

Joanna Dulińska

Radosław Szczerba

*Wpływ parametrów fizykomechanicznych betonu
i elastomeru na charakterystyki dynamiczne
wieloprzęsłowego mostu żelbetowego z łożyskami
elastomerowymi*

***Impact of mechanical properties of concrete and
elastomeric material on dynamic characteristics of RC
bridge with elastomeric bearings***

Zakopane, 2013

WPROWADZENIE

W pracy dokonano analizy właściwości dynamicznych żelbetowego mostu wieloprzęsłowego z łożyskami elastomerowymi.

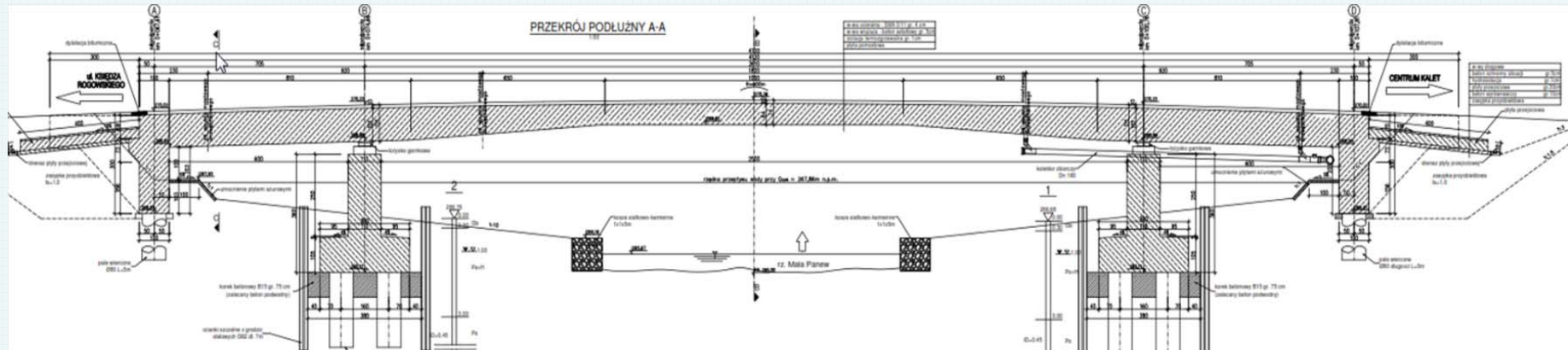
Numeryczny model mostu został utworzony przy użyciu oprogramowania ABAQUS.

Dwuparametrowy model Mooney-Rivlina, dobrze opisujący zachowanie hiperelastycznego nieliniowego materiału elastomeru pod obciążeniem dynamicznym, został zastąpiony równoważnym modelem sprężysto-liniowym.

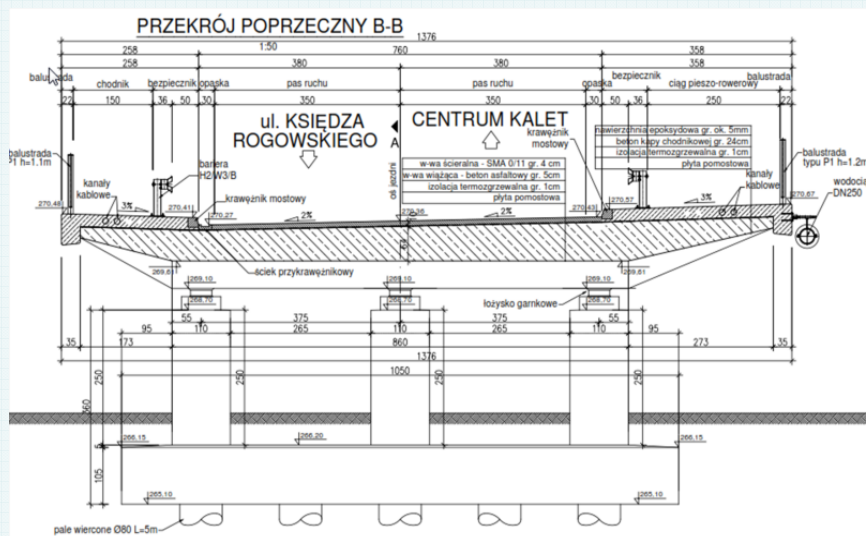
Przeprowadzono analizę porównawczą częstotliwości drgań własnych mostu uzyskanych dla różnych właściwości mechanicznych betonu oraz elastomeru.

Udowodniono, że częstotliwości drgań własnych mostu silnie zależą od współczynnika Poisson'a łożysk elastomerowych.

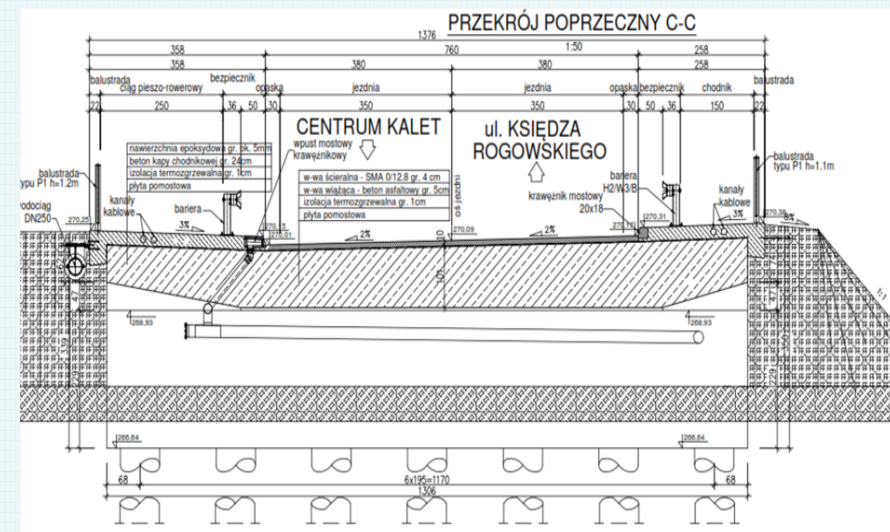
PARAMETRY MOSTU ŻELBETOWEGO



Przekrój podłużny A-A



Przekrój poprzeczny B-B



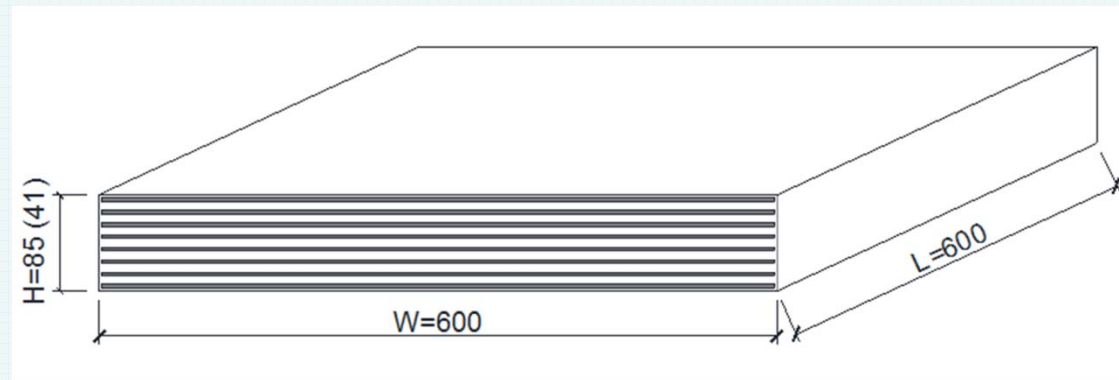
Przekrój poprzeczny C-C

PARAMETRY MOSTU ŻELBETOWEGO

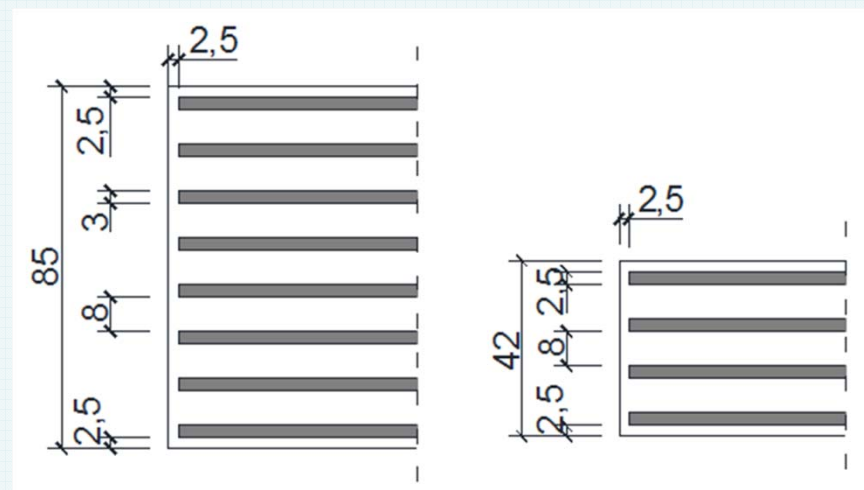
Zestawienie podstawowych parametrów technicznych mostu:

- układ statyczny: rama trójprzęsłowa,
- rozpiętość teoretyczna $L_t = 7,05 \text{ m} + 26,10 \text{ m} + 7,05 \text{ m}$,
- całkowita długość obiektu: $L_c = 47,20 \text{ m}$,
- całkowita szerokość ustroju niosącego: $B = 13,76 \text{ m}$,
- szerokość jezdni na obiekcie: $B_{u1} = 2 \times 3,50 \text{ m}$,
- szerokość użytkowa chodnika: $B_{u2} = 1,50 \text{ m}$,
- szerokość ciągu pieszo-rowerowego: $B_{u3} = 2,50 \text{ m}$,
- spadek poprzeczny jezdni: jednostronny zmienny od -2,0 do +5 %
- przeszkoda: rzeka Mała Panew.

PARAMETRY ŁOŻYSKA ELASTOMEROWEGO

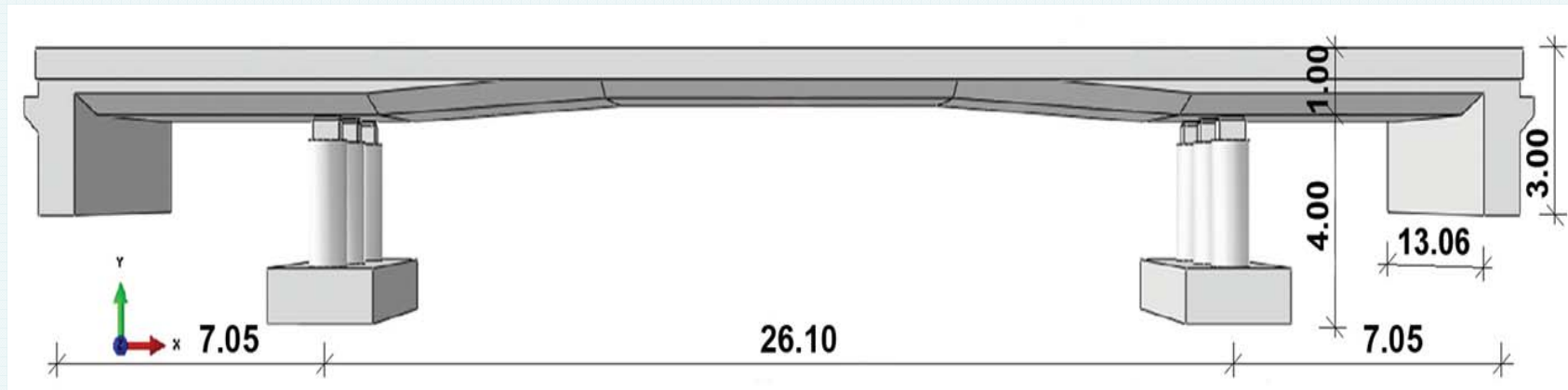


Gabaryty łożysk zastosowanych w analizie: 85 (42) x 600 x 600 [mm]

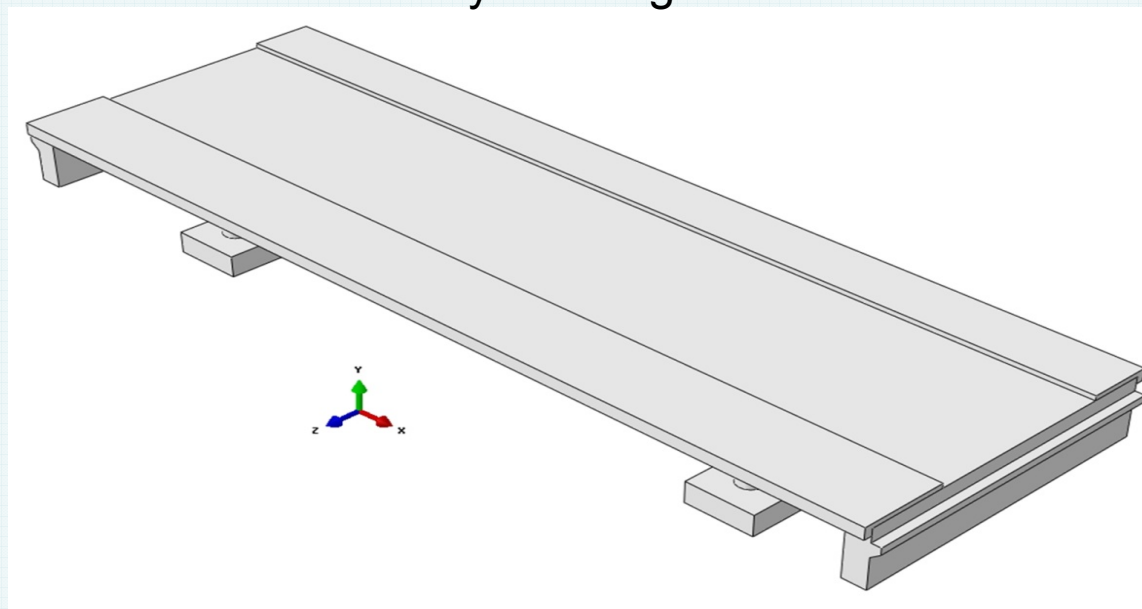


Konstrukcja łożysk elastomerowych w dwóch wariantach wysokości: 42 mm oraz 85mm - kolorem szarym zaznaczono zbrojenie stalowe, białym elastomer

REALIZACJA MODELU OBLICZENIOWEGO MOSTU

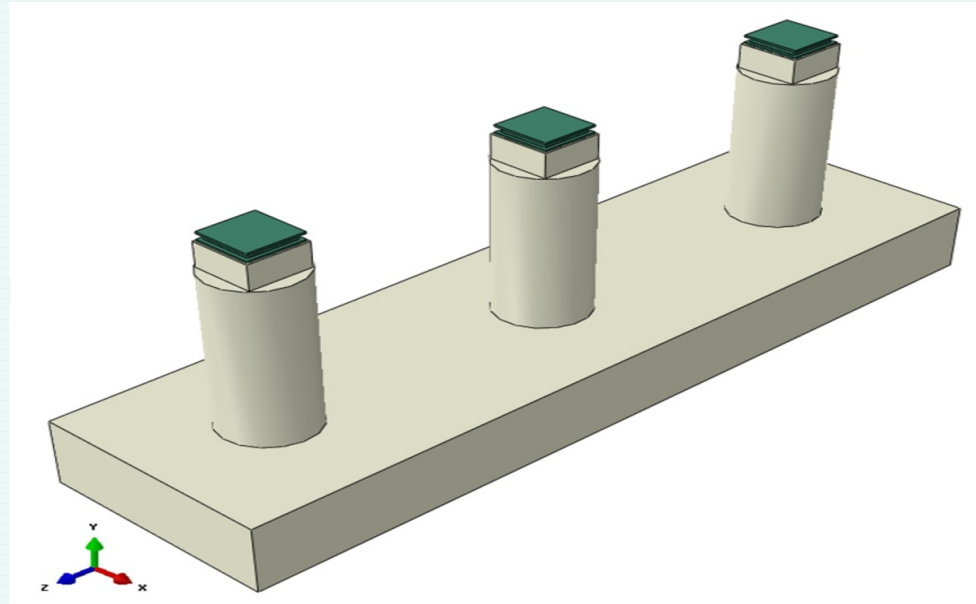


Widok z boku wykonanego modelu mostu

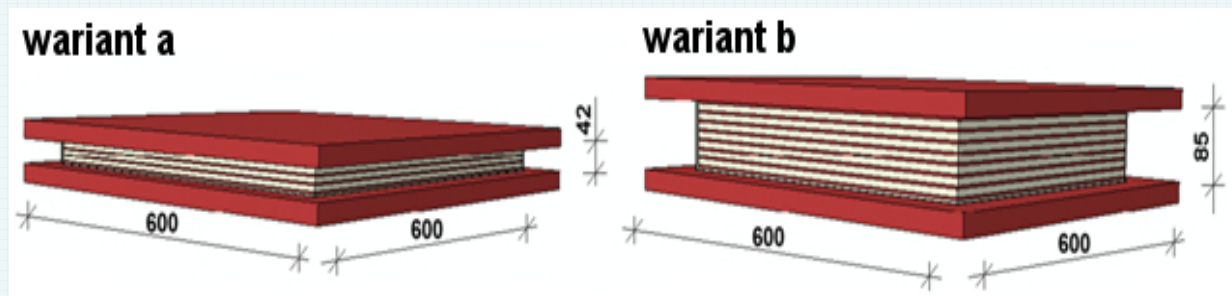


Aksonometria wykonanego modelu mostu

REALIZACJA MODELU OBLICZENIOWEGO MOSTU

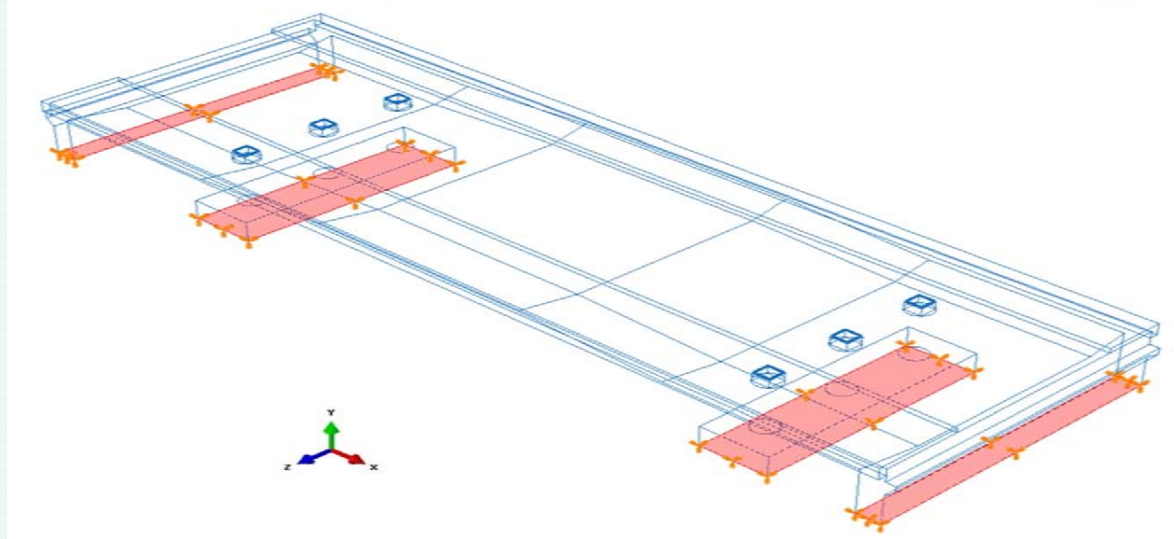


Aksonometria podpór pośrednich mostu i ułożonych
na wierzchu kolumn łożysk elastomerowych

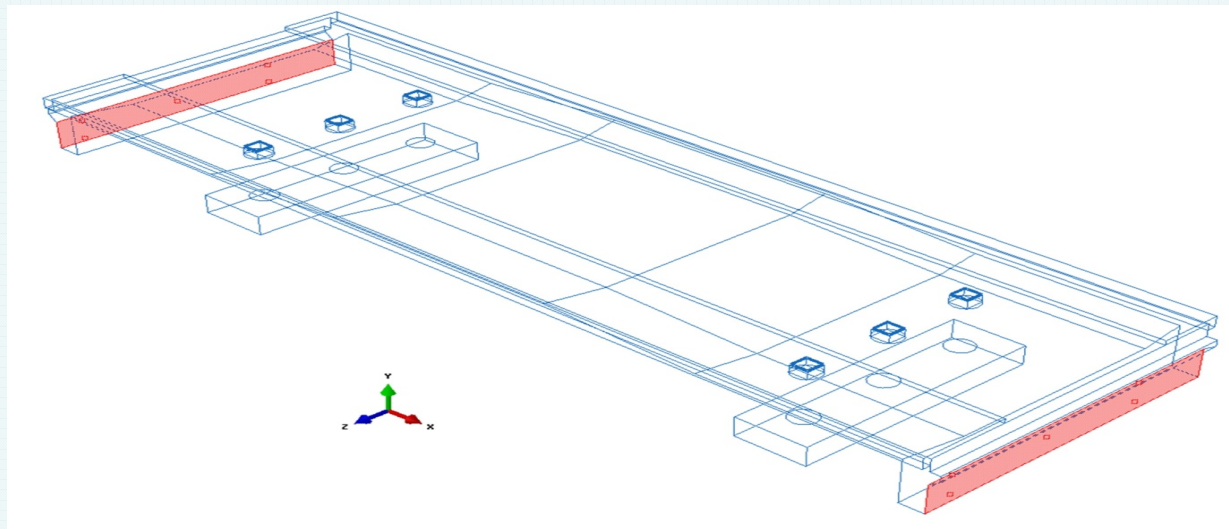


Aksonometria łożysk elastomerowych o wysokości 42 mm oraz
85 mm zastosowanych w dwóch wariantach modelu obliczeniowego

REALIZACJA MODELU OBLICZENIOWEGO MOSTU



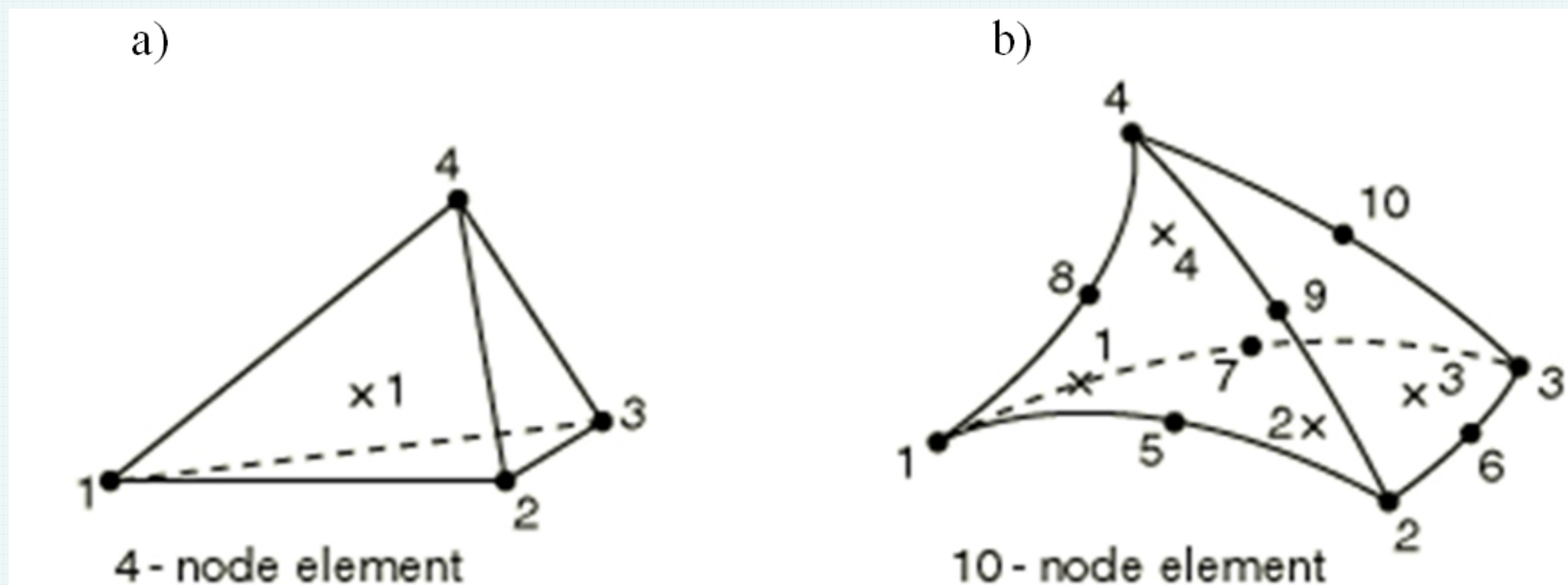
Zadanie utwierdzenia



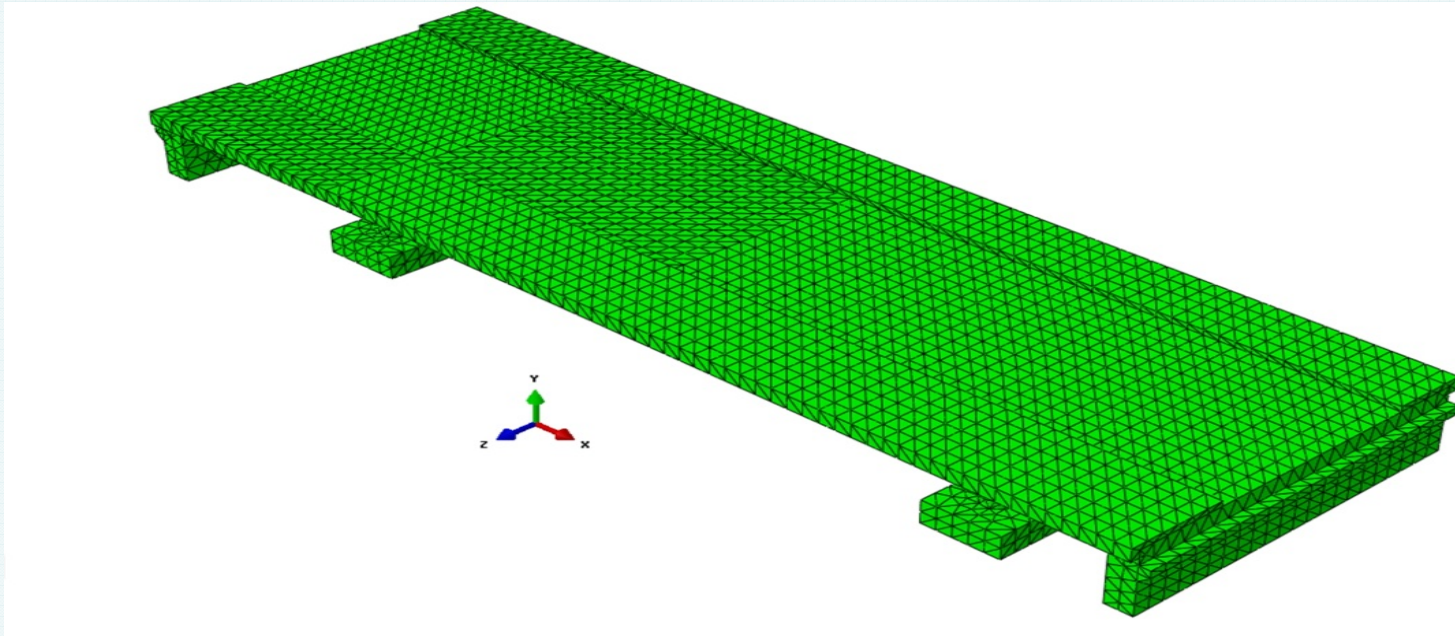
Zadanie interakcji przyczółków z gruntem

DYSKRETYZACJA MODELU OBLICZENIOWEGO

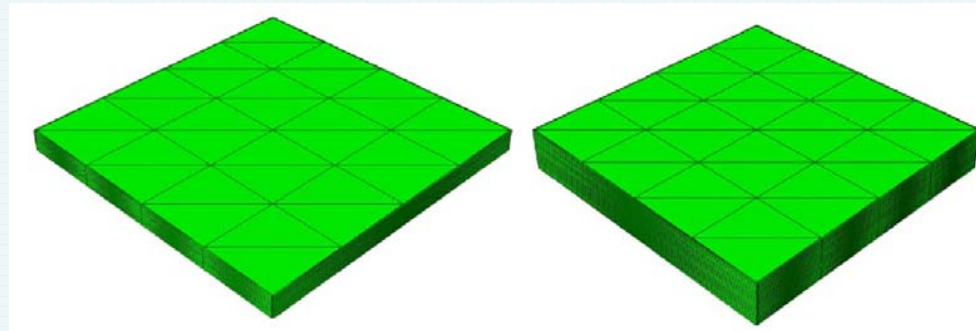
W niniejszej pracy do dyskretyzacji modelu mostu zastosowano czworościenne dostosowane elementy dziesięciowęzłowe, o nazwie C3D10 (*10-node quadratic tetrahedron*) oraz ich liniowe odpowiedniki, czterowęzłowe C3D4 (*4-node linear tetrahedron*). Pomost oraz podpory pośrednie mostu zdyskretyzowano ostatecznie elementami o wielkości 0,5 m. Na łożyska, ze względu na ich mały wymiar, nałożono elementy o boku 0,15m. Model liczy 46955 elementów skończonych.



DYSKRETYZACJA MODELU OBLICZENIOWEGO



Model numeryczny mostu- aksonometria

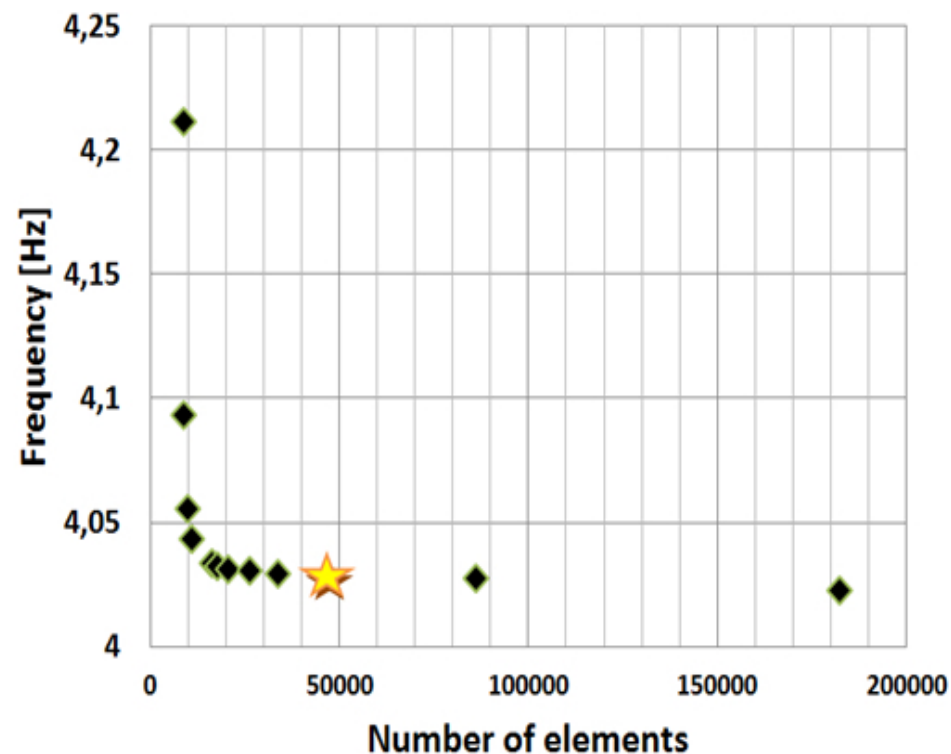


Model numeryczny łożysk z zagęszczoną siatką MES

DOBÓR WIELKOŚCI ELEMENTÓW SKOŃCZONYCH

W celu uzyskania prawidłowej dyskretyzacji modelu skończenie elementowego, która gwarantuje poprawność i zbieżność rozwiązania, przeprowadzono analizę porównawczą częstotliwości drgań własnych otrzymanych przy zastosowaniu różnych typów i różnej wielkości elementów skończonych.

Number of elements	Size of element [m]	First natural frequency [Hz]
4,0m- size of element is too large		
8722	3,0	4,212
8816	2,5	4,094
9720	2,0	4,056
10866	1,5	4,044
16190	1,0	4,034
17554	0,9	4,033
20414	0,8	4,032
26011	0,7	4,031
33714	0,6	4,030
46955	0,5	4,029
85867	0,4	4,028
182257	0,3	4,023



Wpływ wielkości elementów skończonych na pierwszą częstotliwość własną.

WPŁYW RODZAJU ES NA CHARAKTERYSTYKI DYNAMICZNE

W celach porównawczych pracy zastosowano dwa rodzaje elementów skończonych dostępnych w bibliotece programu ABAQUS:

elementy czworościenne cztero- oraz dziesięciowęzłowe

No.	Frequency [Hz]		Difference [%]
	4-node	10-node	
1.	4,639	4,029	13,15
2.	8,033	6,511	18,95
3.	10,001	8,785	12,16
4.	14,275	11,673	18,23
5.	15,067	14,268	5,30
6.	17,287	15,087	12,73
7.	20,506	17,656	13,90
8.	22,283	18,266	18,03
9.	24,670	19,613	20,50
10.	28,385	23,975	15,54

Wpływ rodzaju elementów skończonych na częstotliwości własne.

WIELKOŚĆ ZADANIA

Wielkość zadania dla modelu mostu z łożyskami wysokości 42mm:

Liczba elementów MES	46955
Liczba węzłów MES	76240
Liczba stopni swobody	228720

Wielkość zadania dla modelu mostu z łożyskami wysokości 85mm:

Liczba elementów MES	58843
Liczba węzłów MES	93412
Liczba stopni swobody	280236

WPŁYW PARAMETRÓW BETONU NA CHARAKT. DYNAMICZNE

Dokonano analizy zależności częstotliwości drgań własnych mostu od modułu sprężystości betonu. Współczynnik Poisson'a został przyjęty nie zmiennie jako 0,17, a masa betonu na poziomie 2400 kg/m³. Moduł Young'a przyjęto z zakresu: E = 27 GPa (beton C25/30), E = 34 GPa (beton C35/45), E = 44 GPa (beton C90/105).

Frequency no.	Frequency [Hz]		
	E = 27 GPa	E = 34 GPa	E = 44 GPa
1	3.6	4.0	4.3
2	5.7	6.5	7.1
3	8.0	8.7	9.3
4	10.4	11.6	12.6
5	12.4	14.2	15.7

Wpływ modułu Young'a betonu na częstotliwości własne.

WPŁYW PARAMETRÓW ELASTOMERU NA CHAR. DYNAMICZNE

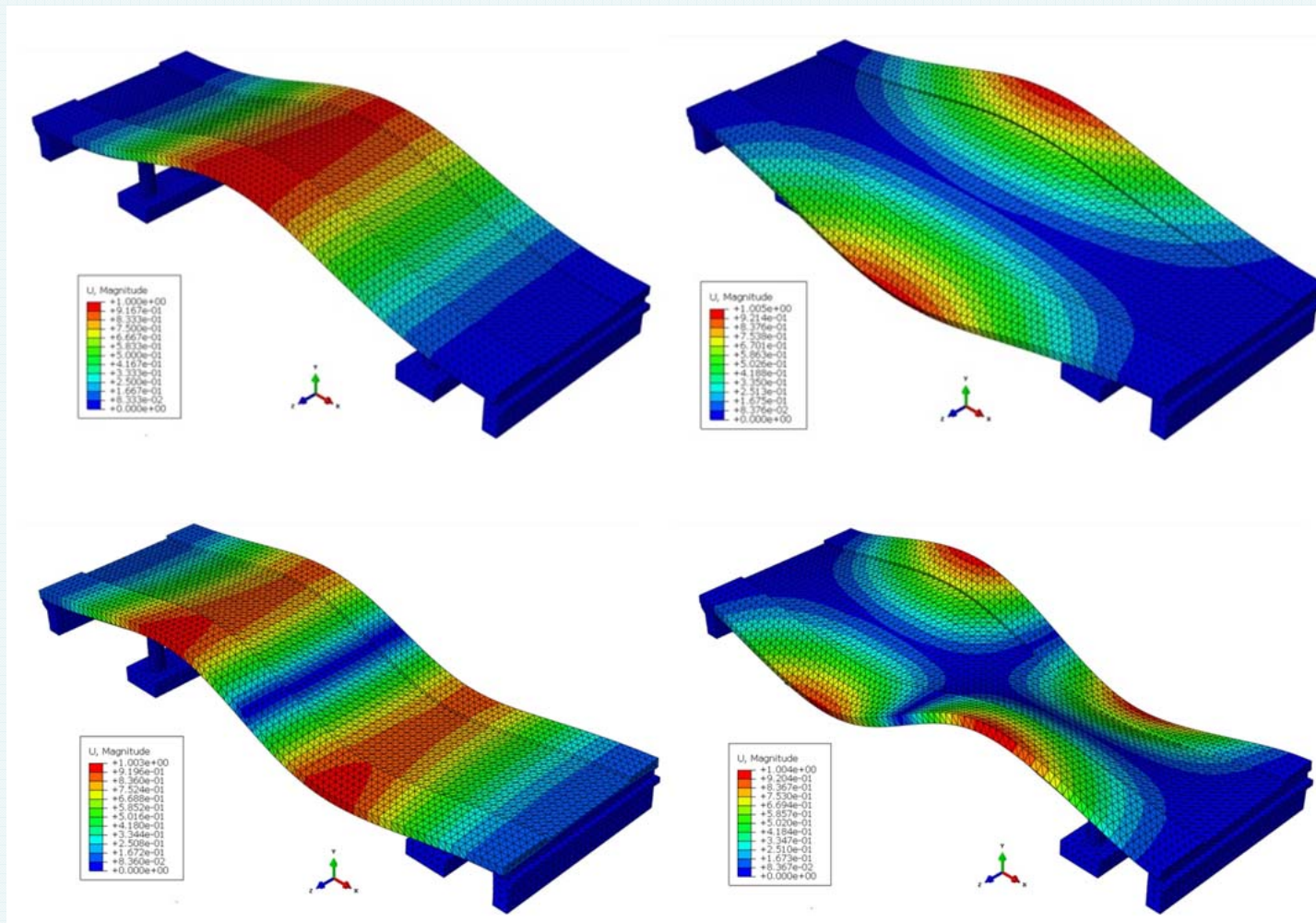
Przeprowadzono analizę zależności wartości pierwszych częstotliwości drgań własnych mostu od parametrów elastomeru użytego do wykonania łożysk. Za zmienną przyjęto współczynnik Poisson'a. Założono stały moduł Young'a $E=2,814$ MPa i wartość współczynnika Poisson'a z zakresu od 0,452 do 0,49995.

Frequency no.	Frequency [Hz]					
	$\nu = 0.452$	$\nu = 0.475$	$\nu = 0.490$	$\nu = 0.495$	$\nu = 0.4995$	$\nu = 0.49995$
1	3.2	3.5	4.0	4.3	4.7	4.8
2	5.9	6.1	6.5	6.848	7.5	7.7
3	6.7	7.4	8.7	9.787	11.3	11.6
4	10.4	10.8	11.6	12.563	14.7	14.8
5	12.5	13.2	14.2	14.456	14.8	15.3

Wpływ współczynnika Poisson'a elastomeru na częstotliwości własne.

POSTACI DRGAŃ WŁASNYCH MOSTU ŻELBETOWEGO

Na poniższych ilustracjach przedstawiono pierwsze postaci drgań własnych mostu.



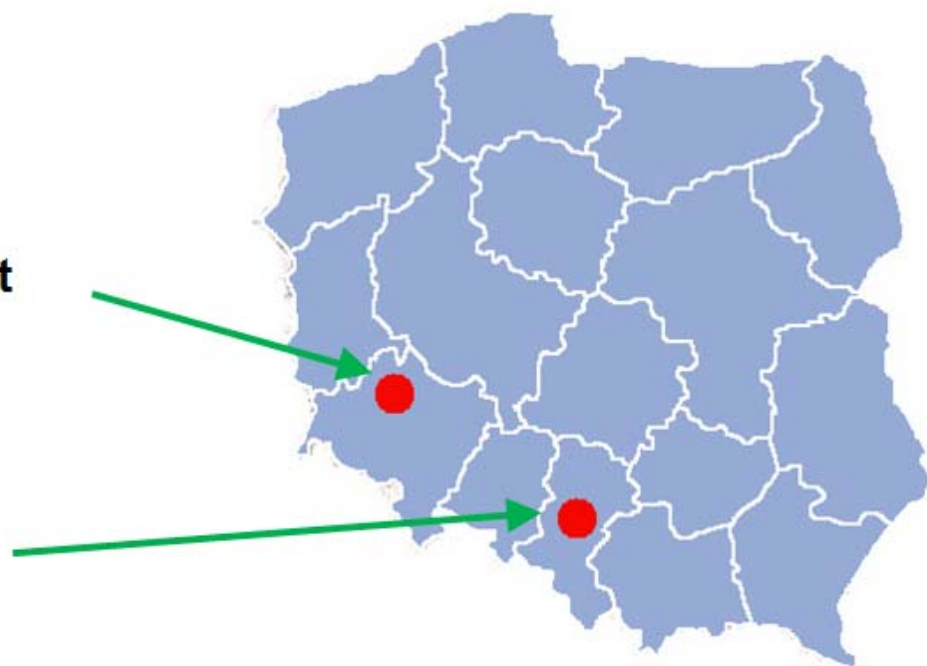
Pierwsze postacie drgań własnych mostu.

WPŁYW WYSOKOŚCI ŁOŻYSK NA ODPOWIEDŹ DYNAMICZNĄ MOSTU NA WSTRZĄS GÓRNICZY

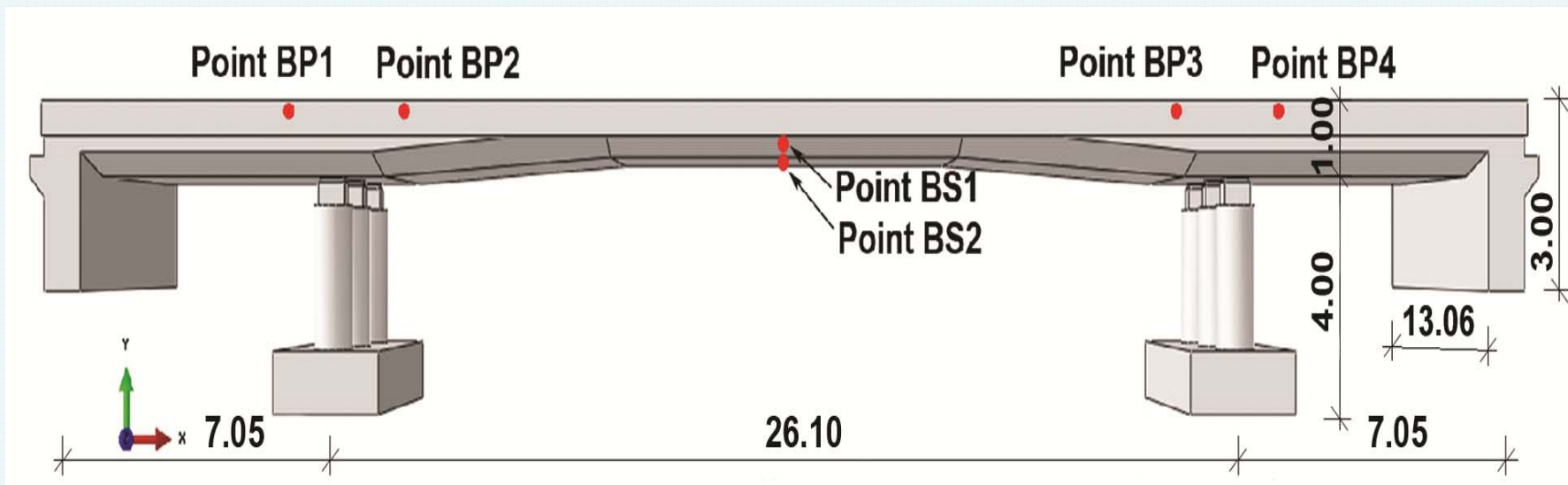
Przedstawiono ocenę wpływu wstrząsów górniczych z dwóch głównych regionów górniczych w Polsce (Górnośląskie Zagłębie Węglowe i Legnicko-Głogowski Okręg Miedziowy) na odpowiedź dynamiczną żelbetowego mostu z łożyskami elastomerowymi. W analizie wzięto pod uwagę dominujące częstotliwości wstrząsów górniczych, różne dla obu obszarów górniczych, jak również dwa warianty wymiarów łożysk elastomerowych.

Legnica-Glogow Copper District

Upper Silesian Coal Basin



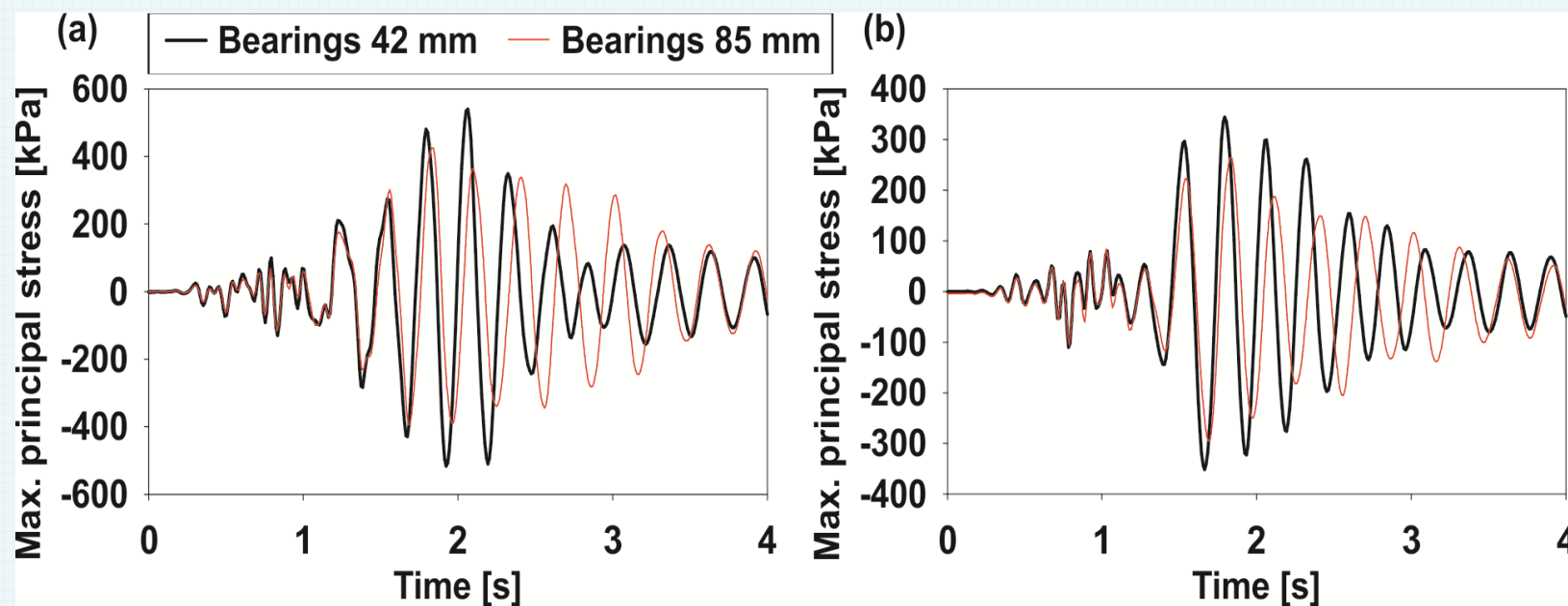
WPŁYW WYSOKOŚCI ŁOŻYSK NA ODPOWIEDŹ DYNAMICZNĄ MOSTU NA WSTRZĄS GÓRNICZY



Położenie punktów pomiarowych.

WPŁYW WYSOKOŚCI ŁOŻYSK NA ODPOWIEDŹ DYNAMICZNĄ MOSTU NA WSTRZĄS GÓRNICZY

Przeanalizowano wpływ wysokości łożysk elastomerowych na odpowiedź dynamiczną mostu na wstrząs górniczy. Punkty pomiarowe znajdowały się nad podporą pośrednią mostu (a) oraz w jego przęśle (b). Nastąpiło zmniejszenie naprężeń głównych do 25% w przypadku mostu z łożyskami 85 mm w odniesieniu do naprężeń uzyskanych dla mostu z łożyskami wysokości 42 mm.



Odpowiedź dynamiczna mostu na wstrząsy górnicze.

WNIOSKI W ODNIESIENIU DO ROZWIĄZAŃ NUMERYCZNYCH

1. Siatkę MES należy zagęszczać do momentu uzyskania zbieżnych wartości pierwszej częstotliwości drgań własnych mostu. Dalsze zagęszczanie siatki nie prowadzi do uzyskania dużo dokładniejszych wyników, a tylko stwarza proces obliczeniowy dużo dłuższym i bardziej skomplikowanym.
2. Zastosowanie elementów pierwszego rzędu, czterowęzłowych, przesztywnionych w stosunku do elementów dziesięciowęzłowych, dało w rezultacie wartości częstotliwości drgań własnych zawyżone nawet o 20%. Różnica ta jest istotna tylko dla początkowych częstotliwości drgań własnych.

WNIOSKI ODNIĘŚNIE DO ROZWIĄZAŃ KONSTRUKCYJNYCH

3. Zastosowanie wyższych łożysk spowodowało obniżenie sztywności całego układu, a co za tym idzie, obniżenie zarówno pierwszych wartości częstotliwości drgań własnych mostu jak i występujących w nim naprężeń wynikających z oddziaływania wstrząsów górniczych.

4. Niewielka zmiana parametrów współczynnika Poissona elastomeru ma znaczący wpływ na wartości początkowych częstotliwości drgań własnych mostu: zmiana wartości z $\nu = 0,452$ na $\nu = 0,49995$ powoduje zwiększenie pierwszej częstotliwości drgań własnych z 3,249 Hz na 4,848 Hz.

Może to mieć znaczenie w kontekście projektowania konstrukcji na obszarach aktywności górniczej;

***DZIĘKUJĘ
ZA UWAGĘ***