

Identyfikacja i ocena nieprawidłowości występujących w parkingach wielopoziomowych

Dr inż. Jacek Ślusarczyk, Politechnika Świętokrzyska, Kielce

1. Wprowadzenie

Parkingi wielopoziomowe stały się nieodzownym elementem aglomeracji miejskich. Mogą być integralną częścią centrów handlowych, budynków biurowych lub stanowić samodzielną konstrukcję identycznie jak przy uzupełnianiu miejskiej infrastruktury drogowej. Ich liczba wzrasta z roku na rok. Uszkodzenia spowodowane błędami obliczania i konstruowania konstrukcji nośnej ujawnione już w pierwszym roku eksploatacji opisują prace [1], [2], [3], [4]. Dla przedstawionych w artykule usterek, wad, błędów, uszkodzeń [5] użyto najbardziej ogólnego pojęcia nieprawidłowości. Mają one różne objawy, fazę powstania w procesie inwestycyjnym, przyczynę itp. Badaniem objęto wyłącznie kilka parkingów wielopoziomowych eksploatowanych w czasie od kilku tygodni do około dwudziestu lat. Przykłady nieprawidłowości odniesiono do priorytetowego kryterium zapewnienia bezpieczeństwa konstrukcji nośnej (art. 5 ust. 1 pkt 1a) Pb [6].

W sytuacji wymagającej natychmiastowych działań modernizacyjnych opisano sposób realizacji.

2. Krótka charakterystyka oddziaływań oraz istniejących rozwiązań

Konstrukcja parkingów wielopoziomowych jest zwykle żelбето-

wa. W jej skład wchodzi stropy stanowiące poziomy z miejscami do parkowania pojazdów. Istnieją poziomy nadziemne i podziemne. Stropy przenoszą zarówno grawitacyjne obciążenia stałe, zmienne, jak i siły poziome związane z ruchem pojazdów. W przypadku poziomów podziemnych, mogą przykładowo wystąpić dodatkowe siły poziome związane z parciem gruntu na ściany obudowy. W zależności od warunków ekspozycji i eksploatacji występuje:

- gradient temperatury dobowej i rocznej,
- woda we wszystkich postaciach i formach,
- środki odladzające w warunkach zimowych,
- zwiększone stężenie dwutlenku węgla.

Między innymi ze względu na różnice oddziaływań (klas ekspozycji) i warunków eksploatacyjnych, wyróżnia się następujące części, strefy obiektu:

- poziom górny dachowy,
- poziomy pośrednie typu nadziemnego i podziemnego,
- poziom najniższy, dolny mogący być jednocześnie płytą denną,
- pochylnie.

Występowanie poziomów podziemnych czy górnego dachowego z najintensywniejszymi oddziaływaniami jest opcjonalne, związane z konkretnym rozwiązaniem.

Funkcja stanowisk postojowych i dróg komunikacyjnych jest reali-

zowana w większości przypadków z ułożeniem na stropie elementów niekonstrukcyjnych – wykończeniowych. Przegroda pozioma nabiera charakteru struktury wielowarstwowej. Jej prawidłowe rozwiązanie materiałowo-technologiczne zależy od strefy obiektu i specyfiki oddziaływań [7]. Przykładowo, przy istnieniu poziomu górnego dachowego układ warstw może powstawać na bazie tzw. dachu balastowego, żwirowego [8]. Oczywiście otwartość poziomów parkowania eliminuje potrzebę wykonywania termoizolacji.

Dla poziomu dachowego i pozostałych mogą być zastosowane rozwiązania zredukowane do nośnej konstrukcji stropowej i wielofunkcyjnego systemu żywicznego lub hydroizolacji z nawierzchnią asfaltową. To ostatnie jest spotykane sporadycznie ze względu na mankamenty typu:

- brak możliwości wprowadzenia ciężkiego sprzętu do układania nawierzchni asfaltowej w przypadku projektowania parkingu na obciążenia do 2,5 kN/m²,
- konieczność uwzględniania przy projektowaniu zdecydowanie większych dobowych oddziaływań termicznych [9] związanych z ciemną nawierzchnią poziomu górnego dachowego, przy bezpośrednim działaniu słońca.

Każdy element struktury określonej strefy parkingu wielopoziomowego pełni ściśle przyjęte zada-

nia typu nośnego, ochronnego, użytkowego, dekoracyjnego itp. Zasadniczo są one znane.

W dalszej części artykułu, na tle diskutowanych rozwiązań przedstawiono przykłady obiektów z występującymi nieprawidłowościami zagrażającymi bezpieczeństwu konstrukcji nośnej bądź istotnymi ze względów estetycznych i użytkowych.

3. Nieprawidłowości zagrażające bezpieczeństwu konstrukcji nośnej

Korozja chlorkowa płyty stropowej poziomu podziemnego

Poziomy pośrednie nie są narażone na tak ekstremalne oddziaływania jak poziom dachowy. Nie występują bezpośrednio opady atmosferyczne, np. deszcz czy śnieg. Takie rozumowanie doprowadziło wprost do około dwudziestoletniego użytkowania praktycznie „surowych” stropów żelbetonowych parkingu z dwiema kondygnacjami podziemnymi. Płytę stropu poziomu podziemnego o grubości 30 cm zaprojektowano z użyciem stali A III 34GS

oraz betonu B-25 według wówczas stosowanych oznaczeń. Strop płaski bezbelkowy zaprojektowano oszczędnie ze zminimalizowanymi obciążeniami stałymi. Dążenie do maksymalnego ramienia sił wewnętrznych skutkowało przyjęciem trzycentymetrowego otulenia prętów podłużnych zbrojenia podporowego. Jedynym zabiegiem mającym pozwolić użytkować płaski wierzch stropu z betonu o niezbyt szczelnej strukturze była hydrofobizacja. Pojawiające się podczas około dwudziestoletniej eksploatacji odspojenia i wykruszenia betonu traktowano jako niedogodność estetyczno-użytkową i doraźnie łątano.

Tymczasem bezpośrednio po zastawieniu stropu betonowego jako powierzchni jezdnej i postojowej zawsze jest uwarunkowane zapewnieniem odpowiednich właściwości betonu. Obecne wymagania uwzględniające trwałość [10], [11] klasyfikują wierzch niezabezpieczonej powierzchniowo płyty parkingu cyklicznie mokry i suchy, przy zagrożeniu chlorkami do klasy ekspozycji XD3. W związku z tym,

wymagana jest minimalna klasa betonu konstrukcji C 35/45 (dawne B 45). Ponadto, w stanie granicznym użyteczności, wyznaczana szerokość rys dla kombinacji obciążeń długotrwałych w_{lim} nie może przekroczyć 0,2 mm. Dla klasy ekspozycji XD3, przy przewidywanym okresie użytkowania 50 lat, wymaga się minimalnej grubości otulenia c_{min} wynoszącego 40 mm dla stali węglowej lub niskostopowej.

Względy bezpieczeństwa wymagały pilnego wykonania modernizacji po uprzedniej ekspertyzie. Najważniejszym czynnikiem szkodliwie oddziałującym na nieprzygotowaną odpowiednio konstrukcję stropu było „przenoszenie” przez parkujące pojazdy soli stosowanych do zimowego utrzymania dróg. Destrukcyjnemu oddziaływaniu sprzyjała duża rotacja parkujących pojazdów charakterystyczna przy parkowaniu, a nie garażowaniu. Nie bez wpływu było również słabe czyszczenie przez personel sprzątający praktycznie nieprzygotowanej do tego płyty nośnej. Badania laboratoryjne próbek betonu pobranych z różnych miejsc



Rys. 1.
 a) Miejscowa korozja zbrojenia podłużnego,
 b) Dodatkowe podparcie modernizowanego stropu, c) Płyta stropowa z naniesioną nakładką systemową,
 d) Posadzka płyty parkingowej z pionowymi wywinięciami przygotowana do eksploatacji

**Rys. 2.**

- a) Tworzenie obszaru bezodpływowego nawierzchni przy małych opadach deszczu,
 b) Sączenie wody z wylugiwaniem wapna,
 c) Filtracja wody dylatacjami z dołożonymi „ratunkowymi” rynnami,
 d) Filtracja wody dylatacją z tworzeniem sopli na belce krawędziowej w warunkach zimowych

stropu wskazały na największą koncentrację stężenia chlorków tuż przy powierzchni. Dopuszczenie do miejscowych skażeń chlorkami z soli odladzających przy niedostatecznej otulinie, wpłynęło na miejscowe rozpoczęcie korozji stali zbrojeniowej w górnej części płyty (rys. 1a).

Na tempo procesu korozyjnego miały wpływ zarysowania, porowatość betonu, wwożona woda. Procesowi korozyjnemu sprzyjały ponadto naprężenia rozciągające i ściskające naruszające strukturę betonu na granicy zaczynu cementowego i kruszywa. Mikrorysy i rysy w wierzchniej warstwie betonu płyty otwierały drogę do wnikania soli wraz z wodą. Zakumulowany środek korozjogenny w uszkodzonej strukturze, w obecności pozostawianej wody przez parkujące pojazdy, praktycznie oddziaływał w sposób ciągły.

Projekt modernizacji na szczęście wymagał fragmentarycznego usunięcia „złego” betonu z odpowiednim przygotowaniem podłoża pod zaprojektowaną ochronę powłokową. Głębokość i powierzchnia

usuwanego betonu była różna i obejmowała co najwyżej odkrycie wierzchniego zbrojenia płyty. Na czas remontu wybrane fragmenty konstrukcji wymagały tymczasowego podstemplowywania (rys. 1b). Likwidacja podparcia nastąpiła po uzyskaniu przez materiał naprawczy zakładanej wytrzymałości. Stal zbrojeniowa w miejscach odkryć była przygotowywana zgodnie z zaleceniami zastosowanego systemu naprawczego. Miejscowe istniejące rysy po oczyszczeniu zalewano żywicą do momentu pełnego nasycenia. Po reprofilacji płyty stropowej wykonano około dwucentymetrową systemową „nakładkę” (rys. 1c), tak aby nastąpiło pełne zespolenie między nowym a starym materiałem w miejscu połączenia. Zastosowanie materiału naprawczego na całej powierzchni zwiększyło nieznacznie wysokość konstrukcyjną do 32 cm. Długotrwałą ochronę antykorozyjną stropu betonowego osiągnięto stosując system powłok żywicznych sklasyfikowanych jako OS 11a zgodnie z DAfStb Rili-SIB 2001. System ten

składa się z czterech kolejnych warstw:

- gruntującej z żywicy epoksydowej z posypką,
- elastycznej z żywicy poliuretanowej,
- ścieralnej z kruszywem kwarcowym,
- zamykającej z żywicy poliuretanowej.

W celu ochrony konstrukcji słupów i ścian, odpowiednio zastosowano pionowe „wywinięcie” posadzki na około 0,7 m (rys. 1d). Zalecono standardowe regularne czyszczenie posadzki przy zastosowaniu specjalnego sprzętu.

Odprowadzanie wody z poziomu dachowego szczelinami dylatacyjnymi

W rozwiązaniu z poziomym dachowym uzyskujemy jeszcze jedną strefę parkowania pojazdów. Narażenie na ekstremalne oddziaływania nie powinno być zaskoczeniem. Zastosowanie tradycyjnego układu warstw z kostką brukową, podbudową, hydroizolacją i płytą nośną z uformowanymi spadkami ma wiele zalet tech-

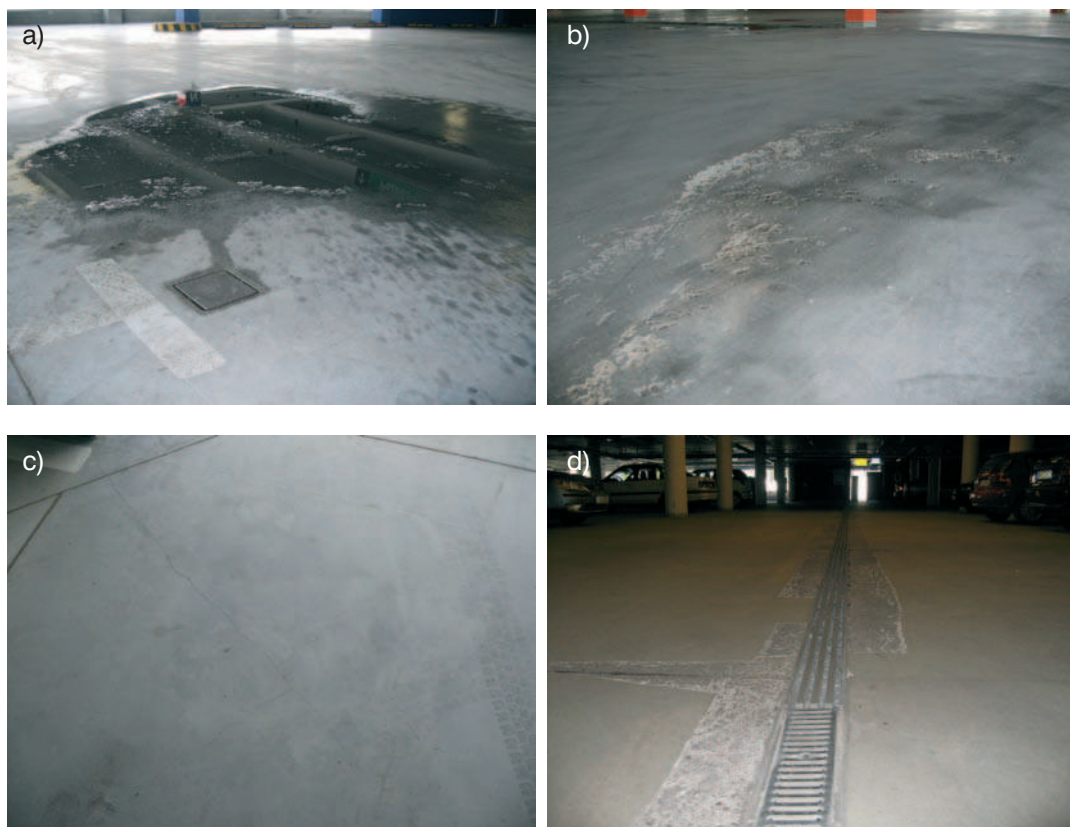
nicznych. Mało zwarta konstrukcja nawierzchni ze spoinami oraz podbudową rozprasza niekorzystne efekty termiczne oraz zmienne stany naprężenia. Nawierzchnie z prawidłowo wykonanych elementów drobnowymiarowych o gubkości 6–10 cm i wytrzymałości na ściskanie 50–60 MPa są bardzo trwałe, odporne zarówno na czynniki atmosferyczne, jak i wywołane ruchem pojazdów. Pewnym mankamentem w porównaniu do stosowanych izolacja–nawierzchni jest sprzyjanie maskowaniu, kamuflowaniu pierwotnie występujących nieprawidłowości w drugim „ukrytym” poziomie odwodnienia. Wystąpiło to na parkingu o konstrukcji słupowo–płytkowej po około ośmioletnim okresie eksploatacji. Zarówno widoczny, powierzchniowy poziom odprowadzania, jak drugi są kształtowane poprzez nadanie krzyżujących się spadków z osadzeniem wpustów dachowych w miejscach najniższej położonych. Zakładano filtrowanie wody w podbudowę w kierunku hydroizolacji, zależnie – między innymi – od szerokości spoin, wielkości

ziaren piasku kwarcowego wypełniającego, jak i frakcji kruszywa warstwy drenującej. Praktycznie nawet przy „wypoziomowanych” fragmentach nawierzchni woda musi spływać w poziomie hydroizolacji do bocznych otworów filtracyjnych we wpustach dachowych. Nie powinny powstawać obszary bezodpływowe (rys. 2a). O niewłaściwych spadkach w poziomie hydroizolacji i tworzeniu się niezamierzonej retencji wody deszczowej (prawie jak w nieszczelnym zbiorniku) świadczą wysięki z wyługiwaniem wapna istniejącymi rysami wskrośnymi na belce krawędziowej (rys. 2b). Szczególnymi miejscami wrażliwymi na nieprawidłowości związane ze spadkami i odprowadzeniem wody stały się miejsca dylatacji konstrukcyjnych stropu. Przy dylatacjach niesystemowych należy zapewnić ciągłość hydroizolacji, lecz dobrym zwyczajem jest w projekcie odwodnienia jej nie uznawać. Jeśli podział na zlewnie nie uwzględnia rozkładu dylatacji jako miejsc najwyższej położonych, to nawet niewielkie rozsz-

czelnienie niesystemowej dylatacji powoduje filtrację wody opadowej szczeliną pod strop. Przy stosowanych dylatacjach systemowych z zagwarantowaną wodoszczelnością, respektowanie dodatkowego zabezpieczenia szczeliny jako miejsca najwyższego (tzw. „odbój” wody od szczeliny) nie jest już tak istotne. Nie do zaakceptowania są naprawy nieszczelności dylatacji polegające na montażu rynien zbierających wodę pod dylatacjami konstrukcyjnymi i traktowanie szczelin dylatacyjnych jako pierwotnie nieplanowanych wpustów dachowych (rys. 2c). Nie chodzi już tylko o podciekanie na skutek braku kapinosów i estetykę, ale przede wszystkim o niszczenie przez wodę strefy podparcia jednej części konstrukcji na drugiej (rys. 2d). W przedstawionym przypadku są to dylatacje z przekazywaniem sił pionowych spełniające rolę podpór przegubowo–przesuwnych. Jest to rozwiązanie charakterystyczne dla „wymuszeń” funkcjonalno–użytkowych związanych z niechęcią stosowania podwójnych słupów układu nośnego



Rys. 3.
 a) Sączenie wody na styku zdwojonych rygli,
 b) Naprawa nieprawidłowo wykonanych szczegółów w strefie zainstalowania profilu dylatacyjnego,
 c) Powierzchniowe ubytki betonu,
 d) Niekontrolowane pęknięcia



Rys. 4.
 a) Tworzenie obszaru bezodpływowego nawierzchni tuż przed wpustem stropowym,
 b) Złuszczenia i ubytki nawierzchni jezdnej w postaci jamistych otworów,
 c) Niekontrolowane zarysowania posadzki i płyty jezdnej,
 d) Przygotowane do naprawy odspojenia posadzki żywicznej

i jednocześnie utrzymywaniem ich określonego rozstawu. Skutki procesu agresji chemicznej i fizycznej w strefie podparcia przegubowo-przesuwnej dadzą o sobie znać w niedługim czasie. Należy sądzić, że z czasem zostaną utracone możliwości poziomego przesuwu, co grozi uszkodzeniami związanymi z tzw. zmianą zakładanych warunków pracy konstrukcji. Wówczas przy zablokowanych możliwościach ruchów termicznych w dylatacji można poszukiwać uszkodzeń słupów konstrukcji nośnej. Podobną perspektywę czasową ma zagrożenie bezpieczeństwa polegające na destrukcji betonu krótkich wsporników przydylatacyjnych, czyli fizyczne zlikwidowanie miejsca podparcia. Jest to stan niedopuszczalny, wymagający modernizacji. Rynny są wyłącznie elementem chroniącym przed uszkodzeniami lakieru karoserii parkujących pojazdów w następstwie wytrącania się soli wapnia z przeciekającej wody w dużych ilościach.

Widoczne skutki nieprawidłowości związanych z odwodnieniem

wymagają usunięcia wszystkich warstw z góry stropu aż do hydroizolacji. Dopiero wówczas istnieje możliwość inspekcji ze szczegółową analizą, w celu podjęcia dalszych, właściwych działań.

4. Nieprawidłowości istotne ze względów estetycznych i użytkowych

Jest to grupa nieprawidłowości związana przede wszystkim z wodą oraz nawierzchnią jezdnią. Obecnie, najczęściej w przypadku wykonywania szczelin konstrukcyjnych, używa się tzw. wodoszczelnych profili dylatacyjnych. Poziome dachowe nawet przy tego typu rozwiązaniach mogą ujawniać od samego początku nieszczelności związane z nieszczelnościami na styku profilu z warstwami podłogowymi. Powstrzymanie sączenia wody opadowej (rys. 3a) w parkingu o tzw. układzie zdwojonych słupów i rygli wymagało przeprowadzenia stosownej naprawy (rys. 3b).

Uwzględniając czas formowania spadków nawierzchni jezdnej

względem czasu betonowania konstrukcji stropu, możemy wyróżnić dwa rozwiązania. Pierwsze, tradycyjne polega na wykonaniu dodatkowej zbrojonej płyty jezdnej. Drugie, nowsze polega na formowaniu spadków jednocześnie z betonowaniem i zacieraniem konstrukcji stropu. Jest to z oczywistych względów technicznie trudniejsze do realizacji, z zaletą minimalizowania obciążeń stałych. Płyty jezdne dylatowane wylewa się na warstwie poślizgowej z folii ułożonej na hydroizolacji stropu. Średnia grubość wynosi około 10 cm, a wykończeniem bywa żywica.

Dla płyty jezdnej poziomu dachowego wskazuje się klasę ekspozycji XF4 (środowisko silnego nasycenia wodą ze środkami odladzającymi). Niedociągnięcia w tym zakresie objawiają się przedwczesną degradacją i niszczeniem płyty (rys. 3c). Uszkodzenia tego rodzaju są spowodowane zamrażaniem i odmarzaniem warstwy przypowierzchniowej.

Z upływem czasu destrukcja będzie się powiększać i postępo-

wać w głąb. Wadą są również niekontrolowane pęknięcia (rys. 3d). Układ pęknięć sugeruje kilka przyczyn. Najdłuższa rysa rozdzielcza, prawie równoległa do szczeliny dylatacyjnej, przebiegająca przez całą szerokość pola wskazywałaby na wpływ gradientu temperatury. Ale pozostała liczba spękań świadczy z kolei o zbyt niskiej nośności tych przekrojów w stosunku do zaistniałych obciążeń. Dodatkową nieprawidłowością jest niedostateczne wypełnienie szczelin dylatacyjnych masą zalewową.

Zapewnienie właściwego komfortu poruszania się po poziomie parkingu pozwala konstruować spadki rzędu 2%. Przy tak małych spadkach i dużych powierzchniach, nietrudno uformować obszary bezodpływowe. Ilustruje to bezodpływowy obszar kilku metrów kwadratowych, tuż przed wpustem stropowym poziomu pośredniego (rys. 4a), parkingu badanego w pierwszym roku eksploatacji.

Różnorodne obserwowane nieprawidłowości związane z wadami i uszkodzeniem posadzek żywicznych można łatwo zidentyfikować korzystając z pracy [12]. Są to przykładowo niekontrolowane zarysowania (rys. 4b) czy odspojenia posadzki i ubytki betonu nawierzchni (rys. 4c). Rząd rozwarcia rys wskazuje, że mamy oczywiście do czynienia z posadzką sztywną, o bardzo małej zdolności mostkowania.

Opisywane powyżej nieprawidłowości dotyczyły w każdym przypadku płyty jezdnej, spadkowej, a nie stropowej. Płyta jezdna – oprócz pełnienia funkcji użytkowej – jest dodatkową barierą powstrzymującą działanie wody ze środkami korozyjnymi. Sama ulega zawilgoceciu, destrukcji, ale dalsza droga do agresywnych oddziaływań jest nadal zamknięta przez właściwą hydroizolację, ułożoną bezpośrednio na konstrukcji stropu.

Nieprawidłowości związane z utratą walorów estetycznych, użytkowych posadzki, płyty jezdnej zawsze pojawiają się jako pierwsze i w zależności od miejsca i powierzchni występowania mogą być do zaakceptowania, jako że nie dotyczą bezpośrednio konstrukcji stropu.

Gdy najniższym poziomem parowania jest parter obiektu, fundamenty stanowią zwykle stopy fundamentowe. Wielowarstwowa struktura tego poziomu opiera się na podłożu gruntowym, a nie stropie. Destrukcja podłoża gruntowego skutkiem oddziaływań wody wwożonej przez parkujące pojazdy jest niemożliwa. O zagrożeniach nośności stropu już mowy być nie może. Obserwowane wady i uszkodzenia posadzek parteru czy innych warstw tej struktury, mogą być istotne już tylko i wyłącznie z punktu widzenia złego pełnienia funkcji estetycznych czy użytkowych. Przykładowo, takie znaczenie mają uszkodzenia posadzki poziomu parteru parkingu eksploatowanego zaledwie kilka tygodni. Są to przygotowane do naprawy wyrównane odspojenia posadzki żywicznej w ciągu odwodnienia liniowego w tzw. korytkowym systemie odprowadzania wody (rys. 4d).

5. Podsumowanie

Charakter przedstawionych nieprawidłowości jest mocno zróżnicowany. Wynika to chociażby z różnicy czasu wzniesienia obiektu, oddziaływań, rozwiązań konstrukcyjnych czy innych uwarunkowań. W przeprowadzonych rozważaniach ograniczonych liczbą zbadanych obiektów nie miało miejsca niekorzystne oddziaływanie wód gruntowych.

Wydaje się, że w parkingach wielopoziomowych niektórych nieprawidłowości natury czysto estetycznej, a nawet użytkowej można nie usuwać. Należy sądzić, że w nowo budowanych obiektach wyłącznie takie będą mogły ewen-

tualnie występować. Natomiast bezwzględnych działań modernizacyjnych i naprawczych wymagają nieprawidłowości zagrażające bezpieczeństwu konstrukcji nośnej, typu:

- bezpośrednie użytkowanie stropu jako powierzchni jezdnej w przypadku betonu o właściwościach niedostosowanych do rzeczywistych oddziaływań,
- dopuszczanie do wnikania i filtrowania wody w dylatacje o charakterze podpór przegubowo-przesuwnych,
- uformowanie znacznych obszarów bezodpływowych z zalegającą i agresywnie oddziaływującą wodą przez dłuższy czas.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Starosolski W., Czerwieńska M., Problemy odkształceń i uszkodzeń monolitycznej płyty stropowej w dużym parkingu. XX Konferencja techniczna Awaryjne budowlane 2001
- [2] Ajdukiewicz A., Hulimka J., Kliszczewicz A., Błędy projektowe i realizacyjne w żelbetowych konstrukcjach parkingów. XXI Konferencja naukowo-techniczna Awaryjne budowlane 2003
- [3] Godycki-Ćwirko T., Nagrodzka-Godycka K., Niedostatki w żelbetowej konstrukcji parkingu. XXI Konferencja naukowo-techniczna Awaryjne budowlane 2003
- [4] Zawadzki A., Bielawski J., O wymianie uszkodzonych wsporników konstrukcji z prefabrykatów żelbetowych. Inżynieria i Budownictwo nr 10/2004
- [5] Czarnecki L., Emmons P. H., Naprawa i ochrona konstrukcji betonowych. PC, Kraków 2002
- [6] Prawo budowlane z 7 lipca 1994 r. (Dz. U. Nr 89, poz. 414) wg stanu prawnego na 01.01.2009 r.
- [7] Edwin Bayer, Parkhäuser – aber richtig. Ein Leitfaden für Bauherren, Architekten und Ingenieure. Düsseldorf 1993
- [8] Ślusarczyk J., Podstawowe wymagania i wytyczne konstruowania struktury parkingowej płyty dachowej. Przegląd Budowlany nr 12/2007
- [9] Zobel H., Naturalne zjawiska termiczne w mostach. WKŁ, Warszawa 2003
- [10] Eurokod 2. Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 1-1. PKN, Warszawa 2008
- [11] Katalog elementów budowlanych. Poradnik projektowania na trwałość według norm nowej generacji. WNT, Warszawa 2007
- [12] Czarnecki L., Uszkodzenia i naprawy posadzek przemysłowych. MB nr 9/2008