

シールド工法における可視化システム Visualization System in Shield Tunneling Method

劉 偉晨 川野 健一 永谷 英基
Weichen Liu, Kenichi Kawano and Hideki Nagatani

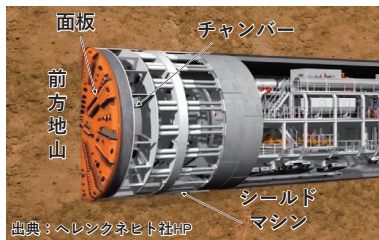
実験の背景と目的

都市部のトンネル工事ではシールドマシンを利用するシールド工法が使われる(左上図)。シールドマシンを利用することで、地表面変状を抑えながらトンネルを造ることができる。施工中にマシン前方の地山状況やシールドチャンパー内(左上図)の土砂性状をリアルタイムに可視化できれば、土質・地盤に起因する施工リスクの低減につながり、安定的にシールド掘進を進めることができる。そこで、マシン先端可視化技術を確立するために、シールド掘進時における前面地山やチャンパー内土砂の挙動を模擬できる実験装置を製作した¹⁾(右上図)。この装置を使って、マシン前方土層の違いとチャンパー内土砂性状の変化をセンシング技術でモニタリングした。

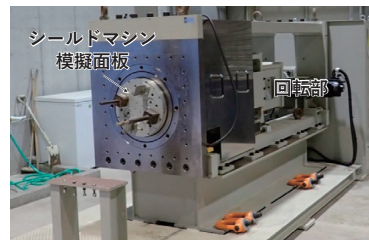
実験例

近年のシールド工事の大口径化・大深度化にあわせて、実験装置の土槽内は最大で500kPa(深度50m相当)程度の土水圧を付与できる仕様とした。マシン前方地山強度を定量的に評価するビットひずみセンサとチャンパー内掘削土砂の混合攪拌状況を可視化する攪拌翼センサを製作した(左下図)。ビットひずみセンサを用いた実験では、セメントモルタルで製作した固さが異なる模擬地盤を土槽に設置し、ビットひずみセンサを取り付けた面板を回転させることで、模擬地盤を切削する際のひずみ値の変化を計測した。実験結果から、地盤が硬くなるほど計測値が高くなり、計測値は地盤の硬さと比例関係にあることが分かった(右下図)。攪拌翼センサを用いた実験では、掘削土砂を土槽に充填し、攪拌翼センサを取り付けた面板を回転させることで掘削土砂を攪拌し、攪拌翼のひずみ値を計測した。その後、実際のシールド工事と同様に、気泡剤を注入することで土砂を柔らかくした。気泡を混合する前は攪拌翼センサの計測値は約100 $\mu\epsilon$ であったが、気泡注入後の混合攪拌によって土砂の流動性が改善され、計測値は約40 $\mu\epsilon$ まで減少した。この結果から、攪拌翼センサの計測値で土砂の流動性を評価できることが分かった。

以上述べたように、面板に取り付けたビットひずみセンサと攪拌翼センサのひずみ値を計測することで、切羽前方の地山強度や土層構成の変化、ならびにチャンパー内掘削土砂の混合攪拌状況をリアルタイムで把握することに成功した。



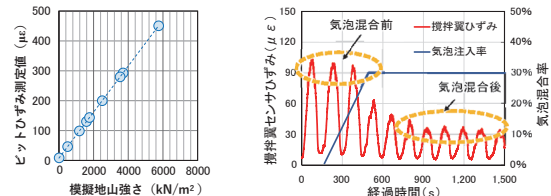
シールド工法
Shield Tunneling Method



可視化実験装置
Visualization Apparatus



ビットひずみセンサ(左)と攪拌翼センサ(右)
Cutter Bit Strain Sensor (left)
and Stirring Blade Sensor (right)



実験結果(左:地盤検知 右:土砂性状監視)
Test Results
(Left: Layer sensing; Right: Soil monitoring)

参考文献

1) 川野健一, 永谷英基: シールド切羽における塑性流動センシング技術の開発, 土木学会第76回年次学術講演会概要集, VI-394, 2021.