

収縮抑制レディーミクストコンクリートの性能評価

太平洋セメント株式会社

正会員

○藤田 仁

同 上

正会員

兵頭 彦次

同 上

正会員

谷村 充

同 上

正会員

番地 成朋

1. はじめに

近年、コンクリート構造物の品質確保の観点から、要求性能に応じてコンクリートの収縮量を制御するための対策をする必要性が生じている。既往の研究では、石灰石骨材を使用することによって収縮が小さくなること¹⁾、収縮ひび割れ制御には膨張材や収縮低減剤の使用が有効であり、両者を併用することにより一層の効果が得られることが示されている²⁾。しかしながら、これらの結果は室内試験によるものがほとんどであり、実際のレディーミクストコンクリート工場での製造性を含めた性能検証が行われた事例は少ない。

本報では、レディーミクストコンクリート工場において、石灰石粗骨材、膨張材、収縮低減剤を併用したコンクリート（以下、収縮抑制コンクリート）を、標準期、夏期、冬期を通じて製造し、フレッシュ、圧縮強度、長さ変化性状に関する一連の性状を実験的に検討した結果を示す。

2. 実験概要

2. 1 使用材料

表-1 に使用材料を示す。セメント、粗骨材および混和材料は、A、B 両工場とも同一のものをを用いた。細骨材は、両工場で常時使用しているものをを用いた。いずれの工場も、産地は異なるが、海砂および砕砂の混合砂を用いている。

2. 2 コンクリートの配合

表-2 にコンクリートの配合を示す。コンクリートの水結合材比（W/B）は、設計基準強度 24～36N/mm² の範囲を想定し、55.6、46.5、40.0 および 35.1% の 4 水準とした。W/B=46.5% で膨張材・収縮低減剤を使用しないコンクリート（以下、プレーンコンクリート）についても併せて検討した。スランプの目標値は、W/B に応じて 15～21cm とし、空気量の目標値は 4.5% とした。また、膨張材はセメントの内割で添加した。

2. 3 試験項目および試験方法

表-3 に試験項目および試験方法を示す。フレッシュ性状試験および各種供試体の作製は、現場への運搬時間を想定し、ミキサから排出されたコンクリートを一度トラックアジテータに積載し、30 分経過した後に実施した。

3. 試験結果

3. 1 フレッシュコンクリートの性状

スランプおよび空気量は、高性能 AE 減水剤および AE 剤の添加量を調整することにより、2 工場とも 3 期を通して目標値を満足する結果が得られた（表 - 2）。

3. 2 硬化コンクリートの性状

圧縮強度および長さ変化性状については、2 工場間で有意な差がなかったことより、平均化して以下に試験結果を示す。

表-1 使用材料

工場	材料	種類	記号	備考
A B 共通	セメント	普通セメント	C	密度3.16g/cm ³
	粗骨材	石灰砕石2005	G	大分県津久見産 (表乾密度2.70g/cm ³)
	混和材	膨張材	EX	石灰系(密度3.16g/cm ³)
	混和剤	収縮低減剤	SRA	低級アルコールのアルキレンオキサイド付加物
		高性能AE減水剤	SP	ポリカルボン酸系
A	細骨材	海砂(70%)	S1	佐賀県小松島沖産 (表乾密度2.57g/cm ³)
		砕砂(30%)	S2	兵庫県相生産 (表乾密度2.58g/cm ³)
	B	海砂(60%)	S1	佐賀県唐津湾産 (表乾密度2.57g/cm ³)
		砕砂(40%)	S2	兵庫県明鹿島産 (表乾密度2.56g/cm ³)

表-2 コンクリートの配合

工場	W/B (%)	s/a (%)	目標 S1 (cm)	目標 Air (%)	単位量 (kg/m ³)								混和剤量 (B×%)					
													標準期		夏期		冬期	
					W	C	S1	S2	G	EX	SRA	SP	AE	SP	AE	SP	AE	
A	55.6	48.7	15±2.5	4.5 ± 1.5	170	284	603	259	953	22	6	0.60	0.009	1.00	0.010	0.55	0.008	
	46.5	48.0	18±2.5		177	359	568	244	923	22	6	0.60	0.012	0.90	0.010	0.55	0.009	
	46.5*	47.8	18±2.5		175	376	568	245	932	0	0	0.80	0.002	—	—	—	—	
	40.0	45.8	18±2.5		177	421	526	226	933	22	6	0.70	0.013	0.90	0.013	0.55	0.009	
	35.1	46.2	21±2.0		180	491	509	219	890	22	6	0.75	0.015	1.00	0.013	0.675	0.01	
	55.6	48.3	15±2.5		170	284	513	340	961	22	6	0.70	0.008	0.80	0.010	0.40	0.0035	
B	46.5	46.4	18±2.5		175	354	473	314	957	22	6	1.00	0.012	0.90	0.012	0.40	0.003	
	46.5*	46.1	18±2.5		175	376	470	312	962	0	0	0.85	0.002	—	—	—	—	
	40.0	44.3	18±2.5		175	416	438	291	965	22	6	0.85	0.015	0.75	0.015	0.40	0.0025	
	35.1	44.8	21±2.0		180	491	423	281	913	22	6	0.90	0.017	0.90	0.017	0.45	0.002	
	46.5*: プレーンコンクリート																	
	W/B=W/(C+EX) 収縮低減剤 (SRA) , 高性能AE減水剤 (SP) およびAE剤 (AE) は水の一部として添加																	
備考																		

表-3 試験項目および試験方法

試験項目	方法	備考
フレッシュ性状	スランプ	JIS A 1101 ²⁰⁰⁵
	空気量	JIS A 1128 ²⁰⁰⁵
	温度	JIS A 1156 ²⁰⁰⁶
強度性状	圧縮強度	JIS A 1108 ²⁰⁰⁶ 標準養生：材齢7, 28日
長さ変化性状	収縮ひずみ	JIS A 1129 ²⁰⁰¹ 材齢7日までの標準養生後に基長をとり、以後温度20±2℃、相対湿度60±5%の室内に保存
	拘束膨張・収縮ひずみ	JIS A 6202 ¹⁹⁹⁷ 付属書2(B法) 材齢7日まで標準養生、以後温度20±2℃、相対湿度60±5%の室内に保存

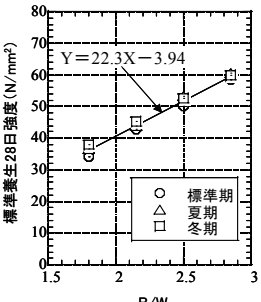


図-1 B/Wと標準養生 28 日強度の関係

キーワード レディーミクストコンクリート、収縮抑制、石灰石粗骨材、膨張材、収縮低減剤
連絡先 〒285-8655 千葉県佐倉市大作 2-4-2, T E L 043-498-3804

(1) 圧縮強度

図-1にB/Wと標準養生28日強度の関係を示す。B/Wと圧縮強度の関係には高い相関が認められ、3期を通して通常のコンクリートと同様の傾向を有していることが確認された。

(2) 長さ変化

a) 収縮ひずみ

図-2に標準期における収縮ひずみの試験結果を示す(図中では収縮ひずみを負、膨張ひずみを正とする)。プレーンコンクリートに対する収縮抑制コンクリートの収縮ひずみの比は、乾燥期間4週:0.52, 3か月:0.66, 6か月:0.72であり、明確な収縮低減効果が認められた。図-3に乾燥期間6か月の収縮ひずみを示す。W/Bおよび試験時期が乾燥期間6か月の収縮ひずみに及ぼす影響は小さく、 $421 \sim 469 \times 10^{-6}$ の範囲であった。

b) 拘束膨張・収縮ひずみ

図-4に標準期の拘束膨張・収縮ひずみの試験結果を示す。また、図-5に材齢7日の拘束膨張ひずみを示す。材齢7日の拘束膨張ひずみは、いずれの条件においても、膨張コンクリートに関する指針類^{3) 4)}で規定される標準値: $150 \sim 250 \times 10^{-6}$ を満足する結果が得られた。ここで、夏期やW/B=35.1%の拘束膨張ひずみが、他と比較してやや小さい傾向を示した。この原因は、これらの条件の場合に材齢初期の自己収縮が大きくなることに起因しているものと考えられる。材齢7日以降の拘束収縮ひずみの変化量について、プレーンコンクリートに対する収縮抑制コンクリートの比は、乾燥期間4週:0.67, 3か月:0.81, 6か月:0.86であり、拘束を受ける条件でも明らかな収縮低減効果が認められた。

c) 収縮ひずみに対する膨張材の効果を加味したひずみ

通常、膨張材を使用したコンクリートの長さ変化特性は、JIS A 6202による一軸拘束を受けた状態での長さ変化率で評価される。一方、収縮低減剤を使用したコンクリートは、JIS A 1129による無拘束状態の長さ変化率で評価される。本検討では、膨張材と収縮低減剤を併用しており、試験方法が混在することから、統一的に評価するのは難しいと考えられるが、便宜的な評価指標として、日本建築学会の収縮ひび割れ制御指針⁵⁾に示されている考え方(図-6)を参考とし、乾燥期間6か月の収縮ひずみに材齢7日の拘束膨張ひずみを加算したひずみの結果を図-7に示す。収縮ひずみに対する膨張材の効果を加味したひずみの値は $194 \sim 271 \times 10^{-6}$ の範囲となり、収縮量を大幅に制御したレディーミクストコンクリートが得られた。

4. まとめ

収縮抑制レディーミクストコンクリートのフレッシュ、圧縮強度、長さ変化性状について実験的に検討した結果、以下の知見を得た。

- (1)フレッシュ性状は、混和剤添加量の調節によって年間を通して目標値を満足できた。
- (2)B/Wと圧縮強度には高い相関が認められ、通常のコンクリートと同様な傾向であった。
- (3)乾燥期間6か月における収縮ひずみは、 $421 \sim 469 \times 10^{-6}$ の範囲であった。また、収縮ひずみに対する膨張材の効果を加味したひずみは $194 \sim 271 \times 10^{-6}$ の範囲であり、収縮抑制レディーミクストコンクリートが実用的に製造可能であることが確認できた。

参考文献

- 1) 例えば、大塩ほか:石灰石骨材を用いたコンクリートの基礎的諸特性、セメント技術年報, No.41, pp.106-109, 1987
- 2) 例えば、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
- 3) 日本建築学会:膨張材を使用するコンクリートの調査設計・施工指針案・同解説, 1978
- 4) 土木学会:膨張コンクリート設計施工指針、コンクリートライブラリー第75号, 1993
- 5) 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

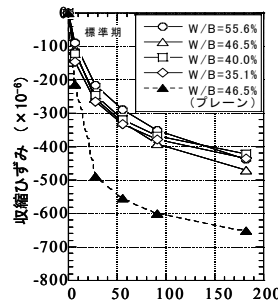


図-2 収縮ひずみの試験結果

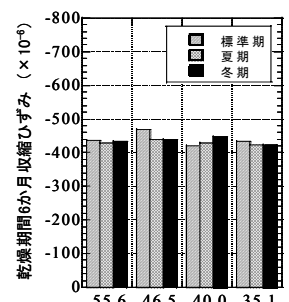


図-3 乾燥期間6か月の収縮ひずみ

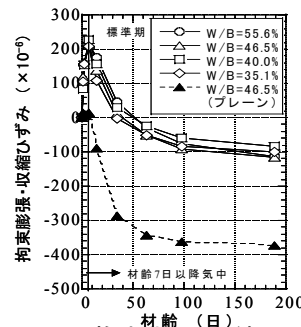


図-4 拘束膨張・収縮ひずみの試験結果

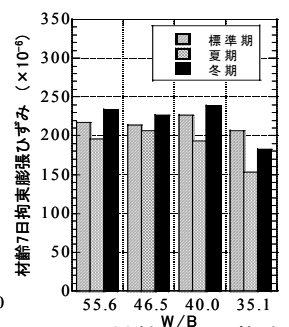


図-5 材齢7日の拘束膨張ひずみ

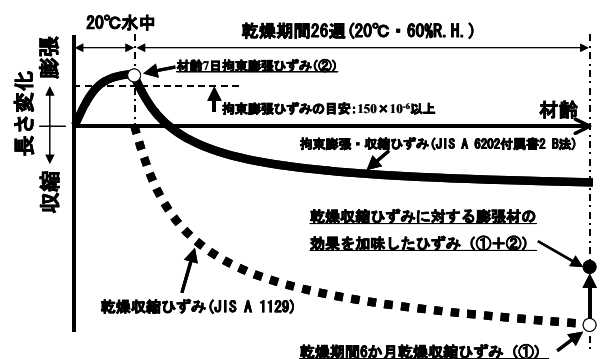


図-6 収縮ひずみに対する膨張材の効果を加味したひずみの考え方

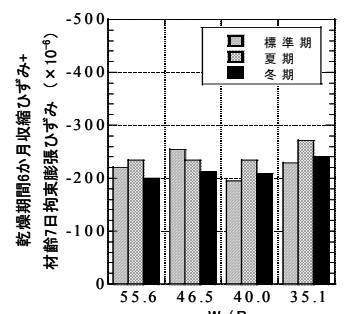


図-7 膨張材の効果を加味したひずみ