

産業廃棄物・副産物を用いたコンクリートの長期安定性評価

宮崎大学 工学部 学生会員 町浦 将太

宮崎大学 工学部 正会員 李 春鶴

1. はじめに

日本の産業廃棄物・副産物は経済発展や自然災害の影響により年々増加傾向にある。H28 年度において最終処分場の残余年数が約 16.6 年¹⁾と危機的な状況にあり、産業廃棄物のリサイクルを推進していく必要がある。

Kamei et al.²⁾は、エトリンナイト反応理論式に基づいてフライアッシュ、高炉スラグ微粉末、二水石膏からエトリンナイトが効率的に生成されるように最適配合した複合リサイクル材料を開発し、土壌におけるフッ素の不溶化に有効であることを示唆している。李らの研究³⁾では、複合リサイクル材料を細骨材の一部と置換しコンクリートに添加することで、エトリンナイトの生成を確認し、強度増進も確認している。一方で、最近ではエトリンナイトによる遅延膨張で発生するコンクリートのひび割れなどの問題があり、複合リサイクル材料の添加率の最適化が求められている。

本研究では、長期材齢で長さ変化試験を行うことで、産業廃棄物・副産物を添加したコンクリートの長期的安定性を評価することを目的とした。

2. 供試体の概要と各種実験の概要

2.1 使用材料および配合

セメントは密度が 3.16g/cm³ の普通ポルトランドセメントを用いた。細骨材は表乾密度が 2.69g/cm³、吸水率が 0.59%、粗骨材は最大寸法が 20mm で表乾密度が 2.72g/cm³、吸水率が 0.22%の大分県津久見市下青江新津久見鉱山の骨材を用いた。複合リサイクル材料はエトリンナ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%の質量比になるように配合し、造粒化させたものを使用した。表-1 にコ

ンクリートの配合を示す。表に示すように水セメント比が 55%で、複合リサイクル材料をセメントの質量の 0%、10%、20%、30%、40%をそれぞれ細骨材で内割置換し作製した。

2.2 供試体の概要

本研究で用いる供試体は打設してから 2 日後に脱型した。圧縮強度試験の供試体は 28 日まで 20℃の水中で養生を行った。長さ変化試験の供試体は、材齢 28 日目まで水中養生する供試体と気中養生する供試体に分けた。28 日経過後、水中養生した供試体を気中養生に変更し、気中養生した供試体を水中養生に条件を変更した。

2.3 圧縮強度試験

圧縮強度試験は JIS A 1108-2018 に準拠し、試験を行った。圧縮強度試験の供試体寸法は直径が 100mm、高さが 200mm の円柱である。

2.2 長さ変化試験

長さ変化試験は、JIS A 112-3-2018 に準じて行った。供試体寸法は 100mm×100mm×400mm の角柱で、側面にゲージプラグを貼り付けた。それぞれの計測においては 3 体ずつ供試体を用いて所定の材齢において長さを計測した。計測した値を式(1)に代入し、その平均値を長さ変化とした。基長は、脱型した材齢 2 日目の長さを基長とした。

$$\varepsilon = \frac{(X_{01} - X_{02}) - (X_{i1} - X_{i2})}{L_0} \quad (1)$$

ε : 長さ変化率(×10⁻⁶又は%)

L_0 : 基長(mm)

表-1 コンクリートの配合

種類	複合リサイクル材料 (kg/m ³)	添加率 (%)	セメント (kg/m ³)	水 (kg/m ³)	細骨材 (kg/m ³)	粗骨材 (kg/m ³)	AE減水剤 (g/m ³)
A0	0	0	287	158	862	1051	1790
A10	29	10	287	158	831	1051	1790
A20	57	20	287	158	800	1051	1790
A30	86	30	287	158	769	1051	1790
A40	116	40	287	158	738	1051	1790

$X_{01}(mm)$, $X_{02}(mm)$: それぞれ基準とした時点における

標準尺及び供試体の測定値

$X_{i1}(mm)$, $X_{i2}(mm)$: それぞれ時点 i における標準尺及び供

試体の測定値

3 実験結果及び考察

3.1 圧縮強度試験結果

水中養生をさせた供試体の材齢 28 日における圧縮強度試験の結果を図-1 示す。図に示すように、複合リサイクル材料の添加率が 20%まで増加させるにつれ圧縮強度が増加する傾向があり、それ以上増加させるにつれ圧縮強度が低下する傾向を示した。強度増進の理由として、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推測する。強度低下の理由として図-2 に示すように、A30、A40 が他の供試体より大きく膨張していることから圧縮強度が低下したと推察する。また、水酸化カルシウムの消耗が強度低下のもう一つの原因だと考えられる。

3.2 長さ変化試験結果

複合リサイクル材料の添加率が長さ変化試験に及ぼす影響を図-2、図-3 に示す。図-2 は、材齢 28 日において供試体を水中養生から気中養生へ、図-3 は、材齢 28 日において供試体を気中養生から水中養生へ変更した場合の試験結果をそれぞれ示している。図-2 に示すように、水中養生の際、複合リサイクル材料の添加率に応じて膨張が増加する傾向がある。気中養生に変更した後も A20、A30、A40 が顕著に収縮緩和し、材齢 90 日頃から収縮が安定段階になったと考えられる。図-3 に示すように、材齢 28 日まで気中養生中は添加率の増加に応じて収縮を緩和する傾向があり、水中養生に変更後も複合リサイクル材料の添加率に応じて膨張していることが確認できるが、材齢 90 日頃からおよそ収束していることが考えられる。

4. まとめ

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の細骨材の一部と置換し、強度特性と膨張・収縮特性に関する評価を行った。その結果、複合リサイクル材料を添加することによって強度増進が確認でき、膨張・収縮特性については 90 日頃から安定段階になったことが確認できた。したがって、長期材齢においても複合リサイクル材料が効果的であることが考えられる。

参考文献:

- 1) 環境省: 産業廃棄物の最終処分場の残余容量と残余年数

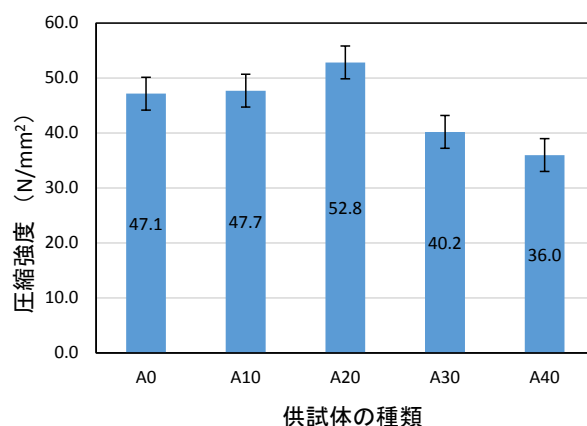


図-1 添加率が圧縮強度に及ぼす影響

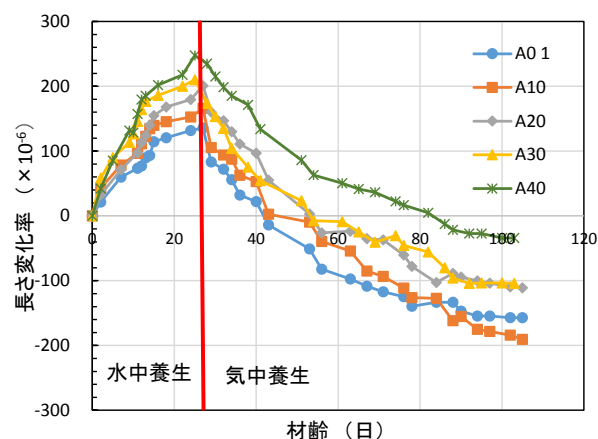


図-2 長さ変化率 (水中養生から気中養生へ)

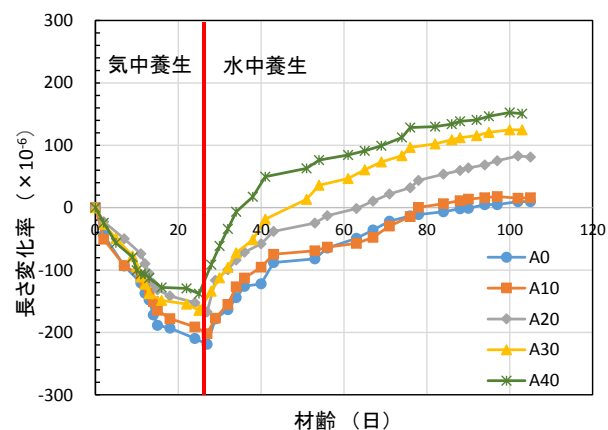


図-3 長さ変化率 (気中養生から水中養生へ)

<http://www.kankyoushokai.jp/news/014774.php>

(閲覧日: 2018年6月18日)

- 2) Kamei et al.: A novel solidification technique for fluorine-contaminated basanite using waste material in ground improvement applications, Journal of Material Cycles and Waste Management, DOI 10.1007/s10163-014-0251-0, 2014
- 3) 李春鶴、田口弘平、丸山智裕、亀井健史: 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、土木学会第72回年次学術講演会, pp.139-140, 2017.