



## tehnička unapređenja, racionalizacije i uštede

### Viseća skela VS 300

Milan Rikalović, vodnik-stažista, dipl. inž.

Razmišljanja o novoj konstrukciji skele (sl. 1) počela su povodom znatnih teškoća u radu sa drvenom skelom koja se koristi kod raznih praktičnih zadataka i opsluživanja mosta (pregledi, radovi na održavanju, priprema za rušenje i sl.).

Dosadašnja praksa postavljanja skele — koja je autoru poznata — ima znatnih slabosti. To je drvena, nestabilna konstrukcija velike težine, a male nosivosti, sa jedino mogućim postavljanjem sa zemlje. Na njoj se angažuje celokupno odeljenje koje obavlja poslove na skeli ili ju opslužuje.

Visina mosta može biti odlučujuća za način postavljanja skele. Za jako visoke mostove skoro isključivo dolazi u obzir postavljanje skele sa mosta. Brza montaža i demontaža, statička i dinamička stabilnost konstrukcije imaju odlučujući uticaj na sigurnost rada, a time i na izvršenje zadataka i skraćenje vremena rada.

Značaj rada sa skelom može se videti iz ovih činjenica:

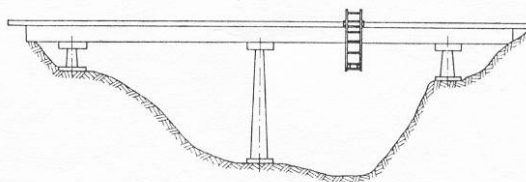
— mere fizičke zaštite od povreda i pada na skeli važne su kao, na primer, i mere tehničke zaštite u rukovanju eksplozivnim materijalom;

— čvrsta i stabilna konstrukcija u velikoj meri smanjuje vreme radova na mostu;

— način i brzina postavljanja i skidanja skele odražavaju se na sigurnost i ukupno vreme rada;

— broj angažovanog ljudstva u pripremi skele i na skeli utiče na ukupnu organizaciju i dinamiku rada.

Važnost postavljanja skele i sigurnost u radu dolazi do izražaja kada se skela koristi u pripremi mosta za rušenje, posebno ako se most ruši na više preseka (dužina mosta veća od 20 m) i ako ima više preseka za rušenje iznad vode.



Sl. 1. Viseća skela VS 300

Imajući u vidu nedostatke skele poznate konstrukcije i zahteve za povećanom sigurnošću rada, jednostavnom montažom-demontažom i većom mobil-

nošću skele, mogu se postaviti ovi uslovi koje skela treba da ispuni:

— treba da ima što čvršću, stabilniju i bezbedniju konstrukciju, i da njom može da se savlada što veći raspon mosta;

— treba da omogući postavljanje na drvene, kamene, čelične i AB mostove i vijadukte;

— treba da omogući bezbedan i udoban rad (dva čoveka sa potrebnim priborom i alatom);

— treba da ima mogućnost postavljanja sa mosta i sa zemlje;

— na niskoj montaži treba da radi što manji broj ljudi, a vreme rada na montaži i demontaži treba da bude što kraće;

— treba da se lako sastavlja i rastavlja i da ima što veću mobilnost;

— njeno vešanje treba da bude prilagođeno postavljanju na mostove sa različitim rešenjima mosnog kolovoznog stropa.

#### *Tehnički opis*

*Namena i opšti podaci.* Viseća skela VS 300 namenjena je za postavljanje s mosta (sl. 2). Kod malih visina i po-

godnog terena postavljanje skele je moguće i sa nivoa vode ili zemljišta.

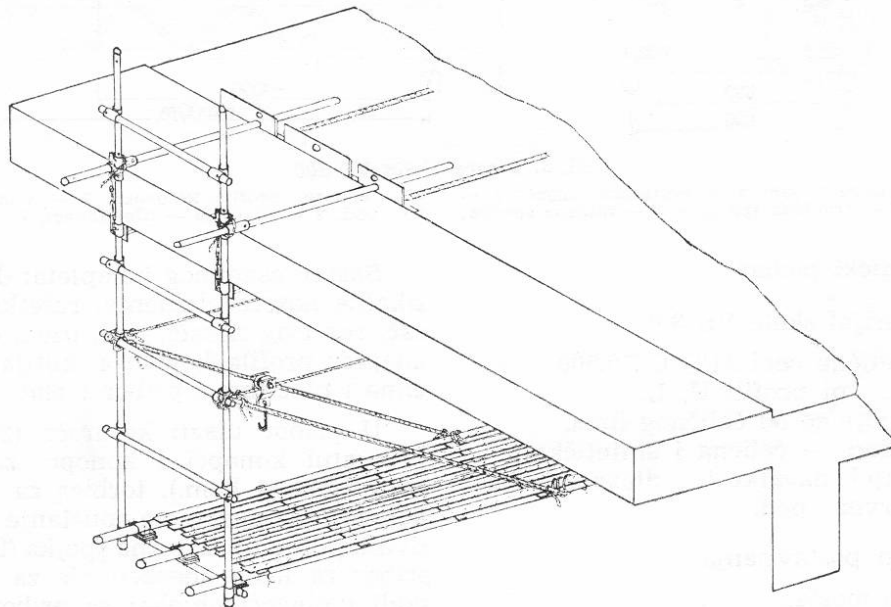
Skela je sastavljena od nosača od cevnih elemenata međusobno povezanih spojnicama ili zavarivanjem. Spojna mesta se osiguravaju vijcima. Užadima (ili lancima) ostvaruje se osiguranje protiv spadanja skele s mosta, njeno podužno rasterećenje i transportovanje materijala duži skele mosta.

Vezivanje skele za most može se izvesti na dva načina:

1. Za mostove bez ograde ili sa slabom ogradom skela se vezuje preko oslonca, zatezne spojke i užadi za drugu stranu ivice mosta. Ova varijanta je prikazana na slici 3.

2. Za mostove sa jakim ogradom ili rešetkom iznad kolovozne ravni oslanjanje skele na most se izvodi na isti način, a osiguranje čvrstim vezivanjem oslonca za ogradu mosta — užadima.

Rešetkasti nosači (1, sl. 3) sastavljeni su iz pravougaonih cevi  $\square 50 \times 30/3$  mm međusobno povezanih cevima  $\phi 25/2$  mm. Rešetkasti nosači su dužine 5 i 3,5 m i nastavljaju se spojnicom (sl. 9). Uključeni su na profilni prag vertikal-



Sl. 2. Skela postavljena na most

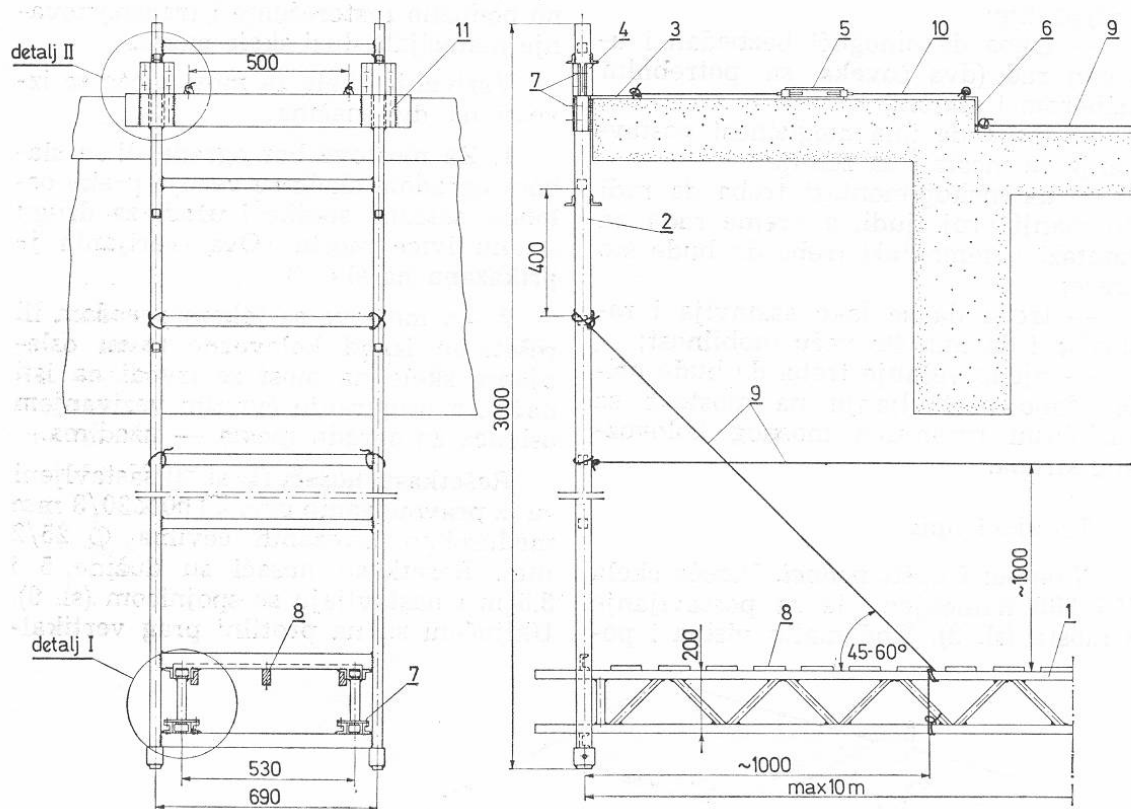
nih nosača (2, Sl. 3 i sl. 7) preko pločice (11).

Preko rešetkastih nosača postavljen je pod (8). Radi rasterećenja uklještenog sklopa postavlja se užad (9), a za transportovanje materijala — transportno uže.

Maksimalni raspon: 10 m.  
Nosivost skele na maksimalnom rasponu: 300 kg.

Težina skele bez elemenata na mostu za najveći raspon: 250 kp (~2500 N).

Težina osnovnog kompleta: 400 kp (~4000 N).



Sl. 3. Viseća skela VS 300

1 — rešetkasti nosač; 2 — vertikalni nosač; 3 — solonac; 4 — granična spojnica; 5 — zatezna spojka; 6 — adapter profila kolovoza; 7 — vijčana veza; 8 — pod; 9 — užad; 10 — uže (lanac); 11 — pločica.

### Tehnički podaci

#### Materijal skele VS 300:

- čelične cevi JUS C.B0.500,
- čelični profili U, L,
- spojnice od čeličnog lima,
- užad — čelična i sintetička,
- vijci, navrtke i podložne pločice.
- drveni pod.

#### Način postavljanja

- sa mosta,
- sa zemlje, vode

Sastav osnovnog kompleta: dva vertikalna noseća elementa, rešetkasti nosač, rezervni nosači, pod, užad, oslonac, adapter profila kolovoza, kutija sa vijcima i pločicama, pribor i alat.

U pribor ulazi: koturača (2 kom.), prihvatni konopci i konopci za dotur materijala (4 kom.), torbica za nošenje delova i alata, ram za spužtanje eksplozivnih punjenja, zatezna spojka (8 kom.), pribor za lično obezbeđenje za rad na skeli i ploveći objekat sa priborom ukoliko se skela lansira sa vode.

Proračun glavnog skelskog nosača

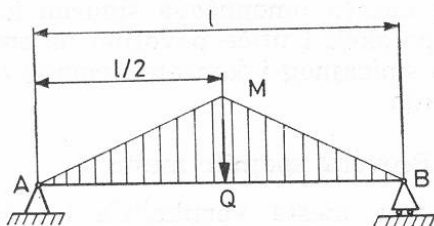
1. Opterećenje:

— 2 vojnika [kp]	200
— masa eksplozivnog punjenja [kp]	70
— ostali pribor i alat [kp]	30
Ukupno [kp]:	300 (~3000 N)

2. Statička analiza:

Mogući su ovi oblici postavljanja nosača:

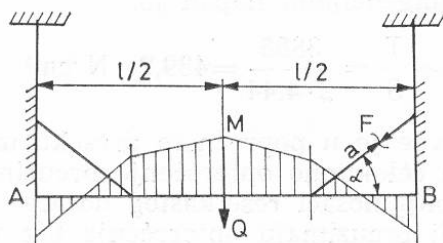
a) Prosta greda s pokretnim osloncem



Sl. 4.

$$M_{\max} = \frac{Q \times l}{4}; F_A = F_B = \frac{Q}{2}$$

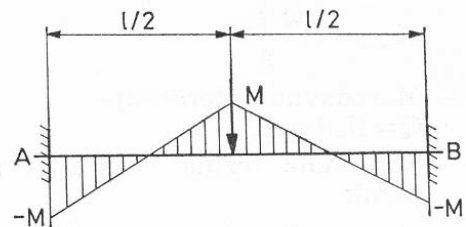
b) Prosta greda uklještena na oba kraja



Sl. 5.

$$M_{\max} = \frac{Q \times l}{8}; F_A = F_B = \frac{Q}{2}$$

c) Isto kao pod b) sa kosim zateznim užetom



Sl. 6.

$$M_{\max} = \frac{Q \times l}{8} - F \cdot a \cdot \sin \alpha,$$

dakle manje od  $M_{\max}$  za slučaj pod b)

$$F_A = F_B = \frac{Q}{2} - F \cdot \sin \alpha.$$

Najpovoljniji slučaj opterećenja je pod c), jer moment savijanja glavnih skelskih nosača treba da bude što manji zbog manjih dimenzija i težine. U daljem proračunu sprovede se dimenzionisanje za slučaj b), a pri radu skela je kao pod c). To proizlazi otuda što računaska sila u užetu ne odgovara stvarnoj sili koja zavisi od zategnutosti užeta. Realni moment savijanja sada je manji od izračunatog, što povećava stepen sigurnosti konstrukcije.

3. Materijal i maksimalni broj nosača skele

Materijal i oblik nosača treba izabrati tako da težina nosača ne bude prevelika, što bi ograničilo mobilnost skele i njenu efikasnost. Merodavno naprezanje rešetkastog nosača je savijanje, pa je potreban profil sa što većim otpornim momentom (W) i malom težinom. Od tehničkih materijala ove uslove najbolje ispunjava legura aluminijuma, duraluminijuma Al Cu5 Mg. Međutim, zbog visoke cene uputnije je koristiti čelične profile iako su veće težine (JUS C.B0.500). Da bi se dobio što veći otporni moment (W), oblik nosača treba da bude rešetkast.

4. Stepen sigurnosti nosivosti rešetkastog nosača

— Maksimalni moment:

$$M_{\max} = \frac{Q \cdot l_{\max}}{8}$$

— Merodavno opterećenje:

$$Q = N_0 + q \cdot l_{\max}$$

— Sopstvena težina nosača (s podom):

$$q = 4 \cdot q_{\square} + 2 \cdot q_0 + q_{\text{pod}} = 4 \cdot 3,26 + 2 \cdot 1,13 + 2 = 17,3 \text{ kp/m.}$$

$$q = 173 \text{ N/m.}$$

— Za ovu namenu dovoljan raspon je

$$l_{\max} = 10 \text{ m,}$$

$$Q = N + q \cdot l_{\max} = 3000 + 173 \cdot 10 = 4730 \text{ N}$$

$$M_{\max} = \frac{4730 \cdot 10}{8} = 5913 \text{ Nm} = 591300 \text{ N} \cdot \text{cm}$$

— Otporni moment rešetkastog nosača je:

$$W_x = 2 \cdot \frac{I_x}{Y_{\max}} = 2 \cdot \frac{654}{10} = 130,8 \text{ cm}^3$$

$$I_x = 2 (I_s + r^2 \cdot A) = 2 (6,2 + 8,5^2 \cdot 4,44) = 654 \text{ cm}^4$$

Napon na savijanje:

$$\sigma_s = \frac{M_{\max}}{W} = \frac{591300}{130,8} = 4520,6 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

Za valjane čelike (JUS C.B0.500)

$$\sigma_{t \text{ din}} = 24000 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} \text{ za dinamičko jedno-smerno opterećenje.}$$

Kako se javlja i smicanje, to je:

$$\tau = \frac{N_0}{S} = \frac{3000}{17,76} = 168,9 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

U najnepovoljnijem slučaju može se uzeti:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_s^2 + 3 \cdot \tau^2} \approx 5000 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

Stepen sigurnosti:

$$\nu = \frac{\sigma_{t \text{ din}}}{\sigma} = \frac{24000}{5000} = 4,8$$

S obzirom na postojanje mestimične koncentracije napona, a i mogućnosti korišćenja skele na brzu ruku, koeficijent sigurnosti ne smatramo prevelikim.

Za usvojeni rešetkasti nosač od cevi  $\square 50 \times 30/3$  mm, težina segmenata za dužinu od 3,5 m iznosi oko 25 kp, a od 5 m — oko 38 kp; ukupno za raspon od 10 m — oko 150 kp. S obzirom na sinhronizovani način montaže, težina jedne strane rešetkastog nosača od 75 kp ne predstavlja problem.

Ukoliko postoji mogućnost postavljanja srednjeg vertikalnog nosača, ovim tipom skele, može se premostiti raspon i do 20 m.

U kompletu potrebno je imati 6 rešetki po 3,5 m i 4 rešetke po 5 m. Drveni pod koji se postavlja preko rešetkastih nosača omogućava sigurno kretanje po skeli i utiče povoljno na smanjenje smicajnog i koncentracionog opterećenja.

#### 5. Provera spojnih mesta

Spojna mesta vertikalnih i rešetkastih nosača, spojnica za nastavljavanje rešetkastih nosača i granična spojnica od aksijalnog pomeranja vertikalnih nosača (4), mesta su gde je potrebno proveriti naponsko stanje.

a) Spoj vertikalnih i rešetkastih nosača (sl. 7). Merodavna je tangencijalna sila,  $T = \frac{1}{2} q \cdot l_{\max} + N_0 = 3865 \text{ N}$

Tangencijalni napon je:

$$\tau = \frac{T}{S} = \frac{3865}{2 \cdot 4,44} = 439,2 \text{ N/cm}^2$$

Ovde je u poprečnom preseku uzeto da celokupno opterećenje preuzimaju donji nosači rešetkastog nosača, jer gornji preuzimaju opterećenje tek posle smicanja donjih, što je nedozvoljeno.

Dozvoljeni napon dinamičko-jednosmernog opterećenja iznosi

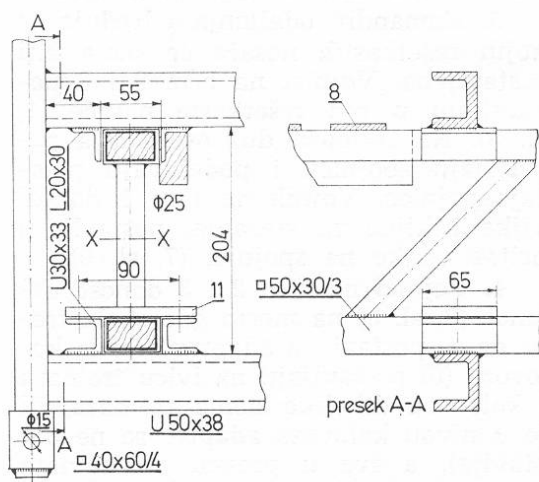
$\tau_d = 12000 \text{ N/cm}^2$ , pa je stepen sigurnosti spoja  $\nu = 27$ .

Vijci M8 (7) trpe napon na istežanje silom, koja u graničnom slučaju postaje  $T=3865$  N.

$$\sigma = \frac{T}{4 \cdot A_v} = \frac{3865}{4 \cdot 0,385} = 2512 \text{ N/cm}^2$$

$$\nu = \frac{\sigma_d}{\sigma} = \frac{24000}{2512} = 9,6$$

b) Spojnica za sprečavanje aksijalnog pomeranja vertikalnih nosača.



Sl. 7. Spoj vertikalnih i rešetkastih nosača (detalj I sa slike 3)  
8 — pod.

Merodavna sila nošenja jednog spojnog mesta

$F = \frac{1}{4}(G + q \cdot l_{\max}) + \frac{1}{2}N_0$  (slučaj da su oba izvršioca na istom vertikalnom nosaču)

$$F = \frac{1}{4}(600 + 1730) + \frac{1}{2}3000 = 2082,5 \text{ N}$$

U poslednjem izrazu  $G$  predstavlja ukupnu težinu oba vertikalna nosača dužine 3 m.

Aksijalnu silu nosača treba da uravnoteži sila trenja između spojnice i nosača. Usvojen je stepen sigurnosti  $\nu=5$ , pa je sila trenja

$$F_{\mu} = \mu \cdot F = 10413 \text{ N}$$

Zatezna sila vijaka, po jednom vijaku M8, iznosi:

$$F_v = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{F_{\mu}}{\mu} = \frac{10413}{8 \cdot 0,6} = 2169 \text{ N,}$$

jer se trenje raspoređuje podjednako na dve površine dodira spojnice i nosača. Spojnica je sa unutrašnje strane gumirana radi povećanja koeficijenta trenja.

Praktično, nije potrebno zategnuti vijke (7) na silu  $F_v$  zbog toga što jedan deo opterećenja prima oslonac (3) i pločica, a jedan deo zavareni spoj poprečne prečage vertikalnog nosača (istovremeno i sigurnosni element od propadanja nosača). Radi još veće sigurnosti, moguće je na nosaču između prečaga zavariti bočno L profil, koji će sprečavati propadanje nosača. Uzimajući to u obzir, zatezna sila vijka može iznositi 500—1000 N. Osiguranje od odvrtanja ostvariti još jednom navrtkom.

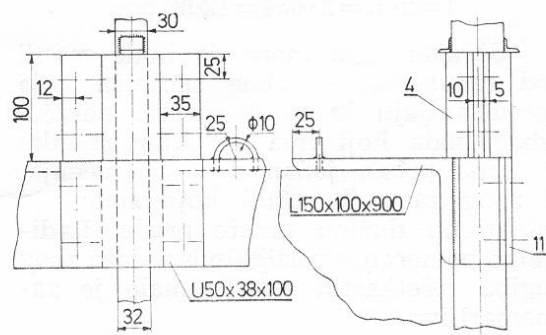
c) Spojnica za nastavljajanje rešetkastih nosača

Kritično mesto predstavlja granica spojnice i nosača opterećena na smicanje.

Tangencijalni napon je:

$$\tau = \frac{Q}{S} = \frac{4730}{17,76} = 266,3 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} \quad (\nu=45)$$

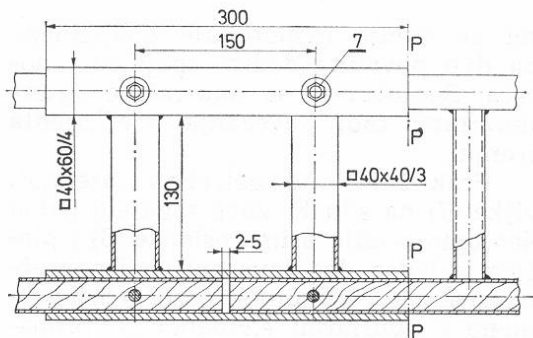
Da ne bi došlo do deformacije krajeva rešetkastih nosača, bilo u trans-



Sl. 8. Spojnica za sprečavanje aksijalnog pomeranja vertikalnih nosača (detalj II sa slike 3)

4 — granična spojnica; 11 — pločica.

portu bilo zbog nepredviđene koncentracije napona, može se u krajeve cevi ubaciti drvo dužine 30 cm, čime se poprečni presek povećava.



Sl. 9. Spojnica glavnog nosača  
7 — vijčana veza.

#### 6. Ostali elementi skele

To su: vertikalni nosači (merodavno opterećenje — istezanje), oslonci (L-profil) zatezne spojke, adapter profila kolovoza (L-profil), pod, vijci i užad. Dimenzionisani su konstruktivno. Nosivost užadi ne treba da bude manja od 10 000 N.

#### 7. Provera ugiba rešetkastog nosača

$$f_{\max} = \frac{Q}{E \cdot I} \cdot \frac{l^3}{192} =$$

$$= \frac{4730}{21 \cdot 10^6 \cdot 1208} \cdot \frac{1000^3}{192} = 1 \text{ cm}$$

$$I = 2 \cdot I_x = 2 \cdot 654 = 1308 \text{ cm}^4$$

Stvarni ugib mora da bude manji od računskog — zbog spojnica koja predstavljaju kruta mesta na nosaču, zbog pada koji ima karakter rešetke i stoga prima jedan deo opterećenja, i zbog zateznih užadi koja smanjuje efektivnu dužinu proste grede. Radikalno pomeranje vertikalnih nosača zbog ugiba rešetkastih nosača malo je zanemarljivo.

#### Montaža i demontaža

Montažu i demontažu obavljaju 6 vojnika sa tačno određenim zadacima

u toku rada. Postupak montaže je sledeći:

1. Vojnici se podele u dve grupe, u svakoj po 3 vojnika. Oni obavljaju radove na radnim mestima (r/m) od 1 do 3. Radovi koje obavljaju su isti za obe grupe. Vojnik na r/m br. 1 je komandir grupe.

2. Delovi skele transportovani kamionom razvrstaju se u dve grupe po delovima kompleta. Kutija sa vijcima, zateznim spojkama i pločicama je s podom i priborom na jednom mestu.

3. Komandir odeljenja određuje iz kojih rešetkastih nosača će skela biti sastavljena. Vojnici na r/m 2 i 3 postavljaju u red rešetkaste nosače (1, sl. 3). Na trotoaru duž ose mosta postavljaju spojnicu i podešavaju položaj spojnice. Vojnik na r/m 1 donosi vijke i ključ za stezanje, postavlja i priteže vijke na spojnici (7, sl. 9).

4. Vojnici na r/m 2 i 3 donose oslonac (3, sl. 3) na mesto gde skela treba da se postavi, a adapter profila kolovoza (6) postavljaju na ivicu trotoara i kolovoza (ukoliko nema trotoara, ili je u nivou kolovoza adapter se ne postavlja), a sve u pravcu normalnom na osu mosta. Vojnik na r/m 1 donosi spojku (5) i užad ili lance (10). Dok vojnici na r/m 2 i 3 vezuju za alke oslonac i adapter, vojnik na r/m 1 zateže spojku dok uže ne obezbedi stabilnost oslonca i adaptera. Vojnici na r/m 2 i 3 razvijaju rasponi konopac (9), a vojnik na r/m 1 vezuje konopac za alku adaptera u nivou kolovoza.

5. Vojnici na r/m 2 i 3 donose vertikalni nosač (2) na mesto spuštanja, a vojnik na r/m 1 vezuje graničnu spojnicu na mestu koje je obeležio komandir odeljenja i dobro stegne vijke (7). Vojnici na r/m 2 i 3 spuštaju vertikalni nosač (težine oko 300 N) i drže ga dok vojnik na r/m 1 ne pritegne pločicu (11 na sl. 6) na obeleženom mestu nosača.

6. Dok vojnici na r/m 2 i 3 osiguravaju vertikalni nosač vezivanjem vringijom za ogradu mosta (odnosno za alku oslonca ukoliko nema ograde

mosta), vojnik na r/m 1 se priprema za silaženje na skelu (postavlja pojas, vezuje se užetom i u torbicu stavlja potrebnu opremu, pribor i alat).

7. Ukoliko ne postoji mogućnost za prebacivanje transportnog užeta ispod mosta sa zemlje, onda se to obavi na sledeći način: kada se vojnik na r/m 1 spusti na prečagu od U-profila i sedne, vezuje se kratkim užetom za prečagu ispred sebe (radi bezbednog rada) i priprema transportno uže za bacanje na suprotnu stranu mosta. Transportno uže na jednom kraju ima teg težine 3 N, a drugi kraj se veže za spoj prečage i vertikalnog nosača na visini od prečage U-profila 1—1,5 m. Vojnici na r/m 2 i 3 za to vreme spuštaju prihvatni konopac sa suprotne strane mosta, i to desno (levo) od pravca postavljanja skele. Vojnici su međusobno na rastojanju 6—10 m, a sredinu konopca spuštaju 5—10 m ispod najniže tačke nosača mosta.

8. Vojnik na r/m 1 baca kraj transportnog užeta s tegom kroz omču, a vojnici na r/m 2 i 3, dižući prihvatni konopac, dodaju ga vojniku na r/m 1, ali od druge grupe.

9. Vojnici na radnim mestima 1 zatežu i vezuju transportnu užad za spoj nosača i prečage, prethodno navukavši kotur (koji se zakačinje kanapom ili kukom za vertikalni nosač da se ne pomakne na sredinu užeta). Vojnici na r/m 2 i 3 postavljaju rešetkasti nosač (tež. oko 750 N) duž ivice trotoara, gde će ga spuštati, i vezuju ga užadima na rastojanju 1,5—2 m od kraja.

10. Vojnik na r/m 2 protura svoje uže od nosača kroz alku na osloncu, dok vojnik na r/m 3 omota svoj konopac oko ograde (ili neke druge fiksne tačke). Spuštanje rešetkastog nosača ide sinhronizovano uz komandu vojnika na r/m 1, koji kad prihvati kraj nosača odmah ga okači na kuku koturače i počinje gurati nosač ka drugom kraju, gde ga prihvata vojnik na r/m 1 druge grupe. Vojnici na r/m 2 i 3 polagano spuštaju drugi kraj nosača prema uputstvu rukovodioca svoje grupe. Taj zahvat treba izvoditi s punom pažnjom i po komandi. Užad za spuštanje kasnije se koristi kao užad za rasterećenje i za podizanje rešetkastog nosača pri demontaži.

11. Vojnici na r/m 1 postavljaju pločice (11, sl. 5) i stežu vijke (7), čime se rešetkasti nosači fiksiraju, a vojnici na r/m 2 i 3 vezuju užad za pod i pripremaju ga za spuštanje.

12. Podovi se slažu po redosledu koji odredi komandir odeljenja (podovi su dužine 1, 2, 2, 3, 3, 3 m). Oni se ponegde mogu vezati žicom za rešetkasti nosač.

13. Vojnici na r/m 1 zatežu užad za spuštanje rešetkastih nosača i vezuju ih za vertikalne nosače ostvarujući ugao 45—60° sa rešetkastim nosačem.

Demontaža se obavlja istim postupkom, a obrnutim redosledom. Dobro uvežbanom odeljenju za montažu je dovoljno 30—45 min, a za demontažu 20—30 min, zavisno od raspona skele.