

土中コロイド化法を用いた新しい注入材の開発（その1）

強化土エンジニアリング㈱

正 会 員 ○ 佐々木 隆光

フェロー会員

島田 俊介

東京都市大学

正 会 員

末政 直晃

1. はじめに

現在、薬液注入工法において使用されている注入材はアルカリ系注入材、非アルカリ系注入材および活性シリカコロイド系注入材の3つに分類することができる。アルカリ系注入材は一度ゲル化するものの、注入材そのもの（ヒドロゲル）に含まれるアルカリ成分によってシリカが溶解する特性があり、長期的な改良効果を期待することができない。また、非アルカリ系注入材は、アルカリ系注入材において劣化の要因となるアルカリ成分を酸性反応剤にて中和するため、ヒドロゲルからのシリカの溶解量は極めて少ないが、この注入材は1nm程度のシリカがシロキサン結合によりゲル化および硬化するため、ヒドロゲルに体積収縮が生じる。その結果、この注入材により固化した砂（サンドゲル）の一軸圧縮強さは長期的に低下する場合もある。一方、活性シリカコロイド系注入材は、水ガラスのアルカリ成分をイオン交換樹脂により除去し、得られた1nm程度のシリカを加熱養生し、10~20nmまで成長させたものを主剤としている。その結果、化学的および物理的劣化要因を低減されることにより、改良効果が長期的に安定する傾向にある。しかし、活性シリカコロイドの製造にはコストがかかることやシリカ濃度に対する強度の発現割合が低いことが課題として挙げられる。

そこで、本研究では非アルカリ系注入材に金属塩系の添加剤を併用することにより、経済性および耐久性に優れた新しい注入材の検討を行っている。本稿では、この注入材の概念と研究の方向性について述べる。

2. 注入材の概念

本研究で検討している金属塩系添加剤の原料は、液体または粉体のものであり、粉体のものは水に容易に溶解するものである。これら溶液のpHは酸性であり、金属塩としてアルミニウムや鉄などが分散しているが、写真-1(a)に示すように透明の状態を維持する。これに、NaOHなどのアルカリを添加し、溶液のpHが中性となるように調整すると、写真-1(b)に示すように金属塩がコロイド化し、溶液が白濁する。なお、この状態にてしばらく静置すると写真-1(c)に示すように溶液全量がゲル化するものである。

なお、金属塩のコロイドの析出には、溶液が中性の状態となることが必要条件であるが、非アルカリ系注入材は一般的に練上りのpHは2~3程度に調整され、気中での固化時間（気中ゲルタイム）は数時間~数十時間である。しかし、この注入材は土と混合することにより、pHは中性方向に移行し土の中での固化時間（土中ゲルタイム）は数分~数百分となる。したがって、非アルカリ系注入材に金属塩系添加剤を添加したものを土と混合すると、注入材のpHは中性方向に移行することにより、金属塩がコロイド化することが期待できる。

その結果、活性シリカコロイド系注入材は、コロイド状のシリカを用いることによりヒドロゲルの体積収縮を低減させ、サンドゲルの耐久性の向上を図るものであるが、本研究では、この金属塩の中性化に伴うコロイドの析出によって、非アルカリ系注入材の体積収縮を低減させ、耐久性が向上することを期待するものである。

3. 気中ゲルタイム

気中ゲルタイムは表-1に示すように、シリカ濃度6%、粉体の金属塩の添加量が4g/400mLまたは8g/400mLの配合において、硫酸の添加量を変化させた条件にてpH



(a) pH=2



(b) pH=4



(c) ゲル化

写真-1 金属イオン系添加剤

キーワード：薬液注入 体積変化 コロイド化

連絡先：〒113-0033 東京都文京区本郷 3-15-1 TEL03-3815-1687 強化土エンジニアリング㈱ 研究開発本部

とゲルタイムの測定を行った。なお、測定は $25^{\circ}\text{C}\pm 3^{\circ}\text{C}$ の室温にて実施し、ゲル化は目視にて確認した。試験結果として図-1に硫酸添加量と pH の関係を、図-2 に pH と気中ゲルタイムの関係を示す。金属塩を添加した非アルカリ系注入材において、硫酸添加量に対する pH の変動は同一のシリカ濃度である非アルカリ系注入材と比較して緩やかになる傾向を示し、従来は pH の調整が困難な $\text{pH}=3\sim 4$ の範囲でも配合が可能であった。また、pH とゲルタイムの関係は非アルカリ系注入材と同様の傾向を示した。

4. 体積変化率

体積変化は 200mL の注入材を直径が 50 mm のアクリル円柱に投入し固化したものに對し、所定期間ごとにノギスにより直径と高さを測定して体積を求めた。図-3(a)は金属塩を 4g/400mL 添加したシリカ濃度が 6% のものである。pH が中性付近にあり、ゲルタイムが短い配合では、初期における体積収縮率は大きくなるが、材令 1 週程度からその変化割合は低下する傾向を示す。一方、ゲルタイムが長い配合では長期的に収縮反応が継続する傾向を示した。

図-3(b)は金属塩を 8g/400mL 添加したものであるが、その傾向は金属塩が 4g/400mL と同様である。また、特筆すべき点としては、表-1 で示したコロイドの析出が確認された pH 付近の配合では、体積収縮率が 2 週以降で横這いとなっている。一方、pH が低い条件では体積収縮率が-25%を超える結果となっている。図-3(c)は pH が最も高い配合における材令と体積変化率の関係である。なお、同図にはシリカ濃度が 6% の非アルカリ系注入材も併記している。金属塩を添加したものは材令 2 週からその変化の速度が緩やかになる傾向が見られ、収縮率が-20 %~-25 %以内に収束する可能性が見られ、金属塩の添加量が多いものほど低くなる傾向にある。また、金属塩が未添加の非アルカリ系注入材と比較して体積収縮率を低減できる効果を確認した。

5. まとめ

本稿では、金属塩が非アルカリ系注入材中においても pH の変化によりコロイド化することを確認した。また、金属塩がコロイド化することにより体積収縮を低減させる効果は、金属塩の添加量と pH に依存することを確認した。今後の予定としては、サンドゲルを作製し改良効果の持続性について検証を行う予定である。

表-1 配合表

金属塩 g/400mL	硫酸 mL/400mL	pH	コロイド 化
4.00	9.33	2.61	×
	8.00	3.12	×
	7.00	3.64	△
	6.95	5.17	○
	6.90	5.89	○
	6.80	6.01	○
8.00	6.80	3.13	×
	6.50	3.14	×
	5.50	3.40	△
	5.00	3.77	○
	4.85	4.14	○

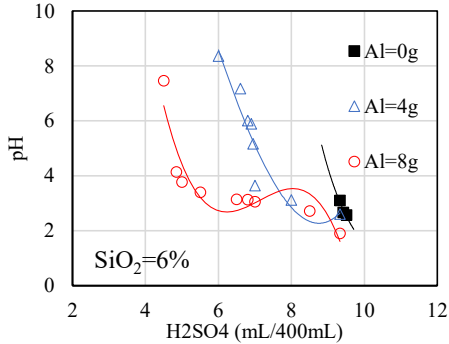


図-1 硫酸添加量と pH

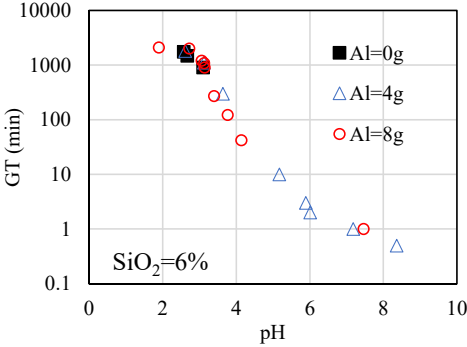


図-2 pH と気中ゲルタイム

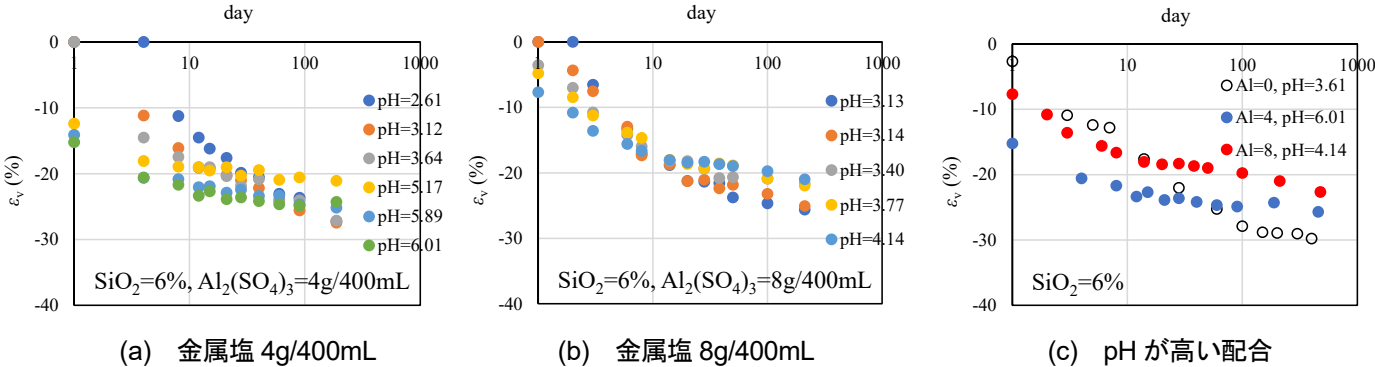


図-3 体積変化率