

セメント改良土の初期強度増進に向けた簡易炭酸化法の検討

広島大学 学生会員 ○江口健太
広島大学 Ho Si Lanh
広島大学 正会員 半井健一郎
デンカ株式会社 正会員 佐々木崇

1 背景・目的

セメント改良土の強度は、セメントの混合によるセメントの水和反応やポズラン反応に加え、炭酸化によっても増加する¹⁾。炭酸化とは、セメント水和物である水酸化カルシウム (Ca(OH)₂) や珪酸カルシウム水和物 (C-S-H) などが二酸化炭素 (CO₂) などと反応し、炭酸カルシウム (CaCO₃) を生成させる化学反応である。CaCO₃ が生成されることで細孔量が減少する²⁾ので、炭酸化を促進することによって、初期強度の増加が期待できる。しかし、セメント改良土の炭酸化の影響要因の分析や促進方法については、既往の研究が少ないのが現状である。

そこで本研究では、二つの簡易炭酸化促進法に着目した。一つは乾湿繰返し養生³⁾である。定期的な散水によって適量の水分を供給することで、炭酸化が進行しやすい含水状態にすることを目的としている。もう一つは炭酸ナトリウム (Na₂CO₃) 添加⁴⁾である。添加した Na₂CO₃ をセメント改良土内部の炭酸源とし CaCO₃ を生成させることを目的としている。特に本研究では、炭酸化促進法としての有効性を初期強度変化の観点から検討する。

2 実験概要

2.1 供試体概要

2.1.1 供試体作製

乾湿繰返し養生供試体については豊浦砂（密度：2.63g/cm³）、普通ポルトランドセメント（密度：3.15g/cm³）、水道水を使用してセメント改良土を作製した。セメントと水道水の添加率は砂の質量に対してそれぞれ 8%とした。練混ぜ後、φ100mm×200mm の円柱供試体を作製した。供試体は 3 層に分け、2.5kg のランマーを用いて各層 38 回の締固めを行った。また Na₂CO₃ 添加供試体については、豊浦砂、普通ポルトランドセ

メント、水道水、Na₂CO₃ を使用し、Chen らの研究⁴⁾を参考に Na₂CO₃ の添加率を 0%、1%とした。乾湿繰返し養生と同様の方法で練混ぜ、締固めを行い、供試体を作製した。

2.1.2 養生方法

養生方法を表-1 に示す。試験材齢は 7 日、14 日、28 日とした。まず初期養生として封緘養生を 7 日間行った後、封緘養生、気中養生、乾湿繰返し養生のいずれかを行った。乾湿繰返し養生では、西村らの研究³⁾を参考に、25g、50g、100g、400g の散水を、1 週間に 1 回または 2 回、霧吹きを用いて行った。いずれの養生においても、温湿度は 20±3℃、60±5%とした。

表-1 養生方法

養生条件	養生方法		
	材齢7日 まで	材齢7日 ～14日	材齢14日～28日
封緘養生	封緘		封緘
気中養生	封緘		気中
乾湿繰返し養生	封緘		乾湿繰返し(4条件) (100g×1, 100g×2, 400g×1, 400g×2)
乾湿繰返し養生	封緘	気中	乾湿繰返し(3条件) (25g×1, 25g×2, 50g×1)
Na ₂ CO ₃ 添加 封緘養生	封緘		封緘
Na ₂ CO ₃ 添加 気中養生	封緘		気中

2.2 実験方法

2.2.1 一軸圧縮試験

炭酸化による強度増加を検証するため、JIS A1216 土の一軸圧縮試験方法を参考に一軸圧縮試験を行った。載荷速度は 0.1%/min とした。

2.2.2 示唆熱重量分析試験

Ca(OH)₂ と CaCO₃ の定量することにより、中性化程度の解析を行うことを目的として示唆熱重量分析試験を行った。また、骨材試験をセメント協会法 (F-18) に従って行い、骨材補正を行った。

キーワード 炭酸化、乾湿繰返し養生、Na₂CO₃ 添加

連絡先 〒739-8527 東広島市鏡山 1-4-1 広島大学大学院工学研究科 社会基盤環境工学専攻 事務室

TEL : 082-424-7819・7828

3 実験結果

3.1 乾湿繰返し養生

乾湿繰返し養生での一軸圧縮強度の経時変化を図-1、散水量と28日強度との関係を図-2に示す。本実験より、気中養生や繰返し散水によって、封緘養生よりも強度が大幅に増加した。一方、図-2より、繰返し散水養生の効果は小さく、200g/週程度までであれば気中養生とほぼ同じで、それ以上となると、気中養生よりも強度が低下した。

図-3にCaCO₃量と一軸圧縮強度の関係(材齢28日)を示す。図-3より、50gの散水量ではCaCO₃量が気中養生の約1.1倍と微増したが、圧縮強度は減少した。CaCO₃量が多くなっても強度が増加しなかったことは、C-S-Hの炭酸化¹⁾や乾湿繰返しによる損傷⁵⁾などの影響が考えられる。また、それら以外の散水量においては気中養生よりCaCO₃量が減少し圧縮強度も低下する結果を示した。

3.2 炭酸ナトリウム添加

Na₂CO₃添加の一軸圧縮強度を図-4に示す。封緘養生と気中養生のいずれにおいても、Na₂CO₃を1%添加した供試体の圧縮強度はNa₂CO₃無添加の強度の約半分の値を示した。強度低下の原因に関しては、Na₂CO₃添加によってセメントから供給されるカルシウムが消費され、強度増加に寄与するC-S-Hの生成量が無添加より減少した可能性が考えられる。

4 まとめ

- (1) 乾湿繰返し養生において、散水量が増えるほど炭酸化の進行が遅くなり、圧縮強度も低下した。よって、炭酸化促進法としての十分な効果は得られなかった。
- (2) Na₂CO₃の添加により圧縮強度が大幅に低下し、強度増進効果は得られなかった。

参考文献

- 1) K. Nakarai and T. Yoshida: Effect of carbonation on strength development of cement-treated Toyoura silica sand, *Soils and Foundations*, 55(4), pp.857-865, 2015.
- 2) 後藤誠史: セメント硬化体と空隙, *セメント・コンクリート*, No. 426, pp. 16-21, 1985.
- 3) 西村直哉ほか: 乾湿繰返し養生によるセメント改良土の炭酸化促進とその影響, *土木学会第69回年次学術講演会*, III-100, pp.199-200, 2014.
- 4) Quanyuan Chen et al.: Application of accelerated

carbonation with a combination of Na₂CO₃ and CO₂ in cement-based solidification/stabilization of heametal-bearing sediment, *Journal of Hazardous Materials*, Vol.66, Issue 1, pp. 421-427, 2009.

- 5) 久富優二ほか: 石炭灰混合材料の繰返し利用が強度発現と破壊形態に及ぼす影響, *土木学会第67回年次学術講演会講演概要集*, pp.109-110, 2012.

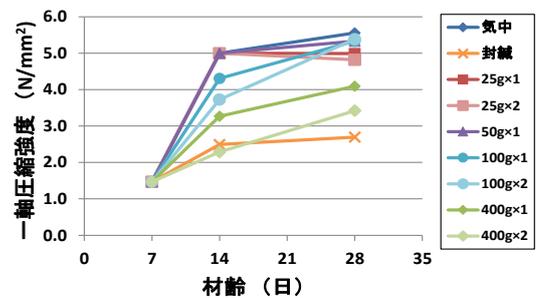


図-1 乾湿繰返し養生での一軸圧縮強度の経時変化

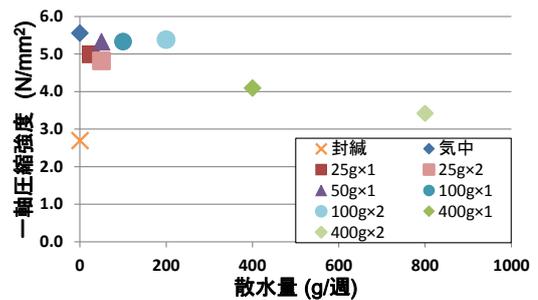


図-2 散水量による一軸圧縮強度の変化(材齢28日)

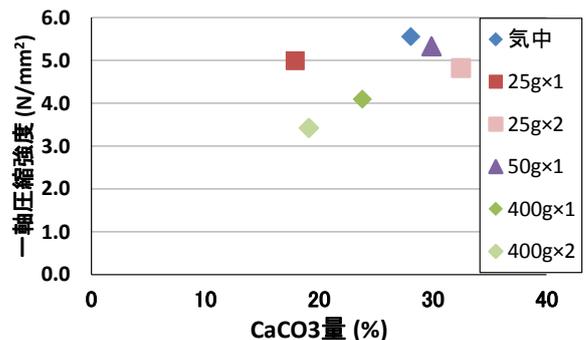


図-3 炭酸カルシウム量と一軸圧縮強度の関係(材齢28日)

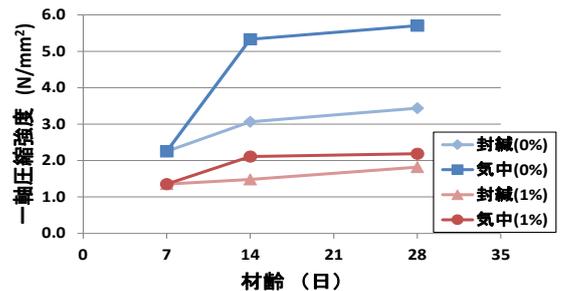


図-4 Na₂CO₃添加による一軸圧縮強度の経時変化