Ile masy z belki o ciagłym rozkładzie odpowiada belce z masą skupioną ?

1) Dane:

$h = 30cm$ wysokość przekroju belki żelbetowej

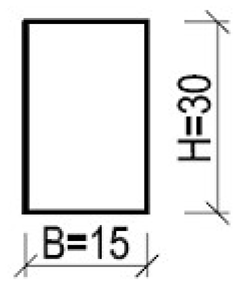
$b = 15cm$ szerokość przekroju belki żelbetowej

$L = 11m$ długość belki

$E = 30GPa$ moduł Younga

$\rho = 2000\,\frac{kg}{m^3}$ gęstość materiału

Schemat statyczny belki:



2) Zagadnienie własne belki przy ciągłym rozkładzie masy:

$I = \frac{b \cdot h^3}{12} = 33750 \cdot cm^4$ moment bezwładności

$\mu = \rho \cdot h \cdot b = 90\,\frac{kg}{m}$ masa rozłożona na metr bieżący belki

Zagadnienie własne

$$p(x,t) = 0$$

$$\frac{\delta^2}{\delta x^2}\left(EI(x) \cdot \frac{\delta^2 q(x,t)}{\delta x^2}\right) + \mu(x) \cdot \frac{\delta^2 \cdot q(x,t)}{\delta t^2} = 0$$

$$q(x,t) = w(x) \cdot \sin\omega t$$

$$\frac{\delta^2 q}{\delta t^2} = -\omega^2 \cdot w(x) \cdot \sin\omega t$$

$$\frac{d^2}{dx^2}\left(EI(x) \cdot \frac{d^2 w(x)}{dx^2}\right) - \omega^2 \mu(x) \cdot w(x) = 0$$

$$w(x) = A_1 \cdot w_I(x) + A_2 \cdot w_{II}(x) + A_3 \cdot w_{III}(x) + A_4 \cdot w_{IV}(x)$$

$w_I, w_{II}, w_{III}, w_{IV}$ -całki szczególne równań liniowo-wzajemnie zależnych

A, B, C, D -stałe całkowania

$$EI \cdot \frac{d^4 w(x)}{dx^4} - \mu\omega^2 w(x) = 0$$

Warunki brzegowe:

1) $w(0) = 0$
2) $M(0) = 0$ => $w''(0) = 0$
3) $w(L) = 0$
4) $M(L) = 0$ => $w''(0) = 0$

Rozwiązanie ogólne pręta o ciągłym rozkładzie masy:

$$w(x) = A \cdot \sin(\alpha \cdot x) + B \cdot \cos(\alpha \cdot x) + C \cdot \sinh(\alpha \cdot x) + D \cdot \cosh(\alpha \cdot x)$$

gdzie: $\alpha^4 = \frac{\mu \cdot \omega^2}{E \cdot I}$

Pierwsza, druga pochodna rozwiązania ogólnego:

$$w'(x) = \alpha \cdot A \cdot \cos(\alpha \cdot x) - \alpha \cdot B \cdot \sin(\alpha \cdot x) + \alpha \cdot C \cdot \cosh(\alpha \cdot x) + \alpha \cdot D \cdot \sinh(\alpha \cdot x)$$
$$w''(x) = -\alpha^2 \cdot A \cdot \sin(\alpha \cdot x) - \alpha^2 \cdot B \cdot \cos(\alpha \cdot x) + \alpha^2 \cdot C \cdot \sinh(\alpha \cdot x) + \alpha^2 \cdot D \cdot \cosh(\alpha \cdot x)$$

Z warunków brzegowych otrzymano:

1) $B + D = 0$

2) $-B + D = 0$

3) $-\alpha^2 \cdot A \cdot \sin(\alpha \cdot L) - \alpha^2 \cdot B \cdot \cos(\alpha \cdot L) + \alpha^2 \cdot C \cdot \sinh(\alpha \cdot L) + \alpha^2 \cdot D \cdot \cosh(\alpha \cdot L) = 0$

4) $-A \cdot \sin(\alpha \cdot L) - B \cdot \cos(\alpha \cdot L) + C \cdot \sinh(\alpha \cdot L) + \alpha \cdot D \cdot \cosh(\alpha \cdot L) = 0$

Z dwóch pierwszych warunków brzegowych wynika, że:

$$B = 0 \quad \text{oraz} \quad D = 0$$

Co wykorzystujemy w równaniach 3) i 4). Sumowanie równań prowadzi do stałej:

$$C = 0$$

a ich odjęcie, do zależności:

$$2 \cdot A \cdot \sin(\alpha \cdot L) = 0$$

Równanie jest spełnione, gdy A=0 lub sin(αL)=0. Funkcja sin(x) ma miejsca zerowe dla x = kπ, czyli:

$$\alpha \cdot L = k \cdot \pi$$

a współczynnik:

$$\alpha = \frac{k \cdot \pi}{l}$$

Ponieważ przyjęte zostało podstawienie:

$$\alpha^4 = \frac{\mu \cdot \omega^2}{E \cdot I}$$

to:

$$\omega^2 = \frac{\alpha^4 \cdot E \cdot I}{L^4 \cdot \mu}$$

Wobec tego:

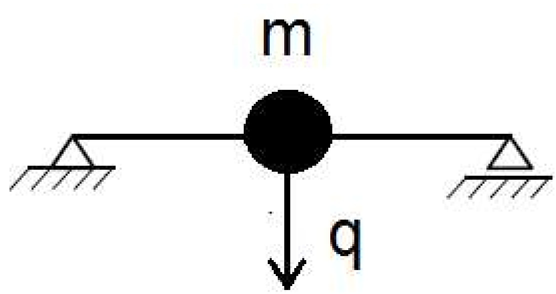
$$\omega(k) = \frac{k^2 \cdot \pi^2}{L^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I}{\mu}} \qquad \omega(1) = 27.358 \cdot \frac{rad}{s}$$

$$f_1 = \frac{\omega(1)}{2 \cdot \pi} = 4.354 \frac{1}{s}$$

Porównanie obliczeń z wynikiem analizy modalnej w programie MES

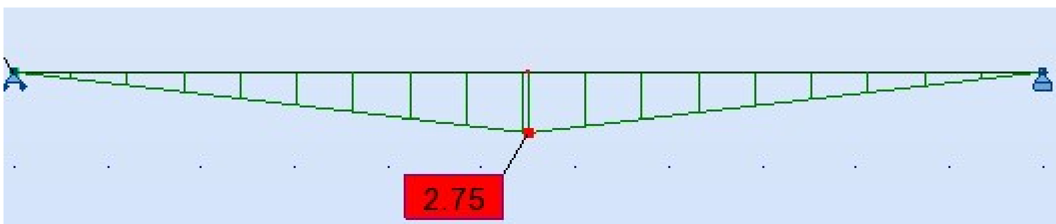
3) Model dyskretny diagnozujący pierwszą częstotliwość drgań własnych:

Założono, że masę skupioną przyłożono w połowie rozpiętości belki (x=1/2L)



3.1 Wyznaczenie macierzy podatności układu:

Wykres momentów od siły jednostkowej:



Podatność dynamiczna układu:

$$\delta = \sum \int \frac{M_{P1} \cdot M_{P1}}{EI} \, ds \qquad \delta = \frac{\left(\frac{1}{3} \cdot 2.75 \cdot 2.75 \cdot 5.5\right) \cdot 2}{E \cdot I} \cdot m^3 = 27.729 \cdot \frac{m^3}{E \cdot I}$$

3.2 Wyznaczenie skupionej masy zastępczej:

$$k = \frac{1}{\delta} = 0.036 \cdot \frac{E \cdot I}{m^3} \qquad k = 365.139 \cdot \frac{kN}{m}$$

$$\omega(1) = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{1}{\delta \cdot m}} \qquad ma = \frac{1}{\delta \cdot \omega(1)^2} = 487.839 \, kg$$

Całkowita masa belki wynosi: $M = \mu \cdot L = 990 \, kg$

Udział masowy: $\frac{ma}{M} = 0.493$

Belki badane

Geometria do zweryfikowania

$bb = 3 \cdot cm$

$hb = 0.8 \cdot cm$

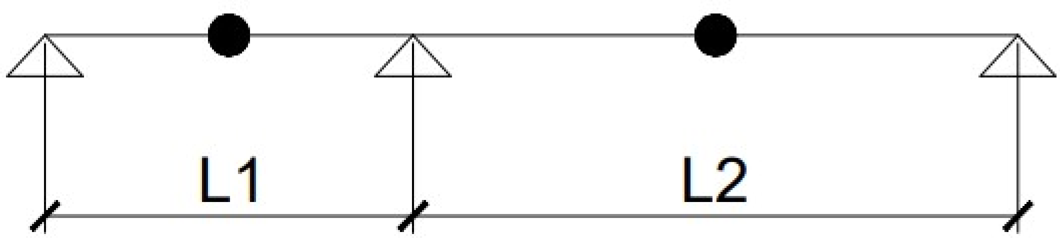
$E = 70 \cdot GPa$

$\mu b = 2700 \cdot \frac{kg}{m^3}$

$J = \frac{bb \cdot hb^3}{12}$

długości przęseł belki ciągłej $L1 = 0.56 \cdot m$ $L2 = 0.92 \cdot m$

$Lb = L1 + L2$ $x = 0, 0.001 \cdot m .. Lb$



Macierz mas wynikła z rozkładu masy ciągłej

$$Ma = \begin{pmatrix} \frac{ma}{M} \cdot L1 \cdot hb \cdot bb \cdot \mu b & 0 \\ 0 & \frac{ma}{M} \cdot L2 \cdot hb \cdot bb \cdot \mu b \end{pmatrix} =$$

	1	2
1	0.179	0
2	0	0.294

kg

Macierz mas wynikła czujników i/lub podstaw

$$Ma\_czujniki = \begin{pmatrix} 0.12 & 0 \\ 0 & 0.10 \end{pmatrix} \cdot kg$$

Macierz mas sumacyjna

$Ma = Ma + Ma\_czujniki$

$$\left(\delta d_{1,1} \cdot Ma_{1,1} \cdot \omega^2 - 1\right) \cdot A_1 + \delta d_{1,2} \cdot Ma_{2,2} \cdot \omega^2 \cdot A_2 = 0$$

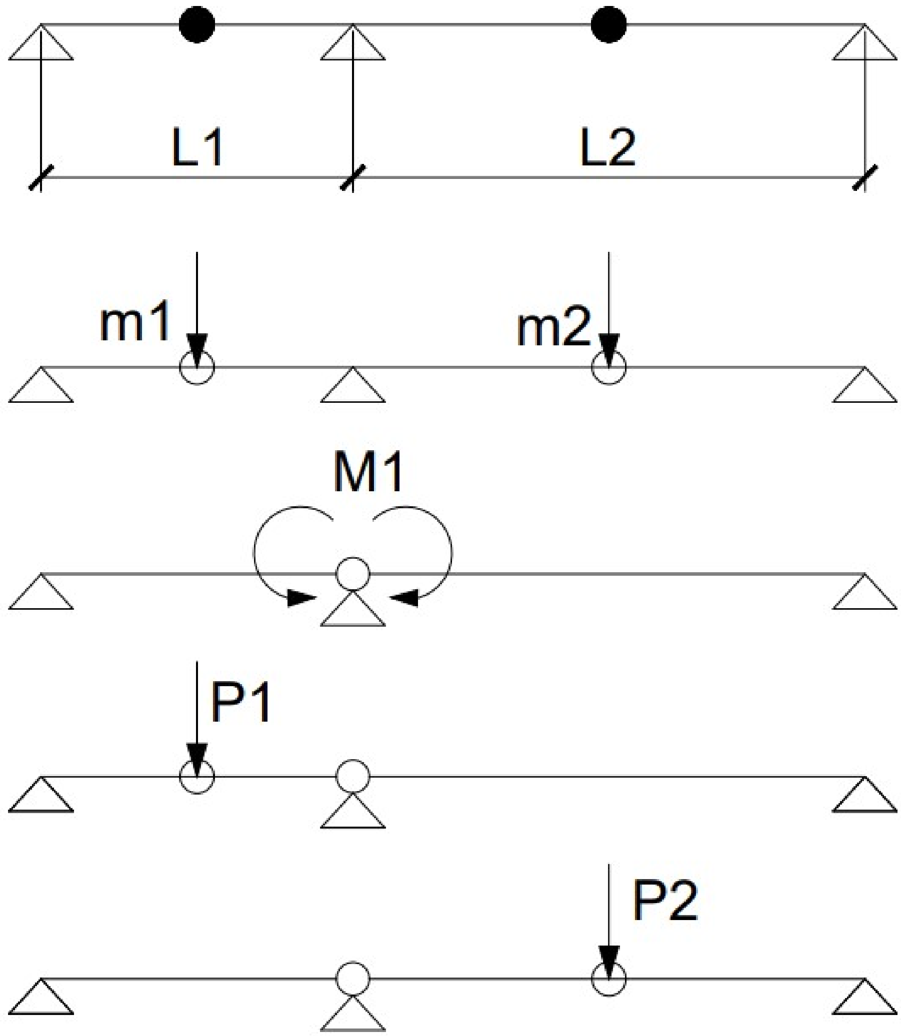
$$\delta d_{1,2} \cdot Ma_{1,1} \cdot \omega^2 \cdot A_1 + \left(\delta d_{2,2} \cdot Ma_{2,2} \cdot \omega^2 - 1\right) \cdot A_2 = 0$$

Ma =

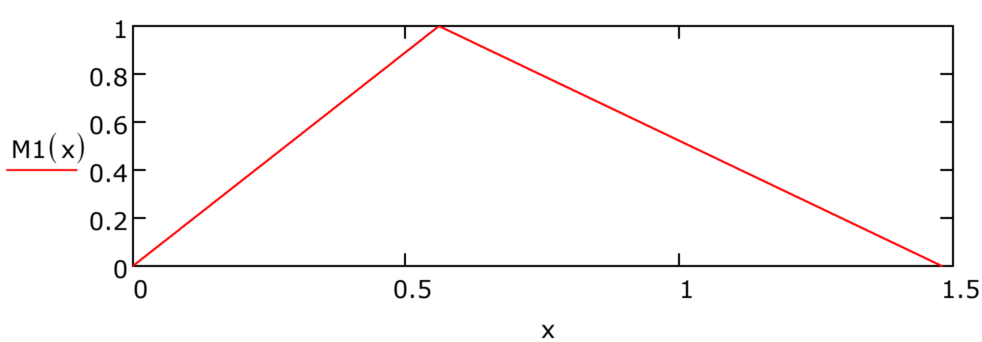
	1	2
1	0.299	0
2	0	0.394

kg

Belka podparta przegubowo

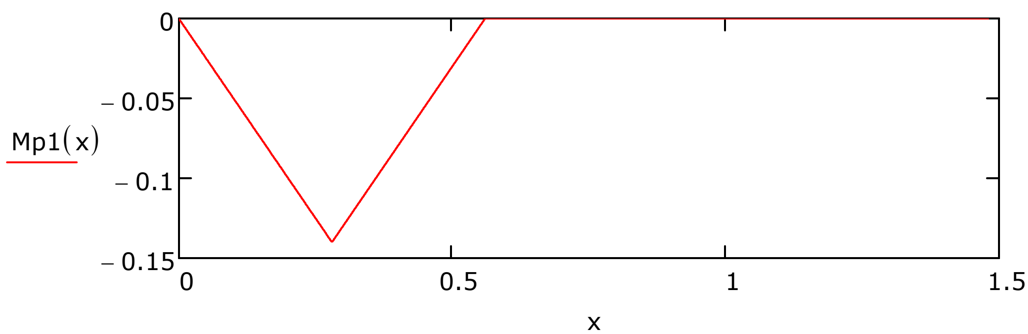


$$M1(x) = \begin{cases} \dfrac{x}{L1} & \text{if} \quad x < L1 \\ \dfrac{-(x - L1)}{L2} + 1 & \text{if} \quad x > L1 \end{cases}$$



Pierwszy kierunek drgań

$$Mp1(x) = \begin{cases} \dfrac{-x}{\dfrac{L1}{2}} \cdot \dfrac{L1}{4} & \text{if } x < \dfrac{L1}{2} \\ \left(\dfrac{x - \dfrac{L1}{2}}{\dfrac{L1}{2}} \cdot \dfrac{L1}{4} - \dfrac{L1}{4} \right) & \text{if } x > \dfrac{L1}{2} \\ 0 & \text{if } x > L1 \end{cases}$$



Macierz podatności

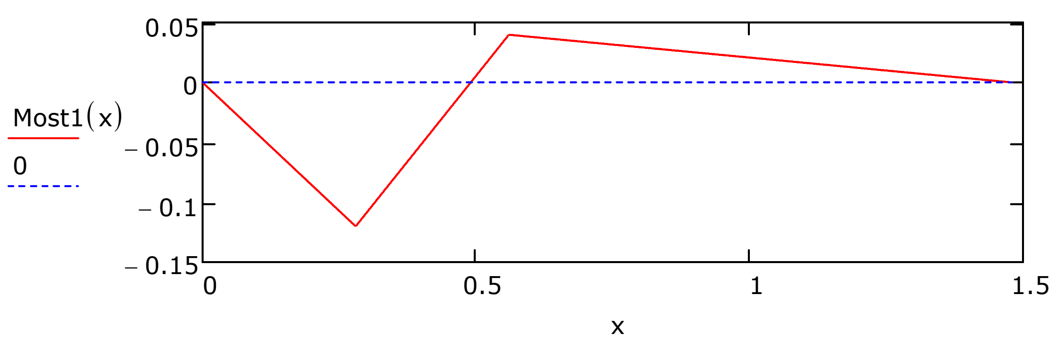
$$\delta 11 = \int_0^{Lb} M1(x) \cdot M1(x)\, dx = 0.493\,m$$

przemeiszczenia

$$\Delta 1 = \int_0^{Lb} M1(x) \cdot Mp1(x)\, dx = -0.02\,m^2$$

$$X = \frac{-\Delta 1}{\delta 11} = 0.04\,m$$

$$Most1(x) = M1(x) \cdot X + Mp1(x)$$

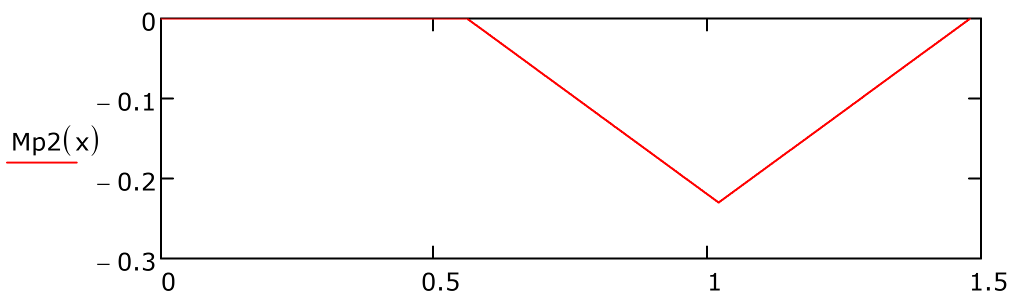


$$Most1\left(\frac{L1}{2} + 0.001 \cdot m\right) = -119.52 \cdot mm$$

$$Most1(L1 + 0.01 \cdot m) = 39.384 \cdot mm$$

Drugi kierunek drgań

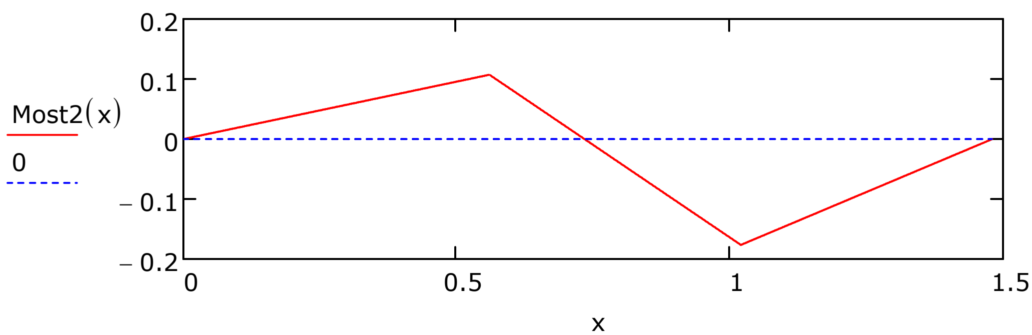
$$Mp2(x) = \begin{cases} 0 & \text{if } x < L1 \\ \dfrac{-(x-L1)}{\left(\dfrac{L2}{2}\right)} \cdot \dfrac{L2}{4} & \text{if } x > L1 \\ \dfrac{\left[x - \left(L1 + \dfrac{L2}{2}\right)\right]}{\left(\dfrac{L2}{2}\right)} \cdot \dfrac{L2}{4} - \dfrac{L2}{4} & \text{if } x > L1 + \dfrac{L2}{2} \end{cases}$$



$$\Delta 2 = \int_0^{Lb} M1(x) \cdot Mp2(x)\, dx = -0.053\, m^2$$

$$X = \frac{-\Delta 2}{\delta 11} = 0.107\, m$$

$$Most2(x) = M1(x) \cdot X + Mp2(x)$$



$$Most2(L1 + 0.001 \cdot m) = 106.614 \cdot mm$$

$$Most2\left(L1 + \frac{L2}{2} + 0.01 \cdot m\right) = -172.55 \cdot mm$$

$$\delta d_{1,1} = \int_0^{Lb} \frac{Most1(x) \cdot Most1(x)}{E \cdot J} dx = 31.857 \cdot \frac{mm}{kN}$$

$$\delta d_{1,2} = \int_0^{Lb} \frac{Most1(x) \cdot Most2(x)}{E \cdot J} dx = -23.469 \cdot \frac{mm}{kN}$$

$$\delta d_{2,1} = \int_0^{Lb} \frac{Most1(x) \cdot Most2(x)}{E \cdot J} dx = -23.469 \cdot \frac{mm}{kN}$$

$$\delta d_{2,2} = \int_0^{Lb} \frac{Most2(x) \cdot Most2(x)}{E \cdot J} dx = 115.552 \cdot \frac{mm}{kN}$$

$$\left(\delta d_{1,1} \cdot Ma_{1,1} \cdot \omega^2 - 1\right) \cdot A_1 + \delta d_{1,2} \cdot Ma_{2,2} \cdot \omega^2 \cdot A_2 = 0$$

$$\delta d_{1,2} \cdot Ma_{1,1} \cdot \omega^2 \cdot A_1 + \left(\delta d_{2,2} \cdot Ma_{2,2} \cdot \omega^2 - 1\right) \cdot A_2 = 0$$

$\omega = \text{eigenvals}(\delta d \cdot Ma)^{-0.5} =$

	1
1	358.052
2	145.525

$\frac{1}{s}$

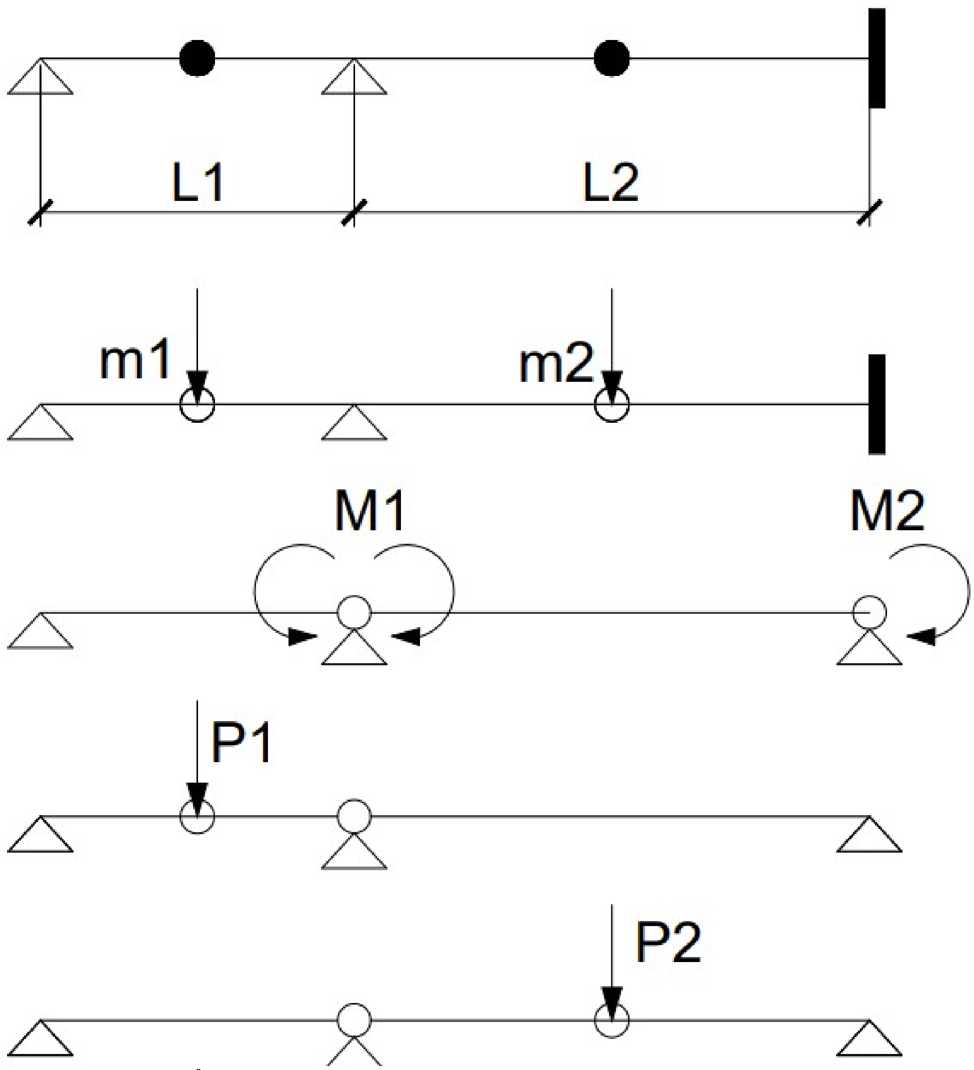
Problem własny dla belki podpartej przegubowo

$f = \frac{\omega}{2 \cdot \pi} =$

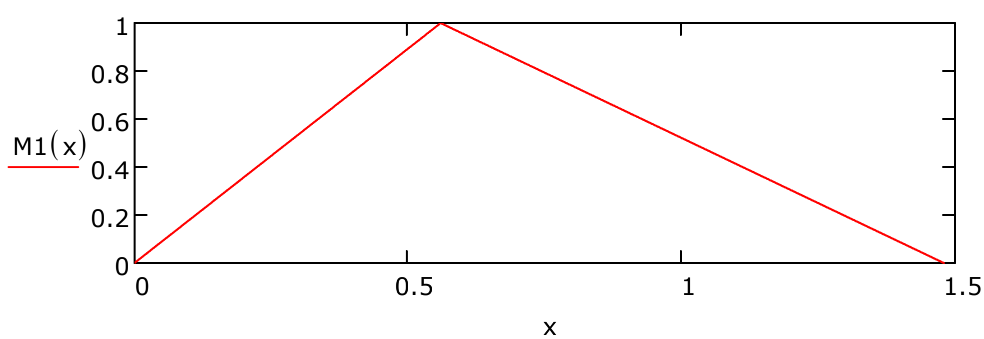
	1
1	56.986
2	23.161

$\cdot Hz$

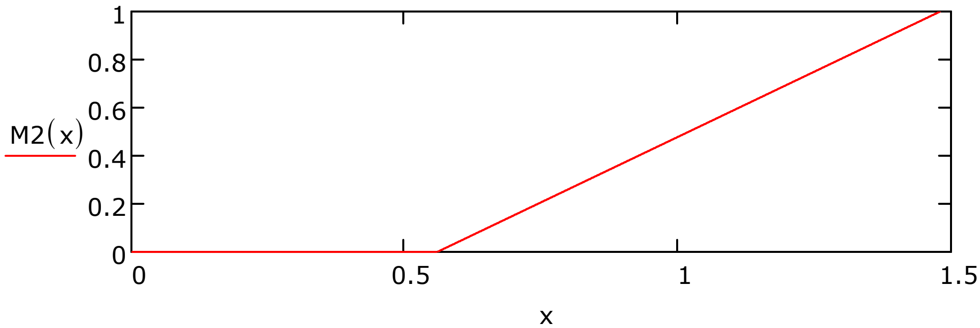
Belka utwierdzona z jednego końca



$$M1(x) = \begin{cases} \dfrac{x}{L1} & \text{if} \quad x < L1 \\[2ex] \dfrac{-(x - L1)}{L2} + 1 & \text{if} \quad x > L1 \end{cases}$$



$$M2(x) = \begin{cases} 0 & \text{if } x < L1 \\ \dfrac{(x - L1)}{L2} & \text{if } x > L1 \end{cases}$$



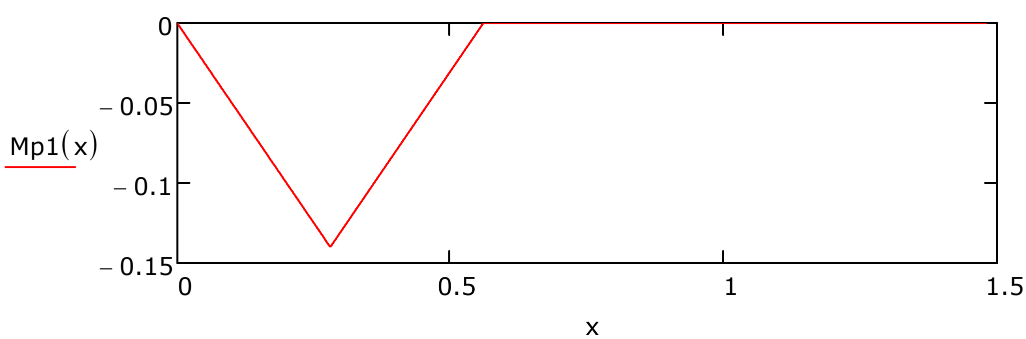
$$\delta u_{1,1} = \int_0^{Lb} M1(x) \cdot M1(x)\, dx = 0.493\,m$$

$$\delta u_{1,2} = \int_0^{Lb} M1(x) \cdot M2(x)\, dx = 0.153\,m$$

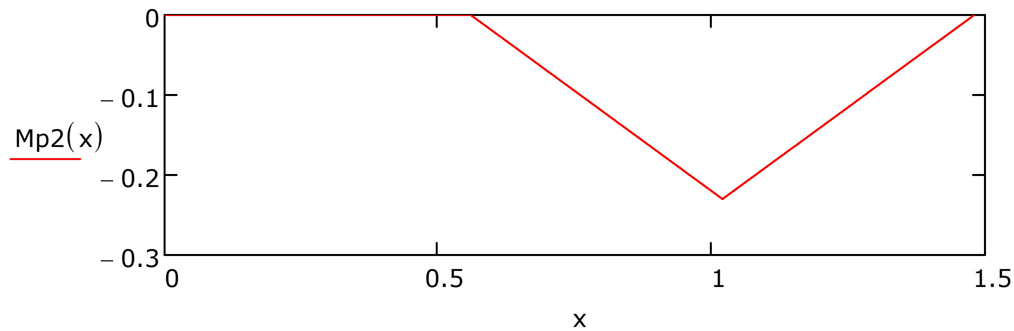
$$\delta u_{2,1} = \int_0^{Lb} M1(x) \cdot M2(x)\, dx = 0.153\,m$$

$$\delta u_{2,2} = \int_0^{Lb} M2(x) \cdot M2(x)\, dx = 0.307\,m$$

$$Mp1(x) = \begin{cases} \dfrac{-x}{\frac{L1}{2}} \cdot \dfrac{L1}{4} & \text{if } x < \dfrac{L1}{2} \\ \left(\dfrac{x - \frac{L1}{2}}{\frac{L1}{2}} \cdot \dfrac{L1}{4} - \dfrac{L1}{4} \right) & \text{if } x > \dfrac{L1}{2} \\ 0 & \text{if } x > L1 \end{cases}$$



$$Mp2(x) = \begin{cases} 0 & \text{if } x < L1 \\ \dfrac{-(x-L1)}{\left(\dfrac{L2}{2}\right)} \cdot \dfrac{L2}{4} & \text{if } x > L1 \\ \dfrac{\left[x - \left(L1 + \dfrac{L2}{2}\right)\right]}{\left(\dfrac{L2}{2}\right)} \cdot \dfrac{L2}{4} - \dfrac{L2}{4} & \text{if } x > L1 + \dfrac{L2}{2} \end{cases}$$

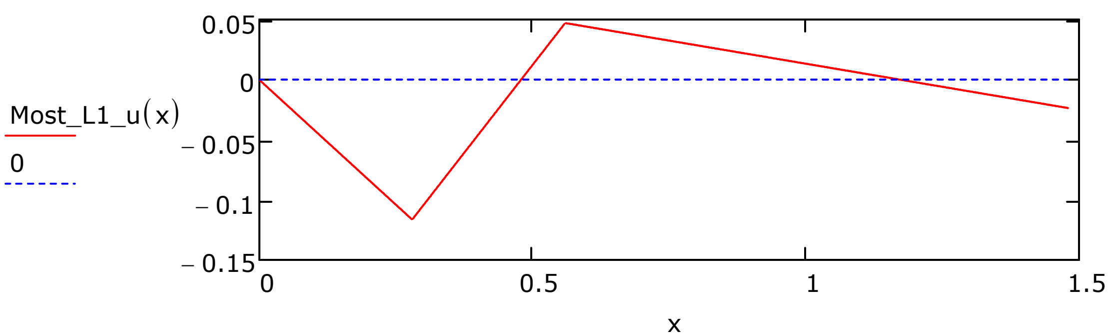


$$\Delta L1_1 = \int_0^{Lb} M1(x) \cdot Mp1(x)\, dx = -0.02\,m^2$$

$$\Delta L1_2 = \int_0^{Lb} M2(x) \cdot Mp1(x)\, dx = 0\,m^2$$

$$X = -\delta u^{-1} \cdot \Delta L1 = \begin{array}{c|c} & 1 \\ \hline 1 & 0.047 \\ 2 & -0.024 \end{array}\ m$$

$$Most\_L1\_u(x) = M1(x) \cdot X_1 + M2(x) \cdot X_2 + Mp1(x)$$



$Most\_L1\_u(L1 + 0.001 \cdot m) = 47.067 \cdot mm$

$Most\_L1\_u\left(L1 + \frac{L2}{2} + 0.01 \cdot m\right) = 11.017 \cdot mm$

$Most\_L1\_u(L1 + L2 - 0.01 \cdot m) = -22.803 \cdot mm$

$$\Delta L2_1 = \int_0^{Lb} M1(x) \cdot Mp2(x)\, dx = -0.053\, m^2$$

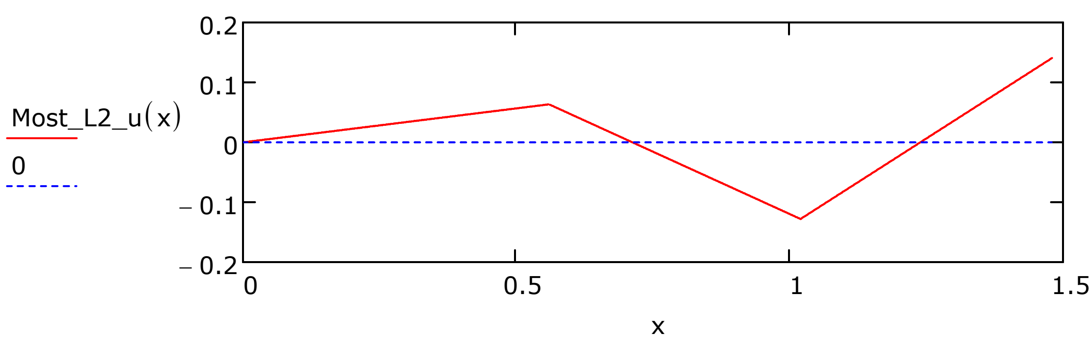
$$\Delta L2_2 = \int_0^{Lb} M2(x) \cdot Mp2(x)\, dx = -0.053\, m^2$$

$X = -\delta u^{-1} \cdot \Delta L2 =$

	1
1	0.063
2	0.141

m

$Most\_L2\_u(x) = M1(x) \cdot X_1 + M2(x) \cdot X_2 + Mp2(x)$



$Most\_L2\_u(L1 + 0.001 \cdot m) = 63.064 \cdot mm$

$Most\_L2\_u\left(L1 + \frac{L2}{2} + 0.01 \cdot m\right) = -122.04 \cdot mm$

$Most\_L2\_u(L1 + L2 - 0.01 \cdot m) = 134.92 \cdot mm$

$$\delta du_{1,1} = \int_0^{Lb} \frac{Most\_L1\_u(x) \cdot Most\_L1\_u(x)}{E \cdot J}\, dx = 30.253 \cdot \frac{mm}{kN}$$

$$\delta du_{1,2} = \int_0^{Lb} \frac{Most\_L1\_u(x) \cdot Most\_L2\_u(x)}{E \cdot J}\, dx = -13.903 \cdot \frac{mm}{kN}$$

$$\delta du_{2,1} = \int_0^{Lb} \frac{Most\_L2\_u(x) \cdot Most\_L1\_u(x)}{E \cdot J}\, dx = -13.903 \cdot \frac{mm}{kN}$$

$$\delta du_{2,2} = \int_0^{Lb} \frac{Most\_L2\_u(x) \cdot Most\_L2\_u(x)}{E \cdot J}\, dx = 59.078 \cdot \frac{mm}{kN}$$

$$\left(\delta du_{1,1} \cdot Ma_{1,1} \cdot \omega^2 - 1\right) \cdot A_1 + \delta du_{1,2} \cdot Ma_{2,2} \cdot \omega^2 \cdot A_2 = 0$$

$$\delta du_{1,2} \cdot Ma_{1,1} \cdot \omega^2 \cdot A_1 + \left(\delta du_{2,2} \cdot Ma_{2,2} \cdot \omega^2 - 1\right) \cdot A_2 = 0$$

$\omega u = eigenvals(\delta du \cdot Ma)^{-0.5} =$

	1
1	362.999
2	201.153

$\frac{1}{s}$

Belka z utwierdzeniem

$fu = \frac{\omega u}{2 \cdot \pi} =$

	1
1	57.773
2	32.015

$\cdot Hz$

Belka bez utwierdzenia

$f =$

	1
1	56.986
2	23.161

$\frac{1}{s}$

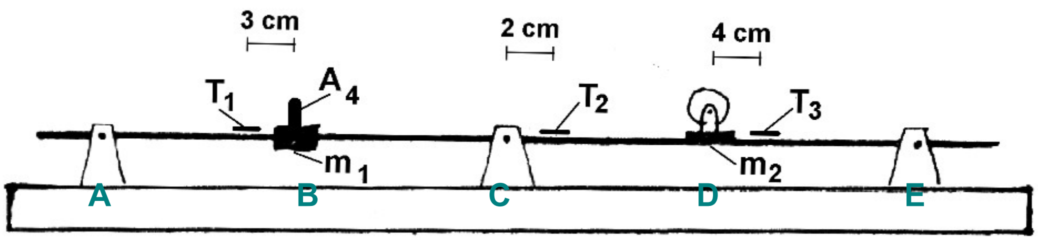
Belka porównania

$$\frac{f - fu}{f} = \begin{array}{|c|c|}\hline & 1 \\ \hline 1 & -1.382 \\ \hline 2 & -38.226 \\ \hline\end{array} \cdot \%$$

Zmierzone wielkości częstotliwości drgań własnych nalezy porównać z obliczonymi

Belka bez utwierdzenia drgania wymuszone

$$\begin{cases} \delta_{11x}\cdot X_{1d} + \delta_{12D}\cdot X_{2d} + \delta_{1P} = 0 \\ \delta_{12D}\cdot X_{1d} + \delta_{22x}\cdot X_{2d} + \delta_{2P} = 0 \end{cases}$$



Dane podstawowe:

Masa skupiona na przeslach

Ma =

	1	2
1	0.299	0
2	0	0.394

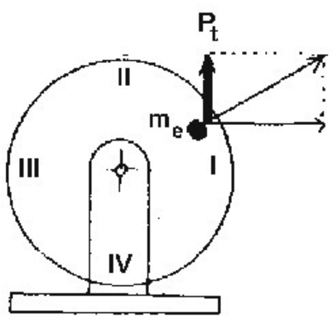
kg

Masa wirujaca $m_e = 7.36\cdot 10^{-3}\cdot kg$

Mimosród $e = 0.01675\cdot m$

Przyspieszenie ziemskie $g = 9.81\cdot \frac{m}{sec^2}$

$P_t = P_0 \sin pt$ $\qquad P_0 = m_e \cdot p^2 \cdot e$



$0 - P_t = 0$

$\frac{\pi}{2} - P_t = P_0$

$\pi - P_t = 0$

$\frac{3}{2}\pi - P_t = -P_0$

$2\pi - P_t = 0$

Dane obliczane:

Przykładowa czestotliwosc zadana $fw = 12.5 \cdot Hz$

Czestosc kolowa wymuszenia $p = 2 \cdot \pi \cdot fw$ $p = 78.54 \cdot \frac{rad}{sec}$ $p^2 = 6168.503 \cdot \left(\frac{rad}{sec}\right)^2$

Sila wymuszajaca $P_0 = m_e \cdot e \cdot p^2$ $P_0 = 0.76 \cdot N$

Sila ciezkosci $G_1 = Ma_{1,1} \cdot g$ $G_1 = 2.931 \cdot N$

$G_2 = Ma_{2,2} \cdot g$ $G_2 = 3.863 \cdot N$

Delty dynamiczne

$\delta D = \delta d =$

	1	2
1	31.857	-23.469
2	-23.469	115.552

$\cdot \frac{mm}{kN}$

Delty modyfikowane

$$\delta D_{1,1} = \delta D_{1,1} - \frac{1}{Ma_{1,1} \cdot p^2}$$

$$\delta D_{2,2} = \delta D_{2,2} - \frac{1}{Ma_{2,2} \cdot p^2}$$

$\delta D =$

	1	2
1	-510.665	-23.469
2	-23.469	-296.147

$\cdot \frac{mm}{kN}$

Delty od stanu P

$\Delta P_1 = P_0 \cdot \delta d_{1,2} = -0.018 \cdot mm$

$\Delta P_2 = P_0 \cdot \delta d_{2,2} = 0.088 \cdot mm$

$$\begin{cases} \delta_{11x} \cdot X_{1d} + \delta_{12D} \cdot X_{2d} + \delta_{1P} = 0 \\ \delta_{12D} \cdot X_{1d} + \delta_{22x} \cdot X_{2d} + \delta_{2P} = 0 \end{cases}$$

$B = -\delta D^{-1} \cdot \Delta P =$

	1
1	-0.049
2	0.301

N

Belka z utwierdzeniem drgania wymuszone

Delty dynamiczne

$$\delta Du = \delta du = \begin{array}{c|c|c} & 1 & 2 \\ \hline 1 & 30.253 & -13.903 \\ 2 & -13.903 & 59.078 \end{array} \cdot \frac{mm}{kN}$$

Delty modyfikowane

$$\delta Du_{1,1} = \delta Du_{1,1} - \frac{1}{Ma_{1,1} \cdot p^2}$$

$$\delta Du_{2,2} = \delta Du_{2,2} - \frac{1}{Ma_{2,2} \cdot p^2}$$

$$\delta Du = \begin{array}{c|c|c} & 1 & 2 \\ \hline 1 & -512.269 & -13.903 \\ 2 & -13.903 & -352.621 \end{array} \cdot \frac{mm}{kN}$$

Delty od stanu P

$$\Delta P_1 = P_0 \cdot \delta du_{1,2} = -0.011 \cdot mm$$

$$\Delta P_2 = P_0 \cdot \delta du_{2,2} = 0.045 \cdot mm$$

$$\begin{cases} \delta_{11x} \cdot X_{1d} + \delta_{12D} \cdot X_{2d} + \delta_{1P} = 0 \\ \delta_{12D} \cdot X_{1d} + \delta_{22x} \cdot X_{2d} + \delta_{2P} = 0 \end{cases}$$

$$Bu = -\delta Du^{-1} \cdot \Delta P = \begin{array}{c|c} & 1 \\ \hline 1 & -0.024 \\ 2 & 0.128 \end{array} N$$

$$B = \begin{array}{c|c} & 1 \\ \hline 1 & -0.049 \\ 2 & 0.301 \end{array} N$$

$$\frac{B - Bu}{B} = \begin{array}{|c|c|} \hline & 1 \\ \hline 1 & 50.531 \\ \hline 2 & 57.297 \\ \hline \end{array} \cdot \%$$

Przyśpieszenia do porównań
(II zas Dynamiki)

$$a_u = \begin{pmatrix} \frac{Bu_1}{Ma_{1,1}} \\ \frac{Bu_2}{Ma_{2,2}} \end{pmatrix} = \begin{array}{|c|c|} \hline & 1 \\ \hline 1 & -80.726 \\ \hline 2 & 325.973 \\ \hline \end{array} \cdot \frac{mm}{s^2}$$

$$a_p = \begin{pmatrix} \frac{B_1}{Ma_{1,1}} \\ \frac{B_2}{Ma_{2,2}} \end{pmatrix} = \begin{array}{|c|c|} \hline & 1 \\ \hline 1 & -163.186 \\ \hline 2 & 763.344 \\ \hline \end{array} \cdot \frac{mm}{s^2}$$

Odpowiedź konstrukcji dla dowolnej wiekości częstotliwości

Belka podparta przegubowo

częstotlowośc wymuszenia $fz = 0, 0.1 \cdot Hz .. 100 \cdot Hz$

delty zmodyfikowane

$$del_{1.1}(fz) = \delta d_{1,1} - \frac{1}{Ma_{1,1} \cdot (2 \cdot \pi \cdot fz)^2}$$

$$del_{2.2}(fz) = \delta d_{2,2} - \frac{1}{Ma_{2,2} \cdot (2 \cdot \pi \cdot fz)^2}$$

wyrazy wolne UR

$$DP_1(fz) = m_e \cdot e \cdot \left[(2 \cdot \pi \cdot fz)^2\right] \cdot \delta d_{1,2}$$

$$DP_2(fz) = m_e \cdot e \cdot \left[(2 \cdot \pi \cdot fz)^2\right] \cdot \delta d_{2,2}$$

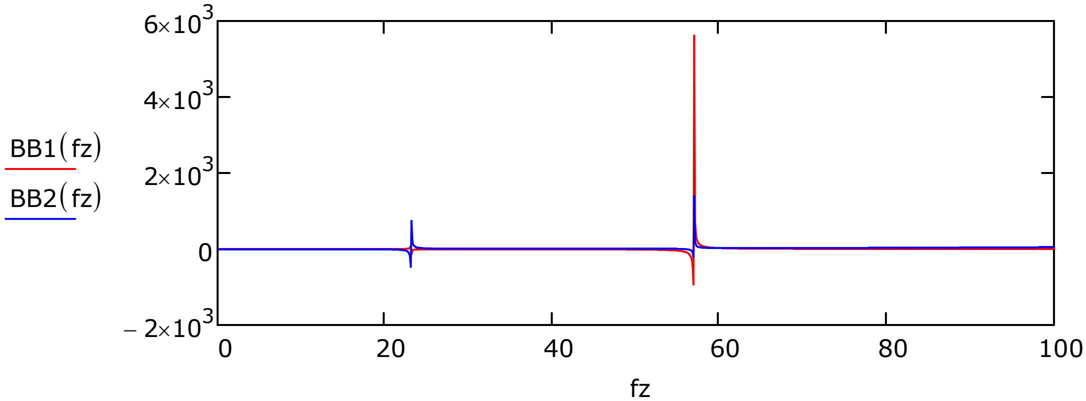
Rozwiazane przy pomocy wyznaczników

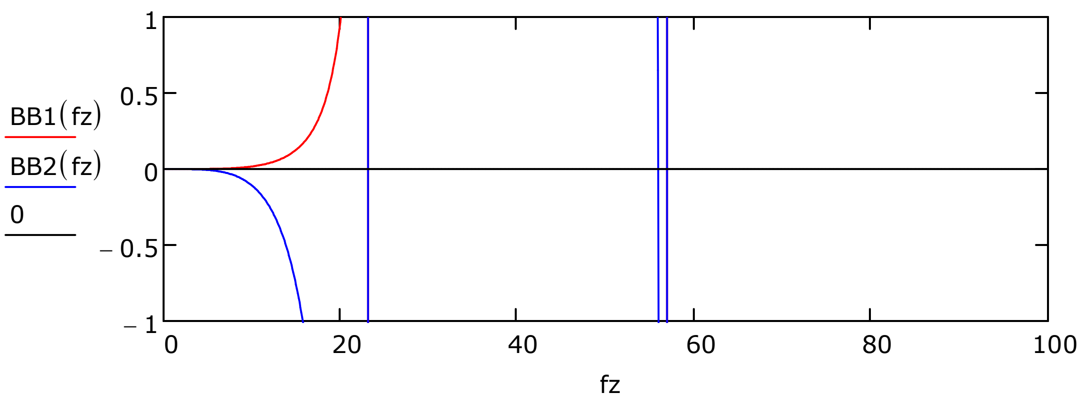
$$Wg(fz) = del_{1.1}(fz) \cdot del_{2.2}(fz) - \delta D_{1,2} \cdot \delta D_{2,1}$$

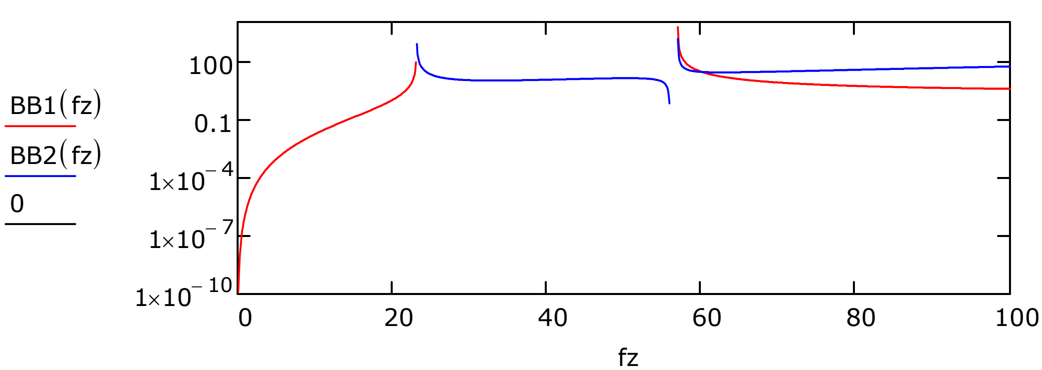
$$WB1(fz) = DP_1(fz) \cdot del_{2.2}(fz) - \delta D_{1,2} \cdot DP_2(fz)$$

$$WB2(fz) = DP_2(fz) \cdot del_{1.1}(fz) - \delta D_{1,2} \cdot DP_1(fz)$$

$$BB1(fz) = \frac{WB1(fz)}{Wg(fz)} \qquad BB2(fz) = \frac{WB2(fz)}{Wg(fz)}$$





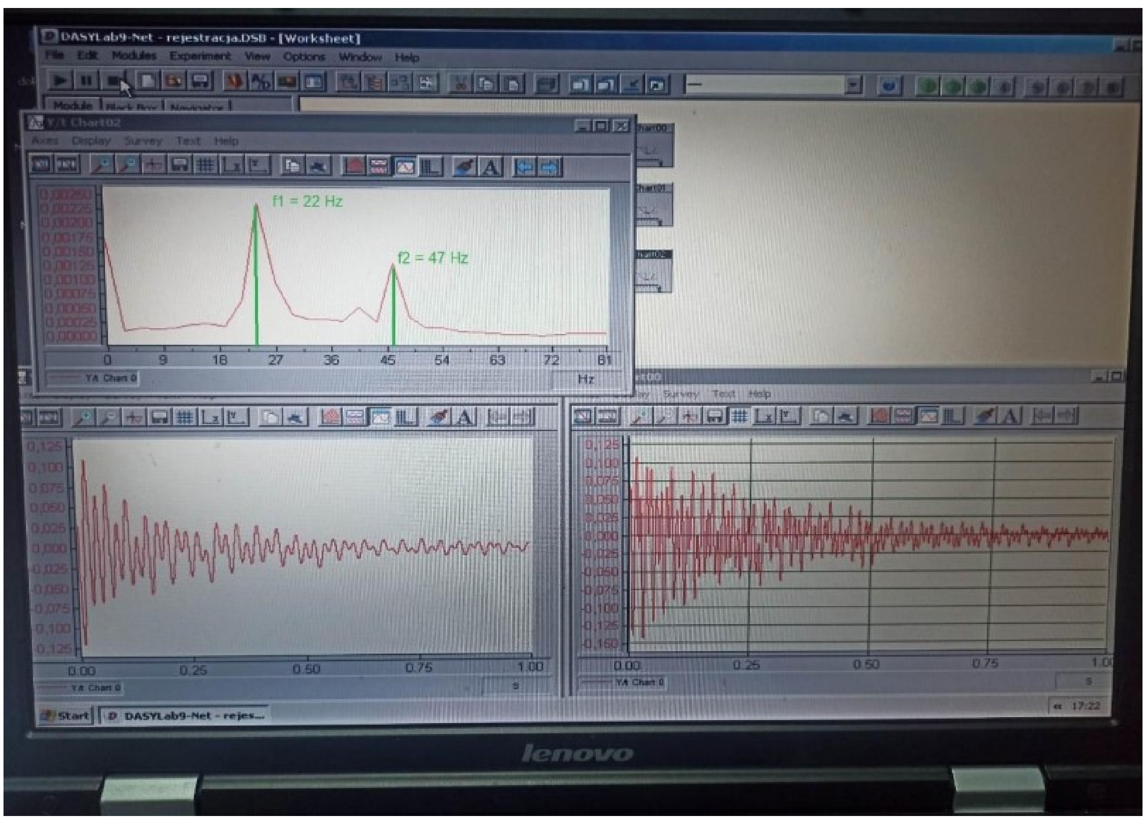


Znając czestotlowośc wymuszenia i odpowiedz w dziedznie czestotliwośc wykonaćporównanie wartości obliczonych z zmierzonych

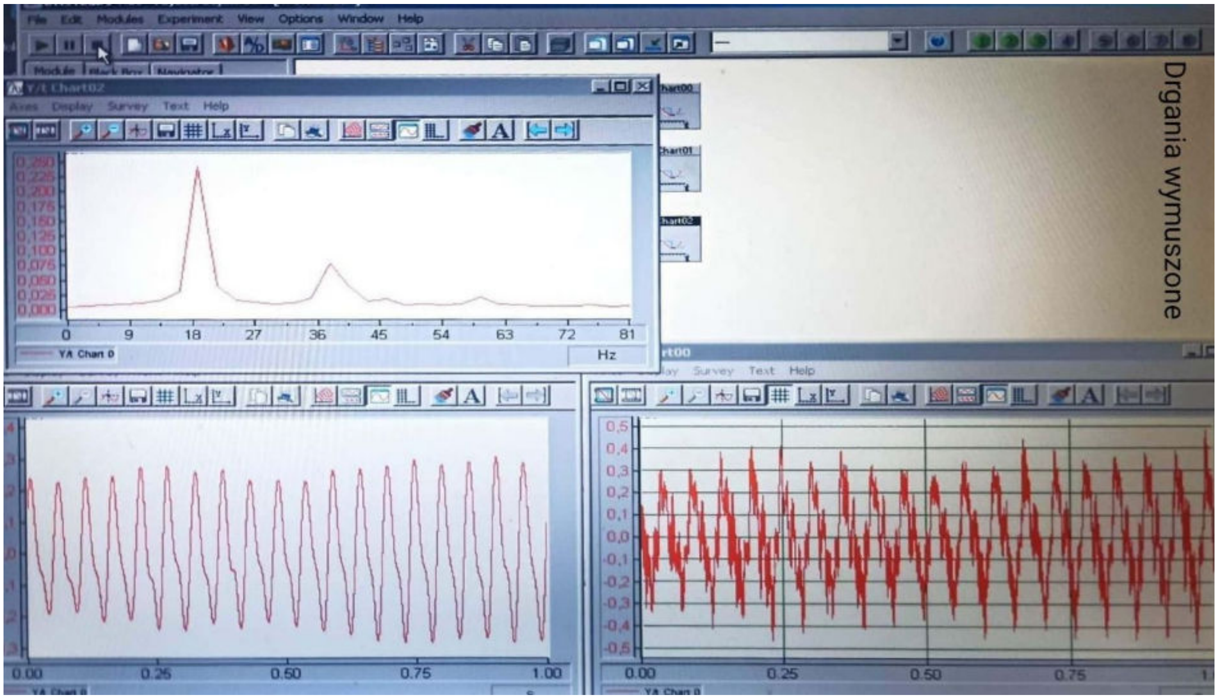
Tok postepowania-LAB 4

1) Obliczone wartości częstotliwości (pierwszą i drugą) odpowiednio dla belki 1 i 2 porównać ze zmierzonymi pokazanymi na transformacie Fouriera (zdjęcia - zrzuty ekranow, które Państwo robili - np Rys.1)
2) Siła bezwładności przy wymuszeniu - z wibrogramu (rys.2) po eliminacji czestości własnych (pkt.1) wybrać czętotliwośc wymuszenia, która implementujemy jak p (częstość kołowa) do procedury (pkt drgania wymuszone) obliczając siły bezwładności. Ponieważ rejestrowaliśmy przyśpieszenia w pkt 1 to znjąc mase możemy obliczyć siłę (zgodnie z II zas Dynamiki Newtona) którą porównujemy z obliczoną.

3) W obu punktach obliczyc błędy.



Rys.1 Problem własny belki



Rys.2 Drgania wymuszone silnikiem - tutaj częstotliwośc wymuszenia wynosi około 19 Hz