

Opóźnienia milisekundowe a minimalizacja oddziaływania robót strzałowych na zabudowania w otoczeniu

Millisecond time delays and the minimization of blasting works influence on housing structures



Dr inż. Anna Soltys*)



Dr inż. Józef Pyra*)



Dr inż. Jan Winzer*)

Treść: Artykuł dotyczy problematyki minimalizacji oddziaływania robót strzałowych na otoczenie kopalń odkrywkowych. Umiejętne wykorzystanie możliwości, jakie niesie postęp w dziedzinie materiałów wybuchowych i środków strzałowych, pozwala na coraz efektywniejsze prowadzenie robót. Szczególnie systemy nieelektryczne i elektroniczne stwarzają nowe możliwości w zakresie doboru opóźnień milisekundowego. W referacie przedstawiono zagadnienia związane z możliwością sterowania strukturą drgań wzbudzanych robotami strzałowymi i wpływem na interakcję układu budynek-podłoże.

Abstract: This paper presents the issue of minimization of the impact of the vibration generated by blasting works on the surrounding environment of open pit mines. Only the skillful usage of the opportunities which appeared thanks to the development in the field of explosive materials and blasting agents allows to perform blasting works more efficiently. In particular, the non-electric and the electronic systems offer new opportunities in the selection of millisecond time delays. The issues which are related to the possibility of vibration structure controlling which had been induced by the blasting works were presented in the paper. The impact of the interaction between the building and the ground was also included.

Słowa kluczowe:

górnictwo odkrywkowe, technika strzelnicza, strzelanie milisekundowe, oddziaływanie drgań

Key words:

open pit mining, blasting technique, millisecond blasting work, vibration influence

1. Wprowadzenie

Zastosowanie materiałów wybuchowych w procesie urabiania złóż surowców skalnych jest, szczególnie przy stosowaniu ładunków w długich otworach, źródłem drgań, które mogą oddziaływać na zabudowania w otoczeniu odkrywkowego wyrobiska górnictwa. Dążeniem każdego zakładu górnictwa jest z jednej strony minimalizacja tego oddziaływania, a z drugiej strony stosowanie dużych mas MW do strzelania, gdyż gwarantuje to obniżenie kosztów prowadzenia robót strzałowych. Wprowadzenie do stosowania nowoczesnych MW, ich mechanicznego załadunku do otworów strzałowych, nieelektrycznych i elektronicznych systemów odpalania ładunków, stwarza możliwości do prawidłowego i bezpiecznego dla otoczenia prowadzenia robót strzałowych [1].

Minimalizacja oddziaływania drgań na otoczenie to nie tylko ograniczanie masy ładunku MW przypadającego na opóźnienie milisekundowe czy też ładunku całkowitego od-

palanego w serii, ale przede wszystkim umiejętne korzystanie z nowoczesnych narzędzi. Duży wybór możliwych do zastosowania opóźnień milisekundowych pozwala między innymi na:

- obniżanie intensywności drgań przez dobór odpowiedniego opóźnienia milisekundowego i rozłożenie efektu oddziaływania w czasie,
- sterowanie strukturą drgań w podłożu w celu zwiększenia tłumienia tych drgań przy przejściu do fundamentu obiektu chronionego (wpływanie na interakcję układu budynek-podłoże).

Zalecenia zawarte w warunkach bezpiecznego wykonywania robót strzałowych, a dotyczące opóźnień milisekundowych, mają szczególne znaczenie i nie można już dzisiaj wymienić trzech czy czterech kolejnych czasów opóźnień konektorów, gdyż jest to informacją nieprecyzyjną. Trzeba sobie zdawać sprawę z konsekwencji takich zapisów, należy wskazać w przypadku strzelań wieloszerogowych budowę siatki otworów i rozmieszczenie w niej konektorów. Rzeczywiste czasy opóźnień w tych przypadkach nigdy nie są jednoznaczne z opóźnieniem konektora.

*) AGH w Krakowie

Wiadomo, że opóźnienie milisekundowe ma decydujące znaczenie dla intensywności wzbudzanych drgań parasejsmicznych, dlatego jest to bardzo ważny element warunków bezpiecznego prowadzenia robót strzałowych i nie może być lekceważony, gdyż przez nieumiejętny dobór opóźnienia można osiągnąć efekt odwrotny do zakładanego – tam gdzie oczekuje się minimalizacji oddziaływania można osiągnąć znaczące wzmocnienie intensywności drgań.

Przykładowo, ingerencja w strukturę drgań przez zastosowanie określonego opóźnienia milisekundowego, może być przyczyną:

- zmiany kwalifikacji oddziaływania – przez przesunięcie częstotliwości dominujących w bardziej niekorzystny zakres na skali SWD [7],
- istotnego zmniejszenia tłumienia drgań przy przejściu z podłoża do fundamentu [5].

2. Opóźnienia milisekundowe a struktura wzbudzanych drgań

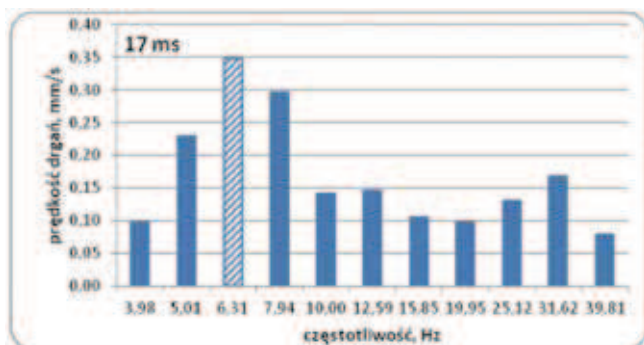
Projektując siatki strzałowe i dobierając opóźnienia milisekundowe dla siatki otworów strzałowych, należy pamiętać, że opóźnienie między ładunkami MW jest jednoznaczne z opóźnieniem konektora tylko w przypadku ładunków ułożonych w jednym szeregu (rzędzie) i odpalanych z włosem bocznym. W każdym innym przypadku należy obliczyć rzeczywisty czas odpalania poszczególnych ładunków i na tej podstawie określić rzeczywiste opóźnienie milisekundowe.

Ma to bardzo duże znaczenie szczególnie w przypadku siatek ułożonych w kilku szeregach.

W kopalni gipsu w ramach prac badawczych, do odpalania serii ładunków ułożonych w jednym szeregu, zastosowano konektory 17 ms, 42 ms i 67 ms. Analiza tercjowa wykazała zasadnicze różnice w strukturze zarejestrowanych drgań, co przedstawiono na rysunkach 1, 2 i 3:

- opóźnienia 42 i 67 ms wzbudzają częstotliwości własne, odpowiednio 25,12 Hz i 15,85 Hz,
- opóźnienie 17 ms wzbudza drgania o niższych częstotliwościach – 6,31 Hz.

Jak widać z rys. 2 opóźnienie 42 ms przesuwają dominującą częstotliwość w zakres najbardziej niekorzystny czyli 25 Hz.

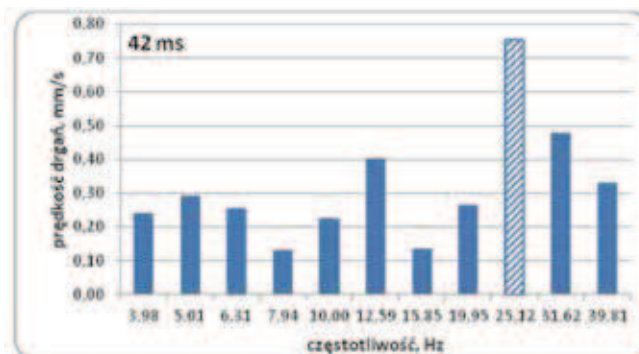


Rys. 1. Struktura drgań wzbudzonych odpaleniem serii ładunków MW z opóźnieniem 17 ms

Fig. 1. Structure of vibrations induced by blasting works performed with a 17 ms time delay

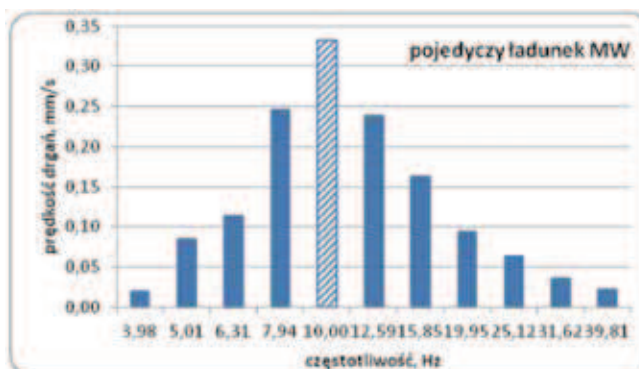
Porównując wynik analizy przedstawiony na rysunkach 1, 2 i 3 ze strukturą drgań wzbudzonych pojedynczym ładunkiem MW (rys. 4) zauważyć można, że odpalenie serii ładunków z określonym opóźnieniem milisekundowym powoduje istotne zmiany w strukturze wzbudzanych drgań. Jeżeli przyjmie

się, że drgania wzbudzone pojedynczym ładunkiem MW, mają strukturę charakterystyczną dla danego podłoża (sygnał niezaburzony dodatkowymi impulsami), to wyraźnie widać, że zmieniając źródło drgań można ingerować w efekt sejsmiczny strzelania. Oczywiście analiza ta i wnioski dotyczą konkretnych warunków i nie mogą być w żadnym przypadku uogólniane.



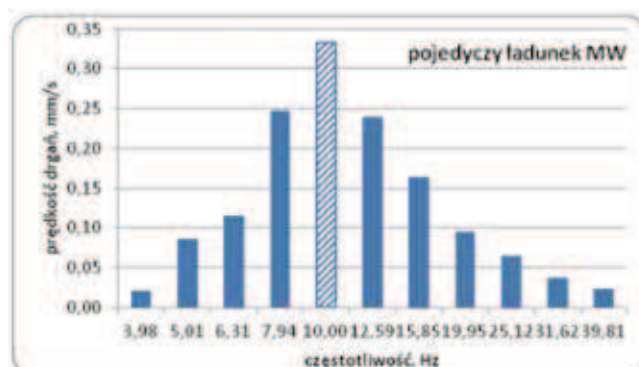
Rys. 2. Struktura drgań wzbudzonych odpaleniem serii ładunków MW z opóźnieniem 42 ms

Fig. 2. Structure of vibrations induced by blasting works performed with a 42 ms time delay



Rys. 3. Struktura drgań wzbudzonych odpaleniem serii ładunków MW z opóźnieniem 67 ms

Fig. 3. Structure of vibrations induced by blasting works performed with a 67 ms time delay

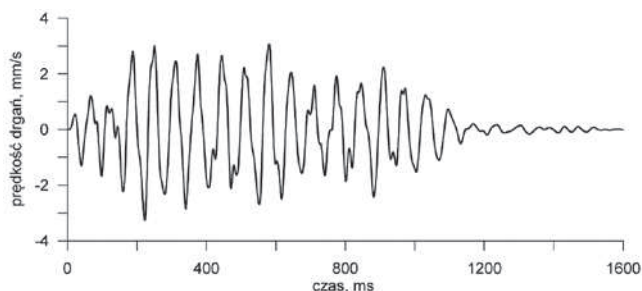


Rys. 4. Struktura drgań wzbudzonych odpaleniem pojedynczego ładunku MW (opóźnienie 0 ms)

Fig. 4. Structure of vibrations induced by single charge blast (0 ms time delay)

Jak już wspomniano, minimalizację oddziaływania można osiągnąć przez wydłużenie czasu detonacji serii ładunków MW, czyli przez zwiększenie opóźnienia milisekundowego. Pozostając w zakresie omawianych już opóźnień milisekun-

dowych na rysunkach 5 i 6, przedstawiono przebiegi drgań wzbudzonych w czasie odpalania serii 14 ładunków z opóźnieniem 67 ms (odpalanie nieelektryczne) w kopalni dolomitu oraz serii 35 ładunków z opóźnieniem 60 ms (odpalanie elektroniczne) w kopalni wapienia.



Rys. 5. Sejsmogram drgań wzbudzonych odpaleniem serii z opóźnieniem 67 ms – kopalnia dolomitu

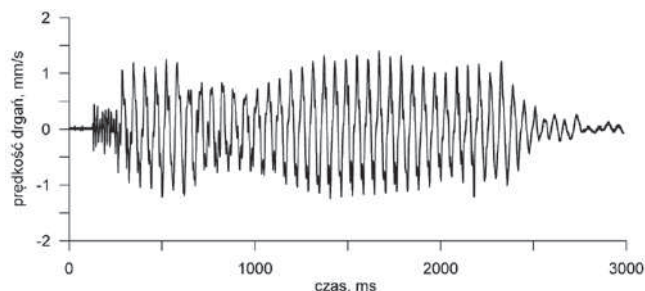
Fig. 5. Seismogram of vibrations induced by blasting works performed with a 67 ms time delay - the dolomite open pit mine

Jak widać tak dobrane opóźnienie pozwala na utrzymanie prawie stałej intensywności drgań przez cały czas trwania serii. Można zaryzykować stwierdzenie, że intensywność wzbudzona odpaleniem serii kilkunastu i kilkudziesięciu ładunków MW, jest porównywalna z efektem sejsmicznym od jednego ładunku. Oznacza to, że można odpalać w tych warunkach duże liczby ładunków nie powodując zwiększenia efektu sejsmicznego.

Analizując jednocześnie strukturę wzbudzonych drgań (rys. 7 i 8) można stwierdzić, że opóźnienie 67 i 60 ms zdecydowanie wpływa na charakterystykę częstotliwościową drgań – w jednym jak i drugim przypadku dominuje częstotliwość własna opóźnienia milisekundowego 15,85 Hz.

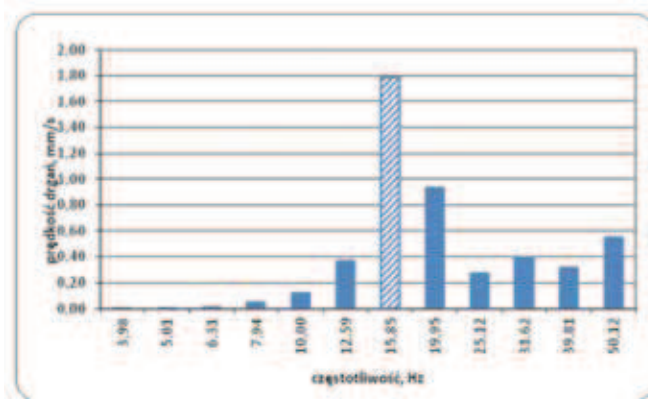
Do równie ciekawych wniosków można dojść badając strukturę drgań z zastosowaniem analizy czasowo-częstotliwościowej MP (metoda *Matching Pursuit*) [5] [6]. Na rysunku 9 przedstawiono efekt analizy MP w postaci wykresu przestrzennego rozkładu energii w domenie czasu i częstotliwości, z którego wynika zdecydowana dominacja energii związanej z częstotliwością 16,7 Hz. Jest to częstotliwość własna opóźnienia milisekundowego i 85 % energii sygnału jest związana z tą częstotliwością. Pozostaje pytanie, czy jest to efekt oczekiwany.

Ocena oddziaływania drgań przeprowadzona metodą pośrednią, ale z zastosowaniem wyników analizy MP, pozwala stwierdzić, że 85 % energii drgań jest skumulowane w niezbyt korzystnym zakresie częstotliwości (rys. 10). Oczywiście efekt końcowy jest uzależniony od szerszych badań z zastosowaniem innych opóźnień milisekundowych.



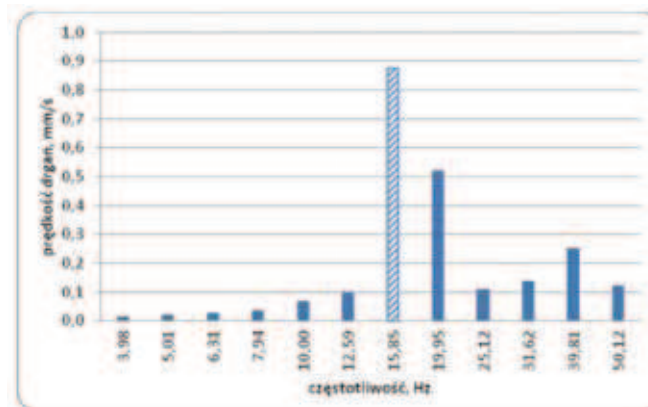
Rys. 6. Sejsmogram drgań wzbudzonych odpaleniem serii z opóźnieniem 60 ms – kopalnia wapienia

Fig. 6. Seismogram of vibrations induced by blasting works performed with a 60 ms time delay - the limestone open pit mine



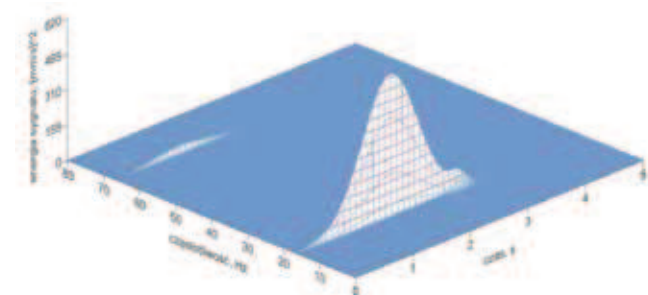
Rys. 7. Struktura drgań dla sejsmogramu z rysunku 5 (opóźnienie 67 ms)

Fig. 7. Structure of vibrations for the seismogram presented in figure 5 (67 ms time delay)



Rys. 8. Struktura drgań dla sejsmogramu z rysunku 6 (opóźnienie 60 ms)

Fig. 8. Structure of vibrations for the seismogram presented in figure 6 (60 ms time delay)

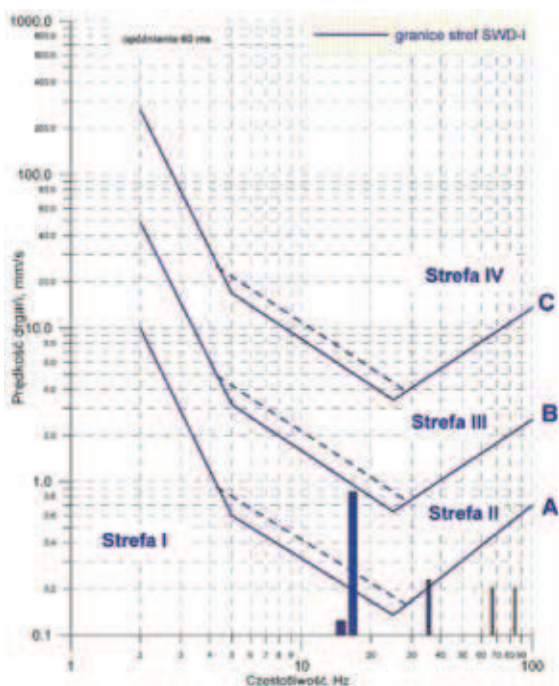


Rys. 9. Analiza czasowo-częstotliwościowa MP dla sejsmogramu z rysunku 6

Fig. 9. MP time - frequency analysis for the seismogram presented in figure 6

Projektując odpalenie siatek otworów ułożonych wieloszerogowo, w przypadku stosowania systemu nieelektrycznego, należy zwrócić uwagę na sposób połączenia ładunków MW konektorami (opóźniaczami powierzchniowymi).

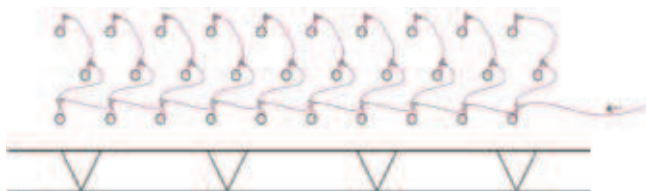
Przykładowo, mając do połączenia 30 ładunków MW w trzech szeregach można to wykonać jak pokazano na rysunku 11. Między otworami w pierwszym szeregu zastosowano konektory 42 ms, a między szeregami 176 ms. Obliczając rzeczywisty czas opóźnienia między poszczególnymi ładun-



Rys. 10. Ocena oddziaływania drgań z zastosowaniem skali SWD-I i metody MP.

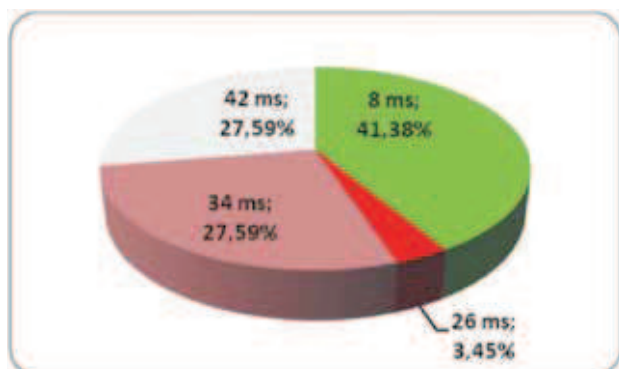
Fig. 10. Evaluation of vibration impact based on the SWD-I scale and the MP analysis

kami uzyskano stosunkowo dobry rozkład odstępów czasu detonacji (rys. 12). Uzyskanie w trzech szeregach korzystnego rozkładu opóźnień (minimum 8 ms), czyli uniknięcie nakładania się czasów odpalania kolejnych ładunków MW, jest istotne z punktu widzenia minimalizacji oddziaływania wzbudzanych drgań.



Rys. 11. Połączenie siatki 30 ładunków MW ułożonych w trzech szeregach

Fig. 11. Connection of 30 charges in the three row pattern



Rys. 12. Rzeczywisty czas opóźnień milisekundowych dla połączenia z rysunku 11

Fig. 12. Millisecond real time delays for the connection presented in figure 11

Z przytoczonych przykładów wynika, jak ważnym elementem projektowania robót strzałowych jest dobór opóźnienia milisekundowego. Przy wprowadzaniu nowych rozwiązań, systemów odpalania i wykorzystywaniu ich możliwości należy pamiętać o konieczności kontrolowania uzyskiwanych efektów.

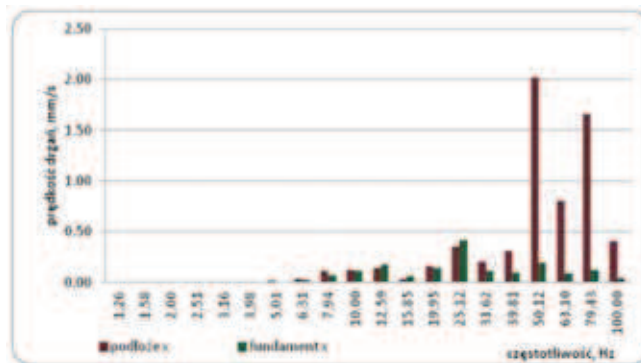
3. Interakcja układu budynek-podłoże

Określając warunki bezpiecznego dla otoczenia wykonywania robót strzałowych nie można pominąć faktu, że w większości przypadków równania propagacji wyznaczone są dla podłoża gruntowego, czyli dla drgań propagowanych w podłożu. Natomiast ochronie podlegają budynki, które na tym podłożu są posadowione. Oznacza to, że istotnym elementem procedury jest rozpoznanie interakcji układu budynek-podłoże [2, 3, 8]. I znowu wraca problem częstotliwości drgań, czyli struktury drgań wzbudzanych w podłożu. Można przyjąć założenie, że drgania przy przejściu z podłoża do fundamentu budynku, ulegają mniejszemu lub większemu tłumieniu. Również częstotliwość drgań ulega modyfikacji i w większości przypadków częstotliwości wyższe nie przechodzą do fundamentu budynku. Natomiast modyfikacja częstotliwości i tłumienie intensywności w zakresie częstotliwości niższych czasem jest pomijalna. Rozpoznanie tego mechanizmu jest bardzo ważne dla przyjęcia odpowiednich wartości progowych lub granicznych. Jest to związane również z pojęciem odporności obiektów na wpływy sejsmiczne. Przyjęcie wartości granicznych tylko na podstawie pomiarów gruntowych może być obciążone sporym błędem, który może spowodować nadmierne ograniczenia dla ładunków dopuszczalnych [4, 7, 9].

Dlatego też badania interakcji układu budynek-podłoże winny być prowadzone z uwzględnieniem struktury drgań zarówno podłoża jak i fundamentu budynku. Na rysunku 13 przedstawiono sytuację z kopalni wapienia i odpalania serii z opóźnieniem 15 ms (odpalanie elektroniczne). Jest to przykład silnego tłumienia drgań przy przejściu z podłoża do fundamentu, szczególnie w zakresie wyższych częstotliwości.

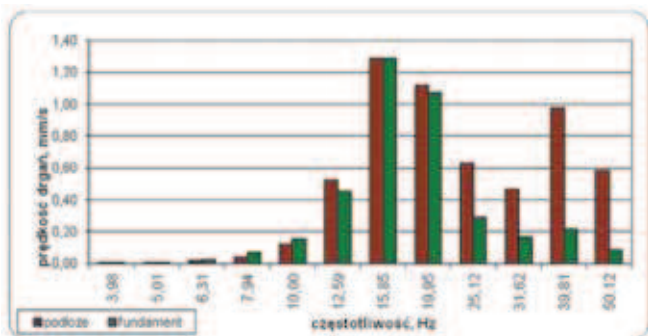
Odmienne interakcja budynek-podłoże wygląda w przypadku serii dwuszeregowej, odpalanej w kopalni dolomitu, z zastosowaniem konektorów 17 ms w pierwszy szereg i 67 ms między szeregami (rys. 14).

Porównując rysunki 13 i 14 można stwierdzić silną zależność tłumienia drgań od struktury drgań propagowanych przez podłoże. Częstotliwości wyższe, w przypadku opóźnienia 15 ms, zostały całkowicie wytłumione, natomiast w przypadku



Rys. 13. Interakcja układu budynek-podłoże – kopalnia wapienia – opóźnienie 15 ms

Fig. 13. Interaction between the structure – ground – limestone open pit mine – 15 ms time delay



Rys. 14. Interakcja układu budynek-podłoże – kopalnia dolomitu – seria dwuszeregowa (17 ms i 67 ms)

Fig. 14. Interaction between the structure – ground – dolomite open pit mine - two row pattern (17 ms and 67 ms time delay)

serii dwuszeregowej w kopalni dolomitu, tłumienie drgań w zakresie częstotliwości dominujących w ogóle nie występuje.

Bardzo często zdarza się, że opiniodawcy omyłkowo przyjmują kryterium odporności budynku, jako ograniczenia drgań podłoża, nie uwzględniając zjawiska tłumienia i całego procesu oceny szkodliwego oddziaływania drgań wzbudanych robotami strzałowymi. Wagę błędu dodatkowo wzmacnia fakt, że równania propagacji niejednokrotnie wyznacza się, biorąc pod uwagę wektor przestrzenny prędkości drgań (suma geometryczna trzech składowych), a szkodliwość drgań i kryterium szkodliwości dotyczy składowych poziomych po uprzednim ich filtrowaniu [3, 9].

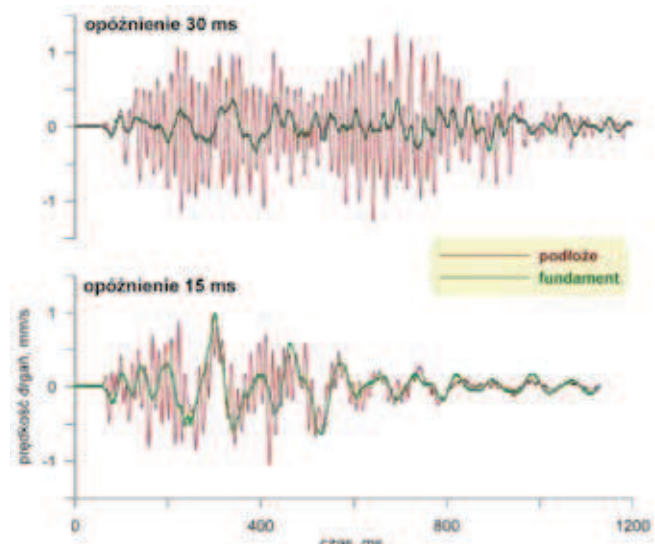
Wynika stąd, że badanie struktury drgań wzbudzanych w czasie strzelania milisekundowego jest koniecznością, gdyż pozwala na uniknięcie niebezpieczeństwa powstania rezonansu, który może być przyczyną nawet wzmocnienia drgań w podłożu jak i na fundamencie budynku.

Problem opóźnień milisekundowych jest bardzo istotny, gdyż coraz częściej obserwuje się dążenie do stosowania coraz większych serii ładunków ułożonych w jednym i więcej szeregach, odpalanych z opóźnieniami, których dobór nie zawsze jest korzystny dla minimalizacji efektu sejsmicznego. W tym przypadku odpowiedzialność spada na projektujących roboty strzałowe. Wprowadzenie (niekiedy przypadkowe) nowych opóźnień milisekundowych może spowodować niezamierzony wzrost intensywności drgań.

Doświadczonym narzędziem umożliwiającym sterowanie strukturą drgań wzbudzanych w czasie strzelania milisekundowego jest odpalanie ładunków z zastosowaniem systemu elektronicznego. Dla przykładu na rysunku 15 przedstawiono

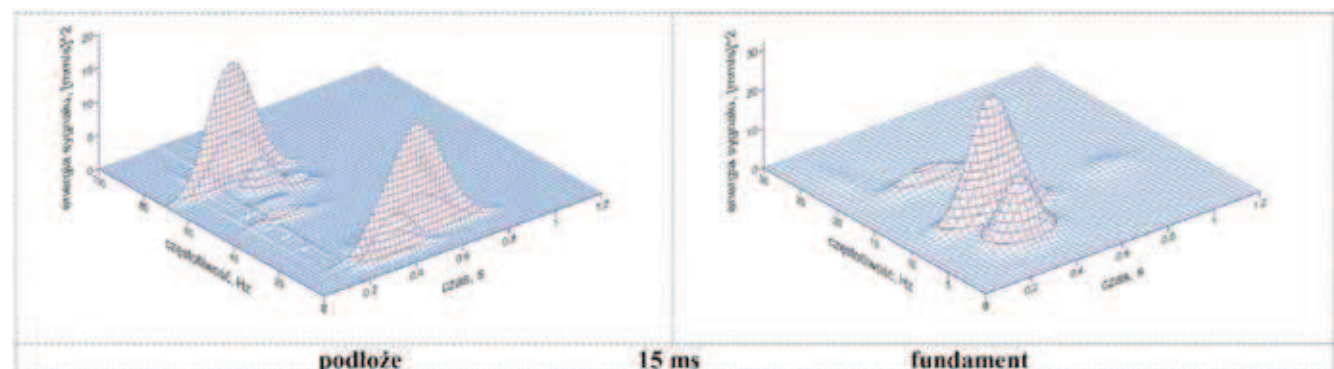
sejsmogram drgań, podłoża i fundamentu budynku, wzbudzonych w czasie odpalania w kopalni wapienia, serii ładunków MW z opóźnieniem 15 ms i 30 ms. Już ogląd sejsmogramów wskazuje, że opóźnienie 30 ms wzbudziło w podłożu drgania o wyższej częstotliwości, ale i większej intensywności.

Sejsmogramy poddano analizie czasowo-częstotliwościowej MP, której wynik przedstawiono na rysunkach 16 i 17, w postaci obrazu przestrzennego zmienności energii w domenie czasu i częstotliwości oraz na rysunkach 18 do 21 jako histrogramy atomów Gabora. Histrogramy atomów Gabora zawierają informacje dotyczące położenia atomu w strukturze sygnału (numer atomu i częstotliwość), amplitudy atomu oraz procentowego udziału atomu w wyjaśnieniu energii sygnału. Jak wynika z rysunków opóźnienie 15 ms wzbudziło w podłożu drgania o bardziej złożonej strukturze, a dominują w niej atomy o częstotliwości 69,76 Hz i 11,36 Hz, wyjaśniające 55 % energii sygnału. Atom o najwyższej amplitudzie to tylko 4 % energii. W przypadku opóźnienia 30 ms występuje dominacja atomu o częstotliwości 67,92 Hz, który wyjaśnia 78 % i posiada najwyższą amplitudę. Zwraca uwagę fakt, że brak jest w strukturze drgań atomów o częstotliwościach niższych, poniżej 30 Hz. Z rysunków wynika również, że energia sygnału dla opóźnienia 30 ms jest zdecydowanie większa niż dla opóźnienia 15 ms.



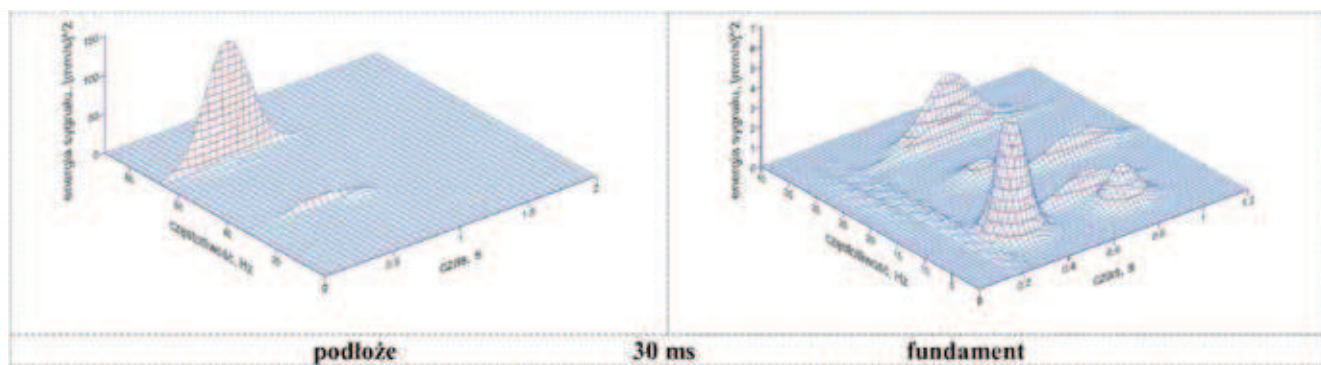
Rys. 15. Sejsmogramy drgań wzbudzanych w czasie odpalania serii ładunków z różnym opóźnieniem milisekundowym

Fig. 15. Seismograms of vibrations induced by blasting works with various millisecond time delays



Rys.16. Analiza MP drgań podłoża i fundamentu wzbudzanych milisekundowym odpalaniem ładunków MW z opóźnieniem 15 ms

Fig. 16. MP analysis of the ground and structure foundation vibrations induced by millisecond blasting works – 15 ms time delay

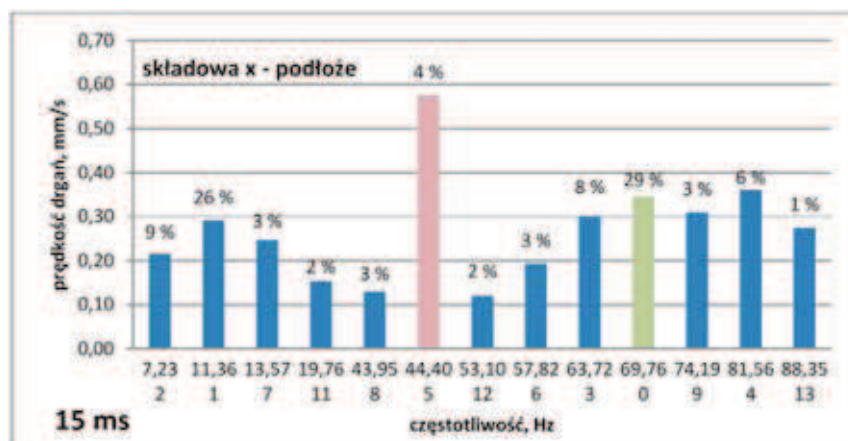


Rys. 17. Analiza MP drgań podłoża i fundamentu wzbudzanych milisekundowym odpaleniem ładunków MW z opóźnieniem 30 ms
 Fig. 17. MP analysis of the ground and structure foundation vibrations induced by millisecond blasting works – 30 ms time delay

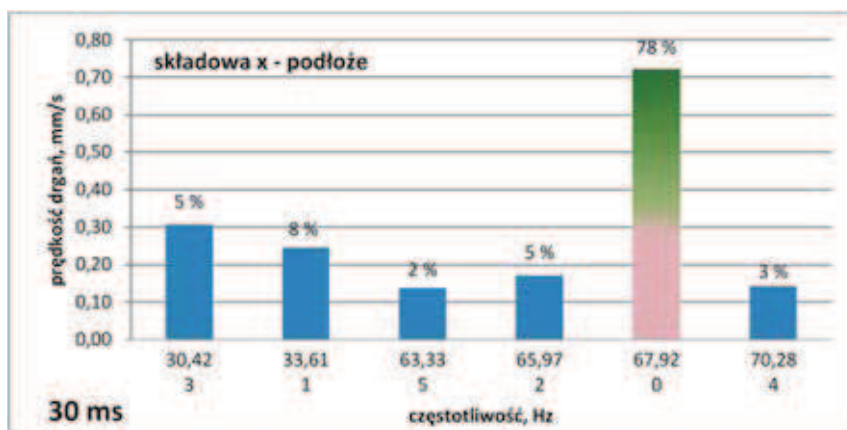
Ocena drgań na podstawie sygnału rejestrowanego w podłożu jednoznacznie wskazuje na opóźnienie 15 ms, jako charakteryzujące się mniejszą intensywnością. Jednak analiza drgań fundamentu budynku nie jest tak jednoznaczna. W przypadku opóźnienia 15 ms na fundamencie w strukturze drgań dominuje atom 11,06 Hz, który wyjaśnia 57 % energii, a jednocześnie ma amplitudę większą niż atom o zbliżonej

częstotliwości (11,36 Hz) w strukturze drgań podłoża. Prawie 90 % energii wyjaśniają dwa atomy (6,64 Hz i 11,06 Hz).

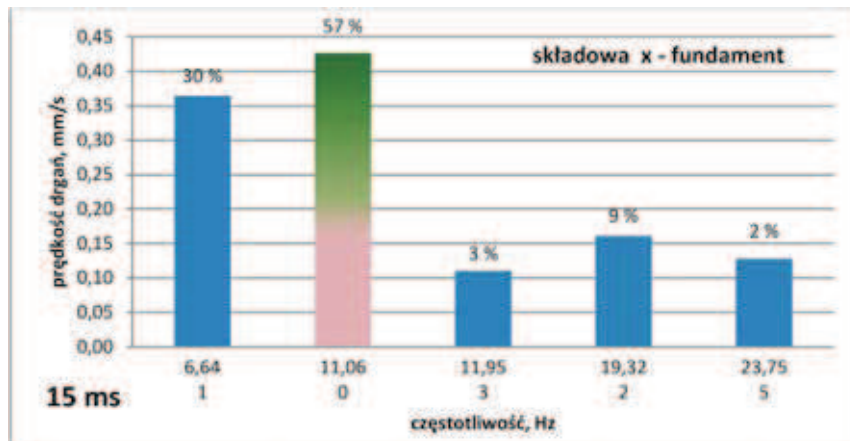
W przypadku opóźnienia 30 ms pojawiła się na fundamencie struktura bardziej złożona – dominuje atom o częstotliwości 9,17 Hz (41 % energii) oraz atom o częstotliwości własnej opóźnienia – 33,61 Hz (17 % energii). Oznacza to, że częstotliwości wyższe dominujące w strukturze drgań podłoża



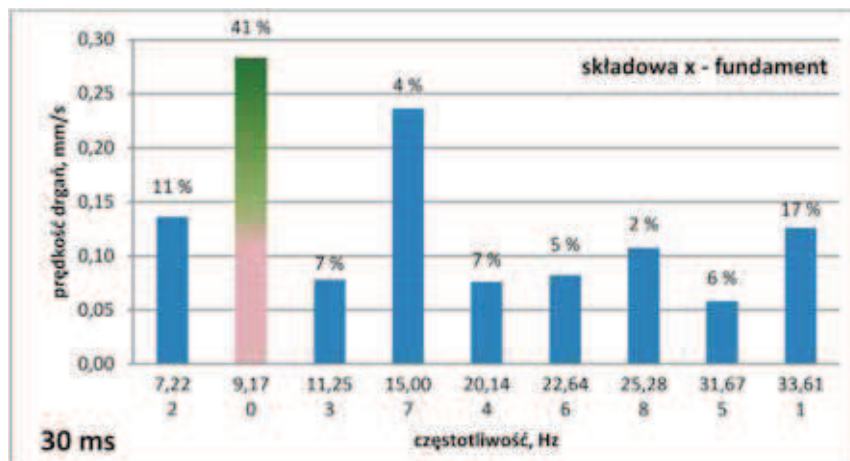
Rys. 18. Histogram atomów Gabora - analiza MP drgań podłoża – opóźnienia 15 ms
 Fig. 18. Histogram of Gabor molecules - the MP analysis for the vibrations recorded on the ground – time delays 15 ms



Rys. 19. Histogram atomów Gabora – analiza MP drgań podłoża – opóźnienia 30 ms
 Fig. 19. Histogram of Gabor molecules – the MP analysis for the vibrations recorded on the ground – time delays 30 ms



Rys. 20. Histogram atomów Gabora – analiza MP drgań fundamentu – opóźnienia 15 ms
 Fig. 20. Histogram of Gabor molecules – the MP analysis for the vibrations recorded on the structure foundation – time delays 15 ms



Rys. 21. Histogram atomów Gabora – analiza MP drgań fundamentu – opóźnienia 30 ms
 Fig. 21. Histogram of Gabor molecules – the MP analysis for the vibrations recorded on the structure foundation – time delays 30 ms

zostały wytłumione i drgania fundamentu charakteryzują się częstotliwościami zdecydowanie niższymi.

Modyfikacja drgań przy przejściu z podłoża do fundamentu (zarówno w zakresie intensywności jak i częstotliwości) zdecydować powinna o wyborze opóźnienia 30 ms, jako odpowiedniego dla otoczenia kopalni wapienia.

Niekorzystna ocena opóźnienia 15 ms wynika z faktu, że częstotliwość rzędu 11 Hz, która pojawiła się wśród dominujących w strukturze drgań podłoża bez tłumienia, a nawet z lekkim wzmocnieniem, przeszła do fundamentu budynku. Wcześniejsze badania prowadzone dla tej kopalni wapienia i tego budynku wykazały, jako dominującą na fundamencie budynku, częstotliwość 12 Hz, co potwierdza, że należy unikać w strukturze drgań podłoża częstotliwości charakterystycznych dla drgań fundamentu (możliwość wystąpienia rezonansu).

4. Podsumowanie

Nowoczesne środki strzałowe i najnowsze metody analizy struktury drgań wzbudzanych w czasie robót strzałowych są podstawą do zmiany podejścia do minimalizacji oddziaływania drgań na zabudowania w otoczeniu kopalni.

Dodać należy, że precyzja zadawania opóźnień w systemie elektronicznym jest godna uznania i potwierdza to ogromne możliwości systemu w minimalizacji oddziaływania robót strzałowych. Warunek, który jednak musi być spełniony, to nabycie umiejętności wykorzystania jego możliwości, a jest to niemożliwe bez wiedzy na temat struktury drgań wzbudzanych w otoczeniu robót strzałowych.

Znajomość częstotliwości drgań wzbudzanych robotami strzałowymi, możliwości modyfikacji częstotliwości przy zastosowaniu nowoczesnych środków strzałowych, interakcji układu budynek-podłoże, to dzisiaj podstawa wiedzy inżyniera strzałowego projektującego strzelanie. Bez wiedzy na temat procedur obowiązujących w ocenach oddziaływania drgań na obiekty trudno jest mówić o optymalnym i bezpiecznym projektowaniu i wykonywaniu robót strzałowych.

Nowoczesne narzędzia do wykonywania pracy wymagają odpowiedniego poziomu wiedzy o środowisku w otoczeniu.

Literatura

1. Biessikirski R., Winzer J.: Działalność profilaktyczna w kopalniach odkrywkowych – Oddziaływanie robót strzałowych na otoczenie. Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie 10/98. Katowice 2002.

2. *Maciąg E., Winzer J., Biessikirski R.*: Współdziałanie niskich budynków z podłożem w przypadku strzelań MW w kamieniołomach – Warsztaty Górnicze – PAN – IGSMiE, Kraków 2007.
3. *Maciąg E., Winzer J., Biessikirski R.*: Metodyka postępowania w ochronie otoczenia w przypadku robót strzałowych – Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie – Miesięcznik WUG 9/I/2007. Katowice 2007.
4. *Onderka Zb., Sieradzki J., Winzer J.*: Technika strzelnicza 2 – Oddziaływanie robót strzelniczych na otoczenie kopalń odkrywkowych. UWND Kraków 2003.
5. *Soltys A.*: Analiza oddziaływania na otoczenie drgań wzbudzanych przez roboty strzałowe z zastosowaniem metody Matching Pursuit. Praca doktorska, WGiG AGH. Kraków 2011
6. *Soltys A.*: Zastosowanie metody Matching Pursuit do analizy drgań wzbudzanych przy wykonywaniu robót inżynierskich z użyciem MW. Bezpieczeństwo Robót Strzałowych. Główny Instytut Górnictwa. Katowice 2012.
7. *Winzer J.*: Przyczynek do dyskusji o sposobach minimalizacji oddziaływania robót strzałowych na zabudowania w otoczeniu. Technika Strzelnicza w Górnictwie i Budownictwie – Ustroń 2013 r.
8. *Winzer J., Pyra A.*: Tłumienie drgań parasejsmicznych przy przejściu z podłoża do obiektów chronionych. Przegląd Górniczy 6. WZG SITG, Katowice 2006.
9. *Winzer J.*: Przyczynek do dyskusji nad oddziaływaniem drgań na obiekty otoczenia kopalń odkrywkowych. Przegląd Górniczy nr 2. WZG SITG, Katowice 2008

Szanowni Czytelnicy!
Przypominamy o wzowieniu
prenumeraty „Przeglądu Górniczego”

Informujemy też, że od 2009 roku w grudniowym zeszycie P.G. zamieszczamy listę naszych prenumeratorów.