

# Beton architektoniczny

## – uwagi praktyczne

### 1. Wprowadzenie

Beton przebył długą drogę od „zwykłego”, „szarego”, by stać się betonem architektonicznym. Początkowo uważany za materiał konstrukcyjny, mimo że już w początkach XX wieku pojawiły się pierwsze konstrukcje z zastosowaniem „nagiego” betonu, po latach ciężkiej pracy i wytrwałości architektów, wykonawców i dostawców, zaczął być uważany za równorzędny z innymi materiałami dekoracyjnymi. Również w Polsce w ostatnich latach pojawiła się tendencja pojmowania betonu nie przez pejoratywne określenie „betonowe osiedla”, ale przez budzące pozytywne skojarzenie pojęcie „beton dekoracyjny”.

Na początku należy postawić pytanie: czym w ogóle jest beton architektoniczny? Nazwa sugeruje związek z architekturą, jednak w Polsce pojawiają się również określenia: elewacyjny, fasadowy i licowy. Brak precyzji w określeniu nazwy nie jest tylko naszą domeną. W języku angielskim oprócz pojęcia „architectural concrete” funkcjonują również „decorative concrete” i „visual concrete”. Stąd bardziej precyzyjnym będzie określenie, czym charakteryzuje się ten materiał. Amerykańskie Stowarzyszenie Betonu definiuje go jako beton, którego zewnętrzna i/lub wewnętrzna powierzchnia jest ekspozycyjna w obiekcie i wpływa na jego wizualny charakter. Stwierdza również, że jest on w tym celu specjalnie projektowany na etapie tworzenia dokumentacji architektonicznej i specyfikacji [2]. Natomiast Federalne Stowarzyszenie Producentów Cementu podaje, że betonem architektonicznym można nazwać beton, dla którego określone są wymagania odnośnie do powierzchni. Natomiast przez powierzchnię rozumie powierzchnię elementu, która po wykończeniu budowli pozostaje widoczna i są na niej dostrzegalne szczegóły, takie jak: tekstura, kolor, rysunek deskowania, fugi itd., które w rezultacie określają wygląd elementu lub architektoniczne oddziaływanie elementu w budowni [2].

Tyle definicje. Jak jest jednak z rzeczywistym podejściem do betonu, mającym stanowić o wyglądzie architektonicznym konstrukcji? Jakie właściwości decydują o tym, że beton może być traktowany jako beton architektoniczny? Czy o betonie, na który została nałożona powłoka malarska, również możemy

mówić jako o architektonicznym? Te i inne pytania stoją przed gronem „betonistów”, jak określił Bolesław Prus w swoich „Kronikach” osoby związane z procesem tworzenia konstrukcji z betonu.

Otóż z praktyki wynika, że odpowiedzi na powyższe pytania nie są jednoznaczne. Zależą od podejścia inwestorów, architektów i wykonawców, a dokładniej od ich różnego poziomu wiedzy na temat procesu powstawania betonu architektonicznego i ich odmiennych wyobrażeń o ostatecznym wyglądzie konstrukcji. Jednakże niezależnie od stawianych pytań i uzyskiwanych odpowiedzi, wydaje się oczywiste, że jedynym sposobem uczynienia procesu tworzenia konstrukcji z zastosowaniem betonu architektonicznego łatwiejszym i bardziej przejrzystym jest wyrównanie poziomu wiedzy na jego temat u wszystkich, którzy biorą udział w tym przedsięwzięciu.

Rozwój technologii betonu spowodował, że obecnie mamy do dyspozycji wiele różnych odmian betonu zgromadzonych pod jedną nazwą – beton architektoniczny. Jego dekoracyjność można uzyskać m.in. przez pozostawienie go w jego naturalnej formie, pod warunkiem, że będzie on wykonany z zachowaniem odpowiedniego reżimu technologicznego, który ma spowodować uzyskanie powierzchni bez porów i odbarwień, zastosowanie koloru poprzez użycie barwników nanoszonych na powierzchnię betonu (fot. 1) bądź dodawanych do mieszanki, a także przez zastosowanie kolorowych cementów, kolorowego kruszywa, wykonanie obróbki powierzchni (groszkowanie – fot. 2), skuwanie, szlifowanie, spiekanie, splukiwanie zaczynu, rozpuszczenie zaczynu, a wreszcie zastosowanie form o dekoracyjnym kształcie lub też kombinacje wymienionych metod. W ostatnich latach najbardziej rozpowszechnionymi metodami uzyskania architektoniczności betonu w Polsce jest metoda wymieniona wyżej jako pierwsza, czyli pozostawienie betonu w jego naturalnej formie. Sposób ten łączony jest często z zastosowaniem deskowania wykonanego z naturalnego drewna lub sklejk, co umożliwia uzyskanie odbicia ich struktury na powierzchni wykonywanych elementów (fot. 3).

Fot. 1. Beton pokryty kolorową powłoką



fot. Architeum

Fot. 2. Nowa faktura betonu powstała wskutek usunięcia jego wierzchniej warstwy



fot. Architeum

Fot. 3. Odzworowanie tekstury deskowania na powierzchni betonu



fot. Architeum

## 2. Uwagi do projektowania

Sukces związany z wykonywaniem konstrukcji betonowych zależy od starań wszystkich grup uczestniczących w procesie budowy. Efekt końcowy jest w równym stopniu wynikiem pracy projektanta, jak i wykonawcy. Proces tworzenia betonu architektonicznego powinien rozpocząć się na etapie projektowania. Już wtedy architekt powinien przemyśleć nie tylko to, jaki element chce zaprojektować i jaki efekt końcowy ma zostać uzyskany, ale również jakimi metodami można go wykonać, by w trakcie realizacji obiektu nie stawić przed wykonawcą wymagań przewyższających jego możliwości. Niesprecyzowanie oczekiwań dotyczących wyglądu powierzchni pociąga za sobą w dalszej kolejności między innymi niezabezpieczenie odpowiednich środków finansowych przez wykonawcę, a w konsekwencji zastosowanie niewłaściwych form, środków antyadhezyjnych, zamówienie mieszanki betonowej o nieodpowiednich właściwościach. Bardzo często okazuje się, że proces ten jest już nieodwracalny. Jedynym rozwiązaniem staje się wówczas zmiana sposobu wykończenia powierzchni lub jej naprawa.

Niezwykle istotnym czynnikiem wpływającym na właściwe wykonanie betonu architektonicznego jest nadzorowanie przez projektanta całego procesu jego powstawania. Pozwala to na wprowadzanie lub uzupełnianie wytycznych już w trakcie budowy i bardzo często staje się jedynym gwarantem uzyskania właściwego/oczekiwanego efektu. Proces ten można ograniczyć, ustanawiając wzorzec jakości powierzchni przez wykonanie elementu próbnego. Pozwoli to na uniknięcie konfliktu związanego z niesprecyzowaniem wymagań odnośnie do jakości wykonania lub też ich różną interpretacją. Innym czynnikiem wpływającym na efekt końcowy powstania betonu architektonicznego, który powinien zostać uwzględniony na etapie projektowania, jest rozmiar wykonywanych elementów oraz wielkość i rozmieszczenie zbrojenia. Obecnie utrwała się tendencja do „zalewania” konstrukcji w bardzo dużych sekcjach. Jest to odpowiednie w przypadku betonu nieekspozowanego, lecz nie jest to zalecane dla betonu architektonicznego, ponieważ przedłużający się czas betonowania prowadzi najczęściej do wystąpienia błędów w postaci odbarwień na powierzchni betonu. Do potęgowania defektów struktury prowadzić może również nieuwzględnienie przedłużającego się czasu wbudowania mieszanki, wynikającego z długiej drogi transportu pionowego w trakcie prowadzenia prac na placu budowy. Już na etapie projektowania należałoby wziąć pod uwagę, czy wykonanie ściany długości 20 m i wysokości 7 m w okresie podwyższonych temperatur nie jest z góry skazane na niepowodzenie.

Podobnie rzecz się ma ze zbrojeniem konstrukcji. Wykonanie betonu klasy B-50 czy B-60 w skomputeryzowanym węźle produkcyjnym, z zastosowaniem nowoczesnych rozwiązań materiałowych, nie stanowi już większego problemu. Dlatego kształtuje się tendencja do projektowania cienkich elementów o skomplikowanym zbrojeniu z użyciem wysokich klas betonu. Niestety powoduje to trudności z ułożeniem i zawibrowaniem mieszanki, co może być przyczyną powstania różnic w kolorze, a także raków na powierzchni betonu. W związku z tym już na etapie projektowania należałoby prze-

widzieć, jaka konsystencja będzie najwłaściwsza do wykonania danego elementu konstrukcji oraz jaki maksymalny wymiar kruszywa pozwoli na prawidłowe jego zaformowanie. W takim przypadku powinno się rozważyć, czy najwłaściwszym rozwiązaniem nie jest zastosowanie betonu samozagęszczalnego, powodującego idealne wypełnienie form.

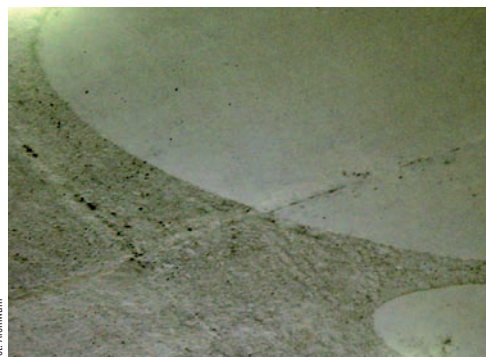
Kolejnym problemem występującym podczas wykonywania elementów konstrukcji są cyklicznie występujące pionowe rysy, które pojawiają się na krótko po zdjęciu deskowania i w istotny sposób wpływają na wygląd elementów, a szczególnie ścian. Mimo że rysy te bardzo często określane są jako rysy skurczowe, to najczęściej powstają w wyniku naprężeń termicznych. W trakcie wiązania betonu, wskutek hydratacji cementu, wydziela się temperatura, w wyniku czego element ogrzewa się. Po zdjęciu deskowania ustrój ulega ochłodzeniu, co może prowadzić do powstania dużego gradientu temperatur pomiędzy jego powierzchnią a wnętrzem elementu. W konsekwencji może to spowodować jego zarysowanie. Dlatego podczas wykonywania betonu architektonicznego, szczególnie z zastosowaniem cementów z grupy CEM I, korzystne jest wykonywanie elementów o mniejszych gabarytach lub stworzenie dla nich tzw. termosów aż do momentu osiągnięcia przez konstrukcję bezpiecznej temperatury.

Na etapie tworzenia projektu powinno się również wziąć pod uwagę użycie elementów prefabrykowanych, szczególnie dla konstrukcji, przy wykonaniu których nie można zastosować deskowań systemowych (np. skomplikowane biegi schodów). Wybierając ten typ rozwiązania, należy jednak zwrócić uwagę na to, czy prefabrykacja jest prowadzona przez doświadczoną kadre, czy używa się form o wysokiej jakości, a także czy wykonane elementy są odpowiednio zabezpieczone przed uszkodzeniem w trakcie transportu. W przeciwnym przypadku produkt końcowy może znacznie różnić się od oczekiwań projektanta.

## 3. Deskowanie

Ostateczny efekt, jaki uzyskuje beton wykonywany na budowie, jest bezpośrednio uzależniony od jakości deskowania, ponieważ oddaje on prawie wszystkie detale formy. Właściwość ta może być zaletą, jeśli do danej pracy zostanie wybrany odpowiedni typ deskowania.

Z punktu widzenia projektanta od tekstury powierzchni w ogromnym stopniu zależy wygląd betonu architektonicznego. W celu osiągnięcia odpowiedniego efektu wizualnego możliwe jest zastosowanie kilku rodzajów tekstury w jednej kon-



Fot. 4. Łączenie różnych rodzajów powierzchni w jednym elemencie



fot. Archiwum

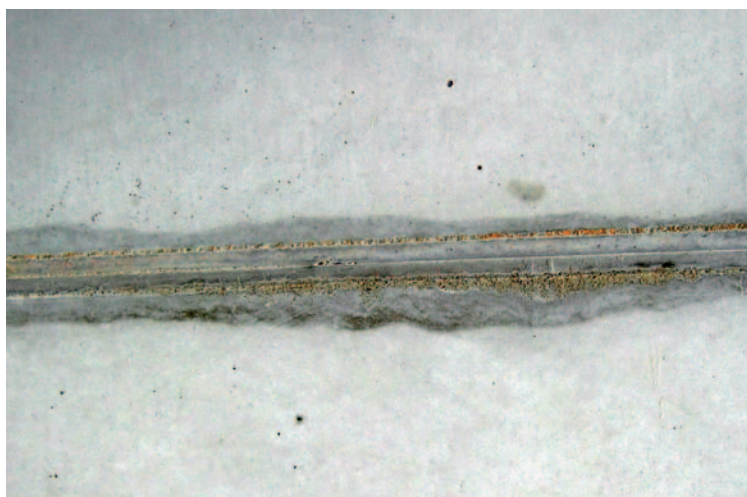
Fot. 5. Wycieki spowodowane nieprawidłowym montażem deskowania

strukcji (fot. 4). Jedną z metod zmiany wyglądu betonu jest wyeksponowanie kruszywa. Faktury kruszywowe można uzyskać w wyniku szlifowania, usunięcia wierzchniej warstwy za pomocą kwasu, jednak najczęściej spotykanym sposobem jest zastosowanie opóźniacza naniesionego na deskowanie, a następnie usunięcie wierzchniej warstwy betonu z użyciem wody pod ciśnieniem. Środek opóźniający наносzony jest w postaci pasty lub lakieru na deskowanie, bądź w postaci arkuszy papieru nasączonego opóźniaczem, umieszczanych na powierzchni deskowania. Głównym zadaniem opóźniacza jest spowolnienie lub niedopuszczenie do wiązania powierzchniowej warstwy betonu, by po rozformowaniu można było wyeksponować kruszywo, usuwając warstwę niezwiązanego zaczynu. Inne rodzaje tekstury betonu można uzyskiwać

przez zastosowanie różnych typów deskowania drewnianego, matryc plastikowych lub wykonanych z włókna szklanego, czy deskowania filtracyjnego (selektywnego). Deskowanie to pokryte jest nasiąkliwą tkaniną o włóknistej budowie. W trakcie migracji wody z betonu do tkaniny niesie ona cząstki cementu, które uszczelniają warstwę powierzchniową betonu. Deskowanie filtracyjne powoduje również odprowadzenie powietrza z powierzchni betonu, przez co staje się on prawie zupełnie pozbawiony porów powierzchniowych. Ten typ deskowania nie wymaga również stosowania środków antyadhezyjnych, co w znacznym stopniu ułatwia uzyskanie nienagannego wyglądu powierzchni betonu [5]. Mankamentem tego rodzaju rozwiązań jest jednak wysoki koszt, który ogranicza jego stosowanie tylko do wyjątkowych przypadków.

Z wymienionych rozwiązań deskowanie drewniane wydaje się być najbardziej ekonomiczne w zastosowaniu i pozwala na wykonywanie skomplikowanych elementów, trzeba jednak być ostrożnym w wyborze rodzaju drewna, bowiem jego różne gatunki powodują powstawanie innych odcieni powierzchni betonu. Jest to spowodowane wysokim stopniem absorpcji drewna. Dlatego nie należy łączyć jego różnych rodzajów w deskowaniu jednego elementu, chyba że uzyskanie zróżnicowanej kolorystyki powierzchni jest zamierzeniem przewidzianym w projekcie. Podobny efekt daje połączenie w jednym elemencie deskowania wcześniej używanego z deskowaniem nowym. Przy deskowaniu, które wykorzystano po raz pierwszy, uzyskamy barwę zdecydowanie ciemniejszą. W celu uniknięcia tego typu przebarwień nowe elementy deskowania należy postarzyć przez pomalowanie go mleczkiem cementowym.

fot. Archiwum



Fot. 6. Odbarwienia spowodowane nieuszczelnieniem deskowania

Plamami wynikającymi również z rodzaju zastosowanego deskowania są tzw. marmurki powstające w wyniku osadzania się kropelek wody na niechłonnej powierzchni deskowania. Lokalnie powstają wówczas miejsca o różnych wartościach stosunku w/c, które prowadzą do powstania jasnych i ciemnych plam. Beton o mniejszym w/c ma ciemniejszy kolor, zaś beton o wyższym w/c jest jaśniejszy [12]. Kolejnym czynnikiem, wpływającym na zmianę barwy betonu, może być niewłaściwy montaż deskowania, powodujący jego nieuszczelnienie (fot. 5). W wyniku wyciekania mleczka cementowego lub zaprawy powstaje beton o zdecydowanie ciemniejszym kolorze (fot. 6), co jest skutkiem miejscowej redukcji zawartości wody w mieszance.

fot. Archiwum



Fot. 7. Tak zwane gniazda żwirowe powstałe w wyniku nieuszczelnienia deskowania

Fot. 8. Tak zwane firanki będące skutkiem wykonywania elementów w poziomych sekcjach i niewzględnienia skurczu dolnej warstwy betonu

Większe wypływy mogą prowadzić nie tylko do zmian barwy betonu, ale także do odsłonięcia ziaren kruszywa i powstania tzw. gniazd żwirowych (fot. 7), a w konsekwencji, w szczególnych przypadkach, do osłabienia nośności konstrukcji.

Ten potencjalny problem jest zwykle redukowany, pod warunkiem że wykonawca zapewni wysoką jakość deskowania i jego montażu. Dodatkowym zabezpieczeniem może być zastosowanie uszczelki na łączeniach elementów deskowania, które będą gwarancją jego pełnej szczelności i pozwolą uniknąć nawet najmniejszych wycieków.

Uszczelnienie deskowania jest również jedynym sposobem na uniknięcie tzw. firanek na powierzchni betonu (fot. 8). Zjawisko to powstaje w wyniku

fot. Archiwum



wykonywania elementu w poziomych sekcjach, co ogranicza wysokość „zalewania” elementu. Po wykonaniu pierwszej sekcji ustawiane jest deskowanie kolejnej i na związany już beton układa się jego kolejną partię. Niestety skutek skurczu betonu pierwszej sekcji powstaje szczelina pomiędzy jego powierzchnią a deskowaniem, w którą to przestrzeń wpływa mleczko z kolejno wbudowywanej mieszanki. Mleczko to tworzy nacieki na powierzchni niższej sekcji. Rozwiązaniem jest poluzowanie deskowania pierwszej sekcji już po związaniu betonu, przyklejenie uszczelki, ponowne jego skrócenie i dopiero wówczas przeprowadzenie prac nad następną sekcją.

W trakcie projektowania powinno się również uwzględnić szerokość deskowania, kierunek jego ułożenia, podział na odcinki, rozstaw i rozmieszczenie kotew (fot. 9). Ze względu na właściwość betonu do odwzorowywania powierzchni deskowania brak planu jego ułożenia może doprowadzić do wizualnego zaburzenia zaplanowanej kompozycji architektonicznej.

#### 4. Środki antyadhezyjne

Środki antyadhezyjne do deskowania są wymagane prawie zawsze przy wykonywaniu elementów na budowie. Wyjątek stanowi przypadek stosowania form specjalnych, takich jak np. „monotuby”. Zastosowania środka antyadhezyjnego nie wymaga również wykonywanie faktur kruszywowych z użyciem środków opóźniających, gdyż w takim przypadku przyczepność formy do betonu jest niewielka [5].

Stosowanie preparatów antyadhezyjnych ma bardzo duży wpływ na ostateczny wygląd betonu, dlatego konieczne jest dokonanie odpowiedniego ich wyboru. Bardzo często już sam typ deskowania decyduje o tym, który środek jest najlepszy do realizacji danego zadania.

Środki chemiczne uzyskiwane na bazie rozcieńczonych olei są najpowszechniejszymi preparatami antyadhezyjnymi, a przez to również jednymi z najczęściej stosowanych podczas wykonywania betonu architektonicznego. Są one odpowiednie dla wielu rodzajów deskowania oraz odporne na zmywanie przez deszcz. W trakcie stosowania tego typu preparatów należy jednak zwrócić uwagę na fakt, że niektóre oleje szalunkowe użyte na niechłonnych formach mogą powodować powstawanie plam i przebarwień w postaci tzw. chmurki na powierzchni betonu, co zwykle wynika z nierównomiernego nakładania lub natryskiwania zbyt grubej warstwy preparatu (fot. 10). W miejscach o zbyt dużej koncentracji oleju antyadhezyjnego zbiera się brud i kurz, który później przylepia się do powierzchni betonu [12]. Zbyt gruba warstwa środka może również mieszać się z powierzchniową warstwą mieszanki betonowej w trakcie jej układania i wibrowania.

Innym rozwiązaniem jest zastosowanie bezolejowych i wodorocieczalnych emulsji lub past. Trzeba jednak wziąć pod uwagę to, że niektóre z tych preparatów mają tendencję do opóźniania czasu wiązania, przez co mogą wpływać na zmiany koloru betonu i powodować późniejsze pylenie powierzchni [4].

Niezależnie od stosowanego środka antyadhezyjnego



go należy zadbać, aby preparat był наносzony na czystą powierzchnię w minimalnej koniecznej ilości. W przypadku nałożenia zbyt grubej jego warstwy należy usunąć nadmiar preparatu. Przy natrykiwaniu środka należy zwrócić uwagę, czy strumień preparatu jest prostopadły do deskowania oraz czy dysza urządzenia jest czysta i wytwarza jednolity strumień.

Fot. 9. Planowanie rozmieszczenia deskowania

#### 5. Projektowanie mieszanki betonowej

Bardzo ważnym czynnikiem, który przyczynia się do stabilności wyglądu betonu architektonicznego jest używanie tych samych materiałów. Ze wszystkich składników zastosowanych do produkcji mieszanki betonowej największy wpływ na kolor wykonywanych elementów ma cement. Zatem w celu zachowania jednolitej barwy należy używać cementu tego samego typu, pochodzącego od jednego dostawcy. Równie istotne jest utrzymanie współczynnika w/c na tym samym poziomie. Stwierdzono, że zmiana w/c nawet o 0,02 prowadzi do zmiany barwy betonu [2].

Mieszanka dla betonu architektonicznego wymaga zwykle użycia większej ilości cementu niż jest potrzebne do osiągnięcia wyspecyfikowanej klasy.

Fot. 10. Efekt nierównomiernego nałożenia środka antyadhezyjnego, tzw. chmurki



Maksymalna wielkość ziarna kruszywa [mm]	Zalecana ilość miękich frakcji [kg/m <sup>3</sup> ]
8	550
16	500
32	450

Tabela 1. Zalecana zawartość frakcji miękich do 0,25 mm

Różne źródła podają minimalną ilość cementu na rozmaitych poziomach. Zwykle wartość ta nie jest mniejsza niż 350 kg/m<sup>3</sup>. Najczęściej jednak w specyfikacjach pojawia się zalecenie odnośnie do zawartości w mieszance frakcji miękich do 0,25 mm. Wartość ta powinna odpowiadać danym jak w tabeli 1 [2].

Innym, bardzo często precyzowanym w opracowaniach, parametrem jest maksymalny współczynnik w/c, który waha się między 0,55 a 0,50.

W celu zwiększenia ilości frakcji miękich dopuszczalne jest zastosowanie popiołu lotnego, trzeba jednak mieć na uwadze fakt, że wahania barwy tego materiału, wynikające ze zmieniającego się udziału strat prażenia, są o wiele większe niż zmiany kolorystyki cementu, co może w znacznym stopniu wpłynąć na wygląd betonu architektonicznego.

## 6. Układanie i zagęszczanie

Najczęstszymi wadami powstającymi wskutek nieprawidłowego układania i zagęszczania mieszanki są pozostające na powierzchni betonu pęcherze powietrza. Powstają one w wyniku błędów w czasie wibracji lub zagęszczania zbyt grubych warstw. W celu uniknięcia zamykania baniek powietrza przy powierzchni betonu zaleca się układanie mieszanki warstwami nieprzekraczającymi grubości 50 cm, a w szczególnych przypadkach (podcięte deskowanie, gęste zbrojenie) warstwami o grubości do 30 cm.

Równie ważnym czynnikiem wpływającym na efekt końcowy jest prawidłowe wibrowanie. Buława powinna być zanurzana prostopadłe w regularnych odstępach wynoszących 1,5 promienia działania, który wynosi zwykle od 8 do 10 średnic buławy wibratora. Przy większych odstępach powstaną miejsca niedowibrowane z dużą ilością pęcherzy powietrza (fot. 11). Na ilość pęcherzy na powierzchni ma wpływ także prędkość wyciągania buławy. Zbyt szybkie jej podnoszenie nie pozwala pęcherzykom powietrza na dalszą migrację ku powierzchni. Przyjmuje się, że prędkość wyciągania buławy nie powinna być szybsza niż 8 cm/s. Istotne znaczenie ma również niedopuszczenie do stykania się głowicy wibratora z deskowaniem i zbrojeniem, gdyż wprowadzenie ich w drgania może spowodować miejscową zmianę współczynnika w/c, a tym samym wpłynąć na zmianę koloru powierzchni betonu.



fot. Archiwum

Fot. 11. Nieciągłości struktury w postaci pęcherzy powietrza wynikające z nieprawidłowego zagęszczania

Fot. 12. Raki i pęcherze powietrza powstałe wskutek nieprawidłowego zagęszczania



fot. Archiwum

W górnym obszarze elementów pionowych zaleca się wtórne zawibrowanie betonu, ponieważ właśnie w tych miejscach najczęściej gromadzi się powietrze w trakcie wibrowania. Jest to skutkiem przyspieszonego wyciągania buławy w ostatnim etapie zagęszczania (fot. 12).

W czasie wbudowywania mieszanki należy również zwrócić uwagę, by przerwa między układaniem kolejnych warstw nie przekroczyła 15 min. Zbyt długi okres betonowania może doprowadzić do wystąpienia różnic w kolorystyce elementu (fot. 16) lub do powstawania kolejnego błędu – ciemnych plam na powierzchni betonu, tworzących się w wyniku zaschnięcia zaprawy na deskowaniu (fot. 13). Defekt ten występuje bardzo często podczas wykonywania elementów w wysokich temperaturach zewnętrznych.

## 7. Pielęgnacja

Równie istotny wpływ na ostateczny wygląd konstrukcji mają rodzaj i czas pielęgnacji betonu. Często bagatelizowany jest fakt, że dojrzewanie betonu w różnych temperaturach powoduje używanie odmiennych barw powierzchni betonu. Jest to niezwykle istotne przy próbach wykonywania betonu architektonicznego w warunkach obniżonych temperatur. W celu zabezpieczenia betonu przed zamrożeniem często stosowana jest pielęgnacja w postaci elektronagrzewu. Przy wykonywaniu powtarzających się elementów i tego typu pielęgnacji należałoby zachować wyjątkowy reżim technologiczny, polegający na ściślejszej kontroli czasu nagrzewania i temperatury betonu w konstrukcji. Niezachowanie tych warunków może doprowadzić do uzyskania diametralnie różnej kolorystyki powierzchni wykonywanych elementów. Podobne rezultaty daje również przetrzymywanie w deskowaniu przez różny czas poszczególnych elementów konstrukcji, nawet w naturalnych warunkach dojrzewania (fot. 14).

## 8. Naprawy

Oczekiwania kontrahentów i architektów decydujących się na zastosowanie betonu architektonicznego odnośnie do kształtu, wykończenia powierzchni, koloru i jednorodności są bardzo wymagające. Z innej strony wyjątkowość tego rozwiązania powoduje, że dość często zdarzają się problemy związane zarówno z planowaniem, jak i wykonaniem tego zadania, co w konsekwencji prowadzi do błędów. W związku z tym bardzo ważne jest stworzenie w czasie procedury naprawczej dla danej konstrukcji. Naprawy betonu architektonicznego nie są łatwe, w związku z tym jednym z rozwiązań jest wyburzenie wadliwego elementu, co niestety pociąga za sobą znaczne środki finansowe. Jednakże należy rozważyć, czy inny sposób naprawy w konsekwencji nie okaże się jeszcze bardziej kosztowny. Jednak akceptacja wykonania ze wszystkimi możliwymi defektami może nawet doprowadzić do zatrzymania budowy. Rozwiązaniem pośrednim jest opracowanie metodologii napraw, dającej rezultaty możliwe do zaakceptowania, a jednocześnie wymagającej minimalnej interwencji w strukturę wykonanego betonu.

W przypadku zabrudzeń spowodowanych innymi pracami budowlanymi, trwającymi już po wy-

konaniu elementu lub niedoczyszczeniem deskowania, najprostszym rozwiązaniem jest usunięcie ich przez umycie powierzchni betonu delikatnymi środkami czyszczącymi, zawierającymi kwas.

W celu naprawy pęcherzy, raków i innych uszkodzeń betonu konieczne jest zastosowanie drobno- lub gruboziarnistej zaprawy naprawczej lub ich kombinacji w zależności od wielkości uszkodzenia i wymaganej tekstury. Niezwykle istotne jest, w przypadku tego rozwiązania, odpowiednie dobranie koloru zaprawy do kolorystyki naprawianego elementu, w przeciwnym razie naprawa może w jeszcze większym stopniu zaburzyć wizualny odbiór konstrukcji [11] (fot. 15).

## 9. Podsumowanie

W ostatnim okresie stosowanie betonu architektonicznego przy wykonywaniu różnego typu konstrukcji stało się bardzo popularne. Świadczą o tym liczne konkursy w Polsce i na świecie, mające na celu promowanie betonu jako materiału kształtującego formy architektoniczne. Obiekty już powstałe czy też będące w trakcie realizacji, w których zastosowano beton architektoniczny, nie są już rzadkością. Przyczyniło się do tego zaangażowanie dostawców betonu, wykonawców i projektantów, którzy przez wspólne dążenie do wysokiej jakości betonu sprawili, że materiał ten przestał być tylko szkieletem dla innych materiałów i stał się ozdobą samą w sobie. Jednakże dalsze zwiększanie zastosowania betonu architektonicznego wymaga podnoszenia kwalifikacji kadry biorącej udział w procesie jego tworzenia, począwszy od architektów i projektantów przez inżynierów, a skończywszy na pracownikach budowlanych, oraz wyciągania wniosków z błędów już popełnionych i uczenia się na nich, jak w trakcie realizacji następných projektów unikać kolejnych.

**mgr inż. Krzysztof Kuniczuk – CEMEX Polska**

### Literatura

- 1 M. Jagiełło-Kowalczyk, Z. Jamróży, *Beton architektoniczny*, „Surowce i Maszyny Budowlane”, nr 2/2005, s. 41-43
- 2 *Beton architektoniczny. Wytyczne Federalnego Stowarzyszenia Producentów Cementu dotyczące przetargów, wykonania i odbiorów betonu o zmodyfikowanych wymaganiach optycznych*, Köln 1997

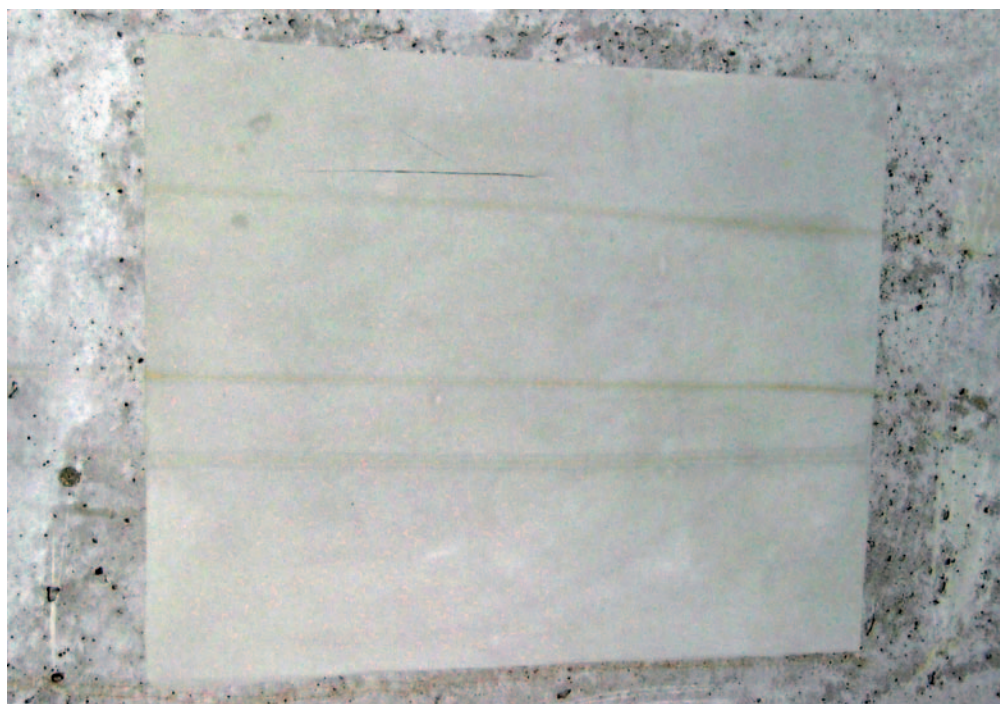


Fot. 13. Plamy powstałe wskutek zaschnięcia mleczka cementowego na powierzchni deskowania

- 3 *Architectural Concrete, R-Con Tech Letter, Vol. II No. 2, Wichita-Kansas 2000*
- 4 *Visual concrete. Specifying concrete to BS EN 206-1/BS 8500, British Cement Association, 2000*
- 5 A. Chudan, P. Woyciechowski, *Metody i środki pielęgnacji betonu w formach i in situ*, XVII Ogólnopolska Konferencja „Warsztat pracy projektanta konstrukcji”, Ustroń, 20-23 lutego 2002
- 6 J. Wójcik, S. Osowski, *Matryce do betonu architektonicznego*, *Polski Cement* nr 3/2004, s. 14-15
- 7 Z. Jamróży, *Beton i jego technologie*, Warszawa 2005
- 8 H. Michalik, *Beton w architekturze*, [www.kalejdoskopbudowlany.pl](http://www.kalejdoskopbudowlany.pl), 22 maja 2006
- 9 L. A. Boyer, *Decorative Concrete Has Come a Long Way!*, *Concrete International*, Vol. 24, No. 6, June 2002
- 10 B. Boehle, M. Hart, *Decorative Concrete at the Getty Villa*, *Concrete International*, Vol. 28, No. 4, April 2006
- 11 A. Nunes, A. Alvarez Jose, *Architectonic Concrete Repair and Rehabilitation*, *Proceedings of the 12<sup>th</sup> European Ready Mixed Concrete Congress*, Vol. 2, 23-26 June 1998, Lisbon, Portugal
- 12 P. Schmincke, *Sichtbeton – gewußt wie*, „*Beton*”, nr 40/1990, s. 285-290



Fot. 14. Zmiany barwy wynikające z różnego czasu rozdeskowania



Fot. 15. Próba dobrania zaprawy naprawczej