

気泡シールド工法における気泡混合土の遮水性に関する実験的検討

前田建設工業(株) 正会員 ○安井 利彰
早稲田大学 フェロー会員 赤木 寛一
早稲田大学 学生会員 高野 颯平

1. はじめに

泥土加圧シールドに分類される気泡シールド工法は透水性の高い地盤において多数の実績を保有している¹⁾。また、既往の研究でベントナイト安定液²⁾では泥膜形成が難しい砂礫地盤においても、気泡安定液では気泡の地盤間隙中への移動により難透水層を形成し、遮水性を保持することが報告されている³⁾。

本報では、気泡シールド工法のチャンバー内気泡混合土を模擬し、遮水性能の確認及び難透水層の特性把握を実験的に検討した結果について報告する。

2. 実験方法

図- 1 に示す実験装置を用い、以下の手順で実験を実施した。

(1) 模擬地盤の作製

シリンダーA に砂利、珪砂および木節粘土を混合した乾燥試料を相対密度 $D_r=60\%$ で厚さ 100mm となるように三層に分けて突き固めて模擬地盤を作成した。試料土の粒度分布を図-2 に示す。次に、シリンダーB より水を供給し、シリンダーA 底部から模擬地盤を飽和させた。

(2) 気泡混合土の作製

(1)の模擬地盤と同じ試料を用い、含水比は $D_r=60\%$ 時に飽和するように、気泡添加率は試料土乾燥質量比で 0.2% (25 倍発泡) に設定し、気泡混合土を作製した。(1)で作製した模擬地盤上に、厚さ 200mm となるように充填した。

(3) 加圧による透水

シリンダーA 側を 20~50kPa、シリンダーB 側を大気圧とし、差圧を与えることでシリンダーB 側への透水量を 1 秒ごとに計測し遮水性能を確認した。

3. 加圧透水実験結果

まず、実験開始からの経過時間と透水量の関係を図-3 に示す。約 30 秒経過後に傾きが変化し、20kPa

では約 70 秒経過後、50kPa では約 80 秒経過後にそれぞれ透水が止まることから、模擬地盤と気泡混合土の境界に難透水層が形成されていると推察できる。

また、図- 3 における傾きは流量を示すため、断面積で除して流速を算出し、透水量がほぼ一定となった領域でみかけの透水係数を算出した(表-2)。なお、動水勾配 i の算出にあたっては、水頭差を圧力水頭 ($h_p=p/g_w$) のみ考慮し、模擬地盤の透水量に着目した。すなわち、 $i=h_p$ (m) /0.1 (m) である。いずれも、 1.0×10^{-5} (cm/s) オーダーの透水係数を有することを

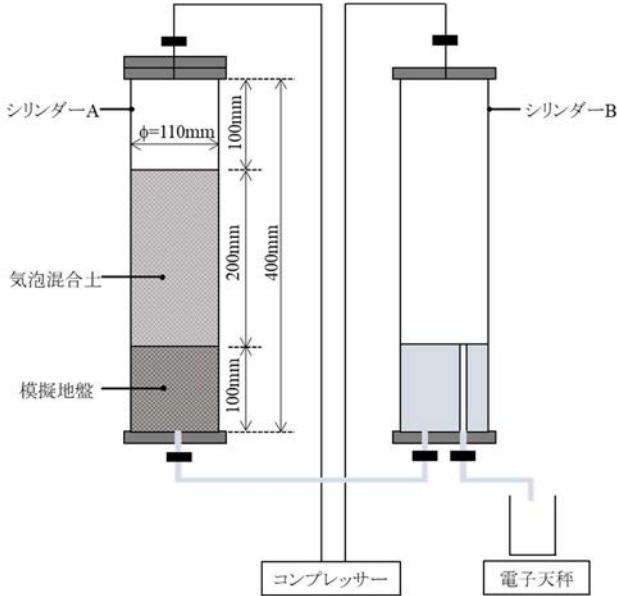


図- 1 実験装置概要

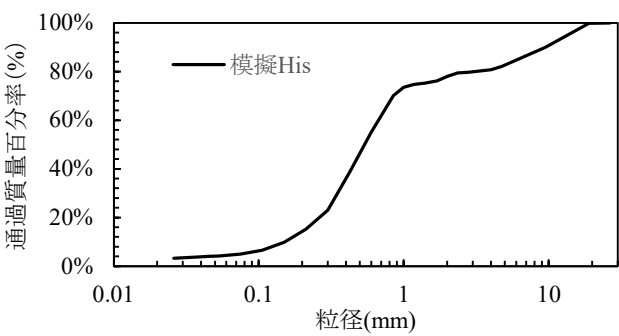


図- 2 試料土の粒径加積曲線

キーワード：気泡シールド工法，気泡混合土，遮水性

連絡先：〒302-0011 茨城県取手市寺田 5270 前田建設工業(株) ICI 総合センター TEL：0297-85-6171

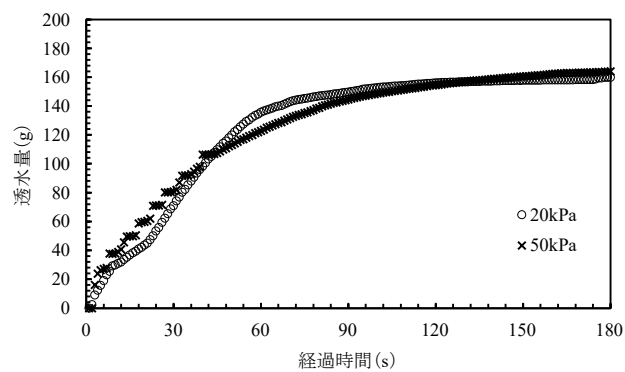
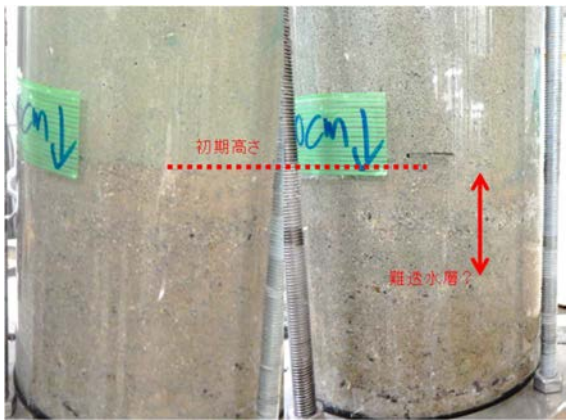


図- 3 加圧透水実験結果

表- 2 模擬地盤のみかけの透水係数

加圧圧力	流量	動水勾配	みかけの 透水係数
$p(\text{kPa})$	$Q(\text{cm}^3/\text{s})$	i	$k(\text{cm/s})$
20	0.113	20.4	5.81×10^{-5}
50	0.174	51.0	3.59×10^{-5}



実験前

実験後

写真-1 実験前後の難透水層の形成状況

確認した。

4. 加圧透水実験後の難透水層の物性

加圧透水実験で確認した難透水層の物性を把握するため、湿潤密度 ρ_t 、含水比 w 、飽和度 S_r および強熱減量 L_i の測定を実施した。比較のため、難透水層の上下に存在する気泡混合土と模擬地盤についても同様の測定を行った。

結果を表-2 に示す。模擬地盤の初期値も併記する。

表- 1 実験結果一覧

物性値	気泡混合土	難透水層	模擬地盤	初期値※
w (%)	13.3	12.2	13.1	16.7
ρ_t (g/cm^3)	1.861	1.926	1.985	2.148
S_r (%)	56.9	58.8	67.3	100.0
L_i (%)	0.0065	0.0087	0.0069	0.0040

※：模擬地盤の初期値

模擬地盤、難透水層ともに含水比は初期値から低下している。これは加圧透水によって間隙水がシリンダ

ーB 側へ移動したためである。湿潤密度は、気泡混合土、難透水層、模擬地盤の順に小さいが、気泡の存在が湿潤密度を小さくしていると考えれば理解できる。すなわち、気泡の存在割合は、気泡混合土>難透水層>模擬地盤と考えられる。模擬地盤内に存在する気泡を間隙空気とみなせば、難透水層の飽和度が模擬地盤よりも低いのは、間隙に気泡が入り込んでいるからと考えられる。

強熱減量は難透水層が最大であるが、模擬地盤製作時に使用した木節粘土は炭化した木片を含み、 $L_i=3\sim12\%$ 程度との報告⁴⁾もあることから、表中の強熱減量の値は気泡の有機分のみではない。なお、いずれの試料土も同一の配合であるため、強熱減量の大小は気泡の存在割合の大小に因るとも考えられる。ただ、強熱減量試験に使用する炉乾燥試料は、るつば1検体あたり2g程度であるため、各るつば内の試料土が全て同一粒度であるとは考えにくい。また、表中の強熱減量は3ケースの試験結果の平均値であるが、それらの結果にもばらつきがある。したがって、特に本実験で用いている試料では、気泡の存在を確認するために強熱減量は適さないと言える。

5. まとめ

気泡混合土を地山側へ加圧した際の難透水層形成の過程と、形成された難透水層の物性を、実験的に確認した。以下に結論を示す。

- (1) 加圧透水試験により、模擬地盤のみかけの透水係数は、 $1.0 \times 10^{-5} \text{ (cm/s)}$ オーダーであった。
- (2) 気泡混合土と模擬地盤との境界層の物理特性を確認した結果、湿潤密度 ρ_t や飽和度 S_r 等から難透水層が形成されていると考えられる。

参考文献

1) シールド工法技術協会：気泡シールド工法 技術資料, 2011.

2) 平岡成明：地中連続壁の安定液, 山海堂, pp. 27-29, 1991.

3) 近藤義正, 赤木寛一, 仲山貴司：掘削土砂に気泡と水を添加した地盤掘削用安定液の開発と適用, 土木学会論文集 C Vol. 64 No. 3, pp. 505-518, 2008.

4) 稲垣甲子郎：愛知・岐阜県下の木節粘土について, 材料試験, Vol.8, No.73, pp.773-777, 1959.