

dr inż. Marek Dohojda<sup>1\*)</sup>  
dr inż. Jarosław Szulc<sup>1</sup>  
mgr inż. Krzysztof Sztuka<sup>1)</sup>

# Diagnostyka żelbetowych elementów płytowych w obiektach parkingowych

## *Diagnosis of RC plate elements in parking buildings*

DOI: 10.15199/33.2015.11.15

**Streszczenie.** Obiekty parkingowe, wykonywane głównie w obiektach handlowych, narażone są na duże oddziaływanie środowiska oraz obciążenia wynikające z ich użytkowania. Ciągły wzrost zapotrzebowania na miejsca parkingowe wymusza budowę garaży i parkingów wielopoziomowych w gęstej zabudowie śródmiejskiej. W większości przypadków parkingi wielopoziomowe są typu otwartego, zaś garaże typu podziemnego o układzie konstrukcyjnym płytowo-słupowym. Narażenie ich na oddziaływanie warunków zewnętrznych oraz ich destrukcja w czasie stwarzają podstawy do prawidłowej diagnostyki oraz późniejszej właściwej naprawy.

**Słowa kluczowe:** obiekt parkingowy, diagnostyka budowlana, badania nieniszczące, systemy napraw.

**Abstract.** Parking facilities are mainly in shopping malls, they are exposed to high environmental impact and the load of resulting from their use. The continuous increase in demand for parking space enforces to build multi-storey garages and parking in a dense city centers. In most cases, multi-level car parks are open type and underground garages type of slab-column structure. Exposes them to the impact of external conditions and their destruction at the time of the bases for their proper diagnosis and subsequent properly repair.

**Keywords:** building parking, building diagnostics, Non-destructive testing, systems repairs.

Ustroje nośne obiektów parkingowych, z uwagi na funkcje użytkowe (ruch pojazdów) i wymagania dotyczące ochrony przeciwpożarowej, zwykle projektowane są jako szkieletowe, żelbetowe monolityczne lub prefabrykowane. W związku z tym, że na ogół mają formę otwartą (fotografia 1), posadzki narażone są na oddziaływanie czynników atmosferycznych oraz chlorków pochodzących ze środków odladzających. Obiekty parkingowe, jak wszystkie inne budynki, powinny spełniać wymagania podstawowe [1], w szczególności w zakresie bezpieczeństwa i trwałości konstrukcji.



**Fot. 1.** Przykład dwukondygnacyjnego parkingu naziemnego przy galerii handlowej  
*Photo 1.* Example of a two-storey ground park at a shopping mall

### Podstawowe wymagania dotyczące parkingów

Zgodnie z normą [2] konstrukcja powinna spełniać wymagania niezawodności przez zamierzony okres eksploatacji, bez znaczącego obniżenia przydatności i bez konieczności ponoszenia nadmiernych kosztów prac konserwacyjnych oraz remontowych. Wymagany okres użytkowania uzyskuje się, uwzględniając w projekcie odpowiednie środki zabezpieczające przed prognozowanym oddziaływaniem środowiska. Wymagania normowe dotyczące klas ekspozycji, w przypadku których korozja może być inicjowana chlorkami (XD1÷3) i agresywnym oddziaływaniem zamrażania/rozmarzania (XF1÷4), określają minimalną klasę betonu (o maksymalnym stosunku w/c, minimalnej zawartości cementu danego typu lub ich kombinacji) oraz nominalną otulinę zbrojenia elementów żelbetowych. Zapewnienie trwałości betonu nawierzchni obiektów parkingowych np. klasy XF4 determinowane jest [3] spełnieniem również wymagań dotyczących właściwego napowietrzenia oraz stosowaniem cementów z ograniczoną zawartością popiołów krzemionkowych w celu uzyskania odpowiedniej mrozoodporności [4].

### Procedura i metodyka diagnostyczna

Zgodnie z [5] pełna procedura diagnostyczna obiektów parkingowych powinna przebiegać wg schematu na rysunku 1.

#### PROJEKT NAPRAWY I OCHRONY BETONU

##### OCENA STANU KONSTRUKCJI

- informacja o konstrukcji
- historia konstrukcji
- przegląd dokumentacji
- badania terenowe

##### PROCES OCENY

- diagnoza wad
- identyfikacja przyczyn
- ocena konstrukcyjna

##### STRATEGIA POSTĘPOWANIA

- opcje naprawy
- wybór zasad
- wybór metod
- aspekty zdrowia i bezpieczeństwa

##### PROJEKT REMONTU

- definicja właściwości użytkowych
- przygotowanie podłoża
- wyroby
- wykonawstwo
- specyfikacje
- rysunki

##### WYKONAWSTWO

- ostateczny wybór wyrobów
- wybór wyposażenia
- ocena BHP
- definicja QA/QC

##### ODBIÓR PRAC REMONTOWYCH

- odbiór wyników badań
- odbiór prac wykończeniowych
- dokumentacja powykonawcza
- strategia utrzymania

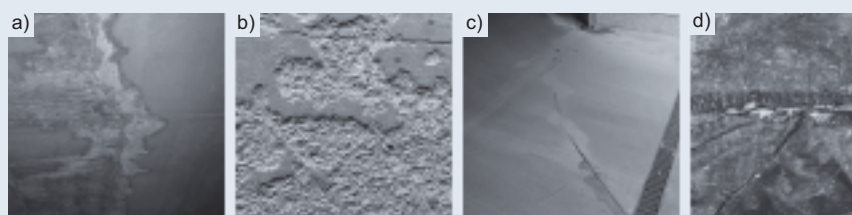
**Rys. 1.** Schemat podejmowania decyzji o fazach i prawidłowej procedurze naprawy oraz ochrony betonu wg [5]

*Fig. 1.* Decision-making scheme for phases and correct procedure for repairing and protection concrete according [5]

<sup>1)</sup> Instytut Techniki Budowlanej, Zakład Konstrukcji i Elementów Budowlanych

<sup>\*)</sup> Autor do korespondencji:  
e-mail: m.dohojda@itb.pl

Czynnością poprzedzającą ocenę stanu konstrukcji parkingu jest zebranie pełnej informacji o badanej konstrukcji na podstawie oceny stanu bieżącego, historii użytkowania, dostępnej dokumentacji technicznej, przeprowadzanych przeglądów oraz prac konserwacyjnych i naprawczych. Właściwa ocena powinna obejmować analizę zinventaryzowanych uszkodzeń konstrukcji (fotografia 2). W zależności od ich charakteru i zakresu dobiera się system ochrony i naprawy oraz określa strategię zarządzania konstrukcją. Możliwe jest pozostawienie konstrukcji bez jakichkolwiek działań, ograniczenie dopuszczalnych obciążeń (lub funkcji użytkowej), wprowadzenie prac naprawczych o zróżnicowanym zakresie, a w ostateczności rekonstrukcja lub rozbiórka obiektu czy jego wydzielonej części. Decyzję należy podejmować w zależności od: warunków użytkowania, możliwości wykonawczych, czy oceny ryzyka niepodjęcia działań.



**Fot. 2.** Przykładowe uszkodzenie żelbetowego stropu parkingowego: wykwyty (a); złuszczenia (b) i zarysowania betonu (c) oraz wady warstw podścielających i izolacyjnych (d)  
Photo 2. Examples of damage RC parking slab: efflorescence (a); exfoliation (b); cracking in concrete (c) and the defects insulating and subfloor layers

Projekt ochrony lub naprawy powinien uwzględniać zasady opisane w [5]. Najważniejszym elementem jest wybór metody: zabezpieczenia przed wnikaniem substancji; kontroli zawilgocenia; wzmocnienia konstrukcji; zwiększenia odporności na czynniki fizyczne i chemiczne; ochrony zbrojenia przed korozją.

### Przykładowe badania diagnostyczne

Ze względu na wymagane podstawowe dotyczące bezpieczeństwa użytkowania obiektów parkingowych zasadniczym elementem ich oceny jest określenie właściwości wytrzymałościowych użytych materiałów i nośności elementów konstrukcyjnych. Badania właściwości mechanicznych betonu można prowadzić w sposób nieniszczący: za pomocą metod sklerometrycznych, ultradźwiękowych lub seminiszczących z wykorzystaniem zależności korelacyjnych między wytrzymałością na ściskanie i rozciąganie betonu (metody pull off lub pull out) (rysunek 2). Zalecenia dotyczące metody sklerometrycznej:

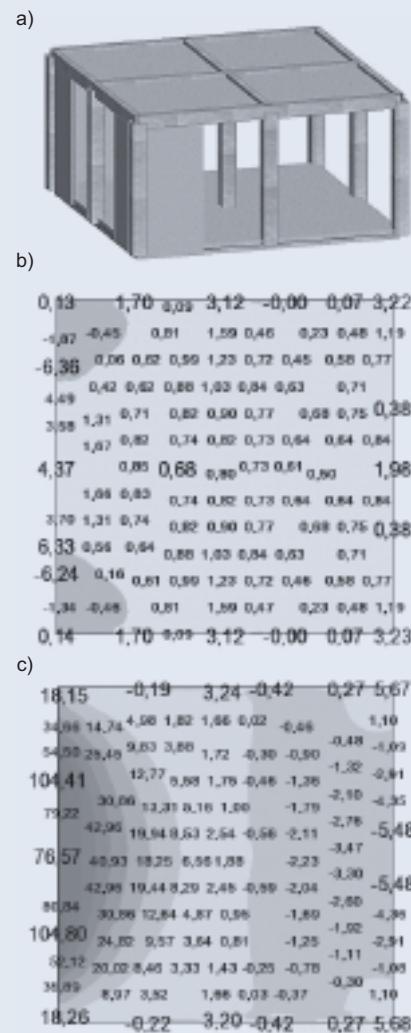
- badane miejsca (równomiernie rozłożone na elemencie konstrukcyjnym) powinny mieć powierzchnię min. 50 cm<sup>2</sup>;
- badania należy prowadzić w co najmniej 12 punktach pomiarowych (min. 5 odczytów w każdym punkcie pomiarowym);
- nie należy prowadzić badań na powierzchni skorodowanej, na ziarnach kruszywa grubego, w miejscach rakowatych i porowatych oraz na powierzchni górnej elementów (mleczko cementowe);
- nie należy badać elementów o małej sztywności, np. płyt, ścian o grubościach mniejszych niż 10 cm;
- niewskazane jest badanie powierzchni zawilgoconych (z uwagi na zaniżone wyniki) oraz miejsc, w których przewiduje się zbrojenie konstrukcyjne lub inne wkładki na głębokości do 3 cm.

W przypadku metody ultradźwiękowej z użyciem betonoskopu nadajnik i odbiornik powinny znajdować się na jednej prostej

przechodzącej przez element. Zaleca się unikać miejsc spękanych, zawilgoconych, skorodowanych i tych, w których występuje zbrojenie główne. W miarę możliwości pomiary należy prowadzić poza strefami potencjalnej koncentracji naprężeń oraz w odległości mniejszej niż 8 cm od krawędzi badanego elementu.

Najbardziej wiarygodną metodą określenia właściwości wytrzymałościowych betonu w konstrukcji są badania niszczące wykonywane na próbkach wyciętych z rdzeni walcowych odwierconych z elementu badanego wg procedury zamieszczonej w [6]. W badaniach laboratoryjnych można również określić moduł sprężystości podłużnej betonu oraz charakterystykę sztywnościową  $\sigma - \epsilon$ .

Badania stali zbrojeniowej zmierzają w kierunku określenia jej gatunku (sposobu użebrowania), średnicy prętów i ich położenia w konstrukcji (rozstaw, grubość otuliny betonowej). Informacje te można uzyskać na podstawie wyników skanowania zbrojenia (weryfikowanych w odkryw-kach konstrukcyjnych) bądź stosując np.



**Rys. 2.** Wpływ sprężystości podłoża na siły membranowe [kN] (skurcz -15 °C) w stropie parkingu (a); z uwzględnieniem sprężystości (b); bez uwzględnienia sprężystości (c)

Fig. 2. Effect of ground elasticity on the membrane forces shrinkage -15 °C in the car park slab (a); with elastic ground (b); without elastic ground (c)

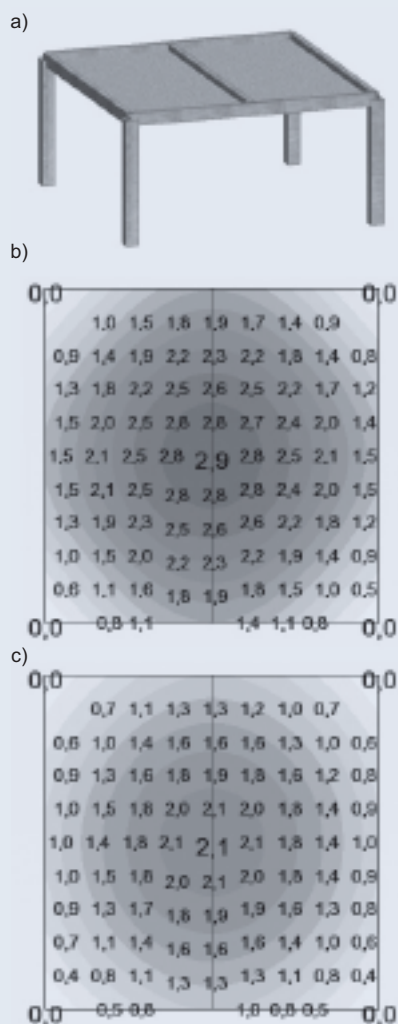
metody radiologiczne. W przypadku kontroli cech wytrzymałościowych konieczne jest pobranie próbki pręta z konstrukcji i poddanie jej testowi w laboratorium.

W celu określenia trwałości elementów konstrukcyjnych parkingów żelbetowych bada się stopień degradacji materiałowej, tj.: zaawansowanie karbonatyzacji betonu. Dodatkowo określa się stężenie jonów chlorkowych i siarczanowych, odnosząc uzyskane wyniki do wymagań normowych. Specjalistyczne badania diagnostyczne, w zależności od potrzeb wynikających z charakteru i zakresu uszkodzeń konstrukcji, można prowadzić z zastosowaniem urządzeń wykorzystujących metodykę tzw. Impact Echo (bada-

nie delaminacji warstw nawierzchniowych, głębokości zarysowań, pustek powietrznych w strukturze betonu i in.).

### Podstawowe kierunki analiz numerycznych

Analizy obliczeniowe elementów płytowych w obiektach parkingowych polegają głównie na weryfikacji stanów granicznych nośności i użyteczności. Podstawowym narzędziem diagnostyki są obecnie techniki komputerowe z wykorzystaniem algorytmów bazujących na MES. Projektownie obiektów bez wspomaganie komputerowego może prowadzić do przewymiarowania elementów przy spełnieniu warunków stanów granicznych. Wykorzystanie analiz num-



Rys. 3. Wpływ poprawnego położenia żeber na przemieszczenia [cm] sprężyste stropu parkingu (a); oś żeber zgodna z osią stropu (b); oś żeber poniżej osi stropu (c)  
Fig. 3. Effect of correct position beams on the elastic displacement [cm] of car park slab (a); coincident centre lines of the beam and slab (b); centre lines of the beams below the axis slab (c)

merycznych umożliwi diagnostykę układów konstrukcyjnych z uwzględnieniem wpływu skurczu, oddziaływania termicznego, pełzania (rysunki 2 i 3). W celu weryfikacji wyników badań elementów istniejącej konstrukcji wykonuje się serie modeli obliczeniowych, porównuje i optymalizuje otrzymane wyniki. Modele powinny jak najbardziej odzwierciedlać stan projektowy i istniejący, w tym: schemat statyczny; warunki brzegowe, rodzaje oddziaływań i ich kombinacje, materiał beton/zbrojenie; grubość otuliny itd. W ocenie konstrukcji nie należy pomijać wpływu oddziaływań temperaturowo-skurczowych, które mogą wywołać siły membranowe – naprężenia stanowiące główną przyczynę zarysowań. W pierwszym etapie należy sprawdzić warunek zbrojenia minimalnego elementów żelbetowych wg normy [2], a w dalszej kolejności, czy występujące wady, np. zarysowania, niedobór zbrojenia (błędy projektowo-wykonawcze) lub nieodpowiednia eksploatacja, wpłynęły na obniżenie nośności, zwiększenie ugięcia i obniżenie trwałości.

### Prace naprawcze

Każdy system naprawy musi uwzględnić zalecenia [5].

**Przykład 1.** Propozycja naprawy nawierzchni parkingu ze względu na zastosowany niewłaściwy beton, jego rozległe uszkodzenia oraz konieczność odtworzenia trwałości obiektu:

- zdjęcie warstw nad konstrukcją płyty nośnej;
- kontrola stanu technicznego górnej powierzchni płyty; ewentualnie: iniekcja grawitacyjna i/lub ciśnieniowa;
- obustronne zabezpieczenie powierzchniowe płyty (opcjonalnie) środkiem krystalizująco-penetrującym;
- montaż izolacji termicznej;
- wykonanie nowej nawierzchni, np. z kostki brukowej (8 cm kostka + podsypka piaskowo-cementowa ze spadkiem + folia HDPE kubelkowa + izolacja płyty – 2x papa grzewalna na osnowie).

**Przykład 2.** Prace naprawcze nawierzchni parkingu konieczne ze względu na zarysowania (również wskośne), rozległą delaminację warstwy wierzchniej i zagrożenie trwałości obiektu (korozja stali zbrojeniowej płyt stropowych). Propozycja naprawy:

- przygotowanie podłoża (frezowanie lub śrutowanie i odkurzenie);
- nałożenie warstwy gruntującej;
- lokalna naprawa ubytków i podłoża masą szpachlowo-żywiczną;

- montaż membrany elastycznej;
- wbudowanie warstwy zasadniczej;
- naniesienie piasku kwarcowego 0,4 – 0,8 mm;
- wykonanie warstwy wierzchniej (posadzka poliuretanowa o fakturze antypoślizgowej R11).

Zaprojektowane rozwiązanie (zapewniające szczelność elementu) zdaniem producentów systemów posadzkowych eliminuje konieczność naprawy rys.

W celu wypełnienia odspojen nadbetonu od płyt stropowych można zastosować iniekcję ciśnieniową lub mikrocementy w zależności od wielkości i rozwarości odspojen potwierdzonych próbnymi odwiertami.

### Podsumowanie

W diagnostyce elementów obiektów parkingowych konieczne jest przestrzeganie algorytmów i procedur zawartych w aktach normatywnych oraz uwzględnienie doświadczeń inżynierskich. Elementem wspomagającym powinny być wyniki badań laboratoryjnych, in situ oraz analiz numerycznych. Szczegółowa i merytoryczna diagnostyka konstrukcji pozwala określić przyczyny uszkodzeń i opracować skuteczny program prac naprawczych/wzmacniających z zastosowaniem optymalnych rozwiązań technologiczno-materiałowych. Stosowanie metod prowizorycznych (działania lokalne, np. wypełnienia ubytków, iniekcje zarysowań) eliminujących (w określonym czasie) skutki uszkodzeń, nie gwarantuje pełnej efektywności prac remontowych i przywrócenia trwałości obiektu. Prace wykonane w niepełnym zakresie często prowadzą do ponownej degradacji, uniemożliwiając właściwą eksploatację.

### Literatura

- [1] PN-EN 1990:2004 Podstawy projektowania konstrukcji.
- [2] PN-EN 1992-1-1:2008 Eurokod 2. Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków.
- [3] PN-EN 206-1:2003 Beton – Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność.
- [4] PN-EN 13877-2:2007 Nawierzchnie betonowe. Część 2: Wymagania funkcjonalne dla nawierzchni betonowych.
- [5] PN-EN 15042:2006: Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych. Definicje, wymagania, sterowanie jakością i ocena zgodności.
- [6] Brunarski L., Dohojda M.: Diagnostyka wytrzymałości betonu w konstrukcji, Monografia ITB Warszawa 2015.

Przyjęto do druku: 22.09.2015 r.