

複合ポリマー型地盤改良剤の耐久性

東亜合成(株) 高田じゆん、正会員 ○坪内隆太郎
 (株)鴻池組 正会員 加藤 満、正会員 大山 将
 (株)鴻池組 正会員 小山 孝、正会員 後藤 宇
 京都大学大学院 正会員 勝見 武

1. 背景

アクリル酸マグネシウムはトンネル工事用止水材として長年利用されてきた。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)は無機架橋剤によって高弾性率のゲル(複合ポリマー)を形成できる。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⁾。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、熱および流水による劣化促進試験を行い、耐久性を評価した。

2. 注入材の性質

開発注入材の主成分はアクリル酸マグネシウム、重合開始剤、ポリ塩化アルミニウム、および水である。この注入材は、アクリル酸マグネシウムが重合開始剤により重合しポリアクリル酸マグネシウムとなり、これをポリ塩化アルミニウムが架橋することでゲル化する。生じたゲルは分子内の多点によって高密度に架橋された構造を有し、このためゲル成分の溶出は少なく、またポリアクリル酸マグネシウムは骨格が炭素-炭素結合から成るので加水分解は基本的に起こらない。そのため、開発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。

3. 劣化促進の考え方

注入材ゲルの劣化過程には、ゲルの「分解」とそのゲル分解物の「溶出」の2段階があると想定した。そこで、ゲルの「分解」を促進するために、サンドゲルを熱水中に浸漬させる加熱試験を行った。また、ゲル分解物の「溶出」を促進すべく、サンドゲルを流水下に置く流水試験を実施した。

4. 加熱試験

表-1 注入材組成

4.1 試験方法

加熱試験に用いた注入材の組成を表-1に示す。この注入材と豊浦砂を水中落下法²⁾によりモールドに投入し、φ5cm×H10cmのサンドゲルを作製した。砂の相対密度は60%とした。

役割	成分	濃度[重量%]
主剤	アクリル酸マグネシウム	4.0
架橋剤	ポリ塩化アルミニウム	2.0
重合開始剤	過硫酸アンモニウム	0.21
添加剤	チオ硫酸ナトリウム	0.63
架橋助剤	クエン酸	2.4
pH調整剤	水酸化ナトリウム	2.5
-	水	残部



図-1 水浸漬状況(試験前)

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イオン交換水を加えた。状況を図-1に示す。容器にふたをして80℃に加熱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。

4.2 試験結果

一軸圧縮試験の結果を図-2に示す。圧縮強さは180日(実日数189日)以上経過しても初期値を維持し、サンドゲルの体積減少も認められなかった。

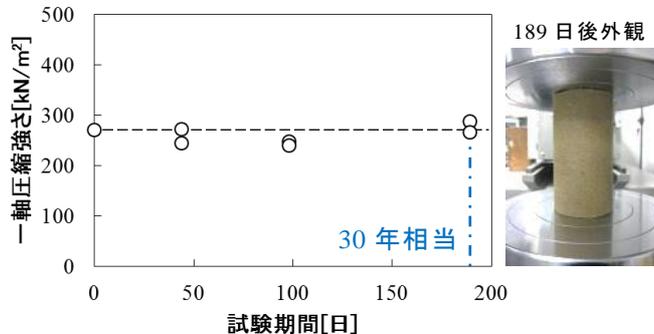


図-2 一軸圧縮試験結果

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³⁾。

実環境温度を20℃として概算すると本試験は180×2⁶日相当となり、およそ30年相当の耐久性が示されたと言える。

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、劣化促進試験

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

5. 流水試験

5.1 促進倍率の考え方

ゲル分解物の溶出は、ゲル近傍に存在する溶出分解物の消散が加速するのに伴い促進されると考えられる。そこで、ゲル表面の単位面積当たりに、単位時間に触れる水の量(単位水量)が大きいほど劣化速度は大きくなると想定した。

今回、実環境として直径 2m の球状改良体が一般的な流速 5m/day⁴⁾の地下水流下にある状況を想定し、これを基準とする 10 倍促進試験の実施を検討した。供試体に円柱状サンドゲルを用いることにし、層流である水流下で円柱および球での単位水量をシミュレーションにより算出して、流速と単位水量の関係を求めた。そして、実環境での単位水量に対し、円柱状サンドゲルの単位水量が 10 倍になるように試験流速の値を決定した。

5.2 試験方法

流水下にサンドゲルを置くため、水槽間で水を循環させる装置を作製した⁵⁾。その全景を図-3 に示す。流速は 5.1 で決定した値とし、4.1 に記載の方法で作製したサンドゲルを装置内に置いた。それ以降、一定期間後にサンドゲルの一軸圧縮試験を行った。

また、本試験でアルカリ環境での耐久性評価も行うべく、循環水には水道水および炭酸カルシウム飽和水(pH9)の 2 種類を用いた。



図-3 流水試験装置全景

5.3 試験結果

循環水に水道水を用いた場合の結果を図-4 に示す。圧縮強さは 400 日(実日数 416 日)以上経過しても初期値を保ち、サンドゲルの体積減少も認められなかった。促進倍率は 10 倍であり、本試験は 400×10 日相当となることから、この注入材で得られる改良体が流水に対し 10 年以上の耐久性を有することを確認できた。

循環水に炭酸カルシウム飽和水を用いた場合の結果を図-5 に示す。こちらも圧縮強さは 400 日(実日数 416 日)以上経っても初期値を保ち、体積減少もなかった。本結果から、この注入材で得られる改良体は炭酸カルシウム飽和流水下というアルカリ環境でも 10 年以上の耐久性を有することを確認できた。

6. まとめ

開発中の注入材について耐久性を評価すべく、熱および流水による劣化促進試験を行った。これにより、開発注入材が 10 年以上の耐久性を有することを確認した。加えて、アルカリ環境(炭酸カルシウム飽和流水下)においても、同様の高耐久性を有することを示した。

参考文献

- 1) 後藤ほか:複合ポリマー型地盤改良剤の特性,
土木学会第 73 回年次学術講演会発表講演集, 第VI部門, 投稿中.
- 2) 地盤工学会:地盤材料試験の方法と解説, pp.438-440, 2009.
- 3) 小宮山宏:『反応工学 反応装置から地球まで』, 培風館, p.14, 1995.
- 4) 日本地下水学会, 井田徹治:『見えない巨大水脈 地下水の科学』, 講談社, p.106, 2009.
- 5) 仲山ほか:液注入工法で固化した改良体の耐久性評価に関する研究, 土木学会論文集 C(地圏工学), Vol.69, No.2, pp.162-173, 2013.

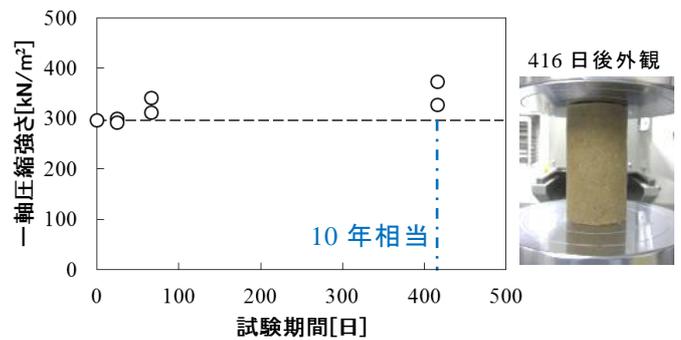


図-4 一軸圧縮試験結果 (水道水)

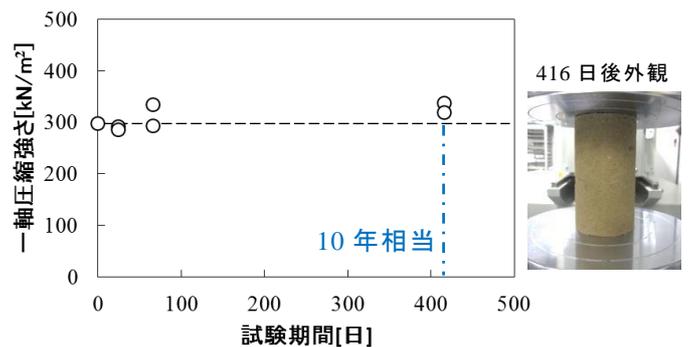


図-5 一軸圧縮試験結果 (炭酸カルシウム飽和水、pH9)