

地盤切削 JES 工法における切削ワイヤーの改良検討

東日本旅客鉄道(株)

正会員

○谷村 将規

東日本旅客鉄道(株)

正会員

小泉 秀之

鉄建建設(株)

正会員

中村 征史

(株)ジェイテック

正会員

岩沢 理恵

1. はじめに

地盤切削JES工法¹⁾は、鉄道線直下や道路下のアンダーパス工事で多くの実績があるHEP&JES工法をベースに開発された工法である。この工法は、刃口先端に設置した地盤切削ワイヤー（以後、ワイヤー）で支障物を切断撤去しながらエレメントを掘進していくもので、特に鉄道や道路下の土被りが小さく地中に支障物が存在する場合、地表面の変状を最小限に抑えながら施工を行うことができる（図-1）。

2. 地盤切削JES工法における課題と検討

地盤切削JES工法に用いられるワイヤーは、掘進途中に破断が生じた場合、交換作業や線路閉鎖作業等の制約により施工時間のロスが生じる。また、コストダウンや工期短縮の観点から一度に地盤切削する幅（切削スパン）の拡大が望ましい。そのため、ワイヤーのビーズピッチや固定方法を変化させた疲労試験や切削性能の確認、また切削スパン長拡大を想定した切削試験を実施し、ワイヤーの耐久性や施工性について検討を行った。

3. ワイヤー構造

ワイヤーはφ5mmの素線ワイヤーとダイヤモンドチップが焼結されたビーズを一定間隔に圧着（以後、カシメ）し、表面は耐熱ゴムで被覆された構造となっている（図-2）。

4. 曲げ疲労試験

4. 1 試験概要

試験は図-3に示すようにワイヤーに切削時と同等の張力をかけながら5個のプーリー（A～E）を用いて、半径90mm、180°の曲げをワイヤーの往復移動にて疲労促進させ、破断に至るまでの回数を比較する。試験ケースはビーズピッチとカシメ方法をパラメータとし、各3本試験を実施した（表-1）。

4. 2 試験結果

ワイヤーの破壊形態として、切削ビーズや被覆ゴムの損傷・劣化が認められない段階で破断する「切断破断」とカシメのゆるみや被覆ゴムの断絶による「ちぎれ破断」が確認できた（写真-1）。カシメ方法については、片側カシメの方が切断破断の頻度が少ない結果となった（表-2）。また、ワイヤーのビーズピッチ（20mm、37mm、50mm）の違いは耐久性とは相関せず、切断破断は曲げ回数が少ない段階で発生する傾向を示した（図-4）。

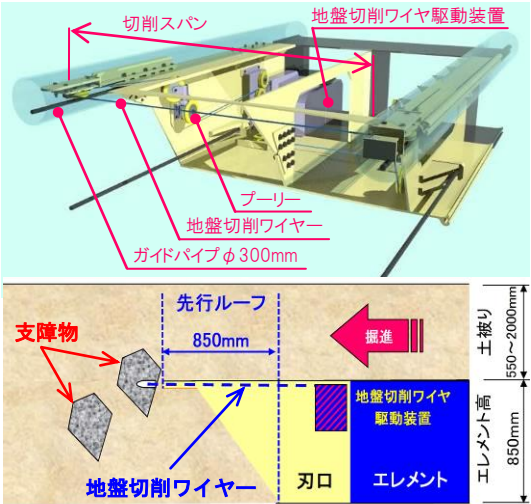


図-1 地盤切削 JES 機構と工法概念

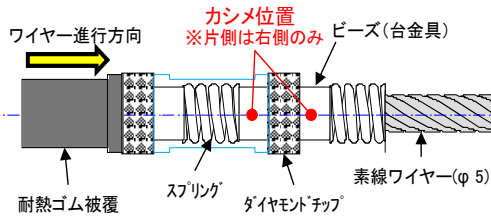


図-2 ワイヤー構造

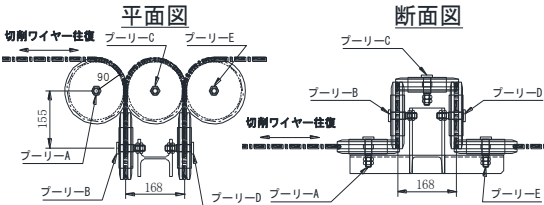


図-3 曲げ疲労試験概要図

表-1 曲げ疲労試験ケース

ケース	ビーズピッチ	ビーズカシメ方法	備考
①	20mm	両側	標準タイプ
②	37mm	両側	
③	50mm	両側	
④	20mm	片側	
⑤	37mm	片側	
⑥	50mm	片側	



写真-1 切断破断（左）とちぎれ破断（右）

キーワード 地盤切削 JES 機構，切削ワイヤー，切断破断，ちぎれ破断

連絡先 〒151-8512 東京都渋谷区代々木二丁目2番6号 東日本旅客鉄道(株) 東京工事事務所 工事管理室 TEL03 - 3379 - 4353

5. 模擬地盤切削試験

5. 1 試験概要（切削スパン2.0m, 4.0m）

粘性土で構成される模擬地盤 (W1.8m×L1.5m×H0.75m) を切削し、耐久性と切削性能を確認する。模擬地盤は支障物なしと支障物あり（玉石、木材）を各1体ずつ製作した（図-5）。試験ケースは、曲げ疲労試験で効果のあった3ケースとし、各ケースで模擬地盤3体を使用した。切削順序は、ワイヤーが初めに支障物無しの模擬地盤を4回、その後玉石と木材の模擬地盤を交互に4回ずつの合計12回切削する（表-3）。また、ワイヤー速度もパラメータとした。

切削スパン4.0mの試験では、ワイヤーは試験ケース①の標準タイプとした。模擬地盤は、切削幅のみ切削スパン2.0m試験の2倍（W3.6m）とし、切削順序は同様とした。また、試験はスパン中央の中間プーリーの有無とワイヤー張力をパラメータとした。

5. 2 試験結果（切削スパン 2.0m, 4.0m）

切削スパン2.0mの試験では、ワイヤーのビーズピッチの違いによる破断回数や破壊形態、また切削性能の明確な差異は見られなかった。しかし、支障物切削後、ビーズピッチが37mm, 50mmのワイヤーの方がビーズや被覆ゴムの磨耗が激しかった（写真-2）。

切削スパン 4.0m の試験では、中間プーリーの有無による影響が大きいことが確認できた。中間プーリーが無い場合、有る場合に比べて切削に平均約 1.3 倍の時間を要した。また、ワイヤーの遅れ量は最大 390mm 程度（標準ワイヤー張力 390N）発生し、ワイヤーのたわみは中央部で最大 22mm となり、中間プーリーが有る場合（最大 12mm）の約 2 倍となった。ワイヤー張力を高めるとたわみは緩和されたが、プーリーの破損が計 4 回発生した。

6. まとめ（考察）

6. 1 ワイヤーの耐久性について

- (1) ワイヤーは、破壊形態が「ちぎれ破断」の方が耐久性が高い。
- (2) ワイヤー摩耗を考慮すると、ビーズピッチ20mm片側カシメが有利となる。
- (3) ビーズピッチ37mmや50mmは、支障物の切削に対するワイヤーの摩耗が激しい。

以上より、ワイヤーの耐久性向上には、切断破断を発生させないことが重要であるといえる。切断破断の原因として、破断位置がビーズのカシメ位置で多く発生していたことから、ビーズをカシメる際にワイヤーに何らかの影響（損傷、素線の一部切断等）が生じている可能性も考えられる。今後は試験結果から支障物等が想定される地盤ではビーズピッチ20mmの片側カシメワイヤーの導入が効果的であると考えられる。

6. 2 切削スパン拡大による施工性について

- (1) 切削時間は、中間プーリーが無い方は有る方に比べて平均約1.3倍となった。
- (2) ワイヤーの遅れ量とたわみは、中間プーリーが無い方は有る方に比べてそれぞれ約2.8倍と約2倍になった。

以上より、ワイヤーの遅れ量やたわみは、ワイヤーと先行ルーフの支障や先行ルーフと切削ラインがかい離して先行ルーフが直接地山に貫入されることで、切削時間の延長やけん引力の増大、地表面変位の要因となる懸念がある。また、ワイヤー張力が高いと遅れ量やたわみに有利であるが、プーリーの破損が予想される。そのため、切削スパン拡大時は、中間プーリーを設置し、実際の切削スパンは2.0m程度として施工することが必要だと考えられる。

参考文献

1)小泉他：地表面変位を抑えたエレメント掘進工法の開発：トンネル工学報告集第 19 巻 平成 21 年 11 月

表-2 曲げ疲労試験結果

ワイヤー仕様	試料	破壊形態	ワイヤー仕様	試料	破壊形態
ケース① 20mm 両側カシメ	1	ちぎれ	ケース④ 20mm 片側カシメ	1	ちぎれ
	2	ちぎれ		2	ちぎれ
	3	切断		3	ちぎれ
ケース② 37mm 両側カシメ	1	切断	ケース⑤ 37mm 片側カシメ	1	切断
	2	切断		2	切断
	3	切断		3	切断
ケース③ 50mm 両側カシメ	1	切断	ケース⑥ 50mm 片側カシメ	1	ちぎれ
	2	ちぎれ		2	ちぎれ
	3	切断		3	ちぎれ

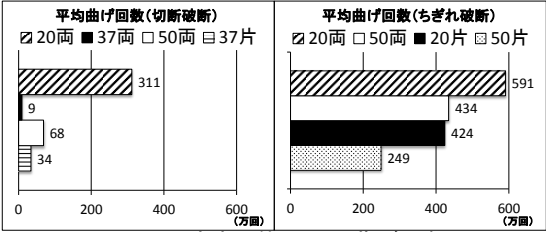


図-4 破壊形態別平均曲げ回数

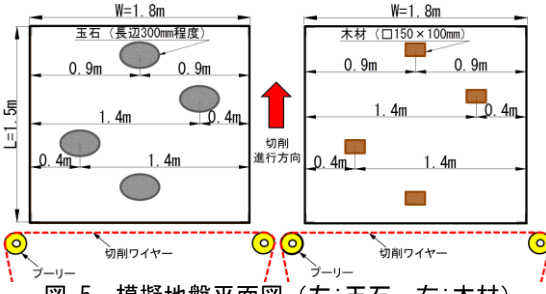


図-5 模擬地盤平面図（左：玉石、右：木材）

表-3 試験ケースと切削順序

ケース※	支障物	切削順序
① ⑤ ⑥	無し	1～4 回目
	玉石	5,7,9,11 回目
	木材	6,8,10,12 回目

※ケースは切削スパン 2.0m の場合
※ケース番号は表-2 の試験ケースを指す

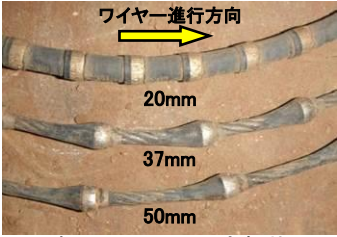


写真-2 ワイヤー摩耗状況