



PIOTR HEINRICH

OAT Sp. z o.o.
piotr.heinrich@oat.pl

Nowoczesne technologie w remontach nawierzchni betonowych

Opracowano na podstawie referatu „Zastosowanie w praktyce technologii betonów szybkosprawnych i płyt prefabrykowanych w nawierzchni o zwiększonym natężeniu ruchu” wygłoszonego podczas seminarium

„II Konferencja Naukowo-Techniczna NOVDROG” w Niepolomicach w dniach 27–28 lutego 2020 r.

W ostatnich latach zrealizowano wiele kilometrów nawierzchni w technologii betonu cementowego. Dotyczy to nie tylko programu rozwoju sieci autostrad i dróg ekspresowych, ale także lokalnych dróg samorządowych i ulic w miastach. Zagadnienie budowy nowej drogi z betonu cementowego, w szczególności na sieci dróg krajowych, jest wyczerpująco opisane w dostępnych dokumentach i specyfikacjach technicznych. Najważniejsze z nich to: „Katalog typowych konstrukcji nawierzchni sztywnych” pod redakcją prof. Antoniego Szydło oraz ogólna specyfikacja techniczna GDDKiA nr. D-05.03.04 „Nawierzchnia z betonu cementowego”.

Ponadto na rynku jest wiele rodzimych pozycji naukowych i naukowo-technicznych na temat projektowania, badań i właściwości betonu nawierzchniowego oraz doświadczeń światowych w dziedzinie nawierzchni betonowych. Polscy inżynierowie dysponują zatem wiedzą i doświadczeniem w budowie nowych, trwałych dróg betonowych, natomiast mają ograniczony dostęp do opracowań i praktycznych wytycznych w języku polskim na temat utrzymania i remontów tych dróg.

Docelowa długość sieci dróg ekspresowych i autostrad osiągnie ponad 7650 km, z czego ok. 18% będą stanowić nawierzchnie betonowe [1]. Zwiększa się udział nawierzchni betonowych na sieci dróg samorządowych, których całkowita długość przekracza już 1000 km [2]. Każda nawierzchnia w trakcie eksploatacji ulega degradacji, dlatego, wobec rosnącej sieci nowych dróg betonowych, zagadnienia utrzymania i remontu będą nabierać znaczenia.

Artykuł w całości jest poświęcony realizacji technologii remontowych.

Przykład praktyczny

W 2019 roku na zlecenie GDDKiA O/Warszawa zrealizowano projekt: „Wykonanie robót polegających na naprawie nawierzchni z betonu cementowego drogi krajowej nr 50 na odcinku obwodnicy Młodziyszyna w województwie mazowieckim wraz z badaniami technicznymi.” Wykonawcą było konsorcjum specjalistycznych firm OAT

Sp. z o.o. oraz SAT Sp. z o.o., które specjalizują się w budowie, utrzymaniu i remontach nawierzchni betonowych dróg i lotnisk. Projekt ten był pierwszym w Polsce i jednym z większych w skali europejskiej remontem nawierzchni betonowej przy wykorzystaniu najnowocześniejszych technologii.

Droga krajowa nr 50 pełni funkcję obwodnicy Warszawy dla ruchu ciężarowego. W ciągu drogi znajduje się obwodnica Młodziyszyna, która została oddana do użytku w 2002 roku, jako ok. 2,5-km odcinek jednojezdniowej drogi betonowej. Odcinek ten jest jednym z najbardziej obciążonych ruchem ciężarowym odcinków dróg krajowych w Polsce. Przy średnim dobowym ruchu (SDR) pojazdów wynoszącym 9970 aż 51,2% (5104 poj. cięż.) stanowią samochody ciężarowe i autobusy [3]. Dla porównania, najbardziej obciążony odcinek drogi krajowej w Polsce – Most gen. Grota-Roweckiego w Warszawie przy SDR wynoszącym 142269 pojazdów posiada tylko 7,8% (11085 poj. cięż.) udział ruchu ciężkiego [4]. Oznacza to, że przez Most Grota w Warszawie (2 jezdnie po 5 pasów ruchu) przejeżdża niewiele ponad 2 razy więcej pojazdów ciężarowych na dobę niż przez jednojezdniową obwodnicę Młodziyszyna.

W ramach przygotowania specyfikacji technicznej zamawiający, we współpracy z ekspertami, wykonał analizę wielu wariantów przeprowadzenia remontu, które oprócz kosztów prac budowlanych uwzględniały również koszty społeczne. Najbardziej opłacalnym i, jak się później okazało jedynym, zaakceptowanym przez lokalną społeczność, wariantem remontu był projekt uwzględniający realizację prac budowlanych z koniecznością utrzymania pełnej dostępności drogi dla ruchu. W celu spełnienia powyższych wymagań Zamawiający wyspecyfikował, często po raz pierwszy w Polsce, zastosowanie nowoczesnych technologii utrzymania i naprawy:

- wymianę ok. 240 płyt w technologii betonu szybkosprawnego;
- wymianę ok. 75 płyt w technologii elementów prefabrykowanych (zastosowano 144 elementy);
- wbudowanie 796 par kotew diagonalnych;
- stabilizację 200 płyt przy pomocy technologii iniekcji geopolimerowej;
- zastosowanie szlifowania nawierzchni w technologii grinding, w celu uzyskania wymaganej równości oraz nadania jednorodnej tekstury;
- wymianę uszczelnień dylatacji;
- naprawę krawędzi płyt, naroży oraz odtworzenie oznakowania i poboczy;
- wykonanie kompletu badań sprawdzających (nośność, tekstura, właściwości przeciwpoślizgowe, hałas) przed i po remoncie.

Zakres i rodzaj technologii remontowych określono na podstawie inwentaryzacji stanu istniejącego, zrealizowanej metodą wideorejestracji powierzchni, badaniami nośności urządzeniem HWD powiązanego z badaniami próbek z odwiertów oraz badaniami stanu podbudowy przy pomocy skanowania georadarem (GPR). Wobec braku krajowych wytycznych, zastosowano technologie remontowe opisane w wytycznych zagranicznych, stosowane od lat przez publiczne administracje drogowe państw o dużym udziale nawierzchni betonowych w sieci dróg [5, 6].

Przebieg prac remontowych

Projekt był realizowany przez 7 miesięcy. W celu zapewnienia pełnej dostępności obwodnicy dla ruchu opracowano i zatwierdzono schematy czasowej organizacji ruchu, pozwalające podzielić cały odcinek obwodnicy na dwie sekcje robocze, na których równolegle były prowadzone prace remontowe. Sterowanie ruchem odbywało się głównie ręcznie i tylko w ograniczonym czasie automatycznie. Szerokość jezdni, wynosząca $2 \times 3,5$ m uniemożliwiała zastosowanie ciężkich barier ochronnych, dlatego ze względu na bezpieczeństwo pracowników konieczne były krótkotrwałe zamknięcia ruchu spowodowane względami technologicznymi. Wszystkie płyty, które były pęknięte na całą długość lub szerokość podlegały wymianie. W celu eliminacji negatywnego oddziaływania na sąsiednie płyty, zastosowano metodę wyburzania obejmującą nacinanie betonu piłą na mniejsze fragmenty, które były następnie usuwane przy pomocy koparki i kotew wysokiej wytrzymałości. Jest to metoda wymagana w miejscach, gdzie nie wolno uszkodzić płyt sąsiednich. Po odkryciu podbudowy usuwano jej luźne fragmenty aż do spójnej warstwy stabilizacji cementem. W bocznych krawędziach sąsiednich płyt wiercono otwory, w które wklejano dyble i kotwy, w celu zapewnienia współpracy płyt. W koniecznych przypadkach ubytki podbudowy były uzupełniane betonem. W praktyce zastosowano beton szybkostrawny identyczny z użytym do odtworzenia płyt nawierzchni.



Fot. 1. Miejsce przygotowane do odtworzenia płyty w technologii betonu szybkostrawnego

W ramach opisywanego remontu zastosowano dwa rodzaje betonu szybkostrawnego. Zgodnie z wytycznymi niemieckimi ZTV BEB-StB [5] były to betony szybkostrawne:

- typu A – beton wyprodukowany na węzle betoniarskim, dowieziony i wbudowany na placu budowy, oraz
- typu B – beton wyprodukowany w mobilnej wytwórni z uprzednio odważonych składników w stanie suchym (mieszanka kruszyw oraz spoiwo cementowe z dodatkami) i wymieszanych z wodą na miejscu wbudowania.



Fot. 2. Załadunek mobilnej wytwórni na zapleczu budowy

Beton typu A, według specjalnej receptury, opracowanej przez firmę Lafarge, zastosowano w miejscach wymiany kilkunastu płyt układanych w ciągu, beton typu B wbudowano we wszystkich innych przypadkach. Średnie wyniki wytrzymałości na ściskanie próbek betonu pobranego w trakcie wbudowania w nawierzchnię wyniosły 48,7 MPa po 24 godzinach oraz 65,9 MPa po 28 dniach z odchyleniem standardowym odpowiednio 7,74 MPa i 8,53 MPa. Zamawiający określił wymaganą wytrzymałość betonu na ściskanie i czas jej osiągnięcia. Z doświadczenia wynika, że wymaganie po 24 godzinach jest racjonalne. Natomiast wartość tego parametru powinna być uzależniona od klasy obciążenia ruchem i funkcji nawierzchni. Zastosowanie betonu szybkostrawnego ma uzasadnienie tylko w lokalizacjach, gdzie ze względu na intensywność ruchu nie jest możliwe użycie materiału tradycyjnego, który wymaga kilkutygodniowej pielęgnacji. Beton szybkostrawny umożliwia udostępnienie nawierzchni drogi dla ruchu pojazdów w ciągu kilku, do kilkunastu godzin od wbudowania.

Płyty prefabrykowane

W ciągu obwodnicy Młodzieszyna zastosowano również innowacyjną metodę remontu nawierzchni polegającą na zastąpieniu uszkodzonych płyt elementami prefabrykowanymi. Bliska lokalizacja (ok. 40 km) producenta umożliwiła dostarczenie elementów bezpośrednio z zakładu prefabrykacji do miejsca wbudowania, co pozytywnie wpłynęło na koszty przeładunku i składowania.



Fot. 3. Prefabrykat w trakcie wbudowania

Prefabrykaty wykonane były z betonu zbrojonego o wymiarach $5,0 \times 2,5 \times 0,25$ m, a każdy miał ciężar ok. 7,5 tony, dlatego konieczne było użycie dźwigu. Prefabrykaty zostały wbudowane tylko w obrębie skrzyżowań, ponieważ dźwig dla bezpiecznej pracy, wymagał ustawienia na powierzchni o szerokości min. 6 metrów. Instalacja prefabrykatów wymagała wcześniejszego przygotowania podłoża oraz dowiązania wysokościowego do sąsiednich płyt nawierzchni przy pomocy specjalnych śrub dystansujących i teodolitu laserowego. Ostatnim etapem posadowienia prefabrykatów było wykonanie stabilizacji geopolimerem – specjalnym materiałem wypełniającym przestrzeń pomiędzy płytą i podbudową. Geopolimer w postaci dwuskładnikowej żywicy silikatowej uzyskuje w krótkim czasie bardzo wysoką wytrzymałość. Dzięki temu, po niespełna godzinie przestawiano na nowo wbudowane płyty i kontynuowano układanie następnych prefabrykatów.

Technologia remontu nawierzchni przy pomocy prefabrykatów okazała się efektywna, pozwoliła szybciej oddać nawierzchnię do ruchu niż w przypadku płyt wylewanych z betonu szybkosprawnego. Prefabrykaty wyprodukowano w zakładzie, który gwarantował wymagane parametry betonu oraz właściwą pielęgnację, a proces wbudowania był praktycznie niezależny od warunków atmosferycznych. Prefabrykaty mogą być indywidualnie zaprojektowane i dostosowane do lokalnych warunków eksploatacji, mogą zostać wyposażone w otwory na studzienki, wpusty rewizyjne oraz specjalne kanały kablowe stosowane np. na lotniskach.

Stabilizacja płyt metodą iniekcji

W konstrukcji nawierzchni obwodnicy Młodzieszyna zidentyfikowano miejscami niestabilne, nawodnione podłoża, pustki pod płytami i ubytki podbudowy, które były nie tylko bezpośrednią przyczyną spękań, ale powodowały tzw. klawiszowanie, osiadanie lub odczuwalne drgania płyt pod ruchem. Powyższe uszkodzenia nawierzchni należy eliminować niezwłocznie po zdiagnozowaniu, aby zapobiec poważnej awarii nawierzchni, np. spękaniu płyt lub odłamaniu naroży. Zamawiający podał w specyfikacji technologię naprawy metodą iniekcji geopolimerowej, która polega na wtłoczeniu pod płytę geopolimeru przez otwory wywiercone w regularnych odstępach. Wykonawca zastosował materiał, który posłużył do stabilizacji prefabrykatów. Żywica silikatowa wtłoczona pod ciśnieniem wypełniła puste przestrzenie, ustabilizowała, a w kilku przypadkach uniosła zapadnięte płyty.

Do realizacji prac zastosowano specjalną wiertnicę pneumatyczną, aplikatory oraz precyzyjną pompę do tłoczenia składników. W celu kontroli przemieszczania płyty stosuje się teodolit laserowy z kompletem czujników wysokościowych. Mieszanie składników geopolimeru odbywa się w mieszadle statycznym, stanowiącym element lancy tłoczącej materiał pod płytę za pośrednictwem aplikatorów (packerów).

Do stabilizacji płyt zastosowano materiał o niskiej rozprężliwości tzn. o parametrze określającym spontaniczne zwiększanie objętości (spienianie) materiału w trakcie reakcji (polimeryzacji) jego składników. Granicą niskiej rozprężliwości jest stosunek objętości materiału przed reakcją do objętości po reakcji polimeryzacji wynoszący 1:1,2. Dostępne są również materiały o wysokiej rozprężliwości, w przypadku których współczynnik spienienia sięga 1:20. Zgodnie z wytycznymi ZTV BEB-StB⁵⁾ do stabilizacji betonowych płyt nawierzchni nie zaleca się stosowania geopolimerów o rozprężliwości wyższej niż 1:4, gdyż stwarzają ryzyko nadmiernego, niekontrolowanego unoszenia płyt, co prowadzi do powstawania progów oraz pogorszenia bezpieczeństwa i komfortu jazdy. Natomiast materiały o wysokiej rozprężliwości mają zastosowanie na większych głębokościach (≥ 1 m), gdzie są bardzo skuteczne, np. przy stabilizacji posadowienia fundamentów oraz eliminacji zaniżeń podbudowy.



Fot. 4. Tłoczenie geopolimeru pod płytę

Teksturowanie nawierzchni – grinding

Ostatnim etapem prac w ramach zrealizowanego remontu było teksturowanie nawierzchni metodą grinding. Polega ono na szlifowaniu powierzchni betonu przy pomocy wysokowydajnej maszyny wyposażonej w wał z zestawem tarcz tnących umieszczonych w określonych odstępach. Do grindingu stosuje się tarcze do cięcia betonu posiadające diamentowe segmenty tnące, które nacinają rowki w betonie. Zgodnie z wymaganiami zamawiającego zastosowano tarcze o szerokości segmentu 2,8 mm, które, w zależności od odcinka roboczego, były umieszczone w odstępach 1,8 oraz 2,2 mm. Zastosowanie różnych odstępów miało na celu optymalizację tekstury pod względem emisji hałasu drogowego. Po badaniu hałasu okazało się, że tekstura przy odstępach tarcz 1,8 mm emituje nieznacznie mniej hałasu, przy jednoczesnym zachowaniu parametru przeciwpoślizgowości. Podstawowym celem wykonania szlifowania w technologii grinding było uzyskanie na całym remontowanym odcinku jednakowej i zgodnej z wymaganiami równości podłużnej mierzonej wskaźnikiem IRI. W wyniku analizy doświadczeń zagranicznych zamawiający zdecydował, że najlepszą metodą ujednolicenia nawierzchni, złożonej ze starych oraz nowych, wymienionych płyt betonowych było wykonanie grindingu wyrównawczego. Dzięki temu uzyskano równą powierzchnię, niezależnie od zastosowanych technologii remontowych. W kolejnym zabiegu szlifowania nawierzchni nadano jednorodną teksturę gwarantującą odpowiednie parametry przeciwpoślizgowe. Do szlifowania zastosowano zestaw maszyn składający się z cysterny z wodą, maszy-



Fot. 5. Tekstura nawierzchni po nacinaniu metodą grinding

ny szlifującej z systemem odsysania szlamu oraz maszyny typu WUKO do transportu szlamu powstającego w wyniku nacinania betonu.

Doświadczenie uzyskane z realizacji teksturowania metodą grinding na odcinku obwodnicy Młodzieszyńska może zostać wykorzystane do weryfikacji wymagań technicznych dla tej technologii w opracowywanych specyfikacjach [7]. Technologia wyrównywania i teksturowania nawierzchni metodą grinding jest stosowana w wielu krajach do odtworzenia wymaganych właściwości powierzchni dróg i lotnisk betonowych po wielu latach eksploatacji.

Podsumowanie

Zabiegi zastosowane w ramach opisanego remontu drogi krajowej nr 50 umożliwiają szybką, skuteczną i trwałą naprawę strukturalnych uszkodzeń nawierzchni betonowych. Technologie remontowe i odtworzeniowe z użyciem betonów szybkosprawnych, prefabrykatów oraz iniekcji geopolimerowych powinny być stosowane w miejscach, gdzie ze względu na lokalne warunki i koszty społeczne nie jest możliwe długotrwałe wyłączenie drogi z ruchu.

Konieczne jest niezwłoczne opracowanie krajowych specyfikacji technicznych regulujących wymagania materiałowe, warunki realizacji i zasady rozliczania remontów nawierzchni betonowych z uwzględnieniem innowacyjnych technologii. Doświadczenia zebrane w trakcie realizacji opisywanego zadania remontowego stanowią najlepszy przykład i zbiór doświadczeń dla racjonalnego przygotowania specyfikacji technicznych z udziałem szerokiego grona specjalistów: inwestorów, wykonawców i przedstawicieli świata nauki.

Bibliografia

- [1] *Inżynieria betonowych nawierzchni drogowych*, prof. Michał A. Glinicki, PWN SA, Warszawa 2019
- [2] Na podstawie danych Stowarzyszenia Producentów Cementu, www.polskicement.pl
- [3] GDDKiA Generalny Pomiar Ruchu 2015, Tablica 2, punkt pomiarowy nr. 10906 „Kamion-Ruski”, str. 32
- [4] GDDKiA Generalny Pomiar Ruchu 2015, Tablica 2, punkt pomiarowy nr 10956 „Most Grota”, str. 13
- [5] ZTV BEB-StB 2015, FGSV, Arbeitsgruppe Betonbauweisen, 2015 Koeln, Niemcy
- [6] Concrete Pavement Preservation Guide, U.S. Department of Transportation, FHWA Publication No. FHWA-HIF-14-014, Washington D.C. 2014
- [7] Instrukcja techniczna. Teksturowanie górnej warstwy nawierzchni drogowej, GDDKiA, Marzec 2018

W materiale wykorzystano zdjęcia własne autora.