

FFUセグメントの開発

－ 概要と切削試験 －

銭高組 正会員 ○竹中計行 角田晋相
大成建設 正会員 西田与志雄 土屋彰
積水化学工業 伊藤義一 高田優

1. はじめに

近年、地下空間の重層的な利用が活発化しており、地下構造物の大深度化が進んでいる。地下空間の構築として、シールドによる方法が主流となっているが、シールド機の発進・到達用の立坑の設置が困難なため、立坑をなくしてシールドトンネル内から発進したり、シールドトンネルへ到達する工事（分岐接合）が多くなってきている。地中でシールドトンネルを分岐接合する場合、トンネル外側に地盤改良を行い、セグメントの開口作業を人力にて行う必要があった。しかし、大深度で信頼性の高い地盤改良を行うためには、工事費も高く、工期も長期に亘るため、経済的で工期短縮可能なトンネルの分岐接合工法の開発が望まれていた。

そこで、筆者らは経済的で工期短縮可能なトンネルの分岐接合工法の技術確立を目指して、シールドのカッタービットで容易に切削可能なFFU（Fiber reinforced Foamed Urethane：ガラス長繊維強化プラスチック発泡体）で製作したセグメントを用いて、地中トンネルからシールドを直接発進・到達させる「FFUセグメント」を開発した（図-1、図-2）。

本論文では、FFUセグメントの概要と切削性能を確認するために実施した切削試験について述べる。

2. FFUセグメントの概要

本セグメントは、仮壁切削（SEW）工法で実績のあるFFU部材をセグメント形状に製作したもので、先行するトンネルの開口部分にFFUセグメントを組み立て、シールド機で直接切削し分岐接合する工法である。このため、従来必要であった分岐接合のための地盤改良が基本的には不要となる他、短期間でのセグメントの切削が可能となり、従来工法に比べて工期短縮と工費縮減が図れる。

筆者らは、2003年から開発に取り組み、FFUセグメントの構造性能確認試験、製作試験や切削試験などを行い、本セグメントの実用性を確認してきた。

3. FFUセグメントの特長

FFUセグメントの特長を以下に示す。

- ① FFUセグメントはセグメントとしての強度を十分有している。
- ② セグメントを直接切削できることで、地山開放がなく安全に施工できる。
- ③ 切削性に優れているため、発進や到達だけでなく、斜め接合など多彩な接合角度にも適用できる。
- ④ 従来工法に比べて地盤改良工を縮減・省略できるため工期短縮と工費節減が図れる。
- ⑤ 地中で施工できるので地上占有が不要である。

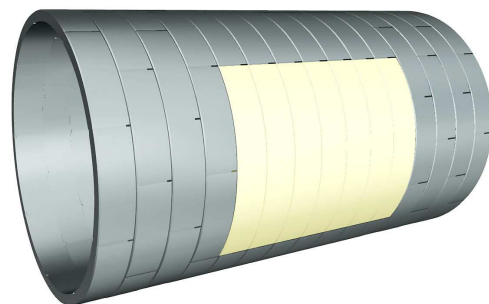


図-1 FFUセグメントのイメージ

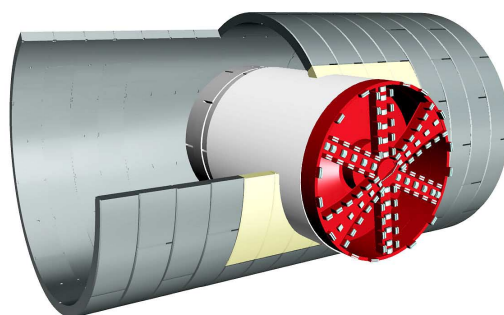


図-2 FFUセグメントからの発進イメージ

Keywords：FFU、セグメント、直接発進

〒163-1024 東京都新宿区西新宿 3-7-1 新宿パークタワー24F TEL:03-5323-3861 FAX:03-5323-3860

4. 施工手順

FFU セグメントを用いて坑内発進する場合の施工手順を以下に示す。

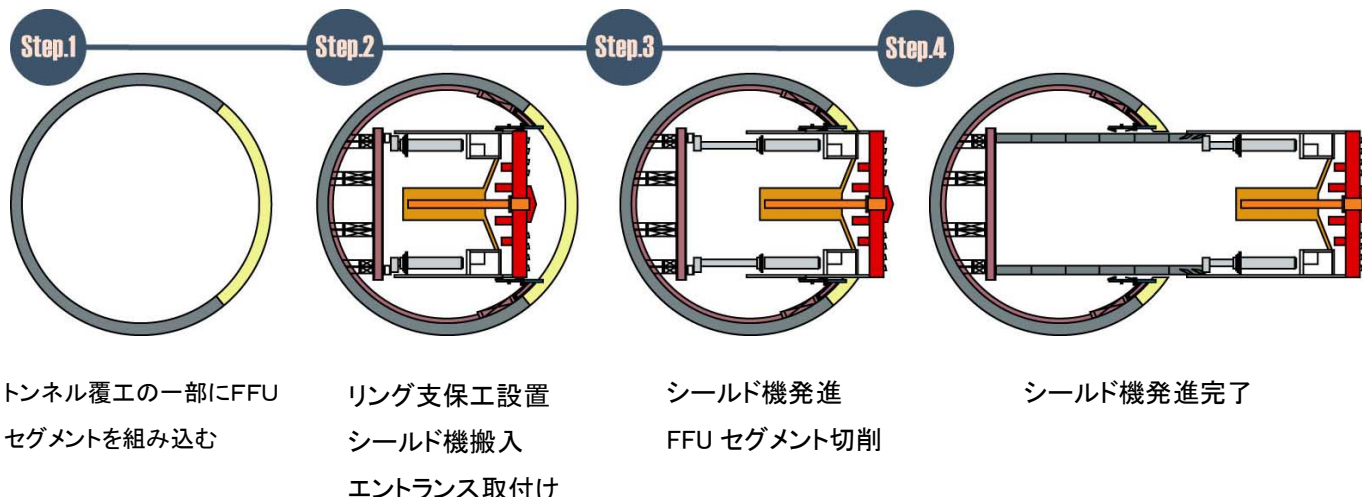


図-3 発進時の施工手順

5. 切削試験

FFU 部材のシールド機による切削性能は、SEW 工法のこれまでの切削試験や施工実績から確認されている。しかし、FFU をセグメントで使用する場合は、ジャッキ推力を負担するために FFU と FRP のサンドイッチ構造となる。また、接着積層方向が切削方向と直角で、FFU が曲面形状となっているため、切削性（切削抵抗、切削面の状況、切削くずの形状）について検証する必要がある。そこで、図-4 に示すような小型（φ600）の試験装置を用いて切削試験を行った。試験体は図-5 に示すように、FFU と FRP 積層した平面形状と FFU の上下面に FRP を積層した曲面形状の 2 体とした。反力地盤となるソイルモルタルの圧縮強度は $1.0(\text{N}/\text{mm}^2)$ である。

切削トルクはタイプ A で $20 \sim 25 \text{kN} \cdot \text{m}$ 、タイプ B で $15 \sim 25 \text{kN} \cdot \text{m}$ となった。押し付け力はタイプ A で $200 \sim 300 \text{kN}$ 、タイプ B で $50 \sim 200 \text{kN}$ となった。タイプ B ではカッターに当たる FFU の量の増加とともにトルクと押し付け力が増大することがわかった。タイプ A の切削くずは、大きなもので 100mm 程度の繊維状となった。タイプ B は、FRP ロッドを打ち込み、カッターの外周部から縁切りされても FFU とソイルモルタルを分離しにくい構造としたので、切削くずは大きなもので 150mm 程度の繊維状となった。切削試験の結果、切削抵抗及び切削くずは小さく、実シールド機でも十分排出が可能であることが確認できた。

4. まとめ

FFU セグメントは、シールド機での切削性に優れている他、従来工法に比べてコスト縮減・工期短縮が可能である。今後は、本工法を有効に活用できる大深度の分岐接合部へ積極的に提案する所存である。

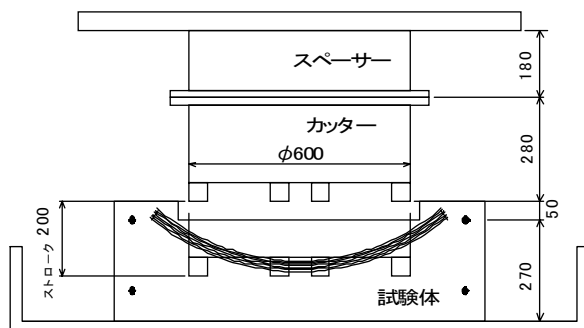


図-4 切削試験

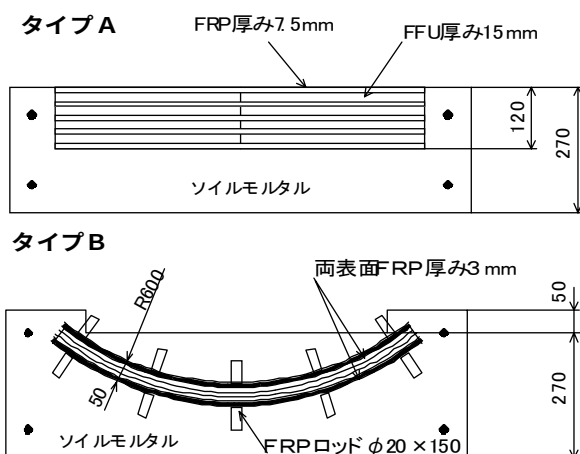


図-5 試験体形状



写-1 切削面の状況