

土の柔らかさを測定する試験方法の開発

東京都市大学 学生会員 ○岩井 勝哉 東京都市大学 正会員 末政 直晃
東京都市大学 非会員 河口 怜央 TRD 工法協会 非会員 木下 文男

1. はじめに

土留め壁や止水壁などとして適用可能であるソイルセメント地中連続壁は、連続壁造成工法の一つである TRD 工法によって造成することができる¹⁾。写真 1 に TRD 機(I型)による TRD 工法施工時の様子を示す。当工法は、地中に挿入したカッターチェーンを上下方向に周回させることで地盤を掘削し、鉛直方向に固化液と原位置土を混合攪拌させることで、ソイルセメントを地中で造成する工法である¹⁾。その際、最適な配合仕様で施工するために、固化前のスラリーを測定する必要がある。現在、スラリーの測定方法としてテーブルフロー試験が使用されているが、表面付近の試料のみの測定に留まっていることや測定時間が長いという課題がある。そこで本研究では、スラリー状の混合攪拌物の柔らかさを簡易かつ素早く測定できる試験方法の確立を目的としている。本報告では、TRD 工法によって攪拌された混合スラリーや固化液混合スラリーに対して、重錘を用いた貫入試験を実施し、当試験方法の有用性を検討する。



写真 1 TRD 工法

2. 試験概要

写真 2 に重錘貫入試験の様子を示す。本試験は、調整池の遮水壁として造成中の 12.58m のソイルセメント壁を対象とした。表 1 に試験概要を示す。使

用した重錘は、重量 21.3N の重錘①と重量 37.2N の重錘②の 2 種類であり、混合スラリーと固化液混合スラリーに対して各重錘を用いた貫入試験を実施した。貫入速度は 126.mm/sec で一定に貫入した。混合スラリーは原位置土と水を混合したものであり、固化液混合スラリーは混合スラリーにセメントを混合したものである。現場で測定したテーブルフロー値は、混合スラリーが 201.5mm, 固化液混合スラリーが 232.5mm であった。全ケースで貫入時の重錘重量と貫入時間を測定し、測定結果より貫入深度を算出した。重錘②のみ貫入不能時に 10cm 程度引き上げ、再度貫入を行った場合も検討した。測定結果から、スラリーの深度分布を確認するために非排水せん断強度を求めた。



写真 2 重錘貫入試験の様子

表 1 試験概要

	重錘	対象スラリー	再貫入
case1	①	混合	なし
case2	①	固化液混合	なし
case3	②	混合	なし
case4	②	混合	あり
case5	②	固化液混合	なし
case6	②	固化液混合	あり

キーワード TRD 工法 重錘貫入試験 ソイルセメント せん断強度 テーブルフロー値
〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学 TEL:03-5707-0104

3. 試験結果

式(1)に非排水せん断強度の算出式を示す。

$$C_u = \frac{\Delta F}{N_B \cdot A_p + \alpha \cdot A_s} \quad (1)$$

ここで、 C_u ：非排水せん断強度(kN/m²)、 ΔF ：重錘重量と測定重量の差分(kN)、 N_B ：ボール係数(12)、 A_p ：重錘の断面積(m²)、 α ：重錘の粗度(0.5)、 A_s ：重錘の表面積(m²)である。図1に時間当たりの重錘重量の結果を示す。 ΔF は重錘重量から各時間で測定した重量の差分をスラリーから受ける抵抗として算出した。

3-1. 混合スラリーに対して

図2に混合スラリーに対する試験結果を示す。図2より、Case1では深度5.8mで、Case3では深度5.2mで貫入不能となった。Case4では深度6m付近と9m付近で貫入不能となったため、両深度で再度貫入を行い、深度10.6mで貫入不能となったため測定を終了した。まず、重量の軽いCase1に着目すると、深度2m以深のせん断強度は0.4~0.6kN/m²の範囲でやや増加傾向を示している。次に、重量の重いCase3におけるせん断強度は、深度ごとの増減幅が大きいことが確認できる。一方で、Case4におけるせん断強度は、深度2m~4mまで安定しており、深度5m付近で急激に増加した後、深度6m以深では緩やかに増加している。以上より、対象の混合スラリーは深度6m付近で貫入が困難であり、せん断強度が高いことから、同深度付近のスラリー中に小さな流木など何らかの障害物があつた可能性が高いと推測される。

3-2. 固化液混合スラリーに対して

図3に固化液混合スラリーに対する試験結果を示す。図3より、Case2では深度0.5mで、Case5では深度5.0mで貫入不能となった。Case6では深度5.5m付近と7.5m付近で貫入不能となったため、混合スラリーと同様に、10cm程度引き上げ後にそれぞれ再度貫入を行い、貫入不能となった深度9.0mで測定を終了した。まず、Case2では対象地盤に固化剤を使用しているため、Case1より貫入が困難であつた。一方でCase5に着目すると、Case3と遜色なく貫入できていることがわかる。また、Case6におけるせん断強度が深度5.8mと7.8mで急激に減少しており、この要因として、引き上げによる再貫入した行為が影響していると考えられる。この点を除けば、深度4m以深ではせん断強度が安定しているといえる。以上より、

対象の固化液混合スラリーは混合スラリーに比べ、比較的均一であつたことが考えられる。

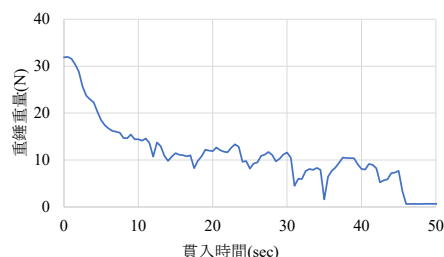


図1 実測値の例

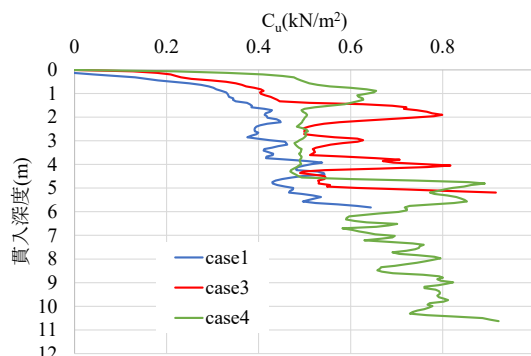


図2 せん断強度の深度分布(混合スラリー)

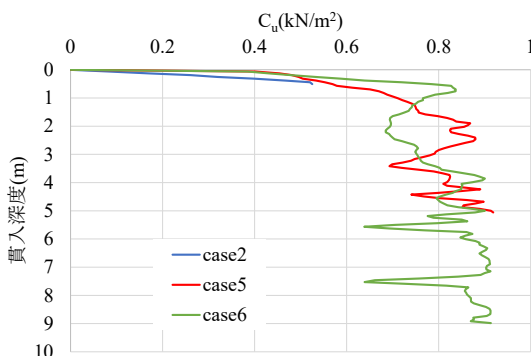


図3 せん断強度の深度分布
(固化液混合スラリー)

4. まとめ

重錘貫入試験によってスラリーの強度測定を検討した結果、以下の結論が得られた。

- (1) スラリーの表面から採取するテーブルフロー試験に比べ、重錘貫入試験は深度毎のスラリーの強度が確認できるため、スラリー全体の性状を確認することができる。
- (2) 貫入が困難であつた位置では、せん断強度が高いため、スラリー内に障害物があつた可能性がある。途中で停止することなく、より深い深度まで貫入させるためには、重錘を改良する必要がある。

参考文献

- 1) TRD 工法協会 HP：工法の紹介，2021年3月8日閲覧，<http://www.trd.gr.jp/>