

Ⅲ-524 高分子ゲルを用いた事後透水性止水工法に関する基礎実験

帝都高速度交通営団 フェロー会員 藤木 育雄
 フェロー会員 石川 幸彦
 コンクリートコーリング(株) 増田 義孝
 三井サイテック(株) 正会員 田村 明

1. まえがき

地下水で飽和された地盤中に地下構造物を構築する場合、土砂の崩壊・流出を防止するため土留壁が施工される。土留壁の根入れは、被圧滞水層が掘削底面以下に存在する場合、ヒービング・盤ぶくれ対策として被圧滞水層下部の不透水層まで貫入させるのが一般的である。しかし、地下水の涵用条件によっては、地下水の流れが土留壁によって遮断され、下流側において井戸涸れや地盤沈下が発生する場合もある。

こうした、水位低下による障害を防止する対策として、リチャージウェルなどの復水工法があるが、止水工法と比べその設計手法が確立されていないため、採用にあたって検討すべき点が種々あるとされる¹⁾。

事後透水性止水工法は、土留壁の背面あるいは掘削面側を高吸水性高分子などの高分子ゲル化材で不透水化して、地下構築物の構築中は止水壁として機能し、完成後は解ゲル化剤を注入して現況の透水性地盤に戻し地下水の涵用に支障をきたさないようするために提案された工法である。

今回、薄膜止水壁工法（壁厚45mm）を対象として、ペントナイトと高吸水性樹脂の複合によるゲル化材の止水性能および復水性能に関する基礎実験結果について報告する。

2. 実験方法

連続透水試験装置の概略を図-1に示す。透水セルは、内径27cm高さ28cmで、断面積572.3cm²の亚克力製の円筒形容器を用いた。下層に厚さ5cmの豊浦標準砂を充填した上に、間隔を5cmに固定したスペーサーを設置して、この中にゲル化材を充填し、水道水で1昼夜膨潤させゲル層を形成した。この際、止水ゲルの両面にはポリプロピレン製不織布シートを敷き、シート外縁と容器内壁との間隙をシリコンシーラントで封鎖した。透水量は、標準砂を層厚10cmに充填して、容器内を脱気、注水後、1週間かけて内圧5.0kgf/cm²までゆっくり加圧しロードセルで連続測定した。

本実験の透水量は層流と考えられる程度に十分に小さいことから、透水係数(k)はDarcy式から算出した。水頭差は容器内の水圧を水の単位重量で除して換算した。また、解ゲル化剤の注入実験では、図-1に示すように予め透水セル内に逆止弁構造のホースを入れておき、容器内圧差+0.2kgf/cm²の過剰圧で注入した。

3. 実験結果

3.1. 高分子ゲルの止水効果

標準砂間の間隙（厚さ5cm）に充填したゲル化材の充填量 Dg と、透水係数比²⁾ k_0/k の関係を図-2に示す。本実験における標準砂の透水係数は $k_0=3.06 \times 10^{-4}$ cm/sec（不織布シート等の装置条件を含む）であった。Gel-3に使用した高吸水性樹脂(S-A)は、膨潤粒子径が1~2mmのタイプの樹脂で、このゲルによる止水効果は数百倍程度であった。同程度の吸水倍率を持ち膨潤粒径の異なる樹脂についても同様に実験した結果、粒径が最も透水係数に与える影響が大きく、粒径分布が広い不定形タイプの樹脂では、止水効果はGel-3より1/5~1/10と小さかった。

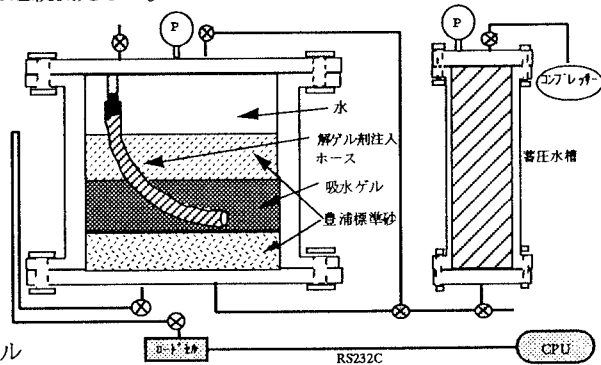
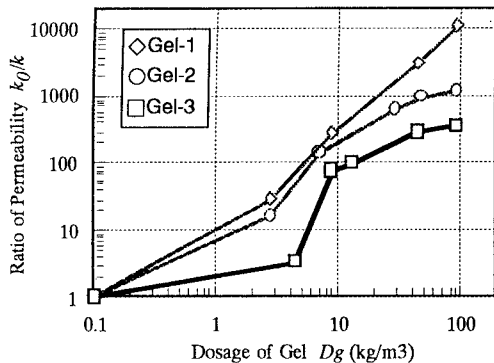
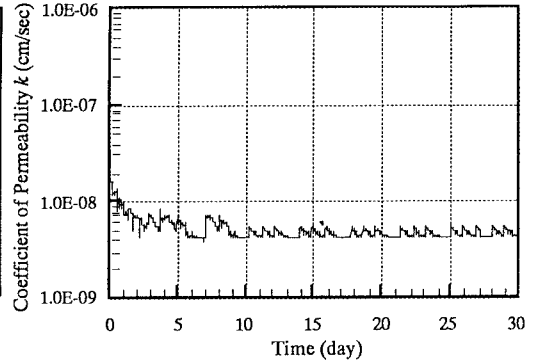
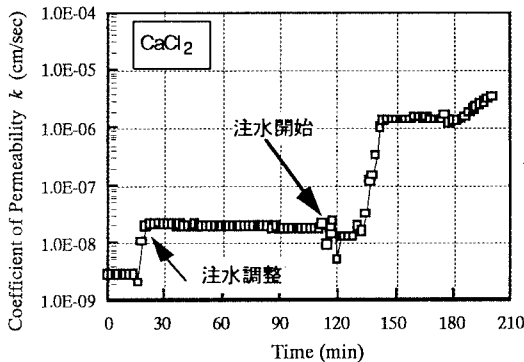
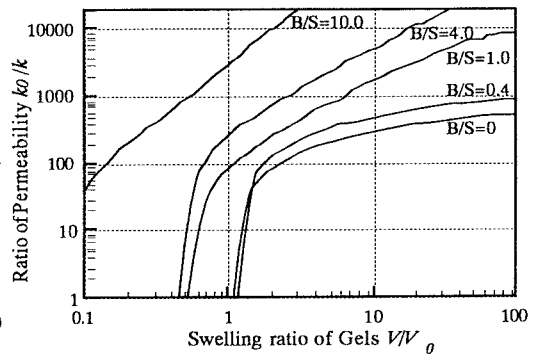


図-1 連続透水試験装置の概略図

表-1 ゲル化材の配合（ペントナイトの $q=3.2$ 、樹脂の平均粒子径S-A：1~2mm、S-B：1~2 μ m）

ゲル化材の種類	配合比 B/S	ペントナイト B	樹脂 S-A	樹脂 S-B	吸水倍率 q (g/g-水)
Gel-1	5	10	1	1	41.2
Gel-2	10	10	1	0	23.6
Gel-3	0	0	10	0	230

図-2 ゲル化材の間隙充填量 D_g と透水係数比 k_0/k の関係図-3 連続透水試験における透水係数 k の変化図-4 解ゲル化剤（1%CaCl₂溶液）による透水係数の変化図-5 ゲル化材の膨潤比 V/V_0 と透水係数比 k_0/k の関係

これに対し、Gel-3の樹脂にベントナイトを併用した場合（Gel-2）や、エマルジョン型高吸水性樹脂（S-B）を併用した場合（Gel-1）の方が、止水効果が高く、透水係数比が1000倍から10000倍になった。このときのゲル層は透水係数 $10^{-7} \sim 10^{-8}$ cm/sec と小さく不透水性を有し、一時的な止水を目的とする本工法において十分な止水効果があることが確認できた。長期遮水性を調べるため、水圧 5.0 kgf/cm^2 下で止水ゲル（Gel-1）の透水量を約1カ月間連続測定した。止水性変化を図-3に示す。初期に生じている変化は、ゲルの膨潤と標準砂層の圧密によるもので、10日以降の変化はほとんどなく、 $k=10^{-8} \sim 10^{-9}$ cm/sec で安定した止水性を有していた。

3.2. 解ゲル化剤による復水効果

吸水膨潤して間隙を遮水しているゲル層に解ゲル化剤を注入して透水性を復元させる実験を行った。解ゲル化剤として、人工海水と塩化カルシウム溶液およびアスコルビン酸溶液（ビタミン溶液）を使用した。連続透水試験装置内に注入ホースで1wt%塩化カルシウム溶液を注入したときの透水係数の変化を図-4に示した。解ゲル化剤の注入直後にホース周辺のゲルに収縮が生じ、透水性は1000倍に回復した。ベントナイト（B）と高吸水性樹脂（S）の配合比（B/S）が異なる配合の体積膨潤比 V/V_0 と、透水係数比 k_0/k の関係を図-5に示す。ここで、 V/V_0 は D_g と表2に示したような吸水倍率 q （g/g-水）を掛けた数値で、間隙における膨潤能力を表す。この膨潤能力は、ゲルの吸水、膨潤圧、造壁性等によって生じると考えられるが、体積膨潤比 V/V_0 で表される前2者の作用が支配的であると考えられる。

4. まとめ

基礎実験から、一時的な遮水と事後の復水は、ゲルを利用することで容易にできる可能性が確認できた。今後は、地下水の水質や土質に対するゲル効果および長期の止水性保持など、実用化に向けて検討を行っていく予定である。

参考文献 (1)土橋他:土木施工,1991,9,p39

(2)桑原:地下水と地下とポンプ,1982,10,p2

表-2 B/S=10ゲルの解ゲル化剤による吸水倍率 q の低下

解ゲル化剤置換率	0%	7%	20%	100%
人工海水	23.6	7.8	4.9	1.9
1%塩化カルシウム	23.6	14.2	11.9	2.8
アスコルビン酸	23.6	18.5	16.4	7.5