

流向計による土圧式シールドの掘削管理

斉藤 顕次*
Kenji Saitō

渡辺 徹**
Tōru Watanabe

平岡 博明***
Hiroaki Hiraoka

1. はじめに

土圧式シールドではチャンバー内の土の動きを知ることによって、シールドの掘削管理に有益な情報が得られると考えられる。

シンガポール地下鉄シールド工事において土圧式シールド機のチャンバー内に土圧計の他に、チャンバー内の土の動きを知るために流向計と称する計測器を開発して、設置した。

本文は土圧式シールドの掘削管理について、流向計によって得られるチャンバー内の土の動きに関する情報を中心に考察を試みたものである。

D 1～D 6：土圧計
R 1～R 7：流向計

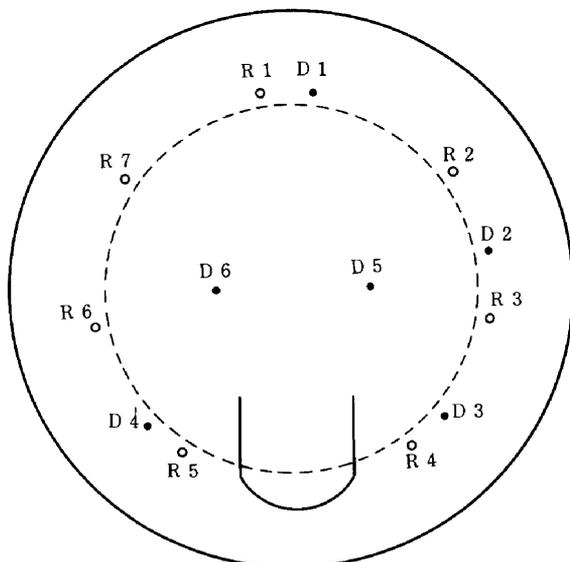


Fig.1 計測器の配置図

2. チャンバー内の計測器

チャンバーの隔壁に設置した計測器の配置を Fig.1 に示す。

*技術研究部技術研究所副所長
**技術研究部土木技術課係長
***技術研究部技術研究所

土圧計は株共和電業製の BE-5 KE86 である。

開発した流向計の原理はチャンバー内に突き出した円筒に作用する土の動きに伴う圧力を、円筒の固定端に生じる曲げひずみから、X 軸方向の応力、Y 軸方向の応力に分けて測定しこの応力を合成して円筒の変形方向を知り、土の動きを推測するものである。

カッターディスクの突起板と設置された流向計の位置関係を Fig.2 に示す。

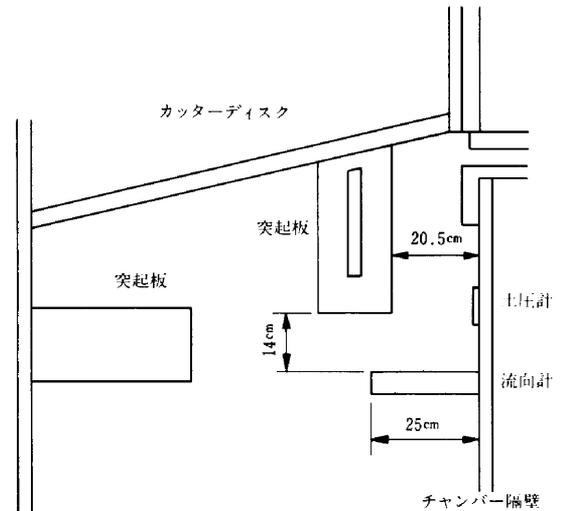


Fig.2 突起板と計測器の位置関係

突起板の回転領域と流向計との間には 14cm の間隙があり、この間隙部を突起板によって強制的に移動させられる土の性状が流向計の動きに大きく影響を与えるものと考えられる。

3. 掘削土の性状

土圧式シールドで掘削した BUGIS STATION crossover box～LAVENDER STATION 間の地質は地表より、埋土層、腐植土層、Beach sand 層（粗砂～細砂）、Marine clay 層（軟弱粘土）、Marine clay に介在する F₁ 層（粗砂～シルト質砂、砂質シルト）、F₂ 層（硬質粘土）、と続き、基盤に洪積層（硬質な砂質シルト、シルト質砂）が出現する。Marine clay 層は F₂ 層により、含水比が高く強度の低い上部 M 層と、比較的含水比が低く強度の高い下部 M 層に二分される。

シールドの切羽には M 層、F₁、F₂ 層、O 層が現れ、チャンバー内の土はカッターディスクで削り取られたこれらの土層が混合したものである。

チャンバー内より排出された土の粒度組成は Fig.3 のようになる。

シールドの掘削後半では砂分が増えており、F₁ 層、O

層を掘削していることを示している。

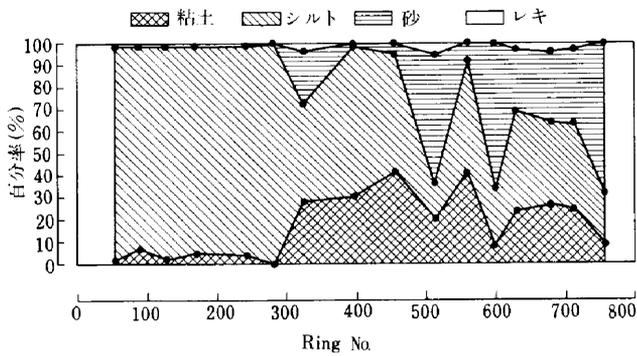


Fig.3 チャンバー排出土の粒度組成

4. チャンバー内土圧

チャンバー内の土圧計は Fig.1 に示すように切羽断面の上部、中央部、下部に相当する位置に設置されており、切羽保持圧の管理は通常では中央部の土圧計で行われる。

チャンバー内の土圧の動きを Fig.4 に示す。

中央部の土圧 (D 5, D 6) は3.0~3.5kgf/cm²の値を示しており、上部の土圧 (D 1) は砂分の増加が見られる掘削後半に2.5~3.0kgf/cm²に低下している。一方、下部の土圧 (D 3, D 4) は土の堆積や排出の状況に

よって大きな変動を示している。

チャンバー内の土圧分布は上部、中央部では正常な形を示しているといえる。

5. 流向計と土の動き

チャンバー内の土は重力とカッターディスクの攪拌翼の回転の力を受け、強制的に移動させられるかあるいはチャンバー隔壁、側壁などの周辺部に押し付けられる。

1リングの掘削中に流向計が受けた力の大きさと方向を Fig. 5~7 に示す。図中の L はカッターディスクの左回転、無印は右回転をそれぞれ示す。

流向計が受けた力の方向を突起板の回転軌跡円の接線方向、半径方向に注目して見ると、チャンバー内の上部に設置された R 1 は突起板の回転に応じて、接線方向に大きく揺れ動く。R 1 の付近では、土は流動性に富み、容易に移動ができるものと思われる。

中央部の R 3, R 6 では半径方向に大きく力を受け、接線方向の動きが拘束されている。突起板の回転によって土が半径方向に押し付けられるため、掘削の初期からこの部分に土が付着、固結する現象が見られ、土の移動が妨げられているものと思われる。

周面の R 4, R 5 は土を排出するスクリーコンベアの回転の影響を受けている。掘削の初期を除いて、R 4 は上方に、R 5 は半径方向に力を受け、共に一定の方向

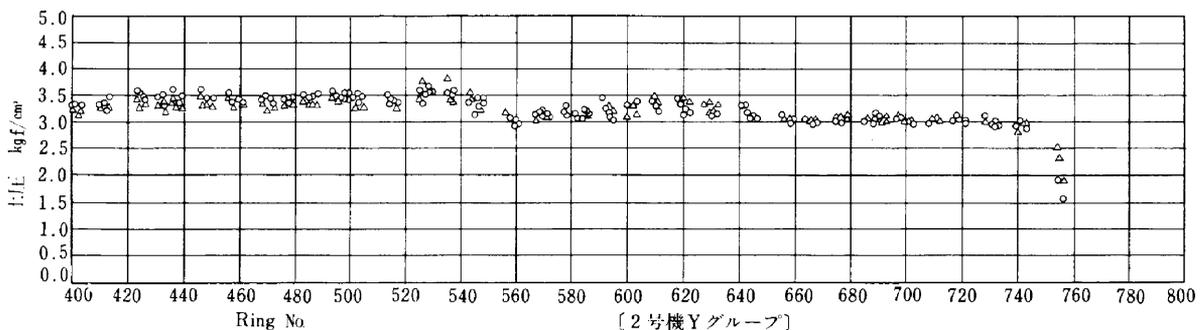
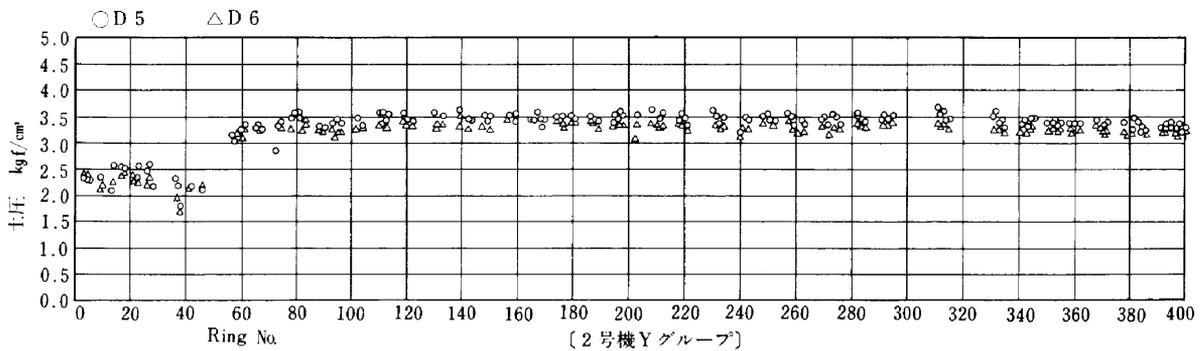


Fig.4 (1) チャンバー内土圧計の動き (D5, D6中央部)

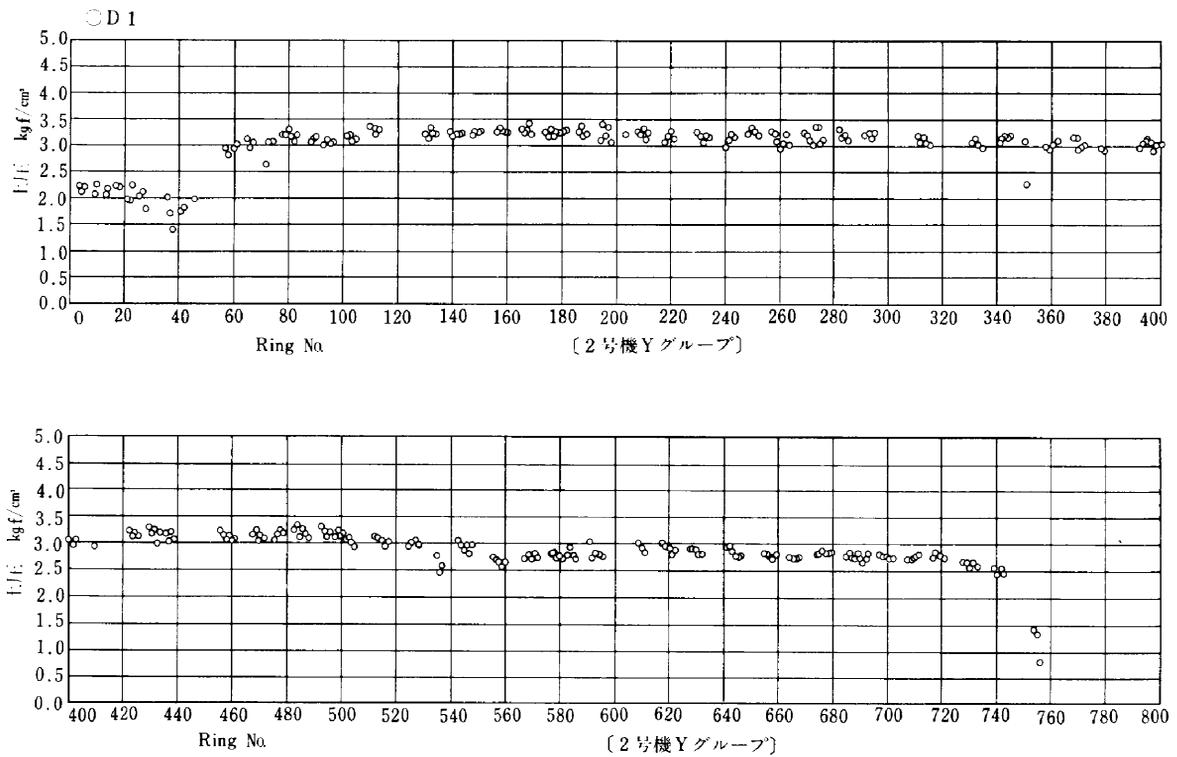


Fig.4 (2) チャンバー内土圧計の動き (D1 上部)

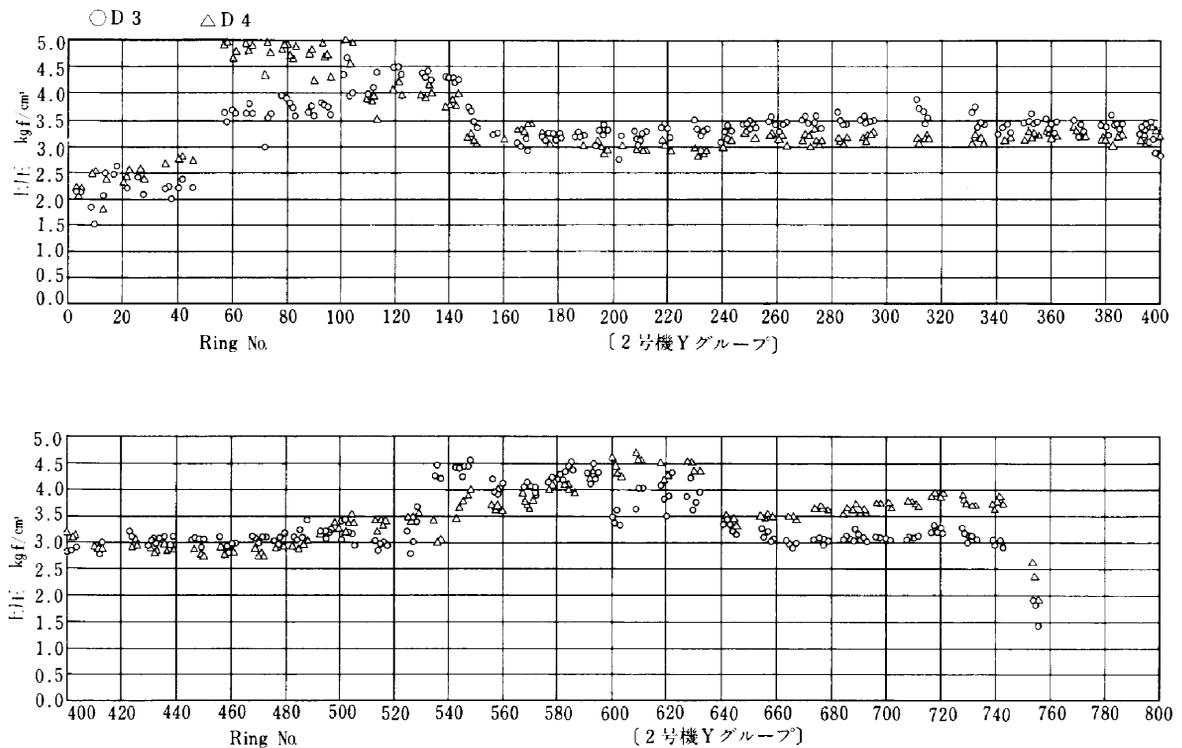


Fig.4 (3) チャンバー内土圧計の動き (D3, D4 下部)

を示している。

流向計より得られる情報は流向計が受ける力の方向と大きさであり、これらの変化から土の動きを推測する。

流向計の情報はチャンバー内からスクリーコンベア

で排出された土の性状を示すものでなく、カッター突起板の軌跡領域外における土の流動性を示すものである。

チャンバーの外に排出される土は突起板の回転軌跡内にある土と考えられるので、この土の流動性は流向計の

動きには直接、関係がない。

突起板の回転軌跡内の土は、攪拌翼の動きと一緒にな

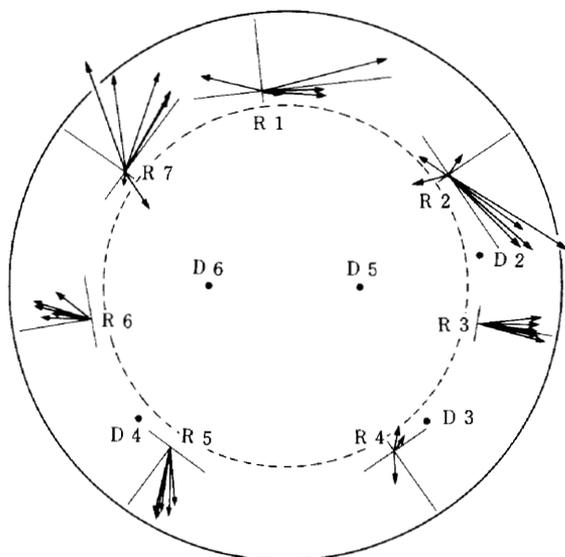


Fig.5 Ring No.244の流向計の動き

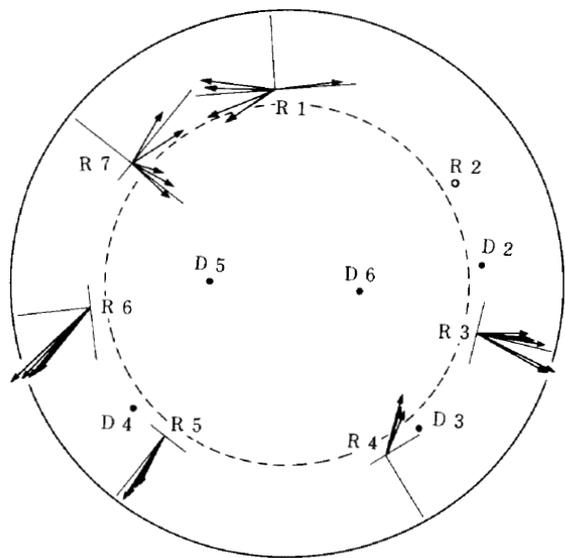


Fig.6 Ring No.456の流向計の動き

って動くが、回転軌跡外にある流向計の周囲の土は突起板の通過によって外側へ押される。また、チャンバーの上部では回転軌跡外の土でもその流動性によっては、突起板と共に動くことは考えられる。

一方、チャンバーの下部では土が堆積し、隔壁への付着、固結が考えられるので、流向計の動きが拘束される。

流向計の動きによる土の流動方向の把握は、チャンバー内の土の堆積状況を知る上で役立つ。

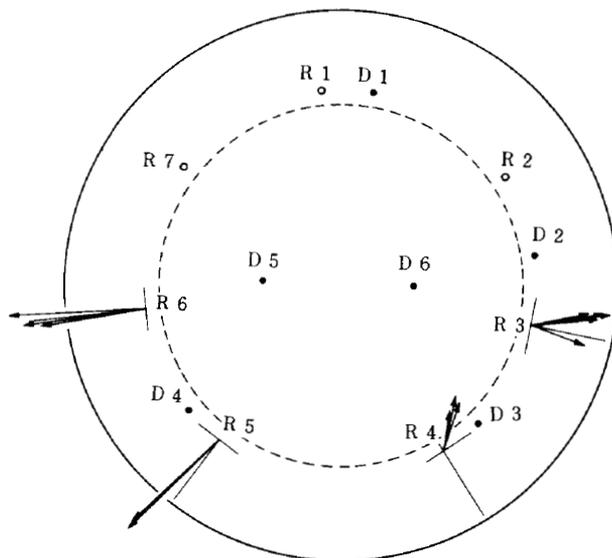


Fig.7 Ring No.680の流向計の動き

Fig. 6,7によると、掘削後半からチャンバーの下半分、R 3～R 6にかけて隔壁に沿って土が堆積しているものと考えられる。

流向計の動きは、切羽の安定管理に直接結び付くものではないが、その計測結果から推定されるチャンバー内の土の固結部分の把握はシールド機の運転管理を含むシールドの掘削管理にとって重要な情報となる。チャンバー内の固結部分の存在は推進時の抵抗となりシールド機の上下、左右の傾きの原因の一つにもなる。

6. おわりに

流向計の動きによって周囲の土の流動性の情報が得られるが、この情報を掘削管理に直接結び付けるためには様々の状況におけるデータの蓄積が望まれる。

流向計の設置を含めて掘削管理データの収集に当たりMRT南工事事務所 佐藤所長、水野課長をはじめとする事務所の皆様方、並びに関係者の方々に多大なる御協力を頂き深く感謝します。