

ゲル化した水ガラス系土質安定剤からのケイ酸およびTOCの溶出について

広島大学工学部 正員 寺西 靖治
 広島大学工学部 正員 ○山口 登志子
 大成道路(株) 高岡 秀樹

1. はじめに 薬液注入工法は、地盤中に薬液を注入し、地盤へ浸透させながら化学反応により薬液をゲル化させ、土粒子間の間隙をゲルで充てんすることにより地盤の強度増加、あるいは透水性の減少をはかる工法である。したがって使用される薬液の特性としては次の条件が満たされなければならない。(1) 地盤への浸透性がよいこと。(2) ゲルの強度が大きく透水性は小さいこと。(3) ゲルタイムの調節が容易なこと。(4) 化学反応が完全に進行し、ゲル中の未反応物質や水に溶ける物質が残存しないこと。ここで(4)に関しては、これまでに研究された例がほとんどない。そこで本研究ではこの点に着目して代表的な有機系硬化剤(炭酸エタレン)を用いた水ガラス系土質安定剤について、ゲル生成時にゲル中に含まれる水可溶性Siおよび有機物がどの程度存在するか、また、ゲルを浸漬することにより、それら水可溶性成分がどのように溶出するかについて明らかにしたものである。

2. 水ガラス系土質安定剤の配合、組成および分析方法 本研究で用いた土質安定剤は表-1の配合例にしたがって配合した。水ガラス系土質安定剤の主剤(A液)、硬化剤(B液)の組成は表-2に示す通りである。また、本研究ではA液、B液をそれぞれ5mlずつ混合してゲルを作成したが、A液5ml中に含まれるSi量、B液5ml中に含まれるTOC量は表-3に示す通りである。Siは原子吸光分光光度計により測定し、TOCは全有機炭素-全窒素分析装置により測定した。

表-1 標準配合例

	配 分	濃度(g/100g)
A液	水ガラス3号	250.0
	エタレンカーボナート	21.0
B液	NaCl	9.0
	KHCO ₃	27.5

表-2 A液およびB液の組成

	Si(%)	TOC(%)	PH	EC(mg/cm)
A液(主剤)	58.920	—	12.22	62.00
B液(硬化剤)	—	16.100	7.39	65.80

3. 実験方法 <ゲル中の水可溶性成分の定量> ビーカーに、A液B液を5mlずつ混合しゲル化させて、生成したゲルを、1、3、6、12、24、48時間ごとに乳ばちに移し、水100mlを加えてよくすり潰した後、吸引ろ過してさらに3紙上のゲルを100mlの水で洗浄した。こうして得られた3液(200ml)を分析した。<静置による溶出実験> 次の4種のゲルについて静置状態で溶出実験を行った。ホモゲル：A液5ml、B液5mlを混合してゲル化させたもの。ブロークンゲル：ホモゲルを砕いたもの。サンドゲル：A液、B液を混合すると同時に標準砂を加えたもの。湿潤ゲル：水を加えた標準砂にA液、B液を混合よくかきまぜたもの。以上のゲルを20℃で24時間養生後、水100mlを注入し、その浸漬液の経日変化を調べた。<振とうによる溶出実験> 溶出方法とゲルの厚みの影響を調べるために、次の3種類のサンドゲルについて振とうによる溶出実験を行った。サンドゲル100：静置による溶出実験のサンドゲルと同じ。サンドゲル200、300：薬液量、標準砂量をそれぞれ2倍、3倍としたもの。以上のゲルを20℃で24時間養生後、水をそれぞれ100、200、300ml注入して、その後、20℃の恒温振とう装置にかけ、その浸漬液の経日変化を調べた。<カラムによる溶出実験> 本実験は地盤に注入された土質安定剤がゲル化したのち、地下水に接した状態をモデルとして行ったものである。図-1のようなカラム4本を作成し、水200mlを加え、1、4、7、14日後にコックを開いて水を流出させ、その流出水を分析した。

表-3 SiおよびTOC量

A液	B液	
	TOC(mg)	
Si(mg)	774.1C前	774.1C後
294.6	80.5	53.7

4. 結果および考察 4-1 ゲル中の水可溶性成分：ゲル中に残存している未反応Si量は養生時間とともに減少する傾向がみられたが、12時間以降では減少量はわずかであり、24時間後の未反応Si量は約20mgであった。これはA液5ml中のSiの量に対して約68%である。また、ゲル中の水に可溶性TOC量は、多少ばらつきがみられ

左が12～48時間以降では、ほぼ一定の値を示した。24時間養生後のTOC溶出量47.9mgで、ゲル化後のTOC量53.7mgに対してほぼ100%の溶出を示している。4-2 静置による溶出実験：

Siの溶出量の経日変化は図-2に示した。ここで、ホモゲル、フロ-ワゲル、湿潤ゲルの溶出率は約40～50%であった。Siの未反応率が約68%であることから、ゲルを水に浸漬している間にゲルの分解が生じたと考えられる。サンドゲルからの溶出速度は最も速く、溶出量も最も少なかった。この原因としてサンドゲルの厚みが、他のゲルに比べて厚いこと、標準砂による吸着作用によってSiが溶出しにくいことなどが考えられるが、他のゲルと同様に未反応率68%を大きく上回り約33%溶出した。次にTOCの溶出量の経日変化を図-3に示し

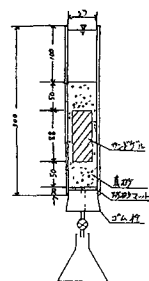


図-1 カラム実験装置

た。これによると、各ゲルいずれもTOCの溶出は非常に速く3～7日で一定となっている。これはTOCがゲルから溶出しやすいためであると思われる。この場合、溶出率は、ほぼ100%でゲル化後の水可溶性TOC量がすべて溶出したことを示している。4-3 振とうによる溶出実験：

サンドゲル100、200、300についてのSi溶出量の経日変化を図-4に示した。これによるといずれも同程度の溶出量を示している。ゲルの厚みを変化させても溶出量はほとんど変化しないことがわかる。よって、おもにゲルの表層部から溶出しているものと考えられる。また静置のサンドゲルと振とうのサンドゲル100を比較すると溶出傾向も大差なく溶出率もほぼ一致することから、静置、振とうという溶出条件がSiの溶出にほとんど関係がないことが明らかになった。

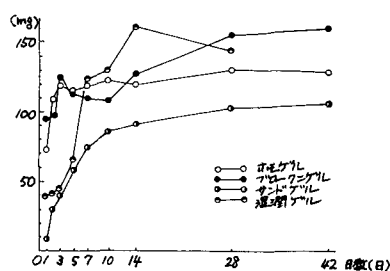


図-2 Si溶出量の経日変化

次にサンドゲル100、200、300についてのTOCの溶出量は、Siと異なり乗液量によって溶出量が変わる。浸漬日数14日では各ゲルとも約100%の溶出率であった。ゲルの厚みを変えてもTOCは、それぞれゲル中に存在するTOCのほぼ全量を溶出しており、Siに比べてTOCは非常に溶出しやすいことがわかった。

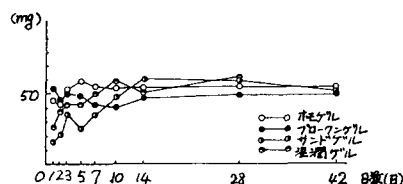


図-3 TOC溶出量の経日変化

またSiと同様に、静置、振とうの溶出条件によって溶出傾向にほとんど差がないことがわかった。4-4 カラムによる溶出実験：Siの溶出量と滞留日数の関係を図-5に示す。カラム実験によるSiの溶出量は14%であり、上述の静置溶出実験による溶出率の31.3%と比べるとかなり低い溶出率を示している。これはカラム実験でのSiの溶出速度が遅いこと、真砂への吸着などが考えられるが、Siの未反応量は上回っており、ゲルの分解が生じていることがわかる。TOCの溶出率は、静置による溶出実験においては各ゲルいずれも100%であったが、カラム実験では約40%であった。カラム実験におけるTOCの溶出率が低い原因としては真砂への吸着および土壌中で有機物が微生物分解を受けることなどが考えられる。

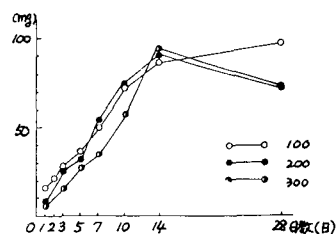


図-4 Si溶出量の経日変化

なお、溶出実験における浸漬液のPHはいずれも10～11程度のアルカリ性であった。またECはおおよそ4～10 μm の範囲であった。

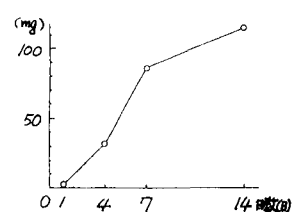


図-5 Si溶出量と滞留日数の関係

5. まとめ 本研究で得られた結果をまとめると以下のとおりである。

- (1)ゲル化後、24時間養生したゲル中には水可溶性成分としてSiが6.8%、TOCはほぼ100%残存している。
- (2)ゲルを水に浸漬した場合、Siは約50%、TOCは、ほぼ全量溶出した。
- (3)いずれの溶出実験においても、Siの溶出量がゲル中の水可溶性成分量(6.8%)を上回ることから、浸漬液中でゲルの分解が起きていることが明らかになった。