

Krzysztof CZECH<sup>1</sup>  
Wojciech GOSK<sup>2</sup>

## WPŁYW SPOSOBU MOCOWANIA AKCELEROMETRÓW NA GRUNCIE NA WIARYGODNOŚĆ OCENY KOMFORTU WIBRACYJNEGO

Celem pracy była analiza wpływu sposobu mocowania akcelerometrów na poziom rejestrowanych drgań powierzchniowych ośrodka gruntowego. W pracy prezentowane są wyniki badań terenowych polegających na pomiarze przyspieszeń drgań w punktach pomiarowych znajdujących się na powierzchni gruntu. Przedmiotowe badania były realizowane w dwóch miejscach na terenie żwirowni zlokalizowanej w miejscowości Mince niedaleko Białegostoku. Źródłem drgań o wysokiej powtarzalności parametrów impulsu była lekka płyta dynamiczna ZFG-01. Przyrząd ten zasadniczo służy do oceny modułu sztywności podłoża gruntowego, jednakże w niniejszej pracy pełnił rolę wzbudnika drgań. Pomiar przyspieszeń drgań realizowano przy wykorzystaniu najwyższej klasy i dokładności układu pomiarowego firmy Brüel&Kjær. Akcelerometry montowano na powierzchni gruntu piaszczystego w punktach pomiarowych rozmieszczonych promiennie w odległości 5 m i 10 m od źródła drgań. W pracy analizowano wpływ sposobu mocowania akcelerometrów na gruncie na poziom rejestrowanych wartości przyspieszeń drgań. Czujniki przyspieszeń mocowano do podłoża na trzy sposoby – przy użyciu podstaw pierścieniowych zespalanych z gruntem za pomocą trzech prętów (typ *a*), podstaw z aluminiową głowicą przykręcaną do pojedynczego pręta zagłębianego w gruncie (typ *b*) i płyty betonowej z zamocowanymi do niej czujnikami (typ *c*). Wykazano, że sposób mocowania czujników do powierzchni terenu ma kluczowe znaczenie z punktu widzenia wiarygodności realizowanych pomiarów. Analiza wykazała, że wyniki, które należy uznać za najbardziej wiarygodne uzyskano przy użyciu podstaw typu *a*.

**Słowa kluczowe:** geotechnika, drgania powierzchniowe, ośrodek gruntowy, propagacja drgań

---

<sup>1</sup> Autor do korespondencji: Krzysztof Czech, Politechnika Białostocka, 15-351 Białystok, Wiejska 45E, 604 662 660, email: k.czech@pb.edu.pl.

<sup>2</sup> Wojciech Gosk, Politechnika Białostocka, 15-351 Białystok, Wiejska 45E, 501 704 894, email: w.gosk@pb.edu.pl.

## 1. Wstęp

Jednym z wymogów współczesnej ochrony środowiska jest konieczność podejmowania działań mających na celu przeciwdziałanie i minimalizację negatywnych oddziaływań hałasu, drgań i wibracji propagowanych do otoczenia [1]. Istotnym elementem oceny wpływu któregośkolwiek z wyżej wymienionych czynników na środowisko jest przeprowadzenie wiarygodnych pomiarów terenowych, które umożliwią dokonanie rzetelnej oceny ich szkodliwości. W przypadku propagacji drgań w gruncie i ich wpływu na urządzenia pracujące wewnątrz budynków, lub wpływu drgań na obiekty budowlane i ich użytkowników mierzonymi wielkościami są przyspieszenia, prędkości lub przemieszczenia drgań. O ile w przypadku oceny wpływu drgań na istniejące budynki i ich wyposażenie lub użytkowników i mieszkańców budynków kwestia realizacji pomiaru i sposobu mocowania czujników do budynków (fundamentów lub ścian nośnych budynków na poziomie terenu od strony źródła drgań - w przypadku oceny wpływu drgań na budynek [3] lub w miejscu przenoszenia się drgań na człowieka - zwykle w środku rozpiętości stropów - w przypadku oceny wpływu drgań na ludzi w budynkach [4]) jest dość jednoznaczna, gdyż realizowane połączenie ma zapewnić wierne odwzorowanie drgań elementu konstrukcyjnego, z którym powiązано czujniki - o tyle w przypadku prognozowania poziomu i wpływu istniejącego lub hipotetycznego źródła drgań na mający dopiero powstać w danej lokalizacji budynek sprawa się komplikuje, gdyż do wiarygodnej prognozy poziomu drgań i ich wpływu na nowo projektowaną konstrukcję wymagana jest znajomość rzeczywistych parametrów drgań zarejestrowanych na gruncie w miejscu planowanej inwestycji. I tutaj pojawia się problem, gdyż czujniki wykorzystywane do realizacji pomiarów drgań nie mogą po prostu być ustawione na gruncie. Takie rozwiązanie nie zapewnia odpowiedniego stopnia powiązania czujników z ośrodkiem gruntowym. Również umieszczanie czujników pomiarowych na pewnej głębokości w gruncie ma swoje wady, gdyż wiąże się ze znaczącym naruszeniem stopnia zagęszczenia ośrodka gruntowego w bezpośrednim otoczeniu czujnika - co może mieć m.in. wpływ na rzeczywiste tłumienie rejestrowanych parametrów drgań. Nie bez znaczenia jest także fakt, iż w gruncie umieszczany jest czujnik o stanowczo większym ciężarze objętościowym od ośrodka w którym się znajduje, oraz to, iż zgodnie z teorią i dotychczas przeprowadzonymi badaniami wraz z głębokością maleją wartości amplitud drgań powierzchniowych (propagowanych głównie w postaci fal Rayleigha). Z tego powodu w badaniach propagacji drgań w gruncie zwykle wykorzystywane są specjalnie konstruowane podstawy do mocowania czujników na gruncie z jednym lub kilkoma prętami zagłębianymi w gruncie. Autorzy pracy nie znaleźli jednakże opracowania, w którym byłyby zawarte szczegółowe wytyczne odnośnie jednoznacznie poprawnego sposobu mocowania czujników pomiarowych na gruncie. Brak tego typu wytycznych w tym zakresie może prowadzić do istotnych rozbieżności w wynikach pomiarów pro-

wadzonych w porównywalnych warunkach (rodzaj i stan gruntu, jego wilgotność, temperatura powietrza, itp.). Błędem jest również formułowanie tez lub wniosków bazujących na opracowaniach, w których w sposób niedostateczny opisano metodykę prowadzenia i rejestracji pomiarów dynamicznych, jak i pracach, w których bliżej nie sprecyzowano wykorzystanej w badaniach aparatury pomiarowej lub wykorzystano aparaturę o nieadekwatnych do prowadzonych badań zakresach pomiarowych. Dlatego też niektóre publikowane wyniki badań nie powinny być brane pod uwagę przy opracowywaniu zależności matematycznych związanych z propagacją, tłumieniem i absorpcją drgań w gruncie - nie powinny być również uwzględniane w prognozowaniu wpływu drgań na projektowane budynki i ich użytkowników.

Celem niniejszej pracy jest ocena wpływu sposobu mocowania akcelerometrów na gruncie na poziom amplitud rejestrowanych drgań powierzchniowych. Analizie będzie podlegał wpływ rodzaju podstaw pomiarowych i długości prętów wprowadzanych w grunt.

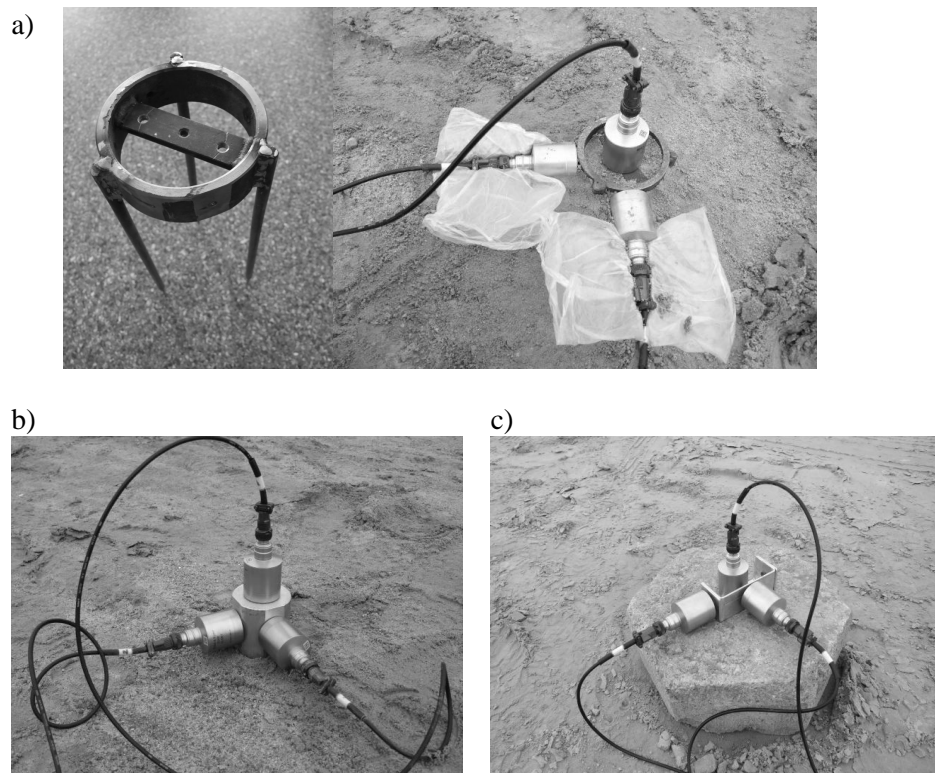
## 2. Realizacja pomiarów

### 2.1. Podstawy pomiarowe

W pracy przyjęto, że analiza wpływu sposobu mocowania czujników do gruntu na rejestrowane wartości amplitud drgań będzie dotyczyła następujących typów podstaw pomiarowych:

- a) podstawa pierścieniowa z trzema prętami zagłębianymi w gruncie;
- b) podstawa z aluminiową głowicą przykręcaną do pojedynczego pręta zagłębianego w gruncie;
- c) trylinka betonowa z przykręconymi do niej czujnikami.

W przypadku podstaw pomiarowych wyszczególnionych w podpunktach a) i b) założono, że badania terenowe będą prowadzone dla dwóch zróżnicowanych długości prętów zagłębianych w gruncie ( $L_1 = 15$  cm i  $L_2 = 30$  cm). W przypadku podstaw pierścieniowych dodatkowo przyjęto, że analizowany będzie również wpływ nieznaczonej zmiany średnicy pierścienia podstawy, do którego bezpośrednio mocowane są czujniki pomiarowe ( $D_1 = 11$  cm i  $D_2 = 12$  cm). Przykładową podstawę pierścieniową pokazano na rysunku 1:



Rys. 1. Podstawa pierścieniowa a) oraz podstawy a), b) i c) z zamontowanymi czujnikami

Fig. 1. Ring base a) and bases a), b) and c) with mounted accelerometers

## 2.2. Lokalizacja pomiarowa oraz przebieg badań terenowych

Realizacja wiarygodnych badań wpływu sposobu mocowania czujników do gruntu na poziom rejestrowanych amplitud drgań wymagała przyjęcia lokalizacji pomiarowej charakteryzującej się dużą jednorodnością rodzaju i stanu gruntu zalegającego do co najmniej kilkumetrowej głębokości, bez widocznych przewarstwień czy innego rodzaju wtrąceń. Ponadto teren powinien być odpowiednio płaski i wyrównany. Mając na uwadze powyższe na miejsce pomiarów wybrano żwirownię zlokalizowaną w województwie podlaskim w pobliżu miejscowości Mince.

Przyjęto, że podstawy pomiarowe będą rozmieszczone promieniście w stałych odległościach: 5.0 m i 10.0 m od powtarzalnego źródła drgań, a drgania będą rejestrowane w trzech wzajemnie prostopadłych kierunkach: radialnym  $x$  (prostopadłym do przyjętego profilu pomiarowego), promieniowym  $y$  (w kierunku przyjętego profilu pomiarowego) oraz w kierunku pionowym  $z$ .

Jako źródło drgań przyjęto lekką płytę dynamiczną typu ZFG-01 (zwaną również lekkim ugięciomierzem udarowym) generującą pojedyncze impulsy w wyniku kontrolowanego spadku masy 10 kg z wysokości 0.83 m. Tego typu urządzenia są powszechnie wykorzystywane w badaniach modułów sztywności podłoża gruntowego i kontroli zagęszczenia nasypów oraz stanowią odpowiednio stabilne i powtarzalne źródło drgań impulsowych.

Na potrzeby niniejszej pracy badania wykonano w dwóch różnych, oddalonych od siebie o około 200 m, lokalizacjach na terenie żwirowni (etapy: I i II). W pierwszym etapie badań dla każdej z testowanych podstaw pomiarowych generowano 5 impulsów. W drugim etapie badań generowano po 6 impulsów.

### 2.3. Aparatura pomiarowa

Wiarygodność i dokładność rejestrowanych sygnałów została zagwarantowana dzięki wykorzystaniu w badaniach najnowszej generacji, najwyższej klasy dokładności 24-bitowego układu pomiarowego typu *LAN-XI* firmy *Brüel&Kjær* (z dynamiką wejść na poziomie 160 dB i idealną liniowością oraz zgodnością fazową) współpracującego z układem sześciu najwyższej dokładności i czułości sejsmicznych piezoelektrycznych czujników przyspieszeń drgań typu 8340 firmy *Brüel&Kjær* (o czułości 10 V/g i zakresie pomiarowym  $\pm 0.5$  g w przedziale częstotliwości 0.1 Hz ÷ 1500 Hz). Układ pomiarowy pokazano na rys. 2:



Rys. 2. Układ pomiarowy typu *LAN-XI* firmy *Brüel&Kjær* i lekka płyta dynamiczna typu ZFG-01

Fig. 2. Measuring apparatus *Brüel&Kjær* LAN-XI and light falling weight deflectometer ZFG-01

### 3. Wyniki badań

Po badaniach wstępnych z wykorzystaniem podstaw typu *b*) i *c*) stwierdzono, iż podstawy tego typu nie zapewniają wymaganego powiązania czujników z gruntem. W przypadku podstaw typu *b*), zarówno w przypadku krótszego

jak i dłuższego pręta zagłębianego w gruncie (piasek drobny), każdorazowo stwierdzono nieznaczną podatność podstawy na ruch w płaszczyźnie poziomej - niezależnie od sposobu zagłębiania pręta w gruncie. Potwierdza to wzmiankowaną w literaturze [2] podatność tego typu podstaw do drgań charakterystycznych dla elementów wspornikowych. W przypadku pomiarów drgań powierzchniowych realizowanych z wykorzystaniem czujników mocowanych do masywnych elementów umieszczanych bezpośrednio na gruncie (w analizowanym przypadku była to betonowa płyta chodnikowa - tzw. trylinka) efekt jest zbliżony - układ trylinka-czujniki nie zapewnia odpowiedniego powiązania z gruntem. W zależności od intensywności i częstotliwości propagowanych w gruncie drgań tego typu podstawa może znacząco intensyfikować (tab. 1) jak i tłumić drgania. W związku z powyższym w dalszej części pracy wpływ podstaw typu *b*) i *c*) na rejestrowany poziom amplitud przyspieszeń drgań nie będzie analizowany.

Tabela 1. Amplitudy przyspieszeń drgań zarejestrowanych na masywnej betonowej płycie chodnikowej

Table 1. Acceleration amplitude of vibrations recorded on massive concrete plate

Nazwa pliku	Rodzaj podstawy	<i>L</i> = 5.0 m (1.p.p.)			<i>L</i> = 10.0 m (2.p.p.)			Ugięcie ( <i>L</i> = 0.0 m) [mm]
		1y	2x	3z	4y	5x	6z	
		[m/s <sup>2</sup> ]			[m/s <sup>2</sup> ]			
1B_trylinka-2	Czujniki zamontowane na trylince	1,580	0,434	0,654	0,572	0,165	0,279	0,50
1B_trylinka-4		1,460	0,415	0,685	0,544	0,188	0,305	0,48
1B_trylinka-5		1,580	0,434	0,693	0,589	0,215	0,290	0,48
1B_trylinka-8		1,610	0,412	0,683	0,576	0,173	0,301	0,47
<b>Średnia arytm.</b>		<b>1,558</b>	<b>0,424</b>	<b>0,679</b>	<b>0,570</b>	<b>0,185</b>	<b>0,294</b>	<b>0,48</b>
<i>Odchyl. stand.</i>		<i>0,067</i>	<i>0,012</i>	<i>0,017</i>	<i>0,019</i>	<i>0,022</i>	<i>0,012</i>	<i>0,01</i>

Przykładowe dane zarejestrowane za pośrednictwem podstaw pierścieniowych zestawiono w tabeli 2.

Dla każdego rodzaju analizowanych w pracy podstaw pierścieniowych dokonano uśrednienia wartości amplitud oraz wyznaczono wartości odchyłeń standardowych, które najlepiej obrazują rozrzuty rejestrowanych wartości wokół wartości średnich. Uśrednienia dokonano niezależnie dla każdego punktu pomiarowego (1.p.p. - 5 m od źródła drgań i 2.p.p. - 10 m od źródła drgań) i kierunku pomiaru drgań (*x*, *y* i *z*). Uzyskane dane zestawiono w poniższych tabelach - tab. 3 (etap I) i tab. 4 (etap II).

Tabela 2. Amplitudy przyspieszeń drgań zarejestrowanych za pośrednictwem podstawy pierścieniowej o średnicy  $D_2$  i długości prętów  $L_2$  - etap I

Table 2. Acceleration amplitude of vibrations recorded by ring base with the diameter  $D_2$  and length of the rods  $L_2$  - stage I

Nazwa pliku	Rodzaj podstawy i długość prętów	$L = 5.0 \text{ m (1.p.p.)}$			$L = 10.0 \text{ m (2.p.p.)}$			Ugięcie ( $L = 0.0 \text{ m}$ ) [mm]
		1y	2x	3z	4y	5x	6z	
		[m/s <sup>2</sup> ]			[m/s <sup>2</sup> ]			
2B_PDD-2	Pierścień $D_2$ + 3 pręty $L_2$	0,560	0,127	0,788	0,338	0,128	0,329	0,46
2B_PDD-3		0,584	0,130	0,836	0,353	0,135	0,346	0,46
2B_PDD-4		0,591	0,128	0,859	0,339	0,129	0,346	0,46
2B_PDD-5		0,589	0,128	0,848	0,359	0,146	0,344	0,46
2B_PDD-6		0,597	0,141	0,870	0,362	0,147	0,356	0,47
<b>Średnia arytm.</b>		<b>0,584</b>	<b>0,131</b>	<b>0,840</b>	<b>0,350</b>	<b>0,137</b>	<b>0,344</b>	<b>0,46</b>
<i>Odchyl. stand.</i>	<i>0,014</i>	<i>0,006</i>	<i>0,032</i>	<i>0,011</i>	<i>0,009</i>	<i>0,010</i>	<i>0,00</i>	

Tabela 3. Zestawienie uśrednionych wartości amplitud przyspieszeń drgań i odpowiadających im odchyleń standardowych - etap I

Table 3. Average values of acceleration amplitude and adequate standard deviations - stage I

Rodzaj podstawy i długość prętów	$L = 5.0 \text{ m (1.p.p.)}$			$L = 10.0 \text{ m (2.p.p.)}$			Ugięcie $L = 0.0 \text{ m}$
	1y	2x	3z	4y	5x	6z	
	Uśrednione amplitudy przyspieszeń [m/s <sup>2</sup> ] przyrost (+) / spadek (-) w stosunku do wartości średniej [%]						śr.arytm. [mm] przyrost [%]
Wartość średnia	<b>0,567</b>	<b>0,198</b>	<b>0,769</b>	<b>0,307</b>	<b>0,117</b>	<b>0,312</b>	<b>0,45</b>
<i>Odchylenie stand.</i>	<i>0,046</i>	<i>0,063</i>	<i>0,059</i>	<i>0,053</i>	<i>0,051</i>	<i>0,079</i>	<i>0,01</i>
Pierścień $D_1$ + 3 pręty $L_1$	0,520	0,238	0,766	0,230	0,074	0,238	0,44
	<b>-8,2%</b>	20,1%	-0,3%	<b>-25,0%</b>	<b>-37,3%</b>	<b>-23,9%</b>	-1,6%
Pierścień $D_1$ + 3 pręty $L_2$	0,623	0,159	0,773	0,329	0,078	0,258	0,45
	<b>10,0%</b>	-19,6%	0,6%	7,5%	-33,7%	-17,3%	-0,7%
Pierścień $D_2$ + 3 pręty $L_1$	0,539	0,265	0,695	0,317	0,181	0,409	0,45
	-4,9%	<b>33,6%</b>	<b>-9,6%</b>	3,3%	<b>54,3%</b>	<b>31,0%</b>	-0,2%
Pierścień $D_2$ + 3 pręty $L_2$	0,584	0,131	0,840	0,350	0,137	0,344	0,46
	3,1%	<b>-34,0%</b>	<b>9,3%</b>	<b>14,3%</b>	16,7%	10,2%	2,4%

Tabela 4. Zestawienie uśrednionych wartości amplitud przyspieszeń drgań i odpowiadających im odchyłeń standardowych - etap II

Table 4. Average values of acceleration amplitude and adequate standard deviations - stage II

Rodzaj podstawy i długość prętów	L = 5.0 m (1.p.p.)			L = 10.0 m (2.p.p.)			Ugięcie L = 0.0 m
	1y	2x	3z	4y	5x	6z	
	Uśrednione amplitudy przyspieszeń [m/s <sup>2</sup> ] przyrost (+) / spadek (-) w stosunku do wartości średniej [%]						śr.arytm. [mm] przyrost [%]
Wartość średnia	<b>0,794</b>	<b>0,417</b>	<b>0,735</b>	<b>0,245</b>	<b>0,140</b>	<b>0,217</b>	<b>0,31</b>
Odchylenie stand.	0,187	0,095	0,217	0,020	0,039	0,021	0,01
Pierścień D <sub>1</sub> + 3 pręty L <sub>1</sub>	0,764 -3,8%	0,393 -5,6%	0,607 -17,3%	0,228 <b>-6,9%</b>	0,096 <b>-31,4%</b>	0,242 <b>11,8%</b>	0,30 -3,7%
Pierścień D <sub>1</sub> + 3 pręty L <sub>2</sub>	0,705 -11,3%	0,433 3,8%	0,752 2,3%	0,268 <b>9,5%</b>	0,191 <b>36,9%</b>	0,205 -5,3%	0,30 -2,6%
Pierścień D <sub>2</sub> + 3 pręty L <sub>1</sub>	1,065 <b>34,1%</b>	0,535 <b>28,3%</b>	1,034 <b>40,7%</b>	0,229 -6,5%	0,138 -1,5%	0,225 3,8%	0,31 1,8%
Pierścień D <sub>2</sub> + 3 pręty L <sub>2</sub>	0,644 <b>-18,9%</b>	0,306 <b>-26,5%</b>	0,546 <b>-25,7%</b>	0,254 3,8%	0,134 -3,9%	0,195 <b>-10,2%</b>	0,32 4,5%

#### 4. Analiza porównawcza wyników badań

Wyniki przeprowadzonych badań, pomimo wysokiej powtarzalności pomiarów w ramach poszczególnych rodzajów podstaw pierścieniowych i kierunków pomiaru (na co wskazują małe wartości odchyłeń standardowych w stosunku do wartości średnich m.in. w tab.2), wskazują na ich zróżnicowanie. Wartości zarejestrowanych amplitud przyspieszeń drgań wydają się zależeć zarówno od długości prętów kotwiących, jak i lokalizacji pomiarowych.

W celu przeprowadzenia analizy porównawczej i wyboru podstawy najkorzystniejszej pod względem wiarygodności rejestrowanych za jej pośrednictwem wartości amplitud przyspieszeń drgań powierzchniowych, niezbędne było przyjęcie odpowiedniego kryterium porównawczego. W związku z bardzo niskim poziomem tłumieniem materiałowego (stal) oraz równie niskim poziomem tłumienia konstrukcyjnego zaproponowanego układu podstaw pomiarowych, którego łączne tłumienie nie może przekraczać kilku procent, oraz tendencją podstaw pomiarowych sztywno połączonych z prętami kotwiącymi w gruncie do intensyfikacji drgań - charakterystycznej dla układów wspornikowych (szczególnie widoczną w przypadku podstaw z jednym prętym kotwiącym [2] – jak w podstawie typu „b”), za najbardziej wiarygodne uznano najniższe wartości amplitud przyspieszeń drgań powierzchniowych. Powyższe założenie wyda-

je się być zasadne pod warunkiem zapewnienia odpowiedniego stopnia „związania” podstaw pomiarowych z ośrodkiem gruntowym - co z pewnością miało miejsce w przypadku podstaw pierścieniowych kotwionych trzema prętami.

Analizując dane zamieszczone w tab. 3 i 4 pod kątem powyżej przyjętego kryterium należy stwierdzić, iż w przypadku obu przeprowadzonych etapów badań w 2.p.p. ( $L = 10$  m), w którym mieliśmy do czynienia ze znacznie mniej intensywnymi wartościami przyspieszeń drgań, najniższe wartości średnie z poszczególnych serii pomiarów uzyskano w przypadku podstawy pierścieniowej o mniejszej średnicy ( $D_1$ ) i krótszych prętach ( $L_1$ ) – za wyjątkiem kierunku pionowego w II. etapie badań.

W przypadku 1.p.p. ( $L = 5$  m) - zlokalizowanego znacznie bliżej źródła drgań impulsowych sytuacja nie jest już tak jednoznaczna. W II. etapie badań najniższe wartości uśrednionych przyspieszeń drgań uzyskano w przypadku większej podstawy pierścieniowej ( $D_2$ ) i o dłuższych prętach kotwiących ( $L_2$ ), podczas gdy w I. etapie badań najniższe wartości uśrednionych amplitud przyspieszeń drgań stwierdzono dla trzech różnych podstaw - w trzech różnych kierunkach pomiarowych. Może to także wskazywać na istotny wpływ intensywności propagowanych w ośrodku gruntowym drgań na mierzone wartości.

Biorąc pod uwagę, iż w 2.p.p. poziom rejestrowanych przyspieszeń drgań jest znacznie bliższy poziomowi drgań powierzchniowych propagowanych do otoczenia w przypadku drgań z jakimi najczęściej obecnie mamy do czynienia w praktyce inżynierskiej – tj. drgań komunikacyjnych, należy uznać, iż w analizowanym przypadku, w przyjętych lokalizacjach pomiarowych, optymalną podstawą ze względu na poziom rejestrowanych przyspieszeń drgań jest podstawa pierścieniowa o mniejszej średnicy ( $D_1$ ) i krótszych prętach kotwiących ( $L_1$ ).

## 5. Wnioski

Opisane w niniejszej pracy badania i analizy porównawcze propagacji drgań powierzchniowych w ośrodku gruntowym wskazują na konieczność kontynuacji na szerszą skalę badań in-situ z wykorzystaniem najnowszej generacji, precyzyjnych i wiarygodnych układów pomiarowych. Istnieje potrzeba dalszych prac w obszarze konstrukcji elementów kotwiących umożliwiających właściwe zespolenie akcelerometrów z gruntem. Uzyskane wyniki wskazują jednakże na kierunek właściwych rozwiązań w tym zakresie. Prace powinny objąć optymalizację proporcji w zakresie wymiarów i mas elementów składowych odpowiedniej „kotwy” gruntowej, jak również opracowanie rozwiązania charakteryzującego się stosunkowo prostym i jednocześnie precyzyjnym sposobem montażu podstaw pomiarowych na gruncie w trakcie prowadzenia prac w terenie.

## Literatura

- [1] Kawecki J., Stypuła K.: Zapewnienie komfortu wibracyjnego ludziom w budynkach narażonych na oddziaływania komunikacyjne. Politechnika Krakowska, Kraków 2013.
- [2] Maciąg E., Tataro T., Chełmecki J.: Badania drgań gruntu i niskich budynków od wpływu komunikacji miejskiej. Inżynieria i Budownictwo, nr 3/2005, s. 135-140.
- [3] PN-85/B-02170 – Ocena szkodliwości drgań przekazywanych przez podłoże na budynki.
- [4] PN-88/B-02171 – Ocena wpływu drgań na ludzi w budynkach.

## THE INFLUENCE OF ACCELEROMETER MOUNTING METHODS ON RELIABILITY OF EVALUATION OF VIBRATION COMFORT

### Summary

The aim of this work was the analysis the impact of accelerometer mounting on the level of recorded surface vibrations of the ground. The paper presents the results of field research based on the measurements of accelerations recorded at points located on ground surface. The research was carried out in two places in a gravel pit in the village of Mince near Białystok. The source of the vibration characterized by high repetition rate of pulse parameters was light falling weight deflectometer ZFG-01. This device generally is used for the determination of the stiffness modulus of the ground, however in this study it was used as source of vibration. Measurements of vibration have been carried out using top quality high-precision measuring system produced by Brüel&Kjær. Accelerometers were mounted on a sandy soil surface at measuring points located radially at 5 m and 10 m distance from the source of vibration. The paper analyses the influence of accelerometers mounting methods on the level of the recorded acceleration values of vibrations. Acceleration sensors were mounted on the subsoil in three ways – by ring bases fixing with ground by three rods (type a), bases with aluminium head screwed to a single rod driven into the ground (type b) and concrete plate with fixed on it sensors (type c). It has been shown that the sensors mounting method to the surface of the ground is crucial for the credibility of the performed measurements. The analysis showed that the results which could be considered as the most reliable, were obtained using a type bases.

**Keywords:** geotechnics, surface vibrations, ground, vibration measurement

DOI:10.7862/rb.2014.77

*Przesłano do redakcji: 12.05.2014 r.*

*Przyjęto do druku: 16.12.2014 r.*