

耐久グラウト「シリカファーム」が生物に与える影響について

前田建設工業 正会員 ○川西敦士, 安井利彰

1. はじめに

薬液注入工法は、液状化対策工法の一つであり地盤の中に薬液を低圧力にて浸透注入することにより地盤を固化する工法であり、使用する薬液には、水ガラス（アルカリ性）および酸性溶液を主成分としたグラウト材を用いることが一般的である。その場合、注入施工時において本来固結すべき薬液が固結しないで沿岸地域および河川地域へ流出・拡散する¹⁾ ことにより、その地域に生息する生物に対し何らかの影響を与えることが懸念されるため、安全性評価を行う必要がある。そこで、本報告では、耐久グラウト材の一つである「シリカファーム」を用いて、生物に与える影響試験を実施し、その安全性について報告する。

2. 影響試験の方法

(1) 試験方法

影響試験は、OECD（経済協力開発機構）のガイドラインおよびJIS-K0102に定められた急性毒性試験²⁾を基に実施した。また、生物に対する影響評価は、動物系生物に対しては生物の半数（50%）が試験期間内に死亡する濃度を示す半数致死濃度「50%Lethal Concentration（以下、LC₅₀と称す。）」で評価し、植物系生物に対しては生物の半数（50%）が試験期間内に影響を及ぼす濃度を示す半数遊泳阻害濃度、半数生長阻害濃度「50%Effective Concentration（以下、EC₅₀と称す。）」で評価を行った。なお、試験時間は、動物系および植物系生物ともに96時間とした。ただし、バフンウニについては、生物の変態周期等を考慮し、24時間で評価を行った。

(2) 使用薬液

本試験で使用した薬液は、特殊中性・酸性グラウト材であるシリカファームを用いた。シリカファームは、(社)日本グラウト協会が定める耐久グラウト³⁾に適応したグラウト材である。図-1のグラウト材分類図の内、耐久グラウトは黒枠で囲っている材料を示す。ここで、耐久グラウトとは、固結土の強度が10年以上安定的に継続するグラウト材のことを示す。なお、試験濃度にはシリカ濃度Si=0.0006%を試験原液として試験を行った。

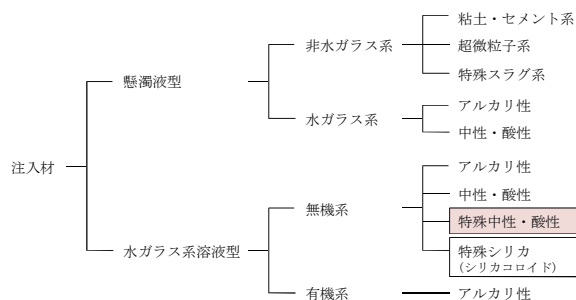


図-1 薬液注入におけるグラウト材分類

表-1 試験を実施した生物と評価方法

生物		評価方法
アサリ	稚貝	96hrLC ₅₀ (急性毒性)
紅藻類	スサビノ	96hrLC ₅₀ (急性毒性)
単細胞緑藻類	<i>Pseudokirchneriella subcapitata</i>	96hrEC ₅₀ (生長阻害)
植物プランクトン	ハブロー(<i>P.gyrans</i>)	96hrEC ₅₀ (生長阻害)
	スケトネマ(<i>S.costatum</i>)	96hrEC ₅₀ (生長阻害)
動物プランクトン	チドリオハバズ(ノープリウス幼生)	96hrLC ₅₀ (急性毒性)
甲殻類	クルマエビ(稚エビ)	96hrLC ₅₀ (急性毒性)
	オオシシコ	96hrEC ₅₀ (遊泳阻害)
魚類	ヒラメ(稚魚)	96hrLC ₅₀ (急性毒性)
	マダイ(稚魚)	96hrLC ₅₀ (急性毒性)
	ヒメダカ	96hrLC ₅₀ (急性毒性)
ハフンウニ	卵	24hrEC ₅₀ (生長阻害)

(3) 生物の選定

影響試験を実施した生物は、沿岸地域および河川地域に生息する代表的な動物系および植物系生物12種類^{4) 5)}を選定した。表-1に選定した生物とその評価方法の一覧を示す。

薬液注入, 生物, 沿岸地域, 急性毒性, 安全性

連絡先) 東京都千代田区猿楽町 2-8-8, 前田建設工業株式会社, TEL:03-5217-9563

3. 影響試験結果

試験結果を表-2 に示す。試験結果から、急性毒性試験を実施したアサリ、チグリオハパス、クルマエビ、ヒラメ、マダイ、ヒメダカの結果は、全て $LC_{50} > 0.0006\%$ であった。また、生長阻害試験を実施したスサビノリ、*Pseudokirchneriella subcapitata*、パブロボ、スケルトネマ、バフンウニの結果、全て $EC_{50} > 0.0006\%$ であった。オオミジンコにおいては、遊泳阻害の確認を行い、 $EC_{50} > 0.0006\%$ であることが分かった。以上より、”シリカファーム”は、生物に対して安全性を確保していることを確認した。なお、表中の試験薬液シリカ濃度 $LC_{50} \cdot EC_{50}$ 値には、設定したシリカ濃度 0.0006% で 50% 以上の死亡、生長阻害、遊泳阻害が確認されなかったため、「 $>0.0006\%$ 」と記した。ここで、山本ら⁴⁾の報告によると海域への拡散シリカ濃度（流出地点から10mの距離）は、 $Si = 0.0000181\%$ （安全係数 0.1 で除した値）となり、全ての生物の $LC_{50} \cdot EC_{50}$ 値と比較すると約 $1/33$ 以下となり、実注入施工時において生物に与える影響はないと判断できる。

表-2 各生物の試験結果一覧

観察生物		試験条件	pH	観察内容	評価	試験薬液シリカ濃度 $LC_{50} \cdot EC_{50}$ 値
アサリ	稚貝	10個体/試験区、10L/試験区 水温 22 ± 1 度、室内灯(16時間明、8時間暗)	8.1~6.7	死亡、異常な外観及び行動状況	急性毒性	$>0.0006\%$
紅藻類	スサビノリ	4本/試験区、100mL/試験区 水温 20 ± 2 度、蛍光灯(9時間明、15時間暗)	7.8~6.5	幼芽の長さ	生長阻害	$>0.0006\%$
単細胞緑藻類	<i>Pseudokirchneriella subcapitata</i>	104cells/mL、300mL/試験区 水温 $21 \sim 24 \pm 2$ 度、蛍光灯(連続照明)	—	クロフィル蛍光値	生長阻害	$>0.0006\%$
植物プランクトン	パブロボ ¹⁾ (<i>P.gyrans</i>)	0.5mg/L、300mL/試験区 水温 23 ± 2 度、蛍光灯(連続照明)	7.8~6.9	クロフィル蛍光値	生長阻害	$>0.0006\%$
	スケルトネマ(<i>S.costatum</i>)	0.5×10^4 cells/mL、300mL/試験区 水温 21 ± 2 度、蛍光灯(連続照明)	7.8~6.9	クロフィル蛍光値	生長阻害	$>0.0006\%$
動物プランクトン	チグリオハパス(ノープリウス幼生)	20頭/試験区、20mL/試験区 水温 23 ± 1 度、室内灯(16時間明、8時間暗)	8.2~7.1	死亡、異常な外観及び行動状況	急性毒性	$>0.0006\%$
甲殻類	クルマエビ(稚エビ)	10個体/試験区、900mL/試験区 水温 22 ± 1 度、室内灯(16時間明、8時間暗)	8.1~7.2	死亡、異常な外観及び行動状況	急性毒性	$>0.0006\%$
	オオミジンコ	20頭/試験区、400mL/試験区 水温 20 ± 1 度、室内灯(16時間明、8時間暗)	7.9~4.4	死亡、遊泳阻害	急性遊泳阻害	$>0.0006\%$
	ヒメダカ	7尾/試験区、30L/試験区 水温 20 ± 1 度、室内灯(16時間明、8時間暗)	8.0~6.4	死亡、異常な外観及び行動状況	急性毒性	$>0.0006\%$
魚類	ヒラメ(稚魚)	7尾/試験区、30L/試験区 水温 20 ± 1 度、室内灯(16時間明、8時間暗)	8.1~6.5	死亡、異常な外観及び行動状況	急性毒性	$>0.0006\%$
	マダイ(稚魚)	7尾/試験区、30L/試験区 水温 20 ± 1 度、室内灯(16時間明、8時間暗)	7.8~4.0	死亡、異常な外観及び行動状況	急性毒性	$>0.0006\%$
バフンウニ	卵	700個体/試験区、300mL/試験区 水温 18 ± 1 度、室内灯(16時間明、8時間暗)	8.1~7.2	受精、卵割、囊胚形成状況	生長阻害	$>0.0006\%$

4. まとめ

今回の結果から、シリカファームは沿岸地域および河川地域に生息する生物に対して安全性に優れた材料であることが確認された。今後は、試験を実施した12種類以外の生物においても引き続き試験を行っていく予定である。さらに、注入施工時における周辺地下水の観測および水質調査を実施することで、シリカファームがより安全であることを把握していく必要があると考える。

謝辞

本報告において、早稲田大学理工学術院 赤木寛一教授には生物影響試験の安全性評価に対し多大なご助言を頂きました。ここに謝意を表します。

【参考文献】

- 1) 薬液注入工法の理論・設計・施工, (社) 地盤工学会, 平成 21 年 5 月
- 2) 浸透固化処理工法技術マニュアル, (財) 沿岸開発技術センター, 平成 22 年 6 月
- 3) 耐久グラウト注入工法施工指針, (社) 日本グラウト協会, 平成 24 年 3 月
- 4) 山本敦他: 浸透固化処理工法が海産生物に及ぼす影響について, 土木学会第 59 回年次学術講演会, 2004
- 5) 林文慶他: 自在ボーリングを用いた地盤改良工法による海産生物に対する安全性について, 土木学会第 60 回年次学術講演会, 2005