

Porównanie wybranych metod ograniczenia skurczu betonu

COMPARISON OF SELECTED METHODS TO REDUCE CONCRETE SHRINKAGE

Streszczenie

Skurcz betonu jest zjawiskiem złożonym. Powstaje w momencie, gdy ciało porowate, jakim niewątpliwie jest zaczyn cementowy, traci wodę. Może być obserwowany od momentu rozpoczęcia reakcji hydratacji cementu, następuje wtedy skurcz związany ze zmianą objętości produktów i substratów reakcji chemicznych, poprzez skurcz autogeniczny, na skurczu związanym z wysychaniem powierzchni stwardniałego betonu kończąc. Niekontrolowany skurcz może spowodować powstanie rys i pęknięć, które umożliwiają wnikanie w głąb betonu agresywnych roztworów, będących przyczyną szybkiej korozji betonu i stali zbrojeniowej. Konsekwencje wynikające ze nadmiernego skurczu betonu mają szczególnie istotne znaczenie w przypadku elementów konstrukcji o dużym stosunku powierzchni do grubości, np. posadzki, z których powierzchnia odparowywania wody jest stosunkowo duża.

W praktyce nie ma sposobu uniknięcia zjawiska skurczu, możliwe jest tylko jego ograniczenie. Należy o tym pamiętać już na etapie projektowania składu mieszanki betonowej, na właściwym zabudowaniu i pielęgnacji termiczno-wilgotnościowej kończąc. Mając wpływ na skład betonu, tj.: ilość zaczynu, stosunek wody do cementu, można w skuteczny sposób ograniczyć zjawisko skurczu.

W artykule zaprezentowano możliwości ograniczenia skurczu na przykładzie „betonu posadzkowego”, poprzez modyfikację jego składu. Badania prowadzono na betonach przygotowanych z trzech różnych cementów (CEM I 42,5R; CEM II/B-S 42,5N – NA; CEM III/A 42,5N – LH/HSR/NA). Zastosowano trzy warianty: pierwszy polegający na stosowaniu mikrowłókien polipropylenowych, drugi na użyciu typowej domieszki przeciwskurczowej i trzeci wykorzystujący domieszkę wywołującą kontrolowaną ekspansję

w betonie. Wielkość skurczu betonów oznaczano metodą Amslera wg PN-B-06714-23:1984 oraz zgodnie z austriacką normą OENORM B 3329:2009-06-01.

Abstract

Contraction of concrete is a complex occurrence. It is formed when porous substance like cement paste losing water. It can be observed from the beginning of cement hydration, contraction due to volume changes of reaction substrates and products occurs, through the autogenous shrinkage, on the shrinkage related with concrete surface drying. Uncontrolled contraction can cause cracks formation which enable penetration into concrete of aggressive media being reason to concrete and reinforced steel quick corrosion. The consequences of excessive contraction have particular importance in case of construction elements which have big surface to thickness ratio, for eg. pavements, floors which have large water evaporation area.

In practice there is no possibility to avoid concrete shrinkage, we can only limit it. We should remember about it at the stage of concrete mixture design, appropriate building and thermal-humidity curing. Having influence on concrete composition, like: paste content, water cement ratio, we can limit compaction occurrence.

Hereby paper presents possibility of shrinkage limitation on „floor concrete” example, through the composition modification. Research was conducted on concrete with three different cements (CEM I 42,5R; CEM II/B-S 42,5N - NA; CEM III/A 42,5N - LH/HSR/NA). Three different ways were used: first relied on polypropylene microfiber using, second on typical anti-shrinkage mixture and third used mixture inducing controlled concrete expansion. Contraction value was determined with Amsler method acc. to PN-B-06714-23:1984 and second method acc. to Austrian standard OENORM B 3329:2009-06-01.

1. Wprowadzenie

Beton jest niewątpliwie kompozytem porowatym i nie jest idealnie sztywny. W momencie gdy tego rodzaju tworzywa tracą wodę następuje ich skurcz. Zjawisko skurczu w betonie dotyczy zaczynu cementowego i może prowadzić do powstania mikropęknięć lub nawet zarysowań widocznych gołym okiem. Naturalne kruszywa (granit, wapień, kwarcyt) zazwyczaj nie wykazują skurczu, ale zdarzają się rodzaje skał, które wykazują zmiany objętości (niektóre bazalty, doleryty, szarogłaz, mułowiec) [1]. Zmiany objętości zaczynu mają wpływ na zmiany objętości betonu, jednak są znacznie mniejsze ze względu na obecność szkieletu kruszywowego [2]. Odształcenia skurczowe występują od momentu rozpoczęcia reakcji hydratacji cementu i mogą trwać nawet cały okres życia betonu, jeżeli jest on narażony na zmiany wilgotności względnej [1]. Przyczyny powstawania skurczu można podzielić na dwie grupy. Pierwsza jest związana z reakcjami przebiegającymi w zaczynie (skurcz chemiczny i samorzutny), jego właściwościami (osiadanie) oraz powstaniem różnicy temperatur wskutek wydzielania ciepła twardnienia. Do drugiej grupy należą zmiany spowodowane czynnikami fizycznymi: temperatura i wilgotność powietrza, nasłonecznienie, wiatr. Największe znaczenie ma skurcz związany z osuszaniem betonu [2].

Będąc jeszcze w stanie plastycznym zaczyn cementowy wskutek hydratacji zmniejsza swoją objętość. Różnica ta wynika z mniejszej objętości produktów hydratacji cementu w porównaniu do substratów. Zmiany te są określane jako skurcz chemiczny lub kontrakcja. Są zależne od składu mineralnego cementu, największą kontrakcję wykazuje glinian trójwapniowy (C_3A) – ok. 7%, a najmniejszą belit (C_2S) – ok. 1%. W sytuacji, gdy nie zachodzi wymiana wody z otoczeniem zmiany objętości można podzielić na trzy fazy: pierwszy skurcz, ekspansję i drugi skurcz. Pierwszy zachodzi przed i podczas procesu wiązania, następnie występuje niewielka ekspansja, której przyczyny nie są jednoznacznie wyjaśnione [2]. Z drugiej strony znany jest również pogląd, że właściwości cementu w niewielkim stopniu wpływają na skurcz betonu, ponieważ większy skurcz zaczynu cementowego niekoniecznie powoduje większy skurcz betonu [1]. Następnie w okresie twardnienia można zaobserwować skurcz samoczynny określany także jako autowysychanie lub skurcz autogeniczny. Skurcz ten wynika z powstawania w zaczynie porów powietrznych i wg Kurdowskiego [2] ma duże znaczenie, ponieważ zachodzi po związaniu zaczynu i może doprowadzić do powstania mikropęknięć w betonie. Skurcz autogeniczny zależy od składu cementu i będzie mniejszy w przypadku cementów z dodatkami mineralnymi ponieważ cementy te wolniej hydratyzują i znacznie dłużej pozostają w formie bezwodnych składników zaczynu [2]. Z kolei wg Neville'a wprowadzenie popiołów lotnych lub zmielonego granulowanego żużla wielkopiecowego podwyższa skurcz [1].

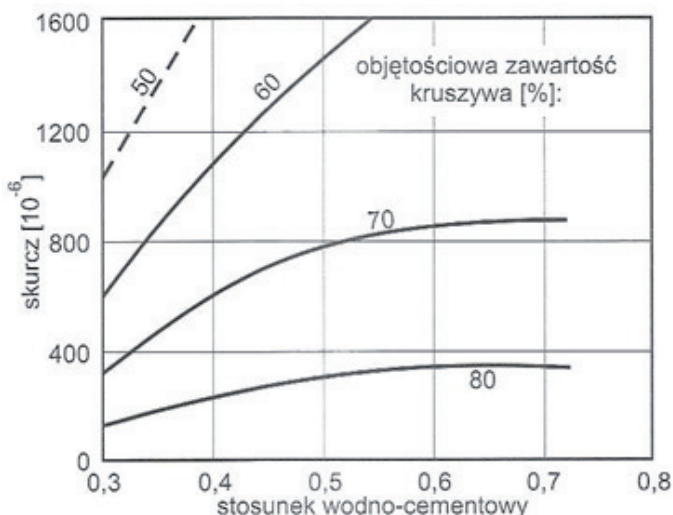
Można byłoby przypuszczać, że skurcz autogeniczny będzie duży w przypadku zaczynów o niskim w/c , ponieważ samoosuszanie będzie wówczas większe. Jednak efekt ten może nie wystąpić z uwagi na bardziej sztywną mikrostrukturę zhydratyzowanego zaczynu o niskim w/c . W praktyce, z wyłączeniem kompozytów o bardzo niskim w/c oraz betonów masywnych, skurcz autogeniczny jest niewielki i nie musi być odróżniany od skurczu spowodowanego wysychaniem [1]. Wylimitowanie skurczu autogenicznego polega na stosowaniu intensywnej pielęgnacji bezpośrednio po ułożeniu betonu przez 7 dni [3].

Skurcz betonu związany z osuszaniem polega na odparowywaniu wody z jego powierzchni. W sytuacji, gdy następuje wczesne odparowanie wody, a procesy wiązania spoiwa się jeszcze nie zakończyły to postępujące zmiany objętości są określane jako skurcz plastyczny. Ten rodzaj skurczu ma istotne znaczenie w przypadku elementów konstrukcji

o dużym stosunku powierzchni do grubości, z których ubytek wody może być znaczny. Gdy szybkość odparowania wody z powierzchni betonu przekracza 1 kg/m^2 w ciągu godziny występują wówczas zarysowania [1, 2]. Jeżeli ilość wody odparowującej z powierzchni jest większa niż wody doprowadzonej do tej powierzchni następuje pęknięcie [2]. Rysy od skurczu plastycznego są wzajemnie równoległe, mają znaczną głębokość, a ich rozstaw wynosi od 0,3 do 1,0 m. Skurcz plastyczny jest zależny od ilości cementu w betonie (większa ilość cementu równa się zwiększonemu skurczowi) oraz stosunku w/c (niższe w/c oznacza większy skurcz plastyczny). Związek pomiędzy odsączeniem wody z mieszanki betonowej a skurczem plastycznym nie jest tak jednoznaczny jak mogłoby się wydawać. Uważa się, że opóźnienie procesów wiązania cementu powoduje wzrost ilości odsączonej wody i prowadzi do zwiększenia skurczu plastycznego. Jednak z drugiej strony większa ilość odsączonej wody na powierzchni betonu zabezpiecza przez gwałtownym osuszaniem powierzchni, co redukuje pęknięcie. A to właśnie pęknięcie w praktyce budowlanej ma decydujące znaczenie. Zjawisko skurczu plastycznego można wyeliminować poprzez zabezpieczenie powierzchni betonu przed odparowywaniem [1].

Po stwardnieniu beton, który jest narażony na działanie suchego powietrza traci wodę zgromadzoną w porach kapilarnych. W wyniku osuszania tworzą się meniski wywołujące naprężenia rozciągające. Kluczowe znaczenie ma współczynnik w/c w stwardniałym zaczynie, ponieważ woda obecna w dużych kapilarach odparowuje bardzo łatwo. Na końcowy skurcz od wysychania mają wpływ porowatość i struktura porów w zaczynie oraz wilgotność powietrza [2].

Wg Neville'a największy wpływ na skurcz betonu ma kruszywo ponieważ ogranicza jego wartość. Zastosowanie grubszego kruszywa pozwala na ograniczenie ilości zaczynu przy zachowaniu tej samej wytrzymałości, co pośrednio także ogranicza skurcz – rys. 1 [1].



Rys. 1. Wpływ zawartości kruszywa w betonie na skurcz w zależności od stosunku w/c [1]

Uziarnienie stosu okruszowego kruszywa w betonie odgrywa dużą rolę w powstawaniu i wielkości mikropęknięć w wyniku zmian objętości zaczynu. Przy stałym w/c betony o mniejszej zawartości kruszywa grubego mają skłonność do tworzenia mikro-

pęknięć o szerokiej rozwarłości, natomiast betony zawierające dużo grubego kruszywa tworzą sieć drobnych mikropęknięć. Ze względu na trwałość sieć drobnych pęknięć jest korzystniejsza niż kilka głębszych rys [2].

Celem niniejszej publikacji było porównanie możliwości ograniczenia skurczu betonu innymi sposobami niż powszechnie znane metody jak: zmniejszenie w/c; ograniczenie ilości zaczynu w betonie; zastosowanie kruszywa o grubszym uziarnieniu. Autorzy badań podjęli próbę ograniczenia skurczu betonu przez zastosowanie mikrowłókien polipropylenowych lub domieszek chemicznych określanych jako reduktory skurczu. Ze względu na niejednoznaczne informacje literaturowe dotyczące wpływu właściwości cementu na skurcz badania zostały przeprowadzone na betonach z trzech różnych cementów: cementie portlandzkim CEM I 42,5R; cementie portlandzkim żuźlowym CEM II/B-S 42,5N – NA; cementie hutniczym CEM III/A 42,5N – LH/HSR/NA.

Skład betonów pokazano w tabeli 1.

Tabela 1. Skład mieszanki betonowej stosowanej w prowadzonych badaniach

Składnik	kg/m ³
Cement	360
Woda	180
Piasek 0–2 mm	760
Żwir 2–8 mm	1030
Superplastyfikator PCE	(0,60÷0,65% m.c.)

Ilość domieszki upłynniającej była korygowana w zależności od stosowanego cementu, tak aby konsystencja utrzymywała się na stałym poziomie (opad stożka 150 mm ± 10 mm).

Program badań obejmował badanie skurczu dwiema metodami oraz kontrolne sprawdzenie wytrzymałości na ściskanie po 7 i 28 dniach. Ogółem zbadano 4 serie betonów. Pierwsza seria to betony odniesienia, przygotowane zgodnie ze składem podanym w tab. 1. Druga seria to betony z dodatkiem domieszki SRA815 (w ilości 2% masy cementu), trzecia seria to betony zawierające domieszkę SRA100 (w ilości 30 kg/m³), a czwarta seria to betony z dodatkiem mikrowłókien polipropylenowych MF12 (w ilości 0,9 kg/m³). Każdą z serii przygotowano z zastosowaniem trzech różnych cementów, których właściwości przedstawiono w tabeli 2.

Ilość wody w badanych mieszankach betonów była taka sama poza jednym przypadkiem. W sytuacji gdy stosowano mikrowłókna, w celu konieczności utrzymania stałej konsystencji (S3) dla wszystkich badanych mieszanek, zwiększono ilość wody do 197 kg/m³, tym samym w/c wzrosło z 0,50 na 0,55.

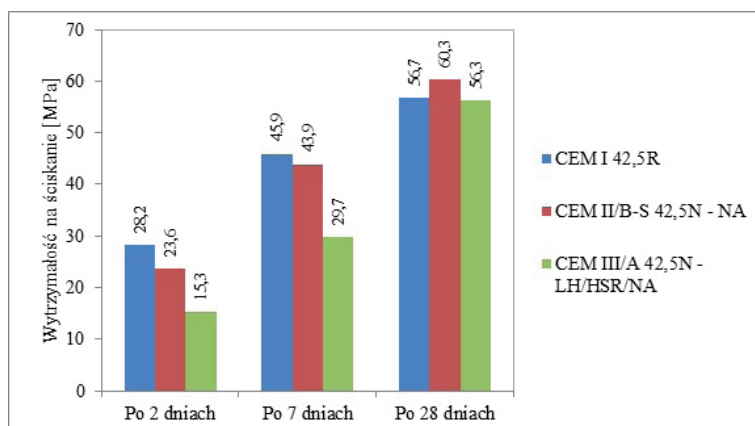
2. Charakterystyka stosowanych materiałów i metod badawczych

Porównanie właściwości stosowanych cementów przedstawiono w tabeli 2 i na rysunku 1.

Tabela 2. Właściwości stosowanych cementów

Właściwość	CEM I 42,5R	CEM II/B-S 42,5N - NA	CEM III/A 42,5N - LH/HSR/NA
Zawartość klinkieru portlandzkiego [%]	95÷100	60÷65	30÷40
Zawartość granulowanego żużla wielkopieczowego (S) [%]	0	21÷35	55÷65
Stołość objętości [mm]	1	0	1
Początek czasu wiązania [min]	180	200	210
Strata prażenia [%]	2,7	1,1	1,2
Pozostałość nierozpuszczalna [%]	0,8	0,5	0,3
Zawartość siarczanów [%]	2,6	2,4	2,3
Zawartość chlorków [%]	0,068	0,067	0,084

Wykorzystane w programie badań cementy różnią się między sobą przede wszystkim ilością klinkieru portlandzkiego w swoim składzie (tabela 2) oraz przyrostem wytrzymałości we wczesnym okresie dojrzewania (rys. 2). Po 28 dniach ich wytrzymałości są podobne.



Rys. 2. Wytrzymałość na ściskanie stosowanych cementów

Jak już wcześniej wspomniano skurcz badanych betonów ograniczono na trzy sposoby: poprzez zastosowanie dwóch domieszek chemicznych (MasterLife SRA 815 i MasterLife SRA 100) lub włókien polipropylenowych (MasterFiber 12).

MasterLife SRA 815 to płynna domieszka na bazie eterów glikoli, w której zawartość substancji aktywnej wynosi 100%. Działanie tej domieszki polega na minimalizowaniu

wpływu utraty wody przez beton poprzez ograniczanie napięcia powierzchniowego cieczy zawartej w porach kapilarnych. Wg danych literaturowych właściwość ta może okazać się bardzo efektywna, gdyż podczas ubytku wody w kapilarach w trakcie wysychania betonu następuje wzrost ciśnienia wewnętrznego na skutek dużego napięcia powierzchniowego [4].

Innym sposobem ograniczania skurczu w betonie jest wykorzystanie związków mogących kompensować zmiany objętości kompozytu. Pierwsze tego typu rozwiązania pojawiły się już ponad 70 lat temu, kiedy to Lossier wykorzystał mieszaninę klinkieru, środka ekspansywnego i stabilizatora do otrzymania betonu o kontrolowanej ekspansji. Domieszkę ekspansywną uzyskano wtedy poprzez połączenie w procesie wypalania gipsu, boksytu i kredy, otrzymując głównie siarczan wapnia oraz glinian wapnia, które to związki w reakcji z wodą tworzą ettringit. Praca ta posłużyła do dalszych badań prowadzonych przez m.in. Lafuma a także Klein'a i Troxell'a w efekcie, których powstały obecnie stosowane cementy bezskurczowe [5, 6]. Proponowany w formie proszku dodatek MasterLife SRA 100 jest mieszaniną głównie tlenu wapnia, siarczanu wapnia, krzemianów wapniowych oraz glinianów i glinożelazianów połączonych w procesie wypalania. Efekt kontrolowanej ekspansji wynika z procesów uwadniania w/w związków. W efekcie domieszka MasterLife SRA 100 zaczyna działać wcześniej niż MasterLife SRA 815 i przestaje po około 24 godzinach. Rozwiązanie to jest zalecane dla betonów o wysokim zagrożeniu skurczu plastycznego np. betony UHPC, HPC lub posadzek z kruszywem do 8 mm.

Innym rozwiązaniem mającym na celu ograniczenie powstawania rys w betonie jest stosowanie mikrowłókien polipropylenowych (np. MasterFiber 12). Zasadniczą rolą mikrowłókien jest stworzenie przestrzennej sieci wzmacniającej strukturę „młodego betonu”. Uzyskanie nowej struktury połączeń podwyższa wytrzymałość na rozciąganie we wczesnej fazie twardnienia betonu, ogranicza również ryzyko pojawienia się spękań. Zadaniem mikrowłókien jest zatem rozpraszenie naprężeń, a nie ograniczanie skurczu.

3. Stosowane metody badawcze

Przygotowane betony poddano badaniom skurczu za pomocą dwóch metod. Metodą Amslera oraz wg wewnątrzlaboratoryjnej procedury.

Metoda Amslera polega na określeniu zmian długości próbki czujnikiem zegarowym. Procedura badania została szczegółowo opisana w normie PN-B-06714/23:1984 [6].

Metoda badawcza wg austriackiej normy OENORM B 3329:2009-06-01 umożliwia oznaczenie zmian liniowych w próbce od momentu, gdy beton jest jeszcze w stanie plastycznym. Podczas badania wykorzystuje się rynny o przekroju litery „U” i wymiarach wewnętrznych 1000x75x40 mm (dł. x szer. x wys.) – (fot. 1).

Na jednym z końców rynny umieszczony jest ruchomy sworzeń połączony z detektorem zmian liniowych. Na początku badania mieszankę betonową umieszcza się w rynnie i zagęszcza przy pomocy niewielkiego wibratora wgłębnego. Następnie zabezpiecza się powierzchnię betonu chroniąc ją przed nadmiernym odparowywaniem wody. Zakotwiony w mieszance ruchomy sworzeń przekazuje zmiany liniowe do elektronicznego czujnika, z którego dane są pobierane automatycznie, zgodnie z wybraną częstotliwością.

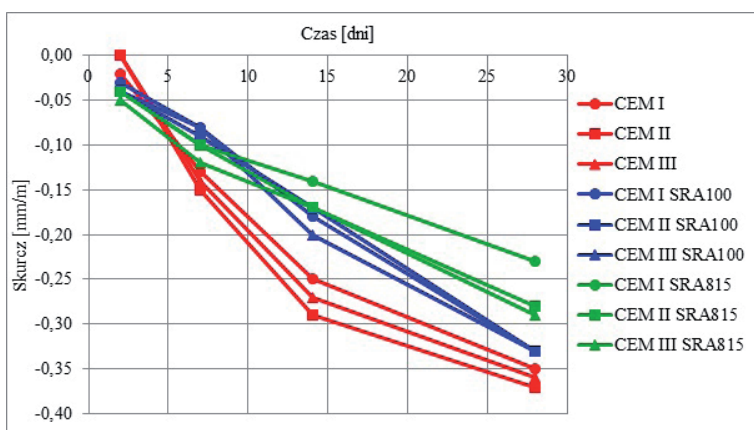
Badanie wytrzymałości na ściskanie po 7 i 28 dniach wykonano wg PN-EN 12390-3:2011. Próbkę były przygotowane i przechowywane wg PN-EN 12390-2:2011.



Fot. 1. Pomiar skurczu wg wewnątrzlaboratoryjnej procedury badawczej

4. Wyniki badań

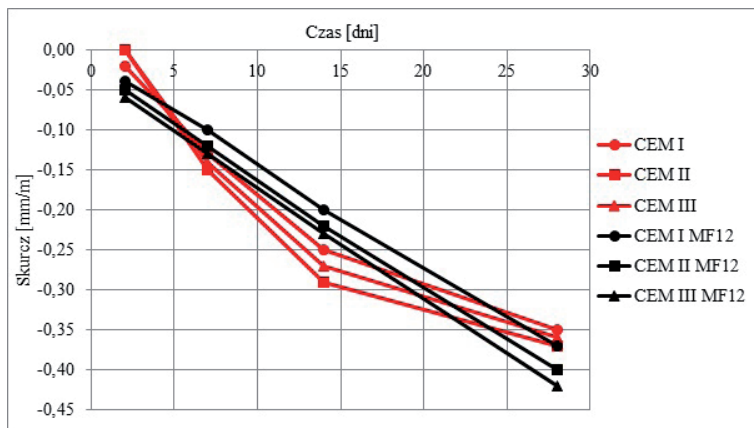
Rezultaty badań skurczu uzyskane metodą Amslera wykazały, że zastosowanie domieszek MasterLife SRA100 i MasterLife SRA815 pozwala na ograniczenie zmian liniowych w próbkach betonu. Stwierdzono także, że w początkowym okresie czasu (do 7 dni) skuteczniejsza jest domieszka SRA100, natomiast po dłuższym czasie betony z domieszką SRA815 wykazują najmniejszy skurcz. Skuteczność domieszki SRA100 została potwierdzona i pokrywa się z danymi producenta, który deklaruje, że SRA100 zaczyna działać wcześniej od SRA 815 jednak czas jej działania jest krótszy (rys. 3).



Rys. 3. Wyniki badań skurczu betonów z różnymi domieszkami uzyskane metodą Amslera.

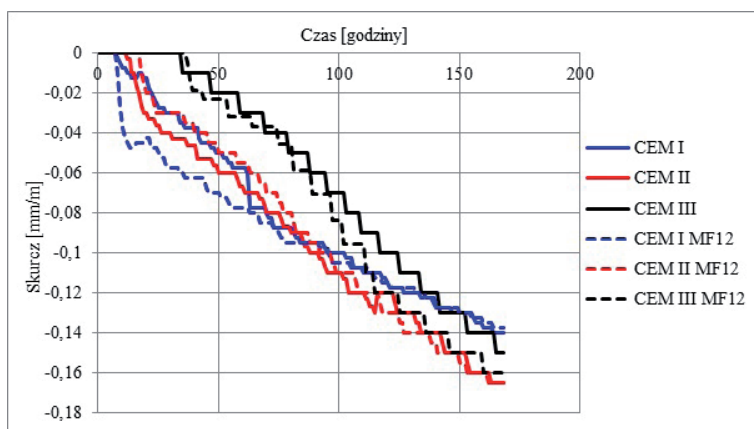
W przypadku stosowania mikrowłókien nie stwierdzono zmniejszenia skurczu. Po 28 dniach dojrzewania zaobserwowano nawet jego wzrost (rys. 4).

Zdaniem autorów decydujący wpływ na tą sytuację miało zwiększenie w/c mieszanki betonowej w celu zachowania konsystencji. Z sytuacją tego typu można się często spotkać w praktyce budowlanej, gdy stosuje się włókna jako reduktor skurczu. Na miejsce budowy dostarczana jest mieszanka o ustalonej konsystencji, a włókna są dodawane samodzielnie przez wykonawcę posadzki do betonowozu. Po wymieszaniu następuje spadek urabialności mieszanki i najczęściej aby wrócić do poprzedniej konsystencji dodaje się w wodę, zwiększając w ten sposób w/c.



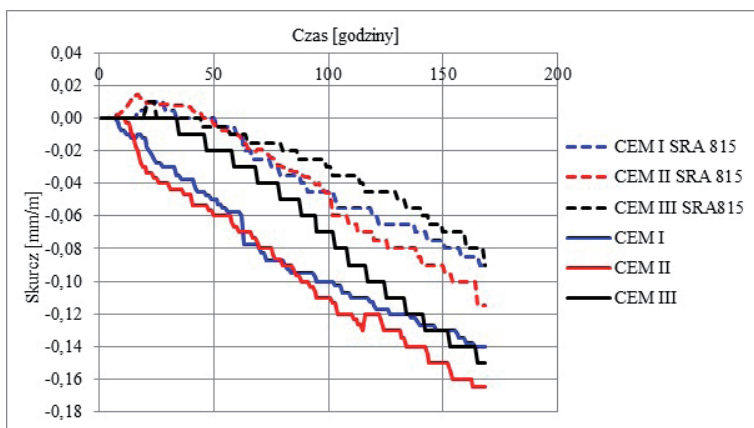
Rys. 4. Wyniki badań skurczu betonów z mikrowłóknami w porównaniu do betonów odniesienia uzyskane metodą Amslera

Podobną tendencję w przypadku stosowania mikrowłókien zaobserwowano podczas badania skurczu wg OENORM B 3329:2009-06-01 (rys. 5).



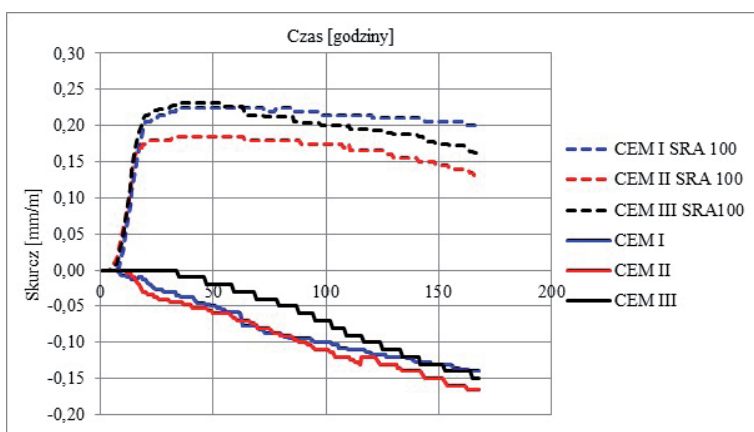
Rys. 5. Wyniki badań skurczu betonów z mikrowłóknami w porównaniu do betonów odniesienia uzyskane wg OENORM B 3329:2009-06-01

Badania skurczu uzyskane wg OENORM B 3329:2009-06-01 potwierdziły także skuteczne działanie domieszki MasterLife SRA815, co zaprezentowano na rys. 6.



Rys. 6. Wyniki badań skurczu betonów z domieszką MasterLife SRA815 w porównaniu do betonów odniesienia uzyskane wg OENORM B 3329:2009-06-01

Interesująco przedstawiają się wyniki badań skurczu badanego od pierwszych chwil kontaktu cementu z wodą, gdy stosowano domieszkę proszkową MasterLife SRA100. W czasie pierwszych 20 godzin następuje pęcznienie, następnie następuje stosunkowo niewielki skurcz, od 0,03 mm/m do 0,07 mm/m, w zależności od zastosowanego cementu (rys. 7).



Rys. 8. Wyniki badań skurczu betonów z domieszką MasterLife SRA100 w porównaniu do betonów odniesienia uzyskane wg OENORM B 3329:2009-06-01

Rezultaty badań przedstawione na rysunku 7 potwierdzają dane producenta domieszki MasterLife SRA100 dotyczące jej wpływu na zmiany objętości twardniejącego zaczynu cementowego.

Porównując uzyskane wyniki badań skurczu otrzymane dwiema różnymi metodami należy mieć na uwadze fakt, że próbki dojrzewały w różnych warunkach wilgotnościowych. Podczas badań metodą Amslera próbki zgodnie z normą [7] przechowywano w warunkach laboratoryjnych, tzn. wilgotności względnej od 60% do 70%. Natomiast

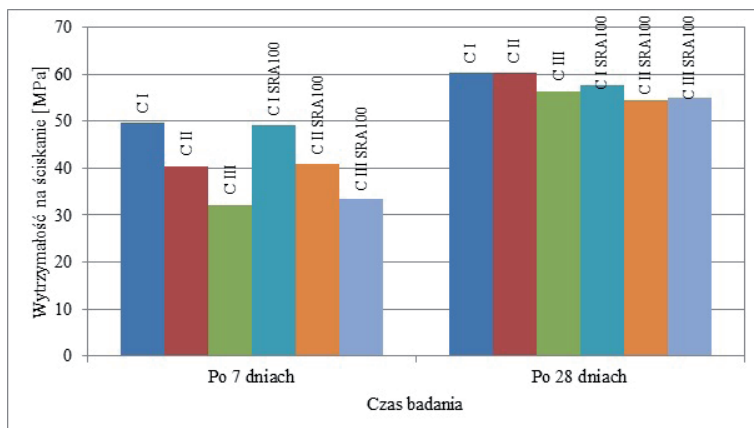
w trakcie badań wg OENORM B 3329:2009-06-01 próbki zostały pokryte parafinowym środkiem uniemożliwiającym odparowywanie wody.

Zaobserwowano, że pomimo różnic w kwestii warunków pielęgnacji, wartość skurczu oznaczana różnymi metodami jest do siebie zbliżona w analogicznym okresie czasu (tabela 3). Wyjątkiem od tej reguły były próbki w których zastosowano domieszkę MasterLife SRA100, która zgodnie z danymi producenta, przez pierwszą dobę wykazywała pęcznienie (rys. 7). Ponieważ pierwszy pomiar zmian liniowych metodą Amslera był wykonywany po 24 godzinach oraz ze względu na mechanizm działania domieszki SRA100 stwierdzono, że wyniki badań skurczu uzyskane dwiema różnymi metodami nie są porównywalne.

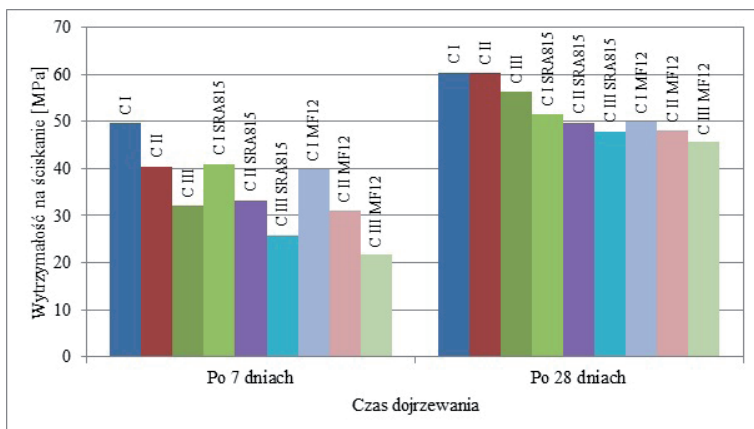
Tabela 3. Porównanie wyników badań skurczu uzyskanych różnymi metodami

Oznaczenie betonu	Skurcz po 7 dniach [mm/m]	
	Metoda Amslera	Wg OENORM B 3329:2009-06-01
CEM I	-0,13	-0,14
CEM II	-0,15	-0,16
CEM III	-0,14	-0,15
CEM I MF12	-0,10	-0,14
CEM II MF12	-0,12	-0,16
CEM III MF12	-0,13	-0,16
CEM I SRA815	-0,10	-0,09
CEM II SRA815	-0,10	-0,11
CEM III SRA815	-0,12	-0,09

Wyniki badań wytrzymałości na ściskanie pokazały, że w zależności od stosowanej metody ograniczenia skurczu, wytrzymałości wczesne (po 7 dniach) i normowe (po 28 dniach) betonu mogą być różne. Zastosowanie domieszki MasterLife SRA100 nie spowodowało zmian w wytrzymałości betonów (rys. 8), natomiast użycie domieszki MasterLife SRA815 lub mikrowłókien MF12 spowodowało wyraźne zmniejszenie poziomu uzyskiwanych wytrzymałości (rys. 9).



Rys. 8. Wpływ domieszki MasterLife SRA100 na wytrzymałość betonu na ściskanie



Rys. 9. Wpływ domieszki MasterLife SRA815 i mikrowłókien MF12 na wytrzymałość betonu na ściskanie

Spadek wytrzymałości na ściskanie betonów z mikrowłóknami MF12 jest konsekwencją zwiększenia współczynnika w/c w mieszance betonowej, co jak wspomniano wcześniej było konieczne ze względu na utrzymanie stałej konsystencji badanych mieszanek. Natomiast w przypadku stosowania domieszki MasterLife SRA815 można przypuszczać, że jej składniki mogły wpłynąć na proces hydratacji cementu i tym samym obniżyć wytrzymałości w stosunku do betonów odniesienia.

5. Wnioski

Na podstawie otrzymanych wyników badań można sformułować następujące wnioski:

- Rodzaj zastosowanego cementu nie miał większego znaczenia na wielkość skurczu betonu.
- Zastosowane w badaniach domieszki (MasterLife SRA100 i MasterLife SRA815) skutecznie ograniczają skurcz betonu.
- Wyniki badań zmian liniowych uzyskane metodą Amslera i wg OENORM B 3329:2009-06-01 po 7 dniach twardnienia betonu są do siebie zbliżone. Wyjątkiem jest sytuacja, gdy użyto domieszki powodującą pęcznienie (SRA100) w pierwszych godzinach dojrzewania.
- Ze względu na przeprowadzenie pierwszego pomiaru po 24 godzinach, oznaczanie skurczu metodą Amslera nie oddaje w pełni zachodzących zmian na badanych próbkach.
- Użycie jako reduktora skurczu domieszki na bazie eteru glikoli (SRA815) może spowodować obniżenie wytrzymałości betonu, co należy uwzględnić na etapie projektowania mieszanki.
- Stosowanie mikrowłókien, gdy zmniejszenie konsystencji mieszanki betonowej rekompensowano przez dodanie wody, a nie domieszki upłynniającej, nie ogranicza skurczu. Wg Autorów, w tym konkretnym przypadku miało to związek ze zwiększeniem wskaźnika w/c , czego potwierdzeniem jest spadek wytrzymałości na ściskanie.

Literatura

- [1] Neville A.M., Właściwości betonu, V edycja, Stowarzyszenie Producentów Cementu, Kraków 2012
- [2] Kurdowski W., Chemia cementu i betonu, Stowarzyszenie Producentów Cementu – Wydawnictwo Naukowe PWN, Kraków – Warszawa 2010
- [3] Czarnecki L., Deja J., Jasiczak J., Flaga K., Kurdowski W., Małolepszy J., Radowski W., Śliwiński J., Mrozooodporność betonu w konstrukcjach mostowych, Materiały Konferencji Dni Betonu 2014
- [4] Dransfield J., „Admixture Technical Sheet – AST 15 – Shrinkage reducing admixtures”, Cement Admixture Association, 2012
- [5] Chen W., Brouwers H.J.H., “Hydration of mineral shrinkage-compensating admixture for concrete: An experimental and numerical study”, Construction and Building Materials 26 (2012) 670–676
- [6] Łukowski P., “Domieszki do zapraw i betonów”, Stowarzyszenie Producentów Cementu, Kraków 2003
- [7] PN-B-06714/23:1984 „Kruszywa mineralne. Badania. Oznaczanie zmian objętościowych metodą Amslera”
- [8] PN-EN 12390-3:2011 „Badania betonu – Część 3: Wytrzymałość na ściskanie próbek do badania”
- [9] PN-EN 12390-2:2011 „Badania betonu – Część 2: Wykonywanie i pielęgnacja próbek do badań wytrzymałościowych”