

水ガラス系薬液注入地盤におけるシリカ含有量調査の検討

○千葉工業大学

学生会員

塩澤

拓哉

ライト工業（株）

非会員

大西

高明

千葉工業大学

正会員

小宮

一仁

ライト工業（株）

非会員

林田

晃

1. 緒言

薬液注入工法で用いられる薬液注入材には、水ガラス等を用いた溶液系とセメント等を用いた懸濁系に大別される。溶液系薬液注入材は懸濁系薬液注入材と比較して、浸透性能は非常に優れているが、強度発現性能に関しては懸濁系にはおおよそ、サンドゲル強度は数十 kN/m²～数百 kN/m²程度である。

2. 目的

従来、水ガラス溶液系注入材は、主に仮設止水工法として用いられてきたが、近年、薬液の改良がおこなわれ、固化体の耐久性が向上したことから、液状化防止等の地盤強化目的で用いられることが多くなっている。この場合、設計強度は数十 kN/m²程度と、セメント等を用いる高圧噴射攪拌工法や機械攪拌工法などと比較して圧倒的に低い。また、薬液注入工法の対象地盤は砂、および砂礫地盤であるため、採取時にサンプルが壊れやすく、施工後の強度試験を行うための事後調査用のコア採取が非常に難しい。

そこで、施工後の強度を確認することが困難な一軸強度試験の代わりとして、施工前後の地盤のシリカ含有量試験を行いサンドゲルに含まれるシリカ量を測定し、薬液の含有量や、事前室内試験データと比較して強度を予測することが提唱されている。

従来行われている地盤中のシリカ含有量測定は、砂にアルカリ金属水酸化物溶液を添加し、湯浴上で攪拌溶出し、固液分離した液体中のシリカ濃度を AAS 測定するものであるが、本件では、上水試験法の公定法である ICP-AES を用いたシリカ濃度測定試験方法、またそれに際して、高圧蒸気滅菌器を用いた溶出方法について考察した。

3. 実験方法

表-1 に示す配合で 4 種の薬液を作液し、表-2 に示す 4 種の砂を使用し φ50 サンドゲル供試体を作成した。作成したサンドゲル供試体を 20℃にて養生し、材令 7 日で脱型し、湿潤密度、含水比を測定した。その後、110℃で砂を乾燥させた乾燥砂を KOH 溶液と混合し、表-3 に示す 4 条件で高圧蒸気滅菌器を用いて溶出させた。そして、溶出させた溶液を遠心分離機で 3000G,15min 遠心して固液分離し、上澄を ICP-AES でシリカ濃度分析を実施した。また、ブランクとして未改良各砂を同一操作にてシリカ含有量を測定した。薬液の配合、使用した砂、溶出の条件をそれぞれ表-1、表-2、表-3 に示す。

表-1 試験薬液の性状

	シリカ濃度	薬液中[SiO2]/[Na2O]		薬液 pH
①	5%	3.2	水ガラス+鉍酸+水	酸性
②	13%	10	コロイダルシリカ+水ガラス+鉍酸+水	酸性
③	25%	100	コロイダルシリカ+鉍酸+マグネシウム塩+水	酸性
④	11%	4	水ガラス+カルボン酸エステル+水	アルカリ性

表-2 試験砂の性状

	粒径[%]					密度 P _s [g/cm ³]
	75μm 以下	75～250[μm]	250～850[μm]	850～2000[μm]	2000μm 以上	
東北 6 号ケイ砂	0.2	12.5	87.3	0	0	2.679
東北 6 号ケイ砂+炭カル	0.9	19	80.1	0	0	2.665
関東現場砂	1.6	23.5	73.6	0.5	0.8	2.649
鹿島 3B ケイ砂	0	0	0.8	99.2	0	2.637

表-3 溶出条件

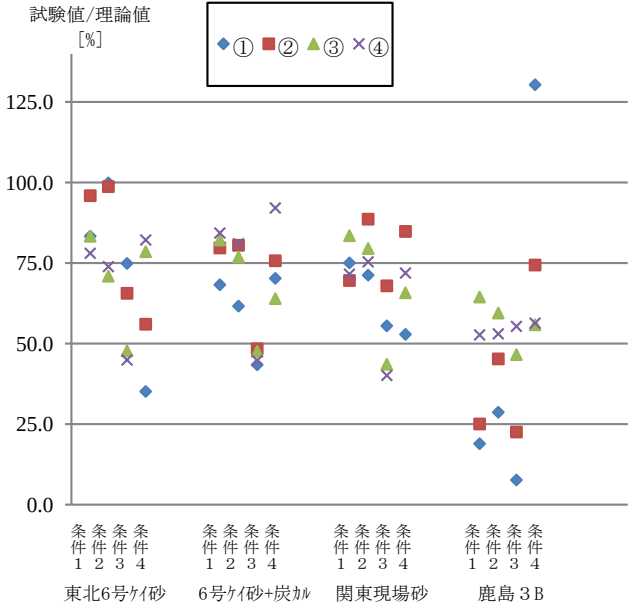
	溶出温度[℃]	溶出時間[min.]	KOH 濃度[%]	砂の量[g]	KOH 量[ml]
条件 1	120	30	10	20	100
条件 2	105	30	10	20	100
条件 3	70	60	10	20	100
条件 4	120	30	2	20	100

4. 結果

供試体の湿潤密度と砂の真密度より、供試体の V_v および V_s を算出し、薬液が飽和されていると仮定し、シリカ溶出量の理論値を算出した。また、各条件における溶出液のシリカ濃度より砂 1 g 当りのシリカ含有量を算出した。理論値と各条件を表-4 に示す。また、各砂についての実験値/理論値のプロットを図-1 に示す。

表-4 各条件におけるシリカ溶出量

	シリカ溶出量 理論値 [mg/g-sand]	シリカ溶出量 試験値/理論値 [%]			
		条件 1	条件 2	条件 3	条件 4
① 東北 6 号ケイ砂	11.2	83.4	99.9	74.8	35.0
① 6 号ケイ砂+炭カル	10.3	68.3	61.5	43.4	70.2
① 関東現場砂	13.3	74.9	71.2	55.5	52.8
① 鹿島 3B ケイ砂	11.2	18.8	28.6	7.6	130.4
② 東北 6 号ケイ砂	29.5	95.9	98.7	65.5	55.9
② 6 号ケイ砂+炭カル	32.7	79.6	80.5	48.4	75.6
② 関東現場砂	36.7	69.5	88.6	67.9	84.7
② 鹿島 3B ケイ砂	30.4	25.0	45.1	22.4	74.4
③ 東北 6 号ケイ砂	57.4	83.3	70.9	47.7	78.4
③ 6 号ケイ砂+炭カル	51.1	82.1	76.8	47.5	63.9
③ 関東現場砂	61.7	83.5	79.4	43.6	65.7
③ 鹿島 3B ケイ砂	57.6	64.4	59.4	46.5	55.8
④ 東北 6 号ケイ砂	28.6	77.9	73.9	44.9	82.1
④ 6 号ケイ砂+炭カル	22.0	84.2	81.0	44.6	92.0
④ 関東現場砂	27.2	71.6	75.3	40.0	71.8
④ 鹿島 3B ケイ砂	26.8	52.6	53.0	55.2	56.3



5. 考察

条件 1 に関しては、試験値/理論値が 80%前後であるのに対し、条件 3 は 50%程度である。このことから溶出温度は 100 度以上が望ましいことが分かる。また、6 号ケイ砂と比較して鹿島 3B ケイ砂の値はばらつきが大きい。これは、鹿島 3B ケイ砂の粒子が粗く乾燥したシリカゲルは微細粉となるため両者が分離してしまったものだと考えられる。

6. 結言

100 度以上の溶出温度で溶出し ICP-AES で上澄液のシリカ濃度分析を行うことにより、薬液注入地盤のシリカ含有量を調べることが出来ることが本件により確認された。ただし、租砂の改良地盤については砂粒子と乾燥ゲルの分離が起こり、測定値のばらつきが生じるため、今後何らかの改良が必要になると考えられる。

図-1 各砂ごとのシリカ溶出量プロット