

Tadeusz Hop

ZESPALANIE BETONÓW O RÓŻNYM WIEKU

1. Czynniki wpływające na jakość zespалania betonów o różnym wieku

Jakość zespolenia betonów różnowiecznych w przerwach roboczych, złączach, stykach i spoinach ma istotny wpływ na nośność i sztywność konstrukcji betonowych zarówno monolitycznych, jak i prefabrykowanych.

Problem zespалania betonów różnowiecznych jest przedmiotem badań już przez około pół wieku [1]. Stwierdzono, że na jakość tego zespolenia mają wpływ zarówno czynniki fizyko-mechaniczne jak i chemiczne. Są to w szczególności: wiek jednego i drugiego z zespalanych betonów, stan powierzchni betonu starszego, sposób przygotowania tej powierzchni i jej wilgotność, cechy betonu młodszego (konsystencja, skład, rodzaj cementu, zawartość dodatków), sposób nanoszenia młodszego betonu oraz warunki jego dojrzewania.

Aby styk był nie gorszy wytrzymałościowo od słabszego z łączonych betonów, nie wystarczą takie zabiegi jak dekarbonizacja, nakuwanie i nawilżanie powierzchni starszego z betonów czy też wibrowanie betonu świeżo nakładanego [2]. Pełne zespolenie nastąpi dopiero wtedy, kiedy na styku powstaną zrosty krystaliczne produktów hydratacji spoiwa w jednym i drugim betonie. Aby mogła wytworzyć się pośrednia warstwa takich zrostów, musi dojść do należytego zwilżenia powierzchni starego betonu przez składnik lepki betonu nowego. Niedoborowi tego składnika i ewentualnie niskiej jego jakości można zaradzić przez wprowadzenie do styku dodatkowego zaczynu cementowego. Odpowiednio przygotowany zaczyn może spełnić z bardzo dobrym rezultatem rolę kleju [1,2].

2. Poprawa efektywności zespalania betonów za pomocą kleju cementowego

Jakość koloidalnego kleju cementowego zależy przede wszystkim od miękkości cementu oraz od stosunku W/C.

Z badań dawniejszych [2] i z aktualnie prowadzonych badań własnych [3] wynika, że miękkość cementu wpływa zarówno na końcową wytrzymałość kleju cementowego, jak i na tempo wzrostu tej wytrzymałości w czasie. Powierzchnię właściwą rzędu $3000 \text{ cm}^2/\text{g}$ wykazują zwykle cementy portlandzkie bez dodatkowego przemiału. Chcąc podnieść ten wskaźnik na poziom 5000 do $7000 \text{ cm}^2/\text{g}$, trzeba poddawać cement dodatkowemu przemiałowi. Tylko specjalne cementy wysokiej jakości mogą osiągać powierzchnię właściwą rzędu 4500 do $5000 \text{ cm}^2/\text{g}$. Ponieważ zmiana stopnia rozdrobnienia od 5000 do $7000 \text{ cm}^2/\text{g}$ daje niedużą stosunkowo poprawę jakości kleju cementowego, więc autorzy pracy [2] zalecają pozostawianie przy niższej z tych wartości. Mniej kosztowny będzie wtedy przemiał cementu.

Trzeba dążyć do tego, by stosunek W/C osiągał wartości zbliżające się do 0,25. Nie należy przekraczać wartości $W/C = 0,35$. Przy $W/C = 0,25$ klej cementowy ma konsystencję pasty. Można go upłynnić przez wibrowanie. Najlepsze efekty dała wibroaktywacja przy częstotliwości 10 000 drgań/min. i amplitudzie 0,3 mm lub przy częstotliwości 14000 drgań/min. i amplitudzie 0,1 mm. Zadawalające okazało się również wibrowanie o częstotliwości 3000 drgań/min. i amplitudzie 0,5 mm. Przy stosunku $W/C = 0,35$ nanoszenie kleju cementowego nie jest uwarunkowane wibroaktywacją.

Klej cementowy można uplastycznzyć dodatkiem odpowiedniej substancji powierzchniowo czynnej, np. żużla posulfitowego w ilości $0,1 \div 0,2\%$ licząc od ciężaru cementu.

Chcąc przyspieszyć osiągnięcie potrzebnej wytrzymałości przez klej cementowy, stosuje się dodatek CaCl_2 (2% w stosunku do cementu).

Przy łączeniu betonu świeżego z betonem stwardniałym pośrednia warstwa kleju cementowego powinna mieć grubość $1 \div 1,5 \text{ mm}$.

Zastosowanie kleju cementowego nie zwalnia oczywiście od czyszczenia i nawilżania starego betonu.

Badania własne dotyczą kleju z cementów portlandzkich Wiek 50 i Chełm 450.

Cement wiek 350 charakteryzował się następującymi wartościami powierzchni właściwej: 2820 (normalny przemiał), 5150 i 6000 cm^2/g (z przemiałem dodatkowym). Stosunek wody do cementu wynosił 0,28. Jako plastyfikator służył Klutanit w ilości około 0,1% (ciężarowo) w stosunku do cementu. Najpierw dodawano do cementu połowę przewidzianej ilości wody z całym dodatkiem Klutanitu. Po wstępnym wymieszaniu wprowadzano pozostałą ilość wody i poddawano tworzony zaczyn działaniu homogenizera (ok. 14000 obr/min.) z jednoczesnym wibrowaniem za pomocą aparatu VE-BE. Zasadnicza część procesu mieszania trwała około 3-4 minut.

Przy wyższych wartościach powierzchni właściwej upłynnianie kleju stawało się trudniejsze i skracał się okres jego urabialności (żywności).

Cement Chełm 450 wykazywał następujące wartości powierzchni właściwej: 3120 (normalny przemiał), 4950 i 5575 cm^2/g (z dodatkowym przemiałem).

Warto tu zaznaczyć, że klej cementowy może być wykorzystany do łączenia gotowych elementów betonowych, np. w ustrojach warstwowych. Nośność takiego połączenia zależy od: powierzchni właściwej cementu, stosunku W/C, sposobu upłynniania kleju, dodatków uplastyczniających i przyspieszających tężenie, grubości skleiny, wilgotności środowiska, wstępnego dojrzewania kleju, nacisku.

Powierzchnie łączonych elementów trzeba oczyścić i nawilżyć. Najlepszy jest klej z cementu poddanego dodatkowemu przemiałowi pozwalającemu uzyskać powierzchnię właściwą do 7000 cm^2/g . Można też użyć wysokojakościowego cementu o powierzchni właściwej do 5000 cm^2/g . Stosunek W/C nie powinien przekraczać wartości 0,25. Do upłynniania kleju trzeba stosować wibrowanie o częstościach i amplitudach podanych przy omawianiu łączenia betonu stwardniałego i świeżego. Wpływ plastyfikatora w postaci ługu posulfitowego (0,1% od ciężaru cementu) i przyspieszacza tężenia w postaci dwuchloru wapnia (2% od ciężaru cementu) przedstawia się następująco:

wiek skleiny w dobach:	1	3	7	28
R_{gd}/R_g	2,4	1,6	1,5	1,3

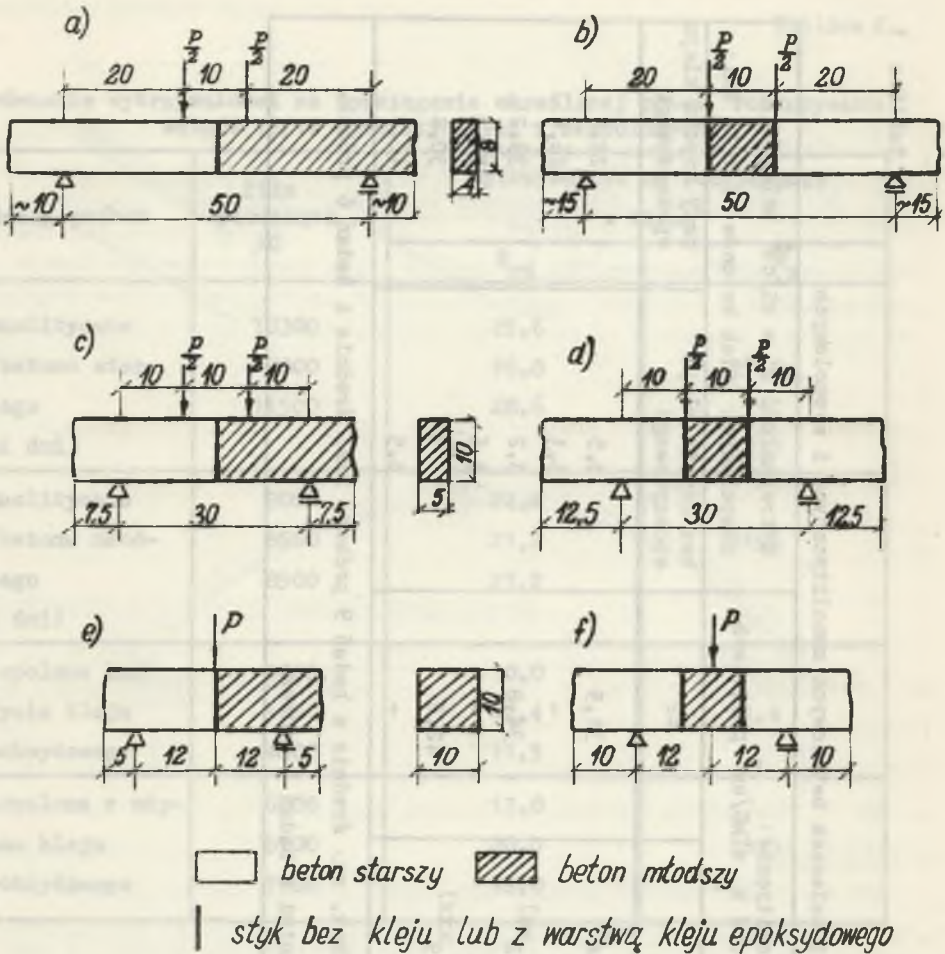
Symbol R_{gd} oznacza wytrzymałość skleiny w elemencie zginanym przy użyciu kleju z dodatkami. Symbol R_g odnosi się do tejże wytrzymałości, ale w przypadku kleju bez dodatków. Im cieńsza skleina, tym większa jest jej nośność. W praktyce grubość skleiny wynosi 1-1,5 mm. Im większa wilgotność środowiska, tym lepsza jest adhezja kleju i wyższa nośność połączenia. Wstępne dojrzewanie kleju (przed złożeniem łączonych części) powinno trwać 2-5 godz. Nacisk na połączenie trzeba dostosowywać do stosunku W/C. Nie może on być zbyt duży, bo zabraknie kleju w połączeniu. Przy $W/C = 0,25$ optymalny nacisk wynosi około 1 kg/cm^2 . Możliwe jest wprowadzenie w skład kleju piasku mielonego o powierzchni właściwej $3000 \text{ cm}^2/\text{g}$. Uzyskuje się dzięki temu zmniejszenie skurczu i przyspieszenie procesów krystalizacji kleju.

3. Poprawa efektywności zespalania betonów za pomocą kleju epoksydowego

Radykalną poprawę jakości zespolenia daje warstwa kleju epoksydowego naniesiona na stary beton bezpośrednio przed wykonaniem warstwy z nowego betonu. Na podstawie badań [4] można zalecić następujący skład kleju epoksydowego (w częściach ciężarowych):

żywica epoksydowa Epidian 5	100
cement portlandzki	70-150
ftalan dwubutyli	20
utwardzacz Z-1	9

Zużycie żywicy epoksydowej wynosi 0,5 do 0,7 kg na 1 m^2 połączenia. Wspomniane badania [4] dotyczyły betonu żwirowego, który wykazywał następującą wytrzymałość na ściskanie: po 14 dniach 223 kg/cm^2 , po 42 dniach 275 kg/cm^2 . Próbkki wyjściowe w postaci belek $4 \times 8 \times 70 \text{ cm}$, $5 \times 10 \times 45 \text{ cm}$ i $10 \times 10 \times 34 \text{ cm}$ łamano po 28 dniach i tworzone następnie belki zespolone przedstawione na rysunku 1 bez zastosowania i przy zastosowaniu kleju epoksydowego. Oprócz belek badano próbki walcowe $16/16$. Po rozłupaniu walca w wieku 28 dni uzupełniano jego połowę nowym betonem bez zastosowania i z zastosowaniem w styku kleju epoksydowego. W chwili badania próbki zespolonej wiek betonu starszego wynosił 42 dni,



Rys. 1

a młodszego 14 dni. Zniszczenie belek zespalanych bez kleju epoksydowego następowało w styku. W przypadku zespalania z zastosowaniem pośredniej warstwy kleju epoksydowego pęknięciu uległ beton później wykonany. Wyniki badań przedstawiono w tablicach 1 i 2.

Pośrednia warstwa kleju epoksydowego umożliwia również efektywne zespalanie betonu ze stalą [5]. Przykład takiego zespolenia pokazano na rys. 2. Stal powleka się klejem bezpośrednio przed nałożeniem betonu.

Tablica 1

Porównanie nośności beleczek betonowych monolitycznych i zespolonych

Wymiary beleczek cm	Schemat obciążenia (rys. 1)	Belki monolityczne Wytrzymałość R_g w kg/cm^2 po dniach		Wytrzymałość R_g w kg/cm^2 beleczek zespolonych (wiek betonów 42 i 14 dni, bez użycia kleju epoksydowego		przy użyciu kleju epoksydowego
		28	42	42	14	
4x8x70	a	30,4 ^x	31,9	3,5	28,1	
4x8x80	b	-	-	3,1	26,6	
5x10x45	c	32,2 ^{xx}	34,8	3,2	33,2	
5x10x55	d	-	-	3,6	34,2	
10 x10x34	e	40,9 ^{xxx}	42,6	2,5	30,4	
10x10x44	f	-	-	3,5	42,2	

Uwagi: x) średnia z badań 5 próbek, xx, średnia z badań 9 próbek, xxx) średnia z badań 6 próbek.

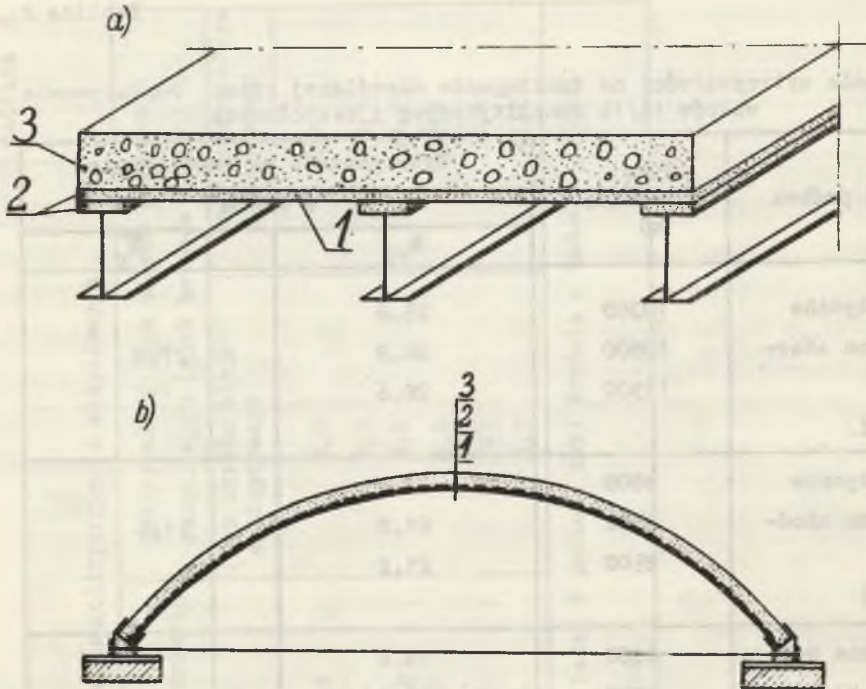
Pozostałe wyniki są średnimi z badań 3 próbek.

Tablica 2

Porównanie wytrzymałości na rozciąganie określonej przez rozłupywanie walców 16/16 monolitycznych i zespolonych

Rodzaj próbek	Siła niszcząca kG	Wytrzymałość na rozciąganie w kG/cm ²	
		R _{ri}	R _r
Monolityczne z betonu star- szego (42 dni)	10300	25,6	27,0
	10800	26,8	
	11500	28,6	
Monolityczne z betonu młod- szego (14 dni)	9000	22,4	21,6
	8500	21,2	
	8500	21,2	
Zespolone bez użycia kleju epoksydowego	4000	10,0	11,4
	5000	12,4	
	4800	11,9	
Zespolone z uży- ciem kleju epoksydowego	6800	17,0	18,3
	8100	20,0	
	7100	18,0	

Z badań opisanych w pracy [4] wynika, że takie zespalande jest równo-
ważne łączeniu stali ze stwardniałym betonem za pomocą klejenia (przy
użyciu tego samego kleju epoksydowego).



Rys. 2

4. Literatura

1. Mikulski W.G., Igonin Ł.A.: Sceptunije i skleiwanije bjetona w sooruzenijach. Izd. Lit. po Stroit. Moskwa 1965.
2. Uriew N.B., Michajłow N.W.: Kokłoidnyj cementnyj klej i jego primienienije w stroitielstwie. Izd. Lit. po Stroit. Moskwa 1967.
3. Hop T., Maćkowski R. i inni: Zabezpieczenie chłodni przed szkodliwym działaniem wód i atmosfery przerysłowej. Etap III. Gliwice 1972. Praca dla przemysłu, nie publikowana.
4. Hop T., Maćkowski R., Miodyński Z. i inni: Zastosowanie mas polimero-mineralnych w spoinach, łączach i w warstwach ochronnych elementów budowlanych. Gliwice 1971. Praca dla przemysłu, nie publikowana.
5. Bresson J.: Nouvelles recherches et applications concernant l'utilisation des collages dans les structures. Béton plaqué. Annales de L'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics. No 278, Février 1971.

СЦЕПЛЕНИЕ БЕТОНОВ РАЗЛИЧНОГО ВОЗРАСТА

Резюме

В последние годы для повышения сцепления нового бетона со старым все более широкое применение находят клеящие материалы на основе порландских цементов и полимеров.

Статья содержит краткий обзор технологии приготовления коллоидного цементного клея и его свойств. Установлено состав эпоксидного клея и приведено результаты исследований влияния этого клея на прочность сцепления бетонов.

VERBINDUNG DER BETONE VERSCHIEDENEN ALTERS

Zusammenfassung

Um ein gutes Anhaften des Neubetons an den Altbeton zu erreichen, bringt man zuerst auf letzteren eine dünne Schicht des Zement - oder Epoxyleimes auf.

Im Beitrag wurden die Grundsätze der Bildung solcher Leime und ihre Eigenschaften angegeben. Es wurden auch einige Ergebnisse von Haftproben dargestellt.