

越前廃瓦を粗骨材に利用した護岸ブロックの研究開発

久保 光¹・青山宏昭²

¹福井県丹南土木事務所鯖江丹生土木部 道路保全課（〒916-0133福井県丹生郡越前町気比庄3-17）

²株式会社ミルコン 技術開発室（〒910-8560福井県井市長本町202）

福井県は、越前瓦の産地であり廃瓦の有効利用は重要な課題となっている。そこで、廃瓦の粒度および成分を分析し、これらの特長を最大に活かしたポーラス状の護岸ブロックの開発を試みた。その結果、廃瓦を護岸ブロックの粗骨材の代替材として利用できることがわかった。具体的には単位セメント量 380kg/m^3 において粗骨材に対する廃瓦の質量置換率 50%で圧縮強度 18N/mm^2 、空隙率 18%以上を満足した。また、凍結融解試験を行った結果、廃瓦置換率 50%においても凍結融解抵抗性を有していることを確認した。

キーワード 瓦，粗骨材，ポーラスコンクリート

1. はじめに

従来、我が国は、建設資材を大量生産し大量廃棄してきた。その後、建設リサイクル法の施行やゼロエミッションの推進などにより、福井県においても、種々の廃棄物や越前廃瓦（以下、廃瓦という）の有効利用の研究を行い再資源化を図ってきた（街路樹の根上がり対策のための根系誘導耐圧基盤【写真-1】、雑草対策【写真-2】等）。しかし、最終処分場の残余容量がわずかになり、更なる改善を行い循環型社会への転換が急務である。そのため、コンクリートに使用する材料においても、廃瓦の再利用の拡大が早急に求められている。

ところで、河川護岸整備においては、治水安全度の確保のみならず「多自然川づくり」の一環として河川環境の保全にも十分配慮することが重要であり、これまでに多くの多自然型河川護岸工法が開発されている。しかしながら、空隙のほとんどない従来の河川護岸用コンクリート（プレキャストブロック製品）と比較して高価なことから利用が進んでいない。

そこで本研究では、従来の河川護岸コンクリートと同等の費用で河川護岸用ポーラスコンクリートを開発することを目標とした。開発の第一段階として、河川護岸用ポーラスコンクリートに用いる粗骨材の代替として廃瓦が利用できないか検討したので報告する。

2. ポーラスコンクリートの概要¹⁾²⁾

ポーラスコンクリートは、一般に細骨材を用いず、単粒度の粗骨材と結合材により多くの連続した空隙を有するコンクリートである。このポーラスコンクリートの特性を利用し、護岸としての必要な強度を確保するとともに、連続した空隙に植物の生育に必要な水分、養分などを有した植生基盤を形成しようとするものである。なお、河川護岸用ポーラスコンクリートにはプレキャストブロック製品と現場打ちのものの2種類がある。本研究では、廃瓦を粗骨材に利用したポーラス状のプレキャストブロック製品を開発を目的とする。



写真-1 廃瓦を利用した根の生育空間の確保



写真-2 雑草繁茂防止対策に廃瓦を敷設

3. 実験方法および評価方法

表-1は、試験項目および試験方法を示す。圧縮強度試験は、JIS A 1108「コンクリートの圧縮強度試験方法」に準拠した¹⁾。空隙率試験は、「ポーラスコンクリート河川護岸工の手引き」連続空隙率(容積法を用いた場合)に準拠した¹⁾。コンクリートの練混ぜは、簡易試験練り機を使用し、1バッチの練り混ぜ量は6リットルとした。練り混ぜ方法は、粗骨材とセメントを投入後30秒練り混ぜ、水と混和材を投入し60秒練り混ぜ、掻き落とし後60秒練り混ぜた。供試体は、各配合表から換算した質量分のコンクリートを表面振動機にて締固めた。

また、各配合毎に円柱供試体(φ10×h2cm)を3本製作した(写真-3)。円柱供試体は、実製品の強度を確認するため、気中養生とした。圧縮強度試験および空隙率試験は、同一供試体を用いて実施した(材齢14日)。凍結融解試験は、気中凍結・水中融解のB法で行った。

表-2は、圧縮強度および空隙率、相対動弾性係数の目標値を示す。この目標値を評価基準とした。

表-1 試験項目および試験方法

試験項目	試験方法
圧縮強度試験	JIS A 1108「コンクリートの圧縮強度試験方法」に準拠。
空隙率試験	「ポーラスコンクリート河川護岸工の手引き」p117 連続空隙率(容積法を用いた場合)に準拠。
凍結融解試験	JIS A 1148「コンクリートの凍結融解試験方法」に準拠 気中凍結・水中融解のB

表-2 目標値

タイプ	圧縮強度	空隙率	相対動弾性係数
強度重視護岸タイプ	18N/mm ² (材齢14日)	18%	85%以上



写真-3 円柱供試体作製状況

4. 使用材料および試験ケース

表-3は、使用材料を示す。セメントは、太平洋セメント社製普通ポルトランドセメントを使用した。廃瓦は、写真-3のように中間処理施設に集められたものを破砕機にて粒径5~15mmに調整したものをを使用した。粗骨材は、粒径の違いによる圧縮強度および空隙率の比較を行うため2種類の粗骨材を使用した。混和剤は、竹本油脂社製 高性能減水剤(I種) チューボール NV-G5を使用した。

表-4は、2種類の粗骨材の粒径の違いが圧縮強度試験および空隙率試験に及ぼす影響を検討するための試験ケースを示す。すべての試験ケースにおいて単位セメント量は380kg/m³、水セメント比は20%とした。試験No. ①~④は、粗骨材(碎石)の最大寸法15mmとし、廃瓦の置換率を変化させた。試験No. ⑤~⑧は、粗骨材(碎石)の最大寸法20mmとし、廃瓦の置換率を変化させた。

表-5は、廃瓦量の違いおよび単位セメント量の違いが凍結融解試験試験に及ぼす影響を検討するための試験ケースを示す。なお、粗骨材は、粒径5~15mmに調整したものをを使用した。

環境負荷低減効果を高めるため、できるだけ高い置換率の適用を目指した。したがって、エコマーク認定となる50%を最大とし、40% (福井県リサイクル認定基準)、25%、0%の4つの比較を行った。置換率50%においては、所定の品質が得られるように単位セメント量および水セメント比を増減させ、比較検討を行った。

表-3 使用材料

材料(記号)	メーカー、粒径、密度
セメント(C)	太平洋セメント社製 普通ポルトランドセメント 密度 3.16g/cm ³
廃瓦(G1)	粒径5~15mm 密度 2.17g/cm ³ 吸水率 10.95%
粗骨材(G2)	粒径5~15mm 密度 2.64g/cm ³ 吸水率 0.80%
粗骨材(G3)	粒径15~20mm 密度 2.64g/cm ³ 吸水率 0.80%
混和剤(Ad)	竹本油脂社製 高性能減水剤(I種) チューボール NV-G5
水(W)	地下水



写真-4 中間処理施設に集められた廃瓦

表-4 試験ケース (圧縮強度, 空隙率)

試験No.	試験名	粗骨材 最大寸法	粗骨材比(質量比)		単位 セメント量 (kg/m ³)	水セメント比 (%)
			廃瓦 (%)	碎石 (%)		
①	瓦0-C38(20)G15	15	0	100	380	20
②	瓦25-C38(20)G15		25	75		
③	瓦40-C38(20)G15		40	60		
④	瓦50-C38(20)G15		50	50		
⑤	瓦0-C38(20)G20	20	0	100		
⑥	瓦25-C38(20)G20		25	75		
⑦	瓦40-C38(20)G20		40	60		
⑧	瓦50-C38(20)G20		50	50		

表-5 試験ケース（凍結融解試験）

試験No.	試験名	粗骨材比(質量比)		単位 セメント量 (kg/m ³)	水セメ ント比 (%)
		廃 瓦 (%)	砕石 (%)		
①	瓦0-C38(20)	0	100	380	20
②	瓦25-C38(20)	25	75		
③	瓦40-C38(20)	40	60		
④	瓦50-C38(20)	50	50		
⑤	瓦50-C41(22)			410	22
⑥	瓦50-C41(20)				20
⑦	瓦50-C32(23)			320	23

表-7 凍結融解試験の結果（相対動弾性係数）

試験No.	試験名	300サイクル終了時の 相対動弾性係数(%)	目標値	判定
①	瓦0-C38(20)	93	85% 以上	OK
②	瓦25-C38(20)	86		OK
③	瓦40-C38(20)	97		OK
④	瓦50-C38(20)	100		OK
⑤	瓦50-C41(22)	100		OK
⑥	瓦50-C41(20)	100		OK
⑦	瓦50-C32(23)	97		OK

5. 試験結果および考察

表-6は、圧縮強度および空隙率の試験結果を示す。試験No.⑤～⑧は、目標値を満足した。置換率の最も高い試験No.⑧が廃瓦の有効利用の観点から最も良いと考える。試験No.①～④は、圧縮強度の目標値は満足したが、空隙率はすべて満足しなかった。この原因は、粗骨材の最大寸法が小さかったことによると考えられる。

図-1は、圧縮強度と空隙率の関係を示す。圧縮強度と連続空隙率の寄与率は0.86と高く、相関関係にあることがわかった。

表-7は、凍結融解試験の300サイクル終了時における相対動弾性係数を示す。すべての試験ケースにおいて、目標値の85%以上を満足した。

図-2は、凍結融解試験におけるサイクル数と質量減少率の関係を示す。サイクル数60回と210回で質量減少している。この原因は、供試体作成時のキャッピングに用いる硫黄の損傷などにあると考える。

写真-6～13は、廃瓦置換率50%の試験ケースの凍結融解試験前と凍結融解試験後の供試体状況を示す。いずれの試験ケースも劣化している状況は確認されなかった。

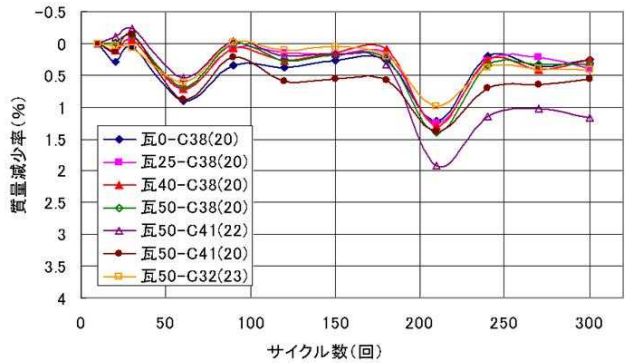


図-2 凍結融解試験結果（質量減少率）



写真-6 凍結融解試験前（No.④ 瓦50-C38(20)）



写真-7 凍結融解試験後（No.④ 瓦50-C38(20)）

表-6 圧縮強度および空隙率の試験結果

試験No.	試験名	圧縮強度 (N/mm ²)		空隙率 (%)		判定
		目標値	試験結果	目標値	試験結果	
①	瓦0-C38(20)G15	18.0	23.6	18.0	14.0	×
②	瓦25-C38(20)G15		26.0		13.6	×
③	瓦40-C38(20)G15		25.7		13.1	×
④	瓦50-C38(20)G15		25.3		12.4	×
⑤	瓦0-C38(20)G20		19.9		22.5	○
⑥	瓦25-C38(20)G20		22.4		18.5	○
⑦	瓦40-C38(20)G20		18.9		21.9	○
⑧	瓦50-C38(20)G20		20.1		20.3	○

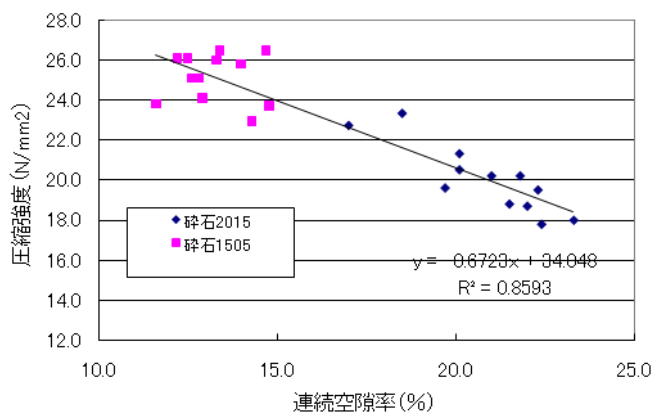


図-1 圧縮強度と空隙率の関係



写真-8 凍結融解試験前 (No.⑤ 瓦50-C41(22))



写真-12 凍結融解試験前 (No.⑦ 瓦50-C32(23))



写真-9 凍結融解試験後 (No.⑤ 瓦50-C41(22))



写真-13 凍結融解試験後 (No.⑦ 瓦50-C32(23))



写真-10 凍結融解試験前(No.⑥ 瓦50-C41(20))



写真-11 凍結融解試験後 (No.⑥ 瓦50-C41(20))

6. おわりに

ポーラスコンクリートの目標とする基準を満足させるため、骨材の選定、廃瓦の配合試験を行った結果、廃瓦をポーラス状のプレキャストブロック製品の粗骨材の代替材として利用できることがわかった。具体的には、単位セメント量 380kg/m^3 において粗骨材に対する廃瓦の質量置換率 50% で圧縮強度 18N/mm^2 、空隙率 18% 以上を満足した。また、廃瓦置換率 50% においても凍結融解抵抗性を有していることを確認した。

今後、今回の実験で得られた知見を基に、プレキャストブロック製品を製作し、河川現場での植生試験や水質浄化試験等を行っていきたい。

謝辞：本研究を行うにあたり、株式会社ミルコン 林久夫氏、市村幸彦氏、村田工業株式会社 村田浩行氏、福井県工業技術センター 真木教雄氏、笹原一起氏、福井県建設技術研究センター 三田村文寛氏、流守博氏にご協力いただきました。ここに記して感謝申し上げます。

参考文献

- 1) ポーラスコンクリート河川護岸工法の手引き：財団法人先端建設技術センター(2001)，山海堂，138pp.
- 2) 松江正彦：ポーラスコンクリートを用いた水辺植栽技術(1997)，公開シンポジウム「多自然型川づくりを考える」，日本緑化工学会。