

Zastosowanie betonu dekoracyjnego Artevia™ Decor na przykładzie rozbudowy stadionu im. Ernesta Pohla w Zabrzu

THE USE OF DECORATIVE CONCRETE ARTEVIA™ DECOR
AS AN EXAMPLE OF THE EXPANSION OF THE ERNEST POHL STADIUM
IN ZABRZE

Streszczenie

Betony architektoniczne coraz częściej z powodzeniem wykorzystywane są w realizacjach obiektów użyteczności publicznej. Zarówno do wykonania powierzchni pionowych takich jak ściany czy słupy, jak również powierzchni poziomych, które po ułożeniu mieszanki betonowej poddawane są specjalnym zabiegom technologicznym. Przykładem ostatniego jest zastosowanie betonu dekoracyjnego z eksponowanym kruszywem Artevia™ Decor podczas realizacji przedpola oraz ciągów komunikacyjnych stadionu im. Ernesta Pohla w Zabrzu o powierzchni wynoszącej około 25 000 m².

W referacie przedstawiony zostanie proces realizacji inwestycji. Od wykonania tzw. pól referencyjnych na miejscu budowy, które stanowią jasne określenie wizualnych wymagań zamawiającego dotyczących końcowej nawierzchni przez transport mieszanki, wbudowanie po końcowe czynności związane z impregnacją betonu. Omówione zostaną również wymagania materiałowe oraz problemy podczas realizacji związane ze specyfiką wspomnianej inwestycji.

Abstract

Architectural concrete are used successfully in the execution of public projects. Both the performance of vertical surfaces such as walls and columns as well as horizontal surfaces, which after laying the concrete are subjected to special treatment technology. An example of the last one is the use of decorative concrete with exposed aggregate Artevia™ Decor

during the implementation of the foreground and routes on the Ernest Pohl stadium in Zabrze in an area of approximately 25 000 m².

The paper will be presented to the investment process. Since the implementation of the reference fields on site, which are the clear definition of the visual requirements of the Employer for the final surface transport mix, incorporating the final steps for impregnation of concrete. We will discuss the material requirements and problems during implementation related to the specifics of that investment

1. Wstęp

Początki historii stadionu sięgają roku 1934, w którym to został oddany do użytku. W roku 2005 stadionowi nadano patronat na cześć legendarnego piłkarza. Od tamtej pory oficjalna nazwa obiektu brzmi Stadion im. Ernesta Pohla. [1]

Rozbudowę stadionu polegającą na wykonaniu nowych, zadaszonych trybun o łącznej pojemności ponad 31 000 miejsc rozpoczęto we wrześniu 2011 roku. W roku 2015 rozpoczęto prace nad budową przedpola wejściowego na trybuny.

Prace dotyczyły wykonania warstw izolacyjnych m.in. z zastosowaniem lekkiego betonu z granulatem styropianowym o gęstości 550–650 kg/m³ oraz właściwej betonowej nawierzchni z użyciem betonu dekoracyjnego z eksponowanym kruszywem.

Realizacja nawierzchni trwała od lipca do października czyli obejmowała okresy wysokich, jak i niskich temperatur, co wymagało od producenta mieszanki oraz wykonawcy ciągłego korygowania recept oraz dostosowania technologii do aktualnych warunków atmosferycznych. Łącznie dla potrzeb kontraktu wbudowano ponad 3000 m³ betonu dekoracyjnego.



Fot. 1. Wizualizacja stadionu

2. Wymagania Specyfikacji Technicznej

2.1. Wymagania materiałowe

Szczegółowe wymagania dotyczące mieszanki betonowej oraz betonu stwardniałego do wykonania nawierzchni przedpola zawarte zostały w dokumencie „Specyfikacja techniczna wykonania i odbioru robót dla zadania:

Posadzka przedpola wejściowego na Stadionie im. Ernesta Pohla w Zabrze [PO-ZIOM +1]”.

Zamawiający wyspecyfikował beton zgodnie z normą PN-EN 206-1.

W tabeli 1 umieszczono wymagania dla mieszanki betonowej oraz stwardniałego betonu:

Tabela 1. Wymagania dot. mieszanki oraz stwardniałego betonu

Przeznaczenie betonu	Dekoracyjny beton nawierzchniowy przeznaczony pod ruch pieszych
Klasa wytrzymałości	C30/37
Klasa ekspozycji	XC4 XF3
Klasa konsystencji mieszanki betonowej	S3 ¹⁾
D _{max}	16 mm
Klasa zawartości jonów chlorkowych	Cl0,4
Stopień wodoszczelności wg PN-B/88-06250	W8 ²⁾
Stopień mrozoodporności zwykłej wg PN-B/88-06250	F150 ²⁾
Nasiąkliwość wg PN-B/88-06250	≤ 5.0% ²⁾

1) Konsystencja utrzymywana przez około 4-5 godzin.

2) Parametry deklarowane po 56 dniach dojrzewania

Analizując specyfikę geometrii pól, konieczność wykonania spadków, wydajność ekipy wykonawczej postanowiono zaprojektować mieszankę betonową, która będzie charakteryzowała się utrzymaniem konsystencji oraz prawidłowego napowietrzenia przez okres 4–5 godzin.

2.2. Wymagania wizualne

Wykonana nawierzchnia oprócz funkcji konstrukcyjnych ma również pełnić funkcję architektoniczną, dekoracyjną dlatego istotne było określenie wymagań wizualnych.

Podczas oceny wizualnej wykonanych pól kierowano się następującymi kryteriami [3]:

- dopuszczalne są nieznaczne zmiany w gęstości upakowania wyeksponowanego kruszywa wynikające z naturalnej zmienności uziarnienia kruszyw
- dopuszczalne są nieznaczne odchyłki kolorystyczne poszczególnych pól nawierzchni które mogą wynikać z:
 - o naturalnej zmienności barwy kruszywa, które wynika z różnic poszczególnych warstw złóż geologicznych
 - o układania i dojrzewania betonu na poszczególnych polach w różnych warunkach temperaturowo-wilgotnościowych.
- minimalna ilość wyeksponowanego kruszywa – 70%
- równomierność wypłukania nawierzchni.

Podczas odbiorów istotne było aby nawierzchnie nie różniły się w sposób znaczący w zakresie w/w kryteriów od pól referencyjnych zatwierdzonych przez zamawiającego oraz Projektanta.

3. Etapy realizacji projektu, zastosowane materiały oraz technologia wykonania

3.3. Etapy realizacji

Realizacja projektu obejmowała kilka etapów:

1. Wykonanie pól pokazowych na węźle, celem przedstawienia technologii wykonania nawierzchni oraz końcowego efektu wizualnego
2. Wykonanie pól referencyjnych na budowie jako definicja wymagań Zamawiającego oraz Projektanta
3. Produkcja i transport mieszanki na plac budowy
4. Pompowanie mieszanki, niejednokrotnie przy użyciu dodatkowego rurociągu stalowego
5. Wbudowanie mieszanki, zatarcie oraz nałożenie dezaktywatora wiązania
6. Wyplukanie powierzchni z zaprawy cementowej
7. Nacinanie dylatacji
8. Wypełnienie dylatacji i impregnacja nawierzchni.

3.4. Materiały

Na końcową decyzję zamawiającego dotyczącą wyboru dostawcy mieszanki oprócz ceny składała się również jakość wykonania pól pokazowych na terenie wytwórni oraz opinia firmy wbudowującej oraz wykańczającej nawierzchnię. Zwracano uwagę na wszystkie czynniki mające wpływ na efekt końcowy m.in. urabialność mieszanki, czas zachowania właściwych parametrów.

Z pośród pięciu przygotowanych pól do realizacji w obiekcie wybrano następujące rozwiązania:

1. Artevia™ Decor Granit – beton z kruszywem granitowym bez barwienia zaczynu cementowego – wbudowano ponad 2200 m³
2. Artevia™ Decor Mix – beton z kruszywem granitowym oraz bazaltowym (50/50 obj.) bez barwienia zaczynu cementowego – wbudowano ponad 300 m³
3. Artevia™ Decor Bazalt Czarna – beton z kruszywem bazaltowym z zabarwieniem zaczynu na kolor grafitowy – wbudowano ponad 550 m³

Przykładową receptę dla rozwiązania Artevia™ Decor Granit podano w tabeli 2.

Tabela 2. Recepta Artevia™ Decor Granit

Składnik	Ilość [kg/m ³]
CEM II/B-S 32.5R	zgodnie z klasą XC4 XF3
Piasek 0/2 oraz grys granitowy 8/16 (łącznie)	1798
Woda efektywna	155
Domieszka polimerowa	3,50
Domieszka napowietrzająca	0,46
Włókna strukturalne	2,5

Dużym wyzwaniem podczas realizacji projektu było podawanie mieszanki pompą na odległość nawet do 100 m. Jak wynika z przykładowego składu w tabeli nr 2 mieszanka nie zawierała frakcji kruszywa 2/8, czyli charakteryzowała się nieciąglym uziarnieniem oraz dodatkowo zawierała włókna strukturalne, co mocno utrudniało jej pompowanie. Kluczowe było takie dobranie uziarnienia kruszywa, jak również ilości zaczynu, aby zapewnić dobrą pompowalność (także po podpięciu kilkudziesięciu metrów rurociągu) a jednocześnie sprostać wymaganiom wizualnym końcowej nawierzchni.

3.5. Wbudowanie

Mieszankę układano na warstwie izolacji przeciwwilgociowej w postaci membrany EPDM. Docelowa grubość nawierzchni wynosiła 12 cm. Projekt zakładał pola dylatacji pełnych o wymiarach 10x10 m natomiast dylatacji skurczowych co 3,5 m. Dodatkowo w miejscach dylatacji pełnych płyty betonowe były dodatkowo dyblowane aby zapobiec pionowym ruchom płyt.



Fot. 2. Dyblowanie

Do zagęszczenia mieszanki używano łąty wibracyjnej. Dodatkowo w miejscach trudno dostępnych, w narożnikach, stosowano wibrator wgłębny, aby zapewnić dobre zagęszczenie materiału i przyczepność do dybli. Po wstępnym rozłożeniu mieszanki konieczne było uformowanie spadków (czasami 4 kierunkowe tzw. koperta) oraz zamknięcie powierzchni z zastosowaniem pac stalowych.

Na uwagę zasługuje fakt, iż każdy metr kwadratowy mieszanki został rozłożony i wykończony ręcznie, co świadczy o wysokiej trudności w wykonaniu tego typu nawierzchni. Każde niedociągnięcia na etapie zacierania, formowania spadków bardzo silnie uwidaczniają się po dalszej obróbce dyskwalifikując tym samym nawierzchnię.

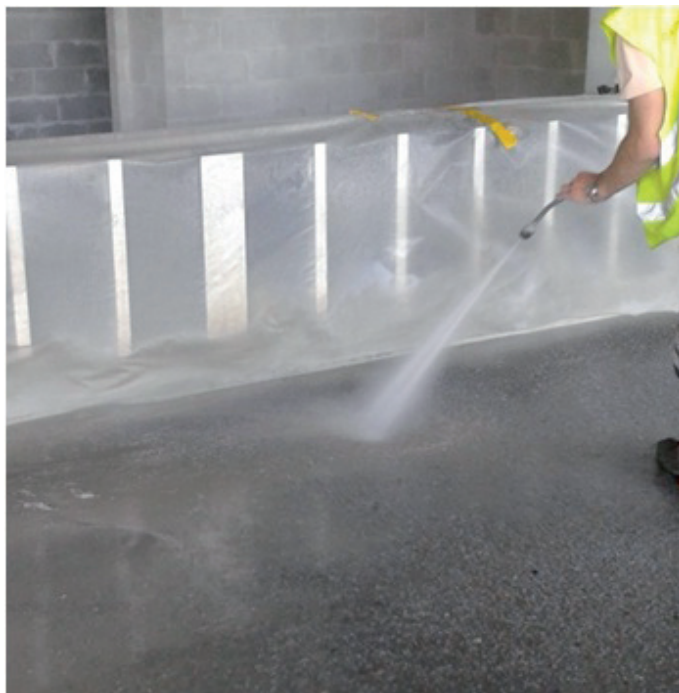
Z punktu widzenia estetyki wykonania bardzo dużą uwagę należało zwrócić na zabezpieczenie uprzednio wylanych pól przed zabrudzeniem szlamem po płukaniu oraz czarnym barwnikiem. W tym celu sąsiadujące pola przykrywano szczelnie folią,

a powstały po płukaniu zaczyn odprowadzano poza teren budowy wykorzystując odkurzacze przemysłowe.

3.6. Dezaktywacja i wypłukiwanie nawierzchni

Zaraz po ułożeniu oraz zatarciu powierzchni następował proces nakładania preparatu dezaktywującego wiązanie cementu w warstwie przypowierzchniowej. W zależności od rodzaju dezaktywatora można dobierać głębokość wypłukania zaczynu, co z kolei uzależnione jest m.in. od maksymalnej wielkości ziaren kruszywa.

Preparat należy nanosić metodą pneumatyczną, natryskową, zachowując szczególną dbałość aby jego warstwa była równomierna na całej powierzchni. Oprócz opóźnienia wiązania cementu stosowany dezaktywator pełnił funkcję preparatu pielęgnującego do momentu wypłukania.



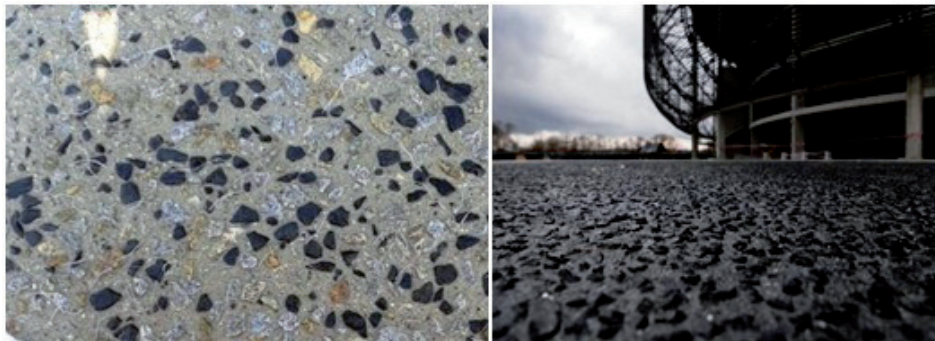
Fot. 3. Wypłukiwanie nawierzchni

Czas od momentu nałożenia dezaktywatora do momentu wypłukania ściśle zależał od warunków atmosferycznych. W trakcie trwania inwestycji temperatura otoczenia wahała się od około 10°C do ponad 30°C zmieniając czas do wypłukania od 14 do ponad 30 godzin. Wymagało to od wykonawcy dużego doświadczenia w określaniu gotowości nawierzchni do wypłukania.

Sam proces eksponowania nawierzchni przeprowadzany był przy użyciu myjek wysokociśnieniowych z końcówką pozwalającą na uzyskanie płaskiego strumienia wody. Jest to kluczowy etap wykonania nawierzchni. Zbyt późne lub zbyt wczesne rozpoczęcie

wypłukiwania może powodować z jednej strony niewystarczającą ekspozycję kruszywa, z drugiej strony wyrywanie ziaren kruszywa.

Przykład nawierzchni Artevia™ Decor Mix oraz Artevia™ Decor Bazalt Czarna po wypłukaniu pokazano na fotografii 4.



Fot. 4. Powierzchnia po wypłukaniu

3.7. Pielęgnacja i nacinanie dylatacji

Podobnie jak standardowy beton, beton Artevia™ Decor wymaga natychmiastowej pielęgnacji wilgotnościowej. W tym przypadku zastosowano metodę pielęgnacji polegającej na przykrywaniu nawierzchni mokrymi matami oraz folią, która uniemożliwiała wysychanie betonu. Pielęgnację prowadzono przez okres około 10 dni.

Kolejnym etapem było nacinanie dylatacji. Zabieg ten wykonywano średnio po 36-48 godzinach na głębokość około 40 mm. Dodatkowo krawędzie nacięcia poddawane były fazowaniu (fotografia nr 5), co polepszało efekt wizualny, umożliwiało estetyczne wypełnienie dylatacji oraz zwiększało trwałość wypełnienia.



Fot. 5. Fazowanie dylatacji

3.8. Impregnacja

Jako zabezpieczenie nawierzchni zastosowano dwa rodzaje impregnatów:

1. Impregnat rozpuszczalnikowy na bazie żywicy akrylowej
2. Impregnat na bazie wodnej dyspersji emulsji akrylowej

Oba preparaty nanoszono po upływie 28 dni od ułożenia metodą pneumatyczną. Impregnat na bazie rozpuszczalnika ma tendencję do „wyciągania” koloru, dlatego zamawiający postanowił zastosować go na nawierzchnie barwione w kolorze grafitowym, aby uwidocznić, ożywić ich kolor dając efekt mokrego betonu.

Impregnat na bazie wodnej dyspersji zastosowano na pozostałe dwa rodzaje nawierzchni.

4. Kontrola jakości oraz wyniki badań

Kontroli laboratoryjnej poddana została mieszanka betonowa w zakresie konsystencji mierzonej metodą opadu stożka, zawartości powietrza wykonywanej metodą ciśnieniową oraz temperatury mieszanki.

Średnie wyniki oraz zakresy z wszystkich pomiarów konsystencji oraz zawartości powietrza zestawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Kontrola jakości mieszanki betonowej

Badany parametr	Metoda badawcza	Średnia z wyników	Zakres wyników
Konsystencja	Opad stożka wg PN-EN 12350-2	135 mm	90–160 mm
Zawartość powietrza	Metoda ciśnieniowa wg PN-EN 12350-7	4.9%	4.2–7.1%

Temperatura mieszanki betonowej zawierała się w przedziale od 13°C do 33°C.

Duże wahania temperatury otoczenia oraz temperatury mieszanki wymagały stałego monitoringu parametrów mieszanki oraz ciągłej korekty recept w zakresie zawartości napowietrzacza oraz domieszki polimerowej. Dodatkowo stałej kontroli podlegał proces pompowania. Mieszanki na tego typu realizacje są na granicy pompowalności, dlatego niewielka zmiana np. w uziarnieniu kruszyw powoduje problemy z pompowaniem, co wymaga ciągłej kontroli i bieżącej korekty recept.

Próbki stwardniałego betonu pobierane były z przeznaczeniem do badania wytrzymałości na ściskanie, wodoszczelności, nasiąkliwości, mrozoodporności zwykłej. Dodatkowo, choć klasa ekspozycji XF3 nie przewiduje stosowania środków odladzających, postanowiono pobrać próbki do badania mrozoodporności w obecności 3% roztworu chlorku sodu oraz określić klasę mrozoodporności zgodnie z normą PN-EN 13877-2: Nawierzchnie betonowe. Część 2. Wymagania funkcjonalne dla nawierzchni betonowych.

Wyniki badań zestawiono w tabeli 4.

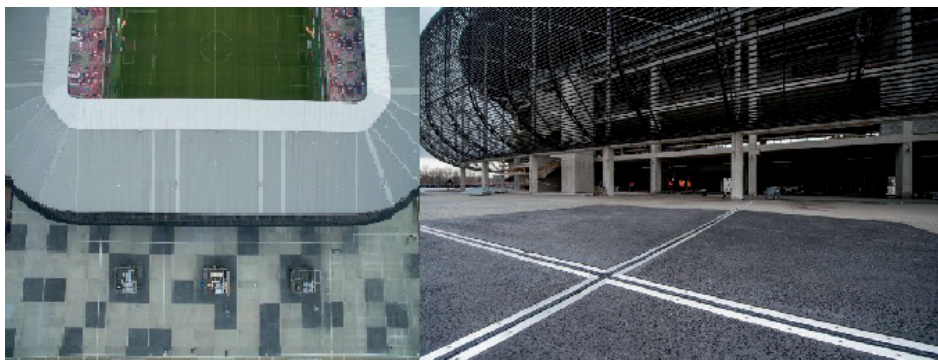
Tabela 4. Wyniki badań betonu stwardniałego

Rodzaj badania	Procedura badawcza	Wiek betonu [dni]	Badany parametr / jednostka	Artevia™ Decor Granit	Artevia™ Decor Mix	Artevia™ Decor Bazalt Czarna
Wytrzymałość na ściskanie	PN-EN 12390-3	7	MPa	34,0	30,0	36,4
		28	MPa	44,5	45,2	48,6
Wodoszczelność	PN-B/88-06250	56	Głębokość penetracji wody [mm]	21	20	34
			Osiągnięty stopień	W8	W8	W8
Mrozoodporność zwykła	PN-B/88-06250	56	Ubytek masy [%]	0.1	0.1	0.1
			Spadek wytrzymałości [%]	1.1	0.3	2.2
			Osiągnięty stopień	F150	F150	F150
Nasiąkliwość	PN-B/88-06250	56	%	4,8	4,5	4,3
Mrozoodporność w soli	PKN-CEN/ TS 12390-9/ ocena PN-EN 13877-2	56	Średni ubytek masy m_{28} [kg/m ²]	0.004	0.003	0.005
			Maksymalny ubytek masy m_{56} [kg/m ²]	0.008	0.007	0.008
			Średni ubytek masy m_{56} [kg/m ²]	0.006	0.004	0.005
			m_{56}/m_{28}	1.5	1.3	1.0
			Osiągnięty stopień	FT2	FT2	FT2

Jak wynika z rezultatów przedstawionych w tabeli 4 projektowane mieszanki wykazały zgodność wszystkich deklarowanych parametrów. Beton wykazał również bardzo dobrą mrozoodporność w obecności środków odladzających, uzyskując najwyższą klasę FT2.

5. Podsumowanie

Przedstawiona realizacja rozbudowy stadionu w Zabrzu z zastosowaniem betonu dekoracyjnego pokazała wyjątkowość w wykonaniu tego typu nawierzchni związanej z samym produktem, jak również z wykonawstwem oraz specyfiką dużej budowy. Na etapie ofertowania oraz przygotowania do realizacji trzeba było przewidzieć dużo aspektów, z którymi wcześniej nikt nie miał do czynienia m.in. ilość generowanego szlamu po procesie wypłukiwania, którego ilość w skrajnych przypadkach wynosiła 100l/m². Trzeba było opracować odpowiedni system odprowadzenia i utylizacji popłuczyn z placu budowy. Jednak połączenie doświadczenia dostawcy mieszanki oraz wykonawcy nawierzchni pozwoliły z należytą starannością oraz terminowością wykonać 25000 m² nawierzchni. Można mieć nadzieję, że tego typu nowe rozwiązania będą coraz częściej wykorzystywane przez projektantów podczas kreowania nowych obiektów.



Fot. 6. Efekt końcowy

Literatura

- [1] <http://stadion-zabrze.pl/stadion>
- [2] http://stadion-zabrze.pl/do_pobrania
- [3] „Specyfikacja techniczna wykonania i odbioru robót dla zadania: Posadzka przedpola wejściowego na Stadionie im. Ernesta Pohla w Zabrzu [POZIOM +1]
- [4] PN-EN 206-1: Beton. Część 1. Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność.
- [5] PN-88/B-06250: Beton zwykły.
- [6] PN-EN 12350-2: Badania mieszanki betonowej Część 2: Badanie konsystencji metodą opadu stożka.
- [7] PN-EN 12350-7: Badania mieszanki betonowej. Część 7: Badanie zawartości powietrza. Metody ciśnieniowe.
- [8] PN-EN 12390-3: Badania betonu. Część 3: Wytrzymałość na ścislenie próbek do badań.
- [9] PKN-CEN/TS 12390-9: Testing hardened concrete -- Part 9: Freeze-thaw resistance -- Scaling
- [10] PN-EN 13877-2: Nawierzchnie betonowe -- Część 2: Wymagania funkcjonalne dla nawierzchni betonowych.