

高炉スラグ微粉末とフライアッシュを用いたコンクリートの強度および耐久性

徳島大学大学院 学生会員 ○宮西昭宏
岡山 県 正 会 員 黒瀬悦成
徳島大学工学部 正 会 員 河野 清

1. 研究目的

現在、世界的に環境保全が叫ばれ、資源の有効利用あるいはリサイクルが重要な研究課題となっている。我が国においても様々な産業発展により副産される産業副産物の研究が進められ、その再利用の必要性が注目されている。高炉スラグ微粉末は製鉄所からの産業副産物であり、近年、高炉セメントとして有効利用されている。一方、石炭火力発電所の副産物であるフライアッシュに関しても、近年の火力発電の見直しに伴い年々増加しているが、初期強度発現の遅れることから十分な有効利用がなされていないのが実状である。

このような現状から、CaO を主成分とし潜在水硬性をもつ高炉スラグ微粉末や SiO₂ を主成分とする人工ポゾランのフライアッシュを混和材として積極的に利用することは、重要な研究課題であると思われる。そこで本研究では高炉スラグ微粉末とフライアッシュとの混合比率を変化させながら（混和材量中のフライアッシュの混入率を 20, 30 および 40% と変化させた）、セメント量の 1.0～1.8 倍混入したいわゆる 3 成分系コンクリートを造り、その強度特性、乾燥による長さ変化率、耐久性などの基礎的物性を普通コンクリートと比較して調査した。

2. 実験概要

2.1 使用材料

使用材料はセメントが普通ポルトランドセメント(比重 3.15) , 混和材に高炉スラグ微粉末(比重 2.90, プレーン比表面積 4080cm²/g)とフライアッシュ(比重 2.22, プレーン比表面積 3170cm²/g)、粗骨材は那賀川産玉砕石(最大寸法 25mm)を用いた。細骨材には、吉野川産川砂(粗粒率 3.30)と粒度調整のために微砂(粗粒率 0.95) を 9 : 1 に混合使用し、混和剤として高性能減水剤および AE 剤を使用した。

2.2 コンクリートの配合および試験方法

目標スランプ 12cm, 目標空気量 4% の一定として配合を行った。(表-1 参照) このような配合条件のコンクリートを強制 2 軸型練りミキサで 3 分間練混ぜた後、供試体 φ 10×20cm 円柱および

表-1 コンクリートの配合

種類	水結合比 (%)	単位量 (kg/m ³)								
		W	C	BS	F	川砂	微砂	生砕石	高性能 減水剤	AE 剤
C300	50.0	150	300	0	0	710	79	1094	1.65	0.15
C150S210	40.3	145	150	210	0	690	77	1064	2.88	0.18
C150SF210(F20)	40.3			168	42	686	76	1057	2.16	0.18
C150SF210(F30)				147	63	683	76	1054	2.34	0.22
C150SF210(F40)				126	84	681	76	1051	2.50	0.22
C150SF270(F20)	34.5			216	54	664	74	1024	2.94	0.34
C150SF270(F30)				189	81	661	74	1019	2.94	0.36
C150SF270(F40)				162	108	658	73	1015	2.94	0.38

□10×10×40cm はりに成形した。円柱供試体を所定材齢まで養生後、強度試験、耐海水性などを、□10×10×40cm のはり供試体で乾燥による長さ変化率試験、凍結融解試験などを行った。

3. 実験結果およびその考察

(1) 圧縮強度

図-1 に見られるように 3 成分系セメントを使用したコンクリートは普通コンクリート(C300)と比べて長期材齢において圧縮強度の増加がみられた。また、C150S210 と比較

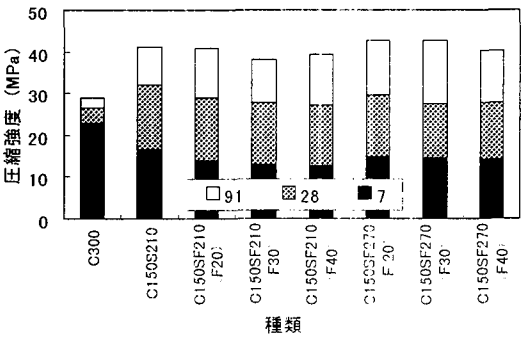


図-1 圧縮強度試験結果

しても、7日および28日強度は下回っている。これは、潜在水硬性よりもポゾラン反応のほうが、反応速度が遅いため、これが強度発現に大きな影響を与えていると思われる。実際、混和材量中のフライアッシュの混入率を増加させるにしたがい初期強度は低下する傾向にあるが、91日になるとさほど変わらなくなる。これは、長期材齢になるとフライアッシュのポゾラン反応が進行するためと考えられる。

(2) 引張強度

圧縮強度試験結果と同様に長期材齢において強度の増加がみられる。(図-2 参照)

(3) 長さ変化率試験結果

図-3のように3成分系セメントを使用したコンクリートをC300と比較するとスラグの混入量が増加するにしたがって乾燥による長さ変化率も増大した。しかし、C150S210と比較するとC150SF270で同程度、C150SF210では若干小さくなっている。これは、フライアッシュの混入は乾燥による長さ変化率を低減することが知られており、3成分系セメントを使用したコンクリートでもその特徴がでたのではないかとと思われる。

(4) 耐凍害性

3成分系セメントを使用したコンクリートをC300と比較すると相対動ヤング係数が上回った。(図-4 参照) また、C150S210と比べると混入率が20%のフライアッシュが入っていたにもかかわらず、比較的差は少なくやや高い値となり、耐凍害性は、C300より優れているといえる。

(5) 耐海水性

人工海水を用いて乾湿繰り返し試験を行うと図-5のようにC300に比べC150S210、C150SF210、C150SF270ともに相対動ヤング係数が高くなった。これは、高炉スラグ微粉末やフライアッシュを使用することにより塩分浸透量を低減できることを示していると思われる。

4. まとめ

3成分系セメントを使用したコンクリートの特性として次のことが言える。

- (1) 普通コンクリートよりも7日の圧縮強度は低いが、28日では同程度、91日では高くなり、長期材齢の強度が改善される。
- (2) 引張強度も7日強度は普通コンクリートよりも低いが、28日強度では同程度、91日では明らかに高い値となり、圧縮強度と同様の傾向を示す。
- (3) スラグ単独のコンクリートに比べ、乾燥による長さ変化率は小さくなる。
- (4) 普通コンクリートに比べて耐凍害性は改善される傾向がある。
- (5) 乾湿繰り返し試験による耐海水性は普通コンクリートより優れている。

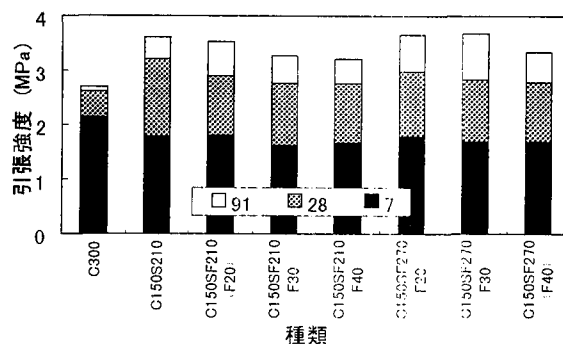


図-2 引張強度試験結果

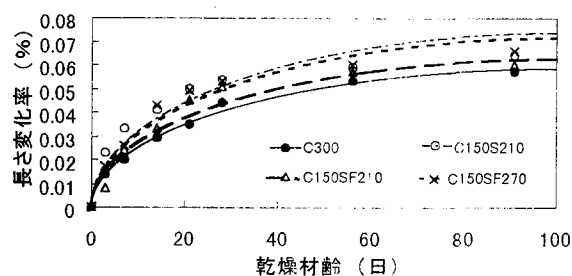


図-3 長さ変化率試験結果

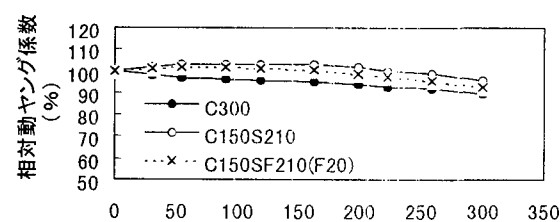


図-4 凍結融解試験結果

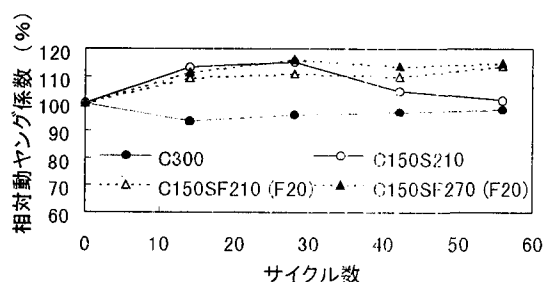


図-5 乾湿繰り返し試験結果