

気泡シールド工法に用いる気泡の圧力下における性状

鹿島建設(株) 正会員 ○吉迫和生 正会員 辻 良祐
(株)タック 正会員 瀧川信二 吉田智哉

1. はじめに

気泡シールド工法に用いる気泡は、実施工時には土水圧が作用する圧力下で使用される。しかしながら、その気泡あるいは気泡土の性状を室内実験で評価する場合、実験室で圧力下の状況を再現することが難しいことから大気圧下で実施されることがほとんどであった。筆者らも気泡シールド工法に用いる新型起泡剤「マジカルラスティングフォーム（以下、MLF と称す）」を開発するにあたり、大気圧下での比較実験を実施してきた¹⁾。今回、新たに圧力容器を製作し、圧力下において気泡単体の持続性確認実験と気泡と土砂を混合した気泡土の性状確認実験を実施したので、その結果について報告する。

2. 実験方法

(1) 気泡単体の持続性確認実験

実験には写真-1に示すアクリル製円筒容器（内径 100mm×高さ 260mm，内容積 2ℓ）を使用した。容器の底部にはリーフバルブを取り付け、内部に気泡を注入した時に内圧が一定に保たれるようにした。

実験は、①最初に容器内部を気泡の発泡に用いる起泡材溶液で満たしておき、②容器上部から気泡を注入しながら底部のリーフバルブから溶液を排出し、③排出されるものが溶液から気泡に変わったことを確認してボールバルブを閉じて容器を密閉状態にし、④ボールバルブを閉じた時点から経過時間毎に容器底部に液化して溜まる溶液の量（高さ）をスケールで読み取った。そして、⑤溜まった溶液量から残存している気泡量を算出して気泡残存率を求めた。

実験には新型起泡剤 MLF と従来型起泡剤を使用し、共に濃度 1%溶液，10 倍発泡として両者を比較した。なお、容器内圧力は 0.2MPa と大気圧の 2 水準とした。

(2) 気泡土の性状確認実験

実験には写真-2に示す装置を使用した。装置は a) 試料土を入れるアクリル製円筒容器（内径 200mm×高さ 320mm，内容積 10ℓ），b) その容器を上下に貫く回転軸，c) 回転軸に取り付けられた攪拌翼，d) 容器送りねじなどから構成される。容器は送りねじで支えられており、攪拌翼が回転している状態で容器ごと上下動することで内部の試料土が攪拌混合される仕組みである。

実験概要を図-1に示す。実験は、①容器内部に試料土を突き固め、②上部に空間を残して蓋をし、その空間に気泡を注入（エア抜き部に取り付けたリーフバルブで内圧が一定に保たれるようにしている）、③実験装置全体を上下反転、④気泡溜まりが試料土の下部にある状態から攪拌翼の回転を開始



写真-1 アクリル製円筒容器

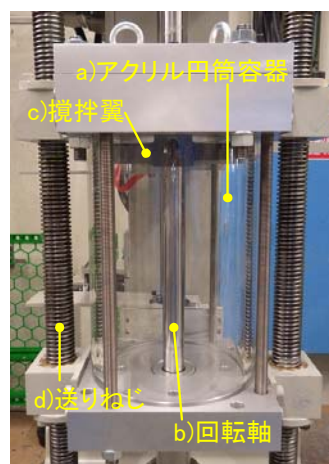


写真-2 気泡土実験装置

- ① 試料土を突き固め ② 蓋をして気泡を注入 ③ 装置を上下反転 ④ 軸を回転させながら容器を上下動

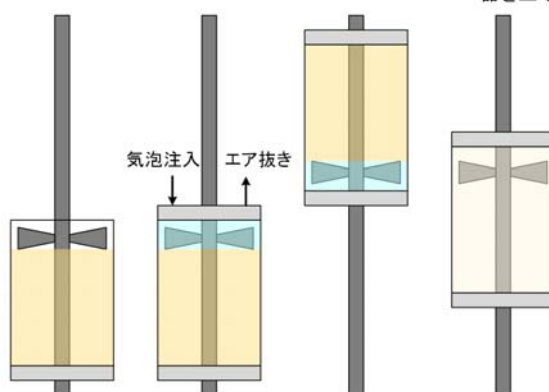


図-1 気泡土実験の概要

キーワード 気泡シールド，気泡の持続性，気泡土，圧力下

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 土質・地盤グループ TEL 042-489-6492

し、容器を上下動させながら気泡と試料土を混合、⑤軸の回転トルク（攪拌抵抗と定義）を測定した。

試料土には珪砂 6 号と市販の粉体粘土を乾燥質量比 8:2 で混合したものをを用い、それを含水比 13.9%, 締固め度 95%の状態ですき固めた。起泡剤としては MLF と従来型を使用し、容器内圧力は 0.2MPa とした。

3. 実験結果

(1) 気泡単体の持続性確認実験

写真-3 に実験状況を示す。気泡が液化して容器底部に溜まっているのが確認できる。

図-2 に示す気泡残存率の経時変化を見ると、MLF は従来型と比べて高い気泡残存率を示すことが判る。また、どちらの気泡とも大気圧下よりも 0.2MPa の圧力下のほうが気泡残存率が高いことが判る。これは既往の研究²⁾と同様の傾向を示しているものである。

図-3 に差圧比と気泡残存率（10 分経過時の値）の関係を示す。ここで差圧比とは、

差圧比 = 差圧 / 測点での圧力（チャンバー圧力）

差圧 = 気泡製造時の圧力（発泡直後の圧力）

－測点での圧力（チャンバー圧力）

で定義したものである。これから、差圧比が小さいほど気泡残存率が大きくなることが判る。このことは、実施工時において気泡発泡器からチャンバーまでの抵抗を少なくすること（距離を短くする、配管径を大きくするなど）が、気泡の持続性に有利に働くことを示している。

(2) 気泡土の性状確認実験

写真-4 に実験状況、図-4 に攪拌抵抗の経時変化を示す。気泡と試料土の攪拌は、攪拌開始後 40 分で一旦停止し、その状態で 1 日（約 20 時間）静置した後に再攪拌した。図-4 によると、MLF は従来型に比べて攪拌抵抗が小さいことが判る。また、従来型の攪拌抵抗は、時間経過に従って大きくなっているが、これは図-2 に示したように従来型の気泡が消泡しやすいことに起因するものと考えられる。一

方、MLF は静置後の再攪拌時にも攪拌抵抗の増大は見られず、圧力下で良好な気泡土の性状を保っていることが確認された。

4. まとめ

これまで大気圧状態で実施されることがほとんどだった気泡、および気泡土の性状確認実験を圧力下で実施し、気泡の性状が圧力により変化することを確認した。今後も試料土や圧力などの条件を変えた実験を実施し、データを蓄積していく予定である。

参考文献

- 1) 生川ら：気泡シールド工法に用いる新型起泡剤の開発，土木学会第 72 回年次学術講演会概要集，VI，pp.607～608，2017.
- 2) Yuanli Wua, Michael A. Mooneya, Minsu Chab : An experimental examination of foam stability under pressure for EPB TBM tunneling, Tunnelling and Underground Space Technology, 77, pp.80～93, 2018.

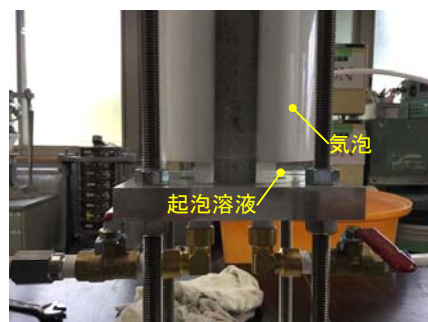


写真-3 実験状況

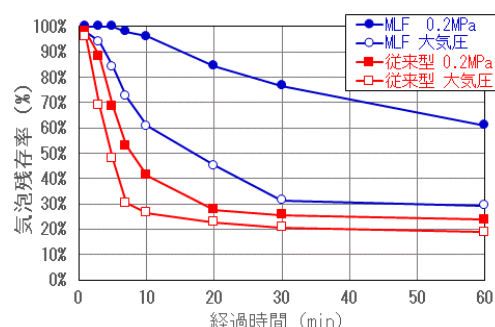


図-2 気泡残存率の経時変化

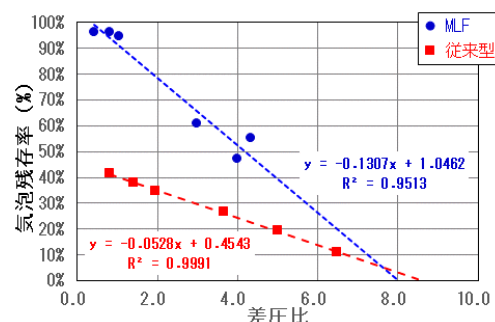


図-3 差圧比と気泡残存率(10分後)の関係

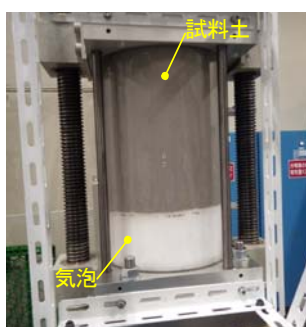


写真-4 実験状況

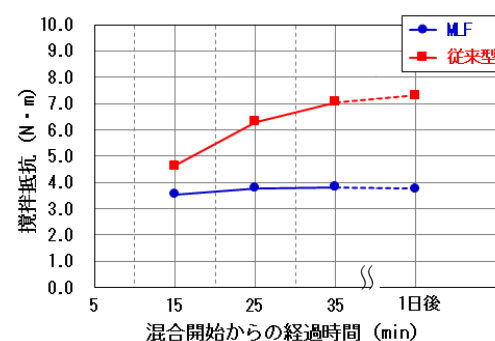


図-4 攪拌抵抗の経時変化