

Centrum Nauki Kopernik – „poligon” betonu architektonicznego

Obecnie kompozyty cementowe coraz częściej stosowane są jako materiał dekoracyjny. O sukcesie betonu architektonicznego zdecydowały zarówno względy technologiczne – podatność na modyfikacje – jak i kwestie natury socjologiczno-psychologicznej – pozytywna zmiana postrzegania przez użytkowników samego materiału. Beton architektoniczny może mieć różne oblicza: beton o licu idealnie gładkim lub odwzorującym zadaną fakturę (np. nieheblowanego drewna czy łupanego kamienia), beton z eksponowanym kruszywem, beton o naturalnym kolorze lub barwiony... Przykładem takiego zastosowania betonu na szeroką skalę może być Centrum Nauki Kopernik (CNK) w Warszawie.

Realizacja CNK stała się synonimem wyzwania dla technologii betonu architektonicznego. Poniżej opisano podstawowe problemy i sprawdzone w praktyce rozwiązania.

Wygląd elementów: zgodnie z wytycznymi Specyfikacji Technicznej, założeniem była gładka, równa i pozbawiona porów powierzchnia elementów żelbetowych. Beton w danej elewacji musiał charakteryzować się identycznym odcieniem ustalonego koloru (naturalny lub barwiony, zgodne z elementami wzorcowymi) i stopniem połysku. Niedopuszczalne były przebarwienia, smugi, tzw. chmurki, styki robocze, zacieki czy mechaniczne uszkodzenia powierzchni i naroży. Z założenia estetyka lica betonu nie może odrywać uwagi odwiedzających CNK od eksponatów, atrakcji, wystaw, pokazów... no chyba że pięknym materiału i jakością wykonania.

Dobór szalunków: wymaganiem architekta było uzyskanie elementów o założonym podziale pól. Oznaczało to m.in. uzyskanie lica ścian bez podziału w poziomie, przy typowej wysokości od 4 do 6,5 m. Takie założenia wpływały bezpośrednio na masę i gabaryty szalunków, szczególnie zaś na rozstaw ściągów, który musiał być niezmienny dla wszystkich widocznych elementów pionowych. Powyższe wytyczne należało również uwzględnić przy obliczaniu parcia mieszanki betonowej.

Lokalizacja budowy: ograniczona powierzchnia placu budowy zlokalizowanej w centrum miasta uniemożliwiała szerokie wykorzystanie pomp samochodowych. Podstawowym (ok. 70%) środkiem transportu mieszanki betonowej w obrębie budowy były więc pojemniki (z rękawami) podawane dźwi-

giem. Istotnie utrudniało to prawidłowe wbudowanie mieszanki betonowej o wysokich wymaganiach w stosunku do jakości powierzchni elementów poprzez: wydłużenie czasu wbudowania, konieczność zaangażowania liczniejszej ekipy oraz prawidłową koordynację prac logistycznych na budowie. Pozostałą ilość wbudowano przy użyciu pomp samochodowych, a budynek świetlicy z wykorzystaniem betonu kolorowego wykonano metodą pompowania od dołu do góry.

Geometria elementów: w betonie architektonicznym zrealizowano pełną gamę elementów o różnicowanym kształcie i wymiarach: ściany (w tym ukośne), słupy, belki, łuki, płyty stropowe, krążyny i kopułę. Wszystkie elementy ukośne charakteryzowały się precyzyjnie określonym kątem pochylenia/przenikania: 57° lub 157°. Szczególnie skos o kącie rozwarcia 157° utrudniał całkowite wyprowadzenie powietrza z powierzchni w szalunkach zamkniętych.

Czas realizacji: uzgodniony termin zakończenia realizacji budowy wymuszał wykonywanie elementów z betonu architektonicznego niezależnie od warunków atmosferycznych i pór roku. Kapryśna jesień czy upalne lato nie mogły zaburzać cyklu wykonywania 3 do 5 ścian każdego dnia, niezmiennie z betonu o identycznych właściwościach i jakości lica.

W celu spełnienia wymagań architekta i inwestora opracowano pełną technologię realizacji wszystkich elementów z betonu architektonicznego.

Produkcja i transport zewnętrzny: wytypowano jedną wytwórnię betonu towarowego Warbud Beton Sp. z o.o., wyposażoną w węzeł grzewczy. Zapewniało to produkcję mieszanki przy zachowanym reżimie kolejności i czasu dozowania składników oraz czasu i energii mieszania. Mieszanka betonowa transportowana była betonomieszarkami w ilości po 6 m³/ładunek. Ustalono kilka opcji tras przejazdu i wytypowano grupę kierowców.

Formowanie elementów: jako podstawowy szalunek wybrano typ Varo o wysokości 7,5 m uzbrojony sklejką o takiej samej wysokości. Każdy zestaw szalunków został dodatkowo wyposażony w minimum dwa siłomierze montowane do ściągów oraz cztery pneumatyczne wibratory przyczepne wysokoobrotowe. Z jednej strony umożliwiało to bezpieczną pracę personelu na wysokości 7,5 m, z drugiej natomiast zachowanie pionowości szalunków, przeciwdziała-





nie rozszczelnieniu, „klawiszowaniu” i sfałowaniu sklejki. Ponadto prawidłowe wbudowanie wydużało ogólny czas eksploatacji sklejki i pozwalało na pełną kontrolę zachowania się mieszanki betonowej w szalunkach podczas całego cyklu wbudowania. Kwestią o fundamentalnym znaczeniu było zagęszczenie mieszanki. Wykorzystano wysokoobrotowe wibratory przyczepne oraz wibratory pogrążalne. Rozmieszczenie wibratorów i czas wibracji dla każdego typu elementu (ściana prosta, ściana skośna, słup itd.) dobrano doświadczalnie. Przykładowo dla typowego elementu ściany o wysokości 6,5 m wykorzystywano 18 m³ mieszanki betonu architektonicznego, wbudowywanej 4-5 godzin przez zespół sześciu pracowników + laborant.

Dojrzewanie i pielęgnacja betonu: reżim rozformowania elementów również ustalono doświadczalnie. W trakcie realizacji w okresie letnim pojawiały się lokalne przebarwienia lica. Problem rozwiązano poprzez całkowite otwarcie szalunków, w momencie gdy beton uzyskał wytrzymałość na ściskanie 10 ÷ 15 N/mm². W żadnym wypadku nie można było pozostawiać betonu w kontakcie ze sklejką w czasie dłuższym niż ok. 16 godzin, także w okresie zimowym.

Pielęgnację realizowano poprzez szczelne przykrycie wierzchu elementu wraz z wykotwieniami, co zabezpieczało beton przed opadami atmosferycznymi jak i nadmiernym odparowaniem wody. Dodatkowo elementy zabezpieczano do wysokości min. 2 m od dołu przed uszkodzeniami mechanicznymi w trakcie dalszych prac budowlanych.

Recepty betonu: opracowane w Laboratorium Betonu CTC oraz Zakładzie Betonu IBDiM (Warszawa), musiały spełniać wymagania każdego etapu realizacji różnych elementów niezależnie od warunków atmosferycznych. Jako optymalną wybrano mieszankę o konsystencji 625 ± 25 mm rozplywu z odwróconego stożka i wysokiej mobilności (testy t500 oraz V-funnel). Szczególnie lekkość mieszanki musiała stanowić kompromis między łatwością odpowietrzania, brakiem segregacji i parciem na szalunek. Czas zachowania właściwości mieszanki betonowej, przy jej temperaturze od +12 do +30°C, utrzymano na poziomie 120 minut od momentu załadunku na wytwórni. Dodatkowo opracowano skład mieszanki o konsystencji klasy S4, dla formowania stropów nad konstrukcją stalową z mega-kratownic. W trakcie realizacji często modyfikowano podstawowe składy betonu, zawsze jednak zachowując stałe parametry:

- wartość stosunku woda/cement
- skład spoiwa (proporcja cement/dodatek)

- rodzaj, pochodzenie i jakość poszczególnych partii składników.

Opracowano recepty betonu klas C30/37 (podstawowa) i C40/50. Występowały przy tym równoległe mieszanki nienapowietrzone i napowietrzone (4 ÷ 6% obj.), zależnie od warunków eksploatacji docelowych elementów.

Podstawą składu były precyzyjnie dobrane, najnowsze domieszki upłynniające z gamy CHRYSO®Fluid Optima. W okresie jesienno-zimowym stosowano przy tym wersję domieszki o składzie specjalnie opracowanym na potrzeby budowy CNK.

Szczególnym rodzajem betonu architektonicznego, zwińczającym realizację CNK, był **beton kolorowy**. Wykorzystano go w postaci ukośnych, zewnętrznych ścian dociskowych wraz ze stropem, tworzących wieloboczną bryłę świetlicy. Jako trwałe zabarwienie struktury betonu wykorzystano dodatek mielonej rudy żelaza (magnetyt, hematyt), o rozdrobnieniu zbliżonym do stosowanego cementu (przemiał w Polsce). Badania wykonane w IBDiM w pierwszym etapie pozwoliły wytypować odpowiednie proporcje zaczynu. Oficjalnie próbka nr 7 (z 12) została podpisana przez architekta i zatwierdzona jako wzorzec. Na bazie tego zaczynu opracowano ostatecznie receptę betonu klasy C30/37 ASCC, przy dodatkowym wymaganiu stopnia mrozoodporności F150. Uzyskaną jakość betonu architektonicznego będzie mógł zweryfikować każdy chętny w trakcie wizyty w CNK. Ostateczny efekt świadczy o pełnym zaangażowaniu i praktycznej wiedzy wszystkich uczestników realizacji, w szczególności jednostek nadzoru. Wielkość i zakres wykonanych prac stawia CNK jako czołową tego typu inwestycję w Europie.

Robert Walkowiak

Adam Wleklak

Dane:

Inwestor:

Nadzór autorski:

Generalny wykonawca:

Nadzór nad robotami betonowymi:

Dostawca betonu:

Dostawca domieszek,

opracowanie recept betonu: Chryso Polska sp. z o.o. – dyr. J. Błoński, P. Ortega, M. Skrzypczyński, R. Walkowiak

Dostawca szalunków

i wibratorów:

Ilość betonu

architektonicznego:

Razem:

Stożeczny Zarząd Rozbudowy Miasta

„RAR-2” Laboratorium Architektury Gilder+Kubec, Jan Kubec
WARBUD SA Region Centrum – dyr. W. Gerber, kier. kontraktu
M. Matwiszyn, kier. budowy M. Janikowski

A. Wleklak wspólnie z Zakładem Betonu IBDiM (D. Bebtacz,
P. Kamiński)
Warbud Beton Sp. z o.o.

Peri Polska – dyr. M. Wrzosek, P. Gulak, P. Dziegielewski

C30/37 S4, „naturalny” – 2800 m³
C30/37 ASCC, „naturalny” – 2924 m³
C30/37 ASCC + F150, „naturalny” – 1586 m³
C30/37 ASCC + F150, „kolorowy” – 114 m³
C40/50 ASCC, „naturalny” – 80 m³
7504 m³