delta\sigma^d{}_1}{2\,(\varepsilon^u{}_{10} + \alpha^u{}_1 \log_{10} t/t_0)} \qquad \ldots 26$$

oziroma pri $\alpha^u{}_1 \cong 0$:

$$G^u = \frac{\Delta\sigma^d{}_1}{2\,\varepsilon^u{}_{10}} \qquad \ldots 27$$

Ustrezna vrednost kompresijskega modula je

$$K^u \to \infty \qquad \ldots 28$$

Iz kompresijskega modula K in strižnega modula G lahko določimo elastičnostni (oziroma deformacijski) modul E in Poissonov koeficient ν, ali Lamé-jeva parametra λ in μ, na podlagi znanih odnosov:

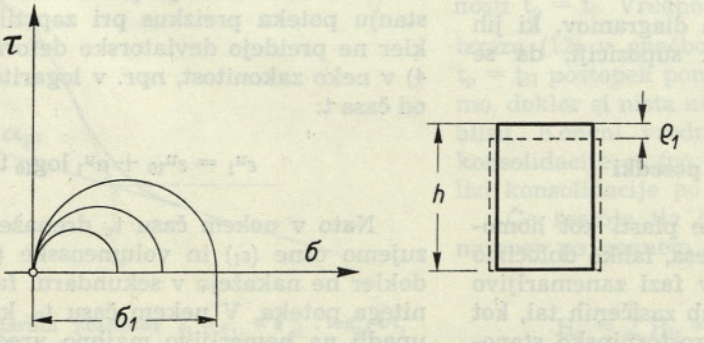
$$E = \frac{9\,KG}{3\,K + G} \qquad \ldots 29, \qquad \nu = \frac{3\,K - 2\,G}{2\,(3\,K + G)} \qquad \ldots 30$$

$$\lambda = K - \frac{2}{3}G \qquad \ldots 31, \qquad \mu = G \qquad \ldots 32$$

Da bi se izognili zamudnim triosnim preizkusom, določajo »nedrenirani« deformacijski modul

$$E^u = 2\,(1 + \nu^u)\,G = 3\,G \qquad \ldots 33$$

ki ga uporabljamo pri računu deviatorskih začetnih posedkov, često na podlagi podatkov enoosnega kompresijskega preizkusa na bočno neobremenje-



Slika 5. Enoosni kompresijski preizkus

nem valjastem vzorcu. Pri takšnem preizkusu je totalno napetostno stanje linearno (slika 5) in ne ustreza srednjim vrednostim prehoda od začetnih do končnih napetostnih stanj. Zato z deformacijskimi moduli E^u, ki jih izvedemo iz takšnih preizkusov, začetnih posedkov ne moremo napovedati zanesljivo. Zlasti za malo vezljive zemljine in za vzorce z nizkim konsistenčnim indeksom so izvedeni moduli prenizki in dajo preveč neugodne napovedi začetnih posedkov.

Posedki in konsolidacija

Z uporabo ekvivalentnih elastičnih parametrov, določenih po enačbah (20, (21) in (26), lahko za določen čas t sekundarne konsolidacije izračunamo napetosti in posedke z analitično ali numerično integracijo diferencialnih ravnovesnih enačb teorije elastičnosti, kakor smo jo nakazali v uvodu za homogene sloje tal s konstantnimi elastičnostnimi parametri. Črta sekundarne konsolidacije $\varrho = \varrho\,(t)$ je v koordinatnem sistemu (ϱ, $\log_{10} t/t_0$) približno enaka premici, ki veže dve vrednosti posedkov ϱ_{t_1} in ϱ_{t_2}.

Tudi analizo primarne konsolidacije lahko izvedemo podobno kakor za homogene sloje s konstantnimi parametri, le da moramo konsolidacijske koeficiente, ki ustrezajo času prehoda primarne konsolidacijske črte v sekundarno, določiti poizkusoma na iterativen način.

Pri takšnem postopku pa vplivajo viskoznostne lastnosti zemljin samo na velikost končnih posedkov primarne konsolidacije; vpliv viskoznega upora na primarno konsolidacijo ne pride do izraza. Zato more dati zgoraj nakazana analiza konsolidacije zadovoljivo aproksimacijo samo za normalno konsolidirane zemljine brez prevelikih učinkov predhodne sekundarne konsolidacije na gostoto zemljin in za debelejše sloje zmerno prekonsolidiranih tal. Kakor kažejo konsolidacijske analize, ki upoštevajo viskoznostni upor tudi med primarno konsolidacijo, vplivajo viskozne lastnosti zemljin zlasti na razvoj pornih pretlakov (Šuklje 1969-a in 1969-b, Šuklje in Simončič 1972).

POPOLNEJŠE ANALIZE NAPETOSTI IN DEFORMACIJ

Analize brez upoštevanja filtracijskega upora

a) Nelinearni odnosi brez viskoznih učinkov

Na sliki 4 smo prikazali rezultate triosnega preizkusa deformabilnosti za neki napetostni interval, ki predstavlja srednjo vrednost prehoda od prvotnih na nova napetostna stanja. Odnos med deformacijami in napetostmi v celotnem napetostnem področju od hidrostatskega do porušnega stanja lahko splošneje izrazimo kot odnose med majhnimi prirastki deformacijskega in napetostnega tenzorja:

$$\{d\,\varepsilon_{ij}\} = [M]\ \{d\,\sigma_{ij}\} \qquad \ldots 34$$

Členi matrike [M] so odvisni od trenutnega napetostnega stanja, pa tudi od napetostne in deformacijske preteklost zemljine, od sedanje napetostne poti ter od morebitne anizotropnosti zemljine.

Omejimo se najprej na zemljine z zanemarljivo majhnimi viskoznimi lastnostmi. Če obravnavamo zemljino kot neviskozen elastoplastičen medij, lahko celotno deformacijo razstavimo na elastični (tj. povratni, reverzibilni) del in na plastični (tj. nepovratni, nereverzibilni) del. Eksperimentalno izkustvo uči, da obstoje v koordinatnem sistemu glavnih napetosti neke ploskve $f = f\,(\sigma_{ij})$ — imenujemo jih ploskve popuščanja — z naslednjimi lastnostmi: Če je sedanja napetostna pot $\{d\,\sigma_{ij}\}$ znotraj krajne ploskve popuščanja, ki je bila v napetostni preteklosti zemljine že dosežena, so ustrezne deformacije pretežno elastične

$$\{d\,\varepsilon_{ij}\} = \{d\,\varepsilon^e{}_{ij}\}$$

(neelastični del lahko zanemarimo); matrika [M] je elastična matrika, vendar pa so njeni členi funkcije napetostnega stanja. Če pa izraža trenutno napetostno stanje točka na krajni doseženi ploskvi popuščanja in je napetostni vektor $\{d\,\sigma_{ij}\}$ usmerjen navzven od ploskve popuščanja, se pojavi poleg elastičnega tudi plastični prirastek deformacij $\{d\,\varepsilon^p{}_{ij}\}$, ki navadno nad elastičnim prevladuje. Če opazujemo vektor $\{d\,\varepsilon^p{}_{ij}\}$ v koordinatnem sistemu ($d\,\varepsilon_1$, $d\,\varepsilon_2$, $d\,\varepsilon_3$), ki je s sistemom (σ_1, σ_2, σ_3) koaksialen, ugotovimo, da določa smer tega vektorja prirastka plastičnih deformacij gradient nekih napetostnih ploskev $g = g\,(\varepsilon_{ij})$, ki jih imenujemo ploskve plastičnega potenciala; določimo jih eksperimentalno.

$$\{d\,\varepsilon^p{}_{ij}\} = \lambda \left\{ \frac{\partial\, g}{\partial\, \sigma_{ij}} \right\} \qquad \ldots 35$$

Kadar se ploskve plastičnega potenciala s ploskvami popuščanja pokrivajo, govorimo o asociativnih, sicer o neasociativnih elastoplastičnih modelih.

Pri plastičnem deformiranju ploskve popuščanja ekspandirajo, dokler se zemljina z deformiranjem »krepi« (utrjuje); ko pa je presežena vrhunska vrednost trdnosti, prične zemljina »slabeti«, z naraščanjem plastičnih deformacij se prično ploskve popuščanja krčiti, pomikajo se proti izhodišču sistema (σ_1, σ_2, σ_3). Ker so ploskve popuščanja tudi funkcije plastičnih deformacij oz. ustreznega deformacijskega dela, lahko sorazmernosti faktor λ v enačbi (35) s temi sovisnostmi izrazimo.

Splošni elastoplastični model je zapleten. Z omejitvijo na »utrjujoče se zemljine« (tj. brez upoštevanja slabitve po doseženi vrhunski vrednosti trdnosti) je uspelo Ladeu (1976) izraziti matriko ne-

viskoznega elastoplastičnega modela s 14 parametri za nevezljiva in z 10 parametri za vezljiva tla; vse te parametre je mogoče določiti z izotropnimi (hidrostatskimi) kompresijskimi in s konvencionalnimi dreniranimi triaksialnimi kompresijskimi preizkusi. Izvedba vseh potrebnih preizkusov je zahtevna in zamudna.

Za posebne omejitve veljavnosti je mogoče postaviti enostavnejše elastoplastične modele. Tako sta npr. Prévost in Høeg (1975) postavila za nedrenirane koherentne zemljine model s von Misesovim kriterijem popuščanja in z asociativnim zakonom tečenja, funkcija popuščanja pa je izražena z neko deviatorsko deformacijsko invarianto in sicer alternativno za fazi utrjevanja in slabitve. Model je zanimiv zlasti zato, ker je mogoče parametre, ki nastopajo v reoloških sovisnostih, določiti s tlakomernimi preizkusi v vrtinah (»pressuremeter tests«).

Doslej so se elastoplastični modeli — tudi enostavnejši — v konkretnih geotehničnih računih komaj kdaj uporabili. Večkrat že pa so bili za praktične probleme uporabljeni enostavnejši hipoelastični modeli. Pri teh vzamemo, da je celotni tenzor prirastka deformacij po enačbi (34) koaksialen tenzorju prirastka napetosti, člene matrike [M], ki po enačbi (34) veže oba tenzorja, pa določimo neposredno iz poizkusov za določene napetostne poti. Navadno se odnosi, ki se dobe iz preizkusov na valjastih vzorcih za napetostna stanja, določena z dvema podatkoma (npr. s σ_3 in $\sigma_1 - \sigma_3$), uporabijo tudi za drugačna napetostna stanja, npr. za ravninska deformacijska stanja, za kakršna se večinoma sestavljajo računski programi. Če pa imamo na voljo preiskave za prizmatične vzorce ob pogojih ravninskega deformiranja, je seveda bolje upoštevati v računih deformacijske parametre, ki se dobe s temi preizkusi.

Omenjeni hipoelastični modeli slone navadno na hiperbolni obliki odnosov med razliko glavnih napetosti $\sigma_1 - \sigma_3$ in osno deformacijo ε_1, kakor jo je prvi ugotavljal Kondner (1963):

$$\sigma_1 - \sigma_3 = \frac{\varepsilon_1}{a + b\,\varepsilon_1} \qquad \ldots 36$$

Uporabljajoč to relacijo so Kulhawy, Duncan in Seed (1969) ter Duncan in Chang (1970) prikazali, kako je mogoče vrednost tangentnega modula izraziti kot funkcijo od σ_3 in $\sigma_1 - \sigma_3$, v kateri nastopajo poleg trdnostnih parametrov c in φ (kohezije in strižnega kota) še trije eksperimentalno določljivi parametri; in kako je mogoče na osnovi podobne hiperbolne relacije za bočne deformacije izraziti tangentno vrednost Poissonovega količnika na podoben način ob upoštevanju treh nadaljnjih eksperimentalno določljivih parametrov.

Na univerzi v Ljubljani uporabljamo hipoelastični zemljinski model tako (Šuklje 1974), da izražamo člene matrike [M] v enačbi (34) s tangencialnim kompresijskim in tangencialnim strižnim modulom, kakor sta definirana z oktaedrskimi vrednostmi napetosti σ_{oct} in τ_{oct}:

$$K_t = \frac{d\sigma_{oct}}{3\,d\varepsilon_{oct}} \qquad \ldots 37, \qquad G_t = \frac{d\tau_{oct}}{d\gamma_{oct}} \qquad \ldots 38$$

ε_{oct} in γ_{oct} sta normalna oz. strižna oktaedrska deformacija. Oba modula, K_t in G_t, sta odvisna tako od celotne vrednosti σ_{oct} in od celotne vrednosti τ_{oct}, vendar je vpliv τ_{oct} na K_t navadno majhen.

S postopno uporabo metode končnih elementov za elastične (linearno deformabilne) medije lahko ob upoštevanju relacije (34) določamo premike, deformacije in napetosti v zemljinskih telesih. Večina znanih rešitev obravnava probleme kot ravninske, ker zahteva prostorsko obravnavanje veliko kapaciteto računalnikov in obsežen program in ker je drago. Z matriko [M], izraženo s parametri glede na dve oktaedrski invarianti napetostnega tenzorja, so bili na univerzi v Ljubljani obravnavani in publicirani že različni ravninski problemi določanja napetosti in deformacij pod poljubno oblikovanimi gibkimi bremenskimi progami (Saje 1974), kakršne so cestni nasipi (Majes 1974, Battelino 1976, Battelino in Majes 1977), ter določanja zemeljskih pritiskov na toge podporne konstrukcije v odvisnosti od premikov konstrukcije (Vidmar 1974, Vidmar in Majes 1977). Pripravljeni programi so uporabni tudi za slojevita tla z različnimi deformacijskimi lastnostmi posameznih slojev. Dosedanje izkušnje (Battelino 1976) pa kažejo, da kompatibilni končni elementi ne ustrezajo stvarnim deformacijskim pogojem na kontaktu med sloji z zelo različno deformabilnostjo in da bo treba na takšnih kontaktih vgraditi ustrezne specialne (npr. linijske) elemente.

b) Nelinearni odnosi za viskozne zemljine

Hipoelastični model z matriko (enačba 34), katere člene so odvisni od oktaedrskih napetosti, je bil na univerzi v Ljubljani uporabljen tudi za zemljine, ki kažejo pomembne viskozne učinke. Ti se kažejo v sekundarnem naraščanju deformacij potem, ko so ob koncu primarne konsolidacije porni tlaki splahneli na nemerljivo majhne vrednosti (gl. poglavje »Ekvivalentni elastični parametri«). Če se to sekundarno naraščanje ravna po zakonu

$$\varepsilon^o = \varepsilon^o{}_0 + \beta_o \ln \frac{t}{t_0} = \varepsilon^o{}_0 + \beta_o \ln \frac{\dot{\varepsilon}^o{}_0}{\dot{\varepsilon}^o} \qquad \ldots 39$$

$$\gamma^o = \gamma^o{}_0 + \beta_\gamma \ln \frac{t}{t_0} = \gamma^o{}_0 + \beta_\gamma \ln \frac{\dot{\gamma}^o{}_0}{\dot{\gamma}^o} \qquad \ldots 40$$

lahko deformabilnost triaksialnega valjastega vzorca enoumno izrazimo s parametri $\varepsilon^o{}_0$, β_o, $\gamma^o{}_0$ β_γ kot funkcijami oktaedrskih napetosti:

$$\varepsilon^o{}_0 = \varepsilon^o{}_0\,(\sigma^o, \tau^o) \qquad \ldots 41,$$

$$\beta_o = \beta_o\,(\sigma^o, \tau^o) \qquad \ldots 42$$

$$\gamma^o{}_0 = \gamma^o{}_0\,(\tau^o, \sigma^o) \qquad \ldots 43,$$

$$\beta_\gamma = \beta_\lambda (\tau^o, \sigma^o) \qquad \ldots 44$$

$\tau^o = \tau_{oct}$, $\sigma^o = \sigma_{oct}$, $\varepsilon^o = \varepsilon_{oct}$, $\gamma^o = \gamma_{oct}$;

$\dot{\varepsilon}^o_0$ in $\dot{\gamma}^o_0$ sta simultani primerjalni deformacijski hitrosti, ustrezajoči primerjalnemu času t_0, ko imata oktaedrski deformaciji vrednosti ε^o_0 oziroma γ^o_0.

Analogno lahko ugotovimo sovisnosti (41) do (44) tudi v primeru, ko se ravna sekundarna konsolidacija po zakonu

$$\varepsilon^o = \varepsilon^o_0 \left(\frac{t}{t_0}\right)^{\beta_0} = \varepsilon^o_0 \left(\frac{\dot{\varepsilon}^o}{\dot{\varepsilon}^o_0}\right)^{\frac{\beta_0}{\beta_0 - 1}} \qquad \ldots 45$$

$$\gamma^o = \gamma^o_0 \left(\frac{t}{t_0}\right)^{\beta_\gamma} = \gamma^o_0 \left(\frac{\dot{\gamma}^o}{\dot{\gamma}^o_0}\right)^{\frac{\beta_\gamma}{\beta_\gamma - 1}} \qquad \ldots 46$$

Na univerzi v Ljubljani je bil izdelan za zemljine z odnosi (41) do (44) numerični postopek za račun premikov, deformacij in napetosti v ravninsko deformacijski mreži končnih elementov s poljubno konturo in poljubno vozliščno obremenitvijo, naraščajočo s poljubno hitrostjo. Ustrezni računalniški program je bil pripravljen za plastoviti polprostor (Šuklje in Majes 1975, Šuklje 1977 s sodelovanjem B. Majesa).

Konsolidacija nelinearnih viskoznih zemljin

Če izrazimo reološke sovisnosti za zemljino z nekim linearnim reološkim modelom, lahko tak model trasformirano v elastični model tako, da nadomestimo elastične parametre z diferencialnimi operatorji po času, ki ustrezajo izbranemu modelu (gl. npr. Šuklje 1969-a). Tako lahko tudi zza takšne modele uporabimo analizo konsolidacije, analogno Biotovi rešitvi za elastične medije. Za določene linearne modele obstoje rešitve nekaterih posebnih, enostavnih primerov obremenitev (npr. Zaretzki 1967 za Kelvinov model, Kisiel in Lysik 1966 za vzporedno povezavo Maxwellovega telesa s telesom, ki sestoji iz Hookove vzmeti vezane zaporedno s Saint-Venantovim uporom). Za model, v katerem sta zaporedno vezana Hookova vzmet in linearno Kelvinovo telo, sta nedavno za poljubne robne pogoje prikazala numerično rešitev z uporabo metode končnih elementov Booker in Small (1977). Žal pa pokažejo preudarki (Šuklje 1969-a), da lahko takšni linearni modeli izražajo viskozne lastnosti zemljine samo v zelo omejenem obsegu napetosti in dolžin filtracijskih poti.

Za nelinearne viskozne odnose še niso bile objavljene rešitve, ki bi dajale simultano reševanje ravnotežnih in kontinuitetnih enačb ter Darcyjevega zakona in reoloških sovisnostih tako, da se dobi kot rezultat usklajen razvoj efektivnih napetosti in pornih tlakov. Na univerzi v Ljubljani smo analizirali viskozne učinke na konsolidacijo z numeričnim razreševanjem enačbe konsolidacije za statično določene sisteme totalnih napetosti ali za sisteme, ki smo jih določili neodvisno od enačbe konsolidacije ob supoziciji, da konsolidacijski proces na razvoj totalnih napetosti ne vpliva (npr. Šuklje in Kogovšek 1968, Šuklje 1969, Šuklje in Simončič 1972, Šuklje in Kozak 1974, Šuklje in Kovačič 1974, Gaberc in Kovačič 1975, Šuklje 1977 ob sodelovanju I. Kovačiča, Šuklje in Kovačič 1978). Problem se pri tem reducira na reševanje diferencialne enačbe konsolidacije (difuzijske enačbe) ob upoštevanju reoloških sovisnosti za zemljine in sovisnosti med propustnostjo in poroznostjo.

V naslednjem poglavju bomo prikazali neke rezultate takšne analize konsolidacije za večplastna drenirana tla pod bremensko progo štiripasovne ceste s širokima bermama za povečanje nosilnosti tal. Ker je varnost proti bočnemu zdrsu zadovoljiva ($F \geqq 1{,}3$) in ker je globina zelo stisljivih dreniranih tal samo 12 m, cestni profil z bermama pa 60 m širok, smo lahko suponirali, da so po začetnih čistih distorzijskih premikih bočni premiki blizu osi bremenske proge zanemarljivo majhni in da navpični totalni tlaki niso bistveno odvisni od razvoja konsolidacije. Zato smo lahko upoštevali reološke sovisnosti

$$e = e_0(\sigma') - A(\sigma')[1 - (\dot{e}/\dot{e}_0)^n] \qquad \ldots 47$$

kakor smo jih ugotovili z edometrskimi preizkusi (izotahe). V obliki

$$\dot{e} = \dot{e}(e, \sigma') \qquad \ldots 48$$

smo jih vstavili v diferencialno enačbo konsolidacije, ki ima v valjastih koordinatah za zasičena tla obliko

$$\frac{\partial e}{\partial t} = \frac{1+e}{\gamma_w}\left[\varkappa \frac{\partial}{\partial r}\left(k\frac{\gamma_w}{\partial r}\right) + \varkappa \frac{k}{r}\frac{\partial u}{\partial r} + \frac{\partial}{\partial z}\left(k\frac{\partial u}{\partial z}\right)\right] \qquad \ldots 49$$

e = količnik por, t = čas, γ_w = prostorninska teža porne vode, r, z = valjasti koordinati, u = presežni porni tlak, $k_z = k$, $k_r = \varkappa k$ sta koeficienta propustnosti v navpični oz. radialni smeri. Upoštevali smo eksperimentalno ugotovljeno obliko sovisnosti

$$k = k(e) \qquad \ldots 50$$

in načelo efektivnih napetosti

$$\sigma' = \sigma - u \qquad \ldots 51$$

Za totalne navpične napetosti σ

$$\sigma = \sigma(t) \qquad \ldots 52$$

smo vzeli vrednosti, ki smo jih dobili z analizo po teoriji elastičnosti, upoštevajoč hitrost naraščanja

obtežbe s cestnim nasipom. Eksperimentalno ugotovljene sovisnosti (50) ter

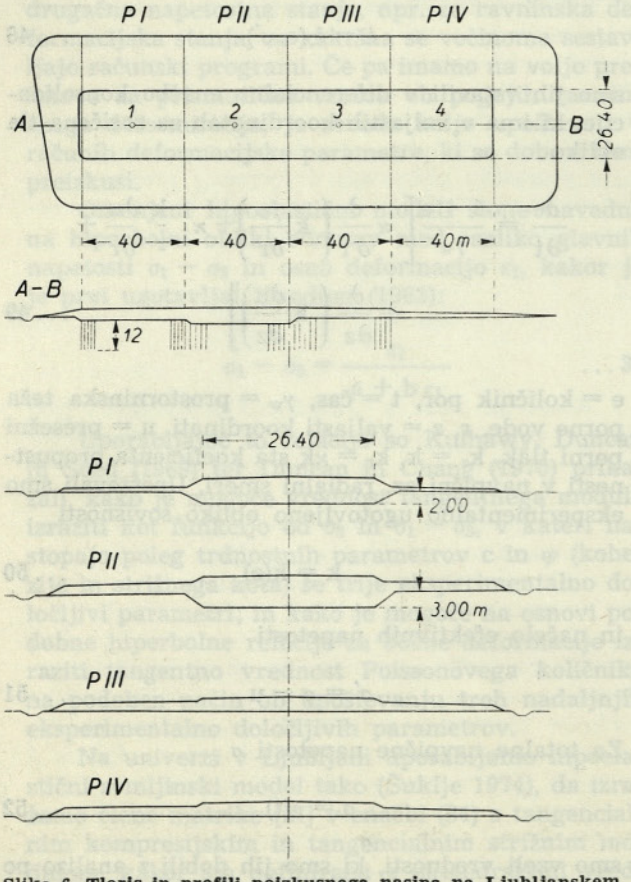
$$e_0 = e_0(\sigma') \text{ in } A = A(\sigma') \quad \ldots 53$$

smo izrazili z nizi koordinatnih vrednosti in za interpolacijo uporabili lepljene (»spline«) funkcije. (V posebnih primerih bi seveda lahko uporabili tudi ustrezne analitične izraze.) (Numerična analiza je obrazložena v članku Šukljeta in Kovačiča, 1978.)

NEKAJ PRIMERJAV MED POSEDKI, IZRAČUNANIMI PO PRIBLIŽNIH IN STROŽJIH POSTOPKIH, IN IZMERJENIMI POSEDKI

Poizkusni nasip na Ljubljanskem barju

Za potrebe projekta »hitre ceste«, ki jo gradimo prek Ljubljanskega barja, je bil zgrajen poskusni nasip s tlorisom planuma (27 . 160) m² in vznožne ploskve (64 . 190) m². Tla sestoje — od zgoraj navzdol — iz 2,40 do 3,00 m debele šotne plasti (odstotek vode med 100 in 370 %), zelo porozne, 4,70 do 6,00 m debele glinasto meljaste plasti »polžarice« (MH, w = 60 do 120 %) in plastične glinaste (deloma meljaste) plasti (CH, CI, MI, MH), ki je v višjih legah (v debelini 5,40 do 11,70 m) zelo stisljiva (w = 40 do 75 %), v globljih legah (v debelini do 27,20 m) pa trmoplastična (w = 24 do 35 %); delno leži na skalni, delno na prodni podlagi. (Podrobnejši podatki: Gaberc in Vidic, 1977.)



Slika 6. Tloris in profili poizkusnega nasipa na Ljubljanskem barju

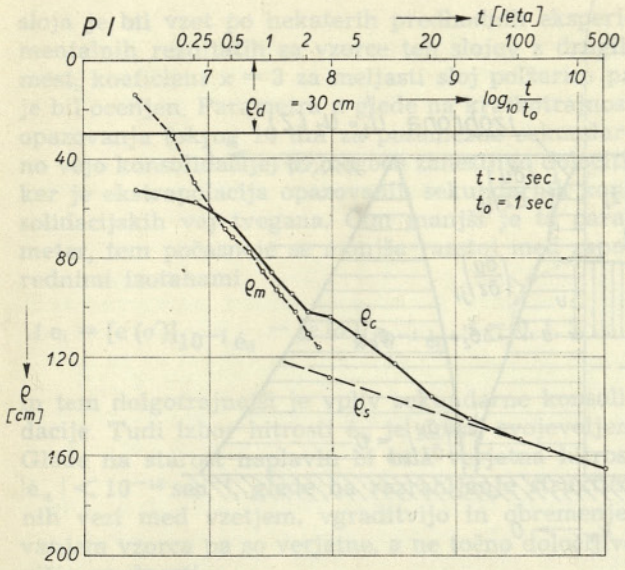
Poskusni nasip je bil nasut v štirih delih s štirimi različnimi izvedbami: (I) z izkopom šote do globine 2 m, z 12 m globokimi peščenimi dreni v razdaljah po 2,30 m in z lažjim nasipnim materialom, (II) z izkopom šote do globine 3 m, z 12 m globokimi peščenimi dreni v razdaljah po 4,60 m in z lažjim nasipnim materialom, (III) brez izkopa šote, z 12 m globokimi peščenimi dreni in s težjim nasipnim materialom, (IV) brez izkopa šote, brez drenaže in s težjo nasipnino (slika 6, Gaberc in Vidic 1977). V vseh štirih delih so bili opazovani posedki površja, pomiki globinskih merskih točk na mejah med plastmi (v vzdolžni osi nasipa), porni tlaki v različnih plasteh in prečni premiki po globini tal.

Primerjava izmerjenih posedkov s posedki, izračunanimi po približnem postopku

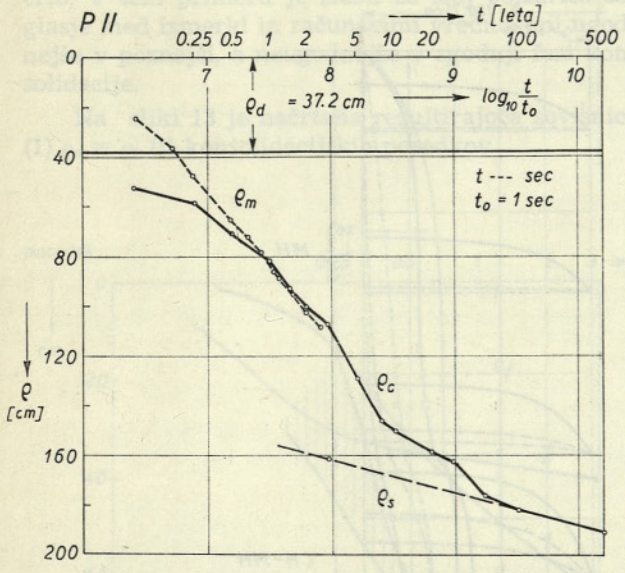
Posedke in konsolidacijo smo napovedali z aproksimativnim upoštevanjem viskozne (sekundarne) deformabilnosti tal na osnovi rezultatov edometrskih preizkusov. Primarna konsolidacija je bila analizirana z uporabo diagramov konsolidacijskih stopenj (U) v odvisnosti od faktorjev časa (T_v); uporabljeni so bili diagrami, ki jih podaja npr. Tschebotarioff (1973) po Terzaghiju za vertikalno (U_v) in po Barronu za radialno (U_h) filtracijo. Pri tem smo vzeli koeficiente stisljivosti glede na čas konca primarne konsolidacije, koeficiente propustnosti pa glede na poroznost, kakor upada z napredujočo konsolidacijo. Kombinirani učinek radialne in vertikalne filtracije je bil upoštevan po obrazcu (Verdeyen, Roisin et Nuyens, 1968):

$$U = 1 - (1 - U_h)\ (1 - U_v) \quad \ldots 54$$

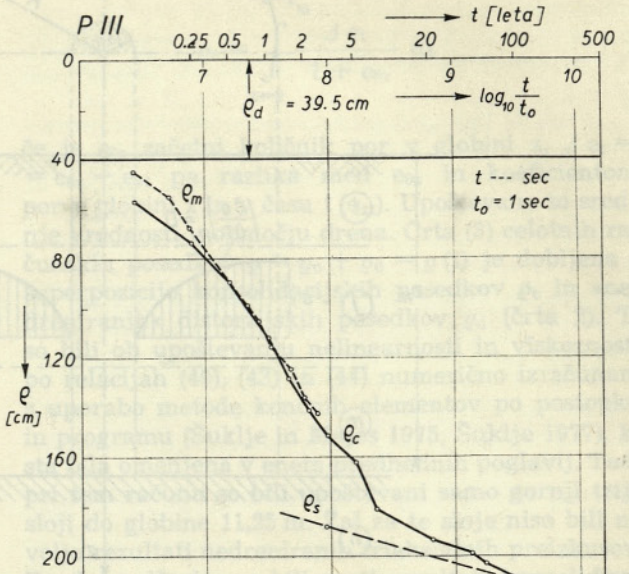
Rezultati napovedi so za točke 1, 2, 3 in 4 v vzdolžni osi nasipa (slika 6) prikazani na slikah 7 do 10 s polno izvlečenimi črtami. Začetni »nedrenirani« čisti distorzijski posedki (ϱ_d) so bili pri tem upoštevani po elastičnostnih računih s strižnimi moduli, ki ustrezajo edometrskim preizkusom ob supoziciji, da je pri dreniranih preizkusih Poissonov količnik $\nu = 0{,}3$. Črte napovedanih posedkov so vzporejene črtam izmerjenih posedkov. (V računu po približnem postopku je bila suponirana hipna obtežba v času dveh mesecev po začetku štirimesečnega nasipavanja. Na slikah 7 do 10 sovpada čas t = 0 s tem časom. Isti časovni lestvici je prirejena tudi črta izmerjenih posedkov, tj. času t = 0 po tej lestvici pripada izmerek po dveh mesecih, času t = 22 mesecev izmerek po dveh letih itd.) Soglasje med napovedanimi in opazovanimi posedki je videti zadovoljivo, toda upoštevati je treba komentar, ki ga bomo podali v naslednjem poglavju.



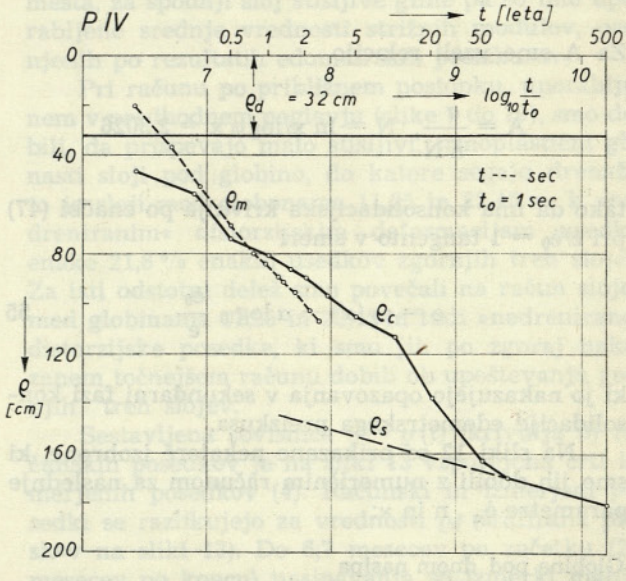
Slika 7. Izmerjeni (črtkana linija) in aproksimativno izračunani tok posedkov za točko 1 (slika 6). Reproducirano po Gaberčevi in Vidicu (1977) s podaljšanjem črte izmerjenih posedkov po opazovanjih v letu 1977



Slika 8. Izmerjeni (črtkana linija) in aproksimativno izračunani tok posedkov za točko 2 (slika 6). Reproducirano po Gaberčevi in Vidicu (1977) s podaljšanjem črte izmerjenih posedkov po opazovanjih v letu 1977



Slika 9. Izmerjeni (črtkana linija) in aproksimativno izračunani tok posedkov za točko 3 (slika 6). Reproducirano po Gaberčevi in Vidicu (1977) s podaljšanjem črte izmerjenih posedkov po opazovanjih v letu 1977



Slika 10. Izmerjeni (črtkana linija) in aproksimativno izračunani tok posedkov za točko 4 (slika 6). Reproducirano po Gaberčevi in Vidicu (1977) s podaljšanjem črte izmerjenih posedkov po meritvah v letu 1977

Primerjava izmerjenih posedkov s posedki, izračunanimi po strožjem postopku

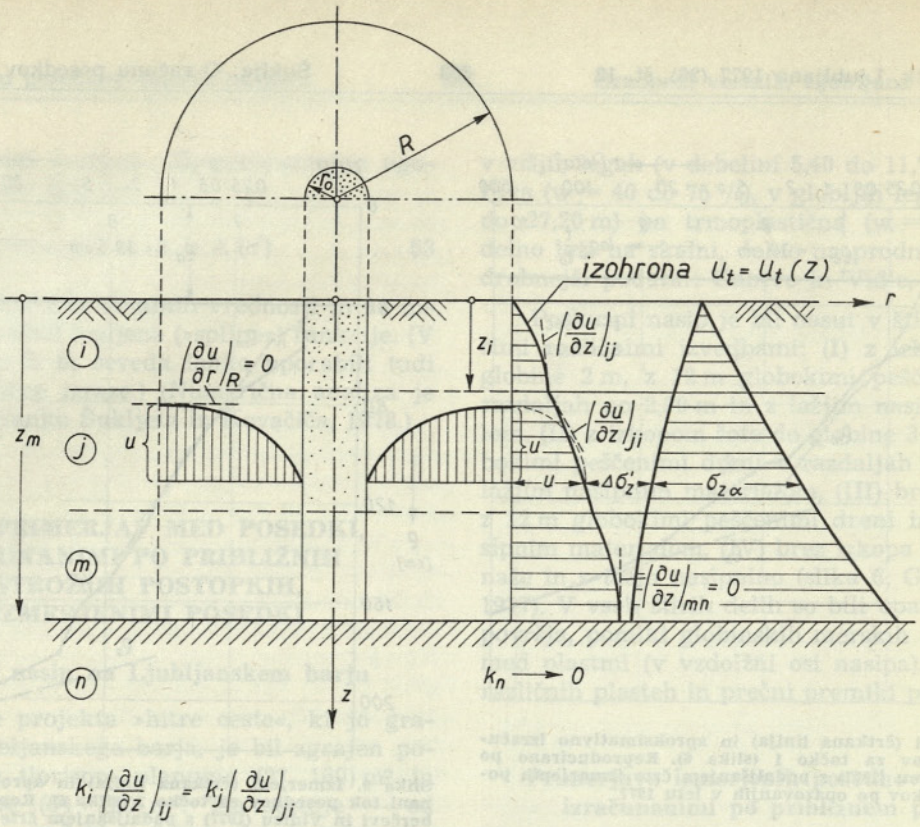
Za mersko polje (I) (z izkopom šote do globine 2 m in z dreni z razdaljah po 2,30 m) je bila po računalniškem programu, katerega osnove so bile obrazložene v zadnjem odseku predhodnega poglavja, izdelana za plasti do globine 12 m, do katere segajo dreni, tudi strožja analiza konsolidacije. Upoštevani robni pogoji so prikazani na sliki 11. Konsolidacija manj stisljivih slojev pod globino dreniranja, ki prispevajo v 100 letih k celotnim posedkom 20 cm, je bila upoštevana aproksimativno po Terzaghijevi teoriji (s prispevkom 5 cm v dveh letih).

Za tri različne plasti, ki nastopajo vzdolž drenov, so bili rezultati edometrskih preizkusov izraženi z nizi koordinatnih vrednosti (glej en. 47)

$$e_0 = [e_0]\ \dot{e}_o = -10^{-7}\ \text{sec}^{-1} = e_0(\sigma')$$

in

$$A = A(\sigma')$$



Slika 11. Robni pogoji za numerični račun konsolidacije dreniranih slojev

Za A smo vzeli relacijo

$$A = \frac{\alpha}{n\,N}, \quad N = \ln x / \log_{10} x = 2{,}3026$$

tako da ima konsolidacijska krivulja po enačbi (47) pri $\dot{e}/\dot{e}_0 = 1$ tangento v smeri

$$e = e_0(\sigma') - \alpha \log_{10} \frac{\dot{e}_0}{\dot{e}} \qquad \ldots 55$$

ki jo nakazujejo opazovanja v sekundarni fazi konsolidacije edometrskega preizkusa.

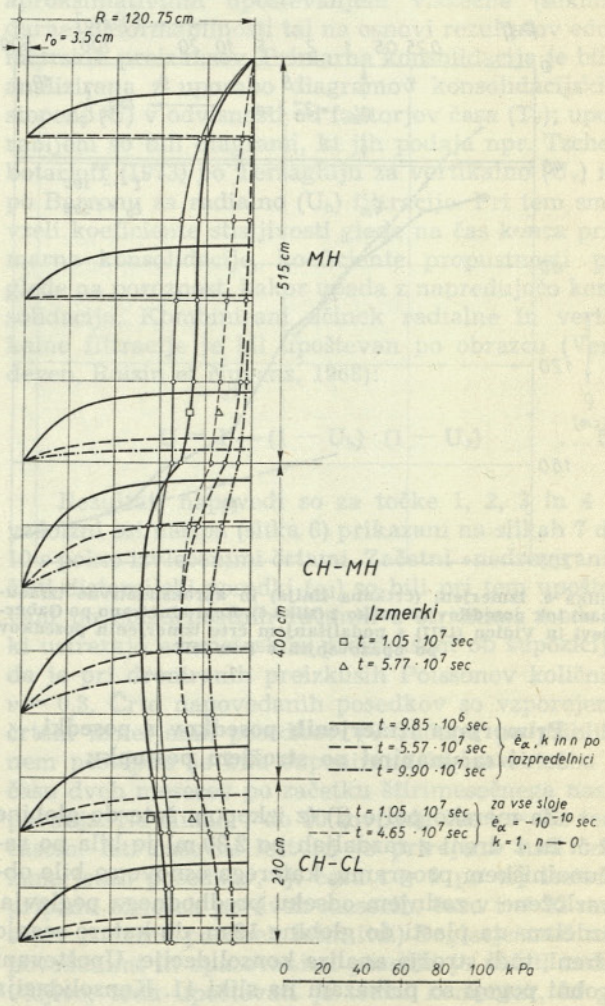
Na sliki 12 so prikazane nekatere izohrone, ki smo jih dobili z numeričnim računom za naslednje parametre $\dot{e}_\alpha$, n in $\varkappa$:

Globina pod dnom nasipa

cm	Sloj	$\dot{e}_\alpha$ sec^{-1}	k	n
0 do 515	MH	-10^{-14}	3	0,002
515 do 915	CH — MH	-10^{-12}	1	0,2
915 do 1125	CH — CI	-10^{-12}	1	0,2

$\dot{e}_\alpha$ je suponirana hitrost predhodne sekundarne konsolidacije, ki ji po enačbi (55) za $\dot{e} = \dot{e}_\alpha$ ustrezajo začetni koeficienti por, to je koeficienti naravnih tal pred tehničnimi posegi.

Na sliki 12 so označeni tudi nekateri izmerki pornih tlakov s piezometri. Soglasje z numeričnimi računi je še dokaj zadovoljivo. Vendar je treba opozoriti, da koeficienti $\dot{e}_\alpha$, $\varkappa$ in n, ki so bili upoštevani v numeričnem računu, niso mogli biti izbrani z vso zanesljivostjo. Koeficient $\varkappa = 1$ za glinasta



Slika 12. Izračunane izohrone vzdolž dreniranih slojev

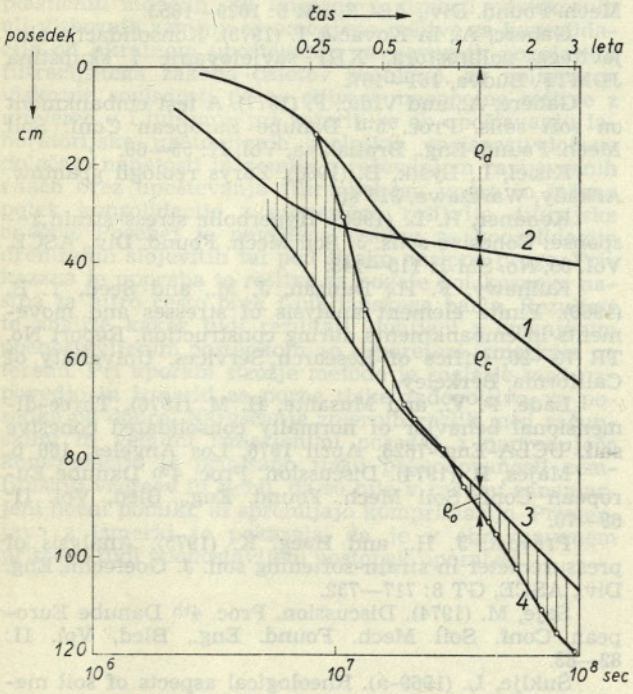
sloja je bil vzet po nekaterih predhodnih eksperimentalnih rezultatih za vzorce teh slojev z drugih mest, koeficient $\varkappa = 3$ za meljasti sloj polžarice pa je bil ocenjen. Parametra n glede na kratkotrajnost opazovanja (okrog 10 dni za posamezno sekundarno vejo konsolidacije) ni mogoče zanesljivo določiti, ker je ekstrapolacija opazovanih sekundarnih konsolidacijskih vej tvegana. Čim manjši je ta parameter, tem počasneje se manjša razstoj med zaporednimi izotahami

$$\Delta e_i = [e(\sigma')]_{10^{-i}\dot{e}_0} - [e(\sigma')]_{10^{-i}\dot{e}_0}, \quad i = 0, 1, 2, \ldots$$

in tem dolgotrajnejši je vpliv sekundarne konsolidacije. Tudi izbor hitrosti $\dot{e}_\alpha$ je dokaj svojevoljen. Glede na starost naplavin bi bila verjetna hitrost $|\dot{e}_\alpha| < 10^{-12}\,\mathrm{sec}^{-1}$, glede na razrahljanje strukturnih vezi med vzetjem, vgraditvijo in obremenjevanjem vzorca pa so verjetne, a ne točno določljive višje vrednosti.

S supozicijo, da je za vse tri sloje $\dot{e}_\alpha = 10^{-10}$ sec^{-1}, $\varkappa = 1$ in $n \to 0$ (sekundarna konsolidacija po logaritmični odvisnosti od časa), smo dobili v bližini globin, v katerih so filtri piezometrov, presežne porne tlake, ki so na sliki 12 označeni s tanko črto. V tem primeru je zlasti za sloj polžarice soglasje med izmerki in računskimi vrednostmi ugodnejše v poznejši, a neugodnejše v zgodnji fazi konsolidacije.

Na sliki 13 je načrtana rezultirajoča sovisnica (1) $\varrho_c = \varrho_c(t)$ konsolidacijskih posedkov



Slika 13. Primerjava izračunanih in izmerjenih posedkov za točko 1 (slika 6): (1) konsolidacijski posedki ϱ_c, (2) čisti »nedreniranі« distorzijski posedki ϱ_d, (3) = (2) + (1), (4) izmerjeni posedki, (5) = (4) — (3)

$$\varrho_c = \int_{z=0}^{z=z_m} \frac{\Delta e_t}{1 + e_{0z}}\, dz$$

če je e_{0z} začetni količnik por v globini z, $\Delta e_t = e_{0z} - e_{zt}$ pa razlika med e_{0z} in koeficientom por v globini z in v času t (e_{zt}). Upoštevane so srednje vrednosti v območju drena. Črta (3) celotnih računskih posedkov $\varrho = \varrho_c + \varrho_d = \varrho(t)$ je dobljena s superpozicijo konsolidacijskih posedkov ϱ_c in »nedreniranih« distorzijskih posedkov ϱ_d (črta 2). Ti so bili ob upoštevanju nelinearnosti in viskoznosti po relacijah (40), (43) in (44) numerično izračunani z uporabo metode končnih elementov po postopku in programu (Šuklje in Majes 1975, Šuklje 1977), ki sta bila omenjena v enem predhodnih poglavij. Tudi pri tem računu so bili upoštevani samo gornji trije sloji do globine 11,25 m. Žal za te sloje niso bili na voljo rezultati nedreniranih triaksialnih preizkusov. Za sloj polžarice so bili vzeti rezultati konsolidiranih nedreniranih preizkusov nekega vzorca polžarice z drugega mesta barjanskih tal, za gornji sloj zelo stisljive gline odnosi med strižnimi deformacijami in napetostmi, dobljeni pri dreniranem triaksialnem preizkusu nekega vzorca te gline z drugega mesta, za spodnji sloj stisljive gline pa so bile uporabljene srednje vrednosti strižnih modulov, ocenjenih po rezultatih edometrskih preizkusov.

Pri računu po približnem postopku, uporabljenem v predhodnem poglavju (slike 7 do 10), smo dobili, da prispevajo malo stisljivi, trmoplastični glinasti sloji pod globino, do katere segajo drenaže, to je sloji med globonama 11,25 in 22,45 m, k »nedreniranim« distorzijskim deformacijam usedke, enake 21,8 % enakih usedkov zgornjih treh slojev. Za isti odstotni delež smo povečali na račun slojev med globinama 11,25 in 22,45 m tudi »nedrenirane« distorzijske posedke, ki smo jih po zgoraj nakazanem točnejšem računu dobili ob upoštevanju gornjih treh slojev.

Sestavljena sovisnica $\varrho = \varrho(t)$ (krivulja 3) računskih posedkov je na sliki 13 vzporejena črti izmerjenih posedkov (4). Računski in izmerjeni posedki se razlikujejo za vrednosti ϱ_0 (šrafirana ploskev na sliki 13). Do 6,7 mesecev po začetku (2,7 mesecev po koncu) nasipavanja so izmerki manjši od računskih posedkov, pozneje jih presegajo: po treh letih za 13 % z rahlo tendenco, da se bodo razlike še povečale.

Ko iščemo razlago za nesoglasje med meritvijo in računom, moramo najprej pomisliti, da so tako imenovani »intaktni« (nepoškodovani) vzorci v resnici prizadeti zaradi spremembe napetostnih stanj in zlasti zaradi dinamičnih učinkov (sunkov) med vzetjem, transportom, vgrajevanjem v edometre oziroma v triaksialne aparate in tudi med obremenjevanjem. Posebno pri zelo poroznih zemljinah rahle strukture, kakršne so zemljine zgornjih plasti barjanskih tal, se lahko pri tem razrahljajo molekularne vezi med opnami vezane vode, ki obdajajo mineralna zrna. Zato je navadno poroznost vzorca

pri obnovitvi geološke obtežbe (to je napetostnega stanja vzorca v tleh pred tehničnimi posegi) manjša od poroznosti, ki jo je imel vzorec ob vgraditvi v aparat.

Tudi v tleh pod nasipom se lahko strukturne vezi med zrni razrahljajo ali celo poderejo pod vplivom dinamičnih učinkov gradbenih strojev in vozil ter obremenitve z nasipavanjem, ki narašča sicer bolj monotono in počasneje kot obtežba na vzorec, a vendar bistveno hitreje kot obtežba med sedimentacijo. Prikazane razlike med izmerki in računskimi posedki navajajo k domnevi, da so se v tleh pod nasipom strukturne vezi med nasipavanjem dovolj dobro upirale dinamičnim učinkom in distorzijskemu preoblikovanju, da pa so popuščale med konsolidacijo pod vplivom naraščajočih efektivnih tlakov. Vendar lahko večje vrednosti izmerkov vsaj deloma pripišemo tudi temu, da pri računu nismo upoštevali niti zmanjšanja poroznosti vzorcev do »geološke« obtežbe, niti tistih vodoravnih premikov, ki spremljajo konsolidacijo.

ZAKLJUČEK

Prikazali smo poenostavljene in strožje postopke za račun posedkov cestnih nasipov in njihovega časovnega razvoja ob upoštevanju nelinearne deformabilnosti in viskoznosti zemljin. Nekatere postopke smo uporabili za račun posedkov poizkusnega nasipa na Ljubljanskem barju, tako da smo mogli računske rezultate primerjati z izmerki na terenu.

Z numeričnimi metodami in računalniki, ki so danes na voljo, lahko upoštevamo pri računu napetosti in deformacij tudi kompleksnost reoloških odnosov vštevši viskoznost zemljin, dalje plastovito sestavo tal, odvisnost propustnosti od poroznosti, splošnejšo obliko zakona filtracije, hitrost nalaganja obtežbe, različne pogoje dreniranja in tudi stopnjo zasičenosti (Šuklje in Kozak, 1974), katere vpliva v tem članku nismo obravnavali. Vendar pa so možnostim izpopolnjevanja metod za napoved posedkov in konsolidacije postavljene meje. Po eni strani jih postavlja kapaciteta računalnikov in zapletenost programov v zvezi s ceno njihove priprave in uporabe, po drugi strani pa omejena možnost točne določitve eksperimentalnih parametrov. ki izražajo lastnosti zemljin. Ne glede na to, da nobeden doslej predlaganih reoloških modelov ni popoln, je treba zlasti za popolnejše modele, s katerimi je mogoče upoštevati napetostno preteklost in poljubno novo napetostno pot, določiti številne fizikalne parametre z zamudnimi, precizno izvedenimi preizkusi. Pri vzetju, transportu, vgraditvi in obremenjevanju »intaktnih «vzorcev se zelo težko izognemo razrahljanju tiksotropnih molekularnih vezi med opnami vezane vode, ki zrna obdajajo, tako da tudi skrbno izvedene preiskave ne morejo lastnosti zemljin »in situ« točno prikazati.

Izkušnje z uporabo poenostavljenih in strožjih (še vedno ne popolnih) računskih metod za preizkusni nasip na Ljubljanskem barju so pokazale, da je nelinearnost in viskoznost pri reoloških odnosih potrebno in možno upoštevati in da dajo strožji, pa tudi poenostavljeni postopki za napoved posedkov in konsolidacije koristne, uporabne in dovolj zanesljive informacije.

V splošnem naj bi popolnejše metode, ki slone na čim popolnejših reoloških modelih in ustrezni določitvi eksperimentalnih parametrov, služile — ob vzporeditvi z značajem in konkretnimi rezultati manj popolnih »strožjih« postopkov ali poenostavljenih računov ter ob vzporeditvi vseh računskih analiz z izmerki na terenu — za presojo, kateri postopek je v danem primeru racionalen in še dovolj zanesljiv in kakšne korekture računskih rezultatov ali kakšne varnostne količnike je treba priporočiti. Pri takšnih vzporeditvah pa ne smemo pozabiti na tiste učinke, ki niso odvisni od same računske analize, ampak od popolnosti vzorcev zemljin in popolnosti (oziroma nepopolnosti) eksperimentalnih preiskav. V prihodnje bo treba stremeti za tem, da eksperimentalne osnove računskih analiz čim bolj izpopolnimo, zlasti tako, da preiskujemo lastnosti tal »in situ«.

Slovstvo

Battelino, D. (1976). Reološki odnosi za zemljine po eksperimentih in v računih deformacij tal. Disertacija, FAGG, Univerza v Ljubljani.

Battelino, D., and Majes, B. (1977). A hypoelastic model of soils accounting for failure. Proc. 9th Int. Conf. Soil Mech. Found. Eng., Tokyo, Vol. 1: 39—42.

Booker, J. R., and Small, J. C. (1977). Finite element analysis of primary and secondary consolidation. Int. J. Solid Structures, Vol. 13: 137—149.

Duncan, J. M., and Chang, Chin-Yung (1970). Nonlinear analysis of stress and strain in soils. J. Soil Mech. Found. Div., ASCE, SM 5: 1629—1653.

Gaberc, A., in Kovačič, I. (1975). Konsolidacija slojevitega polprostora. XIII savjetovanje i skupština JDMTF, Budva, 161—167.

Gaberc, A., and Vidic, F. (1977). A test embankment on soft soils. Proc. 5th Danube European Conf. Soil Mech. Found. Eng., Bratislava, Vol. II: 55—66.

Kisiel, I., Lysik, B. (1966). Zarys reologii gruntów. Arkady, Warszawa, 315 str.

Kondner, R. L. (1963). Hyperbolic stress-strain response: Cohesive soils. J. Soil Mech. Found. Div., ASCE, Vol. 89, No. SM 1: 115—143.

Kulhawy, F. H., Duncan, J. M., and Seed, Y. B. (1969). Finite element analysis of stresses and movements in embankments during construction. Report No. TR 70—20, Office of Research Services, University of California, Berkeley.

Lade, P. V., and Musante, H. M. (1976). Three-dimensional behavior of normally consolidated cohesive soil. UCLA-Eng.-7626, April 1976, Los Angeles, 166 p.

Majes, B. (1974). Discussion. Proc. 4th Danube European Conf. Soil Mech. Found. Eng., Bled, Vol. II: 68—70.

Prévost, J. H., and Høeg, K. (1975). Analysis of pressuremeter in strain-softening soil. J. Goetechn. Eng. Div., ASCE, GT 8: 717—732.

Saje, M. (1974). Discussion. Proc. 4th Danube European Conf. Soil Mech. Found. Eng., Bled, Vol. II: 82—83.

Šuklje, L. (1969-a). Rheological aspects of soil mechanics. Wiley Interscience, London, 571 p.

Šuklje, L. (1969-b). Consolidation of viscous soils subjected to continuously increasing uniform load. »New Advances in Soil Mechanics«, Czechoslovak Scientific and Technical Society, Prague, I: 199—235.

Šuklje, L., and Simončič, M. (1972). The use of isotaches in the numerical analysis of radial consolidation. University of Ljubljana, Acta Geotechnica, No. 41: 1—57.

Šuklje, L., and Kozak, J. (1972). Radially symmetric space consolidation of saturated viscous soils. University of Ljubljana, Acta Geotechnica, No. 42: 1—51.

Šuklje, L., and Kovačič, I. (1974). The role of effective stress speed in the consolidation analysis. Proc. 4th Danube European Conf. Soil Mech. Found. Eng., Bled, I: 233—240.

Šuklje, L., and Kozak, J. (1974). Consolidation of partly saturated viscous soils. University of Ljubljana, Acta Geotechnica, No. 54: 1—20.

Šuklje, L. (1974). Discussion. Proc. 4th Danube European Conf. Soil Mech. Found. Eng., Bled, II: 24—26.

Šuklje, L., and Majes, B. (1975). Development od displacements in a non-linear viscous plane-strain space. University of Ljubljana, Acta Geotechnica, No. 58: 1—16.

Šuklje, L. (1977). Stresses and strains in non-linear viscous soils. V tisku za »Numerical and Analytical Methods in Geomechanics«, Wiley Interescience, London, New York.

Šuklje, L., and Kovačič, I. (1978). Two-dimensional consolidation of drained stratified viscous soils. Članek predložen konferenci (januarja 1978) »Evaluation and Prediction of Subsidence«, Pensacola Beach, Florida.

Tschebotarioff, G. P. (1973). Foundations, retaining and earth structures. Second edition. McGraw-Hill, New York, 642 p.

Verdeyen, J., Roisin, V., et Nuyens, J. (1968). La mécanique des sols. Dunod, Paris, 508 p.

Vidmar, S. (1974). Discussion. 4th Danube European Conf. Soil Mech. Found. Eng., Bled, II: 67—68.

Vidmar, S., and Majes, B. (1977). Dependence of earth pressures on displacements. 9th Int. Conf. Soil Mech. Found. Eng., Tokyo, Vol. 1: 789—793.

Zaretski, Yu. K. (1967). Teoriya konsolidatsii gruntov. Izd. Nauka, Moskva, 270 str.

UDK 624.131:625.714
GRADBENI VESTNIK, LJUBLJANA, 1977 (26)
ŠT. 12, STR. 284—297

Lujo Šuklje:

O RAČUNU POSEDKOV CESTNIH NASIPOV

V članku so prikazane različne možnosti za upoštevanje reoloških sovisnosti za zemljine pri napovedi posedkov cestnih nasipov in njihovega časovnega razvoja. Po poenostavljeni metodi računamo začetne deformacije kot deformacije nedreniranih elastičnih tal, »konsolidacijske« posedke pa po Terzaghijevi teoriji tako, da se primarna konsolidacijska veja zvezno priključi podaljšani logaritemski premici sekundarne konsolidacije po rezultatih edometrskega preizkusa. Kot strožje metode so za neviskozna tla nakazane numerične rešitve diferencialnih ravnovesnih enačb ob upoštevanju konstitutivnih zakonitosti po hipoelastičnih ali elastoplastičnih modelih. Za linearne sovisnosti neviskoznih ali viskoznih zemljin so omenjene rešitve za konsolidacijo ob hkratnem upoštevanju ravnovesnih pogojev in filtracijskega zakona (Biotov problem), za nelinearne viskozne sovisnosti pa so citirane nepopolne rešitve z univerze v Ljubljani, pri katerih se ob upoštevanju laboratorijsko ugotovljenih reoloških sovisnosti ločeno določajo napetosti in pomiki z reševanjem ravnovesnih enačb brez upoštevanja filtracijskega upora in ločeno potek konsolidacije z numerično rešitvijo difuzijske enačbe. Posebej je navedena rešitev za konsolidacijo dreniranih slojevitih tal pod široko nasipno progo. Prikazana je uporaba te rešitve za pogoje poizkusnega nasipa za hitro cesto prek Ljubljanskega barja. Rezultati te analize kakor tudi rezultati, dobljeni z omenjenim poenostavljenim postopkom, so vzporejeni izmerkom na terenu. Pri uporabi strožje metode je soglasje med napovedjo in izmerki za porne tlake zadovoljivo, za posedke pa dobro. Naraščanje zmernih razlik med računskimi in večjimi izmerjenimi posedki z napredujočo konsolidacijo je pripisano zlasti poškodovanosti zemljinskih vzorcev in temu, da so bile v računu zanemarjeni bočni pomiki, ki spremljajo komprimacijo. Primerjava z izmerki je pokazala, da je v obravnavanem primeru tudi poenostavljeni postopek uporaben.

UDC 624.131:625.714
GRADBENI VESTNIK, LJUBLJANA, 1977 (26)
NR. 12, PP. 284—297

Lujo Šuklje:

COMPUTATION OF SETTLEMENTS OF ROAD EMBANKMENTS

Different possibilities of considering rheological relationships for soils in forecasting the settlements and their development have been presented. According to the simplified procedure the initial settlements are computed as deformations of undrained elastic media, while for consolidation settlements the Terzaghi theory is applied in such a way that the primary consolidation branch joints continuously the prolonged logarithmic straight line of the secondary consolidation corresponding to oedometer test results. When computing the final settlements of non-viscous soils by using an appropriate numerical method for solving the differential equilibrium equations, the constitutive equations according to a hypoelastic or elastoplastic model may be considered. For linear stress-strain relationships of either non-viscous or viscous soils consolidation analyses in which the diffusion equation and the equilibrium conditions are considered simultaneously (Biot's problem) have been indicated in the paper. For soils of non-linear deformability partial solutions developed at the University of Ljubljana have been cited: Using the rheological relationships as ascertained by laboratory tests, total stresses and displacements are computed from equilibrium equations disregarding seepage resistance while the consolidation is analyzed separately by the numerical solution of the diffusion equation. The consolidation of drained stratified viscous soils subjected to wide embankment strips has been paid special attention. The numerical procedure as developed by the author, I. Kovačič and B. Majes, has been applied to conditions of a test embankment for the highway crossing the Ljubljana Marsh. The results of this analysis as well as the results obtained by the previously mentioned approximate procedure have been compared with measured values. As to the more rigorous method, the forecasted settlements are close to measured values and the agreement between observed and computed pore pressures has been found satisfactory. The increase of small differences in settlements with the consolidation progress has been considered to be due mainly to the sample disturbance and to neglecting the lateral displacements accompanying the compaction. Furthermore, the comparison with measured values has proved that in conditions similar to the case treated the simplified procedure can also be usefully applied.

Gradbeno podjetje Tehnika Ljubljana slavi 30 let obstoja

UDK 624:061.5

Danes eno največjih slovenskih gradbenih podjetij s sedežem prav v centru Ljubljane, z nad tri tisoč zaposlenimi, gradi vse vrste gradenj v ožji domovini, sosednjih republikah in v inozemstvu. GP Tehnika se je uveljavila kot pojem izvajalca z rekordnimi roki pri vrhunski izvedbi še tako arhitektonsko rafiniranih ter gradbeno in obrtniško zahtevnih projektov. Danes ni naloge, ki je kolektiv GP Tehnike ne bi mogel prevzeti.

Nastala je iz podjetja, ki je bilo kakor toliko drugih slovenskih podjetij, ki letos obhajajo 30-letnico, ustanovljeno v aprilu 1947 z odlokom mlade slovenske vlade. V teku razvoja je priključila vrsto drugih delovnih organizacij s področja gradbeništva ter ob prvi reorganizaciji v letu 1963 prešla na sodoben način poslovanja po sistemu specializiranih gradbenih obratov, ki so bili zametki današnjih TOZD. Teh je ta trenutek pri GP Tehniki še pet, vendar so prav v tem obdobju pred novo organizacijo, skladno z Zakonom o združenem delu. Številčna in razvejana TOZD Gradbena operativa bo razformirana v tri temeljne organizacije, ki predstavljajo ena gradbišča, drugi dve pa specializirana obrata gradbene operative. Sedanjim TOZD se bo pridružila še TOZD Inženiring zaradi vse večjega interesa investitorjev po kompleksnejših ponudbah. Iz dosedanje delovne skupnosti Skupne službe se bo izločila še DS Družbeni standard.

V prvih letih obstoja je bila Tehnika specializirana za visoke gradnje, sčasoma pa je obvladala vse vrste gradenj. Po vojni je zgradila več šol in inštitutov, kakor so Tekstilni, Fakulteta za naravoslovje in tehnologijo, Filozofska fakulteta, Fakulteta za politične vede, Klinični center, trenutno pa gradi Medicinsko fakulteto. Njene gradnje na stanovanjskem področju so Roške stolpnice, stolpnica na Vilharjevi, na Pavšičevi v Šiški, na Društveni v Mostah, stolpnici na Lepodvorski oz. Žibertovi, gradbeni kompleks Ferantov vrt itd. Na poziv družbe, da gradbena podjetja kar najhitreje povečajo stanovanjski fond, se je pred nekaj leti opremila z novo tehnologijo za hitro in ceneno izgradnjo stanovanj, tako da danes sodeluje na največjih soseskah v Ljubljani, samostojno pa projektira in izvaja veliko trnovsko sosesko VS-1. Turističnim in športnim objektom, kakor so ljubljanski hotel Lev, Union, Kompas na Bledu in v Dubrovniku, Park hotel na Bledu, Adriatic v Opatiji, so se v zadnjem času pridružili pravi podvigi v rekordnih rokih in obsegu gradnje, kakor sta na primer hotel Parentium v Poreču (10.000 m² novih površin v 5 mesecih do zadnje faze), in turistično naselje Katoro pri Umagu, katerega obsežnost lahko ponazori edino letalski posnetek, pa je bilo zgrajeno v 4 mesecih od izkopa do, takorekoč, zadnje žlice v predalu. Potreben je samo bežen opomin na ljubljanske najmarkantnejše gradnje po vojni, pa se nam bo predstavila GP Tehnika:

Celotni kompleks Trga revolucije, s stolpnicama in palačo Ljudske skupščine, trgovskim centrom in podzemnimi garažami ter lokali; nadalje v bližini stanovanjski kompleks Ferantov vrt, pa Poslovno parkirna hiša s Kompasovim hotelom v centru mesta, RTV center in Klinični center, Zimsko kopališče in hala Tivoli, pa tovarne Velana, Saturnus, Lek, Avtomontaža itd.

Sloves hitrega in solidnega izvajalca je odprl Tehniki številna gradbišča izven ožje domovine, tako industrijskih zgradb kakor hotelskih in reprezentančnih. Tehnika je gradila cementarno Koromačno, gradila je tudi Spominski dom v Kumrovcu, letališče na Krku in vile na Brionih . . . Od leta 1965 dalje se je uveljavila tudi v inozemstvu. Vse večja naročila v obeh Nemčijah so dovolj močna priča o tem, kako se je izkazala na teh tržiščih. Letos si je utrla pot na Bližnji vzhod. Ko je firma Batignolles v Sloveniji prevzela izgradnjo plinovoda, je k izvajanju pritegnila GP Tehniko.

Dovolj o dosežkih!

Specializirane TOZD Tehnike danes nudijo praktično vse, kar potrebuje gradbeništvo: od agregatov, betonskih polizdelkov in finalnih izdelkov, elementov za lahko in težko montažo na tekočem traku, do opečnih izdelkov in gradbene keramike, prek mehaničnih servisov, kovinarskih izdelkov, gradbenih strojev in naprav ter transportov. Tudi Projektivni biro Tehnike se je uveljavil s svojimi projekti tako doma kakor v inozemstvu.

Nove kadrovske okrepitve, posebej s strokovnjaki na raziskovalnem področju, prinašajo Tehniki v zadnjem letu, kakor se že kaže, novih sokov in poleta. Tehnika ta trenutek sicer zaznamuje svojo uspelo preteklost, vera pa je bodočnost!

UDK 624:061.5
GRADBENI VESTNIK, LJUBLJANA, 1977 (26)
ŠT. 12, STR. 298—299

GRADBENO PODJETJE TEHNIKA LJUBLJANA SLAVI 30 LET OBSTOJA

Gradbeno podjetje Tehnika Ljubljana obstaja od leta 1947, ko je bilo ustanovljeno z namenom, da gradi vse vrste objektov nizke in visoke gradnje. V letu 1963 je bilo reorganizirano in je prešlo na sistem specializiranih gradbenih obratov. Od svoje ustanovitve je podjetje širilo svojo proizvodnjo in delovne kapacitete. V svojem tridesetletnem razvoju je zgradilo pomembne objekte in doseglo velike rezultate. Članek daje sumarni pregled zgrajenih objektov in doseženih tehničnih rezultatov.

UDC 624: 061.5
GRADBENI VESTNIK, LJUBLJANA, 1977 (26)
NR. 12, PP. 298—299

30 YEARS OF THE BUILDING ENTERPRISE TEHNIKA LJUBLJANA

The building enterprise Tehnika Ljubljana has existed since 1947, when it was founded with the aim to construct all kinds of the building objects. In the year 1963 the enterprise was reorganized in many specialized building plants. Since its establishment the enterprise Tehnika Ljubljana has enlarged its production and working capacities. In its 30 years lasting development the enterprise has built numerous building objects and has achieved valuable results. The paper gives a summary view to the built objects, as well as to achieved technical results.

mnenje in kritika

GRADBENI VESTNIK V LETU 1977

26. letnik Gradbenega vestnika je izšel v 12 številkah (v devetih zvezkih) na 308 straneh. S tem je planirani obseg Gradbenega vestnika (240 strani) ponovno presežen, tokrat za 28 %.

V letu 1977 so ponovno oživele razprave o vsebini Gradbenega vestnika, o čemer so govorili tudi na občnem zboru ZDGITS v Velenju marca 1977. Gre za to, ali vsebina Gradbenega vestnika ustreza širokemu krogu bralcev, ki prejemajo revijo. Kritične pripombe so zadevale predvsem članke s teoretično vsebino, ki zanimajo le ožji krog strokovnjakov, specializiranih za določeno področje gradbene stroke (statika in dinamika konstrukcij, računalništvo in podobno).

Gradbeni vestnik kot strokovno glasilo Zveze društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije je edina slovenska strokovna revija za gradbeništvo, ki predstavlja raven slovenskega gradbeništva doma in v svetu.

Za strokovno informiranje široke baze gradbenikov izhaja v Sloveniji več kot 30 glasil posameznih organizacij združenega dela gradbeništva, ki objavljajo članke ustrezne vsebine.

Če hoče biti Gradbeni vestnik odraz ravni našega gradbeništva, ne smemo poleg poljudnih strokovnih člankov prezreti pomembnih prispevkov naših gradbenikov, ki so jih dosegli tudi na teoretično raziskovalnem področju. Brez teh ni razvoja tudi v gradbeništvu in če v slovenskem merilu v tej smeri kaj prispevamo, je prav, da to najprej objavimo v našem strokovnem glasilu.

Uredniški odbor Gradbenega vestnika si je tudi v letu 1977 prizadeval in uspel, da je omogočil redno izhajanje in pritegnil k sodelovanju avtorje člankov, ki seznanjajo naše bralce z dosežki na vseh področjih slovenskega gradbeništva s strokovnimi in s teoretično raziskovalnimi članki. Med teoretičnimi in strokovnimi članki, oziroma poljudno strokovnimi, ni mogoče v vseh primerih postaviti točne meje, vsekakor pa eni kot drugi skupaj predstavljajo raven našega gradbeništva.

Ako razčlenimo vsebino Gradbenega vestnika v letu 1977 glede na teoretično raziskovalne in strokovne članke po številu člankov in po straneh objavljenih člankov, dobimo naslednje podatke:

Vsebina v letu 1977

Številka	Teoretični članki		Strokovni članki	
	število	strani	število	strani
1	1	5	3	12
2-3	2	13		
4-5			2	13
6			4	26
7-8	5	44	2	8
9			2	10
10			4	16
11	1	6	2	10
12	1	14	1	2
Skupaj:	10	82	20	97

Pri tem niso upoštevane Informacije Zavoda za raziskavo materiala in konstrukcij, katerih vsebino samostojno določa ZRMK. Po vsebini so to strokovni in raziskovalni članki, ki pa so namenjeni širokemu krogu naših gradbenikov.

Podatki v zgornji tabeli kažejo, da je bilo od skupnega števila objavljenih člankov 33 % člankov teoretično raziskovalne vsebine in 67 % strokovnih člankov. Po številu strani pa 46 % in 54 %. Iz teh podatkov sledi, da tako po številu kot po straneh odpade večji del na strokovne članke.

Če pa upoštevamo, da v Gradbenem vestniku objavljamo tudi prispevke v posebnih rubrikah kot so: Iz naših kolektivov, Iz gradbene zakonodaje, Mnenje in kritika, Vesti in drugo, katerih vsebina ima značaj strokovnih informacij, potem znaša delež teoretično raziskovalnih člankov v obsegu celotnega letnika 1977 samo 27 %.

Podobno strukturo člankov in prispevkov, kot jo ugotavljamo v 26. letniku Gradbenega vestnika, so imeli tudi prejšnji letniki revije.

Z namenom, da se Gradbeni vestnik še bolj približa našemu članstvu, naproša uredniški odbor naše gradbenike, da prispevajo več člankov z opisom organizacije in delovanja naših pomembnejših gradbišč, ki

jih širši krog članstva v vsebini Gradbenega vestnika najbolj pogreša.

Da bi pa omogočili širšemu krogu gradbenikov dojemanje člankov teoretično raziskovalne vsebine, naproša uredniški odbor avtorje teh člankov, da na koncu članka podajo obsežnejši povzetek, ki bo razumljiv kot informacija vsem bralcem.

Glede splošne in strokovne ravni Gradbenega vestnika sodi uredniški odbor, da ne sme biti nižja od ravni podobnih strokovnih revij gradbene stroke ali drugih strok v naši in ostalih republikah.

Zavedati pa se moramo, da je Gradbeni vestnik revija, ki ne prispeva samo k strokovnemu dvigu gradbenikov, temveč ima tudi svoj pomen kot tiskani izraz slovenske strokovne misli, slovenske kulture in slovenskega strokovnega jezika.

V letu 1977 je izdajanje Gradbega vestnika sofinancirala Raziskovalna skupnost Slovenije. To sofinanciranje je bilo pogojeno z objavo informacij o raziskovalnih nalogah, ki so bile izdelane v okviru Raziskovalne skupnosti. H kritju stroškov izdajanja, ki zdaleč presegajo prispevke iz članarine, so bistveno prispevale organizacije združenega dela, ki so delno ali v celoti financirale stroške izdaje celih številk.

Tako kot doslej pričakujemo tudi v bodoče od naših organizacij gradbeništva razumevanje in podporo naporom uredniškega odbora. Ta si bo še naprej prizadeval, da se omogoči redno izhajanje Gradbenega vestnika z vsebino, ki bo ustrezala potrebam bralcev, hkrati pa naj bo tudi odraz ravni in stopnje razvoja gradbeništva v naši republiki.

Uredniški odbor

vesti

PROGRAM
INFORMATIVNO PRIPRAVLJALNIH SEMINARJEV ZA OPRAVLJANJE STROKOVNIH IZPITOV V GRADBENIŠTVU

Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije bo v sodelovanju z izpitnim odborom pri Gospodarski zbornici Slovenije v letu 1978 organizirala 9 seminarjev za opravljanje strokovnih izpitov v gradbeništvu, in sicer:

1. seminar: od 30. januarja do 3. februarja 1978
2. seminar: od 27. februarja do 3. marca 1978
3. seminar: od 20. do 24. marca 1978
4. seminar: od 24. do 28. aprila 1978
5. seminar: od 22. do 26. maja 1978
6. seminar: od 25. do 29. septembra 1978
7. seminar: od 23. do 27. oktobra 1978
8. seminar: od 20. do 24. novembra 1978
9. seminar: od 18. do 22. decembra 1978

Roki za posamezne seminarje so usklajeni z izpitnimi termini, ki jih je razpisal izpitni odbor.

Ta izpit lahko naredijo vsi diplomirani gradbeni inženirji in arhitekti z 2-letno prakso in vsi gradbeni inženirji in arhitekti I. stopnje ter gradbeni tehniki s 3-letno prakso.

Vse informacije dobite pri ZDGITS, Ljubljana, Erjavčeva 15 ali po telefonu: 23 158.

RAZPIS SEMINARJEV
ZA PRIPRAVO ZA STROKOVNI IZPIT IZ ELEKTROTEHNIŠKE STROKE

Vse zainteresirane organizacije združenega dela in posameznike obveščamo, da bodo seminarji za pripravo za strokovni izpit, ki ga v smislu 16. člena Zakona o gradnji objektov morajo opraviti vsi delavci, ki izdelujejo tehnično dokumentacijo, vršijo nadzor nad njo, kakor tudi odgovorni vodje in nadzorni organi nad deli, v letu 1978 v naslednjih rokih:

27. marec
17. april
15. maj
12. junij
11. september
2. oktober
13. november

Seminarji so namenjeni predvsem članom elektrotehniških društev in imajo namen, da olajšajo kandidatom pripravo za strokovni izpit.

Seminarji trajajo 5 dni in se pričenjajo prvi dan ob 8,30, ostale dneve pa ob 8. uri in trajajo vsakega dne z odmorom ob 12. uri, vse do 18. ure. Vsak udeleženec prejme vse potrebne materiale za splošni del strokovnega izpita (zakone in zbirko tehničnih predpisov), ki jih lahko dvigne 10 dni pred pričetkom seminarja v pisarni Zveze ali pa na samem seminarju.

Seminarji bodo v hotelu BOR v Preddvoru pri Kranju. Kolikor boste v njem tudi prenočevali, priporočamo pravočasno rezervacijo.

V vsak seminar lahko sprejmemo najmanj 40, a največ 60 oseb. Preveč prijavljene bomo razporedili v naslednji seminar, o čemer bodo kandidati pravočasno obveščeni, kar velja tudi za primer, če ne bo dovolj prijavljenih kandidatov.

Prispevek za seminarje v prvem polletju 1978 znaša 1500 din na osebo in se pred pričetkom seminarja vplačuje na žiro račun: Elektrotehniška zveza Slovenije (SEM) št. 50101-678-48748.

Kolikor ste zainteresirani za udeležbo na seminarju, nam izpolnjeno prijavnico pošljite na naslov: Elektrotehniška zveza Slovenije, Ljubljana, Titova 50, tel. 316 886, najmanj 20 dni pred pričetkom seminarja. Prosimo vas, da v prijavi navedete, za katero smer stroke se prijavljate: energetika ali informatika. Opozarjamo vas, da prijava za seminar ne pomeni tudi prijavo za strokovni izpit. Le-to pošljite — na posebnem obrazcu Gospodarske zbornice — na naslov: Gospodarska zbornica, Izpitna komisija za elektrotehniško stroko, 61000 Ljubljana, Titova 19.

Elektrotehniška zveza Slovenije

iz raziskovalne skupnosti slovenije

IZVLEČKI IZ POROČILA ZA LETO 1976

UDK 711.4-163:351.778.5:711.4.003

Urbanistično planiranje, mestna prenova, stanovanjska območja.

STANOVANJSKI PROBLEM V OKVIRU MESTNE PRENOVE

Urbanistični inštitut SRS, Ljubljana (1974):
Danilo G o r i u p.
Str. 128, ref. 35.

Raziskovalna naloga je zasnovana kot širši prikaz problematike in akcij, povezanih s prenovo stanovanjskih območij. Problemsko področje prenove stanovanj je obravnavano v celotnem sklopu mestne prenove s tem, da so dane specifičnosti kot tudi soodvisnosti z drugimi vidiki prenove. Naloga se pri tem opira na gradivo, ki je na razpolago in se zato v glavnem omejuje na prikazovanje razvoja v Vzhodni in Zahodni Evropi in ZDA.

Poudarek je na planerskih, ekonomskih, organizacijskih, socialnih, sociooloških in pravnih momentih. Ob teh širših pristopih so bili preučevani tudi drugi ožji vidiki, ki so značilni za dotranja ali nefunkcionalna stanovanjska območja, kot so npr. pomanjkljiva prometna opremljenost, pomankanje javnih zelenih površin, otroških igrišč, ustanov otroškega varstva, komunalne opremljenosti. Nadalje motnje v okolju, hrup, onesnaženje zraka, pomanjkljivost insolacije in prenaseljenost. Preučevani so bili tudi primeri spomeniško-varstvenih načel za območja kulturnozgodovinske vrednosti.

UDK 711.41:728.1"71"(497.12)

Razvoj stanovanjskih naselij, struktura stanovanj.

RAZVOJ IN STRUKTURA STANOVANJSKIH NASELIJ V SR SLOVENIJI

Inštitut za geografijo univerze v Ljubljani (1974):
Ignac K l e m e n č i č.
Str. 75, tab. 9, kart 13, ref. 20 + (52).

Intenzivnost prostorskega in gospodarskega razvoja SR Slovenije je privedla do močne koncentracije prebivalstva in gospodarskih dejavnosti v posameznih območjih (»slovenska gospodarska os«) na drugi strani pa so nastala obsežna območja odseljevanja prebivalstva brez nadaljevanja starih in brez novih aktivnosti v prostoru.

Urbanizacija je eden najmočnejših odsevov tega procesa. V območjih koncentracije prebivalstva čedalje večji del površin pripada urbanemu prostoru. Dobršen del tega prostora je namenjen bivanju oziroma stanovanjem. Z rastjo števila prebivalstva, s koncentracijo v mestih in mestnih naseljih, z urbansko preobrazbo vasi potrebe po novih stanovanjskih površinah neprestano rastejo. Ob popisu prebivalstva in stanovanj leta 1971 smo imeli v SR Sloveniji več kot tretjino stanovanj starejših od 50 let, okoli polovica vseh stanovanj ni bila ustrezno opremljena (glede na oskrbo in vodo, kanalizacijo, kopalnico, stranišče itd.). Če ne upoštevamo starih in neprimernih stanovanjskih prostorov, nam je primanjkovalo ca. 50.000 stanovanj, hkrati pa smo imeli skoraj 10.000 stanovanj nezasedenih (v območjih praznjenja prebivalstva pa tudi v območju koncentracije).

Z novimi ustavnimi načeli in zahtevami o razvoju družbe se je skrb za stanovanjsko gradnjo v zadnjih letih povečala, vendar se kljub hitrejši gradnji še vedno pozna dediščina preteklosti.

UDK 711.523-163-301:330.148:711.4:335.5

Mestni centri, planiranje naselij, sociologija, kapitalizem, marksizem.

KRITIČNA ANALIZA SODOBNEGA UTEMELJEVANJA BITI MESTNIH CENTROV V KAPITALIZMU KOT ZASNOVA OBLIKOVANJA MARKSISTIČNIH IZHODIŠČ URBANIZMA

Urbanistični inštitut SRS, Ljubljana (1975):
Rudolf J a k h e l.
Str. 232, ref. 294.

S kritično predstavitvijo prevladujoče zahodnoevropske teorije mestnih centrov pridemo do spoznanja, da je potrebna marksistična razlaga o prenovi mestnih centrov in koncepta »urbane city«. K njej pristopamo z vidika 1) procesa ovrednotenja kapitala in 2) procesa človekove alienacije. Na tej osnovi ugotavljamo dalje načelno razliko med kapitalističnim državnim in socialističnim družbenim planiranjem, kar nam obenem omogoči spoznanje, da je naš urbanizem trenutno v procesu scientifikacije in podružbljanja. V tem okviru je pogoj za uporabo zahodnoevropskih izkušenj pri prenovi naših mestnih centrov najprej 1) teoretična jasnost o njihovi družbenoekonomski vlogi in dalje 2) organizacijski pristop preko ustreznih samoupravnih interesnih skupnosti.

UDK 711.65:728.01:301

Bivalno okolje, stanovanjska gradnja, višina zazidave, naselitvena gostosta.

POSLEDICE IN UČINKI VISOKE IN NIZKE STANOVANJSKE GRADNJE NA STANOVANJSKO OKOLJE

Urbanistični inštitut SRS, Ljubljana (1974):
Lukrecija Š a r e c, s sodelavci.
Str. 250, sl., tab. in dagr. 276, ref. 64.

Za stanovanjsko gradnjo v Sloveniji je v zadnjem desetletju značilna na eni strani zidava posameznih zasebnih družinskih stanovanjskih hiš z zelo redko gostoto, na drugi strani družbena bločna in visoka gradnja, pretežno z visoko gostoto. Prva oblika se kaže kot družbenoekonomsko neracionalna zaradi neustrezne rabe površine, pomanjkljive prometne, komunalne in splošne oskrbe stanovanjskih naselij, posledice druge so večkrat v razvoju segregiranih socialnih struktur in neurejenem okolju, posledice ene in druge pa tudi v neustreznem bivalnem okolju. Delovna hipoteza raziskovalne naloge je analizirati in ovrednotiti faktorje, ki vplivajo na oblikovanje stanovanjske zidave ter predstaviti naselitev gostote v relaciji do novejših tipov zazidave Na. osnovi dosedanjih sociooloških, tehničnih in ekonomskih raziskav, ki so jih

izvedli v drugih državah, se postavlja teza, da naj bo sodobna družbena stanovanjska gradnja, ki optimalno združuje zahteve ekonomsko in tehnično racionalne gradnje in izrabe mestnega zemljišča s sociološkimi, zdravstvenimi, psihološkimi in drugimi vidiki usmerjanja v nižjo zazidavo, toda s srednjo ali večjo gostoto prebivalcev. Vprašanje, ki ga skuša naloga osvetliti, je, kakšno obliko gradnje — nizko ali visoko — izbirati pri nas, da bo usmerjena družbena gradnja združila vse pozitivne učinke v ekonomsko in prostorsko racionalni gradnji ter obema zadostila vsem sodobnim spoznanjem in potrebi po kvalitetnem bivalnem okolju, zvišanim standardom prebivanja ter obenem vključila vedno bolj prisotno težnjo po individualnosti ter s tem zmanjšala potrebo po zasebni gradnji. Naloga vsebuje tudi pregled statističnih podatkov o deležu nizke in visoke zazidave v Sloveniji. Dalje pregled izbora značilnih zazidav novejšega obdobja stanovanjske graditve pri nas. Analizo fotodokumentacije, ki v različnih vidikih predstavlja problematiko.

Iz naših kolektivov

GIP »BETON - ZASAVJE« ZAGORJE

Simpozij o prednapetih elementih sistema Hoyer

V sklopu münchenskega gradbeniškega sejma BAUMA 77, je firma ROTH organizirala simpozij z vrsto zanimivih strokovnih predavanj in razgovorov o uporabi, razvoju in problemih prednapetih konstrukcij Hoyerjevega sistema.

Firma ROTH proizvaja vse vrste strojev za izdelavo betonskih oblikovancev in montažnih elementov iz prednapetega betona. Poleg proizvodnje strojev, katerih kupci smo tudi mi, skrbijo tudi za razvoj in napredek prednapetih konstrukcij, ki so pokazale veliko prednosti predvsem pri montažni gradnji. Za razliko od elementov, ki so napenjani s kabli, so te konstrukcije relativno lahke, z njimi dosegamo večjo industrializacijo gradnje in sprejemajo večje obremenitve. Diskutanti iz Anglije, Brazilije, Francije, Italije, Nemčije in Španije so prikazali uporabo elementov pri njih in razvoj le-teh.

Ker je v gradnji tudi nova proga za izdelavo prednapetih elementov v TOZD Gradmetal Litija, ki smo jo projektirali doma, smo ob tej priložnosti izmenjali izkušnje z drugimi, ki take proge že imajo. Proga v Hotiču bo prva take vrste pri nas, na kateri se bo čas vezanja umetno skrajšal s pomočjo ogrevanja betona. To smo izvedli s cevnimi registri pod jekleno ploščo, v kateri je grelni medij voda. V pogovorih smo dobili obilico koristnih nasvetov, ki smo jih s pridom uporabili.

Analiza nesreč za leto 1976

Vzroki: kot prejšnja leta je še vedno v ospredju osebni faktor (29,2 %). V ospredju sta še neuporaba osebnih varstvenih sredstev (21,5 %) in opustitev varnostnih ukrepov (20,0 %). S sistematičnejšim pristopom k organizaciji dela lahko vse tri bistvene faktorje zmanjšamo na minimum.

Oblike nesreč: Daleč pred vsemi ostalimi so padci materiala (35,4 %). Če k temu prištejemo še padec delavcev (24,6 %), vidimo, da je skoraj 2/3 nesreč nastalo zaradi raznih padcev.

Delovne operacije: Na prvih mestih sta obdelava materiala in transport (po 17,7 %). Omeniti je treba še opaževanje in razopaževanje (11,8 %) ter montaže in demontaže odrov (13,7 %).

Največ poškodb je bilo na prstih rok in rokah (skupaj 41,5 %), sledijo pa poškodbe nog (24,6 %). Važen je podatek, da je v 17 primerih (13,1 %) prišlo do poškodb oči, kar kaže na pomanjkljivo uporabo varnostnih očal.

Največ nesreč je bilo v mesecu marcu (17), v mesecu avgustu (15), najmanj pa jih je bilo v septembru (6) in decembru (7). Po dnevnih je kar 82 nesreč (63) v prvih dneh v tednu, med dnevi pa je na prvem mestu ponedeljek (32), na zadnjem pa sobota (13).

Med delovnimi urami je na prvem mestu 5. delovna ura (29), ko se je pripetilo dvakrat več nesreč kot v vsaki ostali uri.

S sistematskim pristopom k zmanjševanju možnosti nastanka nesreč pri delu bomo pripomogli k manjšim izpadom z dela.

Vir: ZASAVSKI GRADBENIK, sept. 1977.

INDUSTRIJSKO MONTAŽNO PODJETJE IMP LJUBLJANA

Tri desetletja dela, uspehov in rasti

Pred tridesetimi leti je bilo v Kranju ustanovljeno montažno podjetje Toplovod. Podjetje je z nekaj deset monterji in vajenci uspešno začelo obnavljati porušeno domovino in kmalu je našlo svoj prostor med podjetji republiškega značaja. Pot navzgor se je začela. Delali smo na vedno večjih objektih, vedno bolj zahtevnim nalogam smo bili kos. Vzporedno z montažo se je začela razvijati tudi proizvodnja. Želeli smo v korak s časom in zaposlovali številne strokovnjake, obenem pa smo številne mlade fante vzgajali v dobre monterje, vodilne monterje, operativce, projektante. Že leta 1948 smo v Kranju ustanovili prvo vajeniško šolo za monterje vodovodnih instalacij in centralne kurjave v Sloveniji, ki deluje še danes v okviru gradbenega šolskega centra.

Nov impulz v razvoju pomeni združitev Toplovoda in Elektrosignala. Nastala je trdna osnova za nadaljnji razvoj. Sledilo je še nekaj priključitev po letu 1970 in tako nas je danes že preko 6 tisoč od Kopra do Murske Sobote, na montažah po vsej Jugoslaviji in v tujini. Iz majhnih delavnic so nastale velike tovarne. Prav tako so montažne TOZD razvile svoje delavnice za proizvodnjo predfabriciranih elementov za montažo. Tako v številne objekte vgrajujemo naše izdelke, s posameznimi posegi smo skrajšali čas montaže. Danes ni več objekta, ki mu ne bi bili kos, zato sodelujemo pri gradnji številnih bolnišnic, jedrske elektrarne, termo in hidroelektrarne, raznih tovarn in stanovanjskih sosesk.

Industrializacija montažnega procesa

Povečan obseg investicijske gradnje omogoča med drugim uvedbo industrializacije gradnje.

Na področju vodovodnih instalacij uvajamo tipizirane sanitarne odtočne vozle in na višji stopnji predelave sanitarne stene, kjer celotne tlačne, električne in prezračevalne instalacije izdelajo v delavni-

cah in pripeljejo na gradbišče in tam montirajo z ostalimi elementi.

IMP Ljubljana je poleg tega in v sklopu teh prizadevanj uvedlo sistematiko pri tipiziranih plastificiranih odtočnih elementih, izpeljali smo tipizacijo sistemov prezračevanja v stanovanjskih objektih in smo tudi osvojili nov program sistema tipiziranih prezračevalnih elementov. Z dokončno uvedbo tega sistema bo moč skrčiti čas zadrževanja monterjev na gradbišču do 5-krat! Delo pod težkimi pogoji na gradbišču pa prenesti v delavnico z boljšimi delovnimi pogoji.

Nadaljnje področje tehnoloških sprememb je prenos dela v delavnice za instalacije vseh vrst ogrevalnih sistemov, predvsem na področju razdelilcev, toplovodnih postaj in sklopov strojnic. Med vsemi novimi ogrevalnimi sistemi izstopa enocevni sistem, ki smo ga razvili in testirali v lastnih razvojnih oddelkih. Na ta način bo prišlo v končni fazi do 15 % pocenitve instalacij ogrevalnih sistemov.

Posebno področje predstavlja razvoj montažnih sistemov prezračevanja, ventilacije in klimatizacije. V celoti smo osvojili program prezračevalne in klima tehnike (od klimatskih elementov, klima komor, tiho tekočih ventilatorjev, do cele vrste tipiziranih vpihovalnih elementov, rešetk, protipožarnih loput itd.).

Vrhunske tehnološke dosežke predstavlja proizvodnja elektronskih tranzistoriziranih regulacijskih ojačevalcev s pripadajočimi elementi za regulacijo temperature, nadalje elektromehanski regulatorji nivoja in tlaka po najsodobnejših konceptih in serija regulacijskih armatur s pripadajočimi elektromotornimi pogoni.

Za avtomatizacijo in upravljanje v procesni industriji smo vodilni jugoslovanski proizvajalec elektronskega avtomata z integriranimi vezji sistema CMOS.

V aprilu 1975. leta je stekla v novi livarni proizvodnja visokokakovostne, a v svetu izredno deficitarne modularne litine.

Na šibkotočnem področju je IMP Ljubljana vodilni jugoslovanski proizvajalec TV oddajnikov, pretvornikov in skupinsko antenskih naprav za prenos TV signala črno-bele in barvne tehnike.

Na jakotočnem proizvodnem področju pomeni visoko tehnologijo obdelave proizvodnje srednjenapetostnih odklopnikov na temelju licenčne dokumentacije in proizvodnja nizkonapetostnih ločilnih in odklopnih stikal, delno na temelju lastnega razvojnega dela, delno po tuji tehnični dokumentaciji.

Zaradi potrebe po razvijanju kooperacije z domačimi in tujimi partnerji imamo (v organizacijskem smislu) razvojno delo ločeno od neposrednega izvajanja obstoječega proizvodnega programa. Tolikšen poudarek organiziranemu in rednemu razvijalnemu delu, bodisi z lastnimi napori, bodisi s sodelovanjem Univerze, je logična posledica zahtevnosti proizvodnega programa in karakteristik poslovanja naše dejavnosti.

Vir: IMP GLASNIK — oktober 1977.

GIP »GRADIS« LJUBLJANA

Zaključek III. faze gradbenih del na NE Krško

Pripravljalna dela so se začela leta 1974, z deli na samih glavnih objektih smo začeli spomladi 1975. leta.

Od takrat pa do danes je bilo na objektih — pomožni zgradbi, zgradbi za gorivo in zgradbi hladilnih komponent vgrajene armature 5300 t, vgrajenega betona 42.000 m³, opaža 54.000 m² vseh vrst klasičnega do NOE sistema. Pri opažanju smo uporabljali opažne plošče Bosanke, katere pa so se smele uporabljati samo dvakrat. Vgrajenega cevnega, podpornega delovnega odra je bilo 115.000 m³.

Sam potek dela in roki so nas pripeljali, da smo največje betonaže opravljali v zimskem času. Z dodajanjem raznih dodatkov betonu in ogrevanjem agregata smo dosegli zaželeno kvaliteto betona. Delalo se je tudi v najhujši zimi.

Z današnjim dnem, tj. 14. 7. 1977, končujemo engro dela na primarnih objektih NE Krško. Ostane nam še izgradnja objekta črpališče oskrbne vode v strugi Save ter dela, ki bodo na glavnih objektih mogoča šele po montaži opreme.

Pomožna zgradba, po pomembnosti drugi najvažnejši objekt na gradbišču NE, je tudi najgloblji, na najnižji točki in skupaj visok 43 metrov. V njem so vsi pomožni sistemi za uravnavo delovanja reaktorja (rezervoarji z borovo kislino, kot moderator, filtri, črpalke, sistem zaprtega krogotoka hlajenja itd.).

Zgradba za gorivo je do elevacije 115,55 klasična (armirano-betonska zgradba), nad njo pa je 15 m jeklena konstrukcija. Streha je sovprežna konstrukcija jeklenih nosilcev, nato pa betonska plošča.

V zgradbo za gorivo se z vagoni pripelje gorivo in preloži v bazen, od tu pa po transportnem kanalu v reaktor. (Po isti poti nazaj pa iztrošeno gorivo).

Zgradba hladilnih komponent, je od našega primarnega sklopa del najmanjši objekt, prek nje gre vsa bistveno oskrbna voda.

Ta pomemben uspeh so dosegli vsi naši TOZD, ki sodelujejo pri izgradnji, vključno s pripravo dela.

V konici smo imeli zaposlenih 30 delavcev, za katere je današnji datum prav gotovo pomemben dogodek, saj bo že čez nekaj dni marsikdo odšel na drugo gradbišče novim delovnim nalogam naproti.

Zaščita in transfer domačih inovacij v gradbeništvu

V našem srednjeročnem planskem obdobju je družba pred gradbince postavila izredno zahtevne naloge, med katerimi zavzemajo posebno mesto racionalizacija stanovanjske izgradnje, izgradnja energetskih in prometnih objektov.

Pri racionalizacijah naj imajo poseben poudarek nove tehnične rešitve pri projektiranju, tehnologija dela, tehnologija materialov, zaključnih delih, instalacijskih delih, industriji gradbenega materiala itd.

Posebno pomembno pri tem je izkoriščati rezultate raziskovanj in razvoja domače in tuje tehnologije v izdelavi elementov za industrijski način dela v gradbeništvu, kot tudi uvajanje visoko produktivnih tehnologij v gradbeništvu.

Seveda pa zahteva uresničitev teh visoko zastavljenih ciljev, poleg pospeševanja raziskovanja, inovacijske dejavnosti še zlasti poznavanje področja industrijske svojine in patentov.

V vseh industrijsko visoko razvitih državah veljajo informacije o patentiranih tehničnih rešitvah kot najakutnejši izvor znanstveno tehničnih informacij.

Za razliko od splošne prakse v svetu, je izkoriščanje patentne dokumentacije v gradbeništvu kar zaskrbljujoče. Naša delovna organizacija se je resneje začela ukvarjati s to dejavnostjo šele v lanskem letu, vendar je s pomočjo nekaj vestnih posameznikov dosegla že vidne rezultate.

Pripravili smo dokumentacijo najnovejših patentnih prijav za področje gradbeništva in področje gradbene mehanizacije, v dogovoru s Centrom za gospodarsko sodelovanje in Patentno pisarno pa pripravljamo pregled vseh po vojni pripravljenih patentov v naši domovini. (Veljavnost patenta je 15 let.)

Po iniciativi odbora za razvoj in organizacijo, je razvojno-organizacijska služba pospešila inventivno dejavnost v vseh naših TOZD. Kot vrhunec tega dela pa je vsekakor 10 prijavljenih patentov že priznanih gradisovih tehnologij.

Sedanja faza razvoja inventivne dejavnosti in industrijske lastnine zahteva seznanjanje čim širšega tehničnega kadra s pogoji transfera tehnologije in to naj bi bila morda ena od tem na vsakoletnih seminarjih v naši delovni organizaciji.

Tudi v Velenju še vedno prisotni

V Šoštanju gradimo prizidek Kajuhovega doma. Z gradnjo so začeli konec junija in dela tečejo po planu. Tu bo zraslo novo kegljišče, restavracijski prostori, pivnica in najbrž še kaj, kar tak razviti industrijski kraj potrebuje.

V samem Velenju gradijo delavci TOZD GE Celje dijaške domove rudarskega šolskega centra, in sicer je v skladu s finančnimi zmogljivostmi tega centra sedaj na vrsti izgradnja prve faze. Objekt je sestavljen iz treh stolpičev, ki so v tlorisu povezani z vmesnim traktom. V stolpičih bodo stanovanjski prostori učencev, v veznem traktu pa jedilnica, skupni prostor in seveda precej prostora za športne dejavnosti. Dijaški dom bo imel 740 postelj. Objekt gradijo v armiranem betonu, fasada pa bo montažna in obzidana s fasadno opeko.

Dela je tudi na Gorenjskem dovolj

Na Jesenicah nastaja nova poslovna stavba za Ljubljansko banko. Gradnja je v dveh fazah. Prva faza bo gotova v začetku septembra, druga faza pa mora biti končana do naslednje spomladi.

Gradnja obsega tudi rušenje stare stavbe (v kateri je sedaj Ljubljanska banka) in etapno gradnjo nove. Objekt ima skupni tloris 30 × 20 m; ima eno nadstropje, pritličje in klet s trezorjem. V pritličju so prostori za poslovanje s strankami, v nadstropju pa so bančne pisarne. Projektant je BUSP z Jesenic. Fasada je iz vidnih betonskih elementov, nosilne konstrukcije pa so armirano betonski stebri. Streha je šotoraste oblike, zaključena z betonskim vencem, višine 1,5 m. Kljub nižini objekta je v njem montirano tudi dvigalo. Predelne stene so aluminijaste — konstrukcije Alprema. Stropi so spuščeni, delajo pa jih v Termiki.

Delo v glavnem poteka po planu.

Naslednji objekti rastejo že nekaj let na področju železarne na Jesenicah. Sedaj delajo tam razna manjša dela, pričeli pa so tudi z gradnjo »Kontiliva«. Železarji delajo tudi skladišče, rekonstruirajo plavž in livne proge. Dokončali so trafo postajo BBC. Pred kratkim pa so delali tudi zemeljska dela pri prestavitvi tirov.

Trenutno delajo elektrokanal — povezavo med plavžem in martinarno.

Vrednost vseh del je 35 milijonov din.

V hidroelektrarni Moste so Jeseničani zgradili četrti agregat. Dela so v zaključni fazi. Pripravlja se tudi gradnja mostu čez železnico na plavškem travniku.

Na Javorniku

Javornik je trenutno eno največjih gradbišč TOZD Ravne in najbolj rentabilno od sektorjev. V naselju Javornik je vseljenih 438 stanovanj, v igradnji jih imamo 110 ter v planu za leto 1978 55 stanovanj. Gradimo tudi osnovno šolo s 26 učilnicami, telovadnico ter zakloniščem za 600 ljudi. Površina šole, namenjene za pouk, je 3400 m², za ostale namene pa 1300 m².

V gradnji je tudi trgovski paviljon (polmontažni sistem tip Gradis) s 475 m² prodajne površine ter podružnica LB.

Poleg teh gradbišč urejamo vse komunalne ureditve po urbanističnem načrtu naselja.

Vir: GRADISOV VESTNIK št. 233.

ZDRUŽENA GRADBENA PODJETJA GIPOSS

GIPOSS — največji v panogi

Vsako leto objavlja Ekonomska politika iz Beograda listo 200 največjih jugoslovanskih delovnih organizacij. Osnovni kriterij za razvrščanje je skupni dohodek za preteklo leto po stvarni plačani realizaciji.

Med 200 uvrščenimi je tudi precej delovnih organizacij iz naše republike: Metalka, TAM, Iskra, Slovenijales, SOZD Gorenje.

Za nas je najbolj zanimiv podatek, da je SOZD GIPOSS največja delovna organizacija v svoji panogi v jugoslovanskem merilu, v skupni uvrstitvi pa je na 28. mestu. Takoj za GIPOSS je Gradis, ki je v celotnem merilu na 48. mestu.

GIPOSS v Posočju

Tudi v letu 1977 se je nadaljevala in še teče republiška akcija za odpravo posledic potresa v Posočju.

Za razliko od lanskega leta, ko so gradbena podjetja prevzemala obveznosti direktno in je koordinacijo z njimi vodil Biro gradbeništva je bilo za leto 1977 domenjeno, da se obveznosti v glavnem razdelijo po grupacijah GIPOSS, GAST, GIPP. GIPOSS je prevzel svoji velikosti primeren delež, ki je naslednji:

— 113 objektov za sanacijo,
— 45 podstavkov (kleti za nove montažne objekte in
— 24 klasičnih objektov do tretje gradbene faze.

Na podlagi norm je bilo izračunano, da bomo za ta dela porabili 299.500 ur ali za efektivno štirimesečno poletno dobo (od junija dalje) ca. 278 delavcev.

Obveznosti GIPOSS smo načelno razdelili na sestanku 29. 3. 1977 po ključu realizacije v letu 1976 in po krajevnih skupnostih.

Seveda vse ni steklo gladko. Odbor je najprej kasnil s potrjevanjem ponudbenih cen, ni bilo pravočasno lokacij in načrtov za novogradnje, bančni krediti pri posameznih lastnikih poškodovanih hiš niso bili urejeni in lastniki niso mogli podpisati pogodb itd. Stanje v drugi polovici maja je bilo tako, da smo na sestanku dne 19. 5. 1977 v Tolminu predložili pismeno ugotovitev in zahtevo, da se nam omogoči prevzem del do 15. junija. Za dela, ki do tega roka ne bodo prevzeta s pogodbo, ne garantiramo izvedbe v tekočem letu. Težave smo odpravljali po svojih močeh tudi kasneje, vendar so dela stekla. Tudi na tem področju nas je pestilo pomanjkanje cementa. Vendar danes lahko rečemo, da je uspela tudi letošnja akcija.

Gradbeniki smo lahko ponosni, da smo naredili več kot druge panoge gospodarstva, saj smo poleg ostalih solidarnostnih akcij, izvedli tudi akcijo obnove, ki po sami izvajalski in finančni plati ni zanimiva. Vendar smo se vsi zavedali, da je naša moralna dolžnost, da prizadetim ob potresu, še posebno tistim na najbolj odročnih predelih, pomagamo.

Vir: GIPOSSOV VESTNIK št. 4/77.

Bogdan Melihar

INFORMACIJE 201

ZAVODA ZA RAZISKAVO MATERIALA IN KONSTRUKCIJ V LJUBLJANI

Leto XVIII 12 Serija: ŠTUDIJE DECEMBER 1977

Tehnološki postopek priprave kamnitega eruptivnega agregata in kontrola stalnosti proizvodnje v kamnolomski separaciji SGE Rogaška Slatina

UVOD

V zvezi s perspektivno potrebo po eruptivnem materialu na področju Slovenije se je pred nekoliko leti pristopilo k proučevanju nahajališč eruptivnega materiala, ki bi po svoji kvaliteti ustrezal zahtevanim kriterijem za gradnjo sodobnih cestišč. Izvršeni terenski ogledi, razkopi in vrtine ter informativne geološke preiskave so dale podlago za oceno oziroma zaključek, da je v Sloveniji ca. 15 nahajališč, ki bi ustrezala danim zahtevam. Njihova skupna zaloga je ocenjena na 3,500.000 m³ raščenega kamna brez jalovine in odkrivke. Večina nahajališč je manjšega obsega, pri nekaterih pa so eksploatacijski pogoji pridobivanja onemogočeni ter zato odpadejo. Tako lahko predpostavljamo, da imamo v Sloveniji na razpolago ca. 2,000.000 m³ eruptivnega raščenega kamnitega materiala, to je materiala, ki bi ustrezal za bodočo modernizacijo cestnega omrežja v Sloveniji. Po zakonu o dolgoročnem programu za gradnjo, rekonstrukcijo in vzdrževanje magistralnih in regionalnih cest v SR Sloveniji v obdobju 1971—1985, bo za predvidene vozne površine letno potrebno približno 195.000 ton frakcioniranega eruptivnega agregata. Pri predvidenih zalogah 2,000.000 m³ bi le-te zadostovale za kritje 30-letnih predvidenih povprečnih potreb za obrabne plasti vozišč v Sloveniji. (Pri izračunu je upoštevan faktor predelave raščenega kamna v drobir in pesek 1,69 in faktor preračuna iz m³ v tone 1,56.)

Da bi bila industrija materiala v stanju dobavljati cestnim podjetjem v času odvijanja del na cestiščih potrebne količine eruptivnega frakcioniranega agregata iz domačih nahajališč, bi morali v Sloveniji razpolagati s separacijskim obratom z letno proizvodnjo 195.000 ton oziroma pri upoštevanju povprečne nasipne teže 125 000 m³/leto frakcioniranega agregata. Pri taki letni porabi bi morali razpolagati z zalogo zdravega kvalitetnega kamna za 14-letno obdobje (1971—1985) ca. 1,000.000 m³. Dosedanje proučitve in analize so pokazale, da v Sloveniji nimamo tako velikega nahajališča, da bi lahko pripravili navedene potrebne količine frakcioniranega agregata. Ekonomska analiza in dosedaj izvršene študije so pokazale, da bi bilo v bodoče gospodarno z ozirom na transportne razdalje od glavnih težišč uporabe združiti posamezna nahajališča z ustreznimi separacijskimi objekti (stacionarne in prevozne kamnolomske separacije).

Zaključki transportnih stroškov prevoza agregata po cesti in železnici so pokazali, da bi bilo gospodarno celotno področje Slovenije razdeliti na tri pokrajinska področja s pripadajočimi težišči uporabe. Tako se predvideva separacijski obrat na gorenjskem, štajerskem in ljubljanskem področju.

Upoštevajoč »Zakon o dolgoročnem programu potreb po eruptivnem frakcioniranem agregatu do leta 1985 in analizo tržišča«, se je v letu 1971 pristopilo k izdelavi investicijskega programa za izgradnjo separacije v Rogaški Slatini in kamnoloma v Zagaju. Iz študije o perspektivnih potrebah po eruptivnem agregatu je razvidno, da bo morala bodoča separacija letno pripraviti za štajersko področje ca. 100.000 ton zdrobljenega agregata oziroma 65.000 m³.

Severno od Rogaške Slatine pod Bočem je dolga in ozka eruptivna cona z jedrom trdega andezita, kjer so nahajališča Zagaj, Bufolin in Cerovec, ki so v medsebojni razdalji ca. 2 km. Nekoliko bolj oddaljeno je nahajališče Planina. Na osnovi izvršenih sondažnih vrtin v omenjenih nahajališčih znašajo zaloge ca. 683.000 m³ raščenega kvalitetnega kamna, oziroma lahko pripravimo s pravilno tehnološko rešitvijo ca. 1,150.000 m³ posameznih frakcij eruptivnega agregata, ker znaša pri letni proizvodnji 65.000 m³ agregata zaloge za ca. 17 let.

I. DEL

TEHNOLOŠKI POSTOPEK PRIPRAVE KAMNITEGA ERUPTIVNEGA AGREGATA

1. Osnove za tehnološko rešitev separacije

Sodobno urejene kamnolomske obrate lahko prištevamo k industrijskim obratom, ker na industrijski način pripravljajo material za potrebe gradbeništva. Njihovo industrijsko obeležje prihaja do izraza:

— s proizvodnim procesom, razdeljenim v posamezne faze,

— z mehaniziranim potekom delovnih in tehnoloških operacij, ter

— s tekočo množično proizvodnjo stalne kvalitete.

Proizvodni proces, v takem obratu je v organizacijskem smislu kompleksni proces, razdeljen v tri glavne organizacijske zaključke ter zaporedoma se odvijajoče delovne postopke. Ti so:

— pridobivanje kamnitega lomljenega materiala,

— transport lomljenega materiala do separacije,

— predelava lomljenca, frakcioniranje in deponiranje posameznih frakcij v silose, oziroma proste deponije.

V sodobnem kamnolomskem obratu se vse delo odvija mehanizirano, pri čemer delavec ročno upravlja stroje, zaposlene v kamnolomu, medtem ko pri separacijskih strojih le nadzoruje njihovo delo.

Moderno urejena kamnolomska separacija predstavlja 100 % mehanizirani tehnološki obrat, ki pripravlja predvidene količine frakcioniranega materiala brez večjih obratovalnih zastojev. Značilnost za tako separacijo je stalnost kvalitete proizvoda.

Tehnološka rešitev bodoče kamnolomske separacije eruptivnega materiala mora ustrezati zahtevam, ki izhajajo iz letnih potreb podjetij, ki bodo uporabljala eruptivni agregat, ter iz predpisov oziroma tehničnih pogojev za gradnjo sodobno urejenih cestišč. To so proizvodne zahteve v pogledu vrste, količine in kvalitete proizvodov. Kakšne frakcije bo morala pripravljati separacija eruptivnega materiala za različne asfaltne sloje in kakšne so njihove kvalitetne zahteve, je podano v tenderskih osnovah za gradnjo avto ceste Šentilj—Nova Gorica. Količinske zahteve glede posameznih frakcij pa izhajajo iz analize tržišča in možnosti plasmaja eruptivnih agregatov na štajerskem področju.

Iz navedenega je razvidno, da se kvalitetne zahteve nanašajo na vprašanja:

— izločanje jalovine,
— čistoča materiala,
— oblika zrn drobljenca,
— izsejanost materiala.

Količinske zahteve so normalno povezane z vprašanji:

— proizvodna kapaciteta,
— materialna bilanca,
— dinamika materialne bilance.

Zahteve v pogledu vrste proizvodov pa zajemajo:

— število in velikost proizvedenih frakcij.

Da bi separacija v tehnološkem pogledu ustrezala postavljenim proizvodnim zahtevam, mora njena zasnova sloneti na sodobnih načelih, ki prihajajo do izraza z naslednjimi tehničnimi rešitvami:

— velikost predhodnega drobilnika je potrebno uskladiti s predvideno kapaciteto separacije in velikosti polnilnega materiala,
— vse delovne in tehnološke operacije v kompleksnem procesu separacije, tj. od prevzema in enakomernega dodajanja materiala do deponiranja proizvodov, morajo biti mehanizirane,
— separacija mora biti opremljena z izločevalno rešetko, tj. s posebnim strojem za izločanje jalovine pred predhodno drobitvijo lomljenca,
— v tehnološkem procesu morajo biti zastopane tri drobilne stopnje:
— predhodna drobitev,
— primarna in sekundarna drobitev,
— v separacijski proces je potrebno vključiti vmesno silosiranje predhodno zdrobljenega materiala pred sekundarno drobilno stopnjo,
— za frakcioniranje materiala je potrebno predvideti enokrovna in dvokrovna vibracijska sita,
— v tehnološkem procesu je potrebno predvideti odpraševanje posameznih frakcij,
— akumuliranje posameznih frakcij naj se predvidi v odprtih deponijah.

Projektiranje in gradnja separacije po navedenih načelih naravno vodita k nekoliko večjim investicijskim in obratovalnim stroškom. Toda tehnični in materialni uspeh, ki slonita na kvantiteti in kvaliteti proizvoda ter prihajata do izraza pri izvajanju sodobnih cestišč, opravičujeta gradnjo take separacije.

2. Predhodne tehnološke preiskave

Projektiranje tehnološkega procesa za proizvodnjo eruptivnega kamnitega agregata sloni na tehnoloških računih, s katerimi fiksiramo predvsem število drobilnih stopenj, število sejalnih postopkov, velikost in število obratovalnih strojev v tehnološkem procesu. Podlago za izvajanje navedenih računov tvorijo poleg drugega tudi procentualna zastopanost frakcij v predvideni potrebi in procentualna zastopanost zrn določene velikosti, ki jih dajejo v poštev prihajajoči drobilci.

V današnji drobilni tehniki, ko morajo drobilni stroji kvalitetno, tehnično in ekonomsko ustrezati predvideni nalogi, se izbira stroja naslanja na predhodne drobilne poskuse. Na kvaliteto proizvedenega materiala pa poleg izbire drobilnika vpliva tudi kamen kot surovina, ki s svojimi karakteristikami soodloča o načinu in sredstvih za tehnološko preoblikovanje materiala. Te značilnosti kamnitega materiala nazivamo tehnološke karakteristike materiala, sem prištevamo drobljivost, brusilnost in oblikovanost kamna.

Rezultati predhodnih poskusnih drobitev s konkretnim materialom tvorijo edino trdno oporo za pravilno odločitev glede števila drobilnih operacij, vrste in velikosti drobilnih strojev, njihove medsebojne povezave, ter povezave z drugimi stroji, kakor tudi glede njihove regulacije pri obratovanju in granulacije zdrobljenega materiala.

Z izbranimi drobilnimi stroji moramo zadostiti pogojem, ki zajemajo naslednja vprašanja:

— kapaciteta drobilca,
— požiralna sposobnost drobilca,
— granulacija in oblika zrn zdrobljenega materiala,
— obraba drobilnih elementov,
— možnost domače nabave.

Da bi dobili odgovore na navedena vprašanja, so bile izvršene poskusne drobitve z andezitnim materialom v treh inozemskih tovarnah in domači tovarni, ki proizvajajo drobilne in sejalne stroje. Po končanih poskusnih drobitvah na posameznih drobilcih so bile v ZRMK izvršene laboratorijske analize zdrobljenega materiala, upoštevajoč tenderske zahteve za gradnjo avto ceste. Istočasno pa se je izdelala tudi materialna bilanca, to je primerjava zastopanosti posameznih frakcij v proizvodu s postavljenimi zahtevami. Na osnovi dobljenih rezultatov laboratorijskih preiskav se je izdelala ekonomska analiza za posamezno tehnološko varianto. Analiza in proučitev posameznih tehnoloških variant je pokazala, da lahko vključimo v bodočo tehnološko rešitev separacije za primarno in sekundarno drobljenje domače kladivne drobilce, ki v pogledu kvalitete zdrobljenega materiala ustrezajo danim tenderskim zahtevam. V pogledu nabavne cene in stroškov vzdrževanja pa konkurirajo inozemskim drobilcem. Pri primerjavi stroškov (nabavna cena in stroški vzdrževanja) sta bila upoštevana za sekundarno drobljenje dva izmenična delujoča kladivna drobilca, za fino drobljenje pa en kladivni drobilec.

Da bi bilo pridobivanje oziroma priprava lomljenega eruptivnega kamna čim bolj cenena, smo predvideli za predhodno drobljenje dvoročični čeljustni drobilec z veliko požiralno sposobnostjo, katerega pa je bilo potrebno uvoziti.

3. Tehnološki postopek in opis separacije

Tehnološki proces vsake separacije mora biti urejen tako in opremljen s takimi stroji, da je omogočena predelava lomljenca določenih karakteristik, ter priprava takih proizvodov, ki v kvalitetnem pogledu ustrezajo tenderskim zahtevam za gradnjo avto ceste. Tehnološki proces kamnolomske separacije, ki poteka od prevzemnega silosa do akumuliranja proizvedenih frakcij, je izdelan na osnovi:

— karakteristike surovinskega materiala,
— postavljenih tehnoloških osnov in tenderskih zahtev,
— rezultatov predhodnih drobitev,
— predhodno izvršenih laboratorijskih preiskav zdrobljenega materiala, ter
— ocene kvalitete proizvoda.

Značilnost prikazane tehnološke sheme je v tem, da je tehnološki proces separacije razdeljen v tri pro-

izvodne faze, ki tvorijo posamezno zaključeno enoto. Tehnološki proces (sl. 1) se sestoji iz:

— predhodne drobitve lomljenca frakcije 60 do 500 mm in deponiranje zdrobljenega materiala 0—120—150 mm na vmesno deponijo,

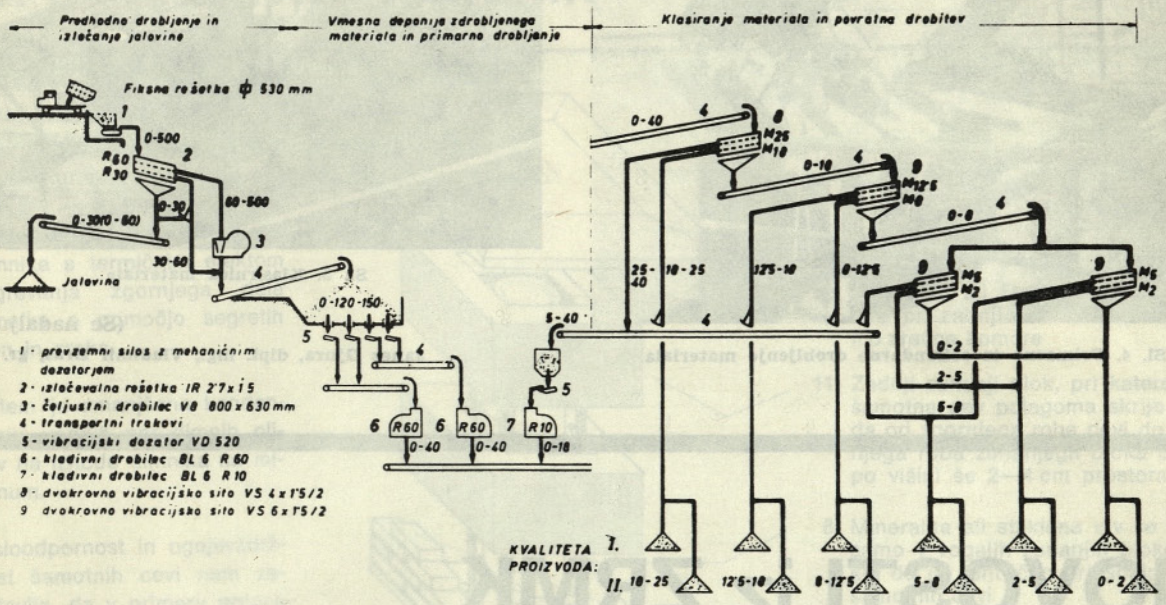
— primarne drobitve drobljenca 0/120—150 mm v kladivnem drobilcu BL-6, opremljenim z rešetko R 60 in povratne sekundarne drobitve odvečnih frakcij 5/40 mm v kladivnem drobilcu BL-6, opremljenim z rešetko R 10,

— klasiranje materiala na vibracijskih sitih in deponiranje posamezne frakcije v bokse.

odprtine 800 × 630 mm) v frakciji 0/120—150 mm, ter deponira na vmesno deponijo velikosti ca. 400 m³.

Manj kvalitetni material in jalovina pa se transportirata po transportnem traku na deponiji velikosti ca. 300 m³.

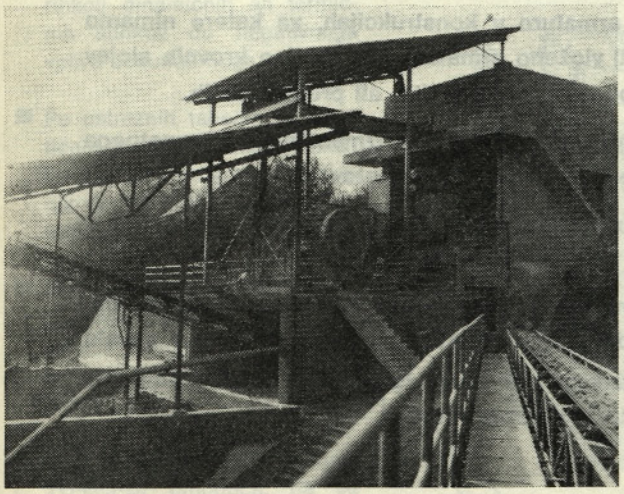
V drugem delu tehnološkega procesa (primarno in sekundarno drobljenje) se vrši enakomerno odvzemanje drobljenca (0/120—150 mm) iz vmesne deponije. S pomočjo vibracijskih dozatorjev VD 520 se enakomerno polni kladivni drobilec BL-6, ki je opremljen z rešetko R 60. V procesu drobljenja sta vključena dva kladivna drobilca, ki z izmeničnim obratovanjem zagotavljata



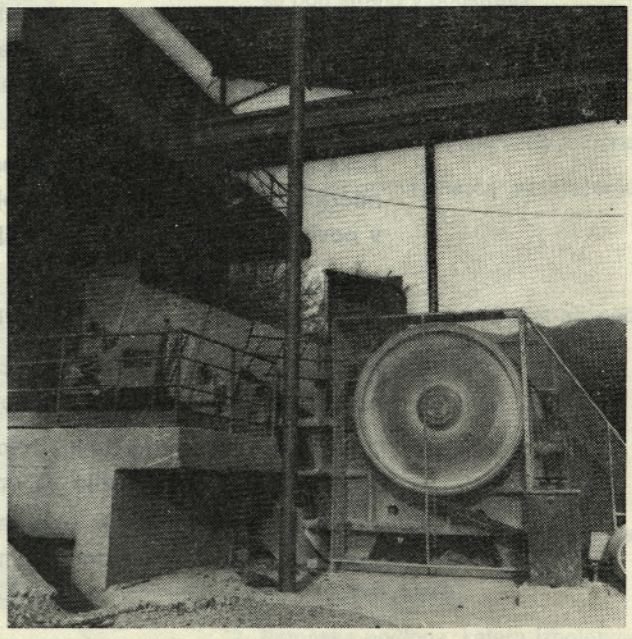
Sl. 1. **Tehnološka shema separacije**

V prvem delu tehnološkega procesa (predhodno drobljenje in vmesno deponiranje — slika 2) se vrši prevzem lomljenca iz prevzemnega silosa in enakomerno dodajanje s pomočjo mehaničnega dozatorja DM 1200 × 3000 separacijskem strojem (slika 3). Tu se vrši odsejevanje jalovine in manj kvalitetnega materiala na izločevalni vibracijski rešetki IR 2,7 × 1,5, ki je opremljena z rešetkama R 60 in R 30. Ta izločevalna vibracijska rešetka omogoča pridobivanje in koriščenje materiala nad 30 mm oziroma 60 mm. Izločeni kvalitetni material 30/500 mm pa se drobi v dvoročičnem čeljustnem drobilcu Škoda tip V 8 (velikost požiralne

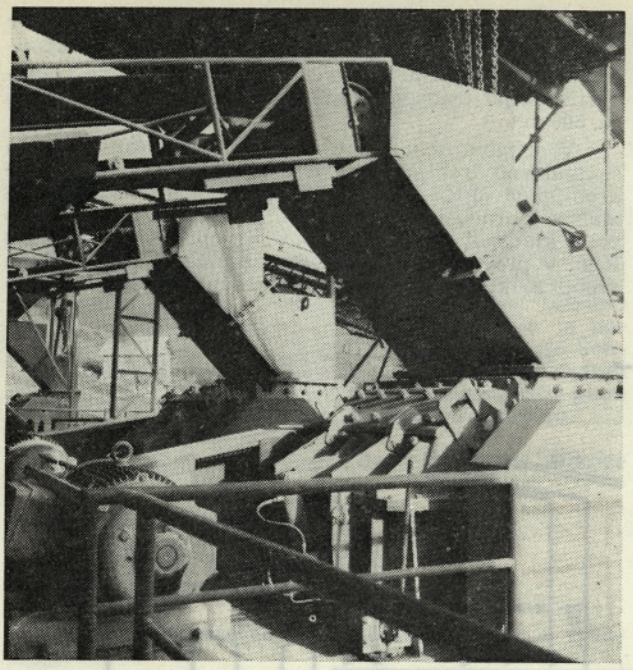
enakomerno zastopanost posameznih frakcij v proizvodu in ustrezno obliko zrn. Proizvod kladivnega drobilca BL-6, frakcija 0/40 mm, se vodi s transportnimi trakovi v klasirnico materiala na posamezna dvokrovna vibracijska sita. Iz klasirnice pa se vrača po potrebi prek usmerjevalnih loput vse frakcije, večje od



Sl. 2. **Pogled na predhodno drobilnico in vmesno deponijo materiala**



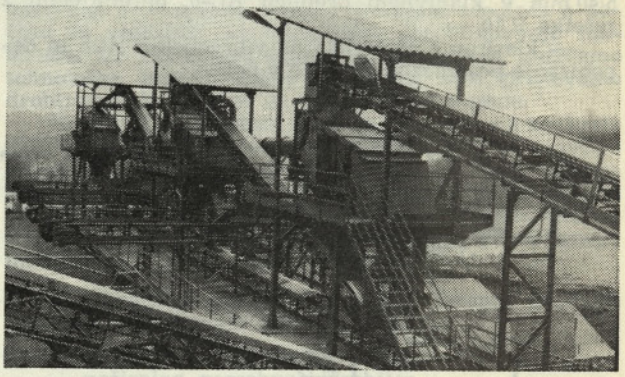
Sl. 3. **Izločevalna vibracijska rešetka in predhodni čeljustni drobilnik**



Sl. 4. Primarno in sekundarno drobljenje materiala

5 mm, v vmesni silos, kjer se s pomočjo vibracijskega dozatorja VD 520 enakomerno polni kladivni drobilec BL-6, ki je opremljen z rešetko R 10 (slika 4).

Proizvod sekundarnega drobilca 0/18 mm se združi s proizvodom iz primarnega drobilca, frakcija 0/40 mm, na transportnem traku in vodi v klasirnico materiala. Tretji del tehnološkega procesa predstavlja klasiranje zdrobljenega materiala v posamezne frakcije (slika 5).



Sl. 5. Klasirnica materiala

(Se nadaljuje)

Janez Gjura, dipl. ing., Vladimir Bras, gr. teh.

NOVOSTI iz ZRMK

TOZD Inštitut za materiale

PROFOMETER

Profometer je naprava za ugotavljanje položaja in količine armature kot tudi debeline krovnega sloja nad armaturo v vseh armirano-betonskih ali napetih konstrukcijah. Metoda je neporušna, to se pravi, da konstrukcije s preiskavo ne poškodujemo.

Tako nam je omogočeno snemati armaturo v konstrukcijah, za katere nimamo načrtov, ali pa naknadno kontrolirati vloženo armaturo in debelino krovnih slojev v novih konstrukcijskih elementih, bodisi na mestu litih ali predizdelanih.

Princip delovanja naprave je v registraciji sprememb izmeničnega magnetnega polja, ki nastane pod vplivom vloženih kovinskih predmetov.

Napravo lahko uporabimo tudi za lociranje cevi ali drugih kovinskih predmetov v običajnih zidovih, žebljev v lesenih konstrukcijah itd.

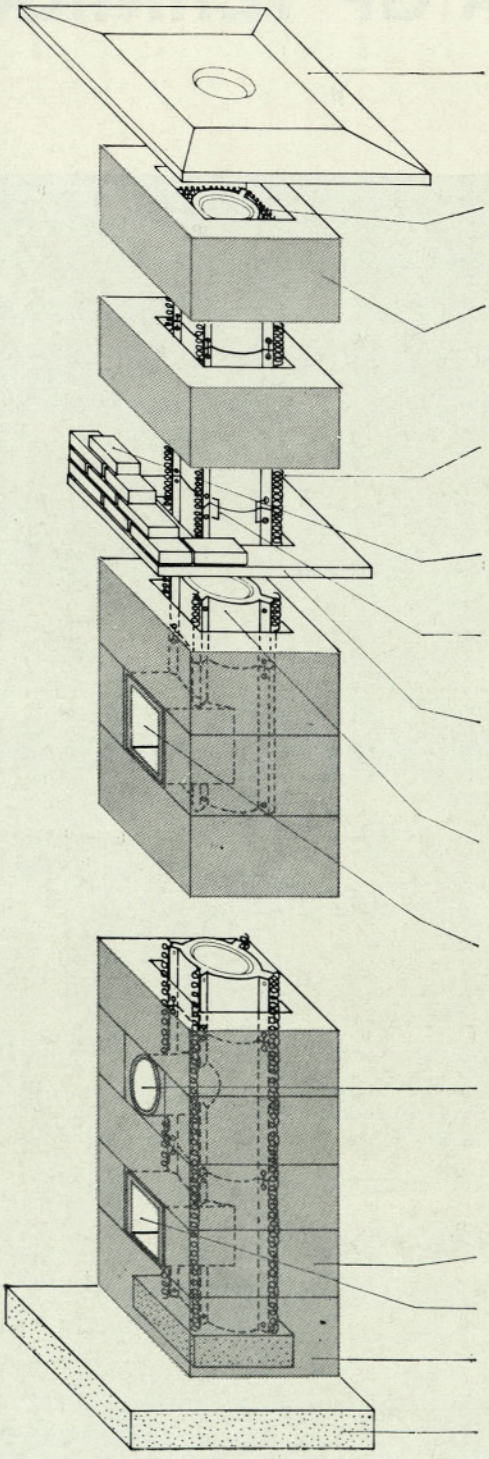
Z napravo seveda tudi lahko določamo mesta odvzemanja vzorcev dokaznih betonskih valjev, ki nam služijo za opredeljevanje dosežene kvalitete betona v smislu pravilnika za armirani in prednapeti beton. S takim lociranjem ne poškodujemo armaturnih vložkov ter omogočimo lažje rezanje vzorcev.

MONTAŽNO INDUSTRIJSKO PODJETJE
61000 LJUBLJANA, OPEKARSKA 13
TELEFON 22 113, 20 641
TELEX 31420 YU KIP
TEKOČI RAČUN 50103-601-23238

TO-MO-DI

TOPLI MONTAŽNI DIMNIK

- Uporabljamo ga pri vseh vrstah kurjave.
- To je najnovejša konstrukcija dimnika s termičnim efektom segrevanja zgornjega dela dimnika s pomočjo segretih sten in zraka.
- S tem je zmanjšana kondenzacija vodnih par dimnih plinov na izhodu dimnika na minimum.
- Kisloodpornost in ognjevzdržnost šamotnih cevi nam zagotavlja, da v primeru pojava žveplene ali žveplaste kisline dimnik ostane nepoškodovan.
- Minimalni vlek je s tem, ko je dimnik še dodatno ogrevan po celi višini od lastnih dimnih plinov, popolnoma zagotovljen.
- Konstrukcijsko vidimo, da so cevi med seboj vezane po celi višini in s tem je zavarovano, da ne more priti zaradi katerihkoli dinamičnih ali termičnih sunkov do negativnega vpliva sekundarnega zraka.
- Po ustreznih tabelah in praktičnih izkušnjah lahko TO-MO-DI uporabljamo kot zbirni dimnik do 12 priključkov na eno tuljavo.
- Mineralne vrvi na robovih reber cevi nam omogočajo, da se cev dimnika termično giblje po vertikalni in prečni smeri.
- Enostavnost pri montaži nam TO-MO-DI omogoča, da se gradnje takšnega dimnika lotijo tudi amaterji.



13. Krovna plošča je za širino fasadne opeke širša kot so zunanji bloki
12. Mineralna ali steklena volna, s katero pri zadnji šamotni cevi zapremo zračne komore
11. Zadnji zunanji blok, pri katerem se šamotna cev polagoma skrije tako, da od zgornjega roba cevi do zgornjega roba zunanjega bloka ostane po višini še 2—4 cm prostora
8. Mineralna ali steklena vrv se vstavi samo v vogalih zunanjih blokov tako, da jo centrično pritisnejo rebra šamotnih cevi
10. Fasadna opeka se zida od konzolne plošče do konca dimnika
7. Žične sponke ali mehka žica, s katero cevi med seboj zvežemo
9. Konzolna plošča je za širino fasadne opeke večje dimenzije. Montira se pod streho v podstrešju
14. Notranja šamotna cev, katera se med seboj po višini v utor na utor veže s šamotno malto ali kitom in najmanj dvakrat diagonalno z žično sponko
6. Zgornja dimna vratca za čiščenje dimnika
5. Priključni element za kotel ali peč
4. Odbojni blok
3. Spodnja dimna vratca za čiščenje dimnika
1. Prvi zunanji plašč
2. Betonska podloga, katera izpolnjuje polovico višine prvega zunanjega plašča

RTV-CENTER V LJUBLJANI
POSLOPJE REDAKCIJE
GRADILA GP TEHNIKA

(Foto: Jaro Novak)