

SUROWE DANE BADAWCZE

RAW RESEARCH DATA

TYTUŁ TITLE	BADANIA MODELOWE I WYTRZYMAŁOŚCIOWE PRZEWODÓW WENTYLACYJNYCH - ETAP 3. BADANIA NUMERYCZNE WYTRZYMAŁOŚCI NA PRZECIĄŻENIA SEISMICZNE I WYBUCHOWE MODEL AND STRENGTH TESTS FOR VENTILATION DUCTS - STAGE 3. NUMERICAL TESTS OF STRENGTH TO SEISMIC AND EXPLOSIVE OVERLOADS
PROJEKT PROJECT	PROJEKT POIR 01.01.01-1422/15 „Opracowanie innowacyjnych rozwiązań dedykowanych systemom wentylacyjnym elektrowni jądrowych” „Development of innovative solutions dedicated to the ventilation systems of nuclear power plants”
BADANIE RESEARCH	30/POIR
DATA DATE	18.10.2017
ZAMAWIAJĄCY ORDERING	Nucair Technologies Spółka z ograniczoną odpowiedzialnością z siedzibą w Solec Kujawski 86-050, Powstańców 8B NIP: 5542932702 REGON: 362931040
KONTRAHENT CONTRACTOR	UTP University of Science and Technology 85-796 Bydgoszcz, Poland, al. Kaliskiego 7
AUTORZY RAPORTU REPORT AUTHORS	dr hab. inż. Dariusz Skibicki prof. UTP dr inż. Łukasz Pejkowski

Spis tabel

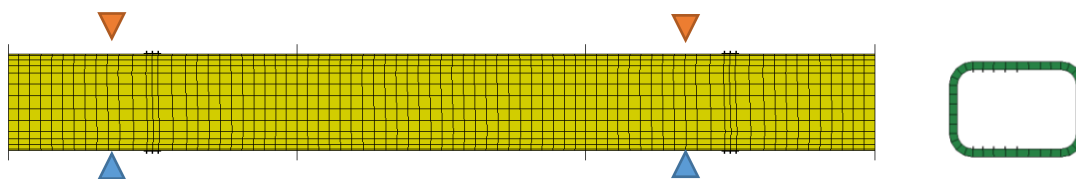
Tabela 1. Zrealizowane wymuszenia kinematyczne w ramach symulacji numerycznych.....	5
Tabela 2. Modele materiałowe i ich parametry	8
Tabela 3. Obliczeniowe wartości częstości drgań własnych.....	8
Tabela 4. Porównanie z wynikami badań eksperymentalnych.....	22

Spis rysunków

Rysunek 1. Ciąg wentylacyjny 3 x SQ750x500x150 z symbolicznie zaznaczonymi podparciami w uchwytach maszyny wytrzymałościowej	5
Rysunek 2. Wymuszenia w okresie pierwszym – grawitacja ziemską.....	5
Rysunek 3. Wymuszenia w okresie drugim - wymuszenie cykliczne podpór dolnych.....	6
Rysunek 4. Wymuszenia w okresie drugim - wymuszenie cykliczne podpór górnych z wartością średnią modelującą zaciśnięcie się uchwytu	6
Rysunek 5. Wymuszenia w okresie drugim - trzęsienie ziemi.....	6
Rysunek 6. Wymuszenie w okresie trzecim - obciążenie ciśnieniem od wybuchu – przebieg czasowy	7
Rysunek 7. Wymuszenie w okresie trzecim - obciążenie ciśnieniem od wybuchu – sposób przyłożenia obciążenia.....	7
Rysunek 8. Wymuszenie w okresie trzecim - obciążenie ciśnieniem od wybuchu – rozkład naporu wybuchu na ciśnienie	7
Rysunek 9. Drgania własne - postać pierwsza przy częstości 23.8 Hz	8
Rysunek 10. Drgania własne postać druga przy częstości 25.3 Hz.....	9
Rysunek 11. Rozmieszczenie punktów pomiarowych: 1 – w miejscu podparcia, 2 – na swobodnym końcu ciągu kanałów, 3 – w środku kanału, miejscu spodziewanych maksymalnych ugięć	9
Rysunek 12. Okres 1 - Obciążenie siłą grawitacji – naprężenia zredukowane wg HMH	10
Rysunek 13. Okres 1 - Obciążenie siłą grawitacji. Deformacje kanału w powiększeniu x100.....	10
Rysunek 14. Okres 2.a - obciążenie wymuszeniem harmonicznym o częstotliwości 3 Hz i amplitudzie 10 mm - przebiegi przemieszczeń w miejscu podparcia	11
Rysunek 15. Okres 2.a - obciążenie wymuszeniem harmonicznym o częstotliwości 3 Hz i amplitudzie 10 mm - przebiegi przemieszczeń w środku kanału.....	11
Rysunek 16. Okres 2.a - obciążenie wymuszeniem harmonicznym o częstotliwości 3 Hz i amplitudzie 10 mm - przebiegi przemieszczeń końca kanału	12
Rysunek 17. Okres 2.a - obciążenie wymuszeniem harmonicznym o częstotliwości 3 Hz i amplitudzie 10 mm. Przebiegi naprężeń ekwiwalentnych wg HMH w MPa.....	12
Rysunek 18. Okres 2.a - obciążenie wymuszeniem harmonicznym o częstotliwości 3 Hz i amplitudzie 20 mm - przebiegi przemieszczeń w miejscu podparcia	13
Rysunek 19. Okres 2.a - obciążenie wymuszeniem harmonicznym o częstotliwości 3 Hz i amplitudzie 20 mm - przebiegi przemieszczeń w środku kanału.....	13
Rysunek 20. Okres 2.a - obciążenie wymuszeniem harmonicznym o częstotliwości 3 Hz i amplitudzie 20 mm - przebiegi przemieszczeń końca kanału	14
Rysunek 21. Okres 2.a - obciążenie wymuszeniem harmonicznym o częstotliwości 3 Hz i amplitudzie 20 mm. Przebiegi naprężeń ekwiwalentnych wg HMH w MPa.....	14
Rysunek 22. Okres 2.a - obciążenie wymuszeniem harmonicznym o częstotliwości 6 Hz i amplitudzie 10 mm - przebiegi przemieszczeń w miejscu podparcia	15
Rysunek 23. Okres 2.a - obciążenie wymuszeniem harmonicznym o częstotliwości 6 Hz i amplitudzie 10 mm - przebiegi przemieszczeń w środku kanału.....	15
Rysunek 24. Okres 2.a - obciążenie wymuszeniem harmonicznym o częstotliwości 6 Hz i amplitudzie 10 mm - przebiegi przemieszczeń końca kanału	16
Rysunek 25. Okres 2.a - obciążenie wymuszeniem harmonicznym o częstotliwości 6 Hz i amplitudzie 10 mm. Przebiegi naprężeń ekwiwalentnych wg HMH w MPa.....	16

Rysunek 26. Okres 2.a - obciążenie wymuszeniem harmonicznym o częstotliwości 12 Hz i amplitudzie 5 mm. - przebiegi przemieszczeń w miejscu podparcia	17
Rysunek 27. Okres 2.a - obciążenie wymuszeniem harmonicznym o częstotliwości 12 Hz i amplitudzie 5 mm. - przebiegi przemieszczeń w środku kanału	17
Rysunek 28. Okres 2.a - obciążenie wymuszeniem harmonicznym o częstotliwości 12 Hz i amplitudzie 5 mm. - przebiegi przemieszczeń końca kanału	18
Rysunek 29. Okres 2.a - obciążenie wymuszeniem harmonicznym o częstotliwości 12 Hz i amplitudzie 5 mm. Przebiegi naprężeń ekwiwalentnych wg HMMH w MPa.	18
Rysunek 30. Okres 2.a - obciążenie wymuszeniem harmonicznym o częstotliwości 12 Hz i amplitudzie 10 mm. Deformacje kanału.	19
Rysunek 31. Okres 2.a - obciążenie wymuszeniem harmonicznym o częstotliwości 12 Hz i amplitudzie 10 mm. Mapa naprężeń ekwiwalentnych wg HMMH w MPa.	20
Rysunek 32. Okres 2.a - obciążenie wymuszeniem harmonicznym o częstotliwości 12 Hz i amplitudzie 10 mm. Maksymalne naprężenia ekwiwalentne wg HMMH w MPa.	20
Rysunek 33. Okres 2.a - obciążenie wymuszeniem harmonicznym o częstotliwości 12 Hz i amplitudzie 10 mm. Miejsce występowania maksymalnych odkształceń plastycznych.	21
Rysunek 34. Okres 2.a - obciążenie wymuszeniem harmonicznym o częstotliwości 12 Hz i amplitudzie 10 mm. Historia przyrostów maksymalnych odkształceń plastycznych.	21
Rysunek 35. Porównanie wyników przemieszczeń w eksperymencie i symulacji MES dla punktu 1.	22
Rysunek 36. Porównanie wyników przemieszczeń w eksperymencie i symulacji MES dla punktu 2.	23
Rysunek 37. Porównanie wyników przemieszczeń w eksperymencie i symulacji MES dla punktu 3.	23
Rysunek 38. Okres 2 - obciążenie trzęsieniem ziemi o wartości 10G. Przebiegi czasowe maksymalnych wartości naprężeń ekwiwalentnych i naprężeń zredukowanych wg HMMH. - Kanał R=100	24
Rysunek 39. Okres 2 - obciążenie trzęsieniem ziemi o wartości 10G. Przebiegi czasowe maksymalnych wartości naprężeń ekwiwalentnych i naprężeń zredukowanych wg HMMH. - Kanał R=0	24
Rysunek 40. Okres 2 - obciążenie trzęsieniem ziemi o wartości 10G. - Przemieszczenia w punkcie 2 [mm]	25
Rysunek 41. Okres 2 - obciążenie trzęsieniem ziemi o wartości 10G. - Przemieszczenia w punkcie 3 [mm]	25
Rysunek 42. Okres 2 - obciążenie trzęsieniem ziemi o wartości 10G. Przebiegi czasowe odkształceń plastycznych.	26
Rysunek 43. Okres 2.a - obciążenie trzęsieniem ziemi o wartości 10G. Mapy odkształceń i naprężeń ekwiwalentnych w czasie wystąpienia ich maksymalnych wartości t. dla t=9.5 s. - deformacje kanału, powiększenie x50 [mm]	26
Rysunek 44. Okres 2.a - obciążenie trzęsieniem ziemi o wartości 10G. Mapy odkształceń i naprężeń ekwiwalentnych w czasie wystąpienia ich maksymalnych wartości t. dla t=9.5 s. - naprężenia zredukowane, powiększenie x10, [MPa]	27
Rysunek 45. Okres 3 – obciążenie ciśnieniem od wybuchu. Mapy odkształceń i naprężeń ekwiwalentnych w czasie wystąpienia ich maksymalnych wartości dla kanały R0. - mapy naprężeń zredukowanych wg HMMH w MPa	27
Rysunek 46. Okres 3 – obciążenie ciśnieniem od wybuchu. Mapy odkształceń i naprężeń ekwiwalentnych w czasie wystąpienia ich maksymalnych wartości dla kanały R0. - historia naprężeń zredukowanych wg HMMH w MPa	28
Rysunek 47. Okres 3 – obciążenie ciśnieniem od wybuchu. Mapy odkształceń i naprężeń ekwiwalentnych w czasie wystąpienia ich maksymalnych wartości dla kanały R0. - mapy deformacji kanału w mm	28
Rysunek 48. Okres 3 – obciążenie ciśnieniem od wybuchu. Mapy odkształceń i naprężeń ekwiwalentnych w czasie wystąpienia ich maksymalnych wartości dla kanały R0. - historia deformacji kanału w mm	29

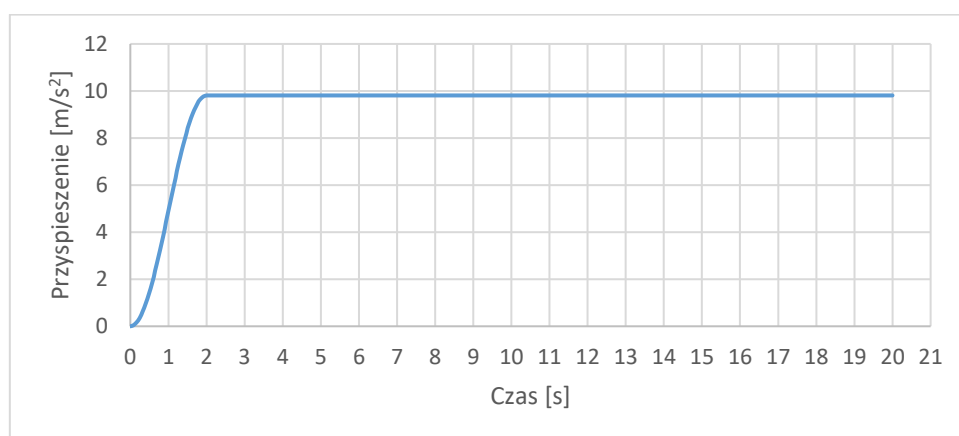
Rysunek 49. Okres 3 – obciążenie ciśnieniem od wybuchu. Mapy odkształceń i naprężeń ekwiwalentnych w czasie wystąpienia ich maksymalnych wartości dla kanały R100. - mapy naprężeń zredukowanych wg HMM w MPa	29
Rysunek 50. Okres 3 – obciążenie ciśnieniem od wybuchu. Mapy odkształceń i naprężeń ekwiwalentnych w czasie wystąpienia ich maksymalnych wartości dla kanały R100. - historia naprężeń zredukowanych wg HMM w MPa.....	30
Rysunek 51. Okres 3 – obciążenie ciśnieniem od wybuchu. Mapy odkształceń i naprężeń ekwiwalentnych w czasie wystąpienia ich maksymalnych wartości dla kanały R100. - mapy deformacji kanału w mm.....	30
Rysunek 52. Okres 3 – obciążenie ciśnieniem od wybuchu. Mapy odkształceń i naprężeń ekwiwalentnych w czasie wystąpienia ich maksymalnych wartości dla kanały R100. - historia deformacji kanału w mm.....	31



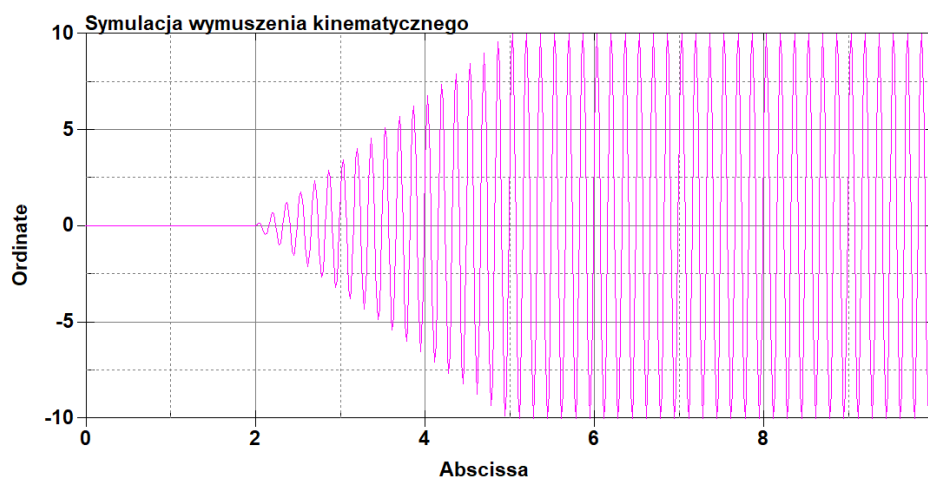
Rysunek 1. Ciąg wentylacyjny 3 x SQ750x500x150 z symbolicznie zaznaczonymi podparciami w uchwytach maszyny wytrzymałościowej

Tabela 1. Zrealizowane wymuszenia kinematyczne w ramach symulacji numerycznych

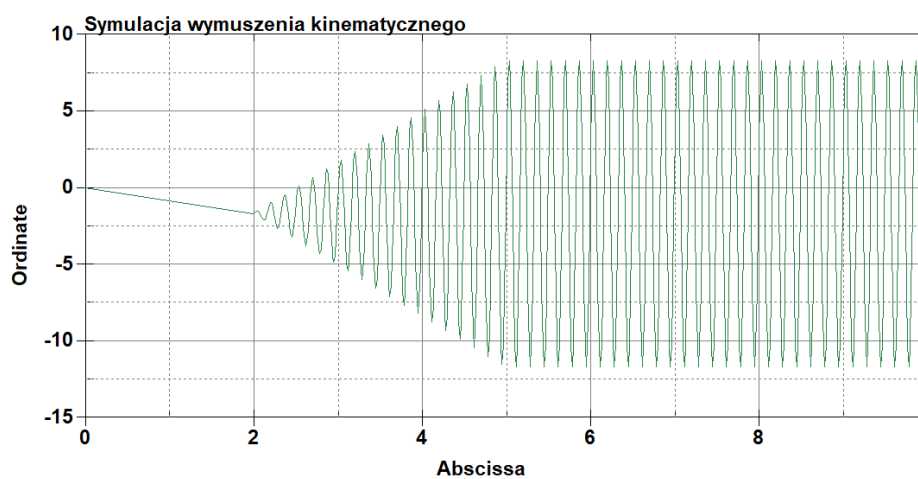
Częstotliwość	Amplituda
3 Hz	10 mm
3 Hz	20 mm
6 Hz	10 mm
12 Hz	5 mm
12 Hz	10 mm



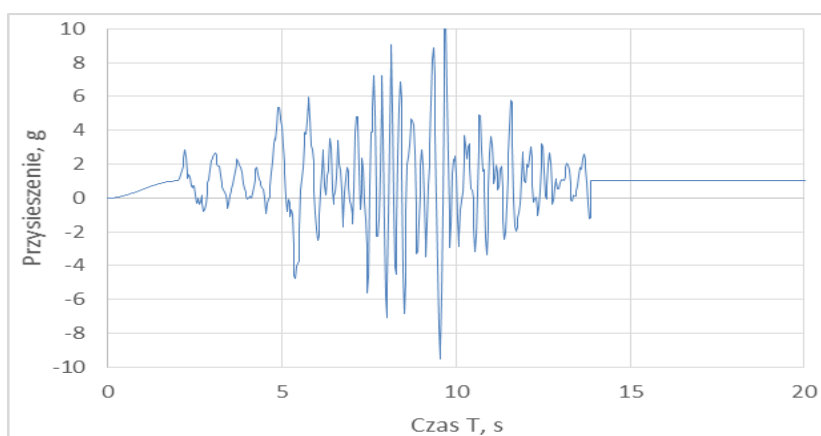
Rysunek 2. Wymuszenia w okresie pierwszym – grawitacja ziemska



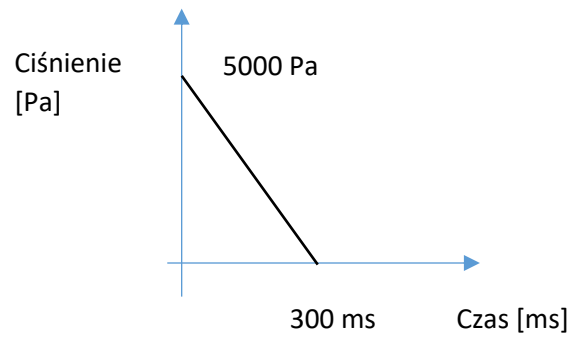
Rysunek 3. Wymuszenia w okresie drugim - wymuszenie cykliczne podpór dolnych



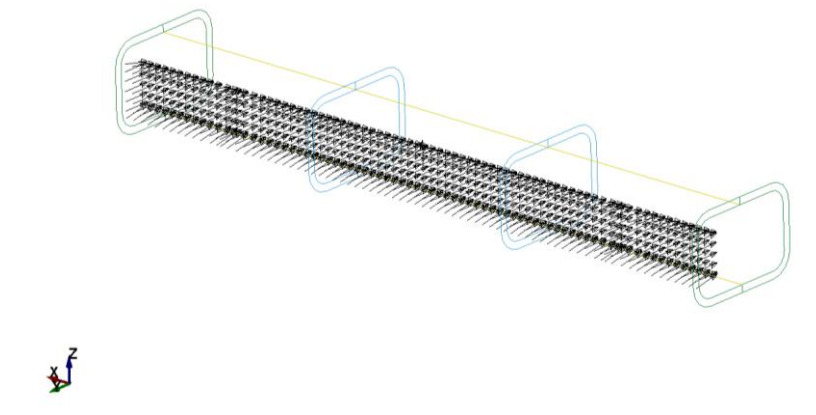
Rysunek 4. Wymuszenia w okresie drugim - wymuszenie cykliczne podpór górnych z wartością średnią modelującą zaciśnięcie się uchwytu



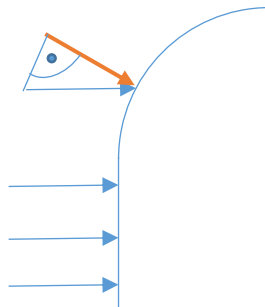
Rysunek 5. Wymuszenia w okresie drugim - trzęsienie ziemi



Rysunek 6. Wymuszenie w okresie trzecim - obciążenie ciśnieniem od wybuchu – przebieg czasowy



Rysunek 7. Wymuszenie w okresie trzecim - obciążenie ciśnieniem od wybuchu – sposób przyłożenia obciążenia



Rysunek 8. Wymuszenie w okresie trzecim - obciążenie ciśnieniem od wybuchu – rozkład naporu wybuchu na ciśnienie

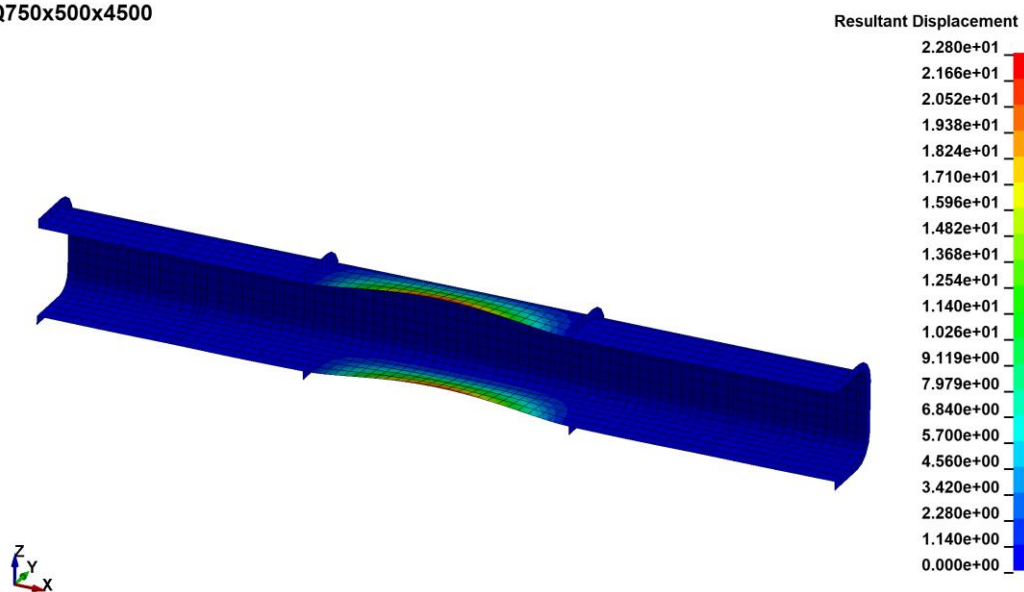
Tabela 2. Modele materiałowe i ich parametry

Nazwa materiału	Typ modelu	Moduł Younga E [GPa]	Granica plastyczności Sy [MPa]	Granica wytrzymałości Su [MPa]	Gęstość ton/mm ³
S220GD	bilinearny	190	220	300	7.850e-009

Tabela 3. Obliczeniowe wartości częstości drgań własnych

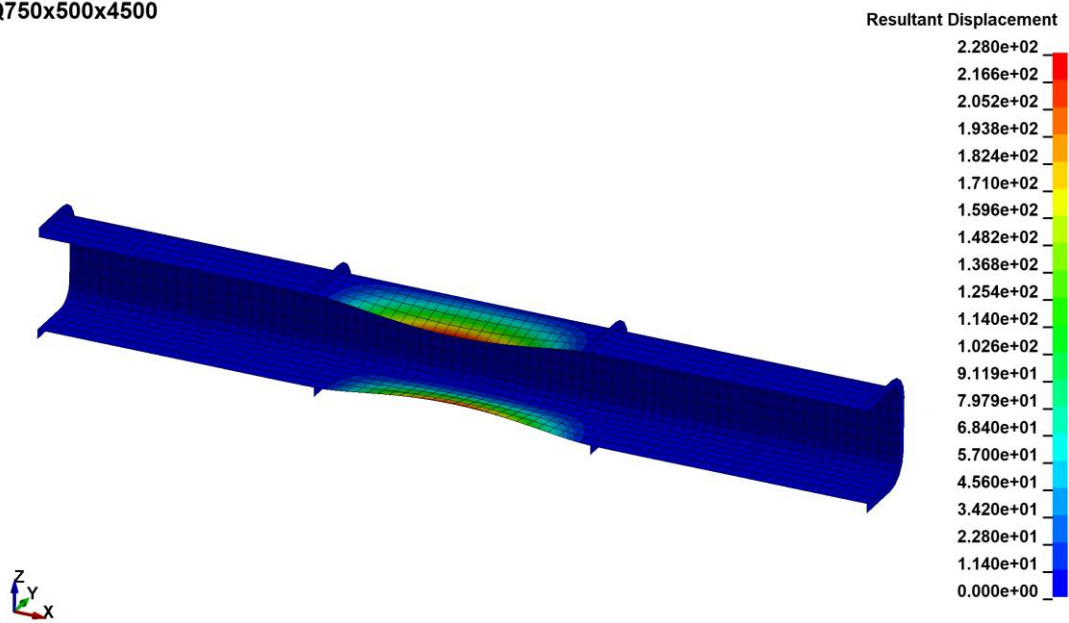
Na postaci drgań własnych	Częstotliwość własna [Hz]
1	23.8
2	25.3
3	39.0
4	39.1

SQ750x500x4500

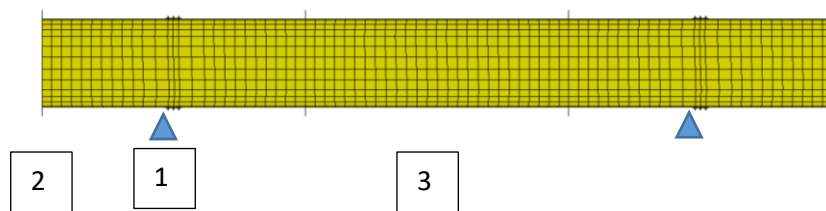


Rysunek 9. Drgania własne - postać pierwsza przy częstości 23.8 Hz

SQ750x500x4500

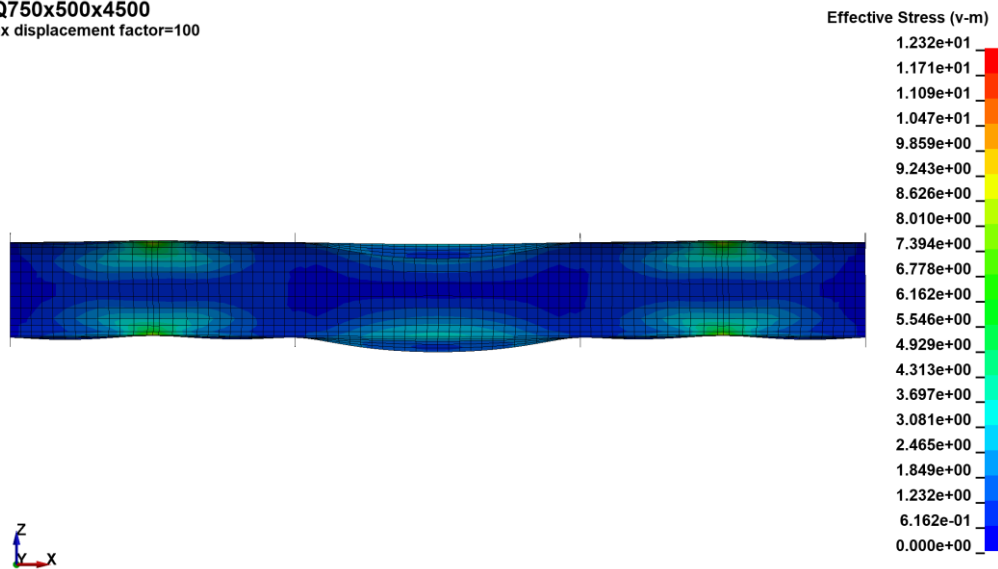


Rysunek 10. Drgania własne postać druga przy częstotliwości 25.3 Hz



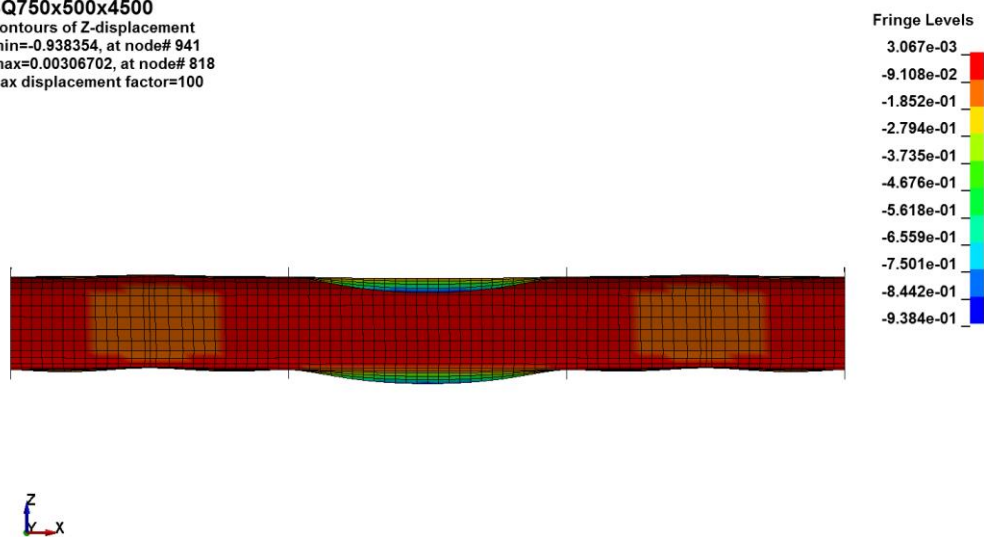
Rysunek 11. Rozmieszczenie punktów pomiarowych: 1 – w miejscu podparcia, 2 – na swobodnym końcu ciągu kanałów, 3 – w środku kanału, miejscu spodziewanych maksymalnych ugięć

SQ750x500x4500
max displacement factor=100

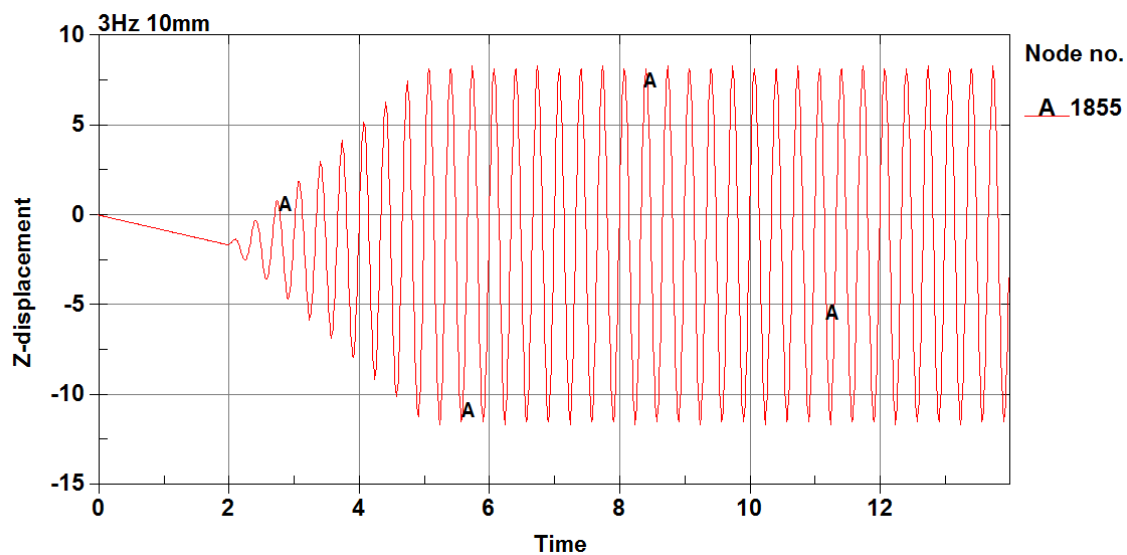


Rysunek 12. Okres 1 - Obciążenie siłą grawitacji – naprężenia zredukowane wg HMM

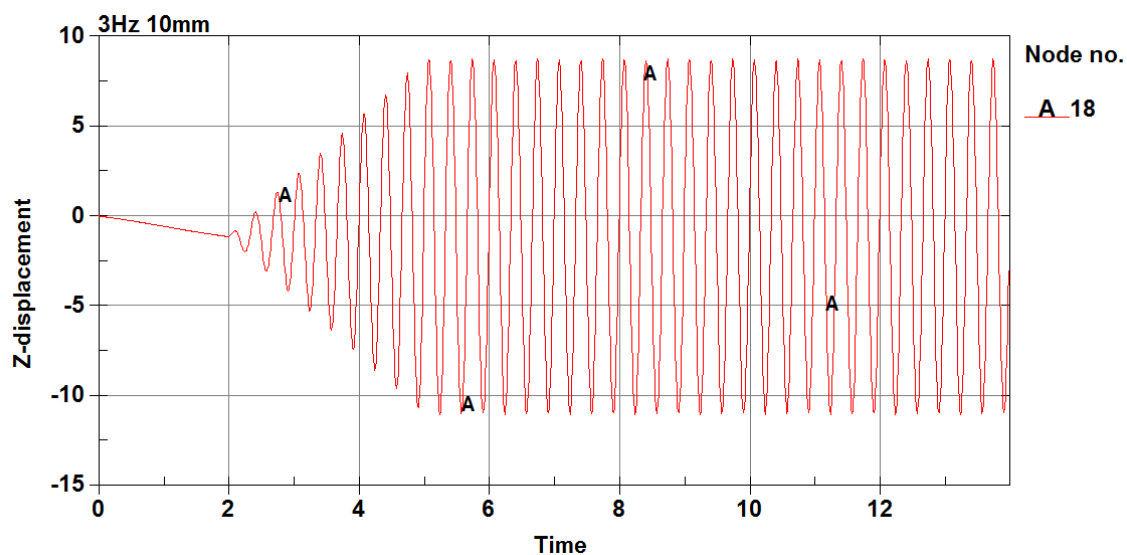
SQ750x500x4500
Contours of Z-displacement
min=-0.938354, at node# 941
max=0.00306702, at node# 818
max displacement factor=100



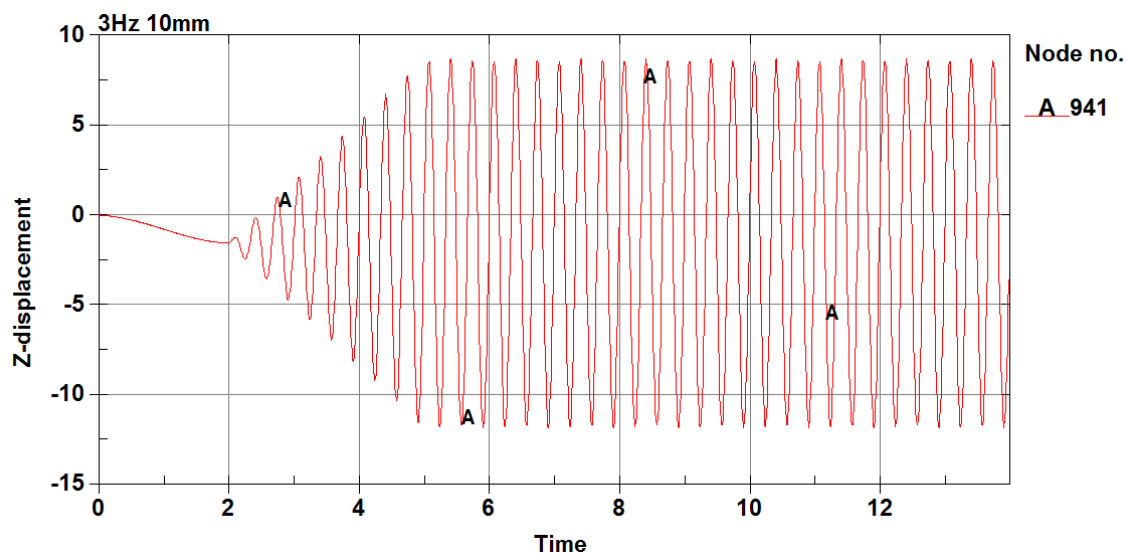
Rysunek 13. Okres 1 - Obciążenie siłą grawitacji. Deformacje kanału w powiększeniu x100.



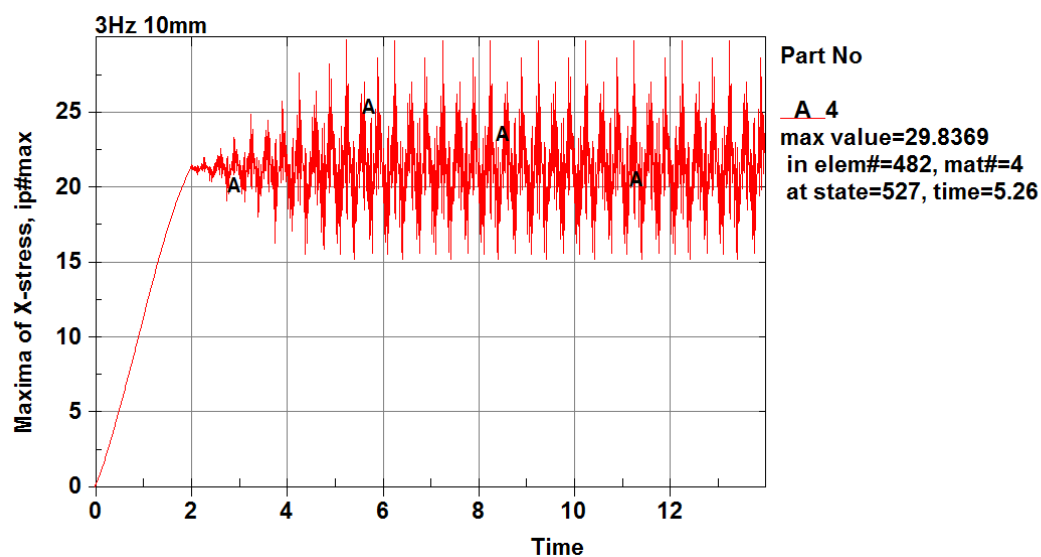
Rysunek 14. Okres 2.a - obciążenie wymuszeniem harmonicznym o częstotliwości 3 Hz i amplitudzie 10 mm - przebiegi przemieszczeń w miejscu podparcia



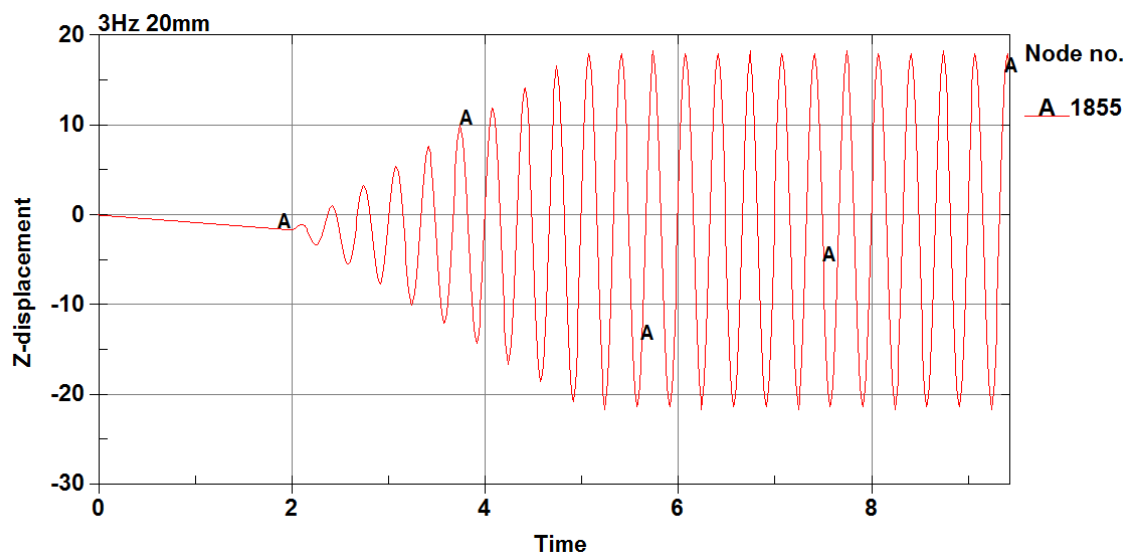
Rysunek 15. Okres 2.a - obciążenie wymuszeniem harmonicznym o częstotliwości 3 Hz i amplitudzie 10 mm - przebiegi przemieszczeń w środku kanału



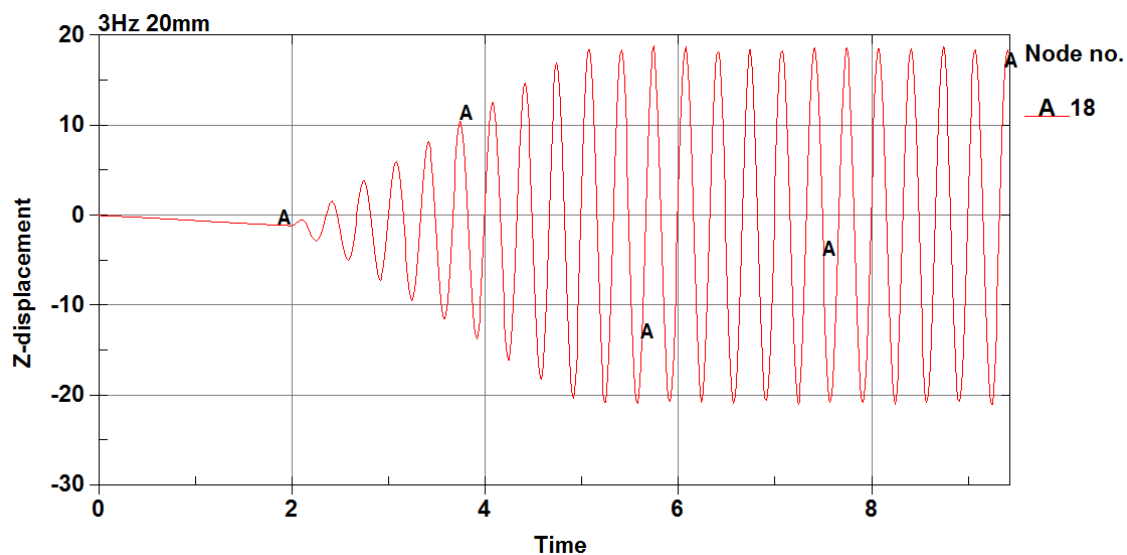
Rysunek 16. Okres 2.a - obciążenie wymuszeniem harmonicznym o częstotliwości 3 Hz i amplitudzie 10 mm - przebiegi przemieszczeń końca kanału



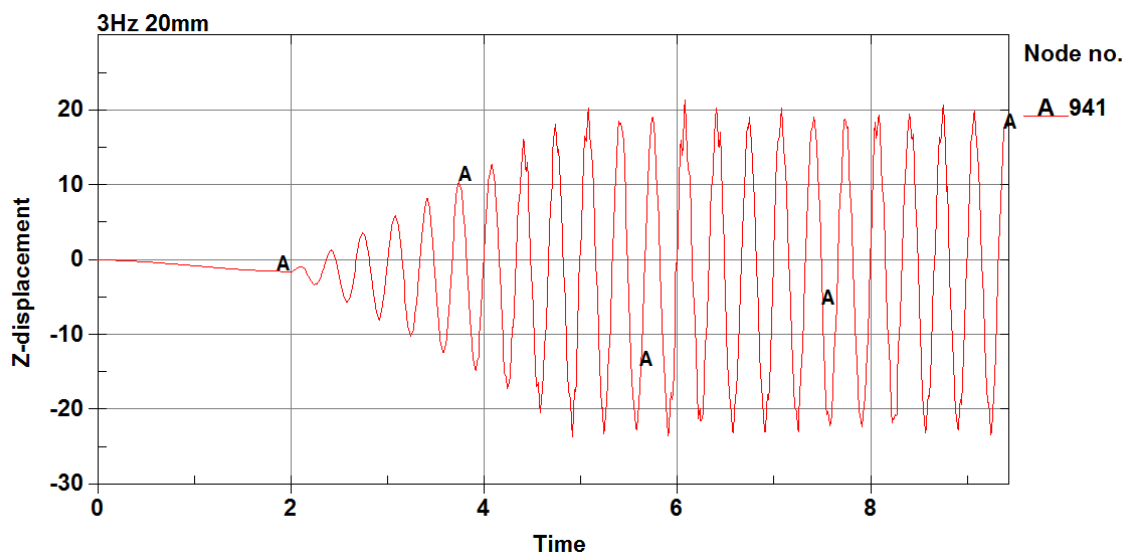
Rysunek 17. Okres 2.a - obciążenie wymuszeniem harmonicznym o częstotliwości 3 Hz i amplitudzie 10 mm. Przebiegi naprężeń ekwiwalentnych wg HMM w MPa.



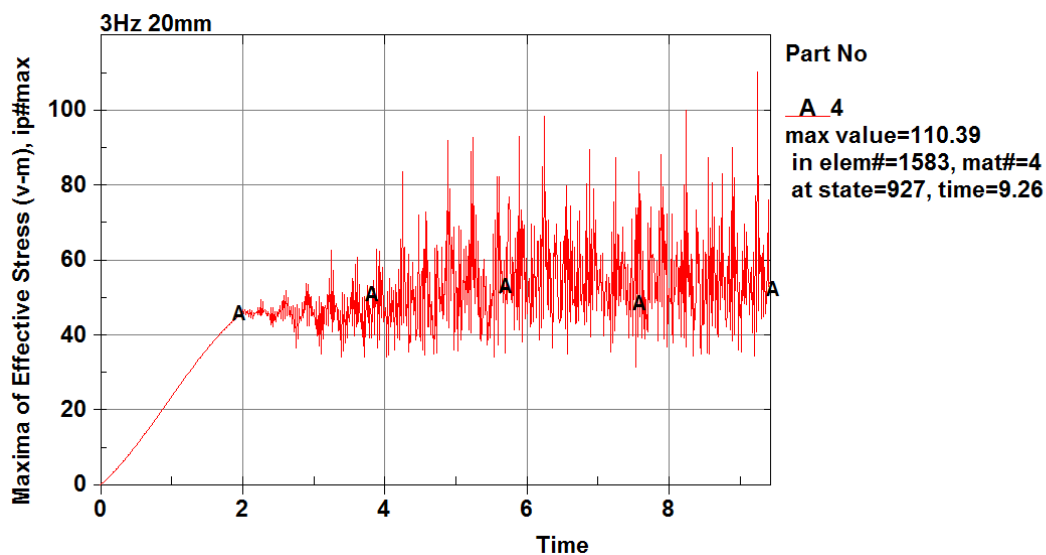
Rysunek 18. Okres 2.a - obciążenie wymuszeniem harmonicznym o częstotliwości 3 Hz i amplitudzie 20 mm - przebiegi przemieszczeń w miejscu podparcia



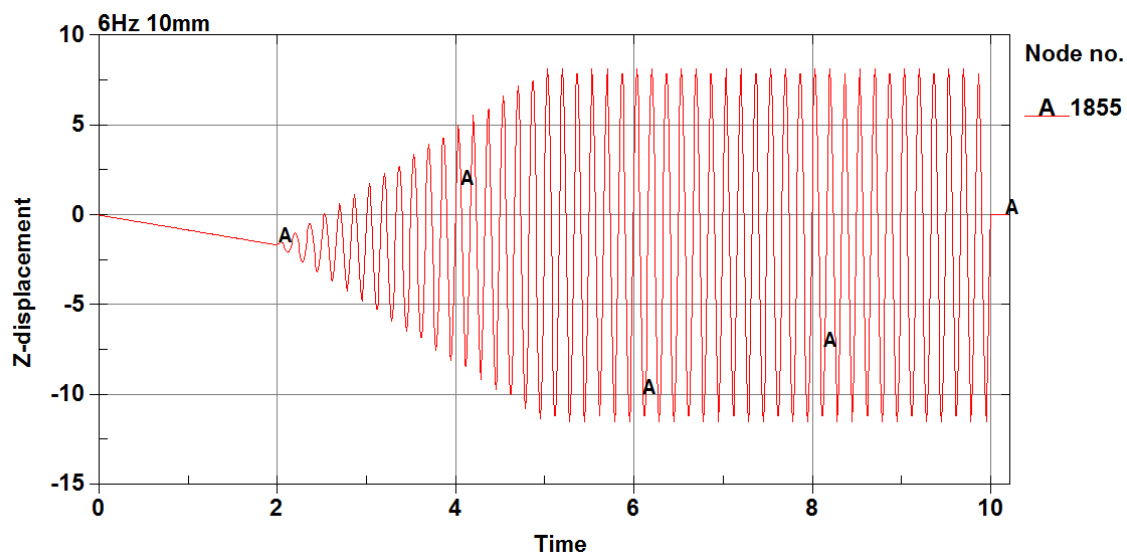
Rysunek 19. Okres 2.a - obciążenie wymuszeniem harmonicznym o częstotliwości 3 Hz i amplitudzie 20 mm - przebiegi przemieszczeń w środku kanału



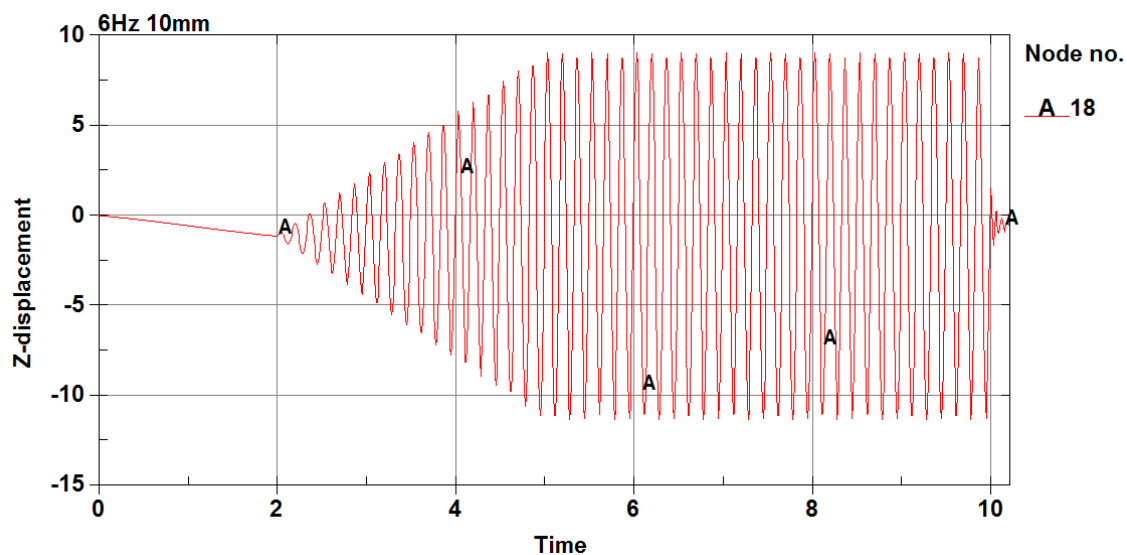
Rysunek 20. Okres 2.a - obciążenie wymuszeniem harmonicznym o częstotliwości 3 Hz i amplitudzie 20 mm - przebiegi przemieszczeń końca kanału



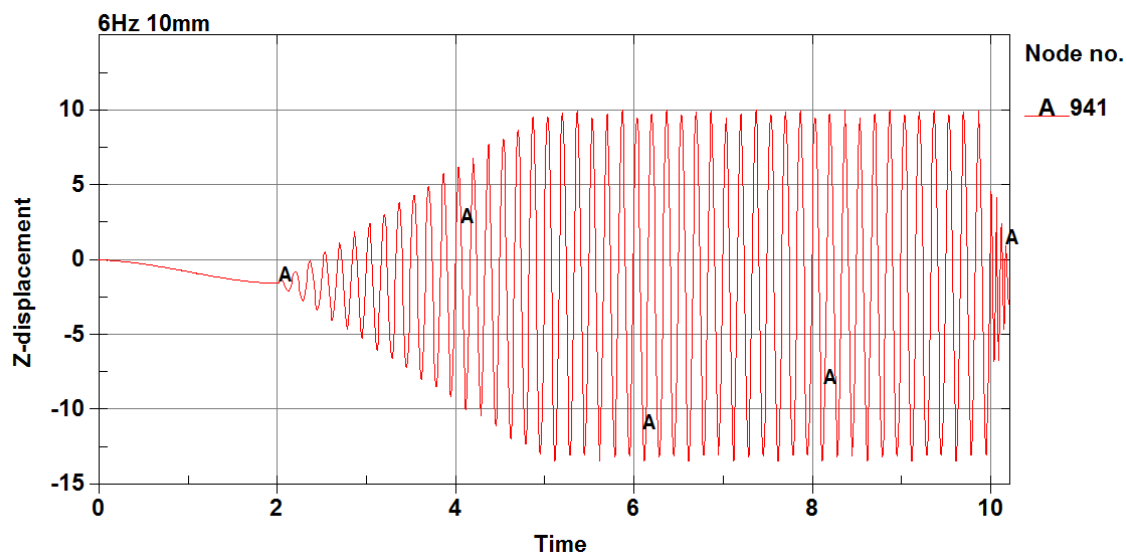
Rysunek 21. Okres 2.a - obciążenie wymuszeniem harmonicznym o częstotliwości 3 Hz i amplitudzie 20 mm. Przebiegi naprężeń ekwiwalentnych wg HMM w MPa.



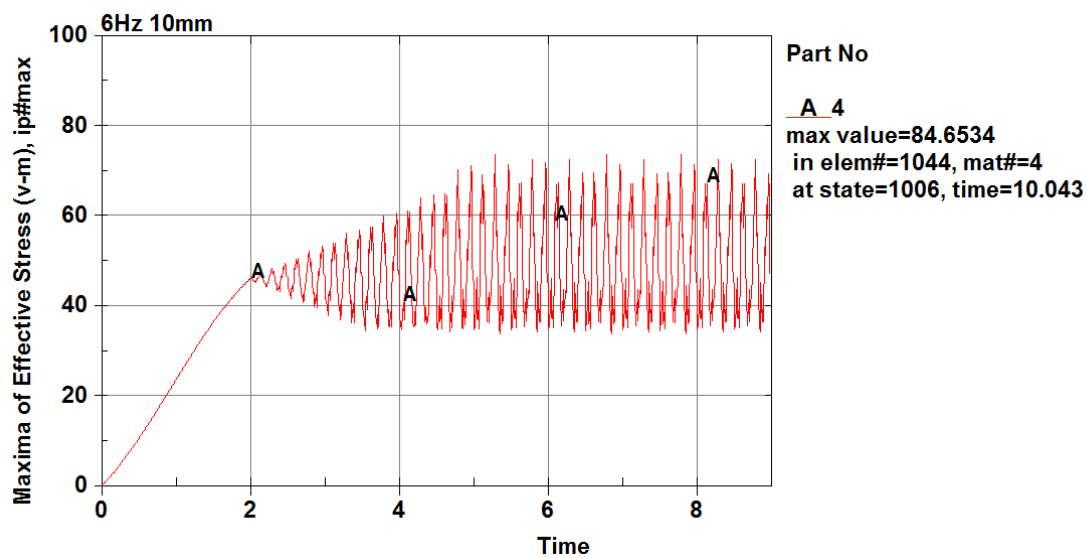
Rysunek 22. Okres 2.a - obciążenie wymuszeniem harmonicznym o częstotliwości 6 Hz i amplitudzie 10 mm - przebiegi przemieszczeń w miejscu podparcia



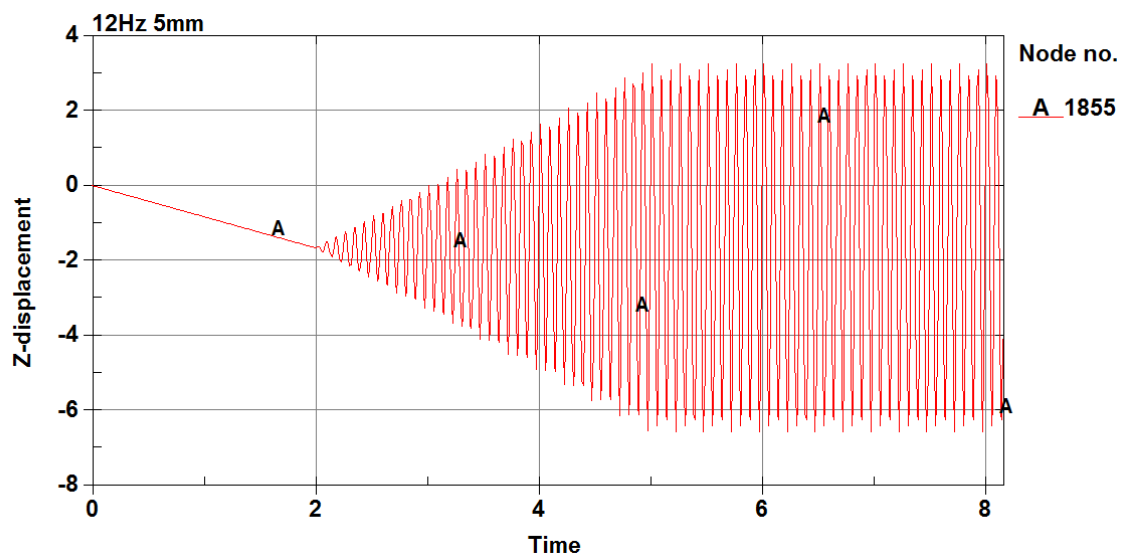
Rysunek 23. Okres 2.a - obciążenie wymuszeniem harmonicznym o częstotliwości 6 Hz i amplitudzie 10 mm - przebiegi przemieszczeń w środku kanału



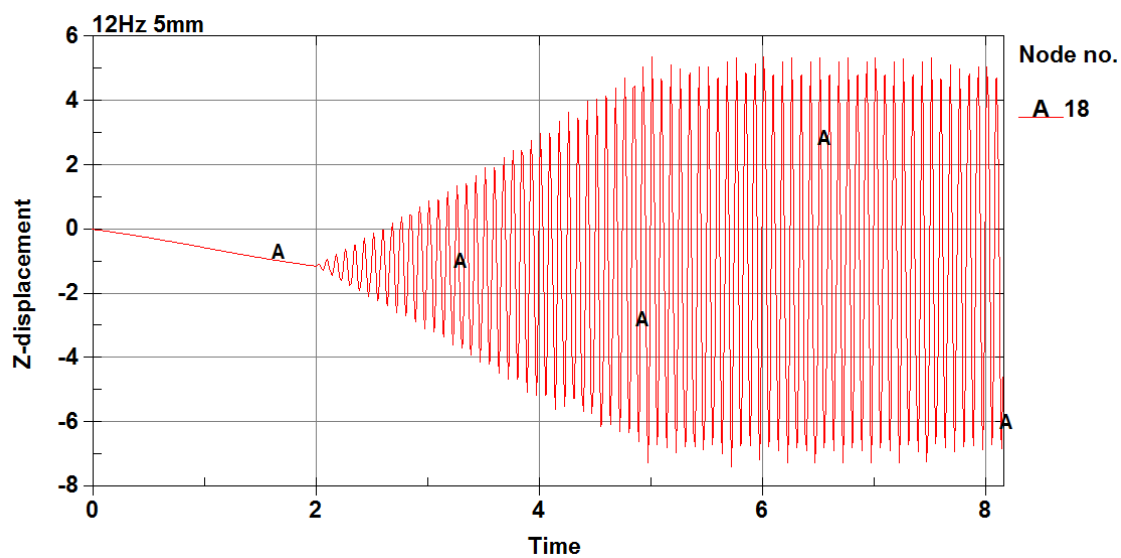
Rysunek 24. Okres 2.a - obciążenie wymuszeniem harmonicznym o częstotliwości 6 Hz i amplitudzie 10 mm - przebiegi przemieszczeń końca kanału



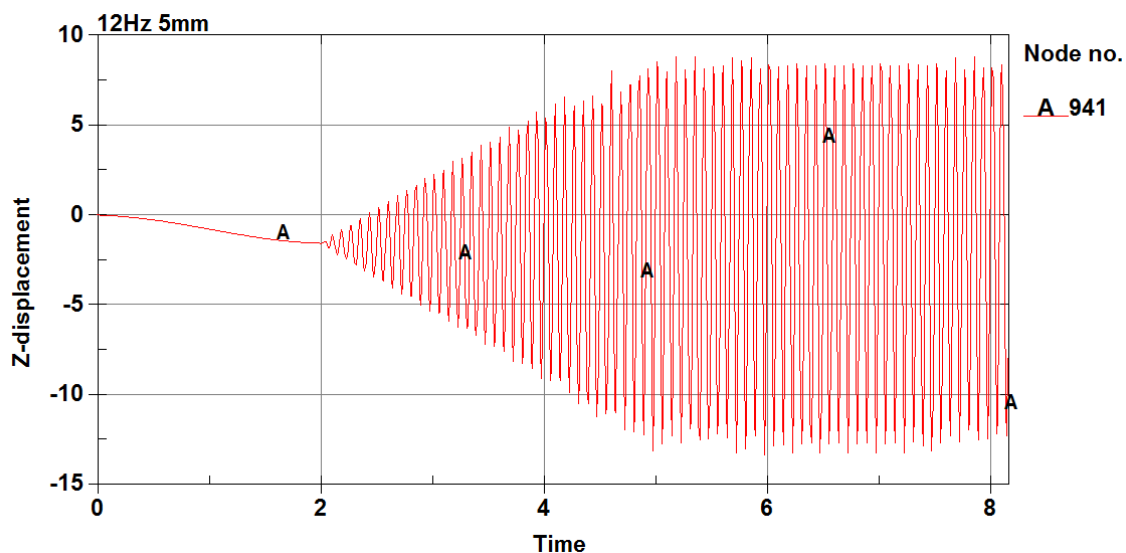
Rysunek 25. Okres 2.a - obciążenie wymuszeniem harmonicznym o częstotliwości 6 Hz i amplitudzie 10 mm. Przebiegi naprężeń ekwiwalentnych wg HMMH w MPa.



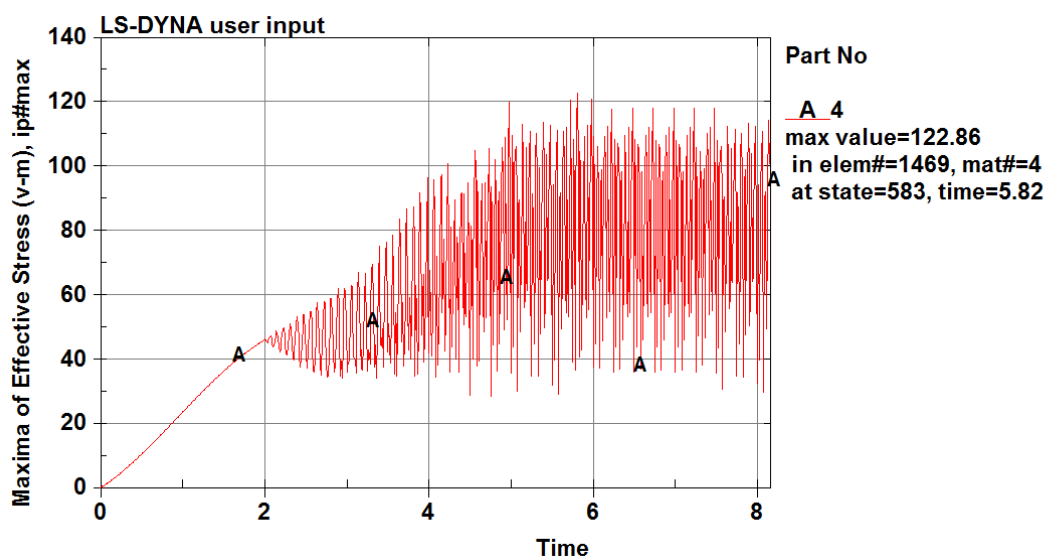
Rysunek 26. Okres 2.a - obciążenie wymuszeniem harmonicznym o częstotliwości 12 Hz i amplitudzie 5 mm. - przebiegi przemieszczeń w miejscu podparcia



Rysunek 27. Okres 2.a - obciążenie wymuszeniem harmonicznym o częstotliwości 12 Hz i amplitudzie 5 mm. - przebiegi przemieszczeń w środku kanału



Rysunek 28. Okres 2.a - obciążenie wymuszeniem harmonicznym o częstotliwości 12 Hz i amplitudzie 5 mm. - przebiegi przemieszczeń końca kanału

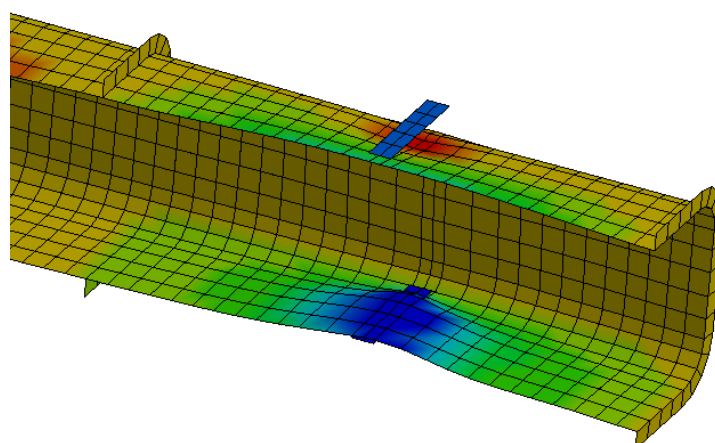
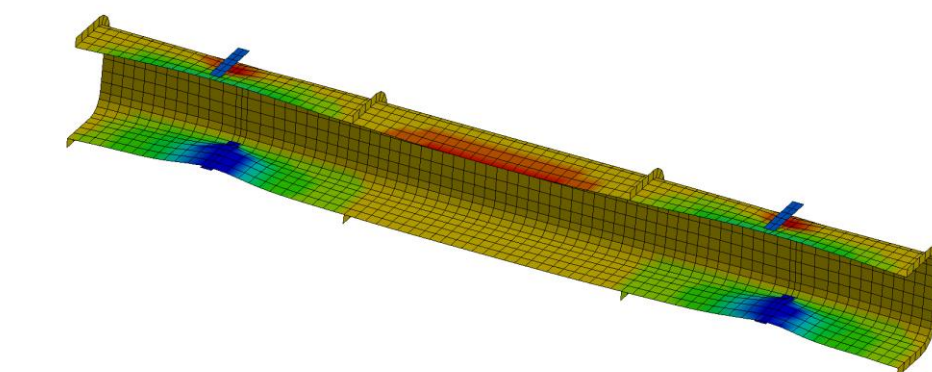


Rysunek 29. Okres 2.a - obciążenie wymuszeniem harmonicznym o częstotliwości 12 Hz i amplitudzie 5 mm. Przebiegi naprężeń ekwiwalentnych wg HMM w MPa.

LS-DYNA user input
 Contours of Resultant Displacement
 min=0.511156, at node# 299
 max=38.1335, at node# 1539
 max displacement factor=2

Fringe Levels

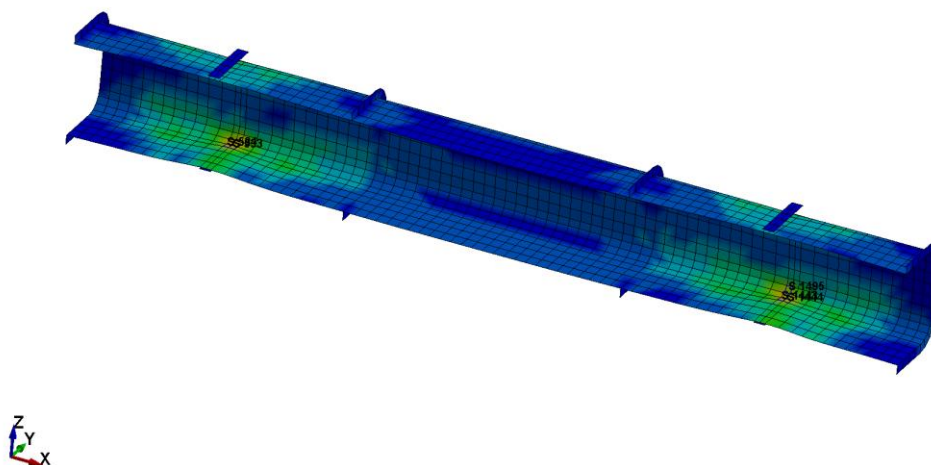
3.813e+01
3.437e+01
3.061e+01
2.685e+01
2.308e+01
1.932e+01
1.556e+01
1.180e+01
8.036e+00
4.273e+00
5.112e-01



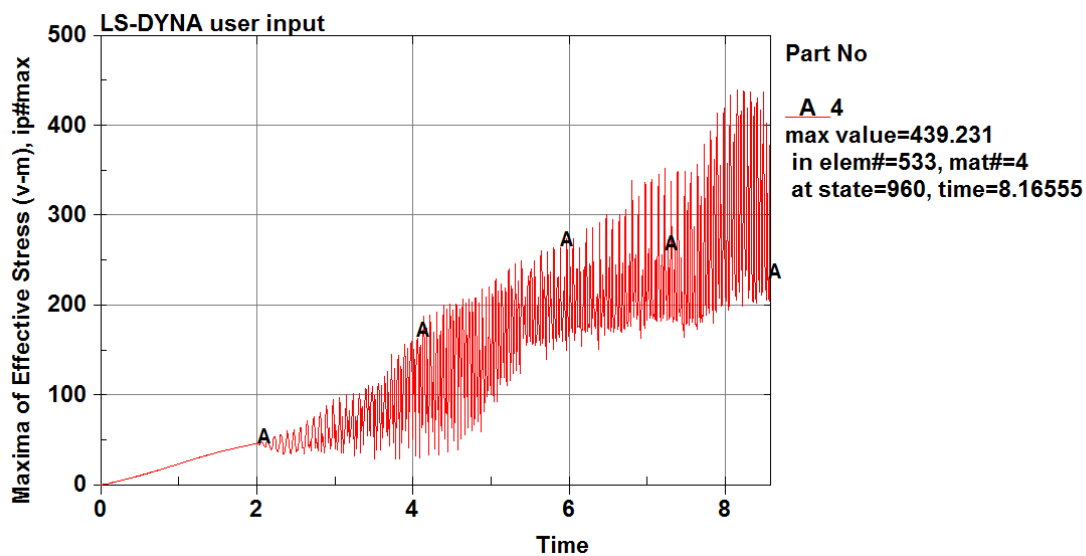
Rysunek 30. Okres 2.a - obciążenie wymuszeniem harmonicznym o częstotliwości 12 Hz i amplitudzie 10 mm. Deformacje kanału.

LS-DYNA user input
Contours of Effective Stress (v-m)
max IP. value
min=7.69576e-14, at elem# 1757
max=378.682, at elem# 1443

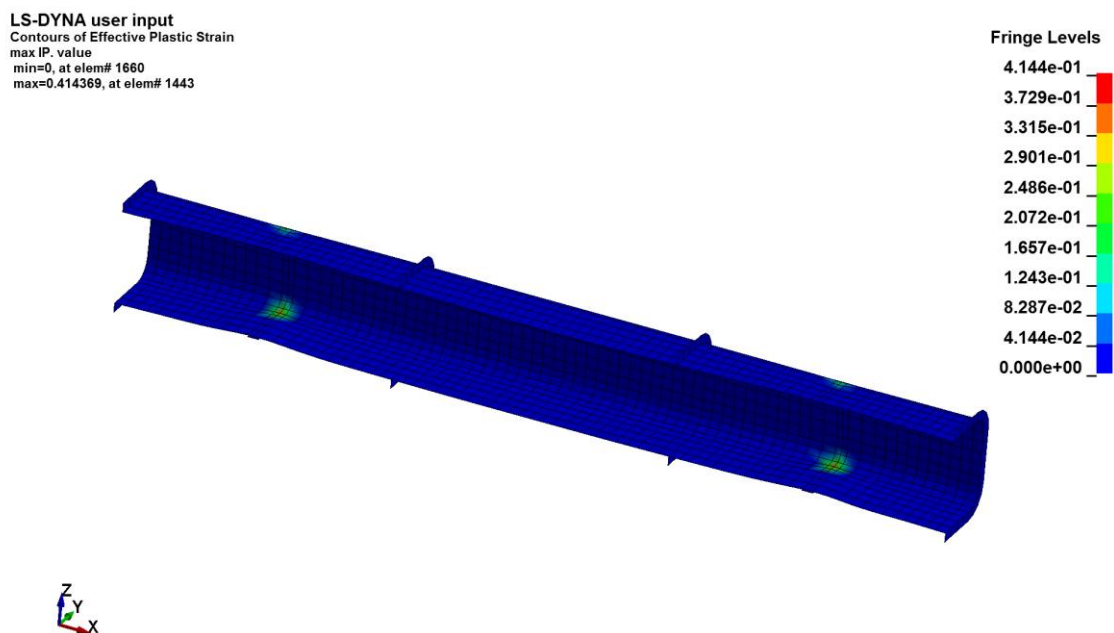
Fringe Levels
3.787e+02
3.408e+02
3.029e+02
2.651e+02
2.272e+02
1.893e+02
1.515e+02
1.136e+02
7.574e+01
3.787e+01
7.696e-14



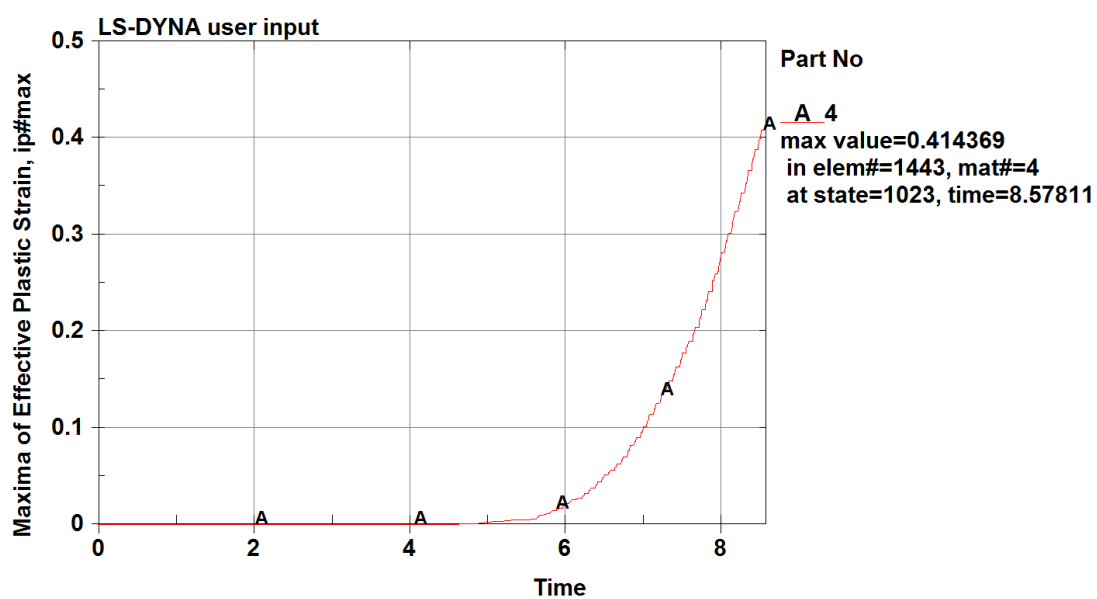
Rysunek 31. Okres 2.a - obciążenie wymuszeniem harmonicznym o częstotliwości 12 Hz i amplitudzie 10 mm. Mapa naprężeń ekwiwalentnych wg HMM w MPa.



Rysunek 32. Okres 2.a - obciążenie wymuszeniem harmonicznym o częstotliwości 12 Hz i amplitudzie 10 mm. Maksymalne naprężenia ekwiwalentne wg HMM w MPa.



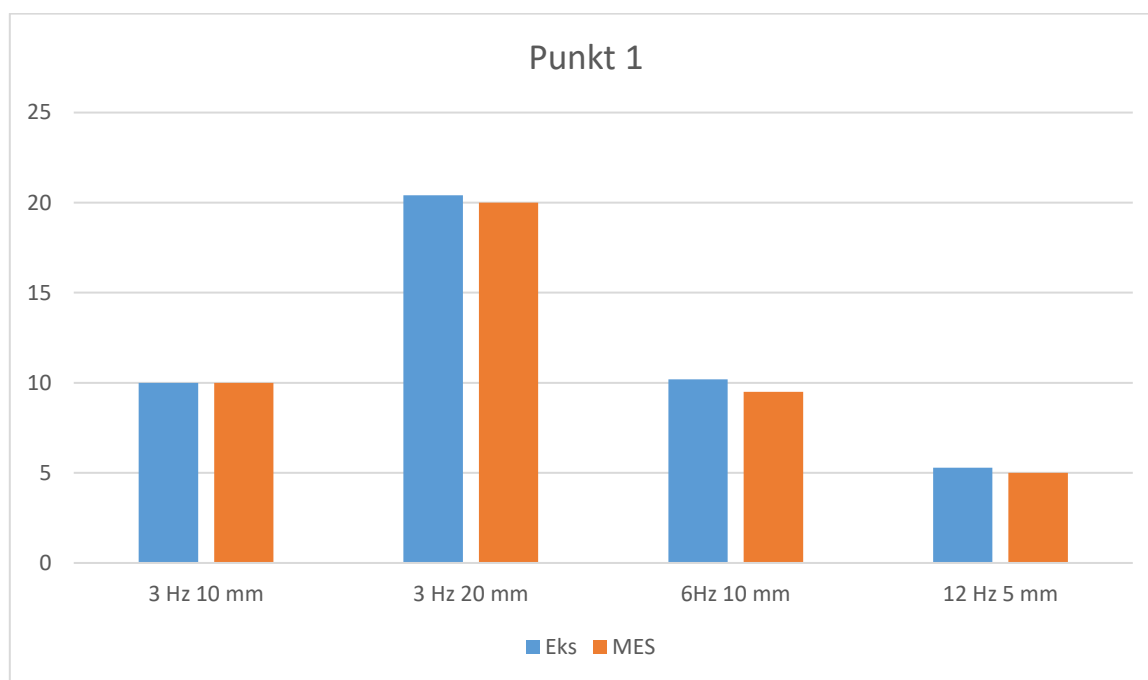
Rysunek 33. Okres 2.a - obciążenie wymuszeniem harmonicznym o częstotliwości 12 Hz i amplitudzie 10 mm. Miejsce występowania maksymalnych odkształceń plastycznych.



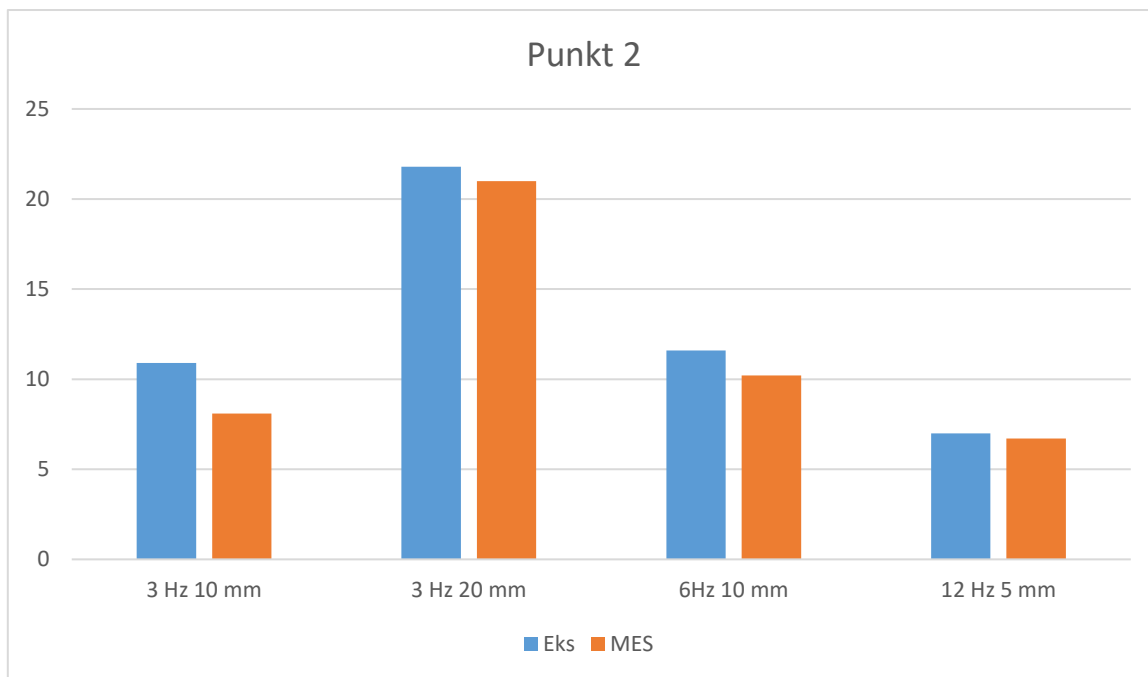
Rysunek 34. Okres 2.a - obciążenie wymuszeniem harmonicznym o częstotliwości 12 Hz i amplitudzie 10 mm. Historia przyrostów maksymalnych odkształceń plastycznych.

Tabela 4. Porównanie z wynikami badań eksperymentalnych

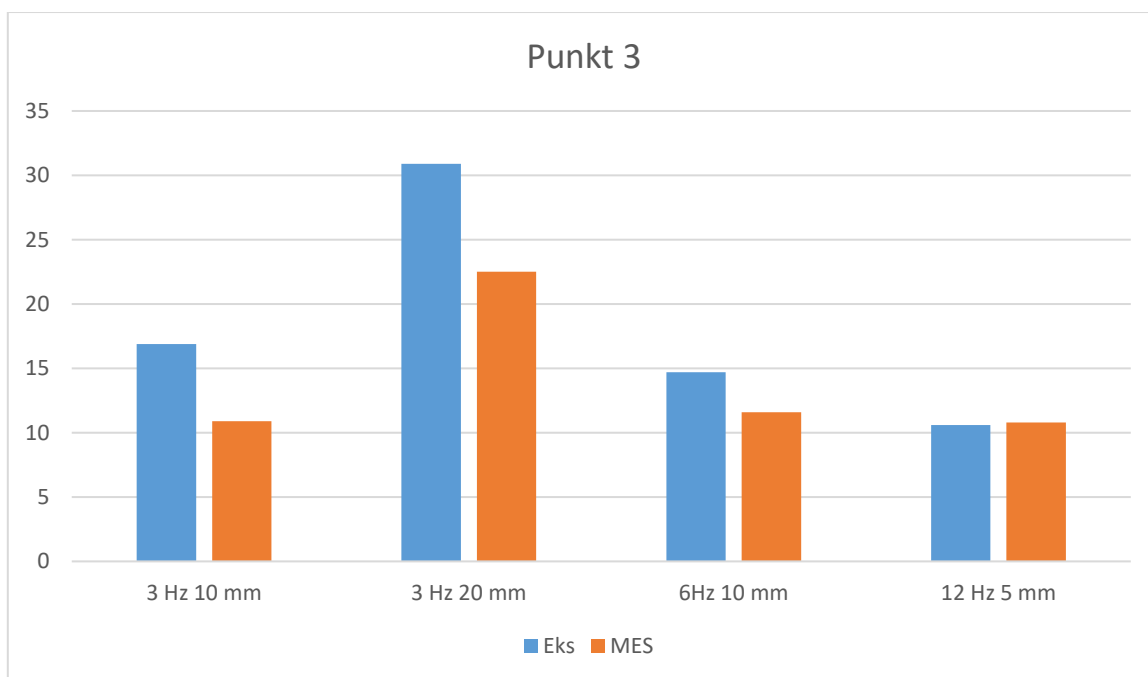
Częstotliwość	Przemieszczenie	Przyspieszenie	1		2		3	
[Hz]	[mm]	[m/s ²]	exp	mes	exp	mes	exp	mes
1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	10	3.6	9.99	10	10.9	8.1	16.9	10.9
3	20	7.1	20.4	20	21.8	21	30.9	22.5
6	10	14.2	10.2	9.5	11.6	10.2	14.7	11.6
12	5	28.4	5.28	5	7.0	6.7	10.6	10.8
12	10	56.9	X	X	X	X	X	X



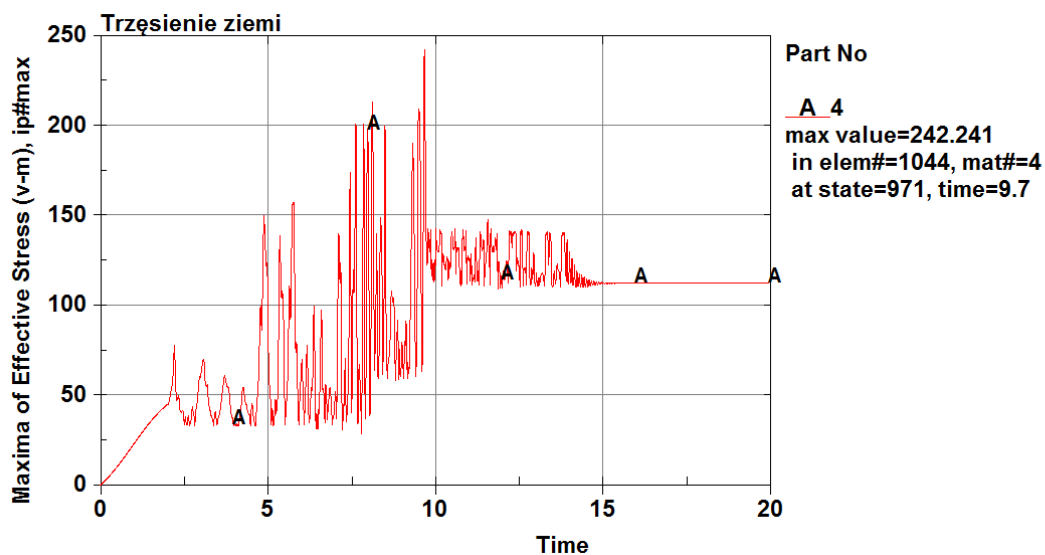
Rysunek 35. Porównanie wyników przemieszczeń w eksperymencie i symulacji MES dla punktu 1.



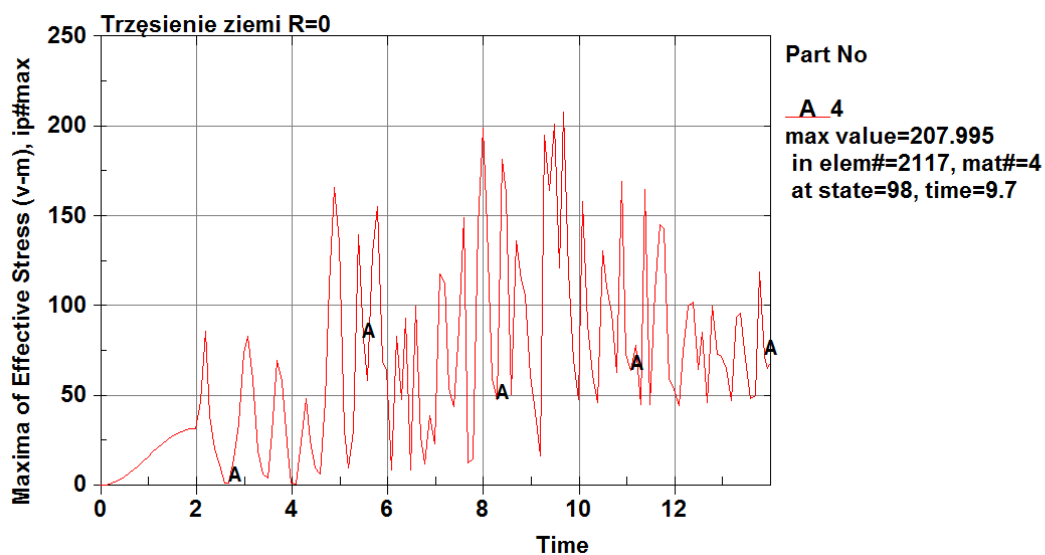
Rysunek 36. Porównanie wyników przemieszczeń w eksperymencie i symulacji MES dla punktu 2.



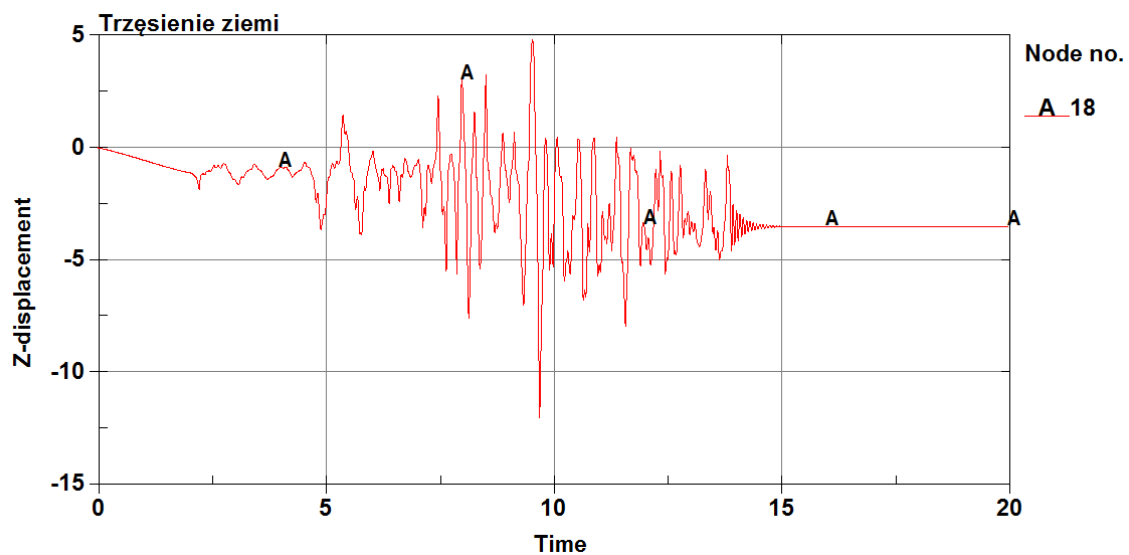
Rysunek 37. Porównanie wyników przemieszczeń w eksperymencie i symulacji MES dla punktu 3.



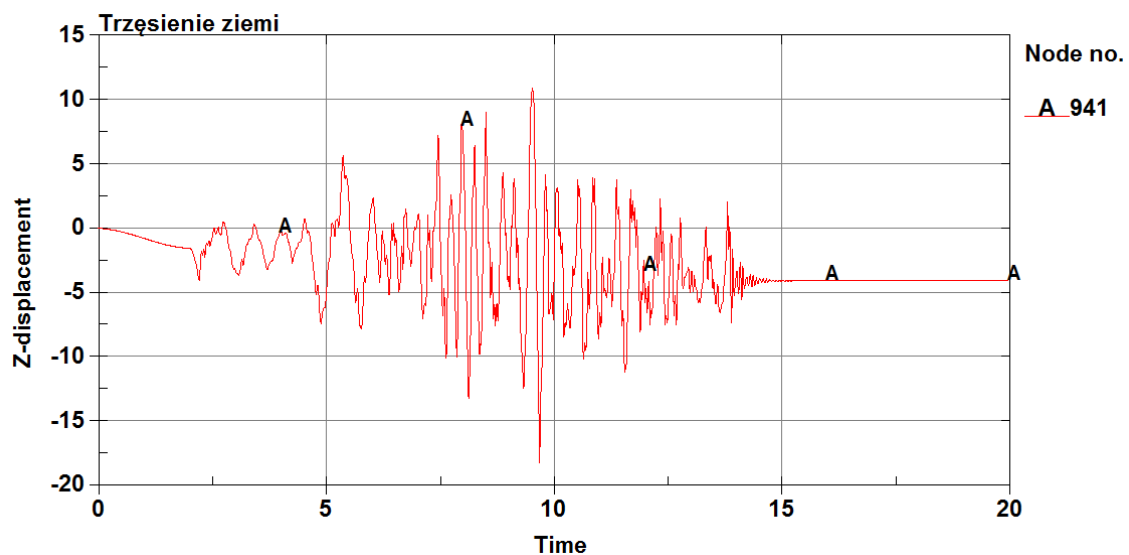
Rysunek 38. Okres 2 - obciążenie trzęsieniem ziemi o wartości 10G. Przebiegi czasowe maksymalnych wartości naprężeń ekwiwalentnych i naprężeń zredukowanych wg HMM. - Kanał R=100



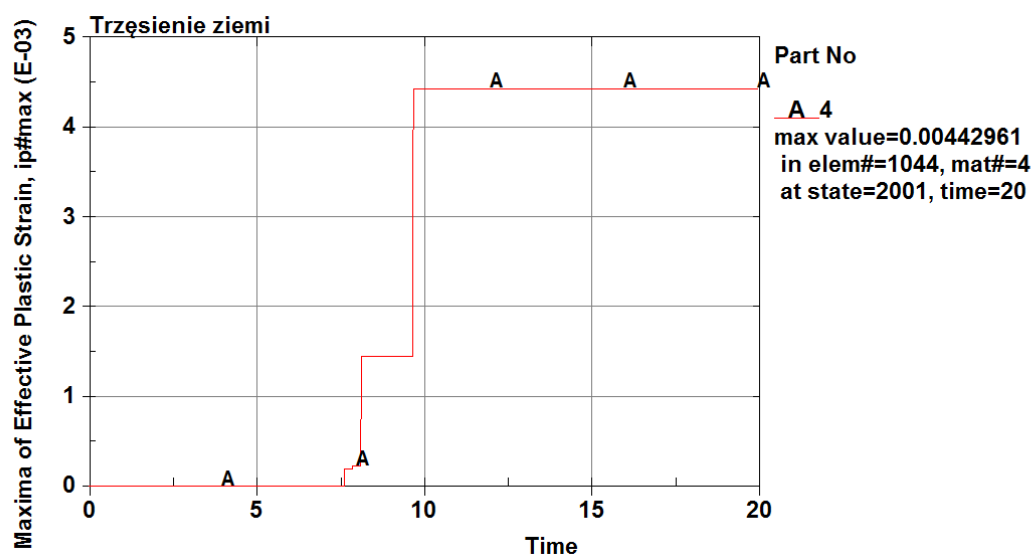
Rysunek 39. Okres 2 - obciążenie trzęsieniem ziemi o wartości 10G. Przebiegi czasowe maksymalnych wartości naprężeń ekwiwalentnych i naprężeń zredukowanych wg HMM. - Kanał R=0



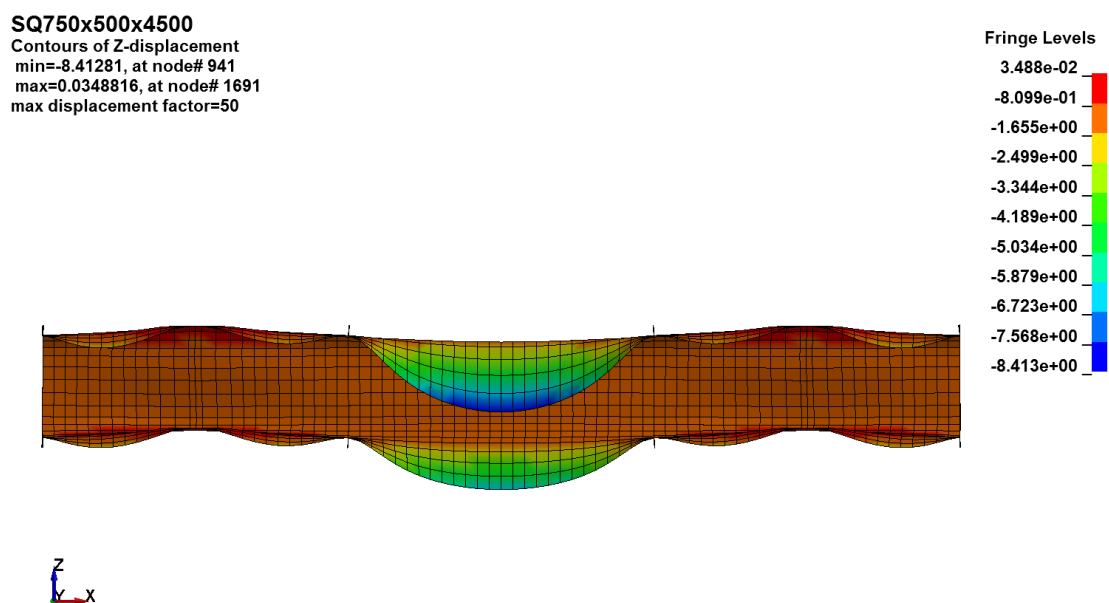
Rysunek 40. Okres 2 - obciążenie trzęsieniem ziemi o wartości 10G. - Przemieszczenia w punkcie 2 [mm]



Rysunek 41. Okres 2 - obciążenie trzęsieniem ziemi o wartości 10G. - Przemieszczenia w punkcie 3 [mm]



Rysunek 42. Okres 2 - obciążenie trzęsieniem ziemi o wartości 10G. Przebiegi czasowe odkształceń plastycznych.



Rysunek 43. Okres 2.a - obciążenie trzęsieniem ziemi o wartości 10G. Mapy odkształceń i naprężeń ekwiwalentnych w czasie wystąpienia ich maksymalnych wartości t. dla t=9.5 s.- deformacje kanału, powiększenie x50 [mm]

SQ750x500x4500

Contours of Effective Stress (v-m)

max IP. value

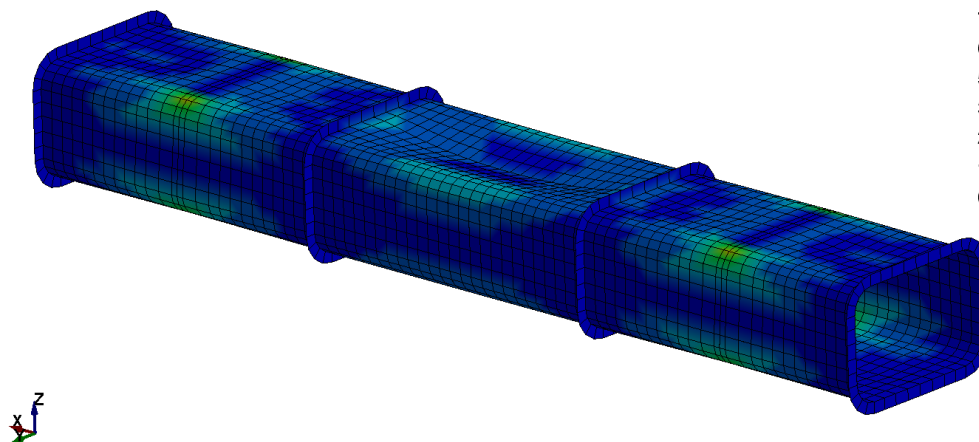
min=0, at elem# 179

max=128.807, at elem# 352

max displacement factor=10

Fringe Levels

1.288e+02
1.159e+02
1.030e+02
9.017e+01
7.728e+01
6.440e+01
5.152e+01
3.864e+01
2.576e+01
1.288e+01
0.000e+00



Rysunek 44. Okres 2.a - obciążenie trzęsieniem ziemi o wartości 10G. Mapy odkształceń i naprężeń ekwiwalentnych w czasie wystąpienia ich maksymalnych wartości t. dla t=9.5 s. - naprężenia zredukowane, powiększenie x10, [MPa]

LS-DYNA user input

Contours of Effective Stress (v-m)

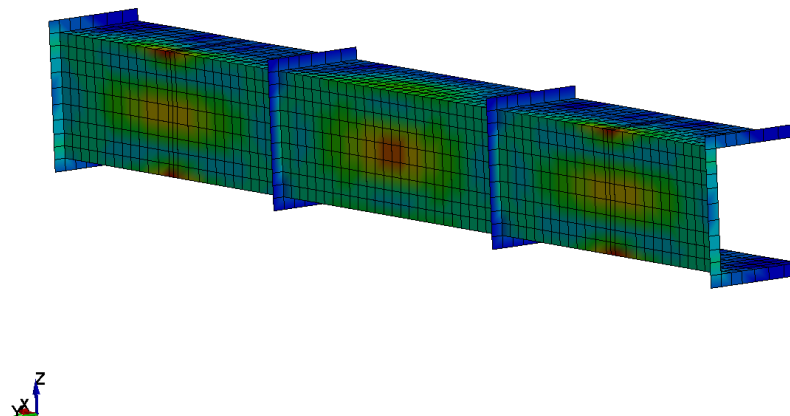
max IP. value

min=0, at elem# 179

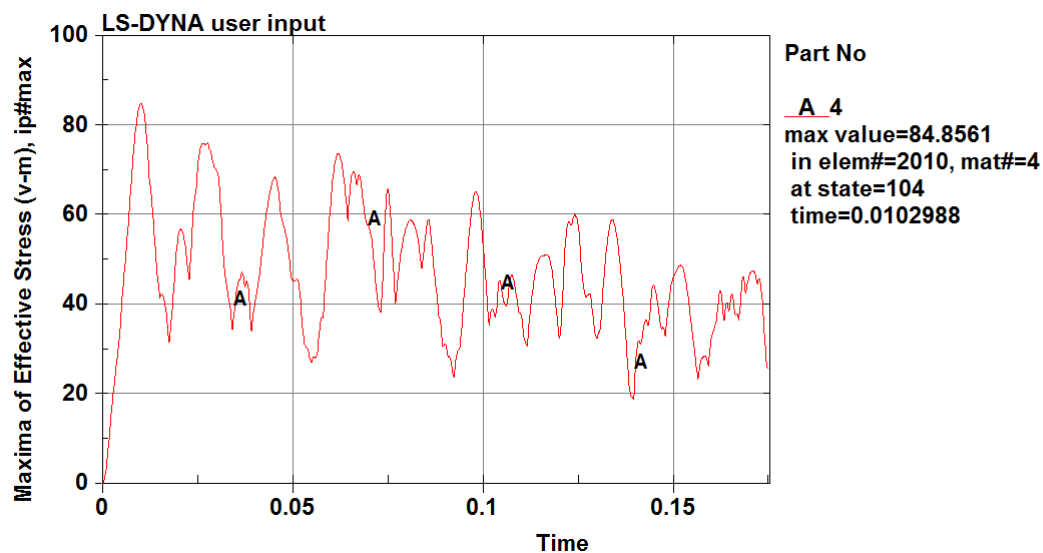
max=81.0037, at elem# 2010

Fringe Levels

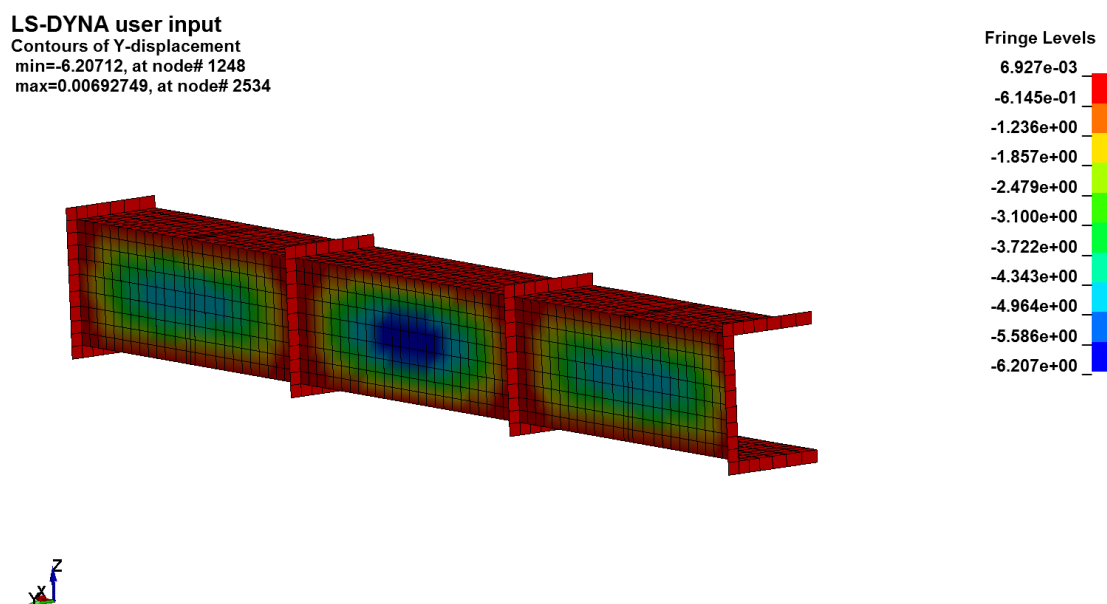
8.100e+01
7.290e+01
6.480e+01
5.670e+01
4.860e+01
4.050e+01
3.240e+01
2.430e+01
1.620e+01
8.100e+00
0.000e+00



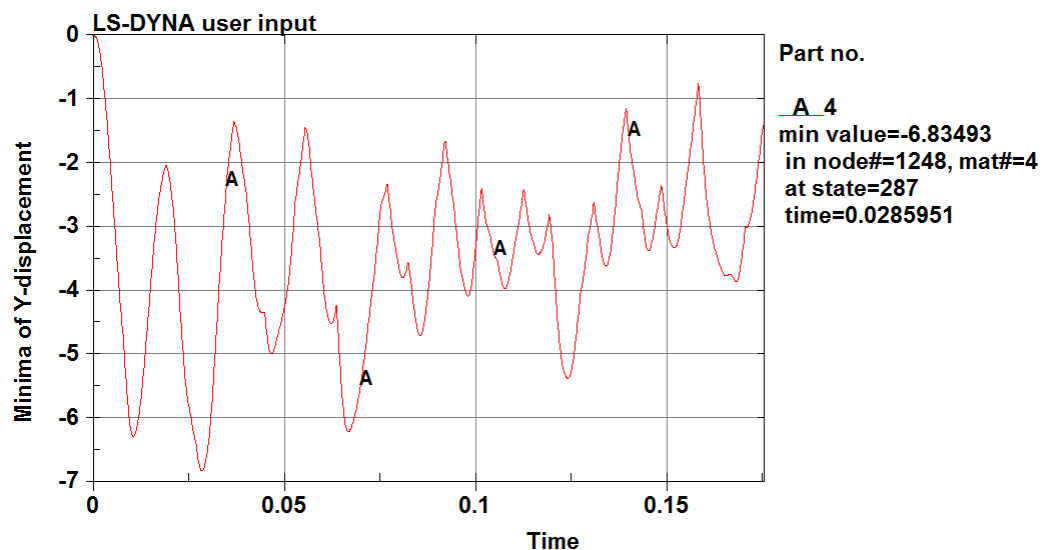
Rysunek 45. Okres 3 – obciążenie ciśnieniem od wybuchu. Mapy odkształceń i naprężeń ekwiwalentnych w czasie wystąpienia ich maksymalnych wartości dla kanały R0. - mapy naprężeń zredukowanych wg HMM w MPa



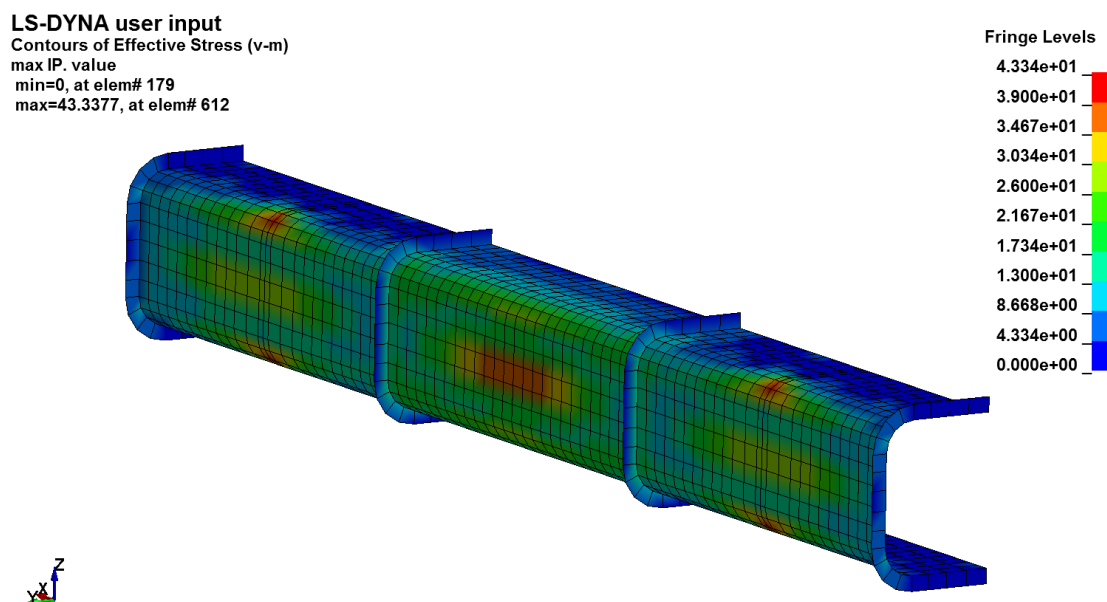
Rysunek 46. Okres 3 – obciążenie ciśnieniem od wybuchu. Mapy odkształceń i naprężeń ekwiwalentnych w czasie wystąpienia ich maksymalnych wartości dla kanały R0. - historia naprężeń zredukowanych wg HMM w MPa



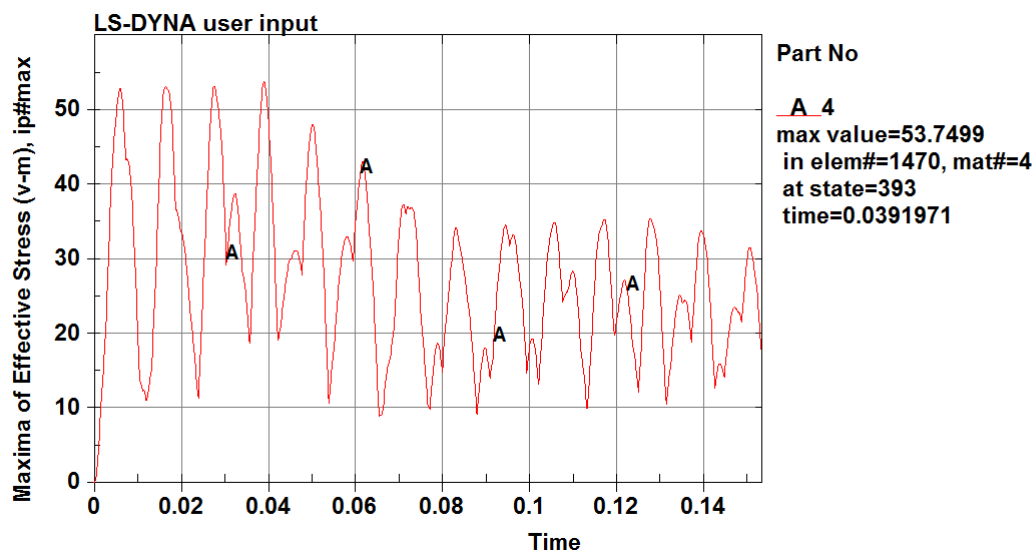
Rysunek 47. Okres 3 – obciążenie ciśnieniem od wybuchu. Mapy odkształceń i naprężeń ekwiwalentnych w czasie wystąpienia ich maksymalnych wartości dla kanały R0. - mapy deformacji kanału w mm



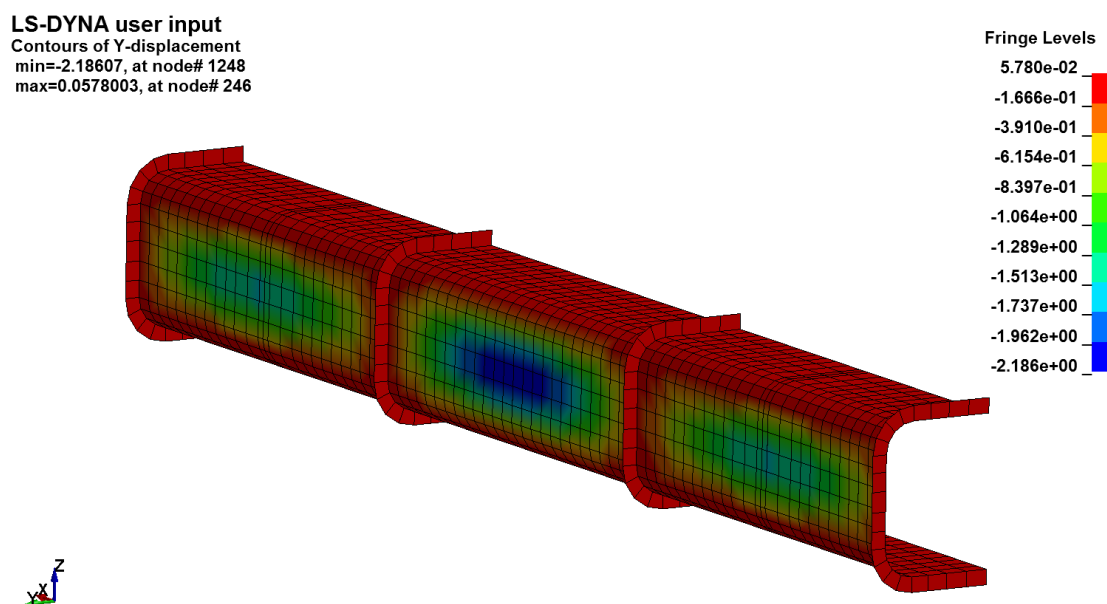
Rysunek 48. Okres 3 – obciążenie ciśnieniem od wybuchu. Mapy odkształceń i naprężeń ekwiwalentnych w czasie wystąpienia ich maksymalnych wartości dla kanały R0. - historia deformacji kanału w mm



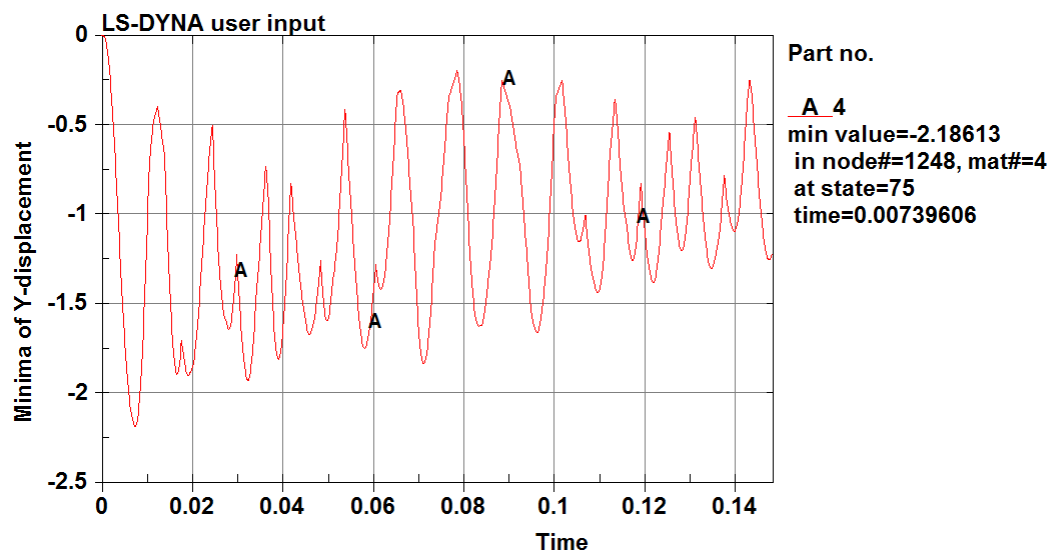
Rysunek 49. Okres 3 – obciążenie ciśnieniem od wybuchu. Mapy odkształceń i naprężeń ekwiwalentnych w czasie wystąpienia ich maksymalnych wartości dla kanały R100. - mapy naprężeń zredukowanych wg HMM w MPa



Rysunek 50. Okres 3 – obciążenie ciśnieniem od wybuchu. Mapy odkształceń i naprężeń ekwiwalentnych w czasie wystąpienia ich maksymalnych wartości dla kanały R100. - historia naprężeń zredukowanych wg HMM w MPa



Rysunek 51. Okres 3 – obciążenie ciśnieniem od wybuchu. Mapy odkształceń i naprężeń ekwiwalentnych w czasie wystąpienia ich maksymalnych wartości dla kanały R100. - mapy deformacji kanału w mm



Rysunek 52. Okres 3 – obciążenie ciśnieniem od wybuchu. Mapy odkształceń i naprężeń ekwiwalentnych w czasie wystąpienia ich maksymalnych wartości dla kanały R100. - historia deformacji kanału w mm