

Mgr inż. Jacek AJDUKIEWICZ

Członek – ekspert:



Telefony: (0-32) - 238.86.23
(0-32) - 230.49.96
Telefaxy: j.w. + (0-32) – 230.49.97

Członek:



Trwałość Betonowych Konstrukcji Mostowych – Nowe Możliwości: DSP

Problemy z trwałością konstrukcji żelbetonowych i koszty społeczne przeprowadzenia niezbędnych napraw lub wzmocnień skłaniają do poszukiwania metod zwiększenia odporności na różne chemiczne i fizyczne czynniki destrukcyjne. Jednymi z najbardziej obecnie rozpowszechnionych metod polepszania własności tego tworzywa są tzw. "metody addytów", w ramach których do świeżej masy betonowej dodaje się zestaw specjalnych chemikaliów, poprawiających własności odlewu betonowego.

W odróżnieniu od tych, już dosyć aktualnie znanych metod ulepszania betonów, stosowanych w zasadzie powszechnie w budownictwie mostowym, hydrotechnicznym i sanitarnym - zupełnie na terenie naszego kraju nieznanym i niestosowanym - jest dopiero przed kilkunastu miesiącami udostępniony przez zagranicznych, wysokowyspecjalizowanych producentów wyrobów z tworzyw sztucznych (jeszcze przed trzema laty związanych restrykcjami COCOM'u) nie chemiczny, lecz czysto FIZYCZNY sposób uszlachetniania i podwyższania trwałości powierzchni i masy przypowierzchniowej betonów – betonowanie w Deskowaniach Selektywnie Przepuszczalnych - DSP.

Generalnie rzecz biorąc - polega on na wykorzystaniu własności błon selektywnych, przepuszczających poprzez swą powierzchnię i grubość jedynie określone małej wielkości cząsteczki substancji biorących udział w dojrzewaniu i wiązaniu betonu, a zatrzymujące na niej pozostałe, większe cząsteczki.

Na tej właśnie zasadzie, wraz z wykorzystaniem własności kapilarnych bardzo cienkich rurek, został opracowany i wdrożony w zagranicznej praktyce (początkowo - wojskowej, a następnie - w utylitarnych zastosowaniach) wyrób syntetyczny, w formie cienkiej maty, o grubości rzędu 1,2 milimetra i o masie powierzchniowej na poziomie 250 gramów na metr kwadratowy, wyprodukowany również ze specjalnego rodzaju POLIPROPYLENU, posiadający takie właśnie własności oraz zapewniający, po wyłożeniu taką matą (wkładką szalunkową) deskowania okalającego ze spodu i z boków przyszły kształt odlewu betonowego:

- ◆ swobodne wyprowadzenie z masy dojrzewającego i wiążącego betonu cząsteczek wody zarobowej oraz wytwarzanych w zachodzących wewnątrz betonu reakcjach chemicznych gazów (dwutlenku węgla, pary wodnej, itd.) oraz
- ◆ zatrzymywanie na swojej powierzchni, skierowanej do płaszczyzny betonu, praktycznie wszystkich cząsteczek ciał stałych (cementu, żwiru, etc.).

Wyrób ten, o nazwach handlowych – w USA – „ZEMDRAIN”, w Europie - „FORM-TEX®”, został skonstruowany w ten sposób, że: warstwa o grubości 0,1 mm tworzy po jednej stronie wyrobu błonę półprzepuszczalną z porami wykalibrowanymi na średnicę odpowiadającą średnicy cząsteczki wody, w związku z czym przepuszcza cząsteczki czystej wody jak i wszystkie substancje gazowe z wnętrza odlewu betonowego, zaś pozostałe 1,1 mm stanowi zespół naczyń kapilarnych, pozwalający na wyprowadzenie poza obręb deskowania odlewu betonowego (żelbetowego) zarówno nadmiaru wód zarobowych jak i wszystkich wydostających się z wnętrza masy betonu i z powierzchni odszalunkowej odlewu gazów poreakcyjnych.

Jednocześnie ten zespół własności omawianego wyrobu umożliwia uzyskanie w efekcie końcowym pewnych szczególnych cech samego odlewu betonowego: wskutek bowiem ruchu cząsteczek wody i gazów i posiadanej przez nie energii - następuje porywanie wraz z nimi cząsteczek ciał stałych i ich inkrustacja przypowierzchniowa, wskutek czego beton użyty w rejonie swoich zewnętrznych, stykających się z tym syntetykiem, powierzchni zupełnie inną strukturę i właściwości.

I tak, w stosunku do normalnych betonów, wylewanych do szalunków wykonanych z desek, sklejki czy też najbardziej obecnie rozpowszechnionych - metalowych, wykonane w szalunkach wyłożonych omawianym syntetykiem betony posiadają:

- ◆ zredukowaną do niemal zera zdolność do powierzchniowej karbonizacji i sulfonacji;
 - ◆ zredukowaną o ca' 85% zdolność do wnikania w ich wnętrze wodnych roztworów chlorków i innych soli nieorganicznych;
 - ◆ zredukowaną o ca' 75% wodonasiakliwość i wodoprzepuszczalność
- dzięki którym to, łącznie, właściwościom, w szczególności, zaistniała możliwość wykorzystywania tego wyrobu przede wszystkim do budowy dużych i bardzo odpowiedzialnych budowli:
- ◆ komunikacyjnych, takich jak:
 - ◆ mosty, wiadukty, belki mostowe;
 - ◆ tunele;
 - ◆ przejścia podziemne
 - ◆ hydrotechnicznych, takich jak: zapory wodne i ich elementy składowe, jazy, śluzy, etc.
 - ◆ oraz bardzo specjalistycznych aparatów typu zbiornikowego, takich jak:
 - ◆ zbiorniki magazynowe wody pitnej;
 - ◆ reaktory, odstojniki i zbiorniki w oczyszczalniach ścieków;
 - ◆ koryta transportowe oraz wszystkie związane z gospodarką wodno-ściekową, stykające

się z tymi mediami, konstrukcje żelbetowe.

Niektóre ważniejsze dane techniczne tego wyrobu przedstawiają się następująco:

- ◆ zdolność transportowa wody poprzez powierzchnię wyrobu: 7,0 litrów/m² i godzinę;
- ◆ "pojemność wodna": 0,5 litra/m²;
- ◆ wytrzymałość na rozciąganie w kierunku wzdłużnym i poprzecznym do pasa (wstęgi) wyrobu: 6,0 kN/metr szerokości;
- ◆ wydłużenie całkowite w momencie zerwania:
 - w kierunku wzdłużnym do pasa (wstęgi) wyrobu: 40%;
 - w kierunku poprzecznym do pasa (wstęgi) wyrobu: 30%;
- ◆ ilość zastosowań pokrytego wyrobem deskowania przy założonym umiętnym i niepowodującym przecięć i mechanicznych uszkodzeń powierzchni wyrobu obchodzenia się wykonawcy z zestawem szalunku: minimum dwukrotnie.

Poniżej zostały zamieszczone dane ze sprawozdania jednego z licznych wykonanych szczegółowych badań, jakie miały miejsce w trakcie pierwszych z zastosowań omawianego wyrobu syntetycznego dla obiektów gospodarki wodno-ściekowej za granicą:

Charakterystyka betonu

Klasa betonu B 35/KR (35MN/m ² , beton odporny na działanie agresywnych chemikaliów)	
Wskaźnik cementowo-wodny	= 0,49
Średnia gęstość betonu	= 2,44 kg/dm ³

Skład mieszanki betonowej

Składniki	wielkość porcji %	dm ³ /m ³	gęstość kg/dm ³	ciężar kg/m ³
piasek 0/2	33	236	2,62	618
żwir 2/8	15	106	2,65	283
żwir 8/16	24	170	2,65	450
żwir 16/32	28	200	2,65	530
	100	712	—	1881
woda		168	1,0	168
cement (PZ 35 L NW HS)		110	3,1	340
dodatki (FM 6)				2,72
zawartość powietrza		10	—	
		1000	—	2389

Przygotowanie próbek

Próbki betonu zostały przygotowane na placu budowy. Mieszanke wylano w pięciu, odpowiednio zagęszczanych (wibrowanych) warstwach, każda o grubości 20 cm. Po 3 dniach od momentu ułożenia mieszanki, powierzchnia betonu została przykryta wyrobem syntetycznym. Próbki betonu pobrano w 14 dniu i składowano w laboratorium do czasu przeprowadzenia badań w 21 dniu.

Ogólny wygląd powierzchni próbek betonowych

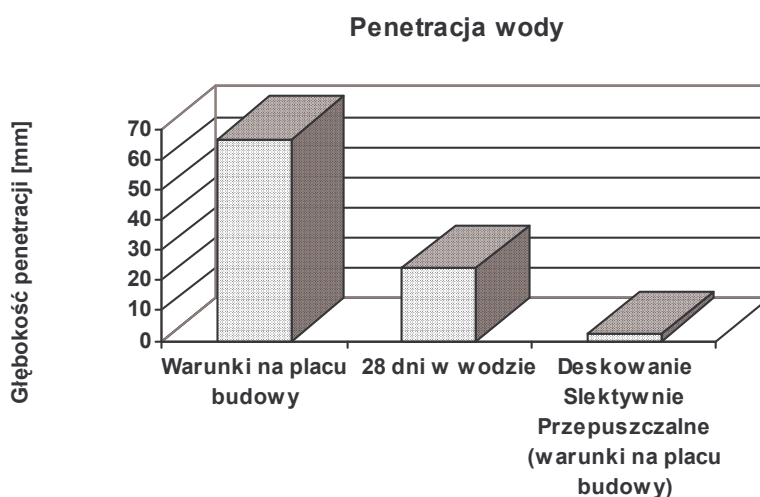
Próbki betonu wylewanego do Deskowania Selektywnie Przepuszczalnego DSP z syntetykiem FORMTEX[®] wolne były od wolnych przestrzeni (pęcherzy) i posiadały równomierną ciemnoszarą powierzchnię. Ta ciemna barwa jest wynikiem obniżenia wskaźnika wodno-cementowego (efekt ten uzyskano dzięki zastosowaniu wyrobu syntetycznego). W próbkach powstałych w wyniku wylania mieszanki betonowej na nieprzepuszczalne deskowanie tj. bez użycia wkładki z wyrobu syntetycznego nie zauważono żadnych różnic w kolorze powierzchni i wewnątrz betonu.

Głębokość penetracji wody

Próbki, przygotowane zarówno na placu budowy jak i w laboratorium, składowano w kąpieli wodnej przez 28 dni. Następnie wystawiono je na działanie wody pod ciśnieniem 0,5 N/mm² przez okres trzech dni.

W betonie wylanym na placu budowy głębokość penetracji wynosiła w przybliżeniu 67 mm. Po 28 dniach składowania w wodzie, głębokość penetracji wynosiła

- dla betonu w deskowaniu nieprzepuszczalnym - głębokość ok. 24 mm;
- dla betonu w Deskowaniu Selektywnie Przepuszczalnym DSP z syntetykiem FORMTEX[®] - głębokość ok. 2 mm;



Absorpcja wody

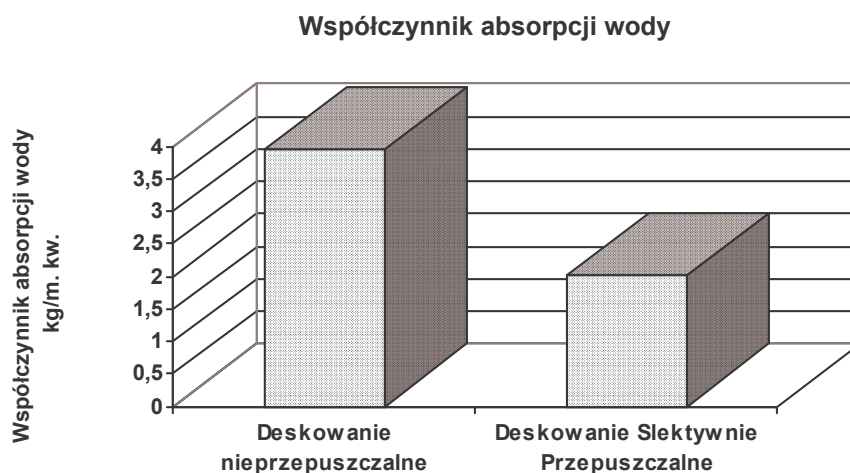
Próbki wykonano na placu budowy. Na okres 7 dni próbki zanurzone w 10 mm warstwie wody. Ciężar próbek był mierzony w sposób ciągły i na bieżąco obliczano współczynnik absorpcji wody.

Beton wylany na nieprzepuszczalne deskowanie charakteryzował się współczynnikiem absorpcji wody równym:

3,95 kg/m² na dzień,

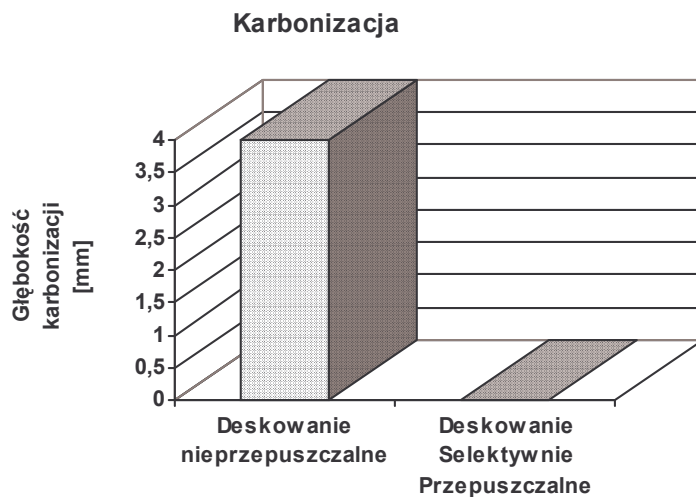
natomiast dla betonu wylanego do Deskowania Selektynie Przepuszczalnego DSP z syntetykiem FORMTEX[®], współczynnik ten wyniósł:

2,01 kg/m² na dzień.



Karbonizacja

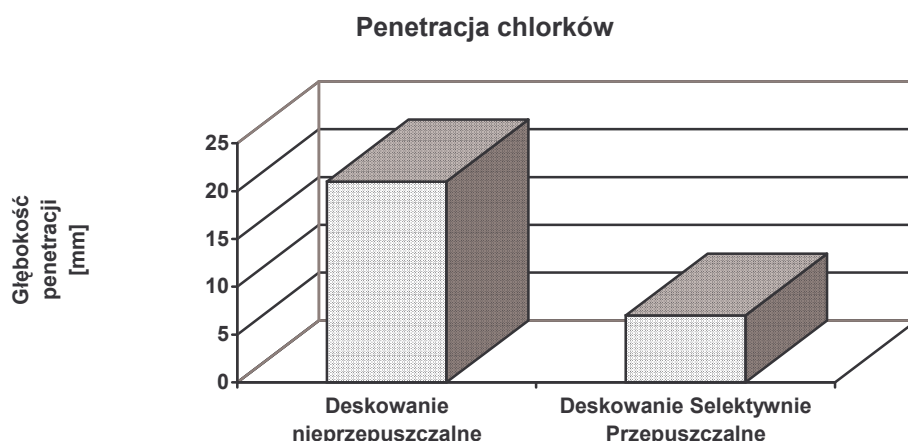
Próbki wykonano na placu budowy. W 23 dniu od momentu wylania mieszanki betonowej przeprowadzono przyspieszony test karbonizacji. Próbka została włożona do zbiornika zawierającego 100% CO₂ na okres 37 dni. Po przeprowadzeniu badania stwierdzono w próbkach betonu z deskowania nieprzepuszczalnego, iż proces karbonizacji osiągnął głębokość 4 mm



(jest to równe 5 latom karbonizacji w normalnych warunkach). W próbce wylanej w DSP nie wykryto żadnych zmian.

Penetracja chlorków

Próbki wylane na placu budowy zanurzono w 6-cio procentowym roztworze NaCl na okres 28 dni. Zmierzono głębokość penetracji. Beton wylany na nieprzepuszczalne deskowanie wykazał penetrację NaCl na głębokości ok. 21 mm, natomiast w betonie wylanym do Deskowania Selektywnie Przepuszczalnego DSP z syntetykiem FORMTEX[®], wynosiła ona w przybliżeniu 7 mm.



Wnioski

Wykonano badania wpływu Deskowania Selektywnie Przepuszczalnego z syntetykiem FORMTEX[®] na właściwości betonu na budowie systemu odprowadzenia ścieków w Pleningen, Niemcy. Wykonano testy porównawcze pomiędzy betonem wylanym na nieprzepuszczalne deskowanie oraz betonem wylanym do DSP wyłożonego syntetykiem FORMTEX[®]. Warunki były zbliżone, lub takie same jak warunki panujące na placu budowy realizowanej inwestycji.

W konkluzji stwierdza się, że omawiany wyrób syntetyczny, *FORMTEX[®]*, stosowany w Deskowaniach Selektywnie Przepuszczalnych pozwala na uzyskiwanie następujących korzyści:

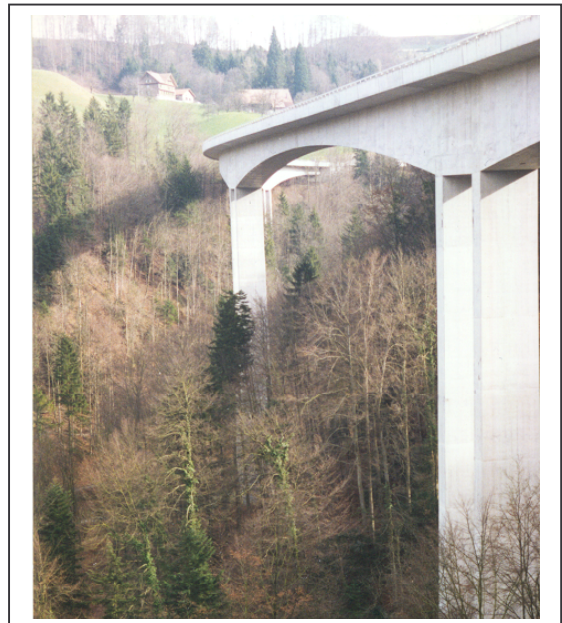
- **zwarta struktura przy powierzchni odlewu betonowego;**
- **zwiększenie wytrzymałości warstwy przypowierzchniowej betonu;**
- **zdecydowanie wyższa odporność chemiczna;**
- **mniejsza nasiąkliwość i wyższa mrozoodporność;**
- **zmniejszenie porowatości i eliminacja pęcherzy;**
- **poprawa warunków twardnienia betonu;**
- **poprawa odporności na ścieranie;**
- **zwiększenie odporności na korozję;**
- **równomierny kolor powierzchni (ciemniejszy);**

- **brak konieczności stosowania środków przeciw przyczepności i czyszczenia desek.**

Jeżeli podane powyżej informacje uzupełnić o szczegół, iż źródłem inspiracji dla wynalazców tego konkretnego typu syntetyku polipropylenowego była konieczność i uzyskany w efekcie wykonania określonego cyklu prac naukowo-badawczych sposób i wyrób nadający się dla zapewnienia 100%-wej szczelności głębokim na ponad 60 metrów szybów rakiet międzykontynentalnych, rozmieszczanych na terenie Stanów Zjednoczonych Ameryki Północnej - to w tym momencie jasnym się staje, dlaczego ten szczególny materiał przez szereg lat należał do grupy bardzo mocno strzeżonych wynalazków, dokonanych na potrzeby Pentagonu i dlatego znajdował się na czele grupy wyrobów przemysłu chemicznego, zamieszczonych w, do niedawna obowiązującym zachodnich producentów wyrobów o charakterze strategicznym, wykazie Komisji COCOM.

Aktualnie materiał ten znajduje się w dyspozycji autora niniejszego opracowania i może być (materiał, nie autor) przedmiotem aplikacji, zaspakajających ewentualne potrzeby projektantów, inwestorów oraz budowniczych krajowych obiektów komunikacyjnych, hydrotechnicznych, gospodarki wodno-ściekowej i tych wszystkich, w których omówione powyżej właściwości uzyskiwanych odlewów betonowych pomogą w rozwiązaniu dotychczasowych problemów.

Przykłady realizacji: Konstrukcja mostu kablobetonowego, Lorenzobel, Szwajcaria (1984).



Prototypowe zastosowanie deskowań przepuszczalnych w Europie:
1984 – główna konstrukcja mostu kablobetonowego Lorenzobel, Szwajcaria.
Monitoring 15-letni stanu powierzchni potwierdził oczekiwaną trwałość.



Przykłady realizacji: Wiadukt kolejowy TGV – Méditerranée Francja, (1997-98).



Zastosowanie desekowań przepuszczalnych z klejoną wkładką syntetyczną na budowie kolejowego wiaduktu TGV – Méditerranée nad autostradą RN96.



Wiadukt TGV – Méditerranée – podpory formowane w DSP.

Przykłady realizacji: Balustrada wiaduktu, Zurich (1998).



Burty formy DSP
wyłożone syntetykiem
FORMTEX®.



Gotowa balustrada.



Betonowanie.

Przykłady realizacji: Zbiornik na wodę pitną, Chemnitz (1998).



Syntetyk FORMTEX[®] przyklejony do deskowania metalowego.



Deskowanie wewnętrzne ściany zbiornika o średnicy 11,70 metra i wysokości 8,40 metra.