

UVOD U GRADITELJSTVO 6. PREDAVANJE

GRADIVA



1

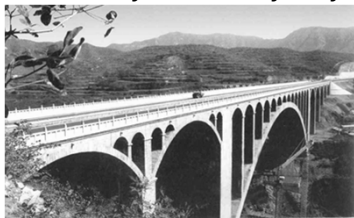
6. GRADIVA

- Kamen
- Opeka
- Beton
- Željezo i čelik
- Drvo
- Novi materijali

2

6.1. Kamen

- povijesno gledajući uz zemlju i drvo, kamen je osnovni građevni materijal
- prve građevine, spomenici, piramide, klasične građevine starog i srednjeg vijeka
- uvjetno gledajući kamen se do 19.st. (razdoblje dugo 4 tisućljeća) pretežno koristi kao konstruktivni element, a od 19.st. pa nadalje on ima pretežno estetsku funkciju
- najmasovnija primjena kamena u suvremenom graditeljstvu je vezana uz niskogradnju – nezamjenjiv element za donji ustroj prometnica
- često se koristi i za gradnju građevina sa povijesnim i monumentalnim karakterom (spomenici, mauzoleji)
- za rekonstrukciju i konzervaciju vidljivih dijelova povijesnih građevina



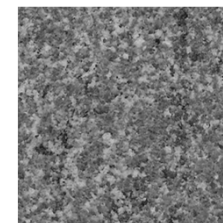
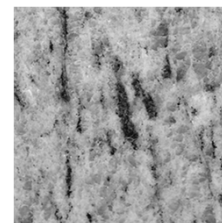
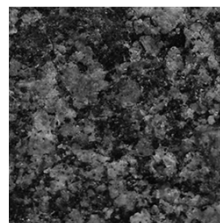
Danhe, Kina, 2000. g., L=146 m
Najveći kameni luk na svijetu - dokaz da se i danas ponekad rade velika ostvarenja u kamenu

3

6.1. Kamen

Vrste kamena – podjela po postanku:

- eruptivni kamen
 - nastao iz rastopljene magme (lave)
 - svojstva: tvrdi kamen, 2100-3300 kg/m³
čvrstoća 100-500 N/mm²
 - podvrste: granit i gabro - ploče za obloge, zidni blokovi
kocka za tarace,
bazalit - najčvršći i najteži kamen općenito
sienit, diorit, tonalit, porfir, andenzit, dijabaz, ...



Razne vrste granita

4

6.1. Kamen

Vrste kamena – podjela po postanku:

■ sedimentni kamen

- nastao trošenjem i taloženjem materijala zemljine kore
- svojstva: meki kamen, 2000-2700 kg/m³
čvrstoća 50-160 N/mm²

- podvrste: drobljenik, šljunak, pijesak - podloge, nasipi, proizvodnja betona



pješčanik
vapnenac

dolomit
sadrovac
tupina

- smjesa šljunka i pijeska, oblaganje
- laka obrada, za zidne i podne obloge, klesance, za proizvodnju vapna
- sličan vapnencu, ali čvršći
- proizvodnja gipsa
- proizvodnja cementa



Vapnenac



Vađenje šljunka

6.1. Kamen

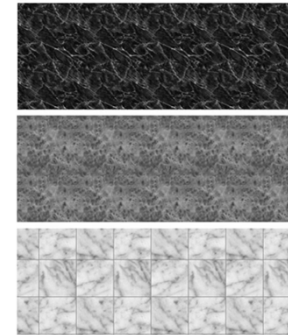
Vrste kamena – podjela po postanku:

■ metamorfni kamen

- promjena svojstava kamena prvih dviju vrsta djelovanjem visoke temperature i tlaka
- svojstva: tvrdi i srednje tvrdi kamen, 2500-2900 kg/m³
- podvrste: mramor, gnajs, serpentin



Mramorni blokovi na nalazištu



Vrste i obrade mramora

6

6.1. Kamen

Vrste kamena – podjela po obradi:

■ lomljeni

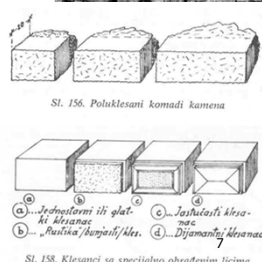
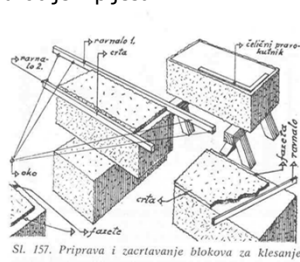
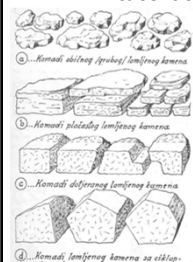
- obični lomljeni, pločasti lomljeni, dotjerani lomljeni kamen, kamen za ciklopski zid

■ obrađeni

- poluklesani, klesani, klesanci, kvadri

■ drobljeni

- usitnjava se drobilicama do poželjnih dimenzija
- tučenac, drobljeni pijesak



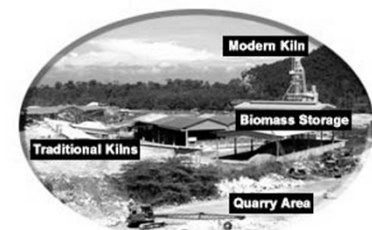
6.1. Kamen

Općenita svojstva:

- dobar vodič topline
- trajnost i boja ovise o vrsti kamena – općenito tvrdi kameni su trajniji, a meki manje trajni
- isto vrijedi i za obradivost
- otpornost na temperaturu – pri visokim temperaturama (iznad 550 stupnjeva) u eruptivnom nastaju pukotine, a vapnenci se raspadaju i postaju živo vapno



Kalcij hidroksid ili vapno – nastaje iz vapnenca



Proizvodnja vapna

8

6.2. Opeka

- prvi i najstariji umjetno proizvedeni građevinski materijal (umjetni kamen)
- prije više od 5000 godina proizvodila se pečenjem pravilno oblikovanih i osušenih glinenih komada
- kroz tisućljeća je zadržala svoj paralelopipedni oblik i sličnu veličinu
- manji komadi – lako rukovanje, dugotrajno zidanje
- veći komadi – praktičniji u gradnji, ali se nejednoliko peku i suše pa više pucaju
- danas se tome doskočilo izradom opeke većih dimenzija sa šupljinama – *opekarski blokovi*



9

6.2. Opeka

Način proizvodnje:

- sirovina – glina
- glina nesmije biti premasna niti previše pjeskovita, mora biti bez soli i ostalih štetnih primjesa
- glinena masa se u ciglani istiskuje kroz kalupe i automatski se reže u komade predviđene dužine ili visine
- komadi se suše – oduzima im se 10-20% vlage
- pečenje se obavlja u kružnim ili tunelskim pećima na temperaturi od 900-1000 stupnjeva oko 24h
- cijeli proces pečenja sa predgrijavanjem i hlađenjem traje oko 7 dana



Proizvodnja opeke na početku 20.st.



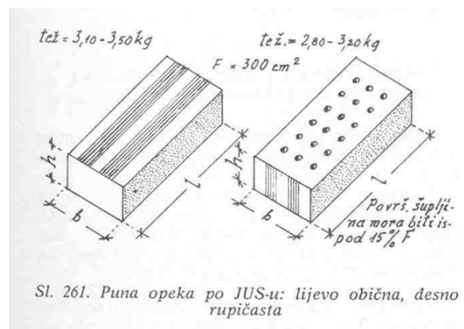
...i danas

10

6.2. Opeka

Vrste opeke:

- puna opeka
 - zidanje nosivih i nenosivih, vanjskih i unutarnjih zidova koji će se kasnije žbukati
 - dimenzije 250 x 120 x 65 [mm], težina 3.1-3.5 kg, tlačna čvrstoća 7.5-20 N/mm²
 - može biti obična i rupičasta, a kao posebna podvrsta je i fasadna kod koje nije potrebno vanjsko žbukanje



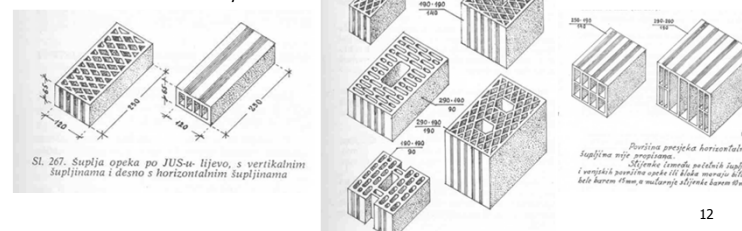
Sl. 261. Puna opeka po JUS-u: lijevo obična, desno rupičasta

11

6.2. Opeka

Vrste opeke:

- šuplja opeka i šuplji opekarski blokovi
 - koristi se da bi se manjom debljinom zida postigla potrebna nosivost i bolja toplinska izolacija nego kod pune opeke
 - veći komadi šupljih blokova zamjenjuju po dvije, tri i više komada obične (pune) opeke
 - vrlo je popularna za nenosive zidove u skeletnim i sličnim konstrukcijama sa nosivim elementima od armiranog betona
 - mogu biti sa vertikalnim šupljinama (20-40% presjeka) ili sa horizontalnim šupljinama (oko 50% presjeka)
 - tlačne čvrstoće 2-20 N/mm²

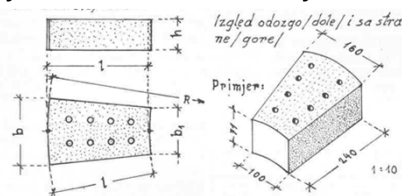


Poručila presjeka horizontalnih šupljina nije označena. Očvršćena lica i rubovi potpuno su glazirani i vanjski površinski sloj je glaziran i bojen. Osim toga, u malim količinama mogu biti i bojeni.

12

6.2. Opeka

Vrste opeke:

- radijalna opeka – za zidanje samostalnih tvorničkih dimnjaka
- 
- specijalne vrste opeke
 - prepeka ili klinker
 - pečenje na 1200 stupnjeva, velike čvrstoće, za tarace i prometne površine i temeljenje u vodi
 - vatrostalna opeka:
 - šamotna opeka – može izdržati temperaturu od 1600 stupnjeva – za obloge ložišta i donjih dijelova dimnjaka
 - magnezitna, dolomitna, boksitna opeka
 - silikatna opeka
 - za uređaje u kemijskoj industriji (otporna na kemikalije)

13

6.3. Beton

- beton je danas najviše upotrebljavan građevinski materijal
- prvi materijal sličan betonu, star je oko 7500 godina, a nalazi se u Lepenskom Viru, kao ostatak podne konstrukcije prethistorijskog obitavališta



Izgled obitavališta u Lepenskom Viru



Komad betona iz podne konstrukcije u Lepenskom Viru

- 3000 g.pr.Kr. Egipćani upotrebljavaju mort na bazi gipsa i vapna pri gradnji piramida od opekarskih proizvoda

14

6.3. Beton

- 800. g.pr.Kr. – beton se kao materijal pojavljuje u Grčkoj, na Cipru i Kreti
- prvi pravi beton sličan današnjem počinje se koristiti 300. g.pr.Kr. – upotrebljavaju ga Rimljani
- za izradu betona Rimljani upotrebljavaju pucolanski cement iz Pozzuola, Italija blizu vulkana Vezuva
- takvim betonom služe se u gradnji Appianskog puta, rimskih toplica, Koloseuma i Pantheona u Rimu, i Pont du Gard akvadukta u južnoj Francuskoj



15

6.3. Beton

- Istraživanja i komercijalizacija proizvodnje hidrauličkih veziva kontroliranih svojstava – početak 19. st.
- Proizvodnja Portland cementa započela 1844. u Engleskoj
- Armirani beton: Lambot i Monier (vrtlar) 1867., Francuska.



Prva građevina od armiranog betona 1871.-1875. Port Chester, NY



Ingalls zgrada – prvi betonski neboder

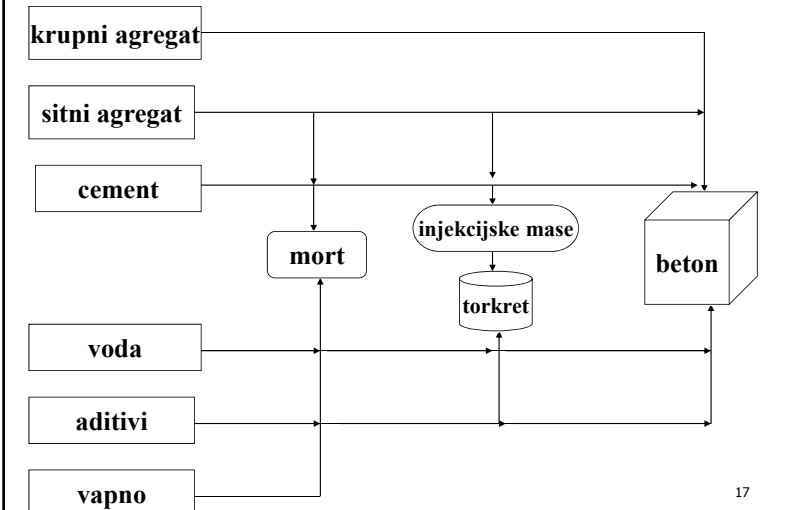


Naš prvi armiranobetonski most Lomost – Ogulin – 1900 god. – most na cesti Josip Dol – Senj

16

6.3. Beton

Sastav i spravljanje betona i proizvoda na bazi cementa:



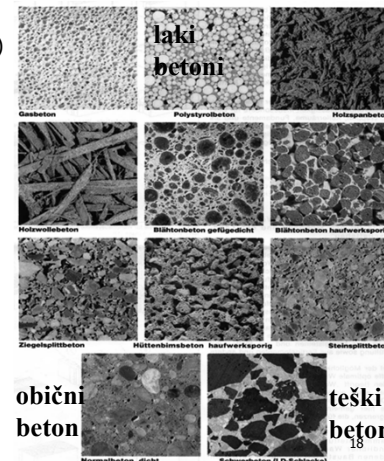
17

6.3. Beton

Vrste betona:

■ betoni normalnih tlačnih čvrstoća (do 60 N/mm²):

- laki betoni (<1900 kg/m³)
- obični betoni (1900-2500 kg/m³)
- teški betoni (>2500 kg/m³)



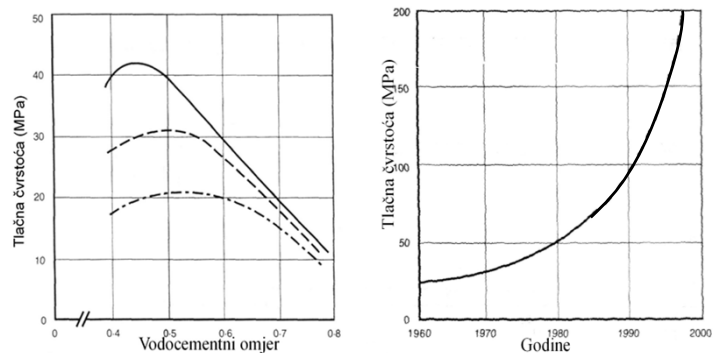
■ betoni visokih tlačnih čvrstoća (>60 N/mm²):

- granica se stalno pomiče, danas se pripravlja i betoni od 250 N/mm²

6.3. Beton

Svojstva:

- tlačna čvrstoća mu ovisi o v/c faktoru, a razvojem betona kroz godine možemo primijetiti napredak – cementi sve boljih svojstava

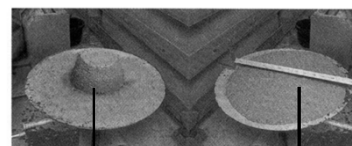


19

6.3. Beton

Svojstva:

- beton mora biti što obradljiviji i što trajniji
- često mu se dodaju aditivi u svrhu poboljšavanja svojstava:
 - plastifikatori i superplastifikatori – veća tlačna čvrstoća sa istim v/c faktorom, povećavanje tečenja betona i obradljivost



Bez aditiva

Sa superplastifikatorom



20

6.3. Beton

Svojstva:

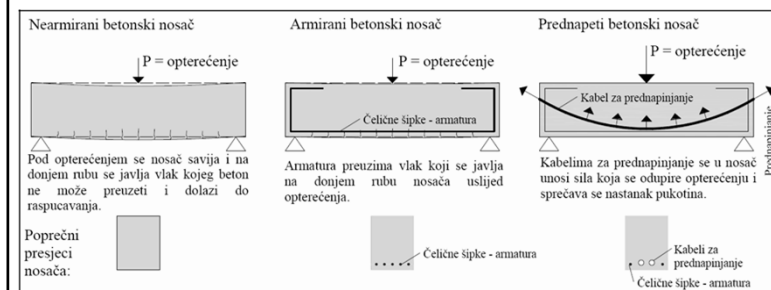
- trajnosni problemi



6.3. Beton

Podjela betona po načinu armiranja:

- Armirani beton
- Nearmirani beton
- Prednapeti beton



22

6.3. Beton

Armirani beton:

- gradivo nastalo sprežanjem betona i čeličnih šipki
- beton se ojačava čeličnim šipkama koje se postavljaju u područja gdje se očekuju vlačna i posmična naprezanja kako bi čelik na sebe preuzeo ta djelovanja i povećao nosivost betona koji preuzima pretežno tlačna djelovanja



6.3. Beton

Prednapeti beton:

- armirani beton u kojem je umjetno stvoreno, prije nanošenja opterećenja ili istodobno s njim (obično je to samo vlastita težina), trajno naprezanje što zajedno s naprezanjem od vanjskog opterećenja daje naprezanje koje u svakoj točki i za sva predvidiva vanjska opterećenja ne premašuje naprezanje koje gradivo (beton i čelik) može trajno podnositi
- ostvaruje se ugradnjom kablova ili šipki za prednapinjanje koje se prešama rastežu, a nakon očvršćenja betona sidre u njegove plohe ili unutrašnjost

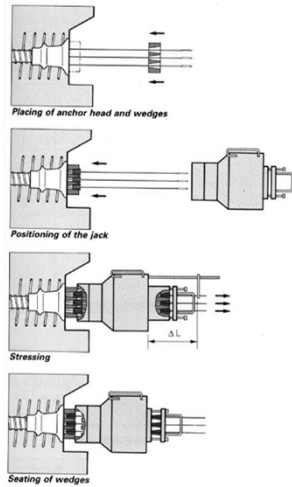
Staze za prednapinjanje



24

6.3. Beton

Prednapeti beton:



Postavljenje
glave
sidra



Postavljenje preše

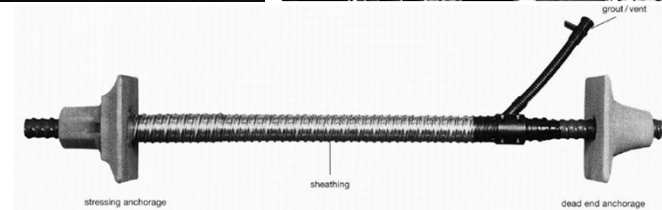
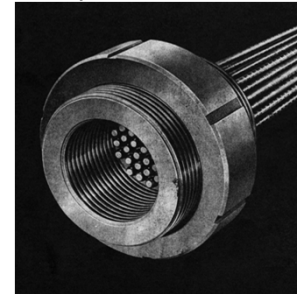


Prednapinjenje i
sidrenje

25

6.3. Beton

Prednapeti beton:



26

6.4. Željezo i čelik

- Željezo i drugi metali su poznati čovječanstvu više od 3000 g. u oblicima raznih ruda iz zemljine kore.
- Rane primjene željeza u gradnji pronađene su nekoliko stoljeća prije industrijskog doba.
- Postoje podaci o željeznim lančanim visećim mostovima s drvenim pločama u Kini iz rane dinastije Ming (14-17 st.).



27

6.4. Željezo i čelik

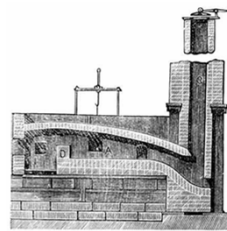
- prvobitno se koristilo sirovo i lijevano željezo, zatim kovano, a kasnije čelik
- sirovine za proizvodnju sirovog željeza – magnetit, hematit, limonit, siderit
- lijevano željezo je sirovo željezo koje se ponovno tali i lijeva u kalupe
- čelik je ona vrsta željeza u kojoj primjesa ugljika (C) ne prelazi 1,7%



28

6.4. Željezo i čelik

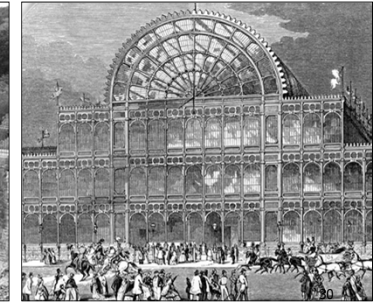
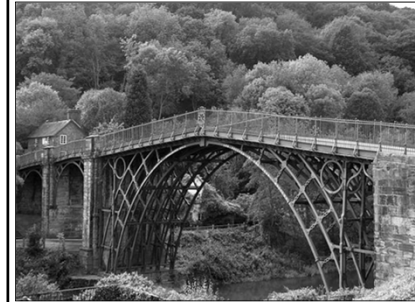
- Coalbrookdale – mjesto u Engleskoj za koje se smatra da je rodno mjesto industrijske revolucije – ovdje je Abraham Darby prvi upotrijebio koks pri proizvodnji željeza
- Razvoj čelika je pridonjeo i razvoju novih vrsta materijala – armiranom i prednapetom betonu. Uz to razvoj novih građevnih materijala potiče daljnji razvoj čelika.



29

6.4. Željezo i čelik

- Prva velika struktura od lijevanog željeza bio je most raspona 30 m nad rijekom Severn kod Coalbrookdale-a napravljen između 1777. i 1779.g.
- Najvažnijom građevinom iz doba kovanog željeza se smatra Kristalna palača napravljena u Londonskom Hyde Parku za ugošćavanje velike Svjetske izložbe 1851.g.



6.4. Željezo i čelik

- Čelik je prvi puta proizveden u velikim količinama za potrebe željezničkih tračnica.
- Glavni građevni materijal za strukture izgrađene za Svjetsku izložbu u Parizu 1889.g. Eiffelov toranj.

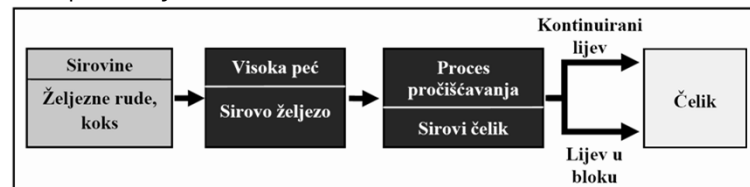


31

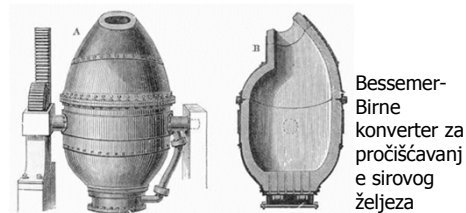
6.4. Željezo i čelik

Proizvodnja čelika:

- faze proizvodnje čelika



- postupci proizvodnje: Bessemer-Birne, Siemens-Martin, Thomas, Linz-Donawitz, Elektro-peći, Dupleksni postupak



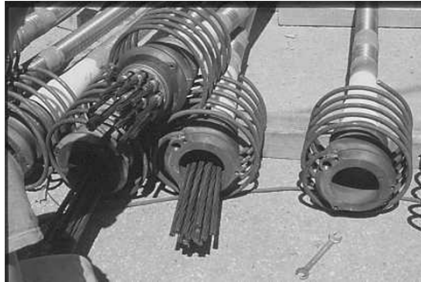
6.4. Željezo i čelik

Vrste građevnih čelika:

- čelici standardne kvalitete: čvrstoća od 300 do 490 N/mm²
- čelici otporni na koroziju – imaju primjese koje ih štite od korozije
- visokočvrsti čelici: čvrstoća od 500 do 1800 N/mm²



Dijelovi Chrysler zgrade izrađeni iz nehrđajućeg čelika



Visokočvrsti čelici – koriste se za prednapinjanje

33

6.4. Željezo i čelik

Temeljne značajke:

- raznovrsnost područja primjene
 - hale, zgrade, mostovi, platforme, stupovi, tornjevi, silosi i rezervoari
- stalni razvoj novih vrsta čelika
 - primjer: 1889.g. za gradnju Eiffelovog tornja trebalo je 7000 t čelika danas bi trebalo 2000 t
- materijal za vrhunske tehničke i estetske zahtjeve



34

6.4. Željezo i čelik

Temeljne značajke:

- višestruka mogućnost prerade
 - elementi za izradu čeličnih konstrukcija
- povoljni ekonomski pokazatelji
 - velik izbor čeličnih elemenata za optimalno i tehnički ispravno ugrađivanje u građevinske objekte
- recikličnost materijala
 - relativno lagana demontaža i ponovna prerada materijala, 50% čelika u svjetskoj proizvodnji se dobije reciklažom
- ekološka prednost
 - razlaže se na elemente koji nisu štetni za okolinu
- vrhunska tehnologija proizvodnje
- velike rezerve sirovina u prirodnim resursima i recikliranom materijalu



35

6.4. Željezo i čelik

Svojstva, prednosti, mane:

- dobre mehaničke karakteristike (plastičnost, čvrstoća, modul elastičnosti)
- plastična svojstva – klizanje ili tečenje materijala dozvoljava veću deformabilnost prije sloma
- izraženo svojstvo "umornosti" materijala – širenje inicijalnih pukotina uslijed čestih promjena naprezanja
- podložan koroziji
- prednosti u brzini izvedbe, jednostavnost pri doradama i održavanju
- zahtjeva visoku razinu educiranosti pri proizvodnji i izradi elemenata



Korozija čelika



36

6.5. Drvo

- upotrebljava se od pradavnih vremena – uz kamen on je prvi građevni materijal
- iako se u napretku građevinske tehnike tradicionalni materijali sve više zamjenjuju, drvo je zbog svojih estetskih i ostalih vrijednosti i dalje u upotrebi u mnogim suvremenim konstrukcijama



37

6.5. Drvo

Rodovi i vrste drveta:

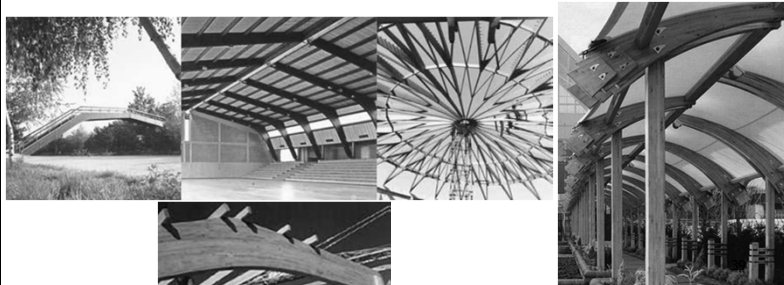
- crnogorično drvo
 - jela, smreka, bor i ariš
 - za građevinske svrhe crnogorično drvo je na prvom mjestu
 - meko, lako, elastično, nestalna na promjene vlažnog i suhog
 - u prvom redu se upotrebljava za pomoćne konstrukcije (skele, potpore), zatim za krovšta i neke suvremene konstrukcije tipa rešetaka
- bjelogorično drvo
 - hrast i bukva dolaze u obzir za građevinske svrhe, mnogo manje brijest
 - tvrdo, čvrsto, dovoljno elastično, dosta dobro izdržava promjene suhog i vlažnog, mnogo trajnije od crnogorice
 - više je napada crvotočina
- egzotično drvo
 - iz šuma Sjeverne Amerike – kanadski smolasti bor, žuti bor, okime, mahagonij
 - žutocrvene do crvenosmeđe boje, tvrdo i čvrsto, dobro se polira
 - najviše za izradu furnira i drvenih ploča

38

6.5. Drvo

Lijepljeno lamelirano drvo:

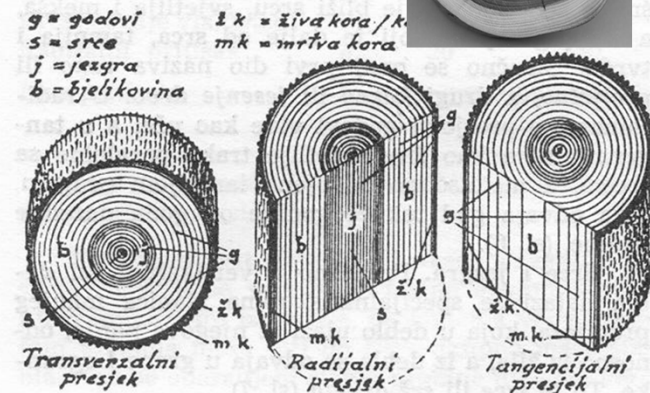
- građevinski materijal dobiven od tankih drvenih lamela (dasaka, talpi), podjednake širine, postavljenih jedna preko druge, međusobno slijepljenih određenim vrstama ljepila pod određenim uvjetima i najčešće predstavlja štapni element konstrukcije praktično neograničenih dimenzija poprečnog presjeka i dužine
- ovako dobiveni materijal ima mehaničke karakteristike ujednačenije od mehaničkih karakteristika masivnog drveta
- izrada elemenata konstruktivnog sklopa ili cijele konstrukcije arhitektonskih objekata je strogo kontroliran tehnološki postupak- odvija se u tvornicama lijepljenih konstrukcija



6.5. Drvo

Struktura drveta:

- vidi se iz tri karakteristična presjeka:

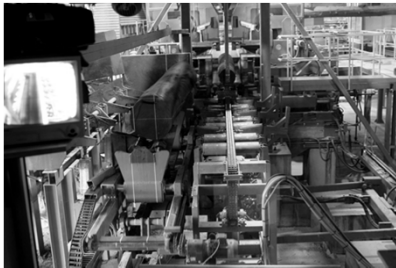


40

6.5. Drvo

Prednosti drveta kao graditeljskog materijala:

- jeftinije od suvremenih tvornički proizvedenih materijala
- jednostavna obrada – laka i brza
- podnosi dosta velika tlačna, vlačna i posmična naprezanja
- povoljna elastičnost i mala težina
- dobar toplinski i akustični izolator
- otporan protiv opasnih kemijskih utjecaja (kiselina i soli)
- estetske vrijednosti – boja i struktura



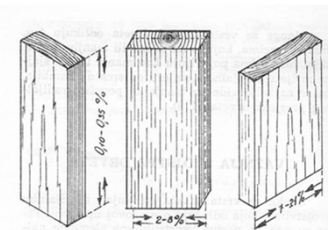
Jednostavnost i brzina proizvodnje i obrade
- moderna pilana – lasersko označavanje pri piljenju

41

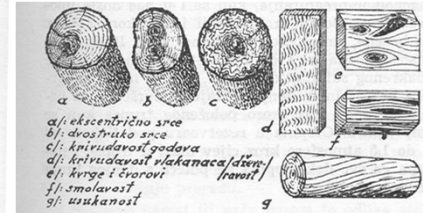
6.5. Drvo

Mane drveta kao graditeljskog materijala:

- lako gorući materijal
- upija i gubi vlagu – bubrenje i utezanje
- podložno napadima kukaca i ličinka (crvotočine) i razvoju plijesni pri visokoj vlazi – trajnosni problemi
- suvremenim sredstvima (premazi, oblaganja) svi ovi problemi mogu se uspješno suzbiti
- prilično nehomogen i anizotropan materijal sa prisutnim greškama u strukturi



Sl. 10. Promjenljivost dimenzija drvene građe ualijeđ »rada« drveta

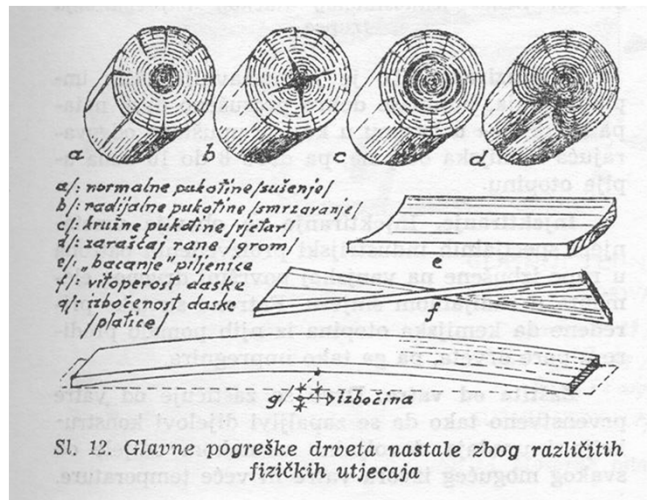


Sl. 11. Glavne pogreške nutarnjeg sastava drveta

42

6.5. Drvo

Mane drveta kao graditeljskog materijala:



Sl. 12. Glavne pogreške drveta nastale zbog različitih fizičkih utjecaja

43

6.5. Drvo

Zaštite drveta:

- nagorijevanje – stari i primitivni način zaštite gdje se drvo pougljenjuje na površini kako bi se zaštitilo od gljivica i bakterija i prodiranja vlage
- premazivanje uljima i smolama – bitumen i katran i njihovi derivati i umjetne smjese se premazuju na površinu drveta
- tlačno impregniranje – u posebnim prostorima se pod tlakom na drvo upuštaju kemijske otopine
- kijaniziranje – prosušeno drvo se natapa u bazenima sa odgovarajućim otopinama
- injektiranje – umetanje specijalnih industrijski proizvedenih patrona u rupe iz kojih zatim prodire otopina u pore drveta i impregnira ga
- zaštita od vatre – zapaljivi dijelovi se dovoljnim razmakom odjele od mogućeg izvora vatre

44

6.6. Novi materijali

□ Neprestanim razvojem na svim tehnološkim područjima (avio-industrija, automobilska industrija, medicina, vojni i svemirski programi) dolazi do izuma, stvaranja i u konačnici proizvodnje novih materijala.

□ Sa svojim izvrsnim karakteristikama (visoke čvrstoće, dobra izolacijska svojstva, mala težina) oni polagano pronalaze svoje mjesto i u graditeljstvu.

45

6.6. Novi materijali

□ da napravimo pregled "starih" i usporedbu sa novim materijalima u graditeljstvu poslužit ćemo se pojmom "duljina pucanja"

$$\square \text{ duljina pucanja} = \frac{\beta}{\gamma} = \frac{\text{čvrstoća}}{\text{jedinična težina}} = \frac{[\text{kN/m}^2]}{[\text{kN/m}^3]} = [\text{m}]$$

□ odnos β/γ , dakle, predstavlja kritičnu duljinu pri kojoj puca nit koja visi i to samo zbog utjecaja svoje vlastite težine

□ drvo je u tom smislu čak učinkovitije od čelika, dok su novi kompozitni materijali (umjetna vlakanca) najučinkovitija

46

6.6. Novi materijali

□ vrijednosti odnosa β/γ za klasične materijale:

MATERIJAL klasični	β (N/mm ²)	γ (N/m ³) x 10 ³	β/γ (m)
opeka	10	18	555,55
drvo	85/37,5	5	21 250 / 9375
beton	30	25	1 200
čelik 52	520	79,5	6664
čelik 105	1 050	79,5	13 376
titan	900	45	20 000

□ vrijednosti odnosa β/γ za nove kompozitne materijale:

MATERIJAL kompozitni	β (N/mm ²)	γ (N/m ³) x 10 ³	β/γ (m)
karbonska vlakna	1 400	15,5	90 000
tekstilno-karbonska vlakna	800	15,5	52 000
aramidska vlakna	1 600	13	123 000
kevlar	750	13	58 000
staklena vlakna	1 100	20	55 000
tekstilno-staklena vlakna	450	20	22 500

47

6.6. Novi materijali

□ Primjer upotrebe novog materijal možemo navesti ETFE (etilni tetrafluoretilen) - polimerni materijal

□ Postojana vlačna čvrstoćom od 42 N/mm² na rasponu temperatura od -185°C do 300°C.

□ U usporedbi sa staklom, težina ETFE filma je 1% težine stakla te je lakši za ugradnju i propušta više svjetla i kada je napet ima takvu neljepljivu površinu za koju se ne hvata prljavština te ga ne treba čistiti.

□ ETFE pneumatski jastuci su upotrjebljeni kao obloga bazena "Kocka vode" za Olimpijske igre u Pekingu 2008



48

METODE GRAĐENJA



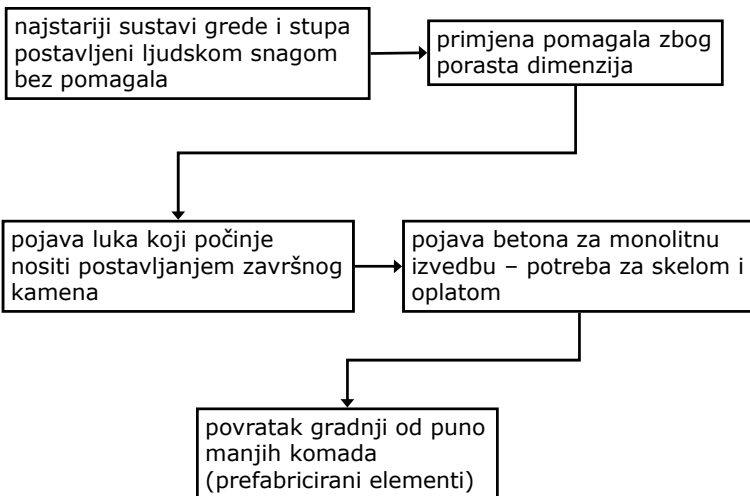
49

7. METODE GRAĐENJA

- Povijesni razvoj i usavršavanje načina građenja
- Iskopi, nasipi i temeljenja
- Monolitno građenje
- Skele i oplaste
 - fiksne
 - pomične
- Montažno građenje
- Suvremeni načini gradnje
 - slobodna konzolna gradnja
 - pomicanje i zakretanje
- Transporti masa
 - cestovni, željeznički, korištenje vodotoka
 - dizalice
- Proračuni stanja u fazama gradnje
- Organizacija gradilišta i radova

50

7.1. Povijesni razvoj i usavršavanje načina građenja

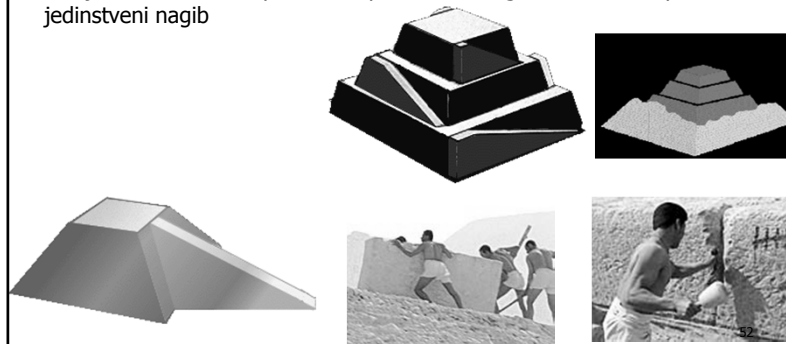


51

7.1. Povijesni razvoj i usavršavanje načina građenja

Primjer: gradnja piramide

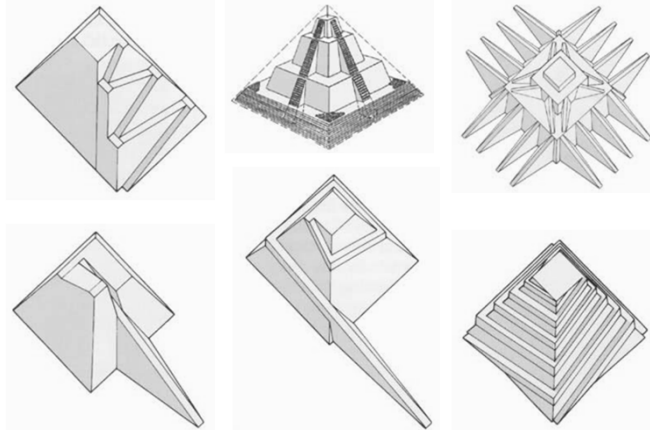
- veliko mnoštvo radnika su snagom mišića pokretali kamene blokove
- veliki kameni blokovi su se sistemom rampi podizali na potrebnu visinu
- kako je rasla piramida tako je rasla i prilazna rampa u širinu i visinu
- kod nekih piramida pokazalo se da su rađene u više razina koje su kasnije manjim blokovima ili opekarskim proizvodima ugrađene kako bi pružale jedinstveni nagib



7.1. Povijesni razvoj i usavršavanje načina građenja

Primjer: gradnja piramide

- nekoliko načina konstruiranja prilaznih rampi

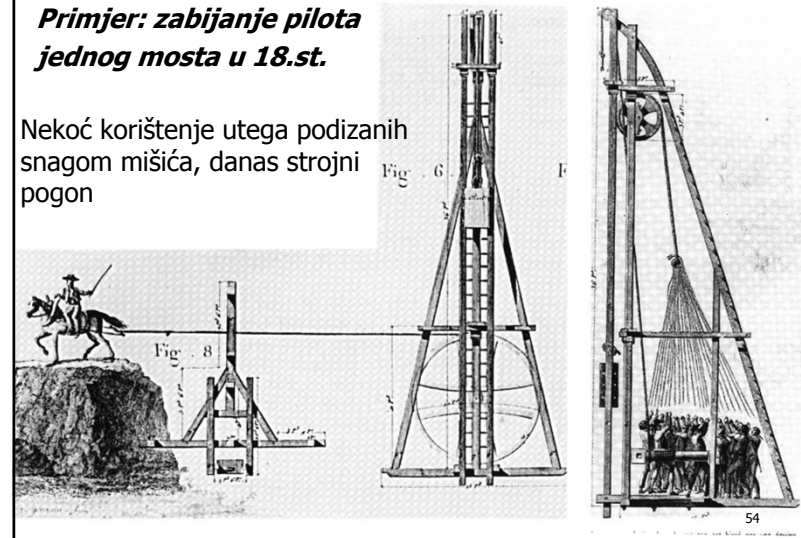


53

7.1. Povijesni razvoj i usavršavanje načina građenja

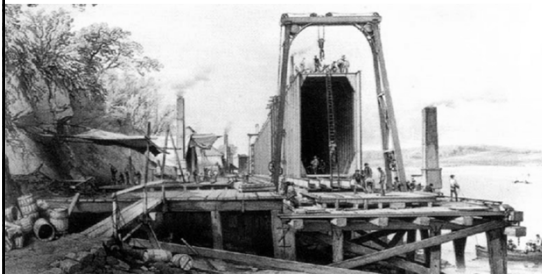
Primjer: zabijanje pilota jednog mosta u 18.st.

Nekoć korištenje utega podizanih snagom mišića, danas strojni pogon



7.1. Povijesni razvoj i usavršavanje načina građenja

Primjer: podizanje čitavog raspona mosta



R. Stephenson 1850:
most Britannia, greda najvećeg raspona 140 m, 2 odvojene cijevi kroz koje prolazi željeznica
građivo: vareno gvožđe (slično čeliku)



Montaža:
greda mase 1750 t
podignuta u komadu

55

7.2. Iskopi, nasipi, temeljenja

Iskop je odstranjivanje dijela sraslog tla u kojem je predviđena gradnja.

- prometnice
- građevine (temelji)
- može se raditi i u svrhu organizacije gradilišta, za izvedbu transportnog puta kao pomoćnog sredstva dopreme materijala i strojeva



56

7.2. Iskopi, nasipi, temeljenja

ISKOP MOŽE BITI:

- široki iskop u usjecima i zasjecima ili pozajmištima
- iskop za stepenice ispod trupa nasipa prometnice
- iskop za temelje i građevinske jame građevina
- iskop za regulacije vodotoka, itd.

PREMA VRSTI MATERIJALA:

- u čvrstoj stijeni (kategorija A) - miniranje
- u polučvrstom terenu (kategorija B) – djelomično miniranje
- u rastresitom terenu (kategorija C) – kopa se izravno



57

7.2. Iskopi, nasipi, temeljenja

Gradnja prometnice:



58

7.2. Iskopi, nasipi, temeljenja

Nasip je građevina od zemljanog materijala iznad prirodnog terena.

MOŽE BITI:

- samostojeći (brana, nasip za zaštitu od poplava, obalni nasip vodotoka)
- dio neke građevine (donji ustroj ceste ili željeznice)



59

7.2. Iskopi, nasipi, temeljenja

Temelj je donji dio konstrukcije koji opterećenje građevine prenosi u tlo.

MOŽE BITI:

- trakasti – uzdužno se proteže na veću duljinu
- temelj samac – pojedinačni samostalni temelj
- pločasti – AB ploča ispod cijele ili dijela građevine

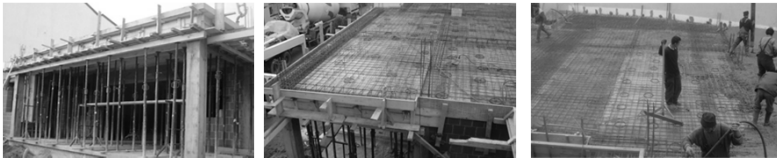


60

7.3. Monolitno građenje

Lijevanje, zidanje ili sastavljanje konstrukcije na skeli koja se odstranjuje ili pomiče tek kad konstrukcija ili njen dio može samostalno nositi.

- klasičan način građenja
- primjenjuje se pretežno kod betonskih i zidanih konstrukcija
- zahtjeva skelu i oplatu koje su ponekad složenije i skuplje konstrukcije od same građevine pa je često upitna ekonomičnost
- racionalizacija gradnje je osobito važna kod objekata s višekratnim ponavljanjem elemenata – korištenje iste skele više puta



Monolitna izvedba armiranobetonske ploče stambenog objekta: podupirači oplata, postavljena armatura i betoniranje.

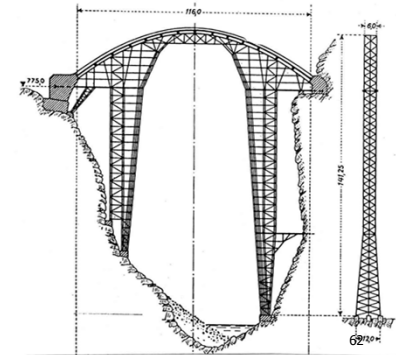
61

7.4. Skele i oplata

Skele su pomoćne privremene građevine za obavljanje radova.

VRSTE SKELE:

- fiksne - oslonjene o tlo
 - drvene ili čelične
 - sastavljene od puno manjih elemenata
- pokretne - po tlu ili uz pomoć plovila
- lansirne skele - one koje se pomiču oslanjajući se na već izgrađene dijelove konstrukcije

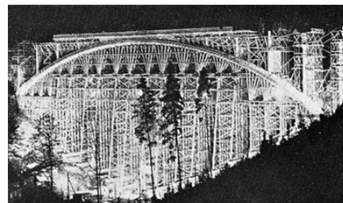
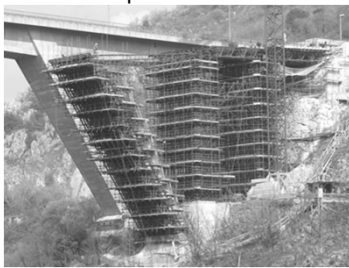


klasična skela
visine 141 m –
složenost te skele
dovodi u pitanje
njezinu
ekonomičnost

7.4. Skele i oplata

FIKSNE SKELE

- najstariji način građenja – na fiksnim o tlo oslonjenim skelama
- drvene ili čelične, sastavljene od mnogo manjih elemenata
- najčešće su to rešetkasti prostorni sustavi
- koristi se kod:
 - malih raspona
 - niskih objekata nad dobro pristupačnim terenom
- prednosti - omogućuje izvedbu najrazličitijih tipova i oblika armiranobetonskih struktura u oplati

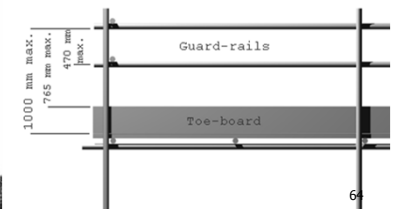
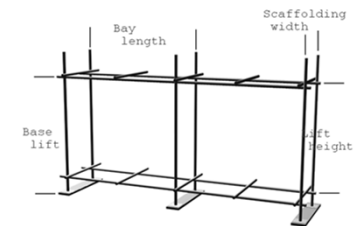


fiksne skele zahtijevaju
puno građe

63

7.4. Skele i oplata

FIKSNE SKELE



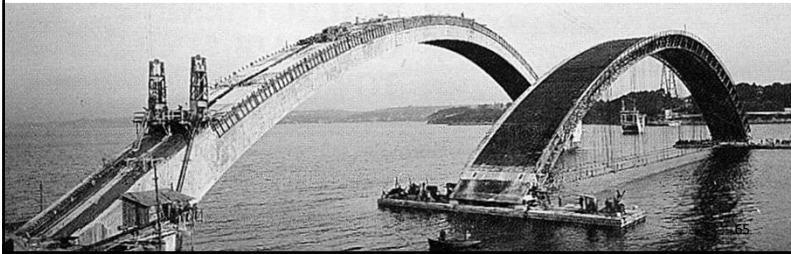
64

7.4. Skele i oplata

POKRETNE SKELE

- one skele koje se mogu pomicati uzduž ili poprijeko
- pomicanje se ostvaruje:
 - pomoću kotača na tlu
 - na tračnicama
 - na plovilima

Pokretna skela koju je Freyssinet primijenio za gradnju lučnog mosta preko rijeke Elorn u Plougastelu. To je drvena lučna skela korištena za gradnju tri jednaka AB luka premještanjem pomoću plovila.



7.4. Skele i oplata

LANSIRNE SKELE

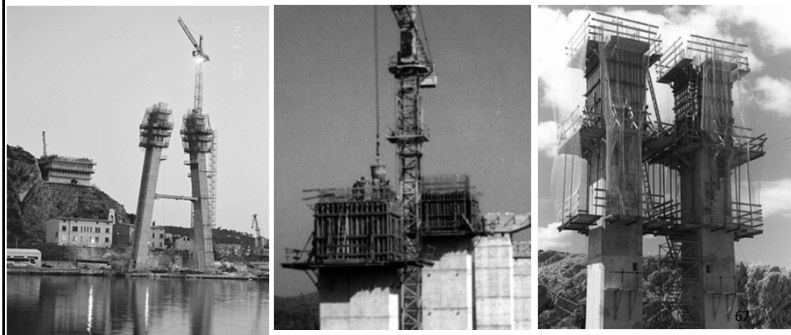
- ponekad se podupiru s privremenim osloncima
- uređaji za pokretanje iz raspona u raspon:
 - izvlačenjem i uvlačenjem pojedinih dijelova
 - pomicanjem čitave skele dužine veće od dva raspona
- PREDNOSTI
 - nisu ovisne o uvjetima na terenu
 - omogućuju odvijanje prometa ispod mosta
 - ne zadiru u vodotok
 - primjenjive kod struktura visoko nad tlom
- NEDOSTACI
 - rijetko se koriste za raspone iznad 50 m jer su robusnih dimenzija



66

7.4. Skele i oplata

- SVAKI POSTUPAK IZVEDBE NA SKELI PODRAZUMIJEVA
 - premještanje nosača oplata
 - premještanje oplata
 - postavljanje armature
 - betoniranje
 - očvršćivanje betona
 - premještanje nosača i oplata na novu poziciju i ponavljanje postupka



67

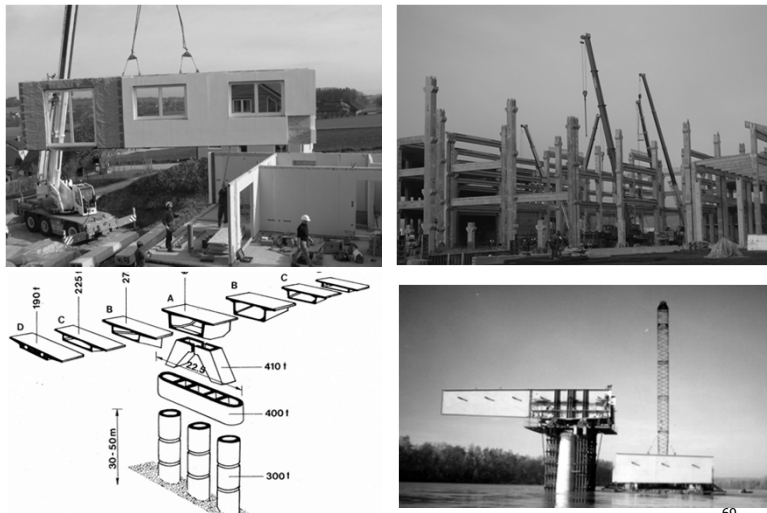
7.5. Montažno građenje

Oblik građenja kad se elementi proizvode u stacionarnom pogonu po industrijskim načelima i dopremaju na gradilišta gdje se montiraju u građevine.

- posebno istaknuto kod metalnih konstrukcija
- PREDNOSTI:
 - u radionicama ili tvornicama se mogu postići gotovo idealni uvjeti i kvaliteta
 - proizvodnja neovisna o dinamici posla na gradilištu
 - jeftinija proizvodnja od one na gradilištu
 - nije potrebna (ili tek neznatna) skela
 - jer smanjuje ljudski rad na gradilištu i vrijeme građenja
- NEDOSTACI:
 - znatni troškovi transporta – nekad se rade radionice na gradilištu
 - pomagala za dizanje i ugradbu
 - veliki broj dijelova dovodi do trajnosnih problema jer su spojnice kritična mjesta

68

7.5. Montažno građenje



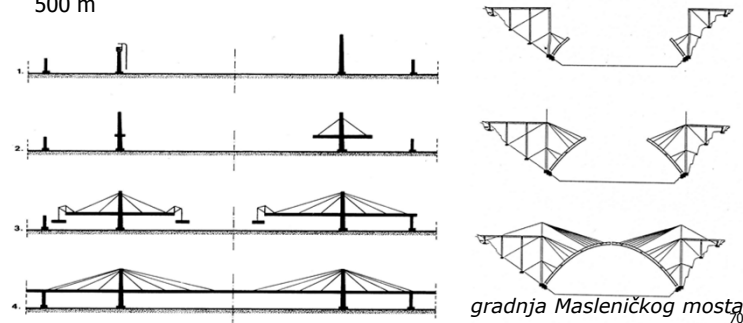
69

7.6. Suvremeni načini gradnje

Slobodna konzolna gradnja

- način gradnje bez skele u kojem se napredovanje gradnje ostvaruje konzolno od oslonaca prema sredini otvora.

- revolucionaran napredak AB grednih (Njemačka) i lučnih (Hrvatska) mostova koje su ih učinile konkurentnima metalnim na rasponima 200 do 500 m

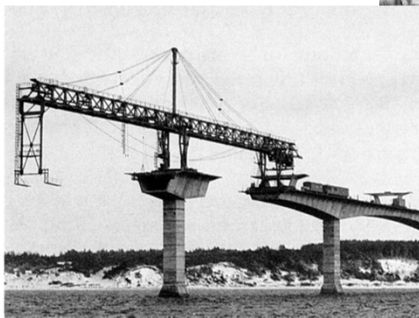


7.6. Suvremeni načini gradnje

Slobodna konzolna gradnja

POJAVLJUJE SE KAO:

- monolitna
- montažna
- kombinirana



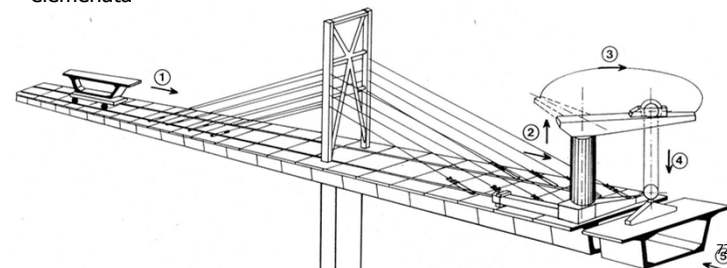
71

7.6. Suvremeni načini gradnje

Slobodna konzolna gradnja

PREDNOSTI KONZOLNE GRADNJE:

- velika ušteda u skeli
- omogućavanje dostatnog slobodnog profila ispod konstrukcije uz neometano odvijanje prometa
- pojedini odsjecci se izvedu i pripreme izvan mosta pa nema više betoniranja u skeli nego se gradnja vrši montažno
- prikladna nad plovnim putevima i vodotocima – jednostavna doprema elemenata





7.6. Suvremeni načini gradnje

Gradnja pomicanjem ili zakretanjem

- dijelovi rasponskih sklopova ili čitavi sklopovi se rade na nekom pogodnijem mjestu ili položaju pa se onda potpuno ili djelomično gotovi pomiču ili zakreću u definitivni položaj

■ PREDNOSTI:

- izostanak skupe skele
- neometan promet ispod mosta
- bolji uvjeti za rad i kvaliteta izvedenih dijelova koji se rade u zaštićenim uvjetima

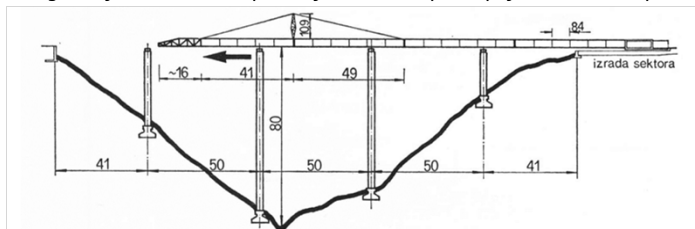
74

7.6. Suvremeni načini gradnje

Gradnja pomicanjem i zakretanjem

Potiskivanje ili uzdužno navlačenje

- na posebno uređenom prostoru iza upornjaka se betoniraju odsječci grede i u odgovarajućim taktovima potiskuju ili navlače preko prije izvedenih stupova

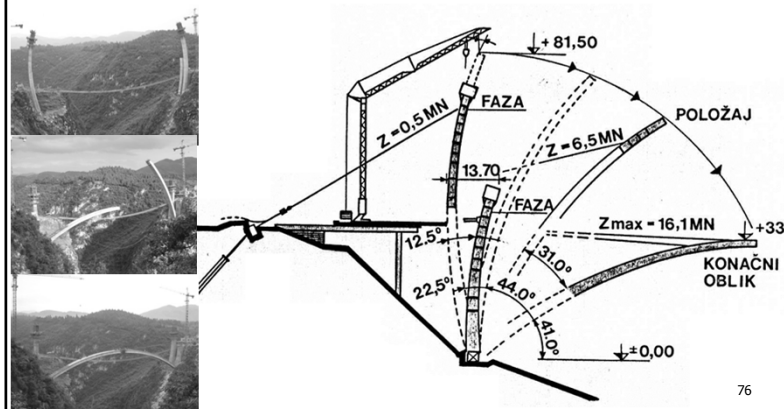


7.6. Suvremeni načini gradnje

Pomicanje i zakretanje

Vertikalno zakretanje polulukova

- po pola luka se betonira u uspravnom položaju nad njihovim petama i onda zaokrenu prema tjemenu u konačni položaj



76

7.6. Suvremeni načini gradnje

Pomicanje i zakretanje

Poprečno zaokretanje

- polovice rasponskog sklopa se grade na obali okomito na konačnu os mosta, a kada su gotove zarotiraju se za 90° i spoje na sredini raspona



77

7.7. Transporti masa

VRSTE TRANSPORTA:

- ☐ horizontalni transport – transport cestama, željeznicama, plovnim putovima
- ☐ vertikalni transport – transport dizalicama u visinu
- ☐ vanjski transport – transport do gradilišta
- ☐ unutarnji transport – transport unutar gradilišta



78

7.7. Transporti masa

CESTOVNI TRANSPORT:

- skup jer zahtjeva specijalna vozila
- često podrazumijeva posebnu regulaciju ili obustavu prometa



transport gotovih nosača
Dubrovačkog mosta
specijalnim vozilom

79

7.7. Transporti masa

TRANSPORT VODOTOCIMA:

- korištenje plovnih vodotoka za dopremu i podizanje velikih i teških elemenata – plovne dizalice velike nosivosti
- vodeni transport je znatno jeftiniji



doplovljavanje preko Sjevernog mora
kesona za most preko Temze, koji je
izveden u jednom doku u Rotterdamu

80

7.7. Transporti masa

DIZALICE

Dizalica je vrsta građevne mehanizacije uglavnom za potrebe gradilišnog transporta svih oblika i vrsta gradiva i elemenata.

- toranjske dizalice
 - obično se postavlja uz samu građevinu koja se gradi pa čak i u nju i fiksno je vezana za čvrsto tlo
 - ima ograničen, fiksno određen krak



7.7. Transporti masa

DIZALICE

- toranjske dizalice
 - sastavlja se od čeličnih cijevnih profila pomoću druge (najčešće teleskopske) dizalice manjeg kapaciteta



7.7. Transporti masa

DIZALICE

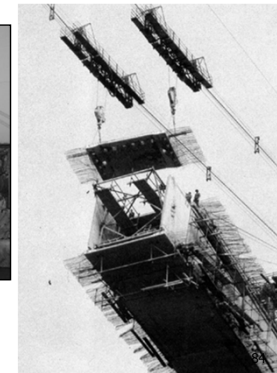
- auto dizalice
 - teleskopske ili rešetkaste konstrukcije montirane na vozila koja imaju mogućnost usidrenja
 - manja nosivost i krak, veća pokretljivost



7.7. Transporti masa

DIZALICE

- kabel kran
 - transport elemenata pomoću čeličnog kabla ovješnog između dva oslonca
 - osjetljiv na djelovanja vjetra, male nosivosti
 - koristi se kod nepristupačnih terena, gdje je nemoguć bilo kakav drugi transport



7.7. Transporti masa

DIZALICE

- plovne dizalice
 - imaju znatno veću nosivost od ostalih (čak preko 10.000 tona!)
 - smanjuje se vrijeme ugradnje
 - ugradbeni elementi su cjeloviti, nekad i cijeli rasponski sklopovi pa nema puno spojeva



85

7.7. Transporti masa

DIZALICE

- Derrick dizalice
 - montirane na već postojeći dio građevine
 - obično se koriste kod slobodne konzolne gradnje



86

7.8. Proračuni stanja u fazama gradnje

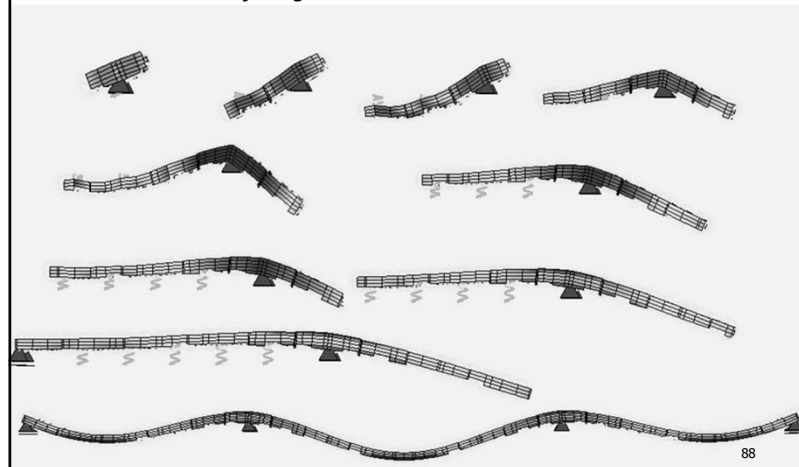
- prije nego konstrukcija postane cjelovita ona prolazi različita stanja i često mijenja načine prijenosa opterećenja (statičke sustave)



87

7.8. Proračuni stanja u fazama gradnje

- projektant mosta tijekom svih faza izrade mosta mora imati na umu ne samo konačno stanje nego i faze nastanka



88

7.9. Organizacija gradilišta i radova

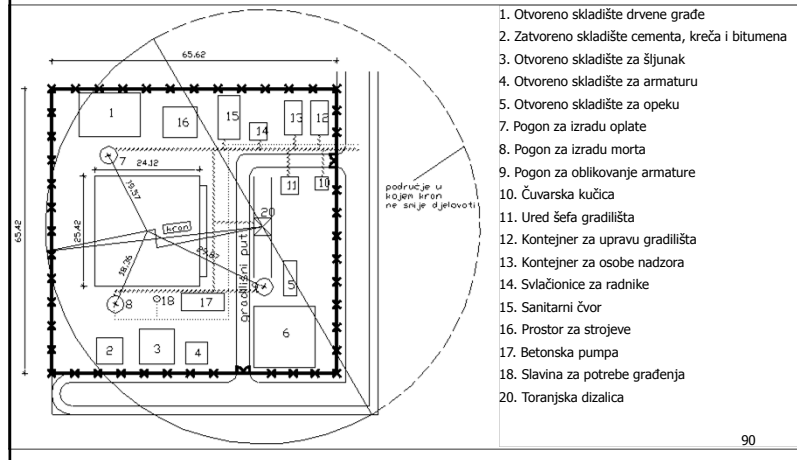
Što je to organizacija gradilišta (građenja)?

- uređenje gradilišta odnosno pogona za građenje te koordinacija i unapređivanje procesa građenja odnosno proizvodnje radi izgradnje građevine odgovarajuće kvalitete u određenom roku uz minimalne troškove
- obuhvaća sve komponente koje utječu na izgradnju konkretne građevine kao što su:
 - tehnološki procesi ,
 - potreba radne snage, gradiva i strojeva,
 - energetske potrebe,
 - opskrba gradilišta vodom,
 - izvorišta materijala,
 - vanjski i unutrašnji transport,
 - izvori i način financiranja, itd.

89

7.9. Organizacija gradilišta i radova

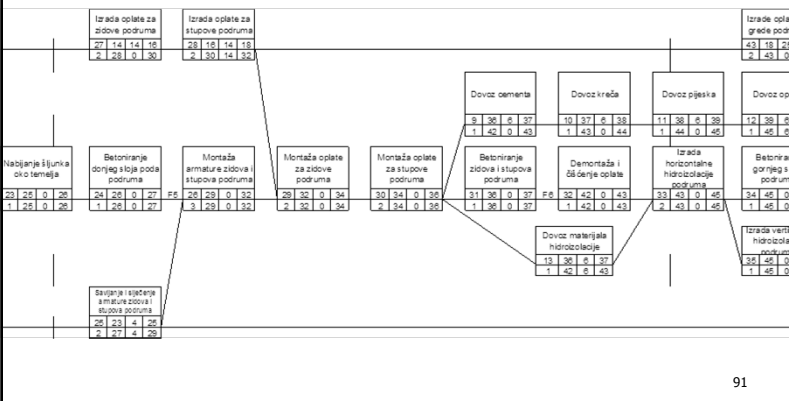
- Primjer sheme gradilišta sa transportnim putovima, instalacijama, privremenim objektima, ogradama i krakom dosegat toranjske dizalice



90

7.9. Organizacija gradilišta i radova

- Primjer isječka iz mrežnog plana u sklopu organizacije građenja – plan slijeda radova na gradilištu, pomaže u uočavanju mogućih zastoja i kritičnih radova koji ih mogu uzrokovati



91

7.9. Organizacija gradilišta i radova

- Primjer isječka iz dokaznice mjera – detaljan obračun količina svih radova iskazan jedinicom mjera za te radove, obuhvaća sve radove koji su predviđeni projektom

b) GORNJI USTROJ			
Šifra r.br.	Opis radova	Jed. mj.	Količina
4	BETONSKI RADOWI Betonirani radovi su izvođeni u skladu s normom E DIN 1048-1, "Beton und Stahlbeton, Bemessung und Ausführung", 12.98. Minimalni zaštitni sloj svih betoniranih elemenata gornjeg ustroja iznosi 55 mm netto. Otpornost betona na lomljena utječe od agresivne okoline prevencijom pri korištenju odgovarajućeg betona. Zahtijeva se salica nepropusnost betona, da kod ispitivanja prema DIN 1048 Teil 1, dubina prodiranja vode nije veća od 3,0 cm. Ostali uvjeti: vidi uvodni dio Stavka 2. Vodaosjetljivost faktora ne smije biti veća od 0,35.		
41	IZRADA LUKA OD ARMIRANOG BETONA C80 Luk je opremljen trobojnim sandukom, konstantnog vanjskog otvora i na najvećem dijelu konstantnog poprečnog presjeka, a osi luka odabranog tako da su momenti savijanja na stalno opterećenje minimalni – istaknuta linija. Zamjena se linearno povećavaju samo od prvih stupova prema petama. Vanjska izmjerna luka iznosi B-H=14,0/7,0 m. Šifriranje pojasa debljine 10,0 cm, vanjske i unutarnje sanduka debljine su 30,0 cm, a vanjska 50,0 cm. Debljina gornje i donje pojarice linearno se povećava na 130,0 cm od prvih stupova prema petama. U cijeni stavke je uključeno šablono i priprema gornje površine podloge, dobava i konstantno primjenjivog sastava agregata, vode i cementa, uz primjenu aditiva, sve prema ranije citiranom propisu. Uključeno je i detaljno ispitivanje kvalitete betona, priprema, izrada, doprema, ugradnja i vibriranje betona, zalitja i njega betona, te svih potrebnih osiguranja, kao i ispitivanje vodonepropusnosti i otpornosti na soli. Izrada luka i gipsa armature obračunavaju se u zasebnim stavkama.	m ³	12.700

92

Hvala na pažnji !