

2023年度 新産業創出研究会「研究成果報告書」

「CO₂の吸着固定でカーボンニュートラルを目指す酸化マグネシウムを用いた土系舗装の開発」

〔徳山工業高等専門学校・教授〕 〔島袋 淳〕

1. はじめに

本研究の目的は、土系舗装に用いる、酸化マグネシウム系固化材(MgO 固化材)の CO₂ 吸収特性を把握することである。申請者のこれまでの研究から、MgO 固化材はコンクリートの材料であるセメントより CO₂ を多く吸収することが明らかとなっている。しかしながら、この CO₂ 吸収に関しては自然に存在しない CO₂ 高濃度条件下での調査であることから、有用な土系舗装を開発するためにも、より低濃度下での MgO 固化材の CO₂ 吸収特性を把握する必要がある。そこで本研究では、MgO 固化材に対し、更に低い濃度下での CO₂ の吸収実験を行い、その CO₂ 吸収特性について検討した。

2. 土系舗装の概要

図1に土系舗装の概念図、写真1に実際に施工した例を示す。土系舗装は自然に近い風合いを持ち、適度な弾力性、衝撃吸収性を備え、透水・保水性を有し舗装体内に蓄えた水分の蒸発により、路面温度の上昇を抑制し、ヒートアイランド現象の緩和・軽減に寄与する点から主に歩道や園路などに適用されている。現在、申請者らは酸化マグネシウムを固化材として用いた土系舗装に関する研究を行っている。酸化マグネシウムは水と反応することで水和反応が生じて水酸化マグネシウムとなり、固化した後に大気中の CO₂ を吸収して炭酸マグネシウムとなることが知られているが、実際の CO₂ 吸収量や吸収期間などは明らかにされていない。本研究開発では、社会全体でカーボンニュートラルを目指していることから少しでも CO₂ 吸収性能の高い土系舗装を開発し提供することで社会貢献することを目指している。

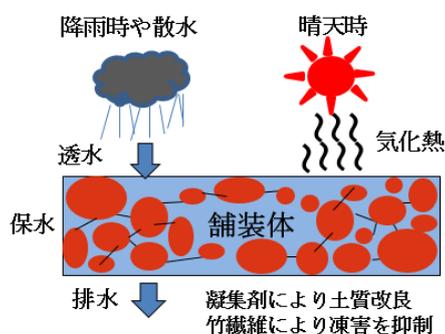


図1 土系舗装の概念図



写真1 下松スポーツ公園園路

表1に代表的な歩道用舗装の比較を示しているが、本研究で対象とするマグネシウム系土系舗装には以下の新規性・優位性があるものと考えられる。

- ① 大気中の CO₂ を吸着固定できる可能性があり、カーボンニュートラルとして有効となる可能性がある。
- ② 透水性と保水性を兼ね備え、ヒートアイランド対策として有効となる。
- ③ 全て自然由来の素材を利用した土系舗装のため、産業廃棄物とならず再利用が可能である。
- ④ 施工が簡単で、自然の景観になじむ環境を配慮した土系舗装である。

表1 代表的な歩道用舗装の比較

工法	①マグネシウム系土系舗装	②透水性アスファルト舗装	③セメント系土系舗装
施工イメージ			
工法概要	全て自然由来の素材を利用したプレミックス製品。現地で敷き均し、散水、転圧して仕上げる環境配慮型の土系舗装。	開粒アスファルトを用いた舗装の標準的な工法である。	乾燥真砂土、セメント、無機顔料からなるプレミックス製品。現地で敷き均し、散水、転圧して仕上げるセメント系土系舗装。
施工性	大がかりな重機不要、プレミックスされたものを現場搬入するため、品質、施工性とも優れている。	プラントで作成されたものを現場まで運び、重機、人力により施工。温度管理に注意が必要。	大がかりな重機不要、プレミックスされたものを現場搬入するため、品質、施工性とも優れている。
維持管理	耐用年数 7~10年程度 部分補修は容易に施工可能	耐用年数 10年程度 部分補修は可能。割高となる。	耐用年数 5年程度 部分補修は容易に施工可能
透水・保水性	透水性と保水性を兼ね備え、ヒートアイランド対策として有効	透水性は良好であるが、保水性に劣るためヒートアイランド対策としては無効	透水性と保水性を兼ね備え、ヒートアイランド対策として有効
再利用	自然土として再利用可能	産業廃棄物になり、再利用不可能	産業廃棄物になり、再利用不可能
防草対策	有効	有効	有効
カーボンニュートラル	大気中のCO ₂ を吸着固定(試験中)	大気中のCO ₂ を吸着固定(比較試験中)	大気中のCO ₂ を吸着固定(比較試験中)

3. CO₂ 吸収実験の概要

前述のとおり、MgO 固化材は CO₂ 高濃度下 (初期濃度 4.5%~5%) では CO₂ を吸収することが明らかであるが、本研究においては初期濃度 0.75%~1% として、従来よりも低い濃度での CO₂ 吸収実験を行いその CO₂ 吸収特性を把握する。ここで CO₂ 実験の様子を写真2、吸収実験の流れを図2に示す。また実験に用いた MgO 固化材供試体の1バッチ当たりの配合量を表2に示す。この実験の流れ、配合条件の下で、①MgO 固化材の低濃度下での CO₂ 吸収特性、②MgO 固化材の固化材量の違いによる CO₂ 吸収特性、について検討し、CO₂ 低濃度下での MgO 固化材の CO₂ 吸収特性を明らかにする。



写真2 実験の様子

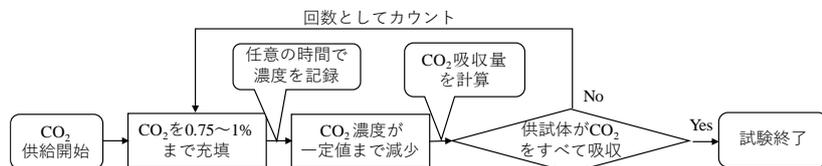


図2 吸収実験の流れ

表2 1バッチ当たりの配合量

供試体名	細骨材 (kg)	竹繊維 (kg)	MgO (kg)	その他資材 (kg)
MgO_500	2500	30	500	72.5
MgO_100	2900	30	100	72.5

4. CO₂ 吸収実験の試験結果と考察

①MgO 固化材の低濃度下での CO₂ 吸収特性

MgO_500 供試体の CO₂ 吸収実験結果を図 3 に示す。図中の凡例内の回数値は図 2 に示す流れの繰り返し回数である。図中の凡例、「検定○回目」とは供試体を入れていない状態での試験器内の CO₂ 濃度の減少傾向である。MgO_500 の実験に関しては、供試体を入れていない状態で 3 回検定実験を行った。また、供試体の総 CO₂ 吸収量を把握するために、供給 21 回目からは従来の高濃度下にし、総吸収量を把握するための時間短縮を図った。ここで、縦軸は任意の測定時間における CO₂ 濃度を初期濃度で除した値である。図より、吸収実験 1 回目と検定実験結果を比較すると、供試体を入れた場合は CO₂ の減少傾向が著しいことから、供試体が CO₂ を吸収したといえる。また回数が増えるたびに、検定結果に近づくことから、供試体は徐々に CO₂ を吸収しにくくなるといえる。ここで 46 回目の結果が検定結果と完全に一致したことから、検定結果の CO₂ 濃度減少量を考慮に入れたうえで MgO_500 供試体の総 CO₂ 吸収量を計算すると、約 54kg/m³ であった。MgO 固化材の製造時の CO₂ 排出量は約 60kg/m³ であり、カーボンニュートラルを考慮すると 6kg/m³ 程度不足している。しかしながら、申請者の先行研究で、同一セメント量で供試体密度が異なるセメントモルタル供試体の CO₂ 吸収特性は、密度が小さい供試体の方が CO₂ をより多く吸収することから、MgO 固化材を土系舗装材として用いる場合は、空隙を増やし、密度を小さくするなど、配合次第で吸収量が 54kg/m³ よりも多くなり、60kg/m³ に近づくと考えられる。よって、配合次第でカーボンニュートラルが可能であると考えられる。

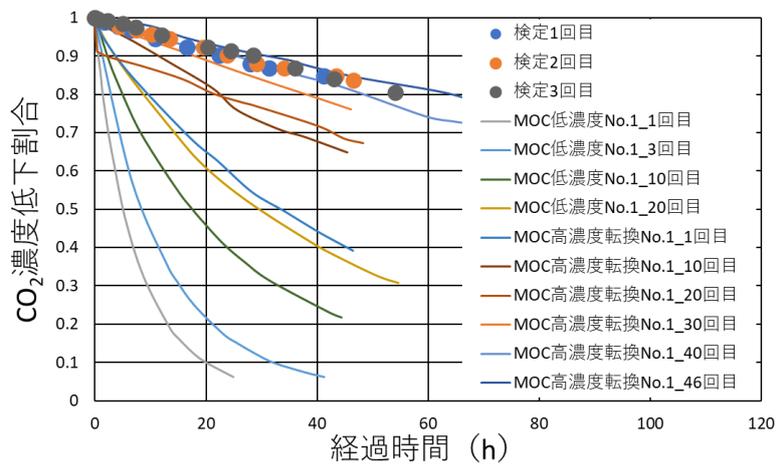


図 3 MgO_500 供試体の CO₂ 吸収実験結果

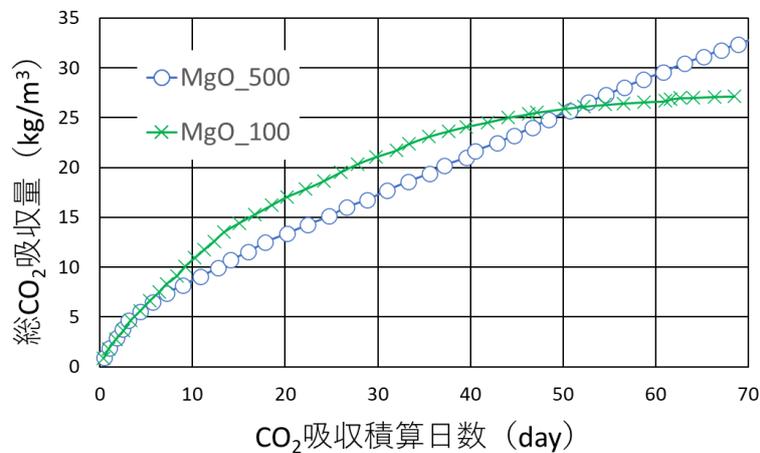


図 4 固化材量の違いによる総 CO₂ 吸収量の比較

②MgO 固化材の固化材量の違いによる CO₂ 吸収特性

MgO_100 に対しても同様の吸収実験を行い、その結果を利用して、総 CO₂ 吸収量を計算し、固化材量の違いによる総 CO₂ 吸収量について検討したものが図 4 である。図より、積算日数初期段階では MgO_100 の方が CO₂ を多く吸収しているが、徐々に MgO_500 の方が、CO₂ 吸収量が多くなる傾向を示す。このことは、MgO_100 供試体は固化材が少ないため、空隙が多いことが予想され、そのため初期段階では CO₂ が浸透しやすいと考えられる。しかしながら、固化材量の少なさから、徐々に CO₂ と反応する鉱物がなくなり、最終的には固化材量の多い MgO_500 供試体の方が CO₂ を多く吸収すると考えられる。

5. おわりに

以上のことから、土系舗装に用いる MgO 固化材の CO₂ 吸収特性は、従来の高濃度下だけでなく、更に低い濃度下でも CO₂ 吸収が可能であり、その最終的な吸収量は MgO 固化材の量に依存することが明らかになった。また、空隙を増やし、供試体密度を小さくするなど、配合を考慮すれば MgO 固化材の CO₂ 排出量と吸収量はほぼ等しくなると考えられることから、土系舗装材として用いる場合、カーボンニュートラルにも貢献できると考えられる。

6. 本研究の今後の計画

本研究の今後の課題として、CO₂ 初期濃度 1% 以下でも MgO 固化材は CO₂ を吸収することが明らかになったが、実環境に置き換えた場合、CO₂ 濃度は 400ppm (0.04%) であるため、実環境を想定した更なる研究が必要である。実環境を想定した CO₂ 吸収量の測定方法として考えられることは、自然状態 (400ppm 付近) の条件の下で、密閉容器や 400ppm 以下を計測できる濃度計を用い、容器内に供試体を入れ、その濃度の計時変化を得ること、ならびに先行研究において CO₂ 吸収実験後の供試体重量は CO₂ 吸収により増加することから、自然状態下で供試体を放置し、その重量変化から実環境下での CO₂ 吸収量を予測するなどが挙げられる。しかしながら、本研究の結果より、今まで行われていない CO₂ 吸収量を定量的に把握できたことは明らかであり、MgO 固化材は土系舗装材としてのカーボンニュートラルへの貢献も示唆できた。

よって、今後はこれを用いた土系舗装材の開発を進めていくために、透水・保水特性、耐凍害特性 (凍結融解特性)、CO₂ 吸収後の一軸圧縮強度・曲げ強度等を把握していく。

7. その他

(1) 出願特許 (タイトル・出願番号・発明者・特許権者など)

なし

(2) 投稿論文 (タイトル・学会名等)

なし

(3) 本研究会の参加企業・団体名

グリーン&ウォーター株式会社

宇部マテリアルズ株式会社

以上