

PRACE NAUKOWO-PRZEGLĄDOWE RESEARCH REVIEW PAPERS

Przeegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska (2016), 25 (4), 518–526
Prz. Nauk. Inż. Kszt. Środ. (2016), 25 (4)
Scientific Review – Engineering and Environmental Sciences (2016), 25 (4), 518–526
Sci. Rev. Eng. Env. Sci. (2016), 25 (4)
<http://iks.pn.sggw.pl>

Marek DOHOJDA, Monika WĄGROWSKA, Joanna WITKOWSKA-DOBREV

Katedra Inżynierii Budowlanej, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
Department of Building Engineering, Warsaw University of Life Sciences – SGGW

Analiza wybranych błędów projektowo-wykonawczych w realizacji wielostanowiskowych podziemnych garaży Error analysis of selected design and implementing in the implementation of multi-underground garages

Słowa kluczowe: garaż wielostanowiskowy podziemny, błędy projektowo-wykonawcze
Key words: multi-underground garages, design and implementation errors

Wprowadzenie

Miejsce postojowe to wydzielona część terenu lub obiektu służąca do parkowania pojazdu. Może być zlokalizowane na parkingach lub w garażach. Opierając się na wytycznych budowy, garaże można klasyfikować według różnych kryteriów (Michalak, 2009a, b). Można zastosować podział ze względu na usytuowanie pomieszczeń do garażowania na: podziemne (przyjmując normy europejskie za garaże podziemne uważa się takie, których poziom podłogi znajduje się 1,3 m poniżej poziomu terenu), naziemne (Neufret, 2008) oraz nadziemne.

Ze względu na rodzaj garażowanych pojazdów można wyróżnić garaże na: samochody osobowe, samochody ciężarowe, autobusy oraz pojazdy specjalne.

Ponadto można też dokonać podziału ze względu na rodzaj przegród zewnętrznych na otwarte i zamknięte. Rozróżniamy również garaże duże o powierzchni użytkowej większej lub równej 1000 m², średnie o powierzchni 100–1000 m² oraz małe o powierzchni mniejszej lub równej 100 m².

Wymagania, jakie stawiane są obiektom spełniającym funkcję garażu

Biorąc od uwagę specyfikę użytkowania garaży podziemnych, musi zostać spełniony warunek bezpieczeństwa użytkownika, który obejmuje zarówno

użytkowników, jak i pozostawione pojazdy (Potrzebowski, 2006a, b). Konieczne też jest spełnienie warunków funkcjonalności i przejrzystości wewnętrznego układu komunikacyjnego oraz estetyki wewnątrz (Markiewicz, 2011). Istotnym elementem jest dostępność dla osób niepełnosprawnych. Instalacja wentylacyjna musi być sprawna i niezawodna, dotyczy to też oświetlenia oraz ochrony przeciwpożarowej, która zapewnia łatwość ewakuacji w sytuacji zagrożenia. Ważne jest powiązanie garażu z siecią komunikacyjną miasta oraz nieskomplikowany system pobierania opłat (Gradkowski, 2009). Kolejnymi warunkami, jakie powinny być spełnione, są ekonomiczność (koszt realizacji i eksploatacji jednego stanowiska postojowego) oraz odległość potencjalnych użytkowników od garażu (Janczura, 2000). Przy projektowaniu garaży podziemnych należy zwrócić szczególną uwagę na ochronę otoczenia przed hałasem i drganiami (Michalak, 2009a, b).

Wymagania prawne

Garaże podziemne jako budynki i budowle powinny spełniać określone prawem wymagania techniczne (Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie: „Garaże do przechowywania i bieżącej, niezawodowej obsługi samochodów osobowych, stanowiący samodzielny obiekt budowlany lub część innego obiektu, będący garażem zamkniętym – z pełną obudową zewnętrzną i zamykanymi otworami, bądź garażem otwartym – bez ścian ze-

wewnętrznych albo ze ścianami niepełnymi lub ażurowymi, powinien mieć: wysokość w świetle konstrukcji, co najmniej 2,2 m i do spodu przewodów i urządzeń instalacyjnych 2 m, 2 – wjazdy lub wrota garażowe co najmniej o szerokości 2,3 m i wysokości 2 m w świetle, elektryczną instalację oświetleniową, 3 – zapewnioną wymianę powietrza, zgodnie z § 108, 4 – wpusty podłogowe z syfonem i osadnikami w garażu z instalacją wodociagową lub przeciwpożarową tryskaczową, w garażu podziemnym przed wjazdem do niego oraz w garażu nadziemnym o pojemności powyżej 25 samochodów, 5 – instalację przeciwpożarową, wymaganą przepisami dotyczącymi ochrony przeciwpożarowej, zabezpieczoną przed zamarzaniem”.

Konstrukcja garażu podziemnego musi być tak zaprojektowana i wykonana, aby oddziaływania przekazywane na obiekt nie powodowały przekroczenia nośności, a eksploatacja obiektu nie stanowiła zagrożenia dla użytkowników. Wymaganiem wynikającym z PN-EN 1990:2004 jest przede wszystkim zapewnienie niezawodności obiektu.

Spełnienie powyższych wymagań jest warunkiem trwałości garażu podziemnego, gdzie najczęściej panują warunki odpowiadające klasie ekspozycji XC3 i XD3 według PN-EN 206:2014-04. W Eurokodzie PN-EN 1992-1-1, ujęto zagadnienia projektowania konstrukcji przy założeniach różnych modeli wraz z zachowaniem progu ekonomicznego. Jak już wspomniano, wymaganiem podstawowym, jakie powinna spełniać konstrukcja, jest jego niezawodność. Obiekt należy zaprojektować tak, aby w zakładanym okresie jego użytkowania, z odpowiednim stopniem niezawodności,

w wyniku działających na niego oddziaływań środowiska nie zostały przekroczone dla konstrukcji stany graniczne.

Analiza wybranych błędów projektowo-wykonawczych

Analizie poddano wybrane elementy składowe garaży pod względem technologii wykonania i warunków eksploatacji. Najczęstsze błędy, które pojawiają się w obiektach wielostanowiskowych można podzielić na następujące trzy grupy (Francke, 2010): projektowo-wykonawcze, wykonawcze i błędy nadzoru oraz wykonawczo-inwestorskie.

Pierwsza grupa obejmuje błędy projektowo-wykonawcze, które są spowodowane zastosowaniem niewłaściwych materiałów (wyrobów) lub rozwiązań w poszczególnych warstwach przekroju na przykład płyty stropowej nad garażem. W szczególności dotyczy to miejsc konstrukcyjnych, w których nastąpił nieprawidłowy układ warstw wynikający z błędnego projektu lub wykonawstwa (Szulborski i Pyrak, 1998).

Druga grupa obejmuje błędy wykonawcze i nadzoru spowodowane nieprawidłowym przygotowaniem i wykonaniem robót, a także nieodpowiednią pielęgnacją betonu przy wykonywaniu prac.

Trzecia grupa to błędy nadzoru wykonawczo-inwestorskiego. Należy przez to rozumieć brak odbioru robót zanikających lub nieprawidłowy odbiór wykonanych prac. Najczęściej występujące nieprawidłowości w obiektach typu podziemnych wielostanowiskowych garaży to na przykład nieszczelność ścian zewnętrznych – na których są widoczne przeziąki wody (rys. 1).

Zawilgocenie ścian zewnętrznych garażu jest skutkiem nieszczelności izolacji pionowej. Woda może także przenikać przez ścianę w miejscach występujących pęknięć oraz niedoszczelnionych otworów po łącznikach szalunku. Usunięcie wspomnianych nieszczelności może nastąpić poprzez wykonanie ciśnieniowej iniekcji odpowiednimi żywicami.

Kolejny pojawiający się problem to nieszczelność dylatacji powodująca przeciek wody (rys. 2). Z dużym prawdopodobieństwem można założyć, że



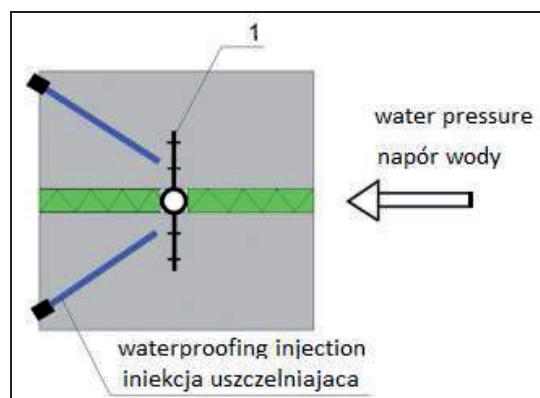
RYSUNEK 1. Zawilgocenia na ścianach zewnętrznych garażu
FIGURE 1. Moisture penetration on the outside wall of the garage



RYSUNEK 2. Przeciek z dylatacji konstrukcyjnej
 FIGURE 2. The leak of structural dilatation

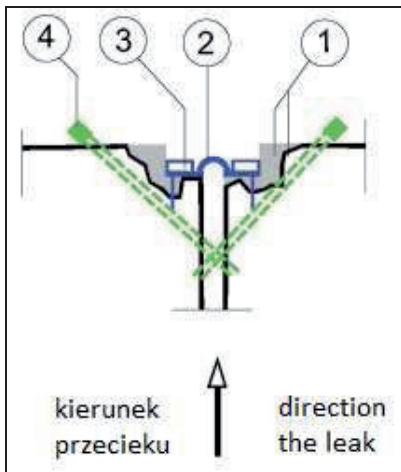
przyczyną tego stanu było niewystarczające zabezpieczenie taśmy dylatacyjnej podczas betonowania (Kaliszuk-Więtecka, 2010). Taśma najczęściej nie tworzy skutecznej bariery zabezpieczającej przed przeciekaniem wody. Przeciek powierzchniowy dylatacji jest łatwy do zlokalizowania. Często występuje on wzdłuż styku taśm dylatacyjnych z betonem lub też w miejscu łączenia taśm. Proces naprawczy uszczelnienia dylatacji od strony naporu wody (przeciek poniżej

poziomu terenu) polega na uszczelnieniu dylatacji w obszarze montażu taśmy żywicami poliuretanowymi. Ze względu na trudne do zlokalizowania źródło przecieku uszczelnienie powinno być wykonane wzdłuż całej dylatacji. Rozwiązaniem może okazać się zamocowanie systemowego profilu uszczelniającego mocowanego mechanicznie do podłoża. Zaproponowane rozwiązanie problemu przedstawiono na rysunkach 3 i 4.



RYSUNEK 3. Uszczelnienia przeciekającej dylatacji od strony naporu wody (Rokiel, 2013): 1 – nieefektywne uszczelnienie dylatacji

FIGURE 3. Seal leaking joints from the thrust the water (Rokiel, 2013): 1 – an inefficient sealing joints



RYSunEK 4. Uszczelnienie przeciekającej dytatacji od strony wewnętrznej (Rokiel, 2013): 1 – naprawa (reprofilacja) powierzchni i krawędzi; 2 – profil uszczelniający; 3 – mocowanie mechaniczne profilu uszczelniającego; 4 – iniekcja uszczelniająca

FIGURE 4. Seal leaking joints on the inner side (Rokiel, 2013): 1 – repair (reprofiling) of surfaces and edges; 2 – sealing profile; 3 – mechanical fastening sealing profile; 4 – injection sealing

Kolejnym problemem, który pojawia się w omawianych obiektach, jest nieszczelne odwodnienie liniowe garażu. Oznacza to pojawiającą się wodę w garażu, która nie jest w wystarczający sposób odprowadzana za pomocą liniowego odwodnienia. Wynika to z faktu, że koryta nie są wystarczająco oddylatowane od posadzki betonowej lub są nieszczelne (Wolski, 1988; Zając, 2008). Często obserwowane są widoczne wykwitki soli i zawilgocenia w miejscu styku koryt i posadzki. Pojawiają się również korozja rusztu (rys. 5) i koryt w przypadku koryt metalowych oraz woda pod samym korytem.

Pociąga to za sobą uszkodzenie koryta, co skutkuje widocznymi i licznymi spękaniem oraz ubytkami profilu kory-



RYSunEK 5. Widoczne ślady korozji wskutek zalegania wody w korycie

FIGURE 5. The visible signs of corrosion as a result of retention of water in a trough

ta. Finalnie powoduje to brak stabilnego posadowienia. W wyniku toczenia się kół pojazdów po posadzce, która jest niewłaściwie oddylatowana od koryt, następuje zmiana ich warunków posadowienia. Koryta to elementy pracujące niezależnie od posadzki, które powinny być osadzone w betonie charakteryzującym się podwyższonymi właściwościami wytrzymałościowymi.

Przejścia instalacji wodno-kanalizacyjnej przez strop pośredni stanowią kolejne miejsca newralgiczne, w których mogą pojawiać się widoczne zacieki oraz degradacja betonu przy przejściu rury kanalizacyjnej przez strop pośredni (rys. 6).

Pojawienie się opisanych i przedstawionych na rysunku 4 uszkodzeń jest wynikiem nie wykonania izolacji przejścia instalacji przez strop oraz nie zastosowania systemowego kołnierza uszczelniającego. W omawianym przypadku zalecenia naprawcze to doszczelnienie przejścia przy użyciu specjalnego sznura



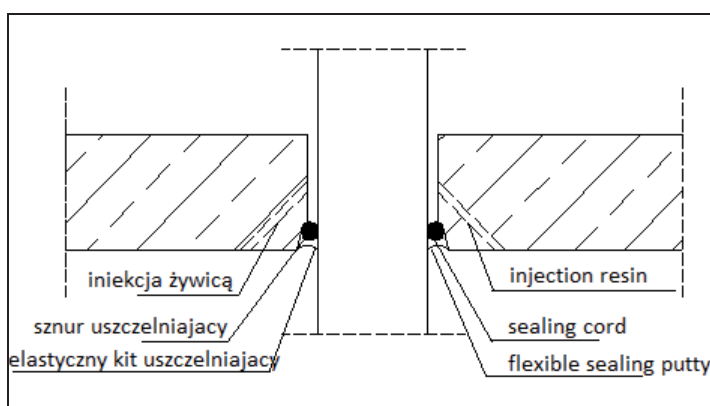
RYSUNEK 6. Wykwity przy przejściu rury przez strop pośredni w garażu wielopoziomowym
 FIGURE 6. Efflorescence at the transition of the pipe through the ceiling indirectly in the multi-storey garage

uszczelniającego oraz elastycznego kitu uszczelniającego. Wokół przejścia należy wykonać obwodowo iniekcję żywicą poliuretanową, zgodnie z rysunkiem 7, lub należy wykuć cały spust i wykonać go od początku właściwie.

Nieszczelne stropy pośrednie to kolejny rodzaj usterek wykonawczych. Przyczyną takiego stanu jest często błędne założenie przy projektowaniu, że garaż traktuje się jako pomieszczenie suche

i nie projektuje się na stropie pośrednim izolacji przeciwwodnej.

Skutkiem braku systemu kontrolującego spływ wody są przecieki przez zarysowania stropów oraz wszystkie niedoszczelnione elementy (dylatacje konstrukcyjne i przejścia instalacji). Konieczne jest, więc uszczelnienie miejsc newralgicznych. Zaleca się uszczelnienie wszystkich rys i pęknięć. Rysy o rozwarości powyżej 0,5 mm uszczel-



RYSUNEK 7. Uszczelnienie przejścia rur przez strop pośredni
 FIGURE 7. Sealing of pipe penetrations through the ceiling indirectly

nia się metodą iniekcji grawitacyjnej, a rysy 0,2–0,5 mm metodą iniekcji ciśnieniowej. Przykładowy pomiar szerokości rozwarcia rys przedstawia rysunek 8.

pełnia się poszerzone rysy żywicą w kolorze posadzki z dodatkiem piasku kwarcowego o granulacji 0,1–0,3 mm (piasek zapewnia właściwą konsystencję masy

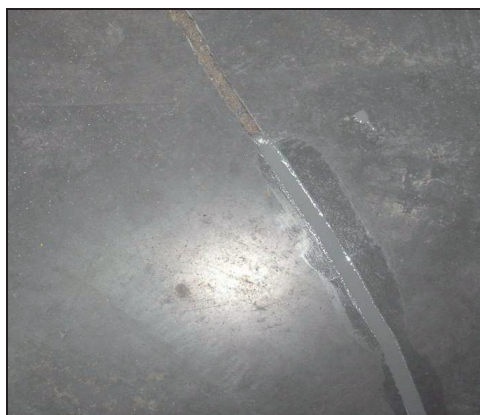


RYSUNEK 8. Pomiar szerokości rysy
FIGURE 8. Measuring the width of cracks

Według Potrzebowskiego (2006a, b) przebieg iniekcji metodą grawitacyjną polega na przygotowaniu rys przez powiększenie ich rozwarcia za pomocą nacięcia na głębokość 8–10 mm, oczyszczeniu krawędzi i zagruntowaniu poszerzonych rys, po czym wypełnieniu rys żywicą o małej lepkości do połowy wysokości nacięcia. Następnie zasypuje się świeżą żywicą z piaskiem kwarcowym o granulacji 0,3–0,8 mm górną część rysy. Po związaniu żywicy i piasku, wy-

wypełniającej, zapobiega tworzeniu się menisku wklęsłego na powierzchni wypełnienia).

Czynności przy metodzie iniekcji ciśnieniowej obejmują (Czarnecki i Emmos, 2003) wykonanie bruzd do głębokości 1–2 cm, oczyszczenie powierzchni oraz wywiercenie otworów w odstępach 10–15 cm. Kolejnym krokiem jest oczyszczenie rys oraz odwiertów, po czym zamknięcie rysy (powierzchniowo) na szerokości około 10 cm oraz grubości około 1 cm, co zapobiega niekontrolowanemu wypływowi materiału. Po wykonaniu opisanych czynności następuje zamocowanie końcówek kontrolnych i iniekcyjnych. Następnie przeprowadzane jest wtłoczenie iniektu pod ciśnieniem. Po zakończeniu iniekcji usuwa się końcówki iniekcyjne oraz uszczelnia pozostałe po nich otwory. Wtłoczenie pod ciśnieniem iniektu powinno zapewnić wniknięcie mieszanki w całą rysę, przy czym zalecany jest dobór niższego ciśnienia przy dłuższym czasie iniekcji.



RYSUNEK 9. Rysa wypełniana grawitacyjnie
FIGURE 9. A crack filled gravitationally

Wnioski

Projektowanie, a następnie realizacja obiektów spełniających funkcję garaży podziemnych najczęściej jest związane z poważnymi problemami inżynierskimi. Garaże powinny być zaprojektowane i wykonane zgodnie z obowiązującymi aktami prawnymi i normami oraz zasadami wiedzy technicznej. Elementem o największym znaczeniu jest to, aby obiekt spełniał podstawowe funkcje bezpieczeństwa dla użytkowników i funkcje użytkowe. Analizując przytoczone przykłady uszkodzeń, można zauważyć, że czynnikiem najbardziej inwazyjnym jest woda pochodząca z opadów atmosferycznych, nawieziona przez samochody oraz woda gruntowa oddziałująca na głęboko posadowioną konstrukcję.

W związku z tym w garażach podziemnych do najczęściej spotykanych usterek zalicza się projektowo-wykonawcze ujawniające się w okresie eksploatacji obiektu. Niewystarczające ilości zbrojenia lub jego złe rozmieszczenie oraz nie uwzględnienie w obliczeniach skurczu betonu prowadzą często do występowania w garażach usterek w postaci pęknięć płyty dennej oraz stropów pośrednich wynikających z błędnie przyjętych dylatacji lub błędnie rozpoznanych warunków gruntowo-wodnych.

Kolejnym problemem jest przenikanie wód opadowych i gruntowych do garażu spowodowane zastosowaniem nieodpowiedniej izolacji, nieszczelnością ścian zewnętrznych, nieodpowiednim pokryciem stropów. Aby zminimalizować powstawanie usterek zaleca się stosowanie gotowych rozwiązań systemowych opracowanych na podstawie sprawdzonych technologii producentów

materiałów. Koordynowanie połączeń zastosowanych systemów na poszczególnych etapach wykonywanych prac, ja także szczegółowy odbiór robót, także żądanie od producenta atestów na materiały zastosowane w wybranym systemie oraz informowanie inwestora o wszelkich wadach i niezgodnościach występujących w projekcie przekazanym do realizacji inwestycji gwarantują zminimalizowania wystąpienia usterek i prawidłową eksploatację garaży.

Literatura

- Czarnecki L. i Emmos, H.P. (2003). *Naprawa i ochrona konstrukcji żelbetowych*. Kraków: Polski Cement Sp. z o.o.
- Francke, B. (2010). Niewłaściwe rozwiązania hydroizolacyjne w garażach podziemnych. *Materiały Budowlane*, 3, 2-5.
- Gradkowski, K. (2009). Wielopoziomowe budowle parkingów w dużych miastach. *Przegląd Komunikacyjny*, 48 (4), 41-47.
- Janczura, K. (2000). Garaż wielopoziomowy w prefabrykowanej konstrukcji żelbetowej. *Materiały Budowlane*, 11, 78-79.
- Kaliuszuk-Wietecha, A. (2010). Nieszczelne garaże. Przykłady nieszczelnych garaży, *Materiały Budowlane*, 3, 26-27.
- Markiewicz, P. (2011). *Budownictwo ogólne dla architektów*. Warszawa: ARCHI-PLUS.
- Michalak, H. (2009a). *Garaże wilostanowiskowe. Projektowanie i realizacja*. Warszawa: Wydawnictwo Arkady.
- Michalak, H. (2009b). Projektowanie i realizacja wielokondygnacyjnych garaży podziemnych. *Budownictwo Podziemne*, 3, 32-39.
- Neufret, E. (2008). *Podręcznik projektowania architektonicznego*. Warszawa: Wydawnictwo Arkady.
- Potrzebowski, J. (2006a). Parkingi i garaże. Cz. I. Obciążenia i zagrożenia konstrukcji. *Kalendarz Budowlany*, 4, 50-52.
- Potrzebowski, J. (2006b). Parkingi i garaże. Cz. II. Trwałość obiektu i bezawaryjna eksploatacja. *Bilder*, 7/8, 72-74.

- Rokiel, M. (2013). Uszczelnianie dylatacji. *Inżynier budownictwa*. Pobrano z lokalizacji: http://www.inzynierbudownictwa.pl/technika,materiały_i_tehnologie,artykuł,uszczelnienie_dylatacji,6511.
- Szulborski, K. i Pyrak, S. (1998). O katastrofie obudowy wykopu głębokiego pod budynek przy ul. Puławskiej w Warszawie. *Inżynieria i Budownictwo*, 12, 677-682.
- Wolski, Z. (1988). *Roboty podłogowe*. Poradnik. Warszawa: Wydawnictwo Arkady.
- Zajac, G. (2008). Posadzki w parkingach wielopoziomowych i garażach podziemnych. *Materiały Budowlane*, 44, 99-100.
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. W sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2002 nr 75, poz. 690, z późn. zm.).
- PN-EN 1990:2004. Eurokod. Podstawy projektowania konstrukcji.
- PN-EN 206:2014-04. Beton. Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność.
- PN-EN 1992-1-1:2008. Eurokod 2. Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 1-1. Reguły ogólne i reguły dla budynków.

Streszczenie

Analiza wybranych błędów projektowo-wykonawczych w realizacji wielostanowiskowych podziemnych garaży. W pracy podjęto tematykę inżynierskich problemów występujących w wielostanowiskowych garażach podziemnych. Dokonano analizy wybranych problemów ujawniających się w garażach w okresie eksploatacji. Projektowanie, a następnie realizacja obiektów spełniających funkcję garaży podziemnych najczęściej są związane ze skomplikowanymi zagadnieniami inżynierskimi.

Do najczęstszych usterek konstrukcyjnych w garażach podziemnych można zaliczyć pęknięcia płyty dennej oraz stropów pośrednich wynikające z nieprawidłowego zaprojektowania zbrojenia, niewłaściwego oszacowania skurczu betonu, braku dylatacji czy też błędnie przyjętych warunków gruntowo-wodnych.

Summary

Error analysis of selected design and implementing in the implementation of multi-underground garages. The paper undertaken subject of complex engineering problems associated ago multi-underground garages. An analysis of selected problems manifest themselves in garages during the exploitation was done. Design and implementation of objects which function are underground garages is most often associated with serious engineering issues. For structural reasons to frequently occurring faults in garages may include fracture of the bottom slab and intermediate floors resulting from improper design of reinforcement, concrete shrinkage, lack of expansion joints or incorrectly adopted soil-water conditions.

Authors' address:

Marek Dohojda, Monika Wągrowska,
Joanna Witkowska-Dobrev
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
w Warszawie
Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska
Katedra Inżynierii Budowlanej
02-776 Warszawa, ul. Nowoursynowska 159
Poland
e-mail: marek_dohojda@sggw.pl