

弱アルカリ性固化材を用いた高圧噴射攪拌工法の検討

ライト工業	正会員	小泉	啓
ライト工業	○ 正会員	大西	高明
横浜国立大学	非会員	中村	一穂

1. 緒言

セメントは、含有するフリーライムの作用により、その懸濁液はpH 12 程度の高いアルカリ性を示す。地盤強化や止水のために実施する機械攪拌工法や高圧噴射攪拌工法では、セメントを地盤中に注入、攪拌してソイルセメントを形成させることにより強度を発現させるため、地盤中が高いアルカリ性となる。現状においては、河川や湖沼、海域へ直接、固化材セメントが流出しない限り、周辺地盤への高アルカリによる影響は限定的であり、大きな問題とはなっていない。しかしながら、一部の有害性重金属類である鉛、クロムなどは両性金属であり、高いアルカリ性を示す溶液中では、溶出が促進されてしまう。故に、汚染地盤の封じ込め目的等、これらの物質を高含有する地盤の地盤強化、止水を目的とする地盤改良においては、セメントを固化材として使用することが難しい。

従来、中性固化材として半水石膏や酸化マグネシウムなどが提案されているが、前者は固化体を水中に浸漬させると、経時的に石膏全体が2水和物に変化してしまうため強度が失われてしまい、地下水位以下での地盤改良には使用できない。また、後者は、添加する酸性塩の作用により懸濁液状態ではpH 9 程度であるが、硬化後の固化物を粉砕してpHを測定すると、pH 11 程度のアルカリ性を示すことが多い。これは、マグネシウムの固化機構において、粒子表面が添加剤の酸性塩で溶解して水酸化マグネシウムのハイドロゲルを生成し、これがバインダーとなって硬化するが、粒子内部は酸化マグネシウムのままであるため、pHが上昇するものと考えられる。

本件では、イオン化傾向から予測される、マグネシウムよりも塩基度の低い金属であるアルミニウムに着目し、硬化性を示すアルミナを用いた地盤改良を検討することとした。理論的には硬化後もマグネシウム系固化材よりも低いpHを維持できるものと考えられ、鉛の不溶化領域であるpH 9 程度を目標として固化材配合試験を実施し、高圧噴射攪拌工法による人工砂地盤での改良効果および施工性の検証をおこなった。

2. 固化材配合試験

W/C1.0 で、アルミナ懸濁液単体の配合試験を実施した。試験実施配合を **Table 1** に、各配合の懸濁液pH、固化体pHおよび粘度、硬化時間、ブリージング、28 日強度を **Table 2** に示す。なお、比較として普通セメント懸濁液配合も実施した。

アルミナのための懸濁液は、硬化時間が10分程度と短く、懸濁液、固化体いずれもpH 10 前後と、目標とするpH9を超えるものであった。よって、添加剤を検討し、セメントの遅延効果を有するヒドロキシ酸化合物を添加することで、硬化時間を調整でき、塩化ナトリウムを添加することで、pHを9以下まで低下できることが確認された。

両者を添加した **Table 1** の④配合では、懸濁液、固化体のpH9以下と、セメントと比較すると低い強度ではあるが、単体強度1.5MN/m²の強度を確認した。

キーワード アルミナ ヒドロキシ酸化合物 塩化ナトリウム 弱アルカリ性固化材
 連絡先 〒300-2658 茨城県つくば市諏訪 C23 街区 3 画地 ライト工業(株)R&D センター
 TEL 029-846-6175

Table 1 試験配合 (1 m³)

	アルミナ	NPC	AHA 化合物	塩化ナトリウム	水
①	750kg				750L
②	750kg		17.3kg		740L
③	750kg			26.3kg	738L
④	750kg		17.3kg	26.3kg	728L
Ce		760kg			760L

Table 2 固化材物性

	pH		懸濁液粘度 [mPa・s]	硬化時間	ブリーディング	28 日強度 [MN/m ²]
	懸濁液	固化体				
①	9.6	10.6	95	10 min	0	0.89
②	8.4	10.1	9	4 h	32 %	7.2
③	8.2	8.7	120	20 min	0	0.93
④	7.4	8.8	53	24 h	15 %	1.5
Ce	12.5	12.4	59	4 h	22 %	11

3. 高圧噴射攪拌による地盤改良試験

Table 2 固化材配合試験結果より、pH等の物性数値の良好な④配合を選択し、人工砂地盤へ高圧噴射攪拌工法による造成試験をおこなった。試験地盤は、細砂 (Fc : 3.5%、D₅₀ : 0.3305 mm)、事前 N 値 10 の人工砂地盤であり、試験地盤の物性および試験仕様を Table 3 に示す。

この人工砂地盤にアルミナ硬化材 (配合④) および比較として高炉セメント B 種の硬化材を、硬化材吐出量 200L/min、硬化材吐出圧力 35~40MPa、引上げ速度は、0.17m/m で単管式高圧噴射攪拌工法の造成試験をおこなった。硬化材配合を Table 4 に示す。

Table 3 人工砂地盤条件及び試験仕様

土質	細砂
平均粒径 D ₅₀	0.3305 mm
細粒分含有率 F _c	3.5%
換算 N 値	10
引上げ速度	0.17m/m
硬化材吐出量	200L/min
硬化材吐出圧力	35~40MPa

Table 4 試験標準配合 (1 m³)

材料名	配合④	高炉 B
アルミナ	750 kg	
高炉 B セメント		750 kg
塩化ナトリウム	26.3 kg	
AHA 化合物	17.3 kg	
分散剤		10L
水	728L	740L

4. 結果および考察

造成された改良体の形状を、Fig. 1 (アルミナ)、Fig. 2 (高炉 B) に示す。両者ともに円柱状の固化体を形成しており、改良径はアルミナ : D=1,750 mm に対し、高炉 B : D=1,650 mm であり、同等の改良径が確認された。造成時の送液状態等は両者に大きな問題はみられず、アルミナ固化材を用いても施工に大きな問題はないと考えられる。

一方、改良体の強度は、D/4 位置コアサンプリングの一軸圧縮試験結果及び固化材含有量試験結果を Table 5 に示すが、アルミナ改良体強度は高炉 B セメント改良体強度の 1/6 程度であることが確認された。



Fig. 1 アルミナ改良体(配合④) Fig. 2 高炉 B 改良体

Table 5 固化体強度と含有量

	配合④	高炉 B
一軸圧縮強度	0.7MN/m ²	3.8MN/m ²
固化体含有量	224 kg/m ³	358 kg/m ³

5. 結言

アルミナ固化材は、塩化ナトリウムおよびヒドロキシ酸化合物を配合することで、懸濁液および固化体の pH を 9 以下にでき、かつ固化時間を数時間程度に制御できることを確認した。

高圧噴射攪拌工法における造成試験においても、送液時のライン閉塞等のトラブルもなく、従来の高炉セメント固化材と比較して施工性に大きな相違は見られなかった。

但し、改良体強度は高炉 B セメント改良体の 1/6 程度であり、使用にあたっては、発現強度に留意する必要がある。