

Ocena przydatności betonu wałowanego do wykonywania nawierzchni dróg lokalnych



Rys. 1. Wykonywanie zapory wodnej w technologii betonu wałowanego [4]

Wstęp

Beton wałowany jest technologią, która swe początki miała przy budowach zapór wodnych, przede wszystkim w USA oraz Kanadzie. Przez lata doświadczeń ewoluowała i obecnie coraz częściej spotkać ją można w budownictwie drogowym.

Nawierzchnie z betonu wałowanego charakteryzują się przede wszystkim tym, że rozkładane są w bardzo podobny sposób co nawierzchnie bitumiczne: za pomocą walców drogowych oraz standardowych rozścielaczy asfaltowych. Mieszanka betonowa charakteryzuje się niewielką ilością wody zarobowej. Ze względu na niski stosunek w/c przypomina swoją konsystencją wilgotną ziemię, co skutkuje zerowym opadem stożka.

Według definicji zawartej w *Ogólnej Specyfikacji Technicznej*, beton wałowany – jest to beton powstały z mieszanki betonowej o optymalnej wilgotności (umożliwiającej uzyskanie maksymalnej gęstości objętościowej), wyznaczonej zmodyfikowaną metodą Proctora, układanej i zagęszczanej przy użyciu maszyn do robót ziemnych. [2]

Z uwagi na niski stosunek w/c, charakterystyczną cechą betonu wałowanego jest dużo szybszy od stan-

dardowego betonu drogowego przyrost wytrzymałości. Badania wskazują, że drogę w tej technologii można dopuścić do ruchu lokalnego już po 48 godzinach. Poza tym beton wałowany łączy w sobie zalety nawierzchni sztywnych, takie jak wysoka trwałość, odporność na koleinowanie czy niższe koszty eksploatacyjne z zaletami nawierzchni podatnych, takimi jak szybkość wbudowania i oddania do użytku oraz relatywnie prosty proces technologiczny.

Podstawowe założenia dla nawierzchni z betonu wałowanego

Jednym z najbardziej istotnych czynników zapewniających jakość nawierzchni jest uzyskanie oraz zachowanie stanu wilgotności optymalnej oraz odpowiednie zagęszczenie nawierzchni. Niestety, przy zbyt suchej mieszance nie uzyska się właściwego wskaźnika zagęszczenia, natomiast w przypadku zbyt mokrej mieszanki zagęszczana warstwa może nie wytrzymać nacisku walców i nawierzchnia może się rozsegregować. Uważa się za dobrą praktykę, jeżeli walec ma masę co najmniej 8 ton, a sam proces wałowania składa się z dwóch etapów: zagęszczania stalowym walcem wibracyjnym, a następnie walcem ogumionym, w celu odpowiedniego zamknięcia struktury powierzchni.

Beton wałowany powinien być układany w warstwie nie mniejszej niż 12 cm oraz nie większej niż 20 cm, z uwagi na prawidłowe zagęszczenie. W przypadku konieczności wykonania warstwy o większej grubości, konieczne jest udokumentowanie w zakresie uzyskania odpowiedniego zagęszczenia w obrębie spodu warstwy. [2]

Beton wałowany charakteryzowany jest poprzez następujące podstawowe parametry:

- niski stosunek w/c (około 0,3),
- zawartość frakcji pylistych na poziomie 2-8%,
- zmniejszona zawartość cementu w porównaniu do typowych mieszanek betonowych o większej ciekłości,
- zauważalna zależność trwałości nawierzchni od prawidłowego zagęszczenia oraz wilgotności optymalnej,

Rys. 2. Budowa nawierzchni z betonu wałowanego, ul. Makowska, Warszawa, czerwiec 2018 r. [1]



Rys. 3. Mieszanka betonu wałowanego przed zagęszczeniem [1]

- minimalne zagęszczenie 98%,
- możliwość wykonywania szczelin dylatacyjnych w większych odstępach niż standardowo jest to przyjęte.

W Polsce *Ogólna Specyfikacja Techniczna* dopuszcza technologię betonu wałowanego w następujących obszarach:

- nawierzchni dróg kategorii KR1-KR2 z betonu klasy minimum C25/30,
- nawierzchni dróg technologicznych (dojazdowych, serwisowych), dróg wewnętrznych, placów manewrowych itp. (o obciążeniu odpowiadającym kategoriom ruchu KR3-KR4 na drogach krajowych) – z betonu klasy minimum C30/37,
- podbudowy dróg kategorii KR1-KR7, zgodnie z wytycznymi WT5. [2]

Badania betonu wałowanego

Oficjalne dokumenty techniczne nie podają przepisu na prawidłowe wykonywanie próbek betonu wałowanego w laboratorium. Stanowi to dość duży problem, gdyż mocno utrudniona jest kontrola produkcji w trakcie wykonywania nawierzchni. To, co zazwyczaj można znaleźć w literaturze fachowej, polega bardziej na kompresji betonu niż na jego wałowaniu. Podaje to w wątpliwość możliwość prawidłowego zaklinowania się stosu okruszowego. W ramach przeprowadzonych badań postanowiłem oprzeć się na metodzie formowania próbek opisanej w *ASTM C1176-1992*. [3] Procedura polega na zagęszczaniu próbek na stole wibracyjnym pod obciążeniem w postaci stalowego krążka o masie 9,1 kg i średnicy 146 mm. Stół wibracyjny powinien charakteryzować się częstotliwością drgań wynoszącą 60 Hz.

Celem badań było określenie podstawowych właściwości betonu wałowanego. Przed przystąpieniem do wykonywania próbek przeliczono siłę nacisku walca na 1 cm² nawierzchni. W ramach badań wykonano ponad 60 próbek betonowych, na których przeprowadzono podstawowe badania:

- wytrzymałości na ściskanie (po 24 h, 48 h, 7 dniach oraz 28 dniach),
- wytrzymałości na rozciąganie przy rozłupywaniu,
- wytrzymałości na zginanie,
- odporności na zamrażanie/odmrażanie z udziałem soli odladzających.



Rys. 4. Próbkę z betonu wałowanego podczas dojrzewania [1]

Wyniki badań

Porównanie przyrostu wytrzymałości na ściskanie betonu wałowanego (BW) oraz standardowego betonu drogowego (BC).

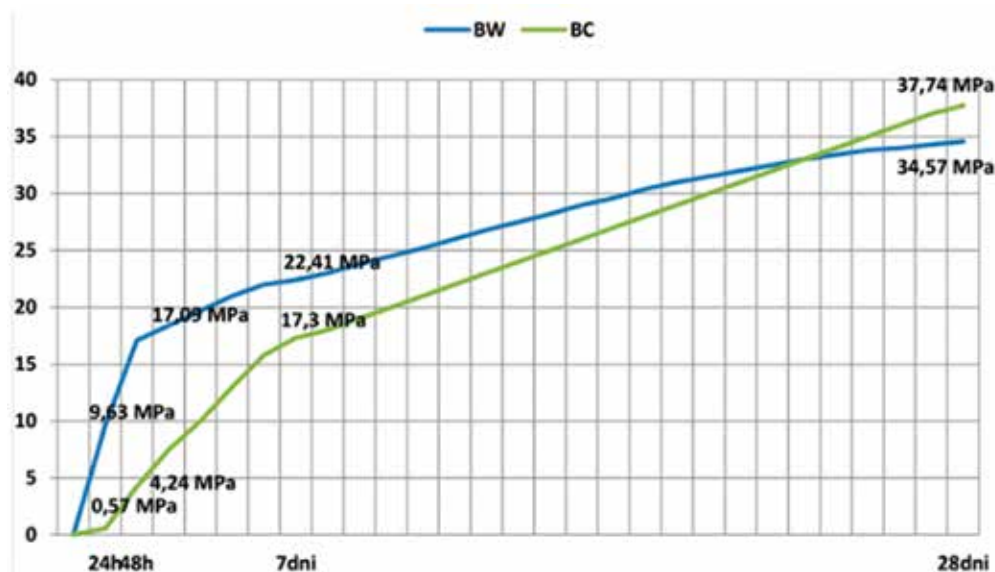
Jak wynika z wykresu (rys. 5) beton wałowany charakteryzuje się dużo szybszym przyrostem wytrzymałości w porównaniu do betonu standardowego. Badane próbki osiągnęły po 48 h aż 17,09 MPa wytrzymałości na ściskanie.

Porównanie wytrzymałości na rozciąganie przy rozłupywaniu.

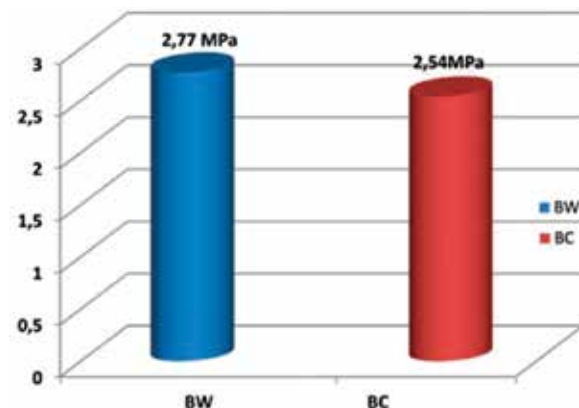
Wymaganie dotyczące parametru wytrzymałości betonu na rozciąganie przy rozłupywaniu wynosi minimum 2,5 MPa (dla KR1-KR2) oraz minimum 3,5 MPa (dla podbudowy KR3-KR7). Uzyskane wyniki badań pokazały, że analizowane próbki osiągnęły wymagane poziomy wytrzymałości.

Tabela 1. Skład mieszanki na 1 m³ betonu

Nazwa składnika	Masa [kg]
Piasek 0/2	920
Żwir 2/8	491
Żwir 8/16	634
Cement	270
Woda	95
Plastyfikator	1,06
RAZEM [kg]	2411,06



Rys. 5. Przyrost wytrzymałości na ściskanie w czasie dla betonu wałowanego (BW) oraz standardowego betonu drogowego (BC) [1]



Powyżej: rys. 6. Przebieg badania wytrzymałości na rozciąganie przy rozłupywaniu [1]

Z prawej: rys. 7. Porównanie wytrzymałości na rozciąganie przy rozłupywaniu dla betonu wałowanego (BW) oraz standardowego betonu drogowego (BC) [1]

Badanie mrozoodporności

Typowa zawartość cementu przy braku możliwości napowietrzenia mieszanki budzą obawy co do zapewnienia odpowiedniego poziomu mrozoodporności. Z drugiej strony sucha konsystencja i wysoki stopień zagęszczenia wpływają na zmianę struktury porów, co pozwala uzyskać dobre parametry mrozoodporności.

Plastry betonowe o grubości 5 cm wycięte z sześciennych próbek betonowych poddano 56 cyklom zamrażania/odmrażania. Powierzchnia badawcza była pokryta warstwą 3% roztworu NaCl. Uzyskane wyniki powierzchniowego złuszczenia potwierdziły, że beton wałowany charakteryzuje się dobrą mrozoodpornością, która była zbliżona do mrozoodporności kostki brukowej, a jej wartość jest znacznie niższa od wartości dopuszczalnej.

Wnioski

Przeprowadzone badania dają dużo optymizmu, jeżeli chodzi o wprowadzenie realnej alternatywy dla dróg asfaltowych na rynku lokalnym w Polsce.

Istotną barierą na pewno jest niezajomość tej technologii przez inwestorów samorządowych. Beton wałowany powinien być idealnym rozwiązaniem na drogach gminnych. Jednostki samorządowe mogłyby otrzymać trwałą nawierzchnię drogową za rozsądne pieniądze, która charakteryzuje się krótkim czasem realizacji, poprawą bezpieczeństwa ze względu na jasną barwę oraz brak występowania zjawiska koleinowania oraz niższym kosztem w pełnym cyklu życia drogi. Co więcej, sam przebieg prac wykonawczych nie jest dużo bardziej skomplikowany.

Patryk Przybylski

POLAQUA, Wojskowa Akademia Techniczna

Literatura

1. *Materiały własne*
2. GDDKiA, *Specyfikacja techniczna betonu wałowanego dla potrzeb budowy nawierzchni drogowej*, 2012
3. ASTM C1176-1992 *Standard Practice for Making Roller Compacted Concrete in Cylinder Molds Using a Vibrating Table*
4. [https://www.semanticscholar.org/paper/on-Roller-Compacted-Concrete-\(-RCC-\)-Dams-UPDATE-OF-QHW/26b5c9031367e73be448c881e6b9ef90d0057cd3/figure/0](https://www.semanticscholar.org/paper/on-Roller-Compacted-Concrete-(-RCC-)-Dams-UPDATE-OF-QHW/26b5c9031367e73be448c881e6b9ef90d0057cd3/figure/0)
5. Deja J., *Nawierzchnie betonowe – lata doświadczeń*, 2013
6. Woyciechowski P., Harat K., *Nawierzchnie dróg kategorii ruchu KR1-KR2 z betonu wibrowalowanego, Budownictwo i Inżynieria Środowiska*, 2011
7. Woyciechowski P., Harat K., *Nawierzchnia drogowa z betonu wałowanego, BTA - Czasopismo*, 2012
8. Wesołowski M., Poświata A., *Betonowe Nawierzchnie Lotniskowe, Seminarium: BETON – wiemy jak i dlaczego!*, 2013
9. Szydło A., Mackiewicz P., *Nawierzchnie betonowe dróg gminnych*, 2005

Rys. 8. Przygotowana próbka przed badaniem mrozoodporności [1]



Tabela 2. Wyniki badań powierzchniowego złuszczenia w czasie [6]

CZAS BADANIA	MASA ZŁUSZCZONEGO MATERIAŁU Z BADANEJ POWIERZCHNI PRÓBKI [kg/m ²]			
	Próbka nr 1	Próbka nr 2	Próbka nr 3	Próbka nr 4
Po 7±1 dniach	$S_n = \frac{1,17}{20800} \cdot 10^3 = 0,0056 \frac{kg}{m^2}$	$S_n = \frac{1,32}{20300} \cdot 10^3 = 0,0065 \frac{kg}{m^2}$	$S_n = \frac{1,37}{21000} \cdot 10^3 = 0,0065 \frac{kg}{m^2}$	$S_n = \frac{1,28}{20600} \cdot 10^3 = 0,0062 \frac{kg}{m^2}$
Po 14±1 dniach	$S_n = \frac{1,67}{20800} \cdot 10^3 = 0,0080 \frac{kg}{m^2}$	$S_n = \frac{1,48}{20300} \cdot 10^3 = 0,0073 \frac{kg}{m^2}$	$S_n = \frac{1,89}{21000} \cdot 10^3 = 0,0090 \frac{kg}{m^2}$	$S_n = \frac{1,53}{20600} \cdot 10^3 = 0,0074 \frac{kg}{m^2}$
Po 21±1 dniach	$S_n = \frac{1,89}{20800} \cdot 10^3 = 0,0091 \frac{kg}{m^2}$	$S_n = \frac{1,04}{20300} \cdot 10^3 = 0,0051 \frac{kg}{m^2}$	$S_n = \frac{1,24}{21000} \cdot 10^3 = 0,0059 \frac{kg}{m^2}$	$S_n = \frac{1,15}{20600} \cdot 10^3 = 0,0056 \frac{kg}{m^2}$
Po 28±1 dniach	$S_n = \frac{1,66}{20800} \cdot 10^3 = 0,0080 \frac{kg}{m^2}$	$S_n = \frac{1,78}{20300} \cdot 10^3 = 0,0088 \frac{kg}{m^2}$	$S_n = \frac{1,83}{21000} \cdot 10^3 = 0,0087 \frac{kg}{m^2}$	$S_n = \frac{1,71}{20600} \cdot 10^3 = 0,0083 \frac{kg}{m^2}$
Po 56±1 dniach	$S_n = \frac{2,43}{20800} \cdot 10^3 = 0,0117 \frac{kg}{m^2}$	$S_n = \frac{2,21}{20300} \cdot 10^3 = 0,0109 \frac{kg}{m^2}$	$S_n = \frac{2,09}{21000} \cdot 10^3 = 0,0099 \frac{kg}{m^2}$	$S_n = \frac{2,30}{20600} \cdot 10^3 = 0,0112 \frac{kg}{m^2}$
SUMA	$0,0424 \frac{kg}{m^2}$	$0,0386 \frac{kg}{m^2}$	$0,0400 \frac{kg}{m^2}$	$0,0387 \frac{kg}{m^2}$
ŚREDNIA	$0,0399 \frac{kg}{m^2}$			