



foto: Archiwum autorów

Domieszka opóźniająca wiązanie jako ważny składnik betonu stosowanego w konstrukcjach masywnych

Betonowa konstrukcja masywna to szczególnie wymagający element zarówno dla producenta betonu, jak i wykonawcy. Znajomość całego procesu jej tworzenia i wykorzystania jest bardzo ważna w kontekście trwałości gotowego elementu. Poniższy artykuł przedstawia na przykładzie pracy wykonanej w Biskupicach Podgórnym koło Wrocławia betonowanie płyty fundamentowej o objętości około 2500 m³ i grubości 0,70-1,55 m, gdzie konieczne było wydłużenie urabialności mieszanki betonowej do zakładanych 16 godzin w celu prawidłowego połączenia się poszczególnych warstw płyty fundamentowej.

1. Wprowadzenie

Termin „beton masywny” obejmuje grupę elementów lub obiektów, dla których należy uwzględnić dodatkowe wymagania. Dotyczą one przede wszystkim ograniczenia wpływu ciepła hydratacji spoiwa zawartego w betonie. Aby określić, czy dany element uznaje się za masywny, można skorzystać z klasyfikacji konstrukcji betonowych na podstawie modułu powierzchniowego, który wylicza się według poniższego wzoru:

$$m_p = S/V$$

gdzie:

S – oznacza pole powierzchni elementu [m²]

V – objętość elementu

Tabela 1. Klasyfikacja konstrukcji betonowych

Rodzaj konstrukcji	Moduł powierzchniowy (m _p) [m ²]	Samoocieplenie betonu [°C]
Niemasywna	> 15	1 do 3
Średniomasywna	2 do 15	3 do 20
Masywna	< 2	> 20

Tabela 2. Parametry dwóch rozważanych produktów

	Ciepło hydratacji [J/g]	Początek czasu wiązania [min]	Powierzchnia właściwa [cm ² /g]
CEM V/A (S-V) 42,5 N-LH/HSR/NA	244	295	3971
CEM III/A 42,5 N – LH/HSR/NA	243	231	4463

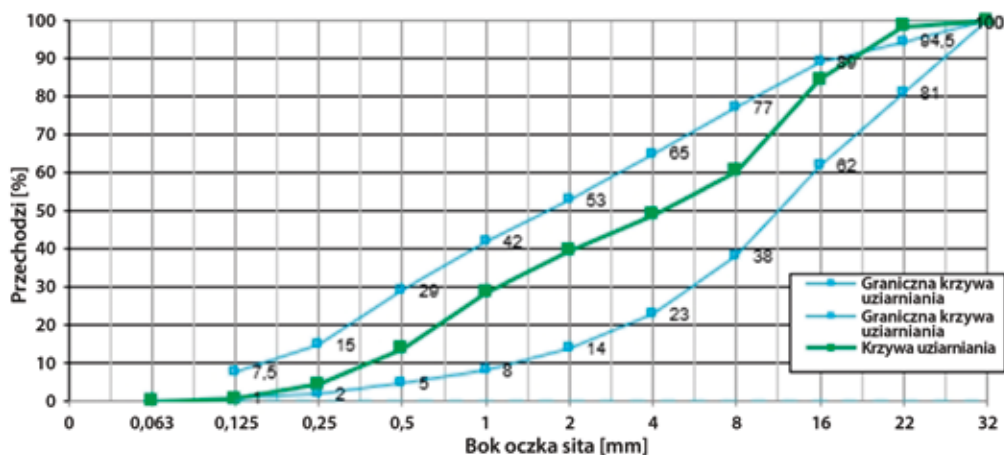
W przypadku budowy w Biskupicach Podgórnym moduł powierzchniowy (m_p) wynosił 0,89 [m⁻¹]. Konstrukcję można zatem zaliczyć do masywnych. Ze względu na wymiary konstrukcji oraz egzotermiczną naturę procesu hydratacji cementu przy doborze składników betonu należy zwrócić szczególną uwagę na ograniczenie ciepła hydratacji spoiwa w celu zmniejszenia gradientu temperatury wewnątrz elementu. Wystąpienie naprężeń termicznych jest niebezpieczne dla tzw. młodego betonu, czyli takiego, który nie jest już mieszanką betonową, ale jeszcze nie można go określić stwardniałym betonem. Jeżeli w młodym betonie gradient temperatury wyniesie powyżej 20°C, we wnętrzu młodego betonu mogą wystąpić naprężenia rozciągające, które po przekroczeniu wytrzymałości młodego betonu spowodują pękanie termiczne. Aby temu zapobiec, należy odpowiednio zaprojektować mieszankę betonową oraz zastosować właściwą pielęgnację (w razie potrzeby izolację termiczną mającą na celu zmniejszenie oddawania ciepła z powierzchni betonu).

2. Opracowanie receptury mieszanki betonowej

Firma MAPEI jako dostawca domieszek – we współpracy z firmą Sanbet, producentem mieszanki betonowej – została poproszona o opracowanie receptury na płytę fundamentową zalewaną w jednym ciągu. Podczas wielogodzinnego betonowania wbudowano w sumie 2460 m³.

Ze względu na charakter elementu zdecydowano się na zastosowanie cementu o niskim ciepłe hydratacji. W tabeli 2 zestawiono parametry dwóch rozważanych produktów.

Po przeanalizowaniu powyższych parametrów, które mają wpływ na gradient temperatury wewnątrz masywnego elementu, zdecydowano się na zastosowanie CEM V/A (S-V) 42,5 N-LH/HSR/NA charakteryzującego się podobnym ciepłem hydratacji jak bardziej rozpoznawalny cement hutniczy. Przy doborze cementu ważne również były kwestie eko-



Wykres 1. Krzywa uziarnienia

nomiczne. Dodatkowo wykorzystano popiół lotny. Zdecydowano o użyciu kruszywa $D_{max}=22$ mm, na co pozwoliła geometria zastosowanego zbrojenia. Zabieg ten umożliwił zmniejszenie ilości cementu w mieszance, co ograniczyło wydzielanie ciepła podczas hydratacji. Zastosowano powyższą krzywą uziarnienia (wykres 1).

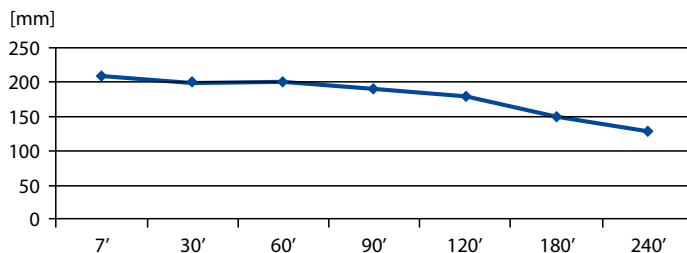
W przypadku domieszek wybór padł na superplastyfikikator Dynamon SX34 oraz domieszkę opóźniającą wiązanie Mapetard. Potrzeba opóźnienia wiązania wynikała z dużej objętości betonu (około 2500 m^3) i potrzeby betonowania w kilku warstwach. Czas, w którym jedna warstwa betonu zostanie wylana na kolejną, obliczono na maksymalnie około 16 godzin. W celu odpowiedniego dobrania dozowania domieszki opóźniającej wiązanie przeprowadzono serię testów, z których ustalono optymalną dawkę na 0,6% m.c. Sprawdzono utrzymanie konsystencji oraz możliwość zawibroowania betonu po 16 godzinach butawą. Domieszka Mapetard okazała się nieodłącznym składnikiem betonu masywnego.

3. Betonowanie

Betonowanie wykonano przy pomocy trzech wózków betoniarskich oraz dwóch pomp na budowie. Całkowity czas pracy wyniósł około 32 godzin i zrealizowano ją w dość wysokiej temperaturze ($24-27^\circ\text{C}$). Ze względu na ilość betonu było to duże wyzwanie logistyczne. Mimo to prace przebiegły bez zakłóceń, a zakładana ilość domieszki opóźniającej pozwoliła na połączenie się poszczególnych warstw w płycie. Podczas prac laboratorium Labtechno prowadziło monitoring rozwoju temperatury we wnętrzu płyty. Maksymalna zarejestrowana temperatura betonu wyniosła $49,8^\circ\text{C}$ i nie przekroczyła maksymalnej dozwolonej temperatury 70°C . Gradient temperatury badany w jednym z miejsc nie przekroczył 20°C . Na płycie nie zaobserwowano spękań termicznych, stąd można uznać, że podjęte środki na poziomie projektowania mieszanki oraz pielęgnacji były wystarczające w kontekście jakości gotowego elementu.

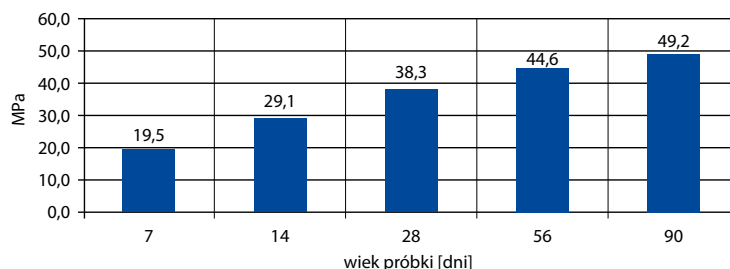
4. Analiza wyników

Wytrzymałość na ściskanie badanego betonu przedstawiono na wykresie 3. Zakładaną klasę wytrzymałości C25/30 beton spełnił po 28 dniach dojrzewania. Na wykresie wyraźnie widać, że przyrost wytrzymałości dla



Wykres 2. Zmiana konsystencji w funkcji czasu

CEM V/A (S-V) 42,5 N-LH/HSR/NA pomiędzy 28. a 90. dniem dojrzewania jest znaczny i wynosi ponad 10 MPa.



Wykres 3. Wykres narastania wytrzymałości na ściskanie w czasie

5. Podsumowanie

Betonowanie tak dużego elementu jest wyzwaniem logistycznym dla betoniarni oraz stawia technologa przed koniecznością dokonania odpowiednich analiz na poziomie doboru składników betonu oraz proporcji pomiędzy nimi. Dzięki właściwym założeniom i zabiegom podjętym przy doborze składu mieszanki betonowej oraz podczas prowadzenia prac inwestycja została zrealizowana bez zakłóceń.

Jakub Augustyn, główny technolog betonu

Mapei Polska sp. z o.o.

Wojciech Sikorski

dyrektor ds. produkcji i sprzedaży

Sanbet Fabryka Betonu W.,S. Piotrowscy Sp.j.



foto: Archiwum autorów