

廃瓦骨材を使用したプレストレストコンクリート橋（折居跨道橋）の施工

(株)日本ピーエス 正会員 ○松本 正之
 国土交通省中国地方整備局 浜田河川国道事務所 藤原 浩幸
 広島大学大学院 博士 (工学) 小川由布子
 広島大学大学院 工学博士 正会員 佐藤 良一

キーワード：場所打ちプレストレストコンクリート、跨道橋、廃瓦細骨材、内部養生

1. はじめに

島根県西部の石見地方（江津市，浜田市）は日本三大瓦産地の一つで，ここで生産される「石州瓦」は1200～1300度と焼成温度が高いことから，硬質で緻密となり凍結融解作用に対する耐久性が高いという特徴がある。その生産量は平成26年で37,167,000枚と全国第2位（石州瓦工業組合）となるが，「きず」や「冷割」など規格外瓦（以下，廃瓦）も生産数の8%（約9,750t）発生する。

これらの有効利用のため，広島大学と地域の地場産業材の有効活用を推進する浜田河川国道事務所が包括的研究協力協定を結び，平成23年度から廃瓦骨材コンクリートに関する共同研究を行っていた。共同研究では廃瓦を粉砕し細骨材として使用することで，骨材が有する適度な吸水率によるコンクリートの内部養生効果が確認されたことから，平成25年度には山陰道浜田・三隅道路において容積置換率12%の廃瓦細骨材を用いたRC造函渠工にて試験施工が行われた。さらに，利用拡大のために平成27年度にPC橋の試験施工を行った。

本報告は，場所打ちのプレストレストコンクリート（PC）造のπ型ラーメン橋の主桁および地覆・壁高欄に廃瓦コンクリートを使用した際の施工特性，および構造物の挙動確認のために行っている各種計測方法について報告する。

2. 工事概要

図-1 に標準断面図，図-2 に上部工の全体一般図を示す。

工事名：浜田・三隅道路
折居跨道橋工事

発注者：国土交通省中国地方整備局
浜田河川国道事務所

構造形式：PC斜材付きπ型ラーメン橋

道路規格：3級林道

設計速度：V=20km/h

橋長：40.800m

有効幅員：3.000m

活荷重：A活荷重

斜角：90°

平面曲線：R=∞

架設工法：固定支保工工法

工期：平成27年9月2日

～平成28年3月31日

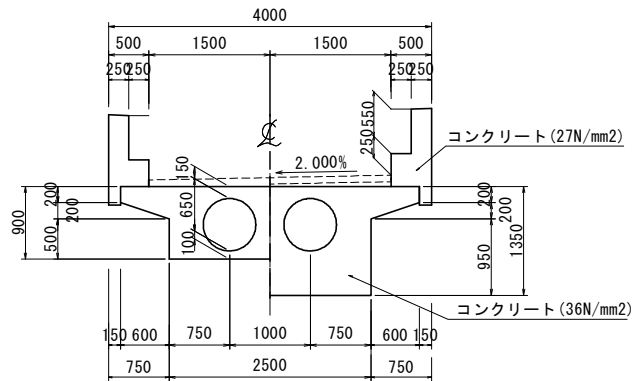


図-1 標準断面図

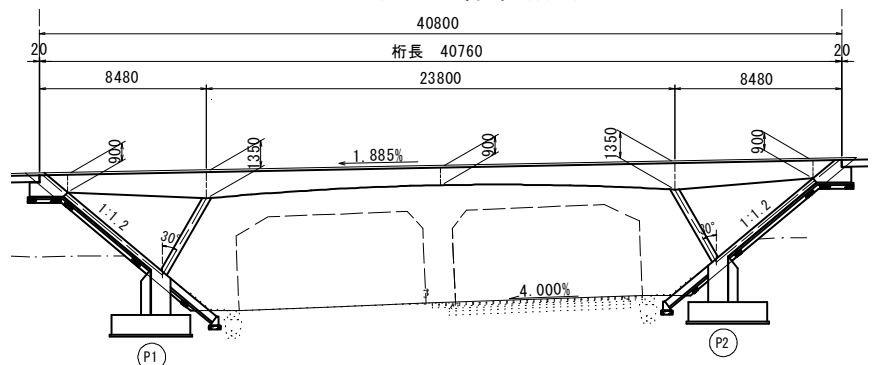


図-2 全体一般図

3. 廃瓦骨材コンクリートの特徴

図-3 に内部養生メカニズムの概要図，表-1 に本橋で実際に使用した廃瓦細骨材の物性値，写真-1 に廃瓦および廃瓦細骨材の写真を示す。廃瓦細骨材の特徴として，コンクリート用砕砂と比較して吸水率が大きいことが挙げられる。既往の研究¹⁾では，コンクリートに吸水性の大きい廃瓦細骨材を使用することで，コンクリートの水和反応や蒸発によって失われた水分を内部から補う内部養生効果により，コンクリート強度が10%程度向上すると共に自己収縮を抑制することができ，コンクリートの緻密化とクラックの抑制が図られるとの報告がある。

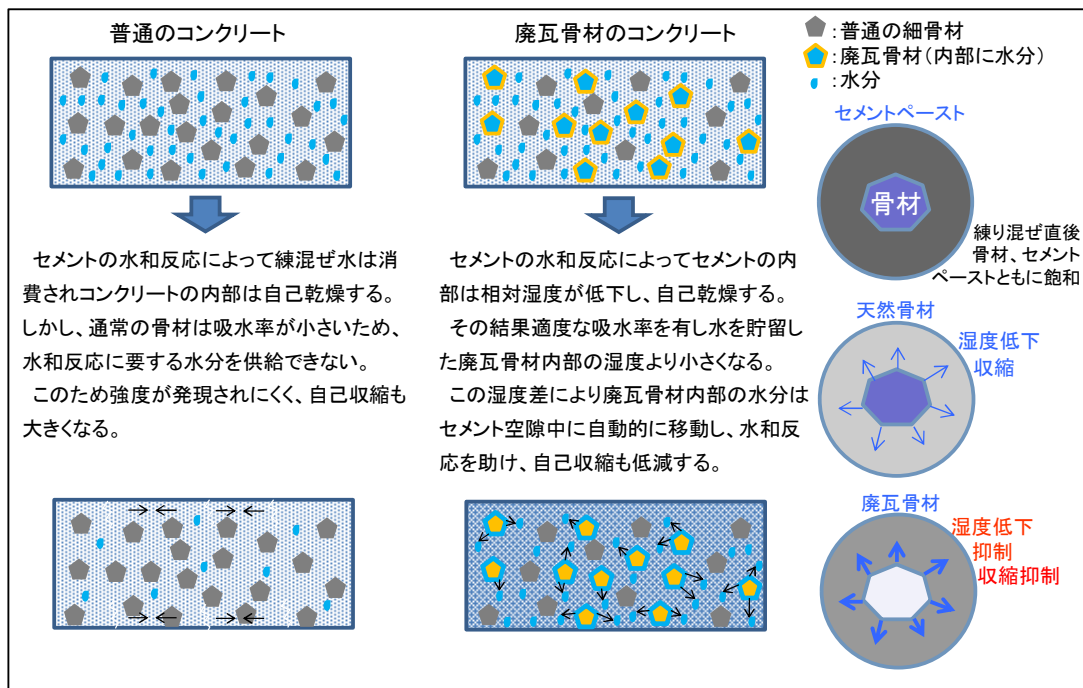


図-3 内部養生メカニズムの概要図²⁾

表-1 廃瓦細骨材の物性値

試験項目	JIS 規格値 (砕砂)	試験値
絶乾密度 (g/cm ³)	2.5 以上	2.04
表乾密度 (g/cm ³)	—	2.25
吸水率 (%)	3.5 以下	10.12
微粒分量 (%)	3.0 以下	4.1

※廃瓦細骨材の粒径は1~5 mmを使用した。



写真-1 廃瓦 (左) 廃瓦細骨材 (右)

4. 廃瓦骨材コンクリートの配合および物性試験結果

4.1 コンクリート配合

工期上の制約から廃瓦骨材コンクリートは、主桁と地覆・壁高欄に使用した。本橋で使用した各部位のコンクリートの配合を表-2に示す。廃瓦細骨材の置換率は、広島大学の既往の研究結果¹⁾から最適な容積置換率として12%とした。

表-2 廃瓦骨材コンクリート配合

粗骨材の最大寸法 mm	スランプ SL cm	設計基準強度 N/mm ²	水セメント比 %	空気量 %	セメントの種類	湿潤養生期間 日	適用部位
20	12	36	45.1	4.5	早強ポルトランドセメント	28	主桁
20	8	27	53.4	4.5	高炉セメントB種	28	地覆・壁高欄

配合種類	配合表 (kg/m ³)								適用部位
	水:W	セメント:C	細骨材:S			粗骨材:G 混合砕石	混和剤 高性能AE減衰剤	混和材 膨張材	
			陸砂	砕砂	廃瓦				
廃瓦配合1	164	364	406	309	83	972	3.28	—	主桁
廃瓦配合2	155	291	432	330	90	977	3.27	20	地覆・壁高欄
標準配合	164	364	406	406	—	972	3.64	—	主桁比較用

4.2 フレッシュコンクリート性状確認

廃瓦骨材は吸水率が大きいので、スランプロスが大きくなることが予測された。そこで、実際の施工状況を考慮した性状の変化を把握するため、実機練りのコンクリートでスランプの経時変化を計測した。結果を図-4に示す。練り混ぜ直後が13cm、60分後で許容範囲下限の9.5cm、90分後で4.5cmとなった。生コン工場から現場までの運搬時間は30分程度であり、練り混ぜから打ち込みまでを1時間以内で完了できるため、フレッシュ性状は問題ないと判断した。

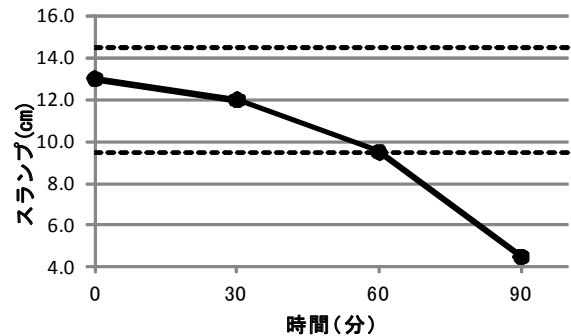


図-4 廃瓦骨材コンクリートのスランプ経時変化

4.3 圧縮強度およびヤング係数

既往の研究¹⁾にて廃瓦骨材コンクリートの圧縮強度は、通常配合のコンクリートに比べ10%程度向上した結果が確認されている。今回の主桁コンクリートにおいても、材齢28日(現場封緘養生)の圧縮強度は、図-5に示すように通常配合で57.2N/mm²であるのに対し、廃瓦配合1は61.4N/mm²と高強度となり、ヤング係数も標準配合と同等以上であることが確認できた。また、地覆・壁高欄コンクリートも圧縮強度は43.6N/mm²と設計基準強度を十分満足することが確認できた。

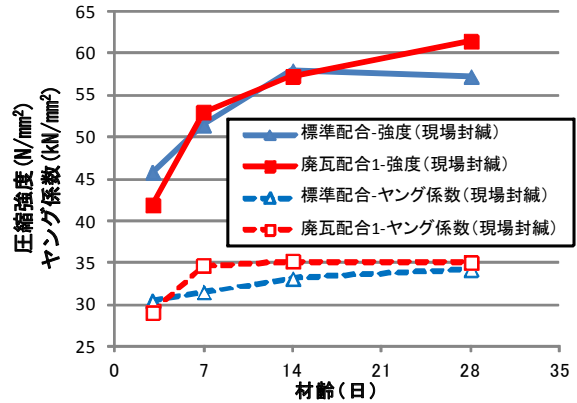


図-5 骨材別圧縮強度およびヤング係数

5. 廃瓦骨材コンクリートの施工

5.1 廃瓦細骨材の吸水方法及び期間

十分な内部養生効果を発揮させるためには通常骨材に比べ吸水率の大きい廃瓦細骨材に確実に吸水させる必要がある。本工事では写真-2に示すように廃瓦細骨材を大型土嚢袋に入れ簡易な吸水プールに7日間浸漬させ吸水させた。浸漬期間は既往の研究結果¹⁾に基づき決定した。



写真-2 廃瓦骨材吸水状況 (左) 水切り状況 (右)

5.2 廃瓦骨材コンクリートの練り混ぜおよび打設

図-6 にコンクリートの製造フローを示す。吸水後の骨材は土嚢袋に入れたまま 3 日間水切りし、打設当日に袋から取り出し、袋内の上下部で表面水のムラをとるため攪拌してから表面水率を測定し配合を修正した。これらの作業により打設時は安定したワーカビリティの生コンクリートが得られ、通常骨材のものと同様の品質管理で問題なく打設することができた。練り混ぜ時の制約として、廃瓦骨材と通常骨材が混合しないように連続して練り混ぜる必要があることから、廃瓦コンクリートの打設日は他の配合のコンクリートが出荷されない日曜日などに限定された。そのため工程調整に注意を要した。

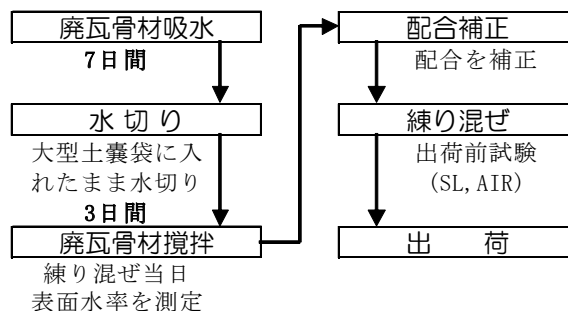


図-6 コンクリートの製造フロー

5.3 仕上がり状況

写真-3 に桁端部の踏掛版受台打継目粗し面の近景を示す。目粗し面は廃瓦の茶色が薄く確認できる程度で、その他の仕上げ面は通常コンクリートと違いはなかった。



写真-3 打継ぎ目粗し面 写真-4 地覆・壁高欄近景

写真-4 に地覆・壁高欄Vカット目地部の近景を示す。廃瓦コンクリートを使用した主桁および地覆・壁高欄は目視点検では一切ひび割れの発生は見られなかった。

6. 実橋ひずみ計測

本橋では、廃瓦コンクリートを使用した PC 橋の挙動を確認するため図-7 に示す位置でひずみ計測を行っている。また、地覆・壁高欄の収縮ひずみを確認するためにVカット目地部および標準部の 2 か所でひずみ計測を行っている。計測期間は 1 年間とし現在測定中であり、今後データを分析し PC 橋の性能を検証する予定である。

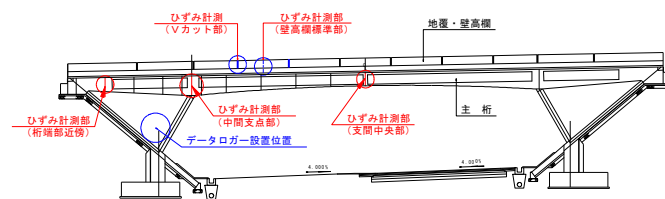


図-7 各部位のひずみ測定位置図

7. おわりに

今回、場所打ちPC橋の主桁と地覆・壁高欄に廃瓦コンクリートを使用しても、通常骨材コンクリートとかわらない物性・施工性であることが確認できた。廃瓦骨材コンクリートは資源の有効活用とコンクリートの品質向上の両立が図られることから、適用拡大が期待される。本報告が廃瓦コンクリートを使用した構造物の施工に参考になれば幸いである。本橋は広島大学と浜田河川国道事務所の包括的研究協力協定によって実現したものであり、施工に際してご協力を賜りました浜田地区生コンクリート協同組合、関係各位および特に工事実現にご尽力を頂きました浜田河川国道事務所松本治男前所長に深く御礼申し上げます。



写真-5 折居跨道橋 完成写真

参考文献

- 1) 重松 明, 温品達也, 木村 守, 佐藤良一: 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. 7
- 2) 松本治男, 佐藤良一, 小川由布子: 国内外初 PC 橋コンクリートの細骨材に規格外瓦を活用!, コンクリートテクノ, Vol. 35, No. 5, 2016. 5