

改良型塑性流動性評価試験装置による気泡混合掘削土の塑性流動性評価

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

1. はじめに

近年、大断面シールド工事中において、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。気泡シールド工法は、切羽あるいはチャンバ内に、特殊起泡材により作られた気泡を注入することで掘削土の流動性と止水性を向上させ、かつ掘削土の付着を防止できるため、切羽の安定を保持しつつ掘進できる工法である¹⁾。気泡シールド工法を採用した現場における施工管理は、気泡混合掘削土の塑性流動性を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、土の種類や加泥材添加量が塑性流動性に影響を与えることが知られている。そのため、目視・触手で塑性流動性を最終的に判断することが多く、客観的な定量評価ができていないという課題がある。そこで、気泡混合掘削土の塑性流動性を客観的に定量評価するため、新たな塑性流動性評価試験装置（以下、くし型試験装置）を開発し²⁾、目視・触手による定性的な評価を数値化したので、その内容について報告する。

2. くし型試験装置の改良

従来実施してきた室内土質試験の代替法として、写真－1(a)に示すくし型試験装置¹⁾を開発した。本装置の容器内に気泡混合掘削土を詰め、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ことで、塑性流動性を定量的に評価できる。しかし、試料の状態が硬く、重錘の自重だけでは貫入できない場合もあり、このような流動性が低い供試体が対象の場合は塑性流動性の評価が困難であった。そこで、写真－1(b)のように、落下高さを任意に設定できるように装置を改良した。くし型載荷板（重錘込み）に落下高さを加味することで、流動性が低い供試体にも貫入できるようになった。また、くし型載荷板を落下する時の安定性を高めるため、落下板にガイドローラーを取り付けた。

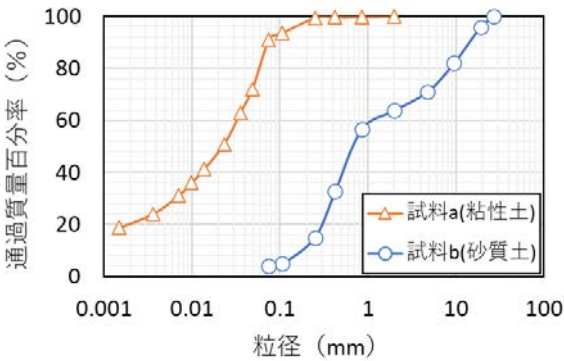
3. 試験条件

土の種類が塑性流動性評価に与える影響を検証するために、図－1に示す2種類の粒度の土を使用した。試料aは細粒分を90%以上含有する粘性土であり、試料bは細粒分含有率 $F_c = 4.3\%$ の砂質土である。また、現場への適用実績から、砂質土には高性能気泡材を添加し、粘性土には起泡溶液（発泡せず）を添加することで、塑性流動状態を6水準に調整した。使用した気泡の仕様を表－1に示す。なお、注入率は外割りとした。



(a) 改良前（従来型） (b) 改良後（改良型）

写真－1 塑性流動性評価装置



図－1 試料土の粒径加積曲線

表－1 気泡仕様

Case No.	気泡仕様	注入率
a-1~6	濃度 2.5%, 無発泡	5%~30%
b-1~6	濃度 5%, 25 倍発泡	5%~30%

キーワード 気泡シールド工法, 塑性流動性, 気泡混合掘削土, 気泡, 起泡材, 起泡溶液

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. 試験結果

試料 a(粘性土)を対象に、従来型および改良型のくし型試験装置で試験を行った上で、モルタルフロー試験 (JIS R 5201) と比較した試験結果を図-2 に示す。従来型の場合、モルタルフロー値が 140 mm 以上の流動性が高い領域では、モルタルフロー試験より高感度で粘性土の塑性流動性を評価できた²⁾。しかし、流動性が低い粘性土に対しては、フロー値が 140 mm を下回ると試料の状態が硬く、くし型載荷板 (重錘込み) の自重 (3 kg) だけでの貫入が困難であった。改良型では、10 cm の落下高さ (写真-1 (b)) を設けたことから、モルタルフロー値が 140 mm 以下の流動性が低い領域でも高感度に塑性流動性を評価できた。以上、改良型では、気泡注入に伴う塑性流動性の増加を良好かつ広範囲において評価することができた。

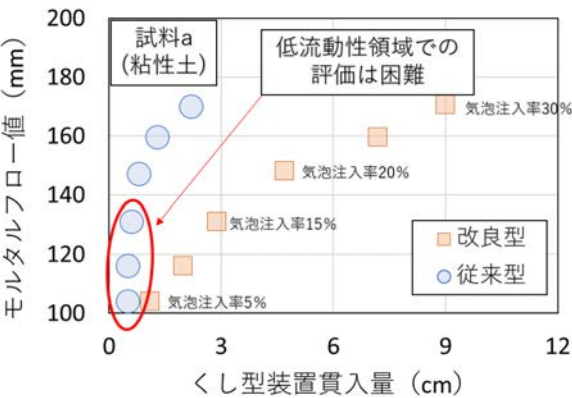


図-2 従来型と改良型による試験結果の比較

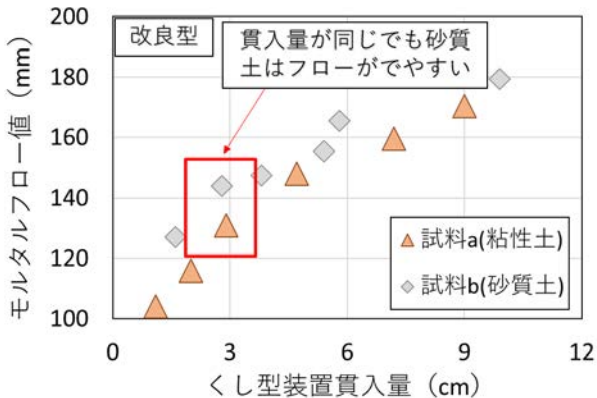


図-3 砂質土と粘性土を対象とした場合の比較

試料 a (粘性土), b (砂質土) を対象とした改良型くし型試験装置貫入量の比較結果を図-3 に示し、代表的な試験状況 (赤枠) を写真-2 に示す。くし型装置の貫入量は、土の種類に関わらずモルタルフローの結果と同様の傾向を示しており、同じ貫入量で比較すると砂質土は粘性土よりモルタルフロー値が高かった。粘性土と砂質土を人間が目視・触手で塑性流動性を評価した際に、概ね同等の流動状態と評価した場合でも、モルタルフロー試験を実施すると、粘性土は粘着力の影響で底板と引っ付き、フロー値が出にくく過小評価する傾向が見られた (図-3, 写真-2)。一方、くし型試験装置では粘性土も砂質土も概ね同じ貫入量であり、目視・触手と同等の評価を数値化できた。

	試料 a(粘性土)	試料 b (砂質土)
目視・触手		
モルタルフロー		
くし型試験装置		

写真-2 触手評価に近い粘性土と砂質土の試験状況

5. 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ように既往のくし型試験装置を改良した結果、流動性が低い土砂を対象とした場合でも良好に塑性流動性を評価できた。また、試料土の種類を問わず、目視・触手に近い評価結果を数値化することができるため、今後、横浜環状南線公田笠間トンネル工事での施工管理にも活用していく。

参考文献

1) 気泡シールド工法技術協会：気泡シールド工法技術資料，2020。
2) 永谷ら：気泡混合掘削土の塑性流動性評価試験装置の開発，土木学会第 77 回年次学術講演会，2022。