

急速塩分浸透性試験を用いた廃瓦骨材混入コンクリートの塩分浸透性の検討

広島大学大学院 正会員 ○小川 由布子
 広島大学大学院 学生会員 大西 裕士
 広島大学大学院 学生会員 Macharia M. M.
 広島大学大学院 フェロー会員 河合 研至
 広島大学大学院 フェロー会員 佐藤 良一

1. 目的

瓦生産における JIS 不適合品の廃瓦は、比較的吸水率が高く、破砕値が小さいという特徴があり、内部養生材として注目されている。本研究では、普通セメントよりも長い期間湿潤養生を要する高炉セメントを用いたコンクリートに対して廃瓦骨材を内部養生材として用い、塩分浸透性の検討を行った。

2. 実験概要

2.1 使用材料

セメントは、密度 3.02g/cm^3 の高炉セメント B 種を使用した。細骨材は、石英斑岩砕砂 (S: 表乾密度 2.60g/cm^3 、吸水率 1.06%) と石灰砕砂 (LS: 表乾密度 2.65g/cm^3 、吸水率 1.22%) を体積比 6:4 で混合使用した。粗骨材は石英斑岩砕石 (G: 表乾密度 2.62g/cm^3 、吸水率 0.69%) を用いた。廃瓦骨材は、江津産の石州瓦の JIS 不適合品をクラッシャーで粉砕したものを用いた。廃瓦粗骨材 (PCCA) は、BS 812 破砕値 21% であり、表乾密度および吸水率は、それぞれ 2.26g/cm^3 、9.0%、廃瓦細骨材 (PCFA) は 2.29g/cm^3 、9.5% であった。これらを 7 日間吸水させ、表乾状態にして使用した。

2.2 配合

本実験の配合を表-1 に示す。単位水量を 165kg/m^3 、細骨材率を 45%、水セメント比を 50% の一定とした。PCCA 置換率は、容積比で 10% および 20% とした。PCFA 置換率は、内部養生水 (吸水量) が PCCA と同等となるように、12% および 23% とした。なお、普通ポルトランドセメントを使用した配合 (NC) も試験した。

表-1 配合

記号	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/m ³)						
			W	C	細骨材			粗骨材	
					S	LS	PCFA	G	PCCA
BB	50	45	165	330	475	323	0	988	0
BB-G10					475	323	0	889	85
BB-G20					475	323	0	790	170
BB-S12					420	285	81	988	0
BB-S23					365	248	161	988	0
NC					481	327	0	988	0

2.3 養生方法および試験方法

養生条件は、封かん養生および材齢 3 日で気中養生の 2 条件とし、 20°C 、60% R.H. の恒温恒湿室で所定の材齢まで保管した。圧縮強度は、材齢 3、7、28 および 91 日で、JIS A 1108 に従って試験した。急速塩分浸透性試験は、渡辺ら¹⁾の検討に従い、材齢 28 日まで所定の養生を行い、JSCE G 571-1999 に準拠し供試体を作製した。図-1 に示すとおり、陰極側に 0.5mol/L の NaCl 水溶液、陽極側に 0.3mol/L の NaOH 水溶液を用い、直流電流 36V を印加し、所定の通電時間 (6、15、24 および 30 時間) 後に、硝酸銀溶液を供試体割裂面に噴霧し、白色着色部を塩分浸透域とした。表面を画像処理し、平均浸透深さを算出した。

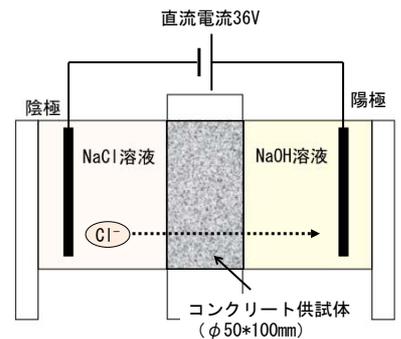


図-1 急速塩分浸透試験概要図

3. 実験結果および考察

3.1 圧縮強度

養生条件ごとの圧縮強度を図-2 に示す。3 日後気中養生の場合、BB-S23 を除いた配合が全ての材齢で BB と同等以上となった。さらに、PCCA を混入した場合 (BB-G10 および BB-G20) は、NC と同程度まで強度発現している。すなわち、3 日後気中養生の場合、PCCA の混入によって初期から長期にかけて、PCFA の混入によって

キーワード 内部養生、廃瓦粗骨材、廃瓦細骨材、高炉セメント、急速塩分浸透性試験

連絡先 〒739-8527 広島県東広島市鏡山一丁目 4-1 広島大学 大学院工学研究院 TEL: 082-424-7785

初期に、内部養生の効果があるといえる。一方、封かん養生の場合、廃瓦骨材を混入すると、材齢 28 日以降の強度増進が大きく、PCCA、PCFA にかかわらず、長期間にわたり内部養生効果が発揮されている。

3.2 塩化物イオンの拡散係数

急速塩分浸透試験によって得られた拡散係数 (D_c) を、コンクリート標準示方書[維持管理編]²⁾に掲載されている回帰式から算出した見かけの拡散係数と共に図-3 に示す。渡辺らは、 D_c が浸せき試験による見かけの拡散係数と同程度である報告しており¹⁾、本実験において示方書の値より実験値が非常に大きい、この結果は北山ら³⁾の結果と同じであった。また、3 日後気中養生よりも封かん養生の方が小さく、NC と比較して BB が顕著に小さくなることを確認した。廃瓦骨材を混入すると、BB よりもさらに小さくなり、3 日気中養生では BB-G10、封かん養生の場合は BB-S12 において最も小さくなった。BB-G10 において、圧縮強度は BB-G20 より小さく、塩分浸透抵抗性は高い。これは、コンクリート組織の緻密化と廃瓦自体の組織の緻密さおよび塩化物イオン (Cl^-) の固定化の影響を検討する必要があると考えられる。

4. 塩化物イオンの拡散の予測

コンクリート標準示方書[維持管理編]²⁾に基づいて、 Cl^- の拡散予測を行った。表面塩分は、 $4.5kg/m^3$ とし、耐用年数 50 年とした場合を図-4 に示す。 D_c は 3 日後気中養生の場合を使用した。また、このときの腐食限界 Cl^- 濃度 ($1.2kg/m^3$) 程度の位置を図-5 に示す。廃瓦骨材混入による Cl^- 拡散係数の低下は、腐食限界位置に換算すると、BB が 149mm、BB-G10 が 110mm と 40mm 程度小さくなる結果となった。すなわち、高炉セメント B 種と廃瓦骨材の双方を利用することにより、コンクリートの塩分浸透抵抗性が向上し、かぶりを小さくできる可能性があると言える。

5. 結論

- 1) PCCA の内部養生効果は、3 日後気中養生では初期から長期にかけて、封かん養生では長期材齢において発揮される。
- 2) PCFA の内部養生効果は、3 日後気中養生の場合は初期に、封かん養生の場合は長期材齢において発揮される。
- 3) 高炉セメント B 種を用いたコンクリートの急速塩分浸透性試験の結果、PCCA を混入することで 30~45%程度 D_c が小さくなる。PCFA を混入することで、9~50%程度 D_c が小さくなる。
- 4) 実験値を用いた Cl^- 拡散予測の結果、セメントに BB を用い、さらに廃瓦骨材を混入することで、かぶりを小さくできる可能性がある。

参考文献

- 1) 渡辺豊ほか：コンクリートの急速塩分浸透性試験による塩化物イオン拡散係数の算定について、コンクリート工学年次論文集、Vol. 24、No. 1、pp. 663-668、2002
- 2) 土木学会：2007 年制定コンクリート標準示方書[維持管理編]、pp. 111-113、2007
- 3) 北山良ほか：急速塩分浸透性試験の迅速化検討のための非定常状態の塩化物イオン濃度分布状態の把握、コンクリート工学年次論文集、Vol. 26、No. 1、pp. 837-842、2004

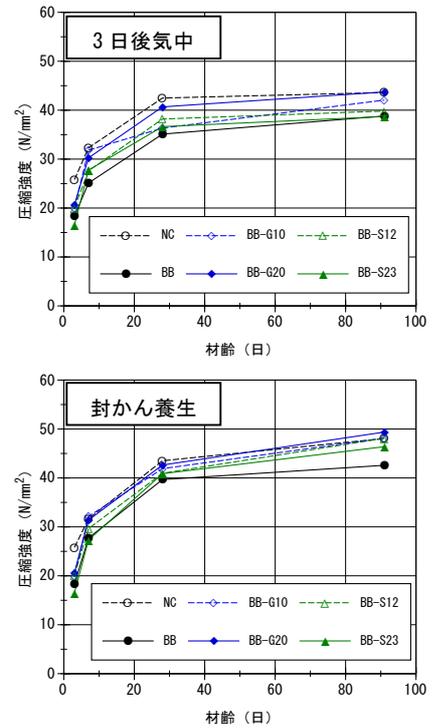


図-2 強度発現性状

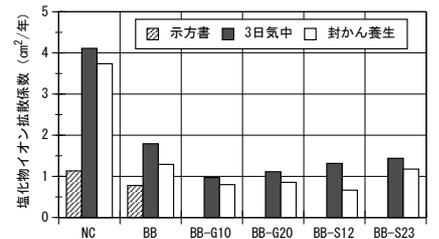


図-3 塩化物イオン拡散係数

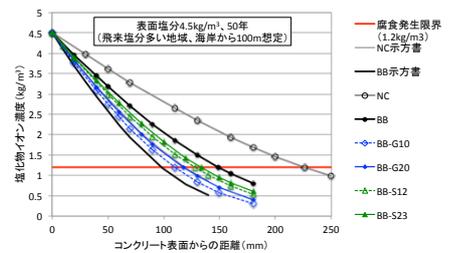


図-4 塩化物イオン濃度の予測

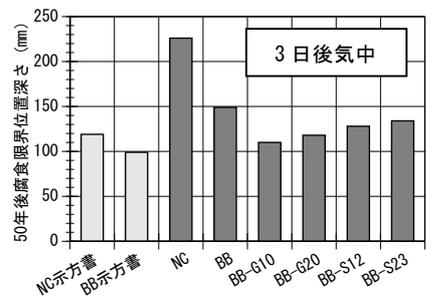


図-5 50年後の腐食限界位置