

Doświadczenia z odcinków testowych A4 po 16 latach eksploatacji. Część II „ciągłe zbrojenie”

Streszczenie

Odcinek A4 od Legnicy do Wrocławia powstał w latach 1934-1938, jako element autostrady Saarbrücken – Karlsruhe – Fulda – Drezno – Wrocław – Bytom. W latach 2002-2006 odcinek o długości 91,63 km został poddany kompleksowemu remontowi. Na jezdni lewej (północnej), w ramach modernizacji, wykonano dwa krótkie odcinki testowe. Doświadczenia i obserwacje miały posłużyć do określenia sposobu zachowania się i trwałości tego typu konstrukcji w polskich warunkach klimatycznych. Dodatkowym czynnikiem degradującym miał być permanentnie wzrastający ruch – szczególnie pojazdów ciężarowych. Artykuł przedstawia wyniki oględzin oraz ocenę stanu nawierzchni na jednym z tych odcinków doświadczalnych po 16 latach eksploatacji.

Słowa kluczowe:

autostrada, konstrukcja nawierzchni, betonowa nawierzchnia drogowa, uszkodzenia nawierzchni

Abstract

The A4 section from Legnica to Wrocław was built in the years 1934-1938 as an element of the Saarbrücken – Karlsruhe – Fulda – Dresden – Wrocław – Bytom highway. In the years 2002-2006, the section, 91.63 km long, underwent a comprehensive renovation. On the left (northern) road, as part of the modernization, two short experimental sections were made.

The article presents the results of the visual inspection and the assessment of the pavement condition on second experimental section after 16 years of operation.

Keywords:

motorway, pavement construction, concrete surface, damages of the surface

Odcinek A4 od Legnicy do Wrocławia powstał w wyniku realizacji niemieckiego programu budowy autostrad w latach 1934-1938, jako element autostrady Saarbrücken – Karlsruhe – Fulda – Drezno – Wrocław – Bytom [1]. W latach 2002-2006 odcinek autostrady o długości 91,63 km został poddany kompleksowemu remontowi. Na jezdni lewej (północnej) w odcinku od węzła Kostomłoty (km 125+704) do węzła Kąty Wrocławskie (km 137+585), w ramach modernizacji, wykonano dwa odcinki testowe [5].

Odcinki testowe zostały zaprojektowane i wykonane w celu zebrania doświadczeń, w jaki sposób będą się zachowywać tego typu konstrukcje nawierzchni w polskich warunkach klimatycznych i utrzymaniowych [7]. Jeden z nich, o długości ok. 1100 m, został wykonany w technologii betonowej nawierzchni zbrojonej bez szczelin poprzecznych (tzw. ciągłe zbrojenie). W Polsce wykonano dwa odcinki testowe o tego typu nawierzchni – na autostradzie A2 oraz opisany poniżej na autostradzie A4. Taki typ konstrukcji nawierzchni sztywnej jest bardziej odporny na oddziaływania termiczne w stosunku do nawierzchni dyblowanej i kotwionej ze szczelinami poprzecznymi i podłużnymi.

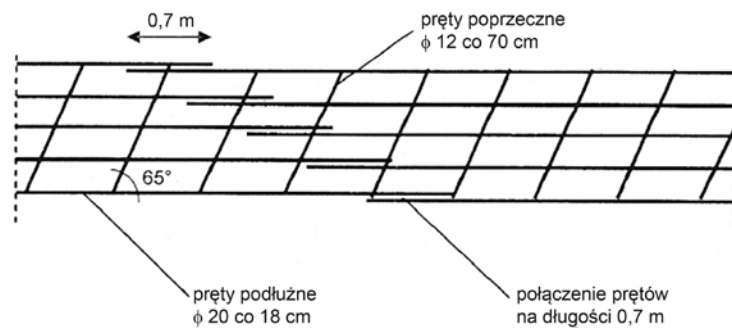
Drugi odcinek testowy

Odcinek w km od 133+877 do km 134+976 o powierzchni 12 000 m² został wykonany pomiędzy obiektami w ciągu autostrady WA-91 oraz WA-92. W przekroju poprzecznym występują dwa pasy ruchu oraz pas awaryjny – szerokość jezdni wynosi 11,0 m. Konstrukcja nawierzchni została zaprojektowana jako beton zbrojony w sposób ciągły, bez szczelin poprzecznych. Nawierzchnia została wykonana z betonu cementowego klasy min. B40 (wytrzymałość na ściskanie R28 = 40 MPa, wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu 5,5 MPa, nasiąkliwość do 5%) o grubości 23 cm. Nawierzchnia nie jest dylatowana poprzecznie. Wykonano dwie szczeliny podłużne, które zostały wypełnione masą zalewową. Zastosowano zbrojenie podłużne ciągłe. Pręty podłużne o śred-

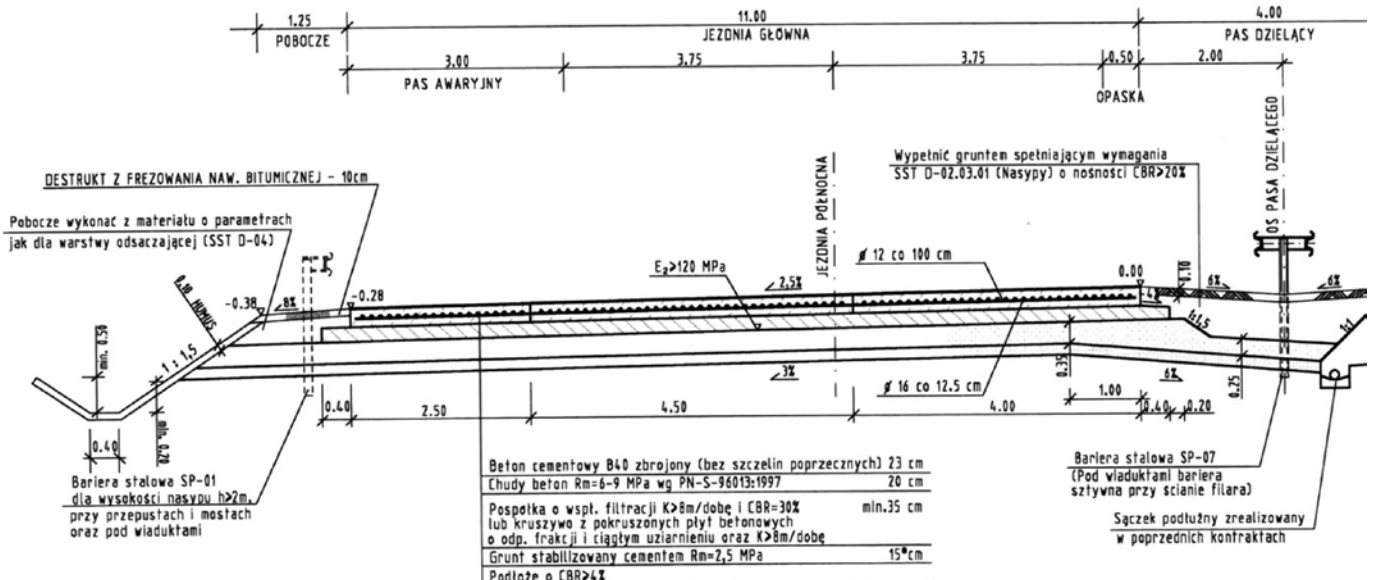
Wprowadzenie

Autostrada A4, jako najdłuższa droga szybkiego ruchu w kraju, łączy granicę zachodnią z RFN i wschodnią z Ukrainą. Na Dolnym Śląsku autostrada A4 ma łącznie długość 193,965 km, z czego odcinek ok. 154 km (Jędrzychowice – Bielany Wrocławskie) posiada nawierzchnię wykonaną w technologii betonu cementowego [3].

Rys. 1. Schemat rozmieszczenia prętów ciągłego zbrojenia nawierzchni betonowej.
Źródło: [7]



Rys. 2. Przekrój konstrukcyjny nawierzchni wykonanej ze zbrojonej płyty betonowej o grubości 23 cm, bez szczelin poprzecznych, na podbudowie z chudego betonu. Źródło: [1], [2]





Fot. 1. Widok poprzecznych spękań włosowatych nawierzchni wykonanej ze zbrojonej płyty betonowej o grubości 23 cm, bez szczelin poprzecznych, na podbudowie z chudego betonu. Źródło: [4], [9]



Fot. 2. Widok poprzecznych spękań włosowatych w odstępach kilkudziesięciu centymetrów nawierzchni wykonanej ze zbrojonej płyty betonowej bez szczelin poprzecznych. Źródło: [9]

nicy \varnothing 20 mm i rozstawie co 18 cm oraz pręty poprzeczne o średnicy \varnothing 12 mm i rozstawie co 70 cm, ułożone pod kątem ok. 65° [7]. Schemat rozmieszczenia prętów ciętego zbrojenia przedstawiono na rysunku nr 1.

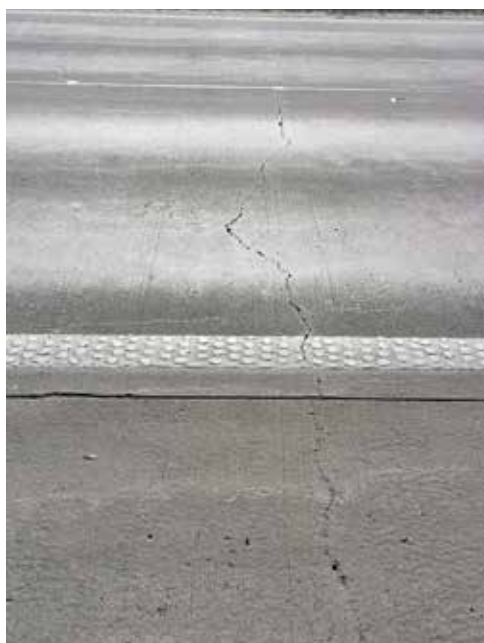
Podbudowę stanowi warstwa o grubości 20 cm wykonana z „chudego betonu” – wytrzymałość na ścislenie $R_m = 9$ MPa. Warstwę mrozoochronną o grubości 35 cm wykonano z kruszywa łamanego stabilizowanego mechanicznie (0/31,5 mm) – wtórny moduł odkształcenia (płyta VSS) min. 150,00 MPa. Ulepszone podłoże o grubości 15 cm zostało wykonane z gruntu stabilizowanego cementem – $R_m = 2,5$ MPa. Nie przewidziano układania geowłókniny pod warstwą betonu nawierzchniowego [1]. Przekrój konstrukcyjny nawierzchni o ciętym zbrojeniu przedstawiono na rysunku nr 2.

Na obu końcach tego odcinka zostały wykonane bloki żelbetowe o grubości ok. 90 cm i w rozstawie ok. 65 cm. Bloki wykonano na długości ok. 30 m [7].

Stan nawierzchni z betonu cementowego

Na odcinku o ciętym zbrojeniu pierwsze pęknięcia włosowate pojawiły się po miesiącu od wykonania (listopad 2005 r.). Poprzeczne spękania o szerokości do 1,0 mm przebiegały przez całą szerokość jezdni (nawierzchni) w odstępach ok. 2,0-2,5 m. Spękania włosowate przedstawiono na fotografii nr 1.

W miarę postępu eksploatacji oraz wzrostu ruchu zaczęły się pojawiać kolejne spękania włosowate, w odstępach co 5,0 m oraz znacznie mniejszych do kilkudziesięciu centymetrów.



Fot. 3. Widok powiększonych szczelin spękań włosowatych nawierzchni wykonanej ze zbrojonej płyty betonowej bez szczelin poprzecznych Źródło: [9]

Dodatkowo niektóre spękania „otwierały się”, tzn. zwiększały się ich szerokości – nawet do 5,0 mm. W niektórych miejscach utworzyły się wyboje na skutek wykruszeń krawędzi spękań. Są to uszkodzenia powierzchniowe, które nie mają wpływu na kondycję całego profilu konstrukcji nawierzchni. Prawidłowe zabezpieczenia wykonywane w ramach zabiegów bieżącego utrzymania gwarantują utrzymanie pełnego projektowanego okresu eksploatacji. Wyżej opisane uszkodzenia przedstawiono na fotografiach nr 2, nr 3 i nr 4.



Fot. 4. Widok powiększonych szczelin spękań włosowatych oraz tworzących się niewielkich wybojów i wykruszeń, w okolicach zainstalowanych podczas wykonywania nawierzchni czujników do pomiarów odkształceń i temperatury Źródło: [7], [9]

Fot. 5. Widok uszkodzeń na styku nawierzchni betonowej i asfaltowej w km 134+976
Źródło: [9]



Fot. 6. Widok uszkodzeń na styku nawierzchni betonowej i asfaltowej w km 133+877
Źródło: [9]



W kolejnym etapie eksploatacji, powstały uszkodzenia na styku z nawierzchnią asfaltową. Pojawiły się tam poprzeczne uszkodzenia i wykruszenia, przy czym największe uszkodzenia wystąpiły po stronie konstrukcji podatnej. Tego typu uszkodzenia na obu końcach odcinka przedstawiono na fotografiach nr 5 i nr 6.

Po ok. 10 latach eksploatacji, pojawiły się spękania włosowate skośne do osi jezdni. Występują one tylko na pasie zewnętrznym (ruchu powolnego). Jak do tej pory nie zarejestrowano propagacji tego typu spękań na pasie wewnętrznym (szybkim). Skośne spękania włosowate, tak jak poprzeczne, również ulegają poszerzeniu i powstają uszkodzenia na ich krawędziach. Uszkodzenia skośnych spękań przedstawiono na fotografii nr 7.

Fot. 7. Widok uszkodzeń powierzchniowych - spękań skośnych do osi jezdni autostrady A4
Źródło: [9]



W ciągu ostatnich dwóch lat pojawiły się włosowate spękania podłużne, równoległe do osi jezdni. Występują one tylko na pasie zewnętrznym (ruchu powolnego) w sąsiedztwie miejsca przejścia (tzw. „śladu”) prawego koła pojazdów, w szczególności ciężarowych. Łączą się ze spękaniami poprzecznymi oraz ze spękaniami skośnymi. Wykazują też pierwsze oznaki poszerzania się i wykruszania swoich krawędzi. Uszkodzenia w postaci spękań podłużnych przedstawiono na fotografii nr 8.

Na odcinku wykonanym w technologii betonowej nawierzchni zbrojonej bez szczelin poprzecznych zarejestrowano występowanie pojedynczych wybojów o głębokości do ok. 2-3 cm i niewielkiej powierzchni. Co ciekawe, tego typu uszkodzenia występują również tylko w obrębie pasa zewnętrznego. Są one na bieżąco wypełniane specjalnie do tego przeznaczonymi zalewami systemowymi. Przykłady wybojów w nawierzchni przedstawiono na fotografiach nr 9 i nr 10.

Na całym odcinku „ciągniętego zbrojenia” szczeliny podłużne są w bardzo dobrym stanie, bez wykruszeń ich krawędzi, prawidłowo zamknięte przez zalewę z mas asfaltowych. Obie krawędzie jedni (wewnętrzna i zewnętrzna) nie wykazują uszkodzeń podłużnych, wykruszeń ani zapadnięć.

Po 16 latach eksploatacji stan całego odcinka doświadczalnego w km od 133+877 do km 134+976 można ocenić jako dobry, a samego pasa wewnętrznego jako bardzo dobry.

Wyniki badań ugięć sprężystych wykonane na pasie wewnętrznym plasują się na poziomie: ugięcie średnie pod płytą FWD (w środku pasa ruchu) – $U_{sr} \approx 44 \mu\text{m}$; ugięcie maksymalne $U_{max} = 63 \mu\text{m}$ [9]. Wyniki pomiarów równości podłużnej (IRI) oraz poprzecznej wykonanych na pasie wewnętrznym kształtują się na poziomie: $IRI_{sr} = 1,26 \text{ mm/m}$; $IRI_{max} = 1,95 \text{ mm/m}$; nierówność poprzeczna $> 4 \text{ mm} = 1$; nierówność maksymalna = 5 mm [9].

Wyniki badań ugięć sprężystych wykonane na pasie zewnętrznym wykazują wartości na poziomie: ugięcie średnie pod płytą FWD (w środku pasa ruchu) – $U_{sr} \approx 46 \mu\text{m}$; ugięcie maksymalne $U_{max} = 74 \mu\text{m}$ [9]. Wyniki pomiarów równości podłużnej (IRI) oraz poprzecznej wykonanych na pasie zewnętrznym wynoszą odpowiednio: $IRI_{sr} = 1,22 \text{ mm/m}$; $IRI_{max} = 2,22 \text{ mm/m}$; nierówność poprzeczna $> 4 \text{ mm} = 0$; nierówność maksymalna = 4 mm [9].

Podsumowanie

Poprawnie zaprojektowana, prawidłowo wykonana i utrzymywana nawierzchnia wykonana z betonu cementowego z powodzeniem umożliwia eksploatację przez okres ponad 30 lat [6]. Nawierzchnie betonowe na Dolnym Śląsku są eksploatowane ponad 25 lat. Wśród nich znajduje się odcinek testowy o konstrukcji sztywnej – betonowej nawierzchni zbrojonej bez szczelin poprzecznych, który jest eksploatowany już 16 lat [5]. Zgodnie z treścią rozporządzenia [8], sztywna konstrukcja nawierzchni jezdni powinna gwarantować bezpieczną eksploatację i bezawaryjne przenoszenie obciążeń w okresie nie krótszym niż 30 lat. Obserwacje poczynione na opisanym powyżej odcinku autostrady A4 potwierdzają spełnienie wyżej wymienionych wymagań warunków technicznych po ponad połowie założonego minimalnego czasu ich użytkowania. Odcinek betonowej nawierzchni zbrojonej bez szczelin poprzecznych (o ciągłym zbrojeniu) wykazuje pewne uszkodzenia powierzchniowe, lokalnie występują drobne ubytki strukturalne. Jednak odpowiednio prowadzone zabiegi bieżącego utrzymania pozwolą na zabezpieczenie wszystkich spękań włosowatych od działania wody oraz środków odladzających, a cała nawierzchnia będzie przenosić obciążenia od ruchu pojazdów przez kolejne 16 lat.

Arkadiusz Polecki
SIiTK RP Oddział we Wrocławiu

Bibliografia:

1. Bajor J., Suchy M. „Przebudowa autostrady A4 na odcinku od węzła Krzywa do węzła Bielany Wrocławskie – największy realizowany projekt autostrady o nawierzchni betonowej w Polsce”. Materiały konferencji „Dni Betonu” Wisła 2004 r., Polski Cement Sp. z o.o. Kraków 2004 r.
2. Leńczyk L. „Autostrady betonowe Dolnego Śląska”. Prezentacja na seminarium pt. „Drogi betonowe – trwałość i bezpieczeństwo”. Kielce maj 2007 r.
3. 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 SIiTK RP Warszawa 2018.
4. Polecki A. „Doświadczenia z eksploatacji i utrzymania autostrad o nawierzchniach betonowych w Polsce: A4”. Prezentacja na seminarium „Dobre praktyki i nowe rozwiązania”. Polski Kongres Drogowy listopad 2021.
5. Polecki A. „Doświadczenia z odcinków testowych autostrady A4 po 16 latach ich eksploatacji. Część I. „Gruba płyta”. Kwartalnik „Budownictwo, Technologie, Architektura”. Kwiecień – czerwiec 2022. Polski Cement Sp. z o.o. Kraków 2022 r.
6. Szydło A. „Nawierzchnie drogowe z betonu cementowego”. Polski Cement Sp. z o.o. Kraków 2004 r.
7. Szydło A. „Polskie doświadczenia z betonowymi nawierzchniami bez szczelin poprzecznych”. Kwartalnik „Budownictwo, Technologie, Architektura”. Kwiecień – czerwiec 2007. Polski Cement Sp. z o.o. Kraków 2007 r.
8. Obwieszczenie Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 23 grudnia 2015 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie. Dz. U. 2016 poz. 124 z późniejszymi zmianami.
9. Podręczne archiwum autora.

Fot. 9. Wybój na nawierzchni – pas zewnętrzny. Źródło: [9]



Fot. 8. Widok uszkodzeń powierzchniowych - spękań podłużnych, równoległych do osi jezdni, które łączą się ze spękaniami poprzecznymi i skośnymi Źródło: [9]



Fot. 10. Wybój na nawierzchni oraz spękania poprzeczne – pas zewnętrzny Źródło: [9]