

複合リサイクル材料を利用したモルタルの強度特性と収縮特性に関する研究

宮崎大学 学生会員 ○ 内田 翔太 伊達周平
宮崎大学 正会員 李 春鶴 亀井健史

1. はじめに

経済発展や自然災害などによる産業廃棄物の産出量は増加する傾向にあり、それらの最終処分場の残余容量の問題が深刻な社会問題となっている。近年産業廃棄物の中でも工学分野において再利用がなされているフライアッシュ、高炉スラグ微粉末、廃石膏ボードは産出量の増加に伴い、さらなるリサイクルを推し進める必要がある。

Kamei et al.¹⁾は、エトリンガイト生成の反応式に着目して、産業副産物としての高炉スラグ微粉末、フライアッシュ、半水石膏を反応物とするその最適配合比からあらかじめ配合した複合リサイクル材料を地盤分野に適用性があることと指摘している。この複合リサイクル材料のコンクリート分野における有効性は李らの研究²⁾によって検討され、コンクリート分野においても複合リサイクル材料によるエトリンガイトの生成が確認でき、強度増進と収縮緩和の効果があることを明らかにした。しかし、エトリンガイトの生成量が少量であり、生成時期が遅いという問題点も明らかになった。これは複合リサイクル材料に含まれる成分が分散して、3成分の反応が不十分であったためだと考えられる。したがってこの3成分を効率的に反応させる必要がある。

そこで本研究では、上記の材料に着目してあらかじめ造粒化した複合リサイクル材料を細骨材の一部分で置換したモルタルの強度特性、収縮膨張特性を評価・検討することを目的とする。

2. 実験概要

2.1 使用材料

本研究では、セメントは密度が 3.16g/cm^3 の普通ポルトランドセメント、細骨材は表乾密度が 2.60g/cm^3 、吸水率が1.46%の宮崎県宮崎市田野町石久保産砂を用いた。複合リサイクル材料は、エトリンガイトの生成量が最大になるように、質量比でフライアッシュが16%、高炉スラグ微粉末が36%、二水石膏が48%であらかじめ配合されたものを用いて水を17.5%加水し、

TV-60ミキサで粒径が $0.5\sim 4\text{mm}$ の粒子を作製し実験に用いた。

2.2 モルタル配合

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。すべての供試体は、水セメント比が50%で、セメントペーストの体積比率が50%とした。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5%、10%、15%をそれぞれ内割として細骨材の一部と置換することにより作製する。

また作製したモルタルのフレッシュ性状はそれぞれ空気量が1.7%~2.7%であり、スランプフローは $160\sim 230\text{mm}\times 160\sim 230\text{mm}$ になるように調整した。

2.3 供試体概要と実験項目

上記材料に対して、圧縮強度試験、曲げ強度試験、長さ変化率試験を行った。圧縮試験用供試体の形状寸法は、直径 50mm 、高さ 100mm である。また曲げ強度試験、長さ変化率試験用供試体の形状寸法は $40\text{mm}\times 40\text{mm}\times 160\text{mm}$ とし、長さ変化率試験用供試体については側面にゲージプラグを埋め込んだ。

供試体は打設後材齢2日目に脱型し、その後圧縮強度試験、曲げ強度試験用供試体は所定の材齢7日、14日、28日まで温度が 20°C の水中養生をさせた。所定の材齢において供試体はそれぞれ4体の強度試験を行い、その平均値を強度とした。また長さ変化率試験用供試体は、脱型後材齢28日まで水中養生をさせ、その後は温度 20°C 、相対湿度60%の室内環境で曝露した。供試体はそれぞれ3体の長さ変化率試験を行い、平均値を長さ変化率とした。

3. 実験結果および考察

3.1 長さ変化率試験結果

長さ変化率と複合リサイクル材料添加率の関係を図-1に示す。複合リサイクル材料の添加率の増加に伴い長さ変化率は小さくなっている。これは既往の研究²⁾結果と一致しており、この原因としては、複合リサイクル材料の添加によりエトリンガイトの生成量が

増加し、乾燥収縮が小さくなっていると考えられる。

3. 2 圧縮強度および曲げ強度試験結果

図-2は、複合リサイクル材料の添加率の違いが圧縮強度に及ぼす影響を示している。図より、複合リサイクル材料添加率が10%までは圧縮強度が増加している傾向にある。しかし複合リサイクル材料添加率が5%の場合では無添加の場合と比較しても圧縮強度が僅かに低下していることがわかる。この原因としては水酸化カルシウムの消耗によるものだと考えられる。複合リサイクル材料添加率が10%の場合では添加していない場合より圧縮強度が顕著に増加していることが確認できる。このことはエトリンガイトの生成量の違いがその要因として推測される。また造粒化していない既往の研究²⁾と比べてみても増加しており、エトリンガイトの生成量が増加したと考えられる。しかしながら複合リサイクル材料添加率が15%では圧縮強度が若干低下する傾向になっていることが確認できる。これは、図-1に示すように複合リサイクル材料の添加率が15%の場合では初期に急激な膨張が発生して、その結果強度が低下したものと考えられる。

複合リサイクル材料の添加率と曲げ強度の関係を図-3に示す。すべての材料および材齢において大きな変化は認められなかった。この点については現在詳細な検討を行っている。

4. まとめ

あらかじめ造粒化した複合リサイクル材料を混入した供試体の圧縮強度試験、曲げ強度試験、長さ変化率試験を行った。その結果、複合リサイクル材料による強度増進と収縮緩和効果があるという既往の研究²⁾と同様の結果が得られた。また造粒化した材料を用いることで複合リサイクル材料を10%添加した場合には圧縮強度が大きく増加したことが明らかとなった。したがって複合リサイクル材料を粉末で用いるより、造粒化した材料を混入することでコンクリートの性能を改善できる可能性を示唆した。

謝辞： 本研究に用いた材料は、日工（株）に提供頂いた。ここに記して謝意を示す。

参考文献：

1) Takeshi Kamei, Aly Ahmed, Hideto Horai, Keizo

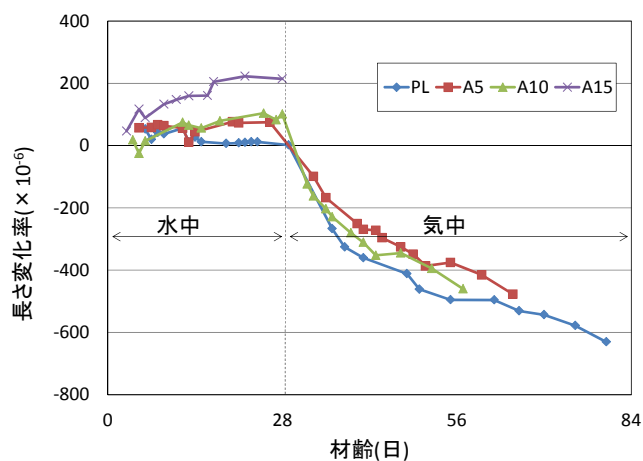


図-1 複合リサイクル材料の添加率と長さ変化率の関係

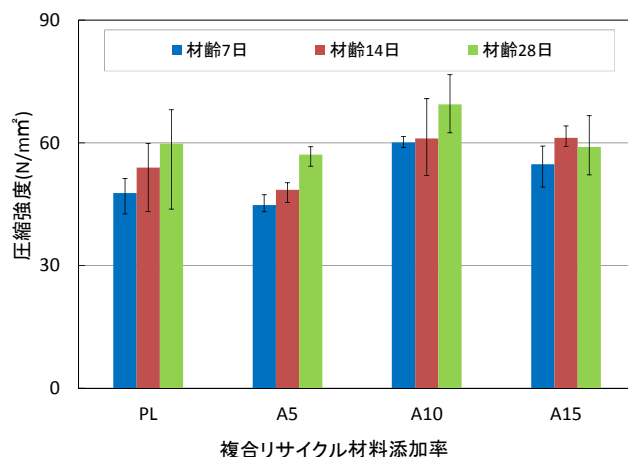


図-2 複合リサイクル材料の添加率と圧縮強度の関係

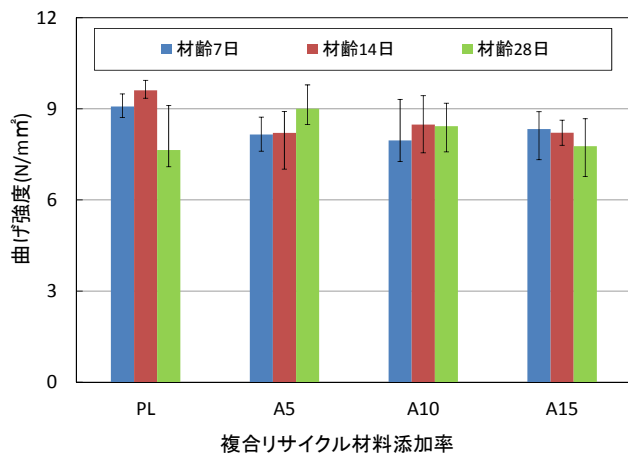


図-3 複合リサイクル材料の添加率と曲げ強度の関係

Ugai: A novel solidification technique for fluorine-contaminated bassanite using waste materials in ground improvement applications, Journal of Material Cycles and 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、2016(印刷中)