

# **Analiza odpowiedzi dynamicznej budowli wielopodporowych na wstrząsy parasejsmiczne pochodzenia górniczego z zastosowaniem**

## **Metody Wielopodporowego Spektrum Odpowiedzi**

### **Streszczenie**

W rozprawie doktorskiej zaprezentowano analizę odpowiedzi dynamicznej pięcioprzęsłowego wiaduktu drogowego na wymuszenie parasejsmiczne pochodzenia górniczego. Celem rozważań podjętych w pracy było rozeznanie możliwości i celowości zastosowania Metody Wielopodporowego Spektrum Odpowiedzi, a także zastosowania wzorcowych krzywych spektralnych, opisanych dla rejonów Górnośląskiego Zagłębia Węglowego oraz Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego do obliczania odpowiedzi dynamicznej budowli wielopodporowych na nierównomierne wymuszenia kinematyczne pochodzenia górniczego. W rozprawie przedstawiono zarówno doświadczalne jak i numeryczne analizy wybranego obiektu. Badania *in situ* wykorzystano do weryfikacji modelu numerycznego wiaduktu oraz do wyznaczenia modelu nierównomiernego wymuszenia kinematycznego (prędkości rozchodzenia się fali, parametrów funkcji koherencji oraz poziomu redukcji amplitudy) zastosowanego w części obliczeniowej.

Obliczenia numeryczne odpowiedzi dynamicznej wiaduktu na wstrząsy górnicze zrealizowano, z wykorzystaniem 3 rodzajów algorytmów: pełnej analizy dynamicznej, Metody Spektrum Odpowiedzi oraz Metody Wielopodporowego Spektrum Odpowiedzi.

Na podstawie rezultatów analiz numerycznych wykazano możliwość i celowość stosowania wzorcowych funkcji spektrum odpowiedzi w analizie dynamicznej prowadzonej z wykorzystaniem Metody Wielopodporowego Spektrum Odpowiedzi do obliczenia odpowiedzi dynamicznej budowli na nierównomierne wymuszenia parasejsmiczne.

# **Dynamic response analysis of the multi-support structure to mining shocks using Multiple Support Response Spectrum Analysis**

## **Summary**

In the dissertation the study of dynamic response of the five-span road viaduct to the non-uniform paraseismic kinematic excitation was presented. The research consisted of the *in situ* experiments of the analyzed viaduct and the numerical analysis. The carried out *in situ* investigations aimed at demonstrating the opportunity and sense of using the Multiple Support Response Spectrum Analysis (MSRSA) in case of the dynamic response analysis of the multiple support structures under non-uniform mining excitation. In addition, the possibilities of applying the standard response spectrum functions described for Upper Silesian Coal Basin (USCB) and Legnica- Glogow Copper Basin (LGC) in MSRSA method algorithm were recognized. The experiments allowed to determine the dynamic characteristics of the object like natural frequencies, modes, and damping parameters, which were used for the validation of the numerical model. The *in situ* measurements were also implemented in determination of the characteristics of the non-uniform ground motion model (the wave passage velocity, the parameters of the coherence function and the level of reduction of the wave amplitude).

In the numerical, finite element method analysis of the dynamic response of the viaduct to the mining shock, the uniform and non-uniform kinematic excitation models were considered. The calculations of the dynamic response of the viaduct to mining excitation were conducted using three different analysis types: the full-time history analysis (THA), the Response Spectrum Analysis (RSA) and the Multiple Support Response Spectrum Analysis (MSRSA). In case of the full dynamic analysis, the kinematic excitations were represented by the supports accelerations taken from the real registered mining shock. The non-uniform excitation model additionally took into account the main effects of non-uniformity of ground motion: wave passage effect, incoherence effect and attenuation effect. The kinematic excitation applied in the RSA

and the MSRSA methods based on the standard response spectrum functions from USBC and LGC. The standard response spectrum functions in MSRSA method were additionally modified by the implementation of the non-uniformity effects mentioned earlier.

The results of numerical analyses confirmed that the Multiple Support Response Spectrum Method could be used to calculate the dynamic response of a multi-support structure to non-uniform mining excitations. In addition, the results indicated that the non-uniform effects had a significant impact on the dynamic response level. Parameters of the non-uniform excitation, like wave velocity or coherency function, had a significant influence on the solution and should be determined based on local ground conditions. The comparison of results from the full dynamic analysis, the Response Spectrum Analysis and the Multiple Support Response Spectrum Analysis shows that the RSA correctly estimates the solution only in the case of the uniform excitation model, and may lead to the underestimation of the solution in the case of non-uniform excitation. The MSRSA method allowed for correct (conservative in comparison with the THA solution) estimation of the maximum level of the dynamic response of structure when the non-uniformity effects were taken into account. Thus, in contrast to RSA, the MSRSA method may be used in the estimation of the dynamic response of multiple support structures subjected to the non-uniform excitation of mining shocks.