

Posadzki betonowe utwardzane powierzchniowo w centrach logistycznych

JEL: O18 DOI: 10.24136/atest.2019.080

Data zgłoszenia: 15.12.2018 Data akceptacji: 08.02.2019

W artykule opisano rodzaje posadzek w centrach logistycznych. Sposoby ich zabezpieczania dla utrzymania ruchu. Wyjaśniono pojęcia posadzki betonowej i zasadę jej wykonywania na etapie budowy. Przedstawiono reakcje chemiczne zachodzące w betonie i ich wpływ na wytrzymałość i trwałość w eksploatacji. Na zakończenie przedstawiono prawidłowe sposoby utrzymania posadzek betonowych z zachowaniem ich właściwości na długi okres użytkowania.

Słowa kluczowe: beton, posadzka, karbonatyzacja, impregnacja.

Wstęp

W obecnych czasach w budownictwie liczy się nie tylko cena, ale także jakość i czas wykonania robót budowlanych. Beton jest najpopularniejszym materiałem budowlanym o bardzo wszechstronnym zastosowaniu zarówno powierzchni płaskich jak i konstrukcyjnych. Dziś często elementy konstrukcyjne są gotowymi prefabrykatami do montażu na obiekcie. Jednakże wszystkie powierzchnie płaskie czyli posadzki to beton układany bezpośrednio w gotowej hali czy magazynie. Najpopularniejszy materiał budowlany jakim jest beton to mówiąc w sposób uproszczony- sztuczny kamień. Jest to produkt reakcyjny, w którym reakcje chemiczne przebiegają przez cały jego okres eksploatacji. W trakcie eksploatacji sztucznego kamienia dochodzi do kontaktu z różnego rodzaju mediami: począwszy od wody poprzez otaczające go gazy do obciążeń fizycznych uzależnionych od sposobu eksploatacji danego obiektu. Powierzchnie magazynowe bardzo często pozostają jako posadzka betonowa niczym nie pokryta ani nie zabezpieczona. Jedyną warstwą jest beton odpowiednio zbrojony w zależności od planowanych obciążeń. W centrach logistycznych jest on przede wszystkim narażony na szybkie i częste poruszanie się wózków widłowych. W takich przypadkach posadzka jest narażona na szybkie ścieranie się.

1. Rodzaje wykończenia posadzki betonowej

1.1. Posypki utwardzające

Aby ograniczyć zjawisko ścierania betonu stosuje się w trakcie jego układania różne zabiegi poprawiające odporność na ścieranie. Istnieje dziś wiele sposobów powierzchniowego utwardzania powierzchni posadzek betonowych. Jednym ze sposobów jest wykonywanie jeszcze na świeżym betonie posypki utwardzającej jest to wcieranie w beton towarowy specjalnie dobranych kruszyw z dodatkowym cementem. Kruszywa te to przeważnie odporne na ścieranie kruszywo bazaltowe lub korundowe. Utwardzanie powierzchniowe betonu znane było już w starożytności jako tzw. „wypalanka”, na świeżo ułożony beton zasypywało się czystym cementem wcierając go w wierzchnią warstwę, tak zasypany cement reagował z wodą zarobową od mieszanki betonowej i szybko reagując zamykał mikropory w betonie dając dodatkową twardość. Odpowiednio dobrana krzywa przesiewu drobnych kruszyw zapewnia dodatkowo ograniczenie porowatości, a ta odpowiedzialna jest za nasiąkliwość wodą. Procesy te są nieuniknione, ale istnieje wiele sposobów na ich wol-

niejsze przebieganie. Producenci posypek utwardzających do betonu znają dokładnie te problemy i dlatego proponują w swojej ofercie dodatkowe zabezpieczenie poprzez impregnację wierzchniej warstwy betonu. Impregnaty mają za zadanie przede wszystkim ograniczyć dostęp dwutlenku węgla, jak również ograniczyć migrację wody.

1.2. Impregnacja

Znane impregnaty stosowane dziś w ochronie betonu nie są skuteczne na wszystkie problemy. Jeżeli są skuteczne na wodę to nie zawsze skuteczne na gazy, jeżeli jest to grupa impregnatów silanowo-siloksanowych to ulegają one degradacji i impregnacje należy powtarzać w cyklu uzależnionym od otaczającego beton klimatu. Jest to często ok 3 lat. Natomiast jeżeli jest to grupa polimerowa to ulega ona ścieraniu wraz z wierzchnią warstwą betonu, której stan techniczny jest trudno określić. Impregnaty z grupy parafinowej powodują zwiększone napięcie powierzchniowe, które powoduje bardzo dużą śliskość posadzki co jest niewskazane szczególnie na posadzkach o dużym i szybkim ruchu. Szczególnie w centrach logistycznych jest duży ruch wózków widłowych, one powodują tarcie kół, przy którym wytwarzana jest wysoka temperatura, a to powoduje na tego typu impregnatach pozostawanie nieestetycznych śladów.

1.3. Impregnacja wzmacniająca

Dziś na naszym rynku dużym powodzeniem zaczynają się cieszyć impregnaty wzmacniające na bazie krzemianów. Grupy krzemianowe są głównymi składnikami cementów, dlatego rozpoczęto prace nad wprowadzaniem wodnych roztworów krzemianowych poprzez mikro-pory w głąb betonu. Wodne roztwory w momencie odparowania wody pozostawiają czyste skryształizowane krzemiany. Krzemiany sodu znane są od dawna pod popularnymi nazwami handlowymi szkło wodne sodowe czy woda szklana. Ich stosowanie rozpoczęło się od stosowania w uszczelnianiu betonowych kanalizacji czy zbiorników wody pitnej lub szamba. Trwa już to od okresu międzywojennego początku XIX wieku. Stosowanie ich na powierzchniach magazynowych nie do końca jest skuteczne na długi okres czasu. Pełna ich krystalizacja do uzyskania odpowiedniej odporności na ścieranie jest bardzo powolna, jest to ok 270-300 dni (w naszym klimacie). Ich odporność na działanie wody jest bardzo szybka – jest to w momencie odparowania z niego nośnika, którym jest woda. Wadą zastosowania tego krzemianu jest podniesienie gładkości powierzchni, a to jest związane z zagrożeniem dużą śliskością na całej powierzchni. Wielkość molekularna krzemianu sodu nie pozwala głęboko wnikać w beton ze względu na wielkość mikro-porów i tym samym tworzą na powierzchni efekty szkła.

Idąc w kierunku pozytywnych właściwości krzemianów dla betonu, producenci chemii budowlanej zaczęli stosować jako impregnaty wzmacniające krzemiany potasu. Mają one mniejsze molekuly przez co potrafią głębiej wnikać do mniejszych porów w betonie. Ich czas krystalizacji jest znacznie krótszy bo tylko ok.90 dni. Pozostałe właściwości są bardzo zbliżone do krzemianu sodu. Zamykanie porów w wierzchniej warstwie betonu powoduje oczywiście ograniczenie dostępu gazu. Ograniczenie to jeszcze nie zamknięcie całkowite, gdyż molekuly dwutlenku węgla są mniejsze niż molekuly krzemianu

potasu, a zamknięcie porów nie jest jeszcze całkowite. Procesy wiązania betonu nadal będą postępować, ale już w znacznie wolniejszym tempie. Aby jeszcze bardziej spowolnić karbonatację betonu rozpoczęto stosować wodne roztwory krzemianu litu o jeszcze mniejszych molekułach, którego proces pełnej krystalizacji jest jeszcze bardziej krótszy od wspomnianych krzemianów sodu czy potasu. Aby zapewnić jeszcze szybszą krystalizację stosuje się dodatkową obróbkę powierzchni betonowej poprzez szlifowanie i polerowanie. W takim procesie warstwy ścierane w trakcie szlifowania są mechanicznie wprowadzane do porów w betonie i w połączeniu ze świeżym wodnym roztworem krzemianu litu zostają tam zamknięte. Podczas tego procesu powstaje podwyższona temperatura, która przyspiesza odparowywanie nośnika roztworu krzemianu litu czyli wody. Taki zabieg przy okazji nadaje powierzchni betonowej specyficzny wygląd porównywalny z polerowanym kamieniem czy znanymi lastrykami (tarraso). Wszystkie tego typu zabiegi impregnacji podnoszą gładkość posadzki betonowej, a co za tym idzie jej śliskość. Zbyt wysoki stopień szlifowania w bardzo znaczący sposób prowadzi do bardzo gładkiej powierzchni, która w momencie pojawienia się na niej wody staje się bardzo śliska. Impregnacja tego typu bardzo spowalnia procesy karbonatacji i przez to jej stan techniczny utrzymuje się bardzo długo.

2. Rodzaje wykończenia posadzki betonowej

W pracy naukowej autora „Modyfikacja właściwości betonu krzemianem Litu” przedstawiono wyniki podnoszenia wytrzymałości betonu na ściskanie metodą porównawczą za pomocą młotka Schmidta. Celem było wykazanie skuteczności wnikanie w pory w betonie impregnatów krzemianowych. Ten typ impregnacji podnosi w betonie wytrzymałość na ściskanie, a zamknięte pory w betonie ograniczają dostęp wody i możliwość migracji powietrza Tab.1 i Tab.2. Poniższe tabele pokazują efekty uzyskane na etapie prób przy zastosowaniu impregnatów krzemianowych.

Tab.1 Beton bez impregnacji

Beton w posadzce nie impregnowanej

tablica 1.

nr pomiaru	Liczba odbicia młotka Schmidta	wiek betonu	Średnia wartość badanej serii wyliczona według wzoru: $L_i = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} L_{ij}}{n_i}$ 22,7
1	20	10 miesięcy	
2	24		
3	22		
4	20		
5	24		
6	25		
7	22		
8	20		
9	24		
10	26		

Tab. 2 Beton po impregnacji krzemianowej

Beton w posadzce zaimpregnowany krzemianem litu

tablica 2.

nr pomiaru	Liczba odbicia młotka Schmidta	wiek betonu	Średnia wartość badanej serii wyliczona według wzoru: $L_i = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} L_{ij}}{n_i}$ 30,4
1	32	10 miesięcy	
2	30		
3	28		
4	30		
5	34		
6	32		
7	28		
8	30		
9	28		
10	32		

3. Reakcje w betonie

Użytkownik posadzki betonowej powinien zapoznać się z zasadami jej użytkowania, a w szczególności poznać proces karbonatacji betonu. Dlaczego taki proces powstaje i co ma znaczący wpływ

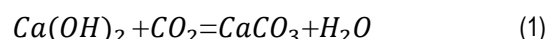
na zawartość węgla wapnia w betonie opisane jest w reakcji chemicznej wiązania cementu. Przedstawiona tabela Tab.3 poniżej pokazuje jak duży wpływ na zawartość węgla wapnia w betonie ma przekroczenie stosunku wody do cementu:

Tab.3 Reakcje w betonie w zależności od ilości wody zarobowej

Cement portlandzki	Woda		Uwodniony cement	Produkt uboczny
2C ₃ S	+ 4H ₂ O	→	*C-S-H	Ca(OH) ₂
2C ₂ S	+ 6H ₂ O	→	C-S-H	3Ca(OH) ₂

* C-S-H Calcium Silikate Hydrate (uwodniony krzemian wapnia)

Karbonatacja jak widać jest w dużym stopniu uzależniona od stosunku w/c na etapie produkcji betonu. Do procesu karbonatacji betonu potrzebny jest dwutlenek węgla, który w dużych ilościach znajduje się w otaczającym beton powietrzu. W betonie jak opisano na wstępie zachodzą reakcje chemiczne przez cały okres jego istnienia. W wyniku tego kontaktu powstaje reakcja chemiczna wzór(1), z której powstaje wolny węgiel wapnia i woda. Woda oczywiście z czasem odparowuje.



Węgiel wapnia w naturze należy do bardzo twardych skał, dlatego jeżeli jest to w głębi betonu podnosi jego wytrzymałość na ściskanie. To zjawisko wydawałoby się, że jest wskazane i co niektórzy uważają/chcieliby, aby nastąpiło jak najszybciej. Natomiast jeżeli proces karbonatacji wystąpi na powierzchni, gdzie przebiega zawsze najwcześniej ze względu na odsłonięty dostęp do otaczającego go powietrza, to wolny węgiel wapnia nie jest w żaden sposób chemicznie ani fizycznie związany z powierzchnią i tworzy tylko kurz. Kurz ten usuwany jest podczas sprzątania lub podczas ruchu powietrza nad powierzchnią. W tym przypadku gładka powierzchnia posadzki betonowej staje się coraz bardziej szorstka. W trakcie tworzenia się tej szorstkości zaczynają wystawać wole od cementu części kruszywa, co prowadzi do coraz szybszego niszczenia się całej powierzchni. Wiele źródeł między innymi A.Bajkow podaje, iż proces karbonatacji ma pozytywny wpływ na beton, ale inaczej jest gdy karbonatacja przebiega w żelbetonie. W tym przypadku teza o podnoszeniu twardości betonu staje się błędna. W trakcie karbonatacji w wyniku reakcji chemicznej obniża się pH betonu. W tym przypadku w posadzce betonowej jest duża ilość stali podnoszącej wytrzymałości całej powierzchni. Beton zaraz po jego wykonaniu ma pH powyżej 12 i reakcje chemiczne z dwutlenkiem węgla powodują obniżanie się tego pH. Stal w betonie jest zabezpieczona, gdy pH otaczające ją jest powyżej 10,8 w momencie utraty pasywacji rozpoczyna się korozja stali. Pasywacja stali to proces, w którym cement aktywny chemicznie w otaczającym stal środowisku wytwarza na powierzchni styku powłokę ochronną, utworzoną w wyniku reakcji chemicznej zachodzącej w betonie. O pasywacji stali mówimy wtedy, gdy powłoka zaczynu cementowego jest całkowicie odporna i jednocześnie na tyle szczelna, że stanowi barierę ochronną dla stali. Jeżeli warstwa pasywna otoczki cementowej ulegnie zniszczeniu w sposób chemiczny poprzez karbonatację, stal w tym miejscu traci swoją odporność i rozpoczyna się korozja. Korozja stali postępuje do momentu ponownej pasywacji. W procesie korozji stali wytwarza się tlenek żelaza, który w momencie powstawania krystalizuje. W wyniku krystalizacji następuje zwiększenie się jego objętości, co prowadzi do naprężeń wewnętrznych. Naprężenia te powodują spękania i rozwarstwianie się betonu od stali, a obciążenia zmienne podczas poruszania się wózków tylko

przyśpieszają wynik tego zjawiska. Podniesienie wytrzymałości betonu na ściskanie w wyniku karbonatyzacji staje się niepotrzebne, można by stwierdzić, że jest zbędne. Wytrzymałość betonu (żelbetonu) jest obliczana na etapie jego projektowania. Beton od pierwszych swoich dni eksploatacji, posiada odpowiednie parametry, a nie powinien osiągać dopiero po kilku latach.,

4. Podsumowanie znaczenia utrzymania posadzki betonowej

Warunkiem przedłużenia dobrego stanu technicznego powierzchni betonowej jest również sposób w jaki utrzymuje się czystość na jej powierzchni. Nie sprząnięty piach spod kół staje się czynnikiem niszczącym powierzchnię zaimpregnowaną warstwę. Tego typu brud działa jak kamień szlifierski dokonując zarysowań optycznych na powierzchni. Rysy te powodują otwieranie porów w betonie, a otwarte pory powodują dostęp dwutlenku węgla do betonu. Często zapomina się, że rozsypany piasek to nie tylko szlifowanie posadzki, ale przede wszystkim powstający efekt łożyska kulowego. Efekt ten powoduje większy poślizg i stwarza niebezpieczeństwo wypadku dla użytkowników. Kruszywo o kształcie otoczeków, otoczone zaczynem cementowym podczas efektu szlifowania staje się coraz bardziej kuliste. To daje efekt ślizgu kulowego. Kolejnym ważnym czynnikiem jaki ma olbrzymi wpływ na zahamowanie procesu karbonatyzacji mają środki do mycia powierzchni betonowych. Bardzo ważne jest jakie pH własne posiadają te środki, gdyż stosowanie środków kwaśnych czy nawet samej wody, powoduje obniżenie pH posadzki betonowej. Proces ten przyspiesza procesy wietrzenia betonu i zanika pasywacja stali. Rozpoczyna się szybszy proces karbonatyzacji. Efekty niszczenia się powierzchni posadzki rozpoczynają się wówczas dużo wcześniej niż biodegradacja impregnatów czy mechaniczne ścieranie się impregnatów powierzchniowych. Problem ten powstaje w firmach zajmujących się utrzymaniem czystości, ponieważ do posadzek betonowych mają podejście jak do posadzek kamiennych. Dla nich beton składa się przede wszystkim z kamieni, ale zapominają, że te kamienie (kruszywo) są czymś sklezione (połączone), a w przypadku betonu jest to cement. Cement jest właśnie

produktem reakcyjnym, w którym reakcje chemiczne przebiegają przez cały czas jego funkcjonowania. Odpowiednie jego traktowaniei użytkowanie, pozwala na długi czas zachować właściwości fizyczne i chemiczne na zaprojektowanym poziomie. Długie estetyczne i wytrzymałe utrzymanie jakości posadzki betonowej zależy przede wszystkim od jej pielęgnacji i odpowiedniego przeszkolenia firm utrzymujących ją w czystości.

Bibliografia:

1. AMT Laboratories Badania niezależnych laboratoriów • 3741 Greenway Circle • Lawrence, Kansas USA
2. Gmaj I. „Modyfikacja właściwości betonu krzemianem Litu” wydawca itg co. 2015r.
3. Skalimowski W. „Chemia materiałów budowlanych”. Arkady, Warszawa 1971r.
4. Świtoński A. „Kształtowanie struktury i wytrzymałości betonu”, Komitet redakcyjny wydawnictw Wyższej szkoły Inżynierskiej w Opolu, Opole 1993r.

Concrete floors surface hardened in logistic centers

The article describes the types of floors in logistics centers. Ways of securing them for maintenance. The concept of concrete floor and the principle of its execution at the construction stage were explained. Chemical reactions occurring in concrete and their impact on durability and durability in operation are presented. At the end, the correct ways of maintaining concrete floors are presented, preserving their properties for a long period of use.

Keywords: concrete, floor, carbonation, impregnation, .

Autorzy:

Mgr inż. **Ireneusz Gmaj** – Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa im. Stanisława Staszica w Pile, Instytut Politechniczny, Zakład Budownictwa, adres e-mail: igmaj@pwsz.pila.pl