

乾湿繰り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

群馬大学大学院 学生会員 ○西村直哉
 広島大学大学院 正会員 半井健一郎
 電気化学工業(株) 正会員 庄司慎
 渡辺雅昭, 盛岡実

1 背景と目的

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ゾラン反応に加え、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($\text{Ca}(\text{OH})_2$)や硅酸カルシウム水和物(C-S-H ゲル)などが空気中などの二酸化炭素(CO_2)と反応し、炭酸カルシウム(CaCO_3)を生成させる化学反応である。 CaCO_3 が生成されることで空隙構造が緻密化されるほか、pH が低下(中性化)する。炭酸化を促進することによって、初期強度の増加や pH の低下が期待できるため、高濃度の CO_2 を供給する中性化促進機などを用いた促進方法も考えられているが、現場での大型の装置の使用は困難である。

そこで本研究では、簡易な炭酸化促進として、乾湿繰り返し養生に着目した。定期的な散水など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とするものである。特に本稿では、水分供給量を変化させた乾湿繰り返し養生を行い、炭酸化を促進させるために最も適切な水分供給量を炭酸化と強度変化の観点から検討した。さらに、セメント種類の検討として、石膏添加率の違いによる炭酸化の影響を検討した。

2 実験概要

2.1 供試体概要

2.1.1 供試体の作製

供試体の配合を表-1 に示す。本研究では豊浦砂(密度 $2.63\text{g}/\text{cm}^3$)、普通ポルトランドセメント(密度 $3.15\text{g}/\text{cm}^3$)、水道水を使用してセメント改良土を作製した。また、セメントには市販品のほか、クリンカーに石膏を添加率 0%, 5%, 15% で後添加した普通ポルトランドセメントを用いた。W/C は 140%, セメント添加率は 10%, 含水比は 18%, 空隙率を 25%とした。練混ぜ後、 $\phi 50\text{mm} \times 100\text{mm}$ の円柱供試体を作製した。供試体は 3 層に分け、1.5kg のランマーを用いて各層 12 回の締固めを行った。

表-1 配合表

セメント添加率	W/C	単位量(kg/m^3)			空隙率
%	%	W	C	S	%
10	140	224	160	1248	25

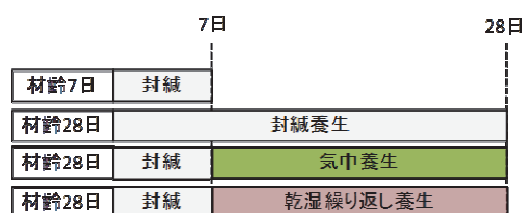


図-1 養生方法

2.1.2 養生方法

養生方法を図-1 に示す。試験材齢は 7 日、28 日とした。まず初期養生として封緘(密封)養生を 7 日間行った後、21 日間の封緘養生、気中養生、乾湿繰り返し養生のいずれかを行った。乾湿繰り返し養生の方法は、10g, 30g, 60g の散水、および浸漬の 4 通りとし、散水の回数は 1 週間に 1 回、浸漬の回数は 1 週間に 1 回または 2 回とした。なお、後半のセメントの石膏添加率の検討では、前半の実験で最大の炭酸化促進が得られた、60g/週の散水条件とした。いずれにおいても、温湿度は $20 \pm 3^\circ\text{C}$, $60 \pm 5\%$ とした。

2.2 実験方法

2.2.1 中性化深さ

供試体の上端 25mm を切断し、濃度 1% のフェノールフタレインを散布することで中性化深さの測定を行い、炭酸化の進行程度の評価とした。各供試体を 1 体ずつ用いて、側面から内部への進行を計測した。測定は 1mm 単位で 4 点計測を行った後、各供試体における平均値を算出した。

2.2.2 含水比

105°C の乾燥炉において 24 時間の乾燥を行い、前後の質量変化から含水比を求めた。

キーワード セメント改良土, 炭酸化, 乾湿繰り返し養生, 一軸圧縮強度

連絡先 〒739-8527 広島県東広島市鏡山 1-4-1 広島大学大学院工学研究院社会環境空間部門 TEL 082-424-7531

2.2.3 圧縮強度

養生後、一軸圧縮試験を行った。供試体の強度および変形の一様性を図るため、供試体の上・下端部に石膏を用いてキャッピングを行い、荷重速度は0.2%/minとした。

3 実験結果

3.1 水分供給量の違いによる炭酸化の影響

3.1.1 中性化深さ

図-2に測定した中性化深さを示す。封緘養生を除き、水分供給量が多いほど中性化が進行していたが、別に行った化学分析から、浸漬ではカルシウムの溶脱によって中性化が進行した可能性が示唆された。

3.1.2 含水比および一軸圧縮強度

含水比を図-3に、一軸圧縮強度を図-4に示す。浸漬2回/週や封緘養生以外の供試体は、試験時には乾燥していた。28日強度に関しては、乾湿繰り返し養生を1週間に1回60g散水することで最大となり、気中暴露や封緘養生の1.2~1.3倍となった。繰り返し浸漬を行って水分供給を多くした養生では、強度増加が小さくなったが、これは、前述したカルシウムの溶脱による可能性がある。

3.2 石膏添加率の違いによる炭酸化の影響

3.2.1 中性化深さ

中性化深さを図-5に示す。乾湿繰り返し養生において顕著に中性化深さが大きくなったが、石膏添加率による違いは明確ではなかった。一方、気中養生においては、石膏添加率が小さいほど中性化深さが大きくなった。

3.2.2 含水比および一軸圧縮強度

含水比を図-6に、一軸圧縮試験結果を図-7に示す。石膏添加率が5%の気中養生で最大の強度を示したが、その原因は明らかではなかった。これを除けば、いずれの石膏添加率でも乾湿繰り返し養生で強度は大きくなり、気中暴露や封緘養生の1.5倍程度になった。ただし、石膏無添加の場合には全体的に強度が低く、石膏添加時の半分程度であった。

4 まとめ

本実験で得られた知見を以下に示す。

- (1)供給する水分量を変化させた乾湿繰り返し養生において、適量の水分(60g/週)を供給することで、炭酸化が進行し、強度も増加した。
- (2)セメントの石膏添加率を変化させた乾湿繰り返し養生では、いずれの添加率でも炭酸化が促進され、ほとんどの場合、圧縮強度も増加した。

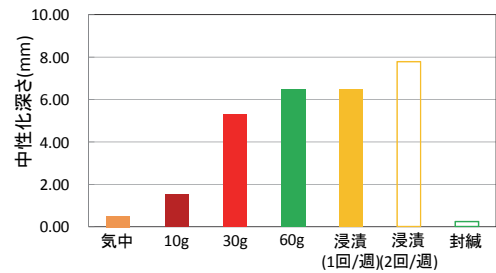


図-2 中性化深さ(水分供給量)

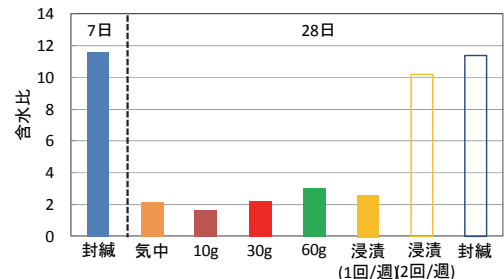


図-3 含水比(水分供給量)

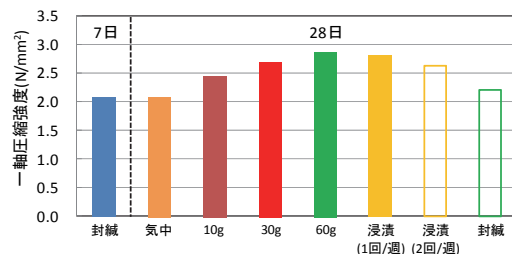


図-4 一軸圧縮強度(水分供給量)

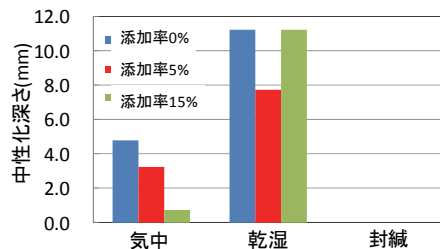


図-5 中性化深さ(石膏添加)

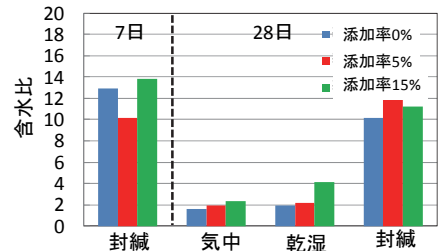


図-6 含水比(石膏添加)

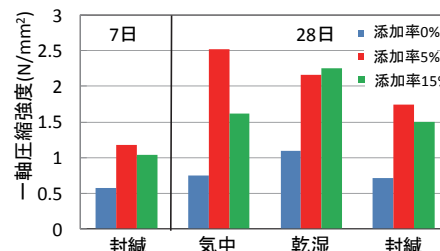


図-7 一軸圧縮強度(石膏添加)

【参考文献】

- 1)吉田・半井：セメント改良砂における炭酸化が一軸圧縮強さに及ぼす影響，土木学会全国大会，2012。