

改良土中に含まれる SAP 量の推定

早稲田大学 学生会員 ○中村 淳
早稲田大学 フェロー会員 赤木 寛一
早稲田大学 学生会員 廣瀬 雅弥

1. はじめに

トンネル施工時のシールド機の発進、到達立坑、地下鉄駅部や地下ジャンクション等の施工のような大深度地下利用においては、地下掘削の際に山留め壁の構築が不可欠である。そして、従来の山留め壁は、シートパイルやソイルセメント地中連続壁によって構築されている。筆者らは、これらのような恒久的、かつ剛性の高い山留め壁の代替として、高吸水性ポリマー(以下、SAP とする)を水と混合攪拌させ、SAP を吸水膨潤させた SAP 溶液を地盤に注入または混合する事によって、SAP 改良土(以下、改良土とする)による遮水壁を造成する工法の開発を目的としている。改良土の状態を確認する上で、単位質量当たりの珪砂に含まれる SAP 質量を推定することは必須である。本稿では、イオンクロマトグラフィー試験(以降 IC 試験)、強熱減量試験を行うことで単位質量当たりの珪砂に含まれる SAP 質量を推定した結果を報告する。

2. IC 試験

2.1 試験方法

・ SAP 中の Na⁺物質量の測定

- ① 炉乾燥(110℃)させた SAP を採取する。
- ② ガスバーナーでゆるやかに加熱し、自然発火させる。
- ③ 燃え尽きた後、電気炉(700℃)で 3 時間焼成させる。
- ④ 灰をホットスターラーで加熱しながら 45 分間攪拌し、超純水(30mL)に溶解させる。
- ⑤ 溶液及び灰を漏紙(5 種 C)で濾過し 100mL の濾液を作製する。
- ⑥ 濾液中の Na⁺濃度を測定し SAP に含まれる Na⁺イオン物質量を求める。

・ 改良土中の Na⁺物質量の測定

- ① 分割長尺円筒容器を用い、改良土を作製する。
- ② 長尺容器下部 0-5cm、5-10cm、10-15cm の三カ所から改良土を採取する。
- ③ ガスバーナーでゆるやかに加熱し、自然発火させる。
- ④ 燃え尽きた後、電気炉(700℃)で 3 時間焼成させる。
- ⑤ 灰をホットスターラーで加熱しながら 45 分間攪拌し、超純水(30mL)に溶出させる。

⑥ 溶液及び灰を漏紙(5 種 C)で濾過し 100mL の濾液を作製する。

⑦ 濾液中の Na⁺濃度を測定し改良土の高さ毎に含まれる総 Na⁺イオン物質量を求める。

上記の 2 つの手順を踏むことにより珪砂 1g 当たりの SAP 質量(以降 Q)を推定し、非離水、均等注入された場合の推定 SAP 質量と比較した。

2.2 試験結果

表 1 に IC 試験によって求めた Na⁺イオンの物質量を表 1 に示す。

表 1 IC 試験によって求めた各ケースの Na⁺イオン物質量

試料No.	吸水倍率	供試体範囲	燃焼前質量(g)	焼成後質量(g)	総Naイオン物質量(mol)
1	150	SAP単体	0.99578	0.39745	8.25794E-03
2		0-5	11.83000	11.72522	7.18704E-06
3		10-15	9.62450	9.57617	6.3284E-06
4		5-10	10.04700	9.99481	6.10004E-06
10	410	0-5	8.43206	8.41838	4.25533E-06
11		5-10	12.86571	12.82616	5.07134E-06
12		10-15	8.69957	8.67961	1.27229E-06
13		既知量SAP+珪砂	10.01766	9.99897	8.62984E-06

珪砂に含まれる SAP 質量は以下のように求めた。

・ 吸水倍率 150 倍の場合

SAP 質量 = 総 Na⁺イオン物質量 / (単位グラム当たりの SAP 由来 Na⁺イオン物質量 + 150 × 単位グラム当たりの NaCl 水溶液由来 Na⁺イオン物質量)

・ 吸水倍率 410 倍の場合

SAP 質量 = 総 Na⁺イオン物質量 / (単位質量当たりの SAP 由来 Na⁺イオン物質量)

以上の式及び値から珪砂 1g 当たりの SAP 量を推定した。

・ 吸水倍率 150 倍のケース

Q₁₅₀ = 焼成前 SAP 質量 / (焼成前質量 - NaCl 質量 - 焼成後 SAP 質量)

・ 吸水倍率 410 倍のケース

Q₄₁₀ = 焼成前 SAP 質量 / (焼成前質量 - 焼成後 SAP 質量)

表 2 に IC 試験により求めた珪砂 1g 当たりの SAP 質量を示す。

表 2 IC 試験により求めた珪砂 1g 当たりの SAP 質量

供試体高さ	sap含有量(150倍)		sap含有量(410倍)		充填率100パーセント時の珪砂1gあたりのSAP質量
	150倍	410倍	150倍	410倍	
2.5	0.00058292	0.00060955	0.0016667	0.00060976	
7.5	0.00062847	0.00047679	0.0016667	0.00060976	
12.5	0.00058042	0.00017676	0.0016667	0.00060976	

IC 試験の結果より求めた SAP 含有量は理想の状態に比べてかなり少ない値が出た。

ここでるつば No13 の珪砂に既知量 SAP(今回のケースでは珪砂 100.1039g に乾燥 SAP1.0000g)を混合したケースにより結果を補正した。

理論値では珪砂 1g に対して SAP0.00099896g が含まれるが、今回の推定では珪砂 1g に対して SAP 含有量 0.00011990g という結果が得られた。

これらの値より得られた補正係数 8.3317 を各ケースに乗することで SAP 含有量を推定した結果を表 3 に示す。

表 3 既知量混合土により補正した珪砂 1g 当たりの SAP 質量

供試体高さ	sap含有量(150倍)		sap含有量(410倍)		充填率100パーセント時の珪砂1gあたりのSAP質量
	150倍	410倍	150倍	410倍	
2.5	0.00048568	0.00050786	0.0016667	0.00060976	
7.5	0.00052362	0.00039725	0.0016667	0.00060976	
12.5	0.00048359	0.00014727	0.0016667	0.00060976	

3 強熱減量試験

3.1 試験方法

- ①長尺容器下部 0-5cm、5-10cm、10-15cm の三カ所から改良土を採取する。
- ②採取した改良土の質量を測定する。
- ③高さ毎に電熱器でゆるやかに加熱し、自然発火させる。
- ④燃え尽きたら、電気炉(750℃)で灰化させる。
- ⑤速やかにデシケーターへ移し、灰化後の質量を測定する

3.2 試験結果

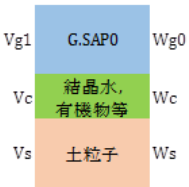


図 1 焼成前の改良土の組成図

図 2 焼成前の改良土の組成図

焼成前、焼成後の改良土は図 1、図 2 の状態で存在していると考えられる。

$$W_c = W_s \times P$$

$$Q = W_{g0} / (W_s + W_c)$$

焼成による SAP の質量変化の割合(以降 R_g) = (w_{g1} / W_{g0})
上記のように定義すると焼成前及び焼成後の質量は次のように求まる。

焼成前質量(W_0) = $W_s + W_s \times P + (W_s + W_s \times P) \times Q$

焼成後質量(W_1) = $W_s + (W_s + W_c) \times Q \times R_g$

上記の 2 式より $Q = (W_1 \times (1 + P) - W_0) / (W_0 \times R_g - W_1 \times (1 + P))$ となる。

強熱減量試験によって求めた珪砂 1g 当たりの SAP 質量を表 4 に示す。

表 4 強熱減量により求めた珪砂 1g 当たりの SAP 質量

供試体高さ	sap含有量(150倍)		sap含有量(410倍)		充填率100パーセント時の珪砂1gあたりのSAP質量
	150倍	410倍	150倍	410倍	
2.5	0.012820	0.00059250	0.0016667	0.00060976	
7.5	0.0063007	0.0030224	0.0016667	0.00060976	
12.5	0.0065930	0.0017158	0.0016667	0.00060976	

4. まとめ

IC 試験の結果から得られた 2 つの値、及び強熱減量試験によって得られた値を図 3 として示す。

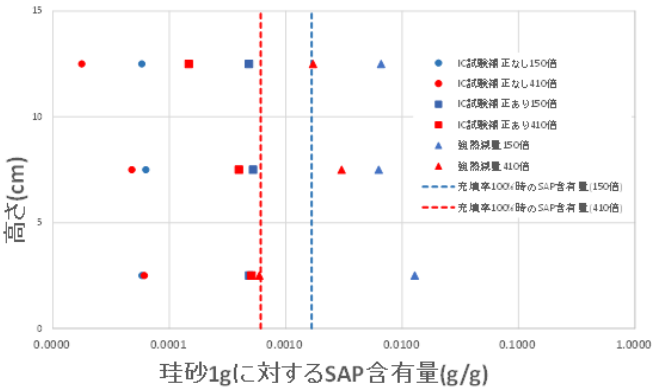


図 3 SAP 質量推定まとめ

本試験で得られた成果は以下の通りである。

410 倍吸水の SAP を用いた場合、改良土中に含まれる SAP 含有量は、注入口からの距離が小さいほど多く、大きくにつれて減少する。150 倍吸水の SAP を用いた場合、高さに関係なくほぼ一定の SAP 含有量である。この現象は 410 倍吸水の SAP は 150 倍吸水の SAP に比べて水を多く含むため外力に対する抵抗力が小さく、注入時の圧力により離水が起きやすいためだと考えられる。

今後の検討項目を以下に示す。

- ・SAP 単体、及び既知量 SAP 混合土を用いた IC 試験を条件を変えて行い、より正確な補正係数を求める。

本研究は、地下水流保全型山留め壁(Award-Pmr)工法研究開発プロジェクトの支援により得られた成果である。記して、謝意を表する。

参考文献

- 1) 三洋化成工業株式会社：サンフレッシュアクアパール,pp.1, 2014.
- 2) 請川, 浅野, 下坂：特殊吸水性ポリマーによる地盤掘削技術の開発, 戸田建設技術研究報告第 39 号, 2013