

dr inż. Piotr Woyciechowski*

dr hab. inż. Andrzej Garbacz, prof. PW*

dr hab. inż. Paweł Łukowski, prof. PW*

dr inż. Grzegorz Adamczewski*

Wady stropów z betonowych płyt sprężonych w wielokondygnacyjnych parkingach podziemnych

Defects of floors made of pre-tensioned hollow-core slabs in underground multi-storey car parks

Wymagania techniczne stawiane parkingom podziemnym dotyczą zagadnień urbanistyczno-architektonicznych, nośności i bezpieczeństwa konstrukcji oraz użyteczności. Do **wymagań urbanistyczno-architektonicznych** należą m.in. kwestie planistyczne i estetyczne, wskaźniki parkingowe związane ze strefowym różnicowaniem wymagań dotyczących warunków obsługi komunikacyjnej, a także powiązanie parkingu z infrastrukturą drogową miasta [1]. W zależności od tych czynników podejmowana jest decyzja dotycząca rodzaju parkingu oraz planowanej liczby miejsc parkingowych.

Wymagania konstrukcyjne wynikają z postanowień Prawa budowlanego oraz norm dotyczących projektowania i obejmują przede wszystkim bezpieczeństwo konstrukcji i bezpieczeństwo pożarowe. Zgodnie z tymi wymaganiami, konstrukcja parkingu powinna być zaprojektowana w taki sposób, żeby oddziaływanie na obiekt nie powodowało zagrożeń nośności, a eksploatacja obiektu nie stwarzała ryzyka dla użytkowników.

Wymagania dotyczące użyteczności obejmują m.in. ochronę przed hałasem i drganiami, bezpieczeństwo użytkownika obiektu, w tym nawierzchni (np. szorstkość i przyczepność nawierzchni, spadki odwadniające [2]) oraz zapewnienie szczelności przegród.

Spełnienie wymienionych wymagań jest warunkiem zapewnienia trwałości parkingu podziemnego, którego środo-

wisko wewnętrzne zazwyczaj odpowiada kombinacji klas ekspozycji XC3 oraz XD3 wg PN-EN 206-1 [3]. Kluczowa jest szczelność stropu, ponieważ szczelna przegroda pozwala na zminimalizowanie wpływu hałasu i spalin na użytkownika wyższych kondygnacji obiektu, ale przede wszystkim nie pozwala na przenikanie wody i zawartych w niej agresywnych substancji na kondygnacje niższe. W tym kontekście, wymaganie szczelności stropów wielokondygnacyjnych obiektów parkingowych jest szczególnie ważne [4].

Rozwiązania konstrukcyjne stropów

Wybór rozwiązania konstrukcyjnego parkingu wynika przede wszystkim z rodzaju i wielkości obiektu, a także z przesłanek ekonomicznych. Wielokondygnacyjne parkingi podziemne są projektowane przede wszystkim w obiektach biurowych i handlowo-usługowych (np. centra handlowe, hotele), w których wymagana jest duża liczba miejsc parkingowych.

Typowym rozwiązaniem konstrukcyjnym, stosowanym w podziemnych parkingach wielokondygnacyjnych, są ściany szczelinowe stanowiące zarówno obudowę wykopu na etapie wznoszenia, jak i element nośny obiektu. Dodatkowe usztywnienie konstrukcji stanowią trzony budynku, a całość konstrukcji uzupełnia układ słupowo-płytowy lub słupowo-belkowy. Niezależnie od przyjętej konstrukcji nośnej, możliwe jest zastosowanie różnych konstrukcji stropów. Najczęściej spotykane są stropy wykonywane w technologii monolitycznej żel-

betowej, zapewniające dobrą ochronę przed hałasem oraz przenikaniem oparów spalin przez przegrody [5]. Są to cechy szczególnie ważne w przypadku, gdy powyżej parkingu znajdują się pomieszczenia przeznaczone na pobyt ludzi. Alternatywnym rozwiązaniem monolitycznym są stropy sprężone kablobetonowe. Taka konstrukcja może być konkurencyjna ekonomicznie do technologii żelbetowej.

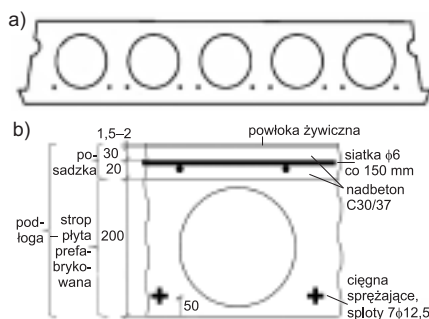
W wielu istniejących i wznoszonych parkingach podziemnych stosowane są także stropy z prefabrykatów, w tym płyt filigran, płyt TT oraz strunobetonowych płyt kanałowych. Pozwala to na znaczne ułatwienie procesu wznoszenia konstrukcji, ze względu na wykorzystanie jednolitego modułu funkcjonalno-przestrzennego, skrócenie całkowitego czasu budowy oraz uniezależnienie jej przebiegu od warunków atmosferycznych. Umożliwia także zastosowanie większego rozstawu słupów, co ma istotne znaczenie funkcjonalne, ale w tym przypadku utrudnione jest zapewnienie wymaganej szczelności przegród poziomych.

Charakterystyka parkingów ze stropami z płyt sprężonych

Wielokondygnacyjne parkingi podziemne wykonywane z zastosowaniem kanałowych płyt strunobetonowych (wysokości 20 – 40 cm) mają stropy o rozpiętości zazwyczaj od 9 do 18 m [1]. Konstrukcja wsporcza stropu to najczęściej układ słupowo-belkowy o regularnej siatce słupów. Strop zbudowany jest ze standardowych strunobeton-

* Politechnika Warszawska

wych płyt kanałowych (rysunek 1a), opartych na belkach i podciągach. Z reguły nie stosuje się bezpośredniego oparcia płyt na ścianach zewnętrznych, które w tego typu głęboko posadowionych obiektach najczęściej wykonywane są jako szczelinowe. Skomplikowana geometria współczesnych budynków biurowych i handlowych, w tym także ich części podziemnej, powoduje, że układ płyt w konstrukcji stropów kondygnacji podziemnych nie jest jednakowy na całej powierzchni kondygnacji. Często stosowane są w jednym stropie płyty modułowe różnej grubości i szerokości oraz uzupełnienia w postaci płyt docinanych na wymiar. Powiązanie tej różnorodności z organizacją ruchu w obszarze parkingu sprawia, że ruch pojazdów odbywa się zarówno w kierunku równoległym, jak i prostopadłym do kierunku układania płyt między podciągami. Sąsiednie płyty są łączone przez wypełnienie betonem tzw. zamka w miejscu oparcia płyt. Zamek powinien być zbrojony i wykonywany z betonu bardzo dobrej jakości. Styki podłużne sąsiednich płyt wypełniane są zaprawą. Nawierzchnię jezdnią i postojową garażu uzyskuje się przez wykonanie na prefabrykatedach ciągłej płyty betonowej (rysunek 1b) jako warstwy nadbetonu zmonolityzowanej z prefabrykatem (niewliczanej do konstrukcji albo traktowanej jako górna warstwa stropu zespolonego) lub tzw. podłogi pływającej położonej na folii, która umożliwia swobodę odkształceń nadbetonu. Nadbeton, ze względu na skurcz i związane z nim ryzyko zarysowania, jest zbrojony siatką lub zbrojeniem rozproszonym. Dodatkowym czynnikiem ograniczającym negatywny wpływ skurczu są dylatacje, choć warto zwrócić uwagę, że ostatnio w praktyce projektowej można zauważyć ten-



Rys. 1. Przekrój przez przykładową sprężoną płytę kanałową (a), konstrukcja podłogi (b)

dencję do projektowania bez dylatacji zarówno całych obiektów, jak i poszczególnych elementów konstrukcji o znacznych wymiarach.

Przykłady stwierdzonych typowych wad stropów

Kodeks Cywilny rozróżnia dwa rodzaje wad: fizyczną i prawną. Przedmiotem rozważań w analizowanym przypadku są wady fizyczne. W rozumieniu art. 556 Kodeksu Cywilnego przyjmuje się, że „...rzecz posiada wadę fizyczną, jeżeli: zmniejszona jest jej wartość oraz użyteczność ze względu na oznaczony w umowie cel albo wynikający z okoliczności lub z przeznaczenia rzeczy; nie ma właściwości, o których kupujący był zapewniony przez sprzedawcę; jest niekompletna”.

Definicja prawna wady fizycznej ma charakter ogólny i w odniesieniu do specyficznego przedmiotu, jakim jest obiekt budowlany, wymaga doprecyzowania. Zgodnie z [6] *wadą budowlaną jest każda niekorzystna i niezamierzona właściwość wybudowanego obiektu, utrudniająca zgodne z przeznaczeniem korzystanie z niego bądź jego konserwację lub obniżająca jego estetykę albo komfort użytkowników, która daje się wyeliminować za pomocą współczesnej techniki budowlanej*. Zgodnie z PN-EN 1504-9 wada konstrukcji betonowej to: *stan wymagający interwencji, który może mieć przyczyny wewnętrzne lub być wynikiem uszkodzenia czy degradacji*.

W świetle wymienionych definicji jako wady garaży podziemnych z płytami strunobetonowymi można wskazać: występowanie rys w podłodze oraz w elementach układu nośnego obiektu, brak wymaganej odporności na ścieranie posadzki, nieprawidłową geometrię posadzki, niedostateczne połączenie warstwy nadbetonu z materiałem podłoża, skażenie betonu szkodliwymi substancjami chemicznymi, nadmierną karbonatyzację betonu. Powstawanie oraz intensyfikacja wymienionych zjawisk wynikają zwykle z błędów projektowych lub wykonawczych. Ustalenie przyczyn wystąpienia wad wymaga przeprowadzenia oceny stanu technicznego garażu. Analizie poddawane są elementy składowe obiektu pod względem zastosowanej technologii ich wykonania, wła-

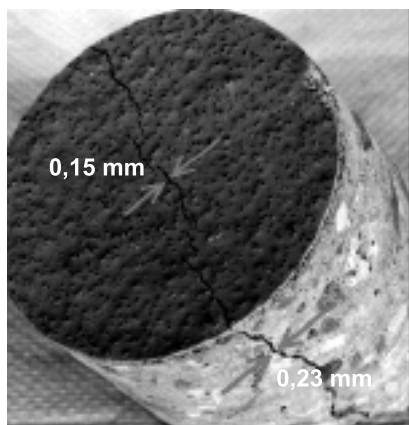
ściwości materiałów oraz warunków eksploatacji.

Podstawową czynnością diagnostyczną jest wykonanie szczegółowej inwentaryzacji wad i uszkodzeń obiektu. Inwentaryzacja taka powinna obejmować cały ustrój nośny obiektu lub, w szczególnych przypadkach, jedynie wybrane jego elementy, takie jak podłogi, słupy czy podciąg. Efektem inwentaryzacji jest dokumentacja przestrzennego rozmieszczenia rys, spękań, odprysków oraz innych objawów na rzutach i przekrojach obiektu. Inwentaryzacja przeprowadzona w ten sposób stanowi podstawę do wytypowania miejsc, w których niezbędne jest przeprowadzenie badań diagnostycznych ustroju nośnego i podłogi (rozumianej jako strop i posadzka łącznie – rysunek 1b). W diagnostyce podłóg stosuje się badania in situ (w tym np. sklerometryczne, radarowe, ultradźwiękowe i inne nieniszczące [8]) oraz badania próbek pobranych z konstrukcji, w tym odwierty rdzeniowe do standardowych badań wytrzymałościowych i ścieralności, określanie zasięgu frontu karbonatyzacji, np. metodami wymiennymi w [9], badanie zawartości chlorków w betonie, czy ocenę przyczepności warstw podłogi z wykorzystaniem badania pull-off, np. wg [10].

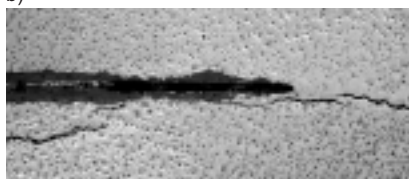
W artykule przeanalizujemy przykładowy obiekt, w którym wystąpiły typowe wady obserwowane w garażach podziemnych ze stropami z kanałowych płyt sprężonych. W analizowanym obiekcie zastosowano płyty grubości 20 i 26 cm (rysunek 1b). Bezpośrednio na płytach ułożona została warstwa nadbetonu klasy wytrzymałości C30/37 grubości ok. 5 cm, zbrojonego siatką $\varnothing 6$. Jako warstwę wykończeniową posadzki zastosowano powłokę żywiczną grubości ok. 1,5 mm. Po niespełna 5-letniej eksploatacji budynku na posadzkach garażu zaobserwowano rysy. Ich przebieg był typowy dla stropów z płyt sprężonych, tzn. były równoległe do dłuższych boków płyt stropowych i szczególnie intensywne w obszarach, gdzie dłuższy bok płyty był prostopadły do kierunku intensywnego ruchu pojazdów. Rysy przebiegały zarówno przez powłokę, jak i przez nadbeton, a często także przez górną strefę prefabrykatu. Szerokość rysy w powłoce i odpowiada-

jącej jej rysy w nadbetonie oraz prefabrykacie była z reguły zbliżona, a niekiedy rysa w powłoce miała szerokość nieco mniejszą niż w nadbetonie (fotografia 1a). Próby lokalnej naprawy rys były nieskuteczne (fotografia 1b).

a)

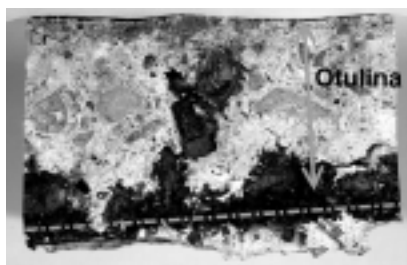


b)



Fot. 1. Kontynuacja w prefabrykacie rysy z nadbetonu (a); kontynuacja rysy w miejscu naprawy (b)

Niejednokrotnie diagnozowaliśmy podobny stan techniczny parkingów ze stropami z płyt sprężonych już po 2 – 5-letnim okresie eksploatacji, tak jak to miało miejsce w omawianym przypadku. Pogłębiona diagnostyka wykazała, że rysy stanowiły zarówno drogę wnikania chlorków do konstrukcji podłogi, jak i miejsce przebiegu zintensyfikowanej karbonatyzacji betonu (rysunek 2), prowadząc do intensywnej korozji zbrojenia w nadbetonie (fotografia 2).

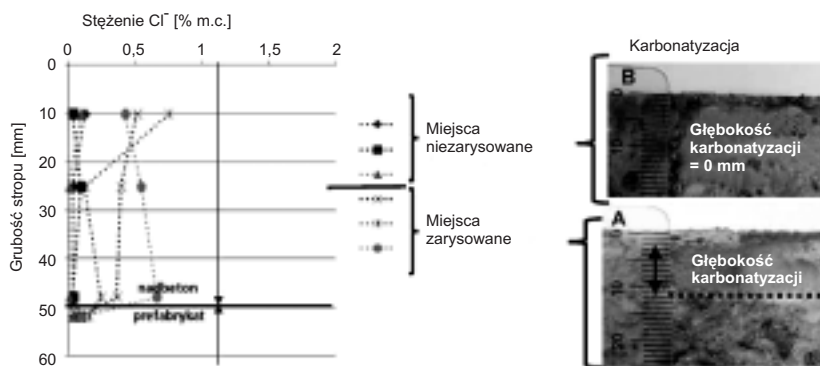


Fot. 2. Korozja prętów zbrojeniowych w zarysowanym przekroju nadbetonu

Analiza przyczyn wystąpienia wad i ich wpływ na użytkowanie i trwałość obiektu

Naszym zdaniem jedną z istotnych przyczyn występowania przedstawionych wad jest nietrafność stosowania prefabrykatów (w tym kanałowych płyt sprężonych) w konstrukcji wielokondygnacyjnych parkingów podziemnych, ponieważ wywołują one wiele trudności, zarówno na etapie projektowania, jak i wykonawstwa. Trudności te mogą w efekcie generować problemy eksploatacyjne, a także pogarszać trwałość obiektu.

Kluczowe do oceny trafności wyboru elementów sprężonych do konstrukcji stropu parkingu jest zagadnienie szczelności. Wymaganie to, nietypowe dla większości konstrukcji stropowych w budynkach ze względu na brak dostępu wody do ich powierzchni, wyróżnia stropy w wielokondygnacyjnych parkingach, jako stale narażone na zawilgocenie w trakcie eksploatacji. Ewentualny brak szczelności stropu w takim obiekcie stanowi poważną wadę zarówno w trakcie użytkowania, jak i w kontekście trwałości konstrukcji. Zapewnienie szczelności stropu powinno być brane pod uwagę zarówno w projekcie stropu, jak i w procesie jego wznoszenia.



Rys. 2. Skażenie chlorkami nadbetonu (0-50 mm) i prefabrykatu (>50 mm) oraz karbonatyzacja nadbetonu

Projektowanie konstrukcji z wykorzystaniem systemowych płyt kanałowych stwarza problemy m.in. z doborem elementów do geometrii obiektu, z wyborem sposobu połączenia nadbetonu z prefabrykatem, z wyborem rodzaju powłoki i rozwiązania zbrojenia zamków łączących płyty oraz zbrojenia przeciwskurczowego nadbetonu i dylatacji.

Kanałowe płyty stropowe z reguły nie są projektowane indywidualnie na potrzeby danego obiektu, jak ma to miejsce zazwyczaj w przypadku innych prefabrykowanych elementów nośnych [11]. Wobec tego, dobór elementów stropowych jest ograniczony asortymentem płyt produkowanych w zunifikowanych wymiarach, co w konsekwencji stwarza konieczność docinania płyt do wymiarów wynikających ze skomplikowanej geometrii obiektu. Jak wskazuje praktyka, styki dociętych elementów oraz zmiana ich grubości to miejsca potencjalnej nieuszczelnienia stropu.

Decyzja o sposobie połączenia nadbetonu z prefabrykatami ma decydujący wpływ na szczelność tego układu, z uwagi na tendencję płyt do klawiszowania, która jest cechą charakterystyczną tego typu stropów i dodatkowo ulega intensyfikacji w przypadku niedostatecznego połączenia płyt. Połączenie monolityczne skutkuje przeniesieniem odkształceń prefabrykatów na nadbeton, powodując jego zarysowanie. Intensyfikacja zjawiska ma miejsce w przypadku zróżnicowanej przyczepności w złączu nadbeton – prefabrykat. Efekt ten można ograniczyć, stosując tzw. posadzkę pływającą, pod warunkiem zastosowania takiej hydroizolacji, której nie uszkodzą odkształcenia prefabrykatów. Możliwe jest także uszczelnienie układu powłoką powierzchniową, której skuteczność uwarunkowana jest zachowaniem ciągłości na całej powierzchni. Wymaga to wyboru odpowiedniego rozwiązania materiałowego, np. typowe cienkie wylewki epoksydowe nie są wystarczająco elastyczne do takiego zastosowania.

Istotny element układu stanowi rozwiązanie zabezpieczenia przeciwskurczowego. Często praktyka projektowania dużych niedylatowanych powierzchni stropów pogłębia znaczenie tego problemu. Siatki przeciwskurczowe stosowane w cieniwej warstwie nad-

betonu są kłopotliwe do prawidłowego umieszczenia. Względy przeciwskurczowe wskazują, że siatka powinna być blisko powierzchni górnej, jednakże ograniczeniem jest minimalna grubość otuliny w agresywnym środowisku pracy nadbetonu. Dodatkową trudność stanowi wykonanie wymaganych spadków odwadniających w nawierzchni. W konsekwencji tych dylematów projektanci często zalecają głębokie umieszczenie siatki w betonie, nawet poniżej osi obojętnej płyty nadbetonu, co skutkuje tendencją do otwierania się rys na górnej powierzchni nadbetonu i przenoszeniem ich na powłokę. W takim przypadku siatka szybko ulega lokalnej korozji i stanowi przyczynę przyspieszonej destrukcji nadbetonu.

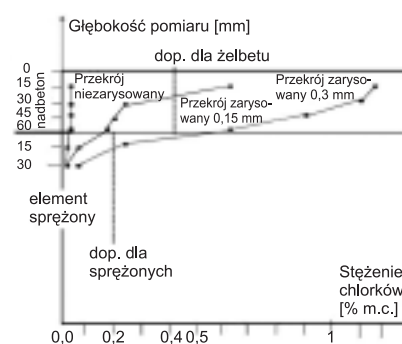
Wykonywanie parkingów z wykorzystaniem elementów prefabrykowanych, jak każdej odpowiedzialnej konstrukcji budowlanej, wymaga spełnienia niezbędnych warunków technologicznych w procesie wznoszenia. Na prawidłowe wykonywanie stropu z płyt strunobetonowych ma wpływ m.in. wykonanie trwałych połączeń między sąsiednimi płytami w strefie zamków. W tym celu konieczne jest zapewnienie zamkom niezbędnego czasu do zmonolityzowania płyt stropowych w obszarze między podporami. W warunkach budowy natomiast częstym błędem jest wykonywanie warstwy nadbetonu łącznie z wypełnieniem zamka, co prowadzi do przedwczesnego dociążenia nie do końca zespolonych płyt stropowych i naruszenia, nie w pełni ukształtowanego, połączenia nadbeton-prefabrykat. Istotne jest także zapewnienie szczelności styków podłużnych między prefabrykatami przez ich wypełnienie zaprawą, co jest technicznie kłopotliwe, a dodatkowo trudne do zweryfikowania w gotowej konstrukcji.

Konstrukcja stropu z kanałowych płyt sprężonych w garażu podziemnym jest także szczególnie podatna na specyficzne oddziaływania związane z eksploatacją obiektu. Zjawisko klawiszowania płyt stropowych wynika z ruchu samochodowego w obrębie parkingu i jest szczególnie intensywne w obszarach, gdzie ruch odbywa się w kierunku prostopadłym do długości płyty. Intensyfikuje to podatność układu na powstawanie rys.

Innym czynnikiem mogącym wpłynąć na przemieszczenia płyt w stropie są siły poziome, wynikające z odkształceń ścian szczelinowych. Konstrukcja stropu z płyt połączonych jedynie w zamkach jest bardziej podatna na oddziaływanie sił poprzecznych niż strop monolityczny. Warto ponadto zwrócić uwagę na fakt, że elementy prefabrykowanej konstrukcji nośnej kondygnacji podziemnych (podciąg, słupy, kanałowe płyty sprężone), przyjmując funkcję dodatkowych stężeń poziomych, obciążone są siłami poziomymi przekazywanymi przez zewnętrzne ściany szczelinowe. Typowe prefabrykаты nie są jednak projektowane na przenoszenie takich sił, co tłumaczy intensywność ich zarysowania obserwowaną w obiektach. Rysy, nawet jeśli nie są groźne ze względów konstrukcyjnych, to w warunkach narażenia na zawilgocenie związane z codzienną eksploatacją parkingu stanowią miejsca szybkiej penetracji chlorków (tym szybszej, im szersza rysa – rysunek 3) i w efekcie utraty ochronnych właściwości otuliny betonowej wobec zbrojenia [12].

Inwentaryzacja i badania parkingów ze stropami z kanałowych płyt sprężonych wskazują także na częste niedopuszczalne praktyki oszczędnościowe w projektowaniu i wykonawstwie. Do częstych błędów należą: zbyt mała grubość nadbetonu zespalającego; niedozbrojenie połączeń elementów prefabrykowanych; brak deklini zamykających wyloty kanałów płyt stropowych; brak podkładek neoprenowych w miejscach oparcia belek i płyt. Wszystkie wskazane trudności i błędy powodują, że już na wczesnym etapie użytkowania obiektu ujawniają się liczne wady i usterki zarówno konstrukcji nośnej, jak i podłogi (tabela). Wpływają one nie tylko na komfort użytkowania parkingu, ale również na prognozowaną trwałość obiektu.

Podczas eksploatacji garaże podziemne są okresowo narażone na działanie wody nanoszonej przez samochody w postaci błota pośniegowego na wszystkich kondygnacjach. Woda taka zawiera substancje chemiczne, w tym chlorki, pochodzące głównie ze środków zimowego utrzymania dróg. Dodatkowo należy się liczyć z możliwością przeciekania wody do wnętrza obiektu przez nieszczelne ściany



Rys. 3. Skażenie chlorkami nadbetonu i górnej strefy prefabrykatu sprężonego w zależności od szerokości rysy na powierzchni posadzki

szczelinowe. Zarysowanie podłóg, spotykane często w obiektach o omawianej konstrukcji, ułatwia przenikanie wody przez nadbeton i elementy konstrukcyjne stropu, stanowi zagrożenie ich trwałości oraz uciążliwość dla użytkowników, ze względu na zalewanie parkujących pojazdów. Cienkie powłoki epoksydowe stosowane jako nawierzchnie nie mają dostatecznej odkształcalności, która umożliwiłaby mostkowanie rys w nadbetonie, zapewniając szczelność podłogi. W wielu diagnozowanych obiektach stosowany był wariant stropu z nadbetonem trwale związanym z prefabrykatami, bez warstwy hydroizolacyjnej. Wówczas pęknięcie nadbetonu otwiera drogę penetracji bezpośrednio do prefabrykatu, a nawet może inicjować rysę w stosunkowo cieniwej ściance płyty nad kanałem. Ewentualne nieciągłości zespolenia nadbetonu i płyt kanałowych dodatkowo ułatwiają przemieszczanie się wody.

Skutki doraźne, związane z przeciekaniem wody przez strop na pojazdy na niższych kondygnacjach, stanowią poważne przekroczenie stanów granicznych użytkowania, ale nie mają bezpośredniego wpływu na bezpieczeństwo konstrukcji. Po krótkim czasie eksploatacji stwierdza się także intensywną korozję prętów zbrojenia w nadbetonie, spowodowaną karbonyzacją otuliny i jednocześnie wnikiem chlorków, w szczególności przez rysę nadbetonu. Dodatkową drogą przenikania wody i chlorków stanowią kanały w płytach oraz nieszczelnie wypełnione styki sąsiednich płyt.

Brak skutecznej naprawy w celu odciążenia konstrukcji stropu od kon-

Typowe wady podłóg parkingów podziemnych z kanałowymi płytami sprężonymi

Wada	Znaczenie dla użytkowania	Wpływ na trwałość	Przyczyna
Spękania powłoki żywicznej	pogorszenie wyglądu	droga wnikania wody, droga migracji chlorków i CO ₂ , zagrożenie zbrojenia	zbyt mała zdolność powłoki do mostkowania rys
Zarysowania i spękania nadbetonu	–	ułatwienie migracji wody i subst. agresywnych, przyczyna zarysowania powłoki, karbonatyzacja nadbetonu w rysach zagrożenie korozją zbrojenia	skurcz i odkształcenia termiczne – brak dylatacji w nadbetonie, zróżnicowana przyczepność nadbetonu do prefabrykatów, nieprawidłowy sposób betonowania zamków
Zbyt duża otulina siatki w nadbetonie	–	jedna z przyczyn zarysowań skurczowych nadbetonu	siatka zbrojeniowa umieszczona w pobliżu osi obojętnej nie pełni funkcji przeciwskurczowej
Zbyt małe spadki na powierzchni	kałuże pogarszają komfort, gromadzenie wody sprzyja jej przeciekaniu przez strop	ułatwienie migracji czynników korozyjnych, zagrożenie korozją zbrojenia	błędy wykonawcze
Nieszczelność podłogi	przeciekanie skażonej wody na auta na kondygnacji poniżej	ryzyko skażenia chlorkami strefy ochronnej zbrojenia sprężającego, zagrożenie korozją zbrojenia i w efekcie ryzyko utraty nośności stropu	zarysowania nadbetonu i powłoki, niemonolityczny charakter stropu, kanały jako droga migracji wody
Zarysowania płyt stropowych	droga przeciekania wody, pogorszenie wyglądu	przyspieszenie migracji chlorków, zagrożenie korozją zbrojenia sprężającego	uszkodzenia podczas montażu, zainicjowanie rys w miejscach pęknięć skurczowych nadbetonu
Skażenie dolnej strefy stropu chlorkami z przecieków	–	skrócenie drogi migracji chlorków do zbrojenia sprężającego, zagrożenie korozją zbrojenia sprężającego	migracja wody w kanałach, otwory montażowe do mocowania instalacji wiercone od spodu w płytach

taktu z wodą oznacza ryzyko wystąpienia korozji nie tylko siatki zbrojeniowej nadbetonu, ale przede wszystkim zbrojenia sprężającego w prefabrykach. Oznacza to istotne ograniczenie trwałości konstrukcji, a w skrajnym przypadku nawet ryzyko katastrofy, ze względu na nagły charakter zniszczenia strunobetonu. Trudność wykonania skutecznej naprawy wynika z faktu, że zarysowania posadzki mają z reguły charakter postępujący, o czym świadczą wtórne rysy w miejscu lokalnych napraw liniowych, co jest związane ze specyfiką konstrukcji stropu z płyt kanałowych.

Podsumowanie

W artykule przedyskutowano wpływ wad wielokondygnacyjnych parkingów podziemnych ze stropami z płyt sprężonych na użyteczność i trwałość obiektu. W swojej praktyce spotykaliśmy się z przedstawionym problemem wielokrotnie. W odniesieniu do obiektów będących przedmiotem opracowań eksperckich, kumulacja wskazanych wad i błędów wpływa

w znacznym stopniu na prognozowaną ich trwałość. Przy zakładanym okresie eksploatacji 50 lat, trwałość prognozowana ulega skróceniu nawet o ponad 50%. Stosowanie elementów prefabrykowanych, w tym stropów ze sprężonych płyt kanałowych, w wielokondygnacyjnym parkingu podziemnym jest naszym zdaniem nieprawidłowe, przede wszystkim ze względu na trudność zapewnienia szczelności takiego stropu, szczególnie w przypadku zespolenia płyt z nadbetonem. Odpowiedni dobór innego rozwiązania konstrukcyjno-materiałowego parkingu podziemnego, takiego jak np. żelbetowe stropy monolityczne, stropy kablobetonowe czy typu filigran, może w znacznym stopniu ograniczyć ryzyko wystąpienia problemów.

Abstract

Most of presently constructed offices or public buildings has an underground car park, often multi-storey. These buildings are usually built in monolithic technology or mixed technology with usage of the

precast elements, including pre-tensioned hollow core slabs.

In the presented article selected technical requirements and technical solutions for the multi-storey underground car parks were given, especially in relation to the car parks with floors build of hollow-core slabs. Typical faults of these type of car parks were presented. Reasons of these faults were discussed, diagnostic methods were presented and also the influence of the defects on the object usability and durability was analyzed.

Autorzy pragną wyrazić serdeczne podziękowania Panu Prof. zw. dr. hab. inż. Lechowi Czarnieckiemu za inspirację i cenną pomoc podczas przygotowywania artykułu.

Literatura

[1] Michalak H.: Garaże wielostanowiskowe – projektowanie i realizacja, Arkady 2009.
 [2] Woyciechowski P., Adamczewski G.: Przyczyny pylenia posadzki przemysłowej w hali magazynowej. Materiały Budowlane 2/2012, (nr 474), s. 25 – 27.
 [3] Beton wg PN-EN 206-1 – komentarz pod red. L. Czarnieckiego, Polski Cement, Kraków 2004.
 [4] Czarniecki L., Emmons P. H.: Naprawa i Ochrona Konstrukcji Betonowych, Polski Cement, Kraków 2002.
 [5] Korzeniewski W.: Parkingi i garaże dla samochodów osobowych – wymagania techniczno-prawne, COIB 2000.
 [6] Chrabczyński G., Heine A., Definicja wady budowlanej, Inżynier Budownictwa, 10, marzec 2006.
 [7] Targońska E., Gwarancja i rękojmia w kontraktach budowlanych, www.inzynierbudownictwa.pl, 2010.
 [8] Garbacz A. Nieniszczące badania betonopodobnych kompozytów polimerowych za pomocą fal sprężystych – ocena skuteczności napraw, Prace Naukowe, Budownictwo, z. 147, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2007.
 [9] Czarniecki L., Woyciechowski P.: Concrete carbonation as a limited process and its relevance to concrete cover thickness, ACI Materials Journal May/June /2012, p. 275-282.
 [10] Zybura A., Jaśniok M., Jaśniok T., Diagnostyka konstrukcji żelbetowych t. 1. i t. 2, PWN Warszawa 2010 – 2011.
 [11] Adamczewski G., Nicał A., Wielkowymiarowe prefabrykowane elementy z betonu, Inżynier Budownictwa, 3/2012, s. 46-53.
 [12] Łukowski P.: Decyzja o naprawie w świetle PN-EN 1504. Międzynarodowa Konferencja „Nowoczesne systemy ochrony antykorozyjnej obiektów mostowych”, Kielce, 2009, 43 – 50.