

## NUMERICAL ANALYSIS OF THE PROPAGATION OF A DISTURBANCE IN STEEL USING THE ANSYS PROGRAM

*Faculty of Civil Engineering,  
Czestochowa University of Technology  
mariusz.kosin@pcz.pl*

Ó Major Maciej, Kosiń Mariusz, 2019

The paper presents harmonic analysis for the propagation of a disturbance in a simple compressible elastic structure made of steel (a cubic cube measuring 5×5×5 cm). The impact of initial compression or stretching on the propagation speed of the disorder was assessed. It has been shown that in relation to the reference model, i.e. the model without preliminary interactions, there is a change in the speed of propagation of the disturbance and change of the velocity amplitude. Differences in the obtained speeds in relation to the reference model for stretching is by 6 times higher and compression by about 47 times greater. After pre-compression, the model was additionally subjected to an impulsive load (like an hammer test). Differences in propagation velocity obtained are caused by the change of intermolecular distance for the analyzed medium, as a consequence of the influence of the preliminary impact, i.e. surface tension or compression for the analyzed simple elastic structure made of steel.

**Key words:** propagation disorders; steel; ANSYS.

### Introduction

At the moment there is a need to implement scientific issues with regard to numerical programs. In this area, the Ansys program offers great opportunities to perform both linear and non-linear analyzes. An example of using Ansys are papers (M. Major, 2018) in which the benefits resulting from numerical modeling in relation to the analysis of structural solutions were demonstrated. The program also includes a model that allows counting issues related to propagation of disturbances and propagation of waves, for example, works (P. Całka, 2017; C. M. Ramesha, 2015; Yadong Tang, 2016). The implementation of numerical issues allows for effective performance of project activities, reducing the time to obtain final results and introducing solutions enabling qualitative and quantitative assessment of the presented issue. An example of quantitative and qualitative differences are works (M. Major, 2017; M. Major, 2017; M. Major, 2018).

The assessment of the impact of the initial impact on the parameters related to the propagation of the disorder in structural elements is important for the safety of the construction work. Also, the application of initial impact can be used for non-destructive testing of completed construction solutions and numerical analyzes of entire structures. It is reasonable in the light of the progress of numerical research to conduct a numerical analysis of a simple elastic structure in order to show quantitative or potentially qualitative differences for various types of numerical analyzes based on MES (M. Major, 2019; M. Major, 2014). An example of this is the harmonic analysis performed by which it is possible to determine the phase-frequency response of the structure, which allows to determine the real amplitude that will be achieved, for example, displacement during an infinitely long exposure to a sinusoidal variable (Huei-Huang Lee, 2011).

### Numerical model

A simple elastic structure in the form of a cubic steel cube measuring 5×5×5 cm with material constants was adopted for the propagation study of the disturbance in steel:

- Young's module 210.000 MPa;
- Poisson ratio 0.3;
- bulk density 7 850 kg/m<sup>3</sup>;

The model has been subjected to impacts in the field of elastic deformation. The Harmonic Response calculation module of Ansys 18.1.1 Academic Research 18.1.1 was used for the analysis. This module allows you to determine, among others the form and amplitude of displacements and velocities with a force or pressure load with a sinusoidal time history [P. Całka, 2017; Ansys-Workbench v. 18.1 system documentation]. The system response is in steady state. In the analysis, two cases of pre-compression of the cube fixed in the square base  $1 \times 1$  cm (Fig. 1) were assumed to be uniformly distributed on the opposite walls  $q = 10$  MPa (Fig. 2, *a* and *b*). Then, calculations were made by introducing the amplitude of the  $P = 10$  N force, which the program solver treated as a sinusoidal function (Fig. 1):

$$P(t) = P \cdot \sin(\omega \cdot t),$$

where:  $P$  – amplitude of force [N];  $\omega$  – circular frequency [rad/s];  $t$  – time.

The load frequency varied from 1 to 1250 Hz.

The discretization of the cube model with the Solid187 solid element was generated in the Multizone mode based on cubic elements, which guarantees the creation of fewer nodes and elements and greater accuracy of results compared to four-walled grids (Fig. 1). The cube model consisted of 270.641 nodes and 64.000 elements.

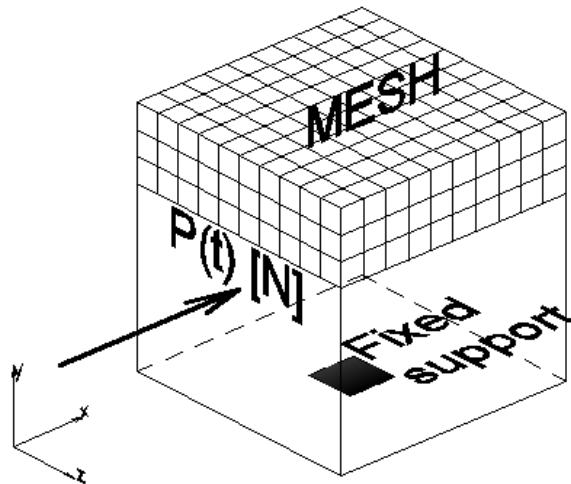


Fig. 1. Analyzed model with mesh and place of application of pulse load  $P(t)$

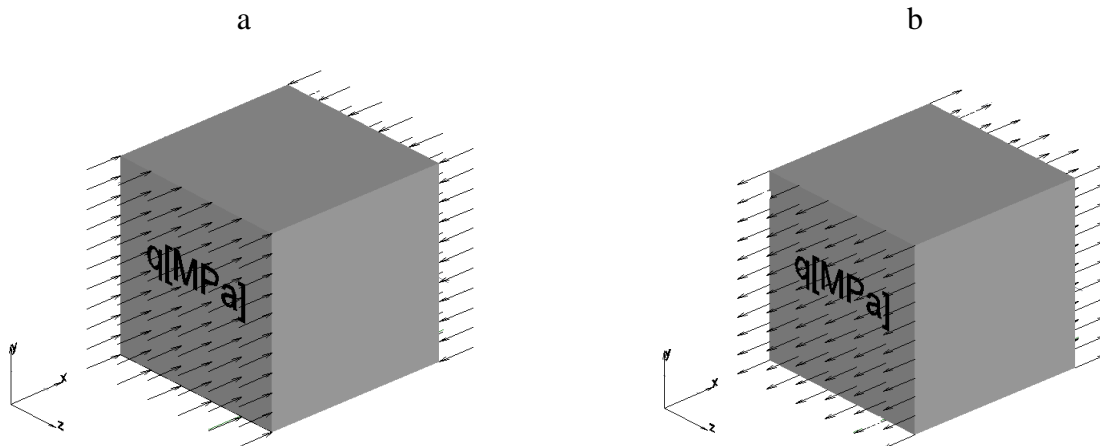


Fig. 2. Analyzed model with surface interaction: *a* – compression, *b* – stretching

## Numerical results

The analyzed models are significant (Fig. 3 and 4). For example, the displacement amplitude values for the 1250 Hz frequency are  $1.05e-7$  mm for the reference cube,  $6.59e-07$  mm for the tie bar and  $4.97e-6$  mm for the compression bar, respectively (Fig. 4). The situation is similar in the case of the velocity amplitude (Fig. 3). In the graph obtained from the harmonic analysis resonance frequencies are not revealed, because the maximum frequency range was set to 1250 Hz.

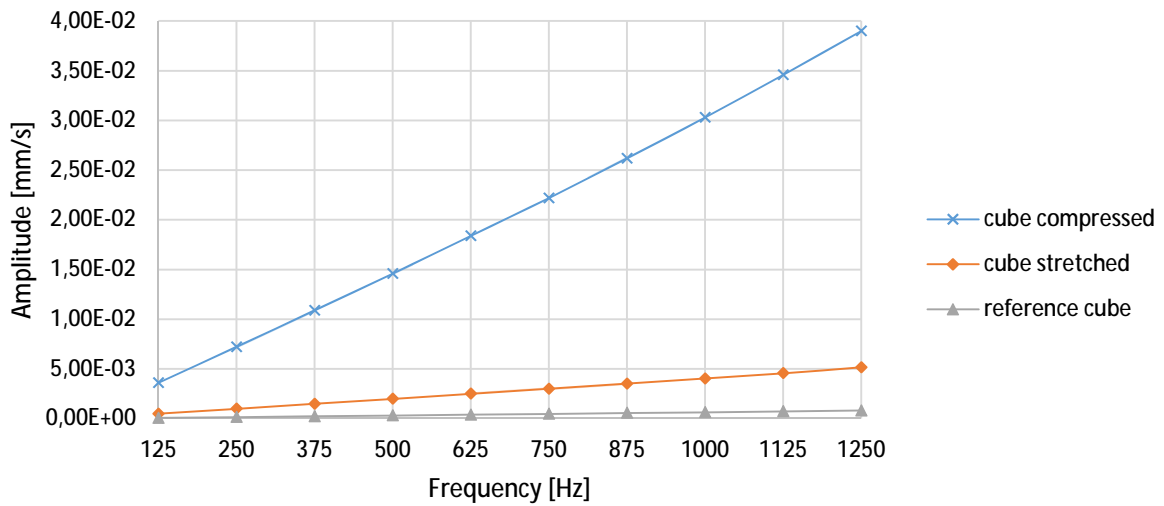


Fig. 3. The course of the velocity amplitude function

The performed analysis clearly shows that the obtained velocity values in the case of bar compression are 87.06 % higher than in the case of ankle stretching.

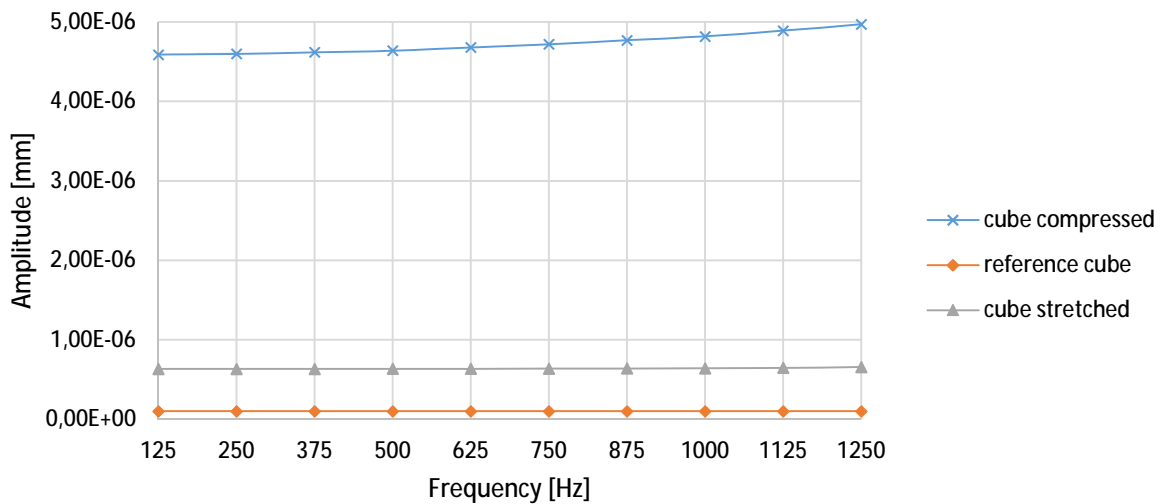


Fig. 4. The course of the displacement amplitude function

## Conclusions

The numerical analysis showed a difference, in the propagation velocity of the disturbance in the case of interactions involving compression and extension of the bar in relation to the reference cube, i.e. not subjected to surface interactions. The implement compressive stresses diminished the intermolecular

distances, i.e. they somehow thickened the material structure which influenced the increase of propagation velocity of the disturbance as a result of the declared impact of the impulse load with an amplitude of 10 N. In the case of tensile stresses an inverse effect was obtained. Increasing the intermolecular distance (as expected) affected the speed of propagation of the disorder.

## References

Major M., Major I., Kalinowski J., Kosiń M., Analysis of a Selected Node of a Truss Made of Cold-Rolled Sections Based on the Finite Element Method, 2nd International Conference Structural Reliability 2018, 16th International Conference Modelling in Mechanics 2018, Ostrava, Czechy, VSB – Technical University of Ostrava 2018.

Major M., Major I., Kosiń M., Numerical Static Strength Analysis of the Curtain Wall with Light Steel Structure, Transactions of the VSB – Technical University of Ostrava. Civil Engineering Series, Vol. 17.

Całka P., Porównanie właściwości dynamicznych belki nośnej wykonanej jako odlew żeliwny i hybrydowe połączenie konstrukcji stalowej z odlewem mineralnym, Modelowanie Inżynierskie 2017 nr 62, ISSN 1896-771X.

Ramesha C. M., Abhijith K G, Abhinav Singh, Abhishek Raj, Chetan S Naik, Modal Analysis and Harmonic Response Analysis of a Crankshaft, International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, ISSN 2250-2459, ISO 9001:2008 Certified Journal, Volume 5, Issue 6, June 2015.

Yadong Tang, Yongchang Yu, Jingzhao Shi, Shuaijun Zhang, Modal and harmonic response analysis of key components of robotic arm based on ANSYS, 13th Global Congress on Manufacturing and Management, GCMM 2016.

Major M., Major I., Kuliński K., Numerical Analysis of Three-Layered Wall Made of Concrete-Rubber Composites Subjected to the Dynamic Load, 14th Conference on Dynamical Systems Theory and Applications (DSTA 2017), Łódź, Poland, ISBN: 978-83-935312-3-3.

Major M., Selejda J., Kuliński K., Shape Optimization of Glass Facade Single-Armed Spider Support Using Finite Element Method Based Software, The Quality Aspects of Materials, Technology and Management (red.) Ulewicz Robert, Kawulok Petr, Oficyna Wydawnicza Stowarzyszenia Menedżerów Jakości i Produkcji, ISBN: 978-83-63978-55-6.

Major M., Major I., Minda I., Dynamic Numerical Analysis of Steel Footbridge, Civil and Environmental Engineering Vol. 13, 2017.

Major M., Major I., Respondek Z., Dynamical Analysis of Steel Point Connectors Used for Fixation of Glass Facades, Archives of Metallurgy and Materials Vol. 63, 2018.

Major M., Major I., Kuliński K., Analysis of the Mechanical Wave in the Composite Made of Concrete and Rubber - Numerical Analysis, 17th International Conference Modelling in Mechanics 2019, Ostrava, Czechy, VSB – Technical University of Ostrava, ISBN: 978-80-248-4296-7.

Major M., Major I., Różycka J., Coefficients of Reflection and Transmission of Transverse and Longitudinal Acoustic Wave in the Blatz-Ko Material, Transactions of the VSB – Technical University of Ostrava. Civil Engineering Series vol. 14, Ostrava 2014

Huei-Huang Lee, Finite Element Simulations with Ansys Workbench 13 Schroft Development Corporation 2011, ISBN: 978-1-58503-653-0.

Ansys-Workbench v. 18.1 system documentation.

**М. Майор, М. Косін**

Ченстоховський технологічний університет,  
кафедра цивільної інженерії

## ЧИСЛОВИЙ АНАЛІЗ ПОШИРЕННЯ РУЙНУВАННЯ В СТАЛІ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМИ ANSYS

© Майор М., Косін М., 2019

Викладено результати гармонічного аналізу поширення руйнування від стискання пружної конструкції, виготовленої зі сталі (куби розмірами 5×5×5 см).

Оцінка впливу початкового впливу на параметри, пов'язані з порушенням структури в конструктивних елементах, має важливе значення для безпеки будівельних робіт. Також застосування початкового удару можна використовувати для неруйнівного випробування готових будівельних розчинів та числового аналізу цілих конструкцій. Доцільно з огляду на хід числових досліджень виконати числовий аналіз простої еластичної структури, щоб показати кількісні або потенційно-якісні відмінності для різних типів числових аналізів на основі методу скінченних елементів. Прикладом цього є гармонічний аналіз, за допомогою якого можна виконати фазово-частотний аналіз структури, що дає змогу визначити реальну амплітуду, якої можна досягти, наприклад, у разі зміщення під час нескінченно тривалого впливу синусоїдальної змінної.

Виконано оцінку початкового стиску або розтягу на швидкість порушення структури. Також показано, що стосовно еталонної моделі, тобто моделі, що не зазнала попередніх впливів, відбувається зміна швидкості порушення стану спокою та зміна амплітуди. Відмінності в отриманих швидкостях відносно еталонної моделі розтягу в шість разів вищі, а стиснення приблизно в 47 разів більше. Після попереднього стиснення модель додатково піддали імпульсивному навантаженню (імітація тесту молотка). Компресійні напруження зменшували міжмолекулярні відстані, тобто потовщували структуру матеріалу, що збільшило швидкість поширення порушення структури внаслідок заявленого впливу імпульсного навантаження з амплітудою 10 Н.

Тому визначено, що отримані відмінності у швидкості поширення зумовлені зміною міжмолекулярної відстані для аналізованого середовища, як наслідок впливу попереднього удару, тобто поверхневого натягу або стиснення для аналізованої простої пружної структури, виготовленої зі сталі.

**Ключові слова:** порушення структури; сталь; ANSYS.