

塩化カルシウムの添加がセメントによる地盤改良土に及ぼす影響

矢作建設工業(株) 正会員 桐山和也
 ヤハギ道路(株) 正会員 市野敏明
 ヤハギ緑化(株) 正会員 服部啓二
 名古屋工業大学 フェロー会員 梅原秀哲

1. はじめに

攪拌混合工法による固化処理は、原地盤の軟弱土に原位置で改良材(石灰やセメント)を添加・混合して土と改良材を物理的・化学的に反応させて土質性状を安定なものにし、強度を高めるものである。この固化処理が検討される軟弱な土は、一般に細粒分が多く、高含水であり、フミン酸等の有機物を含んでいることが多く、セメントの効果を減少させる作用を有している場合が多い¹⁾。また、工事の制約上、早期に強度発現する性能が求められる場合もある。

そこで本研究では、高炉セメントと水への溶解度が高い塩化カルシウムを少量用い、早強性の付与や有機分に起因する硬化阻害による強度

低下を改善する効果について、実験により確認した。

2. 実験概要

使用材料一覧を表-1 に示す。試料土は礫まじりシルト質砂、シルト質砂、有機質粘土と3種類を使用した。各試料の状態を写真-1 に示す。セメントは、高炉セメントB種を使用した。塩化カルシウムは凍結防止剤として市販されているものを使用した。

配合を表-2 に示す。配合は一軸圧縮強度 1800kN/m² を目標とし、文献²⁾ に示されていた土質別設計基準強度の推定式を参考にして W と C/(W+w) を算定して決定した。塩化カルシウムは、セメントの質量に対して外割りで添加した。その添加率は、S1 が 0、2、3、4% の 4 水準、S2 と S3 が 0、1.5、3% の 3 水準とした。

試験項目は、フレッシュ時はフロー値の測定 (JIS R 5201、15 回落下運動)、硬化後は単位容積質量の測定、材齢 7 日、28 日における圧縮強度試験 (JIS A 1216) である。

3. 実験結果

塩化カルシウム添加率とフロー値の関係を図-1 に示す。図より、基本配合に対して塩化カルシウム添加率を変化させても、添加率

表-1 使用材料

使用材料	種類	記号	物性または成分
セメント	高炉セメントB種	C	密度:3.04g/cm ³ ,比表面積:3900cm ² /g
試料土	礫まじりシルト質砂	S1	湿潤密度:1.76g/cm ³ ,含水比:21.2%
	シルト質砂	S2	湿潤密度:1.81g/cm ³ ,含水比:27.7%
	有機質粘土	S3	湿潤密度:1.38g/cm ³ ,含水比:35.3%
混和材	塩化カルシウム	CA	主成分:CaCl ₂ ,密度:2.15g/cm ³ ,純度75%



表-2 配合

名称	C/(W+w)	W/C (%)	試料土 1m ³ 当り (kg/m ³)			CaCl ₂ 添加率 (C × wt%)
			W	C	S	
S1 基本配合	0.273	139.7	190	136	1760	0, 2.0, 3.0, 4.0
S2 基本配合	0.323	113.5	227	200	1809	0, 1.5, 3.0
S3 基本配合	0.322	160.0	384	240	1381	0, 1.5, 3.0

w は試料土の含水量

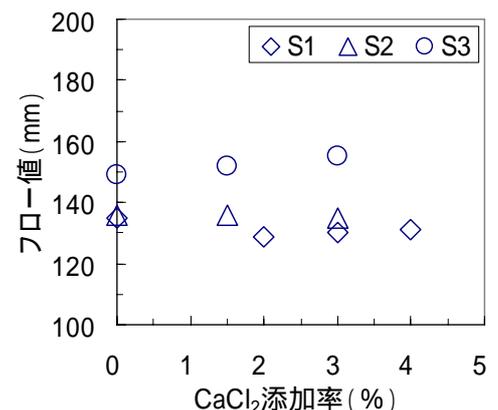


図-1 塩化カルシウム添加率とフロー値

表-3 塩化カルシウム添加率と圧縮強度

種別 (細粒分)	材齢	CaCl ₂ 添加率									
		0.0%(基本)		1.5%		2.0%		3.0%		4.0%	
		強度 (kN/m ²)	強度 比								
S1 (24.2%)	7日	1960	1.0	-	-	2219	1.13	2363	1.21	2421	1.24
	28日	3127	1.0	-	-	3588	1.15	3818	1.22	3962	1.27
S2 (44.9%)	7日	937	1.0	1556	1.66	-	-	1787	1.91	-	-
	28日	1888	1.0	2147	1.14	-	-	2550	1.35	-	-
S3 (71.4%)	7日	303	1.0	490	1.62	-	-	620	2.05	-	-
	28日	578	1.0	810	1.40	-	-	1023	1.77	-	-

4%程度まではフロー値に大きな変化は認められず、作業性にも変化はなかった。

塩化カルシウム添加率と圧縮強度について整理したものを表-3に示す。表より、同一添加率(3.0%)で比較すると、細粒分(75μm通過分)含有率が高いほど、無添加に比べ材齢7日および材齢28日での強度比が大きくなった。これは塩化カルシウムが液相中に存在するとCa²⁺濃度が高く³⁾なることに起因すると考えられる。すなわち液相中に存在するCa²⁺は、土粒子を凝集して砂質土に近い性状に改質する¹⁾ため、土粒子総表面積が減少したような効果が現れたと考えられる。これは、改良土に要求される強度がコンクリートの高々1/20程度と小さいため、土粒子の凝集による塑性指数低下¹⁾も強度改善に有効に作用するものと推測される。また、塩化カルシウムの添加により材齢28日より材齢7日(初期材齢)の強度比が大きくなった。これは、高炉セメント中のスラグ自身の水和も塩化カルシウムにより促進されるためである³⁾と考えられる。

S1の塩化カルシウム添加率と圧縮強度の関係を図-2に、S2の関係を図-3に、S3の関係を図-4に示す。図より、いずれの試料土も塩化カルシウム添加率と圧縮強度の関係に相関がみられた。また、S2およびS3ではセメント質量に対して塩化カルシウムを3%添加することで、材齢7日で無添加の材齢28日と同等の強度が得られ、土に細粒分が多いほど、また土に有機質が含まれていると効果的である傾向がみられた。

4. まとめ

固化処理土への早強性付与や有機分に起因する強度低下改善を検討した結果、塩化カルシウムの添加に効果があることが分かった。今後は、セメント系固化材やその他の土質への適用性の検討を進めていく予定である。

参考文献

- 1) (社)セメント協会：セメント系固化材による地盤改良マニュアル、第3版、pp.26~32、2007.10
- 2) (社)日本建築センター：建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針、pp.313~330、2006.7
- 3) 鈴木節三：塩化カルシウム添加がポルトランドセメントおよび高炉セメントに及ぼす影響について、材料試験、第7巻、第63号、pp.65~72、1958.3

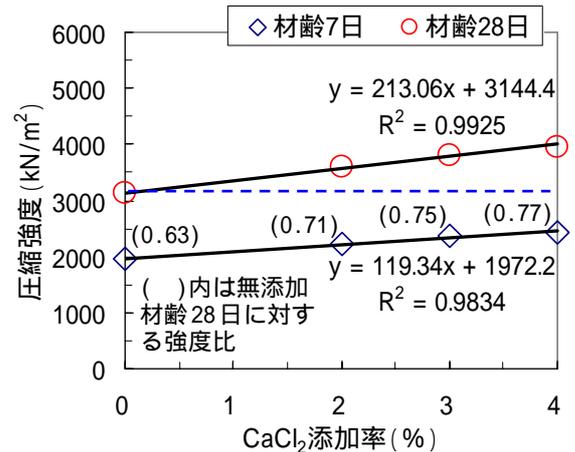


図-2 CaCl₂添加率と圧縮強度の関係(S1)

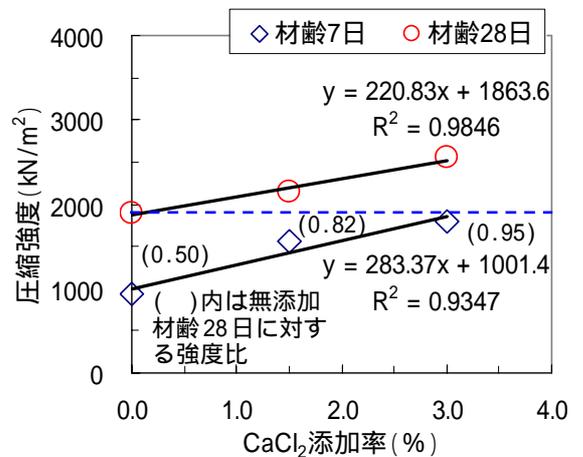


図-3 CaCl₂添加率と圧縮強度の関係(S2)

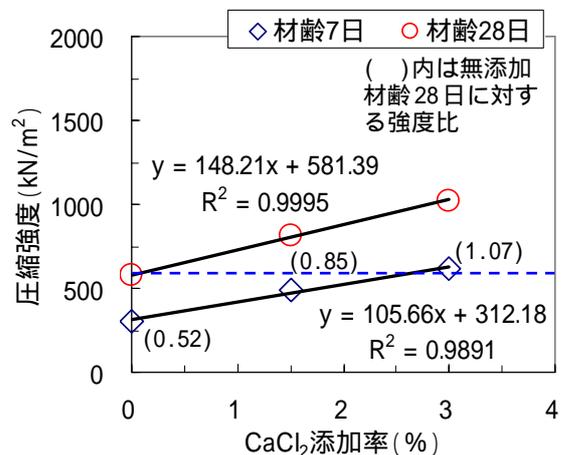


図-4 CaCl₂添加率と圧縮強度の関係(S3)