

瓦廃棄物を利用したコンクリートのCO₂固定化に関する研究

東洋大学 学生会員 ○山田 侑哉 横川 勇輝 高橋 頼人
東洋大学 正会員 横関 康祐
鹿島建設（株） 正会員 取達 剛 関 健吾

1. はじめに

本研究では、近年、深刻化している2つの環境問題に注目し、その解決策を考えることとした。1つ目は地球温暖化の原因物質の1つと考えられている二酸化炭素(CO₂)排出量の問題である。CO₂排出量は世界的に見ると43年間で約2.2倍増加している¹⁾。2つ目は産業廃棄物の問題である。全産業廃棄物のうち約20%が建設現場からの排出である²⁾。建設現場の産業廃棄物のうち、瓦は年間100万トン排出されており、軽量骨材としての利用方法が研究されているものの十分に有効利用されていないのが現状である。瓦は内部の空隙が多く吸水率がとても高い。ここでは、この性質を利用し、プレウエッティングと呼ばれる骨材にあらかじめ散水や浸漬水により十分に吸水させる技術に注目した。この技術を応用しCO₂成分を含む炭酸カリウム水溶液(濃度50%)を瓦に吸水させることにより、廃棄物の有効利用とCO₂固定化が可能になると考えた。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

(1) 使用材料

本研究で使用した材料を表1に示す。本研究では普通粗骨材に加え、吸水率の異なる石州瓦と三州瓦の2種類の廃瓦をチップ状にした粗骨材を用いた。

(2) 配合

配合を表2に示す。水セメント比50%、スランプ12±2.5 (cm)、空気量4.5±1.5 (%)は一定とした。

2.2 プレウエッティングの評価

従来のプレウエッティングでは、一旦吸水させた水が骨材外へと流出してフレッシュ性状に影響を与えることが課題であった。そのため、本研究では以下のとおり、溶液に粘性物質を加えることで吸水させた水が骨材外へと流出することを抑制し、フレッシュ性状の向上を目指すこととした。粘性物質の候補には、メチルセルローズ(MC)、ポリビニルアルコール(PVA)、グリセ

リン(GC)、イオン活性剤系増粘材を挙げた。水と炭酸カリウム水溶液への溶解性、から粘性物質を決定し評価した。

(2)(1)で決定した粘性物質の濃度を変え、絶乾状態の瓦500gに3日間吸水させた。その後、瓦をウエスで拭き表乾状態にし、重量を量り溶液密度で除した結果を評価した。

(3)(2)で決定した濃度のプレウエッティング水溶液と水を用いて、表乾状態の瓦500gを作製した。24時間後に瓦の重量を測定し、各溶液の保水性を確かめた。

2.3 廃瓦を使用したCO₂吸収コンクリートの評価

廃瓦を使用しプレウエッティングした場合でも一定の強度が発現しているか確認するため、JISA1108に従い圧縮強度を計測した。さらに作製したコンクリートの二酸化炭素固定化量を無機炭素分析(日本アンス社製M-3000A型)で測定した。

表1 使用材料

材料	記号	摘要
水	W	上水道水, 密度1.00g/cm ³
セメント	C	密度3.04 g/cm ³
細骨材	S	山砂, 表乾密度2.59g/cm ³ , 粗粒率2.61
普通粗骨材	G _{普通}	碎石, 表乾密度2.65g/cm ³ , 吸水率0.54%, Gmax15mm
瓦粗骨材	G _{石州}	表乾密度2.18g/cm ³ , 吸水率6.15%, Gmax15mm
	G _{三州}	表乾密度2.01g/cm ³ , 吸水率13.4%
混和剤	AD ₁	リグニンスルホン酸塩, 密度1.08g/cm ³
	AD ₂	ポリカルボン酸系化合物, 密度1.06g/cm ³
	AE	AE剤

表2 配合

溶液の種類	粗骨材	Gmax (mm)	s/a(%)	単位量(kg/m ³)				AD ₁ (kg) C×%	AD ₂ (kg) C×%
				W	C	S	G		
H ₂ O	G _{普通}	15	48.3	175	350	831	912	1.1	—
H ₂ O	G _{石州}	15	48.3	175	350	831	750	0.8	—
K ₂ CO ₃	G _{石州}	15	48.3	175	350	831	774	—	2.35
K ₂ CO ₃	G _{三州}	10	48.6	175	350	831	774	—	2.3

表3 粘性物質の適応性の概要

粘性物質	各種溶液への溶解性	
	水	K ₂ CO ₃
MC	◎	✕
PVA	○	✕
GC	◎	○
増粘剤	○	✕

(◎とても優れている、○優れている、✕不適當)

キーワード：廃瓦、再生利用、二酸化炭素固定化、プレウエッティング、内部養生、CUCO
連絡先 〒350-0815 埼玉県川越市鯨井2100 東洋大学理工学部都市環境デザイン学科 TEL. 049-239-1300

3. 試験結果

3.1 プレウェットングの評価結果

表3に粘性物質の適応性の概要を示す。炭酸カリウム水溶液に組み合わせる粘性物質はグリセリンが最適であると判断した。

次に、炭酸カリウム水溶液にグリセリンを加えた際の吸水量を図1に示す。図1よりGC濃度7.5%までは吸水量に大きな差はないことが分かった。ここで、グリセリン濃度0.0%は、吸水量が最大となり、水単体よりも K_2CO_3 の効果により粘性が増加したため、GCを用いない溶液を採用しプレウェットングを行うこととした。

水と炭酸カリウム水溶液の保水性を図2に示す。水は24時間で37.7%の保水率に対して炭酸カリウム水溶液の保水率は非常に高く99.7%であった。これは、潮解性や蒸気圧降下の影響ではないかと考える。

3.2 CO_2 吸収コンクリートの評価結果

(1) 圧縮強度

図3に石州瓦を使用した水と炭酸カリウム水溶液をプレウェットングしたコンクリートの圧縮強度を示す。炭酸カリウムをプレウェットングさせても水と同程度の強度が確認できた。

(2) CO_2 固定化量

図4にコンクリートの CO_2 固定化量を比較した結果を示す。石州瓦と三州瓦に炭酸カリウム水溶液をプレウェットングした場合ではそれぞれ $6.7kg/m^3$ 、 $9.7kg/m^3$ の CO_2 を固定した。これは三州瓦の方が石州瓦より吸水率が高く、炭酸カリウム水溶液を多く吸収したためだと考えられる。

4. おわりに

炭酸カリウムをプレウェットング水溶液に使用することで保水力が高まることが分かった。瓦骨材のみならず軽量骨材などのフレッシュ性状の改善に効果があると思われる。

石州瓦、三州瓦を使用してプレウェットングを行った場合でも水と炭酸カリウム水溶液は同程度の強度が確認できた。また、炭酸カリウム水溶液を骨材に吸収させることで二酸化炭素の固定化が確認できた。これらより、炭酸化養生槽や練混ぜ水による炭酸化ではなく新しい二酸化炭素固定化手法の一つとしてプレウェットングによる内部炭酸化養生が可能であると思われる。

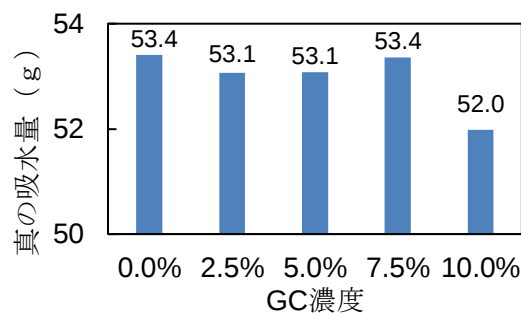


図1 K_2CO_3 +GCの吸水量

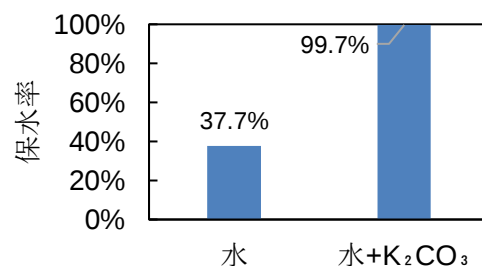


図2 水と炭酸カリウム水溶液の保水性

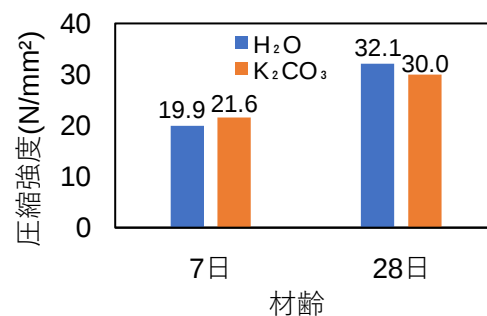


図3 石州瓦を用いた圧縮強度

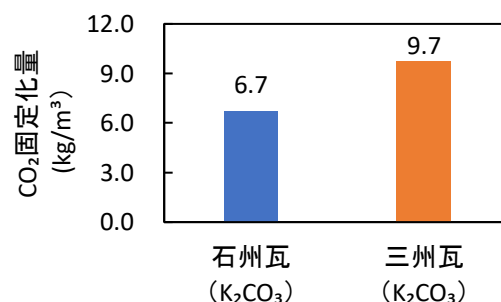


図4 コンクリートの CO_2 固定化量

謝辞：本成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託業務（JPNP21014）を受け、革新的カーボンネガティブコンクリートの材料・施工技術及び評価技術の開発で得られた成果である。

参考文献（閲覧日 2022/12/27）

- 1) 【背景を知る】世界と日本の CO_2 排出量の実態
<https://www.longlife-lab.jp/journal/404/>
- 2) 環境省「廃棄物等の発生、循環的な利用及び処分の現状」
<https://www.env.go.jp/policy/hakusyo/r03/html/hj21020301.html>