

CHRZAN Tadeusz¹
MODRZEJEWSKI Szymon²

Prognozowanie wartości drgań parasejsmicznych szkodliwie działających na infrastrukturę drogową i mieszkalną

WSTĘP

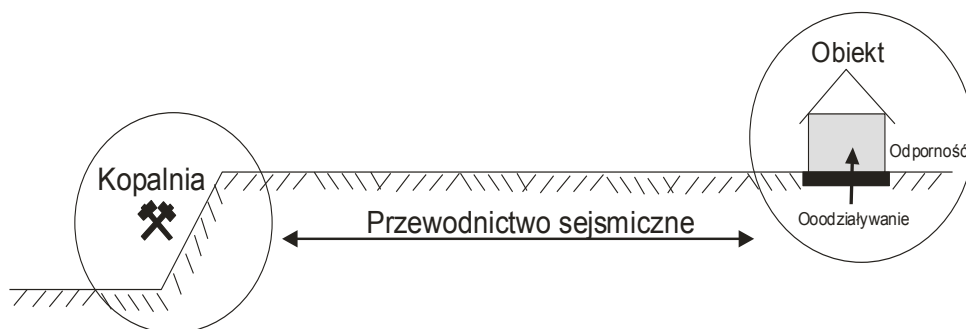
W artykule rozpatruje się urabianie skał zwięzłych w kopalniach odkrywkowych z których produkuje się kruszywo drogowe. Skały takie urabia się w kopalni strzelaniem za pomocą materiałów wybuchowych [MW], które powodują drgania urabianego ośrodka a następnie gruntu. Drgania te przenoszą się poprzez propagacje fal parasejsmicznych w gruncie we wszystkich kierunkach i działają szkodliwie na infrastrukturę drogową i mieszkalną. Wielkość szkodliwego oddziaływania czyli prędkości lub przyspieszenia drgań zależy w danym terenie od wielkości odstrzelanego ładunku MW oraz odległości między kopalnią a danym, obiektem. Drgania parasejsmiczne powstające w czasie strzelania podobnie jak podczas przejazdu ciężkich samochodów po nierównym bruku lub pojazdów szynowych po złączach szyn rozchodzą się w gruncie. Ponieważ przyczyną ich powstania nie są wybuchy wulkanów czy trzęsienia ziemi dlatego nazywane są parasejsmicznymi. Przeanalizowano obecnie stosowane korelacyjne zależności do obliczania wartości prędkości drgań i promienia szkodliwości drgań parasejsmicznych. Z tej analizy wynika, że niektóre stosowane zależności dają błąd dochodzący do - + 60%. Zaproponowano zatem wprowadzenie pomiarów z uwzględnieniem kąta kierunkowego przez co zwiększy się dokładność otrzymywanych z zależności korelacyjnych wyników. Przeanalizowano parametry które podczas urabiania skał materiałem wybuchowym [MW] mają wpływ na otrzymywane podczas strzelania wartości szkodliwych drgań gruntu działających na budynki i budowle. Z przeprowadzonej analizy wynika, że parametry użyte w Dzienniku Ustaw /Dz.U nr.72.poz 655,z 2003r/. do obliczania promienia strefy szkodliwości drgań zawierają tylko 2 parametry mające wpływ na wartość powstałych w czasie strzelania drgań gruntu.

1. PARAMETRY KTÓRE PODCZAS URABIANIA SKAŁ MATERIAŁEM WYBUCHOWYM [MW] MAJĄ WPŁYW NA OTRZYMYWANE PODCZAS STRZELANIA WARTOŚCI SZKODLIWYCH DRGAŃ GRUNTU

W warunkach geologicznych danego złoża na wielkość drgań gruntu ma wpływ wielkość odpalanego ładunku materiału wybuchowego [MW] i odległość od miejsca wybuchu. Przyjmuje się, że drgania rozchodzą się kołowo dlatego oblicza się promień strefy szkodliwości drgań parasejsmicznych poza którym drgania nie wyrządzają szkód lub wielkość ładunku dla danej odległości /promienia szkodliwości / aby drgania nie wyrządzały szkód w budynkach lub drogach. Przeanalizowano parametry zestawione na rysunku 1 i 2 które podczas urabiania skał materiałem wybuchowym [MW] mają wpływ na otrzymywane podczas strzelania wartości szkodliwych drgań gruntu działających na budynki i drogi. Z przeprowadzonej analizy wynika, że parametry użyte w Dzienniku Ustaw /Dz.U nr.72.poz 655,z 2003r/ do obliczania promienia strefy szkodliwości drgań dla danego złoża są tylko 2 czynniki jak: wielkość ładunku MW i rodzaj ośrodka scharakteryzowany prędkością podłużnej fali sejsmicznej. Na rysunku nr 1 schematycznie pokazano miejsce powstawania drgań /kopalnię/, odległość między kopalnią a obiektem, obiekt na który działają drgania. Obiekt posiada odporność zależną od kilku czynników technicznych i geologicznych.

¹ Wyższa Szkoła Oficerska Wojsk Lądowych, Wrocław, t.chrzan@wso.wroc.pl

² Instytut Górnictwa Odkrywkowego, Poltegor, Wrocław,



Rys 1. Schematycznie pokazano miejsce powstawania drgań/kopalnię/, odległość między kopalnią a obiektem, obiekt na który działają drgania.

W czasie urabiania skał MW w kopalni [7] wielkość i sposób odpalania ładunku MW ma wpływ na: emisję ilości wyzwolonej energii, oraz częstotliwość wzbudzanych drgań i czas ich emisji.

Rodzaj otaczającego ośrodka / falowodu / i odległość obiektu od kopalni ma wpływ na: warunki propagacji fali [3,8] jak: dekrement tłumienia, prędkość rozchodzenia się drgań, częstotliwość drgań własnych górotworu oraz rozproszenie energii.

Obiekt-na obiekt działa prędkość lub przyspieszenie drgań jako wypadkowa wyżej wymienionych czynników [4,8]. Odporność obiektu wg PN-B-02170:1985 omówiono poniżej.

1.1. Zasięg strefy szkodliwych drgań sejsmicznych [11]

Według wytycznych zawartych w rozporządzeniu Ministra przy strzelaniu w otworach pionowych lub odchylonych od pionu, przy dwóch płaszczyznach odsłonięcia calizny zasięg strefy szkodliwych drgań sejsmicznych oblicza się orientacyjnie:

$$r_s = \frac{\sqrt{Q_z}}{\varphi} \quad (1)$$

gdzie,

r_s - odległość od miejsca wykonywania robót strzałowych do chronionego obiektu, w metrach,
 Q_z - maksymalny ładunek materiału wybuchowego przypadający na stopień opóźnienia przy stosowaniu zapalników milisekundowych lub ładunek całkowity materiału wybuchowego, który odpalany jest natychmiastowo, wyrażony w kg.

Współczynnik φ wynosi:

- przy $c < 2\ 000$ m/s $\varphi = 0,019$ — $0,015$
- przy $c = 2\ 001$ — $3\ 000$ m/s $\varphi = 0,025$ — $0,020$
- przy $c > 3\ 000$ m/s $\varphi = 0,030$ — $0,026$

c — prędkość podłużnej fali sejsmicznej, charakterystyczna dla podłoża chronionego obiektu.

W przypadku gdy ładunek materiału wybuchowego odpalany jest przy użyciu zapalników milisekundowych, promień strefy szkodliwych drgań sejsmicznych zwiększa się 1,5 razy.

Obliczona wielkość promienia strefy szkodliwych drgań sejsmicznych powinna być zwiększona dodatkowo 1,5 razy, jeżeli roboty strzałowe wykonuje się przy jednej powierzchni odsłonięcia, a także przy robotach strzałowych wykonywanych w otworach poziomych albo w progach przyspągowych.

Prędkość podłużnej fali sejsmicznej, charakterystyczna dla danego złoża skał zwięzłych podano w tabeli poniżej.

Tab.1 Prędkość podłużnej fali sejsmicznej, dla danego złoża [1,3,11]

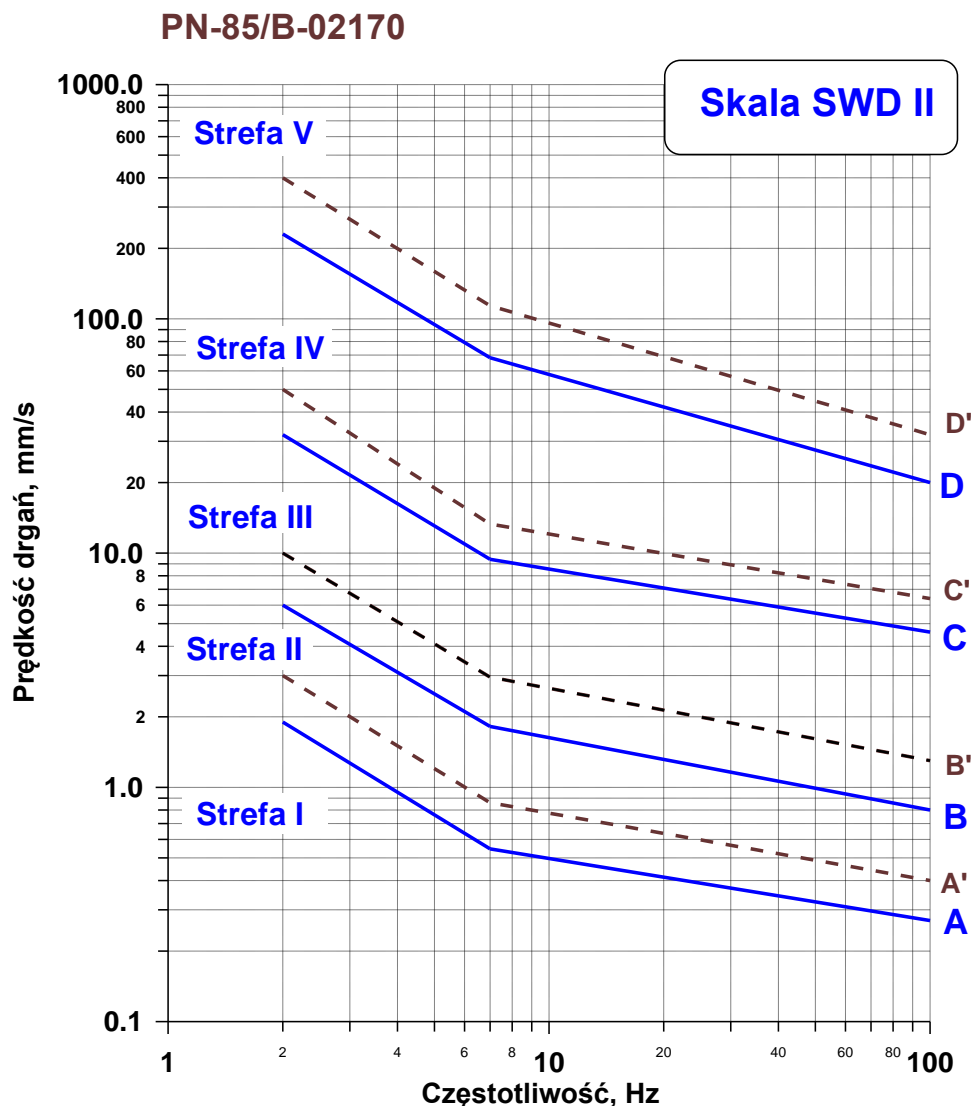
Rodzaj skały	C _p km/s	Rodzaj skały	C _p km/s
Skały krystaliczne i metamorficzne		Skały osadowe	
Bazalt	4,5 ÷ 6,0	Gips	1,5 ÷ 4,5
Granit	4,0 ÷ 5,7	Wapień dolomit	2,5 ÷ 6,0
Gabro	6,25	Anhydryt, sól kuchenna	4,5 ÷ 6,5
Dioryt	4,58	Margiel	2,0 ÷ 3,5
Perydoryt	7,00	Kreda	1,8 ÷ 3,5
Sjenit	4,95	Piaskowiec miękki	1,5 ÷ 2,5
Noryt	6,20	Piaskowiec zbity	1,8 ÷ 4,0
Diabaz	4,0 ÷ 5,0	Łupek gliniasty	2,7 ÷ 4,8
Łupek krystaliczny	4,0 ÷ 6,8	Glina	1,2 ÷ 2,5
Kwarcyt	6,1	Piasek zawodniony	0,2 ÷ 1,8
Marmur	4,95	Piasek suchy	0,1 ÷ 0,6
Melafir	>od 3,0	Gleba	0,3 ÷ 0,9
	Warstwa przy powierzchniowa-zwierzelina skalna		0,1 ÷ 0,6

1.2. Odporność obiektu [1,4,9,13]

Na odporność obiektu /możliwość przeniesienia drgań bez uszkodzeń konstrukcji/ względem drgań parasejsmicznych ma wpływ: posadowienie, częstotliwość drgań własnych oraz stan techniczny obiektu.

Tab. 2 Warunki stosowania granic stref w skali SWD dla określenia odporności obiektu

Ocena	Cechy umożliwiające zastosowanie granicy	
Według	Niższej – linia ciągła	Wyższej – linia przerywana
Stanu budynku	Budynki stare, uszkodzone, przerabiane lub wzmacniane	Budynki nieuszkodzone, bez przeróbek konstrukcyjnych
	Budynki z elementów murowych żużłobetonowych, kamiennych, brak fundamentów, wieńców stropy sklepione, duże otwory lub nieregularne w ścianach, niestarannie wykonane.	Ściany z cegły pełnej, fundamenty żelbetonowe, stropy masywne wiążące ściany z wieńcem stropowym, starannie wykonane
Typu podłoża i sposobu posadowienia	o małej sztywności (piaski pylaste lub luźne), posadowienie nieciągłe różne wysokości	Podłoże sztywne - ropy i gliny twardoplastyczne, posadowienie płaskie
Rodzaju drgań	Drgania długotrwałe lub stałe	Drgania krótkotrwałe



Rys 2 Skala SWD II [13]

Skala SWD II dotyczy budynków kilkukondygnacyjnych (do pięciu) o konstrukcji murowanej lub mieszanej spełniającej warunek, że:

$h/b < 2$, gdzie : h - wysokość budynku, b - najmniejsza jego szerokość,

a także budynków niskich do 2 kondygnacji, lecz nie spełniających warunków podanych dla SWD-I. Skala SWD- I odnosi się do budynków zwartych o małych wymiarach rzutu poziomego (do 15 m) o jednej lub dwóch kondygnacjach i wysokości takiej aby nie przekraczała żadnego z wymiarów rzutu poziomego. Na rysunku podano strefy uszkodzeń w zależności od wielkości prędkości i częstotliwości drgań. Przyjęto następujące kryteria podziału na strefy szkodliwe:

strefa I - drgania nieodczuwalne przez budynki,

granica A - dolna granica odczuwalności drgań przez budynek,

strefa II - drgania odczuwalne przez budynek i nieszkodliwe dla konstrukcji budynku. Następuje przyspieszone zużycie budynku wyrażające się poprzez rysy w wyprawach, tynkach

Granica B - dolna granica powstawania zarysowań i spękań w elementach konstrukcyjnych,

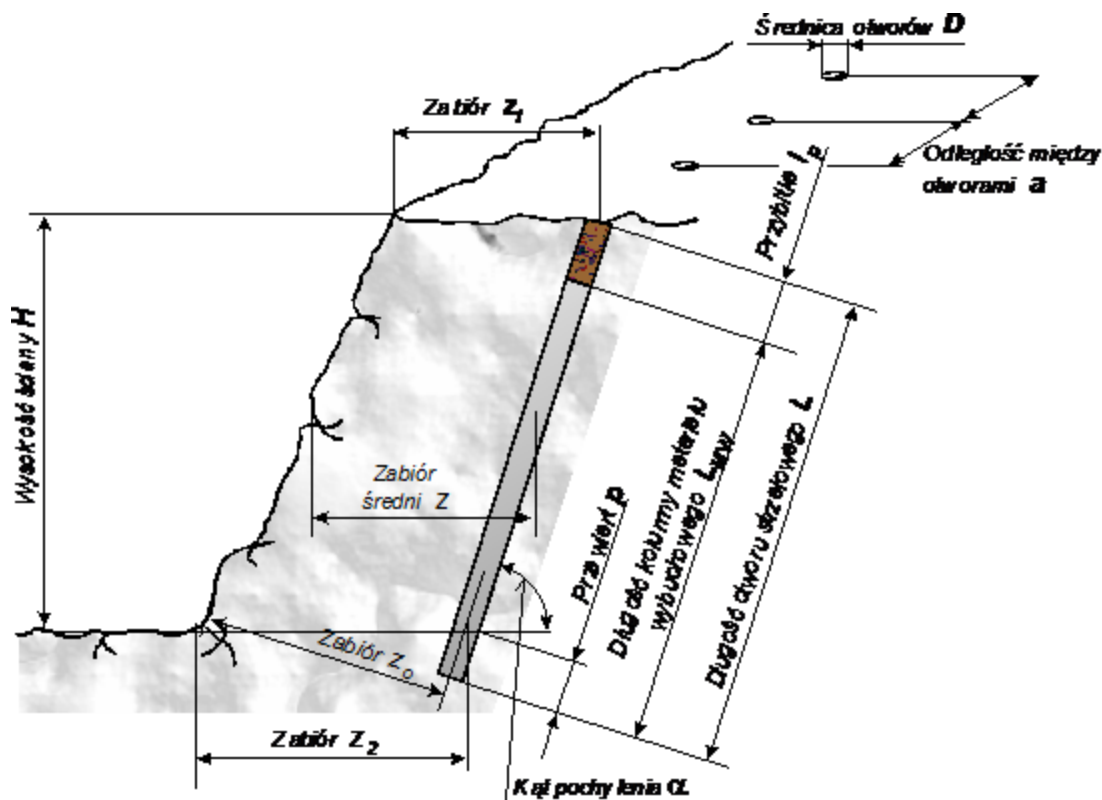
Strefa III - drgania szkodliwe dla budynku, powodują lokalne zarysowania i spękania, może nastąpić odpadanie wypraw i tynków. Ze skali SWD wynika, że odporność na szkodliwe działania drgań zależy od częstotliwości drgań oraz warunków stosowania granic stref zestawionych w tabeli powyżej. Nie można jak to zrobiono w Rozporządzeniu Ministra/ Dziennik Ustaw nr.72.poz 655,z 2003r/ wyznaczyć dokładnie strefy szkodliwych drgań sejsmicznych bez uwzględnienia granicy powstawania szkód B lub B' i częstotliwości drgań powodujących uszkodzenia w infrastrukturze drogowej i budowlanej.

1.3. Parametry urabiania skał wpływające na emisję drgań [7,11]

Na wielkość emisji drgań powstających w ośrodku skalnym a w konsekwencji powodujących szkodliwe drgania gruntu pod obiektami inżynierskimi ma wpływ wiele czynników:

- Rodzaj stosowanego MW-dynamit, trotyl, saletrol-wykonywany z saletry amonowej,
- ładunek maksymalny przypadający na jeden stopień opóźnienia milisekundowego, Q_z
- ładunek całkowity serii otworów, Q_c
- wielkość odpalanego ładunku MW na zwłokę ,
- Średnica otworów , D
- Zabiór i odległość między otworami, z - zabiór, a - odległość
- Przewiert i przybitka, lp -długość przybitki, p -długość przewiertu
- Rozmieszczenie ładunków udarowych,(początek inicjacji wybuchu w otworze na dole lub na górze otworu],
- Czas opóźnień ,/ilość milisekund pomiędzy odpaleniem kolejnego otworu/,
- Schemat odpalania otworów-kolejność
- Rodzaj i miejsce umieszczenia włomu-miejsce odpalenie pierwszego otworu.

Parametry te są z zasady stałe przy każdym odstrzale ściany /strzelaniu MW/.



Rys 3 Parametry geometryczne mające wpływ na wielkość drgań parasejsmicznych gruntu.[11]

Do wywierconych jednorzędowo lub dwurzędowo na ścianie o wysokości H otworów o średnicy D i długości L ładuje się MW, o długości $L-lp$ który następnie jest inicjowany ładunkiem udarowym poprzez zapalnik milisekundowy. Otwory odpalane są z pewnym milisekundowym opóźnieniem w stosunku do poprzedniego i takie strzelanie nazywa się milisekundowym. Przybitka o długości lp służy do zamknięcia otworu ,z reguły jest nią glina lub zwierzciny uzyskiwane podczas wiercenia otworu. Przewiert jest to długość otworu poniżej poziomu piętra transportowego.

1.4. Ogólna zależność stosowana do obliczania prędkości drgań [9,11]

Obecnie stosuje się powszechnie poniższą zależność do prognozowania prędkości drgań.

$$V = K \times Q^\alpha \times r^{-\beta} \quad (2)$$

Gdzie:

- V – prędkość drgań w punkcie, cm/s (zmienna zależna),
- K, α , β – współczynniki określające warunki emisji i propagacji drgań wyznaczone na podstawie pomiarów, ujmujące wpływ zmienności technologicznych parametrów strzelania i błęd pomiarów.
- Q – wielkość odpalanego ładunku MW, w tym artykule na jedną zwłokę /jeden numer zapalnika/, kg (zmienna niezależna),
- r – odległość między miejscem odpalenia ładunku Q a obiektem w którym występują drgania V, m (zmienna niezależna).

Przyjmując $\alpha=1/3$ a $\beta=1$ otrzymano, że

$$\rho = \frac{\sqrt[3]{Q}}{r} \quad (3)$$

Podstawiając do powyższej zależności otrzymano że

$$V = V = ap + b \quad (4)$$

a i b – współczynniki stałe wyznaczone na podstawie cechowania statystycznego pomiarów uwzględniające błąd pomiarów i przedział zmienności. ρ

W wyniku kilkunastu pomiarów prędkości drgań na złożach skał zwięzłych dla różnego zakresu otrzymano korelacyjne jak podano powyżej zależności liniowe zestawione poniżej w tabeli 1. Podano także wartość współczynników korelacji. Z analizy współczynników korelacji wynika, że po podniesieniu ich do kwadratu otrzymana procentowo wartość określa jaki procent wartości zależy od parametrów pomierzonych a jaki od innych nie pomierzonych. Z analizy kwadratów współczynników korelacji wynika, że dla granitu na otrzymany wynik mają wpływ w wysokości 39% - wartości zmierzone a 61% to wpływ innych nie ujętych do obliczania czynników. Podobnie dla melafiru na otrzymany wynik mają wpływ w wysokości 36% - wartości zmierzone a 64% to wpływ innych nie ujętych do obliczania czynników.

Tab.3 Zależności korelacyjne dla złóż skalnych [11]

Rodzaj złoża skalnego	Zależność korelacyjna	Zakres stosowanego ρ	Wartość współ. korelacji	ρ max/ ρ min
Bazalt	$V = 32,5 \rho - 0,08$,	ρ od 0,004-0,070	$r=0,86$	17,5
Dolomit	$53,9 \rho - 0,15$	ρ od 0,001-0,060	$r=0,73$	60
Gabro	$V = 82,1 \rho - 0,83$	ρ od 0,001-0,040	$r=0,92$	40
Granit	$V = 64,7 \rho - 0,41$	ρ od 0,002-0,070	$r=0,63$	35
Melafir	$V = 22,6 \rho - 0,07$	ρ od 0,003-0,070	$r=0,60$	23
Piaskowiec	$V = 37,4 \rho - 0,43$	ρ od 0,010-0,060	$r=0,79$	6
Wapień	$V = 22,6 \rho - 0,06$	ρ od 0,001-0,090	$r=0,67$	90

Dla gabra na otrzymany wynik mają wpływ w wysokości 85% - wartości zmierzone a tylko 15% to wpływ innych nie ujętych do obliczania czynników. Przy stosunkowo małej zmianie odległości dla wszystkich pomiarów od 1000m do 3000m /współczynnik zmienności 3/ dla gabra pomiary odbywały się przy najmniejszym zakresie zmiany wielkości ładunku zredukowanego od 0,001 do 0,040. Pomimo większego przedziału pomiarów wynoszącego 40 w stosunku do granitu 35 a dla melafiru 23 otrzymano wyższy współczynnik korelacji zależny być może od kąta α pomiędzy linią tworzącą krawędź górną ściany- oś X i środkowym otworem O a punktem pomiaru P.

Na małą dokładność otrzymanych zależności korelacyjnych ma także wpływ nie uwzględnianie w tych wzorach parametrów wytrzymałościowo-sprężystych ośrodka skalnego (współczynnik zwięzłości, szczelinowatość [8]), gęstość, prędkość rozchodzenia się fal sejsmicznych [3]) oraz własności MW (prędkość detonacji MW, rozmieszczenie ładunków udarowych).

1.5. Porównanie obliczonych wartości strefy szkodliwych drgań sejsmicznych

Na podstawie obliczonych i podanych powyżej w tabeli 3 zależności korelacyjnych po przyjęciu dopuszczalnej wartości prędkości drgań można obliczyć bezpieczny promień drgań po przekroczeniu którego występują uszkodzenia w budynkach i budowlach w postaci spękań ścian lub położonego na jezdni betonu cementowego lub asfaltowego.

Tab.4 Zestawienie obliczonych wartości strefy szkodliwych drgań sejsmicznych dla złóż

Skąły magmowe	Współczynnik razy Qz do potęgi 1/3	Wynik obliczony z zależności korelacyjnej	Wynik obliczony według Rozporz. Ministra	Wartość podana z tabeli Rozporządzenia Ministra
1	2	3	4	5 Dla
bazalt	90,3	558,5	od 527,0-601.1	budynków 300m,
gabro	76,0	470,0	od 527,0-601.1	Dla dróg o
granit	98,0	606,1	od 527,0-601.1	nawierzchni
melafir	62,1	384,1	od 527,0-601.1	betonowej i asfaltowej 150m.

Tab.5 Wielkości strefy zagrożenia dla obiektów ze względu na drgania sejsmiczne przy strzelaniu w otworach [10]

Lp.	Obiekty	Ładunek w kg						
		do 5	powyżej 5-10	powyżej 10-20	powyżej 20-40	powyżej 40-100	powyżej 100-200	powyżej 200-250
1	Dla składów z materiałami łatwo palnymi i wybuchowymi	175	200	250	300	370	500	750
2	Dla zwartych osiedli mieszkaniowych, budynków użyteczności społecznej i przemysłowej, od obiektów gospodarczych i zabytkowych, studni, tam i zapór	50	75	100	150	200	300	400
3	Dla pojedynczych budynków mieszkalnych i gospodarczych (studnie, stajnie, stodoły), tam i zapór betonowych, jazów, kanałów i zbiorników o brzegach utwardzonych (betonem, kamieniem spajany zaprawą), nasypów i wykopów utwardzonych, mostów betonowych, głębokich otworów wiertniczych	30	50	80	100	150	200	300
4	Dla szos i dróg o nawierzchni utwardzonej (beton, asfalt, kostka), mostów żelaznych, torów kolejowych, nasypów i wykopów ziemnych, wałów ochronnych, zbiorników wodnych, kanałów. Od słupów nośnych linii energetycznych, linii radiofonicznych, linii telefonicznych, stwierdzonych kabli podziemnych, rurociągów i gazociągów, dróg o nawierzchni półtwardej (tuczeń, szuter, kostka luźna), rowów melioracyjnych, przepustów, rzek nieobwałowanych, głębokich otworów wiertniczych przy wykonywaniu prędkości średnich. Od przewodów linii elektrycznych, linii telefonicznych i linii radiofonicznych oraz w obrębie zakładów górniczych od rurociągów i parociągów	30	30	30	50	50	100	150
5	Dla dróg polnych i leśnych	5	5	5	5	10	20	30

Wielkości strefy zagrożenia dla obiektów infrastruktury drogowej i budowlanej ze względu na drgania sejsmiczne przy strzelaniu w otworach wiertniczych do celów geofizycznych, określone w metrach podano w tabeli 5. W celu przeprowadzenia analizy wykonano obliczenia wartości strefy szkodliwych drgań sejsmicznych w metrach dla 250 kg MW za zwłokę, dla złóż skał magmowych. Obliczone wartości zestawiono w tabeli 4; kolumna 3 - wyniki z zależności korelacyjnych, kolumna 4 - wyniki otrzymane wg. rozporządzenia Ministra [11], kolumna 5 - wartości podane dla ładunku MW=250 kg umieszczonego w otworach wiertniczych wg. tabeli umieszczonej w Rozporządzeniu Ministra [11],/Dziennik Ustaw nr.72.poz 655,z 2003r/.

Wartość strefy szkodliwych drgań sejsmicznych obliczona z zależności korelacyjnej dla granitu jest o 6 m większa a dla melafiru prawie o 33% mniejsza niż wynik obliczony według Rozporządzenia Ministra. Wartość strefy szkodliwych drgań sejsmicznych dla budynków podana w tabeli 5 jest mniejsza niż obliczona z zależności korelacyjnych a 2 razy mniejsza niż obliczona z zależność ujętej w Rozporządzeniu Ministra./kolumna 4 tabeli 4/. Brak szczegółowego opisu w rozporządzeniu aby wyjaśnić tak dużą różnicę w określaniu wartości strefy szkodliwych drgań sejsmicznych.

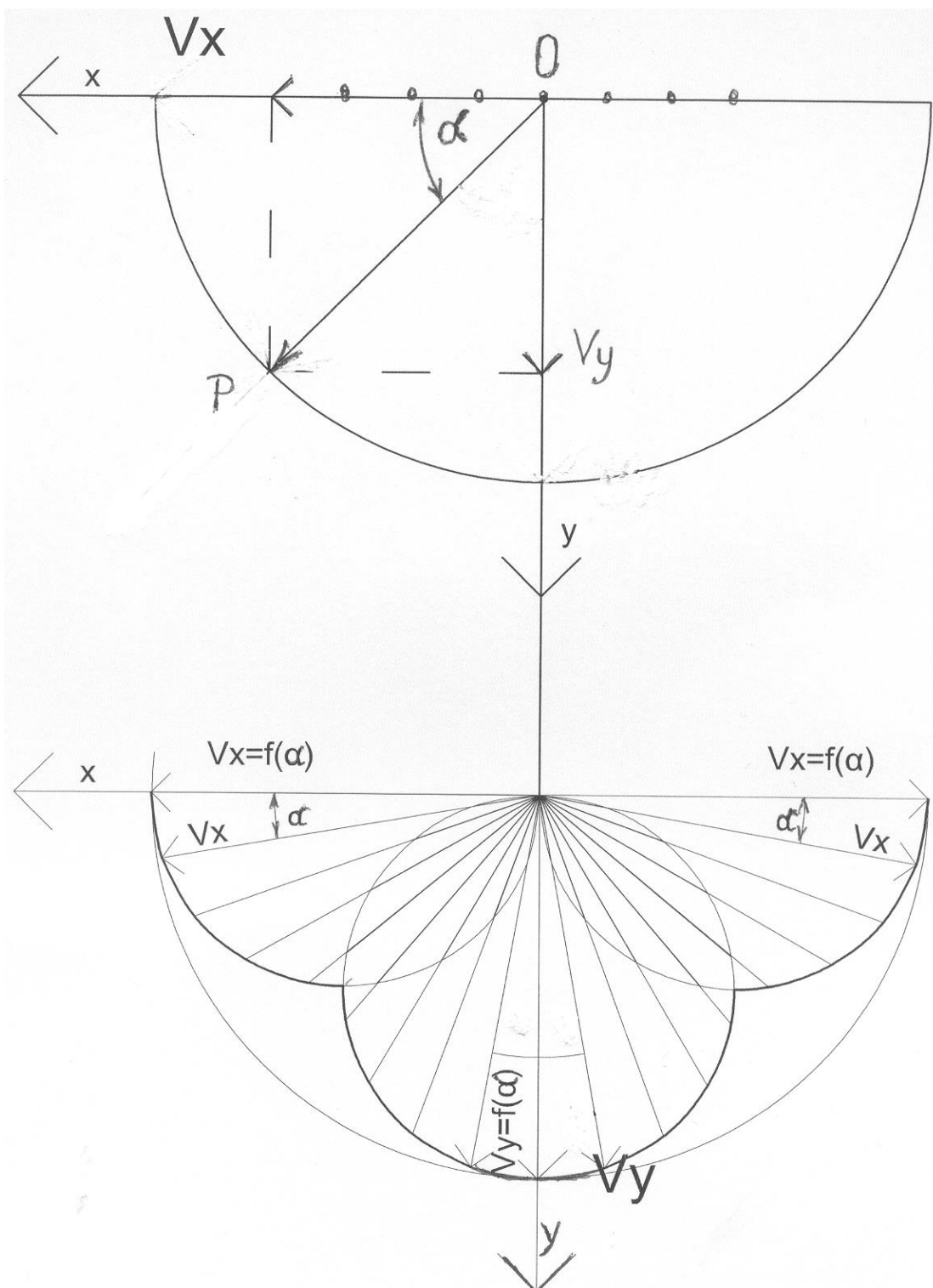
1.6. Oddziaływanie drgań na podłoże i zapobieganie uszkodzeniom budowli [2,5,6]

Wstrząsy gruntu powodują deformacje podłoża budowli inżynierskich poprzez nierównomierne jego osiadanie. Nierównomierne osiadania podłoża przenoszą się bezpośrednio na drogi lub poprzez fundamenty na budynek, które ulegają popękaniu [1,5,6] Drgania dynamiczne zmniejszają kąt tarcia wewnętrznego gruntu przy długotrwałym działaniu nawet dwukrotnie. Moduł ściśliwości zmniejsza się dla gruntów sypkich o $\alpha=0,2$ (pięć razy) a dla gruntów spoiстых o $\alpha=0,5$ (dwukrotnie). Ma to wpływ na różne wielkości osiadania różnych gruntów stanowiących podłoże na którym jest posadowiony budynek lub budowla. Uszkodzeniom budowli i budynków można zapobiegać poprzez zmniejszanie osiadań gruntów za pomocą stalowych siatek [12] lub geotekstyliów [2,].

1.7. Dyskusja o kołowym rozkładzie drgań parasejsmicznych

Przyjmuje się że w kołowym rozchodzeniu się drgań parasejsmicznych drgania rozchodzą się w każdym kierunku z taką samą prędkością a tym samym nie rozpatruje się wpływu kąta kierunkowego na wielkość pomierzonych drgań. W ośrodku jednorodnym jak to przedstawiono na rysunku 4 jednostkowej prędkości drgań drgania styczne V_x i promieniowe V_y rozchodzą się w zależności od kąta z różną prędkością. W czasie pomiarów na danym obiekcie w punkcie P mierzy się dwie składowe poziome. Składowe te są sobie równe gdy kąt kierunkowy α wynosi 45 stopni. W tym punkcie suma tych dwóch prędkości jest około 15% mniejsza niż prędkość składowa maksymalna. Przy innym dowolnym kącie pomiarowym zawsze jedna składowa będzie większa od drugiej. My zaś do prognozowania szkodliwości drgań sejsmicznych zawsze bierzemy wartość składową większą przez co zmniejszamy promień strefy szkodliwych drgań sejsmicznych. Zastosowanie do pomiarów kąta kierunkowego α pozwoli też uwzględnić szczelinowatość górotworu która ma zawsze jeden główny kierunek . Fale rozchodzące się wzdłuż szczelin wskutek mniejszego tłumienia fali będą miały większą prędkość niż fale rozchodzące się prostopadle do szczelin nawet do 2,2 raza [3]. Spowoduje to także zmniejszenie prędkości drgań gruntu. Szczelinowatość jest bardzo ważną cechą złóż skalnych i mogła by w ten sposób zostać także pomierzona. Złoża szczelinowate to złoża skał osadowych jak piaskowców, dolomitów i wapieni .Brakiem uwzględnienia w czasie pomiarów szczelinowatości /pomiaru wzdłuż i w poprzek szczelinowatości/ należy tłumaczyć niskie współczynniki korelacji otrzymane dla złóż osadowych zestawionych w tabeli 3. Z teorii badan ultradźwiękowych[3] wynika, że dla długości fali znacznie większej niż promień elementu drgającego który jednocześnie wytwarza falę podłużną ,poprzeczną i powierzchniową otrzymujemy w miarę kołowy rozkład drgań dla fali podłużnej /koło dotyka bokiem elementu drgającego/, kilka elips dla fali poprzecznej i prostokąt dla fali powierzchniowej. Gdy promień elementu drgającego jest bliski długości fali podłużnej to powstaje pole drgań dla fali podłużnej w postaci wydłużonej elipsy a pola pozostałych fal zanikają Jeżeli powierzchnia odstrzelonej MW ściany jest duża a jej przekątna bliska długości powstającej podczas strzelania fali podłużnej to możliwe jest występowanie kierunkowości

powstających drgań gruntu. Jest to drugi czynnik który uzasadnia celowość pomiarów prędkości drgań z uwzględnieniem kąta kierunkowego α



Rys.4 Jednostkowy wykres składowych V_x i V_y poziomych prędkości drgań

WNIOSKI

1. Dotychczasowe prognozowanie wartości drgań parasejsmicznych powstających podczas urabiania skał zwięzłych MW jest obarczone dużym błędem dochodzącym do $\pm 60\%$.
2. W artykule wykazano, że w jednorodnym ośrodku skalnym przy kołowym rozchodzeniu się drgań parasejsmicznych składowe drgań poziomych przy każdym kacie kierunkowym mają inną wartość. Dlatego dla dokładniejszego prognozowania wartości drgań parasejsmicznych

powstających podczas urabiania skał zwięzłych MW należy uwzględnić kąt kierunkowy pomiaru.

3. Zastosowanie do pomiarów kąta kierunkowego pozwoli uwzględnić kierunkowość drgań oraz wpływ szczelinowości górotworu która ma zawsze jeden główny kierunek na zmniejszenie prędkości drgań gruntu. Szczególnie ważne będzie to dla złóż szczelinowatych jak złoża piaskowców, dolomitów i wapieni.

Streszczenie

W artykule rozpatruje się urabianie skał zwięzłych w kopalniach odkrywkowych, z których produkuje się kruszywo drogowe. Skały takie urabia się w kopalni strzelaniem za pomocą MW, które powodują drgania urabianego ośrodka a następnie gruntu. Drgania te przenoszą się poprzez propagacje fal parasejsmicznych w gruncie we wszystkich kierunkach i działają szkodliwie na infrastrukturę drogowa i mieszkalną. Wielkość szkodliwego oddziaływania czyli prędkości lub przyspieszenia drgań zależy w danym terenie od wielkości odstrzelanego ładunku MW oraz odległości między kopalnią a danym obiektem. Drgania parasejsmiczne powstające w czasie strzelania podobnie jak powstające podczas przejazdu ciężkich samochodów po nierównym bruku lub pojazdów szynowych po złączach szyn rozchodzą się w gruncie. Ponieważ przyczyną ich powstania nie są wybuchy wulkanów czy trzęsienia ziemi dlatego nazywane są parasejsmicznymi. Przeanalizowano obecnie stosowane korelacyjne zależności do obliczania wartości prędkości drgań i promienia szkodliwości drgań parasejsmicznych. Z tej analizy wynika, że niektóre stosowane zależności dają błąd dochodzący do - + 60%. Zaproponowano zatem wprowadzenie zmian które zwiększą dokładność otrzymywanych wyników.

Predicting the paraseismic vibration harmful for roads and residential infrastructure

Abstract

The article examines the mining of hard rock in the open pit mines of which produces road aggregate rocks such sharpens the mine shooting by explosive materials, which cause vibrations molded rock and then ground. These vibrations move through the propagation of waves paraseismic in the ground in all directions and work harm to road infrastructure and residential . Size harmful effects of speed or acceleration or vibration in a given area depends on the size of explosive soaring materials load and the distance between the mine and the, object. Parameters that were analyzed during quarrying explosive materials [EM] have an impact on the value obtained during the shooting of harmful ground vibrations acting on buildings and structures. Paraseismic vibrations generated during shooting like car rides heavy on uneven pavement or tramway rail joints propagate in the ground. Because the cause of their creation are not volcanic eruptions or earthquakes why they are called paraseismic vibrations . Correlation analyzes the currently used depending on the calculation of the velocity and the radius of harmful vibration paraseismic. In the analysis shows that some used depending coming to give error - + 60% .

BIBLIOGRAFIA

1. Chrzan T., *Geologia i hydrogeologia*. Redakcja Wydawnictw Naukowo-Technicznych, Zielona Góra, 2001 .
2. Chrzan T., *Autostrady i materiały do ich budowy*,: Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2000 .
3. Chrzan T., *Ultradźwiękowe badania właściwości skał i materiałów budowlanych*. Oficyna Wydaw. Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1994
4. Chrzan T., *Polish scale of harmfulness of vibrations (SWD by its Polish acronym) and actual damages to one-family houses* . W: Twelfth International Symposium on Mine Planning & Equipment Selection - MPES 2003. Kalgoorlie, Australia, 2003 .- Kalgoorlie, 2003, s. 487--490
5. Chrzan T., *Motorways : cement or asphalt*. Repair, Rejuvenation and Enhancement of Concrete : Proceedings of the International Seminar. Dundee, Wielka Brytania, 2002 .- [B.m.], 2002, s. 489—493

6. Chrzan T., *Environmental protection during construction of motorways*. W: Vide. Technologija. Resursi : III starptautiskas zinatniski praktiskas konferences materiali. Rezekne, Litwa, 2001 .- Rezekne : Rezeknes Augstskola, 2001, s. 10--13
7. Chrzan T., *Procedure of calculating bench blasting parameters applied in Polish quarries*. W: Mine planning and equipment section : 6th International Symposium on Mine planning and Equipment selection. Ostrava, Czechy, 1997 .- Ostrava, 1997, s. 541--543
8. Chrzan T., *The determination of rocks' mechanical properties with the use of ultrasounds* . W: Mine planning and equipment section : 6th International Symposium on Mine planning and Equipment selection. Ostrava, Czechy, 1997 .- Ostrava, 1997, s. 315--318
9. Chrzan T., *Kryteria szkodliwosci drgań parasejsmicznych*. Górnictwo Odkrywkowe, 1998r. nr.2-3
10. Dzienniku Ustaw. *Rozporządzenie Ministra w sprawie używania środków strzałowych*. Dz.U nr.72.poz 655,z 2003.
11. Modrzejewski S. Szczelinowanie górotworu jako czynnik zwiększający bezpieczeństwo budowy podczas urabiania strzelaniem surowców skalnych. Referat na seminarium w Wyższej Szkole Oficerskiej Wojsk Lądowych , Wrocław 23.05.2014.
12. Surowiecki A.; *Modernizacja konstrukcji dróg szynowych*. Badania modelowe i eksploatacyjne. Wydawnictwo Wyższej Szkoły Oficerskiej Wojsk Lądowych im. gen. T. Kościuszki, Wrocław 2012.
13. Polska Norma ,PN-B-02170:1985, *Skala wpływów dynamicznych*.