

Badania wczesnego skurczu betonu wykonanego z użyciem cementu CEM-III/A-32,5-LH/HSR/NA



dr inż.
KRZYSZTOF KAMIŃSKI
Politechnika Warszawska
Wydział Budownictwa Mechaniki i Petrochemii w Płocku
ORCID: 0000-0001-9074-2232

W artykule przedstawiono wyniki badań wczesnego skurczu autogenicznego i skurczu przy wysychaniu betonu o niskim ciepłe hydratacji, stosowanego do wykonywania masywnych konstrukcji. Porównano wpływ różnych warunków pielęgnacji wodnej na wartości skurczu autogenicznego i od wysychania.

Masywne betonowe płyty fundamentowe to elementy coraz częściej stosowane w realizacjach obiektów zabudowy śródmiejskiej z podziemnymi garażami wielopoziomowymi. Płyty takie nie tylko zapewniają przekazywanie obciążeń z konstrukcji nośnej na grunt, ale bardzo często stanowią również element zabezpieczenia przed wnikaniem wód gruntowych, co powoduje wysokie wymagania dotyczące ich rysoodporności. Krytycznym elementem realizacji fundamentu płytowego jest często wstępne stadium realizacji (od momentu ułożenia mieszanki betonowej do chwili zakończenia procesu jej wiązania) umożliwiające wejście pracowników na jego powierzchnię i rozpoczęcie ewentualnych zabiegów związanych z pielęgnacją świeżego betonu. Nader często, we własnej praktyce, autor zetknął się z problemem powstania zarysowań powierzchniowych masywnej płyty fundamentowej właśnie już we wczesnej fazie realizacji.

Rysoodporność płyty jest uwarunkowana bardzo wieloma parametrami, takimi jak: rodzaj zastosowanego cementu, ilość i rodzaj dodatków popiołowych, temperatura mieszanki, rodzaj kruszywa, czas i sposób pielęgnacji, ograniczenia swobody odkształceń elementu oraz wiele innych. Ocena zmian objętości „młodego” betonu jest szczególnie trudna ze względu na niestacjonarność oraz nieliniowość zjawisk termomechanicznych, a także uzależnienie zmian od znacznej liczby czynników materiałowych i technologicznych. W literaturze technicznej można znaleźć wiele prac [1, 2] dotyczących teoretycznej, analitycznej lub numerycznej analizy zachowań termomechanicznych „młodego” betonu, w których warunki brzegowe, współczynniki, założenia modelu znacznie się róż-

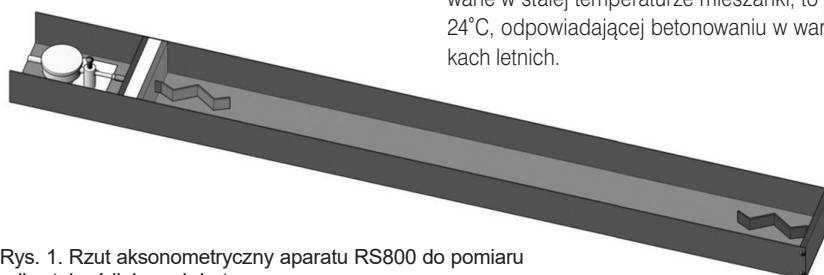
nią. Jednym z najtrudniejszych do oceny doświadczalnej parametrów jest skurcz autogeniczny i od wysychania betonu we wczesnej fazie dojrzewania.

Badania skurczu są wykonywane, a także prezentowane w postaci publikacji od wielu dziesiątków lat. Pomiaru skurczu dotyczyły w znacznej części stwardniałych zaczynów (zapraw, betonów) i były prowadzone od pierwszego do drugiego dnia twardnienia. Nową jakość w pomiarach stworzyły doświadczenia S. Miyazawy i E. Tazawy [3, 4, 5], badania skandynawskie [6, 7], a później także T. Nawy i T. Hority [8] oraz kilku innych autorów [9, 10, 11, 12], w których skurcz betonu mierzono od chwili zarobienia składników wodą, używając początkowo czytników ze skalą metryczną, a później elektronicznych. Większość badań skurczu była prowadzona po stwardnieniu materiału umożliwiającym jego wyjęcie z formy. Badania nie uwzględniały zjawisk zachodzących w ciągu pierwszych 24–48 godzin podczas wiązania. Obecnie takie badania prowadzone są z powodzeniem również w Polsce [13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20] w kilku ośrodkach naukowych.

W niniejszej pracy skoncentrowano się na ocenie rzetelności istniejących wytycznych

dotyczących projektowania oraz oceny ryzyka pękania masywnych płyt betonowych we wczesnym wieku. Powstanie wczesnych rys powierzchniowych w płycie jest związane zarówno z rozwojem skurczu od wysychania, jak i nierównomiernym samonagrzewem wnętrza płyty spowodowanym hydratacją cementu. Stosunkowo często, w praktyce, masywne płyty fundamentowe wykonywane są z mieszanki bazującej na cemencie o niskim ciepłe hydratacji CEM III/A LH/HSR/NA z dodatkami popiołów typu II. O ile monitorowanie temperatur związanych z samonagrzewem mieszanki na cemencie CEM III/A 32,5N-LH/HSR/NA jest udokumentowane w literaturze [21], to zjawisko wczesnego skurczu tego materiału jest zdaniem autora niedostatecznie zbadane. Oceniając potencjał pęknięcia młodego betonu, należy odnieść się zarówno do całkowitego skurczu w warunkach wysychania, jak i do skurczu autogenicznego.

Badania skurczu przedstawione w niniejszej pracy przeprowadzono nienormową metodą z wykorzystaniem rygnię skurczowych zaprojektowanych oraz wykonanych w Politechnice Warszawskiej według pomysłu autorskiego adaptacji metody Schleibingera (rys. 1.). Przyjęto, że badania będą wykonywane w stałej temperaturze mieszanki, to jest 24°C, odpowiadającej betonowaniu w warunkach letnich.



Rys. 1. Rzut aksonometryczny aparatu RS800 do pomiaru odkształceń liniowych betonu

W artykule omówiono przyczyny występowania wczesnych rys i spękań powierzchniowych w masywnych płytach fundamentowych. Przedstawiono główne czynniki technologiczno-materiałowe wpływające na zwiększenie ryzyka zarysowania we wczesnym okresie dojrzewania betonu, jak również metody pielęgnacji, które powinny być stosowane w celu ograniczania tego ryzyka.

Metodologia badań

W celu uzyskania pełnego obrazu skurczu betonu od momentu rozpoczęcia procesu wiązania wykonano badania laboratoryjne wczesnych odkształceń skurczowych z wykorzystaniem specjalnie zaprojektowanych rynien z blachy inwarowej o wymiarach przekroju formy 50 x 100 mm i długości bazy pomiarowej 800 mm (rys. 1.). Jeden koniec próbki betonowej był trwale połączony z rynną badawczą, zaś drugi, mający swobodę odkształceń – połączony z reperem zamocowanym w czole elementu. Mieszanka betonowa została oddzielona od formy metalowej dwumilimetrową pianką polietylenową, trzymilimetrową folią pęcherzykową i jedną warstwą folii PE o grubości 0,2 mm z wystającymi brzegami umożliwiającymi ewentualne okrycie górnej, wysychającej powierzchni próbki. Miejsce styku zakotwienia przesuwego z formą stalową pokryto specjalnym smarem. Stanowisko zapewniało swobodę przemieszczenia podłużnego twardniejącego betonu. Tuż po ułożeniu mieszanki betonowej w formie i wyrównaniu jej górnej powierzchni w taki sposób, aby otrzymać próbkę o 40 mm grubości i szerokości 80 mm ($h_0=80$ mm) zakładano czujniki elektroniczne firmy SYLWAC podłączone do systemu automatycznego zapisywania odczytów przemieszczeń czoła próbek betonowych. Jednocześnie z pomiarami odkształceń rejestrowano temperaturę oraz wilgotność powietrza w pomieszczeniu klimatyzowanym (24°C i RH 40–50%), w którym prowadzono badanie skurczu oraz mierzono temperaturę w próbkach rezystorowym czujnikiem Pt100. Wszystkie składniki mieszanki betonowej oraz aparaty pomiarowe przechowywano w tych samych warunkach klimatycznych przez 48 godzin przed rozpoczęciem badania. W momencie ułożenia mieszanki w aparatach RS800 różnica temperatur rynien i mieszanki nie przekraczała 1°K .

Mieszanka betonowa była układana w rynnach nie później niż 20 minut od chwili zmieszania składników. Rejestrację wskazań czujników cyfrowych o rozdzielczości 0,001 mm prowadzono przez 7 dni od momentu wypełnienia aparatów mieszanką betonową. W pierwszej dobie odczytów dokonywano w odstępie 30-minutowym, a następnie z częstotliwością co 3 godziny. Na podstawie dokonanych pomiarów sporządzono wykresy odkształceń skurczowych ϵ_s w funkcji czasu.

Tab. 1. Receptura 1 m^3 mieszanki betonowej klasy C35/45 stosowanej do wykonywania płyt masywnych

Cement CEM III A 32,5 N-LH/HSL/NA	320 kg
Popiół lotny typu II Elektrownie Opole	80 kg
Kruszywo drobne 0–2mm	700 kg
Kruszywo grube 2–8mm	510 kg
Kruszywo grube 8–16mm	520 kg
Woda efektywna	159 kg
Superplastyfikator FMD	3,6 kg

Badanie miało na celu określenie różnic odkształceń skurczowych pomiędzy wysychającą 4 cm warstwą wierzchnią i wnętrzem masywnej płyty, gdzie nie następuje wysychanie w początkowym okresie, więc zachodzi jedynie skurcz autogeniczny. Grubość warstwy betonu podlegającej wysychaniu w ciągu 7 dni od zabetonowania określono doświadczalnie przy pomocy miernika GANN UNI 2 z elektrodą węglową M20. Zjawisko skurczu powierzchniowego jest silnie uzależnione od sposobu pielęgnacji w pierwszych godzinach od zabetonowania. Na podstawie własnych obserwacji najczęściej stosowanych praktyk na budowie można zauważyć, że beton w płytach masywnych jest przykrywany folią PE na około 2 doby, zwilżany wodą 2–3 razy dziennie z przykryciem folią PE lub bez okrycia foliowego lub w ogóle nie jest pielęgnowany.

Badania wykonano na 5 seriach po 4 próbki wykonane z tej samej mieszanki betonowej o recepturze przedstawionej w tabeli 1. Taka receptura jest w praktyce stosowana do wykonywania masywnych płyt fundamentowych.

Chcąc odzwierciedlić warunki panujące na budowie, w każdej serii zastosowano inne warunki pielęgnacji.

- Seria A/1-4: próbki od momentu ułożenia w rynnie szczelnie okryto podwójną folią PE, którą przyciśnięto warstwą suchego kruszywa, co uniemożliwiało ich wysychanie.
- Seria BP/1-4: próbki niepielęgnowane, wysychające na górnej powierzchni.
- Seria F24/1-4: po 12 h od zabetonowania próbki przykryte folią bez dociskania; folia pozostawiona przez 60 godzin bez polewania wodą.



Fot. 1. Widok dwóch próbek serii A i dwóch serii BP w trakcie badań skurczu w rynnach RS800 (autor: K. Kamiński)

- d. Seria F48W/1-4: próbki przykryte folią przez 48 godzin, 3 razy na dobę polewane wodą.
- e. Seria WG48/1-4: próbki, na których po 6 godzinach ułożono geowłókninę drenarską PET 120 g/m² i prowadzono pielęgnację wodną 3 razy na dobę; geowłóknina zabezpieczona przed wysychaniem folią PE; pielęgnacja wodna prowadzona do 48. godziny od zabetonowania.

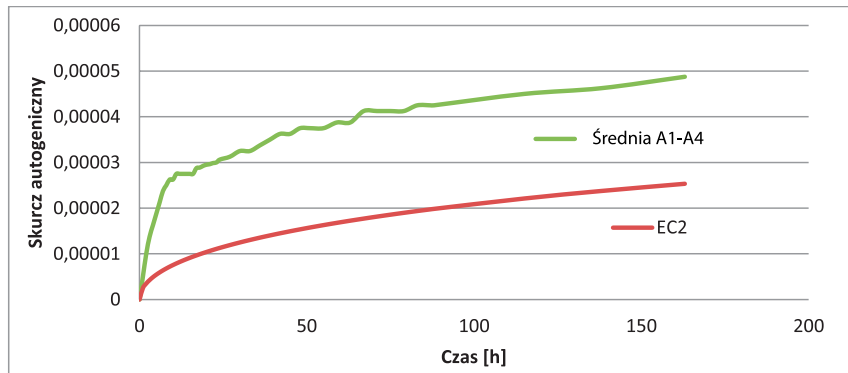
W trakcie prowadzenia badań średnia temperatura powietrza w otoczeniu rynien RS800 wynosiła 24±1 °C, zaś średnia wilgotność względna RH osiągała wartości 47±3 %. W każdej serii prowadzono oznaczenie początku i końca wiązania mieszanki metodą Vicata. Do oznaczenia początku wiązania próbkę mieszanki przemieszczono przez sito o oczku 2 mm, oddzielając kruszywo grube. Koniec wiązania (zagłębienie igły na 0,5 mm) wykonano na próbkach mieszanki betonowej z pełnym kruszywem.

Wyniki badań odkształceń skurczowych betonu

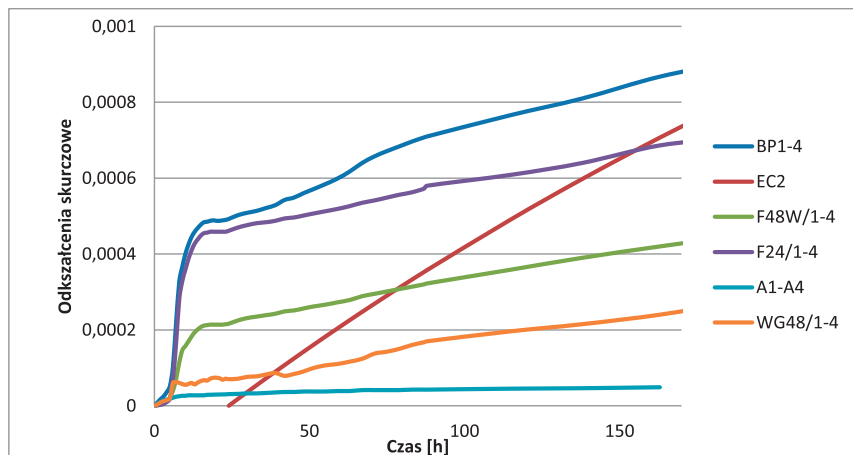
Na rys. 2. i 3. przedstawiono uśrednione z czterech próbek w każdej serii wyniki badań odkształceń skurczowych betonu wraz z wykresami skurczu autogenicznego i spowodowanego wysychaniem, obliczone na podstawie przepisów aktualnej normy Eurokodu 2 [22].

Pierwsze odkształcenia próbek serii A zarejestrowano już po 50 minutach od zmieszania składników. Odkształcenia skurczowe autogeniczne, w ciągu pierwszych 9 godzin twardnienia mieszanki betonowej, były około trzykrotnie większe od wartości normowych obliczonych dla próbki o miarodajnym wymiarze elementu badanego h₀ równej 80 mm. Dla betonu klasy C35/45 nominalne odkształcenie od skurczu autogenicznego $\epsilon_{cu}(\infty)$ wynosi 6,25*10⁻⁵. W ciągu pierwszych 9 h beton serii A osiągnął odkształcenia równe 2,73*10⁻⁵, tj. ponad 43% granicznego normowego skurczu autogenicznego. W kolejnych pomiarach pomiędzy skurczem pomierzonym i teoretycznym utrzymywała się praktycznie stała różnica wynosząca około 2,3*10⁻⁵.

We wszystkich czterech seriach próbek poddanych wysychaniu zaobserwowano skokowy wzrost odkształceń skurczowych pomiędzy siódmą a piętnastą godziną twardnienia mieszanki, tzn. w okresie przed rozpoczęciem tradycyjnego badania skurczu w aparacie Amslera. Początek wiązania metodą Vicata wyniósł 182–190 min, zaś koniec po 340–360 min. W warunkach budowy pielęgnację przez polewanie wodą lub przykrycie folią płyty masywnej rozpoczyna się dopiero po jej dostatecznym stwardnieniu umożliwiającym wejście pracowników na jej powierzchnię, najczęściej po 12–24 godzinach od zabetonowania. Na próbkach serii BP skurcz



Rys. 2. Wykres uśrednionego skurczu autogenicznego próbek serii A oraz teoretyczny skurcz według wymagań Eurokodu 2



Rys. 3. Wykres uśrednionego skurczu autogenicznego i spowodowanego wysychaniem próbek wszystkich 5 serii oraz teoretyczny skurcz od wysychania według reguł Eurokodu 2

wyniósł 0,048% po 15 godzinach. Odpowiada to wartości skurczu normowego [22] po około 115 godzinach od zabetonowania. Przy niewielkim odkształceniu od skurczu autogenicznego wewnątrz masywnej płyty, wynoszącym w tym czasie 0,0027%, różnica odkształceń względnych warstwy przypowierzchniowej o grubości 4 cm i wnętrza elementu wynosi około 0,045%. Ustalony na podstawie badań własnych moduł sprężystości 48-godzinnego betonu (zbadanie modułu młodszego betonu jest praktycznie niemożliwe, gdyż próbka rozpada się przy wyjmowaniu z formy) wyniósł 18350 MPa, co stanowi 54% modułu sprężystości normowej E_{cm} . Przyjmując, że moduł sprężystości betonu 15-godzinnego wynosi około 6000 MPa, naprężenia rozciągające w warstwie wierzchniej wyniosą $\sigma_{ct} = 2,7$ MPa, co oznacza przekroczenie ustalonej na podstawie badań 2-dniowej wytrzymałości na rozciąganie $f_{ctm} = 1,22$ MPa i całkowitą pewność pęknięcia warstwy wierzchniej.

W serii F24 próbki przykryto folią po 12 godzinach od zabetonowania. Skurcz 15-godzinny był zaledwie o około 5% mniejszy niż w serii BP. Oznacza to niewielki wpływ luźnego, zbyt późnego przykrycia folią płyty masywnej, ale przetrzymanie folii na próbkach przez 2,5 doby spowodowało znaczne zmniejszenie dalszej dynamiki przyro-

stu odkształceń skurczowych w początkowym 7-dniowym okresie dojrzewania betonu. Przy takim sposobie pielęgnacji istnieje wysokie prawdopodobieństwo wystąpienia pęknięć skurczowych warstwy wierzchniej płyty masywnej.

Próbki serii F48W poddano pielęgnacji wodnej już 6 godzin po zabetonowaniu i przykryto folią PE bez geowłókniny. Spowodowało to znaczny spadek dynamiki skurczu i po następnych 6 godzinach stabilizację trwającą około 12 godzin. Po 15 godzinach od zabetonowania uzyskano wartość skurczu o ponad 56% mniejszą niż w serii BP. Po 24 godzinach zaprzestano polewania wodą, ale próbki były nadal przykryte folią. Zakończenie pielęgnacji wodnej spowodowało przyspieszenie skurczu. Przyjmując wcześniejsze założenia, skurczowe naprężenia rozciągające w warstwie wierzchniej wyniosą $\sigma_{ct} = 1,9$ MPa, co oznacza wynik zbliżony do 2-dniowej wytrzymałości na rozciąganie i wysokie ryzyko pęknięcia warstwy wierzchniej płyty masywnej.

W serii WG48 rozpoczęto nawilżanie próbek po 6 godzinach i kontynuowano przez 42 godziny. Na próbkach ułożono geowłókninę, którą po zwilżeniu nakryto folią. Od chwili rozpoczęcia pielęgnacji wyraźnie spadło tempo przyrostu odkształceń skurczowych, osiągając po 15 godzinach od zabetonowania wartość ponad siedmiokrotnie mniejszą niż w se-

rii BP, tj. 0,0065%. Po zaprzestaniu nawilżania dynamika przyrostu odkształceń skurczowych osiągnęła poziom jak w serii F24. Przy odkształceniu od skurczu autogenicznego wewnątrz masywnej płyty, wynoszącym po 15 godzinach 0,0027%, różnica odkształceń względnych warstwy przypowierzchniowej o grubości 4 cm i wewnątrz elementu wynosi około 0,0375%. Przyjmując moduł sprężystości betonu 15-godzinnego E_{cm} równy 6000 MPa, naprężenia rozciągające w warstwie wierzchniej wyniosą $\sigma_{ct} = 6000 \times 0,00375 = 0,23$ MPa. Jest to naprężenie istotnie mniejsze od szacowanej na podstawie badań średniej, 15-godzinnej wytrzymałości betonu na rozciąganie $f_{ctm} = 0,40$ MPa. Oznacza to brak ryzyka zarysowań skurczowych warstwy wierzchniej przy zastosowaniu pielęgnacji powierzchni betonu jak w serii WG48.

Dynamika przyrostu odkształceń skurczowych spowodowanych wysychaniem istotnie odbiega od wartości teoretycznych swobodnego skurczu od wysychania określonych według zasad Eurokodu 2.

Podsumowanie i wnioski

Badania wczesnego skurczu prowadzone w aparacie RS800 umożliwiają obserwację zjawiska skurczu od początku rozpoczęcia procesu wiązania betonu, co daje pełniejszy obraz niż tradycyjne badanie w aparacie Amslera. Kształt wykresu wczesnego skurczu autogenicznego uzyskany w badaniach jest podobny do zależności normowej EC, ale w ciągu pierwszych 15 godzin od zmieszania składników mieszanki betonowej dynamika przyrostu skurczu autogenicznego jest znacznie większa.

W próbkach poddanych wysychaniu po około 6 godzinach od wykonania mieszanki betonowej następuje skokowy wzrost skurczu, który w próbkach bez pielęgnacji wodnej, w 4 cm warstwie powierzchniowej, osiąga wartości 0,045–0,048% odpowiadające 4-dniowemu skurczowi normowemu od wysychania.

W próbkach bez pielęgnacji lub przy zbyt późno rozpoczętej pielęgnacji wodnej, tj. po 12 godzinach od zabetonowania, powstają odkształcenia skurczowe, które mogą prowadzić do zarysowania warstwy wierzchniej w płycie masywnej.

Rutynowa pielęgnacja masywnej płyty fundamentowej stosowana na budowie, polegająca na przykrywaniu folią PE lub kilkukrotnym nawilżaniu i luźnym przykrywaniu folią, jest nieskuteczna, co tłumaczy częste przypadki występowania wczesnych spękań powierzchniowych.

Skurcz betonu wykonanego z cementu CEM III/A 32,5N-LH/HSR/NA z dodatkiem popiołu typu 2 wymaga rozpoczęcia pielęgnacji w postaci mgły wodnej nie później niż 5 godzin od wykonania mieszanki betonowej o temperaturze 24°C.

Bibliografia:

- [1] Klemczak B., 2019, Analytical Method for Predicting Early Age Thermal Effects in Thick Foundation Slabs. *Materials*, 12(22), doi.org/10.3390/ma12223689.
- [2] Klemczak B., Żmij A., 2019, Reliability of standard methods for evaluating the early-age cracking risk of thermal-shrinkage origin in concrete walls. *Construction and Building Materials* Volume 226, doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.07.167.
- [3] Miyazawa S. and Tazawa E., 1999, Autogenous shrinkage and drying shrinkage of high performance concrete. In 5th International Symposium on Utilization of High Strength, High Performance Concrete, Sandefjord, Norway, p. 1254–1263.
- [4] Tazawa E., Miyazawa S., 1995, Influence of cement and admixture on autogenous shrinkage of cement paste. *Cement and Concrete Research*. Vol. 25, No. 2.
- [5] Tazawa E., Miyazawa S., Kasai T., 1995, Chemical shrinkage and autogenous shrinkage of hydrating cement paste. *Cement and Concrete Research*. Vol. 25, No. 2, p. 288–292.
- [6] Kroniöf A., Leivo M., Sipari P., 1995, Experimental study on the basic phenomena of shrinkage and cracking of fresh mortar. *Cement and Concrete Research*, 25(8):1747–1754.
- [7] Holt E. and Leivo M., 1999, Autogenous shrinkage at very early ages. *Autogenous Shrinkage of Concrete*, p. 135–142.
- [8] Nawa T., Horita T., 2005, A mechanism of autogenous shrinkage of cementitious materials. *Cement Combinations for Durable Concrete*. Dundee, p. 425–434.
- [9] Holt E., Leivo M., 2004, Cracking risks associated with early age shrinkage. *Cement and Concrete Composites*. Volume 26, Issue 5, doi.org/10.1016/S0958-9465(03)00068-4.
- [10] Boshoff W.P., Combrinck R., 2013, Modelling the severity of plastic shrinkage cracking in concrete. *Cement and Concrete Research* 48, p. 34–39.
- [11] Gao P., Zhang T., Luo R., Wei J. & Yu Q., 2014, Improvement of shrinkage measurement for cement paste at very early age: Corrugated tube method using non-contact sensors. *Construction and Building Materials* 55, p. 57–62.
- [12] Dejian S., Jinliang J., Jiaxin S., Panpan Y. & Guoqing J., 2016, Influence of curing temperature on autogenous shrinkage and cracking resistance of high-performance concrete at an early age. *Construction and Building Materials* 103, p. 67–76.
- [13] Jasiczak J., Szymański P. & Nowotarski P., 2015, Computerised evaluation of the early age of shrinkage in concrete. *Automation in Construction* 49, p. 40–50.
- [14] Golaszewski J., Cygan G., Drewniok M., 2014, Laserowy system do badania skurczu wczesnego elementów betonowych w powiązaniu z oznaczaniem czasu wiązania. *PRZEGLĄD BUDOWLANY* 5, p.34–36 (in Polish).
- [15] Gruszczyński M., Kijania M., Klos M., 2016, Skurcz betonów wysokowartościowych – analiza przypadku. Shrinkage for high strength concretes – the case analysis. *Materiały konferencji 6 DNI BETONU*, (in Polish).
- [16] Golaszewski J., Cygan G., 2011, Influence of VMA admixtures on early shrinkage of the cement mortars. *Civil and Environmental Engineering* Vol. 2, p. 263–266.
- [17] Kiernożycki W., 2003, *Betonowe konstrukcje masywne*. Polski Cement. Kraków (in Polish).
- [18] Kaszyńska M., Zieliński A., *Autogenous Shrinkage in Self-Consolidating Concrete*, ACI Special Publication, SP-340: Dennis Mertz Symposium on Design and Evaluation of Concrete Bridges (ISBN: 9781641951012).
- [19] Zieliński A., Kaszyńska M., 2016, Analiza procesu pęknięcia betonów samozagęszczalnych w wyniku oddziaływań skurczowych. *Monografie Technologii Betonu*, TOM I, ISBN: 978-83-61331-24-7, Wydawca: Stowarzyszenie Producentów Cementu, p. 443–465.
- [20] Zieliński A., 2018, Ulepszenie normowych metod pomiarowych do rejestracji skurczu autogenicznego materiałów o matrycy cementowej. *Materiały Budowlane* Nr 10, ISSN: 0137-2971.
- [21] Golda A., Batog M., Synowiec K., Giergiczyński Z., 2015, Beton masywny z wykorzystaniem cementu hutniczego CEM III/B 42,5L-LH/SR/NA. *Budownictwo Technologie Architektura*, 10-12, p. 52-55.
- [22] Polska norma PN-EN 1992-1-1:2008; Eurokod 2 Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków.

DOI: 10.5604/01.3001.0014.8401

PRAWIDŁOWY SPOSÓB CYTOWANIA

Kamiński Krzysztof, 2021, Badania wczesnego skurczu betonu wykonanego z użyciem cementu CEM-III/A-32,5-LH/HSR/NA, „Builder” 5 (286). DOI: 10.5604/01.3001.0014.8401

Streszczenie: W artykule przedstawiono wyniki badań wczesnego skurczu autogenicznego i skurczu przy wysychaniu betonu o niskim cieple hydratacji, stosowanego do wykonywania masywnych konstrukcji. Porównano wpływ różnych warunków pielęgnacji wodnej na wartości skurczu autogenicznego i od wysychania. Dane uzyskane z badań mogą stanowić istotny element analizy rysoodporności masywnych płyt fundamentowych oraz zaleceń dotyczących sposobów ich pielęgnacji w celu ochrony przed wczesnym zarysowaniem skurczowym. **Słowa kluczowe:** beton, cement CEM III/A 32,5N-LH/HSR/NA, warunki pielęgnacji, wczesny skurcz

Abstract: TESTS OF EARLY AGE SHRINKAGE IN CONCRETE BASED ON CEMENT. CEM-III/A-32,5-LH/HSR/NA. The paper presents the results of research on autogenous shrinkage and drying shrinkage of concrete with a low heat of hydration used for the construction of massive structures. The influence of various water care conditions on the values of autogenous and drying shrinkage was compared. The data obtained as a result of the tests are an essential element of the analysis of the crack resistance of massive foundation slabs and the methods of their care against early shrinkage scratching.

Keywords: concrete, cement CEM III/A 32,5N-LH/HSR/NA, early age shrinkage strains, care conditions