

V-156 各種低発熱セメントを用いたコンクリートの中性化に関する一実験

大林組技術研究所 正会員 近松竜一
 本州四国連絡橋公団 正会員 金沢克義
 本州四国連絡橋公団 正会員 古屋信明
 大林組技術研究所 正会員 十河茂幸

1. まえがき

マスコンクリート構造物の温度ひびわれ抑制の観点からは、所要の品質が確保される範囲内でコンクリートの発熱量を極力低減することが望ましい。このため、近年においては、スラグ微粉末やフライアッシュを混合セメントの J I S 規格の規定値を越える範囲で多量に用いた低発熱セメントに関する研究が活発に行われている¹⁾。混合セメントは、ポルトランドセメントよりも水和によって生成される $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 量が少ないことから、一般に中性化の進行が速いことが知られている。しかしながら、上記のような混合比率を著しく高めた場合の中性化の進行速度に関しては、十分なデータが得られているとはいえない。そこで、本実験では、スラグ微粉末やフライアッシュの物性や混合率が異なる各種低発熱セメントを用いた場合の中性化促進試験結果をもとに、低発熱セメントの物性の相違が中性化の進行に及ぼす影響について検討した。

2. 実験概要

実験に用いた9種類の低発熱セメントの概要を表-1に示す。低発熱セメントは、混合材としてスラグ微粉末を用いた二成分系とスラグ微粉末およびフライアッシュを混入した三成分系に大別され、混合材の混合率は70~84%の範囲である。細骨材は、香川県広島産海砂（比重：2.52，粗粒率：3.07），粗骨材は兵庫県赤穂産砕石（ $G_{\text{max}}:40\text{mm}$ ，比重：2.63，粗粒率：7.09）を使用した。混和剤には、高性能 A E 減水剤（主成分：ナフタリン系）を用いた。

コンクリートの配合条件を表-2に示す。コンクリートの配合は、まず、単位セメント量を $260\text{kg}/\text{m}^3$ とし、A E 減水剤を一定量添加して同一スランプ (5cm) が得られる所要単位水量を求め、低発熱セメントの物性がコンシステンシーに及ぼす影響を調べた。次に、各セメントを用いた場合に対して、目標スランプ (11cm) となるように高性能 A E 減水剤量を調整した。なお、海砂使用に伴う微粒分の不足を補い、プラスチックを改善させるために、石灰石微粉末を $30\text{kg}/\text{m}^3$ 混入した。

練りまぜには二軸強制練りミキサーを用い、骨材および各種微粉末を投入して空練り30秒、練りまぜ水を加えて90秒間練りまぜた。各試験は、それぞれの J I S に準拠した。中性化促進試験は、材令91日まで標準養生した後、温度 30°C ，相対湿度 55%， CO_2 濃度 5% の条件下で促進試験を実施し、フェノールフタレイン溶液による変色域を測定した。

表-1 各種低発熱セメントの概要

凡例	略号	比重	ブレン比表面積 (cm^2/g)	圧縮強さ (kgf/cm^2)		水和熱 (cal/g)	
				28日	91日	28日	91日
○	NS80	2.97	3520	303	379	55.6	61.2
△	NS84	2.92	5920	293	427	41.0	48.8
□	MS70	3.00	4850	316	383	48.3	51.5
●	NS60F20	2.80	5000	333	446	48.0	54.0
◆	MS62F18	2.81	4770	357	470	52.6	55.8
▲	MS48F20	2.82	4760	310	418	43.7	51.9
■	MS55F20	2.80	5070	318	391	61.5	63.6
★	MS60F22	2.79	5080	270	312	45.6	50.7
▼	MS50F27	2.73	5150	316	409	48.5	51.7

* 略号の説明 ①クリンカー種類；中庸熱(M)，普通(N)
 (例) MS60F22 ②スラグ微粉末の混合率(%)
 ① ② ③ ③フライアッシュの混合率(%)

表-2 コンクリートの配合条件

粗骨材最大寸法 (mm)	スランプ (cm)	空気量 (%)	練上り温度 ($^\circ\text{C}$)
40	11±1	4±0.5	20±1

3. 実験結果および考察

低発熱セメント中のフライアッシュ混合率と所要単位水量の関係を図-1に示す。単位セメント量を同一とした場合、コンシステンシーはフライアッシュの有無に左右され、所要単位水量はフライアッシュの混合率に比例して低減される結果が得られた。凝結性状に関しては、終結が15~28時間程度となり、三成分系でフライアッシュ混合率が大きいものほど凝結が遅延する結果となった。また、ブリージング率はいずれも2%以下と少なく、石灰石微粉末によるブリージング低減効果が認められた。一方、各種低発熱セメントを用いた場合(水セメント比:49~54%)の圧縮強度は、材令91日で約290~310 kgf/cm²程度とほぼ同等の値となった。

中性化促進試験結果の一例を図-2に示す。中性化深さは、従来の知見と同様に、促進期間の平方根にほぼ比例して増大する結果となった。そこで、各セメントを用いた場合の試験結果毎に比例定数(以下、中性化係数と呼称)を求めた。これらの中性化係数と混合材の混合率およびフライアッシュ混合率の関係を図-3および図-4に示す。各セメント毎に混合材の物性が異なるため厳密な比較はできないが、全般的には、混合材の混合率が大きいものほど中性化係数は大きくなる傾向が認められ、その程度は、参考までに高炉セメントB種を用いた場合の値と比較すると約1.6~2.2倍程度である。なお、三成分系セメントの場合には、フライアッシュのボゾラン反応に伴うCa(OH)₂の消費による中性化進行の相違が生じることが予想されたが、試験開始材令を91日とした本試験の結果からは、フライアッシュの混合率等による有意な差異は認められなかった。

4. まとめ

スラグ微粉末やフライアッシュの混合材を70%以上混合した低発熱セメントを用いた場合には、高炉セメントB種よりも中性化が約2倍程度促進され、混合材比率が中性化速度に対して支配的な要因となることが明らかとなった。マスコンクリート構造物でも中性化による鉄筋腐食が懸念される場合を考慮すると、混合材比率が小さくても低発熱性を有するセメントの開発が望まれる。

【参考文献】

- 1) 金沢ほか: 大型橋りょうマスコンクリートに適した超低発熱型セメント, コンクリート工学 Vol.29, No.4, pp.27-36, 1991.

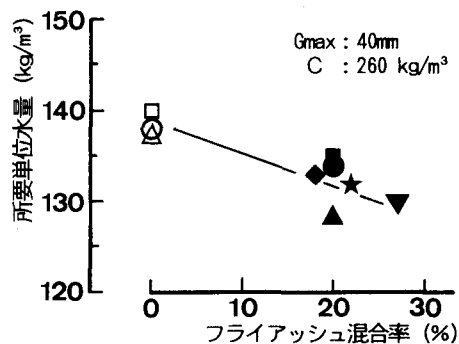


図-1 フライアッシュ混合率と所要単位水量

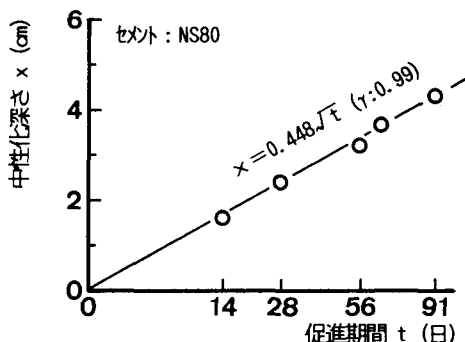


図-2 中性化促進試験結果の一例

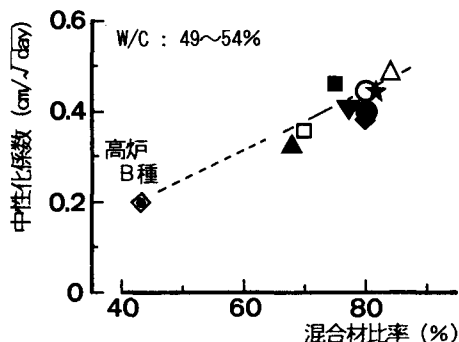


図-3 混合材比率と中性化係数

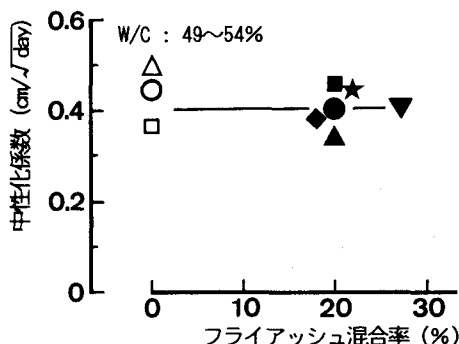


図-4 フライアッシュ混合率と中性化係数