

東京大学生産技術研究所 正員 今村芳徳
 同上 正員 三木五三郎
 同上 正員 下田一雄

1. まえがき

地盤改良工法の一つとして、薬液注入工法が広範囲にわたって利用されているが、現在使用できる薬液は、劇物および希化物を含まない水ガラス系薬液のみである。この水ガラスは従来はアルカリ領域でゲル化させていたが、われわれは最近この水ガラスを中性領域でゲル化させる方法(フリーンロック)(図-1)を開発した。そこで 前回にひきつづき、その後行なったフリーンロックの施工法の検討と、環境保全性に関する室内実験結果についてその一部を報告する。

2. 実験概要

フリーンロックの施工方法は、表-1に示すように1)直接法2)間接法の二種類がある。1)の方法は、水ガラスを酸性液状により直接ゲル化させる方法で、2)の方法は、1)の方法をさらにシリカゾル溶液までその領域を延長した後、再び中性領域にゆりもどす方法(図-1)である。一方ゲル化剤としては、前者は1種、後者は2種が用いられる。

これらの施工法はいずれも、注入方法、ゲル化剤の種類、作業性、施工管理、薬液の安全性、経済性、等に入大きく影響されるが、今回はこのうち施工法の違いによるゲル化剤の溶脱現象に関して、フリーンロック工法の安全性を2,3検討してみた。

3. 実験結果

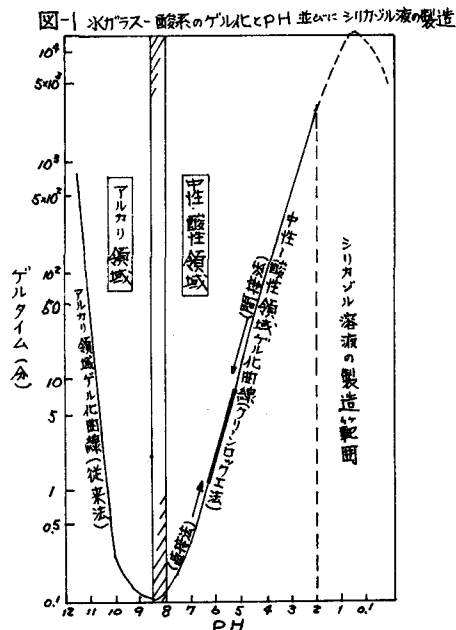
3-1. フリーンロック薬液の安全性

表-2は、各施工方法に適応したゲル化剤を、主剤 SiO_2 濃度を一定とし、ゲルタイム1〜3分の固結物を作製して、これを普通の水(水道水)で養生(24時間および28日)した後の溶出イオン濃度を検出した結果である。

3-2. フリーンロック薬液と生物の安全性 表-1 フリーンロックの施工法とそのゲル化剤

生物に対する安全性の一検討法として、魚類におよぼす薬害の影響について、次の二つの事項を従来法と併せて調べてみた。
 (i) ゲル化物から生ずる反応生成物並びに未反応物の溶脱と魚の生存状態、(ii) 配合液に対する魚類の生存状態。

実験方法は、いずれも一定数の魚(金魚)を入れた各水槽中に、(i)の場合は表-2(試料No.4, 11)のホモゲルを水槽底部に設置し、ゲル化物からの一定期間(24日)の溶出物質と魚の生存状態を調べ、(ii)ではJIS, K0102に準じ標準配合液(表-4)を水槽中に添加して、48時間後の生存数を調べ



施工方法	概 要	硬化剤(ゲル化剤)	ゲル化剤の種類
直接法 (水ガラス系)	水ガラスを直接酸性液状を用いて中性領域でゲル化させる方法	酸性液剤	1. 無機酸および塩類 ・ 炭酸(塩)・リン酸(塩) ・ リン酸(塩) 2. 有機酸 酢酸 3. その他酸性液状
間接法 (シリカ系)	水ガラスを酸性液状を用いて酸性シリカゾル溶液を製造し更にアルカリ剤を用いて中性領域でゲル化させる方法	溶解性透過性 アルカリ剤 アルカリ性塩	炭酸ソーダ 苛性ソーダ等 水ガラス

てみた。これらの結果を表-3。表-2 施工方法とそのゲル化物からの溶脱実験

図-2に示す。

4. 考察

1Kガラスを中性領域でゲル化さ

せる方法には、直接法と間接法があるが、薬液の環境保全性(公害性)からみた場合、PHについては中性領域でゲル化するため問題はないが、反応生成物についてはゲル化剤の種類および量(酸性度の強弱)により異なる。すなわち、反応生成物ができるだけ少ないゲル化剤を選ぶ方がゲル化物からの溶脱物も少ないことは実験により

明らかになった。また、反応生成物から溶脱した物質は毒性としては問題はないが、広域的な環境保全性を考えた場合は、今後の問題として現に社会問題となりつつある富栄養化現象(リン、ち。素、アンモニアの塩類は水質汚濁物質)から、現在薬液として用いられているリン酸およびその塩類をできるだけ少量に留めるか、全く使用しない方向に進むべきであろう。このことからフリーンロップは、リン酸および塩類を使用する直接法は避け、全く使用しない間接法を採用することが望ましい。

一、今回の生物に対する安全性の検討は、魚を対象とした観察結果の一部であるが、フリーンロップ薬液の場合は、注入液およびゲル化物からの溶脱物質が魚類に与える影響は全くなく無害であることがわかった。(図-2、表-4)

これに対して従来法(アルカリ領域ゲル化法)は魚類に与える影響は非常に大である。この主原因がPHであることは明らかである。

5. あとがき

フリーンロップ薬液は中性領域で固結させることを基本原理とするが、その施工方法により使用ゲル化剤が異なり、また、薬剤の種類並びに酸性度によりゲル化物からの反応生成物の溶脱量も増減することは実験により実証された。今後は施工方法の確立により、公害性並びに水質汚濁の発生の恐れのあるものは施工技術により排除して、より安全性の高い薬液とするよう研究する予定である。

(注) 1) 薬液注入工法の施工に関する暫定指針

2) 土木学会第80回年次学術講演会 1975. 10. 才3部

ゲル化方法	施工方法	ゲル化反応剤の種類	試料番号	配合		ゲル化剤の種類	ゲル化剤の濃度	溶出イオン(%) ⁽¹⁾					28日後のモモゲルの状態
				1Kガラス(2) 濃度(g)	ゲル化剤(3) 種類および量(g)又は(ml)			硫酸イオン	リン酸イオン	塩素イオン	炭酸イオン	黒色イオン	
中性領域ゲル化法(フリーロップ)	直接法	酸性液剤	1	9.5	重碳酸ソーダ+リン酸 (10%) (0.9%)	1.0	-	4.9 (6.6)	3.38 (5.3)				原形を保つ
			2	9.5	重碳酸ソーダ+リン酸 (10%) 2 (ml)	1.5	-	6.53 (7.9)	1.80 (1.15)				"
			3	9.5	リン酸 6 (ml)	1.0	-	-	3.73 (5.75)				"
			4	9.5	重碳酸+リン酸 1.0(ml) 2.9(ml)	1.0	-	1.76 (2.58)	2.44 (3.84)	PH		(0.0)	"
			5	9.5	リン酸 8.0 (ml)	1.6	-	-	5.0 (7.75)				"
	間接法	溶解性塩類アルカリ性酸塩	6	9.5	炭酸ソーダ 1.5(g)	2.5	炭酸	0.8 (6.63)					"
			7	9.5	炭酸ソーダ 0.5(g)	1.0	炭酸	1.0 (5.1)		2.42 (3.27)	0.21 (0.22)		"
			8	9.5	1Kガラス	1.0	炭酸	1.0 (5.1)					"
			9	9.5	1Kガラス	1.4	炭酸	1.0 (3.76)					"
			10	9.5	1Kガラス	2.0	炭酸	1.0 (2.58)					"
			11	9.5	1Kガラス+リン酸 0.49(ml) 0.98(ml)	0.9	-	0.87 (1.26)	1.06 (1.77)	PH		(3.1)	原形を保つ 前装する

(注) (1) モモゲル 200cm³ を 1K 中に投入した溶出イオン。無印は 24 時間後 200cm³ をとり、() は残液の 20 日後の値である。(2) 1K ガラスは特製 1K ガラス(高モル比)を使用し *印は市販 3 号品を使用した。(3) ゲル化剤は試薬 1 級を使用した。

表-3 経過日数とPH、魚の生存数(20匹)

日数	0	1	2	3	4	5	6	22	23	24
PH	A	6.3	6.8	6.8	6.8	6.9	7.0	6.7	6.7	6.8
	B	-	9.2	9.4	9.5	9.6	9.6	-	-	-
生存数	A	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	B	20	19	17	9	4	0	0	0	0

A: フリーンロップ法
B: 従来法

(注) 実験はモモゲル 600cm³ を 1K 2 入り、1K 槽中に行なった。

図-2 ゲル化法とPHの関係

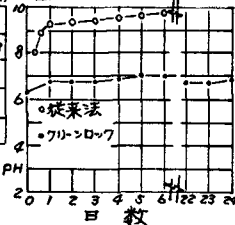


表-4 1Kガラス-酸系薬液の魚毒性 (TLM)

薬液濃度 (%)	Na ₂ O/NaOH (1Kガラス)の濃度 (%)	注のPH 初期	0 時間	1	3	24	48	48 時間後 100% 生存限界
Black	-	6.2	4	4	4	4	4	PH 9.5 前後 (2,000 PPM 前後)
5	16,000	11.8	4	0				
10	8,000	10.6	4	3	0			
15	6,000	10.5	4	4	0			
20	4,000	10.3	4	4	2	0		
25	3,200	10.1	4	4	4	1	0	
35	2,370	9.8	4	4	4	4	3	希釈後の生存限界濃度 あり
50	1,000	9.4	4	4	4	4	4	
5	全液固結	-	-	-	-	-	-	
6	13,330	6.7	4	4	4	4	4	
7	11,428	6.7	4	4	4	4	4	

(注) *印は 1K ガラス原液中の Na₂O/NaOH が 400,000 PPM とし、配合後の濃度を 40% 濃とした。但し従来法は Na₂O は減少しており、フリーンロップ法では Na₂O は全く存在しない。ゲル化剤はリン酸と炭酸ソーダ。