

産業廃棄物を活用したコンクリートの強度特性、収縮特性に関する検討

宮崎大学 工学部 学生会員 田口弘平、丸山智裕
 宮崎大学 工学教育研究部 正会員 李春鶴、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 al¹⁾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提案し、その複合リサイクル材料の地盤改良材料としての可能性を示唆している。

李ら²⁾は、上記の複合リサイクル材料をモルタルの細骨材の一部と置換し、エトリンガイト生成を確認、強度増進と収縮補償に効果的であることを明らかにし、コンクリート分野に応用できる可能性を示唆した。また、伊達³⁾らはモルタルに用いた際に生成量が少量なこと、生成時期が遅いという問題点を挙げ、あらかじめ3成分を造粒化させることで反応を起こしやすくし、さらに強度増進と収縮補償に効果的であることを確認しているが、まだコンクリートへの適用事例はほとんどない。

そこで本研究では、あらかじめ造粒化させた複合リサイクル材料をコンクリートに用いて、その適用性を検討することを目的とする。

2. 実験概要

2.1 使用材料

本研究で用いた材料はセメント密度が 3.16g/cm^3 の普通ポルトランドセメント、表乾密度が 2.69g/cm^3 、吸水率が 0.59% の大分県津久見市青江新津久見鉱山産の細骨材、表乾密度が 2.72g/cm^3 、吸水率が 0.22% の大分県津久見市下青江新津久見鉱山産の粗骨材を用いた。

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、水 17.5% を加水し TV-60 ミキサで粒径が $0.5\sim 4\text{mm}$ の粒子を作製した。複合リサイクル材料の密度は 2.48g/cm^3 である。

2.2 供試体の配合および養生状況

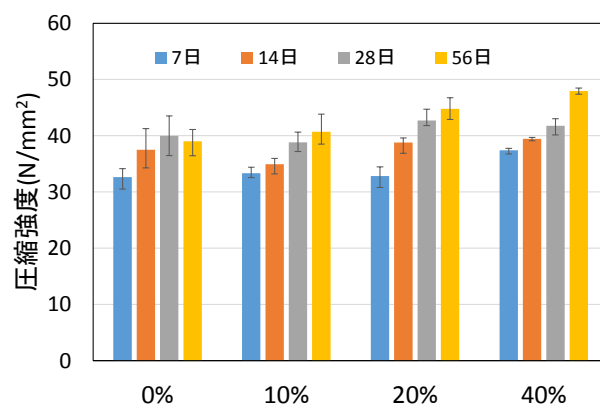


図-1 複合リサイクル材料の添加率と圧縮強度の関係

供試体は普通ポルトランドセメントのみ使用した供試体と複合リサイクル材料を添加した供試体を作製した。全ての供試体の水セメント比は 55% とした。複合リサイクル材料を添加する供試体質量でセメントの 10% 、 20% 、 40% をそれぞれ内割として細骨材と置換し、作製した。本研究において配合したコンクリートのフレッシュ性状は空気量が $3.5\%\sim 5.0\%$ で、スランプが $5.8\text{cm}\sim 13\text{cm}$ である。

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・曲げ強度試験用供試体は所定の材齢まで水中養生をさせ、長さ変化率測定用供試体は、脱型後、材齢 28 日まで水中養生させ、その後は温度 20°C 、相対湿度 60% の室内環境で暴露した。

2.3 実験項目

本研究では、圧縮強度試験、曲げ強度試験、長さ変化率試験、SEM 分析試験を実施した。圧縮強度試験用供試体の形状寸法は直径 100mm 、高さ 200mm であり、曲げ強度試験用供試体及び長さ変化率測定試験用の供試体の形状寸法は $100\text{mm}\times 100\text{mm}\times 400\text{mm}$ 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。SEM 観察は材齢 28 日までは水中養生し、その後、粉碎し、アセトンに浸漬させた後に 48 時間 40°C の環境下で乾燥させ、観察した。

3. 実験結果および考察

3.1 圧縮強度試験結果

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している。図-1 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 0%の供試体よりも約 1.07 倍大きく、材齢が増えるにつれてさらに倍率が大きくなった。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、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 倍と小さな値を示し、その後は添加していない供試体よりも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。

3. 2 曲げ強度試験

図-2 は複合リサイクル材料の添加率と曲げ強度の関係を示している。図-2 より、複合リサイクル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やや低い値を示している。

3. 3 長さ変化率試験結果

図-3 は複合リサイクル材料の添加率と長さ変化率の関係を示している。複合リサイクル材料の添加率の増加に伴い、水中養生期間では変化率が大きくなる。しかし、期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ものと推察する。

3. 4 SEM による観察結果

写真-1 に SEM 観察の代表的な結果を示す。複合リサイクル材料を 40%添加している供試体からはエトリンガイトを確認することができた。

4. まとめ

本研究では、あらかじめ造粒化させた複合リサイクルをコンクリートに適用することにより、実際にエトリンガイトが生成することを確認した。また、その複合リサイクル材料の混入により圧縮強度は増加し、収縮緩和に効果的であるということも確認できた。

謝辞：本研究の SEM 観察において、宮崎大学機器分析支援部門の境健太郎准教授に指導を頂き、本研究に用いた材料は、日工（株）に提供頂きましたここに感謝を申しあげます。

参考文献

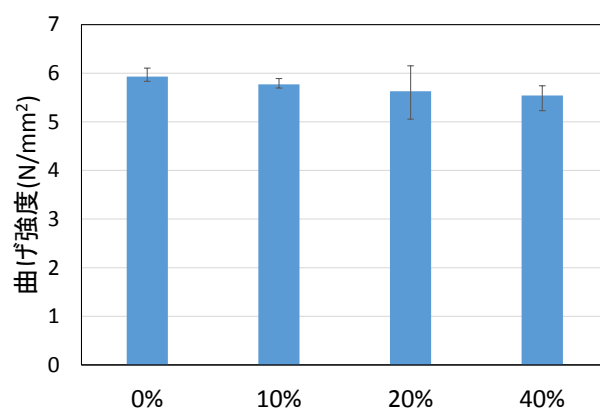


図-2 複合リサイクル材料の添加率と曲げ強度の関係

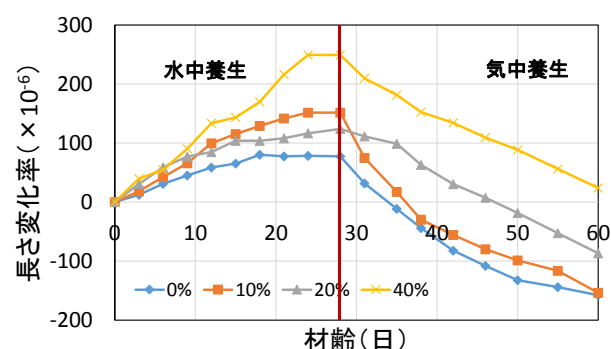


図-3 複合リサイクル材料の添加率と長さ変化率の関係

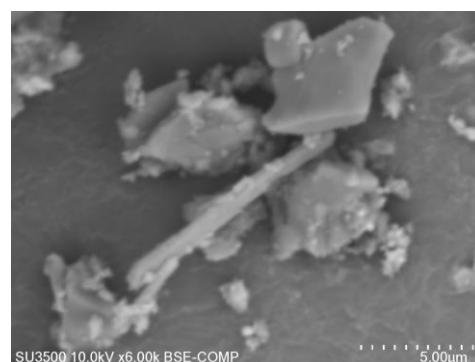


写真-1 エトリンガイト生成の写真
(添加率 40%)

- 1) Takeshi Kamei, Aly Ahmed, Hideto Horai, Keizo Ugai: A novel solidification technique for fluorine-contaminated basanite using waste materials in ground improvement applications, Journal of Material Cycles and Waste Management, 17(2), pp.380-390, 2015
- 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、2016