

# Wpływ wieku betonu na nośność styku w elementach zespolonych typu „beton-beton”

Mgr inż. Dominika Franczak, dr hab. inż. Anna Halicka, Politechnika Lubelska

## 1. Wprowadzenie

Pojęcie „betonowy element zespolony” oznacza element konstrukcyjny, który powstał w wyniku połączenia dwóch betonów: „pierwotnego” oraz uzupełniającego. Celem i istotą konstruowania takich elementów jest zapewnienie możliwie najlepszej współpracy łączonych betonów w przenoszeniu obciążeń, pozwalającej na pełne wykorzystanie nośności elementu zespolonego. Dlatego też nośność styku oraz parametry ją kształtujące mają istotne znaczenie w analizach konstrukcji zespolonych.

Podstawowym czynnikiem determinującym nośność styku jest przyczepność pomiędzy łączonymi betonami. Jest ona istotna nie tylko w eksploataowanym już elemencie, ale może mieć znaczenie w stadiach realizacyjnych, kiedy łączone betony nie osiągnęły jeszcze pełnej wytrzymałości, a stopień ich dojrzałości jest różny. Pomimo wielu badań dotyczących betonowych konstrukcji zespolonych, nie odnaleziono zbyt wielu danych pokazujących rozwój tej przyczepności w zależności od wieku łączonych betonów. Dlatego też w niniejszym artykule podjęto ten właśnie temat, relacionując badania własne próbek zespolonych z niezbrojonym stykiem między betonami, łączonymi w różnym wieku.

## 2. Przyczepność między betonami i dotychczasowe badania jej narastania w czasie

Przyczepnością czyli adhezją (łac. „adhaesio” – przyleganie) nazywa się zjawiska fizykochemiczne na granicy stykających się materiałów, prowadzące do ich wzajemnego połączenia. Wśród nich można wyróżnić [5]:

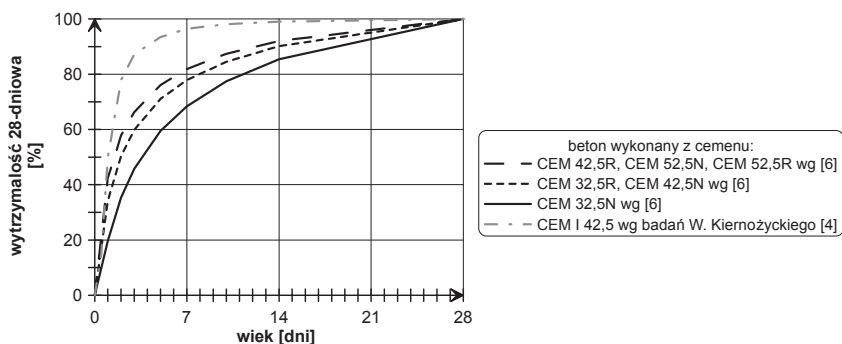
1) adhezję mechaniczną – ząbianie się łączonych materiałów po stwardnieniu „kleju” wnikałego w pory i nierówności powierzchni elementu pierwotnego, 2) adhezję właściwą (specyficzną) – zjawiska adsorpcji (wiązania chemiczne, wiązania wodorowe, siły Van der Waalsa), zjawiska elektrostatyczne i dyfuzja.

Za miarę przyczepności uznaje się siłę, jaka jest potrzebna do rozłączenia stykających się materiałów. Nie można jednak mówić o uniwersalnej nośności styku, ponieważ może panować w nim różny stan naprężenia, zależny od schematu statycznego elementu zespolonego. Nośność styku odnoszona jest zatem najczęściej do wytrzymałości na rozciąganie, ale również na ścinanie, ścinanie ze ściskaniem, przecinanie oraz skręcanie. Wytrzymałości te narastają w miarę dojrzewania betonu. Przypuszczać można, że przyrostowi w czasie podlega też przyczepność, o czym świadczą wyniki nielicznych badań z tego zakresu [1, 3].

W pracy [1] przedstawiono wyniki badań nośności styku na ścinanie, analizując wpływ klasy betonu nowego na rozwój tej nośności w okresie 14 dni jego dojrzewania oraz wpływ szorstkości powierzchni styku betonu pierwotnego i skurczu nadbetonu na rozwój długoterminowej (2-letniej) nośności styku na ścinanie. Autorzy [1] zaobserwowali, że im wyższa jest klasa wytrzymałości nadbetonu, tym większa jest nośność styku, ale przy niższych klasach betonu „nowego” stosunek nośności styku do jego wytrzymałości na ściskanie jest wyższy. Można zatem wnioskować, że w czasie dojrzewania przyrosty wytrzymałości betonu i nośności styku nie były jednakowe.

Wyniki tych badań są o tyle nieścisłe, że autorzy ustalali wzajemny stosunek dwóch wielkości badanych w innych schematach (wytrzymałości na ściskanie i nośności styku na ścinanie). Natomiast w prezentowanych poniżej badaniach własnych analizowano próbki zarówno jednolite, jak i zespolone, badane na rozciąganie przez rozłupywanie. Zatem poniżej zestawione są dane dotyczące rozwoju tej właśnie wytrzymałości w czasie dojrzewania betonu.

Zgodnie z normą [6], średnią wytrzymałość betonu na rozciąganie  $f_{ctm}(t)$ , zależną od wieku  $t$ , można oszacować na podstawie wzoru:



**Rys. 1.** Porównanie przyrostów wytrzymałości betonów na rozciąganie w okresie 28 dni dojrzewania według [4] oraz według normy [6]

**Tabela 1.** Skład mieszanki betonowej

Cement [kg/m <sup>3</sup> ]	Woda [l/m <sup>3</sup> ]	Piasek [kg/m <sup>3</sup> ]	Żwir [kg/m <sup>3</sup> ]
450	177	461	1312

$$f_{ctm}(t) = (\beta_{cc}(t))^{\alpha} \cdot f_{ctm} \quad (2.1)$$

w którym:

$f_{ctm}$  – średnia wytrzymałość na rozciąganie betonu po 28 dniach dojrzewania,

$\beta_{cc}$  – współczynnik zależny od wieku betonu  $t$

$$\beta_{cc}(t) = \exp \left[ s \left( 1 - \sqrt{\frac{28}{t}} \right) \right] \quad (2.2)$$

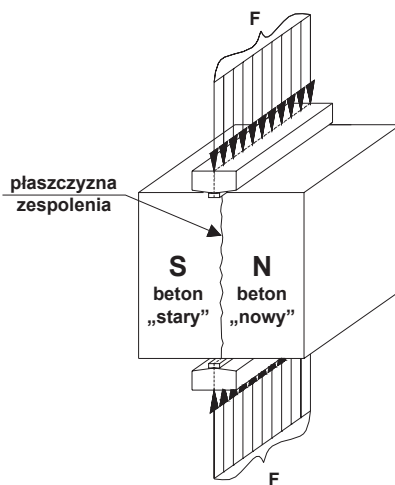
$s$  – współczynnik zależny od rodzaju cementu:  $s=0,2$  dla CEM 42,5R, CEM 52,5N oraz CEM 52,5R;  $s=0,25$  dla CEM 32,5R, CEM 42,5N;  $s=0,38$  dla CEM 32,5N,  $\alpha$  – współczynnik równy:  $\alpha=1$  dla  $t < 28$ ,  $\alpha=2/3$  dla  $t \geq 28$ .

Przyrost wytrzymałości na rozciąganie istotnie zależy od temperatury, warunków pielęgnacji, wysychania oraz od wymiarów elementów, i dlatego zaleca się [6], aby wzór (2.1) służył raczej do „pierwszego przybliżenia” wytrzymałości na rozciąganie  $f_{ctm}(t)$  niż do jej dokładnego obliczenia. Na przyrost wytrzymałości w czasie, a szczególnie w jej początkowym okresie, istotny wpływ mają również: stosunek  $w/c$ , wymiary elementów, skład mieszanki, rodzaj cementu oraz kruszywa. Zatem dla właściwej oceny przyrostu wytrzymałości

betonu na rozciąganie najodpowiedniejsze są bezpośrednie badania doświadczalne.

### 3. Program i przebieg badań

Celem badań było rozpoznanie, jaki wpływ na rozwój przyczepności w elementach zespolonych typu „beton-beton” mają: wiek łączonych betonów i rodzaj cementu. Do wykonania mieszanki betonowej zastosowano dwa rodzaje cementów. Z uwagi na to, iż konstrukcje zespolone znajdują powszechne zastosowanie w mostownictwie, w badaniach zastosowano oprócz cementu portlandzkiego CEM I 32,5R, także cement

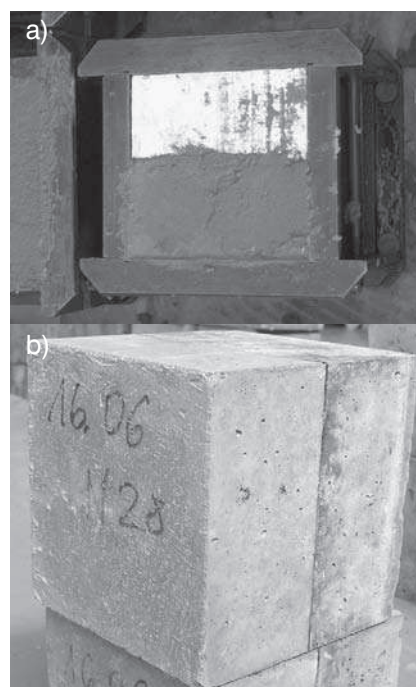


**Rys. 2.** Schemat badań

CEM I 42,5 N-HSR/NA potocznie określane jako „mostowy”. Cement ten jest zaliczany do grupy cementów specjalnych, dla których szczegółowe wymagania podane są w normie [7]. Przy wykonywaniu betonów na obydwu cementach zastosowano tę samą recepturę, przyjmując  $w/c=0,4$ . Recepturę tę przedstawiono w tabeli 1.

Badania główne wykonano na zespolonych próbkach sześciennych o wymiarach 150 x 150 x 150 mm poddanych rozciąganiu przez rozłupywanie. Styk między betonami usytuowany był pionowo, w osi przykładanych sił. Schemat badań przedstawiono na rysunku 2.

Próbki zostały wykonane dwuetapowo. W pierwszym etapie w formach układano beton „stary” S (rys. 3a), pozostałą przestrzeń wypełniając styropianem. Po odpowiednim okresie dojrzewania betonu, usuwano styropian i przygotowywano powierzchnię styku poprzez oczyszczenie z mlecza cementowego stalowymi szczotkami oraz nawilżenie wodą. Następnie formę uzupełniono betonem „nowym” N (rys. 3b). Próbki podczas



**Rys. 3.** Próbki zespolone poddane badaniom: a) forma z ułożonym betonem „starym” S, b) próbka zespolona

**Tabela 2.** Sposób oznaczenia serii próbek w poszczególnych grupach badań

Grupa próbek	Beton „stary”	Rodzaj cementu	Wiek betonu S w chwili połączenia z betonem N		Beton „nowy”	Rodzaj cementu	Wiek betonu N w chwili badania
1	S	(I)	28	+	N	(I)	t
2	S	(I)	t	+	N	(I)	28
3	S	(II)	28	+	N	(I)	t
4	S	(I)	28	+	N	(II)	t

(I) – CEM I 32,5 R, (II) – CEM I 42,5N HSR/NA  
t – ilość dni dojrzewania betonu, t = 3 lub 7, 14, 28

dojrzewania poddawane były pielęgnacji poprzez nawilżanie wodą. Wykonano cztery grupy badań. Sposób oznaczenia serii w poszczególnych grupach badań przedstawia tabela 2, każda seria odpowiada okresowi dojrzewania betonu „nowego” lub „starego”. Pierwsze dwie grupy próbek wykonano z betonu, do którego użyto cementu portlandzkiego CEM I 32,5R (symbol (I)). W trzeciej i czwartej grupie próbek połą-

czono betony wykonane z dwóch rodzajów cementów CEM I 32,5R (symbol (I)) oraz CEM I 42,5N HSR/NA (symbol (II)). W grupach 1, 3 i 4 beton „stary” po okresie 28 dni dojrzewania został połączony z betonem „nowym” dojrzewającym przez t=3 lub 7, 14 i 28 dni. W grupie 2 beton „stary” po 3, 7, 14 i 28 dniach dojrzewania został połączony z betonem „nowym” dojrzewającym przez 28 dni.

#### 4. Wyniki badań

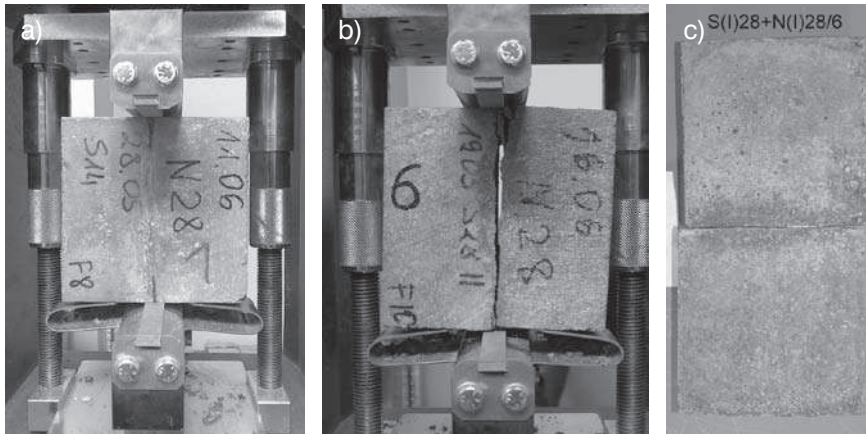
Szczegółowe wyniki badań zestawiono w tabeli 3. Podano tam parametry wytrzymałościowe użytych materiałów – średnią wytrzymałość na ściskanie i rozciąganie oraz średnią nośność próbek zespolonych na rozciąganie. Wytrzymałości na rozciąganie (zarówno próbek monolitycznych, jak i zespolonych) ustalono na podstawie badań próbek rozłupywanych korzystając ze wzoru normowego [6]:

$$f_{ctm} = 0,9 \cdot f_{ctm,sp} \quad (4.1)$$

Rozrzuty wytrzymałości na rozciąganie betonów składowych oraz nośności próbek zespolonych kształtowały się na podobnym poziomie osiągając wartości odpowiednio: od 3,5 do 11% (w przypadku jednej serii 15%) i od 2 do 13,5%. Rozrzuty wy-

**Tabela 3.** Zestawienie wyników badań

Seria	Wytrzymałość betonów składowych w chwili badania				Nośność próbek zespolonych	Współczynnik	
	beton stary		beton nowy			efektywności zespolenia $\alpha_z$ [%]	dynamiki przyrostu nośności styku $\beta_{pz}$ [%]
	$f_{cm}$ [MPa]	$f_{cm}$ [MPa]	$f_{cm}$ [MPa]	$f_{cm}$ [MPa]	$f_{ctm} / v_{fc}$ [%]		
GRUPA 1							
S(I)28+N(I)3	55,14	2,84	40,49	2,35	2,33 / 7,8%	99	95
S(I)28+N(I)7	56,07	3,31	47,99	2,86	2,31 / 15,4%	81	94
S(I)28+N(I)14	55,33	3,28	47,86	3,04	2,36 / 5,6%	78	96
S(I)28+N(I)28	53,38	3,34	52,03	3,12	2,45 / 10,8%	78	100
GRUPA 2							
S(I)3+N(I)28	50,82	3,39	49,40	3,55	3,08 / 6,6%	91	100
S(I)7+N(I)28	57,97	3,58	52,24	3,47	2,87 / 3,8%	81	93
S(I)14+N(I)28	53,64	3,35	49,22	2,73	2,86 / 6,4 %	105	93
S(I)28+N(I)28	53,38	3,34	52,03	3,12	2,45 / 10,8%	78	80
GRUPA 3							
S(II)28+N(I)3	50,36	3,32	36,95	2,64	2,33 / 10,1%	88	81
S(II)28+N(I)7	59,96	3,37	45,16	2,74	2,46 / 7,4 %	90	86
S(II)28+N(I)14	53,27	3,34	51,6	2,99	2,66 / 8,7%	89	93
S(II)28+N(I)28	55,59	3,34	50,09	3,13	2,87 / 3,5%	92	100
GRUPA 4							
S(I)28+N(II)3	49,42	3,22	29,75	2,08	1,9 / 8,6%	91	69
S(I)28+N(II)7	51,21	3,38	42,70	2,47	2,29 / 9,9%	93	84
S(I)28+N(II)14	55,45	3,35	44,76	2,65	2,50 / 10,6%	94	91
S(I)28+N(II)28	51,70	3,48	51,34	3,14	2,74 / 7,1%	87	100



**Rys. 4.** Próbkę podczas badań: a) próbka w ramce do badania wytrzymałości na rozciąganie, b) obraz zniszczenia przez rozwarstwienie w płaszczyźnie styku, c) płaszczyzny styku betonów po zniszczeniu

trzymałości na ściskanie wynosiły od 1,5 do 12%. We wszystkich przypadkach badań próbek serii S28+Nt beton „nowy” w chwili badania był słabszy niż beton „stary”. Osiągnięto praktycznie jednakową 28-dniową wytrzymałość na rozciąganie betonu „nowego”. Zniszczenie wszystkich próbek zespolonych nastąpiło poprzez rozwarstwienie w płaszczyźnie styku lub poprzez rozwarstwienie w płaszczyźnie styku z niewielkim zniszczeniem w warstwie nadbetonu.

## 5. Analiza wyników

### 5.1. Przyrost nośności próbek zespolonych podczas dojrzewania betonu

W celu porównania dynamiki przyrostu nośności próbek zespolonych w grupach 1, 3 i 4, w których beton „stary” dojrzewał 28 dni, obliczono względny przyrost nośności styku  $\beta_{pz}$  zdefiniowany jako:

$$\beta_{pz} = \frac{f_{ctm}(S28+N(t))}{f_{ctm}(S28+N28)} \quad (5.1)$$

gdzie:

$f_{ctm}(S28+N(t))$  – średnie naprężenia niszczące próbkę zespoloną S28+N(t);

t – wiek betonu „nowego” w chwili badania;

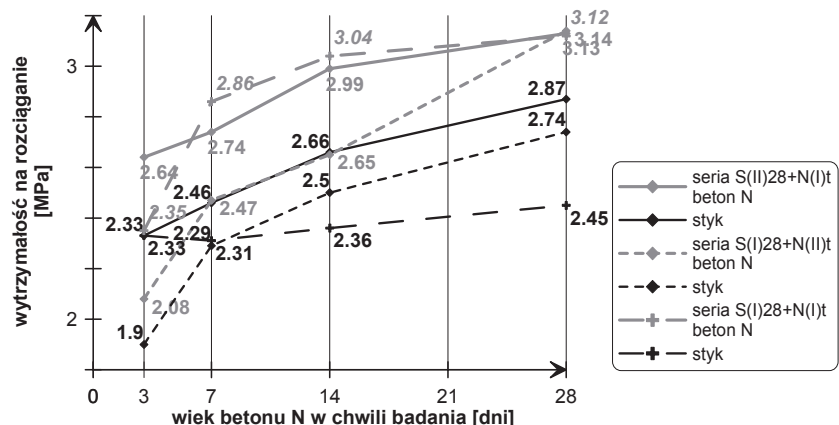
$f_{ctm}(S28+N28)$  – średnie naprężenia niszczące próbkę zespoloną S28+N28.

We wszystkich seriach tych grup końcowe wytrzymałości betonu „nowego” na rozciąganie były pra-

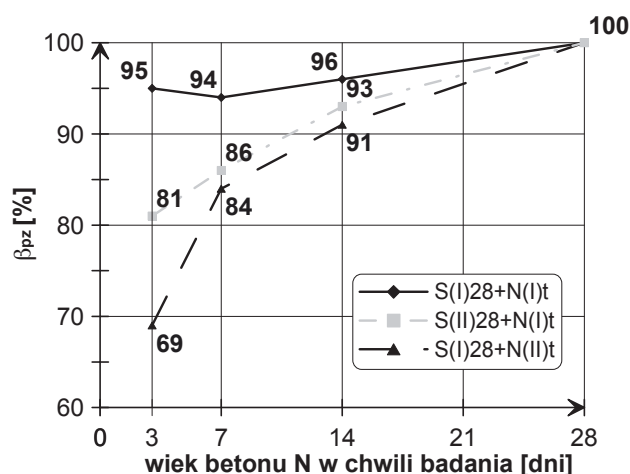
wie jednakowe i stanowią dobry poziom odniesienia.

Przyrosty nośności próbek zespolonych poszczególnych serii S28+N(t) na tle przyrostu wytrzymałości na rozciąganie betonu nowego pokazano na rysunku 5, a przyrost współczynnika  $\beta_{pz}$  na rysunku 6.

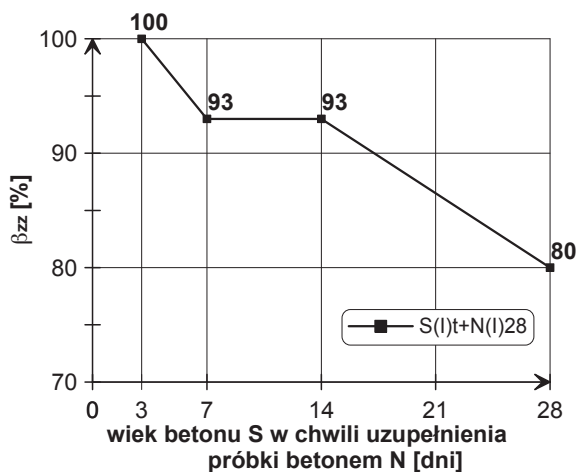
Analizując rysunek 5 i porównując przyrost nośności, między 3 i 7 dniem, próbek zespolonych wykonanych z dwóch rodzajów cementu można zauważyć, że szybciej przyrastała nośność próbek, w których beton N wykonano przy użyciu zwykłego cementu portlandzkiego niż cementu mostowego. Odpowiada to tendencji szybszego narastania wytrzymałości cementu CEM I 32,5R, co jest zgodne z deklarowaną przez producen-



**Rys. 5.** Przyrost nośności próbek zespolonych serii S(I)28+N(I)t, S(II)28+N(I)t i S(I)28+N(II)t na tle przyrostu wytrzymałości na rozciąganie betonu N



**Rys. 6.** Względny przyrost nośności próbek serii S(I)28II+N(I)t, S(II)28+N(I)t oraz S(I)28+N(II)t



Rys. 7. Względne zmniejszenie nośności próbek zespolonych S(I)t+N(I)28

ta wczesną jego wytrzymałością. Największy przyrost nośności próbek serii S(II)28+N(I)t oraz S(I)28+N(II)t przypadł na pierwszych 7 dni dojrzewania betonu nowego, a w kolejnych okresach dojrzewania pomiędzy 7 i 14 dniem oraz 14 i 28 dniem odnotowano przyrost nośności próbek odpowiednio o 7 i o 7÷9%. Zaobserwowano, że przyrost nośności próbek betonów następuje wraz z przyrostem wytrzymałości betonu N. Istotny jest zwłaszcza przyrost wytrzymałości betonu N w pierwszych 7 dniach jego dojrzewania. Analizując rysunek 6 stwierdzić można, że w seriach S(I)28+N(II)t oraz S(II)28+N(I)t występuje prawidłowość regularnego przyrostu współczynnika  $\beta_{pz}$ , natomiast za-

skakująco dużą wartość ma on w przypadku serii S(I)28+N(I)t, w której beton „nowy” w chwili badania miał 3 dni. W przypadku serii S(I)t+N(I)28, w której dobetonowywanie następowało przy różnym poziomie dojrzałości betonu „starego”, nośność próbek zmniejszała się ze wzrostem wieku betonu „starego” w chwili dobetonowania. Dlatego zastosowano współczynnik  $\beta_{zz}$  (rys. 7), zdefiniowany jako:

$$\beta_{zz} = \frac{f_{ctm(St+N28)}}{f_{ctm(S3+N28)}} \quad (5.2)$$

gdzie:

$f_{ctm(St+N28)}$  – średnie naprężenia niszczące próbki zespolone S3 (lub 7, 14, 28) + N28,

$f_{ctm(S3+N28)}$  – średnie naprężenia niszczące próbkę zespoloną S3+N28. Próbki, w których dobetonowanie następowało, gdy beton „stary” miał 3 dni (S3+N28) były w chwili badania najmłodsze, a mimo to styk wykazywał największą nośność. Procesy przyczepności właściwej – chemicznej wynikającej z hydratacji cementu zachodziły tam intensywniej niż w przypadku próbek, w których dobetonowanie nastąpiło do 7-, 14- lub 28-dniowego betonu, skutkując znaczną przyczepnością.

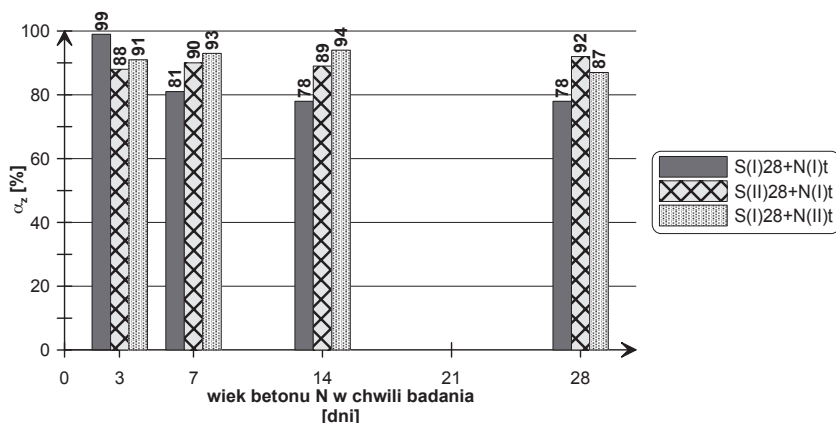
### 5.2. Współczynnik efektywności zespolenia

W pracy [2] zaproponowano, aby efektywność zespolenia opisywać współczynnikiem efektywności zespolenia  $\alpha_z$ , którym jest stosunek naprężeń niszczących próbkę zespoloną  $f_z$  do naprężeń niszczących próbkę monolityczną  $f_m$  wykonaną ze słabszego z betonów, badaną w tym samym schemacie:

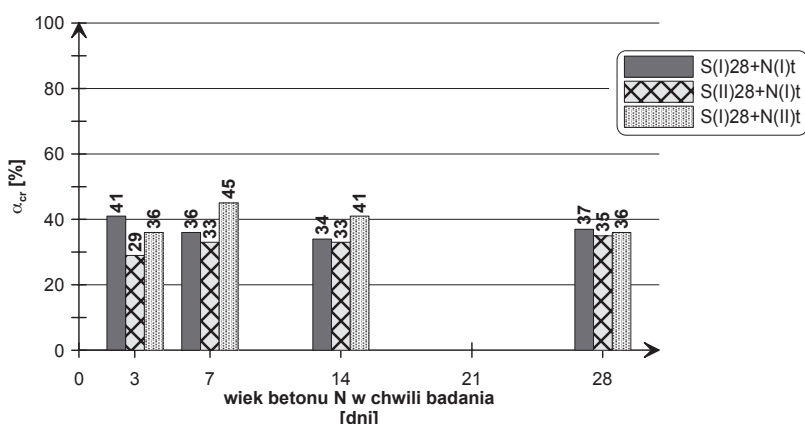
$$\alpha_z = \frac{f_z}{f_m} \quad (5.3)$$

We wszystkich przypadkach beton „nowy” był w chwili badania słabszy od „starego”, bądź co najwyżej miał zbliżoną do niego wytrzymałość, więc współczynniki efektywności odnoszono do betonu nowego. Porównanie wartości współczynników efektywności zespolenia serii S28+Nt, przedstawia rysunek 8.

Z analizy rysunku 8 wynika, że w przypadku próbek serii S(I)28+N(I)t wartości współczynnika  $\alpha_z$  pomiędzy 3 a 7 dniem dojrzewania betonu N uległa zmniejszeniu. Jest to spowodowane tym, że nośność próbek badanych po 3 dniach dojrzewania betonu N osiągnęła 95% nośności próbek S(I)28+N(I)28, a jej przyrost był nieco szybszy niż przyrost wytrzymałości samego betonu N, który po 3 dniach dojrzewania osiągnął 75% 28-dniowej wytrzymałości. Nie zauważono istotnych zmian wartości współczynnika efektywności zespolenia



Rys. 8. Współczynniki efektywności zespolenia próbek serii S(I)28+N(I)t, S(II)28+N(I)t oraz S(I)28+N(II)t



**Rys. 9.** Skorygowana wartość współczynnika efektywności zespolenia (stosunek siły rysującej do wytrzymałości na rozciąganie słabszego z betonów) próbek serii S(I)28II+N(I)t, S(II)28+N(I)t oraz S(I)28+N(II)t

nia próbek serii S(II)28+N(I)t oraz S(I)28+N(II)t, pomimo iż wystąpił przyrost nośności próbek i wytrzymałości betonu N. Wynika to z faktu, iż wartości bezwzględne nośności próbek serii S28+N(t) były porównywalne z wytrzymałościami betonu N (różnice pomiędzy ich wartościami wahały się w granicach 6÷14,5%), a ich przyrosty miały podobny charakter.

**5.3 Siła niszcząca a siła rysująca**

Zauważono, że zarysowanie styku następowało znacznie wcześniej niż zniszczenie próbek zespolonych. Oznacza to, że nośność próbki zespolonej badanej przez rozłupywanie nie jest równoznaczna z nośnością styku na rozciąganie, gdyż na nośność próbki miały wpływ naprężania docisku w strefie przykładania siły. Dlatego wyznaczono skorygowaną wartość współczynnika efektywności zespolenia  $\alpha_{cr}$  (rys. 9) zdefiniowaną jako:

$$\alpha_{cr} = \frac{f_{cr}}{f_{ctm,s}} \tag{5.4}$$

gdzie:

$f_{cr}$  – średnie naprężenia rysujące styk próbki zespolonej;

$f_{ctm,s}$  – średnia wytrzymałość na rozciąganie słabszego z betonów.

Nie zaobserwowano wpływu wieku betonu na wartość stosunku śred-

niej siły rysującej do średniej siły niszczącej próbki zespolone. Jego wartość kształtowała się na podobnym poziomie dla każdej serii próbek z danej grupy. Wyraźnie najwcześniej, w stosunku do nośności próbki, zarysowaniu uległy styki próbek serii S(II)28+N(I)t, zarysowanie to pojawiło się przy obciążeniu wynoszącym 33÷38% wartości siły niszczącej. W pozostałych seriach pierwsza rysa w styku wystąpiła przy obciążeniu wynoszącym 39÷48% wartości siły niszczącej.

**6. Wnioski**

Na podstawie przeprowadzonych badań i analiz wyników można sformułować następujące wnioski.

1. Nośność próbek w przypadku łączenia betonu „starego” dojrzewającego 28 dni z betonem „nowym” rośnie wraz z przyrostem wytrzymałości betonu „nowego”. Nie zaobserwowano istotnych zmian wartości współczynnika efektywności zespolenia  $\alpha_z$  w seriach S28+Nt, w zależności od wieku betonu „nowego” w chwili badania.
2. Dynamika rozwoju przyczepności pomiędzy betonem 28-dniowym a betonem „nowym” zależy od dynamiki przyrostu wytrzymałości betonu „nowego”, co potwier-

dzają wyniki badań próbek wykonanych z różnych cementów. Nośność próbek, gdy beton „nowy” wykonany był z cementu o wysokiej wytrzymałości wczesnej, przyrastała szybciej niż w przypadku cementu o normalnej wytrzymałości wczesnej.

3. W przypadku dobetonowania do betonu „starego” (dojrzewającego 3, 7, 14 lub 28 dni) zaobserwowano, że im beton „stary” jest młodszy w chwili dobetonowania betonu „nowego”, tym nośność próbek jest większa, różnica sięga 20%.

4. Stosunek siły rysującej do siły niszczącej próbki zespolone w przypadku łączenia betonu „starego” dojrzewającego 28 dni z betonem „nowym” był niezależny od wieku betonu „nowego”.

5. Z uwagi na to, iż na przyczepność dwóch betonów wpływa wiele czynników – planuje się dalsze badania mające odpowiedzieć na pytanie, jaki jest rozwój nośności styków pracujących w innych stanach naprężenia oraz czy na nośność styku ma wpływ tzw. efekt skali oraz kierunek betonowania.

**BIBLIOGRAFIA**

[1] Beushausen H., Alexander M. G., Bond strength development between concretes of different ages, Magazine of Concrete Research, 60, No. 1, February 2008, s. 65–74

[2] Halicka A., Studium naprężeń i odkształceń w płaszczyźnie styku i strefie przypodporowej elementów zespolonych z udziałem betonów skurczowych i ekspansywnych, Wydawnictwa Uczelniane, Lublin 2007

[3] Halicka A., Franczak D., Rozwój przyczepności między dwoma betonami w czasie twardnienia betonu, Budownictwo i Architektura, Wydawnictwa Uczelniane, Lublin 2009

[4] Kiernożycki W., Betonowe konstrukcje masywne, Polski Cement, Kraków 2003

[5] Król M., Halicka A., Tur W., Konstrukcje zespolone z udziałem betonu zwykłego i ekspansywnego, Wydawnictwa Uczelniane, Lublin 1997

[6] PN-EN 1992-1-1: wrzesień 2008 Eurocod 2 Projektowanie konstrukcji z betonu Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków

[7] PN-B-19707 Cement. Cement specjalny. Skład, wymagania I kryteria zgodności