



# Budowy dróg betonowych realizowane przez **PORR**

Platforma robocza

tekst: **KRZYSZTOF KOZŁOWSKI**, technolog, PORR SA, zdjęcia: **PORR SA**

Koncern PORR został utworzony w 1869 r. w Austrii. Grupa, licząca obecnie ponad 16 tys. pracowników, jest jednym z wiodących przedsiębiorstw budowlanych w Europie. W ciągu 30 lat istnienia na polskim rynku PORR zrealizował wiele inwestycji budowlanych. Firma specjalizuje się w budownictwie drogowym, mostowym, kubaturowym, kolejowym, hydrotechnicznym, inżynieryjnym i energetycznym.

PORR SA zrealizował wiele inwestycji z nawierzchnią betonową w różnych technologiach:

- jednowarstwowej z uszorstnieniem powierzchni metodą szrotkowania poprzecznego;
- dwuwarstwowej z uszorstnieniem powierzchni metodą szrotkowania poprzecznego;
- dwuwarstwowej z uszorstnieniem powierzchni metodą odkrytego kruszywa.

Obecnie PORR jest w trakcie realizacji pięciu kontraktów na wykonanie nawierzchni betonowej w technologii dwuwarstwowej z uszorstnieniem powierzchni metodą odkrytego kruszywa. Są to odcinki dróg klasy S:

- S8 odcinek Poręba – Ostrów Mazowiecka,
- S8 odcinek Radziejowice – Paszków,
- S17 odcinek od granicy województw mazowieckiego i lubelskiego do węzła Skrudki,
- S17/A2 węzeł Lubelska,
- S7 odcinek Mława – Strzegowo.

W artykule przedstawiono proces technologiczny wykonania nawierzchni betonowej na przykładzie kończącej się właśnie realizacji przebudowy drogi krajowej nr 8 do parametrów

drogi ekspresowej na odcinku Poręba – Ostrów Mazowiecka. Ten odcinek drogi ekspresowej mierzy ponad 16 km długości. Każda z dwóch jezdni posiada dwa pasy ruchu i pas postoju awaryjnego.

Opracowany projekt przewidywał wykonanie następujących warstw konstrukcyjnych:

1. Dwuwarstwowej nawierzchni dyblowanej i kotwionej z betonu nawierzchniowego, o klasie wytrzymałości C 35/45, łącznej grubości 28 cm, z czego górna warstwa (GWN) o grubości 5 cm zaprojektowana jako warstwa jezdna z uszorstnieniem metodą odkrytego kruszywa;

2. Podbudowy zasadniczej z mieszanki kruszywa związanego cementem C8/10, o grubości 20 cm;

3. Podbudowy pomocniczej z mieszanki kruszywa związanego cementem C5/6, o grubości 15 cm, na podłożu gruntowym o grupie nośności G1.

Dodatkowo zaprojektowano warstwę poślizgową (niekonstrukcyjną), znajdującą się pomiędzy warstwą nawierzchni a warstwą podbudowy zasadniczej, która ma pełnić funkcje drenażową i separacyjną oraz zabezpieczającą przed erozją podbudowy związanej hydraulicznie. W omawianym przy-

padku zadania te spełniała geowłóknina poliolefinowa o ściśle określonych właściwościach.

Zgodnie z wymaganiami *Specyfikacji technicznej wykonania i odbioru robót budowlanych*, laboratorium technologiczne firmy PORR przystąpiło do prac projektowych na wiele miesięcy przed rozpoczęciem kontraktu. Prace te miały na celu zapoznanie się ze szczegółowymi wymaganiami zamawiającego dotyczącymi jakości i przydatności wszystkich materiałów budowlanych koniecznych do realizacji kontraktu, określenie potencjalnych źródeł materiałów potrzebnych do wykonania zadania, pobranie próbek różnych materiałów (głównie masowych) w miejscu ich wytwarzania, przeprowadzenie wymaganych badań laboratoryjnych oraz sporządzenie stosownych recept laboratoryjnych na mieszanki betonowe, wykonanie próbnych zarobów i ocena uzyskanych wyników badań.

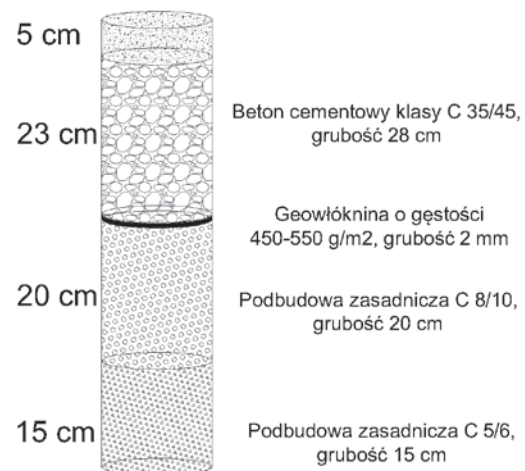
Opisane powyżej działania miały na celu wyselekcjonowanie takich materiałów masowych, które zapewniłyby długoletnią trwałość eksploatacyjną nawierzchni. Przykładowo, do cech fizykochemicznych i mechanicznych materiałów kamiennych, które mogą zdecydowanie wpłynąć na trwałość nawierzchni, należą: zawartość pyłów, kształt ziaren kruszywa, zawartość domieszek chemicznych, odporność na rozdrabnianie i odpowiednia polerowalność. Ta ostatnia cecha kruszywa ma znaczenie dla bezpieczeństwa użytkowników dróg, ponieważ pozwala na uzyskanie odpowiednio wysokiej szczepności kół pojazdów z nawierzchnią. Szczególne znaczenie dla uzyskania odpowiedniej trwałości betonu nawierzchniowego ma odpowiednia odporność kruszywa na atak alkaliów zawartych w cemencie i domieszkach chemicznych. Zaleca się, aby do projektowania mieszanek betonu nawierzchniowego używać kruszywa niereaktywnych klasy RO. Pomimo zastosowania do produkcji takich właśnie kruszyw technolodzy firmy (ze względu na dodatkowe podwyższenie bezpieczeństwa wykonywanej nawierzchni) zdecydowali się zastosować jako spoiwo cement CEM I 42,5 N-NA o ograniczonej zawartości alkaliów.

Do wykonania dolnej warstwy nawierzchni (DWN) zastosowano mieszankę kruszyw (piasek płukany i grys) o uziarnieniu ciągłym 0/22,4 mm, natomiast do wykonania górnej warstwy nawierzchni (GWN) mieszankę kruszyw o uziarnieniu nieciągłym 0/8 mm. Granice pola dobrego uziarnienia dla mieszanki nieciągłej technolodzy firmy przyjęli na podstawie doświadczeń innych krajów europejskich. Obecnie takie graniczne krzywe dla uziarnienia nieciągłego 0/8 mm zostały włączone do zaleceń *Ogólnych Specyfikacji Technicznych D-05.03.04* (jako załącznik nr 1 do Zarządzenia nr 23 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 7 czerwca 2018 r.).

Na podstawie zatwierdzonych materiałów składowych zaprojektowano recepty laboratoryjne na mieszanki betonowe dolnej (DWN) i górnej warstwy (GWN) nawierzchni. Zgodnie z wymaganiami *Specyfikacji technicznej wykonania i odbioru robót budowlanych*, sporządzonej według normy PN-EN 206, zaprojektowany beton powinien spełniać wiele wymogów, wśród których można wymienić minimalną wytrzymałość na ściskanie, rozciąganie przy zginaniu i rozłupywaniu oraz mrozoodporność badaną w wodzie i w obecności soli. Ten ostatni wymóg został spełniony w procesie napowietrzania mieszanki betonowej przez dodatek określonych środków chemicznych. Przez cały okres wykonywania robót nawierzchniowych służby laboratoryjne wykonawcy prowadziły monitoring zawartości



Węzeł betoniarSKI



Układ warstw nawierzchni betonowej

powietrza zarówno w mieszance betonowej, jak i w stwardniałym betonie. Zastosowane zostały następujące metody badawcze:

- a) badanie całkowitej zawartości powietrza w mieszance betonowej metodą ciśnieniową;
- b) badanie zawartości mikroporów  $A_{300}$  (bezpośrednio wpływających na mrozoodporność betonu) oraz rozkładu porów powietrznych w mieszance betonowej. Do tego celu używany był aparat AVA (Air Void Analyzer);
- c) badanie zawartości mikroporów  $A_{300}$  i ich rozkładu w stwardniałym betonie przy zastosowaniu badania mikroskopowego na zgładach betonowych.

Na potrzeby realizacji kontraktu została umiejscowiona na terenie budowy wytwórnia mieszanek betonowych o wydajności zapewniającej ciągłość pracy rozkładarki. Wytwórnia o mieszaniu cyklicznym była wyposażona w dwa mieszalniki, każdy o objętości 3,33 m<sup>3</sup>, miała dodatkowe niezależne źródło zasilania, gwarantujące pracę w razie wystąpienia przerwy w zasilaniu.

W związku z wygraniem wielu postępowań przetargowych, w których przewidziano nawierzchnię z betonu cementowego, firma PORR zakupiła nowy zestaw rozkładarek od firmy specjalizującej się w produkcji maszyn do układania nawierzchni betonowych. Zestaw składa się z trzech maszyn. Pierwszą z nich jest rozkładarka dolnej warstwy, wyposażona również w kotwiarę i dyblarkę. Druga służy do układania górnej warstwy i jest wyposażona w zacieraczkę poprzeczną i podłużną, co nadaje końcowe jej wyrównanie.



Rozkładarka DWN

Trzecia, najmniejsza, ale również bardzo ważna to platforma robocza służąca do nanoszenia środka pielęgnacyjnego oraz opóźniającego wiązanie cementu, a także do uszarpiania powierzchni nawierzchni metodą poprzecznego przeciągania stalowej szczotki lub podłużnego przeciągania sztucznej trawy.

Następnym etapem procesu technologicznego wykonania nawierzchni z odkrytym kruszywem było mechaniczne usunięcie zaprawy cementowej. Jest to zabieg niezwykle istotny ze względu na ostateczne wykończenie wierzchniej warstwy nawierzchni.

Moment rozpoczęcia zabiegu był dość zróżnicowany, ponieważ był uzależniony od czynników atmosferycznych oraz od zastosowania odpowiedniego rodzaju szczotki. Mechaniczne usuwanie zaprawy cementowej w znaczący sposób wpływa na makroteksturę GWN, jej właściwości przeciwpoślizgowe i równość. Bezpośrednio po odsłonięciu kruszywa na nawierzchnię nanoszony był środek pielęgnacyjny.

Następną czynnością zależną od warunków atmosferycznych było nacinanie szczelin skurczowych. Szczeliny podłużne i poprzeczne po uzyskaniu przez beton odpowiedniej wytrzymałości były ponownie nacinane i fazowane na odpowiedni wymiar w zależności od materiału wypełniającego. W naszym przypadku szczeliny poprzeczne wypełniane były wkładkami uszczelniającymi o profilu zamkniętym, natomiast podłużne masą zalewową na gorąco.

Na naszych kontraktach pojawiają się dosyć nietypowe rozwiązania projektowe. Są to tzw. koperty, czyli krzywe przejściowe pochylenia poprzecznego, nawierzchnia betonowa w murach oporowych, nietypowe kotwy do zbrojenia nawierzchni, wpusty kanalizacyjne kolidujące z konstrukcją nawierzchni betonowej.

Pierwszym z wymienionych rozwiązań są tzw. koperty, czyli nawierzchnia o nachyleniu poprzecznym na dwie strony, przy czym kalenica tych spadków biegnie ukośnie od prawej do lewej krawędzi jezdni (lub odwrotnie). Ze względów technologicznych koperty nie mogą być wykonane w jednym przejeździe rozkładarki. Trzeba nawierzchnię wykonać w dwóch lub wielu etapach, a dyble należy umieszczać w koszach:

- I etap – układanie nawierzchni ze spadkiem w jedną stronę.
- II etap – układanie nawierzchni ze spadkiem w drugą stronę.

Na takim odcinku nawierzchni ze względu na wbudowaną kalenicę występują problemy z równością podłużną.

Drugim rozwiązaniem jest wykonanie nawierzchni betonowej na obiektach z murami oporowymi. Konstrukcja rozkładarek do nawierzchni betonowych jest taka, że porusza się ona na gąsienicach obejmujących z boku stoły układające warstwy nawierzchni i w związku z tym cały ciężar ok. 70 t przenoszony byłby na cztery gąsienice w bliskim sąsiedztwie murów oporowych, które nie przeniosłyby tak dużych obciążeń. W związku z tym nawierzchnię na obiektach z murami oporowymi trzeba wykonać w technologii bitumicznej. Rozkładarki do nawierzchni bitumicznej mają gąsienice umieszczone blisko środka maszyny i nacisk od napędów nie oddziałuje na mury oporowe.

Trzecim przykładem są projektowane kotwy z pręta żebrowanego  $\varnothing$  20 mm, o długości 840 mm, wygiętego w kształcie litery C. Nie ma możliwości zamontowania mechanicznie przy użyciu kotwiarki takiego zbrojenia w nawierzchni. Typowym rozwiązaniem według *Katalogu typowych konstrukcji nawierzchni sztywnych* jest pręt prosty ze stali żebrowanej  $\varnothing$  20 mm, o długości 800 mm, pokryty w środkowej części na długości 20 cm powłoką polimerową.



Rozkładarka GWN

Czwartym przykładem są zaprojektowane wpusty kanalizacyjne deszczowej kolidujące z konstrukcją nawierzchni betonowej. W takim rozwiązaniu pierścienie odciążające wpustów znajdują się pod nawierzchnią betonową drogi i nie są do wykonania po ułożeniu nawierzchni. Natomiast ułożone wcześniej pierścienie odciążające zmniejszyłyby grubość płyty betonowej, co mogłoby prowadzić do powstania spękań nawierzchni. W związku z tym trzeba odsunąć od nawierzchni wpusty, aby ich konstrukcja znalazła się w całości poza konstrukcją nawierzchni drogowej.

Podsumowując, zaobserwowane przez nas czynniki wpływające na jakość wykonania nawierzchni betonowej to:

1. Właściwie zaprojektowane recepty, które gwarantują odpowiednie właściwości wytrzymałościowe pod względem ściskania, zginania i rozłupywania;

2. Węzeł betoniarski znajdujący się na placu budowy lub w jej pobliżu, zapewniający ciągłość pracy rozkładarki. Przy odpowiednio dobranej liczbie środków transportujących mieszankę zapewniają brak utraty jej właściwości fizycznych, tzn. konsystencję i zawartość powietrza;

3. Właściwie dobrana konsystencja do parametrów rozkładarki;

4. Odpowiednie wyznaczenie niwelety drogi jako jeden z najważniejszych czynników, dzięki któremu nawierzchnia może być równa lub nie;

5. Jednorodne naniesienie środka opóźniającego wiązanie daje duże prawdopodobieństwo, że nawierzchnia po odstąpieniu kruszywa również będzie jednorodna;

6. Wykonywanie jak najdłuższych odcinków zmniejsza ryzyko wystąpienia nierówności w miejscach połączeń technologicznych;



Usuwanie zaprawy cementowej

7. Na każdym etapie realizacji jest stały nadzór technologiczno-laboratoryjny.

### Literatura

- [1] Specyfikacja techniczna wykonania i odbioru robót budowlanych.
- [2] PN-EN 206 2013+A1 2016 IDT Beton. Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność.
- [3] Ogólna specyfikacja techniczna D-05.03.04. GDDKiA (z 7 czerwca 2018 r.).
- [4] Katalog typowych konstrukcji nawierzchni sztywnych. GDDKiA (z października 2013 r.).
- [5] ZTV Beton-StB 07 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Fahrbahndecken aus Beton.
- [6] Instrukcja techniczna Teksturowanie górnej warstwy nawierzchni drogowej.

