

論文 乾燥収縮ひずみの異なるコンクリートに及ぼす収縮低減材料の効果に関する検討

都築 正則^{*1}・一瀬 賢一^{*2}・植松 俊幸^{*3}

要旨: 乾燥収縮ひずみの異なる各工場のコンクリートにおいて, 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) コンクリートの乾燥収縮ひずみは, 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。(2) 収縮低減材料を使用することで乾燥収縮ひずみが低減され, 各工場においてその低減量は, 最大 $146 \sim 291 \times 10^{-6}$ であった。(3) 乾燥期間において, 収縮低減剤の乾燥収縮ひずみ低減率は $14 \sim 34\%$, 収縮低減型高性能 AE 減水剤の低減率は $7 \sim 19\%$ 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, 同等もしくは低下する傾向にあった。

キーワード: 乾燥収縮ひずみ, 粗骨材, 膨張材, 収縮低減剤

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」¹⁾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」, 500×10^{-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)」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 8×10^{-4} 以下と本文に記載している。このことから, このグレードに合うコンクリートの要求が今後多くなることが予想され, 工事開始前に乾燥収縮ひずみを確認する必要がある。

近年, 報告されているレディーミクストコンクリート工場で製造されたコンクリートの乾燥収縮ひずみの調査結果^{2), 3), 4)}によると, 工場によって乾燥収縮ひずみの値は大きく異なり, 8×10^{-4} 以上になるものも多く, 規準を満足するには, コンクリートの使用材料等から見直す必要が出てくると考えられる。

コンクリートの乾燥収縮を低減するものとして, 石灰砕石の使用⁵⁾, 低発熱ポルトランドセメントの使用⁶⁾等が挙げられるが, レディーミクストコンクリート工場の地域性から, 材料の入手が困難な場合も考えられる。一方,

各材料メーカーから市販されている膨張材, 収縮低減剤^{7), 8)}および収縮低減型高性能 AE 減水剤(収縮低減成分があらかじめ混入されている高性能 AE 減水剤)等の混和材料は, 工場の地域性に関係なく入手できるため, これら材料をコンクリートに使用することは, 乾燥収縮ひずみの低減に有効な対策となり得る。

筆者らはこれまで, 各地域 39 工場で製造されたコンクリート計 78 水準に対して, 乾燥収縮ひずみの測定結果を報告した³⁾。今回は, 前回調査範囲の工場の中から乾燥収縮ひずみの大きさによって 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の効果について検討を行った。

2. 対象としたコンクリート

前回調査時の各工場のコンクリートの概要(硬化性状および調合)を表 - 1 に示す。選定した工場は, 前回調査範囲の中から, 実機で練混ぜた呼び強度 30 のものとし, 乾燥収縮ひずみの値が $500 \sim 1000 \times 10^{-6}$ を示す 5 工場とした。コンクリートの調合は, AE 減水剤を使用したもので, 水セメント比が $49.0 \sim 51.0\%$, 細骨材率が $42.8 \sim 51.6\%$, 単位水量 $182 \sim 186 \text{ kg/m}^3$ であった。粗骨材は石灰岩砕石および硬質砂岩砕石等で, 工場によって骨材の産地はそれ

表 - 1 前回試験時のコンクリート概要

工場	硬化性状 ^{**}			調合表(呼び強度30、AE減水剤使用)								
	乾燥収縮ひずみ ($\times 10^{-6}$)	圧縮強度 (N/mm^2)	静弾性係数 ($\times 10^4 \text{ N/mm}^2$)	W/C (%)	s/a (%)	単位使用量(kg/m^3)						
						W	C	S1	S2	S3	G1	G2
A	501	42.0	3.06	51.0	44.5	183	359	381	381	—	987	—
B	657	44.2	2.89	50.6	42.8	184	364	292	439	—	399	599
C	839	39.7	2.63	49.0	47.4	182	368	447	203	162	457	457
D	849	43.6	2.75	50.0	46.2	182	364	475	316	—	931	—
E	1001	48.5	3.06	50.0	51.6	186	372	260	349	256	427	427

※乾燥収縮ひずみは乾燥期間26週の値、圧縮強度および静弾性係数は標準水中養生4週の値

*1 ㈱大林組 技術研究所 生産技術研究部 主任 工修 (正会員)

*2 ㈱大林組 技術研究所 生産技術研究部 主任研究員 工博 (正会員)

*3 ㈱大林組 技術研究所 生産技術研究部 主任 (正会員)

ぞれ異なる。その他の材料として、セメントは普通ポルトランドセメント、AE減水剤はリグニンスルホン酸系を使用しており、それぞれ、メーカーは同一である。

3. 実験概要

3.1 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収縮低減材料を使用しないコンクリートの調査を表-2および表-3に示す。使用骨材は、通常、工場が使用している骨材であり、各骨材の産地は前回³⁾と同様である。ただし、C工場の粗骨材においては、G2の使用を中止し、G1を使用している。セメントは普通ポルトランドセメントを使用し、前回と同様のセメントメーカーとした。コンクリートの呼び強度は30とし、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、高性能AE減水剤を使用する場合の調査とした。高性能AE減水剤の主成分はポリカルボン酸系エーテル化合物で、5工場全て、前回試験時と同一のメーカーである。

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

3.2 使用した収縮低減材料

使用した収縮低減材料を表-4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ド付加物のもの(SR)とした。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方法を表-5に示す。試験体の水準は、収縮低減材料の種類、使用量および組み合わせによって、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。

3.3 試験項目

試験項目を表-6に示す。試験項目は、フレッシュ性状、長さ変化率、圧縮強度、静弾性係数とした。またC、E工場の一部コンクリートにて、凍結融解試験を行った。

長さ変化率は、「JIS A 1129-2 コンタクトゲージ法」に準じて行った。水中養生時7日間の膨張材の効果を確認するため、脱型時において、全ての試験体にコンタクトゲージを貼り付け、脱型時の長さを測定し、材齢1週まで水中養生後、再び長さを測定した。その後、恒温恒湿室(20 ± 2 , $\text{RH}60 \pm 5\%$)にて乾燥を開始し、乾燥期間26週まで測定した。(乾燥開始時からの長さ変化率を乾燥収縮ひずみとする。)

粗骨材自体の乾燥収縮ひずみは、各工場の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 ± 2 , $\text{RH}60 \pm 5\%$)にて3日間乾燥後、その変化量を測定した。

表-2 使用骨材

工場	骨材	使用細骨材		
		記号	種類	表乾密度 (g/cm^3)
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	2.65
G2		硬質砂岩砕石2005	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 ^{**}	2.63
G2		硬質砂岩砕石2015 ^{**}	2.64	

※産地は同一。

表-3 調査表

工場	W/C (%)	s/a (%)	単位使用量(kg/m^3)							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

表-4 収縮低減材料

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 20kg/m^3
SR	収縮低減剤, 主成分:低級アルキレンオキド付加物, 標準使用量:単位水量の一部として 6kg/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

表-5 収縮低減材料の使用水準

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 10kg/m^3 、セメントの内割りで混入	E
EX20	膨張材を 20kg/m^3 、セメントの内割りで混入	A～E
SR3	収縮低減剤を 3kg/m^3 、水の内割りで混入	E
SR6	収縮低減剤を 6kg/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。

表-6 試験項目

対象	測定項目	測定方法
コンクリート	フレッシュ性状	各JISによる
	長さ変化率	JIS A 1129-2, 試験体寸法 $10 \times 10 \times 40\text{cm}$ (脱型時, 乾燥期間0～26週)
	圧縮強度	JIS A 1108, 試験体寸法 $10 \phi \times 20\text{cm}$, 標準水中養生4週, 13週)
	静弾性係数	JIS A 1149, 圧縮強度試時に測定
	凍結融解試験	JIS A 1148, A法(水中凍結水中融解)
粗骨材	乾燥収縮ひずみ	防水型2軸ゲージによって測定(吸水2～3日, 乾燥3日)

3.4 コンクリートの練り混ぜおよび試験体の作製

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。フレッシュ性状は、練り混ぜ後5分静置してから測定を行った。

4. 試験結果

4.1 フレッシュ性状試験結果

コンクリートのフレッシュ性状を表-7に示す。コンクリート温度は16.0～19.5℃、スランプは20.0～21.5cm、空気量は3.9～5.3%程度となり、目標値を満足した。収縮低減型高性能AE減水剤(RA)は、予め収縮低減成分が混入されているため、高性能AE減水剤(SP)の約1.5倍程度の使用量となった。また、収縮低減剤(SR)および収縮低減型高性能AE減水剤(RA)を使用したコンクリートにおいては、空気量が減少する傾向となったため、目標空気量を満足するようAE剤の使用量を増やした。

4.2 圧縮強度・静弾性係数試験結果

標準水中養生した試験体Nの圧縮強度と静弾性係数を表-8に示す。収縮低減材料を使用しない場合、圧縮強度は材齢28日で40～52N/mm²程度、材齢91日で47～61N/mm²程度であった。E工場の圧縮強度は他工場よりも10N/mm²程度大きかった。静弾性係数は材齢28日で2.7～3.1×10⁴N/mm²程度、材齢91日で3.0～3.3×10⁴N/mm²程度であった。A工場の静弾性係数は他工場より大きかった。

各工場における収縮低減材料を使用したコンクリートの圧縮強度と静弾性係数を、試験体Nの圧縮強度と静弾性係数の比で表したものを図-1に示す。材齢28日では、膨張材を使用したコンクリートは、基準のものより5～10%程度、圧縮強度および静弾性係数が低下する傾向がみられた。この理由として、セメント使用量が膨張材の混入量分少ないことが考えられる。材齢91日の圧縮強度においてその傾向は小さくなった。

4.3 凍結融解試験結果

C工場とE工場のコンクリートにおける凍結融解試験結果を図-2に示す。C工場の場合、収縮低減剤使用コンクリートは相対動弾性係数の著しい低下が見られた。E工場の場合、空気量が5.0%であっても、試験体SR6および試験体EX20+SR6に著しい相対動弾性係数の低下が認められた。このことから、収縮低減剤を使用するとフレッシュ時に目標空気量を満足していても、凍結融解抵抗性は低下することが確認できた。試験体RAは相対動弾性係数の低下が見られず、収縮低減型高性能AE減水剤を使用したコンクリートは、凍結融解抵抗性にも優れていることを確認した。E工場の普通コンクリートの相対動弾性係数が低下した理由としては、練り混ぜ時にAE剤を使用しな

表-7 フレッシュ性状

工場	調査記号	使用量 (C×%)			フレッシュ性状※
		SP	RA	AE剤	
A	N, EX20	1.10	—	0.0025	CT: 16.0～17.0℃ SL: 20.0～21.5cm Air: 4.3～5.0%
	SR6, EX20+SR6	1.10	—	0.0120	
	RA, EX20+RA	—	1.55	0.0035	
B	N, EX20	1.00	—	0.0050	CT: 19.0～20.0℃ SL: 20.0～21.0cm Air: 4.0～5.4%
	SR6	1.00	—	0.0160	
	EX20+SR6	1.00	—	0.0170	
	RA, EX20+RA	—	1.50	0.0090	
C	N	0.90	—	0.0020	CT: 18.0～19.0℃ SL: 20.5～21.0cm Air: 3.8～5.2%
	EX20	0.90	—	0.0010	
	SR6	0.90	—	0.0120	
	EX20+SR6	0.90	—	0.0110	
	RA	—	1.35	0.0050	
D	N, EX20	1.20	—	0.0040	CT: 17.0～18.0℃ SL: 19.0～20.0cm Air: 4.7～5.2%
	SR6	1.20	—	0.0110	
	EX20+SR6	1.20	—	0.0140	
	RA, EX20+RA	—	1.80	0.0080	
E	N, EX20	0.95	—	0	CT: 16.0～19.5℃ SL: 19.5～21.5cm Air: 3.9～5.3%
	EX10	0.90	—	0.0030	
	SR3	0.95	—	0.0030	
	SR6	0.90	—	0.0065	
	EX20+SR3	0.90	—	0.0030	
	EX20+SR6	0.90	—	0.0060	
	RA, EX10+RA	—	1.30	0.0060	
	EX20+RA	—	1.30	0.0060	

※CT:コンクリート温度, SL:スランプ, Air: 空気量

表-8 圧縮強度および静弾性係数(試験体N)

工場	圧縮強度 (N/mm ²)		静弾性係数 (×10 ⁴ N/mm ²)	
	材齢28日	材齢91日	材齢28日	材齢91日
A	44.2	48.9	3.13	3.31
B	40.4	47.5	2.86	3.06
C	43.0	47.8	2.86	3.13
D	41.4	46.7	2.68	3.01
E	52.0	60.7	2.86	3.19

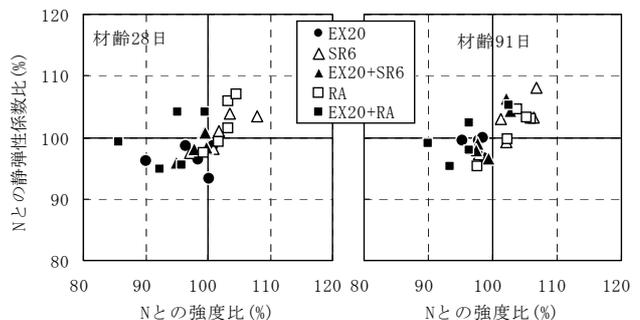


図-1 強度比と静弾性係数比

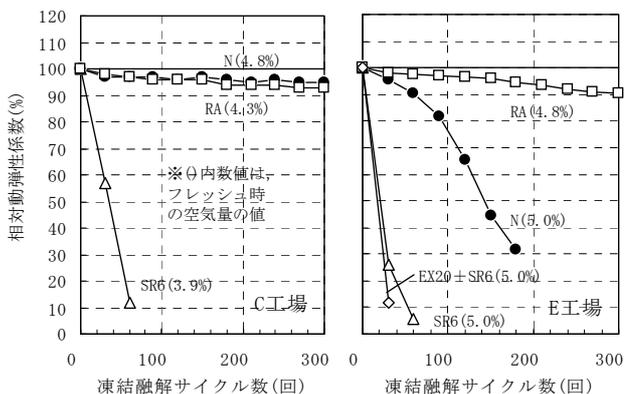


図-2 凍結融解試験結果

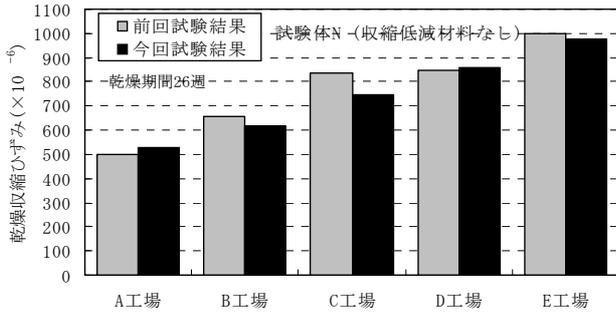


図 - 3 各工場の乾燥収縮ひずみ

かったため、空気量は満足しても微細な空気泡が連行されなかったことが考えられる。

4.4 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

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乾燥開始時を基準とした長さ変化率で表して、図 - 3に示す。各工場におけるコンクリートの乾燥収縮ひずみは、工場によって異なり、500 ~ 1000 × 10⁻⁶程度の値となった。

AE減水剤を使用した前回のコンクリートと高性能AE減水剤を使用した今回のコンクリート(試験体N)の乾燥収縮ひずみの比較を図 - 4に示す。工場C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。図より、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10kg/m³低減した調合においても、コンクリートの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10kg/m³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 ~ 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ためと考えられる。

(2) 使用粗骨材の乾燥収縮ひずみ

各工場にて使用した粗骨材の乾燥収縮ひずみを図 - 5に示す。調査した骨材は、1種類につき、5 ~ 9個とした。石灰岩碎石の収縮ひずみは産地によらず小さい値を示し、硬質砂岩碎石は産地によりその値は異なる結果となった。また、C工場のG2とD工場のG1の一部で、収縮ひずみが極端に大きくなる骨材を確認した。

粗骨材がコンクリート体積に占める割合を考慮するため、粗骨材の単位使用量を表乾密度で除したものを粗骨材容積とし、コンクリート1 m³に対するその容積が占める割合を粗骨材容積比(以下、Vaと称す)とする。Vaと粗骨材の乾燥収縮ひずみを乗じたものと、試験体Nの乾燥収縮ひずみの関係を図 - 6に示す。両者には関係性が見られ、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種類から乾燥収縮ひずみの小さい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。

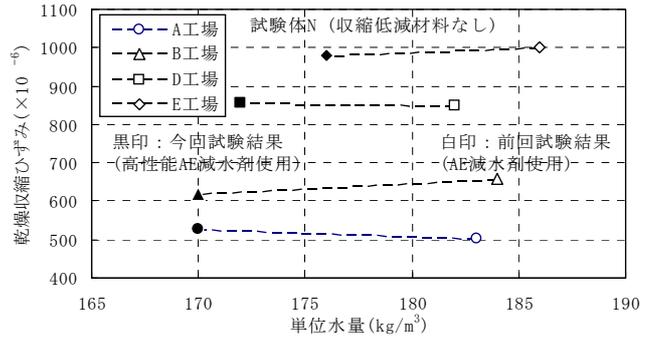


図 - 4 単位水量と乾燥収縮ひずみの関係

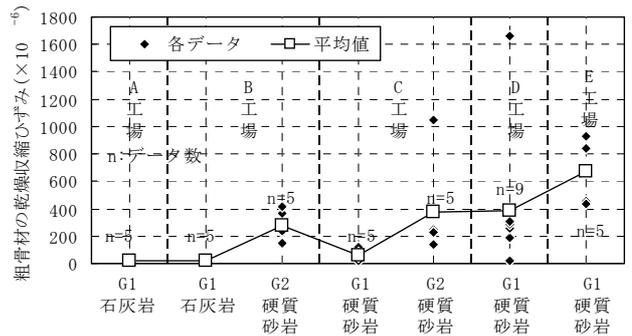


図 - 5 粗骨材の乾燥収縮ひずみ

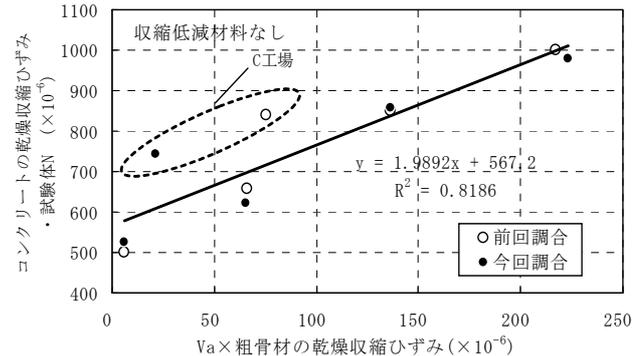


図 - 6 粗骨材とコンクリートの乾燥収縮ひずみの関係

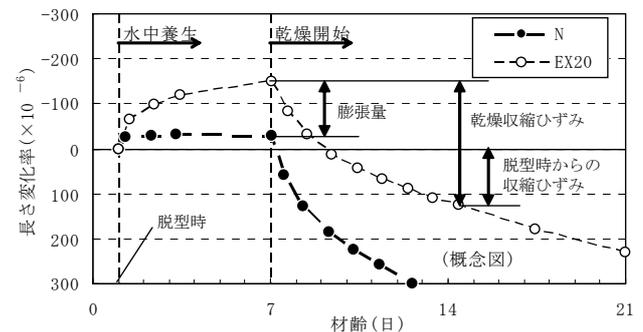


図 - 7 乾燥収縮ひずみと脱型時からの収縮ひずみ

(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、そのひずみに脱型時から材齢7日までの水中養生時の長さ変化率も含めたもの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図 - 7に示す。また、水中養生時における試験体N

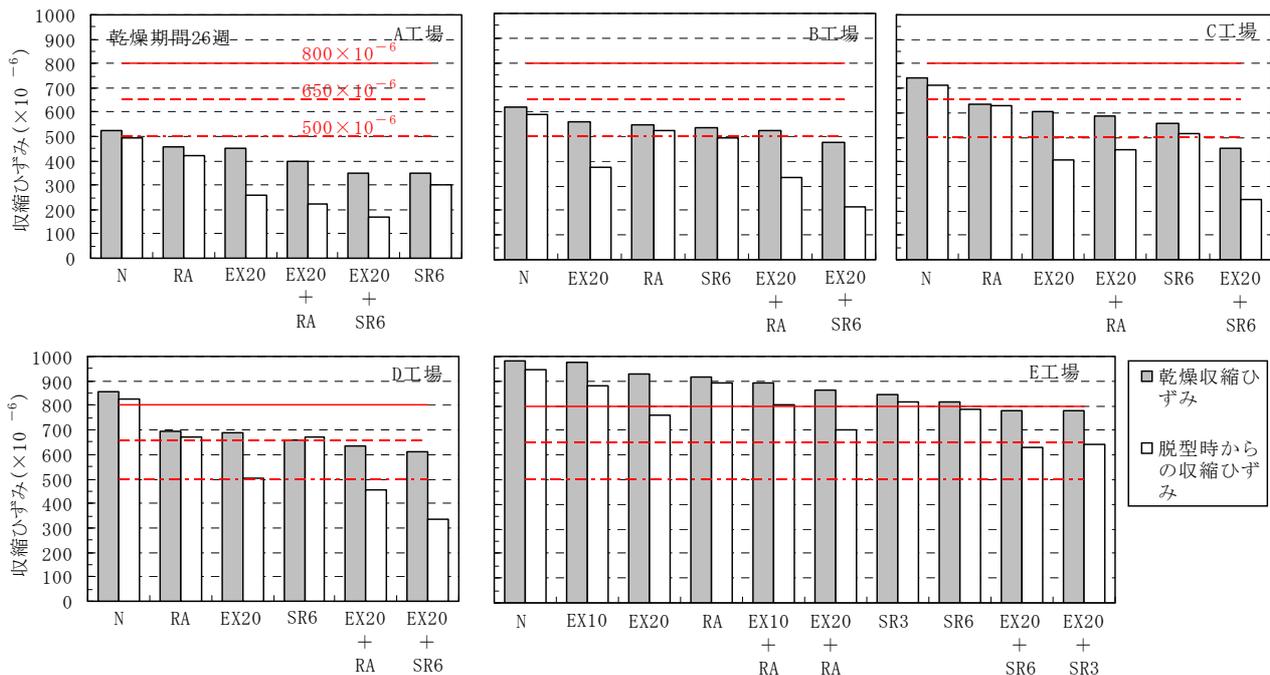


図 - 8 乾燥収縮ひずみと脱型時からの収縮ひずみ

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図 - 8 に示す。図中にはコンクリートの乾燥収縮ひずみの級¹⁾として 800×10^{-6} 、 650×10^{-6} および 500×10^{-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 1000×10^{-6} 程度であると、膨張材と収縮低減剤を併用しないと、 800×10^{-6} 以下にすることが出来ない結果となった。

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 $20\text{kg}/\text{m}^3$ 使用したコンクリートは、 800×10^{-6} 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の膨張量を図 - 9 に示す。膨張材を単独で使用した場合、 $137 \sim 170 \times 10^{-6}$ 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 $110 \sim 250 \times 10^{-6}$ 、 $100 \sim 150 \times 10^{-6}$ 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 $6\text{kg}/\text{m}^3$ 使用の場合 (SR6)

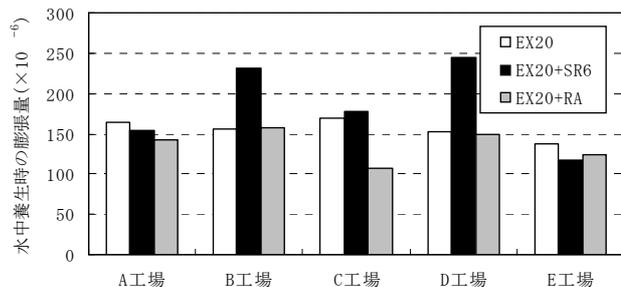


図 - 9 水中養生時の膨張量

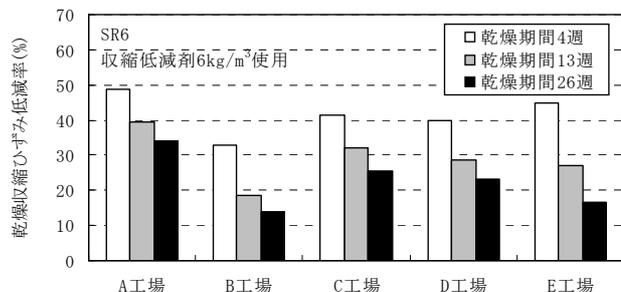


図 - 10 乾燥収縮ひずみ低減率 (SR6)

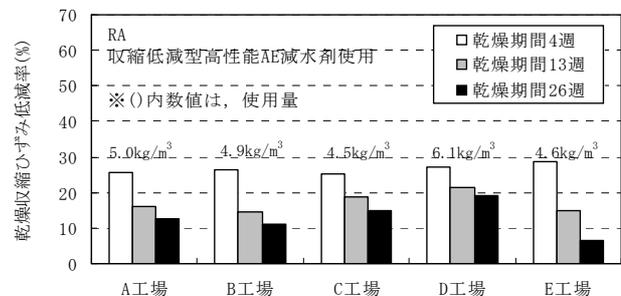


図 - 11 乾燥収縮ひずみ低減率 (RA)

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図 - 10 および図 - 11 に示す。図より、乾燥期間が長いほど乾燥収縮ひずみ低減率は小

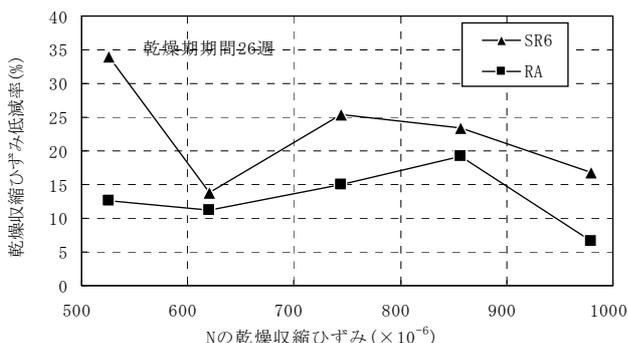


図 - 12 乾燥収縮ひずみ低減率 (SR6, RA)

さくなり, SR6の場合, 乾燥期間4週で33~49%, 13週で19~40%, 26週で14~34%程度であった。また, RAの場合, 低減率は収縮低減剤の場合よりも小さく, 乾燥期間4週で26~29%, 13週で15~22%, 26週で7~19%程度であった。図 - 12に示すように, 乾燥期間26週における低減率は, SR6で最大20%程度, RAで最大13%程度ばつき, 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ものの比較を, 図 - 13および図 - 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, 膨張材の反応が若干である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程度であるか, 下回る傾向が見られた。

5. まとめ

本報告では, 乾燥収縮ひずみの異なるコンクリートにおいて, 各種収縮低減材料を使用した場合の効果について検討を行った。その結果, 以下のことを確認した。

- (1) 収縮低減剤を使用したコンクリートは, 目標空気量を満足するためのAE剤混入量は増える傾向にあるが, 空気が5%程度でも凍結融解抵抗性は低下した。
- (2) コンクリートの乾燥収縮ひずみは, 使用粗骨材の乾燥収縮ひずみの影響が大きく, 単位水量の影響は少なかった。
- (3) 収縮低減材料を使用することで乾燥収縮ひずみが低減され, その低減量は材料の組み合わせにより, 各工場において最大146~291 × 10⁻⁶であった。
- (4) 乾燥期間26週で, 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

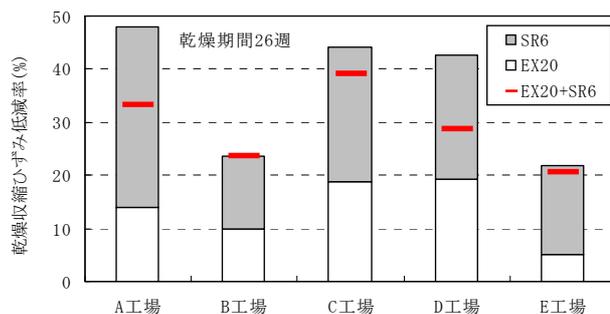


図 - 13 乾燥収縮ひずみ低減率 (EX, SR6, EX + SR6)

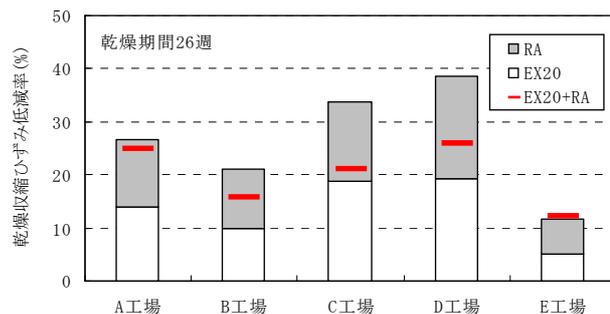


図 - 14 乾燥収縮ひずみ低減率 (EX, RA, EX + RA)

~19%程度であった。膨張材と併用した場合, その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, 同等もしくは低下する傾向にあった。

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, p.48, 2006.2
- 2) 閑田徹志ほか: 全国のレディーミクストコンクリート工場を対象としたコンクリートの乾燥収縮に関する調査研究(その1, その2), 日本建築学会大会学術梗概集(九州), pp.291-294, 2007
- 3) 都築正則ほか: 各地域のレディーミクストコンクリート工場にて製造されたコンクリートの乾燥収縮に関する調査, コンクリート工学年次論文集, Vol.30, No.1, pp.483-488, 2008
- 4) 吉兼亨: 乾燥収縮ひずみの規制へのレディーミクストコンクリート業界の対応, コンクリート工学, Vol.46, No.11, 2008.11
- 5) 大塩明ほか: 石灰石骨材を用いたコンクリートの基礎的諸物性, セメント技術年報, No.41, pp.106-109, 1987
- 6) セメント協会: コンクリートの乾燥収縮に及ぼす各種要因の検討, 耐久性専門委員会ひび割れ分科会報告H-23, pp.16-23
- 7) 長滝重義ほか: 膨張材と収縮低減剤, コンクリート工学, Vol.24, No.2, pp.56-62, 1986
- 8) 富田六郎: 超低収縮コンクリート, コンクリート工学, Vol.32, No.7, pp.105-109, 1994