

複合ポリマー型地盤改良剤のアルカリ地盤における耐久性

東亜合成(株)	正会員	○坪内 隆太郎、	後藤 彰宏
東亜合成(株)	正会員	中野 駿、	松井 智隆
(株)鴻池組	正会員	加藤 満、	正会員 後藤 宇
(株)鴻池組	正会員	大山 将、	正会員 小山 孝

1. 背景

アクリル酸マグネシウムは安全性が高く、かつこれを重合させたポリアクリル酸マグネシウム(ポリマー)は弾性のある強靱なゲルを形成することから、トンネル工事用止水材として長年利用されてきた。また、無機架橋剤と組み合わせることで高弾性率のゲル(複合ポリマー)を形成することもできる。これらの性質に基づき、新しい液状化対策用注入材として開発を進めている^{1, 2)}。液状化対策には長期的な改良効果が求められることから、開発品である複合ポリマー型地盤改良剤(以下、本注入材)の耐久性を評価し、促進条件で10年相当以上の耐久性を有することをこれまでに確認している^{1, 2)}。

広く用いられる水ガラス系注入材は、主材がシリカであり、その溶解度はpH9程度のアルカリ領域で大きくなり始め、pH10以上では急激に大きくなる³⁾。そのため、工場などで散見されるアルカリ地盤に対しては、改良地盤の品質や耐久性が課題になると考えられる。

そこで、本注入材のアルカリ地盤における耐久性を評価した。前述の評価^{1, 2)}では、炭酸カルシウム飽和下水(pH9)というアルカリ環境でも中性環境同様の耐久性を有することを示している。本稿では、さらにpHが大きい水酸化カルシウム飽和下水(pH11)にて熱による劣化促進試験(加熱試験)を行った内容について報告する。

2. 注入材の性質

本注入材の主成分は主剤(アクリル酸マグネシウム)、重合開始剤、架橋剤(ポリ塩化アルミニウム)、および水である。図-1にゲル化の機構を示す。アクリル酸マグネシウムはラジカル重合性の炭素-炭素二重結合を有する。これにラジカルを生じる重合開始剤を加えると二重結合が連鎖的に付加反応を起こし、炭素-炭素結合を主骨格とするポリマーが生じ、さらにポリ塩化アルミニウムと多点でイオン結合してネットワークを形成し、高架橋密度のゲル(複合ポリマー)を形成する(加えて、マグネシウムでの架橋も存在する)。ポリマー間は多点で不可逆的に架橋されているため、溶脱は起こらない。また、骨格が炭素-炭素結合から成るので、加水分解はアルカリ領域であっても基本的に生じない。そのため、本注入材は経時安定性が高く、持続的な改良効果が得られる。

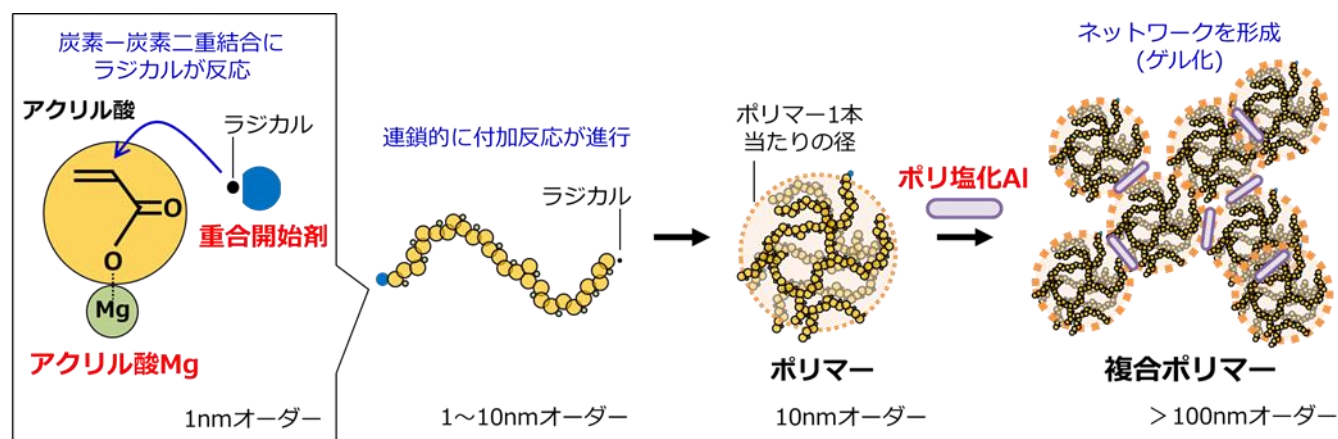


図-1 ゲル化機構

キーワード: 液状化対策、薬液注入、注入材、複合ポリマー、耐久性、アルカリ地盤

連絡先: 〒455-0026 名古屋市港区昭和町8 東亜合成(株) R&D 総合センター 製品研究所 [TEL]052-611-9295

3. 加熱試験

加熱試験に用いた注入材組成を表-1 に示す。反応促進剤は土共存下での重合反応促進のため、添加剤は重合開始剤の活性調節のために加える。水酸化カルシウムを豊浦砂に pH11 (5 倍量の水で希釈したときの値) となるよう添加したものを試験砂とし、注入材と試験砂を水中落下法⁴⁾によりモールドに投入して、φ5cm×H10cm のサンドゲルを作製した。砂の相対密度は 60%とした。

ふた付きの容器にサンドゲルを入れ、そこにサンドゲルが浸かる量の水酸化カルシウム飽和水 (pH12 程度) を加えた。状況を図-2 に示す。サンドゲル表面にみられる白色粉体は水酸化カルシウムである。容器にふたをして 80℃に加温した乾燥機に入れた。一定期間後にサンドゲルを取り出し、一軸圧縮試験を行った。試験期間中、水酸化カルシウム飽和水の pH が気中二酸化炭素の影響を受け低下していないことを適宜確認した。

一軸圧縮試験の結果を図-3 に示す。一軸圧縮強さは 160 日 (実日数 162 日) 以上経過しても初期値から低下せず、むしろ増大した。サンドゲルの体積減少も認められなかった。

本注入材は、室温養生数日で強度が最大値に達する特長がある。また、マグネシウムよりもカルシウムの方が架橋による強度への寄与が大きいと想像される。そのため、一軸圧縮強さが増大した理由は、浸漬水中のカルシウムがゲルに取り込まれ架橋を形成したためと推測している。今後、より詳細を検討する予定である。

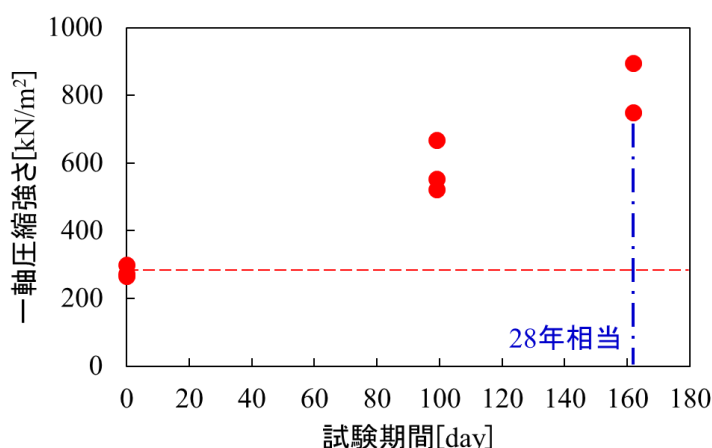


図-3 一軸圧縮試験結果

一般に化学反応の速度は温度が 10℃上昇する毎に 2 倍になる⁵⁾。実環境温度を 20℃として概算すると本試験は 160×2^6 日相当となり、およそ 28 年相当の耐久性が示されたと言える。これ以降、さらに長期の一軸圧縮強さを確認する予定である。

4. まとめ

開発注入材のアルカリ地盤における耐久性を評価すべく、熱劣化促進試験を行った。その結果、pH11 のアルカリ地盤にて 28 年相当の耐久性が示された。今後、さらに長期の耐久性を確認する予定である。

最後に、本注入材の開発にあたってご指導いただいている、京都大学大学院地球環境学堂の勝見武教授に深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 加藤満ほか: 複合ポリマー型地盤改良剤の開発と試験施工, 日本材料学会第 14 回地盤改良シンポジウム, pp233-238, 2018.
- 2) 坪内隆太郎: 複合ポリマー型地盤改良剤 (液状化対策用地盤注入材), 東亜合成グループ研究年報 TREND, 第 22 号, pp(4-1)-(4-7), 2019.
- 3) 米倉亮三ほか: 薬液注入の長期耐久性と恒久グラウト本設注入工法の設計施工—環境保全型液状化対策工と品質管理—, 近代科学社, p.41, 2016.
- 4) 地盤工学会: 地盤材料試験の方法と解説, pp.438-440, 2009.
- 5) 小宮山宏: 『反応工学 反応装置から地球まで』, 培風館, p.14, 1995.

表-1 注入材組成

成分	濃度[wt%]
アクリル酸マグネシウム (主剤)	4.0
ポリ塩化アルミニウム (架橋剤)	2.0
塩化カルシウム (反応促進剤)	1.0
重合開始剤	0.083
添加剤	0.13
水	93



図-2 水浸漬状況

162 日後外観

