

INFORMACIJE B

BROJ 3

RI

ING. DRAGOLJUB MITROVIĆ

NEKI PRINCIPI PODGRAĐIVANJA SIDRENJEM

RUDARSKI INSTITUT BEOGRAD 1961.

Izdavač

RUDARSKI INSTITUT — BEOGRAD

Redakcioni odbor

ing. M. Perišić, prof. dr ing. D. Malić, prof. ing. M. Petrović, prof. dr ing. Dj. Lešić, ing. M. Čeperković, ing. A. Blažek, v. savetnik, prof. ing. B. Gluščević, prof. ing. M. Spasić, ing. S. Dular, savetnik, ing. J. Vinokić, savetnik, ing. M. Sumbulović, ing. K. Djordjević, ing. R. Mišita, v. savetnik, ing. B. Popović, naučni savetnik, ing. Lj. Novaković, v. str. saradnik, ing. J. Mihajlović, dipl. hem. N. Jovanović

ING. DRAGOLJUB MITROVIĆ

NEKI PRINCIPII PODGRAĐIVANJA SIDRENJEM

S a d r ž a j

| | | |
|---|-----------|----|
| Uvod | — — — — — | 3 |
| Teorija grede | — — — — — | 4 |
| Uloga sidara | — — — — — | 8 |
| Raspored sidara | — — — — — | 10 |
| Praktična formula za određivanje sistema sidrenja | — — — — — | 12 |
| Primena formula za projektovanje sistema sidara | — — — — — | 13 |
| Oblast primene jednačine za dimenzioniranje sistema sidrenja | — — — — — | 14 |
| Prehodno zatezanje sidara | — — — — — | 15 |
| Literatura | — — — — — | 16 |

U V O D

Podgrađivanje i održavanje podzemnih saobraćajnica i prostorija predstavlja vrlo važan faktor pri podzemnoj eksploataciji mineralnih sirovina. Klasičan način podgrađivanja drvetom je skup, i u nekim slučajevima nedovoljno siguran. Nedostatak jamske grade, stalni skok cena iste, silazak sa eksploatacijom u sve veće dubine zemlje, uvođenje sve teže i produktivnije mehanizacije, nove metode eksploatacije i težnja za postizanjem što veće sigurnosti pri radu — imperativno su zahtevali od tehničkog kadra što intenzivniju zamenu za klasični podgrađni materijal.

Drvo, prirodni kamen, klinker opeka i drugi klasični podgrađni materijal postepeno je sve više zamenjivan: betonom, armiranim betonom, čelikom i lakim metalom. U najnovije vreme — počev od 1948. godine — počela je primena jednog novog i duhovitog načina podgrađivanja, tzv. *sidrenja* (Roof bolting). Zahvaljujući svojoj jednostavnosti, brzom postavljanju i vrlo niskim troškovima, ovaj način podgrađivanja je vrlo brzo prodro i stekao velik ugled u rudarstvu.

Suštna sidrenja sastoji se u tome, da se jedan kraj čelične šipke učvrsti u neporemećenu zonu stene, dok se drugim krajem vrši zatezanje delova stene u poremećenoj zoni koja je sklona zarušavanju. Medutim, kod slojevitih stena sidrenje ima drugu ulogu. Kod njih sidra ustvari armiraju i povezuju slojeve u jednu celinu. Ovde se koristi trenje koje vlada između slojeva, te zasidrena greda sa uspehom nosi svoju sopstvenu težinu i opterećenje koje dolazi od stena iznad nje.

Prednosti koje pruža sidrenje različite su i to:

1. Sidrenje sprečava pokrete stena i potpuno parališe primarni pritisak na radilištu. Primarni pritisak ne pojavljuje se uopšte, jer se sidrenje može obaviti odmah po otvaranju slobodne površine.

2. Smanjuje se profil radilišta, jer profil hodnika ne treba povećati radi podgrade. Ovo je veoma važno za velike komore.

3. Brzina podgrađivanja daleko je veća u poređenju sa drugim načinima podgrađivanja.

4. Jamski transport rasterećuje se od prevoza velike količine jamske grade.

5. Smanjuju se potrebe lagerovanja jamske grade. Isto tako se smanjuje angažovanje komercijalnih službenika i njihova naporna i skupa putovanja oko nabavke, kao i broj radnika koji rade na pripremanju, slaganju i transportu jamske grade.

6. Sidrenje je najjeftiniji način podgrađivanja, pogotovu tamo, gde podgrada mora da traje duže vremena (truljenje).

Podgrađivanje sidrenjem pokazuje znatne uštede u poređenju sa podgrađivanjem drvenom podgradom, čak i kada se kombinuje sa torkretiranjem. Borski rudnik je kroz dugogodišnje iskustvo utvrdio (1955. godine) da drvena podgrada opterećuje 1 m' hodnika profila od 8 m² sa 38.310.— dinara, a sidrenje sa torkretiranjem (10.094) 14.914.— Sidrenje je kako se vidi, jeftinije 2.5 puta. Ekonomičnost se izračunava uz petnaestogodišnji vek trajanja jamske prostorije, pod pretpostavkom da se drvena podgrada menja svakih 5 godina.

Teoretskim i praktičnim razmatranjima utvrđeno je da se iz poznatih odnosa mehanike može postaviti praktična formula za određivanje parametara podgrađivanja ovim sistemom.

U daljem tekstu upotrebljavaće se sledeće oznake i vrednosti:

r = poluprečnik rotacije, cm

n = broj okretaja centrifuge, o/sec

b = rastojanje između redova sidara = širina grede, cm

d' = prečnik sidra, cm

d = prečnik bušotina za sidra, cm

u = ugib grede na sredini raspona, cm

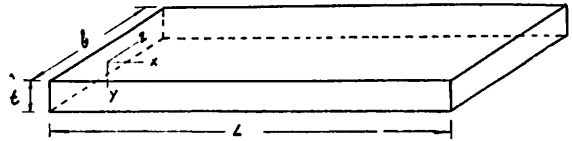
- E = modul elastičnosti krovine, kg/cm^2
 E' = modul elastičnosti sidra, kg/cm^2
 e = dilatacija, cm/cm
 h = dužina sidra = debljina zasidrene krovine, cm
 J = moment inercije. (za pravougaoni presek = $bt^3/12$), cm^4
 W = otporni moment (za pravougaoni presek = $bt^2/6$), cm^3
 K = koef. centrifuge (za stvarni krov jamske prostorije = 1)
 L = širina jamske prostorije, cm
 N = broj sidara u jednom redu
 P = sila prethodnog zatezanja sidra, kg
 q = ravnomerno opterećenje grede (= wbt za gredu opterećenu sopstvenom težinom), kg/cm
 σ = normalni napon, kg/cm^2
 t = debljina jednog proslojka ploče u krovini koja se sidri, cm
 τ = tangencijalni napon, kg/cm^2
 w = zapreminska težina krovine, kg/cm^3
 w' = zapreminska težina sidra, kg/cm^3
 M = moment savijanja, kgcm
 y = najveće udaljenje posmatrane tačke od neutralne ose, cm
 μ = Poisson-ov koeficijent stene
 μ' = Poisson-ov koeficijent sidra
 T = transverzalna sila, kg
 S = moment površine preseka ispod posmatrane tačke u odnosu na neutralnu osu, cm^3
 H = visina svoda prirodne ravnoteže, cm
 f = koeficijent čvrstoće materijala po Protodakonovu.

N a p o m e n a: U slučaju da se krovina sastoji iz više proslojaka (ploča), t se dobije deobom visine sloja povezanog sidrima sa brojem proslojaka na toj visini.

TEORIJA GREDE

Teoretska razmatranja odnose se na gredu, koja se sastoji iz više ploča povezanih u jednu celinu. Povezivanje je ostvareno sidrima, koja su prethodno

zategnuta. Posmatrana greda, u stvari, je uklještena u bokove jamske prostorije i opterećena ravnomerno razdeljenim teretom. Posmatračemo je, u koordinatnom sistemu, gde je z-osa postavljena paralelno sa pravcem jamske prostorije (sl. 1).



Sl. 1 — Jedna krovna ploča orijentisana u koordinatnom sistemu.

Naponi koji vladaju u bilo kom preseku grede, u stvari, su normalni naponi σ_x i tangencijalni napon τ_{xy} (sl. 2c i 2b). Normalni napon ima svoj maksimum u tačkama koje su najudaljenije od neutralne ravni, što znači na gornjoj i donjoj površini grede. Tangencijalni napon ima svoj maksimum upravo na neutralnoj ravni. U ma kojoj tački grede deluje u horizontalnoj ravni tangencijalni napon τ_{yx} , a u vertikalnoj τ_{xy} istog intenziteta (sl. 2d). Raspored normalnog i tangencijalnog napona po dužini grede prikazan je na slici 2 c. Na slici se vidi da maksimumi oba napona deluju iznad oslonaca.

Iz teorije je poznato da se normalni napon može izraziti sledećim odnosom:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{J} y \quad (1)$$

Za pravougaoni presek moment inercije je

$$J = \frac{bh^3}{12} \quad (2)$$

Maksimalni moment savijanja za uklještenu gredu opterećenu ravnomerno razdeljenim teretom:

$$M_{\max} = \frac{qL^2}{12} \quad (3)$$

Posmatrajmo najpre gredu koja se sastoji samo od jedne ploče (sl. 1) za koju je:

$$\begin{aligned}
 h &= t & l &= L \\
 b &= b & y &= \frac{t}{2} \\
 q &= wbt
 \end{aligned}$$

Ako indeksom (') označimo promenljive za ovu gredu i ako zamenimo pobrojane vrednosti, onda je:

$$M'_{\max} = \frac{wb^2L^2}{12}$$

$$J' = \frac{bt^3}{12}$$

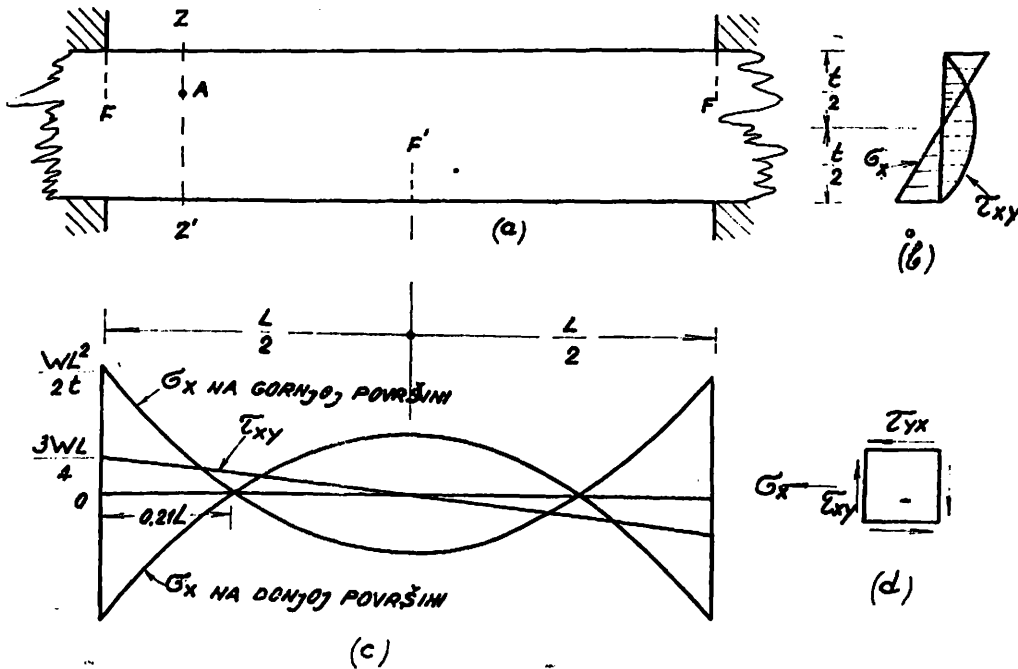
$$\sigma'_{\max} = \frac{wL^2}{2t} \quad (4)$$

Iz jednačina (4) i (5) lako zaključujemo da je:

$$\sigma'_{\max} = 4\sigma''_{\max} \quad (6)$$

odnosno, da najveći normalni naponi u posmatranim gredama za slučaj opterećenja sopstvenom težinom, stoje u odnosu 1:4. To znači da je u ovom slučaju greda sa četiri puta većom visinom četiri puta jača od grede sa toliko manjom visinom.

Posmatrajmo dve grede različite visine samo opterećene istim ravnomerno razdeljenim teretom. Jedna



Sl. 2 — Dijagram napona kod uklještene grede.

a — uklještena greda ravnomerno opterećena; b — dijagram normalnog i tangencijalnog napona u preseku Z—Z'; c — dijagram normalnog napona na gornjoj i donjoj površini grede i dijagram tangencijalnog napona u srednjoj ravni grede (oba dijagrama označavaju raspored napona po dužini grede); d — naponi koji deluju u tački A.

Pretpostavimo li pak gredu sastavljenu od četiri ploče (sl. 3), za koju je

$$h = 4t \quad l = L$$

$$b = b \quad y = 2t$$

$$q = 4wb$$

I ako označimo indeksom (') vrednosti za σ , J i M, onda je

$$M'_{\max} = \frac{wb^2L^2}{3} \quad J' = \frac{16bt^3}{3}$$

$$\sigma'_{\max} = \frac{wL^2}{8t} \quad (5)$$

od njih ima visinu nt. Normalni napon za gredu čija je visina $h = t$, iznosi:

$$\sigma'_{\max} = \frac{M_{\max}}{W'}$$

$$W' = \frac{bt^2}{6}$$

$$\sigma' = \frac{6M_{\max}}{bt^2} \quad (4')$$

Isti napon za gredu sa $h = nt$ jeste:

$$\begin{aligned} W'' &= \frac{bn^2 t^2}{6} \\ \sigma'' &= \frac{6 M_{\max}}{bt^2 n^2} \end{aligned} \quad (5')$$

Ako označimo sa:

$$\begin{aligned} A &= \frac{6 M_{\max}}{bt^2} \\ \sigma' &= A \\ \sigma'' &= \frac{A}{n^2} \end{aligned}$$

odnosno

$$\sigma' = n^2 \sigma''$$

Ovo znači, da je za isto ravnomerno opterećenje, napon n^2 puta manji u gredi koja ima n puta veću visinu.

Maksimalna vrednost tangencijalnog napona može se izraziti odnosom

$$\tau_{\max} = \frac{TS}{Jb} \quad (7)$$

Transverzalna sila, zbog simetričnog opterećenja, u stvari iznosi polovinu ukupne težine grede, odnosno

$$T = \frac{qL}{2} \quad (8)$$

Momenat površine preseka ispod posmatrane tačke u odnosu na neutralnu osu proizvod je polovine poprečnog preseka grede i četvrtine njene visine:

$$S = \frac{F}{2} \cdot \frac{h}{4} = \frac{Fh}{8} \quad (9)$$

Za gredu koja se sastoji od jedne ploče:

$$\begin{aligned} q &= wbt \\ T' &= \frac{wbtL}{2} \\ F &= bt \\ h &= t \\ S' &= \frac{bt^2}{8} \\ J' &= \frac{bt^3}{12} \\ \tau'_{\max} &= \frac{3wL}{4} \end{aligned} \quad (10)$$

Ovaj napon za složenu gredu ima vrednost:

$$\begin{aligned} q &= 4wbt & h &= 4t \\ T'' &= 2wbtL & S'' &= 2bt^2 \\ F &= 4bt & J'' &= \frac{16}{3} bt^3 \end{aligned}$$

$$\tau''_{\max} = \frac{3wL}{4} \quad (11)$$

Iz jednačina (10) i (11) zaključujemo da je

$$\tau'_{\max} = \tau''_{\max} \quad (12)$$

odnosno, da su najveći tangencijalni naponi u obema gredama potpuno jednaki.

U praksi su moguća dva slučaja. Prvi je, da naponi predu svoje granične vrednosti i tada dolazi do lomljenja grede. U ovakvom slučaju prvo se pojavi pukotina iznad oslonca (kod F sl. 2a) koja se širi naniže. Zbog ovoga greda menja karakter te od uklještena postaje prosta greda. Dok je bila uklještena, na sredini raspona delovao je momenat savijanja:

$$M = \frac{qL^2}{2} \left(\frac{1}{6} - \frac{x}{L} + \frac{x^2}{L^2} \right) \quad (13)$$

Za posmatranu gredu, koja se sastoji od jedne ploče:

$$x = \frac{L}{2}$$

$$q = bwt$$

$$M'_{L/2} = \frac{bwtL^2}{24}$$

$$\sigma'_{L/2} = \frac{wL^2}{4t} \quad (14)$$

Upoređujući jednačine (4) i (14) zaključujemo da je

$$\sigma'_{\max} = 2\sigma'_{L/2} \quad (15)$$

Međutim, kad $\sigma'_{L/2}$ dobije vrednost σ'_{\max} (pod pretpostavkom da je $\sigma'_{\max} = \sigma_{\text{dozv.}}$) nastaje pukotina na sredini grede (F' sl. 2a) i ona se konačno lomi.

U drugom praktičnom slučaju, naponi u gredi ne prelaze granične vrednosti te dolazi do savijanja. Svaka tačka unutar grede menja svoj položaj u odnosu na koordinatni sistem. Pomeranje ima dve komponente — vertikalnu i horizontalnu. Vertikalna komponenta ili ugib, najveća je na sredini raspona i ima vrednost:

$$u = \frac{qL^4}{384 EJ}$$

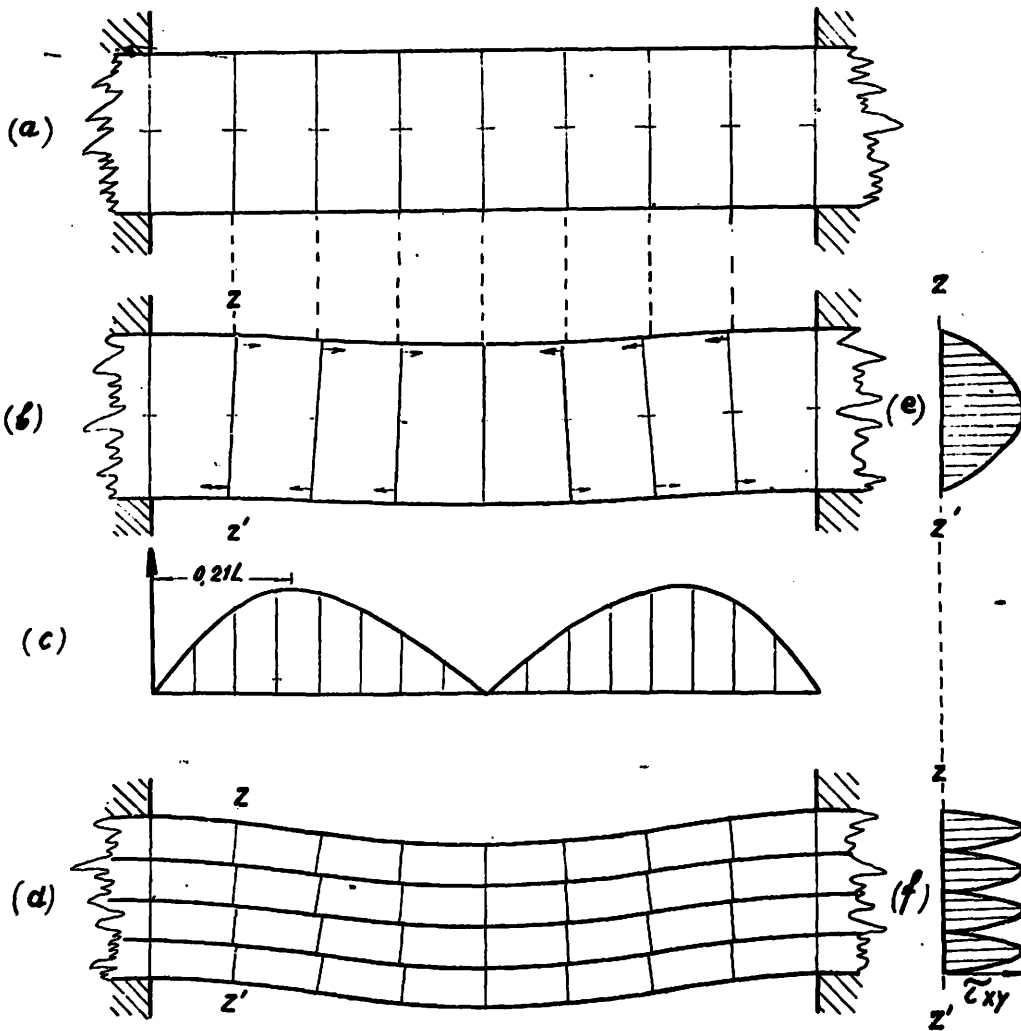
Kako je

$$q = bwt, \quad J = \frac{bt^3}{12}$$

to je za posmatrani slučaj

$$u = \frac{wL^4}{32 Et^2} \quad (16)$$

ugib je 16 puta veći kod grede čija je visina četiri puta manja. Ugib sam po sebi nije opasan ali sa njegovim povećanjem raste i napon. Ako napon pređe određenu granicu, greda se loml. Kod klasičnog podgrađivanja, ugib se eliminiše stupcima ili nekim



Sl. 3 — Horizontalno pomeranje proslojaka kod složene grede.

a — ukliještena greda ravnomerno opterećena. Stanje pre savijanja; b — stanje posle savijanja. Strelice označavaju smer horizontalnog pomeranja; c — dijagram horizontalnog pomeranja tačke na gornjoj ili donjoj površini grede u U tački sa $x = 0,21L$ pomeranje je najveće; d — savijanje složene grede. Zapaža se klizanje između ploča — proslojaka; e — dijagram tangencijalnog napona kod grede koja se sastoji od jedne ploče; f — isto samo kod grede iz više ploča.

Iz ove jednačine očigledno je da ugib za posmatrane dve grede zavisi samo od t. Greda sa većom visinom imaće manji ugib i obratno. U ovom slučaju

drugim načinom podgrade. Ulogu stupca može da preuzme i sidro, ali se u tom slučaju ono mora učvrstiti u neporemećenu zonu krovine.

U sedimentnim stenama neporemećena zona nalazi se iznad svoda prirodne ravnoteže. Visina svoda prirodne ravnoteže (H) po Protodakonovu, data je odnosom:

$$H = \frac{L}{2f} \quad (17)$$

(Za lignite npr. f se kreće u granicama 0,5 — 1,5 što znači za raspon od 400 cm $H = 400 - 130$ cm. Sidra ovako velike dužine teško se mogu praktično upotrebiti). Međutim, ugib se ipak može smanjiti, ako se visina grede povećava. Upravo, ploče (proslojci) u nekoj slojevitoj steni mogu se sidrima povezati u jednu celinu, koja sada deluje kao monolitna greda. (Detaljnije o ulozi sidra biće reči u daljem tekstu).

Horizontalna komponenta pomeranja posmatrane tačke rotira zajedno sa ravni, koja je upravna na neutralnu osu grede. Kod toga, ova ravan ostaje uvek normalna na neutralnu osu (sl. 3b). Ravan koja prolazi kroz sredinu raspona ne rotira, što je slučaj i sa ravnima na krajevima grede iznad oslonca. Horizontalna pomeranja variraju, kako je to pokazano na sl. 3c. Maksimalno pomeranje je u tački koja je udaljena od oslonca za $0,21 L$. Idući ka sredini grede, ono ponovo dobija vrednost nula. Na sl. 3b vidi se, da se sve tačke na gornjoj površini približuju sredini grede, a na donjoj udaljuju od nje.

Iz dosadašnjih razmatranja može se zaključiti, da je najveći normalni napon četiri puta manji u gredi koja ima četiri puta veću visinu, odnosno, da je normalni napon obrnuto srazmeran visini grede.

Isto tako možemo zaključiti, da je tangencijalni napon u nekom preseku grede (sl. 2 — jednačina 10) upravno srazmeran rasponu i ne zavisi od visine grede. Dijagram tangencijalnog napona po visini složene grede razlikuje se od dijagrama u gredi, koja se sastoji od jedne ploče, uglavnom zbog toga, što ovaj napon ne postoji na kontaktu između dva proslojka (sl. 3f).

Napon koji vlada na polovini visine jedne ploče ili monolitne grede (napon u srednjoj ravni) potpuno je jednak za obe grede (sl. 3e-f). Tangencijalni napon ima i horizontalnu i vertikalnu komponentu, što prouzrokuje horizontalna pomeranja proslojka po površinama dodira. Kao što se vidi iz slike 3, ova pomeranja upravo i prouzrokuju rotaciju vertikalnih ravnih koje prate savijanje. Ukoliko se ova pomeranja odnosno klizanja između proslojaka mogu eliminisati, složena greda bi delovala kao da je sastavljena od jedne jedine ploče, čija je visina ravna zbiru visina svih ploča. U praksi su moguća dva načina

sidrenja za sprečavanje ovih pomeranja odnosno klizanja:

a) ugradnja sidra sa prethodnim zatezanjem čime se povećava trenje između proslojaka,

b) ugradnja sidra u bušotine istog prečnika, tako da se klizanje spreči na račun smicanja sidra.

ULOGA SIDRA

U jednom američkom rudarskom institutu izvršeno je više opita na modelima, da bi se utvrdilo koji je način sprečavanja klizanja efikasniji. Modeli su bili od krečnjaka ($w = 2,2 \cdot 10^{-3}$ kg/cm³, $E = 287.000$ kg/cm²) ili od specijalnog brzovezajućeg cementa ($w = 1,70 \cdot 10^{-3}$ kg/cm³, $E = 195.000$ kg/cm²). Svaki model ($L = 60$ cm) predstavljao je jedan vertikalni isečak krova iznad neke jamske prostorije, zajedno sa jednim redom sidara. On je u stvari greda uključena na oba kraja i opterećena sopstvenom težinom. Rotacijom u specijalnim centrifugama, model je opterećen centrifugalnom silom, čiji je intezitet odredivan koeficijentom K. Vrednost ovog koeficijenta data je izrazom:

$$K = \frac{\pi^2 r n^2}{3g}$$

Ispitivanja su se sastojala u merenju izduženja u pojedinim tačkama modela, koja su nastajala kao posledica opterećenja centrifugalnom silom. Brzina okretanja centrifuge postepeno je povećavana i kod svake promene broja okretanja merena je veličina izduženja, odnosno priraštaj izduženja. Iz ovih podataka lako se mogla izračunati dilatacija i za svaki model načinjen je dijagram, gde je na x — osu nanet odnos KwL/E a na y-osu dilatacija e. Odnos KwL/E različit je i karakterističan za svaki model. Izraz Kw je u stvari zapreminska težina modela dok ovaj rotira, jer je K funkcija poluprečnika rotacije i broja okretanja centrifuge.

Instrumentima su merene dilatacije na donjoj i gornjoj površini najniže ploče grede i to u tačkama koje su bile udaljene od oslonca (tj. od boka jamske prostorije) za $x = L/16, L/2$ i $15L/16$. Upoređivanjem podataka za nezasiđeni i zasiđeni model utvrđeno je, da sidra umanjuju izduženja, odnosno dilatacije. Rezultati jednog takvog ispitivanja dati su u tabeli 1. Iz tabele lako je zaključiti, da porastom sile (P), kojom se sidra prethodno zatežu, dilatacije otpadaju. Ovo je posledica povećanja trenja između površina naleganja, pošto se povećanjem sile zatezanja sidra povećava i pritisak između ploča.

Ispitivanja su takode vršena i na modelu u kome su sidra bila istog prečnika kao i bušotine. Po pomenutoj pretpostavci, trebalo je da sidra na ovaj

Tabela 1
Sidra prethodno zategnuta

| N | P | $10^6 e_{L/16}$ | $10^3 e_{L/2}$ |
|---|------|-----------------|----------------|
| 0 | — | 143 | 130 |
| 8 | 13,8 | 92 | 62 |
| 8 | 27,6 | 62 | 30 |
| 8 | 41,6 | 45 | 15 |

Napomena: Model od krečnjaka. Za njega vrede odnosi: $L/t = 48$; $L/b = 4$; $h/L = 0,25$; $N = 0$ i 8. Sidra su bila postavljena u tačkama udaljenim od oslonca za 0,08L; 0,21L; 0,29L i 0,42L. Koef. $K = 38,1$; $KwL/E = 8,7 \cdot 10^{-6}$.

način spreče klizanje ploča, pri čemu su ona opterećena na smicanje. Rezultati ispitivanja jednog takvog modela dati su u tabeli 2. Oni pokazuju da se dilatacije ne umanjuju ako se ugrade sidra. Tek kada je sidro bilo prethodno zategnuto, dilatacije se znatno smanjile.

Tabela 2
Nezategnuta sidra istog prečnika kao i bušotine

| N | P | $10^6 e_{L/16}$ | $10^6 e_{L/2}$ |
|---|------|-----------------|----------------|
| 0 | — | 118 | 138 |
| 4 | 0 | 110 | 134 |
| 4 | 13,8 | 55 | 70 |

Napomena: Model od krečnjaka. $L/t = 48$; $L/b = 4$; $h/L = 0,21$; $d'/d = 1$; $N = 0$ i 4. Sidra su bila postavljena u tačkama udaljenim od oslonca za 0,12 L i 0,25 L. Koef. $K = 38,1$; $KwL/E = 11,2 \cdot 10^{-6}$.

Učinjeni su takode pokušaji, da se postignu ojačanja i jednostavnim uvrtanjem sidra. Radi lakše manipulacije upotrebljen je, već pomenuti, brzovezujući cement. Rezultati, koji su dati u tabeli 3, pokazuju, da je sa prostim uvrtanjem sidra postignuto samo neznatno pojačanje. Pojačanje se može zanemariti kad se uporedi sa onim, koje je postignuto istim opterećenjem kod drugih modela načinjenih od istog mate-

rijala. Zbog toga, greda koja je sastavljena iz više ploča ne može biti ojačana prostom upotrebom sidara, koja nisu prethodno zategnuta i to u slučajevima:

a) kada su sidra u svojim bušotinama zalivena cementom;

b) kada se sidra održavaju u bušotinama trenjem o zidove bušotine; i

c) kada je sidro učvršćeno u bušotini na svom gornjem i donjem kraju.

Tabela 3
Sidra uvrnuta u bušotinu zavojnicom

| h/L | N | $10^6 e_{L/16}$ | Broj optila |
|-----|---|-----------------|-------------|
| 1/4 | 0 | 120 | 1 |
| | 4 | 85 | 1 |
| | 8 | 109 | 1 |
| 1/4 | 0 | 116 | 2 |
| | 4 | 105 | 1 |
| | 8 | 99 | 2 |

Napomena: Model od brzovezujućeg cementa. $L/t = 48$; $L/b = 4,8$; $h/L = 1/8$ i $1/4$; $d'/d = 1$; za $N = 0$ i 4 sidra su bila udaljena od oslonca za 0,21 L i 0,38 L, dok za $N = 8 - 0,10$ L; 0,21 L, 0,31 L i 0,44 L. $P = 0$. Koef. $K = 38,1$; $KwL/E = 10,3 \cdot 10^{-6}$.

Probe na modelima, koji su bili načinjeni od jedne ploče iste visine kao i u prethodnim slučajevima, pokazale su da nema razlike u dilatacijama u odnosu na nezasidreni model. Rezultati ispitivanja prikazani su u tabeli 4.

Tabela 4
Model od jedne ploče

| N | P | $10^6 e_{L/16}$ | $10^6 e_{L/2}$ |
|---|------|-----------------|----------------|
| 0 | — | 24 | 68 |
| 2 | 13,8 | 19 | 75 |
| | 27,6 | 18 | 80 |
| 4 | 13,8 | 19 | 75 |
| | 27,6 | 18 | 78 |
| 6 | 13,8 | 19 | 80 |
| | 27,6 | 16 | 78 |

Napomena: $L/t = 16/3$; $L/b = 4$; $h/L = 3/16$; za $N = 0$ i 2 sidra su bila udaljena od oslonca za 0,25 L; za $N = 4 - 0,12$ L i 0,38 L, dok za $N = 6 - 0,12$ L; 0,25 L i 0,38 L. Koef. $K = 146$.

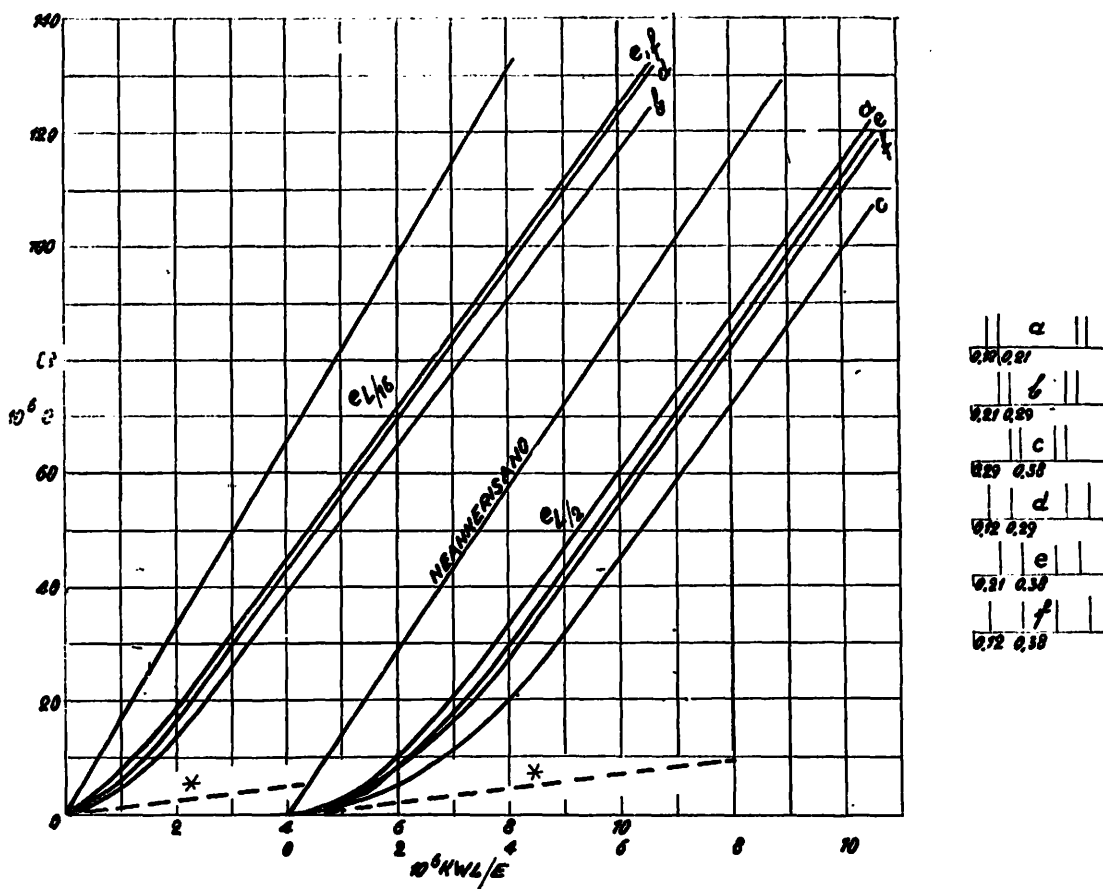
Analizirajući iznete rezultate može se zaključiti, da se krov jamskih prostorija, koji se sastoji od slojevitih stena, može ojačati samo sidrima prethodno zategnutim. Uloga sidra u ovom slučaju je da poveća pritisak između proslojaka, a samim tim i trenje, koje se između njih javlja. Sidro, koje nije prethodno zategnuto, ne može da ojača slojevitu krovinu, čak i u slučaju, kada tesno naleže na bokove bušotina u kojoj se nalazi.

RASPORED SIDARA

Kod svih pomenutih optita sidra su bila međusobno raspoređena na približno jednakom rastojanju. Međutim da bi se uporedila dva različita rasporeda,

Iz dijagrama na sl. 4 i 5, na kojima se nalaze odnosi $KwL/E - e_{L/16}$ mogu se izvesti izvesni zaključci. Tako npr. kad se na modelu B promenio raspored sidara tako da je udaljenje od oslonca bilo 0,31 L, utvrđeno je da je ovaj način isto tako dobar kao i ostali. Ipak je rastojanje od 0,21 L pokazalo najbolje rezultate. Približavanje sidra osloncu za manje od 0,21 L, odnosno sredini raspona za više od 0,31 L, dalo je lošije rezultate.

Primenjujući sistem sa četiri sidra i to kod modela B sa rastojanjima 0,19 L i 0,38 L, kod modela A 0,21 L i 0,38 L, utvrđeno je da su oni podjednako efikasni kao i ostali. Neznatna poboljšanja postignuta su koncentracijom sidara u blizini tačke 0,21 L.



Sl. 4 — Dijagram dilatacija u zavisnosti od opterećenja. Greda od jedne ploče visine 4 h.

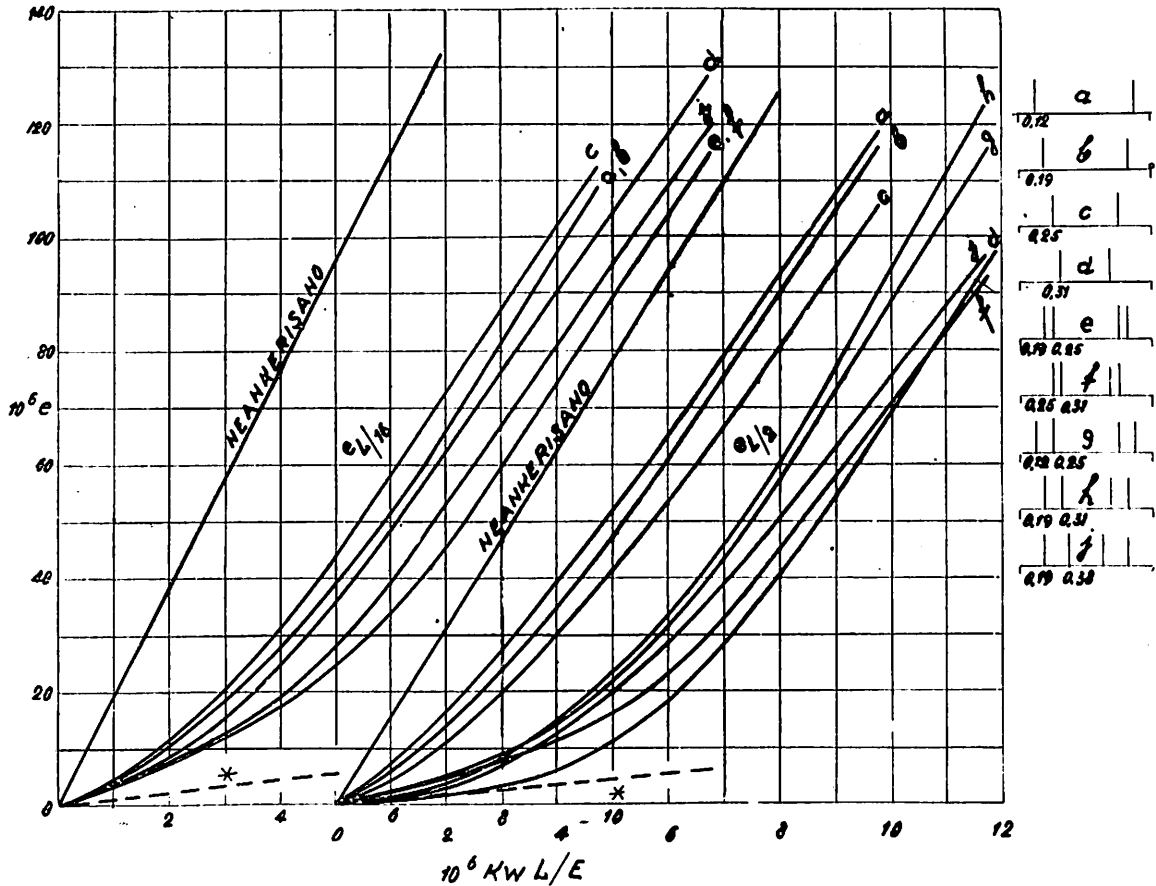
$$L/t = 48; L/b = 4; h/L = 1/4; P = 13,8 t.$$

vršene su probe sa dva i četiri sidra pri čemu su ona bila raspoređena simetrično u odnosu na sredinu grede. Sva rastojanja od oslonca do šidra, imala su jedan multiplikator koji je iznosio $1/4$ cola ($L/48$).

Za model B rasporedom 0,19 L i 0,25 L može se utvrditi, da ne pruža nikakvo poboljšanje u odnosu na raspored, kada su sidra međusobno podjednako udaljena. Ostali rasporedi manje su efikasni nego

kad su sidra ravnomerno raspoređena. Otuda je malo verovatno, da se krov može zarušiti samo zato što je raspored sidara bio loše izabran. Najverovatniji razlog za povećanje uloge sidara u okolini tačke 0,21 L

a sa tim nosivost grede. Zasidrena greda, po svojim statičkim osobinama, stoji između nezasideone i grede koja ima istu visinu ali je sastavljena od jednog komada. To se najbolje vidi iz dijagrama na sl. 4 i 5.



Sl. 5 — Dijagram dilatacija u zavisnosti od opterećenja. Greda od jedne ploče visine 4 h.
 $L/t = 64$; $L/b = 4$; $h/L = 1/4$; $P = 27,6$ t.

je taj, što se u okolini te tačke nalazi zona tangencijalnog napona velikog intenziteta i zona velikog klizanja između proslojaka (sl. 2 i 3). Postavljanjem sidara u sredini raspona ne dobija se neko osobito poboljšanje, pošto je u toj zoni klizanje između ploča ravno null.

* * *

Sidrenje slojevitih krovina ima za zadatak, da proslojke poveža u jednu celinu te da na taj način poveća trenje između njih. Sa porastom sile prethodnog zatezanja sidra, raste i trenje između proslojaka

Prava linija sa oznakom „nezasidreno“ označava odnos KwL/E prema $eL/16$ i $eL/2$ za model, sačinjen od četiri proslojka visine 4h. Isprekidana linija sa oznakom * označava gredu visine 4h koja nije sastavljena od proslojaka već od jednog komada.

U prvom slučaju greda je ustvari samo jedan proslojak i najveći normalni napon u njoj je:

$$\sigma'_{\max} = \frac{wL^2}{2t}$$

U drugom slučaju najveći napon je:

$$\sigma''_{\max} = \frac{wL^2}{8t}$$

Greda od više proslojaka ne može se sidrenjem dovesti u stanje, da statički bude identična sa gredom koja se sastoji od jednog komada iste visine. Napon u zasidrenoj gredi σ'''_{max} stoji između σ'_{max} i σ''_{max} , odnosno:

$$\sigma'_{max} > \sigma'''_{max} > \sigma''_{max} \quad (18)$$

σ'''_{max} bliće bliže σ'_{max} ako je izabran loš raspored sidara i ako je prethodno zatezanje manje, a bliže σ''_{max} u suprotnom slučaju.

Iz prethodnih razmatranja može se lako zaključiti:

Uloga sidara je da čvrsto priljubi proslojke (ploče) krovine jedne uz druge u cilju povećanja trenja između njih. Radi toga sidra moraju biti prethodno jako zategnuta. Ukoliko je to zatezanje veće, utoliko je sila trenja veća. Uloga sidara prestaje onog trenutka kada prethodno zatezanje padne na nulu.

PRAKTIČNA FORMULA ZA ODREĐIVANJE SISTEMA SIDRENJA

Odrediti jedan sistem sidrenja znači odrediti za datu stenu broj sidara, njihov raspored, dimenzije i sl. Isto tako potrebno je znati i koju sigurnost pruža usvojeni sistem sidrenja.

Proučavajući problem kako da se odredi analitički izraz zavisnosti pobrojanih veličina, pošlo se od toga, da se dilatacija u nekoj tački grede može izraziti kao neodređena funkcija nedimenzioniranih odnosa tih promenljivih veličina:

$$\frac{\sigma}{E} = f\left(\frac{KwL}{E}, \frac{P}{EL^2}, \frac{L}{t}, \frac{L}{b}, \frac{h}{t}, N, \frac{d'}{d}, \frac{d'}{L}, \frac{M}{PL}, \frac{Kw'}{Kw}, \frac{E'}{E}, \mu, \mu'\right) \quad (19)$$

kako je dilatacija e:

$$e = \frac{\sigma}{E} \quad (20)$$

to izlazi da je:

$$e = f(\dots) \quad (21)$$

Koristeći sličnost koja postoji između modela i prirodnih uslova, argumenti funkcije f moraju imati istu numeričku vrednost za model i prirodne uslove. Saglasno tome, može se napisati (m = model; p = prirodni uslovi)

$$\frac{w_p L_p}{E_p} = \frac{Kw_m L_m}{E_m}$$

(K za prirodne uslove = 1)

$$\frac{P_p}{E_p L_p^2} = \frac{P_m}{E_m L_m^2}$$

itd. za sve odnose argumenta funkcije f. Isto tako može se napisati:

$$\frac{\sigma_p}{E_p} = \frac{\sigma_m}{E_m} \quad (22)$$

odnosno $e_p = e_m$

Sličnost između modela i prirodnih uslova omogućava da se merenjem izduženja (dilatacija) za modele sa raznim vrednostima argumenta funkcije f, utvrdi da samo prvih šest odnosa argumenta jednačine (19) imaju značaja za dimenzioniranje sistema sidara. Otuda:

$$e = f_1\left(\frac{KwL}{E}, \frac{P}{EL^2}, \frac{L}{t}, \frac{L}{b}, \frac{h}{t}, N\right) \quad (23)$$

Ispitivanja su vršena u centrifugama za različite vrednosti argumenta funkcije f_1 , odn. dilatacije su merene za različite odnose promenljivih veličina koje karakterišu sistem sidara, i to u tački koja je za L/16 udaljena od kraja modela tj. od boka hodnika; otuda je bolje jednačinu (23) posmatrati u obliku:

$$e_{L/16} = f_1\left(\frac{KwL}{E}, \frac{P}{EL^2}, \frac{L}{t}, \frac{L}{b}, \frac{h}{t}, N\right) \quad (24)$$

Iz numeričkih podataka ispitivanja utvrđeno je da sidrenje smanjuje dilataciju za

$$\Delta e_{L/16} = 0,0858 \left(\frac{wL}{E}\right)^{2/3} \left(\frac{L}{t}\right) \left(\frac{L}{b}\right)^{1/2} (N)^{1/3} \left(\frac{P}{EL^2}\right)^{1/3} \left(\frac{h}{t} - 1\right)^{1/8} \quad (25)$$

(K za prirodne uslove = 1)

Dilatacija za zasidreni krov ($e'_{L/16}$) ima prema tome, vrednost:

$$e'_{L/16} = e_{L/16} - \Delta e_{L/16} \quad (26)$$

Ako sa SF označimo faktor sigurnosti za nezasiđeni krov a sa SF' za zasidreni, onda je

$$PF = \frac{SF'}{SF} \quad (27)$$

gde je PF faktor pojačanja.

Za dalja posmatranja potrebno je uočiti da je:

$$SF = \frac{\text{najveća dozvoljena dilatacija krovnih stena}}{e_x = \text{dilatacija iznad boka hodnika za nezasiđeni krov}} \quad (28)$$

$$SF' = \frac{\text{najveća dozvoljena dilatacija krovnih stena}}{e'_x = \text{dilatacija iznad boka hodnika za zasidreni krov}} \quad (29)$$

Kako je tačka u kojoj su posmatrane dilatacije veoma blizu boka hodnika (1/16 raspona), može se smatrati da je

$$\frac{e_x}{e'_x} = \frac{e_{L/16}}{e'_{L/16}} \quad (30)$$

Iz jednačina (26), (27), (28), (29) i (30) dobije se

$$PF = \frac{e_x}{e'_x} = \frac{e_{L/16}}{e'_{L/16}} = \frac{e_{L/16}}{e_{L/16} - \Delta e_{L/16}} = \frac{1}{1 - \frac{\Delta e_{L/16}}{e_{L/16}}} \quad (31)$$

Ako sa D označimo

$$D = \frac{\Delta e_{L/16}}{e_{L/16}} \quad (32)$$

onda je konačni oblik izraza (31)

$$PF = \frac{1}{1 - D} \quad (33)$$

Treba odmah primetiti da je 100 D procentualno smanjenje dilatacije posle sidrenja u tački koja je udaljena od boka hodnika za 1/16 raspona. Isto tako za stene za koje vredi Hukov zakon, 100 D predstavlja procentualno smanjenje normalnog napona.

Za praktičnu upotrebu brojitelj jednačine (32) izračunava se iz jednačine (25) a imenitelj iz odnosa za elementarnu gredu:

$$e_{L/16} = \frac{\sigma_{L/16}}{E}$$

$$\sigma_{L/16} = \frac{M}{J} y$$

$$y = \frac{t}{2}$$

$$J = \frac{bt^3}{12}$$

$$M = \frac{qL^2}{2} \left(\frac{1}{16} - \frac{x}{L} + \frac{x^2}{L^2} \right) - \text{vidi jednač. (13)}$$

$$q = bwt$$

$$x = \frac{L}{16}$$

$$M = \frac{wbL^2}{2} \cdot \frac{83}{768}$$

$$\sigma_{L/16} = 0,324 \frac{wL^2}{t} \quad (34)$$

odnosno

$$e_{L/16} = 0,324 \frac{wL^2}{Et} \quad (35)$$

Zamenjujući vrednosti jednačina (25) i (35) u jednačini (32) dobijamo

$$D = \frac{0,0858}{0,324} \cdot \left(\frac{wL}{E} \right)^{2/3} \cdot \left(\frac{L}{t} \right) \cdot \left(\frac{L}{b} \right)^{1/2} \cdot (N)^{1/3} \cdot \left(\frac{P}{EL^2} \right)^{1/3} \cdot \left(\frac{h}{t} - 1 \right)^{1/3}$$

I dalje raznim transformacijama dolazimo do

$$D = \frac{2,65 \sqrt[3]{NP \frac{h-t}{wt}}}{10 \sqrt{bL}} \quad (36)$$

Ispitivanja su takode pokazala da se ova jednačina može primeniti samo ako su u određenom slučaju ispunjeni uslovi:

$$\frac{KwL}{E} < 24 \times 10^{-6} \quad (\text{za prirodne uslove } K = 1)$$

$$\frac{L}{t} < 64$$

$$\frac{L}{b} < 12$$

$$N < 12$$

$$\frac{P}{EL^2} < 17 \times 10^{-8}$$

$$\frac{h}{L} < \frac{3}{8}$$

Polazeći od osnovne definicije faktora pojačanja (33) zasidreni krov može da podnese svako opterećenje za koje je ovaj faktor veći od 1. Krov će se pak zarušiti, ako je on jednak ili manji od 1. Praktičnim ispitivanjem, u prirodnim uslovima, utvrđeno je da PF mora da bude veće od 2. Izbor odgovarajućeg faktora je težak zadatak i treba ga za svaki rudnik odrediti eksperimentalnim putem. Upravo praktično sidrenje u određenim uslovima, treba da pokaže da li izračunati faktor pojačanja odgovara ili ga treba poboljšavati menjanjem parametara podgradnja.

PRIMENA FORMULA ZA PROJEKTOVANJE SISTEMA SIDARA

Analizom jednačina

$$PF = \frac{1}{1 - D}$$

$$D = \frac{2,65 \sqrt[3]{NP \frac{h-t}{wt}}}{\sqrt{bL}}$$

dolazi se do zaključka, da faktor pojačanja raste sa porastom veličine D čija je granična vrednost 1. D, pak, raste ukoliko rastu N, P i h ili opadaju L i b. Iz donje tabele vide se odnosi između broja sidara i ostalih veličina za 100 m nekog hodnika, računato iz jednačine (33) i (36).

Tabela 5
Broj sidara kod jednog praktičnog primera

| h | N | b | PF | Na dužini od 100 m | |
|-----|---|----|----|---------------------------|--------------------------------|
| | | | | broj sidara ¹⁾ | duž. met. sidara ²⁾ |
| 122 | 4 | 74 | 3 | 540 | 660 |
| 160 | 3 | 74 | 3 | 410 | 656 |
| 122 | 2 | 46 | 3 | 440 | 535 |

Napomena: $L = 485$ cm, $t = 7,5$ cm, $w = 2,5 \cdot 10^{-3}$ kg/cm³, $P = 4.534$ kg

$$1) \text{ Broj sidara na } 100 \text{ m} = \frac{100}{b} \cdot N \cdot 100 = \frac{10.000 \cdot N}{b}$$

$$2) \text{ Duž. metara sidara na } 100 \text{ m} = \frac{10.000}{b} \cdot h \cdot \frac{1}{100} = \frac{100 \cdot h \cdot N}{b}$$

Ovaj praktičan primer pokazuje da za istu vrednost PF ostali parametri variraju u širokim granicama. Iskustvo stečeno u praksi govori, da kod projektovanja sistema sidara treba ići sledećim postupkom:

1. Odrediti prosečnu moćnost pojedinog proslojka krovine („ploča“, „banak“, „plot“ i sl.) deleći visinu krova, koji će se zasidriti, sa brojem proslojaka na toj visini;

2. Izabrati dužinu sidra, vodeći računa da ona bude veća za stene koje imaju manji koeficijent f (koef. čvrstoće prof. Protodakonova — vidi str. 8,;

3. Eksperimentalno odrediti silu kod koje se izabrani tip sidra izvlači iz bušotine;

4. Odrediti broj sidara u jednom redu tako, da se njihovo međusobno rastojanje kreće između 80—180 cm;

5. Odrediti rastojanje između redova sidara pazеći da ono ne bude veće od rastojanja između sidara u redu;

6) Odrediti zapreminsku težinu krovnih stena i najzad

7) Odrediti vrednost za D i faktor pojačanja PF.

Navešćemo primer sidrenja jednog hodnika širine $L = 400$ cm, čiji je krov krečnjak sa $E = 300.000$ kg/cm² i $w = 2,2 \cdot 10^{-3}$ kg/cm³. Usvojimo $t = 12$ cm, $h = 140$ i 160 cm $p = 4.000$ kg, $N = 3, 4$ i 5 , $b = 80$ i 100 cm.

Prokontrolišimo prvo da li se formula (36) može primeniti:

| Uslov | rezultat | zadovoljava |
|-------------------------------------|---------------------|----------------|
| $\frac{KwL}{E} < 24 \cdot 10^{-6}$ | $2,9 \cdot 10^{-6}$ | da |
| $\frac{L}{t} < 64$ | 33,2 | da |
| $\frac{L}{b} < 12$ | 5 4 | da da |
| $N < 12$ | 3 4 5 | da da da |
| $\frac{P}{EL^2} < 17 \cdot 10^{-8}$ | $8,8 \cdot 10^{-8}$ | da |
| $\frac{h}{L} < \frac{3}{8}$ | $\frac{2,8}{8}$ | da |
| $\frac{h}{L} < \frac{3}{8}$ | $\frac{3,2}{8}$ | ne |

Pretpostavljena dužina sidra od 160 cm ne može se upotrebiti, jer je h/L za $h = 160$ cm, veće od $3/8$.

U tabeli 6 složeni su rezultati dobijeni računom iz jednačine (36).

Tabela 6
Varijacije faktora pojačanja u zavisnosti od parametara sidrenja

| Kombin. | L | w | t | h | P | N | b | D | PF |
|---------|-----|---------------------|----|-----|------|---|-----|------|-----|
| I | 400 | $2,2 \cdot 10^{-3}$ | 12 | 140 | 4000 | 3 | 80 | 0,60 | 2,5 |
| II | „ | „ | „ | „ | „ | 4 | 80 | 0,64 | 2,8 |
| III | „ | „ | „ | „ | „ | 5 | 80 | 0,69 | 3,2 |
| IV | „ | „ | „ | „ | „ | 3 | 100 | 0,53 | 2,1 |
| V | „ | „ | „ | „ | „ | 4 | 100 | 0,57 | 2,3 |
| VI | „ | „ | „ | „ | „ | 5 | 100 | 0,61 | 2,5 |

Kao što se vidi moguće su mnoge kombinacije koje daju PF veće od 2.

OBLAST PRIMENE JEDNAČINE ZA DIMENZIONIRANJE SISTEMA SIDRENJA

Iz datih uslova koje treba ispuniti, da bi se primenila jednačina (36), mogu se odrediti osobine stena u kojima je izvodljivo sidrenje. Isto tako, mogu se

odrediti granice u kojima se moraju kretati ostale promenljive veličine koje karakterišu sistem sidrenja. Iz uslova:

$$\frac{KwL}{E} < 24 \cdot 10^{-6} \quad (K=1)$$

mogu se odrediti w, L i E . Vrednosti za w kreću se u granicama od $1,2 \cdot 10^{-3}$ — $2,6 \cdot 10^{-3}$ kg/cm^3 a za L od 200 do 400 cm. Iz gornje nejednačine je

$$E > \frac{10^8 w L}{24}$$

Za $w = 2,6 \cdot 10^{-3}$ kg/cm^3 i $L = 400$ cm (najlošiji uslovi)

$$E > 45.000 \text{ kg/cm}^2$$

Tabela 7

Neki podaci o stenama i jamskom drvetu

| Vrste stena | E | w |
|-------------------------|------------------------|-------------------------|
| peščari | 200.000.— 400.000.— | $2,2-2,5 \cdot 10^{-3}$ |
| mekani glinov. škriljac | 300.000.— | $2,6 \cdot 10^{-3}$ |
| peskoviti škriljac | 420.000.— | $2,5 \cdot 10^{-3}$ |
| kreda | 50.000.— | — |
| beton | 210.000.— | $2,4 \cdot 10^{-3}$ |
| borovina | 110.000.— | $0,6 \cdot 10^{-3}$ |
| hrastovina | 100.000.— | $1,1 \cdot 10^{-3}$ |
| bukovina | 130.000.— | $0,85 \cdot 10^{-3}$ |

Iz odnosa

$$\frac{P}{EL^2} < 17 \cdot 10^{-8}$$

$$E > \frac{10^8 P}{17 L^2}$$

P se kreće u granicama od 3000 — 5000 kg a L od 200 — 400 cm. Za $P = 5000$ kg i $L = 400$ cm (najnepovoljniji slučaj).

$$E > 184.000 \text{ kg/cm}^2$$

Iz ovih podataka očigledno je, da se formula (36) ne može upotrebiti za stene čiji je modul elastičnosti manji od 180.000 kg/cm^2 .

Tabela 8

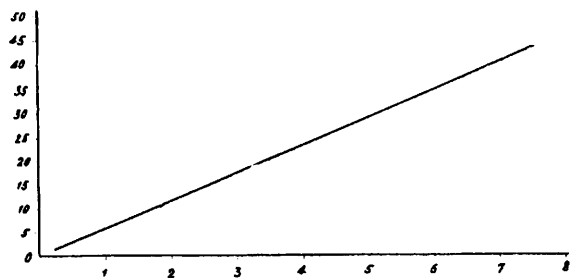
Promenljive t, b i h kao funkcije od L

| L = | 280 | 300 | 340 | 380 | 400 |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| t > | 4,4 | 4,7 | 5,5 | 6,0 | 6,3 |
| b > | 23 | 25 | 28 | 32 | 33 |
| h < | 105 | 112 | 128 | 142 | 150 |

Na kraju diskusije jednačine (36) treba napomenuti, da ona može dati samo orijentacione podatke. Ona u sebi sadrži više promenljivih, koje variraju u širokim granicama. Od naročite je važnosti utvrditi tačne vrednosti za w, t, P i E . Upravo, često je veoma teško odrediti te vrednosti, jer se radi o nehomogenim stenama. To je naročito slučaj sa neposrednom krovinom ugljenih slojeva, gde se naglo smenjuju ugalj, gline, laporci i sl.

PRETHODNO ZATEZANJE SIDARA

Od posebnog je značaja sila kojom se sidro prethodno zategne. Iz ranijeg izlaganja može se zaključiti, da je klizanje između proslojaka utoliko manje, ukoliko je prethodno zatezanje sidara veće. Na



Sl. 6 — Dijagram prethodnog zatezanja sidra u zavisnosti od momenta kojim se deluje na navrtku. Na apscisi naneta je sila prethodnog zatezanja sidra u $t a$ na ordinatu moment kojim se deluje na navrtku pri zatezanju u kgn .

sl. 6 može se videti dijagram, koji predstavlja odnos prethodnog zatezanja sidra i momenta kojim se delovalo na navrtku prilikom zatezanja. Autor dijagra-

ma W. J. Adcock (Engleska) utvrdio je takođe, da se za srednje tvrde škriļjce mogu usvojiti jednačine:

$$m_1 = 3 + 0,0069 P \quad (37)$$

$$m_2 = 2 + 0,0058 P \quad (38)$$

gde su:

m_1 = moment zavrtnanja sidra od 1", kgm

m_2 = moment zavrtnanja sidra od 3/4", kgm

Praktični podaci iz nekih rudnika govore, da moment zavrtnanja sidra ne treba da bude manji od 30 kgm. Za postizanje ovog momenta mogu se upotrebiti obični mašinski ključevi sa dužinom kraka oko 800 mm. Za merenje sile kojom se deluje na ključ neophodan je dinamometar. Najpogodniji su ipak specijalni ključevi sa ugrađenim dinamometrom na čijem se broјčaniku direktno očitava momenat u kgm.

Sila koja se javlja u sidru, kao posledica prethodnog zatezanja, treba da bude manja od sile pri kojoj se sidro počinje da izvlači iz bušotine. Ona takođe ne treba da bude veća od 80% sile kod koje se sidro kida. Ipak, ta sila ne sme da bude manja od 4 t.

Odnos između momenta zavrtnanja navrtke sidra (m) i sile koja se javlja u sidru (F) je sledeći:

$$F = \frac{500 m}{d} \text{ kgm} \quad (39)$$

gde je: d = prečnik sidra na mestu zavojnice u cm.

Za sidro od 1", napravljeno od betonskog gvožđa, poprečni presek na zavojnici je 3,57 cm², što znači, da sidro može nositi $3,57 \times 3.700 = 13.200$ kg. Ovo sidro može se zategnuti najviše do:

$$13.200 \times 0,80 = 10.500 \text{ kg}$$

Iz jednačine (39) dobije se za $m = 30$ kgm i $d = 2,13$ cm:

$$F = \frac{500 \times 30}{2,13} = 7.000 \text{ kg}$$

Ovaj primer pokazuje, kako se računom može doći do veličina, koje karakterišu prethodno zatezanje nekog sidra.

Na kraju, neophodno je napomenuti, da sidra treba ugrađivati neposredno uz čelo jamske prostorije, ne dozvolivši da se jamski pritisak aktivira. Isto tako veoma je važno, da sidra budu neprekidno zategnuta, u kom cilju treba uvesti stalnu kontrolu. Kontrolu poveriti najsavešnjim radnicima. Ugrađivanje i kontrola sidra zahtevaju izvanrednu savesnost, te treba izbegavati plaćanje po učinku. Efikasnost sidrenja umnogom zavisi od kvaliteta radova te se tome mora posvetiti izvanredna pažnja.

Literatura

- Adcock W. i Wright A., 1957: Further progress with strata bolting — Colliery Guardian, London.
- Krippner E., 1958: Ankerabau in Abbau-und Gesteinsstrecken. — Glückauf, sv. 7/8, Essen.
- Panek L. A., 1954: Design of bolting systems to reinforce bedded mine roof. — U. S. Bureau of Mines, Report of Investigations, 5155, Washington.
- Panek L. A., 1954: Principles of reinforcing bedded mine roof with bolts. — U. S. Bureau of Mines, Report of Investigations, 5156, Washington.
- Počock J., 1958: Roof bolting in South Wales. — Iron and Coal Trades Review, London.
- Schmuck K., 1957: Theory and practice of rock bolting. — The Colorado School of Mines Quarterly, vol. 52, Golden Colorado.



Rudar

PREDUZEĆE ZA PROMET
RUDARSKIM MATERIJALOM
IMPORT-EXPORT

B E O G R A D

TELEFONI: 39-455
39-456

- U SVOJIM MAGACINIMA RASPOLAŽE BOGATIM ASORTIMANOM UVOZNE I DOMAĆE ROBE:
- GUMENIM I OLOVNIM KABLOVIMA SVIH PRESEKA;
- ELEKTROMOTORIMA, TRANSFORMATORIMA I SKLOPKAMA;
- AGREGATIMA I KOMPRESORIMA;
- IZOLOVANIM PROVODNICIMA;
- DINAMO I LAK ŽICOM, BAKARNOM I ALU-ČELIČNOM ŽICOM;
- ELEKTROBUŠILICAMA ZA RUDNIKE;
- PNEUMATSKIM BUŠILICAMA I ČEKIĆIMA;
- UREĐAJIMA ZA DUBINSKA BUŠENJA;
- VIDIA KRUNICAMA;
- MAŠINAMA ALATLJIKAMA;
- CENTRIFUGALNIM PUMPAMA;
- ČELIČNIM UŽADIMA CRNIM I POCINČANIM;
- ŠRAFOVSKOM ROBOM U SVIM DIMENZIJAMA;
- AKOMULATORSKIM I KARBIDSKIM RUDARSKIM LAMPAMA;
- KAO I OSTALIM TEHNIČKIM MATERIJALOM

B E O G R A D
KOLARČEVA 1IV
POŠT. FAH 568

SVU ROBU IZ UVOZA PRODAJEMO ZA DINARSKA SREDSTVA. ZA PONUDE OBRATITI SE NA GORNJU ADRESU

