

# Nawierzchnie betonowe na obiektach mostowych: doświadczenia krajowe

## Streszczenie

W Polsce liczba dróg publicznych o nawierzchni betonowej systematycznie wzrasta. Jednakże ze względu na brak krajowych technologii i procedur projektowych, na mostach położonych w ciągu tych dróg jest nadal układana nawierzchnia asfaltowa. Powoduje to określone komplikacje technologiczne i eksploatacyjne. W artykule opisano pierwsze krajowe zastosowanie nawierzchni betonowej, wykonanej na kilku obiektach mostowych w ciągu drogi ekspresowej S7. W celu ułatwienia stosowania tej nowej technologii, betonowe nawierzchnie mostowe ujęto także w nowym krajowym katalogu typowych nawierzchni mostowych.

## Słowa kluczowe:

nawierzchnie betonowe, mosty, hydroizolacja

## Abstract

More and more roads in Poland are with a concrete pavement. However, due to the lack of national specifications and design procedures, bituminous pavement is still being laid on the bridges located along these roads. This causes certain technological and operational complications. The paper presents the first domestic application of concrete pavement, made on several bridge structures along the S7 expressway. To facilitate the application of this new technology on the Polish bridges, the concrete pavements were included in the new national catalogue of typical bridge pavements.

## Keywords:

concrete pavements, bridges, waterproofing

## 1. Wstęp

W Polsce coraz częściej na autostradach i drogach ekspresowych, a także na drogach samorządowych, stosuje się nawierzchnie betonowe jako alternatywę dla nawierzchni asfaltowych [1], [2]. Na obiektach mostowych położonych w ciągu dróg z nawierzchnią betonową wykonuje się obecnie konwencjonalną nawierzchnię asfaltową, co stwarza pewne kłopoty technologiczne wykonawcom oraz problemy utrzymaniowe zarządcą dróg. Dlatego największy polski zarządca dróg publicznych (GDDKiA) uznał za uzasadnione wdrożenie i upowszechnienie nawierzchni betonowych na obiektach mostowych położonych w ciągu dróg mających taką nawierzchnię, głównie na autostradach i drogach ekspresowych.

Główne korzyści płynące ze stosowania nawierzchni betonowych na obiektach mostowych są następujące: jednolite właściwości użytkowe nawierzchni na moście i na drodze (rodzaj materiału, makrotekstura, właściwości antypoślizgowe, kolor nawierzchni), poprawa bezpieczeństwa użytkowników wynikająca z ujednoliconych właściwości, ujednolicenie standardu utrzymania nawierzchni na moście i na drodze, a także wyeliminowanie problemu braku przyczepności warstw hydroizolacji do płyty pomostu, obserwowanego na mostach z nawierzchnią asfaltową. Pozostałe zalety nawierzchni betonowych wynikają z cech materiałowych betonu: większa trwałość i odporność na koleinowanie nawierzchni, mniejsza podatność na zmiany temperatury i inne warunki otoczenia oraz jasny kolor nawierzchni, poprawiający zdecydowanie widoczność jezdni po zmroku.

Współcześnie betonowe nawierzchnie mostowe są najczęściej wykonywane w USA i Kanadzie. Wynika to z następujących faktów [3]:

- wykonawcy obiektów mostowych nie dysponują zwykle technologią do wykonania nawierzchni asfaltowych, dlatego ich układanie musi zostać podzleczone specjalistycznej firmie, co powoduje

wzrost kosztów; wykonanie nawierzchni asfaltowych jest więc nieoptyczne

- hydroizolacje konieczne przy stosowaniu nawierzchni asfaltowych są wrażliwe na błędy w wykonawstwie; w przypadku niestarannego ich wykonania dochodzi często do delaminacji pomiędzy płytą pomostu i hydroizolacją oraz w konsekwencji do zniszczeń nawierzchni asfaltowej na moście
- większa trwałość nawierzchni betonowych znacząco ogranicza konieczność przeprowadzania remontów wymagających zamykania obiektów mostowych (co zmniejsza koszty społeczne utrzymania dróg).

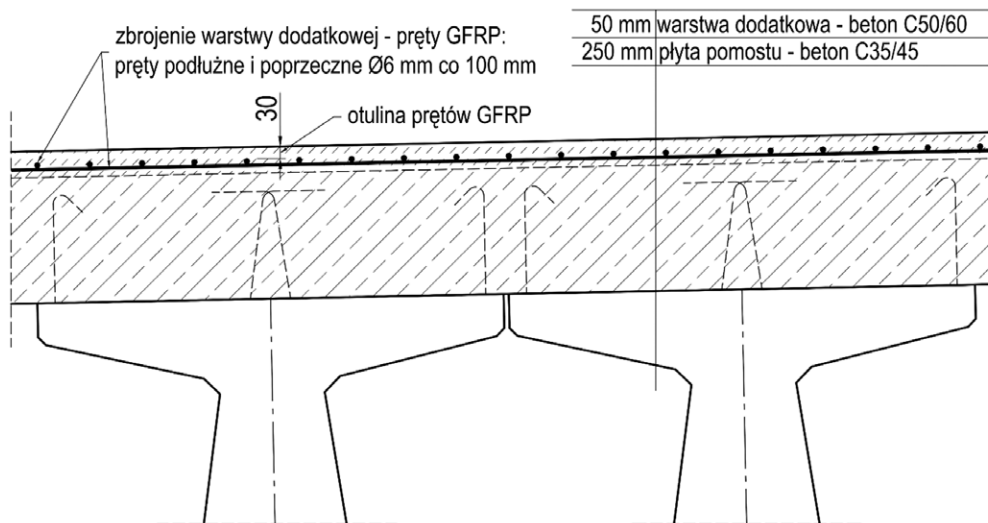
W Polsce dotychczas nie stosowano w większej ilości nawierzchni betonowych na obiektach mostowych. W latach 2005-2007 na trzech obiektach wykonano tradycyjne nawierzchnie dyblowane i kotwione podobne jak na odcinku poza obiektem mostowym. W 2020 r. w ramach budowy odcinka drogi ekspresowej S-7 Pieńki – Płońsk administracja drogowa GDDKiA zdecydowała się na pilotażową budowę dziesięciu obiektów mostowych z nawierzchnią betonową [4]. Na sześciu obiektach mostowych zastosowano technologię żelbetowej płyty pomostu bez nawierzchni, na czterech kolejnych nawierzchnię betonową o zbrojeniu ciągłym, układaną na warstwie poślizgowej (tzw. nawierzchnię pływającą). W artykule przedstawiono rozwiązania konstrukcyjne obu rodzajów nawierzchni, opisano ich pierwsze wdrożenia, przedstawiono metodykę projektowania w przypadku nawierzchni o zbrojeniu ciągłym oraz podano wybrane wyniki badań obu rodzajów nawierzchni.

## 2. Żelbetowa płyta pomostowa bez nawierzchni

### 2.1. Rozwiązanie konstrukcyjne

Pierwsza technologia mostowej nawierzchni betonowej została zastosowana na sześciu jedno-przęśtowych obiektach mostowych o schemacie statycznym belki swobodnie podpartej i rozpiętościach odpowiednio: 2 x (12,6 m, 18,3 m i 26,0 m). Obiekty mostowe są położone w ciągu drogi ekspresowej o konwencjonalnej nawierzchni betonowej, dyblowanej i kotwionej. Szerokość pomostu w tych obiektach wynosi od 16,4 m do 21,0 m. Konstrukcja przęseł wszystkich obiektów jest wykonana ze strunobetonowych belek prefabrykowanych typu „T” zespolonych z monolityczną żelbetową płytą pomostu o katalogowej grubości 250 mm. Ze względu na brak typowej asfaltowej nawierzchni mostowej konwencjonalna żelbetowa płyta pomostu została pogrubiona o 50 mm w stosunku do grubości katalogowej. Ponadto dodatkowo zwiększono grubość płyty o kolejne 10 mm ze względu na konieczność wykonania zabiegów technologicznych dla uzyskania odpowiedniej tekstury nawierzchni betonowej. Zatem łączna grubość żelbetowej płyty pomostu obiektów mostowych wynosiła 310 mm.

Płyta pomostu była zbrojona konwencjonalnie dwiema siatkami o typowych wymiarach 200 x



200 mm z prętów stalowych o średnicy 12 mm ze stali typu B500SP o podwyższonej ciągliwości oraz charakterystycznej granicy plastyczności  $f_{yk} = 500\text{MPa}$ . Grubość otuliny betonowej prętów wynosiła 30 mm dla siatki dolnej oraz 80 mm dla siatki górnej, tj. konwencjonalna otulina 30 mm oraz pogrubienie płyty 50 mm. W celu minimalizacji ryzyka wystąpienia rys skurczowych na górnej powierzchni płyty pomostu (stanowiącej jednocześnie nawierzchnię mostów) dodatkowo zastosowano siatkę o wymiarach 100 x 100 mm z prętów kompozytowych GFRP o średnicy 6 mm, pełniącą rolę zbrojenia przeciwskurczowego. Otulina siatki z prętów kompozytowych GFRP wynosiła 30 mm (rys. 1).

### 2.2. Wdrożenie na obiektach mostowych

Płytę pomostu wykonano z betonu o następujących parametrach: klasa C50/60, klasa ekspozycji XF4, stopień wodoszczelności W10, stopień mrozoodporności F200, nasiąkliwość max. 4%. Zastosowano kruszywo o ciężarze właściwym min. 2,90 t/m<sup>3</sup> i odporności na rozdrabnianie kategorii nie wyższej niż LA 15 oraz dodatek mikrokrzemionki. Betonowanie płyty pomostu wykonano jednoetapowo za pomocą pompy, kształtując odpowiednie spadki poprzeczne płyty dla jej skutecznego odwodnienia, tj. spadek jednostronny 4,5% (na dwóch obiektach) oraz dwustronny 2,5%. Po wyrównaniu i zatarciu betonu jego powierzchnia została pokryta preparatem do pielęgnacji świeżego betonu. Po osiągnięciu przez beton wymaganej wytrzymałości górną powierzchnię poddano zabiegowi mikroszlifowania celem uzyskania wymaganej równości podłużnej i poprzecznej. Zabieg wykonano za pomocą dwóch urządzeń: duża szlifierka Groover and Griver oraz mała Cedima. Mała szlifierka była wykorzystywana przy elementach wyposażenia infrastruktury mostowej (krawężniki, dylatacje itp.). Podczas jednego przejścia szlifowano 1-1,5 mm. Po wykonaniu zabiegu szlifowania przystąpiono do zabiegu śrutowania za pomocą urządzenia Blastrac w celu uzyskania odpowiedniej makrotekstury (min. 0,7 mm) i współczynnika tarcia (min. 0,44) oraz równości podłużnej (max.  $IRI_{sr} = 1,3\text{ mm/m}$ ). Poszczególne etapy wykonania płyty pomostu bez nawierzchni pokazano na rys. 2.

### 2.3. Wybrane badania towarzyszące

Podczas realizacji inwestycji przeprowadzono badania kontrolne, m.in. betonu wbudowanego w płytę pomostową o parametrach, jak wskazano w p. 2.2. Po wykonaniu płyty oraz zabiegów powierzchniowych wykonano pomiary cech powierzchniowych nawierzchni: równości podłużnej, makrotekstury oraz współczynnika tarcia. Badania te wykonano zgodnie z obowiązującymi na kontrakcie wymaganiami. Pomiar równości wykonano za pomocą profilografu laserowego i określano wskaźnik  $IRI_{sr}$ . Pomiar makrotekstury wykonano za pomocą profilografu laserowego, określając średni profil makrotekstury MPD. Współczynnik tarcia wykonano za pomocą urządzenia wykonującego pomiar ciągiły z kołem o niepełnej blokadzie (17,8%) koła pomiarowego. W tabeli 1 pokazano wybrane wyniki pomiarów cech powierzchniowych nawierzchni na pasie ruchu wolnego.

### 3. Nawierzchnia betonowa o zbrojeniu ciągłym

#### 3.1. Rozwiązanie konstrukcyjne

Na czterech obiektach mostowych położonych w ciągu odcinka drogowego o nawierzchni betonowej o ciągłym zbrojeniu zastosowano nawierzchnię analogiczną jak na drodze. Cechą charakterystyczną nawierzchni o zbrojeniu ciągłym jest brak szczelin poprzecznych, co powoduje poprawę komfortu jazdy, zmniejsza koszty eksploatacji związane z wymianą uszczelnienia oraz ogranicza przenikanie wody przez nawierzchnię. Zbrojenie podłużne przenosi odkształcenia termiczne występujące w płycie betonowej nawierzchni. Cechą charakterystyczną nawierzchni są mikrospeknięcia w rozstawie 0,8 do 1,5 m powodowane odkształceniami termiczno-skurczowymi, które nie wpływają jednak na trwałość nawierzchni. Wszystkie obiekty mostowe mają schemat ramowy. Dwa z nich to rama trójprzęsłowa o długości 46,8 m i szerokości pomostu 18,4 m. Konstrukcja przęsła tego obiektu to ustrój nośny ze strunobetonowych belek prefabrykowanych typu „T”, zespolonych z monolityczną żelbetową płytą pomostu o katalogowej grubości 240 mm. Dalsze dwa obiekty to rama jednoprzęsłowa o rozpiętości 10,6 m i szerokości pomostu 17,25 m. Ustrój nośny tego obiektu stanowi monolityczna płyta żelbetowa o grubości 550 mm.

Rys. 1. Przekrój poprzeczny żelbetowej płyty pomostu obiektu mostowego bez nawierzchni



Rys. 2. Etapy wykonania żelbetowej płyty pomostu bez nawierzchni:  
a) kompozytowe zbrojenie nawierzchni  
b) betonowanie płyty  
c) gotowa płyta pomostu  
d) śrutowanie powierzchni





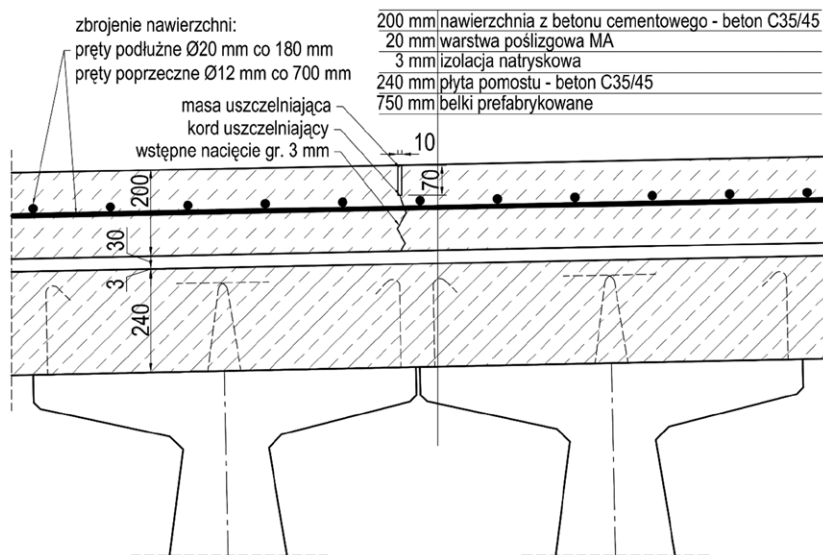
Rys. 2. Etapy wykonania żelbetowej płyty pomostu bez nawierzchni:  
e) docelowa tekstura płyty po śrutowaniu

Na wszystkich obiektach wykonano nawierzchnię betonową o ciągłym zbrojeniu. Przed ułożeniem nawierzchni na płycie betonowej pomostu wykonano natryskowo hydroizolację dwuskładnikową na bazie matakrylanu metylu o grubości 3 mm. Na izolacji ułożono warstwę ochronną (poślizgową) z asfaltu lanego MA-11 o grubości 20 mm. Grubość nawierzchni betonowej wynosiła 220 mm. W środku grubości nawierzchni jest umieszczona siatka zbrojeniowa o wymiarach 180 mm x 700 mm z konwencjonalnych prętów stalowych o średnicy 20 mm (pręty podłużne) oraz 12 mm (pręty poprzeczne). Nawierzchnia betonowa jest

Tabela 1. Cechy powierzchniowe na wybranych obiektach mostowych

Lp.	Pas ruchu	Miarodajny wsp. tarcia (-)	Średni profil makrotekstury MPD, mm	Średni wskaźnik równości IRI <sub>gr</sub> , mm/m
Obiekt nr 1				
1	wolny	0,533	1,38	1,0
Obiekt nr 2				
2	wolny	0,496	1,49	1,1
Obiekt nr 3				
3	wolny	0,492	1,43	1,1

Rys. 3. Przekrój poprzeczny żelbetowej płyty pomostu obiektu mostowego z nawierzchnią betonową o ciągłym zbrojeniu



dylatowana podłużnie na całej długości obiektu mostowego oraz poprzecznie tylko nad podporami obiektu. Szczeliny dylatacyjne są wypełnione masą zalewową na gorąco (rys. 3).

### 3.2. Wdrożenie na obiektach mostowych

Nawierzchnię wykonano z betonu klasy C35/45 o stopniu wodoszczelności W10, stopniu mrozoodporności F200 oraz nasiąkliwości max. 4%. Dla nawierzchni o zbrojeniu ciągłym zastosowano technologię dwuwarstwową (dolna warstwa 0/22 mm granit, gr. 150 mm, oraz górna warstwa 0/8 mm amfibolit, gr. 50 mm). Kruszywo w górnej warstwie miało PSV > 53, co zapewniło uzyskanie wartości miarodajnego współczynnika tarcia nawierzchni co najmniej 0,44. Do zbrojenia nawierzchni zastosowano pręty zbrojeniowe klasy ze stali B500SP o podwyższonej ciągliwości oraz charakterystycznej granicy plastyczności  $f_{yk}=500$  MPa.

Po wykonaniu żelbetowej płyty pomostu ułożono na niej hydroizolację oraz warstwę ochronną z asfaltu lanego. Następnie na warstwie ochronnej ułożono siatkę zbrojeniową nawierzchni, stabilizując ją na właściwej wysokości za pomocą koźłów montażowych z prętów stalowych. W miejscach występowania dylatacji podłużnych pręty stalowe zostały zabezpieczone na szerokości 200 mm powłoką antykorozyjną. Betonowanie nawierzchni wykonano dwuwarstwowo za pomocą specjalnej maszyny do układania nawierzchni betonowej (układarka). Maszyna do układania betonu poruszała się z prędkością ok. 1 mb/min po wykonanych wcześniej na płycie pomostu betonowych kapach chodnikowych o szerokości min. 0,80 m, a nawierzchnia betonowa była układana poniżej poziomu gąsienic maszyny. Rolę deskowania bocznego pełniły krawężniki ułożone wcześniej na płycie pomostu. Ze względu na ułożoną na pomoście siatkę zbrojeniową transport mieszanki betonowej do miejsca wbudowania odbywał się za pomocą koparek, zlokalizowanych na sąsiedniej jezdni (na płycie betonowej bez izolacji lub na gotowej nawierzchni betonowej). W miejscach, gdzie przewidziano dylatacje poprzeczne (m.in. w osiach podpór) zainstalowano dyble stalowe o średnicy 20 mm, które zostały ustabilizowane na koźłach montażowych z prętów stalowych.

Tekstura powierzchni nawierzchni betonowej została wykonana przez częściowe odsonięcie kruszywa. Górna warstwa wbudowanej i zagęszczonej mieszanki betonowej została niezwłocznie po ułożeniu skropiona środkiem chemicznym powierzchniowo czynnym o połączonych funkcjach opóźniacza wiązania betonu oraz preparatu powłokowego do pielęgnacji betonu. W celu określenia momentu rozpoczęcia procesu mechanicznego odstania kruszywa powierzchnia betonu była sprawdzana manualnie przy pomocy ręcznej szczotki z włosiem stalowym. Kruszywo odstaniało przez usunięcie niezwiązanego zaczynu cementowego za pomocą szczotkowania mechanicznymi szczotkami stalowymi, poruszającymi się wzdłuż jezdni do osiągnięcia wymaganej głębokości tekstury nawierzchni. Dwustopniowe wykonywanie szczelin podłużnych pozwoliło na uzyskanie jednakowej szerokości szczelin. Po uzyskaniu przez beton wytrzymałości ok. 8-10 MPa wykonano pierwsze nacięcia nawierzchni (tzw. szczeliny pozorne). Drugie nacięcia były wykonywane po osiągnięciu przez beton co najmniej 70% projektowanej wytrzymałości na ściskanie. Po oczyszczeniu i gruntowaniu betonu, w szczelinach ułożono kord i wypełniono szczeliny masą zalewową na gorąco.

### 3.3. Wybrane badania towarzyszące

Po wykonaniu nawierzchni o ciągłym zbrojeniu oraz zabiegów powierzchniowych w postaci odkrywania kruszywa, wykonano pomiary cech powierzchniowych nawierzchni: równości podłużnej, makrotekstury oraz współczynnika tarcia. Badania te wykonano zgodnie z obowiązującymi na kontrakcie wymaganiami. Pomiar równości wykonano za pomocą profilografu laserowego i określano wskaźnik IRI<sub>s</sub>. Pomiar makrotekstury wykonano za pomocą profilografu laserowego, określając średni profil makrotekstury MPD. Współczynnik tarcia wykonano za pomocą urządzenia wykonującego pomiar ciągły z kotłem o niepełnej blokadzie (17,8%) koła pomiarowego. W tabeli 2 pokazano wybrane wyniki pomiarów cech powierzchniowych nawierzchni na pasie ruchu wolnego.

### 4. Katalog typowych nawierzchni na obiektach mostowych

Doświadczenia z pierwszego krajowego wdrożenia nawierzchni betonowych na obiektach mostowych zostały wykorzystane przez autorów w opracowywanym na zlecenie Ministerstwa Infrastruktury „Katalogu typowych konstrukcji nawierzchni jezdni na drogowych obiektach mostowych i w tunelach” [10]. Po raz pierwszy w Polsce, oprócz konwencjonalnych nawierzchni asfaltowych, znalazły się w nim trzy rodzaje nawierzchni betonowych. Wybór rodzaju nawierzchni mostowej zależy od rodzaju pomostu – płyty betonowej lub stalowej, rodzaju materiału nawierzchni – asfaltowa, betonowa, żywiczna, klasy obciążenia obiektu mostowego – klasa I lub II, oraz kategorii ruchu drogowego – kategorii KRO – KR7. W zależności od tych parametrów wybiera się kolejno: rodzaj hydroizolacji, liczbę warstw nawierzchni oraz rodzaj materiału poszczególnych warstw nawierzchni. Dla obiektów mostowych z pomostem betonowym katalog zawiera typowe nawierzchnie asfaltowe i betonowe. Procedurę doboru betonowej nawierzchni mostowej na pomoście betonowym pokazano na rys. 5. W przypadku obiektów mostowych z pomostem stalowym katalog zawiera typowe nawierzchnie asfaltowe oraz z żywic syntetycznych (cienkowarstwowe). Na pomostach stalowych nie stosuje się nawierzchni betonowych.

Nawierzchnia w postaci pogrubionej żelbetowej płyty pomostu może być stosowana na wszystkich obiektach mostowych z betonową płytą pomostu. Grubość konwencjonalnej betonowej płyty pomostu powinna być zwiększona o 5 cm w stosunku do grubości nominalnej, ustalonej na podstawie obliczeń statyczno-wytrzymałościowych płyty pomostu i/lub innych wymagań administratora obiektu. Ponadto w przypadku konieczności specjalnego wykończenia górnej powierzchni płyty, aby uzyskać odpowiednią jej teksturę, należy przyjąć dodatkowo 10-mm naddatek grubości płyty. W celu minimalizacji ryzyka wystąpienia i propagacji rys skurczowych na powierzchni należy w nawierzchni zastosować dodatkowo siatkę zbrojeniową 100 x 100 mm z prętów kompozytowych GFRP o średnicy 6 mm, pełniącą rolę zbrojenia przeciwskurczowego. Siatkę z prętów kompozytowych GFRP należy umieścić 30 mm poniżej górnej powierzchni pomostu.

Nawierzchnie z betonu cementowego w postaci płyt można wykonywać na obiektach mostowych o konstrukcji betonowej (żelbetowych, sprężonych, z belek prefabrykowanych) o rozpiętości przęsła do 30 m. W przypadku przęsła o większej rozpiętości wpływ ciężaru nawierzchni betonowej w postaci płyt może prowadzić do nieuzasadnionego zużycia materiału w konstrukcji przęseł. Każdy taki przypadek należy jednak traktować indywidualnie i wykonać stosowne obliczenia, zarówno ustroju nośnego, jak i sprawdzające nośność doraźną oraz trwałość zmęczeniową płyt nawierzchniowych. W zależności od kategorii ruchu betonowa płyta nawierzchniowa może być: niedyblowana, dyblowana i kotwiona lub zbrojona w sposób ciągły.

Płyta nawierzchniowa może być wykonywana jedno- lub dwuwarstwowo (tj. w technologii „mokre na mokre”), przy jednym przejściu zestawu maszyn układających w tym samym czasie. Płyta może być układana w następujących wariantach:

- w pojedynczej warstwie bez zbrojenia (JWN),
- w pojedynczej warstwie ze zbrojeniem ciągłym (NBZC),
- w podwójnej warstwie – obie warstwy z tej samej mieszanki (PWN),
- w podwójnej warstwie – każda warstwa z innej mieszanki:
  - o górna warstwa nawierzchni oznaczona jako (GWN),
  - o dolna warstwa nawierzchni oznaczona jako (DWN),
- w podwójnej warstwie – każda warstwa z innej mieszanki ze zbrojeniem ciągłym:
  - o górna warstwa nawierzchni oznaczona jako (GWNZC),
  - o dolna warstwa nawierzchni oznaczona jako (DWNZC).

W tabeli 3 zestawiono rodzaje nawierzchni betonowych w zależności od klasy obciążenia mostu oraz kategorii obciążenia ruchem.

Grubości i wykończenie górnej powierzchni płyt nawierzchniowych na obiekcie mostowym powinny być takie same, jak na odcinku drogi przed obiektem i powinno zapewnić uzyskanie miarodajnego współczynnika tarcia nawierzchni.

Wg katalogu [10] w nawierzchniach betonowych jako warstwę ochronną izolacji, która również pełni rolę warstwy posłizgowej dla płyt betonowych, należy stosować następujące mieszanki mineralno-asfaltowe MMA:

- mieszanka (SMA-MA) – mieszanka mineralno-asfaltowa o nieciągłym uziarnieniu, która charakteryzuje się dużą zawartością frakcji grysowych (o ziarnach wzajemnie się klinujących), oraz lepszycza, które w połączeniu z wypełniaczem tworzy zaprawę mastyksową, wyciskaną

Rys. 4. Etapy wykonania nawierzchni betonowej o ciągłym zbrojeniu na obiektach mostowych: a) izolacja MMA i warstwa posłizgowa MA-11; b) zbrojenie ciągłe nawierzchni betonowej; c) widok nawierzchni w technologii odkrytego kruszywa

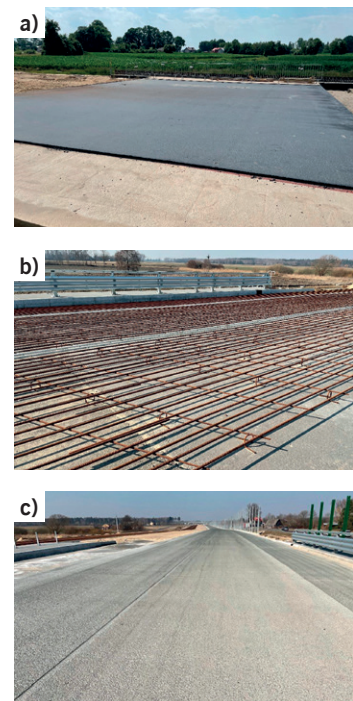
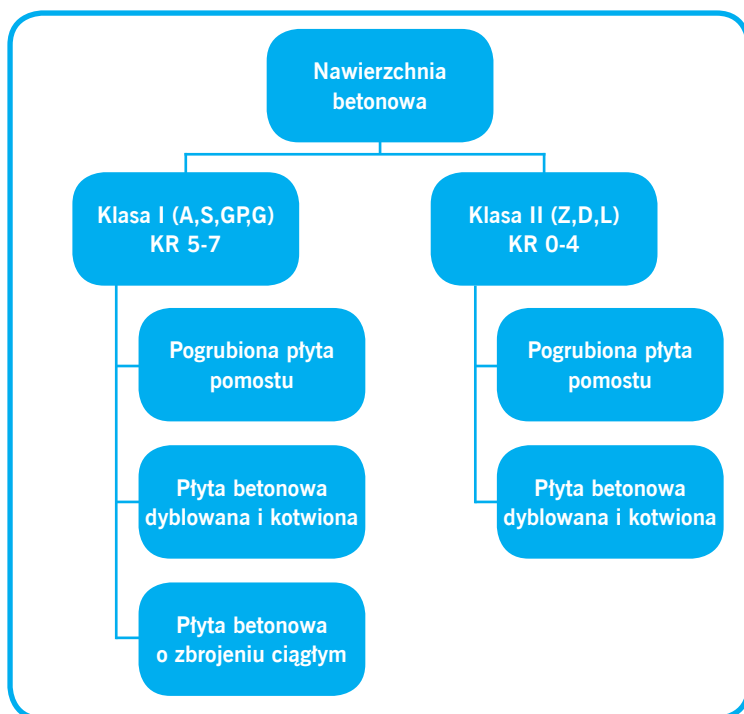


Tabela 2. Cechy powierzchniowe na wybranych obiektach mostowych

Lp.	Pas ruchu	Miarodajny wsp. tarcia (-)	Średni profil makrotekstury MPD, mm	Średni wskaźnik równości IRI <sub>s</sub> , mm/m
Obiekt nr 4				
1	wolny	0,517	1,43	1,1
Obiekt nr 5				
2	wolny	0,494	1,28	1,2



Rys. 5. Procedura doboru nawierzchni mostowej wg [10] – pomost betonowy (fragment)

na powierzchnię warstwy podczas zagęszczania walcami, gwarantując jej szczelność (zawartość wolnych przestrzeni < 1%),

- asfalt lany (MA) – mieszanka mineralno-asfaltowa o uziarnieniu ciągłym, o małej zawartości wolnych przestrzeni (< 1%), strukturze szczelnej, niewymagająca zagęszczania walcem; mieszanka charakteryzuje się dużą zawartością asfaltu, wypełniacza i frakcji piaskowej.

## 5. Podsumowanie

Pierwsze krajowe doświadczenia wykazały, że stosowanie nawierzchni betonowych na obiektach mostowych jest w Polsce wykonalne i może przynieść określone korzyści, zarówno w fazie budowy, jak również w fazie eksploatacji obiektów mostowych. Już dzisiaj w kraju bez większych trudności można wykonywać obiekty mostowe z nawierzchniami betonowymi, wykonywanymi w trzech technologiach: płyty żelbetowe bez nawierzchni, nawierzchnie betonowe dyblowane i kotwione oraz nawierzchnie betonowe o ciągłym zbrojeniu. Jednym z dużych ograniczeń w stosowaniu nawierzchni betonowych na obiektach mostowych jest brak metod ich projektowania, sprawdzania nośności doraźnej i prognozowania trwałości zmęczeniowej. W ramach prac nad „Katalogiem typowych konstrukcji nawierzchni jezdni na drogowych

obiektach mostowych i w tunelach” [10] autorzy opracowali metodykę projektowania nawierzchni betonowych na obiektach mostowych, bazującą na założeniach Eurokodów oraz (w zakresie trwałości zmęczeniowej) kompatybilną z procedurami przyjętymi w „Katalogu typowych konstrukcji nawierzchni sztywnych” [5]. W katalogu [10] zaprezentowano założenia metody oraz algorytm obliczeniowy projektowania nawierzchni betonowej na obiektach mostowych.

Pozytywne krajowe doświadczenia opisane w artykule oraz udostępnienie projektantom katalogu [10] powinny przyczynić się do szerszego stosowania trwałych nawierzchni betonowych na krajowych obiektach mostowych. Szczególnie atrakcyjna jest pierwsza z wymienionych technologii (pogrubienie płyty pomostowej), gdyż wpływa na zmniejszenie obciążenia stałego mostu, co prowadzi do redukcji kosztów jego budowy. Z kolei konwencjonalne betonowe nawierzchnie drogowe w zastosowaniu na obiektach mostowych umożliwiają jednolitą technologię układania nawierzchni, bez jej zmiany na odcinkach mostowych. Wszystkie trzy technologie mają także duże zalety eksploatacyjne [4]. Zdaniem autorów obligatoryjne powinno być ich stosowanie na obiektach mostowych położonych w ciągu dróg publicznych o nawierzchniach betonowych.

**prof. dr hab. inż. Tomasz Siwowski**

**Politechnika Rzeszowska**

**prof. dr hab. inż. Antoni Szydło**

**Politechnika Wrocławska**

**dr inż. Mateusz Rajchel**

**Politechnika Rzeszowska**

## Piśmiennictwo

1. Glinicki M.A. Inżynieria betonowych nawierzchni drogowych. 1st ed. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN; 2021.
2. Szydło A., Nawierzchnie drogowe z betonu cementowego. Teoria, wymiarowanie, realizacja 1st ed. Kraków: Polski Cement; 2004.
3. Piąt J., Radziszewski P., Kowalski K. Jaka nawierzchnia, taki most. Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne. 2007;4:49-52.
4. Siwowski T., Szydło A., Rajchel M. Pierwsze krajowe zastosowanie nawierzchni betonowej na obiektach mostowych. Materiały Budowlane, nr 4/2022 (nr 596), s.70-73.
5. Katalog typowych konstrukcji nawierzchni sztywnych (KTKNS). GDDKiA, Warszawa 2014, Politechnika Wrocławska, Instytut Inżynierii Lądowej, Wrocław, 2012.
6. WR-M-21-1. Katalog typowych konstrukcji drogowych obiektów mostowych i przepustów. Część 1: Kształtowanie konstrukcji. Ministerstwo Infrastruktury, Warszawa, 2019.
7. PN-EN 1991-2 Eurokod 1. Oddziaływania na konstrukcje. Część 2: Obciążenia ruchome mostów.
8. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 24 czerwca 2022 r. w sprawie przepisów techniczno-budowlanych dotyczących dróg publicznych (poz. 1518).
9. PN-EN 1990 Eurokod 0. Podstawy projektowania konstrukcji.
10. WR-M-61. Katalog typowych konstrukcji nawierzchni jezdni na drogowych obiektach mostowych i w tunelach. Ministerstwo Infrastruktury, Warszawa, 2023.

Tabela 3. Rodzaje nawierzchni betonowych na obiektach mostowych

Typ nawierzchni	Klasa obciążenia mostu	Kategoria ruchu	Rodzaj nawierzchni
1	I	KR 5-7	GWN, DWN
2	I	KR 5-7	GWNZC, DWNZC
3	I	KR 5-7	JWN
4	I	KR 5-7	NBZC
1	II	KR 0-7	JWN, GWN+DWN