

複合リサイクル材料を用いたモルタルの性能評価

宮崎大学 学生会員 ○ 長納 央樹
 宮崎大学 正会員 李 春鶴 亀井 健史
 宮崎大学 境 健太郎

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。このような点に着目して 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、廃石膏を反応物とする、その最適配合比から複合リサイクル材料を創出し、その地盤改良材としての有効性を明らかにしている。今後上記複合リサイクル材料のコンクリート分野への適用性が解明されれば、コンクリート分野からの持続可能な社会の貢献へと繋がっていく可能性がある。

上記のような点に着目し、本研究では上記複合リサイクル材料を細骨材の一部で置換したモルタルの強度特性、収縮膨張特性について解明し、その工学的有用性を検討している。

2. 実験概要

本実験で使用し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%に構成するようにあらかじめ配合されたものである¹⁾。

供試体の配合条件は、水セメント比が 50%で、セメントペーストの体積比率を 50%とした。複合リサイクル材 (A) の添加率は、セメント質量に対して 0%、5%、10%、15%、20%をそれぞれ外割として、細骨材と置換することにより作製した。また、高炉スラグ微粉末(比表面積が 4130cm²/g)(BS)を添加した供試体は、0%、3.6% (複合リサイクル材を 10%置換した場合の高炉スラグ微粉末の量)、10%を置換し、また二水石膏(GP)を添加した供試体は、0%、4.8%、(複合リサイクル材を 10%置換した場合の二水石膏の量)、10%を置換した。

本研究では、圧縮強度試験、長さ変化率試験、さらには走査型電子顕微鏡(SEM)による微視的観察を行っ

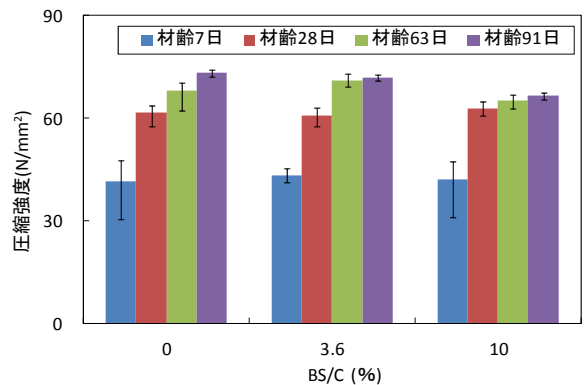


図-1 高炉スラグ微粉末添加率と圧縮強度の関係

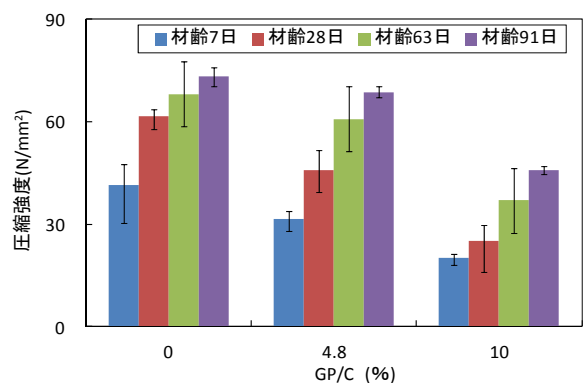


図-2 二水石膏添加率と圧縮強度の関係

た。圧縮強度試験では、直径 50mm、高さ 100mm の円柱供試体を作製した。また長さ変化率試験用供試体は、40mm×40mm×160mm の角柱に対して、側面にゲージブラグを埋め込んだ。

供試体は打設してから材齢 2 日目で脱型した。その後、圧縮強度試験用供試体は、所定の材齢 7 日、28 日、63 日、91 日まで温度が 20℃の水中養生した。また長さ変化率試験用供試体は、脱型後材齢 28 日まで水中養生し、その後は材齢 84 日までに温度 20℃、相対湿度 60%の室内環境に曝露した。

3. 実験結果および考察

3. 1 圧縮強度試験

高炉スラグ微粉末添加率と圧縮強度との関係を図-1、二水石膏の添加率と圧縮強度の関係を図-2 にそれぞれ

示す。図より圧縮強度は、高炉スラグ微粉末添加率の影響をほとんど受けないことが明らかとなった。これは高炉スラグの潜在水硬性による強度発現が発生しなかったことによるものと考えられる。一方図-2に示すように、二水石膏を添加した供試体は、二水石膏の添加率の増加に伴って強度が低下している。この原因としては、二水石膏がセメントとの水和反応を抑制していることが考えられる²⁾。

図-3は複合リサイクル材料添加率と圧縮強度との関係を示す。図より、異なる材齢に関わらず複合リサイクル材料添加率が10%までは強度低下があまり認められない場合と僅かに増加している場合があるが、複合リサイクル材料添加率が10%を超えると、添加率の増加に伴って圧縮強度は低下する傾向になっている。特に、材齢初期にその傾向が顕著に表れている。高炉スラグの潜在水硬性が発現してないこと(図-1)、二水石膏の添加率が増加することにより強度が低下した(図-2)にも関わらず、同じ量の二水石膏が含まれる複合リサイクル材料添加率が10%では強度がほとんど低下してない。この原因としては、複合リサイクル材料によってエトリンガイトの生成が、二水石膏の水和抑制による強度低下を補ったことが考えられる。すなわち、複合リサイクル材料添加率が10%までは、エトリンガイトの生成による強度増加が二水石膏によるセメントの水和反応抑制より卓越しているが、複合リサイクル材料添加率が10%を超えると、エトリンガイトの生成による強度増加の効果と比較して二水石膏によるセメントの水和抑制による強度低下が卓越しているものと推測できる。

3. 2 長さ変化率試験

脱型後の供試体の長さを基長として求めた長さ変化率と複合リサイクル材料添加率の関係を図-4に示す。図より、添加率が大きくなると、その長さ変化率は小さくなった。これは、複合リサイクル材料添加率が大きくなると、エトリンガイトが生成し、その結果、最終的な長さ変化率が小さくなったものと考えられる。

3. 3 走査型電子顕微鏡(SEM)による微視的観察

材齢91日における、複合リサイクル材料添加率が0%、10%、20%の供試体のSEM画像を写真-1に示す。写真より、添加率が10%、20%の供試体において、針状の六角形の結晶であるエトリンガイトの生成を確認することができる。また、添加率の増加に伴いエトリンガイ

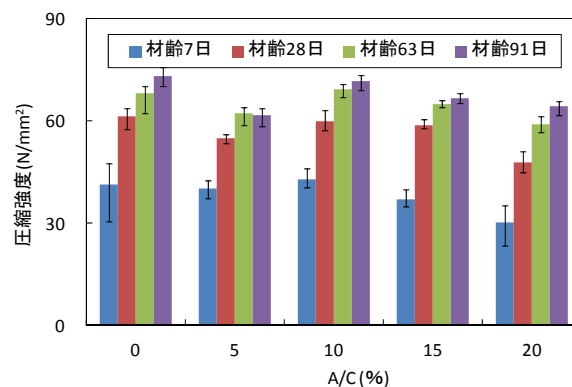


図-3 複合リサイクル材料添加率と圧縮強度の関係

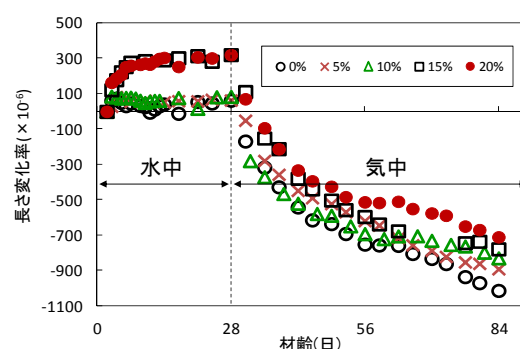


図-4 複合リサイクル材料添加率と長さ変化率の関係

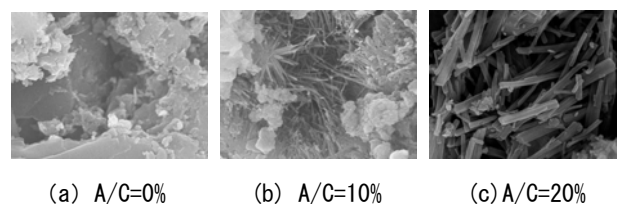


写真-1 複合リサイクル材料添加率別のSEM画像

トの生成量が多くなっている。このことから強度変化や収縮緩和は、エトリンガイトの生成による効果がその主要因であると考えられる。

4. まとめ

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があることが明らかになった。また、廃石膏をコンクリートに単独で用いるより、複合リサイクル材として有効利用することによりコンクリートの性能を改善される可能性を指摘した。

謝辞：本研究の一部分は、平成26年度公益信託奥村組建設環境技術助成基金の助成を受けて実施したものです。関係者各位に深くお礼申し上げます。

参考文献：

- 1) Kamei et al. : A novel solidification technique for fluorine-contaminated bassanite using waste materials in ground improvement applications, *Journal of Material Cycles and Waste Management*, DOI 10.1007/s10163-014-0251-0, 2014.4
- 2) 沢木大介：凝結硬化過程に及ぼすセメント中の石こうの作用、セメント・コンクリート, Vol.568, pp.49-51, 1994.6