

Awaria betonowej nawierzchni drogowej – studium przypadku

ARTUR JUSZCZYK*

Instytut Budownictwa, Uniwersytet Zielonogórski

Streszczenie: Nawierzchnie betonowe są bardzo trwałe i mogą być stosowane praktycznie na wszystkich rodzajach dróg. W niniejszej publikacji przedstawiono przypadek, w którym trwałość konstrukcji można określić w dniach, a nie latach. Wykonawca popełnił chyba wszystkie błędy, jakie były możliwe, przez co wystąpiły nadwyraz obszerne uszkodzenia. W oparciu o wyniki badań oraz analizę uszkodzeń sztywnej nawierzchni zaproponowano program działań naprawczych. Niniejszy artykuł stanowi ostrzeżenie dla inwestorów i wykonawców w zakresie błędów oraz ich następstw przy drogach o nawierzchni sztywnej.

Słowa kluczowe: nawierzchnie betonowe, uszkodzenia nawierzchni, naprawy nawierzchni betonowych

1. Wprowadzenie

Pierwsza nawierzchnia z betonu cementowego została wykonana w roku 1888 we Wrocławiu. Do dziś eksploatujemy szereg dróg o nawierzchni z lat 30–60 ubiegłego wieku. Na początku XXI wieku zaczęto wracać do realizacji nawierzchni sztywnych. Obecnie dostępny jest bardzo szeroki wachlarz technologii, spośród których najczęściej stosowane są następujące rozwiązania:

- nawierzchnie niezbrojone i niedyblowane,
- nawierzchnie niezbrojone, dyblowane i kotwione,
- nawierzchnie zbrojone,
- nawierzchnie prefabrykowane,
- nawierzchnie z betonu wałowanego.

Nawierzchnie betonowe są coraz powszechniej wykonywane w Polsce, nie tylko na drogach krajowych, ale również jako drogi gminne oraz wewnętrzne. Prawidłowo wykonana nawierzchnia betonowa charakteryzuje się odpornością na odkształcenia przy intensywnym ruchu kołowym, dzięki czemu jej stan techniczny z reguły pozwala na dłuższą eksploatację aniżeli czas zakładany na etapie projektowania.

*Autor do korespondencji: a.juszczyk@ib.uz.zgora.pl

2. Uszkodzenia i naprawy nawierzchni sztywnych

Prawidłowa ocena i weryfikacja uszkodzeń nawierzchni betonowych jest niezbędnym etapem w drodze do programu działań naprawczych. Diagnostyka nawierzchni betonowych jest powszechnie znana i ogólnie dostępna [1, 2]. Stale udoskonalane są metody nieniszczące.

Ze względu na ciągłe narażenie na czynniki degradujące, nawierzchnie betonowe są bardzo wrażliwe na popełniane błędy w fazie projektowania i realizacji. Błędy w procesie inwestycyjnym oraz ich skutki można podzielić na materiałowe i technologiczne, najważniejsze przedstawiono w tablicy 1.

Tablica 1. Najczęściej występujące błędy oraz ich skutki dla nawierzchni betonowych

Błąd	Możliwe następstwa
Materiał	
Nadmiernie zapyłone kruszywo, zanieczyszczenia	Wyłuskane ziarna kruszywa, łuszczenie, odpryski, wykwyty
Mała mrozoodporność kruszywa	Odprysk ziaren kruszywa, łuszczenie, odpryski
Reaktywność alkaliczna kruszywa	Odprysk ziaren kruszywa, łuszczenie, odpryski
Polerowalność kruszywa	Ścieranie
Technologia	
Brak wymaganej nośności podłoża lub podbudowy	Pęknięcia płyt, klawiszowanie
Złe zaprojektowana mieszanka betonowa	Łuszczenie płyt, pęknięcia, ścieranie
Betonowanie w niskich lub wysokich temperaturach	Pęknięcia płyt
Zbyt późne nacięcie szczelin	Pęknięcia płyt
Zła pielęgnacja	Łuszczenie płyt, pęknięcia, ścieranie
Ruch technologiczny	Łuszczenie płyt, pęknięcia, ścieranie
Złe teksturowanie nawierzchni	Śliska nawierzchnia

Następstwem każdego z uszkodzeń jest obniżenie trwałości oraz pogorszenie warunków bezpieczeństwa ruchu drogowego. Ryzyko wystąpienia błędów oraz ich skutki przytoczone w tabeli 1, można w istotny sposób ograniczyć, powierzając wykonanie drogi firmie budowlanej doświadczonej w zakresie nawierzchni betonowych. Pomimo należytej staranności i uniknięcia błędów w procesie projektowania i realizacji, uszkodzenia mogą wystąpić w kolejnej fazie cyklu życia obiektu. Na etapie eksploatacji nie można zapomnieć o zabiegach utrzymaniowych, jak choćby wymiana uszczelnień szczelin dylatacyjnych. Głównymi przyczynami wystąpienia uszkodzeń podczas eksploatacji są zmieniające się warunki wodne, wzrost natężenia ruchu oraz nieprzewidziane czynniki losowe, jak np. oddziaływanie wysokiej temperatury na skutek pożaru pojazdu stojącego na jezdni.

Uszkodzenia powierzchniowe, w zależności od skali i zakresu ich występowania, możemy naprawiać lub niwelować metodami powierzchniowymi. Stosując odpowiednie materiały naprawcze, charakteryzujące się dobrą przyczepnością, niskim skurczem oraz właściwą wytrzymałością, możliwe jest przedłużenie okresu eksploatacji o kilka lat. Pojawiający się problem z brakiem szorstkości nawierzchni betonowej można rozwiązać przez wykonanie piaskowania lub śrutowania, gridding wodą lub tarczami diamentowymi oraz rowkowanie (grooving) za pomocą tarcz diamentowych. W przypadku klawiszowania płyt można wykonać iniekcje zaczynem cementowym lub dyblowanie. Uszkodzenia strukturalne mogą być przyczyną całkowitej wymiany płyty lub całej nawierzchni. Metody napraw różnych uszkodzeń nawierzchni betonowych opisane zostały w literaturze [np. 3–5].

3. Awaria – studium przypadku

Na przełomie wieków powszechnie panowała opinia, że budowa drogi o nawierzchni z betonu cementowego jest kosztowna i pomimo licznych zalet nadaje się wyłącznie dla ruchu bardzo ciężkiego na drogach szybkiego ruchu. Instytut Badawczy Dróg i Mostów opracował katalog typowych rozwiązań nawierzchni sztywnych [6]. Opracowana została Ogólna Specyfikacja Techniczna [7]. Podjęto szereg prób wdrożenia nawierzchni betonowych na drogach o niższych parametrach. W tym celu realizowano inwestycje pilotażowe, upowszechniano wiedzę w postaci publikacji [np. 8, 9]. Pod wpływem takich działań inwestor prywatny zdecydował się na realizację dróg wewnętrznych z zastosowaniem nawierzchni sztywnej.

Remont dróg został zlecony firmie budowlanej, która zrealizowała roboty budowlane w czerwcu i lipcu. Zakres robót był stosunkowo niewielki, obejmował wykonanie nowej warstwy wierzchniej przy wykorzystaniu dotychczasowej konstrukcji jako podbudowy. Remont dotyczył dwóch odcinków dróg o łącznej długości 223 m i całkowitej powierzchni 1039 m². Wykonane nawierzchnie zostały podzielone na płyty szczelinami wypełnionymi masą zalewową. Niniejsze drogi wewnętrzne stanowią dojazd do budynków wielorodzinnych oraz obiektów usługowo-handlowych, znajdujących się bezpośrednio przy nich. Widok ogólny dróg przedstawiono na rysunkach 1 i 2.



Rys. 1. Widok ogólny odcinka 1.



Rys. 2. Widok ogólny odcinka 2.

Po kilku tygodniach inwestor zauważył bardzo licznie występujące uszkodzenia nawierzchni. W grudniu zdecydowano się na pobranie próbek i wykonanie badań niszczących. Należy przy tym zwrócić uwagę, że nawierzchnia nie była jeszcze eksploatowana w warunkach zimowych. Badania po około 6 miesiącach eksploatacji nawierzchni przeprowadzone na odcinku 1 przez Laboratorium Budowlane Sp. z o.o. w Zielonej Górze wykazały, że wytrzymałość betonu na ściskanie wyniosła wówczas 5,2 MPa, co nie odpowiadało najniższej klasie betonu C8/10 wg. PN-EN 206-1:2003 [10]. Ponadto stwierdzono występowanie dużych pustek powietrznych w betonie, które były następstwem niedostatecznego zagęszczenia warstwy.

Kolejne badania kontrolne przeprowadzono, po okresie ponad 1,5 rocznego użytkowania. Na odcinku 1 wytrzymałość na ściskanie nawierzchni wyniosła zaledwie 3,5 MPa, natomiast na odcinku 2 zarejestrowano 5,3 MPa. Warto podkreślić, że na odcinku 1 występowały miejsca, których poziom degradacji uniemożliwiał wykonanie badań.

Nawierzchnia betonowa powinna zwiększyć swoją wytrzymałość, jednak w tym przypadku stało się odwrotnie. Po roku użytkowania zarejestrowano spadek wytrzymałości na ściskanie betonu na poziomie 32%.

Wytrzymałość na ściskanie jest podstawowym parametrem dla betonu. W przypadku konstrukcji nawierzchni drogowej równie ważne są takie wymagania jak: wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu, nasiąkliwość, mrozoodporność oraz odporność na działanie środków odladzających [11, 12]. Wyniki przeprowadzonych badań wytrzymałości betonu na ściskanie uznano za wystarczające do stwierdzenia niespełnienia pozostałych wymagań.

Pomiary spadków poprzecznych i podłużnych były utrudnione z uwagi na stan tekstury nawierzchni. Uzyskane wyniki spadków poprzecznych kształtują się na odcinku 1 od 2,2% do 2,9% oraz w przedziale 0,7–0,9% na odcinku 2. Są to wartości pozwalające na poprzeczne odprowadzenie wód opadowych z jezdni. Spadek podłużny jest następstwem ukształtowania terenu, w znaczący sposób zróżnicowanego wysokościowo. Stwierdzono jednak występowanie lokalnych obszarów bezodpływowych w miejscach ubytków nawierzchni.

Podczas wizji terenowej dokonano wstępnej oceny wizualnej stanu technicznego nawierzchni dróg. Stwierdzono szereg uszkodzeń, występujących głównie na pierwszym odcinku, znacząco obniżając wartość użytkową drogi, jednak drugi odcinek również nie był pozbawiony wad wykonawczych.

Badania akustyczne wykazały niepełne podparcie płyt nawierzchni, co skutkowało klawiszowaniem nawierzchni.

W trakcie wizji lokalnej na odcinku 1 stwierdzono następujące uszkodzenia nawierzchni:

- brak ciągłości podparcia warstwy wierzchniej,
- występowanie lokalnych obszarów bezodpływowych,
- zniszczenie tekstury nawierzchni,
- spękania poprzeczne oraz ukośne,
- nieregularne kształty połączeń technologicznych nawierzchni,
- znaczące ubytki nawierzchni, dochodzące do stalowej siatki ułożonej na podbudowie przed wykonaniem nowej warstwy wierzchniej,
- nieregularne kształty połączeń technologicznych nawierzchni.

Widok wybranych uszkodzeń nawierzchni odcinka 1 przedstawiono na rysunkach 3–8.



Rys. 3. Widok degradacji powierzchniowej.



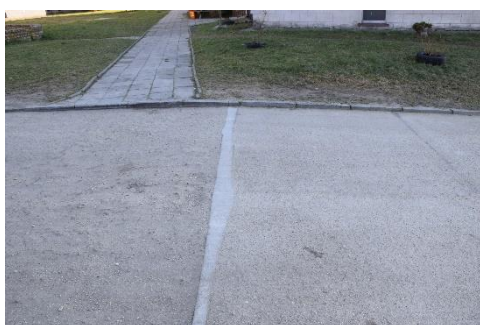
Rys. 4. Widok zniszczonej tekstury nawierzchni.



Rys. 5. Widok odsłoniętej siatki stalowej.



Rys. 6. Widok zanizzonej o 6 cm pokrywy studni.



Rys. 7. Widok naprawy krawędzi płyt.



Rys. 8. Widok spękania poprzecznego płyty.

Na odcinku 2 występowały analogiczne uszkodzenia o mniejszej intensywności. Przyczyną lepszego stanu jezdni był znikomy ruch pojazdów, z uwagi na drogę bez przejazdu oraz zakaz parkowania.

Spękania płyt betonowych są spowodowane zbyt niską wytrzymałością betonu, niewłaściwym składem mieszanki betonowej, błędami w wykonawstwie szczelin, wadami wykonania nawierzchni oraz niewłaściwą pielęgnacją betonu w procesie wiązania i twardnienia.

Warstwa wierzchnia nie spełnia podstawowych wymagań dla nawierzchni twardej ulepszonej jakim jest równość oraz bezpylność. Powstałe ubytki obniżają estetykę oraz wartość użytkową nawierzchni, bezpieczeństwo ruchu drogowego oraz okres eksploatacji. Na podstawie wyników badań stwierdzono postępującą degradację betonowej nawierzchni analizowanych dróg. Dalsza eksploatacja była niebezpieczna z uwagi na wystające pręty, dlatego potrzebny był program działań naprawczych.

4. Program naprawczy

Z uwagi na podstawowy problem, jakim jest niska wytrzymałość na ściskanie betonu oraz jej spadek w czasie, nie było możliwości wykonania wzmocnienia istniejących nawierzchni środkami powierzchniowymi. Zaproponowano wymianę betonowej warstwy wierzchniej. Ze względów technologicznych dopuszczono również alternatywne rozwiązanie jakim jest wykonanie nawierzchni z brukowej kostki betonowej. Takie rozwiązanie ogranicza czas realizacji oraz mobilizację sprzętu.

Ostatecznie zrealizowano wariant proponowany jako alternatywny, a widok przed i po naprawie nawierzchni pokazano na rysunkach 9 oraz 10.



Rys. 9. Widok uszkodzonej nawierzchni betonowej.



Rys. 10. Widok nawierzchni po wykonaniu działań naprawczych.

5. Podsumowanie

Krajowe doświadczenia, w zakresie realizacji nawierzchni sztywnych, pozwoliły na upowszechnienie tego typu rozwiązań w polskim drogownictwie. Niestety w praktyce inżynierskiej nie zawsze przestrzega się wymogów danej technologii, na odstępstwa od których nawierzchnie betonowe są bardzo wrażliwe. Przyczynami takiej sytuacji może być presja terminu realizacji czy np. chęć ograniczanie kosztów. Należy jednak pamiętać o odpowiedzialności, jaka ciąży na osobach wykonujących samodzielne funkcje techniczne w budownictwie. Wykonując zawód zaufania publicznego inżynier budownictwa zobowiązany jest do zachowania należytej staranności w realizacji robót budowlanych zgodnie z wiedzą techniczną. Liczne błędy wykonawcze doprowadziły nawierzchnię betonową do takiego stanu, że miejscami trudne było rozpoznanie czy nie jest to raczej droga gruntowa. Brak odpowiedniego doświadczenia nie zawsze można nadrobić ambicją i pracowitością.

Realizacja nawierzchni betonowej przyniosła niepotrzebną stratę w różnych obszarach. Poniesiono koszty finansowe, które nie przyniosły zakładanego rezultatu. Koszty społecznie to narażenie lokalnej społeczności na dłuższy czas prowadzenia robót. Warto również wspomnieć o kosztach wizerunkowych, w odniesieniu do branży czy technologii nawierzchni.

Na podstawie przedstawionego przypadku można sformułować dwa główne wnioski: Wykonawca musi przestrzegać wymagań w zakresie technologii wykonania nawierzchni z betonu cementowego, w przeciwnym razie zwiększa ryzyko poniesienia dodatkowych kosztów wynikających z realizacji programu robót naprawczych.

Inwestor powinien zlecić nadzór i kierowanie robotami osobom z odpowiednim doświadczeniem.

Literatura

1. Glinicki M.: Inżynieria betonowych nawierzchni drogowych. PWN, Warszawa 2019.
2. Diagnostyka stanu nawierzchni i wybranych elementów korpusu drogi – wytyczne stosowania. GDDKiA, Warszawa 2019.
3. Jackiewicz-Rek W., Załęgowski K., Garbacz A.: Specyfika napraw uszkodzeń nawierzchni betonowych. XXVII Konferencja Naukowo-Techniczna Awarie budowlane. Szczecin 2015.
4. Heinrich P.: Nowoczesne technologie w remontach nawierzchni betonowych. Drogownictwo, 7–8/2020.
5. Moszczak P., Duda Ł.: Wymiana uszkodzonych płyt nawierzchni betonowych za pomocą szybko wiążącego betonu wysokowartościowego. Dni Betonu. 2021.
6. Katalog typowych konstrukcji nawierzchni sztywnych, IBDiM, Warszawa 2001.
7. Ogólna Specyfikacja Techniczna D – 05.03.14 Nawierzchnia z betonu cementowego dla dróg o ruchu lekkim, GDDKiA, Warszawa 2002.
8. Szydło A.: Nawierzchnie drogowe z betonu cementowego. Polski Cement sp. z o.o., Kraków 2004.
9. Szydło A., Mackiewicz P.: Nawierzchnie betonowe na drogach lokalnych. Polski Cement sp. z o.o., Kraków 2005.
10. PN-EN 206-1:2000 Beton. Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność.
11. Katalog typowych konstrukcji nawierzchni sztywnych, GDDKiA, Warszawa 2014.
12. PN-S-96015:1975 Drogowe i lotniskowe nawierzchnie z betonu cementowego.

Damage of concrete road pavement – case study

Summary: Concrete pavements are very durable and can be used on virtually all types of roads. This paper presents a case where the durability of a structure can be defined in days rather than years. The contractor probably made all the mistakes that were possible, resulting in overly extensive damage. Based on the test results and the

damage analysis of the rigid pavement, a corrective action programme is proposed. This article serves as a warning to investors and contractors regarding the mistakes and their consequences on rigid pavements.

Key words: concrete pavements, pavement damage, concrete pavement repair