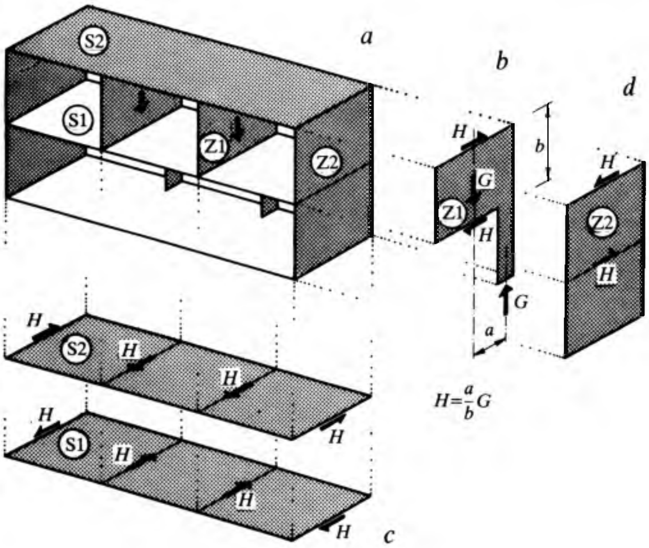
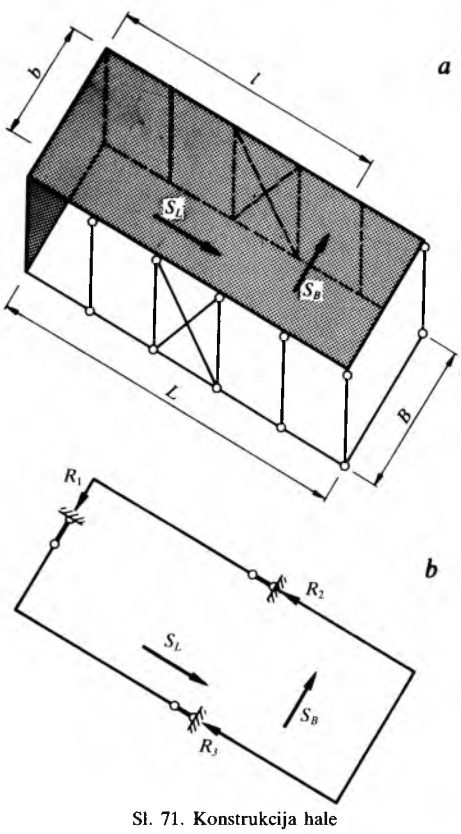


Sl. 70. Konstrukcija zgrade od zidova i stropova



Sl. 71. Konstrukcija hale

STATIČKI ODREĐENE REŠETKE

Rešetkaste konstrukcije, ukratko rešetke, jesu konstrukcije od pravocrtnih štapova koji su u čvorovima centrično zglobno spojeni i na koje vanjske, tj. napadne i ležajne, sile djeluju samo u čvorovima. Štapovi su rešetaka napregnuti samo aksijalno, dakle na vlak ili tlak.

U inženjerskoj su praksi spojevi štapova u čvorovima najčešće kruti, a ne zglobni. Zglobni su čvorovi, dakle, idealizacija stvarnog stanja. Istraživanja su, međutim, pokazala da ta idealizacija vrlo dobro simulira stvarno ponašanje konstrukcije.

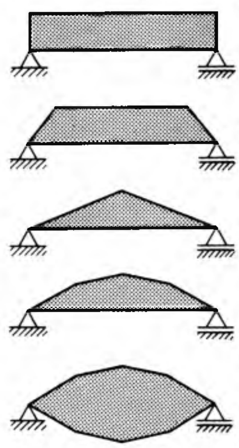
Formiranje rešetaka. Tri štapa u ravnini međusobno spojena zglobovima čine najjednostavniju, trokutnu, ravninsku rešetku. Već postojećoj rešetki mogu se, u istoj ravnini, dodavati trokuti tako da se toj rešetki, sukcesivno, na dva njezina zgloba priključe dva štapa koji se na nasuprotnom kraju spoje zglobom. Tako formirane rešetke od trokutnih jedinica zovu se *proste ravninske rešetke*.

Šest štapova u prostoru međusobno spojenih zglobovima čine najjednostavniju, tetraedarsku, prostornu rešetku. Već postojećoj takvoj rešetki mogu se dodavati tetraedri tako da se, sukcesivno, na tri njezina zgloba priključe tri štapa koji se na nasuprotnom kraju spoje zglobom. Tako formirane rešetke od tetraedarskih jedinica zovu se *proste prostorne rešetke*.

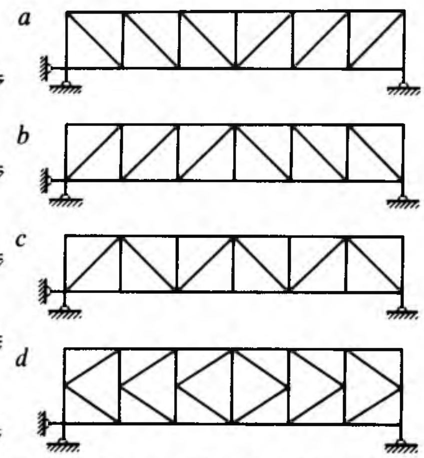
Proste su rešetke interno statički određene, a ako su statički određeno oslonjene, one su i eksterno statički određene.

Rešetke se sastoje od pojasnih štapova i štapova ispune. Štapovi ispune su dijagonale ili dijagonale i stupci.

Prema obliku oboda ravninske su rešetke najčešće pravokutne, trapezne, trokutne, poligonske ili lećaste (sl. 72). Prema dispoziciji dijagonala razlikuju se Prattove (sl. 73a), Howeove (sl. 73b), Warrenove (sl. 73c) i K-rešetke (sl. 73d). Dijagonale su Prattove rešetke pri gravitacijskom opterećenju zategnute, Howeove rešetke pritisnute, a Warrenove rešetke naizmjenično pritisnute i zategnute. Najduži su štapovi Prattove rešetke zategnuti, a Howeove pritisnuti. S gledišta izvijanja i utroška materijala Prattova rešetka je povoljnija od Howeove.



Sl. 72. Rešetke različitih oblika



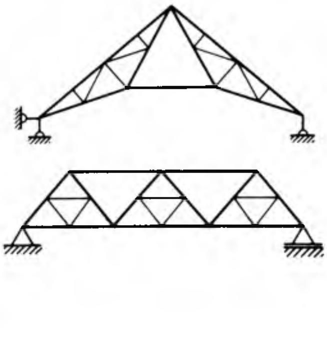
Sl. 73. Rešetke s različitim dispozicijama dijagonala

Ako se u prostoj rešetki zamijeni jedan ili više štapova sekundarnom prostom rešetkom ili ako se u prostu rešetku ugradi sekundarna prosta rešetka, dobiva se *složena rešetka* (sl. 74). Tada se polazna rešetka u odnosu prema složenoj naziva osnovnom. Složena rešetka može imati štapove koji su samo u sklopu osnovne rešetke, štapove koji su samo u sklopu sekundarnih rešetaka ili štapove koji su u sklopu i osnovne i sekundarne, odnosno sekundarnih rešetaka.

S gledišta statičkog sustava ravninske rešetke mogu biti jednopoljne i višepoljne grede, okviri ili lukovi.

Rešetke moraju biti geometrijski stabilne, tj. ne smiju biti ni konačno ni infinitezimalno pomične. Rešetka je konačno pomična ako ima nedovoljno štapova i/ili ležajnih štapića ili ako ima dovoljno ili više štapova i ležajnih štapića, ali ih u nekom dijelu rešetke ima previše, a u drugom premalo. Ravninska je rešetka pomična ako se može raščlaniti u dva dijela presijecanjem triju štapova kojima su osi konkurentne ili paralelne. Prostorna je rešetka pomična ako se može

Sl. 74. Primjeri složenih rešetaka



raščlaniti u dva dijela presijecanjem štapova koji ili sijeku jedan pravac ili su paralelni s jednim pravcem ili su paralelni s jednom ravninom.

Ležajne i štapne sile. Ležajne se sile određuju iz ravnotežnih jednadžbi rešetke kao cjeline. Unutrašnje, tj. štapne sile rešetke određuju se iz ravnotežnih jednadžbi oslobođenih (odvojenih) dijelova rešetke. Odvojeni su dijelovi čvorovi, odsječci i isječci rešetke. Ukupan broj ravnotežnih jednadžbi koje treba postaviti nakon što se utvrde ležajne sile jednak je broju štapova rešetke. Uvjeti ravnoteže nastoje se postaviti tako da sustav jednadžbi bude što jednostavniji i da se što lakše može riješiti. Metode se analize međusobno razlikuju samo po načinu formuliranja uvjeta ravnoteže.

Sve ravnotežne jednadžbe moraju biti međusobno nezavisne.

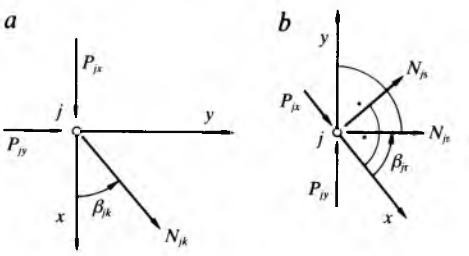
Za proračun prostih ravninskih rešetaka upotrebljavaju se metoda isijecanja čvorova i metoda presijecanja rešetke.

Metoda isijecanja čvorova. Najprije se odrede reakcije za zadano opterećenje. Čvorovi se numeriraju ($j = 1,2,...$) i za svaki se čvor odaberu prikladne osi x i y. Sila se u štapu koji spaja čvorove j i k označi sa N_{jk} i pretpostavi se da je vlačna, tj. da djeluje od čvora j.

Na čvor j djeluju vanjske, tj. napadne i reaktivne sile P_{jx} i P_{jy}, te dvije ili više štapnih sila N_{jk} (sl. 75a). Ravnoteža čvora traži da zbrojevi projekcija svih sila koje djeluju na čvor na osi x i y budu jednaki nuli:

$$\sum_k N_{jk} \cos \beta_{jk} + P_{jx} = 0, \qquad \sum_k N_{jk} \sin \beta_{jk} + P_{jy} = 0, \tag{114}$$

gdje k dobiva vrijednosti rednih brojeva svih čvorova koji su štapovima priključeni na čvor j.



Sl. 75. Sile koje djeluju na čvor j

Za čvorove u koje ulaze samo dva štapa poželjno je da se osi x i y usmjere okomito na te štapove; tada obje jednadžbe (114) sadrže samo po jednu štapnu silu (sl. 75b).

Jednadžbe (114) ekvivalentne su geometrijskom uvjetu da poligon sila koje djeluju na čvor j treba biti zatvoren.

Par jednadžbi (114) napiše se za sve čvorove. Ukupni je broj jednadžbi jednak dvostrukom broju čvorova. U matričnom obliku sustav jednadžbi glasi

$$[A]\{N\} + \{P\} = \{0\}, \tag{115}$$

gdje je $[A]$ matrica koeficijenata smjerova $\cos\beta_{jk}$ i $\sin\beta_{jk}$ štapova, $\{N\}$ vektor štapnih sila, a $\{P\}$ vektor vanjskih, tj. napadnih i reaktivnih sila. Red je matrice i svih vektora jednak dvostrukom broju čvorova. Većina je elemenata matrice $[A]$ nula, tako da pojedine jednadžbe sadrže samo malo štapnih sila.

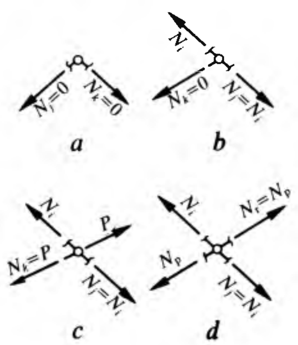
Ako je rešetka geometrijski stabilna, matrica $[A]$ je regularna, pa sustav jednadžbi (115) ima jednoznačno rješenje za štapne sile.

Ako je rešetka formirana od trokuta postupnim dodavanjem čvorova sa po dva štapa, a oslanja se na tri ležajna štapića, sve se sile u štapovima mogu odrediti postupnim izrezivanjem čvorova. Tada se svaki put rješava sustav dviju jednadžbi (114) sa dvije nepoznanice. Pritom se uzimaju u obzir već utvrđene vrijednosti štapnih sila.

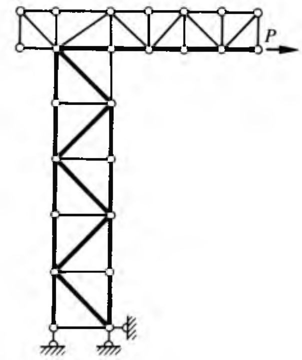
Postoji nekoliko mogućnosti pojednostavnjenja analize.

Neopterećeni dvoštapni čvor. Ako su na neki čvor priključena samo dva štapa, a na čvor ne djeluje vanjska sila, oba su štapa nulštapovi, tj. u njima nema sile (sl. 76a).

Troštapni čvor u kojemu su dva štapa koaksijalna. Ako su na neki čvor priključena dva koaksijalna i još treći štap, a na čvor ne djeluje vanjska sila, sile su u koaksijalnim štapovima jednake, a treći je štap nulštap (sl. 76b). Ako na čvor djeluje vanjska sila u smjeru trećeg štapa, sile su u koaksijalnim štapovima jednake, a sila je u trećem štapu jednaka vanjskoj sili (sl. 76c).



Sl. 76. Posebni slučajevi ravnoteže čvorova



Sl. 77. Eliminiranje nulštapova iz sheme rešetke

Neopterećeni čvor u kojemu su po dva štapa koaksijalna. Sile su u koaksijalnim štapovima jednake (sl. 76d).

Eliminiranje nulštapova iz sheme rešetke. Nakon što se, kao što je pokazano, utvrde nulštapovi rešetke (samo za zadano opterećenje!), mogu se oni eliminirati iz sheme rešetke, i tako bitno pojednostavniti proračun. Na sl. 77 vidi se rešetka u kojoj se opterećenje prenosi u tlo samo deblje nacrtanim štapovima (aktivni štapovi).

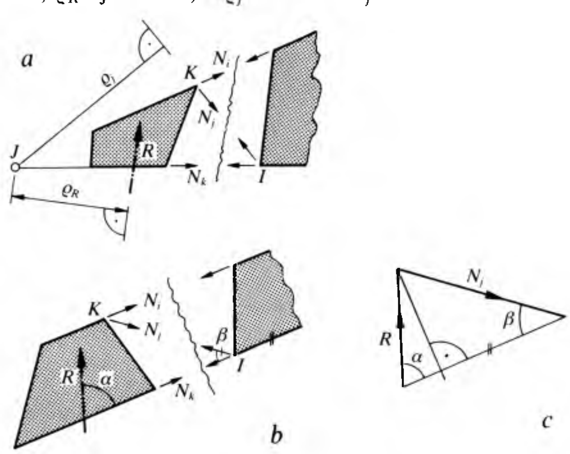
Metoda presijecanja rešetke. Rešetka se presiječe na dva dijela tako da se presijeku samo tri štapa. Za jedan od dijelova napišu se tri jednadžbe ravnoteže; njihovo su rješenje sile u presječenim štapovima. Jednadžbe sadrže samo po jednu nepoznanicu ako se postavi uvjet da zbroj momenata svih sila koje djeluju na promatrani dio rešetke s obzirom na Ritterove točke bude jednak nuli. Ritterova je točka bilo kojeg od triju štapova ona u kojoj se sijeku osi drugih dvaju štapova. Tako je, npr., jednadžba

$$\sum M_{(J)} = 0 \tag{116}$$

uvjet da zbroj momenata s obzirom na Ritterovu točku J dijagonalnog štapa (sl. 78a) bude jednak nuli. Iz tog se uvjeta dobiva

$$N_j = \frac{\varrho_R}{\varrho_j} R, \tag{117}$$

gdje je R rezultanta vanjskih sila koje djeluju na lijevi dio rešetke, ϱ_R njen krak, a ϱ_j krak sile N_j s obzirom na točku J.

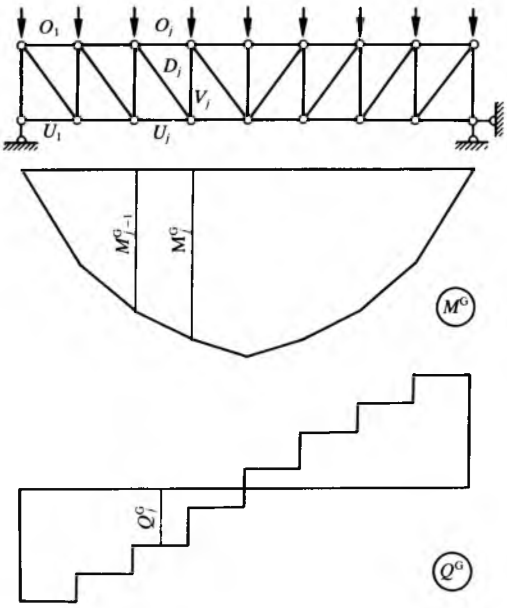


Sl. 78. Uz određivanje štapnih sila rešetaka metodom presijecanja rešetke

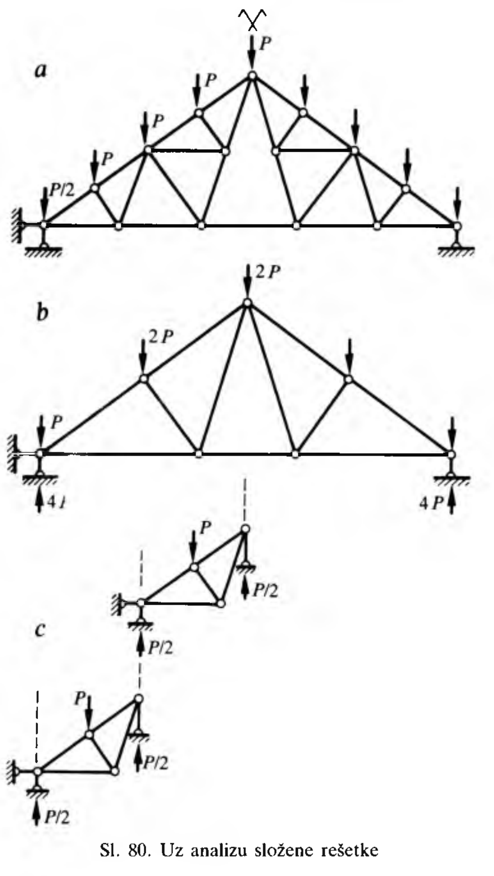
Analogno je I Ritterova točka presječenog štapa gornjeg pojasa, a K Ritterova točka presječenog štapa donjeg pojasa.

Ako su dva od triju presječenih štapova, npr. štapovi i i k, međusobno paralelni (sl. 78b), Ritterova je točka J trećeg štapa beskonačno daleko u smjeru paralelnih štapova. Tada se jednadžba ravnoteže umjesto kao uvjet da zbroj momenata s obzirom na Ritterovu točku bude jednak nuli formulira kao uvjet da zbroj projekcija na okomicu na paralelne štapove svih sila koje djeluju na promatrani, npr. lijevi, dio rešetke bude jednak nuli. Tada je (sl. 78c):

$$N_j = \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} R. \tag{118}$$



Sl. 79. Pravokutna Prattova rešetka



Sl. 80. Uz analizu složene rešetke

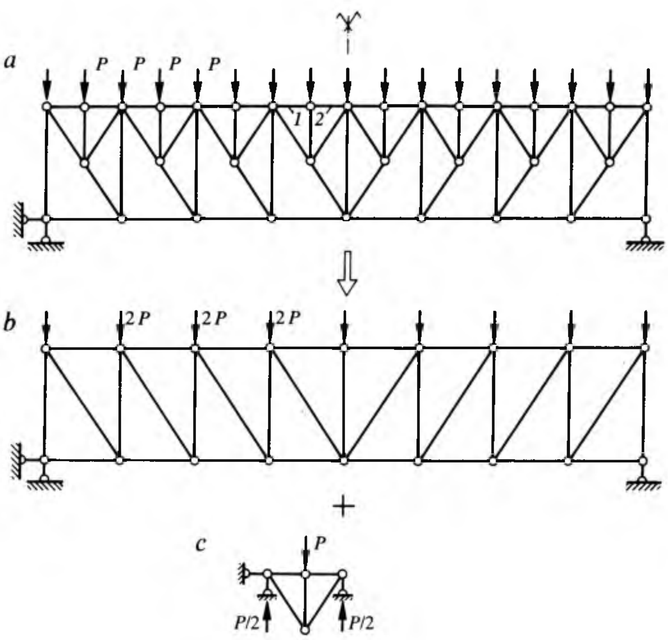
Primjer. U pravokutnoj Prattovoj rešetki (sl. 79), bez obzira na to kako su napadne sile raspoređene na čvorove gornjeg i donjeg pojasa, štapne sile iznose

$$O_j = -\frac{M_j^G}{h}, \quad U_j = \frac{M_{j-1}^G}{h},$$
$$D_j = \frac{Q_j^G}{\sin\alpha_j}, \quad V_j = -Q_j^G. \tag{119}$$

Složene rešetke. Da bi se odredile štapne sile u složenoj rešetki (sl. 80a), ona se raščlani u osnovnu (sl. 80b) i sekundarne rešetke (sl. 80c). Najprije se proračuna osnovna rešetka za ukupno opterećenje, pri čemu se opterećenje sekundarnih čvorova prenese u glavne čvorove. Onda se proračunaju sekundarne rešetke za njihovo lokalno opterećenje, tj. opterećenje sekundarnih čvorova. Sile u štapovima koji su u sklopu i osnovne i neke sekundarne rešetke algebarski se zbrajaju. Ako sekundarni čvorovi nisu opterećeni, štapovi su njihovih sekundarnih rešetaka nulštapovi.

Primjer. Sile u štapovima *1* i *2* složene pravokutne rešetke (sl. 81a), na osnovi superpozicije doprinosa osnovne (sl. 81b) i njezine sekundarne rešetke (sl. 81c), iznose

$$N_1 = N_2 = -(32+1)\frac{d}{h}P = -33\frac{d}{h}P. \tag{120}$$



Sl. 81. Uz analizu složene pravokutne rešetke

Prostorne rešetke analiziraju se analogno kao i ravninske, samo se radi u tri umjesto u dvije dimenzije.

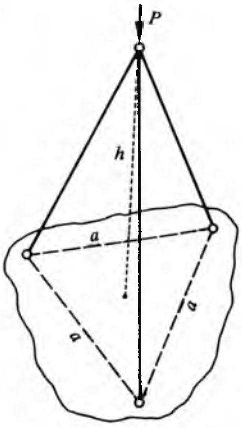
Metoda isijecanja čvorova. Za svaki su čvor na raspolaganju tri uvjeta ravnoteže: zbroj projekcija svih sila (vanjskih i unutrašnjih) na tri osi mora biti jednak nuli.

Pritom se pojavljuju posebni slučajevi ravnoteže čvorova: *a*) Ako su na neki čvor priključena samo tri štapa koji ne leže u istoj ravnini, vanjska se sila P rastavlja u komponente uzduž tih triju štapova, a ako nema vanjske sile, svi su štapovi nulštapovi. *b*) Ako su svi štapovi koji su priključeni na neki čvor, osim jednoga, u istoj ravnini, a vanjska je sila koja djeluje na taj čvor također u toj ravnini, štap je koji nije u toj ravnini nulštap.

Metoda presijecanja rešetke. Rešetka se siječe na dva dijela. Za jedan se od njih napiše šest jednadžbi ravnoteže i njihovim se rješenjem odrede sile u presječenim štapovima.

Primjer 1. Troštapna je piramidna rešetka istostraničnotrokutne osnovke opterećena na vrhu vertikalnom silom (sl. 82). Zbog cikličke simetrije s obzirom na vertikalnu os štapne sile iznose

$$N = -\frac{P}{3}\cdot\frac{L}{h}. \tag{121}$$



Sl. 82. Troštapna piramidna rešetka

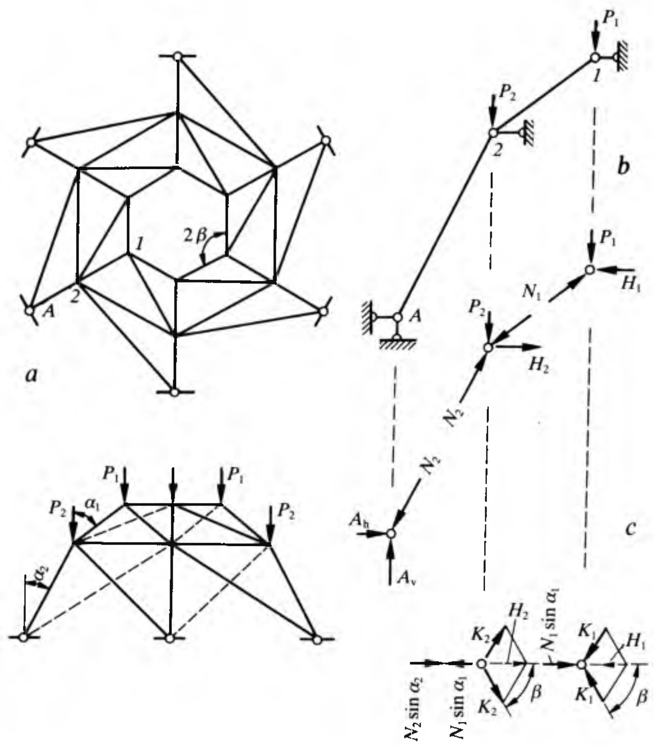
Primjer 2. Schwedlerova štapna kupola i njeno gravitacijsko opterećenje silama P_1 i P_2 (sl. 83a) ciklički su simetrični s obzirom na središnju vertikalnu os. Veze su štapova zglobne, pa je kupola prostorna rešetka.

Na sl. 83b prikazan je jedan od šest meridijana zajedno s ležajima, koje mu čine podloga i horizontalni prstenovi, te s napadnim silama. Štapne se sile određuju metodom isijecanja čvorova (sl. 83c). N_1 i N_2 su sile u meridijanu, H_1 i H_2 radijalno-horizontalne interakcijske sile između meridijana i gornjeg odnosno donjeg prstena, a K_1 i K_2 su sile u gornjem odnosno u donjem prstenu. Štapne su sile:

$$N_1=\frac{P_1}{\cos\alpha_1},\qquad K_1=\frac{\tan\alpha_1}{2\cos\beta}P_1,$$

$$N_2=\frac{P_1+P_2}{\cos\alpha_2},\qquad K_2=\frac{P_1\tan\alpha_1-(P_1+P_2)\tan\alpha_2}{2\cos\beta} \tag{122}$$

određene iz uvjeta da je zbroj vertikalnih projekcija svih sila koje djeluju na čvor *1* odnosno *2* jednak nuli i da je zbroj radijalno-horizontalnih projekcija svih sila koje djeluju na čvor *1* odnosno *2* jednak nuli.



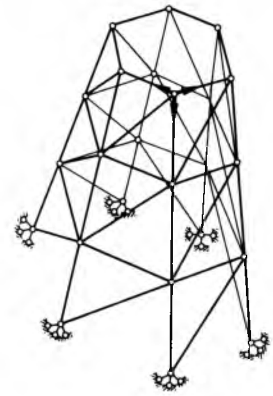
Sl. 83. Schwedlerova štapna kupola

Reakcije su određene iz uvjeta ravnoteže meridijana, pa iznose

$$A_v = P_1 + P_2,\qquad A_h = (P_1+P_2)\tan\alpha_2. \tag{123}$$

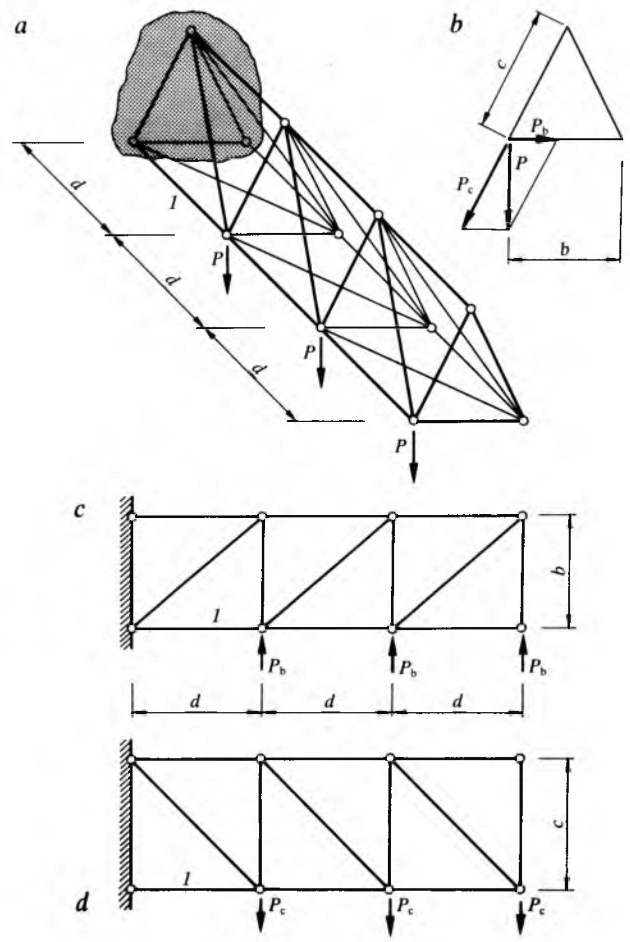
Navedeno moguće rješenje jest i stvarno rješenje jer je konstrukcija statički određena. Dijagonale su sa zadanim opterećenjem nulštapovi. Meridijani i gornji prsten tlačeni su, a donji je prsten zategnut ili tlačen, već prema odnosu napadnih sila P_1 i P_2 te kutova α_1, α_2 i β. Da su sile u dijagonalama jednake nuli, može se zaključiti sljedećim razmatranjem. Zbog cikličke simetrije kupole i opterećenja moraju sile u svim dijagonalama gornjeg odnosno donjeg kata biti jednake. Kad ne bi bile jednake nuli, pojavili bi se torzijski momenti u ravninama prstena, a to bi bilo u suprotnosti sa zadanim opterećenjem i sa simetrijom unutrašnjih sila.

Metoda raščlanjivanja u ravninske rešetke. Ako se prostorna rešetka može raščlaniti u statički određene ravninske rešetke, opterećenje se rastavlja u ravnine tih rešetaka pa se svaka analizira za pripadno opterećenje neovisno o ostalima. Sile u štapovima, najčešće pojasima, koji su zajednički za dvije ili više ravninskih rešetaka, algebarski se zbrajaju. Tako se napadna sila koja djeluje na neki čvor toranjske rešetke (sl. 84) rastavi u komponentu uzduž pojasnog štapa i u po jednu komponentu u ravninama susjednih ravninskih rešetaka. Komponenta uzduž pojasa prenosi se neposredno u podlogu, a komponente u ravninama susjednih ravninskih rešetaka preuzimaju te rešetke. Silama u promatranom pojasu, dakle, pridonose neposredno komponenta napadne sile i obje komponente susjedne ravninske rešetke.



Sl. 84. Rešetkasta krnja piramida

Primjer. Horizontalna tropojasna konzolna rešetka sa simetričnim trokutnim poprečnim presjekom ima tri polja duljine d i opterećena je trima vertikalnim silama P (sl. 85a). Ona se može smatrati sastavljenom od triju ravninskih rešetaka od kojih po dvije imaju zajednički pojas. Napadne se sile rastavljaju u ravninama poprečnih presjeka rešetke u komponente P_b i P_c u ravninama susjednih ravninskih rešetaka (sl. 85b); horizontalna je rešetka



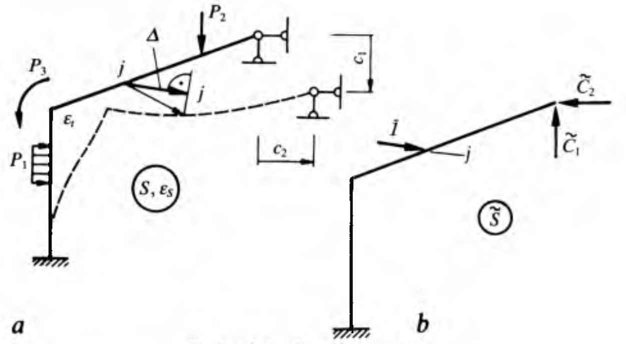
Sl. 85. Tropojasna konzolna rešetka

opterećena silama P_b (sl. 85c), a kosa silama P_c (sl. 85d). Sila u štapu *1* na osnovi superpozicije doprinosa obiju susjednih ravninskih rešetaka iznosi

$$N_1 = \frac{3d}{b} P_b - \frac{6d}{c} P_c. \tag{124}$$

POMACI

Mohrova formula. Pomaci se najčešće određuju pomoću Mohrove formule. Na sustav djeluju vanjska opterećenja, npr. napadne sile P, produljenja ε_t zbog promjena temperature i pomaci c ležaja. Zbog vanjskih opterećenja nastaju unutrašnje sile S (M, Q, N, T) i specifične deformacije ε_S (ε_M, ε_Q, ε_N, ε_T). Treba odrediti pomak Δ na mjestu i u orijentiranom smjeru j (sl. 86a).



Sl. 86. Određivanje pomaka

Sustav se na mjestu i u orijentiranom smjeru traženog pomaka optereti jediničnom silom $\tilde{1}$ (sl. 86b), pa nastaju unutrašnje sile $\tilde{S}$ i reakcije $\tilde{C}$.

Na osnovi teorema virtualnih sila rad virtualnih vanjskih sila ($\tilde{1}$, $\tilde{C}$) na pomacima (Δ, c) stvarnog sustava jednak je radu virtualnih unutrašnjih sila ($\tilde{S}$) na deformacijama ($\varepsilon_S \mathrm{d}x$) stvarnog sustava, pa je

$$\tilde{1} \cdot \Delta + \sum \tilde{C} c = \sum \sum_{\tilde{S}} \int \tilde{S} \varepsilon_S \mathrm{d}x. \tag{125}$$

Dimenzija je sile $\tilde{1}$ takva da umnožak $\tilde{1} \cdot \Delta$ ima dimenziju rada. Radovi su reakcija $\tilde{C}c$, pozitivni ako su reakcije i pripadni pomaci jednako orijentirani, a suma se proteže na sve ležaje koji se pomiču.

Pri rješavanju konkretnih zadataka, radi pojednostavnjenja i bolje preglednosti, umjesto s jediničnom silom $\tilde{1}$ računa se s jediničnom bezdimenzijskom silom $\bar{1}$ te unutrašnjim silama $\bar{S}$ i reakcijama $\bar{C}$ koje ona uzrokuje. Zbog toga treba jednadžbu (125) podijeliti sa $\tilde{1}$, pa se za pomak dobiva

$$\Delta = \sum \sum_{\bar{S}} \int \bar{S} \varepsilon_S \mathrm{d}x - \sum \bar{C} c. \tag{126}$$

Specificiraju li se u (126) unutrašnje sile $\bar{S}$ i uvrste li se za specifične deformacije ε_S pripadni izrazi (44), dobiva se općenita Mohrova formula:

$$\Delta = \sum \int \frac{M\bar{M}}{EI} \mathrm{d}x + \sum \int \frac{Q\bar{Q}}{GA'} \mathrm{d}x + \sum \int \frac{N\bar{N}}{EA} \mathrm{d}x + $$

$$+ \sum \int \frac{T\bar{T}}{GJ} \mathrm{d}x + \sum \int \frac{B\bar{B}}{EI_\omega} \mathrm{d}x + \sum \varepsilon_t \Omega - \sum \bar{C} c. \tag{127}$$

Integrira se uzduž štapa, a Ω je površina $\bar{N}$-dijagrama štapa. Prvih se šest suma odnosi na sve štapove, a posljednja na sve ležaje koji se pomiču.

Ako je štapni sustav prostoran, u formuli (127) za Δ umjesto prva dva člana dolaze po dva člana s momentima savijanja i s poprečnim silama, pa se prva dva člana zamjenjuju izrazom

$$\sum \int \frac{M_y \bar{M}_y}{EI_y} \mathrm{d}x + \sum \int \frac{M_z \bar{M}_z}{EI_z} \mathrm{d}x + \sum \int \frac{Q\bar{Q}_y}{GA'_y} \mathrm{d}x + \sum \int \frac{Q\bar{Q}_z}{GA'_z} \mathrm{d}x. \tag{128}$$

Ako se dobije negativna vrijednost pomaka, orijentacija mu je suprotna od pretpostavljene.

Mohrova formula daje pomak neke točke u nekom orijentiranom smjeru, a to je u općem slučaju projekcija stvarnog pomaka na taj smjer. Prava se vrijednost pomaka neke točke prostornog štapnog sustava određuje pomoću triju međusobno ortogonalnih projekcija tog pomaka prema izrazu

$$\Delta = \sqrt{\Delta_x^2 + \Delta_y^2 + \Delta_z^2}. \tag{129}$$

Posebni slučajevi. U okvirnim konstrukcijama često se uzima u obzir samo doprinos momenata savijanja. Ako se presjek štapa uzduž štapova ne mijenja, može se radi pojednostavnjenja uvesti po volji odabran usporedbeni (referentni) moment inercije I_r, pa se pomak ravninskog okvira može odrediti pomoću jednadžbe

$$EI_r \Delta = \sum \frac{I_r}{I} \int M\bar{M} \mathrm{d}x. \tag{130}$$

U rešetki su štapovi napregnuti samo aksijalno. Kako se uzdužna sila uzduž štapova ne mijenja, to je

$$\Delta = \sum \bar{N} \Delta l = \sum \frac{N\bar{N}}{EA} l. \tag{131}$$

Uvede li se još, radi pojednostavnjenja, po volji odabrana usporedbena (referentna) površina presjeka A_r, dobiva se

$$EA_r \Delta = \sum \frac{A_r}{A} N\bar{N} l. \tag{132}$$

U statički određenih sustava pomaci zbog pomaka ležaja ili drugih veza ne uzrokuju specifične deformacije i unutrašnje sile ($\varepsilon_S \equiv 0$, $S \equiv 0$), pa je

$$\Delta = -\sum \bar{C} c. \tag{133}$$

Problem je u suštini kinematički, ali se on Mohrovom formulom može riješiti statički, kao što se i mnogi statički problemi mogu riješiti kinematički.

U statički neodređenih sustava pomaci veza uzrokuju unutrašnje sile, pa se za određivanje pomaka moraju najprije odrediti unutrašnje sile S (M, Q, N, T) i onda Mohrovom formulom pomak Δ.

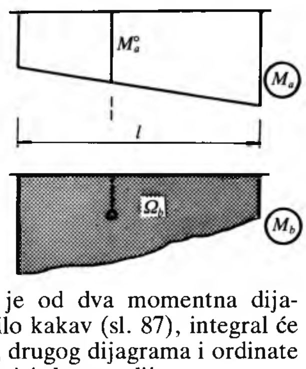
Podatljivosti na osnovi Mohrove formule iznose:

$$\delta_{jk} = \sum \int \frac{M_j M_k}{EI} \mathrm{d}x + \sum \int \frac{Q_j Q_k}{GA'} \mathrm{d}x + $$

$$+ \sum \int \frac{N_j N_k}{EA} \mathrm{d}x + \sum \int \frac{T_j T_k}{GJ} \mathrm{d}x, \tag{134}$$

gdje su M_j, Q_j, N_j i T_j te M_k, Q_k, N_k i T_k unutrašnje sile zbog djelovanja jedinične bezdimenzijske sile na mjestu i u orijentiranom smjeru j odnosno k.

Integrali Mohrove formule. U Mohrovoj se formuli pojavljuju integrali kvadrata i umnoška funkcija. Funkcije su obično predočene dijagramima. Za pravocrtne štapove konstantna presjeka izrađeni su posebni postupci za računanje vrijednosti tih integrala.



Sl. 87. Uz Vereščaginovo pravilo

Vereščaginovo pravilo. Ako je od dva momentna dijagrama jedan trapezan, a drugi bilo kakav (sl. 87), integral će biti jednak umnošku površine Ω_b drugog dijagrama i ordinate M_a° trapeznog dijagrama na težišnici drugog dijagrama: