

環境調和を目指した舗装用ポーラスコンクリートの空隙率制御と強度に関する基礎的検討

日本道路（株）技術研究所 正会員 ○藤井 洋志
 大成ロテック（株）技術研究所 正会員 中塚 将志
 （株）佐藤渡辺 技術研究所 正会員 野口 純也
 灰孝小野田レミコン（株） 正会員 山内 和宏

1. はじめに

コンクリート分野のカーボンニュートラルに向けた取り組みとして、戻りコンクリートや残コンクリート（以下、戻りコン）を活用した粒状化再生骨材（Granulated Recycled Aggregate, 以下、GRA）の製造およびCO₂の固定技術に関する研究が盛んに行われている¹⁻³⁾。既往の研究によると、GRAはより多くのCO₂を迅速に固定化する素材として期待されている。一方で、CO₂を固定した後のGRA（Carbon Captured Aggregate, 以下、CCA）の有効な利用方法に関する報告は少ない。このような背景から、筆者らはCCAの用途として、比表面積が大きく構造物としてのCO₂固定に有利と考えられるポーラス構造に着目し、CCA製造技術の確立に先立ち、GRAのポーラスコンクリート舗装用素材としての適用性について検討した。具体的には、GRAを用いて舗装用ポーラスコンクリート（以下、PoCo）の空隙率制御を目的とした室内配合試験と硬化体の曲げ強度等を確認した結果について報告する。

2. 検討方法

本検討では、実際の建設現場で発生した戻りコンにセルロース繊維を主成分とした吸水性に優れる粒状化剤を添加して製造したGRAを使用し、骨材の外観を写真1、2に示す。GRAの粗骨材（以下、GRG）は、原骨材周りにセメントモルタルが付着しており、角の少ない丸い形状である。またGRAの細骨材（以下、GRS）は灰色の細粒分が多く、セメントモルタル粉体が含まれていると推察される。GRAの品質は、原料となるコンクリートの配合や粒状化再生処理されるまでの製造方法等の様々な条件が影響すると想定されるため、製造ロットごとに骨材性状を把握してからPoCoの空隙率制御について検討した。



写真1 粒状化再生粗骨材（GRG）

PoCoの水結合材比（以下、W/B）は、車道や駐車場への適用に要求される曲げ強度を確保するため、実績配合を参考にW/B=21%とした。また、PoCoの強度は空隙率に大きく依存することが知られているため、目標空隙率を4～20%の範囲で変化して強度への影響を確認した。PoCoの空隙率については、梶尾ら⁴⁾の報告を参考に、予備試験で求めたGRAを使用した場合に適する補正係数 α とモルタル粗骨材空隙比（ K_m ）、ペースト細骨材空隙比（ K_p ）にて調整することとし、フレッシュ時のPoCoの品質管理試験として、所定時間加振する沈下法にてフルコンパクション状態として空隙率を確認した。



写真2 粒状化再生細骨材（GRS）

3. 検討結果

3-1. 骨材品質

GRAの品質試験結果を表1に示す。GRGはコンクリート用再生骨材M（JIS A 5022）の品質基準に適合し、GRSはコンクリート用再生骨材L（JIS A 5023）の品質基準程度であることがわかった。また、粗骨材の摩耗抵抗性を表す、すりへり減量は12.7～18.8%であり、コンクリート舗装用碎石の一般的な仕様⁵⁾である35%以下を満足する。

キーワード 粒状化再生骨材，再生粗骨材，再生細骨材，ポーラスコンクリート

連絡先 〒300-0028 茨城県土浦市おおつ野1-4-1

日本道路（株）技術研究所 TEL:029-899-2025

3-2. 空隙率制御

品質を確認した GRA を用いて目標空隙率に対応する K_m に調整して配合設計を行った。沈下法空隙率の測定結果を図 1 に示す。

骨材品質（製造ロット）によって、同一範囲における K_m の沈下法空隙率への影響の程度に違いはあるものの、 K_m と沈下法空隙率には高い相関関係が認められた。このことから、製造した GRA の品質を把握し、適切に K_m を調整することで PoCo の空隙率制御が可能であることが確認された。

3-3. 曲げ強度

試験体の空隙率を変化して実施した曲げ強度試験の結果を図 2 に示す。ここで、比較のために新規骨材を使用した配合の結果を併記する。図 2 の結果より、GRA を使用した場合の曲げ強度は、空隙率の増加に伴い低下し、空隙率 10% の条件で材齢 28 日における設計基準強度 4.5N/mm^2 を満足することが確認された。また、材齢 7 日から 28 日で約 10% 強度が増すことがわかった。空隙率 17% の結果に着目すると、同一材齢の新規骨材配合に比べて曲げ強度が約 35% 低いことがわかる。これについては、破断面を確認すると GRG のモルタル部分が破壊していることから、原骨材に付着したモルタルの脆弱性に起因すると考えられる。

4. まとめ

- 本検討の結果、以下のことが明らかとなった。
- 1) GRA の性状を把握して K_m を調整することで、PoCo の空隙率 4 ~ 20% 程度の範囲で制御することが可能である。
 - 2) GRA を使用した PoCo の曲げ強度は新規骨材配合より 35% 程度低い。空隙率を 10% 付近に設定することで、曲げ強度 4.5N/mm^2 を満足する。
 - 3) CCA の具体的な用途として、GRA を CCA に置き換えた車道や駐車場に対応した CO_2 固定型 PoCo の可能性を見いだせた。

謝辞

本研究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）の業務委託（JPNP21023 / CARBON POOL コンクリートの開発と舗装および構造物への実装（幹事会社：安藤ハザマ））の一環として実施したものです。東京大学の野口貴文教授には貴重なご助言を賜りました。関係各位に深く感謝いたします。

【参考文献】

- 1) 白岩誠史ほか、戻りコンクリート由来の粒状化再生骨材の品質に関する全国共通試験結果、コンクリート工学年次論文集, vol.45, No.1, pp. 940-945, 2023
- 2) 吉野玲ほか、再生骨材への効率的な CO_2 固定方法に関する検討、コンクリート工学年次論文集, Vol.45, No.1, pp.34-39, 2023
- 3) 安部弘康ほか、生コンクリート由来の粒状化再生骨材への CO_2 固定に関する検討、コンクリート工学年次論文集, Vol.45, No.1, pp.16-21, 2023
- 4) 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
- 5) （公社）日本道路協会、舗装施工便覧（H18）, pp.42-43, 2006

表 1 GRA の品質試験結果

種別	骨材区分 (製造ロット)	表乾密度 (g/cm^3)	吸水率 (%)	実積率 (%)	微粒分量 (%)	すりへり減量 (%)
GRG (5-15mm)	1	2.39	4.7	61.0	0.4	18.8
	2	2.50	4.5	61.3	1.1	12.7
GRS (0-5mm)	1	2.10	15.5	66.0	3.8	-
	2	2.25	11.2	68.1	8.8	-

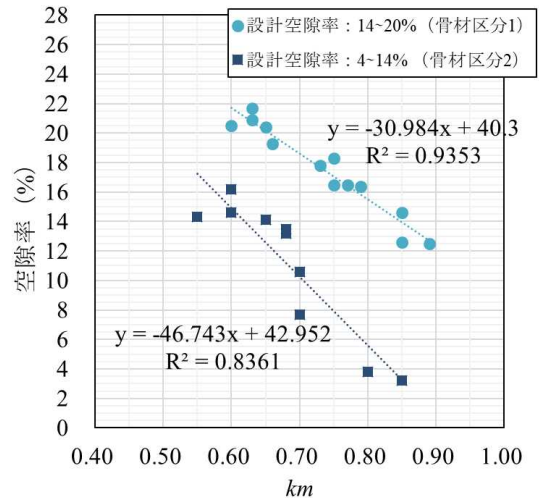


図 1 K_m の空隙率への影響

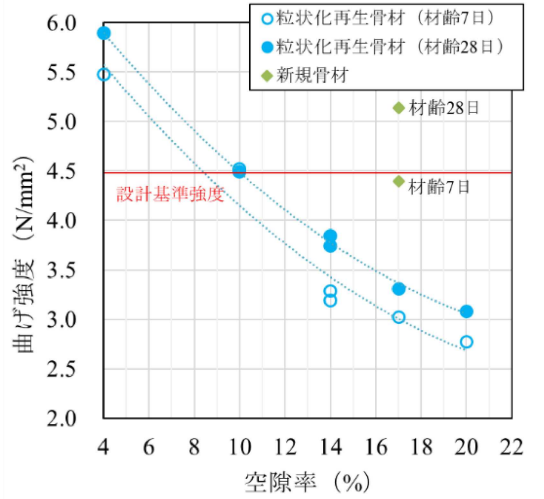


図 2 空隙率の曲げ強度への影響



写真 1 曲げ強度試験後の破断面