

第V部門

未消化廃耐火レンガ細骨材が及ぼすコンクリートの強度及び中性化への影響

関西大学工学部 学生員 ○永井 陽

関西大学大学院工学研究科 学生員 中村 健二

関西大学環境都市工学部 正会員 鶴田 浩章

1. はじめに

本研究は、製鋼所の転炉で使用されている耐火レンガが使用不可となった後の有効利用として、廃耐火レンガを細骨材として使用し、コンクリート用材料として利用価値があるかどうかの可能性を検討することが目的である。これは、産業廃棄物を削減するだけでなく、天然細骨材の温存にもつながる。

廃耐火レンガは水分と反応することで「消化」と呼ばれる膨張破壊を起こし、消化前後によって細骨材として保持している性能が異なると思われる。そこで、本研究では消化を起こす可能性のある未消化廃耐火レンガ細骨材（MgO-C Bricks Fine Aggregate、以下 MBFA と略）を使用した。特に、未消化 MBFA がコンクリートの強度性状及び中性化にどのような影響をもたらすのかを明確にするための検討を行った。

2. 実験概要

2.1 使用材料

未消化 MBFA は廃耐火レンガブロックをハンマーで粗割りし、破砕機、粉砕機を用いて細骨材の状態にして使用した。なお、MBFA は川砂の体積に対して内割置換とし、表乾状態で使用した。

使用材料について表-1 に示す。

表-1 使用材料とその特性値

使用材料	密度(g/cm ³)	吸水率(%)	粗粒率
普通ポルトランドセメント	3.15	—	—
上水道水	1.00	—	—
細骨材(S)	2.58(表乾)	1.56	2.62
未消化MBFA	3.00(表乾)	0.46	2.59
粗骨材(G)	2.68(表乾)	1.16	6.54
高性能AE減水剤	1.07	—	—

2.2 実験方法

(1) フレッシュ性状

置換率を 0%、10%、30%と設定し、水セメント比 50%、目標スランプ 8±1cm 及び空気量 5±0.5% に収まる配合の変化を把握した。練りあがり後は、

JIS A 1101 コンクリートのスランプ試験、JIS A 1116 フレッシュコンクリートの単位容積質量試験方法および空気量の質量による試験を行った。

(2) 強度性状

フレッシュ性状で決定した示方配合をもとに、JIS A 1132 に従って各置換率における供試体を作製した。材齢は 7 日、28 日、91 日とし、養生方法は水中養生とした。強度試験は JIS A 1108、JIS A 1113、JIS A 1106 に従い行った。

(3) 中性化

(2) と同様の示方配合で、各置換率における供試体を作製した。養生は水中養生 4 週、気中養生 4 週とした後、両側の浸透面以外をシールし、促進中性化試験を行った。JIS A 1153 に従い、温度 20±2℃、相対湿度 60±5℃、二酸化炭素濃度 5±0.2% の促進条件とし、所定の材齢での中性化深さを比較することで、中性化速度にどのような影響が現れるのかを検討した。測定面の準備及び測定方法は、JIS A 1152 の 5. (測定方法) によって行った。中性化深さは 1% 濃度のフェノールフタレインエタノール溶液を試薬として用い、赤色に着色しない部分を測定した。測定においては 3 個の供試体の各 2 面、合計 6 面の 30 か所の中性化深さの平均値を求めた。

3. 実験結果および考察

(1) フレッシュ性状

表-2 に各置換率についての示方配合を示す。配合は置換率が増すほど単位水量が増え、混和剤の添加量を増やさなければならなかった。よって MBFA の使用量が増加するほど流動性が低下するという結果となった。

(2) 強度性状

図-1 に圧縮強度試験結果を示す。圧縮、引張、曲げ強度を総合して、置換率 10% が最も高い強度を発揮した。これは、MBFA の微粒分が川砂の微粒分を

補い、緻密なコンクリートが作製されたためであると考えられる。しかし、30%では強度の低下が見られ、MBFA の割合が増えると MBFA 自体の脆さが影響して強度が低下すると思われる。ただし、いずれの置換率においても、外観上膨張を示す状況は見られなかった。

(3) 中性化

図-2 に 1,4,8,13 週での促進中性化試験結果を示す。また、図-3 に中性化速度係数の比較を示す。

図-2 の破線と点線は今回の促進条件を適用させた水セメント比 50%及び 40%の中性化速度式（魚本・高田式）¹⁾ で予測した結果である。そして、MBFA を使用することによって図-3 に示す中性化速度係数が 0% の場合の 20%～25%程度に抑制され、MBFA が中性化に対する抵抗性を持つことがわかる。これは、点線で示されるように水セメント比を 40%以下にした場合に相当する。MBFA 自体も塩基性の材料であるが、フレッシュ状態の pH を測定した結果、各置換率での差は見られなかった。したがって単位水量が増えても MBFA を置換すると緻密な構造となり、二酸化炭素が侵入しにくくなったと推測される。

4. まとめ

MBFA の置換率を増加させることは、流動性の低下から単位水量が増えてしまうこと、スランプロスが大きくなること、置換率 30%で強度の低下が見られたことなどの、施工性や経済性及び強度の問題を生じさせた。しかし、今回の検討の範囲では、置換率 10%が 0%より高い強度を発揮し、最も中性化を抑制できた。また、未消化 MBFA の膨張が懸念されたが、本研究の範囲では、膨張による悪影響は見られず、付加価値を高める効果が確認できた。

謝辞

本研究の一部は、平成 20 年度関西大学大学院工学研究科高度化推進研究費によって行った。ここに記して謝意を表します。

参考文献

1) 高田 良章：コンクリートの中性化に及ぼす各種要因と中性化進行予測に関する研究 芝浦工業大学博士（工学）学位論文、2008

表-2 コンクリートの示方配合

MBFA 置換率	細骨材率 s/a %	単 位 量 (kg/m ³)					
		水	セメント	細骨材	粗骨材	廃耐火レンガ 細骨材	高性能 AE減水剤
		W	C	S	G	MBFA	Ad (g)
0%配合	46.0	145	290	848	1032	0	2793 【0.9%】
10%配合	44.0	153	306	715	1050	92	2947 【0.9%】
30%配合	46.0	166	332	564	982	281	4263 【1.2%】

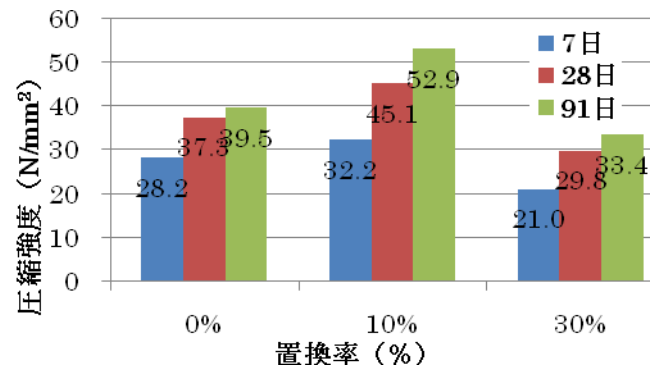


図-1 圧縮強度試験結果

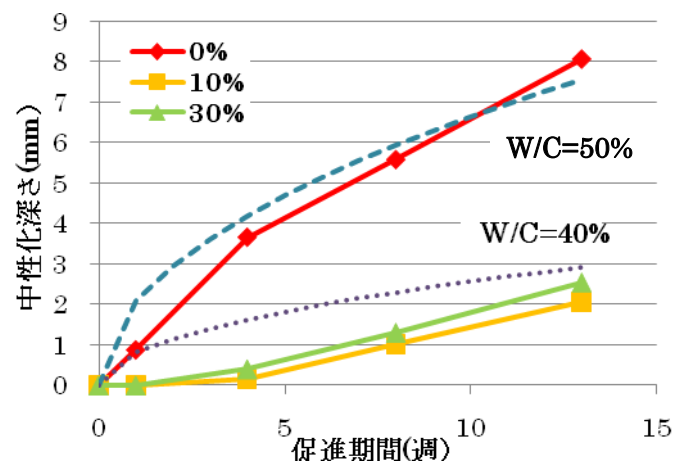


図-2 促進中性化試験結果

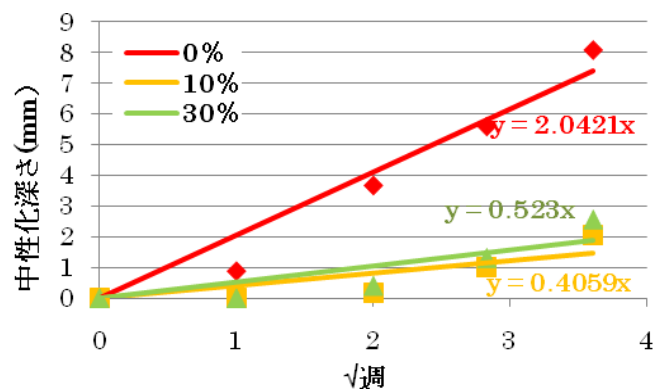


図-3 中性化速度係数 (mm/√週)