

気泡を利用した地盤掘削用安定液の基本性状について

早稲田大学 学生会員 ○野口 欣彦
 早稲田大学 フェロー会員 赤木 寛一
 戸田建設(株) 非会員 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面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、拘束圧を変化させた条件下での実験を行うことにより気泡安定液の基本性状を把握し、溝壁安定メカニズムを解明することを目的とした。

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。消泡に当たっては使用した起泡剤原液と同量の消泡剤を添加することで行った。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によって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. 実験概要

(1) 気泡の圧縮試験

気泡の溝壁安定メカニズムを解明するために、気泡と拘束圧の関係を調査した。まず、大気圧における気泡径を実体顕微鏡を用いて測定し、その値をもとに圧縮後の体積変化量から圧縮後の気泡径を算出した。

(2) 剛板載荷による浸透試験

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、載荷板ピストンを介し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には剛板載荷で、シリンダーBには空気圧により同等の圧力を加える。
- ⑤ 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。

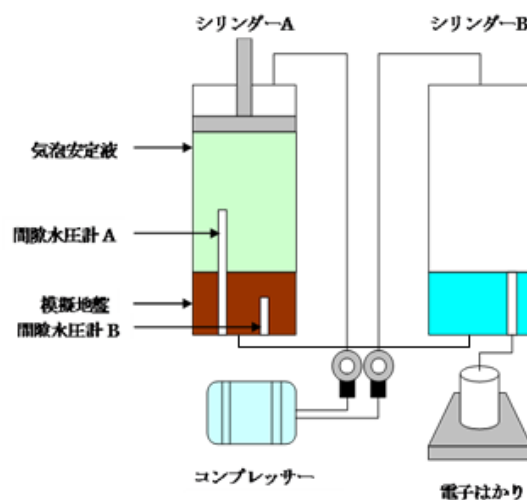


図2. 浸透試験装置

キーワード 掘削, 安定液, 気泡, 浸透

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 西早稲田キャンパス 58-205 TEL.03-5286-3405

4. 実験結果

(1) 気泡の圧縮試験の結果を図3に示す. 理論値はボイルの法則より求めた. 高拘束圧下になるにつれて理論値と差が生じ, おおよそ気泡径は 0.1mm に収束していることが分かる. これは, 気泡の表面張力や粘性が影響しているためであると考えられる.

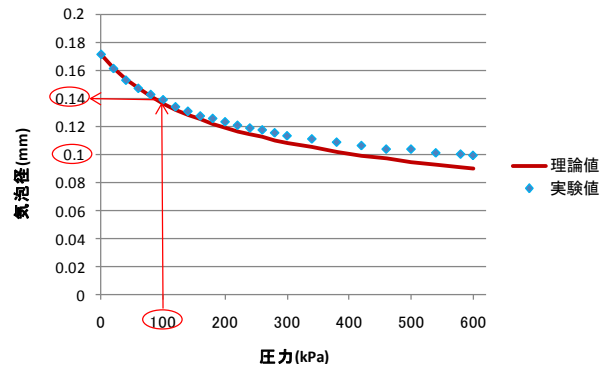


図3. 気泡径と圧力の関係

(2) 浸透試験の拘束圧は, 100kPa と 300kPa の 2 種類とした. 100kPa 载荷した時点で気泡安定液の体積圧縮が顕著となり, 気泡と水が分離した状態となった. また, シリンダーA とシリンダーB 間のバルブを閉じて 300kPa 载荷した場合, 間隙水圧は 100kPa 程度までしか上昇しなかった. これは, 気泡と水が分離し, 気泡部分の圧縮により土粒子間有効応力が増加したためであると考えられる. 一方, シリンダーA とシリンダーB を連結させた場合, シリンダーB からシリンダーA へ水が逆流するという現象が見られた. その時の間隙水圧の値を表1に示す. 载荷圧力と間隙水圧がほぼ等しくなったことから, 逆流することによりシリンダーA とシリンダーB 内の水圧のバランスをとっていることが推測された.

表1. 浸透試験装置

载荷圧力(kPa)	間隙水圧A(kPa)	間隙水圧計B(kPa)
100	93.6	95.0
300	300.9	302.1

5. 考察とまとめ

実験(1)(2)とこれまでの研究から, 次のような気泡安定液による溝壁安定メカニズムが考えられる.

- ・ 拘束圧の増加による気泡安定液の気泡と水の分離が重要な役割を果たしている.
- ・ 今回の実験では 100kPa で場合分けをすることができ, そのときの気泡径 0.14mm と今回の珪砂 5 号の平均粒径 $D_{50}=0.60\text{mm}$ に関係があると考えられる. 今後は粒径等の条件を変えて実験をする必要がある.
- ・ 100kPa で場合分けをすると以下のように考えられる.

(i) 拘束圧 $P < 100\text{kPa}$ のとき

気泡と水の分離が顕著でなく, 気泡が間隙水中に分布した状態と考えられる. このときは, 図4に示すように気泡が模擬地盤に入り込み, 不飽和層を形成することにより安定化を図っている.

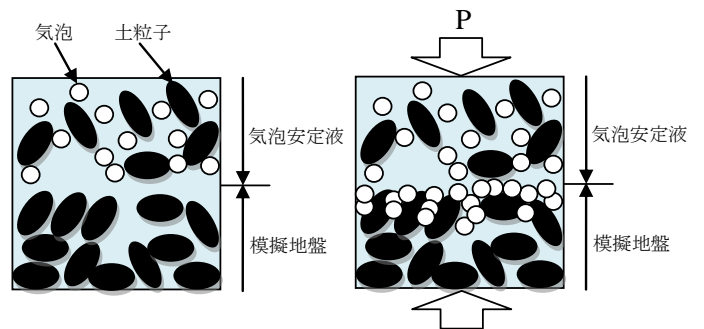


図4. $P < 100\text{kPa}$ のモデル

(ii) 拘束圧 $P > 100\text{kPa}$ のとき

気泡と水の分離が顕著に生じて, 気泡部分が上部に集中する. この気泡部分が地下水圧によって圧縮され, 気泡圧力 P' が地下水圧 P と釣り合うことで安定化を図っている.

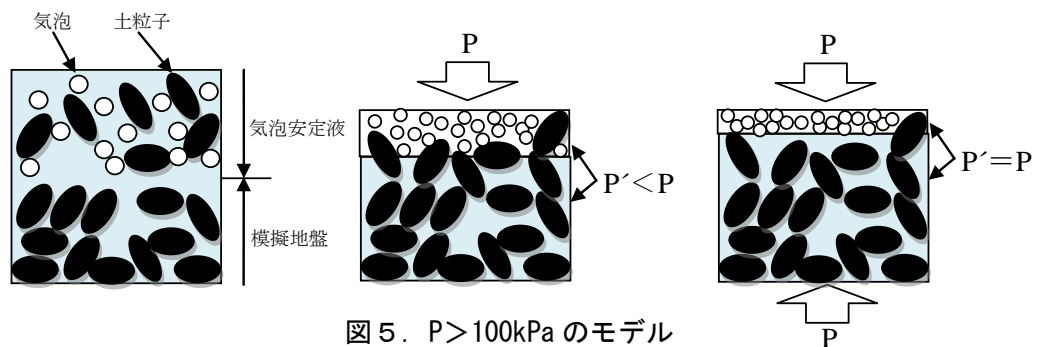


図5. $P > 100\text{kPa}$ のモデル

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