



ARKADIUSZ POLECKI

Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad
Oddział we Wrocławiu
apolecki@gddkia.gov.pl

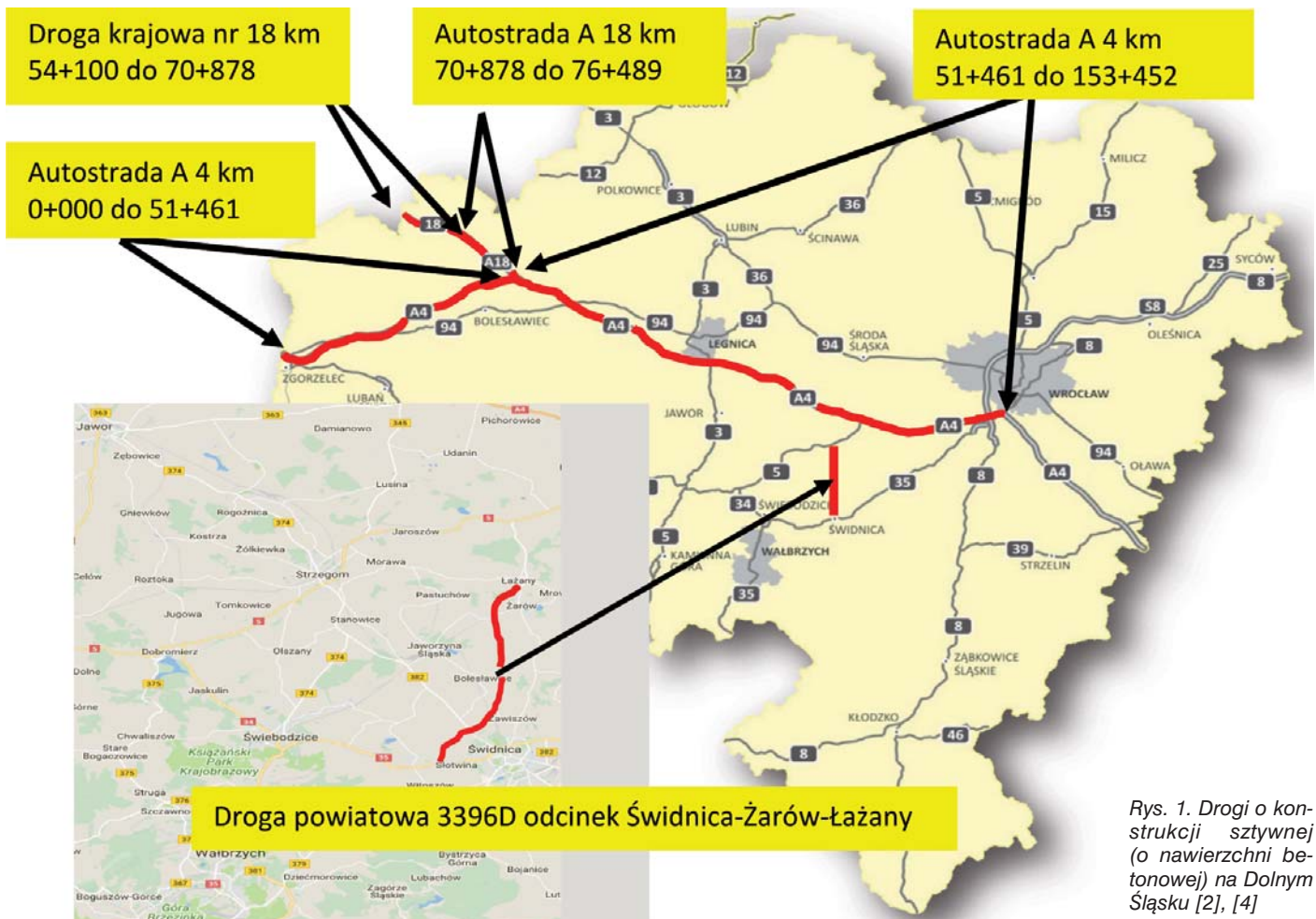
Utrzymanie nawierzchni wykonanych z betonu cementowego – typowe uszkodzenia eksploatacyjne, przykłady technologii napraw

Od pierwszego wykonania w Europie w roku 1888 na Placu Solnym d. Blüchera we Wrocławiu, nawierzchnia z betonu cementowego jest trwałym elementem pejzażu drogowego na Dolnym Śląsku. W województwie dolnośląskim około 190 km dróg ma sztywną konstrukcję nawierzchni. Są to drogi krajowe (autostrady A4 i A18, droga krajowa nr 18) oraz droga powiatowa nr 3396D. Lokalizacje dróg o nawierzchni betonowej przedstawiono na rysunku 1.

Duży wzrost natężenia ruchu drogowego oraz zwiększenie całkowitej masy pojazdów ciężarowych powodują przyspieszenie zużycia technicznego nawierzchni drogo-

wych, w tym betonowych. Powstają uszkodzenia warstw powierzchniowych nawierzchni, które mają negatywny wpływ na poziom bezpieczeństwa użytkowników dróg publicznych. W związku z tym, niezbędne jest wykonywanie zabiegów remontowych, które przywracają konstrukcje nawierzchni dróg do stanu pozwalającego na szybkie, komfortowe i bezpieczne prowadzenie ciężkiego ruchu tranzytowego oraz ruchu lokalnego [2].

Zaletą drogowych nawierzchni betonowych jest długotrwała przydatność eksploatacyjna bez konieczności kompleksowych napraw i remontów, zwłaszcza na odcinkach obciążonych ciężkim ruchem ciężarowym [1]. Wybór nawierzchni z betonu cementowego nie dla wszystkich jest



Rys. 1. Drogi o konstrukcji sztywnej (o nawierzchni betonowej) na Dolnym Śląsku [2], [4]

jednak oczywisty. Poprawnie zaprojektowana i dobrze wykonana nawierzchnia betonowa (sztywna) posiada wiele zalet. Należą do nich między innymi:

- wysoka nośność i zdolność przenoszenia obciążeń oraz odporność na odkształcenia trwałe;
- szczelność (dobre odprowadzanie wody);
- bardzo dobre właściwości przeciwpoślizgowe (wysoka szorstkość uzyskiwana poprzez teksturowanie powierzchni), które w niewielkim stopniu pogarszają się w czasie eksploatacji;
- jasny kolor pozytywnie wpływa na bezpieczeństwo (lepsza widoczność oraz możliwość redukcji kosztów oświetlenia nawet do 43%);
- długi okres użytkowania (w praktyce osiągane są nawet 45–50-letnie okresy użytkowania nawierzchni);
- stosunkowa łatwość i prostota napraw bieżących;
- hałas eliminowany przez odkrycie kruszywa, cienkie szczeliny [5];
- możliwość wykorzystania jako materiał do recyklingu (kruszywo uzyskane z pokruszenia starych płyt wbudowuje się w podbudowę);
- niskie koszty kompleksowe, tj. budowy i eksploatacji (*whole life costs*).

Przykład powierzchni nawierzchni z odcinka o prawie 50-letnim okresie eksploatacji przedstawiono na fotografii 1.



Fot. 1. Nawierzchnia betonowa w Belgii – okolice miejscowości Namur – 47 lat użytkowania [4]

Typowe uszkodzenia nawierzchni betonowych

Nawierzchnie sztywne z betonu cementowego, mimo wielu zalet, nie są pozbawione wad i również ulegają zniszczeniom podczas eksploatacji.

W pierwszych latach eksploatacji pojawiają się drobne pęknięcia i uszkodzenia przy szczelinach. Dlatego też, w całym okresie eksploatacji, niezbędna jest szczególna dbałość o szczeliny dylatacyjne.

W następnym etapie użytkowania pojawiają się deformacje krawędzi płyt, pęknięcia podłużne lub/i poprzeczne [5]. Dodatkowo płyty mogą nierównomiernie osiadać i w niewłaściwy sposób współpracować ze sobą. Zestawienie przykładowych rodzajów uszkodzeń nawierzchni betonowych przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Zestawienie przykładowych rodzajów uszkodzeń nawierzchni betonowych [6], [4].

Rodzaj uszkodzeń	Opis uszkodzenia
Powierzchniowe	Ubytki kruszywa
	Wykwity z kraterami wewnątrz
	Pęknięcia włoskowate
	Polerowanie powierzchni nawierzchni
Strukturalne	Spękania płyt
	Deformacja szczelin
	Wysadziny i osiadania płyt
Technologiczne	Ślady przedwczesnego wiązania betonu
	Ślady wleczenia i przedwczesnego wejścia
	Spękania „muszlowe” w sąsiedztwie krawędzi płyt
Eksploatacyjne	Wżery powierzchniowe
	Ubytki mechaniczne

Uszkodzenia powierzchniowe dotyczą głównie górnej części warstwy jezdnej (powierzchni nawierzchni). Są to między innymi:

- lejki, które powstają na skutek wyluskania ziaren kruszywa (zapylenie);
- ubytki związane z wykruszeniem górnej powierzchni wraz z kruszywem (zabrudzenia, zapylenie, nieodpowiednie napowietrzenie);
- złuszczenia powstałe w wyniku „odklejenia” powierzchniowej warstwy mleczka cementowego (ręczne wykańczanie lub niewystarczająca mrozoodporność);
- spękania włosowate, które powstają na skutek zbyt dużego skurczu betonu (źle dobrany cement lub zbyt szybkie ochładzanie nawierzchni);
- wytarcie górnej warstwy nawierzchni i ekspozycja ziaren kruszywa szkieletu mieszanki betonowej [5].

Przykłady wymienionych uszkodzeń przedstawiono na fotografiach 2–6.



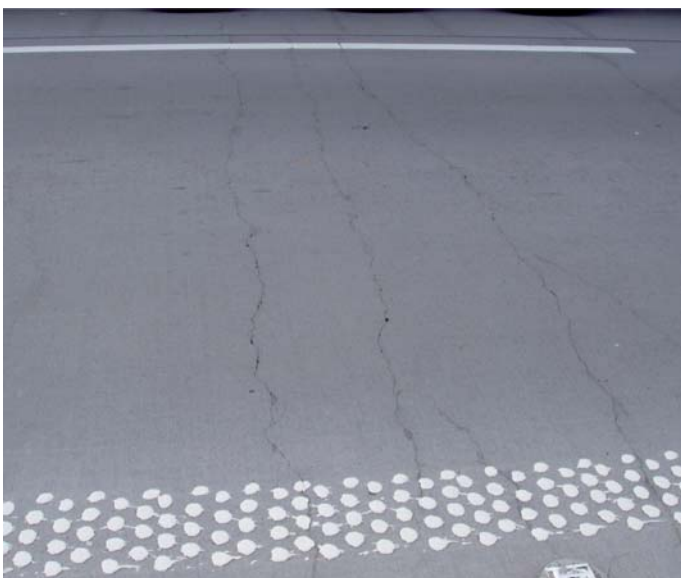
Fot. 2. Uszkodzenie powierzchniowe – wykwity i lejki wokół wykonanego odwiertu. Droga krajowa nr 18 [4]



Fot. 3. Uszkodzenie powierzchniowe – ubytki związane z wykruszeniem górnej powierzchni. Autostrada A4 [4]



Fot. 4. Uszkodzenie powierzchniowe – złuszczenia powstałe w wyniku „odklejenia” powierzchniowej warstwy mleczka cementowego. Droga krajowa nr 18 [4]



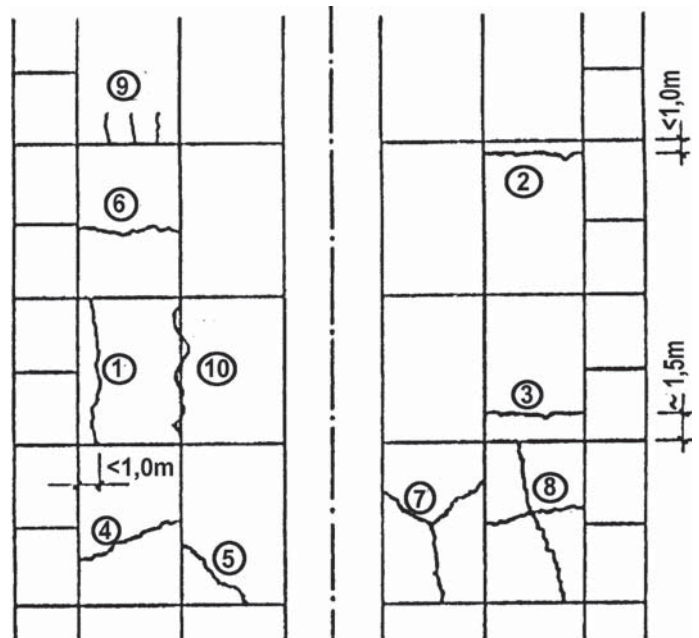
Fot. 5. Uszkodzenie powierzchniowe – spękania włosowate (mikropęknięcia). Autostrada A4 [4]



Fot. 6. Uszkodzenie powierzchniowe – wytarcie górnej warstwy nawierzchni i ekspozycja ziaren kruszywa. Droga krajowa nr 18 [4]

Uszkodzenia strukturalne dotyczą całej grubości nawierzchni betonowej. Są to między innymi:

- spękania płyt, które spowodowane są naprężeniami termicznymi lub złym podparciem w podbudowie (schematy uszkodzeń rys. 2);
- deformacje krawędzi szczelin, które związane są ze złym ich utrzymaniem, tzn. zanieczyszczenia i woda wnikająca w głąb konstrukcji, co powoduje ich erozję oraz termiczne odkształcenia [5];
- wykruszenia naroży płyt;
- wysadziny w nawierzchniach betonowych występujące sporadycznie, natomiast częstym zjawiskiem jest nierównomierne osiadanie płyt, wynikające głównie z braku współpracy pomiędzy płytami (złe przenoszenie obciążeń).



Rys. 2. Typowe przypadki spękań nawierzchni z betonu cementowego: 1 – podłużne w odległości do 1 m od krawędzi płyty, 2 – poprzeczne w odległości do 1 m od krawędzi płyty, 3 – poprzeczne w odległości ok. 1,5 m od krawędzi płyty, 4 – ukośne w środku płyty, 5 – ukośne w rogu płyty, 6 – poprzeczne w środku płyty, 7 – rozchodzące się w środku płyty, 8 – krzyżowe w środku płyty, 9 – przykrawędziowe krótkie, 10 – podłużne wzdłuż krawędzi płyty [7]

Przykłady omówionych uszkodzeń strukturalnych nawierzchni betonowej, przedstawiono na fotografiach 7–12.



Fot. 7. Uszkodzenie strukturalne – spękania podłużne, uszkodzenie krawędzi, deformacja szczelin. Autostrada A18 [3]



Fot. 8. Uszkodzenie strukturalne – wykruszenia naroży, wykruszenia krawędzi, deformacja szczelin. Autostrada A18 [3]



Fot. 9. Uszkodzenie strukturalne – spękania naroży i deformacja szczelin. Autostrada A4 [4]



Fot. 10. Uszkodzenie strukturalne – spękania podłużne. Autostrada A18 [8]



Fot. 11. Uszkodzenie strukturalne – uszkodzenie szczelin, spękania podłużne, zapadnięcie płyty. Autostrada A4 [8]



Fot. 12. Uszkodzenie strukturalne – zapadnięcie płyty. Autostrada A4 [8]

Oddzielną grupą uszkodzeń są wyniki błędów technologicznych (podczas układania warstw z betonu nawierzchniowego). Mogą one być związane z:

- zbyt długim postojem maszyn układających;
- odwróceniem kierunku przejścia podłużnych zabiegów uszorstniających (mat jutowych);
- zbyt wczesnym wejściem (osób lub zwierząt) na niezwiązaną jeszcze powierzchnię warstwy górnej nawierzchni;
- niewłaściwym ułożeniem i pracą dybli.

Przykłady uszkodzeń wynikających z błędów technologicznych przedstawiono na fotografiach 13–17.



Fot. 13. Uszkodzenie związane z błędami technologicznymi – ślady wleczenia kruszywa po odwróceniu kierunku przejścia podłużnych zabiegów uszorstniających. Droga krajowa nr 18 [8]



Fot. 14. Uszkodzenie związane z błędami technologicznymi – przykład śladów po zbyt wczesnym wejściu zwierząt na niezwiązaną warstwę nawierzchni. Autostrada A4 [8]

Uszkodzenia eksploatacyjne – wżery powierzchniowe, powstają na skutek pożarów pojazdów na nawierzchni; ubytki mechaniczne powstają jako efekt między innymi złego zabezpieczenia ładunku i jego upadku podczas transportu.



Fot. 15. Uszkodzenie związane z błędami technologicznymi – niewłaściwe ułożenie dybli. Autostrada A4 [8]



Fot. 16–17. Uszkodzenie związane z błędami technologicznymi – niewłaściwa praca dybli na skutek zablokowania szczeliny. Droga ekspresowa S8 [8]



Fot. 18. Uszkodzenie eksploatacyjne – wżery w nawierzchni w miejscu, w którym spłonął samochód ciężarowy. Autostrada A4 [8]

Przykłady wyżej przytoczonych uszkodzeń eksploatacyjnych przedstawiono na fotografiach 18–20.



Fot. 19–20. Uszkodzenie eksploatacyjne – uszkodzenia mechaniczne po upadku przewożonego ładunku. Autostrada A18 [3]

Nowym rodzajem uszkodzenia, które pojawiło się kilka lat temu, są deformacje i ubytki na styku różnych nawierzchni, w szczególności na połączeniu nawierzchni z betonu cementowego i mieszanki mineralno-asfaltowej oraz w ich najbliższym sąsiedztwie. Przykłady tego typu uszkodzeń przedstawiono na fotografiach 21–22.



Fot. 21–22. Uszkodzenie i deformacje na styku różnych nawierzchni. Autostrada A4 [8]

Technologie naprawy uszkodzeń nawierzchni betonowej

Technologie remontów nawierzchni betonowych można podzielić na dwie grupy:

- 1) bieżące/doraźne naprawy uszkodzeń,
- 2) kompleksowe remonty.

Pierwsza grupa są to naprawy wykonywane za pomocą preparatów szybkowiązących, które nie generują długotrwałych utrudnień w ruchu pojazdów:

- przy pomocy preparatów systemowych na bazie substancji ropopochodnych;
- przy pomocy preparatów na bazie żywic epoksydowych;
- z zastosowaniem frezowania i uzupełnienia warstwy przypowierzchniowej;
- z wykorzystaniem iniekcji substancji na bazie geopolimerów.

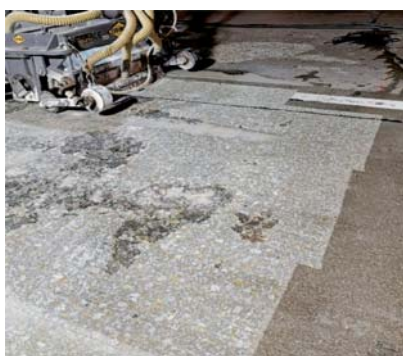
Przykłady tego typu napraw przedstawiono na fotografiach 23–28.



Fot. 23. Efekt naprawy przy pomocy preparatów systemowych na bazie substancji ropopochodnych. Autostrada A18 [8]



Fot. 24. Efekt naprawy przy pomocy preparatów systemowych na bazie żywic epoksydowych. Autostrada A4 [8]



Fot. 25–26. Efekt naprawy nawierzchni po pożarze pojazdu, za pomocą frezowania i uzupełnienia warstwy przypowierzchniowej. Autostrada A4 [4]



Fot. 27–28. Naprawa za pomocą iniekcji substancji na bazie geopolimerów. Autostrada A4 [4]



Fot. 32. Końcowy efekt naprawy kompleksowej za pomocą wymiany górnej warstwy jezdnej. Mieszanka betonu szybkostrawnego. Autostrada A4 [8]



Fot. 29. Naprawa kompleksowa – wymiana całej grubości konstrukcji nawierzchni. Autostrada A4 [8]



Fot. 30. Naprawa kompleksowa – wymiana całej grubości konstrukcji nawierzchni. Klasyczna mieszanka betonu nawierzchniowego. Autostrada A4 [8]



Fot. 31. Naprawa kompleksowa – wymiana górnej warstwy jezdnej. Mieszanka betonu szybkostrawnego. Autostrada A4 [8]

Kompleksowe naprawy uszkodzeń polegają na całkowitej wymianie uszkodzonej nawierzchni, na całej grubości konstrukcji lub na wymianie tylko górnej warstwy jezdnej. Nowe elementy mogą być wykonywane na bazie klasycznych mieszanek betonu nawierzchniowego lub też przy pomocy tzw. betonu szybkostrawnego. Przykłady tego typu napraw przedstawiono na fotografiach 29–32.

Podsumowanie

Nawierzchnie betonowe na Dolnym Śląsku są eksploatowane już przez ponad 20 lat. W tym czasie ujawniło się kilka typów uszkodzeń opisywanych w literaturze. Dodatkowo obserwowane są nowego rodzaju uszkodzenia i deformacje nawierzchni. Obciążenie tych dróg ruchem ponad 100 tys. pojazdów na dobę musi powodować uszkodzenia nawierzchni. Taki ruch uniemożliwia również wykonywanie napraw kompleksowych, które generują długotrwałe utrudnienia. Konieczne jest więc elastyczne stosowanie technologii napraw bieżących i remontów, które możliwe są do wykonania w krótkim czasie. Stosowanie takich rozwiązań umożliwia minimalizację utrudnień dla użytkowników dróg.

Bibliografia

- [1] Glinicki M.A., *Inżynieria betonowych nawierzchni drogowych*, Wydawnictwa Naukowe PWN SA. Warszawa 2019.
- [2] Polecki A., *Konstrukcje nawierzchni dróg szybkiego ruchu - klasy A i S, na Dolnym Śląsku. Stan na koniec 2018 r.*, Przegląd Komunikacyjny nr 11/2018, Wydawnictwo SITK RP Warszawa 2018.
- [3] Polecki A., *Autostrada A18 (dawniej A12) – historia i teraźniejszość*, Magazyn Autostrady nr 4/2019, Wydawnictwo ELAMED, Katowice 2019.
- [4] Polecki A., *Utrzymanie nawierzchni betonowych. Typowe uszkodzenia eksploatacyjne, przykłady technologii napraw i ich koszty*, Prezentacja GDDKiA, Józefów 2019 r.
- [5] Szydło A., *Nawierzchnie drogowe z betonu cementowego*, Polski Cement Sp. z o.o. Kraków 2004 r.
- [6] Urbański M., *Typowe uszkodzenia nawierzchni betonowych*, Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej. Budownictwo. Zeszyt nr 14/2008, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa. 2008 r.
- [7] *Szczegółowe Specyfikacje Techniczne Wykonania i Odbioru Robót nr D-05.03.16 Naprawa podłużnych i poprzecznych szczelin dylatacyjnych w ciągu drogi wojewódzkiej nr 627 na odcinku od km 63+385 do km 65+117 przejście przez m. Poniatowo*, Mazowiecki Zarząd Dróg Wojewódzkich, Warszawa 2012 r.
- [8] GDDKiA Oddział we Wrocławiu. Podręczne archiwum autora.