BOGUMIŁA CHMIELEWSKA, *b.chmielewska@il.pw.edu.pl*
GRZEGORZ ADAMCZEWSKI, *g.adamczewski@il.pw.edu.pl*
Politechnika Warszawska, Instytut Inżynierii Budowlanej,
Zakład Inżynierii Materiałów Budowlanych

WADY I NAPRAWY POSADZEK PRZEMYSŁOWYCH UTWARDZANYCH POWIERZCHNIOWO

DEFECTS AND REPAIRS OF HARDENED INDUSTRIAL FLOORS

Streszczenie Technologia DST (Dry Shake Topping) jest popularną i tanią metodą poprawy właściwości powierzchni betonu. Z tego względu jest bardzo często stosowaną metodą wykonywania posadzek przemysłowych także w garażach i parkingach. Omówiono przyczyny występowania rys i delaminacji posadzek DST ilustrując je przykładami badań i oględzin wadliwej realizacji otwartego parkingu. Przedstawiono wnioski z analiz i przedyskutowano metody naprawy.

Abstract DST technique is a popular and inexpensive solution to improve concrete surface properties. It is widely used for car parks and industrial buildings due to the effectiveness and low cost of application. Case study of damage of an outdoor car park DST pavement is described. Reasons for cracks and delaminations in that pavement are discussed. Results of field tests are presented. Conclusions from the analysis of main reasons of the pavement failure are summed up and the method for repair was discussed.

1. Posadzka w świetle normy PN-EN 13318

Definicję posadzki stanowiącej element podłogi przytacza polska norma PN-EN 13318 „Podkłady podłogowe oraz materiały do ich wykonania. Terminologia” [1] i tak:

Podłoże – jest to „element konstrukcji nośnej budynku, na którym wykonana jest podłoga”;

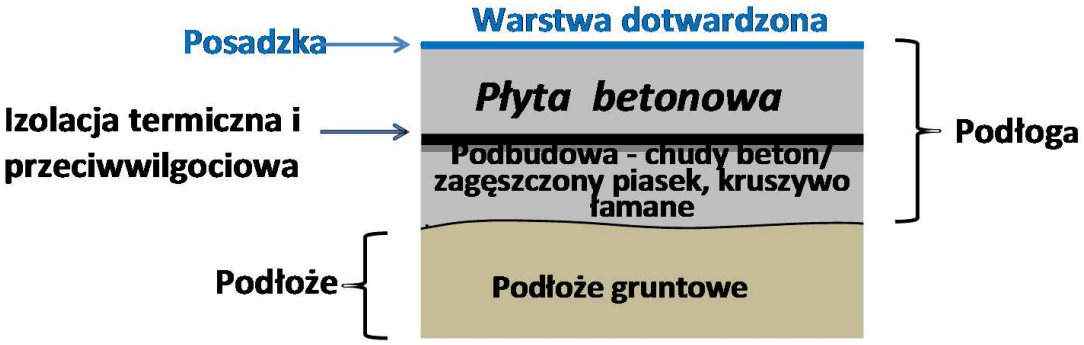
Podkład – jest to „warstwa (lub warstwy) z materiałów podkładowych wykonana(-e) na budowie bezpośrednio na podłożu, związana(-e) z nim, lub nie związana(-e), siłami przyczepności, lub też ułożona(-e) na warstwach pośrednich lub izolujących w celu: uzyskania określonego poziomu, ułożenia posadzki, stanowienia posadzki”;

Posadzka – jest to „wierzchnia użytkowa warstwa podłogi”.

Definicja podłogi podaje np. publikacja ITB „Śliskość. Zasady doboru posadzek. Poradnik” [2] i jest następująca:

Podłoga – jest to „element budowlany wykończenia, najczęściej poziomy, będący płytą utworzoną z jednej lub kilku warstw, której górna powierzchnia jest płaska i przystosowana do tego, aby mógł się na niej odbywać ruch ludzi, zwierząt lub środków transportu poziomego oraz do ustawiania na niej przedmiotów i sprzętów; składa się z posadzki i podkładu podłogowego”.

Norma PN-EN 13318 nie uwzględnia w zasadzie rozwiązania jakim jest podłoga na gruncie, gdzie płyta betonowa o powierzchni dotwardzonej suchą posypką mineralną np. w technologii DST (Dray Shake Topping), ułożona na podbudowie stanowi podkład i posadzkę (rys. 1).



Rys. 1. Układ warstw podłogi na gruncie

Rozpoznanie i interpretacja funkcji poszczególnych warstw podłogi jest konieczna do prawidłowego zaprojektowania wymagań dotyczących cech technologicznych i eksploatacyjnych wbudowywanych materiałów.

Wykonanie posadzki przemysłowej jest procesem, na którego efekt końcowy ma wpływ wiele czynników, a synergia oddziaływania tych czynników dodatkowo wpływa na końcową jakość posadzki, w tym możliwość powstania wad. Poprawne wykonanie posadzki przemysłowej wiąże się z uwzględnieniem uwarunkowań wynikających z technologii prowadzenia robót, stosowanych materiałów jak i zmienności warunków prowadzenia prac. O jakości posadzki decyduje także jej trwałość, a to w dużej mierze zależy od właściwego doboru posadzki do planowanych obciążeń użytkowych.

2. Technologia suchych posypek (Dry Shake Topping)

Posadzki betonowe wykonywane są najczęściej jako posadzki przemysłowe, to znaczy w pomieszczeniach przemysłowych, magazynowych, garażach i parkingach. W takich warunkach eksploatacji posadzka poddawana jest intensywniejszym i większym obciążeniom statycznym i dynamicznym niż ma to miejsce w przypadku posadzek w budownictwie ogólnym. Również istotny wpływ na posadzkę mają oddziaływania chemiczne, które często występują w warunkach przemysłowych lub oddziaływania środków odladzających naniesionym wraz z błotem pośniegowym na posadzki parkingów (rys. 2). W celu uszczelnienia struktury powierzchni, poprawy odporności na ścieranie, odporności na poślizg lub ze względów estetycznych układane są mineralne lub żywiczne warstwy posadzkowe.

Suche posypki wcierane w powierzchnię młodego, wiążącego betonu umożliwiają uszlachetnienie powierzchni betonu (wykonanie posadzki) równolegle z wykonywaniem płyty. Posadzka jest stosunkowo szybko gotowa do obciążeń. Idąca za tym względnie niska cena materiału przyczynia się do wielkiej popularności tego rozwiązania. Jednak wrażenie prostoty wykonania jest złudne. Skutkuje to dużą wadliwością posadzek w technologii DST wynikającą zarówno z błędów technologicznych jak i stosowania ich w miejscach wymagających posadzek o wyższych klasach odporności.

Posadzki w technologii DST wykonuje się dwiema metodami: wąskich pasów i dużych płaszczyzn [3]. Pierwsza z metod stosowana jest w celu uzyskanie powierzchni o bardzo wysokiej regularności. Metoda dużych płaszczyzn jest najpopularniejszym sposobem wykonania posadzek tradycyjnie dylatowanych jak i bezspoinowych.

Sucha posypka to mieszanina głównie cementu, pyłu krzemionkowego, drobnego kruszywa i pigmentów. Aplikacja jej polega na rozsypaniu w odpowiedniej ilości i zatarciu na powierzchni młodego betonu, w czasie umożliwiającym wchłonięcie z powierzchni wody niezbędnej do związania posypki. Wiązanie to reakcja cementu z wodą, a pyłu krzemionkowego z wodo-

rotlenkiem wapnia będącego produktem hydratacji cementu. W efekcie struktura powierzchniowej warstwy płyty betonowej zostaje ujednorodniona i zagęszczona. Dodatkowo, obecność twardych ziaren kruszywa (tabl. 1) naturalnych i syntetycznych, w tym z żużli, może istotnie poprawić odporność na ścieranie posadzki, zmniejszając znaczenie współczynnika *w*/*c* matrycy cementowej. Właściwie dobrana posypka i poprawnie wykonana posadzka skutkują [4, 5] wzrostem odporności na ścieranie betonu (tabl. 2).

Grubość posadzki w technologii DST wynosi najczęściej 2÷4 mm i zależy od ilości wtartej posypki, odpowiednio od 3÷6 kg/m^2. W przypadku posadzek narażonych na szczególnie wysokie obciążenia np. od ruchu ciężkiego lub obciążenia dynamiczne, warstwy o większej grubości wykonywane są dwuetapowo. Zwiększanie ilości wbudowywanej posypki przysparza jednak trudności wykonawczych, dlatego wymaga dużych umiejętności i dobrego zaplecza technicznego.

Tablica 1 Cechy posadzek wykańczanych posypkami zawierającymi wypełniacze naturalne lub metaliczne

Cecha posadzki	**Typowe wartości**	
Wytrzymałość na ściskanie, MPa	50÷80	
Wytrzymałość na zginanie, MPa	7÷11	
Stosowane kruszywa:	Twardość kruszywa (wg Mohsa)	Gęstość kruszywa, g/cm^3
– Karborund (SiC)	9,5	3,2
– Korund (Al_2O_3)	9	4,0
– Kwarc (SiO_2)	7	2,6
– Hematyt (Fe_2O_3)	6	5,0
– Bazalt	6÷8	2,3÷2,7
– Granit	6÷7	2,6÷3,2
Śliskość w teście PTV wg PN-EN 13036-4		
– powierzchnia sucha	65÷70	
– powierzchnia mokra	30÷40	

Tablica 2 Wpływ rodzaju suchej posypki (DST) na ścieralność posadzki (metoda BCA) [5]

Posadzka	**Głębokość wytarcia, mm**
Beton C40*)	0,22÷0,38
DST 1	0,20
DST 2	0,19
DST 3	0,04

*) posadzki wykonane w różnych obiektach

Rys. 2. Zimowe warunki eksploatacji posadzki parkingu

3. Przykład wadliwie wykonanej posadzki

Z punktu widzenia prawa wada posadzki to [6]: zmniejszenie wartości lub użyteczności, brak właściwości gwarantowanych przez wykonawcę lub wykonanie w sposób niezupełny.

Z punktu widzenia praktyki inżynierskiej [7] wada to niezgodność ze specyfikacją. Wynika z tego, że jeśli „niedoskonałość" posadzki nie narusza specyfikacji, to nie można jej uznać za wadę. Dlatego też w specyfikacji technicznej w jasny sposób powinny być określone wymagane cechy użytkowe posadzki jak i niedoskonałości, które traktowane będą jako wady. Takie podejście pozwoliłoby ograniczyć sytuacje sporne pomiędzy uczestnikami procesu budowlanego.

Stan posadzki na wstępnym etapie określa się na podstawie oceny wizualnej, prostych pomiarów i badań inżynierskich np. „ostukiwania". Do standardowych badań technicznych należą: oznaczenie wytrzymałości na ściskanie betonu podkładu i/lub posadzki, określenie przyczepności posadzki do podkładu betonowego (metoda Pull-off) oraz badanie ścieralności posadzki in-situ (metoda BCA) lub na próbkach posadzki (metoda Bohmego). W diagnostyce posadzek betonowych wykorzystywane są również metody nieniszczące takie jak metody sklerometryczne (młotek Shmidta), metody echa (Impact-Echo), metody ultradźwiękowe oraz radarowe (Ground Penetrating Radar) [8].

Jednym przykładów realizacji niespełniających wymagań użytkowych była posadzka parkingu otwartego, która uległa znacznej degradacji już po pierwszym okresie zimowym od wykonania.

Górna, otwarta kondygnacja parkingu wykonana została jako pływająca podłoga o grubości 20 cm, ułożona na warstwie izolacji termicznej i przeciwwodnej. Płyta została wykonana z betonu klasy C 30/37, spełniającego wymagania wynikające z klasy ekspozycji XF3. Zawartość cementu (CEM III/A 32,5 NA LH/HSR) wynosiła 360 kg/m^3, zawartość powietrza w mieszance betonowej 4,5%, a punkt piaskowy wynosił 39,2%. Płyta została zazbrojona siatką górną (ϕ6) i dolną (ϕ8) o rozstawie odpowiednio 15×15 cm i 10×10 cm i zdylatowana w polach 4×4 m. Posadzka parkingu została wykonana w technologii DST przy wykorzystaniu suchej posypki, o klasie ścieralności A3, z wypełniaczem mineralnym, w ilości 4÷5 kg/m^2.

Prace budowlane prowadzone były w okresie upalnego lata na kilku polach działek roboczych. Betonowanie płyty zazwyczaj odbywało się w nocy, natomiast wykańczanie powierzchni posypką utwardzającą miało miejsce w ciągu dnia. W trakcie realizacji robót nie była zapewniona dodatkowa ochrona przed wpływem temperatury oraz wiatru, co przyniosło łatwo zauważalny efekt w postaci odróżniających się od siebie kolejnych działek roboczych parkingu (rys. 3).

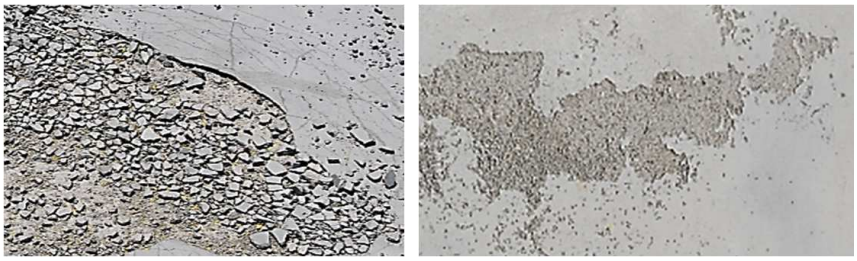
Rys. 3. Zróżnicowany wygląd powierzchni kolejnych działek roboczych parkingu

Po okresie zimowym, na powierzchni posadzki, zaobserwowano liczne objawy świadczące o znacznej degradacji materiału. Wśród najbardziej zintensyfikowanych rodzajów uszkodzeń można było wskazać:

– odpryski w formie kraterów przy powierzchni posadzki o wymiarach od 20÷50 mm i głębokości do 20 mm (rys. 4),

– rozwarstwienia, w tym łuszczenie się cienkiej ok 2 mm wierzchniej warstwy posadzki (rys. 5a) oraz rozległe odpryski na głębokości dochodzącej do ok. 6 mm (rys. 5b),
– zarysowania powierzchni w postaci sieci mikrorys (rys. 6a), krótkich równoległych rys (rys. 6b), rys równoległych do dylatacji (rys. 7a), rys w otoczeniu słupów, urządzeń odwodnienia liniowego i innych akcesoriów (rys. 7b), długich rys w zróżnicowanych kierunkach (rys. 7c)

Rys. 4. Uszkodzenia posadzki w postaci odprysków



Rys. 5. Złuszczenie cienkiej wierzchniej warstwy posadzki (a) oraz rozległe odpryski i wykruszenia (b)

Rys. 6. Krótkie rysy na niewielkim obszarze (a), rysy równoległe (b)

Rys. 7. Rysy równoległe do dylatacji (a), rysy w otoczeniu słupów (b) oraz długie rysy w zróżnicowanych kierunkach (c)

4. Przyczyny występowania wad posadzki

Ustalenie przyczyn wystąpienia wady, oprócz przeprowadzenia badań, wymaga również kompleksowej analizy procesu wykonania posadzki. Analiza taka często jest utrudniona z uwagi na niekompletność dokumentacji technicznej lub brak prowadzenia stosownych zapisów o warunkach prowadzenia robót.

W trakcie wykonywania oraz eksploatacji posadzki wykonanej w technologii DST można wskazać następujące przyczyny, które skutkują powstaniem wad:

– niewłaściwy dobór posadzki do warunków użytkowania,
– niedostateczna jakość zastosowanych materiałów, w szczególności betonu lub suchej posypki,
– błędy w technologii układania posadzki, w tym warunki wykonywania i pielęgnacji,
– sposób eksploatacji, w tym przekroczenie dopuszczalnych obciążeń lub stosowanie niewłaściwych zabiegów utrzymania czystości.

Odpryski. Występowanie na powierzchni posadzki odprysków, o charakterystycznym kształcie niewielkich kraterów, może być wywołana różnymi mechanizmami. Jako przyczynę powstawania takich uszkodzeń można wskazać korozję mrozową kruszywa, reakcję alkaliczną kruszywa (AAR) lub błędy wykonawcze związane ze zbyt silnym zacieraniem.

Destrukcja wywołana cyklami zamrażania i rozmrażania związana jest z obecnością w betonie niemrozoodpornych ziaren kruszywa, które zwiększając swoją objętość pękają odpryskując z okalającym je materiałem posadzki. Przyjmuje się, że intensyfikacja efektu następuje kiedy w ziarnach kruszywa występuje zwiększona zawartość porów o wymiarach od 0,1÷0,5 μm. Pory o większych wymiarach nie ulegają zazwyczaj całkowitemu wypełnieniu wodą, a w porach o wymiarach poniżej 0,1 μm temperatura zamarzania wody jest niższa, co skutkuje mniejszym udziałem takich porów w destrukcji mrozowej.

Korozja AAR ma miejsce w sytuacji, kiedy kruszywo w betonie wchodzi w reakcję z alkaliami zawartymi w cemencie. W przypadku kruszyw krzemianowych (ASR) reaktywnym składnikiem jest słabo skrystalizowana krzemionka, w przypadku kruszyw węglanowych może nastąpić dedolomityzacja (ACR). Produkty obu reakcji powodują degradacje betonu.

Miejsca występowania odprysków mogą być także inicjowane zbyt dużą siłą mechanicznego zacierania, powodującą „utrząsanie” ziarna i powstawania wokół niego pustki w kształcie pierścienia. W dalszej fazie wykonywania posadzki przestrzeń ta wypełnia się zaprawą, która jest słabiej związana z okalającym ją betonem. Są to potencjalne miejsca inicjacji rys pod wpływem obciążeń mechanicznych czy też cykli zamrażania. Doświadczenia wskazują, że ziarna kruszyw naturalnych w większym stopniu sprzyjają powstawaniu tego rodzaju defektów niż ziarna kruszyw łamanych.

Dodatkowy efekt może być związany z wpływem napowietrzenia mieszanki betonowej. W chwili wykańczania powierzchni posadzki zacieraczkami mechanicznymi, pęcherzyki powietrza przemieszają się z wnętrza plastycznego jeszcze młodego betonu i zbierają pod zacieraną powierzchnią. Powstałe w ten sposób lokalne przypowierzchniowe osłabienia struktury mogą skutkować powstawaniem niewielkich odprysków posadzki. Ryzyko wystąpienia tego zjawiska zwiększa się wraz z siłą zacierania powierzchni.

Delaminacje. Wykonywanie posadzek w technologii DST jest szczególnie podatne na wpływ błędów technologicznych wykonawstwa. Zacieranie posypki utwardzającej powinno odbyć się w odpowiednim czasie od momentu wylania płyty podkładu betonowego. W odniesieniu do stwierdzonych delaminacji posadzki, rozpatrzono dwa główne mechanizmy powstawania tych uszkodzeń, związane ze zbyt wczesnym lub zbyt późnym zatarciem warstwy posadzki.

W przypadku przedwczesnego rozpoczęcia zacierania, powierzchnia posadzki zostaje niejako „zamknięta” jako szczelna, wzbogacona w cement warstwa, zanim zakończy się proces wydzielania mleczka cementowego. W takiej sytuacji nadmiar wody nie ma możliwości ani odparować z betonu ani być wykorzystany do hydratacji spoiwa z posypki utwardzającej, ponieważ gromadzi się tuż pod jej powierzchnią. Przedwczesne rozpoczęcie zacierania może wynikać z nieprawidłowego rozpoznania momentu zakończenia wydzielania się mleczka cementowego. Pozorne zakończenie tego procesu może być związane ze zwiększonym odparowaniem wody z powierzchni młodego betonu w skutek działania wiatru lub w skutek obniżonej wilgotności powietrza. Wpływ może również mieć skład mieszanki betonowej (np. zwiększenie zawartości frakcji piaskowej, pyłów czy też popiołu) skutkując odmienną reologii układu. Powstałe w ten sposób osłabienia struktury uwidaczniają się pod wpływem obciążeń w postaci delaminacji na głębokości około 5÷10 mm poniżej powierzchni posadzki.

Rozpoczęcie zacierania zbyt późno, gdy w wierzchniej warstwie betonu znajduje się zbyt mało wody do pełnej hydratacji spoiwa cementowego posypki powoduje obniżenie właściwości mechanicznych posadzki (wytrzymałość na ściskanie, twardość, przyczepność do podkładu), a nasiąkliwość zostaje niekorzystnie zwiększona. Trudno jest też w takiej sytuacji wbudować założoną ilość posypki. W praktyce wykonawczej często spotykanym działaniem w takiej sytuacji jest dolewanie dodatkowej wody przy zacieraniu. Wprawdzie może to w pewnym zakresie umożliwić dalszą hydratację cementu, jednak zazwyczaj nie zostaje uzyskana wystarczająca jakość połączenia między zacieraną posadzką a podkładem betonowym, co prowadzi do delaminacji cienkiej (ok 2÷3 mm) warstwy posadzki.

Obniżona ścieralność. Do typowych przyczyn obniżenia ścieralności posadzek betonowych związanych z technologią i warunkami wykonania można zaliczyć: dodawanie wody w czasie zacierania posypki, zbyt dużą ilość cementu w posypce, przedwczesne zamarznięcie betonu posadzki, przesuszenie powierzchni posadzki w początkowej fazie dojrzewania lub niewystarczająca pielęgnacja, użycie zbyt małej ilości posypki. Przyczyny związane z jakością materiałów są stosunkowo rzadziej spotykane z uwagi na fakt, że materiały te muszą posiadać deklaracje producenta, który gwarantuje jakość. Przyczyny związane z eksploatacją obejmują przede wszystkim niedostosowanie rodzaju posadzki do używanych środków transportu, a także stosowanie niewłaściwych technik i środków konserwacji i czyszczenia powierzchni jak np. zbyt twarde szczotki czyszczące.

Rysy. W przypadku zarysowań posadzki do głównych przyczyn ich powstawania można zaliczyć: skurcz betonu, występowanie sztywnych elementów (które ograniczają odkształcenia płyty podłogi), wpływ na sztywną płytę podłogi elementów podlegających odkształceniom (np. drganiom), osiadanie gruntu, przeciążenia oraz korozję. Ta różnorodność potencjalnych przyczyn powstawania rys skutkuje występowaniem zróżnicowanych rodzajów zarysowań zidentyfikowanych na badanej posadzce.

Zarysowania równolegle bądź prostopadle do nacięć dylatacyjnych mogły być związane z ograniczeniem skurczu twardniejącego betonu, spowodowanym zbyt późnym wykonaniem dylatacji, nacięciem dylatacji na zbyt małą głębokość lub w zbyt dużych odstępach. Duże ograniczenia skurczu płyty spowodowane np. przez dwie siatki zbrojeniowe przechodzące pod szczelinami skurczowymi, skutkowały rozległymi nieregularnymi rysami w rożnych kierunkach, skumulowanymi na sąsiadujących ze sobą nie w pełni oddylatowanych polach.

Zarysowania płyty w narożach, przy krawędziach słupów, koryt odwodnienia liniowego lub innych elementów wbudowanych w podłogę związane są z powstawaniem miejsc koncentracji naprężeń spowodowanych ograniczeniem odkształcenia płyty. Jako możliwą przyczynę można wskazać gradient temperatury lub wilgotności w betonie. Zazwyczaj w takim przypadku można jednak uniknąć zarysowań stosując odpowiednie zbrojenie płyty lub odizolowując ją od stałych elementów parkingu.

Nieregularna siatka rys włosowatych (tzw. „crazing”) może uwidocznić się w sytuacji, kiedy zaistniały zaburzenia w procesie wykańczania i dojrzewania posadzki (np. czynniki pogodowe, przesuszenie). Rysy te nie stanowią zazwyczaj problemu technicznego, jednakże zintensyfikowanie ich występowania (siatką mikrorys) wpływa niekorzystnie na jakość posadzki. Siatkę rys (w tzw. kształcie D) obserwuje się także na wstępnym etapie korozji kruszywa.

5. Wyniki badań laboratoryjnych

Wytrzymałość betonu na ściskanie określona została na 7 rdzeniach pobranych z konstrukcji. W oparciu o normę PN-EN 206-1 klasę betonu o średniej wytrzymałości na ściskanie równej f_{cm} = 41,2 MPa określono jako C30/37, potwierdzając zgodność z projektem. Uwzględnienie współczynnika korekcyjnego dla obliczania klasy betonu na podstawie badań próbek pobieranych z konstrukcji (0,85 wg PN-EN 13971) pozwala wnioskować, że faktyczna klasa betonu może być niedoszacowana.

Wytrzymałość na rozciąganie wierzchniej warstwy betonu określono metodą pull-off. W każdym z 7 wybranych obszarów parkingu usunięto warstwę utwardzającą i wykonano po trzy pomiary. Zniszczenie następowało na głębokości od 2÷33 mm. Wytrzymałość na rozciąganie w każdym z badanych obszarów nie była niższa niż 2 MPa (średnio 2,6 MPa).

Ścieralność posadzki DST określono metodą Bohmego, zgodnie z PN-EN 13892-3. Próbki do badań pobrano z dwóch wytypowanych obszarów, w których powierzchnia posadzki wizualnie nie wzbudzała zastrzeżeń co do jakości. Pomimo to wyniki badań wykazały znacznie niższą klasę ścieralności posadzki (A9÷A12) w porównaniu do wartości deklarowanej dla suchej posypki (A3).

Badania składu chemicznego kruszywa przeprowadzone zostały na ziarnach, które uwidoczniły się w miejscach odprysków posadzki. W szczególności badania dotyczyły ziaren o zabarwieniu białym lub jasnożółtym, których występowanie było najczęstsze. Spektrometria rentgenowska wykazała następującą zawartość składników głównych: kalcyt 22,2%, trydymit 10,9%, krystobalit 14,2%, kwarc 52,5%. Wyniki wskazują na obecność opalu CT, silnie zdefektowanego niskotemperaturowego trydymitu wrażliwego na korozję ASR. Analiza składu ziaren o zabarwieniu jasnożółtym wykazała natomiast obecność dolomitu i kalcytu. Ziarna te charakteryzowały się bardzo wysoką porowatością i łatwo ulegały uszkodzeniom mechanicznym, co dodatkowo utrudniało warunki ich badania. W przypadku ziaren o białej barwie badania wykonane metodą porozymetrii rtęciowej wykazały znaczną ich porowatość, co odzwierciedliło się w niskiej klasie mrozoodporności tego kruszywa.

Badania odporności na oddziaływanie mrozu przeprowadzono na sześciu próbkach o średnicy 150 mm i grubości ok. 40 mm pobranych z posadzki w miejscach charakteryzujących się gładką powierzchnią, bez rys i uszkodzeń. Po zaizolowaniu próbki powierzchnię posadzki poddano 28 cyklom nasączania (wodą z solą) i zamrażania zgodnie z PN-EN 1340 [9] określając podatność na odpryski. Na wszystkich sześciu próbkach zaobserwowano zniszczenia powierzchniowe w postaci gęstej siatki spękań, a w dwóch przypadkach zaobserwowano odprysk kruszywa i powstanie rys (rys. 8).

Rys. 8 Widok powierzchni posadzki a) przed badaniem b) po badaniu mrozoodporności

6. Naprawa posadzki

Naprawy posadzek wykonanych w technologii DST wiążą się najczęściej z usunięciem warstwy dotwardzonej i ułożeniem nowej posadzki. Tylko w przypadku podłoży o bardzo dobrej jakości można po oczyszczeniu posadzki zastosować impregnację powierzchni krzemianami i ewentualne polerowanie. Decyzja o takiej naprawie powinna również uwzględniać zapewnienie odporności posadzki na planowane po remoncie obciążenia użytkowe. Taka naprawa nie jest odpowiednia w przypadku parkingów otwartych.

Gdy mamy do czynienia z osłabionym podkładem betonowym piaskowanie bywa często niewystarczające i w celu usunięcia 5÷10 mm słabej warstwy stosuje się frezowanie lub śrutowanie. Następnie należy dokonać naprawy rys, oczyścić dylatacje i uzupełnić powstałe ubytki. Jeżeli podkład charakteryzuje się niską jakością można stosować środki impregnujące, które wzmocnią i ujednolicą strukturę wierzchniej warstwy betonu.

Dobór posadzki jest zagadnieniem bardzo złożonym. W przypadku otwartych parkingów można stosować cienkowarstwowe, szczelne i mrozoodporne wylewki polimerowo-cementowe. Jednak w przypadku występowania rys ruchomych i konieczności zapewnienia szczelności płyty poddanej oddziaływaniom dynamicznym i termicznym stosuje się grubowarstwowe posadzki żywiczne z wbudowaną elastyczną membrana poliuretanową, wykończone warstwą o właściwej odporności na poślizg.

7. Wnioski

Destrukcja posadzki parking uwidoczniła się kilka miesięcy po jej wykonaniu i miała charakter postępujący. Powstały liczne uszkodzenia posadzki jak odpryski, rysy i delaminacje. Jako najistotniejsze przyczyny uwidocznienia się wad posadzki należy wskazać:

– przyjęcie w projekcie zbyt niskiej klasy ekspozycji posadzki,

– porowate, pęczniejące kruszywo o niskiej odporności na mróz i reakcje z alkaliami,

– niska jakość prac wykonawczych, na którą istotny wpływ miały zmienne i niedogodne warunki pogodowe;
– zbyt późne i zbyt płytkie nacięcie szczelin dylatacyjnych oraz brak dylatacji stałych elementów wbudowanych w podłogę,
– wpływ na właściwości reologiczne mieszanki betonowej takich czynników jak domieszka napowietrzająca niższa niż zakładana konsystencja, zbyt wysoki punkt piaskowy.

Literatura

1. PN-EN 13318 Podkłady podłogowe oraz materiały do ich wykonania. Terminologia.
2. Popczyk. J.: Śliskość. Zasady doboru posadzek. Poradnik, Instrukcja ITB, 466/2011.
3. Raport Techniczny TR 34, Concrete industrial ground floors – a guide to their design and construction, The Concrete Society.
4. Sadegzadeh M., Kettle R.J.: Abrasion resistance of surface-treated concrete, Cement, Concrete and Aggregates, CCAGDP, 1 (10) Summer 1988, s. 20-28.
5. Sadegzadeh M., Kettle R.J.: Abrasion resistance of concrete floors, Concrete, September 2002, s. 30-33.
6. Głowacka J.: Odpowiedzialność za wady fizyczne świadczenia w umowie o roboty budowlane, III Seminarium Naukowo-techniczne „Podłogi Przemysłowe”, Warszawa 2011, s. 5-10.
7. Czarnecki L.: Defects and damage of Floors. RILEM Report no. 33, Industrial Floors (Ed.: P. Seidler), RILEM Publication S.A.R.L,2006, s. 34 – 44.
8. Williamson N.: Ocena estetyki powierzchni i identyfikacja wad w betonowych posadzkach przemysłowych, III Seminarium Naukowo-techniczne „Podłogi Przemysłowe”, Warszawa 2011, s. 20-26.
9. Garbacz A.: Nieniszczące badania betonopochodnych kompozytów polimerowych za pomocą fal sprężystych – ocena skuteczności napraw. Prace naukowe Politechniki Warszawskiej, z. 147 Budownictwo, Oficyna Wydawnicza PW, 2007.
10. Czarnecki L.: Mechanism of Industrial Floor Deterioration: Causes, Results and Preventive Means, 5th International Colloquium Industrial Floors '03,TAE 2003, s. 65-72.
11. PN-EN 1340 Krawężniki betonowe. Wymagania i metody badań.
12. Łukowski P.: Decyzja o naprawie w świetle PN-EN 1504. Międzynarodowa Konferencja „Nowoczesne systemy ochrony antykorozyjnej obiektów mostowych”, Kielce, 2009, s. 43-50.