

45-46



**GRADBENI
VESTNIK**

1956-57

VSEBINA:

Ing. Boris Vedlin: MERITVE SODELOVANJA TLAČNE CEVI Z BETONOM IN HRIBINO PRI STATIČNIH OBREMENILNIH PREIZKUSNJAH NEKATERIH NAŠIH TLAČNIH CEVI — Ing. Božidar Röthl: TEHNOLOŠKI POSKUSI PRI GRADNJI SEPARACIJ — Ing. Slavoje Ogrizek: ZAŠČITA JEKLENIH KONSTRUKCIJ PROTI KOROZIJI — NEKAJ PRIMEROV Z OBJEKTOV — Ing. Svetko Lapajne: ŠTUDIJ PRIJEMOV ZA POENOSTAVITEV STATIČNEGA PRERAČUNAVANJA KOMBINIRANIH LOČNIH KONSTRUKCIJ — Ing. Teodor Höfler: JEKLO V VISOKIH GRADNJAH — Dr. ing. Srdan Turk: POENOSTAVITEV RAČUNA ARMATURE PRI EKSCENTRIČNEM TLAKU

Referati

za II. kongres konstrukterjev FLRJ

V št. 45 - 46 Gradbenega vestnika:

Ing. Boris Vedlin: MERITVE SODELOVANJA TLAČNE CEVI Z BETONOM IN HRIBINO PRI STATIČNIH OBREMENILNIH PREIZKUSNJAH NEKATERIH NASIH TLAČNIH CEVI

Ing. Božidar Röthl: TEHNOLOŠKI POSKUSI PRI GRADNJI SEPARACIJ

Ing. Slavoje Ogrizek: ZAŠČITA JEKLENIH KONSTRUKCIJ PROTI KOROZIJ — NEKAJ PRIMEROV Z OBJEKTOV

Ing. Svetko Lapajne: ŠTUDIJ PRIJEMOV ZA POENOSTAVITEV STATIČNEGA PRAČUNAVANJA KOMBINIRANIH LOČNIH KONSTRUKCIJ

Ing. Teodor Höfler: JEKLO V VISOKIH GRADNJAH

Dr. ing. Srdan Turk: POENOSTAVITEV RAČUNA ARMATURE PRI EKSCENTRICNEM TLAKU

V št. 47 - 50 Gradbenega vestnika:

Ing. Jože Starič: NATEČAJ IDEJNIH PROJEKTOV MOSTU ČEZ DRAVO PRI PTUJU

Ing. Svetko Lapajne: ŠTUDIJ UPETOSTNIH RAZMER MOSTNE PLOŠČE BREZ PREČNIKOV V DVEH GLAVNIH NOSILCIH NA STEBRIH

Ing. Carmen Jež-Gala: DANAŠNJE STANJE RAZNIH PREDPISOV O STABILITETNIH PROBLEMIH PRI JEKLENIH KONSTRUKCIJAH

Ing. Sergej Bubnov: NEKATERE IZKUŠNJE PRI GRADNJAH IZ PREJ NAPETEGA BETONA PO SISTEMU ING. ŽEŽLJA V LRS

Ing. Branko Ozvald: DIREKTNO DIMENZIONIRANJE PREČNO OBREMENJENIH LESENIH NOSILCEV GLEDE NA VELJAVNE KRITERIJE

Ing. Svetko Lapajne: OBJEKTI AVTOSTRADE LJUBLJANA—ZAGREB

Ing. Carmen Jež-Gala: UPORABA PLASTOSTATIKE PRI JEKLENIH KONSTRUKCIJAH

Ing. Boris Vedlin

DK 627.844.001.4

Meritve sodelovanja tlačne cevi z betonom in hribino pri statičnih obremenilnih preizkušnjah nekaterih naših tlačnih cevi

Uvod

Gradnja številnih hidrocentral, ki spremlja izzivedno nagel razvoj elektrifikacije v naši državi po vojni, je postavila pred naše strokovnjake med ostalimi problemi tudi številne probleme konstrukcijskega značaja. Eden takih problemov, ki se je pojavil pri projektiranju mnogih hidrocentral, je način izvedbe jeklenih tlačnih cevi, ki so kot vemo, eden najbolj občutljivih gradbenih objektov pri hidrocentralah. Izbiramo namreč lahko med dvema bistveno raznima konstrukcijama. Prva možnost je prosto položena tlačna cev (ta je zopet lahko v predoru ali na prostem), druga pa tlačna cev, ki je vbetonirana v predoru.

Vprašanje ali naj izberemo drugo konstrukcijo, je povezano z ekonomičnostjo, zlasti pa seveda z varnostjo objekta. Danes, ko uporabljamo zvarjene tlačne cevi in ko si prizadevamo, da bi čimbolj ekonomično izkoristili material, so se tudi pri presojanju varnosti tlačne cevi pojavili razni nerazčiščeni problemi. Še vedno se namreč dogaja, da pride pri tlačnih ceveh do porušitve, kar je imelo v večini primerov katastrofalen značaj. Če gledamo tlačne cevi z vidika varnosti, potem moramo vsekakor dati prednost tistim tlačnim cevam, ki so vbetonirane v predorih in pri katerih so jeklene stene pravzaprav le nekakšna obloga betonskega jaška oziroma predora. Pogoj pa je seveda stabilnost hribine.

Vbetonirane tlačne cevi imajo še druge bistvene prednosti; poglobitna pa je ekonomska prednost, če pri dimenzioniranju takšne tlačne cevi upoštevamo sodelovanje betona in hribine, ki obdajata jekleno cev.

V literaturi so omenjene nekatere smernice, kako naj upoštevamo to sodelovanje pri dimenzioniranju jeklene cevi. Vendar ni primerno, da bi preprosto določili višje dopustne napetosti kot pri prostih ceveh ali pa celo jeklo izkoristili do meje plastičnosti oziroma še čez, ne da bi pri tem do podrobnosti upoštevali lastnosti hribine in betona, od katerih je predvsem odvisno, kolikšen delež obtežbe bo odpadel na jekleno cev. V vsakem posameznem primeru vbetonirane tlačne cevi jo potrebna podrobna statična analiza na podlagi poprej ugotovljenih elastičnih lastnosti hribine; in šele na osnovi take analize lah-

ko dovolj zanesljivo preračunamo neko določeno stopnjo sodelovanja betona in hribine. Pri gradnji naših prvih tlačnih cevi, vbetoniranih v jaških nismo imeli skoraj nobenih podatkov, da bi lahko presodili koliko jekleno cev razbremenjuje obdajajoči jo beton in hribina. Zato pri dimenzioniranju teh tlačnih cevi niso upoštevali tega sodelovanja in so stene tlačnih cevi dimenzionirali tako, kot da bi bila cev prosto položena.

Zaradi pomanjkanja podatkov in izkušenj o sodelovanju z betonom in hribino so sklenili, da je treba izvesti pri novo zgrajenih tlačnih ceveh obremenilne preizkušnje s podrobnimi meritvami, ki naj bi prikazale dejansko delovanje takih kombiniranih konstrukcij. Ker je bilo jasno, da bodo ti rezultati zelo koristni za dimenzioniranje nadaljnjih podobnih tlačnih cevi, so odgovorni činitelji pokazali potrebno razumevanje za izvedbo takih preizkušenj. Prve meritve deformacij jeklene tlačne cevi, zabetonirane v jašku, smo izvedli pri tlačni cevi hidrocentrale Moste, ki ima premer 2,60 m. Rezultati teh meritev, ki so podrobneje navedeni v nadaljevanju tega sestavka, so bili glede sodelovanja betona in hribine ugodni in zato je bilo tudi odločeno, da bodo obe tlačni cevi za hidrocentralo Jablanico izvedli na enak način, zlasti še, ker je kakovost hribine tu še znatno boljša. Čeprav ni bilo možno na osnovi enih samih meritev podati nekih natančnejših števil o stopnji sodelovanja in te številke posplošiti za druge tlačne cevi, ki imajo drugačne premere, drugo debelino obdajajočega betona in predvsem seveda tudi drugačne geološke razmere, pa so ti prvi podatki vendarle vplivali na odločitev, da tlačne cevi v Jablanici zabetoniramo, saj je bilo jasno, da se bo varnost teh cevi bistveno povečala, čeprav še ni bilo možno pri tem izkoristiti ekonomskih prednosti, ki bi jih dosegli, če bi zmanjšali debeline jeklenih sten tlačne cevi.

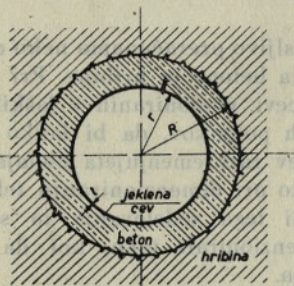
Potem ko je bila izdelana prva tlačna cev pri hidrocentrali Jablanica, je dobil Inštitut za metalne konstrukcije pri Univerzi v Ljubljani nalogo, naj izvede podobne meritve kot jih je že leta 1952 izvršil pri hidrocentrali Moste, tudi pri tej tlačni cevi. Ker druge tlačne cevi še niso začeli graditi, so imele te meritve predvsem namen, izkoristiti rezultate o sodelovanju za čimbolj ekonomično dimenzioniranje tlačne cevi II, hkrati pa bi rezultati teh meritev bili

dragoceni napotki za projektiranje podobnih objektov drugod.

Potem ko so rezultate meritev pri obremenilni preizkušnji tlačne cevi I koristno uporabili pri izvedbi tlačne cevi II, ki ima znatno tanjše jeklene stene, smo izvedli meritve o sodelovanju betona in hribine še pri tej tlačni cevi. Rezultati meritev se pri obeh ceveh zelo dobro ujemajo in v nadaljevanju tega članka navajam podrobne vrednosti stopnje sodelovanja, primerjane s teoretično dobljenimi podatki, primerjam pa tudi nekatere ostale rezultate obremenilne preizkušnje pri prvi ni drugi tlačni cevi.

Računanje sodelovanja

Pri jekleni cevi, ki je betonirana v jašku, imamo tri elemente, ki skupno prenašajo obremenitve, v danem primeru hidrostaticen tlak v tlačni cevi.



Sl. 1.

Ti elementi so (sl. 1):

- tanka jeklena cev,
- debela betonska cev,
- prevrtana hribina.

Če so nam znani geometrični podatki in moduli elastičnosti posameznih elementov, lahko iz deformacijskih pogojev ugotovimo neznani količini, to je pritisk med hribino in betonom in pritisk med jekleno cevjo in betonom.

Prvi pogoj je, da sta spremembi polmera izvrtine v hribini in polmera betona na zunanjem robu enaki. Enaki spremembi polmera jeklene cevi in polmera betona na njegovem notranjem robu pa sta drugi pogoj. Zaradi solidnega injiciranja, ki so ga opravili toliko kasneje po zabetoniranju, da se je beton v glavnem že skrčil, v računu ne upoštevamo nikakršnih reg med posameznimi elementi.

Rezultati teoretičnega ugotavljanja stopnje razbremenitve jeklene cevi so v določeni meri odvisni od tega, kakšno vrednost vzamemo za elastični modul hribine in betona, ki obdajata cev. Iz primera obeh tlačnih cevi hidrocentrale Jablanica vidimo, koliko sta modul elastičnosti hribine in betona v mejah, ki smo jih dobili iz razpoložljivih podatkov, vplivala na teoretično stopnjo razbremenitve.

Podatki o hribini so pri teh dveh tlačnih ceveh naslednji:

Obe cevi ležita okrog 80 m pod zemeljsko površino, hribina pa je v njihovem območju verfenski skrilavec v slojih, debelih od 0,5 do 5 cm. Je sicer zelo anizotropna, vendar stabilna. Podatke o modulu elastičnosti smo dobili za neko mesto v predoru, ki je oddaljeno od tlačne cevi okrog 600 m vzhodno, ker

pa ima po poročilih geologov hribina v vsem tem območju enake lastnosti, smo se pri računanju oprli na podatke teh meritev. Ugotovljene vrednosti za modul elastičnosti se gibljejo med 110.000 kg/cm² in 400.000 kg/cm². Srednja vrednost petih opazovalnih vmesnih profilov znaša 250.000 kg/cm². Vrednosti modula pravokotno na smer slojev so v vseh profilih približno za polovico manjše od modula v smeri slojev. Ker so izmerjene vrednosti precej različne in zaradi previdnosti smo za račun sodelovanja predpostavili $E_{hr} = 150.000 \text{ kg/cm}^2$, ugotovili pa smo tudi, da sprememba povprečnega modula elastičnosti v mejah od 150.000 kg/cm² do 250.000 kg/cm² razmeroma malo vpliva na teoretično stopnjo razbremenitve jeklene cevi in sicer za okrog 3%.

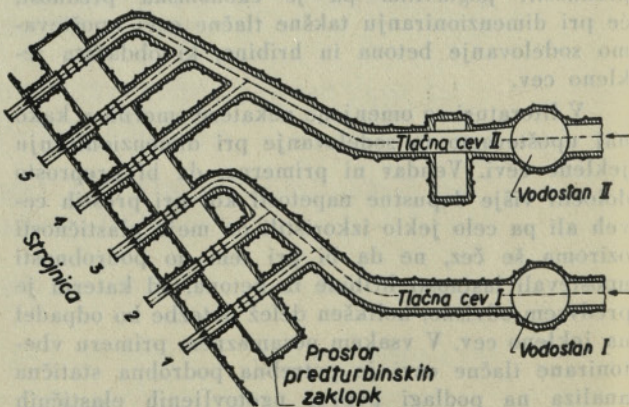
Na računsko ugotovitev stopnje razbremenitve jeklene cevi pa bolj vpliva to, kakšen modul elastičnosti izberemo za beton. Iz razpoložljivih podatkov smo sklepali, da kakovost betona, ki obdaja obe jekleni cevi hidrocentrale Jablanica, približno ustreza marki betona MB 220 in bo torej v tem primeru modul elastičnosti betona E_b znašal okrog 300.000 kg/cm². Ker pa je ta modul zelo odvisen od trajanja obremenitve, razen tega pa tudi podatek o uporabljeni marki betona ni popolnoma zanesljiv, smo spreminjajoč vrednost od 100.000 kg/cm² do 300.000 kg/cm² kontrolirali vpliv take spremembe modula na stopnjo razbremenitve, ter pri tem ugotovili, da znaša sprememba v okviru danih mej okrog 5%. V nadaljnjih računih smo uporabili konstanten modul elastičnosti betona $E_b = 250.000 \text{ kg/cm}^2$, katerega vrednost je nekoliko nižja, to pa iz razlogov, ki sem jih prej omenil.

S pomočjo spredaj omenjenih deformacijskih pogojev smo za tlačne cevi hidrocentrale Jablanica vnaprej izračunali stopnjo razbremenitve v vseh tistih prerezih, pri katerih naj bi izvedli meritve med obremenilno preizkušnjo. Rezultati računov za te prereze so prikazani v tabelah št. I in II obenem z vrednostmi, ki smo jih dobili z meritvami.

Kratek opis tlačnih cevi, pri katerih smo izvedli meritve

Obe tlačni cevi hidrocentrale Jablanica ležita druga poleg druge ter se bistveno ne razlikujeta (sl. 2).

Tlačna cev I, dokončana v letu 1954, ima v zgornjem delu premer 5,0 m, ki se v spodnjem delu zmanjša na 4,0 m, posamezni odcepi k turbinam pa



Sl. 2

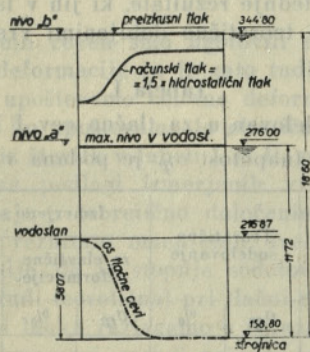
imajo premer 2,3 m. Višinska razlika med najvišjo in najnižjo točko osi tlačne cevi znaša 58,66 m, maksimalni hidrostatični tlak v spodnjem delu je 11,17 atm. Debelina betonske mase, ki obdaja jekleno cev, znaša približno 1 m. Cev je v celoti zvarjena, debelina uporabljene pločevine kvalitete St 37 T po avstrijskih normah se giblje od 16 do 30 mm. Pri odcepnih kosih znaša debelina celo 40 mm. V statičnem računu te tlačne cevi so vzeli za osnovo dimenzioniranja maksimalni hidrostatični tlak, povečan za 50 %, tako da so upoštevali tudi vpliv sunkov. Pri statičnem računu, kot že omenjeno ni upoštevano nikako sodelovanje betona in hribine. Za samo obremenilno preizkušnjo pa smo predvideli še višji tlak. Ta je sicer v zgornjem delu za 50 % višji od tlaka, ki smo ga upoštevali pri računanju cevi, v spodnjem delu pa le neznatno presega računski tlak. Spodnji del cevi bi lahko preizkusili prav tako kot zgornjega, toda le postopno, ker bi sicer preobremenili zgornji del.

Preizkusni tlak v najnižji točki osi tlačne cevi znaša 17,8 atm.

Tlačna cev II je bila izdelana v letu 1956. Premer te cevi znaša 4,5 m, posamezni odcepi pa imajo premer 2,3 m. Višinski podatki in hidrostatičen tlak so isti kot pri tlačni cevi I; isto velja tudi za debelino betonske obloge.

Značilno za to cev pa je, da so zanjo uporabili že nekoliko tanjšo pločevino, ker so material glede na ugodne rezultate meritev pri prvi tlačni cevi bolj izkoristili; vendar v statičnem računu tega sodelovanja niso upoštevali. Pločevina je kotelne kakovosti H II A po nemških predpisih, deloma pa Sa 41 KA po avstrijskih predpisih, njena debelina pa variira od 13 do 24 mm. Dimenzioniranje je izvršeno za tlak, ki je prav tako kot pri tlačni cevi za 50 % višji od maksimalnega hidrostatičnega tlaka (sl. 3), pri čemer znašajo največje obodne napetosti v pločevini, ne upoštevajoč sodelovanja, $\delta_{\varphi} = 1830 \text{ kg/cm}^2$.

Preizkusni tlak je pri tej cevi znašal 18,6 atm (glede na najnižjo točko tlačne cevi — nivo »b« v sliki 3).



Sl. 3

Podatki o geoloških razmerah so za obe tlačni cevi razvidni že iz prejšnjega poglavja.

Tlačna cev hidrocentrale Moste, ki je bila dokončana v letu 1951, ima premer 2,6 m. Višinska razlika med najvišjo in najnižjo točko cevi znaša 45,31 metrov, maksimalni hidrostatični tlak v spodnjem delu je 6,6 atm.

Jeklena cev, ki je iz pločevine kakovosti Je 37 in debeline od 8 do 16 mm, je po vsej dolžini obdana z nearmiranim betonom, debelim okrog 60 cm. Tlačna cev leži v poševnem jašku in sicer zgornja tretjina cevi v zlepljenemrodu, večji spodnji del pa v trdi sivici, za katero znaša modul elastičnosti okrog 20.000 kg/cm². Pri statičnem računu za jekleno cev niso upoštevali sodelovanja betona in hribine. Računski tlak je bil zaradi upoštevanja dinamičnih vplivov za 60 % višji od hidrostatičnega, za obremenilno preizkušnjo pa smo uporabili tlak 13,2 atm, torej za najnižjo točko tlačne cevi 100 %-no višji tlak glede na hidrostatičnega.

Opis meritev

Med tlačnim preizkusom sta bili obe tlačni cevi hidrocentrale Jablanica zaprti z bombiranimi pokrovi, od katerih je imel zgornji obliko polkrogle in premer 5,0 m. Ta pokrov je bil privarjen, medtem ko so bili pokrovi pri posameznih odcepih opremljeni s prirobnicami in priviti. Da bi napolnili cevi, dosegli višji nadtlak, zmerili dodane količine vode in pa za praznjenje, smo potrebovali cel sistem napeljav in črpalk, ker imata obe cevi zelo veliko prostornino (vsaka približno 1800 m³).

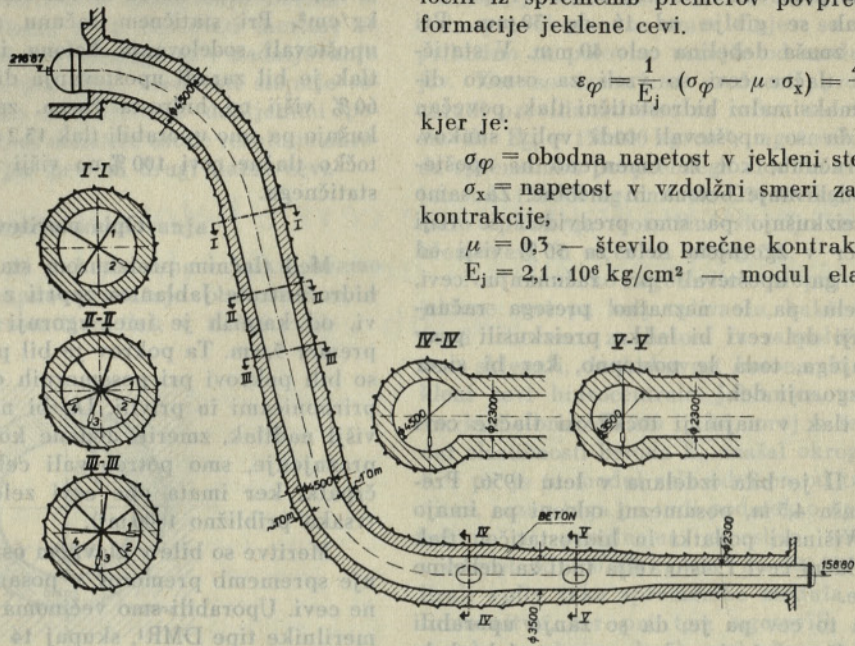
Meritve so bile v glavnem osredotočene na merjenje sprememb premerov v posameznih prerezih tlačne cevi. Uporabili smo večinoma električne podvodne merilnike tipe DMR¹, skupaj 14 merilnikov pri tlačni cevi I in 12 pri tlačni cevi II. V posameznih prerezih smo namestili 2 do 4 merilnike. Vsi merilniki so bili s kabli povezani s kabino, ki je bila v bližini tlačne cevi; tu so bile registrirne naprave. Natančnost teh instrumentov znaša glede na merilno skalo 1/100 mm.

Podvodni merilniki so bili razvrščeni pri obeh ceveh v treh prerezih v ravnem poševnem delu cevi, nekaj merilnikov pa smo montirali v odcepe. Dispozicija opazovanih prerezov cevi in merilnikov je za tlačno cev II razvidna iz sl. 4, pri tlačni cevi I pa je bil razpored podoben. Iz sl. 4 je razviden tudi način namestitve merilnikov v posameznih opazovanih prerezih: razvrščeni so namreč drug poleg drugega v različnih smereh. Odčitki podvodnih merilnikov so se registrirali med vso obremenilno preizkušnjo, od trenutka dalje, ko je posamezne opazovane prereze pri polnjenju dosegla voda. Sam potek obremenjevanja je pri obeh ceveh potekel po vnaprej določenem načrtu, ki je za tlačno cev I razviden iz slike 5, za tlačno cev II pa iz slike 6. Potek obremenjevanja je bil pri tlačni cevi II nekoliko drugačen. Da ne bi namreč preveč obremenili betonske obloge, smo cev le dvakrat — in to samo za kratek čas — obremenili z maksimalnim tlakom, dalje časa trajajoči obremenitvi pa je bila izpostavljena pri nižjem tlaku, ki je bil enak največjemu tlaku, ki bo nastopil med obratovanjem. Tlačna cev I je bila namreč obremenjena 24 ur z najvišjim preizkusnim tlakom.

Temperaturne razmere so bile pri obeh meritvah zelo ugodne, ker je bila temperatura vode, ki je napolnila cev, skoraj enaka temperaturi hribine in tako v tem pogledu ni bila potrebna nikakršna korekcija rezultatov deformacij zaradi spreminjanja temperature med meritvami.

¹ Glej podroben opis v članku prof. Andrèe-ja v Elektrotehniškem vestniku l. 1952, str. 235.

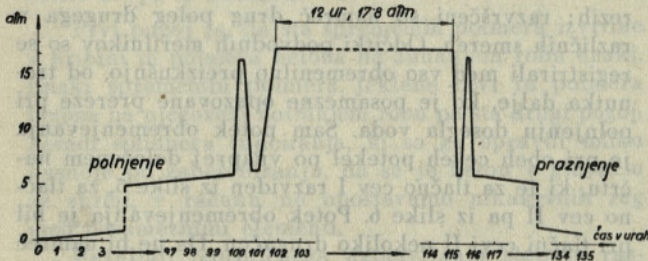
Na podoben način in z istimi instrumenti smo izvedli meritve tudi pri tlačni cevi hidrocentrale Moste. V ravnem delu cevi smo za meritev določili tri prereze in sicer enega tam, kjer leži cev v produ, ostala dva pa v sivici.



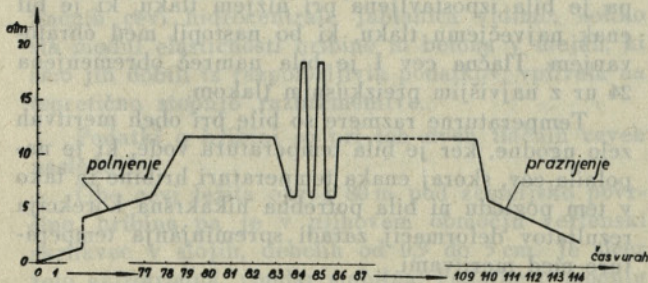
Sl. 4 Razporeditev podvodnih merilnikov pri tlačni cevi II hidrocentrale Jablanica

Rezultat meritev

Pri vseh tlačnih cevah smo na osnovi tabelarično zbranih odčitkov izdelali za vsak podvodni merilnik grafičen prikaz poteka deformacij za ves čas obremenilne preizkušnje. Primer takega diagrama, kjer so na ordinati nanešeni tlaki na opazovanem mestu, na abscisi pa pripadajoče spremembe premera D , je razviden iz slike 7.



Sl. 5. Shematični prikaz poteka obremenitve tlačne cevi I



Sl. 6. Shematični prikaz poteka obremenitve tlačne cevi II

Vsi merilniki sprememb premerov v enem prerezu cevi niso dali popolnoma enakih rezultatov; razlike bi lahko pripisali predvsem različni debelini betona in anizotropnosti hribine. Izmerjene rezultate smo zato primerjali tako, da smo za vsak prerez določili iz sprememb premerov povprečne obodne deformacije jeklene cevi.

$$\varepsilon_{\varphi} = \frac{1}{E_j} \cdot (\sigma_{\varphi} - \mu \cdot \sigma_x) = \frac{\Delta r}{r},$$

kjer je:

- σ_{φ} = obodna napetost v jekleni steni cevi,
- σ_x = napetost v vzdolžni smeri zaradi preprečene kontrakcije,
- $\mu = 0,3$ — število prečne kontrakcije jekla,
- $E_j = 2,1 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$ — modul elastičnosti jekla,

r = polmer cevi,

$\Delta r = \frac{4D}{2}$ — sprememba polmera cevi.

Za $\sigma_x = \mu \cdot \sigma_{\varphi}$ dobimo delež tlaka, ki ga prenašata beton in hribina

$$\bar{X} = p - \frac{E_j \cdot t \cdot \Delta r}{r^2 (1 - \mu^2)},$$

ki ga lahko izrazimo tudi v odstotkih glede na tlak p . S pomočjo teh enačb in izmerjenih vrednosti Δr smo določili razbremenitev jeklene cevi za vse opazovane prereze in dobili za tlačne cevi hidrocentrale Jablanica naslednje rezultate, ki jih v tabelah I in II primerjamo s teoretično dobljenimi vrednostmi:

Tabela I.

Podatki o sodelovanju za tlačno cev I hidrocentrale Jablanica (napetost σ_{φ} je podana v kg/cm^2).

Opa-zovani prerez	Nape-tost neupa-števajoč sode-lovanje	Teoretično sode-lovanje		Izmerjeno sode-lovanje			
		σ_{φ}	%	za elastične deformacije		za maksimalne deformacije	
				σ_{φ}	%	σ_{φ}	%
I	1520	137	91	122	92	174	88,6
II	1620	152	90,6	214	86,8	350	78,4
III	1540	159	89,7	141	90,8	205	86,7

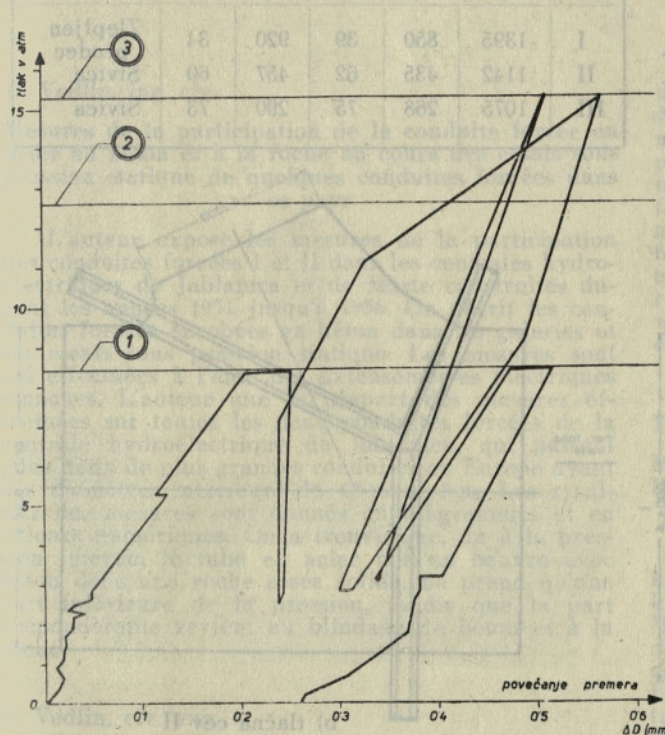
Podatke o sodelovanju, ki smo jih dobili na podlagi meritev, smo iz vrednotili za dva primera:

1. iz elastičnih deformacij,
2. iz maksimalnih deformacij.

Tabela II

Podatki o sodelovanju za tlačno cev II hidrocentrale Jablanica (napetost σ_{φ} je podana v kg/cm^2).

Opa-zovani prerez	Nape-tost neupo-števa-joč sode-lovanje	Teoretično sodelovanje		Izmerjeno sodelovanje			
				za elastične deformacije		za maksimalne deformacije	
		σ_{φ}	%	σ_{φ}	%	σ_{φ}	%
I	2325	160	93,1	174	92,5	232	90
II	2150	166	92,3	182	91,5	302	86
III	2120	174	91,8	218	89,7	350	83,5

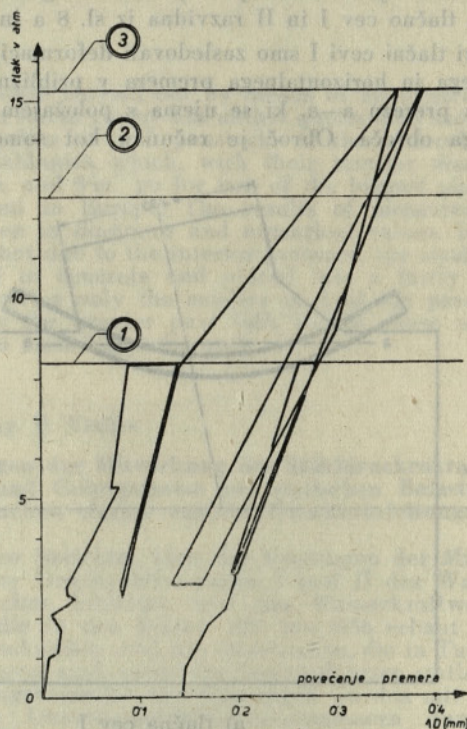


Sl. 7. Diagrama deformacij za prerez tlačne cevi II hidrocentrale Jablanica (linija 1: maksimalni hidrostatični tlak med obratovanjem, linija 2: računski tlak, linija 3: preizkusni tlak)

Pri tlačnih ceveh smo ugotovili razmeroma velike stalne deformacije in je zato tudi stopnja sodelovanja, če upoštevamo celotne deformacije, manjša od primera, ko upoštevamo le elastične deformacije. Kot vidimo iz številke v tabeli I in II, se podatki o sodelovanju na podlagi izmerjenih vrednosti precej dobro ujemajo s teoretično določenimi podatki. Če primerjamo rezultate omenjenih dveh tlačnih cevi, vidimo nadalje, da je stopnja sodelovanja (tako računsko kot tudi teoretično) pri tlačni cevi II nekoliko večja, kar si lahko razlagamo s sorazmerno tanjšimi stenami jeklene cevi, zaradi večjega izkoriščanja napetosti v jekleni pločevini.

Primerjava odstotkov sodelovanja za primer, ko smo upoštevali celotne deformacije, ni zanesljiva, ker smo pri tlačni cevi II uporabili drugačen potek obremenjevanja. Kot že omenjeno, smo pri tej cevi trajanje maksimalnega preizkusnega tlaka zmanjšali na minimum, da ne bi brez potrebe povzročali trajne deformacije betonske obloge. Tak postopek pa obnem bolj ustreza razmeram med obratovanjem.

Iz vseh diagramov smo ugotovili, da deformacije pri konstantnem tlaku naraščajo. Pri tlačni cevi I smo lahko pri 24 ur trajajoči maksimalni obtežbi ugotovili tendenco ustalitve teh deformacij, medtem ko pri tlačni cevi II, ki je bila pri 24 urni obremenitvi izpostavljena nižjemu tlaku, zaradi premalo natančnega odčitavanja ni bilo mogoče ugotoviti časovne odvisnosti sprememb deformacij pri konstantni obremenitvi. Vsekakor pa bi bilo treba pri ocenjevanju stopnje sodelovanja posvetiti pojavu stalnih deformacij posebno pozornost. Stalne deformacije, ki smo jih ugotovili na primer pri tlačni cevi II po razbremenitvi, dosegajo skoraj $\frac{1}{3}$ celotnih deformacij. Po tem lahko sklepamo, da beton pri večjih obremeni-



tvah popušča. To popuščanje je razumljivo, saj bi betonski obroč, ki obdaja cev, na notranjem robu verjetno ne vzdržal znatnih obodnih nateznih napetosti, ki lahko dosežejo v primeru maksimalnega preizkusnega tlaka do 25 kg/cm^2 . Dejstvo, da se jeklena cev, pri kateri so bile pri največji obtežbi napetosti v elastičnem področju ($\max \sigma_{\varphi} = 350 \text{ kg/cm}^2$), ni vrnila v prvotno lego, si lahko razlagamo s tem, da obstoja med zunanjo steno jeklene cevi in betonom sprjemnost, ki preprečuje normalen elastičen potek deformacij.

Pri obremenilnih preizkušnjah obeh tlačnih cevi smo merili količino vode, ki smo jo dodajali v tlačno cev, da bi dosegli določen višji tlak. Namen teh meritev je bil dobiti dodatne podatke o povprečni stopnji razbremenitve jeklene cevi in potrditev rezultatov merjenj z električnimi podvodnimi merilniki. Iz spremenjene prostornine cevi in upoštevajoč vpliv drugačnega deformiranja delov, ki niso zabetonirani, ter stisljivosti vode smo namreč določili povprečne obodne deformacije in s tem stopnjo razbremenitve

jeklene cevi zaradi sodelovanja betona in hribine. Iz teh meritev smo dobili sledeče stopnje sodelovanja:

pri tlačni cevi I od 73 do 84% in
pri tlačni cevi II od 82 do 91%.

Medtem ko so tako ugotovljeni odstotki sodelovanja nekoliko nižji pri tlačni cevi I (meritve so bile otežkočene zaradi slabega tesnenja nekaterih priključkov), pa se pri tlačni cevi II dobro ujema z rezultati podvodnih merilnikov.

Do nadaljnjih zanimivih ugotovitev smo prišli pri merjenju deformacij pri odcepnih kosih, ki so pri obeh tlačnih cevih prav tako zabetonirani.

Načina ojačitve odcepov \varnothing 2300 od glavne cevi sta za tlačno cev I in II razvidna iz sl. 8 a in b.

Pri tlačni cevi I smo zasledovali deformacije vertikalnega in horizontalnega premera v približno eliptičnem prerezu a—a, ki se ujema s položajem ojačevalnega obroča. Obroč je računat kot samostojen

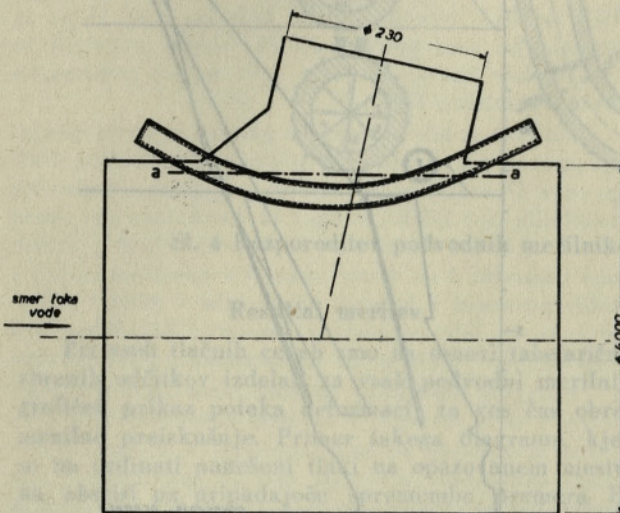
tosti obroča v samo jekleno cev, ki prav zmanjšuje njegove deformacije.

Rezultati, ki smo jih dobili pri tlačni cevi hidrocentrale Moste so zbrani v tabeli šte. III.

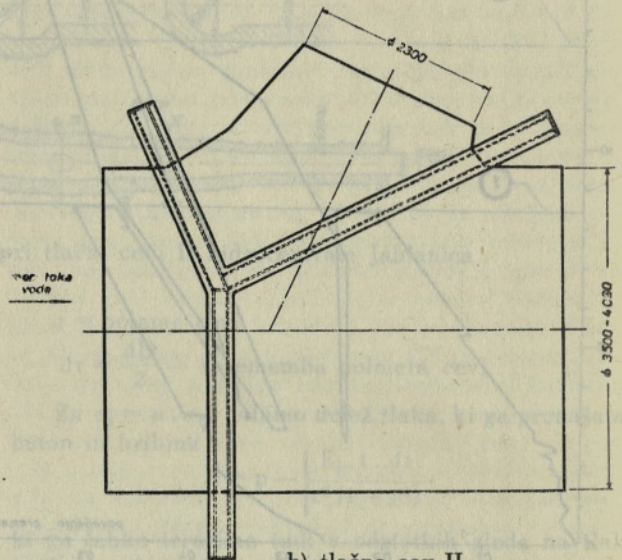
Tabela III.

Podatki o sodelovanju za tlačno cev hidrocentrale Moste (napetost σ_{φ} v kg/cm^2).

Opa-zovani prerez	Nape-tost neupo-števa-joč sodelo-vanje	Izmerjeno sodelovanje				Hribina
		za elastične deformacije		za maksimalne deformacije		
		σ_{φ}	%	σ_{φ}	%	
I	1395	850	39	920	34	Zlepljen prodec
II	1142	435	62	457	60	Sivica
III	1075	268	75	290	73	Sivica



a) tlačna cev I

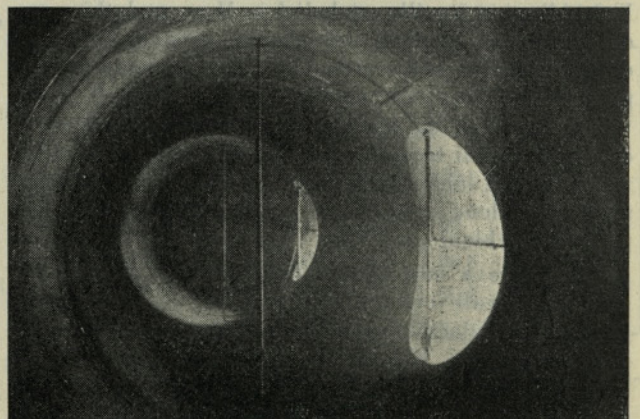


b) tlačna cev II

Sl. 8. Izvedba odcepnih kosov pri tlačnih cevih hidrocentrale Jablanica

obroč, pri katerem zaradi delovanja membranskih sil nastanejo deformacije obeh premerov v tem smislu, da bi se pri preizkusnem tlaku vertikalni prerez povečal za 4,6 mm, horizontalni pa zmanjšal za 3,2 milimetra. Izmerjene vertikalne deformacije so znašale le 33% od računskih, horizontalne pa so bile sploh neznatne. Iz tega vidimo, da ojačevalni obroč tako kvalitetno kot kvantitetno drugače deluje kot je bilo predvideno v statičnem računu, vsekakor pa v smislu večjega koeficienta varnosti. Pri tlačni cevi II smo merili spremembo vertikalnega premera glavne cevi tam, kjer se križajo ojačitve (slika 8 b). Ugotovili smo, da znaša razmerje med računskimi in izmerjenimi deformacijami 5,4 : 1. Meritve smo izvedli pri obeh odcepnih kosih, ki se po dimenzijah le malenkostno razlikujeta in dobili v obeh primerih gornje razmerje isto. Izmerjene deformacije za preizkusni tlak so znašale 0,8 mm pri večjem odcepnem kosu in 0,65 mm pri manjšem. Razlog tako velikih razlik med računskimi in izmerjenimi vrednostmi je verjetno zopet največ v sodelovanju jeklene konstrukcije z betonom in hribino, deloma pa tudi v vpe-

Če te rezultate primerjamo z rezultati, ki smo jih dobili pri tlačnih cevih hidrocentrale Jablanica, vidimo, kako zelo vpliva vrsta hribine na velikost sodelovanja.



Sl. 9. Spodnji del tlačne cevi I hidrocentrale Jablanica s podvodnimi merilniki deformacij

Zaključki

Meritve pri opisanih obremenilnih preizkušnjah so dale zelo koristne rezultate za presojo teh tlačnih cevi samih, še v večji meri pa za projektiranje in gradnjo podobnih konstrukcij v bodoče. Podatki o sodelovanju betonske obloge in hribine z jekleno tlačno cevjo, ki smo jih za obe tlačni cevi hidrocentrale Jablanica dobili na podlagi obširnih meritev in za različna mesta, se za obe cevi zelo dobro ujema z računskimi vrednostmi. Naknadno so potrdile te rezultate tudi meritve dodajane vode. V danem primeru sta jekleni cevi, ki ležita v območju stabilnega verfenskega skrila, razbremenila obdajajoči ju be-

B. Vedlin, ing. civ.

Mesures de la participation de la conduite forcée en acier au béton et à la roche au cours des essais sous pression statique de quelques conduites forcées dans ce pays

L'auteur expose les mesures de la participation des conduites forcées I et II dans les centrales hydroélectriques de Jablanica et de Moste construites durant les années 1951 jusqu'à 1956. On décrit les conduites forcées enrobées en béton dans les galeries et les essais sous pression statique. Les mesures ont été effectuées à l'aide des extensomètres électriques étanches. L'auteur cite la plupart des mesures effectuées sur toutes les deux conduites forcées de la centrale hydroélectrique de Jablanica, qui passent pour deux de plus grandes conduites en Europe ayant des diamètres intérieurs de 4,5 m et 5 m. Les résultats des mesures sont donnés en diagrammes et en valeurs numériques. On a trouvé que, du à la pression interne, le tube en acier mis en oeuvre avec béton dans une roche assez solide, ne prend qu'une part inférieure de la pression, tandis que la part prépondérante revient au blindage de béton et à la roche.

B. Vedlin, civ. eng.

Measurement on Participation of the Steel Penstock in Concrete and Rock at the Static Loading Tests of Some Penstocks in this Country

The author reports on measurements taken of the participation of the penstocks I and II at the hydroelectric plants Jablanica and Moste erected within the years 1951 to 1956. It is given a description of both the penstocks placed with concrete in tunnels and the performed static loading tests. The measure-

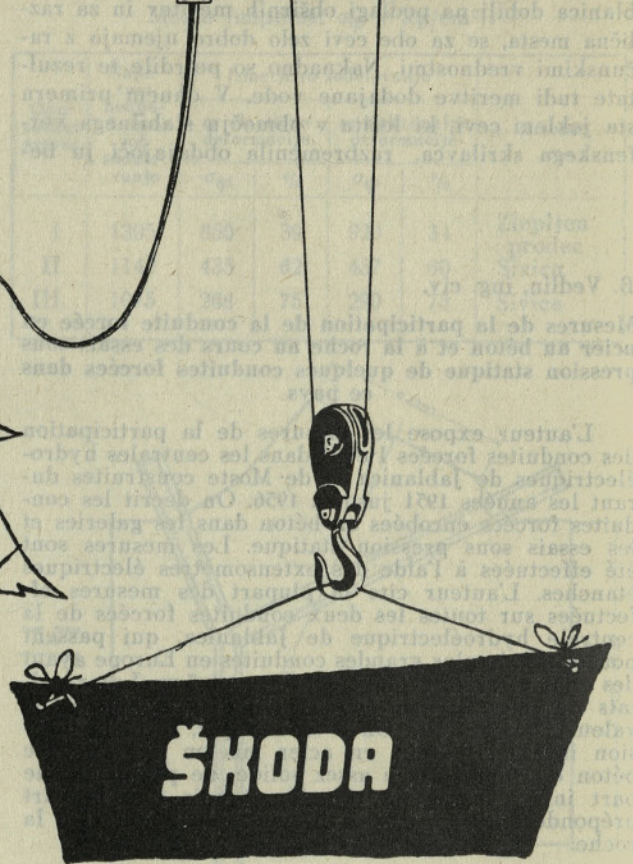
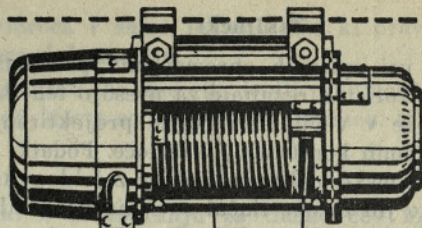
ton in omenjena hribina za povprečno 80 do 90 %, kar predstavlja presenetljivo veliko vrednost. Tudi razbremenitev 60 do 75 % pri tlačni cevi hidrocentrale Moste za območje sivice je znatna. Vsekako bi bilo koristno, da bi pri gradnji podobnih tlačnih cevi upoštevali te ugotovitve, saj bi to v ekonomskem pogledu lahko pomenilo velike prihranke jekla. To velja tako za vse v jaških ali rovih zabetonirane tlačne cevi kot tudi za posamezne odcepne kose, za katere je bilo pri opisanih meritvah prav tako ugotovljeno, da so predpostavke za dimenzioniranje preostre in da bi lahko upoštevač sodelovanje, znatno zmanjšali porabo jekla.

ments were carried out by means of an electric underwater strain gauge. The author quotes most measurements taken at both penstocks of the hydroelectric plant Jablanica which, with their interior diameter of 4,5 m. and 5 m., go for two of the biggest pipes of this kind in Europe. The results of measurements are given in diagrams and numerical values. It was found that due to the interior pressure, the steel pipe encased in concrete and placed into a fairly solid rock, carries only the smaller part of the pressure, whereas the greater part falls to the share of the concrete encase and the rock.

Dipl. Ing. B. Vedlin

Messungen der Mitwirkung des Stahlrohrrohres mit Beton und Gebirgsmasse bei statischen Belastungsversuchen einiger unserer Druckrohrleitungen

Autor berichtet über die Messungen der Mitwirkung der Druckrohrleitungen I und II des Wasserkraftwerkes Jablanica und des Wasserkraftwerkes Moste, die in den Jahren 1951 bis 1956 erbaut wurden. Beschrieben sind die Druckrohre, die in Tunnels einbetoniert sind, sowie die durchgeführten statischen Belastungsversuche. Die Messungen wurden mit elektrischen Unterwasserdeformationsmessern durchgeführt. Die meisten Messungen werden vom Autor für beide Druckrohre des Wasserkraftwerkes Jablanica angeführt, die mit ihren Innendurchmessern von 4,5 m und 5 m zu den grössten derartigen Objekten in Europa zählen. Die Messungsergebnisse sind in Diagrammen und in Zahlenwerten angegeben. Dabei wurde festgestellt, dass das in guter Gebirgswand einbetonierte Stahlrohr infolge des Innendruckes nur den kleineren Teil der Belastung übernimmt, während der grössere Teil auf den Betonmantel und auf die Gebirgsmasse entfällt.



Dvigala

- električna
- hidravlična
- verižna
- mehanična

transporterji

in vsa ostala transportna sredstva ter opremo za

- industrijo
- rudnike
- gradbeništvo
- skladišča

z najugodnejšimi pogoji
in s kratkim rokom dobavlja

STROJEXPORT

PRAHA – ČEHOSLOVAČKA

GENERALNI ZASTOPNIK ZA FLRJ »**BALKANIJA**« BEOGRAD, BALKANSKA ULICA 38 – TELEFON 27-498
PREDSTAVNIŠTVA: ZAGREB – LJUBLJANA – SARAJEVO – SKOPLJE – TITOGRAĐ – NOVI SAD – RIJEKA

Tehnološki poskusi pri gradnji separacij

Uvajanje industrijskih tehnoloških postopkov pri pripravi gradbenega materiala je, poleg novih materialov in konstrukcij ter široke uporabe mehanizacije v gradbenem delovnem procesu, razvojna smer gradbeništva. V zvezi s tem stopa vprašanje separacij tudi pri nas vedno bolj v ospredje. Na tem področju priobčujemo kot delen prispevek k razvoju industrijskega načina priprave frakcioniranega gramozu in peska rezultate našega dosedanjega dela in praktične skušnje.

V tem članku smo poudarili predvsem način dela pri reševanju tehnološkega procesa separacije, rezultate izvršenih poskusov in njim sledeče zaključke. Kratek opis separacije je primer rešitve konkretne naloge.

Ko so svoj čas postale nujno potrebne velike količine precizno frakcioniranega in dobro opranega kremenčevega peska za vodne filtre v tovarnah, je nastalo vprašanje, kako pridobivati in pripraviti kremenčev gramoz in pesek v večjem obsegu.

V zvezi s tem je Zavod za raziskavo materiala in konstrukcij dobil nalogo, ki je obsegala: proučitev in projektiranje tehnološkega procesa separacije kremenčevega peska ter realizacijo industrijskega obrata. Pri izvedbi naloge nas je vodil širši gospodarski pomen separacijske naprave. Predvidevali smo raznovrstno uporabljivost njenih proizvodov.

Separacija kremenčevega peska v Puconcih pri Murski Soboti je rezultat opravljenega dela. Separacija proizvaja z mehaniziranim industrijskim tehnološkim postopkom kvalitetni kremenčev gramoz in pesek za našo industrijo.

Izmed številnih z nalogo postavljenih zahtev glede na hajališča peska (ugodne eksploatacijske razmere, primerna zaloga) in kakovosti materiala (visok procent kremenca, minimalna količina nezaželenih primesi, ustrezna odpornost proti drobitvi) itd., so izrazito izstopale tiste zahteve, ki so utrdile glavne značilnosti bodočega industrijskega proizvodnega procesa (relativno velik proizvodni učinek separacije, nepretrgani tehnološki postopek, proizvodnja 6 vrst frakcij, kvalitetni proizvod, dobro pranje in precizno sejanje grobih in drobnih frakcij) in določale rok za rešitev problema in realizacijo obrata (obrat je moral biti postavljen in pričetni obratovati v kratko odmerjenem času).

Zavod se je lotil naloge na podlagi obsežne proučitvene priprave, podprte s potrebnimi poizkusi, kar je omogočilo pravočasno in pravilno rešitev naloge. Rešitev tehnološkega procesa je naslonil na rezultate številnih sejnalnih in polindustrijskih obratovalnih poizkusov in se s tem izognil neugodnemu presenečenju pri začetku obratovanja.

Pripravljalne laboratorijske preiskave in poizkusi so imeli tale namen:

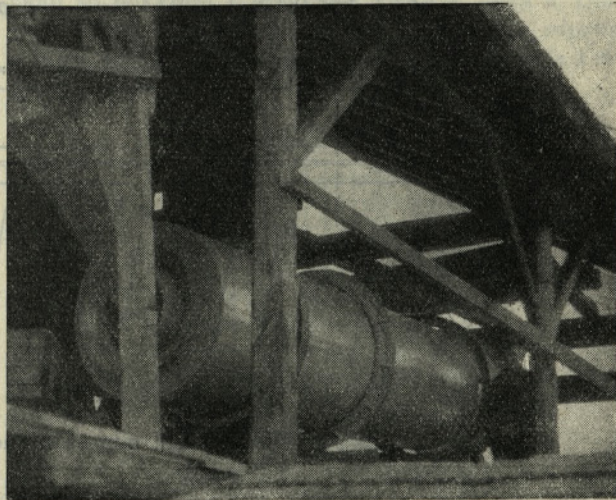
1. da se pojasnijo posamezna vprašanja, ki so se pojavila v zvezi z nalogo (sestava surovine, oblika zrn, zastopanost posameznih zrnivosti, čistoča surovine itd.);

2. da se dobijo smernice za predvideni tehnološki postopek (vrstni red pri odvajanju frakcij glede na velikost zrn in s tem vrsta sejnalnih strojev, način pranja in sejanja grobega in drobnega materiala, ločitev peska in vode);

3. da se dobijo številčni podatki za predračun tehnološkega procesa, dimenzioniranje strojev in naprav (učinek vibracijskih sit, sejalna dolžina strojev, procentualno upadanje vlage pri odležanju opranega materiala, potrebna količina vode za pranje itd.);

4. da se razčistijo podrobna vprašanja v zvezi z delovanjem posameznih strojev v procesu (intenzivnost pranja surovine v pralnem bobnu, način sejanja na vibracijskih sitih, regulacija sejnalnih strojev pri uporabi mrež z različnimi odprtinami itd.).

Številni sejnalni poizkusi na prototipu vibracijskega sita, predhodni pralni poizkusi s pralnim bobnom in obratovalni poizkusi so bili podlaga za projektiranje tehnološkega procesa separacije in za graditev obrata. Obratovalni poizkusi, napravljeni



Pralni boben v separaciji

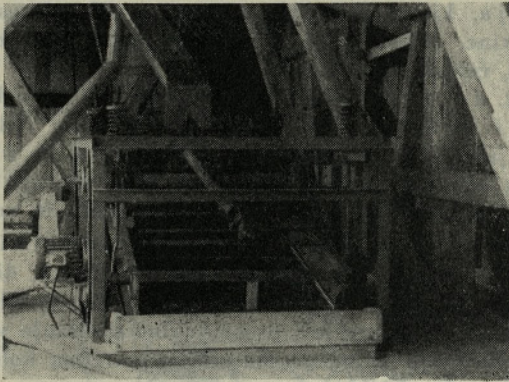
v polindustrijskem oddelku zavoda, pa so obenem bili prva kontrola zato, ali je pravilno rešen tehnološki postopek.

Iz rezultatov omenjenih poizkusov so sledili zaključki, ki jih na kratko navajamo.

Pranje materiala v pralnem bobnu

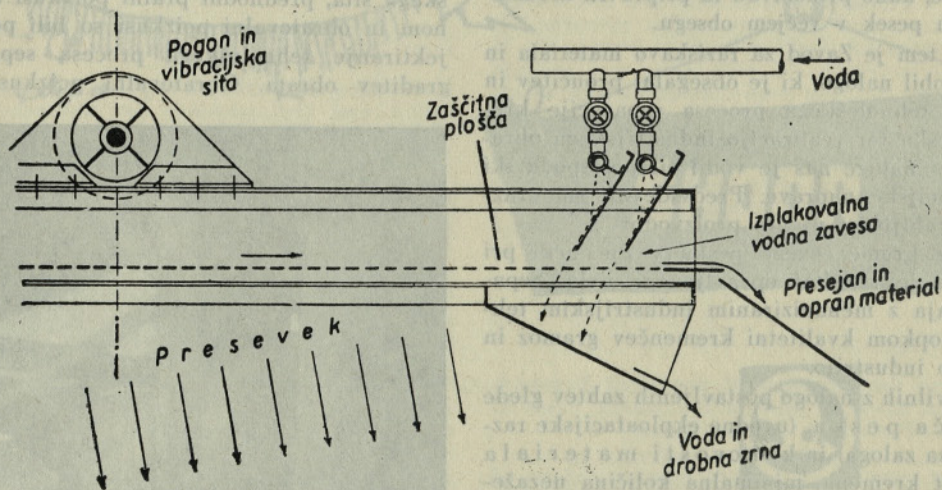
Laboratorijske preiskave posameznih vzorcev, odvzetih pri sondiranju terena, so pokazale, da je surovina razmeroma nečista. Maksimalni procent odplakljivosti je znašal 12,6%. S poizkusnim pranjem v pralnem bobnu se je ugotovilo, da enkratno pranje

razmeroma nečistega materiala ne zadostuje. Pranje v pralnem bobnu pride v konkretnem primeru v poštev kot začetno pranje, potrebno pa je ponovno izpiranje med izločanjem posameznih frakcij na sejalnih strojih.



Vibracijsko sito v prvem delu obrata

Pralni boben ima nalogo, da zmoči surovino, razpusti kepe peska, zlepljene z glino, premeša in grobo opere material ter loči umazano vodo od peska (gramoza), ki gre v nadaljnjo obdelavo.



Slika 1. Oblikovanje neprekinjene vodne zavesa pri vlažnem sejanju

Sejanje na vibracijskih sitih

Sejanje gramoza in peska na vibracijskih sitih je izvedljivo na tri načine, značilne po tem, v kakšnem stanju vlažnosti je material med sejanjem, in ti so:

1. suho sejanje,
2. vlažno sejanje,
3. mokro sejanje.

Kot suho sejanje razumemo sejanje popolnoma suhega materiala brez pranja.

Vlažno sejanje je sejanje materiala, ki je bil poprej opran ter je nato ležal nekaj časa, da se je odcedila voda. Pri vlažnem sejanju se material izpira na koncu sita, preden zrna zapuste mrežo.

Mokro sejanje imenujemo sejanje gramoza in peska na vibracijskem situ, ko ga hkrati izpiramo z vodo.

Dosedanji poizkusi so pokazali, da je pri zaporednem izločanju frakcij po velikosti (groba zrna — drobna zrna) mogoče mokro sejanje materiala do velikosti zrn inkl. 5 mm. Mokro sejanje drobnejšega materiala (na mreži z odprtini 2,5 mm) ni izvedljivo. Zrna drobnega peska se v tem primeru sprjemajo v kepice, ki drse po mreži. Za frakcioniranje peska pod 5 mm pride v poštev vlažno sejanje. Vlažni pesek se seje po vsej dolžini sita brez izpiranja. Preden pa zrna (nad mrežo) zapuste sito, morajo iti vsaj skozi dve neprekinjeni izplakovalni vodni zavesi.

Vodni zavesi imata dvojno nalogo:

1. neprekinjeni vodni tok (zavesa) izbije skozi odprtine mreže nad mrežo preostala zrnca, ki pri prehodu preko sita še niso padla skozi mrežo;

2. vodni curek neprekinjene vodne zavesa oplakne vsako posamezno zrno ter s tem odstrani iz njega najfinejše delce.

Oblikovanje vodne zavesa je razvidno iz slike 1. Vodovodna cev $\phi \frac{3}{4}$ col ima dve vrsti luknjic, ki usmerjajo vodni tok pod dvema kotoma nasproti poševni gladki plošči. Razdalja središč luknjic v eni

vrsti znaša 10 mm, razdalja med obema vrstama je ca. 3 mm. Luknje obeh vrst so medsebojno zamaknjene za polovično razdaljo. Cevni tuš dela s pomočjo gladke plošče neprekinjeno vodno zaveso, ki je usmerjena poševno proti mreži vibracijskega sita. Oblikovanje vodne zavesa je boljše pri dvovrstnem tušu. Enovrstni tuš povzroča mnogokrat prekinitev vodne zavesa. Ker peščena zrna med daljšim obratovanjem zatrpajo mrežo (zaklinjena zrna), se mora naklon izplakovalne vodne zavesa večkrat spremeniti, po končanem obratovanju pa je treba očistiti mrežo. Da se naklon zavesa lahko spreminja, je pločevinasta plošča gibljivo pritrjena na perforirani cevi v razdalji min. 3 cm od cevi. Da se ne škropi gornji del mreže (kjer se opravlja vlažno sejanje), je pred perforirno cevjo pritrjena vertikalna zaščitna plošča.

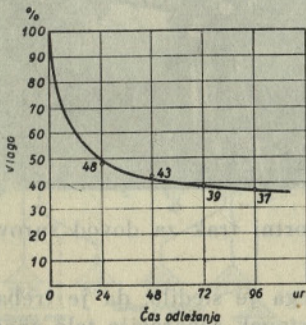
Po dosedanjih poizkusih smo prišli do zaključka, da tvori mejo, do katere je praktično izvedljivo vlažno sejanje drobnega peska (brez nadaljnjih pripomočkov — n. pr. električno gretje mrež), mreža z odprtiniami ca 1,5 mm. Pri sejanju vlažnega peska na finejših mrežah (od navedene), drobni vlažni delci močno mašijo odprtine žične mreže ter s tem zmanjšujejo intenzivnost sejanja.

Časovno upadanje vlage v materialu, deponiranem po pranju

Vprašanje, kako časovno upada vlaga v pesku, ki je po pranju deponiran tako, da se voda lahko neovirano odceja, so pojasnili tile poskusi:

Pesek zrnivosti pod 5 mm, ki je pri mokrem sejanju padel skozi mrežo vibracijskega sita z odprtiniami 5 mm, je bil zaradi odcejanja vode deponiran v posebnem silosu (odcejevalniku s filtrskim dnom). Takoj po sejanju (pranju) in v presledkih po 24 ur je bil deponiran material laboratorijsko preiskan glede na vlažnost. Rezultati preiskav so razvidni iz diagrama — slika 2.

Diagram »Časovno upadanje vlage v materialu, deponiranem v odcejevalniku«, kaže dnevno upadanje vlage, izraženo v %, ako označimo začetno vlago takoj po sejanju (pranju) s 100.



Slika 2. Časovno upadanje vlage v materialu, deponiranem v odcejevalniku

V diagramu je razviden izrazit padec vlage v prvih 24 urah po pranju — ca. 50 % ter v nadaljnjih 24 urah ca. 10 %. Upadanje vlage v naslednjih dneh ni več toliko izrazito, iz tega sledi, da nadaljnje ležanje materiala ni več pomembno.

Potrebna količina vode pri pranju

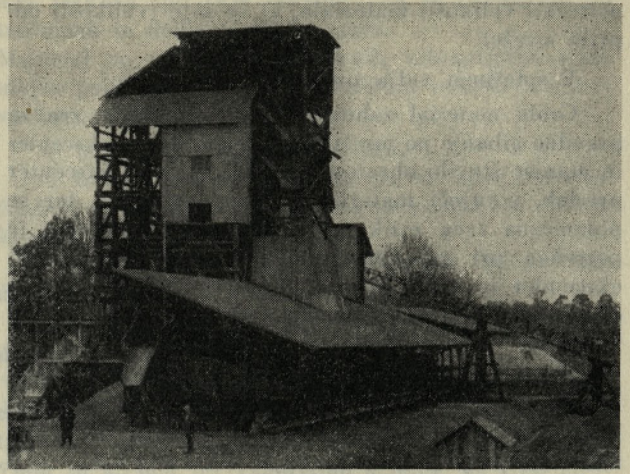
Da bi ugotovili količino vode, ki je potrebna za prvo pranje surovine v pralnem bobnu in pranje peska med sejanjem na vibracijskih sitih, smo pri preizkusih merili porabljeno količino vode.

Te meritve so pokazale:

Porabljena količina vode za prvo pranje surovine v pralnem bobnu z učinkom 10 m³/uro znaša ca 3000 litrov na uro, t. j. 0,5 m³ vode na 1 m³ v bobnu oprane materiala.

Poraba vode pri mokrem sejanju (izpiranje s tuši) kakor tudi pri vlažnem sejanju (izpiranje z izplakovalno vodno zaveso) znaša 50—60 litrov v minuti, računano na eno perforirano cev dolžine ca. 1 m.

Na podlagi zgornjih podatkov je potrebno (1 stroj):



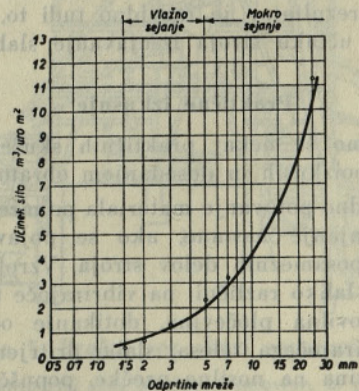
Separacija pred dovršitvijo

za mokro sejanje s 3 cevni tuši 150—180 l/min, za vlažno sejanje z dvema vodnima zavesama 100—120 l/min.

Sejalni učinek vibracijskih sit

S sejalnim učinkom vibracijskega sita razumemo požiralno sposobnost stroja v 1 uri, t. j. količina materiala, ki jo mreža v eni uri lahko prevzame in dobro preseje.

Rezultati meritev sejalnih učinkov na vibracijskem situ pri sejanju na mrežah z različnimi odprtiniami so pokazani v diagramu učinkov, slika 3. Diagram učinkov kaže razmerje med velikostjo odprtin sejalne mreže in učinkom stroja, reduciranim na 1 m² površine mreže.



Slika 3. Učinek vibracijskega sita pri vlažnem in mokrem sejanju

Linija učinka daje podatke za vlažno sejanje materiala do 5 mm velikih odprtin mreže in za mokro sejanje pri mrežah z odprtiniami nad 5 mm.

Vpliv velikosti in števila obratov ekscentra

Opazovanje, kako se giblje material med sejalnimi poizkusi, daje tale pojasnila:

Da se optimalno preseje material, je potrebna pri vibracijskem situ pravilna regulacija jakosti gonilnega ekscentra (velikost nihanja) in števila obratov ekscentra (frekvenca). Regulacija mora

ustrezati velikosti materiala, ki se seje (velikosti odprtin mreže).

V splošnem velja pravilo:

Grobi material zahteva zaradi večje teže zrn za pravilno gibanje po mreži razmeroma močan ekscenter in manjše število obratov v minuti. Ako je ekscenter preslab, potujoči material zaostaja na mreži ter se posamezna zrna zatikajo v odprtinah. Nasprotno je potreben pri sejanju drobnega materiala šibkejši ekscenter in večje število obratov v minuti. Močan ekscenter povzroča premočno odskakovanje zrn na mreži ter s tem poslabša kvaliteto sejanja.

Ugotovljeno je tudi, da zahteva sejanje grobega materiala (pri mreži z večjimi odprtinami) večji naklon vibrirajočega telesa sita, pri sejanju drobnega materiala pa je potreben manjši naklonski kot.

Potrebna sejalna dolžina sita

Da bi ugotovili sejnalno dolžino sita, ki je potrebna za čim popolnejše presejanje vlažnega materiala, smo napravili sejalne poizkuse, pri katerih smo merili količino presevka, ki se je nabiral v posameznih predalih pod mrežo. Predali so bili položeni zaporedoma vzdolž sejnalne dolžine sita.

Pri poizkusih sta bila sejana dva vzorca vlažnega peska na mreži z odprtinami 1,5 mm pri različnem sejalnem učinku. Sejalna dolžina stroja je znašala ca 2,5 m.

Količina presevka v zadnji četrtini sejnalne dolžine, izražena v procentih od celotnega presevka pod mrežo, je znašala pri sejalnem učinku $0,54 \text{ m}^3/\text{uro}$ 2,5 %, pri sejalnem učinku $0,35 \text{ m}^3/\text{uro}$ 1,5 %.

Iz navedenih rezultatov je sledilo, da je pri sejalni dolžini 2,5 m pesek praktično popolnoma izsejan. Iz gornjih rezultatov je razvidno tudi to, da je pri povečanem učinku stroja izsejavanje slabše.

Praktične izkušnje

Navajamo še nekaj praktičnih skušenj pridobljenih pri poizkusih in dosedanjem obratovanju:

Nepravilno potovanje materiala po mreži in s tem slabo izsejavanje nastane, ako se pojavi dodatno vibriranje posameznih delov stroja. Vzroki tega vibriranja so lahko različni: na vibrirajoče telo spodaj pritrjena lovilna pločevina, dotikanje odvajalnega korita vibrirajočega telesa, slabo pritrjena perforirana pločevina na nosilne prečke, popuščeni vijaki, ki drže okvir, v katerem je napeta mreža itd.

Nepravilno potovanje materiala po mreži se pojavi tudi, ako žična mreža ni enakomerno napeta po vsej površini. V tem primeru material na posameznih mestih močno odskakuje.

Da se sejalna površina popolnoma izrabi, mora padati material na mrežo po vsej širini. Ako ima mreža v prečni smeri obliko loka, material leze izrazito v stran. Če pa napnemo mrežo prečno v strešni obliki, je sejanje boljše, ker je prečni naklonski kot mreže pri straneh manjši kakor pri loku.

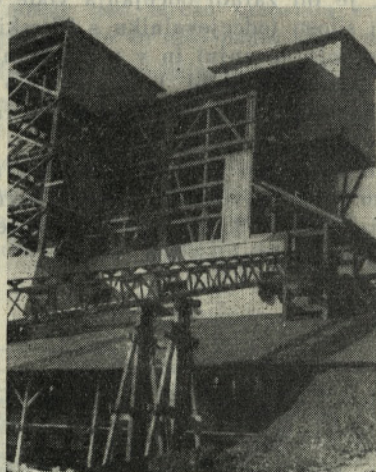
Maksimalna debelina sejalne plasti peska na zgornjem kraju sita sme biti toliko, da se na spodnjem kraju mreže že pojavijo posamezna zrna. Preveč debela začetna plast močno obremenjuje mrežo. Posle-

dica tega je, da se mreža močno raztegne (zrna zato pretirano odskakujejo) ali pa se mreža celo pretrga.

Vlažno sejanje poteka tem bolje, kolikor bolj je bil material poprej opran. Če je odplavljivih delcev večja količina, zadržujejo vlago v pesku in se zato mrežne odprtine močnejše zatrpajo. Čim več drobnih delcev odstranimo iz materiala pred vlažnim sejanjem (v konkretnem primeru zrna pod $\phi 0,5 \text{ mm}$), tem boljši je vlažni sejalni postopek.

Tehnološki postopek in opis separacije

Navedeni rezultati sejalnih poizkusov in zahteve, ki so bile postavljene z nalogo, so bile glavne smernice pri projektiranju in gradnji industrijskega obrata v Puconcih.



Transportni trak za dovod surovine

Iz navedenega je sledilo, da je treba vpeljati v proizvodni postopek separacije tele značilnosti:

1. začetno pranje surovine v pralnem bobnu,
2. vsaj delna odstranitev finega peska (pod 1,5 mm) v prvi fazi tehnološkega procesa,
3. zaporedno izločanje frakcij po velikosti zrn (groba — drobna) z izpiranjem med sejanjem,
4. proizvodnja 6 vrst frakcij (nad 25 mm, 15—25, 5—15, 2,5—5, 1,5—2,5, pod 1,5 mm),
5. delitev tehnološkega procesa v dva dela:
 - a) mokro sejanje,
 - b) vlažno sejanje,
6. začasno deponiranje delno opranega materiala pod 5 mm v odcejevalnikih pred nadaljnjo obdelavo,
7. sejanje drobnih frakcij na dveh zaporednih vibracijskih sitih z isto mrežo, da se zmanjšajo neugodni vplivi na sejanje, izvirajoči iz nepazljivosti obratovanja in da se lahko poveča sejalni učinek pri neizpremenjeni kvaliteti sejanja,
8. vzporedno sejanje drobnega materiala na 2 ozioroma 3 sitih, da se poveča učinek.

Separacija je zgrajena za delovni učinek 10 m^3 na uro predelane surovine. Pri 8-urnem obratovanju, upoštevajoč koeficient obratovanja $k_0 = 0,85$, predela separacija:

$$10 \text{ m}^3/\text{uro} \times 8 \times 0,85 = 68 \text{ m}^3 \text{ materiala.}$$

Konica razpoložljivega dnevnega učinka pri enozimskem obratovanju po zmogljivosti strojev znaša ca 90 m³.

Ker v zimskem času zaradi zmrzovanja ni mogoče obratovati, je predvideno ca 200 obratovalnih dni v letu.

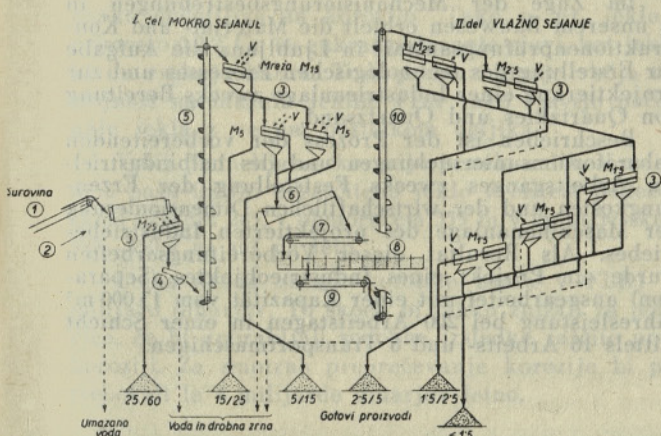
Letna zmogljivost separacije je torej $68 \times 200 = 13.000 \text{ m}^3$.

Tehnološki postopek v separaciji bazira na zaporednem izločanju posameznih frakcij po velikosti zrn, kar sledi prvemu pranju surovine. Izsejavanju posameznih frakcij je priključeno končno izpiranje gotovega proizvoda.

Tehnološki postopek v separaciji je neprekinjen. Zato se odcejevalniki polnijo in praznijo po krožnem sistemu. Odcejevalniki po svojem obsegu dopuščajo tudi večzimensko obratovanje.

Odcejevalniki delijo tehnološki postopek v dva dela: I. del: moko sejanje, ki obsega prvo pranje odkopanega materiala, izsejavanje frakcij nad 5 mm ter delno izločanje drobnega peska pod 1,5 mm.

II. del: vlažno sejanje peska pod 5 mm v tri frakcije.



Slika 4. Shema tehnološkega procesa separacije

Tehnološki proces v separaciji je mehaniziran. Ročno se opravljajo le te delovne operacije: polnitev tračnega transporterja v gramoznici (začasno ročno), premet materiala v odcejevalnikih in polnitev spodnjega transporterja pod odcejevalniki.

V separaciji poteka proizvodni proces v prvi vrsti v vertikalni smeri. Na vertikalno usmeritev procesa je vplivalo več momentov. Kot glavna nastopata: veliko število proizvedenih frakcij in veliko število obratovalnih strojev, skozi katere teče material (16 delovnih in 6 transportnih strojev). Z vertikalnim razpletom tehnološkega postopka je bilo mogoče številne prehode materiala iz stroja na stroj rešiti v glavnem s prostim padom. Vodoravna usmeritev tehnološkega postopka bi zahtevala še večje število transportnih strojev, teh pa ne bi bilo mogoče pravočasno nabaviti.

V separaciji dvigata material na potrebno višino dva posodična elevatorja. Vodoravno prenašajo material tračni transporterji, in sicer: surovino prenašata do pralnega bobna dva transportna trakova v zaporedni sestavi (skupna dolžina 48 m), odcejevalnike polnita in odvajata material od odcejevalnikov

dva trakova (po 18 m dolžine). Ta se premikata po tračnicah in delujeta v obe smeri.

Material se seje na enokrovnih vibracijskih sitih, idejno projektiranih in preizkušenih v ZRKM. Njihovo konstrukcijo karakterizira:

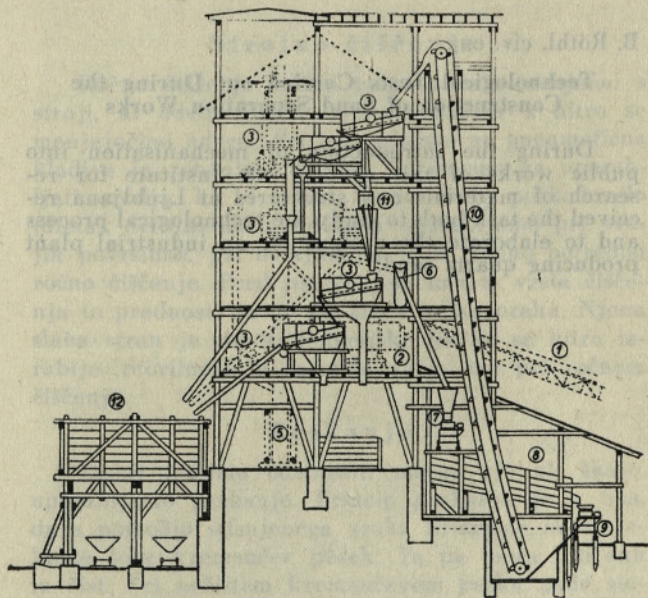
- lahek tip vibracijskega sita,
- hitra izmenjava mreže, da se stroj časovno čimbolj izrabi (mreža je napeta na posebnem okviru, ki se vloži v stroj),
- preprosta regulacija naklona sita, jakosti ekscentra in števila obratov ekscentra.

Grobe frakcije se sejejo na perforiranih ploščah, drobne pa na žičnih mrežah.

Da se med seboj izravnavajo sejalni učinki vibracijskih sit, je število strojev podvojeno oziroma potrjeno (vzporedno sejanje na dveh strojih z mrežo 5 mm in 2,5 mm ter vzporedno sejanje na treh strojih z mrežo 1,5 mm).

Separacija je konstruktivno izvedena v lesu. Glavni proizvodni objekt stoji na betonskih stebrih, povezanih med seboj z armiranimi betonskimi vezmi.

Pridobitev na času je bil glavni razlog pri odločitvi za leseno konstrukcijo. Lesena konstruktivna izvedba je mnogo pripomogla k temu, da je bil obrat hitro postavljen.



Slika 5. Prečni rez skozi separacijo

Legenda: 1) transportni trak za dovod surovine, 2) pralni bobni, 3) vibracijska sita, 4) odvod drobnega peska (pod 1,5 mm), 5) elevator s korci E₁, 6) dehidrator, 7) transportni trak za polnitev odcejevalnikov, 8) odcejevalniki, 9) transportni trak za dovod materiala do E₂, 10) elevator s korci E₂, 11) razdelilec materiala, 12) silosi za gotove proizvode. — Prvi del separacijskega postopka je risan črtkano

Zaključek

Predhodno razmeroma obsežno proučitveno delo, ki je dobra priprava pred realizacijo naloge, je omogočilo takojšnje redno obratovanje.

Meritve in analize med obratovanjem so potrdile tehnološke predpostavke. V odcejevalnikih deponirani material izgubi v 48 urah 6 do 13% vlage, se deloma osuši na površini in je pripraven za nadaljnjo obdelavo.

Dvomesčne redne laboratorijske preiskave med obratovanjem, da se je ugotovila preciznost sejanja kritične frakcije 1,5–2,5 mm, so pokazale dober povprečni procent izsejanosti. V proizvedeni frakciji 1,5–2,5 je povprečno 5,4% zrn manjših od spodnje

meje frakcije (1,5 mm). Proizvedeni material je temeljito opran.

Merjeni dotoki in odtoki materiala na posameznih delovnih mestih tehnološkega procesa ustrezajo predhodnim računom.

B. Röthl, ing. civ.

Essais technologiques réalisés pendant la construction d'une usine de séparation

Durant l'introduction de la mécanisation en travaux publics dans ce pays l'Institut pour la recherche des matériaux et des constructions à Ljubljana a reçu la tâche d'étudier le procès technologique et d'élaborer les projets pour une usine industrielle produisant du sable de quartz.

L'auteur décrit les essais de laboratoire préparatoires et la production demi-industrielle nécessaires pour les calculs du procès technologique et pour le projet économique du matériel et des installations dont l'usine industrielle devait être équipée.

Le résultat de tous ces travaux préparatoires fut le projet d'une usine industrielle (un séparation) avec une capacité de 13.000 m³ du sable produit par une équipe en 200 jours de travail par an à l'aide de 16 machines et 6 transporteurs.

B. Röthl, civ. eng.

Technological Tests Carried out During the Construction of Sand Separation Works

During the introduction of mechanisation into public works of this country the Institute for research of materials and structures at Ljubljana received the task both to study the technological process and to elaborate the designs for an industrial plant producing quartz sand.

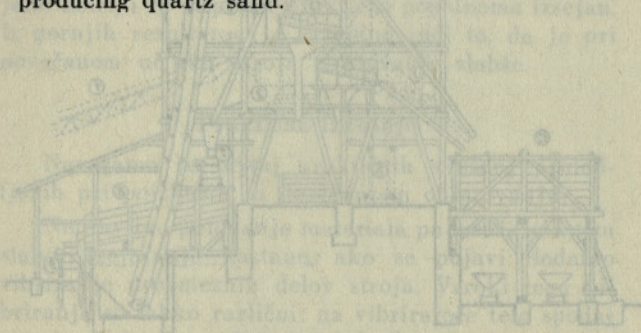
The article deals with the process of preparatory laboratory tests and pilot plant production. The results obtained were applied in the design of the technological process and in the economical design of machinery and installations with which the plant had to be equipped. As a result of all these preparatory works a design for the industrial plant (separation works) with a capacity of 13.000 cub. m. of sand produced in one shift in 200 days of operation per year by means of 16 machines and 6 conveying devices was elaborated.

Dipl. Ing. B. Röthl

Technologische Untersuchungen für den Bau einer Separationsanlage

Im Zuge der Mechanisierungsbestrebungen in unserem Bauwesen erhielt die Material- und Konstruktionsprüfungsanstalt in Ljubljana die Aufgabe zur Erstellung des technologischen Prozesses und zur Projektierung einer Industrieanlage zwecks Bereitung von Quarzkieles und Quarzsand.

Beschrieben ist der Prozess der vorbereitenden Laboratoriumsuntersuchungen und des halbindustriellen Arbeitsganges zwecks Feststellung der Erzeugungskosten und der wirtschaftlichen Dimensionierung der Maschinenanlage des projektierten Industriebetriebes. Als Resultat dieser Vorbereitungsarbeiten wurde ein Projekt eines Industrieobjektes (Separation) ausgearbeitet mit einer Kapazität vom 13.000 m³ Jahresleistung bei 200 Arbeitstagen in einer Schicht mittels 16 Arbeits- und 6 Transportmaschinen.



VODNA SKUPNOST KOPER

IŠČE ZA DELA NA PROJEKTIRANJU IN IZVAJANJU MELIORACIJSKIH DEL V KOPRSKEM OBMOČJU

inženirje in tehnike - hidrotehničarje

s pooblastili za projektiranje odn. izvajanje

NASTOP DELA JE MOGOČ TAKOJ - POGOJI PO DOGOVORU

PISMENE PONUDBE JE POSLATI NA NASLOV: VODNA SKUPNOST KOPER

Zaščita jeklenih konstrukcij proti koroziji — Nekaj primerov z objektov

Uvod — Čiščenje — Opleski — Metalizacija — Konstruktivna izvedba — HE Jablanica — HE Mavrovo
— HE Moste — Mostovi — Zaključek

Uvod

Korozija je gotovo največji sovražnik jekla in lahko rečemo, da se je pojavil problem zaščite proti njej že s prvimi jeklenimi konstrukcijami.

Pod vplivi zraka, vode, industrijske atmosfere in kemikalij se pretvarja železo v kemične spojine, v kakršnih ga lahko najdemo v naravi. Glavna povzročitelja rje na jeklu sta zrak in voda, ki pa ne moreta opravljati tega razdiralnega dela drug brez drugega. Vemo namreč, da v absolutno suhem zraku jeklo le malenkostno rjavi. Prav tako v vodi, kjer ni razpršenega zraka.

Znano je tudi, da niso vsa jekla za konstrukcije enako občutljiva za korozijo. Tako n. pr. jeklo s primesjo 0,2 % Cu še enkrat počasneje rjavi, kot jeklo, ki ne vsebuje bakra. Tudi premazi imajo večjo obstojnost na takšnih jeklih. Prav tako rjavijo počasneje jekla z večjim odstotkom ogljika.

Vpliv podnebja na korozijo je zelo velik. V zmerem pasu izgubi nezaščiteno jeklo v čistem podeželskem ozračju 245, v obmorskem 355 in v industrijskem 385—450 g na m² na leto.

Letna škoda zaradi korozije znaša v FLRJ 55 milijard dinarjev. To škodo bi lahko znižali za polovico, če bi uporabljali sodobne izsledke zaščite proti koroziji. Za smotrno preprečevanje korozije bi potrebovali le 4 milijarde dinarjev letno.

Čiščenje

Preden naneseemo premaz, moramo jekleno površino predvsem dobro očistiti, ker bo le tako zaščita solidna in trajna. Žal se tega le malokrat zavedamo. Odstraniti moramo vso rjo, umazanijo, prah in maščobo. Ostanki rje so pod novim premazom izhodiščna točka, odkoder se rja razširja pod filmom, in največkrat odstopi oplesk na starih konstrukcijah le zaradi slabega čiščenja. Idealna površina pred pleskanjem je čista, lahko groba in popolnoma suha. Mnogokrat delamo zaščito proti koroziji v jeseni ali pozimi, v dežju in snegu. Taka zaščita je draga in brez vrednosti, ker bo trajala le kratek čas.

Če naj škajo odstranimo ali ne, o tem so mnenja strokovnjakov danes še močno deljena. Vendar pa moramo upoštevati, da škaja pri konstrukcijah, na katere delujejo menjajoče napetosti, razpoka. Prav tako razpoka pri obdelavi in prevozu jeklenih konstrukcij. Zaradi različnosti v kemizmu pride med škajo in osnovnim materialom tudi do elektrokorozijske. Tudi še tako močno sprijeta škaja začne časoma odstopati in nam uniči še premaz. Trdno škajo je zelo težko odstraniti in zato je prav, če leži konstrukcija, preden jo premažemo toliko časa na prostem, da škaja zaradi atmosferskih vplivov sama odstopi.

Ročno čiščenje

Jekleno površino lahko čistimo na več načinov, od katerih je najbolj razširjeno ročno čiščenje. Pri tem uporabljamo kladio, strgalo in krtačo, vendar ne smemo pri čiščenju z močnimi udarci poškodovati konstrukcije. Paziti moramo tudi na to, da ne zamenjamo dobro sprijete rje z osnovnim materialom. Ročno čistimo običajno pri manjših konstrukcijah in manj zarjavelih površinah. S tem načinom čiščenja ne dobimo kovinskočiste površine, pa tudi škaje ne moremo odstraniti. Vendar ročnega čiščenja ne moremo vedno popolnoma nadomestiti z drugimi načini. Uporabljamo lahko ščetke raznih oblik, ki so prilagojene profilom. Za 1 m² močno zarjavele površine porabi delavec ¾ ure, pri manjši zarjavelosti pa je storilnost precej višja.

Strojno čiščenje

Ročno čiščenje lahko gospodarno zamenjamo s stroji, ki odstranjujejo rjo pravzaprav s hitro se menjajočimi udarci. Pri tem mislimo na pnevmatična kladiva in rotacijske ščetke. Ne smemo pa uporabljati orodja, ki bi lahko konstrukcijo poškodovale (dleta). Strojni način čiščenja uporabljamo pri večjih površinah, pri detajlih pa je še vedno potrebno ročno čiščenje. Pred pleskanjem ima ta vrsta čiščenja to prednost, da ne povzroča toliko prahu. Njena slaba stran je ropot. Rotacijske ščetke se hitro izrabijo. Storilnost je le malo večja kot pri ročnem čiščenju.

Peskanje

Kadar hočemo odstraniti močno rjo ali škajo, uporabljamo peskanje. Princip peskanja je v tem, da s pomočjo stisnjenega zraka brizgamo skozi jeklene šobe kremenčev pesek. Ta pa mora biti suh in čist. Pri nečistem kremenčevem pesku pade storilnost tudi na 60%. Na eno šobo potrebujemo približno 2 atm pritiska, peskanje pa je hitrejše pri 3 do 4 atm in več. Storilnost peskanja znaša na velikih ravnih ploskvah 4 m² na uro, pri razčlenjenih konstrukcijah pa 3 m² na uro. Poraba peska je 10 do 15 kg za 1 m² uporabimo pa ga 2 do 3 krat. Na grobo opeskanje površino prime premaz dobro, nanesti pa ga moramo takoj po končanem peskanju. Opeskana površina je groba in hitro rjavi. Ni pravilno, če takoj uporabljamo vroč pesek iz sušilnih peči, ker ta pri peskanju jekleno površino ogreje, pri ohlajevanju pa se na njej nabira kondenzna voda, zaradi katere se zelo hitro pojavi rja.

Če pa uporabljamo mrzel pesek iz kleti, se nam ta v peskalnem aparatu navzame vlage iz stisnjenega zraka in kovina zaradi vlažnega peska prav tako hitro zarjavi. Preden naneseemo premaz, je nujno, da očistimo vso površino prahu. Prav tako ni dopustno,

da bi konstrukcijo barvali, hkrati pa v neposredni bližini peskali, ker bi se sicer prah usedel na sveži premaz. Slaba stran peskanja so velike količine kremenčevega prahu, zaradi katerega lahko zbolijo peskarji na silikozi. Zato morajo biti delavci zavarovani z zaščitno obleko in masko.

Namesto kremenčevega peska lahko uporabljamo tudi korund, jekleni prah ali jeklene kroglice. To pa le v zaprtih prostorih, ker so ti materiali dragi in jih moramo zato večkrat uporabiti.

Plamensko čiščenje

Čiščenje s plamenom kisika in acetilena je novejše in ga že s pridom uporabljajo. Njegova prednost je v tem, da hkrati čisti in suši konstrukcijo. Seveda je treba premaz nanašati takoj po končanem čiščenju. Storitnost znaša 5 m² na uro, vendar je tako čiščenje drago in nevarno za tanjše konstrukcijske dele, ker se lahko deformirajo.

Kemično čiščenje

Tudi kemično čiščenje se vedno bolj in bolj uveljavlja. Posebno pozornost vzbuja fosfatiranje. S pomočjo fosforne kisline se spremeni rja v železov fosfat, ki ne vsebuje več vlage in se tako rja pod novim premazom ne more več širiti. Med drugimi poznamo čiščenje s solno in žvepleno kislino z dodatkom pasivirajočega sredstva, za kar pa so potrebni veliki bazeni. Po obdelavi s kislino je potrebna nevtralizacijska kopel, kljub temu pa še ostanejo v špranjah ostanki kislin, ki naprej razjedajo kovino. Ta zvrst čiščenja je draga in nevarna, ker se delavci lahko zastrupijo. Poleg tega imamo o kemičnem čiščenju še vse premalo izkušenj.

Opleski

Jeklene površine lahko zaščitimo pred korozijo z nemetalnimi ali metalnimi prevlekami. Razlikovati pa moramo temeljni in krovni premaz. Prvi ščiti kovino pred korozijo, drugi pa pred obrabo, vlago in svetlobo.

Zavedati se moramo, da univerzalnega premaza ni in da je zelo važno kaj izberemo glede na uporabnost enega ali drugega premaza. Od premaza zahtevamo, da je obstojen, nepropusten za vodo in pline ter trdno sprijemljiv z jekleno podlogo.

Vrste opleskov

Izmed najstarejših premazov je kot temeljni premaz najboljše prenesel vse preizkušnje svinčev minij, prav tako premazi na bazi svinčevega belila, železnega prahu in cinkovega oksida. Slaba stran svinčevega minija je dolgotrajno sušenje — tudi do 28 dni. V novejšem času smo dobili ftalatni minij, ki je suh v 6 do 8 urah. Razredčila so lahko: bencini, aromati (n. pr. toluol) itd. Bituminozne barve uporabljamo predvsem pri vodnih zgradbah, ker so poceni in v vodi zelo obstojne. V industrijskih področjih niso priporočljive, ker se izlužijo.

Klorkavčuk, polivinilski premazi in DD laki so premazi, ki jih zaradi visoke cene uporabljamo le za specialne namene: klorkavčuk za pomembnejše konstrukcije pri visokih gradnjah, polivinilske premaze pri

občutljivih konstrukcijah vodnih zgradb (zapornice, tesnilne stene, lijaki) in DD lake za notranjost bencinskih rezervoarjev. Slednji bazirajo na umetnih smolah, so zelo elastični in odporni proti mehničnim vplivom. Kot aktivni antikorozijski premazi so predvsem v ZDA zelo razširjeni svinčevi in cinkovi kromati.

Premazi sestojijo iz pigmentov, veziva in razredčila. Za njihovo trajnost in obstojnost je važno, da sta pigment in vezivo v pravilnem razmerju.

Posebno važna je izbira veziva, ker je dokazano, da začne premaz razpadati prav v vezivu.

V stoletni preizkušnji so se dosedaj najbolj obnesle pigmentacije s svinčevga belila. Ta ima v primeri s cinkoksidnim premazom nekoliko mehkejši in prožnejši film. Dobro so se obnesli tudi premazi s pigmenti železovega prahu, ki dajo skupno z bazičnimi pigmenti zelo odporne in dolgotrajne premaze. Ne smemo pa pozabiti na pigmentiranje z aluminijem, ki odbija svetlobo in s tem preprečuje hitro staranje premaza. Ultravioletni žarki namreč zelo škodujejo organskim sestavom premaza.

Ko izbiramo premaz, gledamo predvsem na to, da bo konstrukcija dobro zaščitena pred korozijo. Seveda ne pozabimo pri tem tudi na estetsko plat, ki pa je sekundarnega pomena. V industriji so najbolj priljubljeni temnejši toni, ker so bolj praktični.

Način pleskanja

Seveda pa moramo poleg izbire premaza paziti tudi na pravilno nanašanje. Klasični način nanašanja s čopičem je še vedno najsolidnejši. Za temeljni premaz so najbolj primerni okrogli čopiči, s katerimi ga nanašamo v majhnih krogih, tako, da se premaz dobro sprime s hrapavo podlago. Za nadaljnje premaze uporabljamo široke in mehke čopiče, s katerimi dosežemo enakomeren in gladek film. S čopiči vlečemo vedno v vzporednih smereh, smer tretjega premaza naj bo pravokotna na drugega itd.

Nanašanje z brizganjem je sicer hitrejše, vendar je pri ne gladkih površinah zelo težko doseči enakomeren film. Tudi izgube so večje zaradi delcev, ki se razpršijo v zraku. Omenili smo že, da mora biti jeklena površina popolnoma suha in temperatura ne izpod +5° C. Storitnost premazovanja s čopiči znaša do 100 m²/8h pri konstrukcijah in do 200 m²/8h pri velikih gladkih površinah; pri brizganju se poveča učinek dela pri istih pogojih na 200 oziroma 300 m²/8h. Pri specialnih, t. j. polivinilskih premazih, klorkavčuku in podobnem dosežemo le do 50 m²/8h. Končna debelina premaza naj bo pri vseh vrstah konstrukcij najmanj 120 mikronov.

Debelino premaza merimo šele takrat, ko so nanešeni vsi sloji premaza in sicer z elcometrom, ki deluje po načelu magnetskega polja.

Natančneje merimo z električnimi merilci. Debelino premaza precej lažje nadziramo, če predpišemo porabo premaza na enoto površine. Premazi so lahko redki s porabo okoli 125, gosti s porabo okoli 250 in posebno gosti s porabo do 5000 g/m². Le-te nanašamo z lopatico. Vsak premaz ima tudi svoje tehnične podatke, ki jih lahko s kemično analizo kontroliramo.

Na splošno sodijo, da terjata vzdrževanje in obnova premazov pri jeklenih konstrukcijah precej

denarja in ju zaradi tega večkrat zapostavljajo. Praksa pa je pokazala, da je treba konstrukcije iz drugih materialov prav tako vzdrževati in sicer je včasih to še dražje in tehnično zelo zamotano. Sicer pa več o tem pozneje. Jekleno površino lahko metaliziramo v glavnem na tri načine: potopimo jo v vroči cink temperature 430 do 460°C, z elektrolizo in z brizganjem, pri katerem lahko uporabljamo 2 načina: z žico ali prahom.

Metalizacija

Manjše konstrukcije potopimo v vroči cink, elektroliza pri jeklenih konstrukcijah skoraj da ne pride v poštev, najbolj pa se je uveljavilo brizganje. Za brizganje uporabljamo specialno pištolo, skozi katero potiska stisnjen zrak cinkovo žico (tudi Al). Mešanica disouplina in kisika daje plamen, ki žico topi in stisnjeni zrak meče cinkove mikrodolge s hitrostjo 150 do 200 m/sek na jekleno površino, ki se na njej adhezijsko prilepijo. Adhezija pri debelinah večjih od 200 mikronov zelo hitro pada. Površina jekla mora biti kovinsko čista, kar dosežemo najtemeljiteje s peskanjem, ki da tudi primerno hrapavo površino, in s tem dosežemo boljšo adhezijo. Običajni profil žice je ϕ 3 mm, s katero lahko obrizgamo 4 m² konstrukcij ali 5 m² ravnih in gladkih površin na uro. Pri debelini filma 200 mikronov porabimo za 1 m² površine 1,8 do 2 kg cinka. Pocinkanje z brizganjem je večkrat slabše kakovosti in sicer zaradi: slabega mešanja plinov, presuhega brizganja, vlažne ali nečiste površine. Toleranca pri zahtevani debelini cinkovega filma je lahko ± 20 mikronov. Običajno prekrijemo pocinkano površino s slojem Washprimerja, ki zapolni mikropore in še z dvema slojema krovnega premaza. S tem dosežemo večjo trajnost in če redno popravljamo krovni premaz, lahko vzdrži taka vrsta zaščite do 50 let.

Agresivnost korozije pa lahko občutno zmanjšajo že konstrukterji s primernim oblikovanjem konstrukcije. Praksa je pokazala, da konstrukcije rjavijo najbolj na tistih mestih, kjer se zadržuje voda in nesnaga, oziroma na krajih, ki niso dostopni, da bi jih lahko čistili. Temu se lahko konstrukter s smotno izvedbo konstrukcije v precejšnji meri izogne. Veliko vlogo igra pri tem pogostejše uvajanje varjenih konstrukcij, ki nam dajo gladke površine, s katerih voda hitro odteka. Pozabiti tudi ne smemo, do so površine zakovičenih konstrukcij tudi do 50% večje od varjenih. Tudi storilnost pri premazovanju je pri varjenih konstrukcijah veliko večja zaradi gladkih ploskev. Obnova in vzdrževanje sta preprostejša. Tega bi se morali konstrukterji bolj zavedati. Omeniti moramo še zaprte votle profile, pri katerih je korozija v notranjosti malenkostna zaradi pomanjkanja kisika.

Primer zaščite pri nekaterih objektih

Zaščito proti koroziji so kot pomemben činitelj pri jeklenih konstrukcijah začeli resno upoštevati šele po drugi svetovni vojni. Seveda v precejšnji meri zaradi velikih novih objektov, ki so jih v povojnih letih zgradili v jeklu. Zato so naše izkušnje na področju zaščite proti korozije še majhne.

HE Jablanica

Na objektih HE Jablanica je bilo treba zaščititi pred korozijo 9512 m² jeklenih konstrukcij. Od tega so 6345 m² zaščitili z redkimi in gostimi bitumenskimi premazi v dveh do štirih slojih. Velik del le-teh je bil domačega izvora. Pocinkali so 1436 m² jeklenih površin, zahtevana debelina cinkovega sloja je bila 200 mikronov. Pocinkane površine so opleskali z enim slojem »Washprimerja« in »Cromyvil-Cinchromata« ter dvema slojema Cromyvil-decka (pokrivni). Tako so leta 1954 zaščitili tudi talni izpustni lijak, ki je bil dve leti stalno pod vodo. Ne smemo pozabiti, da sta prvi dve leti pri akumulacijskih centralah najbolj nevarni za jeklene konstrukcije, ker je voda zaradi razpadanja organskih snovi »okužena« s humusno kislino. Med remontom HE Jablanica, v jeseni 1956, smo pregledali premaz. Bil je popolnoma zdrav, le tam, kjer je bila neka manjša mehanična poškodba, ga je načela rja.

Vse jeklene površine na objektih HE Jablanica so bile opeskane. Najbolje se je obnesel drugič uporabljeni kremenčev pesek. Nov pesek je namreč pregrob in ne more dobro očistiti drobno hrapave jeklene površine. Prav lepo so peskali z mešanico novega in že dvakrat ali trikrat rabljenega peska. Na gradbišču je bilo težko loviti pesek za ponovno uporabo. Spočetka je kompresor s stisnjenim zrakom oddajal preveč kondenzne vode, pesek je postal vlažen, opeskana površina je že v kratkem času zarjavela. Izvajalec si je nato pomagal z majhnim kotličkom, v katerem se je zrak znebil vodnih hlapov in olja, preden je prišel v peskalni aparat. Za dobro storilnost in dobro peskanje je bil pri 150 do 250 m oddaljenem kompresorju za dve šobi potreben zračni pritisk 5 do 6 atm. Izvajalca zaščite proti koroziji so ovirali pri delu tudi čopiči, kajti teh pri nas res dobro izdelanih ni dobiti. Vsak sloj premaza je bil drugačne barve, ker je tako olajšano delo in nadzor (n. pr. prvi sloj črn, drugi rdeč, tretji črn).

Pocinkanje bi lahko šlo hitreje od rok, če bi bilo na razpolago dovolj brizgalnih pištol, te so namreč uvožene in zelo drage. Letos bodo verjetno izdelali prve domače pištole za pocinkanje pod nadzorstvom Društva za zaščito materiala LRS. Domača žica še ni ustrezala, ker ni imela enakomernega profila in je pogosto povzročala zastoje v pištoli. Cink so brizgali na kvadratne površine 25 × 25 do 30 × 30 cm v več slojih, pri čemer so bile smeri nanašanih slojev pravokotne. Plamen pri cinkanju ni smel biti preslab, ker je bila sicer struktura nabrizganega cinka pregroba, pri premočnem plamenu pa se je cink prežgal. Na nekaterih mestih je bilo očitno, da adhezijska moč cinka z večjo debelino sloja hitro pada. Posebno v srednjem izpustnem lijaku je bilo delo zelo težko, ker ni bilo mogoče ohraniti površin suhih. Tam se je najbolj pokazalo, da je cinkanje in premazovanje (Washprimer, Cromyvil, Cinchromat in Cromyvil-deck) na vlažno površino brez haska. V kratkem času so se pojavili večji in manjši mehurčki, ki so kazali, kje je bila podlaga mokra. Otežkočena je bila tudi preskrba z disouplinom in kisikom, ker je primanjkovalo jeklenk. Teh pa je bilo treba precej, ker se je izvajalec oskrboval iz Ruš, ozi-

roma iz Splita. Prav tako je oviralo redno delo neredno dobavljanje peska.

Za izvedbo premazov pri tlačni cevi I in II so skonstruirali poseben voziček z gumijastimi kolesi, ki so ga spuščali v poševni del cevi. Iz tega vozička so lahko peskarji in pleskarji zadovoljivo opravljali svoje delo. Precej dela je bilo s čiščenjem prahu, ki se je med peskanjem usedel na posušeni premaz. Izvajalec je peskal le takrat, kadar se je premaz že toliko posušil, da se ni prah z njim sprijel.

Investitor HE Jablanica se je že prav od začetka zavedal, kako pomembna je solidna in kvalitetna zaščita proti koroziji in je skrbno nadzoroval ves potek dela. Izvajalec je zaščito z mladimi kadri solidno izdelal, seveda bo pa šele čas dokazal resnično kakovost in trajnost.

HE Mavrovo

HE Mavrovo je tudi eden izmed velikih objektov kapitalne izgradnje. Neka inozemska tovarna je dobavila montažne dele tlačne cevi in se je pogodbeno obvezala, da bo izvedla tudi zaščito proti koroziji in sicer: peskanje in dva premaza v tovarni, tretji premaz pa na gradbišču. Ugotovljeno pa je bilo, da so bili nekateri montažni deli cevi slabo opeskani. Na gradbišču je namreč začel odstopati oplesk s škajasto podlago. Prav tako so bile skoraj vse cevi zarjavele, pa tudi pod premazom, ki je bil na oko dober, je bilo lahko opaziti rjo. Vzrokov za to je po vsej verjetnosti več. V tovarni so po končanem peskanju cevi predolgo čakale na premaz, ki ga je treba sicer takoj nanašati. Površine so medtem zarjavele ali pa postale vlažne. Prav tako ni premaz 40 do 50 mikronov dovolj debel, da bi prekril grobo jekleno površino. Rja je lahko načela površino skozi pore že med prevozom in vskladiščenjem. Pripomniti moramo, da so bile cevi vskladiščene v Gostivarju tudi pol leta in več. Bitumenski premazi pa niso dovolj odporni za veliko vročino in hud mraz. Prav tako so premalo pazili pri montaži in varjenju cevi (mehanične poškodbe, hoja v okovanih čevljih po cevi in podobno). Poleg tega je v rovu ponekod močno agresivna voda, ki korodira zunanjo stran kablrane cevi. Pri vseh hidrocentralah bi bilo treba poprej vsestransko analizirati vodo. Tako dobimo važne podatke, ki jih s pridom uporabimo pri izbiri zaščite proti koroziji.

Švicarski strokovnjak ing. P. Colomb je predlagal takole popravilo:

Vse zunanje kablrane površine naj bi očistili z rotacijskimi ščetkami, potem pa premazali s štirikratnim bituminoznim premazom, z dodatkom polivinila (250 g premaza na 1 m² za en sloj), notranjost cevi opeskali in enkrat premazali z bituminoznim svinčenim minijem (250 g na m²), na to pa nanесли štirikratni bituminozni premaz v menjajočih barvah. Za mesta kamor kaplja na tlačno cev močno agresivna voda, je predlagal ing. P. Colomb kot najcenejšo zaščito salonitno streho.

HE Moste

V juniju 1956 so pregledali tudi tlačno cev HE Moste, ki je obratovala takrat že več kot tri leta. Omeniti moramo, da so vso površino le ročno čistili. Ves premaz je bil pokrit s tenko plastjo finega blata, izgubil je sicer na elastičnosti, njegova trdnost in sprijemnost z jekleno podlago pa je bila še kljub temu velika. Pod premazom je bila fina rja, ki pa se zaradi neporoznosti filma ni mogla razširjati. Zanimivo bi bilo pregledovati tlačne cevi hidrocentral vsaj enkrat na leto.

Mostovi

Pri ogledu nekaterih jeklenih mostov v Sloveniji, ki so bili zgrajeni v letih 1905 in 1906 in so torej stari več kot 50 let, smo lahko ugotovili več zanimivosti. Vsi konstruktivni deli mostu, ki ležijo nad voziščem, so kot novi, če tudi je premaz star 10 in več let. Močno pa so prizadeti nekateri deli pod voziščem, kjer se nabira nesnaga in v njej voda. Po eni strani je temu kriva konstruktivna izvedba, po drugi strani pa premalo pazimo na to, da bi mostove redno čistili. Prav gotovo pa tudi to ni gospodarno, da na novo opleskamo ves most s kvadraturu n. pr. preko 1000 m², če je na vsem mostu največ 10% površine zarjavele. Prav tako se pravi zapravljati družbeni denar, če opravljamo zaščitna dela na mostovih v dežju, pozimi, v mrazu in snegu, če površine pred premazovanjem pomanjkljivo očistimo in podobno.

Zaključek

Pravilna in strokovna zaščita proti koroziji je zelo važen faktor pri jeklenih konstrukcijah, a jo kaj radi prepuščamo raznim nestrokovnim izvajalcem. Često se dogaja, da je samo krovni premaz lepo izdelan, ostanki rje in umazanije pa se nadaljujejo z razdiralnim delom pod filmom. Zavedati se moramo, da je namen pleskanja jeklenih konstrukcij v prvi vrsti zaščita pred korozijo; estetska stran je šele drugotnega pomena. Pogosta napaka pri zaščiti je naglica, ki pa ima žalostne posledice. Mnogo truda in denarja bi prihranili s stalnimi popravili, v krajših časovnih razdobjih. Izkušnje v inozemstvu kažejo, da je lahko premaz, pri kvalitetni izvedbi in ob stalnih popravilih, dolgotrajna zaščita. Tako n. pr. pri mostovih in visokih gradnjah dosežemo življenjsko dobo premaza do 25 let, če pa je osnova pocinkana, je lahko ta doba dvojna. Seveda pa moramo premaz na pocinkano površino takoj popraviti, kakor hitro se posveti pocinkana podlaga. Večkrat lahko opazimo, da jeklene konstrukcije ne uživajo zaupanja prav zaradi korozije, kar pa je zmotno, ker je to le posledica prej navedenih pomanjkljivosti. Dolgoletna praksa je pokazala, da je potrebno vzdrževati tudi konstrukcije iz ostalih materialov in pri tem ne smemo pozabiti, da so take sanacije večkrat zelo drage in tehnično težko izvedljive.

S. Ogrizek, ing. civ.

Protection des charpentes métalliques contre corrosion

Après une introduction générale l'article expose toutes les méthodes de nettoyage appliquées à présent. Un nettoyage radical est la condition préliminaire pour une protection anticorrosive de la surface du métal. Sur une telle base nettoyée des peintures peuvent être appliquées en manières variées choisies selon le type de la charpente. Une protection durable contre la corrosion peut être obtenue par la métallisation de plus en plus appliquée. Une protection contre corrosion classique fut effectuée, sur les objets de la centrale hydroélectrique à Jablanica, tandis qu'on ne peut pas prétendre le même pour la centrale hydroélectrique de Mavrovo. L'inspection de la conduite forcée de la centrale hydroélectrique de Moste, déjà 3 ans en opération, est mentionnée. Enfin quelques observations critiques concernant les peintures des ponts en acier en Slovénie sont ajoutées.

S. Ogrizek, civ. eng.

Protection of Metal Structures Against Corrosion

After a general introduction the article deals with all in the present time applied cleaning methods. A thorough cleaning is the first requirement for a good protection of metal surface against corrosion. On such a cleaned base paints may be applied in various ways, chosen according to the type of struc-

ture. A durable protection against corrosion, however, can be obtained by metallisation, which more and more is applied. A classical protection against corrosion was carried out at the structures of the hydroelectric plant of Jablanica, whereas for the hydroelectric plant of Mavrovo this can not be asserted. The inspection of the penstock at the hydroelectric plant Moste operating already 3 years, is mentioned. Finally some critical notes on the maintenance of paints on steel bridges in Slovenia are added.

Dipl. Ing. Sl. Ogrizek

Schutz der Metallkonstruktionen vor Korrosion

Nach allgemeiner Einleitung werden im Artikel alle heute üblichen Reinigungsmethoden behandelt. Qualitätsvolle Reinigung ist die Vorbedingung für einen guten Schutz der Metalloberflächen vor Korrosion. Auf solche gereinigte Unterlage können Anstriche auf verschiedene Weise aufgetragen werden, die natürlich nach Art des Objektes auserwählt werden. Ein dauerhafter Korrosionsschutz kann aber mit Metallisation erreicht werden, die immer mehr angewandt wird. Ein mustergiltiger Korrosionsschutz wurde bei den Objekten des Wasserkraftwerkes Jablanica durchgeführt, was aber bei dem Wasserkraftwerk Mavrovo nicht der Fall ist. Erwähnt ist die Besichtigung des Druckrohres des Wasserkraftwerkes Moste nach 3 jährigem Betrieb. Zum Schluss sind noch einige kritische Bemerkungen über die Erhaltung der Anstriche auf Stahlbrücken in Slovenien beigefügt.



V O Š N J A K O V A U L I C A 8 a

P R O J E K T I R A

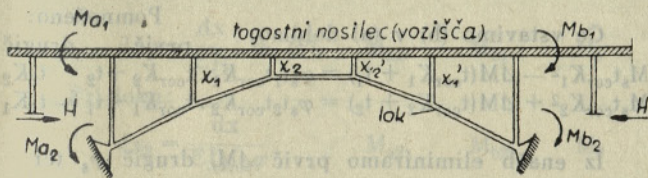
I N I Z V R Š U J E

V S E V R S T E I N Ž E -

N I R S K I H Z G R A D B

Študij prijemov za poenostavitev statičnega preračunavanja kombiniranih ločnih konstrukcij

Pod nazivom kombinirane ločne konstrukcije si predstavljamo ločno konstrukcijo, ki je z vertikalami povezana s konstrukcijo vozišča ter z njo v statičnem pogledu sodeluje. Povod za navedeni študij je dala konstrukcija mostu čez Savo na cesti Lesce—Bled, katere shema je podan v tej sliki:

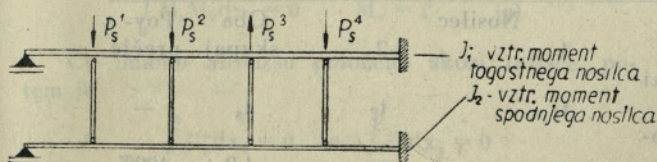


Sl. 1

Konstrukcija kot celota je na zunan 5-krat statično nedoločena, na znotraj pa še n-krat, konkretno 4-krat, kolikor vertikalnih palic veže konstrukcijo vozišča s konstrukcijo loka. Po klasičnem načinu bi morali nastaviti za reševanje vsakega obtežbenega slučaja skupno 9 enačb z 9 neznankami, kar je za vsakdanjo prakso seveda neizvedljivo. Ne samo pravica, ampak tudi dolžnost konstrukterja je, poiskati pota, s katerimi si bo delo skrajšal, poenostavil, pri čemer bo možna enostavna kontrola dobljenih rezultatov. Pri reševanju mnogokrat statično nedoločenih konstrukcij s serijo enačb ter serijo neznank je vprav ta kontrola sorazmerno težka, ter često ni mogoče najti napak, ki so se vkradle v komplicirane računске postopke.

V tem članku obravnavane poenostavitve obsegajo predvsem dokazno gradivo za načelno pravilo, da se vsi upogibni momenti, ki se pojavljajo na celotni konstrukciji dele na upogibne momente loka in upogibne momente togostnega nosilca (voziščne konstrukcije) v razmerju togosti obeh elementov. V kolikor nastopajo pri tej idealni delitvi motnje, bodo tudi te obdelane v tem članku. Dokazi bodo izvedeni na poenostavljenih primerih.

1. primer: Dva ravna nosilca podobne oblike toda vsak različne togosti sta povezana med seboj s členkastimi vertikalnimi palicami. Obremenitve poljubne velikosti P_s so koncentrirane v vozliščih.



Sl. 2

Ležiščni pogoji so za oba nosilca enaki.

- s_1 ... povesek togostnega nosilca,
- s_2 ... povesek spodnjega nosilca.

Predpostavljamo, da se vertikalne vezi pod delovanjem osnih sil ne stisnejo nič (dejansko stisnjene zanemarimo, ker je sorazmerno malo). Oba nosilca morata imeti enake poveske. Matematično je:

$$s = \int \frac{M}{EJ} dx.$$

Če je $s_1 = s_2$, potem je

$$\int \frac{M_1}{E_1 J_1} dx = \int \frac{M_2}{E_2 J_2} dx.$$

kar pomeni:

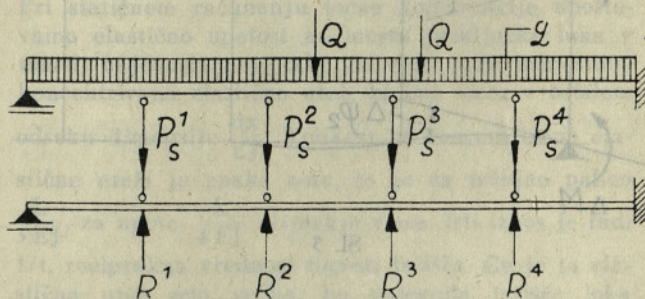
$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{J_1}{J_2} \dots (1)$$

Razmerje se najenostavneje izrazi v odstotkih: α_1 % gor, α_2 dol, $\alpha_1 + \alpha_2 = 100$ %

$$K_2 = \frac{J_1}{J_1 + J_2} \quad K_1 = \frac{J_2}{J_1 + J_2}$$

V navedenem razmerju lahko tudi razdelimo sile P_s^n na sile P_1^n in P_2^n . Sile P_1 delujejo na zgornji nosilec, P_2 na spodnjega. Vse to velja dokler so sile koncentrirane v vozliščih, dokler je vztrajnostni moment obeh nosilcev stalen, ter dokler so ležiščni pogoji enaki.

2. primer: Ista konstrukcija kot zgoraj, le obremenitve nastopajo v poljih, namesto v vozliščih z obtežbo Q in q .



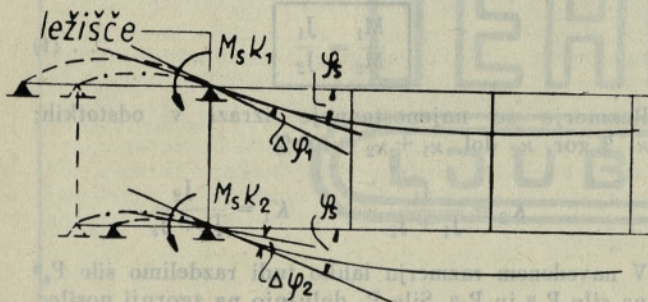
Sl. 3

Zamislimo si, da je vsako vozlišče podprto s posebno podporo, ki se nahaja točno pod vsako vertikalo. V togostnem nosilcu dobimo tedaj upogibne momente, ki točno ustrezajo kontinuirnemu nosilcu, v katerega rešitev se tu ne bomo spuščali. Spodnji nosilec ostane neobremenjen, brez upogibnih momentov. Če nato spodnje podpore odstranimo, smo dejansko obremenili celotni sistem z akcijo sil P_s , ki so enake odstranjenim reakcijam R_n .

Tudi drugi slučaj rešujemo po principu superpozicije dveh napetostnih stanj. Prvo je napetostno stanje kontinuirnega nosilca preko nepodajnih vertikalnih podpor. Drugo je napetostno stanje, kombinirane konstrukcije, kot je izračunana v prvem slučaju,

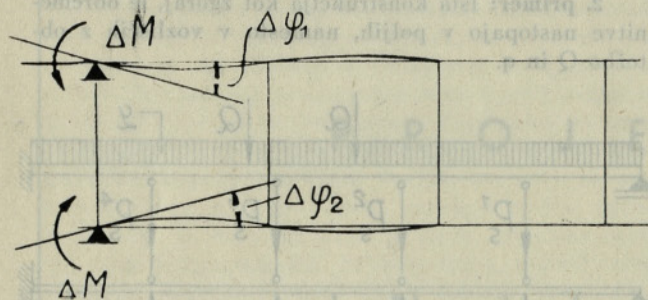
s tem da nastopajo kot obremenitvene sile reakcije prvega napetostnega stanja.

3. primer: Oba nosilca nimata enakih končnih pogojev, eden morda večjo, drugi manjšo upetost. Ta slučaj bomo reševali zopet tako, da bomo za osnovo vzeli konstrukcijo, ki ima enake robne pogoje, torej enake končne zasuke, velikost upetosti pa sorazmerno togostim samega nosilca (A). H tej enostavni rešitvi bomo superponirali rešitev dodatnega zasuka na ležišču z manjšo upetostjo ter dodatnega zasuka nazaj na ležišču z večjo upetostjo (B). Povprečni zasuk (φ_s) bo izbran v taki velikosti, da bosta dodatna upetostna momenta (ΔM), ki korigirata prvotni zasuk, popolnoma enaka, s čemer pa dodatna zasuka ($\Delta\varphi_1$, $\Delta\varphi_2$) ne bosta enaka, temveč v obratnem razmerju togosti nosilcev. V sledečem bodo izvedene formule za določitev takozvane »povprečne« upetosti, ter formula za določitev razlike v upetostnih momentih (ΔM).



Sl. 4

Slučaj (A) se rešuje po zgledu primera 1.



Sl. 5

Slučaj (B) se rešuje kot kontinuirni nosilec, obremenjen v ležišču z dodatnim momentom ΔM . To je mogoče pod pogojem, da je ΔM spodaj in zgoraj po velikosti enak, toda obratnega predznaka.

Izvajanja:

a) Upetostni moment je enak togosti ležišča pomnožen z zasukom:

$$M_1 = t_1\varphi_1$$

$$M_s K_1 - \Delta M = t_1\varphi_s + t_1\Delta\varphi_1$$

$$M_2 = t_2\varphi_2$$

$$M_s K_2 + \Delta M = t_2\varphi_s - t_2\Delta\varphi_2$$

b) Razlika momentov ΔM je enaka korekcijski togosti nosilcev, pomnoženi z razliko v zasukih:

$$\Delta M = \Delta\varphi_1 \cdot t_{cor} K_1 \quad \Delta M = \Delta\varphi_2 \cdot t_{cor} K_2$$

Če vstavimo (b) v (a) dobimo: Pomnoženo: prvič drugič

$$M_s t_{cor} K_1^2 - \Delta M (t_{cor} K_1 + t_1) = \varphi_s t_1 t_{cor} K_1 \cdot t_{cor} K_2 + t_2 \quad t_2 K_2$$

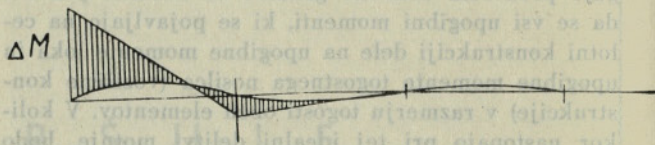
$$M_s t_{cor} K_2^2 + \Delta M (t_{cor} K_2 + t_2) = \varphi_s t_2 t_{cor} K_2 \cdot t_{cor} K_1 + t_1 - t_1 K_1$$

Iz enačb eliminiramo prvič ΔM , drugič φ_s ter dobimo:

$$t_s = \frac{M_s}{\varphi_s} = \frac{t_{cor} K_1 K_2 (t_1 + t_2) + t_1 t_2}{t_{cor} K_1 K_2 + K_1^2 t_2 + K_2^2 t_1} \dots (2)$$

$$\Delta M = M_s \frac{(t_2 K_1 - t_1 K_2) t_{cor} K_1 K_2}{t_{cor} K_1 K_2 (t_1 + t_2) + t_1 t_2} \dots (3)$$

Praktični postopek statičnega računanja predvideva normalno najprej izračun notranjih sil, ki delujejo na oba nosilca skupaj. Pri tem je treba upoštevati nadomestno togost ležišča, ki jo izračunamo po formuli (2). Dobljene upogibne momente vključno upetostne momente delimo po formuli (1) na zgornji in spodnji nosilec, po koeficientih α . Na tako dobljene rezultate, ki predstavljajo rešitev po skici (A), superponiramo vpliv diferenčnega momenta ΔM , po diagramu skice (B). Ta diferenčni moment ne vpliva le na upetostne momente, temveč se prenaša po obeh nosilcih po zakonitosti kontinuirnega nosilca.



Sl. 6

4. primer: Spodnji nosilec ima poligonarno obliko, ali ločno obliko, gre za konstrukcijo loka s togostnim nosilcem.

Tabelarni pregled oznak:

Togost ležišča, to je upogibni moment na kraju, ki je potreben za zasuk = 1

Razdelilni koeficient deformacij in upogibnih momentov

Zasuk ležišča

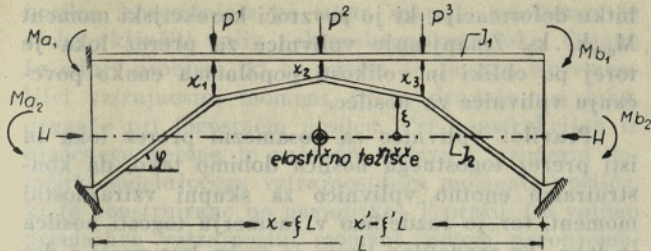
Izraženo z razliko v zasukih $\Delta\varphi_1$, $\Delta\varphi_2$

Končni upetostni moment

Izraženo z razliko v momentih ΔM

Korekcijska togost obeh nosilcev = moment, ki je potreben za zasuk v ležišču 1

Nosilec	1	2	Oba skupaj	Povprečje
	t_1	t_2	t_s	—
	α_1	α_2	1,0	100%
	φ_1	φ_2	—	φ_s
	$\varphi_s + \Delta\varphi_1$	$\varphi_s - \Delta\varphi_2$	—	—
	M_1	M_2	M_s	—
	$M_s K_1 - \Delta M$	$M_s K_2 + \Delta M$	M_s	—
	$M_{cor} K_1$	$M_{cor} K_2$	M_{cor}	—



Sl. 7

Oznake:

Pri togostnem nosilcu:

$$dx_1 = \frac{dx}{EJ_1}, \quad m_1(P), \quad M_{a1}, \quad M_{b1}, \quad M_1$$

Pri loku:

$$dx_2 = \frac{dx}{EJ_2 \cos \varphi}, \quad M_{a2}, \quad M_{b2}, \quad M_2$$

Za oba skupaj:

$$dx_s = \frac{dx}{E(J_1 + J_2)}, \quad M_{a1}, \quad M_{b2}, \quad M_a$$

Upogibni momenti nosilca:

$$M_1 = m(P) - m(X) - M_{a1}\xi' - M_{b1}\xi \quad (a_1)$$

Upogibni momenti loka:

$$M_2 = m(X) - M_{a2}\xi' - M_{b2}\xi - H\zeta \quad (a_2)$$

Na zunaj je konstrukcija petkrat statično nedoločena. Za izračun nedoločenih neznank: H , M_{a2} , M_{b2} , M_{a1} , M_{b1} se poslužimo zakona o virtuelnem delu, ter z njim realiziramo pogoje, da je razmak spodnje konstrukcije enak 0, ter da so vsi zasuki ležišč loka in togostnega nosilca enaki 0. Pri pogojih, da so elastične uteži na enoto abscise pri loku in pri togostnem nosilcu podobne po danem sorazmerju — ponavadi imamo ali vsaj predpostavimo konstantne — veljajo sledeča sorazmerja:

$$M_s = \frac{M_1}{K_1} = \frac{M_2}{K_2}, \quad M_{as} = \frac{M_{a1}}{K_1} = \frac{M_{a2}}{K_2}, \quad M_{bs} = \frac{M_{b1}}{K_1} = \frac{M_{b2}}{K_2} \quad (b)$$

Če delimo enačbe (a₁) in (a₂) z K_1 odnosno K_2 , dobimo:

$$m(X) = m(P) \cdot K_1 + H \cdot \zeta \cdot K_1 \quad (c) \quad \text{in}$$

$$M_2 = m(P)K_2 - H\zeta K_2 - M_{as}\xi' K_2 - M_{bs}\xi K_2 \quad \text{odnosno}$$

$$M_s = m(P) - H\zeta - M_{as}\xi' - M_{bs}\xi \quad (d)$$

Pogoj za horizontalni pomik je 0 je sledeč:

$$\int_a^b M_s M_v dx_s = 0, \quad M_v = \zeta \quad (e)$$

Če imamo abscisso položeno skozi težišče, potem je

$$\int_a^b \xi' \zeta dx_s = 0 \quad \text{in} \quad \int_a^b \xi \zeta dx_s = 0$$

in

$$H = \frac{\int_a^b m(P)\zeta dx_s}{\int_a^b \xi^2 dx_s} \quad (4)$$

Uspešnostne momente M_{as} in M_{bs} določimo kot za polnoupeti nosilec, neodvisno od H , če je abscissa v težišču.

$$\begin{aligned} M_a \int_a^b \xi'^2 dx_s + M_b \int_a^b \xi \xi' dx_s &= \int_a^b m(P)\xi' dx_s \\ M_a \int_a^b \xi \xi' dx_s + M_b \int_a^b \xi^2 dx_s &= \int_a^b m(P)\xi dx_s \end{aligned} \quad \dots (5)$$

Rezultat: Enačbe (4) in (5) so povsem identične z enačbami, ki so uvedene za izračun navadnega polnoupetega loka. Razlika je le v tem, da se za osnovo jemlje skupni vztrajnostni moment loka in nosilca. Dobljeni končni upogibni momenti pa se razdele na lok in nosilec v razmerju njih togosti. To velja tudi tedaj, če vztrajnostni moment loka in nosilca variira, toda v obeh elementih po istem zakonu, tako, da je razmerje obeh vztrajnostnih momentov stalno enako. Če pa to razmerje variira, potem rešitev ni točna, ter nudi le približni rezultat.

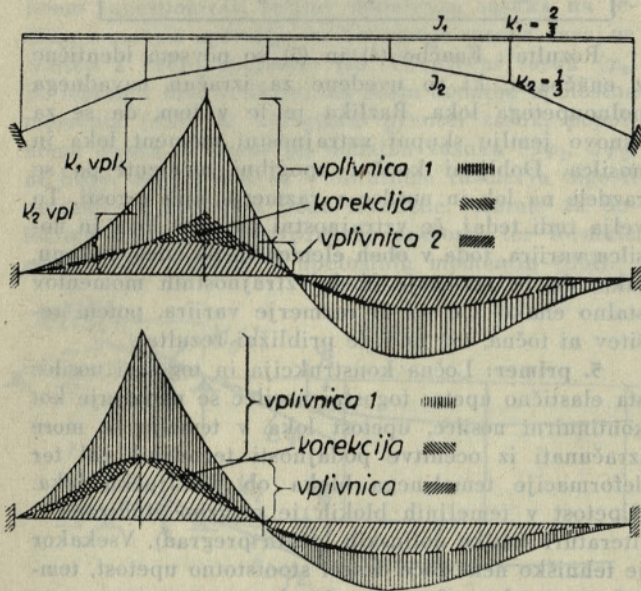
5. primer: Ločna konstrukcija in togostni nosilec sta elastično upeta: togostni nosilec se nadaljuje kot kontinuirni nosilec, upetost loka v temelju se more izračunati iz ocenitve podajnosti temeljnih tal ter deformacije temeljnega bloka ob priključku loka. (Upetost v temeljnih blokkih je obširno študirana v literaturi statike dolinskih ločnih pregrad). Vsekakor je tehniško nemogoče doseči stoostotno upetost, temveč samo zelo močno, skoraj polno upetost.

Elastičnost upetosti označujemo bodisi z znakom ε , ki nam pove, kako velik zasuk nastane v opornem elementu pod vplivom upetostnega momenta enotne velikosti. Za nas je ponavadi bolj praktična oznaka togosti opornega elementa t , ki nam pove, kako velik upetostni moment je potreben, da se izvrši v temelju ali v ležišču nosilca zasuk velikosti 1. $t = 1/\varepsilon$. Pri statičnem računanju ločne konstrukcije upoštevamo elastično upetost na mestu priključka loka v temelj najenostavneje tako, da v tej točki namestimo koncentrirano elastično utež, ki ima sicer v ostalem

odseku dimenzije $\frac{dx}{EJ}$. Velikost te koncentrirane elastične uteži je enaka ε -nu, to je za tečajno palico $\frac{L}{3EJ}$, za upeto $\frac{L}{4EJ}$ ali nekje vmes. Isti iznos je tudi $1/t$, recipročna vrednost togosti ležišča. Če je ta elastična utež zelo velika, bo potegnila težišče loka niže, tem niže, čim manjša bo upetost. Pri tečajni izvršitvi ležišč je togost o elastična utež ∞ velika, težiščnica poteka skozi tečaje. Če pri kombinirani ločni konstrukciji računamo s kombiniranim vztrajnostnim momentom $J_1 + J_2$, s kombiniranimi elastičnimi utežmi $\frac{dx}{J_1 + J_2 \cos \alpha}$ potem je treba vzeti v račun tudi kombinirano elastično togost ležišča, izračunano po formuli (2).

6. primer: Konstrukcija vplivnice za upogibni moment v poljubnem prerezu. Dejstvo, da lahko pri namestitvi posameznega bremena izračunamo upogibne momente s tem, da upogibne momente kombinirane kombinirane konstrukcije razdelimo v razmerju togosti na nosilec in lok nam že sugerira misel, da bi tudi vplivnico za celokupno (kombinirano) ločno konstrukcijo delili v dva dela v razmerju togosti, ter s tem dobili vplivnice za

prerez togostnega nosilca in vplivnico za prerez loka. V kolikor gre za posamezne prereze izven vertikal, ali tudi tik ob njih, bo treba izvesti še korekcijo z vplivnico za kontinuirni nosilec preko nepodajnih podpor na vertikalah. Dokaz za ta način konstrukcije bo izveden na podlagi konstrukcije vplivnic po Maxwellovem zakonu: Vplivnica za upogibni moment v danem prerezu je deformacijska črta, ki pripada obremenitvi opazo-



Sl. 8

vanega prereza z dvosmernim vrtilnim momentom take velikosti, da se izvrši zlom nosilca na prerezu za velikost 1.

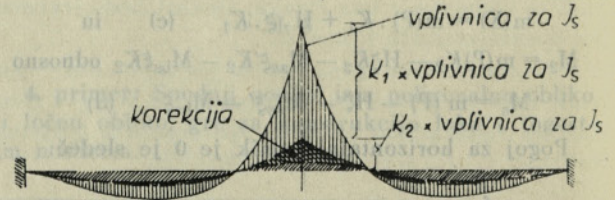
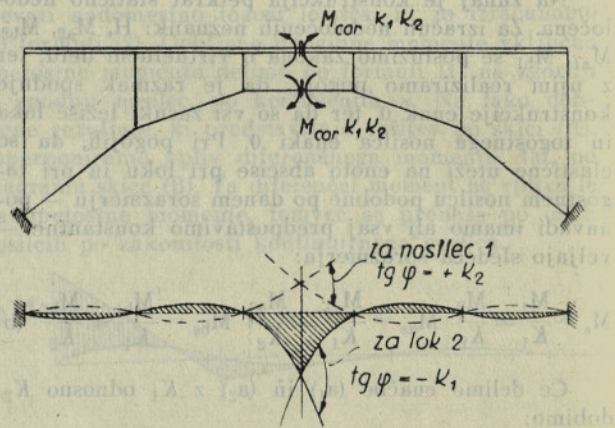
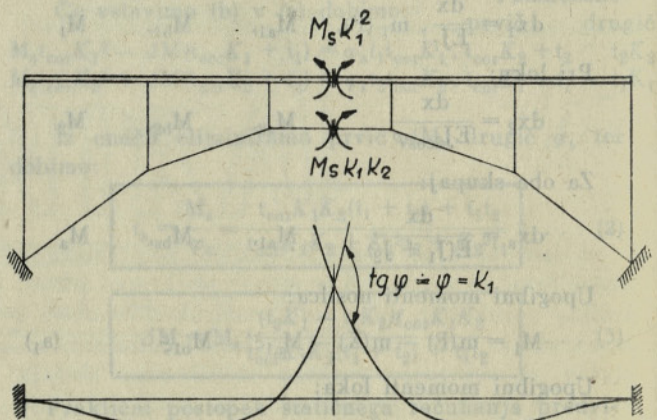
Zlom zgornjega nosilca bomo sestavili iz dveh zlomov. Prvi zlom (A) za iznos kota $\varphi = \alpha_1$ se bo izvršil vzporedno na zgornjem in spodnjem nosilcu z dvema momentoma: $M_s \cdot \alpha_1^2$ zgoraj in $M_s \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2$ spodaj. Nato bomo namestili enako veliki korekcijski moment: spodaj v obratnem smislu, zgoraj v istem smislu. Velikost obratnega loma (B) zaradi tega korekcijskega momenta na spodnjem nosilcu bo enaka točno $-\alpha_1$. Pri isti velikosti momenta v zgornjem togostnem nosilcu bo ta zasuk znašal $(-\alpha_1 \cdot \frac{\alpha_2}{\alpha_1} = \alpha_2)$.

Končni zasuk zgornjega nosilca bo tedaj enak $\alpha_1 + \alpha_2 = 1$, končni zasuk spodnjega: $\alpha_1 - \alpha_1 = 0$. Vplivnica je torej pravilna. Korekcijski moment bo imel velikost: $M_{cor} k_1 \cdot k_2$, če predstavlja iznos M_{cor} moment, ki je pa potreben, da zasučje oba kontinuirna nosilca za kot $\varphi = 1$ ($J_s = J_1 + J_2$).

Če iščemo vplivnico za prerez loka, potem postopamo analogno: Najprej izvršimo deformacijo obeh nosilcev z momentom: zgoraj $M_s k_1 k_2$ spodaj $M_s k_2^2$. Pri tem dobimo zgoraj in spodaj enak lom velikosti $\varphi = k_2$. (A). Nato korigiramo dobljene deformacijske linije z korekcijskim momentom iznosa $M_{cor} k_1 k_2$, tako, da dobi nosilec zgoraj obratnosmiselni lom velikosti $\varphi = -k_2$, lok pa dodatni lom velikosti $\varphi = k_1$ (B). Vplivnica za prerez v loku je deformacijska linija togostnega nosilca, kajti po njem potuje breme, lom pa je bil izzvan na samem loku. Končna vplivnica je enaka: vplivnici za celotni zasuk 1 pomnoženi z razdelilnim koeficientom za lok (k_2), po od-

bitku deformacije, ki jo povzroči korekcijski moment $M_{cor} k_1 \cdot k_2$. Zmanjšanje vplivnice za prerez loka je torej po obliki in velikosti popolnoma enako povečanju vplivnice za nosilec.

Pravilo: Vplivnico za posamezni prerez loka in isti prerez togostnega nosilca dobimo tako, da konstruiramo enotno vplivnico za skupni vztrajnostni moment, ter jo razdelimo v razmerju togosti nosilca in loka. To razdelilno linijo je treba korigirati z dodatno vplivnico za kontinuirni nosilec preko nepodajnih podpor, tako, da se ost na direktno obremenjenem elementu poveča na polni kot 1, ost na neobremenjenem vzporednem nosilcu pa izgubi.



- ||||| vplivnica za nosilec
- ////// vplivnica za lok
- ||||| korekcija

Sl. 9

Zaključek

Spredaj navedena izvajanja nam problematiko kombiniranih ločnih konstrukcij bistveno poenostavljajo. S tem so seveda rešeni le primeri, v katerih se vztrajnostni moment loka in vztrajnostni moment

nosilca izpreminjata po istem zakonu, pri čemer je treba vključiti vpliv naklonskega kota loka. Ostane še odprt problem, ki se pojavi če imamo izpremenljivi vztrajnostni moment, in to drugače pri loku, drugače pri togostnem nosilcu. Pri konstrukcijah iz ojačenega betona je največja težava v primerni določitvi sodelujočega vztrajnostnega momenta vozišča, ki je konstruirano po navadi kot T profil. Če volimo premajhen vztrajnostni moment, potem preobremenjujemo lok, podajamo pa se v nevarnost pokanja nosilca, ki je dejansko močnejši od računske predpostavke. Toda, ali nismo doslej delali še neprimerno večje napake, ko togostnega nosilca sploh nismo upoštevali, sodeluje pa vsekakor v polni meri z lokom, le da to ni računsko upoštevano? In vendar nismo opazili na nosilcih nekih opaznih razpok! Narava ima

še svoje zakone minimalnega dela, ki usmerja napestost tja, kjer je več gradiva in boljše gradivo, ter razbremenjuje šibkejše dele konstrukcije. Kaj pa če volimo zelo velik vztrajnostni moment vozišča? Potem se nam bodo pojavile težave pri dimenzioniranju proti negativnim upog. momentom, ker je tlačni spodnji pas T profila ponavadi šibek. Postopali bi tudi negospodarno, ker ne bi dovolj izkoristili nosilnosti samega loka, ter bi po nepotrebnem trošili armature.

Upoštevanje sodelovanja vozišča z lokom nas vsekakor vodi k načinu statičnega preračunavanja, ki se bolj približuje verjetnemu razporedu notranjih sil, kot je bilo to doslej v navadi. Glavna prednost tega načina pa je v dejstvu, da nam omogoča projektiranje cenejših in estetsko ugodnejših mostov.

S. Lapajne, ing. civ.

Traité de la simplification de calcul des constructions d'arc combinées

L'article donne la preuve de la validité de la loi fondamentale selon laquelle les moments de flexion de la construction entière sont distribués sur l'arc et sur la poutre d'après la relation de la rigidité des deux éléments sous la condition que la loi de variation du moment d'inertie de l'arc et de la poutre soit égale. L'article traite encore les cas spéciaux suivants: L'influence de l'emplacement de la charge verticale sur un lieu quelconque. L'influence de l'inégalité des conditions d'appui c'est-à-dire des encastremens différens de l'arc et de la poutre à l'aide d'un encastrement substituant uniforme où à côté de la solution fondamentale une solution correctrice doit être ajoutée. La manière de la construction des lignes d'influence à la base de la ligne d'influence fondamentale uniforme, se divisant d'après la loi de rigidité. En outre une ligne d'influence de correction dépendante du lieu de la section transversale est ajoutée.

S. Lapajne, civ. eng.

A Treatise on Simplification of Combined Arch Structure Calculus

The article proves the validity of the fundamental rule in which the bending moments of the whole structure are distributed on the arch and on the beam according to the stiffness of both units under the condition that the legality referring to the variation of the moment of inertia of the arch and the beam remains equal. The article deals still with fol-

lowing special cases: Influence of locating the vertical load at any place. Influence of inequality of support conditions i. e. of different fixed-end conditions of arch and beam by means of a substitution uniform elastic fixing where a corrective solution to the original solution has to be added. The manner of influence line construction on the basis of the fundamental uniform influence line which is divided according to the rule of stiffness. Hereto a correction influence line depending on the cross section location is added.

Dipl. Ing. S. Lapajne

Vereinfachung der statischen Berechnung kombinierter Bogenkonstruktionen

Durch diese Studie wird die Giltigkeit des Grundgesetzes unter Beweis gestellt, dass die Biegemomente der Gesamtkonstruktion auf den Bogen und auf den Träger im Verhältnis der Steifigkeit beider Elemente verteilt werden, unter der Voraussetzung, dass die Gesetzmässigkeit der Veränderung des Trägheitsmomentes des Bogens und der Träger gleich ist.

Im Artikel werden noch einige besondere Beispiele behandelt:

Einfluss der Einsetzung der vertikalen Belastung in beliebiger Lage. Einfluss der Ungleichheit der Lagerungsbedingungen, d. h. verschiedener Einspannungen des Bogens und des Trägers mit Hilfe einer einheitlichen Ersatzspannung, wobei der Grundlösung noch eine Korrektionslösung beigegeben werden muss. Konstruktionsweise der Einflusslinien auf Grund der einheitlichen Grundeinflusslinie, die sich nach dem Gesetz der Steifigkeit teilt. Dazu wird noch eine Korrektioneinflusslinie, abhängig von der Lage des Querschnittes hinzugefügt.

TEHNO METAL

TRGOVINA S TEHNIČNO ŽELEZNINO IN KOVINSKIM BLAGOM

Ljubljana

TITOVA C. 24

Telefon: 20-145, 21-547, 23-356, 23-455 — Telegram: TEHNOMETAL — Poštni predal: 159

Valjani in vlečni proizvodi črne metalurgije × Valjani in vlečni proizvodi barvaste metalurgije × Plemenita jekla vseh vrst × Kroglični ležaji × Orodje in stroji za obdelavo lesa × Orodje in stroji za obdelavo kovin × Sanitarni in instalacijski material × Tesnila × Vijačno blago

Generalna zastopstva in konsignacijska skladišča inozemskih tvrdk:

Gebrüder LEITZ, Werkzeugfabrik, Oberkochen, Zah. Nemčija — posebno orodje za strojno obdelavo lesa × Kärntnerische Eisen und Stahlwerks A. G. Ferlach, Wien, Avstrija — žica in orodje za obdelavo kovin × Heinr. SAHM & Söhne, Remscheid, Zah. Nemčija — orodje „FINDOR“ vseh vrst × TYROLIT, Schleifmittelwerke G. m. b. H. Schwaz, Avstrija — brusne plošče vseh vrst

KADAR ODPOTUJETE,

GRESTE NA DOPUST

IN OB SLEHERNI DRUGI PRILIKI

NE POZABITE NA SVOJO LASTNO VARNOST

IN NA VARNOST SVOJEGA IMETJA

PREMIČNINE V SVOJEM STANOVANJU ZAVARUJTE ZA NEVARNOST POŽARA, VLOMSKE TATVINE, SVOJ VOZ ZA PRIMER POŠKODBE, NESREČE ALI JAMSTVENE ODGOVORNOSTI, SVOJE ŽIVLJENJE ZA PRIMER NEZGODE ALI SMRTI

ZAVAROVANJE VAS OBVARUJE ŠKODE,

KI BI JO DOLGO OBČUTILI IN OBŽALOVALI!

POSVETUJTE SE Z NAŠIM ZASTOPNIKOM

DRŽAVNI ZAVAROVALNI

ZAVOD

Jeklo v visokih gradnjah

V naši državi smo začeli uporabljati jeklo v visokih gradnjah pravzaprav šele po osvoboditvi, torej po l. 1945. Pred tem časom srečamo nekaj jeklenih konstrukcij v industriji, kjer so to terjali delovni pogoji, ali pa je to narekoval proizvodni postopek. Osamljeni so primeri večetažnih zgradb z jeklenim skeletom, nekaj več je industrijskih hal in strešnih konstrukcij. Nove zgradbe v vseh panogah našega gospodarstva v razdobju zadnjih deset let pa obsegajo obširne objekte v jeklu, kot so velike industrijske hale, razne strešne konstrukcije, žerjavne prege, antenski stolpi, dalekovodni stebri, cevovodi, rezervoarji in razna ogrodja za našo industrijo. Znatno se je povečala tudi zmogljivost podjetij, ki izdelujejo jeklene konstrukcije, postavili smo nove delavnice, nabavili nove obdelovalne stroje, s tečajji, šolami in praktičnim delom pa vzgojili potreben kader.

Prednosti, ki jeklu zagotavljajo tako pomembno vlogo v gradbeništvu, so v njegovih odličnih lastnostih glede trdnosti, elastičnosti in žilavosti. Visoka trdnost jekla omogoča vitke konstrukcije z majhno lastno težo, visoka vrednost modula elastičnosti daje ugodno osnovo pri stabilitetnih problemih in dinamičnih obremenitvah, žilavost poveča varnost pri krajevnih preobremenitvah in predstavlja pri statično nedoločnih konstrukcijah rezervo, ki jo po doslej veljavnih predpisih nismo izkoriščali. Ker je jeklo homogen in izotropen material, naše predpostavke pri statičnih in dinamičnih računih dosti bolj ustrezajo stvarno nastopajočim silam kot pa pri lesu, armiranem betonu ali prej napetem betonu. Čim popolnejši je naš račun, toliko večje so možnosti, da izkoristimo material in konstrukcijo ekonomično dimenzioniramo. Če pa hočemo globlje prodreti v resnična dogajanja in spoznati potek napetosti v materialu, moramo delati obsežne preiskave v laboratoriju ter natančno opazovati obnašanje konstrukcije pod različnimi obtežbami. Skladnost med teorijo in praktičnimi dognanji nam zagotavlja pravilnost našega računa.

Jeklo je posebno primeren material za gradnjo hal večjih razpetin, ker omogoča jasne, racionalne in lepe oblike. Zaradi vitkih oblik zavzema konstrukcija razmeroma malo dragocenega proizvodnega prostora. Stebri stoje običajno v večjih razmakih, strešna konstrukcija je lahka, posebno v industriji, ki ne zahteva izrecne toplotne izolacije, a stene so tanke, ker jih gradimo z jeklenim nosilnim ogrudjem in vmesnim polnilom. Pri tem uporabimo kot polnilo 12 cm opečni zid ali lahke betonske plošče. Ponokod nam zadošča obloga z valovito ali v razne oblike stiskano ploščevino. Če hočemo prostor tudi toplotno in zvočno izolirati, ga še dodatno obložimo z izolacijskim materialom, kot je izolit, steklena volna, žilindrna volna in drugi. Na strešni površini pogosto uporabimo lesen opaz, ki nam obenem nosi strešno kritino.

Jeklena konstrukcija ima tudi dobro lastnost, da jo lahko na razmeroma preprost način preuredimo in po potrebi prilagodimo novim razmeram. To se pogosto pojavlja v industriji, ki uvaja nov pro-

izvodni postopek, ker zahteva rekonstrukcijo zgradbe. Pri betonskih stavbah naletimo v takem primeru na velike težave.

Trgovskih in stanovanjskih hiš z jeklenim skeletom pri nas ne gradimo, vendar v drugih državah po svetu jeklo tudi v te namene precej uporabljajo, posebno pri zgradbah z večjim številom nadstropij. Ekonomičnost takih gradenj je odvisna od tržne cene osnovnih materialov — jekla, cementa itd. — in cene izdelave oziroma gradbenih storitev.

Sovražnik jeklenih konstrukcij je rja. Proti njej se danes uspešno bojujemo z različnimi premazi in prevlekami. V določenih primerih se odločimo za uporabo nerjavečega jekla, čeprav je razlika v ceni nasproti običajnim kvaliteta jekla znatna. Pri vodnih zgradbah, kjer je jeklo zelo izpostavljeno vlagi, uporabimo tudi dvojno zaščito. Konstrukcijo najprej pocinkamo in nato premažemo z zaščitnimi sredstvi.

Jeklo je sicer negorljiv material, vendar njegova trdnost pri temperaturah nad 800°C zelo pade, konstrukcija se močno preoblikuje ali celo poruši. To nevarnost do določene meje odstranimo, če jeklene površine zaščitimo z negorljivo oblogo.

Uporaba jekla v visokih gradnjah ima, kot posebna veja gradbeništvu, povsem svoj dolgoleten razvoj. Razvija se še danes v iskanju novih oblik, novih potov izdelave in vezave, novih konstrukcij, kjer bo material racionalno izkoriščen. Vedno bolj se uveljavlja lahka gradnja, uporaba votlih profilov, uvajajo nove načine pri izdelavi, kot so varjenje, stiskanje pločevin v razne oblike, hladno valjanje različnih profilov, vse v prizadevanju, da bi material bolje izkoristili, pri tem pa ohranili zahtevano varnost konstrukcije.

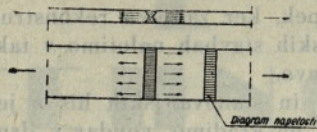
Varjenje je odprlo konstrukterju široke možnosti oblikovanja novih nosilnih elementov in novih konstrukcij. Če pregledamo osnovne načine spajanja, vidimo, da je soležni varjeni spoj (slika 1) najprirodnejši, silnice potekajo premočrtno in novi avstrijski predpisi že dovoljujejo, da upoštevamo soležni zvar kot enakovreden osnovnemu materialu.

Pri kovičenem spoju (slika 2) se sile prenašajo preko posameznih zakovic, pri čemer računamo z enakomerno podeljeno strižno napetostjo in bočnim pritiskom. V resnici pa nastopajo izrazite napetostne konice na robovih lukenj. Kolikor te prekoračijo mejo plastičnosti materiala, bodo nastopile plastične deformacije in obremenitev se bo prenesla na sosednji del prereza. Diagram napetosti bo enakomernejši, vendar smo s tem izkoristili del rezerve, ki nam jo daje plastičnost materiala. Drugače je to pri sodobnem trdno vijachenem spoju (slika 3). S pomočjo vijakov iz visoko vrednega jekla (ST 80 do St 120) privijemo spoj tako močno, da se sila prenaša po trenju med seboj prilagajočih se ploškev. Napetosti se enakomerno porazdelijo po prerezu. Tako izvedena vozlišča in spoji imajo preprostejšo obliko ter zahtevajo manj materiala. Na sliki 4 je prikazan primer kovičenega vozlišča, na sliki 5 isto vozlišče, trdno vijacheno, posamezni elementi so zvarjeni. Če nalegajoče

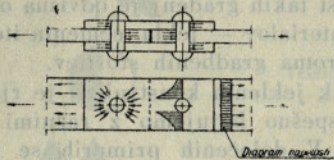
površine še premažemo s posebno smolo (Polyesterharze), dosežemo še varnejši spoj. Preizkusi so dokazali, da je tak spoj neobčutljiv za temperature od -30°C do $+100^{\circ}\text{C}$. Če računamo s prenosom sile

v vzdolžne žlebove v spodnji pasnici vgradili žico iz jekla z visoko trdnostjo. S poprejšnjo napetostjo so povečali nosilnost profila do 34%. Seveda prihranku, ki smo ga dobili pri teži konstrukcije, ne ustreza tudi prihranek pri ceni, zaradi višjih cen legiranih jekel in težje montaže.

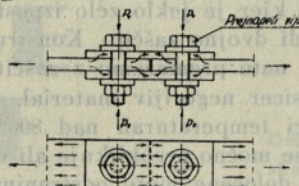
V Nemčiji so izdelali prej napete jeklene konstrukcije, povezane z armiranim betonom. Pri tem so uporabili cevi, kot nam to kaže primer strešnega veznika z razpetino 35,00 m (sl. 6 in 7). V preseku je to tropasni predalčni nosilec iz cevi kvalitete St 55. V spodnjem pasu so vgrajene napenjalne palice $\phi 26$ mm iz jekla St 90. Armirano betonska plošča sodeluje z jeklenimi cevmi zgornjih dveh pasov. Za po-



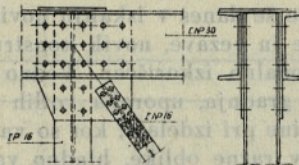
Sl. 1



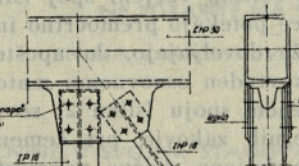
Sl. 2



Sl. 3



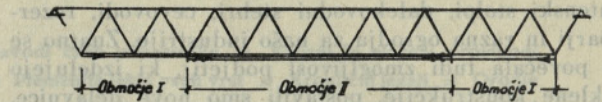
Sl. 4



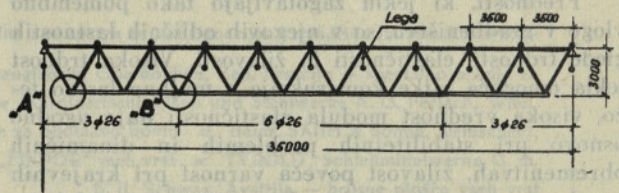
Sl. 5

60 kg/cm^2 površine, imamo 1,8 kratno varnost. Pri preobremenitvi pride do bočnega naleganja vijakov, katere prvotno namestimo z zrakom. To je dodatna varnost, ki je v računu ne upoštevamo. Pri uporabi jekla St 80 za vijake, naj ima material mejo plastičnosti 60 kg/cm^2 . Natezna sila v vijaku $7/8''$ je n. pr. 15–20 ton.

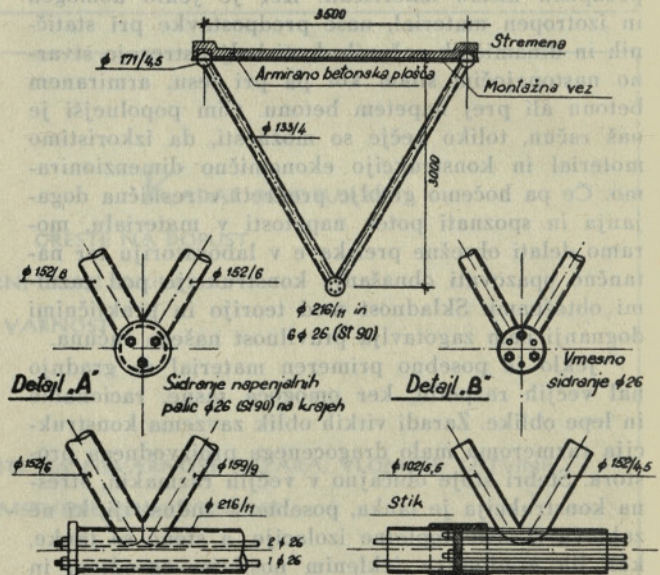
Prej napete konstrukcije so se uveljavile tudi pri jeklenih zgradbah. Američani so poizkušali povečati nosilnost preprostih valjanih I-profilov s tem, da so



Sl. 6



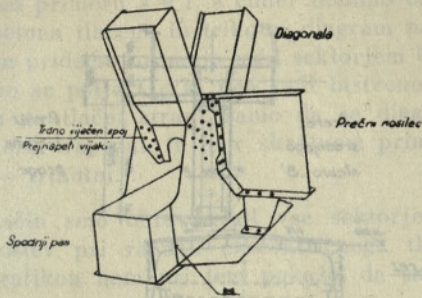
Sl. 7



Sl. 8

vezavo jekla in betona so na ceveh privarjena stremena. Ker so sile v pasovih v sredini največje, je nosilec razdeljen na posamezna območja. Napenjalne palice $3 \phi 26$ mm v spodnjem pasu potekajo od enega ležišča pa do tretjega vozlišča od drugega kraja, kjer so vsidrane v prečno ploščico. Druge 3 palice $\phi 26$ milimetrov so nameščene simetrično. Na ta način dobimo v območju II dvojno število palic in s tem tudi dvakrat večjo poprejšnjo napetost. Podrobnosti vsidranja so razvidne iz slike 8.

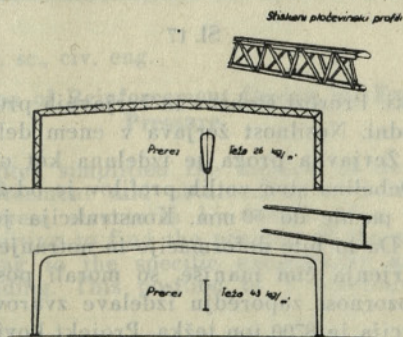
Občutne prihranke na teži dosežemo z uporabo votlih profilov. Pri tem moramo paziti, da so notranji prostori, ki niso prehodni, neprodušno zaprti, sicer bi se v njih nabirala vlaga in bi rja razjedla tanke stene. Slika 9. prikazuje izvedbo vozlišča iz



Sl. 9

votlih profilov s sočasno uporabo prej napetih vijakov. Stojine diagonal na krajeh zblížamo, tako da moremo izvesti priključke na pasnicah. Vozliščna pločevina je vdelenana v spodnji pas.

Pritlične industrijske hale so objekti, pri katerih jeklo in armirani beton močno tekmujeta. Zato iščejo projektanti vedno nove oblike in izvedbe, ki naj upoštevajoč zahtevano varnost, dajo čim lažje konstrukcije. Slika 10 nam kaže predalčni okvir tipa »Dolesta« v varjeni izvedbi, sestavljen iz štirih, v delavnici izdelanih in na gradbišču sestavljenih kosov. Spodnji in zgornji pas predalčja sta iz mrzlo valjanih profilov, diagonale pa so mrzlo vlečene. Uporabili so material z mejo plastičnosti 35 do 45 kg/mm². Dopustna napetost je bila 1800 kg/cm². Profile za pasove so izdelali na posebnem stroju z valjčki, podobno kot izdelujejo varjene cevi manjših prerezov. Profili so odprti, tako da je njihova notranjost odstopna za čiščenje in barvanje. Primerjava nam po-



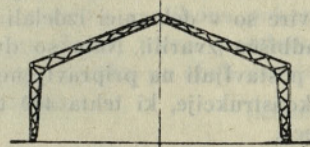
Sl. 10 in 11

kaže, da je opisani predalčni okvir za ca 40% lažji od polnostenskega (sl. 11).

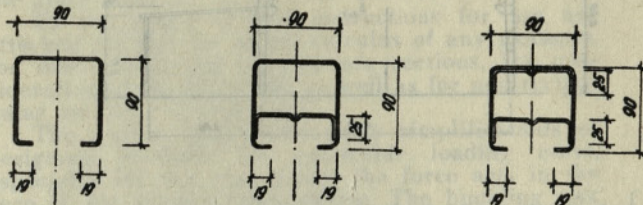
Podobno je konstruiran predalčni tročlenski okvir »Metsec-Technique« (sl. 12 in 13). Tudi tu so pasovi in diagonale iz mrzlo valjanih profilov. Ker so tanke stene zelo izpostavljene koroziji, so uporabili posebno, krom-molibdenovo jeklo visoke trdnosti, imenovano »Corton-jeklo«, ki je 4 do 6 krat bolj odporno proti koroziji kot običajno jeklo. Poleg tega so konstrukcijo premazali z zaščitno barvo, ki vse-

buje primesi cinka in aluminija. Prihranek na teži nasproti polnostenskemu okviru je znašal 40%, celotni stroški so nižji za 10%. Teža konstrukcije, ki odpade na 1 m² zazidane površine, znaša 20 kg.

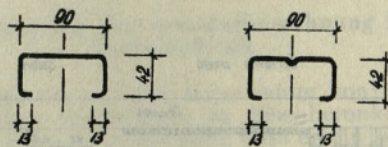
Kombinacijo valjanih in votlih profilov so uporabili pri predalčnem strešnem nosilcu in St 52 za hangar (sl. 14). Tlačene diagonale so iz votlih profilov, zvarjenih iz ploščatega jekla, medtem ko so natezne diagonale iz valjanih I-profilov, ojačenih z lamelami. Pri pasovih je značilna prilagoditev prerezo nastopajočim silam. Posamezne palice so zvarili



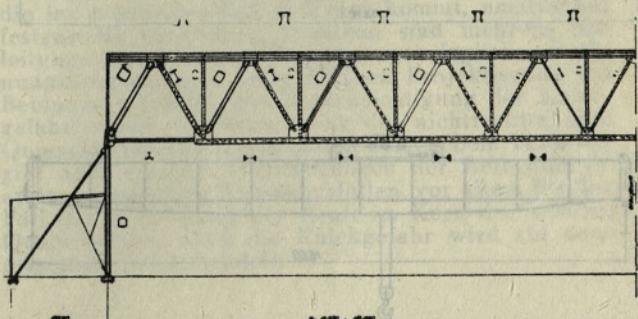
Sl. 12



Diagonale



Sl. 13

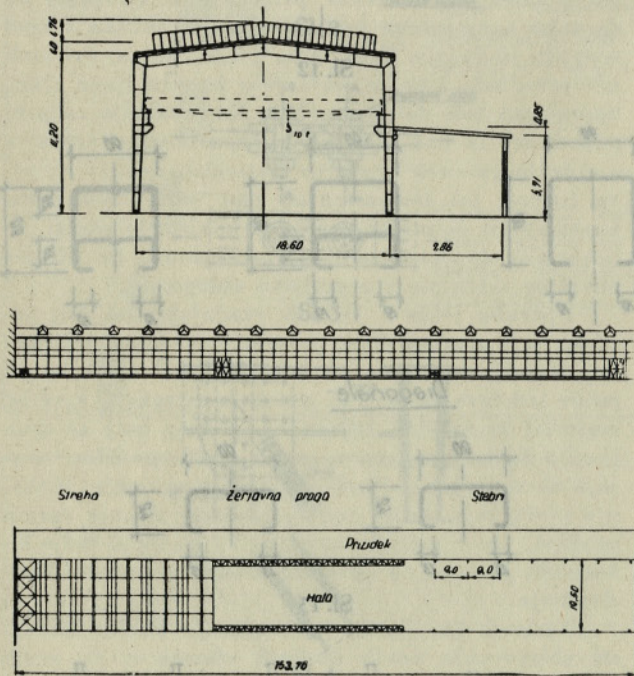


Sl. 14

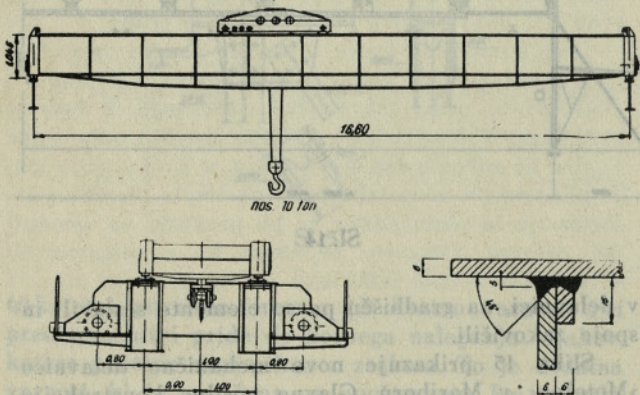
v delavnici, na gradbišču pa so elemente sestavili in spoje zakovičili.

Slika 15 prikazuje novo mehanično delavnico »Metalnec« v Mariboru. Glavno nosilno konstrukcijo tvorijo dvočlenski, polnostenski okviri v varjeni izvedbi in v razmakih po 9 m. Okviri so med seboj povezani z vzdolžniki iz valjanih I-profilov, ki prenašajo obtežbo polja na glavne okvire. Svetlobniki so postavljeni prečno na halo in so 3 m široki. V hali vozi mostni žerjav, nosilnosti 10 ton. Po zamisli naj

bi pozneje namestili še drugi žerjav z isto nosilnostjo. Streha je prekrita z ravno pocinkano pločevino, položena na lesen opaž, le-ta pa je prabit na lesene lege. Zaradi boljše toplotne izolacije je na spodnjo stran prabit notranji leseni opaž iz enostransko skoblanih desk, vezanih pero na utor. Obodni zid je opečni in debel 12 cm, kot polnilni v jeklenem ogrodju. Z notranje strani je zid obložen s 5 cm debelimi »Izolit« ploščami. Žerjavno progo tvori varjen I-profil, ki leži na konzolah glavnega okvira. Za prevzem stranskih sunkov žerjava je proga vezana z bočnim predalčnim nosilcem. Prizidek k hali je zidan. Glavne nosilne okvire so v delavnici izdelali v 2 kosih, ki so ju na gradbišču zvarili. Nato so dvigali celotne okvire in jih postavljali na pripravljene ležaje. Montaža jeklene konstrukcije, ki tehta 400 ton, je trajala 3 in pol mesece.



Sl. 15

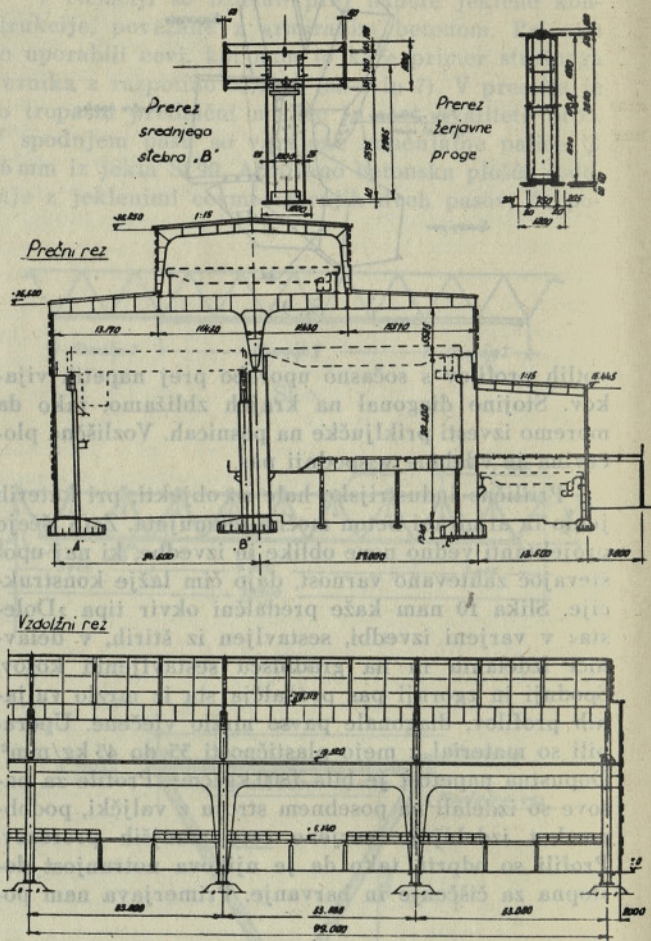


Sl. 16

Žerjav mehanične delavnice »Metalne« (slika 16) ima razpetino 16,60 m in nosilnost 10 ton. Oba glavna nosilca žerjava imata obliko votlih profilov in sta iz-

delana iz 6 mm debele pločevine. Spodnja pasnica poteka v obliki parabole. Vsi ležaji koles so kroglični, tako da vozi žerjav zelo mirno in ne ropota. Mačka žerjava je v posebnem ohišju.

Tudi pri gradnji težkih hal nam votli profili dobro služijo. Slika 17 kaže konstrukcijo jeklarne v Če-

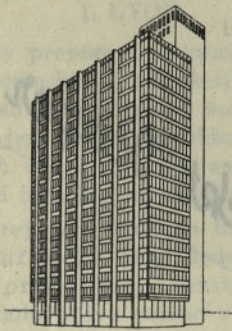


Sl. 17

hoslovaški. Prerezi stebrov in žerjavnih prog so votli in prehodni. Nosilnost žerjava v enem delu hale je 300 ton. Žerjavna proga je izdelana kot okvir prek 3 polj. Debelina sten votlih profilov je od 20–30 mm, debelina pasnic do 50 mm. Konstrukcija je v celoti varjena. Da bi bile deformacije in notranje napetosti vsled varjenja čim manjše, so morali posvetiti posebno pozornost zaporedju izdelave zvarov. Celotna konstrukcija je 8700 ton težka. Projekt kovičene konstrukcije, izdelan zaradi primerjave, je pokazal, da bi bila kovičena konstrukcija 1500 ton težja.

Zanimiv primer uporabe jeklenega skeleta je 22-nadstropni nebotičnik, zgrajen v Chicagu, ZDA (slika 18 in 19). Glavna nosilna konstrukcija je pomaknjena na zunanjo stran obodnega zidovja. V etažah ni nobenih vmesnih stebrov, kar daje največje možnosti za poljubno razdelitev prostorov v posameznih etažah in morebitne poznejše prezidave. Sestava zunanjih sten iz že izdelanih betonskih elementov je zelo skrajšala čas gradnje. Dvigala, stopnišča, klimatske naprave in ostale instalacije so v posebnem traktu, ki je v glavnem brez oken in umetno osvetljen.

Neizčrpne so možnosti oblikovanja jeklenih konstrukcij. V članku sem skušal podati nove smeri za uporabo jekla pri visokih gradnjah, ki se porajajo in razvijajo po svetu. Pri tem ne smemo pozabiti



Sl. 18

dejstva, da svetovna proizvodnja jekla ne krije potreb, kar povzroča visoke cene in dolge dobavne roke. V naši državi bi bilo potrebno prvič, da bi železarne razširile svoj program valjanja na več profilov ter s tem omogočile projektantu racionalno izkoristiti material, in drugič, da bi železarne vpeljale izdelavo valjanega materiala iz jekel višje trdnosti

Kollbrunner und Baeschlin: *Neuzeitiger Stahlbau in Ausland.*

Kollbrunner: *Bauen in Stahl.*

Dörnen: *Neue Wege der Verbindungstechnik in Stahlbau.* Der Stahlbau zv. 8/1955.

Jungbluth: *Nouveaux modes de construction des halls métalliques.* Acier zv. 7-8/1956.

Müller: *Hallenkonstruktion aus kaltgewalzten Stahlprofil.* Der Stahlbau zv. 7/1956.

T. Höfler, ing. civ.

Acier dans la construction des bâtiments

Les avantages des constructions métalliques dans les ouvrages industriels, sont distingués par les propriétés excellentes du matériau d'acier, c'est-à-dire par sa haute résistance, l'élasticité, l'isotropie et la déformabilité plastique.

L'auteur compare les différentes possibilités d'assemblage par rivetage, soudage, collage et boulonnage et passe en revue les possibilités de construction en précontrainte, en application des tubes et des profilés écrouis, dont l'usage permet des économies de poids considérables.

En citant quelques exemples des bâtiments industriels et d'ossature, l'auteur décrit deux constructions bâties par l'entreprise »Metalna« de Maribor.

T. Höfler, civ. eng.

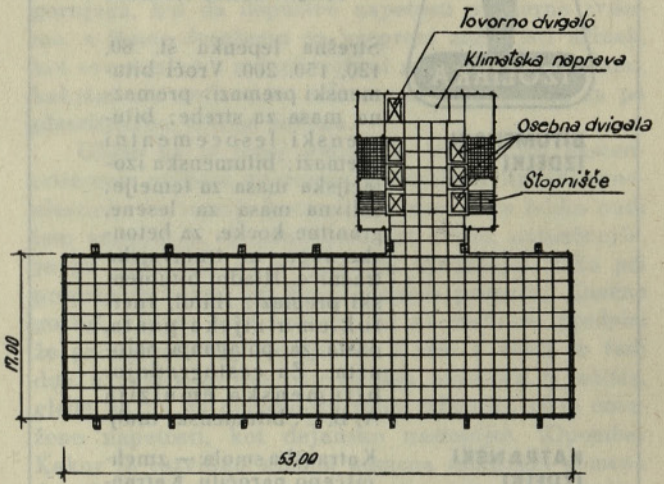
Steel in Building Construction

The advantages of metal structures in industrial construction are characterized by the distinguished properties of steel material viz. by its high strength, elasticity, isotropy, and plastic deformability.

The writer compares the various possibilities of connecting steel by riveting, welding, sticking and

(n. pr. St 52), s čimer bi pri istem obsegu gradenj porabili manj materiala.

Nadalje bi bilo potrebno opremiti našo kovinsko industrijo z novimi obdelovalnimi in montažnimi stroji, ki omogočajo sodobno izvedbo in skrajšujejo čas izdelave in montaže. Na ta način bo kovinska industrija sposobna obdržati tržišče in tudi razširiti uporabo jekla v gradbeništvu.



Sl. 19

LITERATURA

Sossenheimer: *Neue Stahlskelettbauten.* Der Stahlbau zv. 1/1956.

Fritz: *Über die Berechnung und Konstruktion vorgespannter stahlerner Fachwerträger.* Der Stahlbau zv. 8/1955.

Novotny: *Construction entierment soudée d'une grande acierie en Tchécoslovaquie.* Acier zv. 4/1956.

Havemann-Herber: *Vom Bau der technischen Basis für die Deutsche Lufthansa im Hamburg — Fuhlshüttel.* Die Bautechnik zv. 6/1955.

bolting. Besides this he mentions the possibilities of construction by prestressing, by appliance of tubes and cold worked structural shapes, saving considerable weights.

The writer quotes some examples of industrial and steel skeleton structure buildings, and describes two buildings constructed by the enterprise »Metalna«, Maribor.

Dipl. Ing. Th. Höfler

Stahl im Hochbau

Die Vorteile der Stahlkonstruktion im Industriebau werden durch gute Stoffeigenschaften des Stahls, seiner grossen Festigkeit, Elastizität, Isotropie und plastischer Verformbarkeit gekennzeichnet.

Der Verfasser vergleicht verschiedene Verbindungsmöglichkeiten durch Nieten, Schweissen, Kleben und hochfeste Schrauben und gibt einen Überblick über konstruktive Gestaltungsmöglichkeiten mit Vorspannung Anwendung von Rohren und kaltverformten Profilen, deren Anwendung erhebliche Gewichtersparnisse ermöglicht.

Unter einigen Ausführungsbeispielen aus dem Industriebau und Stahlskelettbau, werden zwei Konstruktionen, die von der Stahlbaufirma »Metalna« Maribor ausgeführt wurden, beschrieben.



**BITUMENSKI
IZDELKI**

IZOLIRKA

Ljubljana - Moste
Telefoni: 21-852, 20-557,
20-615
Telegr.: Izolirka Ljubljana

Strešna lepenka št. 80, 120, 150, 200. Vroči bitumenski premazi: premazna masa za strehe; bitumenski lesocementni premazi; bitumenska izolacijska masa za temelje; zalivna masa za lesene, granitne kocke, za betonske rege in tramvajske tračnice. Hladni bitumenski premazi: Ibitol, Inertol, emulzijska pasta, pasta za polaganja salnita. Za cestogradnjo: bitumenska emulzija A, B, C; bitumenski mulj

**KATRANSKI
IZDELKI**

Katranska smola — zmehčišče naročilu. Katranska olja — srednje, težko, antracensko olje. Naftalin Podometne (Bergman) cevi vseh profilov

**TOPLOTNE
IZOLACIJE**

Mineralna volna v balah. Izolacijske blazine. Izolacijska opeka. Izolaterska montažna dela.

ZAHTEVAJTE KATALOGE IN CENIKE

**NUDI GRADBENISTVU, INDUSTRIJI IN
TRGOVINI SVOJE KVALITETNE
PROIZVODE:**

- * proizvode za cestogradnje
- * proizvode za akustične in toplotne izolacije podov in stropov
- * proizvode za izolacijo temeljev in streh
- * antikorozivne premaze in razne specialne proizvode
- * elektroinstalacijski in izolacijski material
- * katranske derivate
- * material za toplotne izolacije v industriji
- * izvedba montažnih izolacijskih del v temperaturnem območju od -190°C do $+700^{\circ}\text{C}$
- * tehnična služba »Izolirke« daje navodila, vrši strok, predavanja

PODJETJE ZA PROJEKTIRANJE
VISOKIH IN NIZKIH
GRADENJ

Projekt Koper

izvršuje

vse vrste projektov

na primorskem

območju ter se za

naročila priporoča

Investitorji, poslužujte se naših uslug!

**ŽELEZNIŠKO
TRANSPORTNO
PODJETJE**

Ljubljana



opravlja vse transportne usluge

Poenostavitev računa armature pri ekscentričnem tlaku

1. UVOD

Obremenitev prereza z ekscentračnim tlakom je pri armirano betonskih konstrukcijah pogost primer. Ta primer je tudi teoretično že vsestransko obdelan, tako da so v najrazličnejših publikacijah podane metode, po katerih v takih okoliščinah izračunamo dosežene napetosti in potrebno armaturo.

Problem torej ni v tem, da bi morali za razne variante ekscentričnega tlaka dodatno iskati računске metode za projektiranje konstrukcije, ker je to v glavnem že zadovoljivo rešeno v teh publikacijah. Pač pa je problem v tem, da pri escentričnem tlaku nimamo za vse ekscentričnosti in vse velikosti nastopajoče osne sile enotnega računskega postopka, temveč, da imamo, nasprotno, večje število računskih postopkov in v konkretnem praktičnem primeru ne moremo tako vnaprej vedeti, kateri postopek pride ravno tedaj v poštev. In s temi svojimi izvajanja hočem prikazati, kako lahko na preprost način takoj ugotovimo pravi postopek.

V teh izvajanjih upoštevam linearnostno elastično teorijo računa armirano betonskih prerezov, t. j. teorijo, ki upošteva — kolikor mogoče — stvarno stanje armirane konstrukcije pod stvarno obtežbo. V tem primeru namreč lahko upoštevamo glede na to, da so pri stvarni obtežbi dosežene napetosti dokaj manjše od porušnih, poleg elastičnosti deformacij tudi linearni odnos med napetostmi in deformacijami, kar bistveno olajša račun. Na podlagi tega moremo tudi postaviti odnos med napetostjo armature in okolišnega betona v razmerju prožnostnih modulov, s čimer lahko linearnostno elastično teorijo označimo kratko tudi »n-postopek«, kjer je (n) (= idealizacijsko število) znano razmerje med prožnostnim modulom armature E_a in prožnostnim modulom betona E_b , t. j. $n = E_a/E_b$.

Lahko bi seveda upoštevali tudi nelinearno elastično teorijo betona, ali tudi plasticitetno teorijo betona. Vendar zadenemo že pri prvi od obeh teorij na znatnejše računске komplikacije, posebno pa še pri drugi, kjer bi bile, v primeru splošnejše oblike prereza, potrebne tudi posebne eksperimentalne preiskave, če bi želeli izvajati nosilnost konstrukcije iz stvarnega stanja tik pred porušitvijo, ne pa samo iz teoretičnih izsledkov.

Vendar glede na to, da do sedaj po linearnostno-elastični metodi pravilno računane konstrukcije prav dobro drže in pa glede na to, da lahko pri tej metodi primerno uredimo zneske dopustnih napetosti (tako da v primeru, ko je računska napetost večja od stvarne, tudi računsko dopustno napetost primerno povečamo nad stvarno, s čimer smo se stvarnosti zadosti približali) torej nima pravega smisla, da bi po nepotrebnem komplicirali račun in uvajali druge računске postopke. Trditev namreč, da bi po kateri izmed drugih metod mogli prištediti na materialu, nima prav nobene prave osnove. Ako se namreč na osnovi eksperimentov ali na kak drug, enakovreden način konkretno izkaže, da je n. pr. varnost stebra

pod pritiskom večja od potrebne, če računamo z nekimi dopustnimi napetostmi po linearno-elastični teoriji, — ni namreč potrebno nič drugega, v smislu gornjega, kot da dopustne napetosti primerno zvišamo, s čimer dosežemo na preprost način isti učinek, kot eventualno z natančnejšimi računskimi metodami, kakršni sta nedvomno nelinearna elastična in pa plasticitetna teorija betona.

Glede na to torej sodim, da je tudi pri ekscentričnemu pritisku primerno uporabljati linearnostno-elastično teorijo betona, ker nam le-ta lahko nudi isto varnost in ekonomičnost kot druge, natančnejše, je pa preprosta in jo moremo uporabljati tako pri preprostih kakor pri kompliciranih prerezih. Končno govori v njen prid tudi to, da so obstoječi predpisi že prilagojeni tej teoriji. (In s tem v zvezi so tudi dop. napetosti za rob višje od dop. napetosti za težišče, glede na to, da dobimo na robu računsko višje dosežene napetosti, kot dejansko nastopijo). (Opomba: Kakor je razvidno, nimam namena zmanjšati pomena drugih računskih metod pri arm. betonu utemeljujem le izbiro n-postopka pri obravnavanju escentričnega tlaka.)

Upoštevajoč torej obstoječe predpise (PTP 5) in linearnostno-elastično teorijo, lahko pri ekscentričnem tlaku vzamemo v poštev naslednje obremenitvene primere:

1. zadostuje nearmirani prerez (napetosti betona pod dop. napetostmi za nearmirani prerez);

2. potreben je armirani prerez, a zadostuje po predpisu določena minimalna armatura, ker so napetosti betona sicer manjše od dop. napetosti za armirani prerez, a že večje od dop. napetosti za nearmirani prerez;

3. potreben je armirani prerez, armatura bistveno sodeluje pri prenašanju obremenitve (brez armature dokajšnja nevarnost porušitve).

Vsak od teh primerov obsega še več »različic«, posebno tretji, kjer moramo predvsem ločiti »različice« pri majhni ekscentričnosti (rezultanta deluje v jedru idealnega prereza, ves prerez je tlačeni) in različice pri veliki ekscentričnosti (rezultanta izven jedra idealnega prereza, t. j. del prereza [armatura!] je tudi tegnen). Pri vsem tem označim kot »idealni prerez« tlačeni del betonskega prereza in n-kratni znesek prereza armature, medtem ko razpokanega dela betonskega prereza ne upoštevam, uvajajoč običajno predpostavko, da beton ne nosi v nategu in torej mora biti račun vedno izveden tako, da so natezne napetosti iz betona izključene. Vseskozi tudi upoštevam pravokotni prerez, o splošnem prerezu pa daje poglavitne napotke zadnje poglavje.

Vsega dobimo 15 različic, od tega sodijo tri k prvemu glavnemu primeru, tri k drugemu, štiri k primeru male ekscentričnosti in pet k primeru velike ekscentričnosti, (oboje k tretjemu glavnemu primeru).

Popolnoma jasno je, da na splošno ni mogoče kar vnaprej povedati, po kateri različici bo treba kak konkreten primer obravnavati. Sedaj se lahko odlo-

čimo ali za poskušanje ali pa za kak neposreden postopek. Iz enega izmed možnih neposrednih postopkov, katerega uporaba je posebno preprosta, podajam v naslednjih izvajanjih.

Pri teh izvajanjih se torej držim, kot omenjeno, docela »klasične« linearnostno-elasticitetne teorije, še več, kolikor je le mogoče, uvajam »klasične« postopke, ki so v praksi že udomačeni in delno tudi dobro tabelarizirani. S tem svojo metodo še bolj približam potrebam prakse in jo torej napravim še bolj uporabno.

Metoda temelji, po vsem tem, na uporabi tako imenovanega »Grafikona napetostnih stanj pri ekscentričnem tlaku«, kratko imenovanega »grafikon«, za katerega izračunamo iz danega momenta in dane osne sile dve števili in na osnovi teh števil ugotovimo neposredno iz grafikona, katera različica pride v konkretnem primeru v poštev.

V naslednjem poglavju navajam s tem v zvezi poglavitna napolila za uporabo grafikona kot takega, v tretjem navodila za izračun potrebne armature (in doseženih napetosti) po podatkih, ki so grafikonu dodani, v četrtem uporabnost grafikona za neposredno dimenzioniranje potrebnega prereza, in pri upoštevanju uklonske nevarnosti, in končno v petem še zaključne pripombe v zvezi z uporabnostjo metode pri splošni obliki prereza.

2. POGLAVITNA NAPOTILA ZA UPORABO GRAFIKONA

Kakor je iz gornjih izvajanj razvidno, je poglavitni namen grafikona, da nam na preprost način omogoči ugotoviti tistega izmed omenjenih petnajstih računskih načinov, ki pride v poštev pri danem prerezu in pri dani obremenitvi. Naknadno se izkaže (gl. 4. poglavje), da lahko grafikon uporabljamo poleg tega še za neposredno projektiranje betonskega prereza in da dopušča tudi enostavno upoštevanje uklonske nevarnosti, uporabljiv pa je tudi pri računu armature prereza splošne oblike (gl. 5. poglavje). Vendar o teh podrobnostih v teh napolilih ne bi kazalo razpravljati in bi se v tem poglavju zadržali pri osnovni uporabi grafikona, t. j. ugotovitvi računskega načina, ki velja pri danem prerezu in pri dani obremenitvi.

Grafikon upošteva, kot sem že v uvodu omenil pravokotni prerez, ki je v armiranem betonu najpogostejši. Sestavljen je tako, da velja za poljubno razmerje stranic prereza in za vse marke betona. Sicer predpisi PTP3 (tč. 31) omogočajo za posebne primere povečanje dop. napetosti. V takem primeru pogledamo, kateri marki ustrezajo povečane dopustne napetosti in potem ravnamo tako, kot da imamo opravka s to višjo marko. Sicer pa igra marka betona vlogo le v enem sektorju grafikona in še tam njen vpliv ni posebno pomemben. Dopustna napetost armature ne vpliva bistveno na konstrukcijo grafikona in so upoštewane tiste vrednosti, ki v zadevnem odseku najčesteje nastopajo. Končno naj še omenim, da sem kot dopustne napetosti nearmiranega betona privzel v predpisih navedene vrednosti le za primer, da je najmanjša debelina konstrukcije 20 cm. Če pa je debelina manjša, so privzete dopustne napetosti reducirane podobno kot pri armiranem betonu za debe-

line 12 do 20 cm in debeline do 12 cm, in sicer v istem sorazmerju kot pri armiranem betonu. To je utemeljeno s tem, da je tudi pri nearmiranem betonu (v zvezi z nehomogenostjo betona) varnost manjša pri tanjših konstrukcijah in je zato primerno upoštevati takrat manjše dopustne napetosti.

Upoštevaajoč gornje predpostavke in navedene manjše poenostavitve, je bilo možno izdelati priloženi grafikon, ki je potemtakem splošno povsem uporaben v vsakem primeru prereza in obremenitve.

Delovni postopek je torej takle: Iz danih podatkov o prerezu in obremenitvi si izračunamo števili ε (= epsilon) in γ (= gama) ter poiščemo v grafikonu točko T, ki ustreza ugotovljenima vrednostima ε in γ . Točka leži v enem izmed polj grafikona, n. pr. v polju D₁, kar pomeni, da gre za znani primer velike ekscentričnosti (metoda Wuczowski), pri čemer je treba dop. napetost armature izrabiti; pri tem pa dop. napetost betona še ne bo dosežena, kar vse je neposredno razvidno iz shematične oznake napetosti v tem polju.

Na ta preprosti način torej izredno lahko ugotovimo, kateri računski postopek pride v poštev, posebno ker je tudi izračun števil ε in γ zelo preprost.

— V zvezi s poenostavitvami, ki smo jih uvedli za konstrukcije grafikona, moramo sedaj omeniti še to: če se morebiti zgodi, da pade točka T prav v bližino roba kakega polja, potem morda ne velja račun po tem polju, ampak po sosednjem. To je najneugodnejši možni primer, ko je treba pri celotnem postopku napraviti namesto enega pač dva računa. Na splošno vzeto pa je to izreden primer, ki le redko nastopi.

Vrednosti ε in γ , ki so potrebne za ugotovitev ustreznega računskega postopka, so načelno izbrane kot neimenovana števila, kakor je tudi celotni grafikon, ki predstavlja funkcionalno polje teh dveh vrednosti, številčno podan z brezdimenzionalnimi števili. Le na ta način je bilo namreč možno urediti splošno veljaven črtež, neodvisen od oblike in velikosti prereza, ter načina in jakosti obremenitve, s čimer pa smo obenem dobili tudi preproste definicije za obe omenjeni vrednosti.

Definiciji sta potem takile:

Vrednost ε , imenovane tudi »specifična ekscentričnost«, je razmerje med stvarno ekscentričnostjo rezultante (e) in višino prereza (h), t. j.

$$\varepsilon = e/h \quad \dots (1)$$

kjer je vrednost (e), ako je dan moment k središču prereza M in tlačna sila R, dana z izrazom:

$$e = M/R \quad \dots (2)$$

(Središče prereza je mišljeno v sečišču diagonal prereza.)

Vrednost γ , imenovana tudi »specifična obremenitev«, je razmerje med stvarno tlačno silo R in centrično tlačno silo R_c, ki bi bila dopustna, če bi bila dopustna napetost betona enaka dopustni robni napetosti zadevnega prereza pri armiranem betonu. [σ_r]. (Dopustne napetosti zaradi lažje pisave ne označujem z dodatnim indeksom »dop«, ampak tako, da zadevni simbol pišem v oglatem oklepaju.) Potem velja:

$$R_c = [\sigma_r] \cdot b \cdot h \quad \dots (3)$$

in znesek za specifično obremenitev:

$$\gamma = R/R_c = \frac{R}{[\sigma_r] \cdot b \cdot h} \dots (4)$$

kjer je (b) širina prereza, (h) že omenjena višina prereza $[\sigma_r]$ pa dop. napetost na robu za armirani prerez (v odvisnosti od marke betona in debeline prereza).

Kakor je iz definicij razvidno, je na splošno možno, da ima specifična ekscentričnost ε vrednost od $\varepsilon = 0$ (pri $M = 0$, centrični pritisk) do $\varepsilon = \infty$ (pri $R = 0$, čisti upogibni moment). Nadalje ima tudi specifična obremenitev γ teoretično lahko vse vrednosti med $\gamma = 0$ (pri $R/b \cdot h$, ki gre proti nič) in $\gamma = \infty$ (pri $R/b \cdot h$, ki gre lahko pri majhnem prerezu čez vse meje).

Ker ustreza vsaki kombinaciji vrednosti ε in γ neka točka T in neki računski postopek, je torej treba podati grafikon, ki obsega vse vrednosti ε od nič do neskončno, in vse vrednosti γ , spet od nič do neskončno. Ker pa bi pri linearnem nanašanju ene ali druge vrednosti dobila dolžina grafikona v ustrezni smeri neskončno dolžino, so vrednosti ε nanese v odseku med $\varepsilon = 0,5$ in $\varepsilon = \infty$ v skrčenem merilu, proporcionalno padajoči vrednosti $r_\varepsilon = 1/\varepsilon$. Analogno so vrednosti γ nanese v odseku med $\gamma = 1,00$ in $\gamma = \infty$ v podobnem skrčenem merilu, proporcionalno padajoči vrednosti $r_\gamma = 1/\gamma$. Zaradi lažje interpretacije so ob robu vpisane tudi vrednosti r_ε in r_γ in velja potem navodilo: Ako znese vrednost ε nad 0,5, je treba zračunati recipročno vrednost $1/\varepsilon$, in če znese vrednosti γ nad 1,00, je treba izračunati recipročno vrednost $1/\gamma$. Potem točko T spet lahko preprosto določimo, upoštevajoč oznake ob robu grafikona. Še priporočilo: točko T najlaže ugotovimo z dvema trikotnikoma, po skici, vrisani v grafikonu.

Po tem postopku lahko torej zelo hitro ugotovimo računski način, ki ustreza za konkretni primer, in dodatne skice v grafikonu nam takoj nazorno prikažejo, kakšna je armatura in kje je, ter kakšen je diagram napetosti. Prikaz armature je podan v malih pravokotnikih (situacija kot pri skici, kjer so definirane vrednosti ε in γ , skrajna leva spodaj), in pomenijo pike bistveno, t. j. iz statičnih ozirov nujno armaturo, križci pa »montažno«, oziroma zaradi predpisov potrebno »minimalno« armaturo. Pravokotnik brez pik ali križcev naznačuje, da zadostuje nearmirani prerez. Prikaz napetosti je podan v diagramih pod pravokotniki in je tlačna napetost betona označena z vertikalnim senčenjem, natezna napetost armature, deljena s številom $n = E_a/E_b$, pa z vertikalno črtico na zadevnem mestu. Napetost tlačne armature ni posebej zaznamovana, razpokani del betona (v coni pod nevtralno osjo) je označen z neosenčeno ploskvijo diagrama. Ako je izrabljena dopustna robna napetost betona, ima tam senčenje debelo črto, ako je izrabljena dopustna središčna napetost betona, ima senčenje debelo črto na mestu, ki ustreza napetosti v središču. Če je izrabljena napetost natezne armature, je zadevna črta risana debelo.

Vse tu podane pripombe so sicer že navedene na grafikonu, vendar je prav, da jih zaradi lažje uporabe še posebej obrazložimo tudi v tem tekstu. S tem so podana vsa osnovna napotila za uporabo grafi-

kona in bi to pravzaprav strokovnjaku že popolnoma zadoščalo za račun armature (in izkaz napetosti). Vendar je za prakso zelo koristno, da dodamo grafikonu še kratka »Navodila« za te račune, posebno, ker jih lahko prav preprosto podamo na majhnem prostoru. Ta navodila so podana v okviru levo od grafikona in nam za vsako polje grafikona podajo v strnjem zapisu vse enačbe, ki pridejo pri zadevnem polju v pošteve.

Omenjene enačbe in ostala navodila so v splošnem, kot že omenjeno, prirejene na osnovi uporabe n-postopka in po možnosti v »klasični« obliki, ki jo praktik najboljše pozna. Na nekaterih mestih pa sem znane klasične postopke še poenostavil oziroma izboljšal in zato novi obrazci niso praktiku »klasične šole« takoj na prvi pogled razumljivi. Zato v naslednjem poglavju obrazložim in po potrebi utemeljujem navedene napotke, kar bo v korist tudi praktiku, ki te izraze sicer pozna, pa mu bo pojasnitev njihovega teoretskega ozadja olajšala uporabo.

3. RAČUN ARMATURE Z IZKAZOM NAPETOSTI NA OSNOVI UPORABE GRAFIKONA

V grafikonu imamo petnajst polj, od katerih ima vsako svoj računski postopek. Načelno bi bilo možno sicer nekaj polj združiti v eno samo, s čimer bi dobili manjše število polj in s tem nekoliko preprostejši grafikon. Toda to bi bilo mogoče le tedaj, če bi zahtevali le varnost konstrukcije, ne pa tudi ekonomičnosti, t. j. najmanjši možni skupni prerez armature pri danem prerezu betona in dani obremenitvi. In če upoštevamo to ekonomsko zahtevo, je treba uvesti v grafikon vseh petnajst polj, kot sem to tudi storil. Sledi torej, da nam daje upoštevanje navodil, podanih na levi ob grafikonu, najmanjšo možno težo armature za zadevne razmere.

Če imamo momente raznih predznakov (n. pr. ločni mostovi) in želimo imeti n. pr. simetrično armaturo ali armaturo, ki ustreza kakim drugim zahtevam glede razvrstitve po prerezu, tedaj se seveda ne bomo natančno držali danih navodil, ampak samo načelno. Tokrat seveda ugotovljena armatura ne bo minimum za posamezni obtežni primer, ampak bo ugodna, upoštevajoč vse obtežne primere kompleksno. Vsekakor pa nam bo tudi v takih zahtevnejših primerih grafikon v veliko korist, ker nam bo za dani obtežni primer takoj pokazal, kakšna bi bila najcenejša armatura, in homo torej skušali doseči, da bo izbrana armatura čimbolj ustrezala posameznim najcenejšim armaturam, pripadajočim raznim obtežnim primerom.

Po teh uvodnih pripombah preidem na obrazložitev oziroma navodila k postopkom, ki jih terjajo posamezna polja, začeni sistematično po črkah in številkah, ki posamezna polja označujejo.

Sektor A — nearmirani prerez

Ako pade točka T v sektor A, t. j. v eno izmed polj A_1 , A_2 ali A_3 , pravzaprav lahko vsak nadaljnji račun odpade, ker lega točke v sektorju A že zagotavlja, da so dosežene napetosti manjše od dopustnih napetosti za nearmirani beton. S tem odpade tako račun armature kot račun napetosti. Ker pa je treba za gradbene oblasti podati račun napetosti, da s tem utemeljimo umestnost nearmiranega prereza, so v

navodilih dane ustrezne enačbe za vsako od polj sektorja A posebej.

Polje A_1 . V tem primeru se dopustni napetosti še najbolj približa središčna napetost σ_s , in je zato podana enačba za dokaz zadevne varnosti.

Polje A_2 . Če pade točka v to polje, se izkaže, da se dopustni napetosti še najbolj približa napetost na robu, in je zato navedena oblika za ustreznih dokaz. Vrednost ε je še pod zneskom $1/6$, t. j. ekscentričnost (e) je manjša od $h/6$, s čimer velja enačba, veljavna za homogeni prerez.

Polje A_3 . Tu je ekscentričnost (e) že večja od $h/6$ ($\varepsilon > 1/6$), enačba za homogeni prerez ne velja več, ker je treba izločiti natege v betonu. S tem pride v veljavo znana enačba, ki upošteva višino tlačene cone betona v znesku $x = 3 \cdot x_1 = 3 \cdot (h/2 - e)$. Količnik ne dopustimo, da bi v nearmiranem betonu vrednost (x) postala manjša n. pr. od $x = h/2$, (mnenje nekaterih strokovnjakov), moramo v primeru, da je vrednost ε večja od $\varepsilon = 0,333$, upoštevati račun po polju D_1 .

Sektor B — prerez, armiran s predpisano minimalno armaturo

Če je položaj točke T v sektorju B, je dop. napetost za nearmirani prerez prekoračena, ni pa še dosežena dop. napetost za armirani prerez. Zato armatura statično še ni potrebna in vložimo po predpisu zahtevano minimalno armaturo.

Ta armatura je sorazmerno šibka in ne kaže, da bi njen vpliv (zaradi preprostega računa) upoštevali s preveliko natančnostjo. Zato predpostavljam, da je armatura enakomerno razdeljena po celem prerezu, s čimer se napetosti, dobljene za nearmirani prerez, reducirajo preprosto s faktorjem $1/\eta$, kjer je η enak (glej navodila h grafikonu) $\eta = 1 + n \cdot \mu$, μ = dejanski odnos prereza armature nasproti prerezu betona. Ako je armatura koncentrirana v vogalih, je vztrajnostni moment te armature večji kot v primeru, če je armatura enakomerno porazdeljena po prerezu, in je torej gornji postopek na varni strani.

Polje B_1 . Prav tako kot pri polju A_1 se tu dopustni napetosti za armirani beton še najbolj približa središčna napetost, s čimer je najvažnejši izkaz te napetosti. Če smo zelo natančni, pa izkažemo še robno napetost po enačbi za polje B_2 (η dobljen po polju B_1).

Polje B_2 . Tu se dopustni napetosti bolj približa dosežena robna napetost. S tem v zvezi računamo potrebni prerez armature glede na to napetost. Izkaže se predvsem robna napetost, pri zelo natančni izvedbi statičnega elaborata izkažemo še središčno napetost, po enačbi, dani pri polju B_1 (η dobljen po polju B_2).

Polje B_3 . Ekscentričnost je tu tolikšna, da je treba izločiti, podobno kot v polju A_3 , natege iz betona, ter veljajo iste enačbe kot v polju A_3 . Teoretično vzeto, bi zadostovalo, da bi armaturo namestili samo v tlačnem delu prereza betona, del armature, ki bi proporcionalno pripadel razpokani natezni coni, bi mogel odpasti. Ker pa gre za majhne količine, je najprimerneje, da armaturo namestimo enakomerno tudi v razpokano tegnjeno cono, podobno kot za primer polj B_2 in B_3 . — Če ne želimo, da bi se ploskev tlačene cone betona ne zmanjšala na manj kot 50%

celotnega prereza betona, bi bilo treba, podobno kot pri polju A_3 za primer $\varepsilon > 0,333$, upoštevati postopek kot pri polju D_1 (ali D_2 — odvisno od tega, kateremu polju je točka T bližja).

Sektor C — prerez bistveno armiran, celotni prerez betona tlaččen

V tem primeru gre za tako imenovano malo ekscentričnost, t. j. tlačna sila deluje v jedru idealnega prereza. Poudarek je na besedi »idealnega«, ker ima armirani prerez namreč večji vztrajnostni moment in je s tem jedro tega prereza večje kot jedro nearmiranega prereza. Pri močni armaturi se jedro razteza na celem področju med armaturo f in f' , kar je razvidno v grafikonu iz tega, da se pri velikih vrednostih γ ($1/\gamma \rightarrow 0$) razteza sektor C do $\varepsilon = 0,44$, medtem ko se pri nearmiranem prerezu začenjajo nategi že pri $\varepsilon \geq 0,1667$.

Za ta sektor že imamo tabele, ki omogočajo hiter račun idealnih prerezov in idealnih vztrajnostnih momentov za primer simetrične armature. Pač pa je večja težava, če hočemo imeti nesimetrično armaturo. V tem primeru je potrebno najprej zamudno računanje lege težišča idealnega prereza, potem pa še zamudnejše računanje vztrajnostnega momenta idealnega prereza. In vse to za armaturo, ki zanjo na splošno še ne vemo, če bo ustrezala.

In v zvezi s temi težavami »klasičnega« postopka navajam v navodilih ob grafikonu svojo originalno metodo za izračun armature, po kateri brez računa vztrajnostnih momentov itd. neposredno ugotovimo prerez armature na manj tlačnem robu f_a in prerez armature na bolj tlačnem robu f'_a . Po teh navodilih dobimo obenem tako razmerje prerezov obeh armatur, da je vsota obeh prerezov minimalna. To je za ekonomično armiranje največjega pomena in ta uspeh bi po zgoraj podanem, klasičnem postopku dosegli le z daljšim in zamudnejšim poizkušanjem.

To prednost, ugotovitev takega razmerja med prerezoma obeh armatur, da bo vsota prerezov minimalna, dosežemo s tem, da upoštevamo v sektorju C štiri polja in so meje polj določene tako, da je pogoju najcenejše armature vedno zadoščeno. Preračun je v vseh štirih poljih načelno enak, neznatne spremembe nastopajo le toliko kolikor nam gre za to, da dosežemo čim cenejšo armaturo.

Ne kaže, da bi se v okviru tega spisa spuščali preveč v podrobnosti, kako dobimo enačbe za račun polj sektorja C. (Zadevna popolna izvajanja nameravam podati v posebni razpravi, z vsemi kritičnimi pripombami.) Vendar bi podal tu poglavitne osnove, ki so dokaj preproste: če želimo ugotoviti prerez armature f'_a , vzamemo preprosto, da je moment vseh notranjih sil k armaturi f_a enak momentu zunanje sile R. Če pri tem vnesemo, da velja: $\varepsilon = e/h$, $\gamma = R/([\sigma_r] \cdot b \cdot h)$, kot je veljalo že po en. 1 in 4, ter nadalje: $u = \sigma_m/\sigma_r$, $k = \sigma_r/[\sigma_r]$, $g = \gamma/k$, $c = [\sigma_s]/[\sigma_r]$, kjer je σ_r dosežena napetost na bolj tlačnem robu, σ_m dosežena napetost na manj tlačnem robu, $[\sigma_r]$ dopustna tlačna napetost na robu in $[\sigma_s]$ dopustna tlačna napetost v središču prereza (oboje za armirani beton), dobimo, upoštevajoč, da je oddaljenost (a) armatur od roba enaka 6% višine h, potem za armaturo f'_a izraz:

$$f'_a = b \cdot h \cdot \frac{g \cdot (\varepsilon + 0,44) - 0,30 - 0,14 \cdot u}{n \cdot 0,88 \cdot (0,94 + 0,06 \cdot u)} \dots (5)$$

Ako pa vnesemo še $n = 10$ in zaokrožimo izraz v imenovalcu $w = 0,94 + 0,06 \cdot u$ na znesek $w = 1,00$, dobimo končno izraz $f'_a = \mu \cdot b \cdot h$, kjer je μ' v tabeli ob grafikonu podani izraz:

$$\mu' = \frac{g \cdot (\varepsilon + 0,44) - 0,14 \cdot u}{8,8} - 0,034 \dots (6)$$

Prav tako dobimo izraz za armaturo f_a , ako nastavimo momente k armaturi f'_a in je točni izraz dan v obliki:

$$f_a = b \cdot h \cdot \frac{g \cdot (0,44 - \varepsilon) - 0,14 - 0,30 \cdot u}{n \cdot 0,88 \cdot (0,94 \cdot u + 0,06)} \dots (7)$$

Če aproksiramo izraz v imenovalcu $w' = 0,94u + 0,06$ z dovolj točno vrednostjo $w' = 1,00 \cdot u$ ter uvedemo $n = 10$, dobimo končni izraz $f_a = \mu \cdot b \cdot h$, kjer je μ v grafikonu podani izraz:

$$\mu = \frac{g \cdot (0,44 - \varepsilon) - 0,14}{8,8 \cdot u} - 0,034 \dots (8)$$

S tem so osnovne enačbe za izračun armature in izkaz napetosti v sektorju C podane; potreba je le še na kratko pojasniti, na kakšen način pridemo do posameznih polj v tem sektorju. Logični potek izvajanj je pri tem tak, da gremo od polja C_4 k polju C_3 in potem šele k polju C_1 in C_2 .

Polje C_4 . Iz enačb 6 in 8 je razvidno, da bosta obe armaturi toliko manjši, kolikor bo vrednost (g) manjša. Vrednost (g) bo (glej gornje definicije) tem manjša, čim večja bo vrednost (k). Ker je (k) razmerje med doseženo in dopustno robno napetostjo, sledi, da je največja dopustna vrednost za (k) enaka $k = 1,00$, s čimer postane vrednost (g) enaka $g = \gamma$. Glede vrednosti (u), ki jo je treba v tem polju izbrati, velja v smislu omenjenih dveh enačb, da bosta armaturi tem manjši, čim večja bo ta vrednost. Vendar se pri tem lahko zgodi, da bi pri visoki vrednosti (u) izpadla armatura f_a negativna. S tem v zvezi dobimo iz enačbe 7 izraz za maksimalno dop. vrednost za (u): $u = \frac{\gamma(0,44 - \varepsilon) - 0,14}{0,30}$, pri kateri je ta armatura enaka nič. S tem je podan račun za polje C_4 , kjer imamo dop. robno napetost betona izrabljeno, eksistira pa samo armatura f'_a . Le če izberemo za (u) nekoliko manjšo vrednost od zgoraj navedene, dobimo skromno armaturo f_a , ki služi tudi kot montažna armatura. Seveda moremo vrednost (u) poljubno manjšati proti $u = 0$, s čimer moremo armaturo f_a poljubno povečati in po želji tudi doseči simetrično armaturo. Iz enačb 6 in 8 pa seveda neposredno sledi, da dobimo najlažjo armaturo tedaj ko izberemo vrednost za (u) po zgornji enačbi.

Polje C_3 . V tem področju bi bila vrednost (u) po enačbi, veljavni za polje C_4 , prevelika. Če namreč vzamemo $u = 1$, dobimo pri $g = \gamma$ robno napetost na robu z armaturo f_a enako robni napetosti na robu f'_a , ki je enaka tedaj dop. robni napetosti. S tem dobimo pravokotni diagram napetosti in je torej tudi v središču prereza napetost v znesku dopustne robne napetosti. To je pa preveč, ker je v središču (= težišču bet. prereza) dovoljena le manjša napetost, t. j.

Polje C_2 . V določenem področju sektorja C bi izpadla armatura f_a negativna, če bi računali z vrednostmi (u) in (g) po navodilih za polje C_1 . Primer, da je pri tem izrabljena dopustna robna napetost, smo že obravnavali v polju C_4 , preostane le še primer, da je izrabljena dopustna središčna napetost. V tem primeru velja: $u = 2 \cdot c/k - 1$, in če to vstavimo v en. 7, ($g = \gamma/k$), dobimo vrednost (k), s pogojem, da je armatura f_a nična, z izrazom: $k = [0,6 \cdot c - \gamma \cdot (0,44 - \varepsilon)]/0,16$. Tu je torej izrabljena središčna dopustna napetost, armatura ob bolj tlačnem robu je bistvena, armaturo ob manj tlačnem robu dobimo le, če vzamemo vrednost (k) nekoliko večjo od pravkar navedene. Najmanjšo armaturo dobimo seveda v primeru, da vzamemo za (k) prav to vrednost.

[σ_s]. S tem v zvezi je dovoljena maksimalna vrednost za (u) v znesku $u = 2 \cdot c - 1$, kar dobimo, če upoštevamo, da je središčna napetost aritmetična sredina obeh robnih napetosti. Če izberemo potem za (u) pravkar navedeno vrednost ter $g = \gamma$, sta potem izrabljeni i dop. robna napetost (na bolj tlačnem robu) in dop. središčna napetost. Ker pa ne velja več enačba za (u) po polju C_4 , nastopita kot bistveni obe armaturi. Če vzamemo za vrednost (u) manj kot pri pravkar navedeni, moremo seveda spet variirati z razmerjem obeh armatur. (Opomba: Pri sedanjih predpisih se izkaže, da je $c = 0,8$ za vse vrste in debeline betona.)

Polje C_1 . Pri manjših ekscentričnostih se izkaže, da ni najugodnejše upoštevati $g = \gamma$ ter $u = 2 \cdot c - 1$, ampak da je bolje nekoliko zmanjšati napetost na robu pod dopustno ($g > \gamma$, $k < 1$); potem izberemo lahko nekaj večji (u), kot to dopušča polje C_3 , t. j. $u = 2 \cdot c/k - 1$. Medtem ko povečevanje vrednosti (g) po eni strani povečuje armaturo [vpliv vrednosti (g) v en. 6 in 8], pa po drugi strani to povečanje povečuje vrednost (u) [v pravkar navedeni enačbi] in s tem zmanjšuje armaturo. Ako potem iščemo ekonomsko vrednost za (g), je treba ugotoviti nastavek za vsoto obeh armatur, ga odvajati po vrednosti (g) [bolje: izraziti (g) z γ in (k) ter odvajati po (k), pri čemer se uvede $u = 2 \cdot c/k - 1$], s čimer dobimo ekonomsko vrednost za (k) po enačbi:

$$k = 2 \cdot c / (1 + u), \quad u = \sqrt{\frac{\gamma(0,44 - \varepsilon) - 0,27 \cdot c}{\gamma(0,44 + \varepsilon) - 0,27 \cdot c}}. \quad \text{Če uvedemo}$$

vrednost (k) in (u) po teh enačbah, dobimo potem najlažjo armaturo. Ako pa se teh enačb ne držimo, lahko sicer spet variiramo z razmerjem zneskov obeh armatur, toda pri nekoliko večji skupni teži obeh armatur. Sledi torej, da imamo v tem polju izrabljeno dop. središčno napetost betona ter da sta obe armaturi bistveni [ker ni (u) voljen po enačbi za polje C_4 , ko postane ena armatura praktično nična]. Pripomniti moram še, da pri centrični tlačni sili izpade po gornji enačbi $u = 1$ (ker je ε enak nič), ter imamo s tem pravokotni diagram napetosti in simetrično armaturo. S tem je podan dokaz, da ta način računa, ki ga uporabljamo pri centričnem tlaku, ni samo najbolj preprost, ampak tudi bolj ekonomičen.

Polje C_2 . V določenem področju sektorja C bi izpadla armatura f_a negativna, če bi računali z vrednostmi (u) in (g) po navodilih za polje C_1 . Primer, da je pri tem izrabljena dopustna robna napetost, smo že obravnavali v polju C_4 , preostane le še primer, da je izrabljena dopustna središčna napetost. V tem primeru velja: $u = 2 \cdot c/k - 1$, in če to vstavimo v en. 7, ($g = \gamma/k$), dobimo vrednost (k), s pogojem, da je armatura f_a nična, z izrazom: $k = [0,6 \cdot c - \gamma \cdot (0,44 - \varepsilon)]/0,16$. Tu je torej izrabljena središčna dopustna napetost, armatura ob bolj tlačnem robu je bistvena, armaturo ob manj tlačnem robu dobimo le, če vzamemo vrednost (k) nekoliko večjo od pravkar navedene. Najmanjšo armaturo dobimo seveda v primeru, da vzamemo za (k) prav to vrednost.

Vsa ta navodila, ki se tičejo sektorja C, so podana v grafikonu (s skicami armature in napetosti) in v »navodilih« (z navedbami vseh potrebnih enačb) v strnjeni obliki, tako da jih more praktik brez kakršnih koli nadaljnjih pojasnil neposredno uporabljati.

Sektor D — prerez bistveno armiran, prerez betona samo deloma tlačan

V sektorju D so zajeti primeri, ko je ekscentričnost tlačne sile R tolikšna, da imamo v enem delu prereza tlačeno področje betona, na drugi strani pa natezno armaturo (v območju razpokanega področja betona). Po potrebi pa se doda tlačnemu področju betona še tlačna armatura. To je torej tako imenovani primer velike ekscentričnosti, kjer pride v poštev metoda računa po Wuczkowskem.

Po znani metodi Wuczkowskega potem ugotovimo tlačne napetosti betona in eventualno armaturo kot za primer čistega upogiba, samo da namesto momenta M , veljavnega k središču prereza, uporabimo moment, ki je pa ugotovljen k težišču natezne armature $M_z = M + R \left(\frac{h}{2} - a \right)$. Natezno armaturo pa ugotovimo tako, da od armature za čisti upogib, ki jo daje moment M_z , odštejemo znesek R/σ_a , kjer je σ_a dosežena napetost natezne armature. Pri računu uporabljamo bodisi navadne tabele za računanje armirano betonskih nosilcev na upogib z enojno armaturo (običajne tabele), bodisi tabele za račun upogibnih armirano betonskih nosilcev z dvojno armaturo (n. pr. Ehlersove tabele).

Polje D_1 . Ako pade točka T v to polje, pomeni, da zadostuje enojna armatura in da pri tem dop. napetost betona na robu še ne bo dosežena. Uporabimo običajne tabele za račun upognjenih armirano betonskih nosilcev v smislu uvodnih pripomb k temu sektorju. Napetost armature vzamemo v znesku dop. natezne napetosti armature.

Polje D_2 . V tem primeru bi bila, če bi upoštevali polno dop. natezno napetost natezne armature dopustna robna napetost betona že prekoračena. Tu je torej potrebno vpeljati tlačno armaturo, bodisi pri izrabljeni dop. nap. natezne armature, ali pa je primerno znižati napetost te natezne armature. Pri čistem upogibu je običajno cenejši prvi način, tu pa se izkaže, da je cenejši drugi način (zaradi vpliva negativnega člena R/σ_a pri računu natezne armature). Da pa si prihranimo zamudni račun ustrezne zmanjšane napetosti armature oziroma daljši račun po polju D_4 , je najenostavneje, da uporabimo Ehlersove tabele, pri tem pa uporabimo tisto kombinacijo odstotkov armature μ in μ' , pri kateri je vrednost μ' najmanjša oziroma le tolikšna, da je primerna za montažno armaturo, v tlačni coni. S tem imamo v tlačni coni neko majhno montažno armaturo, v tegnjeni coni pa bistveno armaturo, ki ima napetost manjšo od dopustne, kar je v tem primeru ekonomsko. [Opomba: Iz grafikona vidimo, da imamo tri različne meje med poljem D_1 in poljem D_2 . Vsaka od mej velja za eno izmed mark betona (160, 220 ali 300).]

Polje D_3 . Če pade točka T v to polje, je treba uporabiti dvojno armaturo (Ehlersove tabele!), pri čemer izrabimo tako dopustno robno napetost betona kakor tudi dopustno natezno napetost železa. Obe armaturi, tlačna in natezna, sta v tem primeru »bistveni«, t. j. statično bistveno potrebni. Polje meji na polje D_4 in meje so spet različne za razne marke betona. Opomba: Načelno bi bilo v polju D_3 najkoristneje uporabiti isti postopek kot v polju D_4 , kjer izberemo tako napetost tegnjene armature, da

je vsota obeh armatur minimalna. Vendar je to v polju D_3 neizvedljivo, ker je taka ekonomska napetost železa že višja od dopustne; izbrati moramo torej kot natezno napetost železa najvišjo možno napetost, t. j. dopustno natezno napetost železa.

Polje D_4 . V polju D_4 se izkaže, za razliko od polja D_2 , da ni koristno zmanjševati natezne napetosti armature tako, da bi tlačna armatura sploh odpadla, ampak da je treba to zmanjšanje izvesti le zmerno in pri tem predvideti neko tlačno armaturo. Problem so raziskovali že razni avtorji in pokazalo se je, da dobimo minimalno vsoto obeh armatur s in pripadajočo ekonomsko natezno napetost armature tem, da izberemo (pri dani dop. robni napetosti betona) neko ekonomsko višino tlačne cone $x = s \cdot h_0$. Tu je h_0 oddaljenost natezne armature od tlačene roba nosilca ($h_0 = h - a$), (s) pa iz literature znano razmerje x/h_0 , katerega ekonomsko vrednost podajajo omenjeni avtorji. Če upoštevamo izraz, podan v knjigi dr. Kasala (Železobetonska v praksi, Knjiga I, Ljubljana 1944, str. 73, en 42), in izrazimo vse tamošnje količine primerno z vrednostmi ε in γ , dobimo potem izraz za ekonomsko vrednost s po enačbi:

$$s = 0,95 - \sqrt{0,14 + 1,47 \cdot \gamma \cdot (\varepsilon - 0,44)} \quad \dots (9)$$

Če potem vzamemo v Ehlersovih tabelah dvojico μ, μ' tako, da je ta dvojica v koloni z ustrežno vrednostjo (s) po enačbi 9 (ali vsaj v koloni z najbližjo vrednostjo s), je dobljena armatura že ekonomska. (V bližini minimuma se vsota armatur le neznatno izpreminja, zato ni nujno, da posebno natančno izpolnimo pogoje glede enačbe 9.)

Polje D_5 . Če bi upoštevali kriterij za vrednost (s) po celem sektorju D, izvzemši polji D_1 in D_2 , bi na področju polja D_3 dobili previsoke natezne napetosti železa (kot že omenjeno) in moramo torej tam upoštevati navodila, podana posebej za polje D_3 . Nasprotno se primeri, če gremo iz polja D_4 v polje D_5 , da bi v tem polju dobili znesek natezne armature negativen, če bi upoštevali vrednost (s) po en. 9. Da se to ne zgodi, moramo vzeti vrednost (s) dovolj veliko, in po že omenjeni knjigi prof. Kasala mora znašati vrednost vsaj:

$$s = 0,09 + \sqrt{0,01 + 6,80 \cdot \gamma (0,44 - \varepsilon)} \quad \dots (10)$$

in je potem znesek natezne armature ravno enak nič. Enačba 10 je dobljena iz enačbe 43 na str. 77 omenjene knjige, upoštevajoč dosedanje tukajšnje definicije glede vrednosti a, γ in ε . Ako potem upoštevamo vrednost (s) točno po enačbi 10 in vzamemo po Ehlersovih tabelah ustrezno dvojico (μ', μ), dobimo natezno armaturo s prerezom $f_a = \emptyset$ in neko tlačno armaturo. Dopustna napetost betona na robu je izrabljena. — V nekaterih primerih izpade vrednost (s) po en. 10 večja od 0,80, ki je največja vrednost, ki jo upoštevajo Ehlersove tabele. V takem primeru torej Ehlersova tabela odpove in bi mogli računati n. pr. po že omenjeni knjigi dr. Kasala. Ako pa želimo priti hitro do rezultata, pa vzamemo kar dvojico (μ', μ) za $s = 0,8$. Tedaj dobimo negativni znesek natezne armature, ki ga pa zanemarimo (in izberemo le primerno montažno armaturo), ker vemo, da bi pri točni vrednosti (s) znesla negativna armatura ravno nič. Kar pa se tiče tlačne armature,

pa si osvojimo dobljeni znesek $f_a' = \mu' \frac{\sigma}{100} \cdot b \cdot h_0 / 100$. S tem ostanemo na varni strani, ker je iz tabele razvidno, da z naraščajočim (s) vrednost μ' pada. (Padanje je dokaj linearno in bi mogli za dani (s) z ekstrapolacijo oceniti pripadajočo vrednost μ' .) — Končno naj pripomnim, da znese po en. 10 vrednost (s) v skrajnem primeru $s = 1$, s čimer dobimo celotno ploskev betona tlačeno in trikotni diagram napetosti. In s tem pridemo na mejo med sektorjem C in D. Dotaknemo se polja C_4 , ki ima tudi bistveno armaturo samo na tlačni strani, samo da je diagram napetosti betona trapezni, in le v skrajnem primeru — na meji — trikotni.

Na ta način smo obravnavali vse sektorje, ki pridejo v poštev pri računu ekscentričnega tlaka. Pogled na grafikon nam pri tem pokaže, da smo s

tem kompletno obdelali vse možne primere, ki morejo nastopiti, kajti sektorji A, B, C in D pokrivajo celotno polje specifičnih ekscentričnosti ε od $\varepsilon = 0$ do $\varepsilon = \infty$, in specifičnih obremenitev γ od $\gamma = 0$ do $\gamma = \infty$. In s tem je podan najboljši dokaz, da je z grafikonom problem ekscentričnega pritiska obravnavan za vse možne primere.

Glede točnosti vrisanih mej pa je omeniti sledeče: Meje so bile po možnosti teoretično izračunane in vnešene v grafikon. V nekaterih težjih primerih pa je bilo enostavnije ugotoviti samo nekaj točk meje, in so bile potem ostale točke interpolirane. Vendar je dosedanja uporaba grafikona pokazala, da je bila ugotovitev mej dovolj točna, posebno, ker nam v okolici mej dasta postopka po obeh sosednjih poljih zelo podobne rezultate. (Konec sledi.)

S. Turk, Dr. sc., ing. civ.

Simplification du calcul d'armature pour la pression excentrique

L'auteur simplifia la méthode de calcul d'armature et des contraintes obtenues en charpentes en béton armé à l'aide d'un graphique spécial permettant de trouver la position du point T correspondant à l'excentricité spécifique et au chargement spécifique. Cette position du T détermine directement la manière du calcul pour le cas donné.

Au graphique plusieurs instructions sont attachées, c'est-à-dire pour le calcul concrète, pour le calcul direct des sections du béton, pour la considération des risques de flambement ainsi que pour les sections non-rectangulaire des charpentes.

L'auteur cite encore quelques simplifications des méthodes de calcul pour les cas de chargement spéciaux, en premier lieu pour le cas où la force agit dans le noyau de la section virtuelle. Le risque de flambement est traité d'un façon nouveau et original.

S. Turk, Dr. sc., civ. eng.

Simplification of Reinforcement Design for Excentric Pressure

The writer simplified the method of designing both reinforcement and obtained stresses in reinforced concrete structures by means of a special graph permitting to find the position of the point T corresponding to the specific excentricity and the specific loading. This position of T determines di-

rectly the way of calculus which has to be applied in the given case.



To the graph several instructions for use are attached viz. for the actual calculus of any example, for direct designing of concrete sections, for consideration of buckling risk as well as for non-rectangular sections of structures.

The writer quotes also some simplifications of designing methods for particular loading cases, especially for the case where the force acts in the core of the virtual cross section. The buckling risk is treated in a new and original way.

Dipl. Ing. Dr. techn. S. Turk

Vereinfachung der Armaturberechnung bei Exzenterdruck

Autor hat die Art der Berechnung von Armatur und erreichten Spannungen in Eisenbetonkonstruktionen in der Weise vereinfacht, dass er ein spezielles Grafikon benützt, womit er durch die spezifische Exzentrizität und die spezifische Belastung die Lage des Punktes T ermittelt, wodurch die Berechnungsart, die im gegebenen Fall in Frage kommt, unmittelbar festgestellt wird. Dem Grafikon sind mehrere Anleitungen für konkrete Berechnungen jeglicher Rechnungsbeispiele, zur unmittelbaren Projektierung des Betonquerschnittes, zur Berücksichtigung der Knickgefahr, sowie zur Berechnung des nichtrechteckigen Querschnittes der Konstruktion beigegeben. Verfasser gibt auch einige Vereinfachungen der Berechnungsarten in einzelnen Belastungsfällen, vor allem für den Fall der Einwirkung der Kraft im Kern des ideellen Querschnittes. Auch die Knickgefahr wird auf neue originelle Art behandelt.

Polje	Izraz napetosti	Izračun armature	Postopek in pomožne vrednosti	Dodatni računi	d_x	Polje
A ₁	$\sigma_{sn} = \frac{R}{bh} \leq [\sigma_{sn}]$	$f = f' = \emptyset$	—	—	h	A ₁
A ₂	$\sigma_{rn} = \frac{R}{bh} (1 + \frac{\sigma_e}{h}) \leq [\sigma_{rn}]$	$f = f' = \emptyset$	—	—	h	A ₂
A ₃	$\sigma_{rn} = \frac{2R}{3x_b} \leq [\sigma_{rn}]$	$f = f' = \emptyset$	$x_1 = \frac{h}{2} - e = h(0,5 - \epsilon)$	—	3x ₁	A ₃
B ₁	$\sigma_s = \frac{\sigma_{sn}}{\eta} \leq [\sigma_s]$	$\Sigma f = \mu_{min} bh \cdot \frac{\sigma_{sn}}{[\sigma_s] \eta_{min}}$	$\mu_{min} = \frac{1}{100} (0,25 + 0,015\lambda)$ $\eta_{min} = (1 + n \mu_{min})$	$\sigma_{sn} = \frac{R}{bh}$	h	B ₁
B ₂	$\sigma_r = \frac{\sigma_{rn}}{\eta} \leq [\sigma_r]$	$\Sigma f = \mu_{min} bh \cdot \frac{\sigma_{rn}}{[\sigma_r] \eta_{min}}$	$\mu = \frac{\Sigma f (izbrano)}{bh}$	$\sigma_{rn} = \frac{R}{bh} (1 + \frac{\sigma_e}{h})$	h	B ₂
B ₃	$\sigma_r = \frac{\sigma_{rn}}{\eta} \leq [\sigma_r]$	$\Sigma f = \mu_{min} bh \cdot \frac{\sigma_{rn}}{[\sigma_r] \eta_{min}}$	$\eta = (1 + n \mu)$ 1.  ali Armatura: 2.  $f = f' = \frac{\Sigma f}{2}$	$\sigma_{rn} = 2R/3x_b$ $x_1 = \frac{h}{2} - e = h(0,5 - \epsilon)$	3x ₁	B ₃
C ₁	$\sigma_r = k[\sigma_r] \leq [\sigma_r]$	$\mu' = \frac{g(0,44 + \epsilon) - 0,14}{8,8} - 0,034$	$g = \gamma/k$ $k = \frac{2C}{1+u}$ $c = [\sigma_s]/[\sigma_r] = 0,8$	$u = \sqrt{\frac{\gamma(0,44 - \epsilon) - 0,27C}{\gamma(0,44 + \epsilon) - 0,27C}}$	h	C ₁
C ₂	$\sigma_m = k_u[\sigma_r] \leq [\sigma_r]$ $\sigma_s = \frac{\sigma_r + \sigma_m}{2} \leq [\sigma_s]$	$f' = \mu' bh$	$g = \gamma/k$ $u \leq \frac{2C}{k} - 1$ $c = [\sigma_s]/[\sigma_r] = 0,8$	$k = \frac{0,6C - \gamma(0,44 - \epsilon)}{0,16}$	h	C ₂
C ₃	$\leq [\sigma_s]$	$\mu = \frac{g(0,44 - \epsilon) - 0,14}{8,8u} - 0,034$	$g = \gamma$ $k = 1$ $c = [\sigma_s]/[\sigma_r] = 0,8$	$u \leq 2C - 1$	h	C ₃
C ₄	$(\sigma_m = u \sigma_r)$	$f = \mu bh$	$g = \gamma$ $k = 1$	$u \leq \frac{\gamma(0,44 - \epsilon) - 0,14}{0,30}$	h	C ₄
D ₁	$\sigma_r < [\sigma_r]$ $\sigma_a = [\sigma_a]$	$f' = \emptyset$ $f = \mu bh_0 - R/\sigma_a$	Običajna tabela za upogib, za dani $r \rightarrow \mu$	$r = \frac{h_0}{\sqrt{M_z/b}}$		D ₁
D ₂	$\sigma_r = [\sigma_r]$ $\sigma_a < [\sigma_a]$	$f' = \mu' bh_0 = \emptyset$ $f = \mu bh_0 - R/\sigma_a$	Ehlersove tabele za dani r, μ, μ' (pri $\mu' = \text{minimalni}$)	$M_z = Rh(\epsilon + 0,44) = M + R(\frac{h}{2} - a)$		D ₂
D ₃	$\sigma_r = [\sigma_r]$ $\sigma_a = [\sigma_a]$	$f' = \mu' bh_0$ $f = \mu bh_0 - R/\sigma_a$	Ehlersove tabele za dani $r \rightarrow \mu, \mu'$ pri $\sigma_a = [\sigma_a]$	$h_0 = h - a = 0,94h$		D ₃
D ₄	$\sigma_r = [\sigma_r]$ $\sigma_a < [\sigma_a]$	$f' = \mu' bh_0$ $f = \mu bh_0 - R/\sigma_a$	Ehlersove t. za $r \rightarrow \mu, \mu'$ pri $s = 0,93 - \sqrt{0,14 + 1,47\gamma(\epsilon - 0,44)}$	$a = 0,06h$		D ₄
D ₅	$\sigma_r = [\sigma_r]$ $\sigma_a \ll [\sigma_a]$	$f' = \mu' bh_0$ $f = \mu bh_0 - R/\sigma_a = \emptyset$	Ehlersove t. za $r \rightarrow \mu, \mu'$ pri $s \geq 0,90 + \sqrt{0,01 + 6,80\gamma(0,44 - \epsilon)}$			D ₅

PRIPOMBA ①: σ_s = nap. betona v težišču betonskega prereza
 σ_r = nap. betona na bolj obremenjenem robu
 σ_m = nap. betona na manj obremenjenem robu
 σ_a = nap. armature f

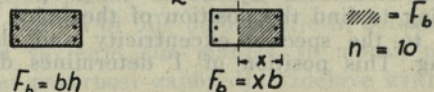
[] = dopustna napetost
indeks n... za nearmirani beton

PRIPOMBA ②: Pri vitkosti $\lambda \geq 35$ (ali $v = \frac{L_i}{d} \geq 10$) $d \leq \left\{ \frac{b}{d_x} \right\}$ je dimenzionirati z ozirom na stabilitetno obremenitev (=idealna obremenitev)

a.) Ako je $m \geq 2\omega$ (arm. b.: $q = 0,25$; nearm. b.: $q = 0,40$) je obremenitev: R'', M''
 $R'' = \psi R$, $M'' = \psi M$, $\psi = \frac{\omega + m}{1 + m}$ ($\epsilon'' = \epsilon$); $\gamma'' = \psi \gamma$, $m = e/j = \frac{\sigma_r F''}{R''} - 1 = e/j_0$

$j_0 \dots j$ za nearm. prerez $\sim j_0 = h'/6$
 $F'' = F_b + \eta F_a + n F_a'$

[m dobim s postopnim približevanjem]



b.) Ako je: $m \leq 2\omega$ upoštevamo obremenitev: R', M' ; $R' = \omega R$; $M' = M$; $\epsilon' = \epsilon/\omega$; $\gamma' = \omega \gamma$.

Izjemoma v poljih A₃, B₃, D₃, D₂, D₃, D₄, D₅: Ako pade točka T(ϵ, γ) [ne glede na iznos ϵ, γ] v ta polja, je uporabiti postopek pod a) [= ψ postopek].

DIMENZIONIRANJE:

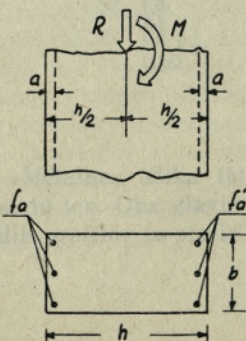
Dano:

$M, R, [\sigma_r], b, h$

$$e = \frac{M}{R} \quad \epsilon = \frac{e}{h}$$

$$\gamma = \frac{R}{[\sigma_r] bh}$$

za $\left\{ \begin{array}{l} \epsilon > 0,5 \\ \gamma > 1 \end{array} \right\}$ izračunaj $\left\{ \begin{array}{l} 1/\epsilon \\ 1/\gamma \end{array} \right\}$



PRIPOMBA ③: $\omega = [\sigma_s] / [\sigma_r] \geq 1$ (arm. beton)
 $\omega = [\sigma_{sn}] / [\sigma_{rn}] \geq 1$ (nearm beton)
 $[\sigma_r], [\sigma_{rn}]$ po predpisih z ozirom na λ in vrsto betona

Direktno dimenzioniranje:

Ugodni profil: (linija ①) (priporočilo)

$$F = bh \geq \frac{R}{[\sigma_s]}, \quad W = \frac{bh^2}{6} \geq \frac{M}{[\sigma_r]}$$

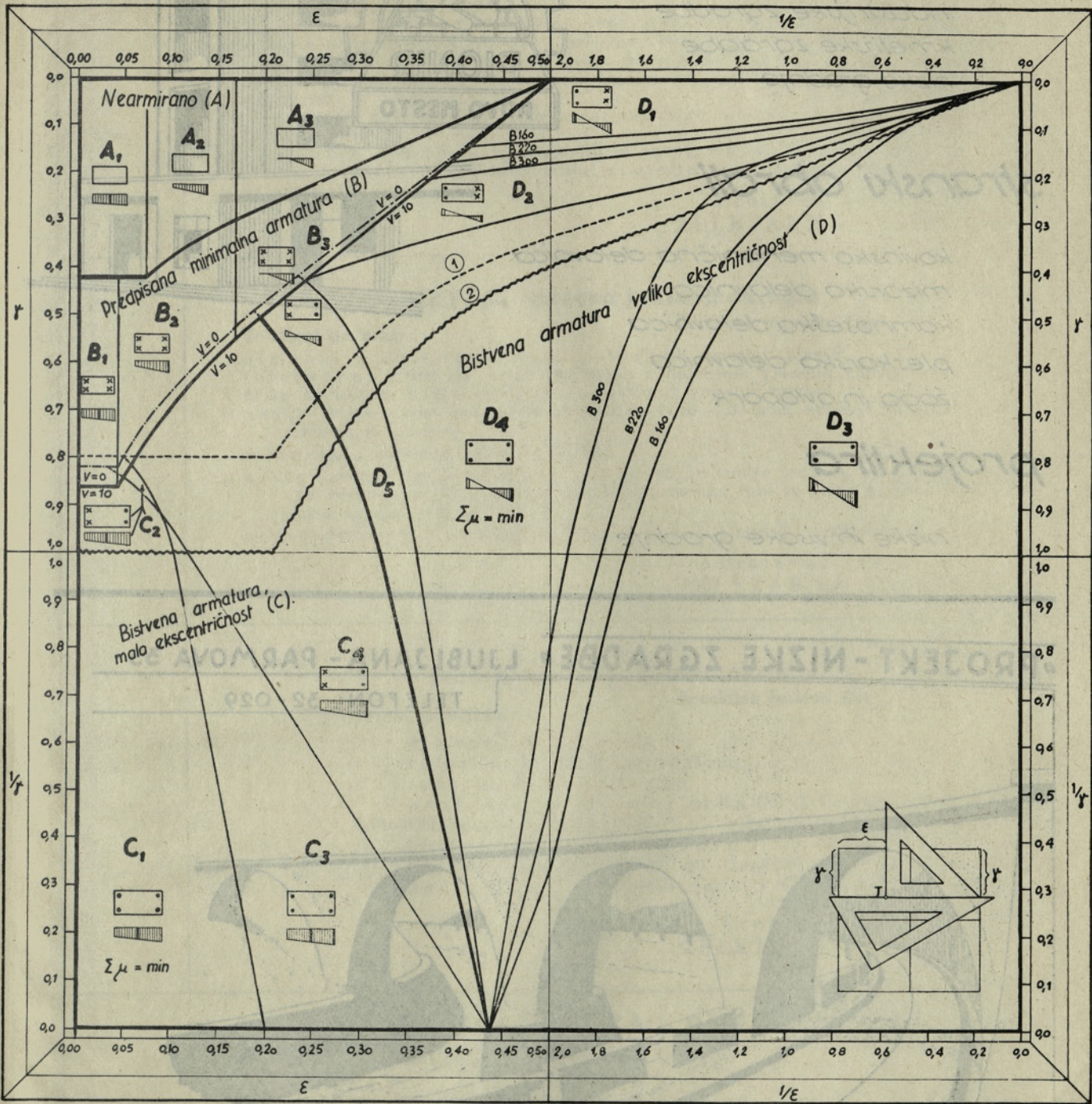
Minimalni profil: (linija ②) (priporočilo)

$$F = bh = \frac{R}{[\sigma_r]}, \quad W = \frac{bh^2}{6} = \frac{M}{1,2[\sigma_r]}$$

Izboljšani profil: izberemo: $\epsilon = \epsilon$; $\gamma' = \gamma$
 $h = \frac{e}{\epsilon}$; $b = \frac{R}{\eta \gamma' [\sigma_r]} = \frac{R \epsilon_1}{e \gamma' [\sigma_r]}$

GRAFIKON NAPETOSTNIH STANJ PRI EKSCENTRIČNEM TLAKU

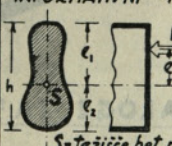
$V \leq 10$ in $V \geq 10$



ZA $\mu + \mu' = \text{MINIMUM}$

- = bistvena armatura
- x = montažna odnosno minimalna armatura
- | = izrabljena dopustna napetost (sektor A: največje približanje d. napetosti)

INFORMATIVNI PODATKI ZA SPLOŠNI SIMETRIČNI PREREZ
 Za betonski prerez: ploskev = F , vsr. mom. = J



$W_1 = J/e$
 $W_2 = J/e_2$
 $j_1 = W_1/F$
 $j_2 = W_2/F$

$\sigma \leq \sigma \leq j_2$
 $j_2 \leq e \leq e_1$
 $e_1 \leq e < \infty$

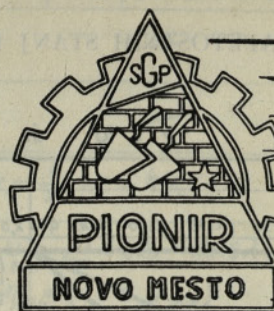
$\epsilon = e/6j_2$
 $\epsilon = (e-j_2)/3(e_1-j_2) + \frac{1}{3}$
 $\epsilon = \frac{1}{2} + (e-e_1)/(e_1+e_2)$

$\gamma = R/[6j_1] \cdot F$

$S = \text{Težišče bet. pr.}$

izvaja

stanovanjske zgradbe
industrijske zgradbe
kmetijske zgradbe
nizke gradnje



stranski obrati

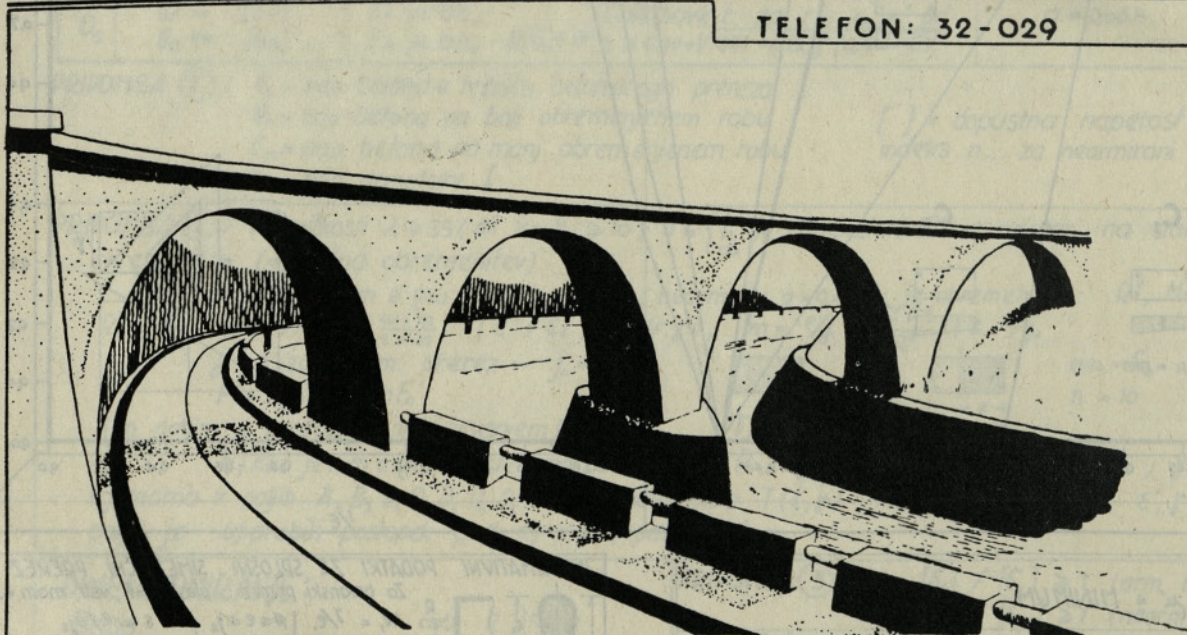
kovinsko mehanična delavnica
mizarska delavnica
kamnoseška delavnica
pleskarska delavnica
žaga in avtopark

projektira

nizke in visoke gradnje

„PROJEKT - NIZKE ZGRADBE“ LJUBLJANA - PARMOVA 33

TELEFON: 32-029



IZVRŠUJE PROJEKTNE NALOGE ZA:

CESTE · MOSTOVE · VODOVODE · KANALIZACIJE · HIDROCENTRALE ·
MELIORACIJE · REGULACIJE · PRISTANIŠKE ZGRADBE · VISOKE
ZGRADBE · VODNOGOSPODARSKE OSNOVE · · ·

ŽICA, vlečena jeklena okrogla

Tehnični podatki:

Kvalitetna jeklena žica

dimenzije: 0,2—12 mm Ø
tolerance: $\pm 0,015$ — $0,15$ mm
teža kg/1000 m: 0,247—888

material: Je C 25,61, 35,61, 45,61, 60,61 (konstrukcijsko jeklo za posebne svrhe in izboljšave), OC 70—120 (ogljikova orodna jekla), PER-1 (nizko legirano jeklo, sposobno za kaljenje), AS-2 (jeklo, ki se lahko obdeluje v avtomatih), OW 1 (legirano orodno jeklo z Wolframom), OCR 1 (legirano orodno jeklo s kromom in vanadijem)

vrsta izdelave: mehko žarjena, trdo vlečena, vlečena na določeno trdnost

način dobave: v kolobarjih in ravnih šibikah (nad 2 mm Ø)

uporaba: za normalne svrhe, za svedre, prebijala in predmete, izdelane na avtomatih

Proizvod izdeluje:

ŽELEZARNA JESENICE

ŽICA, vlečena jeklena okrogla

Tehnični podatki:

Običajna trgovska žica

dimenzije: 0,14—14 mm (samo v določenih vmesnih merah)
tolerance: $\pm 0,01$ do $\pm 0,15$ mm (samo v določenih vmesnih merah)
teža kg/1000 m: 0,121—1,210 (samo v določenih vmesnih merah)
nazy žice: fina (0,14—1,00 mm), tanka (1,10—1,80 mm), srednja (2—4,60 mm), debela (5—14 mm)

material: nizko ogljično jeklo SM

vrste: svetla trda (trdo vlečena) rabi za žablje; modro žarjena, kot mehka rabi za vezanje in žična pletiva; pocinkana, mehka rabi za žična pletiva, bodeče žice, ograje, vezanje itd.

način dobave: v kolobarjih, vezanih na 3 ali 4 mestih, z označeno dimenzijo

Proizvod izdeluje:

ŽELEZARNA JESENICE

ŽICA, vlečena jeklena okrogla

Tehnični podatki:

Specialna jeklena žica

dimenzije: 0,4—13 mm
tolerance: $\pm 0,02$ do $\pm 0,15$ mm
teža kg/1000 m: 0,121—1,210

kvaliteta materiala: mehka (M) % C: 0,06—0,10, % Mn: 0,30—0,50; specialno mehka (SM) % C: 0,06—0,10, % Mn: 0,30—0,42

stopnja čistosti: $M \leq 0,11\%$ P+S, $M \leq 0,07\%$ P+S

trdnost kg/mm²: M = 32—40 (žarjeno); SM = 34—60 (trdo)

način dobave: v kolobarjih in v šibikah (od 2 mm dalje)

Proizvod izdeluje:

ŽELEZARNA JESENICE

BODEČA ŽICA - DUPLEKS

Tehnični podatki:

vrste: črna in pocinkana

številka: 22, 25 in 28

št. žice v žilah: 22, 25 in 28

št. žice v bodicah: 20 (22)

število bodic: 4

razmak bodic: 6 in 12 cm

teža kg/1000 m: 104—148

material: mehko jeklo M

izdelava: žile Dupleks iz modro žarjene, bodice iz trdo vlečene žice. Pri pocinkani žici so žile in bodice iz mehke pocinkane žice

način dobave: v kolobarjih po 200 ali 250 m

Proizvod izdeluje:

ŽELEZARNA JESENICE

SIVA LITINA

Tehnični podatki:

kakovosti, vrste in uporaba:

Ulitki: kakovosti GG 12 do 26 v kosovni teži do 20 t za dele turbin, reduktorjev, za kemične industrije;

nizkolegirana kromova litina: za pražilne peči; podložne plošče, okrovi, cevi v vseh dimenzijah, bobni za dvigala, vrvenice; ulitki za zasune, škripce itd.

Proizvode izdeluje podjetje:

TITTOVI ZAVODI LITOSTROJ

Ljubljana

KOVINSKA LITINA

Tehnični podatki:

Ulitki: iz kositrovega bronca, medenine iz kovine-delte, aluminija in bele kovine.

Največja teža ulitka: 14 t.

Surovine se stalno kontrolirajo kemično, metalografično in fizikalno-mehanično.

Proizvode izdeluje podjetje:

TITTOVI ZAVODI LITOSTROJ

Ljubljana

JEKLENA LITINA

Tehnični podatki:

Vrste litin in njih uporaba:

manganova trda litina z 12 do 14 % mangana: ulitki za cementno industrijo kot so drobilne plošče, drobilna kladiva, ulitki za drobilne stroje;

litina, odporna proti kislinam in visokim temperaturam iz visokolegirane kromovega in krom-molibdenovega jekla: deli za stroje in naprave v kemični industriji, v topilnicah kovin in zlitin, ročice za pražilne peči;

litina, odporna proti koroziji iz visokolegirane kromovega jekla: turbinski in hidromehanski deli.

Proizvode izdeluje podjetje:

TITTOVI ZAVODI LITOSTROJ

Ljubljana

JEKLENA LITINA

ULITKI

Tehnični podatki:

Ulitki:

ogljikovo jeklo: Stg 37,81; 45,81; 52,81; 60,81: okrovi, cevovodi, traverzni obroči, krmene statve, sidra, kolesa, zasuni, valji;

silicij manganovo jeklo: trdnost 40—90 kg/mm²: zobata kolesa, venci, drogovi, drobilni koluti, grebenjaki;

molibdenovo jeklo: za dele, izpostavljene temperaturam nad 350° C: okrovi, ventili; **krom-molibdenovo jeklo:** za zelo obremenjene strojne dele: deli motorjev, turbin.

Ulitki do 10.000 kg kosovne teže.

Proizvode izdeluje podjetje:

TITTOVI ZAVODI LITOSTROJ

Ljubljana