

BADANIA DOŚWIADCZALNE ELEMENTÓW I KONSTRUKCJI BETONOWYCH

PUBLIKACJA POD PATRONATEM SEKCJI KONSTRUKCJI
BETONOWYCH KOMITETU INŻYNIERII LĄDOWEJ I WODNEJ PAN

ZESZYT NR 12

BIBLIOTEKA GŁÓWNA PŁ
BIBLIOTEKA BUDOWNICTWA
I ARCHITEKTURY

P.M-23.....

**Shrinkage
and creep
of self
compacting
concrete SCC**

**Skurcz i pełzanie betonów
samozagęszczalnych**

Artem Czkwianianc
Jerzy Pawlica
Danuta Ulańska

Pracę wykonano w ramach projektu badawczego nr 8 T07E 018 20
finansowanego przez Komitet Badań Naukowych

Chair of Concrete Structures
Technical University
of Lodz, Poland

Katedra Budownictwa Betonowego
Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska
Politechniki Łódzkiej
Łódź 2004

BADANIA DOŚWIADCZALNE ELEMENTÓW I KONSTRUKCJI BETONOWYCH

PUBLIKACJA POD PATRONATEM SEKCJI KONSTRUKCJI
BETONOWYCH KOMITETU INŻYNIERII LĄDOWEJ I WODNEJ PAN

ZESZYT NR 12

**Shrinkage
and creep
of self
compacting
concrete SCC**

**Skurcz i pełzanie betonów
samozagęszczalnych**

Artem Czkwianianc
Jerzy Pawlica
Danuta Ulańska

Pracę wykonano w ramach projektu badawczego nr 8 T07E 018 20
finansowanego przez Komitet Badań Naukowych

Chair of Concrete Structures
Technical University
of Lodz, Poland

Katedra Budownictwa Betonowego
Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska
Politechniki Łódzkiej
Łódź 2004

Recenzent / Reviewer
prof. dr hab. inż. Maria E. Kamińska

Opracowanie wyników pomiarów i skład tekstu / Preparing of measurement results and text
mgr inż. Jacek Filipczak

©2004 Katedra Budownictwa Betonowego, Łódź, Polska
©2004 Chair of Concrete Structures Technical University of Lodz, Poland

ISSN 1230-6010

Katedra Budownictwa Betonowego Politechniki Łódzkiej
Al. Politechniki 6, 93-590 Łódź, Poland
tel. (48) (42) 6313575, fax (48) (42) 6313584, e-mail: betonkbb@p.lodz.pl

STRESZCZENIE

Ogółem zbadano 12 betonów samozagęszczalnych o różnych składach w czterech klasach wytrzymałości. Składy betonów różniły się przede wszystkim proporcją między ilością cementu i dodatku. Do wykonania betonów zastosowano cement portlandzki CEM I, cement hutniczy CEM III oraz kruszywo naturalne do 16mm. Jako dodatki stosowano popiół lotny oraz mączkę wapienną.

Badanie skurczu prowadzono na próbkach 70×70×280mm oraz 100×100×500mm. Przez 7 dni próbki dojrzewały w warunkach laboratoryjnych, następnie w pomieszczeniu o temperaturze powietrza 20°C i wilgotności względnej 50%. Pełzanie badano na próbkach walcowych Ø150/300mm, które pielęgnowano i badano w takich samych warunkach.

Skurcz końcowy od wysychania wynosił $0.54 \div 0.88$ mm/m i był zbliżony lub nieco większy od obliczonego wg normy jak dla betonów zwykłych.

Współczynnik pełzania betonów wynosił 1.1 ÷ 2.4 w zależności od zarobu i był mniejszy niż dla betonów zwykłych. Pełzanie zależało od rodzaju cementu i rodzaju dodatku. Wraz ze wzrostem wytrzymałości i wieku betonu w chwili obciążenia pełzanie było mniejsze. Końcowe odkształcenia pełzania były mniejsze dla betonów z cementem hutniczym niż z cementem portlandzkim. Betony z dodatkiem popiołu lotnego miały mniejsze odkształcenie pełzania niż betony z dodatkiem mączki wapiennej.

SUMMARY

In general 12 Self-Compacting Concrete mixes of varied compositions in four strength grades were tested. The compositions of concretes differed mainly with proportion between quantity of cement and filler.

The SCC mixes were prepared with Portland cement CEM I, slag cement CEM III and with aggregate up to 16mm. As a filler either fly ash or limestone powder were used.

Investigation of shrinkage was carried on specimens measuring 70×70×280mm and 100×100×500mm.

For 7 days specimens were cured in laboratory conditions, then air-cured in 20°C and 50% RH. Investigation of creep was carried on cylinders Ø150/300mm, which were cured and tested in the same curing conditions.

Final drying shrinkage measured was $0.54 \div 0.88$ mm/m and was similar to or a little higher than that for normal concretes.

Creep coefficients of SCC concretes varied from 1.1 to 2.4 depending on mix proportions and were smaller than for normal concretes. Creep depended from type of cement and type of filler. The creep strains were smaller for higher strength concretes and with age of charge. Final creep strains were smaller for concretes with slag cement than with Portland cement. Concretes with fly ash had smaller creep deformations than concretes with limestone powder.

SPIS TREŚCI

1. Wstęp	7
2. Program i opis badań	8
2.1. Dane ogólne	8
2.2. Składniki	9
2.2.1. Cement	9
2.2.2. Dodatki	9
2.2.3. Kruszywo	10
2.2.4. Domieszki	10
2.3. Skład mieszanek betonowych	10
2.4. Badania własności świeżego betonu SCC	10
2.5. Wykonanie i pielęgnacja próbek	12
2.6. Realizacja badań	12
2.6.1. Pomiar skurczu	12
2.6.2. Pomiar pełzania	13
2.6.3. Pomiar wytrzymałości i współczynnika sprężystości	14
3. Wyniki badań	14
3.1. Skurcz	14
3.2. Pełzanie	14
3.3. Wytrzymałość i moduł sprężystości	14
4. Analiza wyników badań	16
4.1. Skurcz	16
4.1.1. Końcowe odkształcenia skurczowe	16
4.1.2. Przebieg odkształceń skurczowych	17
4.2. Pełzanie	18
5. Wnioski	21
Bibliografia	22
Załącznik	23

CONTENTS

1. Introduction	7
2. Test program	8
2.1. General data	8
2.2. Components	9
2.2.1. Cement	9
2.2.2. Additives and fillers	9
2.2.3. Aggregate	10
2.2.4. Admixtures	10
2.3. Mixture composition	10
2.4. Properties of fresh concrete	10
2.5. Curing of concrete	12
2.6. Execution of tests	12
2.6.1. Shrinkage	12
2.6.2. Creep	12
2.6.3. Strength and modulus of elasticity	13
3. Test results	14
3.1. Shrinkage	14
3.2. Creep	14
3.3. Strength and modulus of elasticity	14
4. Analysis of results	16
4.1. Shrinkage	16
4.1.1. Ultimate shrinkage	16
4.1.2. Shrinkage deformations versus time	17
4.2. Creep	18
5. Conclusions	21
References	22
Appendix	23

1. WPROWADZENIE

Postęp w rozwoju technologii betonu, zastosowanie coraz to nowszej generacji upłynniaczy i wprowadzenie dodatków spowodowały, że opracowano betony wysokiej wytrzymałości, BWW (ang. HSC) oraz betony wysokowartościowe, BW (ang. HPC). Beton samozagęszczalny zaliczany jest do betonów wysokowartościowych, opracowany został w Japonii w 1988 roku. Za wynalazcę betonu SCC uważa się Okamura, który jako pierwszy podał zasady projektowania tego betonu. Praktyczne stosowanie tego betonu rozpoczęło się 4 lata później, tj. w roku 1992. W Japonii produkcja betonu samozagęszczalnego w 2000r. wynosiła około 0.7% całkowitej produkcji betonu. Udział betonu towarowego SCC utrzymuje się jednak mniej więcej na tym samym poziomie i wynosi ok. 0.1%. Systematycznie natomiast rośnie udział betonu SCC w prefabrykacji, przyrost średnio 0.1% rocznie.

Coraz szersze wprowadzanie betonów samozagęszczalnych do praktyki budowlanej wymaga poznania ich właściwości fizyko - mechanicznych. Do tej pory nie opracowano przepisów normowych dla betonu SCC, bowiem jego własności nie zostały do końca poznane i opisane. Pomimo ogromnego zainteresowania badaczy betonem SCC, w dalszym ciągu brakuje opracowań potwierdzonych badaniami na temat jego własności reologicznych – skurczu i pęczania.

O zainteresowaniu betonem SCC może świadczyć liczba i ranga międzynarodowych sympozjów i konferencji. Z ostatnich 5 lat można przytoczyć między innymi:

- International Workshop on Self-Compacting Concrete, Kochi University of Technology, Tosa-yamada, Kochi, Japan, 23-26 August 1998,
- The 1st International RILEM Symposium on Self-Compacting Concrete, Reykjavik, Sztokholm, Szwecja, 13-14 wrzesień 1999,
- 1 North American Conference on the Design and Use of Self-Consolidating Concrete (SCC), Rosemount, Illinois, 12-13 listopad 2002,
- The 3rd International RILEM Symposium on Self-Compacting Concrete, Reykjavik, Iceland, 17-20 August 2003.

Pierwsze betony samozagęszczalne miały zawartość ziarn poniżej 0.125mm około 650kg/m³ betonu. Wraz z rozwojem technologii betonów samozagęszczalnych ilość frakcji drobnych ulegała obniżeniu. Było to możliwe dzięki opracowaniu domieszek regulujących lepkość. W chwili obecnej można uzyskać betony samozagęszczalne nawet przy ilości 400kg/m³ ziaren poniżej 0.125mm.

Zmieniają się także metody projektowania składu mieszanki betonowej. Według Cylejewskiego i Jawańskiego [1] można obecnie w projektowaniu betonu wyróżnić szkoły: brytyjską i francuską, alpejską, niemiecką oraz skandynawską.

Jednak skład mieszanek betonów samozagęszczalnych, mimo różnych metod projektowania, bez względu na klasę betonu, jest na ogół mało zróżnicowany. Udział frakcji drobnych, cementu i dodatków, wynosi około 500 kg/m³, choć odchyłki od tej wartości mogą być dość znaczne. Jako dodatki stosowane są popiół lotny, żużel wielko-

1. INTRODUCTION

Progress in development of concrete technology, an application of new generation of admixtures, introduction of additives led to development of high strength concretes, (HSC) and high performance concretes (HPC). Self compacting concrete (SCC) is a kind of high performance concrete. SCC was developed in Japan in 1988 by Okamura, who as first gave rules for its proportioning. Practical application of this concrete began 4 years later, ie. in 1992. In Japan total production of self compacting concrete in year 2000 was about 0.7% of entire concrete production. Participation of ready mixed SCC is however more or less on the same level of approximately 0.1%. Systematically instead grows participation of SCC concrete in prefabrication, average annual increase 0.1%.

More wider application of SCC concrete demand recognitions of its mechanical proprieties. Up to this times there are no standards for SCC concrete, as its properties have not been fully recognized and described. In spite of huge interests of explorers with SCC concrete, there is still lack of investigation on time dependent properties of SCC concrete - shrinkage and creep.

Number and rank of international symposiums and conferences can testify about world wide interest on SCC concrete. From last years some may be quoted:

- International Workshop on Self-Compacting Concrete, Kochi University of Technology, Tosa-yamada, Kochi, Japan, 23-26 August 1998,
- The 1st International RILEM Symposium on Self-Compacting Concrete, Reykjavik, Sztokholm, Szwecja, 13-14 wrzesień 1999,
- 1 North American Conference on the Design and Use of Self-Consolidating Concrete (SCC), Rosemount, Illinois, 12-13 listopad 2002,
- The 3rd International RILEM Symposium on Self-Compacting Concrete, Reykjavik, Iceland, 17-20 August 2003.

First SCC concretes have had rather high content of cementitious materials (<0.125mm) of about 650kg/m³. With development of SCC concretes technology the quantity of cement and fillers decreased. It was possible thanks to invention of viscosity modifying admixtures. At present SCC concrete can be obtained even with 400kg/m³ of grains below 0.125mm.

Mix-design methods are changing as well. According to Cylejewski and Jawański [1] there are few scientific centres for development of mix-design methods for SCC concrete, among them are: British and French, Alpine, German and Scandinavian.

In spite of different mix-design methods, the composition of SCC mixtures, without regard on strength, in general does not vary much. The content of cement and additives is about 500 kg/m³, but deviations from this values can be considerable. Fly ash, ground granulated blast furnace slag, silica fume as additives influencing strength are used as well as neutral fillers – silica powder or limestone powder. Volume of water in a mix is approximately 180dm³/m³ with the lower limit of about 160dm³/m³ and upper limit 200dm³/m³. The volume of coarse aggregate

piecowy, pył krzemionkowy jak i dodatki obojętne: mączka kwarcowa, mączka wapienna.

Ilość wody wynosi około $180\text{dm}^3/\text{m}^3$, przy dolnej granicy około $160\text{dm}^3/\text{m}^3$ zaś górnej $200\text{dm}^3/\text{m}^3$.

Objętościowy udział frakcji kruszywa grubego jest mniejszy niż w betonach zwykłych skutkiem znacznie większej ilości zaprawy.

Ten stosunkowo stały skład, a przede wszystkim mała zróżnicowana ilość wody w mieszance, powinien decydować o jednakowych, nawet przy zdecydowanie różnych wytrzymałościach betonu, odkształceniach skurczu i pęcznienia.

2. PROGRAM I OPIS BADAŃ

2.1. Dane ogólne

W programie badań uwzględniono:

- trzy rodzaje cementu - CEM I 42.5, CEM IIIA 32.3 oraz CEM I 32.5R,
- dwa rodzaje dodatków - popiół lotny oraz mączkę wapienną,
- dwa rodzaje domieszek - Viscocrete 3 i FM 34 Addiment.

is lower than in normal concrete NC, because in SCC concrete there is higher volume of mortar.

The comparatively stable mix composition and slight variation in water content should decide about similar shrinkage and creep deformations in spite of wide range of concrete strength.

2. TEST PROGRAM

2.1. General data

The test program take into account

- three types of cement,
- two types of additives,
- two types of admixtures.

In general twelve different SCC concretes were tested. The test program is given in table 2.1.

Tablica 2.1. Program badań betonów samozagęszczalnych SCC

Table 2.1. Test program for self compacting concrete SCC

nr betonu no of concrete	klasa betonu grade of concrete	obciążenie po dniach loading after days	cement cement	dodatek additives	superplastifikator superplasticizer	
1	B40	7, 28	CEM I 42.5 NA Warta	popiół lotny / fly ash	Viscocrete-3	
2	B20	28	CEM I 42.5 NA Warta	popiół lotny / fly ash	Addiment FM34	
3		28		mączka / lime powder		
4		28	CEM IIIA 32.5 NA Strzelce Opolskie	popiół lotny / fly ash		
5		28		mączka / lime powder		
6	B60	2, 7, 28, 90, 365	CEM I 42.5 NA Warta	popiół lotny / fly ash	Viscocrete-3	
7		2, 7, 28		mączka / lime powder		
8		28	CEM I 32.5R Małogoszcz			
9		2	CEM I 42.5 NA Warta	popiół lotny / fly ash		Addiment FM34
10		28		CEM IIIA 32.5 NA Strzelce Opolskie		
11		28	mączka / lime powder			Viscocrete-3
12	B80	2, 7	CEM I 42.5 Warta	popiół lotny / fly ash		

Ogółem program badań obejmuje 12 różnych betonów. Program badań zamieszczono w tablicy 2.1.

Do wykonania betonów zastosowano:

- cement CEM I 42.5NA Cementownia Warta,
- cement CEM III 32.5NA Cementownia Strzelce Opolskie,
- cement CEM I 32.5R z Cementowni Małogoszcz,
- popiół lotny Elektrociepłownia EC-IV Łódź,
- mączkę wapienną Cementownia Rudniki,
- piasek kopalniany 0/2 kopalnia Łódź-Stoki,
- żwir wielofrakcyjny 2/16 kopalnia Mietków
- domieszki upłynniające Viscocrete-3 firmy Sika oraz FM34 firmy Addiment.

Łącznie wykonano 20 zarobów mieszanek betonowych.

To make SCC concretes the following components were used:

- CEM I 42.5 NA Warta cement plant,
- CEM III 32,5 NA Strzelce Opolskie cement plant,
- CEM I 32,5R Małogoszcz cement plant,
- fly ash Łódź EC-IV power plant,
- limestone powder from Rudniki cement plant,
- coarse aggregate from Mietków mine,
- sand 0/2mm from Łódź-Stoki mine,
- Sika Viscocrete-3 superplasticizer and Addiment FM34 superplasticizer.

In total 20 SCC concrete mixtures were prepared for study.

2.2. Składniki

2.2.1. Cement

Składy chemiczne, własności fizyczne i wytrzymałościowe podano w tablicy 2.2.

Tablica 2.2. Własności cementów
Table 2.2. Properties of cements

Cecha charakterystyczna Parameters	CEM I 42.5 NA „Warta” Działoszyn	CEM III A 32.5 NA Strzelce Opolskie	CEM I 32.5 R Małogoszcz
Części nierozpuszczalne / Insoluble parts	0,7%	0,5%	
Straty prażenia / Ignition losses	2,8%	0,6%	0,7%
CaO	64,5%	54,3%	65,1%
MgO	0,9%	3,8%	1,6%
SiO ₂	20,8%	31,8%	20,5%
Al ₂ O ₃	4,9%	5,9%	5,4%
Fe ₂ O ₃	2,4%	2,3%	2,9%
SO ₃	2,7%	3,4%	2,6%
Na ₂ O _{eq}	0,42%	0,76%	1,4%
Cl	0,006%	0,073%	
Wytrzymałość na ściskanie / Compressive strength:			
- po 2 dniach / after 2 days	17,6MPa	25,7MPa	28,2MPa
- po 28 dniach / after 28 days	52,3MPa	47,0MPa	43,4MPa
Właściwa ilość wody / Specific quantity of water	25,0%		
Czas wiązania / Setting time:			
- początek / begining	150 min,	186 min,	
- koniec / end	210 min,	248 min,	
Zmiana objętości / Volume change	0,2 mm	0,5 mm	
Powierzchnia właściwa / Specific surface	3274 cm ² /g		2600 cm ² /g

2.2.2. Dodatki

Skład chemiczny popiołu lotnego oraz uziarnienie popiołu lotnego i mączki wapiennej podano w tablicach 2.3 i 2.4.

Tablica 2.3. Skład chemiczny popiołu lotnego
Table 2.3. Chemical composition of fly ash

Tlenek /	% ¹⁾	% ²⁾
SiO ₂	53,10	48,76
Al ₂ O ₃	25,71	23,61
Fe ₂ O ₃	7,79	7,15
CaO	5,23	4,80
MgO	3,40	3,12
Na ₂ O	0,63	0,58
K ₂ O	0,70	0,64
SO ₃	1,32	1,21
TiO ₂	1,03	0,95
P ₂ O ₅	0,43	0,39
Mn ₃ O ₄	0,12	0,11
Straty prażenia / Ignition losses	-	8,18
Suma / Sum	99,46	99,50
Zawartość popiołu Content of fly ash	91,82	-

1) po przepaleniu w 815°C
after overheating in 815°C

2) po przeliczeniu na stan wyjściowy
after count on initial state

2.2. Components

2.2.1. Cement

Chemical composition and properties of cements are given in table 2.2.

2.2.2. Additives and fillers

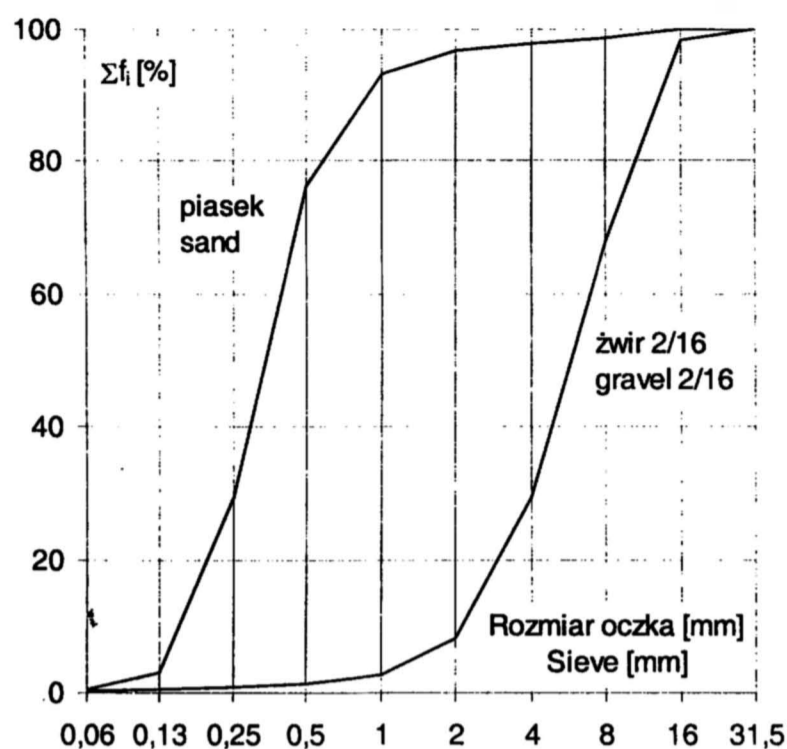
Chemical and grain composition of fly ash and limestone powder is given in tables 2.3 and 2.4.

Tablica 2.4. Uziarnienie popiołu lotnego i mączki wapiennej

Frakcja / Fraction	%	Suma / Sum %
popiół lotny / fly ash		
powyżej 0,5 / over 0,5	2	2
0,5 – 0,25	3	5
0,25 – 0,125	14	19
0,125 – 0,07	21	40
0,07 – 0,06	34	74
poniżej 0,06 / below 0,06	25	99
Strata / Loss	1	100
Razem / Sum	100	100
mączka wapienna / lime powder		
pozostałość na sicie 0,25	3	
pozostałość ma sicie 0,09	17	

2.2.3. Kruszywo

Składy ziarnowy kruszywa zamieszczono w tablicy 2.5 i pokazano na rys. 2.1.



Rys. 2.1. Skład ziarnowy kruszywa
Fig. 2.1. Grain composition of aggregate

2.2.4. Domieszki

Addiment FM 34 to superplastyfikator na bazie eteru polikarboksylogowego, a Sica Viscocrete 3 to superplastyfikator na bazie kombinacji polikarboksylianów i regulatorów lepkości oraz wiązania i twardnienia.

2.3. Skład mieszanek betonowych

Projektując skład betonu starano się w niewielkim stopniu różnicować udział frakcji < 0,125 mm przyjmując średnio ok. 500 kg/m³ (480 – 540kg/m³) i w niewielkim stopniu różnicować ilość wody przyjmując średnio 180dm³/m³. Wykonano serię zarobów próbnych i dopiero na tej podstawie zaprojektowane zostały składy betonów, które poddane zostały badaniom. Proporcje podstawowych składników mieszanek betonowych były następujące:

Cement	220 – 450kg/m ³
Popiół lotny	90 – 280kg/m ³
Mączka wapienna	89 – 280kg/m ³
Woda	160 – 190kg/m ³
Uplynniciak	2,3 – 7,2kg/m ³

Szczegółowe składy betonów, parametry i własności mieszanek betonowych oraz wytrzymałość betonu stwardniałego po 28 dniach dojrzewania zamieszczono w tablicy 2.6.

2.4. Badania własności świeżego betonu SCC

Mieszanekę betonu wykonywano w mieszarce przeciwbieżnej o pojemności 100 litrów. Każdy zarób wykonywany był w dwóch częściach po 75 litrów każda. Kolejność dodawania składników była następująca: kruszywo, cement, dodatki, woda zarobowa i na końcu domieszka

2.2.3. Aggregate

Aggregate grain composition is given in table 2.5 and on Fig. 2.1.

Tablica 2.5. Skład ziarnowy kruszywa
Table 2.5. Grain composition of aggregate

Sito Sieve [mm]	Przechodzi w [%] / Passing [%]	
	Piasek 0/2 Sand 0/2	Żwir 2/16 Gravel 2/16
31,5	100,0	100,0
16	100,0	98,3
8	98,6	67,8
4	97,9	29,5
2	96,8	8,2
1	93,3	2,6
0,5	76,2	1,3
0,25	29,4	0,8
0,125	3,1	0,5
0,063	0,5	0,2

2.2.4. Admixtures

Addiment FM34 superplasticizer is polikarboxylic ether based and Viscocrete-3 is complex admixture polikarboxylic ether based with viscosity and setting time modifying agent.

2.3. Mixture composition

Precautions were taken to design concrete composition in such a way the quantity of fines <0,125mm and water should not vary too much. In an average, content of fines was approximately 500kg/m³ (480-540kg/m³) and volume of water approximately 180dm³/m³. Several trial mixes were made and on this base compositions of concretes were corrected and accepted for investigation. Basic concrete mixture composition was as follows:

Cement	220-450 kg/m ³
Fly ash	90-280 kg/m ³
Limestone powder	89-280 kg/m ³
Water	160-190 kg/m ³
Admixture	4-7,2 kg/m ³

Detailed compositions of concrete mixtures, properties of fresh concrete and strength after 28 days are given in table 2.6.

2.4. Properties of fresh concrete

Concrete mixes were made in 100 litres capacity mixer. Each concrete was made in two batches, 75 litres each. Components were added in a following order: aggregate, cement, additives, water and at the end superplasticizer with the last part of mixing water. The batch was carefully mixed and approximately after five minutes flow test was made by means of Abrams cone. Next, density and air content were measured and V-funnel test and L-box test were made. Results of tests for all concrete studied are given in Appendix and table 2.6. All concrete mixes investigated passed requirements for self compactability described in scientific papers.

Tablica 2.6 Skład i właściwości

Table 2.6 Composition and performances

Składniki, konsystencja wytrzymałość Components, Consistence Strength	Jednostka Unit	Numer betonu / Concrete number											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Nr zarobu / Mixture											
		9, 10	17	14	16	15	1,3,4,5,6	12,13,20	11	2	18	19	7, 8
CEM I 42,5 NA		220	200	220	-	-	330	400	-	328	-	450	
CEM III 32.5 NA		-	-	-	220	220	-	-	400*	-	400	-	
Piasek / Sand		585	659	659	659	659	594	686	686	591	686	580	
Żwir 2/16 / Gravel		993	909	909	909	909	997	962	962	994	962	1100	
Woda / Water	kg/m ³	180	190	190	190	190	180	180	172	179	180	160	
Popiół lotny / Fly ash		280	280	-	280	-	200	-	-	199	-	90	
Mączka wap./Lime powder		-	-	280	-	280	-	80	80	-	80	-	
Viscocrete 3		6.9	-	-	-	-	6.9	6.9	7.2	-	5.6	7.0	
Addiment FM 34		-	2.6	4.0	2.3	5.0	-	-	-	6.9	-	-	
$\gamma_{b, sr}$		2290	2315	2348	2320	2298	2310	2335	2385	2300	2263	2379	
C+D		500	480	500	500	500	530	480	480	530	480	540	
W/C		0.818	0.950	0.864	0.864	0.864	0.545	0.450	0.450	0.542	0.450	0.356	
W/(C+D)		0.360	0.396	0.380	0.380	0.380	0.340	0.375	0.375	0.338	0.375	0.296	
Rozpływ / Flow	mm	740x740	740x650	710x630	720x570	680x600	730x620	710x660	700x710	810x700	660x600	710x630	
V-funnel test	sek	6	-	2	-	-	8	5	7	7	4	9	
L-box	sek	2	4	-	-	-	4	8	2	4	-	4	
test	mm	510	60	-	-	-	510	60	510	65	-	505	
Zawartość powietrza / Air	%	1.3	2.0	2.0	1.1	5.2	2.6	7.8	1.6	-	5.6	2.0	
$f_{c, cube}$ 28dni	MPa	41	37	25	39	32	58	57	63	54	56	78	
f_c 28 dni	MPa	30	33	20	39	26	45	46	47	42	42	59	

* CEM I 32.5 R

z częścią wody zarobowej. Po dokładnym wymieszaniu składników przez około 5 minut wykonywano pomiar średnicy rozptyłu metodą odwróconego stożka Abramsa. Następnie wykonywano oznaczenie gęstości pozornej mieszanki betonowej oraz zawartości powietrza. W dalszej kolejności wykonywano pomiar czasu wyptywu mieszanki, tzw. V-funnel test oraz przeprowadzano oznaczenie, przy użyciu skrzynki w kształcie litery L, tzw. L-box test. Wyniki oznaczeń i pomiarów dla wszystkich zarobów zamieszczone zostały w Załączniku oraz tablicy 2.6. Wszystkie badane mieszanki betonowe spełniały przyjęte w literaturze wymagania dla betonów samozagęszczalnych.

2.5. Wykonanie i pielęgnacja próbek

Po upływie około 1 godziny od momentu wymieszania składników przystępowano do wykonania próbek. Dla każdego zarobu wykonywano 18 kostek o boku 150mm, 12 walców $\varnothing 150/300$ mm, 3 beleczki o wymiarach $70 \times 70 \times 280$ mm oraz trzy beleczki o wymiarach $100 \times 100 \times 500$ mm. Kostki do badania wytrzymałości wypełniano mieszanką betonową w dwóch warstwach, natomiast walce napełniano w trzech warstwach. Kolejną porcję mieszanki układano dopiero po odpowietrzeniu się warstwy poprzedniej. Próbki prostopadłościenne do badania skurczu wypełniano betonem w jednej warstwie.

Dla wybranych zarobów dodatkowo pobierano próbki kostkowe do badania nasiąkliwości betonu oraz wodoprzepuszczalności.

Próbki po zarobieniu były szczelnie przykryte folią, a po rozformowaniu, po dwóch dobach, umieszczane w wannie nad wodą. Po pięciu dniach pielęgnacji nad wodą, łącznie po siedmiu dniach, próbki przenoszono do klimatyzowanego pomieszczenia o stałej temperaturze powietrza $20 \pm 2^\circ\text{C}$ i wilgotności RH $50 \pm 5\%$. W tych warunkach dojrzewania próbki przebywały przez cały czas badania skurczu i pełzania oraz do czasu badania wytrzymałości na ściskanie, modułu sprężystości oraz innych własności.

2.6. Realizacja badań

2.6.1. Pomiar skurczu

Badanie skurczu dla każdego zarobu prowadzono na trzech beleczkach o wymiarach $70 \times 70 \times 280$ mm oraz równolegle na trzech beleczkach o wymiarach $100 \times 100 \times 500$ mm.

Pomiar odkształceń skurczowych na beleczkach $70 \times 70 \times 280$ mm był prowadzony przyrządem angielskim firmy ELE International wyposażonym w czujnik zegarowy o dokładności odczytu 0,002mm. Sposób pomiaru pokazany został na rys. 2.2. Pomiar odkształceń rozpoczynano tuż po wyjęciu próbek z foremek i prowadzono codziennie przez 14 dni, następnie pomiar wykonywano jeden raz na tydzień przez kolejne cztery tygodnie i dalej raz w miesiącu aż do zakończenia badań. Pomiar skurczu i pełzania dla większości zarobów trwały około roku. Dla kilku zarobów ostatnie pomiary wykonano po upływie krótszym, bo po ok. 220 dniach. Pomiary skurczu oraz

2.5. Curing of concrete

Samples of concrete were casted approximately 1 hour after whole water was added to the mixer. For each concrete eighteen $150 \times 150 \times 150$ mm cubic samples, twelve $\varnothing 150/300$ mm cylinders, three $70 \times 70 \times 280$ mm prisms and three $100 \times 100 \times 500$ mm prisms were casted. Cubic samples for strength test were casted in two layers and cylinder samples in three layers. Following portion of fresh concrete was applied after the previous one deaerated. Prism samples were casted in one layer.

For water absorption and permeability tests additional cubes were casted for selected concretes.

When casting was completed samples were tightly covered with a plastic foil. After two days samples were demolded and stored in 20°C moist conditions for the next 5 days and then transferred to air-condition chamber (temperature 20°C and 50% relative humidity). In these conditions samples stayed for whole period of shrinkage and creep investigation and other tests as strength and modulus of elasticity.

2.6. Execution of tests

2.6.1. Shrinkage

Investigation of shrinkage for each concrete was carried out on three $70 \times 70 \times 280$ mm samples and simultaneously on three $100 \times 100 \times 500$ mm samples.

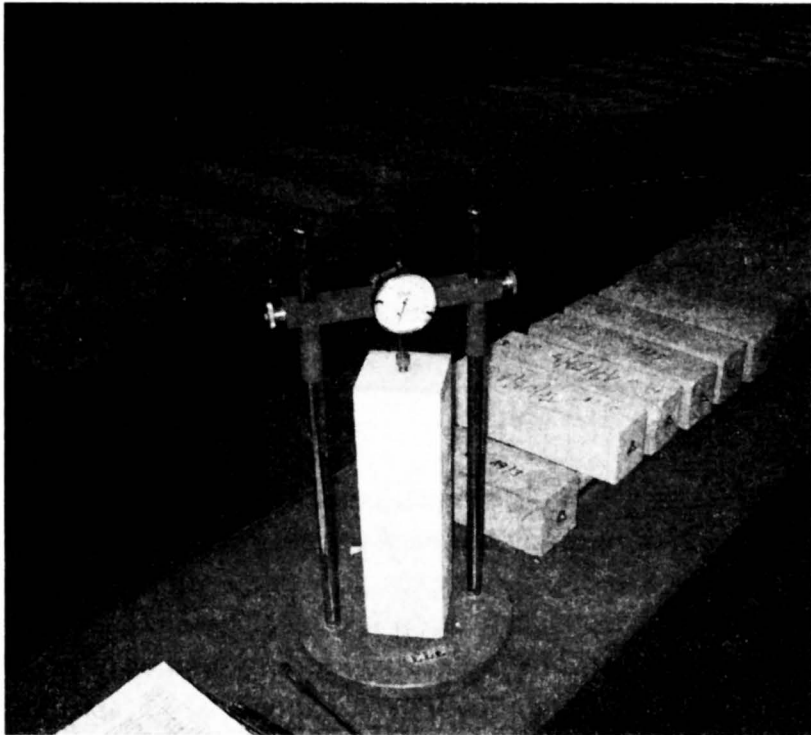
Dial extensometer made by ELE International was used to measure shrinkage deformations on $70 \times 70 \times 280$ mm samples. The extensometer dial gauge had reading accuracy of 0,002mm. Fig. 2.2 shows shrinkage deformation measurement. Amsler instrument with reading accuracy of 0,01mm was used to measure shrinkage strain on $100 \times 100 \times 500$ mm samples. Deformations of both samples types were measured at the same time. Readings began just after samples were demoulded and were taken every day for the first fourteen days, then once a week for four weeks and further once a month.

For majority of concrete mixtures, except some, shrinkage deformations were measured for one year. For a few concrete mixtures last strain readings were taken after shorter period, about 220 days. Shrinkage and creep readings for these concretes will also be continued for one year, unfortunately the results will not be included in this report. Shrinkage test was carried out according to ASTM C512 method.

During whole test period ambient temperature and relative humidity were registered automatically every 1 hour. In Appendix an average temperature and relative humidity are enclosed.

2.6.2. Creep

Creep was tested on $\varnothing 150/300$ mm cylinders, three at the same time for each concrete, placed in hydraulic press and loaded. The load level was in range 0,3-0,4 of compressive strength so deformations in creep were elastic. The level of loading was checked and adjusted by oil pressure in the hydraulic press. At the beginning of creep



Rys. 2.2. Badanie skurczu
Fig. 2.2. Shrinkage testing

pełzania dla tych zarobów będą również prowadzone przez okres jednego roku. Metodyka pomiaru skurczu była zgodna z zaleceniami normy ASTM C512.

Pomiar odkształceń skurczowych na beleczkach 100×100×500mm był wykonywany za pomocą przyrządu Amslera. Dokładność odczytu śruby mikrometrycznej wynosiła 0,01mm. Pomiar odbywał się w tym samym czasie co beleczek 70×70×280mm. Podczas pomiaru rejestrowano wilgotność względną powietrza oraz temperaturę. Temperatura i wilgotność w pomieszczeniu klimatyzowanym była rejestrowana automatycznie co 1 godz. Wartości temperatury i wilgotności powietrza podane w Załączniku są średnimi z danego okresu pomiarowego.

2.6.2. Pomiar pełzania

Badanie pełzania prowadzono na trzech próbkach Ø150/300mm dla każdego zarobu. Wszystkie trzy próbki umieszczano w jednej prasie hydraulicznej i przykładano obciążenie. Poziom obciążenie wynosił od 0,3 do 0,4 siły niszczącej, a więc był w zakresie odkształceń sprężystych. Poziom obciążenie było kontrolowane za pomocą manometru. W pierwszym okresie po przyłożeniu obciążenia ciśnienie regulowano codziennie, a następnie tak często jak to było potrzebne. Pomiar odkształceń pełzania był prowadzony za pomocą tensometru nasadowego mechanicznego o bazie 200mm firmy Meyes & Son o dokładności odczytu $0,8 \times 10^{-5}$. Jednocześnie z pomiarem odkształceń pełzania, w celu wyeliminowania wpływu skurczu na pełzanie, prowadzono pomiar odkształceń skurczowych na trzech próbkach walcowych Ø150/300mm, tym samym tensometrem nasadowym o bazie 200mm. Pomiar skurczu rozpoczynano od momentu obciążenia próbek do pomiaru pełzania i prowadzono codziennie przez okres 7 dni, następnie co 7 dni przez cztery tygodnie i dalej raz w miesiącu.

Pomiar odkształceń pełzania wykonywano zgodnie z zaleceniami normy ASTM C512.

Próbki do badań pełzania w stanowisku pod obciążeniem pokazano na rys. 2.3.

the load was adjusted every day and then as often as it was necessary.

Deformations in creep were measured by means of 200mm base dial extensometer with accuracy of reading $0,8 \times 10^{-5}$. Simultaneously with creep, shrinkage test was made to be accounted for. Shrinkage was measured on three Ø150/300mm cylinders with the same dial extensometer as for creep. Readings were taken every day for a period of seven days, then once in a week for one month and further on once in a month till the end of test. Samples in creep are shown on Fig. 2.3

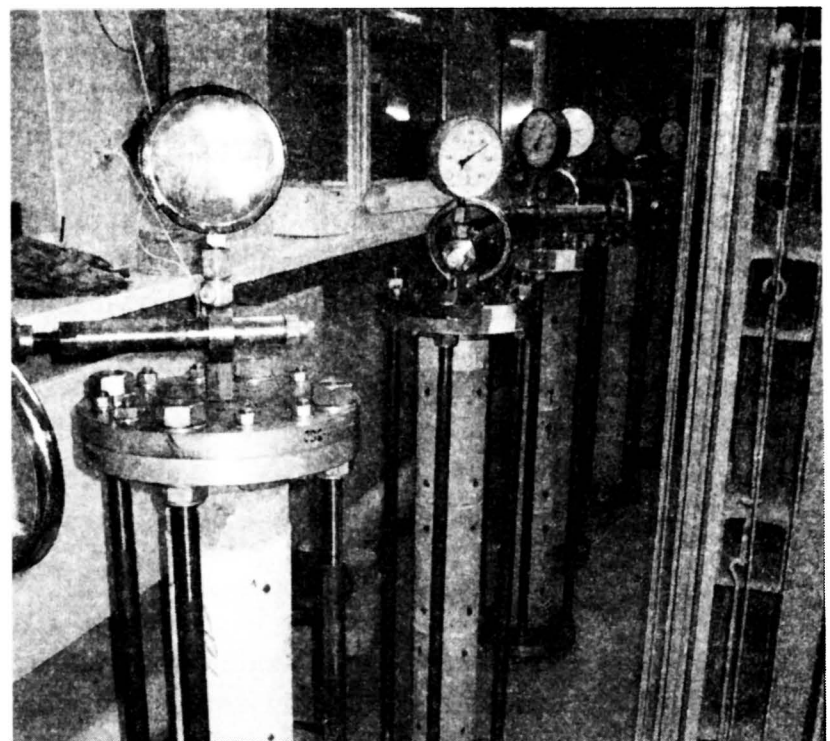
Creep test was carried out according to ASTM C512 method.

2.6.3. Strength and modulus of elasticity

Besides measurement of shrinkage and creep, compressive strength $f_{c,cube}$, $f_{c,cyl}$ and modulus of elasticity E_c were tested. Investigation of $f_{c,cube}$ was made after 2, 7, 28, 90 and 365 days and $f_{c,cyl}$ and modulus of elasticity E_c were tested in time of loading samples for creep and on final day of creep readings. Cylinders for strength and modulus of elasticity tests were prepared by capping method.

Strength and modulus of elasticity tests were made in Form+Test testing machine of 3000kN load capacity. Rate of loading was automatically controlled. Modulus of elasticity was tested according to DIN 1048 with a use of extensometer by the same producer as for testing machine.

Samples for water absorption and permeability were tested after 28 days of curing.



Rys. 2.3. Badanie pełzania
Fig. 2.3. Creep testing

2.6.3. Pomiar wytrzymałości i współczynnika sprężystości

Dodatkowo, oprócz pomiarów odkształceń skurczu i pełzania, prowadzono badania $f_{c,cube}$, $f_{c,cyl}$ oraz modułu sprężystości E_c . Badania $f_{c,cube}$ wykonywano po 2, 7, 28, 90 i 365 dniach pielęgnacji. Badanie $f_{c,cyl}$ oraz modułu sprężystości E_c wykonywano po 28 dniach twardnienia, w dniu obciążania próbek na pełzanie oraz po zakończeniu badań pełzania. Próbki walcowe do badania były przygotowane metodą kapslowania.

Badanie wytrzymałości oraz modułu sprężystości betonu było realizowane w prasie FORM+TEST o nośności 3000kN produkcji niemieckiej z automatycznym sterowaniem prędkością obciążenia. Moduł sprężystości badano zgodnie z normą niemiecką DIN 1048 przy użyciu oprzyrządowania firmowego prasy.

Próbki do badania nasiąkliwości i wodoprzepuszczalności były przekazywane do badania po 28 dniach dojrzewania.

3. WYNIKI BADAŃ

3.1. Skurcz

Wyniki badań skurczu dla każdego zarobu betonu zamieszczono w tablicach oraz w tablicach i na wykresach w Załączniku w kartach zarobu. Wyniki badań podano jako odkształcenie średnie w promilach otrzymane z pomiaru na trzech beleczkach. Wyniki badań przebiegu skurczu w czasie podano dla beleczek o wymiarach 70×70×280mm i oddzielnie dla beleczek o wymiarach 100×100×500mm.

3.2. Pełzanie

Wyniki pomiarów odkształceń przy pełzaniu dla każdego zarobu betonu zamieszczono w tablicach oraz w Załączniku w kartach zarobu. W tablicach zamieszczono również wyniki badań skurczu na walcach świadkach pomierzone w celu wyeliminowania wpływu skurczu na pełzanie. Wyniki badań pełzania w czasie podano jako całkowite odkształcenie średnie w promilach otrzymane z pomiaru na trzech walcach $\varnothing 150/300$ mm. Na załączonych wykresach dla każdego zarobu przedstawiono przebieg całkowitych odkształceń pełzania oraz odkształceń pełzania z uwzględnieniem skurczu.

W karcie zarobu zamieszczono również poziom obciążania próbek, wartość odkształcenia natychmiastowego oraz odkształcenia po 1 godzinie od momentu przyłożenia obciążenia.

Zamieszczone wyniki pomiarów pozwalają na obliczenie wartości odkształcenia końcowego przy pełzaniu oraz współczynnika pełzania jako stosunek odkształcenia końcowego do odkształcenia natychmiastowego.

3.3. Wytrzymałość i moduł sprężystości

Wyniki badań wytrzymałości oraz modułu sprężystości dla wszystkich betonów zamieszczono w kartach zarobów w Załączniku. Zbiorcze zestawienie wyników dla wszystkich zarobów zamieszczono w tablicy 3.1.

3. TEST RESULTS

3.1. Shrinkage

Shrinkage test results for each concrete mixture are given in tables and on graphs in an Appendix. The test results are calculated as an average shrinkage deformation in promilles received from measurement on three prisms, separately for 70×70×280mm and 100×100×500mm samples.

3.2. Creep

Creep test results for each concrete mixture are given in tables and on graphs in an Appendix. Shrinkage deformations from control samples for creep adjustment are also included in tables. Creep test results versus time are given as a total average deformation in promilles received on three $\varnothing 150/300$ mm cylinders. On enclosed graphs, for each concrete mixture, total creep deformations and creep deformations with regard of shrinkage versus time are presented.

Level of loading for creep investigation, immediate deformation and deformation after 1 hour from loading are also given on chart.

The test results presented permit to calculate ultimate creep and creep coefficient ϕ , which is a ratio of ultimate creep deformation to initial deformation.

3.3. Strength and modulus of elasticity

The strength and modulus of elasticity test results for all concrete mixtures studied are given on mixture cards in an Appendix and summary results are given in table 3.1.

Tablica 3.1. Zestawienie wyników badań wytrzymałości betonu na ściskanie oraz modułu sprężystości
Table 3.1. Compressive strength and elastic modulus for all concrete mixtures

Lp.	Klasa betonu Concrete grade	Nr betonu Concrete number	Składniki betonu Components	Nr zarobu Mixture	Wytrzymałość betonu oraz moduł sprężystości określone po dniach / Compressive strength and elastic modulus after days														
					2 dniach / 2 days		7 dniach / 7 days		28 dniach / 28 days		90 dniach / 90 days		360 dniach / 360 days						
					f _{c,cube} MPa	f _c MPa	E _c GPa	f _{c,cube} MPa	f _c MPa	E _c GPa	f _{c,cube} MPa	f _c MPa	E _c GPa	f _{c,cube} MPa	f _c MPa	E _c GPa			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	B40	1B	CI, FA, V-3	9	7			22	16	19,6	41	30		44			50	31	20,8
2				10	7			23	18	18,4	41	30	26,0	44			49	35	22,9
3		2B	CI, FA, Add.	17				23			37	33	27,7	42					
4	B20	3B	CI, LP, Add.	14				16			25	20	20,5	31					
5		4B	CI, FA, Add.	16				22			39	39	26,1						
6		5B	CI, FA, Add.	15	5			16			32	26	23,0	38					
7				6	21	16	8,2	40			59	45	26,6	66			68	44	24,0
8				1	23			43	37	24,3	59	50	26,6	66				68	30,1
9		6B	CI, FA, V-3	3	23			41	31	22,0	61	46	26,9	69			73	54	27,1
10				5	19			38			56	42	25,7	64	48		64	47	
11				4				36	29	22,0	54	41	24,2	66			63	48	24,2
12	B60			13	31	23	20,4	50			60	51	25,4	64			65	44	28,5
13		7B	CI, LP, V-3	12	30			48	39	24,5	61	47	28,8	63			62	48	29,8
14				20	28			41			50	41	24,4	49					
15		8B	CI*, LP, V-3	11	36			52	51		63	47	28,7	67					
16		9B	CI, FA, Add.	2	16	13	11,4	35			54	42	24,7	65			73	47	27,8
17		10B	CI, FA, V-3	18	10			35			51	43	27,7						
18		11B	CI, LP, V-3	19							56	42	24,2	56					
19	B80			7	38	30	18,9	64			78	59	29,4	84			87	68	28,9
20		12B	CI, FA, V-3	8	36			58	50	24,5	81	65		75			81	71	29,2

CI ≡ CEM I 42.5

CI* ≡ CEM I 32.5

CI, LP ≡ CEM III 32.5

FA ≡ popiół lotny / fly ash

LP ≡ mączka wapienna / lime powder

Add. ≡ Addiment FM34

V-3 ≡ Sika Viscocrete-3

4. ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

4.1. Skurcz

4.1.1. Końcowe odkształcenie skurczowe

Badania prowadzono przez okres jednego roku, a więc ocena maksymalnych odkształceń skurczowych jest bardzo wiarygodna. W celu obliczenia końcowego odkształcenia skurczowego ϵ_{cs}^u , przyjęto funkcję hiperboliczną zaproponowaną przez Rossa:

$$\epsilon_{cs} = \frac{\epsilon_{cs}^u t}{T + t} \quad (1)$$

w której:

ϵ_{cs} – odkształcenia skurczowe po t (dni),

ϵ_{cs}^u – końcowe odkształcenia skurczowe (po czasie równym ∞),

T – czas, po którym występuje połowa granicznych odkształceń skurczowych.

Po przekształceniu funkcji (1) do postaci liniowej:

$$\frac{1}{\epsilon_{cs}} = \frac{1}{\epsilon_{cs}^u} t + \frac{T}{\epsilon_{cs}^u} \quad (2)$$

można jednoznacznie określić parametry tej funkcji, a tym samym wartości ϵ_{cs}^u . Tak wyznaczone wartości końcowego odkształcenia skurczowego ϵ_{cs}^u dla każdego zarobu betonu zamieszczono na wykresach przebiegu odkształceń skurczowych w czasie, $\epsilon_{cs} = f(t)$, oddzielnie dla beleczek o wymiarach 70×70×280mm i 100×100×500mm – Załącznik.

Zbiornicze zestawienie skurczu końcowego z badań zamieszczono w tablicy 4.1

Tablica 4.1. Końcowe odkształcenia skurczowe ϵ_{cs}^u z badań

Table 4.1. Ultimate shrinkage ϵ_{cs}^u from test

Nr betonu Concrete Number	Nr zarobu Mixture number	Końcowe odkształcenie skurczowe z badań [mm/m] / Ultimate shrinkage from test	
		Próbka / Specimen 70×70×280	Próbka / Specimen 100×100×500
SCC 60/6	1	0,69	-
SCC 60/9	2	0,58	0,53
SCC 60/6	3	0,67	0,62
SCC 60/6	4	0,55	0,58
SCC 60/6	5	0,67	0,58
SCC 60/6	6	0,58	0,67
SCC 80/12	7	0,63	0,64
SCC 80/12	8	0,77	0,59
SCC 40/1	9	0,53	0,60
SCC 40/1	10	0,49	0,61
SCC 60/8	11	0,78	0,83
SCC 60/7	12	0,87	-
SCC 60/7	13	0,76	-
SCC 20/3	14	0,51	0,67
SCC 20/5	15	0,85	0,90
SCC 20/4	16	0,79	0,73
SCC 20/2	17	0,66	0,68
SCC 60/10	18	0,70	0,73
SCC 60/11	19	0,87	0,89
SCC 60/7	20	0,60	0,69

4. ANALYSIS OF RESULTS

4.1. Shrinkage

4.1.1. Ultimate shrinkage

The shrinkage test was carried out for a period of one year and that is why an estimation of maximum shrinkage deformation is very reliable. To calculate ultimate shrinkage ϵ_{cs}^u , hyperbolic function proposed by Ross was assumed

$$\epsilon_{cs} = \frac{\epsilon_{cs}^u t}{T + t} \quad (1)$$

where

ϵ_{cs} – shrinkage deformation after t (days),

$\epsilon_{u,cs}$ – ultimate deformation (after time equal ∞),

T – time after which half of ultimate shrinkage take place.

After transformation of function (1) to linear form

$$\frac{1}{\epsilon_{cs}} = \frac{1}{\epsilon_{cs}^u} t + \frac{T}{\epsilon_{cs}^u} \quad (2)$$

it is possible to define parameters of this function and ϵ_{cs}^u value. So calculated values of ultimate shrinkage ϵ_{cs}^u , for each concrete mixture are given on graphs separately for 70×70×280mm and 100×100×500mm samples – Appendix.

Ultimate shrinkage deformations for all concrete mixtures are given in table 4.1.

Average ultimate shrinkage from investigation on 70×70×280mm samples $\epsilon_{u,cs} = 0,678\text{mm/m}$ and on 100×100×500mm samples $\epsilon_{u,cs} = 0,679\text{mm/m}$.

Średnie odkształcenie skurczowe z badań na beleczkach 70×70×280mm wynosi $\varepsilon_{cs}^u = 0,678\text{mm/m}$, natomiast na beleczkach 100×100×500mm wynosi 0,679mm/m.

Wartości skurczu końcowego z badań autorów są bardzo zbliżone do tych, które otrzymali w swoich badaniach Chong Hu i L.Barcelo [2] i mniejsze niż w badaniach K.-J. Byun, J.-K. Kim, H.-W. Song [3]. Wg [2] skurcz końcowy badanych betonów SCC był od 0,1mm/m do 0,15mm/m większy niż dojrzewającego w takich samych warunkach betonu zwykłego. W badaniach [3] autorzy otrzymali skurcz końcowy w wysokości 0,8 – 1,2mm/m, tj. od 30 – 50% większy niż skurcz dla betonu zwykłego. W badaniach [4] nie zaobserwowano istotnej różnicy pomiędzy skurczem betonu samozagęszczalnego a betonem kontrolnym. Po 224 dniach dojrzewania skurcz betonu kontrolnego z pomiaru wynosił 0,541mm/m, natomiast betonów SCC od 0,504 do 0,595mm/m. We wnioskach artykułu [5] B. Persson również nie stwierdza istotnej różnicy pomiędzy skurczem betonu samozagęszczalnego i betonu tradycyjnego. Również w pracy [6] autorzy podają, że skurcz przy wysychaniu dla betonu SCC z dodatkiem popiołu lotnego jest podobny do skurczu betonu zwykłego konsystencji ciekłej. Końcowe odkształcenie skurczowe dla naparzanych betonów SCC ($\varepsilon_{cs}^u = 0,600\text{mm/m}$) jest nieco większe niż dla betonu zwykłego (0,560mm/m).

4.1.2. Przebieg odkształceń skurczowych

Oceniając przebieg odkształceń skurczowych porównano uzyskane wyniki, w kolejnych okresach czasowych, z funkcją opisującą przebieg tego zjawiska podaną w PN – B – 03264:2002. Do porównania przyjęto funkcję podaną dla skurczu od wysychania jako, że dla rozpatrywanych betonów skurcz od wysychania jest dominujący. Jest to tym bardziej uzasadnione, że rozwój skurczu autogenicznego, choć opisany inną funkcją, to dla elementów o małych wymiarach przekroju przybiera zbliżone wartości.

Rozwój skurczu od wysychania według normy PN jest opisany funkcją $\beta_{ds}(t - t_s)$, która zależy od miarodajnego wymiaru przekroju h_0

$$\beta_{ds}(t - t_s) = \left(\frac{t - t_s}{0,035h_0^2 + t - t_s} \right)^{0,5} \quad (3)$$

przy czym:

$$h_0 = \frac{2A_c}{u}$$

gdzie:

A_c – pole przekroju elementu poddanego działaniu powietrza,

u – obwód przekroju elementu poddanego działaniu powietrza,

$t - t_s$ – czas trwania skurczu w dniach.

Do rozważań przyjęto czas $t_s = 7$ dni, a więc rozpatrywano rozwój skurczu w stałych warunkach termiczno – wilgotnościowych $t = 20 \pm 2^\circ$ i $RH = 50 \pm 5\%$.

Ultimate shrinkage test results from authors investigation are very close to Chong Hu and L.Barcelo [2] and smaller than in investigation by K.-J.Byun, J.-K.Kim, H.-W.Song [3]. According to [3] ultimate shrinkage deformations for SCC concretes were from 0,1mm/m to 0.15mm/m higher than for normal concrete cured at the same manner. In investigation [3] an ultimate shrinkage was in range 0.8-1,2mm/m, ie. 30-50% higher than final shrinkage for normal concrete. No significant difference between shrinkage of SCC concrete and reference concrete was observed in [4]. After 224 days measured shrinkage of reference concrete was 0,541mm/m and for SCC concretes 0,504-0,595mm/m. B. Persson [5] also does not observe significant difference between shrinkage of SCC and normal concretes. According to [6] drying shrinkage for SCC concrete with fly ash is similar to shrinkage of normal concrete of liquid consistency. Final shrinkage deformations for steam cured SCC concrete ($\varepsilon_{u,cs}=0,600\text{mm/m}$) is slightly higher than for normal concrete (0,560mm/m).

4.1.2. Shrinkage deformations versus time

Shrinkage deformations versus time were compared with predicted by Polish Standard PN-B-03264:2002. For this comparison, model for drying shrinkage was assumed. It is more justified, as for concretes studied, drying shrinkage is prevailing and the development of autogenous shrinkage, described by other model, for small cross-section samples adopts similar values.

Development of drying shrinkage according to Polish Standard is described by $\beta_{ds}(t-t_s)$ function, which depends from cross-section parameter h_0 .

$$\beta_{ds}(t - t_s) = \left(\frac{t - t_s}{0,035h_0^2 + t - t_s} \right)^{0,5} \quad (3)$$

przy czym:

$$h_0 = \frac{2A_c}{u}$$

where

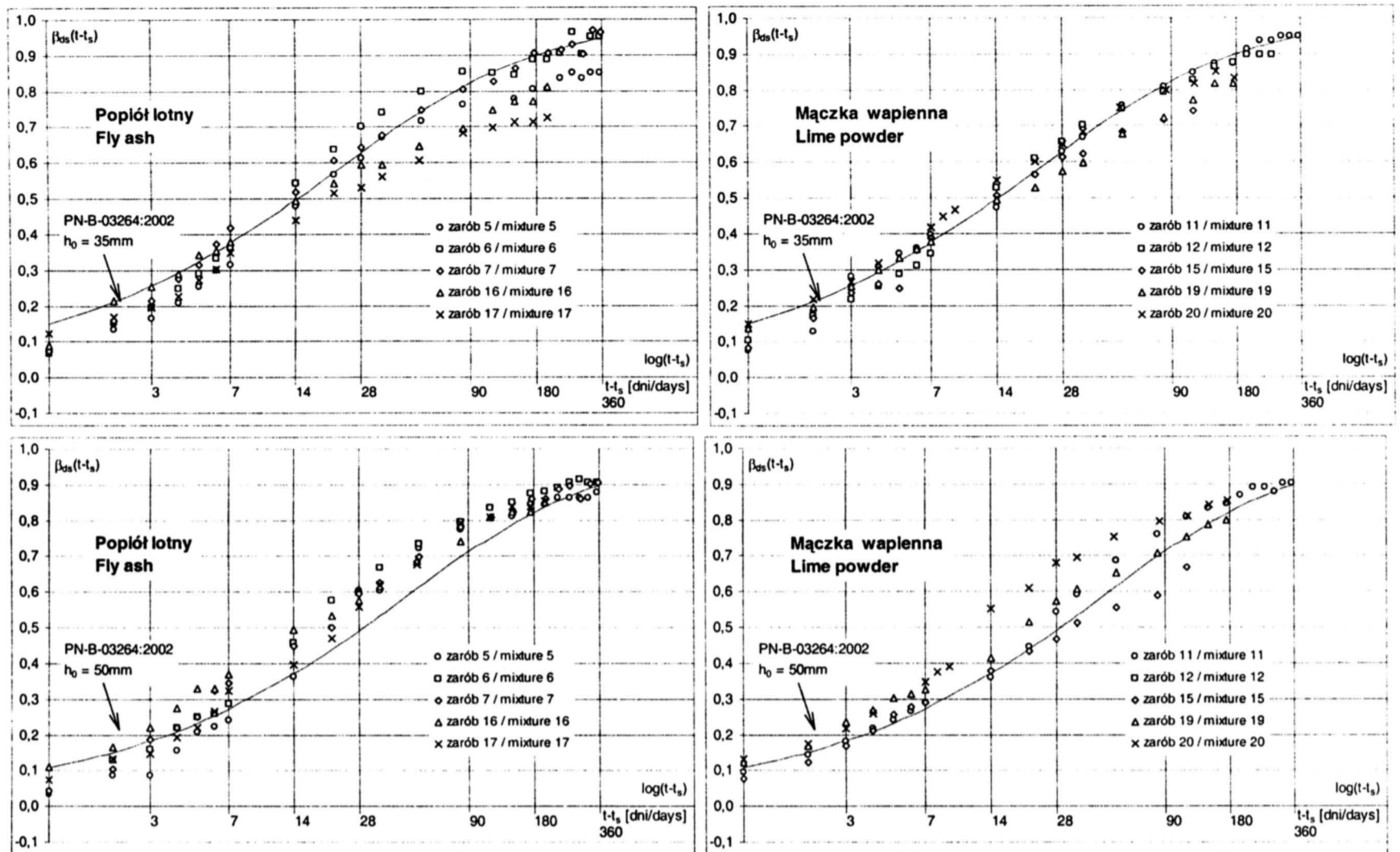
A_c – area of cross-section,

U – perimeter of cross-section,

$t-t_s$ – shrinkage time duration, days.

For analysis time $t_s=7$ days was assumed, so the development of shrinkage was examined at the same curing conditions, temperature 20°C and 50% relative humidity.

Obtained results for both types of samples, 70×70×280mm ($h_0=35\text{mm}$) and 100×100×500mm ($h_0=50\text{mm}$), separately for SCC concrete with fly ash and for SCC with limestone powder are presented on Fig. 4.1. It is possible to notice, that type and quantity of additives does not influence development of shrinkage with time. For both cases the rate of shrinkage development is slightly slower for the first seven days than predicted by Polish Standard.



Rys. 4.1. Wyniki badań skurczu w czasie na tle modelu normowego
 Fig. 4.1. Shrinkage test results and standard curve of shrinkage development

Na rys. 4.1 przedstawiono uzyskane rezultaty na dwóch rodzajach próbek: $70 \times 70 \times 280 \text{mm}$ ($h_0 = 35 \text{mm}$) i $100 \times 100 \times 500 \text{mm}$ ($h_0 = 50 \text{mm}$), z podziałem na betony wykonane z dodatkiem popiołu lotnego i betony z mączką wapienną.

Można stwierdzić, że rodzaj i ilość dodatku nie wpływa na przebieg skurczu w czasie. W obu wypadkach obserwujemy nieznacznie wolniejszy, niż przewidziany w normie, rozwój skurczu w pierwszym okresie przechowywania w komorze klimatyzacyjnej do 7 dni.

W próbkach $70 \times 70 \times 280$ obserwujemy także wolniejszy rozwój w okresie między 90 a 180 dniem przechowywania w komorze klimatycznej, zaś dla próbek $100 \times 100 \times 500$ – szybszy rozwój w okresie od 14 do 90 dnia.

4.2. Pełzanie

Badania pełzania prowadzono przez okres jednego roku, a więc ocena maksymalnych odkształceń jest bardzo wiarygodna. Odkształcenie końcowe pełzania ϵ_{cc}^u obliczono podobnie jak w przypadku skurczu na podstawie aproksymacji wyników odkształceń pełzania funkcją (1). Odkształcenie końcowe pełzania obliczono z uwzględnieniem skurczu próbek świadków.

Współczynnik pełzania ϕ obliczono jako stosunek odkształcenia końcowego pełzania do odkształcenia natychmiastowego $\phi = \epsilon_{cc}^u / \epsilon_c$.

W tabelicy 4.1 zamieszczono wyniki odkształceń końcowych pełzania, odkształcenia natychmiastowe przy obciążeniu, współczynniki pełzania oraz dla ułatwienia

For $70 \times 70 \times 280 \text{mm}$ samples the rate of shrinkage is also slower in period from 90 to 180 days, but for $100 \times 100 \times 500 \text{mm}$ samples shrinkage development is quicker in period from 14 to 90 days.

4.2. Creep

The creep test was carried out for a period of one year and that is why an estimation of maximum creep is very reliable. Ultimate creep deformation ϵ_{cc}^u was calculated by approximation of test results by the same function (1) as in case of shrinkage analysis. Shrinkage deformations in creep were taken into account.

Coefficient of creep is defined as ratio of ultimate creep deformation to initial deformation $\phi = \epsilon_{cc}^u / \epsilon_c$.

In table 4.1 ultimate creep deformation test results, initial deformations under creep load, creep coefficients as well as age of concrete, compression strength and modulus of elasticity at time of loading are given.

Fig. 4.2 shows creep coefficients of mature concrete, 28 days old, versus compression strength $f_{c,cube28}$ and Fig. 4.3 shows creep coefficients versus modulus of elasticity E_{c28} . From graphs presented it is visible that for SCC concretes loaded at the same age, the creep coefficient decreases when strength and modulus of elasticity increases. It is justified as modulus of elasticity increases with strength, Fig. 4.7.

analizy informacje o terminie obciążania, wytrzymałość na ściskanie i moduł sprężystości.

Tablica 4.2. Końcowe odkształcenia pełzania ϵ_{cc}^u , współczynnik pełzania ϕ z badań oraz obliczony wg PN-B-03264:2002

Table 4.2. Ultimate creep ϵ_{cc}^u , creep coefficient ϕ from test and calculated according to Polish Standard

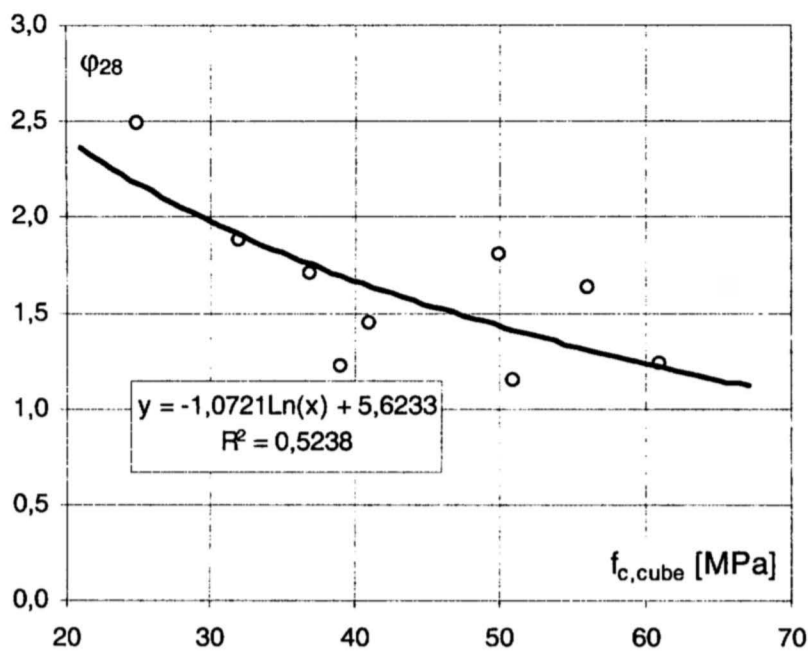
Nr Betonu Concrete Number	Nr Zarobu Mixture Number	Poziom obciążenia Level of loading	ϵ_{cc}^u	ϵ_{cc}	ϕ	$f_{c,cube}$ E_c [MPa]	$f_{c,cube}$ E_c [MPa]	$f_{c,cube}$ E_c [MPa]	$f_{c,cube}$ E_c [MPa]	$f_{c,cube}$ E_c [MPa]	ϕ wg PN ϕ_{acc} to PN
			[mm/m]	[mm/m]		2dni	7dni	28dni	90dni	365dni	
60/6	1	0.38	1.17	0.85	1.38	-	43 24.300	-	-	-	3.0
60/9	2	0.27	0.27	0.20	1.35	16 13100	-	-	-	-	4.6
60/6	3	0.28	0.64	0.52	1.23	-	-	61 26.900	-	-	2.5
60/6	4	0.21	0.15	0.33	0.45	-	-	-	-	63 24.200	1,7
60/6	5	0.25	0.44	0.66	0.67	-	-	-	64 25,200	-	2,3
60/6	6	0.50	0.61	0.47	1.30	21 8.200	-	-	-	-	4.2
80/12	7	0.30	0.79	0.43	1.84	38 20.100	-	-	-	-	3.3
80/12	8	0.30	1.19	0.71	1.68	-	58 24.500	-	-	-	3.0
40/1	9	0.36	0.43	0.23	1.87	-	22 19.500	-	-	-	4.8
40/1	10	0.30	0.46	0.32	1.44	-	-	41	-	-	3.7
60/8	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
60/7	12	0.32	1.14	0.48	2.38	-	48 24.500	-	-	-	3.2
60/7	13	0.30	0.80	0.39	2.05	31 20.400	-	-	-	-	3.7
20/3	14	0.30	0.97	0.39	2.49	-	-	25 20.500	-	-	4.5
20/5	15	0.29	0.60	0.32	1.88	-	-	32 23.000	-	-	4.1
20/4	16	0.41	0.50	0.41	1.22	-	-	39 26.100	-	-	3.5
20/2	17	0.33	0.73	0.43	1.70	-	-	37 23.500	-	-	3.5
60/10	18	0.30	0.40	0.35	1.14	-	-	51 27.700	-	-	2.6
60/11	19	0.34	0.83	0.51	1.63	-	-	56 24.200	-	-	2.7
60/7	20	0.25	0.83	0.46	1.80	-	-	50 24.400	-	-	2.8

Na Rys. 4.2 przedstawiono zależność współczynnika pełzania ϕ betonów SCC po 28 dniach dojrzewania w funkcji wytrzymałości na ściskanie $f_{c,cube28}$, a na rys. 4.3 zależność ϕ w funkcji modułu sprężystości E_{c28} . Z przedstawionych wykresów wynika, że współczynnik pełzania dla betonu obciążonego w tym samym wieku maleje wraz ze wzrostem wytrzymałości jak i modułu sprężystości. Zarówno z rys. 1 jak i rys. 2 widać, że współczynnik pełzania maleje w przybliżeniu w tym samym stopniu dla obu tych parametrów. Jest to uzasadnione, bowiem moduł sprężystości rośnie wraz ze wzrostem wytrzymałości na ściskanie (Rys.4.7).

Na rys. 4.4 pokazano wpływ rodzaju dodatku na wartość współczynnika pełzania. Współczynnik pełzania jest większy dla betonu z dodatkiem mączki wapiennej w sto-

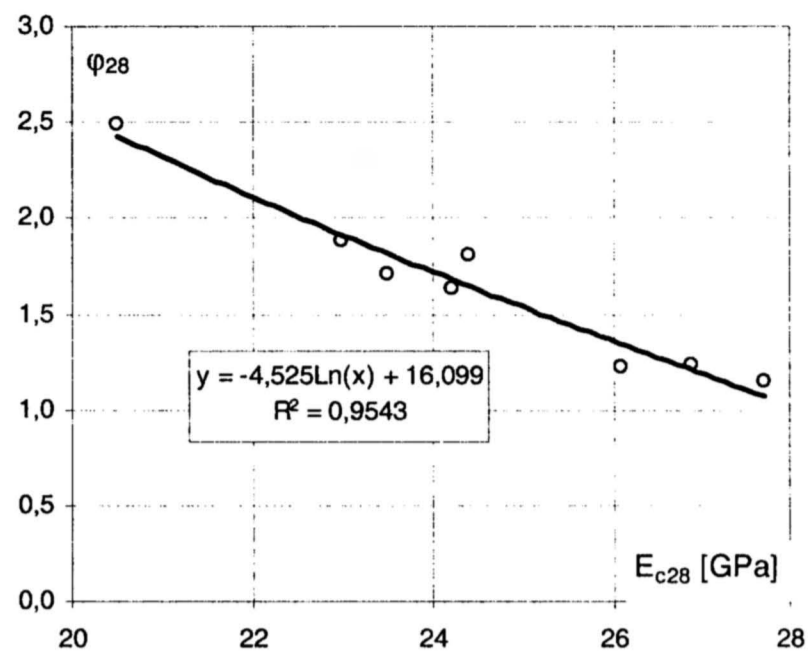
Fig 4.4 shows influence of additives on coefficient of creep. Creep coefficient is for about 50% higher for SCC concrete with limestone powder than for SCC concrete with fly ash. An average creep coefficient for concrete with limestone powder $\phi \approx 2$ (1,63 to 2,49) and an average creep coefficient for concrete with fly ash is $\phi \approx 1,30$ (0,45 to 1,87). The values were calculated for all test results independently from age of concrete at the time of loading.

Creep coefficient significantly depends from the time of loading. Fig. 4.5 shows all test results for creep coefficient both for concrete with fly ash and concrete with limestone powder. For concretes with fly ash only, loaded for creep after 7 days, creep coefficient is in an average for about 22% higher than for 28 days old concrete.



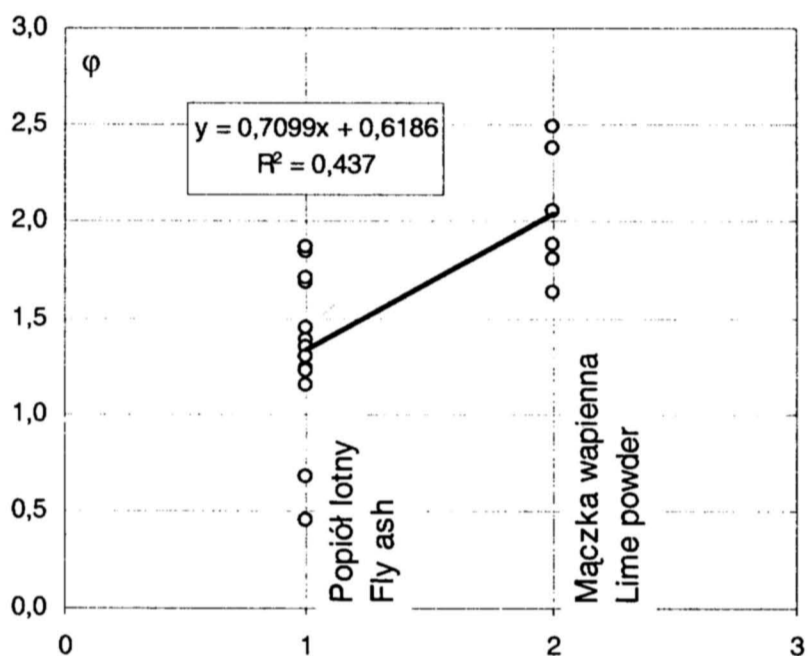
Rys. 4.2. Współczynnik pełzania ϕ betonów po 28 dniach dojrzewania w funkcji wytrzymałości $f_{c,cube}$

Fig. 4.2. Creep coefficient of mature concrete (28 days old) versus cube strength $f_{c,cube}$



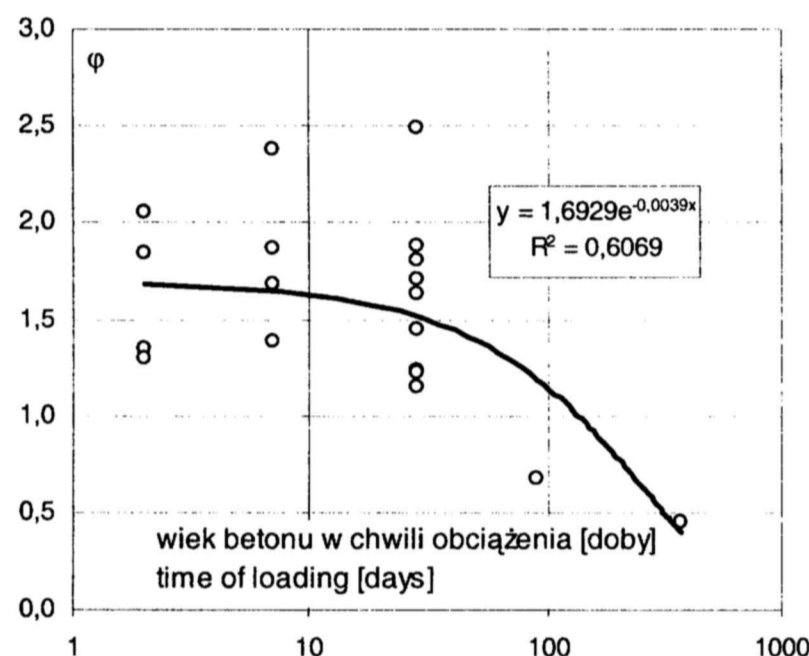
Rys. 4.3. Współczynnik pełzania ϕ betonów po 28 dniach dojrzewania w funkcji modułu sprężystości E_{c28}

Fig. 4.3. Creep coefficient of mature concrete (28 days old) versus modulus of elasticity E_{c28}



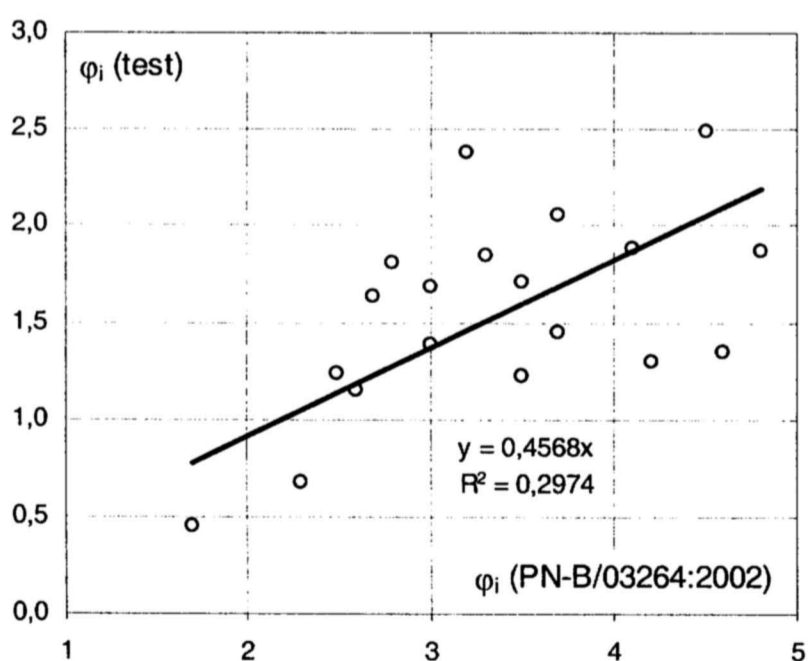
Rys. 4.4. Wpływ dodatku (popiołu lotnego i mączki wapiennej) na współczynnik pełzania

Fig. 4.4. The effect of additive (fly ash and lime powder) on creep coefficient



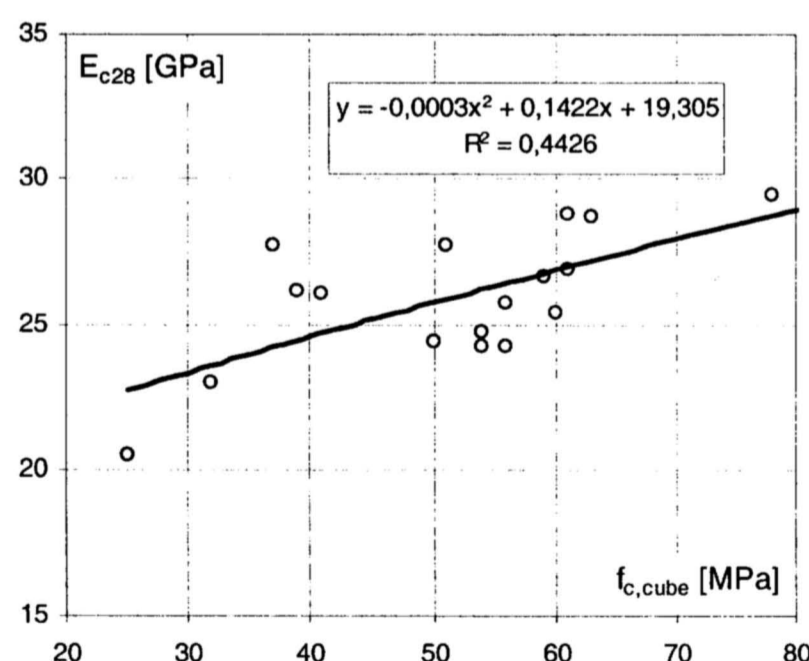
Rys. 4.5. Zależność współczynnika pełzania od wieku betonu w chwili obciążenia

Fig. 4.5. Creep coefficient versus time of loading



Rys. 4.6. Zależność pomiędzy współczynnikiem pełzania z badań i obliczonym według normy

Fig. 4.6. Relation between the creep coefficient from test and calculated according to Polish Standard



Rys. 4.7. Moduł sprężystości betonu po 28 dniach dojrzewania E_{c28} w funkcji wytrzymałości $f_{c,cube28}$

Fig. 4.7. Modulus of elasticity E_{c28} of mature concrete versus compressive strength $f_{c,cube}$

sunku do betonu z dodatkiem popiołu lotnego o około 50%. Średni współczynnik pełzania dla betonu z dodatkiem mączki wapiennej wynosi $\varphi \approx 2$ ($1,63 \div 2,49$), natomiast średni współczynnik pełzania dla betonu z popiołem lotnym wynosi $\varphi \approx 1,30$ ($0,45 \div 1,87$). Wartości średnie obliczono dla wszystkich wyników z badań, niezależnie od wieku betonu w chwili obciążenia.

Współczynnik pełzania istotnie zależy od wieku betonu w chwili obciążenia. Na rys. 4.5 zestawiono wszystkie wartości współczynnika φ z badań, zarówno dla betonów z dodatkiem popiołu lotnego jak i mączki wapiennej. Dla betonów z dodatkiem tylko popiołu lotnego obciążanych po 7 dniach dojrzewania, współczynnik pełzania jest średnio o około 22% większy w stosunku do betonu poddanego pełzaniu po 28 dniach dojrzewania. Współczynniki φ dla betonu obciążanego po 90 i 365 dniach dojrzewania są zdecydowanie mniejsze i wynoszą odpowiednio 50% i 33% wartości współczynnika pełzania tego samego betonu, ale poddanego pełzaniu po 28 dniach dojrzewania.

Rys. 4.6 pokazuje relację pomiędzy współczynnikami pełzania z badań w stosunku do obliczonych ze wzorów podanych w Polskiej Normie jak dla betonów zwykłych. Współczynniki pełzania z badań są około dwukrotnie mniejsze od przewidywanych wg normy.

5. WNIOSKI

1. Skurcz końcowy betonów SCC wynosił od 0,54 do 0,88mm/m i był zbliżony lub nieco większy od skurczu obliczonego według normy jak dla betonów zwykłych. Wnioski autorów dotyczące wielkości skurczu potwierdzają również wyniki badań obcych [2,3,4,5,6].
2. Nie zaobserwowano wzrostu skurczu wskutek stosowania w betonie SCC zwiększonej ilości ziaren drobnych <0.125mm, a tym samym zwiększonej ilości zaczynu. Nie zaobserwowano również korelacji pomiędzy skurczem betonów SCC a wytrzymałością.
3. Nie zaobserwowano istotnego wpływu zarówno ilości jak i rodzaju dodatków na rozwój skurczu w czasie. Rozwój skurczu w czasie jest w przybliżeniu zgodny z modelem normowym.
4. Pełzanie betonów samozagęszczalnych jest mniejsze niż przewidywane według modelu normowego dla betonów zwykłych. Współczynnik pełzania betonów SCC jest średnio około dwukrotnie mniejszy. Dla betonów poddanych pełzaniu po 28 dniach dojrzewania w zależności od rodzaju betonu, współczynnik pełzania wynosił $\varphi=1,14$ do $\varphi=2,49$.
5. Podobnie jak dla betonów zwykłych, wraz ze wzrostem wytrzymałości i wieku betonu w chwili obciążenia pełzanie ulega zmniejszeniu. Współczynnik pełzania betonu SCC wysokiej wytrzymałości ($f_{c,cube28}=61\text{MPa}$) wynosił $\varphi_{28}=1,23$, natomiast betonu o $f_{c,cube28}=25\text{MPa}$ wynosił $\varphi_{28}=2,49$. Współczynniki pełzania betonu z dodatkiem popiołu lotnego obciążonego po 90 i 365 dniach dojrzewania wynosiły odpowiednio 50% i 33% wartości współczynnika pełzania betonu obciążonego po 28 dniach dojrzewania.
6. Pełzanie betonów SCC z dodatkiem mączki wapiennej było większe średnio o około 50% w stosunku do betonów SCC z dodatkiem popiołu lotnego.

Coefficients φ for 90 and 365 days old concrete are significantly lower and are equal 50% and 33% of creep coefficient of mature concrete (28 days old) respectively.

Fig. 4.6 shows correlation between creep coefficients from tests and calculated according to Polish Standard as for normal concrete. Coefficients of creep for SCC concretes are for about two times smaller than predicted by Polish Standard.

5. CONCLUSIONS

1. Ultimate shrinkage of SCC concrete is very similar or slightly higher than predicted as for normal concrete by Polish Standard. Final shrinkage deformations were from 0.54 to 0.88mm/m. Authors results are confirmed by other investigations [2,3,4,5,6].
2. No increase of shrinkage was observed due to higher content of fines <0.125mm or higher content of paste. No correlation was observed between shrinkage and strength of SCC concrete.
3. There is no significant influence of additive content and its type on development of shrinkage with time. Development of shrinkage with time is approximately consistent with Polish Standard model.
4. Creep of SCC concrete is smaller than predicted according to Standard for normal concrete. Creep coefficient of SCC is in an average approximately two times smaller. For mature concrete, 28 days old, depends on a grade of concrete, the creep coefficient was $\varphi_{28}=1.14$ to $\varphi_{28}=2.49$.
5. As for normal concrete, with an increase of strength and age of concrete, creep decreases. Coefficient of creep for high strength SCC concrete ($f_{c,cube28}=61\text{MPa}$) was $\varphi_{28}\approx 1,23$ and for lower strength concrete ($f_{c,cube28}=25\text{MPa}$) was $\varphi_{28}\approx 2.49$. Coefficients of creep for concrete with fly ash subjected to creep after 90 and 365 days were 50% φ_{28} and 33% φ_{28} of mature concrete respectively.
6. Creep of SCC concretes with limestone powder were in an average 50% higher than for concretes with fly ash.

Bibliografia / References

- [1] Cylejewski A., Jawański W.: Beton samozagęszczalny – doświadczenie i przyszłość, XVIII Konferencja Naukowo – Techniczna, Jadwisin 2002, tom 1., s. 335 – 343
- [2] Chong Hu, Laurent Barcelo: Investigation on the Shrinkage of Self-Compacting Concrete for Building Construction. Proceedings of the International Workshop on Self -Compacting Concrete. Kochi University of Technology, Tosa-yamada, Kochi, Japan. 23-26 August 1998, pp.228-242
- [3] Keun-Joo Byun, Jin-Kuen Kim, Ha-Won Song: Self-Compacting Concrete in Korea. Proceedings of the International Workshop on Self -Compacting Concrete. Kochi University of Technology, Tosa-yamada, Kochi, Japan. 23-26 August 1998, pp.23-33
- [4] Bouzoubaa, N., Lachemi, M.: Self-Compacting Concrete incorporating High Volumes of Class F Fly Ash. Preliminary Results. Cement and Concrete Research, 31(2001), pp.413-420. Pergamon
- [5] Bertil Persson: A Comparison Between Mechanical Properties of SCC and the Corresponding Properties of Normal Concrete. Cement and Concrete Research, 31(2001), pp.193-198. Pergamon
- [6] Attiogbe, E.K., See, H.T., Daczko, J.A.: Engineering Properties of Self-Consolidating Concrete. Conference Proceedings: First North American Conference on the Design and Use of Self-Concolidating Concrete, November 12-13, 2002.

Załącznik

Wyniki pomiarów

Badania zostały wykonane w Laboratorium Katedry Budownictwa Betonowego.

Uczestniczyli w nich:

Adam Frączak
Monika Potapow
Andrzej Szcześniak
Radosław Walendziak
Andrzej Wierzbicki

W druku podano tylko przykładowe tablice zawierające wyniki badań. Pozostałe materiały, dokumentujące przebieg badań, są dostępne w Katedrze Budownictwa Betonowego Politechniki Łódzkiej.

Appendix

Results of measurements

Tests were carried out at the Laboratory of Chair of Concrete Structures.

The participants were also the following:

Adam Frączak
Monika Potapow
Andrzej Szcześniak
Radosław Walendziak
Andrzej Wierzbicki

Example tables only, containing investigation results, are presented in print. Remaining materials, documenting the course of tests are available at the Department of Concrete Structures of Łódź Technical University.

SCC60/6 Zarób / Mixture 1

Data zarobu / Concrete date: 08.11.2001r.

Skład betonu / Mix proportion [kg/m³]

cement / cement CEM I 42,5 Warta	328
piasek / sand Nowosolna	592
żwir / gravel 2/16 Rydwan	994
woda / water	179
popiół lotny / fly ash EC IV Łódź	199
superplastyfikator / superplasticizer ViscoCrete 3	6.9
	<u>2299</u>

wytrzymałość strength, MPa	po dniach / after days				
	2	7	28	90	369
f _{c,cube}	23	43	59	66	59
f _c		37	50		68
E _c		24300	26600		29000
nasiąkliwość / moisture, %			3,8		

Testy samozagęszczalności / Self – compactability testing

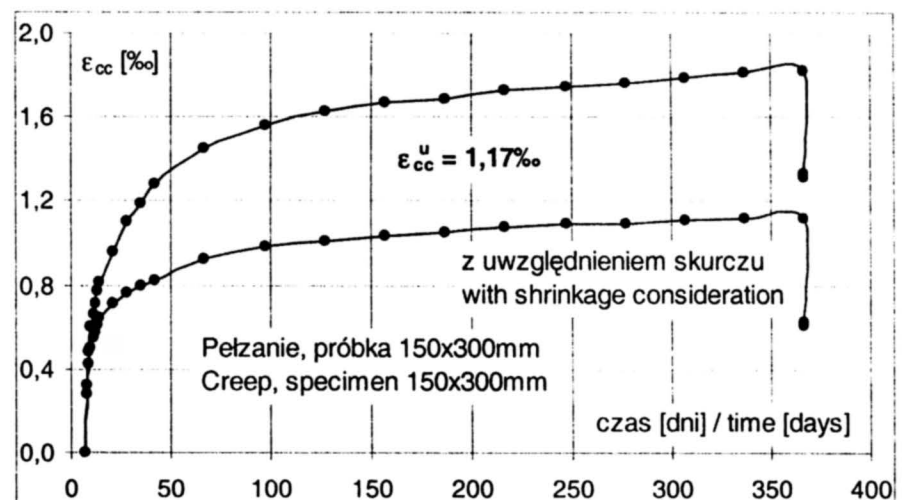
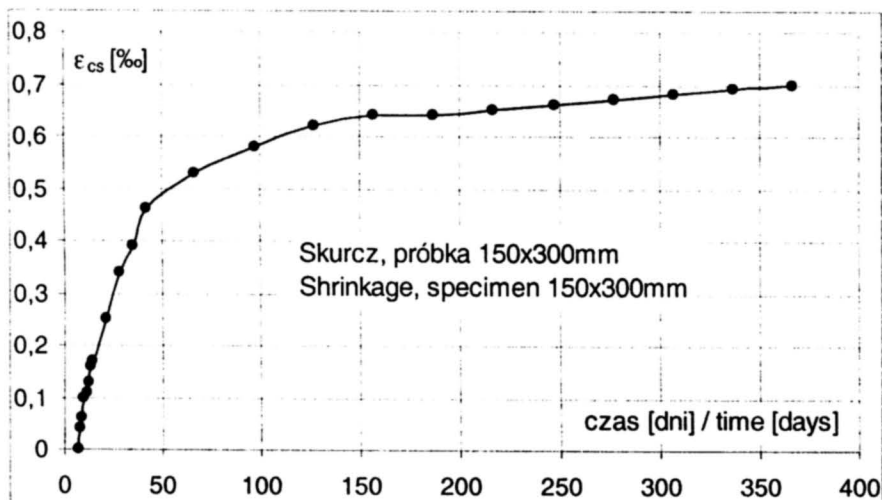
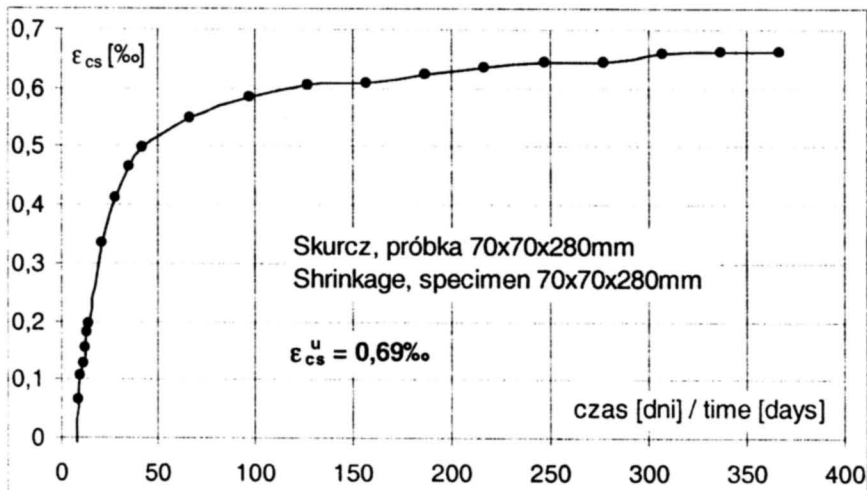
po 10 min / after 10 min	rozpływ / flow test	610 × 690mm
	V – funnel test	t = 12sek
	L – box test	t ₁ = -, t ₂ = -
		H ₁ = -, H ₂ = -

Parametry pelzania / creep parameters

wiek betonu / age of concrete	7 dni / 7 days
obciążenie / load	13,9MPa
poziom obciążenia / loading level	0,38
odkształcenie natychmiastowe / immediate strain	0,85‰
odkształcenie po 1godz. / strain after 1 hour	0,89‰

Gęstość / Density 2300kg/m³ Zawartość powietrza / Air content 3,6%

lp. No.	Skurcz / shrinkage					Ø150/300		
	data badania experimental date	wiek betonu age of concrete dni	temperatura temperature °C	wilgotność humidity % RH	70×70×280	100×100×500	Skurcz / shrinkage	Pelzanie / Creep
					ε _{cs} ‰	ε _{cs} ‰	ε _{cs} ‰	ε _{cc} ‰
1	10.11.01	2	19,7	woda / water				
2	11.11.01	3	19,7	woda / water				
3	12.11.01	4	19,6	woda / water				
4	13.11.01	5	19,6	woda / water				
5	14.11.01	6	19,7	woda / water				
6	15.11.01	7	20,1	woda / water	-0,071		0,00	0,00
7	16.11.01	8	21,1	49,2	-0,002		0,04	0,32
8	17.11.01	9	20,0	48,7	0,065		0,06	0,48
9	18.11.01	10			0,108		0,10	0,60
10	19.11.01	11	19,7	50,5	0,129		0,11	0,66
11	20.11.01	12	19,4	50,3	0,154		0,13	0,71
12	21.11.01	13	19,6	49,1	0,180		0,16	0,77
13	22.11.01	14	19,6	50,7	0,196		0,17	0,81
14	29.11.01	21	19,8	48,8	0,336		0,25	0,96
15	06.12.01	28	19,7	48,4	0,412		0,34	1,10
16	13.12.01	35	19,8	47,9	0,465		0,39	1,19
17	20.12.01	42	19,9	48,2	0,498		0,46	1,28
18	14.01.02	67	19,9	49,2	0,549		0,53	1,45
19	13.02.02	97	20,2	51,6	0,584		0,58	1,56
20	15.03.02	127	20,4	50,2	0,604		0,62	1,63
21	14.04.02	157	20,6	50,3	0,608		0,64	1,67
22	14.05.02	187	20,7	53,2	0,622		0,64	1,69
23	13.06.02	217	20,1	51,8	0,636		0,65	1,73
24	12.07.02	247	20,3	53,8	0,643		0,66	1,75
25	12.08.02	277	20,4	50,4	0,644		0,67	1,76
26	11.09.02	307	19,8	50,4	0,658		0,68	1,79
27	11.10.02	337	21,2	49,8	0,662		0,69	1,81
28	12.11.02	367	20,0	50,0	0,662		0,70	1,82
29	12.11.02	367	20,0	50,0	0,662		0,70	1,33
30	12.11.02	367	20,0	50,0	0,662		0,70	1,31



SCC60/9 Zarób / Mixture 2

Data zarobu / Concrete date: 14.11.2001r.

Skład betonu / Mix proportion [kg/m³]

cement / cement CEM I 42,5 Warta	328
piasek / sand Nowosolna	591
żwir / gravel 2/16 Rydwan	994
woda / water	179
popiół lotny / fly ash EC IV Łódź	199
superplastyfikator / superplasticizer FM 34 Addiment	6,9
	<hr/> 2298

wytrzymałość strength, MPa	po dniach / after days				
	2	7	28	90	369
f _{c,cube}	16	35	54	65	73
f _c	13		42		56
E _c	13100		24700		26300
nasiąkliwość / moisture, %			5,2		

Testy samozagęszczalności / Self – compactability testing

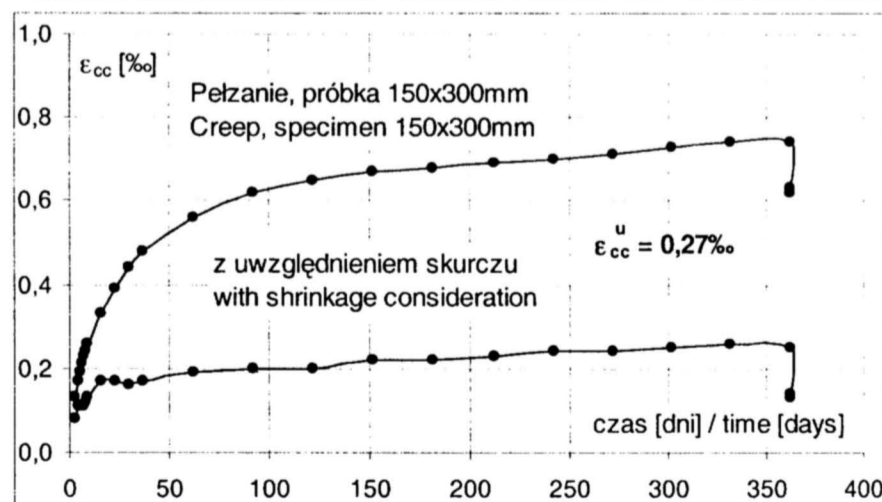
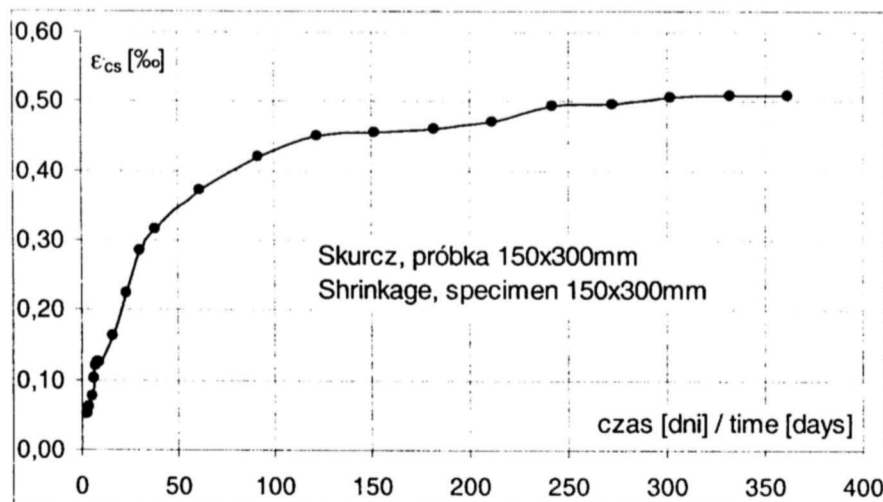
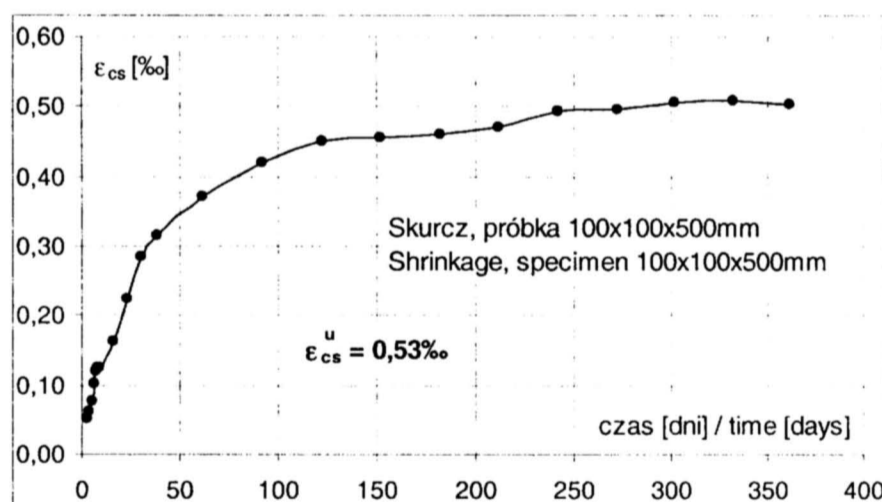
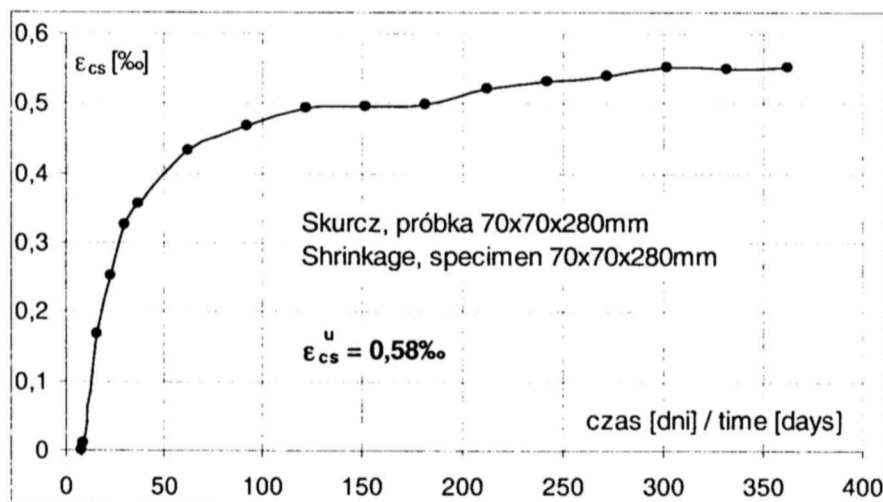
po 10 min / after 10 min	rozpliw / flow test 810x700mm
	V – funnel test t= 7sek
	L – box test t ₁ = 4sek., t ₂ = 8sek.
	H ₁ = 510mm, H ₂ = 65mm

Parametry pełzania / creep parameters

wiek betonu / age of concrete	2 dni / 2 days
obciążenie / load	3,7MPa
poziom obciążenia / loading level	0,28
odkształcenie natychmiastowe / immediate strain	0,20‰
odkształcenie po 1godz. / strain after 1 hour	0,23‰

Gęstość / Density 2300kg/m³ Zawartość powietrza / Air content 3,4%

lp. No.	Skurcz / shrinkage					Ø150/300		
	data badania experimental date	wiek betonu age of concrete dni	temperatura temperature °C	wilgotność humidity % RH	70x70x280	100x100x500	Skurcz / shrinkage	Pełzanie / Creep
					ε _{cs} ‰	ε _{cs} ‰	ε _{cs} ‰	ε _{cc} ‰
1	16.11.01	2	20,1	woda / water				
2	17.11.01	3	20,0	woda / water	-0,029		0,05	0,13
3	18.11.01	4	20,1	woda / water	-0,035		0,06	0,17
4	19.11.01	5	19,7	woda / water	-0,035		0,08	0,19
5	20.11.01	6	19,4	woda / water	-0,046		0,10	0,21
6	21.11.01	7	19,6	woda / water	-0,055		0,12	0,23
7	22.11.01	8	19,6	50,7	0,000		0,12	0,24
8	23.11.01	9	19,4	50,7	0,010	0,053	0,13	0,26
9	30.11.01	16	20,1	48,8	0,167	0,087	0,16	0,33
10	07.12.01	23	19,9	48,1	0,252	0,100	0,22	0,39
11	14.12.01	30	19,7	47,0	0,326	0,100	0,28	0,44
12	21.12.01	37	19,8	47,7	0,355	0,113	0,31	0,48
13	15.01.02	62	20,0	49,2	0,431	0,127	0,37	0,56
14	14.02.02	92	20,2	51,1	0,469	0,147	0,42	0,62
15	15.03.02	121	20,4	50,1		0,247	0,45	0,65
16	16.03.02	122	20,9	48,8	0,492	0,314		0,65
17	15.04.02	152	20,7	50,4	0,495	0,347	0,46	0,67
18	15.05.02	182	20,7	53,5	0,498	0,387		0,67
19	17.05.02	184	20,0	56,6		0,447	0,46	0,68
20	14.06.02	212	19,9	51,5	0,521	0,487	0,47	0,69
21	14.07.02	242	20,4	53,6	0,532			0,70
22	15.07.02	243	20,5	50,5		0,497	0,49	0,70
23	13.08.02	272	20,5	50,6	0,539	0,504	0,49	0,71
24	12.09.02	302	19,9	50,7	0,552	0,510	0,51	0,73
25	11.10.02	331	21,0	49,6			0,51	0,74
26	12.10.02	332	21,5	51,4	0,550	0,537	0,51	0,74
27	14.11.02	362	20,1	50,1	0,552		0,51	0,74
28	14.11.02	362	20,1	50,1			0,51	0,63
29	14.11.02	362	20,1	50,1			0,51	0,62



SCC60/6 Zarób / Mixture 3

Data zarobu / Concrete date: 21.11.2001r.

Skład betonu / Mix proportion [kg/m³]

cement / cement CEM I 42,5 Warta	328
piasek / sand Nowosolna	592
żwir / gravel 2/16 Rydwan	994
woda / water	179
popiół lotny / fly ash EC IV Łódź	199
superplastyfikator / superplasticizer Visco Crete 3	6.9
	<u>2299</u>

wytrzymałość strength, MPa	po dniach / after days				
	2	7	28	90	369
f _{c,cube}	23	41	61	69	73
f _c		31	46		54
E _c		22000	26900		27200
nasiąkliwość / moisture, %			4,6		

Testy samozagęszczalności / Self - compactability testing

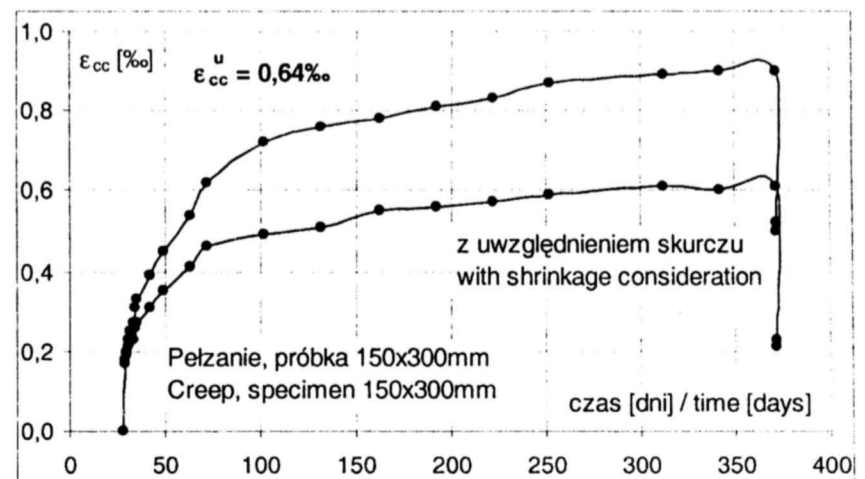
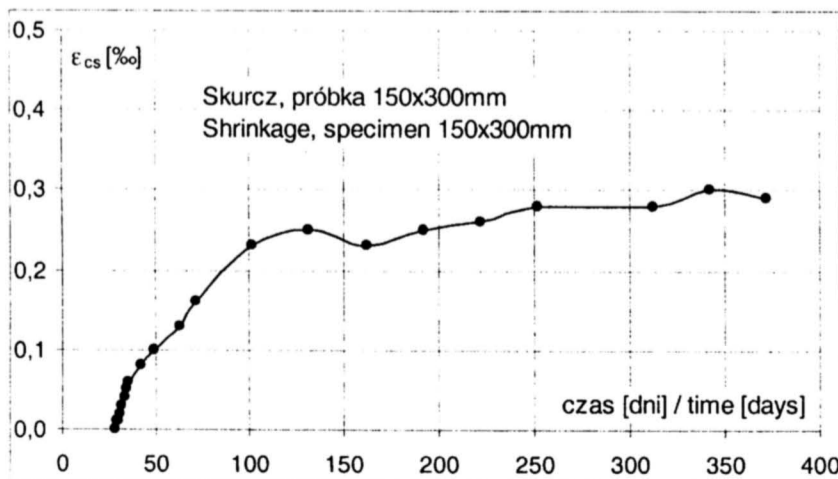
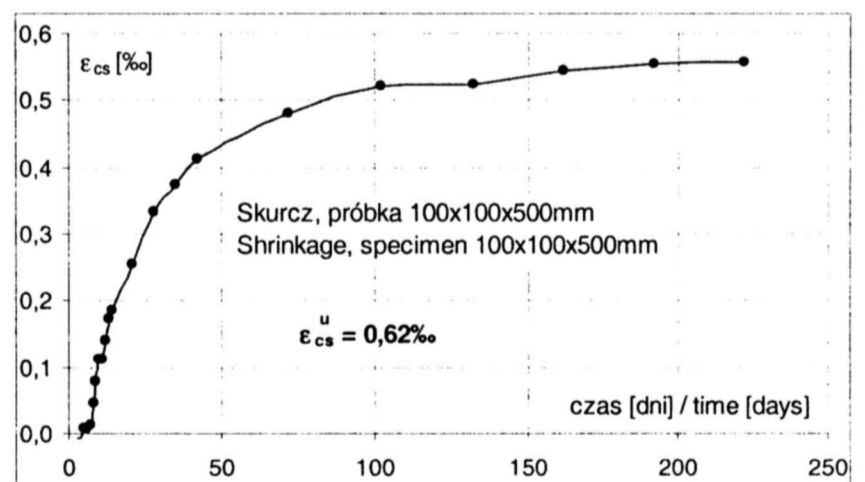
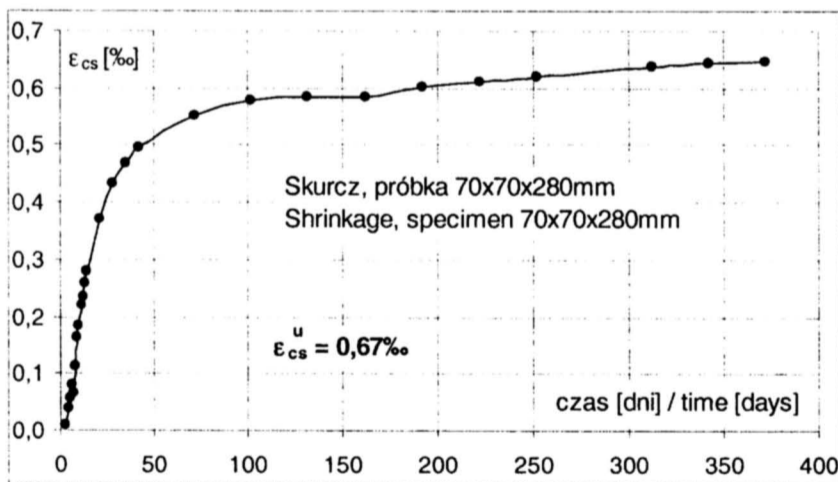
po 10 min / after 10 min	rozptyw / flow test 790x710mm
	V - funnel test t= 8sek
	L - box test t ₁ = 3sek., t ₂ = 7sek.
	H ₁ = 510mm, H ₂ = 65mm

Parametry pełzania / creep parameters

wiek betonu / age of concrete	28 dni / 28 days
obciążenie / load	12,5MPa
poziom obciążenia / loading level	0,27
odkształcenie natychmiastowe / immediate strain	0,52‰
odkształcenie po 1godz. / strain after 1 hour	0,56‰

Gęstość / Density 2335kg/m³ Zawartość powietrza / Air content 1,6%

Ip. No.	Skurcz / shrinkage						Ø150/300	
	data badania experimental date	wiek betonu age of concrete dni	temperatura temperature °C	wilgotność humidity % RH	70x70x280	100x100x500	Skurcz / shrinkage	Pełzanie / Creep
					ε _{cs} ‰	ε _{cs} ‰	ε _{cs} ‰	ε _{cc} ‰
1	23.11.01	2	19,4	nad wodą	0,010	-0,007		
2	24.11.01	3	19,8	nad wodą	0,040	-0,007		
3	25.11.01	4	19,8	nad wodą	0,055	0,007		
4	26.11.01	5	19,7	nad wodą	0,081	0,007		
5	27.11.01	6	19,6	nad wodą	0,064	0,013		
6	28.11.01	7	22,9	nad wodą	0,114	0,033		
7	29.11.01	8	19,6	50,5	0,164	0,067		
8	30.11.01	9	19,6	48,7	0,185	0,100		
9	01.12.01	10	19,6	48,5	0,219	0,100		
10	02.12.01	11	19,7	48,3	0,235	0,127		
11	03.12.01	12	19,7	48,1	0,257	0,160		
12	04.12.01	13	20,9	49,6	0,278	0,173		
13	05.12.01	14	19,7	48,3	0,371	0,240		
14	12.12.01	21	19,7	48,2	0,433	0,320		
15	19.12.01	28	20,5	46,9				
16	20.12.01	29	19,3	49,4			0,01	0,18
17	21.12.01	30	19,7	44,6			0,01	0,20
18	22.12.01	31	20,0	45,8			0,02	0,23
19	23.12.01	32	20,5	46,7			0,03	0,25
20	24.12.01	33	20,1	46,2			0,04	0,27
21	25.12.01	34	20,0	46,5	0,469	0,360	0,05	0,31
22	26.12.01	35	20,0	47,1	0,496	0,400	0,06	0,33
23	02.01.02	42	20,1	46,8			0,08	0,39
24	09.01.02	49	19,8	50,0			0,10	0,45
25	23.01.02	63	20,0	51,5	0,552	0,467	0,13	0,54
26	01.02.02	72	20,1	51,2	0,579	0,507	0,16	0,62
27	02.03.02	102	19,7	51,7	0,584	0,510	0,23	0,72
28	02.04.02	132	20,6	50,2	0,585	0,530	0,25	0,76
29	02.05.02	162	20,8	51,8	0,603	0,540	0,23	0,78
30	01.06.02	192	20,3	51,2	0,610	0,543	0,25	0,81
31	01.07.02	222	20,2	52,8	0,621		0,26	0,83
32	31.07.02	252	20,4	51,5	0,638		0,28	0,87
33	29.09.02	312	20,3	50,5	0,644		0,28	0,89
34	29.10.02	342	20,8	49,9	0,647		0,30	0,90
35	28.11.02	372	20,1	50,2	0,010		0,29	0,90
36	28.11.02	372	20,1	50,2			0,29	0,52
37	28.11.02	372	20,1	50,2			0,29	0,50



SCC60/6 Zarób / Mixture 4

Data zarobu / Concrete date: 26.11.2001r.

Skład betonu / Mix proportion [kg/m³]

cement / cement CEM I 42,5 Warta	330
piasek / sand Nowosolna	595
żwir / gravel 2/16 Rydwan	1000
woda / water	180
popiół lotny / fly ash EC IV Łódź	200
superplastyfikator / superplasticizer Visco Crete 3	6.9
	<u>2312</u>

wytrzymałość strength, MPa	po dniach / after days				
	2	7	28	90	369
f _{c,cube}		36	54	66	63
f _c		29	41		48
E _c		22000	24200		24200
nasiąkliwość / moisture, %			5,0		

Testy samozagęszczalności / Self – compactability testing

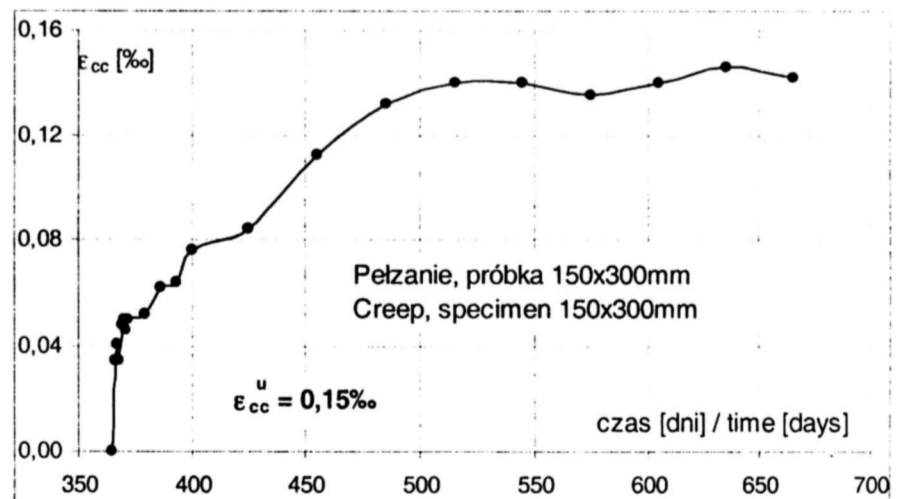
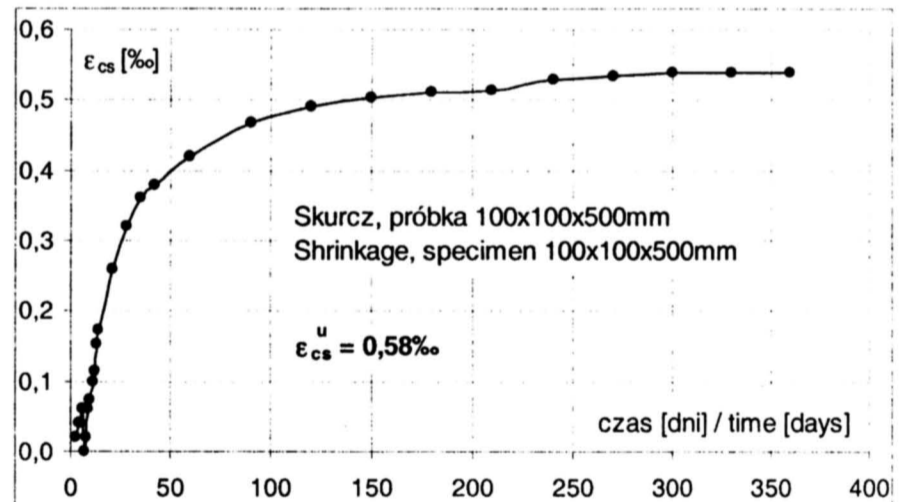
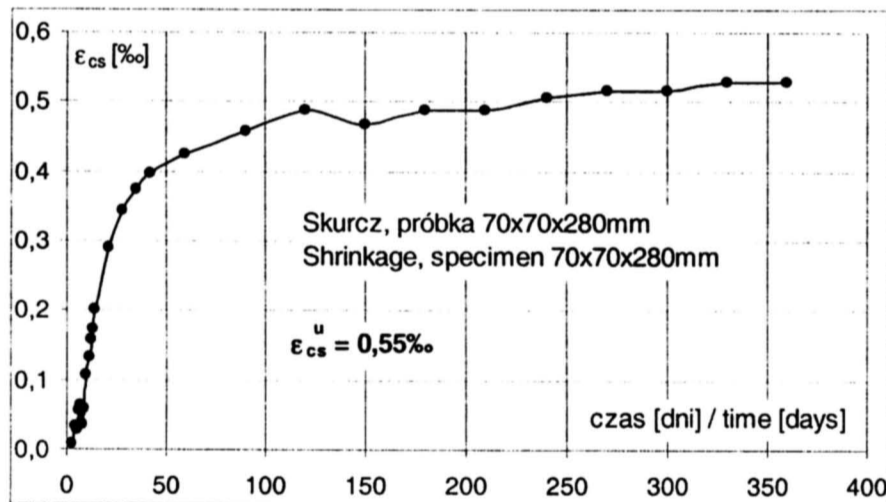
po 10 min / after 10 min	rozptyw / flow test 760x680mm
	V – funnel test t= 7sek
	L – box test t ₁ = 4sek., t ₂ = 7sek.
	H ₁ = 510mm, H ₂ = 60mm

Parametry pełzania / creep parameters

wiek betonu / age of concrete	365 dni / 365 days
obciążenie / load	10,0MPa
poziom obciążenia / loading level	0,21
odkształcenie natychmiastowe / immediate strain	0,33‰
odkształcenie po 1godz. / strain after 1 hour	0,34‰

Gęstość / Density 2298kg/m³ Zawartość powietrza / Air content 2,5%

lp. No.	Skurcz / shrinkage					Pelzanie / Creep Ø150/300		
	data badania experimental date	wiek betonu age of concrete dni	temperatura temperature °C	wilgotność humidity % RH	70x70x280 ε _{cs} ‰	100x100x500 ε _{cs} ‰	data badania experimental date	ε _{cc} ‰
1	28.11.01	2	22,9	nad wodą / over water			26.11.02	0,03
2	29.11.01	3	19,6	nad wodą / over water	0,01	0,02	27.11.02	0,04
3	30.11.01	4	19,6	nad wodą / over water	0,03	0,04	28.11.02	0,03
4	01.12.01	5	19,6	nad wodą / over water	0,03	0,04	29.11.02	0,05
5	02.12.01	6	19,7	nad wodą / over water	0,05	0,06	30.11.02	0,05
6	03.12.01	7	19,7	nad wodą / over water	0,06	0,00	01.12.02	0,05
7	04.12.01	8	20,0	49,6	0,04	0,02	02.12.02	0,05
8	05.12.01	9	19,7	48,1	0,06	0,06	03.12.02	0,05
9	06.12.01	10	20,0	47,1	0,11	0,07	10.12.02	0,06
10	07.12.01	11	20,1	47,2	0,13	0,10	17.12.02	0,06
11	08.12.01	12	19,9	47,8	0,16	0,11	24.12.02	0,08
12	09.12.01	13	19,8	48,2	0,17	0,15	31.12.02	0,08
13	10.12.01	14	19,6	48,7	0,20	0,17	25.01.03	0,11
14	17.12.01	21	19,8	47,1	0,29	0,26	24.02.03	0,13
15	24.12.01	28	19,9	46,9	0,34	0,32	26.03.03	0,14
16	31.12.01	35	20,0	46,8	0,37	0,36	25.04.03	0,14
17	07.01.02	42	19,9	48,8	0,40	0,38	25.05.03	0,14
18	25.01.02	60	20,0	51,7	0,42	0,42	24.06.03	0,14
19	24.02.02	90	20,3	50,0	0,46	0,47	24.07.03	0,15
20	26.03.02	120	20,4	50,3	0,49	0,49	23.08.03	0,14
21	25.04.02	150	20,9	50,8	0,47	0,50	22.09.03	0,03
22	25.05.02	180	20,4	53,7	0,49	0,51		
23	24.06.02	210	20,1	52,5	0,49	0,51		
24	24.07.02	240	20,4	52,0	0,51	0,53		
25	23.08.02	270	20,3	50,8	0,52	0,53		
26	22.09.02	300	20,1	50,5	0,52	0,54		
27	22.10.02	330	20,9	49,6	0,53	0,54		
28	21.11.02	360	20,1	49,9	0,53	0,54		



SCC60/6 Zarób / Mixture 5

Data zarobu / Concrete date: 28.11.2001r.

Skład betonu / Mix proportion [kg/m³]

cement / cement CEM I 42,5 Warta	330
piasek / sand Nowosolna	595
żwir / gravel 2/16 Rydwan	1000
woda / water	180
popiół lotny / fly ash EC IV Łódź	200
superplastyfikator / superplasticizer Visco Crete 3	6.9
	<hr/> 2312

wytrzymałość strength, MPa	po dniach / after days				
	2	7	28	90	369
f _{c,cube}	19	38	56	64	64
f _c			42	48	47
E _c			25700	25200	26600
nasiąkliwość / moisture, %			5,3		

Testy samozagęszczalności / Self - compactability testing

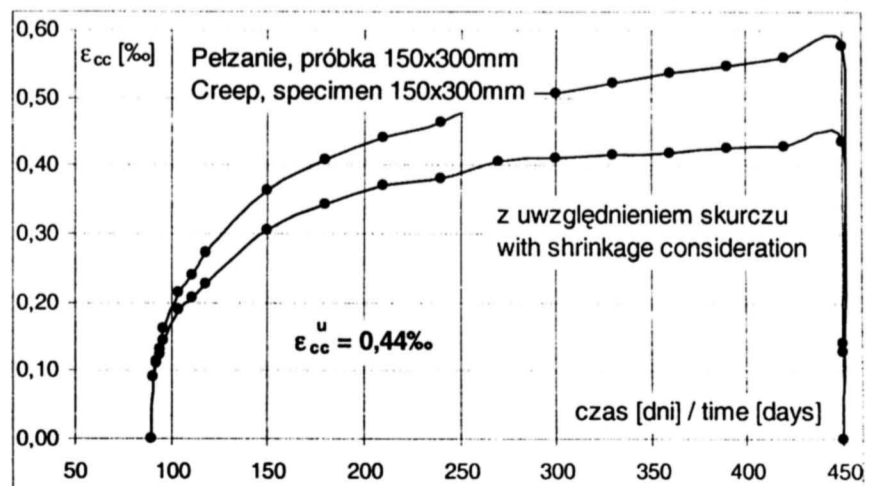
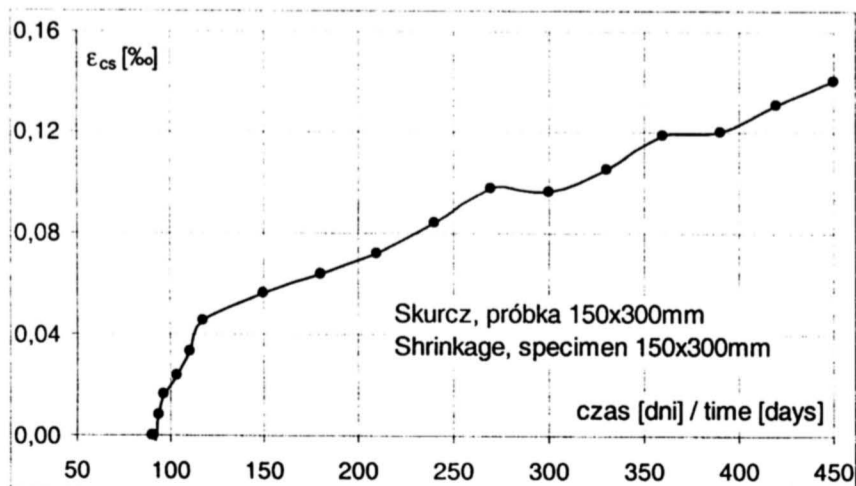
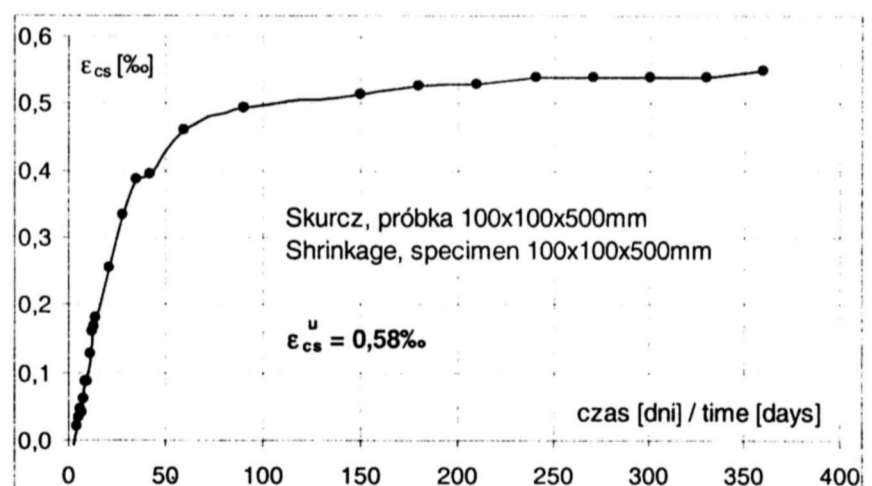
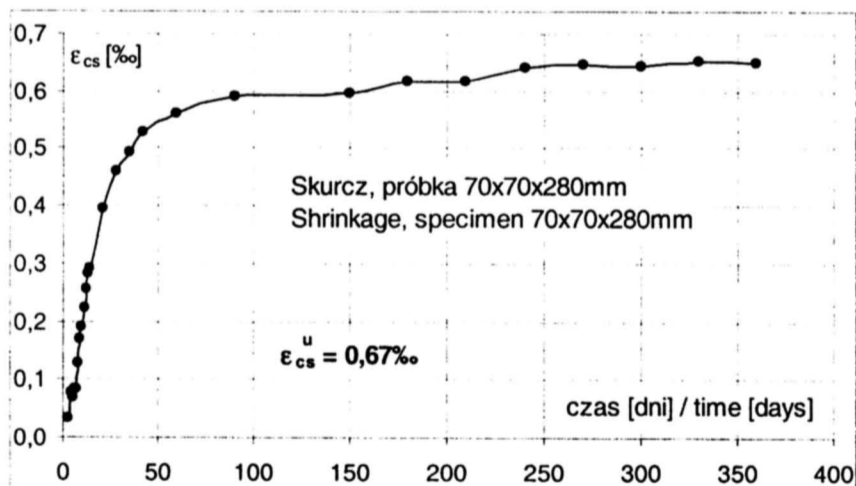
po 10 min / after 10 min	rozpływ / flow test	760x680mm
	V - funnel test	t = 8sek
	L - box test	t ₁ = 2sek., t ₂ = 5sek.
		H ₁ = -mm, H ₂ = -mm

Parametry pełzania / creep parameters

wiek betonu / age of concrete	90 dni / 90 days
obciążenie / load	11,9MPa
poziom obciążenia / loading level	0,25
odkształcenie natychmiastowe / immediate strain	0,66‰
odkształcenie po 1godz. / strain after 1 hour	0,70‰

Gęstość / Density 2310kg/m³ Zawartość powietrza / Air content 2,1%

Ip. No.	Skurcz / shrinkage						Ø150/300	
	data badania experimental date	wiek betonu age of concrete dni	temperatura temperature °C	wilgotność humidity % RH	70x70x280	100x100x500	Skurcz / shrinkage ε _{cs} ‰	Pełzanie / Creep ε _{cc} ‰
					ε _{cs} ‰	ε _{cs} ‰		
1	30.11.01	2	19.6	nad wodą / over water				
2	01.12.01	3	19.6	nad wodą / over water	0.03	-0.01		
3	02.12.01	4	19.7	nad wodą / over water	0.08	0.02		
4	03.12.01	5	19.7	nad wodą / over water	0.07	0.03		
5	04.12.01	6	20.0	nad wodą / over water	0.08	0.05		
6	05.12.01	7	19.7	nad wodą / over water	0.08	0.04		
7	06.12.01	8	20.0	47.4	0.13	0.06		
8	07.12.01	9	20.1	47.2	0.17	0.09		
9	08.12.01	10	19.9	47.8	0.19	0.09		
10	09.12.01	11	19.8	48.2	0.22	0.13		
11	10.12.01	12	19.6	48.7	0.25	0.16		
12	11.12.01	13	19.4	48.8	0.28	0.17		
13	12.12.01	14	19.4	49.1	0.29	0.18		
14	19.12.01	21	20.0	46.8	0.40	0.25		
15	26.12.01	28	19.9	46.5	0.46	0.33		
16	02.01.02	35	20.1	46.8	0.49	0.39		
17	09.01.02	42	19.8	50.0	0.53	0.39		
18	27.01.02	60	20.0	51.6	0.56	0.46		
19	26.02.02	90	20.4	49.8	0.59	0.49		
20	27.02.02	91	19.9	52.0			0.00	0.09
21	28.02.02	92	20.0	50.2			0.00	0.11
22	02.03.02	94	20.0	51.1			0.01	0.13
23	04.03.02	96	20.1	50.3			0.02	0.16
24	12.03.02	104	20.4	50.4			0.02	0.21
25	19.03.02	111	20.8	49.7			0.03	0.24
26	26.03.02	118	20.4	50.6			0.05	0.27
27	27.04.02	150	20.9	51.8	0.60	0.51	0.06	0.36
28	27.05.02	180	20.4	53.5	0.62	0.53	0.06	0.41
29	26.06.02	210	20.1	52.8	0.62	0.53	0.07	0.44
30	26.07.02	240	20.4	51.7	0.64	0.54	0.08	0.46
31	25.08.02	270	20.2	50.8	0.65	0.54	0.10	0.50
32	24.09.02	300	20.2	50.4	0.64	0.54	0.10	0.51
33	24.10.02	330	20.3	49.7	0.65	0.54	0.11	0.52
34	23.11.02	360	20.1	50.0	0.65	0.55	0.12	0.54
35	23.12.02	390	20.0	50.4			0.12	0.55
36	22.01.03	420	19.9	51.4			0.13	0.56
37	22.01.03	450	20.0	51.8			0.14	0.58
38	22.01.03	450	20.0	51.8			0.14	0.14
39	22.01.03	450	20.0	51.8			0.14	0.13



SCC60/6 Zarób / Mixture 6

Data zarobu / Concrete date: 05.12.2001r.

Skład betonu / Mix proportion [kg/m³]

cement / cement CEM I 42,5 Warta	330
piasek / sand Nowosolna	595
żwir / gravel 2/16 Rydwan	1000
woda / water	180
popiół lotny / fly ash EC IV Łódź	200
superplastyfikator / superplasticizer Visco Crete 3	6.9
	<u>2312</u>

wytrzymałość strength, MPa	po dniach / after days				
	2	7	28	90	369
f _{c,cube}	21	40	59	66	68
f _c	16		45		44
E _c	8200		26600		23600
nasiąkliwość / moisture, %			5,3		

Testy samozagęszczalności / Self – compactability testing

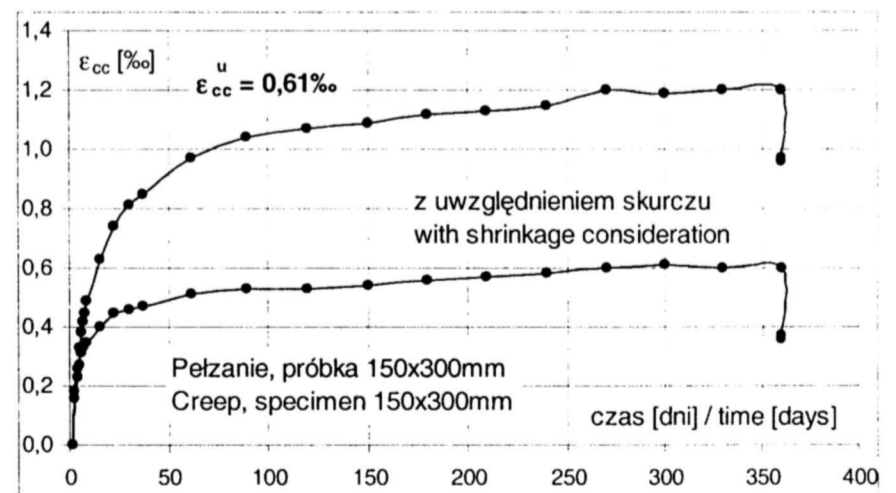
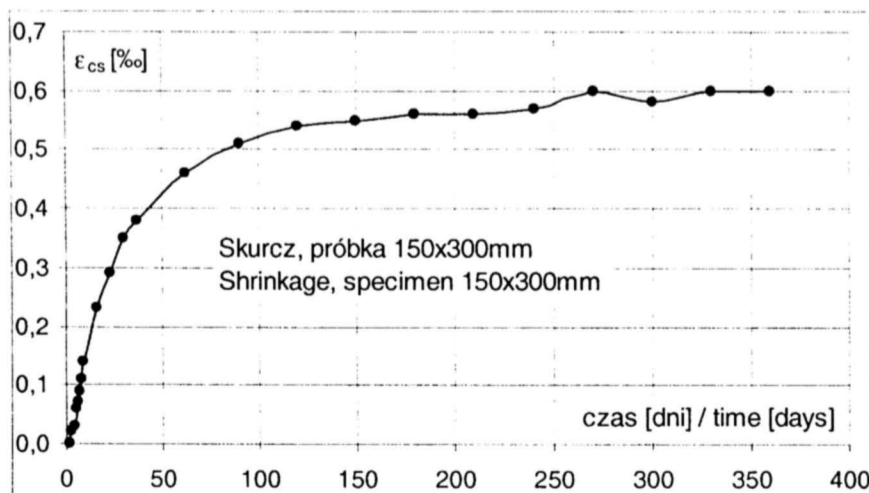
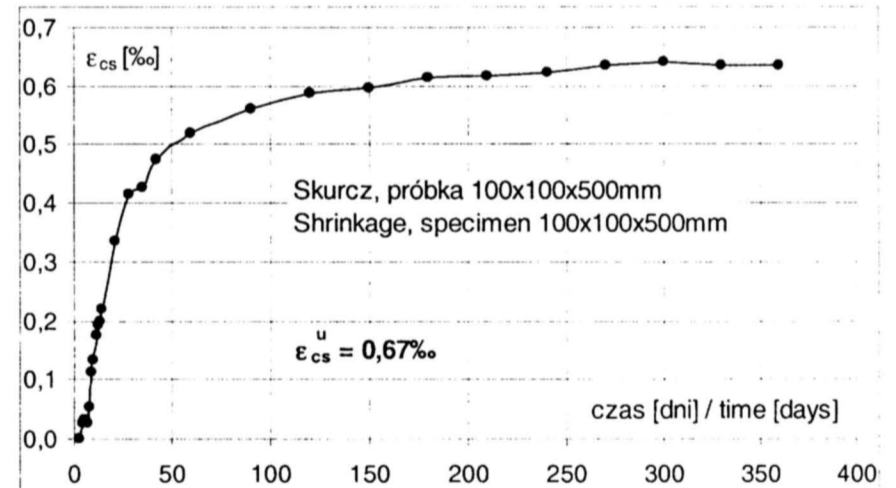
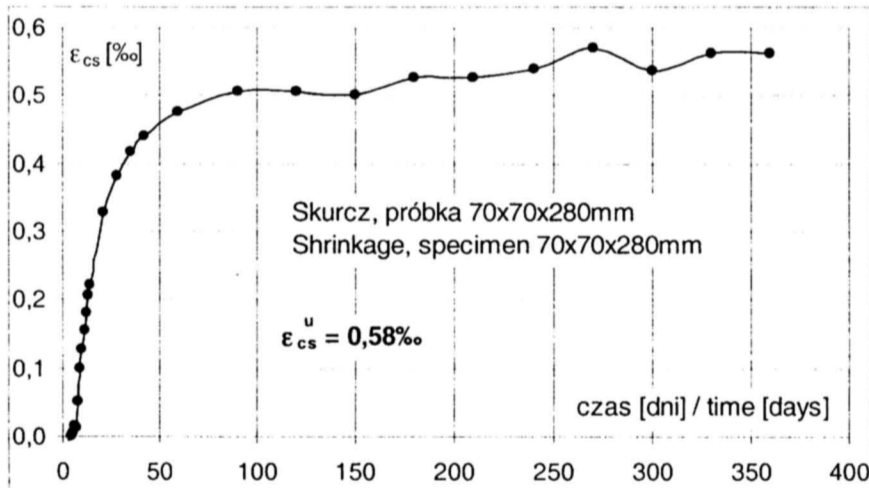
po 10 min / after 10 min	rozpływ / flow test 760x670mm
	V – funnel test t= 9sek
	L – box test t ₁ = 4sek., t ₂ = 8sek.
	H ₁ = 505mm, H ₂ = 60mm

Parametry pełzania / creep parameters

wiek betonu / age of concrete	2 dni / 2 days
obciążenie / load	7,9MPa
poziom obciążenia / loading level	0,50
odkształcenie natychmiastowe / immediate strain	0,47‰
odkształcenie po 1godz. / strain after 1 hour	0,52‰

Gęstość / Density 2304kg/m³ Zawartość powietrza / Air content 3,0%

lp. No.	Skurcz / shrinkage						Ø150/300	
	data badania experimental date	wiek betonu age of concrete dni	temperatura temperature °C	wilgotność humidity % RH	70x70x280	100x100x500	Skurcz / shrinkage	Pełzanie / Creep
					ε _{cs} ‰	ε _{cs} ‰	ε _{cs} ‰	ε _{cc} ‰
1	07.12.01	2	20,1	nad wodą / over water				
2	08.12.01	3	20,0	nad wodą / over water	-0,007	0,000	0,02	0,18
3	09.12.01	4	19,8	nad wodą / over water	0,000	0,027	0,03	0,26
4	10.12.01	5	19,6	nad wodą / over water	0,005	0,033	0,06	0,33
5	11.12.01	6	19,4	nad wodą / over water	0,014	0,033	0,07	0,38
6	12.12.01	7	19,4	nad wodą / over water	0,012	0,027	0,09	0,42
7	13.12.01	8	19,9	45,2	0,052	0,054	0,11	0,45
8	14.12.01	9	20,1	43,2	0,100	0,114	0,14	0,49
9	15.12.01	10	19,9	48,2	0,126	0,134		
10	16.12.01	11	20,1	48,2	0,155	0,174		
11	17.12.01	12	19,9	46,9	0,181	0,194		
12	18.12.01	13	20,0	48,9	0,205	0,200		
13	19.12.01	14	19,8	47,4	0,222	0,220		
14	21.12.01	16	19,5	47,0			0,23	0,63
15	26.12.01	21	20,0	46,0	0,327	0,334		
16	28.12.01	23	20,0	47,4			0,29	0,74
17	02.01.02	28	20,1	46,6	0,381	0,414		
18	04.01.02	30	20,1	45,4			0,35	0,81
19	09.01.02	35	19,8	51,0	0,418	0,427		
20	11.01.02	37	19,2	51,5			0,38	0,85
21	16.01.02	42	20,0	50,3	0,441	0,474		
22	03.02.02	60	20,1	51,6	0,475	0,520		
23	05.02.02	62	20,7	50,1			0,46	0,97
24	05.03.02	90	20,3	50,0	0,507	0,560	0,51	1,04
25	04.04.02	120	20,6	50,2	0,505	0,587	0,54	1,07
26	04.05.02	150	20,7	52,1	0,502	0,597	0,55	1,09
27	03.06.02	180	20,3	52,8	0,526	0,614	0,56	1,12
28	03.07.02	210	20,2	52,8	0,526	0,617	0,56	1,13
29	02.08.02	240	20,4	51,6	0,538	0,624	0,57	1,15
30	01.09.02	270	20,2	51,0	0,570	0,634	0,60	1,20
31	01.10.02	300	20,5	49,9	0,536	0,640	0,58	1,19
32	31.10.02	330	20,6	49,7	0,563	0,634	0,60	1,20
33	29.11.02	360	20,1	50,2	0,563	0,634	0,60	1,20
34	29.11.02	360	19,9	49,3			0,60	0,97
35	29.11.02	360	19,9	48,3			0,60	0,96



SCC80/12 Zarób / Mixture 7

Data zarobu / Concrete date: 12.12.2001r.

Skład betonu / Mix proportion [kg/m³]

cement / cement CEM I 42,5 Warta	450
piasek / sand Nowosolna	580
żwir / gravel 2/16 Rydwan	1100
woda / water	160
popiół lotny / fly ash EC IV Łódź	90
superplastyfikator / superplasticizer Visco Crete 3	7,0
	<hr/> 2387

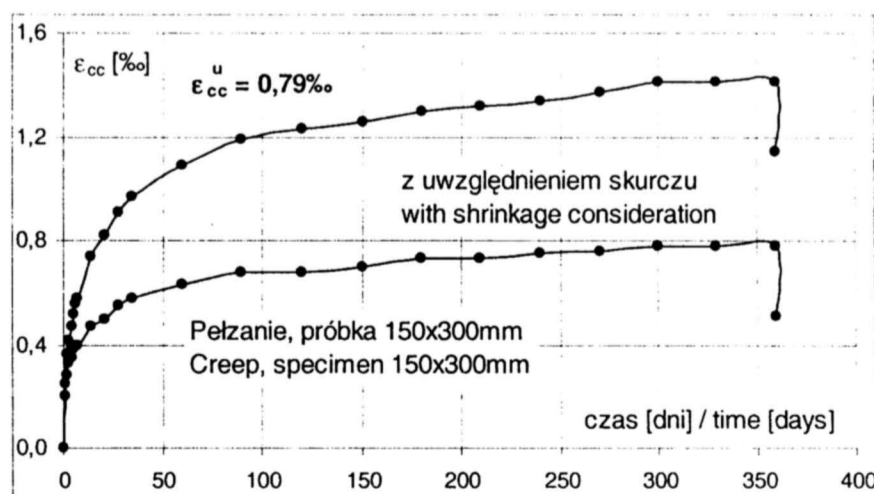
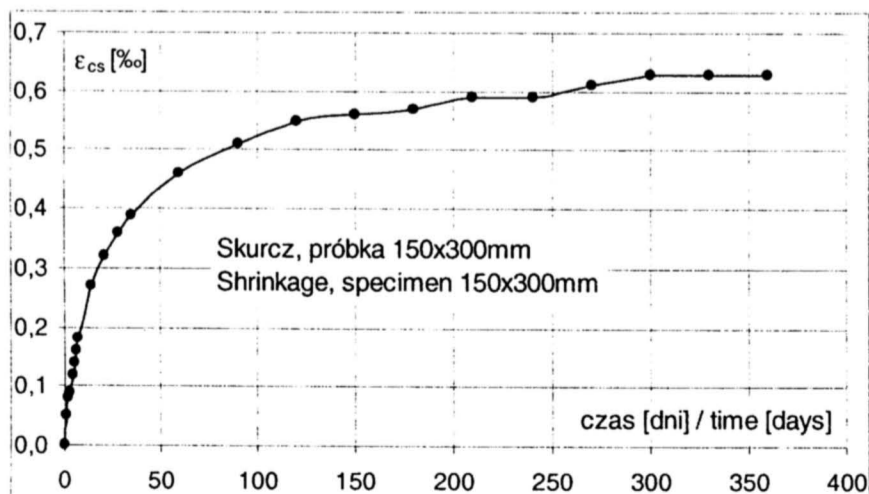
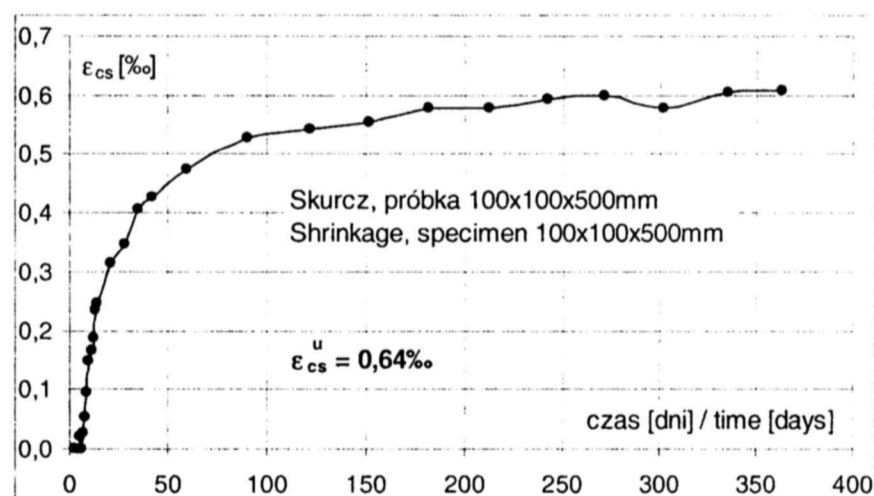
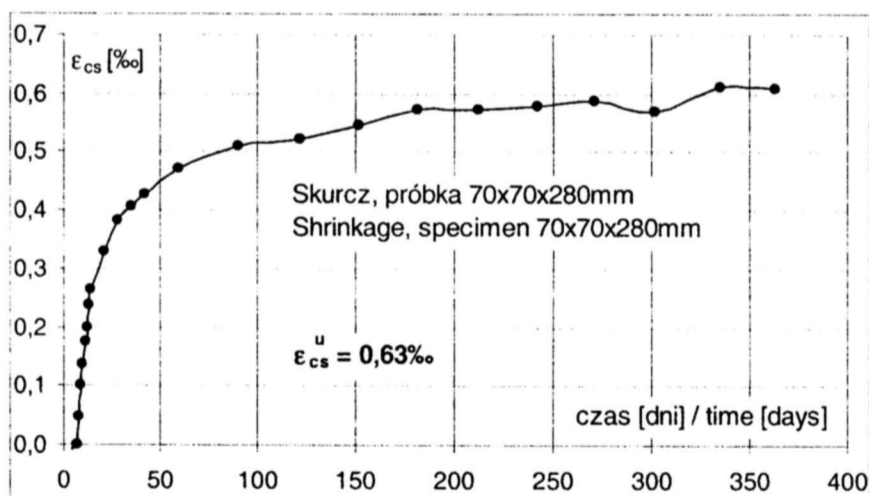
wytrzymałość strength, MPa	po dniach / after days				
	2	7	28	90	369
f _{c,cube}	38	64	78		87
f _c	30		59		67
E _c	20100		29400		28700
nasiąkliwość / moisture, %			3,6		

Testy samozagęszczalności / Self – compactability testing
 po 10 min / after 10 min rozływ / flow test 720x630mm
 V – funnel test t= 9sek
 L – box test t₁= 4sek., t₂= 10sek.
 H₁= 505mm, H₂= 65mm

Parametry pełzania / creep parameters
 wiek betonu / age of concrete 2 dni / 2 days
 obciążenie / load 9,1MPa
 poziom obciążenia / loading level 0,30
 odkształcenie natychmiastowe / immediate strain 0,43‰
 odkształcenie po 1godz. / strain after 1 hour 0,50‰

Gęstość / Density 2373kg/m³ Zawartość powietrza / Air content 2,0%

Ip. No.	Skurcz / shrinkage						Ø150/300	
	data badania experimental date	wiek betonu age of concrete	temperatura temperature	wilgotność humidity	70x70x280	100x100x500	Skurcz / shrinkage	Pełzanie / Creep
					ε _{cs}	ε _{cs}	ε _{cs}	ε _{cc}
		dni	°C	% RH	%ε	%ε	%ε	%ε
1	14.12.01	2	20,1	nad wodą / nad wodą				
2	15.12.01	3	19,9	nad wodą / nad wodą	-0,032	0,000	0,05	0,25
3	16.12.01	4	20,1	nad wodą / nad wodą	-0,006	-0,007	0,08	0,36
4	17.12.01	5	19,9	nad wodą / nad wodą	-0,002	0,020	0,09	0,42
5	18.12.01	6	20,0	nad wodą / nad wodą	-0,005	0,000	0,12	0,47
6	19.12.01	7	19,8	nad wodą / nad wodą	0,001	0,027	0,14	0,52
7	20.12.01	8	19,3	49,4	0,047	0,054	0,16	0,56
8	21.12.01	9	19,7	44,6	0,102	0,094	0,18	0,58
9	22.12.01	10	20,0	45,8	0,136	0,147		
10	23.12.01	11	20,2	46,7	0,174	0,167		
11	24.12.01	12	20,1	46,2	0,199	0,187		
12	27.12.01	13	20,0	46,8	0,236	0,234		
13	28.12.01	14	19,9	47,5	0,265	0,247	0,27	0,74
14	02.01.02	21	20,1	46,6	0,328	0,314		
15	04.01.02	23	19,8	45,5			0,32	0,82
16	09.01.02	28	19,8	50,9	0,383	0,347		
17	11.01.02	30	19,9	51,6			0,36	0,91
18	16.01.02	35	20,0	50,3	0,407	0,407		
19	18.01.02	37	20,2	49,7			0,39	0,97
20	23.01.02	42	19,9	52,8	0,428	0,427		
21	11.02.02	60	20,2	50,9	0,471	0,474		
22	12.02.02	61	20,3	51,8			0,46	1,09
23	12.03.02	90	20,4	49,9	0,509	0,527		
24	14.03.02	92	20,7	50,2			0,51	1,19
25	13.04.02	122	20,8	52,6	0,521	0,544	0,55	1,23
26	13.05.02	152	20,0	52,6	0,545	0,554	0,56	1,26
27	12.06.02	182	20,4	53,4	0,571	0,577	0,57	1,30
28	12.07.02	212	20,5	50,5	0,572	0,577	0,59	1,32
29	11.08.02	242	20,3	50,3	0,577	0,594	0,59	1,34
30	10.09.02	271	20,2	50,6	0,586	0,600	0,61	1,37
31	10.10.02	302	20,8	49,8	0,569	0,577	0,63	1,41
32	12.11.02	335	20,2	50,1	0,612	0,604	0,63	1,41
33	09.12.02	363	20,1	50,1	0,608	0,607	0,63	1,41
34	09.12.02	363	19,4	47,0				1,14
35	09.12.02	363	19,4	47,0				1,14



SCC80/12 Zarób / Mixture 8

Data zarobu / Concrete date: 02.01.2002r.

Skład betonu / Mix proportion [kg/m³]

cement / cement CEM I 42,5 Warta	450
piasek / sand Nowosolna	580
żwir / gravel 2/16 Rydwan	1100
woda / water	160
popiół lotny / fly ash EC IV Łódź	90
superplastyfikator / superplasticizer Visco Crete 3	7,0
	<hr/> 2387

wytrzymałość strength, MPa	po dniach / after days				
	2	7	28	90	369
f _{c,cube}	36	58	71	75	81
f _c		50	56		71
E _c		24500			29200
nasiąkliwość / moisture, %			3,2		

Testy samozagęszczalności / Self – compactability testing

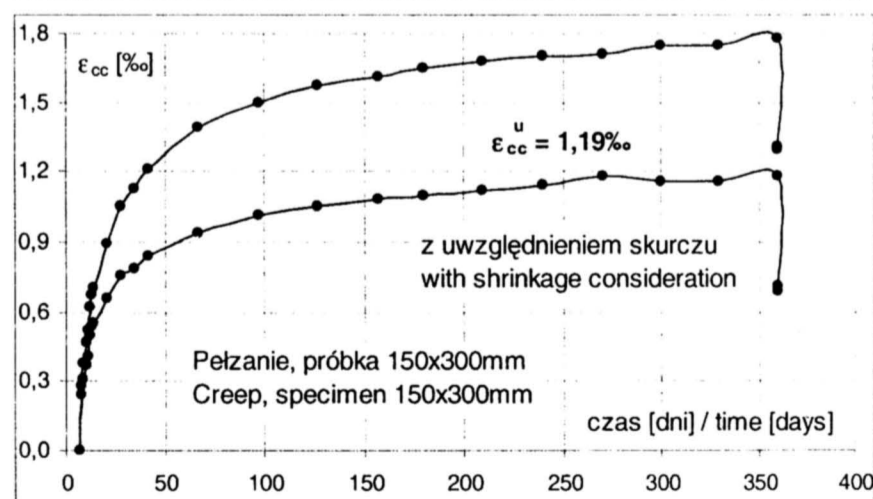
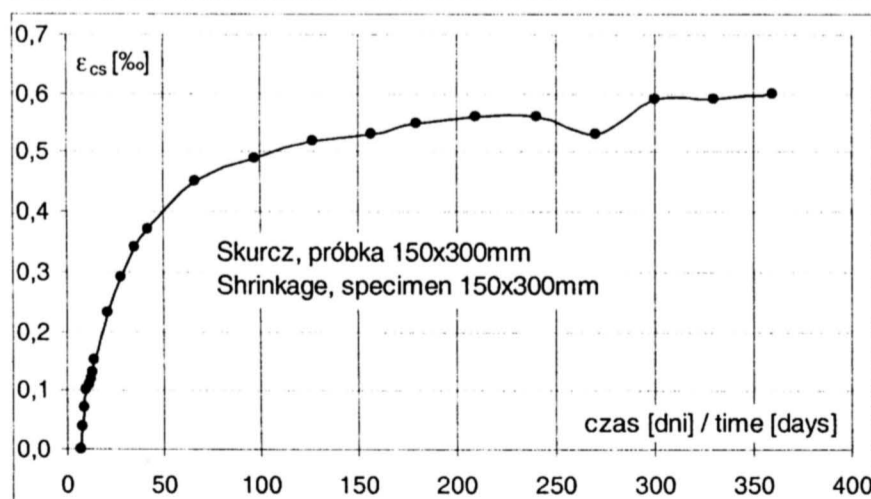
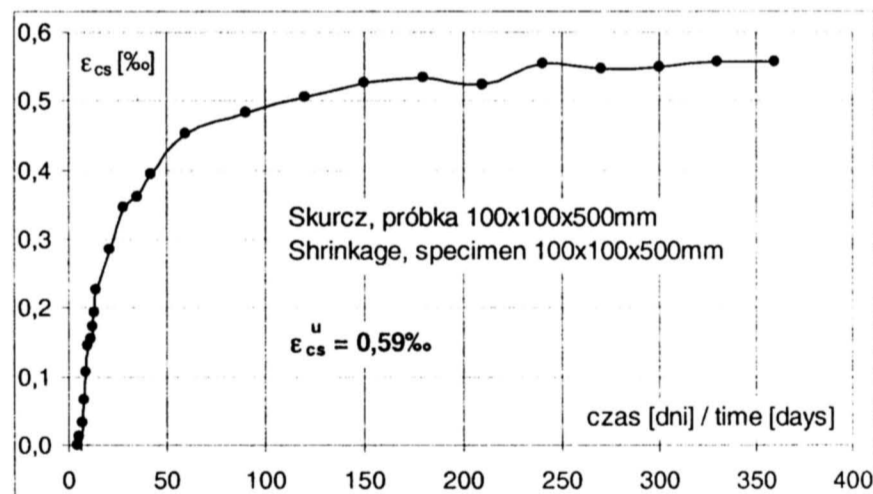
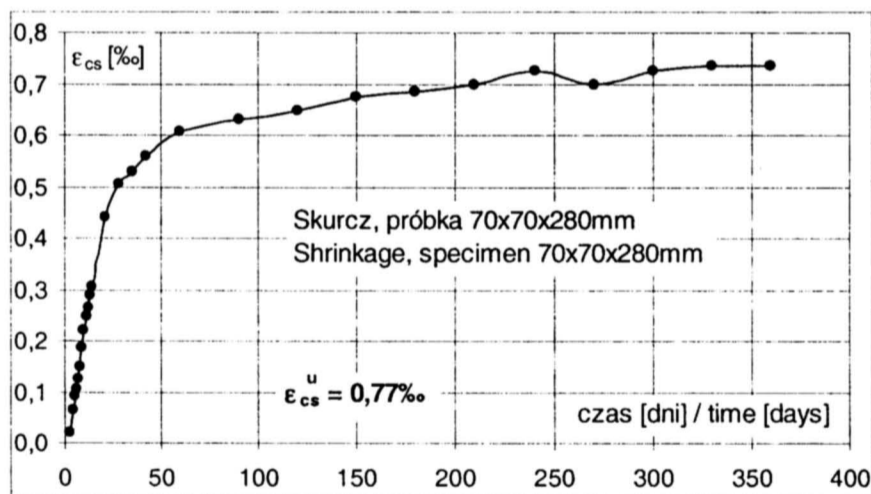
po 10 min / after 10 min	rozplływ / flow test 700×630mm
V – funnel test	t= 9sek
L – box test	t ₁ = 3sek., t ₂ = 7sek.
	H ₁ = 500mm, H ₂ = 60mm

Parametry pełzania / creep parameters

wiek betonu / age of concrete	7 dni / 7 days
obciążenie / load	14,8MPa
poziom obciążenia / loading level	0,30
odkształcenie natychmiastowe / immediate strain	0,71‰
odkształcenie po 1godz. / strain after 1 hour	0,78‰

Gęstość / Density 2385kg/m³ Zawartość powietrza / Air content 1,9%

Ip. No.	Skurcz / shrinkage						Ø150/300	
	data badania experimental date	wiek betonu age of concrete	temperatura temperature	wilgotność humidity	70×70×280	100×100×500	Skurcz / shrinkage	Pełzanie / Creep
		dni	°C	% RH	ε _{cs} ‰	ε _{cs} ‰	ε _{cs} ‰	ε _{cc} ‰
1	04.01.02	2	20,1	nad wodą / over water				
2	05.01.02	3	19,8	nad wodą / over water	0,021			
3	06.01.02	4	19,6	nad wodą / over water	0,063	0,000		
4	07.01.02	5	19,5	nad wodą / over water	0,092	0,013		
5	08.01.02	6	19,4	nad wodą / over water	0,106	-0,007		
6	09.01.02	7	20,1	nad wodą / over water	0,125	0,033		
7	10.01.02	8	19,6	52,0	0,148	0,066	0,04	0,28
8	11.01.02	9	20,1	50,2	0,185	0,106	0,07	0,38
9	12.01.02	10	20,3	49,1	0,220	0,146	0,10	0,47
10	13.01.02	11	20,2	51,2	0,246	0,156	0,11	0,52
11	14.01.02	12	19,7	50,5	0,265	0,173	0,12	0,62
12	15.01.02	13	19,9	50,6	0,287	0,193	0,13	0,67
13	16.01.02	14	20,4	48,7	0,304	0,226	0,15	0,70
14	23.01.02	21	20,0	51,9	0,439	0,286	0,23	0,89
15	30.01.02	28	20,0	51,5	0,504	0,346	0,29	1,05
16	06.02.02	35	20,4	50,3	0,530	0,360	0,34	1,13
17	13.02.02	42	20,3	50,6	0,560	0,393	0,37	1,21
18	04.03.02	60	20,3	49,7	0,608	0,453		
19	11.03.02	67	20,4	50,3			0,45	1,39
20	02.04.02	90	20,6	50,2	0,631	0,483		
21	09.04.02	97	20,9	49,7			0,49	1,50
22	03.05.02	120	20,8	52,3	0,649	0,506		
23	09.05.02	126	20,7	54,4			0,52	1,57
24	02.06.02	150	20,3	52,6	0,674	0,526		
25	08.06.02	156	19,7	51,6			0,53	1,61
26	01.07.02	180	20,3	53,2	0,686	0,533		
27	08.07.02	188	20,3	54,3			0,55	1,65
28	07.08.02	210	20,5	50,8	0,700	0,523	0,56	1,68
29	06.09.02	240	20,1	50,8	0,725	0,553	0,56	1,70
30	08.10.02	270	20,8	49,8	0,699	0,546	0,53	1,71
31	05.11.02	300	20,2	49,0	0,727	0,550	0,59	1,75
32	05.12.02	330	20,2	50,2	0,736	0,556	0,59	1,75
33	06.01.03	360	20,8	50,1	0,737	0,556	0,60	1,78
34	06.01.03	360	20,8	50,1			0,60	1,31
35	06.01.03	360	20,8	50,1			0,60	1,29



SCC40/1 Zarób / Mixture 9

Data zarobu / Concrete date: 09.01.2002r.

Skład betonu / Mix proportion [kg/m³]

cement / cement CEM I 42,5 Warta	220
piasek / sand Nowosolna	585
żwir / gravel 2/16 Rydwan	993
woda / water	180
popiół lotny / fly ash EC IV Łódź	280
superplastyfikator / superplasticizer Visco Crete 3	6,9
	<u>2265</u>

wytrzymałość strength, MPa	po dniach / after days				
	2	7	28	90	369
f _{c,cube}	7,3	22	41	44	50
f _c		16	30		31
E _c		19500			20800
nasiąkliwość / moisture, %			4,8		

Testy samozagęszczalności / Self – compactability testing

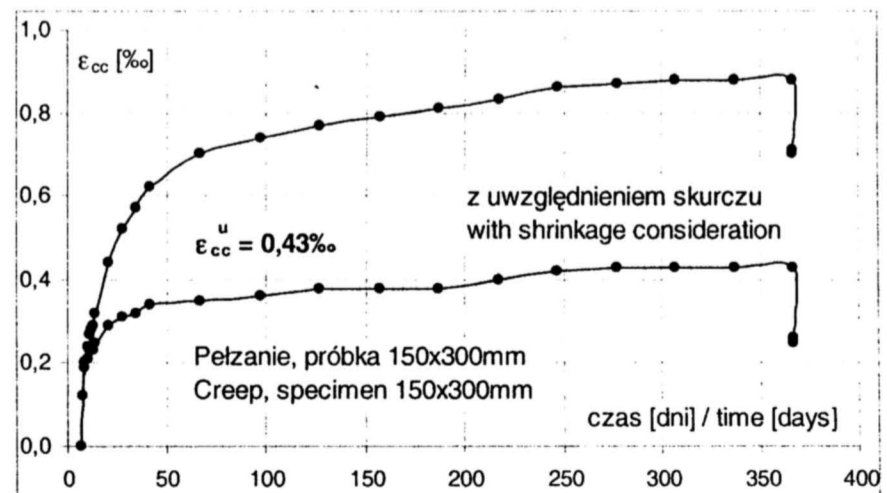
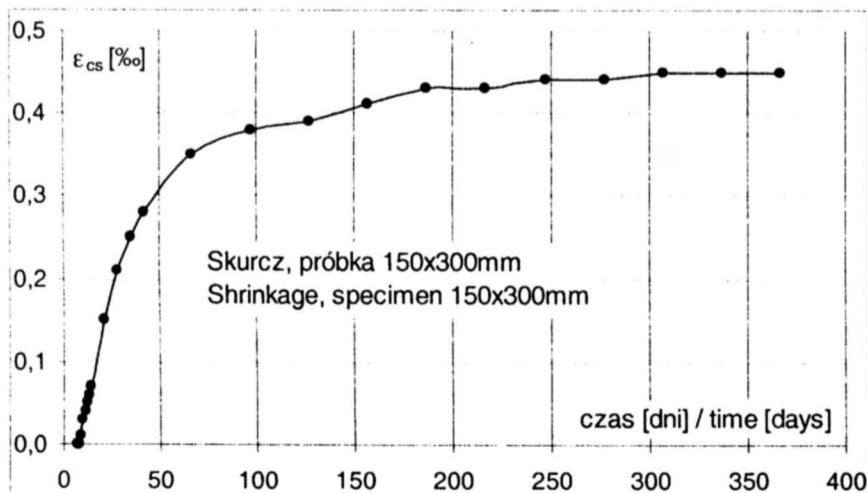
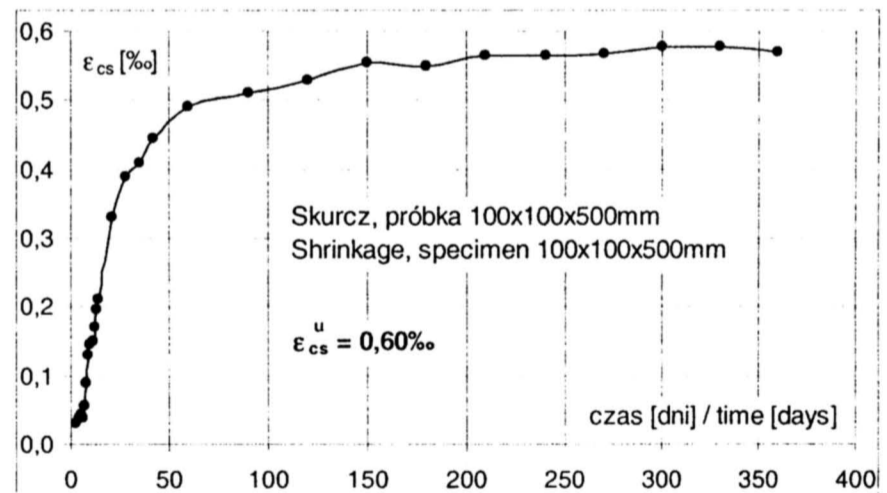
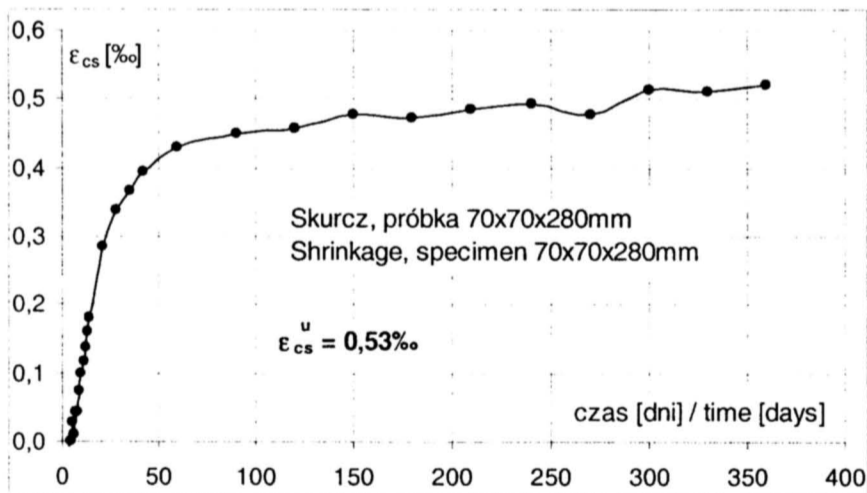
po 10 min / after 10 min	rozplływ / flow test	790x700mm
	V – funnel test	t = 7sek
	L – box test	t ₁ = 2sek., t ₂ = 4sek.
		H ₁ = 510mm, H ₂ = 65mm

Parametry pełzania / creep parameters

wiek betonu / age of concrete	7 dni / 7 days
obciążenie / load	5,7MPa
poziom obciążenia / loading level	0,36
odkształcenie natychmiastowe / immediate strain	0,23‰
odkształcenie po 1godz. / strain after 1 hour	0,27‰

Gęstość / Density 2298kg/m³ Zawartość powietrza / Air content 1,3%

lp. No.	Skurcz / shrinkage					Pełzanie / Creep		
	data badania experimental date	wiek betonu age of concrete dni	temperatura temperature °C	wilgotność humidity % RH	70x70x280 E _{cs} ‰	100x100x500 E _{cs} ‰	Ø150/300	
							E _{cs} ‰	E _{cc} ‰
1	11.01.02	2	20,1	nad wodą / over wate				
2	12.01.02	3	20,3	nad wodą / over wate	-0,015	0,030		
3	13.01.02	4	20,2	nad wodą / over wate	0,001	0,037		
4	14.01.02	5	19,7	nad wodą / over wate	0,027	0,043		
5	15.01.02	6	19,9	nad wodą / over wate	0,011	0,037		
6	16.01.02	7	20,4	nad wodą / over wate	0,042	0,057		
7	17.01.02	8	19,9	50,6	0,044	0,090		0,12
8	18.01.02	9	20,0	51,9	0,073	0,130	0,01	0,20
9	19.01.02	10	20,0	52,4	0,098	0,144	0,03	0,24
10	20.01.02	11	20,1	53,9	0,118	0,150	0,04	0,27
11	21.01.02	12	19,7	53,5	0,138	0,170	0,05	0,28
12	22.01.02	13	19,8	52,5	0,160	0,197	0,06	0,29
13	23.01.02	14	19,8	53,5	0,181	0,210	0,07	0,32
14	30.01.02	21	20,0	51,5	0,285	0,330	0,15	0,44
15	06.02.02	28	20,4	50,3	0,337	0,390	0,21	0,52
16	13.02.02	35	20,3	50,6	0,367	0,410	0,25	0,57
17	20.02.02	42	20,6	49,5	0,394	0,444	0,28	0,62
18	10.03.02	60	20,2	50,0	0,429	0,490		
19	17.03.02	67	20,6	50,3			0,35	0,70
20	09.04.02	90	20,7	50,0	0,449	0,510		
21	16.04.02	97	20,6	51,2			0,38	0,74
22	09.05.02	120	20,8	53,2	0,457	0,530		
23	16.05.02	127	20,6	53,1			0,39	0,77
24	08.06.02	150	28,0	52,1	0,479	0,554		
25	15.06.02	157	19,7	52,0			0,41	0,79
26	05.07.02	177	20,5	53,9			0,43	0,81
27	08.07.02	180	20,3	54,5	0,472	0,550		
28	14.08.02	210	20,4	50,8	0,485	0,564	0,43	0,83
29	13.09.02	240	20,2	50,7	0,492	0,564	0,44	0,86
30	13.10.02	270	20,9	49,5	0,478	0,567	0,44	0,87
31	12.11.02	300	20,2	50,0	0,513	0,577	0,45	0,88
32	12.12.02	330	20,1	50,0	0,512	0,577	0,45	0,88
33	13.01.03	360	19,9	51,6	0,521	0,570	0,45	0,88
34	13.01.03	360	19,8	50,2				0,71
35	13.01.03	360	19,8	50,2				0,70



SCC40/1 Zarób / Mixture 10

Data zarobu / Concrete date: 16.01.2002r.

Skład betonu / Mix proportion [kg/m³]

cement / cement CEM I 42,5 Warta	220
piasek / sand Nowosolna	585
żwir / gravel 2/16 Rydwan	993
woda / water	180
popiół lotny / fly ash EC IV Łódź	280
superplastyfikator / superplasticizer Visco Crete 3	6,9
	<u>2265</u>

wytrzymałość strength, MPa	po dniach / after days				
	2	7	28	90	369
f _{c,cube}	6,7	23	41	44	49
f _c		18	30		35
E _c		18400			22900
nasiąkliwość / moisture, %			5,2		

Testy samozagęszczalności / Self - compactability testing

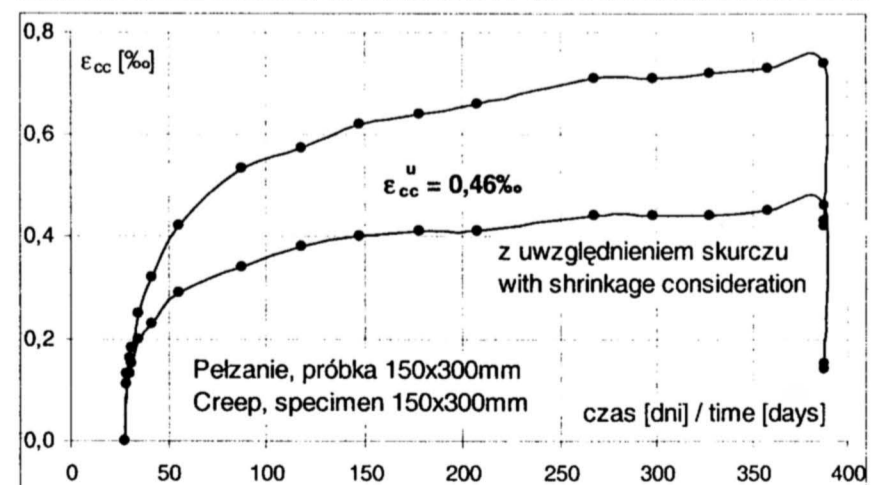
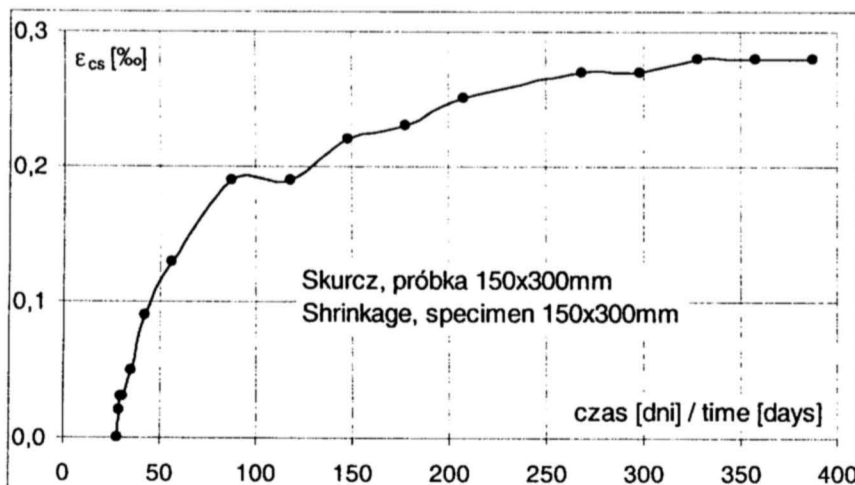
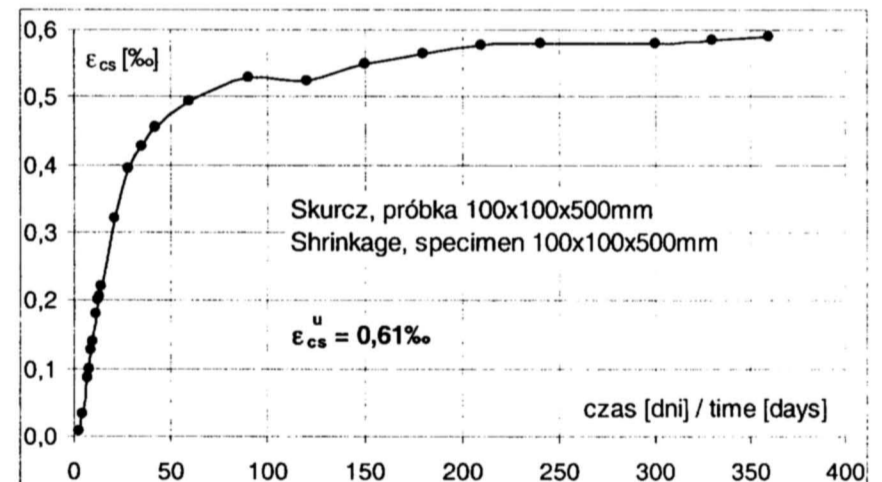
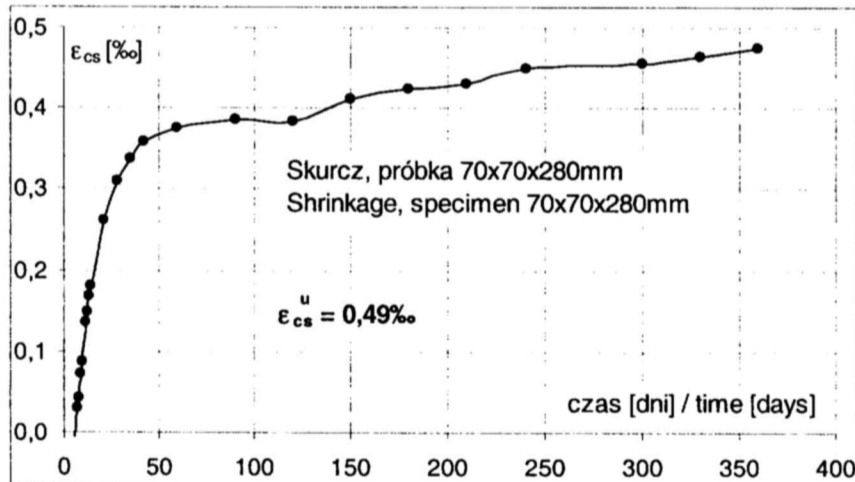
po 10 min / after 10 min	rozplyw / flow test 760x690mm
	V - funnel test t= 6sek
	L - box test t ₁ = 2sek., t ₂ = 5sek.
	H ₁ = 515mm, H ₂ = 60mm

Parametry pełzania / creep parameters

wiek betonu / age of concrete	28 dni / 28 days
obciążenie / load	9,1MPa
poziom obciążenia / loading level	0,30
odkształcenie natychmiastowe / immediate strain	0,32‰
odkształcenie po 1godz. / strain after 1 hour	0,33‰

Gęstość / Density 2285kg/m³ Zawartość powietrza / Air content -%

Ip. No.	Skurcz / shrinkage					Ø150/300		
	data badania experimental date	wiek betonu age of concrete	temperatura temperature	wilgotność humidity	70x70x280	100x100x500	Skurcz / shrinkage	Pełzanie / Creep
		dni	°C	% RH	ε _{cs} ‰	ε _{cs} ‰	ε _{cs} ‰	ε _{cc} ‰
1	18.01.02	2	20,0	nad wodą / over water				
2	19.01.02	3	20,0	nad wodą / over water				
3	20.01.02	4	20,1	nad wodą / over water				
4	23.01.02	7	19,9	nad wodą / over water				
5	24.01.02	8	20,1	nad wodą / over water				
6	25.01.02	9	20,3	nad wodą / over water				
7	26.01.02	10	19,9	50,8	0,072	0,127		
8	27.01.02	11	20,0	51,1	0,087	0,140		
9	28.01.02	12	20,1	51,6	0,135	0,180		
10	29.01.02	13	20,0	48,9	0,149	0,200		
11	30.01.02	14	20,1	52,8	0,167	0,207		
12	06.02.02	21	20,4	50,3	0,180	0,220		
13	13.02.02	28	20,3	50,6	0,261	0,320		
14	14.02.02	29	20,5	49,6	0,309	0,394		
15	15.02.02	30	20,4	48,6			0,02	0,13
16	16.02.02	31	20,9	48,0			0,03	0,16
17	20.02.02	35	20,7	49,7	0,336	0,427	0,03	0,18
18	27.02.02	42	20,2	49,0	0,358	0,454	0,05	0,25
19	13.03.02	56	20,3	48,4			0,09	0,32
20	18.03.02	60	20,7	50,0			0,13	0,42
21	14.04.02	88	20,7	50,3	0,375	0,494	0,15	0,46
22	16.04.02	90	20,8	51,3			0,19	0,53
23	17.05.02	120	20,7	53,5	0,385	0,530		
24	13.06.02	148	19,9	51,6	0,384	0,524	0,19	0,57
25	15.06.02	150	20,4	53,3			0,22	0,62
26	12.07.02	178	20,4	53,8				
27	15.07.02	180	20,6	49,1	0,412	0,550	0,23	0,64
28	12.08.02	208	20,5	50,7	0,423	0,564		
29	14.08.02	210	20,3	50,1			0,25	0,66
30	11.09.02	238	20,5	50,1	0,431	0,577		
31	11.10.02	268	21,3	49,1			0,26	0,69
32	12.11.02	300	20,2	49,9	0,449	0,580	0,27	0,71
33	10.12.02	328	20,0	50,0	0,455	0,580	0,27	0,71
34	12.12.02	330	19,5	50,0			0,28	0,72
35	09.01.03	358	19,9	51,9	0,465	0,584		
36	10.01.03	360	19,8	49,8			0,28	0,73
37	08.02.03	390	19,9	51,0	0,475	0,590		
38	08.02.03	390	20,0	49,7			0,28	0,74
39	08.02.03	390	20,0	49,7			0,28	0,42



SCC60/8 Zarób / Mixture 11

Data zarobu / Concrete date: 23.03.2002r.

Skład betonu / Mix proportion [kg/m³]

cement / cement CEM I 32,5 R Małogoszcz	400
piasek / sand Nowosolna	686
żwir / gravel 2/16 Rydwan	962
woda / water	172
mączka wapienna / lime powder Rudniki	80
superplastyfikator / superplasticizer Visco Crete 3	7,2
	<u>2307</u>

wytrzymałość strength, MPa	po dniach / after days				
	2	10	28	90	369
f _{c,cube}	36	52	63	67	
f _c		51	47		
E _c		28900	28700		
nasiąkliwość / moisture, %			4,7		

Testy samozagęszczalności / Self – compactability testing

po 10 min / after 10 min rozplływ / flow test 750x670mm

V – funnel test t = 7sek

L – box test t₁ = 2sek., t₂ = 5sek.

H₁ = 510mm, H₂ = 70mm

Gęstość / Density 2385kg/m³ Zawartość powietrza / Air content 1,6%

Parametry pełzania / creep parameters

wiek betonu / age of concrete

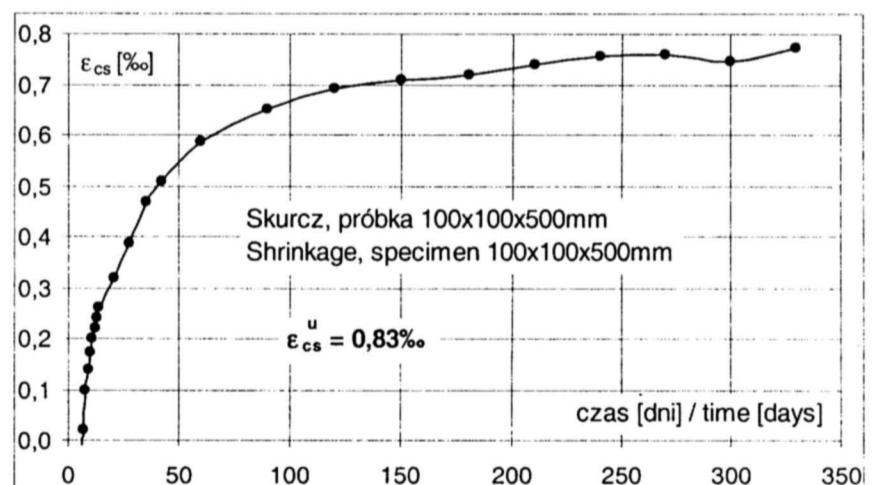
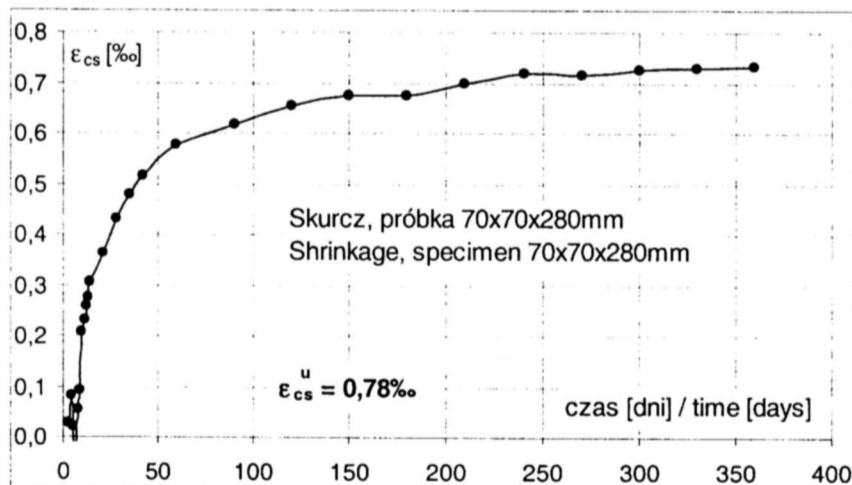
obciążenie / load

poziom obciążenia / loading level

odkształcenie natychmiastowe / immediate strain

odkształcenie po 1godz. / strain after 1 hour

lp. No.	Skurcz / shrinkage					Ø150/300		
	data badania experimental date	wiek betonu age of concrete dni	temperatura temperature °C	wilgotność humidity % RH	70x70x280	100x100x500	Skurcz / shrinkage	Pełzanie / Creep
					ε _{cs} ‰	ε _{cs} ‰	ε _{cs} ‰	ε _{cs} ‰
1	25.03.02	2	20.2	nad wodą / over water				
2	26.03.02	3	20.3	nad wodą / over water	0.03	-0.04		
3	27.03.02	4	20.6	nad wodą / over water	0.08	-0.04		
4	28.03.02	5	20.4	nad wodą / over water	0.02	-0.04		
5	29.03.02	6	21.0	nad wodą / over water	-0.03	-0.01		
6	30.03.02	7	21.0	nad wodą / over water	-0.01	0.02		
7	31.03.02	8	21.1	49.8	0.05	0.10		
8	01.04.02	9	21.1	49.9	0.09	0.14		
9	02.04.02	10	21.2	49.6	0.21	0.17		
10	03.04.02	11	20.8	49.8	0.23	0.20		
11	04.04.02	12	20.9	51.3	0.26	0.22		
12	05.04.02	13	21.1	49.8	0.27	0.24		
13	06.04.02	14	20.6	48.4	0.30	0.26		
14	13.04.02	21	20.7	50.3	0.36	0.32		
15	20.04.02	28	20.7	51.9	0.43	0.39		
16	27.04.02	35	21.0	52.1	0.48	0.47		
17	04.05.02	42	20.5	55.4	0.51	0.51		
18	22.05.02	60	20.4	53.7	0.58	0.59		
19	21.06.02	90	20.1	52.0	0.62	0.65		
20	21.07.02	120	20.4	52.6	0.65	0.69		
21	20.08.02	150	20.4	49.6	0.67	0.71		
22	19.09.02	180	21.0	50.6	0.67	0.72		
23	19.10.02	210	21.0	49.7	0.70	0.74		
24	18.11.02	240	20.2	49.8	0.72	0.76		
25	18.12.02	270	20.0	48.6	0.72	0.76		
26	17.01.03	300	19.8	51.8	0.73	0.75		
27	16.02.03	330	19.8	50.7	0.73	0.77		
28	18.03.03	360	19.3	50.6	0.73	0.77		



SCC60/7 Zarób / Mixture 12

Data zarobu / Concrete date: 26.03.2002r.

Skład betonu / Mix proportion [kg/m³]

cement / cement CEM I 42,5 Warta	400
piasek / sand Nowosolna	686
żwir / gravel 2/16 Rydwan	962
woda / water	170
mączka wapienna / lime powder Rudniki	80
superplastyfikator / superplasticizer Visco Crete 3	7,2
	<hr/> 2305

wytrzymałość strength, MPa	po dniach / after days				
	2	7	28	90	369
f _{c,cube}		48	61	63	62
f _c		39	47		48
E _c		24500	28800		29800
nasiąkliwość / moisture, %			4,8		

Testy samozagęszczalności / Self – compactability testing

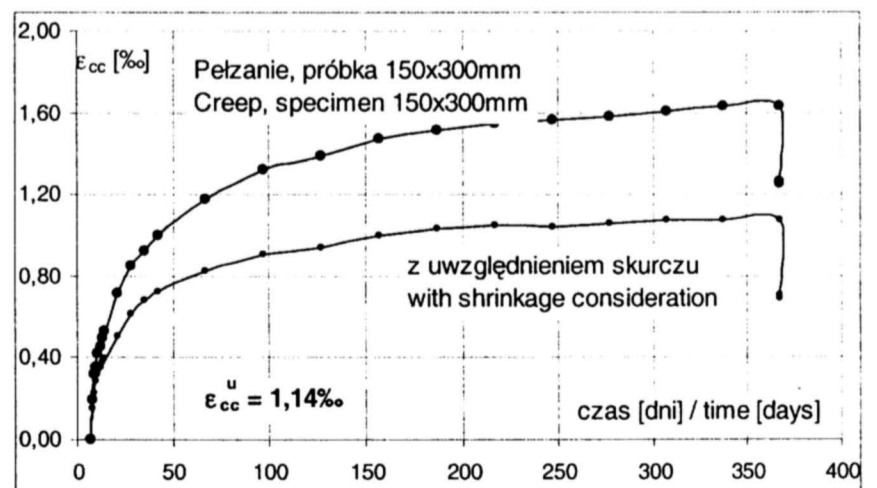
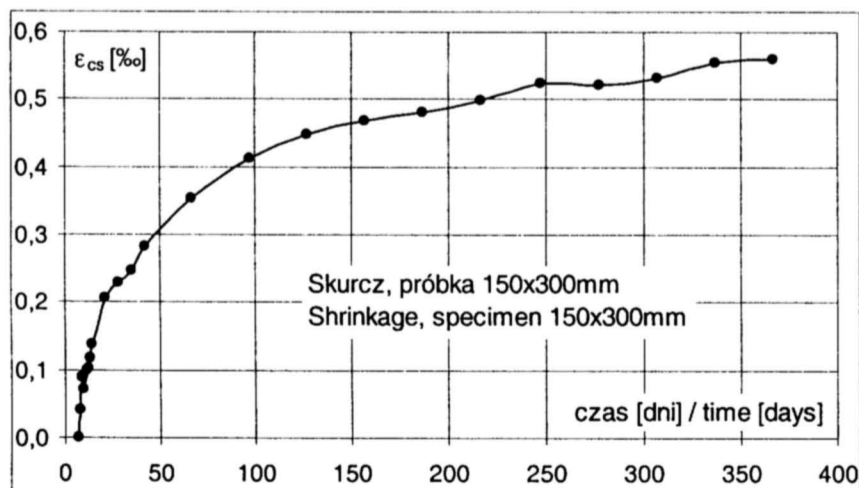
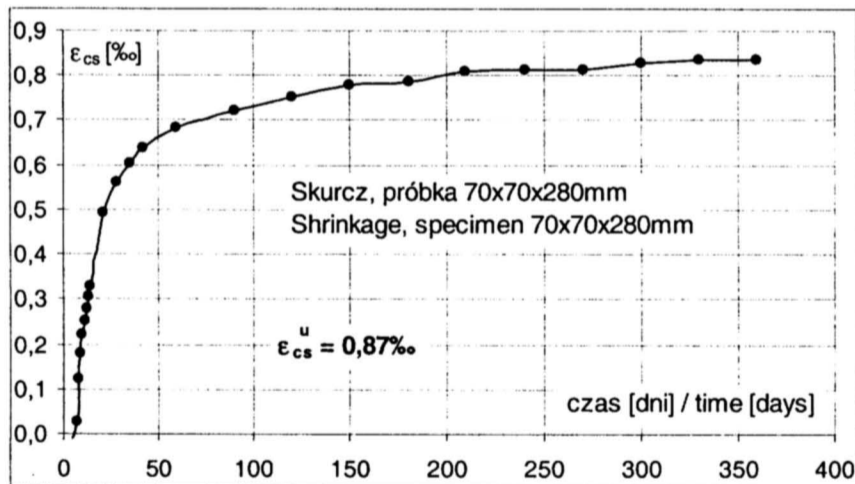
po 10 min / after 10 min	rozplyw / flow test 760x670mm
	V – funnel test t= 6sek
	L – box test t ₁ = -sek., t ₂ = -sek.
	H ₁ = -mm, H ₂ = -mm

Parametry pelzania / creep parameters

wiek betonu / age of concrete	7 dni / 7 days
obciążenie / load	12,5MPa
poziom obciążenia / loading level	0,32
odkształcenie natychmiastowe / immediate strain	0,48‰
odkształcenie po 1godz. / strain after 1 hour	0,53‰

Gęstość / Density 2385kg/m³ Zawartość powietrza / Air content -%

lp. No.	data badania experimental date	wiek betonu age of concrete dni	Skurcz / shrinkage				Ø150/300	
			temperatura temperature °C	wilgotność humidity % RH	70x70x280 E _{cs} ‰	100x100x500 E _{cs} ‰	Skurcz / shrinkage E _{cs} ‰	Pelzanie / Creep E _{cc} ‰
1	28.03.02	2	20,4	nad wodą / over water				
2	29.03.02	3	21,0	nad wodą / over water	-0,03			
3	02.04.02	7	21,2	nad wodą / over water	0,03			
4	03.04.02	8	20,8		0,12		0,04	0,19
5	04.04.02	9	20,9		0,18		0,09	0,32
6	05.04.02	10	21,1		0,22		0,07	0,35
7	06.04.02	11	20,6		0,25		0,10	0,42
8	07.04.02	12	21,8		0,28		0,10	0,46
9	08.04.02	13	20,7		0,30		0,12	0,49
10	09.04.02	14	20,4		0,33		0,14	0,53
11	16.04.02	21	20,7		0,49		0,21	0,71
12	23.04.02	28	21,0		0,56		0,26	0,85
13	30.04.02	35	20,7		0,60		0,25	0,93
14	07.05.02	42	20,6		0,64		0,28	1,00
15	25.05.02	60	20,4		0,68			
16	01.06.02	67	20,0		0,72		0,35	1,18
17	24.06.02	90	20,1		0,75			
18	01.07.02	97	20,3		0,78		0,41	1,32
19	24.07.02	120	20,4		0,81			
20	31.07.02	127	20,3		0,84		0,45	1,39
21	23.08.02	150	20,3		0,87			
22	30.08.02	157	19,8		0,88		0,47	1,47
23	23.09.02	181	20,1		0,89			
24	02.10.02	190	21,7		0,90		0,48	1,51
25	22.10.02	210	20,6		0,91			
26	29.10.02	217	20,3		0,92		0,50	1,55
27	21.11.02	240	20,1		0,93			
28	28.11.02	247	20,1		0,94		0,52	1,56
29	20.12.02	270	20,0		0,95			
30	30.12.02	280	19,9		0,96		0,52	1,58
31	20.01.03	300	19,8		0,97			
32	27.01.03	307	20,1		0,98		0,53	1,61
33	19.02.03	330	19,7		0,99			
34	26.02.03	337	19,3		1,00		0,55	1,68
35	21.03.03	360	19,5		1,01			
36	28.03.03	367	20,5		1,02		0,56	1,63



SCC60/7 Zarób / Mixture 13

Data zarobu / Concrete date: 03.04.2002r.

Skład betonu / Mix proportion [kg/m³]

cement / cement CEM I 42,5 Warta	400
piasek / sand Nowosolna	686
żwir / gravel 2/16 Rydwan	962
woda / water	171
mączka wapienna / lime powder Rudniki	80
superplastyfikator / superplasticizer Visco Crete 3	7,2
	<u>2306</u>

wytrzymałość strength, MPa	po dniach / after days				
	2	7	28	90	369
f _{c,cube}	31	50	60	64	65
f _c	23		51		52
E _c	20400		25500		28500
nasiąkliwość / moisture, %			4,6		

Testy samozagęszczalności / Self - compactability testing

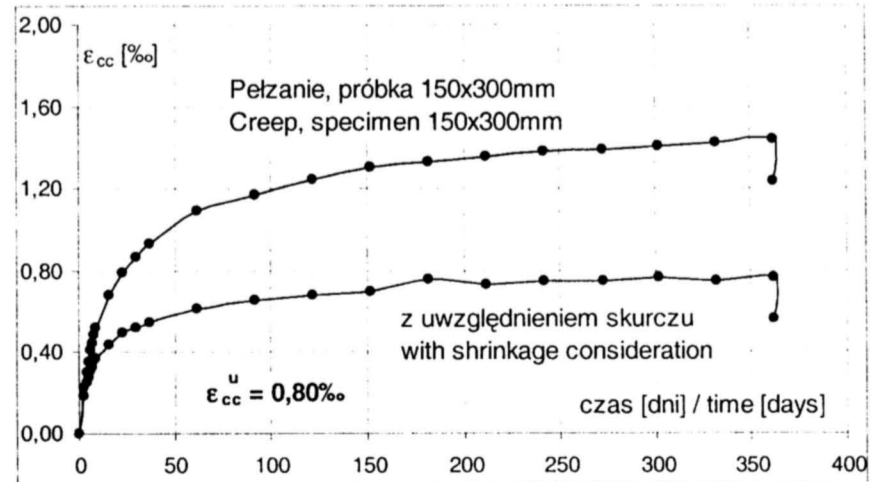
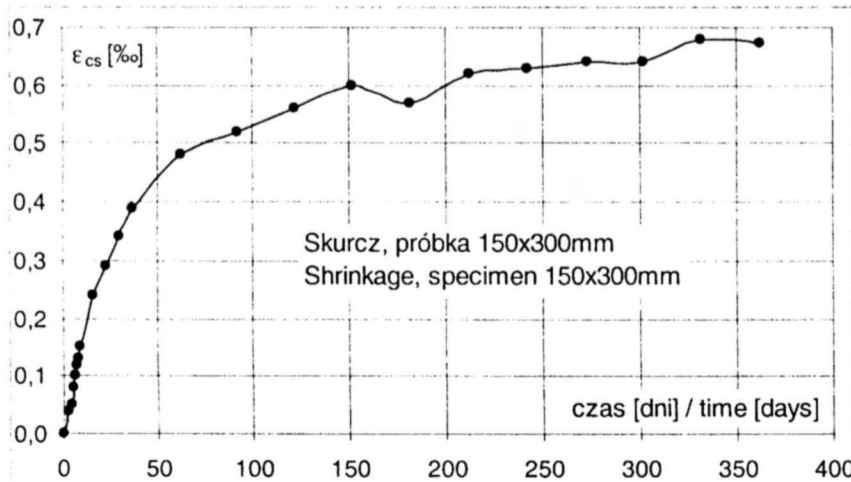
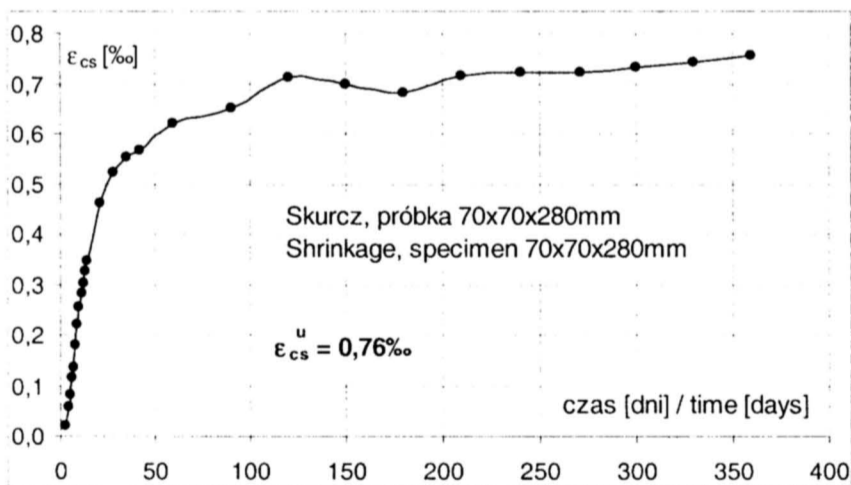
po 10 min / after 10 min	rozplyw / flow test	770x690mm
	V - funnel test	t = -sek
	L - box test	t ₁ = -sek., t ₂ = -sek.
		H ₁ = -mm, H ₂ = -mm

Parametry pełzania / creep parameters

wiek betonu / age of concrete	2 dni / 2 days
obciążenie / load	6,9MPa
poziom obciążenia / loading level	0,30
odkształcenie natychmiastowe / immediate strain	0,39‰
odkształcenie po 1godz. / strain after 1 hour	0,46‰

Gęstość / Density 2370kg/m³ Zawartość powietrza / Air content -%

lp. No.	Skurcz / shrinkage						Ø150/300	
	data badania experimental date	wiek betonu age of concrete dni	temperatura temperature °C	wilgotność humidity % RH	70x70x280	100x100x500	Skurcz / shrinkage	Pełzanie / Creep
					ε _{cs} ‰	ε _{cs} ‰	ε _{cs} ‰	ε _{cc} ‰
1	05.04.02	2	21.1	nad wodą / over water				
2	06.04.02	3	20.6	nad wodą / over water	0.02		0.04	0.23
3	07.04.02	4	21.0	nad wodą / over water	0.06		0.05	0.30
4	08.04.02	5	20.7	nad wodą / over water	0.08		0.08	0.36
5	09.04.02	6	20.4	nad wodą / over water	0.11		0.10	0.41
6	10.04.02	7	20.4	nad wodą / over water	0.14		0.12	0.45
7	11.04.02	8	20.5	50,8	0.18		0.13	0.49
8	12.04.02	9	20.7	51,0	0.22		0.15	0.52
9	13.04.02	10	20.8	51,0	0.25			
10	14.04.02	11	20.8	51,8	0.28			
11	15.04.02	12	20.9	51,2	0.30			
12	16.04.02	13	20.6	51,1	0.33			
13	17.04.02	14	20.6	52,8	0.35			
14	19.04.02	15	20.6	52,7			0.24	0.68
15	24.04.02	21	21.1	51,8	0.46			
16	26.04.02	23	21.2	51,0			0.29	0.79
17	01.05.02	28	20.5	54,2	0.52			
18	03.05.02	30	20.6	54,7			0.34	0.86
19	08.05.02	35	20.7	55,0	0.55			
20	10.05.02	37	20.6	50,7			0.39	0.94
21	15.05.02	42	20.7	49,7	0.57			
22	02.06.02	60	20.1	53,5	0.62			
23	05.06.02	63	19.3	53,6			0.48	1.09
24	02.07.02	90	20.3	52,8	0.65			
25	04.07.02	92	20.2	53,8			0.52	1.17
26	01.08.02	120	20.4	51,5	0.71			
27	05.08.02	124	20.8	50,6			0.56	1.24
28	31.08.02	150	20.1	51,0	0.70			
29	02.09.02	152	20.4	49,9			0.60	1.30
30	30.09.02	180	20.6	49,8	0.68			
31	02.10.02	182	20.1	50,2			0.57	1.33
32	30.10.02	210	20.1	50,2	0.72			
33	31.10.02	211	19.8	49,8			0.62	1.35
34	29.11.02	240	20.1	50,2	0.72			
35	02.12.02	243	20.0	51,0	0.72		0.63	1.38
36	30.12.02	271	19.9	50,9	0.73			
37	31.12.02	292	20.1	52,3	0.74		0.64	1.39
38	28.01.03	300	19.9	51,3	0.76		0.67	1.44
39	28.01.03	300	19.6	50,3			0.67	1.24
40	28.01.03	300	19.8	50,3			0.67	1.23



SCC20/3 Zarób / Mixture 14

Data zarobu / Concrete date: 13.03.2003r.

Skład betonu / Mix proportion [kg/m³]

cement / cement CEM I 42,5 Warta	220
piasek / sand Nowosolna	659
żwir / gravel 2/16 Rydwan	909
woda / water	190
mączka wapienna / lime powder Rudniki	280
superplastyfikator / superplasticizer FM 34 Addiment	4,0
	<u>2262</u>

wytrzymałość strength, MPa	po dniach / after days				
	2	7	28	90	369
f _{c,cube}		16	25	31	
f _c			20		
E _c			20500		
nasiąkliwość / moisture, %			7,0		

Testy samozagęszczalności / Self – compactability testing
po 10 min / after 10 min rozplływ / flow test 710×630mm

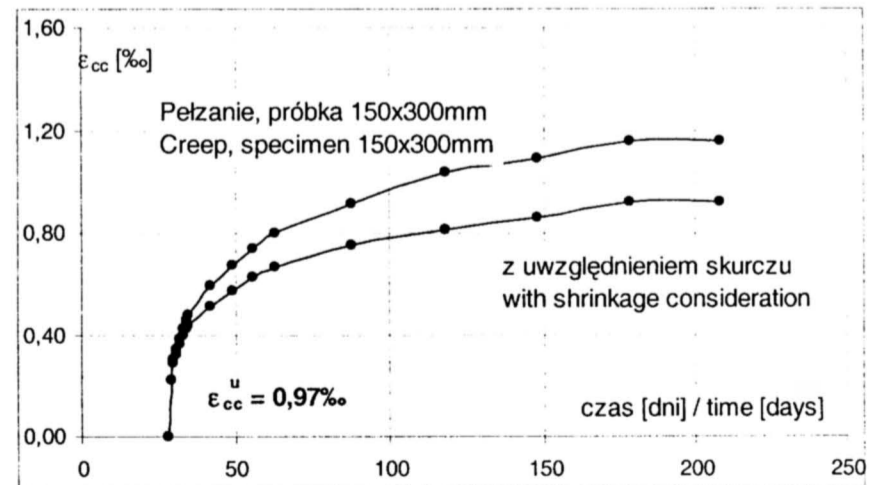
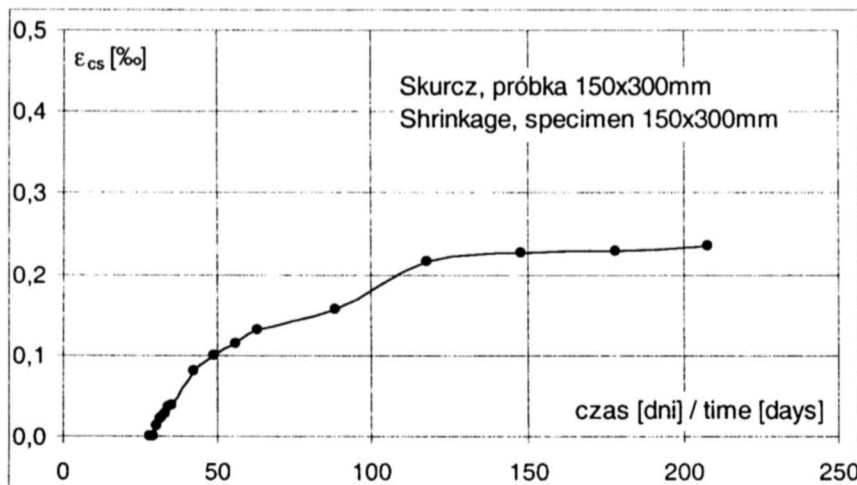
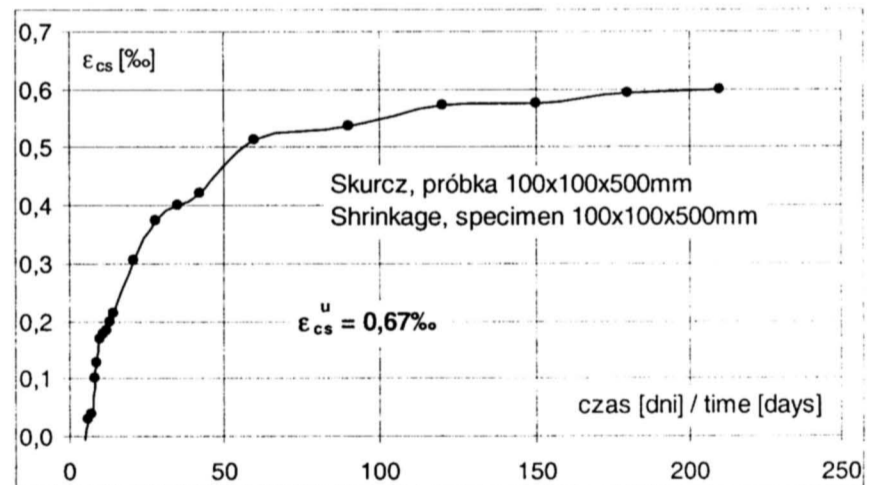
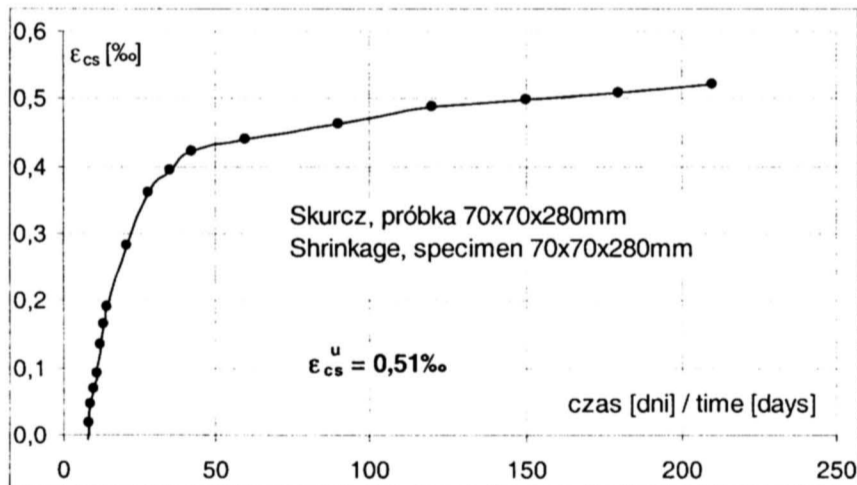
V – funnel test t = 2sek
L – box test t₁ = -sek., t₂ = -sek.
H₁ = -mm, H₂ = -mm

Gęstość / Density 2348kg/m³ Zawartość powietrza / Air content 2,0%

Parametry pełzania / creep parameters

wiek betonu / age of concrete 28 dni / 28 days
obciążenie / load 6,0MPa
poziom obciążenia / loading level 0,30
odkształcenie natychmiastowe / immediate strain 0,39‰
odkształcenie po 1godz. / strain after 1 hour 0,46‰

Ip. No.	Skurcz / shrinkage					Ø150/300		
	data badania experimental date	wiek betonu age of concrete dni	temperatura temperature °C	wilgotność humidity % RH	70×70×280	100×100×500	Skurcz / shrinkage	Pełzanie / Creep
					ε _{cs} ‰	ε _{cs} ‰	ε _{cs} ‰	ε _{cc} ‰
1	15.03.03	2	19.1	nad wodą / over water				
2	16.03.03	3	19.3	nad wodą / over water				
3	17.03.03	4	19.2	nad wodą / over water				
4	18.03.03	5	19.3	nad wodą / over water				
5	19.03.03	6	19.9	nad wodą / over water	-0.07	-0.01		
6	20.03.03	7	20.8	nad wodą / over water	-0.02	0.03		
7	21.03.03	8	21.3	49.6	0.02	0.10		
8	22.03.03	9	18.9	48.9	0.05	0.13		
9	23.03.03	10	19.8	50.1	0.07	0.17		
10	24.03.03	11	21.8	50.6	0.09	0.18		
11	25.03.03	12	21.5	46.8	0.13	0.18		
12	26.03.03	13	19.4	47.1	0.16	0.20		
13	27.03.03	14	18.4	51.4	0.19	0.21		
14	03.04.03	21	19.8	50.2	0.28	0.31		
15	10.04.03	28	19.8	49.7	0.36	0.37		
16	11.04.03	29	19.1	48.8			0.00	0.22
17	12.04.03	30	19.5	48.5			0.01	0.30
18	13.04.03	31	19.8	48.1			0.02	0.34
19	14.04.03	32	20.0	48.4			0.02	0.38
20	15.04.03	33	19.8	50.0			0.03	0.42
21	16.04.03	34	19.0	53.1			0.04	0.46
22	17.04.03	35	19.8	53.8	0.39	0.40	0.04	0.49
23	24.04.03	42	19.6	54.3	0.42	0.42	0.08	0.59
24	01.05.03	49	20.6	50.5			0.10	0.67
25	08.05.03	56	20.5	50.5			0.11	0.74
26	12.05.03	60	19.3	52.5	0.44	0.51		
27	15.05.03	63	19.3	50.9			0.13	0.80
28	09.06.03	88	20.0	47.1			0.16	0.91
29	11.06.03	90	18.6	50.0	0.46	0.54		
30	09.07.03	118	19.7	50.9			0.22	1.03
31	11.07.03	120	20.5	51.3	0.49	0.57		
32	08.08.03	148	20.0	52.1			0.23	1.09
33	10.08.03	150	20.0	52.4	0.50	0.58		
34	07.09.03	178	19.2	51.4			0.23	1.15
35	09.09.03	180	18.9	51.9	0.51	0.59		
36	07.10.03	208	19.4	53.4			0.23	1.16
37	09.10.03	210	21.1	50.3	0.52	0.60		



SCC20/5 Zarób / Mixture 15

Data zarobu / Concrete date: 17.03.2003r.

Skład betonu / Mix proportion [kg/m³]

cement / cement CEM III/A – 32,5NA Strzelce Opolskie	220
piasek / sand Nowosolna	659
żwir / gravel 2/16 Rydwan	909
woda / water	190
mączka wapienna / lime powder Rudniki	280
superplastyfikator / superplasticizer FM 34 Addiment	5,0
	<u>2263</u>

wytrzymałość strength, MPa	po dniach / after days				
	2	7	28	90	360
f _{c,cube}	4,5	16	32	38	
f _c			26		
E _c			23000		
nasiąkliwość / moisture, %			5,5		

Testy samozagęszczalności / Self – compactability testing

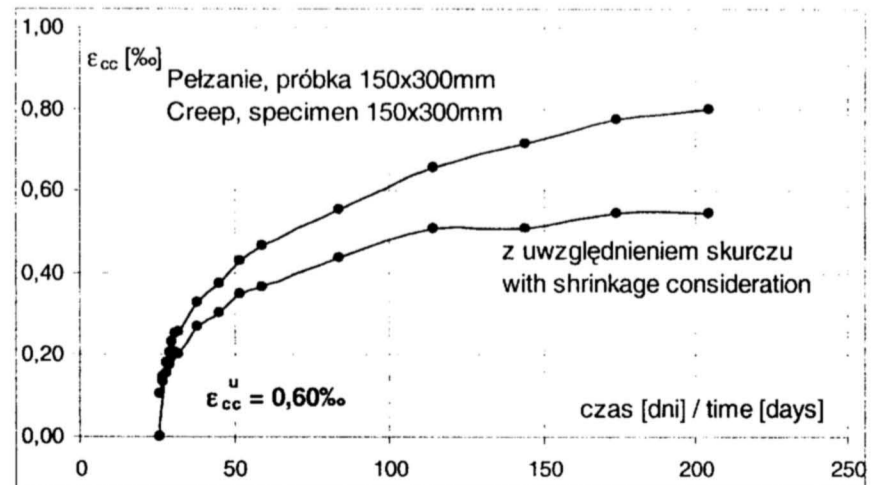
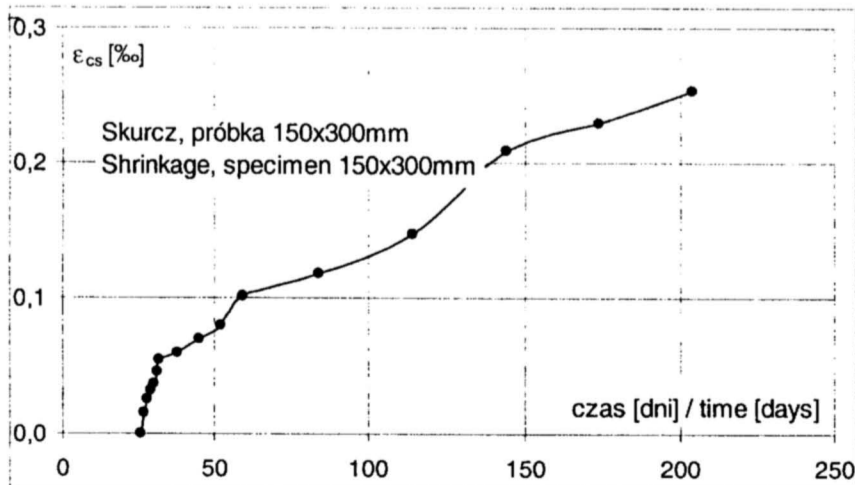
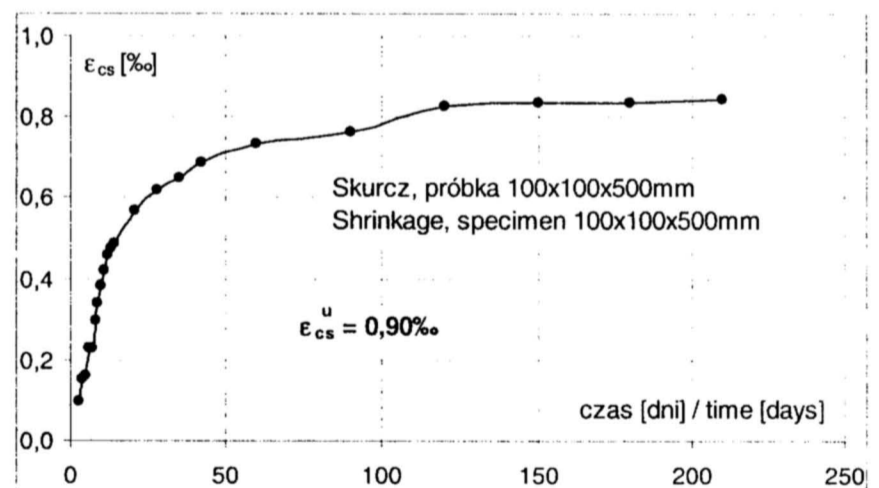
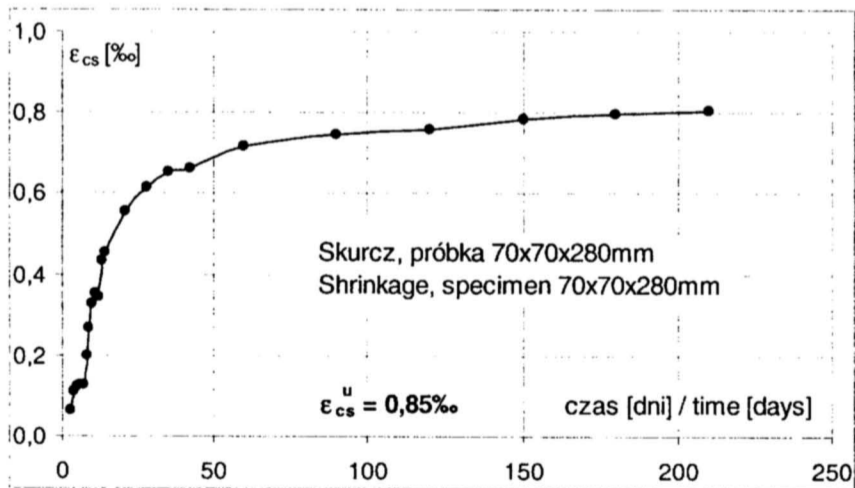
po 10 min / after 10 min	rozptyw / flow test 680x600mm
	V – funnel test t = -sek
	L – box test t ₁ = -sek., t ₂ = -sek.
	H ₁ = -mm, H ₂ = -mm

Parametry pelzania / creep parameters

wiek betonu / age of concrete	25 dni / 25 days
obciążenie / load	7,6MPa
poziom obciążenia / loading level	0,29
odkształcenie natychmiastowe / immediate strain	0,32‰
odkształcenie po 1godz. / strain after 1 hour	0,36‰

Gęstość / Density 2298kg/m³ Zawartość powietrza / Air content 5,2%

lp. No.	Skurcz / shrinkage						Ø150/300	
	data badania experimental date	wiek betonu age of concrete dni	temperatura temperature °C	wilgotność humidity % RH	70x70x280	100x100x500	Skurcz / shrinkage	
					ε _{cs} ‰	ε _{cs} ‰	ε _{cs} ‰	ε _{cc} ‰
1	19.03.03	2	19,9	nad wodą / over water				
2	20.03.03	3	20,8	nad wodą / over water	0,06	0,10		
3	21.03.03	4	21,3	nad wodą / over water	0,11	0,15		
4	22.03.03	5	18,9	nad wodą / over water	0,12	0,16		
5	23.03.03	6	19,8	nad wodą / over water	0,13	0,23		
6	24.03.03	7	21,8	nad wodą / over water	0,13	0,23		
7	25.03.03	8	21,5	46,8	0,20	0,30		
8	26.03.03	9	19,4	47,1	0,27	0,34		
9	27.03.03	10	18,4	51,4	0,33	0,38		
10	28.03.03	11	19,6	53,4	0,35	0,42		
11	29.03.03	12	21,0	51,1	0,34	0,46		
12	30.03.03	13	19,4	47,4	0,43	0,48		
13	31.03.03	14	19,2	48,7	0,46	0,49		
14	07.04.03	21	19,9	49,7	0,56	0,57		
15	12.04.03	26	19,4	49,4			0,01	0,10
16	13.04.03	27	19,8	48,1			0,03	0,15
17	14.04.03	28	20,0	48,4	0,61	0,62	0,03	0,18
18	15.04.03	29	19,8	50,0			0,04	0,21
19	16.04.03	30	19,0	53,1			0,05	0,23
20	17.04.03	31	18,8	53,8			0,05	0,25
21	18.04.03	32	18,6	54,9			0,06	0,25
22	21.04.03	35	18,6	55,1	0,65	0,65		
23	24.04.03	38	18,6	53,4			0,07	0,33
24	28.04.03	42	20,4	51,7	0,66	0,69		
25	01.05.03	45	21,0	48,8			0,08	0,37
26	08.05.03	52	20,5	50,5			0,10	0,43
27	15.05.03	59	19,3	51,0			0,12	0,47
28	16.05.03	60	19,1	50,9	0,71	0,73		
29	09.06.03	84	20,1	46,9			0,15	0,56
30	15.06.03	90	19,5	52,3	0,74	0,76		
31	09.07.03	114	19,5	50,0			0,21	0,66
32	15.07.03	120	18,7	54,0	0,76	0,83		
33	08.08.03	144	20,0	52,1			0,23	0,72
34	14.08.03	150	19,8	52,3	0,79	0,83		
35	07.09.03	174	19,1	51,4			0,25	0,77
36	13.09.03	180	18,9	51,8	0,80	0,83		
37	07.10.03	204	19,4	53,7			0,25	0,80
38	13.10.03	210	21,2	51,3	0,81	0,84		



SCC20/4 Zarób / Mixture 16

Data zarobu / Concrete date: 21.03.2003r.

Skład betonu / Mix proportion [kg/m³]

cement / cement CEM III/A – 32,5NA Strzelce Opolskie	220
piasek / sand Nowosolna	659
żwir / gravel 2/16 Rydwan	909
woda / water	190
popiół lotny / fly ash EC IV Łódź	280
superplastyfikator / superplasticizer FM 34 Addiment	2,3
	<hr/> 2260

Testy samozagęszczalności / Self – compactability testing

po 10 min / after 10 min	rozptyw / flow test 700×620mm
	V – funnel test t = -sek
	L – box test t ₁ = -sek., t ₂ = -sek.
	H ₁ = -mm, H ₂ = -mm

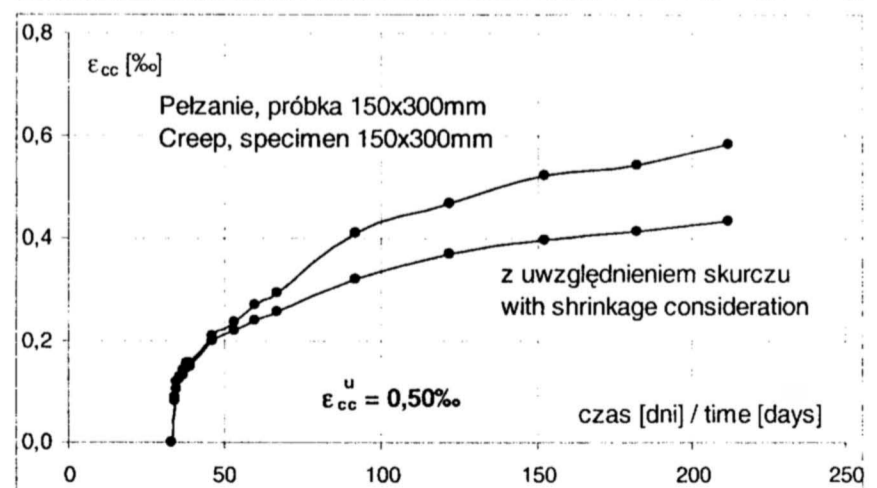
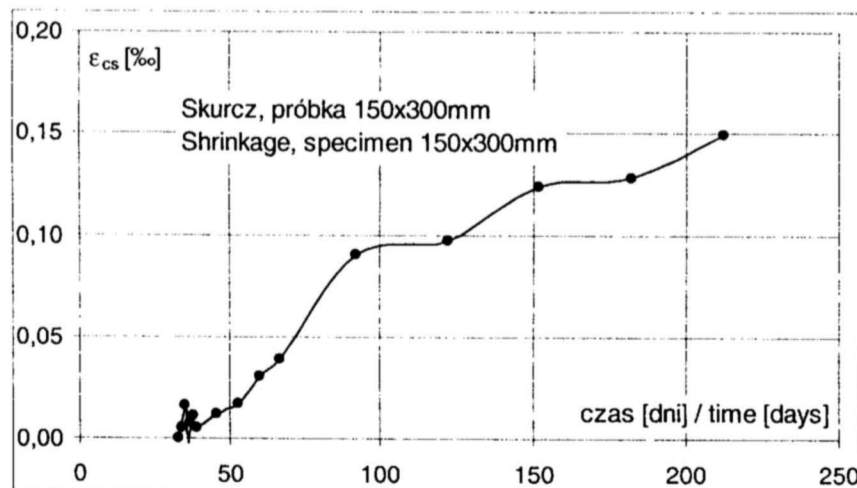
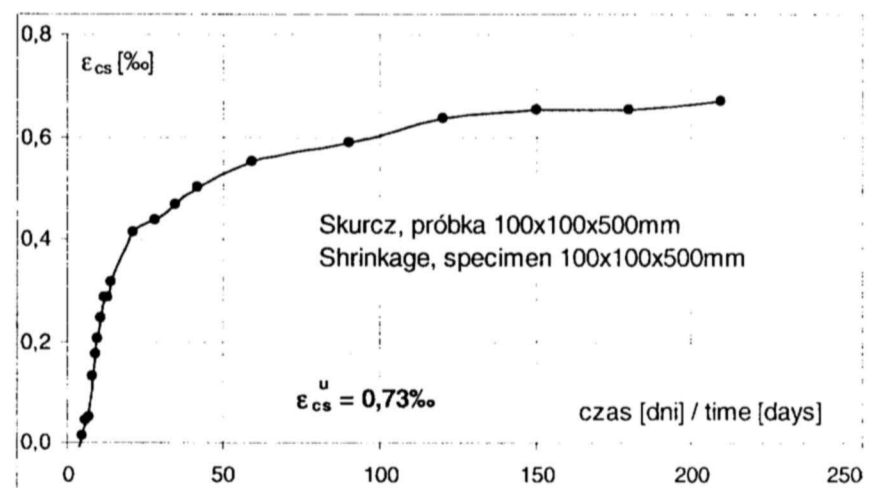
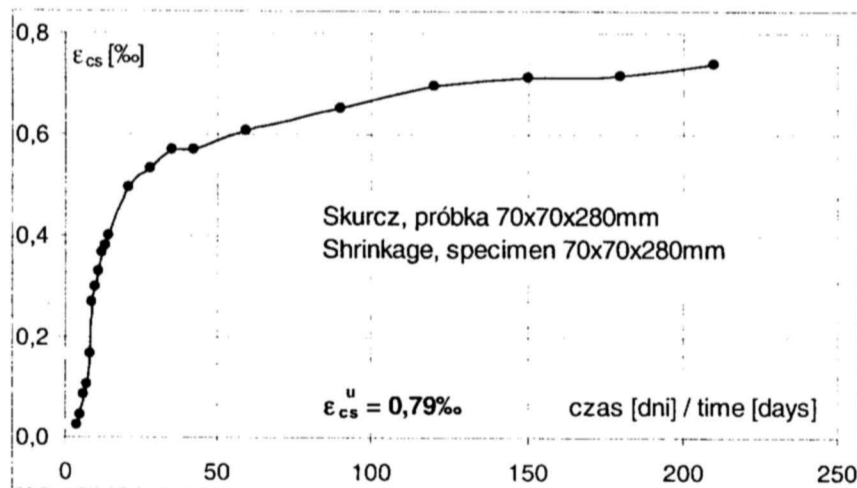
Gęstość / Density 2320kg/m³ Zawartość powietrza / Air content 1,1%

wytrzymałość strength, MPa	po dniach / after days				
	2	7	33	90	360
f _{c,cube}		22	39		
f _c			39		
E _c			26100		
nasiąkliwość / moisture, %			4,7		

Parametry pełzania / creep parameters

wiek betonu / age of concrete	33 dni / 33 days
obciążenie / load	13MPa
poziom obciążenia / loading level	0,33
odkształcenie natychmiastowe / immediate strain	0,41‰
odkształcenie po 1godz. / strain after 1 hour	0,44‰

lp. No.	Skurcz / shrinkage					Ø150/300		
	data badania experimental date	wiek betonu age of concrete	temperatura temperature	wilgotność humidity	70×70×280	100×100×500	Skurcz / shrinkage	Pełzanie / Creep
		dni	°C	% RH	ε _{cs} ‰	ε _{cs} ‰	ε _{cs} ‰	ε _{cc} ‰
1	23.03.03	2	19,8	nad wodą / over water				
2	24.03.03	3	21,8	nad wodą / over water				
3	25.03.03	4	21,5	nad wodą / over water				
4	26.03.03	5	19,4	nad wodą / over water	0,02	-0,01		
5	27.03.03	6	18,4	nad wodą / over water	0,04	0,01		
6	28.03.03	7	19,6	nad wodą / over water	0,08	0,04		
7	29.03.03	8	21,0	nad wodą / over water	0,10	0,05		
8	30.03.03	9	19,4	51,1	0,17	0,13		
9	31.03.03	10	19,2	47,4	0,27	0,17		
10	01.04.03	11	19,0	48,7	0,30	0,21		
11	02.04.03	12	19,9	50,5	0,33	0,25		
12	03.04.03	13	20,1	49,9	0,37	0,29		
13	04.04.03	14	20,2	49,3	0,38	0,29		
14	11.04.03	21	19,7	49,0	0,40	0,32		
15	18.04.03	28	19,3	49,7	0,49	0,41		
16	24.04.03	34	18,6	51,0	0,53	0,44		
17	25.04.03	35	19,2	54,3			0,01	0,09
18	26.04.03	36	20,8	53,7	0,57	0,47	0,02	0,12
19	27.04.03	37	20,7	51,4			0,00	0,12
20	28.04.03	38	20,8	51,1			0,01	0,14
21	29.04.03	39	21,1	50,7			0,01	0,15
22	02.05.03	42	20,8	49,8	0,57	0,50		0,15
23	06.05.03	46	20,5	48,9			0,01	0,21
24	13.05.03	53	20,4	50,3			0,02	0,24
25	20.05.03	59	19,2	51,3	0,61	0,55	0,03	0,27
26	27.05.03	67	19,6	50,0			0,04	0,29
27	19.06.03	90	20,1	42,4	0,65	0,59		0,29
28	21.06.03	92	19,5	49,6			0,09	0,41
29	19.07.03	120	19,5	50,2	0,69	0,64		0,41
30	21.07.03	122	20,9	51,3			0,10	0,47
31	18.08.03	150	20,1	48,3	0,71	0,65		0,47
32	20.08.03	152	19,7	51,5			0,12	0,52
33	17.09.03	180	19,0	51,4	0,71	0,65		0,52
34	19.09.03	182	19,3	51,8			0,13	0,54
35	17.10.03	210	20,0	55,1	0,74	0,67		0,54
36	19.10.03	212	19,5	51,7			0,15	0,58
				48,0				0,58



SCC20/2 Zarób / Mixture 17

Data zarobu / Concrete date: 25.03.2003r.

Skład betonu / Mix proportion [kg/m³]

cement / cement CEM I 42,5NA Warta	220
piasek / sand Nowosolna	659
żwir / gravel 2/16 Rydwan	909
woda / water	190
popiół lotny / fly ash EC IV Łódź	280
superplastyfikator / superplasticizer FM 34 Addiment	2,6
	<u>2261</u>

wytrzymałość strength, MPa	po dniach / after days				
	2	7	28	90	360
f _{c,cube}		23	37	42	
f _c			33		
E _c			23500		
nasiąkliwość / moisture, %			4,8		

Testy samozagęszczalności / Self - compactability testing

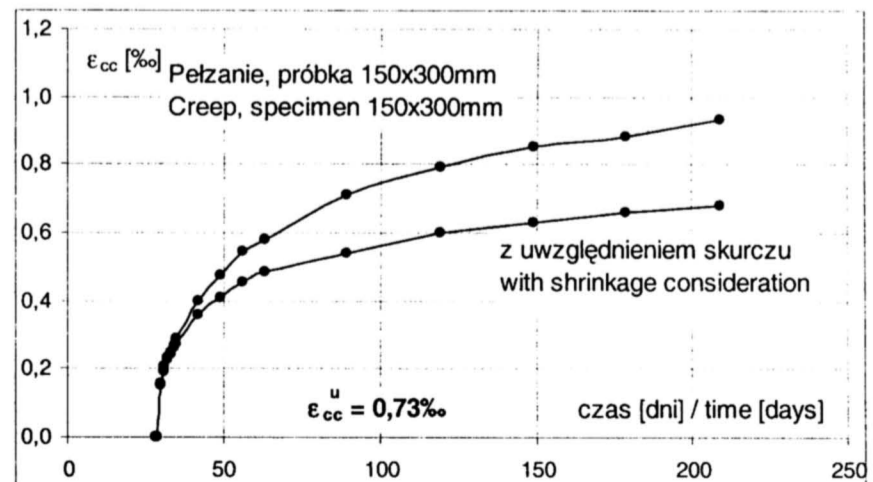
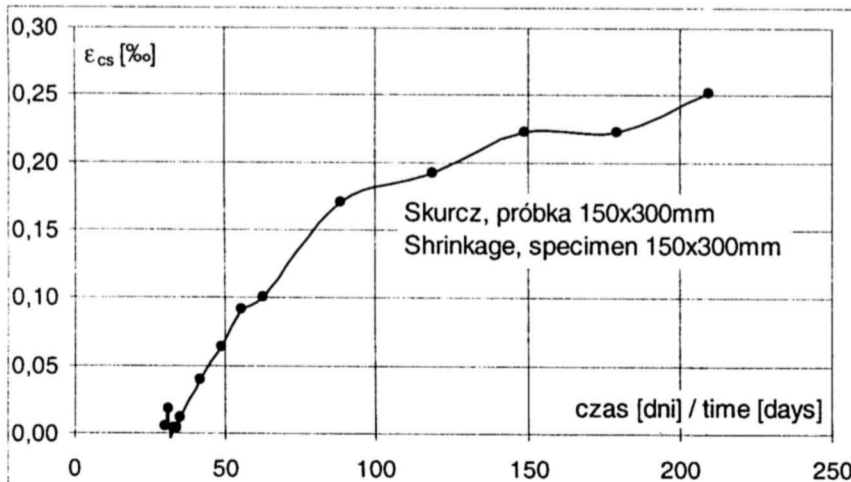
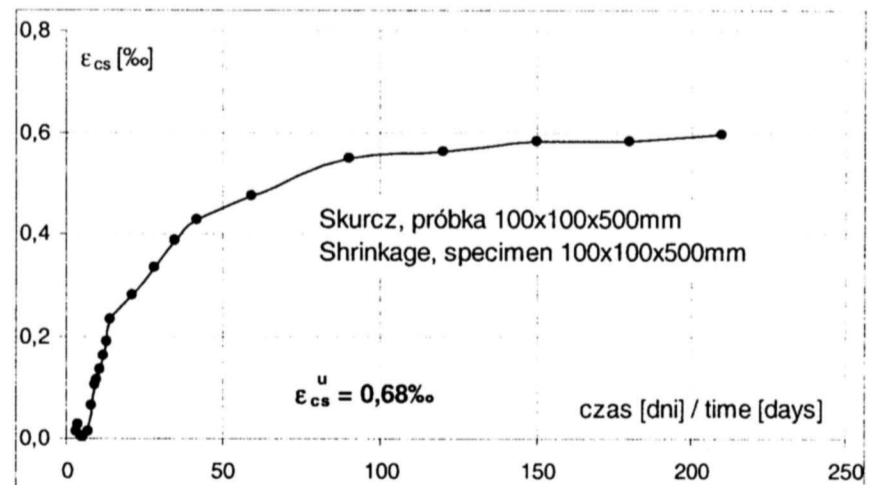
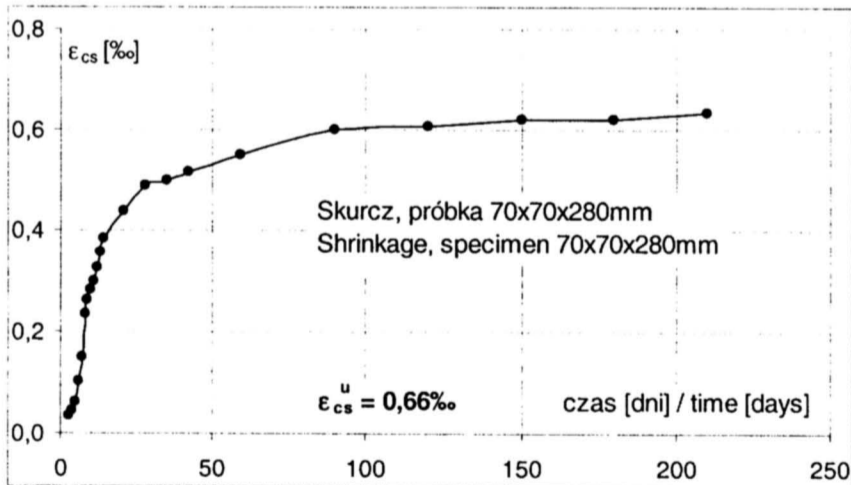
po 10 min / after 10 min	rozpliw / flow test	740x650mm
	V - funnel test	t = -sek
	L - box test	t ₁ = -sek., t ₂ = -sek.
		H ₁ = -mm, H ₂ = -mm

Parametry pełzania / creep parameters

wiek betonu / age of concrete	29 dni / 29 days
obciążenie / load	11MPa
poziom obciążenia / loading level	0,33
odkształcenie natychmiastowe / immediate strain	0,43‰
odkształcenie po 1godz. / strain after 1 hour	0,47‰

Gęstość / Density 2315kg/m³ Zawartość powietrza / Air content 2,0%

Ip. No.	Skurcz / shrinkage					Ø150/300		
	data badania experimental date	wiek betonu age of concrete	temperatura temperature	wilgotność humidity	70x70x280	100x100x500	Skurcz / shrinkage	Pełzanie / Creep
		dni	°C	% RH	ε _{cs} ‰	ε _{cs} ‰	ε _{cs} ‰	ε _{cc} ‰
1	27.03.03	2	18,4	nad wodą / over water				
2	28.03.03	3	19,6	nad wodą / over water	0,03	0,01		
3	29.03.03	4	21,0	nad wodą / over water	0,04	0,03		
4	30.03.03	5	19,4	nad wodą / over water	0,06	0,00		
5	31.03.03	6	19,2	nad wodą / over water	0,10	0,00		
6	01.04.03	7	19,0	nad wodą / over water	0,15	0,01		
7	02.04.03	8	19,4	49,9	0,23	0,06		
8	03.04.03	9	20,1	49,3	0,26	0,10		
9	04.04.03	10	20,2	49,7	0,28	0,11		
10	05.04.03	11	20,2	49,0	0,30	0,14		
11	06.04.03	12	20,0	48,5	0,33	0,16		
12	07.04.03	13	19,7	51,5	0,35	0,19		
13	08.04.03	14	19,5	52,2	0,38	0,23		
14	15.04.03	21	19,6	48,8	0,44	0,28		
15	22.04.03	28	18,7	54,4	0,49	0,33		
16	23.04.03	29	18,6	53,3				
17	24.04.03	30	18,4	53,1			0,01	0,15
18	25.04.03	31	19,2	53,7			0,02	0,21
19	26.04.03	32	20,8	51,4			0,00	0,23
20	27.04.03	33	20,7	51,1			0,00	0,25
21	28.04.03	34	20,8	50,7			0,00	0,27
22	29.04.03	35	21,1	49,8	0,50	0,39	0,01	0,29
23	06.05.03	42	20,7	49,7	0,52	0,43	0,04	0,40
24	13.05.03	49	20,4	51,3			0,06	0,47
25	20.05.03	56	19,2	50,0			0,09	0,55
26	23.05.03	59	19,2	43,9	0,55	0,47		
27	27.05.03	63	20,0	41,3			0,10	0,58
28	21.06.03	89	20,1	49,7				
29	23.06.03	90	20,1	49,1	0,60	0,55	0,17	0,71
30	21.07.03	119	19,6	51,2			0,19	0,79
31	23.07.03	120	20,5	50,2	0,61	0,56		
32	20.08.03	149	20,0	51,6			0,22	0,85
33	22.08.03	150	19,5	51,4	0,62	0,58		
34	19.09.03	179	18,9	52,1			0,22	0,88
35	21.09.03	180	19,4	56,3	0,62	0,58		
36	19.10.03	208	20,0	51,2			0,25	0,93
37	21.10.03	210	19,5	49,4	0,63	0,59		



SCC60/10 Zarób / Mixture 18

Data zarobu / Concrete date: 01.04.2003r.

Skład betonu / Mix proportion [kg/m³]

cement / cement CEM III/A – 32,5NA Strzelce Opolskie	330
piasek / sand Nowosolna	595
żwir / gravel 2/16 Rydwan	1000
woda / water	180
popiół lotny / fly ash EC IV Łódź	200
superplastyfikator / superplasticizer ViscoCrete 3	4,4
	<u>2309</u>

wytrzymałość strength, MPa	po dniach / after days				
	2	7	35	90	360
f _{c,cube}	10	35	51		
f _c			43		
E _c			27700		
nasiąkliwość / moisture, %			3,4		

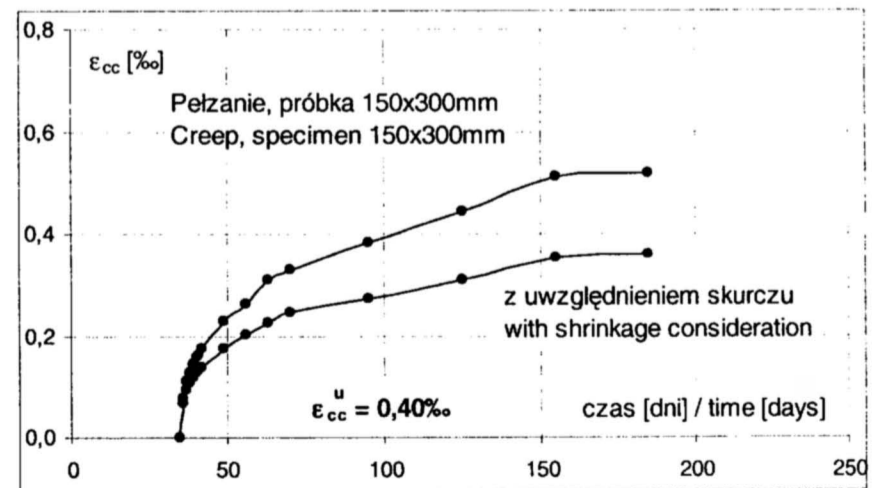
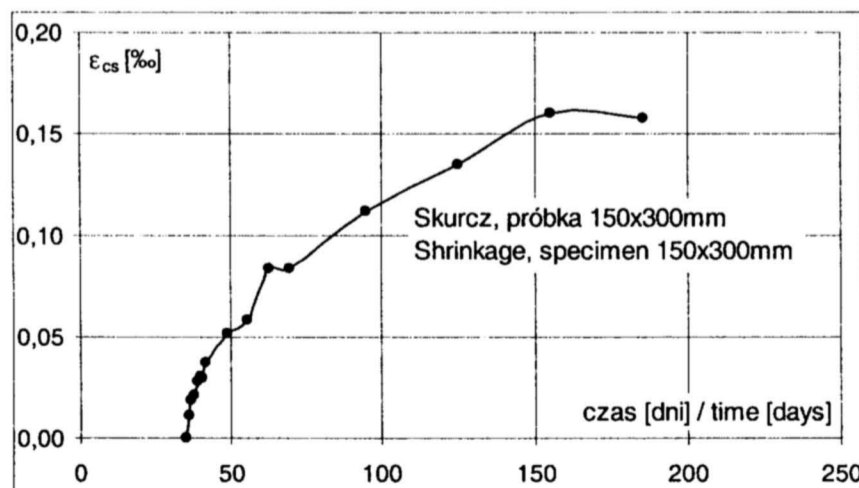
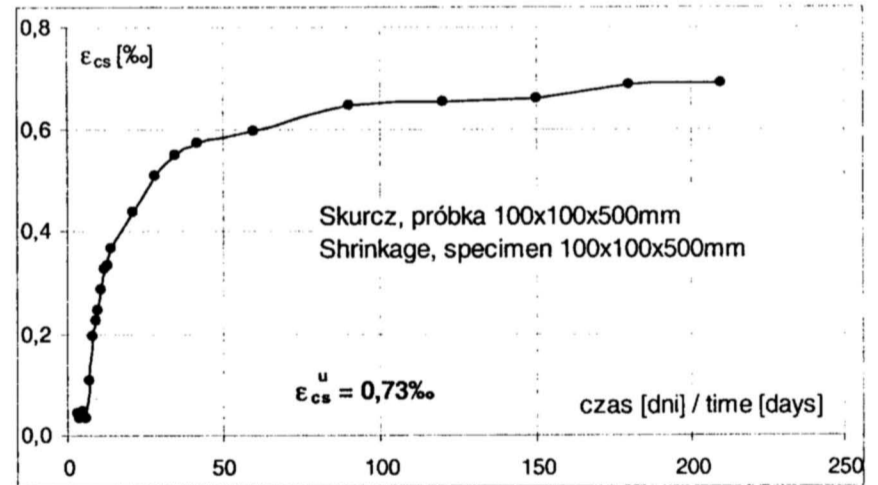
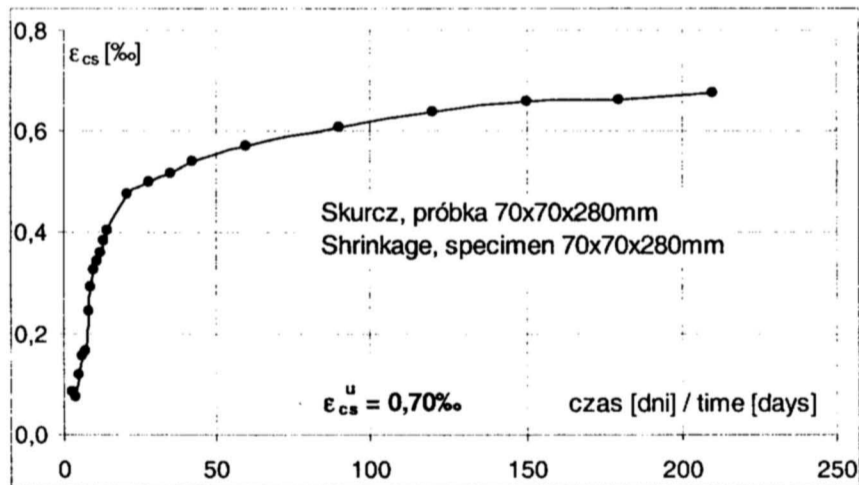
Testy samozagęszczalności / Self – compactability testing
po 10 min / after 10 min rozplyw / flow test 820x680mm
V – funnel test t= 7sek
L – box test t₁= -sek., t₂= -sek.

Parametry pełzania / creep parameters

wiek betonu / age of concrete 35 dni / 35 days
obciążenie / load 12,9MPa
poziom obciążenia / loading level 0,30
odkształcenie natychmiastowe / immediate strain 0,35‰
odkształcenie po 1godz. / strain after 1 hour 0,37‰

Gęstość / Density 2340kg/m³ Zawartość powietrza / Air content 2,0%

lp. No.	Skurcz / shrinkage						Ø150/300	
	data badania experimental date	wiek betonu age of concrete dni	temperatura temperature °C	wilgotność humidity % RH	70x70x280	100x100x500	Skurcz / shrinkage	Pełzanie / Creep
					ε _{cs} ‰	ε _{cs} ‰	ε _{cs} ‰	ε _{cc} ‰
1	03.04.03	2	20.1	nad wodą / over water				
2	04.04.03	3	20.2	nad wodą / over water	0.09	0.04		
3	05.04.03	4	20.2	nad wodą / over water	0.08	0.03		
4	06.04.03	5	20.0	nad wodą / over water	0.12	0.05		
5	07.04.03	6	19.7	nad wodą / over water	0.15	0.03		
6	08.04.03	7	19.5	nad wodą / over water	0.17	0.11		
7	09.04.03	8	19.5	50.0	0.24	0.19		
8	10.04.03	9	19.2	47.7	0.29	0.23		
9	11.04.03	10	19.1	48.8	0.32	0.25		
10	12.04.03	11	19.5	48.5	0.34	0.29		
11	13.04.03	12	19.8	48.4	0.36	0.33		
12	14.04.03	13	20.0	48.4	0.38	0.33		
13	15.04.03	14	19.8	50.0	0.40	0.37		
14	22.04.03	21	18.7	54.4	0.48	0.44		
15	29.04.03	28	19.9	51.9	0.50	0.51		
16	06.05.03	35	20.7	49.7	0.52	0.55		
17	07.05.03	36	20.5	51.3			0.01	0.08
18	08.05.03	37	20.6	51.2			0.02	0.11
19	09.05.03	38	20.1	50.9			0.02	0.13
20	10.05.03	39	20.3	50.4			0.03	0.15
21	11.05.03	40	19.8	51.3			0.03	0.16
22	12.05.03	41	19.3	52.5			0.03	0.16
23	13.05.03	42	20.4	51.3	0.54	0.57	0.04	0.18
24	20.05.03	49	19.2	50.0			0.05	0.23
25	27.05.03	56	19.6	42.4			0.06	0.26
26	31.05.03	60	21.2	49.9	0.57	0.59		
27	03.06.03	63	18.9	49.1			0.08	0.31
28	10.06.03	70	20.9	48.5			0.08	0.33
29	30.06.03	90	19.6	50.1	0.61	0.65		
30	05.07.03	95	19.6	48.8			0.11	0.38
31	30.07.03	120	19.8	51.9	0.64	0.65		
32	04.08.03	125	19.8	52.0			0.13	0.44
33	29.08.03	150	19.6	51.7	0.66	0.66		
34	03.09.03	155	18.7	51.0			0.16	0.51
35	28.09.03	180	19.1	53.5	0.66	0.69		
36	03.10.03	185	19.0	52.5			0.16	0.52
37	28.10.03	215	20.3	50.5	0.67	0.69		



SCC60/11 Zarób / Mixture 19

Data zarobu / Concrete date: 03.04.2003r.

Skład betonu / Mix proportion [kg/m³]

cement / cement CEM III/A – 32,5NA Strzelce Opolskie	400
piasek / sand Nowosolna	686
żwir / gravel 2/16 Rydwan	962
woda / water	180
mączka wapienna / lime powder Rudniki	80
superplastyfikator / superplasticizer ViscoCrete 3	5,6
	<hr/> 2314

wytrzymałość strength, MPa	po dniach / after days				
	2	7	34	90	360
f _{c,cube}			56	56	
f _c			42		
E _c			24200		
nasiąkliwość / moisture, %			4,5		

Testy samozagęszczalności / Self – compactability testing

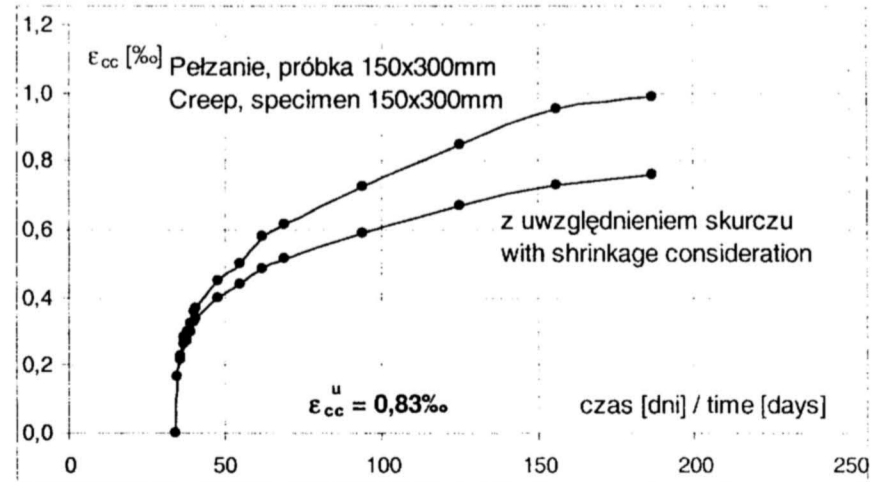
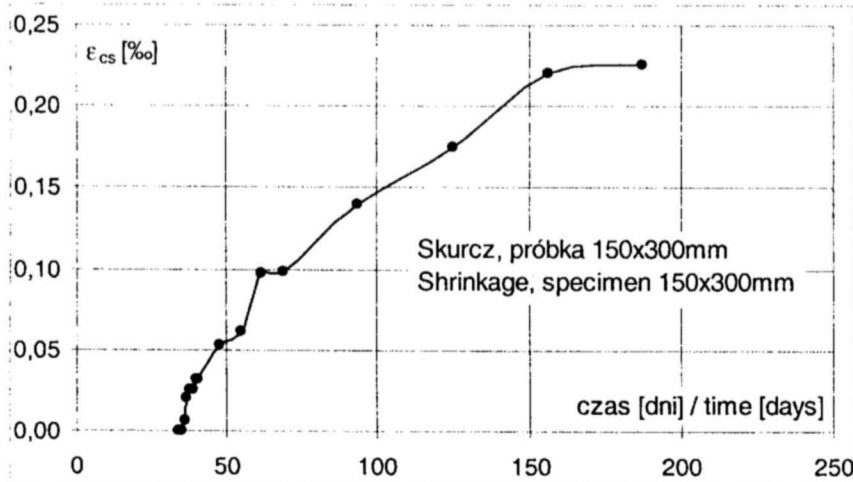
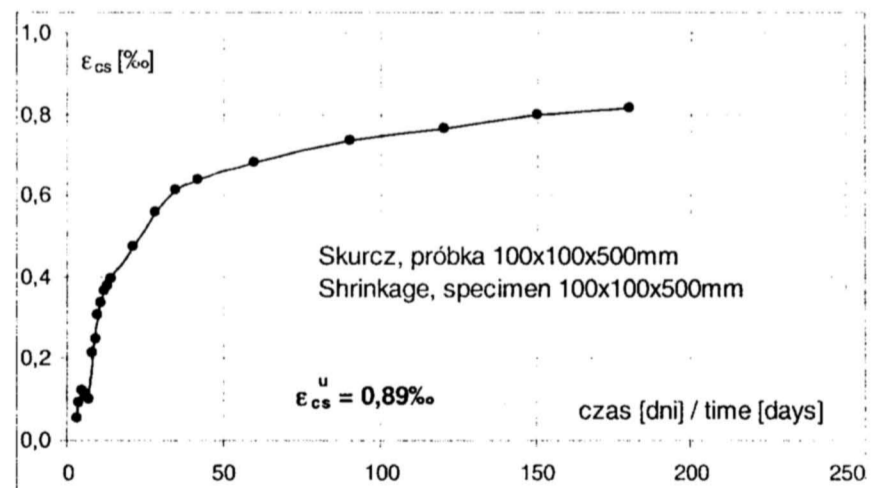
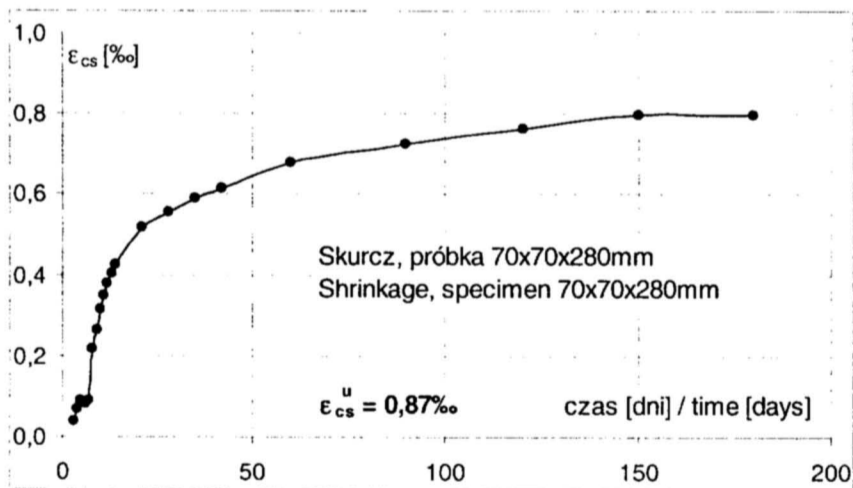
po 10 min / after 10 min	rozplływ / flow test 660x600mm
	V – funnel test t= 4sek
	L – box test t ₁ = -sek., t ₂ = -sek.
	H ₁ = -mm, H ₂ = -mm

Parametry pełzania / creep parameters

wiek betonu / age of concrete	34 dni / 34 days
obciążenie / load	14,3MPa
poziom obciążenia / loading level	0,34
odkształcenie natychmiastowe / immediate strain	0,51‰
odkształcenie po 1godz. / strain after 1 hour	0,57‰

Gęstość / Density 2263kg/m³ Zawartość powietrza / Air content 5,6%

lp. No.	Skurcz / shrinkage						Ø150/300	
	data badania experimental date	wiek betonu age of concrete dni	temperatura temperature °C	wilgotność humidity % RH	70x70x280	100x100x500	Skurcz / shrinkage	Pełzanie / Creep
					ε _{cs} ‰	ε _{cs} ‰	ε _{cs} ‰	ε _{cc} ‰
1	05.04.03	2	20,2	nad wodą / over water				
2	06.04.03	3	20,0	nad wodą / over water	0,04	0,06		
3	07.04.03	4	19,7	nad wodą / over water	0,07	0,09		
4	08.04.03	5	19,5	nad wodą / over water	0,09	0,12		
5	09.04.03	6	19,5	nad wodą / over water	0,08	0,11		
6	10.04.03	7	19,2	nad wodą / over water	0,09	0,10		
7	11.04.03	8	19,1	48,8	0,21	0,21		
8	12.04.03	9	19,5	48,5	0,26	0,25		
9	13.04.03	10	19,8	48,1	0,31	0,31		
10	14.04.03	11	20,0	48,4	0,35	0,34		
11	15.04.03	12	19,8	50,0	0,38	0,37		
12	16.04.03	13	19,0	53,1	0,40	0,39		
13	17.04.03	14	18,8	53,8	0,42	0,40		
14	24.04.03	21	18,6	54,8	0,52	0,48		
15	01.05.03	28	20,6	50,5	0,55	0,57		
16	08.05.03	35	20,5	50,5	0,59	0,62		0,16
17	09.05.03	36	20,1	51,2			0,01	0,22
18	10.05.03	37	20,3	50,4			0,02	0,28
19	11.05.03	38	19,8	51,3			0,03	0,30
20	12.05.03	39	19,3	52,5			0,03	0,32
21	13.05.03	40	20,4	51,3			0,03	0,36
22	14.05.03	41	19,3	50,6			0,03	0,37
23	15.05.03	42	19,1	50,3	0,61	0,65		
24	21.05.03	48	19,2	48,4			0,05	0,45
25	28.05.03	55	19,9	43,4			0,06	0,50
26	02.06.03	60	20,0	49,2	0,68	0,69		
27	04.06.03	62	20,1	50,2			0,10	0,58
28	11.06.03	69	20,5	48,5			0,10	0,62
29	02.07.03	90	19,7	50,0	0,72	0,74		
30	04.07.03	94	19,9	48,3			0,14	0,73
31	01.08.03	120	19,8	51,9	0,76	0,78		
32	03.08.03	125	19,8	52,0			0,17	0,85
33	31.08.03	150	19,5	51,7	0,80	0,81		
34	02.09.03	156	18,6	50,9			0,22	0,95
35	30.09.03	180	19,1	53,4	0,80	0,81		
36	02.10.03	187	18,4	53,4			0,23	0,99



SCC60/7 Zarób / Mixture 20

Data zarobu / Concrete date: 08.04.2003r.

Skład betonu / Mix proportion [kg/m³]

cement / cement CEM I 42,5NA Warta	400
piasek / sand Nowosolna	686
żwir / gravel 2/16 Rydwan	962
woda / water	180
mączka wapienna / lime powder Rudniki	80
superplastyfikator / superplasticizer ViscoCrete 3	6,2
	<u>2314</u>

Testy samozagęszczalności / Self – compactability testing
po 10 min / after 10 min rozpliw / flow test 680x620mm
V – funnel test t= 4sek

L – box test t₁= -sek., t₂= -sek.
H₁= -mm, H₂= -mm

Gęstość / Density 2260kg/m³ Zawartość powietrza / Air content 7,8%

wytrzymałość strength, MPa	po dniach / after days				
	2	7	30	90	360
f _{c,cube}	28	41	50	49	
f _c			41		
E _c			24400		
nasiąkliwość / moisture, %			4,1		

Parametry pełzania / creep parameters

wiek betonu / age of concrete 30 dni / 30 days

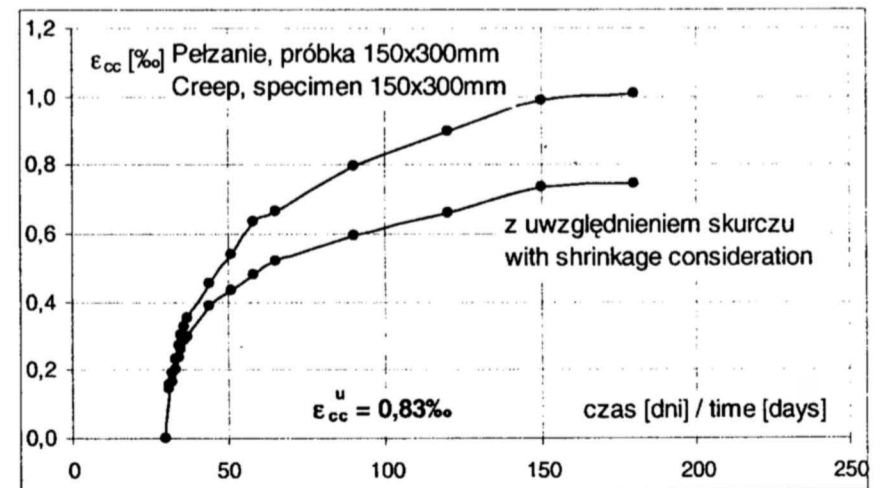
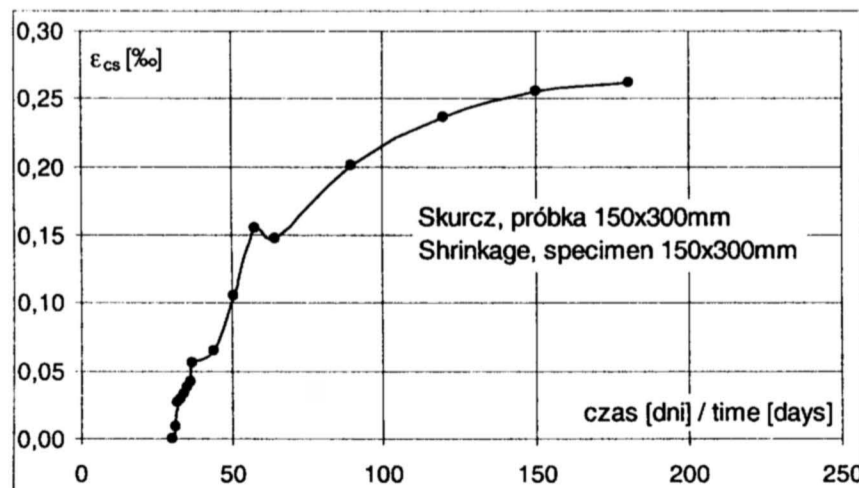
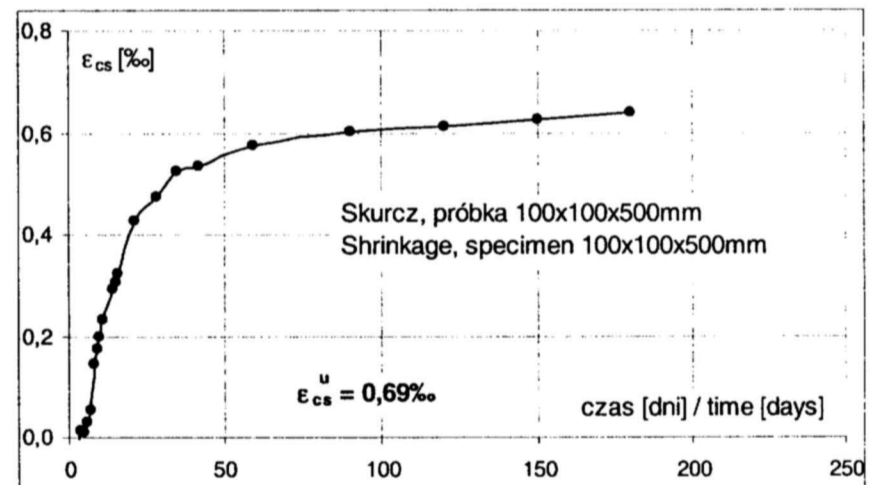
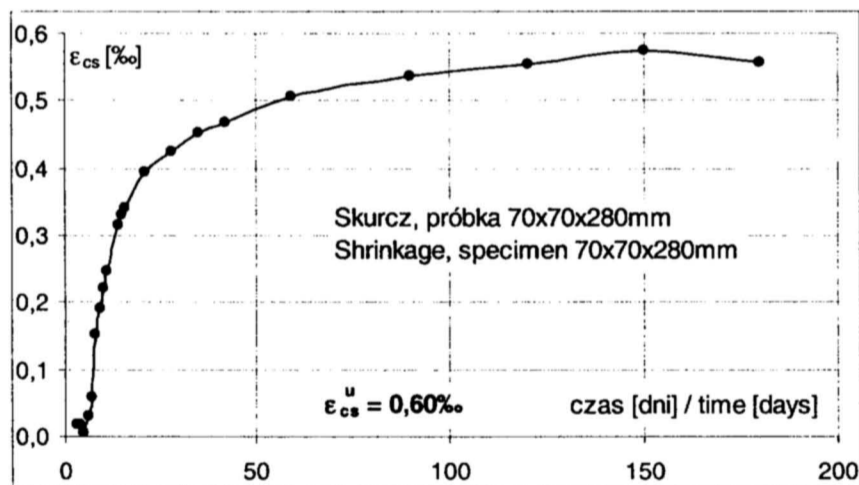
obciążenie / load 10,5MPa

poziom obciążenia / loading level 0,26

odkształcenie natychmiastowe / immediate strain 0,46‰

odkształcenie po 1godz. / strain after 1 hour 0,51‰

lp. No.	Skurcz / shrinkage					Ø150/300		
	data badania experimental date	wiek betonu age of concrete dni	temperatura temperature °C	wilgotność humidity % RH	70x70x280	100x100x500	Skurcz / shrinkage	Pełzanie / Creep
					ε _{cs} ‰	ε _{cs} ‰	ε _{cs} ‰	ε _{cc} ‰
1	10.04.03	2	19,2	nad wodą / over water				
2	11.04.03	3	19,1	nad wodą / over water	0,02	0,00		
3	12.04.03	4	19,5	nad wodą / over water	0,02	0,01		
4	13.04.03	5	19,8	nad wodą / over water	0,00	0,01		
5	14.04.03	6	20,0	nad wodą / over water	0,03	0,03		
6	15.04.03	7	19,8	nad wodą / over water	0,06	0,05		
7	16.04.03	8	19,0	53,1	0,15	0,14		
8	17.04.03	9	18,8	53,8	0,19	0,17		
9	18.04.03	10	18,6	54,9	0,22	0,20		
10	19.04.03	11	18,5	55,3	0,25	0,23		
11	22.04.03	14	18,6	54,6	0,31	0,29		
12	23.04.03	15	18,6	53,3	0,33	0,31		
13	24.04.03	16	18,6	54,3	0,34	0,32		
14	29.04.03	21	20,5	51,3	0,39	0,43		
15	06.05.03	28	20,6	49,7	0,42	0,47		
16	09.05.03	31	20,5	51,2			0,01	0,16
17	10.05.03	32	20,3	50,4			0,03	0,19
18	11.05.03	33	19,8	51,3			0,03	0,23
19	12.05.03	34	19,3	52,5			0,03	0,27
20	13.05.03	35	20,4	51,3	0,45	0,52	0,04	0,30
21	14.05.03	36	19,3	50,6			0,04	0,33
22	15.05.03	37	19,1	50,3			0,06	0,35
23	20.05.03	42	19,2	49,2	0,47	0,53		
24	22.05.03	44	19,1	44,3			0,07	0,45
25	29.05.03	51	20,4	44,2			0,11	0,54
26	05.06.03	58	20,0	49,7			0,15	0,63
27	06.06.03	59	21,9	50,0	0,51	0,57		
28	12.06.03	65	20,0	49,0			0,15	0,67
29	05.07.03	90	19,8	49,7				
30	07.07.03	92	18,9	53,4	0,54	0,60	0,20	0,80
31	04.08.03	120	19,9	51,8			0,24	0,90
32	06.08.03	122	20,0	52,7	0,55	0,61		
33	03.09.03	150	19,4	51,5			0,26	0,99
34	05.09.03	152	18,8	51,5	0,57	0,63		
35	03.10.03	180	19,1	53,4			0,26	1,01
36	05.10.03	182	20,8	52,2	0,56	0,64		



1. Czkwianianc A., Kamińska M., *Badania monolitycznych węzłów żelbetowych ram portalowych [Tests of RC Portal Frames Corners]*, Ułańska D., *Badania jednoprzęsłowych tarcz ze wspornikami [Research on Single Span Deep Beams with Brackets]*. Badania doświadczalne elementów i konstrukcji żelbetowych, Z. 1, Wydawnictwo Katedry Budownictwa Betonowego Politechniki Łódzkiej, Łódź 1991.
2. Czkwianianc A., Kamińska M., *Badania monolitycznych ram portalowych obciążonych siłami pionowymi lub poziomymi [Tests of RC Portal Frames Subjected to Vertical or Lateral Force]*. Badania doświadczalne elementów i konstrukcji żelbetowych, Z. 2, Wydawnictwo Katedry Budownictwa Betonowego Wydziału Budownictwa i Architektury Politechniki Łódzkiej, Łódź 1993.
3. Urban T., *Nosność na przebicie w aspekcie proporcji boków słupa [Punching Capacity in Aspect of Column Cross Section Ratio]*. Badania doświadczalne elementów i konstrukcji żelbetowych, Z. 3, Wydawnictwo Katedry Budownictwa Betonowego Wydziału Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska Politechniki Łódzkiej, Łódź 1994.
4. Ułańska D., *Przenoszenie sił ścinających przez zbrojenie osiowo rozciągane w zarysowanych przekrojach elementów żelbetowych [Transfer of Shear Forces Through the Axially Tension Reinforcement in Cracked Reinforced Concrete Sections Experimental Investigations]*. Badania doświadczalne elementów i konstrukcji żelbetowych, Z. 4, Wydawnictwo Katedry Budownictwa Betonowego Wydziału Budownictwa i Architektury Politechniki Łódzkiej, Łódź 1995.
5. Kozicki J., Urban T., Sitnicki M., *Badania modelu stropu płytowo-słupowego poddanego działaniu obciążeń krótko i długotrwałych [Tests on Model of Slab - Column Structure Subject to Short- and Longlasting Loads]*. Badania doświadczalne elementów i konstrukcji żelbetowych, Z. 5, Wydawnictwo Katedry Budownictwa Betonowego Wydziału Budownictwa i Architektury Politechniki Łódzkiej, Łódź 1995.
6. Czkwianianc A., *Badania doświadczalne płaskich i przestrzennych węzłów monolitycznych ustrojów prętowych [Experimental Investigations of Beam - Column Joints]*, Urban T., Kosińska A., Czkwianianc A., *Badania doświadczalne węzłów płytowo ściennych [Experimental Investigations of Slab - Wall Joints]*, Badania doświadczalne elementów i konstrukcji żelbetowych, Z. 6, Wydawnictwo Katedry Budownictwa Betonowego Wydziału Budownictwa i Architektury Politechniki Łódzkiej, Łódź 1995.
7. Kamińska M.E., *Doświadczalne badania żelbetowych słupów ukośnie mimośrodowo ściskanych [Experimental Investigations of RC Columns under Biaxial Bending]*, Badania doświadczalne elementów i konstrukcji żelbetowych, Z. 7, Wydawnictwo Budownictwa Betonowego Wydziału Budownictwa i Architektury Politechniki Łódzkiej, Łódź 1995
8. Kamińska M.E., *Doświadczalne badania żelbetowych elementów prętowych z betonu wysokiej wytrzymałości [Experimental research on HSC one-dimensional members]*, Badania doświadczalne elementów i konstrukcji żelbetowych, Z. 8, Wydawnictwo Budownictwa Betonowego Wydziału Budownictwa i Architektury Politechniki Łódzkiej, Łódź 1999
9. Kamińska M.E., Kotynia R., *Doświadczalne badania żelbetowych belek wzmocnionych taśmami CFRP [Experimental research on RC beams strengthened with CFRP strips]*, Badania doświadczalne elementów i konstrukcji żelbetowych, Z. 9, Wydawnictwo Budownictwa Betonowego Wydziału Budownictwa i Architektury Politechniki Łódzkiej, Łódź 2000
10. Kosińska A., Nowakowski A.B., *Doświadczalne badania żelbetowych elementów poddanych skręcaniu [Experimental research on RC elements under torsion]*, Badania doświadczalne elementów i konstrukcji żelbetowych, Z. 10, Wydawnictwo Budownictwa Betonowego Wydziału Budownictwa i Architektury Politechniki Łódzkiej, Łódź 2001
11. Bodzak P., Czkwianianc A., *Doświadczalne badania monolitycznych ram żelbetowych – strefa skrajnego węzła [Experimental research on RC frames – edge joint zone]*, Badania doświadczalne elementów i konstrukcji żelbetowych, Z. 11, Wydawnictwo Budownictwa Betonowego Wydziału Budownictwa i Architektury Politechniki Łódzkiej, Łódź 2000