

# 乾燥収縮ひずみにおける収縮低減材料の効果

都 築 正 則 一 瀬 賢 一

## Effect of Shrinkage Reducing Agents on Drying Shrinkage

Masanori Tsuzuki Kenichi Ichise

### Abstract

The drying Shrinkage strain of the concrete manufactured in a ready-mixed concrete plant showed ranged from  $485 \times 10^{-6}$  to  $1020 \times 10^{-6}$ , with an average value of  $683 \times 10^{-6}$ . Moreover, the drying shrinkage strain was influenced by the coarse aggregate. And, the drying shrinkage strain was decreased by using shrinkage-reducing agents, and it is clear that the required performance could be satisfied by the use of the agents. The effect of the shrinkage-reducing admixture ranged from 14% to 34%, and of the air-entraining admixture with a high-water-reducing capacity ranged from 7% to 19%. When the shrinkage-reducing admixture was used with an expansive additive, the overall combined effect was equal to or less than the sum of the effect of each individual agent.

### 概 要

各地域のレディーミクストコンクリート工場におけるコンクリートの乾燥収縮ひずみは、 $485 \sim 1020 \times 10^{-6}$ (平均値 $683 \times 10^{-6}$ )と広い範囲を示し、使用した粗骨材の影響が大きかったことが分かった。また、それらコンクリートに対し収縮低減材料を使用することで、各乾燥収縮ひずみのグレード要求の対応が可能であった。収縮低減剤の乾燥収縮ひずみ低減率は14~34%、収縮低減型高性能AE減水剤の低減率は7~19%程度であり、膨張材と併用した場合、乾燥収縮ひずみ低減率はそれぞれの低減率を重ね合わせたものと同様もしくは下回る傾向であった。

### 1. はじめに

日本建築学会では、2006年刊行の「鉄筋コンクリート造建築物の収縮ひび割れ制御設計・施工指針(案)・同解説」<sup>1)</sup>にて、乾燥収縮ひずみの値によるコンクリートのグレード分けを具体的に示し、 $650 \sim 800 \times 10^{-6}$ を「標準」、 $500 \sim 650 \times 10^{-6}$ を「高級」、 $500 \times 10^{-6}$ 以下を「特級」とした。また、2009年刊行の「建築工事標準仕様書、鉄筋コンクリート工事 (JASS5)」<sup>2)</sup>では、長期および超長期供用の建築物におけるコンクリートの乾燥収縮ひずみを $8 \times 10^{-4}$ 以下と本文に記載している。これにより、このグレードに合うコンクリートが要求される場合、レディーミクストコンクリート工場によって製造されたコンクリートの乾燥収縮ひずみの大きさを調査し、グレードを満足しないものについては、使用材料等から見直す必要が生じる。

このような背景のもと本報告では、各地域のレディーミクストコンクリート工場によって製造されたコンクリートを対象として乾燥収縮ひずみの調査を行い、その調査結果の中から抽出した乾燥収縮ひずみの大きさが異なるコンクリートに対し、膨張材や収縮低減剤等を適用し、収縮低減材料の効果に関する検討を行った。

### 2. 乾燥収縮ひずみの調査

#### 2.1 試験概要

2.1.1 調査対象としたコンクリート 調査対象としたレディーミクストコンクリート工場をTable 1に示す。工場数は39工場とし、対象としたコンクリートは各工場

において呼び強度24および30の2調査(以下、「24N」および「30N」と称す。)であり、計78試料とした。コンクリートは近畿の一部を除いて主に工場の実機ミキサによる試料とした。

コンクリートの概要をTable 2に示す。セメントは普通ポルトランドセメントとし、スランプおよび空気量は18cmおよび4.5%とした。工場によって、高性能AE減水剤およびAE減水剤の使用により、同じ呼び強度のコンクリートで2種類の調査を持っている場合があるが、各工場において建設現場への出荷頻度が高い調査を対象とした。

Table 1 調査したコンクリート工場  
Investigated Ready-mixed Concrete Plant

工場	39工場
地域	9地域
( )内数値は工場数	北海道(3)、東北(3)、関東(9)、北陸(2)、東海(3)、近畿(9)、中国(3)、四国(4)、九州(3)
試料数	2調査、78試料

Table 2 コンクリートの概要  
Investigated Concrete

		呼び強度24		呼び強度30	
調 合	スランプ (cm)	18cm			
	空気量 (%)	4.5%			
	W/C (%)	53.0~60.5	(56.5)	46.0~52.0	(49)
	単位水量 (kg/m <sup>3</sup> )	165~184	(178)	168~186	(180)
	s/a (%)	41.1~55.2	(48)	39.7~53.3	(46)
	S容積 (L/m <sup>3</sup> )	282~371	(323)	266~349	(303)
G容積 (L/m <sup>3</sup> )	301~405	(353)	306~404	(355)	
セメント	普通ポルトランドセメント(8銘柄)				
AE減水剤	6銘柄				
高性能AE減水剤	5銘柄				

※( )内数値は平均値

各工場の使用骨材は様々であり、粗骨材として石灰石を単独で使用している工場は7社、石灰石を混合して使用している工場は6社、砂利を単独で使用している工場は4社であった。

**2.1.2 試験方法** 乾燥収縮ひずみの測定は、「JIS A 1129-2 コンクリートの長さ変化試験-コンタクトゲージ法」に準じて行った。試験体寸法を10×10×40cmとし、測定値は、1調査3本の平均値とした。試験体は工場にて打設し、翌日の脱型まで封かん養生とし、その後材齢4日もしくは5日まで工場において水中養生とした。その後は、封かん養生として技術研究所へ搬送し、材齢7日まで再度水中養生を行った。乾燥開始材齢を材齢7日とし、20±2℃、60±5%の恒温恒湿室にて静置した。

**2.2 試験結果**

**2.2.1 コンクリートのフレッシュ性状および圧縮強度** 各コンクリートのスランプは16.5～21.5cm、空気量は3.5～5.8%とほぼ目標値内に収まった。圧縮強度(標準水中養生、材齢28日)は、「24N」のコンクリートの場合、30.3～49.2N/mm<sup>2</sup>(平均36.6N/mm<sup>2</sup>)、「30N」の場合、35.6～56.8N/mm<sup>2</sup>(平均43.8N/mm<sup>2</sup>)の値を示し、呼び強度より、少なくとも5N/mm<sup>2</sup>以上大きい値を示した。

**2.2.2 乾燥収縮ひずみ測定結果**

(1) **乾燥収縮の分布** 乾燥期間26週における「24N」と「30N」の乾燥収縮ひずみの分布をFig. 1に示す。乾燥収縮ひずみは485～1020×10<sup>-6</sup>と、試料によって広い範囲を示し、その平均値は683×10<sup>-6</sup>であった。「24N」と「30N」を合わせた全78試料中、「標準(800×10<sup>-6</sup>以下)」をクリアしているものは60試料(全体の76.9%)、「高級(650×10<sup>-6</sup>以下)」をクリアしているものは38試料(全体の63.3%)、「特級(500×10<sup>-6</sup>以下)」をクリアしているものは1試料(全体の2.6%)であった。また、800×10<sup>-6</sup>より大きいものは18試料(全体の23.1%)あり、工場、調合によっては「標準」の乾燥収縮ひずみ以上になることに留意する必要がある。

(2) **単位水量との比較** 調合上の単位水量と乾燥収縮ひずみの関係をFig. 2に示す。図より近似直線は若干右上がりの傾向を示すものの、その相関係数は極めて小さい。単位水量165～186kg/m<sup>3</sup>の範囲では、単位水量の大きさによらず乾燥収縮ひずみは大きくばらつく結果となった。この原因として、単位水量よりも使用材料の影響が大きい事が考えられる。

(3) **各地域の乾燥収縮ひずみ** 地域別の乾燥収縮ひずみをFig. 3に示す。全地域の乾燥収縮ひずみの平均値(683×10<sup>-6</sup>)と比較して、各地域の平均値において、乾燥収縮ひずみが大きい地域は、北海道、東海、四国であった。ただし各地域において乾燥収縮ひずみは、大きいところでは371×10<sup>-6</sup>程度ばらつく結果となり、地域によって乾燥収縮ひずみの値を推測することは困難である。

(4) **細骨材種類による乾燥収縮ひずみ** 細骨材種類別による乾燥収縮ひずみをFig. 4に示す。各細骨種類別にみた乾燥収縮ひずみの平均値は、「石灰石砕砂+砂」では659×10<sup>-6</sup>、「石灰石砕砂+砕砂(スラグも含む)」では、

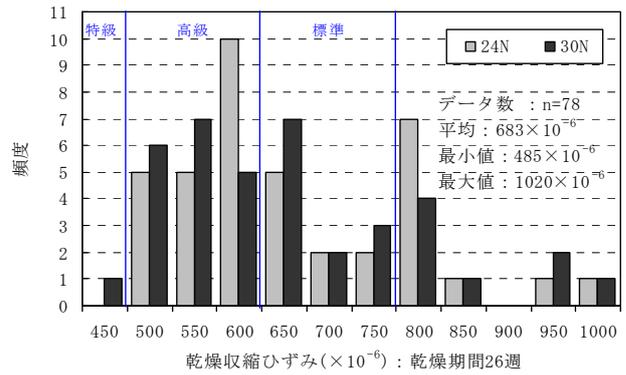


Fig. 1 乾燥収縮ひずみの分布  
Distribution of Drying Shrinkage Strain

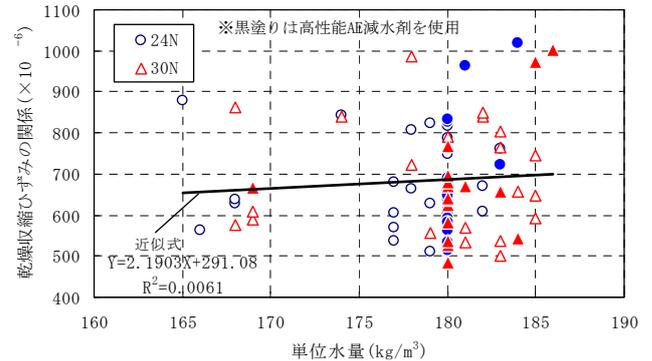


Fig. 2 単位水量と乾燥収縮ひずみ  
Unit water content and Drying Shrinkage Strain

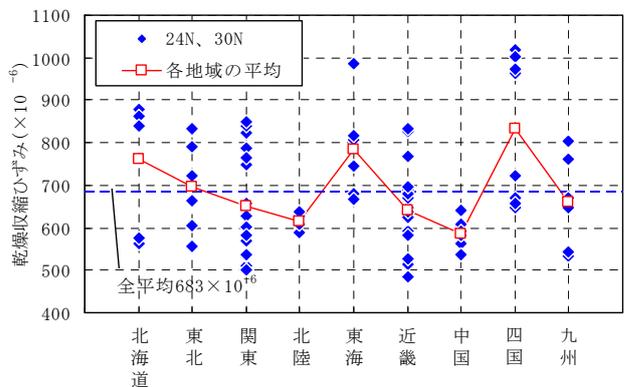


Fig. 3 地域別による乾燥収縮ひずみ  
Drying Shrinkage Strain in Each Area

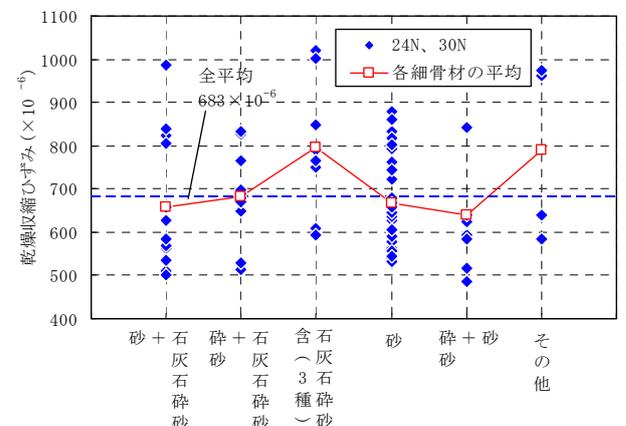


Fig. 4 細骨材別による乾燥収縮ひずみ  
Drying Shrinkage Strain at Each Fine Aggregate

681×10<sup>-6</sup>、「石灰石砕砂他3種の異なる細骨材を混ぜたもの」では797×10<sup>-6</sup>、「砂単独」では666×10<sup>-6</sup>、「砂+砕砂」では638×10<sup>-6</sup>、「その他細骨材」では790×10<sup>-6</sup>であった。全平均と比較して、各細骨材種類の平均値において、乾燥収縮が大きいものは、「石灰石砕砂を含めた3種類混合細骨材」、および「その他細骨材」であった。ただし、地域ごとに並べた乾燥収縮ひずみの傾向と同様、各粗骨材ごとの個々の乾燥収縮ひずみのばらつきは約300×10<sup>-6</sup>～500×10<sup>-6</sup>と大きく、細骨材種類によって乾燥収縮ひずみの値を推測することは困難であると考えられる。

(5) 粗骨材種類による乾燥収縮ひずみ 粗骨材種類による乾燥収縮ひずみをFig. 5に示す。各粗骨材種類別にみた乾燥収縮ひずみの平均値は、「石灰石単独」では554×10<sup>-6</sup>、「石灰石混合」では615×10<sup>-6</sup>、「砂利単独」では平均721×10<sup>-6</sup>、「砂利混合」では785×10<sup>-6</sup>、「硬質砂岩砕石単独」では776×10<sup>-6</sup>、「安山岩砕石単独」では743×10<sup>-6</sup>、「その他砕石」では670×10<sup>-6</sup>であった。全平均と比較して、乾燥収縮ひずみが大きいものは、「砂利」、「砂利混合」、「硬質砂岩砕石」、「安山岩砕石」であった。ただし、「石灰石単独」以外の粗骨材個々のデータのばらつきは、約250～450×10<sup>-6</sup>と大きい。一方、石灰石を用いたコンクリートは、全平均に比べ約130×10<sup>-6</sup>程度小さくなり全平均(683×10<sup>-6</sup>)の80%程度の大きさとなった。このことから、石灰石以外の粗骨材種類については、岩種によって乾燥収縮ひずみの大小を判定することは困難であると考えられるが、粗骨材に石灰石単独で使用した場合、コンクリートの乾燥収縮が小さくなる傾向があることが分かった。

2.2.3 乾燥期間26週の乾燥収縮ひずみの予測 Fig. 6に乾燥期間4週と26週の乾燥収縮ひずみの関係を示す。近似式の切片を0とすると、本試験において乾燥期間26週乾燥収縮ひずみ=1.736×乾燥期間4週乾燥収縮ひずみで表すことが出来た。日本建築学会の収縮ひずみ予測式<sup>1)</sup>において、乾燥開始材齢を7日とすると、乾燥期間26週乾燥収縮ひずみ=1.771×乾燥期間4週乾燥収縮ひずみとなり、AIJ式と同程度の関係を表す結果となった。

### 3. 収縮低減材料の効果に関する検討

調査した工場の中から500～1000×10<sup>-6</sup>の範囲で乾燥収縮ひずみの異なる5工場を選定し、そのコンクリートの乾燥収縮ひずみに及ぼす収縮低減材料(膨張材, 収縮低減剤, 収縮低減型高性能AE減水剤)の効果について検討を行った。

#### 3.1 実験概要

3.1.1 コンクリートの基本調査 使用骨材の組み合わせおよび基本となるコンクリート(収縮低減材料なし)の調査をTable 3およびTable 4に示す。使用骨材は、各工場が使用している骨材であり、各骨材の産地は調査時のものと同様である。ただし、C工場の粗骨材においては、工場の判断によりG2の使用を中止し、G1のみを使用している。コンクリートの呼び強度は30とし、化学混和剤は

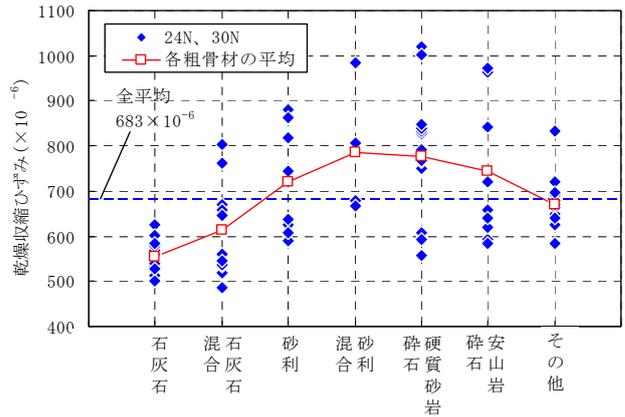


Fig. 5 粗骨材別による乾燥収縮ひずみ  
Drying Shrinkage Strain at Each Coarse Aggregate

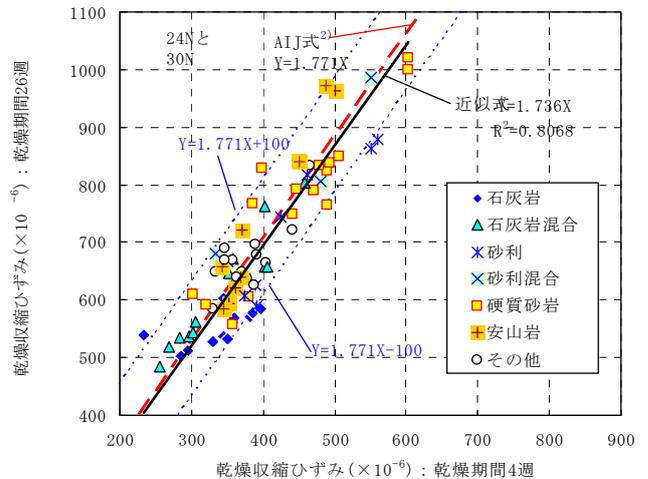


Fig. 6 4週と26週の乾燥収縮ひずみの関係  
Drying Shrinkage of 4 weeks and 26 weeks

Table 3 使用骨材の組み合わせ

		Properties of aggregates		
工場	骨材	使用細骨材		表乾密度 (g/cm <sup>3</sup> )
		記号	種類	
A	細骨材	S1	山砂	2.58
		S2	石灰岩砕砂	2.62
	粗骨材	G1	石灰岩砕石2005	2.70
B	細骨材	S1	石灰岩砕砂	2.62
		S2	山砂	2.60
	粗骨材	G1	石灰岩砕石2005	2.69
		G2	硬質砂岩砕石2005	2.64
C	細骨材	S1	硬質砂岩砕砂	2.60
		S2	石灰岩砕砂	2.64
		S3	山砂	2.58
	粗骨材	G1	硬質砂岩砕石2005 <sup>※1</sup>	2.65
D	細骨材	S1	陸砂	2.58
		S2	石灰岩砕砂	2.63
	粗骨材	G1	硬質砂岩砕石2005	2.63
E	細骨材	S1	海砂	2.68
		S2	石灰岩砕砂	2.68
		S3	硬質砂岩砕砂	2.62
	粗骨材	G1	硬質砂岩砕石1505 <sup>※2</sup>	2.63
		G2	硬質砂岩砕石2015 <sup>※2</sup>	2.64

※1: 産地が異なる。

※2: 産地は同一。

収縮低減型高性能AE減水剤を使用したコンクリートとの比較を行うため、AE減水剤から高性能AE減水剤を使用する調査とした。

コンクリートの調査は、目標空気量を $4.5 \pm 1.5\%$ 、目標スランプを $21 \pm 2\text{cm}$ とし、水セメント比を $50.0 \sim 53.0\%$ 、単位水量を $170 \sim 176\text{kg/m}^3$ とした。

**3.1.2 使用した収縮低減材料** 使用した収縮低減材料をTable 5に示す。膨張材は低添加型の石灰系膨張材(EX)を使用し、収縮低減剤は低級アルキレンオキシド付加物のもの(SR)とした。また、収縮低減型高性能AE減水剤は、ポリカルボン酸エーテル化合物とポリグリコール誘導体の複合体のもの(RA)とした。

収縮低減材料の使用水準をTable 6に示す。水準は、収縮低減材料の種類、使用量および組み合わせにより、A～D工場のコンクリートで6水準、E工場で10水準とした。

**3.1.3 試験項目** 乾燥収縮ひずみの測定はコンクリートと使用粗骨材について行った。コンクリートについては、調査時と同様、JIS A 1129-2 に準じた。粗骨材自体の乾燥収縮ひずみは、各工場の粗骨材の一面を平滑に研磨後、防水型2軸ゲージを貼付し、2～3日間吸水させ、恒温恒湿室( $20 \pm 2^\circ\text{C}$ ,  $\text{RH}60 \pm 5\%$ )にて3日間乾燥後、その変化量を測定した。コンクリートの練り混ぜおよび試験体の作製は、E工場を除き、各工場の室内試験練りミキサーにて行った。E工場のコンクリートは使用骨材を運搬し、技術研究所内にて練り混ぜ、試験体を作製した。

**3.2 試験結果**

**3.2.1 コンクリートのフレッシュ性状および圧縮強度** 各コンクリートのスランプは $19.0 \sim 21.5\text{cm}$ 、空気量は $3.8 \sim 5.4\%$ とほぼ目標値内に収まった。収縮低減剤を使用したものは、空気量の低下が見られるため、補助剤であるAE剤の使用量が増える傾向となった。圧縮強度(標準水中養生、材齢28日)は $34.6 \sim 57.1\text{N/mm}^2$ を示し、E工場のものが他工場より大きい値を示した。

**3.2.2 乾燥収縮試験結果**

(1) 各工場におけるコンクリートの乾燥収縮ひずみ 各工場における収縮低減材料を使用しない試験体Nの乾燥収縮ひずみをFig. 7に示す。乾燥収縮ひずみは、工場によって異なり、 $500 \sim 1000 \times 10^{-6}$ 程度の値となった。

AE減水剤を使用した調査と高性能AE減水剤を使用した調査のコンクリート(試験体N)の乾燥収縮ひずみの比較Fig. 8に示す。C工場のデータは、使用骨材の種類を2種類から1種に変えているため除外した。この結果から、使用骨材が同じ場合、高性能AE減水剤使用により単位水量を約 $10\text{kg/m}^3$ 低減した調査においても、乾燥収縮ひずみはほぼ同等であることが分かった。この理由として、本試験範囲内では、単位水量を約 $10\text{kg/m}^3$ 低減しても、セメントペースト体積がコンクリート体積に対して約 $1.6 \sim 2.6\%$ 程度小さくなるだけで、コンクリート体積の大部分を占める骨材の影響のほうが乾燥収縮ひずみにおよぼす影響が大きいと考えられる。また実機練りと室内練りについてほぼ同程度であることが分かった。

Table 4 調査表  
Mixture Proportion

工場	W/C (%)	s/a (%)	単位使用量(kg/m <sup>3</sup> )							SP** (C×%)
			W	C	S1	S2	S3	G1	G2	
A	53.0	46.6	170	321	415	—	—	985	—	1.10
B	52.0	45.5	170	327	322	484	—	369	594	1.00
C	51.0	49.2	170	334	480	218	174	914	—	0.90
D	51.0	47.7	172	338	504	336	—	931	—	1.20
E	50.0	50.0	176	352	267	358	263	439	439	0.95

※SP:高性能AE減水剤使用量

Table 5 使用した収縮低減材料  
Shrinkage Reducing Agents

記号	仕様
EX	低添加型石灰系膨張材、標準使用量:セメントの一部として $20\text{kg/m}^3$
SR	収縮低減剤、主成分:低級アルキレンオキシド付加物、標準使用量:単位水量の一部として $6\text{kg/m}^3$
RA	収縮低減型高性能AE減水剤、主成分:ポリカルボン酸エーテル系化合物とポリグリコール誘導体の複合体

Table 6 収縮低減材料の使用水準  
Using Level of Shrinkage Reducing Agents

試験体記号	仕様	工場
N	収縮低減材料なし	A～E
EX10	膨張材を $10\text{kg/m}^3$ 、セメントの内割りで混入	E
EX20	膨張材を $20\text{kg/m}^3$ 、セメントの内割りで混入	A～E
SR3	収縮低減剤を $3\text{kg/m}^3$ 、水の内割りで混入	E
SR6	収縮低減剤を $6\text{kg/m}^3$ 、水の内割りで混入	A～E
EX20+SR3	EX20とSR3の併用	E
EX20+SR6	EX20とSR6の併用	A～E
RA	収縮低減型高性能AE減水剤を混入**	A～E
EX10+RA	EX10とRAを併用	E
EX20+RA	EX20とRAを併用	A～E

※使用量は各コンクリートのフレッシュ性状を満足するよう調整した。

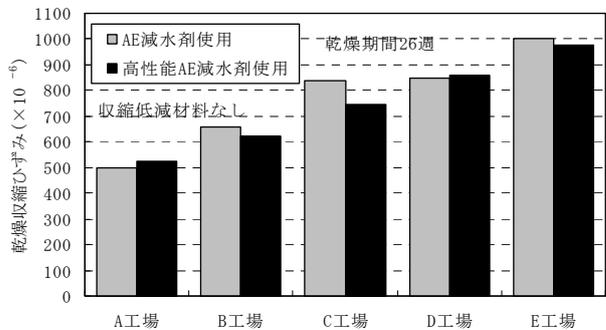


Fig. 7 各工場の乾燥収縮ひずみ  
Drying Shrinkage of Each Plant's concrete

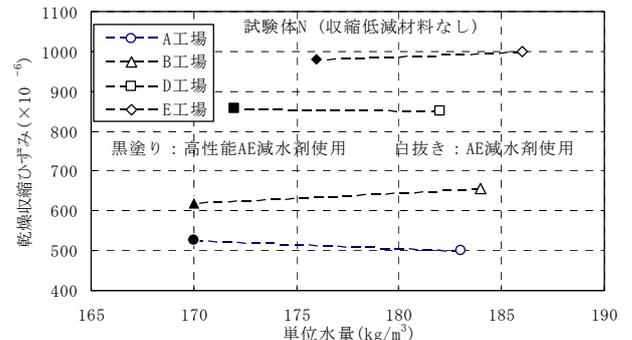


Fig. 8 単位水量と乾燥収縮ひずみ  
Unit water content and Drying Shrinkage Strain

(2) 使用粗骨材の乾燥収縮ひずみ 粗骨材とコンクリートの乾燥収縮ひずみの関係をFig. 9に示す。ただし、粗骨材に関しては、粗骨材の容積がコンクリート中に占める割合を考慮する必要があるため、粗骨材容積比(以下、 $V_a$ )とし、 $V_a$ と粗骨材の乾燥収縮ひずみを乗じたものとしている。 $V_a$ は粗骨材容積(粗骨材の単位使用量を表乾密度で除したものを)、コンクリートの体積(=1 $m^3$ )で除したものである。図より、両者には相関性が見られ、コンクリートの乾燥収縮ひずみにおいて、粗骨材の収縮の影響が大きいことが確認できた。C工場のコンクリートについても、使用骨材の種類を2種類から1種類に変更するより、乾燥収縮ひずみが小さくなることを確認した。

(3) 収縮低減材料を使用したコンクリートの乾燥収縮ひずみ 乾燥開始時を基準とした長さ変化率を乾燥収縮ひずみとし、脱型時を基準とした長さ変化率を脱型時からの収縮ひずみとした。乾燥収縮ひずみと脱型時からの収縮ひずみを表した概念図をFig. 10に示す。また、水中養生時における試験体Nの長さ変化率と各収縮低減材料を使用した長さ変化率の差を膨張量と定義した。

その結果得られた各工場における乾燥収縮ひずみと脱型時からの収縮ひずみをFig. 11に示す。図中にはコンクリートの乾燥収縮ひずみの級として $800 \times 10^{-6}$ 、 $650 \times 10^{-6}$ および $500 \times 10^{-6}$ のラインを記し、乾燥収縮ひずみが大きい試験体順に並べている。

乾燥収縮ひずみで評価すると、各工場において収縮低減材料を使用することで最大 $146 \sim 291 \times 10^{-6}$ 低減されることを確認した。ただし、E工場のコンクリートのように元の乾燥収縮ひずみが $1000 \times 10^{-6}$ 程度であると、膨張材と収縮低減剤を併用した場合に限り、 $800 \times 10^{-6}$ 以下に

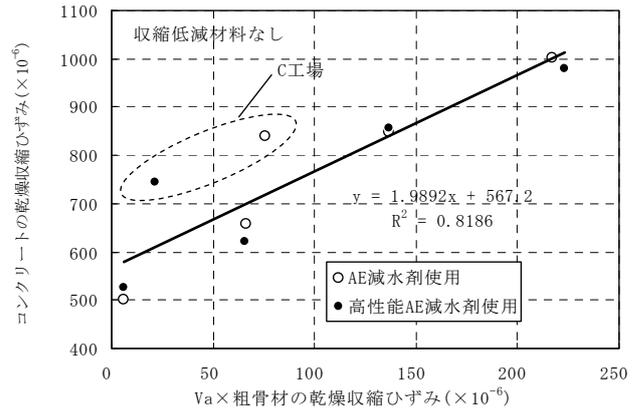


Fig. 9 粗骨材とコンクリートの乾燥収縮ひずみ  
Drying Shrinkage Strain of coarse Aggregate and concrete

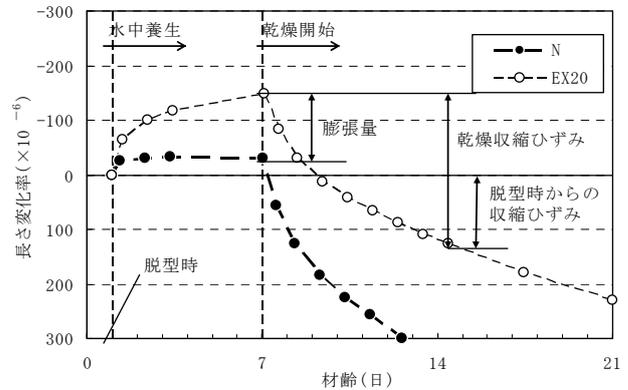


Fig. 10 乾燥収縮ひずみと脱型時からの収縮ひずみ  
(概念図)

Drying Shrinkage and Shrinkage Since Demolded

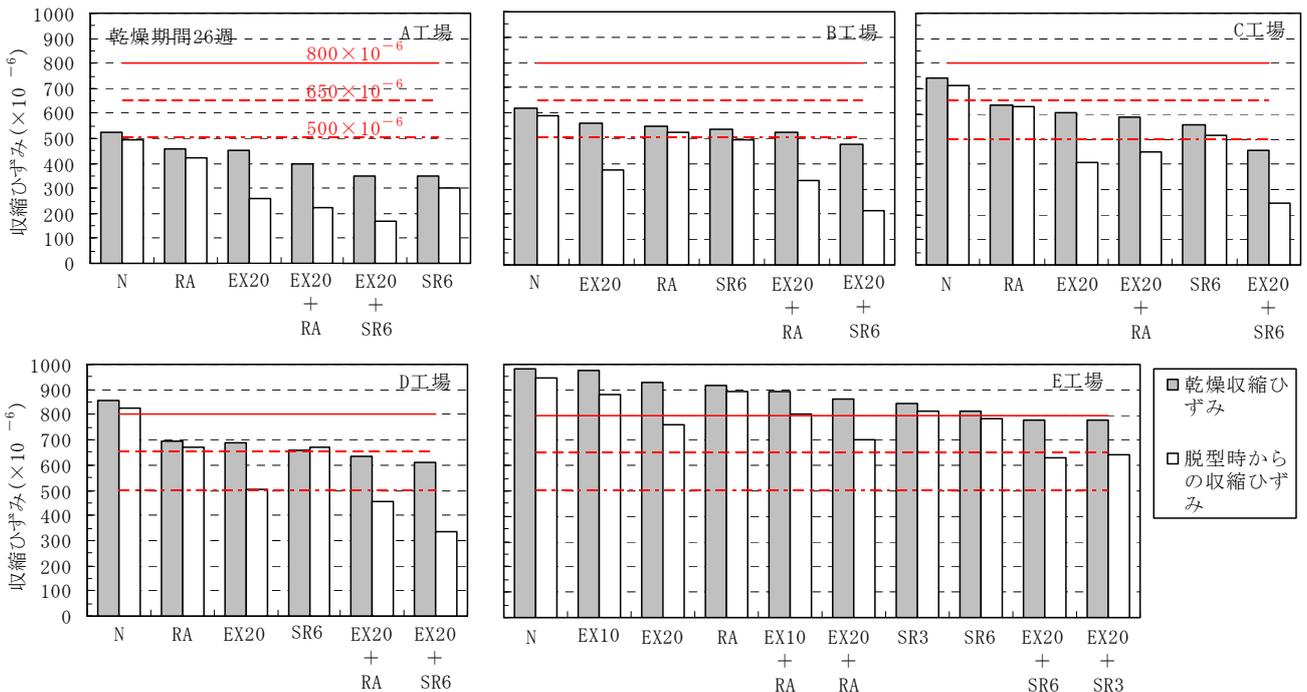


Fig. 11 各工場のコンクリートにおける乾燥収縮ひずみと脱型時からの収縮ひずみ  
Drying Shrinkage and Shrinkage Since Demolded of concrete at Each Plants

することが出来た。このことから、収縮低減材料の効果により乾燥収縮ひずみのグレード要求に対応可能であることが確認できた。

脱型時からの収縮ひずみで評価すると、膨張材を使用したコンクリートは、水中養生時の長さ変化率により、さらに収縮ひずみが低減された。この場合、E工場においても膨張材を20kg/m<sup>3</sup>使用したコンクリートは、800×10<sup>-6</sup>以下にすることが出来た。

(4) 水中養生時の膨張量 各工場における収縮低減材料による膨張量をFig. 12に示す。膨張材を単独で使用した場合、137~170×10<sup>-6</sup>の膨張ひずみを確認した。また収縮低減材料および収縮低減型高性能AE減水剤を併用した場合の膨張量は、それぞれ110~250×10<sup>-6</sup>、100~150×10<sup>-6</sup>程度となった。

(5) 収縮低減剤および収縮低減型高性能AE減水剤の乾燥収縮ひずみ低減率 試験体Nの乾燥収縮ひずみに対して、各収縮低減材料が低減した乾燥収縮ひずみの割合を「乾燥収縮ひずみ低減率(%)」と定義して表す。収縮低減剤6kg/m<sup>3</sup>使用の場合(SR6)および収縮低減型高性能AE減水剤使用の場合(以下、RA)の乾燥収縮ひずみ低減率をFig. 13に示す。図より乾燥期間26週で、SR6の低減率は14~34%程度と工場によって20%程度ばらついた。RA低減率は7~19%程度で収縮低減剤の場合よりも小さく、工場によって12%程度ばらついた。収縮低減材料を使用しないコンクリートの乾燥収縮ひずみの大きさと低減率の大きさに関係性は認められなかった。

(6) 収縮低減材料を併用した場合の乾燥収縮ひずみ低減率 膨張材と収縮低減剤の併用(以下、EX20+SR6)および膨張材と収縮低減型高性能AE減水剤の併用(以下、EX20+RA)による乾燥収縮ひずみ低減率と、それぞれの材料を単独で使用した場合の低減率を重ね合わせた場合の比較をFig. 14に示す。図より、乾燥期間においても膨張材の効果を確認し、低減率としては5~20%程度であった。この理由として水中養生終了後においても、膨張材の反応が継続しているためと考えられる。SR6およびRAとの併用による低減率は、各材料単独の低減率を重ね合わせたものと同等であるか、下回る傾向が見られた。

#### 4. まとめ

本報告では、各地域のレディーミクストコンクリート工場のコンクリートの乾燥収縮ひずみの調査および乾燥収縮ひずみの異なるコンクリートにおける収縮低減材料の効果について検討を行い、以下のことを確認した。

- 1) 調査したコンクリートの乾燥収縮ひずみは485~1020×10<sup>-6</sup>の広い範囲を示し、平均値は683×10<sup>-6</sup>であった。
- 2) 乾燥収縮ひずみの大きさは、単位水量よりも使用粗骨材の乾燥収縮ひずみに大きく影響された。
- 3) 収縮低減材料の使用により乾燥収縮ひずみが低減され、その低減量は、最大146~291×10<sup>-6</sup>であった。

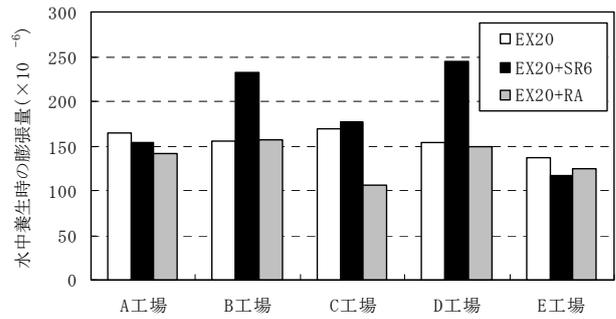


Fig. 12 水中養生時の膨張量  
Amount of Expansion for Water curing days

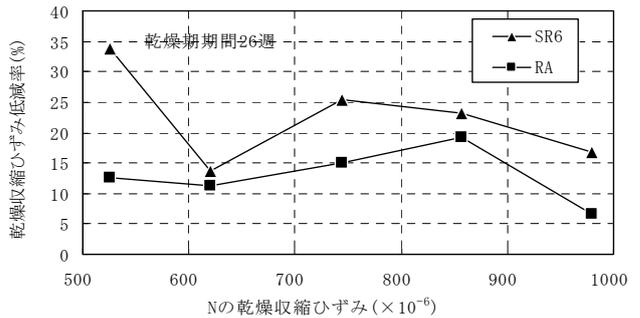


Fig. 13 乾燥収縮ひずみ低減率 (SR6, RA)  
Ratio of Drying Shrinkage reduced of "SR6" and "RA"

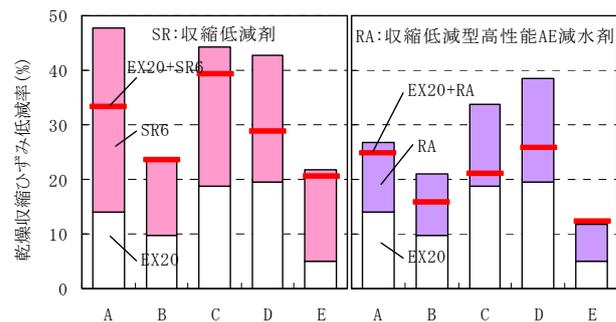


Fig. 14 乾燥収縮ひずみ低減率 (EX20+SR6, EX20+RA)  
Ratio of Drying Shrinkage reduced of "EX20+SR6" and "EX20+RA"

このことから、収縮低減材料の効果により乾燥収縮ひずみのグレード要求に対応可能であることが確認できた。

- 4) 乾燥期間26週において、収縮低減剤による乾燥収縮ひずみ低減率は14~34%、収縮低減型高性能AE減水剤による低減率は7~19%程度であった。膨張材と併用した場合、乾燥収縮ひずみ低減率はそれぞれの低減率を重ね合わせたものと比較して同等もしくは下回る傾向にあった。

#### 参考文献

- 1) 日本建築学会：鉄筋コンクリート造建築物の収縮ひび割れ制御設計・施工指針(案)・同解説，2006. 2
- 2) 日本建築学会：建築工事標準仕様書，鉄筋コンクリート工事 (JASS5)，2009. 4