

GRADBENI VESTNIK

10-11-12

GRADIMO Z GIP »PIONIR« NOVO MESTO





GRADBENI VESTNIK

GLASILO ZVEZE DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE
ŠT. 10-11-12 ● LETNIK 37 ● 1988 ● YU ISSN 0017-2774

VSEBINA-CONTENTS

Clanki, študije, razprave
Articles studies,
proceedings

Andrej Rebec:	DOLOCANJE VPLIVA POZARA NA KONSTRUKCIJE IN ODZIVA KONSTRUKCIJ NA POZAR	178
	EFFECTS OF FIRE TO STRUCTURES AND THEIR RESPONSE	
Franc Vidic:	GEOTEHNIČNE RAZISKAVE IN NACRTOVANJE KONSOLIDACIJSKIH DEL NA BARJANSKEM OBMOČJU CONE RUDNIK V LJUBLJANI	183
	GEOTECHNICAL INVESTIGATIONS AND PLANNING OF CONSOLIDATION WORKS ON THE BARJE (MARSHLANDS) AREA OF THE RUDNIK INDUSTRIAL ZONE NEAR LJUBLJANA	
Svetko Lapajne:	STUDIJA TEMELJNIH PODPLATOV	193
	STUDY OF FOOTINGS	
Marko Lutman, Branko Benedik:	OBNASANJE BETONA POD VPLIVOM MEHANSKIH NAPETOSTI IN POVIŠANIH TEMPERATUR — TGA KIDRIČEVO	198
	STRUCTURAL BEHAVIOUR OF CONCRETE UNDER LONG-TERM UNIAXIAL STRESSES AT HIGH TEMPERATURE — TGA KIDRIČEVO	
Svetko Lapajne:	DIMENZIONIRANJE PRAVOKOTNIH PREREZOV IZKLJUČNO TLAČNE ODPORNOSTI NA OSNO SILO, KI UCINKUJE MED JEDROM PREREZA IN NJEGOVIM OBRISOM	203
	COMPUTATION OF RECTANGULAR SECTION OF ONLY COMPRESSIVE RESISTANCE AGAINST AXIAL FORCES WHICH ACT BETWEEN THE CORE AND THE CONTOUR OF THE SECTION	
Velizar Ećimović:	OPTIMIZACIJA PRIDOBIVANJA BLOKOV V KAMNOLOMIH ARHITEKTONSKO GRADBENEGA KAMNA	208
	BETTER BLOCK RECOVERY IN QUARRIES OF ARCHITECTURAL AND BUILDING STONES	
Leopold Vehovar:	PRINCIPI KOROZIJE JEKLA V BETONU	213
	PRINCIPLES OF CORROSION IN CONCRETE	
Iz naših kolektivov From our enterprises Poročila Proceedings	Lojze Cepuš	221
	Franc Čačovič: OB ZAKLJUČKU XXXVII. LETNIKA	225
	F. Kržič: 10 LET DRUŠTVA GRADBENIH KONSTRUKTORJEV SLOVENIJE	227
	I. Kovač: SPECIALIZIRANI SEJEM GRADBENIŠTVA IN GRADBENIH MATERIALOV Z MEDNARODNO UDELEŽBO V GORNJI RADGONI OD 3. DO 7. APRILA 1989	228
Poročila Fakultete za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo Proceedings of the Department of Civil Engineering University E. Kardelj, Ljubljana Informacije zavoda za raziskavo materiala in konstrukcij Ljubljana Proceedings of the Institut for materials and structure research Ljubljana	Goran Turk, Miran Seje: VPLIV ASFALTIRANJA NA BETONSKE MOSTOVE	229
	THE INFLUENCE OF ASPHALTING ON CONCRETE BRIDGES	
	Milan Hajdukovič: POŽARNI LABORATORIJ V GAMELJNAH	233
	ZRMK LABORATORY FOR FIRE-SAFETY TESTING OF MATERIALS AND STRUCTURES	

Glavni in odgovorni urednik: FRANC ČAČOVIČ

Lektor: ALENKA RAIČ — Tehnični urednik: DANE TUDJINA

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

Revija izdaja Zveza društev gradbenih inženirjev in 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 6000 din, za študente in upokojene 3000 din, za podjetja, zavode in ustanove 48.000 din, za inozemske naročnike 50 US dolarjev. Revija izhaja ob finančni pomoči Raziskovalne skupnosti Slovenije, Splošnega združenja gradbeništva in IGM Slovenije, Zveze vodnih skupnosti Slovenije, Zavoda za raziskavo materiala in konstrukcij Ljubljana in Fakultete za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo Univerze Edvarda Kardelja v Ljubljani.

Določanje vpliva požara na konstrukcije in odziva konstrukcij na požar

UDK 624:614.84:699.8

ANDREJ REBEC

Povzetek

Namen članka je prikazati določanje pogojev, katerim je izpostavljena nosilna konstrukcija med požarom. Članek ne daje zaključkov teoretičnega ali eksperimentalnega dela, ampak predstavlja pregled dela tuje literature na tem področju, s ciljem predočiti požar kot način možne obtežbe konstrukcije. Opisan je postopek določanja temperaturnočasovnih odvisnosti konstrukcij izpostavljenih požaru, tako imenovan racionalen znanstveno potrjen način projektiranja. V zaključnem delu je prikazan primer obnašanja požaru izpostavljenega armiranobetonskega okvira s primerjavo rezultatov analitičnega in eksperimentalnega določanja požarne odpornosti.

EFFECTS OF FIRE TO STRUCTURES AND THEIR RESPONSE

Summary

The purpose of this paper is to present the conditions to which load-bearing structures are subjected during fires. A survey of literature dealing with the theoretical and experimental work in the field of fire engineering is provided, and a method which makes it possible to calculate temperature-time relations of complete fire processes is described (rational fire engineering design). In conclusion, the results of an analytical prediction of the fire resistance of a fire-exposed reinforced-concrete frame are compared to those obtained experimentally.

1. UVOD

Analiza požarne varnosti zgradbe je lahko predstavljena s postopkom, sestavljenim iz dveh stopenj. V prvi mora biti določena optimalna raven požarne zaščite v povezavi z vrsto in načinom gradnje ter z vzdrževanjem zgradbe, v drugi pa mora biti zagotovljena racionalna razporeditev sredstev, namenjenih za požarnozaščitne ukrepe, in to zato, da se doseže optimalno razmerje med stroški požarnih ukrepov in minimalno zahtevano varnostjo uporabnikov zgradbe.

Cilj omenjenega postopka načrtovanja zgradb, varnih pred požarom, je izbrati optimalni sistem komponent požarne zaščite, kot so evakuacijske poti, nadzor nad nastajanjem in gibanjem dima, sistem detekcije in gašenja ter integritete konstrukcijskih elementov, izpostavljenih požaru.

V tem članku je opisan postopek določanja temperaturno-časovne odvisnosti dimnih plinov v požarnem sektorju, v sklepnem delu pa je prikazan primer obnašanja okvira (stebri, grede), izpostavljenega požaru, s poudarkom na določanju požarne odpornosti, in to okvira kot celote in njegovih posameznih elementov.

požarom, je nejasnih, četudi jih obravnavamo parcialno.

Glavne karakteristike gorenja za običajne tipe požara niso znane. Za »lesno« gorivo, na primer, ne poznamo principov konverzije izgube teže lesa v kg na enoto časa v toploto, sproščeno v fazi polnozravnega požara.

Eden od ciljev modelov za teoretično obravnavo procesa požara je bil poenostaviti računanje toplotno-časovnih odvisnosti procesa požara, tako da bi bili rezultati lahko uporabni za racionalni način projektiranja zgradb, varnih pred požarom.

Glavni kriterij naj bi bila zahteva, da mora analitični model v praktičnih aplikacijah nuditi sprejemljiv vpis temperaturno-časovnega polja med požarom in obliko deformiranja konstrukcijskih elementov, izpostavljenih požaru. Na drugi strani je postalo očitno, da je za zdaj nemogoče skonstruirati analitični model za procese požara, ki bi obenem nudil sprejemljiv opis temperaturno-časovnega odnosa plinov požarnih procesov za vse tipe požarov. Zavedajoč se kompleksnosti procesov med požarom, je nujno potrebno privzeti nekatere aproksimacije.

V nadaljevanju so naštetih nekateri od glavnih faktorjev, ki jih je treba obravnavati v analitičnih modelih požarov, in sicer:

- količina in vrsta gorljivega materiala v požarnem sektorju,
- oblika in način shranjevanja gorljivega materiala,
- distribucija gorljivega materiala v požarnem sektorju,
- količina dovedenega zraka v enoti časa v požarni sektor,

2. GLAVNE KARAKTERISTIKE PROCESA POŽARA

V požaru je kompleksna interakcija med posameznimi mehanskimi procesi in procesi toplotnega prenosa, dosti pa je tudi kemičnih reakcij. Veliko fizikalnih in kemičnih fenomenov, ki nastajajo med

Avtor:

Andrej Rebec, dipl. inž. gradb., Zavod za raziskavo materiala in konstrukcij, Dimičeva 12, 61000 Ljubljana

- geometrija požarnega sektorja, površina tal, sten, stropov ter odprtih in
- termične lastnosti obodne konstrukcije požarnega sektorja.

Med naštetimi faktorji sta drugi in tretji tista, ki ju je težko opisati z analitičnim modelom. Za tretji faktor se večinoma privzame, da je temperatura v požarnem sektorju na vseh mestih enaka, pri čemer pa predpostavka razmeroma dobro velja za požarne sektorje normalnih sobnih dimenzij. Požarni testi kažejo, da so — zavedajoč se močne turbulence, ki nastaja med požarom — temperaturne diference na različnih mestih požarnega sektorja zanemarljive. Za velike požarne sektorje z izrazito neenakomerno razporejeno požarno obtežbo in veliko višino, pri katerih je ventilacija skoncentrirana na eno od štirih strani požarnega sektorja, pa diference v temperaturah na njegovih različnih mestih niso zanemarljive.

Drugi od naštetih faktorjev je upoštevan v analitičnem modelu polnorazvitega požara (faza razvoja požara, faza polnorazvitega požara in faza ohlajevanja), tako da se požari grobo delijo v dva tipa. Za prvega je značilno, da je raven gorenja med plamensko fazo določena z ventilacijo v požarnem sektorju, pri čemer je povprečna raven gorenja v plamenski fazi R_m , proporcionalna faktorju dovoda zraka $A \cdot \sqrt{h}$.

$$R_m = k \cdot A \cdot \sqrt{h}, \quad \dots 2, a$$

kjer pomenijo:

- k — konstanto, odvisno in izračunljivo iz kemične zgradbe snovi,
- A — celotno površino odprtih požarnega sektorja in
- h — srednjo vrednost višin odprtih v požarnem sektorju.

Enačbi 2. a je zadoščeno, če ima površina goriva A_q , ki je izpostavljena gorenju, določeno minimalno vrednost v relaciji z vrednostjo faktorja dovoda zraka $A \cdot \sqrt{h}$, to je, če razmerje $A_q/A \cdot \sqrt{h}$ presega določeno vrednost. Če je temu zadoščeno, potem količina in »poroznost« (gostota skladiščenja) požarne obtežbe nimata vpliva na R_m . Ta tip požara je definiran kot ventilirano kontroliran požar.

Za drugi tip požara pa je značilno, da vsa dovedena količina zraka v požarni sektor ni uporabljena za gorenje. V tem primeru so lastnosti gorljivega materiala, predvsem količina, oblika in način shranjevanja, tiste, ki določajo vrednost R_m . Ta tip požara imenujemo kontroliran požar glede na požarno obtežbo. Sedanje znanje na področju požarnega inženirstva ni zadostno za zanesljiv račun ravni gorenja ob požaru, kontroliranem s požarno obtežbo. Izračunane temperature v konstrukciji so višje, če temelji račun na temperaturno-časovnem odnosu za požare s kontrolirano požarno obtežbo.

Če je dejanski požar kontroliran s požarno obtežbo, daje omenjeni način projektiranja konstrukcij na podlagi poenostavljenih predpostavk, da je požar kontroliran z ventilacijo, rezultate na varni strani. V normalnih okoliščinah je predimenzioniranje zanemarljivo.

3. NAČINI PROJEKTIRANJA KONTRUKCIJSKIH ELEMENTOV, IZPOSTAVLJENIH POŽARU, GLEDE NA NAČIN SIMULIRANJA TOPLOTNEGA VPLIVA

V večini primerov lahko konstrukcijske elemente (ali njihove sklope), izpostavljene požaru, analiziramo analitično. V grobem lahko simuliramo požarno izpostavljenost s tremi tipi toplotnih vplivov na konstrukcijski element, in sicer:

H — 1 — toplotni pogoji so definirani s standardno toplotno časovno odvisnostjo, določeno s standardom JUS UJ1.070 (DIN 4102, ISO 834). V tem primeru pomeni čas izpostavljenosti požaru t čas, v katerem morata element ali konstrukcija opravljati svojo funkcijo (nosilno, pregradno). Pogoji, določeni s standardom JUS UJ1.070 ali z drugimi standardi, so določeni v eksperimentalni ali računski obliki,

H — 2 — enaki toplotni pogoji kot pri H — 1, razen da je čas trajanja izpostavljenosti požaru t določen v vsakem konkretnem primeru glede na karakteristike požarnega sektorja. Čas t tudi pomeni ekvivalentni čas požarne izpostavljenosti (standardnega požara), kar enako učinkuje na konstrukcijski element, kot če bi bil ta izpostavljen konkretnim razmeram požara v požarnem sektorju;

H — 3 — toplotna izpostavljenost je določena s pogoji, ki so v polnorazvitem požaru s specifičnimi lastnostmi, določenimi s karakteristikami gorenja požarne obtežbe, z ventilacijo požarnega sektorja in s termičnimi lastnostmi obodne konstrukcije požarnega sektorja. V vsakem posameznem primeru je treba izračunati pogoje izpostavljenosti požaru in enačb toplotnega ravnovesja, apliciranih na požar v konkretnem požarnem sektorju.

V nadaljevanju je opisan postopek določanja temperaturno-časovnih odvisnosti konstrukcij, izpostavljenih požaru, označenim s H — 3, t , i , racionalni znanstveno potrjeni način projektiranja zgradb, varnih pred požarom.

4. DOLOČANJE TEMPERATURNO-ČASOVNIH ODVISNOSTI DIMNIH PLINOV ZA DOLOČEN TIP POŽARNE OBTEŽBE

Teoretični princip temelji na dejstvu, da je mogoče skonstruirati odnos, ki za vsak čas t opisuje ravnotežje med ustvarjeno in porabljeno toplotno energijo v požarnem sektorju. V celotni obliki je toplotno ravnotežje izraženo v naslednji obliki:

$$I_c = I_1 + I_w + I_r + I_b, \quad \dots 4. a$$

kjer pomenijo:

- I_c — toploto, sproščeno med gorenjem,
- I_1 — izgubo toplote zaradi izhajajočih plinov,
- I_w — toploto, oddano v obodne zidove in skozi nje, strop in talno konstrukcijo,
- I_r — toploto, oddano z radiacijo skozi odprtine v požarnem sektorju in
- I_b — toploto, shranjeno v prostornini plinov v požarnem sektorju.

V nadaljevanju so našete predpostavke, pri katerih je enačba 4. a veljavna:

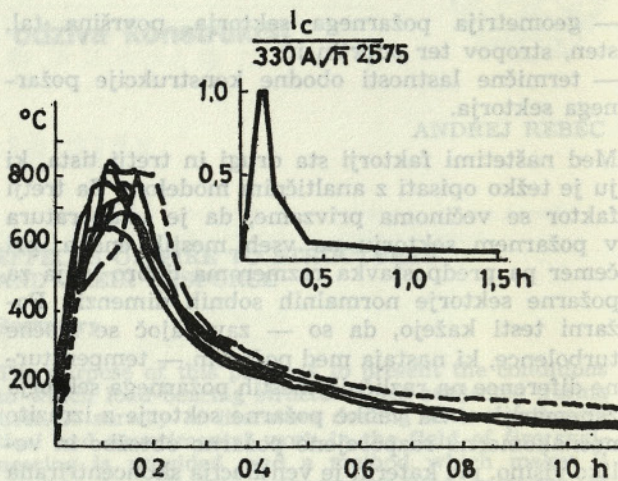
- gorenje je popolno in poteka natanko v požarnem sektorju;
- ne glede na vsebino požarnega sektorja je temperatura konstantna po celotni notranjosti požarnega sektorja;
- ne glede na vsebino požarnega sektorja je koeficient prestopa toplote na notranjo obodno površino požarnega sektorja konstanten in
- toplotni tok na obodno konstrukcijo in skozi njo je enodimenzionalen ter se z izjemo vrat in oken enako distribuira za vsak tip obodne konstrukcije.

Določanje temperatur v požarnem sektorju iz enačbe toplotnega ravnovesja temelji na razdelitvi časa trajanja požara na končne časovne intervale, ki jim pripadajo ustrezne temperature. Ti časovni intervale ne smejo biti preveliki, da računanje ne postane nestabilno; izkušnje pa kažejo, da so primerni intervale izbrani med 0,1 do 5 minut, če le ni hitrost razvoja energije med požarom (I_c) prevelika in če ima obodna konstrukcija požarnega sektorja »normalno« termično inercijo ($\sqrt{\lambda \cdot \rho \cdot C_p}$). Za tako izbrane časovne intervale lahko koeficient toplotnega prehoda aproksimiramo z zadostno natančnostjo kot konstantnega v posameznem intervalu. Z vstavljanjem vrednosti posameznih komponent v enačbo toplotnega ravnovesja je iskana temperatura plinov požara določena z naslednjo enačbo:

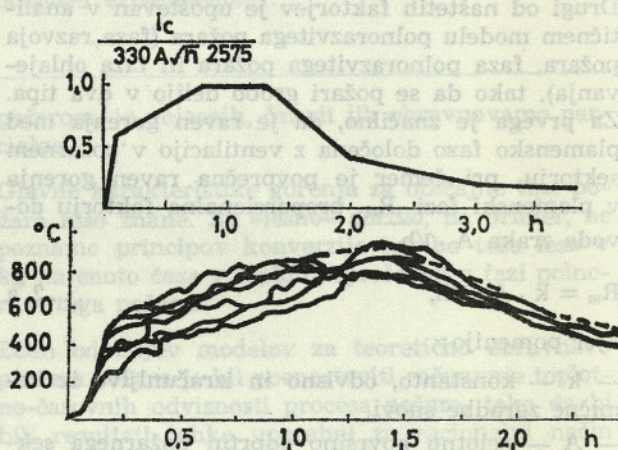
$$\vartheta_t = \frac{I_c + \kappa \cdot C_p \cdot A \cdot \sqrt{h} \vartheta_0 + (A_t - A) \left(\frac{1}{1/\alpha_1 + \Delta x_1/2 \lambda} \right) \vartheta_1 - I_R}{\kappa \cdot C_p \cdot A \sqrt{h} + (A_t - A) \left(\frac{1}{1/\alpha_1 + \Delta x_1/2 \lambda} \right)} \quad \dots 4. b$$

Temperatura ϑ_1 v enačbi 4. b je funkcija iskane temperature dimnih plinov ϑ_t v požarnem sektorju. Zato je treba najprej rešiti enačbo ali sistem diferencialnih enačb enodimenzionalne nestacionarne toplotne prevodnosti v diferencialni obliki in tako določiti temperaturo ϑ_1 (temperatura v sredini obodne konstrukcije, če je ta enoslojna) v danem časovnem intervalu Δt . Ker pa je temperatura ϑ_1 tudi funkcija temperature dimnih plinov ϑ_t , je treba omenjeno enačbo ali sistem diferencialnih enačb reševati z, na primer, modificirano Mersonovo metodo Runge-Kutta.

Prevladujoča požarna obtežba v zgradbah, kjer običajno živimo, ima značilnosti gorenja, podobne tistim, ki so v glavnem take kot za požarno ob-



Slika 4. a Izračunane (---) in merjene (—) temperature dimnih plinov požarnih preiskav v naravnem merilu s pohištvom kot požarno obtežbo



Slika 4. b Izračunane (---) in merjene (—) temperature dimnih plinov požarnih preiskav v naravnem merilu z lesenimi gredicami kot požarno obtežbo

težbo, tj. les. Na podlagi opisanega analitičnega načina določanja temperaturno-časovnih odnosov je bilo vzporedno opravljenih več kot 30 dobro dokumentiranih požarnih raziskav v naravnem merilu v različnih laboratorijih. Izračunane in eksperimentalno določene temperature dimnih plinov so prikazane na naslednjih slikah.

V diagramih pomenijo delno izvlečene črte izračunane temperaturno-časovne odvisnosti za sproščeno toploto I_c .

Temeljna predpostavka v teoretičnih računih je bila, da je sproščena energija v procesu požara (površina pod krivuljo I_c — čas) enaka množini energije, nakopičene v gorivu. Tesno prileganje med

izračunanimi in izmerjenimi temperaturno-časovnimi odvisnostmi jasno kaže, da je odnos toplotnega ravnovesja v enačbi 4. a primeren za osnovo simuliranja požarnih procesov. Te je mogoče skonstruirati glede na gornja navodila za določanje temperaturno-časovnih odnosov za različne vrednosti požarne obtežbe, faktorjev odprtih in za različne vrste materialov obodne konstrukcije.

5. PRIMER OBNAŠANJA ARMIRANOBETON-SKEGA OKVIRA, IZPOSTAVLJENEGA STANDARDNEMU POŽARNEMU PREIZKUSU

Požari v velikih večnadstropnih objektih nastajajo v posameznih »celicah«. Obodna konstrukcija prostora (lite armiranobetonske stene, plošče, stebri in grede), v katerem je požar nastal, je neposredno izpostavljena povišanim temperaturam, medtem ko je »sosednja« konstrukcija ostala virtualno hladna. Lita armiranobetonska konstrukcija pomeni konstrukcijo, katere podpore ne dovoljujejo pomikov, zaradi česar se ob požarni obtežbi elementa pojavljajo na podporah dodatne omejevalne sile. Način vpliva in širjenja ognja po objektu je povezan z distribucijo požarne obtežbe, s konstrukcijo obodnih elementov (sten, stropov, vrat) in s protipožarnimi ukrepi v širšem smislu.

Glede na dejstvo, da je požar omejen na določeno območje, ki je obdano z monolitnimi litimi armiranobetonskimi elementi, so ti elementi — izpostavljeni ognju in obenem omejevani na podporah — obteženi na povsem drugačen način kot v standardnih testnih preizkusih.

Požarno neobteženi sosednji elementa pa so obteženi s silami na podporah, ki so nastale zaradi omejevalnih sil požarno obteženih elementov.

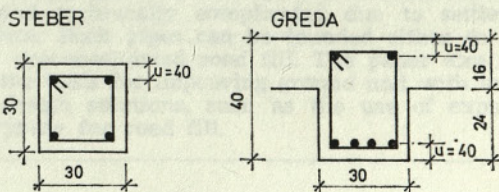
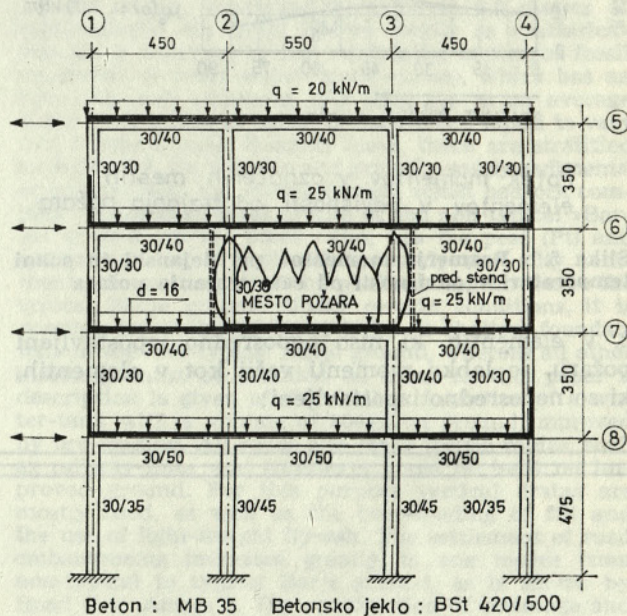
Glede na prej povedano se zastavljata dve vprašanji:

- kako daleč seže vpliv deformacij in sil, nastalih zaradi lokalnega požara, v hladno cono in
- od česa so odvisne omejevalne sile na podporah in kolikšne največje vrednosti lahko imajo.

Izpostavljenost elementa požaru je način obtežbe, ko je konstrukcijski element poleg osnovni »mehanični« obtežbi izpostavljen še dodatni »termični« obtežbi, ki je nestacionarna. Tako nastane med trajanjem požara stanje, v katerem se s časom spreminjajo notranje sile v gradbenem elementu in reakcije na podporah elementa; pri tem so podpore elementa tudi gradbeni elementi, ki so neposredno ali posredno izpostavljeni požaru. Iz povedanega sledi, da je spremljanje in analiziranje napetostno-deformacijskega stanja konstrukcijskega elementa oziroma sklopa teh elementov sestavljen in zapleten problem; tako je eksperimentalno določanje požarne odpornosti za take konkretne primere praktično nemogoče. Z računalniškimi programi, katerih rezultati so verificirani z laboratorijskimi, je mogoče simulirati dejanske razmere

med trajanjem požara in spremljati obnašanje napetostno-deformacijskega stanja posameznega elementa oziroma sklopa teh elementov v poljubnem času požara. Iz naslednjega primera je razvidno, da se upogibni momenti gred oziroma stebrov armiranobetonskega okvira časovno spreminjajo (požarna obtežba je funkcija časa), pri čemer so njihove vrednosti časovno nelinearne. V diagramih sl. 5.a in 5.b so podana razmerja upogibnih momentov (pri sobni temperaturi in temperaturi standardnega požara v določenem času) v časovni odvisnosti.

Rezultati, prikazani v diagramih, kažejo časovno odvisnost razmerja momentov $M(t)$ in $M(O)$ med trajanjem požara. Vrednost $M(t)$ pomeni moment v gradbenem elementu v času t trajanja požara, vrednost $M(O)$ pa moment v gradbenem elementu pri sobni temperaturi. Na sliki 5.b je prikazano spreminjanje momentov gred in stebrov, ki so neposredno in posredno izpostavljeni požaru.

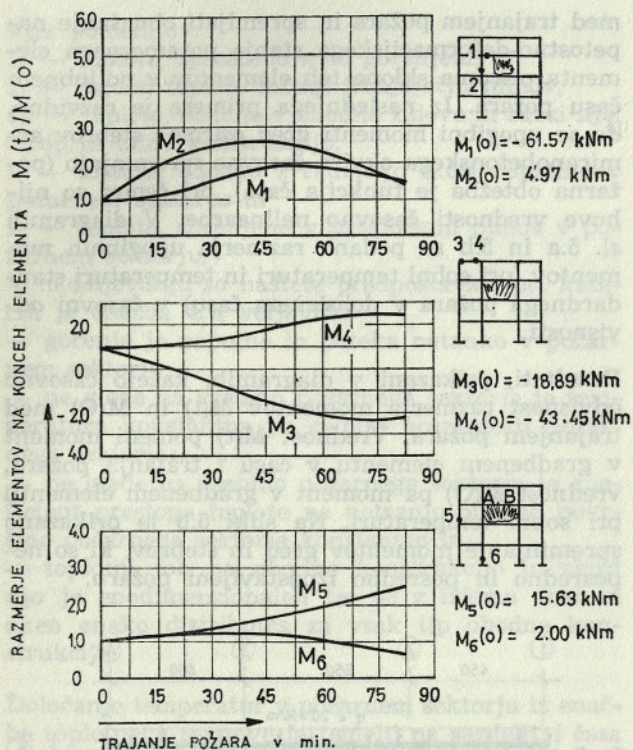


Geometrijske karakteristike armiranobetonskega pomičnega okvira z mestom požara

Slika 5. a Shema AB-okvira z označenim mestom požara na konstrukciji

Iz diagramov je mogoče sklepati naslednje:

1. Predznak momentov, ki nastajajo v elementih zaradi izpostavljenosti požaru, je lahko drugačen kot pri lastni in koristni obtežbi;



Potek momentov v označenih mestih elementov v odvisnosti od trajanja požara

Slika 5. b Razmerje momentov pri dejanski in sobni temperaturi v odvisnosti od časa trajanja požara

2. V elementih, ki niso neposredno izpostavljeni požaru, so lahko momenti večji kot v elementih, ki so neposredno izpostavljeni;

3. Momenti, nastali v elementih zaradi požara na konstrukciji (objektu), dosegajo take vrednosti (razmerje momentov je do 2,4 za grede in do 2,6 za stebre), da lahko pride zaradi prerazporeditve momentov do rušenja posameznih elementov že v 45. minuti (M_2), odvisno od načina dimenzioniranja (varnost).

6. SKLEP

Iz povedanega sledi, da je za določanje požarne odpornosti elementov pomemben tip konstrukcije, ki ga tvorijo t. i. elementi. Požarna odpornost stebrov, določena po navodilih standarda DIN 4102, bi znašala 90 minut, gred pa 120 minut; pri tem je vsak element obravnavan ločeno. Obravnavanje konstrukcije kot celote pa kaže, da lahko privzamemo gornje rezultate, če konstrukcija prenese največjo vrednost momentov v 45. minuti, pri čemer mora znašati varnost stebrov okrog 2,6, in največjo vrednost momentov v 75. minuti, pri čemer mora znašati varnost gred okrog 2,4.

Literatura

1. FIRE ENGINEERING DESIGN OF STEEL STRUCTURES, Ove Petterson, Sven-Erik Magnusson, Division of Structural Mechanics and Concrete Construction, Lund Institute of Technology.
2. TEMPERATURE-TIME CURVES OF COMPLETE PROCESS OF FIRE DEVELOPMENT, Sven-Erik Magnusson, Sven Theleandersson, Division of Structural Mechanics and Concrete Construction, Lund Institute of Technology.
3. PRINCIPLES AND RATIONAL UNDERLYING CALCULATION METHODS IN RELATION TO FIRE RESISTANCE OF STRUCTURAL ELEMENTS, Ove Petterson.
4. BETON BRANDSCHUTZ HANDBUCH, K. Kordina, C. Meyer-Ottens.

Geotehnične raziskave in načrtovanje konsolidacijskih del na barjanskem območju industrijske cone Rudnik v Ljubljani

UDK 624.131.3/4:551.312.2

FRANC VIDIC

Povzetek

Industrijska cona Rudnik Ljubljana je situirana na območju med dolensko železnico, južno obvoznico in obstoječim stanovanjskim naseljem ob Jurčkovi poti. Geotehnične raziskave so pokazale, da je približno 100-metrski pas ob železnici netipično barjanskega sestava, ostali del pa je tipično barjanski. Geotehnični stolpec tipičnega sestava je 1 do 2 m površinske šote in organskih zemljin, 2 do 6,6 m visokoplastičnega melja (MH), imenovanega »polžarica«, ki je zredno rahle strukture, ter do 18,8 m globine židkih do lahkognetnih kohezivnih zemljin. Globlje se pojavljajo slojevito konsolidirani, glinastemeljni in prodno-peščeni sedimenti ali kontakt s preperelim permokarbonskim kompleksom. Netipično barjanski geotehnični stolpec ima šoto (Pt) in »polžarico«, zamenjano s peščenimi in meljnimi naplavinami, ostali sestav pa je podoben opisanemu. Temeljenja visokih objektov so na netipičnem barjanskem območju pogojno plitva, vse ostale objekte pa je treba temeljiti na kolih. V tem članku je obdelano plitvo temeljenje rezervoarja vode s prostornino 800 m³ na izboljšanih tleh s predobtežbo. Vse cestno in drugo prometno omrežje, kot sta železnica, tramvaj, je treba zgraditi na izboljšanih tleh. Za ta namen se večinoma aplicirajo vertikalne drenaže, preobtežitev nasipov in uporaba lahkega materiala elektrofiltrskega pepela. Posedki nasipov cest izrazito naraščajo v smeri od netipične proti tipično barjanski sestavi tal, ki jo kaže cesta C na vzorčni prilogi 2. Komunalne naprave so geotehnično in gradbeno tehnološko zahtevni objekti. Komunalni vodi so deloma temeljni globoko (kanalizacija), deloma pa plitvo na konsolidiranih tleh v vplivnem območju cestnih nasipov (plin). V članku so obravnavane še osnove izboljšanja tal in posamezne rešitve, kot je uporaba stiropora za cestne nasipe. Po končanih gradbenih delih bodo obdelane rešitve najzahtevnejših del.

GEOTECHNICAL INVESTIGATIONS AND PLANNING OF CONSOLIDATION WORKS ON THE BARJE (MARSHLANDS) AREA OF THE RUDNIK INDUSTRIAL ZONE NEAR LJUBLJANA

Summary

The Rudnik Industrial Zone, near Ljubljana, is situated in an area contained by the Dolenjska railway-line, the southern section of the Ljubljana motorway ring-road, and the existing housing estate along the road Jurčkova pot. Geotechnical investigations have shown that a strip of land, approximately 100 metres wide, next to the railway-line, consists of non-typical Barje (marshlands) ground, whereas the remainder is typical Barje ground. The geotechnical profile of the latter consists of one to two metres of superficial peat and organic matter, overlying from 2.0 to 6.6 metres of highly-plastic silt (MH), known locally as »polžarica« (the name referring to clay containing numerous fossil fragments of fresh-water snails shales), which has an extremely soft structure, and then, up to an average depth of 18.8 metres below ground level, liquid to very soft cohesive soils. Beneath these, there are stratified consolidated, clayey-silty and gravelly-sandy sediments, or contact with the Permo-Carbon schist bedrock complex. The geotechnical profile of the non-typical »Barje« ground, on the other hand, has the peat (Pt) and »polžarica« layers replaced by sandy and silty sediments, the remainder of the profile being similar to the typical Barje ground. Under certain conditions, it is possible for buildings to be built on shallow foundations in the non-typical Barje ground, whereas all other buildings must be founded on piles. In this paper a description is given of the shallow foundation of a water-tank with a volume of 800 m³ on ground improved by pre-loading. All roads and other traffic routes, such as railway-lines and tramways, must be built on improved ground. For this purpose vertical drains are mostly used, as well as the over-loading of fill and the use of light-weight fly-ash. The settlement of road embankments increases greatly as one moves from non-typical to typical Barje ground, as is shown by Road C in Annex 2. The construction of sewerage and water-supply pipes in such ground is relatively difficult and technically complicated due to settlement problems. Such pipes can be founded either on piles or on preconsolidated road fill. The paper also deals with the basis for improving ground and with individual design solutions, such as the use of expanded polystyrene for road fill.

1. UVOD

Industrijsko cono na Rudniku v Ljubljani načrtujemo in gradimo po prvotni zasnovi Urbanističnega inštituta iz Ljubljane od leta 1980. To območje je omejeno z dolensko železnico in južno obvoznico Ljubljane, na zahodu pa z naseljem (RS 1, RS 2)

Avtor:

Franc Vidic, dipl. inž. gradb., Zavod za raziskavo materiala in konstrukcij, 61000 Ljubljana, Dimičeva 12

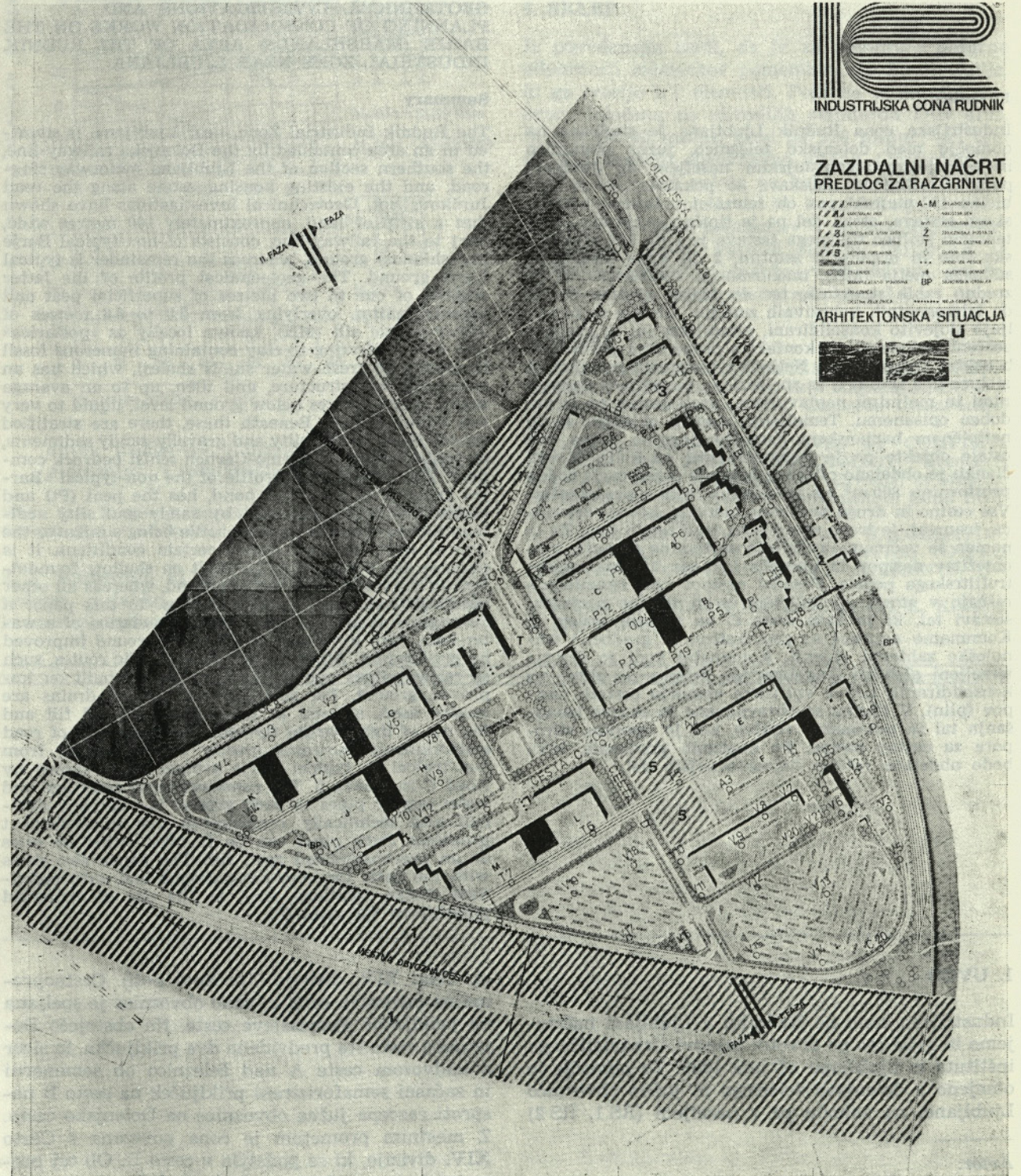
ob Cesti XIV. divizije (Jurčkovi poti). Cestnoprometna povezava cone z južno obvoznico je speljana na priključek Peruzzijske ceste. Na obstoječo Dolenjsko cesto sta predvidena dva priključka, in sicer z nadvozom ceste A nad železnico ob semenarni in začasni semaforizirani priključek na cesto B nasproti razcepa južne obvoznice na Dolenjsko cesto. Z mestnim prometom je cona povezana s Cesto XIV. divizije, ki se podaljša v cesto D. Ob tej prometnici je predvidena tudi bodoča tramvajska proga.

Železniški priključek z industrijsko cono bo speljan z industrijskim tirom od postaje Ljubljana—Rakovnik z odcepoma k Polikemu in Integralu.

Regulacije potokov so predvidene za Požar, Kovačev graben in Malenco. Požar bo speljan ob zahodni strani, Kovačev graben ob cesti C, Malenca pa vzhodno od industrijske cone. Sekundarno omrežje

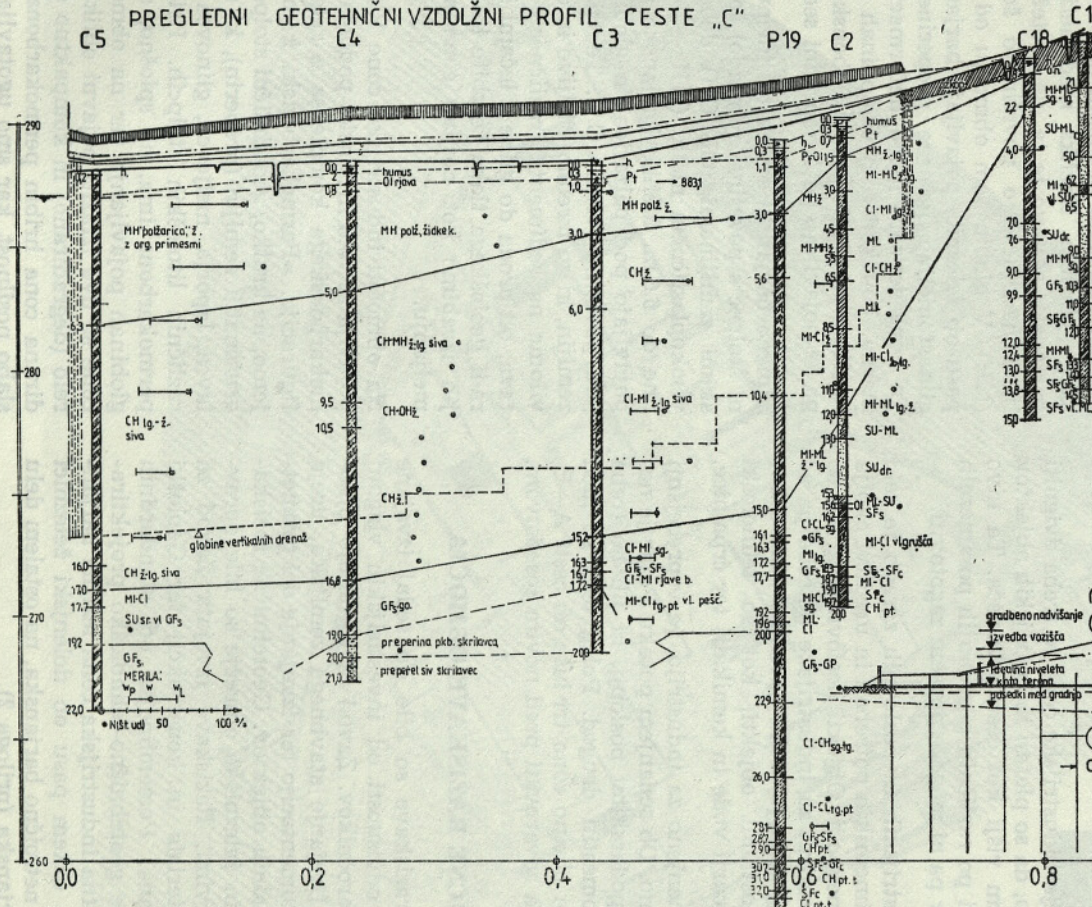
odvoda meteornih voda bo priključeno na te odprte kanale in potoke.

V industrijskem območju Rudnika bodo gradile proizvodne objekte organizacije: PTD Kemija-Polikem, Integral, Merkur, Cestno podjetje in Ljubljanske mlekarne. Na severni strani bo manjša obrtna cona (glej pregledno karto na prilogi 1).



PRILOGA 1

PREGLEDNI GEOTEHNIČNI VZDOLŽNI PROFIL CESTE „C“



LEGENDA:

- 1 Poltlak 400 na rušni ali po dnu izkopa
- 2 Delovni plato, drobljenec ali minirane: ϕ 0-60 mm
- 3 Filtrski sloj $\cdot 2 - 30$ mm
- 4 Gornji ustroj, izveden po razbremenitvi
- 5 Nadvišanje nasipa za delež posevkov
- 6 Preobtežba za predvideni čas predobteževanja
- 7 Vertikalne drenaže v razmakh a_1 do a_2
- 8 Horizontalne drenaže [raudril]
- 9 Humus, ozelenitev
- 10 Drenažna kanalizacija
- 11 Odstranitev slabih tal ali tehnološki odkop
- 12 Meritve posejanja

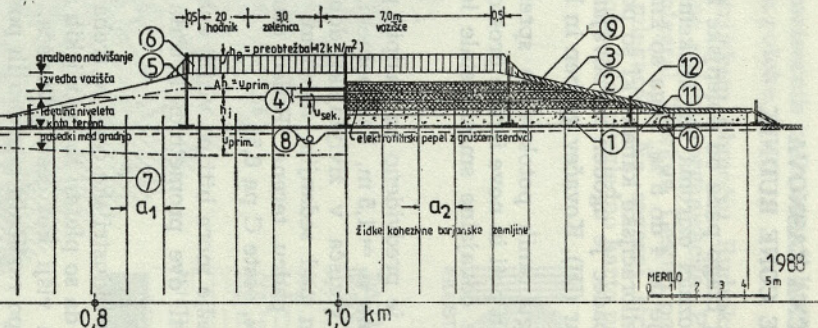
AC OPREDELITVE ZEM LJIN:

CL, CI, CH meljna, pušta, mastna glina
 ML, MI, MH peščeni glinasti, vs. plastični melj
 SF, SG, SU zoajljeni, zameljen, enakomerno zr
 SP, SW, SZ navi, slabo dobro zravnani glinasti peski
 GF, GC, GF, zoajljeni, glinasti, enakomerno, pt, poltrdna, trdna
 GU, GP, GW slabo in dobro zravnani prod
 P₁, O žota, organske zemljine (OL, O₁, OH)

KONSISTENCA, GOSTOTA:

ž židka konsistenca
 lg lahkojnetna
 sg srednjegnetna
 tg težkojnetna
 r, sg, rahlo, srednja gostota
 ga, zg, gosta, zelo židka

CESTA „C“
 BARJANSKI TEHNOLOŠKI PROFIL



1988
 MERILO 1 2 3 4 5m

s koli »benoto« za nadvoz južne obvoznice nad dolensko železnico in cesto. Posebno mehak je bil grafitoidni črni skrilavec, ki ga je bilo mogoče enostavno kopati z grabežem, brez sekanja; penetrabilnost je bila v mejah od $P = 12$ do $P = 25$ cm/60 udarcev standardnega bata (63,6 kg z višino 0,76 cm pada).

Podzemna voda se vzdržuje v nivoju površinskih melioracijskih kanalov. Neprepustna meljnoglinasta barjanska cona in odtočne razmere Ljubljanice povzročajo, da padavinske vode odteka samo površinsko in tako poplavlja sedanje površine tal, posebno na območju Malence med južno obvoznico in cesto B.

Pregledne geotehnične značilnosti zemljin smo zbrali v prilogi 2 in tabeli 1, v kateri so podane značilnosti zemljin v mejnih in posameznih vrednostih.

TABELA 1

Cona	AC — opredelitev	Globinski položaj od — do	Naravna vlaga w	Meji plastičnosti		Indeks plastičnosti $I_p = \frac{w_L - w_P}{w_L - w}$	Količnik konsistence $I_c = \frac{w_L - w}{I_p}$	Krilna strižna trdnost τ_{vane}	Opombe
				zgornja w_L	spodnja w_P				
Ozn.	Simbol	m	%	%	%	%	No	kN/m ²	Opis
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Površinska šota	P_t	0,2 2,1	154 630,4	ni plastična					
Polžarica (rdeča)	MH	0,6	148,7	143,7	52,7	91,0	-0,06	7	Barve v stolpcu 1 pomenijo barvni prikaz konsistenčnega stanja (na načrtih) C7/12,45 C7/10,15
	MH-CH	7,3	92,0	65,0	35,0	29,6	-0,21	10	
Kohezivne mehke barjanske zemljine (rumena)	CI-MI	2,10	45,3	45,1	23,7	21,4	-0,01	7	
		18,6	72,0	48,6	25,2	23,4	-1,00	3	
	CH		51,0	51,8	24,5	27,3	0,03	5,6	
			72,0	74,2	31,6	42,6	0,06	8	
MH-CH		55,0	52,6	27,5	25,1	-0,09	9,1		
		78,9	82,1	30,4	51,7	-0,06	5,4		
Težko gnetne kohezivne zemljine (zelena)	CI	16,85	25,0	37,0	19,0	18,0	0,67	22	V3
		25,15	28,5	42,2	22,7	19,5	0,70		V2
CH	CI-MI	31,3	43,2	23,3	19,9		0,60		C3
		12,75	27,6	55,0	27,4	27,6	0,99		

4. TEMELJENJA VISOKIH IN INDUSTRIJSKIH OBJEKTOV

Temeljenje visokih in industrijskih zgradb v industrijski coni je prilagojeno značilnostim in heterogenosti tal. Plitvo temeljenje je mogoče na netipično barjanskih tleh, na pasu ob železnici in na izboljšanih tleh s predkonsolidacijo. Na ostalem območju tipično barjanskih tal je treba načrtovati in izvajati globoko temeljenje

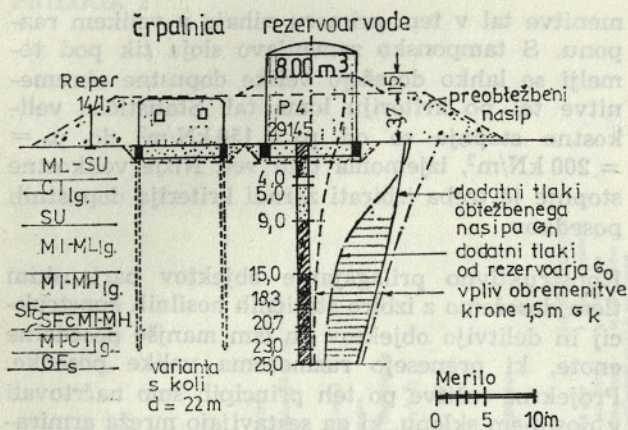
Plitvo temeljenje na netipično barjanskem pasu ob železnici je omogočeno z izboljšanjem tal in priredbo nosilnih konstrukcij objektov za neškodljivo posedanje. Temeljne konstrukcije so predpisane s togo mrežo armiranobetonskih temeljev na umetnem tamponskem sloju, ki zamenjuje površinsko meljnoorgansko plast. Dopustne obre-

menitve tal v tem primeru nihajo v velikem razponu. S tamponsko zamenjavo sloja tik pod temelji se lahko dosežejo velike dopustne obremenitve tal po kriteriju loma tal. Statistične velikostne stopnje so od $p_a = 150$ kN/m² do $p_a = 200$ kN/m², izjemoma tudi več. Nižje velikostne stopnje je treba izbirati zaradi kriterija dopustnih posedkov.

Konstruktivno prilagajanje objektov barjanskim tlem dosežemo z izbiro statičnih nosilnih konstrukcij in delitvijo objektov na čim manjše posedalne enote, ki prenesejo razmeroma velike posedke. Projektne rešitve po teh principih smo načrtovali v nosilnem sklopu, ki ga sestavljajo mreža armiranobetonskih togih temeljev, nosilne stene (sistem »utinor«) ali skelet z višino objektov do štirih etaž. Visoka podzemna voda onemogoča racionalno načrtovanje podzemnih kletnih etaž. Taki objekti

so bili načrtovani na kompleksu motela Integral ob cesti B, niso pa še izvedeni.

Tehnično zanimiv je primer plitvega temeljenja rezervoarja požarne vode s prostornino 800 m³ za PTD Center kemije in črpališča. Na območju vratine P4 se pojavlja 9m debela peščena cona (slika 1) z vložkom lahko gnetne do židke puste gline (CI). Med globinama 9 in 23 m je mehka cona barjanske gline in melja (ML, MI, MH, CI), pod katero je sloj proda (GF_s). Preobtežitev z gruščnatopeščenim agregatom je bila izvedena tlorisno v obliki polelipse do obremenitve tal od $p_n = 75,5$ kN/m² do $p_n = 105$ kN/m². Površina tal se je posedla pod preobteženim nasipom za 1,156 m (reper 1) in 1,475 m (reper 2). Obtežba je delovala povprečno 470 dni.



Slika 1. Preobtežba za rezervoar vode in črpalnico PTD Kemija Rudnik, merilo 1 : 200 (grafično pomanjšano)

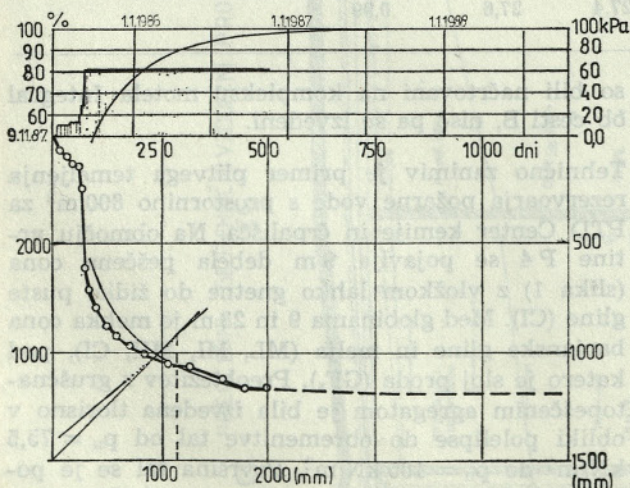
Po razbremenitvi je bil zgrajen rezervoar s plitvim temeljenjem. Med polnjenjem z vodo so merili posedke rezervoarja na treh točkah oboda. Posedki reperjev rezervoarja so bili naslednje velikostne stopnje:

$u_1 = 15,5$ mm po praznjenju rezervoarja $u'_1 = 6,0$ mm

$u_2 = 19,5$ mm po praznjenju rezervoarja $u'_2 = 8,1$ mm

$u_3 = 13,3$ mm po praznjenju rezervoarja $u'_3 = 4,5$ mm

Pri polnjenju in praznjenju rezervoarja so se pojavile le elastičnostne deformacije tal. Preobtežba je učinkovito izboljšala tla za varno temeljenje rezervoarja. Za učinkovitost preobtežbe tal je po Johnsonu (3) potrebna 33 odstotkov večja obtežba od končne. To pravilo lahko posplošimo tako, da morajo vertikalni tlaki v zemljinah preseči določeno napetost v vplivnem stisljivem sloju zemljine. Preobtežba in odstranitev nasipa sta potekali zelo hitro. T. Schrott iz Geološkega zavoda Ljubljana



Slika 2. Diagram posedanja in analiza konsolidacije za reper 14/1 (izvedel Geološki zavod, I. Schrott z računališkim programom po metodi Asaoka)

je po metodi Asaoka analiziral stopnjo konsolidacije. Tu podajamo le primer analize za reper 14/1 (slika 2).

Na vsem ostalem območju industrijske cone je tipično barjanska sestava tal, zato je temeljenje visokih zgradb načrtovano in izvajano globoko na kolih (prefabriciranih) ali pilotih (na mestu litih tipa »benoto«). Nosilnost kolov je računana za stoječe kole v primerih, ko konice nog dosejajo malo deformabilne prodnopeščene naplavine ali kontaktno cono permokarbonskega kompleksa. Kadar dopuščamo večje posedke zgradb na kolih, je mogoče uporabiti trenjske kole, ki prenašajo obtežbo objektov v globino manj deformabilnih naplavin. Razlike med tema dvema sistemoma so v absolutnih posedkih objektov in deležu negativnega trenja, ki se prenaša na kole.

Dopustne obremenitve tal pod konicami kolov in na njihovem plašču smo računali v odvisnosti od karakteristik tal in dimenzij kolov. Za stoječe kole s konicami v peščenoprodnih zemljinah v globinah od 10 do 25 m smo uporabljali velikostne stopnje dopustnih obremenitev tal pod konico $p_d = 2200$ kN/m² do $p_d = 3000$ kN/m². Pozitivno trenje na plašču kola je odvisno od detajlne sestave na mestu določenega objekta. Povsod pa je treba upoštevati negativno trenje zaradi konsolidacije tal pod nasipi oziroma posedanja barjanskih tal ob kolih. Negativno trenje je mogoče prišteti k obtežbam kola ali odšteti pri njegovi nosilnosti (odvisno od koncepta statičnega računa). Na območju industrijske cone je do sedaj izvedenih veliko temeljenj na Gradisovih zabutih kolih, za katere so dopustne obremenitve prirejene lokalnim geotehničnim sestavam in vrsti kolov. Pri zabutih kolih, ki segajo v kontaktno cono permokarbonskega kompleksa, je problem ta, da se konfiguracija te cone zelo hitro spreminja (tako kot površinska konfiguracija obrobni hribov); dolžine kolov se tako menjavajo že na območju istega objekta, na primer pri Integralovi hali mehaničnih delavnic.

Sistem temeljenja Benoto na Barju je preizkušen na objektih južne obvoznice Ljubljane. Armaturni koši se v mehkih zemljinah ovijajo s politlakom, ki deloma preprečuje izgubo betonske mase. Nosilnost te vrste kolov je bila preizkušena na treh poskusnih kolih pri nadvozih Kardeljeve, Izanske in Peruzzijske ceste, vendar pa podrobnosti tehniških rešitev različnih sistemov globokega temeljenja in njihovih tehničnih prednosti v tem članku ne navajamo.

5. IZBOLJŠANJA TAL NA CESTNIH IN DRUGIH PROMETNIH POVRŠINAH

Tipično barjanska tla so tako slabo nosilna, da niso dostopna za težja vozila; površina tal se zato usposobi za promet gradbene mehanizacije z nasipom gruščnatopeščene agregata na politlak 400 neposredno na rušo in v melioracijske kanale.

Pod prometne poti, pod katerimi želimo že med gradnjo konsolidirati slaba barjanska tla, vgradimo vertikalne drenaže v takem razmiku, da se posedki pod nasipi realizirajo praviloma od pol do enega leta. Vertikalne drenaže so iz plastičnega rebrastega jedra, ovitega s politlakom, ki ima drenažno sposobnost. Florisni razpored drenaž je v obliki enakostraničnega trikotnika s stranico velikosti od $a = 1,50$ m do $a = 2,30$ m. Globino drenaž izberemo tako, da ostane med dnom drenaž in prvim peščenoprodnim slojem izolacijska plast kohezivnih zemljin debeline 2 do 3 m, ki bo preprečevala sproščanje morebitnega arteškega tlaka podzemne vode.

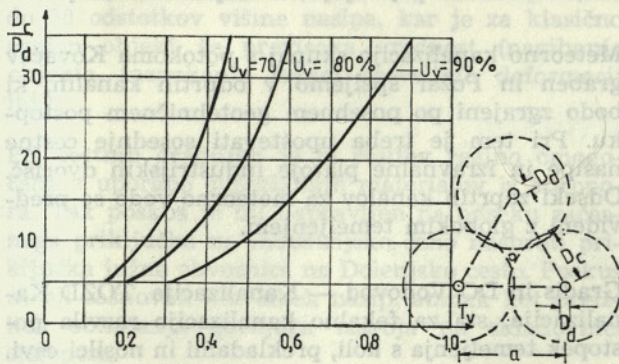
Pri pretežno radialni drenaži je vplivni radij drenaž

$$D_c = \left(\frac{k \cdot M_v \cdot t}{\gamma_w \cdot T_v} \right)^{\frac{1}{2}}$$

kjer pomenijo:

- k = koeficient prepustnosti za vodo [m/s],
- M_v = povprečni modul stisljivosti [kN/m²],
- γ_w = volumensko maso vode [kN/m³],
- T_v = faktor časa.

Pri tem je treba upoštevati še razmerje D_c/D_d v odvisnosti od stopnje konsolidacije U_v , za kar smo uporabili diagram na sliki 3.



Slika 3. Diagram za dimenzioniranje vertikalnih drenaž (po Caquotu Kerisselu)

Tipična tehnologija načrtovanja in gradnje cestnih nasipov na industrijskem območju Rudnika je po nasipanju povoznega platoja in vgradnji vertikalnih drenaž naslednja:

— vertikalne drenaže se prekrijejo s filtrsko plastjo debeline 0,2 do 0,3 m, zrnivosti od 2 do 32 mm (zaradi boljše prepustnosti za vodo);

— nasipavanje slojev elektrofiltrskega pepela do višine idealnega nivoja ceste in dodatno za vso prognozirano velikost posedkov, ki so na tem območju zelo veliki. Elektrofiltrski pepel uporabljamo za nasipe zato, ker je za tretjino lažji od gruščnatopeščenega agregata, poleg tega pa je tudi

cenejši. Tako rešujemo ekološko problematiko odlaganja tega materiala v odlagališča;

— na nasip, zvišan za posedke, se naloži preobtežbeni nasip nadomestne višine za zgornji ustroj ceste in 33 odstotkov višine trajnega nasipa. Pri tem računamo posedke primarne faze in delež posedkov zaradi sekundarnega lezenja od 20 do 50 let;

— med gradnjo je treba meriti posedke, da se omogočita stalno spremljanje stopnje konsolidacije (slika 2) in kontrola vgrajenih kubatur materialov. Na podlagi meritev določamo minimalni čas aplikacije preobtežbe;

— po doseženi 90 do 95-odstotni stopnji primarne konsolidacije se odstrani odvečni preobtežbeni material ter se utrdi gornji ustroj;

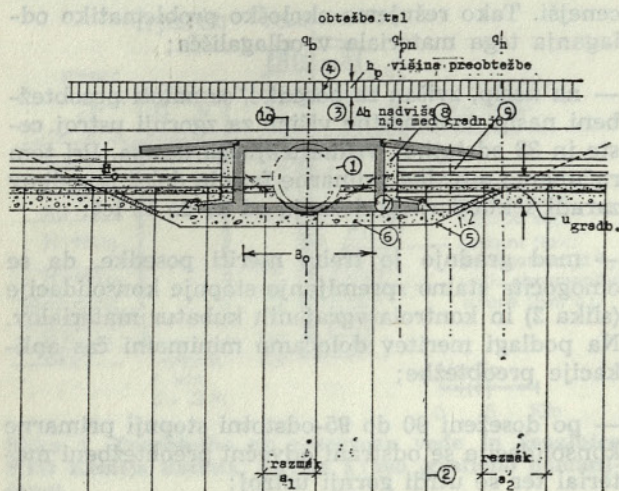
— asfaltno utrditev praviloma dimenzioniramo na postopno vgrajevanje po dveh do treh letih, po šestih do devetih letih in nato vsakih deset let (kot normalno vzdrževanje in obnavljanje vozniških površin).

Po enakem ali podobnem postopku načrtujemo tudi vse ostale prometne površine, ki so med seboj tehnološko in časovno povezane. Površine, za katere ni potrebna pospešena konsolidacija z vertikalnimi drenažami, se naravno konsolidirajo. Tak primer varčevanja z investicijskimi sredstvi je parkirni terminal za tovornjake pri Integralu.

Pri geotehničnem načrtovanju cestnega omrežja so se pojavljali še drugi problemi, ki pa jih samo omenjamo. Pri zelo nizkih nasipih (za cesto B) je bilo treba določiti minimalno debelino nasipa zaradi možnosti vgrajevanja in stabilnosti gornjega ustroja. Ponekod so bili potrebni plitvi vkopi ali odstranitve organskih zemljin za doseganje minimalne debeline cestnega nasipa $h_{min} = 1,3$ do 1,5 m.

Časovna neuskladenost gradnje celega omrežja in priključitve razširjene Jurčkove poti na cesto D so terjale posebne analize in konsolidacijske ukrepe, ki pa v tem članku niso razčlenjeni. Taki detajli so še posebej pomembni za investicijske in tehnične odločitve, kar kaže asfaltirana Peruzzijska cesta za potrebe obvoza med gradnjo južne obvoznice Ljubljane (takojsnje deformacije in razpokane asfalta).

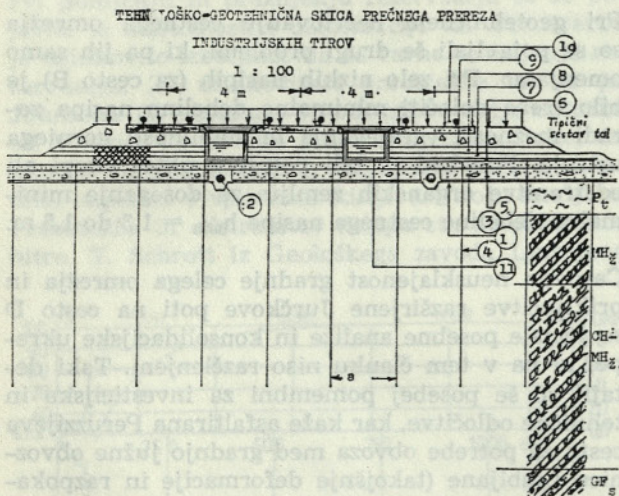
Prepuste za pretok potokov pod cestami na Barju je treba temeljiti plitvo, in sicer tako, da so posedki objekta in priključnih nasipov enaki. Shema vgraditve objektov je prikazana na sliki 4. Obtežbe in posedke smo računali na prerezih q_0 , q_{pn} in q . Konzolna nastavka pri talni plošči in prehodni plošči prevzameta oz. preprečujeta razlike med posedki zaradi različnih obtežb q_0 in q (slika 4). Dopustna obremenitev tal za te objekte se računa glede na prosti rob vtoka in iztoka objekta (po Fröhlichu in Prandtlju).



LEGENDA:

1. Začasni prepust
2. Vertikalne drenaže a_1 (m)
3. Nadvišanje nasipa z lahkim materialom za $\Delta h = u_{prim.}$ (m)
4. Višina preobtežba h_p (m)
5. Izvedba izkopa za vgradnjo trajnega prepusta v nadvišani višini
6. Vgradnja delovnega tampona, drobljenec 0–60 mm
7. Vgradnja okvirnega prepusta
8. Tamponski zasip 2–30 mm ob objektu debeline 0,3 m
9. Vgradnja manjkajočega elektrofiltrskega pepela
10. Izvedba gornjega ustroja v nadvišani legi
11. Obtežbe tal q

Slika 4. Okvirni prepusti za vodotoke, okrogli profil za začasni pretok vode med preobtežbo



LEGENDA:

1. Politiak 400
2. Odvajanje vode v drenažah ali prepustnem zasipu
3. Povožni plato iz prepustnega gruša 0–60 mm
4. Vertikalne drenaže na razmiku a (m)
5. Filtrski zasip 2–30 mm
6. Zasip drobljenca 0–60 mm
7. Vgradnja elektrofiltrskega pepela pri optimalni vlagi $w_{opt.}$ (%)
8. Stabilizirana posteljica spodnjega ustroja
9. Gramozna greda
10. Preobtežbeni nasip
11. Zaprte kanale za vodo (tekočo, meteorno)
12. Vgraditev tirnega ustroja po odstranitvi preobtežbe

Slika 5. Tehnološka skica izvedbe konsolidacije pod progami industrijskih tirov

Pri visokih nasipih ob nadvozu A nad dolensko železnico smo predvideli dve različici superlahkega nasipa iz stiropora in armiranega elektrofiltrskega pepela.

Industrijski tiri v industrijski coni se križajo s cestami v istih nivojih, zato je bilo treba tudi za železniški tir predvideti podobno konsolidacijo kot za ceste. Na sliki 5 je prikazan tehnološki prezek tira.

6. RAZISKAVE, NAČRTOVANJA IN IZVEDBE KOMUNALNIH OBJEKTOV

Komunalne gradnje sodijo med najzahtevnejše na barjanskih tleh. Ti objekti so izpostavljeni deformacijam zaradi lastnih, cestnih in drugih »parazitnih« obtežb. Posebno kanalizacija je občutljiva na posedanja ceste. Po drugi strani pa je kanalizacija, fiksirana z globokim temeljenjem, v cestnem telesu motnija, ker ostajajo jaški in silhueta cevovoda nad voziščno ravnijo ter povzročajo neugodne neravnosti vozišča. Zelo občutljivo je tudi vodovodno omrežje, ki ima podobne obtežbe in neena-komerne posedke. Plinovodno in električno omrežje smo do sedaj reševali tako, da smo ju polagali v cestno telo na konsolidiranih tleh z vertikalnimi drenažami in preobtežbo. Vendar je vprašanje, kako bodo ta omrežja prenašala difference v posedkih, ki se lahko pojavljajo na majhnih razdaljah.

Meteorno kanalizacijo skupaj s potokoma Kovačev graben in Požar speljemo v odprtih kanalih, ki bodo zgrajeni po posebnem geotehničnem postopku. Pri tem je treba upoštevati sosednje cestne nasipe in izravnalne platoje industrijskih dvorišč. Odseki zaprtih kanalov za meteorno vodo so predvideni z globokim temeljenjem.

Gradis in DO Vodovod — Kanalizacija, TOZD Kanalizacija, sta za fekalno kanalizacijo razvila postopek temeljenja s koli, prekladami in nosilci cevi. Armiranobetonski koli so prefabricirani prednapeti in nosijo kot stoječi, elastičnopodajni ali trenjski koli, odvisno pač od projektne rešitve. Za tovrstno gradnjo opravlja ZRMK le geotehnični nadzor za investitorja, tj. Zavod za izgradnjo Ljubljane (tega sistema zato ne opisujemo podrobneje, ker bo objavljen drugje).

Vodenje komunalnih naprav po urbaniziranem ali industrializiranem Barju je poseben geotehnično-tehnološki problem, s katerim se veliko ukvarjamo in dajemo pobude za izdelavo posebnih študij, vendar pa do sedaj še ni izdelan sprejemljiv koncept. Glede na naše poznavanje te gradnje bi bilo treba združiti čim več komunalnih vodov in jih nato voditi kot primarno omrežje v posebej oblikovanih kolektorjih, ki bi bili fiksirani s koli proti posedanju in vzgonu.

7. PROBLEMATIKA IZBOLJŠANJA BARJANSKIH TAL

Izboljšanja barjanskih tal imajo dvojni namen:

- povečati nosilnosti tal in
- zmanjšati posedke pod objekti oz. njihov razvoj pred gradnjo objektov.

Nosilnost tal je določena z varno obremenitvijo tal, ki ne povzroča (hipnega) loma tal oziroma posedkov, ki niso dopustni za objekt po kriterijih splošne graditeljske prakse ali predpisov. Pri močno stisljivih in drsljivih barjanskih tleh se torej nosilnost tal in njihova deformabilnost združujeta pravzaprav v isti problem, tj. preprečevanje čezmernih deformacij zaradi posedanja. Pri vsem tem pa je tu še pojav visoke podzemne vode oziroma poplavnih voda.

Predlaganih je bilo že mnogo idejnih rešitev, kako zmanjšati posedanja objektov, ki naj bi bili zgrajeni na barjanskih tleh. Ena je na primer ta, da se zmanjšata teža in uporabna obtežba objektov na čim manjšo vrednost in se tako omogoči gradnja kljub zelo stisljivim tlem. Taki objekti so lesene hiše, temeljene kompenzirano na kesonsko izoblikovani (nizki) kleti kot »plavajoči« objekt. Do večjih aplikacij te vrste gradnje ni prišlo, ker so zunanji obtežbeni vplivi bolj neugodni kot pa lastna teža objekta. Zunanja obtežba je lahko nizek nasip (višine npr. 0,5 m), ki povzroča posedke do 50 odstotkov višine nasipa, kar je za klasično grajen objekt že previsoka vrednost (nagibanje objekta, razpokanje zaradi prevelikih deformacij itd.).

Pri cestnih gradnjah je ta rešitev realno omogočena z uporabo superlahkih materialov iz stiropora. Tak poskus je bil napravljen na odseku začasnega priključka na industrijsko cono nasproti priključka južne obvoznice na Dolenjsko cesto. Poskus ni bil zasnovan kot lahek nasip, ampak kot preizkus obnašanja gornjega ustroja na skladovnici stiropora.

Gradnja cestnih nasipov je delno omogočena z »lahkim« materialom, tj. elektrofiltrskim pepelom. Ta material se vgrajuje v velikih količinah v cestne nasipe na Barju in je do sedaj pokazal primerne lastnosti.

Drugi način gradnje na Barju je realiziranje večine vertikalnih deformacij med gradnjo, ko te še niso škodljive. Ta način je učinkovito izrabljen pri gradnji za ravnost vozišča zahtevnih avtocest, tako da se vsi primarni posedki izvedejo že med gradnjo. Z aplikacijo preobtežbe se lahko doseže tudi njen vpliv na sekundarne posedke. Zaradi fizikalnih lastnosti maloprepustnih kohezivnih zemljin je treba pospešiti konsolidacijo z vertikalnimi drenažami. Ta dva ukrepa se uspešno izvajata pri gradnji prometnih objektov na Barju.

Pri velikih obtežbah površine tipično barjanskih tal z visokimi nasipi samo vertikalne drenaže ne zagotavljajo stabilnosti gradnje. Nestabilnost je lahko hipna ali pa se kaže v velikih počasnih deformacijah, ki jih štejemo že kot počasni lomni učinek. V tem primeru se uporabljajo gruščnato-peščeni (nosilni) stebri, ki zmanjšujejo posedanja in povečujejo varnost pred zdrsom, hkrati pa učinkujejo tudi kot drenažni objekti za izcejanje porne vode. Do sedaj je narejen nasip na južni obvoznici na gruščnatih stebrih dolžine (globine) 12 m z obremenitvijo (prvotne) površine tal do $p = 120 \text{ kN/m}^2$.

Normalna možnost temeljenja visokih in nizkih zgradb na Barju je s koli različnih vrst, kar lahko štejemo tudi kot »izboljšanje nosilnosti tal«.

To poglavje smo vključili zaradi idejne in praktične uporabe različnih vrst izboljšanj tal za potrebe graditeljstva. Ljubljansko barje je vsekakor geotehnično tako, da je tehnično mogoče ta tla izboljšati do take mere, da so »uporabna« za potrebe zahtevnih graditeljskih del.

To dokazuje tudi zgodovina, saj so že Rimljani regulirali vodotoke (plovnost Ljubljanice), osuševali dele Barja, gradili ceste in verjetno tudi že visoke objekte (lesene), ki jih pa ne poznamo.

Kolonizatorji na Ljubljanskem barju so po osušitvi gradili svoje domove na lesenih kolih, torej na način, ki se zelo veliko uporablja še danes. Ta način je posebno primeren za nizke individualne hiše, ker napravi objekte neodvisne od vplivov okoliških obtežb in jim zmanjša neenakomerne posedke in s tem razpokanja nosilnih elementov.

SKLEP

Dolenjska železnica ob industrijski coni je speljana na tleh netipičnega barja. Povprečno 100 m od železnice proti Barju je podobna sestava tal, vsa ostala industrijska cona Rudnika pa je na tipično barjanskih tleh. Priprava tega zemljišča za izrabo industrijske zazidave je terjala dobro poznavanje geotehničnih lastnosti tal in načrtovanje njihovega ustreznega izboljšanja. V tem članku podajamo osnovne postopke za konsolidacijo tal, temeljenja objektov in načrtovanja komunalnih naprav.

Pri temeljenju objektov je večino uporabljena metoda globokega temeljenja. Na netipično barjanskem pasu je predvideno plitvo temeljenje prirejenih objektov. Na tem pasu pa sta izvedeni tudi plitvi temeljeni rezervoarja s prostornino 800 m^3 in črpalnice PTD Kemija na predkonsolidiranih tleh.

Cestno omrežje je načrtovano in delno zgrajeno na izboljšanih tleh z vertikalnimi drenažami in preobtežbo. Pri tem so se pojavili izredno veliki posedki, ki so posledica stisljivosti zelo mehkih barjanskih zemljin in rahle površinske strukture

ruše, organskih tal in mlade šote; slednja je nastajala v zgodovinski dobi že po izkoriščenju prvotne šotne plasti. V Babni Gorici so namreč še v prejšnjem stoletju obratovale zbiralnica, sušilnica in predelovalnica šote.

Na dostopni cesti v industrijsko cono je bil narejen poskusni nasip iz stiropora kot poskus tehnološke uporabnosti tega materiala.

Fekalnokanalizacijsko omrežje je predvideno na kolih različnega sistema nosilnosti, padavinska voda pa je zbrana v potoke in vodena v odprtih kanalih. Pri izvedbi nevtralizacijskega bazena PTD Kemija v globino 6 m je bila potrebna posebna izvedba gradbene jame zaradi lezenja (dviganja) njenega dna.

Do sedaj je zgrajen kompleks prve faze Integrala, gradi pa se obrat PTD Kemija. Cestno omrežje je v fazi konsolidacije pod preobtežbo, zaradi pomanjkanja investicijskih sredstev pa ta gradnja kasni.

V tem članku smo skušali prikazati problematiko geotehnične zahtevnosti gradnje večjih objektov na barjanskih tleh. Današnje metode s sredstvi konsolidacije in temeljenja tehnično to tudi omogočajo. Vlaganja v pripravo zemljišč so sicer večja od stroškov za dobro nosilna tla, primerjava za

Ljubljanske mlekarne pa kaže, da so ta vlaganja pri investicijsko zahtevni industriji razmeroma nizka. Po končanih gradnjah bomo podrobneje poročali še o drugih geotehničnih problemih in rešitvah.

Literatura

1. Sovinc I., Geotehnične značilnosti tal Ljubljanskega barja, Skupnost cestnih podjetij, Objava 61, 1967.
2. Mac Farlane J. C., Muskeg Engineering Handbook, University of Toronto Press, Canada, 1969.
3. Johnson S. J., Precompression for Improving Foundation Soil, Journal of SMFE, Proceedings of ASCE, Jan. 1970.
4. Remblais sur Sols Compressibles, MATELT, Bulletin de Liaison des Pont et Chaussees, Mai 1973, spec T.
5. Vidic F., Raziskave in projektiranje avtoceste po Ljubljanskem barju od Ljubljane do Vrhniške, Nova proizvodnja, Avtoceste v Sloveniji 2, 1976.
6. Gabere A., Vidic F., Test Embankment on Soft Soils, 5th Danube European Conference on SMFE — Bratislava, 1977.
7. Drnovšek dr. J., Geotehnično poročilo o pogojih izvedbe južne obvoznice Ljubljane od Viča do Debelega hriba, Malence (km 15,600 do km 21,650) 1979, neobjavljeno poročilo GZL.
8. Nonveiller E., Mehanika tla temeljenja građevina, Školska knjiga — Zagreb 1979.
9. Vidic F., Tehnologija projektiranja južne obvoznice v Ljubljani, Nova proizvodnja; posebna izdaja o cestah v Sloveniji 1986, letnik 37 (80—88).



Združena komunala

KOMUNALNI INŽENIRING MARIBOR p. o.

Jadranska 28, 62000 Maribor

Telefon: 062/301-181

Glavna dejavnost delovne organizacije **Komunalni inženiring Maribor** je urejanje stavbnega zemljišča, ki obsega le opremljanje stavbnega zemljišča in sicer:

1. projektiranje nizkih gradenj

- hidrotehnika (vodovod in kanalizacija)
- komunalna energetika (vročevodi in plinovodi)
- komunalno urejanje okolij, prometa (okolje, lokalne ceste, mestne ulice, promet) in semaforizacija
- omrežje in naprave javne razsvetljave
- odnašanje, odlaganje in predelava odpadkov

2. investitorski inženiring komunalnih objektov in naprav

Stranska dejavnost delovne organizacije **Komunalni inženiring Maribor** je organizacija pridobivanja gramoza na območju občin Maribor in prodaja.

Studija temeljnih podplatov

UDK 624.046

SVETKO LAPAJNE

Povzetek

Avtor objavlja svoje diagrame za preračun temeljnih podplatov na elastičnih tleh (polprostoru). Za okrogle podplate in za pasovni temelj so podatki podani v preglednici, za četverokotne v diagramih. Za klasično predpostavko enakomernih reakcij tal pri gibkih podplatih zvezne črte nudijo velikost vsedan v karakterističnih točkah temeljev in njih povprečje. Za statični preračun temeljev je pomembno obravnavanje togega temelja, ker povzroča neenakomerne reakcije tal. Ta odpor bo imel neskončno visoke osti ob robovih in zelo majhne ali celo nične odpore v njih sredini. Avtor je izbral razdelitev temeljnih reakcij po kvadratni paraboli in približno preračunal njih velikost. Rezultirajoče napetosti odpora so prikazane s črtkastimi linijami za značilne točke podplatov. Pripadajoči vsedki so vedno manjši od povprečnih vsedkov gibkih temeljev. Zaradi navedenega bodo upogibni momenti v temeljnih podplatih bistveno večji, kot so pri klasičnem dimenzioniranju. Njih upoštevanje je pomembno pri temeljenju v jedkih vodah ali morju.

UVOD

Za temeljne podplate, ki so težiščno obremenjeni s koncentrirano silo, obravnava članek najprej vsedke, ki se dajo natančno izračunati po teoriji Boussinesquea pri pogoju enakomerne razdelitve reakcijskega odpora temeljnih tal. Ker so tako izračunani vsedki različni v različnih točkah podplata (v sredini, na robovih, v vogalih), je to možno le pri pogoju gibkega temeljnega podplata. Ta klasična predpostavka enakomernih reakcijskih pritiskov je možna le pri popolni plastifikaciji temeljnih tal. Po knjigi prof. dr. Ervina Nonveillerja je ta predpostavka v večini primerov »modelno-eksperimentalno«
upravičena.

Dejansko je večina naših temeljev, grajenih iz ojačenega betona, sorazmerno togih, zemljina pod njimi pa se obnaša kot elastični polprostor. Če predpostavljamo ta elastični polprostor kot enakomerno elastičen v neskončno globino, pri linearnem pasovnem temelju neskončne dolžine pa do globine približno 162 \cdot 5 širin temelja, je možno matematično iskati prerazporeditev reakcijskih odporov zemljine, ki bi ustrezala popolnoma enakomernemu vsedku temelja, neskončno togega temeljnega podplata.

Avtor:
Svetko Lapajne, dipl. inž. gradb.

Summary

STUDY OF FOOTINGS

The author is publishing his diagrams for the calculation of footings on elastical halfspace ground. For circular footings and strip-footings the data are given in the table, for rectangular ones in diagrams. For a classical supposition of a uniform reaction resistance with a flexible footing the uninterrupted lines give the amount of settlements in characteristic points of footings and their average. For the statical analysis of footings the treatment of an absolutely rigid footing causing different reaction resistance of the ground is important. This resistance will have an infinitely high sting at the borders of footing and a very little amount or nothing in the middle of it. The author has choosen a square-parabola distribution of ground reactions and approximatively calculated their sizes. The resultant pressures are presented by dotted lines for characteristic points of footings. The corresponding settlement is allways smaller than the average one of a flexible footing. Consequently the bending moments in footings can be essentially higher than those with the classical calculation. The consideration of these is important for footings in corrodent water or sea.

V sredini temeljev bodo ti pritiski zelo majhni, celo ničelni, teoretično pri četverokotnih temeljnih oblikah celo malenkostno negativni. Proti robovom bodo ti pritiski zelo naraščali do teoretično neskončno visoke osti na samem robu. Prof. dr. Ivan Sovinc navaja v svojih skriptah približni obrazec po nemških normah DIN 4018 iz l. 1957 z naslovom »Erläuterungen«
(= Pojasnila) naslednja obrazca:

za okrogli temelj

$$p = \frac{1}{2} \cdot \frac{\bar{\sigma}}{\sqrt{1 - \left(\frac{r}{R}\right)^2}}$$

za četverokotni temelj:

$$p(x, y) = \frac{4}{\pi^2} \cdot \frac{\bar{\sigma}}{\sqrt{\left[1 - \left(\frac{x}{a}\right)^2\right] \left[1 - \left(\frac{y}{b}\right)^2\right]}}$$

Znaki pomenijo:

$$\bar{\sigma} - \text{povprečna napetost} = \frac{\text{sila}}{\text{ploskev}}$$

R — radij podplata

r — oddaljenost točke od središča

a in b — polovične dolžine stranic četverkotnega podplata

x in y — oddaljenost opazovane točke od središča četverkotnega poplata v smereh a in b od osi

Pri togih temeljih so posledice prerazporeditve reakcijskih pritiskov za statika pomembne: zaradi koncentracije teh pritiskov ob robovih bodo upogibni momenti takih podplatov pri centrični obtežbi bistveno večji: računano okrog osi temelja za 18 % pri okroglih podplatih in za okrog 35 % pri pasovnih podplatih. Ta razlika pa se povečuje, čim se širi površina obremenitvenega slopa. Tako bi dobili za podplat, katerega obremenilna površina znaša 25 % reakcijske površine, kar 43-odstotno povečanje upogibnega momenta pri okroglem temelju in 55-odstotno povečanje pri pasovnem temelju.

V tem dejstvu pa tiči eden poglavitnih razlogov, da se je avtor kot statik lotil navedene geomehanske študije. V geomehanski literaturi lahko zažele ne podatke sicer dobimo, vendar z večjo zamudo.

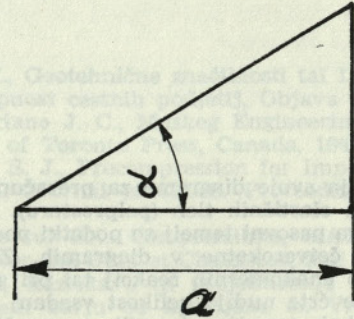
Geomehaniki namreč v splošnem obravnavajo probleme varnosti temeljenja glede na lastnosti temeljnih tal in tudi vsedke objektov. Na podatkih, ki zanimajo statika, na razporedu reakcijskih pritiskov tal in ugotavljanju upogibnih momentov kakor tudi na elastičnem odzivu temeljnih tal za izračun statično nedoločenih konstrukcij, pa je manjši poudarek.

V tem članku je avtor podal z dobro preglednostjo najprej vse podatke za izračun vsedkov (ali podajnosti) gibkih temeljev pri pogoju enakomerne reakcije temeljnih tal: za okrogli in pasovni temeljni podplat v preglednici, za četverkotne podplate v diagramu. Nadaljnji študij je posvetil razdelitvi reakcijskih pritiskov pri neskončno togem podplatu. Ti rezultati pa niso natančni, temveč le približni. Avtor je namreč namesto neke potenčne krivulje razdelitve pritiskov (ali nemških pojasnil) predpostavil razdelitev po kvadratni paraboli s pogojem, da bo vsedek v sredini temelja enak vsedku na njegovem robu. Tudi ti rezultati so navedeni za okrogli in pasovni neskončno dolgi temelj v preglednici, za četverkotne temelje pa s črtkanimi linijami v diagramu. Pri četverkotnih temeljih bi nam natančni preračun razdelitve gotovo dal nekoliko drugačne vrednosti, kakih velikih razlik pa ni pričakovati.

Zanimivo je, da nam nudi enakomerni vsedek togega temelja vedno nekaj manjšo vrednost, kot bi jo izračunali iz povprečja vsedkov gibkega temelja pri enakomerni reakciji tal. Velikost vsedkov je za statika često zelo pomemben podatek za preračun statično nedoločenih konstrukcij.

VSEDKI GIBKIH PODPLATOV PRI ENAKOMERNI OBTEŽBI

Za okrogle podplate in za četverkotne podplate je možno računsko ugotavljanje vsedkov z integralnim računom.



Splošna formula:

$$\delta = \frac{1}{M \pi} \int \frac{\sigma dF}{r}$$

Za pravokotni trikotnik kota α se dobi izraz:

$$\delta_0 = \frac{\sigma a}{M \pi} \ln \left(\frac{1}{\cos \alpha} + \operatorname{tg} \alpha \right)$$

Iz te formule lahko za vsako četverkotno obliko izračunamo pripadajoči vsedek gibkega temelja.

Za okrogle temelje je rezultat zelo enostaven: Za sredino se dobi faktor 1,00, za rob pa faktor $\frac{2}{\pi}$.

Za neskončno dolgi pas temelja pa je rešitev problematična, ker gredo vsedki proti neskončnosti, če so tla enako podajna v neskončno globino. Avtorju se je ta problem večkrat pojavil pri praktičnem dimenzioniranju. Odločil se je za omejeno, zelo veliko globino elastično podajnih tal: globino enako 162⁵ širin temeljnega pasu. Natančen račun po Boussinesqueu nam da za ta primer faktor $\approx 4,0$, kar bi pomenilo, da se tak pas natančno 4-krat bolj vsede kot okrogli temelj istega premera, kot je širina pasu.

Avtor je preračunal tudi povprečne vsedke temeljev pri pogoju predpostavke parabolične oblike vsedka gibkega temelja. Formule za izračun povprečnega vsedka:

okrogli temelj: $\bar{\delta} = \frac{1}{2} (\delta_0 + \delta_r)$

pasovni temelj: $\bar{\delta} = \frac{1}{3} (2 \delta_0 + \delta_r)$

četverkotni temelj:

$$\bar{\delta} = \frac{1}{9} (4 \delta_0 + 2 \delta_b + 2 \delta_l + 1 \delta_r)$$

Izračunani faktorji so navedeni za okrogli in pasovni temelj v preglednici, za četverkotne pa v diagramih.

REAKCIJSKI PRITISKI TAL PRI ENAKOMERNEM VSEDKU

V uvodu navedena formula reakcijskih pritiskov je za praktični račun neugodna, ker ima na robu ost neskončne ordinate. To pa dela težave tako pri matematični integraciji, še bolj pa pri numeričnem preračunu po odsekih. Avtor se je zato odločil za nadomestno kvadratno parabolo, najsi bo to za okrogli ali pasovni temelj. Za četverkotne podplate bo ustrezal eliptični paraboloid, katerega preseki obeh smeri x in y bodo na vseh prerezih parabole. Deformacijski pogoj za izračun paraboličnih elementov je pogoj, da bo vsedek v sredini podplate enak vsedku na njegovem robu. Morebitno odstopanje v vmesnih točkah pa zanemarimo, ker to predstavlja odstopanje od parabolične oblike pritiskov. Tako je bilo mogoče najti rešitve vsaj delno s pomočjo matematike, za okrogle in za pasovne temelje (pri pasovnih z omejeno globino stisljivih tal 162,5 b). Za četverkotne podplate različnih razmerij je bil mogoč izračun le s pomočjo diferenčnega postopka. Razume se, da rezultati diferenčnega postopka niso natančni, bolj ceniitve, ter so v diagramih prikazani s črtkasto linijo.

REZULTATI

Rezultati študija so prikazani za okrogle in pasovne temelje v naslednji preglednici, za četverkotne temelje v diagramih.

Preglednica faktorjev F

	Gibki temelj pri enakomerni obtežbi				Togi temelj		
	Povesek v sredini δ_o	Povesek na robu δ_r	Povesek povprečni $\bar{\delta}$	Faktor	Povesek (enak) δ_t	Pritiski na tla v sredini σ_o	na robu σ_r
Okrogli temelj	1,000	0,637	0,818	$\times 0,856$	0,700	$\sim 0,100$	$\sim 1,900$
Pasovni temelj T = 162,5 b	4,00	3,56	3,85	$\times 0,961$	3,70	0,30	2,40

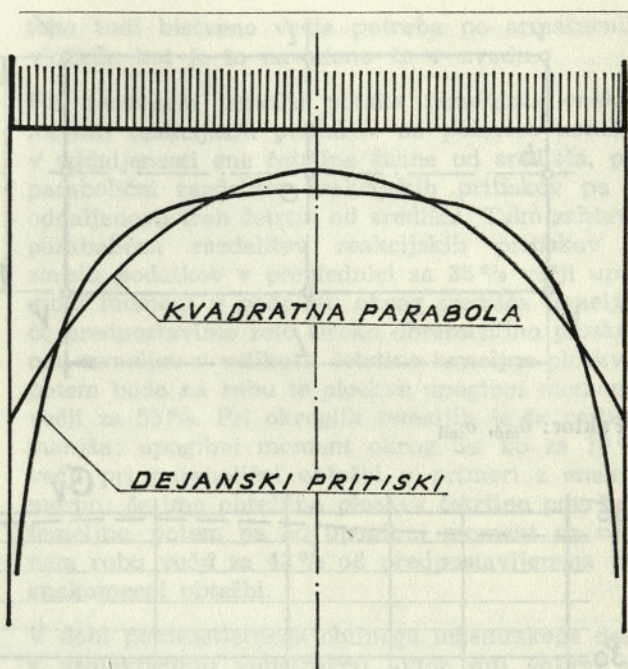
Velikost poveska: za okrogli temelj $\delta = \frac{\sigma D}{M} \times F$
 za pasovni temelj $\delta = \frac{\sigma b}{M} \times F$

$$M = \frac{\text{Elastični modul zemljine}}{1 - \nu^2}$$

Velikost pritiskov: $\sigma = \bar{\sigma} \times F$

Diagrami za poveske in pritiske četverkotnih podplatov

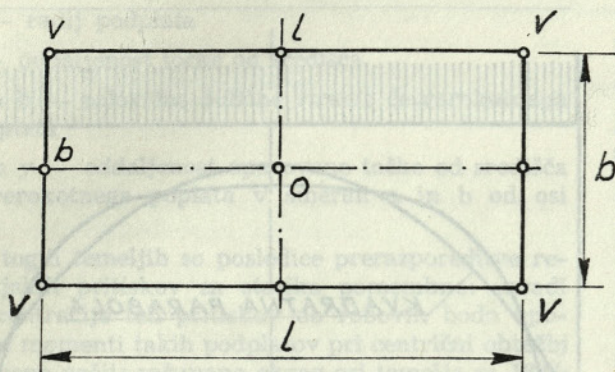
V diagramu so s polno črto označeni vsedki gibkega temelja za naslednje točke: sredino temelja (o), sredino krajše stranice (b), sredino daljše stranice (l) in vogal (v). Za togi temelj z enakomernim posedkom so z diferenčno metodo dobljeni približni



Kliše 1

rezultati naneseni s črtkanimi linijami, prav tako za spredaj navedene štiri opazovane točke, in to za koeficient pritiskov na tla.

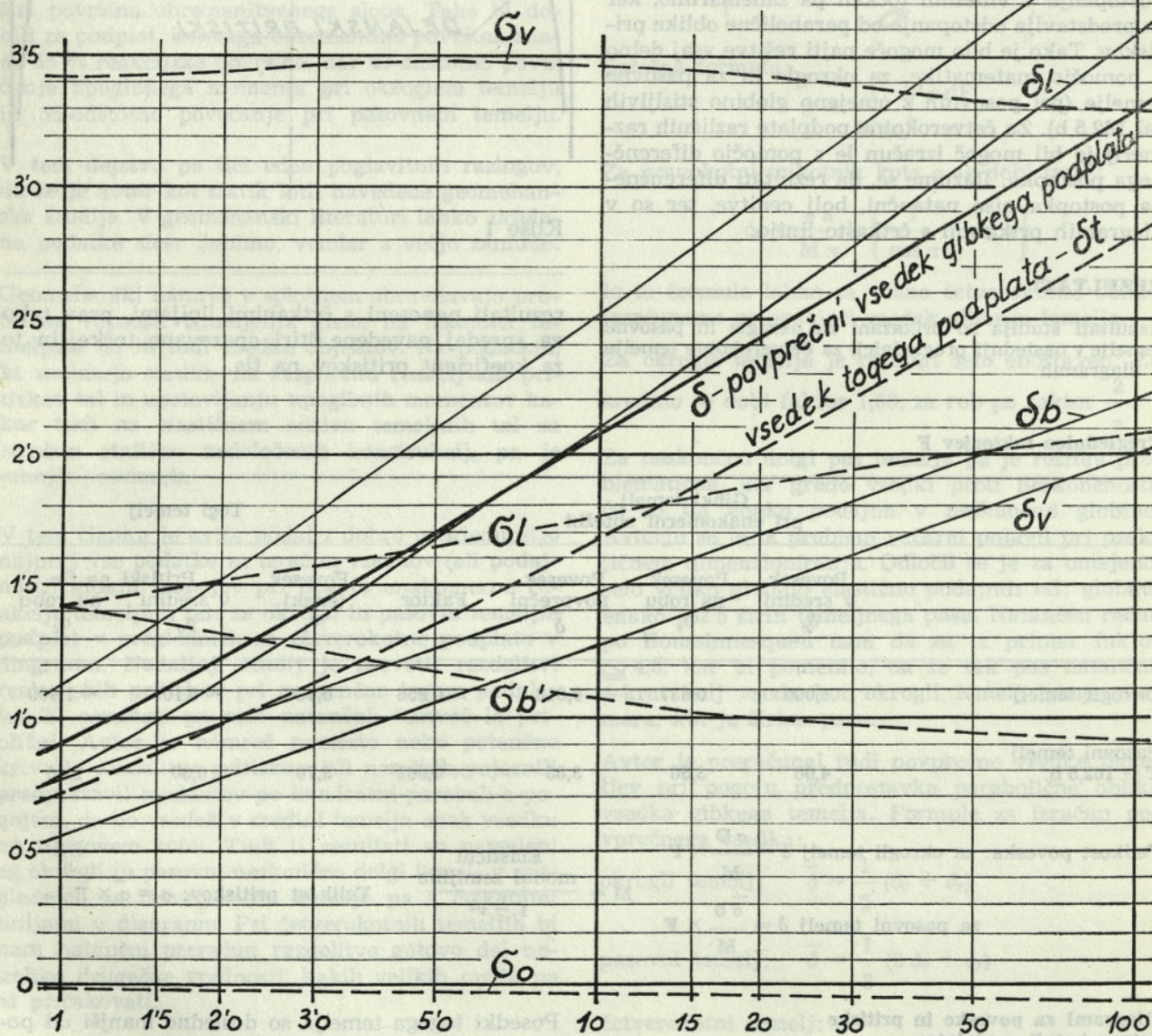
Posedki togega temelja so dosledno manjši od povprečnega vsedka gibkega temelja pri enakomerni obtežbi. Za okrogli temelj je vsedek 0,815-krat manjši, za pasovnega le 0,961-krat. V diagramu za četverkotne temelje bo faktor vsedka različen, od 0,78 pri kvadratnem temelju, do 0,88 pri zelo dolgem.



$$\delta = \delta_{ind} \cdot \frac{\sigma}{M/1-\nu^2} \cdot b$$

$$\sigma = \sigma_{ind} \cdot \frac{N}{F}$$

Faktor: $\delta_{ind}, \sigma_{ind}$



Znaki

- δ — vsedek temeljnih tal
- $\bar{\delta}$ — povprečni vsedek temeljnih tal
- σ — reakcijski pritisk na temeljna tla
- $\bar{\sigma}$ — povprečni reakcijski pritisk na temeljna tla

- M — modul stisljivosti temeljnih tal
- ν — Poissonov količnik temeljnih tal
- D — premer krožnega podplata ($D = 2R$ — polmera)
- b — širina temelja
- l — dolžina temelja
- F — ploskev

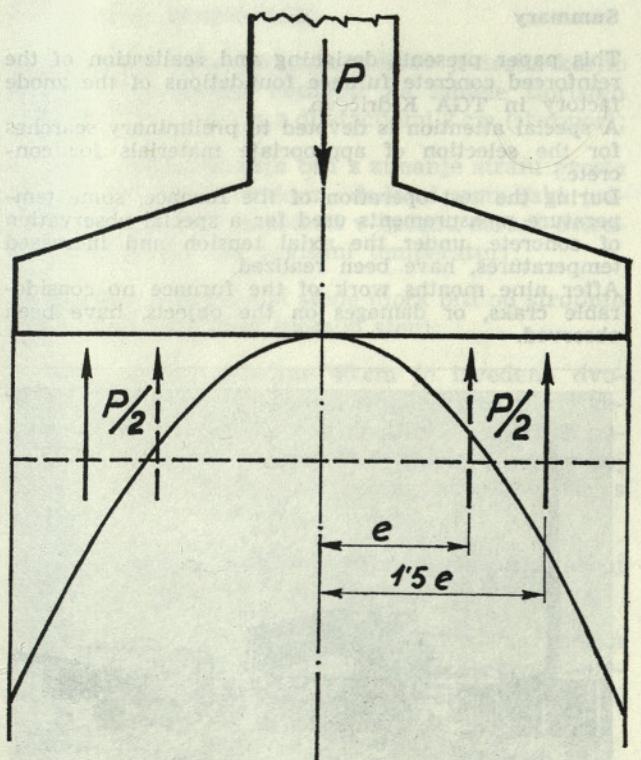
1/b

Indeksi:

- — znak za povprečno vrednost
- o — središče podplata
- r — rob podplata
- b — središče širine podplata na robu
- l — središče dolžine podplata na robu
- v — vogal podplata

Za velikost reakcijskih pritiskov na četverokotne temelje je izkazal numerični račun za sredino vselej malenkostne negativne pritiske, izpod $0,1\bar{\sigma}$, za prakso je treba privzeti konstantno enako 0. Za vogalno ost parabolične razdelitve nam je račun izkazal skoraj konstantno velikost v iznosu $3,4\bar{\sigma}$ pri kvadratnem temelju, z rahlim padcem na $3,2\bar{\sigma}$ pri zelo dolgem. V sredini krajše stranice se dobi pritisk, vselej manjši od $1,42\bar{\sigma}$, ki ustreza kvadratnemu podplatu, s padcem do $0,8\bar{\sigma}$ pri zelo dolgem. Na sredini daljše stranice pa bodo ti pritiski naraščali od $1,42\bar{\sigma}$ proti $2,4\bar{\sigma}$ pri zelo dolgem podplatu. Te podatke je treba privzeti kot smernice za primerno izbiro parabolnih diagramov, pri čemer mora naravno povprečje cele površine pritiskov ustrezati povprečnemu pritisku dane obremenitve.

Posledica dane prerazporeditve reakcijskih pritiskov na temeljna tla, ki bi ustrezala enakomerne- mu vsedku neskončno togega temelja, so bistveno večji upogibni momenti v temeljnem podplatu ter



----- ZA GIBKI PODPLAT (KLASIČNO)
 ————— ZA TOGI PODPLAT (PARABOLA)

tako tudi bistveno večja potreba po armaturnih vložkih, kot je to navedeno že v uvodu.

Pri pasovnem temelju poteka rezultanta enakomernih reakcijskih pritiskov na polovico temelja v oddaljenosti ene četrtnine širine od središča, pri parabolični razdelitvi reakcijskih pritiskov pa v oddaljenosti treh četrtnin od središča. Tako zahteva parabolična razdelitev reakcijskih pritiskov v smislu podatkov v preglednici za 35% večji upogibni moment v podplatu okrog središča temelja; če predpostavimo zelo široko obremenilno ploskev nad temeljev v velikosti četrtnine temeljne ploskve, potem bodo na robu te ploskve upogibni momenti večji za 55%. Pri okroglih temeljih je ta razlika manjša: upogibni moment okrog osi bo za 18% večji pri parabolični obtežbi v primeri z enakomerno; če ima obtežilna ploskev četrtnino površine temeljne, potem pa bo upogibni moment na njenem robu večji za 43% od predpostavljenega pri enakomerni obtežbi.

V dobi petdesetletnega obilnega inženirskega dela v projektiranju konstrukcij avtor niti enkrat ni srečal primera, da bi se zaradi računa z enakomernimi reakcijskimi pritiski tal namesto povečanih robnih v smislu tega članka pojave težave. Razlogov je veliko:

1. Temeljnih podplato, pri katerih bi bila dejanska računaska obtežba res realizirana, je zelo malo.
2. Pri sorazmerno močnih podplatih prevzame velik del nateznih napetosti beton sam, tako da armaturni vložki niso izkoriščeni v smislu statičnih računov.
3. Pri zelo tankih (plitvih) podplatih se mejna napetostna ost bistveno zmanjša zaradi podajnosti podplata.
4. Večina temeljnih tal utрпи pri večjih pritiskih delno plastifikacijo, s čimer se najprej ublaže teoretične osti napetosti pod robovi podplata. V enakem smislu deluje tudi morebitno izmikanje temeljnih tal pod robovi podplato.
5. Večina temeljnih podplato je dimenzionirana tudi na kombinacijo z vrtilnimi momenti, z velikimi ekscentričnostmi aktivne obtežbe. Pri dimenzioniranju so tedaj itak odločilne robne osti napetosti, centrična obremenitev pa ne.
6. Tudi če bi prišlo do lasnih razpok v stični spodnji površini podplato, te niso opazne, saj niso dostopne.

SKLEPNE MISLI

Realno preverjanje notranjih sil v temeljnih podplatih pri centrični obremenitvi bi zahtevalo neko vmesno rešitev med obema ekstremoma: enakomernim reakcijskim pritiskom pod gibkim temeljem in variabilnim reakcijskim pritiskom (z ostmi pod robovi) pod togim temeljnim podplatom. V večini primerov bi pogoji izenačenja deformacij temeljnih tal in temeljnega podplata izkazali rešitve, ki bi bile nekaj bližje togim podplatom. Izjema je

seveda temeljenje na skali. Táko, bolj zahtevno obravnavanje podplatov bo potrebno le tedaj, ko bi se postavljala zahteva, da spodnja stran podplata ne bo deležna pokanja. To so vsi primeri temeljenja v jedkem okolju, v talni vodi z agresivnimi lastnostmi, pod gladino morja. To zahteva trpežnost konstrukcij, saj nam lahko v primeru pokanja armaturni vložki ojačenega betona prerjave.

Z navedenim člankom avtor ni imel namena segati globlje v znanost geomehanike, saj to ni njegovo področje. K študiju ga je napotilo dejstvo, da statik-konstrukter v svoji praksi konstruiranja in dimenzioniranja temeljev prikazane podatke potrebuje. Pojav prerazporeditve talnih reakcij z napetostnimi ostmi pod robovi namreč znatno povečuje napetosti v armaturi in zmanjšuje našo običajno zakonito varnost. Geomehaniki nam bodo

morda nudili natančnejše rešitve problema. Posebej se na tem mestu zahvaljujem kolegom geomehanikom: profesorjema dr. Ivanu Sovincu in dr. Silvanu Vidmarju ter kolegi ing. Francu Vidicu. Z njimi sem večkrat uspešno sodeloval pri konkretnih konstruktivnih problemih. Za ta članek so mi nudili svojo pomoč z nasveti in posveti.

Literatura

Ivan Sovinc: Napetosti, premiki in zasuki toge pravokotne temeljne plošče na elastičnem polprostoru pri poljubni ekscentrični obremenitvi. Gradbeni V. 1954 str. 39—45.

Lujo Šuklje: Mehanika tal (1967).

Ervin Nonveiller: Geomehanika I (1963).

Lujo Šuklje: Objašnjenja Pravilnika o tehniških normativih za projektiranje in zvajanje del pri temeljenju gradbenih objektov. Bgd. 1979.

Miroslav Cesarec in Davorin Kovačević: Analiza nosivosti tla spod kružnih rezervoara. Gradjevinar 1986 str. 237—242.

Obnašanje betona pod vplivom mehanskih napetosti in povišanih temperatur — TGA Kidričevo

UDK 691.32:620.17

MARKO LUTMAN, BRANKO BEDENIK

Povzetek

Članek opisuje projektiranje in izvedbo armiranobetonskih temeljev korita peči objekta tovarne anod v TGA Kidričevo. Članek posveča posebno pozornost predhodnim preiskavam za izbor ustreznih materialov za beton.

Na objektu, v talni plošči, so bile v fazi poskusnega obratovanja izvedene meritve temperatur, ki so rabile za dopolnilno laboratorijsko preiskavo obnašanja betona pod vplivom mehanskih napetosti in povišanih temperatur.

Po tričetrtletnem obratovanju peči na konstrukciji ni opaziti znatnejših razpok oz. poškodb.

1. UVOD

V sklopu modernizacije proizvodnje primarnega aluminija v TGA Kidričevo je bila poleg objekta elektrolize C v letih 1986—1987 zgrajena tudi tovarna anod (slika 1). Osrednji del objekta predstavlja peč s komorami, v kateri poteka proces pečenja zelenih anodnih blokov. Peč je temeljena na armiranobetonskem koritu, tlorisne velikosti ca. 100 × 25 m in globine 7 m. Pričakovane največje temperature na površinah betona naj bi po projektantskih ocenah dosegale:

Avtorja:

Marko Lutman, dipl. inž. gr., samostojni tehnolog, GIP Gradis Ljubljana, Branko Benedik, dr., dipl. inž. gr., docent, Univerza v Mariboru, Tehniška fakulteta, VTO Gradbeništvo, Maribor

STRUCTURAL BEHAVIOUR OF CONCRETE UNDER LONG-TERM UNIAXIAL STRESSES AT HIGH TEMPERATURE — TGA KIDRIČEVO

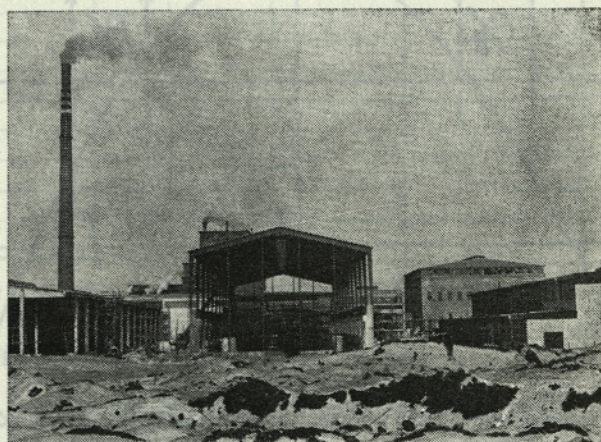
Summary

This paper presents designing and realization of the reinforced concrete furnace foundations of the anode factory in TGA Kidričevo.

A special attention is devoted to preliminary searches for the selection of appropriate materials for concrete.

During the test operation of the furnace, some temperature measurements used for a special observation of concrete, under the axial tension and increased temperatures, have been realized.

After nine months work of the furnace no considerable cracks, or damages on the objects, have been observed.



Slika 1. Tovarna anod, TGA Kidričevo — v fazi gradnje, januar 1987

- stene (95—145⁰ C)
- talna plošča (380—450⁰ C).

Izvedba projekta konstrukcije je bila zaupana Projektu MR, Inženiring iz Maribora, tehnologija izbora materialov in izvedba pa DO GIP Gradis.

Centralni laboratorij GIP Gradis je v sodelovanju z investitorjem (TGA), Tehnično fakulteto v Mariboru in Kemijskim inštitutom Boris Kidrič v Ljubljani izvedel tudi posebne meritve in preiskave na betonih.

2. PROJEKTNÁ NALOGA

Projektno nalogo so sestavljali naslednji deli:

- investicijski program — tehnološki del (investicijska skupina TGA),
- projekt konstrukcije (Projekt MR),
- projekt betona (GIP Gradis — Centralni laboratorij),
- projekt priprave dela (montaža) — (GIP Gradis, GE Maribor).

Osnovne podatke za projektiranje je priskrbel investitor v sodelovanju s tujimi partnerji (Riedhammer in Strabag bau — AG, ZRN).

V okviru strokovnih razgovorov sodelujočega teama investitor — projektant — tehnolog — izvajalec smo izoblikovali naslednje napotke za projektiranje korita peči:

2.1. Projekt konstrukcije

— Zaradi temperaturnih vplivov je treba korito vzdolžno in prečno razdeliti na lamele tlorisnih dimenzij 10,5 × 5,5 m z dilatacijami 2 cm (stiropor);

— stene korita morajo biti z zunanje strani proste in prepahovane z zrakom, dodatni zemeljski pritiski bi povzročili napetosti v betonu zaradi ovirane deformacije pri povišani temperaturi;

— zgornji — prosti del stene mora biti od stropnih plošč ločen vsaj 8 cm (pomiki sten);

— talna plošča debeline 40 cm je izvedena dvo-slojno (15 + 25 cm), spodnji sloj je konstrukcijskega značaja, zgornji pa ima dodatni — zaščitni pomen. Zgornji in spodnji stiki so tlorisno med seboj zamaknjeni za 25 cm (preprečena zamašitev reg s prahom);

— talne plošče posameznih lamel so med seboj drsno povezane z mozniki ϕ 26 na 50 cm;

— ker na področju objekta ni prisotna visoka podtalnica, posebnih ukrepov zaščite (parne zapore, ventilacijski hodniki) ni potrebno izvajati.

2.2. Projekt betona

Izvedene so bile predhodne preiskave na več vrstah betonov, ki se trenutno uporabljajo v gradbeni operativi. Posebej nas je zanimala obstojnost be-

tonov pri visokih temperaturah ptujsko-dravskega bazena.

Betonske preizkušance v obliki prizem, velikosti 10 × 10 × 40 cm ter kock 10 in 20 cm smo v industrijski peči livarne TGA Kidričevo ca. 50 ur obremenili s stalno temperaturo (150⁰ C oz. 600⁰ C) s hitrostjo začetnega obremenjevanja 75 st/h oz. 20 st/h. Kontrolo temperature v vzorcih smo opravili s Cr-Ni termočleni.

Tlačno, natezno trdnost, razpokanost, spremembo barve in teže smo določali na ohlajenih vzorcih.

Z rentgensko analizo smo na inštitutu Boris Kidrič preiskali tudi možne kemične spremembe kamene-ga agregata — apnenca po temperaturni obdelavi pri 500⁰ C. Sprememb ni bilo opaziti, kar se lepo vidi iz primerjav difraktogramov (slika 2).

Na podlagi opravljenih predhodnih preiskav in izsledkov iz literature smo izdelali navodila za pripravo betonov. Za stene korita smo predvideli uporabo običajnega betona MB 35 z zrnem $D_{max} = 16$ mm (cement PC 45 B Trbovlje, dravski agregat), za talno ploščo pa uporabo betona MB 35, $D_{max} = 31,5$ mm, z nizkohidratacijskim cementom in drobljencem — apnencem iz Podgore pri Celju. Izbor armature je določil projektant. Predvideno je bilo jeklo za poboljšanje Č.4130, dobavljeno v mehko žarjenem stanju. Na koncu smo izoblikovali mnenje, da za talno ploščo uporabimo klasično, mehko armaturo.

2.3. Projekt priprave dela (montaža)

Zaradi hitrejšega napredovanja del je izvajalec podal predlog za izdelavo in montažo prefabriciranih armiranobetonskih sten. Preprojektiranje je izvedla skupina priprave dela GIP Gradis, GE Maribor.

3. IZVEDBA DEL

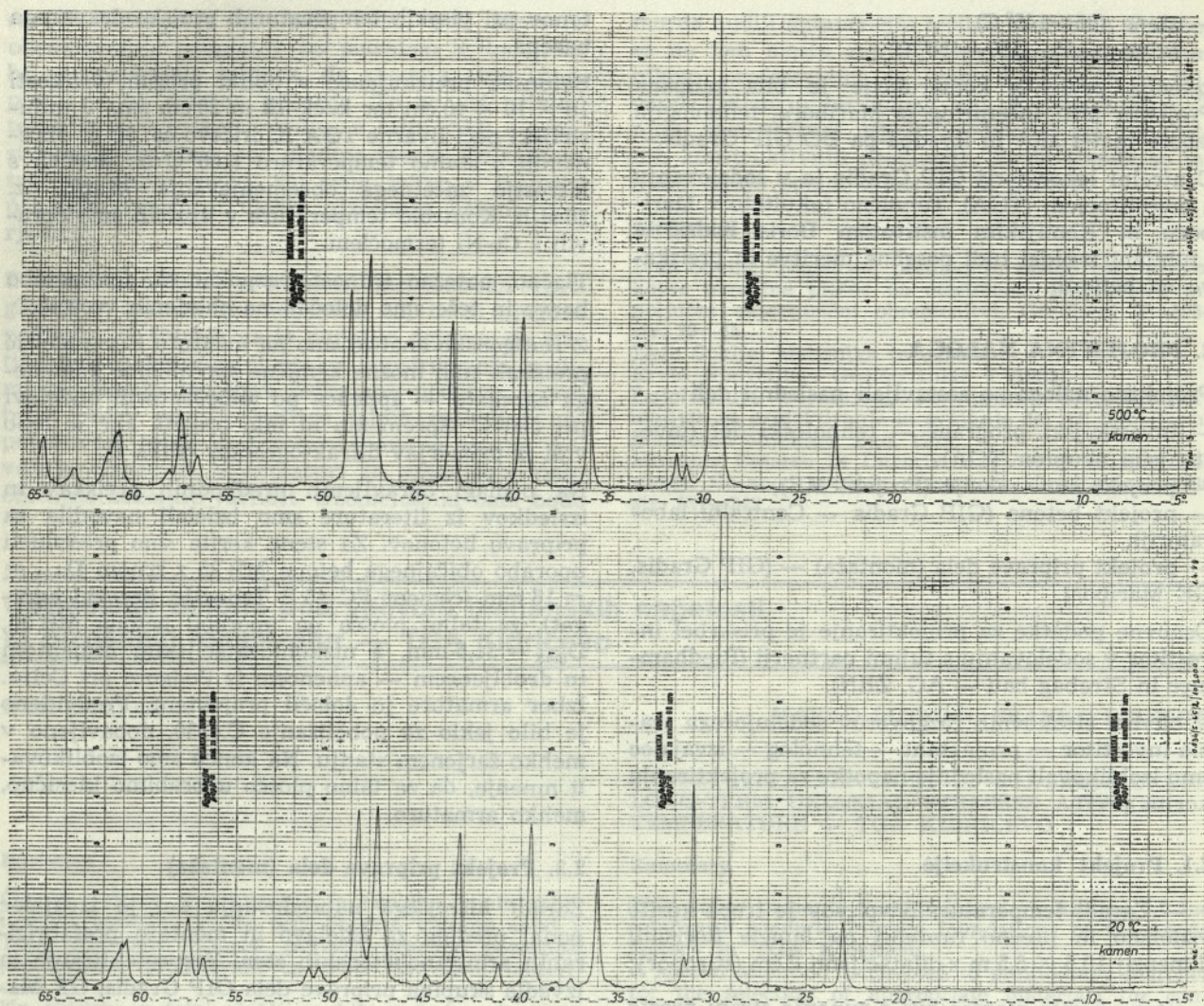
Z armiranobetonskimi deli na koritu smo začeli v novembru 1986, končali pa v marcu 1987. Ker je bila zima izredno huda, je bilo potrebno pripraviti posebne ukrepe za zaščito in nego strjujočega se betona talne plošče. Za ta namen je izvajalec pripravil posebne tunele, v katere je vpihoval vroč zrak. Betonske površine smo dodatno zaščitili še s PVC folijo in 3 cm kombi ploščami.

Napredovanje del je potekalo tako, da smo sestavili vzdolžni montažni steni, monolitno zabetonirali zadnjo prečno steno, nato pa po sistemu šahovnice izvedli talno ploščo in kasneje še prednjo prečno steno.

4. KONTROLA KAKOVOSTI VGRAJEVANEGA BETONA

4.1. Tekoča kontrola izvajanja del

Tekočo kontrolo kakovosti vgrajevanega betona in osnovnih materialov za beton je izvajal laboratorij



Slika 2. Difraktogram kamenega agregata — apnec Podgora — spodaj temperaturno neobremenjen vzorec, zgoraj temperaturno obremenjen vzorec (500°C)

GE Maribor, nadzor in instruktazo pa je opravil Centralni laboratorij iz Ljubljane.

Končno poročilo z oceno kakovosti je na koncu gradnje podal Građevinski institut iz Zagreba. Betoni ustrezajo predpisanim lastnostim po pravilniku za beton in armirani beton.

4.2. Meritve temperature v talni plošči in posebna preiskava betona

Z namenom, da se pridobi ustrezni diagram temperaturne obtežbe za nadaljnje preiskave na betonu, je Centralni laboratorij GIP Gradis v sodelovanju z investitorjem in izvajalcem že v fazi gradnje namestil v talno ploščo več sondažnih cevi premera 3/4", v katerih je v fazi poskusnega zagona in obratovanja peči zasledoval s termočleni (Cr-Ni) gibanje temperatur v betonu. Meritve so potekale dva meseca, od sredine oktobra do sredine decembra 1987. Na vsakih 24 ur smo temperaturo odčitali prek grafičnega zapisovalca. Prvi mesec meritev je po-

tekal v času sušenja in predgrevanja peči, drugi mesec pa že v 1. ciklusu poskusne proizvodnje. Največja registrirana temperatura v talni plošči je bila okrog 180°C (slika 3).

V mesecu maju 1988 (ca. 1 leto po vgradnji betona) so bile na tehniški fakulteti izvršene še posebne preiskave na betonskem cilindru 150/300 mm. Vzorec je bil izdelan tako, da smo iz betonskih kock s stranico 20 cm izvrtali valj premera 150 mm in višine 200 mm. Polovičen vzorec je bil nalepljen na osnovni vzorec s cementnim lepilom približne debeline 1 mm. Na tak način smo simulirali dvoslojnost talne plošče.

Vzorec smo vstavili v triaksialno aparaturo z vgrajeno temperaturno celico (slika 4).

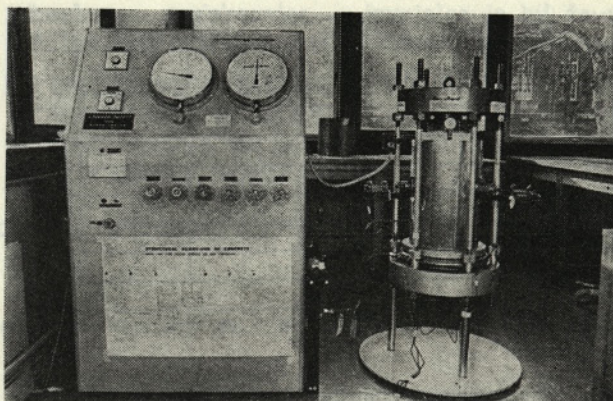
Preiskava je potekala v dveh delih. Najprej smo vzorec pri sobni temperaturi obremenili z napetostjo v osi $\delta_a = 10$ MPa z namenom, da se doseže popolno naleganje obeh delov vzorca in da določimo deformacijo veznega sloja.

Drugi del preiskave je potekal v dveh fazah. V prvi fazi smo vzorec brez napetosti segrevali do 115⁰ C; v tej fazi smo določili temperaturni razteznostni koeficient vzorca. Ko je vzorec dosegel konstantno temperaturo T = 115⁰ C, smo ga obremenili z osno napetostjo $\beta_a = \delta_1 = 10$ MPa. Temperaturo vzorca smo merili le na obodu, temperaturna dvojica v vzorec ni bila vgrajena. Po 5 dneh smo temperaturo zvišali v dveh korakih na 150⁰ C. Pritisk na vzorec se je samodejno zvišal do $\delta_a = 13,33$ MPa zaradi pomanjkljivega delovanja kompenzatorjev pritiska. Rezultate smo zato ovrednotili glede na enotino napetost (specifične deformacije).

Na koncu preiskave je bil vzorec razbremenjen in ponovno obremenjen ter razbremenjen in na koncu ohlajen na sobno temperaturo.

Zajemali smo naslednje meritve: osni pritisk, temperaturo, osne deformacije ter dan in čas meritev.

Vse rezultate smo shranili na disk in jih s posebnim programom obdelali in izrisali na ekran ter

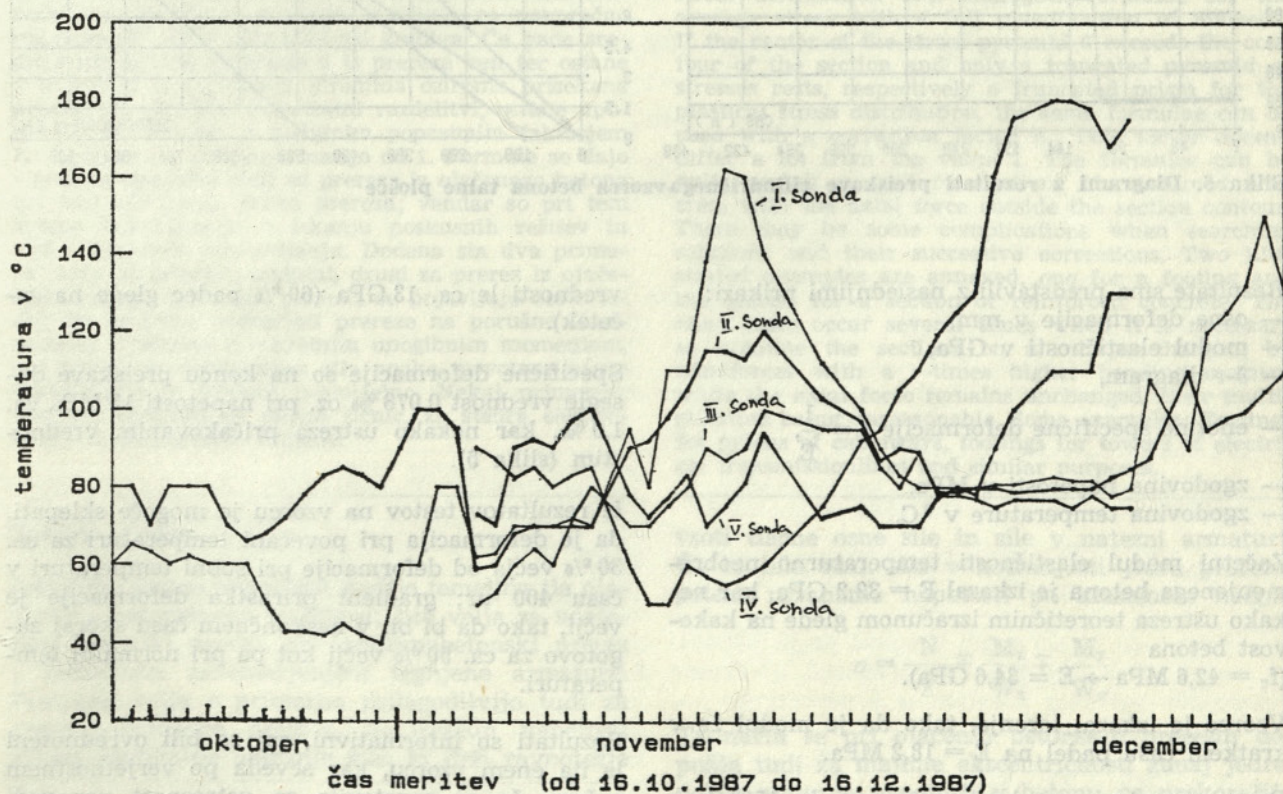


Slika 4. Triosni aparat z vgrajeno temperaturno celico

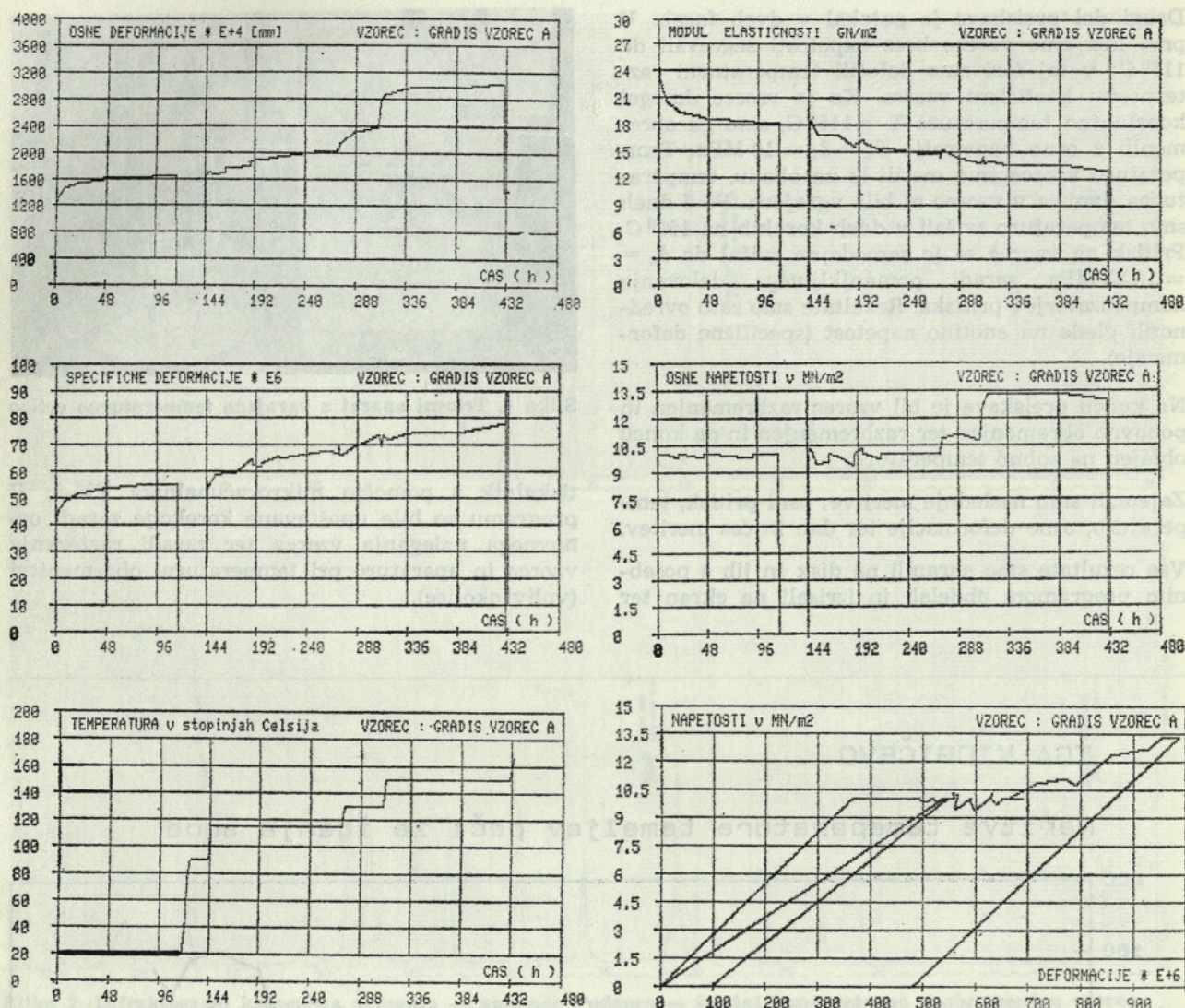
tiskalnik s pomočjo mikroračunalnika FM-8. V programu so bile upoštevane korekcije zaradi osnovnega naleganja vzorca ter zaradi raztezanja vzorca in aparature pri temperaturni obremenitvi (vpliv okolice).

TGA KIDRIČEVO

Meritve temperature temeljev peči za žganje anod



Slika 3. Diagram meritev temperature v betonu talne plošče v fazi poskusnega obratovanja peči



Slika 5. Diagrami z rezultati preiskave cilindričnega vzorca betona talne plošče

Rezultate smo predstavili z naslednjimi prikazi:

- osne deformacije v mm,
- modul elastičnosti v GPa,
- δ - ε diagram,

— enotne specifične deformacije $\varepsilon = \frac{1}{E}$,

- zgodovina napetosti v MPa,
- zgodovina temperature v °C.

Začetni modul elastičnosti temperaturno neobremenjenega betona je izkazal $E = 32,2$ GPa, kar nekako ustreza teoretičnim izračunom glede na kakovost betona

($f_c = 42,6$ MPa $\rightarrow E = 34,6$ GPa).

Vzorec je izkazal lezenje, tako da je modul že v kratkem času padel na $E = 18,2$ MPa.

Pri temperaturnem obremenjevanju do 150°C je E modul še nadalje padal in po ca. 12 dneh izkazal

vrednosti le ca. 13 GPa (60% padec glede na začetek).

Specifične deformacije so na koncu preiskave dosegle vrednost 0,078‰ oz. pri napetosti 13 MPa ca. 1,0‰, kar nekako ustreza pričakovanim vrednostim (slika 5).

Iz rezultatov testov na vzorcu je mogoče sklepati, da je deformacija pri povečani temperaturi za ca. 30% večja od deformacije pri sobni temperaturi v času 400 ur; gradient prirastka deformacije je večji, tako da bi bil v neskončnem času skoraj zagotovo za ca. 50% večji kot pa pri normalni temperaturi.

Rezultati so informativni, saj so bili ovrednoteni le na enem vzorcu, kar seveda po verjetnostnem računu še ni zagotovilo za ustreznost napovedi splošnega obnašanja.

5. ZAKLJUČEK

Predstavljeni projekt reševanja problematike obnašanja betona pod vplivom visokih temperatur in priprava konstrukcijskih rešitev je v našem slovenskem prostoru še vedno redkost. Zahvaljujoč zglednemu sodelovanju investitor — projektant —

tehnolog — raziskovalec — izvajalec je bil že v fazi projektiranja zagotovljen sistematičen pristop.

Po tričetrtletnem obratovanju peči v tovarni anod na konstrukciji ni opaziti znatnejših razpok oz. poškodb. Sodimo, da bo objekt rabil svojemu namenu v splošno zadovoljstvo vseh.

Dimenzioniranje pravokotnih prereзов izključno tlačne odpornosti na osno silo, ki učinkuje med jedrom prereza in njegovim obrisom

UDK 624.046

SVETKO LAPAJNE

Izvleček

Taki primeri se pojavljajo pri temeljnih podplatih, obremenjenih s porušnim momentom pri neizpremenjeni osni obremenitvi, pa tudi pri prerezech iz neojačenega betona. Avtor navaja enostavne formule za izračun mejnih napetosti pri elastičnem trikotnem razporedu napetosti in analogne formule za povprečno napetost pri polni plastifikaciji gradiva. Če pade središče napetostne piramide 0 iz prereza ven ter ostane v napetosti le prisekana piramida oziroma prisekana prizma pri plastični napetostni razdelitvi, ostane uporabna ista formula z dodatnim popravnim faktorjem K; ta pa se ne razlikuje mnogo od 1. Formule se dajo s pridom uporabiti tudi za prereze iz ojačenega betona pri osni sili zunaj obrisa prereza; vendar so pri tem znatne komplikacije v iskanju poskusnih rešitev in njih postopnem popravljanju. Dodana sta dva primera: eden za temeljni podplat, drugi za prerez iz ojačenega betona. Navedeni primeri se pojavljajo često tedaj, ko je treba preverjati prereze na porušne obremenitve z vetrom z ν -kratnim upogibnim momentom, pri čemer pa ostaja osna sila enaka, prvotna; njeno faktoriranje je namreč nesmiselno. Nekaj primerov: temeljni podplati za stebre žičnic, za stebre elektrovodov in za podobne namene.

Splošna rešitev

Izključno tlačno odpornost nudijo temeljna tla ojačenemu betonskemu podplatu; isto velja za neojačeni betonski prerez, ali armiranobetonski prerez z računskim zanemarjenjem tegnjene armature. Postopek velja s primerno prilagoditvijo tudi za armiranobetonske prereze, za izračun napetosti zaradi vertikalne notranje sile, ki drži ravnotežje

Avtor:
Svetko Lapajne, dipl. inž. gradb.

COMPUTATION OF RECTANGULAR SECTIONS OF ONLY COMPRESSIVE RESISTANCE AGAINST AXIAL FORCES WHICH ACT BETWEEN THE CORE AND THE CONTOUR OF THE SECTION

Summary

Such cases occur on footings charged by collapsing moment with a normal axial force and on sections of unreinforced concrete. Author cites simple formulae for the computation of the edge-stresses of an elastic stress distribution and analogues formulae for the average stress with a full plastification of material. If the center of the stress pyramid 0 exceeds the contour of the section and only a truncated pyramid of stresses rests, respectively a truncated prism for the plastical stress distribution, the same formulae can be used with a correction factor K; This factor doesn't differ a lot from the value 1. The formulae can be quite usefull as well for sections of reinforced concrete with the axial force outside the section contour. There may be some complications when searching solutions and their successive corrections. Two illustrated examples are annexed, one for a footing and the second for a section of reinforced concrete. The cited cases occur several times when it is necessary to examine the sections on a collapse-charging by windforces with a ν -times higher bending moment while the axial force remains unchanged, their multiplication being unreasonable. Some examples: Footings for pylons of cableways, footings for towers of electrical transmissionlines and similar purposes.

vsoti tlačne osne sile in sile v natezni armaturi. Če bi bila osna sila v notranjosti jedra prereza, potem računamo napetosti po klasičnem načinu

$$\sigma = \frac{N}{F} \mp \frac{M_x}{W_x} \mp \frac{M_y}{W_y}$$

Ta način se pri ojačenih betonskih prerezech dopušča tudi za majhne ekscentričnosti zunaj jedra, dokler natezne napetosti v betonu ne prekoračijo tlačnih več kot za četrtino.

Klasični način dimenzioniranja ojačenega betona zanemarja del prereza, ki je tegnjen, tako da upošteva le tlačeni del betona, razdelitev napetosti pa predvideva po linearnem Hookeovem zakonu od nevtralne osi, ki je nenapeta. Plastični sodobni načini predvidevajo razne napetostne krivulje $\sigma - \varepsilon$, ali njih kombinacijo, kar postopek zelo zaplete. Ekstremna plastifikacija bi imela za diagram enostavni pravokotnik, to pa je še enostavnejše od klasičnega trikotnega razporeda napetosti. Ker so pri klasičnem načinu dimenzioniranja osne dopustne napetosti bistveno višje od povprečnih dopustnih za stebre ali za upogib po popolni plastifikaciji prereza, bomo na oba načina izračunali pravzaprav pri isti varnosti enake dimenzije ali pri isti dimenziji enak varnostni faktor. Seveda le, če so predpisane dopustne napetosti logično postavljene.

Vsak inženir se zaveda, da v naravi ni idealne elastičnosti, še manj pa popolne stoodstotne plasti-

fikacije. Realni primeri bodo nekje vmes. Če je v obeh primerih ista varnost, potem mora veljati ista varnost tudi za vse vmesne primere.

Avtor članka je detajlno obdelal klasični primer z napetostno razdelitvijo po linearnem Hookeovem zakonu, za primerjavo pa je obdelal tudi primere polne plastifikacije.

Oznake:

u — oddaljenost prijemališča sile od obrisa po smeri osi y

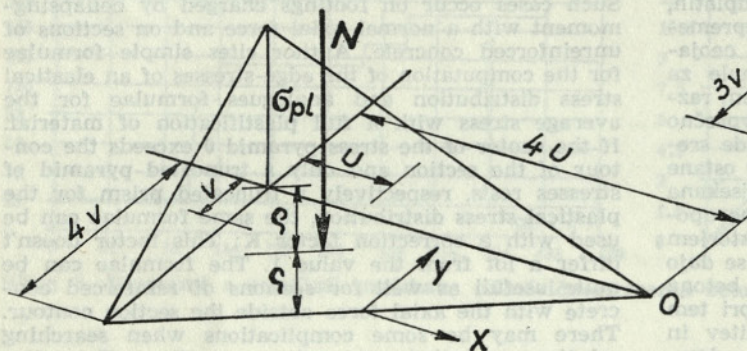
v — oddaljenost prijemališča sile od obrisa po smeri osi x

N — velikost osne sile

σ — napetost, σ_{el} — elastična, σ_{pl} — plastična

ϱ — oddaljenost prijemališča sile od vogala, merjena pravokotno na nevtralno os

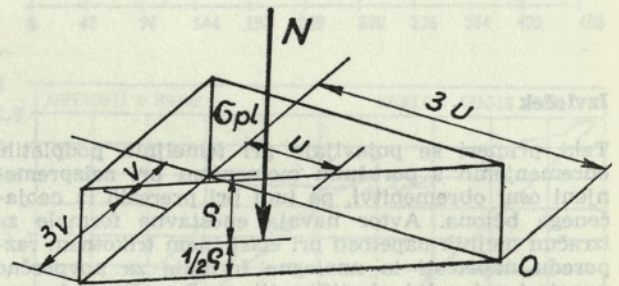
Napetostna piramida, pripadajoča elastičnemu razporedu napetosti



$$\sigma_{el} = \frac{3N}{8uv} \quad (1) \quad \text{Formule za napetosti}$$

$$M_{el} = \frac{3N\rho}{16} \quad (3) \quad \text{Upogibni moment okrog prijemališča sile}$$

Napetostna prizma, pripadajoča plastičnemu razporedu napetosti



$$\sigma_{pl} = \frac{2N}{9uv} \quad (2)$$

$$M_{pl} = \frac{4N\rho}{27} \quad (4)$$

Formule so rezultat enostavnih geometrijskih izvajanj.

$$\text{Razmerje } \frac{\sigma_{el}}{\sigma_{pl}} = \frac{27}{16} = 1,6875 \text{ ali približno } 1,7.$$

To pomeni, da bi pri enaki varnosti mogli privzeti za mejne robne dopustne napetosti osti 1,7-kratno povprečno dopustno napetost za predpostavko popolne plastifikacije.

$$\text{Razmerje } \frac{M_{el}}{M_{pl}} = \frac{81}{64} = 1,2656.$$

Po predpisu št. 21 predvideni račun po plastifikaciji nam nudi za 21 % prenzike upogibne momente — in dopušča prešibko armiranje.

Primeri s tlačno površino trapeznega tlorisa

Trikotni diagram napetosti (po zakonu elastičnosti)

V praksi imamo zelo redko prvi primer čiste trikotne tlačne površine, v večini primerov bo središče napetostne piramide O padlo iz (ali izven) prereza ploskve ven. Ta primer rešuje avtor na enak način, vendar s primernimi popravki.

Oznake:

- ξ — relativna dolžina odbite osti 0 napetostne piramide
- u' — razdalja fiktivnega težišča napetostne piramide od osi y
- v' — razdalja fiktivnega težišča napetostne piramide od osi x
- u, v — analogne dejanske razdalje težišča napetostne prisekane prizme
- r — razdalja težišča sile od središča 0

Iz sorazmerno enostavnih geometrijskih pogojev dobimo naslednja razmerja:

Razmerje napetostne vsebine prisekane piramide proti celi piramidi: $1 - \xi^3$.

Razmerje momenta napetostne prisekane piramide proti celi piramidi okrog centra 0: $1 - \xi^4$.

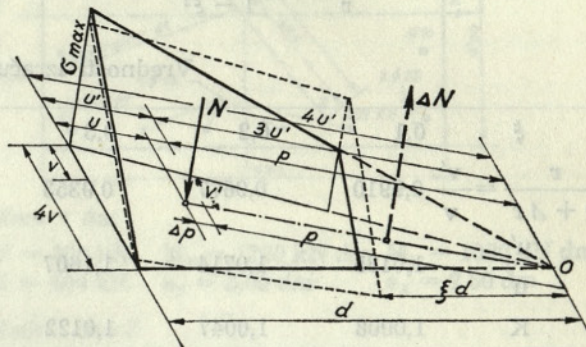
Razmerje ročic: $\frac{r + \Delta r}{r} = \frac{1 - \xi^4}{1 - \xi^3}$

Razmerje: $\frac{u'}{u} = \frac{1 - \xi^3}{1 - 4\xi^3 + 3\xi^4}$ (> 1)

Razmerje: $\frac{v'}{v} = \frac{1 - \xi^3}{1 - \xi^4}$ (< 1)

Napetost v osti nad vogalom tlačne površine znaša:

$$\sigma_{\text{osti}} = \frac{3N}{8u'v'} \cdot \frac{1}{1 - \xi^3} = \frac{3N}{8uv} \frac{(1 - 4\xi^3 + 3\xi^4)(1 - \xi^4)}{(1 - \xi^3)^3} = \frac{3N}{8uv} K$$



Za razne vrednosti si je avtor izračunal naslednje vrednosti:

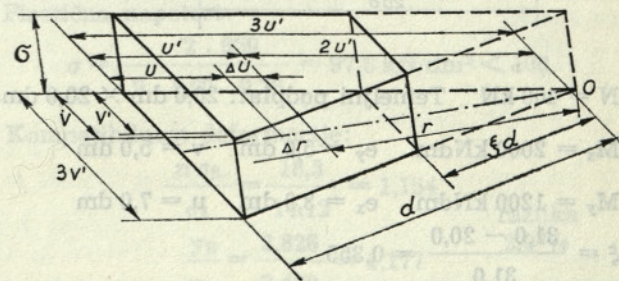
ξ	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	lim 1,0
$\frac{r}{r + \Delta r} = \frac{v'}{v}$	0,9991	0,9936	0,9810	0,9606	0,9330	0,9007	0,7500
$\frac{u'}{u}$	1,0027	1,0197	1,0619	1,1404	1,2727	1,4939	∞
Napetostni K	0,9992	0,9950	0,9866	0,9753	0,9625	0,9479	0,8889
Popravni faktor	1,0037	1,0135	1,0286	1,0488	1,0736	1,1032	1,2656
Kfiktivni	1,0029	1,0084	1,0148	1,0229	1,0333	1,0457	1,1250

Kljub redukciji tlačene površine — dobimo nižjo ost napetosti. Pač pa prehaja ost napetosti v razširjeno rezilo do popolnoma ravnega rezila v limiti $\xi = 1,0$. To si razlagamo tako, da negativni vpliv razbremenitve v osti proti centru 0 povzroči bistveno večje pritiske na kraju, kjer je ost odrezana, na samem čelu pa redukcijo, ki je označena s pikčasto črto na skici.

Rezultat analize je, da lahko računamo tudi trapezne površine na enak način kot trikotne, po isti formuli za napetost osti. Problem pa je drugje: če računamo nosilnost gradiva po plastifikaciji in to primerjamo z izračunanimi napetostmi po trikotniku, nam račun napetosti v rezilu prizme dopušča 4/3 ali 1,33-kratno dopustno povprečno napetost v gradivu, po računu osti piramide pa kar 27/16 ali 1,6875-kratno povprečno dopustno napetost gradiva. Praktično bi torej morali za $\xi = 1$ zmanjšati dopustne napetosti v razmerju 64 : 81 ali $\times 0,79$. Praktičneje pa bi bilo zračunati neke fiktivne napetosti za razne vrednosti σ osti.

S prisekanjem trikotnika, ki bi dopolnil trapezni prerez v trikotnega, se dejanske napetosti le malenkostno zmanjšujejo, če pa privzamemo kriterij varnosti, potem se nam fiktivne napetosti malenkostno zvišujejo. Preglednica nam nudi koeficiente zmanjšanja kakor tudi povečanja fiktivnih napetosti pri dopustnih zvišanih napetostih za ost piramide napetosti.

Enakomerne napetosti — popolna plastifikacija



Geometrijski preračun nam je dal naslednje izraze:

Razmerje napetostne vsebine presekanе prizme proti vsebini cele prizme : $1 - \xi^2$.

Razmerje momenta vsebine presekanе napetostne prizme proti momentu cele prizme okrog centra 0 : $1 - \xi^3$.

$$\text{Razmerje ročic: } \frac{r + \Delta r}{r} = \frac{1 - \xi^3}{1 - \xi^2}$$

$$\text{Razmerje: } \frac{u'}{u} = \frac{1 - \xi^2}{1 - 3\xi^2 + 2\xi^3}$$

$$\text{Razmerje: } \frac{v'}{v} = \frac{1 - \xi^2}{1 - \xi^3}$$

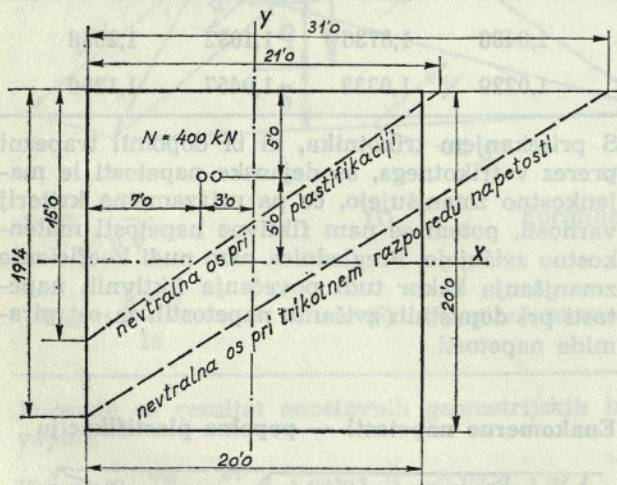
$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{2N}{9u'v'} \cdot \frac{1}{(1 - \xi^2)} = \\ &= \frac{2N(1 - 3\xi^2 + 2\xi^3)(1 - \xi^3)}{9uv(1 - \xi^2)^3} = \frac{2N}{9uv} K \end{aligned}$$

Vrednosti izračunane za razne ξ :

ξ	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	lim 1,0
$\frac{r}{r + \Delta r} = \frac{v'}{v}$	0,9910	0,9677	0,9353	0,8974	0,8571	0,8163	0,6667
$\frac{u'}{u}$	1,0185	1,0714	1,1607	1,2963	1,5000	1,8182	∞
K	1,0008	1,0047	1,0122	1,0234	1,0371	1,0528	1,1250

Pri uporabi formul je težava v dejstvu, da izraz za ξ ni določen. Treba ga je oceniti tako, da se prerez nariše z dolžino 4u oziroma 3u pri plastifikaciji, ter nato preveri po novem u' iz danih preglednic ter popravi na $4u'$ oziroma $3u'$. Ker pa je povečanje napetosti zaradi odrezanega dela zelo majhno, pri $\xi = 0,5$ komaj 9-odstotno oziroma 5-odstotno pri plastifikaciji, tudi majhne približnosti ne morejo vplivati na rezultat, izražen v napetosti zemljine ali betona.

Primer temeljnega podplata



$N = 400 \text{ kN}$ Temeljni podplat: $20,0 \text{ dm} \times 20,0 \text{ dm}$

$M_x = 2000 \text{ kNdm}$ $e_y = 5,0 \text{ dm}$ $v = 5,0 \text{ dm}$

$M_y = 1200 \text{ kNdm}$ $e_x = 3,0 \text{ dm}$ $u = 7,0 \text{ dm}$

$$\xi = \frac{31,0 - 20,0}{31,0} = 0,355$$

$$\sigma \text{ elastično} = \frac{3 \cdot 400 \cdot 0,9804}{8 \cdot 5,0 \cdot 7,0} = 4,20 \text{ kN/dm}^2$$

$$\sigma \text{ fiktivno} = \frac{3 \cdot 400 \cdot 1,0193}{8 \cdot 5,0 \cdot 7,0} = 4,37 \text{ kN/dm}^2$$

Popolna plastifikacija:

$$\sigma \text{ plastično} = \frac{2 \cdot 400 \cdot 1,0002}{9 \cdot 5,0 \cdot 7,0} = 2,54 \text{ kN/dm}^2$$

Po predpisih za temeljenje (Pravilnik št. 21) bi bila tako velika ekscentričnost prepovedana. Avtor pa jo kljub temu uporablja tedaj, kadar izvaja dimenzioniranje glede na porušitev. Naš vetrni predpis zahteva, da se vse konstrukcije preverjajo glede na obremenitev izrednega udara vetra velikosti 150 % največjega predpisanega vetra, pri čemer pa dopušča 150-odstotne dopustne napetosti. Za dimenzioniranje temeljev stebrov za žičnice jemlje avtor še strožji kriterij: 175-odstotni udar najhujšega vetra s 175-odstotnimi dopustnimi obremenitvami temeljnih tal. Tak kriterij je namreč nujen zato, ker se pri tem lastna teža nič ne spremeni ter grozi nevarnost prevrnitve.

Dimenzioniranje ojačenega betonskega pravokotnega prereza na dvosmerni upogib ali na dvosmerno ekscentrično osno silo

Glavna težava tega dimenzioniranja je v določitvi nevtralne osi po predpostavljaju in popravljanju. Poiskati je treba: prvič težišče sil v natezni armaturi, to je težišče Z: produktov armaturnih površin z ustreznimi koeficienti ročic ρ , drugič težišče tlačne piramide elastičnih napetosti v betonu D; V smislu predhodnega bo oddaljenost težišča od roba prereza malo manjša od četrtnine osnovnice,

saj je $u = \frac{\text{osnovnica}}{4 \times u'/u}$ po preglednici.

Pogoja za pravilnost izbire nevtralne osi sta dva: Prvi: Zvezna črta med prijemališčem Z in prijemališčem D mora potekati natanko v smeri delovanja rezultante upogibnih momentov, pravokotno na os momentov. Pri ekscentrični sili mora ta zveznica potekati natanko v smeri prijemališča dvojno ekscentrične sile.

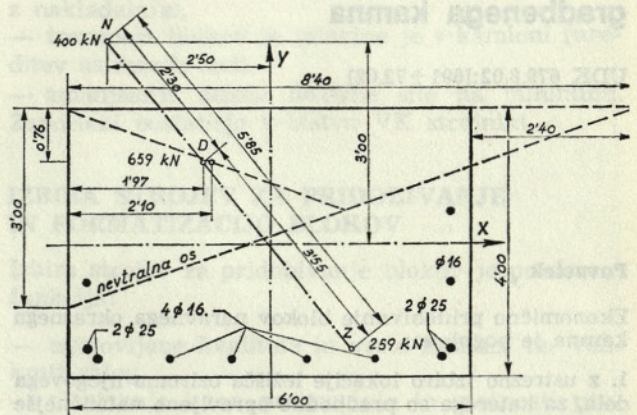
Drugi: Položaj nevtralne osi mora ustrezati elastičnemu pogoju deformacij: zvezna črta največjega pritiska v zgornjem vogalu, deljenega z E_B in natezne napetosti v vogalni armaturi, deljeni z E_A , mora sekati napetost O v nevtralni osi. Torej:

$$\frac{y_B}{y_A} = \frac{\sigma_B E_A}{\sigma_A E_B} = n \frac{\sigma_B}{\sigma_A}$$

Za izpolnitev obeh pogojev je ponavadi treba nevtralno os večkrat premakniti in zasukati, s čimer pa se vsakič spremeni tudi prijemališče D in prijemališče Z, čeprav ne mnogo. Čim nevtralna os ustreza, potem je določitev napetosti σ_B lahka po danih formulah, napetost jekla σ_A pa iz pogoja ravnotežja prav tako.

Zelo natančen račun bi zahteval izračun težišča reducirane tlačne površine in pripadajočih n-kratnih površin jekla, vse pravokotno na smer nevtralne osi. Sledil bi izračun vztrajnostnega momenta istih površin pravokotno na poševno os — okrog težišča. Tako bi dobili hitro izraze za odporne momente W_B in W_A . Iz tega pa natančni izračun napetosti iz komponente upogibnega momenta, ki deluje pravokotno na nevtralno os.

Primer prereza iz ojačenega betona



Mere v dm

$N = 400 \text{ kN}$ $M_x = 1200 \text{ kN dm}$ $M_y = 1000 \text{ kN dm}$
 $N = 400 \text{ kN}$ $e_y = 3,00 \text{ dm}$ $e_x = 2,50 \text{ dm}$

Račun sile Z

	Fcm ²	ρ dm	M cm ² dm
2 φ 25	9,82	1,00	9,82
2 φ 25	9,82	0,65/2,40	2,66
5 φ 16	10,08	1,40/2,40	5,86
	29,72		18,34

$$Z = 400 \frac{2,30}{3,55} = 259 \text{ kN}$$

$$\sigma_A = \frac{259}{18,34} = 14,12 \text{ kN/cm}^2$$

Račun sile D

$$\xi = \frac{2,40}{8,40} = 0,286$$

$$u'/u = 1,066 \quad u = 2,10/1,066 = 1,97 \text{ dm}$$

$$v'/v = 0,9828 \quad v = \frac{8,40}{4 \cdot 0,9828} = 0,76 \text{ dm}$$

$$D = 400 \frac{5,85}{3,55} = 659 \text{ kN}$$

Elastična ost napetosti:

$$\sigma = \frac{3 \cdot 659 \cdot 0,9878}{8 \cdot 1,97 \cdot 0,76} = 163 \text{ kN/dm}^2$$

Fiktivna napetost (elastična):

$$\sigma = \frac{3 \cdot 659 \cdot 1,0139}{8 \cdot 1,97 \cdot 0,76} = 167,3 < 170 \text{ kN/dm}^2$$

Plastična napetost:

$$\sigma = \frac{2 \cdot 659}{9 \cdot 1,97 \cdot 0,76} = 97,8 \text{ kN/dm}^2 < 100$$

Kompatibilnost deformacije:

$$\frac{n \sigma_B}{\sigma_A} = \frac{16,3}{14,12} = 1,154$$

$$\frac{y_B}{y_A} = \frac{2,826}{2,400} = 1,177$$

razlika
2,0 ‰



GOSPODARSKO RAZSTAVIŠČE LJUBLJANA
 POSLOVNA ENOTA POMURSKI SEJEM
 GORNJA RADGONA

GRADBENIŠTVO

5. JUGOSLOVANSKI SEJEM GRADBENIŠTVA
 IN GRADBENIH MATERIALOV Z MEDNARODNO
 UDELEŽBO

GORNJA RADGONA
 3.—7. 4. 1989

Optimizacija pridobivanja blokov v kamnolomih arhitektonsko gradbenega kamna

UDK 679.8.02:[691+72.02]

VELIZAR EĆIMOVIĆ

Povzetek

Ekonomično pridobivanje blokov naravnega okrasnega kamna je pogojeno:

1. z ustrežno izbiro lokacije ležišča oziroma njegovega dela, za katerega so predhodno opravljene natančnejše geološke in inženirsko-geološke raziskave;
2. s kvaliteto projektne dokumentacije, ki mora podati optimalne rešitve:
 - za maksimalni izkoristek blokov ob uporabi ustrežne moderne mehanizacije. Ti pa so odvisni od načina odkopavanja, tektonike, vrste kamnine, planirane proizvodnje ter pravilne izbire mehanizacije za vse faze eksploatacije (izkop, nakladanje in transport),
 - za varno delo, usklajeno z zahtevami veljavne zakonodaje,
 - za prilagojenost naravnim pogojem v ležišču,
 - za varovanje okolja,
 - za rekultivacijo izkoriščenega ležišča.

Razvoj moderne tehnologije, prilagojene tržnim pogojem pridobivanja blokov v svetu, prehaja na uporabo velikih visokoprodutivnih strojev za pridobivanje, nakladanje in transport. Stroški nabave takšne mehanizacije pa pogojujejo koncentracijo proizvodnje na velike kamnolome s 600 m³/mesec in več.

Posledice koncentracije visokoprodutivne mehanizacije vplivajo na število in strukturo zaposlenih, na njihovo miselnost, način trženja, položaj na trgu itd. Skratka, posledica je, da postaja kamnolom industrija. Obenem pa uporaba takšne mehanizacije pogojuje interdisciplinarni pristop različnih strokovnjakov v fazi od načrtovanja do proizvodnje, in sicer:

geologov, inženirskih geologov (hidrogeologi, strokovnjaki za mehaniko hribin), strokovnjakov za računalniško obdelavo podatkov, gozdarjev, agronomov, strokovnjakov za urbanizem in varstvo okolja, rudarjev in ekonomistov. Nikakor pa ne smejo biti zanemarjene dosedanje izkušnje pri različnih vrstah kamnine.

Slovenija je bogata z raznovrstnimi naravnimi okrasnimi kamni, katerih kvaliteta in lepota bi jim lahko zagotovili vidno mesto na svetovnem trgu, na katerega se zaradi krize domačega trga mora orientirati naša proizvodnja.

To je edina realna pot v bodočnost, po kateri so že začeli hoditi nekateri proizvajalci naravnega okrasnega kamna.

OPIS SEDANJEGA STANJA

V primerjavi z zahodnimi proizvajalci blokov so naše značilnosti:

Avtor:
Velizar Ećimović, dipl. inž. rud.

BETTER BLOCK RECOVERY IN QUARIES OF ARCHITECTURAL AND BUILDING STONES

Summary

In the extraction of natural stone blocks meant for architectural and building purposes two goals are envisaged, namely to exploit the maximum available quantity of sound rock, and to use the cheapest methods of its extraction, loading and transportation, or at least to arrive to a reasonable economic and technical compromise.

The choice of the optimal extraction method, considering the maximum planned blocks recovery, is conditioned by precise detailed geological and mechanical investigation of the rocks. The total recovery depends on the adjustment of the method and course of extraction to the tectonics of the respective deposit, or in other words, to the directions of discontinuities in rocks.

- majhna vlaganja v preteklosti v opremo, kladre in proizvodnjo,
- majhna, draga, razdrobljena, pogosto neustrezna proizvodnja blokov,
- prevladujoča struktura zaposlenih so KV delavci z internimi kvalifikacijami in visoko povprečno starostjo,
- strojna oprema za pridobivanje blokov in metode pridobivanja so večinoma zastarele,
- organizacija proizvodnje je največkrat neustrezna,
- majhen izkoristek blokov iz razpoložljive prostornine,
- nizka akumulacija in majhna razpoložljiva finančna sredstva,
- nizki dohodki in majhna zainteresiranost zaposlenih, ki odvrtačajo dotok mladih, zlasti šolanih kadrov, sposobnih preobrniti ustaljeno miselnost,
- neustrezno trženje in majhna konkurenčnost, ki sta posledica kadrovske zasedbe in proizvodnje,
- kriza v gradbeništvu, ki pesti tudi proizvajalce naravnega okrasnega kamna,
- nazadnje je treba upoštevati, da se večina kvalitetnih, visokoprodutivnih strojev za pridobivanje in predelavo blokov proizvaja v inozemstvu. Le redki danes razpolagajo z ustrežno količino deviz in s kadri, sposobnimi pridobiti ustrežna dovoljenja za uvoz.

V zadnjem obdobju je sicer opazen velik premik na boljše, ki je posledica aktivnosti in združevanja sredstev združenja kamnarjev.

KONCEPT RAZVOJA

Strokovnjaki, ki sodelujejo pri reševanju problemov razvoja kamnolomov naravnega okrasnega kamna, so ugotovili na osnovi izkušenj ter spremljanja informacij iz tujine potrebo po interdisciplinarnem pristopu različnih profesij, če se želijo doseči optimalni rezultati.

1. Faza načrtovanja in izvajanja raziskovalnih del

Že v tej fazi je nujno tesno sodelovanje med geologom, inženirskim geologom (hidrogeologija, mehanika hribin) in rudarskim projektantom. Rezultat je ocena najugodnejšega mesta za odpiranje ležišča, kar direktno vpliva na način in količino raziskav v ležišču.

2. Faza izdelave elaboratov in predhodne dokumentacije

Pri urejevanju obilice podatkov, pridobljenih z raziskovalnimi deli v uporabne namene, je treba nujno razširiti strokovni tim s strokovnjakom za računalniško obdelavo, s strokovnjakom za urbanizem in zaščito okolja ter z ekonomisti.

3. Faza izdelave rudarskega projekta

Rudarski projekt mora zagotoviti tehnično optimalen, danim razmeram prilagojen, varen ter ekonomsko opravičljiv način odkopavanja, usklajen z zahtevami, podanimi v veljavni zakonodaji (Zakon o rudarstvu, Ur. l. SRS, 17/75, pravilniki, Ur. l. SFRJ, 4 in 11/86) ter z dosedanjimi izkušnjami. Prilagoditev razmeram v ležišču ter čim večji izkoristek blokov pa se lahko načrtujeta le s sodelovanjem celotnega tima, v katerega se v tej fazi po potrebi vključijo še strokovnjaki za gozdarstvo in agronomijo.

4. Faza izvedbe

Če se želijo doseči ugodni ekonomski efekti pri pridobivanju blokov okrasnega kamna, je potrebno izvajati dela po rudarskem projektu, upošteva je mikrolokacijska odstopanja — prilagoditve naravnim pogojem na etaži, ki jih je načrtal geolog.

NAČINI PRIDOBIVANJA

Z optimalno odkopno metodo mislimo:

— odkopavanje od zgoraj navzdol, kar omogoča sprotno rekultivacijo zgornjih delov končne brežine,

— smer odkopavanja vsake etaže ter višina etaž oziroma podetaž morata biti izbrani tako, da omogočita formatizacijo vsaj klad ali večjih blokov že v »steni« ob maksimalnem izkoriščanju ploskev oslabitve kamnine (tektoniko, slojevitost, rast kamnine itd.),

— manipulacija z bloki na delovni etaži se izvaja z nakladalniki,
 — transport blokov in jalovine je s kamioni (ureditev ustreznih cest),
 — zmanjšanje deleža delovne sile na minimum. Zaposleni postanejo v bistvu VK strojniki.

IZBIRA STROJEV ZA PRIDOBIVANJE IN FORMATIZACIJO BLOKOV

Izbira strojev za pridobivanje blokov je predvsem funkcija:

— ugotovljene kvalitete in vrste kamnin ter velikosti zaloga,
 — planiranja letne proizvodnje in možnosti prodaje n. o. k.,
 — razpoložljivih finančnih sredstev,
 — razpoložljivih ustreznih izšolanih in stimuliranih kadrov itd.

Glede na vrsto kamnine se stroji delijo v dve skupini, vendar je meja med njima ponekod zabrisana.

1. Eruptivne in eruptivno metamorfne kamnine

Uporaba patron šibkega razstreliva s premerom manj kot 20 mm ali detonacijske vrvice pri pridobivanju blokov ter zahteve po gladkem prerezu (perforacija) so pogojile visok normativ porabe vrtnanja na m³ pridobljenega bloka.

Obenem se je ugotovilo, da majhen razmik med vrtninami velikokrat omogoča premagovanje smeri oslabitve kamnine pri izkopavanju blokov ter omogoča večji izkoristek. Potreba po natančnem vrtnanju vzporednih vrtnin je narekovala uporabo ustrezno opremljenih vrtnalnih strojev, ki hitro izrivajo iz uporabe ročna vrtnalna kladiva, in to celo pri formatizaciji blokov iz večjih klad.

Zahteva po povečani hitrosti vrtnanja je povzročila, da hidravlična vrtnalna kladiva (Tamrock, Atlac Copco itp.), s katerimi se že dosega povprečne hitrosti vrtnanja 3,6 m/min pri vrtnanju vrtnin ϕ 27 mm do 32 mm, odrivajo kladiva na komprimirani zrak (0,4 m/min do 0,8 m/min). Vendar vzrok ni le povečana hitrost vrtnanja, temveč tudi:

— zmanjšana poraba goriva — energije na m³ blokov,
 — zmanjšana poraba vrtnalnih kron in drogova,
 — manjši gabariti strojev,
 — zmanjšana vibracija in hrup,
 — zmanjšano onesnaževanje okolja s prahom,
 — možnost montaže na ustrezno izbran in opremljen traktor ali bager,
 — zmanjšan delež zaposlenih pri pridobivanju m³ blokov,
 — manjša odvisnost od vremenskih pogojev.

Pri pridobivanju blokov iz takšne vrste kamnine se zaenkrat ni obneslo rezanje s plazmo, z laserjem, ozkim curkom vode, obogatene z zrcni kremena in

pod visokim pritiskom ali z žagami, čeprav takšne metode že uporabljajo v laboratorijih (Iskra — rezanje kamnitih plošč, debelih do 3 cm z laserjem, ameriški poizkusi rezanja plošč z vodnim curkom ali s plazmo) ali v obratih predelave blokov. Vendar so navedeni postopki tehnološko tako neizpopolnjeni, da se zaenkrat še ne morejo uporabljati v komercialne namene pri pridobivanju blokov.

Po podatkih iz strokovne literature povzemamo že znano primerjavo med hidravličnimi stroji in stroji na komprimirani zrak. Primerjava je narejena za 100.000 m³/leto vrtn.

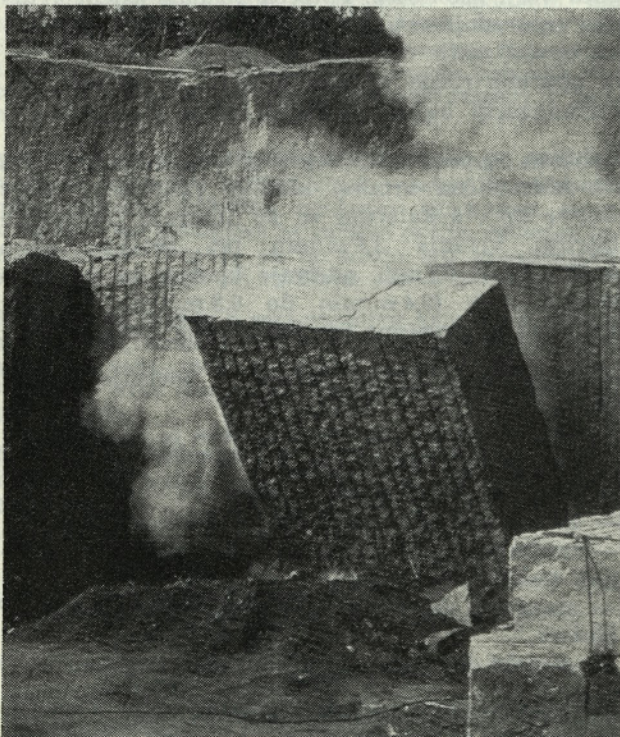
	Komprimiran zrak	Hidravlično vrtanje
Potrebno število zaposlenih	11	3
Stroški	163.000 \$	44.500 \$
	1,63 \$/m	0,45 \$/m
	Prihranek	118.500 \$ ali 1,18 \$/m
Poraba energije	16.500 \$	5.900 \$
	0,17 \$/m	0,06 \$/m
	Prihranek	10.600 \$ ali 0,11 \$/m
Rezervni deli	Prihranek približno 30 %	
Vrtalno drogovje in krone	Prihranek približno 20 %	

Hrup dosega le 37 % hrupa pri vrtanju s komprimiranim zrakom.

ORGANIZACIJA DELA

Efektivni delovni čas vrtanja je odvisen od:

- organizacije dela in priprave delovišča,
- usposobljenosti vrtalcev in vzdrževalcev itd.



Prikaz uspešnega odstrela bloka

Optimalni pogoji nastopajo, če je distribucija učinkovitega delovnega časa približno naslednja:

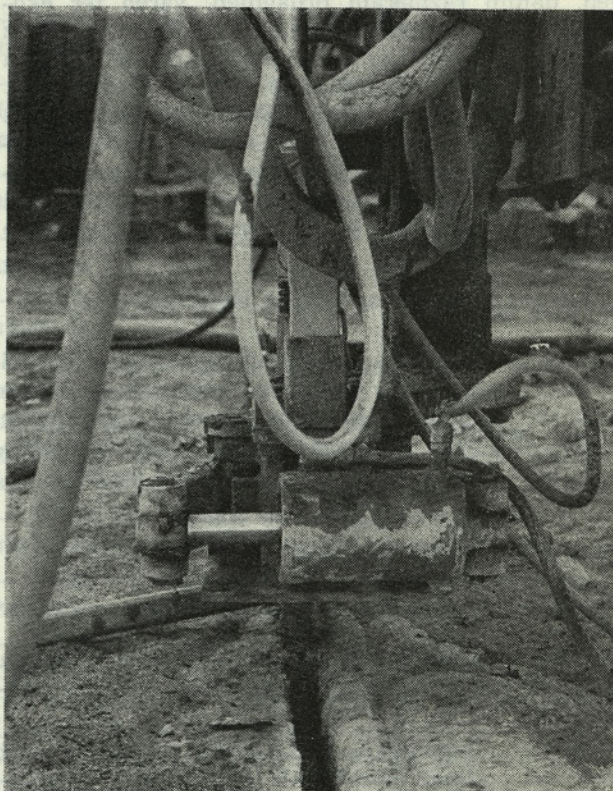
- 64 % vrtanje,
- 17 % premiki,
- 6 % naravnavanje v ravno črto,
- 8 % čiščenje filtrske posode za prah,
- 5 % zamenjava drogovja in ostalo nepredvideno.

2. Sedimentne in sedimentno metamorfne kamnine

V svetu in pri nas se že precej uveljavljajo izpopolnjeni visokoproduktivni stroji za rezanje blokov iz stene, ki konkurirajo klasičnemu sistemu z vrtal-

nominerskimi deli, in sicer:

- diamantna žična žaga, ki je izpodrinila klasično žično žago s kremenovim peskom,



Za pridobivanje dragocenih vrst okrasnega kamna je ekonomsko upravičeno rezanje blokov z vrtinami, razmaknjenimi 2—5 cm (Sloting) v primerjavi s plamenjskim rezanjem

— verižne žage z widia ali z diamantnimi vložki tipa »korfman«,

— žage z diamantnimi diski različnih premerov.

Izbira enega od teh strojev ali kombinacija dveh vrst strojev je odvisna od hribinsko-mehanskih lastnosti kamnine, razmer v ležišču, predvidenega načina odkopavanja in planirane proizvodne kapacitete.

Uporaba polikristalinskih vložkov ali vložkov s sintranim diamantnim prahom bo mogoče ustvarila prednost na strani proizvajalcev verižnih žag v primerjavi z žičnimi žagami. Lažje prilagajanje spreminjajočim se razmeram v ležišču ter občutno manjši obseg pripravljanih del že sedaj daje prednost verižnim žagam. Oba stroja pa se bosta velikokrat dopolnjevala. Hitro rezanja takšnih strojev že presega 5 m²/h. Povprečni normativi porabe energije za trdne apnenec in marmorje pa se gibljejo od 7,4 kW/m² do 9,5 kW/m².

Glavne značilnosti opisanih pridobivalnih strojev so:

— relativno majhna poraba energije (težnja po zmanjšanju),

— zmanjšanje potrebnega števila zaposlenih,

— zmanjšanje porabe repromateriala,

— zmanjšanje vplivov na okolje (hrup, vibracije, razpoke oz. poškodbe blokov in stene pri pridobivalnih delih),

— bistveno večja varnost pri delu.

Uporaba navedenih strojev pa pogojuje:

— drugačen pristop pripravljanih del za odkopavanje (ceste na etaže, širše etaže, pridobivanje od zgoraj navzdol v horizontalnih rezinah itd.);

— uporabo šolanih kadrov strojnikov in mehanikov;

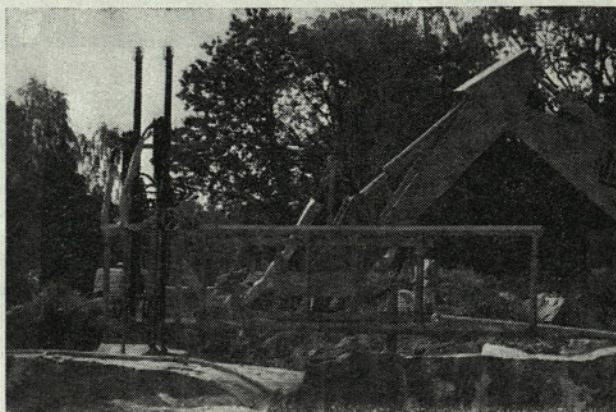
— zaradi visokih nabavnih stroškov oz. visokih anuitet povzroča ne le dvig proizvodnje, temveč tudi potrebo po zaposlovanju, in sicer geoloških inženirjev (določajo operativno smer odkopavanja, označijo bloke v steni itd.), rudarskih inženirjev (obratovodja), ekonomistov (marketing, prodaja, nabava itd.) in strokovnjakov za računalnike (spremljava, evidenca kalkulacije itd.). Formiranje takšne strukture zaposlenih, sposobnih dojeti prednosti uporabe moderne tehnologije, bo v končni fazi omogočilo stabilno ekonomsko tehnično poslovanje.

2. NAKLADANJE IN MANIPULACIJA Z BLOKI IN JALOVINO

Povečana proizvodnja blokov je povzročila spremembo dosedanjega načina manipulacije in nakladanja blokov ter jalovine.

Klasični sistem vitlov in »Derick« dvigal uspešno izpodriva nakladalnik z nosilnostjo 25 t do 30 t, opremljen z lopato in vilicami, na katerega se priključuje ustrezen kamion. Uporaba nakladalnika je povzročila vrsto sprememb pri pridobivanju blokov:

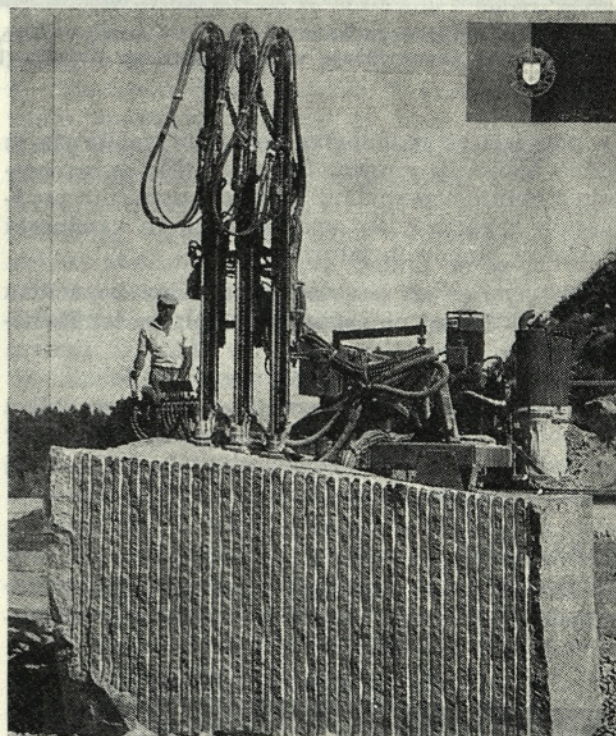
PRIKAZ FORMATIZACIJE BLOKOV



Apnenec



Marmor



»Sienito«



Fotografija modernega kamnoloma A — minsko polje, pripravljeno za odstrel
Nakladalniki nadomeščajo vitla in »Derick« dvigala (brošura Tamrock)

— povečala se je delovna etaža, spremenila sta se njena oblika in namen. Delovne etaže se povezujejo z obratom predelave s cestami ustreznih predpisanih gabaritov, ki omogočajo varen kamionski transport blokov in jalovine;

— bistveno so se povečale proizvodna kapaciteta in produktivnost na zaposlenega delavca ter fleksibilnost;

— bistveno se je povečala varnost pri delu.

Uporaba navedenega sistema torej direktno vpliva na obliko kamnoloma in način pridobivanja ter postavlja v podrejen ekonomsko-tehnični položaj klasične globoke »cave«.

ZAKLJUČEK

Če se želi doseči izboljšanje obstoječega stanja v industriji naravnega okrasnega kamna, bo potrebno napraviti korenite spremembe, in sicer:

— začeti spreminjati strukturo razmišljanja v tej panogi, se v večji meri nasloniti na timsko znanje strokovnjakov;

— prisluhnti njihovim argumentom in začeti s

postopno in premišljeno modernizacijo opreme za pridobivanje blokov;

— opustiti dosedanje »ravbarske« metode pridobivanja blokov, ki so v končni fazi dražje od opisanih modernih. Le tako bi se lahko povečali izkoristek, kapaciteta proizvodnje, produktivnost ter ekonomski učinki.

Slovenija je bogata z raznovrstnimi naravnimi okrasnimi kamni, katerih kvaliteta in lepota bi ji lahko zagotovili vidno mesto na svetovnem trgu, na katerega se zaradi krize domačega trga mora orientirati naša proizvodnja. Sedanji delež izvoza je zaradi navedenih razlogov občutno premajhen.

Na koncu bi omenil, da omogoča predlagani način odkopavanja od zgoraj navzdol zelo uspešno revitalizacijo — ozelenitev zgornjih opuščanih etaž. Korist je dvojna:

— ozelenjena končna brežina ne kazi pokrajine,
— biotop varuje steno pred erozijskimi klimatskimi vplivi in, na koncu, lahko omogoča ekonomsko izkoriščanje gozda.

Principi korozije jekla v betonu

UDK 691,71:620.193

LEOPOLD VEHOVAR

Povzetek

V nekaj zadnjih desetletjih se je korozija kot znanost znatno razširila. Študij korozije je pomemben iz treh vidikov. Prvo pomembno področje je ekonomika, zaradi možnosti zmanjšanja materialnih izgub kot posledico npr. korozije cevodov, mostov, morskih objektov itd. Drugo področje je izboljšava varnosti obratovanja opreme in konstrukcij, katerih korozijske poškodbe imajo lahko katastrofalne posledice. Tretje predstavlja ohranitev predvsem materialnih dobrin, kajti svetovna preskrba je omejena, razsipavanje s temi pa pomeni tudi izgubo energije, potrebne pri proizvodnji kovin, armiranobetonskih in prednapetih konstrukcij itd. Pri kombiniranem vplivu okolja in velikih obremenitev na konstrukcijo, so prisotni rušilni procesi. Pri tem predstavlja korozija jekla v betonu kompleksen elektrokemičen pojav, katerega želimo razložiti v okviru tega prispevka.

1. UVOD

V preteklem obdobju približno treh desetletij je postala korozija zelo zanimiva veda zaradi prodora visokih tehnologij, pri katerih so se pojavljali vedno bolj agresivni mediji in zahteve po materialih z višjimi dopustnimi napetostmi ob istočasno večjem povpraševanju po daljši življenjski dobi ter varnem obratovanju. Razvite so bile različne zlitine, odporne proti različnim oblikam korozije, v različnih korozijskih medijih in v številnih panogah industrije. Ta razvoj se ujema z obdobjem porajajoče se nove smeri, t. i. »Material Science«, katere poudarek je vedno večji, saj so nove tehnologije zrasle prav na račun razcveta novih materialov.

Popularnost korozije je še bolj narastla v obdobju zadnje naftne krize in predvsem ob spoznanju v zahodnem svetu, da pojenjajo materialne dobrine zaradi pojemanja rudnega bogastva. Prav korozija pa je glavni uničevalec človeških dobrin in v te vložene energije. Letne škode zaradi korozije znašajo približno 4,5 % narodnega dohodka, pač v odvisnosti od razvitosti dežele; v Jugoslaviji približno 2,5 milijarde dolarjev na leto in v ZDA približno 136 milijard dolarjev na leto.

Avtor:

Dr. Leopold Vehovar — SOZD Slovenske železarne, Metalurški inštitut, Lepi pot 11, Ljubljana

PRINCIPLES OF STEEL CORROSION IN CONCRETE

Summary

During the past decades, the corrosion science and its applications has expanded considerably. The importance of corrosion studies is threefold. The first area of significance is economic including the objective of reducing material losses resulting from the corrosion of piping, bridges, marine structures, and so on. The second area is improved safety of operating equipment and structures which, through corrosion, may fail with catastrophic consequences. Third is conservation, applied primarily to metal resources — the world's supply of these is limited, and the wastage of them includes corresponding losses of energy associated with the production of metal, concrete or prestressed concrete constructions, and so on. Under the combined effects of exposure to environments and heavy structural loading there are a number of deteriorating processes taking place. Corrosion of steel embedded in concrete is a complex electrochemical phenomenon, and explanation of which is considered to be beyond the scope of this paper.

Z upadanjem investicij in vedno večjo potrebo po revitalizaciji armiranobetonskih, prednapetih in kovinskih konstrukcij je korozija kot veda prodrla tudi v gradbeništvo, saj je povezana z veliko materialno škodo in številnimi človeškimi žrtvami kot posledica spektakularnih porušitev mostov v ZDA in v nekaterih drugih deželah. Zahteve po spoznavanju korozijskih pojavov pa niso vezane le na cestne objekte, temveč še na številne druge (npr. hidroenergetske objekte, industrijske hale v kemični, usnjarski, papirni, živilski in drugih vrstah industrije, objekti v agresivni primorski in industrijski atmosferi itd.), pri katerih so se po določeni dobi eksploatacije porajale številne poškodbe, katerih vzrok je bila korozija zaradi nesolidne gradnje, izbire in vgradnje neustreznih materialov, npr. korozijsko slabo odporna jekla v prednapetih konstrukcijah, nekakovosten beton, neprimerna hidroizolacija itd.

Korozija jekla v betonu predstavlja torej resen problem, ki je tesno povezan z življenjsko dobo armiranobetonskih in prednapetih konstrukcij. Njeno delovanje se kaže tako, da se zaradi elektrokemične korozije armature tvorijo korozijski produkti, ki bodisi v začetni fazi kvarijo estetski videz na določenih površinah konstrukcije, kjer se izločajo, bodisi v kasnejši fazi, z naraščanjem njihove prostornine, povzročajo napetosti, katerih posledica so številne razpoke in odstopanje površinskega

— zaščitnega sloja betona. S pojavom razpok v betonu pa se poveča možnost in hitrost nadaljnje korozije, kar lahko pripelje do pojava:

— običajne korozije, ki se kaže v obliki enakomernega odtapljanja jekla, ali v obliki korozijskih izjed in s tem do zmanjšanja nosilnega prereza,

— napetostne korozije v prednapetih konstrukcijah, kjer ta običajno propagira po kristalnih mejah, kar povzroča dekohezijo materiala in kljub navidezno majhni površinski koroziji izrazito znižanje trdnostnih lastnosti, žilavosti in dinamične trdnosti jekla,

— vodikove krhkosti v jeklu za prednapeti beton, ki je posledica nastajanja atomarnega vodika pri korozijskem procesu in njegova difuzija v jeklo, kjer deluje bodisi kot molekularni vodik (H_2 molekule povzročajo visoke pritiske in s tem mikro ali makro razpoke), bodisi kot atomarni (znižuje vezno silo med atomi železa).

Posledica korozije jekla je torej znižanje nosilnega prereza in pri nekaterih jeklih v določenih korozijskih medijih tudi znižanje žilavosti materiala, kar se kaže na statični ali dinamični trdnosti armiranobetonskih ter prednapetih konstrukcij. Delovanje korozije na meji elektrodna površina jekla — beton (beton z vsemi njegovimi značilnostmi, kot so mikro poroznost, pH vrednost, permeabilnost itd.) ni torej le akademskega značaja.

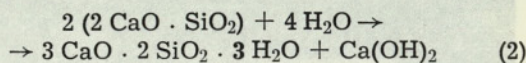
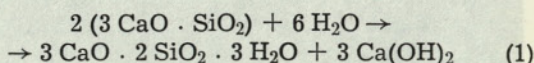
S serijo člankov želi avtor podati različne mehanizme korozije različnih vrst armature v betonu, poudariti vpliv betona z vsemi njegovimi značilnostmi na korozijske procese, vpliv kloridov notranjega in zunanjega izvora kot potencialne in najbolj pogoste pospeševalce korozije jekla v betonu, zatem danes zelo aktualna napetostno korozijo in vodikovo krhkost v prednapetih konstrukcijah ter v tej povezavi podati specifičnosti visokotrdnostnih jekel s stališča njihove odpornosti proti napetostni koroziji in vodikovi krhkosti, še posebej v prisotnosti blodečih tokov oz. katodne zaščite. Na koncu bodo podane možnosti zasledovanja kinetike korozijskih procesov in številne metode, s katerimi je možno določevati korozijsko odpornost jekel v različnih korozijskih medijih oziroma agresivnost teh na jeklo.

2. MEHANIZMI KOROZIJE JEKLENE ARMATURE V BETONU

2.1. Mehanizmi zaščite jekla v betonu

Običajno trdimo, da je jeklo v betonu dobro zaščiteno, saj je zaradi njegove visoke PH vrednosti v pasivnem stanju. Visoka pH vrednost in s tem dobra protikorozijska zaščitna sposobnost betona je osnovana na tvorbi $Ca(OH)_2$, ki nastaja pri hidrataciji klinkerjevih mineralov v cementu, ki

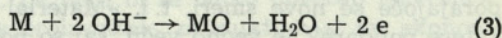
predstavlja vezivo v betonu. Odločujoči komponenti sta trikalcijev silikat $3 CaO \cdot SiO_2$ (Ca_3S) in dikalcijev silikat $2 CaO \cdot SiO_2$ (C_2S), ki z vodo reagirata na naslednji način:



V obeh primerih torej nastaja gelasti hidratizirani kalcijev silikathidrat $3 CaO \cdot 2 SiO_2 \cdot 3 H_2O$ ($C_3S_2H_3$) in $Ca(OH)_2$. Slednji se izloča kot raztopina z omejeno topnostjo. Ko se ta raztopina v nadaljnji fazi hidratacije nasiči, se izloča kot trdna faza, to je v obliki kristalov v gosto posejanih kapilarnih porah betona, skupaj s preostankom tekoče faze $Ca(OH)_2$. Nastali kalcijev silikathidrat ($C_3S_2H_3$) je stabilen v nasičeni raztopini $Ca(OH)_2$. Podobno se tvori $Ca(OH)_2$ iz C_3A in C_4AF faze (C_3A faza je trikalcijev aluminat — $3 CaO \cdot Al_2O_3$; C_4AF je tetra-kalcijev aluminatferit — $4 CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$), dodatno pa še pri hidrataciji iz prostega apna (CaO), ki je ravno tako v portlandskem cementu.

Visoka pH vrednost betona, ki lahko dosega lokalno celo vrednost 13,8, in velika aktivnost OH^- ionov v raztopini $Ca(OH)_2$ torej povzročata, da je jeklo v betonu v pasivnem stanju. To pomeni, da so korozijski produkti železa v težko topni obliki (Fe_2O_3 ali Fe_3O_4). Ti so dobro oprijeti na jekleno površino in imajo majhno permeabilnost za pospeševalce korozije, kot so npr. vlaga, plini (CO_2 , SO_2 , O_2 , NH_3 , H_2S , Cl_2 itd.), pare raznih kislin ali različni agresivni ioni (Cl^- , S^{2-} , SO_4^{2-} itd.).

Pasivacija jekla se izvede na podlagi reakcije Fe^{2+} ionov, ki nastajajo pri začetni koroziji železa v takšnem mediju z OH^- ioni, ki se producirajo z disociacijo že omenjenega $Ca(OH)_2$. Prehod kovine v pasivno stanje s tvorbo kovinskega oksida, ki ščiti kovino, se lahko prikaže z naslednjo enačbo:



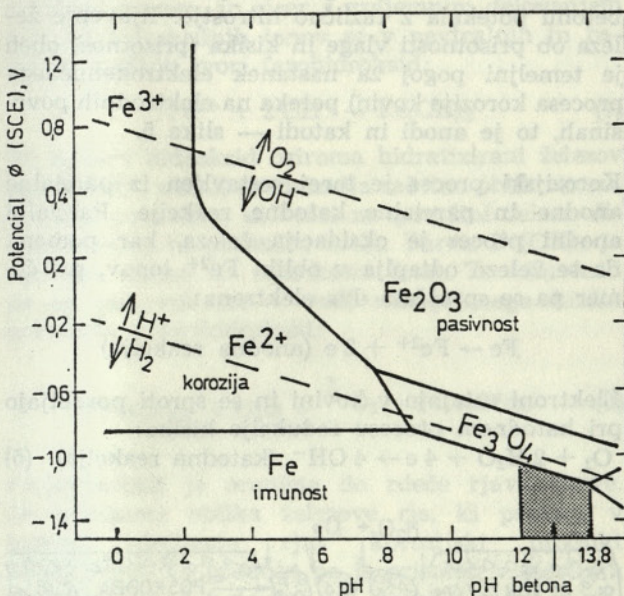
M = kovina, e = elektroni, ki se pri tem procesu sproščajo.

Po teoriji pasivnosti se ne šteje vsaka mehanska prevleka na površini kovine, ki sicer povečuje korozivno odpornost, kot produkt pasivacije. Samo tanke kompaktne prevleke, ki dvigujejo elektrodni potencial kovine k pozitivnejšim vrednostim, vodijo do pasivacije kovine. V pasiviranem stanju je torej kovina žlahtnejša in s tem odpornejša v različnih korozijskih medijih. Če izpostavimo že pasivirano kovino v korozijski medij, bo ta izdržala v področju kjer nepasivirana intenzivno korodira.

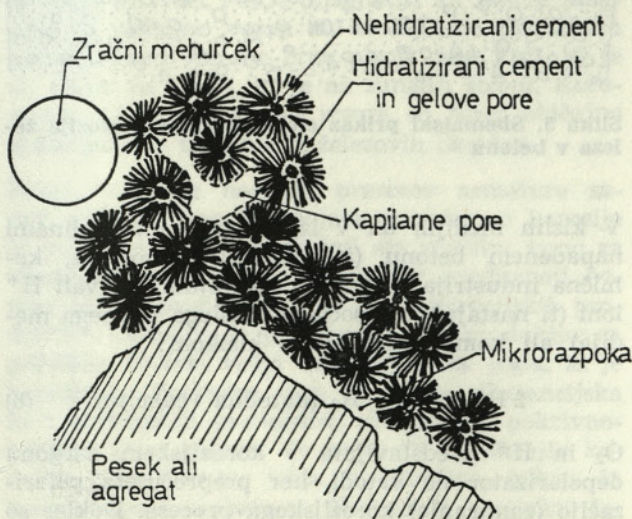
Na sliki 1 je prikazana odvisnost elektrodnega potenciala železa (merjeno proti nasičeni kalamelovi

elektrodi — Saturated Calomel Electrode SCE) od pH korozijskega medija, ki je lahko kisel, nevtralen ali bazičen (v bazičnem področju je vrisan na diagramu tudi beton).

Visoka korozijska odpornost jekla v betonu je omogočena še z nizko permeabilnostjo cementnega kamna, ki preprečuje migracijo povzročiteljev korozije do površine armature. Cementni kamen ima visoko električno upornost (medij, ki obdaja armaturo, je torej slab elektrolit), zaradi tega pa so tudi ob prekinitvi pasivnega filma korozijske reakcije za določen čas še razmeroma počasne.



Slika 1. Potencial — pH diagram, ki ponazarja možnost korozije in pasivacije železa v medijih z različno pH vrednostjo in odsotnostjo različnih aktivatorjev korozije, kot so kloridni, sulfatni, sulfidni in drugi ioni



Slika 2. Shematski prikaz mikrostrukture betona

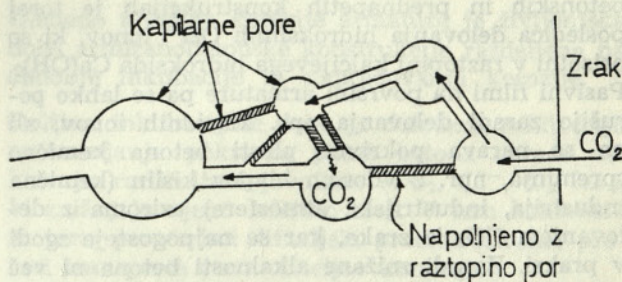
Obstojnost visoke pH vrednosti kalcijevega hidroksida v porah je pogojena z večjo ali manjšo oviro, ki jo tvori beton z določeno mikrostrukturom. Shema

mikrostrukture betona je podana na sliki 2. V tem kontekstu pa je seveda pomembna poroznost, ki jo lahko tvorijo gelove in kapilarne pore, mikrorazpoke in zračni mehurčki.

Tipična permeabilnost za dobro kakovost betona je med 10^{-10} in 10^{-12} m/s, medtem ko je pri betonu slabše kakovosti nižja od 10^{-8} m/s. Dejavniki, ki vplivajo na permeabilnost, vključujejo tip in kakovost agregata, vrsto cementa, vodno-cementni faktor in različne variable, ki so odvisne od tehnologije izdelave betona. Ti dejavniki enako vplivajo na poroznost cementnega kamna, večja ali manjša poroznost pa na različno permeabilnost. Cementni kamen vsebuje ca. 28% gelovih por, vendar pa so te izjemno majhne, tako da je tudi njegova permeabilnost zelo nizka ($3 \cdot 10^{-14}$ m/s). Permeabilnost cementnega kamna pa raste s prisotnostjo kapilarnih por, ki so lahko med seboj povezane ali prekinjene. Pri nizkem vodno-cementnem faktorju za cementni kamen je kapilarna poroznost majhna, vendar pa poroznost in permeabilnost znatno narasteta, če vodno-cementni faktor prekorači vrednost približno 0,40. Vpliv vodno-cementnega faktorja je torej jasan.

Negativni učinek kapilarnih por je znatno znižan, če so le-te izpolnjene s tekočino (npr. z $\text{Ca}(\text{OH})_2$) — slika 3. Tekočina zavira transport povzročiteljev korozije jekla in karbonatizacijo betona (transport O_2 , CO_2 itd.).

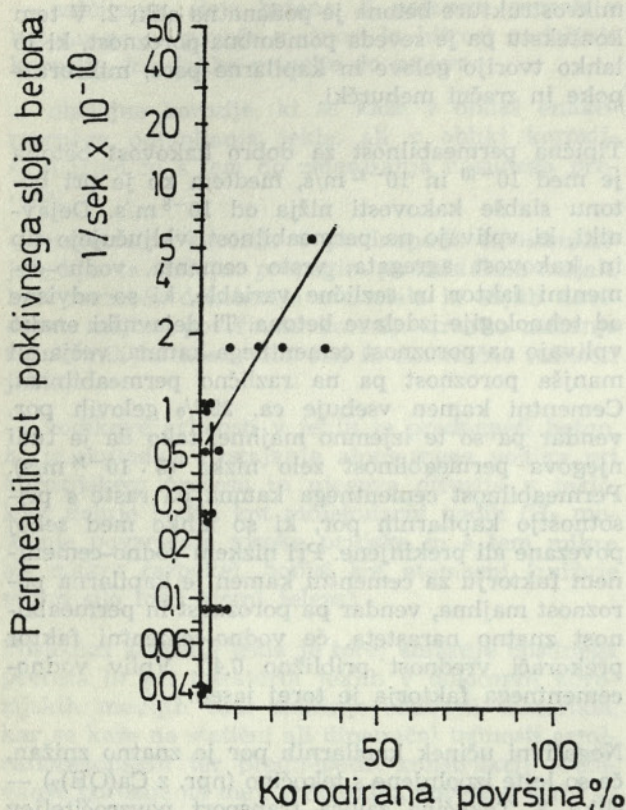
Ker je transport bodisi O_2 bodisi CO_2 hitrejši v praznih porah, je jasno zaželeno, da so le-te napolnjene s tekočino, bogato z OH^- ioni.



Slika 3. Sistem kapilarnih por in zaviralno delovanje tekočine v njih

Poroznost v betonu je lahko tudi posledica praznin, ki nastajajo zaradi ulovljenega zraka. V dobro skompaktiranem betonu je delež praznin najmanjši, vendar pa je prostornino teh težko znižati na vrednost, ki je manjša od 5% vrednosti prostornine cementnega kamna.

Beton, ki ima preveliko permeabilnost za vodo (vlago), omogoča večjo korozijo armature — slika 4. Vzrok je upadanje pH vrednosti $\text{Ca}(\text{OH})_2$ raztopine v porah (zaradi razredčenja se koncentracija OH^- ionov znižuje).



Slika 4. Odvisnost stopnje korozije jekla in prepustnosti betona za vodo

2.2. Porušitev zaščitnega filma in procesi korozije

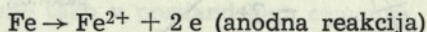
Pasivnost različne jeklene armature v armirano-betonskih in prednapetih konstrukcijah je torej posledica delovanja hidroksilnih OH^- ionov, ki so prisotni v raztopini kalcijevega hidroksida $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Pasivni filmi na površini armature pa se lahko porušijo zaradi delovanja npr. kloridnih ionov, ali pa se narava pokrivne plasti betona kemično spreminja, npr. z vdorom hlapov kislin (kemična industrija, industrijska atmosfera) oziroma z delovanjem CO_2 iz zraka, kar se najpogosteje zgodi v praksi. Zaradi znižane alkalnosti betona ni več zagotovljena obstojnost pasivnih filmov, zato se zaradi delovanja korozijskega medija (vlaga + O_2 + drugi pospeševalci korozije, kot so Cl^- , HS^- , Cl_2 itd.) spreminjajo v železove hidrokside, ki so voluminozni, slabo oprijemljivi in predvsem brez zaščitne sposobnosti. S poružitvijo pasivnosti se vspostavijo prva žarišča korozije armature, ki se ob prisotnosti korozijskih medijev s časom širijo. V odvisnosti od pogojev delovanja korozijskega medija korozija napreduje ali pa prihaja do njene polarizacije. Po določenem času pa se lahko ponovno aktivira in napreduje še z večjo hitrostjo.

Nastanek inicialnih korozijskih žarišč in časovno napredovanje teh je odvisna od pH vrednosti betona v neposredni okolici armature. Kritična pH

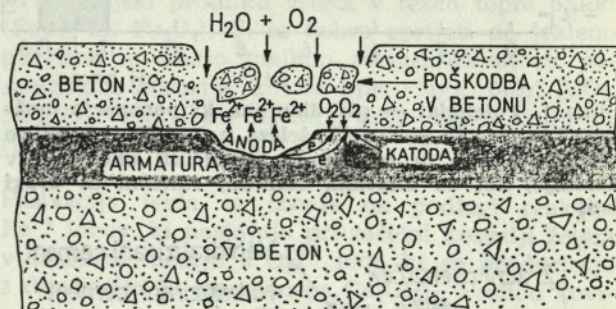
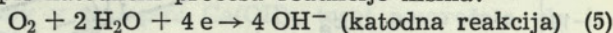
vrednost (v odsotnosti kloridov) je v mejah med 10,5 in 11,2, medtem ko je iz termodinamičnih zakonitosti korozijskih procesov v raztopinah, ki se premešavajo, možno sklepati, da se pasivnost jekla lahko vspostavi že pri pH ca. 8 (sl. 1). Razlaga za porušitev pasivnosti pri višjih pH vrednostih betona je povezana z lokalno stagnacijo medija na anodnih površinah, na katerih železo prehaja v ionsko stanje.

V odvisnosti od vrste jeklene armature, njene kemične sestave in predvsem od mikrostrukture ter specifičnosti korozijskega medija bo korozija v betonu potekala z različno hitrostjo. Rjavenje železa ob prisotnosti vlage in kisika (prisotnost obeh je temeljni pogoj za nastanek elektrokemičnega procesa korozije kovin) poteka na elektrodnih površinah, to je anodi in katodi — slika 5.

Korozijski proces je torej sestavljen iz parcialne anodne in parcialne katodne reakcije. Parcialni anodni proces je oksidacija železa, kar pomeni, da se železo odtaplja v obliki Fe^{2+} ionov, pri čemer pa se sproščata dva elektrona:

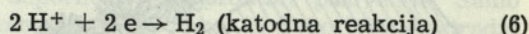


Elektroni ostajajo v kovini in se sproti porabljajo pri katodnem procesu redukcije kisika:



Slika 5. Shematski prikaz elektrokemične korozije železa v betonu

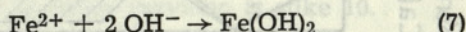
V kislih medijih ali v izluženem in s kislinami napadenem betonu (industrijska atmosfera, kemična industrija itd.) bodo na katodi delovali H^+ ioni (ti nastajajo z disociacijo kislega vodnega medija) ali kombinacija teh s kisikom:



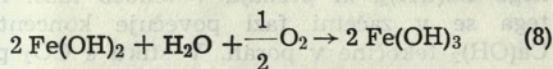
O_2 in H^+ predstavljata v korozijskem žargonu depolarizator na katodi, ker preprečujeta polarizacijo (zamiranje) korozijskega procesa. Dokler so prisotni depolarizatorji, proces elektrokemične korozije teče. V kislem mediju je dominanten H^+ ion kot depolarizator (korozija z razvijanjem vodik), v blagih kislinah H^+ in O_2 (mešana depolarizacija), v nevtralnih in bazičnih medijih, ki so

najpogostejši predstavniki korozije v betonu, pa prevladuje O₂ (kisikova korozija). Anodna reakcija se torej ustavi, ko preneha delovati katodna in obratno. To pa se v praksi tudi izkorišča pri protikorozijski zaščiti armature s katodnimi in anodnimi inhibitorji, ki elektrodne površine bodisi prekrivajo bodisi zavirajo anodno oziroma katodno reakcijo.

Anodne in katodne reakcije so t.i. primarni korozijski procesi, na podlagi sekundarnih pa se tvorijo korozijski proizvodi (pri koroziji železa rja v različnih oblikah). S sekundarno reakcijo korozijskega procesa, in sicer z vzajemnim delovanjem ferro in hidroksilnih ionov se v nevtralnih in bazičnih medijih tvori ferohidroksid:



Ta železov hidroksid oziroma hidratizirani železov oksid (FeO · nH₂O) predstavlja začetno obliko korozijskega produkta, ki tvori na površini železa difuzno oviro, ki prepušča kisik. Barva Fe(OH)₂ je običajno zelena do zelenkasto črna. Ta hidroksid pa se pod vplivom v vodi raztopljenega kisika pretvarja v ferihidroksid:

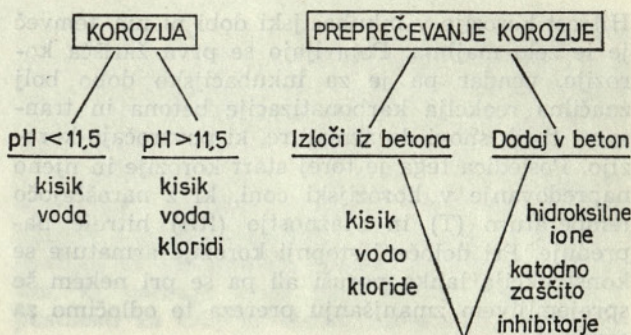


Ferihidroksid je oranžno do rdeče rjave barve. Je enostavna oblika železove rje, ki prehaja v končni rdečkasto rjav korozijski produkt Fe₂O₃ · H₂O. Ta produkt pa je prisoten v številnih različicah, med katerimi sta najbolj znani α oblika (goethit) ali γ oblika (lepidokrokit).

Ob pomanjkanju kisika, ki v armiranobetonskih konstrukcijah teže prodira do nekaterih jeklenih površin, se tvori Fe₃O₄ (magnetit) ali Fe₂O₃. Magnetit je običajno vezan na n · H₂O in kot takšen pogosto tvori vmesne črne plasti med FeO, ki je ob železu in Fe₂O₃, ki je na zunanji strani. Korozijske obloge starejšega izvora so torej običajno sestavljene iz treh plasti železovih oksidov.

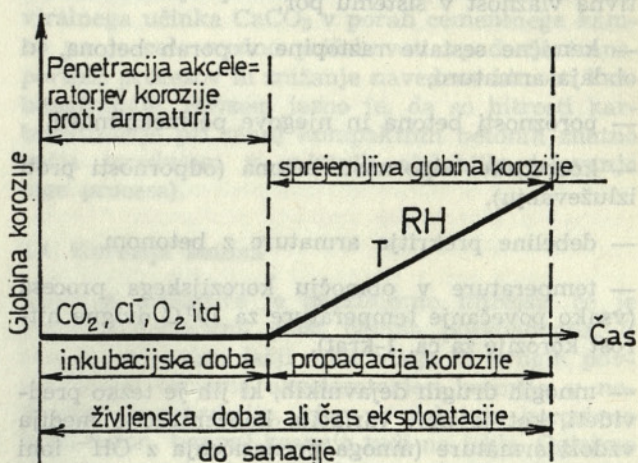
Poleg redukcije nosilnih prereзов armature zaradi splošne korozije, pojava napetostne korozije in vodikove krhkosti (slednji sta značilni samo za visokotrdnostna jekla, vgrajena v prednapeti beton), je za korozijo značilen pojav korozijskih produktov. Običajno je prostornina teh produktov za približno 10-krat večja od prostornine jekla, ki je korodiralo. Posledica tega je velika ekspanzijska moč korozijskih produktov, ki odrivajo pokrivno zaščitno plast betona. To povzroča še hitrejšo korozijo razgaljenega jekla in številne mikro in makrorazpoke v betonu. Korozijski produkti železa so tudi hidroskopični, zadržujejo vlogo in s tem omogočajo nadaljnjo napredovanje korozije.

Za nastanek korozije oziroma za njeno preprečevanje je potrebno predvsem naslednje (slika 6):



Slika 6. Nastajanje in preprečevanje korozije poteka pod določenimi pogoji

Korozijo armature v armiranobetonskih konstrukcijah je možno predstaviti z naslednjim shematičnim prikazom — slika 7:



Slika 7. Shematski prikaz korozije v betonu

Gledano z vidika korozije armature je življenska doba armiranobetonske konstrukcije razdeljena na obdobje inkubacije in napredovanja korozije.

Dolžina inkubacijske dobe je določena s hitrostjo spreminjanja pokrivne plasti betona zaradi delovanja različnih dejavnikov (CO₂, Cl⁻, O₂ itd.), ki znižujejo njeno zaščitno moč. V tem kontekstu so torej pomembni difuzijski procesi oziroma procesi transporta povzročiteljev korozije.

Transport materiala v inkubacijskem stadiju, ki je posledica difuzije, je odvisen od naslednjih parametrov:

- koncentracijske razlike v materialu, v katerega prodira korozijska snov in koncentracija le-te,
- transportne razdalje (debelina prekritja armature z betonom),
- permeabilnosti betona za korozijski medij,
- sposobnosti betona, da veže snov v spojino, ki je korozijsko neaktivna,
- kritične količine različnih povzročiteljev, ki so potrebne za začetek korozijskega procesa.

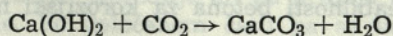
Hitrost korozije v inkubacijski dobi ni nič, temveč je le zelo majhna. Pojavljajo se prva žarišča korozije, vendar pa je za inkubacijsko dobo bolj značilna reakcija karbonatizacije betona in transport tistih snovi do armature, ki povzročajo korozijo. Posledica tega je torej start korozije in njeno napredovanje v korozijski coni, ki z naraščajočo temperaturo (T) in vlažnostjo (RH) hitreje napreduje. Pri določeni stopnji korozije armature se konstrukcija lahko poruši ali pa se pri nekem še sprejemljivem zmanjšanju prereza te odločimo za sanacijo.

Na koncu lahko sklenemo, da bo življenjska doba armiranobetonske konstrukcije, gledano samo z vidika armature odvisna od naslednjih dejavnikov:

- deleža vlage v betonu, izraženega kot relativna vlažnost v sistemu por,
- kemične sestave raztopine v porah betona, ki obdaja armaturo,
- poroznosti betona in njegove permeabilnosti,
- korozijske odpornosti betona (odpornosti proti izluževanju),
- debeline prekritja armature z betonom,
- temperature v območju korozijskega procesa (vsako povečanje temperature za 10^0 C dvigne hitrost korozije za ca. 1-krat),
- mnogih drugih dejavnikov, ki jih je težko predvideti, kot je npr. variacija koncentracije medija vzdolž armature (mnoga prenasajenja z OH^- ioni ali celo osiromašenja, nenormalna lokalna koncentracija Cl^- ionov zaradi heterogenosti betona itd.).

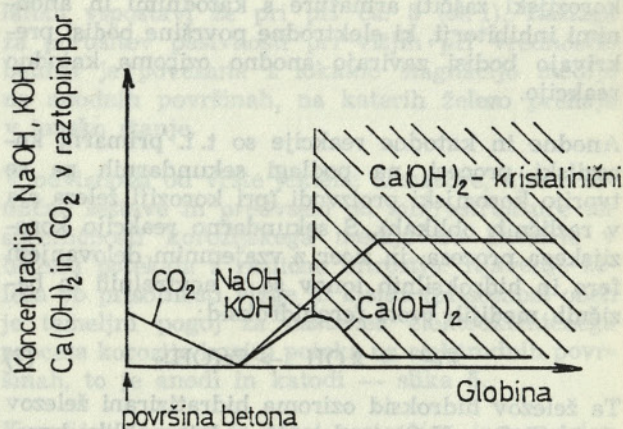
2.3. Karbonatizacija betona

Večina korozijskih poškodb na armiranobetonskih konstrukcijah, ki niso izpostavljene kemičnim vplivom in delovanju kloridov, so posledica karbonatizacije betona. Beton vsebuje vrsto substanc, ki mu dajejo visoko bazičnost. To so $\text{Ca}(\text{OH})_2$, NaOH in KOH . Natrijev in kalijev hidroksid sta v celoti raztopljena v tekočini kapilarnih por, kalcijev hidroksid pa ima omejeno topnost in se kot presežek v porah betona izloča v kristalinični obliki. Če je beton dovolj gost, z majhno permeabilnostjo, ostaja v porah dovolj visok delež $\text{Ca}(\text{OH})_2$ oziroma OH^- ionov, kar mu daje visoko pH vrednost. V manj gostih pa CO_2 iz zraka prodira skozi pore in povzroča njegovo karbonatizacijo. Reakcija karbonatizacije je naslednja:



Neposredni proizvod karbonatizacije je torej tvorba kalcijevega karbonata, ki ima zelo majhno topnost v preostanku kalcijevega hidroksida. Izloča se v porah betona.

Proces karbonatizacije pa vsekakor ni tako enostaven, kot sledi iz gornje enačbe, temveč je povezan z vrsto vmesnih reakcij. Na sliki 8 je shematsko prikazan proces karbonatizacije betona.



Slika 8. Shematski prikaz koncentracije CO_2 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, KOH in NaOH po prerezu karbonatiziranega betona

Ko CO_2 prodira v beton, NaOH in KOH karbonatizirata, s tem pa se poveča topnost kristaliničnega $\text{Ca}(\text{OH})_2$, ki prehaja v tekočo fazo. Zaradi tega se v začetni fazi povečuje koncentracija $\text{Ca}(\text{OH})_2$ tekočine v porah. V stiku s CO_2 pa zaradi reakcije (9) koncentracija v karbonatiziranem sloju hitro upada. Pojavijo se koncentracijske razlike, s tem pa je z difuzijo omogočen nadaljnji pritek CO_2 in napredovanje karbonatizacije.

V literaturi srečamo dva osnovna koncepta, po katerih karbonatizacija sledi matematičnim zakonitostim. Starejši temelji na principu kvadratnega korena:

$$X = k \cdot \sqrt{t} \quad (10)$$

pri čemer je:

X = globina karbonatizacije

t = čas izpostave

k = konstanta, ki je odvisna od efektivne difuzije CO_2 skozi beton, koncentracijske diference in količine vezanega CO_2

Empirično dobljene vrednosti pa vendar kažejo, da je eksponent časa ($tg \alpha$ na sliki 9) manjši od 0,5. Tako novejša teorija Schiessla upošteva še vpliv različnih ovir (zaviralni faktor b), ki znižujejo hitrost karbonatizacije. Največjo oviro predstavlja netopni CaCO_3 , ki se izloča pri karbonatizaciji v porah betona, to pa lahko povzroči v materialu notranje napetosti in mikro razpoke, ki omogočajo nadaljnje napredovanje karbonatizacije. V gostih betonih se zaradi izločanja kalcijevega karbonata običajno kmalu začepijo pore in proces karbonatizacije poteka le z izredno majhnimi hitrostmi. Medsebojne odvisnosti torej vodijo do neskončne vrednosti globine karbonatizacije, ki se bo pojavila po neskončnem času t (slika 9):

$$t_{\infty} = -\frac{a}{b} \left[X + X_{\infty} \cdot \ln \left(1 - \frac{X}{X_{\infty}} \right) \right] \quad (11)$$

pri čemer je:

$$X_{\infty} = \frac{D_{eff} \Delta C}{b}$$

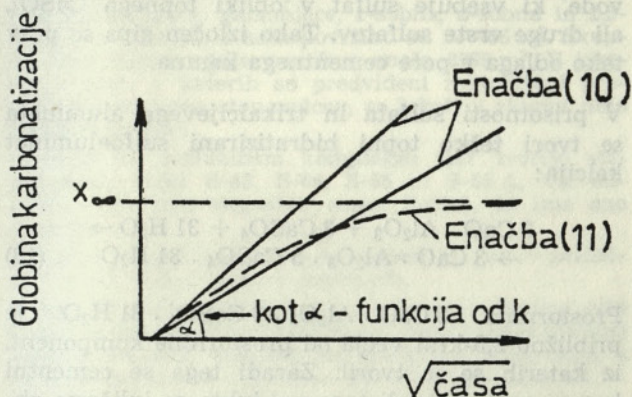
D_{eff} = efektivni difuzijski koeficient

ΔC = koncentracijska razlika

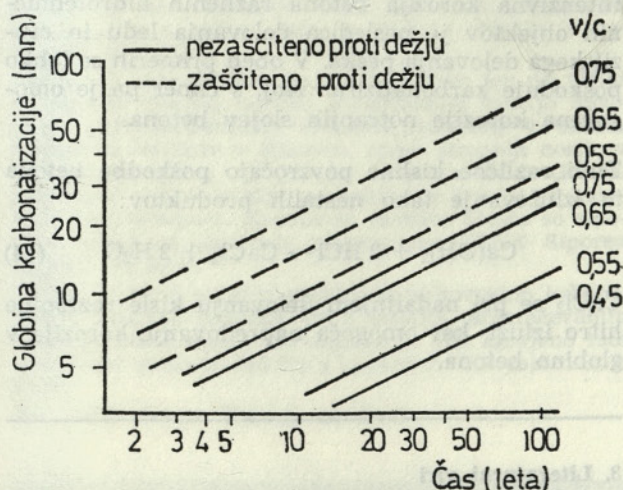
a = konstanta

b = zaviralni faktor

Zasedenost por s tekočino (slika 3) ima velik vpliv na hitrost napredovanja karbonatizacije. Transport CO_2 skozi katerokoli tekočino v porah je počasnejši kot po sistemu por, ki so s tekočino pomanjkljivo zasedene. To je dobro razvidno iz slike 10.



Slika 9. Napredovanje karbonatizacije po dveh matematičnih pristopih (enačbi 10 in 11)



Slika 10. Globina karbonatizacije v odvisnosti od časa, v/c faktorja in zaščite betona pred dežjem

Betoni, nezaščiteni pred dežjem, kažejo torej manjšo stopnjo karbonatizacije kot zaščiteni. Iz diagramov je dodatno možno sklepati, da v/c faktor lahko predstavlja dobro merilo ne le samo za trdnost betona, temveč tudi za njegovo permeabilnost in v zvezi s tem poroznost. Visoki v/c faktor omo-

goča lažji vdor atmosferilij v številnejše pore, kar vodi do večje karbonatizacije. Večje in številnejše pore ne omogočajo le večjo difuzijo in s tem razredčenje $Ca(OH)_2$ (to povzroči znižanje konc. OH^- ionov), temveč tudi izluževanje betona. Vse to pa se jasno odraža na znižano zaščitno moč betona proti koroziji vgrajene armature, pa tudi njegovi manjši korozijski odpornosti v različnih medijih in atmosferah. Zaželen je torej gost beton, ki vsebuje malo por. Zaradi manjše prepustnosti za CO_2 in visoke zasedenosti por s tekočino, bogato z OH^- ioni, napreduje v takšnem primeru karbonatizacija po krivulji, ki sledi zakonitostim iz enačbe 11.

Za kompakten beton (v/c faktor 0,4), izdelan iz kakovostnega cementa, je hitrost napredovanja karbonatizacije približno 0,2 mm/leto. Zaradi zaviralnega učinka $CaCO_3$ v porah cementnega kamna pa je celo možno pričakovati upadanje transportnih procesov in znižanje navedene hitrosti karbonatizacije. Povsem jasno je, da so hitrosti karbonatizacije pri manj kompaktnih betonih znatno večje (predvsem v začetnih obdobjih delovanja tega procesa).

2.4. Korozija betona

Korozija armature je neprimerno hitrejša, če je površinska-zaščitna plast betona poškodovana. S tem je omogočen lažji vdor vlage in drugih povzročiteljev oziroma akceleratorjev korozije v notranjost konstrukcije, kjer ne delujejo korozivno le na beton, temveč kasneje tudi na jeklo. Oglejmo si bežno vzroke korozije betona, kajti odkrivanje vzrokov vodi k usmerjenemu razvoju kakovostnejših — odpornejših betonov. Dejstvo je, da je kakovosten beton, z visoko pH vrednostjo in ustrezno debelino pokrivnega sloja še vedno najboljša protikorozijska zaščita za jekleno armaturo. Integriteta pokrivnega sloja je torej eden od bistvenih dejavnikov, ki vpliva na življenjsko dobo armiranobetonskih konstrukcij. Tovrstni odnosi so torej v tesni povezavi s kakovostjo betona. Mnogo bolj kompleksni pa so problemi v prednapetih konstrukcijah, v katerih ima po mnenju mnogih gradbincev v svetu prednapeta armatura poglavito vlogo, saj tudi narava tega jekla v kombinaciji s korozijo pa tudi utrujenostjo omogoča krhke, nenadne zlome in katastrofalne porušitve.

Poškodbe betona v armiranobetonskih konstrukcijah so možne zaradi različnih dejavnikov kemične ali fizikalne (mehanske) narave. Kemično korozijo lahko povzročijo voda ali različne vodne raztopine, organske materije in plini. Mehanske poškodbe betona pa nastajajo npr. zaradi delovanja zmrzali, omočenja in sušenja, izločanja različnih soli v porah cementnega kamna in zaradi dolgotrajnega delovanja visokih temperatur.

Na podlagi preučevanja te vrste korozijskih procesov in načina destrukcije armiranobetonskih kon-

strukcij pri njihovi eksploataciji ločimo naslednje vrste korozije:

— korozija betona, ki nastaja zaradi njegovega izluževanja,

— korozija betona zaradi delovanja kislin,

— korozija betona zaradi delovanja agresivne ogljikove kisline v sladkih vodah,

— sulfatna korozija, ki je posledica delovanja sulfatnih ionov na beton,

— korozija betona, ki nastaja zaradi delovanja ionov magnezija (pogosto v kombinaciji s sulfatnimi ioni).

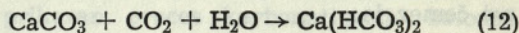
Vsi navedeni tipi korozije lahko nastanejo pri delovanju naravnih, industrijskih ali v običajnih odpadnih vodah.

Mnogi ločijo le tri vrste korozije betona; korozija betona zaradi delovanja sladke vode z nizko karbonatno trdoto, korozija, ki je posledica reakcij med komponentami cementnega kamna in raztopljenimi kemikalijami oziroma kislinami v vodni raztopini, in korozija, ki nastaja zaradi izločanja malo topnih soli v porah ali kapilarah cementnega kamna. Pri takšni kristalizaciji malo topnih soli nastajajo napetosti, ki lahko povzročajo povsem lokalne mikro ali makro poškodbe strukturnih komponent betona.

Korozija betona v sladkih vodah je povezana s topnostjo posameznih komponent cementnega kamna. Najbolj topna je $\text{Ca}(\text{OH})_2$ komponenta, ki se sicer v porah izloča iz prenasičene raztopine v obliki kristalov. Posamezni minerali v cementnem kamnu so obstojni v sladki vodi, če ta vsebuje neki določen presežek CaCO_3 (trda voda), ki je nad ravnotežno koncentracijo. Pri manjših koncentracijah (negativni indeks nasičenja) pa postaja voda korozivna (mehka voda). Pri koncentraciji CaCO_3 v vodi, ki je večja od 1,1 g/l, je obstojen npr. $3 \text{CaCO} \cdot \text{SiO}_2$, pri 1,3 g/l pa $2 \text{CaCO} \cdot \text{SiO}_2$. Pri manjših koncentracijah CaCO_3 v vodi pa ti minerali razpadajo v $\text{Ca}(\text{OH})_2$ in $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$.

Na agresivnost vode pa vpliva tudi CO_2 iz zraka, ki se v njej raztaplja. Določen del CO_2 se porabi za tvorbo CaCO_3 v vodi in če so te mehke, ostaja še delež nevezanega, ki potencira agresivnost vode. V začetni fazi raztapljanja cementnega kamna pri procesu korozije betona v mehki vodi (površinske vode — npr. deževnica) reagira CO_2 s $\text{Ca}(\text{OH})_2$ v porah betona na enak način kot pri njegovi karbonatizaciji (enačba 9). Takšna pretvorba je zaželena, saj se v površinskem sloju betona tvori zaščitni malo topni kalcijev karbonat. Voda, v kateri so ogljikova kislina in ioni H^+ , HCO_3^- in CO_3^{2-} v ravnotežju, ni sposobna raztapljati takšno karbonatno opno. Pri večji koncentraciji CO_2 v

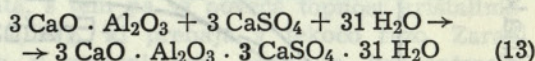
vodi, ki je značilna za srednje trde in mehke vode, pa se karbonat raztaplja:



Tvori se dobro topni kalcijev bikarbonat, ki se z vodo zelo enostavno izpira iz betona. Na ta način korozija betona napreduje.

Pri delovanju vode, ki vsebuje številne minerale, se v porah in kapilarah betona izločajo soli ter produkti, nastali z reakcijo med takšno vodo in cementnim kamnom. Z večjo sedimentacijo takšnih kristalov se v betonu porajajo velike natezne napetosti, ki lahko pripeljejo do lokalnih poškodb in znižanja trdnostnih lastnosti betona. Takšna vrsta korozije je še posebej značilna za delovanje vode, ki vsebuje sulfat v obliki topnega CaSO_4 , ali druge vrste sulfatov. Tako izločen gips se prav tako odlaga v pore cementnega kamna.

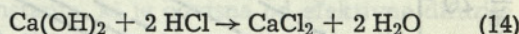
V prisotnosti sulfata in trikalcijevega aluminata se tvori težko topni hidratizirani sulfoaluminat kalcija:



Prostornina $3 \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3 \text{CaSO}_4 \cdot 31 \text{H}_2\text{O}$ je približno 2,5-krat večja od prostornine komponent, iz katerih se je tvoril. Zaradi tega se cementni kamen ruši. Kristali tega produkta so igličaste oblike, podobni bacilom, zato se hidratizirani sulfoaluminat pogosto omenja kot bacil cementa.

Intenzivna korozija betona različnih hidrotehničnih objektov je posledica delovanja ledu in erozijskega delovanja peska. V obeh primerih se lahko poškoduje karbonatiziran sloj, s čimer pa je omogočena korozija notranjih slojev betona.

Tudi različne kisline povzročajo poškodbe betona in izluževanje tako nastalih produktov:



CaCl_2 se pri nadaljnjem delovanju kisle raztopine hitro izluži, kar omogoča napredovanje korozije v globino betona.

3. Literaturni viri

1. Mars G. Fontana: Corrosion Engineering.
2. M. Pourbaix: Atlas of Electrochemical Equilibria in Aqueous Solution.
3. K. Tuutti: Corrosion of Steel in Concrete.
4. ACI Publication SP-49: Corrosion of Metals in Concrete.
5. Institution of Civil Engineers: Corrosion in Civil Engineering.

SGP BETON, ZAGORJE OB SAVI

Gradnja stanovanj v Trbovljah

TOZD Operativa Sasavje je v občini Trbovlje že vrsto let uspešna izvajalka stanovanjske gradnje. Skupno s projektantsko organizacijo IBT so glede na specifičnost urbanizacije v Trbovljah, ki se žal odraža v zahtevnih geoloških pogojih, utesnjenih lokacijah in dokaj zavozljani komunalni infrastrukturi, uspeli uporabiti ustrezno tehnologijo in materiale, projektant pa ekonomične projektne rešitve, s katerimi so v glavnem zadostili vse bolj zahtevnim pogojem. Tako so bili pridobljeni tudi objekti na lokacijah vzhodno in zahodno od starega pokopališča v Trbovljah OR-75 in IBT.

Lokacija OR-75 vključuje dva stanovanjska bloka S-61 in S-62. Vsak objekt vsebuje dve stopnišči, visoko kletno etažo, delno izkoriščeno za lokale, ter štiri stanovanjske etaže. Skupno število 82 stanovanj tvorijo po strukturi: garsonjere, 1-sobna, 2-sobna in 2,5-sobna stanovanja, z neto površino od 28—66 m². Skupna neto stanovanjska površina znaša 3399 m². V kletnih etažah, v katerih so predvideni zakloniščni prostori ter shrambe stanovalcev, so lokali in skupni neto površini 260 m².

Gradnjo na zazidalnem kompleksu IBT tvorijo stanovanjski bloki S-63, S-64, S-65 in S-65 A. Vsi objekti imajo dve stopnišči, razen S-65 A, ki ima eno stopnišče.

Višinski gabarit objektov je naslednji: klet + pritličje + 4 normalne etaže + mansarda.

V vseh objektih skupaj je 131 stanovanj s skupno neto stanovanjsko površino 8195,63 m². Struktura stanovanj zajema 1-sobna, 2-sobna in 2,5-sobna stanovanja z neto stanovanjsko površino od 34,78 m²—66,91 m².

Novi proizvodni prostori Konfekcije Lisca

Stroji v novih proizvodnih prostorih Konfekcije Lisca v Zasavju že obratujejo. Toda glede na kratek rok izgradnje in zahtevna dela je gradnjo objekta le potrebno omeniti.

Objekt je dolg 73,60 m in širok 19,00 m ter po višini dvoetažen. Glavno nosilno konstrukcijo tvorijo montažni armiranobetonski elementi, izdelani v obratu betonskih izdelkov v Kisovcu, razen stropnih nosilcev nad nadstropjem, ki jih je dobavila SGP Gorica. Dvokapne lesene strešne poveznike je izdelal in montiral tozd Gremont. Krovne in fasadne plošče so siporeks montažni elementi proizvajalca TLGE Siporex Zagorje ob Savi.

Objekt je torej v celoti montažen, kakovostno izdelan, dobro toplotno izoliran in z dobrim prezračevanim hladnim podstrešjem. Ob objektu je bilo zgrajeno tudi zaklonišče osnovne zaščite s kapaciteto 100 zaklonilnih mest.

Vir: SGP Beton Zagorje ob Savi

SGP PIONIR, NOVO MESTO

Gradnja žitnih silosov

GIP Pionirju je bila zaupana izgradnja betonskih silosov na lokaciji že obstoječih skladišč. Poleg izgradnje novih betonskih silosov za žitarice skupne prostorninske zmogljivosti 7600 ton so prevzeli tudi rekonstrukcijo obstoječih skladišč, izgradnjo vsipnega bunkerja, rekonstrukcijo železniške proge, izgradnjo cestne tehtnice nosilnosti 50 ton in ureditev prometnic.

Naloga Pionirja je bila tudi izdelava tehnične dokumentacije in sodelovanje pri pridobitvi lokacijskega in gradbenega dovoljenja.

Za izgradnjo silosa v bateriji 9 osmerokotnih vertikalnih celic premera 6,5 m in višine 37 m, ki je postavljen na armiranobetonsko temeljno ploščo debeline 1,5 m, so opravili:

- izkop v III. in V. ktg. zemljišča z odvozi v stalno deponijo približno 8000 m³,
- vgradnjo betonov raznih kakovosti 2500 m³,
- vgradnjo armature, skupaj 270 ton,
- izvedbo drsnih opažev 11.200 m²,
- izvedbo opornih zidov v dolžini 75 m, itd.

Po načrtovani dinamiki so dela dokončali v roku, kar daje investitorju možnost, da je nove zmogljivosti izkoristil neposredno po žetveni sezoni 1988.

V soseski Irča vas-Brod so predali stanovalcem že 381 stanovanj

V soseski Irča vas-Brod je Pionirjev tozd Gradbeni sektor Novo mesto s svojimi kooperanti zgradil in predal od leta 1983 do sedaj že 381 stanovanj ali 20.700,00 m² stanovanjske površine z vsemi spremljajočimi objekti, kotlarno, zakloniščem in zunanjo ureditvijo. Sedaj je v zaključni fazi še izgradnja 119 stanovanjskega objekta (6523 m²) z zunanjo ureditvijo ter kotlarna II na trda goriva. Te objekte bodo predali kupcem v septembru 1988.

Z izgradnjo soseske Irča vas-Brod je Pionir zopet dokazal vsem, da je sposoben graditi kakovostno in v rokih tudi stanovanjske objekte v Novem mestu.

Korak pred drugimi

Vidni so rezultati programa »Pionireka« in projekt »Pionireka 1987«. Projekti so izboljšali poslovanja poslovnih funkcij na vseh področjih. Z doseženim še vedno niso zadovoljni. V letu 1988 in v prihodnje so sklenili, da bodo delali po načelu »Korak pred drugimi«.

S programom »Pionireka« je seznanjena tudi družbena skupnost. Od občinske raziskovalne skupnosti so dobili denarna sredstva in tudi v prihodnje se ponuja finančna pomoč in moralna podpora za izvedbo teh akcij. V izvajanju je tudi projekt »Pionireka 1988«, ki skuša poglobiti začetno delo v prejšnjem letu in podati tudi nekatere nove prijeme v skladu z dolgoročno strategijo »Pionireke«.

Moto »Pionireke 1988« je: **»HOČEMO, ZNAMO, ZMOREMO«.**

Vir: Pionir Novo mesto

SGP PRIMORJE, AJDOVŠČINA

Delavci SGP Primorje v Dubrovniku

Eden od številnih objektov, ki jih SGP Primorje gradi zunaj ožje domovine, je skladišče s hangarji na mednarodnem letališču Čilipi, oddaljenem 25 km od Dubrovnika. Investitor je Aerodrom Čilipi.

Vsa dela, vključno prevoz in montažo, je prevzel tozd GO »BL«. Po pogodbi so bili zastavljeni zelo kratki roki, tako da je bilo treba v 50 dneh obvezno končati vsa dela: preprojektiranje izvedbenega projekta (prilagoditev projekta tehnologiji izdelave in montaže hal tip Primorje).

V objektu so predvidena skladišča, upravni prostori in hangarji v skupni površini 3950 m². Prepeljati je bilo potrebno 2950 ton tovara s tovornjaki ali železnico. Za izdelavo konstrukcije je bilo vgrajeno 1180 m³ betona in 123.500 kg betonskega železa.

Cesta v Bavšico

V Triglavskem narodnem parku obnavljajo cesto v Bavšico. Odcep za Bavšico je pri stari vojaški trdnjavi Kluže na cesti Bovec—Predil. Zivljenje v sami dolini je enkratno za planince, lovce, ljubitelje narave, ljudi, ki so željni miru in oddiha.

Posnetek dejanskega stanja ceste so izvedli njihovi geometri, projekt pa je izdelalo projektivno področje po naročilu investitorja Komunalne skupnosti za ceste Tolmin. Največ del je predstavljal izdelava prepustov, nasip tampona na obstoječe vozišče in asfalt. Delo so končali v 40 dneh.

Vir: SGP Primorje, Ajdovščina

GIP INGRAD, CELJE

Nov izdelek tozda Mehanizacija

V Celju v dvorani Golovec je bil 2. jugoslovanski sejem idej in patentov, računalniških programov in računalniške opreme, poslovnih daril in propagandnih sredstev pod skupnim naslovom IDEJA 88. Na sejmu je bil prisoten tudi Ingrad.

Tozda Mehanizacija je predstavila novost v svoji proizvodnji, in sicer AGREGAT 40-25 za filtriranje in prečrpavanje olja, ki rabi za racionalno nego in vzdrževanje vseh vrst hidravličnih sistemov, uporablja se za čiščenje — filtriranje, izčrpavanje, prečrpavanje in polnjenje.

Hidravlična olja so danes nepogrešljiva povsod v industriji. Veliko tega olja se med obratovanjem onesnaži, kar predstavlja znaten strošek v zastojih, dragih popravilih in v sami zamenjavi olja.

Sedaj so v teku testiranja za pridobitev uporabnega dovoljenja, prvi testi so zelo ugodni. Za pospešeno prodajo je že natisnjen prospekt, pokazano zanimanje na sejmu za novost na našem trgu pa je spodbuda, da začnejo v Mehanizaciji serijsko izdelavo.

Preizkušnja sposobnosti

V središču Rogaške Slatine je na novem gradbišču zelo živahno. V gradnji je nov trgovski center in avtobusno postajališče, investitorji so Merx, Ljubljanska banka, PTT in Izletnik. Dela izvajata temeljni organizaciji Gradbeništvo Rogaška Slatina in Gradbena operativa Ljubljana, rok je zelo kratek — 7 mesecev, zato se dela cele dneve, v dveh izmenah.

Objekt so pridobili pod izredno neugodnimi pogoji, zaradi hude konkurence so morali znižati ceno za 25 %, kar bo težko nadoknaditi s še tako prizadevnostjo.

Nova gradbišča v Zagrebu

V sklopu Tržnega centra Dubrava v Zagrebu je bilo 28. 4. 1988 polaganje temeljnega kamna za tržnico, ki jo bo gradil Ingrad. Tržnica bo obsegala 5000 m² zaprtega prostora in 1500 m² zelene tržnice.

V nadaljnji fazi se bo gradil distributivni center z diskonti v velikosti 6000 m², katerega investirata PK Sombor in PK Zadar. Predvidena je tudi izgradnja poslovno-stanovanjskega objekta in obrtni center z lokali v skupni velikosti 7000 m².

Delavci tozda Gradbena operativa Celje so že pričeli z graditvijo tržnice in distributivnega centra. Po ureditvi potrebne dokumentacije pa bodo nadaljevali z izgradnjo ostalih objektov.

Vir: Ingrad Celje

SGP GORICA, NOVA GORICA

Skladišče blagovnih rezerv

Za investitorja Primorje Gorica je temeljna organizacija Gradbena operativa Šempeter v januarju začela graditi nov objekt — skladišče blagovnih rezerv v Šempetru. Zaradi dobrega sodelovanja med projektantom, investitorjem in izvajalcem so dela potekala brez večjih težav. Skladišče so dokončali v roku. Z dokončanjem investicije je delovna organizacija Primorje Gorica pridobila 230 m² hladilnih komor ter 370 m² skladiščnih in drugih prostorov. V novih prostorih bodo delavci Primorje Gorica lahko še bolje opravljali svoje delo.

Apartmajsko turistično naselje Bili dvori na Pelješcu

V prelepem zalivu na koncu polotoka Pelješac delavci SGP Gorica gradijo apartmajsko naselje Bili dvori. Naselje gradijo po sistemu gradnje za trg. Tako so do 15. 7. 1988 zgradili in prodali 72 apartmajev z vsemi za obratovanje potrebnimi komunalnimi napravami. Sem sodi tudi plažni objekt. V gradbeni sezoni 1988/89 nameravajo zgraditi in prodati še 160 apartmajev ter centralni objekt. V centralnem objektu bodo restavracija, trgovina, brezarinska trgovina, prostori za osebje. Vse skupaj je zelo bogato projektirano. Predračunska vrednost vseh del je približno 1400 milijard starih din.

Vir: SGP Gorica

SGP GROSUPLJE, GROSUPLJE

Poslovno trgovski objekt ob Cesti na Brdo

Maja letos so delavci Grosuplja pričeli z izkopi za poslovno trgovski objekt ob Cesti na Brdo. Objekt, za katerega so projekte izdelali v Inženiringu-projektivnem biroju, GPG gradi za trg. Poslovno trgovski objekt v izmeri 29 × 18 m je nadaljevanje že obstoječega trgovskega objekta (samopostrežna trgovina). Tehnologija gradnje se je zato prilagodila že obstoječemu objektu. Nosilna konstrukcija, ki so jo izdelali v GPP, obratu betonskih polizdelkov, je betonska, obodni zidovi so opečni, streha pa dvokapnica, krita z eternitom. Objekt je bil zgrajen v 5 mesecih.

Spomeniško zaščitenemu objektu bodo vrnil prvotni videz

Propadajočo hišo »Stara cesta 45« na Vrhniki bodo obnovili. Hiša je namreč spomeniško zaščiten, saj sodi v zgodovinsko pomembne gospodarske objekte. Objekt predstavlja eno kompleksnejših obnov objektov, starih več kot 100 let. Pritličje omenjene hiše je staro 300, nadstropje nad njim pa 200 let. Projekt za obnovo objekta so izdelali v Zavodu za načrtovanje na Vrhniki, gradbinca pa je čakalo najprej precej neljubo delo: vsa rušitvena dela v notranjosti so morali izvesti ročno, odpeljali pa so kar 470 m³ odpadnega materiala.

Zaradi nadzidave z notranjimi armiranobetonskimi konstrukcijami je objekt dodatno obtežen, kar je zahtevalo razširitev temeljev, tako so morali temelje odkopati oziroma podkopati in jih podbetonirati, na kar so jih tudi razširili. Ostala je nosilna konstrukcija objekta, injektirana zaradi trdnosti in potresne varnosti. Sanacijska dela z injektiranjem izvajajo delavci ZMRK.

Ker gre za zgodovinsko pomemben objekt, se vsa dela izvajajo strogo pod nadzorstvom Regionalnega zavoda za spomeniško varstvo. Hiša mora namreč tudi po prenovi ostati takšna, kot jo omenjajo zgodovinski viri.

Plod znanja lastnih strokovnjakov

Na zagrebškem BIAM, sejmu obdelovalnih strojev, sodeluje tudi tozda KLO z numerično krmiljenim krivilnim strojem, dvižno ploščadjo za osebne avtomobile, ključem za povečanje momenta, kar vse je plod lastnega znanja in dela razvojnega oddelka tozda KLO. Korak več k propagandi svojih izdelkov so naredili že pred sejmom s tem, da so vse možne kupce, za katere so predvidevali, da so omenjeni stroji zanimivi za njihovo proizvodnjo, pisno povabili na ogled sejma. Vse dneve sejma so na njem prisotni predstavniki tozda KLO, tudi konstruktorji razstavnih eksponatov, numerično krmiljeni krivilni stroj pa je tudi priključen na električno energijo, da je omogočena demonstracija na njem.

Glede na to, da je bilo na trgu že pred sejmom veliko zanimanje za numerično krmiljeni krivilni stroj in da ključa za povečanje momenta na našem trgu do sedaj ni bilo mogoče dobiti, v tozdu KLO upajo, da bo BIAM prispeval k prodaji njihovih izdelkov.

Zavod za rehabilitacijo invalidov, Ljubljana

Zavod za rehabilitacijo invalidov mora biti zgrajen do konca leta. Že ob pričetku del so na gradbišču naleteli na velik, prej nepredviden problem. Čez gradbišče je namreč potekal vodovod, ki napaja že obstoječe objekte. Vodovod je bilo treba prestaviti, za to pa ponovno pridobiti gradbeno dovoljenje. Tako so, kot se gradbincem često dogaja, še preden so sploh lahko začeli graditi, »pridelali« enomesečno zamudo. Objekt, ki bo namenjen bolniški dejavnosti, ima 6 nadstropij in je zelo razgibano zasnovan. Vezni hodnik ga povezuje z že obstoječim objektom. Sistem gradnje označujejo na gradbišču kot klasičen: obodni zidovi so betonski, grajeni s pomočjo malostenskih opažev, predelne stene pa opečne. Tudi zunanji videz objekta bo privlačen, saj je fasada predvidena kot kombinacija fasadnih elementov, silikatne in fasadne opeke, lesena strešna konstrukcija pa bo pokrita z valovitim salonitom. V projektu predvideno opečno kritino bo v soglasju s projektantom treba spremeniti v valoviti salonit zaradi premajhnega naklona strehe.

Vir: Gradbeno podjetje Grosuplje.

GRADIS LJUBLJANA

Z gradbišča HE Vrhovo

V nekako treh mesecih, odkar je bilo pridobljeno gradbeno dovoljenje za glavni pogonski objekt hidroelektrarne v Vrhovem, že končujejo dno vodne poti.

Projekt vrednostno predstavlja okrog 8 odstotkov letne realizacije celotnega Gradisa, to pa so spoštovanja vredne številke in je zato odgovornost vseh v delovno

enoto razporejenih delavcev za pravočasen in uspešen zaključek del tem večja.

Dno gradbene jame, deloma izkopane in deloma vklepane v karbonski skriljavec, sega (merjeno od kote zaježitve nič) v globino 25 metrov. Zadnjih 25 centimetrov je bilo treba izkopati in očistiti ročno. Tlorisna izmera glavnega pogonskega objekta je približno 140 × 50 metrov. Hidroelektrarna bo imela 6 prelivnih polj ter v strojnici tri agregate, streha strojničnega objekta pa bo 8,4 metra nad koto zaježitve nič; dejanska skupna višina objekta znaša prek 33 metrov.

Ob koncu meseca avgusta je bilo v bodoče dno nove vodne poti reke Save že vgrajenih prek 5 tisoč prostorninskih metrov betona. Po izračunih morajo v dno viliti okrog 8500 prostorninskih metrov betona. Gradnji dna bo potem sledila gradnja same vodne poti v strojnici, v kateri bo strojnična etaža na koti minus 5,4 metra. V ta del objekta bo vgrajena tudi glavnina nosilnih betonov. Rok za dokončanje te faze je marec prihodnjega leta.

Dela izvajajo tudi na prelivnih poljih. Polje št. 6 je bilo že končano, prvo pa še ni bilo začeto. V temeljne plosče preostalih štirih polj so že vgradili okrog 8 tisoč prostorninskih metrov betona.

Delo je sproti koordinirano in organizirano tako, da ga druga od druge prevzamejo strogo spicalizirane skupine. Delo teče praktično neprekinjeno (betonira se praviloma ponoči pod žarometi).

Gradbinci v Bosni in Hercegovini

Na Gradisovem največjem gradbišču v Višegradu in dolini Drine je izgotovljenih že več objektov — viaduktov, tunelov, mostov in trase same. Skupno pa bo potrebno zgraditi kar 23 viaduktov in 4 mostove.

V celoti je gradbišče razdeljeno na tri odseke, od katerih sta prvi in drugi vezana na magistralno cesto, medtem ko je tretji odsek vezan na regionalno cesto. Na prvem odseku, ki naj bi bil v grobem zaključen že do konca leta, nekaj objektov čaka le še asfaltno prevleko.

Najzahtevnejši objekt na tem odseku je Crijep, ki je položen prek drseče zemljine. Zaradi drsenja je bilo potrebno sidranje oziroma fundiranje dveh pilotnih sten s po 7 piloti in globino sidr od 30—35 metrov. Zemeljskih del je opravljenih že 85 odstotkov, 80 odstotkov betonskih del za spodnje konstrukcije, 90 odstotkov je opravljene montaže stebrov in 60 odstotkov montaže nosilcev.

Tudi dela na drugem odseku niso v začetni fazi. Le objekta Grabovica in Oštri vrh sta še brez nosilcev, med tem ko se na objektih Osoje, Hrta in Kazanci opravljajo zaključna dela. Viadukt Surubulovo na tem objektu trase pa je bil dokončan med prvim.

Tretji odsek, za katerega je vprašljiva tudi finančna konstrukcija, pa tokrat sameva, čeprav so na objektih Litica II in III že opravljena zemeljska dela.

Od štirih mostov, kolikor je bilo projektiranih, so trije že gotovi. Tudi 208 m dolgi most Mrsovo ob sotočju Drine in Lima bi že lahko rabil svojemu namenu, če bi bili izdelani tudi priključki. Še bolj zahteven, predvsem zaradi vmesnega razpona, bo most Kaoštica, na katerem bo ponovno potrebna montaža nosilcev s konzolami.

Montaža nosilcev poteka iz tunela v tunel, kjer je za odlaganje nosilca potrebno skoraj razmontirati konstrukcijo. Montaža stebrov se izvaja 70 m nad Drino.

V drugi fazi izgradnje turističnega naselja Barbarige 549 novih stanovanjskih enot

V Barbarigi, kraju med Rovinjem in Puljem, nasproti Brionov, gradijo novo turistično naselje. Gradisovi tozdi sodelujejo od spomladi letos tudi pri gradnji druge faze tega turističnega naselja, ki bo, ko bo v celoti zgrajen, sestavljen iz okrog 2000 apartmajev, hotela s 500 ležišči, naselja za oddajanje turistom z zmogljivostjo 2500 ležišč, predviden pa je tudi avtokamp za okrog 5000 gostov. V Barbarigi, ki bo nudila tudi celo vrsto športno-rekreacijskih objektov in zabavišč, bo torej v bližnji prihodnosti lahko hkrati letovalo več kot 15.000 gostov.

V prvi fazi, ki je bila končana lansko jesen, je bilo zgrajenih 563 stanovanjskih enot z okrog 20.000 kvadratnimi metri uporabne stanovanjske površine. Gradisov delež je v prvi fazi znašal 256 stanovanj. Gradis je zgradil tudi kompletno infrastrukturo, ki je bila izredno zahtevna. V drugi fazi bo zgrajenih 549 stanovanjskih enot, od katerih bo Gradis zgradil 260 enot. V gradnji je 147 objektov s skupno stanovanjsko površino 19.186 kvadratnih metrov, od katerih odpade na Gradis 8272 in še 17.150 kvadratnih metrov pripadajočih vrstov oziroma atrijev, saj gre večinoma za nizke objekte (priljučni ali enonadstropni, dvonadstropni je le nekaj objektov iz prve faze).

Gradnja druge faze Barbarige je Gradis pridobil kot preizkušeni izvajalec podobnih del v Istri (Červar, Mareda) in član poreške poslovne skupnosti Euroturist, sodelujeta tudi rovinjsko gradbeno podjetje Aldo Rismondo in poslovno združenje Gradine iz Pulja. Projekti so bili narejeni v urbanistično-projektivnem zavodu Urbis 72 Pulj, za instalacije pa sta zadolžena reški Monter in puljski Tehnomont.

Vir: Gradis Ljubljana

SCT LJUBLJANA

Stanovanjske bloke Streljana v Puli so že predali investitorju

Največje stanovanjsko naselje v Istri, ki so ga sezidali graditelji SCT, je že dobilo dokončno podobo. Stanovanjske bloke Streljana v Puli so že predali investitorju, Samoupravni interesni skupnosti Pula, 72 stanovanj v razgibano povezanih stanovanjskih objektih s šestimi vhodi. Stanovalec pa so vseskozi delali družbo gradbinci, ki so od lanskega pa do letošnjega maja zgradili še dva stanovanjska bloka. V enem je 42, v drugem pa 36 stanovanj. Tehnologija gradnje je potekala po outinord sistemu s kombinacijo klasične gradnje. Fasade so demit bele barve, položno strešno konstrukcijo pa prekrivajo v cementno malto položene kanalice. Okna in vrata so tipska, stanovanja pa v velikosti od garsonjer do trisobnih. Stanovanjska soseska je izjemno lepa. Ima navdih istrske arhitekture, odmaknjena je od mestnega vrveža, zanimiva pa je tudi cena. Za kvadratni meter stanovanjske površine bo treba odšteti »le« 800 tisoč dinarjev.

Stanovanja za JLA v Mariboru

Za potrebe JLA gradijo delavci SCT v Mariboru stanovanja s poslovnim programom. Pripravljalna dela

za dva atrijska objekta, v katerih bo 4855 kvadratnih metrov stanovanjskih površin, 228 kvadratnih metrov skladiščnih prostorov, 980 kvadratnih metrov poslovnih prostorov ter 1076 kvadratnih metrov prostorov za garaže, so stekla sredi letošnjega februarja. Do konca tega leta pa jih bodo Escetejevci gradbinci že predali investitorju. Rok za izgradnjo objektov, neposredno ob obstoječem domu JLA, je le deset mesecev. Gradnja bo potekala klasično (liti beton in opečne predelne stene), fasada bo iz teranove. Nad šestimi etažami bodo položili klasično strešno konstrukcijo (dvokapnico). Povedati je treba, da je gradnja teh objektov izjemno omejena, v središču mesta in ob nemotenem mestnem prometu. Na gradbišče lahko pripelje po en kamion. Predračunska vrednost predstavljenih del je ocenjena na okoli 11 milijard dinarjev.

Tretja etapa hitre ceste skozi Maribor

Leto dni že teče bitka z zemljinami, kamninami, vremenskimi neugodnostmi na tretji etapi hitre ceste skozi Maribor. Ta odsek ceste se začneja pri Pesnici (tod bo zgrajeno križišče Šentilj, Murska Sobota) in poteka po nasipu čez podvoz pri severnem portalu železniške proge prek viadukta v globok usek, mimo opekarne Košaki in spet po nasipu čez podvoz mimo južnega portala železniškega predora. Ob železniški progi bo potekala delno naprej po nasipu in usekih ter prečkala komunalni kolektor. Cestna trasa se bo nadaljevala do Melja, od tod naprej pa jo gradijo Gradisovi delavci. Vse območje, kjer poteka cestna trasa, je izjemno plazovito. Vsako deževno vreme prinaša graditeljem nove nevšečnosti, sanacijo obstoječega območja. Na cestni trasi pa je največ zemeljskih del. Od celotne količine izkopanega materiala, 664 tisoč kubičnih metrov, so izkopali in odvozili že 390 tisoč kubičnih metrov laporja, glin, mulja, humusa, ostane jim le še okoli 280 tisoč kubičnih metrov. 540 kubičnih metrov bodo opravili nasipov, teh je na cestni trasi že 370 kubičnih metrov, ostane jim torej še 170 tisoč kubičnih metrov. Izkope in nasipe bodo opravili do meseca septembra. Sledila bo finalizacija in urejanje nasipov in usekov ter začetek izdelave zgornjega ustroja. Tako bodo vgradili okoli 27 tisoč ton asfaltnih mešanec. Strojno bodo položili že blizu 18 tisoč metrov robnikov. Mariborska hitra cesta štiripasovnica, ki se bo v Pesnici priključila že zgrajeni II. etapi hitre ceste v kraju Melje, pa bo priključena na dvoetažni most čez reko Dravo. Vsak voznik pas bo meril 3,75 metra, dve bankini v nasipu pa po 1,75 metra. Vmesni zeleni pas pa bo širok dva metra, v usekih ne bo bankin, temveč le koritnica z robnikom. Nova cesta bo široka skupno 22 metrov. Po njej bo stekel promet julija drugo leto.

Proizvodno-skladiščna hala za ljubljanski BTC

Escetejevci gradijo proizvodno skladiščno halo MP 4, za investitorja BTC Ljubljana. Na zabetonirane temelje in kletne stene bodo klasično sezidali proizvodno-skladiščni objekt velikosti 36 × 36 metrov s kletjo in dvema etažama. Montažna bo le strešna konstrukcija IBK, krita s trapezno pločevino. Ob njem bodo zgradili še industrijski tir in uredili okolico, vse do 15. novembra letos. Ob ljubljanskem objektu pa za istega investitorja gradijo še industrijsko-poslovni objekt v Murski Soboti, v velikosti 45 × 90 metrov, ob tem pa še prizidek, ki bo meril 15 × 45 metrov — v dveh etažah.

Vir: SCT Ljubljana

OB ZAKLJUČKU XXXVII. LETNIKA

S to trojno številko zaključujemo 37. letnik Gradbenega vestnika. Zakladnico gradbeništva smo zopet obogatili z enoletnimi spoznanji domače ustvarjalnosti, objavili pa smo tudi številne informacije, namenjene razširitvi strokovne razgledanosti bralcev.

Bralcem se oproščam, da letnik vsebuje kar štiri trojne številke. Zavedam se, da taka koncentracija novega znanja učinkuje utrujajoče. Več razlogov je botrovalo temu: zaostanek v izhajanju, pomanjkanje naročil za naslovnice in samo gradivo.

Dve trojni številki sta tematski. Številka 1-2-3 obravnava problematiko vodnega gospodarstva. V njej je med drugim zabeležena tudi pomembna obletnica: petdesetletnica hidravlične raziskovalne dejavnosti v Sloveniji (1937—1987).

Vse gradivo, ki obravnava vodnogospodarsko problematiko je zbral Mitja Starc, direktor Vodnogospodarskega instituta. Za trud se mu iskreno zahvaljujem. Pomemben del stroškov te številke je krila Zveza vodnih skupnosti Slovenije.

Druga tematska številka je številka 7-8-9, ki obravnava predvsem cestno-prometno problematiko. Večino člankov so prispevali sodelavci Prometno-tehniškega instituta — FAGG. Gradivo je zbral njegov predstojnik dr. Vlasto Zemljič, tudi njemu hvala. Za kritje stroškov so prispevali: Cestni inženiring, Skupnost za ceste Slovenije in Združena cestna podjetja Slovenije.

Obe preostali trojni številki sta potpuri člankov iz različnih področij gradbeništva, pri čemer je večino člankov za št. 4-5-6 zbralo zelo prizadevno Društvo gradbenih inženirjev in tehnikov Maribor.

Vse številke vsebujejo POROČILA« FAGG, Ljubljana in »INFORMACIJE« ZRMK, Ljubljana.

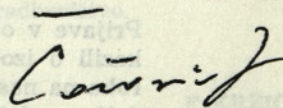
Po planu ima letnik 240 strani. Letnik 1988 jih ima 236, to je le 4 strani manj, kar pa se kompenzira z več stranmi letnika 1987, ki je imel skupaj 286 strani.

Za opravljeno delo se zahvaljujem tudi vsem tistim sodelavcem, ki niso posebej omenjeni. Zahvala gre tudi delovnim organizacijam za njihov finančni prispevek.

Za morebitne pomanjkljivosti se opravičujem.

Vsem bralcem želim v letu 1989 veliko delovnih uspehov in osebno srečo!

GLAVNI IN ODGOVORNI UREDNIK:
Franc ČAČOVIČ, dipl. inž. gradb.





ZVEZA DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE

LJUBLJANA, ERJAVČEVA ULICA 15; TEL.: 061/221 587

ROKI PRIPRAVLJALNIH SEMINARJEV ZA STOKOVNE IZPITE V GRADBENIŠTVU ZA LETO 1988

1. seminar: od 23. do 27. januarja 1989
2. seminar: od 20. do 24. februarja 1989
3. seminar: od 20. do 24. marca 1989
4. seminar: od 17. do 21. aprila 1989
5. seminar: od 22. do 26. maja 1989
6. seminar: od 18. do 22. septembra 1989
7. seminar: od 23. do 27. oktobra 1989
8. seminar: od 20. do 24. novembra 1989
9. seminar: od 18. do 22. decembra 1989

Prijavo v obliki dopisa, z navedbo podatkov o udeležencih seminarja (ime-priimek, z izobrazbo pridobljena strokovnost, naslov) in roka udeležbe, je potrebno pravočasno poslati na naslov **Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije, Erjavčeva 15, Ljubljana**. Na vsak seminar sprejmemo **40** slušateljev.

**ZVEZNI CENTER ZA IZOBRAŽEVANJE GRADBENIH
INŠTRUKTORJEV LJUBLJANA, KARDELJEVA PLOŠČAD 27;
TEL.: (061) 342 366**

IZPITNI ROKI ZA STROKOVNE IZPITE V GRADBENIŠTVU ZA LETO 1989

PISNI DEL

- 17. december 1988
- 21. januar 1989
- 18. februar 1989
- 18. marec 1989
- 15. april 1989
- 20. maj 1989
- 23. september 1989
- 21. oktober 1989
- 25. november 1989

USTNI DEL

- 9.—13. januar 1989
- 6.—10. februar 1989
- 6.—10. marec 1989
- 3.—7. april 1989
- 8.—12. maj 1989
- 5.—9. junij 1989
- 9.—13. oktober 1989
- 13.—17. november 1989
- 11.—15. december 1989

Prijave v obliki obrazca (dobite ga pri naslovu oziroma na seminarju), z dokazili o izobrazbi, je potrebno poslati **20 dni pred pisnim delom predvidenega roka** na naslov: **Zvezni center za izobraževanje gradbenih inštruktorjev, Kardeljeva ploščad 27, Ljubljana**.

10 LET DRUŠTVA GRADBENIH KONSTRUKTORJEV SLOVENIJE

V dneh od 14.—16. septembra letošnjega leta je bilo na Bledu deseto jubilejno zborovanje gradbenih konstruktorjev Slovenije. Ta jubilej je primerna priložnost, da se naši širši javnosti predstavi eno najbolj delovnih društev na področju gradbeništva, to je Društvo gradbenih konstruktorjev Slovenije.

Društvo združuje okoli 300 članov. Ti so bodisi projektanti gradbenih konstrukcij, sodelavci gradbenih izvajalskih organizacij, raziskovalnih organizacij in sodelavci gradbenih in arhitektonskih fakultet obeh slovenskih univerz. Začetki društva segajo v leto 1979, ko je bila v okviru Društva gradbenih konstruktorjev Jugoslavije ustanovljena Sekcija gradbenih konstruktorjev Slovenije s prvim predsednikom prof. dr. Milošem Marinčkom. Sčasoma so republiške sekcije prerasle v društva in tako je bilo leta 1985 ustanovljeno in tudi uradno registrirano sedanje društvo.

Kot specializirano društvo je član Zveze društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije, predsednik društva in en član izvršnega odbora pa zastopata Slovenijo v predsedstvu Zveze društev gradbenih konstruktorjev Jugoslavije.

Prvenstvena naloga društva je organizacija vsakoletnih zborovanj, ki jih od leta 1985 dalje prireja skupaj z Društvom za potresno inženirstvo Slovenije. Namen teh strokovnih sestankov, prirejenih s pomočjo kotizacij in finančnih prispevkov pokroviteljev in sponzorjev, je neprekinjeno seznanjanje gradbenih strokovnjakov z aktualno problematiko gradbeništva v našem okolju, z raziskovalno dejavnostjo, s problematiko predpisov in standardov, predvsem pa tudi s praktičnimi dosežki slovenskega gradbenega konstruktorstva, t. j. s pomembnejšimi izvedenimi objekti.

Število udeležencev zborovanj se giblje med 150 in 250. Pri tem je v zadnjih letih opazno občutno povečanje števila udeležencev iz drugih republik. Pomembna značilnost zborovanj je tudi močna udeležba vabljenih tujih strokovnjakov, s pomočjo katerih je omogočen stalen vpogled v razvoj in dosežke gradbeništva v svetu. Na dosedanjih desetih zborovanjih je bilo podanih okoli 240 referatov domačih avtorjev, 17 referatov tujih strokovnjakov, predstavljeno je bilo okoli 80 posterjev in podanih okoli 20 poročil o dogajanjih na raznih kongresih in posvetovanjih doma in v tujini. Tematika referatov in posterjev zajema poleg širokega področja gradbenega konstruktorstva tudi področje računalništva, potresnega in požarnega inženirstva. Obravnavajo se tudi tuji izsledki, tuji predpisi in standardi, včasih se isti v obliki publikacij delijo udeležencem. Vedno je na razpolago tudi določen čas za diskusijo o referatih, posterjih in ostali zanimivi problematiki. Za pomembna štejejo tudi vsakokratna tovariška srečanja, ki so možnost za stike med starimi znanci in za navezavo novih poznanstev.

Delo društva pa ni omejeno le na organizacijo letnih zborovanj, temveč se močno odraža tudi drugod. Tako na primer sodelujemo pri organizaciji raznih seminarjev in dopolnilnem strokovnem izobraževanju, pri pripravi in novelaciji naših predpisov in standardov, pri spremljanju razvoja stroke z udeležbo na domačih in tujih strokovnih prireditvah ter nato s poročanjem na naših zborovanjih. Pomembna naloga društva je spodbujanje raziskovalne dejavnosti. Tako je dobilo na letošnjem zborovanju 10 mladih raziskovalcev, ki raziskujejo na Fakulteti za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo v Ljubljani, priložnost, da s krajšimi referati predstavijo svoje raziskovalne dosežke. Ta oblika predstavitve je bila pri udeležencih izredno topla sprejeta, zato bo uvedena v program zborovanj kot stalnica. Naslednja pomembna naloga je spodbujanje uvajanja novih materialov, tehnologij in sodobnih metod zasnove, analize, izvajanja in trženja gradbenih objektov in ne nazadnje tudi skrb za čistočo tehničnega jezika. Posebno vlogo naj bi pri vsem navedenem odigrala vsakoletna republiška priznanja, ki jih društvo podeljuje za najboljšo konstruktorsko stvaritev, izvedeno v preteklem letu in ki nato kandidira za zvezno priznanje. Doslej so tako priznanje prejeli projektanti in izvajalci Ledene dvorane v Mariboru in cestnega mostu čez Gruberjev prekop v Ljubljani.

Izredno velik je prispevek nekaterih članov društva v delu predsedstva Zveze društev gradbenih konstruktorjev Jugoslavije, ki je organizator številnih simpozijev, kongresov in drugih strokovnih manifestacij na zvezni ravni že od leta 1953 dalje. Na predlog Zveze društev sta zato prav na zadnjem jubilejnem zborovanju prejela visoki državni odlikovanji sedanji predsednik prof. dr. Franci Kržič red dela z zlatim vencem in podpredsednik mag. Franc Saje red zaslug za narod s srebrno zvezdo. To naj bi bila spodbuda za čim hitrejši izhod iz globoke krize, v kateri se trenutno, ne ravno po svoji krivdi, nahaja naše gradbeništvo.

SPECIALIZIRANI SEJEM GRADBENIŠTVA IN GRADBENIH MATERIALOV Z MEDNARODNO UDELEŽBO V GORNJI RADGONI OD 3. DO 7. APRILA 1989

Gospodarsko razstavišče Ljubljana, poslovna enota Pomurski sejem Gornja Radgona je znana po organizaciji strokovnih sejmskih prireditev, kot so kmetijsko-živilski sejem, sejem embalaže INPAK in sejem gradbeništva in gradbenih materialov.

V letu 1989 organiziramo že 5. jugoslovanski sejem gradbeništva in gradbenih materialov z mednarodno udeležbo. Ta sejem je dobil podporo vseh za gradbeništvo pomembnih institucij v republiškem in zveznem merilu in tudi predstavnikov delovnih organizacij. V pripravljalni odbor in odbor za pripravo strokovnega programa so vključeni:

- Republiški komite za industrijo in gradbeništvo
- Republiški komite za varstvo okolja in urejanje prostora
- Splošno združenje gradbeništva in IGM Slovenije
- Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije
- Zveza stanovanjskih skupnosti Slovenije
- Zveza komunalnih skupnosti Slovenije
- Elektrotehniška zveza Slovenije
- ZRMK Ljubljana
- Izobraževalna skupnost gradbeništva Slovenije
- Inštitut za konstrukcije in potresno inženirstvo pri FAGG Ljubljana
- P. S. Hidrogea Maribor

ter predstavniki še drugih institucij in delovnih organizacij iz cele Jugoslavije. Angažirali smo torej vse tiste, ki so zainteresirani za nadaljnji razvoj gradbeništva in industrije gradbenega materiala v ožji in širši domovini.

Namen sejma je prikaz najnovejših dosežkov na področju graditve investicijskih objektov v vseh fazah — od planiranja, priprave investicijsko-tehnične dokumentacije, gradnje po sodobnih tehnologijah vseh izvajalcev do uporabe najboljših in najprimernejših materialov ter opreme. Prednost takega specializiranega sejma je v tem, da dobijo na enem samem prostoru tako ponudniki kakor tisti, ki njihove storitve potrebujejo, zelo hitro temeljit pregled nad ustrezno dejavnostjo. Veliko poudarka dajemo tudi spremljajočim prireditvam, kot so predavanja, posvetovanja, okrogle mize ter srečanja, kar vse skupaj zagotavlja uspešnost sejemске prireditve.

Tudiza sejem v letu 1989 so priprave za strokovni program že v polnem teku. Poseben odbor za pripravo strokovnega programa je že sestavil okvirni program. Ta program naj bi zajel naslednja področja:

- gradbeno šolstvo
 - računalništvo v gradbeništvu
 - graditev cest
 - graditev vodnogospodarskih objektov
 - tehnologijo — standardizacijo — inovacije
- in eventualno tudi področje stanovanjske in komunalne problematike ter gradbene mehanizacije.

Uprava sejma v Gornji Radgoni bo poskrbela, da bo poleg razstavljalcev iz Jugoslavije in tujine, za katere ima pripravljenih 7500 m² zaprtih in 30.000 kvadratnih metrov odprtih razstavnih površin, pripravila tudi številne obiskovalce.

I. KOVAČ





POROČILA

8

GV XXXVII 10-11-12

Vpliv asfaltiranja na betonske mostove

691.16:[624.21:693.5]

GORAN TURK, MIRAN SAJE

Povzetek

V prispevku obravnavamo vpliv asfaltiranja na betonske mostove. Zaradi vročega asfalta se v prerezu mostu pojavijo velike temperaturne spremembe in velike notranje sile. Ker razporeditev temperatur po prerezu ni linearna, tudi razporeditev napetosti ni linearna.

1.0. UVOD

Obrabni sloj pri večini mostov je asfalt. Znano je, da asfalt vgrajujemo pri relativno visoki temperaturi in se zato nosilna konstrukcija hitro in neenakomerno segreje. Zaradi tega se v nosilni konstrukciji razvijejo znatne deformacije in napetosti. V prvem delu naloge smo določili razporeditev temperatur po prerezu mostu pri različnih časih. V drugem delu naloge smo določili pripadajoče deformacije in napetosti v prerezu.

2.0. TEHNOLOGIJA ASFALTIRANJA

V naših standardih [1] so predpisane tehnične zahteve, ki jih je treba upoštevati pri vgradnji asfalta. Za našo analizo so pomembni predvsem naslednji podatki: debelina sloja asfalta, temperatura asfalta pri vgrajevanju, temperatura pred vgrajevanjem in hitrost vgrajevanja.

Debelina sloja asfalta je odvisna od razreda prometne obremenitve ceste oziroma od vrste ceste.

Avtor:

Goran Turk, dipl. inž. gradb., izr. prof. dr. Miran Saje, dipl. inž. gradb., FAGG, VTOZD gradbeništvo in geodezija, Katedra za mehaniko

THE INFLUENCE OF ASPHALTING ON CONCRETE BRIDGES

Summary

High temperature changes, due to the hot asphalt, appear in the structure. This temperature load induces high bending moments and axial forces. Non-linear temperature distribution across the cross-section causes non-linear distribution of stresses.

Za avtoceste in ceste 1. razreda potrebujemo asfaltne sloje večje debeline (6,5 do 8,0 cm). Najtanjše sloje asfalta potrebujemo za ceste 5. razreda ter pločnike in kolesarske steze (2,0 do 3,5 cm).

Temperatura asfalta pri vgrajevanju je odvisna od vrste bitumna, ki ga kot vezivo uporabljamo pri asfaltu. Najpogosteje uporabljamo bitumen z oznako BIT 60. Za tak asfalt velja, da mora imeti pri vgrajevanju temperaturo vsaj 140°C. Temperatura mora biti za 20°C višja, če asfalt vgrajujemo ročno. Temperatura asfalta pri prevozu ne sme biti višja kot 180°C. Če je temperatura podlage nižja kot 5°C, asfalta ne smemo vgrajevati.

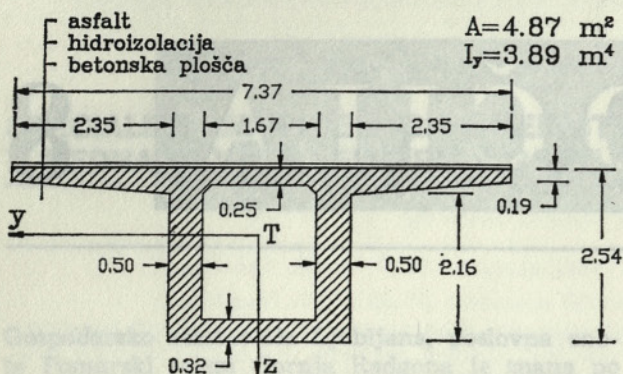
Hitrost polaganja asfalta je seveda odvisna od razpoložljive opreme za vgrajevanje asfalta oziroma od možnosti uporabe te opreme.

Pred vgrajevanjem asfalta moramo položiti še hidroizolacijo, ki jo najpogosteje izvedemo z bitumiziranimi trakovi.

3.0. RAČUN RAZPOREDITVE TEMPERATUR V PREČNEM PREREZU BETONKEGA MOSTU

Tipičen prerez betonskega mostu je prikazan na sliki 1. V zgornji betonski plošči toplota prehaja

pretežno v navpični smeri, saj je debelina plošče majhna glede na širino in dolžino mostu. Ker je



Slika 1. Prečni prerez nosilca

temperaturna obtežba zaradi asfaltiranja kratkotrajna in ima beton relativno majhno toplotno difuzivnost, se temperatura spodnje strani betonske plošče in ostalih delov prereza le malo spremeni. Zato smo računali le razporeditev temperatur v zgornji betonski plošči. Uporabili smo domači program RPT, ki temelji na numerični metodi [2].

3.1. Podatki za račun prehoda toplote (Program RPT)

V prvi preglednici prikazujemo tipične vrednosti prevodnosti, gostote in specifične toplote betona, bitumna in asfalta, ki jih bomo upoštevali pri računu.

Preglednica 1: Lastnosti materialov [3]

Material	Prevodnost k ($J/m \cdot h \cdot ^\circ C$)	Gostota ρ (kg/m^3)	Spec. toplota c ($J/kg \cdot ^\circ C$)
Beton	7600	2400	960
Bitumen	2200	1800	1400
Asfalt	2700	3000	1100

Ohlajevanje betona zaradi konvekcije smo upoštevali s prestopnim koeficientom $100.000 J/m^2 h \cdot ^\circ C$.

Za določene začetne in mejne temperature smo obravnavali šest različnih primerov, ki smo jih dobili s spreminjanjem debelin slojev bitumna in asfalta (preglednica 2). Izbrali smo dva primera, pri katerih upoštevamo različno začetno temperaturo slojev in različno temperaturo zraka (preglednica 3).

Preglednica 2

Računski primer	Debelina sloja (m)		
	betona	bitumna	asfalta
A	0,20	0,00	0,03
B	0,20	0,00	0,05
C	0,20	0,00	0,07
D	0,20	0,01	0,03
E	0,20	0,01	0,05
F	0,20	0,01	0,07

Preglednica 3:
Začetna temperatura v slojih
Temperatura zraka

Računski primer	T_0 ($^\circ C$)			T ($^\circ C$) zrak
	beton	bitumen	asfalt	
1	20	20	140	20
2	5	5	160	5

Ker so začetne temperature slojev različne, moramo določiti začetno stično temperaturo T_s na meji dveh slojev po enačbi [3]

$$T_s = (T_1 b_1 + T_2 b_2) / (b_1 + b_2) \quad (1)$$

kjer sta b_1 in b_2 vdornosti obeh slojev, T_1 in T_2 pa njuni temperaturi. Vdornost računamo po enačbi

$$b = (k \rho c)^{1/2}. \quad (2)$$

Za izbrane podatke je vdornost betona 132000, vdornost bitumna 74500 in vdornost asfalta 94000 $J/m^2 h^{1/2} \cdot ^\circ C$. Stična temperatura na meji med slojema betona in asfalta oziroma med slojema bitumna in asfalta je podana v preglednici 4.

Preglednica 4

Primeri			Stična temperatura ($^\circ C$)
A.1	B.1	C.1	69,9
D.1	E.1	F.1	86,9
A.2	B.2	C.2	69,5
D.2	E.2	F.2	91,5

Vse primere smo računali s tako gosto diferenčno mrežo in s tako majhnim časovnim korakom, da so napake pri izračunanih temperaturah manjše kot $0,5^\circ C$.

3.2. Rezultati

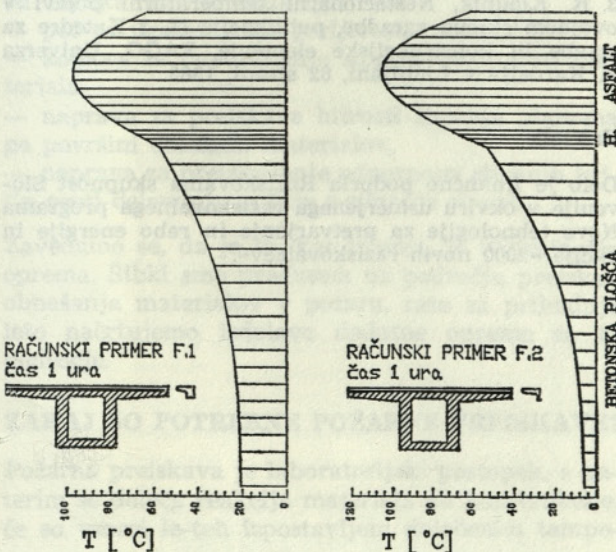
Spreminjanje temperature v betonu pri primerih z vmesnim slojem bitumna (hidroizolacija) se tudi kvalitativno razlikuje od spreminjanja temperature v primerih brez tega sloja. Če ni hidroizolacije, pride do največjih temperatur v betonu takoj po asfaltiranju. Kadar hidroizolacija je, se

največje temperature razvijejo nekoliko pozneje, in sicer od 15 minut do 1 ure pozneje. Maksimalna temperatura v betonu je večja, kadar ni hidroizolacije; ta v tem primeru deluje tudi kot toplotna izolacija betonske plošče.

Preglednica 5: Nekaj rezultatov računa

Primer	ΔT_{1maks} (°C)	ΔT_{2maks} (°C)	ΔT_{3maks} (°C)	$(\Delta T/\Delta z)_{maks}$ (°C/cm)
A.1	4,2	35,9	44,8	49,9
B.1	6,4	39,8	47,8	49,9
C.1	8,0	41,7	48,2	49,9
D.1	3,5	24,6	29,3	7,4
E.1	5,5	30,1	34,2	7,8
F.1	7,0	33,4	37,0	7,8
A.2	5,5	46,4	57,9	64,5
B.2	8,2	51,4	61,8	64,5
C.2	10,4	53,9	62,2	64,5
D.2	4,6	31,8	37,8	9,5
E.2	7,1	38,9	44,2	10,1
F.2	9,1	43,1	47,8	10,1

V preglednici 5 prikazujemo: ΔT_{1maks} , največje povečanje temperature na spodnji strani betonske plošče; ΔT_{2maks} , največje povečanje temperature 1 cm pod mejo med slojema beton-asfalt oziroma beton-bitumen; ΔT_{3maks} , največje povečanje temperature na meji med tema dvema slojema in $(\Delta T/\Delta z)_{maks}$, največjo vrednost temperaturnega gradienta. Temperaturni gradient predstavlja povprečni temperaturni gradient na 1 cm. Če hidroizolacije ni, se največji temperaturni gradienti pojavijo takoj po začetku asfaltiranja, sicer pa se največji gradienti pojavijo približno po 0,25 ure. Največje vrednosti temperature na meji med betonom in asfaltom oziroma bitumnom nastopijo



Slika 2. Razpored temperatur v asfaltnem sloju, hidroizolaciji in v zgornji betonski plošči za primera F.1 in F.2 pri času 1 ura

kmalu po asfaltiranju (najpozneje v eni uri v primeru, ko imamo sloj hidroizolacije). Največje povečanje temperature na spodnji strani betonske plošče pa nastopi od 3,25 ure (4.1 in A.2) do 5 ur (F.1 in F.2) po asfaltiranju.

Rezultati potrjujejo predvidevanja, da so največji temperaturni gradienti in tudi najvišje temperature v vseh točkah v betonu višje pri debelejši plasti asfalta. Sloj hidroizolacije pa te vrednosti zmanjšuje. Nekoliko presenetljivo pa je, da so razlike pri različnih debelinah sloja asfalta relativno majhne.

Temperaturni gradienti po eni uri v nobenem primeru niso večji kot 5,5°C/cm, po dveh urah ne večji kot 3,0°C/cm in po petih urah ne večji kot 1,2°C/cm. To pomeni, da je temperaturna obtežba zaradi asfaltiranja relativno kratkotrajna.

Na sliki 2 prikazujemo za računski primera F.1 in F.2 razporeditev temperatur po višini plošče pri času 1,0 ura, ko v betonskem prerezu nastopi najvišja temperatura.

4.0. RAČUN OBREMNITEV IN NAPETOSTI V BETONSKEM PREREZU

Za določitev ocene vpliva temperatur zaradi asfaltiranja na deformacijsko in napetostno stanje v primeru mostnega nosilca smo računali vpliv asfaltiranja 7 cm asfalta in 1 cm hidroizolacije na dveh mostovih z enakim prečnim prerezom (slika 1). Prvi je prostoležeči nosilec z razponom 40 m, drugi pa kontinuirni nosilec prek 3 polj z dolžinami 30, 60 in 30 m. Predpostavljamo, da je most zgrajen iz homogenega materiala (prednapeti beton) z elastičnim modulom $E = 3,2 \times 10^7 \text{ kN/m}^2$ in koeficientom temperaturnega raztezka $\alpha_T = 1,2 \times 10^{-5} (\text{°C})^{-1}$.

Za račun polnovpetostnih obremenitev prereza zaradi spreminjanja dodatnih temperatur (ΔT) zaradi asfaltiranja po višini prereza (S) uporabimo enačbi

$$N_x = E \alpha_T \int_S \Delta T(z) dS \quad (3)$$

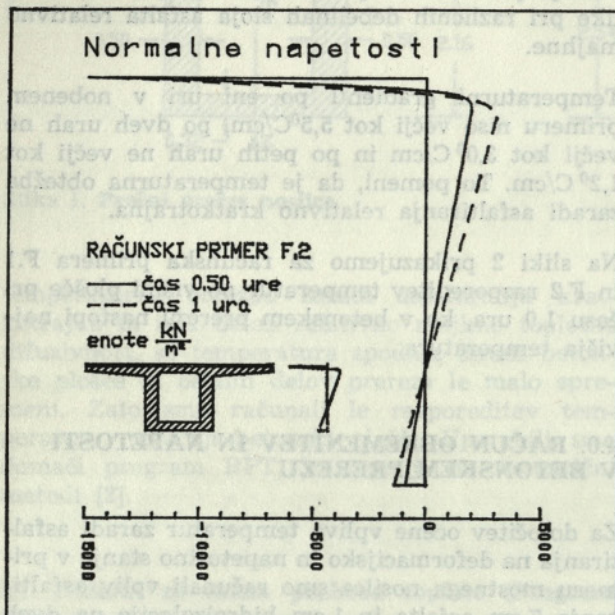
$$M_y = E \alpha_T \int_S z \Delta T(z) dS, \quad (4)$$

pri katerih smo upoštevali, da se temperatura ne spreminja v smeri y . Enačbi (3, 4) izvednotimo numerično s trapezno formulo.

V preglednici 6 prikazujemo obremenitve prereza za računski primera F.1 in F.2 za čase 0,25, 0,50, 0,75, 1,00 in 2,00 uri po asfaltiranju. Ugotovili smo, da velikost območja, na katerem se naenkrat vgrajuje asfalt, ne vpliva na velikost obremenitev prereza in na razporeditev napetosti.

Preglednica 6

t (h)	F.1		F.2	
	N_x (kN)	M_y (kN m)	N_x (kN)	M_y (kN m)
0,25	2200	2100	2800	2700
0,50	3850	3650	4950	4700
0,75	5150	4850	6650	6250
1,00	6200	5800	8000	7500
2,00	8700	8000	11250	10350



Slika 3. Razpored normalnih napetosti po prerezu za primer F.2 pri časih 0,5 in 1 ura

Maksimalni upogibni momenti M_y zaradi lastne teže nosilca 132 kN/m so:

prostoležeči nosilec	26500 kN m
kont. nosilec nad vmesnima podporama	- 33400 kN m
kont. nosilec v srednjem polju	26000 kN m

Primerjava teh vrednosti z vrednostmi v preglednici 6 kaže, da doseže pri obravnavanih mostovih velikost obremenitev zaradi temperaturne obtežbe tudi nad 40 % obremenitve zaradi lastne teže.

Napetosti v homogenem prerezu računamo po enačbi

$$\sigma_{\text{skupni}} = N_x A + M_y I_y z - \alpha_T E \Delta T (z), \quad (5)$$

kjer je A ploščina prereza, I_y pa težiščni vztrajnostni moment.

Zaradi neenakomerne in nelinearne temperaturne porazdelitve pride do nenavadnih razporeditev napetosti v prerezu (slika 3). V zgornjem delu zgornje betonske plošče se razvijejo zelo velike tlačne napetosti (do -15000 kN/m^2), medtem ko so v spodnjem delu te plošče manjše natezne napetosti (do 1500 kN/m^2).

5.0. SKLEP

Vgrajevanje asfaltnega sloja predstavlja veliko trenutno temperaturno obtežbo konstrukcije. Razlika v začetni temperaturi med betonsko podlago in vročim asfaltom lahko doseže več kot 150°C . Zaradi tega pride do izredno velikih temperaturnih gradientov v posameznih delih prereza, predvsem v zgornji plošči. Računski primer pokaže, da obremenitve, ki nastopijo zaradi teh temperaturnih obtežb, lahko dosežejo več kot 40 % obremenitev zaradi lastne teže. Zato sklepamo, da bi bilo potrebno pri dimenzioniranju asfaltiranih mostov upoštevati tudi ta obtežni primer.

Literatura

- JUS U.E4.014, 1983, Projektovanje i građenje puteva, Izrada asfaltnih betona, Tehnični uslovi.
- G. Turk, Programska oprema za račun nelinearnega in nestacionarnega prevajanja toplote z upoštevanjem raznih mejnih pogojev in notranjega vira toplote zaradi hidratacije cementa, Diplomski naloga št. 1203, FAGG, VTOZD GG, Univerza E. Kardelja v Ljubljani, 95 strani, 1987.
- R. Kladnik, Nestacionarni temperaturni pojavi v ovojnem sklopu zgradbe, publikacija št. 3 Katedre za stavbe in konstrukcijske elemente, FAGG, Univerza E. Kardelja v Ljubljani, 82 strani, 1983.

Zahvala

Delo je finančno podprla Raziskovalna skupnost Slovenije v okviru usmerjenega raziskovalnega programa Nove tehnologije za pretvarjanje in rabo energije in akcije »2000 novih raziskovalcev«.

Požarni laboratorij ZRMK v Gameljnah

UDK 614.841:699.8

MILAN HAJDUKOVIĆ

Povzetek

Zanimanje za požarno varnost v zadnjem obdobju je narekovalo izgradnjo novega požarnega laboratorija. Ta članek podaja metode testiranja materialov in konstrukcij glede na obnašanje v požaru ter možnosti testiranja v našem laboratoriju.

V letu 1987 smo z lastnimi sredstvi in ob finančni pomoči zainteresiranega dela proizvajalcev požarnotehnične opreme iz celotne Jugoslavije dogradili nov požarni laboratorij v Gameljnah pri Ljubljani.

Opremljen je z napravami, pripomočki in merilno opremo, ki omogočajo izvedbo večine standardnih požarnih preiskav v gradbeništvu in ladjedelništvu. To so:

- požarna komora za preiskave požarne odpornosti horizontalnih konstrukcij,
- požarna komora za preiskave požarne odpornosti vertikalnih konstrukcij,
- peč za ugotavljanje gorljivosti materiala,
- komora za ugotavljanje stopnje gorljivosti materiala,
- naprava za preiskave hitrosti širjenja plamena po površini obložnih materialov,
- naprava za preizkušanje odpornosti strešnih kritin proti delovanju požara z zunanje strani.

Zavedamo se, da je to, kar imamo, le najnujnejša oprema. Šibki smo predvsem na področju preiskav obnašanja materialov v požaru, zato za prihodnje leto načrtujemo izdelavo dodatne opreme za to področje.

ZAKAJ SO POTREBNE POŽARNE PREISKAVE?

Požarna preiskava je laboratorijski postopek, s katerim se določa reakcija materiala ali konstrukcije, če so vzorci le-teh izpostavljeni določenim tempe-

ZRMK LABORATORY FOR SAFETY FIRE TESTING OF MATERIALS AND STRUCTURES

Summary

In view of increasing interest in fire safety in recent years, a new laboratory for fire testing has been built. In this paper methods for the fire testing of building materials and structures are presented, and the capabilities of the new fire testing laboratory are described.

rturnim pogojem ali simuliranemu požaru. Iz preiskav dobimo informacije, na podlagi katerih presojamo primernost materiala ali konstrukcije za določeno uporabo.

Preiskave podajo tudi informacije, ki jih lahko uporabimo za analitično oceno požarne ogroženosti ali za oceno stopnje varnosti.

Uporabnost požarnih preiskav lahko razdelimo na tri področja:

- gradbeno regulativo s področja zaščite pred požarom,
- razvoj novih izdelkov in zagotavljanje njihove kakovosti,
- določevanje in planiranje požarne varnosti.

Gradbeni predpisi in zakoni uporabljajo rezultate preiskav za določanje minimalne požarne odpornosti konstrukcije ali za določanje dopustne reakcije materiala na požar zaradi zaščite človeških življenj. Cilj gradbenih predpisov je zmanjšati možnost nastanka požara, upočasniti razširitve požara znotraj požarnega sektorja in preprečevati razširitve požara prek mej požarnega sektorja. Proizvajalci so zainteresirani, da tržijo svoje izdelke ali materiale z zagotovitvijo, da ti dosejajo kriterije, ki jih zahtevajo gradbeni predpisi in zakoni; pri tem pa zaradi konkurenčnosti želijo, da izdelki čim manj presejajo zahtevane kriterije. Proizvajalci zato med razvojem novih proizvodov ali ob spreminjanju proizvodnje uporabljajo enake preiskave, kot jih zahtevajo gradbeni protipožarni predpisi.

Dokler je načrtovanje požarne varnosti temeljilo na empiričnih odvisnostih, posebne preiskave niso

bile potrebne. Z razvojem analitičnih postopkov določanja požarne varnosti pa so potrebne dodatne meritve med preiskavo ali pa celo dodatne preiskave. Za zadovoljevanje teh potreb je bilo razvitih mnogo različnih postopkov testiranja, ki jih lahko razdelimo na štiri različne kategorije:

— preiskave osnovnih lastnosti materialov

V to skupino sodijo, na primer, meritve specifične toplote, koeficienta toplotne prevodnosti, hitrosti sproščanja toplote in kalorične vrednosti, določevanje indeksa kisika ipd. Rezultati teh testov, posebno če so ti opravljeni pri višjih temperaturah, lahko rabijo kot vhodni podatki za predvidevanje obnašanja pri pogojih požara;

— preiskave karakteristik gorenja

Sem sodi cela serija preiskav, od preprostega testa stopnje gorenja plastičnih materialov po standardu ISO 1210 pa do kompleksnega testa vnetljivosti pohišstva po standardu DIS 8191. V to skupino preiskav uvrščamo preiskave negorljivosti, vnetljivosti, hitrosti širjenja plamena, sproščanja toplote, količine in toksičnosti dima ipd. Ti testi se uporabljajo predvsem za kontrolo kakovosti materialov;

— preiskave s simulacijo standardnega požara

V to kategorijo sodijo, na primer, požarne preiskave konstrukcij po standardu ISO 834. Za te preiskave se večkrat zmotno misli, da popolnoma ponazarjajo obnašanje celotne konstrukcije v požaru, vendar pa to ni povsem tako. Za uporabo podatkov iz teh preiskav je namreč potrebno dobro poznavanje celotnega področja požarnega inženirstva;

— eksperimentalne preiskave s simulacijo realnega požara

V to kategorijo sodi morda le kotna sobna preiskava WG 7, v kateri se opazuje razvoj požara prek vertikalnih in horizontalnih površin; drugače pa so to preiskave, pripravljene za demonstracijo ali za raziskavo obnašanja celotnih konstrukcijskih sistemov.

METODE POŽARNIH PREISKAV

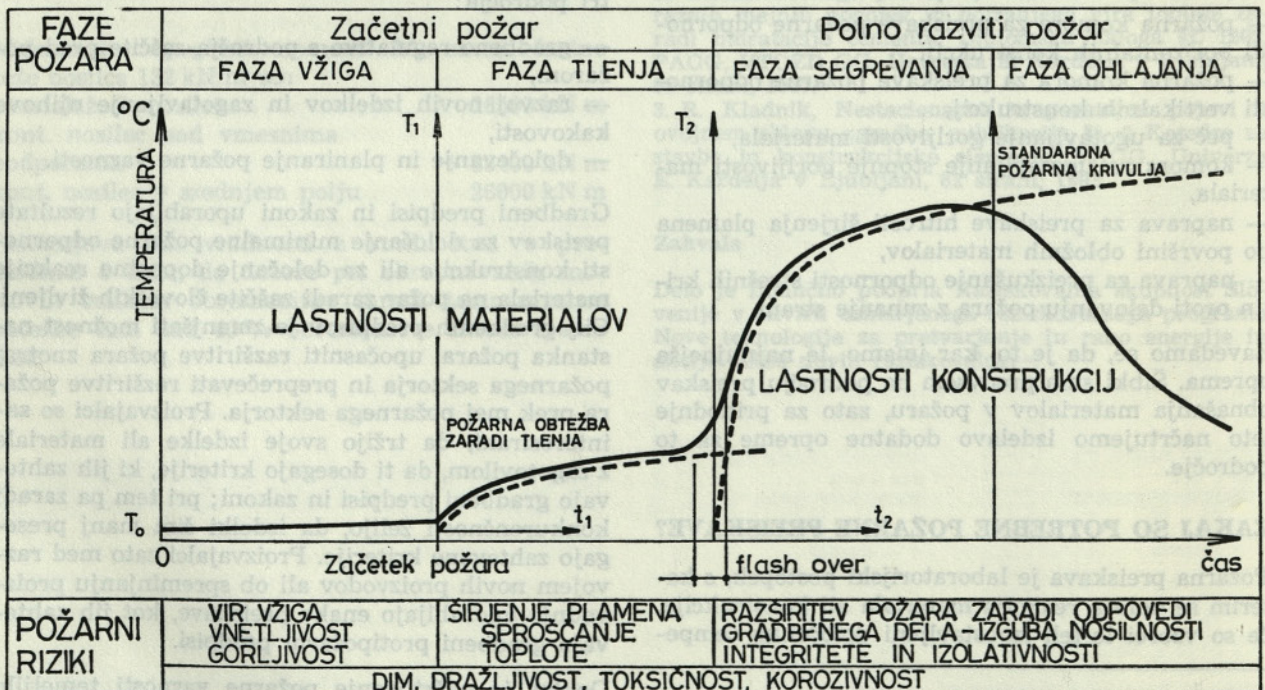
Požarne preizkuse lahko v grobem delimo na dve veliki skupini:

- a) preizkuse, s katerimi se ugotavlja možnost začetka in razvoja požara v požarnem oddelku — preiskave gradbenih materialov glede reakcije na ogenj;
- b) preizkuse, s katerimi se ugotavlja možnost razširitve požara zunaj požarnega oddelka — preiskave požarne odpornosti konstrukcijskih elementov.

Sistematika požarnih preiskav je razvidna iz naslednje risbe:

V prvi fazi nastajanja požara lahko pride zaradi zadostnega dovoda toplote (cigaretni ogorek, kratek stik, žareči delček pri varjenju ali rezanju ipd.) do vžiga gorljivega materiala v nekem požarnem oddelku. Možnost vžiga je odvisna od mnogih dejavnikov, predvsem pa od vrste, velikosti in stanja površine gorljivega materiala ter od dovoda zraka oz. kisika. Za fazo vžiga je pomembno poznavanje gorljivosti in vnetljivosti materiala.

FAZE POŽARA IN POŽARNI RIZIKI



Slika 1. Faze požara in požarni riziki

Iz faze vžiga lahko preide začetni požar v fazo tlenja oz. delnega požara (npr. gorenje koša za smeti ali zaves). Plameni se širijo v odvisnosti od razmestitve materiala v bližini žarišča, pri čemer pride do vedno večjega segrevanja prostora. Za poznavanje te faze so potrebne preiskave hitrosti širjenja plamena po površini in hitrosti sproščanja toplote udeleženih materialov.

Poleg omenjenih reakcij materialov, kot so gorljivost, vnetljivost, hitrost širjenja plamena in sproščanje toplote, je zaradi zaščite človeških življenj pomembno še poznavanje gostote, toksičnosti in korozivnosti dimnih plinov, ki se sproščajo ob gorenju različnih materialov.

Segrevanje požarnega oddelka zaradi omenjenih reakcij materiala traja tako dolgo, dokler ni v prostoru dovolj toplote za vžig vsega razpoložljivega materiala. Pri tem preide začetni požar v fazo polno razvitega požara. Ta prehod imenujemo »flash over«. Po tej točki temperature v fazi segrevanja zelo hitro naraščajo in lahko dosežejo v odvisnosti od velikosti požarne obremenitve in velikosti odprtin za dovod zraka ter odvod dimnih plinov in toplote tudi prek 1000⁰ C.

Če bo skozi obodne stene prostora, v katerem je prišlo do požara, prehajala zadostna količina toplote, bo prišlo do vžiga gorljivega materiala v sosednjem prostoru oz. požarnem oddelku. Za fazo polno razvitega požara je pomembno poznavanje obnašanja nosilnih in obodnih konstrukcij požarnega oddelka. Sem sodijo preiskave naslednjih konstrukcijskih elementov: sten (nosilnih in nenosilnih), stropov, gred, stebrov, zapor odprtin (vrat, loput), spuščениh stropov, fasadnih zidov, klimatskih kanalov, streh ipd.

Te preiskave sicer ustvarijo predstavo o obnašanju določenih konstrukcij v požaru in prav tako se z njimi lahko dokazuje požarna odpornost, vendar je za predvidevanje obnašanja celotnega objekta v požaru potrebno še dobro poznavanje področij požarnega inženirstva in statike.

PREISKAVE GRADBENIH MATERIALOV GLEDE REAKCIJE NA OGENJ

Gorljivost materiala

Test gorljivosti materiala je bolj ali manj po cellem svetu enak, osnova pa je postopek po standardih ISO 1182 ali ASTM E 136. Preiskave, ki imajo za osnovo standard ISO 1182, so v uporabi v večini držav in tudi v Jugoslaviji. Po tej metodi se pet vzorcev s prostornino 80 cm postavi v peč, segreto na 750⁰ C, za 20 minut. V tem času ne sme priti do povprečnega povišanja temperature v peči ali na površini vzorca za več kot 50 K, gorenje plinov, ki izhajajo iz vzorca, pa ne sme trajati več kot 10 sekund; izguba teže vzorca ne sme biti večja od 50 %.

Test gorljivosti materiala v načelu loči gorljive materiale (večinoma organske) od negorljivih (večinoma anorganskih).

Iz prej navedenega sledi, da so lahko tudi materiali, ki imajo določen delež gorljivih snovi, negorljivi. Vsak tak material pa mora biti preizkušen, da se lahko klasificira kot »negorljiv«. Ob tej oznaki mora biti vsakokrat podana tudi metoda testiranja.

Vnetljivost materiala

Do vžiga materiala pride zaradi prenosa toplote (sevanje ali konvekcija) brez prisotnosti plamena — vnetljivost ali zaradi neposrednega delovanja plamena — vplamtljivost.

Material se zaradi različne intenzivnosti segrevanja ob prisotnosti plamena (ali pa tudi ne) vžge po določenem času (ali pa tudi ne). S preizkusi, v katerih je material izpostavljen natančno določenim spremenljivim pogojem (sevanje, konvekcija in plamen), se določi stopnja vnetljivosti materiala. Ti podatki so potrebni za predvidevanje poteka požara v fazi razvoja, in sicer, ali se bo neki material vžgal samo zaradi izvora manjše intenzivnosti (ogorek, vžigalica ipd.) ali pa ob določeni intenziteti sevanja, ki nastaja ob delno razvitem požaru.

Hitrost širjenja plamena

Požar se bo širil počasneje, če bodo v njem udeleženi materiali, ki goriyo z manj intenzivnim plamenom in oddajajo manj toplotne energije. Tako bo kasneje prišlo do vžiga drugega materiala v prostoru. Pri nekaterih preizkusih hitrosti širjenja plamena je prisoten še dodatni izvor toplote — sevanje. V teh preiskavah se lahko določita meja toplotnega sevanja, do katere se širi plamen, oziroma minimalna potrebna intenzivnost sevanja, ki je potrebna za vzdrževanje gorenja.

Sproščanje toplote

Oddajanje toplote kakega materiala v požaru je določeno s sproščeno količino toplote zgorelega materiala. Za potek razvijajočega požara je posebno pomembna hitrost zgorevanja in s tem hitrost sproščanja toplote. Če je hitrost zgorevanja majhna, bo kasneje prišlo do pojava »flash over«.

Gostota in toksičnost dimnih plinov

Dim je vidna zračna suspenzija delčkov, ki nastajajo pri gorenju ali tlenju. Je zelo pomemben dejavnik, ki pa preprečuje pobeg in otežuje poseg gasilcev.

Gostota dima je definirana s stopnjo zmanjšanja vidljivosti, ki nastane zaradi gorenja materiala.

Gostota dimnih plinov se vedno meri optično, vendar pa so posamezni testni postopki zelo različni in med seboj neprimerljivi, ker sta način zgorevanja vzorca in mesto merjenja absorpcije svetlobe zelo različna.

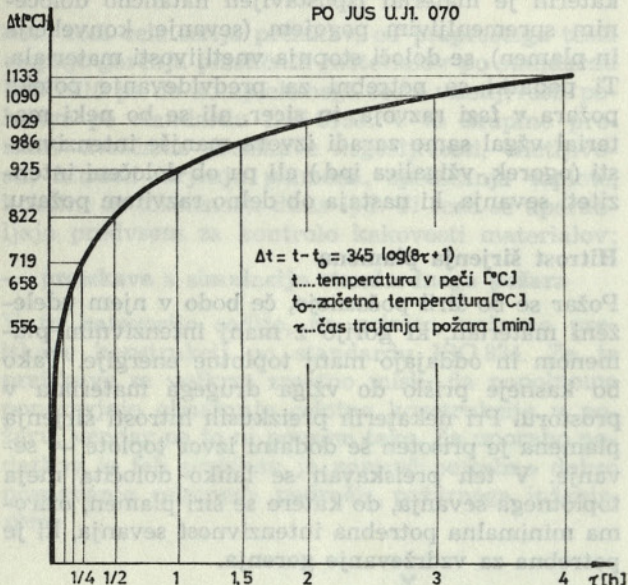
Organski materiali sproščajo pri razgradnji in gorenju določeno količino toksičnih plinov, ki (v zadostni koncentraciji) ogrožajo življenja udeležencev v požaru.

Toksičnost plinov je zelo odvisna od načina zgorevanja materiala in od dovoda kisika. Določa se s kemično analizo ali pa z izpostavljanjem laboratorijskih živali dimnim plinom, ki se razvijajo ob gorenju znanih materialov.

PREISKAVE POŽARNE ODPORNOSTI KONSTRUKCIJSKIH ELEMENTOV

V primerjavi s testnimi metodami za preizkušanje materialov so preiskave gradbenih konstrukcij v načelu enake po celem svetu. Gradbeni element se izpostavi standardnemu požaru, ki je definiran na naslednji način (slika 2):

TEMPERATURA V PEČI PRI STANDARDNEM POŽARNEM PREIZKUSU
PO JUS U.JI. 070



Slika 2. Potek temperature pri standardnem požaru

Osnova testiranja je lahko standard ISO 834, ki je v rabi v državah SEV, v skandinavskih državah, v državah Beneluxa, v Italiji, ali pa standard DIN 4102, ki ga poleg ZR Nemčije uporabljata tudi Švica in Avstrija. Države EGS prehajajo na enoten način preizkušanja po dokumentu 1202, ki pa je enak kot ISO 834, le da je izpopolnjen in ima

opredeljene detajle preizkušanja. Definirano je tudi potrebno število vzorcev za preiskavo.

Za gradbene dele, ki omejujejo požarni sektor, je pomembno, da je med preiskavo v požarni komori vzdrževan določen nadpritisek — okoli 10 Pa (1 mm vodnega stolpca) v zgornjem delu komore.

Opazovanja pri testiranju gradbenih delov

Pri testiranju opazujemo naslednje parametre:

— nosilnost vzorca

Nosilni gradbeni del mora biti med požarno preiskavo obtežen z dopustno obremenitvijo, ki mora biti nanesena na vzorec pol ure pred začetkom preiskave. Merijo se deformacije in čas porušitve vzorca;

— temperaturo na neizpostavljeni strani vzorca
 Gradbeni deli, ki omejujejo požarne sektorje, morajo preprečevati prevelik prehod toplote. Za izgubo toplotne izolacije pregrade je odločilen čas, v katerem je povprečno povišanje temperature na neizpostavljeni strani vzorca večje kot 140 K, oziroma je porast temperature na katerikoli točki vzorca večji kot 180 K;

— integriteto vzorca

Za izgubo integritete vzorca je odločilen čas, v katerem pride do pojava razpok; skozi nje izhajajo plameni ali vroči plini, zaradi katerih se vžge tampon velikosti 100 × 100 × 20 mm iz čistega bombaža (3 do 4 g).

Gradbene dele lahko po funkciji razdelimo na tri skupine, in to po:

- nosilni funkciji (stebri, gredi),
- ločilni funkciji (nenosilne pregradne stene, vrata ipd.),
- nosilni in ločilni funkciji (nosilne stene, medetažne konstrukcije ipd.).

Požarna odpornost gradbenega dela je definirana s časom, v katerem pride do izgube njegove funkcije. Ta čas se zaokroži na prvo nižjo vrednost: 15 min, 30 min, 60 min, 90 min, 120 min in 180 min.

OPEKARNA KOŠAKI / MARIBOR

IZOSKOK

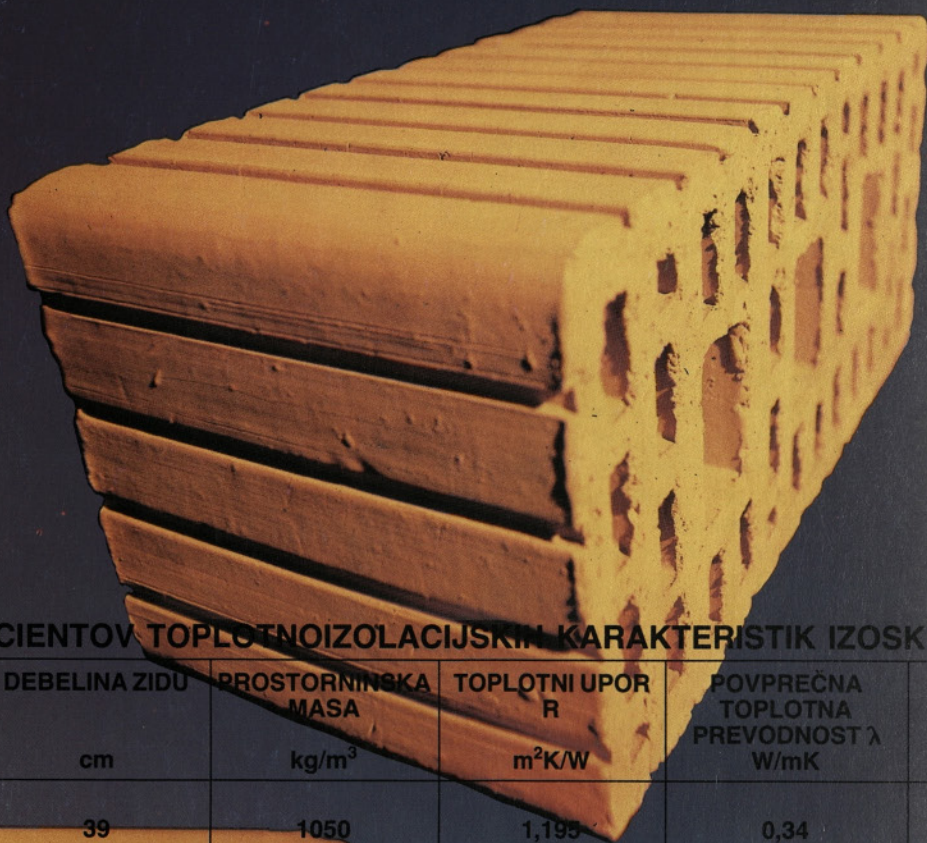


TABELA KOEFICIENTOV TOPLOTNOIZOLACIJSKIH KARAKTERISTIK IZOSKOKA

KONSTRUKCIJA ZIDU	DEBELINA ZIDU cm	PROSTORNINSKA MASA kg/m ³	TOPLOTNI UPOR R m ² K/W	POVPREČNA TOPLOTNA PREVODNOST λ W/mK	TOPLOTNA PREHODNOST ZIDU K W/m ² K
Enoslojni zid brez fasadnega ometa	39	1050	1,199	0,34	0,73

TABELA KOEFICIENTOV TOPLOTNOIZOLACIJSKIH KARAKTERISTIK IZOSKOKA, OMETANEGA S TOPLOTNO IZOLACIJSKO MALTO TERATERMO PŽ SPECIAL V DEBELINI 4 cm

KONSTRUKCIJA ZIDU	DEBELINA ZIDU cm	PROSTORNINSKA MASA kg/m ³	TOPLOTNI UPOR R m ² K/W	POVPREČNA TOPLOTNA PREVODNOST W/mK	TOPLOTNA PREHODNOST ZIDU K W/m ² K
Enoslojni zid s fasadnim ometom	39	1050	1,543	0,34	0,58

Šentiljska c. 116 / Tel.: h.c. 21-018, 21-081, 21-066 / Direktor 25-730 / Komerciala 24-907 / Tekoči račun pri SDK 51800-601-10238 /