

複合ポリマー型地盤注入剤の未硬化有機成分の生分解性

東亜合成(株) 正会員 ○松井 智隆 後藤 彰宏
 岡部 玄
 (株)鴻池組 正会員 加藤 満 正会員 後藤 宇
 正会員 大山 将 正会員 小山 孝
 正会員 岡田 和成
 京都大学大学院 正会員 勝見 武

1. はじめに

薬液注入工法は比較的小規模な設備で既設構造物直下や狹隘地の地盤改良ができる希少な技術である。このため、既設タンクの基礎地盤や護岸の背面地盤などでこれまで多くの施工がなされてきた。既存の薬液注入工法では主に水ガラス系薬液が用いられているが、著者らはこれとは異なる複合ポリマー型地盤改良剤(商品名: CXP)を開発した。CXPは、安全かつ高い浸透性を有し、耐久性に優れた材料であり、水ガラス系薬液では分解が進行しやすい高アルカリ環境であっても劣化が進行しにくいという特長を有している。

著者らは今までに CXP の硬化機構、強度特性、浸透性、耐久性、安全性およびフィールド試験について報告し¹⁾、危険物屋外タンクの液状化対策工事に適用して、その有効性を確認した²⁾。本稿では CXP の特長を述べるとともに、主剤(有機成分)であるアクリル酸マグネシウム(AA-Mg)が施工トラブルにより未硬化で地盤内に残った場合の生分解性について、一般的な試験方法にて確認した結果を報告する。

2. CXP の特長

2.1 CXP の配合

CXP は A 液と B 液の 2 液系注入剤である。A 液は AA-Mg、添加剤、硬化促進剤からなる水溶液であり、B 液はポリ塩化アルミニウム(PAC)と硬化剤から成る水溶液である。A 液と B 液を施工現場地上で混合し、地盤に注入する。地盤内では pH の影響を受けることなく 0.1~90 分で硬化し、硬化物の強度は AA-Mg と PAC の濃度によって制御可能である。

図 1 に配合イメージ、図 2 に液状化対策で想定している AA-Mg 最大濃度 8%での主成分組成を示す。

CXP はその主成分の約 90%が水であり、ハイドロゲルとして硬化する。

2.2 CXP 改良土の一軸圧縮強度 q_u

改良土は豊浦砂を用いて相対密度 D_r が 60%となるように水中落下法で作製した。注入剤濃度と改良土の q_u の関係を図 3 に示す。注入剤の濃度増加にともなって改良土の q_u も増加する傾向が認められる。また水酸化カルシウムを豊浦砂に配合し、アルカリ条件を想定した改良土について作成したところ中性条件下の場合の q_u と同等以上の値であることも示された。

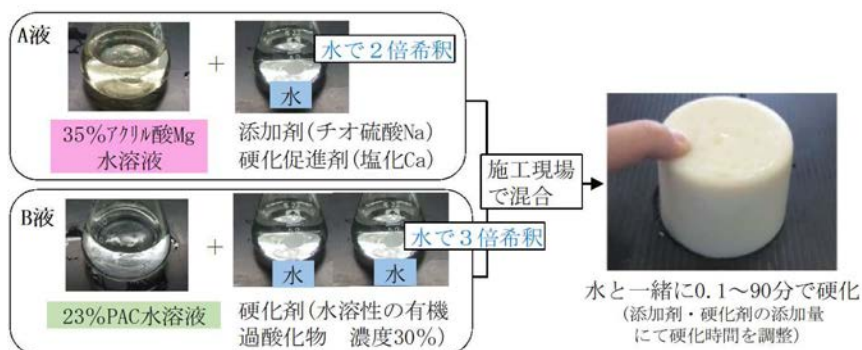


図 1 CXP の配合イメージ

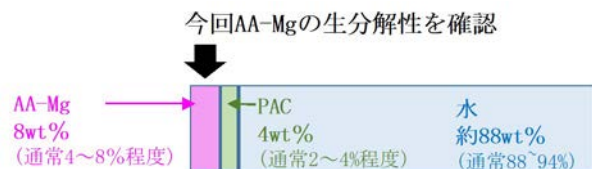


図 2 CXP の主成分組成

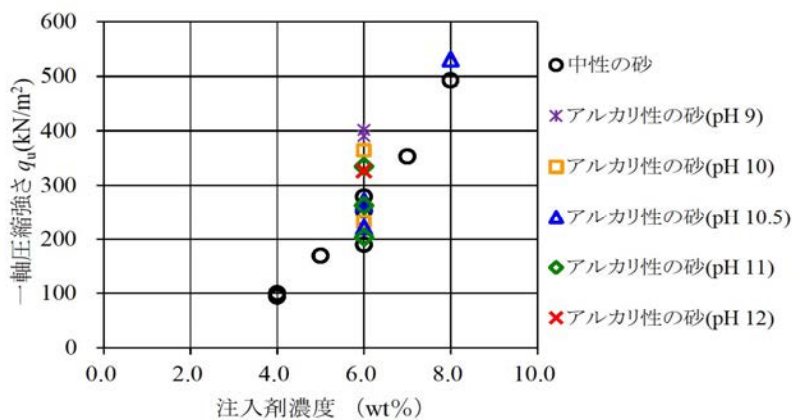


図 3 CXP 改良土の注入剤濃度と q_u (室内) の関係

キーワード 地盤注入剤、液状化対策、複合ポリマー、生分解性

連絡先 〒105-8419 東京都港区西新橋 1-1-4-1 東亜合成株式会社 [TEL] 03-3597-7393

3. 生分解性の評価方法

化学物質の評価として最も一般的な評価方法の一つとして化審法(化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律)における化学物質の分解性の評価が知られている。今回は化審法に規定されている、微生物等による化学物質の生分解度試験である OECD TG301 に準拠して評価を行った。

3. 1 被験物質と植種源

被験物質および植種源(水質の指標として生物化学的酸素要求量(BOD)を測定する際に試料液に加える好気性微生物)を表1に示す。

表1 被験物質および植種源

	名称及び採取植種源	純度
被験物質	アクリル酸マグネシウム水溶液(AA-Mg 水溶液)	33.86%、水 66.14%
植種源	福岡県久留米市の下水処理場の好氣的反応層の活性汚泥	2830 mg/L (試験まで約 22°C でばっ気)

3. 2 生分解度試験

1) 試験液の調整

OECD TG301 で定められた培養地にて表2に示す試験液を調整した。試験液①の概要を図4に示す。

表2 試験懸濁液

試験液	試験液量	濃度 (植種源濃度は懸濁物質濃度)	
		AA-Mg	植種源
① 試験懸濁液	1000 mL	48.4 mg/L	30.0 mg/L
② 植種源ブランク	1000 mL	0 mg/L	30.0 mg/L

2) 生分解度の測定方法および培養条件

試験液中の有機成分である AA-Mg が植種源に分解されると二酸化炭素として系外に排出され、試験液中の溶存有機炭素(DOC)が減少する。本実験では測定は試験液から 40 mL 分取した液で行い、試験液の AA-Mg の残存量と DOC の経時変化を記録することで生分解性を評価した。それぞれの測定装置を表3に示す。なお培養温度は 22±1°C(暗所)、培養期間は 29 日間とした。

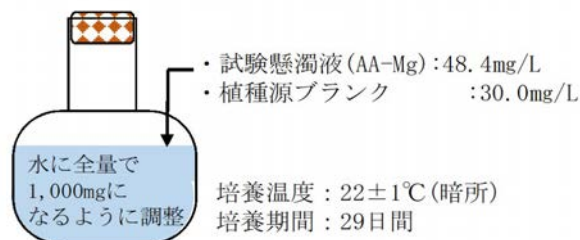


図4 試験液①の概要図

4. AA-Mg 残存量および DOC 分解度の試験結果

測定より得られた結果を用いて、DOC 分解度を式1により算出した。培養期間ごとの試験液の AA-Mg の残存量と DOC 分解度をまとめた結果を図5に示す。AA-Mg 残存量は培養 3 日時点で検出されなくなり、7 日目には DOC 分解度が概ね 100% になった。このことから少なくとも 7 日までに

表3 生分解度の測定装置

測定項目	測定装置
アクリル酸マグネシウム (AA-Mg)	高速液体クロマトグラフ (HPLC) カラム:L-column2 ODS (化学物質評価研究機構)
溶存有機炭素 (DOC)	全有機体炭素 (TOC) 分析計 TOC-LCPH (島津製作所)

AA-Mg が分解され、二酸化炭素となっていることが確認された。

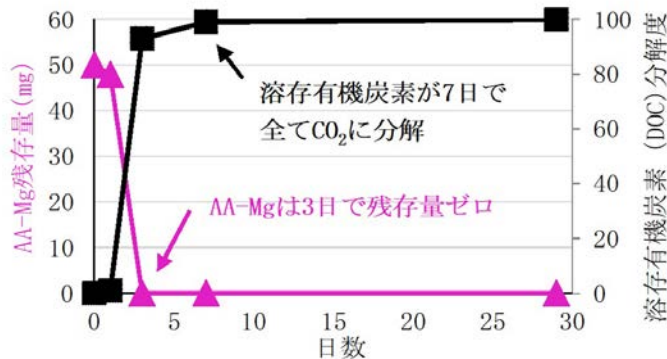
$$\text{DOC分解度 (\%)} = 1 - \frac{\text{DOC}_{(\text{試験懸濁液})t} - \text{DOC}_{(\text{植種源ブランク})t}}{\text{DOC}_{(\text{試験懸濁液})\text{開始時}} - \text{DOC}_{(\text{植種源ブランク})\text{開始時}}} \times 100 \quad \text{式(1)}$$

OECD テストガイドラインにおける

易生分解性の基準は、培養 28 日後に生分解度が 70% に達することである。よって AA-Mg は易生分解性物質に相当する。

5. 結論

CXP の主剤である AA-Mg の生分解度を確認した結果、3 日の時点で AA-Mg 残存量は概ねゼロとなり、7 日後には DOC 分解度が 100% に達した。このことから AA-Mg は OECD テストガイドラインで易分解性物質に分類され、仮にトラブルなどによって硬化不良が発生したとしても、地盤中ですみやかに分解され、二酸化炭素となることが確認できた。



参考文献 1) 加藤満、後藤宇、大山将、小山孝、後藤彰宏、高田じゅん、坪内隆太郎、中野駿、勝見武：複合ポリマー型地盤改良剤の開発(アルカリ性を呈する地盤にも有効な薬液注入技術)、地盤工学ジャーナル Vol.16、No.1、23-24

2) 後藤ら：複合ポリマー型地盤改良剤を用いた液状化対策事例、土木学会全国大会第77回年次学術講演会、2022(投稿中)