Savijanje – elastične linije

Analitička metoda određivanja elastične linije
Izračunavanje ugiba i nagiba uz pomoć tablica

Prva jednačina savijanja

$$\sigma_z = \frac{M}{I_x} y$$

- Normalni napon u nekoj tački poprečnog preseka σ
- M – moment sprega
- I_x – aksijalni moment inercije površine za tu osu
- y – udaljenost posmatranog vlakna od ose

Druga jednačina savijanja

$$K = \frac{1}{R_k} = \frac{M}{E \cdot I_x} = \frac{M}{B}$$

- K- krivina elastične linije
- ***M*** – moment sprega
- I_x – aksijalni moment inercije površine za tu osu
- E – modul elastičnosti
- ***B***=E·I_x – krutost savijanja grede
- R_k – poluprečnik krivine

Diferencijalna jednačina elastične linije

- Pomoću druge glavne jednačine definisana je krivina elastične linije savijenog nosača
- Iz matematike je poznato da se pod krivinom podrazumeva odnos

$$K = \frac{d\,s}{d\alpha} = \frac{1}{R} = \frac{M}{E \cdot I_x} = \frac{M}{B}$$

Gde je:

- R poluprečnik krivine
- d**s** elementarni luk
- dα elementarna promena ugla

Nagib tangente krive prema Ox osi iz matematike

- Nagib tangente krive f(x) je prvi izvod funkcije koja predstavlja krivu

$$tg\,\alpha = y', \qquad \frac{1}{\cos^2\alpha}\cdot\frac{d\alpha}{dx} = y''$$

- Kako je element luka krive

$$ds = \sqrt{dx^2 + dy^2} = dx\sqrt{1 + y'^2}$$

- Odatle je krivina

$$K = \frac{1}{R} = \frac{d\alpha}{ds} = \frac{y''dx\cos^2\alpha}{ds} = \frac{y''}{\sqrt{\left(1 - y'^2\right)}}$$

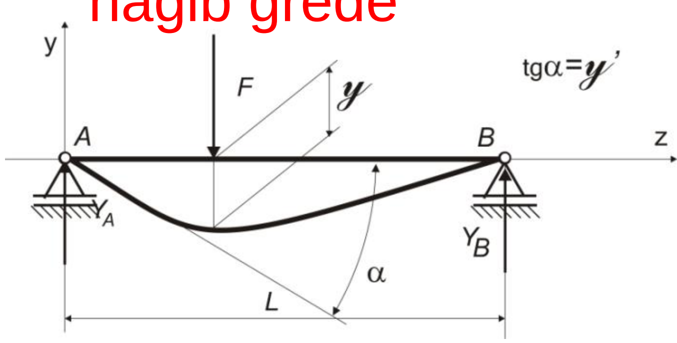
Diferencijalna jednačina elastične linije

- Usled savijanja težište nekog preseka se spušta (u peavcu y ose) za dužinu koju nazivamo

ugib elastične linije (strela)

- tangenta sa osom Az gradi ugao koji se naziva

nagib grede



Diferencijalna jednačina elastične linije proste grede

$$y'' = -\frac{M_f^L}{E \cdot I_x} = -\frac{M_f^L}{B}$$

$$By'' = -M_f^L$$

Gde su:

- M_f moment savijanja u preseku z
- $B = E \cdot I_x$ savojna krutost grede

Analitičko određivanje elastične linije

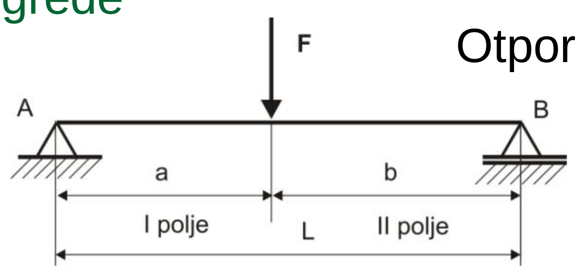
- Odrediti otpore oslonaca za rešavani nosač
- Napisati izraze za promenu momenta savijanja u funkciji od podužne koordinate z
- Proizvod savojne krutosti i drugog izvoda jednak je negativnom momentu savijanja i to predstavlja diferencijalnu jednačinu elastične linije

$$B\,y'' = -M_f^L$$

Analitičko određivanje elastične linije

- Integraljenjem dobija se jednačina promene nagiba u zavisnosti od koordinate z
- Ponovnim integraljenjem dobija se jednačina promene ugiba u zavisnosti od koordinate z
- Integracione konstante određuju se iz uslova da su ugibi oslonaca jednaki nuli i kod nosača u nekom preseku na kraju polja promene opterećenja oba kraja moraju imati isti ugib i nagib

Primer jednačine elastične linije proste grede



Otpori oslonaca

$$F_A = F\frac{b}{L}$$

$$F_B = F\frac{a}{L}$$

I polje $0 \le z \le a$

$$M_1 = F_A \cdot z = F\frac{b}{L}\cdot z$$

II polje $a \le z \le L$

$$M_2 = F_A \cdot z - F(z-a) = F\frac{b}{L}\cdot z - F(z-a)$$

Primer jednačine elastične linije proste grede

Oba izraza za moment mogu se objediniti

$$M = F_A \cdot z \| - F(z-a) = F\frac{a}{L}\cdot z \| - F(z-a)$$

- Uvedena je Klebšova crta ili masna crta
- Ona obeležava kraj prvog polja i početak drugog polja

Primer jednačine elastične linije proste grede:

Diferencijalna jednačina $By'' = -M_f^L$

$$By'' = -M = -F_A \cdot z \| + F(z-a) = -F\frac{a}{L}\cdot z \| + F(z-a)$$

- Izvršiti integraciju
  - u I polju pre crte po z
  - u II polju posle crte po (z-a)

Primer jednačine elastične linije proste grede

$$By' = -F\frac{a}{L}\cdot\frac{z^2}{2} + C_1 \| + F\frac{(z-a)^2}{2}$$

$$By = -F\frac{a}{L}\cdot\frac{z^3}{6} + C_1\cdot z + C_2 \| + F\frac{(z-a)^3}{6}$$

- Integracione konstante se uvek stavljaju ispred crte
- Određuju se iz graničnih uslova

$$z = 0,\quad y = 0$$

$$z = L,\quad y = 0$$

Primer jednačine elastične linije proste grede

Uslov za z=0 pripada prvom polju pa se primenjuje na deo ispred crte

$$y = 0 \rightarrow By = -F\frac{a}{L}\cdot\frac{0^3}{6} + C_1\cdot 0 + C_2 = 0 \rightarrow C_2 = 0$$

Uslov za z=L pripada drugo polju pa se primenjuje ceo izraz – briše se crta

$$y = L \rightarrow By = -F\frac{a}{L}\cdot\frac{L^3}{6} + C_1\cdot L + 0 + F\frac{(z-a)^3}{6} = 0$$

$$C_1 = -F\cdot\frac{b}{6}L - F\frac{b^3}{6L} = 0$$

Primer jednačine elastične linije proste grede

JEDNAČINA NAGIBA

$$y' = \frac{FL^2}{6 \cdot B}\left\{\frac{b}{L}\left[1-\left(\frac{b}{L}\right)^2-3\left(\frac{z}{L}\right)^2\right]\Big\| + 3\left(\frac{z-a}{L}\right)^2\right\}$$

Primer jednačine elastične linije proste grede

Iz jednačine ugiba zamenom z=a dobije se ugib ispod sile

$$y_{z=a} = \frac{FL^3}{3 \cdot B}\left(\frac{b}{L}\right)^2\left(\frac{b}{L}\right)^2$$

Primer jednačine elastične linije proste grede

u osloncima zamenom z = 0 dobijamo nagib u osloncu A

$$\alpha = y'_{z=0} = \frac{FL^2}{6 \cdot B} \cdot \frac{a}{L} \cdot \frac{b}{L}\left(1+\frac{b}{L}\right)$$

u osloncima zamenom z = L dobijamo nagib u osloncu B

$$\beta = y'_{z=L} = -\frac{FL^2}{6 \cdot B} \cdot \frac{a}{L} \cdot \frac{b}{L}\left(1+\frac{b}{L}\right)$$

Elastične linije statički određenih nosača

- U tablicama iz Otpornosti materijala postoje obrađeni karakteristični nosači i definisane jednačine elastične linije, ugiba i nagiba.
- Za određivanje karakteristične vrednosti potrebnog ugiba ili nagiba za konkretan nosač sa definisanim opterećenjima treba koristiti princip superpozicije (sabiranja dejstava)

Elastične linije statički određenih nosača

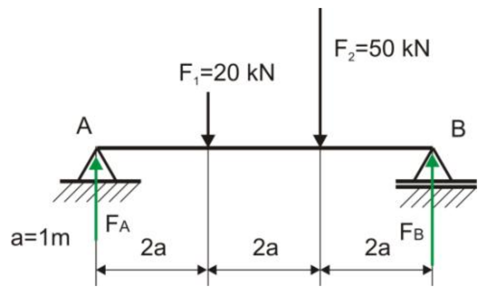
- Za posmatrani nosač uočiti koja opterećenja deluju
- Uzeti kolika su udaljenja opterećenja od oslonaca
- Za svako opterećenje na nosaču povaditi podatke iz tablica
- Napraviti konačan zbir na željenoj poziciji

Primer rešavanja istog zadatka

Primenom metode direktne integracije
Korišćenjem gotovih izraza u tablicama

Postavka zadatka

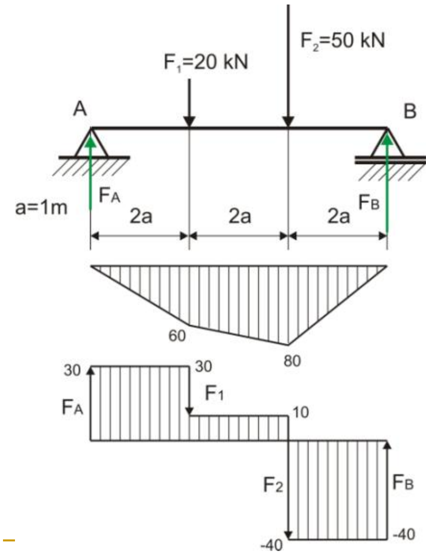
- Za datu gredu sa dve sile odrediti ugib ispod sile 2 i ugao nagiba ispod sile 1
  - Primenom direktne integracije
  - Korišćenjem tablica



Za dati nosač

- Određivanje otpora oslonaca i osnovnih statičkih dijagrama
- Pošto nije poznat poprečni presek izvršiti dimenzionisanje kako bi se odredila savojna krutost B
- Poznato je da je greda od čelika σ_{doz} =120 MPa i E=2 $\cdot 10^5$ MPa, i da je greda kružnog poprečnog preseka

Primer grede sa dve koncentrisane sile



Maksimalni moment savijanja

M_{fmax} = 80 kNm

Maksimalna transverzalna sila

F_{tmax} = 40 kN

Određivanje dimenzija poprečnog preseka

- U datom slučaju
- Mf_{max} = 80 kNm

$$\sigma = \frac{M_f}{W_x} \leq \sigma_{doz} \rightarrow W_x = \frac{M_f}{\sigma_{doz}} = \frac{80 \cdot 10^3}{120 \cdot 10^6} = \frac{2}{3} \cdot 10^{-3}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{3 \cdot \pi}} = 0.189m$$

- Standardno najbliže veće je d=0.2m

Određivanje dimenzija poprečnog preseka grede

- Za dobijeno d=0.2m moment inercije za x osu

$$I_x = \frac{d^4 \cdot \pi}{64} = \frac{0.2^4 \cdot \pi}{64}$$

- Savojna krutost je

$$B = E \cdot I_x = 2 \cdot 10^{11} \cdot \frac{d^4 \cdot \pi}{64} = 15707963\,Nm^2$$

$$B = 15707{,}963\,kNm^2$$

Određivanje jednačine elastične linije

- Za određene otpore oslonaca napisati izraz za moment savijanja po poljima

$$M_1 = F_A \cdot z = 30 \cdot z$$

$$M_2 = F_A \cdot z - F_1(z-2a) = 30 \cdot z - 20(z-2)$$

$$M_3 = F_A \cdot z - F_1(z-2a) - F_2(z-4a)$$

Rešavanje zadatka direktnom integracijom

- Napisati izraze za momente savijanja po poljima
- Izvršiti integraciju po promenljivim
- Odrediti integracione konstante iz graničnih uslova
- Odrediti tražene vrednosti nagiba i ugiba

Određivanje jednačine elastične linije

$$By'' = -M_f^L$$

- Izraz za moment predstavlja diferencijalnu jednačinu elastične linije
- Izraz za moment možemo napisati predvajanjem momenata po poljima Klebšovom ili masnom crtom

$$M_3 = F_A \cdot z - \| F_1 (z - 2a) - \| F_2 (z - 4a)$$

Određivanje jednačine elastične linije

$$By'' = -M_f^L$$

- Diferencijalna jednačina elastične linije dobija oblik

$$By'' = -F_A \cdot z \| + F_1(z-2a) \| + F_2(z-4a)$$

- Za konkretan slučaj zamenimo vrednosti

$$By'' = -30 \cdot z \| + 20(z-2) \| + 50(z-4)$$

Određivanje jednačine elastične linije

- Izvršiti integaljenje po promenljivoj z za prvo polje, po (z-2) za drugo i (z-4) za treće polje

$$By'' = -30 \cdot z \| + 20(z-2) \| + 50(z-4)$$

$$By' = -30 \cdot \frac{z^2}{2} + C_1 \| + 20\frac{(z-2)^2}{2} \| + 50\frac{(z-4)^2}{2}$$

$$By = -30 \cdot \frac{z^3}{6} + C_1 z + C_2 \| + 20\frac{(z-2)^3}{6} \| + 50\frac{(z-4)^3}{6}$$

Određivanje jednačine elastične linije

- Integracione konstante određuju se iz graničnih uslova

  $z = 0 \rightarrow y = 0$

- Pošto je to u prvom polju, uzima se izraz do prve Klebšove crte

$$By(z=0) = -30 \cdot \frac{0^3}{6} + C_1 0 + C_2 = 0 \rightarrow C_2 = 0$$

Određivanje jednačine elastične linije

- Integracione konstante određuju se iz graničnih uslova

  $z = L = 6 \rightarrow y = 0$

- Pošto je to u trećem polju, uzima se ceo izraz

$$By(z=6) = -30 \cdot \frac{6^3}{6} + C_1 z + C_2 + 20\frac{(6-2)^3}{6} + 50\frac{(6-4)^3}{6} = 0$$

$$C_1 = \frac{4800}{36}$$

Određivanje jednačine elastične linije

- Konačan oblik za dati primer je

$$By'' = -30 \cdot z \| + 20(z-2) \| + 50(z-4)$$

$$By' = -30 \cdot \frac{z^2}{2} + \frac{4800}{36} \| + 20\frac{(z-2)^2}{2} \| + 50\frac{(z-4)^2}{2}$$

$$By = -30 \cdot \frac{z^3}{6} + \frac{4800}{36} z \| + 20\frac{(z-2)^3}{6} \| + 50\frac{(z-4)^3}{6}$$

Prema dobijenim izrazima izračunava se:

- Ugib ispod sile 2 za koje je z=4, pripada kraju drugog polja, pa se uzima izraz do druge masne crte

$$By = -30 \cdot \frac{z^3}{6} + \frac{4800}{36} z \| + 20\frac{(z-2)^3}{6} \| + 50\frac{(z-4)^3}{6}$$

$$By = -30 \cdot \frac{4^3}{6} + \frac{4800}{36} 4 + 20\frac{(4-2)^3}{6} = 240\, kNm^3$$

Prema dobijenim izrazima izračunava se:

- Nabib ispod sile 1 za koje je z=2, pripada kraju prvog polja, pa se uzima izraz do prve masne crte

$$By' = -30 \cdot \frac{z^2}{2} + \frac{4800}{36} \| +20 \frac{(z-2)^2}{2} \| +50 \frac{(z-4)^2}{2}$$

$$By' = -30 \cdot \frac{2^2}{2} + \frac{4800}{36} = \frac{2640}{36}$$

Prema dobijenim izrazima izračunava se:

- Ugib ispod sile 2

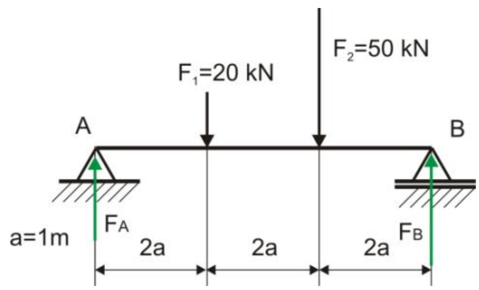
$$y = \frac{240\, kNm^3}{B} = \frac{240\, kNm^3}{15707} = 0.01527m = 15.27mm$$

- Nabib ispod sile 1

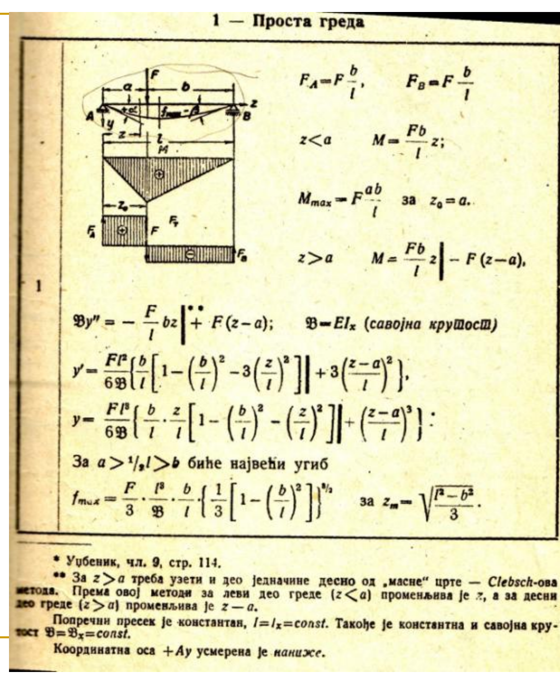
$$y' = \frac{2640}{36 \cdot B} = \frac{2640}{36 \cdot 15707} 0.00468 rad = 0.267^o$$

Rešavanje zadatka korišćenjem tablica

- Odrediti položaje i uticaj opterećenja
- Očitati izraze za rešavani zadatak
- Izvršiti zamenu vrednosti u primeru za mesto dejstva sile 2



Prosta greda tab1



1 — Проста греда

$$F_A = F\frac{b}{l}, \qquad F_B = F\frac{b}{l}$$

$z<a \qquad M = \frac{Fb}{l}z;$

$M_{max} = F\frac{ab}{l} \quad$ за $\quad z_0 = a.$

$z>a \qquad M = \frac{Fb}{l}z \Big| - F(z-a),$

1

$$\mathfrak{B}y'' = -\frac{F}{l}bz \Big|^{\bullet\bullet} + F(z-a); \qquad \mathfrak{B} = EI_x \text{ (савојна крутост)}$$

$$y' = \frac{Fl^2}{6\mathfrak{B}}\left\{\frac{b}{l}\left[1-\left(\frac{b}{l}\right)^2 - 3\left(\frac{z}{l}\right)^2\right] \Big| + 3\left(\frac{z-a}{l}\right)^2\right\},$$

$$y = \frac{Fl^3}{6\mathfrak{B}}\left\{\frac{b}{l}\cdot\frac{z}{l}\left[1-\left(\frac{b}{l}\right)^2 - \left(\frac{z}{l}\right)^2\right] \Big| + \left(\frac{z-a}{l}\right)^3\right\}:$$

За $a > {}^1/_2 l > b$ биће највећи угиб

$$f_{max} = \frac{F}{3}\cdot\frac{l^3}{\mathfrak{B}}\cdot\frac{b}{l}\cdot\left\{\frac{1}{3}\left[1-\left(\frac{b}{l}\right)^2\right]\right\}^{3/2} \quad \text{за } z_m = \sqrt{\frac{l^2-b^2}{3}}.$$

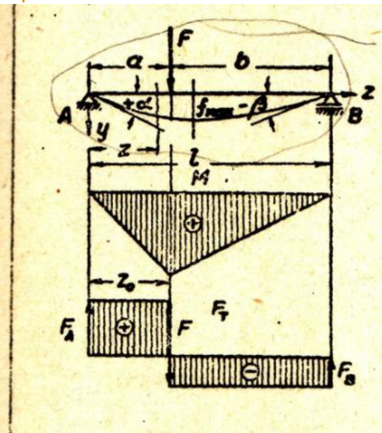
* Уџбеник, чл. 9, стр. 114.

** За $z>a$ треба узети и део једначине десно од „масне" црте — *Clebsch*-ова метода. Према овој методи за леви део греде ($z<a$) променљива је z, а за десни део греде ($z>a$) променљива је $z-a$.

Попречни пресек је константан, $I = I_x = const$. Такође је константна и савојна крутост $\mathfrak{B} = \mathfrak{B}_x = const$.

Координатна оса $+Ay$ усмерена је *наниже*.

Prosta greda



$$F_A = F\frac{b}{l}, \qquad F_B = F\frac{b}{l}$$

$$z < a \qquad M = \frac{Fb}{l}z;$$

$$M_{max} = F\frac{ab}{l} \quad \text{за} \quad z_0 = a.$$

$$z > a \qquad M = \frac{Fb}{l}z \,\Big|\, - F(z-a),$$

* Уџбеник, чл. 9, стр. 114.

** За $z > a$ треба узети и део једначине десно од „масне“ црте — *Clebsch*-ова метода. Према овој методи за леви део греде $(z < a)$ променљива је z, а за десни део греде $(z > a)$ променљива је $z - a$.

Попречни пресек је константан, $I = I_x = const.$ Такође је константна и савојна крутост $\mathfrak{B} = \mathfrak{B}_x = const.$

Координатна оса $+Ay$ усмерена је *наниже*.

Prosta greda

$$\mathfrak{B}y'' = -\frac{F}{l}bz \,\Big|^{**} + F(z-a); \qquad \mathfrak{B} = EI_x \ (\textit{савојна крутост})$$

$$y' = \frac{Fl^2}{6\mathfrak{B}}\left\{\frac{b}{l}\left[1 - \left(\frac{b}{l}\right)^2 - 3\left(\frac{z}{l}\right)^2\right] \Big| + 3\left(\frac{z-a}{l}\right)^2\right\},$$

$$y = \frac{Fl^3}{6\mathfrak{B}}\left\{\frac{b}{l}\cdot\frac{z}{l}\left[1 - \left(\frac{b}{l}\right)^2 - \left(\frac{z}{l}\right)^2\right] \Big| + \left(\frac{z-a}{l}\right)^3\right\}:$$

За $a > {}^1/_2 l > b$ биће највећи угиб

$$f_{max} = \frac{F}{3}\cdot\frac{l^3}{\mathfrak{B}}\cdot\frac{b}{l}\cdot\left\{\frac{1}{3}\left[1 - \left(\frac{b}{l}\right)^2\right]\right\}^{3/2} \quad \text{за} \quad z_m = \sqrt{\frac{l^2 - b^2}{3}}.$$

* Уџбеник, чл. 9, стр. 114.

** За $z > a$ треба узети и део једначине десно од „масне“ црте — *Clebsch*-ова метода. Према овој методи за леви део греде $(z < a)$ променљива је z, а за десни део греде $(z > a)$ променљива је $z - a$.

Попречни пресек је константан, $I = I_x = const.$ Такође је константна и савојна крутост $\mathfrak{B} = \mathfrak{B}_x = const.$

Координатна оса $+Ay$ усмерена је *наниже*.

Određivanje ugiba na mestu sile 2

- Primer je u tablicama na 43. strani

$$y=\frac{Fl^3}{6B}\left\{\frac{b}{l}\cdot\frac{z}{l}\left[1-\left(\frac{b}{l}\right)^2-\left(\frac{z}{l}\right)^2\right]+\left(\frac{z-a}{l}\right)^3\right\}$$

- Izračunavamo ugib koji sila 1 pravi na mestu sile 2
- Izračunavamo ugib koji sila 2 pravi na mestu 2
- Kao zbir određujemo ukupni ugib

Određivanje ugiba na mestu sile 2

- Izračunavamo ugib koji sila 1 pravi na mestu sile 2, gde je a=2, b=4 mesto dejstva sile 1 od 20 kN i traženo z=4,

$$y=\frac{Fl^3}{6B}\left\{\frac{b}{l}\cdot\frac{z}{l}\left[1-\left(\frac{b}{l}\right)^2-\left(\frac{z}{l}\right)^2\right]+\left(\frac{z-a}{l}\right)^3\right\}$$

$$y_{F1}=\frac{20\cdot 6^3}{6B}\left\{\frac{4}{6}\cdot\frac{4}{6}\left[1-\left(\frac{4}{6}\right)^2-\left(\frac{4}{6}\right)^2\right]+\left(\frac{4-2}{6}\right)^3\right\}=\frac{20\cdot 6^2}{6B}\cdot\frac{7}{81}$$

Određivanje ugiba na mestu sile 2

- Izračunavamo ugib koji sila 2 pravi na mestu sile 2, gde je a=4, b=2 mesto dejstva sile 2 od 50 kN i traženo z=4, pošto je to sada na kraju polja 1 koristi se izraz do crte

$$y = \frac{Fl^3}{6B}\left\{\frac{b}{l}\cdot\frac{z}{l}\left[1-\left(\frac{b}{l}\right)^2-\left(\frac{z}{l}\right)^2\right] \Bigg| + \left(\frac{z-a}{l}\right)^3\right\}$$

$$y_{F2} = \frac{50\cdot 6^3}{6B}\left\{\frac{2}{6}\cdot\frac{4}{6}\left[1-\left(\frac{2}{6}\right)^2-\left(\frac{4}{6}\right)^2\right]\right\} = \frac{20\cdot 6^2}{6B}\cdot\frac{8}{81}$$

Određivanje ugiba na mestu sile 2

- Ukupan ugib je zbir koji prave obe sile za z=4

$$y = y_{F1} + y_{F2} = \frac{20\cdot 6^3}{6B}\cdot\frac{7}{81} + \frac{50\cdot 6^3}{6B}\cdot\frac{8}{81} = \frac{240}{B}$$

$$By = 240\,kNm^3$$

Određivanje nagiba na mestu sile 1 ugao u rad

- Primer je u tablicama na 43. strani

$$y' = \frac{Fl^2}{6B}\left\{\frac{b}{l}\left[1-\left(\frac{b}{l}\right)^2-3\left(\frac{z}{l}\right)^2\right] + 3\left(\frac{z-a}{l}\right)^2\right\}$$

- Izračunavamo nagib koji sila 1 pravi na mestu sile 1
- Izračunavamo nagib koji sila 2 pravi na mestu 1
- Kao zbir određujemo ukupan nagib

Određivanje nagiba na mestu sile 2

- Izračunavamo nagib koji sila 1 pravi na mestu sile 1, gde je a=2, b=4 mesto dejstva sile 1 od 20 kN i traženo z=2, i pripada prvom polju

$$y'_{F1} = \frac{Fl^2}{6B}\left\{\frac{b}{l}\left[1-\left(\frac{b}{l}\right)^2-3\left(\frac{z}{l}\right)^2\right] + 3\left(\frac{z-a}{l}\right)^2\right\}$$

$$y'_{F1} = \frac{20\cdot 6^2}{6B}\left\{\frac{4}{6}\left[1-\left(\frac{4}{6}\right)^2-3\left(\frac{2}{6}\right)^2\right]\right\} = \frac{20\cdot 6^2}{6B}\cdot\frac{4}{27}$$

Određivanje nagiba na mestu sile 2

- Izračunavamo nagib koji sila 2 pravi na mestu sile 1, gde je a=4, b=2 mesto dejstva sile 2 od 50 kN i traženo z=2, i pripada prvom polju

$$y'_{F2} = \frac{Fl^2}{6B}\left\{\frac{b}{l}\left[1-\left(\frac{b}{l}\right)^2-3\left(\frac{z}{l}\right)^2\right]+3\left(\frac{z-a}{l}\right)^2\right\}$$

$$y'_{F2} = \frac{50\cdot 6^2}{6B}\left\{\frac{2}{6}\left[1-\left(\frac{2}{6}\right)^2-3\left(\frac{2}{6}\right)^2\right]\right\} = \frac{F6^2}{6B}\cdot\frac{5}{27}$$

Određivanje nagiba na mestu sile 2

- Ukupan nagib je zbir koji prave obe sile na z=4

$$y' = y'_{F1} + y'_{F2} = \frac{20\cdot 6^2}{6B}\cdot\frac{4}{27} + \frac{50\cdot 6^2}{6B}\cdot\frac{5}{27} = \frac{1980}{27B}$$

$$By' = \frac{1980}{27}kNm^2 = 73.3333\,kNm^2$$

Prema dobijenim izrazima izračunava se:

- Ugib ispod sile 2

$$y = \frac{240\,kNm^3}{B} = \frac{240\,kNm^3}{15707} = 0.01527m = 15.27mm$$

- Nagib ispod sile 1

$$y' = \frac{1980}{27 \cdot B} = \frac{1980}{27 \cdot 15707} = 0.00468rad = 0.267^o$$

Rezime:

- Za određivanje ugiba i nagiba nekog statički određenog nosača:
  - Prvo odrediti otpore oslonaca i nacrtati statičke dijagrame
  - Dimenzionisati nosač ako to nije već učinjeno
  - Definisati savojnu krutost

Rezime: Metoda direktne integracije

- Napisati izraze za momente savijanja po poljima
- Izvršiti integraciju po promenljivim
- Odrediti integracione konstante iz graničnih uslova
- Odrediti tražene vrednosti nagiba i ugiba

Rezime: Rešavanje korišćenjem tablica

- Odrediti položaje i uticaj opterećenja
- Očitati izraze za rešavani zadatak za sva definisana opterećenja
- Izvršiti zamenu vrednosti
- Sabrati dobijene ugibe, odnosno nagibe