

## 論文 バイオグラウトのひび割れ補修に対する可能性への検討

愛媛大学 学生会員 ○松下 ゆかり 愛媛大学 正会員 氏家勲  
愛媛大学 正会員 岡崎 慎一郎 愛媛大学 正会員 安原英明

## 1. はじめに

社会基盤施設形成を担うコンクリート構造物の、ひび割れ補修に関する社会的ニーズは極めて大きい。

現行のひび割れ補修方法は、ゴムチューブを用いた注入工法が一般的である。しかし、本工法の問題点として、○チューブの設置作業に手間を要する、○粘土が高い充填剤を用いるため、施工中の充填剤流出が環境負荷に影響が大きい、などの問題点が挙げられる。

川崎らは微生物代謝を利用したグラウト（以下、バイオグラウト）の、地盤改良への適用を試みている。グラウトにはイースト菌と、その有機栄養源によって生成された炭酸カルシウムにより地盤の固化させることを期待している。

このグラウトの砂地盤への適用の結果、地盤の透水性能が1オーダー以上低することが確認されている。バイオグラウトによる析出物は炭酸カルシウムであり、セメント系材料の主成分と相違ないため、コンクリートのひび割れ部への適用を考えた場合、析出物がセメントペーストに与える科学的影響はないと思われる。以上の検討より、バイオグラウトは、コンクリートの亀裂部の補修に適していると考えられる。本研究では、予備実験の際に、様々な菌種、栄養源、カルシウム源よりコンクリートのひび割れ補修に適したバイオグラウトの開発を目的とし、グラウトの析出物の物理化学分析を実施するとともに、補修の効果については、ひび割れ部の透水試験によってその適用性を検証した。

## 2. 種々の配合によるグラウトの補修の可能性

## 2.1 概要

予備実験の段階では、大きなひび割れ空間における補修効果は検証しなかった。したがって、バイオグラウトをひび割れ補修に用いるためには、より補修効果の大きい配合をみいだす必要があり、そのためには数多くの実験ケースを実施しなければならない。検討する析出物によるひび割れの閉塞効果に関して、ひび割れ幅を指標として計測するのには、目視など比較的信頼性の低いものとなる。ひび割れ部分の透水

試験は補修の効果を定量的に評価することが可能ではあるが、もっとも補修効果の高い配合を見出すためには、数多くの実験ケースに対して莫大な手間を要する。

そこで本研究においては、砂を対象にグラウトを注入し、固化したものの一軸強度を指標として、補修の効果の著しい、つまり最も一軸強度の高くすることのできたグラウトを抽出し、割裂供試体への注入を実施すると同時に、固化した供試体へ注入すると同時に、固化した供試体から析出物を採取し、X線回折分析を実施した。

## 2.2 配合条件

炭酸カルシウムの析出方法は、ウレアーゼによる尿素的加水分解を利用してひび割れ補修を目指す。なお、尿素加水分解反応は以下のようである。

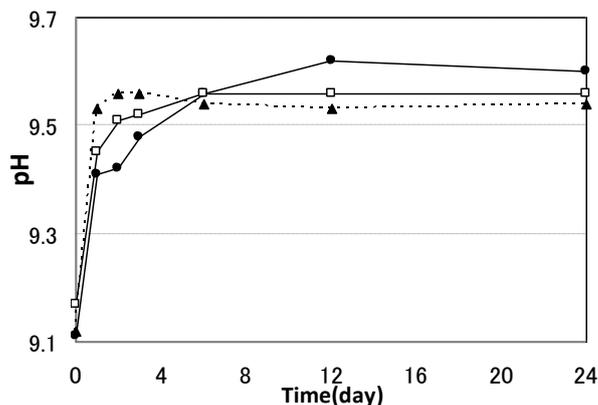
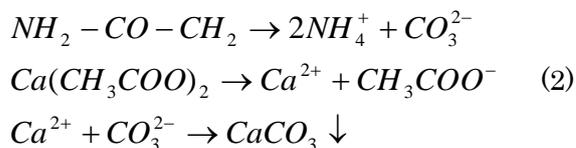


図-1 ウレアーゼと尿素的の pH 変化

上記の式より、炭酸カルシウムの生成を目指す。なお、ウレアーゼと尿素的の pH 変化を図-1 に示す。

図-1 より、pH がアルカリ性に保たれていることが確認された。

次に試験条件を述べる。ウレアーゼ、酢酸カルシウムの濃度を変化させた9ケースを用いた。なお、尿素は10g/Lとした。

## 2.3 一軸圧縮試験結果と X 線回折分析

ケース名	酢酸カルシウム	ウレアーゼ	強度 (MPa)
CASE-1	0.01mol/L	0.1g/L	0.060
CASE-2		1.0g/L	0.014
CASE-3		10g/L	0.060
CASE-4	0.1mol/L	0.1g/L	0.048
CASE-5		1.0g/L	0.019
CASE-6		10g/L	0.064
CASE-7	1.0mol/L	0.1g/L	0.048
CASE-8		1.0g/L	0.028
CASE-9		10g/L	—

表-1 配合表と圧縮強度結果

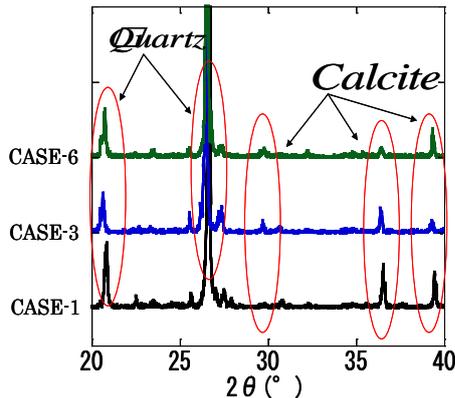


図-2 X線回折分析

一軸圧縮試験結果とケース名を表-1に示す。CASE-1, 3, 6は他の供試体に比べ高い強度を示した。

次に、高い強度を示した3ケースにおいて、X線回折分析を行った。図-2にX線回折結果を示す。ここで、CASE-3, 6ではCalciteのピークである29°で高い強度を示していたが、CASE-1には、Calciteのピークは見られなかった。

一軸圧縮試験結果およびX線回折結果より、CASE-3, 6の2種類をグラウトとしてひび割れに注入することにした。

#### 2.4 透水試験による補修効果の実証

2.3項で選定したグラウトをコンクリート供試体に注入し、グラウト注入前後の透水量を比較した。

設定したコンクリート供試体は、φ=50mm、高さ20cmの供試体で、一軸圧縮試験による割裂ののち、再び亀裂面同士を向かい合わせ、高さを半分にするため切断し、2つの供試体の亀裂面に差を出さないようにした。なお、亀裂幅は1.12cmである。

注入開始から3日後に、ひび割れ表面に析出物が出来ていたため、透水試験を行った。透水試験結果を図-3に示す。グラウト注入前後での透水量はCASE-3では68%、CASE-6では71%

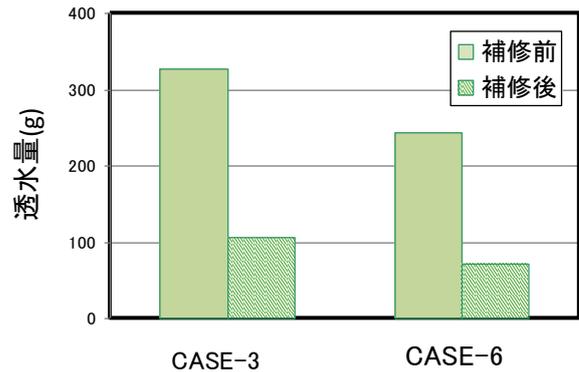


図-3 透水試験結果

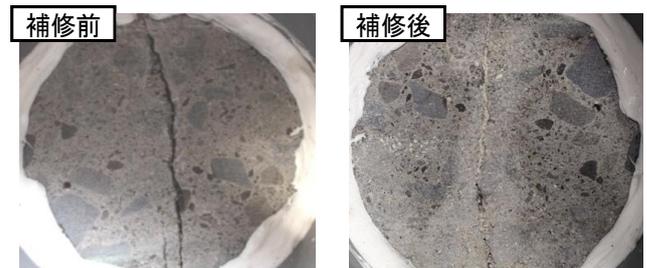


図-4 CASE-3の補修前後の写真

減少した。透水後の亀裂部表面を確認しても、析出物は溶解していなかった。なお、グラウト注入前と注入後のひび割れ表面の写真を図-4に示す。

#### 3. 結論

ウレアーゼの尿素加水分解によるバイオグラウトのひび割れ補修への適用性を検討した。バイオグラウトによる補修効果の効率的な検証として、砂にバイオグラウトを注入し固化させた供試体の一軸圧縮試験を実施した。その結果、適切な分量のカルシウム源とウレアーゼを配合した場合において、砂の固化および強度発現が認められるとともに、ひび割れへの適用においては、析出物による亀裂部の閉塞が確認され、透水性の低下を確認することができた。

#### 謝辞

本研究の遂行にあたり、愛媛大学大学院生 林和幸氏、杉本知弘氏に、貴重なご示唆およびご協力を頂きました。ここに深い謝意を示します。

#### 参考文献

- 川崎了ほか: 微生物の代謝活動により固化する新しいグラウトに関する基礎的研究, 応用地質, Vol.47, No.1, pp.2-12, 2006.4