

シールドチャンバー内での双対式土圧測定に基づく泥土性状評価の基礎検討

大成建設 技術センター 正会員○池上 浩樹 正会員 石井 裕泰
 同上 土木技術部 正会員 志田 智之

1. はじめに

地盤が比較的軟弱な我が国の都市部において、シールド工法は地下のインフラを構築する非開削工法として広く用いられている。今後も国内外での活用が見込まれる土圧式シールド工法に関する近年の技術課題の一つとして、周辺地盤の変状を極力抑えるための掘削管理についても改善や高度化の必要性が認められる。本研究は、掘削管理の一環としてシールドマシン前面のカッターヘッドとバルクヘッドに挟まれた空間（シールドチャンバー）内の掘削土性状を把握する試みである。本報では、本取組みの代表的特徴となる「双対式」の土圧測定の概要と室内実験結果について報告する。

2. 攪拌翼・固定翼側面での双対測定と実験概要

著者らの取組みでは、カッターヘッドやバルクヘッドに設置される攪拌翼および固定翼それぞれの2側面に土圧計を双対式に取り付ける方法を採用した（図1）。この双対式土圧測定法に関して、加圧機構を有する土槽と攪拌翼模型で構成される小型模型装置を作製し、室内試験を実施した。図2に実験概要を示す。試料を密閉し、加圧することのできる土槽内で、「双対式」に土圧計を取付けた攪拌翼模型を上下に移動させながら、土圧を測定する。土槽の底板側にはゴム板を設置し、底板とゴム板の間に空気を供給することで土槽内部の土質試料を加圧する機構となっている。また、土槽上部の蓋には圧力計を設置しており、空圧により試料に作用した圧力を直接確認できるようになっている。

3. 実験条件

実験手順は次の通りである。すなわち、①攪拌翼模型を蓋から50mmの位置に設置する、②本体部上端まで試料を満たす、③蓋を本体部に取り付けて試料を密閉する、④底板とゴム板の間に圧力を作用させ蓋で計測される圧力が所定の圧力になったことを確認する、その上で、⑤攪拌翼模型の押下げ・引上げ370mmを1サイクルとして2サイクルの測定を行う。

実験に用いた試料のうち、本報では代表として砂礫を扱う。その粒径加積曲線を図3に示す。図中の泥土化境界線は泥土圧シールド工法の技術資料¹⁾に示されたもので、この線を基準に加泥材濃度や使用量の目安を算定する。粘土・ベントナイトを用いて作製した加泥材を添加し、塑性状態、塑性流動状態を想定して表1に示すスランプの異なる試料を用いて測定を行った。

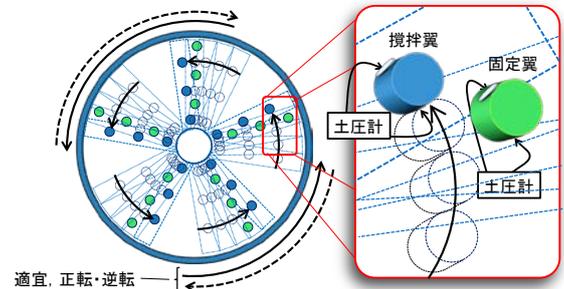


図1 シールドマシン正面図と双対式土圧測定

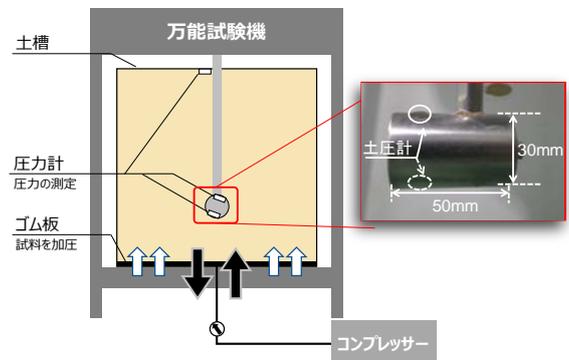


図2 実験概要と攪拌翼模型拡大図

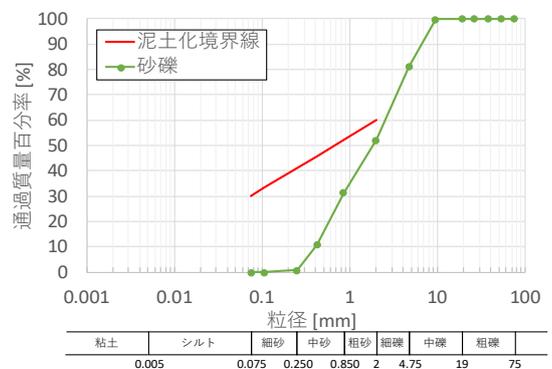


図3 試料の粒径加積曲線

表1 加泥材条件とスランプ値

ケース	試料	加泥材濃度 [%]	使用量 [l/m ³]	スランプ [mm]
Case1	砂礫	80	480	9
Case2	砂礫	90	540	52

キーワード 都市土木, シールドトンネル, 加泥材

連絡先 〒245-0003 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株) 技術センター TEL045-814-7221

4. 実験結果

本報では、圧力 100kPa、移動速度 50mm/分の結果を基本条件としてまとめる。図 4 に Case1 に対して行った実験結果を示す。上図には土槽上部と攪拌翼模型に各々設置した土圧計の経時変化を示し、下図に攪拌翼模型の初期位置から深度方向への移動距離の経時変化を示す。押下げでは、移動方向に対して前面側となる下側土圧計の圧力が、背面側となる上側土圧計の計測値よりも大きな値を示し、引上げではその大小関係は逆転している。こうして前面側、背面側の関係が移動方向に応じて変化することは、現場実測データにおいても、「双対式」の土圧測定に共通する結果となっており、本装置により実機での特徴的な挙動を再現することができた。

図 5 に Case1 に対して、圧力が 100kPa と 500kPa の場合の、下側と上側の土圧の差の経時変化を示す。圧力水準を考えても、土圧の差の大きさには違いは見られず、押下げ・引上げともに 50kPa~100kPa 程度の差を確認した。図 6 には砂礫地盤掘進時のシールドマシン実機で測定された「双対式」の土圧の差を示す。カッタービットの回転方向に応じて「双対式」での土圧の大小関係が入れ替わる点において、定性的に実験と同じような傾向になっている。室内実験およびシールドマシンのいずれでも、土圧の差が大きく変動する理由として、混入する礫との接触が考えられる。

図 7 にスランプ値の異なる Case1, Case2 に対して行った試験の圧力差を時刻歴記録として示す。スランプ値が大きい場合でも、移動方向に応じて、「双対式」での土圧の大小関係が入れ替わる傾向が確認できる。加えて、圧力の差の水準は塑性流動状態を想定した Case2 の方が、塑性状態を想定した Case1 より小さくなった。このことは、塑性流動状態の適否判断にあたって、「双対式」で得た圧力の差を指標にできることを示唆するものと言える。

5. まとめ

本報では、攪拌翼・固定翼に双対に土圧計を設置する「双対式」土圧測定法について、概要と前面・背面側の圧力差に着目した室内実験の結果をまとめた。シールドマシン実機での測定結果との比較により、室内実験によって定性的にシールドマシン実機と同様の傾向の結果を得ることができた。スケールや形状の異なる小型模型実験であるが、拘束圧の影響を加味したパラメトリックな実験検討に役立てられるものと考えられる。今後、土質条件の異なる掘削対象土砂に対する実験データを蓄積し、シールドチャンバー内の土砂性状の把握方法を具体化していきたい。

<参考文献>1) シールド工法技術協会：泥土加圧シールド工法-技術資料-,2011.8, http://shield-method.gr.jp/wp/wp-content/uploads/doc_tec_dk.pdf, 2021.3.25 アクセス

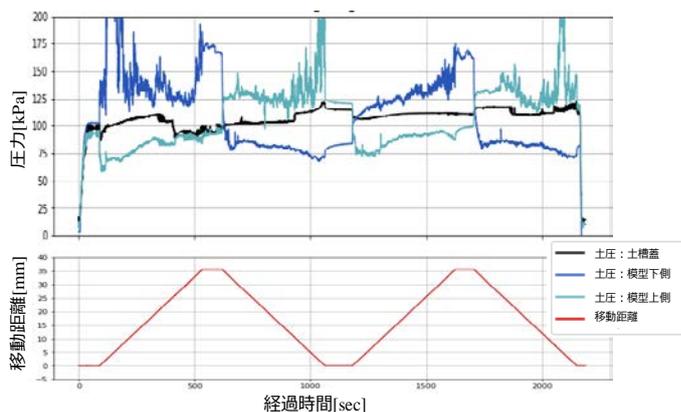


図 4 土圧測定結果 (Case1)

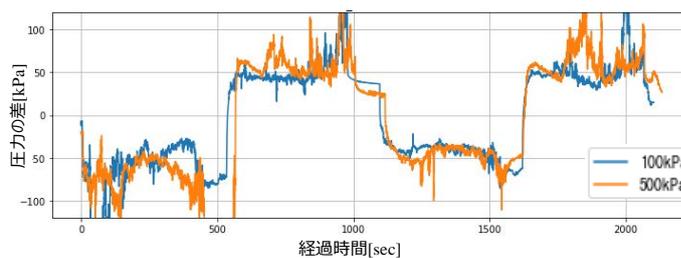


図 5 異なる圧力条件での上下圧力の差 (Case1,100,500kPa)

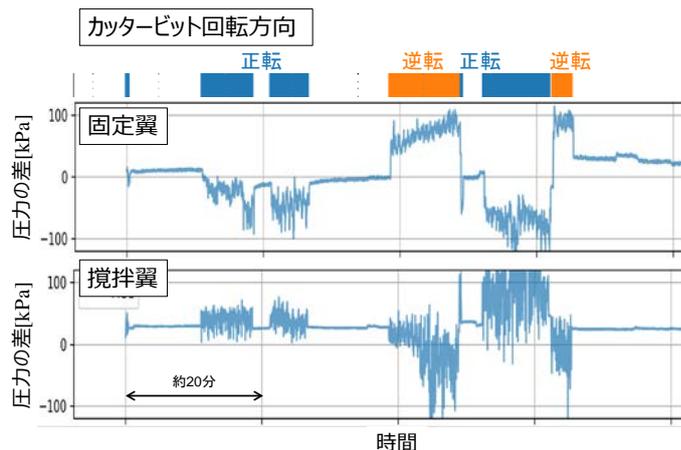


図 6 シールドマシンでの実測値 (土圧の差)

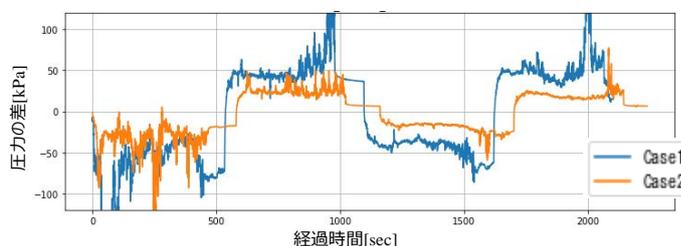


図 7 異なるスランプ条件での上下圧力の差 (Case1,2)