

UDK-UDC 05:624;
YU ISSN 0017-2774

LJUBLJANA,
JANUAR-FEBRUAR,

LETNIK XXXIX
STR.: 1-52

GRADBENI VESTNIK 1-2



**UNIVERZA V MARIBORU
TEHNIŠKA FAKULTETA
VTO GRADBENIŠTVO
GRADBENI INŠTITUT**

računalniško informacijski center

laboratorij za mehaniko tal
in temeljenje

laboratorij za preiskavo
materialov in konstrukcij

laboratorij za komunalno
hidrotehniko

center za ceste in cestni promet

raziskovalno projektivni biro

laboratorij za analizo konstrukcij

center za organizacijo,
tehnologijo in ekonomiko grajenja

laboratorij za teoretično in
eksperimentalno analizo
konstrukcij in optimizacijo

**ZVEZNI CENTER ZA IZOBRAŽEVANJE
GRADBENIH INŠTRUKTORJEV LJUBLJANA**
Ljubljana, Kardeljeva ploščad 27

IZPITNI ROKI ZA STROKOVNE IZPITE ARHITEKTOV IN GRADBENIKOV V LETU 1990

PISNI DEL		USTNI DEL	
16. december	1989	8.–12. januar	1990
20. januar	1990	5.–9. februar	1990
17. februar	1990	5.–9. marec	1990
17. marec	1990	2.–6. april	1990
19. april	1990	7.–11. maj	1990
19. maj	1990	4.–8. junij	1990
22. september	1990	8.–12. oktober	1990
20. oktober	1990	12.–16. november	1990
24. november	1990	10.–14. december	1990

PRIJAVE JE TREBA POSLATI VSAJ 20 DNI PRED
ROKOM ZA PISNI DEL IZPITA NA NASLOV: **ZVE-
ZNI CENTER ZA IZOBRAŽEVANJE GRADBENIH
INŠTRUKTORJEV, 61109 LJUBLJANA, KARDE-
LJEVA PLOŠČAD 27.**



GRADBENI VESTNIK

GLASILO ZVEZE DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE
ŠT. 1-2 • LETNIK 39 • 1990 • YU ISSN 0017-2774

VSEBINA - CONTENTS

Članki, študije, razprave
Articles studies,
proceedings

Ludvik Trauner: 30 LET VTO GRADBENIŠTVO	2
30 YEARS OF THE DEPARTMENT OF CIVIL AND STRUCTURAL ENGINEERING	
Ludvik Trauner, Stane Škrabl, Milica Skrbiš, Miran Jeler: UPORABA PROSTORSKE STABILNOSTNE ANALIZE	4
AN APPLICABILITY OF THE SPACE STABILITY ANALYSIS	
Boris Lutar: RAČUNANJE STENASTIH KONSTRUKCIJ Z METODO NADOMESTNIH OKVIROV	7
ANALYSIS OF SHEAR WALL BUILDINGS BY THE FRAME METHOD	
Boris Lutar: PROGRAM ELAST ZA ANALIZO HORIZONTALNO OBREMENJENIH STAVB	14
A COMPUTER PROGRAM ELAST FOR LATERAL LOADED MULTISTORY STRUCTURES	
Marjan Pipenbaher: ANALIZA REOLOŠKIH VPLIVOV PRI PROSTOKONZOLNI SEGMENTNI GRADNJI	18
ANALYSIS OF THE RHEOLOGICAL INFLUENCE ON SEGMENT METHOD ERECTED BRIDGES	
Peter Dobrila, Miran Ježovnik: ENOOSNA - UPOGIBNA OBREMENITEV ARMIRANOBETONSKIH PREREZOV (velika ekscentriteta)	23
UNIAXIAL - BENDING WITH AXIAL FORCE FOR RECTANGULAR BEAMS	
Mirko Pšunder, Danijel Rebolj: RAČUNALNIŠKO PODPRTO PLANIRANJE IN SPREMLJANJE PROJEKTOV V GRADBENIŠTVU	27
COMPUTER AIDED PROJECT PLANNING AND EVALUATION IN CIVIL ENGINEERING AND CONSTRUCTION	
Danijel Rebolj: ENOTEN PODATKOVNI MODEL OBJEKTOV V VISOKOGRADNJI ZA RAZLIČNE RAČUNALNIŠKO PODPRTE FAZE PROJEKTIRANJA	31
A UNIFORM DATA MODEL OF SUPERSTRUCTURES FOR VARIOUS COMPUTER AIDED STRUCTURAL DESIGN PHASES	
Božo Demšar: ŠE ENKRAT GEODETSKE OSNOVE ZA PROJEKTIRANJE CEST	34
Lojze Čepuš: IZ DELOVNIH KOLEKTIVOV	37
France Saje: KOMPOZITNA PRAMENA ZA PREDNAPENJANJE BETONSKIH KONSTRUKCIJ	41
COMPOSITE BARS FOR PRESTRESSING OF CONCRETE STRUCTURES	
Matjaž Zupan, Peter Žargi: IZBOLJŠANJE TOPLOTNE IZOLATIVNOSTI SENDVIČ FASADNIH ELEMENTOV	49
IMPROVING THE THERMAL INSULATION OF PREFABRICATED SANDWICH-CONSTRUCTION WALL PANELS	

Poročila, obvestila
Reports, Information

Poročila Fakultete za
arhitekturo, gradbeništvo
in geodezijo Univerze
E. Kardelja v Ljubljani

Proceedings of the
Department of Civil
Engineering University
E. Kardelj, Ljubljana

Informacije Zavoda
za raziskavo materiala
in konstrukcij Ljubljana

Proceedings of the
Institute for materials and
structure research
Ljubljana

Glavni in odgovorni urednik: FRANC ČAČOVIČ

Lektor: IRENA PUHAR - Tehnični urednik: DANE TUDJINA

Uredniški odbor: SERGEJ BUBNOV, VLADIMIR ČADEŽ, VOJTEH VLODYGA, STANE PAVLIN, GORAZD HUMAR, IVAN JECELJ, ANDREJ KOMEL, BRANKA ZATLER-ZUPANČIČ, JOŽE ŠČAVNIČAR, DR. MIRAN SAJE

Revija izdaja Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije, Ljubljana, Erjavčeva 15, telefon: 221.587. Žiro račun pri SDK Ljubljana 50101-678-47602. Tiska Tiskarna Tone Tomšič v Ljubljani. Revija izhaja mesečno. Celoletna naročnina, skupaj s članarino za člane društev znaša 30.000 din. Za študente in upokojence velja polovična cena. Naročnina za gospodarske naročnike za II. polletje 1989 znaša 250.000 din, za inozemske naročnike pa 50 US\$. Revija izhaja ob finančni pomoči Raziskovalne skupnosti Slovenije, Splošnega združenja gradbeništva in IGM Slovenije, Zveze vodnih skupnosti Slovenije, Zavoda za raziskavo materiala in konstrukcij Ljubljana in Fakultete za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo Univerze Edvarda Kardelja v Ljubljani.



18569

30 LET VTO GRADBENIŠTVO

UDK: 378.662.096(042):69

LUDVIK TRAUNER

POVZETEK

Članek je pozdrav udeležencem 30. obletnice začetka študija gradbeništva na Tehniški fakulteti univerze v Mariboru z dne 28. junija 1989. V govoru je prikazan pomen in vloga VTO v slovenskem graditeljstvu.

30 YEARS OF THE DEPARTMENT OF CIVIL AND STRUCTURAL ENGINEERING

SUMMARY

The paper presents the greeting to the participants of the celebration on the occasion of the 30th anniversary of studies at the Department of Civil and Structural Engineering at the Faculty of Technical Sciences University of Maribor, on June 28th, 1989. In the speech, the role and the importance of the Department for the development of building trade and construction industries in Slovenia are pointed out.

**Magnificenca,
spoštovani rektor,
dekan in gostje;
dragi kolegi in
študenti**

V veliko veselje mi je, da ste se odzvali in da skupaj praznujemo jubilej – 30. obletnico začetka študija gradbeništva v Mariboru.

Današnja proslava je zadnja v okviru praznovanj, ki so potekala v preteklih dneh po posameznih VTO-jih. Tem je sledila osrednja slavnostna proslava ob 30. obletnici TF in petek v Unionski dvorani. Slavnostni govorniki so že očrtali zgodovino TF in podali vizijo njenega razvoja. Trdno sem prepričan, da bomo sledili žlahtni in tehtni misli rektorja prof. dr. Alojza Križmana.

Ker ste vsi prejeli naš jubilejni almanah »VTO-GRADBENIŠTVO 1959–1989«, v katerem so podani pomembnejši dogodki, ločnice in podatki o prehojeni poti, mi dovolite, da s tega mesta ne operiram ponovno s številkami in podajanjem dosežkov, temveč da ponudim svoje občutke, ki so ob tej slovesnosti v meni:

Kot nekdanji študent in sedanji učitelj sem izredno počaščen in vesel, da lahko pozdravim svoje profesorje. Predvsem njim in še tistim, ki niso med nami, gre zahvala, da imamo danes našo VTO tako, kot je – znano širom po domovini in v svetu. Zahvala gre tudi vsem profesorjem iz drugih VTO na TF oz. univerze v Mariboru, nadalje univerze Edvarda Kardelja v Ljubljani, posebno profesorjem FAGG-a, ki so nam vedno nesebično priskočili na pomoč v najtežjih trenutkih našega obstoja; to je v času, ko so nas še pestili kadrovski problemi.

Sedaj lahko ponosno in zravnano priznamo, da smo se postavili na lastne noge.

Posebej pa sem vesel, da v avditoriju vidim znane obraze naših študentov – diplomantov, od prve generacije pa do danes, ki so sedaj priznani strokovnjaki. Mnogi izmed njih in tudi tisti, ki niso prisotni, so prevzeli pomembne naloge v stroki in družbi. Ponosni smo nanje, saj se v njihovih delih zrcali naše ime.

Avtor:
Prof. dr. Ludvik Trauner, dipl. grad. inž.,
predstojnik VTO
Gradbeništvo na Tehniški fakulteti Univerze v Mariboru

Dragi prijatelji, iz vaših obrazov vidim, da se tudi vi veselite tega jubileja. Zavedajmo se, da vsi skupaj predstavljamo homogeno celoto. Ponosno in samozavestno hodite po svoji – naši poti, z nenehnim utrjevanjem znanja in osveščeno strokovnostjo; pri tem pa se zavedajte, da znanje predstavlja bogastvo, ki izginja kot material, če se ne uporablja.

Na srce pa vam polagam, da si izberite svoje mesto in srečo v družbi. Nihče vam je ne bo podaril; sami si jo morate priboriti z znanjem. Bojevati morate dvojni boj, boj z okoljem in samim seboj. Eden je težji od drugega. Premagati sebe je pogosto najtežje. Šele takrat, ko se človek zave dejstva in ga tudi sprejme, da je v vsem odvisen od svojega lastnega znanja, moči in odločitve, in ko doseže strpno, neomahljivo ubranost s samim seboj, lahko osrečuje druge.

Zato ne morem, da se ne bi vprašal: zakaj je padlo zanimanje mladih za študij gradbeništva in kdo je kriv za to? Ali bo naša bodoča družba res zgolj družba robotike, elektronike in avtomatike? Kot da nimamo duše in srca! Kot da nismo bitja, ki rada živijo v toplem in varnem domu, lepem in zdravem okolju! Mislím in upam, da ni tako. Že sedaj se srečujemo z ekološkimi, sanacijskimi in drugimi problemi reševanja urbanega prostora za naravno, človeka dostojno življenje.

Vsak dan znova se je potrebno zavedati, da imamo srečo, da živimo na enem izmed najlepših predelčkov sveta. Tega moramo čuvati in ohraniti v kar najbolj neomadeževani obliki. Priznati si je treba, da je bilo v preteklosti storjenih veliko napak, ki jih moramo popraviti: zgraditi moramo še veliko novega, boljšega in lepšega. Za vse to so predvsem poklicani gradbeniki, dobri strokovnjaki, ki ne bodo kar tako spoštljivo klonili in prisluhnili vsakršni politični oz. administrativni odločitvi, temveč s strokovno inovativnostjo, podprto z najnovejšimi znanstvenimi izsledki, postali odločilni ustvarjalci novega prostora in časa.

Prav v tem čutim bodoče poslanstvo naše ustanove, za katero je značilno, da se je znala od vsega začetka povezovati z združenim delom. Danes, ko odpiramo nove prostore našega inštituta, se moram zahvaliti vsem tistim, ki so nesebično, z velikim poslušom in pripravljenostjo priskočili na pomoč, v moralnem in materialnem pogledu. Zavedamo se, kaj pomenimo drug drugemu. Z vašo pomočjo opravljamo najzahtevnejša raziskovalna dela, uporabna doma in v svetu. Rezultati teh del so nedvomno odjeknili tudi že v RSS, PoRS in ORS, ki nas že priznavajo in nam odmerjajo vedno večji delež.

V okviru akcije 2000 mladih raziskovalcev trenutno izobražujemo 16 kandidatov, bodočih učiteljev oz. raziskovalcev v OZD. Do sedaj smo pri nas promovirali že 2 doktorja in 9 magistrstov tehnične znanosti, kar poleg 224 diplomiranih inženirjev in 1447 inženirjev gradbene stroke predstavlja znaten delež gospodarstvu. Ko potujemo širom po svetu, smo veseli in ponosni, kadar srečamo našega strokovnjaka, pogostokrat tudi na vodilnih mestih pri gradnji pomembnih in najzahtevnejših objektov.

Sodelujemo z najuglednejšimi univerzami in inštitucijami v svetu; na mednarodnih strokovnih srečanjih in revijah objavljamo rezultate našega dela; z dodiplomskim in podiplomskim izobraževanjem tekmujeemo z najboljšimi; s svetovalnimi in vzgojnimi programi pomagamo vsemu graditeljstvu, da bi kar najhitreje pridobilo najboljše kadre, znanje in tehnologijo; pospešeno spreminjamo in posodabljammo lastne programe in opremo, saj se globoko zavedamo znanega izreka antičnega misleca: »Kdor je pameten, ve, da lahko oči dvakrat in iz dveh vzrokov odpovedo: prvič, če stopimo iz svetlobe v temo; drugič, če iz teme stopimo v svetlobo.«

Podobno je z nami. Zato moramo danes nezadržno stopati v svetlobo, naprej – niti koraka nazaj. Ob tem pa naj nas vodi misel našega velikega pesnika:

Široko, ravno izpeljite cesto,
ki nam držala bo v svobode mesto,
čvrst most nam sezidajte čez prepad,
da zopet mogel bo do brata brat.

UPORABA PROSTORSKE STABILNOSTNE ANALIZE

UDK 624.131.537:519.68

LUDVIK TRAUNER, STANE ŠKRABL, MILICA SKRBIŠ, MIRAN JELER

POVZETEK

Članek obravnava uporabo prostorske stabilnostne analize v gradbeni praksi. Najprej so podane teoretične osnove, ki upoštevajo metodo mejnih ravnovesnih stanj; uporabljeni so togi končni elementi – bloki. Postopek reševanja je grafoanalitičen ali numeričen. Na zglednem primeru je prikazana uporaba programa TRISTA, ki je izdelan na podlagi podanih rešitev, podana je tudi uporabnost prostorske stabilnostne analize.

AN APPLICABILITY OF THE SPACE STABILITY ANALYSIS

SUMMARY

The paper presents an applicability of the space stability analysis in the construction practice. A theory, based on the method of limit equilibrium state is applied on a stiff finite elements – blocks. The method of solution is graphical – analytic or a numerical method.

The computer program TRISTA based on this theory shows the applicability of the space stability analysis.

UVOD

Pri mnogih praktičnih nalogah se ponavadi zanimamo le za oceno stabilnostne varnosti pobočij in nasipov pri določenem obremenilnem stanju. Pri računanju takšnih nalog se navadno zadovoljimo z aproksimativnimi rešitvami, ki upoštevajo metodo mejnih ravnovesnih stanj (MMRS).

Pričujoči članek obravnava prostorsko stabilnostno analizo, ki je zasnovana na podlagi MMRS z uporabo togih prostorskih končnih elementov – blokov. V prejšnjih študijah (Trauner, 1984 in 1986) je bilo že opozorjeno na napake, ki se napravijo, če se pri izrazito prostorsko oblikovanih drsnih ploskvah zanemarijo sferne ukrivljenosti in upoštevajo le konstantne mobilizirane strižne karakteristike zemljin (kot je to običajno pri tradicionalnih ravninskih stabilnostnih analizah). Zato bo tukaj podana le uporaba predlagane prostorske stabilnostne analize, ki daje kvalitativno in kvantitativno boljše rezultate kot doslej znane konvencionalne ravninske stabilnostne analize.

V tej študiji bodo najprej povzete teoretične osnove za grafoanalitično oziroma numerično reševanje prostorske

stabilnosti (rešitve so primerne za interaktivno delo z računalnikom), nato pa bo na zglednem primeru z uporabo programa TRISTA prikazana uporabnost podane rešitve.

OSNOVNE ENAČBE IN POTEK REŠEVANJA

Izbrano školjkasto oblikovano drsno telo V se razdeli na poljubno število n prizmatičnih blokov. Vsak blok i mora biti v ravnotežju z izbranimi smermi, prijemališči in velikostmi neznanih mobiliziranih reaktivnih sil A_i^a in znanimi akcijskimi silami A_i^a :

$$R_i^f = \Sigma A_i^f = R_i^f = \Sigma A_i^a \quad (1)$$

$$M_i^f = R_i^f \times r_i^f = M_i^a + \delta M = R_i^a \times r_i^a + \delta M \quad (2)$$

kjer pomenijo R_i^f , R_i^a in M_i^f , M_i^a reaktivne oziroma aktivne redukcijske rezultantne sile in momente, oziroma predstavljata r_i^f in r_i^a rezultatne ročice glede na izbrano točko O_i , δM pa predstavlja poljubno majhno vrednost.

Običajno imamo opraviti z naslednjimi silami A_i^a : lastna teža G_i , zunanje sile P_i (npr.: obremenilne sile najrazličnejših objektov, sidrne sile, podporne sile itd.), potresna sila H_i , porni tlaki U_i in znani medelementni sili E_{ji}^a ; reaktivne sile A_i^f pa so: mobilizirana sila Q_{mi} (delujoča na drsni

ploskvi S_{fi}) in neznani medelementni sili E_{ji} .

Reaktivno silo Q_{mi} razdelimo v komponenti $T_{c_{mi}}$ in $Q_{\phi_{mi}}$ v odvisnosti od mobilizirane kohezije c_{mi} in strižnega kota ϕ_{mi} :

$$Q_{mi} = S_{fi} \times a_{mi} \times \tau_{mi} = T_{c_{mi}} + Q_{\phi_{mi}} \quad (3)$$

Avtorji:

Prof. dr. Ludvik Trauner, dipl. gradb. inž. in v. pred. mag. Stane Škrabl, dipl. gradb. inž., Univerza v Mariboru, Tehniška fakulteta, VTO Gradbeništvo, Smetanova 17, 62000 Maribor

Mag. Milica Skrbiš, dipl. gradb. inž., ZRMK – Izpostava Maribor, Gorkega 1, 62000 Maribor, Miran Jeler, dipl. gradb. inž., I. Internacionala 30, 62000 Maribor

$$Q_{\phi mi} = T_{\phi mi} + N_i \quad (4)$$

$$\tau_{mi} = \tau_{fi}/F = c_{mi} + \sigma_i \cdot \text{tg} \phi_{mi} \quad (5)$$

a_i pomeni redukcijski faktor ($0 < a_i < 1$), τ_{fi} je porušna strižna trdnost zemljine in F je varnostni faktor.

Vsak blok i , ki je lahko tri- ali štiristranična prizma, je omejen s stranskimi medelementnimi ploskvami S_{ji} (j označuje sosednji element), z zgornjo površinsko ploskvijo S_{oi} in s spodnjo porušno oziroma drsno ploskvijo S_{fi} .

V notranjosti bloka i so definirane ploskve S_{ki} , ki določujejo konture zemljinskih slojev k ali ploskev precejajoče se podtalnice w (kadar je indeks $k = w$).

Za vsak blok i ovrednotimo najprej geometrijske in topološke podatke, ki določajo ploskve S_{ki} v prostoru. Ploskve S_{ki} podajamo bodisi:

– grafično v sferni Lambert-Schmidtovi ekvivalentni projekciji (John, 1968) s trasami:

$$d_{ki} = d_{ki} \{ (v_d)_{ki}, (\alpha_d)_{ki} \} \quad (6)$$

$(v_d)_{ki}$ in $(\alpha_d)_{ki}$ pomenita smerni in naklonski kot ploskve S_{ki} ,

ali

– analitično s splošno enačbo ravnine v prostoru, ki gre skozi tri točke T_{ki} ploskve S_{ki} , v naslednji vektorski obliki:

$$\{ \bar{r} - (\bar{r}_1)_{ki} \} \{ \bar{r} - (\bar{r}_2)_{ki} \} \{ \bar{r} - (\bar{r}_3)_{ki} \} = 0 \quad (7)$$

Z znanimi volumni V_{ki} med dvema sosednjima ploskvama S_{ki} in $S_{(k-1)i}$ (V_{ki} je diskretizirani del volumna V_k sloja k , ki pripada bloku i) in s pripadajočimi efektivnimi prostorninskimi težami γ_{ki} določimo gravitacijske sile G_{ki} , ki jih seštejemo v celotno težo G_i bloka i .

Vsaki poljubni ploskvi S_{ri} lahko določimo smerne koeficiente njene normale n_{ri} ($\cos \alpha_{ri}, \cos \beta_{ri}, \cos \gamma_{ri}$), ki omogočajo grafično ali numerično razstavitev sil A_{ri} , v komponente X_{ri}, Y_{ri} in Z_{ri} v smeri izbranih kartezijevih osi x, y in z .

Pri prostorski stabilnostni analizi razpolagamo pri vsakem bloku i s 6 ravnovesnimi pogoji, ki ne zadoščajo, da bi določili vsa prijemališča T_{Ai}^r , smeri e_{Ai}^r in velikosti vseh reaktivnih (neznanih) sil A_i^r . Problem je torej statično nedoločen; z uporabo supozicij pa ga prevedemo v statično določen sistem. Običajno izberemo naslednje supozicije:

- (i) prijemališče in smer reakcije T_{cmi} ,
- (ii) prijemališče in smer reakcije $Q_{\phi mi}$,
- (iii) prijemališči in smeri medelementnih sil E_{ji}^r .

Za vsak blok i izberemo supozicije (i) do (iii). Z izbranim varnostnim količnikom F_1 določimo velikost reaktivne komponente T_{cmi} in dodamo to silo k znanim aktivnim silam A_i^a . V poljubno izbrani redukcijski točki O določajo sile A_i^a redukcijsko rezultanto R_i^a z rezultantnim momentom M_i^a .

Z upoštevanjem zgornjih supozicij ostanejo še 3 neznane količine: velikost reakcijske komponente $Q_{\phi mi}$ in medele-

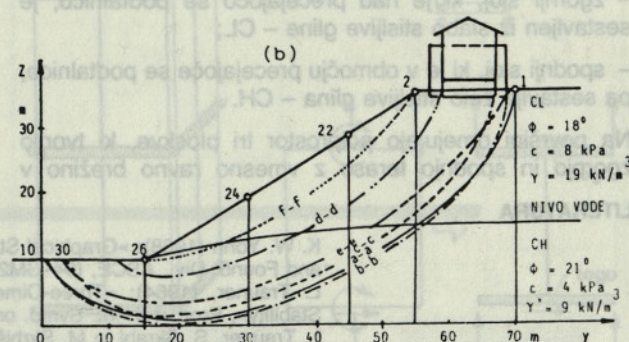
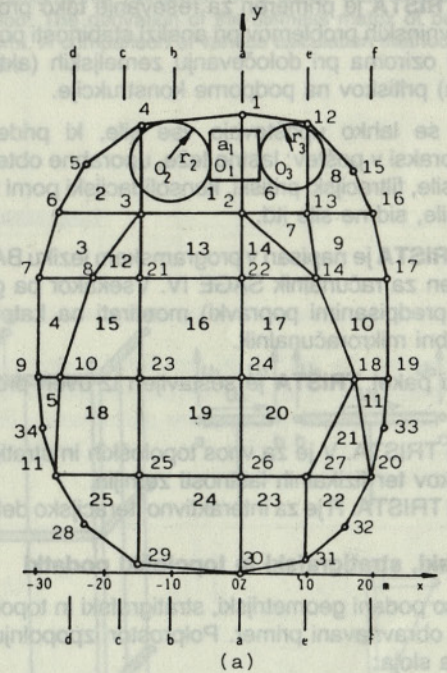
mentnih reakcij E_{ji}^r in $E_{(j+1)i}^r$. Te količine določimo s tremi silnimi ravnovesnimi pogoji sil.

Pravilnost izbranih smeri in prijemališč neznanih sil $Q_{\phi mi}, E_{ji}^r$ in $E_{(j+1)i}^r$ nato preverimo s primerjavo vsote njihovih momentov M_i^r glede na redukcijsko točko O_i z momentom M_i^a . Izpolnjena mora biti pogojna enačba (2), z interaktivno iteracijskim postopkom, kjer smiselno spreminjamo supozicije (i) do (iii) in kjer moramo pogosto varirati tudi redukcijski faktor a_i , zastavljeni pogoj kmalu dosežemo.

Če ravnotežje v zadnjem bloku n izkazuje varnostni faktor $F_1 < 1$, moramo notranjo analizo ponoviti z manjšim varnostnim faktorjem, kot je bil izbran v prejšnjem postopku.

NUMERIČNA ANALIZA

Za računsko analizo smo izbrali splošni primer prostorskega stabilnostnega problema, kjer moremo obravnavati



Sl. 1. Geometrijski, stratiografski in topološki podatki prostorskega plazišča: a) tloris, b) prerez

nehomogenost polprostora, asimetrijo sferne drsne ploskve, poljubno precejajočo se podtalnico in različno zunanjo obtežbo. Pri numerični analizi smo uporabili program TRISTA.

Splošno o programu TRISTA

TRISTA (TRIakksialna Stabilnostna Analiza) je program za računanje stabilnosti pobočij in nasipov ter za določanje zemljinskih pritiskov na objekte. Analiza stabilnosti se izvaja interaktivno. Program je izdelan na podlagi v prejšnjem poglavju podanih teoretičnih rešitev.

Interaktivno delo s programom **TRISTA** se izvaja iteracijsko tako, da se pri vsakem bloku i v izbranem in diskretiziranem porušnem telesu predpostavijo določene supozicije, kot npr. prijemališča in smeri medelementnih sil, reakcijskih sil na drsni ploskvi, od aktivne obtežbe odvisne mobilizirane vrednosti strižnih karakteristik zemljin (c_{mi} in ϕ_{mi}) itd.

Program **TRISTA** je primeren za reševanje tako prostorskih kot ravninskih problemov pri analizi stabilnosti pobočij in nasipov oziroma pri določevanju zemeljskih (aktivnih in pasivnih) pritiskov na podporne konstrukcije.

V računu se lahko upoštevajo vse sile, ki pridejo v vsakdanji praksi v poštev: lastne teže, uporabne obtežbe, vzgonske sile, filtracijski pritiski, konsolidacijski porni tlaki, potresne sile, sidrne sile itd.

Program **TRISTA** je napisan v programskem jeziku BASIC in je prirejen za računalnik SAGE IV. Vsekakor pa ga je možno (s predpisanimi popravki) montirati na katerikoli drugi sodobni mikroročunalnik.

Programski paket **TRISTA** je sestavljen iz dveh programov:

- program TRISTA. V je za vnos topoloških in stratigrafskih podatkov ter fizikalnih lastnosti zemljin.
- program TRISTA. R je za interaktivno iteracijsko delo.

Geometrijski, stratigrafski in topološki podatki

Na sliki 1 so podani geometrijski, stratigrafski in topološki podatki za obravnavani primer. Polprostor izpopolnjujeta dva glinena sloja:

- zgornji sloj, ki je nad precejajočo se podtalnico, je sestavljen iz slabo stisljive gline – CL;
- spodnji sloj, ki je v območju precejajoče se podtalnice, pa sestavlja zelo stisljiva glina – CH.

Na površini omejujejo polprostor tri ploskve, ki tvorijo zgornjo in spodnjo teraso z vmesno ravno brežino v

naklonu 1 : 1,6. Ob robu gornje terase, ki leži 25 m višje od spodnje terase, je situiran objekt O_1 z dvema rezervoarjema O_2 in O_3 .

Rezervoarja imata krožno obliko z radijem $r_2 = 6$ m in $r_3 = 5$ m, objekt O_1 pa je kvadratne oblike s stranico $a_1 = 7,5$ m.

Prostorska stabilnostna analiza je izvršena za izbrano školjkasto oblikovano drsno ploskev. Zemljinsko telo smo diskretizirali na 25 elementov – blokov (glej sliko 1).

Obremenilni podatki in fizikalne karakteristike tal

V analizi so upoštevane naslednje aktivne sile:

- gravitacijske sile,
- vzgonske sile,
- filtracijske sile,
- uporabne obtežbe objektov O_1 , O_2 in O_3 , ki povzročajo ob dnu temeljev naslednje pritiske;

$q_1 = 150$ kPa, $q_2 = 50$ kPa in $q_3 = 100$ kPa.

Fizikalne značilnosti obeh glin so podane v preglednici 1.

Preglednica 1

AC klasifikacija zem.	Prostomin. teža (KN/m ³)	Efektivna prostor. teža	Strižni kot ϕ	Kohezija c kPa
CL	19	19	18°	8
CH	19	9	21°	4

Rezultati analize in njihova primerjava

Varnostni količnik prostorsko obravnavane stabilnostne analize je $F = 0,912$, medtem ko daje običajna ravninska stabilnostna analiza v prerezu a-a vrednost $F = 0,7$. Kot je bilo že opisano v prejšnjih objavah – Trauner in drugi (1984) in (1986) – daje primerjanje prostorske in ravninske stabilnostne analize pričakovane rezultate, to je prostorska stabilnostna analiza daje večje varnostne količnike F kot pa znani ravninski postopki.

SKLEP

Opisan je model prostorske stabilnostne analize, ki daje kvalitativno in kvantitativno boljše rezultate kot doslej znane konvencionalne ravninske stabilnostne analize (predvsem za koherentne zemljinske polprostore).

V članku prikazani rezultati določenega numeričnega primera prikazujejo program TRISTA, ki je uporaben predvsem za natančnejše in ekonomičnejše preračunavanje vrste geomehanskih problemov.

LITERATURA

- K. W. Yohn (1968): »Graphical Stability Analysis of Slopes in Jointed Rock«, *Year. of the Soil Mech. and Found. Div., ASCE*, (94-SM2), pp. 497–526.
- L. Trauner, (1984): »Three-Dimensional Graphic Analytical Analysis of Slope and Embankment Stability«, *Proc. 4-th Int. Symp. on Landslides*, (2-VII/a), Toronto, pp. 505–509.
- L. Trauner, S. Škrabl in M. Skrbiš (1986): »Stability with Load Dependent Shear Parameters«, VIII. Danube European Conf. on Soil Mech. and Found. Eng., Nürnberg.
- L. Trauner (1989): »The space stability analysis«, *First Southamerican Symposium on Landslides*, Paipa – Kolumbija.

RAČUNANJE STENASTIH KONSTRUKCIJ Z METODO NADOMESTNIH OKVIROV

UDK 624.072.33/073.8:519.68

BORIS LUTAR

POVZETEK

Članek prikazuje uporabo metode nadomestnih okvirov za računanje stenastih konstrukcij stavb. V strnjeni obliki je podana izpeljava togostnih matrik gradnikov. Podane so primerjave različnih metod preračuna za steno in jedro.

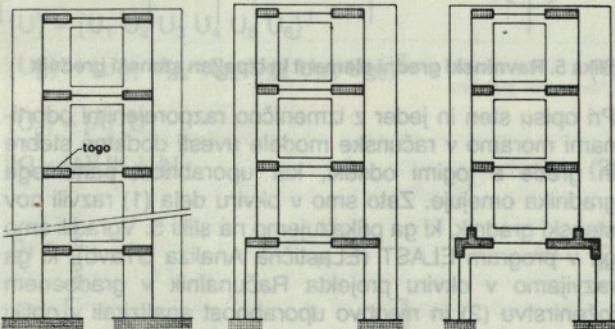
ANALYSIS OF SHEAR WALL BUILDINGS BY THE FRAME METHOD

SUMMARY

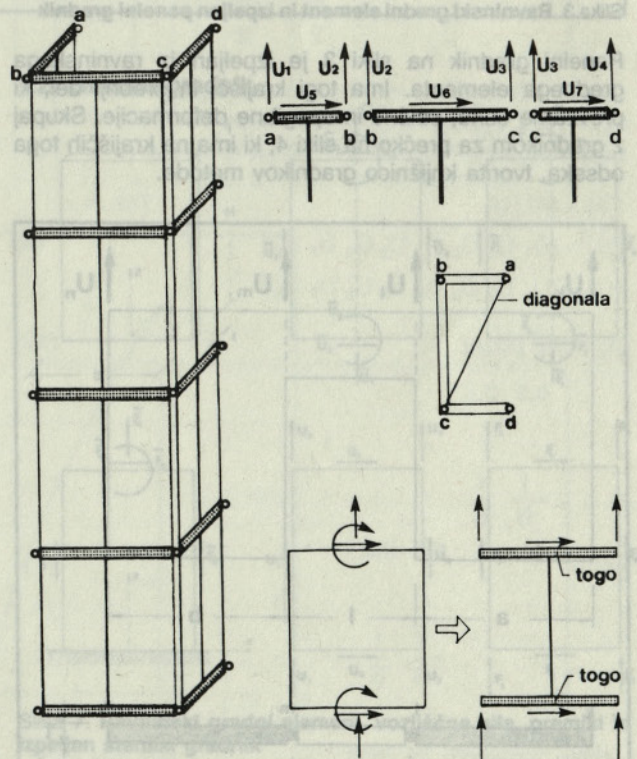
The Paper shows how plane and three-dimensional behaviour of a shear wall structure can be considered in analysis by the frame method. The derivation of the stiffness matrix of beam, panel and new wall element are given in short form. A comparison of various calculation methods for plane shear wall and core wall structure are given.

UVOD

Na sliki 1 prikazujemo računske modele sten z odprtinami za preračun s programom za računanje ravninskih okvirov. Računski model jedra na sliki 2, kjer dovolj toge diagonale na nivojih etažnih plošč preprečujejo deformiranje prereza jedra, pa lahko preračunamo s programom za računanje prostorskih okvirnih konstrukcij. V obeh primerih smo v računskem modelu uporabili nadomestne okvire in od tod tudi ime metode.



Slika 1. Računski modeli sten z odprtinami

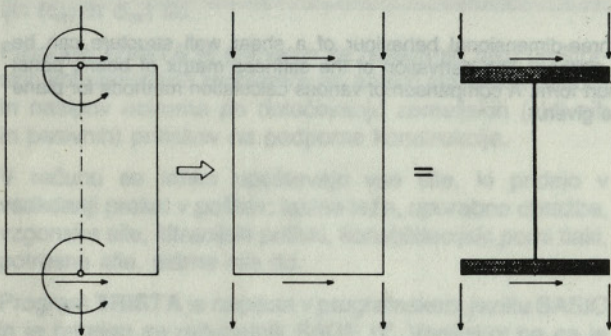


Slika 2. Računski model tankostenskega jedra

Avtor:
Boris Lutar, v. p. dr., dipl. gradb. inž., Univerza v Mariboru,
Tehniška fakulteta Maribor, VTO Gradbeništvo, Smetanova 17

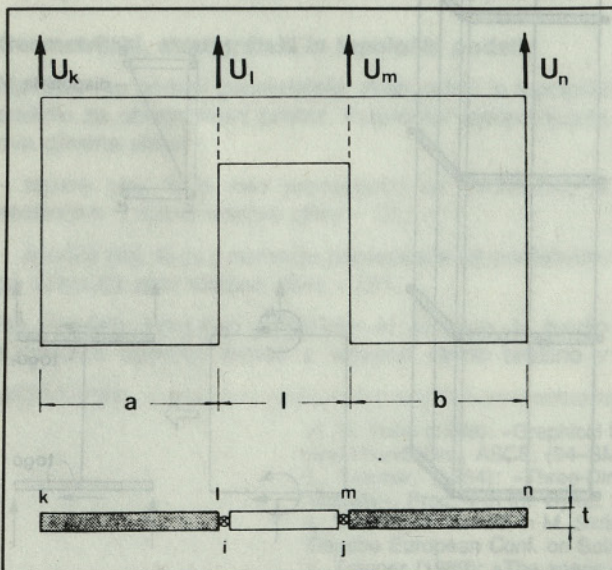
Zaradi običajnih poenostavitev v preračunih stavb (etažne plošče so toge v svojih ravninah, upogibna nosilnost sten v smeri pravokotno na ravnino sten se ne upošteva) se nekatere prostostne stopnje v računskih modelih izražajo kot linearna kombinacija bistvenih prostostnih stopenj (pomiki in zasuki etaž), nekatere pa lahko zanemarimo.

V računskih modelih sten in jeder s programi za okvirne konstrukcije nastopajo ravninske grede in stebri s togimi odseki in elementi, s katerimi simuliramo privzete poenostavitve. To zahteva večjo porabo časa za pripravo podatkov in izračun, kot bi bilo potrebno, obenem pa omejuje enostavnost uporabe metode. V primerih pogostejših izračunov je smiselna izdelava programskega orodja, ki upošteva privzete poenostavitve in značilnosti metode. Zato potrebujemo ustrezne gradnike (elemente), ki omogočajo enostaven opis računskih modelov.



Slika 3. Ravninski gredni element in izpeljan panelni gradnik

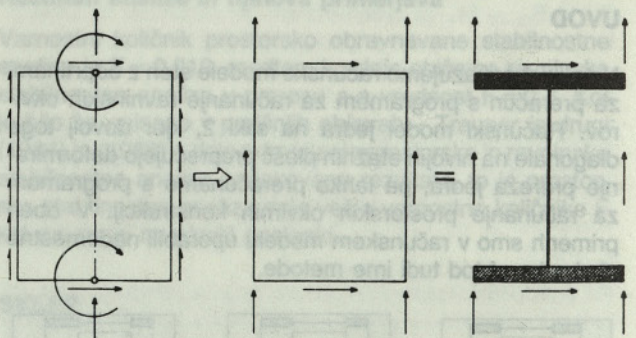
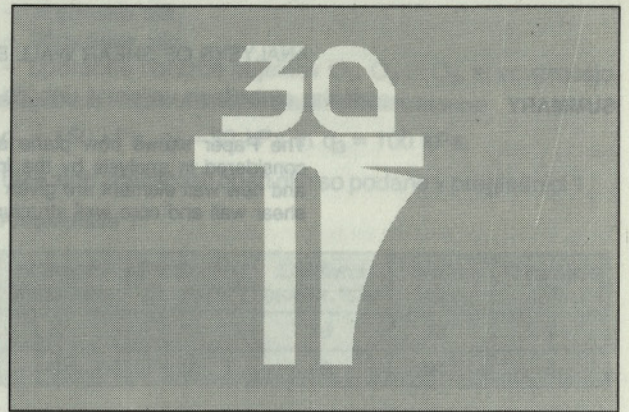
Panelni gradnik na sliki 3 je izpeljan iz ravninskega grednega elementa. Ima togi krajišči in srednji del, ki prevzame osne, strižne in upogibne deformacije. Skupaj z gradnikom za prečko na sliki 4, ki ima na krajiščih toga odseka, tvorita knjižnico gradnikov metode.



Slika 4. Priključitev prečke na steni in pomiki

Gradnik za prečko je izpeljan iz ravninskega grednega elementa ob upoštevanju, da ne prevzame osne deformacije. Z gradnikoma lahko opišemo računске modele sten in jeder z odprtinami ali brez njih po metodi nadomestnih okvirov.

Panelni gredniki nimajo povezave vzdolž vertikalnih robov, zato je prenos upogibnih togosti med njimi slab. Z uvedbo dodatnih gred velikih upogibnih togosti vzdolž horizontalnih robov stikujočih se panelov izboljšamo prenos obremenitev med paneli, s čimer povečamo upogibno togost računskega modela. Vpliv sil vzdolž vertikalnih stičnih robov panelov na upogibno togost je velik in ga ne smemo zanemariti.

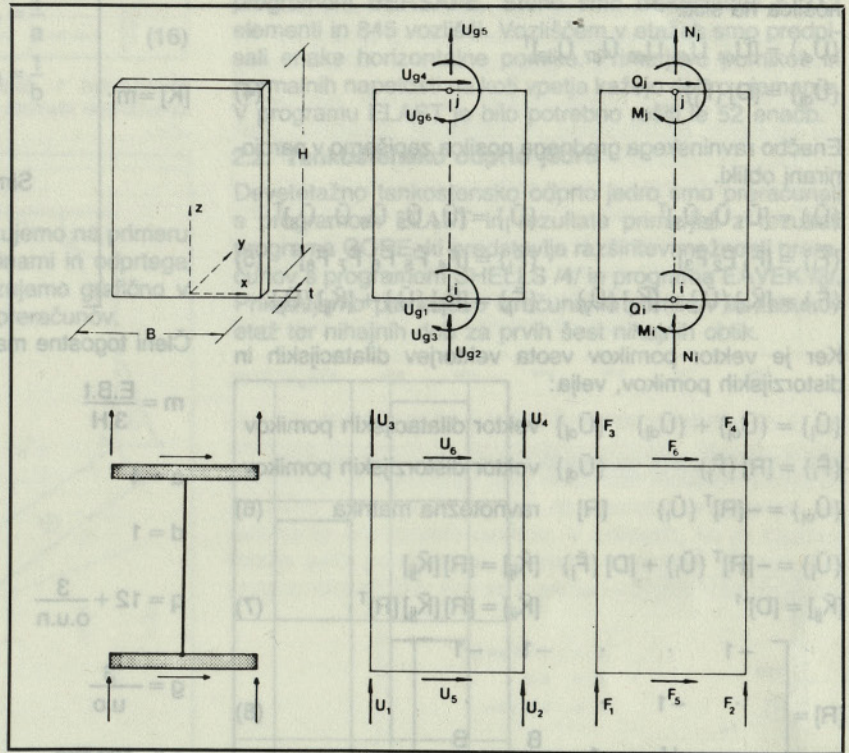


Slika 5. Ravninski gredni element in izpeljan stenski gradnik

Pri opisu sten in jeder z izmenično razporejenimi odprtinami moramo v računске modele uvesti dodatne stebre in grede s togimi odseki, kar uporabnost panelnega gradnika omejuje. Zato smo v okviru dela (1) razvili nov stenski gradnik, ki ga prikazujemo na sliki 5. Vgradili smo ga v program ELAST (ELastična Analiza STavb), ki ga razvijamo v okviru projekta Računalnik v gradbenem inženirstvu (2) in njegovo uporabnost analizirali v obliki primerjav rezultatov po različnih metodah preračuna ob uporabi dosegljivih programov (EAVEK, SHELLS, BERSAFE) in z rezultati iz literature. Na primerih preračuna stene z izmenično razporejenimi odprtinami in tankostenskega jedra prikazujemo uporabnost gradnika in razlike v rezultatih. Izpeljavo togostnih matrik gradnikov smo podali v strnjeni obliki.

1. TOGOSTNE MATRIKE GRADNIKOV

1.1. Panelni gradnik



Slika 6. Ravninski gredni element, vozliščne sile, premiki in izpeljan panelni gradnik

Izraz (1c) podaja zvezo med vektorjem premikov ravninskega grednega elementa in vektorjem pomikov panelnega gradnika.

Ob upoštevanju zvez med vektorjema pomikov in sil pri transformaciji dobimo izraz za izračun togostne matrice panelnega gradnika (enačba 2). V izrazu smo s [Kg] označili togostno matrico ravninskega grednega elementa, ki je znana in je ne podajamo.

$$\{U\} = \{U_1 \ U_2 \ U_3 \ U_4 \ U_5 \ U_6\}^T$$

$$\{U_g\} = \{U_{g1} \ U_{g2} \ U_{g3} \ U_{g4} \ U_{g5} \ U_{g6}\}^T \quad (1)$$

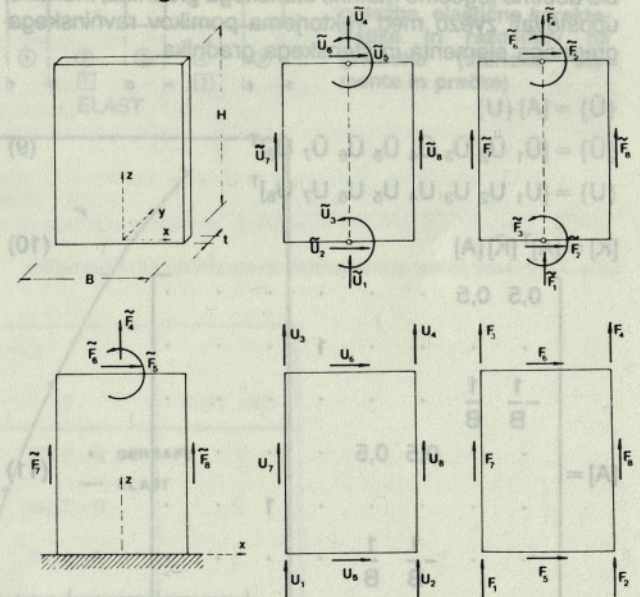
$$\{U_g\} = [A] \{U\}$$

$$[K] = [A]^T [K_g] [A] \quad (2)$$

$$g_1 = \frac{1}{2} \quad g_2 = \frac{1}{H} \quad g_3 = \frac{1}{B}$$

$$[A] = \begin{bmatrix} \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & 1 & -1 \\ g_1 & g_1 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ g_3 & -g_3 & \cdot & \cdot & -g_2 & g_2 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & -1 & 1 \\ \cdot & \cdot & g_1 & g_1 & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & g_3 & -g_3 & -g_2 & g_2 \end{bmatrix} \quad (3)$$

1.2. Stenski gradnik



Slika 7. Ravninski gredni element, vozliščne sile, premiki in izpeljan stenski gradnik

Togostno matrico stenskega gradnika izpeljemo iz ravninskega grednega elementa na sliki 7, ki je vzdolž vertikalnih

robov obremenjen z enakomerno obtežbo. Sili sta rezultanti obtežbe, pomika pa povprečna pomika robov.

Najprej določimo podajnostno matriko [D] konzolnega nosilca na sliki.

$$\{\bar{U}_{dj}\} = [\bar{U}_{d4} \bar{U}_{d5} \bar{U}_{d6} \bar{U}_{d7} \bar{U}_{d8}]^T$$

$$\{\bar{U}_{dj}\} = [D] \{\bar{F}_j\} \quad (4)$$

Enačbo ravninskega grednega nosilca zapišemo v parcilirani obliki.

$$\{\bar{U}_i\} = [\bar{U}_1 \bar{U}_2 \bar{U}_3]^T \quad \{\bar{U}_j\} = [\bar{U}_4 \bar{U}_5 \bar{U}_6 \bar{U}_7 \bar{U}_8]^T$$

$$\{\bar{F}_i\} = [\bar{F}_1 \bar{F}_2 \bar{F}_3]^T \quad \{\bar{F}_j\} = [\bar{F}_4 \bar{F}_5 \bar{F}_6 \bar{F}_7 \bar{F}_8]^T \quad (5)$$

$$\{\bar{F}_i\} = [\bar{K}_{ii}] \{\bar{U}_i\} + [\bar{K}_{ij}] \{\bar{U}_j\} \quad \{\bar{F}_j\} = [\bar{K}_{ji}] \{\bar{U}_i\} + [\bar{K}_{jj}] \{\bar{U}_j\}$$

Ker je vektor pomikov vsota vektorjev dilatacijskih in distorzijskih pomikov, velja:

$$\{\bar{U}_j\} = \{\bar{U}_{oj}\} + \{\bar{U}_{dj}\} \quad \{\bar{U}_{oj}\} \text{ vektor dilatacijskih pomikov}$$

$$\{\bar{F}_i\} = [R] \{\bar{F}'_i\} \quad \{\bar{U}_{dj}\} \text{ vektor distorzijskih pomikov}$$

$$\{\bar{U}_{oj}\} = -[R]^T \{\bar{U}_i\} \quad [R] \text{ ravnotežna matrika} \quad (6)$$

$$\{\bar{U}_j\} = -[R]^T \{\bar{U}_i\} + [D] \{\bar{F}_j\} \quad [\bar{K}_{ij}] = [R] [\bar{K}'_{ij}]$$

$$[\bar{K}'_{ij}] = [D]^{-1} \quad [\bar{K}'_{ij}] = [R] [\bar{K}'_{ij}] [R]^T \quad (7)$$

$$[R] = \begin{bmatrix} -1 & \cdot & \cdot & -1 & -1 \\ \cdot & -1 & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & H & -1 & \frac{B}{2} & -\frac{B}{2} \end{bmatrix} \quad (8)$$

Da dobimo togostno matriko stenskega gradnika, moramo upoštevati zvezo med vektorjema pomikov ravninskega grednega elementa in stenskega gradnika.

$$\{\bar{U}\} = [A] \{U\}$$

$$\{\bar{U}\} = [\bar{U}_1 \bar{U}_2 \bar{U}_3 \bar{U}_4 \bar{U}_5 \bar{U}_6 \bar{U}_7 \bar{U}_8]^T \quad (9)$$

$$\{U\} = [U_1 U_2 U_3 U_4 U_5 U_6 U_7 U_8]^T$$

$$[K] = [A]^T [\bar{K}] [A] \quad (10)$$

$$[A] = \begin{bmatrix} 0,5 & 0,5 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & 1 & \cdot & \cdot & \cdot \\ -\frac{1}{B} & \frac{1}{B} & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & 0,5 & 0,5 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & 1 & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & -\frac{1}{B} & \frac{1}{B} & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & 1 & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & 1 \end{bmatrix} \quad (11)$$

Togostna matrika stenskega gradnika:

$$[K] = m \cdot \begin{bmatrix} a & b & b & d & \cdot & \cdot & e & f \\ \cdot & a & d & b & \cdot & \cdot & f & e \\ \cdot & \cdot & a & b & \cdot & \cdot & e & f \\ \cdot & \cdot & \cdot & a & \cdot & \cdot & f & e \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & g & -g & p & -p \\ \text{Sim.} & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & g & -p & p \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & q & w \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & q \end{bmatrix} \quad (12)$$

Členi togostne matrike stenskega gradnika:

$$m = \frac{E \cdot B \cdot t}{3 \cdot H} \quad o = \frac{E}{G} \quad n = \frac{B^2}{H^2}$$

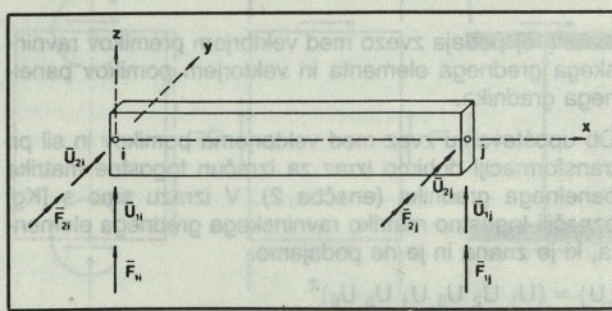
$$a = 4 \quad b = 2 \quad u = 1,20$$

$$d = 1 \quad f = -3 \quad e = -6$$

$$q = 12 + \frac{3}{o \cdot u \cdot n} \quad w = 6 - \frac{3}{o \cdot u \cdot n} \quad p = \frac{3 \cdot H}{u \cdot o \cdot B} \quad (13)$$

$$g = \frac{3}{u \cdot o}$$

1.3. Prečka



Slika 8. Vozliščne sile, premiki in koordinatni sistem grednega elementa prečke

Prečka povezuje stenska ali panelna gradnika (slika 4). Pri določitvi togostne matrike prečke izhajamo iz ravninskega grednega elementa na sliki 8, ki ne prevzame osnih deformacij. Pomika in zasuka v priključnih točkah grednega elementa na steni izrazimo z vertikalnimi pomiki stenskih oziroma panelnih elementov. Ob upoštevanju zveze med vektorjema sil in premikov pri transformaciji lahko izrazimo togostno matriko prečke (enačba 15).

$$\{U\} = [U_k U_l U_m U_n]^T$$

$$\{\bar{U}\} = [U_{1i} U_{2i} U_{1j} U_{2j}]^T \quad (14)$$

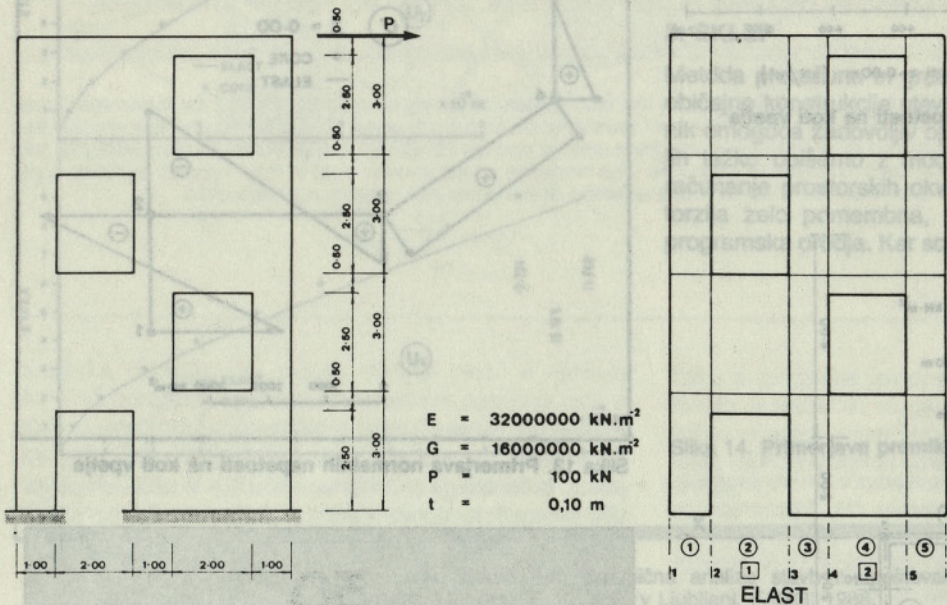
$$\{\bar{U}\} = [T] \{U\}$$

$$[T] = [T]^T [K_p] [T] \quad (15)$$

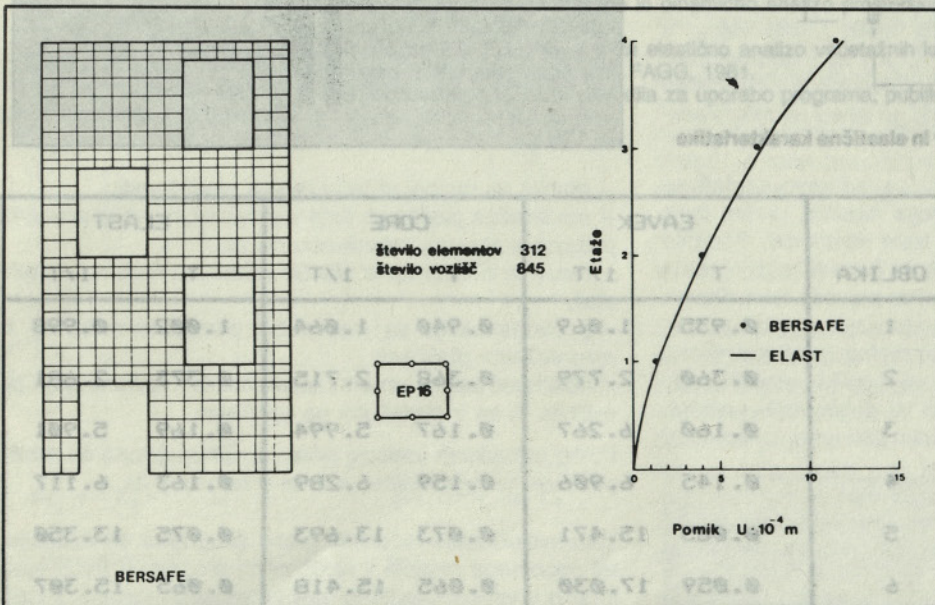
$$[T] = \begin{bmatrix} \cdot & \cdot & 1 & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & t_1 & -t_1 & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & 1 & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & t_2 & -t_2 \end{bmatrix} \quad \begin{matrix} t_1 = \frac{1}{a} \\ t_2 = \frac{1}{b} \end{matrix} \quad (16)$$

2. PRIMERI

Uporabnost metode in gradnikov prikazujemo na primeru stene z izmenično razporejenimi odprtinami in odprtega tankostenskega jedra. Rezultate prikazujemo grafično v obliki primerjav z različnimi metodami preračunov.



Slika 9. Dimenzije stene, obtežba, elastične karakteristike in razdelitev na gradnike (stenske elemente in prečke)



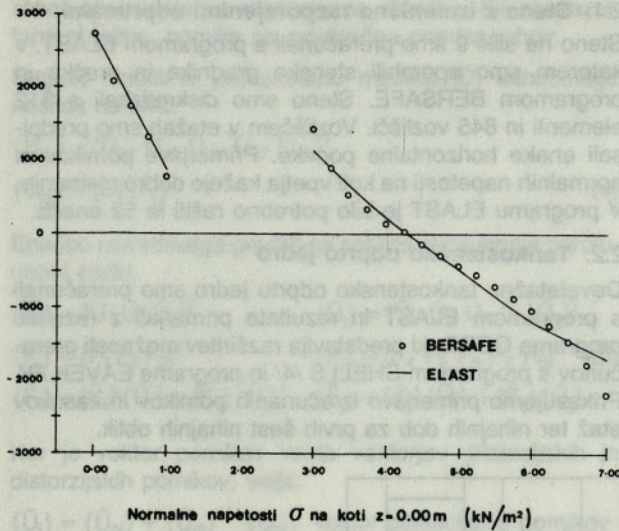
Slika 10. Računski model stene za program BERSAFE in primerjava etažnih pomikov

2.1. Stena z izmenično razporejenimi odprtinami

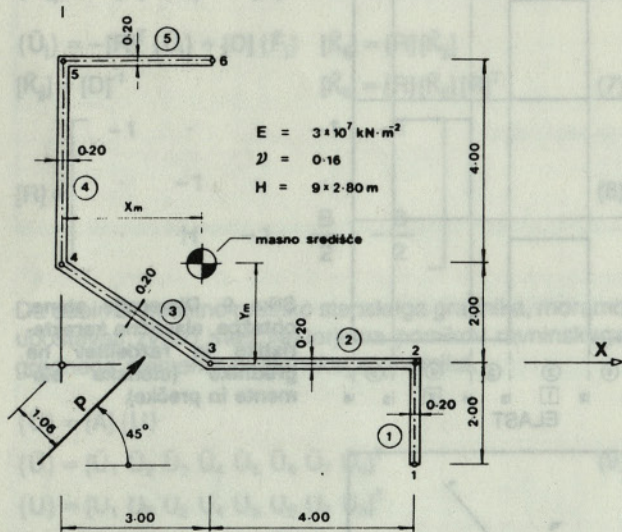
Steno na sliki 9 smo preračunali s programom ELAST, v katerem smo uporabili stenske gradnike in prečke in programom BERSAFE. Steno smo diskretizirali s 312 elementi in 845 vozlišči. Vozliščem v etažah smo predpisali enake horizontalne pomike. Primerjave pomikov in normalnih napetosti na koti vpetja kažejo dobro ujemanje. V programu ELAST je bilo potrebno rešiti le 52 enačb.

2.2. Tankostensko odprto jedro

Devetetažno tankostensko odprto jedro smo preračunali s programom ELAST in rezultate primerjali z rezultati programa CORE, ki predstavlja razširitev možnosti preračunov s programom SHELLS /4/ in programa EAVEK /3/. Prikazujemo primerjavo izračunanih pomikov in zasukov etaž ter nihajnih dob za prvih šest nihajnih oblik.



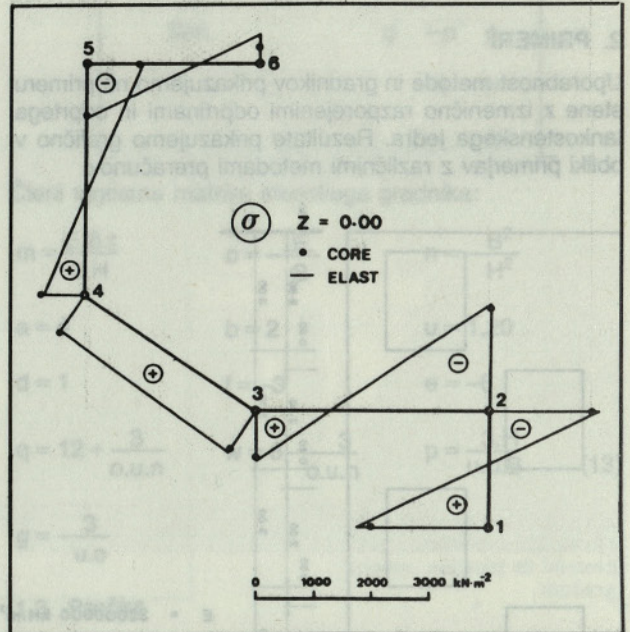
Slika 11. Primerjava normalnih napetosti na koti vpetja



Slika 12. Prezrez jedra, obremenitev in elastične karakteristike

Etaza	Sila	Masa	Maasni moment	X_m	Y_m
1 - 8	17.82 kN	63.266 $\text{kN}\cdot\text{m}^2$	715.274 $\text{kN}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^2$	2.804 m	2.002 m
9	8.91 kN	51.417 $\text{kN}\cdot\text{m}^2$	566.562 $\text{kN}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^2$	2.840 m	1.974 m

Preglednica 1: Sile, mase, masni vztrajnostni momenti in koordinate masnih središč

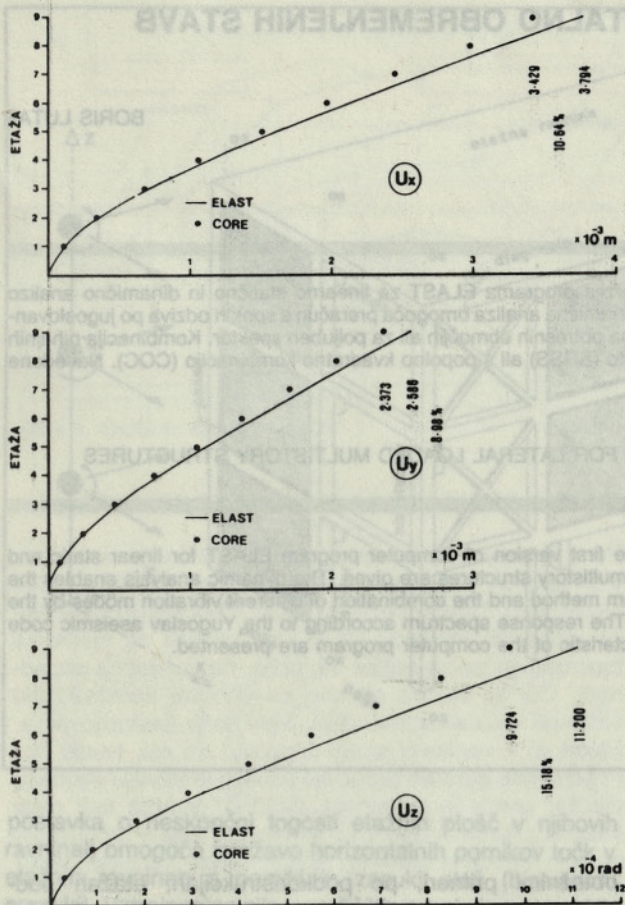


Slika 13. Primerjava normalnih napetosti na koti vpetja



OBLIKA	EAVEK		CORE		ELAST	
	T	1/T	T	1/T	T	1/T
1	0.935	1.069	0.940	1.064	1.002	0.998
2	0.360	2.779	0.368	2.715	0.373	2.681
3	0.160	6.267	0.167	5.994	0.169	5.901
4	0.145	6.906	0.159	6.289	0.163	6.117
5	0.065	15.471	0.073	13.693	0.075	13.350
6	0.059	17.030	0.065	15.418	0.065	15.307

Preglednica 2: Primerjava nihajnih dob in frekvenc



kažejo opravljene analize, da so metoda in gradniki v praksi uporabni in da v večini primerov prikazana odstopanja nimajo večjega vpliva.

Na diagramu normalnih napetosti nismo prikazali rezultatov programa EAVEK, ker so razlike med rezultati programa CORE in rezultati programa EAVEK premajhne.

Primerjave rezultatov kažejo dobro ujemanje nihajnih dob, normalnih napetosti in horizontalnih pomikov ter slabše ujemanje etažnih zasukov. Mehanizem za prevzem torzijskih obremenitev je kljub povezavi stenskih gradnikov vzdolž vertikalnih stičnih robov slab, ker prevzamejo stenski gradniki jedra torzijsko obremenitev predvsem z upogibno odpornostjo. Ker v večini realnih konstrukcij lokalna torzijska obremenitev jedra ni zelo pomembna, so prikazane razlike v sprejemljivih mejah.

3. SKLEP

Metoda preračuna in gradniki so v primerjavi z MKE za običajne konstrukcije stavb ekonomičnejši. Stenski gradnik omogoča zadovoljiv opis računskih modelov stavb, ki jih težko opišemo z modeli za uporabo programov za računanje prostorskih okvirov. V primerih, ko je lokalna torzija zelo pomembna, moramo uporabiti ustrežnejša programska orodja. Ker so ti primeri v praksi manj pogosti

Slika 14. Primerjava premikov etaž

LITERATURA

1. B. Lutar, Statična in dinamična analiza stavb z upoštevanjem prostorskih makroelementov, disertacija, Univerza E. Kardelja v Ljubljani, FAGG, 1988.
2. B. Lutar, Program za statično in dinamično analizo prostorskih konstrukcij stavb, poročilo o delu za PoRS RP 06-2687-797-88.
3. P. Fajfar, EAVEK, Program za elastično analizo večetažnih konstrukcij, publikacija IKPIR št. 13, Univerza E. Kardelja v Ljubljani, FAGG, 1981.
4. B. Dobovišek, SHELLS, Navodila za uporabo programa, publikacija RC-FAGG, Ljubljana, 1974.

PROGRAM ELAST ZA ANALIZO HORIZONTALNO OBREMENJENIH STAVB

UDK 624.04:519,68

BORIS LUTAR

POVZETEK

V prispevku je podan opis prve verzije programa ELAST za linearno statično in dinamično analizo horizontalno obremenjenih stavb. Dinamična analiza omogoča preračun s spektri odziva po jugoslovanskih predpisih za gradnjo objektov na potresnih območjih ali za poljuben spekter. Kombinacija nihajnih oblik je mogoča z geometrijsko vsoto (SRSS) ali s popolno kvadratno kombinacijo (CQC). Navedene so bistvene značilnosti programa.

A COMPUTER PROGRAM ELAST FOR LATERAL LOADED MULTISTORY STRUCTURES

SUMMARY

In this article the description of the first version of computer program ELAST for linear static and dynamic analysis of lateral loaded multistory structures are given. The dynamic analysis enables the calculation by the response spectrum method and the combination of different vibration modes by the SRSS and CQC combination rule. The response spectrum according to the Yugoslav aseismic code are also included. The main characteristic of the computer program are presented.

UVOD

Računalniški program ELAST razvijamo v okviru projekta Računalnik v gradbenem inženirstvu (1). Namenjen je preračunu stavb, obremenjenih s silami vetra in potresa. V okviru dinamične analize omogoča preračun po metodi s spektri odziva za podan spekter ali spektre po jugoslovanskih predpisih za gradnjo objektov na potresnih območjih. Prispevke nihajnih oblik lahko kombiniramo s popolno kvadratno kombinacijo (CQC) ali z geometrijsko vsoto (SRSS). Program je pisan modularno in v standardu jezika FORTRAN77. Uporabljamo ga lahko na mikroračunalnikih.

Prvo verzijo sestavljajo moduli za pripravo podatkov, analizo, grafični prikaz računskega modela, urejen izpis vhodnih podatkov in modul za izpis rezultatov. Podatke pripravimo paketno z urejevalnikom besedil v obliki stavkov, ki omogočajo generiranje v kar največji meri. Razen modulov za pripravo podatkov, urejen izpis vhodnih podatkov in analizo, omogočajo ostali dialog z računalnikom. Rezultati programa so organizirani v obliki binarnih datotek in omogočajo izpise v krajši ali daljši obliki večkrat, vse dokler ne izbrišemo datotek. Izbiramo lahko med

obtežnimi primeri, po podkonstrukcijah, etažah podkonstrukcij in gradnikih (elementih) programa. Grafični prikaz računskega modela konstrukcije v različnih pogledih omogočajo dobro kontrolo pravilnosti opisa računskega modela.

1. OSNOVE RAČUNSKEGA POSTOPKA

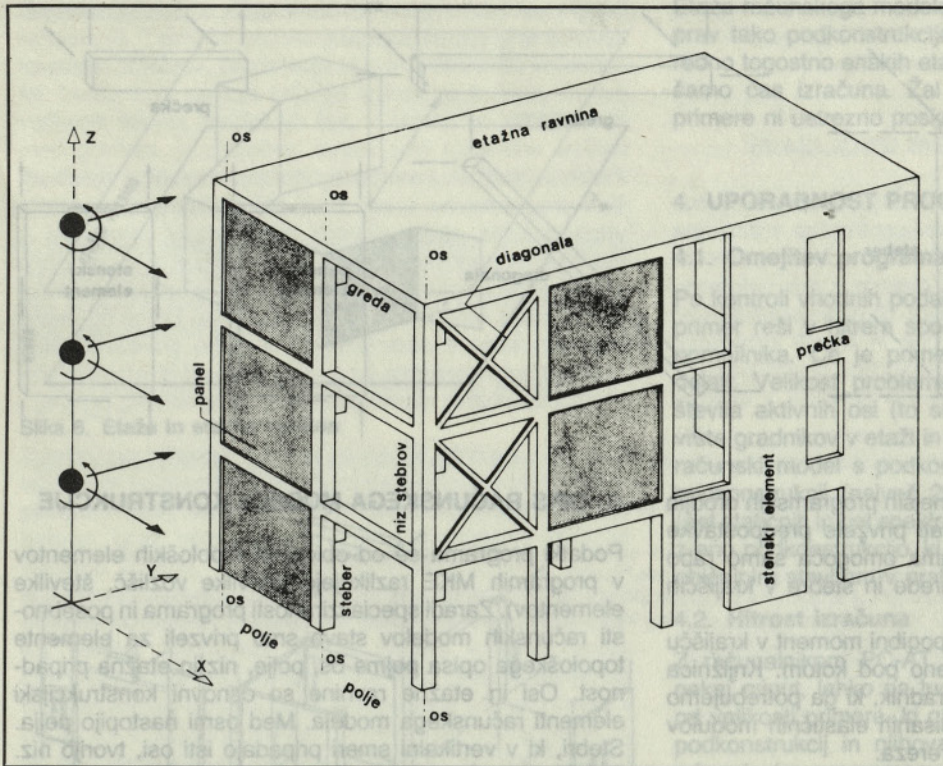
V metodi preračuna so upoštewane standardne predpostavke metode nadomestnih okvirov, psevdotridimenzionalnega modela in tridimenzionalnega modela preračuna stavb:

- pomiki so majhni in velja teorija elastičnosti,
- medetažne plošče so toge v svojih ravninah in povsem podajne v smereh pravokotno nanje,
- mase in horizontalne sile so skoncentrirane na nivojih etaž,
- podkonstrukcije so med seboj povezane izključno z medetažnimi ploščami,
- nosilnost sten v smeri pravokotno na ravnine sten je majhna in se v preračunu ne upošteva.

Poleg navedenih vsebuje prva verzija programa še predpostavko o togi vpetosti stavbe v temeljna tla.

Tridimenzionalen računski model programa se razlikuje od popolnega modela v splošnejših programih MKE, kjer imamo v vsakem vozlišču šest prostostnih stopenj. Pred-

Avtor:
Boris Lutar, v.p. dr., dipl. gradb. inž., Univerza v Mariboru,
Tehniška fakulteta Maribor, VTO Gradbeništvo, Smetanova 17

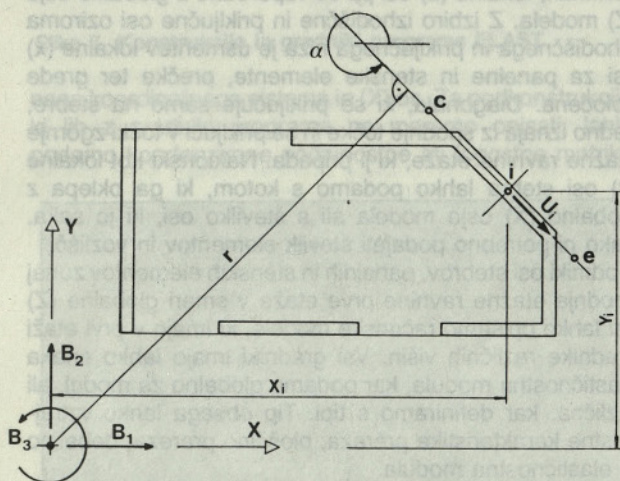


Slika 1. Računski model, gradniki in elementi topološkega opisa

postavka o neskončni togosti etažnih plošč v njihovih ravninah omogoča izražavo horizontalnih pomikov točk v etažnih ravninah s pomiki in zasuki etaž (bistvenimi premiki). Vztrajnostne sile v vozliščih popolnih prostorskih modelov stavb, ki ustrezajo upogibnim in torzijskim zasukom, večinoma nimajo pomembnega vpliva na rezultate.

Tako s privzetimi predpostavkami bistveno zmanjšamo število prostostnih stopenj računskega modela za dinamično analizo, poleg tega pa isti računski model uporabljamo tudi pri statičnih obtežnih primerih, kjer ni vztrajnostnih sil.

Pri psevdotridimenzionalnem modelu razbijemo prostorski model v sisteme ravninskih modelov (na primer prostorski okvir v ravninske okvire). Vsak ravninski model lahko obravnavamo za program kot podkonstrukcijo in je tako moč psevdotridimenzionalni model v programu privzeti. V stebrih in stičnih robovih sten pri tem modelu nimamo kompatibilnosti osnih deformacij oziroma vertikalnih pomikov. Ker opišemo ravninski model z gradniki in topološkimi elementi programa praktično na enak način kot prostorskega, je raba psevdotridimenzionalnega modela v programu dana kot možnost in ne kot pravilo.



2. GRADNIKI PROGRAMA

Gradniki programa so končni elementi in jih prikazujemo na sliki. Med njimi sta panelni element in prečka, ki sta znana elementa preračunov sten in jeder po metodi nadomestnih okvirov. V svoji knjižnici elementov ju vsebuje tudi program SAP84 (3). Stenski element omogoča lažji in natančnejši opis stenastih konstrukcij, zlasti sten in jeder z izmenično razporejenimi odprtinami. Stenski in panelni element lahko priključimo tudi na stebre in tako opišemo polnilne stene pri skeletnih konstrukcijah.

$$D_y = Y_e - Y_c$$

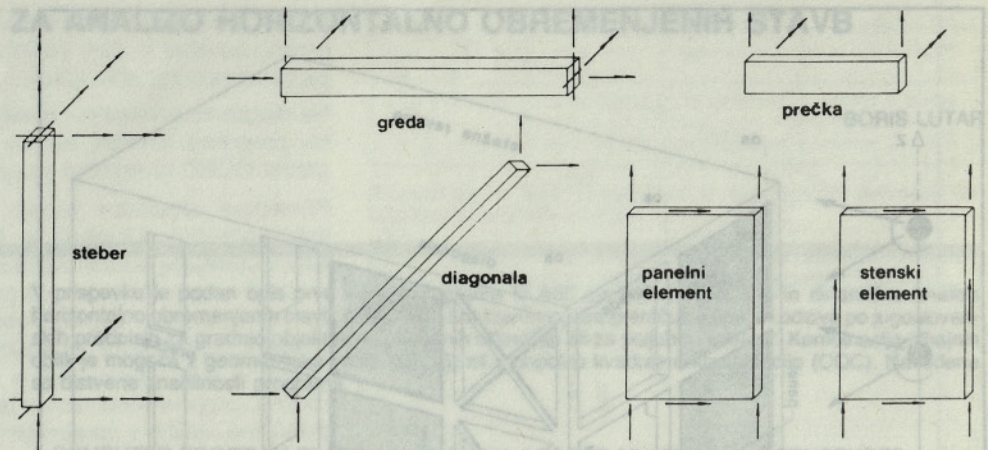
$$D_x = X_e - X_c$$

$$r = \frac{X_e \cdot Y_c - X_c \cdot Y_e}{\sqrt{D_x \cdot D_x + D_y \cdot D_y}}$$

$$U_i = \cos \alpha \cdot B_1 + \sin \alpha \cdot B_2 - r \cdot B_3$$

Slika 2. Izražava pomika točke v etažni ravnini

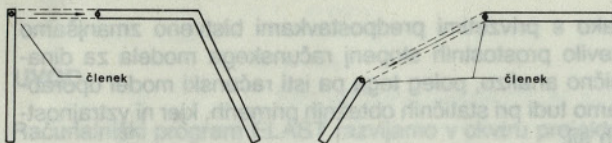
S stebri, gredami in diagonalami opišemo prostorske



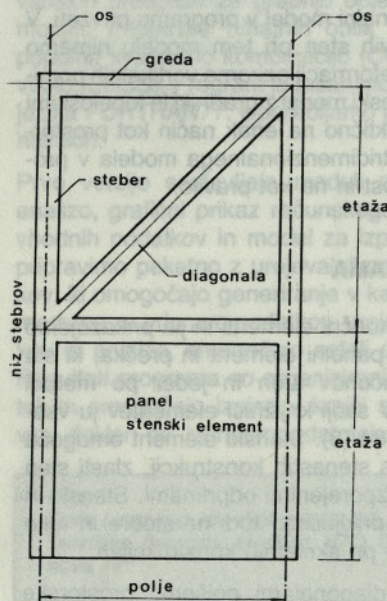
Slika 3. Gradniki programa ELAST

okvire enakovredno kot v splošnejših programskih orodjih MKE, kjer je mogoče upoštevati privzete predpostavke programa. Prva verzija programa omogoča samo rabo vertikalnih stebrov, lahko pa grede in stebre v krajiščih sprostimo.

Program avtomatično sprosti upogibni moment v krajišču prečke, kjer se priključi na steno pod kotom. Knjižnica elementov vsebuje tudi nični gradnik, ki ga potrebujemo pri generiranju, nima pa predpisanih elastičnih modulov in geometrijskih karakteristik prereza.



Slika 4. Sprostitev momenta pri prečki



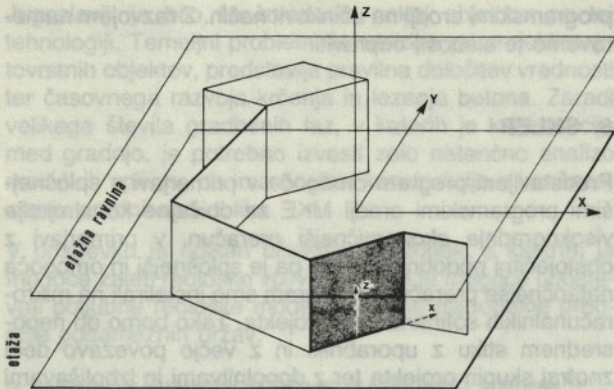
Slika 5. Gradniki in elementi topološkega opisa

3. OPIS RAČUNSKEGA MODELA KONSTRUKCIJE

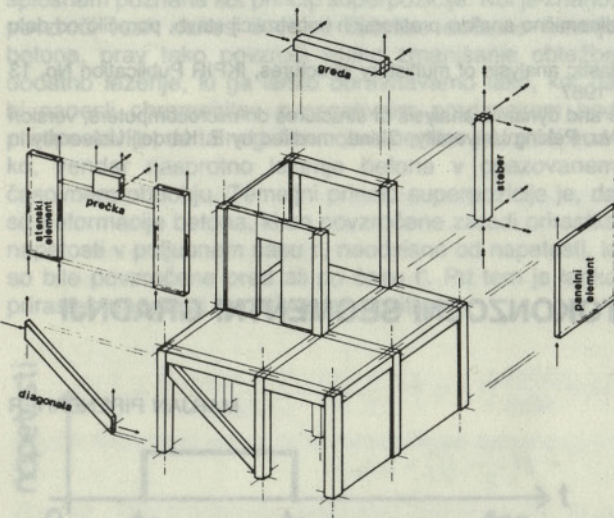
Podatki programa se od običajnih topoloških elementov v programih MKE razlikujejo (številke vozlišč, številke elementov). Zaradi specializiranosti programa in posebnosti računskih modelov stavb smo privzeli za elemente topološkega opisa pojme os, polje, niz in etažna pripadnost. Osi in etažne ravnine so osnovni konstrukcijski elementi računskega modela. Med osmi nastopijo polja. Stebri, ki v vertikalni smeri pripadajo isti osi, tvorijo niz. Poljem med gradniki pripadajo panelni in stenski element, prečka, greda in diagonala. Gradnik pripada tudi etaži (etažna pripadnost) in tako je njegova lega v računskem modelu določena glede na izbran skupni (globalni) koordinatni sistem.

Vsak gradnik ima svoj lokalni koordinatni sistem. Pri tem leže lokalne (x) in (y) osi gradnikov vedno v etažnih ravninah, lokalne (z) osi pa so vzporedne z globalno osjo (Z) modela. Z izbiro izhodiščne in priključne osi oziroma izhodiščnega in priključnega niza je usmeritev lokalne (x) osi za panelne in stenske elemente, prečke ter grede določena. Diagonala, ki se priključuje samo na stebre, vedno izhaja iz spodnje točke in se priključi v točki zgornje etažne ravnine etaže, ki ji pripada. Naklonski kot lokalne (x) osi stebra lahko podamo s kotom, ki ga oklepa z globalno (X) osjo modela ali s številko osi, ki jo seka. Tako ni potrebno podajati številke elementov in vozlišč. Z odmiki osi stebrov, panelnih in stenskih elementov zunaj spodnje etažne ravnine prve etaže v smeri globalne (Z) osi lahko opišemo računske modele, ki imajo v prvi etaži gradnike različnih višin. Vsi gradniki imajo lahko enaka elastičnostna modula, kar podamo globalno za model, ali različna, kar definiramo s tipi. Tip obsega lahko vztrajnostne karakteristike prereza, ploščino prereza, debelino in elastičnostna modula.

Podkonstrukcije (prostorski okviri, jedra in podobno), ki se tlorisno ponavljajo in so med seboj povezane izključno z medetažnimi ploščami, lahko generiramo. V skupini enakih opišemo samo eno, preostale pa iz nje generiramo tako, da podamo lege koordinatnih izhodišč in naklonske kote njihovih (x) osi glede na izhodišče izbranega global-



Slika 6. Etaža in etažna ravnina



Slika 7. Konstrukcija in gradniki programa ELAST

nega koordinatnega sistema in (X) os. Za podkonstrukcije, ki jih z gradniki programa ne moremo opisati, lahko podamo kondenzirane podajnostne ali togostne matrike.

Etaža računskega modela podkonstrukcije je za program prav tako podkonstrukcija. Zato lahko z navedbo zaporedno togostno enakih etaž podkonstrukcije znatno skrajšamo čas izračuna. Žal v prvi verziji programa za te primere ni ustrezno poskrbljeno pri pripravi podatkov.

4. UPORABNOST PROGRAMA

4.1. Omejitev programa

Po kontroli vhodnih podatkov programa preveri, ali lahko primer reši v hitrem spominu ali z uporabo počasnega pomnilnika. Če je primer prevelik, to sporoči in neha delati. Velikost problema je odvisna pri programu od števila aktivnih osi (to so osi, ki pripadajo gradnikom), vrste gradnikov v etaži in števila etaž. Ker lahko opišemo računski model s podkonstrukcijami, je omejitev število podkonstrukcij (največ 20) in število obtežnih primerov (pet statičnih in pet spektrov). Velikost računskega modela z eno podkonstrukcijo, ki je v bistvu konstrukcija, ustreza običajnim stavbam v praksi.

4.2. Hitrost izračuna

Z računalnikom PC-AT s koprocesorjem traja izračun nekaj minut, lahko pa tudi uro. Čas izračuna je odvisen od velikosti primera, ki ga določajo velikosti posameznih podkonstrukcij in njihova različnost v togostih etaž. V primerjavi s programom EAVEK (2) je program ELAST počasnejši, kar je posledica izračuna kondenziranih togostnih matrik podkonstrukcij.

4.3. Točnost rezultatov

Primerjave različnih metod preračunov so pokazale, da so rezultati programa za prakso uporabni. Pri jedrih, kjer smo uporabili stenski gradnik in računski model nadomestnih okvirov, smo dobili večje torzijske zasuke kot pri preračunih po metodi z zvezno računsko shemo (element TUBE programa EAVEK) in po MKE (programa FLASH in SAP-IV). Pri običajnih zasnovah stavb večji del torzijske obremenitve prevzamejo upogibni elementi in le manjši del torzijski elementi. Zato lokalna torzija ni zelo



pomembna in so ugotovljene razlike v sprejemljivih mejah. Rezultati preračunov prostorskih okvirov pa so pokazali ujemanje z rezultati po programih MKE.

5. PREDVIDENE RAZŠIRITVE IN IZBOLJŠAVE

Prva verzija ne omogoča upoštevanja vpliva vertikalne obtežbe in elastičnosti vpetosti konstrukcije v temeljna tla. Naslednja verzija bo vključevala tudi te možnosti. Priprava podatkov ne omogoča dialoga z računalnikom, kar nameravamo v razvoju odpraviti. Grafične predstavitve računskega modela niso zadostne in dovolj kvalitetne. Dopolniti jih nameravamo z grafičnimi predstavitvami rezultatov. Verzija tudi ne omogoča povezav z drugimi

programskimi orodji na učinkovit način. Z razvojem nameravamo te slabosti odpraviti.

6. SKLEP

Predstavljeni program omogoča v primerjavi s splošnejšimi programskimi orodji MKE za običajne konstrukcije visokogradnje ekonomičnejši preračun, v primerjavi z obstoječimi podobnimi orodji pa je splošnejši in omogoča natančnejše preračune. Program smo instalirali na mikro-računalnikih sofinanserjev projekta. Tako bomo ob neposrednem stiku z uporabniki in z večjo povezavo dela znotraj skupin projekta ter z dopolnitvami in izboljšavami programa skušali razviti učinkovito programsko orodje.

LITERATURA

1. B. Lutar, Program za statično in dinamično analizo prostorskih konstrukcij stavb, poročilo od delu za PoRS RP 06-2687-797-88.
2. P. Fajfar, EAVEK, Program for elastic analysis of multistory structures, IKPIR Publication No. 13 A, E. Kardelj University in Ljubljana, 1987.
3. SAP 84, Program for elastic static and dynamic analysis of structures on microcomputers, version 2.44 YU, developed by Yuan Ming Wu, Peking University, China, modified by E. Kardelj University in Ljubljana, Jugoslavija, 1987.

ANALIZA REOLOŠKIH VPLIVOV PRI PROSTOKONZOLNI SEGMENTNI GRADNJI MOSTOV

UDK 624.21:691.32:532.15

MARJAN PIPENBAHER

POVZETEK

Podane so teoretične osnove metode superpozicije začetnih krivulj lezenja betona ter analitične metode »korak za korakom«, ki sta uporabljeni v računalniškem programu PBRO, s katerim lahko analiziramo poljubne prednapete ali klasično armirane betonske ravninske okvire, katerih prerez je sestavljen iz več betonskih slojev, ki imajo različne reološke karakteristike. Program je namenjen predvsem za analizo kontinuiranih prednapetih betonskih mostov kakor tudi za analizo mostov, ki se gradijo po sistemu prostokonzolne segmentne gradnje.

ANALYSIS OF THE RHEOLOGICAL INFLUENCE ON SEGMENT METHOD ERECTED BRIDGES

SUMMARY

The article presents theoretical basis for method of superposition of the initial curves for creep of concrete, and for the analytical »step by step« method, that have been used in the computer program PBRO. Using this program, any prestressed or classically reinforced concrete plane frames can be analysed, with a cross section composed of several concrete layers having different rheological characteristics.

The program is intended for the analysis of continuous prestressed bridges, and bridges being constructed according to the free cantilever segment method.

Marjan Pipenbaher, dipl. gradb. inž., asistent, Tehniška fakulteta Maribor, VTO Gradbeništvo, Laboratorij za analizo konstrukcij, GIP GRADIS, TOZD Biro za projektiranje Maribor

1. UVOD

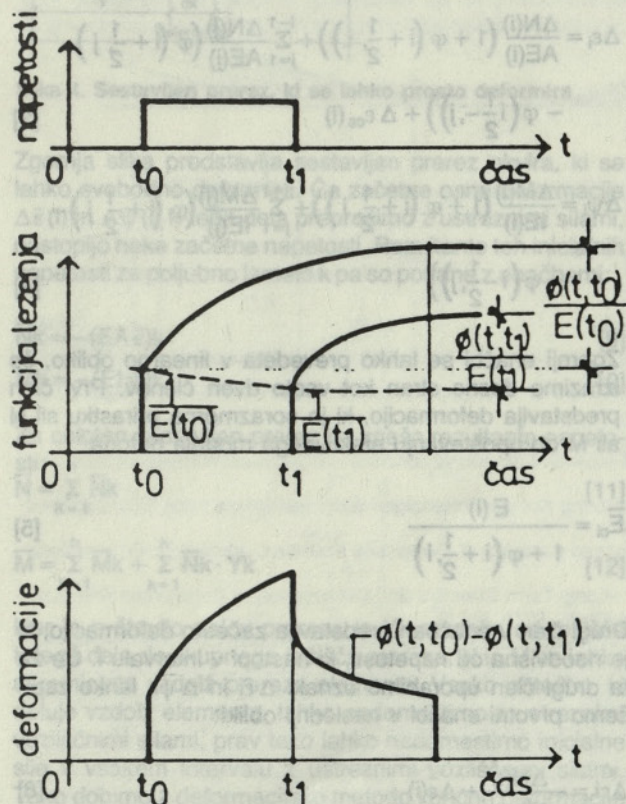
V svetu je že dobro uveljavljena in uporabljena tehnologija prostokonzolne gradnje premostitvenih objektov. Tudi v

Jugoslaviji je bilo že izvedenih nekaj objektov po tej tehnologiji. Temeljni problem, ki nastopa pri projektiranju tovrstnih objektov, predstavlja pravilna določitev vrednosti ter časovnega razvoja krčenja in lezenja betona. Zaradi velikega števila gradbenih faz, v katerih je konstrukcija med gradnjo, je potrebno izvesti zelo natančno analizo reoloških vplivov, da ima nosilna konstrukcija v končnem stanju predpisano obliko.

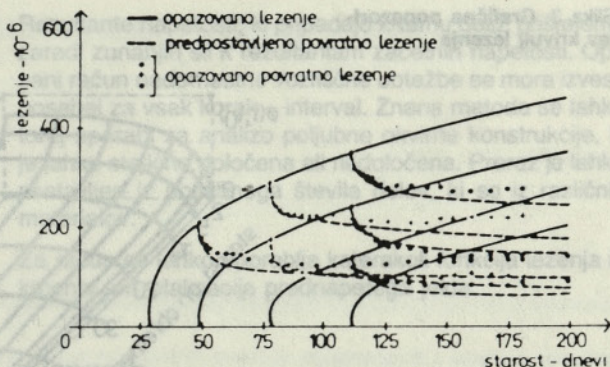
V prispevku je opisan učinkovit postopek, s katerim je mogoče zajeti reološke vplive. Pri tem je mogoče upoštevati poljubne reološke modele oziroma nacionalne predpise posameznih držav.

2. METODA SUPERPOZICIJE ZAČETNIH KRIVULJ LEZENJA

Teorijo povratnega lezenja je razvil McHenry in je v splošnem poznana kot princip superpozicije. Kot je znano, povzroči vsak nanos dodatne obtežbe dodatno lezenje betona, prav tako povzroči vsako zmanjšanje obtežbe dodatno lezenje, ki ga lahko obravnavamo tako, kot da bi nanесли obremenitev z negativnim predznakom pod predpostavko, da ta negativna obremenitev povzroči enako, vendar nasprotno lezenje betona v opazovanem časovnem obdobju. Temeljni princip superpozicije je, da so deformacije betona, ki so povzročene zaradi prirastka napetosti v poljubnem času t' , neodvisne od napetosti, ki so bile povzročene pred ali po času t' . Pri tem je lahko prirastek napetosti negativen ali pozitiven.



Slika 1. Princip superpozicije deformacij lezenja



Slika 2. Povratno lezenje pri upogibu

Princip je veljaven in je dobro praktično uporaben za poenostavitev računa specifičnih deformacij pri spreminjajočih se napetostih. Vsaki spremembi napetosti za različno star beton pripada pri obremenitvi nova krivulja lezenja. McHenry je opravil eksperimentalno potrditev metode superpozicije. Teste, ki so jih opravili v Ameriškem inštitutu za izboljšave in patente, kažejo dobro pokrivanje teoretičnih in eksperimentalnih rezultatov, delna razhajanja se kažejo samo pri povratnem lezenju zelo mladega betona (starega do 3 dni), kjer daje opisana metoda prenizke vrednosti, kar je razvidno iz diagramov.

3. DOLOČITEV DEFORMACIJ PO METODI SUPERPOZICIJE

Za spreminjajočo se zgodovino napetosti, povzroči vsak prirastek napetosti deformacijo, ki se veča s časom, medtem ko upoštevamo padec napetosti kot prirastek z negativnim predznakom.

Totalna specifična deformacija je določena s superpozicijo krivulj lezenja in krčenja začetno obremenjenega betona.

Podati je potrebno podatke o časovnem poteku lezenja za časovno različen potek obremenitev, kjer pride do prirastka ali padca napetosti. Podati je potrebno torej vedno novo krivuljo lezenja ob vsaki spremembi napetosti. Podatki za lezenje imajo matematično obliko površine v prostoru, ki podaja spremembo lezenja v odvisnosti od časa nanosa in trajanja obremenitve.

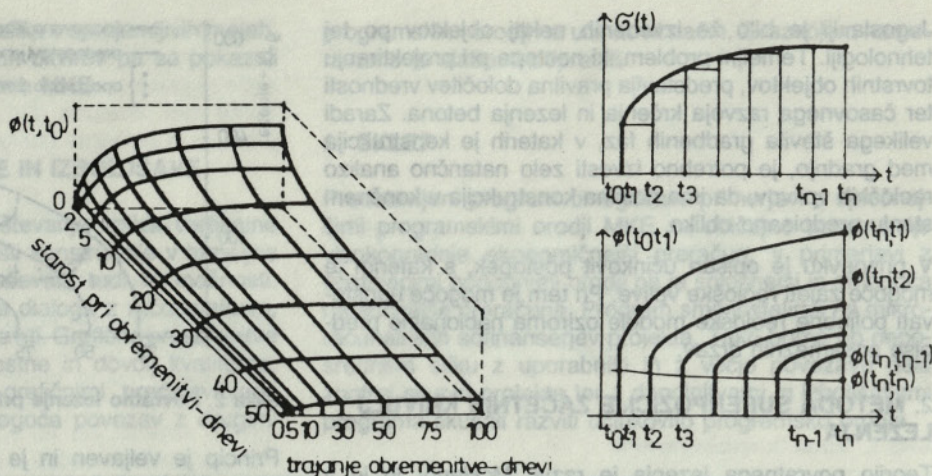
Posamezna krivulja je določena s prerezom površine lezenja in ravnine, ki je določena s časom nanosa obremenitve.

Da lahko računsko zajamemo totalno deformacijo zaradi časovno spreminjajočih se napetosti, uporabimo analitično metodo, znano pod imenom »korak za korakom« (»step by step«), pri kateri so spremembe napetosti obravnavane kot vrsta končnih prirastkov ali padcev napetosti, pri tem pa velja predpostavka, da je lezenje betona enako tako pri tlačnih kot nateznih napetostih.

4. METODA »KORAK ZA KORAKOM«

Metoda je popolnoma splošna, tako da lahko uporabimo poljubno funkcijo lezenja in upoštevamo poljuben časovni

Slika 3. Grafična ponazori-
tev krivulj lezenja



potek napetosti. Pri analizi prednapetih konstrukcij so uporabljeni običajno trije materiali, in sicer: beton, jeklo za prednapenjanje in mehka armatura. Zaradi lezenja betona in relaksacije prednapetega jekla se pri teh dveh materialih pojavlja časovna odvisnost med napetostjo in deformacijo. Mehka armatura pa je obravnavana kot linearno elastičen material, za katerega velja Hooke-ov zakon.

Za napetosti, ki so v delovnem območju, velja, da so deformacije zaradi lezenja betona linearno odvisne od napetosti. Za časovno spreminjajoče se napetosti je časovni interval razdeljen na podintervale. Sprememba napetosti nastopi na sredini intervala. Obtežbe, ki nastopijo trenutno (prednapenjanje, lastna teža), se prav tako pojavijo na sredini intervala z dolžino trajanja nič.

Totalna deformacija zaradi sprememb napetosti, lezenja in krčenja betona pa znaša na koncu intervala i:

$$\epsilon_c(i + \frac{1}{2}, 0) = \sum_{j=1}^i \frac{\Delta f_c(j)}{E_c(j)} \left(1 + \varphi(i + \frac{1}{2}, j)\right) + \epsilon_{cs}(i + \frac{1}{2}, 0) \quad [1]$$

$\Delta f_c(j)$ – prirastek napetosti na sredini intervala j

$E_c(j)$ – modul elastičnosti betona v sredini intervala j

$\epsilon_{cs}(i + \frac{1}{2}, j)$ – krčenje betona od intervala j do intervala i

$\varphi(i + \frac{1}{2}, j)$ – koeficient lezenja betona v časovnem obdobju od intervala j do intervala i

Enačba je preposta superpozicija deformacij zaradi prirastkov napetosti v posameznih intervalih. Kot je že povedano, velja enačba za poljubno obliko časovnega poteka lezenja, krčenja in modula elastičnosti betona.

Če se čas, v katerem se spremeni deformacija jekla za prednapenjanje zaradi relaksacije razdeli na intervale, je sprememba deformacije med začetkom prvega intervala in koncem intervala i enaka:

$$\epsilon_{ps}\left(i + \frac{1}{2}, 0\right) = \frac{1}{E_{ps}} \sum_{j=1}^i (\Delta f_{ps}(j) - \Delta f_r(j)) \quad [2]$$

E_{ps} – elastični modul jekla za prednapenjanje

$\Delta f_{ps}(j)$ – prirastek napetosti v kablju v sredini intervala j

$\Delta f_r(j)$ – reducirana relaksacija

5. POTEK RAČUNA Z RAČUNALNIŠKIM PROGRAMOM PBRO

Z običajno predpostavko, da ravni prerezi po deformaciji ostanejo ravni, obstajajo zveze med osno deformacijo ϵ_i , zasukom ψ_i , osno silo N ter upogibnim momentom M. V določenem intervalu i nastopi prirastek deformacije in zasuka:

$$\Delta \epsilon_i = \frac{\Delta N(i)}{AE(i)} \left(1 + \varphi\left(i + \frac{1}{2}, i\right)\right) + \sum_{j=1}^{i-1} \frac{\Delta N(j)}{AE(j)} \left(\varphi\left(i + \frac{1}{2}, j\right) - \varphi\left(i - \frac{1}{2}, j\right)\right) + \Delta \epsilon_{cs}(i) \quad [3]$$

$$\Delta \psi_i = \frac{\Delta M(i)}{IE(i)} \left(1 + \varphi\left(i + \frac{1}{2}, i\right)\right) + \sum_{j=1}^{i-1} \frac{\Delta M(j)}{IE(j)} \left(\varphi\left(i + \frac{1}{2}, j\right) - \varphi\left(i - \frac{1}{2}, j\right)\right) \quad [4]$$

Zgornji enačbi se lahko prevedeta v linearno obliko, če izrazimo desno stran kot vsoto dveh členov. Prvi člen predstavlja deformacijo, ki je sorazmerna prirastku sil N ali M ob upoštevanju efektivnega modula betona.

$$\bar{E}_{ci} = \frac{E(i)}{1 + \varphi\left(i + \frac{1}{2}, i\right)} \quad [5]$$

Drugi člen v enačbah predstavlja začetno deformacijo, ki je neodvisna od napetosti, ki nastopi v intervalu i. Če za ta drugi člen uporabimo oznaki $\Delta \bar{\epsilon}_i$ in $\Delta \bar{\psi}_i$, lahko zapišemo prvotni enačbi v naslednji obliki:

$$\Delta \epsilon_i = \frac{\Delta N(i)}{A\bar{E}_c(i)} + \Delta \bar{\epsilon}(i) \quad [6]$$

$$\Delta\psi_i = \frac{\Delta M(i)}{IE_c(i)} + \Delta\bar{\psi}(i) \quad [7]$$

Ti dve enačbi se lahko uporabita za katerikoli del sestavljene preseza.

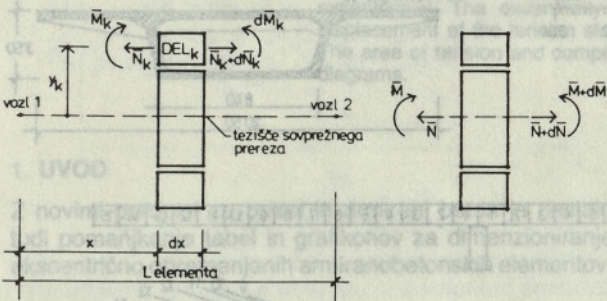
Prirastek deformacije v napenjalnem jeklu v intervalu i pa znaša:

$$\Delta \epsilon_{ps}(i) = \frac{\Delta N_{ps}(i)}{A_{ps} E_{ps}} - \frac{\Delta \sigma_r(i)}{E_{ps}} \quad [8]$$

Pri računu z metodo »korak za korakom« se začetne deformacije izračunajo iz rezultatov prejšnjih intervalov s seštevanjem.

6. VPLIV ZAČETNIH DEFORMACIJ

Za račun vpliva začetnih deformacij $\Delta\bar{\epsilon}(i)$ in $\Delta\bar{\psi}(i)$ uporabimo običajno deformacijsko metodo kot pri reševanju vpliva temperaturnih sprememb.



Slika 4. Sestavljen prerez, ki se lahko prosto deformira

Zgornja slika predstavlja sestavljen prerez okvira, ki se lahko svobodno deformira. Če začetne osne deformacije $\Delta\bar{\epsilon}(i)$ in $\Delta\bar{\psi}(i)$ k-tega dela preprečimo z ustreznimi silami, nastopijo neke začetne napetosti. Rezultante teh inicialnih napetosti za poljubno lamelo k pa so podane z enačbami:

$$\bar{N}_k = -(EA \bar{\epsilon})_k \quad [9]$$

$$\bar{M}_k = -(EI \bar{\psi})_k \quad [10]$$

Za celoten sestavljen prerez pa znaša rezultanta napetosti:

$$\bar{N} = \sum_{k=1}^n \bar{N}_k \quad [11]$$

$$\bar{M} = \sum_{k=1}^n \bar{M}_k + \sum_{k=1}^n \bar{N}_k \cdot Y_k \quad [12]$$

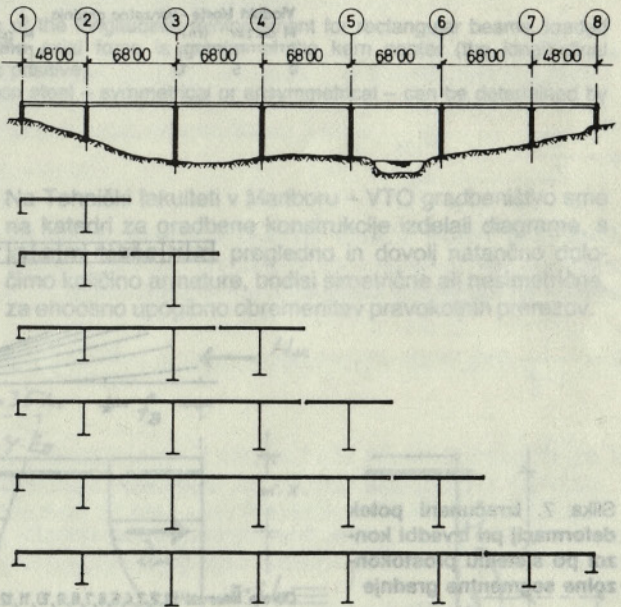
kjer je n število delov preseza in Y_k razdalja od težišča k-tega dela do skupnega težišča preseza. N in M se lahko spreminjata vzdolž preseza elementa. Vsako obtežbo, ki deluje vzdolž elementa, lahko nadomestimo z ustreznimi vzdolžnimi silami, prav tako lahko nadomestimo inicialne sile v vsakem intervalu z ustreznimi vzdolžnimi silami. Tako dobimo z deformacijsko metodo končne deformacije ter notranje sile v vsakem prerezu sovprežnega okvira.

Rezultante napetosti, ki pripadajo k-temu delu, prištejemo zaradi zunanjih sil k rezultatam začetnih napetosti. Opisani račun nadomestne vzdolžne obtežbe se mora izvesti posebej za vsak korak – interval. Znana metoda se lahko torej uporabi za analizo poljubne okvirne konstrukcije, ki je lahko statično določena ali nedoločena. Prerez je lahko sestavljen iz poljubnega števila delov, ki so iz različnih materialov.

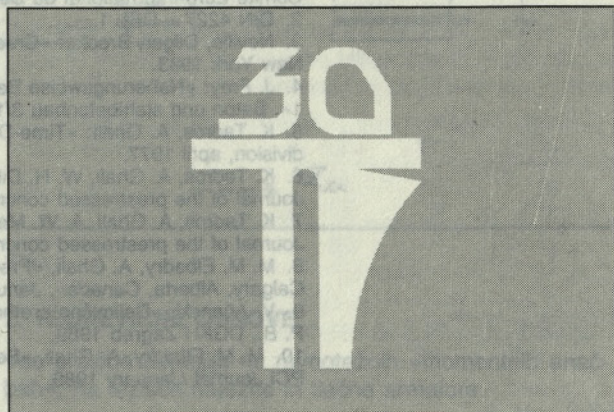
Za račun se lahko uporablja katerakoli funkcija lezenja in krčenja ter relaksacije prednapetega jekla.

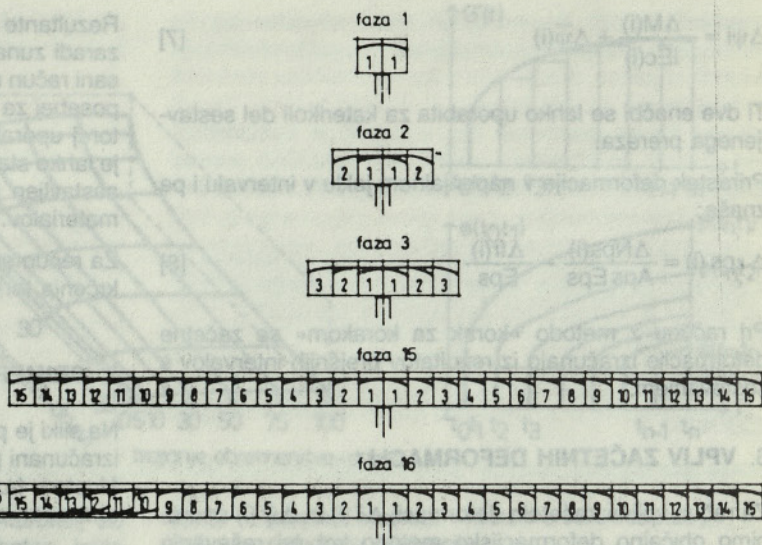
7. PRIMER:

Na sliki je prikazan končni statični sistem faze gradnje ter izračunani potek deformacij prekladne konstrukcije mostu Moste v fazi prostokonzolne segmentne gradnje, ki je bil analiziran s programom PBRO.

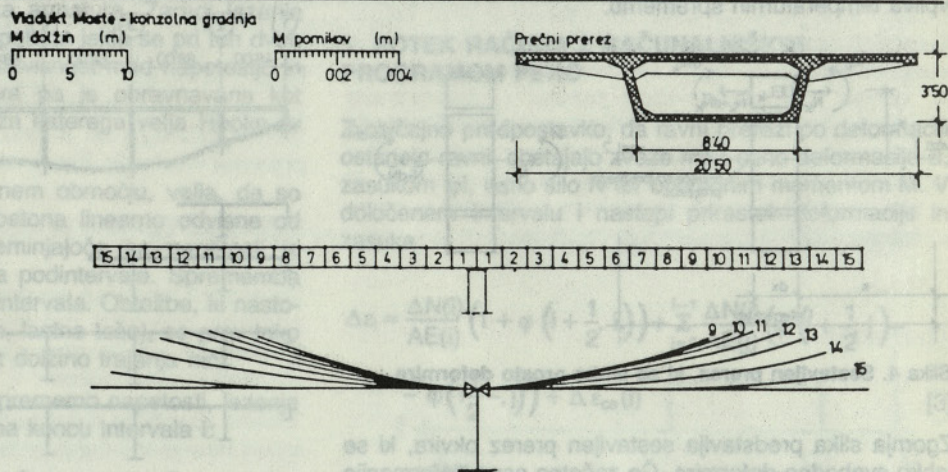


Slika 5. Prikaz faz prostokonzolne segmentne gradnje mostu Moste





Slika 6. Shema montaže in prednapenjanja betonskih segmentov v intervalih 1-16



Slika 7. Izračunani potek deformacij pri izvedbi konzol po sistemu prostokonzolne segmentne gradnje

Obrem. intervali: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15

Pomiki

LITERATURA

1. CEB Design Manuel on Structural Effect of time-dependent behaviour of concrete (Prepared by Comite Euro-International du Beton).
2. DIN 4227 - DEL 1.
3. Neville, Dilger, Brooks: »Creep of plain and structural concrete«, Construction Press London and New York 1983.
4. J. Frey: »Näherungsweise Beschreibung des zeitabhängigen Betonverhaltens nach DIN 4227 Teil 1«, Beton und stahlbetonbau 3/1986.
5. K. Tadros, A. Ghali: »Time-Dependent Analysis of Composite Frames«, Journal of the structural division, april 1977.
6. K. Tadros, A. Ghali, W. H. Dilger: »Long-Term Stresses and Deformation of Segmental Bridges«, Journal of the prestressed concrete institute, 1979, No 4.
7. K. Tadros, A. Ghali, A. W. Meyer: »Prestress Loss and Deflection of Precast Concrete Members«, Journal of the prestressed concrete institute, Vol 30, No 1.
8. M. M. Elbadry, A. Ghali, »Preliminary Research Report CE85-2«, Department of Civil Engineering Calgary, Alberta, Canada«, January 1985.
9. V. Ačanski, »Delimično prethodno napregnuti beton, granično stanje uporabljivosti«, svetovanje P. B., DGKH Zagreb 1989.
10. M. M. Elbadry, A. Ghali, »Serviceability Design of Continuous Prestressed Concrete Structures«, PCI Journal /January 1989.

ENOOSNA-UPOGIBNA OBREMENITEV ARMIRANOBETONSKIH PREREZOV (velika ekscentriteta)

UDK 624.078.3

P. DOBRILA, M. JEŽOVNIK

POVZETEK

Članek obravnava dimenzioniranje armature pravokotnih prerezov, obremenjenih z enoosno upogibno obremenitvijo, ko so dilatacije natezne armature pozitivne ali enake nič – (velika ekscentričnost). Z uporabo grafikonov lahko določimo natezno in tlačno armaturo – simetrično ali nesimetrično – za ekscentrični tlak in nateg, ko sila pade iz jedra prereza.

UNIAXIAL BENDING WITH AXIAL FORCE FOR RECTANGULAR BEAMS

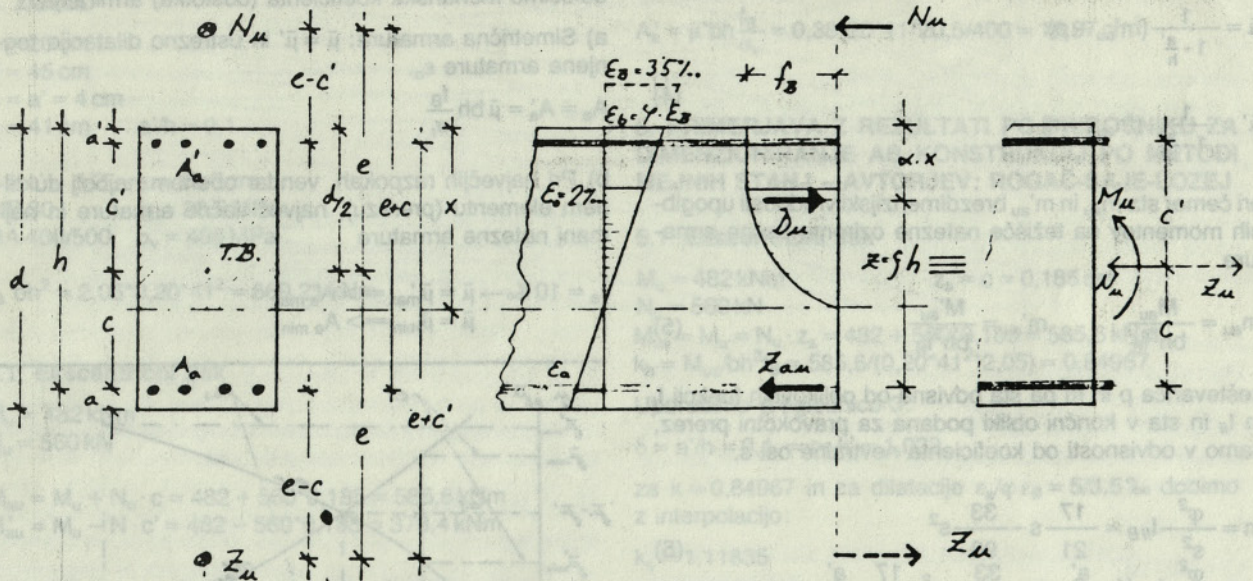
SUMMARY

The paper discusses determination of the longitudinal reinforcement for rectangular beams, loaded excentrically. The excentricity of the axial force is greater of the kern center (the longitudinal displacement of the tension steel is positive). The area of tension and compression steel – symmetrical or ansymmetrical – can be determined by diagrams.

1. UVOD

Z novimi predpisi za beton in armirani beton je nastalo tudi pomanjkanje tabel in grafikonov za dimenzioniranje ekscentrično obremenjenih armiranobetonskih elementov.

Na Tehniški fakulteti v Mariboru – VTO gradbeništvo smo na katedri za gradbene konstrukcije izdelali diagrame, s katerimi lahko hitro, pregledno in dovolj natančno določimo količino armature, bodisi simetrične ali nesimetrične, za enoosno upogibno obremenitev pravokotnih prerezov.



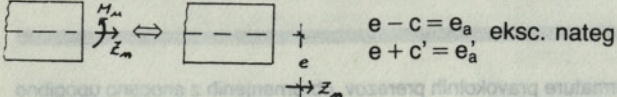
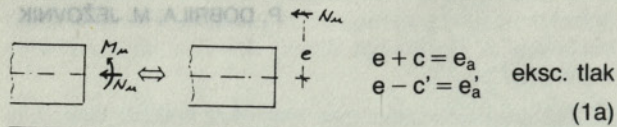
Slika 1.

2. TEORETIČNE OSNOVE

Vse enačbe temeljijo na ravnotežnih »momentnih enačbah«, na težišče natezne in tlačne armature.

Avtorja:
 mag. Peter Dobriča dipl. inž. gradb.,
 Miran Ježovnik dipl. inž. gradbeništva
 Univerza v Mariboru, Tehniška fakulteta, Smetanova 17,
 62000 Maribor

$$\begin{aligned} \Sigma M_{au} = 0 &\Rightarrow D_u \cdot z - N_u \cdot (e + c) = 0 \\ &D_u \cdot z - Z_u \cdot (e - c) = 0 \\ \Sigma M_{au'} = 0 &Z_{au} (h - a') - D_u (\alpha x - a') - N_u (e - c') = 0 \quad (1) \\ &Z_{au} (h - a') - D_u (\alpha x - a') - Z_u (e - c') = 0 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} M_{au} &= M_u - Z_u \cdot c = Z_u \cdot e - Z_u \cdot c' = Z_u (e - c) \\ M_{au'} &= M_u - Z_u \cdot c' = Z_u \cdot e + Z_u \cdot c' = Z_u (e + c') \end{aligned}$$

za exc. tlak je $Z_u = -N_u$ (2)

$$\begin{aligned} M_{au} &= M_u + N_u \cdot c = N_u \cdot e + N_u \cdot c = N_u (e + c) \\ M_{au'} &= M_u - N_u \cdot c' = N_u \cdot e - N_u \cdot c' = N_u (e - c') \end{aligned}$$

$$e = \frac{M_u}{N_{odg}} \text{ ali } \frac{M_{odg}}{N_u} \quad (3)$$

oz.

$$e = \frac{M_u}{Z_{odg}} \text{ ali } \frac{M_{odg}}{Z_u}$$

Z uporabo znanih izrazov za oblikovni funkciji I_y in I_{yy} prevedbo teh za pravokotni prerez (1) dobimo končne enačbe za mehanska koeficienta armiranja $\bar{\mu}$ in $\bar{\mu}'$:

$$\begin{aligned} \bar{\mu} &= \frac{1}{1 - \frac{a}{h}} (m'_{au} + p) \\ \bar{\mu}' &= \frac{1}{1 - \frac{a}{h}} (m_{au} - m) \end{aligned} \quad (4)$$

pri čemer sta m_{au} in m'_{au} brezdimenzijski vrednosti upogibnih momentov na težišče natezne oziroma tlačne armature

$$m_{au} = \frac{M_{au}}{bh^2 f_B} \quad m'_{au} = \frac{M'_{au}}{bh^2 f_B} \quad (5)$$

seštevanca p in m pa sta odvisna od oblikovnih funkcij I_y in I_{yy} in sta v končni obliki podana za pravokotni prerez, samo v odvisnosti od koeficienta nevtralne osi s .

$$\begin{aligned} m &= \frac{\varphi^2}{s^2} I_{yy/B} = \frac{17}{21} s - \frac{33}{98} s^2 \\ p &= \frac{\varphi^2}{s^2} I_{y/B} (1 - \frac{a'}{h}) - m = \frac{33}{98} s^2 - \frac{17}{21} \frac{a'}{h} \end{aligned} \quad (6)$$

$$s = \frac{1}{1 + \frac{\epsilon_a}{\varphi \epsilon_B}} = \frac{1}{1 + \frac{\epsilon_a}{\epsilon_B}} \quad (7)$$

$\varphi = 1$

Končno dobimo tlačno in tegnjeno armaturo po enačbah:

$$\begin{aligned} A_a &= \bar{\mu} b h \frac{f_B}{\sigma_V} \\ A'_a &= \bar{\mu}' b h \frac{f_B}{\sigma_V} \end{aligned} \quad (8)$$

kjer je: f_B računška tlačna trdnost betona (f'_c)
 σ_V (σ_s) meja velikih raztezkov natezne armature

Grafikoni so izdelani za $\varphi = 1$ (beton izčrpan) in različne a/h ter izbrane diletacije armature $0 \leq \epsilon_a \leq 10$.

3. NAVODILO ZA UPORABO GRAFIKONOV

Poznamo: betonski prerez b/h , a/h
MB- f_B (σ_c)
kvalitete armature - σ_V (σ_s) in
 $M_u - N_{odg}$ oziroma
 $N_u - M_{odg}$

Izračunamo: **eksc. nateg** **eksc. tlak**
1. $M_{au} = M_u - Z_u \cdot c$ $M_{au} = M_u + N_u \cdot c$
 $M'_{au} = M_u - Z_u \cdot c'$ $M'_{au} = M_u + N_u \cdot c'$

$$\begin{aligned} 2. m_{au} &= \frac{M_{au}}{bh^2 f_B} \\ m'_{au} &= \frac{M'_{au}}{bh^2 f_B} \end{aligned}$$

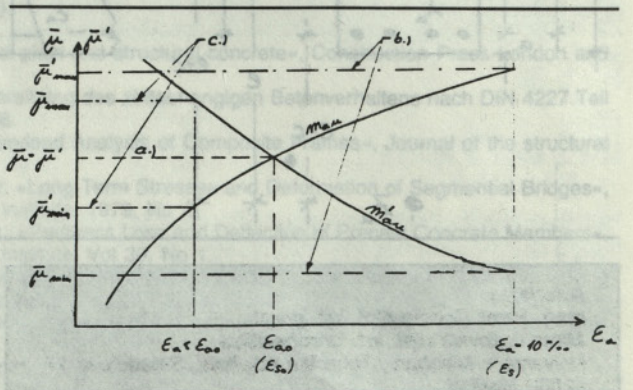
Iz grafikonov predvidene a/h ter znanih m_{au} in m'_{au} lahko določimo mehanska koeficienta (odstotka) armiranja:

a) Simetrična armatura: $\bar{\mu} = \bar{\mu}'$ in ustrezno diletacijo tegnjene armature ϵ_{α} .

$$A_a = A'_a = \bar{\mu} b h \frac{f_B}{\sigma_V}$$

b) Pri največjih razpokah, vendar obenem najbolj duktilnem elementu (prerezu), največ tlačne armature in najmanj natezne armature

$$\begin{aligned} \epsilon_a = 10\% \rightarrow \bar{\mu} = \bar{\mu}'_{max} &\Rightarrow A'_a max \\ \bar{\mu} = \bar{\mu}'_{min} &\Rightarrow A_a min \end{aligned}$$



Sl. 2

c) Za najmanjše razpoke, vendar tudi najmanj duktilen prerez, največ natezne armature in najmanj tlačne armature

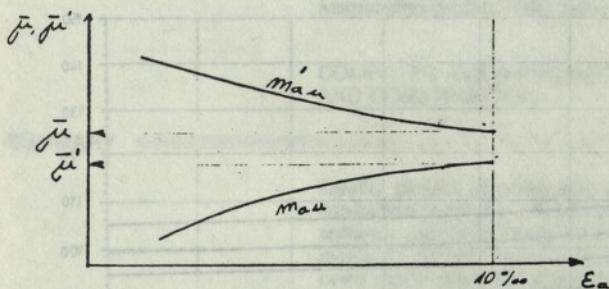
$$\epsilon_a < \epsilon_{ao} \rightarrow \bar{\mu}' = \bar{\mu}'_{min} \Rightarrow A'_{a \min}$$

$$\bar{\mu} = \bar{\mu}_{min} \Rightarrow A_{a \max}$$

Primere a), b) in c) prikazuje slika 2.

Za znan betonski prerez ter material pa se lahko tudi zgodi, da se krivulji m_{au} in m'_{au} na intervalu $0 \leq \epsilon_a \leq 10$ ne sekata. To se pojavi:

- 1) pri ekscentričnem nategu (sila zunaj območja armature) in je takrat natezne armature več kot tlačne ($A_a > A'_a$).
 - 2) Pri ekscentričnem tlaku, ko je betonski prerez »poddimenzioniran« – običajno povečamo statično višino.
- Ta primera prikazuje sl. 3.



Sl. 3

4. ZGLED

$b = 20 \text{ cm}$
 $d = 45 \text{ cm}$
 $a = a' = 4 \text{ cm}$
 $h = 41 \text{ cm} \quad a'/h = 0,1$

$c = c' = d/2 - a = 18,5 \text{ cm}$
 MB 30 $f_B = 20,5 \text{ MPa}$
 RA 400/500 $\sigma_v = 400 \text{ MPa}$

$f_B bh^2 = 2,05 \cdot 0,20 \cdot 41^2 = 689,21 \text{ kNm}$

4.1. Ekscentrični tlak

$M_u = 482 \text{ kNm}$
 $N_u = 560 \text{ kN}$

$M_{au} = M_u + N_u \cdot c = 482 + 560 \cdot 0,185 = 585,6 \text{ kNm}$
 $M'_{au} = M_u - N_u \cdot c' = 482 - 560 \cdot 0,185 = 378,4 \text{ kNm}$

$m_{au} = \frac{M_{au}}{f_B bh^2} = 0,8496 = 0,85$

$m'_{au} = \frac{M'_{au}}{f_B bh^2} = 0,549 = 0,55$

Na grafikonu za vrednost $a'/h = 0,1$ odčitamo pri sečišču

krivulji $m_{au} = 0,85$ in $m'_{au} = 0,55$ vrednosti dilatacij armature ϵ_a (na abscisi), na ordinati pa vrednost odstotka armature $\bar{\mu} = \bar{\mu}'$:

$\bar{\mu} = \bar{\mu}' = 63,5\%$

$\epsilon_a = 5\text{‰}$

in končno:

$A_a = A'_a = \bar{\mu} bh \frac{f_B}{\sigma_v} = 0,635 \cdot 20 \cdot 41 \cdot 20,5/400 = 26,69 \text{ cm}^2$

4.2. Ekscentrični nateg

$M_u = 482 \text{ kNm}$

$N_u = 370 \text{ kN}$

$M_{au} = M_u - N_u \cdot c = 482 - 370 \cdot 0,185 = 413,55 \text{ kNm}$

$M'_{au} = M_u + N_u \cdot c' = 482 + 370 \cdot 0,185 = 550,45 \text{ kNm}$

$m_{au} = \frac{M_{au}}{f_B bh^2} = 0,60$

$m'_{au} = \frac{M'_{au}}{f_B bh^2} = 0,798 = 0,80$

Za izbrano dilatacijo armature $\epsilon_a = 6\%$ odčitamo na sečiščih s krivuljama $m_{au} = 0,60$ in $m'_{au} = 0,80$ vrednosti mehanskih odstotkov armature $\bar{\mu}$ in $\bar{\mu}'$:

$\bar{\mu} = 90\%$

$\bar{\mu}' = 38\%$

in končno:

$A_a = \bar{\mu} bh \frac{f_B}{\sigma_v} = 0,90 \cdot 20 \cdot 41 \cdot 20,5/400 = 37,82 \text{ cm}^2$

$A'_a = \bar{\mu}' bh \frac{f_B}{\sigma_v} = 0,38 \cdot 20 \cdot 41 \cdot 20,5/400 = 15,97 \text{ cm}^2$

5. PRIMERJAVA Z REZULTATI PO PRIROČNIKU ZA DIMENZIONIRANJE AB KONSTRUKCIJ PO METODI MEJNIH STANJ – AVTORJEV: ROGAČ-SAJE-LOZEJ

5.1. Ekscentrični tlak

$M_u = 482 \text{ kNm}$

$z_s = c = 0,185 \text{ cm}$

$N_u = 560 \text{ kN}$

$M_{us} = M_u = N_u \cdot z_s = 482 + 560 \cdot 0,185 = 585,6 \text{ kNm}$

$k_h = M_{us}/bh^2 f_B = 585,6/(0,20 \cdot 41^2 \cdot 20,5) = 0,84967$

Uporabimo preglednico 3:

$\delta = a'/h = 0,1 \Rightarrow k' = 1,033$

za $k = 0,84967$ in za dilatacije $\epsilon_a/\varphi \epsilon_B = 5/3,5\%$ dobimo z interpolacijo:

$k_s = 1,11835$

$k'_s = 0,72487$

in končno:

$A_s = k_s \frac{M_{us}}{h \cdot \sigma_s} - \frac{N_u}{\sigma_s} = 1,11835 \cdot 585,6/(0,41 \cdot 40) - 560/40$

$= 39,93 - 14 = 25,93 \text{ cm}^2$

$$A'_s = k' \cdot k'_s \frac{M_{\mu s}}{h \cdot \sigma_s} = 1,033 \cdot 0,72487 \cdot 585,6 / (0,41 \cdot 40) = 26,73 \text{ cm}^2$$

torej skoraj simetrično armaturo, prav kot z uporabo grafikonov pri enakih dilatacijah in enaki obremenitvi ($A_a = A'_a = 26,69 \text{ cm}^2$).

5.2. Ekscentrični nateg

$$M_m = 482 \text{ kNm}$$

$$N_m = 370 \text{ kN}$$

$$M_s = M_u - N_u \cdot z_s = 482 - 370 \cdot 0,185 = 413,55 \text{ kNm}$$

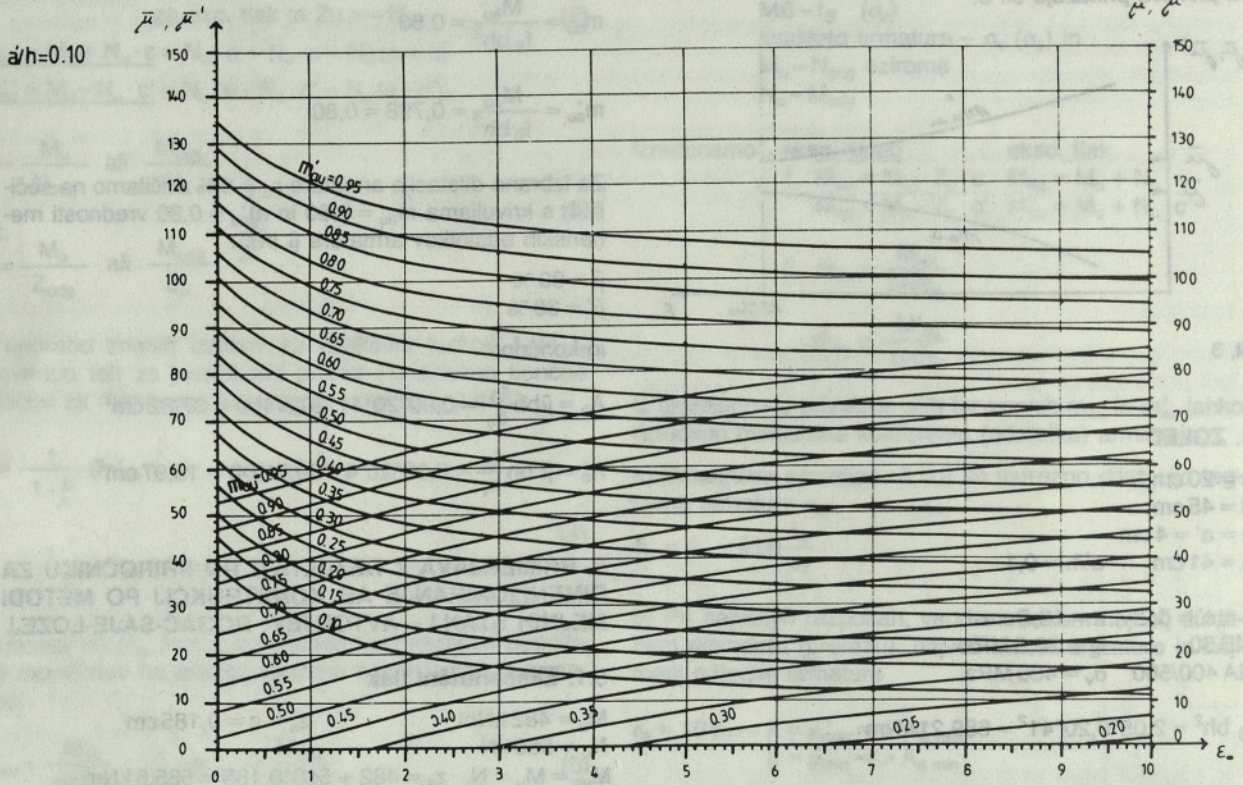
$$k_h = M_{\mu s} / bh^2 f_B = 413,55 / (0,20 \cdot 41^2 \cdot 2,05) = 0,60$$

$$A'_s = k' \cdot k'_s \frac{M_{\mu s}}{h \cdot \sigma_s} = 1,033 \cdot 0,61187 \cdot 413,55 / (0,41 \cdot 40) = 15,94 \text{ cm}^2$$

Tudi ti rezultati se ujemajo z vrednostmi iz grafikonov: ($A = 37,82 \text{ cm}^2$, $A' = 15,97 \text{ cm}^2$).

6. SKLEP

1. Z grafikonu za dimenzioniranje pravokotnih prerezov, obremenjenih z enoosno-upogibno obremenitvijo, lahko enostavno in hitro odčitamo enaki vrednosti $\bar{\mu}$ in $\bar{\mu}'$ – torej koeficiente simetrične armature, kar nas v praksi tudi največkrat zanima.



Uporabimo preglednico 3:

$$= a/h = 0,1 \implies k = 1,033$$

za $k = 0,60$ in za dilatacije $\varepsilon_a / \varphi \varepsilon_b = 6/3,5\%$ dobimo z interpolacijo:

$$k_s = 1,12673$$

$$k'_s = 0,61187$$

in končno:

$$A_s = k_s \frac{M_{\mu s}}{h \cdot \sigma_s} + \frac{N_{\mu}}{\sigma_s} = 1,12673 \cdot 413,55 / (0,41 \cdot 40) + 370 / 40 = 28,41 + 9,25 = 37,66 \text{ cm}^2$$

2. V teh grafikonih ni neposredno zajeta vitkost tlačne palice. To pa ni nikakršna pomanjkljivost, saj izračunamo za vitkosti tlačnih palic ($25 < \lambda \leq 75$) končne ekscentričnosti, po znanih metodah korije II. reda.

$$M_{\mu II} = M_{\mu I} + N_{\mu} (e_o + e_f + e_{\varphi})$$

$$N_{\mu II} = N_{\mu I}$$

ter s temi količinami nove $m_{\mu a(II)}$ in $n_{\mu(II)}$, z uporabo omenjenih grafikonov »nove« $\bar{\mu}_{(II)}$ ter $\bar{\mu}'_{(II)}$ in končno $A_{a(II)}$ ter $A'_{a(II)}$.

3. Grafikonu niso uporabni za druge oblike prerezov (okrogli, T-prerezi, trapezni prerezi), kakor tudi ne za dvoosno-upogibno obremenitev pravokotnih in splošnih prerezov.

RAČUNALNIŠKO PODPRTO PLANIRANJE IN SPREMLJANJE PROJEKTOV V GRADBENIŠTVU

UDK 624.001.63:519.681

MIRKO PŠUNDER, DANIJEL REBOLJ

POVZETEK

Kakovostno planiranje in spremljanje projektov v gradbeništvu zahteva uporabo računalnikov, saj je le s pomočjo ustreznih računalniških programov možno projekte zadovoljivo načrtovati. Na tržišču računalniških programov (»software«) obstaja cela vrsta programov za planiranje, prilagojenih velikim (večuporabniškimi) in malim (osebnim) računalniškim sistemom. Ker o kakovosti ne odloča velikost računalniškega sistema, za katerega je program izdelan, se je v gradbeni praksi primerneje odločiti za nakup cenejših sodobnih programov za osebne računalnike in jih kombinirati ali dopolniti s kakovostno grafiko. Tako bodo planski gradbenih projektov v resnici instrumenti vodenja projektov.

COMPUTER AIDED PROJECT PLANNING AND EVALUATION IN CIVIL ENGINEERING AND CONSTRUCTION

SUMMARY

Quality project planning and evaluation in civil engineering and construction requires the use of computers, because only adequate computer programs enable successful project planning. Numerous software packages designed for multi-user mainframe systems as well as for personal computers are available on the market. Since the size of a computer system for which a computer program has been made does not affect the program's quality, it is preferable to decide for less expensive PC programs and complete them with quality computer graphics. Thus, construction project plans will really become affective project management instruments.

UVOD

Gradbena podjetja se v praksi najpogosteje srečujejo s problemi planiranja projektov za gradnjo objektov v fazi ponujanja gradnje objekta, ko gre za izdelavo generalnega terminskega plana, s katerim ugotovijo ali pa potrdijo rok izgradnje objekta in v fazi priprav za gradnjo, ko gre za izdelavo podrobnega operativnega plana izgradnje objekta. Slednji sestoji iz nadvse natančnega terminskega plana ter vseh potrebnih spremljajočih (pomožnih) planov: plana delavcev, plana mehanizacije, plana materialov in plana potreb po finančnih sredstvih.

Za sedaj izdelujejo gradbena podjetja vse te plane v večini primerov brez uporabe računalnikov. Pri tem se glede na vrsto objektov odločajo za uporabo gantogramske ali ciklogramske tehnike planiranja in le v redkih primerih za uporabo mrežnih tehnik, čeprav so te edine matematično izračunljive in najnatančnejše, saj dopuščajo optimiranje in terminiranje s prikazi kritičnih poti.

Planiranje in spremljanje projektov s pomočjo računalnikov ima v gradbenih podjetjih sicer dolgo tradicijo, ker je večina večjih gradbenih podjetij nabavila programsko opremo ob nakupih velikih računalniških sistemov, ta programska oprema pa se zaradi zastarelosti le redkokdaj uporablja, ker ne daje željenih rezultatov. Poglavitna razloga sta predvsem zapleteno vnašanje vhodnih podatkov ter nekakovostna grafika, opremljena z napisi v tujem jeziku.

V današnjem času obstaja vrsta sodobnih računalniških programov, namenjenih vsem vrstam računalniških sistemov. Z njimi je delo enostavno, planiranje in spremljanje projektov pa mnogo hitreje in natančnejše. Dejstvo pa je, da je izbira najustreznejšega računalnika in programske opreme za planiranje precej težka naloga.

PRIMERJALNA ANALIZA RAČUNALNIŠKIH PROGRAMOV

Z računalniškimi programi za planiranje projektov lahko v splošnem:

- računamo mrežne diagrame,
- grafično prikazujemo mrežne diagrame,
- računamo potrebe po delovnih sredstvih (delavcih, mehanizaciji, materialih),

Avtorja:
 Izr. prof. dr. Mirko Pšunder, dipl. inž. gradb. in mag.
 Danijel Rebolj, dipl. inž. gradb. – Univerza v Mariboru,
 Tehniška fakulteta, Smetanova 17, 62000 Maribor

- računamo potrebe po finančnih sredstvih,
- izvajamo optimizacijo delovnih sredstev in časa trajanja projekta ter
- grafično prikazujemo mrežne diagrame in gantograme.

Boljši programi opravljajo vse našete operacije z velikim številom aktivnosti, manj kakovostni pa v glavnem ne optimirajo delovnih sredstev, ne izrisujejo gantogramov oziroma omogočajo le znakovno grafiko, njihova uporaba pa je omejena na razmeroma majhno število aktivnosti.

Z analizo posameznih programov, ki se pri nas najpogosteje pojavljajo, je mogoče ugotoviti, da nastopajo največje kakovostne razlike med starejšimi programi (ne glede na velikost sistema) in sodobnimi programskimi orodji. Sodobni programi imajo vgrajene hitre in učinkovite

podatkovne baze, zelo izboljšane algoritme in nudijo uporabniku visoko raven komunikacije (interaktivna okna, meniji, kakovostna grafika).

Rezultati primerjalne analize so prikazani v preglednicah 1 in 2, ki vsebujeta večino ključnih lastnosti programov. V prvi preglednici so prikazani programi, namenjeni večuporabniškimi (»velikim«) sistemom, v drugi pa programi za osebne (»majhne«) računalnike. Programi so razdeljeni v dve skupini predvsem zaradi bistveno drugačnih kriterijev, ki veljajo za programe, namenjene sistemom, ki jih hkrati uporablja več uporabnikov in so že v zasnovi veliko kompleksnejši. Programe bi lahko razdelili tudi v skupino starejših in novejših, vendar meja med njimi ni jasna, izraža pa se predvsem v kakovosti, prav to pa želimo ugotoviti.

Preglednica 1: Primerjava lastnosti nekaterih računalniških programov za planiranje projektov na večuporabniških računalniških sistemih

Lastnosti	Programi						
	CIPRES	ASA PMS	G/C CUE	MAPPS	NIC-HOLS 5500	OPTIMA	PCS
VEČPROJEKTEN	+	+	+	+	+	+	+
PODMREŽE	+	+	+	+	+	+	+
TIP MREŽE	CPM PDM	CPM PDM	CPM PDM	CPM PDM	CPM PDM	PDM	CPM PDM
AKTIVNOSTI	D	D	32.000	32.000	D	D	2000
TIP UPORABNIKA	-	-	+	+	+	-	-
VHOD	M	O/V	O/P	M	M	P	P/(V)
IZHOD	M	O/V	O/P	M, S	M	P, E	P/(V)
GRAFIKA	-	+	+	+	+	(+)	(+)
OPTIMIZACIJA	+	+	+	+	+	+	-
VARIANTNA AN.	-	+	+	+	+	-	-
POVEZAVA	-	B	B, G	B	B, G	F	B
MODULARNOST	-	+	+	-	+	-	-
PODPORA MREŽE	-	-	-	+	(+)	-	-

Preglednica 2: Primerjava lastnosti nekaterih računalniških programov za planiranje projektov na osebnih računalniških sistemih

Lastnosti	Programi						
	HORNET	HTPM	NIC-HOLS 1100	PERT-MASTER	PRIMA-VERA	SUPER PROJECT	SUPER PROJECT EXPERT
VEČPROJEKTEN	-	-	-	-	+	-	+
PODMREŽE	+	+	+	-	+	+	+
TIP MREŽE	PDM	PDM	PDM	CPM PDM	CPM PDM	PDM	PDM
AKTIVNOSTI	256	256	1000	1500	10.000	1500	D
TIP UPORABNIKA	-	-	-	-	-	-	-
VHOD	M/O	M/E	M	P/M	M/P	M, G	M/P
IZHOD	M, S, E	M/E	M, S, E	M, E	M, S, E	M, E	M, S, E
GRAFIKA	+	-	-	-	(+)	-	+
OPTIMIZACIJA	+	-	-	-	+	-	+
VARIANTNA AN.	+	-	-	-	+	-	+
POVEZAVA	B, G, F	(B)	B	B	B	B, G	B, F
MODULARNOST	+	-	-	-	+	-	+
PODPORA MREŽE	-	-	(+)	-	-	-	+

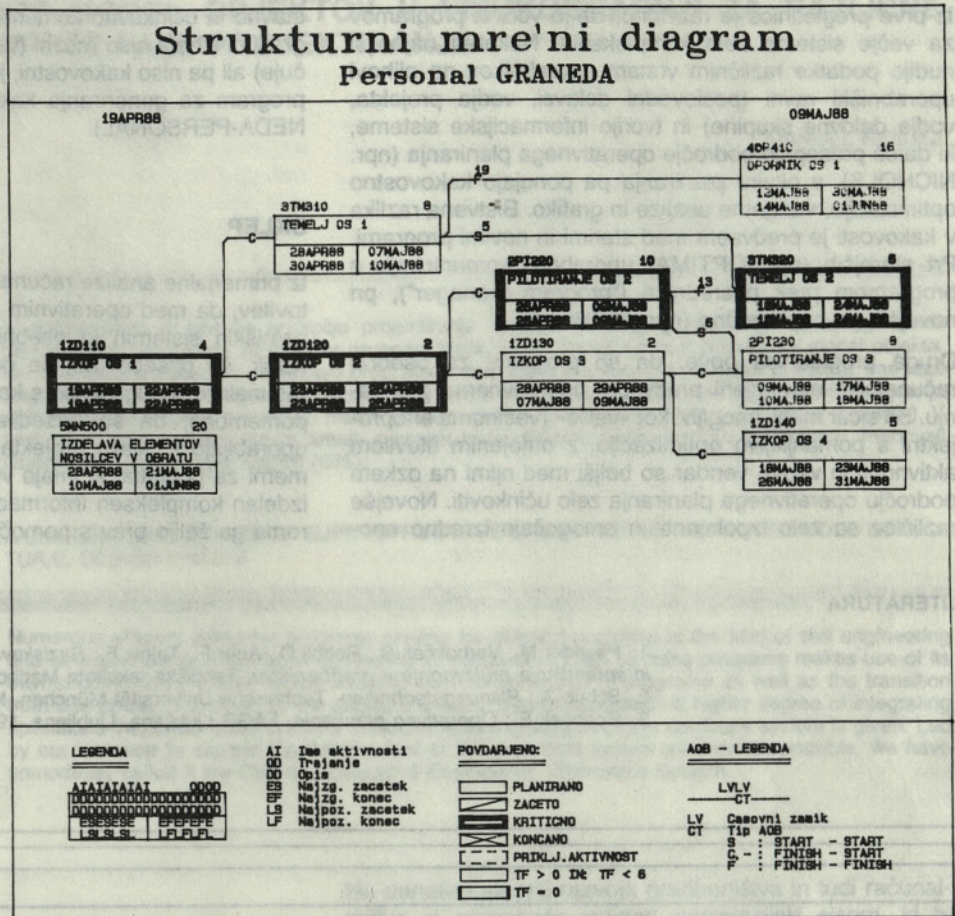
B - podatkovna baza
 CPM - "critical path metod"
 D - disk (kot omejitev)
 E - enostavna grafika
 F - "file" (datoteka)
 G - generator

O - opis (opisno)
 P - paketno ("batch")
 PDM - "precedence diag. method"
 S - selektivno razvrščanje
 V - vprašalnik
 () - opcija

M - menu

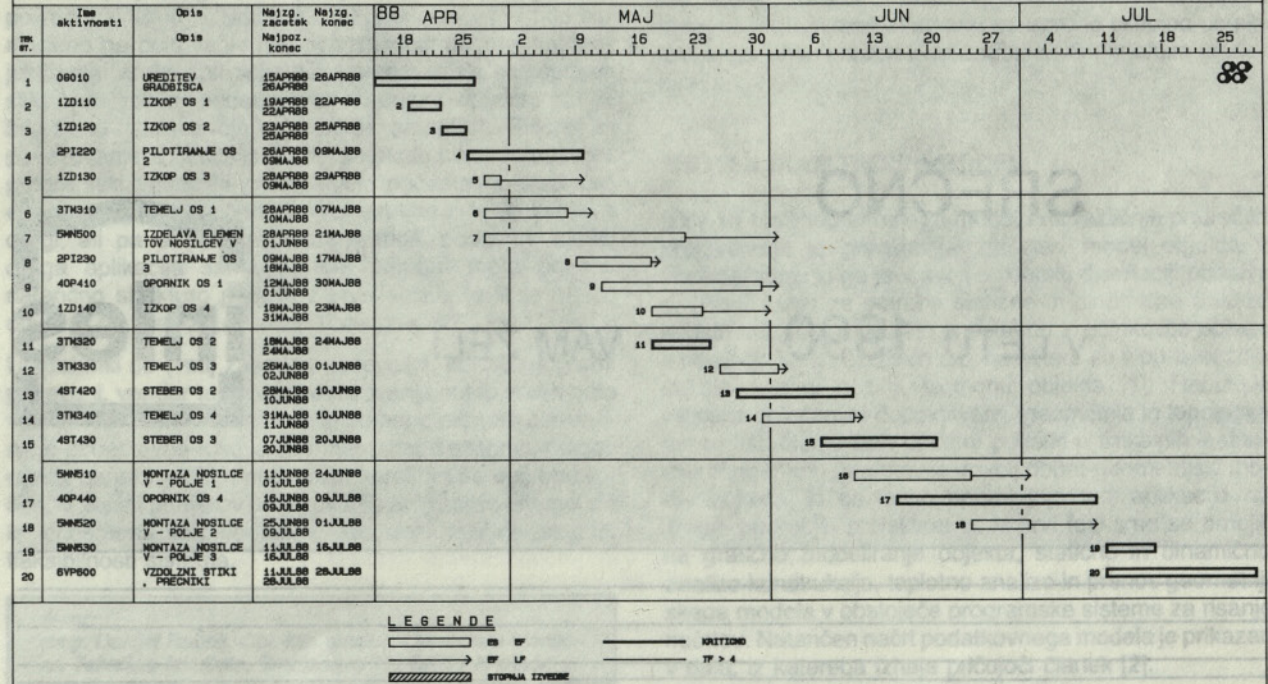
Pomen okrajšav v preglednicah 1 in 2:

Strukturni mrežni diagram Personal GRANEDA



Slika 1. Primer kakovostnega grafičnega izhoda (GRANEDA PERSONAL)

Testni primer



Iz prve preglednice je razvidno, da je večina programov za večje sisteme zelo kompleksnih. Nekateri najboljši nudijo podatke različnim vrstam uporabnikov na njihovi uporabniški ravni (poslovodni delavci, vodja projekta, vodja delovne skupine) in tvorijo informacijske sisteme, ki daleč presegajo področje operativnega planiranja (npr. NICHOLS), v okviru planiranja pa ponujajo kakovostno optimizacijo, variantne analize in grafiko. Bistvena razlika v kakovosti je predvsem med starimi in novimi programi. Pri starejših (npr. OPTIMA) uporabniki komunicirajo s programom prek posrednika ("program manager"), pri novejših pa neposredno (npr. NICHOLS).

Druga preglednica pove, da so programi za osebne računalnike namenjeni predvsem operativnemu planiranju. So sicer manj zmogljivi kot »veliki« (večinoma enoprojektne s pomanjkljivo optimizacijo, z omejenim številom aktivnosti in virov), vendar so boljši med njimi na ozkem področju operativnega planiranja zelo učinkoviti. Novejše različice so zelo izpolnjene in omogočajo izredno eno-

stavno in učinkovito komunikacijo z uporabnikom. Kadar grafični izhodi niso možni (večina programov jih ne vključuje) ali pa niso kakovostni, je mogoče uporabiti poseben program za generiranje kakovostne grafike (npr. GRANEDA-PERSONAL).

SKLEP

Iz primerjalne analize računalniških programov sledi ugotovitev, da med operativnim planiranjem na velikih računalniških sistemih in osebnih računalnikih ni bistvenih razlik, še posebej ne, če dober program na osebem računalniku nadgradimo s kakovostno grafiko (pri tem je pomembno, da so besedila v izrisih v jeziku, ki ga uporabljajo izvajalci projekta). »Veliki« programi so primerni za podjetja, ki imajo visoko razvito organizacijo in izdelan kompleksen informacijski sistem za vodenje oziroma ga želijo prav s pomočjo teh programov uvesti.

LITERATURA

1. Pšunder M., Verhovčak B., Rebolj D., Auer F., Tajnik F.: *Raziskava obstoječega stanja planiranja in spremljanja proizvodnje v gradbeništvu*, Tehniška fakulteta Maribor, Maribor, 1987.
2. Schub A.: *Planungstechniken*, Technische Universität München, München, 1986.
3. Rodošek E.: *Operativno planiranje*, FAGG Ljubljana, Ljubljana, 1986.

SREČNO

V LETU 1990

VAM ŽELI



ENOTEN PODATKOVNI MODEL OBJEKTOV V VISOKOGRADNJI ZA RAZLIČNE RAČUNALNIŠKO PODPRTE FAZE PROJEKTIRANJA

UDK:624.001.63:519.681

DANIJEL REBOLJ

POVZETEK

V gradbeništvu je bilo na področju projektiranja objektov pri nas izdelanih že veliko uporabnih računalniških programov za različne namene. Vsak od njih uporablja svoj podatkovni model objekta, kar onemogoča učinkovito povezavo programov med seboj in s tem tudi učinkovit prehod iz ene faze projektiranja v drugo. V članku je predstavljena rešitev problema, ki pomeni tudi višjo stopnjo integracije aplikacij v informacijski sistem ob močni podpori sistema podatkovne baze (»Database system«). V želji, da bi predstavljeni sistem kmalu prerasel svoje začetne meje, smo ga neskromno imenovali Gradbeniški informacijski sistem (GIS).

A UNIFORM DATA MODEL OF SUPERSTRUCTURES FOR VARIOUS COMPUTER AIDED STRUCTURAL DESIGN PHASES

SUMMARY

Numerous efficient computer programs serving for different purposes in the field of civil engineering and structural design have been developed in Yugoslavia. Each of these programs makes use of its own structure data model, which prevents the interconnection of programs as well as the transition from one phase to another. In the paper, a solution that comprehends a higher degree of integrating applications into information systems through the strong support of the database system is given. Led by our intention to expand the initial extent of the proposed system as soon as possible, we have unmodestly called it the Civil and Structural Engineering Informatics System.

UVOD

V začetnem obdobju računalniškega opremljanja projektantskih skupin v gradbeništvu je bila zelo velika potreba po računalniških aplikacijah. Težišče razvoja je bilo usmerjeno na pokrivanje najbolj zahtevnih segmentov projektiranja, vsaka aplikacija pa je predstavljala samostojen sistem z lastnim podatkovnim modelom objekta, kar je bilo za to fazo razvoja značilno in razumljivo. Širjenje in povezovanje aplikacij je (in še) potekalo tako, da posebni programski vmesniki preoblikujejo podatkovno strukturo enega programa v podatkovno strukturo, ki jo zahteva drugi, ali pa si podmnožico potrebnih podatkov izlušči druga aplikacija sama (v tem primeru mora poznati natančno strukturo podatkov prve aplikacije in je s tem odvisna od nje; izgubi svojo homogenost).

Uporabniki so (vsaj zasedaj) zadovoljni, ker so programi povezani, vendar tak način povezovanja nujno vodi v zelo visoko redundanco podatkov in po nepotrebnem obremenjuje podatkovne tokove informacijskega sistema, njegov razvoj pa je z vsakim nadaljnjim korakom še bolj otežkočen. V večini primerov povezovanja aplikacij je omogočen le enosmerni tok podatkov, kar zelo znižuje stopnjo fleksibilnosti sistema.

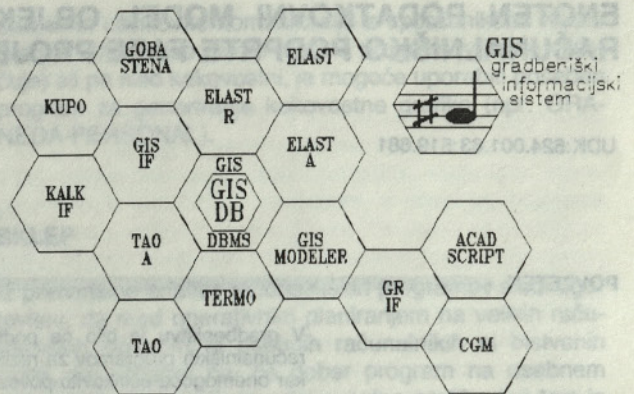
Na današnji stopnji razvoja gradbeništvu in tudi računalništva je nemogoče izdelati informacijski sistem, ki bi avtomatiziral celotno dejavnost projektiranja v vseh njegovih fazah. Toda s sodobnimi informacijskimi orodji je mogoče izdelati takšen sistem za izbrano skupino objektov, ki ga lahko predstavimo z učinkovitim enotnim modelom.

ENOTEN PODATKOVNI MODEL

Izziv za uporabo enotnega modela na različnih področjih projektiranja je predstavljal računski model objekta v visokogradnji, ki ga je v svoji doktorski disertaciji postavil dr. Boris Lutar za potrebe statične in dinamične analize konstrukcij. Objekt je zelo enostavno in učinkovito opisan s pomočjo konstrukcijskih osi, na katere so v posameznih etažah vezani nosilni elementi objekta [1]. Računski model z določenimi dopolnitvami (geometrija in topologija nenosilnih elementov, dodatni podatki o fizikalnih lastnostih elementov) predstavlja dovolj dober geometrijski model objekta, ki ga lahko uporabljajo tudi aplikacije na drugih področjih projektiranja. V prvi fazi smo se omejili na grafično modeliranje objekta, statično in dinamično analizo konstrukcije, toplotno analizo in prenos geometrijskega modela v obstoječe programske sisteme za risanje načrtov. Natančen načrt podatkovnega modela je prikazan v delu, iz katerega izhaja pričujoči članek [2].

Avtor:
mag. Danijel Rebolj, dipl. inž. gradb., Univerza v Mariboru, Tehniška fakulteta, Smetanova 17, 62000 Maribor

Izdelan je tudi sistem podatkovne baze, ki omogoča vsem aplikacijam enostavno uporabo elementov podatkovnega modela objekta. Aplikacije komunicirajo s podatkovno bazo prek posebnega jezika (»Database Management Language – DML«). Ker je podatkovna baza izdelana posebej za podatkovni model objektov v visokogradnji, je DML na zelo visoki ravni abstrakcije. S tem je komunikacija med aplikacijami in podatkovno bazo močno olajšana in učinkovita. Trenutno je izdelan DML, uporaben za aplikacije, napisane v fortranu za operacijski sistem PC DOS ali v kateremkoli jeziku v operacijskem sistemu VAX/VMS. Podatkovna baza je enostavno prenosljiva tudi na računalniške sisteme z drugimi operacijskimi sistemi (npr. UNIX). Podatkovna baza je zgrajena tako, da jo lahko hitro in enostavno razširimo z novimi podatkovnimi elementi, ki jih vežemo na obstoječe. S tem je omogočena rast informacijskega sistema in povezovanje vse večjega števila aplikacij.



Slika 1: Shema prve faze izgradnje informacijskega sistema z enotnim modelom objekta

Predvidene so tudi povezave z informacijskimi sistemi, ki imajo enotno podatkovno strukturo. Za aplikacije, izdelane v Inštitutu za konstrukcije, potresno inženirstvo in računalništvo na fakulteti za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo v Ljubljani, bi lahko izdelali poseben vmesnik, ki bi model objekta transformiral na dovolj visoki in učinkoviti ravni. Vključevanje samostojnih aplikacij, ki rešujejo posamezne probleme v nekaterih fazah projektiranja, je učinkovitejše z vgraditvijo DML neposredno v programe. Na sliki 1 je prikazana shema začetne faze izgradnje informacijskega sistema GIS.

MODELIRANJE OBJEKTA

Za učinkovito opisovanje modela objekta je izdelan poseben grafični modelirnik, ki je tesno povezan s podatkovno bazo. Določene ukaze DML lahko sprožamo neposredno iz menuja modelirnika. Izgradnja geometrijskega modela je ozko povezana z računskim modelom konstrukcije. Izhajamo iz konstrukcijskih osi, na katere nizamo posamezne skupine elementov (stebre, stene, grede, prečke in diagonale). Običajno vnašamo geometrijo v tloris objekta, omogočeno pa je tudi vnašanje v stranskem risu ali v

n	con	mod	grid
1	CON	MOD	00.00
2	CON	MOD	
3	CON	MOD	
4	CON	MOD	
5	CON	MOD	
6	CON	MOD	

Slika 2: Grafični modelirnik za objekte v visokogradnji

perspektivi. Na zaslonu je lahko hkrati odprtih več oken z različno vsebino (različni pogledi, različni geometrijski modeli), ki so aktivna ali ne (zamrznjena). Tako je mogoče spremembe modela videti v vsakem trenutku v različnih pogledih. Ker so na voljo vsi podatki o geometriji objekta kot geometrijskega telesa, lahko prikazujemo objekt kot žični model (hitri prikazi), kot ploskovni model, pri katerem upoštevamo za linijske elemente eno, za ploskovne elemente pa dve razsežnosti, ali kot model telesa, pri katerem so elementi konstrukcije upoštevani kot samostojna telesa, celoten objekt pa predstavlja enostavno unijo (lepljenje) gradnikov. Objekt kot model telesa je smiselno prikazovati le na grafičnih enotah z visoko ločljivostjo.

Poleg značilnega poteka modeliranja in tesne povezave s podatkovno bazo objekta vključuje modelirnik različne grafične funkcije, kot so geometrijske transformacije, projekcije, zakrivanje ploskev, senčenje, povečevanje in pomanjševanje, okna in druge, ki jih srečujemo pri večini sorodnih programov [3]. Na sliki 2 je prikazan značilni zaslon v fazi modeliranja objekta.

Zaradi uporabe standardiziranih orodij (GKS tvori jedro modelirnika) in formatov (CGM, IGES) lahko geometrijski model prenesemo v različne risarske sisteme (AutoCAD, SYMEDIT), ki omogočajo dodatno editiranje slik in izdelavo načrtov. Standardizirana orodja so bila izbrana tudi zaradi enostavne prenosljivosti modelirnika na različne računalniške sisteme in zaradi drugih prednosti [4] [5].

UPORABLJENE METODE NAČRTOVANJA INFORMACIJSKEGA SISTEMA

Pri izgradnji prikazanega informacijskega sistema lahko opozorimo še na eno posebnost, žal značilno tudi za področje gradbeništva. Večina aplikacij izdelujejo strokovnjaki na področju gradbeništva, ki so si pridobili izkušnje na področju računalniškega programiranja v praksi. Za posamezne samostojne aplikacije sicer takšne metode verjetno zadoščajo, pri izgradnji zahtevnejših sistemov pa zagotovo ne. Potrebna so tudi znanja in orodja, ki jih ponuja sodobna informatika. Pri načrtovanju sistema GIS smo uporabili metodi strukturne analize [6] in strukturnega načrtovanja [7] ter CASE programska orodja, ki ti metodi, znani pod skupnim imenom SA-SD (»Structured Analysis – Structured Design«) podpirajo, ter metodo podatkovnega modeliranja [8] in teoretične osnove podatkovnih baz [9] za načrtovanje podatkovne baze. Brez uporabe

navedenih izsledkov sodobne informatike bi bil končni rezultat tako široko zasnovanega informacijskega sistema zagotovo vprašljiv.

SKLEPNE MISLI

Že prva razmišljanja o modelirniku za objekte v visokogradnji, ki bi upošteval strukturo, uporabljeno v sistemu ELAST, so pokazala, da je nujno potrebno postaviti za celotni sistem dobre temelje v obliki podatkovne baze z vsemi potrebnimi orodji. Ideja je obrodila sadove, saj je odpadlo veliko težav, ki so se pojavljale pri prejšnjih načrtih, preostale pa so bile veliko enostavneje rešene. Ker se je s tem raven abstrakcije bistveno dvignila, se je bilo veliko lažje posvetiti načrtovanju modelirnika. Zelo verjetno velja isto tudi za druge aplikacije, ki se bodo navezale na postavljeno podatkovno bazo.

Model objekta je v bistvu zelo enostaven. Pomembno je, da se je enostavnost ohranila tudi pri modeliranju. S tem je bila dana možnost za izboljšanje nekaterih funkcij tudi v grafični obliki (določanje očišč perspektive, hkratna uporaba več oken itd.), ki bi sicer preveč zapletle postopek modeliranja.

Pri načrtovanju podatkovne baze za objekte v visokogradnji se je pokazalo veliko prednosti, ki jih prinaša uvajanje koncepta baz v informacijski sistem tehniških aplikacij. Pri modeliranju podatkov je bilo izločenih veliko redundanc in omogočen neposrednejši (vsaj s stališča aplikacije) dostop do potrebnih podatkov. Zagotovljena je večja konsistenca podatkov. Z dokumentiranim dostopom do baze na ravni aplikacij je omogočena enostavna povezava doslej slabo ali sploh ne povezanih programskih modulov in s tem dvignjena raven uporabe podatkov. Praksa bo zagotovo pokazala še več prednosti podatkovnih baz v tehniki.

Odpirajo pa se tudi novi problemi, ki se nanašajo na presojo modela in rezultatov analiz s stališča arhitekta, statika, skratka, izvedencev. Naslednji korak bo zagotovo potreba po vgraditvi umetne inteligence v predstavljeni sistem.

Doslej so bile aplikacije s področja gradbeništva večinoma povezane prek vhodnih in izhodnih datotek in se ponekod še naprej načrtujejo na tak način. Upamo, da predstavljeni informacijski sistem ne bo samo reševal problemov projektantov, ampak bo tudi spodbudil uvajanje sodobnejšega načrtovanja informacijskih sistemov v gradbeništvo.

LITERATURA

1. Boris Lutar, »Program za statično in dinamično analizo stavb«, TF Maribor, 1988.
2. Danijel Rebolj, »Modeliranje objektov v visokogradnji«, magistrska naloga, Tehniška fakulteta Maribor, Maribor, 1989
3. Niko Guid, »Računalniška grafika«, Tehniška fakulteta Maribor, Maribor, 1988.
4. Jürgen Bettels, Peter R. Bono, Eileen McGinnis, Joachim Rix, »Guidelines for Determining when to Use GS and when to Use PHIGS«, Computer Graphics Forum, Vol. 7, No. 4, december 1988, strani 347–354.
5. Fopke Klok, »Evaluation of Standard Graphics Packages«, Computer Graphics Forum, Vol. 6, No. 4, december 1987, strani 299–307.
6. Tom DeMarco, »Structured analysis and System Specification«, Prentice Hall, N. Y., 1978.

7. Edward Yourdon, Larry L. Constantine, »STRUCTURED DESIGN: Fundamentals of a Discipline of Computer Program and System Design«, PRENTICE-HALL Inc., Englewood Cliffs, New Jersey 07632, 1979.

8. Shaku Atre, »DATA BASE: Structure techniques for Design, Performance and Management«, John WILEY and Sons Inc., 1988.

9. S. M. Deen, »Principles and Practice of Database Systems«, MACMILLAN PUBLISHERS LTD, Houndmills, Basingstoke, Hampshire and London, 1985.

ŠE ENKRAT GEODETSKE OSNOVE ZA PROJEKTIRANJE CEST

Oglašam se na članek mag. Alojza Ivanca, FAGG, Geodetske osnove za projektiranje cest, čeprav je izšel že v št 7–8–9 I. 1988, toda članek sem šele sedaj dobil in prebral.

Avtor v članku ugotavlja, da pri računalniških metodah projektiranja cest lahko uporabimo (in priporoča) za geodetsko osnovo temeljne topografske načrte merila 1:5000 in 1:10000 (TTN–5 in TTN–10). Predvsem poudarja prihranek časa, ker ni potrebno izdelati načrtov merila 1:1000, in zato tudi stroškov. V naslednji številki marca letos avtor članek dopolnjuje. Citiram: »Glede na odmev v strokovni javnosti, ker iz članka očitno ni natančno razviden smisel dane možnosti«. Odmev je bil oseben, ker drugih člankov o tej vsebini v GV nisem zasledil. Toda tudi pojasnilo, ki je sledilo, najbrž upravičenemu nezadovoljstvu GZ–SRS, ki ga avtor v članku navaja, ni razumljivo. Avtor namreč v pojasnilu izvzame možnost uporabe TTN–5 in TTN–10, citiram, »za izdelavo idejnih projektov, posebej za zahtevne objekte nizke gradnje, AC in železniške proge, kjer je cilj ugotovitev realnih razmer v prostoru, določitev čim bolj natančne investicijske vrednosti definiranja dokončnega položaja objekta v prostoru«.

Ni mi razumljivo, da na članek ni reagiral nihče izmed projektantov cest, iz stroke ali vsaj geodetov, ki sodelujejo pri projektih in izvajajo geodetska dela pri gradnji cest. Ali je potrebno pred pričetkom gradnje ugotoviti vrednost investicije le za AC, za druge objekte pa ne, naj povedo tisti, ki se s tem ukvarjajo. Ker pa se avtor v članku sklicuje na podatke geodetske raziskave in izjave geodetov ter podatke, na katere se sklicuje, neustrezno navaja, želim bralcem dati popolnejšo informacijo. Sicer pa raziskava, ki jo avtor navaja (Položajna in višinska natančnost geodetskih izmer...) in jo je izdelal GZ SRS, ni interna publikacija zavoda, temveč jo je naročila in financirala Republiška geodetska uprava ter je na razpolago vsem, kot vse raziskave, ki jih sofinancira raziskovalna skupnost.

O natančnostih TTN–5 in TTN–10

Za območje Slovenije je izdelano 2262 listov TTN–5 ali 70% in 245 listov TTN–10 ali 30% območja Slovenije. Uporabljena je aerofotogrametrična metoda, praviloma z restitucijo stereo modelov. TTN–10 so izdelani za manj zanimiva hribovita in redko naseljena območja. Načrti so se izdelovali 23 let (1961–1984), večinoma na GZ–SRS pa tudi na Inštitutu za geodezijo in fotogrametrijo (IGF). V tem obdobju se je tehnologija izdelave načrtov izpopolnjevala in je zato pričakovati različno kakovost in natančnost tudi glede na letnico izdelave.

Teoretična grafična natančnost načrtov je 0,2 mm × merilo načrta; v praksi se uporablja formula 0,3 mm × merilo načrta. Torej je grafična natančnost načrtov TTN–5 1,5 m in TTN–10 3 m. Pri tej vrednosti pa moramo dodatno upoštevati še napake meritev oz. natančnost, ki jo dovoljuje izbrana tehnologija izdelave, ki praviloma ne bi smela dati teoretično slabših rezultatov, kot to dovoljuje grafična natančnost merila.

RGU je leta 1976 naročila raziskavo, ki naj ugotovi dejansko natančnost načrtov, med njimi tudi TTN–5 in TTN–10. Raziskava je uporabila za osnovo oz. za primerjavo načrte merila 1:1000 in so zato v raziskavi obdelani listi TTN, za katere so bili ti načrti na razpolago. Pri ugotovitvi natančnosti TTN–5 in TTN–10 raziskava ni upoštevala napak načrtov 1:1000, temveč so podatki primerjave vzeti kot absolutni. Zato je ugotovljena relativna natančnost glede na načrte 1:1000. Ni bila upoštevana grafična napaka primerjanja načrtov, izločene so bile vse grobe napake, ki so pri primerjavi dosegle v merilu 1:10000 velikost do 22 m in upoštevane le napake do ± 7,5 m, kar je potrebno v oceni primernosti načrtov pred uporabo upoštevati.

Za TTN-5 navaja raziskava povprečno maksimalno napako položaja 4,46 m in višine od 2,22 m do 3,95 m za zaraščen teren.

Za TTN-10 navaja raziskava poprečno maksimalno napako položaja 7,25 m in višin 3,75 m.

Pri povečavi načrtov v večje merilo je natančnost povečanega načrta zaradi napak tehničnih postopkov povečevanja manjša kot natančnost osnovnega načrta. Projektant s povečavo pridobi le več risarskega prostora, če pa za projektiranje uporablja računalnik, je povečava nepotrebna. Tudi naknadna dopolnitev povečanega načrta, npr. s plastnicami ali objekti, čeprav korektno izdelano, ne more biti v vsebini in v primerljanih situacije osnovnega načrta natančnejša, kar pa naj bi dala dopolnitev povečave, sicer bi vsebino dopolnitve lahko uporabili ločeno.

Merilo aerosnemanja, ki ga za Slovenijo organizira Republiška geodetska uprava, imenovano ciklično aerosnemanje (CAS), je v triletnih ciklih takoj na razpolago, in to za minimalne stroške. Merilo 1:10 000 je za dogovorjena manjša območja in 1:17 500 za ostala območja.

Merilo snemanja 1:10 000 dovoljuje izdelati načrt, ki jo omogoča grafična natančnost do merila 1:2000 in aerosnemanje merila 1:17 500 do merila 1:3500. Za načrte merila 1:1000 se izvajajo posebna aerosnemanja v merilu približno 1:4500.

Enaka ugotovitev velja za predlagano dopolnitev situacije in višinske predstave TTN-5 in TTN-10 z gradivom CAS s pripombo, da je pri dopolnitvi višin potrebno upoštevati možnosti ovrednotenja aeroposnetkov glede na obravnavan teren: raven, hribovit ali zaraščen.

Torej tu prihranka časa in sredstev ni, razen na račun manjše natančnosti in vsebine načrta, o čemer naj odloča projektant.

Povzetek podatkov iz raziskave natančnosti TTN-5 in TTN-10 in omenjena splošna pravila za izdelavo topografskih načrtov so namenjeni lastni oceni projektantov. Pri tem je potrebno poudariti, da ti načrti niso namenjeni izdelavi izvedbenih projektov in jih s tem merilom ne smemo ocenjevati. Praksa je potrdila, da so ti načrti nepogrešljivi za vrsto načrtovanj, začeni s dolgoročnimi in srednjeročnimi programi občin, ter osnova za vsako leto večje število prostorskih evidenc. Zato je vzdrževanje TTN-5 in TTN-10 ena izmed prioritarnih nalog geodetske službe. Pri vzdrževanju teh načrtov se moramo glede na veliko število listov (2507) obnašati skrajno racionalno, zato tudi v bodoče ne nameravamo vzdrževati v teh načrtih vsebine, ki je nujno potrebna projektantom cest, na zalogo. Za območje projektiranja bo moral investitor tudi v bodoče potrebno geodetsko podlago naročiti pravočasno.

Toliko o možnostih uporabe TTN-5 in TTN-10 glede na natančnost izdelave in predvsem samega merila. Sicer pa sem mnenja, da naj projektant sam izbira geodetsko podlago, ki jo bo uporabil oz. zahteva ustrezno geodetsko podlago, če primerna ni na razpolago. Ne strinjam se s splošno kritiko o slabi kakovosti geodetskih podlag, pri tem pa se uporablja vse, kar slučajno obstaja, ne glede na vsebino in natančnost, marsikdaj celo zemljiško-katastrske načrte. Predvsem pri projektih raznih lokalnih cest, kjer nastopa dokaj neuk investitor, kot npr. krajevna skupnost, ni mogoče mimo misli, da je geodetska podlaga le papir, potreben za risanje, projekt le za pridobitev dovoljenj, gradnjo pa po terenu projektirajo stroji. Kasnejše pritožbe uporabnikov zemljišč in stavb ob tako grajenih cestah tako ne najdejo naslovnikar. Onemogočeni dostopi, zastajanje vode, pozabljeni propusti itd. zahtevajo sanacijo (odškodnine).

Ni pa avtor izdal skrivnosti, ko v članku izjavlja, da geodetska podlaga (TTN-5 in 10), kompletirana z obstoječimi aeroposnetki in z lokalno reambulacijo najbolj kritičnih mest (reambulacija je obnovitev, avtor pa je verjetno mislil na dopolnitev), »v celoti ustreza zahtevam cestno-gradniške prakse« in da so tehnični načrti v merilu 1:1000, ki ga projektanti še danes za svoje potrebe izdelujejo sami, bistveno slabši od povečave TTN-5 in 10 predvsem višinsko, da so ti (tehnični načrti) močno problematični. Naj mi bo dovoljeno vprašati, zakaj se projektanti poskušajo v stroki, za katero niso usposobljeni. Ali samo zaradi manjših stroškov? Videti je, da geodetska dela lahko opravlja, kdor hoče, zato je skrajni čas stroko zaščititi, tako na primer, kot so to napravili gradbeniki.

Ker pa se res zelo pogosto uporabljajo neprimerne geodetske podlage, povečave, aeroposnetki in neprimerne kombinacije teh, je RGU pripravila strnjeno pojasnilo o uporabi geodetskih podlag, načinu vzdrževanja in pridobitvah. To pojasnilo je bilo ob obravnavi takega ravnanja v praksi in posledicah sprejeto na seji komiteja RKVOUP leta 1988 in nato posredovano vsem pristojnim upravnim organom in upamo – tudi projektantskim organizacijam. To gradivo prilagamo k članku, če se bo uredništvo odločilo za objavo, kar bi dopolnilo tudi moj sestavek.

Ker kot geodet že vrsto let delam v geodetski upravni službi, kjer sem imel dovolj priložnosti spoznati cestno prakso z druge, ne le tehnične plati, želim to priložnost izkoristiti in povedati, kako sedanjo prakso na tem področju ocenjujem s stališča geodetske upravne službe.

Kot sem že omenil, naj projektant sam izbira in zahteva geodetsko podlago (vsebino in natančnost), toda nato naj bo moralno in materialno odgovoren za napake projekta, katerih vzrok je slaba geodetska podlaga. Izdelovalec geodetske podlage, geodetska delovna organizacija in ne razni honorarci pa naj zagotovijo zahtevano natančnost in vsebino na dan izdelave. Ni sprejemljivo, da geodeti izdelajo »karkoli« ne glede na predvideno uporabo, za kar bi še posebno

morali skrbeti geodeti v projektivnih organizacijah. Opravičilo za nestrokovno delo ni niti finančna stiska, ki kot vemo najprej doleti prav projektante in geodete. Iz navedenega je razumeti, da je prav stroka, v tem primeru geodetska, odgovorna in mora skrbeti za raven in ugled.

Toda za gradnjo ceste je poleg dobrega tehničnega projekta potrebno pridobiti zemljišče za gradnjo s kupno pogodbo ali razlastitvijo, za kar potrebujemo natančne podatke o površini zemljišča posameznega lastnika. V ta namen je potrebna zemljiška katastrska odmera, zanjo pa potrebujemo v PIA (prostorskem izvedbenem aktu) izdelan načrt gradbenih parcel in elemente za zakoličbo gradbenih parcel. Torej mora tudi projekt (ne le za AC) natančno določiti lego objekta – ceste v prostoru, v naravi, v razmerju do bodoče okolice ceste. Tega tudi računalnik brez vnesenih podatkov ne zmore. Glede na to, da imamo za območje Slovenije še vedno 90 % zemljiško-katastrskih načrtov grafične izmere iz okoli leta 1820 brez znane projekcije, ni mogoče tega zagotoviti drugače kot s prenosom na teren projekta gradbene parcele (v praksi bolj znane meje ekspropriacije) in nato s terensko izmero novega stanja (parcelacijo). Za izdelavo načrta gradbenih parcel in izračun elementov za zakoličbo gradbenih parcel potrebujemo dovolj natančen topografski načrt, nikakor pa ne zadostuje TTN-5, TTN-10 pa še manj.

Zakon o urejanju naselij in drugih posegov v prostor (ZUN) zahteva ugotovitev vplivov predvidenih prostorskih ureditev na okolje in možnosti realizacije v »realnih razmerah v prostoru«. Dokončen položaj objekta v prostoru s kakovostnim projektom na podlagi izdelanih raziskav bi preprečil kasnejše spremembe projekta, ki so danes veliko prepogostne. Ni mi znano, kaj opravičuje in za katere objekte, če za AC ne, opustitev z zakonom zahtevanih dokumentov, ki jim je osnova kakovostna geodetska podlaga.

Res pa je, da tudi projekti, po katerih se sedaj gradijo AC, nimajo izdelanega načrta gradbenih parcel in elementov za zakoličbo teh parcel, da pred gradnjo in še tudi 20 let po izgraditvi ni urejeno lastništvo zemljišč. Zato je vsaj 6000 km republiških cest (po podatkih RGU 11000 km vseh cest) zemljiško knjižno neurejenih, ker ni opravljena izmera, ki jo je dolžan naročiti investitor že za pridobitev gradbenega dovoljenja, Skupnost za ceste Slovenije pa ima 12000 odškodninskih zahtevkov (to so le najvztrajnejši) in še marsikaj, česar v družbi, ki spoštuje človeka in njegovo delo, ne bi smelo biti.

Menim, da je računalnik pri projektiranju nova kakovost in bo omogočil hitrejšo in boljše projektiranje, toda le z uporabo kakovostne »računalniške geodetske podlage«.

Za konec prosim avtorja mag. Alojza Juvanca, da navede v članku literaturo geodetskih strokovnjakov, na podlagi katere je prišel do v obeh člankih opisanih spoznanj in da tudi argumentira, ne le trdi. Citiram: **da v navedenem primeru geodetska podlaga ne rabi kot VIR PODATKOV, ampak le kot SLIKOVITA OSNOVA za tlorisni prikaz** (podčrtal B. D.). V obeh člankih nisem ugotovil, kateri so ti navedeni primeri, za katere veljajo ugotovitve v članku (razen da to niso AC in železnice).

Kot geodet sem prepričan, da so tudi podatki TTN-5 in TTN-10, dopolnjeni s CAS ali z mersko mizo, geodetski podatki, čeprav manj natančni kot podatki topografskega načrta merila 1:1000 in jih je manj za isto površino. Zato sem bil zelo presenečen, ko sem v članku prebral, **da je mogoče projektno dokumentacijo izdelati na osnovi DRUGAČE pridobljenih podatkov**, in ne na osnovi geodetske podlage. Tudi za to trditev bi bilo potrebno pojasnilo.

Ljubljana, sept. 89

Božo DEMŠAR, dipl. inž. geod.
(Posavskega 19, LJUBLJANA)

RAZPIS

Društvo gradbenih konstruktorjev Slovenije že nekaj let za najboljši konstruktorski dosežek v minulem letu podeljuje posebno republiško priznanje. Za nagrado pridejo v poštev tako projekti kot izvedba objektov in razvoj posebnih konstrukcijskih sistemov pa tudi izvirni raziskovalni in znanstveni dosežki.

Izmed najboljših republiških dosežkov pa Zveza društev gradbenih konstruktorjev Jugoslavije izbere najboljši konstruktorski dosežek leta v Jugoslaviji. Najboljše dosežke vseh republik avtorji javno predstavijo na neki skupni strokovni prireditvi. Tokrat bo ta skupna predstavitev 12. zborovanje gradbenih konstruktorjev Slovenije septembra 1990 na Bledu.

Vabimo vse potencialne kandidate in podjetja, da do 20. februarja 1990 Društvu gradbenih konstruktorjev Slovenije pošljejo svoje predloge z ustrežno dokumentacijo in utemeljitvijo. Za javno predstavitev je potrebno pripraviti slikovni in grafični material vsaj za en prostor ter ustrezne diapozitive.

ZA IZVRŠNI ODBOR DRUŠTVA GRADBENIH KONSTRUKTORJEV SLOVENIJE

PREDSEDNIK FRANC SAJE

IZ DELOVNIH KOLEKTIVOV

GP GROSUPLJE

Bazenski kompleks Valaita so zgradili v 4 mesecih

Delavci GP Grosuplje so v 4 mesecih zgradili celoten bazenski kompleks v Valaiti pri Rovinju. Tako je bila Valaita že letos bogatejša s turistično ponudbo: zgradili so namreč dva plavalna bazena in spremljajoče objekte: 8 manjših enoetažnih hišic, namenjenih gostinski dejavnosti, trgovski dejavnosti, rekreacijski dejavnosti in za potrebe otroškega vrta. V eni od njih je sanitarni voz. Skupna površina spremljajočih objektov je 1000 m². Okrog bazenov je 4000 m² teras in tribun, saj so bazeni dvonamenski, namenjeni tudi raznim zabavam in kulturnim prireditvam.

Bazen velikosti 33 × 25 m preide v enem delu v 3/4 krožnega premera, medtem ko ima otroški bazen premer 7,5 m. Bazeni so obloženi s keramiko. O velikosti in količini keramičarskih del dovolj zgovorno govori podatek, da je to delo izvajalo 30 keramičarjev, vgradili pa so kar 2000 m² keramike.

Bazenski kompleks Valaita pri Rovinju pa je prav gotovo objekt, ki je lahko v ponos tudi GPG kot izvajalcu del.

Za Biotehnično fakulteto še raziskovalni inštitut za lesarstvo

Zaradi slabe nosilnosti tal stoji del objekta na točkovnih, del pa na pasovnih temeljih. Izkope so naredili 2,60 m v globino. Na nivoju 1,80 m so že prišli do talne vode; le-to so z 2 črpalkama sproti prečrpavali na nižji teren. S komprimiranjem, pri katerem so meritve izvajali strokovnjaki Geološkega zavoda, so utrdili 80 cm sloja gramozne blazine. Pod njo so na izravnani izkop položili politlak folijo.

Raziskovalni inštitut je trietažni objekt tlorisnih dimenzij 27,30 × 18,50 m, objekt za preizkušanje pohištva pa pritlični, dimenzij 12,50 × 27,50 m. Konstrukcija obeh je železobetonski skelet s prečnimi železobetonskimi zidovi in masivnimi ploščami. Fasadni zidovi so izolirani z demitom, kritina pa je profilirana »alu« pločevina, montirana na lepljene nosilce »hoja«.

Z obstoječim raziskovalnim inštitutom je objekt 2. faze povezan s pokritim veznim hodnikom.

Nadaljevanje gradnje atrijskih hiš v Murglah

Gradbeno podjetje Grosuplje je v treh fazah zgradilo celotno stanovanjsko naselje atrijskih hiš v Murglah.

Marca letos so pričeli s četrto fazo izgradnje Murgel. Ta obsega gradnjo v karejih A, B in C, skupno 72 atrijskih hiš. Vse hiše so projektno enako zasnovane, velike 125,31 m² in s pripadajočimi različno velikimi parcelami (največja meri 502 m²). Tudi gradnja je enaka prvotni: siporeks zidovi so z ene strani obloženi s fasadno opeko, na drugi pa je fasada izvedena v demitu. Strehe dvokapnice so krite s salonitom.

Vzporedno s hišami gradijo tudi 14 garaž, za te je rok dokončanja do konca avgusta.

Vir: SGP Grosuplje

GP GRADBINEC, Kranj

Pokrit olimpijski bazen v Kranju

Letos spomladi so delavci SGP Gradbinec Kranj pričeli pripravljala dela za izgradnjo pokritega olimpijskega bazena – gostinsko turističnega in rekreacijskega centra. Dela obsegajo:

- rekonstrukcijo ceste Kokrškega odreda,
- zaklonske za 300 oseb,
- izkop in temelje olimpijskega bazena izmere 60 × 85 m. Predvidena sta tudi dva bazena: 50 × 25 m in 17,60 × 18 m, pa tudi sanitarije, tuši, savne, garderobe, telovadnice, trim kabineti, klubski prostori, restavracija, bifeji, kuhinja, kioski...

Operativni plan dela je prilagojen dotoku finančnih sredstev.

V stanovanjski soseski Medvode-Svetje 80 novih stanovanj

V Medvodah nadaljujejo gradnjo soseske SS 9/7 Svetje. Po uspešni predaji treh objektov s 76 stanovanji so letos pričeli z gradnjo objekta 4A-E in 2 CD s skupno 80 stanovanji. Objekti so locirani na geološko zelo zahtevnem terenu, v katerem se izmnujejo konglomerat, gramoz, lapor, glina, samice; za nameček se vse to dogaja na strmi brežini z veliko izvirov.

Za premagovanje zahtevnega terena je bilo potrebno pred gradnjo objektov zgraditi okrog 300 m dolg betonski oporni zid, visok 3 m, zajeti več izvirov, izdelati delovni plato, položiti gosto drenažno mrežo in pod objekti zamenjati nenosilna temeljna tla z nosilnim materialom. Zahtevni geološki pogoji narekujejo postopno gradnjo po delih, kar pomeni, da se šele po končani lameli do drugega nadstropja lahko prične gradnja naslednje

lamelle. Na zahtevo samoupravne stanovanjske skupnosti so rok gradnje objekta 4A-E skrajšali s 15 mesecev na 13 mesecev, tako da so objekta 4A-E že predali investitorju.

INGRAD, Celje

Ingradovi nosilci nadomeščajo masivne lesove v konstrukcijskih sklopih

Ingradova razvojna usmeritev teži k varčevanju z materialom ter energijo in s tem za ohranitev naravnega okolja. Te težnje so pogojevale tudi uvedbo nove proizvodnje lesnih »I« nosilcev in prefabrikate z njih. Lesni »I« nosilci nadomeščajo masivne lesove v konstrukcijskih sklopih. Izdelani so iz smrekovih letev 5/5 cm, ki tvorijo zgornjo in spodnjo pasnico ter stojine iz trde vodoodbojne ali ognjeodporne vlaknenke. Stiki so lepljeni z najbolj kakovostnimi lepili.

Nosilci se izdelujejo v višinah od 20 do 40 cm in dolžinah do 8,00 m. S temi nosilci se lahko nadomestijo masivni lesovi do prereza 16/20 cm. Povezave med nosilci za oblikovanje strešnih poveznikov in drugih prefabrikatov se izvedejo z lepljenjem ter zaplatami iz trdih vlaken. Nosilci so atestirani na FAGG v Ljubljani.

Ingrad zgradil Atomsko vas in apartmaje na Pohorju

O gradnji apartmajskega naselja Atomska vas pri Podčetrtku smo že pisali, danes pa so naši pogledi usmerjeni na podobno gradnjo v Rekreacijsko-turističnem centru na Rogli. Tu so Ingradovi delavci že lani zgradili štiriinpetdeset apartmajev, letos pa bodo dogradili še šestintrideset enot.

To so apartmaji s štirimi ležišči in velikosti 22 m². Gradnja teh objektov je klasična – opečni zidovi, toplotne izolacije, lesene vidne obloge sten in stropov, kritina z eternitom. Vrata in okna so iz kakovostnega smrekovega lesa in zasteklena z izolacijskim steklom. Notranje stene bivalnega prostora so ometane in poslikane, v sanitarijah so stene obložene s keramičnimi ploščicami; na tleh bivalnega prostora pa je sintelon tlak ali topli pod.

Dostop v objekte je s severne strani, medtem ko so vsi bivalni prostori orientirani na jug. Skupni vhod za šest apartmajev je skozi vetrolovo na višini terena (visoko pritličje), zato vodijo stopnice v pritličje in mansardo. V vetrolovo so vgrajene tudi omare za smuči.

Apartmajska stanovanja, za katera se kupci izredno zanimajo, bodo vseljiva v mesecu novembru 1989.

Vir: Giposs, Ljubljana

SCT Ljubljana

SCT bo pri gradnji objekta za varstvo okolja to je v pregrado Bukovžlak vgradili več kot 1.200.000 m³ materiala

Pregrada, ki jo delajo delavci SCT-ja nastaja med krajema Bukovžlak in Proseniško. Na gradbišču, ki se razteza na površini več kot sedmih hektarov, je številna mehanizacija: dva buldožerja (D-8, D-9), dva dozerja D-7, dozer TG-110, valjar BW-212, vlečni valjar SAW 185, bager gradol s teleskopsko roko, greder za ceste caterpillar, trije nakladači CAT-980, 22 tovornjakov man, štirje demperji CAT-350, dve vrtalni garnituri ROC 612 in ROC 712, cisterna za vodo, cisterna za gorivo, dve premični mehanični delavnici in premična delavnica za mazanje. V rezervi imajo še en dozer, valjar, nakladač in druge stroje. Mehanizacija je zelo obremenjena zaradi hitrega delovnega tempa.

Pregrada za travnikom, kot se uradno imenuje ta projekt, je sestavljena iz zemljin, ki jih dobivajo na gradbišču samem, saj so sestavni deli pregrade peščenjaki iz tukajšnjega kamnoloma, glina in melj ter piritni ostanki pa s starega odlagališča Cinkarne, ki je še vedno ekološki problem. Peščenjakov bodo vgradili 800.000 kubičnih metrov, gline in melja 300.000 kubičnih metrov in 150.000 kubičnih metrov piritnih ogorkov. Tako bodo iz odprte pregrade, ki je tukaj v neposredni bližini, izpraznili skoraj polovico te neprijetne rdeče snovi in jo strokovno vgradili v novo pregrado. Pregrada, ki jo gradijo, bo merila v prečini smeri spodaj 200 metrov in na vrhu šest metrov, v vzdolžni smeri pa bo na spodnjem delu dolga 80 metrov, na skrajnem zgornjem delu pa kar 600 metrov, kar pomeni, da gre pregrada z enega hriba na drugega. Visoka bo 45 metrov. Za pregrado, ki bo zaprtega tipa, bo Cinkarna odlagala titanovo sadro, zmogljivost bazena je 6,6 milijona kubičnih metrov tehnološkega odpadka. Skupaj bodo v pregrado vgradili več kot milijon 200.000 kubičnih metrov različnega materiala.

Vrednost te naložbe znaša 18 milijard 500 milijonov dinarjev, vsa sredstva pa so doslej avansirana.

Hotela Neptun in Pluton v Rabcu v novi podobi

Velik delež pri gradnji turističnega naselja Girandella v Rabcu je imel SCT, ki je bil glavni izvajalec del in tudi soinvestor.

Dela pri rekonstrukciji in modernizaciji ter nadgradnji obeh paviljonskih hotelov so se začela takoj po novem letu 1989. V obeh hotelih je sedaj novih 238 ležišč, rekonstrukcija pa je zajela še nadaljnjih 480 ležišč.

Hotel Pluton je apartmajskega tipa, saj ima

83 apartmajev in 321 postelj, hotel Neptun pa le 371 postelj. Oba hotela imata vse nujne objekte in zunanje bazene, urejene dostope, urejeno okolico in vse druge pritlikline, kot so jedilnice, terase, kuhinji itd.

Sama gradnja je bila zaradi kratkega roka in povsem gradbeniških problemov, kajti šlo je za adaptacijo obstoječih objektov, zelo zahtevna. Toda tako investitor, nadzor, projektant in izvajalec se strinjajo, da je bilo delo opravljeno zelo kakovostno in v zadovoljstvo vseh.

Ob obeh hotelih je postavljen sistem sončnega ogrevanja sanitarne vode, ki s svojimi 216 kolektorji omogoča, da imajo gostje toplo vodo noč in dan, saj so zmogljivosti sončnega sistema preračunane na porabo v konici sezone.

S turizmom, ki je zasnovan marketinško, bodo vlaganja odrezala tudi večji kos kruha prebivalcem občine Labin.

SCT pri gradnji hidroelektrarne Golica v Avstriji

SCT gradi na nadmorski višini 1000 metrov objekte pregrade bodočega zbiralnega jezera v Koralpah (Golica v Avstriji).

To umetno jezero bo dolgo približno tri kilometre. V njem bo 16,23 milijona kubičnih metrov vode. Gladina jezera bo, kadar bo polno, na nadmorski višini 1080 metrov, najnižja dovoljena gladina pa bo pri 1053 metrih. Iz jezera bodo vodo speljali po pet kilometrov dolgem cevovodu do Svete Magdalene, od tam pa se bo spustila po tlačnem cevovodu premera 1,5 metra in dolžine 3,2 kilometra na turbino hidroelektrarne, ki jo že gradijo tik ob reki Dravi, na nadmorski višini 340 metrov, v neposredni bližini Labota in tako rekoč za lučaj stran od državne meje. Voda bo na turbine »prigmela« s padcem 735 metrov.

Vse omenjene objekte gradijo avstrijska in slovenska oziroma jugoslovanska podjetja. Nosilec in koordinator na naši strani je Rudis. SCT ima nalogo zgraditi več objektov te pregrade, pri čemer izvaja predvsem betonerska, železokrivska in opažerska dela, poleg tega pa še prelivno drčo s prelivnim bazenom. Že lani so SCT-jevi delavci zgradili dostopni jašek in zbiralni bazen pri kraju Hölgraben. Tudi kontrolni hodnik, ki bo hkrati temelj bodočega asfaltnega jedra pregrade, so začeli graditi že lani, letos pa delo nadaljujejo. Z obeh strani omenjenega jedra, ki bo visoko 82 metrov, bo narejen nasip pregrade. Vanjo bodo vgradili približno 1,8 milijona kubičnih metrov materiala iz kamnoloma, ki bo kasneje zalit z vodo. V kontrolnem hodniku bodo vgrajene naprave za preverjanje tesnosti in morebitnih premikov ali posedanja pregrade. Na vrhu pregrade bo speljana tudi nova trasa ceste, kajti sedanji most čez dolino Bistrice bo zalila voda. Dostopni hodnik, ki teče pravokotno na kontrolni hodnik po dolini navzgor, je dolg 190 metrov, visok 1,8 in širok 1,5 metra. Vzporedno so se lotili tudi gradnje kontrolnega hodnika (2,2 krat 3,2 metra) z enega brega doline na drugega. Ko bo zgrajen, bo dolg skupno 360 metrov. Prvi

(odsek) so zgradili na levem bregu spodaj, nato pa so se začeli »vzpenjati« po strmimi navzgor. Vsak odsek je dolg po 8 metrov, kolikor postavijo hkrati železnega tunelskega opaža za notranji obris in klasičnega lesenega opaža za zunanji obod hodnika. V en odsek vgradijo po 30 ton železne armature in 220 kubičnih metrov neprepustnega betona, ki mu zaradi manjšega razvoja toplote dodajajo pepel. Prelivna drča z bazenom, ki smo jo že omenili, je edina take vrste v Evropi, saj je speljana v ovinek in bo rabila za preliv odvečne vode iz zbiralnega jezera. Drča bo dolga 360 metrov, začeli pa so jo v odsekih po 12 metrov graditi že lani, ko je bil najprej zgrajen prelivni bazen, dolg 60, širok 18 in visok 11 metrov. Stene bazena so iz 1,5 metra debelega armiranega betona. Prihodnje leto bodo čez drčo zgradili še montažni most.

Pripravljalna dela za gradnjo avtoceste Azraq-iraška meja v Jordaniji so končana

Pripravljalna dela za gradnjo avtoceste Azraq-iraška meja, odsek C v Jordaniji so končana. Nadzor je potrdil mikrolokacijo naselja, v okviru katerega so tudi pisarne in laboratorij. Vsa dela je izvajal jordanski podizvajalec, ki je sodeloval tudi pri pripravljalnih delih na projektu RRC Magraq. Naselje je na 122. kilometru, kar je približno 15 kilometrov od začetka dela trase. Kilometer od naselja pa so oddaljeni kamnolom, separacija in asfaltna baza. Za bivanje so kupljeni kontejnerji, medtem ko bodo kuhinja, mehanična delavnica in pisarne zidani objekti. V bližini naselja je vodnjak, ki da 75 kubičnih metrov vode na uro. Opravljeno je bilo poskusno črpanje vode in prvi rezultati so zelo ugodni.

Po uspešni pripravi so se glavna dela na terasi že pričela.

Vir: SCT Ljubljana

GRADIS, Ljubljana

V pičlih 100 dnevih so zgradili velik objekt servisne delavnice v Trzinu

Delavci Gradbene operative Ljubljana so v pičlih 100 dnevih izgradili in predali investitorju Mercator-Rožnik novo zgrajeno servisni objekt z nad 1600 kvadratnimi metri poslovnih površin.

Dela so pričeli konec aprila. Stroji, ki so odkopavali teren, so se pogrezali v močvirnat svet, ki ga je dodatno mehčal pogost dež in kdaj pa kdaj tudi obtičali, da so morali strojniki poklicati na pomoč »reševalce«. Dno izkopane jame so obložili s polstjo ter nosilno ploščad uredili z nasipavanjem za postavitev skeleta Gradisove montažne hale (OGP). Sledila je montaža hale. Objekt ima obliko črke »L« z daljšima stranicama po 36 metrov in širinama po 18 metrov. V izmeri 36 x 18 metrov je tudi nadstropje. V objektu

bodo različne delavnice, skladišča, garderobe, sanitarije itd. ter tudi pisarne. Objekt bo imel svojo kotlovnico, tovarno in osebno dvigalo, ograjeno dvorišče; prevzeti so bili tudi vsi potrebni komunalni priključki in zunanja ureditev. Objekt je bil prevzet na ključ.

Stanovanjsko-poslovni center v Prevaljah

Gradisovci so avgusta pričeli z gradnjo stanovanjsko-poslovnega centra v Prevaljah. Predvideni rok dokončanja del je konec junija prihodnje leto. Objekt bo imel klet, pritličje, eno nadstropje in mansardo. Klet je razdeljena na pet funkcionalnih sklopov. V stanovanjskem delu sta dve stopnišči z vetrolovoma, prostor za hišni svet, kolesarnica in prostor za čistilko. Trgovsko podjetje TIMA bo imelo v kleti skladiščne in servisne prostore. Skladišča bodo za živila in za material, poseben prostor bo za sadje in zelenjavo, za embalažo, prostor za smeti in za čistila.

Tretji funkcionalni sklop v kleti pripada Jugobanki, četrti je kotlovnica na plin, v petem pa so tri garaže za osebne avtomobile.

Pritličje je razdeljeno na tri funkcionalne sklope. Stanovanjski del zajema obe stopnišči z vetrolovoma; TIMA bo imela samopostrežno trgovino, ob kateri bo tudi kava-bar s pripadajočim skladiščem in sanitarijami za goste, pisarno in prostor za malico za osebje trgovine, garderobe in sanitarije s predprostorom; tretji del bo imela Jugobanka. Prvo nadstropje in mansarda sta stanovanjski etaži s 15 stanovanji, in sicer: ena garsonjera, dve enosobni, šest dvosobnih s kabinatom in eno trisobno stanovanje.

Pyhrnska avtocesta – tokrat zares

Nedavno so se v Mariboru zbrali na tretjem simpoziju o pyhrnski avtocesti predstavniki štirih vlad. Prvi takšen simpozij je že pred enajstimi leti organiziral Gradis, drugo mednarodno srečanje prometnih strokovnjakov pa je bilo leta 1980 v Zagrebu.

Tokratnega srečanja v Mariboru, bilo je v Kazinski dvorani SNG, so se udeležili predstavniki vlad avstrijske Štajerske, Bavarske, SR Hrvatske in SR Slovenije, in sicer štajerski deželni glavar dr. Josef Krainer, predstavnik bavarskega ministrstva za promet in gospodarstvo dr. Hugo Hartmann, podpredsednik Izvršnega sveta hrvaškega Sabora Ivo Kovač in predsednik Izvršnega sveta Skupščine SR Slovenije Dušan Šinigoj. Pyhrnska avtocesta se pričinja pri Nürnbergu v ZR Nemčiji in naj bi se končala pri Zagrebu. Bavarci so svoj del ceste že izgradili, Avstrijci v glavnem tudi. Ustavilo se je torej na meji pri Šentilju. Prav to zadnje srečanje v Mariboru naj bi pospešilo nadaljevanje gradnje tudi na naših tleh. Na Hrvatskem so z deli že pričeli. Končan je odsek od Jakomira do Zaprešiča, do konca leta pa naj bi končali tudi z deli na 12 kilometrov dolgem odseku do Zaboka.

Na simpoziju so bili ves čas poleg ostalih tudi Gradisovi strokovnjaki. Vrednost bodoče avtoceste od Šentilja do Zagreba je 655 milijonov dolarjev. Slovenija in Hrvatska

stopata v gradnjo s 150 milijoni dolarjev, preostanek 224 milijonov dolarjev bi dobili na tržišču denarja in z delnicami.

Biološko središče ob Večni poti v Ljubljani

Gradisovci so na gradbišču gradnje Biološkega središča v Ljubljani že končali prvo in hkrati najzahtevnejšo fazo gradnje Biološkega središča – pripravo temeljev. Da bi dosegli potrebno trdnost, je bilo treba v zamočvirjen svet nasproti ljubljanskega živalskega vrta zabiti 124 pilotov premera 70 centimetrov, njihova skupna dolžina pa znaša okrog 2300 metrov. Med opaže so vili za okrog tisoč kubičnih metrov betona. Za navedena dela so imeli na razpolago vsega 65 dni.

Druga faza gradnje, to je gradnja trinadstropnega objekta s skupno okrog 7500 kvadratnimi metri površine, se bo začela te dni. Ker gre za objekt iz tako imenovanega »nacionalnega programa«, je vsa projektna in gradbena dokumentacija že pripravljena, dinamiko del pa bodo bržkone uravnavala tudi dotekajoča sredstva.

Po načrtih naj bi bila druga faza, ki že vključuje kompletno predajo objekta uporabniku, dokončana do prvega septembra prihodnje leto.

Poskusna serija izdelkov Gradisovega obrata za izvoz

V obratu gradbenih polizdelkov so na željo švicarskega naročnika izdelali poskusno serijo visokozahtevni in nato ročno obdelanih betonskih elementov – segmentov ličnih okenskih okvirov, ki so po videzu nekoliko podobni klesanemu kamnu.

Skupna vzorčna količina elementov meri zaenkrat okrog 120 metrov. V primeru, da bo naročnik zadovoljen, pričakujejo skorajšnji podpis pogodbe o količinah, ki bi jih zmogli izdelati in bi bile zanje zanimive.

Osimske ceste

Gradis sodeluje pri gradnji odcepa avtoceste pri Razdrtem z dvema podvozoma in enim nadvozom.

Največji objekt na tem odcepu je podvoz 3-02, ki je dolg 64 metrov in je zaradi predvidenih izrednih prevozov visok 8 metrov. Vsi stebri so že zmontirani, skupaj jih je 64, začeli so pa tudi že montažo horizontalnih nosilcev; teh pa je 32. Podvoz mora biti gotov do 1. oktobra. Podvoz 3-01 bo dolg 48 metrov in bo zaradi slabega terena temeljen na 24 pilotih, ki jih je v začetku meseca začel delati Geološki zavod iz Ljubljane. Gre za benotto pilote, ki bodo vrtani v globino do 15 metrov. Rok za dokončanje tega podvoza je 1. februar prihodnje leto.

Podaljšek kontejnerskega terminala v Luki Koper

Koprska luka, slovensko okno v svet, mora nenehno vlagati v nove naložbe, če želi ohraniti svoje mesto med jadranskimi lukami, še posebej na severnem Jadranu. V Luki Koper so ugotovili, da se iz leta v leto

pečuje prevoz blaga s kontejnerji, zato so se odločili za podaljšanje obstoječega kontejnerske obale. Delo izvaja, kot večino vsek del v luki, tozđ GE Koper.

Trije preizkusni piloti so že prestali vse obremenilne preizkuse. Zabili so jih v globino 53 metrov in jih obremenili s 600 tonami. Tak preizkus je bil nujno potreben, ker bodo na podaljšku kontejnerskega terminala postavili večje in težje dvigalo za razkladanje kontejnerjev, kot ga imajo na že zgrajeni obali.

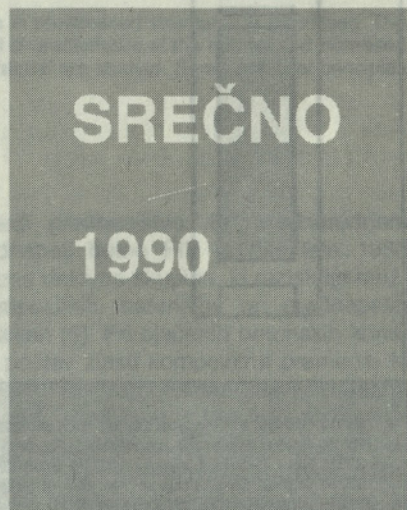
Podaljšek kontejnerskega terminala bo dolg nekaj čez sto metrov in bo skupaj z že obstoječim terminalom omogočal istočasno razkladanje dveh večjih kontejnerskih ladij. V morsko dno bo treba zabiti čez sto pilotov, urediti bo treba zaledje ter zgraditi dostopni most. Računajo, da bo podaljšek kontejnerskega terminala narejen do konca leta.

Most čez Dravo v Trbojah

Na obrežju reke Drave gradijo novi most, kakršnega nismo v Sloveniji gradili zadnjih pet let. Most bo dolg 220 metrov, skupna širina bo 8,4 metra, dvigal pa se bo 15 metrov nad Dravo. Imel bo pet vmesnih stebrov in dva krajna opornika. Most bo monoliten, grajen po tehnologiji postopnega narivanja s pomočjo hidravlične konstrukcije. Most so vaščani Trboj želeli več kot štirideset let. Želja naj bi se jim uresničila konec letošnjega leta.

Investitor del je Skupnost za ceste SR Slovenije, nekaj denarja pa bo prispevala tudi občina Dravograd.

Vir: Gradis Ljubljana

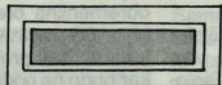


Avtor:
Lojze Cepuš

VHODNA IN GARAŽNA VRATA INLES TER NADSVETLOBE IN STRANSKE SVETLOBE

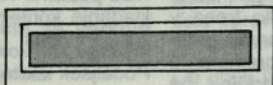
MDS 1

1068 × 404 mm



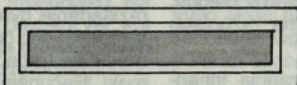
MDS 2

1330 × 404 mm



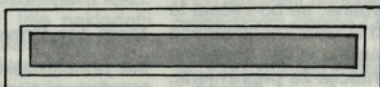
MDS 3

1472 × 404 mm



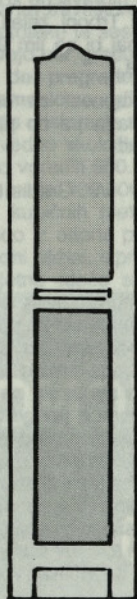
MDS 4

1876 × 404 mm



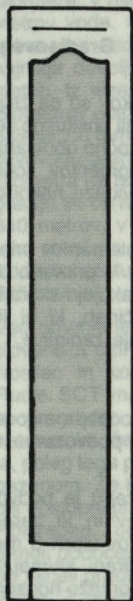
MDS 5

404 × 2090 mm



MDS 5/P

404 × 2090 mm



Značilnosti:

- so izdelani iz masivnega lesa s končavo v hrastu ali v jelki/smreki
- vrata so debeline 60 mm (hrast) ali 44 mm (jelka/smreka)
- vrata so obdelana z lakom, odpornim na zunanje vplive (debeline 60 mm) ali s svetlo lazuro (debelina 44 mm)
- polnila pri vratih debeline 60 mm so troplastna: zunanje plasti so izdelane iz vodoodporne vezane plošče, srednja plast je iz termoizolacijskega poliuretana
- zaradi tega imajo vrata debeline 60 mm izredno toplotno izolativnost ($k = 1,98 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- vrata so zasteklena z navadnim ornament steklom (vrata debeline 44 mm), s termopan steklom (vrata debeline 60 mm) ali s termopan steklom, ki ima v medstekelnem prostoru medeninasto okrasno mrežo – šprošno
- vrata debeline 44 mm so opremljena z cilindrično ključavnico, debeline 60 mm pa z robno zaporo »Kran«

61310 Ribnica, Kolodvorska 22, tel. (061) 861-212
 25260 Apašin, Sončanska bb., tel. (025) 772-041
 22330 Nova Pazova, Lenjinova 103, tel. (022) 331-155
 35230 Čuprija, Cara Lazara 92, tel. (035) 461-409
 51213 Jurdani-Opatija, tel. (051) 741-330
 18000 Niš, Mramorska bb., tel. (018) 65-335
 55000 Slavonki Brod, Matoševićeva bb., tel. (055) 231-026, 241-510
 55300 Slavonka Požega, Beogradska bb., tel. (055) 72-845, 73-323
 56000 Vinkovci, Moše Pijade 101, tel. (056) 11-367
 14220 Lazarevac, Janka Stajčića 50, tel. (011) 813-217
 88000 Mostar, Bišće polje bb., (088) 33-665
 91000 Skopje – Dračevo, Ratka Mitrovića bb., tel. (091) 581-056



**Industrija stavbnega
pohištva**

61310 Ribnica
 telefon: (061) 861-441
 telegram: Inles-Ribnica
 telex: 31-262 inles Yu
 telefax: (061) 861-603



GV XXXIX 1-2

POROČILA 15

KOMPOZITNA PRAMENA ZA PREDNAPENJANJE BETONSKIH KONSTRUKCIJ

UDK (691.34+677.5):693.56

FRANC SAJE

POVZETEK

V prispevku je obravnavana uporaba kompozitnih palic iz steklenih vlaken in smole za prednapenjanje betonskih konstrukcij. Poleg strukture kompozitnih palic so podane tako osnovne mehanske lastnosti kompozita pri sobni in zvišani temperaturi kakor tudi ocena relaksacije, tečenja in staranja materiala. Z vidika praktične uporabe je podanih nekaj načinov sidranja.

COMPOSITE BARS FOR PRESTRESSING OF CONCRETE STRUCTURES

SUMMARY

The practical implementation of the composite glass fibres in prestressed structures is discussed. The structure of the composite bars and their basic mechanical characteristics at the normal and increased temperatures as well as the relaxation and rheology of material are studied. Some practical principles of anchoring are given.

1. UVOD

Razvoj naravoslovnih ved je v zadnjih desetletjih omogočil izdelavo številnih organskih in anorganskih mas, ki v primeru, da jih armiramo z ustreznimi ojačilnimi vlakni, dosežejo tudi relativno velike mehanske trdnosti. Takšne kompozitne materiale so v začetku uporabljali zlasti v letalstvu, pomorstvu, računalništvu, elektroniki in telekomunikacijski tehniki. Zaradi nekaterih posebnih lastnosti, kot so velika trdnost, korozijska odpornost in majhna teža, se je za te alternativne, zlasti kompozitne materiale,

začelo zanimati tudi gradbeništvo. Pri Mednarodnem združenju za prednapeti beton FIP je bila leta 1986 ustanovljena posebna delovna skupina, ki raziskuje možnosti uporabe kompozitnih materialov pri prednapetih betonskih konstrukcijah [5]. Pri ojačenih betonskih konstrukcijah pridejo v poštev zlasti kompozitna pramena, ki so ojačana s steklenimi ali karbonskimi vlakni. Natezna trdnost takšnih pramen je približno enaka trdnosti visokovrednega jekla za prednapenjanje. Sovisnost med napestjo in deformacijo je linearna praktično vse do porušitve, deformabilnost takšnih pramen pa je približno trikrat večja od deformabilnosti visokovrednega jekla.

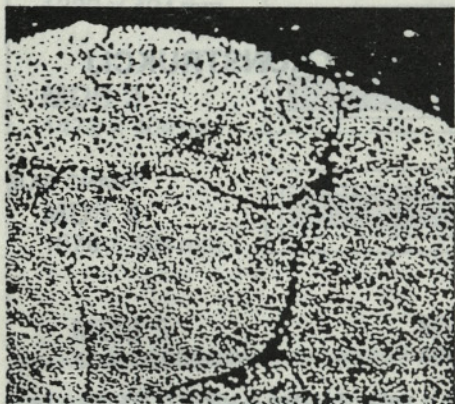
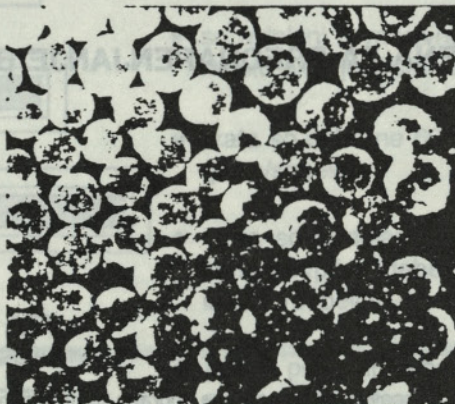
Zaradi velike deformabilnosti pramena iz steklenih vlaken za običajno armiranje niso primerna, ker bi bila konstrukcija preveč razpokana in podajna, pač pa so zaradi velike natezne trdnosti primerna za prednapete betonske konstrukcije.

Avtor:

Franc Saje, mag. dipl. grad. inž., Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo, VTOZD gradbeništvo in geodezije, Katedra za masivne in lesene konstrukcije, Jamova 2, Ljubljana.

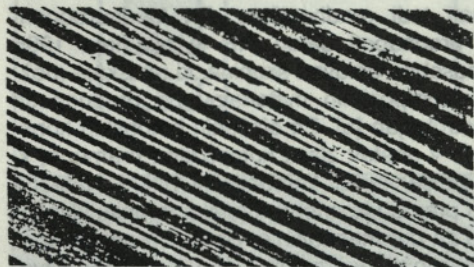
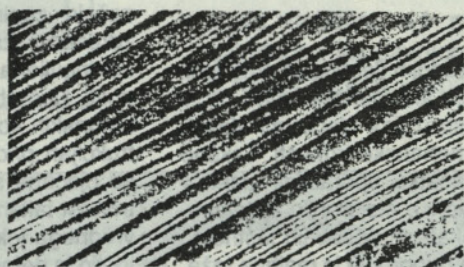
2. SESTAVA IN POVRŠINA KOMPOZITNIH PRAMEN OZIROMA PALIC

Visokovredna kompozitna pramena so sestavljena iz pretežno enoosno usmerjenih ojačilnih vlaken, ki so obdana oziroma zalita z nezasičeno poliestrsko smolo. Premer steklenih vlaken znaša približno 20 μm , premer kompozitnih pramen pa odvisno od tehnologije proizvodnje 1.5 do 30 mm. Prostorninski delež steklenih vlaken kompozitnega pramena znaša okrog 70%. Steklena vlakna, ki leže čimbolj vzporedno z osjo pramena oziroma palice, so v celoti zalita s poliestrsko smolo [3], [8].

200 μm 20 μm

Funkcija zalitja vlaken kompozita z umetno smolo je raznolika. Zalitje oziroma matrica kompozita, ki je običajno iz poliestra, epoksida ali vinilestra tvori zaščito ojačilnih vlaken, omogoča enakomerno porazdelitev zunanjih bočnih tlakov in zagotavlja enakomernejšo vzdolžno napetost nosilnih vlaken. Polega tega omogoča matrica notranjo prerazporeditev napetosti v okolici lokalne porušitve nekaterih ojačilnih vlaken in preprečuje stik steklenih vlaken z betonom.

Hrapavost površine pramena oziroma palice je pomembna zlasti za učinkovitost adhezijskega sidranja pramen. Slika 2 prikazuje dva mikroskopska posnetka površine neobremenjene kompozitne palice.

40 μ 100 μ

Iz slike 2 je razvidno, da vsa ojačilna vlakna kompozitne palice niso usmerjena natanko v smeri osi palice. Polega tega so vidne površinske poškodbe in vzdolžne razpoke, ki nastanejo verjetno zaradi krčenja matrice kompozita v času vezanja.

Razporeditev ojačilnih vlaken po prečnem prerezu kompozitne palice oziroma pramena je neenakomerna (slika 1). Na določenih mestih se posamezna ojačilna vlakna med seboj dotikajo, na določenih mestih pa je delež matrice sorazmerno velik. Predpostavka, da so ojačilna vlakna enakomerno razporejena po prečnem prerezu kompozitnega pramena oziroma palice, ki jo običajno privzamemo, torej ni točna. Pod vplivom obremenitve, zlasti še, če je ta dinamične narave, in zvišane temperature se večajo tudi površinske poškodbe kompozita. Slika (3) prikazuje površino kompozitne palice, ki je bila pri temperaturi 80°C 30 minut obremenjena z natezno napetostjo

Slika 1. Prečni prerez kompozitne palice z volumetričnim deležem vlaken 64% – mikroskopski posnetek po prof. Rehmu [2]

$\sigma = 800 \text{ MPa}$, slika 4 pa površino kompozitne palice, ki je bila pri sobni temperaturi 5000 ur obremenjena s konstantno napetostjo $\sigma = 1100 \text{ MPa}$. Oba mikroskopska posnetka površine kompozita je napravil prof. Rehm [2].

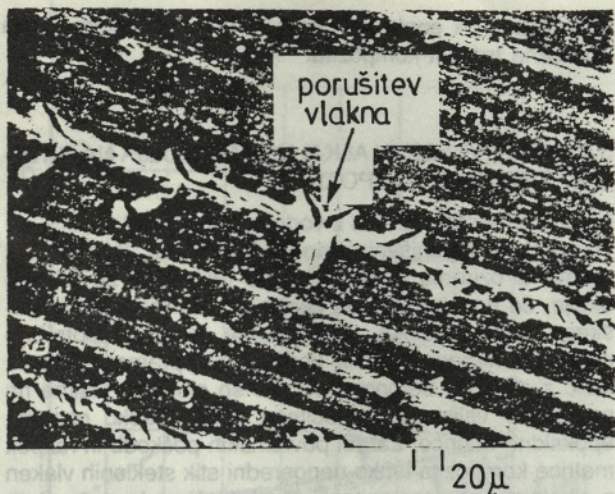
3. LASTNOSTI KOMPOZITNIH PRAMEN OZIROMA PALIC

Če privzamemo, da kompozitna palica prevzame enoosno obremenitev delno z napetostmi ojačilnih vlaken delno pa z napetostmi zalivne smole oziroma matrice, lahko povprečni konstitucijski zakon kompozita zapišemo z enačbo (1)

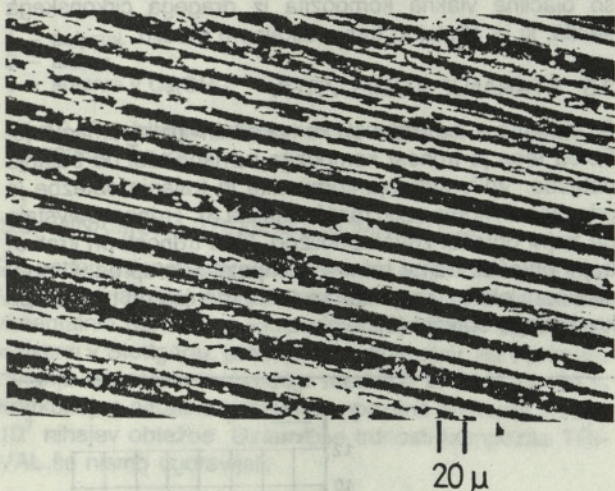
$$\sigma_c = d_v \cdot \sigma_v + (1-d_v) \cdot \sigma_m \quad (1)$$

povprečni modul elastičnosti pa z enačbo (2)

$$E_c = d_v \cdot E_v + (1-d_v) \cdot E_m \quad (2)$$



Slika 3. Površina kompozitne palice, ki je bila pri temperaturi 80°C 30 minut obremenjena z napetostjo $\sigma = 800$ MPa



Slika 4. Površina palice, ki je bila 5000^h obremenjena z napetostjo $\sigma = 1100$ MPa

Pri tem je σ_c oziroma E_c povprečna nosilnost oziroma povprečni modul elastičnosti kompozita, σ_v oziroma σ_m napetost ojačilnih vlaken oziroma matrice kompozita, d_v volumetrični delež ojačilnih vlaken v kompozitu, E_v oziroma E_m pa modul elastičnosti ojačilnih vlaken oziroma matrice kompozita.

Enačba (1) smiselno velja tudi v mejnem stanju porušitve ($\sigma_c = f_{ct}$, en. (3)).

$$f_{ct} = f_{vt} \cdot d_v + (1 - d_v) \cdot \sigma_m(\epsilon_{ct}) \quad (3)$$

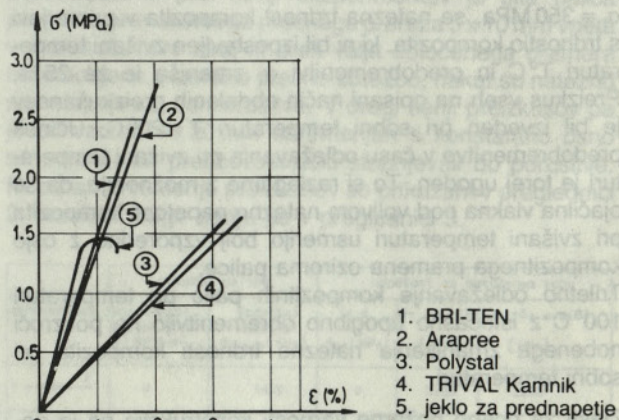
Pri tem je f_{vt} natezna trdnost ojačilnih vlaken, $\sigma_m(\epsilon_{ct})$ pa napetost matrice pri mejni deformaciji kompozita ($\epsilon_m = \epsilon_{ct}$).

Konstitucijski zakoni materialov iz preglednice 1 pri delovanju kratkotrajne vzdolžne statične obtežbe so razvidni iz slike 5.

Mehanske lastnosti kompozitnih pramenov oziroma palic so odvisne tudi od vplivov okolja.

Karakteristike materiala	Enote	Kompozitna pramena			
		Polystal	Arapree	BRI-TEN HS	Kabl1 TRIVAL
Proizvajalec		Bayer D	Emka HBG NL	Bridon GB	TRIVAL Kamnik YU
Oblika		okrogla	kvadratna	okrogla	okrogla
Ojačilna vlakna		steklena	karbonska	karbonska	steklena
Dimenzije	mm	7.5-25	1.5-20.5	1.7-12	2-30
Natezna trdnost f_{ctk}	KN/mm ²	1.67	2.8	2.4	1.47
Elastični modul E_{ct}	KN/mm ²	51	140	150	50
mejna deformacija ϵ_{cu}	%	3.3	2.0	1.65	3.7
gostota	kg/dm ³	2.1	1.25	1.58	2.3

Preglednica 1. Tehnične karakteristike znanih kompozitov [5], [8].



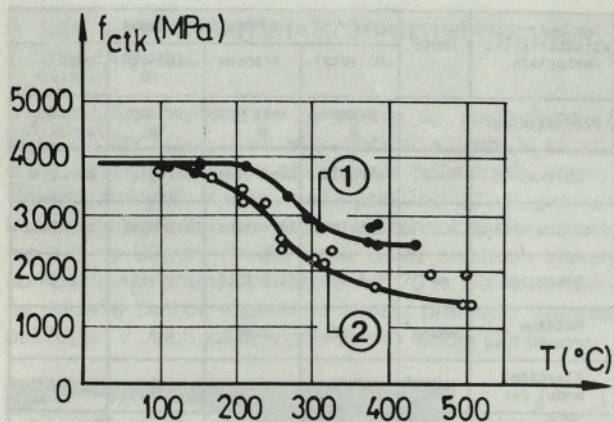
Slika 5. Delovni diagrami različnih kompozitov in visokovrednega jekla pri temperaturi $T = 20^\circ C$

3.1 VPLIV ZVIŠANE TEMPERATURE NA NATEZNO TRDNOST KOMPOZITOV

Za varnost konstrukcij, ki so armirane s kompozitnimi prameni oziroma palicami, je bistvenega pomena tudi sprememba nosilnosti kompozitov, ki so bili dololčen čas izpostavljeni delovanju zvišane temperature.

Rezultati eksperimentalnih raziskav vpliva zvišane temperature na natezno trdnost kompozitov, ki so jih opravili na univerzi v Stuttgartu, so prikazani na sliki 6.

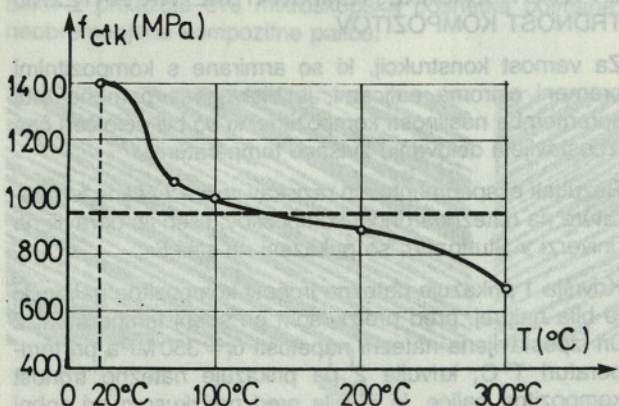
Krivulja 1 prikazuje natezno trdnost kompozitne palice, ki je bila najprej, pred preizkusom pri sobni temperaturi, 2 uri izpostavljena natezni napetosti $\sigma_t = 350$ MPa pri temperaturi $T^\circ C$; krivulja 2 pa prikazuje natezno trdnost kompozitne palice, ki je bila pred preizkusom pri sobni temperaturi neobremenjena dve uri izpostavljena zvišani temperaturi $T^\circ C$. Iz slike (6) je razvidno, da se zaradi dvehurnega odležavanja neobremenjenega kompozita pri temperaturi $T = 300^\circ C$ natezna trdnost kompozita zmanjša približno za 40% glede na natezno trdnost



Slika 6. Vpliv zvišane temperature in predobremenitve na trdnost kompozita

kompozita, ki ni bil izpostavljen zvišani temperaturi T . Če kompozit v času dvehurnega odležavanja pri zvišani temperaturi $T = 300^{\circ}\text{C}$ istočasno obremenimo še z napetostjo $\sigma_1 = 350\text{ MPa}$, se natezna trdnost kompozita v primerjavi s trdnostjo kompozita, ki ni bil izpostavljen zvišani temperaturi $T^{\circ}\text{C}$ in predobremenitvi σ , zmanjša le za 25%. Preizkus vseh na opisani način obdelanih preizkušancev je bil izveden pri sobni temperaturi $T = 20^{\circ}\text{C}$. Učinek predobremenitve v času odležavanja pri zvišani temperaturi je torej ugoden. To si razlagamo z možnostjo, da se ojačilna vlakna pod vplivom natezne napetosti kompozita pri zvišani temperaturi usmerijo bolj vzporedno z osjo kompozitnega pramena oziroma palice. Triletno odležavanje kompozitnih palic pri temperaturi 100°C z istočasno upogibno obremenitvijo ne povzroči nobenega zmanjšanja natezne trdnosti kompozita pri sobni temperaturi.

Zlasti za oceno požarne varnosti konstrukcije pa je pomembna trdnost kompozitnih palic pri zvišani temperaturi. V Stuttgartu so opravili tudi te preiskave. Na sliki 7 je prikazana natezna trdnost kompozitnih palic pri temperaturi $T^{\circ}\text{C}$, pri čemer so palice pred preizkusom 30 minut



- - - Natezna trdnost kompozita pri temperaturi $T^{\circ}\text{C}$ po 30 minutah odležavanja pri enaki temperaturi $T^{\circ}\text{C}$
 - - - Trajna natezna trdnost kompozita pri $T = 20^{\circ}\text{C}$

Slika 7. Natezna trdnost kompozita pri temperaturi $T^{\circ}\text{C}$

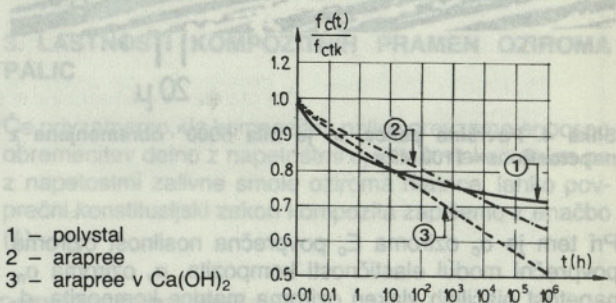
odležavale pri enaki temperaturi $T^{\circ}\text{C}$, pri kateri je bila določena trdnost kompozita.

3.2. VPLIV VLAGE IN ALKALNOSTI OKOLJA NA NATEZNO TRDNOST KOMPOZITA

Vlažna atmosfera ali stik z vodo imata za posledico 5- do 10-odstotno zmanjšanje trdnosti kompozita. Kompozitna pramena oziroma palice so zelo občutljive za alkalno okolje, še posebno takrat, kadar je relativna vlaga okoliškega medija visoka. Zaradi tega je nujno potrebno preprečiti neposredni stik kompozitnih pramen oziroma palic z alkalnim betonom, čeprav so steklena vlakna na površini v veliki meri zaščitena s poliestrsko oziroma epoksidno matrico. Zaradi površinskih poškodb in razpok matrice kompozita lahko neposredni stik steklenih vlaken z alkalnim betonom zanesljivo preprečimo le s posebno dodatno površinsko zaščito kompozita, ki ne sme biti nikjer prekinjena. Ta zaščita lahko odpade le takrat, kadar so ojačilna vlakna kompozita iz dragega cirkonskega stekla, ki je obstojno tudi v alkalnem mediju.

3.3. STARANJE KOMPOZITOV

S staranjem se trdnost kompozitnih palic zmanjšuje. Poleg tega je trdnost kompozita odvisna tudi od trajanja obtežbe. Vpliv staranja kompozita in trajanja obtežbe je pri različnih kompozitih različen (slika 8). Trdnost polystala pri trajni obtežbi znaša približno 70% trdnosti pri kratkotrajni obtežbi, trajna trdnost kompozitov arapree, ki so v alkalnem okolju, pa je kar za 50% manjša od trdnosti pri kratkotrajni obtežbi [5].

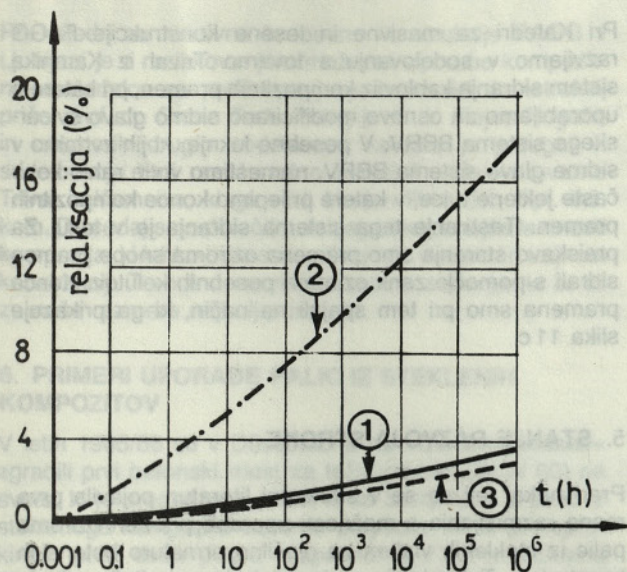


Slika 8. Trdnost kompozitov pri dolgotrajni obtežbi; $T = 20^{\circ}\text{C}$

Prve meritve, ki smo jih na kompozitnih pramenih trival opravili na FAGG v Ljubljani, kažejo, da s staranjem natezna trdnost tega kompozita pade skoraj za 40% [8].

3.4. RELAKSACIJA KOMPOZITNIH PALIC

Relaksacija kompozitnih pramen oziroma palic je v primerjavi z jekleno armaturo relativno majhna. Potek in velikost relaksacije kompozitnih pramen je prikazana na sliki 9. Dosedanje meritve relaksacije pramen, ki jih proizvaja tovarna TRIVAL iz Kamnika, se v začetni fazi približujejo vrednostim relaksacije polystala.

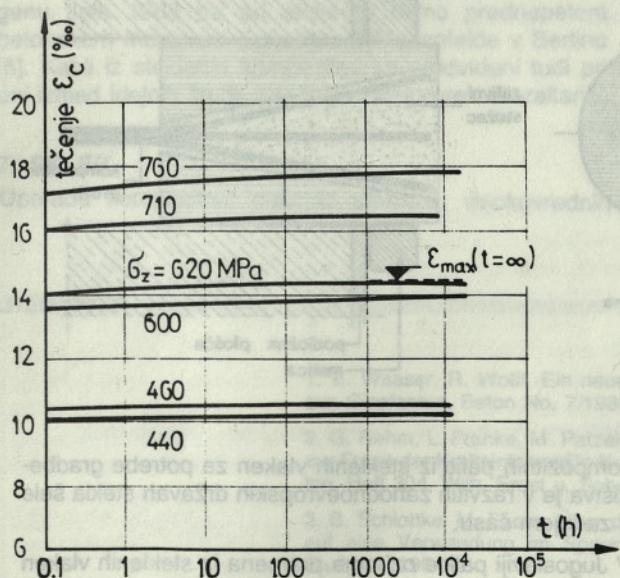


- 1 - polystal
- 2 - arapre
- 3 - arapree v Ca(OH)₂

Slika 9. Relaksacija kompozitov pri napetosti $\sigma_c = 0.5 \cdot f_{ctk}$ in temperaturi $T = 20^\circ C$

3.5. DINAMIČNA TRDNOST KOMPOZITOV

Za padec trdnosti pramen zaradi utrujanja materiala pod vplivom dinamične obtežbe obstaja relativno malo eksperimentalnih rezultatov. Eksperimenti, ki so jih opravili na univerzi v Stuttgartu, potrjujejo le ugotovitev, da v primeru nihanja napetosti v območju med 0.0 in 20% do 25% kratkotrajne natezne trdnosti kompozitna pramena zdržijo 10^7 nihajev obtežbe. Dinamične trdnosti kompozita TRIVAL še nismo ugotavljali.



Slika 10. Tečenje polystala v času 2 let pri napetosti $\sigma_{ct} = 620 MPa$

3.6. TEČENJE KOMPOZITA

Tečenje kompozitnih pramen je relativno majhno. Rezultati meritev tečenja polystala v času dveh let so prikazani na sliki 10. Največje tečenje polystala, ki so ga izmerili, znaša približno 2.2% začetne trenutne deformacije. Merjenje tečenja kompozitnih palic TRIVAL iz Kamnika je v teku na FAGG v Ljubljani. Dosedanje meritve se relativno dobro ujemajo z vrednostmi, ki veljajo za polystal.

3.7. VPLIV PREČNE OBTEŽBE

Kompozitne palice prevzamejo v primerjavi z vzdolžno natezno trdnostjo relativno majhne prečne bočne napetosti. Zlasti za prednapenjanje betonskih konstrukcij z ukrivljeno kabelsko linijo pa je tudi bočna trdnost kompozitnih palic oziroma pramen zelo pomembna.

Dokler nimamo na voljo rezultatov lastnih raziskav domačega materiala, nam vsaj za orientacijo lahko rabijo eksperimentalne preiskave, ki so jih na polystalu opravili v Stuttgartu. Celotna preiskava je obsegala dve seriji preizkusov. V prvi seriji eksperimentov je bila palica polystala pravokotnega prečnega prereza 5×10 mm vpeta v preizkuševalni stroj in prek valja določenega premera obremenjena z izbrano prečno obtežbo, nakar so natezno silo stopnjevali do porušitve. V drugi seriji preizkusov pa je bil vzorec 4×20 mm obremenjen s konstantno osno silo, nakar so prečno obtežbo stopnjevali do porušitve. Rezultati prve serije preizkusov so prikazani v preglednici 2, rezultati druge serije pa v preglednici 3.

način obremenitve	obtežba palice		napetost na obteženem robu		
	konstantni prečni tlak p [N/10mm]	vzdolžna napetost σ_t max [MPa]	iz p σ_{bt} [MPa]	σ_t max (F) [MPa]	$\sigma_{bt} + \sigma_t$ max (F) [MPa]
1	0	1400	0	2200	2200
2	1000	1025	1215	1600	2800
3	5000	560	1215	875	2100
4	1000	940	610	1470	2080
5	5000	785	610	1225	1840

Preglednica 2. Natezna trdnost kompozita ob upoštevanju prečne obtežbe

način obremenitve	konstantna vzdolžna napetost σ_t [MPa]	največji prečni pritisk p [N/10mm] dolžine palice
1	600	8050
2	600	14700
3	600	26300

Preglednica 3. Največja bočna nosilnost bočno in osno obremenjenega kompozita

Kompozitne palice lahko prevzamejo le odsekoma zvezno razporejeno prečno obtežbo. Lokalno koncentrirani prečni

tlaki, ki jih povzročata vnos prečne obtežbe preko ostrorobnih elementov, niso dopustni. Premer valjev, prek katerih vnašamo v palico prečno obtežbo, naj ne bo manjši od 20 mm. Bočna tlačna trdnost pri ploskovnem vnosu prečnih pritiskov znaša ca 260 MPa. Pri vnosu prečnih tlakov lahko pride do porušitve zaradi prečnega gnetenja matrice kompozita ali pa zaradi poškodb ojačilnih vlaken, ki povzročajo razslojevanje palice. Prikazani rezultati veljajo za kompozitne palice pravokotnega prereza, pri katerih je bočni pritisk enakomerno razporejen po celi širini palice. Avtorju ni znano, da bi bile takšne raziskave kje izvedene tudi za primer okroglega prečnega prereza kompozitnih palic.

4. SIDRANJE

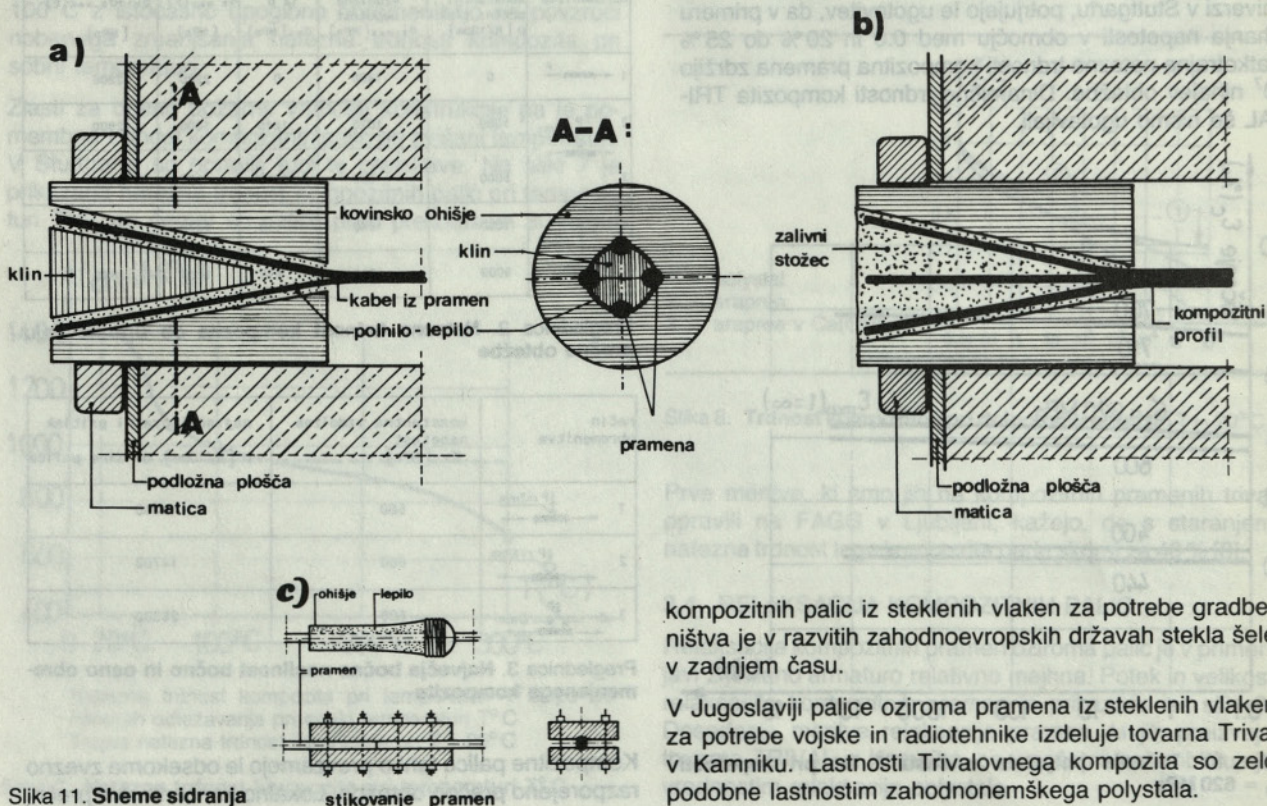
Sidranje kompozitnih pramen oziroma kablov predstavlja zaradi relativno majhne bočne trdnosti kompozita zahteven tehnični problem. V principu imamo na voljo dve tehnični rešitvi, to je dobro znano zaklinjenje oziroma lepljenje, od katerih pa nobena ne daje optimalnih rezultatov. Zaklinjenje lahko izvedemo s pomočjo koničnih kovinskih klinov s posebnimi žlebovi za pramena, ki so dimenzionirani in konstruirani tako, da radialne napetosti pramen pri zaklinjenju niso prekoračene (slika 11 a), ali pa s pomočjo zalitja pramen, ki jih najprej po potrebi lahko tudi razcepimo, v koničasto izdelano kovinsko sidrno glavo (slika 11 b). Slika 11 c prikazuje sidranje pramen z lepljenjem za laboratorijske preizkuse. Po dosedanjih izkušnjah dosežemo sprejemljive dolžine sidrišč le s kombinacijo lepljenja in zaklinjenja oziroma trenja [7].

Pri Katedri za masivne in lesene konstrukcije FAGG razvijamo v sodelovanju s tovarno Trival iz Kamnika sistem sidranja kablov iz kompozitnih pramen, pri katerem uporabljamo za osnovo modificirano sidrno glavo švicarskega sistema BBRV. V posebne luknje, ki jih zvrtaмо v sidrne glave sistema BBRV, namestimo votle koničaste jeklene tulce, v katere prilepimo konce kompozitnih pramen. Testiranje tega sistema sidranja je v teku. Za preiskavo staranja smo pramena oziroma snope pramen sidrali s pomočjo zank oziroma posebnih kolotov. Konca pramena smo pri tem spajali na način, ki ga prikazuje slika 11 c.

5. STANJE RAZVOJA STROKE

Pred nekaj leti so se v strokovni literaturi pojavila prva resna razmišljanja o možnosti uporabe pramen oziroma palic iz steklenih vlaken za ojačilno armaturo betonskih konstrukcij. Tehnologija proizvodnje kompozitnih palic je rešena. S pomočjo intenzivnih eksperimentalnih raziskav, pri katerih bistveno prednjači Zvezna republika Nemčija, pa so rešeni že tudi številni tehnološki in tehnični problemi, ki pogojujejo uporabo kompozitnih palic iz steklenih vlaken pri gradbenih konstrukcijah.

Poleg osnovnih mehanskih karakteristik so raziskane tudi nekatere druge fizikalno-kemične lastnosti kompozitov, ki vplivajo na varnost, razpokanost, deformabilnost, trajnost, dinamično odpornost, požarno varnost, viskoznost in seveda izvedljivost betonskih konstrukcij, ki so ojačane s palicami iz steklenega kompozita. Industrijska proizvodnja



kompozitnih palic iz steklenih vlaken za potrebe gradbeništva je v razvitih zahodnoevropskih državah stekla šele v zadnjem času.

V Jugoslaviji palice oziroma pramena iz steklenih vlaken za potrebe vojske in radiotehnike izdeluje tovarna Trival v Kamniku. Lastnosti Trivalovnega kompozita so zelo podobne lastnostim zahodnonemškega polystala.

Slika 11. Sheme sidranja

stikovanje pramen

Pri katedri za masivne in lesene konstrukcije FAGG v Ljubljani je z raziskovanjem možnosti uporabe kompozitnih materialov za prednapenjanje betonskih konstrukcij pričel prof. dr. Srdan Turk. Poleg prof. dr. Rajka Rogača in nekaterih drugih sodelavcev katedre je pritegnil k sodelovanju tudi raziskovalno razvojni oddelek tovarne Trival iz Kamnika, ki ga vodi Marjan Primožič, dipl. inž. kem. Do sedaj smo določili tiste najpomembnejše lastnosti kompozita, ki lahko bistveno vplivajo na varnost in trajnost konstrukcij. Trenutno razvijamo sistem sidranja, ki bi bil za naše razmere najbolj primeren.

6. PRIMERI UPORABE PALIC IZ STEKLENIH KOMPOZITOV

V letih 1985/86 so v Düsseldorfu na »Ulenbergstrasse« zgradili prvi betonski most za težki promet (SLW 60) na svetu, ki je prednapet s kabli, ki so sestavljeni iz palic iz steklenega kompozita oziroma polystala. Most je neprekinjen prek dveh polj z razpetinama 21,30 m oziroma 25,60 m in širok 15,00 m. Glavno prekladno konstrukcijo tvori 1,44 m debela betonska plošča, ki je po sistemu naknadnega prednapetja prednapeta z 59 kabli, ki so sestavljeni iz posamičnih palic polystala premera 7,5 mm. Nosilnost posamičnih kablov znaša po 600 KN. Most je pod strogim kontrolnim režimom, v okviru katerega s pomočjo posebne merilne tehnike tekoče zasledujejo napetostno-deformacijsko stanje konstrukcije, razpoke in vse morebitne druge poškodbe betona in kablov. Most je že dve leti in pol izpostavljen normalnemu cestnemu prometu, a do sedaj niso opazili nobenih nenormalnih pojavov [8].

Že pred gradnjo omenjenega cestnega mostu so kabelsko armaturo iz polystala uporabili pri nekem manjšem mostu za pešce.

Leta 1987 so kable iz steklenih kompozitnih palic uporabili pri sanaciji bazenov za kislino kemične tovarne v Darmagenu, leta 1988 pa pri eksterno delno prednapetem betonskem mostu pri Freizeitpark Marienfelde v Berlinu [6]. Kabli iz steklenih kompozitov so predvideni tudi pri eni izmed idejnih študij visečega mostu prek Gibraltarja.

7. SKLEP

Uporaba kompozitnih palic iz steklenih visokovrednih

vlaklen za prednapenjanje betonskih konstrukcij je v svetu novost, ki se še le uvaja. Pri nas smo pričeli s prvimi preiskavami in razvojem tehnologije sistema.

Uporaba kompozitnih palic iz steklenih vlaklen za nosilne gradbene konstrukcije ima v primerjavi z jeklom določene prednosti. Korozijska neobčutljivost, relativno majhna specifična teža, ki je 3,39-krat manjša od specifične teže jekla in visoka natezna trdnost, ki je približno enaka trdnosti visokovrednega jekla za prednapenjanje, so le najpomembnejše med njimi. Zaradi relativno velike deformabilnosti kompozita, modul elastičnosti kompozita je skoraj štirikrat manjši od modula elastičnosti jekla, je pri prednapetih betonskih konstrukcijah padec sile prednapetja zaradi krčenja in tečenja betona ter morebitnega zdrsa v sidriščih pri uporabi kablov iz steklenega kompozita bistveno manjši kot pri uporabi kablov iz visokovrednega jekla. Izguba sile prednapetja zaradi relaksacije kabla je pri uporabi kompozitnega materiala znatno manjša kot pri uporabi visokovrednega jekla. Kompozitni material iz steklenih vlaklen je elektromagnetno nevtralen. Utrujenje materiala pri dinamični obremenitvi najbrž ni nevarno, vendar še ni v celoti raziskano. Pri visoki temperaturi se obnaša podobno kot jeklo, s tem da toploto prevaja slabše od jekla. Posebno prednost steklenih kompozitov predstavlja tudi možnost vgradnje specifičnih senzorjev, ki omogočajo tako avtomatizirano računalniško vodeno prednapenjanje kakor tudi poznejšo kontrolo konstrukcije in ugotavljanje morebitnih poškodb.

Neprijetne slabosti kompozita iz steklenih vlaklen so zlasti staranje, trajna trdnost kompozita je namreč za 30–50 % nižja od kratkotrajne trdnosti, relativno visoka cena in relativno zahtevno sidranje. Zaradi nevarnosti površinskih poškodb kompozita, relativno velikih radijev krivljenja in občutljivosti kompozita za koncentrirane prečne pritiske, moramo s tem materialom ravnati zelo skrbno in strokovno.

Uporaba kablov iz steklenih kompozitov je zaradi velike korozijske odpornosti smiselna zlasti v bolj agresivnih okoljih, zaradi elektromagnetne nevtralnosti pa tudi pri specifičnih konstrukcijah za potrebe telekomunikacij in elektrotehnike. Z razvojem masovne proizvodnje in izpopolnitvijo tehnologije gradnje pa stekleni kompoziti lahko tudi pri običajnih konstrukcijah postanejo v primerjavi z jeklom konkurenčni.

LITERATURA

1. E. Waaser, R. Wolff, Ein neuer Werkstoff für Spannbeton, HLV – Hochleistungs – Verbundstab aus Glasfasern, Beton No. 7/1986, str. 245–250 (1986).
2. G. Rehm, L. Franke, M. Patzak, Kunstharzgebundene Glasfasertäbe als Bewehrung im Betonbau, zur Frage der Krafteinleitung in Kunstharzgebundene Glasfaserstäbe, Deutscher Ausschus für Stahlbeton, Heft 304, Wilh. Ernst u. Sohn, Berlin (1979).
3. B. Schlottke, M. Faoro, Über die Eigenschaften Kunstharzgebundener Glasfaserstäbe im Hinblick auf eine Verwendung im Spannbetonbau, Werkstoff und Konstruktion, str. 237–244, Universität Stuttgart (1984).
4. S. Turk, F. Saje, Novejše raziskave s področja plastenih mas in reologije betona, 10. zborovanje gradbenih konstrukterjev Slovenije, Bled, 14.–16. september 1988, Zbornik referatov, str. 122–127 (1988).

5. F. S. Rostasy, New materials for prestressing, simposium FIP 1988, Jerusalem, 4.–9. september 1988, Zbornik del, str. 147–159 (1988).
6. R. Wolf, N. J. Mießeler, HLV-Spannglieder in der Praxis, Erfahrungen mit Glasfaserverbundstäben, Beton 2/89, Beton-Verlag GmbH, Düsseldorf, str. 47–51 (1989).
7. F. Saje, Korozijsko neobčutljiva kompozitna pramena za prednapenjanje betonskih konstrukcij, Simpozij zveze društev gradbenih konstrukterjev Jugoslavije, Dubrovnik, 25–27. april 1989, Zbornik del, knjiga D2, str. 154–159, (1989).
8. F. Saje, S. Turk, R. Rogač, A. Peteln, Konstitucijski zakon in reologija materiala, raziskovalna naloga, Raziskovalna skupnost Slovenije št. C2-3544-792-88, 35 strani (1988).
9. R. Rogač, S. Turk, F. Saje, M. Lozej, Plastene mase kot gradivo za stalne inčasne konstrukcije, III. del, Posebna raziskovalna skupnost za graditeljstvo PORS 06-1986-792-88, 27 strani, 24 prilog (1988).



ZVEZA DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE
LJUBLJANA, ERJAVČEVA ULICA 15 ; TEL.: 061/221 587

PRIPRAVLJALNI SEMINARJI ZA STROKOVNE IZPITE V GRADBENIŠTVU ZA LETO 1990

1. seminar od 22.–26. januarja 1990
2. seminar od 19.–23. februarja 1990
3. seminar od 19.–23. marca 1990
4. seminar od 16.–20. aprila 1990
5. seminar od 21.–25. maja 1990
6. seminar od 17.–21. septembra 1990
7. seminar od 22.–26. oktobra 1990
8. seminar od 19.–23. novembra 1990
9. seminar od 17.–21. decembra 1990

Prijavite se je treba približno en mesec pred pričetkom na naslov: **Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije, Erjavčeva 15, 61000 Ljubljana**. Prijava je v obliki dopisa, z navedbo imena, naslova in poklica kandidata, datuma udeležbe seminarja in točnega naslova plačnika stroškov za udeležbo na seminarju. Račun izstavi po ugotovljeni udeležbi organizator.

INFORMACIJE 291

ZAVODA ZA RAZISKAVO MATERIALA IN KONSTRUKCIJ V LJUBLJANI

LETNIK XXXI – 1-2

JANUAR-FEBRUAR 1990

IZBOLJŠANJE TOPLOTNE IZOLATIVNOSTI SENDVIČ FASADNIH ELEMENTOV

UDK 699.86+69.057

MATJAŽ ZUPAN, PETER ŽARGI

POVZETEK

Na podlagi opravljenih analiz toplotne zaščite objektov se je pokazalo, da je veliko nepravilnosti pri projektiranju in izvedbi montažnih sendvič elementov. V članku so podani tudi detajli za izboljšavo toplotnih mostov v teh elementih.

IMPROVING THE THERMAL INSULATION OF PREFABRICATED SANDWICH-CONSTRUCTION WALL PANELS

SUMMARY

Experimental investigations into the thermal insulation of buildings have shown that there are a multitude of errors in the everyday design, production and erection of prefabricated sandwich-construction wall panels. In the paper, methods by means of which it is possible to reduce the effect of thermal bridges in such panels are described.

1. UVOD

Poraba toplotne energije za ogrevanje bivalnih in delovnih prostorov pomeni v celotni energijski porabi v Jugoslaviji zelo velik delež, ki se po raznih ocenah giblje med 20 in 30 %. Toplotno energijo pridobivamo v glavnem s sežiganjem fosilnih goriv (premog, naftni derivati) ali lesa. V obeh primerih je škoda velika, saj gre pri fosilnih gorivih za drag uvoz, onesnaževanje okolja in porabo surovin za kemično proizvodnjo, pri sežigu lesa pa za uničevanje gozdov. Zmanjšanje porabe toplotne energije je splošna družbena korist, česar se mnogi še premalo zavedajo.

Žal so se pri nas gradili, in se še gradijo, objekti, ki zelo neracionalno porabljajo energijo. Poleg velikih energijskih

izgub in prej omenjenih »makro« posledic ima nepravilna toplotna izolacija tudi nezaželene »mikro« posledice, ki jih čutijo stanovalci sami, in sicer kot velike stroške za ogrevanje, nizke temperature, pojav vlage in plesni, poslabšanje zdravja itd.

Navedeni razlogi so več kot tehtni, da se toplotnim izolacijam in racionalni rabi energije nasploš posveti veliko večja pozornost kot doslej.

2. ANALIZA OBJEKTOV

Analize toplotne zaščite velikega števila objektov po raznih krajih Jugoslavije so pokazale, da je stanje toplotne zaščite objektov resnično zelo slabo. Pri analizah smo uporabljali kombinacije raznih metod, in to od pregleda načrtov in vizualnega ogleda prek termografskih opazovanj, meritev mikroklima, toplotnih prehodnosti do lastnosti vgrajenih materialov.

Avtorja:

Matjaž Zupan, dipl. inž. fiz., višji razisk. sodel.

Peter Žargi, dipl. inž. arh., višji razisk. sodel.

3. TERMOGRAFSKA METODA

Termografska metoda nam v primernih pogojih in s pravilno interpretacijo takoj pokaže slaba mesta v toplotni izolaciji objektov. Ta mesta je seveda treba nato analizirati z drugimi metodami. V hladnem vremenu nastane temperaturni gradient med notranjostjo objektov in okolico, ki povzroči, da se toplotni tok preusmeri ven iz objektov. Velikost tega toka je odvisna od toplotne prevodnosti materialov v steni, toplotne prestopnosti na obeh straneh stene in seveda od temperaturne razlike. Različne toplotne tokove na površini objektov lahko opazimo s termografijo – saj je površinska temperatura na mestu večjih tokov večja – in sicer s pogojem, da so toplotne prevodnosti in prestopnosti ter temperaturna razlika časovno in krajevno konstantne.

Pri termografskih analizah morajo biti izpolnjeni nekateri osnovni pogoji, kot so npr. vremenske razmere (brez sončnega sevanja, vetra, padavin itd.) in notranja ter zunanja temperatura. Snemamo s termovizijsko kamero (pri nas uporabljamo tip AGA THV 782 SW); na kraju samem kontroliramo na prenosnem monitorju črno-belo sliko, izbrane posnetke pa zabeležimo z videorekorderjem. V laboratoriju te posnetke analiziramo in naredimo barvne posnetke najbolj značilnih delov. Na barvnih slikah so najtoplejši deli objektov beli, najhladnejši črni, vmesne barve pa so na skali na desni strani slike. (Žal v tem primeru ne moremo prikazati barvnih fotografij.)

4. ANALIZA OBJEKTOV

Pri našem delu smo analizirali naslednje sisteme gradnje, ki se pri nas najpogosteje uporabljajo:

- monolitna zunanja stena (opeka, siporeks),
- stena z zunanjo toplotno izolacijo (kombi plošče, Demit, Drywit, Jubizol),
- dvoslojna stena z vmesno izolacijo (obzidava s fasadno opeko),
- stene z notranjo izolacijo,
- zaporni sendvič montažni elementi,
- obložni fasadni elementi.

Pri sistemih pa smo analizirali naslednje faktorje:

- doseganje optimalne toplotne izolacije,
- toplotne mostove, ki so nastali v fazi projektiranja in
- toplotne mostove, ki so nastali v fazi izvedbe.

Za optimalno toplotno izolacijo se je pokazalo, da je najboljši sistem dvoslojne fasade z vmesno izolacijo, kjer pa se pojavi problem izolacije etažnih plošč pri večnadstropnih objektih. Debelina izolacije je pri teh sistemih praktično neomejena v okvirih smiselnih debelin, pri ostalih sistemih pa povečana debelina povečini zahteva tudi spremenjene konstrukcijske rešitve.

Za projektiranje toplotnih mostov je najboljši sistem z zunanjo toplotnoizolativno oblogo, ki pokrije vse medetažne plošče, razne betonske vezi in podobno.

Največ projektiranih toplotnih mostov pa je pri montažnih fasadnih elementih, kjer se pojavljajo vezi med obema betonskima stenama, pritrdila in podobno.

Slaba izvedba je glavni vzrok za pojav toplotnih mostov v naši gradbeni operativi, kar kaže na ignorantski odnos izvajalcev in nadzorstva do problemov, ki jih taka izvedba povzroča. Na srečo pa to ne velja za vse izvajalce v enaki meri.

5. REZULTATI ANALIZ TEŽKIH MONTAŽNIH ELEMENTOV

Analizirali smo prek 300 objektov na področju celotne Jugoslavije. Pri teh analizah smo se najbolj posvetili težkim montažnim elementom, saj pride tu do največjega števila tako projektiranih kakor tudi izvedbenih nepravilnosti v toplotni zaščiti. Termografske in druge analize so pokazale naslednje:

- stanje toplotne izolacije težkih montažnih zapornih elementov se počasi izboljšuje, saj so projektanti, izvajalci in nadzorstvo začeli bolj paziti na toplotne izolacije in na toplotne mostove;
- največ toplotnih mostov nastane na stikih elementov z etažnimi ploščami, ponekod okoli oken in tam, kjer sta obe betonski steni med seboj povezani;
- za marsikateri pojav kondenzacije in plesni so krivi tudi stanovalci sami, saj sušijo perilo na radiatorjih, ne zračijo prostorov in podobno;
- za prevelike stroške ogrevanja so prav tako pogosto krive navade stanovalcev, ki puščajo med daljšo odsotnostjo okna odprta. Pri tem praviloma tudi ne zapirajo radiatorjev, tako da toplota uhaja iz radiatorjev naravnost skozi okna, ki so odprta na preklap. Takih primerov smo odkrili izredno veliko, tako pri stanovanjskih zgradbah kakor tudi poslovnih prostorih. Zračiti je namreč treba občasno, po 5 do 10 minut, in takrat temeljito.

V nadaljevanju članka podajamo predloge za izdelavo dobro toplotnoizoliranih elementov, nastalih na podlagi termografskih snemanj in drugih analiz ter izkušenj projektantov, ki so sodelovali pri naših analizah.

6. PREDLOG ZA IZDELAVO BOLJŠEGA ELEMENTA

Termografska analiza zapornih in obložnih elementov težke montaže je pokazala, da se pri le-teh pojavlja večje število toplotnih mostov. Večina teh mostov se lahko v fazi projektiranja odstrani s pravilnim postopkom. Seveda pa sta pri takih postopkih izdelava in montaža nekoliko bolj zapleteni.

Pri fasadnih elementih nastajajo največkrat naslednji toplotni mostovi:

- horizontalni stik zapornih ali obložnih fasadnih elementov,
- vertikalni stik zapornih ali obložnih fasadnih elementov,
- vgraditev okna,
- stik zapornega elementa s toplotnoizolativno oblogo,
- vezi (mozniki) v fasadnih elementih,
- pritrdišča obložnih fasadnih elementov
- vertikalni stik U in π -fasadnih elementov.

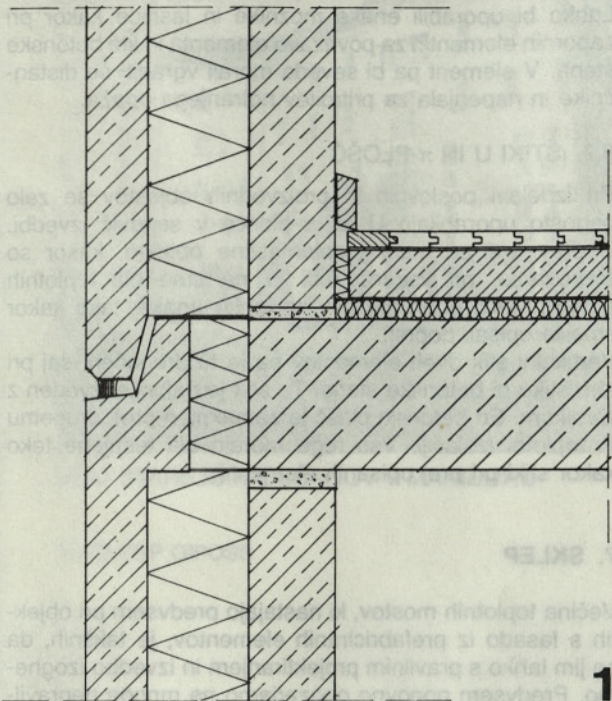
Skušali bomo prikazati nekaj rešitev za posamezne detajle, seveda pa sta za dobre toplotnoizolativne lastnosti potrebni tudi skrbna izvedba elementov in montaža na nosilno konstrukcijo.

6.1. HORIZONTALNI STIK ZAPORNIH ELEMENTOV

Pri horizontalnem stiku dveh zapornih fasadnih elementov nastane toplotni most v predelu etažne plošče. Pri vseh elementih ima zunanji plašč sendviča na tem mestu odebelitev in zob, ki stanjša toplotno izolacijo za 4 cm. Tako je bila pri elementih s toplotno izolacijo 6 cm na tem mestu le še 2 cm debela plast, ki se je pri transportu ali montaži pogosto poškodovala, včasih pa je odpadla

zaradi nenatančnosti pri izdelavi. Tudi na mestu pritrjevanja elementov je bil ta prostor zalit z malto, ki je preprečevala korozijo kovinskih sider.

Prva rešitev tega detajla se kaže že s povečanjem debeline toplotne izolacije na kritičnem mestu 6 cm in na 10 cm. Pri tem je debelina plasti toplotne izolacije na kritičnem mestu že 6 cm toplotni most praktično izgine. Še vedno pa sta potrebni pazljiva izvedba in montaža. Detajl je prikazan na sliki 1.

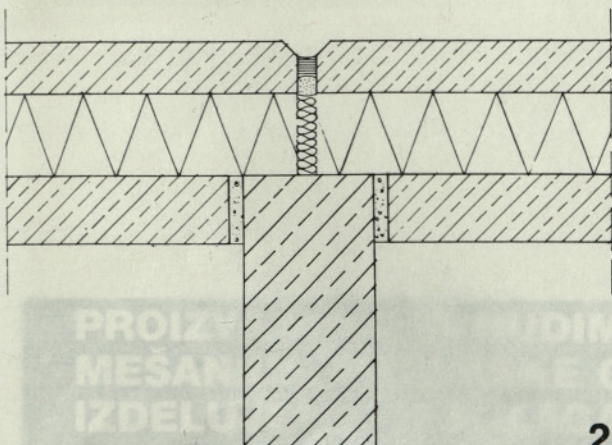


Slika 1.

Druga možnost je drugačna oblika tega zoba. Stik elementov bi lahko izvedli poševno, zunanji plašč pa bi odebelili le za 2 cm, s čimer bi še vedno preprečili mehanske poškodbe pri transportu. Poševni stik s primernim tesnjenjem preprečuje vdor meteorne vode.

Na stiku morata biti nujno vložena tesnilni trak in trajno elastični kit, vse večje rege, ki nastanejo zaradi toleranc pri izvedbi, pa bi bilo treba zapolniti z mineralno volno.

6.2. VERTIKALNI STIK



Slika 2.

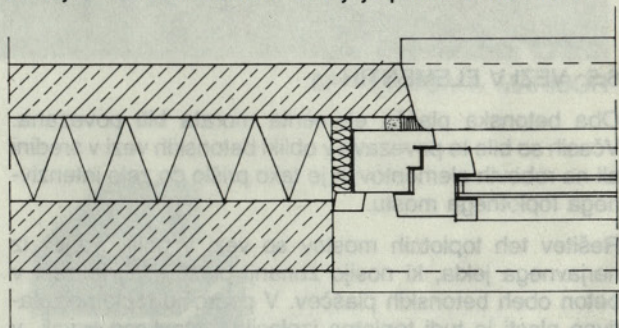
Vertikalni stik dveh elementov se redkeje pojavlja kot kritični detajl pri izvedbi toplotne izolacije. Včasih so sicer izdelovali elemente, ki so imeli odebeljen zunanji plašč sendviča ob robu ali pa so imeli oba plašča kar spojena z betonom.

Vertikalni stik dveh elementov je prikazan na sliki 2. Pri takem stiku je treba rego, ki nastane med obema elementoma v predelu toplotne izolacije, zapolniti z mineralno volno z notranje strani in s tesnilnim trakom ter trajno elastičnim kitom z zunanje strani.

6.3. OKNO

Pri okenskih odprtinah v zapornem elementu nastane toplotni most pod oknom, saj je tam zunanji plašč sendviča odebeljen. Pogosto je slabo izvedeno tudi tesnjenje oken.

Pri toplotni izolaciji debeline 10 cm pride avtomatično tudi do debelejšje toplotne izolacije pod oknom. Nastane pa problem zapiranja odprtine, saj je okenski okvir debel le 8 cm, plast toplotne izolacije pa 10 cm. Nastalo razliko je treba prekriti z letvijo. Vse rege med oknom in elementom je treba z notranje strani tesniti z mineralno volno ali poliuretansko peno, z zunanje strani pa s tesnilnim trakom in trajno elastičnim kitom. Detajl je prikazan na sliki 3.



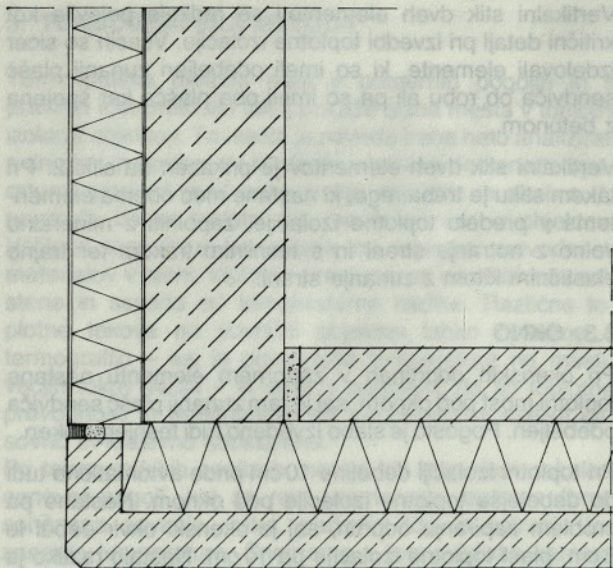
Slika 3.

Drugi detajl, pri katerem lahko nastane toplotni most, je pritrjevanje oken. V zunanjem plašču sendviča lahko pustimo kovinske kotne profile iz nerjavnega materiala, v katere pritrđimo okna. Ti profili ne smejo segati do notranjega plašča sendviča.

6.4. STIK ZAPORNEGA ELEMENTA IN TOPLOTNOIZOLACIJSKE OBLOGE

Na notranjih ali zunanjih vogalih pride do stikov med zapornim elementom in oblogo čelne stene. Ta stik ni problematičen pri oblogi iz obložnih elementov, le rego je treba dobro zatesniti. Toplotni most nastane pri stiku zapornega elementa s toplotnoizolativno oblogo (sistemi Demit, Jubizol, Drywit itd). Pri zunanjem vogalu toplotnega mostu praktično ni, če uporabljamo toplotno izolacijo debeline, večje od 6 cm, kolikor je debelina zunanjega plašča sendviča. Pri tem ni neposrednega stika betona z betonom. Ta detajl je prikazan na sliki 4.

Pri notranjem vogalu mora biti zunanji betonski plašč sendviča elementa krajši za toliko, kolikor je debelina toplotnoizolativne obloge; tako sta toplotni izolaciji elementa in obloge povezani.



4

Slika 4.

6.5. VEZI V ELEMENTIH

Oba betonska plašča elementa morata biti povezana. Včasih so bile te povezave v obliki betonskih vezi v sredini ali na robovih elementov in je tako prišlo do zelo intenzivnega toplotnega mostu.

Rešitev teh toplotnih mostov so vezi v obliki valjev iz nerjavnega jekla, ki nosijo zunanji plašč. Valj je zalit v beton obeh betonskih plaščev. V področju toplotnoizolativne plasti je tudi toplotna izolacija, vstavljena v valj, v obeh betonskih plaščih pa poteka skozi valj večje število armaturnih palic.

6.6. OBLOŽNI ELEMENTI

Zelo veliko toplotnih mostov nastane pri obložnih elementih. Taki toplotni mostovi so predvsem vezi elementa z nosilno konstrukcijo. S termografskimi preiskavami smo odkrili na več objektih elemente, pri katerih sploh ni bilo toplotne izolacije. To izolacijo so namreč izvajalci odstranili zaradi neravnosti betonske stene.

Večini toplotnih mostov bi se izognili, če bi kot zunanji opaž pri betoniranju sten uporabili obložne elemente. Lahko bi uporabili enake moznike in lasnice kakor pri zapornih elementih za povezavo elementa in lite betonske stene. V element pa bi seveda morali vgraditi še distančnike in napenjala za pritrditev notranjega opaža.

6.7. STIKI U IN π -PLOŠČ

Pri izdelavi poslovnih in proizvodnih objektov se zelo pogosto uporabljajo U ali π -plošče v sendvič izvedbi. Čeprav gre za manj problematične objekte, kakor so stanovanja, pa vseeno tudi tu ne sme biti toplotnih mostov. Vezi obeh plaščev so lahko enake, tako kakor smo to opisali poprej.

Vertikalni stik dveh elementov pa je tu drugačen, saj pri tem stiku ni betonske stene. Ta stik je najbolje izveden z zamikom. En betonski plašč je zamaknjen proti drugemu in toplotni izolaciji. Vse rege morajo biti tesnjene tako kakor stiki pri prej opisanih elementih.

7. SKLEP

Večina toplotnih mostov, ki nastajajo predvsem pri objektih s fasado iz prefabriciranih elementov, je takšnih, da se jim lahko s pravilnim projektiranjem in izvedbo izognemo. Predvsem ponovno opozarjamo na mnoge nepravilnosti, ki nastajajo v fazi izdelave elementov in njihove montaže zaradi premajhne pazljivosti izvajalcev in premajhnega angažiranja nadzorstva.



DOM STAREJŠIH OBČANOV V MARIBORU

GP »STAVBAR« MARIBOR

SOZD ZGP GIPOSS

stavbar maribor

GRADBENO PODJETJE N. SOL. O.



62000 maribor,
industrijska 13

**GRADIMO VSE VRSTE
OBJEKTOV VISOKIH IN NIZKIH
GRADENJ DOMA IN V TUJINI**

**PROJEKTIRAMO V LASTNEM
PROJEKTIVNEM BIROJU**

**PROIZVAJAMO IN NUDIMO GRAMOZE, BETONSKE
MEŠANICE, BETONSKE GRADBENE ELEMENTE,
IZDELUJEMO IN POLAGAMO ARMATURE IZ
BETONKEGA ŽELEZA**



NOVA AVTOBUSNA POSTAJA V MARIBORU



GRADIS

TOZD GRADBENA ENOTA MARIBOR
TOZD NIZKE GRADNJE MARIBOR
TOZD PROJEKTIVNI BIRO MARIBOR
TOZD KOVINSKI OBRATI MARIBOR