

新素材セグメントを使用したトンネル分岐事例

東大阪市上下水道局下水道部 米崎 育和
(株)大林組 正会員 ○木村 勉

1. まえがき

インフラの複相化が進む都市部では、トンネルを分岐させるニーズは高い。分岐事例が多い山岳トンネルと異なり、未固結地盤を対象とすることが多いシールドトンネルの分岐事例は少なく、特に立坑を設けずにシールドトンネルを坑内から分岐させることに注目が集まっている。本報文では、シールドトンネルの分岐施工に新素材セグメントを使用した施工事例を紹介する。

2. 工事概要

本工事「平成16年度公共下水道第5工区管きょ築造工事」は、東大阪市南西部の雨水レベルアップ対策となる一時貯留目的の増補管を、シールドトンネルで築造する工事である。表-1にトンネルの概要を示す。

分岐部の土質は、おおむねN値7程度の洪積粘性土であったが、その下部に粒形がそろった均等係数の小さな帯水砂層(天満砂層)があり、分岐時の出水原因となる可能性があった。

表-1 分岐トンネル概要

	路線 延長(m)	シールド [*] 外径(m)	セグメント 外径(mm)	セグメント 内径(mm)	二次覆工 内径(mm)
親(本線) トンネル	1,104	φ 4,700	φ 4,550	φ 4,173	φ 3,750
子(枝線) トンネル	337	φ 2,680	φ 2,550	φ 2,244	φ 1,800

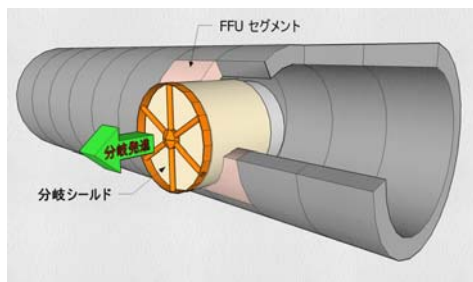


図-1 FFU セグメントの坑内分岐イメージ



写真-1 FFU セグメント

3. 分岐シールドの技術的課題

(1) 本線セグメント内の狭隘な作業

狭隘な作業空間で分岐発進が可能なシールドの製作と、坑内での掘進しながらのシールド組立方法が必要であった。また、エントランス内の作業空間がほとんど取れず、緊急時の退避が困難なため、人力での鏡切を行わない発進方法が必要であった。

(2) 開口補強対策

本線トンネルに対する開口比は59%であり、構造上の安全性確保が必要であった。

(3) 坑内での高強度地盤改良の問題

地上からの高強度地盤改良が施工できず、坑内から実施しなければならない。水平高圧噴射攪拌工法は設備が大きく坑内に収まらないことと、水平角以上の改良体造成が技術的に困難なため採用できず、凍結工法は本線シールド施工完了後からの凍土造成になるため、工程遅延が避けられず採用できない。

4. 分岐工法の選定

(1) FFUセグメントの採用(図-1, 写真-1)

狭隘な作業空間での子機分岐発進を実現するために、人力鏡切が不要でシールドカッタによる直接切削が可能なFFUセグメントを鏡部 4R(4m区間)に採用した。FFU(Fiber Reinforced Foamed Urethane)セグメントはガラス長繊維強化プラスチック発泡体をセグメントのリング形状に合わせて曲げ加工したものである。プラスチック素材のためカッタでの切削性がよく、カッタトルクの

図-2 FFU 及び補強セグメント断面

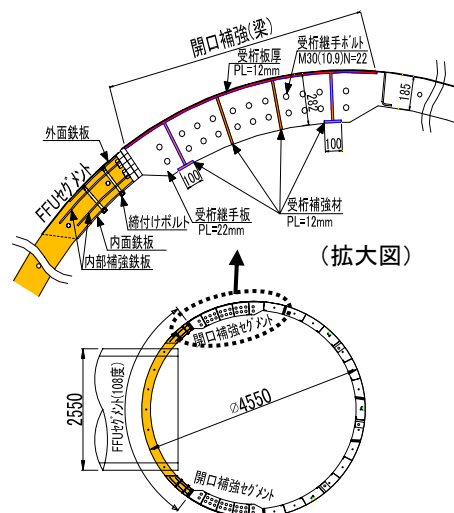


図-2 FFU 及び補強セグメント断面

キーワード 分岐シールド, F F Uセグメント, 開口補強セグメント, シールド分割発進,

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 (株)大林組 TEL03-5769-1318 E-mail : kimura.tsutomu@obayashi.co.jp

不足やローリング対策, 低吐出ユニットの準備等の対策が軽微で済み, 結果としてスムーズな発進が可能となった。

(2) 開口補強セグメントの採用(図-2)

開口部の上下に, トンネル軸方向受桁を備えた補強をセグメントに組み込み, 開口設置によるセグメントの安全性を確保しつつ, 作業空間の減少を防止した。さらに, ジャッキ推力を地盤と共にセグメントが負担できる構造とし, 高強度地盤改良を不要とした。

検討モデルは, 開口の影響がある 3D 区間(D:開口径)において, 多リングはリーバネモデルを使用して検討を行い, 受桁については梁でモデル化した。図-3 に検討モデルを, 図-4 に開口部の設計荷重の考え方を示す。

(3) 分割発進に合わせたシールドの採用(写真-2, 図-5)

シールドは4分割(カッタ部・前胴・後胴前部・後胴後部)とし, 組立途中での掘進が可能な構造を採用した。FFU の大割れした破砕物によりチャンバが閉塞しないよう, スクリューコンベヤ型のガラ搬出装置を装備した。円筒状に組立てられたFFUセグメントを均等に切削できるよう, カッタを球面に合わせたスポーク配置を採用した。

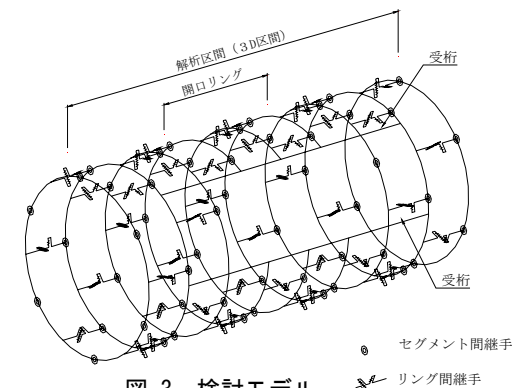


図-3 検討モデル

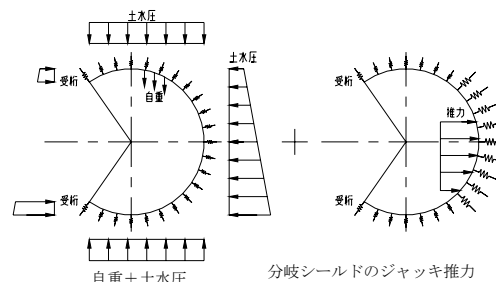


図-4 開口部の設計荷重



写真-2 子機シールド

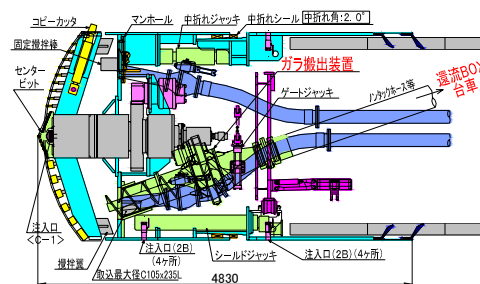


図-5 子機シールド図

5. 施工結果

(1) F F Uセグメント組立

FFUセグメントは引張に比べ, 圧縮強度(特に繊維と直角方向)が低いため, 親機のジャッキ推力による変形を防止する必要があった。そこで, FFUよりも圧縮強度の大きなFRP(9mm)を, 製作時に4層挟み込む対策を行った。さらに, 親機シールドの推力を50%まで抑制し, FFUの保護を図った。掘進スピードが5mm/分以下になる状態が生じ, 進捗に若干の遅れが生じたものの, FFUの圧縮変形や破損は生じなかった。

(2) F F Uセグメント切削とシールド分割発進

FFUは比重が小さい(0.74)ため, 切削屑がチャンバから排出しにくい。そこで, チャンバ内に均等に分散するよう, ベントナイトに水溶性の高分子添加材(TG-ジェル)を加えた加泥材(ベントナイト 70kg/m³, 高分子添加材(TG-ジェル) 15kg/m³)を添加した。これにより, 掘削トルクの低減を図りつつ, 切削屑の流動性と非分離性を高めたFFU切削を行うことができた。

対策の結果, 閉塞もなく, 切削屑もガラ排出装置から容易に取出せ(写真-8), 掘進にあわせて切羽圧も順当に作用させることができた。

FFU切削は, カッタ部と前胴を組立てた時点で行った。その後, エントランスに子機シールドを仮固定→後胴前部組立→再発進→シールド仮固定→後胴後部組立→再発進の順序で分割発進を実施した。



写真-8 FFU 切削屑

6. おわりに

以上のように, 分岐シールド工事を順調に施工でき, FFUセグメントの採用が適正であったと実感できた。

FFUセグメントは形状やジャッキ推力などの適用限界の課題もあったが, 施工性の良さとコスト的な有利さを考えると, セグメント内での分岐工事に有効な方法といえる。

坑内分岐工事のニーズが多い中, 今後の採用にあたり, 本報告がその際の一助になれば幸いである。