

万能型シールド工法の開発

○大成建設（株） フェロー 栄 毅熾
 大成建設（株） 園村俊一
 石川島播磨重工業（株） 中根 隆

1. はじめに

近年、環境問題等により、地下水位に影響を与えずに山岳トンネルを掘削する方法として、切羽を密閉して掘削することが可能な高水圧対応岩盤シールドの適用が検討されている。

この場合、マシンのカッタ交換方法が課題となってくる。水圧が作用する切羽でのシールドやTBM（Tunnel Boring Machine）のカッタ交換方法としては、圧気工法や薬液注入による地盤改良もしくは、地下水位を低減させるような補助工法を用いてカッタビット等の交換を行なっているのが一般的である。しかし、これらの方法は時間と費用がかかり、土壌汚染等の環境問題も生じてくる。

これらの問題を解決するため、マシンのカッタヘッド面板をリンク支持方式にて縮径して球体内部に収納し、球体を180度回転することにより、切羽側の水圧を遮断しトンネル内の大気圧下で安全にカッタビット等の交換作業ができる万能型シールド工法の開発を行なった。

本文では、万能型シールドはカッタヘッドにリンク支持の拡張面板を採用しているため、掘進時に十分なカッタ面板の剛性を確保する必要がある。その剛性確保のため実施した荷重実験およびFEM解析結果を報告する。

2. 工法の概要

本工法は、シールド工事における「クルン工法」の適用範囲を広げたもので、カッタヘッド面板をリンク支持方式にて球体内部に縮小収納し、球体回転装置で180度回転して切羽側の水圧を遮断し、トンネル内の大気圧下で安全にカッタビット等の交換作業および面板の補修等を行なう工法である。また、地質の変化に合わせ何時でもカッタビット等の交換が可能である。

これらのことより、軟弱地盤から岩盤掘削まで1台のマシンで対応（シールド技術＋TBM技術）が可能な万能型シールド工法である。

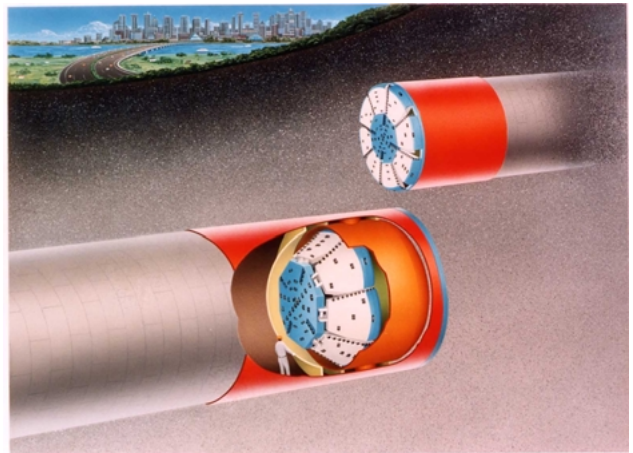


図1 万能型シールド概念図

3. 開発目的と実験方法

岩盤シールドにおいて、掘進中に地山反力によるカッタ面板の変位が大きいと、設置してある各々のローラカッタに切込み量の差異を生じ、一部のローラカッタに片あたりや偏摩耗等が発生する。カッタ面板内の変位量分布を小さくするためには、カッタ面板を厚板構造および補強リブ等を設置して十分な剛性を確保する必要がある。万能型シールドにおいては、リンク支持の拡張面板の剛性を確保するために、カッタ後面から外周リングを密着固定し、隣り合う面板同士を接続しあうことでカッタ全体の剛性を確保している。

今回、万能型シールド動作実証実験機を使用して実際に荷重印加実験を行い、カッタ剛性確保のための外周リングの効果を確認するとともに、FEM計算による検証も行った。

キーワード：岩盤シールド、高水圧（大深度）カッタ交換、長距離掘進、急速施工、面板

連絡先：大成建設 技術センター 土木技術開発部

〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 TEL 045-814-7229 FAX 045-814-7252

4. 実験結果

(1) 外周リング設置の効果

万能型シールド実証実験機のカッタ部にひずみゲージを貼付け、荷重を印加してひずみ値の計測を行った。印加荷重は1点のみの集中荷重とした。

図2にひずみゲージの貼り付け位置 No. (赤色) と、荷重の印加位置 (青色) を示す。実測したひずみ値からそれぞれ3に No.1、2、4の位置における、外周リングを設置した時 (以降、Case1 と示す) と設置しない時 (以降、Case2 と示す) の応力値の比較のグラフを示す。図より、Case1の各位置での応力値は Case2の応力値と比較して、全体的に大きい値となっている。印加した荷重に対してカッタの抗する力が強くなっている、つまり外周リングを設置することでカッタ全体の剛性が増していると言える。

また Case1の応力値は Case2の応力値と比較してばらつきが小さい。このことより、集中的に印加された荷重が、外周リング設置により、カッタ面板全体に伝達されているといえる。カッタの剛性が増し、応力分布が均一になることでカッタ面板の部分的な変位が防止できる。

(2) 応力実測値と FEM 計算値との比較

図4に Case1 条件で FEM 計算を行った応力分布図を示す。図中の数字は前項で示したひずみゲージによって得られた応力実測値を示している。

図より、FEM 計算結果と、ひずみゲージによる応力実測値とはオーダー的に良い一致を示している。

今回の設定した FEM モデルは実験機に対して妥当であったと言える。

5. まとめ

万能型シールドのカッタ剛性を確保する目的で設置された外周リングの効果を確認した。

またカッタ剛性を検証する FEM 計算モデルの妥当性も確認することができた。

今後は今回の実験結果、および FEM 計算ツールを活用し、岩盤など高強度壁掘削においても信頼性の高い万能型シールドのカッタヘッドを検討していきたい。

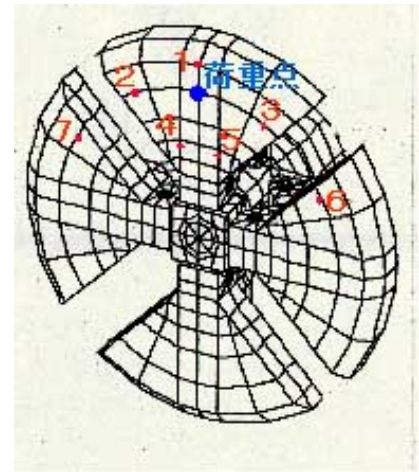


図2 実験機カッタ部とひずみゲージ位置

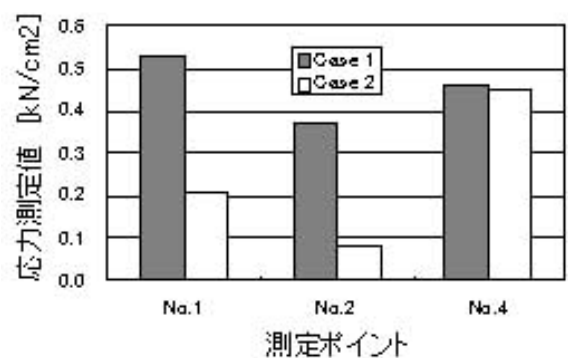


図3 外周リングの効果

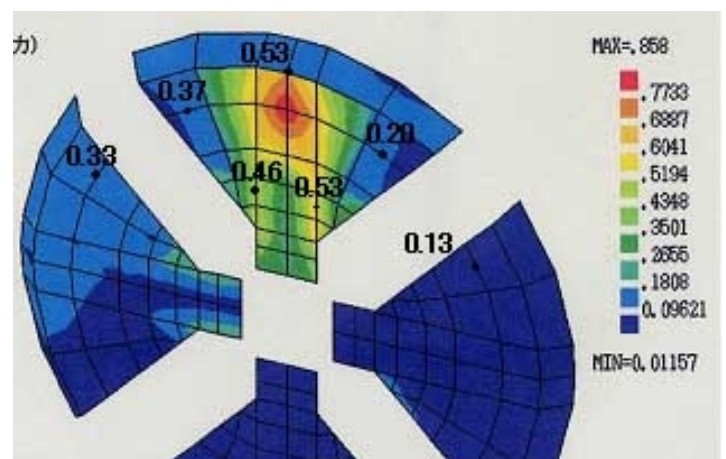


図4 FEM 計算結果と応力実測値