

産業廃棄物を活用したコンクリートの基礎物性に関する基礎的研究

宮崎大学 正会員 ○李 春鶴
 宮崎大学大学院 田口弘平
 宮崎市役所 丸山智裕
 宮崎大学 正会員 亀井健史

1. はじめに

環境省の発表によると、産業廃棄物の算出量は年々増加し、それらの最終処分場の残余容量の問題が大きな社会問題となっている。

Kamei et al.¹⁾は、エトリンガイトの生成反応式に着目し、産業副産物である高炉スラグ微粉末、フライアッシュ、半水石膏をあらかじめ配合した複合リサイクル材料を開発し、地盤改良材としての有効性があることを示唆した。李らの研究²⁾では、複合リサイクル材料をコンクリート分野に応用させることの可能性について検討した。具体的には、モルタルの細骨材の一部を粉末状態の複合リサイクル材料と置換し、そのモルタルからもエトリンガイトが生成されることを明らかにし、各種試験結果から複合リサイクル材料を添加した供試体に強度増進と収縮緩和効果があることを確認し、モルタルに応用できることを明らかにした。さらに、伊達ら³⁾はモルタルに応用した際のエトリンガイトの生成量が少量であることと生成時期が遅いことを改善するために、高炉スラグ微粉末、フライアッシュ、二水石膏の三成分をあらかじめ造粒化させた複合リサイクル材料を用いてモルタルを作製した。その結果、造粒化させた複合リサイクル材料を添加した供試体は粉末状態の複合リサイクル材料を添加した供試体と比較し、圧縮強度と曲げ強度が増加したことを理由にエトリンガイトの生成量が増加したと推測した。

そこで、本研究では、造粒化させ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、各種試験を行って強度特性や収縮特性の基礎物性、組成成分に関して検討を行った。

2. 実験概要

本研究では、供試体は普通ポルトランドセメントのみを使用した供試体、複合リサイクル材料を添加した供試体の2種類を用いた。全ての供試体の水セメント比は55%である。複合リサイクル材料を添加する供試体はセメントの質量の10%、20%、40%をそれぞれ内割として細骨材と置換し、コ

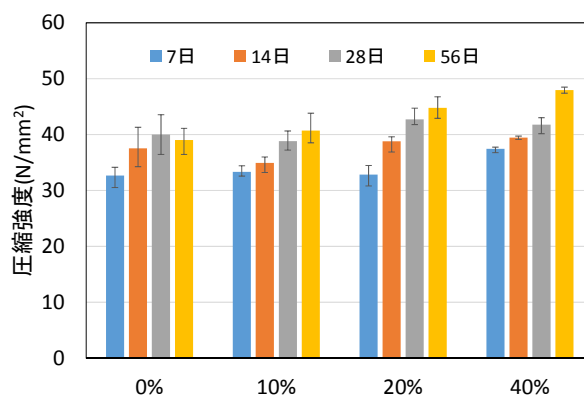


図-1 複合リサイクル材料の添加率と
圧縮強度の関係

ンクリートを作製した。使用したセメントの密度が 3.16g/cm^3 の普通ポルトランドセメントを用いた。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、フライアッシュが16%、高炉スラグ微粉末が36%、二水石膏が48%の質量比となるように配合した¹⁾。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%を加水し、TV-60 ミキサで粒径が $0.5\sim 4.0\text{mm}$ の粒子を作製し実験に用いた。

本研究の実験項目は圧縮強度試験、長さ変化率試験、SEM分析、X線回折分析を実施した。圧縮強度試験用供試体の形状寸法は直径が100mm、高さが200mmであり、長さ変化率測定試験用の供試体の形状は高さが100mm、幅が100mm、長さが400mmである。長さ変化率測定用供試体の側面にはゲージプラグを貼り付けた。

全ての供試体は打設後、材齢2日目に脱型、圧縮強度試験用供試体は所定の材齢まで水中養生を行った。長さ変化率測定用供試体は材齢28日までは水中養生を行い、その後は温度 $20\pm 2^\circ\text{C}$ 、相対湿度 $60\pm 5\%$ の室内環境で曝露した。SEM観察とX線回折に用いた供試体は材齢28日まで水中養生させ、粉碎した。その後、アセトンに浸漬し、48時間 40°C で乾燥させてから分析を行った。

3. 実験結果および考察

キーワード エトリンガイト、高炉スラグ微粉末、フライアッシュ、二水石膏、強度、収縮補償
 連絡先 〒889-2192 宮崎市学園木花台西 1-1 宮崎大学 TEL 0985-58-7338

(1) 圧縮強度試験

図-1は複合リサイクル材料の添加率と圧縮強度の関係を示す。図より、複合リサイクル材料を添加した供試体は添加していない供試体よりも全体的に圧縮強度が大きい値を示した。添加率20%の供試体は材齢28日の時点で添加率0%の供試体よりも約1.07倍大きく、材齢56日の時点で約1.14倍大きくなった。添加率40%の供試体も同様な傾向を示し、材齢28日の時点で添加していない供試体よりも約1.04倍大きな値を示した。この理由として、複合リサイクル材料によってエトリンガイトが生成し、強度増進を行ったと考察する。しかし、添加率10%の供試体は材齢28日時点で圧縮強度が0.97倍と添加率0%の供試体よりも小さな値を示し、材齢56日の時点で約1.04倍と少し大きな値を示した。添加率20%、40%の供試体ほど圧縮強度が大きくなかった理由として、水酸化カルシウムの消耗量がエトリンガイトによる強度増進効果を上回ったからだと考える。

(2) 長さ変化率試験結果

図-2は複合リサイクル材料の添加率と長さ変化の関係を示す。図より、複合リサイクル材料の添加率の増加に伴い、水中養生期間ではコンクリートの長さ変化率が膨張する傾向を示す。しかし、気中養生期間中では複合リサイクル材料を多く添加している供試体は乾燥収縮時の変化率が複合リサイクル材料を添加していない供試体と比較すると、小さくなっている。これは添加率の増加に伴いエトリンガイトが生成し、収縮を補償したためだと推察する。

(3) SEM観察

写真-1に複合リサイクル材料の添加量の異なるSEM画像を示す。写真より、全ての供試体に、針状の六角形の結晶が生成していることが確認できる。写真では生成量の違いを判断することは難しいが、複合リサイクル材料の添加量が多い供試体ほどエトリンガイトが多く、広範囲でエトリンガイトを確認することができた。

(4) X線回折

図-3はX線回折の測定結果を示している。エトリンガイト特有の波形が本実験でも若干であるが確認することができた。図に示すの矢印は $2\theta=22.94, 32.27, 35.02, 40.87^\circ$ を示しており、これらは、エトリンガイトの回折強度ピークと一致する。また、いずれの供試体においても $2\theta=29^\circ$ 付近に最も大きな回折強度が確認される。これは、試料の同定を行った結果、炭酸カルシウム的一种であるカルサイトと確認した。

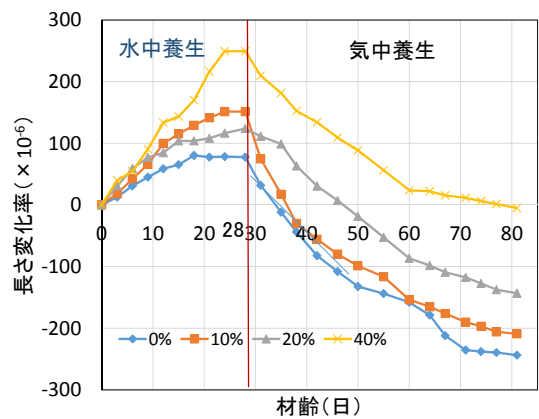


図-2 複合リサイクル材料の添加率と長さ変化率の関係

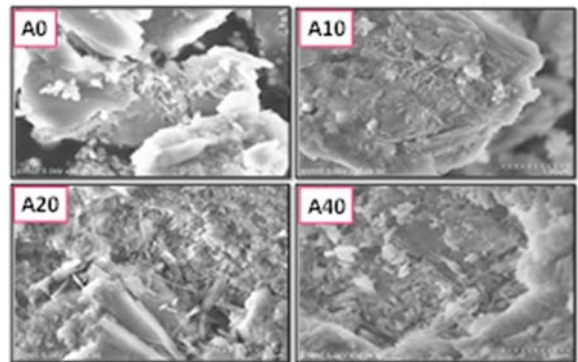


写真-1 エトリンガイトのSEM画像

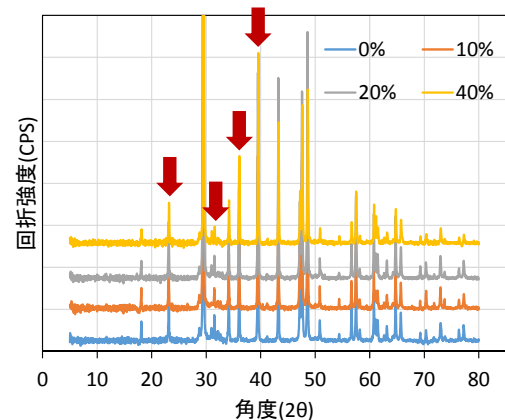


図-3 X線回折結果

4. まとめ

本研究では、複合リサイクル材料をコンクリートに添加することによって、エトリンガイトが生成し、強度増進と収縮緩和に効果的であることを確認した。

参考文献

- 1) 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, 2014
- 2) 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, 2015
- 3) 伊達周平, 内田翔太, 李春鶴, 亀井健史: 複合リサイクル材料を有効利用したモルタルの性能に関する2, 3の検討, 第70回セメント技術大会講演要旨, pp.84-85, 2016