

気泡安定液の溝壁安定化機構について

安定液, 気泡, 浸透

早稲田大学 学生会員 ○松田 光
 早稲田大学 国際会員 赤木 寛一
 早稲田大学 学生会員 野口 欣彦
 戸田建設(株) 下坂 賢二

1. 研究目的

現在, 地盤掘削用安定液にはベントナイト安定液が主に用いられている. ベントナイト安定液は地盤にベントナイトが浸透することにより安定液と溝壁の間に泥膜を形成し, 安定液圧を一定に保つことで溝壁の安定を図ることが知られている. しかしベントナイト安定液は, 施工過程で生じる排泥の量が非常に多いといったコストや環境負荷に問題があることから, 起泡剤を用いた安定液 (以下, これを気泡安定液と記す) が考案され, 実用化されている. 気泡を利用することで, ベアリング効果により地盤の流動性を高めることができ, 消泡することで環境負荷を低減することができる. 気泡安定液は, 泥膜を形成しないが溝壁の安定を保つことが以前の研究により明らかになっているものの, そのメカニズムは未解明である. ここでは, 掘削地盤と周辺地盤の圧力の関係と浸透量の関係を比較することにより, 溝壁安定メカニズムの解明を試みた.

2. 使用試料

試料砂として珪砂 5 号 ($D_{50}=0.60\text{mm}$) を使用した. 気泡として, 界面活性剤系の原液を 20 倍希釈し, ハンドミキサーで更に 25 倍に発泡したものをを用いた. 今回は含水比 $w=10\%$, 気泡添加率 $Q=1.0\%$ の条件で, 珪砂に水と気泡を混ぜることで気泡安定液を作製した. 気泡安定液の写真を図 1 に示す.

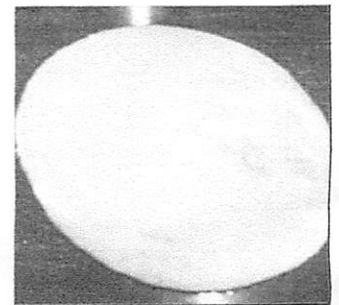


図 1. 気泡安定液

3. 剛板载荷による浸透試験

図 2 に示すように, シリンダー A 内に模擬地盤層を準備し, その上部に気泡安定液を投入し, 载荷板ピストンを用いて拘束圧を作用させる装置を用いて浸透試験を行った. 実験手順は以下の通りである.

- ①シリンダー A 内に試料土を高さ 100mm になるように水中落下法を用い, 3 層にわけて突き固め模擬地盤を作製する.
- ②シリンダー B 内の水位がシリンダー A 内の模擬地盤と同じ高さである 100mm になるよう調節する.
- ③模擬地盤上に含水比 $w=10\%$, 気泡添加率 $Q=1.0\%$ の条件で作製した気泡安定液を初期高さ 200mm となるように入れる.
- ④シリンダー A に剛板载荷で圧力を加え, 間隙水圧計 B の値を測定する.
- ⑤シリンダー B に空気圧载荷でシリンダー A との差圧が所定の値となるように圧力を加える.
- ⑥シリンダー A 内の間隙水圧, シリンダー B に流出する浸透水量を測定する.
- ⑦この①~⑥の手順について, 剛板载荷圧力を 100, 200, 300kPa の 3 水準, 空気圧载荷での差圧を 10, 20, 30kPa の 3 水準に設定し, 合計 9 ケースの実験結果を比較する. 試験ケース一覧を表 1 に示す.
- ⑧測定した間隙水圧, 浸透水量の時間変化をグラフにまとめ, 剛板载荷圧力, シリンダー A とシリンダー B の差圧, 浸透水量の関係を明確にする.

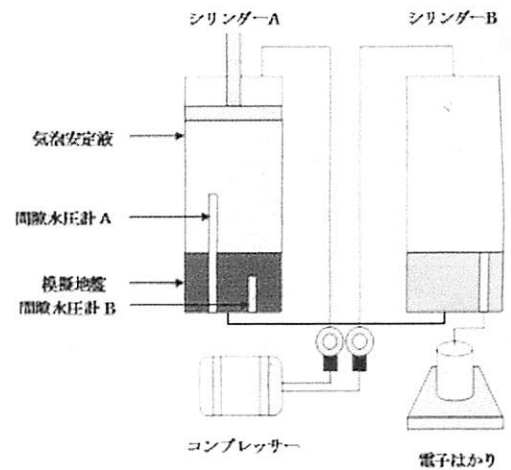


図 2. 浸透試験装置

表 1. 試験ケース一覧

使用珪砂	ケース	含水比 (%)	気泡添加率 (%)	剛板载荷圧力 (kPa)	差圧 (kPa)
珪砂5号	1	10	1	100	30
	2	10	1	100	20
	3	10	1	100	10
	4	10	1	200	30
	5	10	1	200	20
	6	10	1	200	10
	7	10	1	300	30
	8	10	1	300	20
	9	10	1	300	10

4. 実験結果

まず初めに、剛板載荷圧力と差圧の組み合わせ条件下での浸透水量の時間変化をグラフにしたものを図3に示す。続いて、差圧 30kPa の時の剛板載荷圧力別の間隙水圧変化の関係を図4、差圧 20kPa の時の剛板載荷圧力別の間隙水圧変化の関係を図5、差圧 10kPa の時の剛板載荷圧力別の間隙水圧変化の関係を図6に示す。今回の実験における差圧は、各ケースにおいてシリンダーA に剛板載荷圧力を加えた時の間隙水圧計 B の値をもとに設定した。このグラフにおける間隙水圧変化とは、間隙水圧の実測値から間隙水圧の初期値を引いたものである。

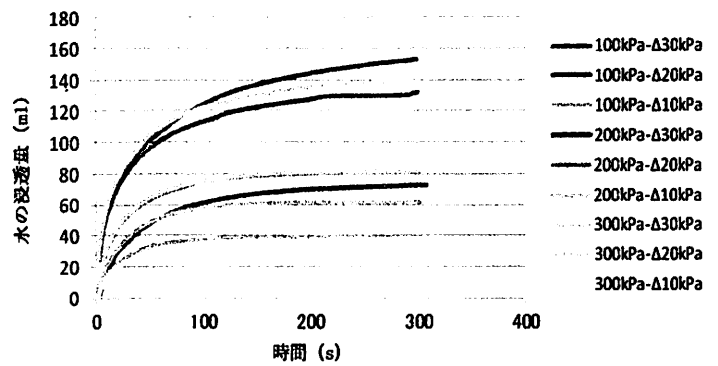


図3. 剛板載荷圧力と差圧による浸透水量の変化

5. 考察

初めに、図3からも分かるように、浸透水量はシリンダーA の剛板載荷圧力の大小に影響を受けるのではなく、シリンダーA とシリンダーB の間隙水圧の差圧によって測定値に違いが生じることが分かった。差圧が 30kPa の時は、その時の剛板載荷圧力が 300kPa か 100kPa かによらず浸透水量は大きくなり、逆に、差圧が 10kPa の時は、その時の剛板載荷圧力が 300kPa か 100kPa かによらず浸透水量は小さくなるという結果になった。

続いて、図4、図5、図6から間隙水圧変化の結果についても、シリンダーA の剛板載荷圧力の大小に影響を受けるのではなく、シリンダーA とシリンダーB の間隙水圧の差圧によって測定値に違いが生じることが分かった。また、図4について、差圧を 30kPa とした場合、間隙水圧の変化量も多少の誤差はあるものの 30kPa の変化量を保って一定の値となり変化しなくなる。図5、図6より、差圧が 20kPa の時、差圧が 10kPa の時も同じ結果となった。

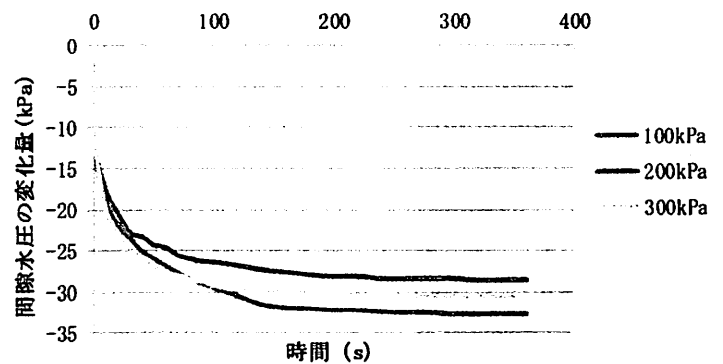


図4. 時間と間隙水圧変化の関係 (差圧 30kPa)

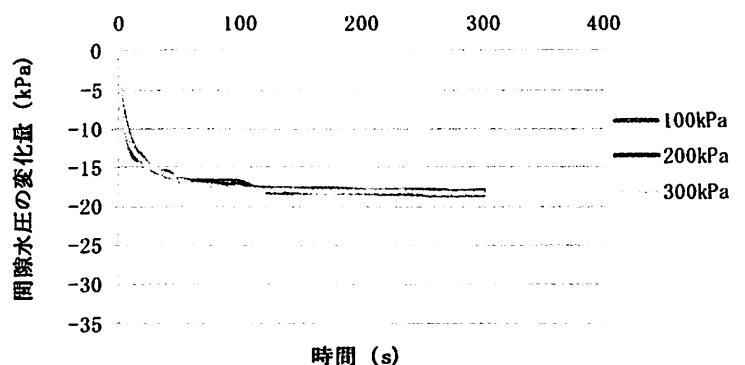


図5. 時間と間隙水圧変化の関係 (差圧 20kPa)

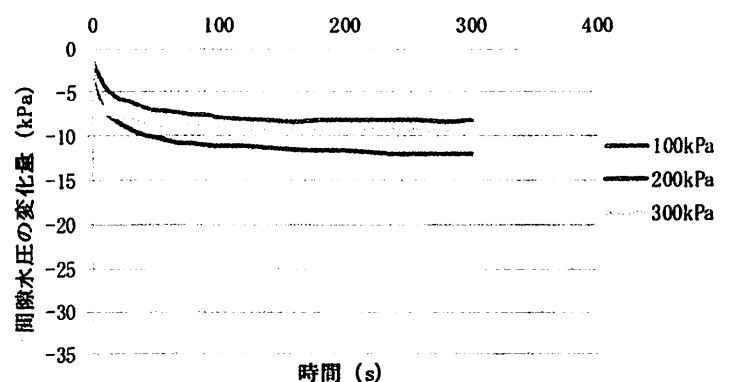


図6. 時間と間隙水圧変化の関係 (差圧 10kPa)

6. まとめ

今回の実験結果より、シリンダーA からシリンダーB に流出する浸透水量、また、その時の間隙水圧の変化量は、シリンダーA の剛板載荷圧力の大小に関係はなく、シリンダーA とシリンダーB の間隙水圧の差圧によって決まることが分かった。また、間隙水圧の変化量は、初期段階で設定した差圧と同等の値をとり変化しなくなることが分かった。よって、本実験においては、差圧により気泡安定液が地盤側に浸透することにより間隙水圧が周辺地盤とバランスをとり、地盤安定化を図っていると言える。

参考文献

近藤、仲山、赤木：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, 2008.7