

廃瓦粗骨材で内部養生した高炉 B 種鉄筋コンクリートはりのせん断特性について

広島大学大学院工学研究科

学生会員

○MACHARIA・Martin・Mwangi

広島大学大学院工学研究科

正会員

小川由布子

国土交通省 中国地方整備局

正会員

和崎正令

広島大学大学院工学研究科

フェロー会員

河合研至

広島大学大学院工学研究科

フェロー会員

佐藤良一

1. はじめに

環境負荷低減を目的に、建設リサイクル法やグリーン購入法が制定され、その一環として、高炉セメント B 種を用いたコンクリート(以下 BB)が実構造物に広く使用されている。BB は、初期材齢における湿潤養生の良否が硬化後の品質に大きな影響を及ぼすとされている¹⁾。そのため、重松らは²⁾、早期脱枠された BB を想定し、適度な吸水率と人工軽量骨材より小さい破砕値を持つ廃瓦粗骨材(PCA)を内部養生材として使用し、品質向上を図った結果、水セメント比 (W/C) 0.5、乾燥開始材齢 3 日の BB の圧縮強度、細孔容積は、材齢 28 日において明らかに改善されることを報告している。

本研究では、PCA による内部養生が鉄筋コンクリート(RC)部材の力学特性に及ぼす影響の検討の一環として、せん断特性について検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料

使用材料を表-1 に示す。結合材には高炉セメント B 種を使用した。骨材は粗骨材として黒瀬町産石英斑岩砕石および江津産廃瓦、細骨材として黒瀬町産石英斑岩砕砂を用いた。PCA は、カオリン粘土を焼成して作製した瓦の JIS 不適合品で BS812 による破砕値は 21%であり、7 日間吸水させ、表乾状態にしたものを使用した。練混ぜ温度は 10℃以上であった。

2.2 配合と RC はり供試体

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 とした。PCA は BB の粗骨材に対して容積比 20%で置換した。RC はり供試体の寸法は 300×305×2300mm であり、図-1 に示す通り、有効高さ d を 250mm とした。引張鉄筋比は 1.03%とした。せん断設計の基本となるせん断引張強度を明らかにするために、せん断補強は行わなかった。RC 供試体は各配合に 2 体ずつ作製した。各供試体は材齢 7 日まで封緘その後載荷試験まで気中養生した。RC はりは気中養生をする際、乾燥の影響が長手方向で一様になるよう、両端面にアルミ粘着テープを 貼付し、水分の逸散を防止した。

表-1 使用材料

使用材料	種類	性質	記号
セメント	高炉セメントB種	密度3.02 g/cm ³	BB
細骨材	石英斑岩砕砂 (広島県東広島市黒瀬町産)	表乾密度2.58 g/cm ³ 、F.M.=2.95	S
	乾式砕砂 (戸高鉱山産)	表乾密度2.57 g/cm ³ 、F.M.=2.80	DS
粗骨材	石英斑岩砕石 (広島県東広島市黒瀬町産)	表乾密度2.62 g/cm ³	G
	廃瓦粗骨材 (江津産)	表乾密度2.26 g/cm ³ 、吸水率9.0%	PCG

表-2 配合表

配合記号	W/C	s/a	単位量(kg/m ³)				
			W	BB	混合砂		PCA
					S	DS	
BB	0.5	0.45	170	340	503	270	977
BB-G20					803	314	471

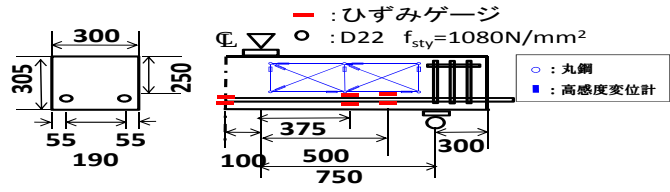


図-1 RC はり供試体概要

表-3 材料特性および鉄筋ひずみとコンクリート応力

項目	コンクリートの強度					載荷時前の収縮による鉄筋ひずみとコンクリート応力	
	圧縮強度	引張強度	ヤング係数	破壊エネルギー	特性長さ	鉄筋ひずみ	鉄筋位置のコンクリート応力
記号	f_c	f_t	E	G_f	l_{ch}	$\epsilon_{s,def}$	$\sigma_{c,def}$
単位	N/mm ²	N/mm ²	kN/mm ²	N/mm	mm	$\times 10^{-6}$	N/mm ²
BB-A	33.5	2.66	27.8	0.17	668	-91.0	0.33
BB-B	33.5	2.66	27.8	0.17	668	-104.0	0.37
平均	33.5	2.66	27.8	0.17	668	-97.5	0.35
BB-G20-A	37.5	3.27	28.0	0.21	550	-87.0	0.31
BB-G20-B	37.5	3.27	28.0	0.21	550	-81.0	0.29
平均	37.5	3.27	28.0	0.21	550	-84.0	0.30

キーワード 廃瓦骨材、内部養生、高炉 B 種コンクリート、RC はり、斜めひび割れ発生強度

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:082-424-7787

また, 参考のために 100×100×400mm の自由収縮ひずみ測定用の供試体も作成した。

2.3 測定項目と測定方法

材料特性の測定項目は圧縮強度(JIS A 1108), 割れ引張強度(JIS A 1113), ヤング係数(JIS A 1149)および破壊エネルギーである。破壊エネルギーは日本コンクリート工学協会の試験方法に準じて行った³⁾。RC はりでは支間中央たわみ, せん断変位を測定した。

3. 実験結果と考察

表-3 には気中養生をした供試体の載荷時材料特性, 載荷時前の収縮による鉄筋ひずみと鉄筋位置のコンクリート応力を, 表-4 に斜めひび割れ発生荷重の実測値と計算値を示す。表-3 から既往の研究と同様, BB-G20 は BB と比べ力学性能が向上していることがわかる。

図-2, 図-3 にコンクリートの自由収縮ひずみ(JIS A 1129-2)および RC はりのスパン中央の鉄筋ひずみの測定値を示す。これらに示すように, 内部養生により, 収縮および鉄筋ひずみは低減したが, その程度は表-3 のコンクリート応力にも見られるように, 大きくならなかった。

図-4 にスパン中央のたわみを示す。図中に全断面およびひび割れ断面の計算で求めた値も示している。たわみに PCA の影響はほとんど見られず, 荷重が低い段階の曲げ剛性も変わらないことが認められる。図-5 に, せん断力とせん断変位の関係を示す。図-4 と同様に, 廃瓦置換の影響がほとんど見られなかった。

表-4 に斜めひび割れ発生荷重の実測値と計算値の比較を示す。斜めひび割れ発生強度の実測値は, PCA の有無によらず同等で, 土木学会の原式(二羽式)による計算値と同等以上であった。

3. 結論

本研究の範囲で以下の結論が得られた。

- (1) 廃瓦骨材の内部養生効果はコンクリートの力学特性, 収縮低減に見られるが無置換に比べ 10%程度以内の効果であった。
- (2) RC 部材のたわみ, せん断変位は廃瓦粗骨材置換の有無によらず同等であった。
- (3) RC 部材の斜めひび割れ発生強度は廃瓦粗骨材置換の有無によらず同等であった。

参考文献

- 1) 高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの施工指針, 土木学会, 1996.
- 2) Sato et al., "Improvement of Properties of Portland Blast Furnace Cement Type B Concrete by Internal Curing Using Ceramic Roof Material Waste", JMCE, ASCE, Vol. 23, Issue 6, June 2011, pp. 777-782.
- 3) 社団法人 日本コンクリート工学協会: コンクリートの破壊特性の試験方法に関する調査研究委員会報告書, 2001.

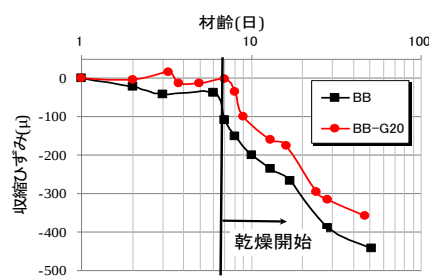


図-2 自由収縮ひずみ

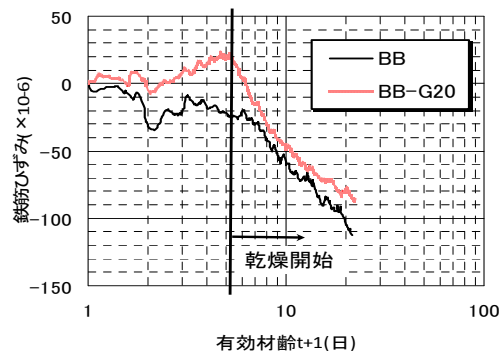


図-3 鉄筋ひずみ

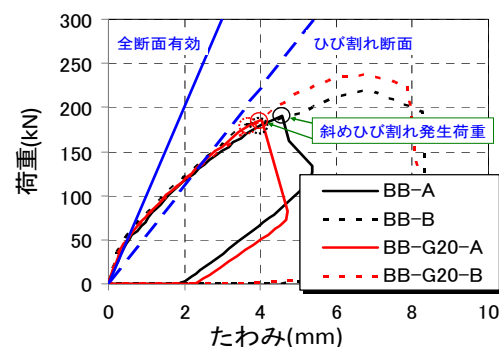


図-4 荷重たわみの関係

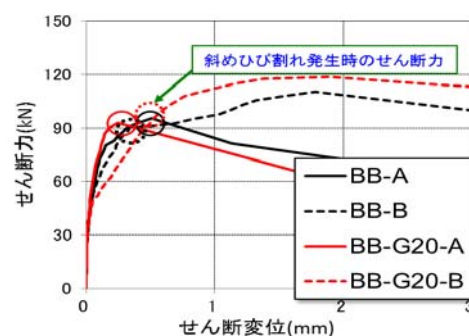


図-5 せん断力とせん断変位の関係

表-4 斜めひび割れ発生荷重の比較

項目	斜めひび割れ発生強度				
	実測値		計算値		実測値/ 計算値
	記号	単位	記号	単位	
		V_{cm} kN		τ_c N/mm ²	
BB-A		96.0		1.28	1.14
BB-B		90.0		1.20	1.07
平均		93.0		1.24	1.11
BB-G20-A		93.0		1.24	1.07
BB-G20-B		90.0		1.20	1.03
平均		91.5		1.22	1.05