

**Beton samozagęszczalny (beton SCC z ang. self-compacting concrete)** jest to beton o specjalnych właściwościach mieszanki betonowej. Beton SCC posiada zdolność do rozprywu pod własnym ciężarem, szczelnie wypełniając formy i osiągając pełne zagęszczenie nawet w elementach o bardzo gęstym zbrojeniu, z równoczesnym zachowaniem jednorodności składu.



Rys. 1. Przykłady badań mieszanki betonowej SCC

Beton samozagęszczalny stosowany jest nie tylko jako beton towarowy, ale również w prefabrykacji oraz tam, gdzie nie ma możliwości odpowiedniego zabudowania mieszanki ze względu na brak możliwości prawidłowego zagęszczenia. Wśród istotnych korzyści wynikających ze stosowania betonu SCC można wymienić:

- eliminację wibrowania – redukcji ulega poziom hałasu umożliwiając tym samym prowadzenie betonowania nocą w pobliżu budynków mieszkalnych, ograniczona zostaje energia oraz liczba pracowników potrzebnych przy prowadzeniu prac, przez co maleją ogólne koszty robocizny,
- większą szybkość wykonywania konstrukcji – krótszy czas formowania elementów, a także szybsze wbudowywanie mieszanki betonowej,
- możliwość wykonywania konstrukcji o bardzo skomplikowanych kształtach lub o gęstym zbrojeniu,
- wysoką jakość wykonywanych elementów – dokładne odwzorowanie powierzchni form, bez raków i pęcherzy (prefabrykacja, beton licowy).



Rys. 2. Przykłady konstrukcji betonowej wykonanej z betonu SCC - most zamkowy w Rzeszowie

Przy projektowaniu betonów samozagęszczalnych podstawowym warunkiem jest uzyskanie odpowiednich właściwości reologicznych mieszanki betonowej. Kluczowe właściwości betonu samozagęszczalnego, wg PN-EN 206:2014, określane są poprzez klasy: konsystencji (SF), lepkości (VF lub VS), przepływalności (PL lub PJ) oraz odporności na segregację (SR).

Właściwości mieszanki betonowej (SCC) należy określić w czasie stosowania lub, w przypadku betonu towarowego, w czasie dostawy. W przypadku dostawy mieszanki betonowej w betonomieszarce samochodowej lub w urządzeniu mieszającym, właściwości należy określać stosując próbkę złożoną (uśrednioną z próbek punktowych) albo próbkę punktową.

**Konsystencja** – zdolność mieszanki do płynięcia określana jako stopień ciekłości mieszanki betonowej według metody rozplywu stożka. Równolegle w tej metodzie można wyznaczyć czas  $t_{500}$ , mierzony od momentu podniesienia stożka, do momentu rozplywu mieszanki do średnicy 500 mm (patrz lepkość mieszanki betonowej). Klasyfikacji tej nie stosuje się dla betonu, gdzie maksymalne uziarnienie kruszywa przekracza 40 mm. Klasy konsystencji mieszanki betonowej SCC przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Klasy konsystencji mieszanki betonowej SCC

Metoda pomiaru rozplywu stożka	
Klasa	Wartości graniczne [mm]
SF1	550–650
SF2	660–750
SF3	760–850



Rys. 3. Stożek do pomiaru konsystencji mieszanki betonowej SCC



Rys. 4. Pomiar konsystencji mieszanki betonowej SCC

**Lepkość** – jest to opór stawiany przez rozplywającą się mieszankę betonową. Pomiar lepkości samozagęszczalnej mieszanki betonowej może być określany, zgodnie z tabelą 2, na dwa sposoby:

- na podstawie oznaczenia czasu  $t_{500}$  przy pomiarze rozplywu swobodnego stożka (rys. 5) – pomiar czasu  $t_{500}$  podczas wykonywania badania rozplywu stożka jest pomocny przy potwierdzaniu jednorodności betonu samozagęszczalnego w różnych zarobach,
- przez pomiar czasu wypływu mieszanki betonowej z V-lejka (rys. 6.) – pomiar metodą V-lejka pozwala ocenić lepkość i zdolność mieszanki samozagęszczalnej do wypełniania formy. Klasyfikacji tej nie stosuje się dla betonu, gdzie maksymalne uziarnienie kruszywa przekracza 22,4 mm.

Tabela 2. Metody pomiaru lepkości mieszanki betonowej SCC

Metoda pomiaru czasu $t_{500}$	
Klasa	Wartości graniczne [s]
VS1	< 2,0
VS2	≥ 2,0
Metoda pomiaru czasu z V-lejka	
Klasa	Wartości graniczne [s]
VF1	< 9,0
VF2	9,0 – 25,0



Rys. 5. Stożek do pomiaru lepkości mieszanki betonowej SCC (czerwonym kolorem zaznaczono okrąg o średnicy 500 mm)



Rys. 6. V-Lejek do badania lepkości mieszanki betonowej SCC



**Przepływalność** – jest to zdolność mieszanki betonowej do przepływania, bez utraty jednorodności lub blokowania się, przez ograniczone przestrzenie i wąskie szczeliny, takie jak obszary gęsto zbrojone. W celu oznaczenia przepływalności mieszanki betonowej SCC, oznaczenie należy wykonać jedną z metod podając odpowiednie klasy zgodnie z tabelą 3.

Metody oznaczania przepływalności:

- metodą L-pojemnika rys. 7,
- metodą J-pierścienia – klasyfikacji nie stosuje się dla betonów, gdzie maksymalne uziarnienie przekracza 40 mm, rys. 8.

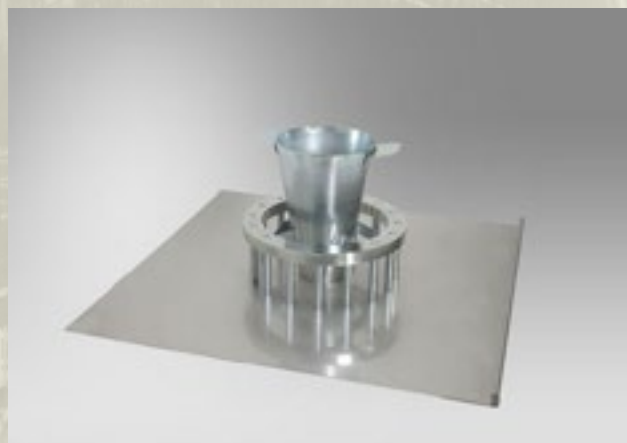
Przy określaniu przepływalności konieczne jest uwzględnienie geometrii zbrojenia oraz najmniejszego obszaru przepływu (obszaru, przez który mieszanka SCC powinna przepłynąć w sposób ciągły, aby szczelnie wypełnić deskowanie). W przypadku złożonych konstrukcji o wymiarze najmniejszego obszaru przepływu mniejszym niż 60 mm, konieczne mogą być specjalne badania próbne z zastosowaniem odpowiedniego modelu deskowania naturalnej wielkości.

Tabela 3. Metody pomiaru przepływalności mieszanki betonowej SCC

Metoda L-pojemnika	
Klasa	Wskaźnik przepływalności
PL1	$\geq 0,80$ dla 2 prętów
PL2	$\geq 0,80$ dla 3 prętów
Metoda J-pierścienia	
Klasa	Wskaźnik przepływalności [mm]
PJ1	$\leq 10$ z 12 prętami
PJ2	$\leq 10$ z 16 prętami



Rys. 7. L-pojemnik do badania przepływalności mieszanki betonowej SCC



Rys. 8. J-pierścień i stożek do badania przepływalności mieszanki betonowej SCC

**Odporność na segregację** – jest to zdolność mieszanki betonowej do zachowania jednorodności. Mieszanka betonowa SCC może podlegać, zarówno dynamicznej segregacji podczas układania, jak i statycznej segregacji po ułożeniu, przed stwardnieniem. Statyczna segregacja jest najbardziej niebezpieczna w przypadku wysokich elementów, ale nawet w cienkich płytach może prowadzić do uszkodzeń powierzchni betonu. Odporność mieszanki SCC na segregację bada się testem przesiewu. Badanie polega na wyznaczeniu (w %) ilości mieszanki betonowej przechodzącej przez sito 5 mm w stosunku do całkowitej ilości mieszanki umieszczonej na tym sicie po jej uprzednim przetrzymaniu przez okres 15 minut w przykrytym pojemniku. Jeśli ilość ta jest mniejsza niż 20%, to mieszankę klasyfikuje się jako odporną na segregację podając odpowiednie klasy (SR), patrz tabela 4. Badania odporności na segregację nie stosuje się w przypadku betonu zawierającego włókna lub kruszywo lekkie oraz gdy maksymalne uziarnienie kruszywa przekracza 40 mm.

Tabela 4. Klasy odporności mieszanki betonowej SCC na segregację

Metoda przesiewu mieszanki	
Klasa	Wartości graniczne [mm]
SR1	$\leq 20$
SR2	$\leq 15$



Rys. 9. Urządzenia do badania odporności na segregację mieszanki SCC

**Zalecenia podczas projektowania mieszanki betonowej SCC**

Aby spełnić wymagania dotyczące właściwości betonu samozagęszczalnego, zaleca się przyjęcie odpowiednich wytycznych projektowanego składu mieszanki betonowej SCC (Rys. 10).

Stosowanie cementów o wysokiej powierzchni właściwej:  
**CEM I, CEM II/A,B-S, CEM II/A,B-M, CEM III/A,B**

Przyjęcie współczynnika  $w/c < 0,50$ ;  
w przypadku stosowania dodatków mineralnych typu II  $w/c + \text{dodatek} < 0,35$

Ograniczenie łącznej ilości wody zarobowej do ilości:  
 **$160 \div 200 \text{ l/m}^3$**  lub zastosowanie domieszek stabilizujących

Określenie tolerancji mieszanki betonowej na zmiany zawartości wody zarobowej w zakresie **5-10 litrów**

Stosowanie dużej zawartości frakcji pyłowych ( $< 0,125\text{mm}$ ):  
 **$500 \div 600 \text{ kg/m}^3$**

Dobór składu ziarnowego kruszywa o punkcie piaskowym:  
 **$40 \div 50\%$**

Ograniczenie maksymalnego wymiaru ziaren kruszywa:  
**do  $22,4 \text{ mm}$**

Stosowanie efektywnych superplastyfikatorów

Stosowanie domieszek zwiększających i stabilizujących lepkość

Rys. 10. Wymagania dla betonu samozagęszczalnego

## WYKONYWANIE ELEMENTÓW PRZY POMOCY BETONU SAMOZAGĘSZCZALNEGO

Zgodnie z zaleceniami normy PN-EN 206:2014 „Beton – wymagania, właściwości, produkcja i zgodność”, jeżeli mieszanka samozagęszczalna układana jest za pomocą pomp, to należy układać ją w sposób ciągły, z prędkością dostosowaną do wytrzymałości deskowań i prędkości odpowietrzania mieszanki. Ze względu na parcie na deskowanie, zaleca się prędkość układania mieszanki poniżej 2 m/h. Podczas podawania końcówka rozdzielacza powinna być cały czas zanurzona około 10 cm poniżej poziomu układanej mieszanki (także podczas zmiany miejsca podawania) w celu uniknięcia wprowadzania dodatkowego powietrza. Ze względu na niski współczynnik  $w/c$ , brak wycieku wody oraz dużą zawartość zaczynu, pielęgnację należy rozpocząć bezpośrednio po ułożeniu mieszanki (więcej informacji o pielęgnacji betonu znajduje się w karcie C5 Vademecum i normie PN-EN 13670:2011 „Wykonywanie konstrukcji z betonu”).

W zależności od rodzaju i kształtu wykonywanych elementów zaleca się odpowiednie dobranie właściwości mieszanki samozagęszczalnej zgodnie z tabelą 5.

Tabela 5. Właściwości betonu SCC dla różnych typów zastosowań

Lepkość	Rozptyw			Odporność na segregację / zdolność przepływu
	SF1	SF2	SF3	
VS2 VF2	POCHYLNIE			Określa zdolność przepływu dla klas SF1 i SF2
VS1 lub VS2 VF1 lub VF2 lub określona wartość	ŚCIANY I PODPORY		WYSOKIE I SMUKŁE	Określa SR dla klasy SF3
VS1 VF1	ŚCIANY I PODPORY			Ustalone SR dla klasy SF2 i SF3



Rys. 11. Przykłady zastosowania mieszanki betonowej SCC



Rys. 12. Przykłady zastosowania mieszanki betonowej SCC w prefabrykacji



