

## 複合リサイクル材料を用いたコンクリートの自己治癒に関する検討

宮崎大学 工学部 学生会員 丸山智裕, 田口弘平  
宮崎大学 工学部 正会員 李春鶴, 安井賢太郎, 亀井健史

### 1. はじめに

近年、コンクリート構造物の竣工後の維持管理費用を低減させるとともに、長期的な耐久性を向上させることを目的として、コンクリートひび割れの自己治癒に関する研究が行われている<sup>例えば1)</sup>。

著者らは、複合リサイクル材料により生成させるエトリンガイトを利用した自己治癒技術に着目した。複合リサイクル材料とは、Kamei et al.<sup>1)</sup>が開発した産業廃棄物である高炉スラグ微粉末、フライアッシュ、半水石膏を混合したものであり、エトリンガイト生成の反応式に着目し、エトリンガイトを効率的に生成できるように配合したものである。また、李ら<sup>2)</sup>は、この複合リサイクル材料を細骨材の一部と置換したモルタルを作製し、モルタル中にエトリンガイトが生成され、強度増進および収縮緩和の効果があつたことを確認している。

本研究では造粒化した複合リサイクル材料をコンクリートに応用することを目的とし、通水試験による自己治癒能力を検討する。

### 2. 実験概要

#### 2.1 使用材料

本研究で用いた複合リサイクル材料は、エトリンガイトの生成量が最大となるように、高炉スラグ微粉末が36%、フライアッシュが16%、二水石膏が48%の質量比となるように配合した。さらに、あらかじめ配合した複合リサイクル材料に水17.5%を添加し、TV-60ミキサーで粒径が0.5~4mmの粒子を作製し実験に用いた。

#### 2.2 供試体の配合

供試体は、普通ポルトランドセメントのみ使用したコンクリート供試体と複合リサイクル材料を添加したコンクリート供試体を作製した。複合リサイクル材料を添加する供試体は、質量でセメントの10%、20%、40%をそれぞれの内割として細骨材の一部と置換し作製した。複合リサイクル材料の添加率によって、各供試体の呼び名をA0、A10、A20、A40とする。

#### 2.3 供試体概要と実験項目

供試体は打設してから材齢2日目に脱型し、材齢28

日目まで水中養生をした後に、室温20°C、相対湿度60%の恒温恒湿室で曝露した。

通水試験用の供試体寸法形状は、直径が100mm、高さが200mmの円柱である。水中の養生後供試体を割裂し、通水試験に供した。各供試体の割裂による平均ひび割れ幅(上面3箇所、下面3箇所の計6箇所の平均)は、A0は0.17mm、A10は0.12mm、A20は0.27mm、A40は0.18mmである。この供試体の外周面を防水テープで覆い、上下面のひび割れ箇所より通水できるようにした。供試体上面に一定量の水道水を滴下させながら、供試体通過量を測定した。

X線回折分析、SEM観察に用いた供試体は材齢28日で粗粉碎し、アセトンに浸漬して水和反応を停止させ、48時間、40°Cの真空状態で乾燥した後、粉末化したものである。X線回折装置はX'Pert PROを使用し、SEM観察はSU3500を使用した。

### 3. 実験結果および考察

#### 3.1 通水試験結果

通水試験における各供試体の1時間当たりの流量を図-1に示す。ひび割れ幅が異なることを考慮して、コンクリート中にひび割れ平均幅×円柱の直径×円柱の高さの直方体の水路があると仮定し、その断面積と1時間当たりの流量から単位面積当たりの流速を求め、前日との差から流速変化量を求めたものを図-2に示す。

図-1より、いずれの供試体においても日を経るにつれて通水量が減少した。その中でも通水量が大きく減少しているのは、A40であった。また、図-2の単位面積当たりの流速変化量より、A0、A20、A40は通水1日目、A10は通水2日目から流速変化量が減少している。これは、A0、A10、A20、A40の全ての供試体で流速が減少したため、変化量も減少したと言える。中でもA40はA0、A10、A20よりも流速変化量が大きく、その後も0cm/sを下回っており流速が減少していることが確認された。図-1、図-2から複合リサイクル材料の添加量が多い場合、体積膨張に寄与するエトリンガイトを多く生成することでコンクリートを通過する水の量が減

少したのではないかと考えられる。このエトリンタイトの生成状況について X 線回折分析および SEM 観察で確認した。

### 3.2 X 線回折分析の結果

X 線回折分析の結果を図-3 に示す。エトリンタイトが含まれる場合、回折角度が 22.94 度、32.27 度、35.02 度、40.87 度で回折強度にピークが見られる。図-3 において、これらの回折角度 (図内矢印) に強度ピークが見られることから、いずれの供試体においてもエトリンタイトが生成しているのではないかと考えられる。さらに、複合リサイクル材料の添加率が増加すると回折強度のピークも増加することが確認された。

### 3.3 SEM による観察結果

写真-1 に A40 供試体の SEM による観察像を示す。写真の中央部にエトリンタイトに特徴的な針状結晶の生成が確認された。

## 4. まとめ

本研究では、複合リサイクル材料を添加したコンクリート供試体の通水試験を行い、添加していない供試体に比べ、通水量の減少を確認した。また、通水量の減少が最も大きい供試体において X 線回折分析と SEM 観察によって、エトリンタイトの生成が確認された。

以上のことから、複合リサイクル材料を用いたコンクリートは、ひび割れに対する自己治癒能力を有することが示唆された。

## 謝辞

宮崎大学機器分析支援部門の境健太郎准教授に X 回折分析および SEM 観察のご協力をいただき、日工(株)に実験材料を提供していただきました。ここに感謝を申し上げます。

## 参考文献

- 1) 小出貴夫, 岸利治, 安台浩, 森田卓: コンクリートのひび割れ自己治癒材料の造粒化技術に関する基礎的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.33, No.1, 2011
- 2) Kamei et al. : A novel solidification technique for fluorine-contaminated bassanite using waste material in ground improvement applications , Journal of Material Cycles and Waste Management , DOI 10.1007/s10163-014-0251-0, 2015
- 3) 李春鶴, 亀井健史, 長納央樹: 複合リサイクル材料を有効利用したモルタルの性能評価, セメント・コンクリート論文集, Vol.69, No.1, pp.228-234, 2016

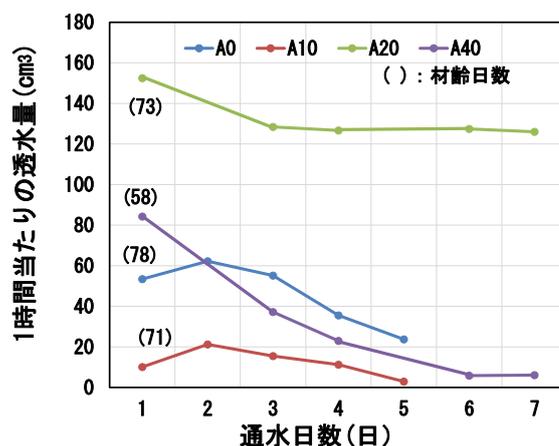


図-1 1時間当たりの通水量

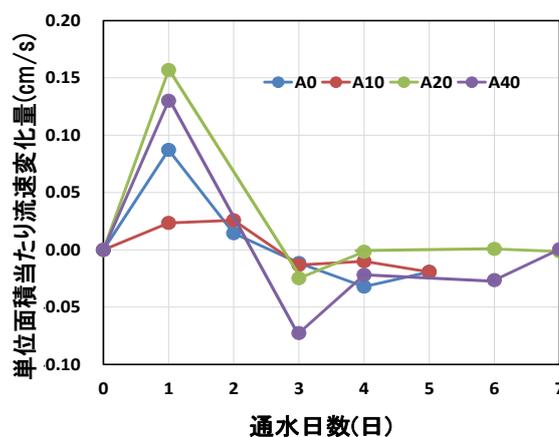


図-2 単位面積当たりの流速変化量

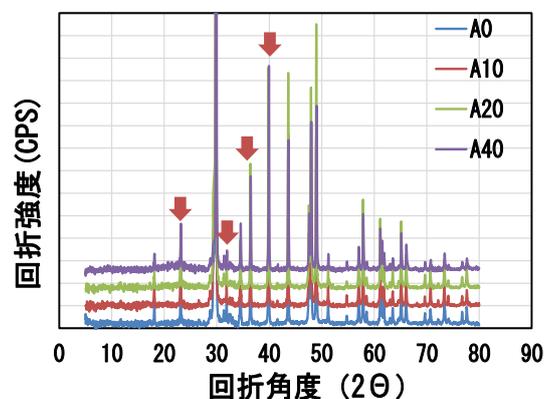


図-3 X 線回折分析の結果

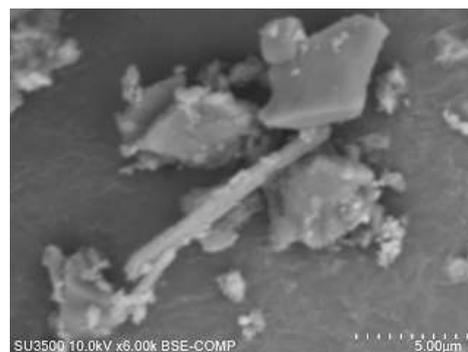


写真-1 A40 の観察像