

CO₂ 吸収固定型ポーラスコンクリート舗装の実用化に向けた検討

日本道路（株）技術研究所 ○藤井 洋志, 青柳 佳祐, 小高 拓海, 常松 直志, 美馬 孝之
(株) 安藤・間 技術研究所 鈴木 好幸, 岩渕 崇宏
灰孝小野田レミコン（株） 山内 和宏
東京大学 野口 貴文

1. はじめに

温室効果ガスの 1 つである CO₂ の排出量削減や大気中からの除去は、国境なき重要な取組みであり、道路舗装分野においても盛んに研究が行われている。我が国においては、アスファルト合材分野、植物由来材料、低炭素型施工機械・プラント技術などに関する報告が多いことと対照的に、コンクリート舗装に関する報告はまだ多くはない。しかし、国土強靱化や道路分野の脱炭素化推進などの観点から、低炭素型コンクリート舗装の研究開発は重要であり、我が国の戦略的インフラ整備に欠かすことができない技術である。また、コンクリート分野全体で考えると、カーボンフットプリントの算定方法が国際的な競争の中で整理されつつあり、明確な社会実装を見据えた制度と技術開発に期待が集まっている。そこで、筆者らは、CO₂ を固定したコンクリート廃棄物由来の材料¹⁾を用いて、舗装体構築後も CO₂ を吸収固定する低炭素型ポーラスコンクリート（以下、CP ポラコン: CARBON POOL ポーラスコンクリート）の開発および実用化に向けた試験施工を行ったので、その結果について報告する。

2. CP ポラコンの概要

2-1. 使用材料

本検討では、国内出荷量の多い生コン規格「24-12-20N」を模擬運搬した後に、粒状化処理、分級、CO₂ 固定処理を行った CO₂ 固定骨材（以下、CP 骨材）を使用した。CP 粗骨材については、試作した強制炭酸化装置を用いた促進炭酸化を行い、CP 細骨材は比表面積の大きさを利用して大気暴露下で自然炭酸化処理を行った。すなわち、生コン廃棄物を CO₂ 固定媒体として活用し、資源循環と脱炭素に貢献することをコンセプトとした技術である。強制炭酸化装置の模式図を図 1 に、製造した CP 骨材の性状を表 1 に示す。本検討では、CP 骨材を製造した後に湿式分析、TOC-IC（炭素分析）、TG-DTA（示差熱重量分析）など複数手法により CO₂ 固定量を評価し、暫定的に TG-DTA で求めた CO₂ 固定量を採用した。

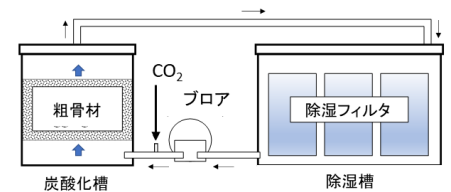


図 1 強制炭酸化装置の模式図¹⁾

表 1 CP 骨材の性状

項目	CP粗骨材	CP細骨材
表乾密度 (g/cm ³)	2.49	2.27
吸水率 (%)	4.6	12.2
実積率 (%)	67.3	57.1
CO ₂ 固定量 (kg/ton)	30.05	5.12

2-2. 舗装体による CO₂ 固定機構の設計

コンクリートの炭酸化は、セメントの水和反応によって生成する C-S-H などに含まれるカルシウムサイトが活性点となり、大気中の CO₂ が液相に溶解した炭酸イオンと反応して炭酸カルシウムを生成することで知られており、この現象は数年～数十年の長い時間をかけて進行する。本研究では、炭酸イオンと活性点の接触頻度を増加して炭酸化速度と CO₂ 固定量を最大化することを目的にペースト膜厚が薄く、比表面積の大きいポーラス構造に着目した。期待する CO₂ 固定機構を図 2 に示す。緻密な構造体では表面近傍が、ポーラス構造では粗骨材骨格周辺が炭酸化反応場になることを想定している。

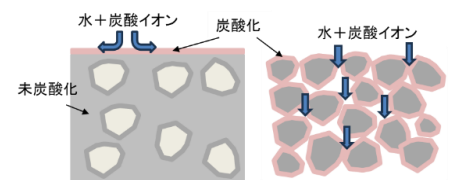


図 2 期待する CO₂ 固定機構
左) 普通コン断面, 右) ポラコン断面

3. CP ポラコンの配合および性能設計

CP ポラコンの配合設計および空隙率測定は、現場での適用性を考慮して梶尾らの報告²⁾を参考に、沈下法により実施した。配合設計においては、表 1 に示す骨材物性値、 K_m （モルタル粗骨材空隙比）、 K_p （ペースト

細骨材空隙比), 補正係数 α を配合設計上のパラメータとして用いている. 試験施工に先立って実施した配合試験および図 3 に示すペーストの長期的な CO₂ 固定量の推定試験 (促進炭酸化) の結果, 施工性や長期 CO₂ 固定量を考慮して W/B を 35%, 曲げ強度確保の観点から目標空隙率を 10±2.5% として設定した. なお, この条件で構築した舗装版におけるすべり抵抗性, 浸透水量などの要求性能は十分に確保できることを事前の試験施工にて確認している.

4. 実機試験施工

上記の結果に基づき, 滋賀県「LAGO 大津」構内の駐車場にて試験施工を実施した. CP ポラコンと新規ポラコンの出荷および現場到着時の沈下法空隙率 (以下, 空隙率) の測定結果を図 4 に示す. コンシステンシーロスを考慮して出荷時の空隙率を調整することで, CP ポラコン, 新規ポラコンともに現着時の空隙率は目標値を満足することを確認した. また, TV 型アスファルトフィニッシャ, ハンドガイド式ゴム巻きローラなどを用いることで, 空隙つぶれやダレなどがなく, 適度にペーストが被膜した良好な状態を確保できた. 施工状況と仕上がり面を写真 1 に示す. 試験施工の際に作製した供試体を用いた曲げ強度試験および現場試験の結果を表 2 に示す. 材齢 7 日の時点で, 駐車場に要求される曲げ強度 (3.5MPa) を十分に満足し, すべり抵抗性や浸透水量などの要求性能も良好な結果を示した.

5. CO₂ 削減効果

試験施工で用いた配合から算出した CO₂ 排出量の試算結果を表 3 に示す. なお, CP 骨材の排出原単位は表 1 の CO₂ 固定量を採用し, その他の材料は JCI のデータを参照した. この結果, 建設時における CP ポラコンの CO₂ 削減効果は, 新規ポラコンに比べて -21% 程度である. また, ペースト部分での長期的な CO₂ 固定量を加味すると, 対新規ポラコン建設時で約 37% の CO₂ 削減効果が見込まれる. 具体的に, 本試験施工における材料の投入量を考慮すると, 建設時点で約 1,600kg, 長期的な削減量は約 2,790kg と試算された. なお, 供用における実際の CO₂ 固定量については現場付近の供試体を用いて, 継続的な評価を行うこととしている.

6. まとめ

本検討の結果, 低炭素型ポーラスコンクリートは実規模での製造, 施工が可能であり, 舗装体としての必要性能を具備するものである. また, 新規材料を用いた場合に比べて建設時で約 2 割の CO₂ を削減し, 長期的な CO₂ 固定の可能性が示唆されたことから, コンクリート舗装分野の低炭素化に寄与するものとする.

謝辞

この成果は, たねやグループ様にて試験フィールドをご提供いただき, NEDO (国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構) の委託業務 (JPNP21023) の結果得られたものです. 関係各位に深く感謝いたします.

【参考文献】

- 1) Takahiro Iwafuchi et al., CO₂ FIXED BY RECYCLED AGGREGATE IN A MEDIUM-SCALE CARBONATION FACILITY, Conference Proceedings of ReACT2024, vol.1, pp. 83-84, 2024
- 2) 梶尾聡ほか, ポーラスコンクリートの配合設計法に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.28, No.1, 2006

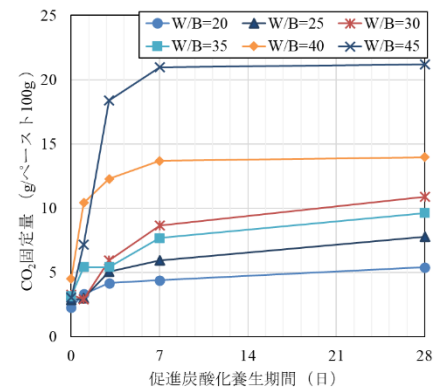


図 3 ペーストの CO₂ 固定量測定結果

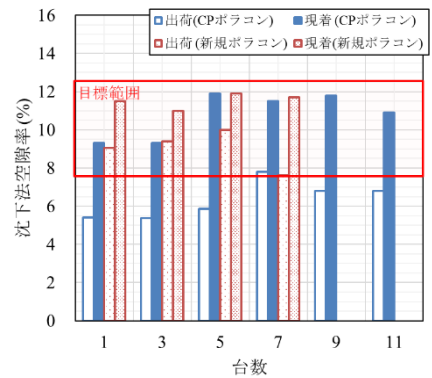


図 4 空隙率測定結果

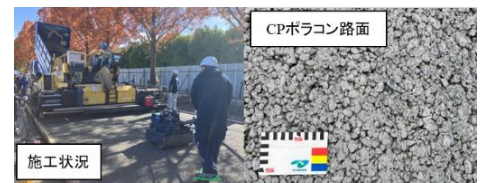


写真 1 施工および路面の状態

表 2 物性値測定結果

種別	曲げ強度 (MPa)		すべり抵抗性	浸透水量	MPD (mm)
	7日	28日	BPN	(ml/15s)	
CPポラコン	4.6	4.4	88	1,100	1.5
新規ポラコン	5.0	6.5	85	1,300	1.3

表 3 CO₂ 排出量の試算結果

種別	CO ₂ 排出量 (ton/m ²)	削減率 (%)
新規ポラコン	236.0	—
CPポラコン	185.4	21.4
CPポラコン (長期予測)	148.8	37.0