

Lokalne drogi betonowe – trwałość na lata na przykładzie budowy drogi w Ratyczowie w 2000 roku

Streszczenie

W artykule omówiono wyniki badań z realizacji lokalnej drogi w miejscowości Ratyczów oraz przedstawiono wnioski dotyczące funkcjonalności i trwałości zastosowanych rozwiązań po ponad 20 latach intensywnego użytkowania. Podczas inwestycji sprawdzono receptury na bazie różnych cementów, w tym także cementów o niższej zawartości klinkieru, a zatem i niższej emisyjności. Jak pokazały wyniki badań wykonywanych w trakcie realizacji osiągnięto wszystkie zakładane i projektowane właściwości betonu przeznaczonego do eksploatacji w tego typu elemencie. Swoistym certyfikatem użyteczności zastosowanych rozwiązań jest obecny stan drogi. Ocena wizualna i inwentaryzacja całości konstrukcji w ramach wykonanego przeglądu jednoznacznie wskazują, że wykorzystanie dobrze skomponowanego betonu jest gwarancją długowieczności. Oczywiście przy zachowaniu odpowiedniego reżimu technologicznego wykonania oraz odpowiednio wysokiego poziomu kontroli jakości.

Słowa kluczowe:

lokalne drogi betonowe, cement, mieszanka betonowa

Abstract

The article discusses the results of tests on the local road in Ratyczów and presents conclusions regarding the functionality and durability of the solutions applied after over 20 years of intensive use. During the investment, recipes based on various cements, including cements with a lower clinker content, and thus lower emissivity were checked. As shown by the results of tests carried out during, all the assumed and designed properties of concrete intended for use in this type of element have been achieved. The current condition of the road is a specific certificate of the usefulness of the solutions used. The visual assessment and inventory of the entire structure as part of the inspection carried out clearly indicate that the use of well-composed concrete is a guarantee of longevity. Of course, while maintaining the appropriate technological production regime and a sufficiently high level of quality control.

Keywords:

local concrete roads, cement, concrete mix

Wprowadzenie

Analizując historyczne już realizacje dróg lokalnych wykonanych w technologii betonu cementowego, można postawić tezę, że największym beneficjentem tego typu rozwiązań są społeczności lokalne. Trwałość, funkcjonalność, a także koszt konserwacji oraz utrzymania w długim okresie oceny stanowią doskonały przykład potwierdzający obecne obliczenia prowadzone dla nowych konstrukcji w aspekcie oceny LCC (Life Cycle Cost lub WLC (Whole-Life Cost) obejmującej koszty ponoszone w całym cyklu życia wraz z kosztami społecznymi i środowiskowymi. To także potwierdzenie, że dobrze wykonany beton jako materiał do budowy dróg jest materiałem przewidywalnym oraz, co doceniamy obecnie coraz częściej, materiałem ekologicznym. Spojrzenie na drogi betonowe wykonane na przełomie wieków XX i XXI to także spojrzenie na ówczesną technologię betonu i technologię wykonania. Świadomy wybór dostępnych surowców lokalnych, stosowanie cementów

o niższej zawartości klinkieru czy też wykorzystanie dostępnego parku maszynowego lokalnych firm budowlanych to obecnie kluczowe elementy procesu, do których na szczęście odwołujemy się w obecnych realizacjach. W takiej naturalnej ewolucji korzystamy z doświadczeń zdobytych wiele lat temu, a stan techniczny i jakość zrealizowanych odcinków dróg stanowi najlepszy dowód trwałości zastosowanych rozwiązań, zdecydowanie bardziej spektakularny niż badania i symulacje laboratoryjne.

Investor, wykonawca i parametry drogi

Inicjatorem i inwestorem budowy drogi był lokalny samorząd, Gmina Łaszczów w powiecie tomaszowskim, a jako wykonawcę wybrano Przedsiębiorstwo Budowy Dróg i Mostów Sp. z o.o. w Hrubieszowie. Wybór wykonawcy nie był przypadkowy. PRDM Sp. z o.o. jako Rejon Dróg Publicznych w Hrubieszowie na przełomie lat 90. był wykonawcą kilkudziesięciu kilometrów dróg w technologii betonowej na terenie powiatu hrubieszowskiego, zamojskiego i tomaszowskiego w ramach tzw. Programu zamojskiego. Wymiary wybudowanej drogi to 600 m x 3 m x 16 cm (długość, szerokość, grubość). Projekt zakładał, że nawierzchnia zostanie wykonana z betonu w klasie B30, stopniu mrozoodporności F150, nasiąkliwości poniżej 5% i wytrzymałości na zginanie przy zginaniu powyżej 3,5 MPa.

Wybór cementów

Realizacja budowy nawierzchni dróg z betonu cementowego do końca lat 90. odbywała się w oparciu o wymagania techniczne i technologiczne zawarte w:

- normie PN-S-96015 (PN-75/S-96015) *Drogi i lotniskowe nawierzchnie z betonu cementowego*
- normie BN-84/8933-14 *Konstrukcje jezdni z betonu cementowego dla dróg o ruchu lekkim*
- *Wstępnych wytycznych wykonania nawierzchni z betonu cementowego na drogach o natężeniu ruchu poniżej średniego* – IBDiM Warszawa 1987.

 Według tych dokumentów zalecane było stosowanie cementów portlandzkich czystoklinkierowych (CEM I) marki 35 lub 45 (obecnie 32,5 lub 42,5). Budowa drogi w Ratyczowie miała miejsce w przededniu wydania Katalogu Typowych Kon-

Tab. 1. Właściwości fizyczne i mechaniczne zastosowanych cementów

Cecha	Jedn.	Rodzaj cementu		
		CEM I 32,5 R	CEM II/B-S 32,5 R	CEM III/A 32,5 NA
Powierzchnia właściwa	cm ² /g	2770	3760	4260
Wodoodporność	%	26,0	29,0	29,8
Początek wiązania	min	210	160	170
Koniec wiązania		245	210	230
Wytrzymałość na ściskanie	po 2 dniach	19,0	20,0	-
	po 7 dniach	-	-	36,6
	po 28 dniach	47,0	49,8	51,6
Wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu	po 2 dniach	6,5	4,1	6,5
	po 7 dniach	7,1	8,7	8,7
	po 28 dniach	7,1	8,7	8,7
Skurcz	mm/m	0,42	0,28	0,22

Stara droga (podbudowa)



fot. Archiwum autorów

struktury Nawierzchni Sztywnych (2001 r.), który przewidywał możliwość stosowania również cementów CEM II i CEM III klasy 32,5 pod warunkiem, że kategoria ruchu drogi nie przekracza KR3. Droga w Ratyczowie kryterium to spełniała i dlatego też przy realizacji jej budowy postanowiono sprawdzić i porównać przydatność, poza cementem portlandzkim CEM I 32,5 R, również cementu portlandzkiego żuźlowego CEM II/B-S 32,5 R oraz hutniczego CEM III/A 32,5 NA (tab. 1).

Prace przygotowawcze i badania laboratoryjne

W laboratoriach Cementowni Rudniki i Zakładu Betonu IBDiM przeprowadzono badania materiałów, opracowano i sprawdzono składy mieszanek betonowych dla betonu napowietrzonego klasy B30 o stopniu mrozoodporności F150 w oparciu o trzy cementy; CEM I 32,5 R z Cementowni Chełm oraz CEM II/B-S 32,5 R i CEM III/A 32,5 NA z Cementowni Rudniki. Optymalny skład jednego metra sześciennego mieszanki betonowej został sprawdzony na bazie cementu CEM I 32,5 R i wytypowany do zastosowania przy wykonaniu nawierzchni betonowej, z tym że dla każdego z trzech zaplanowanych odcinków założono użycie innego cementu (tab. 2). Laboratoryjne wyniki badań mieszanki betonowej i betonu przedstawiają tablice 3 i 4.

Budowa drogi oraz badania mieszanki i betonu w trakcie realizacji

Podłożem do wykonania nawierzchni betonowej była stara, zniszczona podbudowa, którą po uprzednim wyrównaniu kruszywem zagęszczono (fot. 1). Przy układaniu nawierzchni zastosowano technologię deskowania stałego, które wykonano z ceownika 16 cm (fot. 2). Mieszankę betonową dowożono samochodami skrzyniowymi z węża odległego ok. 20 kilometrów od budowy. Nawierzchnię układano, wykorzystując typową układarkę do mas bitumicznych, fabrycznie wyposażoną w belkę zagęszczającą i wibrator. Dodatkowo zainstalowano dwa wibratory pogrążalne w celu zwiększenia energii zagęszczania. Do wyrównania i wygładzenia nawierzchni zastosowano listwy wibracyjne (fot. 3). Nawierzchnię teksturovano, nadając jej szorstkość przy użyciu szczotki z długim sztywnym włosiem, przesuwaną ją po świeżym betonie w kierunku prostopadłym do osi drogi. Właściwą pielęgnację świeżo ułożonego betonu zapewniono pokrywając go preparatem powłokotwórczym. W odpowiednim czasie po ułożeniu nawierzchni wycinano szczeliny skurczowe pozor-

Droga przygotowana do ułożenia nawierzchni



fot. Archiwum autorów

Składniki	Jedn.	Ilość w 1 m ³
Cement CEM I 32,5 R	kg	350
Piasek Radymno		758
Żwir 2/8 Ostrów Przemyski		236
Żwir 2/8 Ostrów Przemyski		416
Grys bazaltowy 16/22 Lubań		540
Woda	dm ³	128
Superplastyfikator	kg	3,15
Domieszka napowietrzająca		0,35
Wskaźnik w/c	-	0,36
Punkt piaskowy	%	39,0

Tab. 2. Skład laboratoryjny mieszanki betonowej

Cecha	Jedn.	Wynik badania
Konsystencja metodą opadu stożka	po 5 min	6,0
	po 30 min	3,5
Zawartość powietrza	%	5,7
Gęstość	kg/dm ³	2,39

Tab. 3. Właściwości mieszanki betonowej wykonanej w laboratorium

Tab. 4. Wyniki badań laboratoryjnych betonu

Cecha	Jedn.	Wynik badania	Wymagania
Wytrzymałość na ściskanie	po 7 dniach	34,2	B30
	po 28 dniach	47,3	
Wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu		5,2	> 3,5
Nasiąkliwość		4,7	< 5,0
Mrozoodporność po 150 cyklach	spadek wytr. ubytek masy	11,2	< 20,0
		0,20	< 5,0

Tab. 5. Właściwości mieszanki betonowej (wartości średnie)

Cecha	Jedn.	Wyniki badań		
		CEM I 32,5 R	CEM II/B-S 32,5 R	CEM III/A 32,5 NA
Konsystencja metodą opadu stożka	na wężle na budowie	3,0	5,3	5,0
		1,0	2,0	2,0
Zawartość powietrza	%	3,5	3,3	3,5

Tab. 6. Właściwości wbudowanego betonu

Cecha	Jedn.	Wyniki badań		
		CEM I 32,5 R	CEM II/B-S 32,5 R	CEM III/A 32,5 NA
Wytrzymałość na ściskanie	po 7 dniach	49,7	44,6	39,0
	po 28 dniach	60,1	58,1	53,3
	po 90 dniach	64,5	69,1	62,0
Wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu	po 7 dniach	4,9	4,8	4,2
	po 28 dniach	5,4	5,4	4,8
	po 90 dniach	5,9	5,6	5,4
Nasiąkliwość	po 28 dniach	4,5	4,5	4,4
	po 90 dniach	4,4	4,1	4,2
Mrozoodporność po 150 cyklach	spadek wytr. ubytek masy	16,5	4,5	1,3
		0,2	0,1	0,1

Tab. 7. Właściwości wbudowanego betonu

Cecha	Jedn.	Wyniki badań		
		CEM I 32,5 R	CEM II/B-S 32,5 R	CEM III/A 32,5 NA
Wytrzymałość na ściskanie	po 28 dniach	64,5	62,7	56,5
	po 90 dniach	-	67,2	62,9
Nasiąkliwość	po 28 dniach	5,1	4,8	5,4
	po 90 dniach	4,8	4,5	5,0
Gęstość	kg/m ³	2,42	2,40	2,42
Grubość nawierzchni	mm	120-158	110-144	110-152



foto: Archiwum autorów

Wykonana nawierzchnia z betonu cementowego

ne o szerokości 5 mm na głębokość 1/3 grubości nawierzchni oraz w odstępach co 100 m szczeliny rozszerzenia o szerokości 2 cm przez całą grubość nawierzchni. Po wykonaniu szczeliny zostały wypełnione masą bitumiczną.

Podczas układania nawierzchni z poszczególnych odcinków z zastosowaniem różnych cementów, pobierano próbki do badań konsystencji i zawartości powietrza mieszanki betonowej oraz wytrzymałości na ściskanie, rozciąganie przy zginaniu, nasiąkliwości i mrozoodporności betonu. Wyniki tych badań przedstawiają tablice 5 i 6.

Badania betonu w nawierzchni

Po zakończeniu budowy z odcinków, w których zastosowano różny cement, pobrano z nawierzchni próbki betonowe o średnicy 95 mm i wysokości równej grubości nawierzchni.

Próbki sprawdzono pod względem wysokości, oznaczając w ten sposób rzeczywistą grubość wykonanej nawierzchni, a następnie po odpowiednim przygotowaniu poddano je badaniom gęstości oraz wytrzymałości na ściskanie i nasiąkliwości w terminach po 28 i 90 dniach. Uzyskane wyniki przedstawia tablica 7.

Podsumowanie

1. Właściwości świeżej mieszanki betonowej z użyciem trzech rodzajów cementów CEM I 32,5 R, CEM II/B-S 32,5 R i CEM II/A 32,5 NA, w zakresie konsystencji i zawartości powietrza, określone na węzle i na budowie, były porównywalne.
2. Wszystkie trzy betony już po 7 dniach uzyskały wymaganą końcową klasę wytrzymałości na ściskanie.
3. Dla każdego z trzech betonów uzyskano porównywalną i jednocześnie wyższą od wymaganej wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu.

4. Wszystkie betony uzyskały nasiąkliwość poniżej wymaganej, tj. 5%.

5. Każdy beton przeszedł pozytywnie badanie mrozoodporności F150.

6. Pozytywne wyniki wytrzymałości i nasiąkliwości betonów zostały potwierdzone w badaniach na wykonanych odwiertach z wykonanej nawierzchni.

Wyniki badań mieszanki betonowej i betonu w trakcie budowy oraz obecna ocena stanu technicznego drogi po dwóch dekadach jej użytkowania (fot. 5-12) dowodzą, że w każdym przypadku uzyskano bardzo trwałe betony, co jest też potwierdzeniem przydatności wszystkich trzech cementów do wykonywania nawierzchni dróg lokalnych z betonu cementowego. Budowa drogi w Ratyczowie sprzed ponad 20 lat jest dowodem i wskazaniem dla inwestorów i wykonawców, że wybierając cementy z grupy CEM II lub CEM III w zastępstwie cementu CEM I do wykonania nawierzchni drogi z betonu cementowego, mają realny i rzeczywisty wpływ, mierzony konkretnymi wartościami w kilogramach a nawet tonach, na ograniczenie emisji dwutlenku węgla do atmosfery. Jak doskonale wiadomo, droga do neutralności klimatycznej będzie długa i trudna. Założona strategia zakłada, że do 2050 roku Wspólnota Europejska osiągnie zerowy poziom emisji gazów cieplarnianych. Realizacja tego planu wymaga rewolucyjnych procesów w transformacji w sektorze żywnościowym, energetycznym, transporcie, przemyśle czy budownictwie. W kontekście tego, ogromnym wyzwaniem dla krajowego przemysłu cementowego jest redukcja emisji dwutlenku węgla. Możliwości redukcji dwutlenku węgla przy produkcji cementu są ograniczone, albowiem 2/3 jego ilości to emisja procesowa, wynikająca z rozkładu podstawowego surowca węglanowego w produkcji klinkieru portlandzkiego jako głównego składnika cementu. W tej sytuacji dużego znaczenia nabiera możliwość redukcji emisji poprzez efektywną zamianę w stosowaniu cementów rodzaju CEM I ich odpowiednikami z rodzajów cementów CEM II i CEM III także w budowie trwałych lokalnych dróg betonowych, których będzie budowało się coraz więcej, jeżeli będą brane pod uwagę aspekty trwałościowe, środowiskowe i społeczne.

Andrzej Wójcik
Piotr Górak
CEMEX Polska

Rozwój i wdrażanie technologii materiałów budowlanych CEMEX jest częścią globalnego networku ds. badań i rozwoju, na czele z Centrum Badań CEMEX z Siedzibą w Szwajcarii. Prawa autorskie © 2022 / CEMEX Innovation Holding Ltd., Szwajcaria; Wszystkie prawa zastrzeżone.

Droga po dwóch dekadach użytkowania



foto: Piotr Piešťajski