

Długowieczne nawierzchnie z betonu wałowanego szansą na poprawę stanu dróg lokalnych w Polsce

DURABLE SURFACES WITH RCC OPPORTUNITY TO IMPROVE THE LOCAL
ROADS IN POLAND

Streszczenie

Potrzeby lokalnych społeczności w Polsce, w zakresie budowy i rozbudowy dróg, stają się coraz bardziej nagłym problemem stojącym przed samorządami. Ich wagę bardzo dobrze uwidaczniają statystyki GUS, opisujące istniejący obecnie stan dróg. Rozmiar potrzeb w tym zakresie rodzi potrzebę poszukiwania i wprowadzania nowych, niestandardowych technologii w zakresie wykonania nawierzchni dróg lokalnych.

Referat przedstawia beton wałowany (RCC), w kontekście skutecznego rozwiązania, które może znacząco poprawić jakość dróg lokalnych w Polsce. W ostatnim roku LafargeHolcim uczestniczył w kilku istotnych realizacjach drogowych, w których do wykonania nawierzchni wykorzystano nowatorską technologię betonu wałowanego. Doświadczenia z tych przedsięwzięć stały się kanwą dla niniejszego opracowania.

Od początku, szczególną uwagę skupiono na starannym zaprojektowaniu mieszanki betonowej. Wykorzystano do tego celu wyłącznie lokalne surowce (grysy i żwiry), pochodzące z zakładów wydobywczych LafargeHolcim. Również użyte cementy, pochodziły z cementowni Kujawy należącej do tego koncernu. Laboratorium LafargeHolcim przeprowadziło testy doboru surowców i optymalizacji składu mieszanki a technolodzy, sprawowali stały nadzór nad prawidłowym przebiegiem wbudowania betonu. Na bieżąco prowadzono też kontrole wymaganych parametrów.

Wybudowane odcinki dróg są dowodem przydatności betonu wałowanego jako nawierzchni do poprawy stanu polskich dróg lokalnych. Nowa technologia oferuje nieco tańsze wybudowanie drogi niż w technologii bitumicznej, ale największe oszczędności niesie wieloletnie nisko-kosztowe użytkowanie w całym, nawet 50 letnim cyklu życia. Chociaż nowa technologia NGCS – rewitalizacji zużytych nawierzchni betonowych daje nadzieję, że okres ten można znacząco wydłużyć.

Abstract

The needs of local communities in Poland, in the construction and expansion of roads, are becoming more and more urgent problem facing local governments. Their weight very well highlight the GUS statistics, describing the current condition of existing roads. The size of these needs is the reason to explore and introduce new, customized technologies for the implementation in construction of local roads.

A lecture presents roller compacted concrete (RCC), in the context of an effective solution that can significantly improve the quality of local roads in Poland. In the last year LafargeHolcim participated in several important constructions of road, where the pavements was built using innovative technology RCC. The experiences of these projects have become a base for this study.

From the beginning, special attention was given to the careful designing of the concrete mix. Was used for this purpose only local raw materials (aggregates and gravels), originating from mines LafargeHolcim. Also was used in cement, which came from Kujawy, cement plant belonging to the company LafargeHolcim. The laboratory of company conducted tests of raw materials. At the end, was optimized the composition of the mixture by laboratory technicians. Technologists kept watch over the proper course of laying concrete.

However was also conducted inspections regarding required parameters.

Road sections which were built are proof of the usefulness of RCC technology what about to improve the condition of Polish local roads. The new method is a slightly cheaper than the construction technology of road bitumen but the biggest savings brings many years of low-cost exploitation. In even the 50 year whole life cycle. However, using new technology of revitalization of worn concrete pavements gives hope that this period can be significantly longer.

1. Wstęp

Realizacja „Programu budowy dróg na lata 2014–2023” [1] budzi ostatnio w naszym kraju sporo emocji. Szczególnie po ogłoszeniu przez GDDKiA zamiaru wybudowania 809 km dróg ekspresowych i autostrad z nawierzchnią betonową. Dla nas, użytkowników dróg, to świetna wiadomość, bo beton, który został prawidłowo wykonany i wbudowany, gwarantuje długą i nisko-kosztową eksploatację. Te same przesłanki dotyczą również dróg lokalnych, pozostających w gestii samorządów. Drogi te pozostają nieco w cieniu dyskusji o drogach krajowych. Ale dla społeczności lokalnych są przecież podstawowym elementem infrastruktury drogowej. Przemierzamy się nimi każdego dnia, a głównie od ich stanu zależy bezpieczeństwo transportu lokalnego.

2. Stan dróg lokalnych w Polsce

2.1. Statystyki drogowe

Według danych opublikowanych przez Główny Urząd Statystyczny (GUS) [3] mamy w Polsce ogółem 415133 km dróg w tym 395837 km (95,4%), zarządzanych przez jednostki samorządu terytorialnego. To imponująca liczba, ale trzeba pamiętać, że stan tych dróg jest bardzo różny. Jeżeli chodzi o drogi krajowe, to ulega on z roku na rok znacznej poprawie, ale stan dróg lokalnych jest w znacznej mierze co najmniej niezadowolający.

Z informacji NIK o wynikach kontroli pod nazwą „Organizacja sieci dróg powiatowych i gminnych z uwzględnieniem efektów realizacji Narodowego Programu Przebudowy Dróg Lokalnych” (marzec 2014 r.) [4] wynika, iż:

- 36% dróg – jest w stanie złym,
- 35% dróg – jest w stanie niezadowolającym,
- 29% dróg – jest w stanie dobrym i zadowolającym.

Jak wynika z najnowszego opracowania GUS „Transport drogowy w Polsce w latach 2012 i 2013” [5], drogi o nawierzchni twardej miały 285165,1 km, co stanowiło 68,7%

Tabela 1. Struktura dróg publicznych w 2013 roku w Polsce – dane GUS [5], [3] i GDDKiA [6]

Kategoria drogi	Długość w km	W tym o nawierzchni twardej*	W tym o nawierzchni twardej [%]	W tym o nawierzchni twardej ulepszonej	W tym o nawierzchni twardej ulepszonej [%]	Udział w całości sieci
drogi krajowe	19 296	19 295	100%	19 291	100%	4,6%
drogi wojewódzkie	28 480	28 424	100%	28 374	100%	6,9%
drogi powiatowe	125 274	114 410	91%	110 550	88%	30,2%
drogi gminne	242 083	123 037	51%	104 361	43%	58,3%
	415 133	285 165		262 576		100%

* Do dróg o nawierzchni twardej zalicza się drogi o nawierzchni twardej ulepszonej (z kostki kamiennej, klinkieru, betonu, z płyt kamienno-betonowych, bitumu) oraz drogi o nawierzchni nieulepszonej (o nawierzchni tłuczniowej i brukowej) [3]

długości dróg publicznych, z czego 92,1% z nich miało nawierzchnię ulepszoną. Tak mówią statystyki, ale wczytując się dokładniej w dane GUS dotyczące sytuacji na drogach lokalnych, można wyciągnąć wniosek, że im niższa kategoria drogi, tym jej stan techniczny gorszy.

Opierając się na danych GUS [3], [5] i danych GDDKiA [6], przedstawiono w tabeli stan polskich dróg z wyszczególnieniem w poszczególnych kategoriach.

Jak wynika z powyższych danych około połowa dróg gminnych nie posiada nawierzchni twardej (ok. 120 tys. km). Dlatego trudno nie zgodzić się z wnioskiem zawartym w opracowaniu NIK [4]: „Taka sytuacja stanowi istotną barierę rozwoju, obniżającą aktywność gospodarczą, inwestycyjną oraz konkurencyjność regionów i lokalnych ośrodków gospodarczych.” Sytuacja wygląda poważnie, skala zadań do wykonania w zakresie poprawy jakości lokalnej infrastruktury drogowej w Polsce jest olbrzymia. A to oznacza, że temat budowy i rozbudowy sieci dróg lokalnych pozostanie aktualny jeszcze długo po zakończeniu programu budowy dróg krajowych.

2.2. Jak poprawić stan dróg lokalnych?

Mankamentem dróg o nawierzchni nieutwardzonej jest konieczność dokonywania częstych napraw nawierzchni. Są to prace doraźne, wykonywane co kilka miesięcy. Polegają przeważnie na uzupełnieniu materiału nawierzchni, wyrównaniu i ewentualnym dogęszczaniu powierzchniowym (wałowaniu). Rozwiązaniem jest oczywiście zbudowanie solidnej drogi, zgodnej konstrukcyjnie z rozwiązaniami katalogowymi [8]. Ale to wiąże się z dużymi wydatkami. Szczególnie w przypadku dróg gminnych problemem jest źródło finansowania. Niestety nie ma tutaj tak pewnego zasilania jakim w przypadku dróg krajowych jest Krajowy Fundusz Drogowy. Środki zapisane w Programie rozwoju gminnej i powiatowej infrastruktury drogowej [9], przewidują wydatkowanie na drogi powiatowe i gminne, łącznie 4 mld złotych w latach 2016–2019. Corocznie w wymiarze rzeczowym możliwa będzie: budowa, przebudowa i remont około 2200 km dróg powiatowych i gminnych. To kropla w morzu potrzeb, a to oznacza że ciężar finansowania remontów dróg gminnych spocznie na barkach budżetów samorządów lokalnych.

Dlatego rzeczą absolutnie priorytetową jest jakość wykonywanych nawierzchni. Jakość, która zapewni wieloletnie, bezawaryjne użytkowanie. Pozwoli to na przeniesienie środków na budowę nowych lub ulepszenie istniejących nawierzchni gruntowych, które nie będą wymagać nieustannej ingerencji remontowej. I tutaj, szczególnie w kontekście dróg gminnych (czyli w większości dróg o kategorii: KR1 i KR2), przychodzi w sukurs nowa technologia, czyli technologia betonu wałowanego.

3. Beton wałowany - cechy użytkowe i aspekt historyczny

3.1. Definicja

Zgodnie z definicją zawartą w [10] **Beton wałowany (BW)** (z *angielskiego*: RCC – Roller Compacted Concrete) – to warstwa mieszanki betonowej o optymalnej wilgotności (zbliżonej do wilgotności naturalnej gruntu), wyznaczanej zmodyfikowaną metodą Proctora – układana i zagęszczana przy użyciu tradycyjnych maszyn do robót drogowych.

3.2. Cechy użytkowe

Beton wałowany posiada cechy, które wskazują, że jest rozwiązaniem często przewyższającym tradycyjne technologie bitumiczne a mianowicie:

- **Trwałość** – beton może zapewnić komfort użytkowania dla niejednego pokolenia. Prawdopodobnie wykonana nawierzchnia przetrwa nawet 50 lat.
- **Bezpieczeństwo** – betonowa nawierzchnia jest jasna, a niemieckie badania dowodzą, że na takiej nawierzchni dochodzi do ok. 30% mniej wypadków. Beton jest odporny na zjawisko koleinowania i dlatego na takich nawierzchniach nie występuje zjawisko aqua-planningu, czyli poślizgu wodnego.
- **Ekonomia** – koszty realizacji dróg w betonie wałowanym są zbliżone do kosztów wykonania dróg w technologii bitumicznej. Wyniki ostatnich przetargów wskazują, że mogą być nawet do 20% niższe. A sam koszt utrzymania takiej drogi, liczony w całym okresie eksploatacji, w zależności od przyjętych kryteriów ocen, może być nawet kilkakrotnie mniejszy.
- **Prostota wykonania** – wykonanie dróg w technologii betonu wałowanego nie wymaga specjalistycznego sprzętu. Wystarczą standardowy sprzęt i ekipa wykonawcza nawet małej firmy drogowej. Beton można podawać z lokalnych betoniarni.

3.3. Beton wałowany na świecie – krótka historia rozwoju technologii na przykładzie USA

Historia betonu wałowanego sięga lat 40. ubiegłego wieku, kiedy to w USA rozpoczęto realizację pierwszych inwestycji z nawierzchnią z betonu wałowanego (pas startowy lotniska Yakima w stanie Washington). Jednak, duże zapotrzebowanie na nowy produkt pojawiło się dopiero w Kanadzie w latach 70. Ogromny ruch na placach przeładunkowych drewna, wymusił zastosowanie nowego rodzaju nawierzchni, zdolnej do przeniesienia w trudnych warunkach skupionych obciążeń punktowych od nacisku specjalistycznego sprzętu. Pierwszymi projektami były zbudowane w latach 1976–1978, sortownie drewna oraz 12 milowa droga do kopalni Tumbler Ridge (wszystkie realizacje w Kolumbii Brytyjskiej).

Zachęcony sukcesem Kanadyjczyków, amerykański korpus inżynierii armii USA (Army Corps of Engineers – USACE) rozpoczął swoje doświadczenia z RCC od budowy tamy Fort Hood w Teksasie w 1984 roku. Następnie zbudowano kilka testowych obiektów w miejscach szczególnie ciężkich dla nawierzchni, ze względu na warunki naturalne – tzw. „equipment hardstands”. Wszystkie testy zakończyły się pełnym sukcesem. Wojskowe doświadczenia szybko przeniosły się na cywilny grunt. W 1985 roku wybudowano South Intermodal Terminal w Porcie Tacoma. Zastosowano tutaj po raz pierwszy typowe rozścielacze do asfaltu z listwami dogęszczającymi tzw. „tamping bars”. Od tego czasu ten rodzaj sprzętu w technologii RCC stał się standardem.

Dziś, beton wałowany jest używany, gdy wytrzymałość, trwałość i ekonomia są parametrami kluczowymi oceny inwestycji. Z uwagi na już, ponad 30 letni okres użytkowania betonu wałowanego w USA, obecnie bardzo chętnie wykorzystuje się ten typ nawierzchni na drogach lokalnych i miejskich. Szczególnie na traktach, narażonych na duże natężenie ruchu. Ten wzrost zainteresowania musiał przełożyć się na wielkość inwestycji drogowych realizowanych w technologii betonu wałowanego. W samym USA to ponad 8 mln m² w 2007 r. [12]

Obecnie skala inwestycji realizowanych w USA przy użyciu technologii betonu wałowanego jest już ogromna. Do 2015 roku zrealizowano już 300 dużych inwestycji z czego

prawie sto, w latach 2010–2015 (na podstawie danych z portalu: <http://www.acpa.org/rcc-explorer/> należącego do American Concrete Pavement Association) [14]. Na szczególną uwagę zwraca zrealizowana w RCC w Riverside w stanie Alabama, największa na świecie powierzchnia betonowa. Czyli, wybudowany w latach: 2002–2004, plac składowy zakładów Hondy o łącznej powierzchni ponad 2 mln jardów kwadratowych 1 670 000m²).

3.4. Beton wałowany w Polsce

Nawierzchnia z betonu wałowanego w Polsce ma krótką, bo siedmioletnią historię. Pierwszy odcinek drogi o długości ok. 300 m został wykonany w miejscowości Miastko (ul. Fabryczna). Jako że beton został tam położony w sposób tradycyjny i zagęszczony przy pomocy listwy wibracyjnej, a następnie walca, można więc uznać że technologia użyta jest bardzo zbliżona do technologii RCC. Jest to więc raczej odcinek o charakterze doświadczalnym. Ale obserwacja stanu nawierzchni po kilkuletnim okresie użytkowania niesie bardzo pozytywne wnioski. Nawierzchnia betonowa nie nosi śladów zniszczeń czy wykruszeń. Widoczne są jedynie rysy skurczowe (nie były wykonywane dylatacje*), które są naturalnym zjawiskiem. Można przypuszczać że będzie służyć mieszkańcom jeszcze przez wiele lat. Czyli powstała niedroga i trwała i tania droga o parametrach użytkowych, adekwatnych do potrzeb lokalnej społeczności.



Fot. 1. Pierwsza droga z betonu wałowanego w Polsce (autor foto: Konrad Harat)

* Wg [11] kanadyjska specyfikacja sugeruje, że nacinanie szczelin skurczowych nie jest konieczne. Przytacza eksperymentalne nawierzchnie, które w ciężkich warunkach pogodowych (wielokrotne zamrażanie i rozmrażanie) były użytkowane przez 7 bez żadnych uszkodzeń. Polski dokument techniczny - OST GDDKiA zaleca jednak wykonywanie dylatacji.

4. Beton wałowany w Polsce. Droga 006001F: Radomia-Słone (2015)

4.1. Założenia inwestycyjne wg SIWZ

Zamawiający: Gmina Świdnica k/Zielonej Góry

Przedmiot zamówienia: Przedmiotem zamówienia jest przebudowa odcinka drogi gminnej o nr 006001F łączącej dwie miejscowości – Słone i Radomię (km 0+000,00÷km 2+100,00)

Parametry: Długość – 2100m, szerokość – 5m, powierzchnia – 10500m²

Rozwiązania konstrukcyjne:

- warstwa ścieralna beton wałowany – 17cm
- podbudowa zasadnicza z kruszywa łamanego 0/31.5 stab. mechanicznie – 25cm
- podbudowa pomocnicza z grunto-cementu $R_m=2,5\text{MPa}$ – 10cm

Zakres robót:

- remont nawierzchni jezdni, zjazdów
- chodnik
- regulację istniejących studni kanalizacyjnych, teletechnicznych, zasuw i zaworów
- rekultywację istniejących terenów zielonych
- przebudowę napowietrznej linii telekomunikacyjnej

Termin wykonania: 31 październik 2015.

Kryteria wyboru oferty: Cenowe – 80%, Gwarancja – 20% (gwarancja min. – 10 lat)

4.2. Wynik przetargu

Wykonawca: Brubet – Międzyrzecz

Wartość złożonej oferty: 1 576 018Pln (brutto), gwarancja – 180 m-cy. (cena za m² – 143Pln)

4.3. Przygotowanie inwestycji

Po rozstrzygnięciu przetargu wykonawca dokonał wyboru dostawcy mieszanki betonowej. Optymalnym ze względu na położenie węzła oraz oferowane warunki współpracy okazała się Wytwórnia Betonu LafargeHolcim z Zielonej Góry. Dostawca zaoferował:

- zaprojektowanie mieszanki
- dobór optymalnych składników
- obsługę laboratoryjną
- transport zapewniający ciągłość dostaw
- wsparcie bezpośrednie podczas realizacji (kontrola parametrów mieszanki, nadzór nad procesem wbudowywania)
- wsparcie przy doborze rozścielacza zapewniającego odpowiednie zgęszczenie wstępne.

4.3.1. Projektowanie mieszanki betonowej

Podstawowe kroki projektowania wg [12]:

- dobór kruszywa o ciągłym uziarnieniu
- przyjęcie zawartości cementu
- sporządzenie krzywych zależności zagęszczenia od zawartości wody
- sporządzenie próbek do pomiaru wytrzymałości na ściskanie
- badanie próbek i dobór odpowiedniej zawartości spoiwa
- obliczenie proporcji mieszanki

4.3.2. Dobór składników mieszanki betonowej [12]

Dobór kruszywa: Kruszywa mineralne stanowią do 85% objętości betonu wałowanego i odgrywają istotną rolę w uzyskaniu przez niego wymaganych parametrów zarówno w stanie świeżym, jak i stwardniałym. Beton wałowany różni się od betonu tradycyjnego wymaganiami w zakresie uziarnienia kruszywa. Różnica ta wynika z konieczności zagęszczenia szkieletu kruszywa w betonie wałowanym w warunkach oddziaływania energii zagęszczania generowanej przez rozścielacz asfaltu oraz walce z bębnum stalowym i/lub walce ogumione. Celem zapewnienia urabialności, zagęszczalności i właściwego wykończenia nawierzchni, należy odpowiednio dobrać udział kruszywa o drobnym i grubym uziarnieniu. Należy nadmienić że dobór kruszywa drobnego odgrywa tu kluczową rolę, ponieważ decyduje ono o wodożądności (a tym samym poziomie zużycia cementu), zagęszczalności, gładkości powierzchni oraz trwałości betonu wałowanego. W opisywanym przypadku zastosowano żwiry z kopalni Gryżyce we frakcjach: 2–8 i 8–16.

Cement: W przypadku warstw ścieralnych, minimalną zawartość cementu należy przyjmować na poziomie 270 kg/m^3 . Zastosowano cement CEM I 42,5 R z cementowni Kujawy.

Woda: Woda dostępna dla hydratacji chemicznej betonu wałowanego pochodzi z dwóch źródeł. Część zawarta jest w kruszywie drobnym i grubym w postaci ich wilgotności, natomiast pozostała część niezbędnej wody dodawana jest w wytwórni betonu. Ilość wody powinna być tak dobrana, aby mieszanka była na tyle sucha, by utrzymała na powierzchni walec wibracyjny (mieszanka z zerowym opadem stożka) i na tyle mokra, by zapewnić równomierne rozprzewodzenie zaczynu i właściwe zagęszczenie. Zawartość wody w mieszance powinna być określona na podstawie badań wstępnych przy pomocy zmodyfikowanej metody Proctora, zgodnie z normą PN-EN 13286-2 – celem ustalenia optymalnej wilgotności. Jak wynika z doświadczeń, zależnie od wodożądności suchych składników mieszanki betonowej, optymalna zawartość wody mieści się zazwyczaj w przedziale 5–7% w odniesieniu do łącznej masy suchej. Już stosunkowo niewielkie wahania wody w górę lub w dół powodują problemy technologiczne oraz wady/usterki wykonanej nawierzchni. Wodno-cementowy stosunek w/c powinien wynosić $< 0,4$.

Domieszki chemiczne: Z uwagi na fakt, że w mieszankach do betonu wałowanego znajduje się relatywnie mało wody zarobowej, więc dla właściwego efektu działania domieszek są one dodawane w większych ilościach niż w przypadku betonu tradycyjnego. Źródło [1] podaje, że niekiedy ilości np. domieszek napowietrzających były dziesięć razy większe niż w przypadku normalnego betonu, a i tak efekt nie zawsze był zadowalający. Domieszki podlegają zawsze indywidualnemu doborowi, w zależności od właściwości fizyko-chemicznych pozostałych składników.

4.3.3. Badania laboratoryjne

Parametry mieszanki podlegające kontroli określa OST GDDKiA [10]:

- Gęstość betonu, obl. z masy wszystkich materiałów składowych i całkowitej objętości poszczególnych składników, zgodnie z recepturą. Badanie wykonuje się wg normy PN-EN 12390-7. Należy uwzględnić stan wilgotności betonu w badanej próbce.
- Wytrzymałość na ściskanie wykonuje się wg normy PN-EN 12390-3. Beton kwalifikuje się do danej klasy wytrzymałości na ściskanie, jeżeli spełnione są kryteria dla wytrzymałości średniej i minimalnej, zgodnie z wymaganiami zawartymi w normie PN-EN 206-1.

- Wytrzymałość na rozciąganie przy rozłupywaniu wykonuje się na próbkach sześciennych o wymiarach 150 x 150 x 150 mm lub na próbkach walcowych o średnicy 150 mm i wysokości 300 mm – wg normy PN-EN 12390-6. Wymaganie odnośnie wytrzymałości betonu na rozciąganie przy rozłupywaniu wynosi minimum 2,5 MPa (dla nawierzchni drogi o kategorii ruchu KR1-KR2).
- Odporność na zamrażanie/rozmarzanie z udziałem soli odładzającej kontrolujemy wg PKN-CEN/TS EN 12390-9. Z badania odporności na zamrażanie/rozmarzanie z udziałem soli odładzających zwolnione są betony, nie narażone na równoczesne oddziaływanie mrozu i chemicznych środków zimowego utrzymania dróg.



Fot. 2. Zagęszczanie próbki betonu za pomocą młota udarowego



Fot. 3. Badanie napowietrzenia betonu

4.4. Realizacja inwestycji

Wykonywanie nawierzchni z betonu wałowanego typowo obejmuje następujące procesy: przygotowanie podłoża i podbudowy, transport, układanie, zagęszczanie, pielęgnacja i wykonanie dylatacji.

4.4.1. Przygotowanie podłoża

Grunt oczyszczono z części organicznych. Podłożę pod nawierzchnię powinno mieć odpowiednie i równomierne parametry nośności. Ekonomiczną metodą doprowadzenia do nośności G1, jest zastosowanie wzmocnienia gruntowego poprzez wymieszanie gruntu rodzimego ze spoiwem hydraulicznym. Dla kategorii KR1 i KR2 można, zgodnie z [7] stosować jako podbudowę zasadniczą grunt stabilizowany spoiwem hydraulicznym $C_{3/4}$. Przed przystąpieniem do wykonywania nawierzchni z betonu wałowanego teren robót należy zniwelować i ukształtować zgodnie z dokumentacją projektową. Ze względu

na wrażliwość betonu wałowanego na nadmiar wilgoci w podsypce, przed ułożeniem nawierzchni miejsca wilgotne należy osuszyć i ponownie zagęścić lub wybrać grunt i zastąpić odpowiednim materiałem. Przeciwnie, jeśli podłoże jest przesuszone, należy je nawilżyć. Przed przystąpieniem do układania betonu wałowanego z powierzchni podłoża naturalnego, podsypki lub stabilizacji usunąć należy zanieczyszczenia, materiały obce, wodę stojącą. Nie wolno układać warstwy betonu wałowanego na zamrożonym podłożu.



Fot. 4. Przygotowane podłoże pod warstwę betonu wałowanego. Podbudowa pomocnicza – 10cm z grunto-cementu 2,5 MPa + 25 cm mieszanka 0/31,5 (Archiwum LafargeHolcim)

4.4.2. Transport mieszanki

Mieszankę betonu wałowanego transportuje się na miejsce budowy samochodami samowyladowczymi. Jest to newralgiczny etap procesu wbudowywania betonu. Niesłychanie istotne jest, aby proces ostatecznego wykańczania powierzchni zamknął się maksymalnie w 2 godzinach od zarobienia składników. Należy zabezpieczyć mieszankę przed nadmiernym wysychaniem podczas transportu poprzez stosowanie plandek. Należy zadbać o dostateczną ilość środków transportu, który powinien odbywać się w sposób płynny, tak aby układarka mogła pracować bez przestoju.

4.4.3. Układanie mieszanki

Dużą zaletą ekonomiczną jest możliwość stosowania standardowo używanych maszyn drogowych, czyli zwykłych rozścielaczy do mieszanek bitumicznych. Należy jednak zwrócić uwagę, że uzyskanie wysokiego stopnia zagęszczenia początkowego (bezpośrednio za stołem wibracyjnym, jeszcze przed zawałowaniem) ma decydujący wpływ na równość uzyskanej nawierzchni. Dlatego należy stosować rozścielacze z ciężkimi stołami wibracyjnymi. W opisywanym przypadku zastosowano ciężki rozścielacz firmy Bomag – BF 700. Zagęszczenie mieszanki po przejściu stołu wibracyjnego tego typu maszyny wynosi 94%. Mieszanka powinna posiadać wilgotność optymalną, pozwalającą na właściwe zagęszczenie, a jednocześnie umożliwiającą przeniesienie dynamicznych nacisków walca.

Dla betonu wałowanego, grubość warstwy nawierzchniowej betonu nie powinna być cieńsza niż 12 cm i nie grubsza niż 20 cm. Związane to jest z koniecznością optymalnego zagęszczenia mieszanki w całym przekroju nawierzchni, a które ma kapitalny wpływ na długowieczność konstrukcji.



Fot. 5. Wzorowo prowadzony proces wbudowywania mieszanki. Samochód ze skrzynią przykrytą plandeką, walec zagęszczający nawierzchnie zaraz po przejściu rozścielacza, kolejne ciężarówki już podjeżdżają pod rozkładarkę; praca maszyny płynna bez przestołów (Archiwum LafargeHolcim)

4.4.4. Zagęszczanie warstwy betonu.

Zagęszczanie nawierzchni wykonywane jest praktycznie zaraz po przejściu układarki. Jest to zabieg o kluczowym znaczeniu jeśli chodzi o estetykę powierzchni, ale także jeżeli chodzi o: gęstość, wytrzymałość, przepuszczalność oraz równość nawierzchni z betonu wałowanego. Wg [10] powinno się używać do tego celu walców o masie min. 8 ton. Walce stalowe powinny być wyposażone w wibratory, ale pierwsze dwa przejścia walca lepiej wykonać jako statyczne (przy wyłączonej wibracji). Następnie należy wykonać 3–4 przejścia z włączonymi wibratorami. Własna praktyka podpowiada, że najlepszy efekt można uzyskać przy wibrowaniu nawierzchni, ale tylko w tym samym kierunku. Przy włączonych wibratorach w obu kierunkach jazdy pojawiają się spękania poprzeczne. Dla grubych warstw betonu należy stosować wyższe amplitudy wibracji [13] (w zakresie od 1,5 do 2 mm) oraz niższe częstotliwości (od 25 do 30 Hz (1500-1800 obrotów/min) niż w przypadku asfaltu. Im cieńsza warstwa oraz krótszy czas rozplywu wg Ve-Be, tym amplituda drgań mniejsza i większa częstotliwość. Optymalna prędkość walca to ok. 3,2 km, (2 mile) na godzinę.[13]

Najodpowiedniejszy czas na wjechanie walcem na beton to ok. 10 min po przejściu rozścielacza. Warto w tym momencie dokonać wizualnego testu konsystencji. Po dwukrotnym statycznym przejściu walca w odległości ok. 30 cm od krawędzi obserwujemy ewentualne przemieszczenia ułożonej masy. Jeśli wizualnie są one wyraźnie zauważalne

powinniśmy dokonać ujemnej korekty ilości wody. Korekta nie powinna jednak przekraczać 3–4 litrów/m³. W przeciwnym razie konieczna jest korekta recepty [11].

W trakcie zagęszczania wibracyjnego, walec nie powinien zatrzymywać się na betonie z włączonymi wibratorami. Powinny one zostać włączone kiedy walec jest już w ruchu, a wyłączone na co najmniej metr przed zatrzymaniem. Zapobiegnie to zbijaniu ziaren oraz powstawaniu zagłębień, które mogłyby powstać w przypadku włączenia wibracji, gdy walec stoi w miejscu [12].



Fot. 6. (z lewej): Zagęszczanie. Widoczny na pierwszym planie walec stalowy oraz wykańczający nawierzchnię walec ogumiony. W oddaleniu powierzchnia betonu pokryta już preparatem powłokotwórczym. Fot. 7. (z prawej): Dogęszczanie krawędzi za pomocą ręcznej zagęszczarki. (Archiwum LafargeHolcim)

W celu zamknięcia powierzchni (zmniejszenie ubytków, usunięcie pęknięć) i osiągnięcia lepszej jakości nawierzchni zaleca się stosować kilka przejść walca ogumionego (minimalne zalecane [11] ciśnienie w oponach-90 psi / 6,1 atm.). Trasy przejść powinny nachodzić na siebie na przynajmniej 30 cm. W ostatnim kroku wykonać można przejście walcem statycznym w celu usunięcia ewentualnych śladów pozostawionych na powierzchni przez walec ogumiony. W celu precyzyjnego wykonania krawędzi można po przejściu statycznym walca stalowego zastosować ręczną zagęszczarkę. Zabezpiecza to przed ewentualnymi bocznymi rozwarstwieniami, które mogą się pojawić podczas silnych wibracji walca.

4.4.5. Pielęgnacja powierzchni

Ze względu na małą zawartość wody w mieszance, należy bezwzględnie zabezpieczyć powierzchnię przed utratą wilgoci. Zaniedbanie tego zabiegu (szczególnie przy wysokich temperaturach otoczenia) spowoduje odparowanie wody z powierzchniowej warstwy betonu, co doprowadzi do wykruszania ziaren kruszywa i w konsekwencji do zniszczenia nawierzchni.

Powierzchnia betonu powinna być natychmiast po końcowym wałowaniu pokryta preparatem powłokotwórczym, tworzącym na powierzchni betonu membranę, zapobiegającą odparowaniu wody.

W celu zapobieżenia niekontrolowanemu spękaniu nawierzchnia została nacięta poprzecznie w rozstawie nacięć, co 5 m na głębokość 6 cm. Szerokość pierwszego nacięcia – 3 mm. Czas nacięcia wstępnego ok. 12 godzin po zakończeniu prac. Następnie nacięcia zostały poszerzone do 8 mm na głębokość 30 mm i wypełnione kordem i masą elastyczną na zimno.

5. Beton wałowany w Polsce. Droga DW 272: Piła – Młyn (2015)

Remont drogi wojewódzkiej nr 272 na odcinku od granicy nawierzchni utwardzonej w okolicy wiaduktu nad autostradą A1 w gminie Łyniec do końca odcinka gruntowego w okolicach wsi Piła-Młyn

5.1. Parametry główne:

- Długość – 930 m. Szerokość: 5–6 m. Powierzchnia betonowej nawierzchni: 5620 m²
- Nawierzchnia: warstwa ścieralna z betonu wałowanego C30/37 gr. 17 cm.
- Beton – LafargeHolcim wytwórnia Bydgoszcz
- Koszt całkowity: 542097 Pln. (96,5 Pln / m²)
- Wykonawca wyłoniony w trybie postępowania przetargowego
- Okres gwarancji: 60 miesięcy
- Realizacja: październik/listopad 2015

5.2. Opis założeń przedsięwzięcia

Odcinek drogi wojewódzkiej DW 272 przeznaczony do rekonstrukcji, stanowiła droga o nawierzchni gruntowej, którą tworzył nawieziony materiał różnego typu: gruz, żużel, mieszanki kruszywowe itp. Podczas wieloletniego użytkowania, istniejąca droga była w przeszłości wielokrotnie regulowana i naprawiana przy pomocy równiarki oraz materiału nasypowego do uzupełnień ubytków. Powstała solidna podstawa gruntowa, charakteryzująca się dobrymi parametrami nośności, jednakowymi na całej powierzchni. Dlatego po badaniach geotechnicznych oraz analizie warunków wodno-gruntowych, zdecydowano się wykorzystać istniejącą nawierzchnię jako podbudowę zasadniczą pod warstwę z betonu wałowanego.



Fot 8. Stan DW 272 przed przebudową (Archiwum LafargeHolcim)

Projekt określał przebudowę drogi jako utwardzenie drogi gruntowej poprzez ułożenie konstrukcji nawierzchni z betonu cementowego 17 cm. Projektowaną geometrię drogi określono jako spójną ze stanem istniejącym, a niweletę projektowanej drogi po-

prowadzono maksymalnie wykorzystując istniejącą rzeźbę terenu w celu minimalizacji robót ziemnych. Projekt przewidywał: uzupełnienie ubytków, wyrównanie i dogęszczenie istniejącej nawierzchni, położenie warstwy ścieralnej z betonu wałowanego C30/37 oraz wykonanie rowów odwadniających.

5.3. Realizacja

Największym wyzwaniem, stojącym przed dostawcą betonu, była odległość od węzła betoniarskiego LafargeHolcim w Bydgoszczy, wynosząca ok 75 km. Aby zapobiec nadmiernej wysychaniu mieszanki zaprojektowano ją z domieszkami opóźniającymi wiązanie. Dodatkowo zastosowano niewielką nadmiarową korektę wody, która uzupełniała straty parowania podczas transportu. Termin wykonania inwestycji przesunięto na listopad aby wykorzystać naturalne warunki pogodowe (niska, ale dodatnia temperatura, słabo operujące słońce, zamglenia i stosunkowo duża wilgotność powietrza). Takie warunki w naturalny sposób przedłużają okres wiązania cementu, co pozwala zyskać nieco czasu na wbudowanie mieszanki betonowej. Zadbano również o wystarczającą ilość środków transportowych. Aby zapewnić ciągłość dostaw, a tym samym nieprzerwaną pracę rozścielacza, musiało być zaangażowanych czternaście samochodów.



Fot 9. DW 272 – wałowanie wbudowanej już mieszanki betonowej (Archiwum LafargeHolcim)

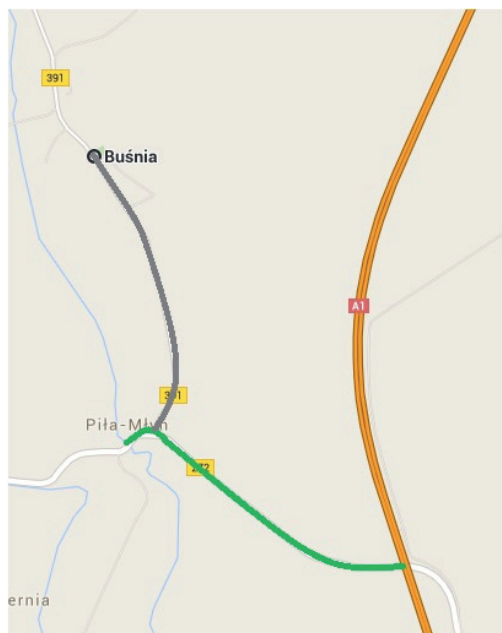
Prace prowadzono przez dwa i zakończyły się one pełnym sukcesem. Społeczność lokalna zyskała nową drogę z wieloletnią perspektywą użytkowania. Opinie użytkowników na temat nowej nawierzchni są bardzo pozytywne. Zarząd Dróg Wojewódzkich policzył koszty, które na etapie wykonania były o ok. 20% niższe od alternatywnych rozwiązań bitumicznych. A uwzględniając koszty 30-letniego okresu eksploatacji mogą być nawet kilkakrotnie niższe. W efekcie ZDW Bydgoszcz zdecydował się rozpisac kolejny przetarg na wykonanie odcinka drogi w technologii betonu wałowanego. Poniżej dane, dotyczące rozstrzygniętego w maju 2016 r. przetargu, na wykonanie odcinka w technologii betonu wałowanego:

Przedmiot zamówienia: Wykonanie odnowy drogi wojewódzkiej DW 391 Warlubie – DW 272 Odcinek: Buśnia – Piła – Młyn w km 8+190÷9+041 o długości 0,851 km.

Parametry główne:

- Długość – 851 m. Szerokość: 5–6 m.
- Powierzchnia betonowej nawierzchni: 5274 m²
- Nawierzchnia: warstwa ścieralna z betonu wałowanego c30/37 gr. 17 cm.
- Stabilizacja grunto-cementowa 18 cm, Rm 2,5 MPa
- Koszt całkowity: 478 357 Pln. (90,7 PLn /m²)
- Wykonawca wyłoniony w trybie postępowania przetargowego.
- Okres gwarancji: 60 miesięcy.
- Realizacja: październik 2016.

Kolor zielony to odcinek wykonany w 2015 roku. **Kolor szary** to inwestycja planowana w 2016



Rys. 1. Odcinki dróg DW 272 i DW 391

6. Nawierzchnie z betonu wałowanego długowiecznym rozwiązaniem problemów zarządców dróg lokalnych

Drogi betonowe są produktem długowiecznym, którego okres użytkowania (bez generalnej rekonstrukcji nawierzchni) przekracza niekiedy 50 lat. Ale już w USA wdrażana jest nowa technologia, nazwana „Next Generation Concrete Surface” (NGCS) polegająca na podwójnym nacięciu diamentową głowicą szlifująco-tnącą powierzchni betonowej [2].



Fot 10. Wrzesień 2010 – pierwsza realizacja RCC, autostrada 78 w Aiken (Karolina pld.); usunięto asfalt i położono 254 mm RCC; długość 1,6km, cztery pasy ruchu, zagęszczenie – walec 12t + walec ogumiony; nawierzchnia wykończona metodą NGCS



Fot 11. Nawierzchnia betonowa ulepszona metoda NGCS

Metoda ta pozwala na rewitalizację nawierzchni starych nawierzchni betonowych, co może przedłużyć użytkowanie dróg o kolejne lata. Na razie trwają testy, ale pomysłodawcy mają nadzieję, że metoda HGCS przedłuży „życie” dróg betonowych o 20 lat. A to by oznaczało, że wiek dróg betonowych może osiągnąć nawet 70 lat i to w dobrej kondycji. Dodatkowo metoda nie jest bardzo droga. Koszt rewitalizacji 1m² nawierzchni to ok. 12\$, ale liczony dla stosunkowo krótkich odcinków, więc w większej skali może być taniej. Jednakże i tak stanowi to ułamek kosztów całkowitej rekonstrukcji nawierzchni. Metoda NGCS jest też świetnym sposobem na poprawę równości podłużnej nawierzchni

z betonu wałowanego. Dowodem na to jest fakt wykonania w USA pierwszych odcinków autostrad z betonu wałowanego, przy udziale technologii NGCS.

7. Podsumowanie

Technologia betonu wałowanego może stać się swego rodzaju panaceum na bolączki samorządów związanych z degradacją dróg lokalnych. Z jednej strony, budowa dróg betonowych nie musi kosztować więcej niż bitumicznych, z drugiej perspektywy oszczędności z tytułu wydłużenia nisko-kosztowego użytkowania są kolosalne. Brak remontów to brak sumujących się w czasie do olbrzymich kosztów utrzymania dróg bitumicznych, a to z kolei oznacza więcej pieniędzy na budowę nowych odcinków. Sumujące się oszczędności będą też w kolejnych latach coraz większe. Im szybciej zarządcy dróg samorządowych rozpoczną realizację dróg w technologii betonowej, tym szybciej będą mogli w perspektywie czasu rozwiązać problemy swoich społeczności w zakresie komunikacji lokalnej.

Literatura

- [1] Program Budowy Dróg Krajowych na lata 2014-2023 (z perspektywą do 2025 r.). Program zatwierdzony 8 września 2015 r. uchwałą Rady Ministrów
- [2] Keith W. Anderson, Jeff S. Uhlmeier, Evaluation of Long-Term Pavement Performance and Noise Characteristics of the Next Generation Concrete Surface, April 2011
- [3] GUS Bank Danych Lokalnych <https://bdl.stat.gov.pl/BDL>
- [4] Informacja o wynikach kontroli NIK: Organizacja sieci dróg powiatowych i gminnych z uwzględnieniem realizacji „Narodowego Programu Przebudowy Dróg Lokalnych” Warszawa dnia 07.03.2014
- [5] GUS „Transport drogowy w Polsce w latach 2012 i 2013” 18.05.2015
- [6] <http://www.gddkia.gov.pl/>
- [7] Katalog Typowych Konstrukcji Nawierzchni Sztucznych, załącznik nr 30 do Zarządzenia Dyrektora GDDKiA z dn. 16.06.2014
- [8] Katalog Typowych Konstrukcji Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych, załącznik nr 31 do Zarządzenia Dyrektora GDDKiA z dn. 16.06.2014
- [9] Program rozwoju gminnej i powiatowej infrastruktury drogowej na lata 2016-2019, z dnia 08.09.2015
- [10] <http://www.gddkia.gov.pl> OST, Nawierzchnia z betonu wałowanego, 2014
- [11] Introduction to Roller-Compacted Concrete Pavements, J. Paul Guyer, P.E., R.A., Fellow ASCE, Fellow AEI Canada 2013
- [12] Guide for Roller-Compacted Concrete Pavements, the National Concrete Pavement Technology Center at Iowa State University's Institute for Transportation, funding from Portland Cement Association, August 2010
- [13] Richard E. Miller, Jr., Compaction of Roller-Compacted Concrete (Reported by ACI Committee 309)
- [14] American Concrete Pavement Association <http://www.acpa.com>