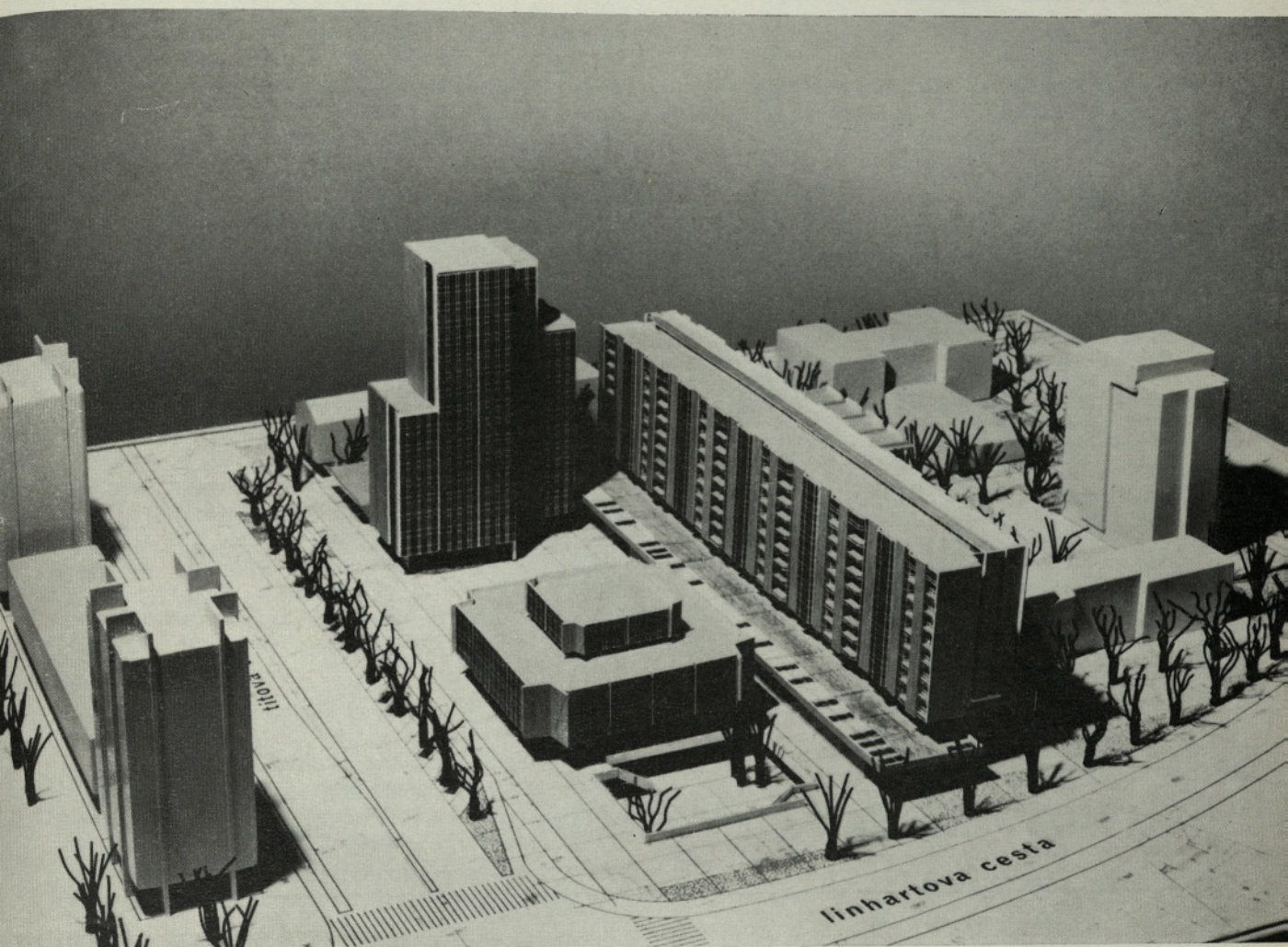


GRADBENI VESTNIK

LETO XVIII

JUNIJ 1969

ŠT. 6



SGP »GROSUPLJE«:
Maketa zazidave za Center Bežigrad (gradnja za tržišče)

VSEBINA

Dragoš Jurišić: Računanje inženirskih konstrukcij po metodi končnih elementov	153	D. Jurišić: Structural stress analysis by the finite element method	
Svetko Lapajne, prof. inž.: Izračun vplivnic za upogibne momente z »reduciranimi togostmi«	159	S. Lapajne: Calculation of influence-lines for bending moments by means of reduces stiffnesses	
Vesti iz ZGIT Slovenije			
Prof. inž. Svetko Lapajne: Kongres Jugoslovanskega društva gradbenih konstruktorjev v organizaciji ZGIT Slovenije	162		
Valentin Marinko:			
Važnejši zapiski s III. seje glavnega odbora ZGIT .	163		
Strokovni ogled tujih avtocest	164		
Informativno pripravljani seminar za strokovne izpite	164		
Strokovni obisk komunalcev v Celovec	164		
Nove strokovne ekskurzije v Djerdap	164		
In memoriam			
Inž. Sergej Bubnov: In memoriam inž. Vital Mlejniki .	165		
Prof. Miloš Marinček: In memoriam prof. inž. Slavko Pukl	165		
Iz naših kolektivov			
B. Melihar:			
SGP »Slovenija ceste« grade že tretjo cesto v Libiji	166		
Isto podjetje gradi že četrto letališče	166		
Gradnja TE Šoštanj III je v polnem razmahu . .	167		
Koliko za varstvo pri delu	167		
Most med teorijo in prakso	167		
Odkritje spominske plošče Borisu Kraigherju . .	168		
Uspeh pri polaganju strokovnih izpitov	168		
Modernizacija cestne zveze Plavonija-Umag . .	168		
Tehnologija graditve članov PZ »GIPOSS« . .	168		
Veliko gradbišče pod Dobrčo	168		
Vesti iz inozemstva			
Inž. E. Močnik:			
Nov način gradnje mostov	169		
Novi lahki beton styropor	169		
Gradnja s pomočjo montažnih prostorskih celic .	169		
Iz strokovnih revij in časopisov			
Inž. A. S.: Anotacije	170		
Informacije Zavoda za raziskavo materiala in konstrukcij v Ljubljani			
A. Zajc, dipl. inž. — L. A. Jenček, dipl. inž.: Določanje gostote asfalta z radioaktivnimi izotopi	170		

Odgovorni urednik: Sergej Bubnov, dipl. inž.
Tehnični urednik: prof. Bogo Fatur

Uredniški odbor: Janko Bleiweis, dipl. inž., Vladimir Čadež, dipl. inž., Marjan Gaspari, dipl. inž., dr. Miloš Marinček, dipl. inž., Maks Megušar, dipl. inž., Dragan Raič, dipl. jurist, Saša Skulj, dipl. inž., Viktor Turnšek, dipl. inž.

Revijo izdaja Zveza gradbenih inženirjev in tehnikov za Slovenijo, Ljubljana, Erjavčeva 15, telefon 23 158. Tek. račun pri Narodni banki 501-8-114/1. Tiska tiskarna »Toneta Tomšiča« v Ljubljani. Revija izhaja mesečno. Letna naročnina skupaj s članarino znaša 36 din, za študente 12 din, za podjetja, zavode in ustanove 250 din.

Računanje inženirskih konstrukcij po metodi končnih elementov

DK 62.002:531.3

DRAGOŠ JURIŠIČ

Uvod

Računanje sodobnih inženirskih konstrukcij je pogosto zelo zahtevna naloga, ki jo rešujemo bodisi tako, da vpeljemo različne poenostavitve ali pa, da se zatečemo k modelnim raziskavam. V prvem primeru dobimo rezultate, ki so lahko zelo dvomljive vrednosti, medtem ko so modelne raziskave drage in jih zato pri nas le redko uporabljamo. To je tudi razlog, da se pogosto izogibamo sodobnim inženirskim konstrukcijam in se celo raje odločamo za dražjo klasično izvedbo.

V povojnem obdobju se je takšno stanje — vsaj v inozemstvu — v precejšnji meri spremenilo, ker so začeli uporabljati sodobne elektronske računalnike tudi v konstrukcijski mehaniki. Pri tem so začeli uporabljati razne postopke, ki slonijo v glavnem na metodi končnih diferenc, s katero prevedemo reševanje parcialnih diferencialnih enačb na reševanje sistema algebrائيh enačb [1]. V najnovejšem času pa je mogoče zaslediti celo vrsto člankov, ki obravnavajo inženirske konstrukcije po metodi končnih elementov, toda šele pred kratkim je bila objavljena knjiga [2], v kateri so opisane osnove te metode.

V tem prispevku želimo seznaniti domače konstruktorje z bistvom metode končnih elementov v upanju, da bomo s tem vzbudili njihovo pozornost za izredne možnosti, ki jih nudijo elektronski računalniki pri računanju še tako zapletenih sodobnih inženirskih konstrukcij.

Osnovne enačbe teorije elastičnosti

V teoriji elastičnosti poznamo petnajst osnovnih enačb, ki skupaj s pripadajočimi robnimi pogoji vsaj načelno omogočajo rešitev poljubnega problema. Te enačbe delimo v tri skupine.

Prvo skupino osnovnih enačb tvorijo sovisnosti med pomiki in deformacijami:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{xx} &= \frac{\partial u_x}{\partial x} & 2\varepsilon_{xy} &= \frac{\partial u_y}{\partial x} + \frac{\partial u_x}{\partial y} = \gamma_{xy} \\ \varepsilon_{yy} &= \frac{\partial u_y}{\partial y} & 2\varepsilon_{yz} &= \frac{\partial u_z}{\partial y} + \frac{\partial u_y}{\partial z} = \gamma_{yz} \quad \dots 1 \\ \varepsilon_{zz} &= \frac{\partial u_z}{\partial z} & 2\varepsilon_{zx} &= \frac{\partial u_x}{\partial z} + \frac{\partial u_z}{\partial x} = \gamma_{zx} \end{aligned}$$

V matrični obliki lahko napišemo te enačbe na naslednji način:

$$\begin{Bmatrix} \varepsilon_{xx} \\ \varepsilon_{yy} \\ \varepsilon_{zz} \\ 2\varepsilon_{xy} \\ 2\varepsilon_{yz} \\ 2\varepsilon_{zx} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial}{\partial x} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{\partial}{\partial y} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{\partial}{\partial z} \\ \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial x} & 0 \\ 0 & \frac{\partial}{\partial z} & \frac{\partial}{\partial y} \\ \frac{\partial}{\partial z} & 0 & \frac{\partial}{\partial x} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_x \\ u_y \\ u_z \end{Bmatrix} \quad \dots 2$$

ali krajše:

$$\{\varepsilon\} = [d] \{u\} \quad \dots 3$$

Pri tem smo z [d] označili matriko diferencialnih operatorjev, ki ima pomen samo, če jo apliciramo na matriko funkcij ali na neko drugo matriko diferencialnih operatorjev. Pri tem upoštevamo običajno pravilo za množenje dveh matrik.

V drugo skupino osnovnih enačb spadajo sovisnosti med deformacijami in napetostmi:

$$\begin{aligned} \sigma_{xx} &= (2\mu + \lambda) \varepsilon_{xx} + \lambda \varepsilon_{yy} + \lambda \varepsilon_{zz} \\ \sigma_{yy} &= (2\mu + \lambda) \varepsilon_{yy} + \lambda \varepsilon_{zz} + \lambda \varepsilon_{xx} \\ \sigma_{zz} &= (2\mu + \lambda) \varepsilon_{zz} + \lambda \varepsilon_{xx} + \lambda \varepsilon_{yy} \quad \dots 4 \\ \sigma_{xy} &= 2\mu \varepsilon_{xy} = \tau_{xy} \\ \sigma_{yz} &= 2\mu \varepsilon_{yz} = \tau_{yz} \\ \sigma_{zx} &= 2\mu \varepsilon_{zx} = \tau_{zx} \end{aligned}$$

Koeficienta (λ) in (μ) sta znani Laméjevi elastični konstanti, ki ju lahko izrazimo z modulom elastičnosti (E) in Poissonovim količnikom (ν):

$$2\mu = \frac{E}{1 + \nu} \quad \lambda = \frac{\nu E}{(1 + \nu)(1 - 2\nu)} \quad \dots 5$$

Tudi enačbe (4) lahko napišemo v matrični obliki:

$$\begin{Bmatrix} \sigma_{xx} \\ \sigma_{yy} \\ \sigma_{zz} \\ \sigma_{xy} \\ \sigma_{yz} \\ \sigma_{zx} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 2\mu + \lambda & \lambda & \lambda & 0 & 0 & 0 \\ \lambda & 2\mu + \lambda & \lambda & 0 & 0 & 0 \\ \lambda & \lambda & 2\mu + \lambda & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \mu & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \mu & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \mu \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \varepsilon_{xx} \\ \varepsilon_{yy} \\ \varepsilon_{zz} \\ 2\varepsilon_{xy} \\ 2\varepsilon_{yz} \\ 2\varepsilon_{zx} \end{Bmatrix} \quad \dots 6$$

ali krajše:

$$\{\sigma\} = [n] \{\varepsilon\} \quad \dots 7$$

Z [n] smo označili matriko elastičnih konstant.

Zadnjo skupino osnovnih enačb predstavljajo ravnotežni pogoji:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \sigma_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{zx}}{\partial z} + v_x &= 0 \\ \frac{\partial \sigma_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{zy}}{\partial z} + v_y &= 0 \quad \dots 8 \\ \frac{\partial \sigma_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{zz}}{\partial z} + v_z &= 0 \end{aligned}$$

kjer pomenijo (v_x , v_y , v_z) komponente volumnske sile. Če te enačbe napišemo v matrični obliki

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial}{\partial x} & 0 & 0 & \frac{\partial}{\partial y} & 0 & \frac{\partial}{\partial z} \\ 0 & \frac{\partial}{\partial y} & 0 & \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial z} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{\partial}{\partial z} & 0 & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial x} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \sigma_{xx} \\ \sigma_{yy} \\ \sigma_{zz} \\ \sigma_{xy} \\ \sigma_{yz} \\ \sigma_{zx} \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} v_x \\ v_y \\ v_z \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix} \quad \dots 9$$

vidimo, da je tako dobljena matrika diferencialnih operatorjev enaka transponirani matriki diferencialnih operatorjev v enačbi (2). Zato pišemo enačbo (9) v krajši obliki na naslednji način:

$$[d]^T \{\sigma\} + \{v\} = \{0\} \quad \dots 10$$

Kot je bilo uvodoma omenjeno, lahko s temi petnajstimi enačbami vsaj načelno rešimo poljubni problem teorije elastičnosti, če upoštevamo še robne pogoje:

$$p_x = \sigma_{xx} \cos(e_n, x) + \sigma_{yx} \cos(e_n, y) + \sigma_{zx} \cos(e_n, z)$$

$$p_y = \sigma_{xy} \cos(e_n, x) + \sigma_{yy} \cos(e_n, y) + \sigma_{zy} \cos(e_n, z)$$

$$p_z = \sigma_{xz} \cos(e_n, x) + \sigma_{yz} \cos(e_n, y) + \sigma_{zz} \cos(e_n, z) \quad \dots 11$$

ki jih tudi lahko napišemo v matrični obliki:

$$\{p\} = [\sigma] \{e_n\} \quad \dots 12$$

V tej enačbi pomeni {p} matriko komponent specifičnih površinskih sil, to je zunanje obtežbe, medtem ko je $\{e_n\}$ matrika komponent enotnega vektorja v smeri zunanje normale:

$$\{e_n\} = \begin{Bmatrix} e_{nx} \\ e_{ny} \\ e_{nz} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \cos(e_n, x) \\ \cos(e_n, y) \\ \cos(e_n, z) \end{Bmatrix} \quad \dots 13$$

Celotni problem se vsaj navidezno precej poenostavi, če izrazimo napetosti v ravnotežnih enačbah s pomiki, upoštevajoč enačbi (7) in (3):

$$\{\sigma\} = [n] \{\varepsilon\} = [n] [d] \{u\} \quad \dots 14$$

Tako dobimo:

$$[d]^T [n] [d] \{u\} + \{v\} = \{0\} \quad \dots 15$$

Pri tem se moramo zavedati, da predstavlja $[d]^T [n] [d]$ novo matriko diferencialnih operatorjev:

$$[k] = [d]^T [n] [d] \quad \dots 16$$

ki jo dobimo tako, da najprej običajno pomnožimo matriki [n] in [d] — glej enačbo (14) in šele nato apliciramo na produkt [n] [d] matriko diferencialnih operatorjev $[d]^T$:

$$[k] = [d]^T ([n] [d]) \quad \dots 17$$

Tako dobimo:

$$[k] = \begin{bmatrix} (\mu + \lambda) \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \mu \nabla^2 & (\mu + \lambda) \frac{\partial^2}{\partial x \partial y} & (\mu + \lambda) \frac{\partial^2}{\partial x \partial z} \\ (\mu + \lambda) \frac{\partial^2}{\partial y \partial x} & (\mu + \lambda) \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \mu \nabla^2 & (\mu + \lambda) \frac{\partial^2}{\partial y \partial z} \\ (\mu + \lambda) \frac{\partial^2}{\partial z \partial x} & (\mu + \lambda) \frac{\partial^2}{\partial z \partial y} & (\mu + \lambda) \frac{\partial^2}{\partial z^2} + \mu \nabla^2 \end{bmatrix} \quad \dots 18$$

in enačba (15) preide v:

$$[k]\{u\} + \{v\} = \{0\} \quad \dots 19$$

kar lahko napišemo v eksplicitni obliki:

$$\begin{aligned} \mu \nabla^2 u_x + (\mu + \lambda) \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial u_x}{\partial x} + \frac{\partial u_y}{\partial y} + \frac{\partial u_z}{\partial z} \right) + v_x &= 0 \\ \mu \nabla^2 u_y + (\mu + \lambda) \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial u_x}{\partial x} + \frac{\partial u_y}{\partial y} + \frac{\partial u_z}{\partial z} \right) + v_y &= 0 \\ \mu \nabla^2 u_z + (\mu + \lambda) \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\partial u_x}{\partial x} + \frac{\partial u_y}{\partial y} + \frac{\partial u_z}{\partial z} \right) + v_z &= 0 \end{aligned} \quad \dots 20$$

To so znane Navier-Laméjeve enačbe, ki izražajo ravnotežne pogoje s pomiki. Pogosto jih imenujemo osnovne enačbe teorije elastičnosti, ker nadomeščajo vseh petnajst enačb (1), (4) in (8). Take in podobne diferencialne enačbe imajo za večino med nami samo akademski pomen; inženirji namreč potrebujemo pri praktičnem delu konkretne numerične rezultate. Prav zaradi tega bomo v tem prispevku prikazali eno izmed metod za numerično obravnavanje inženirskih konstrukcij, ki ravno tako sloni na tem, da izrazimo ravnotežne pogoje s pomiki.

Metoda končnih elementov

Pri numeričnem obravnavanju diferencialnih enačb se zadovoljimo s tem, da določimo iskane funkcije samo v končnem številu točk znotraj integracijskega področja. Tako na primer rešujemo Navier-Laméjeve diferencialne enačbe (14) po diferenčni metodi [1] tako, da prekrijemo področje znotraj opazovanega telesa z regularno mrežo in nato določamo vrednosti pomikov samo v vozliščih te mreže. V ta namen razvijemo pomike v Taylorjevo vrsto in obdržimo samo toliko členov, da lahko izrazimo odvode v posameznih vozliščih diferenčne mreže s točkovnimi vrednostmi pomikov v sosednjih vozliščih. Na ta način nadomestimo diferencialne enačbe (14) v vsakem vozlišču s tremi diferenčnimi enačbami in se celotni problem prevede na reševanje sistema navadnih linearnih enačb s konstantnimi koeficienti. Število teh enačb je enako številu neznanih vozliščnih pomikov. Ker je v večini praktičnih primerov to število precej veliko, zaupamo reševanje takih sistemov enačb elektronskemu računalniku.

V zadnjem času se vedno bolj uveljavlja metoda končnih elementov [2], pri kateri razdelimo opazovano telo na elemente in predpostavimo, da se ti stikajo samo v določenem številu točk, ki jih imenujemo vozlišča. Tudi v tem primeru zadostimo ravnotežnim pogojem, izraženim s pomiki, samo v posameznih vozliščih. V ta namen predpostavimo potek pomikov $\{u(x, y, z)\}_e$ po elementu in jih izrazimo s

pomiki vozlišč $\{U\}_e$, ki pripadajo temu elementu (e):

$$\{u(x, y, z)\}_e = [f(x, y, z)]_e \{U\}_e \quad \dots 21$$

Sedaj lahko določimo sovisnost med vozliščnimi pomiki in deformacijami znotraj elementa (e). V splošnem primeru jo lahko izrazimo analogno enačbi (3):

$$\{\varepsilon\}_e = [D]_e \{U\}_e \quad \dots 22$$

Pri tem imenujemo matriko $[D]$ deformacijska matrika in jo določamo od primera do primera. Če upoštevamo na primer enačbe (1—3), dobimo $[D] = [d][f(x, y, z)]$.

Na podobni način izražamo sovisnost med deformacijami in napetostmi z napetostno matriko $[N]$ analogno enačbi (7):

$$\{\sigma\}_e = [N]_e \{\varepsilon\}_e \quad \dots 23$$

oziroma zaradi (22):

$$\{\sigma\}_e = [N]_e [D]_e \{U\}_e \quad \dots 24$$

Če se omejimo na idealno elastični material, sledi iz enačb (4—7), da je pri prostorskem napetostnem stanju $[N] = [n]$, lahko pa upoštevamo poljubno drugo sovisnost med deformacijami in napetostmi.

Na ta način smo izrazili napetostno in deformacijsko stanje v elementu z vozliščnimi pomiki tega elementa in sedaj lahko določimo notranje virtualno delo. Če nadomestimo notranje sile po elementu z ekvivalentnimi vozliščnimi silami $\{P^u\}_e$, lahko izrazimo to delo na naslednji način:

$$\delta W_n = \{\delta U\}_e^T \{P^u\}_e = \int_e \{\delta \varepsilon\}_e^T \{\sigma\}_e dV \quad \dots 25$$

Upoštevajoč enačbi (22) in (24), dobimo:

$$\{\delta U\}_e^T \{P^u\}_e = \int_e \{\delta U\}_e^T [D]_e^T [N]_e [D]_e \{U\}_e dV \quad \dots 26$$

Virtualni vozliščni pomiki $\{\delta U\}_e$ in resnični vozliščni pomiki $\{U\}_e$ so konstantni pri integriranju po elementu. Zato lahko vpeljemo označbo:

$$[K]_e = \int_e [D]_e^T [N]_e [D]_e dV \quad \dots 27$$

in enačba (26) preide v:

$$\{P^u\}_e = [K]_e \{U\}_e \quad \dots 28$$

Stolpčni matriki $\{P^u\}_e$ in $\{U\}_e$ sta sestavljeni iz podmatrik, ki predstavljajo vektorje notranjih sil $\{P_i^u\}_e$ oziroma vozliščnih pomikov $\{U_i\}_e$ posameznih vozlišč (i) elementa (e). Notranjo silo $\{P_i^u\}_e$ v vozlišču (i) sestavljajo komponente te sile v smeri koordinatnih osi, pomik $\{U_i\}_e$ v vozlišču (i) pa komponente tega pomika v smeri koordinatnih osi.

Kvadratno matriko $[K]_e$ imenujemo togostna matrika elementa. Tudi njo lahko razdelimo v podmatrike $[k_{ij}]_e$. Pri tem določata indeksa (i) in (j), da gre za podmatriko, ki pripada sili $\{P_i^u\}_e$ in pomiku $\{U_j\}_e$:

$$\{P_i^u\}_e = \sum_j [k_{ij}]_e \{U_j\}_e \quad \dots 29$$

Iz zadnje enačbe vidimo, da vplivajo na silo v vozlišču (i) pomiki vseh vozlišč (j) elementa (e).

V vozlišču (i) se stika več elementov (e) in je torej očitno, da dobimo ustrezno vozliščno silo $\{P_i^u\}$ tako, da seštejemo vozliščne sile $\{P_i^u\}_e$ vseh stikajočih se elementov:

$$\{P_i^u\} = \sum_e \{P_i^u\}_e = \sum_e \sum_j [k_{ij}]_e \{U_j\}_e \quad \dots 30$$

Kot vidimo, vplivajo na rezultirajočo silo v vozlišču (i) tako pomiki ustreznega vozlišča $\{U_i\}_e$, kot tudi pomiki vseh sosednjih vozlišč $\{U_j\}_e$. Če vpeljemo označbo

$$[K_{ij}] = \sum_e [k_{ij}]_e \quad \dots 31$$

preide enačba (30) v

$$\{P_i^u\} = \sum_j [K_{ij}] \{U_j\} \quad \dots 32$$

Pri tem smo upoštevali pogoj enoličnosti pomikov

$$\{U_j\}_e \equiv \{U_j\} \quad \dots 33$$

ki pove, da imajo vsi elementi, ki se stikajo v vozlišču (j), v tem vozlišču enak pomik $\{U_j\}$.

Na podoben način nadomestimo zunanjo obtežbo po elementu in sicer volumnske sile $\{v\}_e$ in površinske sile $\{p\}_e$ z ekvivalentnimi vozliščnimi silami $\{P^z\}_e$, ki jih določimo iz zunanjega virtualnega dela

$$\delta W_z = \{\delta U\}_e^T \{P^z\}_e = \int_e \{\delta u\}_e^T \{v\}_e dV + \int_e \{\delta u\}_e^T \{p\}_e dS \quad \dots 34$$

upoštevajoč enačbo 21:

$$\{P^z\}_e = \int_e [f]_e^T \{v\}_e dV + \int_e [f]_e^T \{p\}_e dS \quad \dots 35$$

Stolpčno matriko $\{P^z\}_e$ tvorijo vektorji zunanjih vozliščnih sil $\{P_i^z\}_e$ v posameznih vozliščih (i) elementa (e). Rezultirajočo zunanjo vozliščno silo v vozlišču (i) dobimo tako, da seštejemo ustrezne sile $\{P_i^z\}_e$ po vseh elementih (e), ki se stikajo v tem vozlišču in prištejemo eventualno zunanjo točkovno silo $\{P_i\}$:

$$\{R_i\} = \sum_e \{P_i^z\}_e + \{P_i\} \quad \dots 36$$

Če vpeljemo označbo

$$\{P_i^z\} = \sum_e \{P_i^z\}_e \quad \dots 37$$

preide zadnja enačba v:

$$\{R_i\} = \{P_i^z\} + \{P_i\} \quad \dots 38$$

Ko smo tako določili rezultirajoči vozliščni sili $\{P_i^u\}$ in $\{R_i\}$ v poljubnem vozlišču, lahko napišemo ravnotežne enačbe za vozlišče (i):

$$\{P_i^u\} = \sum_j [K_{ij}] \{U_j\} = \{R_i\} \quad \dots 39$$

Za celotno konstrukcijo dobimo na ta način naslednji sistem enačb:

$$[K] \{U\} = \{R\} \quad \dots 40$$

Pri tem je $[K]$ togostna matrika konstrukcije, $\{U\}$ stolpčna matrika vseh vozliščnih pomikov, $\{R\}$ pa stolpčna matrika zunanje obtežbe v vseh vozliščih konstrukcije. Kvadratno matriko $[K]$ tvorijo podmatrike $[K_{ij}]$, ki jih določamo po enačbi (31), iz katere vidimo, da so te matrike nične, če vozlišči (i) in (j) nista sosednji. Nadalje vidimo iz enačbe (40), da je element togostne matrike $[K]$, ki pripada vrstici (r) in stolpcu (s), enak r-temu elementu stolpca $\{R\}$, če je s-ti element stolpca $\{U\}$ enak ena, vsi ostali pa so enaki nič. To pomeni, da predstavljajo elementi togostne matrike točkovne sile, ki bi na določenem mestu v konstrukciji povzročile pomik ena v določeni smeri.

Rešitev ravnotežnih enačb (40) podaja vozliščne pomike celotne konstrukcije:

$$\{U\} = [F] \{R\} \quad \dots 41$$

Pri tem smo inverzno matriko $[K]^{-1}$ označili z $[F]$ in jo imenujemo podajnostna matrika konstrukcije:

$$[F] = [K]^{-1} \quad \dots 42$$

Iz enačbe (41) vidimo, da predstavljajo elementi podajnostne matrike $[F]$ pomike, ki bi jih na do-

ločenem mestu v konstrukciji in v ustrezni smeri povzročila sila jakosti ena. Ob upoštevanju Maxwellovega izreka je očitno, da morata biti podajnostna in togostna matrika simetrični:

$$[F]^T = [F] \quad [K]^T = [K] \quad \dots 43$$

Na podobni način lahko pokažemo iz enačbe (28), da morata biti simetrični tudi podajnostna in togostna matrika posameznega elementa:

$$[F]_e^T = [F]_e \quad [K]_e^T = [K]_e \quad \dots 44$$

Ko poznamo vozliščne pomike, lahko določimo po enačbah (22) in (23) deformacijsko in napetostno stanje v posameznih elementih konstrukcije in s tem v celoti rešimo postavljeno nalogo.

Zaključne pripombe

Videli smo, da lahko računamo po metodi končnih elementov poljubno inženirsko konstrukcijo, tudi če njeni elementi niso linijski, na enak način kot računamo okvirne konstrukcije po metodi pomikov [3]. Ploskovni in prostorski elementi se seveda stikajo v neskončnem številu točk vzdolž mejnih črt oziroma ploskev. Zato si na prvi pogled težko predstavljamo, da je način računanja v obeh primerih praktično enak. Zavedati pa se moramo, da so v bistvu elementi vsake konstrukcije prostorski. Tudi elementi tako imenovanih linijskih konstrukcij imajo tri dimenzije: višino, širino in dolžino. Vendar sta višina in širina izredno majhni v primerjavi z dolžino in se zato pri linijskih elementih lahko omejimo na določanje pomikov težiščne osi. S tem tudi predpostavimo, da se dva takšna elementa stikata v eni sami točki, ki jo imenujemo vozlišče. Če pri tem upoštevamo klasični upogib z osno silo in Saint-Venantovo torzijo, lahko brez posebnih težav izrazimo potek pomikov po linijskem elementu z njegovimi vozliščnimi pomiki, analogno enačbi (21). V tem primeru tvorijo stolpčno matriko $\{u(x)\}$ poleg pomikov v smeri koordinatnih osi (u_x , u_y , u_z), tudi rotacije okrog teh osi (ω_x , ω_y , ω_z). Rotacija (ω_x) predstavlja torzijski zasuk po Saint-Venantu rotaciji (ω_y) in (ω_z) pa določata zasuka ravninskih prereзов v soglasju z znano Bernoulli-Navierovo hipotezo. S temi predpostavkami je podana matrika funkcij $[f(x)]$ in bi lahko določili togostno matriko elementa po enačbi (27) ob upoštevanju enačb (21—23). Vendar običajno določamo to matriko na enostavnejši način, ki je opisan v že citiranem prispevku [3]. Togostno matriko linijskega elementa lahko določimo tudi neposredno iz Navier-Laméjevih enačb (20) ob upoštevanju znane Saint-Venantove predpostavke

$$\sigma_{yy} = \sigma_{zz} = \sigma_{yz} = 0 \quad \dots 45$$

Iz enačb (1) in (4) se lahko pokaže, da ustrezajo tej predpostavki naslednje relacije med pomiki:

$$\frac{\partial u_y}{\partial y} = \frac{\partial u_z}{\partial z} = -\nu \frac{\partial u_x}{\partial x}; \quad \frac{\partial u_y}{\partial z} = -\frac{\partial u_z}{\partial y} \quad \dots 46$$

Vidimo torej, da sta v tem primeru pomika (u_y) in (u_z) konjugirani harmonični funkciji v ravnini prečnega prereza ($x = \text{const.}$). Vendar nadaljna izvajanja presegajo okvir tega prispevka; za nas je važno le to, da smo tudi pri linijskem elementu potek pomikov v bistvu predpostavili.

Iz linijskih elementov je sestavljena cela vrsta inženirskih konstrukcij: neprekinjeni, mrežasti in ločni nosilci, ter palične in okvirne konstrukcije.

Drugo pomembno skupino tvorijo ploskovne konstrukcije, to so stene, plošče in lupine. Ker je debelina teh konstrukcij zelo majhna v primerjavi z drugimi dimenzijami, predpostavimo pri stenah, da so pomiki konstantni po debelini, pri ploščah in lupinah pa upoštevamo znano Kirchhoffovo hipotezo o razvrstitvi pomikov po debelini. S tem se omejimo na določanje pomikov središčne ravnine. Vendar so ustrezne diferencialne enačbe za pomike te ravnine še vedno zapletene in jih ne moremo integrirati tako preprosto kot pri linijskih konstrukcijah. Zato razdelimo take konstrukcije na ploskovne elemente, za katere predpostavimo, da se stikajo samo v končnem številu točk, ki jih spet imenujemo vozlišča. Potem izberemo matriko funkcij $[f(x, y)]$ tako, da je potek pomikov po elementu enolično določen z vozliščnimi pomiki po enačbi (21). Elementa stolpčne matrike $\{u(x, y)\}$ sta pri stenah pomika (u_x) in (u_y), pri ploščah pa pomik (u_z) ter rotaciji (ω_x) in (ω_y), ki določata zasuk normale na središčno ploskev v soglasju s Kirchhoffovo hipotezo. Pri lupinah upoštevamo vse tri pomike (u_x , u_y , u_z) in rotaciji (ω_x , ω_y).

Pri vseh drugih problemih razdelimo konstrukcijo na prostorske elemente, za katere prav tako predpostavljamo, da se medsebojno stikajo le v končnem številu vozlišč. Vsak tak element predstavlja prostorsko telo, znotraj katerega poteka pomikov ne poznamo in ga moramo zato predpostaviti po enačbi (21). To pomeni, da moramo izbrati matriko funkcij $[f(x, y, z)]$ tako, da je potek pomikov po elementu spet enolično določen z vozliščnimi pomiki. V splošnem je ta matrika odvisna od problema, ki ga rešujemo ter od oblike elementa, ki ga izberemo. Ko tako predpostavimo potek pomikov, lahko izrazimo z vozliščnimi pomiki tako deformacijsko in napetostno stanje (enačbi 22 in 23), kot tudi vozliščne sile zaradi pomikov in zaradi zunanje obtežbe (enačbi 28 in 35). Sedaj lahko opazujemo en sam element ločeno od drugih. V tem primeru predstavljata oba sistema vozliščnih sil edino zunanjo obtežbo, ki mora zadostiti ravnotežnim pogojem:

$$\{P_u\}_e + \{P_z\}_e = [K]_e \{U\}_e + \{P_z\}_e = \{0\} \quad \dots 47$$

oziroma, če upoštevamo enačbi (27) in (35):

$$\int_e [D]^T [N] [D] dV \{U\}_e + \int_e [f]^T \{v\} dV + \int_e [f]^T \{p\} dS = \{0\} \quad \dots 48$$

Na ta način smo samo globalno zadostili ravnotežnim pogojem za element kot celoto. V poljubni točki znotraj telesa pa ti pogoji običajno niso izpolnjeni predvsem zaradi tega, ker smo matriko funkcij $[f(x, y, z)]$ poljubno izbrali. Dejanskemu stanju se tem bolj približamo, čim manjši je element. V mejnem primeru, ko gre prostornina elementa proti nič

$$V_e \rightarrow 0 \quad \dots 49$$

preide enačba (48) v Navier-Laméjeve enačbe (20). V tem primeru se namreč zreducirajo vsa vozlišča elementa na eno samo točko in potem sledi iz enačbe (21):

$$\{U\}_e \rightarrow \{u\} \quad [f(x, y, z)] \rightarrow [E] \quad \dots 50$$

Pri tem je $[E]$ enotna matrika. Če se omejimo na idealno elastično telo, sledi dalje:

$$[D] = [d] [f] \rightarrow [d] \quad \dots 51$$

Ker je v tem primeru $[N] \equiv [n]$, preide enačba (48) v Navier-Laméjeve enačbe (15):

$$[d]^T [n] [d] \{u\} + \{v\} = \{0\} \quad \dots 52$$

Pri tem smo upoštevali, da v točki znotraj elementa ne moremo govoriti o površinskih silah $\{p\}$ in torej velja:

$$\{P^z\}_e = \int_e [f]^T \{v\} dV + \int_e [f]^T \{p\} dS \rightarrow \{v\} \quad \dots 53$$

Zanimivo je opozoriti, da enako kot preide pri tem »limitnem procesu« deformacijska matrika $[D]$ v matriko diferencialnih operatorjev $[d]$ — glej enačbo (51), preide tudi togostna matrika $[K]_e$ v matriko diferencialnih operatorjev $[k]$ — glej enačbi (27) in (16):

$$[K]_e = \int_e [D]^T [N] [D] dV \rightarrow [k] \quad \dots 54$$

Prikaz metode končnih elementov lahko torej zaključimo s ponovno ugotovitvijo, da slonijo vsi računski postopki po metodi pomikov v elastičnem področju na osnovnih enačbah teorije elastičnosti, to je na Navier-Laméjevih enačbah. Pri tem je vseeno, ali računamo linijske, ploskovne ali poljubne druge inženirske konstrukcije. Metoda končnih elementov ima to prednost, da jo lahko uporabljamo pri poljubni sovisnosti med napetostmi in deformacijami in pri anizotropnem materialu. Prav tako lahko pri tej metodi upoštevamo nelinearno obnašanje konstrukcije zaradi velikih deformacij in obravnavamo stabilitetne probleme. Očitno je torej, da gre za splošno in zelo uporabno metodo za računanje poljubnih inženirskih konstrukcij.

Poudariti moramo, da to metodo lahko uporabljamo samo, če imamo na voljo ustrezni elektronski računalnik, poleg tega pa tudi posebne programe za posamezne vrste konstrukcij. Samo v tem primeru bo konstruktor lahko pričakoval, da bo na podlagi najnужnejših podatkov, kot so shema konstrukcije in zunanja obtežba, v najkrajšem času dobil rezultate, ki so potrebni za varno in ekonomično dimenzioniranje. Zato je po našem mnenju nujno potrebno, da se čimprej seznanimo z obstoječimi programi in se hkrati lotimo razvojnega dela na tem področju. Le na ta način bomo lahko smotrno izkoristili nova elektronska računalnika, ki smo ju v Sloveniji pred kratkim dobili. Šele s tem bodo postali naši konstruktorji enakopravni svojim inozemskim kolegom, ker bodo veliko lažje nadaljevali z uvajanjem vedno bolj smotrni sodobnih konstrukcij.

Opomba: Metoda končnih elementov je bila pri nas prvič uporabljena v raziskovalni nalogi »Ortotropne plošče«, ki sta jo financirala sklad Borisa Kidriča in Inštitut za metalne konstrukcije.

Literatura:

- [1] D. Jurišić: Diferenčne metode v elastomehaniki, publikacija Inštituta za matematiko, fiziko in mehaniko, Ljubljana, 1966.
- [2] O. C. Zienkiewicz: The Finite Element Method in Structural and Continuum Mechanics, McGraw-Hill Company, London, 1967.
- [3] M. Pregl: Statična preiskava prostorskih okvirjev po metodi pomikov, Gradbeni vestnik, 1969.

D. JURISIĆ:

STRUCTURAL STRESS ANALYSIS BY THE FINITE ELEMENT METHOD

Synopsis

The analysis of the modern structures is frequently a very hard task, which could be solved either by the introduction of some simplifications, or by the model investigations. In the first case the obtained results could be of very doubtful value, while the mo-

del investigations are expensive and consequently seldom used. The article is concerned with the finite element method by which every structure could be analysed irrespective of its elements being one, two or three-dimensional.

Izračun vplivnic za upogibne momente z »reduciranimi togostmi«

DK 624.041:531.23

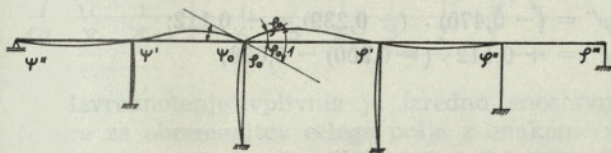
PROF. INŽ. SVETKO LAPAJNE

Vplivnice, ki zahtevajo sorazmerno veliko inženirskega dela, se uporabljajo danes komaj še pri statičnem preračunavanju mostov, drugje ne. Tudi žerjavne proge z velikimi razponi bi to zahtevale. V poštev pridejo torej kvečjemu enoetažne skeletne konstrukcije, v kombinaciji s korekcijo zaradi horizontalnega pomika pa tudi trapezna razpirala v ojačenem betonu ali jeklu. Že dvakrat sem ta način uporabil pri njih.

Če hočemo dobiti vplivnico za upogibni moment v poljubnem prerezu, je pač najenostavnejše, da jo sestavimo iz vplivnice za prostoležeče polje, od nje pa odbijemo v danem razmerju vplivnici za oba upetostna momenta nosilca.

$$M = m - M_0'x/L - M''x/L;$$

Jasno je, da moramo najprej izračunati vplivnico za ta vpetostna momenta M_0 , M' , to pa je tudi glavni namen tega članka. Pri tem je seveda vplivnica za vpetostni moment ob levi strani stebra drugačna, kot vplivnica zanj ob desni strani stebra, čeprav se obe izračunata za isto točko, točno nad osjo stebra, vsaj teoretsko.



Shema konstrukcije

Za izračun vplivnice v prerezu o, se bomo poslužili znanega Maxwellovega zakona: ustvarili bomo na tem mestu prisilni zlom nosilca v velikosti $\tan \varphi_0 + \varphi_0 = 1$, pripadajoča deformacija linija bo že predstavljala vplivnico. Te linije pa ne bo težko narisati, če bomo imeli za vsako vozlišče izračunan naklon φ , φ' , φ'' itd. Postopek za izračun in risanje te linije bo obravnavan na zaključku članka. Kot je znano iz vseh klasičnih teorij, od Ostenfelda, prek Takabeie, Crossa in Kanija, dobimo v načelu zasuk vozlišča tako, da gonilni moment delimo z vsoto togosti vseh priključenih palic vozlišča. Vemo pa, da vsak tak zasuk povzroči tudi zasuke sosednih vozlišč, vpetostni moment v opazovanem vozlišču pa vpetostne momente v sosednih vozliščih. Po Crossu se zahteva uravnovešanje vseh momentov v vozliščih ter njih prenos nazaj v iteracijskem postopku. V konkretnem primeru imamo na celi konstrukciji eno samo obremenitev v vozlišču, za katerega iščemo vplivnico upogibnega momenta, drugje nikjer nič. Ta pogoj nam nudi možnost, da zasuke in momente prenašamo kar naprej

v eno smer, ne pa nazaj — če pri računu togosti palice že upoštevamo njeno elastično vpetost na nasprotnem kraju ter pripadajoči zasuk. Taka togost se imenuje: **reducirana togost**. Nekaj primerov:

reducirana togost za polnovpeti nasprotni kraj znaša: 4 EJ/L;

reducirana togost za tečajno položeni nasprotni kraj: 3 EJ/L;

reducirana togost za 50-odstotno vpeti nasprotni kraj 3,5 EJ/L;

reducirana vpetost za u odstotno vpetost nasprotnega kraja: $(3 + u)$ EJ/L; u je izražen v absolutni vrednosti.

Ker ima vsaka palica lahko različno vpetost na obeh krajeh, ima tudi dve različni reducirani togosti t_r .

Na levem kraju: t_r → Na desnem kraju: ← t_r

Nadaljnji zelo važen pojem, morda najvažnejši pri vsem postopku, bo koeficient prenosa zasuka K_φ . Ta koeficient pove, kako velik zasuk bo postal na nasprotnem kraju, če na prvem kraju palice nastane zasuk 1. Ta koeficient bo znašal:

za polno vpeto palico na nasprotnem kraju: 0;
za tečajno palico na nasprotnem kraju: $-\frac{1}{2}$;
za petdesetodstotno vpeto palico na nasprotnem kraju: $-\frac{1}{4}$;

za u odstotno vpeto palico na nasprotnem kraju:

$$K_\varphi = -\frac{1}{2}(1 - u);$$

u izražen v absolutni vrednosti.

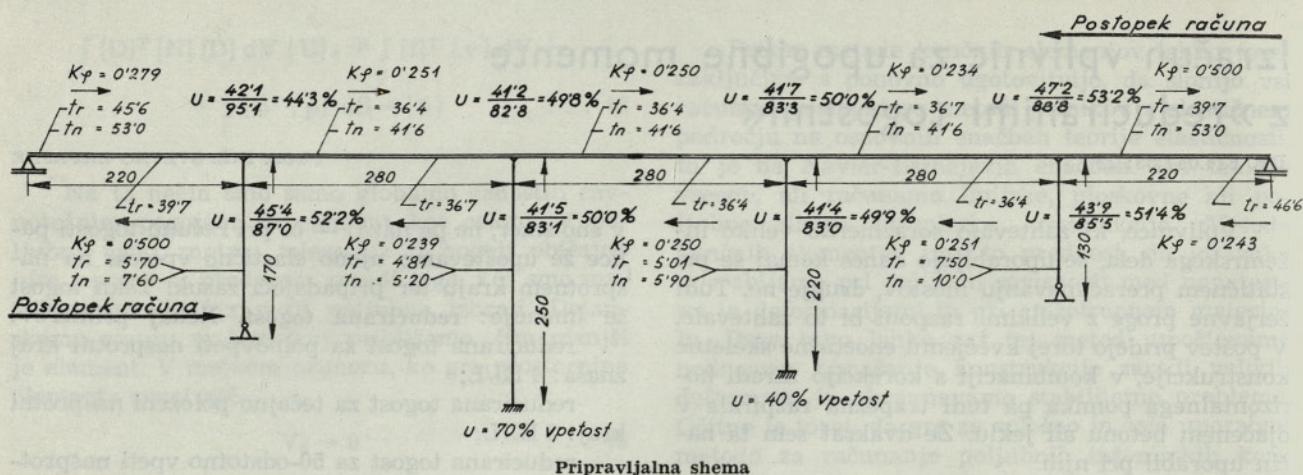
K_φ je različen v različnih smereh, če so vpetosti nosilca na vsakem kraju različne. Pišemo jih torej s puščico v pripadajoči smeri:

od leve proti desni: K_φ → od desne proti levi: ← K_φ

Vse je torej enostavno, če poznamo stopnjo vpetosti u. Po klasičnem Crossovem postopku je u razmerje togosti priključenih palic proti vsoti togosti priključenih palic in opazovane palice vozlišča. V danem primeru velja ista formula z eno samo razliko, da je treba pri priključenih palicah že upoštevati elastično vpetost nasprotnega kraja, kar pomeni: za priključene palice je treba vzeti namesto normalne togosti reducirano togost:

$$u = \frac{\sum t_r \text{ priključenih palic}}{\sum t_r \text{ priključenih palic} + t \text{ nosilca}}$$

togost nosilca ostane pri tem normalna: 4 EJ/L.



Za konstrukcijo vplivnic nasploh si moramo vnaprej sestaviti t. im. »pripravljalno shemo«. Prvič potujemo od desne proti levi, ter si sproti izračunavamo vrednosti: $t_r = t_n \frac{3+u}{4}$ in $u = \frac{\sum t_r}{\sum t_r + t_n}$;

te vrednosti vpisujemo po vrsti, na primer zgoraj. Z njimi je določena vpetost vseh nosilcev v desni strani, reducirana togost nosilcev v levem ležišču, ter prenos K_p od leve proti desni z izrazom $-1/2 \cdot (1-u)$; beležimo ponavadi le absolutne vrednosti brez minusa. Nato izvedemo isti postopek še od leve proti desni, rezultate vpisujemo na spodnjo stran. Številčne rezultate obeležimo še s puščico, ki pomeni, v kateri smeri velja smer togosti in v isti smeri tudi prenos zasuka na nasprotno ležišče. Zgled je prikazan v risbi; da ne bi bil list prena-

rata biti zasuka φ_0 in ψ_0 v obratnem razmerju togosti priključenih palic. Konkretni primer torej:

$$\varphi_0 = 1 \cdot \frac{\sum t_r}{\sum t_r + t_r} = \frac{41,2}{41,2 + 36,4} = +0,530;$$

$$\psi_0 = -1 \cdot \frac{t_r}{t_r + \sum t_r} = -\frac{36,4}{41,2 + 36,4} = -0,470;$$

Nadaljnji zasuki znašajo: $\varphi' = \varphi_0 \cdot K_p$.

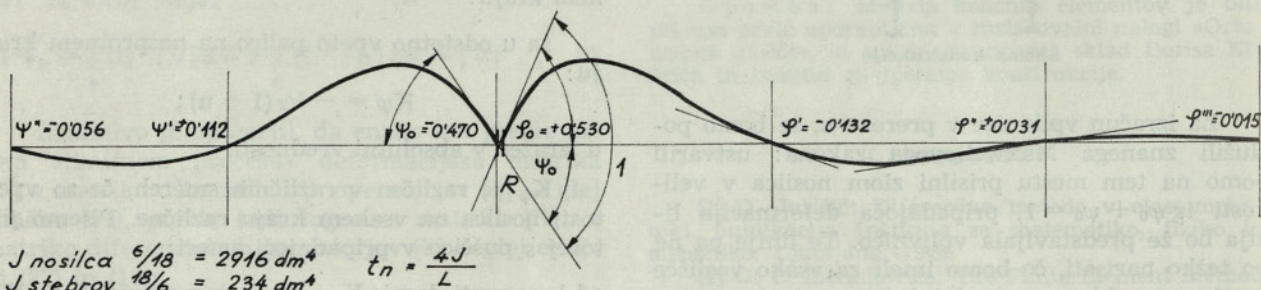
$$\varphi' = 0,530 \cdot (-0,250) = -0,132;$$

$$\varphi'' = -0,132 \cdot (-0,234) = +0,031;$$

$$\varphi''' = 0,031 \cdot (-0,500) = -0,015;$$

$$\psi'' = (-0,470) \cdot (-0,239) = +0,112;$$

$$\psi''' = +0,112 \cdot (-0,500) = -0,056;$$



Vplivnica za M v prerezu R

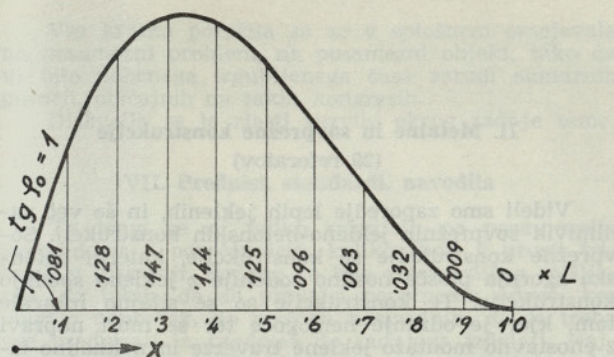
trpan, je seštevanje reduciranih togosti izpuščeno, saj gre le za seštevek dveh vrednosti.

Glavni del naloge je določitev naklonskega kota vplivnice nad posameznimi ležišči kontinuirnega nosilca ali nosilca skeleta. Vzemimo si nalogo, da iščemo vplivnico za upogibni moment na desni strani drugega stebra, tam kjer je to v prvi skici označeno. Po Maxwellu morata znašati oba kota φ_0 in ψ_0 skupno 1 (v tangentah). Ravnotežni pogoj pa zahteva, da je moment z leve strani prereza enak momentu upogiba z desne strani. Če pa sta momenta enaka (obratnega predznaka), potem mo-

Nanašanje ordinat vplivnic je preprosto: ker sta zasuka na obeh krajih različna, je najenostavnejše, da sestavimo obliko iz dveh deformacijskih linij: prvo linijo predstavlja zasuk levega ležišča, desni ostane vodoraven, polnovpet. Tej dodamo vpliv zasuka desnega vozlišča, pri vpetem levem. Za končna polja znaša na tečajnem ležišču zasuk vedno polovico zasuka vrtenega ležišča.

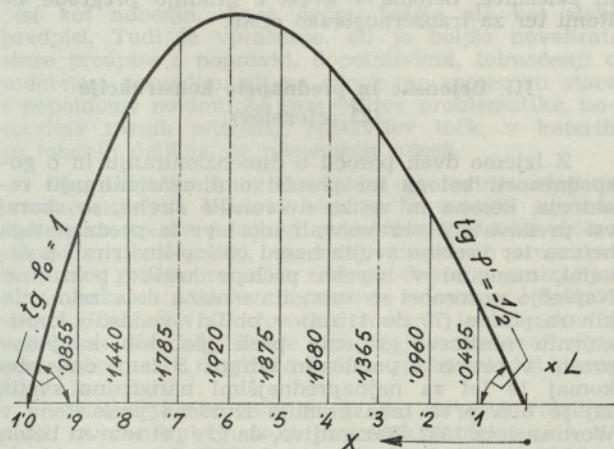
Formula za ordinate enostranskega zasuka vpete palice se glasi:

$$L \cdot \frac{x}{L} \left(1 - \frac{x}{L} \right)^2$$



Formula za ordinate tečajne palice, pri računanju x -a od tečaja se glasi:

$$L \cdot \frac{x}{2L} \left(1 - \frac{x^2}{L^2} \right)$$



Izvedenotenje vplivnic je izredno enostavno, če gre za obremenitev celega polja z enakomerno obtežbo. V opazovanem vozlišču bo znašal vpetostni moment:

$$M_v = p \frac{L^2}{12} \quad (\text{negativni zasuk opazovanega vozlišča} + \text{zasuk sosednega vozlišča})$$

torej: $M_v = p \frac{L^2}{12} \cdot (-\varphi_0 + \varphi')$

Za nosilec s tečajem na nasprotni strani se dobi naravna vrednost

$$M_v = p \frac{L^2}{12} \left(-\varphi + \frac{\varphi}{2} \right) = p \frac{L^2}{8} \varphi ;$$

Vplivnic torej ni treba planimetrirati. Iz risbe se tudi razbere predznak nagiba; praktično je naklon vplivnice sosednega vozlišča obratnega predznaka ter dobimo tako vpetostni moment kot produkt izraza $p \frac{L^2}{12}$ z vsoto absolutnih vrednosti obeh zasukov vozlišč. Če so vsa polja enaka, kar je pogost primer ter njihovi prenosni koeficienti zasuka približno enaki, so si vse vplivnice polj geometrično podobne, prav tako tudi njihove maksimalne ordinate. Ta podobnost nam omogoča zelo hiter izračun tudi pri koncentriranih silah v maksimalnih ordi-

natah. Predznak se seveda določi po skici, ki nazorno kaže na negativne in pozitivne površine vplivnic.

Na spredaj opisani način je bil pri nas preračunan stiški viadukt za avtocesto Ljubljana—Zagreb. Prav tak način je bil uporabljen za razpiralno konstrukcijo mostu čez Savo Bohinjko v Soteski, pri čemer pa so bile vse vplivnice še korigirane z vplivom horizontalnega pomika. Za deformacijo v prvi fazi po opisanem načinu je treba namreč obremeniti most z nasprotujočim se vrtilnim momentom nad opazovanim prerezemom, to pa povzroči pri vseh palicah in stebrih mostu določene osne sile in prečne sile. Ravnotežni pogoji bi bili izpolnjeni le pri vodoravno podprti konstrukciji. Ker pa te podpore — vsaj teoretsko — ni, je treba dobljeno vplivnico korigirati z ustreznim vodoravnim pomikom celotne konstrukcije. To je pač najneugodnejši primer, realne meritve na mostu v Soteski so pa dokazale, da praktičnih pomikov ni, ker odpor asfaltnega vozišča na prehodne plošče te pomike zadrži že pri sorazmerno nizkih napetostih.

S. LAPAJNE

CALCULATION OF INFLUENCE LINES FOR BENDING MOMENTS BY MEANS OF REDUCED STIFFNESSES

Synopsis

For dimensioning of bridges and crane-lines the construction of influence lines for bending moments on all supports is the basis of the calculus. Following the Maxwell's rule an artificial refraction would be applied at the observer point of a size 1 ($\tan \varphi_0 + \tan \varphi_0 = 1$). Using the angle transporting coefficients the inclinations of these influence line is determined successively on all supports. For avoiding the backward transporting, used by Cross-method, we make use of "reduced stiffnesses". The base formulas for them are:

The grade of the restraining:

$$u = \frac{\sum \text{reduced stiffnesses of adjoined bars}}{\sum \text{reduced stiffnesses of adjoined bars} + \text{full stiffness of the considered bar}}$$

The reduced stiffness: $t_r = (3 + u) \frac{J}{L}$;

$$\begin{cases} 3 \text{ for a bar with a hinge} \\ 4 \text{ for a full restraining} \end{cases}$$

The bending moment transporting coefficient:

$$K_M = -\frac{u}{2};$$

The angle transporting coefficient: $K_\varphi = -\frac{1-u}{2}$

Beginning by the end of the framework all stiffnesses, all restraining grades and all angle transport coefficients are calculated progressively. They are different for each direction. The proceeding appears by the sketch. For designing the yielding line, a numerical diagram follows. For the computation of the uniform loading we have to multiply the sum of both deflection angles by the factor: $q \frac{L^2}{12}$.

vesti iz ZGIT Slovenije

KONGRES JUGOSLOVANSKEGA DRUŠTVA GRADBENIH KONSTRUKTORJEV V ORGANIZACIJI ZGIT SLOVENIJE

V dneh 3. do 7. junija so se v Portorožu — po petih letih presledka od zadnjega kongresa v Sarajevu — zbrali jugoslovanski konstruktorji. Gradbeni konstruktorji so inženirji gradbeništva, ki se posvetijo študiju nosilnih konstrukcij, njihova naloga je projektirati in graditi konstrukcije, ki bodo varne in gospodarne. Pod pojmom konstrukcije je treba razumeti široko področje, saj gre pri tem za konstrukcije mostov, dvoranskih zgradb vseh vrst, konstrukcij v vodnih zgradbah in ne nazadnje konstrukcij zgradb za stanovanjske, poslovne in industrijske namene. Pri vseh se namreč pojavljajo isti ali podobni problemi varnosti izbranih dimenzij, oblik nosilne konstrukcije v zvezi s prenosom obtežb od njihovih prijemališč do temeljev objektov.

Udeležencev je bilo — po seznamu prijavljenih 270, od katerih je bilo vnaprej pripravljenih 132 referatov. Nekaj udeležencev ni prišlo, zato pa so prišli neprijavljeni drugi. Tudi je nekaj referatov zaradi odsotnosti referentov odpadlo, zato pa je bilo nekaj več časa za živahno diskusijo in krajša dodatna poročila.

Kongresno delo se je — čisto naravno — omejilo na kratke izvlečke referentov, omejene na čas od 5 do 7 minut. Strokovnjaki iz raznih republik smo imeli idealno priliko spoznati se med seboj — od univerzitetnih profesorjev prek glavnih projektantov statikov in inženirjev ter izvajalcev konstrukcij do mladih, podvzetnih konstruktorjev: s kakšnimi problemi se ukvarja posameznik, s kakšnimi vrstami konstrukcij ima že izkušnje in uspehe.

Celotno delo kongresa je bilo sistematizirano po naslednjih skupinah:

I. Teorija konstrukcij

(51 referatov)

Teorija konstrukcij raziskuje velikosti notranjih sil oziroma napetostno stanje v posameznih konstruktivnih elementih. Sodobni razvoj pač zahteva, da se njih velikosti in smeri ugotovijo čim točneje vnaprej, saj je le na ta način možno oblikovanje in dimenzioniranje, ki naj bo istočasno gospodarno in varno. Vrsta posameznih primerov je zahtevala poseben študij, rešljiv zaradi svoje matematične kompliciranosti le s pomočjo računskega stroja (elektronskega). Tako imenovano »pešačenje« ostane le še za enostavne, lahke, že davno rešene naloge in za približno kontrolo rezultatov računalnika. Elektronski računalnik si je z bleščečim vzponom utrl pot v teorijo konstrukcij — brez njega si danes ne moremo več predstavljati znanstvenega raziskovanja na tem področju. V večini primerov služi za osnovo reševanja nalog matični račun, sodobni matematični postopek. Tako je tudi velik del referatov podajal definicijo matric za rešitev danih nalog. V Beogradu imajo že sistematsko uvedeno računanje z elektronskim računalnikom. Pri nas pa se lahko pohvalimo le z dejstvom, da imamo nekaj mladih mož, katerih inženirska in matematična izobrazba je dovolj velika, da bomo lahko vsaj sledili svetovnemu razvoju na tem polju.

Nekaj poročil je obravnavalo tudi druge teme: problematiko nastopajočih sil v konstrukcijah, potresne obremenitve, obremenitve silosov, obremenitve snega in vetra itd. Zanimivi so bili tudi referati o vplivu materialnih lastnosti na razdelitev napetostnega stanja, odpornosti in varnosti, o plastifikaciji gradiva, o elastični in plastični stabilnosti nosilnih elementov.

II. Metalne in sovprežne konstrukcije (29 referatov)

Videli smo zaporedje lepih jeklenih, in še več zanimivih sovprežnih jekleno-betonskih konstrukcij. Sovprežne konstrukcije so konstrukcije, katerih betonska zgornja plošča nosilno sodeluje z jekleno spodnjo konstrukcijo. Te konstrukcije so se sijajno izkazale tam, kjer je odranje nemogoče ter se most napravi z enostavno montažo jeklene traverze in naknadno izbetoniranim (ali montiranim) voziščem iz ojačenega betona. Zanimivi so prekrasni televizijski stolpi zagrebških konstruktorjev. Ni manjkalo tudi nekaj zelo zanimivih primerov jeklenih dvoranskih konstrukcij, jeklenih industrijskih skeletov in jeklenih konstrukcij za visoke gradnje, poleg jeklenega stolpnega rezervoarja. Presenetila so velika dela za hercegovaške ceste in železnice, deloma v zvezi z gradnjo pregrade na Rami ter za transčrnogorsko cesto.

III. Betonske in prednapete konstrukcije (23 referatov)

Z izjemo dveh poročil o dimenzioniranju in o gospodarnosti betona ter poročil o dimenzioniranju reaktorja, kesona in velike dvoranske strehe, so skoraj vsi predavatelji obravnavali mostove iz prednapetega betona ter vsebino svojih besed obilno ilustrirali s slikami, mnogimi v barvah prelepe kraške pokrajine. Največjo pozornost so vzbudila mostna dela zelo velikih razponov (70 do 110 m) v obliki svodastih kontinuirnih nosilcev, grajenih prek globokih kanjonov prosto v previs s pomičnim odrom. S temi deli smo komaj 10 let za najnaprednejšimi narodi na svetu, saj je bila prva taka gradnja izvršena prek Rena v Wormsu leta 1952. Razumljivo, da gre pri tem za beton izrednih kvalitiet (marke 400 do 600) in za armiranje s prednapetimi kabli. Mi, na žalost, naših del v Ptuj, Breznem in Mariboru nismo prikazali. Zanimiva so tudi mostna dela z montažnimi, prednapetimi nosilci s pomočjo ustreznih jeklenih pomičnih naprav. V inozemstvu, v Iraku, je podjetje Mostogradnja dobilo in izvedlo velik most prek Evfrata, pri čemer je prav s svojo inženirsko strokovno kvaliteto ustvarilo pogoje za ta uspeh v tekmi z mnogimi svetovnimi podjetji. Največjo pozornost je gotovo odneslo poročilo o premostitvi reke Krke pri Šibeniku z železobetonskim lokom razpona 270 m. Pri gradnji je gotovo bil uspešno rešen najtežji problem, grajenje z obešenim odrom na obalne pomožne stebre — brez odranja v razponu globokega morskega zaliva. Po istem vzoru je pravkar zgrajen tudi most za cesto na otok Pag. Delo je bilo ilustrirano v filmu.

IV.—VI. Masivne, lesene in druge konstrukcije, industrializacija graditve, konstrukcije objektov (22 referatov)

V navedenih poročilih smo imeli priliko seznaniti se še z raznovrstnimi deli, fundiranj, izvoznim stolpom, zagatnimi stenami, industrijskimi kombinati in drugimi zanimivimi deli.

Organizacija kongresa je bila vzorna: vsi referati so bili dejansko obsežni, vnaprej pripravljeni in tiskani. Vsak udeleženec je dobil vnaprej izvod tega gradiva, ki ga je kar okrog 1000 tiskanih strani. Na kongresu je vsak poročevalec podal torej le izvleček o vsebini svojega referata. Ker so bili referenti v splošnem disciplinirani ter so se omejili na določeni čas, je k sreči preostalo še nekaj časa za diskusijo.

Vsa kratka poročila so se v splošnem omejevala na posamezni problem, na posamezni objekt, tako da ni bilo nobenega izgubljenega časa zaradi sumarnih poročil, običajnih na takih kongresih.

Diskusija se je zlasti razvila okrog zadnje teme:

VII. Predpisi, standardi, navodila

Ta tema se ni toliko razvijala po posameznih, predvidoma 7 poročevalcih, kolikor bolj v prosti tribuni, v diskusiji. Podana so bila zelo različna mišljenja, od takih, da so predpisi popolnoma odveč, ker ovirajo napredek, do povsem nasprotnih, da je treba vse predpisati in predpise do zadnjega izdelati. Najzanimivejša je morda ugotovitev, da samostojno dobrih predpisov nismo sposobni izdelati, saj potrebujejo visoko razvite države desetletje študija najboljših strokovnjakov in inštitutov, ko skušajo napraviti nekaj dobrega in sodobnega. Če nam torej ne ostane drugega kot kopiranje ali prilagoditev tujih predpisov, čemu potem svoje sploh potrebujemo, ko lahko kar tuje predpišemo. Razna mišljenja: boljše slabi predpisi kot nobenih, zopet drugi: boljše nič kot slabi predpisi. Tudi je vprašanje, ali je boljše novelirati stare predpise s popravki, dopolnitvami, tolmačenji o sodobnem napredku, ali pa enostavno zamenjati stare s popolnoma novimi. Že razsvetlitev problematike, postavitev raznih mišljenj, postavitev točk, v katerih so mnenja deljena, je pomemben uspeh.

Ob zaključku kongresa lahko ugotovimo njegovo izredno uspešnost. Udeležil sem se že mnogih mednarodnih kongresov, pa nisem prišel domov s tako obilno zalogo novih dognanj, spoznanj, gradbenih stvaritev. Zato ima gotovo največjo zaslugo dobra organizacija, ki je vsakemu udeležencu oskrbela vnaprej za tiskano vsebino referatov. Portoroška dvorana je bila dovolj velika za vse udeležence ter sijajno zračena, sicer udeleženci ne bi mogli do kraja uspešno slediti poročilom in debati.

V največje zadovoljstvo pa je, da smo videli v naših izvedenih delih velik napredek gradbenega konstruktorstva, ki dohiteva svetovni razvoj z velikimi koraki in se uveljavlja prav uspešno tudi v inozemstvu. Nekaj mladih, nadarjenih in podvzetnih mladih inženirjev nam jamči ne le za boljše nasledstvo starih, ampak tudi za napredek naše znanosti v gradbenem konstruktorstvu. Na kongresu je sodelovalo veliko število naših najodličnejših starih znanstvenikov in konstruktorjev in še večja obilica mladih, brez ozira na to, ali že imajo svoj sloves z izvršenimi deli, ali pa si ga bodo šele ustvarili.

Prof. inž. Svetko Lapajne

VAŽNEJŠI ZAPISKI S III. SEJE GLAVNEGA ODBORA ZGIT

Poročali smo že, da je v letošnjem aprilu glavni odbor zveze gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije obravnaval obračun dohodkov in izdatkov Zveze in Gradbenega vestnika 1968, predlog delovnega programa in plan dohodkov in izdatkov Zveze in Gradbenega vestnika za leto 1969.

Posredujemo nekaj najvažnejših zapiskov te seje:

1. Razprava o doseženih finančnih rezultatih je bila po celoletni izredni delovni razgibanosti razmerna bogata. Postavljen program ni bil samo uresničen, pač pa je bil dosežen visok finančni učinek. Pred letom dni je glavni odbor sprejel proračun izdatkov v višini 156.000 dinarjev, ki pa je bil po obravnavi polletnega obračuna povečan na 181.730,56 dinarjev. Pokazalo pa se je, da je realizatorjem programa Zveze uspelo prekoračiti postavljeni program za 90.400 dinarjev, oziroma za 49 %. Zaradi tega je finančni načrt znašal po zaključku poslovnega leta 272.133,79 dinarjev.

V celotni dejavnosti Zveze prinesejo Zvezi največ dohodka strokovni seminarji, ekskurzije, posvetovanja in podobno, ki predstavljajo 57 % vseh dohodkov. Drugi dohodki so še: prodaja strokovne literature in strokovnih publikacij, medtem ko znaša celotni dohodek od članarine komaj 3 % vsega ustvarjenega dohodka. Znano je, da se je Zveza namenoma odpovedala participaciji na članarini v korist našim društvom povsod tam, kjer ta obstojijo. Društva zajemajo okoli 70 % članstva.

Izdatki Zveze so bili skladni s predvidevanji in v mejah, ki jih dopuščajo vsesplošna varčnost in štednja v poslovanju. Zaradi povečanja dohodka so se sorazmerno povečali tudi izdatki. Pozitivni saldo dne 31. 12. 1968 pa je znašal 32.228,74 dinarjev, stanje dolžnikov koncem leta 37.188,10 dinarjev, upnikov pa 30.122,65 dinarjev.

2. Prvič odkar izhaja Gradbeni vestnik — edino strokovno glasilo gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije — so bili pokriti vsi stroški brez tuje dotacije, predvsem z iznajdljivostjo in izvirnimi rešitvami izvajalcev programa. Poudariti je, da so prispevki naših gradbenih podjetij tudi v preteklem letu v veliki meri pripomogli k odstranitvi grozečih finančnih težav, kakršne imajo, tako kot naša, vse strokovne revije pri nas.

Lansko povečanje prispevka za Gradbeni vestnik je dalo Zvezi 60.000 dinarjev (30.000 več kot v preteklem letu), to pa pokrije komaj 35 % celotnih stroškov za Gradbeni vestnik, ki ga prejemaajo individualni člani.

Vsi naročniki, le z nekaj redkimi izjemami, so poravnali zaostalo članarino, kar je tudi prispevalo k stabilizaciji proračuna Gradbenega vestnika. Občutno pa se je povečal dohodek objav ekonomske propagande, kar je tudi omogočilo pokriti 31 % prekoračenja izdatkov proračuna Gradbenega vestnika. Obračun Gradbenega vestnika, ki je bil dosežen v višini 169.264,80, so namreč obremenjevali tudi stroški treh številčnik Gradbenega vestnika iz 1967. leta.

Uredniški odbor Gradbenega vestnika in pa funkcijonarji Zveze so v letu 1968 posvetili vso pozornost temu, da je Gradbeni vestnik ostal na doseženi ravni. K temu je v največji meri prispeval glavni urednik inž. Bubnov, ki mu je izvršni odbor že med letom izrekel vse priznanje.

Po obrazložitvi vročenih poročil in po poročilu nadzornega odbora je glavni odbor Zveze gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije sprejel obračun dohodkov in izdatkov Zveze in Gradbenega vestnika za leto 1968, hkrati pa ugotovil zelo uspešno poslovanje in aktivnost v tem letu.

3. Predlog proračuna Zveze gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije je bil prav tako predmet obravnave članov glavnega odbora. Proračun temelji na dosedanjih izkušnjah in na odločitvah, da bo Zveza GIT Slovenije tudi še vnaprej z enako prizadevnostjo izvajala svoj program in na ta način zagotovila potrebna sredstva za redno dejavnost.

Proračun Zveze za 1969 vključno Gradbenega vestnika, ki ga je obrazložil predsednik nadzornega odbora, je glavni odbor preveril in presodil o primernosti za odobritev.

Na podlagi vsestranske ocene, upoštevajoč realne možnosti, je glavni odbor potrdil proračun Zveze gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije za leto 1969 v višini 250.000 dinarjev, sprejel pa tudi proračun za Gradbeni vestnik v višini realizacije 1968 to je 160.000 dinarjev. To pomeni, da bo morala Zveza, da bi uresničila oba proračuna dohodkov in izdatkov, ustvariti skupno 410.000 dinarjev.

Glavni odbor je tudi tehtno proučil konkretne predloge o vsebinskem programu in nadaljnji delovni aktivnosti v naslednjem obdobju, posebej pa v letu 1969.

STROKOVNI OGLED TUJIH AVTOCEST

Skupina naših strokovnjakov za gradnjo cest iz ZRMK si je pod vodstvom ing. M. Poliča ogledala pomembnejše odseke hitrih cest predvsem na Bavarskem, ki so v rekonstrukciji ali se na novo grade. Dogovorjeno je, da bo ogled našim članom omogočen v začetku septembra. Ob tej priložnosti bi si na strokovni ekskurziji z avtobusom v tednu dni ogledali naslednje hitre ceste:

OLIMPIA - avtocesto, avtocesto REGENSBURG, gradnjo avtoceste SALZBURG — južna smer, SALZBURG—TAUERN avtocesto — in sam projekt, ki neobhodno povezuje srednjo Evropo z Italijo in Jugoslavijo.

Med drugim bodo udeleženci ekskurzije spoznali sistem ojačevanja betonskih vozišč z asfaltom zlasti na odsekih München—Augsburg in München—Salzburg. Ogledali pa si bodo tudi asfaltne naprave firme Wibau ter naprave za stabilizacijo. Zanimivi pa bodo še ogledi kompletnih naprav in cestogradbenih strojev firme Vogele.

Podrobni program bo dostavljen vsem podjetjem, ki so s svojimi strokovnjaki sodelovala na seminarju o sodobni gradnji cest, ki ga je Zveza organizirala v letošnjem aprilu. Prednost udeležbe bodo imeli člani Zveze gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije.

INFORMATIVNO PRIPRAVLJALNI SEMINAR
ZA STROKOVNE IZPITE

Zveza je razpisala prijavni rok za VII. informativno-pripravljalni seminar za strokovne izpite, ki bo v dneh od 3. do vključno 7. novembra 1969. Po končnem programu seminarja v Trebiji, bo sledil še celodnevni ogled specializiranih obratov v Ljubljani, kot so: separacija in betonarna, obrat gradbenih polizdelkov GIP »Gradis«, več obratov z gradbeno mehanizacijo z ogledom drugih zanimivosti, da bi tako čimbolj pripomogli k uspešnim pripravam za polaganje strokovnih izpitov.

Zveza želi, da kandidati in podjetja odpošljejo svoje prijave čimprej, da bi lahko ustregli s sprejemom na seminar v želenem roku. Ob tem naj opozorimo, da bo naslednji tak seminar prirejen v Trebiji šele spomladi 1970. leta.

Vse prijave za informativno pripravljalni seminar naslovite na naslov:

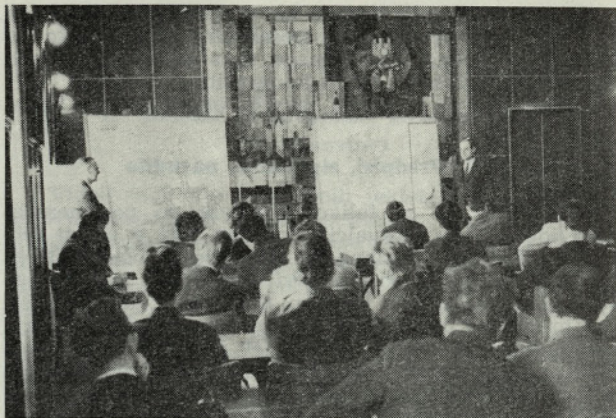
Zveza gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije,
Ljubljana, Erjavčeva cesta 15
Telefon 23 158

STROKOVNI OBISK KOMUNALCEV
V CELOVEC

Zveza GIT Slovenije je zaprosila mestni svet mesta Celovec, da bi si lahko skupina naših komunalcev — članov naše Zveze ogledala komunalno ureditev, ter se seznanila s sistemom urejanja te raznolike problematike. Predlog Zveze je bil ugodno sprejet in aprila je že stekla ekskurzija dveh avtobusov naših komunalnih načrtovalcev in izvajalcev. Skupino je vodil ing. Marjan Prezelj. Protokolarni sprejem pri mestnem svetu mesta Celovec ni bil samo odraz vljudnosti, temveč je tudi v strokovnem oziru več kot izpolnil pričakovanja.

Strokovnjaki, ki vodijo posamezne komunalne službe, so prisotnim zelo podrobno in dokumentirano obrazložili kompleksno problematiko urejanja komunalnih služb in naprav. Nakazali pa so tudi urbanistične rešitve, urejanje prometa ter preskrbo mesta z vodo, energijo in izvedbo kanalizacije.

Po ogledu komunalnih naprav, ki je sledil, so udeležence naše ekskurzije zadržali na kosilu, na katerem so bile izmenjane dobre želje za podobna sre-



Med razpravo o komunalni problematiki

čanja med našimi in njihovimi komunalnimi inženirji in tehniki.

Popoldne je bil prirejen obisk priložnostne razstave »Mostovi za nas« in pa stalne razstave, v kateri proizvajalci materiala za gradbeništvo razstavljajo svoje izdelke. Center, ki je na novo osnovan, kaže šele svoje skromne začetke. Vendar pa je ta začetek zelo perspektiven. »Kako dobro bi se počutili,« so menili naši obiskovalci, »če bi podobno zamisel uresničili v doglednem času tudi pri nas.«

NOVE STROKOVNE EKSKURZIJE V DJERDAP

Znano je, da bo v naslednjih nekaj mesecih potekala najzanimivejša faza gradnje HC Djerdap — začetek korita Donave.

Zveza pripravlja za ta čas tri nove ekskurzije in priporoča ogled v tem času, ko poleg gradbenih del izvajajo obsežna montažna dela.

Da bi omogočili ogled na naši in romunski strani čim večjemu številu naših članov, bomo v avgustu in septembru priredili tri ekskurzije v času od četrtega zvečer do nedelje zjutraj. Odhodi iz Ljubljane bodo v dneh 21. avgusta, 4. in 25. septembra (vsakokrat v ležalnikih vlaka ob 21.35).

Strokovni ogledi na naši strani bodo: 22. avgusta, 5. in 26. septembra.

Strokovni ogledi na romunski strani bodo: 23. avgusta, 6. in 27. septembra.

Povratak v Ljubljano: v soboto z nočnim vlakom: 23. avgusta, 7. in 28. septembra.

Prihod v Ljubljano: 24. avgusta, 7. in 28. septembra vsakokrat z jutranjim vlakom ob 8.30.

Cena ekskurzije: Strokovni ogled kompletnega gradbišča na naši in na romunski strani (vključno vzporednih objektov), vsi prevozi z vlakom (ležalniki tja in nazaj), avtobusi, hidrogliserjem, s prenočiščem v Romuniji, prehrana (brez zadnje večerje) znaša 457 dinarjev za člane Zveze.

Rezervacija I. razreda z doplačilom razlike je možna s pogojem 14-dnevnega prednaročila.

Številčno prijavo naj pošljejo podjetja najmanj 10 dni pred odhodom ekskurzije. V primeru premajhnega števila prijav organizator lahko ekskurzijo preloži ali pa dve združi.

Da bomo omogočili ta zanimiv ogled čim večjemu številu naših članov in da bo zapravljenega čim manj delovnega časa, bomo tudi za te ekskurzije najeli specialni hidrogliser, pri tem pa izvedli zgoraj nakazan program.

Prosimo vse člane, da opozorijo svoja podjetja na razpis, ki so ga že prejšnji mesec prejela vsa podjetja. Zato priporočamo, da opozorite na lepo priložnost, da se udeležite in da vidite ta najbolj zanimiv in največji gradbeni objekt pri nas.

Valentin Marinko

in memoriam

Inž. VITAL MLEJNIK



24. maja nas je po težki bolezni za vedno zapustil inž. Vital Mlejn timer, direktor GIP INGRAD Celje in predsednik Upravnega odbora Poslovnega združenja GIPOSS. Njegova smrt pomeni hudo izgubo za celotni kolektiv INGRAD, katerega je vestno in uspešno vodil že od leta 1963, za GIPOSS, katerega predsednik upravnega odbora je bil od ustanovitve združenja leta 1965, ter za celotno slovensko gradbeništvo, ker je več let plodno deloval kot član Sveta za gradbeništvo republiške gospodarske zbornice in član sveta Biroja gradbeništva Slovenije.

Zveza gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije je izgubila z njim svojega vzornega člana, ki je na celjskem področju bistveno prispeval k organizaciji in uspešnemu poslovanju enega izmed najbolj aktivnih gradbenih strokovnih društev Slovenije.

Inž. Vital Mlejn timer se je rodil 26. 10. 1913 v Kranju. Realno gimnazijo in gradbeno fakulteto je končal v Ljubljani. Po osvoboditvi se je z vso vnemo vključil v obnovo domovine, najprej na področju naših železnic. Sodeloval je pri obnovi prog Pragersko—Kotoriba in Laze—Zagorje, bil je šef sekcij za vzdrževanje proge v Ljubljani in v Celju.

Njegovo požrtvovalno in vestno delo je bilo visoko cenjeno, kjerkoli je služboval. Zato je bil v Celju izvoljen za predsednika Sveta za urbanizem in gradbene zadeve, pozneje pa mu je bilo zaupano vodstvo enega največjih celjskih kolektivov, gradbenega podjetja INGRAD.

Na tem delovnem mestu se je inž. Vital Mlejn timer takoj lotil uvajanja sodobnejše tehnologije v naše gradbeništvo, zlasti stanovanjsko gradnjo. Tako je INGRAD kot prvo slovensko podjetje pričelo graditi stanovanjske zgradbe po montažnem sistemu graditve.

Odločilno vlogo je imel inž. Vital Mlejn timer pri ustanovitvi poslovnega združenja GIPOSS, katerega namen je bil razširiti sodobno tehnologijo graditve stanovanj in naselij na večje število slovenskih gradbenih podjetij. Bil je izvoljen za prvega predsednika upravnega odbora združenja. Pod njegovim vodstvom je GIPOSS v preteklih štirih letih znatno razširil svoje poslovanje, izpopolnil in razvil tehnologijo graditve in utrdil zavest o potrebi integracijskih procesov med svojimi člani.

Sedaj, ko ga ni več med nami, lahko rečemo, da nam bo ostal v spominu takšen, kot smo ga poznali: kot človek širokega duha, veder in poln življenja, neutrudljiv delavec, skrben mož in oče, človek, ki je povsod odkrito povedal svoje stališče in ki se je vedno boril za pravične odnose med ljudmi v družbi in v stroki. Njegova osebna skromnost, brezkompromisna poštenost, nenehna skrb za tehnični napredek svojega podjetja in združenja ter celotnega slovenskega gradbeništva, bodo ostali vedno v spominu ne samo njegovih sodelavcev, temveč tudi vseh naših gradbenikov, ki so ga poznali in cenili. Ostal bo med nami kot vzor človeka in strokovnjaka.

Inž. Sergej Bubnov

Prof. inž. SLAVKO PUKL

Dne 7. junija nam je nenadoma umrl inž. Slavko Pukl, profesor na konstrukcijskem odseku gradbenega oddelka FAGG. Izgubili smo izjemno dragocenega človeka, v pomembni dobi razvoja gradbenega konstruktorstva v Sloveniji.

Rodil se je leta 1921 v Rimskih toplicah. Gimnazijo je končal v Celju. Dve leti študija na Pomorski akademiji v Dubrovniku mu je prekinila okupacija. Maja 1942 je bil v Celju zaprt, nato pa odgnan v koncentracijsko taborišče v Mauthausen, kjer je bil do konca vojne. Leta 1950 je kot vojaški štipendist končal v Ljubljani študij za gradbenega inženirja, nakar je deloval kot oficir JLA v Vojno-tehničnem inštitutu v Beogradu. Sprva je delal na problemih utrdb, nato na preizkušanju konstrukcij. Leta 1954 je bil premeščen na sektor vojnih mostov in postal je projektant domače serije montažnih mostov, ki je bila uvedena z velikim uspehom. Leta 1961 je bil imenovan za načelnika oddelka za vojne mostove in konstrukcije, v letu 1965 pa za pomočnika



direktorja Inštituta za inženirske konstrukcije in je bil zadolžen tudi za organizacijo znanstveno-raziskovalnega dela.

Ves čas študija je bil odličen. Imel je izreden smisel za poglobljeno matematično obravnavanje problemov. Že leta 1951 je na univerzi v Ljubljani dopolnjeval znanje iz teoretične mehanike in uporabne matematike, leta 1960 na tehniški visoki šoli v Hannovru iz problematike varjenja aluminija in preizkušanja zvarov ter nazadnje leta 1964 v ZDA iz aplikacije teoretske dinamike v proračunih vojnih mostov na univerzah Illinois, Berkeley in California Institute of Technology. Pri nalogah s specifičnimi, vendar povsem jasnimi cilji je uporabljal teorijo z zelo zahtevnimi matematičnimi sredstvi, izvajal je komplicirane laboratorijske preiskave in obenem sodeloval pri izdelavi konstrukcij ter pri njih preizkušanju. Izdelal je vrsto znanstvenih razprav o vplivu trenutnih obtežb, o računanju pontonskih mostov, o vplivu seizmičnih valov na konstrukcije ter o metodah dinamičnega proračuna vojnih mostov. Njegovi strokovni članki so obravnavali zlasti proračun in projekte v zvezi z uporabo BAILEY konstrukcij za viseče mostove ter za velike opažne konstrukcije. V raziskovalni atmosferi, ki je vselej zahtevala obravnavanje zakonitosti obnašanja konstrukcij do skrajnih meja zmogljivosti, se je polkovnik Slavko Pukl razvil v enega najvidnejših jugoslovanskih strokovnjakov za teorijo konstrukcij, zlasti njene najzahtevnejše veje — dinamike konstrukcij.

Dolgo smo si želeli, da bi Slavko Pukl deloval v ožji domovini. Leta 1966 se je res vrnil med nas. Izvoljen je bil za izrednega profesorja za predmet »Statika gradbenih konstrukcij« in postal je predstojnik katedre za gradbeno mehaniko, kot naslednik emeritiranega profesorja Fakina. Njegov prihod je pomenil za naše gradbeno konstruktorstvo izredno pridobitev. V kratkem času se je vključil v delo na univerzi in se neverjetno izkazal v širjenju znanja o sodobnih numeričnih metodah v teoriji konstrukcij. Diplomski dela, izdelana pod njegovim vodstvom, so predstavljala presenetljivo osvežitev v primerjavi z dosedanjimi. Povsem so nas prepričala o novi dobi v gradbenem konstruktorstvu, značilni po možnostih, ki jih nudijo pri nas danes instalirani elektronski računalniki, kot tudi po potrebi posebnega obravnavanja zgradb zaradi vpliva potresov.

Profesor Pukl je bil vzoren ne le kot strokovnjak, učitelj in znanstvenik, ampak tudi po svojem prav izjemno lepem značaju.

Presunjeni in onemeli stojimo sedaj pred dejstvom, da ga ni več med nami. Ne vemo, kako bomo mogli nastalo vrzel ustrezno zapolniti. Vselej pa bomo skušali slediti njegovim svetlim zgledom.

Prof. Miloš Marinček

iz naših kolektivov

SGP »SLOVENIJA CESTE« GRADE ŽE TRETJO CESTO V LIBIJI

Lani so bila uspešno dokončana dela na 80 km dolgem odseku med Benghazijem in Agedabio. S pridobljenimi izkušnjami na gradnji cest na libijskem tržišču je isti izvajalec, tj. SGP »Slovenija ceste« lahko prevzel lani jeseni tudi že gradnjo drugega 70 km dolgega cestnega odseka v zalivu Sirta.

Konec aprila letos pa je bila podpisana pogodba še za gradnjo tretje ceste v Libiji in sicer za 25 km dolgo, zelo moderno šestpasovno cesto, ki bo povezovala Tripolis z letališčem. Novo prometno magistralo bo gradilo to slovensko podjetje skupaj s podjetjem »Partizanski put« iz Beograda.

Predvidena investicijska vsota 3,2 milijona libijskih funtov (pribl. 10 milijard starih dinarjev) dokazuje, da gre za pomembno investicijo. Rok za dokončanje je 1. november 1970. Že iz te informacije izhaja, da se je SGP »Slovenija ceste« s svojimi najboljšimi strokovnjaki in drugimi kadri v Libiji krepko uvelja-

vilo. Vsako novo prevzeto delo pa po drugi strani pomeni tudi boljši poslovni rezultat in boljše izkoriščanje ter amortiziranje mehanizacije, nabavljene lani in predlanskem za delo v tej afriški deželi.

ISTO PODJETJE GRADI ŽE ČETRTO LETALIŠČE

Člani kolektiva SGP »Slovenija ceste« pridobivajo tudi vedno večji ugled v izgradnji letališč. Za gradnjo kompletnega letališča Brnik, nato letališča v Splitu in po dokončanju vseh asfaltnih del na novo odprtem letališču v Zadru 19. aprila letos, je letališče v Pulju že četrto v Jugoslaviji, kjer bo to podjetje izvršilo obsežna dela, tudi v drugi etapi, katere izgradnja se je pričela z letošnjim marcem.

V zelo ostrem roku je treba zgraditi več kot 5000 m² nove platforme, spojnice od vzletne steze v dolžini 115 × 16 m, povečati parkirne površine za osebnna vozila, zlasti težko nalogo glede termina pa predstavlja gradnja novega tehničnega trakta s kontrol-

nim stolpom in izgradnja restavracije. Prav pred kratkim je investitor oddal istemu izvajalcu še podaljšanje vzletne steze za nadaljnjih 500 m. Tako bo to gradbišče moralo do 15. avgusta letos izvršiti na tem pomembnem objektu dela v vrednosti 8,32 milij. N dinarjev.

GRADNJA TE SOŠTANJ III JE V POLNEM RAZMAHU

S pripravljalnimi deli je GIP »Gradis« pričelo letos v januarju in februarju, dočim so gradbena dela stekla v začetku aprila.

Glavni pogonski objekt obsega kotlarino z 2000 m² površine, bunkerski del in strojnico, katere površina meri tudi 2000 m². Zgraditi bo treba 150 m visok dimnik (sedanji je visok le okrog 100 m). Dimnik bo pri dnu širok 20 m. Dalje je treba zgraditi elektrofilter, hladilni stolp, ki bo za 40 m višji od sedanjih dveh, tj. 105 m in bo imel spodaj premer 95 m. Dodati je še izgradnjo transporta premoga do novega jaska in sicer pod zemljo, ter izkopati do 25.000 m³ materiala. Vsega skupaj bo izkopa okrog 130.000 m³.

Gre torej v resnici za velikanska dela. Letos bo glavni pogonski objekt v glavnem končan, bunkerski del do maja prihodnjega leta, strojnica pa do novembra 1970. Dela potekajo sedaj po predvidenem planu, in kot vse kaže, ni bojazni za prekoračenje rokov.

Na gradbišču posebej poudarjajo, da so v pripravi dela na centrali opravili pomembno delo in da imajo zato na gradbišču veliko manj težav. Zadovoljni so tudi z dobavo in kvaliteto že skrivljenega betonskega železa iz centralne železokrivnice. Beton dobavijo iz avtomatske betonarne na gradbišču s kapaciteto 500 l mešalca. Vsa dela so akordirana.

KOLIKO ZA VARSTVO PRI DELU

Delavski svet podjetja GIP »GRADIS« je na zadnji seji odobril plan finančnih sredstev za varstvo pri delu v letu 1969 v višini 1.104.130 dinarjev. Iz strukture po vrstah poškodb je razvidno, da je največji del stroškov predvidenih za zaščito telesa, za zaščito rok in za tehnično zaščito. Poleg teh so predvideni tudi zneski za zaščito glave, čutil, dihal, dalje za higieno, požarno varnost, zdravniške preglede, varnostne ateste, raziskave in meritve, instrumente, opozorila, literaturo, osvežila ter okrepčila, in druge.

MOST MED TEORIO IN PRAKSO

Iz članka z gornjim naslovom, katerega je napisal Viktor Turnšek, dipl. ing., direktor Zavoda za raziskavo materiala in konstrukcij — Ljubljana za glasilo »Dravski bobri« št. 1/69, zaradi aktualnosti povzemamo naslednje ugotovitve v zvezi z gradbenimi deli objekti HE Drava-1.

Objekt Drava-1 spada med naše velike poveljne jugoslovanske gradnje. V tehničnem in tehnološkem pogledu je za izgradnjo 17 km dolgega kanala s 4,5 milijoni m³ zemeljskih del in 1,2 milij. m² obloge pomembno naslednje: — že sama velikost in razsežnost objekta je omogočila in tudi zahtevala industrijski način gradnje z utrjenimi, kontinuiranimi, visokomehaniziranimi postopki.

— Izvedba betonske obloge predvsem na brežinah v podolži 1:2 je originalna tehnologija betoniranja na pokloni smeri. Za ta namen je nemška strojna industrija ABC konstruirala poseben tip finišeja. Navzlic prvotni skepsi so bili vsi problemi rešeni in je kanal v celoti izveden v betonski oblogi po predloženi tehnologiji.

— Dimenzije betonskih plošč 10 × 8 m v nearmiranem betonu predstavljajo izredne dimenzije.

— Na tem objektu je bila prvič pri nas uvedena industrijska kontrola kvalitete, od katere se zahteva,

da je tekoča in hitra tako, da lahko ne le spremlja, temveč tudi usmerja gradbena dela. Na vseh vrstah gradbenih del je bila prvič vpeljana dosledna statistična kontrola kvalitete. Že ob začetku posameznih vrst del so bile izvršene obširne preiskave z namenom, da se ugotovijo možni načini priprave in vgrajevanja razpoložljivih materialov. Kolikor je bilo potrebno, so se preiskave opravile tudi med gradnjo, ko so se pojavili novi konkretni problemi. Pri reševanju vseh tehničnih problemov niso bile zanemarjene zahteve po industrijskem načinu gradnje, kot tudi ne zahteve po ekonomičnosti in istočasni kvaliteti. Nekatere raziskave so bile usmerjene tudi zgolj v iskanje ekonomičnih rešitev. Ob takem obravnavanju kontrole proizvodnje so se usklajevali interesi investitorja in izvajalca gradbenih del. Konkretni rezultati pa so prinašali pozitivne ekonomske učinke enemu in drugemu, kar dokazujejo naslednji konkretni primeri.

— Gradnja nasipov je bila predvidena kot doslej običajno v plasteh od 20 do 50 cm. Temu nasproti so Tehnogradnje kot izvajalec predlagale vgrajevanje materialov iz izkopov v nasipe z vibracijskimi valjarji ABG v plasteh po 100 cm. Ker so bili uvedeni za kontrolo kvalitete materiala izotopi, s katerimi lahko tudi merimo gostoto in vlago, je bilo mogoče na ta način določiti globinski učinek valjanja 1/3. Izotopne meritve dosežene gostote vgrajevanja so izredno hitre. Z 12.000 meritvami na cellem nasipu kanala je bilo možno tekoče zasledovati stanje vlažnosti materialov, dajati navodila za količino potrebne vode ter določevati tudi optimalno število prehoda valjarjev. S tem pa se je kontrola kvalitete neposredno vključila v samo tehnologijo.

Za kontrolo betona je bila osvojena dosledna statistična kontrola obravnavanja kvalitete. S predhodnimi sistematičnimi preiskavami preiskave materialov v separaciji in v betonarni so se naprave dopolnile in utrdili v betonarni tudi optimalni časi mešanja, ki so dali enakomerno kvaliteto predvsem v pogledu vodocementnih faktorjev. Z obvladanjem tehnologije priprave betona je bilo možno iskati ekonomičnost v uporabi tako količine cementa, kakor tudi v izravnavanju materialne bilance gramoznega materiala, kar je nedvomno predstavljalo ekonomizacijo pri sami gradnji.

Pri kontroli kvalitete samega vgrajevanja svežega betona so bile uvedene preiskave s pomočjo izotopnih meritev. S tem je bilo možno kvaliteto sproti kontrolirati in ukrepati. Na podlagi tega smo pozneje uvedli sistem »revibracije«, tj., da se beton tudi potem, ko se je že strdil, ponovno zvibrira. Na ta način se mu odtegne odvečna voda. Z revibracijo je bil obvladan tudi pojav nastajanja razpok nad gosto položeno armaturo, ki nastaja zaradi sedimentacije cementa v svežem betonu.

Za zaščito obloge svežega betona so Tehnogradnje predlagale »antisol« obrizg, s čemer naj bi odpadle vse običajne zaščite svežega betona s strehami, naknadnim posipavanjem z mvko in močenjem. Preiskave so v polni meri potrdile učinkovitost predlagane zaščite, ki predstavlja možnost hitrega napredovanja betoniranja in ekonomičnost.

Iz naštetih primerov je razvidno, da lahko daje pravilno organizirana kontrola kvalitete neposredne ekonomske učinke. Pogoji za to pa je:

- da se vpelje statistično obravnavanje kvalitete,
- da se uvedejo hitri in učinkoviti merilni postopki pri določevanju kvalitete,
- da se z raziskavami razrešujejo problemi, ki jih konkretni materiali in konkretne terenske razmere postavljajo na dnevni red.

Pridobljene izkušnje in spoznanja na tem objektu so ustvarile pogoje za nadaljnje sodelovanje med podjetjem Tehnogradnje in ZRMK, ker je bil ob konkretnem delu ustvarjen tako imenovani »most med teorijo in prakso«. Ta most pa je spoznanje raziskovalne organizacije:

— da mora metode kontrole kvalitete izpopolnjevati in razširjati ter jo prilagajati industrijskemu načinu grajanja,

— da mora izhajati iz problemov operative ter pri reševanju nalog koristiti njene izkušnje in iniciative,

— da moramo dati za operativno uporabne rezultate.

S strani gradbene operative pa je most med teorijo in prakso spoznanje:

— da sistematično na statističnih osnovah organizirana kontrola kvalitete lahko prinaša konkretne ekonomske efekte podjetju,

— da je s predhodnimi raziskavami možno obvladati industrijsko tehnologijo grajanja,

— da gradbena podjetja od uslužnostne dejavnosti preraščajo v proizvajalce gradbenih objektov.

ODKRITJE SPOMINSKE PLOŠČE BORISU KRAIGHERJU V GRADBENEM ŠOLSKEM CENTRU V MARIBORU

Ob tragični smrti podpredsednika Zveznega izvršnega sveta Borisa Kraigherja sta svet Centra in Komite zveze mladine Slovenije na Gradbenem šolskem centru v Mariboru na skupni komemorativni seji sprejela sklep, da se ta Center poimenuje po pokojnem podpredsedniku v GRADBENI ŠOLSKI CENTER »BORISA KRAIGHERJA« MARIBOR.

Da bi temu preimenovanju dali tudi zunanji vidni odraz, je Gradbeni šolski center v Mariboru 25. aprila 1969 v avli šolskega poslopja odkril tudi spominsko obeležje, ki obsega napis: BORIS KRAIGHER 1914—1967 iz temno broniranih jeklenih črk, marmorne plošče z reliefom pokojnikove glave v zanj značilni govorniški drži, vse skupaj pa primerno indirektno osvetljeno ter okrašeno z okrasnim zelenjem. Projekt spominskega obeležja, reliefno ploščo in vsa ostala dela so napravili sami v Gradbenem šolskem centru.

USPEH PRI POLAGANJU STROKOVNIH IZPITOV V ORDOBJU marec-junij 1969

V tem času je strokovni izpit opravljajo 84 kandidatov, od tega 59 moških (70 %) in 25 žensk (30 %). Gradbenih tehnikov je bilo 47 (57 %), gradbenih inženirjev I. stopnje 13, diplomiranih inženirjev 15 ter 9 diplomiranih inženirjev-arhitektov. Odlično oceno ni dosegel noben kandidat, prav dobro 12, dobro 31, zadostno 8, nezadostno pa 33 kandidatov oziroma 40 %. Navedeni podatki kažejo, da uspeh ni zadovoljiv in da kandidati še vedno premalo obvladajo izpitno materijo. Največ negativnih ocen so dobili kandidati iz področja varnosti dela (16), kalkulacij (8), strojev (7), PTP (5), in iz pravnih vprašanj (2).

MODERNIZACIJA CESTNE ZVEZE PLAVONIJA—UMAG

Cesta se odcepi v Kaldaniji od glavne ceste Koper—Pula v smeri Umaga. Predstavlja najkrajšo cestno zvezo tega turističnega področja in je bila doslej v izredno slabem stanju z ozkim makadamskim voziščem, v dolžini 10 km.

Projektantska grupa izvajalca SGP »Slovenija ceste« je posnela 12 odsekov, kjer so bili ostri zavoji, in izdelala projekt za skupno 3 km preložitve te ceste.

Nova cesta bo imela 7 m široko asfaltno vozišče in po 0,50 m obojestranske bankine. Zemeljska dela zahtevajo ca. 20.000 m³ izkopov in nasipov. Cesta mora biti gotova do 15. junija, ko se prične glavna turistična sezona.

Nova široka asfaltna cesta bo nedvomno velika pridobitev za te kraje, saj so zlasti ob nedeljah nepretrgane kolone avtomobilov namenjene na teritorij Umaga, ki stalno povečuje turistične zmogljivosti.

TEHNOLOGIJA GRADITVE ČLANOV PZ »GIPOSS«

Iz poslovnega poročila za leto 1968 Gradbeno-industrijske poslovne skupnosti Slovenije »GIPOSS« je razvidno, da uporabljajo člani v glavnem 2 načina graditve visoke gradnje, predvsem stanovanjskih objektov:

— liti beton z zunanjo izolacijsko oblogo iz siporexa;

— sistem panelne srednje montaže.

V litem betonu je bilo lani zgrajenih ca. 75 % vseh stanovanj, v montažnem sistemu pa 25 % stanovanj. To razmerje velja za gradbišča stanovanjskih naselij, ki jih gradi GIPOSS, enako pa tudi za vso stanovanjsko gradnjo podjetij — članov GIPOSS v Sloveniji.

Sistem litega betona

Tehnologija graditve v litem betonu je ostala v glavnem enaka kot v prejšnjih letih. Pomembno novost pa predstavlja pričetek uporabe črpnega betona. Podjetje »Obnova« je v soseski S-6 pričelo z izdelovanjem betona z betonskimi črpalkami »Torkret« s kapaciteto 8—14 m³ na uro. V začetku so bile težave zaradi granulacije agregatov, ker se naše nekoliko razlikujejo od nemških, za katere so črpalke izdelane. Postopek se je z odstranitvijo napak na splošno dobro obnesel. Vgrajevanje betona po tem načinu je precej hitrejšo kot z vgrajevanjem z žerjavom. Seveda je bilo potrebno na ta način priučiti delavce, kar pa ni povzročalo posebnih težav.

Za zunanje obloge je bil še vedno uporabljen siporex, vložen v opaž pred betoniranjem. Uporaba siporex plošč v višini cele etaže se ni obnesla, ker so te plošče dražje, ne preprečimo pa s tem naknadnega izravnavanja in obdelave fasade.

Zunanja obdelava s klasičnimi ometi se je zlasti pri temnejših barvah izkazala kot pomanjkljiva, zaradi pojava belih lis, posebno pod okenskimi policami. Kaže, da gre pri tem za izcvetanje betona oziroma siporexa skozi plastični omet.

V litem betonu so bili v letu 1968 zgrajeni stanovanjski objekti v soseski S-6 v Šiški v Ljubljani do največje višine P + 14 etaž.

Montažni sistem GIPOSS

Lani je bilo dokončano tipiziranje vseh elementov graditev v montažnem sistemu. Za nekatere elemente so bile predvidene tudi variantne rešitve s tem, da poznejša praksa pokaže, katera izmed teh je najboljša.

ZRMK je izvršil modelne preiskave nosilnosti montažnih sistemov iz panelov srednje montaže, zvezanih med seboj na različne načine (betonski in jekleni moznički, zamik elementov) in rezultate preizkusov primerjal glede na nosilnost monolitne železobetonske stene. Pri tem se je izkazalo, da je nosilnost GIPOSS montažnega sistema le za 3 % manjša od monolitne izvedbe. Montažni sistem GIPOSS je zaščiten pri Zveznem zavodu za patente. V montažni izvedbi so bili doslej zgrajeni stanovanjski objekti do višine P + 9, in sicer v Celju.

Za nadaljni uspešnejši razvoj tehnologije graditve bo treba skrbeti še za večjo koordinacijo in bolj učinkovito povezavo razvojno-raziskovalnih organizacij z gradbeno operativno.

VELIKO GRADBIŠČE POD DOBRČO

Ob vznožju 1600 m visoke Dobrče so delavci GIP »GRADIS« pred kratkim odprli veliko gradbišče. V tovarni športnega orodja in smuči »ELAN« bodo letos osposobili vrsto novih objektov, ki bodo to znano tovarno v Begunjah na Gorenjskem ustvili med največja podjetja za proizvodnjo smuči in športnega orodja na svetu.

Do jeseni bo treba zgraditi več novih proizvodnih hal, nekatere obstoječe objekte pa povečati in dograditi. Načrte za nove objekte so pripravili v podjetju »Slovenija projekt« Ljubljana.

Skupna površina vseh proizvodnih objektov bo okrog 5000 m², pred zimo pa bo treba zgraditi novo upravno stavbo, v kateri bodo prostori Elanovega razvojnega inštituta. Do konca jeseni je predvidena osposobitev do III. faze oziroma tako, da bodo lahko v njih pozimi in spomladi 1970 montirali nove stroje. To je

namreč pogoj investitorja, ki želi že prihodnje poletje v novih prostorih organizirati redno proizvodnjo. Celotna investicija v »Elanu« je predvidena na približno 2,8 milijardi S din. Seveda je večji del tega namenjen modernim strojem, vendar je vrednost gradbenih objektov ocenjena na okrog 680 milijonov dinarjev. Del sredstev bo prispevala tovarna, nekaj jih daje Mednarodna banka za obnovo in razvoj, znaten del pa tudi Ljubljanska kreditna banka in hranilnica in Kranjska kreditna banka.

B. Melihar

vesti iz inozemstva

NOV NAČIN GRADNJE MOSTOV NA AVTO CESTAH V ŠVICI

V Švici že nekaj časa uporabljajo pri gradnji mostov nov način t. i. »Bebo« način, ki temelji na uporabi predfabriciranih elementov. Industrijsko predfabricirane plošče iz armiranega betona, dolge 9 m, široke 1,5 m in debele 0,2 m polagajo pri gradnji oboka mostu drugo poleg druge na ogrodje ter jih nato med seboj povežejo. Beton ima trdnost (po 28 dneh) najmanj 500 kp/cm². Jeklena mrežasta armatura vsakega predfabriciranega elementa se zavari na profilne jeklene palice, položene vzdolž robov plošč. Po montaži vseh plošč obočnega prstana se jeklena armatura robnih kosov zavari in medsebojno tako poveže. Špranje med ploščami zalijejo z betonom. Ko je izdelava celotne konstrukcije oboka gotova, se nanjo nanese nasipni material. To prekritje ne sme imeti skupaj z oblogo na temenu manj kot 250 mm in ne več kot 6 m. Gradnja takega mostu z dvema obokoma, tj. $2 \times 9 = 18$ m dolžine je, všteti z montažo in varjenjem, gotova v enem tednu.

NOVI LAHKI BETON STYROPOR

Že vrsto let skušajo kombinirati hidravlična veziva pri dobivanju lahkega betona.

Od drugih lahkih betonov se styroporski razlikuje že po tem, da ima enakomerni »zaprt« zrak v svojih delcih. Ta deluje kot dober toplotni izolator, obenem pa njegova nizka nasipna teža omogoča izdelavo lahkega betona s spec. težo do 0,3 kg/dm³. Okrogle zaprte celice delcev penastega materiala dajejo betonu dobre mehanske lastnosti in ne vsrkujejo vode.

Delce penastega materiala lahko natančno doziramo, s čimer lahko vnaprej določimo prostornino in strukturo betona.

Gradbeno zanimive možnosti izdelave segajo od ekstremno lahkih do konstrukcijsko uporabljivih vrst lahkega betona. Pri zelo lahkem s spec. težo 0,3 kg/dm³ znaša koef. toplotne prevodnosti 0,07 kcl/mh °C, tlačna trdnost pa 8 kp/cm². S porastom spec. gostote se močno poveča mehanska trdnost in tako ima beton s spec. gostoto 0,6 kg/dm³ tlačno trdnost okoli 30 kp/cm².

Pri izdelavi styroporske betonske mešanice dodajajo še kak posrednik za sprijemanje, ki služi, da ostaneta vezivo na površini styropornih delcev in mešanica homogena.

Včasih tudi oplaščijo delce, npr. s cementnim plaščem, potem jih predelajo na gradbišču kot prsto nasuti material. Stenske elemente iz styroporskega lahkega betona uporabljajo kot nosilne ali predalčne dele ter kot izolacijska telesa za stropne in vezilne konstrukcije.

Stroški izdelave so pri uporabi tega betona manjši kot običajno. Zdaj je v teku tudi vrsta raziskav v zvezi z uporabo tega lahkega betona pri gradnji cest in železnic.

10 največjih mostov iz prednapetega betona na svetu

Leto izdelave	Kraj, država	Razpätina v m
1964	prek Paramatte v Gladesvillu — Avstralija	305
1965	prek Parane, Brazilija — Paraguay	290
1960	prek Doma v Arrabidi — Portugalska	270
1940	prek Angermanna do otoka Sando — Švedska	264
1961	prek Finnarelle pri Catanzaru — Italija	231
1961	prek Donave pri Novem Sadu	211
1967	prek Lingenaua — Avstrija	210
1934	prek Tranebergsmunda v Stockholmu — Švedska	181
1968	prek Nösslach - Brenner — Avstrija	180
1930	prek Eloru pri Plongastelu — Francija	179

GRADNJA S POMOČJO MONTAŽNIH PROSTORSKIH CELIC

V San Antoinu (Teksas) je bilo treba v čim krajšem času sezidati nov hotel. Investitor (Hilton Hotel) se je odločil graditi po načinu prostorskih montažnih celic. 21-nadstropni hotel »Palacio del Rio« ima spodnja štiri nadstropja — kjer so restavracija, kavarna, pisarne in prodajalne — zidana na navaden način, od 5. do 21. nadstropja pa je vgrajeno po 31 prostorskih celic v vsakem nadstropju. Zadnje nadstropje, kjer je kavarna, ima jekleno, zastekleno okvirno konstrukcijo. Dela so planirali s pomočjo mrežastega sistema. Za končni termin so določili 1. aprila 1968, z gradnjo so pa pričeli 10. julija 1967. leta.

Glavne faze gradbenih del so potekale takole:

a) normalna gradnja: zaradi slabih tal so postavili temelje 11,5 m globoko na betonskih stebrih, ki so imeli premer zgoraj 90 cm in spodaj 2,40 m. Prva štiri nadstropja so zidali navadno ter jih dovršili s sistemom nosilcev iz armiranega betona in z zabetoniranim stropom. Jašek za dvigala, visok 74 m, je iz armiranega betona, enako zaključne stranske stene. Betonirali so jih s pomočjo drsnega opaža;

b) izdelava celic: 496 celic za hotelske sobe so delali na 10 km oddaljenem gradbišču. Dimenzije celic so: dolžina 9,05 in 10 m, širina 3,10 m; višina 3,10 m; debelina sten 12,7 cm; debelina stropa 10,2 cm; debelina tal 12,7 cm. Uporabili so lahki beton s spec. težo 1700 kg/m³. Celice so izdelovali v jeklenem opažu, sestavljenem iz 16 zunanjih in 18 notranjih delov. Betonirali so postopoma — najprej ploščo za tla, dan kasneje pa tri stene in strop. V četrto steno so vstavili jeklen okvir za okna in balkonska vrata. 3 ure po betoniranju so beton parili. Po odstranitvi opaža so celice dokončno izdelali: vgradili so vmesno steno med sobo in kopalnico, oblepili stene s tapetami oziroma keramičnimi ploščicami, položili vso instalacijo za ogrevanje, osvetlitev in sanitarije, prevlekli preproge in sobe opremili s pohištvom. Dnevno so izdelali v dveh 10-urnih izmenah 8 celic.

Izvršene celice so prepeljali na gradbišče in jih s pomočjo žerjava vgrajevali.

c) montaža celic: vsako celico so posadili na štiri 12×20 cm velike in 2 cm debele ploščadi, izdelane iz umetne smolaste malte (malte iz umetne smole). Celice so polagali tri ure po nanašanju malte.

V presledke nad celicami so napeljali instalacijske vode in te povezali s priključki v celicah. Navzven

so ta vmesni prostor zaprli s predfabriciranim elementom. Med obe napuščni stropni plošči celic so zabetonirali 60 cm širok pas; s tem so dobili 1,80 m širok hodnik.

Vseh 496 celic je bilo vgrajenih v 32 delovnih dneh; to se pravi, da so izdelali dnevno 22 do 25 celic.

S tem čisto »ameriškim načinom« gradnje so dokončali hotel 2 tedna pred planiranim rokom.

Inž. E. Močnik

iz strokovnih revij in časopisov

NAŠE GRADJEVINARSTVO — Beograd, 1969. ŠT. 2

Dr. inž. S. Kontić, docent univ.: Montaža i kontrola montaže segmentnih ustava kot brana i drugih gradjevinskih objekata. Str. 49—55, 10 sl.

D. Blagojević, asist. univ. Dr. R. Stojanović, prof. univ.: Prilog pitanju konstitutivnih relacija za elastične materije reda 2. Str. 56—60.

Dr. inž. R. Rosman, prof. univ.: Naborani nosači oslabljeni svijetlosnim trakama. Str. 61—67, 12 sl., 2 tab.

A. Kepinski, Inter. Water Supply Ass.: Vodosnabdevanje naseljenih mesta i tehnički napredak. Str. 67—68 a, 2 sl.

Kratki izvodi i anotacije. Str. 68 a.

NAŠE GRADJEVINARSTVO — Beograd, 1969. ŠT. 3

Inž. M. Hiba: Prilog proračunu prostornih površinskih nosača. Str. 68—75, 7 sl.

Inž. I. Jelisavčić, prof. univ.: Primena metalurške zgre iz visokih peći za proizvodnju cementa sa zgurom. Str. 75—79.

Inž. I. Ridžević, inž. pukovnik U. Vukomanović: Usmerene eksplozije. Str. 80—84, 8 sl.

Kongres o vodama Jugoslavije u prvoj polovini maja 1969 u Beogradu. Str. 85—88.

IV. kongres Jugoslovenskog društva gradjevinskih konstruktora u Ljubljani. Str. 88.

Kongres Saveza jugosl. laboratorija za ispitivanje i istraživanje materijala i konstrukcija u novembru 1970 g. u Sloveniji. Str. 88 a.

M. M.: Pregled stručnih knjiga i časopisa. Str. 88 a do 88 d.

NAŠE GRADJEVINARSTVO — Beograd, 1969. ŠT. 4

Akademik prof. univ. Dj. Lazarević: Ekonomsko uporedjenje savijanih T-preseka proračunatih po klasičnom i po postupku granične nosivosti. Str. 89—93, 2 sl.

Mgr. tehn. nauka B. Grujić: Prilog proračunu prednapregnutih ploča. Str. 93—104, 27 sl.

Inž. M. Vidmar: Cevi za uličnu kanalizaciju i azbest-cement. Str. 105—108.

II. svjetski simpozij higijene i zaštite na radu u gradjevinarstvu u Eisenachu, NDR, od 14. do 22. 10. 1968. god. Str. 108—110.

Skupština Saveza gradjev. inž. i tehn. Jugoslavije od 16. do 17. 5. 1969. g. u Beogradu. Str. 110—111.

NAŠE GRADJEVINARSTVO — Beograd, 1969. ŠT. 5

Mgr. Ing. S. Simonović: Primena linearne teorije tečenja kod prednapregnutih konstrukcija, I. Str. 113—120, 2 sl.

M. Stefanović: Elektronski daljinomeri. Str. 121 do 129, 15 sl.

Mgr. Ing. M. Muravljov: Ograničena torzija kontinualnih, viljuškasto oslonjenih nosača u krivini (konstrukcije sa tankozidnim, otvorenim preseccima. Str. 130—132, 3 sl., 3 tab.

Anotacije iz članaka u drugim prilogima koji su od interesa za stručnjake iz oblasti gradjevinarstva. Str. 132 c.

DOKUMENTACIJA ZA GRADJEVINARSTVO I ARHITEKTURU — Beograd, 1969. ŠT. 169

ILG — 373. Savet za gradjevinarstvo Savezne privredne komore. Informacije o radu XXX.

DGA — 983. Sadržaj časopisa »Dokumentacija za gradjevinarstvo i arhitekturu« za 1968. g.

1. Predmetni registar.

DGA — 984. Sadržaj časopisa »Dokumentacija za gradjevinarstvo i arhitekturu« za 1968. g.

2. Autorski registar.

INPROS — 11. Pregled stručnih časopisa:

Arena — Interbuild 83 — 1968

Beton i železobeton 5, 6, 7, 8, 10 — 1968

Deutsche Bauzeitschrift 16 — 1968

Meh. stroiteljstva 7 — 1968

Pozemni stavby 9, 10, 11 — 1968

Techniques et Architecture 3 — 1968

TKD — 141. Cene gradjevinskog materijala u novembru 1968. g.

DOKUMENTACIJA ZA GRADJEVINARSTVO I ARHITEKTURU — Beograd, 1969. ŠT. 170

ILG — 374. Proizvodnja u gradjevinarstvu do kraja novembra 1968.

ILG — 375. Lični dohoci u gradjevinarstvu i ostalim oblastima privrede u oktobru 1968. g.

DGA — 980 b. Pojačanje kolovoznih konstrukcija na putevima.

DGA — 982. Hidraulički kreč na bazi letećih pepela iz termoelektrarna.

KIG — 66. Sadržaj klasifikovanih indikatora za gradjevinarstvo i arhitekturu u 1968. g.

KIG — 68. Klasifikovani indikatori za gradjevinarstvo od br. 1 do br. 115.

TKD — 142. Cene gradjevinskih radova u četrtom tromesečju 1968. g.

DOKUMENTACIJA ZA GRADJEVINARSTVO I ARHITEKTURU — Beograd, 1969. ŠT. 171

DGA — 985. Pravilnik o tehničkim merama za ugljevodonične hidroizolacije krovova i terasa.

DGA — 988. Pravilnik o tehničkim merama za krovne nagibe.

DGA — 987. Pravilnik o tehničkim merama i uslovima za izgradnju stambenih objekata po sistemu modularne koordinacije.

- KIG — 67. Sadržaj klasifikovanih indikatora za gradjevinarstvo i arhitekturu u 1968. g.
2. Autorski registar.
INPROS — 12. Pregled stručne literature.
TKD — 143. Cene gradjevinskog materijala u decembru 1969. g.

DOKUMENTACIJA ZA GRADJEVINARSTVO I ARHITEKTURU — Beograd, 1969. ŠT. 172

- ILG — 376. Proizvodnja u gradjevinarstvu u 1968. g.
ILG — 377. Lični dohoci u gradjevinarstvu i ostalim oblastima privrede u novembru 1968. g.
ILG — 378. Stambena izgradnja u društvenom sektoru u 1968. g.
ILG — 379. Savet za gradjevinarstvo Savezne privredne komore. Izveštaj o radu XXXI.
DGA — 988. Modernizacija privredjivanja u gradjevinarstvu SR Hrvatske.
DGA — 989. Uticajne linije za horizontalne sile (3 polja).
DGA — 990. Otpornost bitumenskih masa na dejstvo kiselina i metoda odredjivanja kiseloopornih filera.
KIG — 69. Klasifikovani indikatori za gradjevinarstvo.

DOKUMENTACIJA ZA GRADJEVINARSTVO I ARHITEKTURU — Beograd, 1969. ŠT. 173

- DGA — 991. Tehnički propisi za upotrebu mrežaste armature u armiranobetonskim konstrukcijama.
DGA — 992. Organizacija ispitivanja tržišta u proizvodnji stanova.
DGA — 993. Obračun izvršenih radova sa investitorom.
INPROS — 13. Pregled stručnih časopisa.
TKD — 144. Cene gradjevinskog materijala u januaru 1969. g.

DOKUMENTACIJA ZA GRADJEVINARSTVO I ARHITEKTURU — Beograd, 1969. ŠT. 174

- ILG — 380. Proizvodnja u gradjevinarstvu u januaru 1969. g.
ILG — 381. Lični dohoci u gradjevinarstvu i ostalim oblastima privrede u decembru 1968. g.
ILG — 382. Investicioni radovi u inostranstvu u 1968. g.
DGA — 995. Tolerancija i zaptivanje spojnica u spoljnim zidnim panoima.
DGA — 996. Laki betoni na bazi lakih agregata od sintezovanog letećeg pepela.

DOKUMENTACIJA ZA GRADJEVINARSTVO I ARHITEKTURU — Beograd, 1969. ŠT. 175

- DGA 1002. Ispitivanje konstrukcije kao faktor unapredjenja.
DGA — 1003. Aglomeraciono postrojenje nove železare Smederevo.
KIG — 71. Klasifikovani indikatori za gradjevinarstvo.
TKD — 145. Cene gradjevinskog materijala u februaru 1969. g.

STANDARDIZACIJA — Beograd, 1969. ŠT. 2

- JUS Z. Bo. 001: Maksimalno dopuštene koncentracije škodljivih materijala u atmosferi prostorija i radilišta. Str. 21—41, 5 tab.
Medjunarodna standardizacija. Primljena dokumentacija. Str. 44—47.
Kalendar zasedanja organa Medjunar. organiz. za standardizaciju u 1969. g. Str. 48—49.
Novi objavljeni jugoslovenski standardi. Str. 50—53.

STANDARDIZACIJA — Beograd, 1969. ŠT. 3

- Anotacija predloga standarda iz oblasti gradjevinarstva Gradjevinska stolarija. Str. 62.
Anotacija predloga standarda iz oblasti kanalizacione armature. Str. 64.
Katalog standarda brodogradnje. Str. 65.
Medjunarodna standardizacija. Primljena dokumentacija. Str. 66—68.
Objavljeni jugoslovenski standardi. Str. 69—71.
JUS D. E 2. 180: Kuhinjski nameštaj.
JUS D. E 2. 185: Metode ispitivanja. Str. 71.

STANDARDIZACIJA — Beograd, 1969. ŠT. 4

- Savetovanje specijalista zemalja članica SEV i SFRJ na temu »Tipizacija i standardizacija tekstilnih mašina«, Moskva, od 10.—17. 12. 1968. g. Str. 75—82.
Katalog standarda brodogradnje. Str. 92—95.
Medjunarodna standardizacija. Primljena dokumentacija. Str. 96—98.
Kalendar zasedanja organa Medjunar. el. komisije u 1969. g. Str. 99—100.
Novi objavljeni Jugosl. standardi. Str. 101.

STANDARDIZACIJA — Beograd, 1969. ŠT. 5

- Predlozi novih standarda. Str. 105—113.
Anotacija predloga standarda. Str. 114—124.
Katalog standarda brodogradnje. Str. 125—132.
Medjunarodna standardizacija. Primljena dokumentacija. Str. 133—134.
Novi objavljeni jugoslovenski standardi. Str. 135.

MATERIJALI I KONSTRUKCIJE, Beograd 1968. ŠT. 5

- Prof. dr. inž. B. Zarić: Študija granice razločenja domaćeg profilnog i šipkastog čelika za konstrukcije. Str. 3—17, 14 sl.
Inž. M. Redžepagić. Inž. M. Stjepanović: Odrenjivanje jednoosne čvrstoće na pritisak kamene soli »Tušanj«. Str. 19—22, 2 sl., 1 tab.
Ing. B. Guzina. Ing. I. Tucović: Jedna metoda za iznalaženje minimalne prostorne stabilnosti stenskog bloka. Str. 23—28, 5 sl.
Zavod za raziskavo materijala in konstrukcij, Ljubljana. Str. 29—35.
Bibliografija. Str. 36—44.
Kongresi — Savetovanja — Simpozijumi — Kolokvijumi. Str. 45—49.
Iz Jug. nac. komiteta za visoke brane. Str. 50.
Nova izdanja. Str. 51.
VII. kongres jugosl. stručnjaka za visoke brane. Str. 51—52.
Unifikacija formulara za nalaze o ispitivanju bitumena. Str. 52.

GRADJEVINAR — Zagreb, 1969. ŠT. 1

- Inž. Dj. Srna: Hidroelektrarna Tikveš u pogonu. Str. 1—3, 2 sl.
Inž. P. Stojić: Nekoliko historijskih i statističkih podataka razvoja izgradnje brana, s posebnim osvrtom na lučne brane. Str. 3—13, 19 sl.
Inž. O. Bonacci: Prognoza kulminacionih vodostaja Save u Zagrebu. Str. 13—21, 6 sl., 5 tab.
Prof. J. Zagada: Nove njemačke preporuke za dimenzioniranje i granulometrijski sastav zaštitnog sloja od smrzavanja. Str. 21—24, 3 sl.
Inž. Č. Vidović: Zamjena čelične konstrukcije železničkog mosta preko Save kot Jasenovca. Str. 24—28, 6 sl.

Inž. J. Miličić: Bi — čelik i mrežaste armature kao faktor unapredjenja gradjenja. Str. 28—31, tabele.

Kratke vijesti. Str. 32—36.

Kongresi i sastanci. Str. 36—39.

Inž. Sarnovka: Iz inozemnih časopisa. Str. 40.

Iz Saveza gradj. inž. i tehničara Hrvatske. Str. 40—41.

Inž. M. M.: Bibliografija. Str. 42.

Oglas Gradbenog vestnika, Ljubljana. Str. 44.

GRADJEVINAR — Zagreb, 1969. ŠT. 2

Inž. J. Klepac: Izvodjenje radova na gradilištu pomoću proizvodnih panoga. Str. 45—50, 2 sl.

M. Ferenčak: Risanje — primjena i upute. Str. 50—54, 2 sl.

L. Gidak: TV — stub na Dobraču u Austriji. Str. 54—55, 2 sl.

Doc. dr. B. Crnković: Djelovanje nekih deterdženata na vapnenac. Str. 55—58, 4 tab.

Inž. A. Idrizbegović: Okipor u gradjevinarstvu. Str. 58—63, 6 sl., 4 tab.

Kratke vijesti. Str. 63—66.

XV. Medjunarodno savetovanje o dostignućima u cestogradnji i niskogradnji u Bad Meinbergu. Str. 66—67.

36. sjednica izv. odbora medjunar. komisije za visoke brane. Str. 67—68.

Tehnička pitanja za X. kongres za visoke brane. Str. 68.

Iz inozemskih časopisa. Str. 68—72, 10 sl.

Iz Saveza gradj. inž. i tehn. Hrvatske. Str. 72—75.

Gradbeno podjetje

tehnika

LJUBLJANA, VOŠNJAKOVA ULICA 8

gradi in projektira vse inženirske zgradbe, prodaja gradbene objekte na tržišču, izvršuje usluge tujim naročnikom in prodaja lastne izdelke v ekonomskih enotah: obrata za zemeljska in betonska dela, opažarski obrat, zidarski obrat, železokrivski obrat, avtopark, mehanični servis, ključavničarstvo in obrat mehanizacije, opravlja zunanjetrgovinski promet, izvaja investicijska dela v tujini

GRADBENO PODJETJE

Ljubljana, Celovška c. 34

izvršuje vse vrste gradbenih in projektivnih del ter gradi stanovanja za tržišče solidno in poceni

Megrad

Določanje gostote asfalta z radioaktivnimi izotopi

Uvod

V gradbeništvu so čedalje bolj iskane hitre in nedestruktivne merilne metode posameznih količin, ki odločujoče vplivajo na kvaliteto izvajanih del. Take metode omogočajo po eni strani obsežno kontrolo in s tem zbiranje velikega števila podatkov, ki statistično obdelani dajo zelo realno sliko o objektu, po drugi strani pa nam prav zaradi hitrosti dovoljujejo hitro in efikasno ukrepanje v primeru neustrezne kvalitete (1).

Gostota asfalta ima pri gradnji cest velik vpliv na kvaliteto in s tem na trajnost vozišča (2). Klasične metode za določanje gostote, ki se jih danes pretežno poslužujemo, so destruktivne in dovoljujejo ugotavljanje gostote le pri mrzlem asfaltu. Od tod sledi naslednje:

— s klasičnimi meritvami le ugotavljamo stanje asfaltne prevleke in ne moremo na noben način več obstoječe stanje spremeniti, torej izboljšati v primeru preslabe zbitosti;

— zaradi destruktivnosti lahko ugotavljamo gostoto le na zelo malo mestih in posledica tega je, da je dobljena slika lahko močno drugačna od resnične.

Obe ugotovitvi predstavljata veliko slabost klasičnih metod.

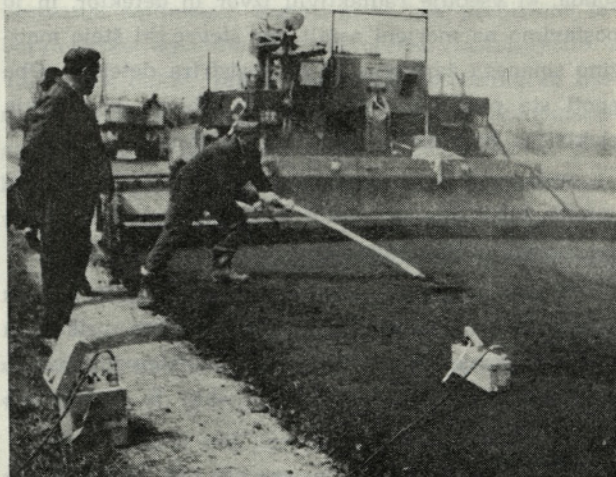
Uporaba metode za merjenje gostote asfalta z radioaktivnimi izotopi je odpravila slabosti klasičnih metod, ker je nedestruktivna, zelo hitra in omogoča ob specialni izvedbi elektronike merjenje gostote

asfalta v temperaturnem območju od -17°C do 150°C , kar praktično pomeni, da lahko s takim inštrumentom zasledujemo gostote od razgrnitve asfalta s finiřerjem, prek valjanja, do hladnega stanja. To pa nam prinese poleg možnosti obsežne kontrole in ukrepanja ob preslabi zgostitvi še reševanje vprašanja najekonomičnejšega načina vgrajevanja.

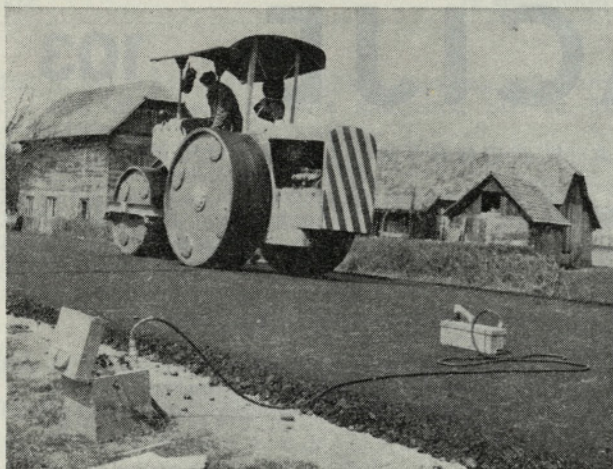
Aparatura

Aparature za merjenje gostote z izotopi, imenujemo jih tudi denzimetri, delujejo na naslednjem principu.

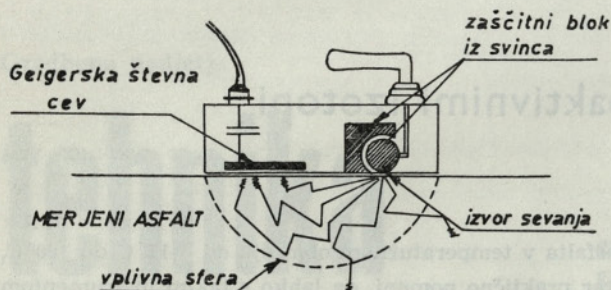
Žarki γ , ki jih izseva dolgoživi radioaktivni izvor (Ra^{226} , Co^{60} , Cs^{137}) se na svoji poti stran od sevalca



Slika 1



Slika 2



Slika 3

sipljejo v vse smeri na atomih podlage, na kateri aparatura stoji, in se istočasno pri prehodu skozi materijo absorbirajo. Nekateri od žarkov se po večtisočkratnem sipanju usmerijo nazaj proti delu aparature, ki ima vgrajeno Geigerjevo števno cev. Čim večja je gostota podlage, tem večja je absorpcija žarkov γ , ki se vračajo v smeri receptorja, in tem manj žarkovja receptor tudi registrira.

Območje podlage, v katerem se ta proces odvija, imenujemo vplivno sfero. Aparaturo za merjenje gostote asfalta kaže sliki 1 in 2. Aparaturo sestavljata sonda, ki vsebuje radioaktivni izvor in detektor, in jo postavimo na merjeni asfalt, ter števec, ki šteje množino sipanega žarkovja, ki ga registrira detektor. Obe enoti sta povezani med seboj s kablom, ki prevaja električne impulze iz detektorja v števec.

Slika 1 kaže aparaturo med merjenjem gostote asfalta takoj po razgrnitvi s finišejem, slika 2 pa pri merjenju med valjanjem.

Princip delovanja aparature za merjenje gostote asfalta kaže slika 3, kjer je shematično prikazana sonda z vgrajenim izvorom, ki je zaščiten s svincom, in Geigerjevo števno cevjo. Na sliki je lepo vidna vplivna sfera.

Za samo merjenje je seveda zelo interesantna velikost vplivne sfere, kajti ta definira območje, ka-

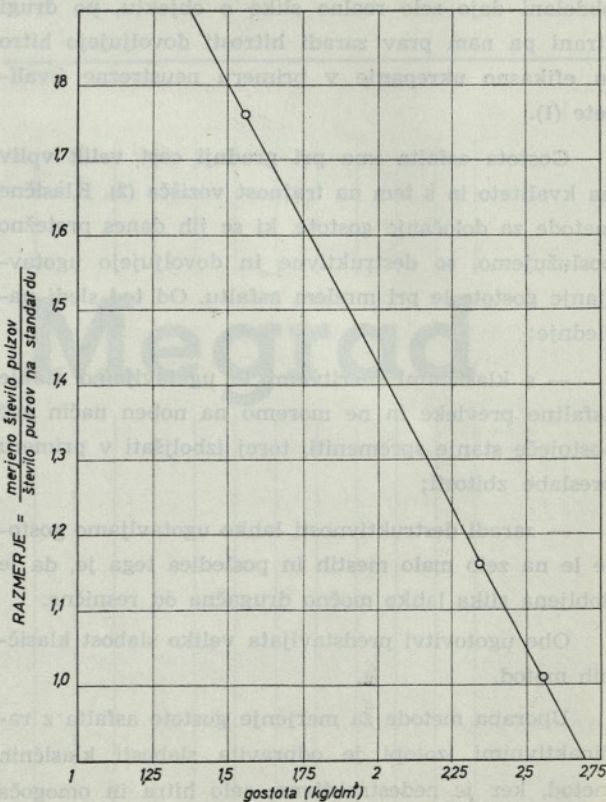
terega poprečno gostoto merimo. Velikost vplivnega območja pa je odvisna od izbire energije radioaktivnega izvora in geometrije sonde, to je od oddaljenosti izvora od števca in oddaljenosti izvora oziroma števca od dna sonde, torej od podlage. Za merjenje asfalta je zaželeno, da doseg ni prevelik. Zato se uporablja izvor z manjšo energijo kot je Ra^{226} in seveda ustrezna geometrija sonde.

Tako ima asfaltna sonda, ki jo prikazujeta sliki 1 in 2 doseg le 5 cm. Pri meritvi gostote asfaltne plasti debele 5 cm je vpliv podlage manjši od $\pm 0,01 \text{ kg/dm}^3$ (3).

Način merjenja

Kot smo že opisali v prejšnjem poglavju, je rezultat meritve število receptiranih žarkov γ , ki je obratno proporcionalno z gostoto. Odtod torej sledi, da moramo številom pulzov pripisati ustrezne gostote, torej moramo denzimeter umeriti.

Umerimo pa ga tako, da izdelamo nekaj asfaltnih blokov ustrezne velikosti in različnih gostot, ki jih najprej klasično čimbolj točno določimo. Na teh asfaltnih blokih izmerjeno število pulzov vnesemo z ozirom na ustrezne gostote v diagram. Tako dobljena umerilna krivulja, v bistvu je to na območju od $1,5 \text{ kg/dm}^3$ do $2,6 \text{ kg/dm}^3$, ki ga za meritve uporabljamo, premica, nam potem takoj omogoča, da pretvorimo vsako izmerjeno število pulzov v odgovarjajočo gostoto.



Slika 4

Seveda pa mora biti aparatura stabilna, to pomeni, da mora dati na enaki podlagi vedno enako število pulzov v enakem časovnem obdobju.

To kontroliramo z umerjanjem na standardu iz granita. Stabilnost aparature pa seveda ni popolna in meritve ob različnih prilikah se med seboj vseeno malo razlikujejo. Največji vpliv za te razlike imata spreminjanje temperature ozračja in spreminjanje električne napetosti baterije. Te vplive izločimo tako, da v merilni diagram vnesemo razmerja izmerjenega števila pulzov in števila pulzov na standardu v odvisnosti od gostot.

Tako umerilno krivuljo nam kaže slika 4. Seveda moramo pred vsako serijo meritev umeriti aparaturu na standardu.

Sama meritev na enem mestu traja navadno 1 minuto, vendar pa merimo eno mersko mesto navadno štirikrat in to tako, da sondo po vsaki meritvi zasunkamo za 90° proti prejšnji legi okoli vertikalne osi in za izvednotenje gostote uporabimo popreček vseh štirih odčitkov. Tako dobimo praktično v petih minutah rezultat, ki predstavlja poprečno gostoto asfaltne plasti, ki ima obliko valja z višino 5 cm in premera, ki je enak diagonali osnovne ploskve sonde.

Če je plast asfalta, katere gostoto hočemo določiti, debelejša ali enaka 5 cm, gostota podlage na merjeno gostoto ne vpliva, če pa je tanjša kot 5 cm, potem je seveda vpliv znaten. Tudi v takem slučaju lahko določamo gostote z denzimetrom, moramo pa stanju prirediti novo umerilno krivuljo. Na zanesljivost takih meritev bo seveda precej vplivala enakomernost površinske plasti in podlage.

Napake merjenja

Napake, ki obremenjujejo meritve, delimo glede na njihov izvor v naslednje:

- a) napaka zaradi statistične fluktuacije radioaktivnega razpada,
- b) napaka zaradi sprememb v električnem vezju,
- c) napaka zaradi neravnosti stične ploskve med sondo in merjencem,
- č) napaka zaradi nenatančnosti umerilne krivulje,
- d) napaka zaradi nehomogenosti merjenca.

Napako zaradi statistične fluktuacije radioaktivnega izvora definira naslednja enačba:

$$\Delta \sigma = \pm \frac{2}{m/n_0} \sqrt{\frac{t}{n/n_0}},$$

kjer pomeni m — naklon umerilne krivulje, n — število impulzov na merskem mestu, n_0 — število impulzov na standardu in t — čas štetja.

To napako, ki je prisotna zaradi same narave radioaktivnega razpada, ne moremo povsem eliminirati, lahko pa jo s podaljševanjem časa štetja močno zmanjšamo.

Vplivom sprememb v električnem vezju, ki nastanejo zaradi spremembe temperature ali padca električne napetosti, se izognemo z umerjanjem aparature pred vsako serijo meritev na standardu.

Neravna stična ploskev nam pri vročem asfaltu, ki je še plastičen, ne dela skrbi, pri meritvah na hladnem pa je treba izbirati čim ravnejša mesta, kjer se sonda podlagi čimbolje prilega. Tudi netočnosti, ki jo prinese umerilna krivulja, ne moremo ubežati. Močno jo lahko zmanjšamo, če za določitev umerilne krivulje izmerimo čimveč točk.

Vprašanje napake zaradi nehomogenosti merjenca je seveda zelo zapleteno. Skušamo jo zmanjšati z meritvami v dveh pravokotnih legah in računamo s poprečjem. Ugotovljeno je, da se pri dobrem izvajanju meritev relativna napaka giblje pod 1 %, torej je absolutna manjša od $\pm 0,02 \text{ kg/dm}^3$. Če ta podatek primerjamo s podatkom o reproducibilnosti klasičnih meritev, za katere velja, da se napaka giblje okoli $\pm 0,02 \text{ kg/dm}^3$ za vzorce med 250 g in 5 kg in okoli $\pm 0,01 \text{ kg/dm}^3$ za vzorce manjše od 250 g, vidimo, da sta točnosti obeh metod približno enaki (3).

Praktično izvajanje meritev

Če še enkrat ponovimo tehnične podatke o inštrumentu za merjenje gostote asfalta, vidimo, da ga lahko uporabljamo za meritve gostot v območju od $1,5 \text{ kg/dm}^3$ do $2,6 \text{ kg/dm}^3$ pri temperaturah od -17°C do 150°C , pri tem pa traja meritev z izvednotenjem rezultata približno 5 minut. Odtod takoj sledijo vse možnosti, ki nam jih nudi ta inštrument.

1. Meritve gostot vročega asfalta omogočajo efikasno kontrolo vgrajevanja asfalta, saj lahko ob nedosezanju zahtevanih gostot, ki so bile predhodno laboratorijsko določene, še pravočasno nadaljujemo z valjanjem, dokler pravih gostot ne dosežemo. Te meritve tudi omogočajo ugotavljanje najbolj ekonomskega načina valjanja, to je najmanjše možno število prehodov razpoložljivih valjarjev, kar nam da lahko zelo velike denarne prihranke in poceni izvedbo del.

2. Meritve gostot hladnega asfalta nam dajo zelo realno sliko stanja asfalta, ker zaradi nedestruktivnosti in velike hitrosti lahko izmerimo zelo veliko merskih mest, tako da lahko objekt tudi statistično obdelamo.

V ilustracijo naj navedemo nekaj meritev gostot asfalta, ki so bile izmerjene pri obnavljalnih delih na

cesti Zagreb—Karlovac. Debelina polagane asfaltne plasti je bila 10—15 cm, 100 % Marshallova gostota za ta material, ki je bila predhodno laboratorijsko določena, je znašala 2,36 kg/dm³, zahtevalo pa se je, da se pri delih doseže vsaj 95 % Marshallova gostota, kar predstavlja 2,24 kg/dm³.

Meritve so se vršile na vročem in na hladnem asfaltu, pri meritvah na vročem asfaltu pa smo delo-
ma merili tudi temperature.

V tabeli 1 je podano testiranje 8 T vibracijskega valjarja, ki je štirikrat statično prevaljal cestišče, potem pa še štirikrat z vibracijami. Meritve smo izvajali po vsakem drugem prehodu, temperaturo pa smo izmerili takoj po razgrnitvi asfalta s fini-
šerjem in po csmem prehodu.

Tabela 1

Število prehodov	Način valjanja	Gostota kg/dm ³	Temperatura °C
0	za fini-šerjem	1,89	142
2	statično	2,12	
4	statično	2,15	
6	vibracijsko	2,27	
8	vibracijsko	2,26	81

Iz tabele je razvidno, da je že po šestem prehodu tega valjarja presežena minimalna zahtevana gostota in, da nadaljnja valjanja s tem valjarjem ne prinese ničesar.

Tabela 2

Mersko mesto	Gostota kg/dm ³
1	2,30
2	2,14
3	2,22
4	2,07
5	2,30
6	2,14
7	2,30
8	2,26
9	2,31
10	2,23
11	2,18
12	2,30
13	2,34

V tabeli 2 so podani rezultati meritev gostot že hladnega asfalta, ki smo jih izmerili ob isti priliki, asfaltiranje pa je bilo izvedeno dan prej. Merska mesta so bila približno enakomerno razporejena na odseku, dolgem približno 500 m.

Tabela kaže, da gostote asfalta na merskih mestih 1, 5, 7, 8, 9, 12 in 13 presežejo minimalno zahtevano gostoto 2,24 kg/dm³, gostote na drugih mestih pa ne.

Valjanje se je vršilo brez kontrolnih meritev z denzimetrom in to je tudi vzrok, da na precej mestih niso dosežene željene gostote. Sama tabela tako zgovorno priča o koristnosti in potrebnosti kontrole, ki jo lahko izvajamo ravno z denzimetrom.

Zaključek

Iz prejšnjih poglavij sledi, da meritve gostot asfalta z radioaktivnimi izotopi omogočajo:

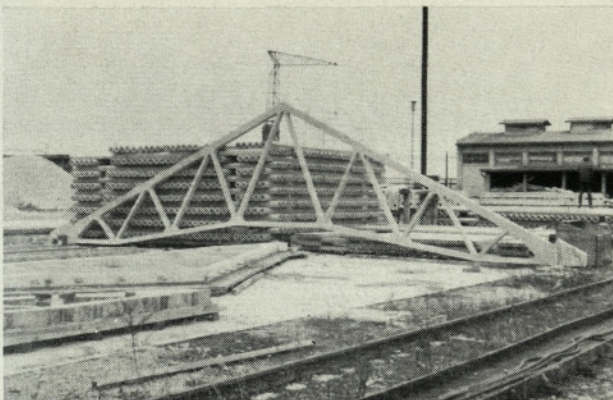
1. efikasno kontrolo, ki garantira dobro zgostitev asfalta, kar prispeva h kvaliteti in trajnosti cestišča,
 2. najbolj ekonomski način vgrajevanja asfaltne prevleke,
 3. statistično obdelavo asfaltnih prevlek cestišč.
- Vse to pa jasno kaže, da so taka merjenja zelo smotrna.

Literatura

1. Jenček, L. A., Zajc A., Gradbeni vestnik št. 3 (1969) 70.
2. Evaluation of Nuclear and Other Device Methods for Obtaining Bituminous Paving Densities, Sixth annual paving conference Connecticut Bituminous Concrete Producers Association (1964).
3. Asphalt Concrete Density Gauge, Nuclear Chicago, Publication No. 712140 (1966).

A. Zajc, dipl. inž. in

L. A. Jenček, dipl. inž.



Nosilec



V obratu gradbenih polizdelkov proizvaja-
mo standardne izdelke iz betona:

Cevi ϕ 10—100 cm (armirane in nearmirane)

Betonske in žilindrine blok votlake dimenzije
40 × 30 × 20 in 40 × 20 × 20 cm

Montažne dimnike

Ritter klešče za daljnovode

Robnike cestne in za vrtove

DIN polnila (za montažni strop)

Vse informacije in prospekte zahtevajte
v prodajnem oddelku

»GRADIS — OGP Ljubljana,
Šmartinska c. 100/a — tel. 317 446.

Izdelke po naročilu: nearmirane, armirane
s klasično armaturo in iz prednapetega be-
tona:

Hmeljske drogove

Vinogradniške drogove

Predalčne nosilce

Fasadne plošče

Krovna korita

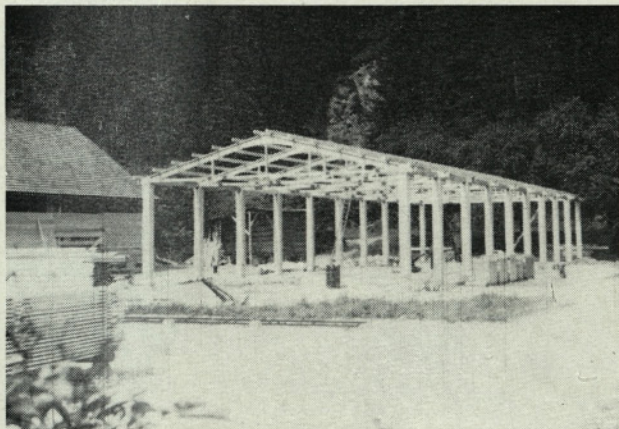
DIN nosilci (za montažni strop)

Montažne lope, L = 12,00 m (postavljamo
sami)

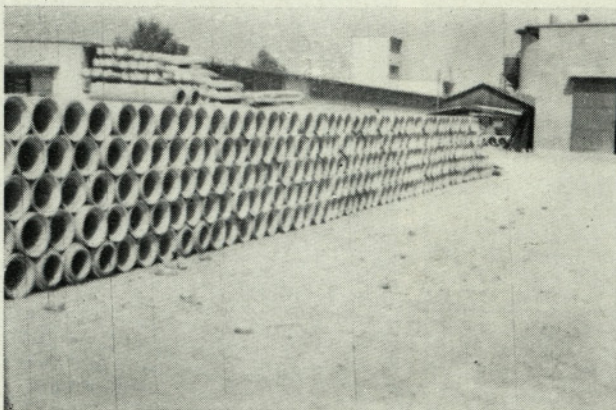
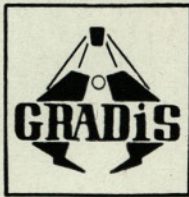
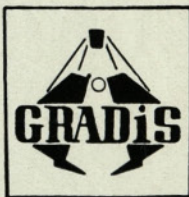
Avtobusna postajališča

Montažne garaže

Pohodne plošče



Montažna lopa



Betonske cevi

Harmonika vrata Pionir so vsestransko uporabna, ne samo kot vrata, temveč tudi kot premična predelna stena med dvema prostoroma, primerna zlasti v stanovanju med jedilnim kotom in dnevno sobo, v restavracijah, hotelih, šolah in poslovnih prostorih.



SGP

PIONIR

Novo mesto

gradi vse vrste
visokih in nizkih
gradenj kvalitetno
in v postavljenih rokih.
Velika proizvodnja
stanovanj za tržišče

Hotel »Diana«, Murska Sobota

Harmonika vrata Pionir dobavljamo v vseh dimenzijah po želji kupca in v vseh vrstah žlahtnega furnirja, vinil kože, skaja in ultrapasa.

Harmonika vrata Pionir je brez truda mogoče vgraditi v že vseljene prostore, važno je le, da se v zid in strop vgrade leseni vložki, v tla pa vodilo.

Harmonika vrata Pionir so oležajena, zato je pomikanje povsem brez težav. Vodilo v podu je nosilno, zato mora biti vgrajeno v višini gotovih tal.

Pri naročilu je podati naslednje podatke: širino in višino zidne odprtine (točnost v mm), enokrilna ali dvokrilna vrata, vrsta furnirja, skaja ali ultrapasa, vrsta predvidenega tlaka.