

## 微生物を用いた ASR ひび割れの補修効果に関する実験的検討

埼玉大学大学院 学生会員 ○荒澤 拓海  
 埼玉大学大学院 正会員 巒 堯  
 埼玉大学 太細 裕斗

## 1. はじめに

近年、コンクリートひび割れの補修について、微生物の基礎代謝を用いた補修方法がある。筆者らのグループの先行研究<sup>1)</sup>では、アルカリ骨材反応によって発生したひび割れ（以下、ASR ひび割れ）に対して微生物を用いた補修を行い、ひび割れの閉塞による外部からの水分浸透の抑制が明らかになった。

一方、ASR ひび割れの進展は含水率と密接に関連するため、補修面に対して外部からの水分浸透の抑制に加え、内部の残存水分の逸散を妨げないことも重要であると考えられる。そこで、微生物を用いた補修方法において長期的な補修効果実現のため、補修後のひび割れの再発生について実験的検討が必要である。本研究では、ASR ひび割れに対して補修を行った後に、促進試験を再度行い、膨張量を計測することで補修効果を検討した。それに加え、補修後に内部残存水分によるひび割れの再発生が問題視されていることから、一面吸水試験後に供試体を乾燥させることで補修面が補修後の水分の逸散性を有するか検討を行った。

## 2. 実験概要

## 2.1 供試体作製と補修材配合

本試験では、反応性骨材と OPC を混合してモルタル供試体を作製した。W/C は 0.5、細骨材体積がモルタル中に占める割合を 50%とした。また、ASR を促進するため、供試体作製時に  $13.5\text{kg/m}^3$  の NaCl を添加した。ASR ひび割れの導入は、ASTM C 1260 に準じて促進試験を行い、温度  $80^\circ\text{C}$ 、濃度  $1.0\text{mol/L}$  の NaOH 溶液に浸漬して実施した。

微生物は、先行研究<sup>1)</sup>と同様に、市販購入したドライイーストと、*Sprosaricina pasteurii* というバチルス菌を用いた。それぞれ栄養源をスクロースと尿素として、酢酸カルシウムはカルシウム源として添加して調製を行った（表 1）。

表 1 補修材の配合

菌の種類	栄養源	酢酸カルシウム	トリス緩衝剤
イースト菌: 3.0g/L	スクロース: 34.2g/L	8.8g/L	6.0g/L
バチルス菌 (原液)	尿素:4.5g/L	13.2g/L	5.0g/L

## 2.2 補修後の再促進と膨張量の計測

本試験では  $40\times 40\times 160\text{mm}$  の角柱モルタル供試体を用いて、ASR 促進試験によってひび割れを導入した。促進試験後、供試体表面に亀甲状のひび割れが目視で認できた。微生物による補修は供試体表面に補修液を含浸させて補修を行った。10 日間の補修後にマイクロスコープでの観察を行い、炭酸カルシウム結晶の析出によるひび割れの閉塞が確認できた。

補修後の再促進試験では、ASR ひび割れの導入時に用いた溶液よりアルカリ濃度の低い  $0.1\text{mol/L}$  の NaOH 溶液を用いた。補修した供試体を  $80^\circ\text{C}$  で再度浸漬し、浸漬開始時点から膨張量を計測した。

## 2.3 含水率・質量の変化

本試験では  $80\times 80\times 60\text{mm}$  の角柱モルタル供試体を用いた。ASR 促進試験によってひび割れ導入後に、2.2 と同様に補修を行った。また、側面と底面からの水分の侵入を遮断するためにエポキシ樹脂によって被膜した。補修期間は 14 日間として、補修完了後、マイクロスコープでひび割れの閉塞が確認できた。その後、含水率を計測する供試体は補修面から 10mm と 30mm の位置に計測穴をドリルを用いて削孔した。含水率の計測は、電気抵抗式水分計を用いて、同じ深さの 2 つの穴にブラシ型センサを差し込むことで行った。なお、質量変化を計測する供試体に関しては削孔を行っていない（図 1）。吸水・乾燥試験開始前に、供試体準備として 14 日間、 $40^\circ\text{C}$  の環境下で乾燥を行い、含水率計測用の供試体は計測

キーワード：ASR ひび割れ，イースト菌，バチルス菌，膨張量，含水率，質量変化

連絡先：〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保 255 埼玉大学理工学研究科 TEL：048-8458-3565

穴からの水分の浸入を遮断するためテープによって穴を閉じた。その後、一面吸水・乾燥試験を行い、5日間の一面吸水、40°Cの乾燥炉での乾燥を行った。

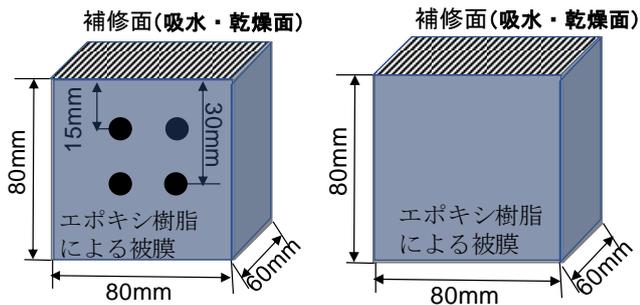


図1 供試体概要（左：含水率，右：質量変化）

### 3 実験結果

#### 3.1 再促進による膨張量

膨張量計測の結果を図2に示す。微生物によって補修を行った供試体は膨張量が大幅に抑制されていることが明らかになった。これは、微生物の補修によって外部から水やアルカリイオンの侵入が抑制され、膨張の増加が抑えられたと考えられる。しかし、膨張量計測時の供試体の温度変化によって測定値の変動が若干見られ、精度高い結果を得るため、今後温度の影響を取り除く必要がある。

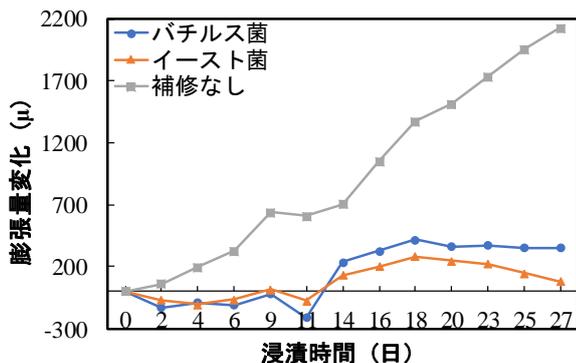


図2 膨張量計測結果 (0.1mol/L NaOH 溶液)

#### 3.2 含水率・質量の変化

測定結果を図3, 4に示す。図3で、補修面から10mmの位置における含水率の変化は、微生物の補修を行った供試体は補修を行っていない供試体と比較して低くなっている。この計測結果は図4の吸水期間における質量変化率の結果と類似しており、微生物の補修効果によって外部からの水分の浸透が抑制されているためである。また、30mmの位置においては補修を行った供試体の含水率はほとんど変化していない。そのため、微生物の補修を行った供試体は5日間の吸水期間では水の浸透は30mm

に達していないことがわかる。そして、図4で乾燥期間での質量変化率は微生物の補修の有無に関わらず、質量の減少が見られた。これは、微生物によって補修された補修面が、ある程度の透気性を持つため、吸水過程で浸透した内部水分が逸散し、質量が減少したと考えられる。

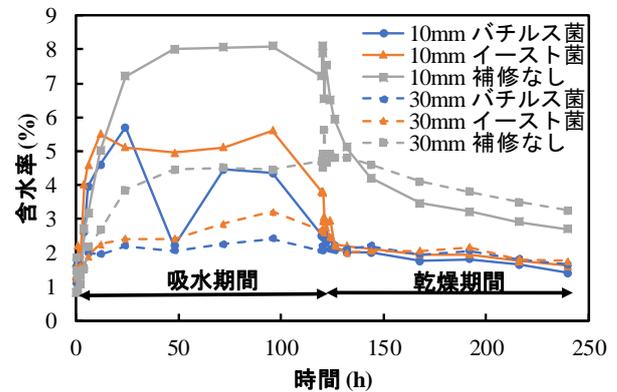


図3 含水率計測結果

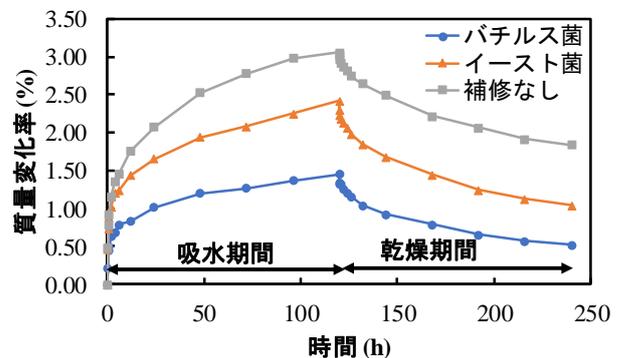


図4 質量変化率結果

### 4 結論

以下に、本実験で得られた結論を示す。

- (1) 微生物による補修効果でひび割れが閉塞したことによって、外部からの水やアルカリイオンの侵入が抑制され、補修後の膨張量が抑制された。
- (2) 微生物によって補修された補修面では、5日間の吸水期間において、外部からの水分浸透深さを30mm以下に抑制している。
- (3) 微生物による補修後も、ある程度の透気性を保持するため、内部水分の逸散性を妨げない効果があることがわかった。

### 5 参考文献

- 1) 欒堯, 睦好宏史, 房捷, 川名梨香子: 異なる微生物を利用したコンクリートの ASR ひび割れの修復に関する実験的研究, セメント・コンクリート論文集, 72(1), pp.328-335, 2019