

ZASTOSOWANIE GPR PRZY OCENIE STOPNIA ZAWILGOCENIA ELEMENTÓW POSADOWIENIA W PROGNOZOWANIU TRWAŁOŚCI BETONU W PARKINGU PODZIEMNYM

MAŁGORZATA WUTKE, *e-mail: malgorzata.wutke@tpaqi.com*

MAŁGORZATA KONOPSKA-PIECHURSKA

TPA Sp. z o.o.

WIOLETTA JACKIEWICZ-REK

KAMIL ZAŁĘGOWSKI

ANDRZEJ GARBACZ

Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Lądowej

Streszczenie: Trwałość konstrukcji żelbetowych w istotny sposób zależy od środowiska w jakim pracują. Do najbardziej destrukcyjnych czynników wpływających na trwałość elementów żelbetowych, szczególnie w nieogrzewanych parkingach podziemnych, należy obecność wody oraz jonów chlorkowych, która niejednokrotnie przechodzi cykle zamrażania i rozmrażania. W podziemnej części zespołu budynków mieszkalnych wykonanej w technologii „białej wanny” stwierdzono, że w wyniku nieprawidłowości w założeniach projektowych powstały nieszczelności, powodujące migrację wody do elementów, w których nie przewidywano zawilgocenia. Sytuację komplikuje fakt, że temperatura w tej części zespołu budynków jest zbliżona do temperatury otoczenia, również okresie jesienno-zimowym. Przeprowadzona analiza wykazała, że skład zastosowanego betonu nie spełniał wymagań normowych klas ekspozycji (PN-EN 206), w przypadku występowania jonów chlorkowych oraz cykli zamrażania i rozmrażania. Jedną z metod nieniszczącego monitorowania obecności wody i podwyższonej zawartości chlorków jest metoda Ground Penetrating Radar (GPR). W niniejszym artykule analizowano możliwość wykorzystania metody GPR do określenia obszaru zawilgocenia elementów posadowienia dwupoziomowego parkingu podziemnego, koniecznego do prognozowania trwałości konstrukcji żelbetowej. Przeprowadzone badania GPR za pomocą dwóch anten o częstotliwości 400 MHz i 1,6 GHz wykazały jej przydatność do wykrywania obecności wody oraz określenia stopnia zawilgocenia elementów betonowych.

Słowa kluczowe: trwałość, parking podziemny, obecność wody i jonów chlorkowych, beton, ground penetrating radar

1. Wstęp

Konstrukcje żelbetowe są projektowane na okres 50 lat życia i dłużej. Jednak często konieczne jest przeprowadzenie napraw tych obiektów [1, 2]. Ma to miejsce w wyniku nagłego i nie spodziewanego działania czynników mechanicznych (np. przeciążenie, uderzenia, wybuch), oddziaływań pogodowych (np. podmuchy wiatru czy też ekstremalne opady), ale także błędów projektowych, w tym często wynikających z niewłaściwego rozpoznania oddziaływań środowiskowych podczas przyszłych warunków użytkowania konstrukcji. Z tego względu wymagane jest ciągłe monitorowanie konstrukcji oraz okresowe badania diagnostyczne stanowiące źródło informacji do analizy stanu konstrukcji. Badania nieniszczące (NDT) są jednym ze sposobów bezinwazyjnej kontroli jakości nowowznoszonego obiektu budowlanego oraz monitorowania jego bieżącego stanu, celem wykluczenia wad i określenia ewentualnych przyczyn

ich powstawania, które ostatecznie mogłyby obniżać jego trwałość, a także opracowanie planu jego ewentualnej naprawy [1].

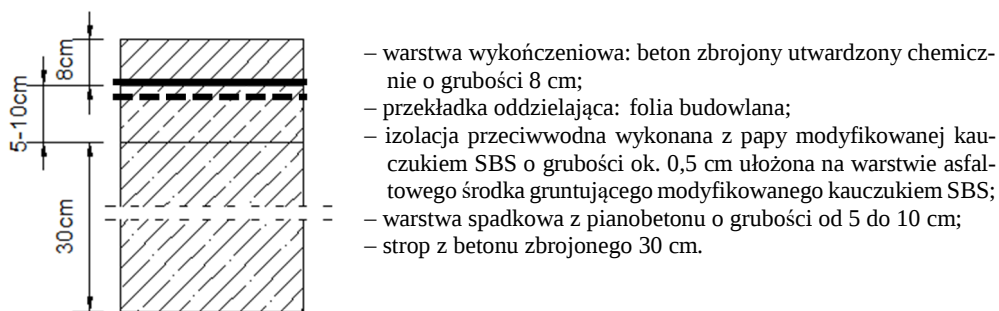
W przypadku konstrukcji żelbetowych na trwałość wpływa głównie środowisko w jakim pracują. Jednym z czynników wpływających na trwałość elementów żelbetowych jest obecność wody oraz jonów chlorkowych. Jedną z metod nieniszczącego monitorowania obecności tych czynników jest metoda Ground Penetrating Radar (GPR), wykorzystująca propagację fal elektromagnetycznych.

W niniejszym artykule analizowano wykorzystanie metody GPR do określenia obszaru zawilgocenia elementów posadowienia dwupoziomowego parkingu podziemnego, koniecznego do prognozowania trwałości konstrukcji żelbetowej.

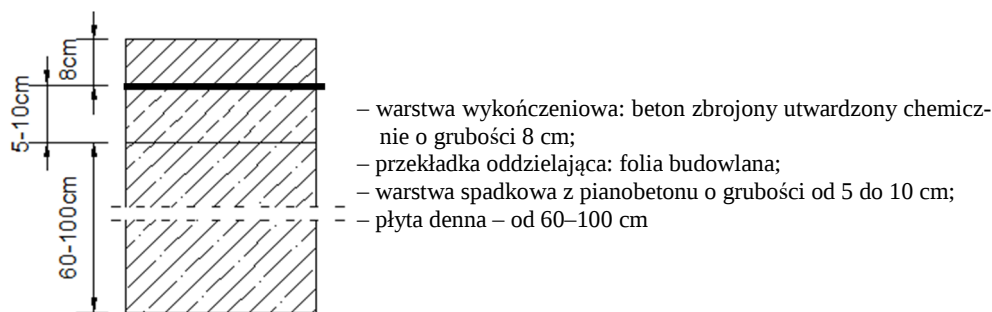
2. Opis badanego obiektu

Badania przeprowadzono w podziemnej części zespołu budynków mieszkalnych wykonanej w technologii „białej wanny”. W wyniku nieprawidłowości powstały nieszczelności, powodujące migrację wody do elementów, w których nie przewidywano zawilgocenia na etapie projektowym. Powstała wówczas potrzeba oceny wpływu zawilgocenia na prognozowaną trwałość tych elementów.

Część podziemną budynku stanowią dwupoziomowe garaże dostępne dla mieszkańców obiektu. Powierzchnia całkowita obu poziomów garaży wynosi ok. 17 500 m². Są one dostępne i użytkowane bezpośrednio od ulicy z nawierzchnią bezpośrednio traktowaną środkami zimowego utrzymania dróg, w tym zawierającymi chlorki. Ocenie podlegały powierzchnie po których poruszały się pojazdy, czyli strop i płyta dennea z warstwą wykończeniową. Układ konstrukcyjny stropu między garażami, przedstawiono na rys. 1, natomiast podłogi na płycie dennej na rys. 2. Interesującym rozwiązaniem konstrukcyjnym jest zastosowanie w obu przypadkach jako warstwy spadkowej pianobetonu, materiału o bardzo dużej porowatości i nasiąkliwości.



Rys. 1. Układ konstrukcyjny stropu między garażami



Rys. 2. Układ podłogi na płycie dennej

Pomiędzy warstwami konstrukcji stropu, między garażami na poziomie -2 i -1, jak i na podłodze na płycie dennej wykryto obecność wody. Dokonano odkrywek na obu elementach, które wypełniały się wodą w stosunkowo szybkim tempie (rys. 3). Sposób pojawiania się wody w odkrywkach i odkuwkach wskazuje na jej pochodzenie spoza obiektu. Z dostępnych informacji nie jest możliwe ustalenie źródła przecieku. Badania wody zalegającej w obu elementach wykazały znaczące stężenie chlorków (ok. 400 mg/l), zapewne pochodzących ze środków odladzających, które w okresie zimowym wwożone są na podłogi na kołach pojazdów.



Rys. 3. a) wypływ i zbieranie się wody w odkrywce oraz b) wypełnione wodą koryto odkrywki w podłodze garażu na poziomie -2

Temperatura panująca w części garażowej obiektu, ze względu na zastosowany system wentylacji, jest zbliżona do temperatury otoczenia, również w przypadku ujemnej temperatury panującej w okresie jesienno-zimowym. Może to mieć negatywny wpływ na trwałość zawilgoconych elementów poziomych obiektu. Możliwość intensywnego zawilgocenia konstrukcji nie była brana pod uwagę na etapie projektowania konstrukcji oraz specyfikowania klas ekspozycji zastosowanych betonów i związanych z tym ich właściwości.

3. Zagrożenia trwałości betonu w konstrukcji stropu i podłogi w garażu podziemnym

Występowanie wody w stropie i w podłodze na płycie dennej w części podziemnej budynku jest niepożądane. Z uwagi na zawarte w niej zanieczyszczenia np. chlorki, może ona powodować zarówno ryzyko wystąpienia korozji betonu, jak i korozji zbrojenia tych elementów, co następnie może doprowadzić do utraty trwałości konstrukcji. Ponadto, migracja wody w konstrukcji przegród może powodować uszkodzenia natury mechanicznej – np. delaminacje warstw przegrody. Na podstawie analizy wymagań zawartych w normie PN-EN 206 zidentyfikowano zagrożenia, które mogą wpływać na obniżenie trwałości elementów betonowych w części podziemnej zespołu budynków mieszkalnych.

W przypadku gdy beton zawierający zbrojenie lub inne elementy metalowe (tutaj włókna stalowe) jest narażony na kontakt z wodą zawierającą chlorki, w tym przypadku z soli odladzających, to jego klasa ekspozycji powinna być określona według PN-EN 206. Beton w rozpatrywanych elementach narażony jest na kontakt zarówno z wodą zawierającą chlorki, jak i na bezpośredni dostęp środków odladzających pochodzących z kół samochodów użytkowników garażu podziemnego.

Wyniki badań wody z odwiertów w posadzce wskazują, że stężenie jonów chlorkowych jest wysokie (w niektórych miejscach nawet 450 mg/l. Beton byłby zabezpieczony przed działaniem tego typu czynników agresywnych, gdyby jego skład był zaprojektowany zgodnie z wymaganiami klasy ekspozycji XD3 według PN-EN 206. Dodatkowo trzeba wziąć pod uwagę, że przy tak znacznym stężeniu chlorków na powierzchni posadzki intensywność dyfuzji jonów w głąb betonu w miejscach nieciągłości wierzchniej warstwy jest wysoka. Stwarza to podwyższone

zagrożenie wzrostu stężenia chlorków przy powierzchni zbrojenia powyżej wartości wynikającej z wymaganej w tym przypadku klasy zawartości chlorków w betonie (zgodnie z PN-EN 206 – 0,2% lub 0,4%). Skład betonu „posadzkowego” nie odpowiadał tym założeniom w zakresie współczynnika w/c, który powinien być mniejszy niż 0,45 – a jest 0,49.

Z uwagi na temperaturę panującą w części garażowej obiektu, która jest zbliżona do temperatury otoczenia, to w okresie jesienno-zimowym beton w podłodze i stropie narażony jest na naprzemienne zamrażanie i rozmrażanie. Z uwagi na obecność wody w tych elementach może dochodzić do korozji mrozowej betonu, dodatkowo intensyfikowanej obecnością chlorków pochodzących ze środków zimowego utrzymania dróg dostarczanych przez samochody użytkowników miejsc parkingowych w garażu. Beton odporny na działanie mrozu i środków odladzających powinien być zaprojektowany, zgodnie z wymaganiami klasy ekspozycji XF4 (PN-EN 206). Beton wbudowany w strop na poziomie -2, jak i podłogę na płycie dennej, nie odpowiada wymaganiom w zakresie współczynnika w/c, minimalnej zawartości cementu, jak i jakości kruszywa. Nie potwierdzono też jego mrozoodporności wewnętrznej, ani na powierzchniowe łuszczenie w obecności środków odladzających w badaniach.

W zdiagnozowanej sytuacji należy niewątpliwie dążyć do uzyskania szczelności elementów konstrukcji dwupoziomowego garażu podziemnego, co jednak jest w istniejącym stanie trudne. Dalsze użytkowanie betonu w tych warunkach może doprowadzić do zniszczenia jego struktury i postępujących degradacji konstrukcji. Przeprowadzone oceny dotyczą betonu posadzkowego, który stanowi wierzchnią warstwę przegród. Należy podkreślić, że warstwa ta stanowi także ochronę powierzchniową betonu konstrukcji stropu/płyty fundamentowej. Zaleganie wody w całym przekroju przegród sprawia, że powyższe wnioskowanie jest słuszne także dla pozostałych rodzajów betonu w analizowanej konstrukcji, a wskazane zagrożenia mogą dotyczyć całości konstrukcji przegród.

Z powyższych względów konieczne stało się określenie obszaru zalegania wody. W istniejącej sytuacji, kiedy przeprowadzenie badań niszczących (pobranie próbek walcowych) było możliwe tylko w nielicznych miejscach, analizowano możliwość wykorzystania metody GPR do wykrycia obszarów potencjalnego zalegania wody, wykrycia występowania miejsc zawilgoconych oraz ewentualnych spękań płyty mogących być drogą przedostawania się wody do wnętrza budynku. Badania przeprowadzono na płycie fundamentowej w garażu podziemnym na poziomie – 2. Lokalizacja i ilość wykonanych profili georadarowych była konsultowana i ustalana z Zamawiającym.

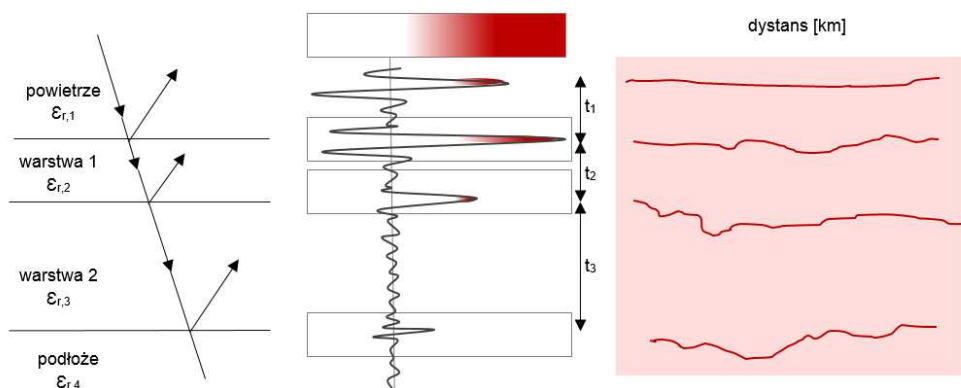
4. Badania płyty fundamentowej metodą GPR

4.1. Charakterystyka metody GPR

Metoda GPR należy do nieniszczących metod wykorzystujących fale elektromagnetyczne. W przypadku konstrukcji betonowych może być wykorzystana do wykrywania zbrojenia, obecności defektów, a także obszarów zawilgoconych i zawierających jony chlorkowe [4–9]. W metodzie GPR fala elektromagnetyczna emitowana jest w kierunku badanej konstrukcji i gdy przenika przez granicę warstw o różnych właściwościach elektrycznych, część energii fali przechodzi przez granicę do kolejnej warstwy materiału, reszta zaś ulega rozproszeniu lub odbiciu [4]. Dzięki temu zjawisku, za pomocą odpowiedniego odbiornika fal, możliwe jest zarejestrowanie granic między warstwami o różnych właściwościach elektrycznych (rys. 4), w tym anomalii występujących w materiale.

Istotne znaczenie w metodzie radarowej ma przenikalność elektryczna – właściwość materiału stosowana głównie do charakteryzowania półprzewodników lub dielektryków. Większość materiałów geologicznych i konstrukcyjnych zalicza się do tych dwóch grup. Do charakteryzowania materiałów wykorzystuje się najczęściej przenikalność względną lub częściej stałą

dielektryczną [4]. Dzięki różnicom wartości stałej dielektrycznej poszczególnych ośrodków możliwe jest zarejestrowanie amplitudy odbicia się fali na ich granicach, a co za tym idzie, ustalenie ich grubości. Poniżej przedstawiono wartości stałych dielektrycznych kilku rodzajów materiałów. Najmniejsza wartość ϵ_r występuje dla powietrza, $\epsilon_r = 1$, a największa dla wody, $\epsilon_r = 81$ [5]. Zakres tych wartości dotyczy materiałów konstrukcyjnych badanych laboratoryjnie, natomiast w badaniach prowadzonych w terenie zależą one jeszcze od innych czynników, jak np. wilgotność, gęstość materiału itp. [4].



Rys. 4. Zasada działania metody Ground Penetrating Radar (wg [4])

Tablica 1. Wartości stałych dielektrycznych dla niektórych ośrodków wg [5]

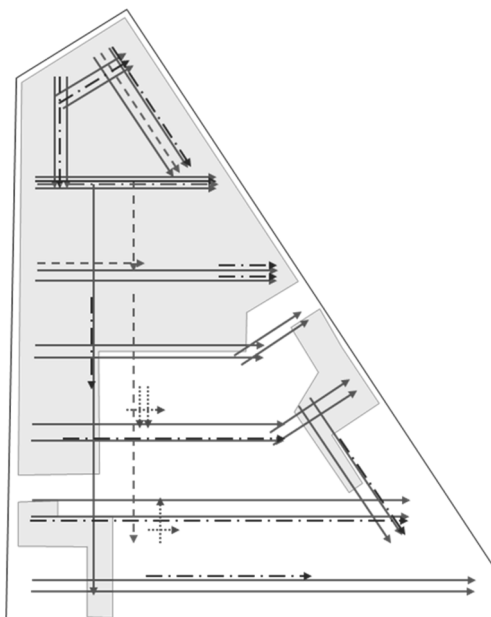
Materiał	Stała dielektryczna
Powietrze	1
Metale	1 – 2
Beton	3 – 9
Piasek suchy	3 – 5
Piasek nasycony wodą	20 – 30
Glina	25 – 36
Woda	81

4.2. Zakres badań georadarowych

Istotnym parametrem w diagnostyce z wykorzystaniem metody georadarowej jest częstotliwość emitowanej fali. Od częstotliwości fali zależy między innymi głębokość penetracji fali elektromagnetycznej w metodzie GPR [4]. Fale o wyższych częstotliwościach penetrują ośrodek na mniejszej głębokości, lecz dzięki krótszej fali, z większą rozdzielczością [4].

Celem wykrycia obecności wody oraz oceny stopnia zawilgocenia płyty fundamentowej, badania metodą GPR wykonano w dwóch etapach. Etapy wykonywania pomiarów oraz poszczególne linie pomiarowe przedstawiono na rys. 5. Etap pierwszy obejmował pomiary anteną ground-coupled o częstotliwości 400 MHz (zasięg penetracji – około 4 m), i zakładał wytypowanie potencjalnych miejsc napływu wody spoza obiektu, powodujących zawilgocenie elementów betonowych. Pomiary przeprowadzono wzdłuż dróg dojazdowych garażu podziemnego. W pierwszym etapie wykonano badania łącznie na 29 liniach pomiarowych. Na podstawie wstępnej analizy falogramów GPR zarejestrowanych w etapie pierwszym wytypowano takie, które zgodnie z zasadą działania urządzenia GPR wskazują na obecność wody pod płytą fundamentową. Aby jednak ustalić poprawność interpretacji ze stanem faktycznym, w 5 wybranych lokalizacjach wykonano odkrywki. Odkrywki, tak jak się spodziewano, potwierdziły obecność

zawilgoceń. Posługując się falogramem „wzorcowym” (rys. 7) reprezentującym obecność zawilgocenia potwierdzoną odkrywką, na płycie zlokalizowano miejsca, gdzie zawilgocenia „występują na pewno” (rys. 9), miejsca, gdzie zawilgocenia „na pewno nie występują” (rys. 10) oraz obszary „trudne do określenia” (rys. 11).



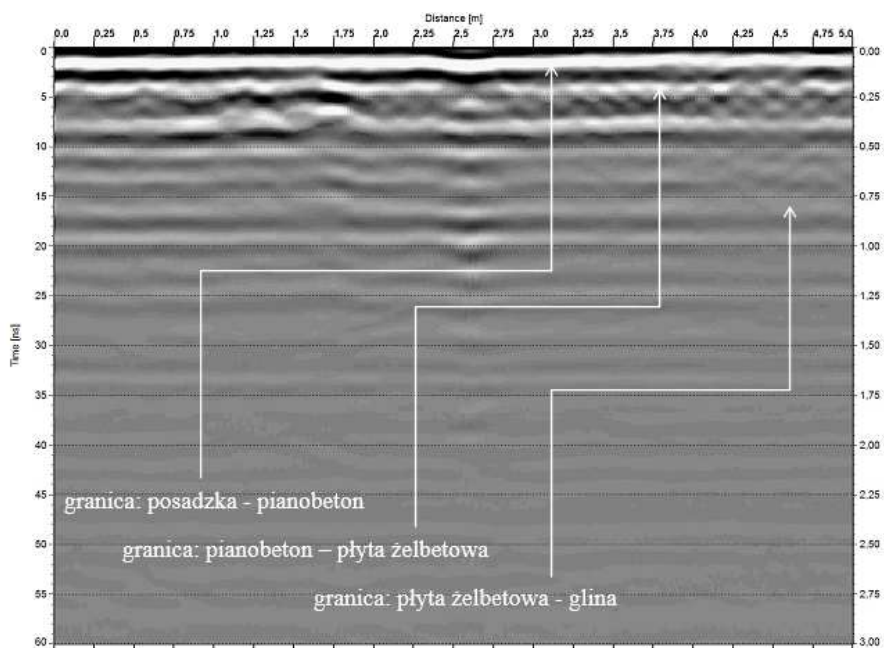
Rys. 5. Schemat miejsc badania płyty fundamentowej metodą GPR. Etap I: linia ciągła – pomiary wykonane anteną 400 MHz wzdłuż dróg dojazdowych, linia przerywana – pomiary wykonane anteną 400 MHz w miejscach wykonywania odkrywek. Etap II: strzałki osiową linią – pomiary wykonane anteną 1,6 GHz w miejscach uznanych po pomiarach anteną 400 MHz jako wątpliwe. Strzałki kropko-kreskową linią – pomiary wykonane anteną 1,6 GHz w miejscach zinwentaryzowania rys na powierzchni posadzki. Zaciemnionym polem zaznaczono obszar, na którym zinwentaryzowano zawilgocenia na powierzchni posadzki podczas inspekcji wizualnej

W drugim etapie wykonano pomiary GPR anteną ground-coupled o częstotliwości 1,6 GHz (zasięg penetracji – około 0,75 m). Pomiary przeprowadzono w miejscach, w których na falogramach GPR wykonanych anteną 400 MHz zarejestrowano obszary problematyczne do interpretacji oraz w regionie występowania rys na posadzce zaobserwowanych podczas wizji lokalnej. Podobnie jak w przypadku zawilgoceń, wytypowano miejsca, gdzie „na pewno występują” rysy i spękania płyty fundamentowej (rys. 13) oraz takie, gdzie zauważa się brak refleksów odpowiadającym spękanom (rys. 14).

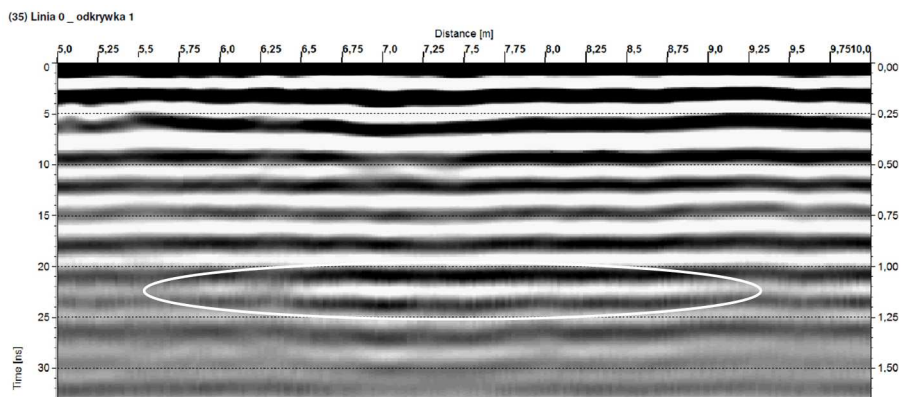
4.3. Analiza wyników badań georadarowych

Znając układ konstrukcyjny płyty fundamentowej, kolejnym refleksom na falogramach zarejestrowanych anteną 400 MHz przyporządkowano granice pomiędzy poszczególnymi jej warstwami. Na rysunku 6 przedstawiono fragment linii pomiarowej zarejestrowanej w miejscu, gdzie płyta fundamentowa ma grubość 60 cm. Pierwszy refleks odpowiada odbiciu od granicy pomiędzy posadzką, a pianobetonem przedzielonym folią, kolejny – granicy pomiędzy pianobetonem, a płytą żelbetową. Refleks na głębokości około 75 cm odpowiada spodowi płyty fundamentowej.

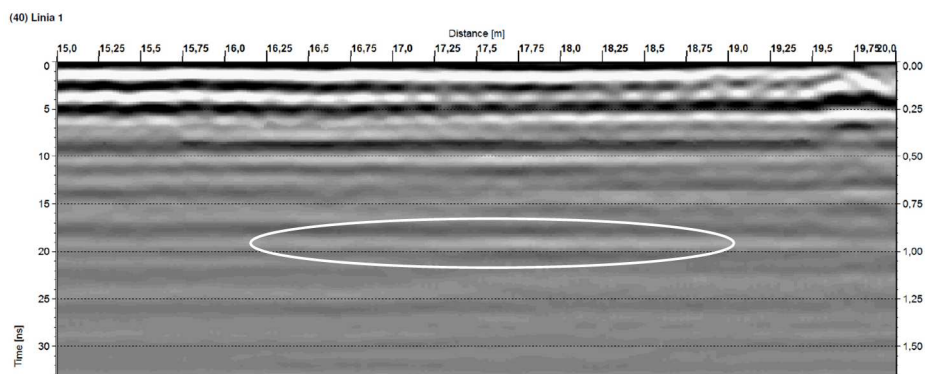
Nieciągłe refleksy poniżej poziomu warstw konstrukcyjnych to efekt zawilgocenia płyty, co potwierdziły wykonane odkrywki. Identyfikację zawilgocenia należy jednak prowadzić ostrożnie, mając na uwadze fakt występowania zaburzeń spowodowanych interferencją fal obijających się od zbrojenia konstrukcyjnego. Na rysunku 7 przedstawiono fragment falogramu zarejestrowanego przed wykonaniem odkrywek, na których zlokalizowano zaburzenie interpretowane jako efekt zawilgocenia. Po wykonaniu odkrywki faktycznie zaobserwowano ciągły napływ wody spod płyty (por. rys. 3). Zidentyfikowano znaczną ilość takich obszarów, głównie w regionie oznaczonym zacienionym polem na rys. nr 5.



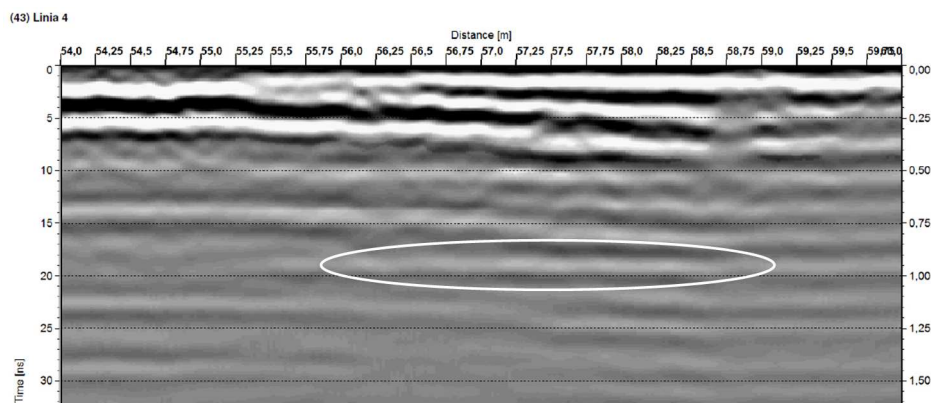
Rys. 6. Fragment falogramu jednej z linii pomiarowych wykonanych wzdłuż drogi dojazdowej anteną o częstotliwości 400 MHz. Kolejne refleksy odpowiadają układowi konstrukcyjnemu płyty



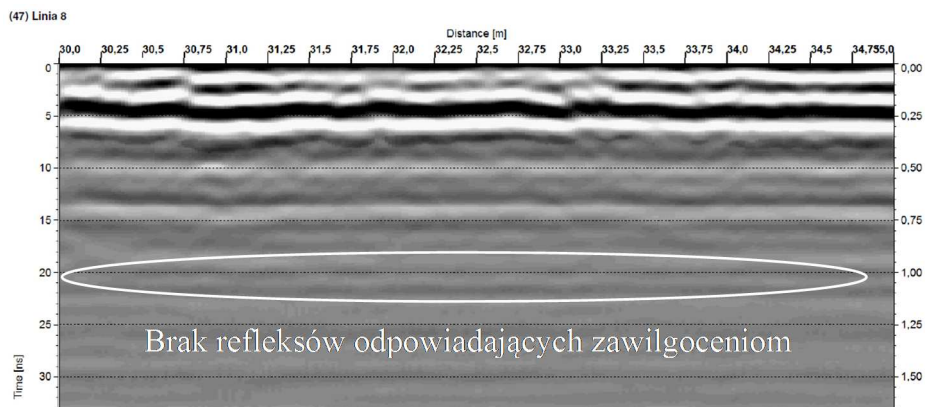
Rys. 7. Przykładowy falogram wskazujący na obecność wody pod płytą fundamentową. Domniemana obecność wody została potwierdzona odkrywką. Falogram uznano za „wzorcowy” do lokalizacji miejsc zawilgoconych



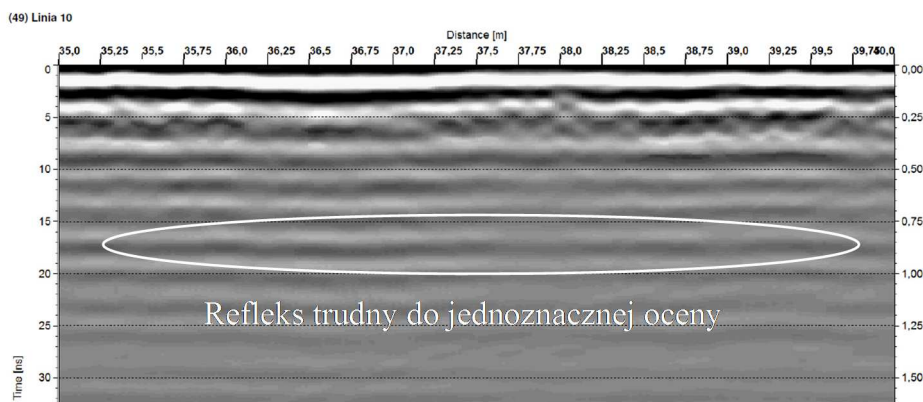
Rys. 8. Przykładowy falogram wskazujący na obecność wody pod płytą fundamentową, wytypowany na podstawie falogramu „wzorcowego”. Zauważono charakterystyczny refleks odpowiadający zawilgoceniom



Rys. 9. Kolejny, przykładowy falogram wskazujący na obecność wody pod płytą fundamentową, wytypowany na podstawie falogramu „wzorcowego”. Zauważono charakterystyczny refleks odpowiadający zawilgoceniom

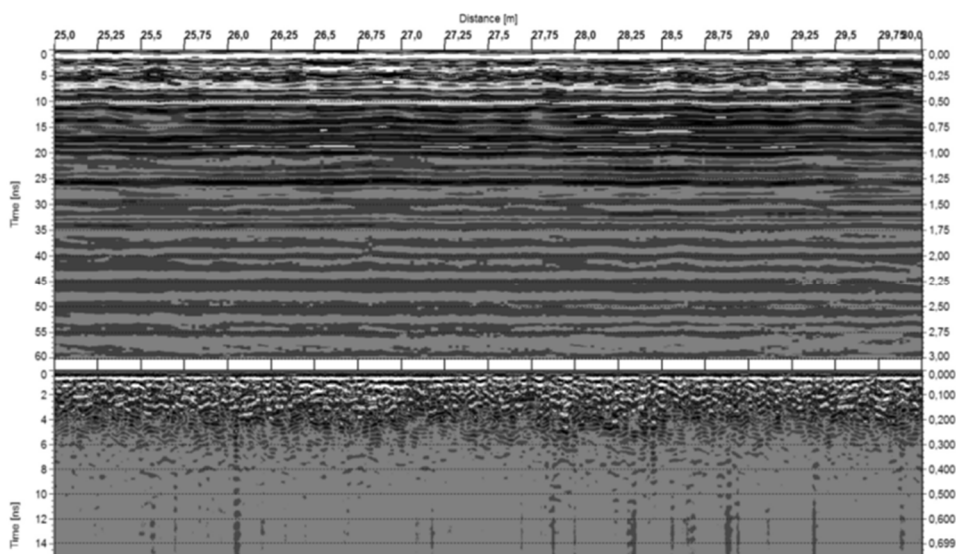


Rys. 10. Falogram, wg którego typuje się miejsca, w których zawilgocenia na pewno nie występują. Na obrazie brak jest nieciągłych refleksów odpowiadającym zawilgoceniom

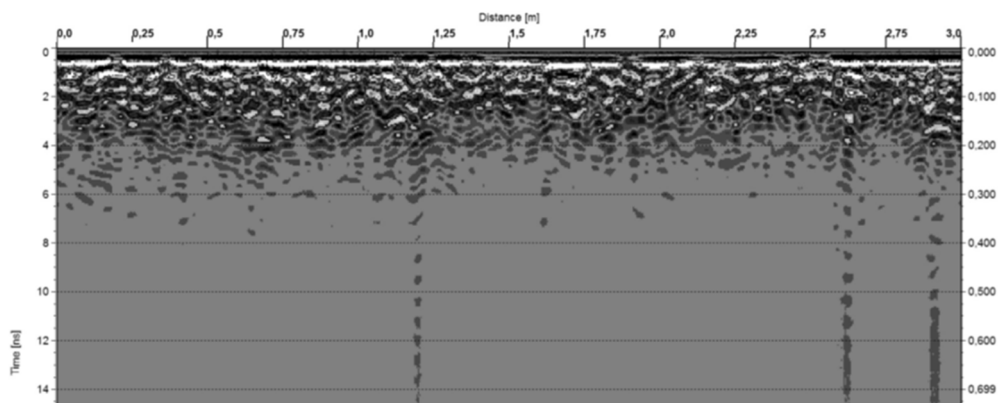


Rys. 11. Przykładowy falogram reprezentujący miejsce wątpliwe, trudne do jednoznacznej oceny występowania lub wykluczenia zawilgocień

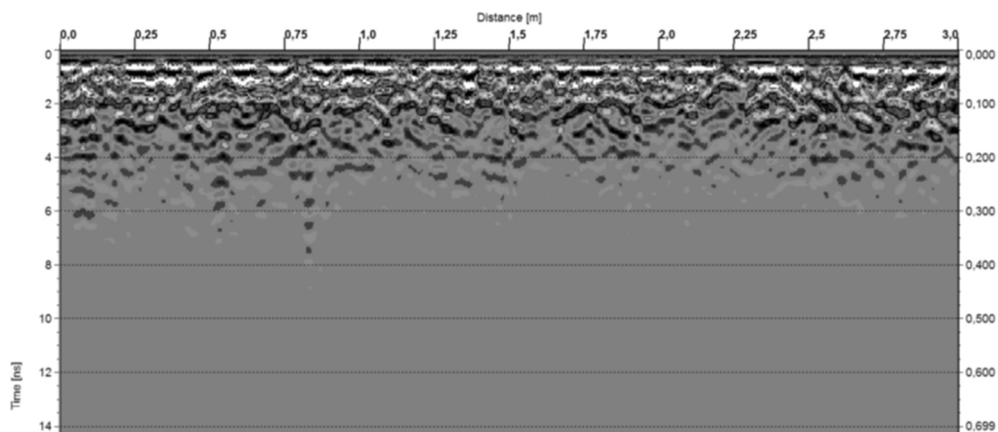
Na falogramach zarejestrowanych anteną 1,6 GHz również zidentyfikowano powtarzające się anomalie. W miejscach, gdzie podczas inwentaryzacji wizualnej zaobserwowano rysy (rys. 13) zinterpretowano pionowe refleksy. Przenikalność elektryczna powietrza jest bardzo mała ($\epsilon_r = 1$, wg [5]), dlatego energia fal elektromagnetycznych w powietrzu nie zostaje słumiona i fala penetruje w głąb ośrodka. Zarejestrowane refleksy pionowe wskazują zatem na spękania płyty fundamentowej. Ponadto, miejsca wytypowane na podstawie badań anteną 400 MHz, jako miejsca występowania ośrodka o większej wilgotności niż otoczenie można było skorelować z miejscami występowania potencjalnych spękań. Oznacza to, że woda spod płyty podciągana jest do wnętrza obiektu. Na rysunku 12 przedstawiono przykładowy falogram z pomiarów wykonanych anteną o częstotliwości 400 MHz (góra) na którym interpretuje się zawilgocenie oraz falogram z pomiarów wykonanych anteną 1,6 GHz (dół), na którym interpretuje się spękania.



Rys. 12. Fragment falogramu linii pomiarowej zrealizowanej w miejscu, gdzie podczas inspekcji wizualnej zinventaryzowano zawilgocenia. U góry – falogram zarejestrowany anteną 400 MHz, u dołu – 1,6 GHz. Ciemnoszare, pionowe refleksy na dolnym falogramie świadczą o istnieniu spękań w płycie fundamentowej



Rys. 13. Fragment falogramu linii pomiarowej z miejsca, gdzie zinventaryzowano rysy na powierzchni posadzki. Ciemnoszare, pionowe refleksy świadczą o istnieniu spękań w płycie fundamentowej



Rys. 14. Fragment falogramu linii pomiarowej z miejsca, gdzie nie obserwowano rys na powierzchni posadzki. Na falogramie tym nie występują refleksy odpowiadające spękanom płyty fundamentowej

5. Wnioski

Celem badań przedstawionych w niniejszej pracy była analiza możliwości wykorzystania metody Ground Penetrating Radar do wykrywania obecności wody i określenia obszaru zawilgocenia elementów posadowienia dwupoziomowego parkingu podziemnego. W wyniku nieprawidłowości na etapie projektowym powstały nieszczelności, powodujące migrację wody do elementów, w których nie przewidywano zawilgocenia. Sytuację komplikuje fakt, że temperatura w tej części zespołu budynków jest zbliżona do temperatury otoczenia, również w okresie jesienno-zimowym. Badania wykazały też obecność miejsc o podwyższonej zawartości jonów chlorkowych. Przeprowadzona analiza wykazała, że skład zastosowanego betonu nie spełniał wymagań normowych klas ekspozycji XD3 (PN-EN 206). Pojawiła się potrzeba oceny wpływu zawilgocenia elementów posadowienia na ich prognozowaną trwałość. Badania GPR, przeprowadzone przy wykorzystaniu anten o różnej częstotliwości, potwierdziły przydatność tej metody do wykrywania obecności wody oraz oceny obszaru zawilgocenia elementów betonowych. Stwierdzono, że w wielu miejscach obecność zawilgocenia była skorelowana z spękaniami płyty fundamentowej powodując podciąganie wody napływającej spoza obiektu.

Podziękowania

Praca powstała w ramach współpracy badawczej między TPA Sp. z o.o. i Wydziałem Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej. Autorzy pragną podziękować dr Igorowi Ruttmarowi, Prezesowi Sp. z o.o. za wsparcie i cenne dyskusje podczas wykonywania badań.

Literatura

1. Czarnecki L., Łukowski P., Garbacz A., Naprawa i ochrona konstrukcji z betonu. Komentarz do PN-EN 1504, PWN, 2017.
2. Jackiewicz-Rek W., Konopska-Piechurska M., Załęgowski K., Garbacz A., Specyfika napraw uszkodzeń nawierzchni betonowych, Awarie Budowlane, Międzyzdroje, 2015.
3. Hoła J., Bień J., Sadowski Ł., Schabowicz K., Non-destructive and semi-destructive diagnostics of concrete structures in assessment of their durability, Bulletin of the Polish Academy Of Sciences, Technical Sciences, 63 (1), 2015, 87–96.
4. Benedetto A., Pajewski L., Civil Engineering applications of Ground Penetrating Radar, Springer, Switzerland 2015
5. Jol H-M., Ground Penetrating Radar: Theory and Applications, Elsevier, UK 2009.
6. Wutke M., Use of EM waves (radar measurement) combined to resistivity measurement for characterisation of the concrete.
7. Eyuboglu S., Mahdi H., and Al-Shukri H.:Detection of water leaks using Ground Penetrating Radar.
8. Balayssac J-P., Determination of volumetric water content of concrete using Ground-Penetrating Radar.
9. Garbacz A., Harassek P., Van der Wielen A., Piotrowski T. Courard L., Nguyen F., Diagnostyka konstrukcji betonowych za pomocą impact-echo i radaru, Konferencja Dni Betonu, Wisła, 2010.

TECHNICAL CONDITION OF THE REINFORCED CONCRETE STRUCTURE OF A WAREHOUSE AND ITS SUITABILITY FOR USE AFTER A FIRE

Abstract: Durability of the reinforced concrete structures significantly depends on the environmental conditions. The most destructive factor affecting the life of reinforced concrete elements, especially in unheated underground parkings, is presence of chloride ions and water which often goes over freeze and thaw cycles. In the underground of a residential building, which was made in coating-free water insulation system (colloquially called as “white tub”), it was found that due to incorrect design some leaks appeared, causing migration of water to structural elements. Situation is complicated by the fact that the temperature in this part of the building complex is close to the ambient temperatures, also during the autumn and winter. The analysis showed that the composition of the concrete used there did not meet the standard requirements (EN 206) for the appropriate exposure class where concrete is subjected to presence of chloride ions and the freezing and thawing cycles. One of the methods for non-destructive monitoring of the presence of water and high chloride content is the ground penetrating radar (GPR). In this paper, authors analysed the possibility of using GPR methods to define the moisture area of the foundations of a two-level underground parking needed for forecasting of the durability of concrete structures. Conducted GPR tests using two antennas with a frequency of 400 MHz and 1.6 GHz have shown its usefulness in detection of the presence of water and determination of the moisture degree in concrete.

Keywords: durability, underground parking, the presence of chloride ions and water, concrete, ground penetrating radar