

イースト菌によるコンクリートひび割れ補修に関する研究

埼玉大学  
埼玉大学  
埼玉大学

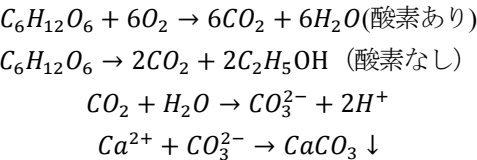
学生会員  
フェロー会員  
正会員

○房 捷  
睦好 宏史  
樂 堯

1. はじめに

コンクリートの致命的な欠点はひび割れが入ることである。現在の設計では、環境条件、部材条件などを考慮の上でひび割れが許容されているが、長期間の供用に伴い有害物質の侵入が加速され、耐久性の低下が懸念されている。これまでのひび割れ補修工法は、いくつか開発されているが、いずれも施行に手間ひまがかかる問題点が指摘されている。このため、低コストかつ環境に優しいひび割れ補修工法の開発が必要とされている。近年では、バクテリアの代謝を利用し、炭酸カルシウム結晶の析出によりひび割れを修復する新たな手法が注目されている<sup>1)</sup>。しかしながら、バクテリアの生存環境は炭酸カルシウムの析出状況に大きく影響を与えるため、その影響の解明は補修効果の向上に不可欠と考えられている。本研究では、イースト菌を用いてひび割れ補修の有効性を検証すると共に、イースト菌の生存環境を変えて、ひび割れ修復効果向上の検討を行った。

2. 実験原理と方法



ひび割れ修復原理は、微生物の呼吸によって排出される二酸化炭素が水環境下でカルシウムイオンと反応し、不溶性の炭酸カルシウムが析出して、これがひび割れを閉塞することによるものである。

本研究では、先ず、既往の研究<sup>1)</sup>を参考にして、ひび割れ修復試験を行い、バクテリアによるひび割れ修復手法の適用性を明らかにした。それに加え、ひび割れ修復改善試験を行い、イースト菌の生存環境を調べ、ひび割れ修復効果が最良となる配合、即ち最適なPHを明らかにして、この配合を用いて、ひび割れ修復試験を行い、その妥当性を明らかにした。

3. ひび割れ修復試験

ひび割れ修復試験では、長方形と円柱形の二種類のモルタル供試体を作製し、断面中心に一本のひび割れを導入し、透水試験を行った。透水試験(図-1)は、透水キーワード：ひび割れ補修、イースト菌、透水試験、PH変化

装置に一定量の水を入れ、水がすべて透水するまでの時間を計測した。次に、表-1に示す6番の配合をひび割れ修復材の標準配合として、注射器でひび割れ上面から注入して補修を行った。修復材の注入は一日一回で、約二週間半続けた。修復材中のトリス緩衝剤、スクロース、酢酸カルシウムはPHを調整するとともにイースト菌の栄養源、カルシウムイオンを提供する役割を果たしている。補修材を注入後、供試体に先ほどと同じ量の水を入れて、すべて透水してなくなるまで時間を測定した。本研究では、修復前と修復後の透水時間の比を“倍率”と定義して、補修材の効果を考察することにする。

図-3は各供試体のひび割れ幅と倍率を示したものである。ひび割れ幅が小さく、またひび割れが深いほど、修復効果がよくなり、特にひび割れ幅が0.5mm以下の場合には修復後の透水時間は修復前より著しく長くなることが明らかとなった。また、析出した炭酸カルシウムは、修復材が長く留まる箇所、且つ空気が交換しやすく所に多く析出することが明らかとなった(図-2)。なお、析出した結晶は熱分析試験により、すべて炭酸カルシウムであることを確認している。

4. ひび割れ修復改善試験

次に、イースト菌が最も効果ある働きをするための最適なPHを明らかにするための実験を行った。

表-1 ひび割れ修復材の配合

| 番号 | PH 値 | トリス 緩衝溶液               | スクロース               | 酢酸カルシウム             | イースト菌  |
|----|------|------------------------|---------------------|---------------------|--------|
| 1  | 9.0  | 0.600g/L<br>0.005mol/L | 34.2g/L<br>0.1mol/L | 8.8g/L<br>0.05mol/L | 3.0g/L |
| 2  | 9.2  | 1.300g/L<br>0.011mol/L | 34.2g/L<br>0.1mol/L | 8.8g/L<br>0.05mol/L | 3.0g/L |
| 3  | 9.5  | 2.0g/L<br>0.017mol/L   | 34.2g/L<br>0.1mol/L | 8.8g/L<br>0.05mol/L | 3.0g/L |
| 4  | 9.6  | 4.0g/L<br>0.033g/L     | 34.2g/L<br>0.1mol/L | 8.8g/L<br>0.05mol/L | 3.0g/L |
| 5  | 9.7  | 6.0g/L<br>0.051mol/L   | 34.2g/L<br>0.1mol/L | 8.8g/L<br>0.05mol/L | 3.0g/L |
| 6  | 9.9  | 12.1g/L<br>0.1mol/L    | 34.2g/L<br>0.1mol/L | 8.8g/L<br>0.05mol/L | 3.0g/L |

(1) 初期PH測定試験

ひび割れ修復試験で、イースト菌は早い段階で死滅する可能性があり、析出した結晶はイースト菌の呼吸による連絡先：〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保 255 埼玉大学建設工学科材料研究室

るものか、あるいは空気中の二酸化炭素との反応によるものかが不明である。イースト菌の生存状況と炭酸カルシウムの析出状況を調べるために、トリス緩衝剤の量を調整することによりPHを変化させて、6種類の修復材を作製し、温度を20度一定として、時間ごとのPHの変化を測定した。

図-4はPHの測定試験結果を示したものである。図から、最初に行ったひび割れ修復試験で使用した修復材(PH= 9.9)は緩衝剤の濃度が高いため、PHが低下せず、イースト菌が速い段階で死滅していることが明らかとなった。しかし、逆にPHの低下が速くなり、修復材が酸性になると、炭酸カルシウムは析出されないか、または解ける可能性がある。試験結果から5番の配合は他の配合に比べ、長時間にわたり、PHを7.5以上に保つことができ、炭酸カルシウムの析出に最もよい環境であることが明らかとなった。

## (2) 新たな配合によるひび割れ修復実験

上述したように、最適な環境を与えると考えられる表-1の5に示すグラウト配合を用いてひび割れ修復材を作製し、ひび割れを修復した後、透水試験を行った。比較のために、6番の配合を用いた修復材とイースト菌が混入していないものを用いた試験も行った。

図-5はこれら3種類の修復材を用いた透水試験結果を示したものである。ひび割れ幅が0.3mm以下では、新たな配合による修復材を用いたものは、他の2種類の修復材と比べて修復後の透水時間が長くなり、修復の効果が顕著に改善されている。しかし、ひび割れ幅が0.25mmの時、新たな配合による修復材を用いた場合の倍率は小さな値を示している。この原因として、PHが著しく低下し、析出した炭酸カルシウムが脆くなって、溶解したためであると考えられる。今後さらなる検討が必要である。

## 5. まとめ

本研究から以下のことが言える。

- 1) イースト菌を用いることによって、コンクリートのひび割れをある程度修復することが可能となった。
- 2) 修復材に用いるトリス緩衝溶液の濃度を調整することにより、イースト菌が最も効果的に働くことができるPH値を求め、ひび割れ修復試験を行った結果、ひび割れ修復効果が改善されることが明らかとなった。

今後は酢酸カルシウムとスクロースの量を調整し、イースト菌がさらに効果的に活動できる配合を明らかにする予定である。



図- 1 透水試験



図-2 ひび割れにおける $\text{CaCO}_3$ の析出状況

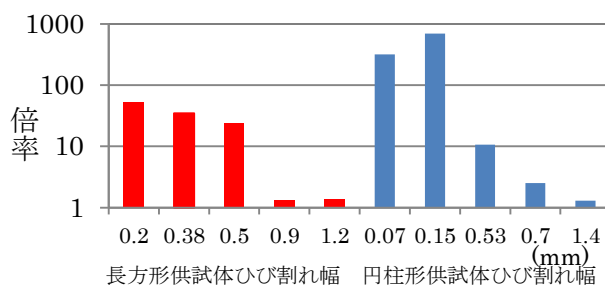


図-3 長方形と円柱形供試体透水結果

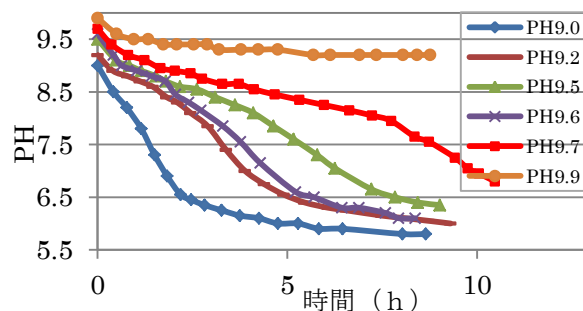


図-4 PH測定試験結果

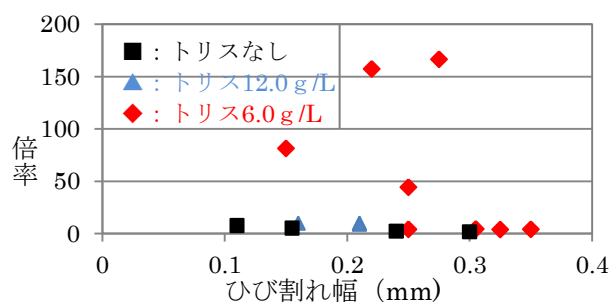


図-5 新たな配合による透水実験結果

## 参考文献

- 1) 松下ゆかり、岡崎慎一郎、安原英明、氏家勲：微生物代謝を利用したコンクリートのひび割れ補修工法開発、コンクリート工学年次論文集、Vol. 32、No. 1、2010