

廃瓦粗骨材により内部養生した高炉セメント B 種コンクリートの耐凍害性に対する養生条件の影響

広島大学 学生会員 ○桐本 大司
 広島大学 其田 昂己
 広島大学 正会員 小川 由布子
 広島大学 フェロー会員 河合 研至

1. はじめに

現在、内部養生材として、屋根瓦の製造時に発生する規格外品を破砕した廃瓦骨材の利用が提案されている。廃瓦骨材は、従来の内部養生材（人工軽量骨材）と普通骨材の中間的な吸水率および破砕値を有し、より長い湿潤養生が必要とされる高炉セメント B 種コンクリートにおける強度増進などの内部養生効果が報告されている¹⁾。

一方、吸水率の高い内部養生材の使用は、コンクリート中の凍結可能水を増加させることから、一般にコンクリートの耐凍害性を低下させることが懸念されている²⁾。しかし、内部養生効果による組織の緻密化によりコンクリートの耐凍害性が改善される可能性も示唆されており³⁾、統一的な評価ができていないのが現状である。そこで本研究では、廃瓦粗骨材の内部養生効果と耐凍害性の関連性を明らかとすることを目的とし、廃瓦粗骨材の置換率や養生条件がコンクリートの耐凍害性に及ぼす影響について検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

使用材料を表 1 に示す。セメントには高炉セメント B 種を用いた。普通骨材として、粗骨材には石英斑岩碎石を、細骨材には石英斑岩砕砂を使用した。廃瓦粗骨材（島根県江津産石州瓦）は、7 日間以上水に浸し、十分に吸水させたものを表乾状態に調整して使用した。

コンクリートの配合を表 2 に示す。水セメント比(W/C)は 0.50、単位水量は 170kg/m³、細骨材率は 46.6%とし、廃瓦無置換(BBC)、廃瓦粗骨材 10vol%置換(G10)、20vol%置換(G20)の 3 配合のコンクリートを作製した。目標スランブおよび空気量はそれぞれ 10±2cm、4.5±0.5%とし、AE 減水剤および AE 剤を用いて調整を行った。表 2 にフレッシュ性状の実測値を付記する。

2.2 養生条件

養生条件は材齢 7 日まで封緘養生後気中曝露(7D)、水中養生(W)の 2 条件とした。気中曝露を行う供試体は、打設後型枠内において封緘養生し、材齢 7 日に脱型後 20°C、60%R.H.の環境に静置した。水中養生を行う供試体は、打設後材齢 1 日に脱型し 20°Cの水中に静置した。

2.3 実験項目および試験方法

凍結融解試験は、材齢 56 日に JIS A1148 に準拠し A 法（水中凍結融解試験）を開始した。凍結融解 30 サイクル毎に供試体のたわみ振動の一次共鳴振動数および質量を測定し、相対動弾性係数、耐久性指数および質量減少率を算出した。なお、測定は供試体が測定不能となるまで行った。

硬化コンクリートの含水率測定は、材齢 56 日に 100x100x400mm の角柱供試体を用いて行った。供試体を 105°Cの乾燥炉に 48 時間静置し、乾燥前と乾燥後の質量の変化から硬化コンクリートの含水率を算出した。

表 1 使用材料

使用材料	種類	物理特性
セメント	高炉セメント B 種	密度 3.04g/cm ³ 、比表面積 3760cm ² /g
細骨材	石英斑岩砕砂	表乾密度 2.61g/cm ³ 、吸水率 1.04%
粗骨材	石英斑岩碎石 2010	表乾密度 2.62g/cm ³ 、吸水率 0.68%
	石英斑岩碎石 1505	表乾密度 2.62g/cm ³ 、吸水率 0.66%
	廃瓦粗骨材 1305	表乾密度 2.26g/cm ³ 、吸水率 9.08%
混和剤	AE 剤	特殊アニオン界面活性剤
	AE 減水剤	リグニンスルホン酸塩ポリカルボン酸系化合物

表 2 コンクリートの配合

配合名	単位量(kg/m³)						AE剤 (C×%)	AE減水剤 (C×%)	空気量 (%)	スランブ (cm)
	W	C	細骨材		粗骨材					
			砕砂	計	砕石	廃瓦				
BBC	170	340	783	977	977	0	0.0030	0.0035	4.8	9.0
G10			783	963	879	84	0.0030	0.0035	4.9	10.5
G20			783	952	782	170	0.0025	0.0040	4.8	15.0

キーワード 廃瓦粗骨材、内部養生、高炉セメント B 種コンクリート、養生条件、含水率、凍結融解抵抗性
 連絡先 〒739-8527 広島県東広島市鏡山 1-4-1 広島大学大学院工学研究科 構造材料工学研究室 TEL 082-424-7786

3. 実験結果および考察

相対動弾性係数と凍結融解サイクル数の関係を図1に示し、耐久性指数を図2に示す。なお測定不能となった点をx印で表している。図1より、水中養生(W)をした場合、廃瓦粗骨材置換率の増加とともに測定不能となるまでのサイクル数が短くなり、耐凍害性が低下する傾向があった。一方で材齢7日まで封緘養生後気中曝露(7D)した場合、廃瓦粗骨材置換率の増加とともに測定不能となるまでのサイクル数が長くなる傾向があった。廃瓦粗骨材置換をした供試体は材齢7日まで封緘養生後気中曝露した場合に耐凍害性が無置換のものより向上することが明らかとなった。また、図2よりG20(W)を除いて、一般に耐凍害性を有するとされる耐久性指数60以上となり、廃瓦粗骨材置換率が10%および20%であれば気中曝露の期間を設けることで十分な耐凍害性を有することがわかった。

質量減少率と凍結融解サイクル数の関係を図3に示す。図3より、G10およびG20の質量減少率はBBCに対して増加しなかった。廃瓦粗骨材置換によりスケーリング抵抗性は低下せず、廃瓦粗骨材無置換のものに対し、同等かそれ以上のスケーリング抵抗性を有することが確認された。廃瓦粗骨材の内部養生効果により、コンクリートの表面近くの組織が緻密になった可能性が考えられる。

凍結融解サイクル開始時の硬化コンクリートの含水率を図4に示す。図4より水中養生をした場合は、廃瓦粗骨材置換率の増加とともに硬化コンクリートの含水率が大きくなった。水中養生をした場合、廃瓦粗骨材中の内部養生水が使用されず、その多くが凍結可能水としてコンクリート中に残存していると考えられる。一方、材齢7日まで封緘養生後気中曝露した場合、廃瓦粗骨材置換率の増加とともに硬化コンクリートの含水率は大きくなっているものの、その増加量はごく微量であり、気中曝露することでコンクリート中の水分が逸散したこと、また廃瓦粗骨材からの内部養生水の供給が促進されたと考えられる。このことから、廃瓦粗骨材置換したコンクリートは、耐凍害性の観点から、凍結融解作用を受ける前に一定期間気中曝露期間を設けることが重要であると考えられる。

4. 結論

- (1) 廃瓦粗骨材置換を行った場合、凍結融解作用を受ける前に気中曝露の期間を設けることで十分な耐凍害性を有し、測定不能となるまでの凍結融解サイクル数が長くなった。
- (2) 廃瓦粗骨材置換率が10%および20%であれば、スケーリング抵抗性は悪化させないことが確認された。

謝辞

本研究における凍結融解試験は、株式会社トクヤマの御協力を得て行ったものである。ここに記して、感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 重松明ら：廃瓦粗骨材の内部養生による高炉B種コンクリートの性能向上について、コンクリート工学年次論文集，Vol.31, No.1, pp.205-210, 2009.
- 2) 橘大介ら：高強度コンクリートの耐凍害性改善方法について、土木学会論文集，No.496/V-24, pp.51-60, 1994.
- 3) 江木俊雄ら：瓦粉碎物を骨材とした二次製品用コンクリートの耐凍害性に関する研究，島根県産業技術センター研究報告，Vol.51, pp.25-31, 2015.

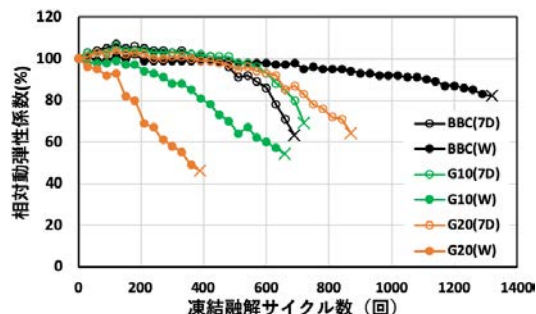


図1 相対動弾性係数

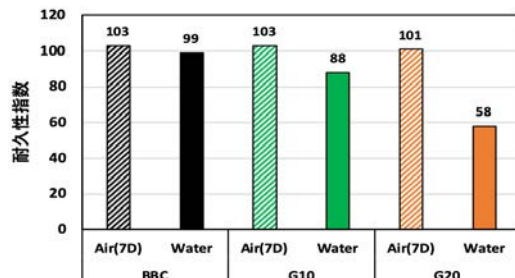


図2 耐久性指数

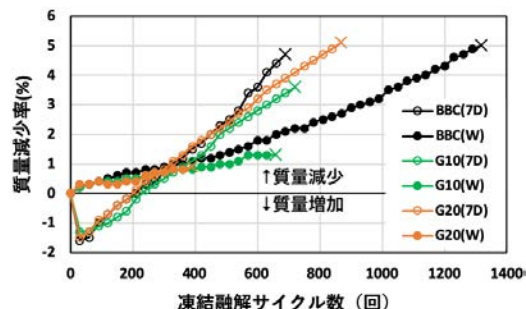


図3 質量減少率

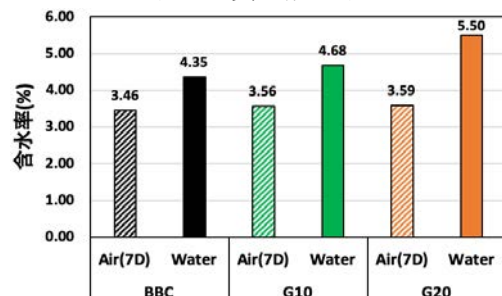


図4 硬化コンクリートの含水率