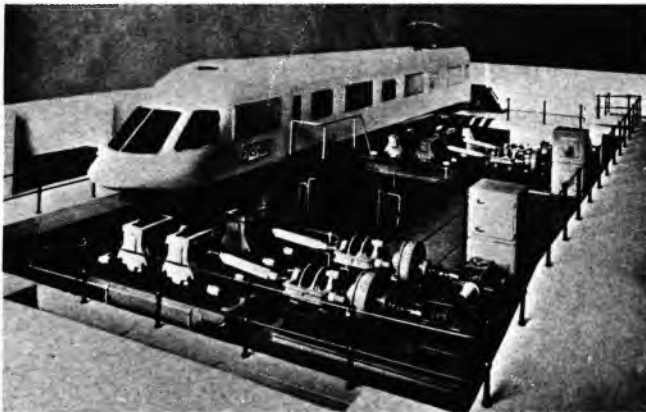


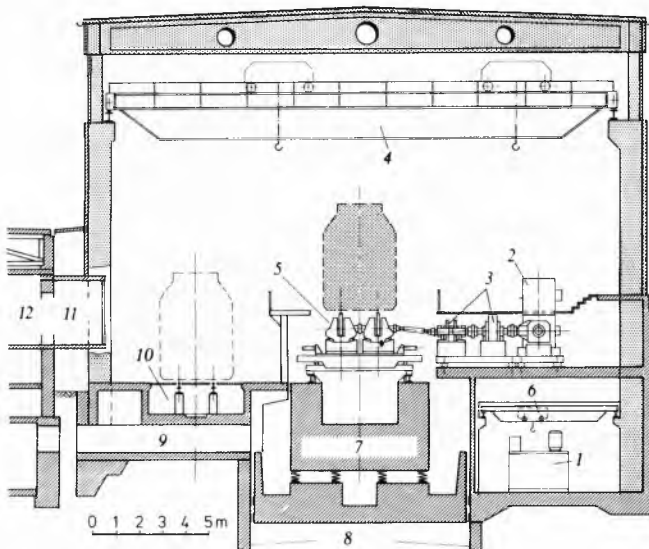
lokomotivama. Što će brzina lokomotiva biti veća, to će biti veći i zahtjevi za nekom određenom automatizacijom da bi se pojedini radovi obavljali sigurnije i brže nego što to čini čovjek u lokomotivi.

U posljednje vrijeme izgrađene su u SAD i SR Njemačkoj dvije ispitne stanice namijenjene istraživanjima mnogih problema vezanih uz povećanje brzina pružnih vozila.

Američka ispitna stanica, tj. laboratorij za dinamiku vozila u Pueblu (Colorado), počela se graditi 1972. godine s ciljem da se istraži i dobije bolji uvid u dinamiku vozila/tračnica. Istraživanja su u prvom redu trebala pridonijeti poboljšanju konstrukcije pružnih vozila da bi se na relativno lošim prugama postigla dobra i sigurna vožnja. Osim toga, bilo je poželjno, iz komercijalnih razloga, da se poveća i brzina vožnje. Naime, gornji je stroj pruga američkih privatnih željeznica, općenito uzevši, u lošem stanju, a iz financijskih razloga temeljiti popravak pruga, bar za dogodno vrijeme, nije dolazio u obzir. Te pruge služe uglavnom za teretni promet, jer se osobni promet u SAD gotovo čitav odvija automobilima i avionima. To je i razlog što za sada u toj ispitnoj stanici još nisu predviđena i istraživanja ponašanja u vožnji putničkih vagona i pogonskih vozila pri velikim brzinama.



Sl. 91. Model ispitnog stola s vozilom u ispitnoj stanici AW München-Freimann, SR Njemačka



Sl. 92. Presjek hale s ispitnim stolom u ispitnoj stanici AW München-Freimann, SR Njemačka. 1 visokotlačna hidraulička stanica, 2 pogon pokusnog stola, 3 kočnice pogonskog stola, 4 dvije mosne dizalice, svaka po 800 kN, 5 simulator, 6 mosna dizalica 50 kN, 7 elastično ovješeni temelj, 8 zid s vodilicama temelja, 9 kanal za kabale, 10 radna jama, 11 promatračka kabina, 12 upravljačka i mjerna centrala

Njemačka stanica za ispitivanje München-Freimann (sl. 91 i 92) gradi se u okviru velikog istraživačkog programa kojim su obuhvaćena teorijska i laboratorijska ispitivanja, te ispi-

vanja na otvorenoj pruzi. Dva su glavna zadatka ovih ispitivanja: a) odrediti tehničko-fizikalne granice sustava kotač/tračnica; b) ispitati ponašanje podvozaka i vozila u vožnji, i utjecaj pojedinih komponenata, kao što su opruženja, prigušivanja, raspodjele mase itd., na ponašanje vozila u području brzina do ~80 m/s.

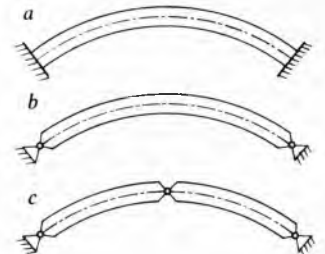
Pored ovih dviju najnovijih ispitnih stanica za lokomotive u SAD i SR Njemačkoj, slični instituti i laboratoriji postoje i u ostalim zemljama s razvijenom industrijom željezničkih vozila. Sva ta istraživačka središta rade na sličnim zadacima s ciljem da se poveća brzina, sigurnost i ekonomičnost željezničkih vozila.

LIT.: F. Jansa, Dieselelektrická vozba I i II. Technicko-vědecké vydavatelství, Praha 1951. — A. H. Иллещин, Тепловозы. Машгиз, Москва 1957. — I. F. Semitschastnow, S. Büttner, Hydraulische Getriebe für Schienenfahrzeuge. VEB Verlag Technik, Berlin 1959. — Henschel-Lokomotiv-Taschenbuch. VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf 1960. — J. M. Doherty, Diesel Locomotive Practice. Odhams Press Ltd., London 1962. — F. Kugel, Hydrodynamische Kraftübertragung. Krausskopf-Verlag, Wiesbaden 1962. — E. Kickbusch, Föttinger-Kupplungen und Föttinger-Getriebe. Springer-Verlag, Berlin 1963. — П. М. Шароико, В. III. Серада, Гидравлические передачи тепловозов. Транскелдориздат, Москва 1963. — M. Englmann, H. Ludwig, Handbuch der Dieselelektrofahrzeuge der Deutschen Bundesbahn. Vermögensverwaltung der Gewerkschaft Deutscher Lokomotivbeamten und Anwärter GmbH, Frankfurt/M 1966. — Leitfaden der Dieselelektrofahrzeuge I i II. Transpress VEB Verlag für Verkehrswesen, Berlin 1967. — VOITH — Hydrodynamische Getriebe, Kupplungen, Bremsen. Krausskopf-Verlag, Mainz 1970. — E. Bahke, Transportsysteme heute und morgen. Krausskopf-Verlag, Mainz 1973. — D. Dimić, Električna vuča vozova I i II. Građevinska knjiga, Beograd 1973. — K. Sachs, Elektrische Triebfahrzeuge I-III. Springer-Verlag, Wien 1973. — B. Radojković, Električna vuča. Naučna knjiga, Beograd 1974. — J. Serdar, Lokomotive. Sveučilišna naklada LIBER, Zagreb 1977.

J. Serdar

**LUKOVI**, zakrivljeni nosači velikog poluprečnika u odnosu na dimenzije poprečnog preseka, sa ukleštenjem ili zglobovima na osloncima (sl. 1).

Opterećenje luka izaziva normalnu silu pritiska u preseku luka koja dominira u odnosu na momente i na transverzalne sile. Ta pojava, tzv. lučno dejstvo, nastaje zbog fiksnog oslanjanja i zakrivljenosti ose luka, koja je najčešće kružni luk, parabola ili lančanica. Osa luka se određuje iz statičkih uslova i na osnovu potpornih linija za određena opterećenja.



Sl. 1. Tipovi lukova prema vrsti oslanjanja i broju zglobova. a usklešteni luk, b luk sa dva zgloba, c luk sa tri zgloba

**Potporna linija trozglobnog luka.** Trozglobni luk jedini je lučni nosač za koji se reakcije mogu odrediti iz uslova ravnoteže, jer je on statički određen. Ostali lukovi (uklešteni, jednozglobni, dvozglobni) statički su neodređeni, pa se za njihovo rešavanje moraju postaviti posebni uslovi.

Vertikalne komponente reakcija trozglobnog luka određuju se iz uslova da su u oslončkim zglobovima A i B (sl. 2) sume momenata svih sila jednake nuli. Iz tih uslova dobijaju se vrednosti vertikalnih sila:

$$V_A = -\frac{M_B}{l}, \quad V_B = -\frac{M_A}{l}, \quad (1)$$

gde su  $M_A$  suma momenata svih spoljnih sila osim sile  $V_B$  sa obzirom na zglob A, a  $M_B$  suma momenata tih sila osim sile  $V_A$  sa obzirom na zglob B. Komponente  $Z_A$  i  $Z_B$  u pravcu tetive luka AB imaju horizontalne komponente (potiske):

$$H_A = Z_A \cos \alpha, \quad H_B = Z_B \cos \alpha \quad (2)$$

koje se određuju iz uslova da je u zglobu  $S$  moment savijanja jednak nuli, pa je

$$Z_A = -\frac{M_S}{h}, \quad (3)$$

gde je  $M_S$  moment sila u  $S$  koje deluju između zgloba  $A$  i zgloba  $S$ , osim sile  $Z_A$ . Iz (2) i (3) dobija se

$$H_A = -\frac{M_S}{h} \cos \alpha = -\frac{M_S}{f}. \quad (4)$$

Iz sume horizontalnih sila

$$Z_A \cos \alpha - Z_B \cos \alpha + \sum_i P_i \cos \beta_i = 0 \quad (5)$$

sledi da je

$$H_B = H_A + \sum_i P_i \cos \beta_i, \quad (6)$$

gde su  $P_i$  sile koje deluju na luk. Ukupne su vertikalne komponente reakcija u zglobovima  $A$  i  $B$ :

$$V'_A = V_A + H_A \tan \alpha, \quad V'_B = V_B - H_B \tan \alpha. \quad (7)$$

Moment u preseku luka na rastojanju  $x$  od oslonca  $A$  iznosi

$$M_x = (V_A + H_A \tan \alpha)x - H_A y - \sum_x (x - x_i) P_i \sin \beta_i - \sum_x (y - y_i) P_i \cos \beta_i. \quad (8)$$

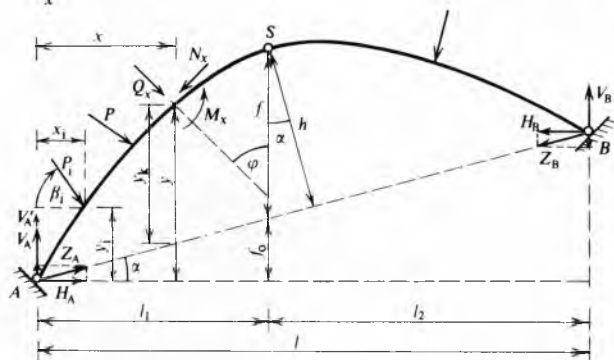
U preseku luka na rastojanju  $x$  od oslonca  $A$  je

$$x \tan \alpha = y - y_k, \quad (9)$$

pa je

$$M_x = V_A x - H_A y_k - \sum_x (x - x_i) P_i \sin \beta_i - \sum_x (y - y_i) P_i \cos \beta_i, \quad (10)$$

gde  $\sum_x$  znači sumu spoljnih sila od zgloba  $A$  do preseka  $x$ .



Sl. 2. Trozglobni luk sa osloncima na različitim nivoima

Kad na luk deluju samo vertikalne sile, izraz za moment postaje jednostavniji

$$M_x = V_A x - H_A y - \sum_x P_i (x - x_i) = M_{0x} - Hy, \quad (11)$$

jer je tada

$$H_A = H_B = H, \quad M_{0x} = V_A x - \sum_x P_i (x - x_i). \quad (12)$$

Moment  $M_{0x}$  jednak je momentu proste grede za jednaki raspon i jednako opterećenje. Za vertikalne sile su transverzalne i normalne sile:

$$Q_x = Q_{0x} \cos \varphi - H \sin \varphi \quad (13)$$

$$N_x = Q_{0x} \sin \varphi + H \cos \varphi, \quad (14)$$

gde je  $Q_{0x}$  transverzalna sila proste grede.

Kad na luk deluje vertikalno kontinuirano opterećenje, jednačina potporene linije dobija se iz uslova da je moment u svim presecima luka jednak nuli, pa je

$$y_k = \frac{M_{0x}}{H}. \quad (15)$$

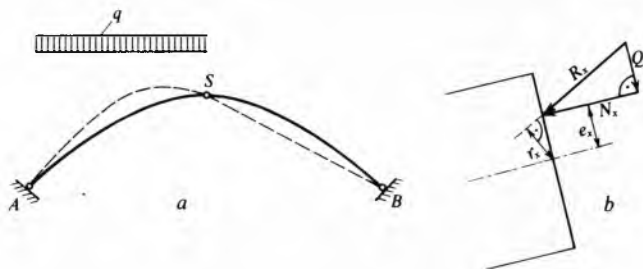
Tada u svim presecima luka deluje samo aksijalna normalna sila

$$N_x = H \cos \varphi. \quad (16)$$

Kad se osa luka ne poklapa sa potpornom linijom za zadano opterećenje (sl. 3a), rezultanta sila ne deluje u težištu preseka luka, niti upravno na presek (sl. 3b). Tada je moment u preseku luka

$$M_x = R_x r_x = N_x e_x, \quad (17)$$

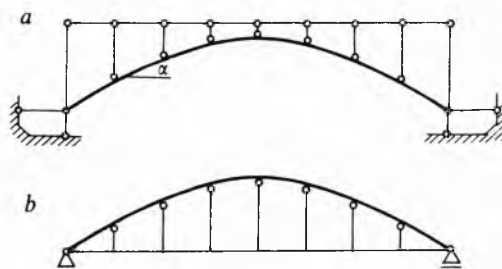
gde je  $e_x$  ekscentricitet normalne sile  $N_x$ , koji je jednak rastojanju mesta delovanja sile  $N_x$  i težišta preseka luka.



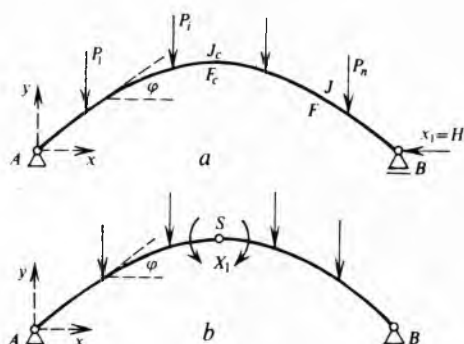
Sl. 3. Trozglobni luk. a potporna linija od jednoliko podeljenog opterećenja na polovini raspona, b razlaganje rezultante ( $R_x$ ) na transverzalnu ( $Q_x$ ) i normalnu silu ( $N_x$ )

**Dvozglubni luk.** Zglobovi dvozglubnog luka najčešće se nalaze na osloncima i na istom nivou. Kose reakcije luka prihvataju oporci (sl. 4a) ili se oslončki zglobovi povezuju horizontalnom zategom i uvodi se jedno pokretno ležište (sl. 4b).

Dvozglubni luk je jedanput statički neodređen sistem. Kao osnovni statički određeni sistem uzima se ili lučna prosta greda (sl. 5a), kad je horizontalna sila ( $X_1 = H$ ) statički neodređena veličina, ili trozglobni luk (sl. 5b), kad je moment u zglobu  $S$  statički neodređena veličina ( $X_1 = M_S$ ).



Sl. 4. Dvozglubni luk: a sa oporcima koji prihvataju kose reakcije luka, b sa zategom



Sl. 5. Osnovni statički određeni osnovni sistemi za dvozglubni luk. a lučna prosta greda, b trozglobni luk

Iz uslova da je horizontalno pomeranje oslonca  $B$  jednako nuli (sl. 5a), kad je prosta greda osnovni sistem, odnosno da u tački  $S$  (sl. 5b) postoji samo jedna tangenta na osu luka,

kad je osnovni sistem trozglobni luk, dobiva se za neodređenu veličinu

$$X_1 = \frac{\delta_{10}}{\delta_{11}}, \quad (18)$$

gde su  $\delta_{11}$  pomeranje u osnovnom sistemu zbog delovanja sile  $X_1 = 1$ , a  $\delta_{10}$  pomeranje usled spoljnog opterećenja, temperaturne promene i sleganja oslonaca. Ako se sa  $J_c$ ,  $J$  i  $F_c$ ,  $F$  označe momenti inercije i površine preseka luka u temenu (indeks  $C$ ) i na proizvoljnim mestima luka (bez indeksa) (sl. 5a), dobija se posle integriranja po luku (s):

za luk na dva oporca (sl. 4a i 5a)

$$X_1 = H_B, \quad \delta_{11} = \int_s y^2 \frac{J_c}{J} ds + \frac{J_c}{F} \int_s \cos^2 \varphi \frac{F_c}{F} ds \quad (19)$$

a za luk sa zategom (sl. 4b i 5a)

$$X_1 = Z, \quad \delta_{11} = \int_s y^2 \frac{J_c}{J} ds + \frac{J_c}{F_c} \int_s \cos^2 \varphi \frac{F_c}{F} ds + \frac{E_b J_c l_z}{E_z F_z} \quad (20)$$

gde je  $F_z$  presek čelika u zatezi,  $E_b$  i  $E_z$  su moduli elastičnosti betona i čelika, a  $l_z$  je dužina zatege.

Pomeranja usled opterećenja, temperaturne promene i sleganja oslonaca iznose

$$\delta_{10} = \int_s M_0 y \frac{J_c}{J} ds + \frac{J_c}{F_c} \int_s N_0 \cos \varphi \frac{F_c}{F} ds, \quad (21)$$

$$\delta_{1t} = EJ_c \alpha_t l, \quad \delta_{1s} = -EJ_c \Delta l.$$

Momenti, transverzalne i normalne sile u preseccima dvo-zglobnog luka dobijaju se konačno iz jednačina:

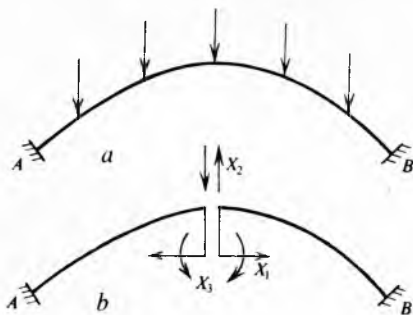
$$M = M_0 - X_1 y, \quad Q = Q_0 - X_1 \sin \varphi, \quad N = N_0 - X_1 \cos \varphi, \quad (22)$$

gde su  $M_0$ ,  $Q_0$  i  $N_0$  moment, transverzalna i normalna sila u osnovnom statički određenom sistemu.

**Obostrano uklešteni luk** (sl. 6a) tri puta je statički neodređen. Statički neodređene veličine  $X_1$ ,  $X_2$  i  $X_3$  određuju se rešavanjem sistema jednačina

$$\begin{vmatrix} \delta_{11} & \delta_{12} & \delta_{13} \\ \delta_{21} & \delta_{22} & \delta_{23} \\ \delta_{31} & \delta_{32} & \delta_{33} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \delta_{10} \\ \delta_{20} \\ \delta_{30} \end{vmatrix} \quad (23)$$

gde su  $\delta_{ik}$  pomeranja u osnovnom statički određenom sistemu. Ako se za osnovni statički određeni sistem usvoji par konzola (sl. 6b), u kojem statički neodređene veličine deluju u elastičnom težištu



Sl. 6. Uklešteni luk. a statički neodređeni sistem, b dve konzole sa statički neodređenim veličinama u elastičnom težištu kao osnovni statički određeni sistem

stičnom težištu, članovi  $\delta_{ik}$  matrice (23) koji nisu na dijagonali matrice biće jednaki nuli, pa se dobija:

$$X_1 = \frac{\delta_{10}}{\delta_{11}}, \quad X_2 = \frac{\delta_{20}}{\delta_{22}}, \quad X_3 = \frac{\delta_{30}}{\delta_{33}} \quad (24)$$

U opštem slučaju momenti, transverzalne i normalne sile u preseccima luka dobijaju se sabiranjem tih vrednosti ( $M_0$ ,  $Q_0$  i

$N_0$ ) iz osnovnog sistema i vrednosti koje nastaju delovanjem statički neodređenih veličina, pa je

$$M = M_0 + X_1 \bar{M}_1 + X_2 \bar{M}_2 + X_3 \bar{M}_3 \quad (25)$$

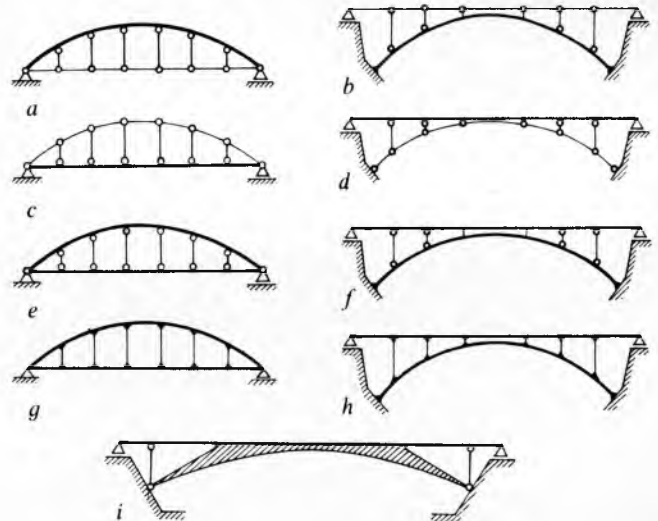
$$Q = Q_0 + X_1 \bar{Q}_1 + X_2 \bar{Q}_2 + X_3 \bar{Q}_3 \quad (26)$$

$$N = N_0 + X_1 \bar{N}_1 + X_2 \bar{N}_2 + X_3 \bar{N}_3, \quad (27)$$

gde su  $\bar{M}$ ,  $\bar{Q}$ ,  $\bar{N}$  vrednosti momenata, transverzalnih i normalnih sila koje nastaju dejstvom jediničnih vrednosti statički neodređenih veličina.

**Sprega luka i kolovozne konstrukcije mosta.** U mnogim konstrukcijama, a pogotovo na mostovima, opterećenje se prenosi na luk preko posredne konstrukcije. Na mostovima je to kolovozna konstrukcija.

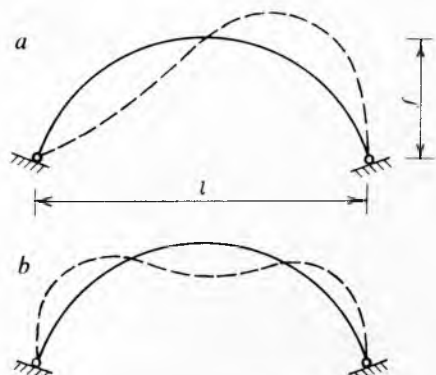
Opterećenje od kolovozne konstrukcije mosta prenosi se na luk preko zglobova ili preko kruto vezanih štapova, odnosno vešaljki. Kombinovanjem lukova i kolovoznih greda različite krutosti mogu nastati: kruti luk i meki kolovozni pojas (sl. 7a i 7b), štapni luk i kruta kolovozna greda (sl. 7c i 7d), kruti luk i kruta kolovozna greda (sl. 7e i 7f), kruti luk i kruta kolovozna greda sa krutim vezama vešaljki i stubova (sl. 7g i 7h), a i kao konstrukcija sa stapanjem luka i kolovozne grede (sl. 7i).



Sl. 7. Sprega luka i kolovozne konstrukcije

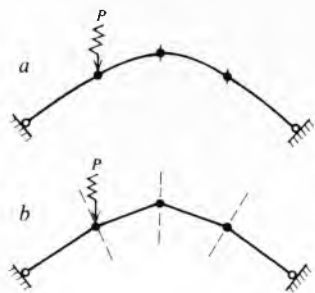
Kad je meka kolovozna konstrukcija oslonjena na kruti luk pomoću zglobno vezanih stubova ili vešaljki, luk se tretira kao nezavisna konstrukcija koja preuzima uticaje kolovoznog pojasa. Kad su stubovi i vešaljke kruto vezani i kolovozna greda kruta, postoji elastična povezanost luka i kolovozne grede.

**Stabilnost luka.** Aksijalno pritisnuti lukovi gube stabilnost (zbog deformacije usled pritiska) i izvijaju se u ravni ose luka (sl. 8) kad sila u luku dostigne kritičnu vrednost. Ta vrednost zavisi od raspona  $l$ , strele  $f$ , oblika ose luka, vrste oslonaca, momenta inercije preseka luka i modula elastičnosti materijala.



Sl. 8. Izvijanje luka. a nesimetrična deformacija, b simetrična deformacija

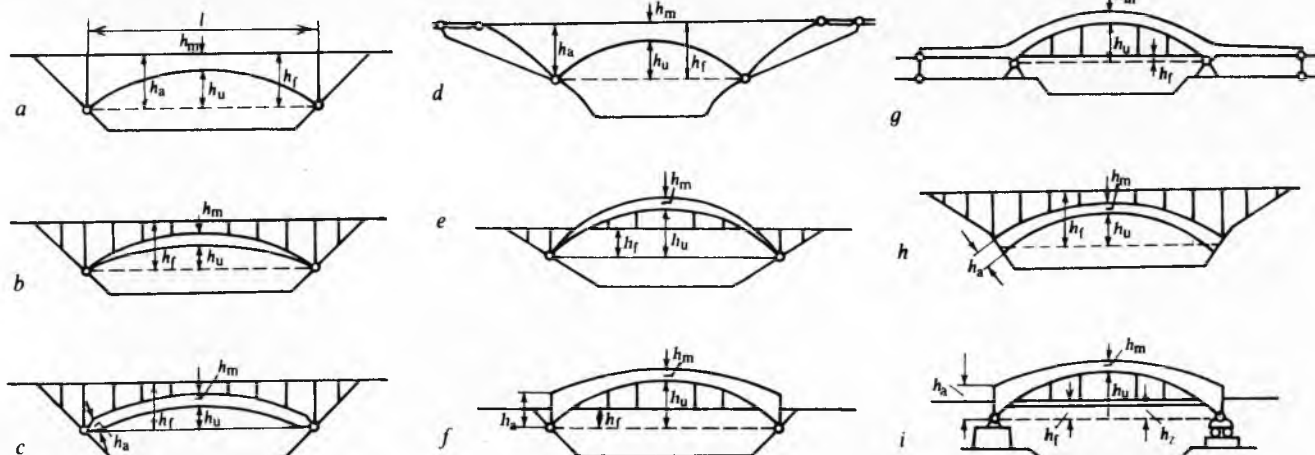
**Vibracije lukova.** Kad je luk dinamički opterećen, treba odrediti slobodne i prinudne vibracije, njihove ekstremne vrednosti i vremenski tok dinamičkih uticaja. To je neophodno za racionalno dimenzionisanje. Za približan proračun lukova na dinamička opterećenja masa luka se zamenjuje koncentrisanim masama (sl. 9a), a osa luka poligonom (sl. 9b). Mase se nalaze u temenima poligonalne linije, a za linije po kojima se mase kreću približno se uzimaju simetrale uglova između strana poligonalne linije.



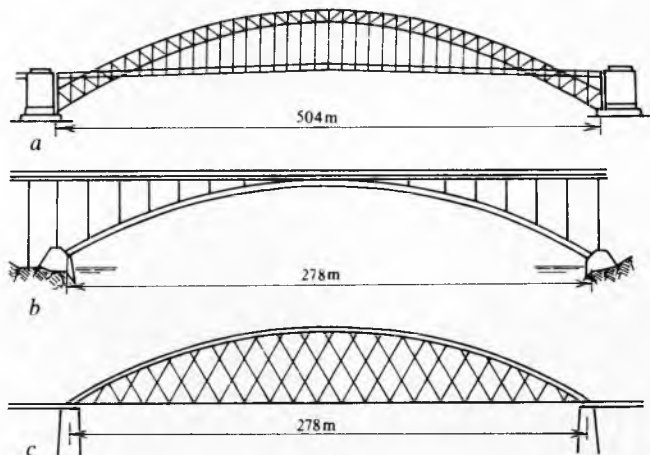
Sl. 9. Luk opterećen dinamičkim silama. a aproksimacija raspodeljene mase koncentrisanim masama, b aproksimacija krive linije poligonom

**Oblici lučnih konstrukcija.** Primena lukova u mostogradnji opravdana je sa ekonomskog stanovišta, zbog povoljnog uklapanja u prirodnu i gradsku okolinu, a takođe i zbog mogućnosti premošćavanja velikih raspona.

Na lučnim mostovima (sl. 10) razlikuju se sledeće visine: visina luka iznad oporaca ( $h_u$ ), visina preseka luka u temenu luka ( $h_m$ ), visina preseka luka kod oporaca ( $h_a$ ), visina gornje ivice kolovozne grede iznad oporaca ( $h_f$ ) i visina zatege iznad oporaca ( $h_z$ ).



Sl. 10. Dispozicije lučnih mostova. a, b, c, d, h kolovozna konstrukcija iznad luka; e, f, i kolovozna konstrukcija između temena i oporaca luka; g kolovozna konstrukcija u nivou oporaca



Sl. 11. Dispozicije čeličnih lučnih mostova. a kolovozna konstrukcija između temena i oporaca luka, b kolovozna konstrukcija iznad luka, c kolovozna konstrukcija u nivou oporaca

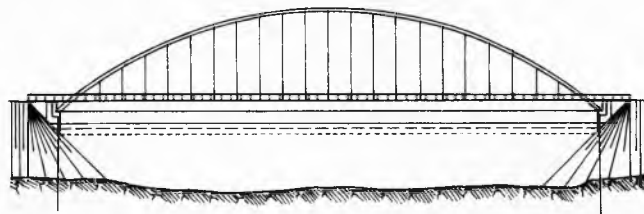
Na čeličnim mostovima odnos strele

$$f = h_u + \frac{1}{2} h_m \quad (28)$$

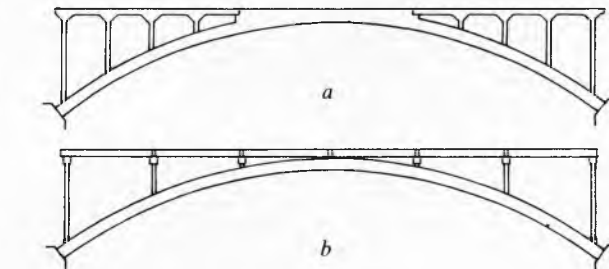
i raspona luka  $l$  obično nije manji od  $1/8$ . Odnos visine preseka luka u temenu luka ( $h_m$ ) i njegovog raspona ( $l$ ) iznosi i manje od  $1/70$ , ali je tada visina preseka luka kod oporaca ( $h_a$ ) znatno veća nego u temenu.

Visine kolovozne grede ( $h_f$ ) i zatege ( $h_z$ ) iznad oporaca prilagođuju se konstruktivnim uslovima, tako da se nivo kolovozne konstrukcije nalazi iznad luka (sl. 10a, 10b, 10c, 10d, 10h), između temena i oporaca luka (sl. 10e, 10f i 10i) ili u nivou oporaca (sl. 10g). Položaj kolovozne grede čeličnih mostova ilustrovan je primerima na sl. 11. Luk male krutosti izveden od štapova povezan je vešaljama (sl. 12) sa veoma krutom kolovoznom gredom (Langerova greda) koja ga ukružuje.

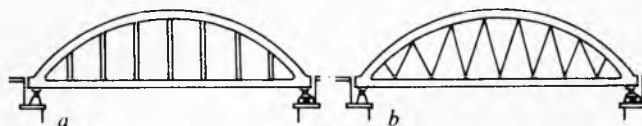
Kolovozni pojas armiranobetonskih mostova izvodi se kao monolitna (sl. 13a) ili kao montažna konstrukcija (sl. 13b).



Sl. 12. Čelični most sa lukom izvedenim od štapova ukrućenim kolovoznom gredom (Langerova greda)



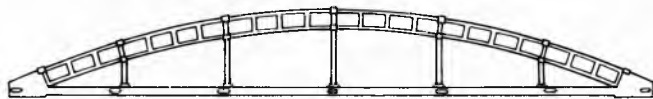
Sl. 13. Armiranobetonski lučni mostovi sa kolovoznom konstrukcijom iznad luka. a monolitna konstrukcija, b montažna konstrukcija



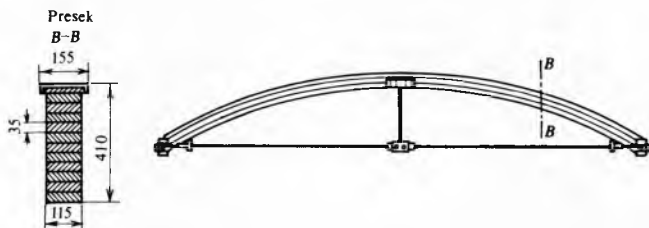
Sl. 14. Lučni mostovi sa lukom iznad kolovozne konstrukcije. a luk sa zategom, b luk sa zategom i kosim vešaljama

Kad je luk postavljen iznad kolovoza, izvodi se kruti luk sa mekom ili krutom zategom, meki luk sa krutom zategom (sl. 14a) ili luk sa zategom i kosim vešaljima (sl. 14b).

Krovovi hala izvode se kao prefabrikovani lukovi tankozidnih preseka sa dijafragmama koji se realizuju montažom armiranobetonskih elemenata, vešaljki i zatega (sl. 15). Odnos strele i raspona luka je obično 1/5 - 1/8. Drveni lučni nosači formiraju se lepljenjem lamela (sl. 16), a čelični lukovi izvode se kao puni limeni ili rešetkasti nosači.

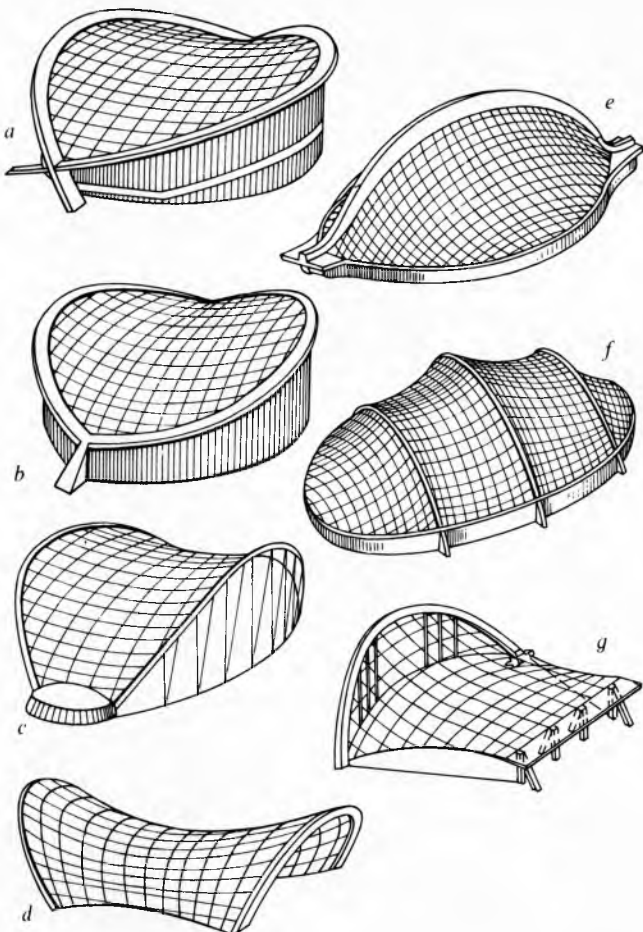


Sl. 15. Armiranobetonski prefabrikovani krovni lučni nosač

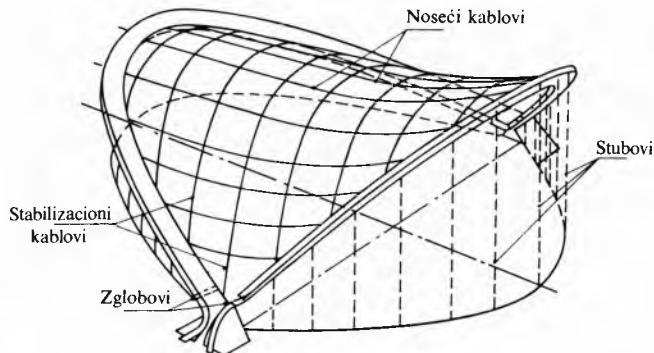


Sl. 16. Drveni krovni lučni nosač. *Levo* presek kroz nosač od drvenih lamela

Lučni nosači visećih krovova prihvataju sile od čelične kablovske mreže u različitim kombinacijama: dva ukrštena luka u kosim ravninama (sl. 17a), dva luka u kosim ravninama spojena kod zajedničkih oporaca iznad nivoa terena (sl. 17b), dva razmaknuta luka u kosim ravninama (sl. 17c), dva udaljena luka u kosim ravninama (sl. 17d), jedan luk u vertikalnoj ravni (sl. 17e), tri luka u paralelnim vertikalnim ravninama (sl. 17f) i jedan



Sl. 17. Dispozicije visećih krovova od čeličnih kablovskih mreža koje se oslanjaju na lučne nosače



Sl. 18. Sedlasti viseći krov sa čeličnim kablovima oslonjenim na konturne lukove u kosim ravninama

luk u kosoj ravni (sl. 17g). Reakcije čelične kablovske mreže sedlastog visećeg krova (sl. 18) prenose se na lukove u kosim ravninama koji su oslonjeni na dva zajednička oporaca i više stubova.

LIT.: I. P. Prokofjev, Teorija konstrukcija I, II i III deo (prevod). Građevinska knjiga, Beograd 1959, 1960, 1961. — A. Feige, Stahlbrückenbau, u knjizi Stahlbau 2. Stahlbau Verlag, Köln 1964. — K. Beyer, Statika u armiranom betonu (prevod). Građevinska knjiga, Beograd 1965. — H. M. Курсанов, Альбом конструкций висячих покрытий. Высшая школа, Москва 1965. — Б. Я. Орловский, Промышленные здания. Высшая школа, Москва 1975. — А. А. Петрова-Ловский, Проектирование деревянных и железобетонных мостов. Транспорт, Москва 1978. — V. Brčić, Dinamika konstrukcija. Građevinska knjiga, Beograd 1978.

Đ. Zloković

**LUMINESCENCIJA**, elektromagnetsko zračenje iz tvari koje je posljedica nekog netermalnog procesa. Pojam se obično odnosi u užem smislu na vidljivo zračenje.

Luminescentne pojave primijećene su u najranijoj povijesti u obliku svjetlećih bakterija u moru, krijesnica, prilikom raspadanja organskih tvari itd. Te su pojave tisudjećima zbunjivale ljude. Pojava luminescencije ispitivana je još prije naše ere u Kini i Grčkoj (Aristotel), no prvi je temeljitije ispitivao luminescenciju oko 1603. V. Cascariolo iz Italije. On je empirijski sintetizirao anorgansku luminescentnu tvar, nazvanu *lapis solaris* (sunčani kamen). Kasnije se ustanovilo da je Cascariolo pretvorio žarenjem barij-sulfat u slabo luminescentni barij-sulfid ( $\text{BaSO}_4 + 2\text{C} \rightarrow \text{BaS} + 2\text{CO}_2$ ). Cascariolo je primijetio da kamen apsorbira svjetlost danju a modro tinja noću. Za Cascariolov kamen bilo je predloženo mnogo imena, između kojih je prevladao naziv kamen *fosforus*. Taj se naziv od 1640. pripisuje i drugim luminescentnim tvarima.

J. Canton, Englez, dobio je 1768. žarenjem školjke kamenice intenzivniju luminescenciju od Cascariola. Radi se o reakciji kalcij-karbonata sa sumporom što je dalo luminescirajući kalcij-sulfid ( $2\text{CaCO}_3 + 3\text{S} \rightarrow 2\text{CaS} + 2\text{CO}_2 + \text{SO}_2$ ). T. Sidat, Francuz, 1886. god. žario je cink-oksidi u struji vodik-sulfida ( $\text{ZnO} + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{ZnS} + \text{H}_2\text{O}$ ) i tako dobio tvar koja zeleno luminescira. Tek je A. Kerneuil 1886. dokazao da Cantonova tvar luminescira samo ako su prisutni tragovi bizmuta, a da su tragovi bakra bitni za luminesciranje Sidatove tvari.

Naziv *luminescencija* prvi je upotrijebio 1888. njemački fizičar E. Wiedemann za sve pojave svijetljenja koje nisu uvjetovane samo porastom temperature. Kasnije se uveo naziv *fosfor* koji se i danas upotrebljava ne samo za kemijski element nego često i za krute luminescentne tvari. Stokes je predložio naziv *fluorescencija* za luminescenciju kraćeg trajanja od  $10^{-8}$  s, dok naziv *fosforescencija* obuhvaća luminescenciju dužeg trajanja.

#### TIPOVI LUMINESCENCIJE

Od Cascariolovog vremena mnoge su tvari bile podvrgnute različnim postupcima da bi se otkrile nove luminescentne tvari i novi načini pobude.

U modernoj se terminologiji upotrebljavaju prefiksi kojima se označuju način pobude pri pojedinim vrstama luminescencije. Poznati tipovi luminescencije jesu: bioluminescencija, kemijska luminescencija, triboluminescencija, termoluminescencija, fotoluminescencija, katodoluminescencija, ionoluminescencija, elektroluminescencija, radioluminescencija i rendgenoluminescencija.