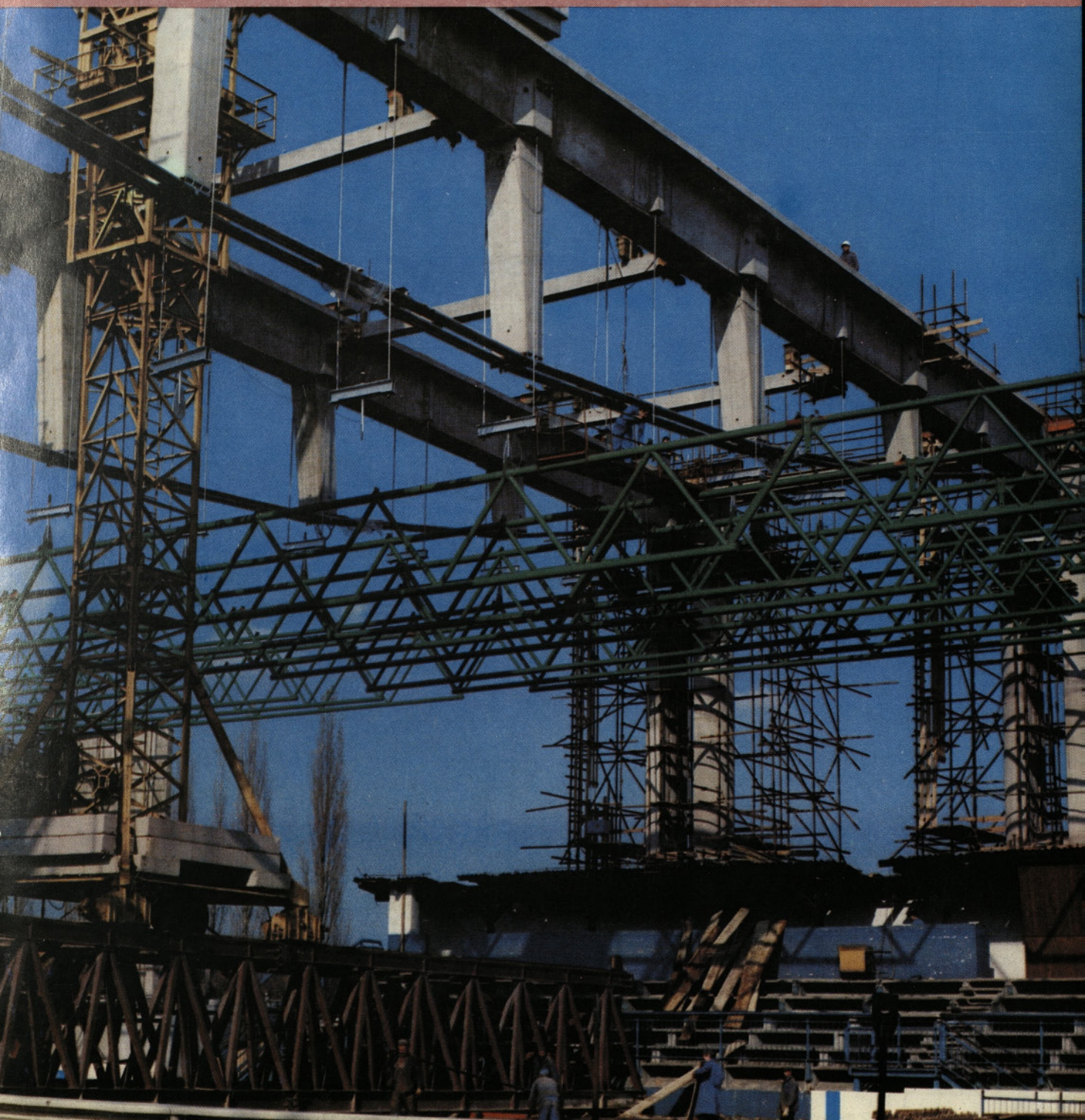
UDK-UDC 05:624; YU ISSN 0017-2774

LJUBLJANA, JANUAR–FEBRUAR 1987, LETNIK XXXVI, str. 1–48

GRADBENI VESTNIK

1-2

GIP »GRADIS« MARIBOR
MONTAŽA SEKUNDARNE JEKLENE KONSTRUKCIJE



ZVEZA DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE

LJUBLJANA, ERJAVČEVA ULICA 15

ZVEZA DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE, Ljubljana, Erjavčeva 15

organizira v jesenskem obdobju

PRIPRAVLJALNE SEMINARJE ZA STROKOVNE IZPITE IZ GRADBENIŠTVA

- od 21. do 25. septembra 1987
- od 19. do 23. oktobra 1987
- od 16. do 20. novembra 1987
- od 14. do 18. decembra 1987

PRIPRAVLJALNI SEMINAR ZA STROKOVNE IZPITE EKONOMISTOV, KI DELAJO NA PODROČJU INVESTICIJ

- od 16. do 18. septembra 1987

Cena seminarja za enega udeleženca je:

- za gradbenike = 50.000 din
- za ekonomiste = 40.000 din

Prijave sprejema Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije, Ljubljana, Erjavčeva 15, telefon 061/221 587

GRADBENI VESTNIK

GLASILO ZVEZE DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE
ŠT. 1-2 ● LETNIK 36 ● 1987 ● YU ISSN 0017-2774

VSEBINA-CONTENTS

PROJEKTIRANJE IN IZVEDBA GLAVNE NOSILNE KONSTRUKCIJE STREHE OBJEKTA LEDENE DVORANE MARIBOR

Ačanski Vukašin 12

ARHITEKTURNA ZASNOVA LEDENE DVORANE V MARIBORU

Borut Pečenko 14

TOGAST JEDER S PREČKAMI

Miroslav Pregl 21

OGREVANJE STANOVANJSKIH PROSTOROV IN TOPLOTNA IZOLACIJA

Filip Sedmak 24

IZ NAŠIH KOLEKTIVOV

Lojze Cepuš 28

FAGG Poročila št. 1 40

INFORMACIJE ZRMK 40

Glavni in odgovorni urednik: SERGEJ **BUBNOV**

Tehnični urednik: DANE **TUDJINA**

Lektor: ALENKA RAIČ

Uredniški odbor: FRANC **ČAČOVIČ,** VLADIMIR **ČADEŽ,** JOŽE **ERŽEN,** IVAN **JECELJ,** ANDREJ **KOMEL,** STANE **PAVLIN,** JOŽE **ŠČAVNIČAR,** BRANKA **ZATLER-ZUPANČIČ**

Revijo izdaja **Zveza društev gradbenih inženirjev te tehnikov Slovenije,** Ljubljana, Erjavčeva 15, telefon 221 587. Tek. račun pri SDK Ljubljana 50101-678-47602. Tiska tiskarna Tone Tomšič v Ljubljani. Revija izhaja mesečno. Letna naročnina skupaj s članarino znaša 2000 din, za upokojence in študente 1000 din, za podjetja, zavode in ustanove 20.000 din, za inozemstvo 50.00 US dolarjev. Revija izhaja ob finančni podpori Raziskovalne skupnosti Slovenije, Splošnega združenja gradbeništva in IGM Slovenije, Zveze vodnih skupnosti Slovenije, Zavoda za raziskavo materiala in konstrukcij Ljubljana in Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo.

Projektiranje in izvedba glavne nosilne konstrukcije strehe objekta ledene dvorane Maribor

UDK 624.91.074

PROJEKTIRANJE IN IZVEDBA GLAVNE NOSILNE KONSTRUKCIJE STREHE ZA OBJEKT LEDENA DVORANA V MARIBORU

Povzetek

Za prekritje ledene ploskve na Ledeni dvorani Tabor v Mariboru je predvidena strešna konstrukcija, ki jo sestavljata dva zunaj prereza prednapeta betonska nosilca, na katera je prek vešalk obešena sekundarna jeklena konstrukcija ter obodni stebri, ki podpirajo strešno konstrukcijo, tako da dobimo prekrito površino v dim. 67,60 × 67,10 m.

Glavno nosilno konstrukcijo strehe za objekt Ledena dvorana sestavljata dva zunaj prereza prednapeta nosilca, ki sta na osnem razmaku 12,20. Nosilec je podprt na vsakem koncu z jeklenim prečnim nosilcem, ki je postavljen v vrhu razčlenjenega stebra.

Glavni nosilec sestavlja betonski škatlasti nosilec višine 1,60 m, širina zgornje pasnice je 2,40 m in spodnje pasnice 0,90 m, armiranobetonski distančniki na osni razdalji 9,00 m, ki so različne dolžine, in 6 kablov LH 12 φ 15,2 mm, ki so postavljeni na jeklene čevlje na spodnjem delu distančnikov.

Kabli se polagajo v zaščitne pocinkane jeklene cevi φ 2,5″ in se siarajo ter prednapenjajo po sistemu P. H. - Gradis na čelu betonskega dela nosilca. Protikorozijska zaščita kablov je izvedena z injektiranjem litijeve masti Lipleks — S-2 EP po prednapenjanju II. faze kablov.

Za obratovanje objekta v konstrukciji je predvideno 6 kablov, za vzdrževanje je predviden prostor za namestitev sedmega rezervnega kabla, ki ga prednapnemo, pri tem pa kontrolirani kabel popustimo ter ga izvlečemo iz kabelske cevi in po potrebi zamenjamo.

Na vsakih 4,50 m vzdolž glavnega nosilca se postavi par vešalk, ki so različne dolžine in na katere je obešena sekundarna jeklena konstrukcija, tako da dobimo prekritje površine dim. 67,60 × 67,10 m.

Glavni nosilec sestavljamo iz segmentov. Zalivanje širokih stikov med segmenti in distančniki izvedemo na odru, ki je na višini 8,40 m. Po izvršenem sestavljanju nosilca in prednapenjanju I. faze kablov izvršimo dvigovanje nosilca s prednapenjanjem v dokončni položaj na višino 18,40 m.

Statični sistem glavne nosilne konstrukcije je prosto ležeči prednapeti nosilec s kabli zunaj betonskega prereza razpetine 67,60 m. Mejno stanje nosilnosti in mejno stanje uporabnosti je kontrolirano za predvideno zgodovino obtežbe in reološke vplive s specialnim programom za tovrstne konstrukcije.

Glavno nosilno konstrukcijo je izvajal GIP Gradis; gradnja se je začela 1. 7. 1986 in končala 25. 12. 1986.

Avtor:

Prof. Ačanski Vukašin, dipl, gr. inž., GIP Gradis, TOZD Biro za projektiranje, Maribor, Lavričeva 3

DESIGN AND CONSTRUCTION OF THE MAIN ROOF BEARING STRUCTURE FOR THE OBJECT SKATING HALL IN MARIBOR

Summary

The ice surface of the Skating Hall Tabor in Maribor is covered with the roof structure consisting of two main externally prestressed concrete beams from which a secondary steel structure is suspended, and the perimeter columns supporting the roof structure; the dimensions of the covered area are 67,60 × 67,10 m.

The main bearing structure of the roof consists of two externally prestressed beams, axially spaced for 12,20 m. At both ends the beams are supported by a steel cross girder set on the top of the double — sided column.

The main beam consists of a concrete box beam (1,60 m high, the width of the top flange is 2,40 m and of the bottom flange 0,90 m), reinforced concrete spacing elements (at the axial distance of 9,00 m and of different length), and of 6 tendons LH 12 ϕ 15,2 mm, set in the steel shoes at the bottom side of the spacing elements.

The tendons are pulled into galvanized steel ducts ϕ 2,5″ and they are prestressed according to the system P. H. - Gradis nad anchored at the front of the concrete box beam. The anticorrosive protection of tendons has been effected by injecting the lithium grease Lipleks S-2 EP after the 2nd — phase prestressing.

Six tendons are provided for the object in service and one for maintenance; the reserve tendon is to be prestressed when one of the other six tendons is being pulled out of the cable duct and substituted if necessary.

At the distance of 4,50 m along the main beam there are pairs of hangers of different length from which the secondary steel structure is suspended.

The main beam consists of segments. The wide joints between the segments and spacing elements are filled on the scaffold 8,40 m high. After the completed assembly of segments and the 1st — phase prestressing, the beam is being lifted by prestressing into the final position, 18,40 m high.

The statical system of the main bearing structure is a simply supported prestressed beam with external tendons; the length of the span is 67,60 m. The bearing limit state and the limit state of serviceability are controlled for the supposed loading history and rheological effects with a special computer program for such structures.

The main bearing structure has been executed by GIP Gradis, beginning on July 1, 1986 and completing the works on Dec. 25, 1986.

1.0. UVOD

Za razvoj zimskega športa v Mariboru je bila leta 1974 zgrajena odprta drsalna plošča. Ta zanimiva prednapeta armiranobetonska konstrukcija je v obratovanju še danes in rabi svojemu namenu.

Da bi ledeno ploskev zaščitili pred soncem, snegom, dežjem in s tem podaljšali drsalno sezono, se je investitor DO Dvorana Tabor odločil za gradnjo objekta Ledene dvorane.

Za izbor projekta je investitor formiral strokovno komisijo in razpisal natečaj za najugodnejšo projektno rešitev. Komisija je izbrala najracionalnejši natečajni projekt in avtorji so izdelali izvedbeni projekt, na podlagi katerega je bila izvršena oddaja gradbenih in obrtniških del I. faze gradnje objekta Ledene dvorane, to je prekritje drsališča.

Zaradi visoke cene lesene sekundarne konstrukcije, so avtorji projekta v fazi oddajanja dela pripravili idejno rešitev jeklene sekundarne konstrukcije. Investitor se je odločil za slednjo.

Posledica zamenjave sekundarne konstrukcije je bila, da smo v času podpisa pogodbe 1. 7. 1986 pristopili šele k izdelavi izvedbenih projektov za glavno nosilno in sekundarno konstrukcijo ter spremembami obodne podporne konstrukcije.

Rok predaje objekta je bil 25. 12. 1986 in ponovna vzpostavitev obratovanja drsališča 15. 1. 1987.

Investitor se je odločil za dosedaj neobičajno obliko oddaje del pri tako majhni investicijski vrednosti.

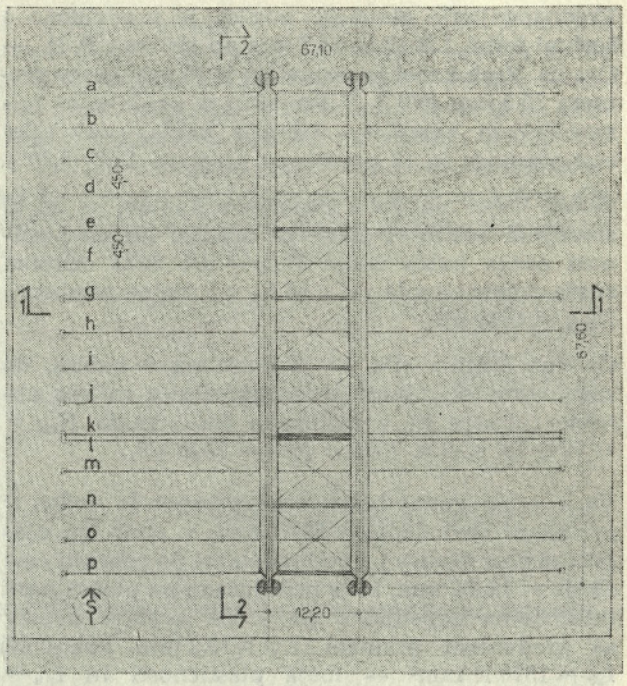
Za glavnega nosilca del je izbral GP STAVBAR s kooperanti GIP GRADIS TOZD Nizke gradnje (izvajalec glavne nosilne konstrukcije) in TOZD Kovinski obrati (izvajalec sekundarne jeklene konstrukcije).

Ta oblika združevanja dela se je izkazala več kot odlična. Objekt splošnega družbenega pomena, ki se gradi s sredstvi združenimi z referendumom, je bil do dneva končan v roku in kakovostno; pogodbena cena ni bila prekoračena. Vse to jasno potrjuje pravilnost investitorjeve odločitve.

Za vsa dela izgradnje I. faze Ledene dvorane je bilo porabljenih 408,922.173 din, od tega za tehnično dokumentacijo za celotni objekt 8,895.343 din za gradbeno obrtniška dela in instalacije 393,856.830 dinarjev in strokovni nadzor in spremembo dokumentacije 6,170.000 din.

2.0. OPIS GLAVNE NOSILNE KONSTRUKCIJE STREHE

Glavno nosilno konstrukcijo strešne konstrukcije sestavljata dva glavna nosilca, ki sta postavljena na medsebojni osni razdalji b = 12,10 m v smeri sever-jug.



Tloris strešne konstrukcije

Glavni nosilec je prednapet armiranobetonski gredni nosilec razpetine L = 67,60 m. Elastično je podprt prek armiranobetonskih distančnikov-nog, s poligonalnim sistemom kablov za prednapenjanje, ki so vodeni zunaj osnovnega armiranobetonskega prereza.

Tlačeni del nosilnega sistema je zasnovan iz armiranobetonskega škatlastega prereza višine h = 160 centimetrov in širine b = 240 cm, debelina zgornje plošče je nekonstantna in se spreminja od debeline dp_1 = 20 cm na koncu do debeline dp_2 = 26 cm, s čimer je formiran strešni naklon za odvodnjavanje glavnega nosilca. Debelina spodnje plošče znaša dp_3 = 16 cm in je široka b_3 = 90 cm, debelina sten je d_s = 16 cm. Na konceh je armiranobetonski del nosilca, izveden v polnem prerezu brez konzolne plošče, kar omogoča namestitev napenjalnih glav za uvajanje sil prednapenjanja ter namestitev nosilca na ležišča v vrhu razčlenjenega stebra. Celotni tlačeni armiranobetonski element je sestavljen iz montažnih armiranobetonskih segmentov, in sicer 2 × A + 12 × B. Dolžina segmenta »A« znaša L_A = 2,60 m in dolžina segmenta »B« L_B = 3,00 m. Segmenti so po vgraditvi armiranobetonskih nog povezani v celoto po zalivanju širokih arminarobetonskih stikov, ki so konstruktersko oblikovani in prilagojeni funkciji glavnega nosilca.

V statičnem računu in načrtih je upoštevano nadvišanje nosilca v času gradnje v velikosti f = 20 cm (v sredini nosilca), s tem da se to nadvišanje spreminja v odvisnosti od obtežnih razmer in faz prednapenjanja.

Prednapenjanje glavnega nosilca je predvideno s šestimi kabli LH 12 ϕ 15,2 mm po sistemu P. H. — Gradis. Vsak kabel je sestavljen iz 12 pramenov premera 15,2 mm (0'6"). V projektu je predvidena namestitev in vgraditev sedmega kabla, prav tako sestavljenega iz 12 pramenov premera 15,2 (0,60").

Sedmi kabel omogoča zamenjavo kablov, ne da bi zmanjšali nosilnost glavnega nosilca. Mejna nosilnost enega kabla znaša N_{mej} = kN 2973 oziroma znaša dopustna sila pri 0,55 f_{pu} od mejne nosilnosti N_{Lim} = 1635 kN.

Celotna limitna sila, ki je potrebna v kablih, da zagotovimo stabilnost glavnega nosilca za vse obtežne primere in v različnem času, znaša N_{cel} = = 7044 kN < 6 × 1635 × 0,80 = 7848 kN.

Vsak kabel zunaj betonskega prereza je voden v pocinkani cevi dn/dz = 69/76 mm, v področju ojačenega dela nosilca pa vodimo kabel po rebrasti cevi dn/dz = 75 /82 mm, ki je priključena na pločevinasti tulec in na napenjalno glavo. Za izdelavo kablov so predvideni prameni 7 ϕ 5/15,2 mm kakovosti f_{20} = 1570 N/mm² — meja plastičnosti in f_{pu} = = 1770 N/mm² — natezna trdnost ter E_p = 195 tisoč N/mm².

Linija kablov, ki poteka zunaj betonskega prereza je lomljena na šestih mestih vzdolž razpetine nosilca. V tlorisu poteka linija kablov zunaj betonskega prereza paralelno; kabli so v eni vrsti na osnem razmaku a = 11 cm po vgraditvi rezervnega 7. kabla.

Največja puščica kablov v sredini razpetine, merjenja od težišča armiranobetonskega prereza do osi kabla, znaša f_{maks} = 5,20 m.

Največji lomni kot je na mestu prvega distančnika in znaša $\alpha = 7^0$, tako da znaša red velikosti odklonske sile Q_1 = 2 NK sin α 1/2 = 0,122 × NK.

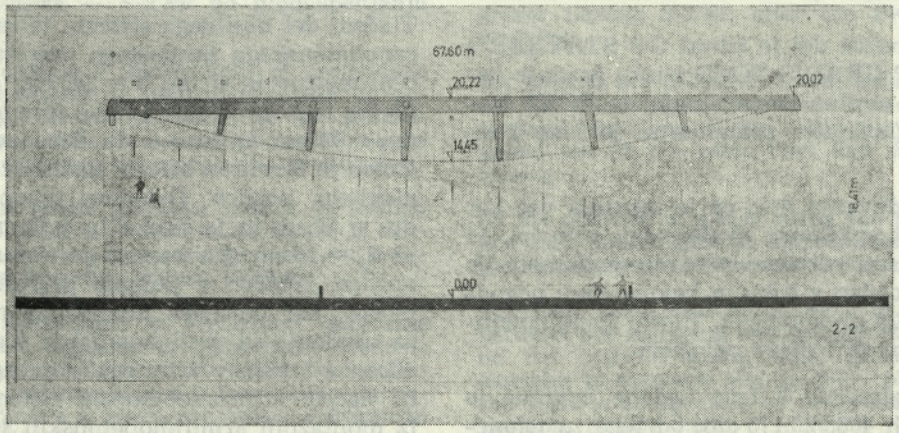
Na spodnji strani distančnikov so nameščeni jekleni »čevlji«, ki omogočajo nameščanje zaščitnih pocinkanih cevi in premikanje kablov med napenjanjem.

Glavna nosilca sta prosto položena na jeklene nosilce prek armiranih neoprenskih ležašč dimenzije 300/400/74 mm. Na vsaki jekleni podpori sta predvideni dve ležišči. Jekleni nosilec je prav tako podprt z neoprenskimi ležišči dimenzije 300 × 400 × × 52 mm na stebru.

Na vsakih 4,50 m simetrično na os glavnega nosilca je vzdolž postavljen sistem vešalk iz navadnega jekla 2 ϕ 40, na katere je obešena sekundarna jeklena konstrukcija.

Različne dolžine posameznih vešalk omogočajo polaganje strešne jeklene konstrukcije v projektiranem dvostranskem nagibu, tako da je v osi »e« možno postaviti žleb za odvajanje meteorne vode.

Horizontalno zavetrovanje sestavljajo prednapeti prečniki dimenzije 40/40 in prednapete vezi iz kablov 1 ϕ 15,2. Prečnike postavljamo v osi a, c, e, g, i, k, m, o ter v težišču votlega škatlastega nosilca. Prednapete vezi so postavljene diagonalno v polju med dvema prečnikoma.



Vzdolžni prerez ledene dvorane 2-2

Odklonske sile kablov na mestih lomov linije kablov prevzemajo in prenašajo na armiranobetonski nosilec armiranobetonski distančnik — noge, ki so prizmatične oblike. Sistemske osi distančnikov delijo sistemsko os armiranobetonskega nosilca v težišču na razmake 2 × 11,30 + 5 × 9 = 67,60 m.

Sistemska os distančnikov je postavljena tako, da se ujema s simetralo odklonskega kota lomov linije kablov.

Prednapenjanje prečnikov izvedemo z dvema kabloma LH 6 ϕ 15,2 po sistemu P. H. — GRADIS. Vezi so prednapete s kablom LH 1 ϕ 15,2 po sistemu P. H. — GRADIS.

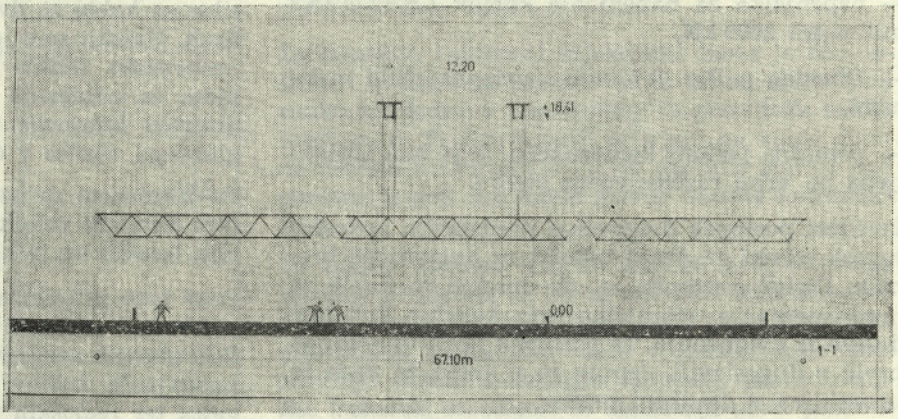
Za izdelavo kablov so predvideni prameni 7 ϕ 5 (15,2 mm) kakovosti f_{02} = 1570 N/mm² — meja plastičnosti in f_{pu} = 1770 N/mm² — natezna trdnost ter E_p = 195.000 N/mm.

3.0. NAČIN GRADNJE GLAVNE NOSILNE KONSTRUKCIJE

3.10. Sestavljanje glavnih nosilcev

Glede na to, da je pri izvedbi glavne nosilne konstrukcije drsalna prednapeta betonska plošča z vsemi napeljavami že izvedena, smo uporabili specifično organizacijo gradnje.

Po izvršeni pritrditvi jeklenih čevljev je sledila faza polaganja zaščitnih pocinkanih cevi za kable 1—6 ter uvlačenje kablov-pramenov. Po tem je sledila I. faza prednapenjanja nosilca, ki se je po aktiviranju lastne teže naslonil na začasna ležišča, katera so bila nameščena na vmesni armiranobetonski prečki med razčlenjenimi stebri na koti 8,10 m. Os sestavljenega nosilca je bila postavljena tako, da se je ujela z osjo razčlenjenega stebra.



Prečni prerez ledene dvorane 1-1

Pri statičnem računu prednapete drsne plošče je bil upoštevan obtežni primer trakaste obremenitve v redu velikosti 100 kN/m², kar je omogočilo, da smo zasnovali oder, na katerem smo sestavljali glavno nosilno konstrukcijo. Raznos obtežbe na prednapeto ploščo smo izvedli s pomočjo sekundarne lesene konstrukcije, ki je bila nameščena med odrom in prednapeto ploščo.

Za vertikalni in horizontalni transport je bil uporabljen stolpni žerjav METALNA LM 901 HC nosilnosti 80 kN/14,00 m, ki je bil nameščen med obema odroma in se je premikal v smeri sever-jug.

Da smo izločili lokalne pritiske stolpnega žerjava na izvedeno prednapeto ploščo, smo žerjavno progo namestili na pomožno jekleno konstrukcijo, ki je premoščala celotno drsalno ploskev.

Oder je bil sestavljen iz cevi in zgrajen do višine 8,40 m z vsemi potrebnimi nadvišanji. Na tako postavljeni oder smo postavljali segmente betonskega dela nosilca A, B in distančnike.

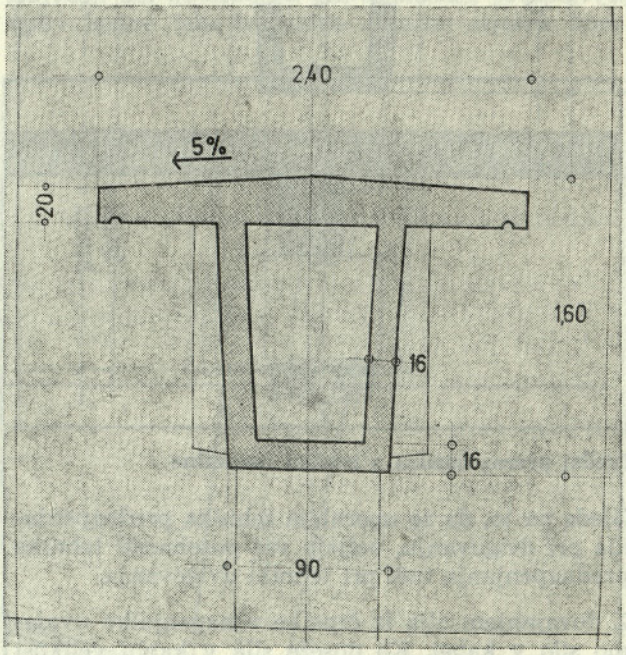
Segmente smo postavljali na medsebojnih razmakih a = 80 cm. Tako so bili oblikovani široki stiki, kjer je bilo izvršeno preklapljanje armature in armiranje stika. Po končanem opaževanju je bilo izvršeno betoniranje mokrih stikov.

Montaža jeklenih čevljev je bila izvedena po zalivanju mokrih širokih stikov, ko je beton dosegel zadostno trdnost, tako da smo lahko odstranili del odra, ki je podpiral distančnike.

Spodnji del distančnika smo nasekali (odstranili cementno mleko), nanesli epoksidno malto in izvršili lepljenje jeklenih čevljev na distančnike. Jekleni čevlji so v celoti antikorozijsko zaščiteni z vročim pocinkanjem.

3.20. Dvigovanje glavnega nosilca

Končna lega nosilca v sklopu nosilnega sistema je bila na koti 18,40 m, zato je bilo potrebno nosilec dvigniti od začasne lege v dokončno lego za ca. 10 m. Teža kompletnega glavnega nosilca v času dviga je znašala G = 2700 kN.



Prečni prerez betonskega dela nosilca

Pri izdelavi glavnega nosilca so bile puščene v osi nosilca in zunaj osi simetrično na ležiščno os vertikalne luknje za namestitev kabla za dvigovanje palic za varovanje nosilca med dvigom.

Oprema za dvigovanje glavnega nosilca je bila na enem dvigovalnem mestu sestavljena iz elementov, kot sledijo:

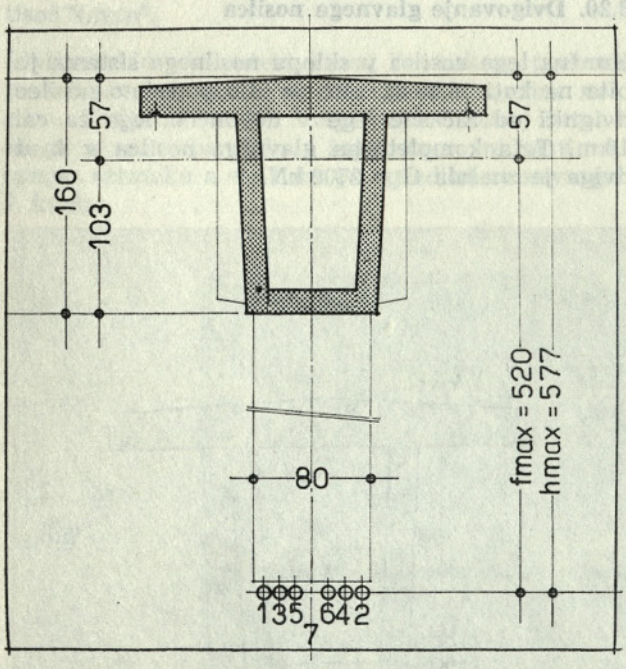
— kabel za dvigovanje, ki ga sestavljajo 12 ϕ 15,2 milimetrski prameni kakovosti $f_{02}/f_{pu} = 1570/1770\ M_{pa}$. Na spodnjem delu kabla je vgrajeno nepomično sidro LH 12 ϕ 15,2 po sistemu P. H. — Gradis,

— napenjalka za napenjanje kablov LH 12 ϕ 15,2 milimetra 2600 kN,

— Diwidag palice ϕ 32 mm s pripadajočimi maticami,

— pomožna jeklena konstrukcija, ki je bila postavljena na vrhu razčlenjenega stebra.

Izvedeni postopek dvigovanja predstavlja novost v jugoslovanski gradbeni tehniki za dvigovanje bremen. Bistvo postopka je, da opremo in kable za prednapenjanje uporabimo brez kakršne koli predelave za dvigovanje. Ta postopek je bil uporabljen prvič v Jugoslaviji, čeprav je v svetu že znan in uporabljen v gradbeni praksi.



Prečni prerez nosilca v sredini razpetine

Glede na to, da se uporablja tehnika prednapenjanja pri dvigovanju, veljajo vse posebnosti tehnike prednapenjanja tudi pri tehniki dvigovanja.

Z dovajanjem olja iz črpalke v napenjalko uvajamo silo v kabel. Ko doseže sila v kablu velikost P = 1350 kN in znaša raztezek kabla ca. 6,0 cm (za dolžino kabla pri dvigovanju L = 14,0 m), nastopi odlepljenje nosilca od ležišča. To fazo smo izvajali počasi. Za umirjenje nosilca smo uporabili Diwidagove palice s privijanjem matic na spodnji strani nosilca.

Po umirjenju nosilca smo z dovajanjem olja v napenjalko izvršili dvig, kolikor ga je dopuščal hod napenjalke, ki je v našem primeru znašal 25 cm. Ko je bil izčrpan dovoljeni hod napenjalke, smo prek napenjalke izvršili zagozditev pramen kabla v spodnjem dostopnem nepomičnem sidru. Ta postopek smo ponavljali, dokler nismo dosegli kote končne lege nosilca.

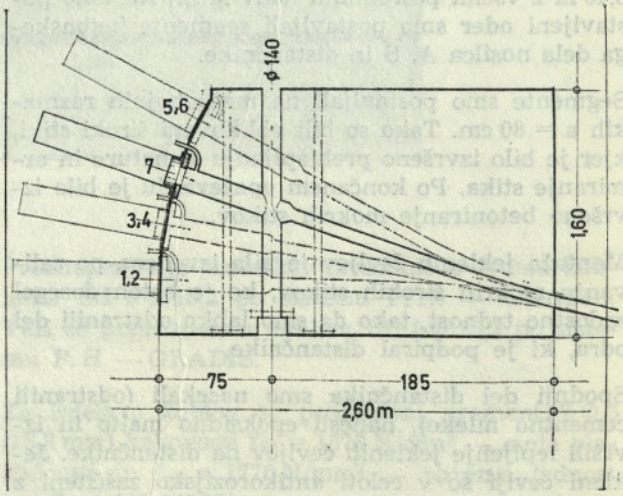
Ko je nosilec dosegel koto 18,42, smo zadržali nosilec na kablu za dvigovanje in 4 Diwidagovih palicah. Uvlekli smo jekleni ležajni nosilec, namestili neoprenska ležišča pod jeklenim nosilcem in na njem za odlaganje glavnega nosilca. Po izvršeni pripravi ležajnega nosilca smo izvršili spuščanje glavnega nosilca v dokončno lego.

Po izvršenem dvigovanju obeh nosilcev je sledila faza montaže vešalk sekundarne jeklene konstrukcije, lesenih leg in kritine iz rebraste alu pločevine.

Prav tako je izdelano horizontalno zavetrovanje in uklonsko varovanje zgornjega tlačnega betonskega dela glavnih nosilcev. Na to je sledila II. faza prednapenjanja kablov za prevzem obtežbe snega in vetra ter reoloških vplivov med obratovanjem objekta.

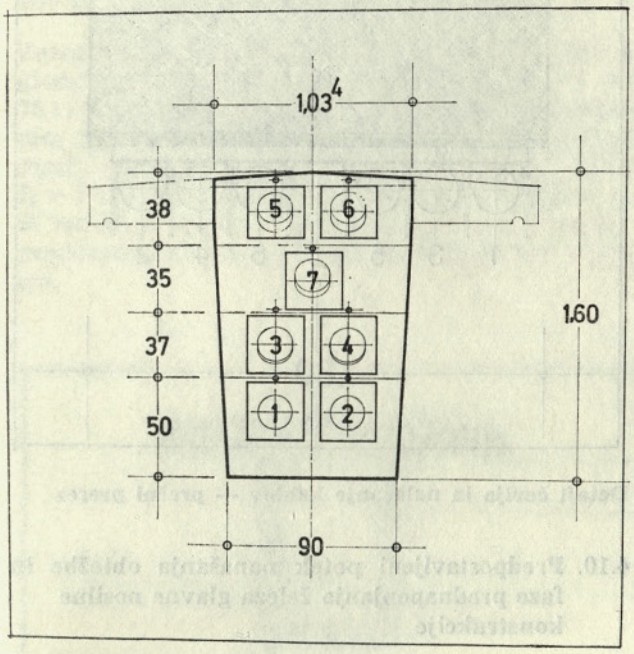
3.30. Protikorozijska zaščita kablov glavne nosilne konstrukcije

V svetu je razvoj tehnologije eksternega prednapenjanja izzval originalne rešitve protikorozijske zaščite z uporabo naftnih voskov in kovinskih maščob. Pri nas je potrebno razviti interes proizvajalcev naftnih derivatov in jim razkriti delež na tržišču, kajti prednosti eksternega prednapenjanja so nedvoumne; dajejo možnost zamenjave kablov, kar omogoča enostavno vzdrževanje objekta. Kot vsaka nova tehnika tudi ta ne razpolaga s predpisi, pravilniki in standardi, zato se je potrebno opreti na lastne raziskave in pridobiti lastne izkušnje. Dejstvo je, da bo ta tehnika, ki tudi v svetu nima specifikacij, zaradi svojih prednosti jutri vsakdanja.



Detajl razporeditve kablov v betonskem delu nosilca

Zato se je potrebno pri prvi nalogi, ki je pred nami, resno strokovno in inventivno lotiti problema in ga reševati skupaj s strokovnjaki z drugih področij, kar govori o interdisciplinarnosti problema.



Zaključek kablov na čelu nosilca

Prav tako je potrebno razmišljati o razvoju in izpolnjevanju opreme za injektiranje, transporta injekcijske mase in vsega ostalega, kar bi zaokrožilo in izpopolnilo celotno tehniko.

Zahvaljujem se investitorju, nadzorni službi in strokovni komisiji za izkazano zaupanje pri uvajanju nove tehnike, tj. zunanje prednapetosti s protikorozijsko zaščito s pomočjo kovinskih maščob, kar bo v naši domovini izvedeno prvič.

Za protikorozijsko zaščito kablov je bila izbrana litijeva mast LIPLEKS-S-2EP proizvajalca INA-Zagreb.

Mast je obstojna pri temperaturi, vodi in gnetenju. Zaradi svoje posebne sestavine je Lipleks-S-2EP stabilen in visoko odporen proti oksidaciji in ima dobro protikorozijsko zaščitno lastnost.

Vzdolž pocinkanih cevi so nameščeni priključki za vnašnje injekcijske mase. Injektiranje začenjamo iz sredine kablov glavnega nosilca in nadaljujemo proti levi oziroma desni strani nosilca. Po potrebi premeščamo priključno mesto za vnašanje injekcijske mase. Priključna mesta so razporejena vzdolž vsake cevi kabla na ca. 10 m.

Del kabla, ki je zunaj čela nosilca, je zaščiten s posebnim jeklenim cilindrom in ima poseben nastavek za priključek injektirnega aparata.

Prav tako je na zgornji strani cilindra predvidena oddušna cev za odvajanje zraka. Po injektiranju zapremo vsa priključna mesta in oddušne cevi s čepi.

Za injektiranje kablov uporabimo zračne mazalice tipa Linckoln kapacitete 12 l/min, zračni kompresor, dovodne cevi za zrak in dovodne cevi za vnašanje injektirne mase.

Injektiranje izvajamo s pritiskom 0,6 MPa pri temperaturi, ki je višja od + 5° C.

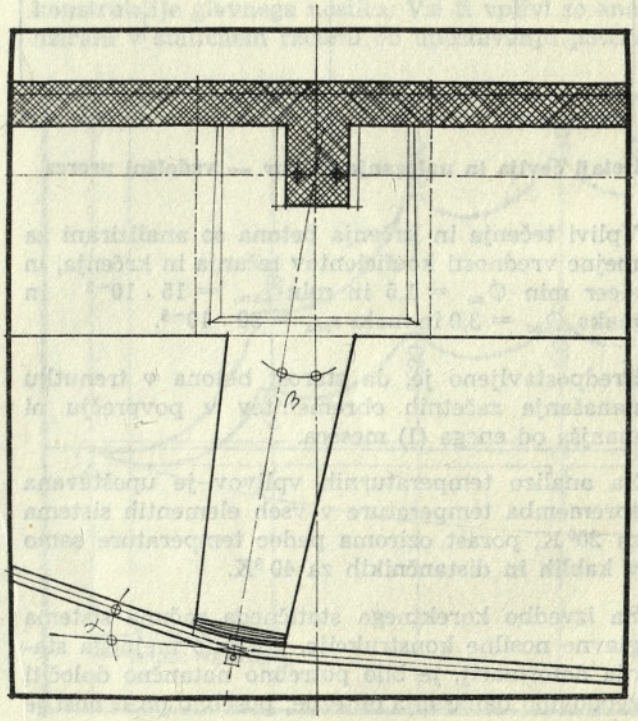
Za kontrolo kakovosti injekcijske mase je bilo izdelano 6 modelov dolžine 6,0 m, ki so sestavljeni enako kot kabel v konstrukciji in prav tako enako injektirani. Ti vzorci bodo pritrjeni na kable glavne nosilne konstrukcije in jih pustimo starati pod enakimi pogoji kot kable glavne nosilne konstrukcije.

Po izteku vsakega leta bo izveden pregled enega modela, pri čemer se bo ugotavljalo obnašanje injekcijske mase, kablov in zaščitne cevi. Prav tako preiskujejo injekcijsko maso v ZRMK, kjer kontrolirajo fizikalno-kemične lastnosti, protikorozijske lastnosti, stabilnost in obnašanje proti poškodbam in kompatibilnost z okolico.

Kabli, ki prednapenjajo strešno konstrukcijo, so injektirani klasično s cementno malto.

4.0. ANALIZA VPLIVOV OBTEŽBE NA GLAVNE NOSILCE

Največji del obtežbe na glavni nosilec predstavlja vpliv lastne teže in stalne obtežbe strešne kon-

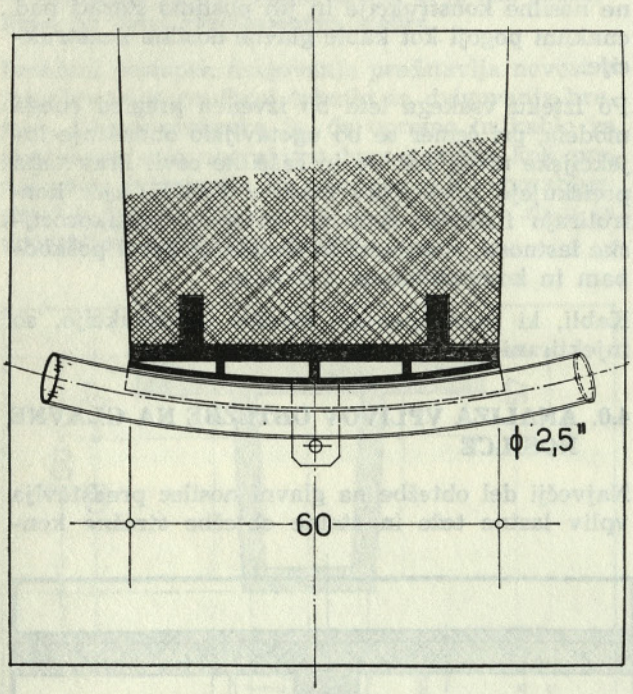


Detajl povezave betonskega tlačnega dela nosilca z distančnikom in kabli

strukcije. Lastna teža nosilca znaša gn = 26,75 kN/m, kar predstavlja gn/gtot = 26,75/75,11 kN/m = = 0,36 od celotne obtežbe. Delovanje vetra gv = = 4,40 kN/m in snega gs = 24,78 kN/m predstavlja 0,5 in 0,330 od totalne stalne obtežbe.

Poleg vpliva vertikalne primarne obtežbe in prednapenjanja so v statičnem računu detajlno analizirani vplivi krčenja in tečenja betona, vplivi enakomerne spremembe temperature celotnega sistema. Prav tako je analiziran vpliv učinka vetra neposredno na glavne nosilce.

Vplivi potresa so analizirani na sistemu konstrukcije nosilca in stebrov kot celote.



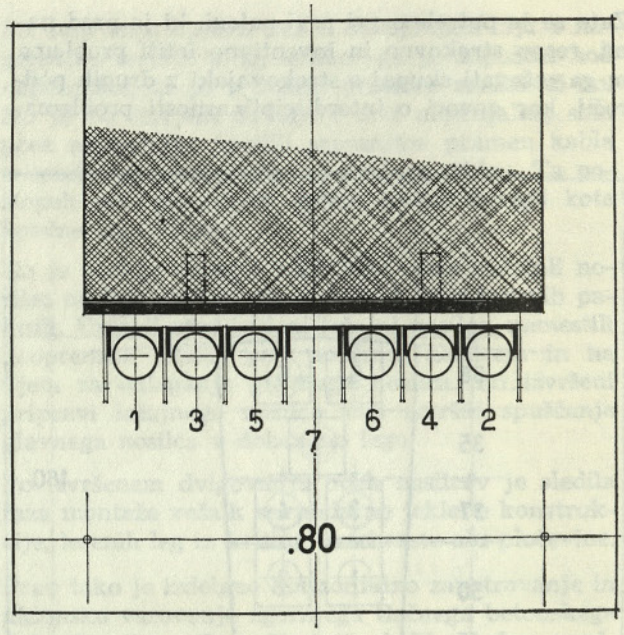
Detajl čevlja in naleganje kablov — vzdolžni prerez

Vplivi tečenja in krčenja betona so analizirani za mejne vrednosti koeficientov tečanja in krčenja, in sicer min $\phi_\infty = 1{,}5$ in min $\varepsilon_{s\infty} = 15 \cdot 10^{-5}$ in maks $\phi_\infty = 3{,}0$ in maks $\varepsilon_{s\infty} = 30 \cdot 10^{-5}$.

Predpostavljeno je, da starost betona v trenutku nanašanja začetnih obremenitev v povprečju ni manjša od enega (1) meseca.

Za analizo temperaturnih vplivov je upoštevana sprememba temperature v vseh elementih sistema za 20^0 K, porast oziroma padec temperature samo v kablih in distančnikih za $40\ ^0$K.

Za izvedbo korektnega statičnega računa sistema glavne nosilne konstrukcije, posebno mejnega stanja deformacij, je bilo potrebno natančno določiti zgodovino nanašanja obtežbe; posebno pozornost je bilo treba posvetiti vertikalni obtežbi, ker je njen vpliv največji.



Detajl čevlja in naleganje kablov — prečni prerez

4.10. Predpostavljeni potek nanašanja obtežbe in faze prednapenjanja železa glavne nosilne konstrukcije

Na podlagi osvojene dinamike in metode gradnje je predpostavljen naslednji potek nanašanja obtežbe oziroma faza gradnje:

1. FAZA. Lastna teža nosilca in prva faza prednapenjanja kablov 1—6.

Ko je zalivni beton dosegel MB 35, smo izvršili prvo fazo prednapenjanja kablov 1—6. Potrebna sila za prednapenjanje v prvi fazi je določena na temelju pogoja, da omogočimo elastičen dvig nosilca v sredini razpona glavnega nosilca v velikosti f = 5,00 cm.

Potrebna začetna sila prednapenjanja znaša za en kabel $N_{1\ zač}$ = 676,8 kN oziroma celotna sila $N_{c\ zač}$ = = 6 × 676,8 = 4061 kN.

2. FAZA. Lastna teža nosilca, dodatna stalna obtežba in druga faza prednapenjanja

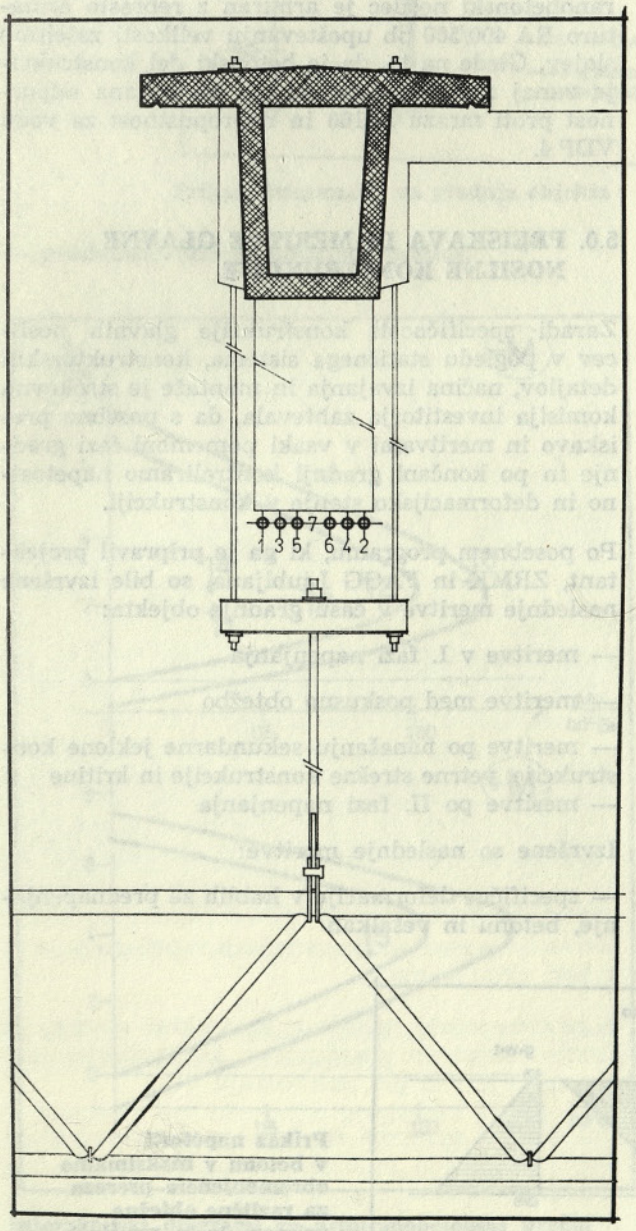
Potrebna sila prednapenjanja v kablih za to fazo obtežbe je določena na temelju pogoja, da je doseženo ravnotežje nosilnega sistema in da dosežemo nadvišanje v sredini glavnega nosilca v velikosti f_2 = 15,5 cm. Pri določitvi velikosti napenjalne sile so upoštevane izgube zaradi tečenja in krčenja betona v času od prve faze prednapenjanja do druge faze prednapenjanja, kar znaša dva (2) meseca.

V tej fazi gradnje je glavni nosilec nadvišan 35,50 centimetrov skupno z začetnim nadvišanjem, ki znaša 20,00 cm. Potrebna sila prednapenjanja v drugi fazi znaša N_{2c} = kN oziroma za en kabel NK_2 = 1039 kN.

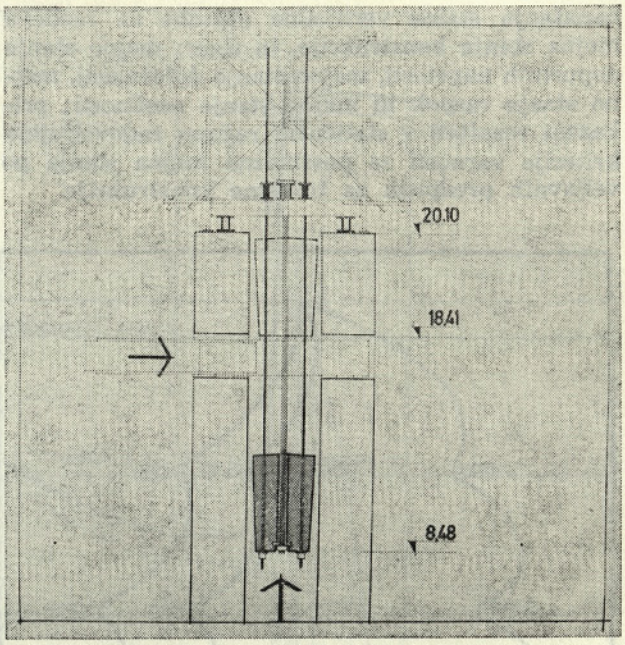
3. FAZA. Občasna obtežba, deformacije betona, ki so odvisne od časa in temperature

Med obratovanjem glavne nosilne konstrukcije nastopajo obtežbe zaradi snega, vetra, reoloških vplivov in vpliva temperature.

Zaradi obtežbe s snegom, ki znaša $g_s = 24{,}78$ kN/m glede na celotno obtežbo, predstavlja $g_s/g_c = 24/75{,}11 = 0{,}33$, kar je velik delež obtežbe in posledica tega so tudi velike deformacije sistema. Deformacije glavnega nosilca v sredini razpetine znaša $f_s = 17{,}80$ cm, tako da je celotna deformacija zaradi reoloških izgub ob upoštevanju celotne obtežbe, prednapenjanja in začetnega nadvišanja $f_c = 17{,}60$ cm.



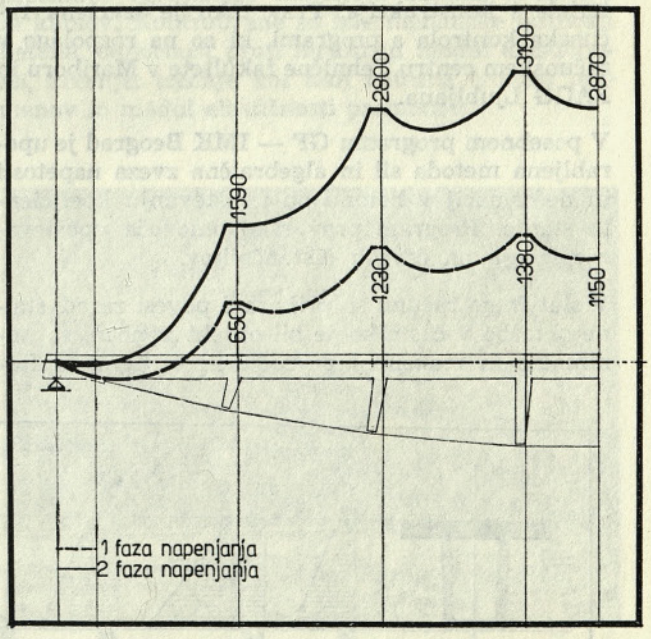
Princip obešanja sekundarne jeklene konstrukcije



Princip dvigovanja glavnega nosilca

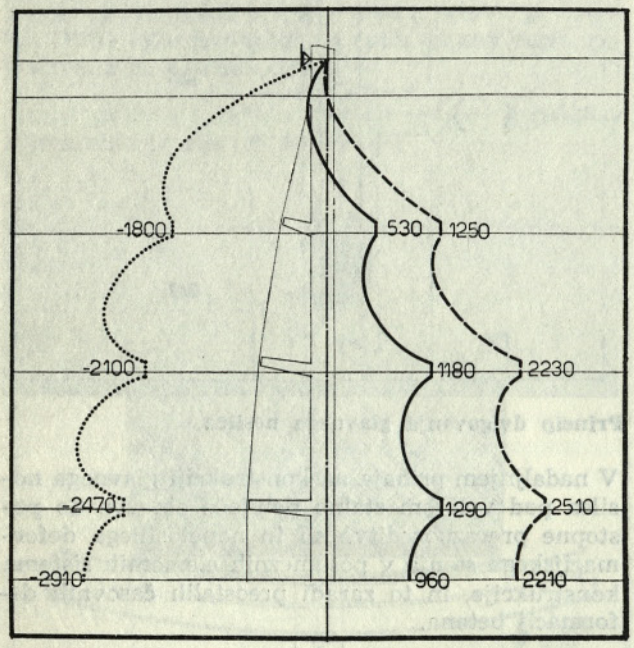
V nadaljnjem prihaja na konstrukciji glavnega nosilca pod vplivom stalno delujoče obtežbe do postopne prerazporeditve sil in napetostnega deformacijskega stanja v posameznih elementih sistema konstrukcije, in to zaradi preostalih časovnih deformacij betona.

Prav tako je sistem konstrukcije glavnega nosilca izpostavljen temperaturnim vplivom, delovanju vetra, neenakomernemu segrevanju posameznih delov konstrukcije glavnega nosilca. Vsi ti vplivi so analizirani v statičnem računu ob upoštevanju poteka



Crta upogibnih momentov pri napenjanju I. in II. faze napenjanja (v KNm)

nanašanja stalne vertikalne obtežbe za različna mejna stanja konstrukcije, in sicer: mejno stanje dopustnih napetosti, mejno stanje deformacij, mejno stanje razpok in mejno stanje nosilnosti; prikazani rezultati v statičnem računu zadovoljujejo kriterije varnosti za posamezna mejna stanja po veljavnih predpisih za tovrstne konstrukcije.



Crta maks. in min. upogibnih momentov (v KNm)

Za določanje statičnih vplivov in deformacij v konstrukciji sistema glavnega nosilca je ugotovljen poseben program po teoriji I. reda, ki ga je izdelal Građevinski fakultet Beograd, Institut za materiale i konstrukcije. Prav tako je izvršena računska kontrola s programi, ki so na razpolago v računskem centru Tehnične fakultete v Mariboru in FAGG Ljubljana.

V posebnem programu GF — IMK Beograd je uporabljena metoda sil in algebraična zveza napetosti in deformacij v betonu ob upoštevanju koeficienta stanja. Program prav tako omogoča upoštevanje trenja na čevljih distančnikov.

V statičnem računu so prikazani povesi zaradi stalne obtežbe v času, ko je bil objekt končan, za minimalne in maksimalne vrednosti časovnih deformacij betona, ki znašajo od — 1,3 cm do 0,70 cm, in v neskončnem času t ∞ od 5,10 cm do 10,7 cm, kar opravičuje projektirano nadvišanje glavnega nosilca za 20 cm.

Glede na red velikosti deformacij je bilo potrebno posebno pozornost posvetiti natančnemu nameščanju sekundarne konstrukcije oziroma projekt nivelete žleba je moral biti usklajen z deformacijskim stanjem glavne nosilne konstrukcije.

Armiranobetonski del glavne nosilne konstrukcije je za posamezne faze obtežbe dimenzioniran po metodi mejnih stanj. Izkazane napetosti dokazujejo, da je celotni armiranobetonski del tlačen za različen potek obtežbe. Odločilna je središčna napetost, ki znaša 6,86 Mpa oziroma mejna napetost, ki znaša 15,43 Mpa, kar zadovoljuje MB 45. Armiranobetonski nosilec je armiran z rebrasto armaturo RA 400/500 ob upoštevanju velikosti zaščitnih slojev. Glede na to, da je betonski del konstrukcije zunaj zaprtega prostora, je predpisana odpornost proti mrazu M 100 in nepropustnost za vodo VDP 4.

5.0. PREISKAVA IN MERITVE GLAVNE NOSILNE KONSTRUKCIJE

Zaradi specifičnosti konstrukcije glavnih nosilcev v pogledu statičnega sistema, konstruktorskih detajlov, načina izvajanja in montaže je strokovna komisija investitorja zahtevala, da s posebno preiskavo in meritvami v vsaki pomembni fazi gradnje in po končani gradnji kontroliramo napetostno in deformacijsko stanje v konstrukciji.

Po posebnem programu, ki ga je pripravil projektant, ZRMK in FAGG Ljubljana, so bile izvršene naslednje meritve v času gradnje objekta:

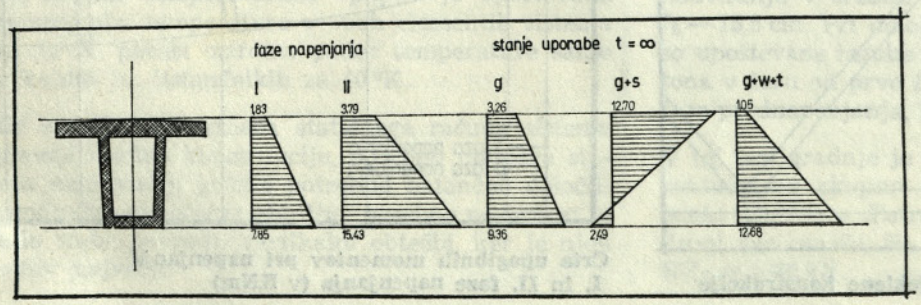
— meritve v I. fazi napenjanja

— meritve med poskusno obtežbo

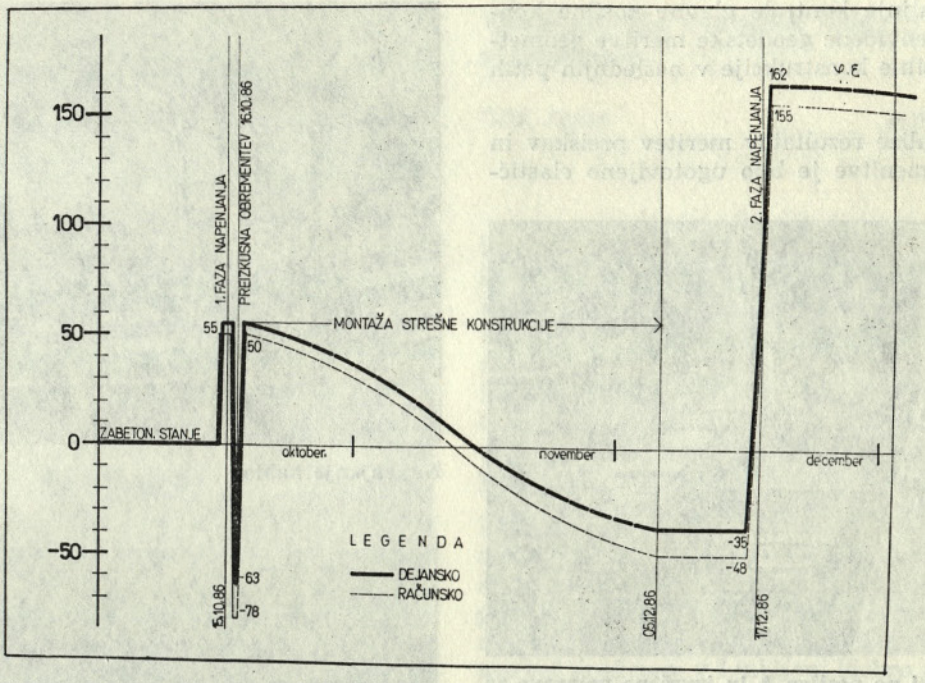
— meritve po nanašanju sekundarne jeklene konstrukcije, vetrne strešne konstrukcije in kritine
— meritve po II. fazi napenjanja

Izvršene so naslednje meritve:

— specifične deformacije v kablih za prednapenjanje, betonu in vešalkah

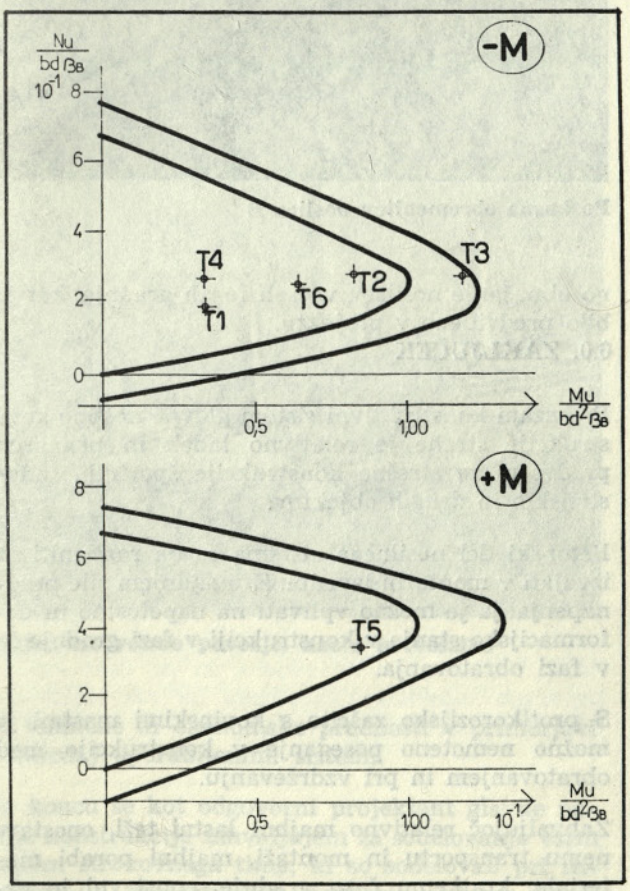


Prikaz napetosti v betonu v maksimalno obremenjenem prerezu za različne obtežne primere in v različnih časih (MPa)



Prikaz deformacije za gradnje objekta

— geodetske meritve upogibov nosilca.



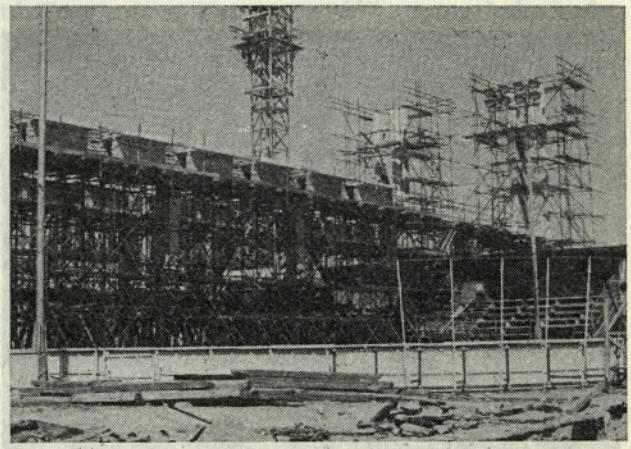
Interakcijski diagrami za armiranobetonski prečni prerez

Specifične deformacije v kablih in betonu so bile merjene elektronsko z merilnimi lističi in mehansko z deformametrom z bazo 10".

Geodetske meritve smo izvajali s preciznim nivelirjem in invarsko lato z natančnostjo ± 0,1 mm.

Kontrola sile v kablih je bila izvedena tudi z napenjalno opremo in raztezki med napenjanjem.

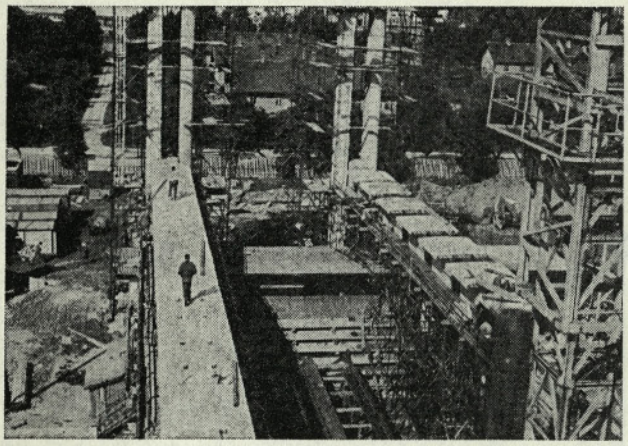
Prav tako so bile izvedene predhodne in tekoče preiskave vgrajenega materiala betona, armature in kablov. Kontrolirane so bile mehanske lastnosti betona, odpornost proti mrazu in modul elastičnosti, krčenje, tečenje kot tudi natezna trdnost pramenov in modul elastičnosti pramenov.



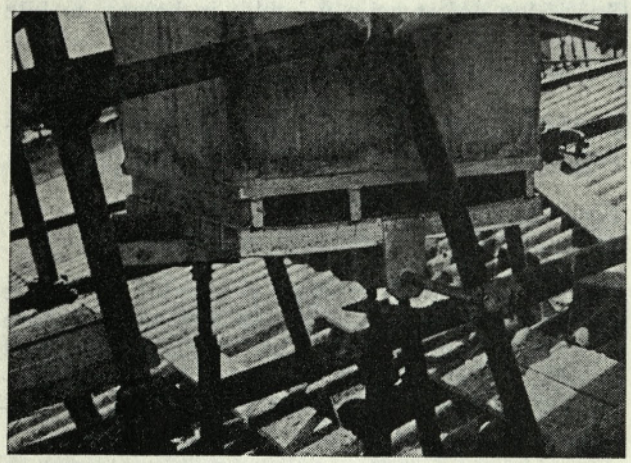
Pogled na oder in postavljene segmente glavnega nosilca

V okviru nadaljnje kontrole glavne nosilne konstrukcije so predvidene geodetske meritve geometrije glavne nosilne konstrukcije v naslednjih petih letih.

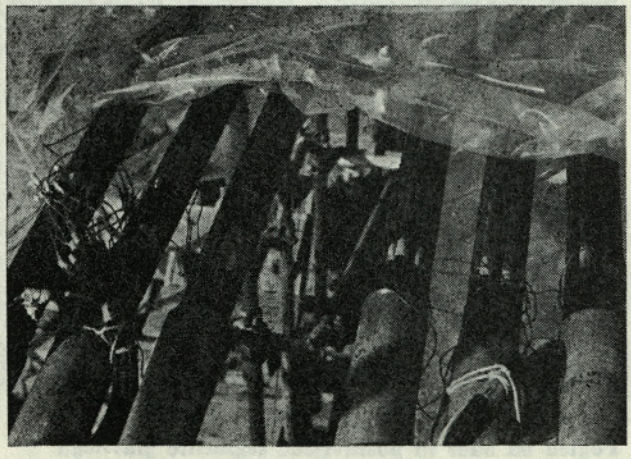
Na podlagi analize rezultatov meritev preiskav in poskusne obremenitve je bilo ugotovljeno elastič-



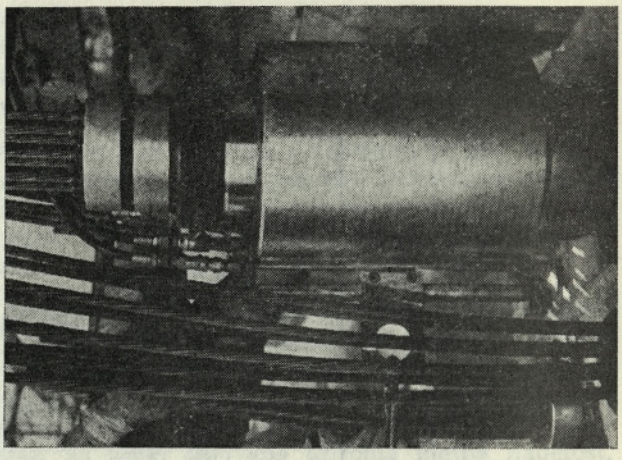
Zaliti široki stiki na nosilcu A in izvršene priprave za dvigovanje nosilca



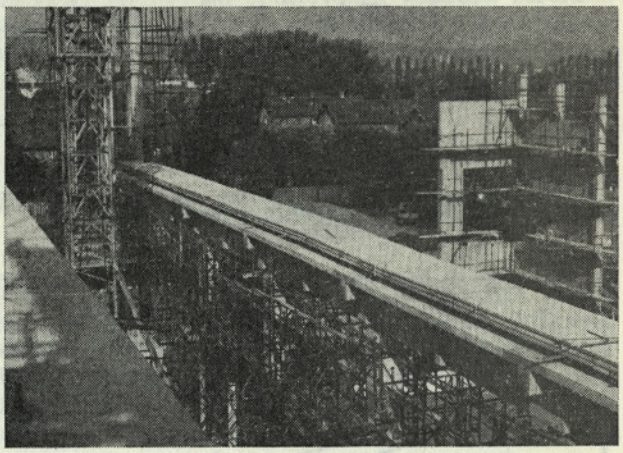
Detajl izvedbe jeklenega čevlja



Detajl izvedbe mernih mest na kablih



Napenjanje kablov



Poskusna obremenitev nosilca B

no obnašanje nosilcev v vseh fazah gradnje, kot je bilo predvideno v projektu.

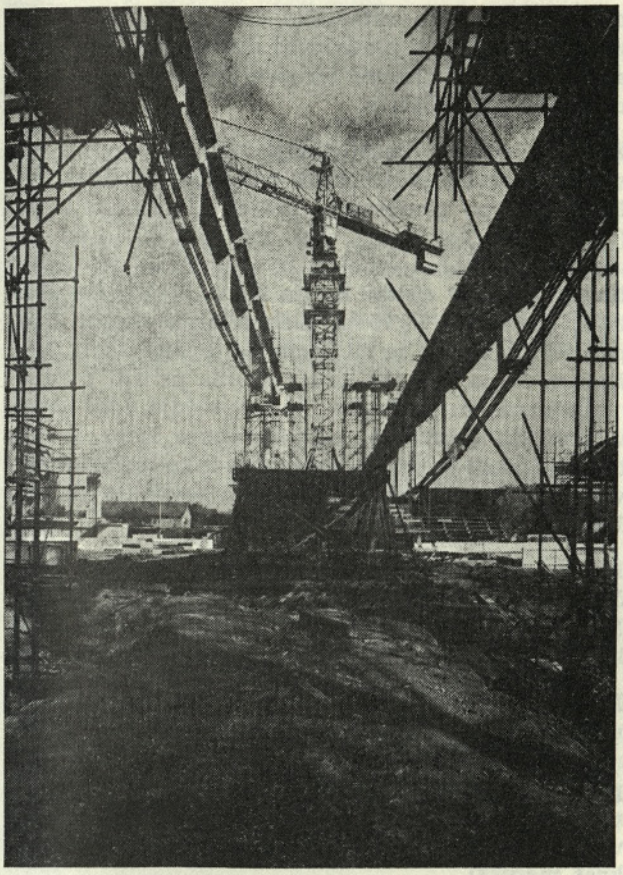
6.0. ZAKLJUČEK

Prikazani konstruktivni sistem glavne nosilne konstrukcije strehe je relativno lahek in primeren predvsem za strešne konstrukcije športnih, industrijskih in drugih objektov.

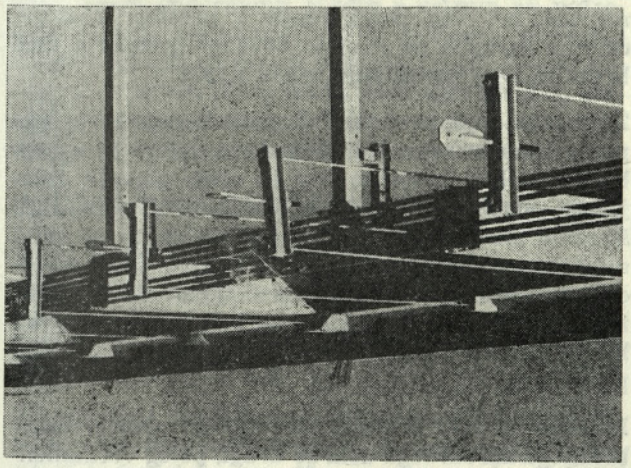
Betonski del nosilnega sistema se da razčleniti in izvajati v montažni izvedbi. Z uvajanjem sile prednapenjanja je možno vplivati na napetostno in deformacijsko stanje v konstrukciji v fazi gradnje in v fazi obratovanja.

S protikorozijsko zaščito s kovinskimi mastmi je možno nemoteno poseganje v konstrukcijo med obratovanjem in pri vzdrževanju.

Zahvaljujoč relativno majhni lastni teži, enostavnemu transportu in montaži, majhni porabi materiala, kratkemu času gradnje, enostavni in ceneni protikorozijski zaščiti in možnosti demontaže, kaže prikazani konstrukcijski sistem pomemb-



Dvigovanje nosilca B



Pogled na vetrno povezje, kable in vešalke

ne tehnične in ekonomske prednosti v primerjavi z dosedaj uporabljenimi sistemi.

Na koncu se kot odgovorni projektant glavne nosilne konstrukcije zahvaljujem za sodelovanje vsem članom strokovnega tima, ki so sodelovali pri investiranju, projektiranju, izvedbi, nadzoru, kontroli, reviziji in prevzemu tega pomembnega objekta.

Arhitekturna zasnova ledene dvorane v Mariboru

UDK 725.86

BORUT PEČENKO

Še vedno so redki primeri v naši stavbarski praksi, da bi hoteli in znali združiti čim več širokega in specialnega znanja, kadar gradimo predvsem javne mestne objekte, ki za dolgo časa dajejo kakemu mestu njegovo značilno mestno podobo (Stadtbild) in tako polnijo arzenal pomembnih zgradb v njihovih stilnih kontinuitetah in ki istočasno pričajo o znanju in miselnosti tistega trenutka, ko so ti objekti nastajali.

Na takšen razmeroma širok pogled na stavbarsko stroko nas spodbuja pravkar zaprta Plečnikova razstava v Ljubljani. S to predstavitvijo smo potrdili predvsem dvoje dejstev: dodobra smo spoznali dela mojstra Plečnika ne samo na Dunaju in v Pragi, marveč predvsem v Ljubljani (dobro so dela poznali le strokovnjaki) in pritrdili splošnemu mnenju, da gre za izjemne arhitekturno-umetniške dosežke v arhitekturi in prav tako v urbanizmu. In drugič: s tem spoznanjem smo enakopravno potrdili, spoznali in dokazali, da je stavbarsko-arhitekturna stroka sestavni del celostne narodove kulture in vrednota, ki se od ostalih razlikuje tudi po tem, da je last naroda, ki je gradnjo omogočil in da za dolga desetletja lahko bogati človekovo okolje in bivanje. Prav tako pa razkazuje generacijam tako stilno pripadnost kot zavest, znanje in napore ob pogledu na te, običajno že po nekaj desetletjih »kulturne spomenike naše gradbene in arhitekturne dediščine«.

In prav ob takšnem razmišljanju sem se odločil, da posvetim nekaj besed specifičnim mariborskim primerom, ko gre za zidavo javnih družbenih objektov. Ta hip gradimo mariborsko gledališče, novo univerzitetno knjižnico, zgradili smo del Pristana itd. Prav gotovo nam ne sme biti vseeno, kako bodo ti novi objekti obogatili našo skupno mestno podobo. Včasih slišimo celo stališča, da moramo skrajno »poceni« graditi prav te objekte, ker gre za izrazito družbeni denar. Mnenja sem, da bi si prav obratno morali prizadevati za solidno in trajno gradnjo, pa tudi če stane kakšen dinar več.

Dober nauk nam dajejo nekatere Plečnikove arhitekture v Ljubljani, kjer je moral mojster uporabiti cenene materiale, ki pa danes že propadajo in nam ni jasno, od kod zagotoviti sredstva za prezgodnjo obnovo in sanacijo (npr. Žale v Ljubljani).

Prav tako je ena izmed pomembnih javnih zgradb ta hip delno izgrajena »ledena dvorana« v Mari-

Avtor:
Borut Pečenko, dipl. ing. arh., Tehn. fakulteta Maribor

boru, ki ji začasno pravimo tudi »pokrito drsališče« ali »streha nad drsalno ploskvijo«. Za poznavanje okoliščin in seveda tudi pogojev, ob katerih je ta objekt, ki leži v neposredni bližini večnamenske dvorane Tabor, nastajal, je potrebno poudariti naslednje: sredstva, iz katerih se je ta objekt izgradil (sicer šele v prvi fazi), so prispevale mariborske delovne organizacije na podlagi samoupravnega sporazuma o združevanju sredstev za izgradnjo splošno družbeno pomembnih objektov v Mariboru. Predvidena je izgradnja v več fazah, kar je ob tako velikem objektu povsem razumljivo. Danes lahko opazujemo le izjemno duhovito zasnovano in izvedeno strešno konstrukcijo, ki ji bo drugi prispevek posvetil posebno pozornost. Gre namreč za izjemen podvig tako tehnične, izvajalske, predvsem pa tudi projektantske narave. Avtor te inovatorske konstrukcije je prof. Vukašin Ačanski, dipl. inž. gr. iz mariborskega Gradisa, ki je bil tudi glavni konstrukter večnamenske dvorane Tabor v Mariboru. Avtorji arhitekturne faze celostnega projekta so bili: prof. Borut Pečenko, dipl. inž. arh. (TF Maribor) s soavtorji arhitekti Bogdanom Černetom, Srečkom Vidicem in Igorjem Borcem, vsi dipl. inž. arh. iz Inženiring biroja v Mariboru. Nadzor nad izvedbo je opravljala Milena Skorobrijin, dipl. inž. gr. Jekleni del konstrukcije je obdelal prof. dr. Kržič iz FAGG Ljubljana.

Za zgradbo je bil razpisan ožji oziroma vabljeni natečaj (4 ekipe iz Maribora). Posebna komisija je izbrala projekt Inženiring biroja kot najracionalnejšo varianto. Na podlagi tega projekta so bili izdelani podrobni projekti za prvo fazo.

Navajam nekaj tehničnih podatkov. Dokončna kapaciteta ledene dvorane je 1515 sedežev na glavni severni tribuni in 1350 stojišč na južni tribuni oziroma skupno 2865 obiskovalcev (hokejske prireditve).

Za letne prireditve se bo uporabljala tudi osnovna ploskev z dodatno 1060 sedeži in še ca. 2300 stojišči, kar da teoretično skupaj ca. 6000 obiskovalcev.

Nastopajoči imajo na voljo dve večji garderobi z ločenimi sanitarijami in umivalnicami, s kabineti ter s skupnim trim kabinetom in učilnico. Za potrebe zimskih in letnih prireditev smo pripravili 4 manjše garderobe s sanitarijami, WC in priročnimi skladišči oziroma kabineti. Tudi rekreativci imajo posebno garderobo za ca. 200 oseb s sanitarijami. Poleg skupnih prostorov, ki obsegajo prostore za upravnika, sodnike, sanitetne sobe za ambulanto, priročna skladišča, čistila, garderobe za zaposlene, sta tudi predvideni dve garaži za čistilna stroja ob južni tribuni ter dve priročni mehanični delavnici s skladiščem.

Zasnove strešne konstrukcije ne bomo opisovali, saj bo podrobneje obdelana v posebni predstavitvi. Posebnost pa predstavlja projekt strešnega žleba (avtor prof. Ivo Jecelj, dipl. inž. gr.), ki je po več možnih variantah izdelan iz alu pločevine (debeline 1,5 mm) v obliki korita in v dveh delih dolžine, ca. 2-krat 33,75 m. Žleb dilatira zaradi temperaturnih razlik za ca. 5 cm na dolžini 34 m. Nad žlebom se na dva alu kotna profila pritrdi posebej oblikovana alu pločevina, ki preprečuje vdor snega v žleb. Za normalno funkcioniranje žleba je potrebno izvesti kabelsko ogrevanje tako horizontalno v žlebu kot vertikalno v odtočnih ceveh do globine 1 m pod površino.

Posebej je dvorana v celoti kot v prvi fazi računana na požarno varnost (tehnični normativi NFPA, št. 101/67). Dvorana ima skupaj deset izhodov. Največja oddaljenost do izhoda je 32 m.

Posebej je bil izdelan elaborat o požarni obremenitvi s količinami gorljivih materij, kalorične vrednosti, o požarni geometriji objekta in o teoretični požarni obremenitvi. Izračunana požarna obremenitev spada na osnovi klasifikacije po JUS U.51.030 v tako imenovano malo požarno obremenitev (osemkrat manjša).

Osnovna ploskev s komunikacijami okoli nje meri skupno 2280 m^2, bruto površina dvorane meri skupno 4281 m^2, vsa podtribunja s prostori 2345 m^2, celotna zgradba pa skupno 6626 m^2 (razmerje med bruto in neto površinami znaša 1,132).

Že z izgradnjo prve faze (konstrukcija), ki je bila postavljena v rekordnih 150 dneh, lahko to zgradbo po zaslugi projektantov in obeh glavnih izvajalcev (Stavbar in Gradis iz Maribora s kooperanti) štejemo med izredno zanimive objekte, ki po svoji arhitekturni zasnovi in oblikovalskem pristopu sicer ne spadajo v postmodernistično oblikovalsko filozofijo, zato pa ta objekt tem bolj izstopa po svoji konstruktivni zasnovi, izvedbi in tudi po časovni postavitvi.

Maribor je tako pridobil ob finančni pomoči mariborskega združenega dela že drugi, poleg večnamenske dvorane Tabor (kapaciteta 5000 gledalcev) izredno zanimiv športni objekt, ki bo tako sklenil izgradnjo celovitega športnega in rekreacijskega parka — Tabor v Mariboru.

Togost jeder s prečkami

UDK [624.04+624.07]

MIROSLAV PREGL

Povzetek

Z znanimi izrazi za torzijsko togost dobimo vrednosti, ki presegajo torzijsko togost zaprtih škatlastih nosilcev. Razviti so novi izrazi, po katerih torzijska togost smiselno zavzema vrednosti med odprtim prerezom brez prečk in zaprtim prerezom. Za izbrane primere so rezultati prikazani v primernih diagramih.

Summary

Several combinations of suppositions are systematically considered and the resulting continuum methods for torsional analysis of slender perforated cores are presented. It is shown that the known formulae for torsional stiffness (may in some cases) give values larger than the ones we obtain for closed cross section. New formulae are derived that render values which logically increase with increasing lintel stiffness, starting from the torsional stiffness of open cross section and ending with closed one. The results of the chosen examples are given in appropriate diagrams.

1. UVOD

Skoraj neizogiben element konstrukcije visoke zgradbe je armiranobetonsko jedro. Tvorijo ga med seboj povezane stene, ki obdajajo stopnišča, dvigala, jaške za napeljave itd. Redkokdaj so jedra odprte oblike. Običajno so stene jeder povezane s prečkami, ki tvorijo odprtine v stenah jeder. Po obliki predstavljajo jedra s prečkami vmesno stopnjo med odprtimi tenkostenskimi nosilci in zaprtimi škatlastimi nosilci.

V zasnovo konstrukcij vključimo jedra predvsem zato, da prevzamejo večino obremenitev, ki nastanejo zaradi vodoravnih obtežb z vetrom ali potresom. Zaradi ekscentričnosti v tlorisnih zasnovah visokih zgradb ali zaradi ekscentričnosti obtežb nastanejo v jedrih poleg osnih in upogibnih tudi torzijske obremenitve. Za določanje vplivov torzijskih obremenitev so se uveljavili trije načini:

— zvezni model z analitičnim reševanjem,

— realni model z metodo sil,

— diskretni model z numeričnim reševanjem.

Vsi pa so do sedaj upoštevali elastične lastnosti materiala.

Pri zveznem modelu z analitičnim reševanjem nadomestimo diskretne prečke s primerno debelo steno. Tak model je upravičen v primeru, ko je jedro visoko z velikim številom prečk, ki so med seboj enake in enakomerno razporejene po višini. Morajo biti še sorazmerno podajne, ne pretoge. Vse potrebne količine, ki določajo deformacijsko in napetostno stanje, določimo potem, ko rešimo diferencialno enačbo za torzijski zasuk jedra.

Realni model upošteva realno obliko jedra in prečke so lahko med seboj različne in neenakomerno razporejene. Z metodo sil določimo najprej prečne sile v prečkah, nato pa še vse ostale količine. Prečne sile dobimo z rešitvijo sistema linearnih enačb, ki jih sestavimo na podlagi običajne teorije odprtih tenkostenskih nosilcev.

Z uporabo diskretnih modelov se poveča število prostostnih stopenj in s tem število linearnih enačb, ki jih je potrebno rešiti. Nekateri diskretni modeli ponazorijo jedro z nadomestnimi okviri, vendar pa postanejo vprašljivi, kadar so strižne deformacije v jedrih znatne. Metoda končnih elementov, s katero se sicer lahko zelo približamo resničnim razmeram v jedru, pa zahteva veliko število prostostnih stopenj in s tem reševanje velikega števila enačb. To zelo podraži račun. Zato je metoda tu primerna predvsem za študijske namene.

V nadaljevanju se bomo posvetili le zveznemu modelu z analitičnim reševanjem. Ta način so do sedaj v praksi velikokrat uporabljali. Pri nas je vgrajen tudi v znani računalniški program EAVEK za elastično analizo večetažnih konstrukcij. Primeren je zato, ker je pri njegovi uporabi potrebno za računano konstrukcijo določiti le njeno togost, ki se izraža s torzijskim vztrajnostnim momentom in z izbočitvenim vztrajnostnim momentom (neenakomerna torzija — vztrajnostni moment sektorske koordinate) in dobljene vrednosti vstaviti v naprej pripravljene rešitve diferencialne enačbe.

Do sedaj splošno znani izrazi za račun obeh vztrajnostnih momentov pri jedrih s prečkami (glej (1), (2)!) so omejeni, kot smo že omenili, le na sorazmerno podajne prečke. Kajti zgodi se lahko, da dobimo še pri dokaj normalnih merah prečk za torzijski vztrajnostni moment celo večjo vrednost, kot

Avtor:

Mag. Miroslav Pregl, dipl. gr. inž., Univerza EK v Ljubljani, FAGG, VTOZD GG, Katedra za mehaniko

* Na podlagi zveznega modela so opisane različne metode analitičnih načinov reševanj jeder s prečkami v večetažnih zgradbah.

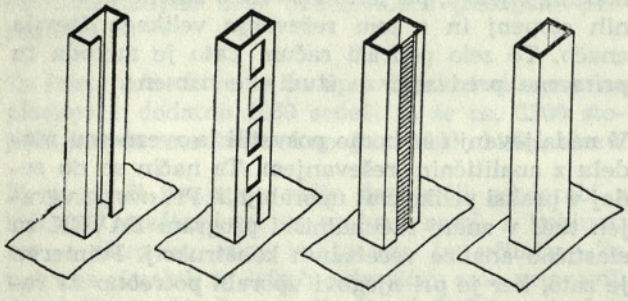
bi jo imel pripadajoč popolnoma zaprt prerez. Da bi odpravili to protislovje, so razni avtorji z upoštevanjem strižnih deformacij v jedru dopolnjevali prvotni zvezni model.

Ravnotežni pogoj za torzijski moment, izražen s pomočjo torzijskega zasuka, ima obliko diferencialne enačbe 4. reda s konstantnimi koeficienti, v katerih nastopata poleg elastičnega in strižnega modula še torzijski in izbočitveni vztrajnostni moment. Upoštevanje strižnih deformacij v jedru pa pripelje v primerjavi z (1) in (2) do dopolnjenih izrazov za koeficiente diferencialne enačbe. Še natančnejše metode nas pripeljejo celo do sistema diferencialnih enačb.

V delu (3) so primerjane metode, ki rešujejo problem na podlagi diferencialne enačbe 4. reda. Tu bomo prikazali še sistematični pregled razvoja in dodali dopolnjene ali nove izraze za nadomestni torzijski in izbočitveni vztrajnostni moment. Nato bomo v diagramih prikazali območja in razmerja dimenzij jeder s prečkami, kjer je primerna uporaba enostavnejše metode in kje ni. Na ta način bomo ovrednotili in številčno ugotovili, kaj je to sorazmerno podajna, sorazmerno toga ali zelo toga prečka. Tako bomo dobili praktične napotke za uspešno delo projektantov.

2. OZNAKE

Različne metode za analitično reševanje zveznega modela bomo prikazali na primeru jedra z eno celico (slika 1) in eno vrsto odprtin ter s konstantno debelino sten in prečk.



Slika 1

Uporabili bomo oznake s slike 2 in v prečnem prerezu še oznake s slike 3.

Točki T in S bosta težišče in strižno središče pripadajočega odprtega prereza brez prečk. Poleg globalnih koordinat x, y, z bomo uporabili še lokalno koordinato ζ, ki bo tekla vzdolž srednje črte prereza in bo pomenila dolžino, merjeno od točke 1 do poljubne točke. Pravokotno na njo bo usmerjena koordinata η. Nato bo še:

δ — debelina stene na poljubnem mestu

$A_x = \int_1^6 \delta \, d\zeta$ — površina prereza jedra

$I_{xl} = \int_1^6 \frac{\delta^3}{3} \, d\zeta$ — torzijski vztrajnostni moment pripadajočega odprtega tenkostenskega prereza

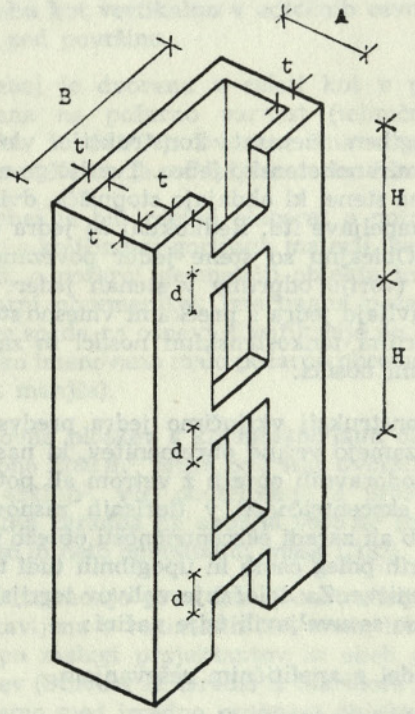
$C_s = 2\,(A + B)$ — sklenjena srednja črta

$A_s = A \cdot B$ — površina, ki jo oklepa C_s

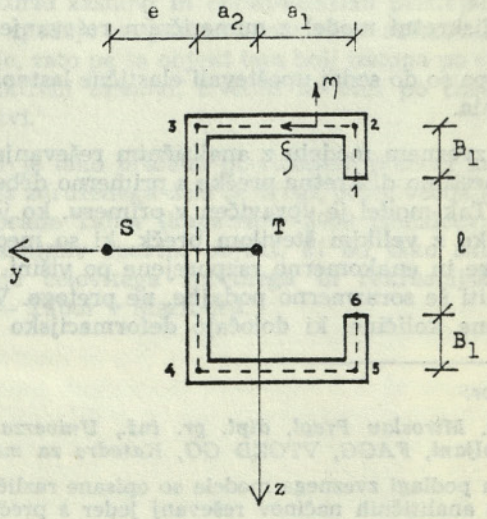
ω_x — torzijski zasuk prereza

$\alpha = \frac{d\omega_x}{dx}$ — specifični torzijski zasuk

Ostale količine, ki jih bomo še rabili, bomo označili in razložili sproti.



Slika 2



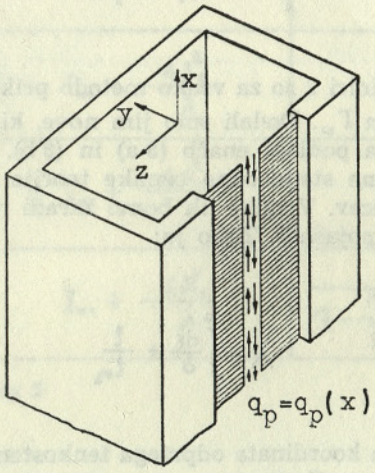
Slika 3

3. OPIS METOD

Zvezni model dobimo tako, da prečke nadomestimo s steno debeline:

$$t_{eq} = \frac{1}{H}\left(\frac{l^2}{12 I_{pr}} \frac{G}{E} + \frac{1,2}{A_{pr}}\right)^{-1} \qquad (1)$$

kjer sta I_{pr} in A_{pr} vztrajnostni moment in površina prereza prečke. S tem spremenimo stvarno konstrukcijo v zaprt škatlast prerez (slika 1). V vzdolžnem prerezu nadomestne stene teče porazdeljena strižna sila q_p namesto točkovnih prečnih sil posameznih prečk (slika 4).



Slika 4

Določimo jo s pomočjo kompatibilitetnega pogoja, ki mora biti izpolnjen v prečnem prerezu jedra za pomike u_x:

$$\oint_{C_s} du_x = 0 \qquad (2)$$

Strižne napetosti $\sigma_x \zeta$ v prerezu so sestavljene iz treh delov: St. Venantovih torzijskih napetosti, konstantnih napetosti zaradi q_p in dodatnih napetosti zaradi neenakomerne torzije. K strižnemu toku vzdolž srednje črte prispevata samo zadnja dva deleža.

$$q_\xi = \int_{-\frac{\delta}{2}}^{\frac{\delta}{2}} \sigma_{x\xi}\, d\eta = q_p + q_\omega \qquad (3\,a)$$

$$q_\omega = q(x, \xi) \qquad (3\,b)$$

Ko izrazimo pogoj (2) z napetostmi oziroma s strižnim tokom, dobimo:

$$\int_1^6 \frac{1}{\delta}(q_p + q_\omega)\, d\xi + q_p \frac{l}{t_{eq}} = 2 A_s G \alpha \qquad (4)$$

V tem izrazu so upoštevane vse strižne deformacije v srednji ploskvi tenkostenskega prereza. Posamezne metode pa se razlikujejo med seboj po tem, kakšen delež teh deformacij upoštevajo pri določanju q_p iz pogoja (4). Nekatere zanemarijo vse strižne deformacije v srednji ploskvi. Izraz (4) postane:

$$q_p \frac{l}{t_{eq}} = 2 A_s G \alpha \qquad (5\,a)$$

Druge pa zanemarijo samo tisti del strižnih deformacij, ki jih povzroči q_ω. Namesto (4) uporabijo:

$$q_p\left(\int_1^6 \frac{d\xi}{\delta} + \frac{l}{t_{eq}}\right) = 2 A_s G \alpha \qquad (5\,b)$$

Naprej se ločijo metode še po tem, kako upoštevajo strižne deformacije pri določanju pomikov u_x in s tem normalnih napetosti σ_{xx} zaradi neenakomerne torzije.

Za vsako metodo je torej značilno, kako upošteva strižne deformacije v kompatibilitetnem pogoju in kako pri določanju u_x oziroma σ_{xx}. Vseh mogočih kombinacij je devet in jih bomo predstavili v naslednji preglednici:

		$\oint_{C_s} du_x = 0$		
		–	q_p	$q_p + q_\omega$
u_x	–	M_{11}	M_{12}	M_{13}
	q_p	M_{21}	M_{22}	M_{23}
	$q_p + q_\omega$	M_{31}	M_{32}	M_{33}

Preglednica 1

M_{ij} (i, j = 1, 2, 3) je oznaka za posamezno metodo. Pod glavno diagonalo nastale tabele (i > j) bi bile tiste metode, ki bi bile pri določanju pomikov u_x bolj natančne kot v računu kompatibilitetnega pogoja. Ker to ne bi bilo smiselno, teh metod do sedaj niso razvili in jih tudi ne bomo obravnavali. Ne bomo primerjali tudi metod M_{23} in M_{33}, ker dobimo pri njih sistem diferencialnih enačb. Analizirali bomo le ostale štiri metode, ki jim bomo dodali še dve modificirani metodi $\overline{M}_{23}$ in $\overline{\overline{M}}_{23}$. Bistvo obeh modificiranih metod je v tem, da nista dosledni pri računu q_p. Najprej uporabita izraz (5 b), kasneje pa izraz (4). Tako se izogneta tvorbi sistema diferencialnih enačb.

Ravnotežni pogoj za torzijski moment M_x je:

$$\frac{dM_x}{dx} = -M_x^s \qquad (6\,a)$$

Ko izrazimo torzijski moment s torzijskim zasukom ω_x, postane ravnotežni pogoj pri vseh šestih metodah (M_{11}, M_{12}, M_{13}, M_{22}, $\overline{M}_{23}$, $\overline{\overline{M}}_{23}$) diferencialna enačba 4. reda:

$$E\Gamma_\omega \omega_x^{IV} - GI_x \omega_x'' = f(x) \qquad (6\,b)$$

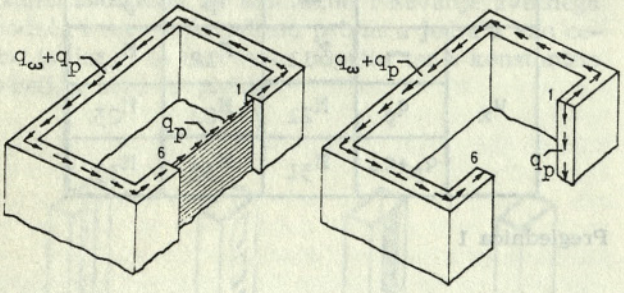
Seveda sta konstanti Γ_ω in I_x pri vsaki metodi drugačni. Splošna rešitev diferencialne enačbe (6 b) ima obliko:

$$\omega_x = C_1 \operatorname{sh} kx + C_2 \operatorname{ch} kx + C_3 x + C_4 + \omega_x^p \qquad (6\,c)$$

C_i ($i = 1, \ldots, 4$) so konstante, ki jih določimo iz robnih pogojev. ω_x^p je partikularna rešitev in k togostni parameter:

$$k = \sqrt{\frac{GI_x}{E\Gamma_\omega}} \qquad (6\,d)$$

Pri računu torzijskega momenta, ki je rezultirajoč moment vseh treh deležev strižnih napetosti v prerezu, so do sedaj upoštevali, kot da teče strižni tok tudi na območju nadomestne stene (slika 5).



Slika 5

$$M_x = \alpha GI_{x1} + \int_1^6 q_\omega \varrho_\eta \, d\xi + \oint_{c_s} q_p \varrho_\eta \, d\xi \qquad (7\,a)$$

ϱ_η je pravokotna razdalja centra rotacije ali strižnega središča do tangente na srednjo črto. Pri tem je še:

$$\oint_{c_s} q_p \varrho_\eta \, d\xi = q_p \cdot 2A_s \qquad (7\,b)$$

Menimo, da je taka predpostavka upravičena v primerih, ko so odprtine v jedrih nizke in redke. To je takrat, ko je d/H blizu 1 in H > B. Za ostale primere pa je umestnejša integracija samo na območju dejanskih sten jedra prereza:

$$M_x = \alpha GI_{x1} + \int_1^6 q_\omega \varrho_\eta \, d\xi + \int_1^6 q_p \varrho_\eta \, d\xi \qquad (8\,a)$$

Zadnji del izraza je:

$$\int_1^6 q_p \varrho_\eta \, d\xi = q_p \int_1^6 \varrho_\eta \, d\xi \qquad (8\,b)$$

V preglednici 2 so za vsako metodo prikazani izrazi za I_x in Γ_ω. Dodali smo jim nove, ki so bili izpeljani na podlagi enačb (8 a) in (8 b). V njej so uporabljene standardne oznake teorije tenkostenskih nosilcev. Vendar jih bomo zaradi razumljivosti še tu pojasnili. Tako je:

$$\lambda = \int_1^6 \frac{d\xi}{\delta} + \frac{l}{t_{eq}} \qquad (9)$$

Sektorska koordinata odprtega tenkostenskega prereza brez prečk je:

$$\omega(\xi) = \int_1^\xi \varrho_\eta \, d\bar{\xi} + \omega_1 \qquad (10\,a)$$

Določimo jo tako, da velja:

$$\int_{A_x} \omega \, dA_x = \int_{A_x} \omega y \, dA_x = \int_{A_x} \omega z \, dA_x = 0 \qquad (10\,b)$$

Vztrajnostni moment sektorske koordinate odprtega prereza je:

$$I_{\omega\omega} = \int_{A_x} \omega^2 dA_x = \int_1^6 \omega^2 \delta \, d\xi \qquad (11)$$

in integral sektorske koordinate do poljubne točke srednje črte:

$$S_\omega^* = \int_1^\xi \omega \delta \, d\bar{\xi} \qquad (12)$$

	$2A_s q_p$		$q_p \int_1^6 \varrho_\eta \, d\xi$	
	I_x	Γ_ω	I_x	Γ_ω
M_{11}	$I_{x1} + \frac{4A_s^2}{\frac{\ell}{t_{eq}}}$	$I_{\omega\omega}$	$I_{x1} + \frac{2A_s}{\frac{\ell}{t_{eq}}}(\omega_6 - \omega_1)$	$I_{\omega\omega}$
M_{12}	$I_{x1} + \frac{4A_s^2}{\lambda}$	$I_{\omega\omega}$	$I_{x1} + \frac{2A_s}{\lambda}(\omega_6 - \omega_1)$	$I_{\omega\omega}$
M_{13}	$I_{x1} + \frac{4A_s^2}{\lambda}$	$I_{\omega\omega} + \frac{2A_s}{\lambda}\int_1^6 \frac{S_{\bar{\omega}}^*}{\delta} d\xi$	$I_{x1} + \frac{2A_s}{\lambda}(\omega_6 - \omega_1)$	$I_{\omega\omega} + \frac{(\omega_6 - \omega_1)}{\lambda}\int_1^6 \frac{S_{\bar{\omega}}^*}{\delta} d\xi$
M_{22}	$I_{x1} + \frac{4A_s^2}{\lambda}$	$I_{\bar{\omega}\omega'}$	$I_{x1} + \frac{2A_s}{\lambda}(\omega_6' - \omega_1')$	$I_{\bar{\omega}\omega'}$
$\bar{M}_{23}$	$I_{x1} + \frac{4A_s^2}{\lambda}$	$I_{\bar{\omega}\bar{\omega}}$	$I_{x1} + \frac{2A_s}{\lambda}(\omega_6' - \omega_1')$	$I_{\bar{\omega}\bar{\omega}} + \frac{(\omega_6' - \omega_1' - 2A_s)}{\lambda}\int_1^6 \frac{S_{\bar{\bar{\omega}}}^*}{\delta} d\xi$
$\bar{\bar{M}}_{23}$	$I_{x1} + \frac{4A_s^2}{\lambda}$	$\frac{I_{\bar{\omega}\bar{\omega}}}{1 - \frac{1}{I_p^s}\frac{2A_s}{\lambda}(\omega_6' - \omega_1')}$	$I_{x1} + \frac{2A_s}{\lambda}(\omega_6' - \omega_1')$	$\frac{\Gamma_\omega(\bar{M}_{23})}{1 - \frac{1}{I_p^s}\frac{2A_s}{\lambda}(\omega_6' - \omega_1')}$

Preglednica 2

Sektorska koordinata prereza, ki je delno zaprt s prečkami, je:

$$\bar{\omega} = -\frac{2A_s}{\lambda}\int_1^\xi \frac{d\bar{\xi}}{\delta} + \int_1^\xi \varrho_\eta \, d\bar{\xi} + \bar{\omega}_1 \qquad (13\,a)$$

Tudi njo izračunamo tako, da velja:

$$\int_{A_x} \bar{\omega}\, dA_x = \int_{A_x} \bar{\omega}\, y\, dA_x = \int_{A_x} \bar{\omega}\, z\, dA_x = 0 \qquad (13\,b)$$

V izrazu (13 a) je ϱ_η razdalja do strižnega središča delno zaprtega prereza. Lego strižnega središča določimo z izrazi (13 b). Odvisna je tudi od prečk. Njihov vpliv je zajet v λ. Tvorimo še pomožno funkcijo:

$$\omega' = \int_1^\xi \varrho_\eta \, d\bar{\xi} + \omega_1' \qquad (14)$$

ki je del funkcije ω, ker je ϱ_η isti kot v (13 a). Nato je še, podobno kot (12):

$$S_{\bar{\omega}}^* = \int_1^\xi \bar{\omega}\, \delta \, d\bar{\xi} \qquad (15)$$

Potrebujemo še naslednje konstante prereza:

$$I_{\bar{\omega}\omega'} = \int_{A_x} \bar{\omega}\, \omega'\, dA_x \qquad (16\,a)$$

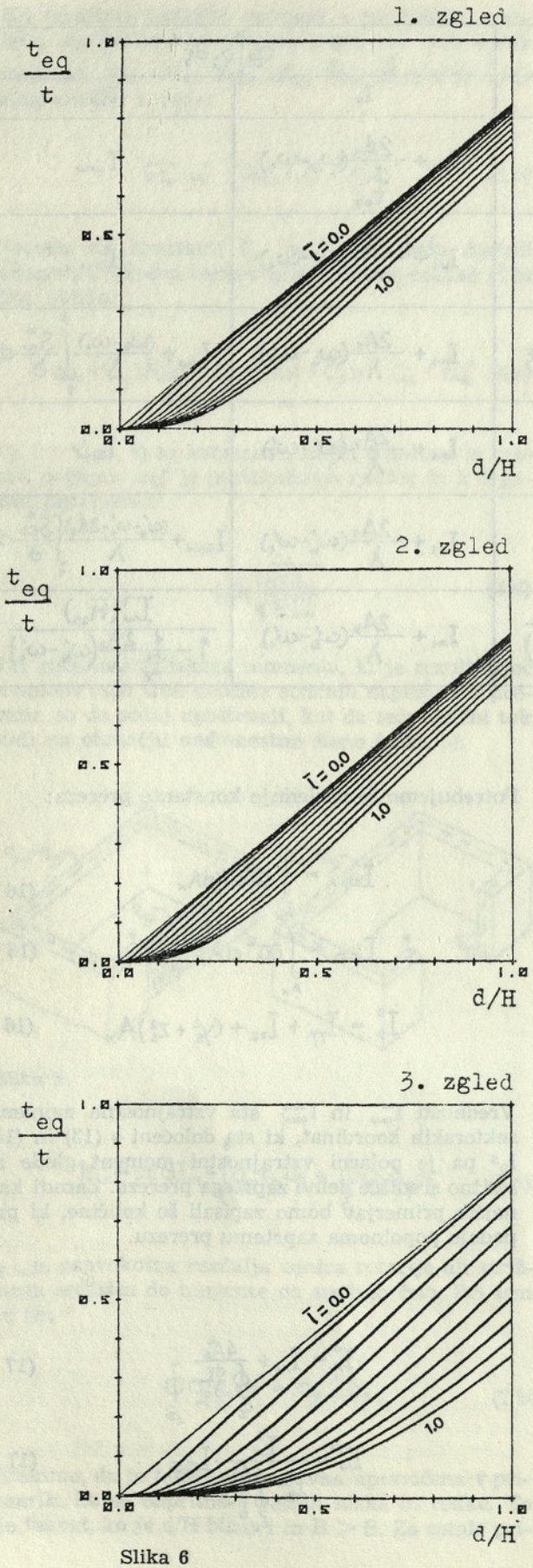
$$I_{\bar{\omega}\bar{\omega}} = \int_{A_x} \bar{\omega}^2\, dA_x \qquad (16\,b)$$

$$I_p^s = I_{yy} + I_{zz} + (y_s^2 + z_s^2)A_x \qquad (16\,c)$$

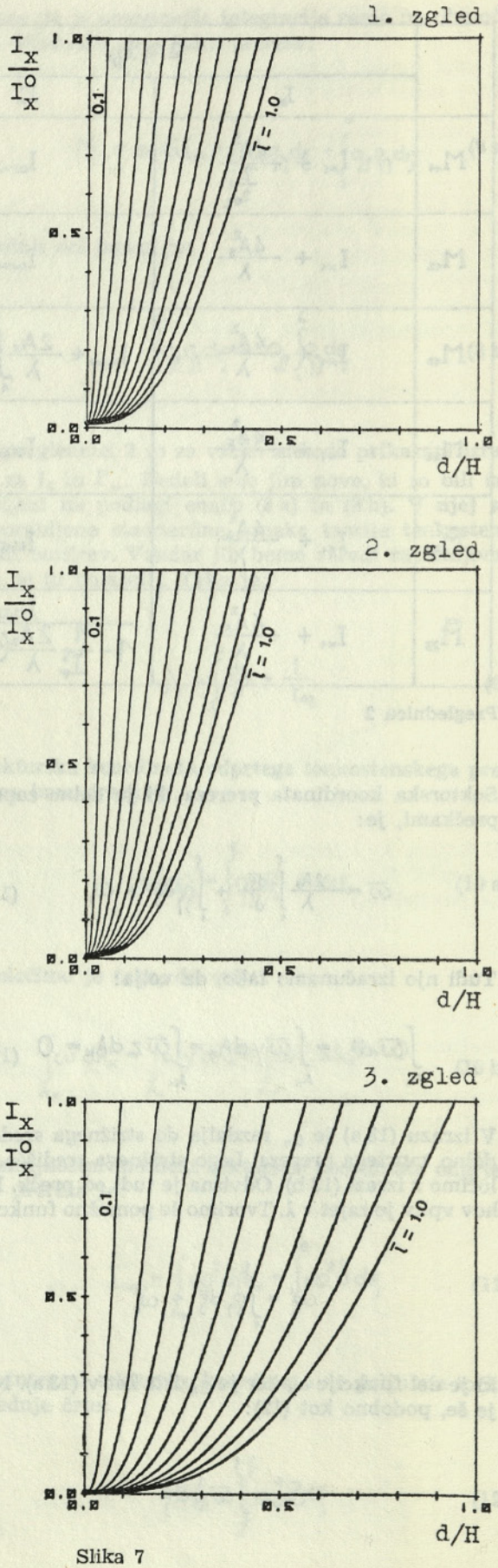
Vrednosti $I_{\bar{\omega}\omega}$ in $I_{\bar{\omega}\bar{\omega}}$ sta vztrajnostna momenta sektorskih koordinat, ki sta določeni s (13) in (14). $I_p{}^s$ pa je polarni vztrajnostni moment glede na strižno središče delno zaprtega prereza. Zaradi kasnejših primerjav bomo zapisali še količine, ki pripadajo popolnoma zaprtemu prerezu.

$$I_x^\circ = I_{x1} + \frac{4A_s^2}{\oint_{c_s} \frac{d\xi}{\delta}} \qquad (17\,a)$$

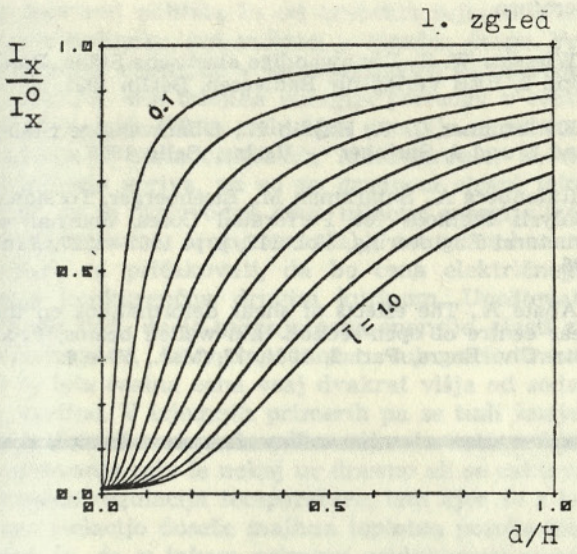
$$\Gamma_\omega^\circ = \frac{I_p^s}{I_p^s - \frac{4A_s^2}{\oint_{c_s} \frac{d\xi}{\delta}}} \cdot I_{\bar{\omega}\bar{\omega}} \qquad (17\,b)$$

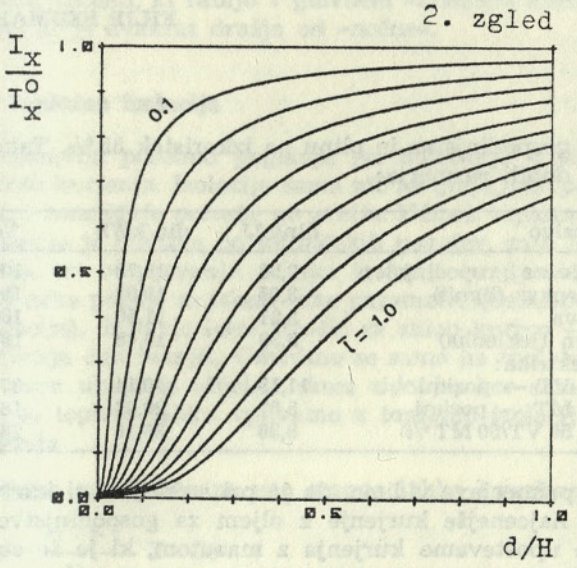


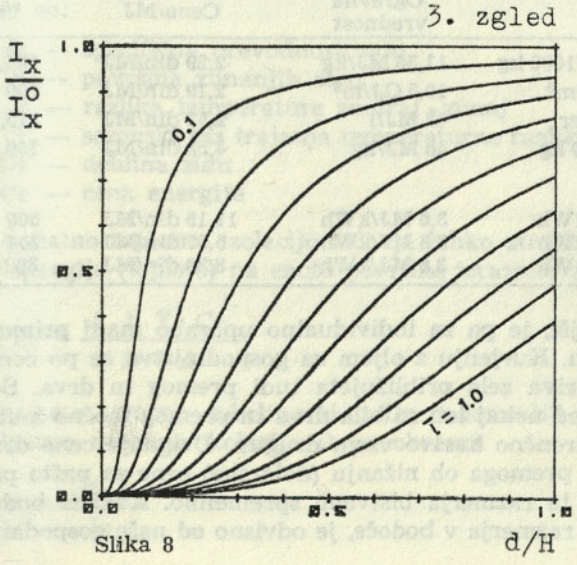
Slika 6



Slika 7







Slika 8

4. ZGLEDI IN PRIMERJAVA

Čeprav smo izbrali najenostavnejšo obliko jedra prereza, so količine v preglednici 2 še vedno odvisne od šestih parametrov, ki določajo obliko in velikost jedra: A, B, H, t, l in d. V diagramih bomo prikazali le, kako so odvisne od velikosti prečk oziroma odprtin v jedru. Spreminjali bomo samo l in d ter bo veljalo:

$$0 < l \leq (B - t)$$

$$0 \leq d \leq H$$

Za ostale dimenzije in za primerjavo smo izbrali tri realne zglede iz prakse:

1. zgled:

A = 2,25 m; B = 2,45 m; H = 3,2 m; t = 0,25 m
A : B : H : t = 1 : 1,089 : 1,422 : 0,111

2. zgled:

A = 1,75 m; B = 1,95 m; H = 2,8 m; t = 0,15 m
A : B : H : t = 1 : 1,114 : 1,6 : 0,086

3. zgled (iz (4)):

A = 3,05 m; B = 6,1 m; H = 3,05 m; t = 0,254 m
A : B : H : t = 1 : 2 : 1 : 0,083

V vseh diagramih so prikazane količine v odvisnosti od razmerja d/H. Vsaka krivulja pa pripada razmerju $\bar{l} = l/(B - t)$

V diagramih na sliki 6 je prikazano razmerje t_{eq}/t na podlagi izraza (1). Ugotovimo lahko, da t_{eq} ne more biti enaka t. Zato tudi količini Γ_ω in I_x ne bi smeli nikdar prekoračiti vrednosti, ki pripadata popolnoma zaprtemu prerezu z debelino t. Vendar se to zgodi, če računamo I_x s prvotnim izrazom metode M_{11} (prvi izraz v tabeli 2). Na sliki 7, kjer je prikazano razmerje I_x/I_x^o, vidimo za vse tri zglede, da še pri zelo normalnih merah za prečke preseže to razmerje vrednost 1.

Na sliki 8 je prikazano razmerje I_x/I_x^o, ovrednoteno na podlagi izraza po metodi M_{23} (zadnji izraz za I_x v predelnici 2). Krivulje potekajo smiselno in razmerje ne preseže vrednosti 1, kar pomeni, da ni torzijski vztrajnostni moment nikdar večji od vrednosti za zaprt prerez. Ko pa primerjamo diagrame na sliki 7 s tistimi na sliki 8, ugotovimo, da se krivulje ujemajo le na majhnem začetnem območju.

4. SKLEP

Za zvezni model za analitični račun jedra s prečkami v večetažnih zgradbah so bile opisane vse mogoče kombinacije predpostavk in iz njih izhajajoče metode reševanja.

Za šest metod, ki rešujejo problem na podlagi diferecialne enačbe 4. reda, so bili podani izrazi za torzijski in izbočitveni vztrajnostni moment. Za tri zglede je bil torzijski vztrajnostni moment I_x ovrednoten in prikazan v diagramih v odvisnosti od dimenzij prečk. To je bilo napravljeno za najenostavnejši izraz in za v tem okviru najbolj natančen izraz. Ugotovimi smo, da je uporaba najenostavnejše metode mogoča le za nizke prečke do $d/H = 0{,}1$, v izjemnem primeru do $d/H = 0{,}2$. Ta zgornja meja velja za dolge prečke $\bar{l} = 0{,}8 - 1{,}0$, za krajše pa je še nižja. Na ta način smo ugotovili, kakšne so sorazmerno podajne prečke, ki omogočajo račun jedra po najenostavnejši metodi.

Literatura

1. Wlassow W. S., Dünnwandige elastische Stäbe, Band 1 und 2, VEB Verlag für Bauwesen, Berlin 1965.

2. Kollbrunner C. F., Hajdin N., Dünnwandige Stäbe, Band 1 und 2, Springer — Verlag, Belin 1975.

3. Rutenberg A., Shtarkman M., Eisenberger, Torsional Analysis Methods for Perforated Cores, Journal of Structural Engineering, Vol. 112, p. p. 1207—1227, June 1986.

4. Abate A., The effects of shear deformations on the shear centre of open-section thin-walled beams, Proc. Instn Civ. Engrs, Part 2, 1984, 77, Mar., 57—66.

Ogrevanje stanovanjskih prostorov in toplotna izolacija

UDK 662.998:643:699.86

FILIP SEDMAK

Pri investitorjih novih stanovanjskih objektov kakor tudi pri lastnikih in uporabnikih starih se večkrat pojavlja vprašanje, na kakšen način in s čim urediti ogrevanje prostorov. Med alternativami so: ogrevanje z ločenimi pečmi ali centralno ogrevanje, z uporabo trdnih ali tekočih goriv ali z elektriko.

Čeprav se cene opreme za ogrevanje kakor tudi cene goriv samih vsakodnevno spreminjajo (rastejo), bodo spodnje primerjave ali razmišljanja lahko pomagala komu do odločitve.

1. Primerjava cen za energijo (toploto) različnih kuriv (cene februar 1987)

Kurivo	Cena	Ogrevna vrednost	Cena/MJ	%
Lignit (Velenje + prevoz)	26.000 din/1000 kg	11,35 MJ/kg	2,29 din/MJ	104,6
Drva (hlodi ali metrska)	23.000 din/m³	10,5 GJ/m³	2,19 din/MJ	100
Olje za gospodinjstvo	106 din/liter	42 MJ/l	2,53 din/MJ	115,5
Plin (jeklenka)	2200 din/10 kg	48 MJ/kg	4,58 din/MJ	209,1
Elektrika:				
— VT — pozimi	40,14 din/kWh	3,6 MJ/kWh	11,15 din/MJ	509
— MT — pozimi	20,07 din/kWh	3,6 MJ/kWh	5,57 din/MJ	254
— 50 VT/50 MT	30,10 din/kWh	3,6 MJ/kWh	8,36 din/MJ	382

Gornja tabela nam še ne daje prave slike, saj bi morali pri drvih upoštevati vsaj 10 % višjo ceno za obdelavo (žaganje, cepljenje, spravilo) in pri drvih in premogu največ 75 % izkoristek; pri olju za gospodinjstvo in plinu pa izkoristek 85 %. Tako bi dobili razmerja:

Kurivo	din/MJ	din/kWh	%
Olje za gospodinjstvo	2,98	10,73	100
Premog (lignit)	3,05	10,98	103
Drva	3,21	11,56	108
Plin (jeklenka)	5,39	19,40	181
Elektrika:			
— VT — pozimi	11,15	40,14	374
— MT — pozimi	5,57	20,07	187
— 50 VT/50 MT %	8,36	30,10	281

Iz primerjave vidimo, da je pri sedanji ceni kuriv še najcenejše kurjenje z oljem za gospodinjstvo. Ne upoštevamo kurjenja z mazutom, ki je še cenejši, je pa za individualno uporabo manj primeren. Kurjenju z oljem za gospodinjstvo se po ceni kuriva zelo približujeta tudi premog in drva. Še pred nekaj leti so bila drva in premog močno konkurenčno kurivo vsem drugim. Dviganje cene drv in premoga ob nižanju (dolarske) cene za nafto pa je ta razmerja bistveno spremenilo. Kakšna bodo ta razmerja v bodoče, je odvisno od naše gospodar-

Avtor:
Filip Sedmak, dipl. inž., Elektro Primorska, Nova Gorica

ske (uvozne) politike in od arabskih šejkov. Kurjenje z elektriko, kot vidimo, je izredno drago. Pri proizvodnji elektrike v termocentralah se pretvori le približno ena tretjina energije premoga v električno energijo (70 % električne energije se pri nas proizvaja v termocentralah, hidrocentrale, ki ne potrebujejo goriva, pa so po gradbeni strani tako drage, da je proizvodna cena njihove energije izenačena s ceno v termocentralah), zato v nobenem primeru ni pričakovati, da bo cena električnega gretja konkurenčna drugim kurivom. Upoštevati je treba tudi, da je sedanja cena energije, zlasti za gospodinjstvo, še vedno močno subvencionirana, saj bi bila realna cena vsaj dvakrat višja od sedanje tarifne. V izjemnih primerih pa se tudi kurjenje z elektriko »izplača«. To velja zlasti tam, kjer se ogrevanje rabi le nekaj ur dnevno ali se zahteva natančna regulacija temperature, tam kjer se z izdatno izolacijo doseže majhna toplotna poraba itd. Jasno je, da v takem primeru pridejo prej v poštev termoakumulacijski sistemi, manj pa direktni grelni sistemi, ki rabijo v glavnem »dnevno« energijo, ki je dvakrat dražja od »nočne«.

2. Toplotna izolacija

predstavlja posebno poglavje pri odločanju o sistemu kurjenja. Izolacija sama nič ne *greje*, pač pa samo *zmanjšuje potrebe po gretju.* Učinek toplotne izolacije je odvisen od klimatskih pogojev, zato je treba pri ocenjevanju učinka izolacije predpostaviti neke pogoje in iskati take parametre (debelino izolacije), da bodo letni stroški za sklop kurivo — izolacija čim manjši. Omejimo se samo na toploto, ki nam uhaja iz objekta skozi zidovje, ker samo na to toploto lahko vplivamo s toplotno izolacijo zidovja.

Stroške za toploto za eno sezono lahko izrazimo:

$$Se = \frac{\lambda z \cdot S\, t}{Dz} \cdot T \cdot Ce$$

kjer so:

λz — specifična prevodnost zidu
S — površina zunanjih sten
t — razlika temperature znotraj - zunaj
T — sezonski čas trajanja temperaturne razlike
Dz — deblina zidu
Ce — cena energije

Z dodatno toplotno izolacijo zidovja lahko stroške za energijo (toploto) na enoto površine izrazimo z:

$$Se/m^2 = \frac{\lambda \cdot t \cdot T \cdot Ce}{D + d}$$

kjer smo stvarno debelino zidu Dz nadomestili z ustrezno debelino izolacije D po obrazcu

$$D = \frac{Dz \cdot \lambda}{\lambda z}$$

tim

tovarna izolacijskega materiala laško

PROIZVODNI PROGRAM:

— proizvodnja **termoizolacijskih** materialov in sistemov iz stiropora in poliuretana

— proizvodnja **hidroizolacijskih** materialov in sistemov toplotne izolacije fasad, streh in stropov

— proizvodnja **barv** na osnovi apna

— proizvodnja **stiropor** embalaže

— proizvodnja in vgradnja **hladilnih** sistemov na osnovi stiropora in poliuretana

— proizvodnja **hladilnih stolpov** in sistemov za hlajenje tehnoloških voda

— proizvodnja **hladilniške opreme:** vrata, elektroavtomatike

— sistemi za **hlajenje** s suhim ledom in tekočim CO_2

— proizvodnja **hladilnih** kontejnerjev in tehnološke opreme za predelavo polistirena

— proizvodnja **otroškega** pohištva

— inženiring in montaža materialov in sistemov iz programa DO

63270 LAŠKO JUGOSLAVIJA PP 2
TELEFON h c (063) 730 712
TELEGRAM TIM Laško TELEX 33501

Pri tem je

d — debelina izolacije

λ — spec. prevodnost izolacije

Letne stroške za izolacijo na enoto površine pa izrazimo z:

$$Si/m^2 = k \cdot d \cdot Ci$$

kjer je:

k — faktor kapitalizacije

Ci — cena izolacijskega materiala na enoto površine in enoto debeline

Skupni stroški bi torej bili:

$$S/m^2 = Se/m^2 + Si/m^2 = \frac{\lambda \cdot t \cdot T \cdot Ce}{D + d} + k \cdot d \cdot Ci$$

Ta funkcija ima svoj minimum, ko je:

$$(D + d)^2 = \frac{\lambda \cdot t \cdot T \cdot Ce}{k \cdot Ci}$$

oziroma:

$$d = \sqrt{\frac{\lambda \cdot t \cdot T \cdot Ce}{k \cdot Ci}} - D$$

Pri debelini izolacije »d« po gornjem izračunu so stroški obratovanja, tj. stroški za ogrevanje in stroški za izolacijo, najmanjši.

Izračunajmo »ekonomsko« debelino izolacije za naslednje pogoje:

— stiropor $\lambda = 4{,}1 \frac{W \cdot cm}{K \cdot m^2} = \frac{4{,}1\ kW \cdot cm}{1000\ K \cdot m^2}$

— t = 20 K (zunanja temperatura 0^0 C, notranja 20^0 C)

— T = 1920 ur (4 mesece × 30 dni × 16 ur/dan)

— Ce = 20,07 din/kWh (zimska MT, kurjenje z elektriko)

— Ci = 20.000 din/m^3 = 200 din/m^2/cm

— k = 0,15 (10 % za vložena sredstva, 5 % za odpis)

— D = 3 cm, kar bi ustrezalo za debelino opečnatega zidu Dz = 30 cm.

Torej:

$$d = \sqrt{\frac{4{,}1 \cdot 20 \cdot 1920 \cdot 20{,}07}{1000 \cdot 0{,}5 \cdot 200}} - 3 = 7{,}26\ cm$$

Optimalna debelina izolacije naj bi bila torej 7,26 centimetra. Če upoštevamo najcenejšo kurjavo, ki je trenutno olje za gospodinjstvo, bo pri gornjih pogojih še vedno izračunana optimalna debelina izolacije (stiropor) d = 4,5 cm.

V izračunu (za novogradnje) se upošteva samo cena izolacijskega materiala, ne pa tudi lepila, obdelava fasade in dela, ker so ti stroški praktično neodvisni od debeline izolacije. Jasno pa je, da je pri starih objektih, ki imajo fasado že obdelano in kvalitetno, treba pri odločitvi za naknadno toplotno izolacijo upoštevati vse stroške obdelave fasade, ki pa so lahko tudi petkrat večji od stroškov za samo izolacijo.

3. Kurjenje

S kurjenjem je treba v zimskih mesecih nadomesiti vso toploto, ki skozi stene, stropove, podove, okna, vrata itd. uhaja iz toplejših notranjih prostorov v hladnejše zunanje okolje.

Kateri in kakšni sistemi kurjenja so primernejši, cenejši, trajnejši, mora vsak investitor zase presoditi na podlagi cen materiala in opreme, ki je sploh dobavljiva. V naslednjem le nekaj besed še o tem, kakšna toplotna moč je v danih pogojih potrebna.

Jasno je, da je najmanj »kurilne moči« potrebno v stanovanjskih blokih, kjer je stanovanje z vseh strani obdano s sosedi, ki kurijo. V izredno ugodnih okoliščinah lahko odpade tudi samo 0,5 m^2 površine zunanjih sten na 1 m^2 stanovanjske površine (Sz/Sk = 50 %). Normalno se v blokih računa lahko z razmerjem Sz/Sk = 80 %, razen pri podstrešnih stanovanjih, kjer gre včasih ta faktor prek 180 %..

Vzemimo tipsko stanovanje v bloku površine 60 m^2 z 48 m^2 zunanje površine zidov. Brez dodatne izolacije bi pri pogojih iz tč. 2 potrebovali moč gretja:

$$Q = \frac{\lambda \cdot t \cdot Sz}{1000 \cdot D} = \frac{4{,}1 \cdot 20 \cdot 48}{1000 \cdot 3} = 1{,}312\ kW$$ ali $1{,}312 \times$

$\times 1920 = 2519$ kWh na sezono.

K tej moči moramo dodati še približno 50 % za izgube toplote skoz okna in vrata, tako bi bila skupna potrebna (16-urna) moč ca. 2 kW. V pogojih iz točke 2 bi za kurilno sezono (1920 ur) porabili:

E = 1,5 × 1,312 × 1920 = 3779 kWh energije, ki bi po manjši (nočni) električni tarifi stale:

Se · el = 3779 × 20,07 = 75.825 dinarjev.

Z dodatno izolacijo s stiroporom debeline 5 cm, ki nas bi stala:

$S_{st} = 48\ m^2 \times 200 \times 5 = 48.000$ dinarjev ali 7200 dinarjev letno, bi se nam odvod toplote skozi stene zmanjšal na:

$$Q = \frac{4{,}1 \cdot 20 \cdot 48 \cdot 1920}{1000\ (3 + 5)} = 945\ kWh$$

Prihranek energije 2519 — 945 = 1574 kWh predstavlja prihranek pri stroških kurjave:

1547 × 20,07 = 32.582 din pri električnem gretju in 1574 × 10,73 = 16.889 din pri uporabi olja za gospodinjstvo.

V primerjavi s 7200 dinarji stroškov za dodatno izolacijo je to čisti prihranek 25.382 din oziroma 9689 din. Pri individualni hiši z neto 120 m^2 stanovanjskih prostorov pa je treba računati s ca. 300 m^2 zunanjih sten in podstrešja. V tem primeru se vsi gornji izračuni povečajo za približno 6-krat.

Dejanski prihranek z dodatno izolacijo je lahko še znatno višji, saj je potrebna za prijetno počutje ljudi nižja temperatura bivalnih prostorov, kot bi bila potrebna brez izolacije. Prav tako bi morali upoštevati tudi ugoden vpliv, ki ga ima dodatna izolacija na mikroklimo ob pripeki v vročih poletnih mesecih.

Gornje primerjave so poenostavljene in le približne ter nimajo namena biti osnova za grelno-izolacijske projekte, so pa lahko koristen napotek za odločitev o izbiri načina gretja in odločitvi investitorja za dodatno izolacijo.

KOMUNALA GRADBENIŠTVO IN PROMET n. sol. o.

62250 PTUJ, Osojnikova 1
Telefon: (062) 773 711, 773 718
Telex: 33-207 YU KOPO

S TEMELJNIMI ORGANIZACIJAMI

— **AVTOPARK n. sol. o.**
Ptuj, Ormoška c. 31
tel. (062) 771 741, 771 293 S ZDRUŽENO TURISTIČNO AGENCIJO
»PETOVIA« Ptuj, Miklošičeva 2
tel. (062) 773 120, 772 820
— **NIZKE GRADNJE IN HIDROGRADNJE n. sol. o.**
Ptuj, Ormoška c. 31
tel. (062) 771 741, 771 885 Z VSEMI PRODAJALNAMI REZANEGA CVETJA, LONČNIC IN VENCEV
tel. (062) 771 641, 771 392, 771 491
— **KOMUNALNI SERVISI n. sol. o.**
Ptuj, Žnidaričevo nabrežje 3
tel. (062) 771 641
— **STANOVANJSKI SERVIS n. sol. o.**
Ptuj, Jadranska ul. 12
tel. (062) 771 371, 771 387
— **VODOVOD IN KANALIZACIJA n. sol. o.**
Ptuj, Žnidaričevo nabrežje 3
tel. (062) 771 641, 771 360
— **VISOKE GRADNJE »DRAVA« n. sol. o.**
Ptuj, Osojnikova 9
tel. (062) 772 241, GRAMOZNICA-SEPARACIJA, BETONARNA — tel. (062) 796 124
— **PROJEKTA INŽENIRING n. sol. o.**
Ptuj, Trstenjakova 2
tel. (062) 771 391, 772 614
— **DELOVNA SKUPNOST SKUPNE SLUŽBE n. sol. o.**
Ptuj, Osojnikova 1
tel. (062) 773 711, 773 718

IZ NAŠIH KOLEKTIVOV

SGP PRIMORJE AJDOVŠČINA

Nov objekt na obalni cesti

Delavci SGP Primorje gradijo v kooperaciji s SCT 2 večja objekta na odseku Ruda—Jagodje—Strunjan, in sicer: 25 m dolg podvoz in 62 m nadvoza. Podvoz je objekt okvirne konstrukcije razpetine 8,00 m, dolžine 18,70 m, višine 6,00 m. Posebnost objekta je v tem, da se celoten objekt naenkrat opaži in zabetonira. To seveda zahteva nabavo velikih količin opaža, dvojnih moralov in cevnega materiala za odranje in podpiranje plošče. Nadvoz pa je armiranobetonska konstrukcija z razpetino med stebri 23.50 m in dvema krajnima razpetinama po 14,75 m, skupne dolžine 53,00 m, širina mostu je 7 m vozišča in 3,60 m obojestranskih pločnikov. Svetla višina znaša 4,70 m. Objekt je namenjen za povezavo lokalne ceste Izola—Dvori. Končan mora biti do konca marca 1987.

Porodnišnica v Postojni

Za zdravstveni center Postojna gradijo bolnišnico za ženske bolezni in porodništvo. Novi objekt bo v neposredni bližini zdravstvenega doma in bo skupaj z njim predstavljal zdravstveni center.
Objekt je zasdnovan v obliki črke U. Na že obstoječo arhitektonsko maso ZD se navezuje tako, da tvori med obema objektoma atrij, z enim od krakov pa se spaja z zdravstvenim domom.

Objekt bo dvoetažen, nepodkleten, osno zasnovan.

Glede na funkcijo ga delimo na 4 osnovne enote:

— hospital ginekološkega oddelka,

— hospital porodnega oddelka,

— porodni in operacijski blok, intenzivna nega ter sterilizacija,

— pogon s pralnico, kuhinja in garderobe osebja.

Za potrebe nove bolnišnice je predvideno podaljšanje in razširitev obstoječega parkirnega prostora za 35 parkirnih mest.

Rok izvedbe objekta do III. gradbene faze je štiri mesece.

Na akumulaciji Vogršček gredo dela h koncu

Gradnja vodnega zbiralnika Vogršček se končuje. Čeprav se je investicija zaradi dodatnih del pri izdelavi tesnilne betonske zavese z injiciranjem tesnilne mase povečala, je še vedno v celoti upravičena, saj naj bi na 3813 hektarjih zemljišč, ki bodo prišla v poštev za namakanje, pridelali 3420 ton pšenice, 2784 ton koruze, 15.300 ton silažne koruze, 570 ton krompirja, 5760 ton sena, 4600 ton krmnega ohrovta, 38 ton ajde, 6240 ton vrtnin, 27.270 ton sadja in 206.785 ton grozdja. Tako se bo vrednost pridelave na kmetijskih površinah po vseh predvidevanjih zelo povečala, in to s sedanjih 6 milijard 333 milijonov din na 9 milijard 700 milijonov din, ali drugače povedano, investicija v vodni zbiralnik Vogršček, brez vrednosti namakalnega sistema seveda, se bo pokrila že v enem samem letu. Med večjimi deli, ki jih je Primorje izvajalo na tem objektu, naj omenimo predvsem izgradnjo dostopne ceste, talnega izpusta, prelivnega objekta, zajemnega stolpa višine 25 m, priprave 140.000 m³ kamna za pregrado v kamnolomu ter več manjših objektov.

Vodovodni rezervoar Vinjole

Lani so delavci Primorja pričeli z izgradnjo vodnega rezervoarja 2 × 1000 m³ v zaselku Vinjole nad Lucijo pri Portorožu. Rezervoar tvorita dve celici po 1000 m³ prostornine in je doslej največji objekt te vrste, zgrajen na obali. Velikost celic je krožne oblike premera 17,40 m in višine prek 5,00 m z vmesnimi betonskimi stenami in polno AB ploščo in vmesno armaturno celico.

Zaradi pomanjkanja zadostne moči električne energije so objekti zgradili brez žerjava — v glavnem ročno. S tem rezervoarjem in še izgradnjo cevovoda ϕ 350 mm iz Lucije do rezervoarja naj bi se zagotovila potrebna akumulacija vode iz cevovoda iz sosednje Hrvatske — Gradole v času nočnih ur, ko je sicer poraba bistveno manjša.

Takih objektov na splošno primanjkuje na vseh področjih obalnih občin, predvsem velja to za piransko občino, ki je izrazito turistična, najbolj pa za Portorož.

Vir: SGP Primorje Ajdovščina

Center drobnega gospodarstva na Viču

Na Viču ob neposredni bližini južne obvoznice, železniške proge ter mestnega središča gradijo center drobnega gospodarstva. Center s 4500 m² bruto površine bo vnesel v ta predel mesta delček poslovno-trgovskega utripa. Konstrukcija objekta je montažna hala GPG Grosuplje, vendar so stebri prilagojeni dimenzijam objekta. Višji so in daljši od običajnih in so največji, kar so jih naredili v tozdu Gradbeni polizdelki — proizvodnja. Zaporni zidovi so zidani s siporeksom, obloženi pa z demit fasado. Objekt se tudi po višini — pritličje z dvema etažama — lepo vključuje v že obstoječe objekte v industrijski coni. Streha je dvokapnica, krita s salonitom. Streha kotlovnice je krita z bakrom, prav tako so bakreni vsi strešni elementi (kovinske strešne obrobe, žlebovi) celotnega objekta. Prav ti dodatki (baker in les) naj bi dali objektu razgibanost in arhitektonsko privlačnost.

Prenovili so fasado objekta izvršnega sveta SRS

Obnove starih fasad, ki so tudi pod spomeniškim varstvom, so čisto novo posebno poglavje v delu gradbenikov. Včasih so jih namreč prenavljali izključno restavratorji in štukaterji.

Projekte je izdelal Zavod za raziskavo materiala in konstrukcij in skladno z obnovo predvidel tudi vgradnjo protipotresnih vezi. V obnovo fasade je bilo vloženega ogromno dela, vendar so delo kljub temu končali en mesec pred rokom. Sestavni del projektov so bile natančne fotografije celotne fasade, saj je bila le-ta izdelana natančno po projektih. Pri obnovi fasade je delalo približno 35 delavcev ter dve skupini kooperantov. Omeniti velja še skupino mavčarjev, saj so vse nove mavčne elemente, ki krasijo fasado, izdelovali direktno na gradbišču. Pri obnovi mavčnih vložkov, kot so konzole, kapitli, pilasti in zobati vložki, pa so imeli pomembno nalogo štukaterji.

Objekt V. P. ambulanta Šentvid

Kompleks ambulante v kasarni B. Kidrič obsega adaptacijo starega objekta, izgradnjo prizidka in povezovalnega trakta.
Adaptacija starega objekta je bila izvršena s kompletno protipotresno sanacijo nosilne konstrukcije in prenovo za novo funkcionalno namembnost zgradbe. Prizidek je kvadratičnega tlorisa z atrijem, ki zagotavlja osvetlitev notranjih prostorov. Konstrukcijska zasnova je armiranobetonski skelet z opečnimi polnili. Povezovalni trakt ima funkcijo glavnega vhoda, sprejemne avle in povezave med starim in novim delom ambulante.

Fasada objekta je izvedena v demit sistemu, kar zagotavlja dobro toplotno zaščito.

Projekti za objekt so zaradi majhnega merila (M 1 : 100) zahtevali še dodatne dodelave ob samem napredovanju del.

Vir: GP Grosuplje

V Ribnem pri Bledu gradimo hotel Kompas

Z gradnjo hotela smo pričeli lani. Ob izkopu je bilo ugotovljeno, da bo treba zaradi slabe nosilnosti tal izvršiti temeljenje na pilotih. Izkopanih je bilo 5000 kubičnih metrov, od katerih je bilo 40 odstotkov dolomitne skale in 60 odstotkov ilovice. Globoko temeljenje na pilotih je izvedel ljubljanski Geološki zavod. V nenosilna tla so postavili 45 pilotov, ki segajo v globino od 4 do 11 metrov. Temeljenje je bilo izvršeno s piloti profila 100 in 125, kar je samo gradnjo podražilo za 56 milijonov din.

Kompasov hotel Ribno bo imel klet, pritličje, dve nadstropji in mansardo s skupno kapaciteto 120 ležišč. V pritličju bosta kuhinja in restavracija, v kleti pa bo poleg skladišč in toplotne postaje tudi disco club. Predračunska vsota znaša milijardo in 50 milijonov dinarjev.

Sneženje začasno ustavilo gradnjo

Zaradi snega in izrednega mraza so morali začasno ustaviti gradnjo prve faze novega obrata potiskane embalaže za Kartonažno tovarno Ljubljana. V tej prvi fazi bo zgrajen objekt v tlorisni izmeri 110 X 60 metrov, ki je sestavljen iz proizvodne hale dimenzij 110 × 50 metrov in prizidka dimenzij 110 × 10 metrov.

Proizvodna hala je narejena v armiranobetonski konstrukciji po sistemu Gradis — GH Velo z osnovnim rastrom 25 × 10 metrov. Hala je ob srednji diletaciji z zidom predeljena v dva sektorja. Ima predpisane stalne klimatske pogoje (temperatura 20 stopinj Cel-

zija in 50—55-odstotna relativna vlažnost), ki jih narekuje tehnološki postopek. Tla, strop ter obodni zidovi bodo zato dodatno toplotno izolirani. Finalni tlaki bodo iz epoksidnih smol. Na zahodni strani proizvodne hale je prizidek, trietažni objekt, zasnovan v klasični, na mestu liti armiranobetonski konstrukciji, ki je z diletacijo ločena od proizvodne dvorane. Prizidek je delno podkleten. V kleti so naslednji prostori: zaklonišče za 200 oseb, jedilnica z razdeljevalno kuhinjo za 150 oseb v eni izmeni, garderobe in sanitarije, skladišče papirja, arhiv, strojnica itd.

Prenova HE Fala in začetek obratovanja območnega centra vodenja

HE Fala je najstarejša elektrarna na Dravi, saj je bila zgrajena ob koncu prve svetovne vojne. Njeni agregati so bili že dodobra dotrajani, zastareli in niso zagotavljali več varnega dela. Prenova obsega vgraditev dveh agregatov po 20 MW in njuno povezavo z 10 kV kabli na obstoječe stikališče, zamenjavo dosedanjih transformatorjev z ustreznejšo opremo v pretočnih poljih, gradbeno sanacijo obstoječe pregrade in stare strojnice ter čiščenje struge v spodnji vodi. Po končani prenovi računajo, da bo HE Fala dajala pri normalnih vodnih dotokih okoli 260 milijonov kilovatnih ur letno. To bo za 20 dstotkov več kot doslej, predvsem zaradi nekoliko večje instalirane moči in zaradi boljših izkoristkov novih turbin.

Z novim centrom vodenja Dravskih elektrarn bodo dosegli povečano obratovalno varnost, izboljšanje obratovalnih karakteristik verige elektrarn in izboljšanje pogojev dela. Za obratovanje sistema je doslej skrbelo 170 delavcev v enem turnusu, ob koncu tega srednjeročnega obdobja (leto 1990) pa bo ta dela opravljalo le še okoli 20 delavcev.

Delo poteka po načrtu

Gradnja poslopja za potrebe nove elektrolize tovarne glinice in aluminija v Kidričevem poteka po načrtu, vsaj kar se Gradisa in Konstruktorja iz Maribora tiče. Kooperanti iz Makedonije, ki postavljajo jekleno konstrukcijo na betonske stebre, pa imajo mesec dni zamude.

Prostori nove elektrolize so največja posamična gradnja v Kidričevem. V dveh 306 metrov dolgih in med seboj povezanih halah bo na skoraj hektarju in pol površine 160 elektrolitskih peči. V prvi fazi, to je do konca leta, bo pod streho dobra polovica objekta. Že v marcu pa naj bi bila gotova tudi druga polovica. Posodobitev proizvodnje v Kidričevem bo povečala zmogljivost Tovarne glinice za 70 tisoč ton aluminija na leto namesto dosedanjih 45 tisoč ton.

Turistično naselje Barbariga — Mandriol

Gradisovi stroji so se zarili v kamnito istrsko pokrajino 20 kilometrov severno od Pulja, nedaleč od vasice Mandriol in tako začeli graditi prvo fazo turistično-stanovanjskega naselja Barbariga-Mandriol.

V prvi fazi bo zgrajenih 583 apartmajev, od katerih jih bo zgradil Gradis 256 s skupno površino 8731 kvadratnih metrov. Vsi objekti v Barbarigi bodo nizki, kar pomeni pritličje in eno oziroma največ dve nadstropji. Celotna prva faza Barbarige, ki poleg stanovanjskega naselja obsega tudi hotele, ki pa še niso v gradnji, bo imela površino 20.500 kvadratnih metrov. Tudi v preostalih treh fazah bo v vsaki zgrajenih približno 20.000 kvadratnih metrov hotelskih in stanovanjskih površin, kar pomeni, da bo turistično-stanovanjsko naselje Barabarige imelo v končni fazi čez 80.000 kvadratnih metrov stanovanjske površine, kar z drugimi besedami pomeni, da bo Barbariga naselje za 8000 turistov in 6000 stanovalcev.

V prvi fazi gradnje Barbarige bo zgrajena tudi samopostrežna trgovina površine 500 kvadratnih metrov, začel se bo graditi tudi avto camp, ki se bo v končni fazi raztezal na površini 44 hektarjev. Druga faza predvideva razširitev marketa z gostinskim lokalom in gradnjo športno-rekreativnih objektov.

Vsi objekti vključno z zunanjo ureditvijo, ki je bo v Barbarigi nekaj več v primerjavi z drugimi podobnimi turističnimi naselji, morajo biti končani do 30. maja 1987. leta.

Čez leto dni bo zgrajen nov most

Gradis v letošnjem letu vse bolj sodeluje pri gradnji mostov v Ljubljani. Poleg največjega mostu čez Mali Graben, ki sodi v projekt južne obvoznice in brvi za pešce čez Ljubljanico v stanovanjski soseski Nove Fužine, gradi še most čez Gruberjev prekop in nov most na Fužinah.

Most bo stal tik ob starem fužinskem mostu. Dolg bo 94,6 metra, širok pa 15,8 metra. Stal bo na območju, ki sodi pod spomeniško varstvo, zato bo ohranil arhitekturno podobo starega mostu.

Most ne bo imel prometne funkcije, temveč bodo pod njim za potrebe soseske v Hrušici speljali kanalizacijo, vodovod, elektriko in PTT napeljavo. Zato bo grajen v dveh fazah in bo tudi bistveno dražji.

Prva faza, ki se bo končala do konca junija 1987, bo stala 540 milijonov dinarjev, druga do 15. oktobra pa še 790 milijonov.

Vir: Gradis Ljubljana

SOZD ZGP GIPOSS, LJUBLJANA

GIP Pionir bo gradil 1000 stanovanj v Zagrebu

Gradbenemu industrijskemu podjetju PIONIR iz Novega mesta je občina Susegrad zaupala izgradnjo 1000 novih stanovanj na lokacijah Malešnica, Ring Špansko in Susedsko polje. Tako bodo zgradili 645 stanovanj, ki bodo imela okvirno 51600 m² bruto razvite površine. V pritličjih stanovanjskih blokov bo zgrajeno še 2140 m² poslovnih prostorov. Prčeli so že z izdelavo projektne dokumentacije, prvi objekt KD-5 pa bo šel v izgradnjo že v marcu 1987. Malešnica bo po operativnem planu dograjena v letu 1989. V letu 1989 predvidevajo še izgradnjo 100 stanovanj v naselju Ring Špansko, leta 1990 pa 281 stanovanj v naselju Susedsko polje.

Naj ob tem dodamo, da že sedaj gradijo v Zagrebu 130 stanovanj na lokaciji Podbrežnica, 156 stanovanj v Vrapčah, 231 stanovanj v Zaprešiču, v letu 1987 pa bodo zgradili na Iblerjevem tugu še 40 stanovanj.

Obrat za obnovo avtogum

Delavci Gradbinca Kranj so na Laborah zgradili halo za obnovo avtogum za Alpetour — DO Bandak. Nova hala je dvoetažna montažna hala (tipa Vegrad) v velikosti 24 × 40 metrov, razpona 12 m v prečni smeri in v 10 m rastru po vzdolžni smeri. Kletni prostori obsegajo zaklonišče za 50 oseb oziroma skladišče repromateriala ter priročno skladišče. Pritličje je v celoti namenjeno skladiščenju gum. Nadstropje bo

imelo funkcijo proizvodnega programa, in sicer projektiranje avtoplaščev za težka vozila in individualna popravila.

Povezave med etažami bodo potekale po dvoramnih stopnicah, tovor pa s tovornim dvigalom. Uporabna površina celotnega objekta znaša 2284 m².

Novi Gipposovi gradbišči v Ljubljani

SOZD ZGP GIPPOS je pričel pred kratkim z deli na dveh gradbiščih v Ljubljani. To sta Soseska Me S/8/1 — Svetje v Medvodah in nadzidava objekta »Bumerang« na Prušnikovi cesti v Šentvidu.

Programski del zazidalnega načrta je izdelal Gippos inženiring — tozd AZA-P 80. Tu gre za objekte stanovanjske soseske s 170 stanovanji, od katerih se jih bo gradilo 132 po proizvodnem principu, 38 pa po naročilu Samoupravne stanovanjske skupnosti. Sama gradnja te soseske je sorazmerno zahtevna, saj so nosilna tla slaba in bo treba objekte pilotirati, obenem pa zgraditi ob nekaterih objektih zaščitne oporne zidove. Izgradnja stanovanjskih objektov bo potekala sukcesivno in bo zadnji objekt predan kupcem v drugi tretjini leta 1988.

Drugo gradbišče, ki je bilo odprto, je nadzidava stanovanjskega bloka »Bumerang« v Šentvidu. Ravno streho naj bi pokrili z leseno strešno konstrukcijo, nastali prostor pa predvideli za mansardna stanovanja. Projektno nalogo so prevzeli delavci DO Gippos inženiring — tozd AZA-P 80 ter projektirali 28 stanovanjskih enot. Gradnja poteka po predvidenem načrtu. Omeniti moramo, da se konec letošnjega leta končuje še eno skupno Gipposovo gradbišče v Ljubljani, to je poslovno stanovanjski objekt ŠS-7/1 — Zigurat, ki so ga sprojektirali delavci DO Gippos inženiring tozd AZA-P 80, investitor pa je SOZD ZGP GIPPOS. Izvajali so ga Gip Ingrad Celje, SCT Ljubljana, Instalacija Maribor in Gradbeni finalist.

Jeklotehnino skladišče v Mariboru

Do sredine letošnjega leta bodo delavci mariborskega Stavbarja v Bohovi pri Mariboru zgradili nove skladiščne prostore mariborskega trgovskega podjetja Jeklotehna. Skladišča, ki bodo imela površino 3.784 kvadratnih metrov, bodo zgrajena z AB montažno konstrukcijo tipa BM Stavbar. Vrednost teh del je 755 milijonov dinarjev.

Studenci rastejo

V novo nastajajoči stanovanjski soseski Studenci I. v Mariboru dobivajo stanovanjski objekti že prve prave obrise. Stavbarjevi delavci gradijo v tej soseski stanovanjski objekt A, ki bo imel 177 stanovanj. S tem pomembnim stanovanjskim gradbiščem se v Mariboru pravzaprav nadaljuje stanovanjska izgradnja, ki je v mestu pod Pohorjem v minulem obdobju nekoliko zastala.

Vir: Gippos Ljubljana

Pregrada Klivnik II. na obrobju Brnikov

Na obrobju Brnikov, sredi z gozdovi poraščene doline, je v preteklih dveh letih zrasla visoka pregrada Klivnik II. na rečici z enakim imenom. Akumulacijsko jezero, ki ga bodo letos napolnili z vodo, bo omogočalo vzdrževanje vodostaja Klivnika v deževnem obdobju in onemogočalo poplavljanje v deževnem obdobju. Investitorja te gradnje sta republiška in občinska vodna skupnost Ilirska Bistrica, glavni izvajalec del pa je celjski Nivo. Delavci SCT pa so do konca lanskega leta zgradili vse armiranobetonske objekte in vanje vgradili skoraj 4000 kubičnih metrov betona. Naprej so zgradili vtočni objekt, nato zapornični objekt s podslapjem in preliv za visoke vode s podslapjem v naklonu 30 stopinj. Lani so zgradili še prelivni objekt na vrhu pregrade, kjer bodo vgrajene zapornice in nanj vgradili 40 ton železne armature.

Lani so delavci SCT zgradili in predali kupcem 710 stanovanj

V preteklem letu so delavci SCT dogradili in predali kupcem 710 novih stanovanj, ob koncu leta pa je bilo v gradnji še 196 stanovanj, ki bodo končana v kratkem. Največ stanovanj je bilo zgrajenih v stanovanjskih soseskah ES 2/2 Rapova jama (288), Črnuče (140) in BS 111/2 Črnuška gmajna (128). Poleg teh je bilo zgrajenih še 72 stanovanj v soseski ŠS 7/1 Dravlje (Zigurat), 48 stanovanj v stanovanjskih stolpičih Lucija II in 34 stanovanj v novi soseski Center v Lescah. Skupna površina vseh zgrajenih stanovanj znaša 36.832 kvadratnih metrov, kar pomeni, da je povprečno stanovanje merilo 51,8 kvadratnega metra, to pa je kar 8 kvadratnih metrov manj od slovenskega povprečja.

Tik pred zaključkom je gradnja 28 stanovanj v soseski BS 109 in 72 stanovanj v soseski Streljana Pula, v gradnji je 96 stanovanj v naselju Krujevo na Reki, pričela pa so se tudi pripravljalna dela za gradnjo 124 stanovanj v soseski BO 2/4 Smelt.

Pohvale graditeljem stanovanj v Pulju

Čeprav stanovanjska soseska, ki jo gradijo delavci SCT na Streljani v Pulju, še ni povsem nared, so bili graditelji že deležni številnih pohval za hitro in kakovostno opravljeno delo. V novembru 1986 so zaključili vsa gradbena dela z outinord opaži in zmontirali fasado. V vseh 92 stanovanjih in skupnih prostorih so opravili tudi večino zidarskih del, zmontirali instalacije, položili talne in stenske obloge, zmontirali okna in vrata ter postorili še vrsto drugih opravil. H koncu gredo zaključna obrtniška in instalaterska dela, pričeli pa so urejati tudi okolico stanovanjske soseske. Zabetonirali so oporne zidove (zgradbe stoje na nagnjenem terenu), uredili ograje in otroško igrišče, urejajo parkirne prostore in zunanje priključke vodovoda, kanalizacije, plinovoda in električne napeljave.

Lojze Cepuš

UNIVERZA EDVARDA KARDELJA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA ARHITEKTURO, GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO
61001 Ljubljana, Jamova 2, p. p. 579

POROČILA 1

S to prvo številko XXXVI. letnika Gradbenega vestnika pričenjamo objavljati redna Poročila Fakultete za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo Univerze Edvarda Kardelja v Ljubljani (FAGG).

S tem želimo gradbenike bolje informirati o delovanju FAGG na izobraževalnem in na raziskovalnem področju in bolj učinkovito povezati našo osrednjo visokošolsko ustanovo z našo prakso.

Pričakujemo, da bod Poročila izhajala redno pri vsaki številki Gradbenega vestnika v obsegu poprečno treh tiskanih strani in da bo sodelovanje s FAGG ravno tako uspešno kot naše dolgoletno sodelovanje z Zavodom za raziskavo materiala in konstrukcij v Ljubljani pri objavi Informacij ZRMK.

FAGG je imenovala za urednika Poročil FAGG dr. Mirana Sajeta, dipl. inž. gradb. Želimo mu uspešno delo.

GLAVNI IN ODGOVORNI UREDNIK:
PROF SERGEJ BUBNOV, DIPL. INŽ.

Geometrijsko modeliranje gradbenih konstrukcij

UDK 624.04:519.68

DEJAN ŽLAJPAH, JANEZ DUHOVNIK,
VLADO LJUBIČ, ANDREJ VITEK

GEOMETRIC MODELLING OF STRUCTURES IN CIVIL ENGINEERING

Povzetek

Članek opisuje geometrijsko modeliranje gradbenih konstrukcij. Najprej je podan pregled splošnih osnov geometrijskega modeliranja. V nadaljevanju je predstavljen programski sklop GMGK, ki je namenjen geometrijskemu modeliranju gradbenih konstrukcij. Ob tem so našteti cilji programa in opisani postopki, ki so uporabljeni v programu.

Summary

The paper presents geometric modeling of structures in civil engineering. General view of the fundamentals of geometric modeling is presented at first. An account is given of how the GMGK programme system for geometric modeling of structures in civil engineering works. The purposes and procedures used in the programme are described.

Avtorji:
mag. Dejan Žlajpah, dipl. inž. gradb., Razvojni center Celje,
izr. prof. dr. Janez Duhovnik, dipl. inž. gradb.,
Vlado Ljubič, dipl. inž. gradb.,
Andrej Vitek, dipl. inž. mat.,
vsi trije Univerza Edvarda Kardelja v Ljubljani, FAGG, VTOZD GG, Inštitut za konstrukcije, potresno inženirstvo in računalništvo

1. UVOD

Proces projektiranja gradbenih konstrukcij lahko razdelimo v šest faz (slika 1). Zaradi razlik v zahtevnosti, obsegu in načinu obdelave posameznih faz dela se je računalnik uveljavljal v posameznih fazah postopoma. Posledica tega je neenakomerna učinkovitost dela v posameznih fazah in razdrobljenost procesa projektiranja.

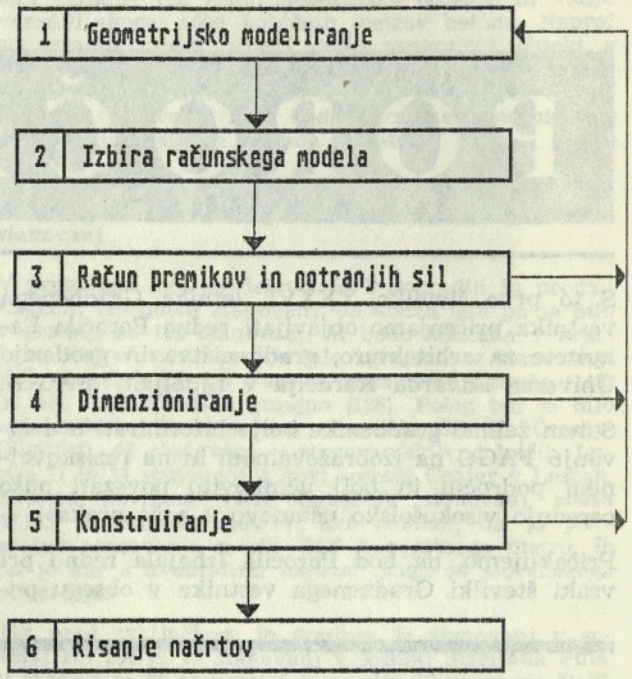
Računalnik se je najprej uveljavil pri računu premikov in notranjih sil ter dimenzioniranju splošnih prerezov. Glavni vzrok, da se računalnik ni mogel vzporedno uveljaviti tudi na področju geometrijskega modeliranja ter konstruiranja in risanja detajlov, je bil v nezadostno razviti strojni grafični opremi.

Z razvojem strojne opreme (1) so se pojavile možnosti za uporabo računalnika v celotnem procesu projektiranja od zamisli do izdelave tehnične dokumentacije. To lahko pomeni tudi zmanjšanje stroškov, kajti vsak prehod iz »ročno« obdelane faze v fazo, obdelano s pomočjo računalnika, zahteva veliko dodatnega dela.

2. OSNOVE GEOMETRIJSKEGA MODELIRANJA

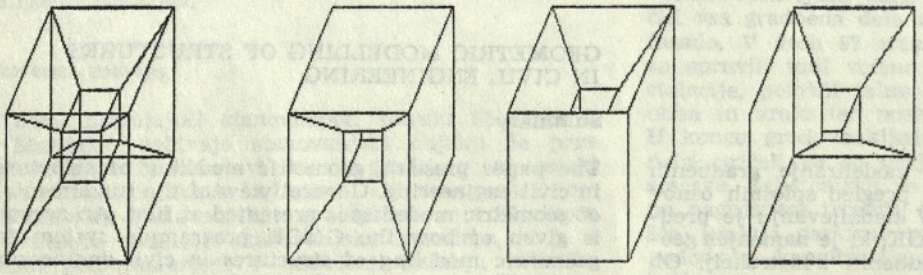
Oblika izdelka je pri večini tehničnih problemov pomembna zaradi funkcionalnih, estetskih in ekonomskih razlogov. Zato je potrebno pred pričetkom analiziranja izdelka sestaviti poleg drugih modelov tudi geometrijski model. Proces sestavljanja, spreminjanja in predstavitve takšnega modela imenujemo geometrijsko modeliranje.

Geometrijsko modeliranje predstavlja pripomoček pri zasnovi konstrukcije, pri katerem s pomočjo različnih vhodnih naprav vnesemo v računalnik podatke za predstavitev fizičnega objekta (izdelka), ki ga projektiramo. Poleg osnovnih geometrijskih in topoloških podatkov lahko dodamo še razne tehnološke in estetske dodatke (atribute).



Slika 1. **Proces projektiranja gradbenih konstrukcij**

2.1. Modeliranje tridimenzionalnih teles (2)



Slika 2. **Žični model**

Telesa si lahko predstavljamo kot skupino točk v prostoru. Skupina mora biti povezana, stabilna in predstavljiva. Za opis teles lahko uporabimo različne vrste modelov. Dober model mora imeti naslednje lastnosti:

— veljavnost (model se mora ujemati s telesom, ki ga predstavlja),

— kompletnost (podatki telo v celoti določajo),

— enoličnost (telo ima eno samo predstavitev),

— zgoščenost (model naj ne vsebuje odvečnih podatkov),

— učinkovitost (operacije z modelom morajo biti hitre).

2.1.1. Žični model (Wire frame)

Pri žičnem modelu opišemo tridimenzionalno telo s pomočjo njegovih robov. Model je zelo enostaven in ga lahko primerjamo z ročnim skiciranjem na papir, ko telo določimo s črtami, ali pa z izdelavo modela iz žice. Potrebne podatke za določitev modela razdelimo na dva dela:

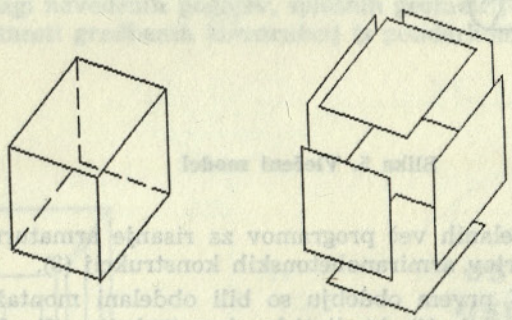
— podatki o geometriji, ki vsebujejo koordinate vozlišč in

— podatki o topologiji, ki določajo začetna in končna vozlišča vseh robov.

Prednosti žičnega modela so: enostavno podajanje ter hitro spreminjanje in dograjevanje modela. Ker model sestavljajo le podatki o robovih, so samo ti enostavno dostopni za nadaljnjo analizo. Slabost je tudi, da postane kompliciran model nepregleden, ker ni mogoče odstraniti nevidnih robov. Največja slabost žičnega modela je, da telo ni enolično določeno (slika 2).

2.1.2. Mejni model (BR-Boundary Representation)

Mejni model je smiselno nadaljevanje žičnega modela. Poleg podatkov, ki so potrebni že pri žičnem modelu, je potrebno pri mejnem modelu dodati še podatke o topologiji ploskev. Mejni model je sestavljen iz ploskev, ki omejujejo telo (slika 3).

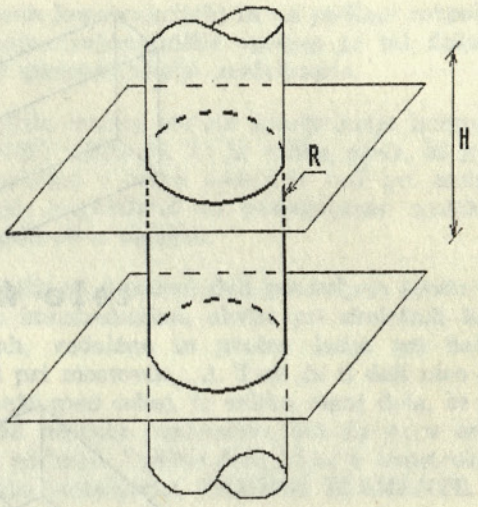


Slika 3. **Mejni model**

Vsako ploskev obkrožajo robovi, ki se stikajo v vozliščih. Na modelu so direktno določeni elementi (robovi in ploskve), ki so potrebni pri projekcijah telesa in določevanju vidnosti robov in ploskev. Veliko težje je ugotavljati preseke med telesi, saj dobimo pri preseku telesa z ravnino le obris preseka, ne pa presečne ploskve.

2.1.3. Konstruktvni model (CSG-Constructive Solid Geometry)

Podajanje geometrije konstruktivnega modela poteka v dveh fazah. Najprej se določijo osnovne sestavine. Te so navadno kocke, kvadri, krogle, valji, stožci... Geometrijo osnovnih sestavin določajo enačbe ploskev in njihove normale, topologijo pa seznam ploskev, ki v prostoru omejujejo osnovno sestavino. Kroglo omejuje ena ploskev, valj tri (slika 4a), kocko šest...



Slika 4 a. **Določitev valja**

V drugi fazi osnovne sestavine med seboj kombiniramo z Boolovimi operacijami (unija, presek, razlika) (slika 4b).

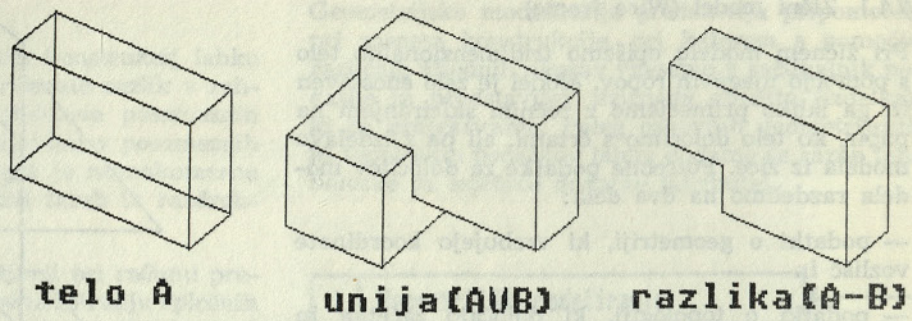
Pri konstruktivnem modelu sta zagotovljeni veljavnost in enoličnost modela, ugotavljanje presekov med telesi je hitro. Risanje teles in določevanje vidnosti pa je težavno in počasno. Primerni so le postopki, kjer telo prebadamo z žarki.

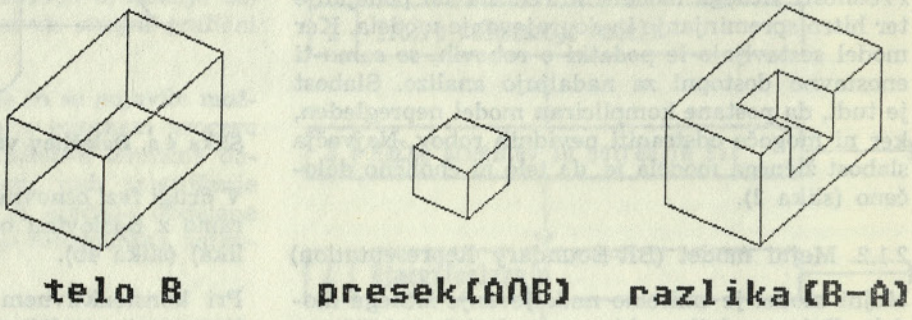
2.1.4. Vlečeni model

Pri vlečenem modelu je prostornina telesa določena s tem, da zaključeno omejeno ploskev vlečemo po poljubni krivulji v prostoru. Zato je potrebno določiti le osnovno ploskev in trajektorijo vlečenja. V praksi večinoma vlečemo ploskev po premici ali pa jo rotiramo. Prednosti tega modela se pokažejo pri telesih, ki imajo podobno tehnologijo proizvodnega procesa (vlečeni profili, struženi elementi...) (slika 5).

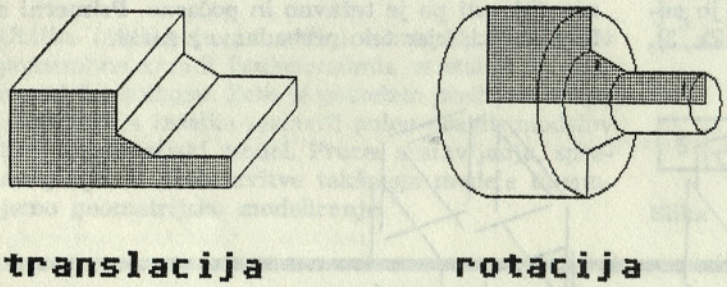
2.2. Realna predstavitev teles

Vse izhodne grafične naprave so dvodimenzionalne, zato lahko pride pri prikazovanju tridimenzionalnih teles do nejasnosti. Želimo si, da bi bila slika





Slika 4 b. **Boolove operacije**



Slika 5. **Vlečeni model**

takšna, da bi opazovalec ob gledanju dobil občutek pravega telesa in ne sintetičnega. Za doseganje boljših rezultatov si pomagamo z naslednjimi tehnikami:

— uporaba ravninskih geometrijskih tehnik za prikaz tridimenzionalnih teles na dvodimenzionalnih zaslonih,

— odstranjevanje skritih robov in ploskev pri določanju vidnosti telesa za globinske efekte in odpravo raznih dvoumnosti,

— osvetljevanje in senčenje za prikaz plastičnosti in reliefa telesa,

— uporaba barv za obogatitev slike.

3. GMGK — PROGRAMSKI SKLOP ZA GEOMETRIJSKO MODELIRANJE GRADBENIH KONSTRUKCIJ

3.1. Pregled dosedanjega dela

V okviru raziskovalnega projekta Projektiranje in izdelava armature je bilo na IKPIR na FAGG izdelanih več programov za risanje armaturnih načrtov armiranobetonskih konstrukcij (3).

V prvem obdobju so bili obdelani montažni elementi (4) in linijske konstrukcije (5). Njihova osnovna oblika je enostavna in se da parametrizirati. Zaradi tega se pri geometrijskem modeliranju teh elementov uporablja vlečeni model, delo pa poteka zaporedno na alfanumeričnem (vnos podatkov) in grafičnem (pregled razultatov) zaslonu.

Drugo fazo predstavlja program za geometrijsko modeliranje in konstruiranje armature sten (6). Stene so že lahko bolj kompliciranih oblik in zato vlečeni model ne ustreza več. Zato je bil izbran žični model. Spremenil se je tudi način obdelave, ki v tej fazi poteka vzporedno na alfanumeričnem in grafičnem zaslonu. Tako je program postal tudi prijaznejši do konstrukterja.

3.2. Postopek geometrijskega modeliranja v programskem sklopu GMGK (7)

Na podlagi lastnih izkušenj pri izdelavi predhodnih programov in pristopov, ki jih uporabljajo in na-

vajajo drugi avtorji, naj bi programski sklop GMGK izpolnil naslednje pogoje:

— Hitro, učinkovito in kompleksno modeliranje

Konstrukter naj enostavne oblike konstrukcij, ki so pri njegovem delu v večini, hitro in učinkovito modelira, obenem pa mora imeti tudi možnost geometrijskega modeliranja zapletenih oblik konstrukcij, kjer pa je postopek lahko daljši in zahtevnejši.

— Možnost ustvarjalnega dela

Računalnik naj bi bil konstrukterju samo orodje, s katerim bi lažje prišel do svojega cilja in bi se tako lahko bolj posvetil ustvarjalnemu delu in ne rutinskim postopkom. Da bi bili programi bližji konstrukterju, so v njih uporabljeni pojmi in načini dela, ki so že sedaj v navadi pri njegovem delu.

— Interaktivno grafično vnašanje podatkov

Grafični vnos podatkov je za konstrukterja primernejši, saj mu je vizualna predstavitev bližja kot numerična. Pri tem se pojavi problem natančnosti vnesenih podatkov.

— Stalna kontrola poteka dela

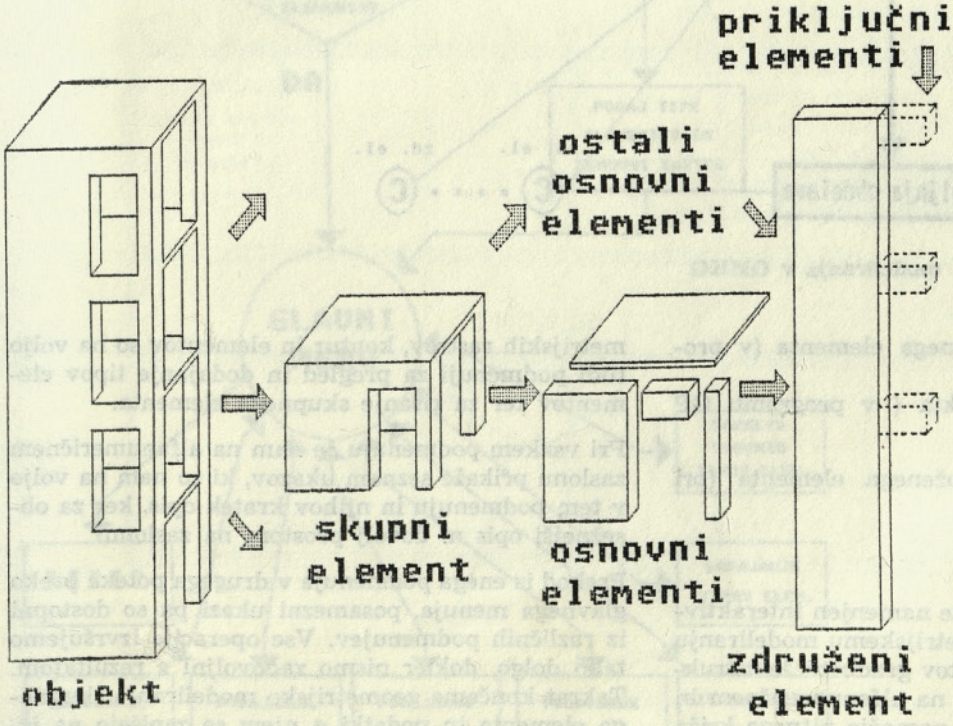
Uporabnik mora imeti možnost, da lahko vsak trenutek preveri pravilnost svojega dela in da na hiter način popravi napake oziroma spremeni podatke. Na podlagi navedenih pogojev, splošnih geometrijskih lastnosti gradbenih konstrukcij (s poudarkom na stavbnih konstrukcijah) in na podlagi razpoložljive strojne računalniške opreme je bil določen postopek geometrijskega modeliranja.

Geometrijski model celotne konstrukcije imenujemo OBJEKT (slika 6). To je velika enota, ki jo je težko naenkrat v celoti podati in tudi pri nadaljnjem delu največkrat ne potrebujemo naenkrat vseh podatkov o objektu.

Pri objektih se določeni deli ponavljajo (etaže pri stavbnih konstrukcijah, okviri pri skeletnih konstrukcijah, vzdolžne in prečne ladje pri halah, oporniki pri mostovih . . .). Tudi če ti deli niso povsem enaki med seboj, je veliko manj dela, če podoben del objekta popravimo, kot da ga v celoti na novo podamo. Takšne dele, ki se v konstrukciji ponavljajo, imenujemo SKUPNE ELEMENTE.

Skupni element je še vedno velik in kompliciran geometrijski model in ga je primerneje razstaviti na manjše enote — OSNOVNE ELEMENTE. Ti so enostavnih oblik, ki jih je lahko opisati in enostavno sestavljati.

Obe navedeni delitvi omogočata izdelavo geometrijskega modela objekta, manjka samo še element, ki bi bil primeren za nadaljnjo obdelavo. Osnovni element je ponavadi premajhna enota, skupni element pa je prevelik ali pa sestavljen iz neustreznih osnovnih elementov. Zato je najboljše, da uporabnik sam izbere osnovne elemente, ki jih želi uporabljati pri nadaljnjem delu. Te elemente zdru-

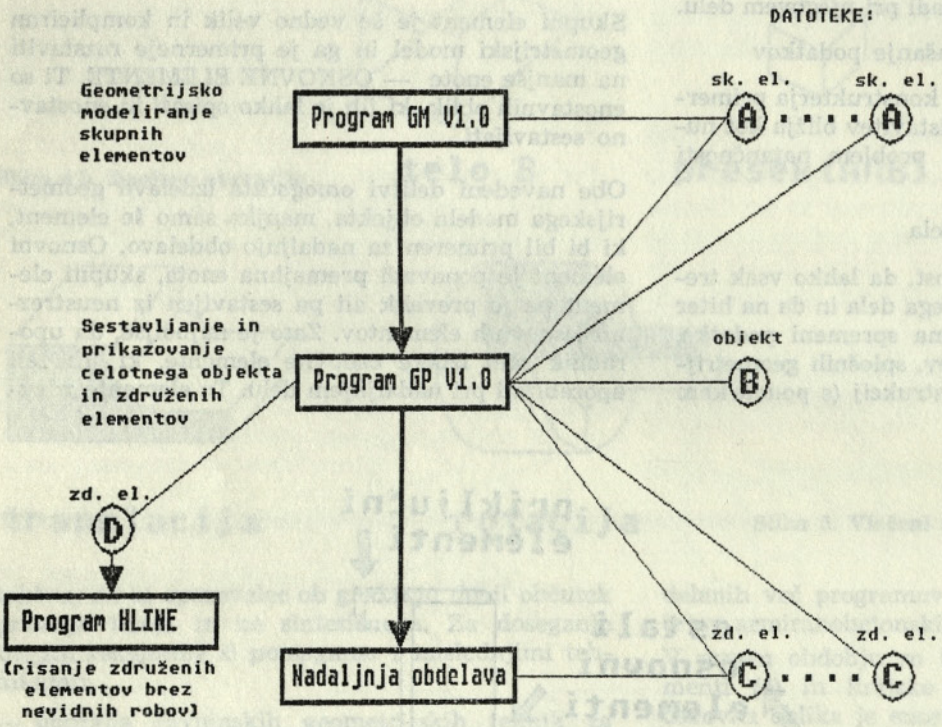


Slika 6. **Osnovne delitve**

ži v ZDRUŽENI ELEMENT, ki predstavlja skupino osnovnih elementov, vzeto iz celotne konstrukcije. Dobro je, da uporabnik pri tem dobi avtomatično tudi podatke o PRIKLJUČENIH elementih. To so osnovni elementi, ki se dotikajo ali segajo v združeni element.

Nasprotno od delitve objekta (slika 6) poteka geometrijsko modeliranje s pomočjo programskega sklopa GMGK (slika 7). Najprej določimo osnovne elemente in iz njih sestavimo skupni element. Iz več skupnih elementov sestavimo geometrijski model objekta. To uporabniku omogoča, da iz objekta izbere poljubne združene elemente.

Pri tem načinu geometrijskega modeliranja se uporabljajo trije različni koordinatni sistemi (slika 8):



Slika 7. **Potek geometrijskega modeliranja v GMKG**

— koordinatni sistem skupnega elementa (v programu GM V1.0),
— koordinatni sistem objekta (v programu GP V1.0),

— koordinatni sistem združenega elementa (pri nadaljnjem delu).

3.3. Program GM V1.0

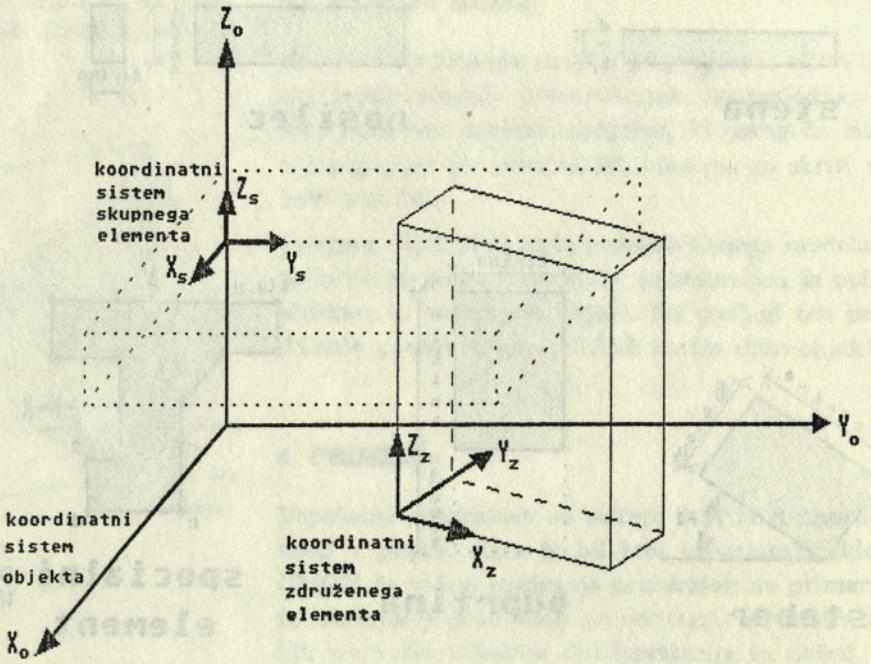
Program GM V1.0 (slika 9) je namenjen interaktivnemu računalniškemu geometrijskemu modeliranju posameznih skupnih elementov gradbene konstrukcije. Delo poteka vzporedno na alfanumeričnem in grafičnem terminalu, kjer s pomočjo nitnega križa in tipkovnice določimo tip in lego elementov, rišemo globalne slike in detajle vmesnih in končnih rezultatov. S pomočjo alfanumeričnega terminala določimo različne numerične parametre.

Zaradi ponavljanja ali le delnega spreminjanja skupnih elementov si delo olajšamo z uporabo že obstoječih skupnih elementov, ki jih po potrebi popravimo. Tako program GM V1.0 na začetku vpraša, kateri obstoječi skupni element naj vzame za podlago. V primeru, da tega ni na voljo, je potrebno podati vse od začetka.

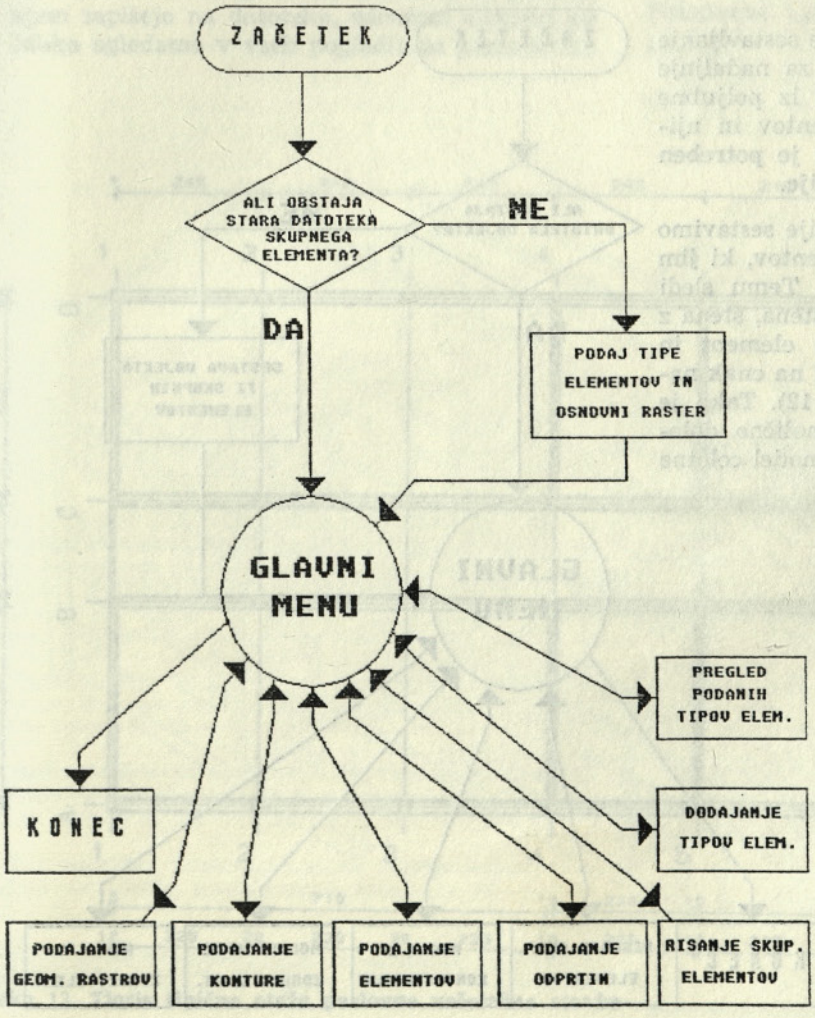
Najprej definiramo parametre tipom osnovnih elementov (slika 10) in nato še osnovni raster tlorisa objekta. Tako pridemo v glavni menu in lahko pričnemo z geometrijskim modeliranjem. Poleg glavnih elementov podmenujev za podajanje geometrijskih rastrov, kontur in elementov so na voljo tudi podmenuji za pregled in dodajanje tipov elementov ter za risanje skupnega elementa.

Pri vsakem podmenuju se nam na alfanumeričnem zaslonu prikaže seznam ukazov, ki so nam na voljo v tem podmenuju in njihov kratek opis, ker za obsežnejši opis ni dovolj prostora na zaslonu.

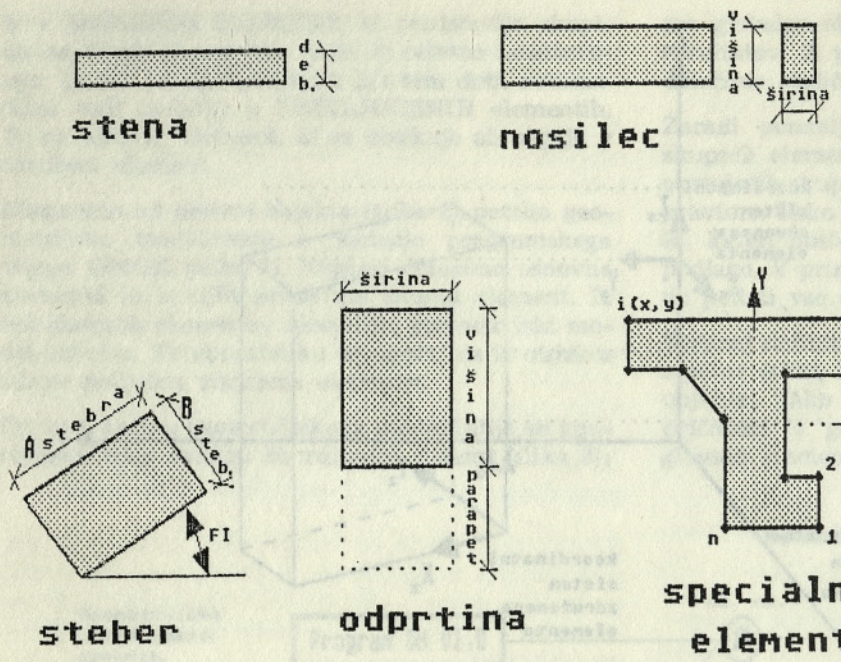
Prehod iz enega podmenuja v drugega poteka preko glavnega menuja, posamezni ukazi pa so dostopni iz različnih podmenujev. Vse operacije izvršujemo tako dolgo, dokler nismo zadovoljni z rezultatom. Takrat končamo geometrijsko modeliranje skupnega elementa in podatki o njem se zapišejo na izbrano datoteko.



Slika 8. **Koordinatni sistemi**



Slika 9. **Shema programa GM V1.0**

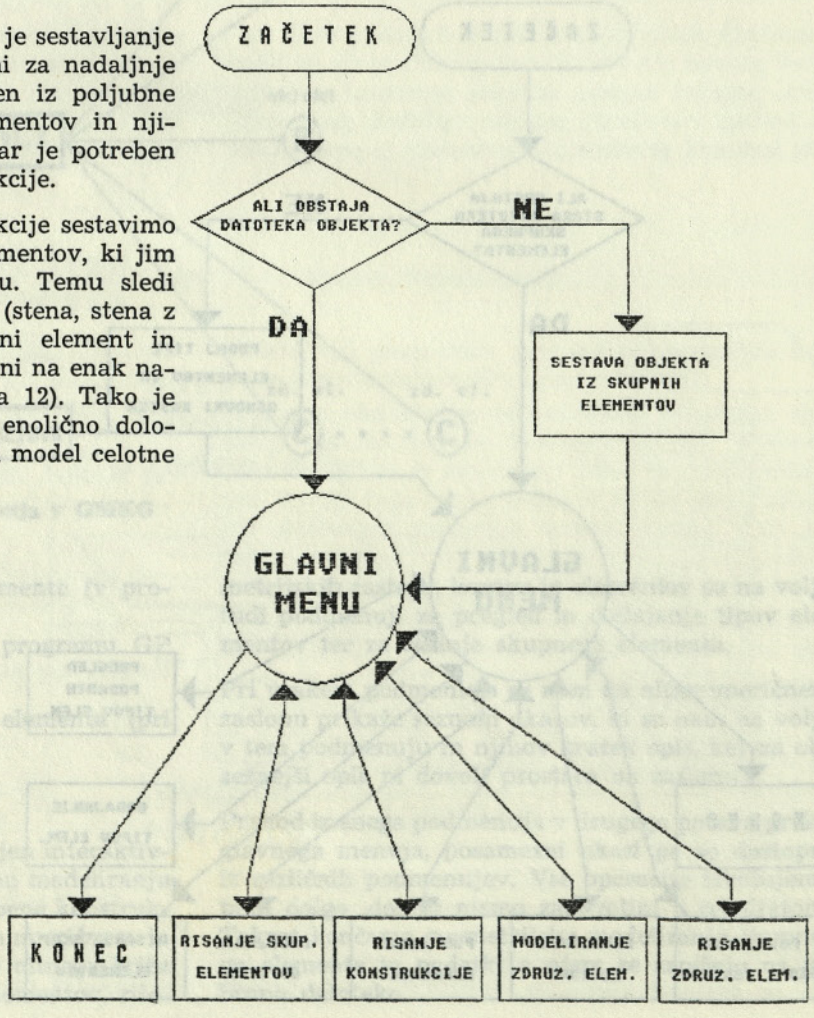


Slika 10. **Definiranje tipov osnovnih elementov**

3.4. Program GP V1.0

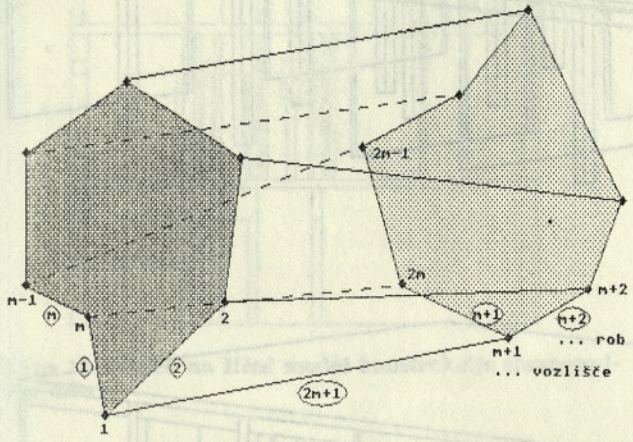
Namen programa GP V1.0 (slika 11) je sestavljanje združenih elementov, ki so potrebni za nadaljnje delo. Združeni element je sestavljen iz poljubne kombinacije izbranih osnovnih elementov in njihovih priključenih elementov, za kar je potreben geometrijski model celotne konstrukcije.

Geometrijski model celotne konstrukcije sestavimo iz modelov posameznih skupnih elementov, ki jim je potrebno določiti lego v objektu. Temu sledi pretvorba vseh osnovnih elementov (stena, stena z odprtinami, steber, nosilec, specialni element in kontura) v elemente, ki so vsi zapisani na enak način s pomočjo njihovih robov (slika 12). Tako je topologija tega enotnega elementa enolično določena in s tem tudi žični geometrijski model celotne konstrukcije.



Slika 11. **Shema programa GP V1.0**

Tak objekt si lahko ogledamo v celoti ali le posamezne dele v različnih pogledih (tloris, naris in stranski ris) ter v perspektivi.



Slika 12. **Označba vozlišč in robov**

Združeni element se določa tako, da se pokaže z nitnim križem osnovni element, ki ga želimo dodati oziroma vzeti. Ko je izbira končana, se podatki o njem zapišejo na datoteko, združeni element pa si lahko ogledamo v vseh pogledih in perspektivi.

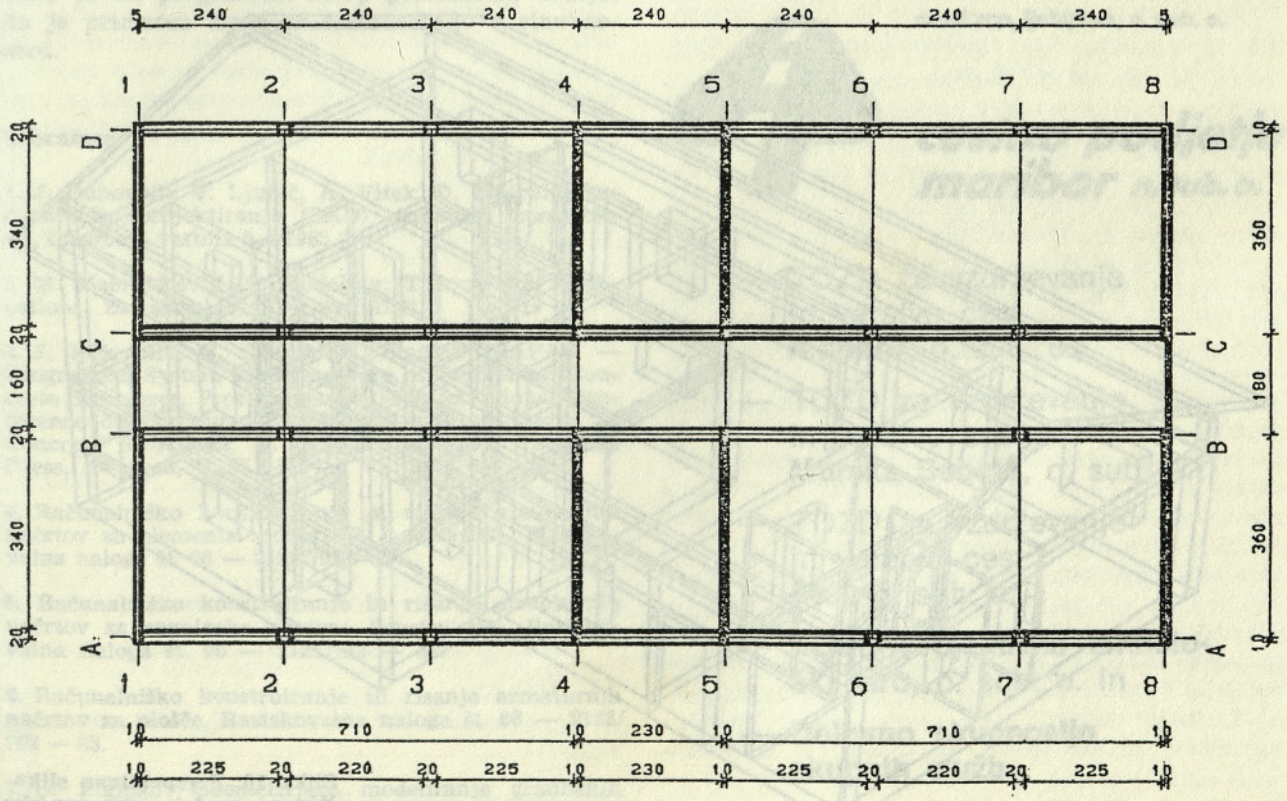
3.5. Program HLINE

Ker je slika žičnega modela (iz programa GP V1.0) pri kompliciranih konstrukcijah nepregledna, je bilo potrebno narediti program, ki omogoča risanje pogledov ter perspektive tako, da so skriti robovi nevidni.

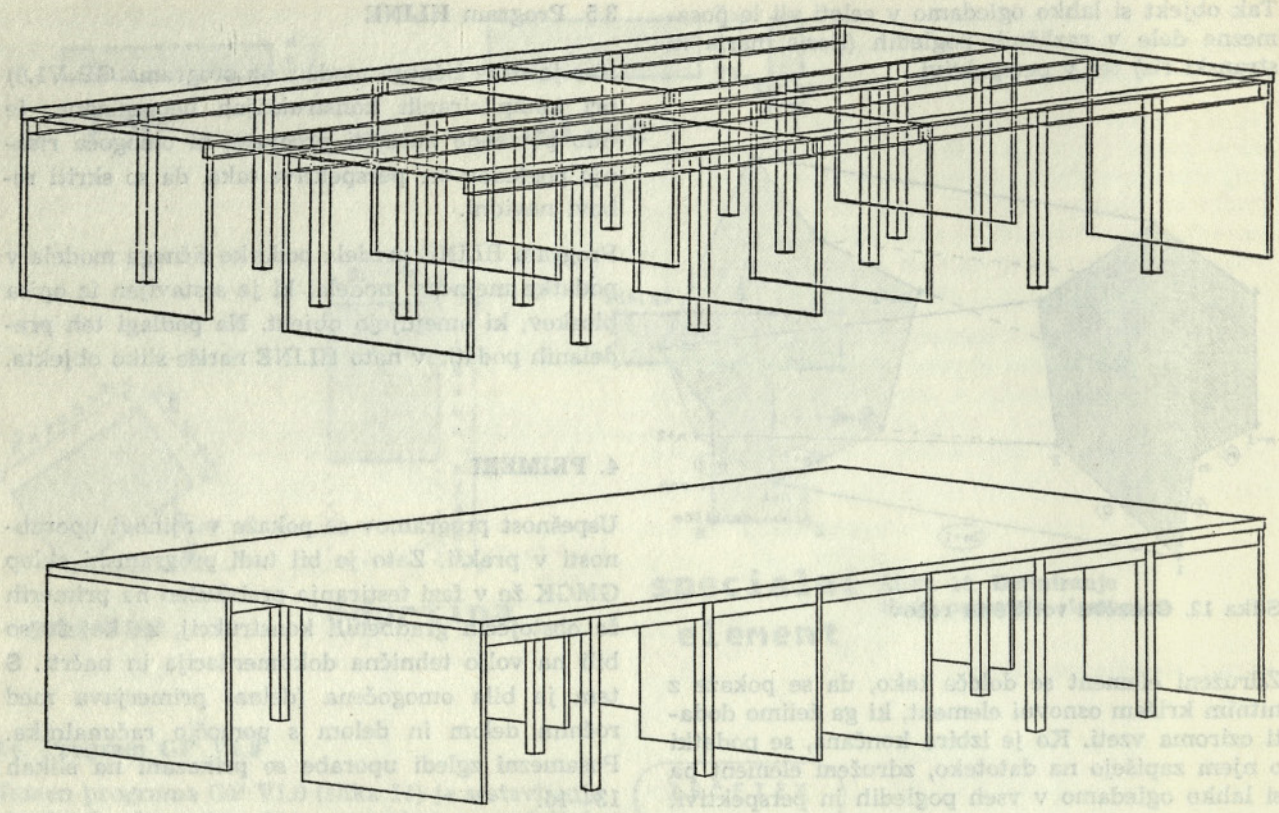
Program HLINE predela podatke žičnega modela v podatke mejnega modela, ki je sestavljen iz opisa ploskev, ki omejujejo objekt. Na podlagi teh predelanih podatkov nato HLINE nariše sliko objekta.

4. PRIMERI

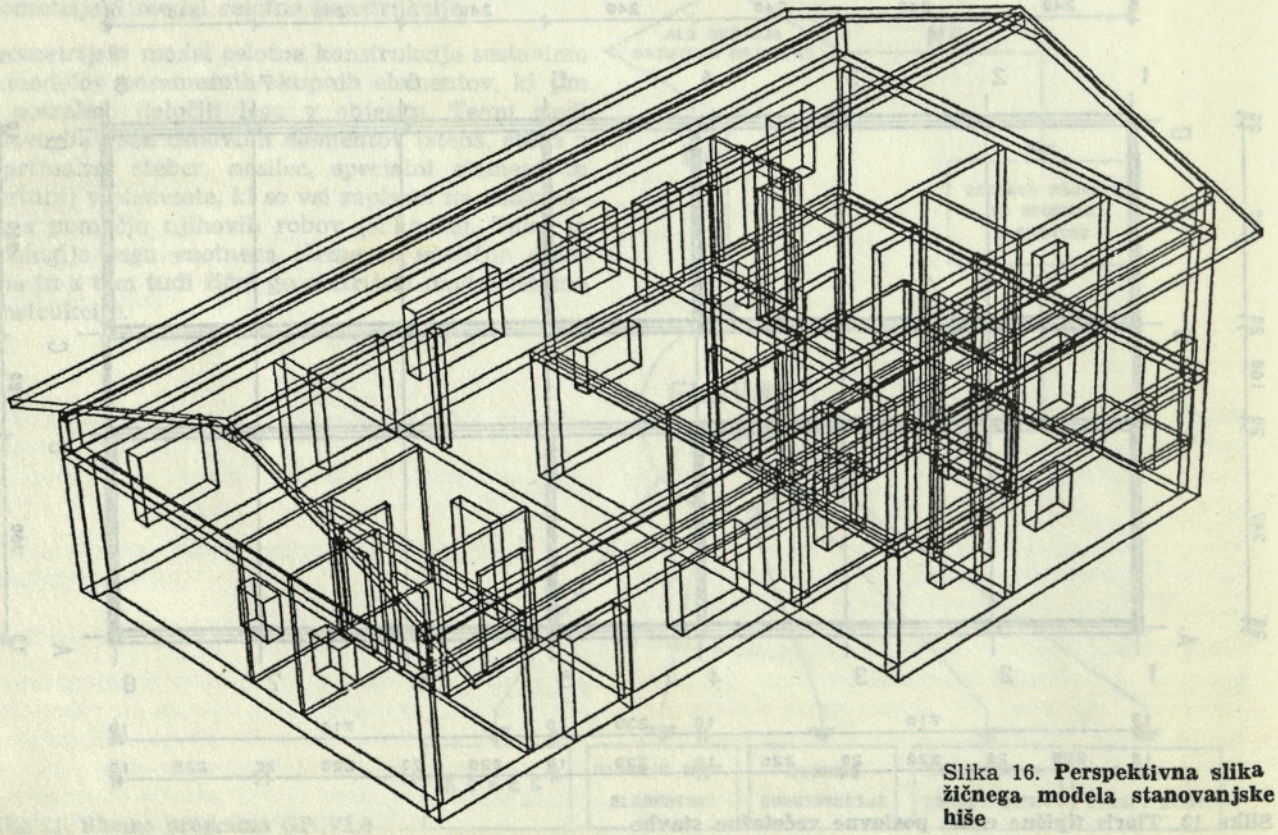
Uspešnost programov se pokaže v njihovi uporabnosti v praksi. Zato je bil tudi programski sklop GMGK že v fazi testiranja preizkušen na primerih že obstoječih gradbenih konstrukcij, za katere so bili na voljo tehnična dokumentacija in načrti. S tem je bila omogočena (delna) primerjava med ročnim delom in delom s pomočjo računalnika. Posamezni zgledi uporabe so prikazani na slikah 13—16.



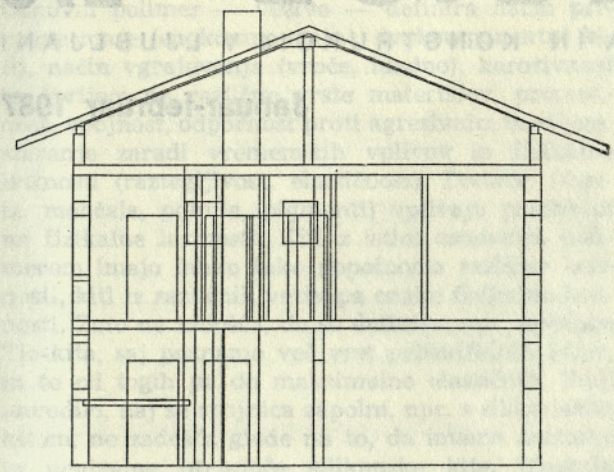
Slika 13. **Tloris tipične etaže poslovne večetažne stavbe**



Slika 14. **Perspektivna slika žičnega modela konstrukcije etaže poslovne večetažne stavbe. Na zgornji sliki so vsi robovi vidni, na spodnji pa so nevidni robovi skriti**



Slika 16. **Perspektivna slika žičnega modela stanovanjske hiše**



Slika 15. **Pogled na žični model konstrukcije stanovanjske hiše**

5. SKLEP

Geometrijsko modeliranje je ena izmed faz v procesu projektiranja gradbenih konstrukcij, v kateri zgradimo geometrijski model konstrukcije, primeren za nadaljnjo obravnavo s pomočjo računalnika. Pri razvoju programskega sklopa GMGK sta bila uporabljena žični in mejni model, postopek geometrijskega modeliranja pa je bil prilagojen vsakdanjemu delu gradbenih konstrukterjev. Zgledi, na katerih je bil programski sklop preizkušen, kažejo, da je primeren zlasti za konstrukcije v stavbarstvu.

Literatura

1. J. Duhovnik, V. Ljubič, A. Vitek, D. Žlajpah: Računalniško projektiranje (CAD) gradbenih konstrukcij, Gradbeni vestnik 5-6/1985.

2. M. Maentylae: Solid Modeling: Theory and Applications, Eurographics Tutorial, 1983.

3. J. Duhovnik, V. Ljubič, D. Žlajpah: RAPAR — Programme System for the design of Reinforced Concrete Structures, Proceedings of the International Conference on Computer Aided Analysis and Design of Concrete Structures, II. del, str. 923—936, Pineridge Press, Swansea, U. K., 1984.

4. Računalniško konstruiranje in risanje armaturnih načrtov za elemente montažnih konstrukcij, Raziskovalna naloga št. 06 — 2138/792 — 81.

5. Računalniško konstruiranje in risanje armaturnih načrtov za ravninske okvirne konstrukcije, Raziskovalna naloga št. 06 — 2138/792 — 82.

6. Računalniško konstruiranje in risanje armaturnih načrtov za plošče, Raziskovalna naloga št. 06 — 2138/792 — 83.

7. D. Žlajpah: Geometrijsko modeliranje gradbenih konstrukcij, magistrska naloga, FAGG — Ljubljana, 1985.

Združena komunala

KOMUNALNI INŽENIRING MARIBOR p. o.

Jadranska 28, 62000 Maribor
Telefon: (062) 301 181

1. **PROJEKTIRANJE NIZKIH GRADENJ**
   - — HIDROTEHNIKA (VODOVOD IN KANALIZACIJA)
   - — KOMUNALNA ENERGETIKA (VROČEVODI IN PLINOVODI)
   - — KOMUNALNO UREJANJE OKOLIJ, PROMETA IN SEMAFORIZACIJA
   - — ODNAŠANJE, ODLAGANJE IN PREDELAVA ODPADKOV
2. **INVESTITORSKI INŽENIRING KOMUNALNIH OBJEKTOV IN NAPRAV**
3. **GEODETSKE IZMERE V INŽENIRSKI GEODEZIJI TER IZDELAVA PODATKOVNIH ZBIRK KOMUNALNIH NAPRAV IN VODOV**

sozd zcp, ljubljana, n. sub. o.

cestno podjetje maribor n. sub. o.

- — TOZD za vzdrževanje in varstvo cest **Maribor,** o. sub. o.,
- — TOZD za vzdrževanje in varstvo cest **Murska Sobota,** o. sub. o.,
- — TOZD za vzdrževanje in varstvo cest **Ptuj,** o. sub. o.,
- — TOZD **Projektivno tehnološki biro,** o. sub. o. in
- — **Delovno skupnostjo skupnih služb**

INFORMACIJE 275
ZAVODA ZA RAZISKAVO MATERIALA IN KONSTRUKCIJ V LJUBLJANI
LETNIK XXXVI — 1-2 Januar-februar 1987

Tesnjenje spojnic v visoki gradnji

UDK 691.58:624.01

Povzetek

V prispevku je prikazan poenoteni sistem preiskav in klasifikacije vseh deformabilnih tesnilnih mas za zapolnjevanje in tesnjenje spojnic v gradbeništvu. Po tem sistemu, ki ga uporabljajo v Veliki Britaniji, Nizozemski, Zvezni republiki Nemčiji, Španiji, Italiji, Portugalski ter Belgiji, preiskujemo tesnilne mase tudi na Zavodu za raziskavo materiala in konstrukcij.

Rezultat preiskave je značilna oznaka tesnilne mase (kita) ARSME, ki podaja vse njegove lastnosti; to omogoča projektantu in izvajalcu izbor najustreznejšega materiala za tesnjenje dane spojnice.

V vsakdanji praksi opažamo vrsto poškodb objektov, ki so posledica nepravilnega tesnjenja spojnic. Nastanek marsikatere poškodbe bi lahko preprečili, če bi v večji meri upoštevali zakonitosti spojnic in lastnosti tesnilnih mas.

Spojnice (fuge) so projektirane prekinitve konstrukcije ter vsi ostali spoji med konstrukcijskimi in/ali nekonstrukcijskimi elementi objekta. Nastanejo med gradnjo zaradi načina vgraditve (vgrajevanje montažnih elementov), poteka gradnje (prekinitve dela, gradnja z različnimi materiali) ali pa jih projektiramo in izdelamo na mestih, kjer zaradi termičnega delovanja, posedanja ipd. pričakujemo nastanek mirujočih ali ciklično delujočih razpok.

V prvi fazi gradnje je spojnica prazna rega, ki jo je treba zapolniti in zatesniti. To lahko izvedemo že med grajenjem objekta tako, da vgrajujemo tesnilne trakove in profile. Lahko pa jih tesnimo pozneje z vlaganjem različno oblikovanih stisljivih tesnilnih trakov in profilov ali pa jih zapolnjujemo s tesnilnimi masami (kiti, kot je posplošen izraz). Pri tem pa vse prevečkrat opažamo, da tako projektanti kakor tudi izvajalci problemom tesnjenja posvečajo premalo pozornosti. Nepravilno načrtovanje in dimenzioniranje spojnic, uporaba naključno izbranih tesnilnih mas, nepravilna in površna vgraditev ali pa enostavno opuščanje tesnjenja (npr. pri suhi montaži oken), imajo za posledico vse več poškodb in netesnosti spojnic. Posledice netesnosti so različne, in to od hitrejšega propadanja objekta zaradi zatekanja vode do sekundarnih neugodnih pojavov, npr. neugodne klime v objektu zaradi nekonstrolirane izmenjave zraka ali pa rast plesni zaradi kondenzacije vlage pri toplotnih mostovih v konstrukciji.

Da bi dosegli trajno tesnost spojnice, moramo tako kot njene dimenzije načrtovati tudi lastnosti mase, s katero bo spojnica tesnjena. Le tista tesnilna masa, ki je kompatibilna s podlago in ima take fizikalne ter kemijske lastnosti, da bo lahko prenesla predvidene obremenitve, lahko zagotavlja dobre rezultate. Obremenitve definirata konstrukcija ter okolje, v katerem ta stoji. Za vsako spojnico poznamo:

— širino in smer, v kateri poteka (horizontalna, vertikalna),

— maksimalno amplitudo gibanja,

— vrsto gibanja (ciklično, enosmerno),

— vrsto gradbenega materiala (beton, kovina, steklo . . .),

— agresivnost okolja (voda, vlaga, temperatura itd.).

Poznamo pa lahko tudi lastnosti tesnilnih mas. Te so odvisne predvsem od snovne sestave mase.

Avtor:
Mag. Vera Apih, dipl. inž. kem.

Osnovni polimer — vezivo — definira način priprave mase (enokomponentni, dvokomponentni kiti), način vgrajevanja (vroče, hladno), korozivnost in oprijem na različne vrste materialov, prepustnost, vpojnost, odpornost proti agresivnim medijem, staranje zaradi vremenskih vplivov in fizikalne lastnosti (raztegljivost, elastičnost). Dodatki (topila, mehčala, polnila, pigmenti) vplivajo predvsem na fizikalne lastnosti. Kiti z istim osnovnim polimerom imajo lahko tako popolnoma različne lastnosti, kiti iz različnih veziv pa enake fizikalne lastnosti. Zato ne zadošča, da se definira, npr. uporaba Tio-kita, saj poznamo več vrst polisulfidnih kitov, in to od togih pa do maksimalno elastičnih. Tudi navodilo, naj se spojnica zapolni, npr. s silikonskim kitom, ne zadošča glede na to, da imamo acetatno in nevtralno utrjujoče silikonske kite. Uporaba acetatno utrjujočega kita na podlagah, ki reagirajo z ocetno kislino, nastajajočo pri utrjevanju kita, ima za posledico odstopanje kita (netesnost spojnice) ali pa se celo pojavijo hujše korozijske poškodbe.

Lastnosti tesnilnih mas ugotovimo s preiskavami. Način preiskav in kriterije kakovosti določajo pravilniki ter standardi. Standardi različnih držav obravnavajo probleme tesnilnih mas ter tesnjenja na različne načine; področje je, npr. zajeto v 60 standardih ASTM in v devetih standardih DIN. Enostavnejše so norme Sia, ki ustrezajo pravilniku za tesnilne mase UEAtc (Union Europeenne pour l'Agrément technique dans la Construction). V Jugoslaviji za zdaj še nimamo izdelanega standarda, ki bi predpisoval kakovost ter načine določanja lastnosti in uporabnosti tesnilnih mas. Na Zavodu za raziskavo materiala in konstrukcij preiskujemo in klasificiramo tesnilne mase za gradbeništvo po pravilniku UEAtc. Po tem pravilniku lahko za vsako tesnilno maso na podlagi kompleksne preiskave ugotovimo njene lastnosti in obnašanje v različnih pogojih; strnemo jih v oznako A-R-S-M-E, pri čemer pomenijo:

A — maksimalno gibanje spojnice, ki ga kit prenese brez poškodb

A_0 do 2 %, A_1 do 5 %, A_2 do 15 %, A_3 do 25 % širine spojnice

R — sposobnost povrnitve v prvotno obliko

R_1 do 10 %, R_2 do 40 %, R_3 do 70 %, R_4 do 90 % in R_4 nad 90 % širine spojnice

M — togost oziroma elastičnost — napetost pospešeno staranega kita pri maksimalni amplitudi gibanja A

$M_1 < 0{,}1$ N/mm², $M_2 < 0{,}25$ N/mm²

$M_3 < 0{,}5$ N/mm², $M_4 > 0{,}5$ N/mm²

S — obstojnost oblike v horizontalni in vertikalni spojnici v temperaturnem območju 5—70 °C

S_1 do 20 mm, S_2 do 40 mm

E — odpornost proti učinkovanju vode

E_1 — neodporno E_2 — utrjen kit odporen proti neposrednemu učinkovanju vode, E_3 — sveži kit odporen proti učinkovanju vode

Iz faze načrtovanja poznamo spojnico, njeno amplitudo in smer gibanja, lastnosti materialov, v katerih poteka, ter okolje, v katerem je. Ti podatki definirajo vse potrebne lastnosti kita oziroma njegovo karakteristiko A-R-S-M-E.

Za tesnjenje spojnic z večjo amplitudo gibanja predpisujemo kit z višjo oznako, npr. A_3, za mirujoče spojnice pa kit z oznako A_0. Če predvidevamo enosmerno gibanje, npr. začetno krčenje ali posedanje, uporabimo kit z oznako R_1 ali R_2. Pri ciklično gibajočih se spojnicah med npr. betonskimi ali kovinskimi montažnimi elementi, uporabimo kite z večjo sposobnostjo povrnitve, npr, kit z oznako R_4 ali R_5. Če tesnimo spojnice med materiali nizke trdnosti (siporeks, omet), izbiramo mehke kite z oznako M_1 ali M_2, za mehansko obremenjene spojnice (npr. v tleh) pa trše kite z oznako M_4. Če tesnimo široke spojnice, mora imeti kit oznako S_2, saj kit z oznako S_1 lahko zleze (se izlije) iz spojnice, preden otrdi. Čim bolj je spojnica obremenjena z vodo, tem višja oznaka E je potrebna. Pri tem pa je treba upoštevati še kompatibilnost kita z materialom, iz katerega so stranice spojnice.

Na podlagi poenotenega načina preiskav vseh tesnilnih mas po pravilniku UEAtc lahko torej po istem sistemu ugotovimo lastnosti vseh tesnilnih mas, od plastičnih do elastičnih, in to ne glede na njihovo snovno sestavo. Preizkusimo in primerjamo lahko tudi njihovo uporabnost za tesnjenje različnih materialov. Rezultati preiskav so strnjeni v kratki oznaki, sestavljeni iz petih črk in petih številk, ki pove projektantu ter izvajalcu vse tiste lastnosti tesnilne mase, ki so potrebne, da lahko za dani problem izbere in vgradi ustrezen material.

V preglednici podajamo splošni prikaz lastnosti kitov glede na vrsto osnovnega polimera ter najpogostejša področja uporabe.

Vrsta kita	Lastnosti	Uporaba
Poliizobutilen	A_0, R_1, M_1, S_1, E_1	zapolnjevanje in tesnjenje neobremenjenih spojnic
Poliakrilat (disperzijski, na bazi topil)	A_0 — A_2, R_1, M_1—M_2 S_1, E_1—E_2	notranja uporaba, tesnjenje stavbnega pohištva, spojnice v ometu, manj zahtevno tesnjenje
Silikonski (nevtrani, acetatni)	A_2—A_3, R_2—R_5 M_1—M_4, S_1—S_2 E_2 (E_3)	zunanje tesnjenje, zastekljevanje, akvariji, stiki steklo-keramika, sanitarna keramika (možnost obarvanja kita)
Polisulfidni (TIO-kit) dvo- ali enokomponentni	A_2—A_3, R_4—R_5 M_2—M_3, E_2	najzahtevnejše tesnjenje beton-beton, beton-kovina, kovina-kovina, zastekljevanje

Obstojnost normalnih kompaktnih betonov — vpliv termičnega pospeševanja na obstojnost betonov

UDK 666.97:620.181

ANDREJ ZAJC, JADRAN KORLA, JANJA BOREC

VPLIV TERMIČNEGA POSPEŠEVANJA NA OBSTOJNOST BETONOV

Povzetek

Na petih poskusnih betonih, pripravljenih iz istega cementa in agregata brez oziroma z različnimi kemijskimi dodatki z isto vrednostjo in isto konsistenco, ter strjevanih v normalnih pogojih in s parjenjem smo izmerili parametre poroznosti in odpornosti proti mrazu ter mrazu in solem.

Rezultati kažejo, da parjenje zmanjšuje odpornost betonov proti tovrstni agresiji, če ti niso pripravljeni s superplastifikatorjem, in da je obstojnost neparjenih in parjenih betonov povezana z njihovo poroznostjo.

THE INFLUENCE OF THERMAL ACCELERATION (STEAM CURING) ON THE DURABILITY OF CONCRETE

Summary

Five test concretes, made from the same cement and same mineral aggregate without and with different chemical admixtures, were observed. All concretes were prepared with the same water/cement ratio and same consistency. They were hardened in normal conditions as a control, and steam cured. There were measured the mechanical properties, the parameters of porosity and the resistance of these concretes on the freezing — thawing processes without and with the presence of deicing salts.

The results are shown that steam curing in general causes the reduction of freeze — thaw resistance when the concretes are not prepared with superplasticizer, and that durability is in close connection with the porosity of concrete.

1. UVOD

Odpornost proti mrazu oziroma mrazu in odtaljevalnim solem je ena od bistvenih lastnosti, ki jo morajo imeti betoni, izpostavljeni samo atmosferskim vplivom ali kombinaciji atmosferskih vplivov in odtajevalnih soli.

Če betoni niso odporni proti tovrstnim agresijam, se na njih dokaj hiro pojavijo poškodbe, in to na tistih delih objektov, ki so najbolj izpostavljeni vremenu. Sčasoma se poškodbe širijo in objekti intenzivno propadajo; to pa seveda pomeni ogromno gospodarsko škodo.

Mehanizmi nastankov poškodb zaradi zmrzovanja in odtaljevanja brez oziroma z odtaljevalnimi solmi so različni ter zelo kompleksni, a še ne do konca pojasnjeni. Vedno so povezani s transporti vlage in navzočih soli. Povzročajo jih difuzija, razlika

Avtorji:

Mag. Andrej Zajc, dipl. inž. fiz.
Jadran Korla, dipl. inž. gradb.
Janja Borec, dipl. inž. gradb.

parnih tlakov nad vodo in ledom ter osmozni tlak.

Poznavanje teh mehanizmov in vplivov sestave betonov ter njihovega strjevanja na obstojnost je osnova za iskanje načinov priprave betonov, odpornih proti mrazu oziroma mrazu in solem.

Za betone kakor tudi vse porozne gradbene materiale velja, da je njihova zmrzlinska obstojnost odvisna od njihove poroznosti, in sicer od vrste, velikosti in množine por (1). Pri betonih se različna poroznost doseže z menjanjem vrednosti v/c, uporabo različnih kemijskih dodatkov, načinom hidratacije ter staranjem (2), (3).

V gradbeništvu, ki je danes močno industrializirano, se v veliki meri uporabljajo prefabricirani gradbeni elementi tudi za objekte, ki so izpostavljeni zmrzovanju in odtaljevanju ter mnogokrat tudi odtajevalnim solem. Pri prefabrikaciji je ena od bistvenih zahtev hitro doseganje vsaj manipulacijskih trdnosti, zaradi česar je hidratacija betonov vedno pospeševana, in to pretežno s termičnim postopkom (parjenje ali ogrevanje).

Vpliv vrednosti v/c in staranja na obstojnost betona je znan (3), prav tako pa so v precejšnji meri znani tudi vplivi različnih kemijskih dodatkov (2), (4). Vpliv termičnega pospeševanja hidratacije na odpornost betonov proti zmrzovanju in odtaljevanju je po podatkih iz literature tudi znan, in sicer bi morala biti zmrzlinska obstojnost betonov, pri katerih je bila hidratacija pospeševana s parjenjem ali ogrevanjem, manjša v primerjavi z betoni, ki so se strjevali pri normalnih temperaturah. Vzroka sta povečanje poroznosti betonov zaradi ogrevanja in nastanek mikropoškodb zaradi raztezanja in migracije vlage (5).

Izsledki nekaterih naših prejšnjih raziskav na superplastificiranih betonih se ne ujemajo s podatki iz literature (6). Zato je namen te raziskave ugotoviti vpliv parjenja na poroznost in zmrzlinsko obstojnost betonov.

2. EKSPERIMENTALNI DEL

Da bi ugotovili vpliv termičnega pospeševanja hidratacije (parjenja) na poroznost in zmrzlinsko obstojnost betonov brez oziroma z odtaljevalnimi solmi, smo z različnimi kemijskimi dodatki pripravili pet vrst betonov iz istega cementa in agregata. Vse betone smo pripravili z isto vrednostjo v/c = 0,5, ki se pri proizvodnji prefabriciranih elementov najpogosteje uporablja. Del pripravljenih preizkušancev smo pustili strjevati pri normalnih pogojih, drugi del pa parili. Na vseh betonih smo merili poroznost ter opravili teste zmrzovanja in odtaljevanja brez oziroma z odtaljevalnimi solmi.

2.1. Poskusni betoni

Poskusne betone smo pripravili iz cementa PCS-PC 15z 45S Anhovo, drobljenega kamenega agregata iz separacije Hotič, nazivnih frakcij 0/4 mm in 4/8 mm ter prodnatega agregata iz separacije Hotič nazivne frakcije 8/16 mm in vodovodne vode. Enega od poskusnih betonov smo pripravili brez dodatkov in pomeni etalonski beton (oznaka E). Ostale štiri betone smo pripravili z dodatki za betone tovarne Helios, TOZD TKK Srpenica, in sicer:

— s superplastifikatorjem Zeta cementol (oznaka betona S),

— z aerantom Eta S cementol (oznaka betona A),

— s plastifikatorjem Delta ekstra cementol (oznaka betona P),

— s kombinacijo superplastifikatorja Zeta cementol in aeranta Eta S cementol (oznaka betona SA).

Vse betone smo pripravili z isto vrednostjo v/c = = 0,5 in agregatom enake skupne sestave, ki je podana v preglednici 1.

Sestave betonov smo projektirali tako, da so imeli vsi betoni v svežem stanju praktično enako konsistenčno stopnjo. Sestave betonov se zato razlikujejo glede na uporabljene kemijske dodatke po odmerkih cementa ter količinah agregata in vode za 1 m³ svežega betona. Projektirane sestave laboratorijskih betonov so podane v preglednici 2.

Poskusne betone smo pripravili v laboratorijskem protitočnem mešalniku in na vibracijski mizi vgradili v preizkušance. Pri tem smo ugotavljali prostorninsko maso in poroznost svežega vgrajenega betona ter njegovo konsistenčno stopnjo po metodi poseda stožca in indeksa Vebe. Rezultati preiskav svežega betona so podani v preglednici 2.

Preglednica 1: **Skupna sestava kamenega agregata za laboratorijske betone E, P, A, S in SA**

Frakcija (mm)	Delež frakcije (vol. %)	Odprtine sit v mm									
		0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	11,2	16	22,4
0/4	36	3,2	6,1	11,4	17,5	25,9	33,5	36,0	36,0	36,0	36,0
4/8	22	—	—	—	0,0	0,5	5,6	21,2	22,0	22,0	22,0
8/16	42	—	—	—	—	—	0,2	3,5	18,7	37,4	42,0
Skupna sestava zrnavosti (vol. %)		3,2	6,1	11,4	17,5	26,4	39,3	60,7	76,7	95,4	100

Preglednica 2: **Projektirane sestave poskusnih betonov E, P, A in SA ter rezultati preiskav svežih mešanic**

Projektirana količina 1 m³ svežega betona	Oznake betonov E	P	A	S	SA
Cement (kg)	410	360	380	325	300
Voda + kem. dodatki	205	180	190	162,5	150
Kameni agregat — skupno (kg)	1764	1892	1709	1972	1892
Frakcije (kg):					
0/4 mm — 36 vol. %	634	680	614	709	680
4/8 mm — 22 vol. %	389	417	377	343	417
8/16 mm — 42 vol. %	741	795	718	829	795
Kemijski dodatki:					
— vrsta	—	— plastifikator Delta ekstra cementol	— aerant Eta S cementol	— superplastifikator Zeta cementol — B	— superplastifikator Zeta cementol — B
— količina	—	— 4 % količine cementa	— 0,93 % količine cementa	— 3 % količine cementa	— 3 % količina cementa — aerant Eta S cementol — 0,8 % količine cementa
Projektirana poroznost (vol. %)	1,5	1,0	6,0	1,0	6,0
Projektirana prostorninska masa (kg/m³)	2379	2432	2279	2460,5	2342
Dosežena konsistenca:					
— posed stožca (cm)	6	11	7	2	7,5
— indeks Vebe	2,0	1,2	1,7	2,5	1,8
Dosežena poroznost (vol. %)	ni merjeno	3,6	6,3	ni merjeno	5,2
Dosežena prostorninska masa (kg/cm³)	2450	2425	2350	2510	2385

2.2. Strjevanje in nega poskusnih betonov

Pripravljene poskusne betone smo vgradili v preizkušance v obliki prizem in kock. Polovico preizkušancev smo pustili strjevati v normalnih pogojih, to je 24 ur v kalupu pri $T = 20^0 \pm 4^0$ C. Pri drugi polovici betonov pa smo pospeševali hidratacijo s parjenjem po naslednjem ciklusu: 1 ura odležavanja pri $T = 20\ ^0$C, 3 ure ogrevanja do $T = 70\ ^0$C, 2 uri gretja pri $T = 70\ ^0$C in 1 ura ohlajanja do $T = 50^0$ C. Parjenje je potekalo v klimatski komori firme Köttermann. Po končanem ciklusu smo vzeli vzorce iz komore; ti so bili nato odležani in ohlajevani v kalupih do 24 ur.

Po 24 urah so bili vsi vzorci vzeti iz kalupov in nato odležavani pri $T = 20^0 \pm 4^0$ C in relativni vlagi $\geqq 98$ %. Dosežene tlačne trdnosti normalno strjevanih in parjenih poskusnih betonov so podane v preglednici 3. Parjeni betoni so označeni z malo črko p poleg velike črke, ki označuje vrsto betona.

2.3. Meritve poroznosti

Na preizkušancih, starih med 90 in 100 dni, smo preiskali:

— totalno poroznost z vakuumskim nasičenjem, merjeno na šestih preizkušancih z dimenzijami $10 \times 10 \times 5$ cm,

Preglednica 3: **Dosežene tlačne trdnosti poskusnih betonov pri starosti 7, 28, 90 in 180 dni**

Starost betona (dni)	Dosežene tlačne trdnosti poskusnih betonov (MPa) Etalonski		Plastificiran		Aeriran		Superplastificiran		Superplastificiran in aeriran	
	E	E_p	P	P_p	A	A_p	S	S_p	SA	SA_p
7	34,3	32,5	30,7	23,8	28,7	23,5	41,8	34,2	36,5	26,1
28	41,3	35,4	34,4	29,0	33,9	27,0	46,3	37,5	39,3	29,2
90	48,3	43,6	47,0	41,4	37,7	35,3	51,5	47,9	46,3	38,3
180	52,3	48,3	48,2	41,8	44,7	38,9	58,2	50,9	53,3	39,2

— totalno poroznost z nasičenjem vzorcev z vodo pod pritiskom 150 bar na treh valjih s premerom 8 cm in višino 12 cm,

— odprto poroznost z živosrebrnim porozimetrom Carlo Erba, model 70; merili smo do končnega pritiska 2000 bar na vzorcih, osušenih pri T = 105° C do konstantne teže,

— porazdelitev zračnih mehurčkov z mikroskopsko linijsko analizo po standardu ASTM C 457-71, izmerjeno z merilnim mikroskopom firme Merk electronic,

— kapilarno vsesavanje po standardu JUS U.M8.300 ter podatkih iz literature (7) na treh vzorcih z dimenzijami 80 × 80 × 32 mm.

2.4. Testiranje odpornosti poskusnih betonov proti mrazu brez oziroma z odtaljevalnimi sredstvi

Preizkušance, pripravljene iz normalno strjevanih in parjenih poskusnih betonov, smo pri starosti 90 do 100 dni testirali na odpornost proti mrazu brez oziroma z odtaljevalnimi solmi. Odpornost proti mrazu brez odtaljevalnih soli smo testirali po standardu ASTM C 666-71, odpornost proti mrazu z odtajevalnimi solmi pa po standardu JUS U.M1.055.

3. REZULTATI

Rezultati meritev poroznosti so podani v preglednici 4. Porazdelitve kapilarnih por, izmerjene s Hg porozimetrom, so dane v diagramu 1. Kot rezultati testov odpornosti poskusnih betonov proti mrazu so v preglednici 5 podani faktorji obstojnosti po standardu ASTM C 666-71, kot rezultati testov odpornosti betonov proti mrazu in solem pa izgube mase na enoto površine preizkušancev po 25 ciklih zmrzovanja in odtajevanja v 4-odstotni raztopini NaCl po stardardu JUS U.M1.055.

Izgube mase na enoto površine preizkušancev po vsakih petih ciklih zmrzovanja in odtaljevanja v 4-odstotni raztopini NaCl do 25. cikla so kot rezultat testiranja odpornosti poskusnih betonov proti mrazu in solem podane tudi v diagramu 2.

Izmerjene vrednosti faktorja oddaljenosti podane v preglednici 4, so zlasti nizke za superplastificirane betone, pri katerih je ta vrednost, po podatkih iz literature, vedno večja kot 0,75 mm. Zmrzlinska obstojnost betonov je povezana z vrednostjo faktorja oddaljenosti (6); iz standarda ASTM C 457-71 izhaja, da je beton obstojen proti mrazu, če je faktor oddaljenosti manjši kot 0,2 mm. Iz podatkov v literaturi izhaja, da so betoni zmrzlinsko obstojni tudi še pri višjih vrednostih faktorja oddaljenosti in da bi ta meja, ki ni čisto ostra, morala biti med 0,5 in 0,6 mm (4).

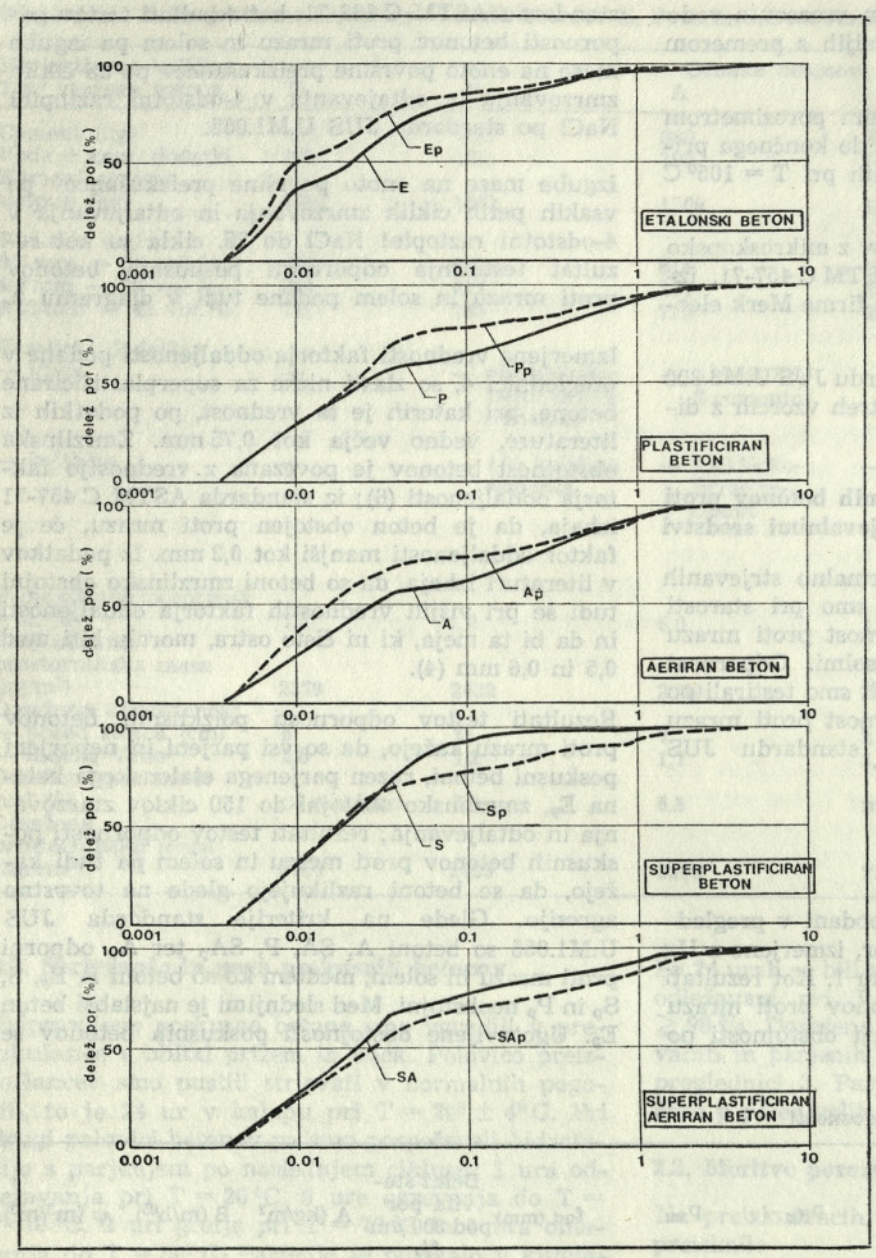
Rezultati testov odpornosti poizkusnih betonov proti mrazu kažejo, da so vsi parjeni in neparjeni poskusni betoni, razen parjenega etalonskega betona E_p, zmrzlinsko obstojni do 150 ciklov zmrzovanja in odtaljevanja; rezultati testov odpornosti poskusnih betonov proti mrazu in solem pa tudi kažejo, da se betoni razlikujejo glede na tovrstno agresijo. Glede na kriterije standarda JUS U.M1.055 so betoni A, SA, P, SA_p ter A_p odporni proti mrazu in solem, medtem ko so betoni E, E_p, S, S_p in P_p neobstojni. Med slednjimi je najslabši beton E_p. Ugotovljene obstojnosti poskusnih betonov se

Preglednica 4: **Rezultati meritev poroznosti**

Beton	p_{TV}	p_{VT}	p_{Hg}	p_{zm}	f_{od} (mm)	Delež števila por pod 300 μm %	A (kg/m^2	B (m/h^{05})	ψ (m^3/m^3)
E	0,157	0,174	0,128	0,0086	0,512	89	0,830	0,00671	0,124
E_p	0,146	0,150	0,050	0,0118	0,910	70	0,731	0,00636	0,115
P	0,140	0,145	0,114	0,0223	0,356	83	0,710	0,00702	0,101
P_p	0,139	0,147	0,130	0,0268	0,382	77	0,604	0,00667	0,091
S	0,116	0,109	0,078	0,0075	0,570	81	0,497	0,00551	0,090
S_p	0,115	0,115	0,055	0,0101	0,587	78	0,437	0,00533	0,082
A	0,177	0,185	0,157	0,0473	0,276	84	0,736	0,00621	0,118
A_p	0,176	0,175	0,134	0,0605	0,354	76	0,645	0,00556	0,116
SA	0,138	0,132	0,090	0,0390	0,202	89	0,363	0,00502	0,073
SA_p	0,140	0,151	0,114	0,0478	0,287	78	0,470	0,00569	0,083

P_{TV} — totalna poroznost z vakuumskim nasičenjem,
P_{TP} — totalna poroznost z nasičenjem pod pritiskom 150 bar,
P_{Hg} — odprta poroznost s porozimetrom Hg,
P_{zm} — poroznost (delež zračnih mehurčkov),
f_{od} — faktor oddaljenosti,
A — koeficient vodovpojnosti,
B — koeficient vodnega prodora,
Ψ — vodna kapaciteta.

DIAGRAM 1

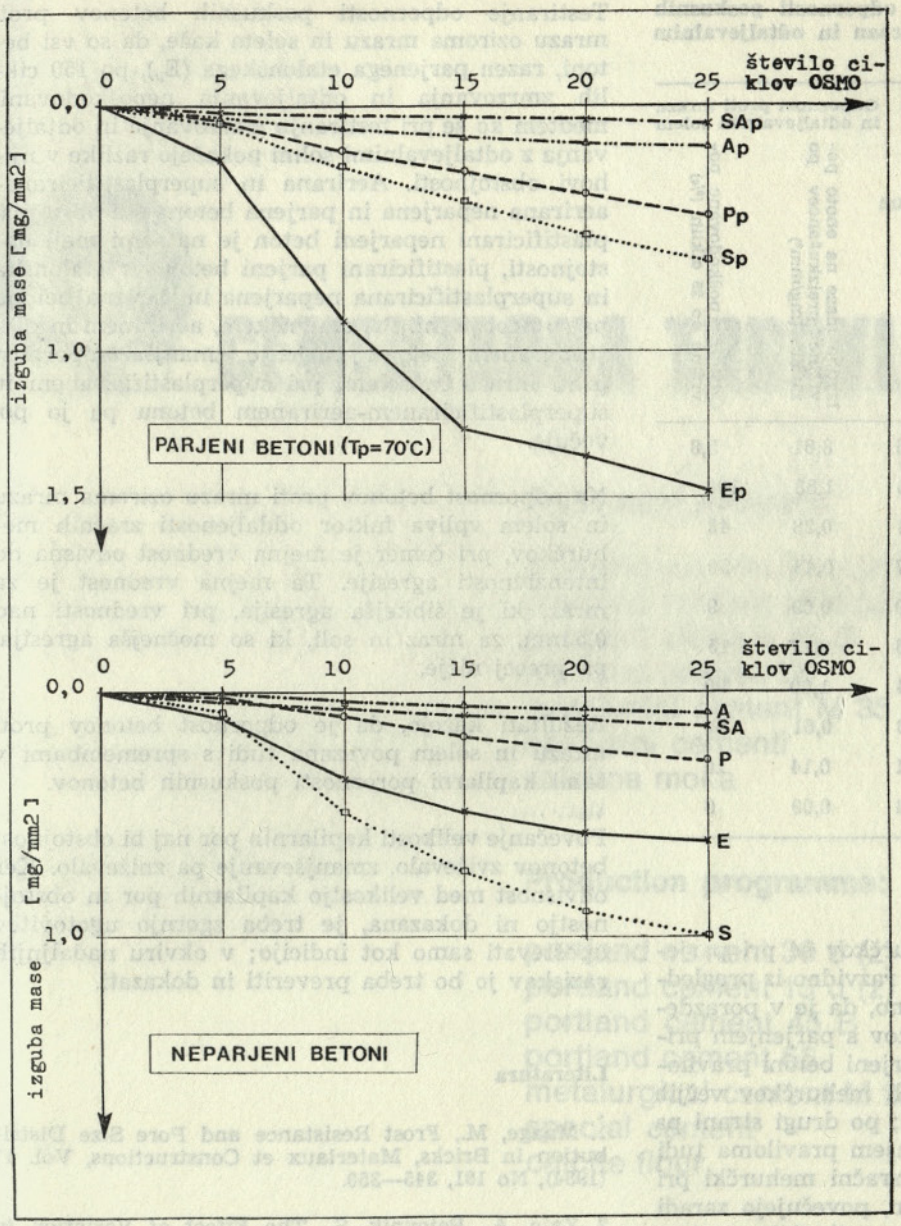


ujemajo z znanim vplivom faktorja oddaljenosti zračnih mehurčkov. Vsi betoni, razen E_p, imajo faktor oddaljenosti manjši kot 0,6 mm, zato so vsi, razen E_p, zmrzinsko obstojni, če ni odtaljevalnih soli. Z odtaljevalnimi solmi, ko zmrzovanje pomeni hujšo agresijo, pa se odpornosti posameznih betonov med seboj razločujejo v odvisnosti od dejanskih vrednosti faktorja oddaljenosti.

Iz diagrama 2, v katerem so primerjalno podane izgube mase na enoto površine za posamezne neparjene in parjene betone, izhaja, da parjenje malo izboljša odpornost superplastificiranega-aeriranega (SA) betona proti mrazu in solem, odpornost superplastificiranega betona (S) precej izboljša, aeriranega (A) in plastificiranega betona (P) malo poslabša in etalonskega betona (E) precej poslabša.

Primerjava rezultatov testov odpornosti proti mrazu in odtaljevalnim solem s porazdelitvami kapilarnih por, izmerjenih s Hg porozimetrom, kaže na ujemanje izboljšanja obstojnosti s povečanjem prostornine por v območju premerov por med 0,04 in 2 μm, in poslabšanja obstojnosti s povečanjem prostornine por v območju premerov por med 0,008 in 0,1 μm. Povezavo med povečanjem zmrzlinske obstojnosti in povečanjem prostornine por v intervalu velikosti med 0,35 μm in 2 μm smo že opazili (4); na podlagi tega smo podali hipotezo, da prav to povečanje prostornine por lahko pomeni pomemben del mehanizma zmrzlinske obstojnosti betonov.

DIAGRAM 2



4. RAZLAGA DOBLJENIH REZULTATOV IN SKLEPNE UGOTOVITVE

Izmerjene vrednosti totalne poroznosti betonov, ki so določene z nasičenjem pod vakuumom in visokim pritiskom, so podane v preglednici 4. Kažejo, da se s parjenjem celotna poroznost betonov ne spreminja, razen pri etalonskem betonu (E), kjer se celotna poroznost nekoliko zniža; pri superplastificiranem-aeriranem betonu (SA) se celotna poroznost s parjenjem nekoliko zviša.

Porazdelitve kapilarnih por, določene s Hg porozimetrom, ki so podane v diagramu 1, in odprta poroznost, podana v preglednici 4, kažejo, da se pri parjenju poveča delež kapilarnih por med 0,04 in 2 μm pri superplastificiranem in superplastificiranem-aeriranem betonu, pri etalonskem, plastificiranem in aeriranem betonu pa se delež por poveča v območju velikosti med 0,008 in 0,1 μm. To pomeni, da se pri betonih S in SA kapilarne pore zaradi parjenja povečujejo, pri betonih E, P in A pa se zaradi parjenja zmanjšujejo. To približno potrjujejo tudi rezultati kapilarnega vsesavanja, podani v preglednici 4.

Povečanje deleža por pri betonih S in SA je v skladu z navedbami iz literature (5); povzročijo ga širjenje kapilarnih por zaradi povišanih temperatur v porah ter mikropoškodbe zaradi raztezanj in transporta vlage. Povečanje deleža malih por pri betonih E, P in A pa se, nasprotno, ne ujema z znanimi podatki in bo treba vzrok šele ugotoviti.

Preglednica 5: **Rezultati testov odpornosti poskusnih betonov proti mrazu oziroma mrazu in odtaljevalnim solem**

Poskusni beton	Odpornost proti mrazu brez soli: Faktor obstojnosti po 200 ciklih zmrzov. odtaljevanja	Odpornost proti mrazu brez soli: Upogibna natezna trdnost (MPa) 180 dni: po 200 ciklih	Odpornost proti mrazu brez soli: Upogibna natezna trdnost (MPa) 180 dni: brez zamrzovanja	Odpornost proti mrazu in odtaljevalnim solem: Izguba mase na enoto površine preizkušancev po 25 cik. (mg/mm²)	Odpornost proti mrazu in odtaljevalnim solem: Odstotek poškodovane površine po 25 ciklih (%)
E	0,92	7,78	8,56	8,61	5,8
E_p	0,52*	5,19*	6,40	1,58	100
P	0,95	7,74	8,44	0,28	43
P_p	0,97	6,99	6,87	0,43	50
A	1,01	7,64	7,19	0,09	9
A_p	0,99	7,50	6,66	0,17	15
S	0,93	8,20	9,64	1,00	90
S_p	0,96	7,88	8,50	0,61	55
SA	0,99	9,15	8,91	0,14	16
SA_p	1,01	7,03	6,44	0,09	6

* 150 ciklov * 150 ciklov

Delež poroznosti zračnih mehurčkov se pri parjenju praviloma povečuje, kar je razvidno iz preglednice 4. Iz nje je prav tako vidno, da je v porazdelitvi velikosti zračnih mehurčkov s parjenjem prišlo do sprememb, saj imajo parjeni betoni praviloma precej večje število zračnih mehurčkov večjih od 300 μm kakor pa neparjeni; po drugi strani pa se faktor oddaljenosti s parjenjem praviloma tudi povečuje. Vse to kaže, da se zračni mehurčki pri parjenju, ko beton še ni strjen, povečujejo zaradi raztezanja zraka in povišanih parnih tlakov oziroma združujejo v večje mehurčke (5). Izmerjeni faktorji oddaljenosti so vsi, razen pri parjenem etalonskem betonu, razmeroma majhni.

Po opravljenih meritvah poroznosti na poskusnih neparjenih in parjenih betonih lahko sklepamo, da parjenje bistveno ne spreminja celotne poroznosti, pač pa povečuje delež poroznosti zračnih mehurčkov, velikost posameznih zračnih mehurčkov in tudi faktor oddaljenosti. Iz dobljenih rezultatov prav tako izhaja, da se pri superplastificiranem betonu in betonu, pripravljenem s superplastifikatorjem in aerantom, s parjenjem poveča delež prostornine por v območju velikosti 0,04 in 2 μm. Pri aeriranem, plastificiranem in etalonskem betonu pa se, v nasprotju s prejšnjo ugotovitvijo, poveča prostornina por v območju premerov por med 0,008 in 0,1 μm.

Testiranje odpornosti poskusnih betonov proti mrazu oziroma mrazu in solem kaže, da so vsi betoni, razen parjenega etalonskega (E_p), po 150 ciklih zmrzovanja in odtaljevanja nepoškodovani, medtem ko se pri testiranju zmrzovanja in odtaljevanja z odtaljevalnimi solmi pokažejo razlike v njihovi obstojnosti. Aerirana in superplastificirana-aerirana neparjena in parjena betona sta obstojna, plastificirani neparjeni beton je na sami meji obstojnosti, plastificirani parjeni beton ter etalonska in superplastificirana neparjena in parjena betona pa so neobstojni. Pri etalonskem, aeriranem in plastificiranem betonu parjenje zmanjša odpornost proti mrazu in solem, pri superplastificiranem in superplastificiranem-aeriranem betonu pa jo povečuje.

Na odpornost betonov proti mrazu oziroma mrazu in solem vpliva faktor oddaljenosti zračnih mehurčkov, pri čemer je mejna vrednost odvisna od intenzivnosti agresije. Ta mejna vrednost je za mraz, ki je šibkejša agresija, pri vrednosti nad 0,5 mm, za mraz in soli, ki so močnejša agresija, pa precej nižje.

Rezultati kažejo, da je odpornost betonov proti mrazu in solem povezana tudi s spremembami v sami kapilarni poroznosti poskusnih betonov.

Povečanje velikosti kapilarnih por naj bi obstojnost betonov zviševalo, zmanjševanje pa zniževalo. Ker odvisnost med velikostjo kapilarnih por in obstojnostjo ni dokazana, je treba zgornjo ugotovitev upoštevati samo kot indicijo; v okviru nadaljnjih raziskav jo bo treba preveriti in dokazati.

Literatura

1. Maage, M., Frost Resistance and Pore Size Distribution in Bricks, Materiaux et Constructions, Vol. 17 (1984), No 101, 345—350.

2. Zajc, A., Pejovnik, S., The Effect of Variation in Pore Structure on the Frost Resistance of Concrete with and without Deicing Chemicals, VTT Symposium 50, Third Internacional Conference on the Durability of Building Materials and Components, Espoo 1984, 435 do 443.

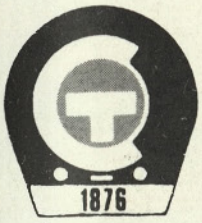
3. Nevil, A. M., Svojstva betona, Građevinska knjiga, Beograd, 1976.

4. Litvan, G. G., Air Entrainment in the Presence of Superplasticizers, Journal of ACI, (1983), 4, 326—331.

5. Altner, W., Reichel, W., Betonschnellerhartung, Veb Verlag fur Bauwesen, Berlin, 1981.

6. Zajc, A., Mali, E., Uticaj zaparivanja na poroznost reoplastificiranih betona, XVII. kongres JUDIMK, Sarajevo 1982, I. oblast: Istraživanja u području materijala i njegove primene, 17—27.

7. Schwarz, B., Die kapillare Wasseraufnahme von Baustoffen, Gesundheits-Ingenieur 93 (1972), 7, 206 do 211.



CEMENTARNA TRBOVLJE

Proizvodni program:

portland cement 30 d (z) 35 S
portland cement 15 d (z) 45 S
portland cement 45 B
portland cement 55
metalurški cement M 35 S
specialni cementi
kalcitna moka

Production programme:

portland cement 30 d (z) 35 S
portland cement 15 d (z) 45 S
portland cement 45 B
portland cement 55
metalurgical cement M 35 S
special cement
calcite flour

Sedež:	Kolodvorska c. 5
Head Office:	61420 Trbovlje
Telegram:	Jugoslavija
Cable:	Cementarna Trbovlje
Telex:	
Telex:	35 115 YU CT
Telefon:	0601/22 544
Telephone:	

gradbeno podjetje grosuplje

Gradbeno podjetje Grosuplje n. sol. o.
61290 Grosuplje, Taborska 13
Telefon: 061/772 112
telex: 31480 GROSGP YU
telegram: GPG

DO je članica SOZD Imos Ljubljana, Linhartova 11 a

GPG z 2500 zaposlenimi spada med največje slovenske gradbene organizacije. Imamo 40-letne izkušnje na najzahtevnejšem jugoslovanskem trgu, zgradili smo 25% ljubljanskih stanovanj, večino ljubljanskih fakultet, poslovne, industrijske in kmetijske objekte, objekte visoke gradnje v olimpijski vasi v Sarajevu. Nastopili smo na gradbiščih v tujini; Irak, ZRN, NDR. Izvažamo opremo.

Dejavnosti:
Izvajanje vseh vrst visokih gradenj
Proizvodnja predizdelanih gradbenih elementov
Proizvodnja kovinskih, stavbnih in drugih konstrukcij
Projektiranje gradbenih objektov
Prostorsko in urbanistično planiranje in projektiranje

Poslovni ugled GPG temelji na visoki kakovosti, izpolnjevanju rokov in konkurenčnih cenah. Prilagajamo se tržnim zahtevam. Z investitorji sodelujemo od zasnove do predaje objekta (svetovanje, projektiranje, izvedba). Sledimo razvoju projektiranja in gradnje. Uvajamo nove – izvozno usmerjene – proizvodne programe kovinarske dejavnosti. Vse ob podpori najmodernejše računalniške tehnologije.

TOZD Splošne gradnje
TOZD Gradbeni polizdelki – proizvodnja
TOZD Kovinsko lesni obrati
TOZD Projektivni biro
DS za nastanitev in prehrano delavcev
DS skupne službe