

気泡混合掘削土の塑性流動性評価試験装置の開発

東日本高速道路(株) 村田賢士 児玉亮治 尾関 淳
鹿島建設(株) 正会員 柴田佳彦 新川健二 高柳 哲 ○永谷英基 劉 偉晨 川野健一

1. はじめに

近年、大断面泥土圧シールド工法において、従来、泥土圧シールド工法で使用されていた加泥材に替えて気泡を使用する気泡シールド工法を採用するプロジェクトが増加している。従来工法と比較すると、加泥材の使用量を抑制できることから掘削土の低減につながることで、ならびに掘削後は掘削土内に残存している気泡がチャンバー内の圧力環境下から大気圧下に解放されて消泡することから、気泡混合前の自然状態に近い土砂性状に戻ることで掘削土の処理や運搬が容易となり、その費用を抑制することにメリットがある。気泡混合掘削土の塑性流動性は、室内土質試験によって評価することが慣例となっているが、目視・触手で塑性流動性を判断することが多く、客観的な定量評価ができていない。そこで、気泡混合掘削土の塑性流動性を定量的に評価するため、従来の土質試験方法および新たな試験装置による評価方法を比較検討した。

2. 試験条件

試験には写真-1に示す砂質土を使用した。粒径加積曲線を図-1に示す。細粒分含有率 $F_c = 7.4\%$ 、均等係数 $U_c = 5.1$ と分級された砂に区分される土である。試験時の含水比 w は 5, 6, 8% の 3 水準を対象とした。

気泡は高性能起泡剤を発泡したものを使用した。発泡条件を表-1に示す。発泡倍率を抑えた標準配合、および高発泡とした特殊配合の 2 水準を対象とした。気泡の混合率は外割り体積比として、20%に統一した。

3. 従来の室内土質試験

気泡シールド工法において切羽を安定的に保持するためには、気泡混合掘削土の塑性流動性および止水性を確保することが最も重要である。塑性流動性は気泡混合掘削土の塑性変形の容易性と液体状の流動性の 2 つの意味を包含する用語である。適度な塑性流動性の 1 つの目安としてスランプが 15 cm 程度以内と言われているが、明確な定義や指標が確立されていない。さらに、気泡混合掘削土は気泡が破泡・消泡するため、経時変化による影響も考慮する必要がある。

実施した室内土質試験は写真-2に示すミニスランプ試験 (JIS A 1101 準用, スランプコーン高さ 15 cm)、テーブルフロー試験 (JIS R 5201)、ベーンせん断試験 (JGS 1411 準用, ブレード寸法 2×4 cm) である。ベーンせん断試験は、粘性土を対象とする場合に実施することが多い。また、ミニスランプ試験では粘性土がスランプコーンに付着して落ちないという状況も生じる。

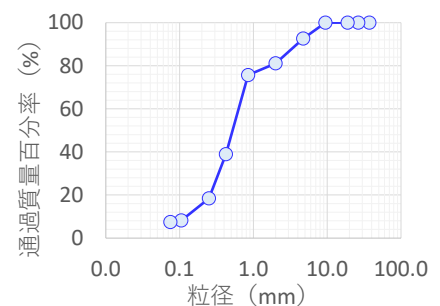


写真-1 試験土 図-1 試験土の粒径加積曲線

表-1 発泡条件

仕様	標準配合	特殊配合
起泡剤濃度 (%)	2.5	5.0
発泡倍率 (倍)	20	25
注入率 (%)	20	20



(a) ミニスランプ試験



(b) テーブルフロー試験



(c) ベーンせん断試験

写真-2 室内土質試験

キーワード：塑性流動性、気泡、ミニスランプ、テーブルフロー、ベーンせん断

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 TEL 042-485-1111

4. 塑性流動性評価試験装置

従来実施してきた室内土質試験の代替法として、写真-3に示す塑性流動性評価試験装置を開発した。写真-3(a)左側の容器(断面150×150 mm, 深さ200 mm)に気泡混合掘削土を満たし、同写真右側のくし型載荷板を気泡混合掘削土の上に設置し、必要に応じて重錘を設置することで上載荷重を付与できる。本試験装置では、塑性流動状態に応じて変化するくし型載荷板の沈下量を測定する(同写真(b))。礫分を含む土であっても、くし型載荷板に取り付けたくしの間隔の変更によって対応可能である。従来の室内土質試験では対応できなかった粒度分布の土に対しても統一的に試験を実施でき、定量的に塑性流動性を評価できることが特長である。

5. 試験結果の比較

既述した3種の室内試験と今回開発した試験装置による評価結果を図-2に示す。まず、ミニスランプ値との比較に関して、含水比が高くなり流動性が増加すると、ミニスランプ値とくし型装置の沈降量がともに増大する。

テーブルフロー値に関して、流動性が増加するとテーブルフロー値とくし型装置の沈降量がともに増加するが、テーブルフロー値が160 mm程度になると値が一定に落ち着く。一方でくし型装置の沈降量は流動性の増加を明確に捉えている。

ベーンせん断強さに関して、流動性が増大するとベーンせん断強さは低減し、くし型装置の沈降量は増加している。テーブルフロー値同様に、ベーンせん断強さが小さい領域では値が一定値に収束しているが、くし型装置の沈降量は流動性の増加を敏感に捉えている。

また、実験状況を写真-4に示す。左側は土に流動性がなく、くし型載荷板がほとんど沈下しない状態である。一方、右側は土の流動性が高くくし型載荷板が完全に沈下しきった状態を示している。

以上のように、今回開発したくし型装置を使用すれば、目視・触手に頼ることなく、塑性流動性を定量的に把握できる可能性があることが分かった。

6. おわりに

個人差がなく定量的に気泡混合掘削土の塑性流動性を評価できる試験装置を開発し、従来の試験方法とも整合する良好な相関関係を得た。さらに、特に高含水状態では従来方法よりも塑性流動性の変化を敏感に捉えられることを確認した。今後、くしの幅や離隔を変えた際の影響について検討を進め、気泡混合掘削土の塑性流動性の評価方法を確立し、横浜環状南線公田笠間トンネル工事で実証していく。

参考文献

1) 足立ら：土圧式シールド工法～その理論と応用～，鹿島出版会，2009。

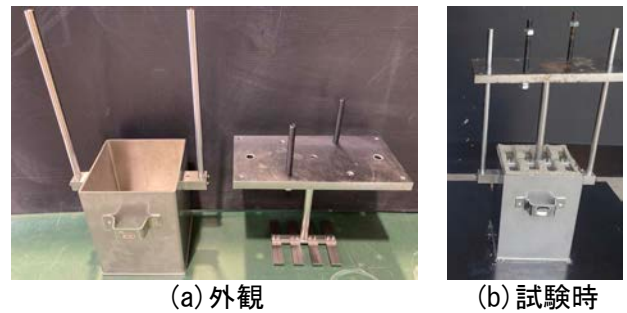
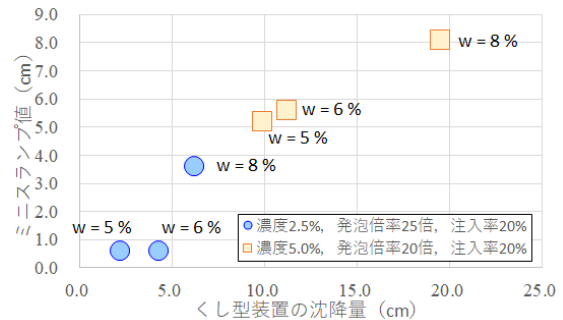
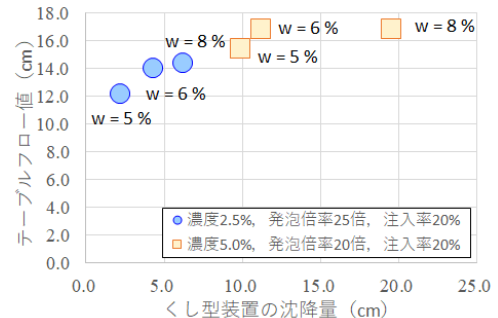


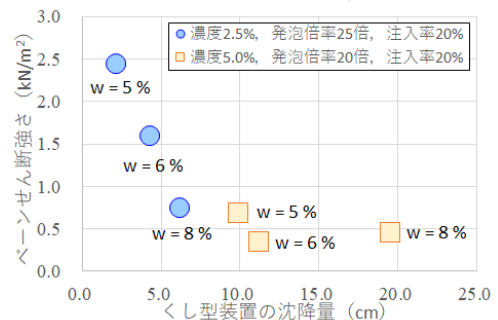
写真-3 塑性流動性評価試験装置



(a) ミニスランプ値とくし型装置沈降量の関係



(b) テーブルフロー値とくし型装置沈降量の関係



(c) ベーンせん断強さとくし型装置沈降量の関係

図-2 試験結果の比較



写真-4 塑性流動状態