

KC クリートの開発と KC プレキャスト地覆の施工報告

～ 廃瓦を活用したコンクリート ～



所属名：極東工業(株)

発表者：谷口 義則

1. はじめに

「KC クリート」は石州瓦の廃材をコンクリートの骨材に活用したコンクリートである。

石州瓦は島根県西部の石見地方の特産品であり、国内の三大産地の一つに数えられる屋根瓦の産地である。瓦の生産工場では厳しい品質管理が行われており、品質規格に合致しないものは破碎処分され、再び瓦の原材料として再利用されている。しかし、こうした再利用も瓦の品質を確保するためには、原材料の数%しか添加することができないため、廃瓦の保管量が徐々に増加して、その行き場を失いつつある。

著者らはこの廃瓦の新たな用途として、廃瓦をコンクリート骨材に利用することを考え、これまでに基礎物性などの研究を重ねてきた。この研究の結果、コンクリート骨材の 100%を廃瓦とした「KC クリート」を実用化するに至った。ここでは、これまで行った試験の結果と KC プレキャスト地覆の施工事例を紹介する。

なお、「KC クリート」は「KC プレキャスト地覆」のほか、「KC 板」「KC 遮音版」の 3 品目が「しまねグリーン製品」に認定され、循環資源の配合率が高いリサイクル製品であることが認められた。



写真-1 運び込まれる廃瓦



KC プレキャスト地覆



KC 板



KC 遮音板



写真-2 「しまねグリーン製品」認定商品

2. 示方配合

KC クリートに使用される廃瓦骨材は島根県江津市にて生産される石州瓦を 30mm 以下に破碎処理されたものを用いている（写真-3）。この廃瓦は瓦工場での生産工程においてひび割れや反りなど外観上の理由により規格外とされたものであるため、瓦の原料や生産方法（瓦の焼成温度など）が一樣の廃瓦を骨材として使用することができる。この廃瓦骨材の材料特性を表-1 に示す。併記する通常の骨材の値は極東工業(株)江津 PC 工場で使用される骨材の試験値である。

廃瓦骨材の特徴として、通常のコンクリートに使用される骨材に比べて吸水率が高く、単位体積重量が小さいことが挙げられる。



写真-3 破碎処理された廃瓦

表-1 骨材の材料特性

		表乾密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	粗粒率
廃瓦骨材	細骨材	2.35	7.13	2.76
	粗骨材	2.24	7.57	6.72
通常の骨材	細骨材	2.60	1.12	2.70
	粗骨材	2.68	0.58	6.71

KC クリートの使用材料を表-2 に、設計基準強度 50N/mm²の示方配合を表-3 示す。比較のため、JIS 製品 (JIS A 5373) である道路橋用橋げた (PC 桁) に使用する使用材料と配合も併記する。

KC クリートの使用材料の特徴として、骨材のすべてを廃瓦としていることに加え、ワーカビリティの向上のため、PFBC 灰 (火力発電所の石炭灰) をセメント 7 に対して PFBC 灰 3 の割合で利用していることにある。

配合表より循環資源の配合率を算出すると重量比で 76.3%が循環資源に当たり、そのリサイクル効率の高さがわかる。

表-2 コンクリートの使用材料

使用材料	記号	種類	密度	KC	NC
練り水	W	地下水	1.00	○	○
セメント	C	早強ポルトランドセメント	3.14	○	○
混和材	P	PFBC 灰	2.60	○	—
細骨材	S	石州瓦	2.35	○	—
		混合砂	2.60	—	○
粗骨材	G	石州瓦	2.24	○	—
		碎石	2.68	—	○
混和剤	AD	高性能 AE 減水剤	1.05	○	—
		高性能減水剤	1.05	—	○

※KC : KC クリート、NC : 普通コンクリート

表-3 コンクリートの示方配合

	水結合材比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)					
			W	C	P	S	G	AD
KC クリート	32.0	50.0	160	350	150	765	729	4.0
普通コンクリート	36.0	40.0	151	419	0	697	1078	3.3

3. 強度特性

配合ごとの圧縮強度を表-4 と図-1 に示す。打設後の養生は蒸気養生 (50℃2 時間) を行っている。

材齢 1 日での圧縮強度は普通コンクリートが 43.4N/mm²に対して、KC クリートは 34.8N/mm²と普通コンクリートと比較して KC クリートの強度発現は遅れる傾向が見られる。一方、設計基準強度となる材齢 28 日での圧縮強度は普通コンクリートが 62.9N/mm²に対して、KC クリートは 60.6N/mm²とほぼ同程度にまで強度発現が確認されている。

これは KC クリートの強度発現がセメント量と混和材量 (PFBC 灰) に依存していることを示している。KC クリートは初期強度に寄与する早強セメントが少ないため初期の強度発現が遅れるが、自硬性を有する PFBC 灰の影響により材齢 28 日には同程度まで強度が

表-1 圧縮強度

材齢 (日)	圧縮強度 (N/mm ²)		
	1	7	28
KC クリート	34.8	47.4	60.6
普通コンクリート	43.4	57.8	62.9

発現している。これと同じ傾向が通常の骨材を用いている EA-CRETE (PFBC 灰混入コンクリート (NETIS 登録技術: CG-060016-A)) での試験結果でも確認されている。

次に、ヤング係数の傾向を図-2 に示す。

ヤング係数は普通コンクリートに比べて 60%程度低い数値を示している。これと同じ傾向が軽量コンクリートにも見られているが、これは普通コンクリートに比べて使用している骨材のヤング係数が低いことに起因していると言われており、KC クリートも同様の原因によっていると考えられる。

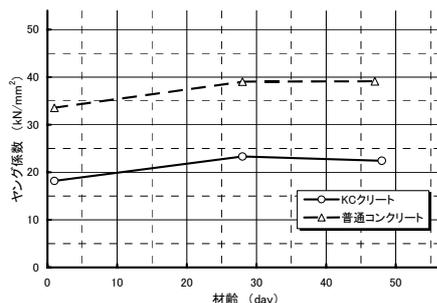


図-2 ヤング係数の発現特性

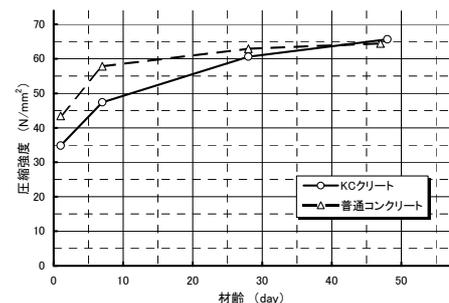


図-1 圧縮強度の発現特性

4. RC 梁の力学特性

KC クリートを鉄筋コンクリート（以下、RC）部材に用いた場合の力学特性を把握するため、**図-3**に示す幅 150mm×高さ 200mm×長さ 2400mm の RC 梁によって載荷試験を行った。試験はせん断補強筋なし（No.1）、せん断補強筋あり（No.2）について実施した。

荷重と支間中央におけるたわみとの関係を**図-4**に示す。図中には No.1 と同様の配筋による普通コンクリートの試験結果（以下、NC）も表記する。

図-4によると引張鉄筋が降伏するまでは、いずれの試験体も NC とほぼ同様の値で推移しており、変形性能を有しているといえる。その後、No.1 はせん断スパンにおいて斜めひび割れが発生しせん断破壊となり、No.2 は、等曲げ区間での圧壊による曲げ破壊となった。なお、NC の破壊形態は等曲げ区間での圧壊による曲げ破壊であった。

試験に用いた RC 梁の曲げ耐力に対するせん断耐力の比は 1.27 となる。それにもかかわらず No.1 がせん断破壊を先行した原因は、通常の骨材に比べて廃瓦骨材の強度が低いことが原因と考えられる。ひび割れの発生により廃瓦骨材が割れることで本来得られるはずの骨材の噛み合い効果が減少し、せん断耐力が低下したものと考えられる。

なお、コンクリート標準示方書では軽量骨材コンクリートのせん断耐力は、普通コンクリートの 70% に低下することが示されているが、試験体の斜めひび割れ発生荷重の実験値は計算値に対して平均で 83% であり、廃瓦骨材が同じ原因で軽量骨材と同程度の耐力の低下を引き起こしていることを物語っている。

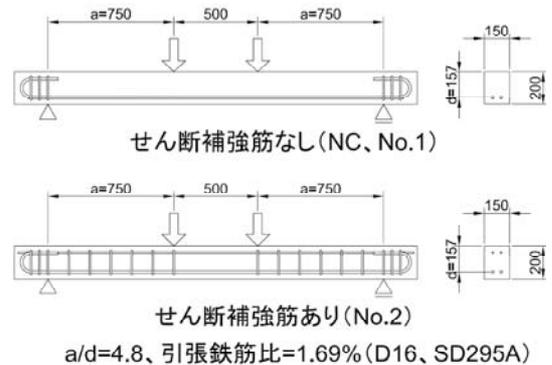


図-3 RC 梁の曲げ試験の概要



写真-4 破壊状況 (No.1)

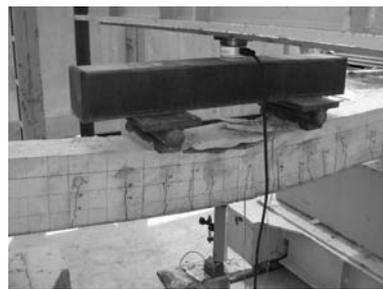


写真-5 破壊状況 (No.3)

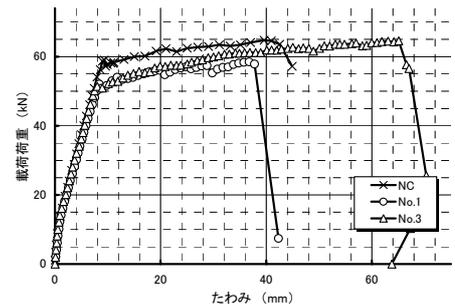


図-4 荷重とたわみの関係

5. 意匠的な利用

KC クリートに使用される石州瓦は赤みを帯びた淡い色に特徴がある。KC クリートは骨材を露出させることで石州瓦の淡い赤色が構造物の表面に表れ、意匠的な演出をすることも可能である。瓦の色は自然由来の色であるため、周辺の風景と調和しやすい。

写真-6 及び**写真-7** は意匠的な利用がされた、施工事例である。



濡れたときの色合い



乾いたときの色合い

写真-6 親柱 (島根県)



**写真-7 KC 板
護岸整備 (国土交通省)**

6.4. 施工工程

写真-8 に PC 桁架設から橋体工及び高欄・地覆工完了までの施工写真を示す。



PC桁架設



PC桁架設完了



横組鉄筋設置



プレキャスト地覆設置



プレキャスト地覆設置完了



間詰めコンクリート打設



無収縮モルタル打設



打設孔仕上げ



地覆工完了

写真-8 施工工程写真

7. その他の施工実績

7.1. 地覆：唐鐘橋

工事名：(一)唐鐘港先地方道路交付金（橋梁補修）工事（唐鐘橋）

発注者：島根県

地覆の延長：10.590m×2

