

CCU 材料と再生材料を用いた環境配慮型プレキャストコンクリートの試作

高木 雄介*

Yusuke Takagi

山本 泰介*

Taisuke Yamamoto

1. はじめに

近年、コンクリート製造過程での CO₂ 排出量削減を目的に、カルシウム源を多量に含んだ廃材に、排ガスなどの CO₂ を吸収させることで安定的な軽質炭酸カルシウムを生成し CCU 材料 (Carbon Capture and Utilization) として利用することが検討されている。筆者らも既報¹⁾の通り、CCU 材料を用いた、現場施工を想定したコンクリートについて研究を進めてきた。

しかし、工場で製造されるプレキャストコンクリート製品は、工事現場で施工されるコンクリートとは異なり、早期強度を確保するため、高温の蒸気で養生を行っている。蒸気での養生に掛かるエネルギーは、コンクリート 1 m³ あたり 38.5 kg-CO₂²⁾ と試算されている例もあり、通常の現場で施工されるコンクリートより多くの CO₂ 削減効果が必要とされている。

そこで、コンクリート製品において、製造時の CO₂ 排出量を削減するために、北辻政文教授 (宮城大学) の指導のもと、構造物解体時の再生材料に対して CO₂ を吸収させた材料を、CCU 材料として適用することを検討した。

2. 材料概要

(1) CO₂ 吸収材

写真-1 に使用した CO₂ 吸収材を示す。CO₂ を固定化するカルシウム源として、既報¹⁾と同様にベッケンバッハ炉と呼ばれる石灰石の焼成炉の焼成ダストを活用した。焼成ダストの主成分は生石灰 CaO であり、これを H₂O に反応させ消石灰 Ca (OH)₂ としたのち、CO₂ を吸収させることで炭酸カルシウム CaCO₃ となる。本来廃棄するはずの Ca を原料とすることで、CO₂ 排出量がマイナスとなる材料とした。使用した軽質炭酸カルシウムを解析した結果、CO₂ の固定量は 384 kg-CO₂/t となっており、加工時のエネルギーを考慮すると 248 kg-CO₂/t と試算される。

(2) 再生材料

コンクリート構造物を解体した後のコンクリート塊は、再資源化を目的に細かく粉砕され、採取された骨材は、

再生骨材として再利用される。しかしながら、骨材としての再利用は一部にとどまっており、また、粉砕・加工時に生じる微粉末は再利用が難しく、処分が課題となっている。

本技術では、中品質の再生粗骨材や、粉砕・加工時に生じる微粉末に残っているセメントペースト分に CO₂ を吸収させることによって、CO₂ を固定化した再生材料として活用し、資源枯渇・環境負荷への低減を目指したコンクリートである (写真-1)。

また、再生材料の CO₂ 固定量に関しては、参考までに長濱ら³⁾の試験結果を用いて算出を行った。なお、本試験で用いた再生微粉末に含まれる CaO を解析した結果より、全量が CaCO₃ になったと仮定すると全体で約 200 kg-CO₂/t 程度の CO₂ 固定量があると推察される。

3. コンクリート製品概要

本試験で使用したコンクリート材料の諸性能を表-1 に、コンクリート配合割合を図-1 に示す。本試験では、工場で使用されている既存の製品配合と比較を行った。また、開発品の配合に関しては、比表面積 4000 cm²/g の高炉スラグ微粉末を使用し、結合材の 9 割を高炉スラグ



写真-1 使用材料外観

表-1 使用材料

記号	使用材料	密度 (g/cm ³)
W	水 (上水道水)	1.00
N	普通ポルトランドセメント	3.16
BFS	高炉スラグ微粉末 4000 せっこう別添 (SO ₃ 換算 2.0%)	2.90
S	砕砂	2.60
RG	再生骨材 M	2.54
RP	再生微粉末	2.61
Ca R	副産物軽質炭酸カルシウム	2.52

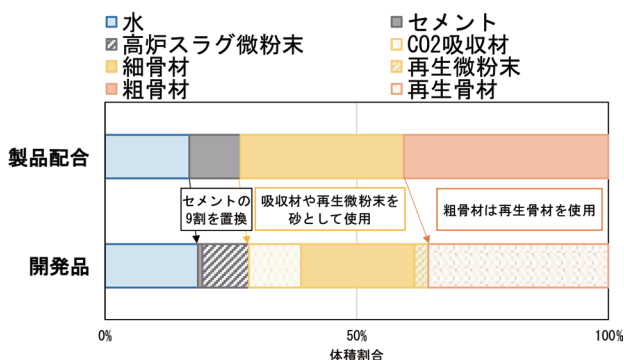
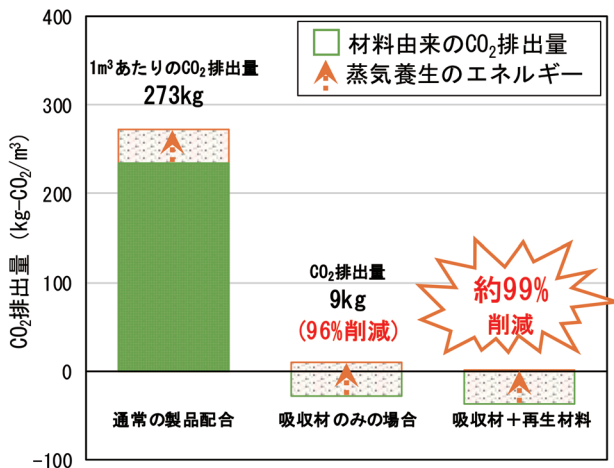


図-1 製品配合との比較

* 技術研究所土木技術グループ

図-2 各配合における CO₂ 排出量の試算

微粉末で置換した。さらに、細骨材の代替として、CO₂を吸収した吸収材や再生微粉末を添加し、粗骨材の100%を再生骨材 M で置換した配合とした。

また、CO₂ 排出量の算定に関しては明確な算出方法が定まっていないが、参考として材料由来の CO₂ 排出量を積み上げて計算し、コンクリート 1 m³ あたりの CO₂ 排出量を試算すると図-2 のように排出量が 99% 削減できる想定である。使用した各材料の CO₂ 排出量原単位は、公知となっている値²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾を用いた。

コンクリートの養生に関しては、一般的な製品と同様の温度管理の元、蒸気養生を行い、1 日で脱型を行った。また、JIS A 5363 に準拠し、材齢 14 日に製品の曲げ載荷試験を行った (写真-3)。

4. 製品試験

写真-2 に試作したコンクリート製品の外観を示す。通常のコンクリート製品よりも若干黒味があるが、出来形品質上の問題はなく、通常の製品製造サイクルと同様のサイクルで製造が可能であることを確認した。

また、標準養生では 30 N/mm² を超える性能を確認した。社会実装に向けて、検討が必要ではあるが、プレキャストコンクリート製品として、おおよその性能を満足することを確認した。

5. まとめ

このように、再生材料を活用することによって、プレキャストコンクリート製品においても、製造に関わる CO₂ 排出量をゼロに近づけることが可能となり、さらには資源のリサイクルにも貢献した技術となった。

プレキャストコンクリート製品は、合理化施工の観点から、今後、ますますニーズが増加すると考えられ、環境配慮型の製品として、実用化に向けてさらなる検討を行っている。

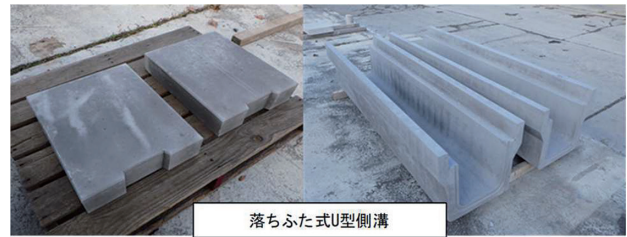


写真-2 試作品の外観

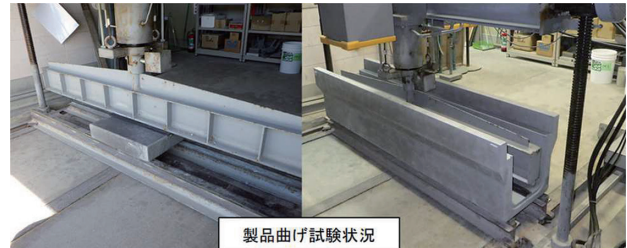


写真-3 試作品の曲げ試験状況



写真-4 藻場ブロック沈設の様子

また、本技術は、藻場の回復を目的に、宮城大学、小浜漁業協同組合および岩手県岩泉町の 3 者で取り組んでいる「藻場コンクリートブロック」にも応用され、将来的なブルーカーボンの創出への利用も期待される (写真-4)。

参考文献

- 1) 高木雄介, 椎名貴快, 山本泰介: CO₂ を吸収・固定化した炭酸カルシウム粉末を用いたカーボンネガティブコンクリートの基礎検討, 西松建設技報 47 号, 2024.
- 2) 土木学会: コンクリートの環境負荷評価 (その 2), 土木学会, コンクリート技術シリーズ No. 62, 2004.
- 3) 長濱庸介, 神田太郎, 角湯克典: コンクリート用再生骨材等の再資源化の過程における二酸化炭素固定量, pp. 26-29, 土木技術資料 56-7, 2014.
- 4) セメント協会: セメントの LCI データの概要, 2024.
- 5) 土木学会: コンクリート構造物の環境性能照査指針 (試案) (コンクリートライブラリー 125, 2005 年) 掲載.