

ASR 抑制を目的としたフライアッシュコンクリートの硬化特性試験

東日本旅客鉄道 正会員 ○小林 将志

東日本旅客鉄道 正会員 古賀 誠

新潟生コンクリート協同組合 小林 和行

1. はじめに

コンクリート中の骨材がアルカリシリカ反応(以下, ASR)を起こした場合, 損傷度によって構造物の耐久性が著しく低下することとなる。このため, ASR抑制対策の1つとしてフライアッシュ(以下, FA)をコンクリートの混和材として使用することが提案されている^{1), 2)}。FAコンクリートについては, 使用時の諸特性に対する影響の研究^{3), 4)}も進んでおり, FAの混入によりASRの抑制効果を発揮するものの, 硬化時の諸特性に影響を及ぼすことが指摘されている。そこで今回, ASR抑制を目的として導入が想定される範囲のFAコンクリート硬化時の諸特性を把握することを目的として, 供給可能なASR反応性骨材の硬化時の特性を把握した上で, FAの添加方法をパラメーターとして特性試験により検証したので以下に報告する。

表-1 本試験で使用した材料

使用材料	記号	種別	品質
セメント	C	普通ポルトランドセメント	密度3.16g/cm ³ , 比表面積3380cm ² /g, 全アルカリ量0.41%
フライアッシュ	F1	フライアッシュⅠ種品	Ⅰ種相当品, 密度2.34g/cm ³ 比表面積5590cm ² /g
	F2	フライアッシュⅡ種品	Ⅱ種相当品, 密度2.23g/cm ³ 比表面積3890cm ² /g
骨材	S1	A地区陸砂・陸砂利	化学法: 無害でない
	K1	B地区砕砂・山砂・砕石	化学法: 無害
	K2	C地区砕砂・山砂・砕石(石灰石)	化学法: 無害

2. 使用材料および特性試験の概要

本試験に使用した主な材料を表-1に, コンクリートの配合および基本的な物性値を表-2に示す。FAコンクリートの混和剤はFA用のものを用いた。コンクリートの練り混ぜは, 試験練りミキサ(ニ軸強制60L)にて行った。材料投入及び練り混ぜ時間は, 砂1/2,

セメント(フライアッシュ), 砂1/2投入後空練り15秒, 水(混和剤含む), 砂利投入後90秒の練り混ぜとした。硬化特性試験は, 収縮率を乾燥収縮試験JISA1129で, 圧縮強度を圧縮強度試験JISA1108で, 引張強度を引張強度試験JISA1113

で, 9ケースの配合に対して実施した。材料の試験材齢は7,28,91,182日とし(圧縮強度のみ42日, 56日を追加), 同条件で養生を行った供試体を用いて実施した。

基準となるS1(27-12)は, ASR

Rの反応性試験において「無害でない」とされる陸砂利を骨材として使用して呼び強度27N/mm², スランプ12cm, 空気量4.5%を目標とした配合である。K1(27-12), K2(30-18)は, 主に骨材種別による硬化特性に対する影響を比較する目的でW/Cと呼び強度が同程度の配合である。その他配合の記号は, 使用骨材, FA種別, FA混入率を示しており, 「外」と記入したものは, 外割りにてFAを混入したものである。各配合は, FAの種別や混合方法(内割り, 外割り)の別を考慮して決定した。

表-2 本試験で使用したコンクリート配合及び基本的な物性値

No.	単位重量(kg/m ³)								F/(C+F) %	W/C %	W/(C+F) %	S/a ^{※2} %	f _{ck} N/mm ²	スランプ cm	空気量 %
	W	C	F	S ₁ (細)	S ₂ (粗)	G	AD ^{※1}								
S1(27-12)	146	298	—	140	560	1159	0.931	—	49.0	49.0	37.7	36.3	14.0	4.6	
K1(27-12)	170	347	—	390	412	1004	3.990	—	49.0	49.0	44.4	42.8	11.0	4.1	
K2(30-18)	165	346	—	263	635	923	3.810	—	47.7	47.7	49.3	42.3	17.0	3.5	
S1-F1-10	142	269	30	139	556	1165	0.934	10.0	52.8	47.5	37.4	35.4	15.0	4.7	
S1-F1-15	138	252	45	139	556	1172	0.928	15.2	54.8	46.5	37.2	35.0	15.5	4.6	
S1-F2-15	146	267	48	136	543	1152	0.981	15.2	54.7	46.3	37.1	37.4	14.5	4.3	
S1-F2-20	146	260	65	134	535	1146	1.016	20.0	56.2	44.9	36.9	35.8	15.0	4.2	
S1-F2-15外	146	298	45	130	518	1159	1.072	13.1	49.0	42.6	37.4	38.9	15.5	4.1	
S1-F2-20外	146	298	60	126	504	1159	1.119	16.8	49.0	40.8	37.3	39.4	14.5	3.8	

※1: AE減水剤, S2(40-12)は高性能AE減水剤 ※2: S1-F2-15外, S1-F2-20外は(S+F)/(a+F)

表-3 S1(27-12)により準化した各特性試験の結果

No.	F/(C+F) %	C/W	C ^{※1} /W	収縮率			圧縮強度			引張強度		
				7日	28日	6ヶ月	7日	28日	6ヶ月	7日	28日	6ヶ月
S1(27-12)	—	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
K1(27-12)	—	1.000	1.000	1.317	1.362	1.277	1.228	1.178	1.131	1.133	1.195	1.180
K2(30-18)	—	1.027	1.027	0.751	0.706	0.695	1.226	1.164	1.118	1.231	1.259	1.101
S1-F1-10	10.0	0.928	1.032	0.995	1.136	0.905	0.939	0.975	1.081	0.792	0.919	1.058
S1-F1-15	15.2	0.895	1.054	1.032	1.178	0.967	0.916	0.963	1.094	0.814	0.768	0.986
S1-F2-15	15.2	0.896	1.057	1.021	1.148	0.949	0.975	1.029	1.065	0.883	1.061	0.922
S1-F2-20	20.0	0.872	1.091	0.968	1.139	0.914	0.947	0.986	1.060	0.867	1.010	1.032
S1-F2-15外	13.1	1.000	1.151	0.979	1.148	0.943	1.040	1.072	1.094	1.000	0.936	1.229
S1-F2-20外	16.8	1.000	1.201	0.979	1.166	0.947	1.117	1.084	1.212	0.883	0.960	1.070

C^{※1}: (C+F)とする。

キーワード: アルカリシリカ反応, フライアッシュ, 収縮率, 圧縮強度, 引張強度

連絡先: 〒370-8543 群馬県高崎市栄町6-26 東日本旅客鉄道株式会社 上信越工事事務所 工事管理室 TEL 027-324-9361

3. 試験結果

表一3は、各特性試験の結果を S1 (27-12) 基準で整理した値である。各基準配合として用いた S1 (27-12) の収縮率と異なる骨材(配合)の K1,K2 の収縮率を比較した結果を、図一1に示す。どの骨材も 0.25 年から 0.5 年で収縮率がほぼ収束傾向を示した。基準となる S1 (27-12) の収縮率は 0.5 年で約 500 μ 程度であり、K1 の約 600 μ と K2 の 400 μ の中間的な収縮傾向にあった。圧縮強度および引張強度は、K1,K2 の方がどの材齢においても 1 割から 2 割程度大きい値を示した。以下に、今回設定した FA 混入量の範囲におけるコンクリートの硬化時の各特性値における影響について概説する。

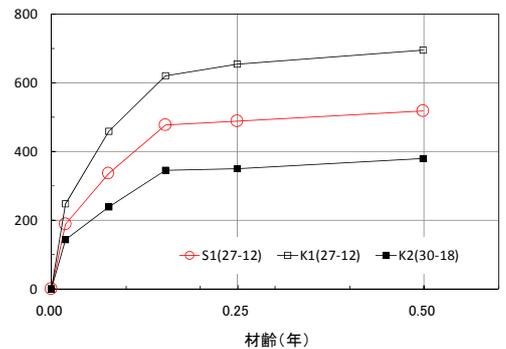


図-1 異なる骨材での乾燥収縮による長さ変化率と材齢の関係

(1) 収縮率

各配合の乾燥収縮による長さ変化率(収縮率)と材齢の関係を図一2に、S1 (27-12) を基準とした値を図一3に示す。この図より基準配合との差異は見られず、今回の配合程度の混入量においては、コンクリートの収縮率に対する影響は低い傾向を示した。

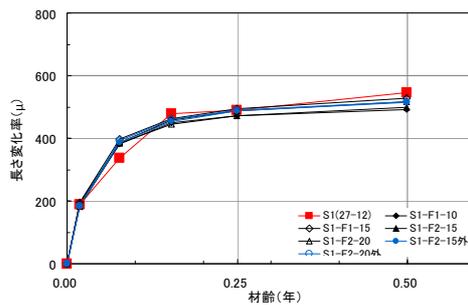


図-2 各配合の乾燥収縮による長さ変化率と材齢の関係

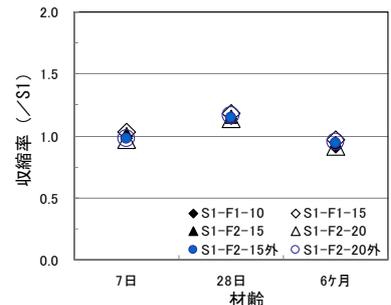


図-3 基準化した収縮率(長さ変化率)と材齢の関係

(2) 圧縮強度

各配合の圧縮強度と材齢の関係を図一4に、S1 (27-12) を基準とした値を図一5に示す。この図より、硬化初期 7 日の内割り配合において、最大で 0.91 程度の値を示し、外割りの配合は基準配合と同程度の値を示した。今回の適用配合程度の FA 混入量であれば、内割りで FA 混入量が多い配合で硬化初期の段階に若干の強度低下が発生する可能性が確認された。

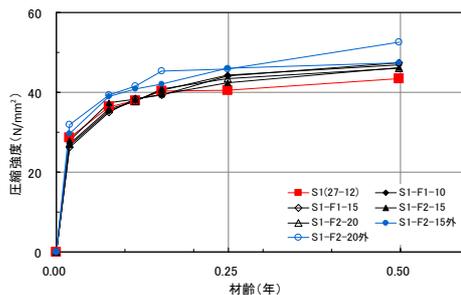


図-4 各配合の圧縮強度と材齢の関係

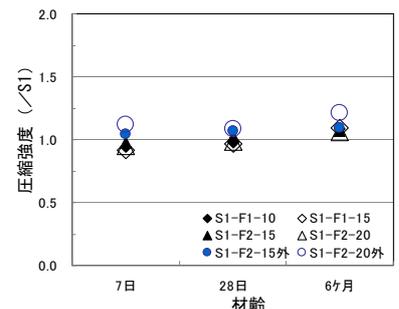


図-5 基準化した圧縮強度と材齢の関係

(3) 引張強度

各配合の引張強度の材齢ごとの関係を図一6に、S1 (27-12) を基準とした値を図一7に示す。この図より、硬化初期の 7 日、28 日の内割り配合において、最大で 0.79 程度の値を示し、外割りの配合においても混入量の多いもので基準配合より低い値を示した。今回の適用配合程度の FA 混入量であっても、FA 混入量が多い配合において硬化初期で引張強度が低下する傾向を示した。

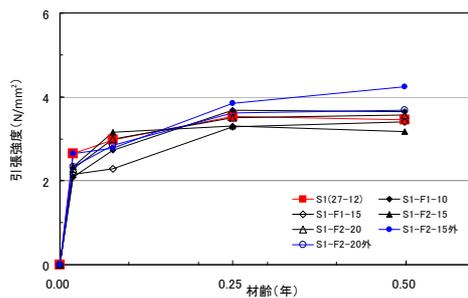


図-6 各配合の引張強度と材齢の関係

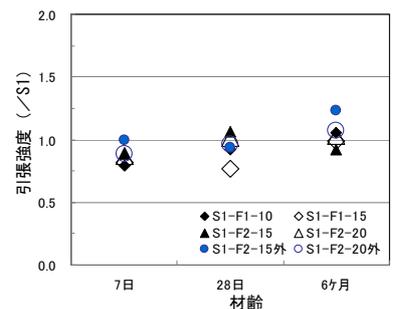


図-7 基準化した引張強度と材齢の関係

[参考文献]

- 1) 土木学会:フライアッシュコンクリートを用いたコンクリートの施工指針(案), コンクリートライブラリー94, 1999.4
- 2) (社)日本コンクリート工学協会:作用機構を考慮したアルカリ骨材反応の抑制対策と診断研究委員会[報告書], 2008.9
- 3) 松崎ら, フライアッシュを用いたコンクリートのフレッシュ性状および耐久性の系統的実験, コンクリート工学年次論文集, Vol.30, No.1, 2008.7
- 4) 楠 貞則ら, コンクリートの配合設計に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.30, No.1, 2008.7