

# Zależność wytrzymałości $R_7 / R_{28}$ w produkcji betonu towarowego

## Wstęp

Prognozowanie wytrzymałości dwudziestoosmiodniowej betonu we wcześniejszych okresach jest zagadnieniem niekiedy bardzo istotnym. Nie jest to jednak możliwe do określenia na podstawie samych własności cementu, gdyż na wartość końcową wytrzymałości ma wpływ nie tylko cement, ale również stosowane kruszywo, dodatki oraz domieszki, a także skład projektowanej mieszanki betonowej. Prognoza końcowa uwarunkowana jest więc wieloma indywidualnymi czynnikami specyficznymi dla poszczególnych grup produkcyjnych czy też nawet poszczególnych wytwórni betonu. Zagadnienie winno być więc traktowane indywidualnie, niemniej w sensie ogólnym prognozy można dokonać oceny na bazie wielu wyników poddając je obróbkę statystyczną. W niniejszym opracowaniu podano analizie wyniki wytrzymałości siedmiodniowej i dwudziestoosmiodniowej betonów produkowanych na kruszywach żwirowych przy zastosowaniu różnych rodzajów cementów.

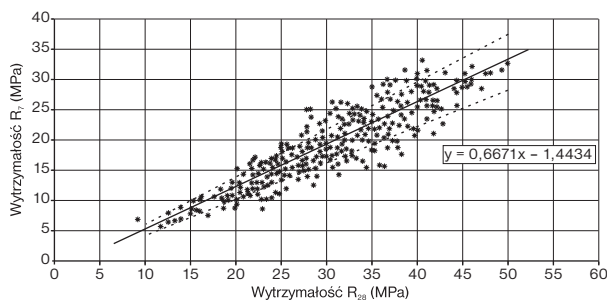
## Sposób uzyskania wyników i charakterystyka mieszanek

Analizowane wyniki pochodzą parami z jednej betonmieszarki z produkcji betonu towarowego niektórych wytwórni RMC Polska z okresu mniej więcej ostatniego roku produkcji. Pobierano je zarówno na wytwórni betonu, jak i na budowach. Bez względu na miejsce pobrania, próbki przechowywane były przez cały okres pielęgnacji w warunkach zbliżonych do warunków laboratoryjnych. W receptach stosowano cementy produkowane przez RMC Polska, piaski i kruszywa żwiro-

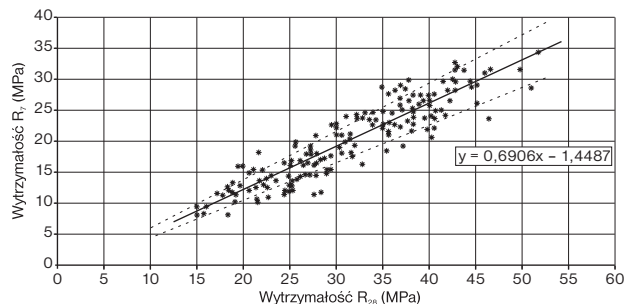
we frakcjonowane o sprawdzonej jakości, domieszki z firm Isola Bauchemie i MC Bauchemie w postaci typowych, popularnych plastyfikatorów i superplastyfikatorów, dodatki w postaci popiołu lotnego w ilościach rzędu 25 do 30% do m.c. Zdecydowana większość wyników pochodzi z mieszanek o konsystencji półciekłej (K 4) o temperaturze mieszanki w momencie pobierania próbek w granicach pomiędzy 8 a 26°C. Próbki pochodziły z klas betonu od B7,5 do B40 przy współczynniku  $W/(C+0,4*P)$  w granicach pomiędzy 0,9 a 0,45 (gdzie W – ilość wody, C – ilość cementu, P – ilość dodatku).

## Analiza wyników

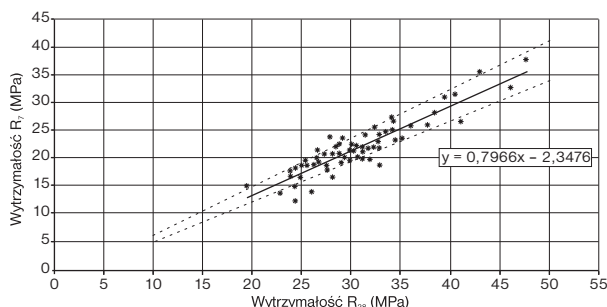
Uzyskane wyniki poddano analizie (w pierwszej kolejności indywidualnie dla każdej wytwórni i rodzaju cementu) i nie stwierdzono wyraźnych różnic w zależności wytrzymałości  $R_7$  do  $R_{28}$  dla tego samego cementu. I tak dla cementu CEM II/B-S 32,5 R z dodatkiem popiołu lotnego wartości średnie  $R_7/R_{28}$  mieściły się dla poszczególnych wytwórni w granicach 0,599 do 0,636, a bez dodatku popiołu lotnego w granicach 0,591 do 0,727, dla CEM I 32,5 R z dodatkiem popiołu lotnego w granicach 0,684 do 0,727 oraz dla CEM II/B-V 42,5 R w granicach 0,717 do 0,757. Wyniki zestawiono więc zbiorczo dla poszczególnych cementów z dodatkami lub bez dodatków w układzie wytrzymałości 28-dniowej na osi odciętych, a wytrzymałości 7-dniowej na osi rzędnych. Na zestawione tą drogą wyniki naniesiono linię trendu. Przyjęto dla uproszczenia linię trendu w postaci linii prostej. Ponieważ rzeczywiste wyniki



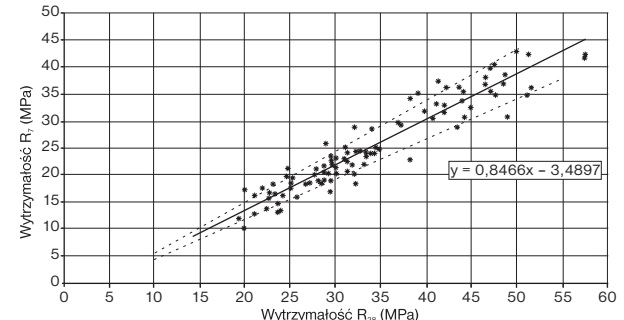
Rys. 1. Zależność  $R_7$  od  $R_{28}$  dla betonów z cementem CEM II BS 32,5 R i popiołami lotnymi



Rys. 2. Zależność  $R_7$  od  $R_{28}$  dla betonów z cementem CEM II BS 32,5 R



Rys. 3. Zależność  $R_7$  od  $R_{28}$  dla betonów z cementem CEM I 32,5 R i popiołami lotnymi



Rys. 4. Zależność  $R_7$  od  $R_{28}$  dla betonów z cementem CEM II BV 42,5 R

nie leżały w całości na linii trendu wprowadzono dwie linie ograniczające zakres rozrzutu wyników – linię górną i dolną. Linie te określono na bazie współczynnika zmienności obliczanego jako proporcja odchylenia standardowego do wartości średniej. Linia górna powstała więc jako iloczyn wartości linii trendu pomnożonej przez wartość 1 plus współczynnik zmienności wyrażony w setnych, linia dolna jako 1 minus współczynnik zmienności wyrażony w setnych. Uznano, że obszar pomiędzy liniami ograniczającymi jest obszarem najczęstszego występowania zależności pomiędzy  $R_7$  i  $R_{28}$  w produkcji. Uzyskane efekty tak prowadzonej analizy przedstawiono na rysunkach 1 do 4 zamieszczonych poniżej oraz w tabeli nr 1.

Dysponując tak bogatą bazą danych przeprowadzono również analizę wpływu na wartość proporcji  $R_7/R_{28}$  innych parametrów mieszanek betonowych. Pewien charakterystyczny wpływ zauważono dla zmiennej wartości współczynnika  $W/(C+0,4*P)$ . Dla ułatwienia opisu tej zależności przyjęto również jako linię trendu linię prostą. Im wyższa była wartość współczynnika wodno-spoiwowego, tym niższa była wartość  $R_7/R_{28}$ . Ilustrują to rysunki 5 do 7. Świadczy to o nieliniowości zależności  $R_7$  od  $R_{28}$  dla różnych współczynników wodno-spoiwowych, co jednak dla uproszczenia analizy w niniejszej pracy pominięto. Na zjawisko to zwraca uwagę A. M. Neville w swoim dziele pt. „Właściwości betonu”.

#### Ocena wiarygodności analizy

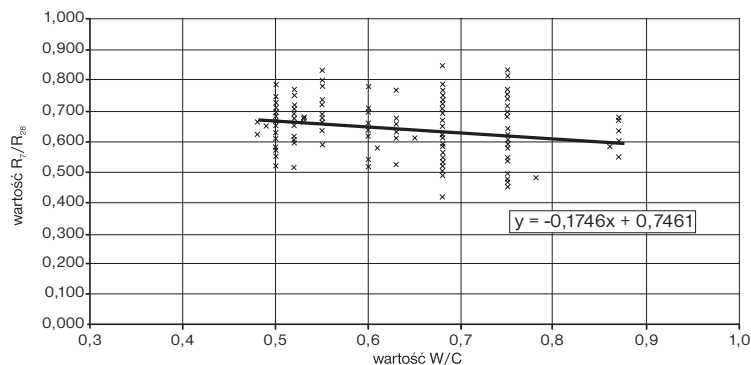
Analiza prowadzona była na wynikach pochodzących z bieżącej produkcji betonu towarowego wytwórni RMC Polska. Wyniki są więc skażone zarówno sposobem produkcji, sposobem pobierania i przechowywania, zmiennymi warunkami temperaturowymi w czasie produkcji i wieloma innymi czynnikami. Niemniej jednak są to wyniki rzeczywiste, takie jakie uzyskiwano i to jest, moim zdaniem, zaletą przeprowadzonych analiz, tym bardziej że udało się ustalić pewne tendencje w analizowanych zależnościach, pomimo występujących rozrzutów wartości. W niektórych przypadkach populacja wyników jest jeszcze zbyt mała i należy kontynuować gromadzenie danych dla lepszej oceny występujących prawidłowości. Niemniej jednak zależności te będą miały nadal tylko charakter orientacyjny, który z pewnym prawdopodobieństwem pozwoli na prognozę wytrzymałości  $R_{28}$  na podstawie wyników siedmiodniowych.

#### Wnioski

Przeprowadzone zestawienia wykazały, że z wystarczającą dla celów przybliżonej oceny dokładnością można przyjmować liniową zależność wytrzymałości  $R_7$  od  $R_{28}$ . Wartość tej zależności uwarunkowana jest rodzajem stosowanego cementu oraz stosowanymi dodatkami, a także składem mieszanki betonowej. Stosowanie dodatków w postaci popiołu lotnego wpływa na obniżenie wartości  $R_7$  w stosunku do  $R_{28}$ . Proporcja ta, choć pominięto to w analizie, uzależniona jest też od klasy betonu integralnie związanej z współczynnikiem wodno-spoiwowym (cementowym). Uzyskane wartości proporcji  $R_7/R_{28}$  są zbliżone z wartościami publikowanymi w literatu-

Tabela. 1. Zbiorcze zestawienie wyników

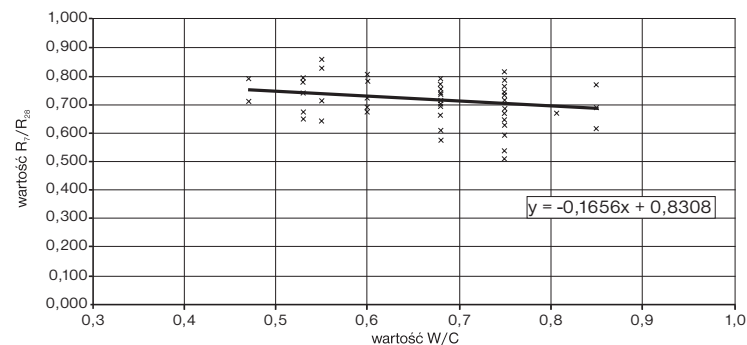
Rodzaj cementu	Dodatki	Liczba wyników	R <sub>7</sub> /R <sub>28</sub>			y = a*x + b	
			Średnia	Odchylenie standardowe	Współczynnik zmienności (w setnych)	a	b
CEM II/B-S 32,5 R	Popiół	440	0,615	0,084	0,137	0,6671	-1,4434
CEM II/B-S 32,5 R		196	0,640	0,083	0,130	0,6906	-1,4487
CEM I 32,5 R	Popiół	68	0,718	0,067	0,093	0,7966	-2,3476
CEM II/B-V 42.5 R		106	0,734	0,084	0,114	0,8466	-3,4897



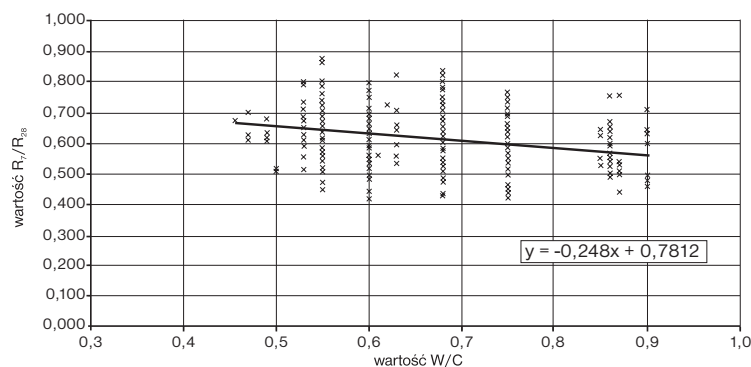
Rys. 6. Zależność  $W/C$  od proporcji  $R_7/R_{28}$  dla betonów na cemencie CEM II BS 32,5 R

rze przedmiotu, np. Z. Jamróży „Beton i jego technologii”, PWN 2000. Niemniej jednak stosowanie cementów żuźlowych, popiołowych oraz dodatku popiołu lotnego wymaga analitycznego podejścia do takich zależności i wymaga przyjęcia wartości  $R_7$  w stosunku do  $R_{28}$  niższych o około 5% przynajmniej w przypadku analizowanych powyżej wyników (i dla temperatury dojrzewania betonu wynoszącej 20°C).

dr inż. Zbigniew Kołacz, RMC Polska



Rys. 7. Zależność  $W/(C+0,4*P)$  od proporcji  $R_7/R_{28}$  dla betonów na cemencie CEM I 32,5 R z popiołami lotnymi



Rys. 5. Zależność  $W/(C+0,4*P)$  od proporcji  $R_7/R_{28}$  dla betonów na cemencie CEM II BS 32,5 R z popiołami lotnymi