

シールドトンネル分岐・合流部の非開削施工技術における FFU セグメント切削実験

株式会社銭高組 正会員 ○井田 隆久
 大成建設株式会社 正会員 足立 英明
 大成建設株式会社 正会員 森田 泰司
 積水化学工業株式会社 谷口 良一

1. はじめに

筆者らは、既設のシールドトンネルに設置した切削可能な FFU セグメントの側方を直接切削することにより、分岐・合流部の構造体としての巾を小さく構築し、用地の制約を受けにくくかつ経済的にも優位性を有する FAST(Free Access Shield Tunnel)工法の開発を行なった。これまで、FFU セグメントは主にセグメントとしての機能を有するかについて検証¹⁾²⁾を行ってきたが、本編では、シールドマシンが掘進しながら FFU セグメントを切削する状況を模擬し、FFU セグメントを設置した模擬土槽と掘進機を用いて行った FFU セグメントの切削実験について報告する。

2. 技術課題と実験の種類

FAST工法において、先行トンネルに配置された FFU セグメントを切削する際の主な技術課題は、(a)トンネル軸斜め方向切削による分岐合流が可能であるか、(b)トンネル軸方向切削が通常の掘進と同様に可能であるか、である(図-1 参照)。これらの検証項目に対し3種類の切削実験を行い確認した。

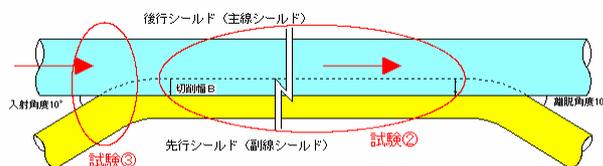


図-1 FAST工法の標準的な切削イメージ

表-1 FAST工法におけるFFUセグメント切削実験の種類と目的

No	実験の種類	実験の目的	主な検証項目
①	FFU 部材の切削要素実験	ビットの形状や磨耗の状態の相違による切削への影響を確認する	カットトルク, 推力, 切削くずの大きさ
②	FFU セグメントのトンネル軸方向切削実験	トンネル軸方向に掘進する場合に通常の掘進と同様に切削できる事を確認する	カットトルク, 推力, 振動, 騒音, 切削くずの大きさ, 排土状況, ひずみ
③	FFU セグメントのトンネル軸斜め方向切削実験	トンネル軸斜め方向に掘進する場合に他のセグメントに影響を与えることなく切削できる事を確認する	カットトルク, 推力, 振動, 騒音, 切削くずの大きさ, 排土状況, ひずみ

3. FFU 部材の切削要素実験

表-2 に示すビットの形状や磨耗の相違が、FFU 部材の切削にどのような影響を及ぼすか確認する為に切削要素実験を行った。空中に固定された FFU の板材を掘進機により切削した。図-2 に実験概要図を示す。

表-2 ビットの形状と磨耗の状態

ビット形状	概略図	磨耗の状態			
	すくい角	10°	20°	有	無
	にげ角	10°	20°	有	無
	磨耗	有	無	有	無

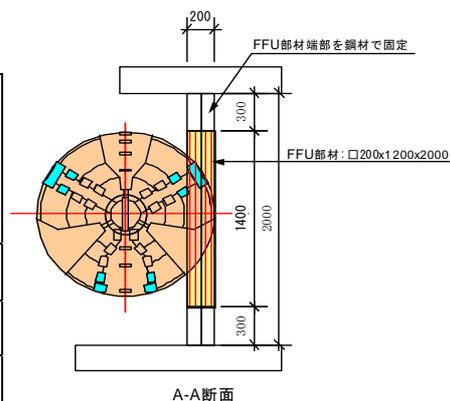


図-2 切削要素実験概要図

掘進機の掘進速度(v=10~45mm/min)を早くすると、カットトルク及び切削くずの厚みは大きくなった。しかし、ビットの形状や磨耗の状態によってカットトルクや切削くずの大きさが変化することはなく、FFU 部材の切削においてビットの形状やビットの磨耗の状態が影響を与えないことが明らかとなった。

キーワード FFU セグメント, 切削, 騒音, 振動, 排土

連絡先 〒163-1024 東京都新宿区西新宿 3-7-1 新宿パークタワー24 階 (株) 銭高組 技術研究所 Tel 03-5323-3861

4. FFU セグメントのトンネル軸方向切削実験

後行シールドが、FFU セグメントを配置した先行シールドトンネルを軸方向に切削する状態を模擬し、流動化処理土を充填した模擬土槽中に FFU セグメントをボルト固定し、掘進機により切削した。図-3 に実験概要図を示し、写真-1 に実験実施状況を示す。

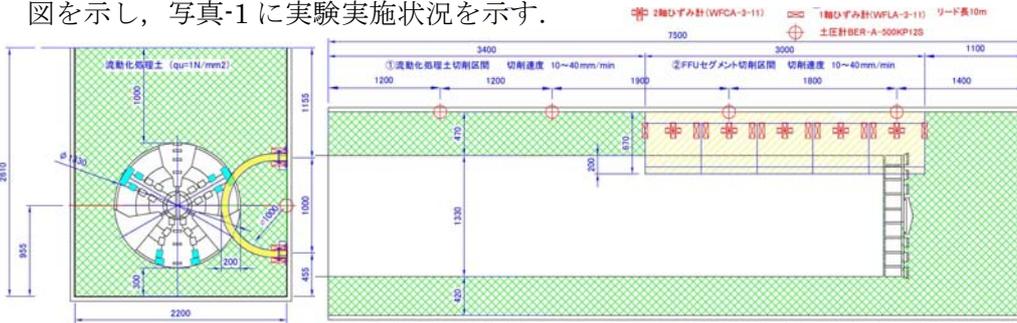


図-3 トンネル軸方向切削実験概要図

実施工におけるビットの切り込み量を想定し、掘進速度は 10~40mm/min で実施した。FFU 切削くずは 10cm 程度以下と掘進速度による変化はなく、スクリーパー排出状況は良好であった(写真-2 参照)。FFU セグメント部の切削は流動化処理土部と比べて推力については変化は見られなかったが、カットトルクは 20~40% 程度上昇した。切削時に FFU セグメントに発生する応力は微小であり他のセグメントに影響を与えるものではなかった。切削時の騒音・振動は FFU セグメントを切削していない時と比較してほぼ同等であり、有害な騒音や振動は発生しなかった。



写真-1 トンネル軸方向切削実験



写真-2 FFU 切削くず

5. FFU セグメントのトンネル軸斜め方向切削実験

後行シールドが、先行シールドトンネルに対し斜めに合流及び斜めに分岐していく状態を模擬し、FFU セグメントを設置し流動化処理土を充填した模擬土槽を製作し、掘進機により斜め切削した(図-4 参照)。ここでは、掘進機の押し込みにより FFU セグメントが変位する可能性を考慮し、FFU セグメントと模擬土槽をゴム板(地盤反力係数 $k=20\text{MN/m}^3$ 相当)を介して固定した。掘進速度は 15mm/min と固定して実験を行ったが切削くずの大きさ、排土状況、推力、騒音、振動及び FFU セグメントに発生する応力に関しては、軸方向切削実験と同様な結果となり、切り込み時に FFU セグメントが押されて大きく変位することもなく掘進することができた。

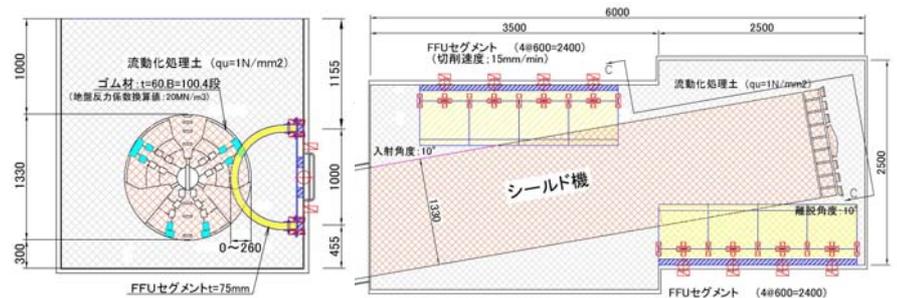


図-4 トンネル軸斜め方向切削実験概要図

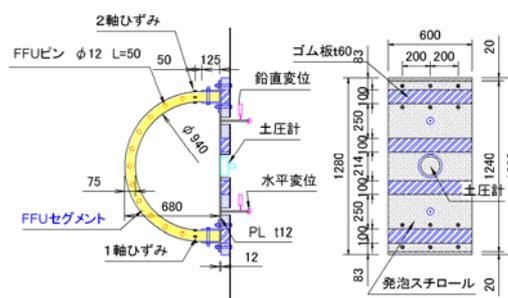


図-5 FFU セグメント設置方法



写真-3 切削完了後

6. おわりに

FFU セグメントの切削が、特殊なビットを必要とせず、トンネル軸方向及び斜め方向のどちらの切削においても有害な騒音・振動を発生させることなく掘進可能であることが確認された。今後、この切削性に優れた FFU セグメントを有効に活用した F A S T 工法を積極的に提案する所存である。

参考文献

- 1) 「竹中」他；FFU セグメントの開発—概要と切削試験—，第 60 回年次学術講演会概要集 6-084
- 2) 「角田」他；FFU セグメントの開発—構造実験—，第 60 回年次学術講演会概要集 6-085