

Zjawisko delaminacji w nawierzchniach z betonu napowietrzanego zacieranego na gładko

Streszczenie

Artykuł przedstawia mechanizm powstawania uszkodzeń nawierzchni betonowych polegających na delaminacji warstwy wierzchniej. Szczególnie narażone są na takie uszkodzenia elementy wykonywane z betonu napowietrzonego, a niestety często wskazywane jako rozwiązania projektowe. Zwrócono uwagę, że są to rozwiązania o wysokim stopniu ryzyka wadliwości wykonawczej, a jednocześnie niebezpieczne z punktu widzenia użyteczności.

Słowa kluczowe:

nawierzchnie betonowe, delaminacja, warstwa wierzchnia, beton napowietrzony

Abstract

The article presents the mechanism of damaging concrete pavements which consists of delamination of the surface layer. Elements made of air-entrained concrete are particularly vulnerable to such damage, and unfortunately they are often indicated as design solutions. It has been pointed out that these are solutions with a high risk of manufacturing defects, and at the same time dangerous when it comes to serviceability.

Keywords:

concrete pavements, delamination, surface layer, air-entrained concrete

Wśród wad nawierzchni betonowych, w tym posadzek przemysłowych, rozwarstwienia powierzchniowe zajmują dość wysoką, drugą pozycję w rankingach częstości występowania, zaraz po zarysowaniach i pęknięciach. Jeśli zaś chodzi o negatywny wpływ takich uszkodzeń na użyteczność nawierzchni, a także na możliwość ich naprawy, zdecydowanie wysuwają się na pierwsze miejsce.

Delaminacja warstw powierzchniowych wykonanej płyty betonowej przeważnie dotyczy nawierzchni realizowanych w technologii powierzchniowego utwardzania, a przynajmniej powierzchniowego zacieranania na gładko. Jeśli dodatkowo okazuje się, że do jej wykonania użyto betonu zawierającego dużą ilość powietrza (zarówno tego celowo wprowadzonego w celu poprawy mrozoodporności, jak i przypadkowo w mieszanej w masę betonową), to uszkodzenie jest prawie pewne. Nie występuje natomiast praktycznie w przypadku powierzchni wykańczanych na ostro, lub wręcz uszorstnianych. Wiele takich negatywnych przypadków można by uniknąć, gdyby nie błędne założenia na etapie ustalania wymagań projektowych, spowodowanych również brakiem wiedzy o mechanizmie powstawania tego typu destrukcji wierzchniej warstwy betonu. A dotyczyć mogą nawierzchni takich jak – drogi, parkingi, place magazynowe, posadzki przemysłowe itp.

Istotą problemu jest tutaj sposób wykończenia powierzchni poprzez zatarcie jej na gładko, czyli wytworzenie w strefie powierzchniowej płyty betonowej cienkiej warstewki (1 do 5 mm grubości) o odmien-



for Archiwum CTB

Fot. 1. Charakterystyczne spękania odpajającej się wierzchniej warstwy płyty betonowej

nych właściwościach. To ona właśnie ulega w początkowej fazie odspojeniu, a później spękaniu i wykruszeniu, pozostawiając po sobie trudne do naprawy ubytki. Te z kolei, oprócz zdecydowanego pogorszenia estetyki, istotnie wpływają na jakość użytkowania nawierzchni, w tym także na przyspieszone zużycie lub nawet awarie środków transportowych.

Ogólna charakterystyka problemu

Delaminacja ujawnia się z reguły najwcześniej po kilku, kilkunastu dniach od zakończenia robót betonowych. Oceniając wizualnie – polega na wystąpieniu w pierwszej fazie wielokierunkowych spękań powierzchni, wywołanych skurczem drobnoziarnistego materiału (fot. 1-3). Wraz z rozpoczęciem użytkowania (a czasami samoistnie już wcześniej) ulegają załamaniu i wykruszaniu (fot. 4-7). Przy obstukiwaniu powierzchni zwykłym młotkiem dają głuchy odgłos występującej pod spodem pustki. Powstają w ten sposób ubytki powierzchniowe o nieregularnym kształcie i wymiarach od kilku do kilkudziesięciu centymetrów.

Odspojone fragmenty cienkiej warstwy betonu wykazują od spodu gładką, ale szorstką powierzchnię ukształtowaną przez mieszalinę wody z banieczkami powietrza (fot. 4, 6 i 8).

Bardzo często delaminacja pozostaje utajona, bez objawów zewnętrznych w postaci zarysowań lub spękań odspojonej warstwy – a ujawnia się wraz z wprowadzeniem obciążeń technologicznych nawierzchni (transport, obciążenie wyposażeniem obiektu itp.) Może to być wtedy nawet kilkumie-

Z lewej: fot. 2. Delaminacja powierzchni zatartej na gładko – analogicznie jak na fot. 1

Z prawej: fot. 3. Delaminacja powierzchni zatartej na gładko – analogicznie jak na fot. 1



for Archiwum CTB



for Archiwum CTB

sięczny dystans czasowy od chwili wykonania robót betonowych.

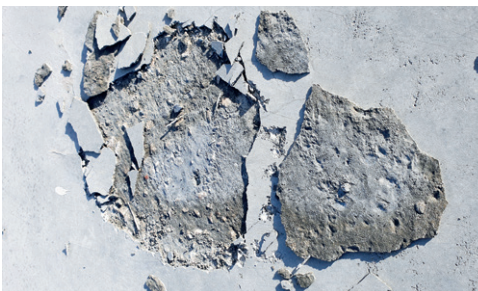
Niekorzystne zjawiska powodujące delaminację górnej warstwy betonu nawierzchniowego

Mechanizm powstawania odspojień wierzchniej, utwardzonej poprzez zacieranie na gładko warstwy betonu obrazują schematycznie rys. 1 i 2.

Na rys. 1 przedstawiono sytuację, gdy nie występuje na wierzchu formowanej płyty betonowej cienka zagęszczona zacieraniem warstwa, która przez swoją szczelność mogłaby stanowić barierę nieprzepuszczalną dla wyciskanej ze struktury mieszanki wody zarobowej oraz zawartego w niej powietrza. Trzeba tutaj zwrócić uwagę, że zjawisko wycieku wody z mieszanki po jej ułożeniu (popularnie nazywanego bleedingiem) jest praktycznie właściwością każdej mieszanki betonowej. Intensywność tego zjawiska jest różna dla różnych składów surowcowych. Zależy przede wszystkim od wodożądności poszczególnych składników, wskaźnika w/c oraz zastosowanych domieszek do betonu.

Mechanizm wycieku powierzchniowego wody polega na jej wyciskaniu ze struktury mieszanki wskutek grawitacyjnego upakowywania się w dole części przekroju zabetonowanego elementu frakcji materiałowej o większej gęstości (kruszywa – $2,65 \div 3,1 \text{ kg/dm}^3$ oraz cementu $2,9 \div 3,1 \text{ kg/dm}^3$) – a woda, jako lżejsza (ca $1,0 \text{ kg/dm}^3$), wędruje do góry i na boki w kierunku deskowania.

Jeśli mieszanka betonowa jest po ułożeniu jednorodna na całej wysokości przekroju elementu, zjawisko wycieku przyjmuje postać swobodnego wypływu wody na powierzchnię górną uformowanego



Fot. 4. Rozkruszona i połamana odspojona warstwa powierzchniowa



Fot. 5. Samoistne wykruszenia odspojonej warstwy



Fot. 6. Widok powierzchni betonu w miejscu odspojenia wierzchniej utwardzonej warstwy – wyraźny brak ciągłości struktury materiału



**CENTRUM TECHNOLOGICZNE
BUDOWNICTWA
INSTYTUT BADAŃ I CERTYFIKACJI
Sp. z o.o.**



AB 535



AC 205

LABORATORIUM BUDOWLANE

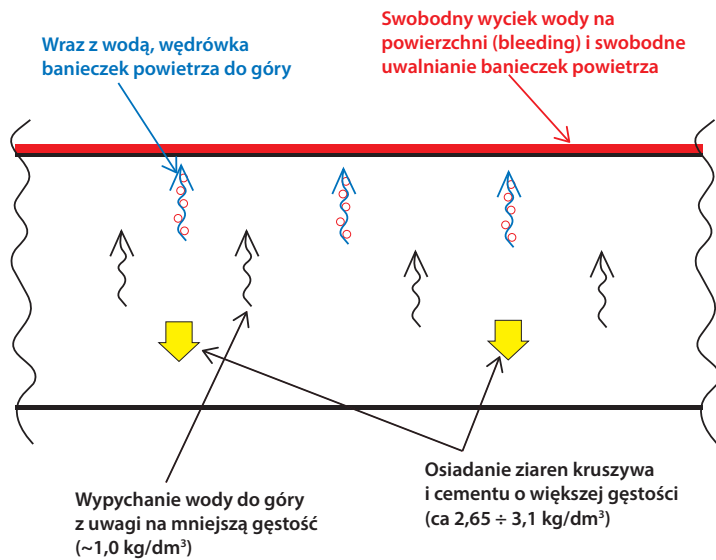
- ▶ laboratorium akredytowane AB 535
- ▶ laboratorium notyfikowane NB 2039
- ▶ wieloletnie doświadczenie
- ▶ ekspertyzy, opinie budowlane
- ▶ ocena betonu w konstrukcji
- ▶ ponad 200 badań w ofercie, w tym ponad 80 metod akredytowanych

JEDNOSTKA CERTYFIKUJĄCA WYROBY

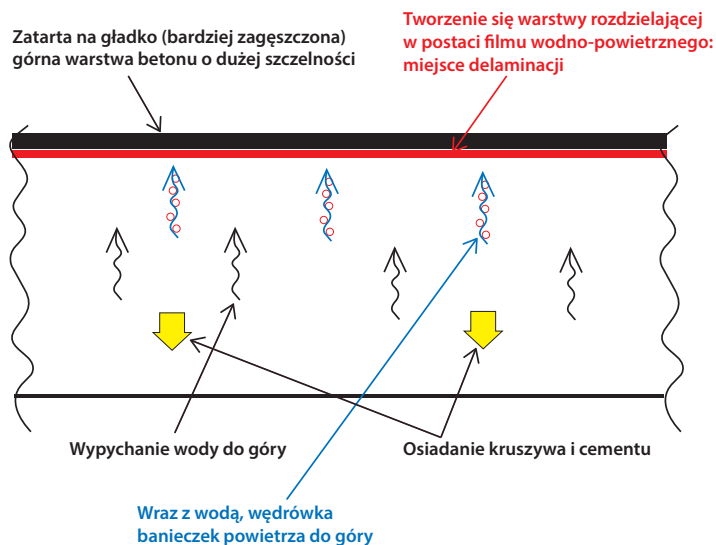
- ▶ akredytowana i notyfikowana jednostka certyfikująca wyroby AC 205, NB 2039
- ▶ certyfikacja zakładowej kontroli produkcji wyrobów budowlanych
- ▶ szkolenia otwarte

- ▶ **Centrum Technologiczne Budownictwa Instytut Badań i Certyfikacji Sp. z o.o.**
ul. Przemysłowa 23, 35-105 Rzeszów
tel. +48 17 864 04 50, e-mail: ctb@ctb-ibc.pl
www.ctb-ibc.pl





Rys. 1. Mechanizm wycieku powierzchniowego wody oraz zawartego w ułożonej mieszance betonowej powietrza w przypadku braku utwardzonej poprzez zacieranie warstwy powierzchniowej



Rys. 2. Mechanizm delaminacji wierzchniej, utwardzonej poprzez zacieranie warstwy, wskutek zatrzymania pod nią wędrującej ku górze wody i banieczek powietrza

Poniżej:
Fot. 7. Rozkruszona i połamana odspojona warstwa wierzchnia
Z prawej:
Fot. 8. Widok od spodu odspojonej warstwy: gładka powierzchnia ukształtowana przez mieszanie wody z banieczkami powietrza

elementu. Skoro z mieszanki wyciskana jest woda, to tym bardziej dotyczy to jeszcze lżejszych od niej banieczek powietrza – zwłaszcza jeśli tego powietrza w mieszance jest dużo, wskutek jej celowego napowietrzenia dla poprawy mrozoodporności betonu stwardniałego. Dlatego często na powierzchni zabetonowanych elementów z użyciem mieszanek napowietrzanych obserwuje się zastoiska wody zarobowej (często zabarwionej użytą domieszką) pokryte warstwą piany. W przypadku zatarcia wierzchniej warstwy ułożonej mieszanki betonowej, obojętne czy stosowane są po-

syпки utwardzające czy nie, formuje się cienka warstwa powierzchniowa (ok. 1 ÷ 5, a nawet 7 mm), która jest bardziej zagęszczona od mieszanki zalegającej poniżej. Skoro jest bardziej zagęszczona, to jest również mniej przepuszczalna dla wyciskanych z dolnych partii zabetonowanego elementu wody zarobowej i banieczek powietrza. Dlatego zatrzymują się one pod tą zatartą warstwą (rys. 2). Tworzy się wtedy swoisty film wodno-powietrzny, który skutecznie oddziela od siebie dwie warstwy betonu o różnych właściwościach. Po wyschnięciu tej wody nigdy nie nastąpi już połączenie się (sklejenie) tych dwóch warstw.

Podsumowanie

Zastosowanie mieszanek betonowych napowietrzonych (zarówno przypadkowo, jak i celowo dla zapewnienia mrozoodporności betonu) do wykonywania nawierzchni zacieranych na gładko stwarza zagrożenie graniczące z pewnością, że wystąpi delaminacja wierzchniej, zatartej warstwy.

Należy zatem unikać takich rozwiązań już na etapie projektowania – tym bardziej że nawierzchnie takie z punktu widzenia użytkowego stanowią zagrożenie bezpieczeństwa użytkownika w okresie ujemnych temperatur, kiedy możliwe jest zaleganie na nich warstwy śniegu lub lodu. Gładko zatarta powierzchnia staje się swoistą ślizgawką, zarówno dla ruchu pieszego, jak i ruchu pojazdów.

Przypadek z kolei nawierzchni wewnętrznych, a narażonych na oddziaływanie temperatur ujemnych, nie zawsze wymusza konieczność poprawy mrozoodporności betonu poprzez napowietrzenie, bo trzeba pamiętać, że zagrożeniem dla betonu cyklicznie zamrażanego i odmrażanego, jest jego pełne nasycenie wodą [1-3].

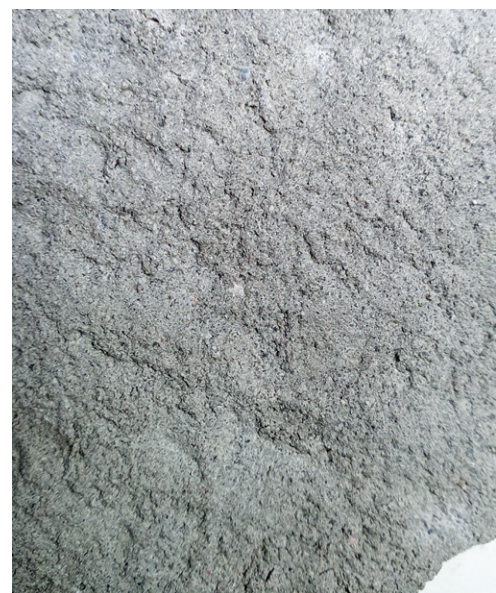
dr inż. Grzegorz Bajorek, prof. PRZ
Politechnika Rzeszowska
Centrum Technologiczne Budownictwa
Instytut Badań i Certyfikacji
inż. Maciej Barć, inż. Alina Piątkowska
Centrum Technologiczne Budownictwa
Instytut Badań i Certyfikacji

Piśmiennictwo

1. PN-EN 206+A1:2016-12 Beton. Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność
2. PN-B 06265:2018-10 Beton. Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność. Krajowe uzupełnienie PN-EN 206+A1:2016-12
3. PN-EN 13670:2011 Wykonywanie konstrukcji z betonu



fol. Grzegorz Bajorek



fol. Grzegorz Bajorek