

Łukasz Drobiec*

Politechnika Śląska, Wydział Budownictwa

Diagnostyka posadzek przemysłowych

Diagnostics of industrial floor

STRESZCZENIE

Posadzki przemysłowe są jednym z najczęściej uszkodzających się konstrukcji w budownictwie. Naprawa uszkodzonych posadzek wymaga poznania przyczyny powstania uszkodzenia. W celu określenia tej przyczyny prowadzi się różne prace diagnostyczne. Badania nieniszczące są szczególnie przydatne z uwagi na jednostronny dostęp do posadzki. W artykule opisano metody badań stosowanych najczęściej w diagnostyce posadzek przemysłowych.

Słowa kluczowe: tBadania nieniszczące; posadzki przemysłowe; badania ultradźwiękowe; badania radarowe; badania elektromagnetyczne.

ABSTRACT

Industrial floors are one of the most frequently damaged structures in buildings. Repairing damaged floors requires identifying the cause of the damage. Various diagnostic procedures are performed to determine this cause. Non-destructive testing is particularly useful due to the one-sided access to the floor. This article describes the most commonly used testing methods in the diagnostics of industrial floors.

Keywords: cNon-destructive testing; industrial floors; ultrasonic testing; radar testing; electromagnetic testing.

1. Wstęp

Uszkodzenia posadzek przemysłowych występują w praktyce bardzo często [6, 13, 17, 18, 19]. Mogą być one wynikiem błędów projektowych związanych z nieodpowiednią analizą obliczeniową i niespełnieniem warunków stanów granicznych [12, 13, 15, 16, 19] lub brakiem kompatybilności materiałowej przyjętych warstw posadzki [1, 2, 3]. Uszkodzenia mogą być również wynikiem nieodpowiedniego wykonawstwa lub zmian w stosunku do projektu poczynionych podczas realizacji posadzki [5, 12, 14, 19]. Rzadziej uszkodzenia posadzek przemysłowych występują na skutek błędów popełnianych podczas eksploatacji [5, 6, 14]. W wyniku błędów projektowych lub wykonawczych na górnej powierzchni posadzki w postaci powstają zarysowania, złuszczenia, odpryski i nierówności. Przyjęcie sposobu naprawy wadliwej posadzki wymaga dokładnego określenia przyczyn powstania uszkodzeń, co z kolei wiąże się często z koniecznością przeprowadzania obliczeń sprawdzających. Aby wykonać obliczenia należy określić podstawowe parametry materiałowe posadzki i podbudowy oraz gruntu rodzimego. Wymaga to przeprowadzenia szeregu badań diagnostycznych [4, 7, 8, 9, 11]. O przyczynach powstania uszkodzeń wiele powiedzieć może dokładne badanie samych uszkodzeń. W tym przypadku również prowadzi się różne prace diagnostyczne. Zakres badań diagnostycznych powinien umożliwić sprawdzenie zgodności wykonanej posadzki z projektem.

2. Założenia podstawowe w tomografii komputerowej

Określenie geometrii i parametrów materiałowych

Podstawowymi danymi niezbędnymi do przeprowadzenia obliczeniowej analizy posadzki są parametry geotechniczne

gruntu rodzimego i podbudowy, wytrzymałość betonu oraz rodzaj i typ zastosowanego zbrojenia. W celu określenia parametrów geotechnicznych materiału zalegającego pod istniejącą posadzką zwykle wykonuje się w niej odwierty rdzeniowe. Z reguły w posadzce wystarczy odwiert o średnicy około 100 mm, którym wykonać można odwiert geotechniczny i badania zagęszczenia lekką sondą dynamiczną. W przypadku konieczności wykonania badań zagęszczenia podbudowy płytą VSS odwiert wykonany w posadzce musi mieć już średnicę większą niż 300 mm. Niestety żadne badanie nieniszczące nie zastąpi badań geotechnicznych. Jeżeli jednak na obiekcie przed inwestycją wykonano badania geotechniczne, a w trakcie budowy badania odbiorowe i przypuszcza się, że podbudowa gruntowa nie spowodowała powstania uszkodzeń to jej stan (jednorodność) można sprawdzić za pomocą tomografu ultradźwiękowego (rys. 1), który ma zasięg do 2,5 m. Badanie pozwala ponadto na określenie grubości posadzki i grubości podbudowy, co eliminuje konieczność wykonywania odwiertów rdzeniowych.

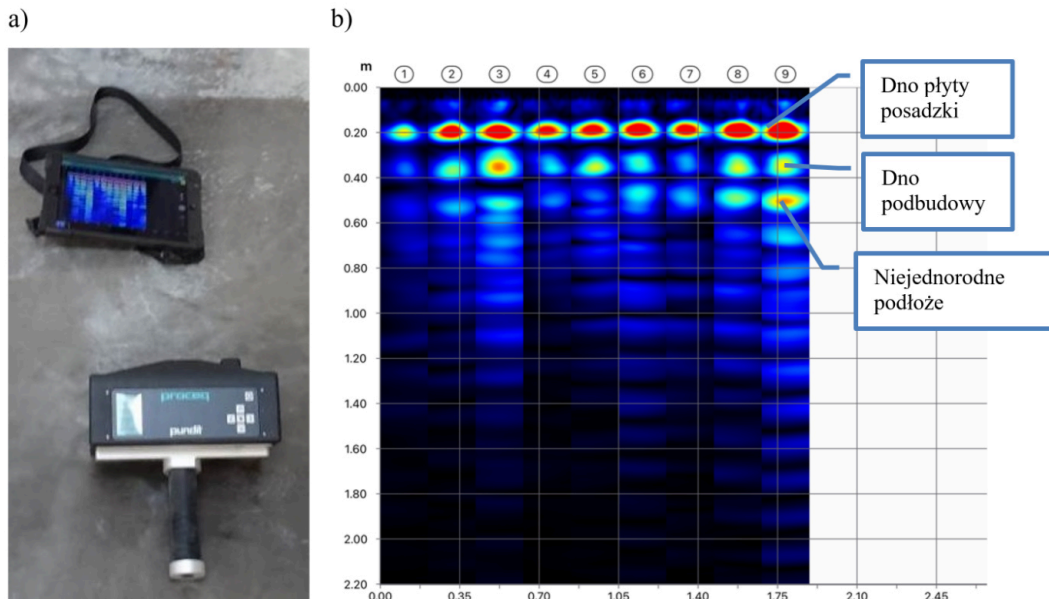
Badania grubości posadzki można również wykonać przy pomocy zwykłych ultradźwiękowych betonoskopów lub metodą młoteczkową (impact-echo). Wynik takich badań pokazano na rys. 2.

Badania wytrzymałości betonu posadzki wykonać można metodami nieniszczącymi [4, 7, 8, 9]. Należy jednak pamiętać, że posadzki zwykle mają wierzchnią warstwę, którą najczęściej jest warstwa powierzchniowo utwardzona lub wykonana z dodatkowej warstwy żywicy. Badania nieniszczące sklerometryczne lub ultradźwiękowe (rys. 3) należy wykonać przed aplikacją wierzchniej warstwy.

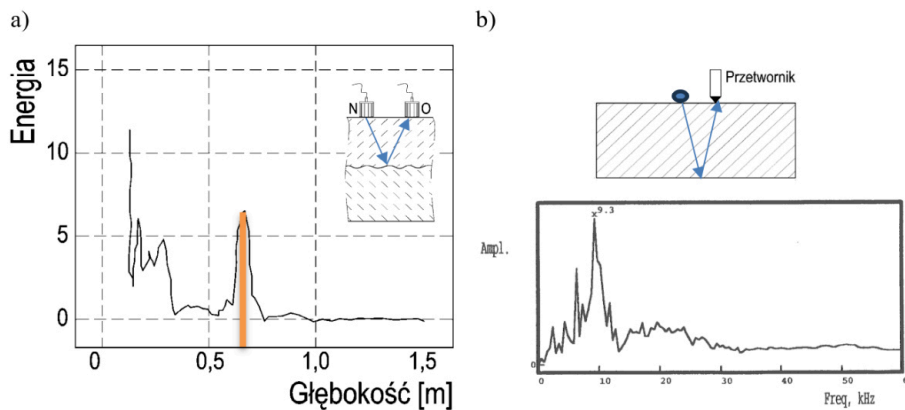
Badania zbrojenia można również przeprowadzić metodami nieniszczącymi. Zbrojenie prętowe można lokalizować metodami: elektromagnetyczną (rys. 4a), radarową (rys. 4b) i ultradźwiękową (rys. 4c).

*Autor korespondencyjny.

E-mail: lukasz.drobiec@polsl.pl



Rys. 1. Badanie tomografem ultradźwiękowym: a) widok urządzenia, b) wynik badania
Fig. 1. Ultrasound tomography test: a) view of the device, b) test result



Rys. 2. Badanie grubości posadzki: a) ultradźwiękowym betonoskopem, b) urządzeniem Impact-Echo
Fig. 2. Floor thickness testing: a) with an ultrasonic concrete scope, b) with an Impact-Echo device

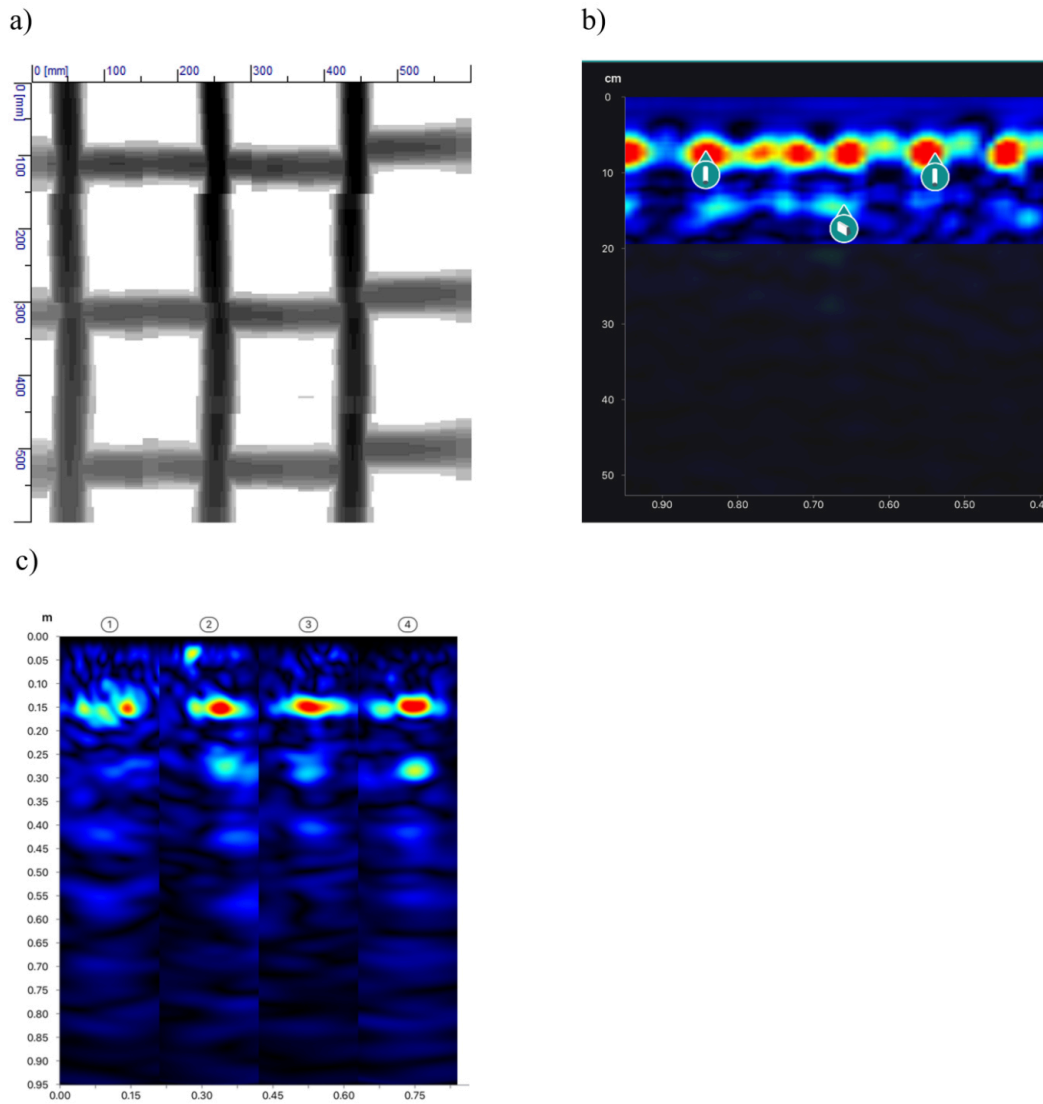


Rys. 3. Ultradźwiękowy pomiar wytrzymałości betonu posadzki
Fig. 3. Ultrasonic measurement of floor concrete strength.

Metoda elektromagnetyczna, z uwagi na ograniczony zasięg, będzie jednak skuteczna jedynie w przypadku występowania zbrojenia górnego. Do badań zbrojenia zlokalizowanego w środku lub u dołu płyty posadzki można wykorzystać skanery radarowe lub tomografy ultradźwiękowe. Urządzenia te nie dadzą jednak informacji na temat średnicy prętów zbrojeniowych, pomiar będzie zatem tylko jakościowy, a nie ilościowy.

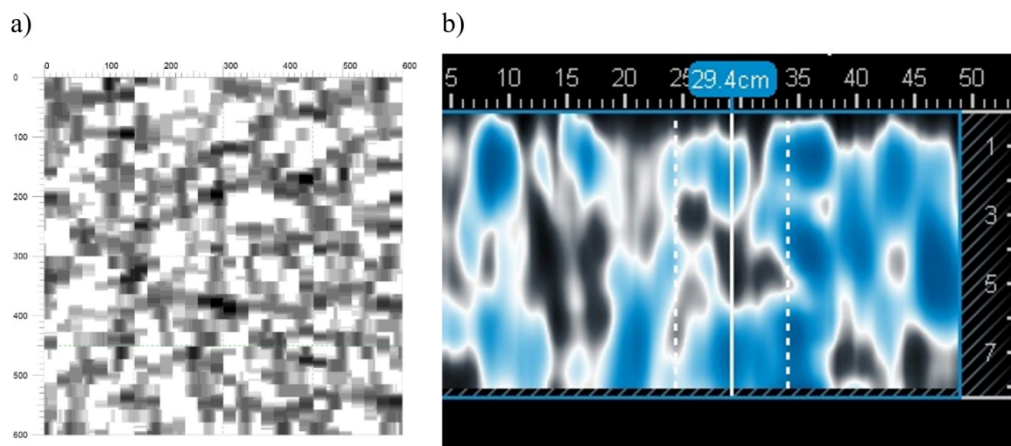
Problemem może być określenie ilości zbrojenia rozproszonego. Nie ma możliwości określenia ilości zbrojenia niemetalicznego w postaci cienki włókien metodami nieniszczącymi. Można natomiast próbować lokalizować siatki niemetaliczne urządzeniami radarowymi i tomografami ultradźwiękowymi [10].

W przypadku rozproszonego zbrojenia metalicznego można zastosować urządzenia elektromagnetyczne i radarowe do jakościowego określenia rozkładu zbrojenia wewnątrz posadzki (rys. 5).



Rys. 4. Nieniszczące badania zbrojenia: a) metodą elektromagnetyczną (skan płaszczyzny górnej), b) metodą radarową (przekrój poprzeczny), c) skan tomografem ultradźwiękowym (przekrój poprzeczny)

Fig. 4. Non-destructive testing of reinforcement: a) electromagnetic method (upper plane scan), b) radar method (cross-section), c) ultrasonic tomograph scan (cross-section)



Rys. 5. Badanie rozkładu metalicznego zbrojenia rozproszonego posadzki: a) urządzeniem elektromagnetycznym, b) urządzeniem radarowym

Fig. 5. Testing the distribution of metallic fiber reinforcement in the floor: a) with electromagnetic device, b) with radar device

3. Badania uszkodzeń

Warunki techniczne wykonania i odbioru robót posadzkowych [20, 21] zalecają podczas odbioru posadzki wykonanie badania płaskości, polegającego na sprawdzeniu posadzki przy pomocy łąty o długości 2,0 m. W żadnym punkcie pod łątą odchyłka nie może być większa niż 5 mm (rys. 6). Jest to podstawowe badanie, które powinno się wykonać podczas każdego badania technicznego posadzki. Nachylenia posadzki można również sprawdzać przy pomocy automatycznej poziomicy (rys. 7), niwelatora (rys. 8) oraz specjalnych urządzeń zwanych profilografami, które wykorzystują pomiar laserowy. Do badań płaskości wykorzystywać można również skanery laserowe (rys. 9).

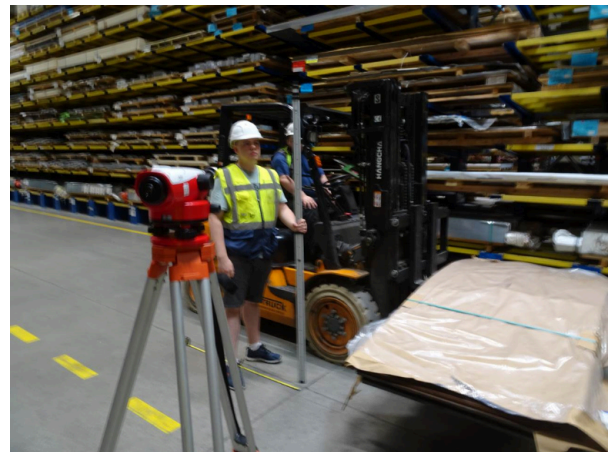
Rysy w posadzkach występują najczęściej na skutek zginania lub rozciągania. Pierwszy z wymienionych przypadków, zginanie, jest efektem statycznej pracy posadzki pod obciążeniem, a zatem uwarunkowany jest samą konstrukcją posadzki oraz jej obciążeniem i warunkami podparcia (podbudowa i podłoże gruntowe). Niezależnie jednak od powyższego, rysy zgięciowe występować muszą w najbardziej wysiłonych fragmentach konstrukcji, gdzie widoczne są po stronie rozciąganej (moment zginający tworzy w płycie posadzki dwie wyraźne strefy: rozciąganą i ściszaną). Drugim z przypadków są rysy będące efektem wystąpienia w konstrukcji sił rozciągających, skutkujących naprężeniami rozciągającymi na całej wysokości (grubości) przekroju. Charakterystyczny dla tego typu rys jest ich skrośny charakter. Podstawową przyczyną wystąpienia sił rozciągających jest skurcz betonu, będący zjawiskiem silnie rozłożonym w czasie. Przyczyną skurczu jest specyfika powstawania wiązań w twardniejącym betonie (skurcz autogeniczny) oraz ubytek wody występującej w nadmiarze w mieszance betonowej (skurcz od wysychania). Kurczący się masyw betonu dąży do skrócenia wymiaru liniowego, czemu przeciwdziałają więzy zewnętrzne (np. opór stawiany przez podłoże) oraz więzy wewnętrzne (obecność zbrojenia prętowego lub rozproszonego). Efektem działania tych więzów jest powstanie w skrępowanej konstrukcji naprężeń rozciągających – jeśli przyrastają one szybciej niż wytrzymałość betonu na rozciąganie, dochodzi do powstania zarysowania, które ma charakter przyrostowy w czasie (w okresie od kilku miesięcy do kilku lat – w zależności od



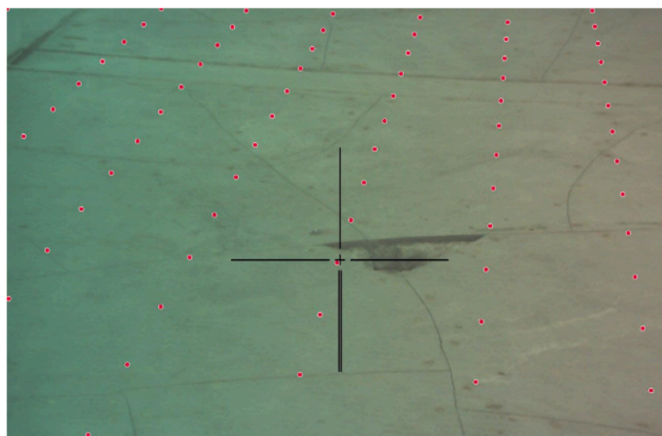
Rys. 6. Niespełnione wymaganie płaskości posadzki
Fig. 6. Unfulfilled requirement for floor flatness



Rys. 7. Niespełnione wymaganie płaskości posadzki
Fig. 7. Unfulfilled requirement for floor flatness



Rys. 8. Geodezyjne badanie płaskości posadzki oraz nachyleń narożników pod obciążeniem wózkiem widłowym
Fig. 8. Geodetic examination of the floor flatness and corner inclinations under the load of a forklift truck



Rys. 9. Badania płaskości posadzki skanerem laserowym: a) urządzenie pomiarowe, b) siatka punktów na powierzchni posadzki
Fig. 9. Floor flatness tests using a laser scanner: a) measuring device, b) grid of points on the floor surface

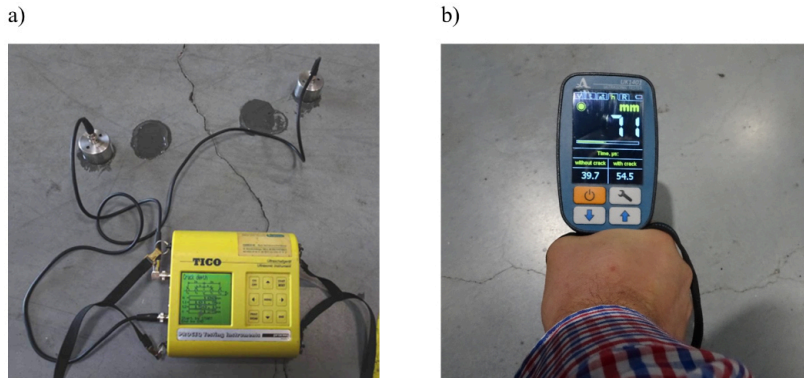
masywności konstrukcji i warunków zewnętrznych, w tym wilgotności i temperatury środowiska oraz intensywności wentylacji).

Należy tutaj zaznaczyć, że samo zjawisko skurczu jest nie do uniknięcia, natomiast można ograniczyć jego skutki (w tym zarysowania) przez stosowanie odpowiednich receptur betonu, właściwą jego pielęgnację, odpowiednie zbrojenie, stosowanie przerw dylatacyjnych oraz właściwy podział wykonawczy wielkopowierzchniowych posadzek.

Wykonując ocenę techniczną istniejącej posadzki można dostrzec tylko zarysowania widoczne na jej górnej

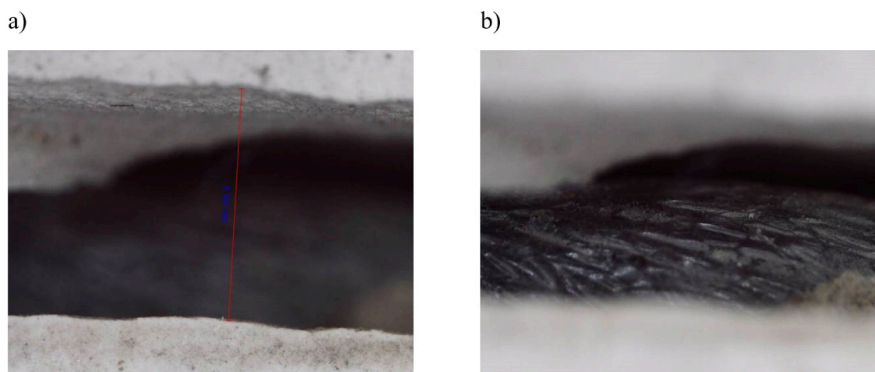
powierzchni. Do określenia przyczyn powstania rysy można wykorzystać metodę ultradźwiękową, która pozwoli na stwierdzenie, czy badane zarysowanie jest rysą skośną, czy też nie (rys. 10).

W badaniach zarysowań można wykorzystać również mobilny mikroskop. Oprócz dokładnego pomiaru rozwarcia rysy (rys. 11a) badanie mikroskopowe może również dać odpowiedź czy rysa jest skośna (rys. 11b). Mobilny mikroskop można również wykorzystać do badania struktury i uziarnienia betonu posadzki (rys. 12).



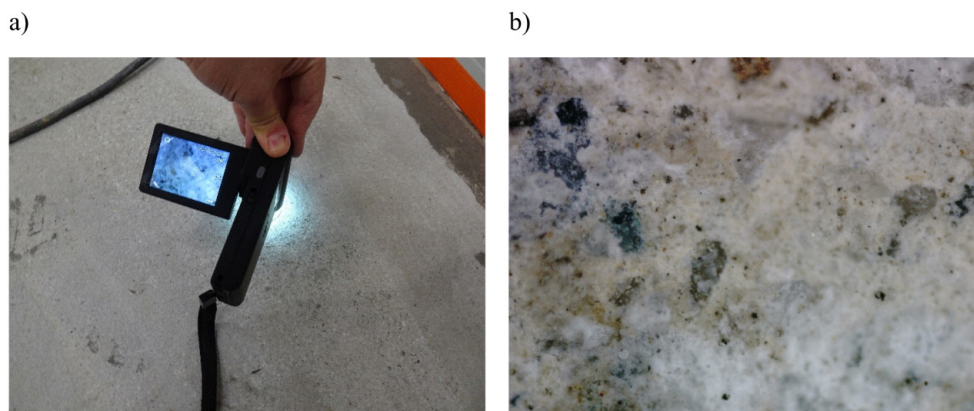
Rys. 10. Badania zasięgu (głębokości) rysy metodą ultradźwiękową: a) betonoskop z głowicami walcowymi, b) betonoskop z głowicami eksponencjalnymi

Fig. 10. Examination of the extent (depth) of a crack using the ultrasonic method: a) concrete scope with cylindrical heads, b) concrete scope with exponential heads



Rys. 11. Mikroskopowe badania zarysowań: a) pomiar rozwarcia rysy, b) widoczna folia budowlana – rysa skośna

Fig. 11. Microscopic examination of cracks: a) measurement of the crack opening, b) visible construction foil - cross scratch



Rys. 12. Mikroskopowe badania powierzchni betonu: a) widok mobilnego mikroskopu, b) fotografia struktury betonu

Fig. 12. Microscopic examination of concrete surface: a) view of mobile microscope, b) photograph of concrete structure

4. Wnioski

Na etapie określania stanu technicznego posadzki należy odrzucić domniemanie o jej wykonaniu zgodnie z projektem. Dlatego prowadząc analizę istniejącej posadzki należy wykonać szereg badań diagnostycznych. Powinny one dać informację o zgodności wykonania posadzki z projektem, sprawdzić czy spełnione są wymagania Warunków Technicznych oraz odpowiedzieć na pytanie o przyczynę powstania uszkodzeń. Często przyczynę uszkodzeń można określić dopiero po przeprowadzeniu sprawdzających obliczeń. W takim przypadku prace diagnostyczne powinny dać informację na temat potrzebnych do obliczeń parametrów materiałowych posadzki. Posadzki przemysłowe są szczególnym typem konstrukcji, gdyż dostęp do nich jest jednostronny (od góry). Stwarza to pole do wykorzystania różnych metod nieniszczących w pracach diagnostycznych.

5. Literatura

- [1] Chmielewska B., Czarnecki L., „Materiały i wymagania dotyczące posadzek”. XXVI Ogólnopolskie Warsztaty Pracy Projektanta Konstrukcji, tom I, s. 239-279, 2011.
- [2] Czarnecki L., Mierzwa J., „Wybrane przyczyny materiałowe uszkodzeń posadzek betonowych”. Materiały Budowlane 385 (9): 32 ÷ 34, 2004.
- [3] Czarnecki L., Skwara J., „Uszkodzenia i naprawy posadzek przemysłowych”. Materiały Budowlane 337 (9): 74 – 80, 2000.
- [4] Drobiec Ł., Jasiński R., Piekarczyk A., „Diagnostyka konstrukcji żelbetowych. Metodologia, badania polowe, badania laboratoryjne betonu i stali”. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2010.
- [5] Drobiec Ł., Piotrkowski P., „Przyczyny uszkodzeń i sposób naprawy posadzki wykonanej na warstwie styrobetonu”. Materiały Budowlane, nr 10, s. 4-7, 2019.
- [6] Drobiec Ł., „Konstrukcje betonowych posadzek przemysłowych”. Izolacje, nr 11/12, s. 45-53, 2016.
- [7] Drobiec Ł., „Diagnostyka i uszkodzenia betonowych posadzek przemysłowych”. Izolacje, nr 1, s. 52-58, 2017.
- [8] Drobiec Ł., „Badania nieniszczące wykorzystywane w praktyce budowlanej”. Badania Nieniszczące i Diagnostyka, nr 3, s. 76-80, 2018.
- [9] Drobiec Ł., „Diagnostyka posadzek przemysłowych”. Materiały Budowlane, nr 10, s. 6-8, 2021.
- [10] Drobiec Ł., Jasiński R., Mazur W., „Accuracy of eddy-current and radar methods used in reinforcement detection”. Materials, vol. 12 iss. 7, art. no. 1168, s. 1-24, 2019
- [11] Garczyk M., „Diagnostyka posadzek przemysłowych”. Materiały Budowlane nr 9, s. 10-11, 2008.
- [12] Hajduk P., „Projektowanie i ocena techniczna betonowych podłóg przemysłowych”. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2020.
- [13] Hajduk P., „Przyczyny powstawania wad i uszkodzeń w podłogach przemysłowych”. Przegląd Budowlany, nr 12, s. 42-48, 2016.
- [14] Niedostatkiewicz M., Majewski T., „Ocena techniczna podłóg przemysłowych – błędy wykonawcze i eksploatacyjne”. Izolacje, nr 8, s. 58-61, 2020.
- [15] Pająk Z., Drobiec Ł., „Uszkodzenia i naprawy betonowych podkładów posadzek przemysłowych”. XXIII Ogólnopolska Konferencja Warsztat Pracy Projektanta Konstrukcji. T. III, s. 1-58, 2008.
- [16] Pająk Z., Drobiec Ł., „Uszkodzenia, naprawy i remonty nośnych betonowych podkładów posadzek przemysłowych”. XV Ogólnopolska Konferencja Warsztat Pracy Projektanta Konstrukcji. Tom I, s. 231-252, 2000.
- [17] Świątek-Żołyńska, S., Niedostatkiewicz, M., Kasprzak, S., „Diagnostyka i naprawy dylatacji konstrukcyjnych w płytach posadzkowych”. Część II. Przegląd Budowlany, 24-29, 2023.
- [18] Świątek-Żołyńska, S., Niedostatkiewicz, M., Kasprzak, S., „Diagnostyka i naprawy dylatacji konstrukcyjnych w płytach posadzkowych”. Przegląd Budowlany, 2-5. 2022.
- [19] Tejchman J., Małasiewicz A., „Posadzki przemysłowe”. Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk, 2006.
- [20] Warunki techniczne wykonania i odbioru robót budowlanych. Część B. Roboty wykończeniowe. Zeszyt 3. Posadzki mineralne i żywiczne. ITB, Warszawa 2013.
- [21] Warunki techniczne wykonania i odbioru robót budowlanych. Część B. Roboty wykończeniowe. Zeszyt 8. Posadzki betonowe utwardzane powierzchniowo preparatami proszkowymi. ITB, Warszawa 2014.

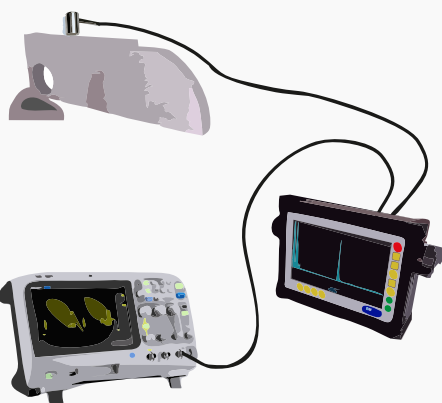


Prof. dr hab. inż. Łukasz Drobiec jest zatrudniony na Wydziale Budownictwa Politechniki Śląskiej.



Zapraszamy do skorzystania z usług
LABORATORIUM KONTROLI OKRESOWEJ
APARATURY ULTRADŹWIĘKOWEJ
zgodnie z normami z serii PN-EN ISO 22232

Defektoskopy
wszystkich producentów



Kompetentny
personel

Atestowane wyposażenie
laboratorium

Ekspresowa
realizacja usługi

Badania okresowe wykonywane są na podstawie instrukcji zgodnych z systemem zarządzania według ISO 9001 obowiązującym w laboratorium.

ZBM ULTRA Sp. z o.o.

ul. Zimowa 3, 55-003 Nadolice Małe

NIP 897 180 82 00

www.ultra.wroclaw.pl

biuro@ultra.wroclaw.pl

+48 71 364 36 52