

酸性溶液型薬液の土中ゲルタイム推定方法の検討

ライト工業（株） 正会員 ○村田 晋一
 ライト工業（株） 正会員 大西 高明
 横浜国立大学大学院 非会員 中村 一穂

1. 緒言

薬液注入工法では主として高浸透性の酸性シリカゾル溶液が使用されており、薬液注入工法の一つである浸透固化処理工法においては、複合シリカ系薬液である「エコシリカ」等が使用されている。浸透固化処理工法では、地盤中における薬液の拡散を担保する為に適正なゲルタイム（固化時間）を設定する必要があるが、現地砂を使用した土中ゲルタイム試験を実施し、薬液の配合や pH の調整を行っている。ゲルタイムは、現場での薬液注入作業時間や適正な改良体の造成にかかる時間を考慮し、数時間以内（3 時間程度）に設定する場合が多い。

ゲルタイムは温度等に大きく左右されるため、室内では定量的な試験を実施可能であるが、現場においては、正確な試験を実施することが困難である。そのため、現場において簡易的かつ定量的にゲルタイムや設定ゲルタイムを満たす薬液の pH を推定する方法が求められている。

2. 目的

本検討では、砂の物性の中で、ゲルタイムに最も影響を与える因子の一つと考えられる酸消費量に注目し、酸消費量の測定結果からゲルタイムや適正な薬液の pH を推定できるか検証することを目的としている。

まず現場で実施可能な酸消費量の定量方法の検討を実施した。なお、今回の検討では、砂の含有成分により滴定終点が不明瞭となる可能性があるため、逆滴定による定量方法を検討した。次に複数の試料砂の酸消費量と設定ゲルタイム（今回は一例として 3 時間）を満たす薬液の pH との関係性について調査した。

3. 実験方法

3-1. 実験材料

- ・試料砂：6 号けい砂、現地砂（11 サンプル）
- ・酸性溶液型薬液：エコシリカⅢ（シリカ濃度：7%）

本検討では、反応剂量を変化させ、薬液の pH を調整した状態で使用した。

3-2. 実験内容

（1）試料砂の酸消費量の測定

ポリ容器に、絶乾状態の試料砂 20g と 0.1mol/L 塩酸 200mL を入れ、振とう（200rpm、1 時間）した。振とう後、遠心分離（5,000G、15 分間）を行い、遠心分離後の上澄み液を滴定用検液とした。三角フラスコに滴定用検液 10mL を分取し、0.1mol/L NaOH 水溶液で滴定を行い、滴定曲線を作成した。pH =8.0 を滴定終点とし、砂の酸消費量は、以下の計算式（1）を基に算出した。

$$A = (a \times f_{\text{HCl}} \times c - b \times f_{\text{NaOH}} \times x) \times 200 / (c \times G) \quad (1)$$

A：試料砂 1g 中の酸消費量_(mmol/g)、a：塩酸の濃度_(mol/l)、 f_{HCl} ：塩酸のファクター、c：滴定に使用した検液量_(mL)
 b：NaOH 水溶液の濃度_(mol/l)、 f_{NaOH} ：NaOH 水溶液のファクター、x：滴定量（pH =8.0 を滴定終点）_(mL)
 200：塩酸の量_(mL)、G：試料砂の重量_(g)

（2）土中ゲルタイム試験の試験方法¹⁾

浸透固化処理工法技術マニュアルに記載の方法に従って土中ゲルタイム試験を実施し、各試料砂についてゲルタイムが 3 時間となる薬液の pH を調査した。

キーワード：浸透固化処理工法 酸消費量 土中ゲルタイム

連絡先：〒300-2658 茨城県つくば市諏訪 C23 街区 3 画地 ライト工業株式会社 TEL029-836-168

4. 結果

0.1mol/L NaOH 水溶液を滴定液とした各試料砂検液の滴定曲線を Fig.1 に示す。また Fig.1 の滴定量 (pH =8.0 を滴定終点) を基に計算式 (1) より算出した各試料砂の酸消費量と薬液の pH (ゲルタイム=3 時間) の関係を Fig.2 に示す。また Table1 に各試料砂の分析結果一覧を示す。

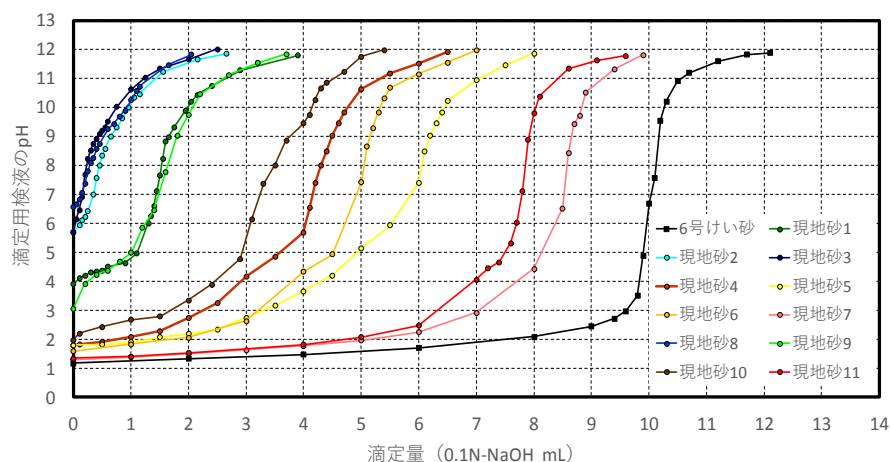


Fig.1 滴定曲線

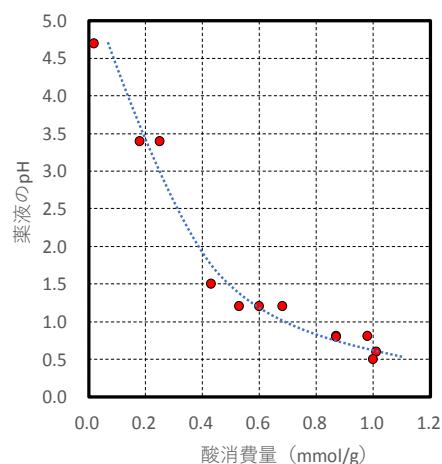


Fig.2 酸消費量と薬液の pH の関係

Table1 各試料砂の分析結果一覧

試料砂名	分析結果		薬液の pH※	試料砂名	分析結果		薬液の pH※
	滴定量 (mL)	酸消費量 (mmol/g)			滴定量 (mL)	酸消費量 (mmol/g)	
6 号けい砂	10.1	0.02	4.7	現地砂 6	5.0	0.53	1.2
現地砂 1	1.6	0.87	0.8	現地砂 7	8.5	0.18	3.4
現地砂 2	0.5	0.98	0.8	現地砂 8	0.3	1.00	0.5
現地砂 3	0.2	1.01	0.6	現地砂 9	1.6	0.87	0.8
現地砂 4	4.3	0.60	1.2	現地砂 10	3.5	0.68	1.2
現地砂 5	6.0	0.43	1.5	現地砂 11	7.8	0.25	3.4

※ゲルタイムが 3 時間となる時の薬液の pH を記載

5. 考察

Fig.2 の結果から試料砂の酸消費量が大きくなるにつれ薬液の pH (設定ゲルタイムが 3 時間) は低くなる傾向があり、ある程度関係性が見られている。今回使用した薬液は、中性付近においてゲルタイムが短くなる性質がある。よって、6 号けい砂の様に酸消費量が小さい (アルカリ成分が少ない) 試料砂に適した薬液の pH は弱酸性であり、酸消費量が大きくなるにつれて、つまりアルカリ成分が多くなり試料砂検液自体の pH が中性に近づくにつれて、ゲルタイムを確保するために、薬液の pH を強酸性にしていける必要がある。

また酸消費量 0.4 mmol/g の前後で、近似曲線の傾きが大きく変化することが分かった。よって酸消費量 0.4 mmol/g を境界として関係式を導くことで、酸消費量の測定結果からゲルタイムや適正な薬液の pH を推定できる可能性があることが示唆される。なお、今回の実験条件では、酸消費量の大きい試料砂において滴定量が非常に少ない結果となったため、今後、実験条件の最適化の検討を行う予定である。

6. 結言

本検討により、試料砂の酸消費量と薬液の pH には相関性があることが確認されたことから、現場において簡易的かつ定量的なゲルタイムや薬液 pH の推定方法として適用できる可能性があることを示唆している。

今後は、砂のカルシウム含有量と酸消費量との関係性や、薬液・土質のバリエーションを増やした状態での相関性に関する知見を蓄積していき、酸消費量の値からゲルタイムや適正な薬液の pH を高精度に推定する技術を確立していきたいと考えている。

参考文献

1)財団法人 沿岸技術研究センター：浸透固化処理工法技術マニュアル (2010 年版)