

Prefabrykowane ściany keramzytowe w budownictwie mieszkaniowym wielorodzinnym, a akustyka budynku

BUILDING ACOUSTICS IN THE CONTEXT OF PREFABRICATED EXPANDED
CLAY WALLS IN MULTI-FAMILY HOUSING

Streszczenie

Rozwój budownictwa mieszkaniowego wielorodzinnego prowadzi do podnoszenia standardów mieszkań, a w konsekwencji do większych wymagań stawianych przez inwestorów. Coraz częściej podnoszoną kwestią jest komfort akustyczny w nowo powstałych mieszkaniach. Naprzeciw tym wymaganiom wychodzą materiały keramzytobetonowe, które charakteryzują się bardzo dobrą izolacyjnością akustyczną, przy równoczesnym zapewnieniu izolacyjności termicznej, odporności ogniowej oraz wytrzymałości. Niemniej jednak dobre parametry izolacyjności akustycznej materiału nie gwarantują uzyskania satysfakcjonującego efektu w gotowym budynku. Kluczową rolę odgrywają miejsca newralgiczne, czyli wszelkie połączenia elementów składowych, grubość i dokładność wykonania spoin, dylatacja miejsc gdzie mogą przebiegać drogi przenoszenia bocznego dźwięków. Zmniejszenie ilości spoin oraz jednoczesne ograniczenie prac wykonawczych do niezbędnego minimum skutkuje znacznym wyeliminowaniem miejsc popełnienia potencjalnych błędów wykonawczych znaczących dla izolacyjności akustycznej. Innowacyjny system prefabrykowanych ścian keramzytobetonowych znacznie eliminuje możliwość popełnienia błędów montażowych, korzystnie wpływając na właściwości akustyczne budynku. Ponadto specjalne rozwiązania „Silent” z zamontowaną dolną listwą dylatacyjną oraz górnym wypełnieniem wełną mineralną ścian nienośnych pozwalają na zapewnienie komfortu akustycznego, nawet przy montażu pod presją czasu i w trudnych warunkach budowy. Obecnie w Polsce nie ma ustawowego ani normowego obowiązku badań kontrolnych izolacyjności akustycznej w budynkach przed oddaniem ich do użytkowania. Biorąc pod uwagę rozwój w budownictwie mieszkaniowym oraz wzorzec z innych krajów UE można sądzić, że takie badania w przyszłości będą obowiązkowe.

Abstract

The development of multi-family housing construction leads to raising housing standards and as a result, higher demands are placed upon investors. The acoustic comfort in newly built apartments is an increasingly frequent issue. To meet those demands there are new expanded clay materials being created, which are characterized by very good acoustic insulation while ensuring thermal insulation, fire resistance and durability. Nevertheless, good acoustic insulation parameters of the material do not guarantee a satisfactory effect in the finished building. The key role is played by sensitive places, so all components connections, thickness, accuracy of weld, and dilatation of places where paths of lateral sound transmission may occur. Reducing the amount of welds and limitation of work done to necessary minimum results in a significant elimination places of potential errors significant for acoustic insulation. Innovative system of prefabricated expanded clay walls significantly eliminates possibilities of committing assembly errors and has a positive effect on the acoustic properties of the building. Additionally, special „Silent” solution with bottom T-molding and upper filling with mineral wool of non-bearing walls allow to provide acoustic comfort even when installed under pressure of time and difficult construction conditions. Currently in Poland, there is no statutory obligation to check sound insulation in buildings before putting them into use. Considering development in housing construction and the model from other countries of European Union, it can be assumed that such checking will be obligatory in the future.

1. Wprowadzenie

Wymagania izolacyjności akustycznej są jednym z podstawowych wymagań stawianych budynkom. Wraz z rozwojem budownictwa, dostępnych technologii, standardów życia oraz świadomości mieszkańców kwestia akustyki w budynkach wielorodzinnych jest coraz częściej czynnikiem decydującym o atrakcyjności i standardzie mieszkań w takim budynku. Dostępna na rynku budowlanym szeroka gama produktów i ich właściwości pozwala dobierać rozwiązanie pod konkretne wymagania. W przypadku budowy budynków mieszkalnych wielorodzinnych, optymalnym rozwiązaniem jest stosowanie przegród o niewielkiej grubości i łatwym montażu, spełniających kryterium izolacyjności akustycznej.

2. Podstawowe parametry wykorzystywane do określania izolacyjności akustycznej od dźwięków powietrznych

Rozróżniamy izolacyjność przegród od dźwięków powietrznych (określana dla ścian wewnętrznych, zewnętrznych oraz stropów) oraz izolacyjność od dźwięków uderzeniowych (dotyczy tylko stropów). Izolacyjność akustyczna mierzona jest w dB i jest to różnica pomiędzy natężeniem źródła dźwięku w pomieszczeniu nadawczym, a natężeniem dźwięku w pomieszczeniu odbiorczym.

W odniesieniu do izolacyjności akustycznej przegród od dźwięków powietrznych wyróżniamy:

- Izolacyjność akustyczną właściwą R , która odnosi się do izolacyjności przegród od dźwięków powietrznych w warunkach laboratoryjnych, czyli takich, w których dźwięk przenika wyłącznie przez daną przegrodę. Wartości izolacyjności akustycznej badanej w warunkach laboratoryjnych są wyższe od wartości uzyskanych podczas badań terenowych, z uwagi na niemalże idealne warunki zamontowania oraz eliminację wpływu bocznego przenoszenia dźwięków. Izolacja akustyczna właściwa zależna jest od częstotliwości dźwięku emitowanego przez źródło, w związku z czym jest przedstawiana jako wykres zależności izolacyjności od częstotliwości.
- Jednolicebowy ważony wskaźnik izolacyjności akustycznej właściwej R_w , wyznaczony na podstawie charakterystyki tejże izolacji od funkcji częstotliwości. W praktyce jednolicebowe wskaźniki są stosowane częściej niż wykres zależności izolacyjności od częstotliwości.
- Wskaźnik oceny izolacyjności akustycznej właściwej dla hałasu bytowego R_{A1} , oceniający izolacyjność przegrody w stosunku do widma hałasu międzylokalowego. Wykorzystywany do oceny izolacyjności akustycznej przegród wewnętrznych. Mierzony w warunkach laboratoryjnych.
- Wskaźnik oceny izolacyjności akustycznej właściwej dla hałasu niskoczęstotliwościowego R_{A2} , oceniający izolacyjność przegrody w stosunku do widma hałasu charakterystycznego dla komunikacji drogowej w mieście. Wykorzystywany do oceny izolacyjności akustycznej przegród zewnętrznych. Mierzony w warunkach laboratoryjnych.
- Wskaźnik oceny izolacyjności akustycznej projektowanej dla hałasu bytowego R_{A1R} , zmniejszony od wartości laboratoryjnej R_{A1} o 2 dB [1].
- Wskaźnik oceny izolacyjności akustycznej projektowanej dla hałasu niskoczęstotliwościowego R_{A2R} , zmniejszony od wartości laboratoryjnej R_{A2} o 2 dB [1].

- Przybliżona izolacyjność akustyczną właściwą R' , która odnosi się do izolacyjności przegród od dźwięków powietrznych w budynku. Uwzględnia ona przenikanie dźwięku między pomieszczeniami poprzez przegrodę oraz drogami bocznymi. Jest niższa od wartości laboratoryjnej, jednak pozwala ocenić izolacyjność akustyczną w odniesieniu do wymagań normowych.
- Przybliżony wskaźnik oceny izolacyjności akustycznej dla hałasu bytowego R'_{A1} , do którego odnoszą się wymagania normy w stosunku do izolacyjności akustycznej przegród wewnętrznych.
- Przybliżony wskaźnik oceny izolacyjności akustycznej dla hałasu komunikacyjnego R'_{A2} , do którego odnoszą się wymagania normy w stosunku do izolacyjności akustycznej przegród zewnętrznych [8].

Minimalne wartości izolacyjności dźwięków zgodnie z normą [1] podano poniżej.

Tabela 1. Izolacyjność od dźwięków powietrznych przegród wewnętrznych w budynkach mieszkalnych [1]

Lp.	Rodzaj przegrody	Rodzaj wskaźnika	Wartość wskaźnika, dB
1	2	3	4
I	Budynki wielorodzinne		
I.1	Strop między mieszkaniami	$R'_{A,1}$ ^a	≥51 ^b
I.2	Ściana między mieszkaniami	$R'_{A,1}$	≥50
I.3	Ściany i drzwi między klatką schodową i/lub korytarzem komunikacji ogólnej a dowolnym pomieszczeniem w mieszkaniu		
I.3.1	- ściana pełna, bez drzwi	$R'_{A,1}$	≥50
I.3.2	- ściana z drzwiami, gdy w mieszkaniu znajduje się przedpokój oddzielony drzwiami od pozostałej części mieszkania	$R'_{A,1}$	≥30
I.3.3	- ściana z drzwiami w sytuacjach innych niż w I.3.2	$R'_{A,1}$	≥38
I.3.4	- drzwi wejściowe do mieszkania w ścianie I.3.2	$R_{A,1,R}$	≥30
I.3.5	- drzwi wejściowe do mieszkania w ścianie wg I.3.3	$R_{A,1,R}$	≥35
I.4	Ściana lub strop między mieszkaniem a: garażem, pomieszczeniem technicznym, handlowym, usługowym, salą klubową, kawiarnią, restauracyjną, w których nie prowadzi się działalności z udziałem muzyki i/lub tańca	$R'_{A,1}$ ^a	≥58 ^c
I.5	Ściana lub strop między mieszkaniem a: - salą klubową, kawiarnią, restauracyjną, w których prowadzi się działalność z udziałem muzyki i/lub tańca - pomieszczeniem, w którym zainstalowane urządzenia lub rodzaj wykonywanej pracy czy prowadzonych zajęć ruchowych są źródłem zakłóceń akustycznych w postaci dźwięków powietrznych i materiałowych ^{d,e}	$R'_{A,1}$	≥65 ^c

Tabela 1. Cd. Izolacyjność od dźwięków powietrznych przegród wewnętrznych w budynkach mieszkalnych [1]

Lp.	Rodzaj przegrody	Rodzaj wskaźnika	Wartość wskaźnika, dB
I.6	W budynku wielofunkcyjnym – strop oddzielający część mieszkalną od części biurowej	$R'_{A,1}$	$\geq 58^c$
I.7	Przegrody wewnętrzne w obrębie mieszkania		
I.7.1	– ściana bez drzwi oddzielająca pokój od pomieszczenia sanitarnego	$R_{A,1,R}$	≥ 38
I.7.2	– ściana bez drzwi oddzielająca poszczególne pomieszczenia w mieszkaniu z wyjątkiem ścian wg I.7.1	$R_{A,1,R}$	≥ 35
I.7.3	– strop w mieszkaniu wielopoziomowym (dwupoziomowym)	$R_{A,1,R}$	≥ 45
II	Budynki jednorodzinne		
II.1	Ściany między budynkami przy zabudowie bliźniaczej i szeregowej, bez względu na rodzaj pomieszczeń przylegających z obu stron ściany	$R_{A,1}^a$	≥ 52
II.2	Ściany i stropy wewnętrzne w obrębie budynku, bez względu na rodzaj zabudowy	$R_{A,1}$	Jak w I.7.1 do I.7.3

^a Dotyczy wskaźnika wspólnej powierzchni przegrody dzielącej pomieszczenia; jeżeli wspólna powierzchnia przegrody S , jest mniejsza niż 10 m^2 , wymaganie dotyczy wskaźnika oceny wzorcowej różnicy poziomów $Dn_{T,A,1}$.

^b Stropy między pomieszczeniami sanitarnymi mogą mieć wartość $R'_{A,1}$ mniejszą o 2 dB.

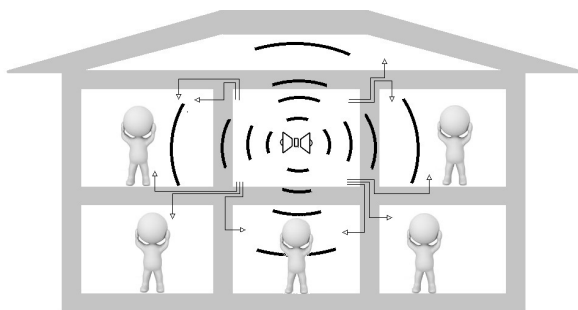
^c Równocześnie należy spełnić wymaganie wg PN-B-02151-02 dotyczące dopuszczalnego poziomu hałasu przenikającego do pomieszczenia chronionego z pomieszczeń ze źródłami hałasu.

^d Na przykład: kluby fitness, siłownie, szkoły tańca, rozdzielnie paczek w urzędach pocztowych itp.

^e Nie zaleca się lokalizacji tego rodzaju pomieszczeń w budynkach mieszkalnych

Podane w powyższej tabeli wartości dotyczą izolacyjności akustycznej przegród w budynku, która jest niższa od wartości uzyskanych laboratoryjnie. Najważniejszymi przyczynami tej różnicy są:

- drogi bocznego przenoszenia dźwięków przez przegrody przyległe do rozpatrywanej przegrody (rys. 1),
- odmienne warunki zamocowania po obwodzie oraz inna powierzchnia przegrody,
- większa dokładność przy wykonywaniu przegrody wzorcowej oraz zamontowaniu w laboratorium z uwagi brak pośpiechu przy pracach,
- różnice w szczegółach rozwiązania badanego w laboratorium oraz w budynku (obecność dodatkowego wyposażenia np. instalacji elektrycznej).



))) Dźwięki powietrzne przenoszone przez ściany i stropy
 → Przykładowe drogi przenoszenia bocznego dźwięków

Rys. 1. Uproszczony schemat przechodzenia dźwięków

3. Prefabrykowane ściany keramzytowe

3.1. Zalety prefabrykacji

Prefabrykacja pozwala na przeniesienie części procesu budowlanego do zakładów prefabrykacji, ograniczając prace na budowie do montażu elementów. Niewątpliwą zaletą jest przyspieszenie prowadzenia prac oraz możliwość prowadzenia montażu gotowych elementów również niezależnie od warunków pogodowych. Realizacja inwestycji z gotowych prefabrykatów jest szybsza niż z elementów wylewanych na budowie (uwzględniając czas szalowania, zbrojenia, betonowania i czekania na uzyskanie przez beton wytrzymałości wystarczającej do rozformowania), jednocześnie zapewniając wyższą jakość i większą dokładność wykonania. Dodatkowo elementy prefabrykowane mają wyższą wytrzymałość z uwagi na proces produkcyjny. Mimo iż w prefabrykacji dąży się do powtarzalności wykonywanych elementów to istnieje swoboda kształtowania i wiele elementów jest produkowanych według indywidualnego projektu.

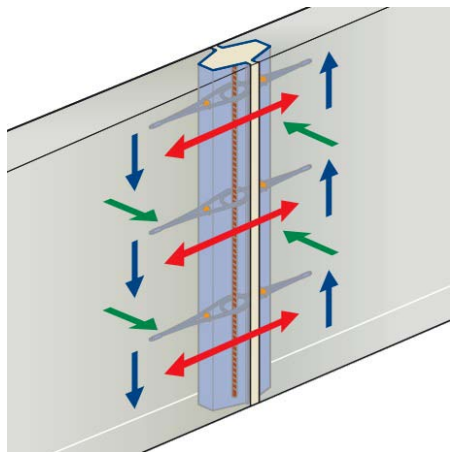
3.2. Keramzytobeton

Keramzytobeton to rodzaj betonu lekkiego, do produkcji którego jako kruszywo został użyty keramzyt. Keramzytobeton ze względu na zastosowanie kruszywa lekkiego posiada niższą gęstość niż zwykły beton, porównywalną z betonem komórkowym. Gęstość keramzytobetonu mieści się w szerokim zakresie od 700 do 1800 kg/m³. Keramzyt jest kruszywem budowlanym lekkim, należącym do materiałów niepalnych (ognioodporność), odpornych na działanie mrozu (mrozoodporność), szkodliwych związków chemicznych oraz pleśni, grzybów i gryzoni. Wykorzystywany jako materiał izolacyjny ze względu na dobre parametry izolacji cieplnej oraz dużą wytrzymałość na ściskanie ma szerokie zastosowanie w budownictwie. Ze względu na porowatą strukturę wewnętrzną charakteryzuje się również dobrą izolacyjnością akustyczną, przy stosunkowo małym ciężarze objętościowym. Keramzyt posiada także zdolność wyprowadzania pary wodnej przez przegrody budowlane (paroprzepuszczalność) oraz neutralizowania niekorzystnego działania fal promieniowania pochodzącego z cieków wodnych (ochrona radiestezyjna) [9]. Keramzyt używany jest do produkcji betonów lekkich, zapraw ciepłochronnych, pustaków ściennych stropowych oraz innych elementów wielko- i drobnowymiarowych.

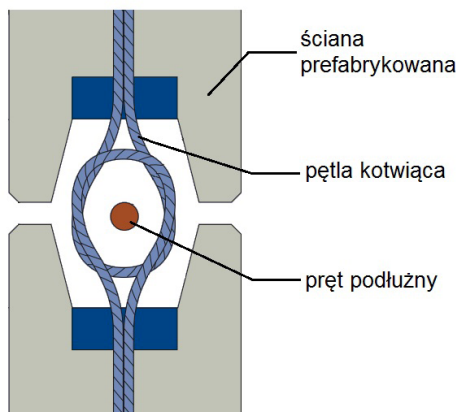
3.3. Korzyści płynące z prefabrykatów keramzytowych

Nieodłącznym elementem procesu prefabrykacji jest konieczność transportu elementów na budowę. Przy zastosowaniu prefabrykatów keramzytowych, z uwagi na mniejszą gęstość betonu oraz wagę prefabrykatu, możliwe jest bardziej efektywne wykorzystanie transportów, zmniejszenie ilości wykonywanych kursów, skrócenie czasu dostawy, zmniejszenie problemów logistycznych szczególnie przy ograniczonym placu budowy. Dodatkowo mniejsza waga elementu zapewnia również łatwiejszy montaż. Ponadto prefabrykowane ściany keramzytowe o powierzchni mogącej sięgać kilkanaście metrów kwadratowych znacząco zmniejszają ilość połączeń, co korzystnie wpływa na izolacyjność akustyczną. Wpływ na właściwości akustyczne przegród budowlanych mają zarówno materiał, z którego została wykonana przegroda, jak i jej konstrukcja oraz spoiny łączące jej elementy. Przy wykonywaniu murów z bloczków z keramzytobetonu konieczne jest wiązanie poszczególnych warstw zaprawą zawierającą wodę. Po wykonaniu całego obiektu konieczne jest usunięcie z niego wilgoci technologicznej. Ponadto spoiny są miejscem osłabienia akustycznego przegrody, szczególnie gdy wykonywane są pod presją czasu w sposób niedokładny.

W przypadku ścian prefabrykowanych można je łączyć na placu budowy poprzez zalanie betonem kanałów powstających po zbliżeniu do siebie dwóch płyt ściennych i umieszczeniu w miejscu łączenia stalowego pręta przechodzącego przez stalowe pętle zatopione w elementach (rys. 2 i 3). Pozwala ta na szybki montaż i uniknięcie spoin na przegrodzie.



Rys. 2. Złącze pionowe ściana-ściana
[źródło: jordahl&pfeifer]



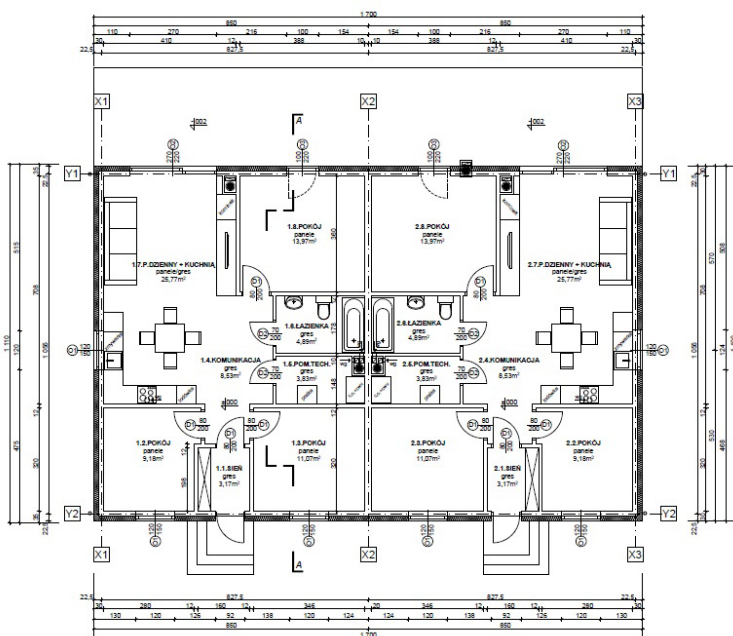
Rys. 3. Schemat połączenia ścian

3.4. Przykłady realizacji

Prefabrykowane ściany keramzytobetonowe znajdują zastosowanie zarówno w budowie domów jednorodzinnych, jak i budynków wielorodzinnych, z zachowaniem wszystkich wymienionych wyżej zalet. Jednym z przykładów zrealizowanych inwestycji jest dom w zabudowie bliźniaczej.

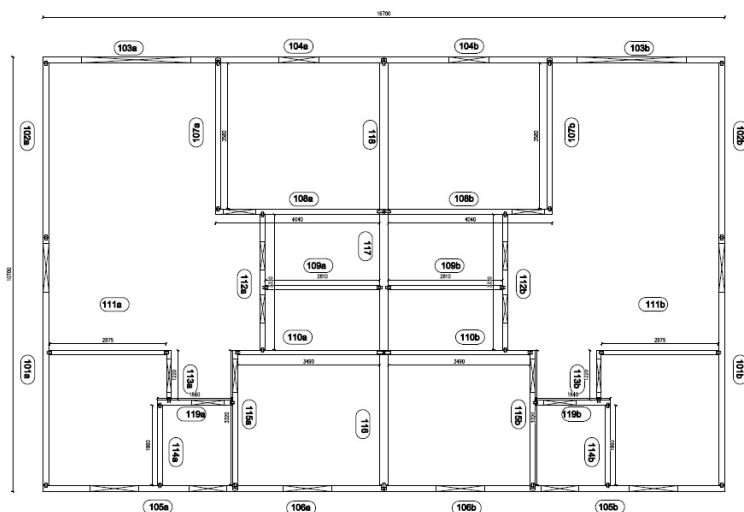
Etapy realizacji:

- przygotowanie projektu w konsultacji z inwestorami



Rys. 4. Projekt budowlany rzutu parteru budynku

- przygotowanie projektu warsztatowego z podziałem na ściany prefabrykowane lub skorzystanie z gotowego katalogu projektów



Rys. 5. Rzut parteru z uwzględnieniem ścian prefabrykowanych keramzytobetonowych

- produkcja indywidualnych elementów zgodnie z zamówieniem



Fot. 1. Produkcja ścian w zakładzie prefabrykacji

- transport na miejsce budowy



Fot. 2. Sposób transportu prefabrykowanych ścian keramzytobetonowych

- rozładunek i montaż na budowie



Fot. 3. Rozładunek ścian



Fot. 4. Ustawianie ścian na budowie



Fot. 5. Montaż ścian



Fot. 6. Elementy zamontowane

4. Badania terenowe

4.1. Opis obiektu

Przeprowadzono badanie terenowe pomiaru izolacyjności akustycznej ścian w budynku wielorodzinnym, wykonanym ze ścian prefabrykowanych keramzytobetonowych, mieszczącym się w Częstochowie. Inwestorem, wykonawcą oraz dostawcą prefabrykatów jest firma Buszrem S.A.



Fot. 7. Rozładunek ścian



Fot. 8. Montaż ścian



Fot. 9. Układ zamontowanych ścian



Fot. 10. Magazyn na budowie



Fot. 11. Wznoszenie klatki nr 3



Fot. 12. Wznoszenie klatki nr 1



Fot. 13. Gotowa klatka nr 3



Fot. 14. Gotowa klatka nr 1

Pomiary wykonano w pomieszczeniach mieszkalnych, przed zamieszkaniem przez właścicieli; w stanie deweloperskim. Mieszkania nie są wyposażone w meble, nie posiadają podłóg ani drzwi wewnętrznych. Badane ściany stanowią przegrody między lokalowe w budynku wielorodzinnym wykonanym z prefabrykowanych ścian keramzytobetonowych.

Nie prowadzono rozważań wymagań stawianych przegrodom zewnętrznym, z uwagi na ich zależność od poziomu hałasu zewnętrznego.

Przeprowadzono dwa pomiary dla ścian prefabrykowanych keramzytowych o grubości 20 cm oraz dodatkowy pomiar dla ścian oddzielających klatki złożonych z dwóch prefabrykowanych ścian keramzytobetonowych o grubości 15 cm, jak również znajdujące się między nimi przerwy dylatacyjnej 2 cm.



Fot. 15. Badana ścian oraz głośnik



Fot. 16. Przekrój ściany keramzytowej

4.2. Przebieg badania

Przebieg badania przedstawiono na przykładzie badania nr 2, z uwagi, iż każde z przeprowadzonych badań przebiegało zgodnie z poniższym schematem. Do przeprowadzenia pomiaru użyto głośnika, dwóch mierników poziomu dźwięku, dwóch mikrofonów (jeden w pomieszczeniu nadawczym, drugi w pomieszczeniu odbiorczym) oraz programów do zapisu pomiarów. Wykorzystane sprzęty miały aktualne wzorcowanie oraz były sprawdzane przed i po pomiarze. Badania zostały przeprowadzone zgodnie z normą [3].

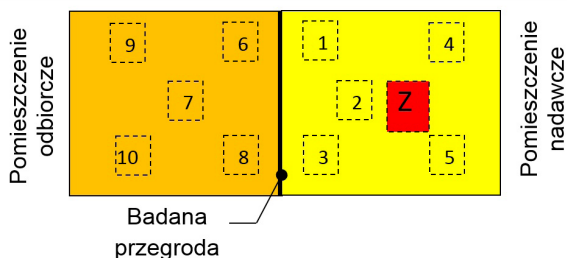
Przebieg badania:

- a) Dokonano pomiaru temperatury oraz wilgotności za pomocą uniwersalnej stacji pomiarowej (temperatura wynosiła 16°, a wilgotność zmierzono na poziomie 67%).
- b) Dokonano pomiaru pomieszczeń za pomocą miernika laserowego z dokładnością do milimetra. Uzyskano wyniki:

- objętość pomieszczenia nadawczego $V_n=30,46 \text{ m}^3$
- objętość pomieszczenia odbiorczego $V_o=30,31 \text{ m}^3$
- pole badanej przegrody $P_p=10,88 \text{ m}^2$
- wymiar okna w pomieszczeniu nadawczym 0,95 m x 2,42 m
- wymiar okna w pomieszczeniu odbiorczym 0,95 m x 2,42 m
- w obu pomieszczeniach brak drzwi (do badań użyto zamknięcia symulowanego)

Badana ścian wykonana została jako pełna prefabrykowana z keramzytobetonu, obustronnie otynkowana. Przyjęto jako powierzchnię czynną 100% powierzchni ściany. W badanych pomieszczeniach sufit pełny otynkowany, brak podłóg, wykonana została tylko wylewka cementowa dylatowana od ściany (podłoga pływająca).

- c) Ustawienie źródła dźwięku wielogłośnikowego zasilanego ze wzmacniacza z generatorem zewnętrznym w pomieszczeniu nadawczym. Podłączenie i rozgrzanie sprzętu przed pracą, z uwagi iż każdy sprzęt elektroniczny po włączeniu potrzebuje czasu na to, aby kondensatory zostały prawidłowo naładowane, przekaźniki załączone, a we wzmacniaczach temperatura końcówek mocy ustabilizowała się.
- d) Ustawienie mikrofonu w pomieszczeniu nadawczym na pozycji 1 oraz drugiego mikrofonu w pomieszczeniu odbiorczym na pozycji 6. Łączna liczba ustawień mikrofonu wg normy.
- e) Wykonanie symulowanych zamknięć drzwi, progów. Sprawdzenie szczelności pomieszczeń (np. prawidłowego zamknięcia okien). Sprawdzenie poprawnego włączenia wszystkich urządzeń.



Z – źródło hałasu

1–5 – miejsca ustawienia mikrofonu w pomieszczeniu nadawczym

6–10 – miejsca ustawienia mikrofonu w pomieszczeniu odbiorczym

Rys. 6. Schemat badanego układu

- f) Rozpoczęcie pomiarów dźwięków. W pomieszczeniu nadawczym rozpoczęcie emisji dźwięku przez głośnik i zapisywanie odczytów z mikrofonów w pomieszczeniu nadawczym i odbiorczym. Po zakończeniu pomiaru zmieniono położenie mikrofonów odpowiednio w pomieszczeniu nadawczym i odbiorczym na nr 2 i nr 7. Badanie powtórzono pięć razy.
- g) Dokonanie pomiarów tła akustycznego zgodnie ze algorytmem powyżej, przy wyłączonym źródle dźwięku.
- h) Dokonanie pomiarów czasu pogłosu.
- i) Zapis wyników za pomocą wykresu współczynnika $R'_{n,w}$ od częstotliwości. Przeliczenie wyników na wartości R'_{AI} w celu porównania ich z warunkami normowymi.

4.3. Wyniki i analiza

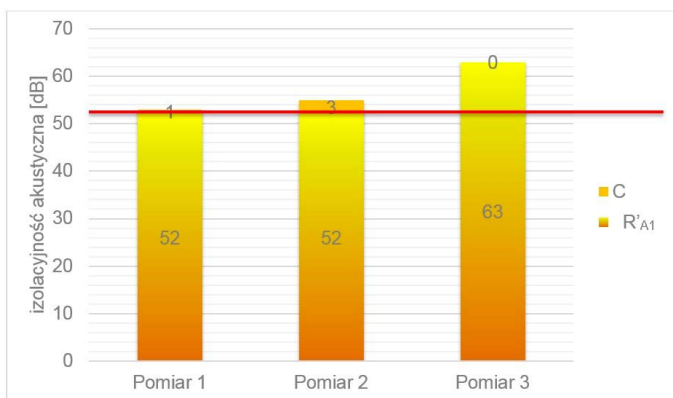
Wszystkie badane elementy przegrody były układem zgodnie z tabelą „wszystkie pomieszczenia mieszkania – wszystkie pomieszczenia przyległego mieszkania” lub „ściana między mieszkaniami”, gdzie wartość R'_{AI} lub $Dn_{T,AI}$ musi być nie mniejsza niż 50 dB. Do oceny należy używać współczynnika R'_{AI} , natomiast gdy ściany są względem siebie przesunięte tak, że wspólna ściana stanowi część przegrody lub wspólna część jest mniejsza niż 10 m² używamy $Dn_{T,AI}$. Współczynnik R'_{AI} obliczamy z zależności:

$$R'_{AI} = R'_{n,w} + C \quad (1)$$

Tabela 2. Wyniki terenowych pomiarów izolacyjności akustycznej

numer pomiaru	$R'_{n,w}$	C	R'_{AI}
1	53 dB	-1,0 dB	52 dB
2	55 dB	-3,0 dB	52 dB
3	63 dB	0,0 dB	63 dB

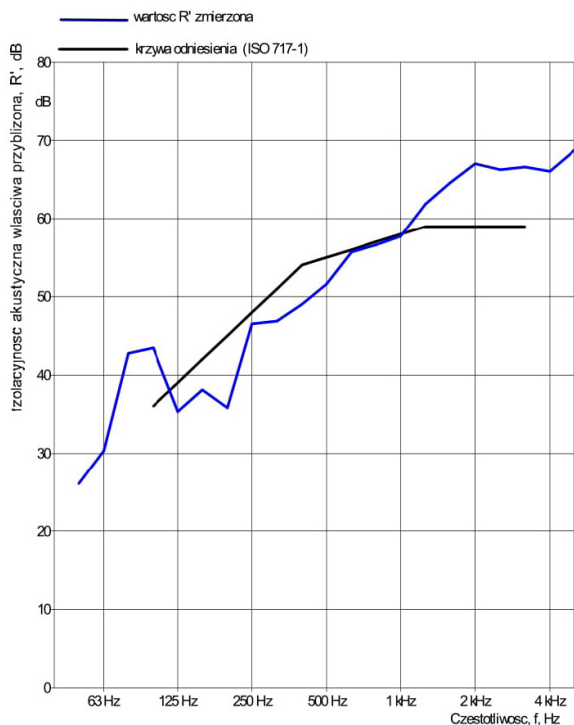
Z przedstawionych wyników pomiarów można zauważyć, że wszystkie sprawdzane przegrody spełniają wymagania dla przegród oddzielających lokale tj. minimum 50 dB. Ponadto układ nr 3 może być, zgodnie z normą [1], stosowany jako przegroda pomiędzy mieszkaniem a: garażem, pomieszczeniem technicznym, handlowym, usługowym, salą



Rys. 7. Wykres uzyskanych wyników w odniesieniu do wymagań normy [1]

Powierzchnia badanego elementu: 10.0 m²
 Objętość pomieszczenia nadawczego: 30.0 m³
 Objętość pomieszczenia odbiorczego: 30.0 m³

Częstotliwość f Hz	R' dB
50	26.1
63	30.3
80	42.8
100	43.5
125	35.3
160	38.1
200	35.8
250	46.5
315	46.9
400	49.0
500	51.6
630	55.7
800	56.6
1000	57.7
1250	61.9
1600	64.6
2000	67.0
2500	66.3
3150	66.6
4000	66.1
5000	68.8



Wskaźniki wg ISO 717-1

$R'_{n,w} (C; C_w) = 55.0 \quad (-3.0; -7.0) \text{ dB}$

$C_{50-3150} = -3.0 \text{ dB}; \quad C_{50-5000} = -2.0 \text{ dB}; \quad C_{100-5000} = -2.0 \text{ dB}$

Ocena na podstawie wyników pomiarów terenowych przeprowadzonych metodą inżynierską:

$C_{w,50-3150} = -10.0 \text{ dB}; \quad C_{w,50-5000} = -10.0 \text{ dB}; \quad C_{w,100-5000} = -7.0 \text{ dB}$

Rys. 8. Wykres zależności izolacyjności akustycznej od częstotliwości dźwięku dla badania nr 2

klubową, kawiarnią czy restauracją, dla których wartością minimalną jest 58 dB. Należy zauważyć, że badane pomieszczenia nie były ukończone. Brak drzwi wewnętrznych w pomieszczeniach powodował konieczność symulowanego uszczelnienia pokoi w miejscach drzwi. Dodatkowo z uwagi na brak progów w drzwiach zewnętrznych konieczne było stworzenie prowizorycznego progu.

Badane przegrody charakteryzowały się dobrym wykończeniem, były otynkowane, pomalowane, nie stwierdzono żadnych uszkodzeń i przebić. Osadzone elementy infrastruktury nie wpłynęły na izolacyjność ścian. Wyposażenie pomieszczeń z dużym prawdopodobieństwem wpłynie pozytywnie na wynik izolacyjności akustycznej, gdyż wykończone pomieszczenia same będą chłonać dźwięk, który będzie się mniej odbijał. Podczas wykańczania należy pamiętać o unikaniu wykonywania otworów (dziur) w ścianach międzylokalowych.

Na podstawie przedstawionego poniżej wykresu pomiaru nr 2 można zauważyć, że ściany keramzytobetonowe zachowują dobre właściwości akustyczne w paśmie średnich tonów. Wskaźnik oceny izolacyjności R'_{A1} odpowiada izolacyjności dźwięków pochodzących z takich źródeł jak: hałas bytowy (rozmowa, muzyka, radio, tv), zabawa dzieci, ruch kolejowy ze średnią i dużą prędkością, ruch na drodze szybkiego ruchu > 80 km/h, samoloty odrzutowe w małej odległości, zakłady przemysłowe emitujące głównie hałas średnio i wysokoczęstotliwościowy.

5. Porównanie ścian keramzytobetonowych z wybranymi materiałami dostępnymi na rynku

Na rynku dostępnych jest wiele materiałów budowlanych, jednak przed wyborem konkretnego rozwiązania warto zapoznać się z kartami technicznymi produktów, które są udostępniane przez producentów. Po prześledzeniu różnych rozwiązań można porównać uzyskane wyniki badań izolacyjności akustycznej ścian keramzytobetonowych z innymi rodzajami materiałów. W odniesieniu do przepisów budowlanych wymagania akustyczne zawsze odnoszą się do właściwości akustycznych przegród w budynku. Obliczenia przy zastosowaniu „prawa masy” oraz badania laboratoryjne są jedynie pomocą przy projektowaniu i nie zapewniają spełniania warunków określonych w normie [8]. W przypadku materiałów, dla których nie podano wartości przybliżonego wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej dla hałasu byтового R'_{A1} należy skorzystać ze wzorów:

$$R_{AIR} [dB] = R_{A1} - 2 \text{ dB} \quad (2)$$

$$R'_{A1} [dB] = R_{AIR} - (1 \div 6) * \text{dB} \quad (3)$$

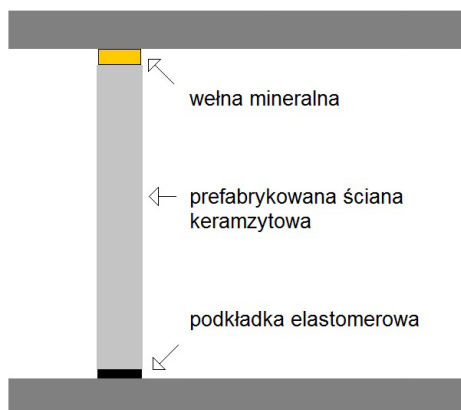
**Wpływ zjawiska zwanego przenoszeniem bocznym dźwięków zależnym od zastosowanych rozwiązań na ścianach przylegających do badanej ściany.*

Tabela 3. Zestawienie izolacyjności akustycznej dla różnych rodzajów przegród o zbliżonej grubości

rodzaj przegrody	grubość [mm]	R_{A1} [dB]	R'_{A1} [dB]
prefabrykowana keramzytobetonowa	200	-	52
błoczek z betonu komórkowego	200	-	42 – 48 (50)
pustak ceramiczny	250	47-52	42-47*
pustak keramzytobetonowy	240	48	43*
błoczki wapienno-piaskowe	200	50-54	45-49*
prefabrykaty żelbetowe	200	-	53-54

* Wartości R'_{A1} obliczone na podstawie R_{A1} zgodnie z powyższymi wzorami, jako wpływ przenoszenia bocznego przyjęto wartość uśrednioną 3 dB

W powyższym zestawieniu grubości przegród podawane są bez tynku, natomiast wskaźniki izolacyjności akustycznej właściwej ścian z obu stronnym tynkiem grubości 10–15 mm. Prace trwające nad doskonaleniem rozwiązań stosowanych do produkcji ścian izolacyjnych akustycznie, przy jednoczesnym eliminowaniu potencjalnych błędów przy montażu doprowadziły do powstania systemu „Silent”, w którym ściany już na etapie produkcji są wyposażone w elastomerowe podkładki dylatujące strop i ścianę oraz w przypadku ścian nienośnych w warstwę wełny mineralnej wypełniającą szczelinę pod stropem. Takie rozwiązanie zapewnia prognozowane 1-2 dB dodatkowej izolacyjności przegrody.



Rys. 9. Schemat rozwiązania ścian prefabrykowanych keramzytowych typu „Silent”

6. Podsumowanie

Budowa budynków wielorodzinnych wymaga od inwestora zapewnienia przyszłym mieszkańcom komfortu akustycznego względem sąsiednich lokali. Porównując współczynniki R'_{A1} wybranych rozwiązań można zauważyć, że ściany prefabrykowane keramzytowe są w czołówce pod względem izolacyjności akustycznej materiałów stosowanych

jako przegrody. W niniejszych rozważaniach skupiono się na ścianach o jak najmniejszym przekroju, gdyż różnica kilku centymetrów na jednej ścianie to dodatkowa powierzchnia użytkowa w pomieszczeniu oraz globalnie w całym budynku przy zachowaniu tych samych wymiarów zewnętrznych. Dodatkowo redukcja waga elementów w przypadku ścian keramzytowych względem przegród żelbetowych wpływa korzystnie na ekonomię transportową i montażową.

Literatura

- [1] PN-B-02151-3:2015, „Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem w budynkach. Izolacyjność akustyczna przegród w budynkach oraz izolacyjność akustyczna elementów budowlanych. Wymagania”.
- [2] PN-EN 12354-1:2002, „Akustyka budowlana. Określenie właściwości akustycznych budynków na podstawie właściwości elementów. Izolacyjność od dźwięków powietrznych między pomieszczeniami”.
- [3] PN-EN ISO 140-4:2000, „Akustyka. Pomiar izolacyjności akustycznej w budynkach i izolacyjności akustycznej elementów budowlanych. Pomiary terenowe izolacyjności od dźwięków powietrznych między pomieszczeniami”.
- [4] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 14 listopada 2017 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2017 poz. 2285).
- [5] Adamik W. „Apama acustic projekt. Raport z badań Nr 43/2018”, Częstochowa 2018.
- [6] Dulak L.: Akustyka budowlana ścian i stropów. Rozwiązania materiałowe ścian i stropów w aspekcie ich właściwości akustycznych. „Izolacje. Budownictwo, przemysł, ekologia”, 6/2011.
- [7] Sadowski J., „Podstawy izolacyjności akustycznej ustrojów”, PWN, Warszawa 1973.
- [8] Szudrowicz B.: Właściwości akustyczne konstrukcji z betonu. II Konferencja „Dni Betonu – tradycja i nowoczesność” (Szczyrk, 8÷10.10.2002.); wydawca materiałów konferencyjnych: Polski Cement Sp. z o.o. & Stowarzyszenie Producentów Cementu i Wapna; Szczyrk 2002.
- [9] <http://lecadom.pl/keramzyt>
- [10] Instrukcja ITB nr 369/2002, „Właściwości dźwiękoizolacyjne przegród budowlanych i ich elementów”, ITB, Warszawa 2002.

