

Posadowienie ekranów akustycznych



JERZY SĘKOWSKI
Politechnika Śląska
jerzy.sekowski@polsl.pl



ROBERT MUSIAŁ
Politechnika Śląska
robert.musial1990@gmail.com

Jednym z najpopularniejszych sposobów na ograniczenie hałasu związanego z narastającym od lat ruchem drogowym jest budowa ekranów akustycznych. Ekran akustyczny powinien spełniać wiele wymagań, począwszy od estetycznego wyglądu, po zapewnienie bezpieczeństwa użytkownikom dróg i osobom przebywającym w ich bezpośrednim sąsiedztwie. Ekran akustyczny są narażone na oddziaływania sił poziomych: parcie wiatru, ciśnienie powietrza od przemieszczających się pojazdów i uderzenia śniegu odrzucanego przez pojazdy obsługi drogowej. To one, łącznie z ciężarem własnym, decydują o rozwiązaniach konstrukcyjnych ekranów, a w szczególności jego posadowieniu. Błędne rozwiązania przekładają się na koszty, które uwzględniając obserwowany rozwój tych inwestycji, mogą być ogromne.

Po przybliżeniu problematyki ekranów akustycznych, przedstawione będą wyniki obliczeń posadowienia pośredniego wybranego ekranu akustycznego uzyskane przy różnych założeniach pracy pali i wynikających stąd rozbieżności.

Po przybliżeniu problematyki ekranów akustycznych, przedstawione będą wyniki obliczeń posadowienia pośredniego wybranego ekranu akustycznego uzyskane przy różnych założeniach pracy pali i wynikających stąd rozbieżności.

Ekran akustyczny

Informacje ogólne

Ekran akustyczny jest sztuczną (budynki, ekrany) lub naturalną (nasypy, pasy zieleni) przeszkodą na drodze rozchodzącej się fali dźwiękowej. Głównym celem ekranów jest zmniejszenie natężenia dźwięku i stworzenie cienia akustycznego, czyli obszaru, do którego nie docierają bezpośrednio fale akustyczne.

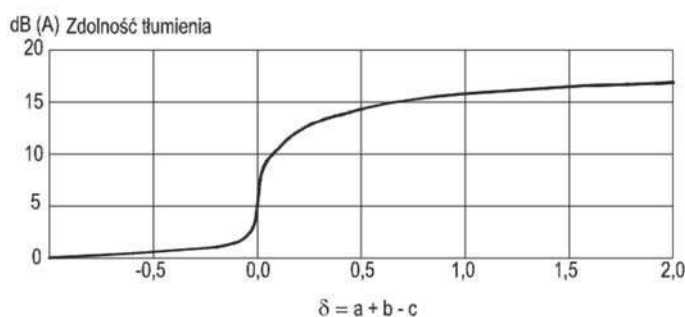
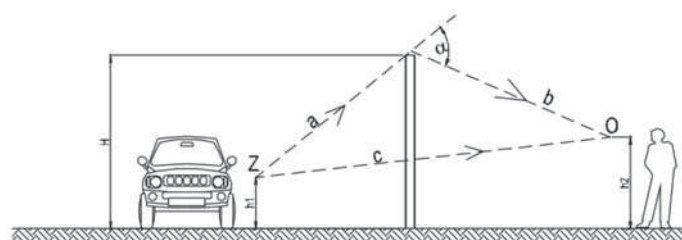
Projektowanie ekranów akustycznych polega na wyznaczeniu ich geometrii oraz położenia źródła dźwięku względem odbiorcy na podstawie określonej przepisami efektywności akustycznej.

Ekran akustyczny dzieli się na:

- odbijające,
- odbijająco-rozpraszające,
- pochłaniające.

Hałas pochodzenia komunikacyjnego ma źródło w silnikach samochodowych (niskie częstotliwości) i kołach pojazdów (wysokie częstotliwości).

Skuteczność ekranów akustycznych wzrasta wraz ze zmniejszeniem ich odległości od źródła dźwięku (rys. 1). Zależy też od ich wysokości, długości całkowitej oraz mate-



Rys. 1. Efektywność ekranów akustycznych [1]

riałów, z których je wykonano. Najniższa wysokość zapewniająca minimalną ochronę przed hałasem to ok. 2,0 m. Nie jest natomiast uzasadnione stosowanie ekranów o wysokości większej niż k. 10,0 m.

Obciążenia ekranów akustycznych

Przy projektowaniu ekranów akustycznych należy uwzględnić następujące obciążenia:

- ciężar własny, czyli ciężar własny paneli akustycznych w stanie suchym (w celu oszacowania współczynnika izolacyjności akustycznej) i w stanie mokrym (do projektowania konstrukcji wsporczych i fundamentów, przy uwzględnieniu wypełnienia wodą porów materiału),
- poziome, wynikające z odśnieżania [7], wiatru [6] i obciążenie pojazdami według normy [7]; norma ta podaje trzy przypadki tego obciążenia w zależności od prędkości, odległości od urządzenia przeciwhałasowego i rodzaju ruchu; w projektowaniu należy przyjąć, że obciążenie poziome od pojazdów oraz od wiatru nie działają jednocześnie.

Kryteria doboru ekranów akustycznych

Podstawowymi kryteriami doboru właściwego ekranu akustycznego są [4]:

- właściwości akustyczne stosowanych paneli,
- charakterystyka pasa drogowego,
- zgodność wizualna z otaczającym środowiskiem,

- ochrona środowiska,
- estetyka,
- odporność na warunki atmosferyczne i agresywne oddziaływanie środowiska.

Wpływ roślinności na ekrany akustyczne i ich okres użytkowania

Obsadzenie paneli roślinami pnącymi (fot. 1) to skuteczny sposób maskujący ingerencję człowieka w naturalne środowisko przyrodnicze. Ten sposób jest stosowany niezależnie od rodzaju materiału użytego do budowy ekranu akustycznego. Roślinność prócz walorów estetycznych poprawia w niewielkim stopniu parametry akustyczne ekranu.



Fot. 1. Przykład obsadzenia roślinnością ekranu akustycznego [10]

Okres użytkowania ekranów akustycznych to minimum 40 lat. Częstość napraw i konserwacji zależy głównie od poziomu zanieczyszczenia środowiska oraz jego agresywności a także mechanicznych celowych uszkodzeń, zwłaszcza w okolicach miejskich. Naturalnymi czynnikami degradacji są [4]:

- wilgoć z opadów atmosferycznych oraz kondensacji pary wodnej,
- zanieczyszczenie powierzchni jonami chloru z zimowych środków odśnieżających,
- zanieczyszczenie atmosfery tlenkami siarki oraz azotu ze spalin samochodowych,
- zanieczyszczenie powierzchni panelu rozpuszczalnymi solami.

Posadowienie ekranów akustycznych

Informacje ogólne

Konstrukcja wsporcza ekranów akustycznych powinna być poprawnie posadowiona, spełniając wymagane przez normy geotechniczne warunki stanów granicznych [9]. Powinna ona spełniać również określone warunki konstrukcyjne, będąc przy tym ekonomiczna i estetyczna. Ekrany akustyczne są najczęściej posadawiane pośrednio na palach fundamentowych. O takim rozwiązaniu decydują warunki gruntowo-wod-

ne, względy czasowe, finansowe i wykonawcze oraz obciążenia poziome. Te ostatnie w wielu przypadkach są czynnikiem decydującym.

Stosuje się zwykle pale o średnicy do kilkudziesięciu centymetrów oraz długości kilku, a nawet kilkunastu metrów. Więcej informacji na temat poszczególnych rozwiązań znaleźć można m.in. w [2].

Decyzja o posadowieniu na palach to także wybór typu pala i metody jego obliczania. Wykorzystanie do projektowania pali obowiązującego już Eurokodu [9] może sprawić kłopot nawet doświadczonym projektantom. W przypadku korzystających z metody projektowania pali według [8] problemem może być np. dobór współczynników technologicznych pali nie ujętych w tej normie, a także przyjęcie odpowiedniego schematu obliczeniowego. Błędy popełnione w tej fazie projektu, w kontekście potencjalnej liczby pali, przekładają się na koszty przedsięwzięcia budowlanego, co zilustrują autorzy na wybranym przykładzie.

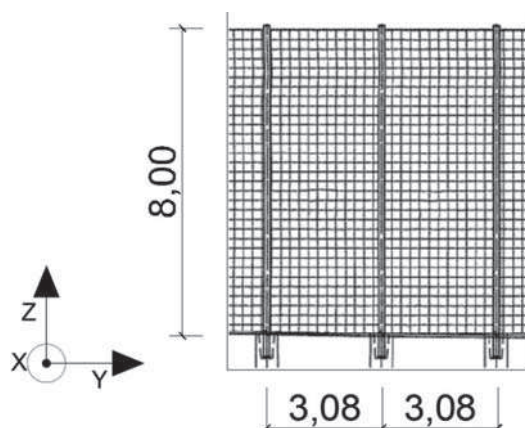
Analiza obliczeniowa

Przedstawione będą wyniki obliczeń posadowienia na palach wybranej konstrukcji wsporczej ekranu akustycznego, przy przyjęciu różnych założeń wyjściowych.

Obliczenia wykonano w przypadku ekranu akustycznego zlokalizowanego na grzbiecie skarpy nasypu drogowego z drobno uziarnionych odpadów przemysłowych o wysokości 3 m i nachyleniu 1:1, którego stan określono jako najwyżej średnio zagęszczony. Konstrukcję nośną ekranów akustycznych stanowią stalowe słupy kratowe, zamocowane za pomocą stalowych kotew w żelbetowych oczepach pali. Modularny rozstaw słupów ekranu akustycznego jest równy 3,08 m, a jego wysokość 8,0 m (rys. 2). Wypełnienie ekranów przyjęto w postaci elementów typu „zielona ściana” [3].

Podłoże rodzime zbudowane jest z rodzimych gruntów spoistych (gliny) w stanie plastycznym lub średnio zagęszczonych piasków średnich. Obliczenia przeprowadzono wykorzystując normę PN-83/B-02482 „Fundamenty budowlane. Nośność pali i fundamentów palowych” [9]. Obciążenia konstrukcji zestawiono na podstawie norm: [4], [5] i [6].

Przyjęto, że całe obciążenie pionowe z paneli akustycznych oraz cokolu żelbetowego jest przekazywane bezpośrednio na oczep fundamentu palowego w miejscu osi pionowej

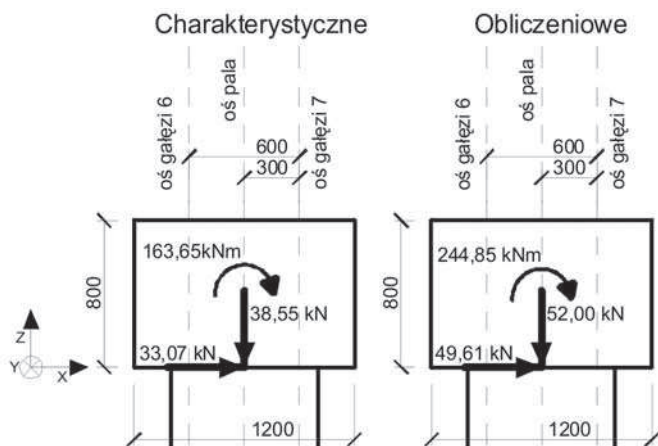


Rys. 2. Widok od frontu ekranu akustycznego

stalowego słupa konstrukcji wsporczej. Obciążenie od wypełnienia ekranu akustycznego wraz z ramami usztywniającymi przyjęto w stanie mokrym.

Przyjęty model konstrukcji wsporczej to stalowy słup dwugłęziowy. Ze względu na konstrukcję podstawy obiektu oraz sposób jego zakotwienia w oczepie, przyjęto, że modelowane podpory będą podparte przegubowo.

Zestawione, zgodnie z cytowanymi normami, obciążenia na oczep fundamentu palowego: od ciężaru własnego, obciążenia pojazdami, parcia wiatru od strony jezdni, od strony skarpy przy pominięciu obciążeń od uderzeń pojazdów (bariery ochronne) i uderzeń śniegu (wartość mniejsza niż od parcia wiatru) przedstawiono na rys. 3.



Rys. 3. Sumaryczne obciążenie na oczep fundamentu palowego

Jako rozwiązanie wybrano pale formowane świdrem ciągnym – CFA o średnicy 0,80 m z betonu klasy C30/37. Taki wybór uzasadnia m.in. duża szybkość wykonania i umiarkowana pracochłonność. Przeanalizowano dwa schematy obliczeniowe [8] (rys. 4).

W pierwszym (1) przyjęto dodatnią wartość współczynnika tarcia na pobocznicę t_i w gruncie nasypowym (np. żwir o $I_D = 0,33$), w drugim (2) – przyjęto wartość zerową wspomnianego współczynnika. Takie założenie może uzasadnić

nadmierna ostrożność projektanta, zwłaszcza gdy nie dysponuje on wiarygodnymi wynikami, a także zamiar autorów wykazania różnic w rozwiązaniach, uzyskanych przy takich założeniach. Normową ilustracją przyjętych schematów obliczeniowych w celu określenia nośności pionowej pala (parametrów q, t) są odpowiednio przypadki f i c przedstawione na rys. 5 w normie [8], natomiast w celu określenia nośności poziomej (m.in. tzw. obliczeniowego poziomu terenu) pkt. 5.2 wspomnianej normy.

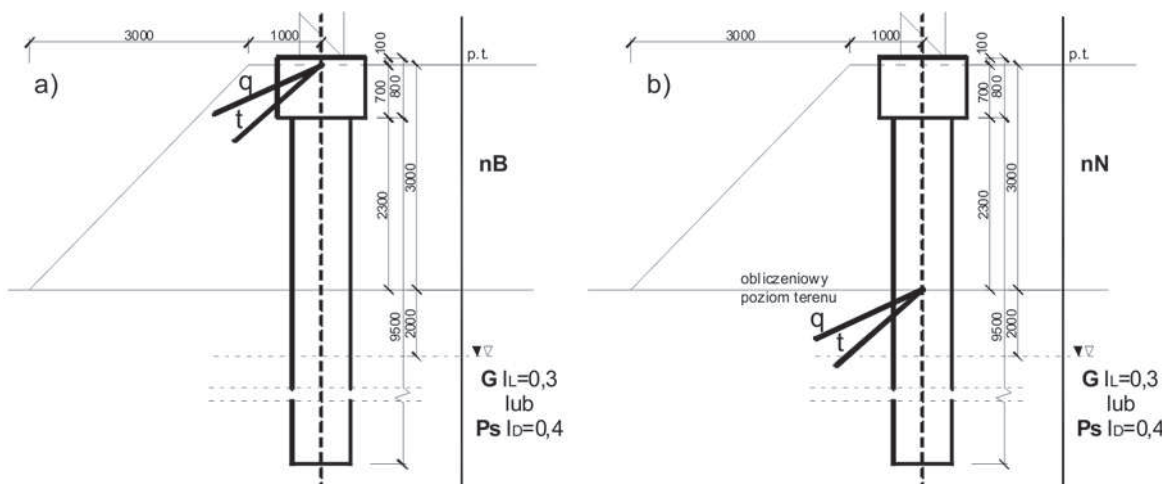
Obliczenia wykonano w dwóch sytuacjach: gdy podłoże rodzime pod nasypem drogowym tworzy plastyczna glina ($G, I_L = 0,3$) – sytuacja a, i średnio zagęszczony piasek średni ($Ps, I_D = 0,4$) – sytuacja b.

Obliczona z warunku nośności poziomej długość pala, w pierwszym schemacie obliczeniowym, w zależności od rodzaju gruntu rodzimego, wynosi: $L = 8,5$ m w przypadku gliny i $L = 8,0$ m w przypadku piasku średniego, natomiast w drugim schemacie: $L = 11,0$ i $L = 10,0$ m odpowiednio: gdy podłoże rodzime tworzy glina i piasek średni.

W odniesieniu do rozważanych schematów i sytuacji w tabeli 1 podano: poziom wykorzystania nośności pionowej (kolumna a) i poziomej (kolumna b) przez poszczególne pale i wartości ich osiadań (kolumna c). Podano także wartości przemieszczeń poziomych głowic pali (kolumna d, e) odpowiednio w przypadku pali sztywnych i wiotkich (wymaganie [8]), przyjmując pale z głowicami swobodnymi.

Tabela 1. Zbiorcze zestawienie wyników obliczeń

Schemat obliczeniowy, sytuacja – charakterystyka pala	a [%]	b [%]	c [cm]	d [cm]	e [cm]
1a (G) $L = 8,5$ m, $D = 0,8$ m	30,6	91,7	0,10	0,46	0,30
1b (Ps) $L = 8$ m, $D = 0,8$ m	22,7	95,0	0,06	0,21	0,30
2a (G) $L = 11$ m, $D = 0,8$ m	30,3	89,1	0,17	0,50	0,33
2b (Ps) $L = 10$ m, $D = 0,8$ m	40,3	89,0	0,07	0,25	0,33



Rys. 4. Schematy obliczeniowe pracy pala: a) schemat 1; b) schemat 2

O wyborze posadowienia pośredniego analizowanego ekranu zdecydowały obciążenia poziome a o długości pali przyjęty schemat obliczeniowy. We wszystkich przykładach podobny był poziom wykorzystania nośności poziomej pali (89%÷95%), przy niewielkim jednocześnie poziomie wykorzystania ich nośności pionowej (22,7%÷40,3%). Osiedzenia pali i przemieszczenia poziome ich głowic w zależności od rodzaju gruntu rodzimego różniły się dwukrotnie, będąc praktycznie znikome (odpowiednio: osiedzenie i przemieszczenie poziome: 0,06–0,1 cm ; 0,21÷0,46 cm).

Stąd tak ważny zarówno dobór schematu obliczeniowego, jak i wartości parametrów definiujących tarcie na poboczniczy w gruntach, w stosunku do których norma [8], jeśli ona jest podstawą obliczeń, wartości tych nie podaje. Warto przy tym zwrócić uwagę na potencjalne skutki finansowe rozwiązań projektowych bazujących na uproszczonych lub nadmiernie ostrożnych założeniach. Zważywszy na liczbę pali, na których posadawiane są nierzadko kilkukilometrowe odcinki ekranów, koszty te mogą być wielomilionowe (np. w rozważanym przykładzie na każdym kilometrze trasy różnica w całkowitej długości pali waha się, w zależności od przyjętego schematu od ok. 600 mb do 750 mb).

Podsumowanie

Ekran akustyczny stanowi obecnie nieodłączny element polskich inwestycji drogowych. Zagadnienie od strony projektowej jest stosunkowo dobrze rozpoznane a szeroki asortyment proponowanych rozwiązań sprzyja ich stosowaniu. Ekran akustyczny wzbudza także określone zastrzeżenia.

Na część z nich da odpowiedź czas. O specyfice ekranów akustycznych, zwłaszcza wysokich, przesądzą znaczne obciążenia poziome. To one wymuszają posadowienie pośrednie konstrukcji wsporczych. Współczesna geotechnika proponuje w tym zakresie kilka rozwiązań. Trudnością w wielu jednak sytuacjach jest dobór typu pala oraz jego zaprojektowanie. Zachowawcze podejście lub nadmierne uproszczenia w przypadku stosowania normy polskiej [8] mogą skutkować zawyżonymi długościami pali, a to wobec ich liczby oznacza zwiększenie kosztów.

Bibliografia

- [1] The Highways Agency. Design Manual for Roads and Bridges: Volume 10, section 5 - Environmental Barriers
- [2] K. Gwizdała: *Fundamenty palowe. Technologie i obliczenia*, Tom 1, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2011
- [3] Aprobata Techniczna IBDiM Nr AT/2009-03-2546. Panel przeciwdźwiękowy Zielona Ściana Polimex -Mostostal
- [4] P. Wyrwas, A. Szyguła: *Ekran akustyczny – zasady projektowania i kryteria doboru*. Materiały konferencyjne IV Ogólnopolskiej Konferencji Mostowców – Konstrukcja i Wyposażenie Mostów, Wisła, 2005, s. 271-280
- [5] PN-EN 1993-1-1. Projektowanie konstrukcji stalowych Reguły ogólne i reguły dla budynków
- [6] PN-EN 1991-1-4. Oddziaływania na konstrukcje. Oddziaływania wiatru
- [7] PN-EN 1794-1:2011. „Drogowe urządzenia przeciwhałasowe. Wymagania pozaakustyczne. Część 1: Właściwości mechaniczne i stateczność
- [8] PN-83/B-02482. Fundamenty budowlane. Nośność pali i fundamentów palowych
- [9] PN-EN 1997-1, PN-EN 1997-2 (EC-7) - Projektowanie geotechniczne - cz.1 i cz.2
- [10] <http://techbud.com.pl>
- [11] <http://www.aarsleff.com.pl>

Z działalności SITK

XI edycja konkursu ENREST 2014 rozstrzygnięta

W dniu 12 maja odbyła się w Warszawskim Domu Technika NOT uroczysta Rada Prezesów SITK RP oraz gala wręczenia nagród w konkursie ENREST 2014 za wyróżniającą działalność na rzecz transportu i Stowarzyszenia. W gali uczestniczyli goście honorowi: Adam Franciszek Wielądek Honorowy Przewodniczący UIC, Mieczysław Borowski Prezes Urzędu Dozoru Technicznego, Andreas Koszuta Prezes firmy Scheidt&Bachmann Polska Spółka z o.o., Mariusz Figurski Prorektor ds. Rozwoju Wojskowej Akademii Technicznej, Jacek Kubielski Sekretarz Generalny Federacji Stowarzyszeń Naukowo-Technicznych NOT, prof. Wojciech Suchozrewski z Politechniki Warszawskiej, prof. Antoni Szydło z Politechniki Wrocławskiej, prof. Jerzy Kisilowski przewodniczący Komitetu Nauki SITK, prof. Gustaw Zemła twórca pomnika i statuetki inż. Ernest Malinowskiego.

Minutą ciszy uczczono pamięć Członków Honorowych Stowarzyszenia zmarłych po ostatnim spotkaniu w 2013 r. Uczczono także pamięć Kolegi Mariana Szelińskiego, zmarłego w dniu 7 maja br., jednego z najstarszych Członków Hono-

rowych, który 22 lata pełnił funkcję prezesa Oddziału SITK RP w Krakowie, a następnie był Prezesem Honorowym Oddziału.

Pierwszym punktem programu było wystąpienie Prezesa SITK RP prof. Janusza Dyducha, który przedstawił dokonania Zarządu Krajowego w ciągu właśnie upływającego roku od wyborów władz SITK na bieżącą kadencję oraz zamierzenia na przyszłość. Następnie głos zabrali goście honorowi uroczystości, przedstawiając pokrótce działania prowadzone wspólnie z Zarządem Krajowym SITK RP.

Miłym akcentem spotkania było wręczenie wyróżnień NOT i SITK:

- Dyplom i odznakę Członka Honorowego (godność przyznana przez XXXI Zwyczajny Zjazd SITK) wręczono kol. Władysławowi Domagale z Oddziału SITK RP w Częstochowie.
- Diamentową Odznaką Honorową NOT został wyróżniony kol. Stefan Sarna – Prezes Oddziału SITK RP w Warszawie.
- Kol. Marek Bleszyński z Oddziału SITK RP w Krakowie otrzymał Złotą Odznakę Honorową NOT.