

シールド機で切削可能なセグメントの開発 (その2)

西松建設(株) 正会員 ○小林 正典 大江 郁夫
村上 賢治 鈴木 康之

1. はじめに

道路トンネル分岐合流部を地下に非開削で施工する場合, 先行トンネルを後行トンネルで直接切削することで, 合理的な断面の分岐合流部を構築でき, コストダウンも可能となることが期待される. そこで, 後行シールド機のカッタービットで直接切削可能なセグメント (以下, 切削セグメント) の開発¹⁾を行い, 切削セグメントの構造実験および切削実験を行った. 本報文は切削セグメントの切削実験の結果を報告するものである.

2. 切削性確認試験

(1) 試験目的

道路トンネルの分岐合流部を非開削で施工する場合は, 数km掘進してきた後行トンネルが先行トンネルに対して小さい角度で交差する必要がある. そこで, 以下の項目について試験により検証する.

- ① 先行トンネル切削時のシールド機の負荷
- ② 先行トンネル切削時の掘進速度
- ③ 摩耗したカッタービットにおいて小さな交差角でセグメントの切込みおよび切削の不可

(2) 試験ケース

切削方向, ビットの摩耗, 骨材の影響を検証するため, 試験ケースを表-1に示す4ケースとした. なお, No.2ではセグメント継手を含む箇所を切削する試験とした. カッタービットは摩耗ありと摩耗なしをそれぞれ使用した (写真-1). ビット摩耗量はシルト層0.5 km, 砂礫層1.0 kmの掘進後を想定して11 mmとした.

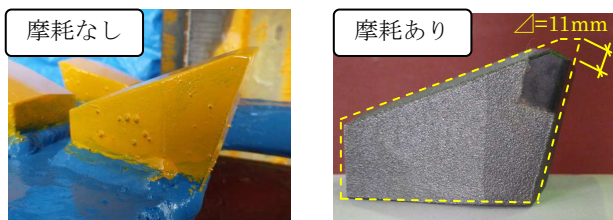


写真-1 カッタービット形状

(3) 切削セグメント仕様

切削セグメントは, 先の単体曲げ試験¹⁾によりRCセグメントと同等の曲げ性能を有することを確認した仕様とした (表-2). また, リング継手およびセ

グメント継手にはFRP製ボルトを使用した (表-2).

表-1 試験ケース一覧表

ケース	切削方向	ビット摩耗	骨 材
No.1	直 進	なし	軽量骨材
No.2	斜め (10°)	なし	軽量骨材
No.3	斜め (10°)	あり (11mm)	軽量骨材
No.4	斜め (10°)	あり (11mm)	高炉スラグ

表-2 切削セグメント仕様

外径, 幅, 桁高 (mm)	3350, 1000, 200
設計基準強度 (N/mm ²)	42
骨 材	表-1 参照
補 強 材	ガラス繊維製異形ロッド
アラミド繊維 (vol%)	0.50
配筋図	

(4) 試験装置

切削性確認試験装置を, 図-1に示す.

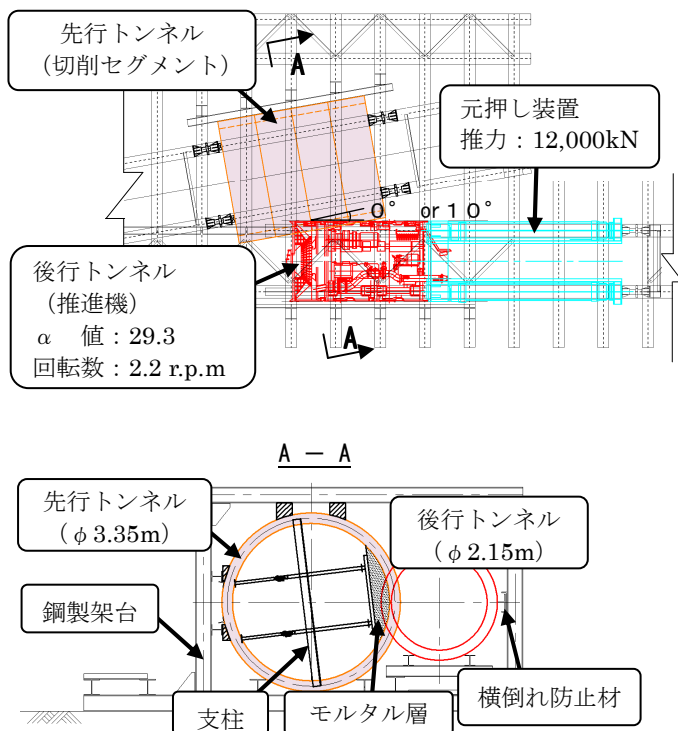
先行トンネルは切削する箇所を切削セグメント, その他を鋼製セグメントとしてボルトで締結した. また, 先行トンネルは鋼製架台で拘束し, 切削時のセグメントリングの変形抑制を目的に支柱を2本/リング設置した. また, 切削箇所の内側に切削部を固定する目的でモルタルを充填した.

後行トンネルには外径φ2.15mの推進機を用いた. また, 鋼製架台上の推進機を後方の元押し装置によ

キーワード 切削セグメント, 分岐合流部, ガラス繊維製異形ロッド, アラミド繊維, 軽量骨材

連絡先 〒105-8401 東京都港区虎ノ門1-20-10 西松建設(株)技術研究所 TEL03-3502-0247

り押し、先行トンネルと 0° または 10° の交差角で推進する配置とした。



図－1 切削性確認試験装置の概要

(5) 試験状況および試験結果

No.2～No.4の斜め切削のケースにおいて、カッタービットの摩耗の有無に関わらず切削セグメントの切込みが可能であることを確認した。また、いずれのケースも掘進速度を $20\sim 30\text{mm/min}$ で維持することが可能で、セグメント本体、リング継手、セグメント継手も問題なく切削できることを確認した。No.3の切削状況を写真－2に示す。

No.1～No.4の掘進速度とトルク（ α 値）の関係を図－2に示す。

(6) 試験結果のまとめ

① 先行トンネル切削時の負荷について

いずれのケースも、装備トルク（ $\alpha=29.3$ ）に対し、実験での α 値は非常に小さい値（ $\alpha=5.3\sim 7.7$ ）であり、変動幅も小さく、切削時のトルクは安定していた。掘進速度は地山掘進と同程度の $20\sim 30\text{mm/min}$ としても安定して掘進できた。

② 交差角 10° における切削性について

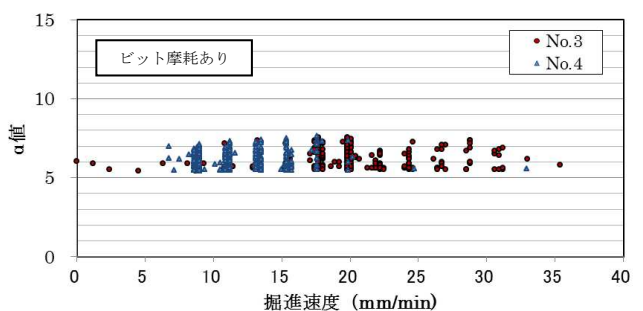
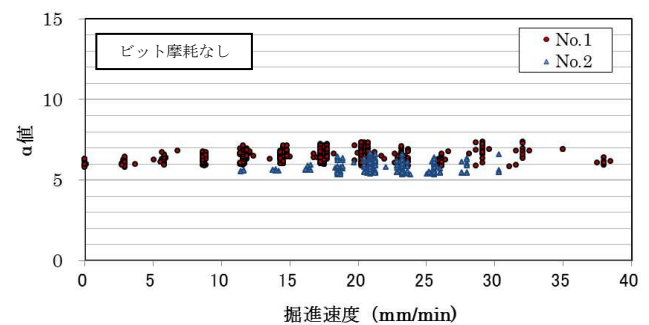
No.2～No.4において、先行トンネルに横振れ挙動は見られず、継手部の目開き・目違いもなく、問題なく切削できた。また、摩耗したカッタービットにおいても、容易に切削できた。

③ 骨材の違いについて

No.3, No.4の α 値の比較から、骨材に軽量骨材または高炉スラグ骨材を使用した場合に、トルクに大きな差異が生じなかった。



写真－2 切削開始時の状況 (No. 3)



図－2 掘進速度とトルク（ α 値）の関係

3. 切削実験より得られた知見

- ① 先行トンネル切削時のトルクは非常に小さく、通常装備のシールド機で容易に切削が可能。
- ② 先行トンネル切削時の掘進速度は、地山掘進と同程度の $20\sim 30\text{mm/min}$ で施工可能。
- ③ 通常装備のカッタービットが摩耗した状態で、先行トンネルと交差角 10° で切込み、切削が可能。

謝辞

本研究に関して、様々なご指導を頂きました早稲田大学小泉淳教授、切削性確認試験実施にご協力を頂きました平塚製作所に深く感謝申し上げる次第である。

参考文献

- 1) シールド機で切削可能なセグメントの開発 (その1), 土木学会第69回年次学術講演会予定, 2014, 9