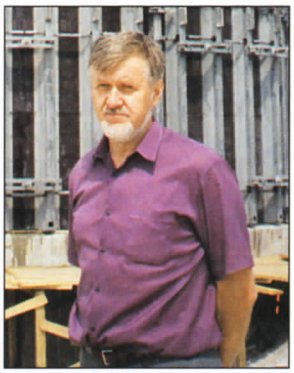
Beton żywicowy

mgr inż. Jerzy B. Zembrowski



Doradca Technologii Budowlanych, Prezes firmy SOLAR BIT z Białegostoku

Najnowsza chemia budowlana oferuje ogromną liczbę produktów w formie gotowej do zastosowania lub pozwalającej na modyfikacje w zależności od potrzeb. Takim produktem o niezwykłych właściwościach i zastosowaniach jest beton żywicowy – w Polsce jeszcze nadal mało znany i stosowany.

W swoich wcześniejszych poradach na łamach Kalejdoskopu Budowlanego wiele razy wskazywałem na zastosowania betonu żywicowego. Być może Szanowni Czytelnicy niejednokrotnie zastanawiali się nad techniczną stroną zastosowań tego produktu czy nad jego właściwościami. Nie wiadomo dlaczego produkt ten jest niezwykle skąpo opisany w krajowej literaturze fachowej – co doprowadziło do powstania pewnej otoczki tajemniczości wokół tej światowej nowości. Efektem jest nie tylko obawa, ale także zwykła niechęć do stosowania tego materiału. Pora zatem na przybliżenie tego rewelacyjnego wręcz produktu, jakim jest beton żywicowy.

Geneza powstania betonu żywicowego

Beton zwykły lub uszlachetniony jest najczęściej i najchętniej stosowanym materiałem budowlanym od wielu już lat. Podczas tworzenia dokumentacji, projektanci często zmuszani są do rezygnacji z wielu nowatorskich pomysłów czy rozwiązań, z powodu niekorzystnych właściwości betonu zwykłego. Czasami właściwości te wymuszają wręcz zastosowanie pracochłonnych lub droższych rozwiązań. Z cech betonu wynika także konieczność odpowiedniego dostosowania harmonogramu towarzyszących prac podczas realizacji obiektu – właściwość nie zawsze mile widziana przez kierownictwo budowy. Tak więc, pomimo całego szeregu zalet, jakimi cechuje się beton zwykły, ma on pewne niedogodności, do których należą:

- mokry proces wbudowania,
- długi czas wiązania potrzebny do uzyskania wytrzymałości: początkowej, eksploatacyjnej czy docelowej,
- długi czas wysychania do stanu wymaganej wilgotności,
- konieczność mokrej pielęgnacji przez kilka pierwszych dni,
- niełatwe dowilżanie w miejscach trudno dostępnych,
- zbyt słabe siły przylegania w miejscach styku betonu „starego" z „nowym",
- brak przyczepności do metali kolorowych,
- wymagane grube nadlewki na betonie podkładowym,
- trudne lub kosztowne wykonanie mocno wytrzymałych betonów,
- duża nasiąkliwość,
- brak odporności na chemikalia,
- podatność na szkodliwe procesy nieodwracalne, wywołane warunkami atmosferycznymi,
- ograniczone możliwości uzyskania odpowiedniej wytrzymałości na ściskanie, ścieranie, a szczególnie na zginanie, rozciąganie czy drgania,
- konieczność stosowania stali zbrojeniowej.

Już dawno – szczególnie w zachodnich laboratoriach próbowano zastąpić spoiwo cementowe innym. Najbardziej obiecujące były próby zastosowania żywic. Jednakże przez długi czas wyniki nie były zadowalające. Powodem była konieczność stosowania żywic zawierających rozpuszczalniki. Ich obecność uniemożliwiała uzyskanie bezskurczowego twardnienia mas. Zbyt duży skurcz nie pozwalał na szerokie stosowanie takiego produktu w budownictwie. Oprócz kłopotliwego skurczu, nie było możliwe uzyskanie jednorodnego materiału, bowiem z powodu szybszego odparowywania rozpuszczalników z powierzchni oraz szybkiego twardnienia powierzchniowego, wewnątrz masy tkwiły ogniska miękkie lub plastyczne. Prowadziło to do osłabienia wytrzymałości końcowej produktu. Dopiero w ostatnich latach, kiedy wymyślono żywice o małej zawartości rozpuszczalnika lub zupełnie bezrozpuszczalnikowe, powstała możliwość powszechnego zastosowania betonu żywicowego w budownictwie.

Spoiwo

Jako spoiwa do betonu żywicowego można użyć żywice:

- epoksydowe,
- polimetakrylowe,
- poliuretanowe,
- poliestrowe.

Właściwie każda z nich (z uwagi na swoje istotne właściwości) ma od-

dzielny zakres stosowania. Ich omówienie przekracza jednak łamy tego artykułu. Wobec tego, że najmniejszym skurczem przy jednocześnie największej wytrzymałości na ściskanie wykazuje się żywica epoksydowa, właśnie jej przypisuje się największe zastosowanie jako spoiwa w betonie żywicowym. Żywica ta składa się z dwóch komponentów, których proporcja zmieszania musi być ściśle przestrzegana. Każdy z nich jest fabrycznie pakowany do metalowych pojemników w odpowiednich ilościach. Pozwala to wykonawcy uniknąć błędów podczas stosowania – wystarczy prawidłowe zmieszanie ze sobą wcześniej odważonych przez producenta składników. Żywica po wymieszaniu spełnia rolę spoiwa, które w stanie ciekłym bardzo dobrze zwilża ziarna kruszywa.

Kruszywo

Po wykonaniu licznych badań stwierdzono, że najlepsze rezultaty uzyskuje się stosując wyprażony w ogniu piasek kwarcowy o procentowym składzie wagowym zalecanym przez Fullera:

30 % o uziarnieniu 0,06 do 0,2 mm,
25 % o uziarnieniu 0,2 do 0,7 mm,
20 % o uziarnieniu 0,7 do 1,2 mm,
25 % o uziarnieniu 1,2 do 2,2 mm.

Niezmiernie istotnym warunkiem otrzymania odpowiednio wysokiej wytrzymałości betonu żywicowego jest niska wilgotność mieszanki kwarcowej. Otóż, zawartość wilgoci w piasku na poziomie zaledwie 1,0 % wagowo, powoduje obniżenie wytrzymałości betonu do 30 % jego wartości zakładanej. Ustalono, że wilgotność piasku nie powinna przekraczać 0,1 %, co z kolei wywołuje szereg trudności na poziomie technicznego wykonawstwa – szczególnie w warunkach budowlanych. Tutaj w sukurs przyszli producenci kruszywa kwarcowego, odpowiednio mieszając wskazane gradacje piasków oraz pakując je w specjalne szczelne worki plastikowe. Należy przestrzec rodzimych wykonawców przed upraszczaniem problemu i stosowaniem zwykłego piasku tynkarskiego czy żwiru. Miałem wiele okazji do poznania skutków takich działań. Efekt zawsze był taki sam: znaczny spadek parametrów wytrzymałościowych betonu oraz trudność układania mieszanki.

Proporcje zmieszania

Podczas badań okazało się, że mieszanka kwarcowo-żywicowa pozwala uzyskać znacznie większe wytrzymałości niż sama tylko żywica. Na rysunku 1 przedstawione są trzy parametry wytrzymałościowe betonu na bazie żywicy epoksydowej. Widać wyraźnie, że przy stosunku zmieszania żywicy i piasku wynoszącym od 1:5 do 1:7 uzyskuje się, największą wytrzymałość na ściskanie wynoszącą ok. 105 MPa. Ze względów czysto praktycznych (łatwość stosowania czy urabialność), przyjmuje się że najlepsze rezultaty osiąga się mieszając jedną porcję wagową z siedmioma porcjami piasku. Proporcja ta wymaga dawkowania żywicy w ilości 15 % wagowo w stosunku do mieszanki. Z rysunku widać wyraźnie, że zmniejszenie stosunku zmieszania (zwiększenie dawki żywicy), nie daje żadnych korzyści, a wręcz osłabia końcową wytrzymałość betonu żywicowego. Analizując wyniki badań łatwo stwierdzić jak dużą wytrzymałość na zginanie czy rozciąganie ma beton żywicowy. Przy stosunku zmieszania wynoszącym 1:7, beton żywicowy uzyskuje wytrzymałość na zginanie ok. 35 MPa oraz na rozciąganie przy zginaniu ok.16 MPa. Są to parametry o wiele przekraczające parametry betonu klasycznego.

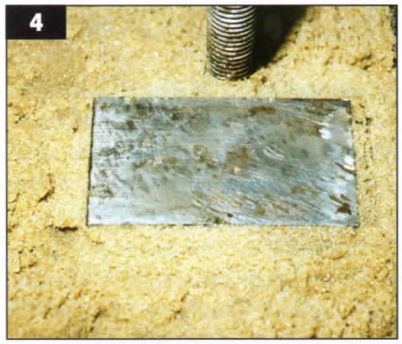
Przygotowanie mieszanki

Kolejnym ważnym czynnikiem warunkującym powodzenie stosowania, jest odpowiednie przygotowanie mieszanki. Mniejsze ilości betonu (do kilku kg) przygotowuje się stosując elektryczne mieszadło ręczne, większe miesza się w betoniarkach. Niezależnie od stosowanego mieszadła, przestrzegać trzeba kolejności mieszania składników. Zawsze do pojemnika wlewa się najpierw komponent A, następnie B, ciągle mieszając, a na koniec kruszywo. Trzeba uważać, aby nie przekroczyć dopuszczalnej prędkości mieszania tj.400 obrotów na minutę (warunkowo 500). Przy większych prędkościach, mieszadło porywa cząstki

1

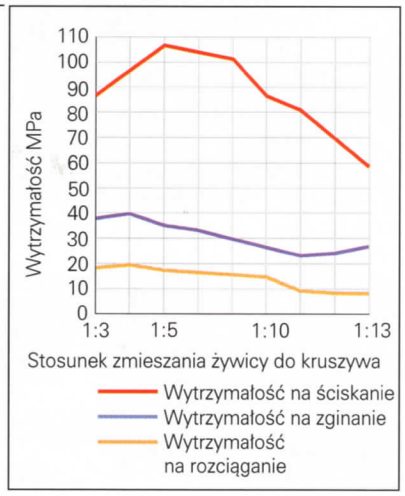
2

3

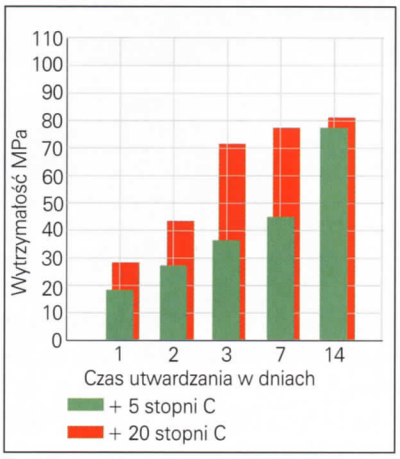

4

5

Zdjęcia z archiwum autora oraz firmy REMMERS.



Rys. 1. Parametry wytrzymałościowe betonu na bazie żywicy epoksydowej oraz kruszywa kwarcowego o uziarnieniu 0 – 2 mm.



Rys. 2. Przebieg utwardzania betonu żywicowego w temperaturze.

powietrza, które zalegając w masie podczas twardnienia, znacznie osłabiają jej wytrzymałość. Najpierw miesza się oba komponenty żywicy przez 2-3 minuty, po czym przelewa się je do nowego naczynia i miesza jeszcze przez 2 minuty. Ten sposób mieszania eliminuje możliwość powstania stref o niewłaściwej proporcji składników. Istnienie takich stref jest bardzo niebezpieczne (przy dnie i w narożach naczynia), bowiem partie o mniejszej dawce utwardzacza dadzą żywicę o dużej elastyczności, natomiast większa dawka utwardzacza spowoduje szybsze twardnienie lokalnych stref betonu i doprowadzi do spękań. Po starannym wymieszaniu składników żywicy, wsypuje się odmierzone dawki piasku kwarcowego i dalej miesza mieszadłem aż do uzyskania jednorodnej masy. Istotę tego procesu przedstawia fot. 1. Czas na ułożenie mieszanki wynosi zaledwie 30 minut przy temperaturze powietrza ok. + 20°C. Wyższa temperatura skraca ten czas, natomiast niższa go wydłuża. Przy temperaturze wyższej niż + 30°C mieszanki nie należy stosować.

Podłoże

W celu uzyskania właściwego zespolenia betonu żywicowego z podłożem, wymaga się jego odpowiednich parametrów. Tak więc, wytrzymałość na ściskanie nie powinna być mniejsza niż 25 MPa, wytrzymałość na odrywanie nie mniejsza niż 1,5 MPa, natomiast wilgotność względna nie większa niż 4 %. W przypadku, gdy parametry wytrzymałościowe są niewystarczające, konieczne jest wzmocnienie podłoża specjalnymi żywicami, wymiana na nośne lub zerwanie skrajnych warstw aż do nośnych. Wzmacniania np. podłoża betonowego klasycznego dokonywać najlepiej tą samą żywicą, którą stosuje się w danym przypadku do betonu żywicowego, ale wcześniej rozcieńczoną specjalnym rozpuszczalnikiem w ilości nie większej niż 20 %. Niezależnie od potrzeby wzmacniania podłoża, przed zastosowaniem betonu żywicowego konieczne jest wcześniejsze zagruntowanie podłoża. Przyjmuje się, że beton żywicowy o stosunku zmieszania 1:7 i mniejszym nie wymaga gruntowania, natomiast o większym (mniejszy udział żywicy) bezwzględnie musi być poprzedzony gruntowaniem. Konieczność gruntowania podłoża wynika z potrzeby zapewnienia odpowiednio dużej przyczepności, a także podpowierzchniowego wzmocnienia materiałów nasiąkliwych. Trzeba wiedzieć, że najmniejsza wytrzymałość na odrywanie w podłożu występuje na głębokości 1 do 3 mm poniżej styku z betonem żywicowym. Tak więc, często u nas spotykany sposób tylko powierzchniowego gruntowania słabego betonu (bez nasączania) mija się z celem, bowiem żywica gruntująca nie dotrze na wymaganą głębokość. Skutkiem tego wystąpi podczas obciążeń użytkowych odspojenie betonu żywicowego od podłoża. Zapamiętajmy zasadę: im słabsze podłoże, tym głębsza potrzebna penetracja gruntu. Jeżeli na powierzchni zespolenia przewidujemy dłuższą przerwę niż 60 minut, konieczne jest zakończenie gruntowania posypką suchego piasku kwarcowego, którego nadmiar zmiata się następnego dnia. Każdorazowo przed zastosowaniem betonu żywicowego, sprawdzić należy, czy nie występuje groźba wystąpienia skraplania się wilgoci na powierzchni styku tj. przekroczenia punktu rosy. Przykładową zależność występowania punktu rosy, od temperatury i wilgotności w pomieszczeniu przedstawia tablica 1. Widać, że przy typowych warunkach pracy latem np. w temperaturze powietrza w pomieszczeniu 20°C i wilgotności względnej 60 %, wystąpi przekroczenie punktu rosy, gdy temperatura, podłoża spadnie poniżej 12,0°C. Jednakże jeżeli będziemy pracować w tej samej temperaturze powietrza, ale przy wilgotności 80% (np. remontu podczas produkcji mokrej) już temperatura podłoża niższa niż 16,4°C spowoduje wykraplanie się na nim wilgoci. Spójrzmy jeszcze na aktualne prace w warunkach jesiennych. Otóż przy temperaturze powietrza 12°C i wilgotności 60% dopiero spadek temperatury podłoża poniżej 4,5°C spowoduje przekroczenie punktu rosy. Wniosek stąd: łatwiej latem wpaść w pułapkę wykraplania się wilgoci na podłożu niż jesienią. Jednakże wiosną, gdy obiekt nie był ogrzewany, przez długi czas będziemy narażeni na wykraplanie się wilgoci, pomimo dodatnich już temperatur powietrza! Z tego to powodu, wszyscy producenci żywic zalecają pracę przy temperaturze podłoża wyższej przynajmniej o 3°C niż temperatura punktu rosy w danych warunkach.

Zastosowania betonu żywicowego

Tak przydatne właściwości tego betonu w budownictwie, to:

- duża wytrzymałość na ściskanie (nawet do 130 MPa),
- duża wytrzymałość na zginanie (nawet do 40 MPa),
- duża wytrzymałość na rozciąganie (nawet do 18 MPa),

Tablica 1

temperatura powietrza °C	temperatura punktu rosy przy wilgotności względnej						
	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %
30	10,5	14,9	18,4	21,4	23,9	26,2	28,2
28	8,8	13,1	16,6	19,5	22,0	24,2	26,2
26	7,1	11,4	14,8	17,6	20,1	22,3	24,2
24	5,4	9,8	12,9	15,8	18,2	20,3	22,3
22	3,6	7,8	11,1	13,9	16,3	18,4	20,3
20	1,9	6,0	9,3	12,0	14,4	16,4	18,3
18	0,2	4,2	7,4	10,1	12,5	14,5	16,3
16	- 1,4	2,4	5,6	8,2	10,5	12,6	14,4
14	- 2,9	0,6	3,7	6,4	8,6	10,6	12,4
12	- 4,5	- 1,0	1,9	4,5	6,7	8,7	10,4
10	- 6,0	- 2,6	0,1	2,6	4,8	6,7	8,4

Tablica 2

Typowe odporności chemiczne betonu żywicowego przy temperaturze + 20 °C	
kwas solny do 32 %	metyloizobutyloketon
kwas siarkowy do 96 %	etanol
kwas fosforowy do 70 %	glikol etylenowy
kwas azotowy do 65 %	octan etylu
kwas chromowy do 10 %	czterowodorofuran
kwas fluorowodorowy do 5 %	chlorek metylenu
kwas octowy do 98 %	trójchloroetylen
kwas mlekowy do 80 %	perchloroetylen
kwas mrówkowy do 85 %	izopropanol
kwas propionowy do 99 %	gliceryna
kwas cytrynowy nasycony	woda destylowana
kwas winowy do 50 %	woda
kwas szczawiowy do 50 %	roztwór Prila stężony
amoniak do 25 %	roztwór cukru nasycony
zasada sodowa do 50 %	chlorek sodu nasycony
zasada potasowa do 50 %	chlorek żelazowy
trójetyloamina do 100 %	chlorek amonu
cykloheksyloamina do 98 %	tiosiarczan sodu
olej opałowy EL	saletra wapniowa nasycona
olej napędowy	tomasyna nasycona
olej hamulcowy	sól gorzka nasycona
olej hydrauliczny	saletrzak nasycony
benzyna super	coca cola
benzyna lakowa	piwo
nafta	sok owocowy
ksylen	wino czerwone

– bardzo szybkie utwardzanie (przykładowy przebieg utwardzania przedstawia rys. 2),
– bardzo duża przyczepność do podłoża (ponad 4 MPa),
– nieszkodliwość dla środowiska,
– minimalny skurcz w dowolnej objętości,
– duża odporność na ścieranie,
– duża odporność chemiczna (typowe odporności chemiczne przedstawia tablica 2),
– przyczepność do prawie wszystkich materiałów budowlanych oraz metali kolorowych (przykładowe zastosowanie do kotwienia balustrad na autostradzie w Austrii przedstawia fot. 2).

Pewną wadą betonu żywicowego jest jego ograniczona wytrzymałość na temperaturę (do + 60°C ciągle i + 80°C chwilowo).

Z właściwości betonu żywicowego wynika jego zastosowanie tam, gdzie zależy na:
– uzyskaniu silnych parametrów wytrzymałościowych,
– możliwości szybkiego obciążania,
– wypełnianiu miejsc trudno dostępnych,
– wypełnianiu miejsc poddawanych obciążeniom chemicznym,
– utwardzaniu się w warunkach nietypowych (np. podczas drgań)

Dziedziny zastosowań to:
– postumenty i podlewki pod mocno obciążone maszyny (bez ograniczeń),
– mocne naprawy elementów konstrukcyjnych: belki, stropy, słupy, schody itp.,
– szybkie naprawy posadzek przemysłowych i ramp z odpowiednim dopasowaniem parametrów wytrzymałościowych do posadzki naprawianej (fot. 3),
– podjazdy dla ciężkich pojazdów (również nachylone czy antypoślizgowe),
– kotwienie balustrad z dowolnych metali na autostradach, mostach, tarasach,
– kotwienie śrub, łoży i postumentów pod silnie obciążone maszyny (fot. 4),
– podsadzki pod łożyska w budownictwie mostowym,
– podbicia pod belkami wzmacniającymi przy naprawach,
– wypełnianie fug pomiędzy kostką w strefach silnych obciążeń (fot. 5).

Na koniec trzeba zauważyć, że pomimo wysokiej ceny za żywicę, koszt betonu żywicowego nie jest odstraszający ze względu na fakt, że do otrzymania największej wytrzymałości końcowej wystarczy jej zaledwie 15 % całej wagi masy. Jeżeli weźmie się pod uwagę całkowitą odporność betonu żywicowego na warunki atmosferyczne oraz nienasiąkliwość, wszystko wskazuje, że będzie i u nas produktem codzienności budowlanej – oczywiście pracowników o wysokim wyszkoleniu technicznym.

mgr inż. Jerzy B. Zembrowski
Doradca Technologii Budowlanych
SOLAR BIT Białystok