

道路トンネル分岐合流部の構築工法（ウィングプラス工法）の開発 ～その3：アーチ掘削実証実験～

JFE エンジニアリング(株) 正会員 ○小林 暁
 (株) 間 組 正会員 小倉 靖之
 青山機工(株) 配野 均
 青山機工(株) 細島 正敬

1. はじめに

ウィングプラス工法の掘削機構は、先受けアーチシェルを造成するため円弧状断面を掘削できるように、ロータリカッタを連続配置したカッタシャフトを、複数の自在継手（ユニバーサルジョイント）で連結した構造である。また、自在継手で連結していることにより、この継手部分はロータリカッタが配置できず固定式の貫入ビットによる掘削（切り崩し）としている。

この掘削機構による円弧状断面の掘削はこれまでに例がない。そこで、掘削機構部の1/2の縮小モデル（写真-1）を製作し、強度の異なる模擬地盤を掘削する実験を行う。実験目的は以下のとおりである。

- ①アーチ掘削機構によりアーチ状の掘削断面が得られることを実証、確認する。
- ②カッタシャフト自在継手部の貫入ビットによる掘削ができることを確認する。

2. 実験の概要

2.1 実験機の概要

実験機はH形鋼のフレーム上に設置された模擬地盤をアーチカッタで掘削しながら推進するものとする。カッタは掘削径25.5cm、長さ60cmのものを上下2列、5ブロック接続したものとし、各カッタ間の継ぎ手角度は実機と同じ10度とする。カッタ回転駆動は油圧モータとし、推進機構は後方より油圧ジャッキにて推進する（写真-2）。

模擬地盤は強度調整をした流動化処理土を箱型の型枠に流し込んで製作する。模擬地盤の寸法は幅3.1m、高さ1.4m、奥行き1.0m。模擬地盤の強度は、泥岩層を模擬し、4週一軸圧縮強度 $1\sim 3\text{N/mm}^2$ で計画した。排土は流体輸送（泥水）方式とする。

2.2 実験の条件

実験機のカッタトルクは $\text{max}2980\text{N}\cdot\text{m}\times 2$ 台、推力は $\text{max}600\text{kN}\times 4=2400\text{KN}$ （ 1600kN/m^2 ）で、カッタの回転速度は $9\sim 20\text{rpm}$ 、推進速度は $0\sim 30\text{mm/min}$ で変化させる。回転数とジャッキ速度から、カッタ切込量は以下の表-1 掘削条件に示すとおりとなる。

表-1 掘削条件

回転数	ジャッキ速度	カッタ切り込み量（1回転あたり）	掘削長
9 rpm	10, 20, 30 mm/min	1.11, 2.22, 3.33 mm	各50mm×3段階推進
12 rpm	10, 20, 30 mm/min	0.83, 1.67, 2.50 mm	〃
15 rpm	10, 20, 30 mm/min	0.67, 1.33, 2.00 mm	〃
20 rpm	10, 20, 30 mm/min	0.50, 1.00, 1.50 mm	〃

キーワード：シールド、道路トンネル、分岐、合流、切り上げ、先受けアーチ

連絡先：〒230-8611 横浜市鶴見区末広町2-1 JFE エンジニアリング(株)重工部シールド機械技術室 Tel:045-505-7965

3. 実験結果

3.1 無負荷試験

模擬地盤の掘削前に無負荷でのカッタ回転試験を行った。カッタを回転させるために使用している油圧モータの作動圧力は略 0MPa で、自在継手部の機械損失が非常に小さいことが確認された。

3.2 掘削試験

まず始めに 3N/mm² の模擬地盤を掘削した。その結果、当初予想よりも所要トルクが高く、カッタ回転数が 9rpm や、掘進速度が 20mm/min 以上では、安定した掘削を行うことができなかった。

カッタトルクが高い原因は、カッタビットと地盤との摩擦抵抗に有ると推定し、カッタビットの形状と配置を変更する改造を行った。当初は、カッタ 1 周に 3 パス配置であったものを、一つのビットのみを 5mm 高くすることで、1 パス配置と同等とした。この結果、安定した掘削が行えるようになった。

ブロック間の未掘削部に関しては、掘り残しを極力小さくすることで、極端な推力の増大等には繋がらないことが確認できた。

模擬地盤を実験機で掘削した後の状況を写真-3 に示す。上部カッタと下部カッタの間が山形に残っているのがわかる。この部分が大割れして、泥水の流れを阻害することがあったが、カッタの回転方向を上部カッタは上回り、下部カッタは下回り（山形の部分を押し出す方向）に回転させることで、これが防げることがわかった。

カッタの 1 回転当たりの切込量と一軸におけるカッタトルクの計測結果をまとめると図-1 のような傾向で示される。これより、以下のことが分かる。

- ・ カッタトルクは切込量に概ね比例しており、地盤強度が大きくなればカッタトルクも上がり、地盤強度が 3 倍になると切込量に対するカッタトルクの増加傾向も 3 倍程度となる。
- ・ 切込量を 0 に近づけてもカッタトルクがさほど小さくならない。これは、カッタビットと地盤との摩擦による抵抗の影響と思われる。

4. おわりに

アーチ掘削機構により泥岩相当の強度においても支障なく掘削が行えることが確認できた。また、カッタビットの形状やパス数によりカッタトルクが影響されることも確認され、実機の設計にあたっての基礎データが得られた。今後は、ビット形状と配置によるカッタトルクへの影響を詳細に把握するための要素実験を行い、より効率的な掘削ができるようにアーチカッタを改良する予定である。

【参考文献】

- 1) 藤本ほか：(その 1 : ウィングプラス工法の概要), 土木学会第 60 回年次学術講演会, 第 6 部門投稿中
- 2) 小倉ほか：(その 2 : トンネル構造の検討), 土木学会第 60 回年次学術講演会, 第 6 部門投稿中



写真-3 模擬地盤掘削後の状況

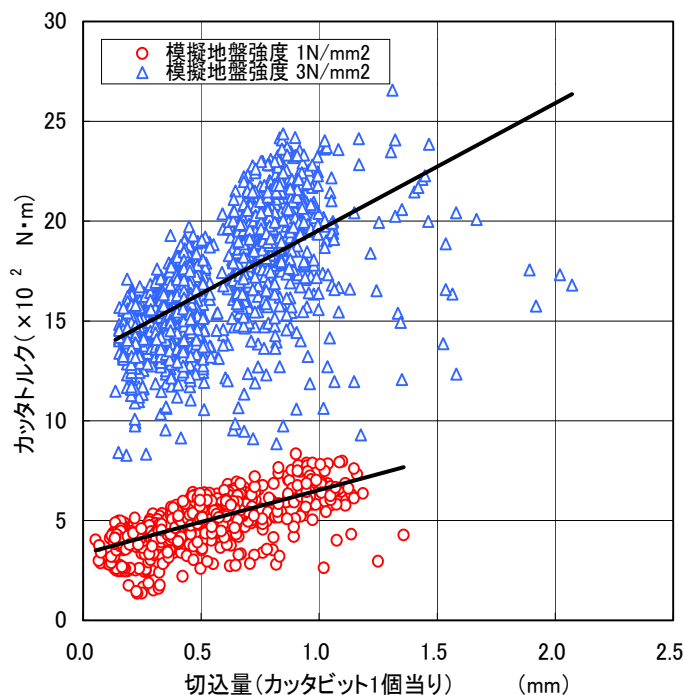


図-1 掘削実験結果