

## 重錘を用いた新しい貫入試験方法の開発

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 学生会員 柴田 健吾 TRD 工法協会 非会員 木下 文男

### 1. はじめに

ソイルセメント連続地中壁工法<sup>1)</sup>は地上から地下の壁を造成するものであり、掘削とセメントミルクを混合攪拌することによって造成される。写真1にソイルセメント連続地中壁を示す。この連続地中壁には、土留め壁や止水壁の構造的機能及び止水機能がある。現在、現場におけるソイルセメントの品質管理試験としてテーブルフロー試験が用いられているが、測定時間が長いことから、短時間かつ簡易的に測定することが可能な試験方法が求められている。そこで、本研究ではソイルセメントの柔らかさを測定するための新しい試験方法の確立を目的としている。大石らの研究<sup>2)</sup>から、3種類の試料において、柔らかさを測定するために用いられているボール貫入試験は、テーブルフロー試験と同様の結果が得られたことを報告している。図1に試験結果を示す。このことから、ボール貫入試験を改良することで簡易的に実施することができる試験機の開発が可能であると考え、ボール貫入試験を基に新しい試験装置の実用化を検討する。本報告では、新しい試験に用いるための重錘を選定するため、室内模型実験を実施し、また、実験結果から、大石らによる他の試験結果との比較を行った。

### 2. 実験概要

本実験では、青粘土を用いて仮想軟弱地盤を作成した。青粘土の液性限界は43.63%<sup>2)</sup>であったため、含水比45%～65%の範囲で変化させ、重錘貫入試験を実施した。写真2に使用した重錘を、表1に重錘の概要を示す。重錘の性能比較を行うため、①～④の球状重錘には①との体積比が1～4倍のものを使用し、また、重さが不十分であると仮想軟弱地盤に貫入しない恐れがあるため、①と③の重錘と直径、断面積が等しく質量比が4倍の弾丸状である⑤と⑥を用いて貫入及び引抜試験を実施した。貫入及び引抜の際には载荷試験装置(島津製オートグラフ)を使用し、重錘をピアノ線で吊るし、高さ650mm、直径200mm、含水比45%～65%の4段階の仮想軟弱地盤に対し、貫入深さ300mm、速度5.0mm/secで貫入試験を行った。また、貫入試験後に続けて引抜試験を速度10.0mm/secで行い、重錘の性能比較を実施した。また、実験開始前には重錘を手で持ち上げて無負荷状態にしてロードセルのゼロ点補正を実施した。これによりピアノ線に作用する重錘の重量変化を計測することとした。



写真1 ソイルセメント連続地中壁

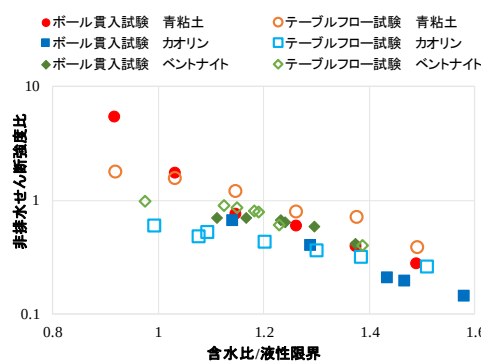


図1 各試験における非排水せん断強度比

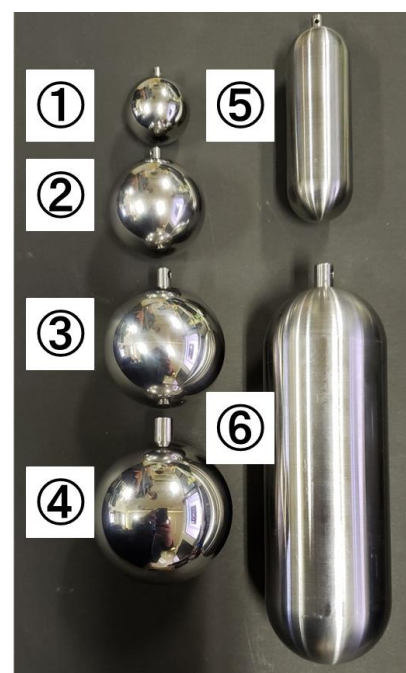


写真2 使用した重錘

キーワード TRD 工法 重錘 貫入試験 青粘土

〒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. 実験結果

図2に含水比55%の仮想軟弱地盤における深度と重錘重量の関係を示す。ここで含水比45%の地盤では全ての重錘による貫入が確認できず、また、含水比50%では重錘①、②による十分な深さまでの貫入が確認できなかったため、これらのケースの実験結果を除いた。図2より、横軸は重錘の計測重量であり、図中の○印が開始点(値は重錘重量)を示している。図2では、重錘は貫入時に抵抗力を受けることにより、計測される重量が減少しているが、引抜時には貫入時に生じた空隙により、無負荷に近い状態(重錘重量と同等)で引き上げられていることが表されている。重錘①及び②に着目すると、これらの重錘重量は負の値を示していることから、十分な深度まで貫入されていないことがわかる。また、球状の重錘①及び③と弾丸状の重錘⑤及び⑥の結果を比較すると、弾丸状である重錘の方が貫入しやすいことが確認された。図3に重錘の貫入に伴う抵抗圧力と各段階の含水比との関係を示す。図3より、どの含水比においても重錘⑤及び⑥の貫入抵抗圧力は、重錘①～④の貫入抵抗圧力より大きくなっていることがわかる。これは、重錘⑤と⑥は弾丸状であるため、周面摩擦がより大きく働くためである。図4に非排水せん断強度と含水比の関係を示す。大石らの研究<sup>2)</sup>で得られた非排水せん断強度の結果と、本実験で得られた結果を比較するにあたり、本報告では球状重錘の中で最も重量が重い重錘④と十分な貫入が確認された重錘⑥の結果を比較することとする。各重錘における非排水せん断強度の算定においては式(1)、(2)を用いた。

球状重錘貫入試験

$$C_u = \frac{\Delta F - \gamma_t V_B}{N_B - \pi r_B^2} \quad (1)$$

弾丸状重錘貫入試験

$$C_u = \frac{\Delta F - \gamma_t V_B}{(N_B + 8\alpha)\pi r_B^2} \quad (2)$$

ここで、 $\Delta F$ :深度0mmにおける重錘重量から深度270~300mmにおける重錘重量の平均値を引いた値、 $N_B$ :ボール係数(15)、 $r_B$ :重錘の直径、 $\gamma_t$ :青粘土の比重(17kN/m<sup>3</sup>)、 $V_B$ :重錘の体積、 $\alpha$ :重錘の粗度(0.5)とした。図4より、2つの重錘貫入試験とボール貫入試験及びテーブルフロー試験の試験結果を比較すると、どの試験方法においても含水比が増加するとともにせん断強度がやや減少していることがわかる。

### 4. まとめ

本実験結果より、最も重錘貫入試験に適している重錘は、十分な深さまで貫入することができた重錘⑥であった。また、ボール貫入試験やテーブルフロー試験との試験結果と同様の傾向が示された。

### 参考文献

- 1)TRD 工法協会：TRD 工法の概要，<http://www.trd.gr.jp/>，2020年1月9日閲覧
- 2)大石ら：セメント系改良土の固化遅延に関する研究，2019年3月

表1 重錘の概要

|   | 直径(mm) | 質量(g) | 体積(mm <sup>3</sup> )  | ①との体積比 |
|---|--------|-------|-----------------------|--------|
| ① | 28.6   | 97.7  | 641                   | 1      |
| ② | 41.3   | 292   | 1337                  | 2      |
| ③ | 50.8   | 549   | 2026                  | 3      |
| ④ | 57.2   | 770   | 2564                  | 4      |
|   | 直径(mm) | 質量(g) | 断面積(mm <sup>2</sup> ) | ①との質量比 |
| ① | 28.6   | 97.7  | 641                   | 1      |
| ⑤ | 28.6   | 387   | 641                   | 4      |
|   | 直径(mm) | 質量(g) | 断面積(mm <sup>2</sup> ) | ①との質量比 |
| ③ | 50.8   | 549   | 2026                  | 1      |
| ⑥ | 50.8   | 2170  | 2026                  | 4      |

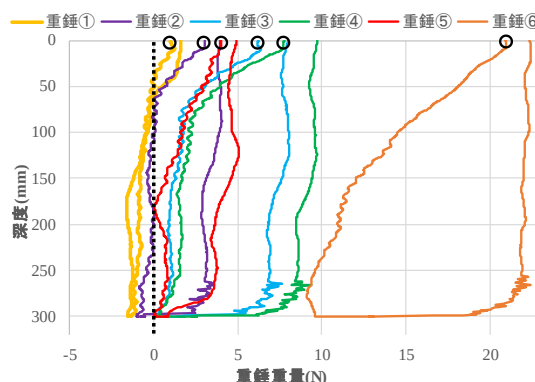


図2 深度と重錘重量の関係(w=55%)

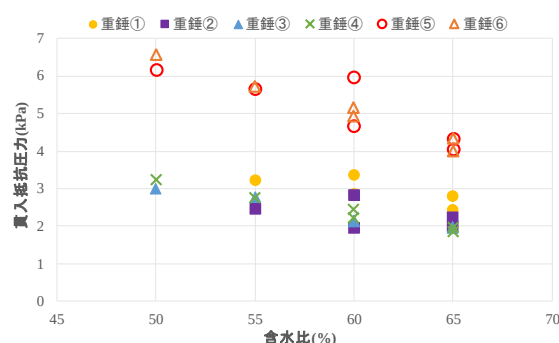


図3 貫入抵抗圧力と含水比の関係

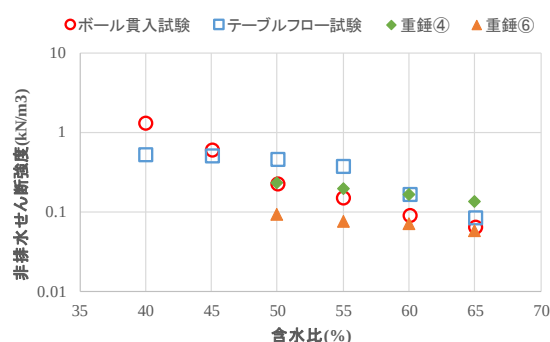


図4 非排水せん断強度と含水比の関係