

Wojciech Radwański, Tomasz Pytlowany*

NAWIERZCHNIA Z BETONU WAŁOWANEGO JAKO ALTERNATYWA DLA DRÓG LOKALNYCH

Streszczenie

W pracy przedstawiono podstawowe zasady projektowania składu mieszanki betonowej i omówiono technologię wykonywania nawierzchni z betonu wałowanego.

Przedstawiono z sukcesem zrealizowany odcinek lokalnej drogi w technologii betonu wałowanego na ulicy Wisze w Krośnie.

Wykonano analizę niezawodnościową dla nawierzchni betonowej oraz asfaltowej w odniesieniu do projektowanego okresu eksploatacji. Do analiz porównawczych przyjęto system szeregowy oraz równoległy warstw nawierzchni.

Słowa kluczowe: beton wałowany, drogi lokalne, niezawodność

WSTĘP

Technologia betonu wałowanego (RCC – Roller Compacted Concrete) jest szeroko stosowana w wykonawstwie inżynierijno-drogowym zarówno w Stanach Zjednoczonych jak i Kanadzie, ale także w krajach Europy Zachodniej. Nawierzchnie betonowe są stosowane głównie do budowy dróg lokalnych, placów postojowych i manewrowych, nabrzeży portowych, lotnisk. W Polsce, beton wałowany jest coraz częściej stosowany w praktyce, nie tylko przy wykonywaniu podbudów drogowych, ale również warstw ścieralnych. Obecnie, coraz powszechniej mówi się o nawierzchni betonowej jako alternatywie do nawierzchni asfaltowej, wskazując na jej trwałość, niskie koszty eksploatacji czy odporność na koleinowanie [1-13].

* Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Krośnie, Zakład Budownictwa

Przykładów realizacji nawierzchni betonowych w Polsce jest coraz więcej i dotyczą zarówno dróg wykonywanych w technologii betonu „łanego”, układanego w deskowaniach i zagęszczanego wibracyjnie, jak i betonu wałowanego [2,3,4,5,7].

BETON WAŁOWANY

Beton wałowany charakteryzuje się małą zawartością wody zarobowej. Świeża mieszanka betonowa bardziej przypomina swoją konsystencją wilgotny grunt niż konwencjonalny beton. Beton wałowany ma wyższy punkt piaskowy, wyższą zawartość w kruszywie frakcji pylastych ($<0,075$ mm) w granicach od 2-8%, nieco mniejszą zawartością cementu przy porównywalnych klasach wytrzymałości. Wbudowywanie betonu wałowanego odbywa się za pomocą tradycyjnego sprzętu do wykonywania nawierzchni asfaltowych. Rozkłada się go za pomocą rozkładarek do asfaltu, a zagęszcza walcami stalowymi oraz gumowymi o masie powyżej 6-8 t. Beton wałowany charakteryzuje się optymalną wilgotnością mieszanki przy rozkładaniu. W przypadku zbyt suchej mieszanki nie uzyskano właściwego wskaźnika zagęszczenia, a w przypadku zbyt plastycznej mieszanki nie wytrzyma nacisku walców przy zagęszczaniu.

Główne zalecenia do projektowania betonu wałowanego to: ilość cementu powinna wynosić od 12% do 7% suchej masy kruszywa, maksymalny wymiar ziaren kruszywa nie powinien przekraczać 25 mm, ilość ziaren kruszywa mniejszych od 0,075 mm powinna wynosić od 2% do 8%, ilość wody i stosunek w/c powinien być tak dobrany, aby mieszanka betonu wałowanego była urabialna i podatna na zagęszczanie przez wałowanie (próba według zmodyfikowanej metody Proctora) [1-13].

Przykładem z sukcesem zrealizowanego odcinka drogi lokalnej w technologii betonu wałowanego jest ulica Wisze w Krośnie. Wykonawcą była firma drogowa RBDiM w Krośnie.

Metryka projektu: klasa drogi (ulicy) L, prędkość projektowa drogi $V_p=30$ km/h, długość 1700 m, szerokość 5 m, warstwa ścieralna beton wałowany C30/37 gr. 19cm.

Recepta mieszanki betonu wałowanego została sporządzona przez Laboratorium Drogowe firmy RBDiM w Krośnie wg recepty nr: 22/37/W dla klasy betonu C30/37. Do produkcji tej mieszanki użyto kruszywo o maksymalnym wymiarze ziaren 8mm, wartość współczynnika w/c 0,39, a stopień mrozoodporności F150.

Skład 1m^3 mieszanki betonowej:

- Cement: CEM I 42,5 R, Chełm, 320 kg
- Kruszywa: Piasek 0/2, Gniewczyzna, 5 kg
Andezyt 2/4, Maglovec, 493 kg
Dolomit 4/8, Sedlice Eurovia, 740 kg

- Woda: 125 kg
- Domieszki: Opóźniacz Isola VZ 520, 0,96 kg
Napowietrzacz Isosphere 62, 3,20 kg
- Dodatki: Brak.



*Fot. 1. Nawierzchnia z betonu wałowanego – Wisze Krosno [fot. własna]
Phot. 1. Paving with roller compacted concrete - Wisze Krosno [owner fotos]*

Beton wałowany – wg OST GDDKiA

Wymagania materiałowe i technologiczne dla mieszanek RCC zostały sprecyzowane w Ogólnych Specyfikacjach Technicznych (OST) wydanych przez Generalną Dyрекcję Dróg Krajowych i Autostrad (GDDKiA) [14] i dotyczą:

- **mieszania składników:**
 - mieszanka betonowa przeznaczona do wykonania nawierzchni w technologii BW powinna być wytwarzana w wytwórni mieszanek betonowych,
 - dozowanie składników musi być na tyle wydajne, by zapewnić odpowiednią ich ilość w zarobie, zgodnie z przedstawioną recepturą składu mieszanki betonowej, dopuszczalne odchyłki wg normy PN-EN 206,
 - czas mieszania składników musi być wystarczająco długi, aby zapewnić jednorodną mieszankę – min 60s.
- **transportu mieszanki:**
 - podczas transportu, aż do momentu wbudowania - mieszanka betonowa musi być chroniona przed szkodliwym wysychaniem lub wchłanianiem wody opadowej,
 - operacje: transportu, wbudowania i zagęszczenia należy tak zsynchronizować, by beton wałowany najpóźniej w ciągu 90 minut od zmieszania składników został ułożony i zagęszczony, chyba, że podjęto odpowiednie działania technologiczne, opóźniające proces wiązania cementu w mieszance betonowej
- **układania mieszanki:**
 - urządzenia do podawania, wbudowywania i zagęszczania betonu wałowanego należy dobrać tak, by beton wałowany nie uległ segregacji oraz by całkowicie zakończyć jego wbudowywanie i zagęszczanie, zanim zacznie się proces wiązania i twardnienia.
- **zagęszczania mieszanki:**
 - beton wałowany zaleca się zagęszczać walcami o masie 8 t lub większej. Planując czynność zagęszczania należy brać pod uwagę wyniki doświadczeń z odcinka próbnego.
 - dla uzyskania szczelności i równości powierzchni celowe może okazać się użycie walca o gumowych kołach,
 - po ułożeniu warstwy rozściełaczem – zagęszcza się ją poprzez 2 statyczne przejazdy walca, a następnie – kontynuuje z włączonym wibratorem wału,
 - dla określenia wymaganej ilości przejść walca należy regularnie kontrolować stopień zagęszczenia.
- **nacięcia i szczeliny**
 - podbudowy z betonu świeżo zawałowanego należy podzielić nacięciami karbowymi na płyty, zaś w warstwach ścieralnych ponacinać szczeliny, dzięki czemu uniknie się "dzikich" pęknięć.
 - odstęp pomiędzy szczelinami nie powinien przekraczać 3 m. W uzasadnionych przypadkach odstęp można zwiększyć. Warstwy ścieralne z betonu wałowanego wbudowywane na szerokościach powyżej 5 m należy podzielić w kierunku podłużnym, co najmniej jedną szczeliną. Szczeliny winny być wycięte i zalane (fot. 2).



Fot. 2. Nawierzchnia z RCC – nacięcia i szczeliny [fot. własna]
 Phot. 2. Paving with RCC - cuts and crevices [owner photos]

Beton wałowany dla dróg lokalnych – wg OST GDDKiA

W OST GDDKiA [14] zdefiniowano również wymagania dotyczące RCC dróg lokalnych, które zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Wymagania dotyczące RCC dla dróg lokalnych wg [14]

Table 1. Requirements of RCC for local roads according to [14]

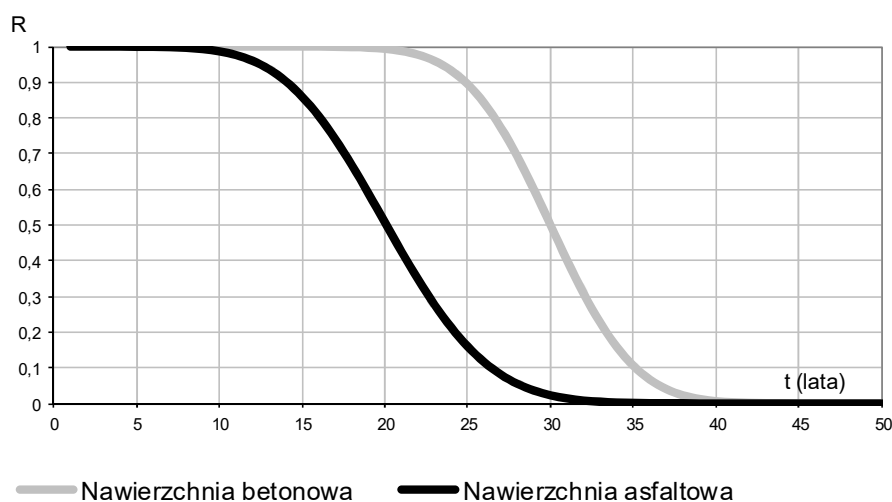
Właściwość	Wymaganie
Klasa wytrzymałości betonu	min. C25/30
Wytrzymałość betonu na rozciąganie przy rozłupywaniu	min. 2,5 MPa
Kategoria odporność na powierzchniowe złuszczenie przy działaniu soli odładzających	FT1
Minimalny wskaźnik zagęszczenia mieszanki wg zmodyfikowanej metody Proctora	96%
Minimalna zawartość cementu	270 kg/m ³
Odchylenia grubości układanej warstwy względem projektu	-1cm/+3cm

Trwałość i niezawodność nawierzchni betonowych

Projektowana trwałość eksploatacyjna nawierzchni betonowych to 30 lat przy zerowych praktycznie kosztach utrzymania. Dla tego okresu użytkowania przewidywane koszty utrzymania dla nawierzchni betonowych obejmują koszt wymiany dylatacji oraz wymianę ok. 15% powierzchni warstwy betonowej. Trwałość nawierzchni z RCC jest zapewniona przede wszystkim poprzez właściwą technikę zagęszczania oraz poprzez zadeklarowaną wartość wskaźnika w/c poniżej 0,4 oraz stopnia napowietrzenia poniżej 1,5% dla mieszanki betonowej. Natomiast projektowany okres użytkowania dla dróg asfaltowych to 25 lat. W tym

okresie należy uwzględnić 3-krotnie, a więc średnio, co 9 lat koszt wymiany warstwy ścieralnej. Intensywność uszkodzeń dla nawierzchni podatnych rośnie wraz z czasem, zwłaszcza dla długiego czasu eksploatacji.

Analiza niezawodności strukturalnej systemu technicznego, jakim są nawierzchnie drogowe, a zwłaszcza wyznaczenie niezawodności w czasie, wymaga znajomości funkcji gęstości lub dystrybuant (zawodności) elementów wchodzących w skład struktury.

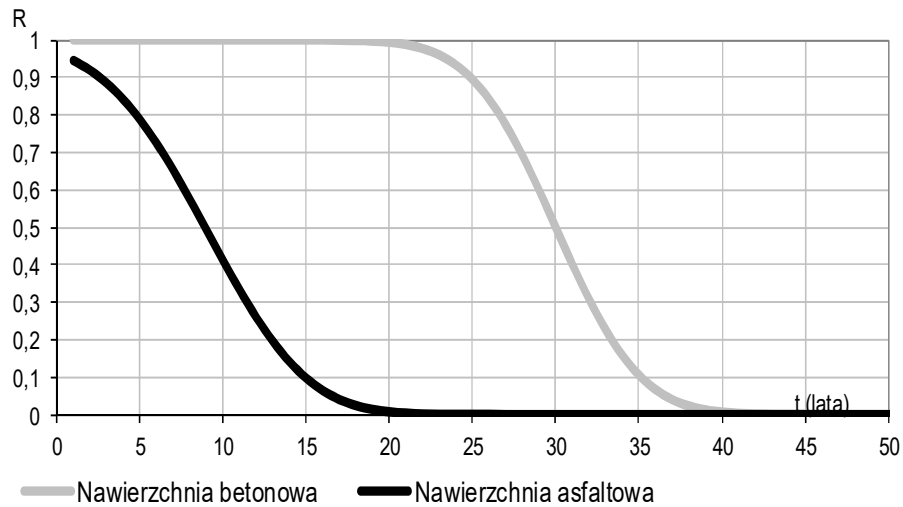


— Nawierzchnia betonowa — Nawierzchnia asfaltowa

Rys. 1. Zmiana niezawodności nawierzchni betonowej i asfaltowej -połączenie poszczególnych warstw konstrukcji nawierzchni w system szeregowy

Fig. 1. Change in reliability of concrete paving and asphalt paving - connecting individual layers of pavement structure in serial system

Na podstawie danych dotyczących uszkodzeń poszczególnych warstw konstrukcji nawierzchni drogowych wyznaczono średni czas zdatnej pracy poszczególnych warstw konstrukcji nawierzchni oraz odchylenie standardowe dla tego okresu. Niezawodność konstrukcji dla nawierzchni sztywnej (betonowej) i podatnej (asfaltowej) zamodelowano zakładając normalny rozkład prawdopodobieństwa dla zdatnej pracy poszczególnych warstw konstrukcyjnych nawierzchni łącząc je w system równoległy oraz szeregowy zgodnie ze wzorami zalecanymi w [15]. Na podstawie przeprowadzonych analiz, można stwierdzić, że występuje znacząca różnica w ocenie niezawodności poszczególnych rodzajów konstrukcji nawierzchni w zależności od przyjętego systemu niezawodnościowego do obliczeń (rys. 1, 2). W przypadku systemu szeregowego o niezawodności decyduje najsłabszy element [15], co ma swoje odzwierciedlenie w uzyskanych wartościach trwałości nawierzchni podatnych, gdzie o trwałości decyduje najsłabszy element - bitumiczna warstwa ścieralna (rys. 2).



Rys. 2. Zmiana niezawodności nawierzchni betonowej i asfaltowej -połączenie poszczególnych warstw konstrukcji nawierzchni w system szeregowy
 Fig. 2. Change in reliability of concrete paving and asphalt paving - connecting of individual layers of pavement structure in parallel system

PODSUMOWANIE

Technologia betonu wałowanego dla nawierzchni dróg lokalnych może być pożądaną alternatywą dla nawierzchni asfaltowych. Rozwiązanie to w odniesieniu do wymagań stawianych nawierzchniom drogowym cechuje:

- duża odporność na wysokie i niskie temperatury,
- duża sztywność nawierzchni w czasie długotrwałego przeciążenia zwłaszcza w wysokich temperaturach,
- większa trwałość w projektowanym okresie użytkowania niż nawierzchni asfaltowych (rys. 1,2),
- niższe koszty utrzymania w porównaniu z nawierzchnia asfaltową,
- duża jasność nawierzchni – mniejsze koszty oświetlenia,
- możliwość ponownego użycia materiałów z wyburzenia nawierzchni betonowej,
- możliwość wykonania kompletnej nawierzchni w jednym przejściu rozkładarki,
- możliwość szybkich napraw,
- policzalna emisja CO₂,
- konstrukcja nawierzchni bez użycia ciepła.

Nawierzchnie z betonu wałowanego mogą spełnić wymagania zarówno ekonomiczne, trwałości, jak również zrównoważonego rozwoju czy środowiskowe stawiane inżynierskim obiektom liniowym.

LITERATURA

1. Techniczno-ekonomiczne aspekty budowy betonowych nawierzchni drogowych w Polsce; Polski drogi , Deja J., Przegląd Techniki Drogowej i Mostowej, 2003
2. Nawierzchnie drogowe z betonu cementowego –teoria, wymiarowanie, realizacja; Szydło A., Wyd. Polski Cement, 2004
3. Nawierzchnie betonowe na drogach gminnych. Szydło A., Mackiewicz, Wyd. Polski Cement, 2005
4. Nawierzchnie betonowe coraz bardziej popularne w Polsce, Deja J., Drogi: Lądowe, Powietrzne, Wodne, 2009
5. Drogi betonowe –doświadczenia z budowy i eksploatacji cz. II, Deja J, Kijowski P., <https://edroga.pl/drogi-i-mosty/drogi-betonowe-doswiadczenia-z-budowy-i-eksploatacji-cz-ii-22062301/all-pages>
6. Beton wałowany - szansą na tanie i trwałe drogi, Gruszczyński M., Przegląd Budowlany 1/2016
7. Nawierzchnia drogowa z betonu wałowanego, Woyciechowski P., Harat K., Budownictwo Technologia Architektura, 2012
8. Beton wałowany- idea i zastosowanie, Senderski M., Inżynier Budownictwa, 4/2015
9. Frost Durability of Roller Compacted Pavements, Canada, Portland Cement Association, 2004
10. Roller Compacted Concrete Pavements Design and Construction, US Army Corps of Engineers, Washington DC, 2000
11. Production of Roller Compacted Concrete, Portland Cement Association, 2008
12. Compaction of Roller-Compacted Concrete, Miller R., 2000
13. Guide Specification for Construction of Roller-Compacted Concrete Pavements, American Concrete Institute, Farmington Hills, 2004.
14. Ogólne Specyfikacje Techniczne, Nawierzchnia z betonu wałowanego, GDDKiA, Warszawa 2013
15. Niezawodność konstrukcji budowlanych, Woliński Sz., Wróbel K., OPRz, Rzeszów, 2001

ROLLER COMPACTED CONCRETE AS ALTERNATIVE FOR LOCAL ROADS

S u m m a r y

The work presents principles of designing the concrete mixture composition and discusses technology of making the roller compacted concrete pavement. It presents a section of local road successfully realized in technology of roller compacted concrete on Wisze Street in Krosno.

Reliability study for concrete and asphalt pavement has been performed in relation to the designed life. For comparative analyzes serial and parallel system of pavement layers was adopted.

Key words: roller compacted concrete (RCC), local road, reliability.