

PRZYCZYNY USZKODZEŃ NOWEJ POSADZKI BETONOWEJ W HALI WYSOKIEGO SKŁADOWANIA

MAGDALENA CZOPOWSKA-LEWANDOWICZ, *e-mail: m.czopowska-lewandowicz@po.opole.pl*
Politechnika Opolska w Opolu, Wydział Budownictwa i Architektury

Streszczenie: W obiektach magazynowych obecnie najczęściej wykonuje się betonowe posadzki przemysłowe, którym stawia się coraz wyższe wymagania. Dotyczą one zarówno trwałości, jak i jej estetyki, a nierzadko również i odporności chemicznej. Mimo stosowania tak surowych kryteriów, bardzo często dochodzi do uszkodzenia posadzki, a nawet całej konstrukcji podłogi. Sytuacje takie obserwuje się zarówno w obiektach użytkowanych, jak i w nowopowstałych. Taki właśnie przypadek omówiono w artykule. Przedstawiono w nim badania zarysowanej posadzki betonowej wykonanej w hali magazynowej po zaledwie kilku miesiącach od jej wykonania. Omówiono przyczyny wystąpienia rys oraz przedstawiono propozycje metod naprawy.

Słowa kluczowe: posadzka przemysłowa, beton, fibrobeton, zarysowanie, odwiarty rdzeniowe

1. Wstęp

Hale magazynowe stanowią znaczny odsetek powstających obecnie budynków. Wykonywane są one w różnych technologiach i z różnych materiałów. Ich wspólnym mianownikiem są natomiast posadzki przemysłowe, wykonywane w takich obiektach jako monolityczne. Są to elementy najbardziej narażone na uszkodzenia w całej hali, a ich jakość bezpośrednio wpływa na przebieg produkcji, transport wewnętrzny oraz walory estetyczne. Zniszczenie posadzki nie pociąga za sobą awarii większej części obiektu, ale jej naprawa bywa bardzo kosztowna. Warto zatem zwracać większą uwagę zarówno na proces projektowania jak i wykonania posadzek przemysłowych. Ich znaczna powierzchnia jest przyczyną powstawania rys skurczowych – co jest najpopularniejszym powodem uszkodzeń. Często również do zniszczenia posadzek przyczyniają się źle rozmieszczone lub nieprawidłowo wykonane dylatacje albo niewłaściwie dobrane materiały. Przedstawiona w niniejszej pracy posadzka betonowa uległa zniszczeniu właśnie poprzez zarysowanie skurczowe. Dodatkowo zbyt mała ilość zastosowanego zbrojenia rozproszonego nie była w stanie ograniczyć propagacji rys we wspomnianej posadzce. Sytuacja ta była przyczyną znacznych kosztów jakie inwestor musiał ponieść w związku z naprawą oraz częściowym wyłączeniem powierzchni magazynowej z użytkowania na czas robót.

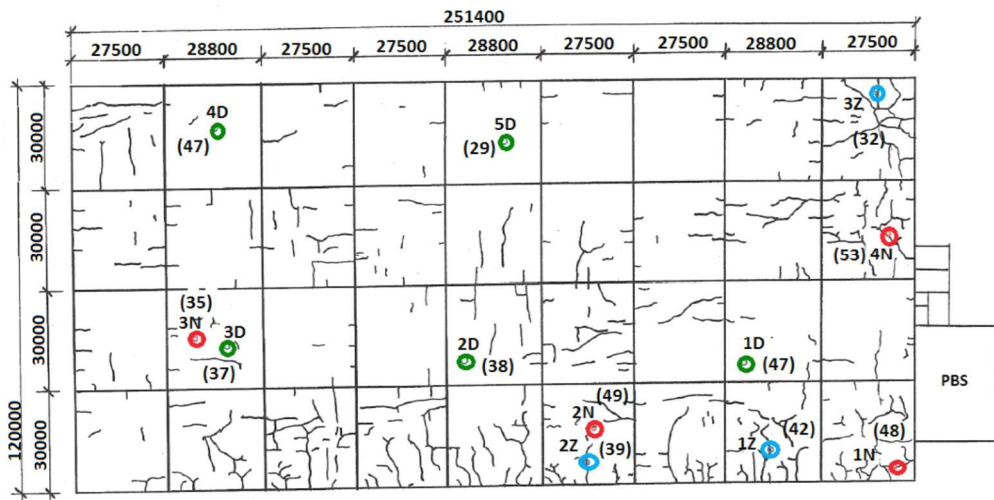
2. Charakterystyka obiektu

Przedmiotowym obiektem jest parterowa hala magazynowa o konstrukcji stalowej z rampami załadunkowo – wyładunkowymi. Zlokalizowana jest ona w Gliwicach. Część magazynowa hali połączona jest z murowanym budynkiem administracyjno-socjalnym. Hala wykonana jest w konstrukcji szkieletowej. Jej całkowita długość (w osiach słupów) wynosi 251,4 m, a szerokość – 120 m. Rozstaw słupów w kierunku podłużnym wynosi 27,5 lub 28,8 m, natomiast w kierunku poprzecznym – 30,0 m (rys. 1). Tematyczna posadzka wykonana została jako przemysłowa, betonowa z zatartą warstwą ścieralną – korundową. Zastosowany beton zawiera w swej objętości zbrojenie rozproszone w postaci włókien stalowych. W celu przeciwdziałania

pękaniu posadzki w wyniku skurczu betonu oraz wystąpienia sił termicznych związanych z procesem wiązania, jej powierzchnia została podzielona szczelinami dylatacyjnymi [5]. Dylatacje te poprowadzono po liniach siatki wyznaczonej przez osie słupów. Stąd dylatowane pola mają wymiary 30,0×27,5 m oraz 30,0×28,8 m (rys. 1). Grubość warstwy posadzki, rodzaj zastosowanego zbrojenia, stopień nasycenia betonu zbrojeniem rozproszonym oraz właściwości techniczne zastosowanego betonu były obiektem badań, które zostały przedstawione w dalszej części artykułu.

3. Opis zaistniałych uszkodzeń posadzki

Górna powierzchnia przedmiotowej posadzki była koloru jasno – szarego o praktycznie jednolitej intensywności zabarwienia, co świadczy o dość równomiernym dozowaniu suchej mieszanki podczas procesu zacierania. We wszystkich polach międzydylatacyjnych, widoczne były zarysowania o dość zróżnicowanej intensywności i wielkości ich rozwarcia, która sięgała nawet 6 mm. Propagacja tych zarysowań została zinwentaryzowana i przedstawiona na rysunku 1. Po wykonanej inwentaryzacji – po upływie około dwóch miesięcy – w wyniku przeprowadzonej kolejnej wizji lokalnej nie stwierdzono zasadniczych zmian w zarysowaniu omawianej posadzki (zarówno przebieg rys, jak i ich rozwarcie nie uległy zmianom). Nie stwierdzono zatem dalszej propagacji rys, co może świadczyć o zakończeniu skurczu betonu. Jak widać na stworzonej „mapce zarysowań” – rozkład rys jest nierównomierny. Część z nich – w ilości około 30% – została już wcześniej poddana procesowi naprawy. Wykonana została ona w postaci powierzchniowego poszerzenia rozwarcia rys – tzw. „wałowania” i wypełniona zaprawą żywiczną. W miejscach tych połączeń nie stwierdzono powstawania nowych zarysowań oraz propagacja istniejących uszkodzeń została zatrzymana. Aby podjąć jednoznaczną decyzję co do oceny uszkodzeń oraz przyczyny ich powstania zaplanowano szereg badań laboratoryjnych na próbkach pobranych „in situ” z posadzki omawianej hali magazynowej.



Rys. 1. Inwentaryzacja zarysowań posadzki i lokalizacja miejsc pobrania próbek betonu do badań (próbki oznaczone symbolem „N” – rysy po powierzchniowej naprawie, próbki oznaczone symbolem „Z” – rysy nie naprawiane, próbki oznaczone symbolem „D” – pobrane w miejscach nie zarysowanych, PBS – pomieszczenie biurowo-socjalne, liczby w nawiasach – liczby uderzeń młota sondy)

4. Badania techniczne posadzki

W celu ustalenia przyczyn zarysowań powstałych w posadzce oraz przeprowadzenia kompleksowej oceny jakości jej wykonania, zostały pobrane do badań odwierty rdzeniowe betonu z przedmiotowej posadzki. Odwierty wykonano wiertnicą koronkową o średnicy $\phi 100$ mm w ilości 12 sztuk przez całą grubość płyty. Dobór miejsc pobierania próbek przyjęto w taki sposób, aby pobrane próbki w możliwie największym stopniu odzwierciedlały pełne właściwości zastosowanych materiałów i pozwoliły na ustalenie przyczyn i rozmiaru zaistniałych uszkodzeń posadzki. Uwzględniając powyższe uwarunkowania, pobrano następujące ilości próbek: 4 odwierty rdzeniowe w miejscu zarysowania nie naprawianej posadzki oznaczonych symbolami 1/N – 4/N; 3 odwierty w miejscu wykonanych napraw posadzki oznaczonych symbolami 1/Z – 3/Z; 5 odwiertów rdzeniowych w miejscu o nienaruszonej strukturze oznaczonych symbolami 1/D – 5/D. Lokalizację miejsc pobrania próbek przedstawiono na rysunku 1. Na pobranych próbkach przeprowadzono pomiar grubości posadzki oraz dokonano opisu makroskopowego betonu. Oznaczono również nasiąkliwość wagową oraz jamistość i szczelność betonu. Wykonano też badanie wytrzymałości betonu na ściskanie i oznaczono zawartość zbrojenia rozproszonego.

Na podstawie oględzin pobranych odwiertów stwierdzono, że próbki zostały pobrane prawidłowo bez naruszenia struktury materiału w postaci spękań lub zarysowań. Beton użyty do wykonania płyty był betonem specjalnym z dodatkiem zbrojenia rozproszonego w postaci włókien stalowych, wykonanym na kruszywie naturalnym o uziarnieniu kruszywa do 16 mm z nielicznymi ziarnami o frakcji 16–31,5 mm. Kolor jego był jasno-szary z lekkim odcieniem błękitu. Przykładową strukturę powyższego betonu przedstawia rysunek 2. Pobrany beton, z którego wykonana była płyta posadzki, był jednorodny z równomiernie rozłożonymi ziarnami kruszywa grubego. Na większej części powierzchni pobranych próbek zaczyn cementowy szczelnie wypełniał przestrzeń międzyziarnową. Świadczy to o prawidłowo dobranym składzie granulometrycznym zastosowanego kruszywa. Wystąpiły jednak miejsca o widocznie zwiększonej porowatości betonu – co wskazuje na lokalne, niedostateczne zagęszczenie mieszanki betonowej podczas wykonywania płyty [7].



Rys. 2. Struktura betonu próbki 3/Z

Wysokości pobranych próbek były zróżnicowane od 197,9 mm (próbka 1/D) do 144,1 mm (próbka 4/N). Pomierzone wysokości świadczą o zróżnicowanej grubości płyty. Grubość warstwy utwardzającej powierzchnię posadzki również była różna i wynosiła od 4 do 8 mm. Płyta posadowiona była bezpośrednio na warstwie podbudowy bez zastosowania wyrównującego podkładu betonowego. Między posadzką a podbudową znajdowały się dwie warstwy folii

polipropylenowej. Na spodnich warstwach pobranych odwiertów widoczne było dość duże pofałdowanie powierzchni styku posadzki z podbudową. Na powierzchni dolnej odwiertu – tj. okręgu o średnicy około 100 mm – głębokość pofałdowania sięgała nawet do 20 mm.

Charakter uszkodzeń posadzki na jej grubości uwidaczniają odwierty, które zostały pobrane w miejscach powierzchniowych zarysowań – zarówno w miejscach rys nienaprawionych jak i naprawionych. Głębokość rys, charakter propagacji i maksymalną wielkość rozwarcia przedstawiono w tablicy 1 oraz na rysunku 3.

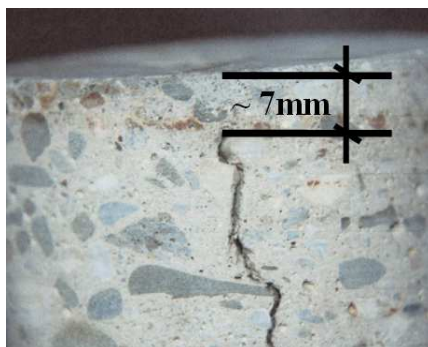
Tablica 1. Głębokości zarysowań posadzki, maksymalne wielkości rozwarcia rys oraz wymiary warstwy naprawczej określone na odwiertach rdzeniowych.

Oznaczenie odwiertu		Wys. odwiertu	Zarysowania							
			Dł. rysy		Pozostałość		Max. szer. rysy		Szer. napr.	Głęb. napr.
			1 str.	2 str.	1 str.	2 str.	1 str.	2 str.		
		[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	
1/D	Beton niezarysowany	197,9	-	-	-	-	-	-	-	-
2/D		189,3	-	-	-	-	-	-	-	-
3/D		172,2	-	-	-	-	-	-	-	-
4/D		170,0	-	-	-	-	-	-	-	-
5/D		164,3	-	-	-	-	-	-	-	-
1/N	Beton zarysowany naprawiony	183,4	172,0	181,1	11,4	2,3	4,4	5,1	9,7	7,1
2/N		169,5	127,0	124,2	42,5	45,3	4,1	1,9	14,3	7,7
3/N		179,8	179,8	179,8	0,0	0,0	3,6	5,7	12,2	7,9
4/N		144,1	102,0	111,0	42,1	33,1	2,6	1,5	11,7	6,5
1/Z	Beton zarysowany nienaprawiony	153,8	103,4	79,2	50,4	74,6	2,2	1,1	-	-
2/Z		144,9	90,2	102,3	54,7	42,6	2,3	1,8	-	-
3/Z		166,9	133,1	124,7	33,8	42,2	3,1	1,8	-	-



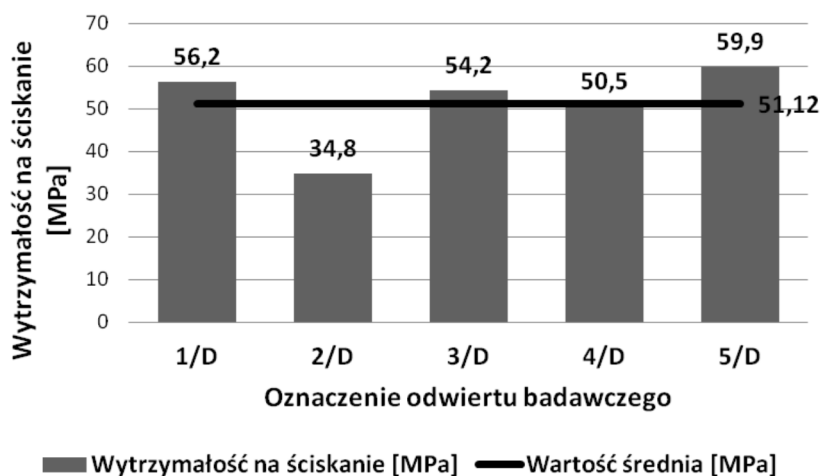
Rys. 3. Odwiert rdzeniowy 3/N oraz 3/Z z widocznym przebiegiem rysy

Z pomiarów zarysowań odwiertów rdzeniowych (tabl. 1) jednoznacznie wynika, że zarysowania betonu przechodziły przez posadzkę od górnej płaszczyzny w głąb płyty. Największa rozwartość rys występowała w górnej części posadzki i ulegała zmniejszeniu wraz z jej głębokością wnikania – aż do całkowitego zaniku. Jedynie w przypadku odwiertu 3/N zarysowanie przeszło przez całą grubość płyty. Zaobserwowany na pobranych odwiertach rdzeniowych charakter zarysowań jednoznacznie wskazuje przyczynę uszkodzeń, którą jest technologiczny skurcz betonu [6]. Na pobranych próbkach widać również wyraźnie, że podjęte prace naprawcze części rys, stanowią jedynie powierzchniowe ich zasklepienie na głębokości około 7 mm. Dolne części rys pozostały w strukturze płyty betonowej (rys. 4).



Rys. 4. Przekrój przez strukturę naprawy zarysowanej posadzki

Istotnym oznaczeniem dla określenia jakości betonu jest badanie jego wytrzymałości na ściskanie. Wykonano je na próbkach betonu wyciętych z posadzki za pomocą wiertnicy koronowej o średnicy $\phi = 100$ mm. Do przygotowania próbek laboratoryjnych wytypowano odwierty o jednolitej strukturze bez pionowych spękań. Próbki laboratoryjne do badań wytrzymałościowych przygotowano zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 12504-1 [9]. Przygotowane próbki walcowe o wymiarach $\phi = h = 100$ mm poddano zgniataniu w maszynie wytrzymałościowej typu EDZ300 kl. 1. Na podstawie wykonanego oznaczenia określono klasę wytrzymałościową badanego betonu, która wyniosła C30/37.



Rys. 4. Wytrzymałość na ściskanie betonu pochodzącego z odwiertów

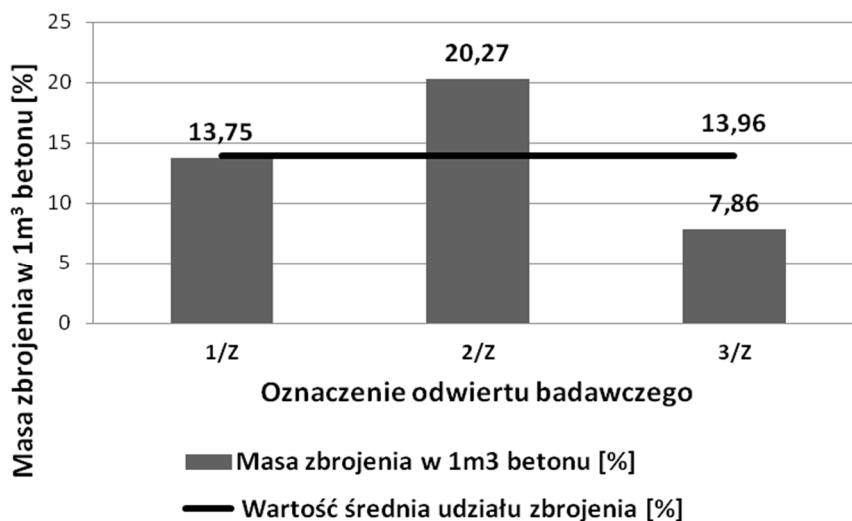
W celu przeliczenia uzyskanych wytrzymałości na wytrzymałości normowe należy wyznaczyć współczynnik przeliczeniowy uwzględniający wymiary próbek. Wytrzymałość walca o średnicy i wysokości 100 mm w stosunku do wytrzymałości kostki o boku 100 mm wyraża stosunek 112:100. Współczynnik przeliczeniowy dla kostek o boku 100 mm w stosunku do określonej na próbkach sześciennych o boku 150 mm (podstawowych próbek normowych) wynosi 0,9. Uwzględniając powyższe zależności, należy wyniki wytrzymałości na ściskanie uzyskane na próbkach walcowych o średnicy około 100 mm i zbliżonej wysokości, przemnożyć przez współczynnik przeliczeniowy 1,01 w celu określenia wytrzymałości betonu na podstawowych próbkach normowych. Uzyskana w ten sposób wartość wytrzymałości pozwoliła oznaczyć klasę badanego betonu.

Na pobranych odwiertach przeprowadzono również podstawowe badania fizyczne. Nasiąkliwość oznaczono na próbkach nie uszkodzonych zarysowaniami tj. na 5-u próbkach z odwiertów oznaczonych symbolami 1/D–5/D. Badanie szczelności i porowatości betonu wykonano natomiast na próbkach z odwiertów zarysowanych lecz nie naprawianych – tj. 1/Z–3/Z. Określenie gęstości oraz szczelności i porowatości wykonano za pomocą kolby Le'Chateliera. Próbkę zostały rozdrobione i przesiane przez sito o wielkości oczka 0,063 mm. Następnie wyselekcjonowano metodą kwantowania próbki użyte do określenia gęstości. Gęstość pozorna została natomiast oznaczona na pełnych odwiertach wysuszonych do stałej masy w temperaturze 105°C. Wyniki uzyskane z przeprowadzonych badań fizycznych betonu pochodzącego z przedmiotowej posadzki zestawiono w tabelicy 2. Na ich podstawie można stwierdzić, że badany beton posiada dość znaczną porowatość sięgającą 11%. Jednak uwzględniając jego nasiąkliwość na poziomie 5,7%, należy przyjąć, że prawie połowa ilości porów to pory zamknięte [7].

Tabela 2. Cechy fizyczne betonu pochodzącego z odwiertów z posadzki magazynowej.

Oznaczenie odwiertu		Oznaczenie gęstości betonu			Gęstość pozorna	Szczelność	Porowatość	Nasiąkliwość
		Masa próbki	Objętość próbki	Gęstość				
		[g]	[cm ³]	[g/cm ³]				
1/D	Beton niezarysowany	-	-	-	2,20	-	-	5,8
2/D		-	-	-	2,19	-	-	6,2
3/D		-	-	-	2,16	-	-	5,7
4/D		-	-	-	2,19	-	-	5,4
5/D		-	-	-	2,22	-	-	5,9
1/N	Beton zarysowany naprawiony	-	-	-	2,18	-	-	-
2/N		-	-	-	2,14	-	-	-
3/N		-	-	-	2,17	-	-	-
4/N		-	-	-	2,13	-	-	-
1/Z	Beton zarysowany naprawiony	48,4	20,0	2,42	2,18	90,08	9,92	-
2/Z		50,8	20,0	2,54	2,20	86,61	13,39	-
3/Z		48,0	20,0	2,40	2,18	90,83	9,17	-
Wartość średnia		-	-	2,45	2,18	89,17	10,83	5,7

Przy okazji przygotowywania próbek do badania szczelności i porowatości, wykonano na nich również oznaczenie zawartości włókien stalowych. Próbki betonu całkowicie rozkruszo- no do postaci takiego rozdrobnienia, aby można było oddzielić włókna przy pomocy magnesu. W matrycy, którą stanowił beton zwykły, rozproszone były włókna stalowe faliste o średnicy $\phi = 0,8$ mm i długości $l = 35$ mm. Na podstawie oznaczonych mas próbek oddzielonych włókien i pozostałej matrycy, obliczono procentowy ich udział w betonie. Uzyskane wielkości mas z poszczególnych próbek, po przeliczeniu ich na 1 m^3 betonu zobrazowano na wykresie (rys. 6). Zgodnie z zaleceniami publikowanymi w literaturze technicznej ilość dozowanych włókien stalowych, w zależności od przeznaczenia betonu, powinna wynosić od 20 do 100 kg/m^3 betonu. Dla posadzek przemysłowych o średnim obciążeniu i rozstawie dylatacji do 9,0 m zalecane jest, aby ilość włókien wynosiła około $25\text{--}35 \text{ kg/m}^3$. Natomiast dla większych odległości pomiędzy dylatacjami – nawet powyżej 45 kg/m^3 [2]. Z przeprowadzo- nych badań wynika, że ilość włókien dodanych w omawianym przypadku do betonu, to średnio zaledwie 14 kg/m^3 , a najmniejsza uchwycona wartość wynosiła niecałe 8 kg/m^3 . Wartości te są znacznie niższe od zalecanego poziomu minimalnego zbrojenia dla betonowych posadzek przemysłowych. Podczas prowadzonych prac badawczych, po pobraniu każdego odwiertu, określano w tych punktach stabilność podłoża. Oznaczono ją jako stopień zagęsz- czenia gruntu, stosując do tego celu sondę typu lekkiego SL. Za jej pomocą ustalono liczbę uderzeń młota sondy dla uzyskania wępudu $k = 10$. Miejsca wykonania oznaczeń i liczbę uderzeń młota sądy przedstawiono na rysunku 1. Liczba ta mieściła się w zakresie od 29 do 49, co wskazuje na zagęszczony stan gruntu (zgodnie z PN- 86/B-02480). Tylko w przypadku obszaru pod odwiertem 4/N liczba uderzeń wyniosła 53. Gruntu w tym miejscu był bardzo zagęszczony [10].



Rys. 6. Procentowy udział zbrojenia rozproszonego w betonie

Na podstawie tych wyników można zatem stwierdzić, że podłoże pod przedmiotową posadzką było dobrze zagęszczone i nie mogło mieć wpływu na jej spękanie. Uwzględniając dodatkowo fakt, że podczas wykonywania odwiertów, woda służąca do wypłukiwania startych cząstek betonu, nie „rozpływała się” do podłoża, można przypuszczać, że pod podszwą posadzki nie występowały tzw. poduszki powietrzne. Zatem przyczyny spękania posadzki nie należy poszukiwać w obszarze współpracy płyty z podłożem.

5. Analiza wyników badań

Analizując informacje zebrane podczas wizji lokalnej oraz wyniki uzyskane z przeprowadzonych badań można stwierdzić, że cała posadzka w przedmiotowej hali magazynowej została podzielona na 36 pól oddzielonych dylatacjami. Wielkość pól między dylatacyjnych wynosi: 12 pól o wymiarach 28,8×30,00 m i 24 pola o wymiarach 27,50×30,00 m. Zalecenia literaturowe co do odległości między dylatacjami są dość zróżnicowane. Eurokod 2 podaje, że maksymalna odległość między nimi powinna wynosić maksymalnie 30,0 m [8]. Takie rozwiązanie powinno zapewnić brak zarysowania posadzki. Inne źródła uzależniają odległości między dylatacjami od grubości płyty oraz od wytrzymałości betonu na rozciąganie przy ścinaniu. Jednak aby rysy nie wystąpiły rozstaw ten powinien wynosić do 12,0 m. Powyżej tej wartości powinno się zakładać możliwość wystąpienia rys skurczowych [4]. Jeżeli odnieść się do drugiej przesłanki, to wynika z tego, że przy zastosowanym rozstawie dylatacji we wszystkich polach powstaną rysy skurczowe. Tak też się stało w analizowanym przypadku. Intensywność tych zarysowań jest zróżnicowana: od bardzo intensywnego w 14 polach międzylatacyjnych, do 9 pól nieznacznie zarysowanych (rys. 1). Intensywność występowania rys w poszczególnych polach jest przypadkowa. Propagacja zarysowań jest zróżnicowana: od typowych siatek pajęczych, poprzez rysy krzyżujące się, aż do równoległych [6]. Wokół słupów regałów wysokiego składowania, nie stwierdzono dodatkowych zarysowań wskazujących na przekroczenie miejscowej nośności posadzki [4, 6]. Podłoże pod podłogą jest dobrze zagęszczone – co wykazały badania przeprowadzone za pomocą sądy i nie występują tzw. poduszki powietrzne między płytą a podłożem. Beton, z którego wykonana jest posadzka to beton na kruszywie naturalnym z dodatkiem zbrojenia rozproszonego w postaci włókien stalowych falistych długości 35 mm i średnicy 0,8 mm w ilości około 14,0 kg/m³. Zgodnie z danymi dotyczącymi posadzek przemysłowych, przy odległości między dylatacjami większej niż 9,0 m, ilość włókien powinna wynosić powyżej 45 kg/m³. Stwierdzić można jednoznacznie, że zidentyfikowana ilość włókien w badanej podłodze jest zbyt mała. Oznaczona klasa betonu jest na poziomie C30/37 i pod względem wytrzymałościowym całkowicie spełnia wymagania dla posadzek przemysłowych w halach magazynowych [2]. Podczas prowadzonych badań oznaczono jeszcze dodatkowo jamistość betonu. Jest ona dość znaczna i wynosi 10,83% – co świadczy o nienajlepszym zagęszczeniu mieszanki betonowej podczas jej układania. Jednak przy dość wysokiej klasie betonu, nie jest to zasadniczą przyczyną uszkodzenia posadzki. Również nasiąkliwość betonu jest dość duża – $n_w = 5,7\%$ [7], ale uwzględniając fakt, że beton nie jest bezpośrednio narażony na oddziaływanie wód gruntowych (posadzka od podłoża oddzielona jest dwoma warstwami folii polipropylenowej), nie stanowi to zagrożenia dla jego trwałości. Natomiast zaobserwowany na odwiertach rdzeniowych charakter rys jest typu „V”. Mają one znaczne rozwarście w poziomie górnej warstwy posadzki ($a = 1,1-5,7$ mm) i zmniejszone w dolnej części płyty, aż do całkowitego zaniku. Taki charakter zarysowań płyty świadczy jednoznacznie, że przyczyną uszkodzenia zarówno posadzki jak i płyty betonowej jest skurcz technologiczny betonu.

6. Wytyczne dotyczące naprawy posadzki

Jak przedstawiono w niniejszym opracowaniu, zidentyfikowane zarysowania posadzki betonowej w hali magazynowej nie wpływają zasadniczo na jej wytrzymałość. Mogą jednak spowodować obniżenie trwałości samego betonu w wyniku szkodliwego działania substancji zawartych w środkach stosowanych do mycia posadzek oraz obniżenie wartości estetycznych. Uwzględniając powyższe przesłanki, najlepiej byłoby wykonać pełną iniekcję scalającą rysy. Pozwoliłoby to na całkowite połączenie betonu w miejscu zarysowania – nie tylko pod względem szczelności, ale również z uwagi na wytrzymałość. Częściowe wypełnienie rys

może, w wyniku oddziaływania na posadzkę obciążeń (zwłaszcza obciążeń od ruszania i hamowania wózków widłowych), zostać wykruszone. Wówczas dane zarysowanie będzie wymagało kolejnej naprawy oraz istnieje duże prawdopodobieństwo, że szerokość rysy się powiększy. Istotne jest zatem dobranie właściwego materiału wypełniającego, który nie tylko będzie miał odpowiednią przyczepność do betonu, ale także odpowiednią odkształcalność. Powinien charakteryzować się bardzo niską lepkością, możliwością stosowania zarówno na podłożach suchych jak i wilgotnych oraz wysokimi parametrami mechanicznymi. Często wymaga się też możliwości stosowania w obniżonych temperaturach oraz bezskurczowego utwardzania. Dlatego jako materiał wypełniający najczęściej stosuje się żywice o bardzo małej lepkości, co umożliwi szczelne wypełnienie rys. Pod względem wytrzymałościowym i przyczepności materiału iniekcyjnego do betonu najlepiej sprawdzają się żywice epoksydowe. Należy zawsze pamiętać, aby miejsca zarysowane przed dokonaniem iniekcji powinny być starannie oczyszczone i osuszone [4, 7]. Zabieg ten pozwala uzyskać zespolenie iniektu z betonem płyty. Dla ujednoczenia barwy iniektu i posadzki zaleca się zastosować barwiące pigmenty, co znacznie poprawia estetykę naprawionej posadzki. Przedstawiony sposób naprawy zarysowanych przestrzeni powinien w tym przypadku być wystarczający, gdyż proces intensywnego skurczu betonu już zanikł i nie stwierdzono dalszej propagacji rys.

7. Wnioski

Uszkodzenia posadzki oraz – jak się okazało – również płyty betonowej pojawiły się w krótkim czasie po jej wykonaniu. Na podstawie przeprowadzonej wizji lokalnej, uzyskanych wyników badań i wykonanej analizy można stwierdzić, że występujące na posadzce zarysowania pochodzą wyłącznie od skurczu technologicznego betonu, z którego została wykonana posadzka w przedmiotowej hali magazynowej. Przyczyną tak rozległego i głębokiego zarysowania zarówno posadzki jak i płyty betonowej jest bardzo mała ilość dodatku włókien stalowych zastosowanych do betonu (około 14 kg/m^3). Zalecana zawartość włókien, dla tego typu konstrukcji, powinna wynosić $35\text{--}50 \text{ kg/m}^3$. Zbyt mała ilość zbrojenia rozproszonego w betonie nie jest w stanie przenieść naprężeń powstałych podczas procesu wiązania cementu oraz naprężeń skurczowych [2]. Dodatkowym czynnikiem, który spotęgował wielkość zarysowań omawianej posadzki, były nierówności powierzchni pomiędzy płytą podłogi a podłożem. Wywołało to dodatkowe naprężenia rozciągające w płycie. Przy równej płaszczyźnie styku pomiędzy płytą a podłożem, stosując warstwę poślizgową z dwóch warstw folii polipropylenowej, naprężenia styczne są minimalne, a skurcz technologiczny betonu kompensuje się na dylatacjach [5]. Również jeżeli chodzi o dylatacje – są one w omawianym przypadku rozmieszczone w maksymalnych rozstawach (co $30,0 \text{ m}$) [8], a według niektórych źródeł literaturowych – zastosowany rozstaw przekracza zalecane wartości (do $12,0 \text{ m}$) [4]. Duża powierzchnia betonu, związana jest z intensywną wymianą wilgoci, a co za tym idzie – z intensywniejszym przebiegiem skurczu autogenicznego [3]. W omawianej hali powtórna wizja lokalna i ponowny pomiar rys pozwoliły stwierdzić, że proces skurczu betonu praktycznie już zanikł i nie powinny pojawiać się nowe zarysowania lub poszerzać już istniejące.

Przeprowadzona w artykule analiza uszkodzeń posadzki i płyty w magazynowej hali wysokiego składowania pokazuje jak istotnym elementem wykonania podłogi przemysłowej jest właściwy dobór materiałów – zarówno ilościowy jak i jakościowy oraz poprawnie przeprowadzony proces realizacji. Występowanie skurczu i zarysowania w betonie jest zjawiskiem ściśle z nim związanym i trudno jest go całkowicie wyeliminować. Jednak właściwe projektowanie, wykonanie i pielęgnacja posadzek przemysłowych pozwala na znaczne ograniczenie rys skurczowych, co pozwala obniżyć koszty utrzymania posadzek oraz poprawić ich trwałość.

Literatura

1. Chmielewska B., Adamczewski G.: Wady i naprawy posadzek przemysłowych utwardzanych powierzchniowo, XXVI Konferencja Naukowo – Techniczna, Awary Budowlane 2013.
2. Fidała R.: Ogólnopolski informator posadzkarski, Wydawnictwo eVandor, Sosnowiec 2010.
3. Flaga K.: Naprężenia skurczowe i zbrojenie przypowierzchniowe w konstrukcjach betonowych, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2011.
4. Hajduk P.: Projektowanie podłóg przemysłowych, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2013.
5. Hajduk P.: Dylatacje podłóg przemysłowych, Przegląd Budowlany, nr 7/2014.
6. Hajduk P.: Przyczyny powstawania rys w podłogach przemysłowych, Przegląd Budowlany, nr 4/2015.
7. Jamróży Z.: Beton i jego technologie, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2015.
8. PN-EN 1992-1-1:2008 Eurokod 2. Projektowanie konstrukcji z betonu, Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków.
9. PN-EN 12504-1:2011 Badania betonu w konstrukcjach – Część 1: Próbki rdzeniowe – pobieranie, ocena i badanie wytrzymałości na ściskanie.
10. PN-86/B – 02480 Grunty budowlane – Określenia, symbole, podział i opis gruntów.

CAUSES OF THE DAMAGES OF NEW CONCRETE FLOORING IN THE TALL WAREHOUSE

Abstract: The storage facilities are currently the most frequently performed industrial concrete floors, which puts increasingly higher requirements. The most important aspects are the durability of the flooring, aesthetics as well as the chemical resistance. Although these rigorous criteria, damages of the industrial floorings are very common both for new and old facilities. The paper presents the research of the cracked concrete flooring which was found in the warehouse after just a few months after it has been poured. Causes of cracks appearance were described and repair methods were presented.

Keywords: Industrial flooring, concrete, fiber-reinforced concrete, shrinkage cracks, core samples, warehouses