

III-276

気泡シールド工法における掘削土の止水機構に関する一考察

(株) 大林組技術研究所 ○ 羽生田 吉 也

(株) 大林組技術研究所 藤 原 紀 夫

1. ま え が き

気泡を混合した掘削土は、止水性、流動性が著しく向上する。この特質を土圧式シールドの掘進に利用したものが気泡シールド工法である。気泡による止水機構の基本は、透水試験でも不飽和な試料土の透水係数は小さい事で知られている様に、土粒子の間隙における空気存在に因るものである。気泡シールド工法では、掘削された砂レキあるいは土塊の間隙内に混入した気泡が、その緻密さと高い粘性などにより地下水中の浮力に抗して土砂内部に滞留でき、掘削土に大きな止水性を付与する。本報では、若干の実験データを引用して、気泡の混った掘削土の止水機構について考察を加える。

2. 気泡の性質

気泡は起泡材と圧縮空気を発泡器に送ってつくる単位体積当りの起泡材から作成される気泡の体積を発泡倍率 α と呼ぶ。発生後、5～10分以内の気泡を顕微鏡写真で分析し、単位断面当りの気泡粒子数 N_f と α との関係を図-1に示した。もっとも緻密な気泡である最大の N_f を得るための最適な α の存在が伺える。起泡添加材の入ったもの（Bタイプ）では $\alpha \approx 7$ 、入らないもの（Aタイプ）は $\alpha \approx 25$ 付近であった。この際の気泡の比重は、BタイプがAタイプの3倍以上になる。B型粘度計による気泡の粘度指示値（以下、単に粘度と呼ぶ）は気泡の変形抵抗を示すパラメータの一つと考えられる。気泡の粘度は、Aタイプで1000～2000 C.P.、Bタイプで5000～15000 C.P.であり、それぞれの粘度は、発泡倍率 α に比例して高くなる。

3. 気泡土の止水性

3.1. 砂質土についての室内透水実験

JIS A-1218の定水位透水試験に準じて実験を行なう。試料土は、細粒分1%含有の川砂Ⅰと、細粒分5%の川砂Ⅱを使う。この結果を図-2に示す。

(1) 川砂Ⅰの気泡土 Aタイプの気泡60%加えたものでは、実験開始即時に水の流出が始まって、最初の2時間は水の流出、停止が繰返えされた。

Bタイプのものでは、流水が13分後に発生し、透水係数 $k_{15} = (2 \sim 3) \times 10^{-4} \text{ cm/s}$ を記録した。その後徐々に増大して4hr後には、1オーダー増しAタイプと同じとなった。

(2) 川砂Ⅱの気泡土 Aタイプの気泡を40%加えたケースでは、水の流出は、セットして1230分後に発生し、この間、高い止水性が維持さ

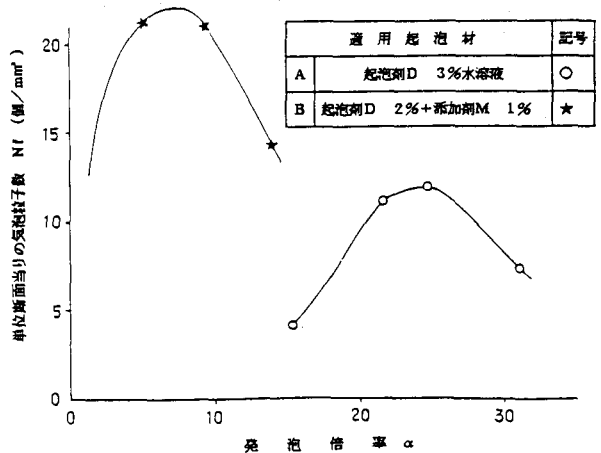


図-1 気泡の発泡方法と粒子数

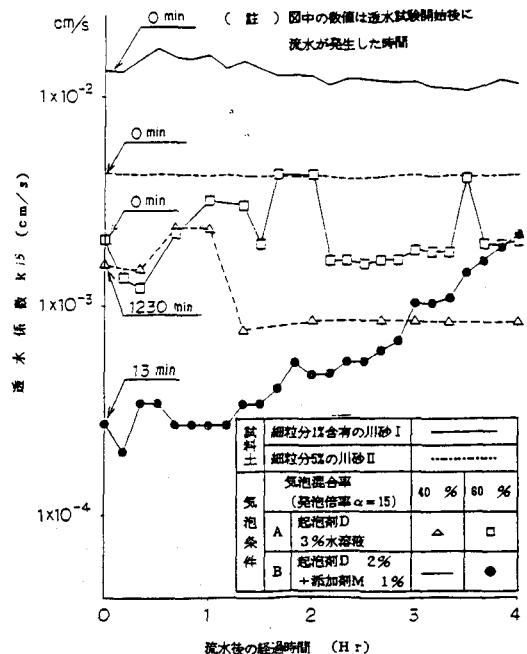


図-2 砂質土とその気泡土の透水実験結果

れた。流出後の1時間は不安定な状況が見られたが、その後、 $k_{15} = 8 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$ に安定した。

3.2 滞水レキ層における気泡の耐久実験

図-3に示す模型実験装置に5mmのレキを4.0詰めた後、気泡1.5を注入器を介してレキ層内に入れる。注入直後を基準として、静止した滞水レキ層内における気泡の挙動について、a)気泡の浮上による水面の下降、b)レキ層内の気泡層厚の変化に着目し、経時的な測定・観察を行なった。

この結果を図-4に示す。

(1) Aタイプの気泡 注入後、水に接した上方の気泡から侵食され、後続する下部気泡が即時に欠陥部を補うように拡散する。しかし、4～6分後にはこれに並行して、水が筒の低部にまわり始める。相対的に、レキ層内での気泡全体の浮上となって、低部の水が徐々に増えた。この現象は、 α が低いと、早く起った。

(2) Bタイプの気泡 上方から終始、比較的低速度に侵食され、水面に浮上する。粘度の高い後続の気泡群は最後まで筒の低部に残って気泡全体が浮上するケースは無かった。むしろ高粘度のため充分気泡が充填されてない小さな欠陥部へ水が入り込み、気泡を侵食するケースが幾つか見られた。総じて起泡材の粘度の大きいもの程レキ層内で安定していた。

なお、砂層でも同様の実験を行なっている。

4. ま と め

(1) 起泡添加材を含まない気泡 起泡添加材を含むものに比べて、粘度は小さく、土砂内への浸透性が高いため、滞水中での気泡の浮上が起り易い。この為、滞水レキ層では、止水性はやや不安定である。しかし、砂層に対しては、気泡の注入時に砂を押し上げる程の浸透に対する抵抗を示し、掘削土の止水性を改善できる。特に、透水実験の様に、細粒分が5%程度含まれれば、止水効果は大である。

(2) 起泡添加材を含む気泡 滞水砂およびレキ層への適用は、その間隙比相当加えた緻密な気泡に依って、長時間の止水性が与えられる。

(3) 水と気泡との境界面から、個々の粒子が浮力によってはぎとられていくことが滞水レキ層で確認された。また、気泡の粒度分布と2つの実験結果との比較から、気泡の緻密なことがこの速度を遅らせることも認められた。

以上、気泡シールド工法において掘削土の止水性を向上するには、起泡添加剤を加えた粘度が高い起泡材で低発泡倍率の気泡が滞水レキ層に対し有利である。また、砂あるいは細粒分が掘削土中に何程あり、この土砂や気泡をどう混合し利用し得るか、いかに気泡と水との遭遇の機会を少なくするかなど、更に効果的な施工を行なう為には、詳細な土質調査やシールド掘進機の適正な選択も重要である。

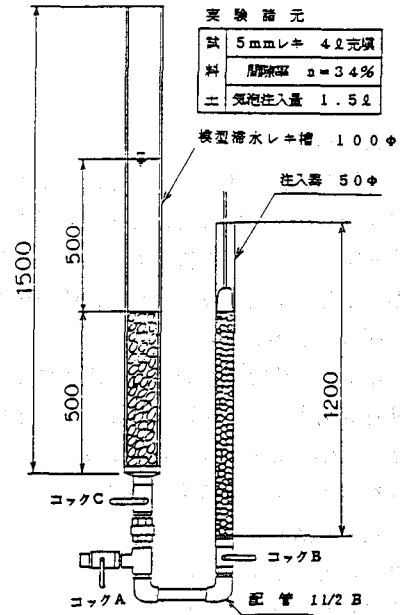


図-3 模型実験装置

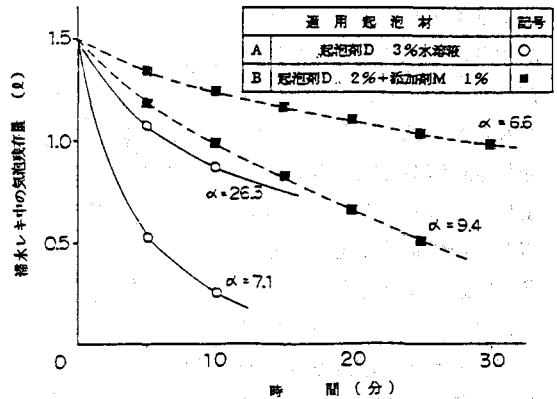


図-4 滞水レキ層内での気泡の耐水性