

V-82 低発熱性混合セメントを用いたコンクリートの耐久性に関する一実験

大林組技術研究所 正会員 竹田宣典
大林組技術研究所 正会員 近松竜一
大林組技術研究所 正会員 十河茂幸

1. まえがき

マスコンクリートの温度ひびわれを低減させることを目的として、高炉スラグ微粉末やフライアッシュを混合材として高添加した発熱の少ないセメントが開発されている。これらのセメントを用いたコンクリートの凝結、硬化時あるいは硬化後の性質は、混合材の種類・混合比率により異なるものと考えられる。本報告では、低発熱性混合セメントを用いたコンクリートについての耐久性に関する実験結果を示す。

2. 実験概要

表-1に実験に用いたセメントの概要を示す。低発熱性混合セメントは、普通ポルトランドセメントクリンカーと高炉スラグ微粉末（塩基度1.95）を80%以上添加した二成分系（NB8）および中庸熱ポルトランドセメントクリンカー、高炉スラグ微粉末およびフライアッシュ（メルゾール吸着量0.13mg/g、ブルー比表面積3100cm²/g）を混合した三成分系（MBF）を用いた。比較のために、B種高炉セメント（NB4）についても試験を行なった。細骨材には木更津産陸砂（比重；2.58、粗粒率；2.80）を、粗骨材には青梅産碎石（最大寸法；20mm、比重；2.65、粗粒率；7.02）を使用した。表-2にコンクリートの配合とフレッシュコンクリートの性質を示す。セメント量を280kg/m³、水セメント比を55%とし、混和剤の添加量を調整しスランプを12±1cm、空気量を4±0.5%とした。表-3に試験項目および試験方法を示す。

表-1 セメントの種類

記号	セメントの種類	比重	混合比率(%)			クリンカーの種類	スラグの比表面積 (cm ² /g)	化 学 成 分 (%)			
			C	Sg	F			insol.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO
NB4	B種高炉	3.04	57	43	—	普通	4100	0.2	25.6	9.2	54.2
NB8	低発熱性	2.93	18	82	—		5900	0.0	29.4	12.5	45.4
MBF	セメント	2.74	18	52	30	中庸熱		22.8	22.5	9.2	36.6

* C : セメントクリンカー, Sg : 高炉スラグ微粉末, F : フライアッシュ

表-2 コンクリートの配合およびフレッシュコンクリートの性質

記号	セメントの種類	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)		スランプ (cm)	エア (%)	断熱温度上昇*	
				W	C			K	α
NB4	B種高炉	55	48	154	280	12.0	4.3	47.1	0.74
NB8	低発熱性					12.0	4.0	29.5	0.62
MBF	セメント	53	48	154	280	12.0	3.9	22.3	0.52

* T=K (1-exp(α t)) による近似値

表-3 試験項目および試験方法

試験項目	試験方法	試験開始材令(日)
乾燥収縮率	長さ変化試験(JIS A 1129)	28
凍結融解抵抗性	水中凍結融解法(JIS A 6204)	14, 28, 91
気泡間隔係数	画像処理装置を用いた面積比法	91
細孔径分布	水銀圧入法 ベト量に対する細孔量に換算	14, 28, 91
中性化深さ	CO ₂ 濃度5%, 温度30℃, 湿度40%の室内に2ヶ月間浸漬後, フェノール液の変色域を測定	91
遮塩性	C1濃度1.8%の人工海水に2ヶ月間浸漬後, フェノール液の変色域を測定	91
水密性	20kgf/cm ² の水圧を48時間作用させ水の浸透深さより拡散係数を求める	91

3. 実験結果および考察

3.1 乾燥収縮 図-1に乾燥収縮率の経時変化を示す。乾燥による収縮率は、乾燥期間180日においてB種高炉セメント(NB4)に比べて、二成分系セメント(NB8), 三成分系セメント(MBF)ともに約10%低減した。これは、空隙構造が微細化し水分の蒸発が抑制され、かつ内部組織が緻密化したためと考えられる。

3.2 凍結融解抵抗性 図-2に凍結融解試験による耐久性指数および重量減少率を示す。材令14日において試験を開始した場合、NB4, NB8の耐久性指数は80%以上であるが、強度発現が十分でないMBFは約50%である。材令91日において試

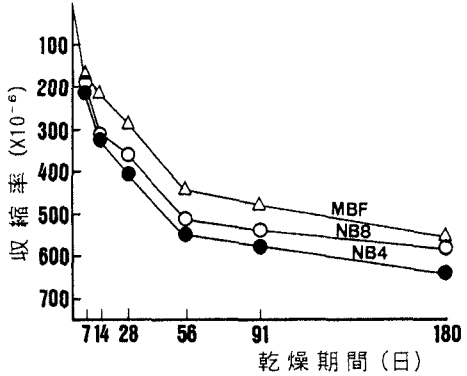


図-1 乾燥収縮の経時変化

験を開始した場合では、MBF の重量減少率は大きく、耐久性指数は高炉スラグ微粉末のみ混合したものに對して若干小さいが、約75% まで増加した。そこで、気泡の分布状態に着目して測定を行った結果を図-3に示す。MBF の気泡間隔係数および気泡分布は、NB4 と大きな差はないため、水和生成物の差異が凍結融解抵抗性に影響しているものと考えられる。

3.3 中性化の進行・塩分の浸透

図-4に中性化深さおよび塩分の浸透深さを示す。促進試験における中性化深さはNB4 に比べて、NB8 で約2倍、MBF で約3倍であった。高炉スラグ微粉末およびフライアッシュを高添加すると、当初より含まれるアルカリ量が少なく、また水和反応により水酸化カルシウムが消費されるため、中性化深さが増大すると思われる。図-5にペースト中の細孔半径の分布を示す。水中養生を行った材令91日における細孔分布は、いずれのセメントも材令14日に比べて半径140 Å以下の細孔量が増加し、全細孔容量は減少する傾向を示した。これは、長期材令においても水和反応が進行していることを示すものである。また、NB8 およびMBF の全細孔容積はNB4 に比べて大きく、中性化の進行に影響を及ぼす一因であると考えられる。塩素イオンの浸透は、セメントの種類によって大きな差はないが半径24Å以下の細孔量が関与していると考えられる。

3.4 水密性 図-4に透水試験による拡散係数を示す。拡散係数の値より、いずれも高い水密性が得られるコンクリートとすることができた。

4. まとめ

今回の実験に用いた低発熱混合セメントは、混合材の混合比率により多少の差はあるが、凍結融解抵抗性、乾燥によるひびわれ抵抗性、遮塩性、水密性に関しては、B 種高炉セメントと比較して大差なく、むしろ良好な結果も得られたが、中性化の進行が速いことが判明した。今後、混合材の種類・混合比率等を検討し、低発熱かつ高耐久性の結合材について検討する予定である。

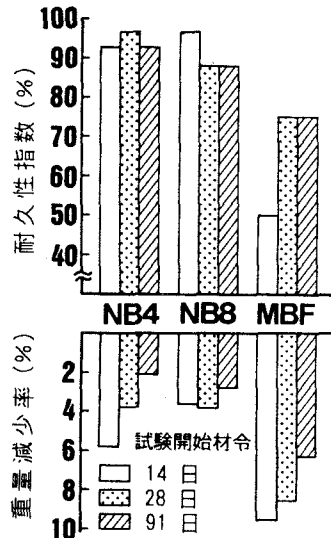


図-2 凍結融解試験結果

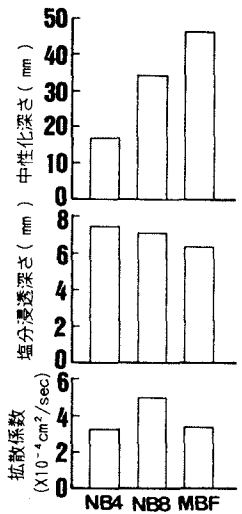


図-4 中性化試験・塩分浸透試験・透水試験結果

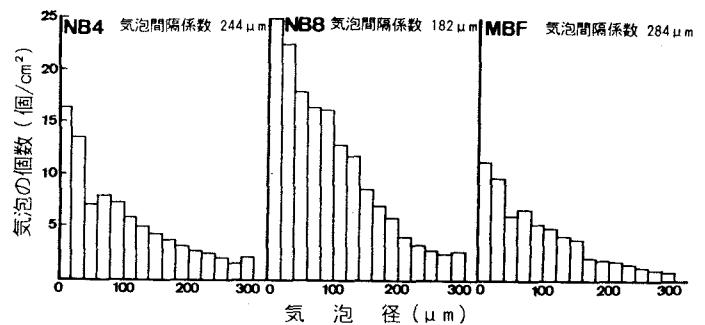


図-3 コンクリート中の気泡分布

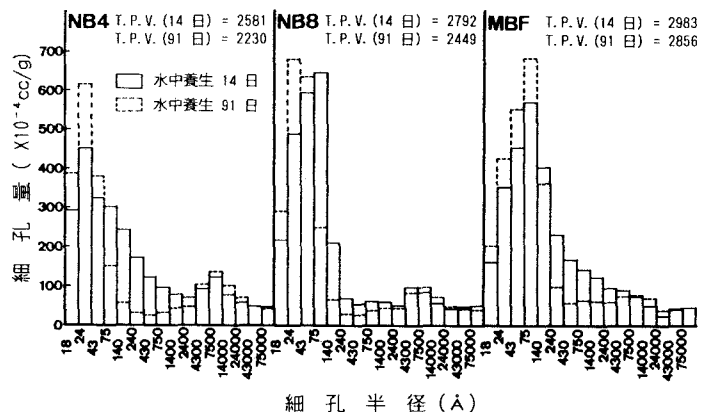


図-5 ペースト中の細孔分布