

čito pogodno za gradnju silosa za žitarice (sl. 24) i za cement, za gradnju vodotornjeva, tvorničkih dimnjaka, tj. za kontinuirane vertikalne cilindrične konstrukcije više od 20m, a bez horizontalnih međustropova. Usavršavanjem toga sustava omogućena je izvedba i četvrtastih presjeka za gradnju stanova (sl. 25), stupova za mostove i sl. Počeci građenja kliznom oplatom pojavljuju se u SAD oko 1903. godine, odakle je taj sustav gradnje prešao u Njemačku (1927) i Švedsku. U našoj zemlji primijenjen je nakon drugoga svjetskog rata (gradnja silosa 1967, stambeni objekt visine 72m i sa 22 kata u Zagrebu u ulici R. Končara 1968). Međustropne armiranobetonske ploče, koje istodobno služe i za horizontalno ukrućenje objekta, izvode se pomoću oplatnih stolova koji prate podizanje objekta najviše u razmaku od tri kata. Stolovi se izvlače kroz otvore fasade i premještaju pomoću kрана na gotovu ploču slijedećeg kata. Karakteristike takve oplata jesu: konstruktivna visina im je 100...150cm; opladne stranice malo su prema dolje zakožene na sve strane za +5mm prema gornjem razmaku; glatke opladne plohe dobro su nauljene. Skele se podižu hidraulički pomoću dizalica nosivosti 3 i 6t, a njihov broj (95...110 dizalica) ovisi o tlocrtnoj površini objekta. Ulje se tlači pumpnim agregatom snage 0,5...2kW koji ima rezervoar za ulje od 25l i razvodni cjevovod od bešavnih cijevi promjera 16mm. Radni tlak iznosi 5...15MPa. Zajedno s oplatom klizi i ovješena radna skela s koje se kontrolira kvaliteta i eventualno popravljaju oštećene betonske površine. Brzina klizanja može se prema potrebi uskladiti s odabranim vremenskim intervalom između dva hoda dizalice koji je konstantan i iznosi 25mm. Brzina dizanja iznosi

$$v = \frac{h60}{t}, \quad (1)$$

gdje je h mm hod dizalice (25mm), a t min odabrani interval hoda dizalice. Dobiva se brzina dizanja u mm/h. U usporedbi s uobičajenom oplatom smanjuje se radno vrijeme izradbe kliznih zidova za 40...70%. Iz podataka o brzini klizanja skele, odnosno

Tablica 2

PODACI O TRAJANJU BETONIRANJA ZIDOVA
(BEZ MEĐUSTROPNIH KONSTRUKCIJA)
UPOTREBOM KLIZNE OPLATE

Broj katova	Visina objekta m	Priprema oplata dana	Broj dana klizanja oplata	Ukupno dana	Dana po katu
8	22		10	36	4,5
10	27		12	38	3,8
12	32		14	40	3,3
14	38		16	42	3,0
16	43		18	44	2,75
18	49	26	20	46	2,55
20	54		22,5	48,5	2,42
22	59		25,5	51,5	2,34
24	65		28,5	54,5	2,26
26	70		31,5	57,5	2,22
28	76		34,5	60,5	2,16
30	81		37,5	63,5	2,10

betoniranju zidova bez izradbe međustropnih konstrukcija (tabl. 2) može se zaključiti da je primjena kliznih oplata za gradnju stambenih zgrada ekonomična tek za objekte s više od 20 katova.

LIT.: H. Ebinghaus, Beton-Schalungsbau. Fachbuchverlag Dr. Pfanueberg & Co. Giessen, Düsseldorf 1962. — L. Kirgis, Niskogradnja. Građevinska knjiga, Beograd 1962. — V. Battelino, Priručnik za oplata, I dio. Gradbeni center Slovenije, 1968. — N. Kacijan, Organizacija pri radu i zaštita od požara pri izvođenju građevinskih radova. Radničko sveučilište »Moša Pijades«, Zagreb 1974. — N. Labutin, Schalung und Rüstung. Ernst & Sohn, Berlin-München-Düsseldorf 1975.

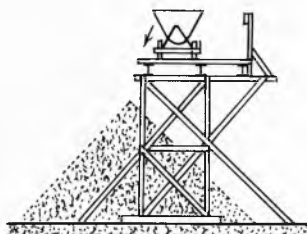
I. Philipp

GRAĐEVNE SKELE, privremene pomoćne konstrukcije pri izvedbi građevina. Upotrebljavaju se npr. pri zidanju, betoniranju, žbukanju fasada i stropova, popravcima, dograđivanju, pregrađivanju, montažnim radovima, rušenju objekata,

tj. u svim područjima građevinarstva: zgradarstvu, mostogradnji, hidrogradnji, tunelogradnji itd.

Skele prema namjeni mogu biti *radne*, *nosive* i *zaštitne*. Radne skele primjenjuju se kao pod za radnike i materijal za zidanje, žbukanje, popravke itd. Nosive skele primjenjuju se pri gradnji mostova i inženjerskih konstrukcija (armiranobetonskih, metalnih, zidnih). Takve skele mogu nositi oplata (v. *Građevne oplata*) koje oblikuju konstrukciju. Skele se uklanjaju nakon što se konstrukcija osposobi da preuzme vlastito i korisno opterećenje. Zaštitne se skele podižu da zaštite radnike i prolaznike ispod njih.

Radne skele služe za održavanje objekta, izradbu stropova i žbukanje, zidanje i betoniranje, transport materijala za nasipavanje pri zemljanim radovima na gradnji cesta i željeznica. Sve se skele demontiraju nakon dovršenih radova, osim onih koje služe za nasipavanje. One se ili demontiraju ili ostaju trajno ugrađene u nasipu, već prema ekonomskoj računici. Kad ostaje ugrađena, skela se naziva *izgubljenom* (sl. 1).

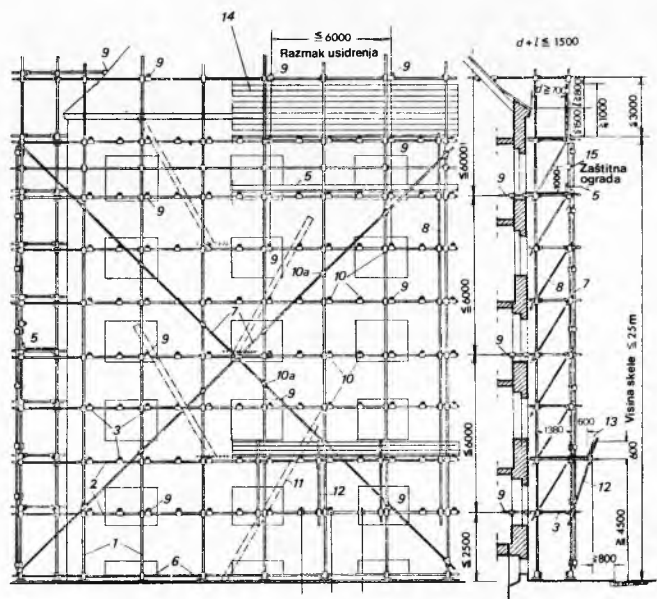


Sl. 1. Skela za nasipavanje (izgubljena skela)

Skele za održavanje primjenjuju se pri radovima gdje se radna snaga, materijal i alat malo upotrebljavaju. Tu se ubrajaju popravci i bojenje fasada, popravak limarskih instalacija i sl. Korisno opterećenje iznosi 600N/m² ili dvije koncentrirane sile od 750N na razmaku od 50cm.

Skele za žbukanje fasada i stropova najčešće se primjenjuju. Takve skele nose više radnika i teži materijal (mort). Računa se s korisnim opterećenjem od 2000N/m² ili s koncentriranom silom 1500N, što odgovara opterećenju radnika kad nosi posudu s mortom.

Pri dimenzioniranju radnih skela najnepovoljniji je raspored opterećenja kad se na dijelu skele duljine 3m i širine 1,25m nalaze tri radnika i dvije posude za mort.



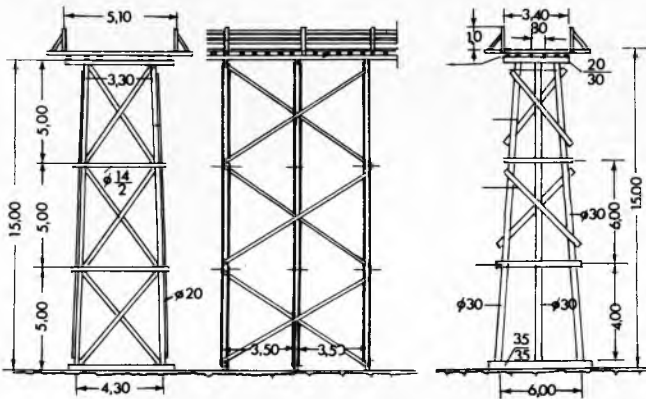
Sl. 2. Primjer izvedbe radne skele. 1 podupirač (stup), 2 uzdužna prečka, 3 poprečna prečka, 4 oplata poda, 5 rubna daska, 6 stopalo (podložna ploča), 7 uzdužno ukrućenje, 8 poprečno ukrućenje, 9 usidrenje, 10 unakrsna spojnica, 10a okretna spojnica, 11 ljestve, 12 podupirač za zaštitni krov, 13 zaštitni krov, 14 zaštitni zid za rad na krovu, 15 zaštitna ograda

Skele za zidanje fasada kamenom ili opekom treba predvidjeti za korisno opterećenje od 3000 N/m², ili za opterećenje jednom koncentriranom silom od 1500 N, ili s dvije koncentrirane sile od 750 N na razmaku od 50 cm. To odgovara trojici radnika, jednoj posudi za mort i masi od 150 opeka normalnog formata.

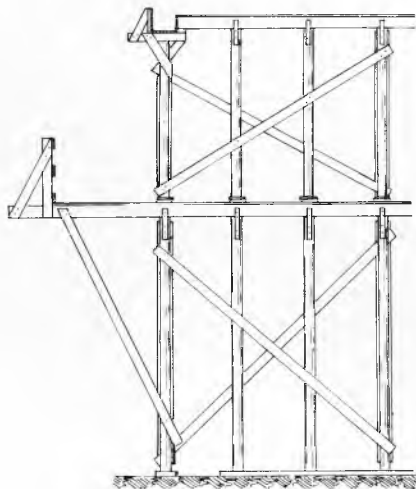
Tablica 1
DOPUŠTENO OPTEREĆENJE I RAZMACI RADNIH SKELA

Vrste skele	Dopušteno opterećenje N/m ²	Najveći razmaci			Najveće opterećenje po spojnici N
		stupova m	prečaka		
			uzdužnih m	poprečnih m	
za održavanje	600	3,00	3,50	1,50	3000
za žbukanje	2000	2,40	3,00	1,20	4500
za zidanje	3000	2,00	3,00	1,00	5250

Opterećenje skele pri transportu materijala (sl. 3), npr. transportu zemlje radi izjednačenja masa ili nasipnog zemljanog ili kamenog materijala, računa se posebno za svaki slučaj, prema vrsti transporta. Materijal se može transportirati zaprežnim vozilima, kamionima-kiperima, damperima i vagonetima na tračnicama. Zaštitne skele izvode se u obliku krova, punih kosina ili raspete mreže. Postavljaju se pri radu na visini većoj od 5 m.



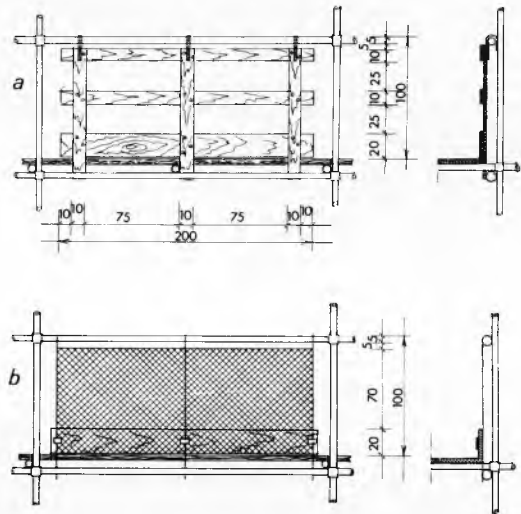
Sl. 3. Skele za transport građevnog materijala



Sl. 4. Radna i zaštitna skele

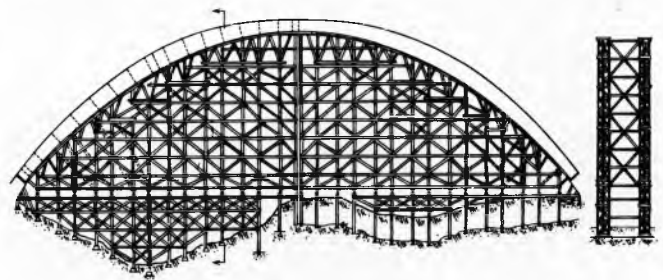
Ako se radi na većoj visini, zaštitna skele mora se postaviti na svakih 5 m visine. Kako svaka radna skele mora u svom sastavu imati i zaštitnu skelu, obično se obje konstrukcije podižu istodobno s povišenjem radne plohe (sl. 4).

Uobičajeno je da se nosivoj skele dodaju konzole popunjene čvrstom oplatom ili mrežom da se spriječi pad materijala (sl. 5). Zaštitne skele treba da nose 600 N/m², a u izuzetnim slučajevima potrebno je izračunati opterećenje.

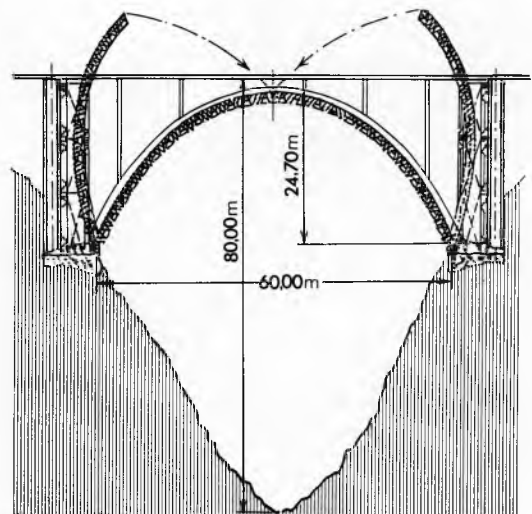


Sl. 5. Ograde na skelama. a drvena montažna ograda, b željezna montažna ograda pokrivena žičanom mrežom

Nosive skele ne mogu se standardizirati niti svrstati prema redosljedu upotrebe. Karakteristika je tih skele da one podupiru cijelu građevinu ili pojedine dijelove u toku građenja, ako njezina konstrukcija nije sposobna da preuzme potpuno ili djelomično stalno i pokretno opterećenje. Takve su npr. zidane konstrukcije (kupole, svodovi) od kamena, opeke ili betona gdje treba vezni materijal otvrdnuti da konstrukcija postane nosiva (sl. 6). Nosiva skele može se izvesti i kao rasklopna skele (sl. 7 i 8).



Sl. 6. Primjer nosive skele

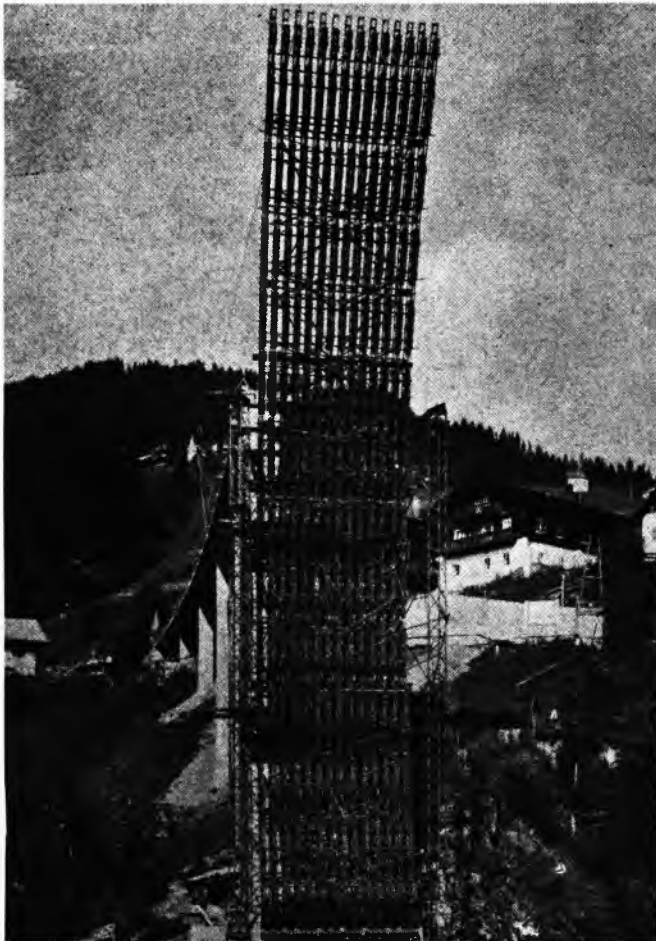


Sl. 7. Shematski prikaz montiranja skele za gradnju mosta

S obzirom na različitu upotrebu nosivih skela, treba za svaki slučaj, zbog sigurnosti, proračunati njihovu nosivost. Pri proračunu treba uzeti vertikalna opterećenja: vlastitu masu oplata i skele; masu materijala koji opterećuje skelu (kamen, opeka, svježi beton); opterećenje dizala s teretom koji se podiže; udar pri istresanju betonske mase u oplatu; masu posude; opterećenje radnika koji se kreću na skeli. Kad se betonira pomoću cjevovoda i crpke i kad nastaju udarci, potrebno je cjevovode razvesti izvan skele.

Potrebno je računati s horizontalnim silama: silom vjetrova na slobodne stojeće skele i silom koja se pojavljuje pri dizanju tereta (vitlo).

Za izbor tipa skele i za proračun potrebno je poznavati: dimenzije skele i njene sastavne dijelove; vrstu i kvalitetu materijala za skelu; najveća dopuštena opterećenja; nosivost tla na koje se oslanja skela; način oslanjanja skele na tlo ili u tlo, odnosno na dijelove izgrađenog objekta; način montiranja i demontiranja skele; predviđeno trajanje upotrebe skele.

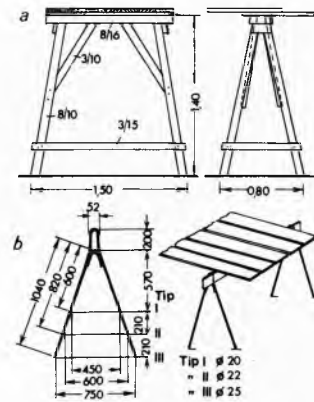


Sl. 8. Pogled odozdo na polovicu skele na sl. 7

Izvedba skela ovisi o vrsti građevnih radova.

Skele od nogara (kozlića) upotrebljavaju se pri zidanju zidova, žbukanju i pri različitim popravcima. Vrlo se brzo sastavljaju. Nogari su podupirači za podove od mosnica debljine 48 mm. Mogu biti drveni (sl. 9a) ili od okruglog čelika promjera 20...25 mm (sl. 9b). Drveni nogari obično se ne daju rastaviti, dok se metalni nogari mogu rastaviti (montažni) i pogodniji su za transport. Takve skele dopuštaju se do visine od 4 m, tj. najviše 2 reda nogara jednih iznad drugih (sl. 10). Visina nogara je 1 m, 1,5 m ili 2,0 m.

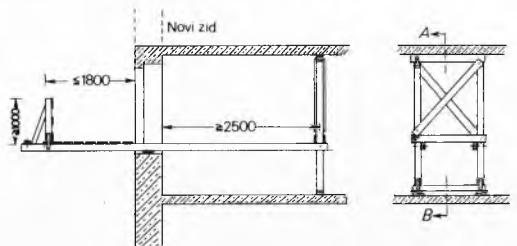
Konzolne skele upotrebljavaju se da spriječe pad materijala i osiguraju kretanje radnika, ili kao pomoćne konstrukcije pri različitim kratkim popravcima izvan ravnine vanjskog zida.



Sl. 9. Nogari za skelu. a drveni nogar, b željezni nogar



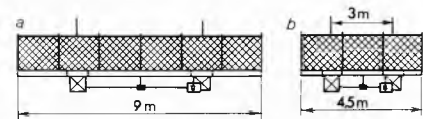
Sl. 10. Izvedba skele od nogara



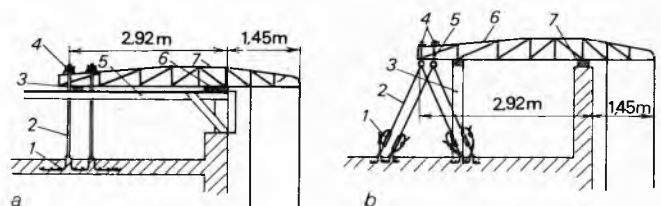
Sl. 11. Konzolna skela uprta o postojeću konstrukciju

Takve skele su nepokretne i moraju se sigurno uprijeti o postojeću stabilnu konstrukciju s unutrašnje strane objekta (sl. 11). U armiranobetonske konstrukcije ubetoniraju se prije toga pričvršnice za pričvršćenje konzolnih skela.

Viseće skele novija su varijanta konzolnih skela, koje se mogu pomicati uzduž vertikalne plohe vanjskog fasadnog zida. Takve se skele danas mnogo primjenjuju za izradbu i održavanje fasada, za pranje prozora izvana na objektima s klimatizacijom. Skela se izgrađuje u obliku *košare* s radnim podom i zaštitnom ogradom (sl. 12) sa 3 strane. Prema fasadi košara je otvorena. Na ogradi košare je upavljačka ploča s prekidačima koji omogućuju njezino dizanje i spuštanje pomoću elektromotora brzinom od 3...9 m/min. Košara visi na čeličnim užetima koja su pričvršćena na posebnim konzolnim nosačima na krovu zgrade (sl. 13), već prema vrsti i obliku krovne konstrukcije.

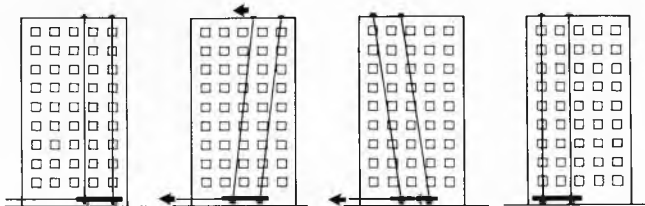


Sl. 12. Košare za viseću skelu



Sl. 13. Konzolni nosači na krovu zgrade za košare viseće skele

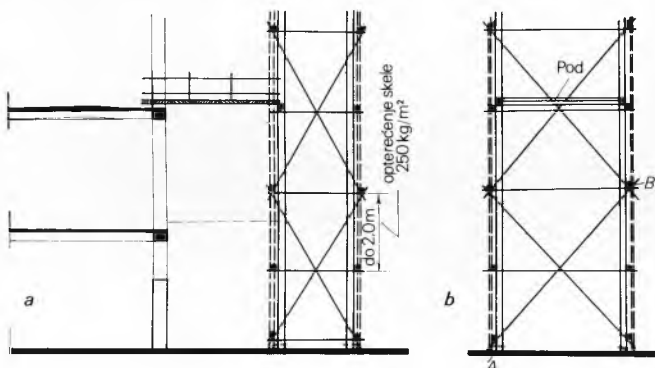
Kako danas sve visoke građevine imaju ravne horizontalne krovove, u krovne plohe ubetoniraju se armature za usidrenje konzolnih nosača. Duljina košare može se prilagoditi i iznosi 4,5...9,0m. Nosivost je takve skele do 1200kg. Kad se skela premješta, košara je uvijek u najnižem položaju (sl. 14). Kombinacijom premještanja konzolnih nosača i pomicanjem košare skela dolazi u željeni položaj. Viseća skela oslanja se na fasadu preko gumenih oslonaca, koji se po njoj kotrljaju da se spriječi njezino njihanje.



Sl. 14. Premještanje viseće skele

Toranjske skele izgrađuju se za smještaj dizala koja podižu materijale za gradnju (sl. 15). S obzirom na veliku visinu (do 40m) i mali poprečni presjek (2,0x2,0m) takvi se tornjevi moraju usidriti u tlo čeličnim užetima promjera 10...12mm.

Na visini svakog kata toranjska skela vezana je s objektom preko mosta radi transporta materijala na objekt. Nosivost takvih skela je do 1500kg. Pronalaženjem suvremenijih sredstava vertikalnog transporta toranjske skele sve se manje izvode.



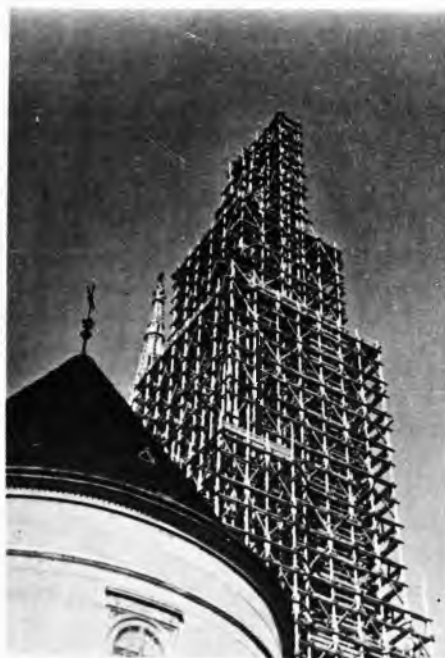
Sl. 15. Toranjska skela za smještaj dizala

Materijal za gradnju skela. Drvo kao materijal za skele sve se više napušta, pa se ono zamjenjuje čeličnim cijevima. Drvo u skelama ostalo je samo kao materijal za izradbu podova i spojnih mostova, a često i kao materijal za križna ukrućenja.

Čelične cijevne skele u usporedbi s drvenim skelama imaju slijedeće prednosti: jednostavno se izvode zbog jednakih presjeka cijevi i sastavljaju bez rezanja cijevi na određene duljine te se lako izabiru prema potrebnoj duljini; manja je potreba materijala (cijevi i spojnice) i manji transport do mjesta gradnje; brže se sklapaju i rasklapaju uz manji utrošak radnog vremena; postiže se sigurno i dobro prostorno ukrućenje skele; ne sliježu se na mjestima nastavaka; objekt pod skelom je prozračan i pregledan; pri spajanju cijevi nisu oslabljeni spojevi; skela je nezapaljiva, trajna i ekonomična; manje je potrebno tesara uvođenjem nove profesije monter skela.

Na sl. 16 vidi se prozračnost i preglednost objekata pod drvenom skelom i skelom od čeličnih cijevi. Kad se popravljao južni toranj zagrebačke katedrale (1939—1940, sl. 16a) za podizanje drvenih skela bilo je potrebno 523m³ (~30 vagona) drvene građe. Tom prilikom upotrijebljena je drvena građa presjeka 18/21cm do prve galerije, 16/18cm do druge galerije, a 13/16cm dalje do vrha. Opterećenje na jedan stup iznosilo je 200kN. Na sl. 16b vidi se čelična cijevna skela podignuta 1978. godine pri izradbi fasade. Sastavni su dijelovi skele bešavne ili šavne cijevi, stopala, nastavci, spojnice i kotači. Cijevi su standardnog vanjskog promjera od 48,25mm sa stijenkom od 3,5mm,

a duljina im je 1,5, 2,0, 2,5, 4,0 i 5,0m. Masa 1m cijevi iznosi 3,86kg, a izrađene su od Č. 0506 (St 55.29). Od cijevi je kostur skele u obliku stupova, greda i ukrućenja.



Sl. 16. Drvena skela (gore) za popravak tornja katedrale u Zagrebu (1939) i skela od čeličnih cijevi (dolje) za izradbu fasade (1978)



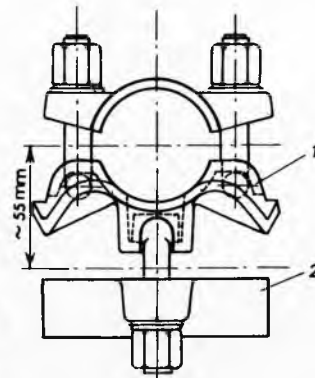
Stopala služe za fiksiranje položaja stupa te preuzimaju opterećenje skelom i preko podloga prenose ga na tlo. Ležajna ploha stopala je okrugla ili kvadratna, površine 350...400cm². Nastavci (trnovi) služe za ukrućenje nastavka cijevi u horizontalnom, vertikalnom ili kosom položaju (sl. 17). Kotači se upotrebljavaju za pokretne skele, i to s trnom na koji se navlači cijev. Tada je potrebno skinuti stopala i zamijeniti ih kotačima pomoću kojih se dobiva pokretna skela.

Spojni materijali drvenih skela jesu skobe, čavli, vijci. Takvi se spojni materijali ne upotrebljavaju za cijevne skele. Tu su potrebne univerzalne spojnice (sl. 18) koje se mogu upotrijebiti za sve moguće spojeve. Spojnice služe za međusobno spajanje cijevi u čvrstu cjelinu, a sastoje se od plašta koji površinski obuhvaćaju cijev i vijaka koji zatezanjem stvaraju tlačnu silu na plašt, te se cijevi drže međusobno trenjem plašta o cijevi. Pri-

tezanje vijaka spojnice izvodi se pomoću momentnih ključeva koji osiguravaju moment pritezanja 50...60 Nm (monter skela pri pritezanju djeluje silom od 200 N na ključ duljine 250...300 mm). Momentni ključ neovisno o radniku osigurava kvalitetno pritezanje. Najveća sila koju smije prenijeti spojnica iznosi 5250 N.

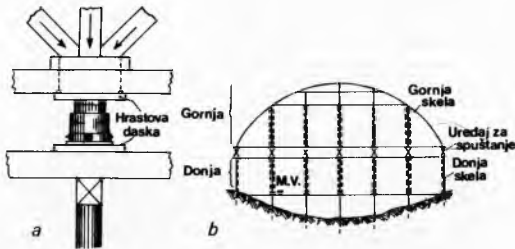


Sl. 17. Trn za ukrućenje nastavka cijevi

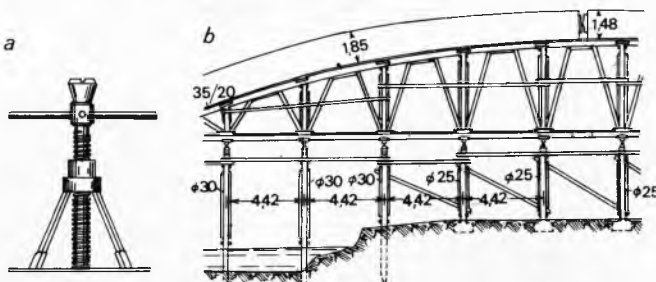


Sl. 18. Spojnice za čelične cijevi. 1 dio s ležištem za cijev, 2 dva poklopca od prešanog čeličnog lima

Donja i gornja skela. Nosive skele sastoje se najčešće od dva konstruktivna dijela — donje i gornje skele. Donja je skela stabilna i nepokretna. Ona je vezana za tlo nabijenim pilotima koji su ukrućeni u uzdužnom i poprečnom smjeru. Kad se radovi izvode na suhom tlu, donja se skela može uprijeti na betonske temelje. Gornja skela dograđuje se na donju skelu, a na spojevima se postavljaju uređaji za spuštanje gornje skele koji služe prilikom rasklapanja. Najjednostavniji je uređaj tzv. lonac s pijeskom (sl. 19) od čeličnog lima, promjera do 30 cm s 4...6 otvora na dnu koji služe da se ispusti pijesak. Lonac se puni čistim i oštrim pijeskom do 3/4 svoje visine. Na pijesak se stavlja valjak od hrastovog drveta na kojem leži gornja skela. Pri otpuštanju i rasklapanju gornje skele otvaraju se otvori na dnu lonca i ispušta se pijesak. Tako se gornja skela odvaja od gotove konstrukcije što omogućuje njeno rasklapanje.



Sl. 19. Lonac s pijeskom (a) za spuštanje gornje skele i smještaj (b) uređaja za spuštanje gornje skele

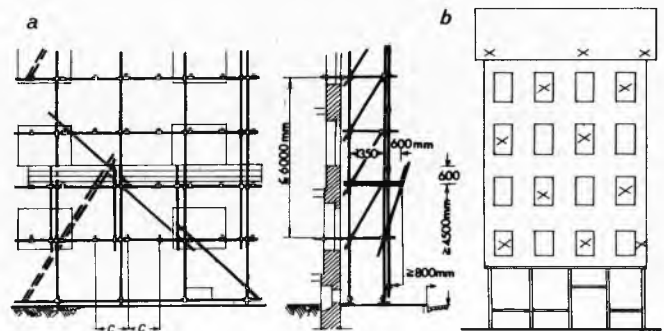


Sl. 20. Zavojna dizalica (a) i smještaj (b) zavojne dizalice

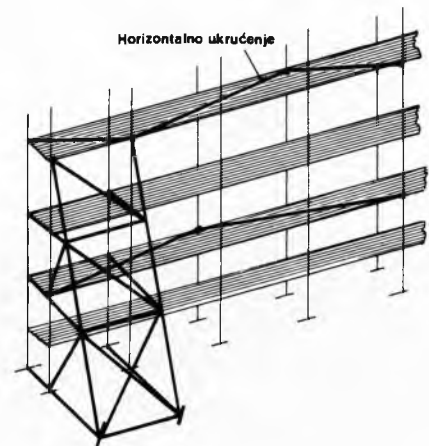
Postoji i suvremeniji uređaj za spuštanje skele oblika vretena koji omogućuje dizanje tereta na manje visine (sl. 20). Okretanjem vertikalnog vretena diže se ili spušta teret. Hod takve dizalice iznosi 30...35 cm a podizati se može teret i do 40 t.

Danas su proizvođači čeličnih cijevnih skela izradili svoje kataloge za raznovrsne visine fasadnih skela visine i do 60 m sa svim potrebnim podacima svih konstruktivnih dijelova uz pretpostavku razmaka nosivih stupova od 2,5...3,0 m.

Učvršćenje fasadne skele. Ona se povezuje s objektom radi sigurnosti od prevrtanja i od vodoravnog pomaka (njuhjanja). Skela se mora vezati za objekt na najvišoj svojoj točki, tj. za krov zgrade, te u katovima kroz prozore ili se sidri na stropove ili balkone (sl. 21). Čvrste točke trebaju biti izmjenično raspoređene po visini i po širini objekta. Često fasadna skela stoji slobodno, jer se ne može fiksirati na fasadne zidove (zablatni zidovi bez otvora), te je potrebno takvu skelu osigurati prostornim rešetkastim poduporama (sl. 22).



Sl. 21. Fasadna skela (a) i njezino vezivanje (b)



Sl. 22. Osiguranje fasadne skele rešetkastim poduporama

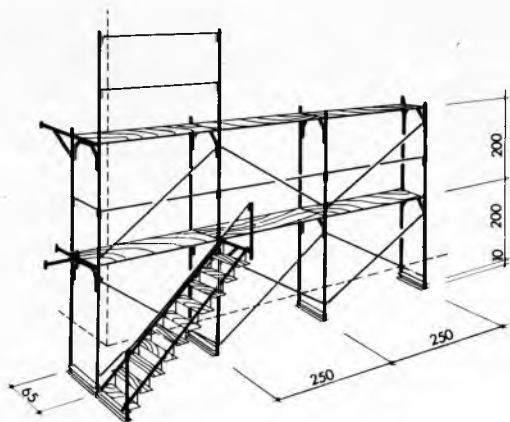
Tipizirane okvirne skele. Radi ekonomičnije izvedbe nekih radova, koji su ovisni o skelama, proizvedene su tipizirane, gotove okvirne konstrukcije većih dimenzija s jednostavnijim spojevima (sklopovi). Okvirne cijevne skele (sl. 23 i 24) imaju izrazitu prednost pred pojedinačnim sastavljanjem cijevi spojnicama (brzo i jednostavno postavljanje i skidanje). Širina takvih sklopova iznosi 65...100 cm, već prema namjeni skele. Paletiziranjem takve skele, što je moguće s obzirom na tipizaciju, jednim se kamionom nosivosti 10 t može odjednom transportirati 800 m² skele kompletno sa svim priborom (podovi itd.). Skele od takvih sklopova do sada su podizane do visine od 76 m.

Brojni sklopovi i točno ograničene dimenzije gotovih okvira ograničavaju njihovu upotrebu na samo određene radove (održavanje, popravci i žbukanje) i takve skele upotrebljavaju se samo kao radne skele.

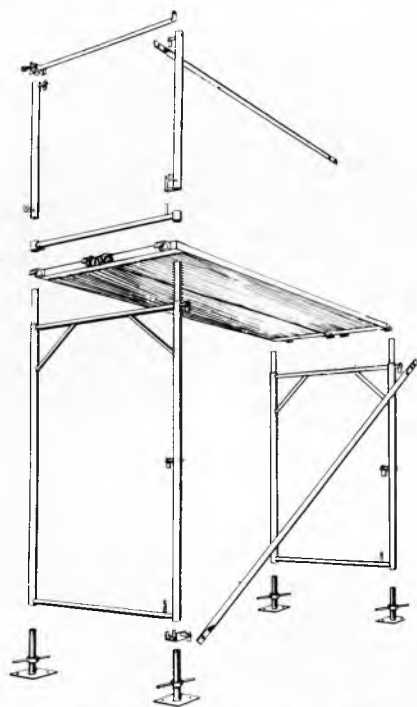
Sigurnost rada na skelama. Budući da je rad na skelama stalni izvor opasnosti za radnike koji rade na njima, skele moraju biti sigurno i stabilno izvedene.

Briga za sigurnost života pri radu na skelama regulirana je propisima (Osnovni zakon o zaštiti na radu, Pravilnik o zaštiti na radu u građevinarstvu).

Tako je propisano kako se ima postupati prilikom građenja skela radi postizanja potrebne sigurnosti. Predviđaju se odgo-



Sl. 23. Dijelovi okvirne cijevne skele



Sl. 24. Montirana okvirna cijevna skela

orne osobe za projektiranje i izvođenje te za kontrolu kvalitete skela u toku radova. Osim toga, osobe koje su sklone nesvjestici, padavici, grčevima mišića, vrtoglavici, kratkovidni i gluhi ne smiju se zapošljavati na radovima gdje bi njihovi nedostaci bili opasnost za njih i za njihovu okolinu.

I. Philipp

GRAĐEVNI KAMEN, dio stijene (sastavni dio litosfere ili Zemljine kamene kore) odvojen na prirodni ili umjetni način. To je mineralni agregat određene teksture, strukture, geoloških karakteristika, fizičkih i mehaničkih svojstava. Najviše se upotrebljava kao građevni materijal.

Kamen kao sirovina može se svrstati u tri skupine: arhitektonsko-građevni kamen, tehnički kamen, te pijesak i šljunak. Osim što se upotrebljava u prirodnom stanju, kamen se prerađuje različitim postupcima.

Arhitektonsko-građevni kamen poznat je i kao ukrasni ili dekorativni kamen (npr. mramor, granit). Tri su kriterija za vrednovanje arhitektonsko-građevnog kamena: estetski (umjetnički) koji se osniva na subjektivnoj ocjeni izgleda kamena (boja, šare i sl.), tehnički (fizičko-kemijska i mehanička svojstva)

i geološki (pogodnost eksploatacije i dobivanje blokova traženih dimenzija). Arhitektonsko-građevni kamen upotrebljava se i kao građevni materijal, a danas se upotrebljava za skulpture, kao konstrukcijski element za oblaganje pročelja i unutrašnjosti građevina.

Tehnički kamen ima široku primjenu u građevinarstvu i ocjenjuje se prvenstveno na osnovi njegovih fizičkih i mehaničkih svojstava. Primjenjuje se kao tučenac sortiran u frakcije odgovarajućih veličina zrna. Tučenac i fracionirani kameni agregati raznovrsno se primjenjuju u građevnim konstrukcijama, u cestogradnji, za donji ustroj željezničkih pruga, kao punilo za beton i žbuku.

Mineralni agregat ili kamen sitnež višestruko je usitnjen agregat sa zrnima od 0 do tridesetak mm. Prirodni kamen za izradbu mineralnih agregata razvrstava se u dvije grupe: silikatne stijene (magmatske, sedimentne i metamorfne) i karbonatne stijene (sedimentne i metamorfne). Obje grupe razlikuju se po svojim fizičkim, mehaničkim i tehnološkim svojstvima, te geološkim karakteristikama ležišta. O tim svojstvima ovise eksploatacija ležišta, tehnologija preradbe i oplemenjivanje kamena, te njegova primjena.

Pijesak i šljunak su prirodno granulirani, djelomično selekcionirani i već prema duljini transporta vodom oplemenjeni agregati. To su prvenstveno nanosi rijeka. Prirodna granulacija rezultat je mehaničkog trošenja postojećih stijena. Granulacija ovisi o brzini vode i o masi kamenih blokova, valutica, zrnaca pijeska i mulja određene krupnoće koji se talože na određenom dijelu toka rijeke. U toku transporta vodom zbog međusobnog trenja i sraza čestica, manje otporni sastojci se raspadaju, a lakše topljivi se otapaju (prirodno se oplemenjuju). Mineraloški i petrografske sastav pijeska i šljunka ovisi o petrografskom sastavu i gradi stijena u slivnom području.

Fizička i mehanička svojstva kamena vrlo su različita i ovise o teksturnim i strukturnim značajkama i mineralnom sastavu. Zbog toga te značajke mogu biti osnova za praktičnu klasifikaciju stijena kao prirodnog građevnog materijala.

B. Crnković

VRSTE STENA

Stene su prirodni mineralni agregati određenog sastava i fizičkih osobina od kojih je izgrađena Zemljina kora. (v. *Geologija*). Mnoge osobine minerala, prirodnih anorganskih tela konstantnog hemijskog sastava i određenih morfoloških i fizičkih osobina, prenose se i na stene koju formiraju. Od više hiljada vrsta i varijeteta minerala samo oko tridesetak znatno učestvuje u sastavu stena. Sve stene od kojih se može dobiti dobar građevni kamen grupisane su u tri grupe: magmatske (vulkanske, eruptivne), sedimentne i metamorfne stene.

Magmatske stene nastaju očvršćavanjem i iskristalisanjem fluidne mineralne mase (magne) koja kulja iz dubine Zemlje; zbog toga su kristalaste i neslojevite (masivne) i ne sadrže u sebi organskih ostataka (fosila). Prema načinu postanka one su: dubinske — intruzivne (plutoniti) i površinske — efuzivne ili ekstruzivne stene (vulkaniti). Mase magmatskih stena razlikuju se po mineraloškom i po hemijskom sastavu. Mase očvrse magne uglavnom su *silikatne*. Struktura magmatskih stena zavisi od stepena i načina iskristalisanja sastojaka, od krupnoće, oblika i rasporeda tih sastojaka i od načina njihove agregacije i može biti: zrnasta ili porfiriska. *Zrnasta struktura* je najčešće struktura dubinskih stena i u njoj su svi sastojci iskristalisanu u obliku zrna nepravilnog oblika i manje-više iste krupnoće. *Porfiriska struktura* je karakteristična za površinske magmatske stene i manifestuje se u krupno i pravilno iskristalisanim mineralima (fenokristali) rasutim u osnovnoj masi stene (hipokristalasta masa). Osim ovih osnovnih struktura javljaju se i mnogi strukturni varijeteti. Osim navedene podele, grupacija magmatskih stena može se podeliti i po: mineraloškom i hemijskom sastavu, načinu postanka, odnosno strukturi, geološkoj starosti, sadržaju silicijum-dioksida ili, što je najčešće, na osnovu vizuelnog i optičkog određivanja karakteristika. Od magmatskih stena dobija se kvalitetan građevni kamen.