

地盤切削 JES 工法における切削ワイヤーの耐久性向上

中村 征史*1・長尾 達児*2・岩瀬 隆*1

概 要

地盤切削 JES 工法は、HEP&JES 工法をベースにさらなる安全性向上と工期短縮を目指して開発された工法である。本工法はエレメント先端の刃口上面に設置した地盤切削ワイヤーにより、地盤を切削しながら刃口を土中に貫入させる。貫入中に支障物が出現しても切削ワイヤーで必要部分を切断、撤去するため、地表面の変状を抑制できる。これにより、従来では夜間に限られていた作業を昼夜通して行うことができ、大幅な工期短縮を実現することができる。

しかし、切削ワイヤーが破断した場合、その交換作業は夜間に限定され、工程が延びることから、切削ワイヤーの耐久性が課題となっている。そこで、切削ワイヤーの耐久性向上を目的に、ビーズのピッチと固定方法をパラメータとして疲労試験と切削性能試験を実施した。

キーワード：HEP&JES 工法，地盤切削 JES 工法，ワイヤーソー，疲労試験

IMPROVING DURABILITY OF CUTTING WIRE USED IN THE GROUND CUTTING
JES METHOD

Seishi NAKAMURA *1, Tatsuji NAGAO *2, Takashi IWASE *1

Abstract

The Ground Cutting JES Method was developed on the basis of HEP and JES methods to further improve safety and to shorten construction. In this method a ground cutting wire installed on the top of the cutting-edge at the tip of the elements cuts through the ground, and then the cutting edge goes through the ground. Because the cutting wire cuts and removes obstacles that may come out while the cutting wire is in operation underground, deformation of the ground surface can be controlled. Thanks to this method, construction limited to nighttime hours in the conventional method can now be conducted around the clock, which can greatly shorten construction.

However, if the cutting wire is fractured, it can be replaced only during night hours, which will prolong construction. That is why the durability of cutting wire is an issue. In order to improve the durability of wire, a fatigue test and a cutting performance test were conducted using pitch and fixation method of beads as parameters.

Keywords:HEP and JES methods, Ground Cutting JES Method, wire saw, fatigue test

*1 Construction Technology Group, Research and Development Center, Construction Technology General Center

*2 Associate General Manager, Engineering Planning Department, Civil Engineering Division

地盤切削 JES 工法における切削ワイヤーの耐久性向上

中村 征史*1・長尾 達児*2・岩瀬 隆*1

1. はじめに

地盤切削 JES 工法¹⁾は、これまでアンダーパス工事で多くの実績を積み重ねてきた HEP&JES 工法をベースに、さらなる安全性向上と工期短縮を目指して開発された工法である。本工法はエレメント先端の刃口上面に設置した地盤切削ワイヤーにより、支障物が混在する地盤を切削しながら刃口を土中に貫入させる工法である(図-1 参照)。支障物がない地山部分はもちろんのこと、支障物が出現した際にも切削ワイヤーで必要部分を切断し、刃口内部から支障物を撤去するため(図-2 参照)、地表面の変状を抑制できる。鉄道線路下に道路を敷設する導入現場においては地表面変状リスクが低減できた(安全性の向上)ことにより、従来では終電後から初電前の夜間に限られた作業を昼夜通して行うことができ、大幅な工期短縮を実現することができた。

しかし、施工中に切削ワイヤーが破断した場合、切削ワイヤー交換作業は夜間に限定されることから、工程が延びる要因となるため、切削ワイヤーの耐久性が課題となっている。

本稿は切削ワイヤーの耐久性向上を目的に、切削ワイヤーのビーズの配置や取り付け方法を見直して実施した疲労試験と性能確認試験について報告するものである。

2. 切削ワイヤーの構造と仕様

地盤切削ワイヤーは、図-3 に示すように $\phi 5$ mm の高張力鋼ワイヤーを素線とし、一定間隔にダイヤモンドチップを焼結させた $\phi 10.4$ mm のビーズを圧着(以後カシメ)後、

耐熱ゴムで被覆する。今回はビーズピッチとカシメ方法をパラメータとし、疲労試験ではビーズピッチが 20 mm と 37 mm, 50 mm の 3 種類、カシメ方法がビーズの両側と片側の 2 種類を組み合わせた全 6 種類の耐久性試験を行った。また、性能確認試験ではビーズピッチが 20 mm と 37 mm, 50 mm の 3 種類の切削ワイヤーを用いて一部に支障物として玉石や木材を含んだ延長 18 m の模擬地盤を切削する試験を行った。

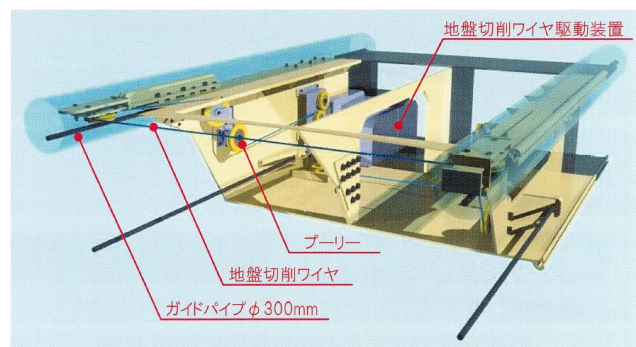


図-1 地盤切削 JES 工法刃口

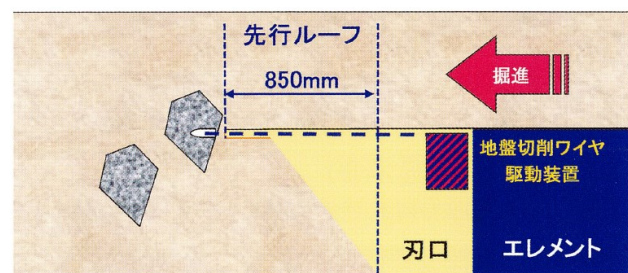


図-2 地盤切削 JES 工法概念図

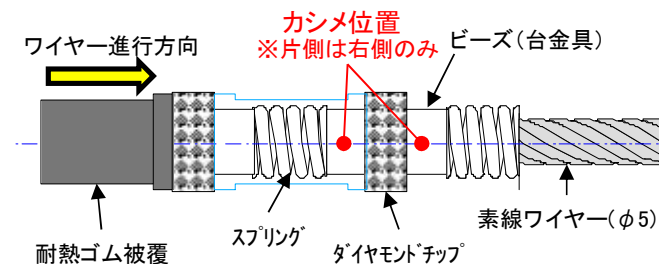


図-3 切削ワイヤー構造図

*1 建設技術総合センター 研究開発センター 施工技術グループ

*2 土木本部 エンジニアリング企画部 担当部長

3. 疲労試験

3.1 試験概要

疲労試験は、図-4、写真-1に示すワイヤー取り回し用のφ180mmの滑車（以後、プーリーと記す。）を5個組み合わせた部分を往復させ、ワイヤーが破断するまでに往復した回数より、切削ワイヤーが180°換算で何回曲げられたかを計測して評価した。なお、疲労試験は、切削ワイヤー6ケースを各3本ずつ実施した。

3.2 試験結果

試験結果を表-1に示す。折り曲げ回数の平均値と比較すると、ビーズピッチ20mm、50mm、37mmの順に耐久性が高かった。カシメ方法ではビーズピッチ20mmでは両側カシメ、37mm、50mmでは片側カシメが耐久性は高く、ばらつきが見られた。

切削ワイヤーの破断形態は写真-2に示すようにカシメ部で切断されたような「切断破断」とワイヤーがほぐされて引きちぎれるような「ちぎれ破断」に分けられた。

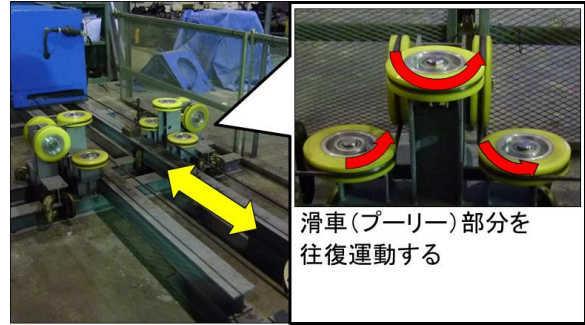


写真-1 疲労試験状況

表-1 疲労試験結果一覧

ワイヤー仕様	試料	折り曲げ回数 (1回180°換算)	破断形態	順位
ケース1 ビーズピッチ20mm 両側カシメ (標準品)	①	5,095,677	ちぎれ	1
	②	6,715,119	ちぎれ	
	③	3,113,395	切断	
	平均	4,974,730	—	
ケース2 ビーズピッチ37mm 両側カシメ	①	90,578	切断	6
	②	106,790	切断	
	③	79,388	切断	
	平均	92,252	—	
ケース3 ビーズピッチ50mm 両側カシメ	①	1,095,755	切断	4
	②	4,343,487	ちぎれ	
	③	271,476	切断	
	平均	1,903,573	—	
ケース4 ビーズピッチ20mm 片側カシメ	①	2,162,184	ちぎれ	2
	②	5,375,589	ちぎれ	
	③	5,174,616	ちぎれ	
	平均	4,237,463	—	
ケース5 ビーズピッチ37mm 片側カシメ	①	313,399	切断	5
	②	397,815	切断	
	③	301,442	切断	
	平均	337,552	—	
ケース6 ビーズピッチ50mm 片側カシメ	①	2,675,025	ちぎれ	3
	②	3,280,575	ちぎれ	
	③	1,505,358	ちぎれ	
	平均	2,486,986	—	

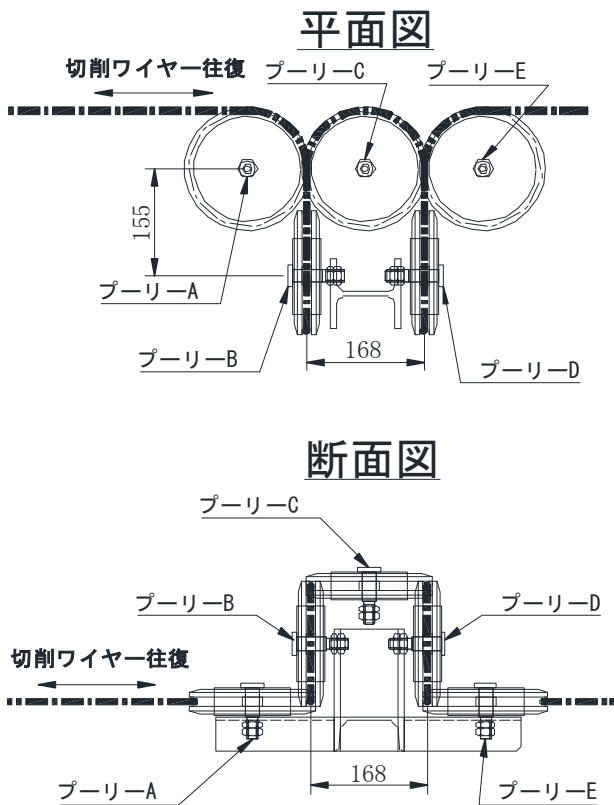


図-4 疲労試験概要図



写真-2 破断形態

4. 性能確認試験

4.1 試験概要

性能確認試験は、図-5に示す試験設備を用いて、台車に載せた幅 1.75 m、長さ 1.5 m の模擬地盤を移動させることで切削を行うものである。模擬地盤は支障物なし、長辺 300 mm 程度の玉石 4 個入り、□150×100 mm の木材 4 本入りの 3 種類を作製し、それぞれを 4 回ずつの計 12 回、総延長 18 m (1.5 m×12 回) を切削して、切削性能と切削後の地盤切削ワイヤーの状態を比較した。

4.2 試験結果

試験結果を以下に示す。

- ・全てのワイヤーは破断せずに総延長 18 m の模擬地盤を切削することができた。
- ・切削時間は 20 mm /分程度で大差はなかった。
- ・ビーズピッチ 20 mm のワイヤーは磨耗しなかった (写真-3 参照)。
- ・ビーズピッチ 37 mm と 50 mm のワイヤーは素線が断線するほど激しく磨耗した (写真-3 参照)。
- ・ワイヤーの磨耗は支障物切断時に生じた。
- ・全てのワイヤーは支障物を切断することができた (写真-4, 写真-5 参照)。
- ・支障物の切断面は磨耗したワイヤーでは 2~3 mm 程度の凹凸が生じた (表-2 参照)。

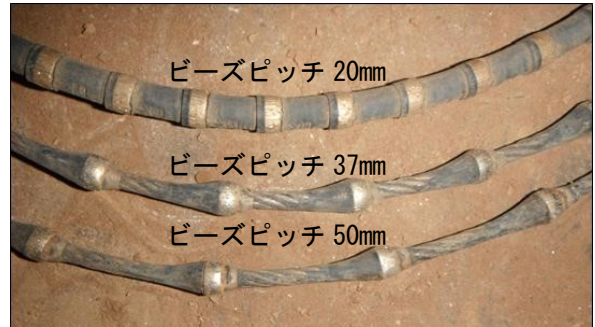


写真-3 試験後のワイヤー

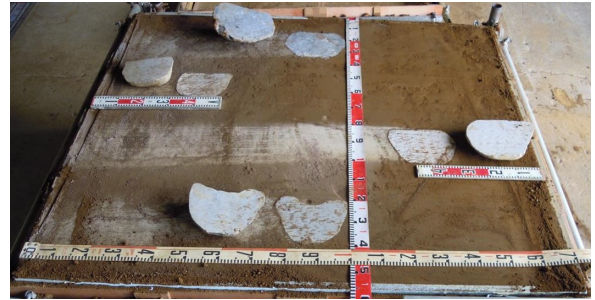


写真-4 玉石切断状況

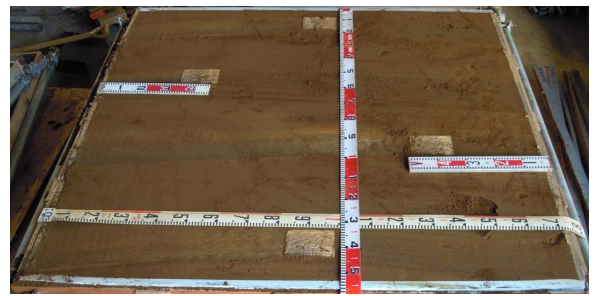








写真-5 木材切断状況

表-2 支障物切断面比較

ビーズピッチ	玉石	木材
20mm	 ほぼ平面	 ほぼ平面
37mm	 2~3mm程度の凹凸あり	 2~3mm程度の凹凸あり
50mm	 2~3mm程度の凹凸あり	 2~3mm程度の凹凸あり

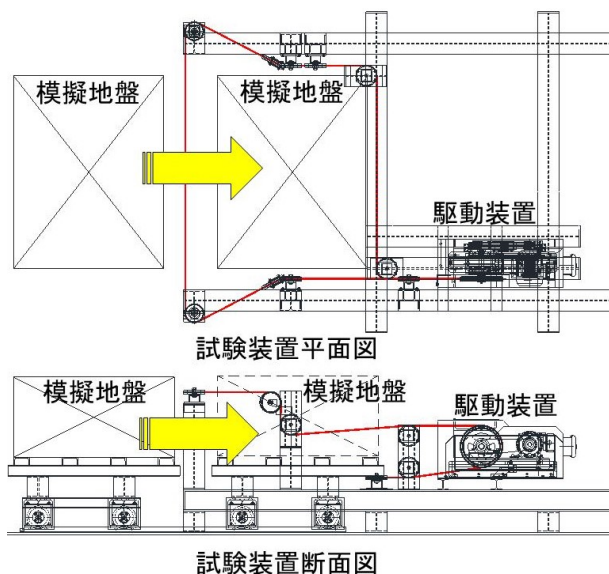


図-5 性能確認試験概要図

5. 考察

5.1 ビーズピッチ

疲労試験の結果、ワイヤーはビーズピッチ 20 mm > 50 mm > 37 mm の順に耐久性が高かった。ワイヤーはプーリーでの曲げによって疲労を受けると考え、プーリー通過時の曲げ状況について検討したところ、ビーズが突起状になっていることに起因して、ビーズ端部で局所的な曲げが生じていることが分かった（図-6参照）。そのため、ビーズピッチが長くなるほど局所的な曲げが大きくなり疲労破断が起りやすくなると考えられる。なお、ビーズピッチ 50 mm が 37 mm より耐久性が高かったことについては、50 mm ワイヤーは 25 mm の製造ラインでビーズを千鳥配置にして製造したことにより、ビーズピッチの中間に被覆ゴムの突起が生じ、実質ビーズピッチ 25 mm 相当のワイヤーとして作用したものと考えられる（写真-6参照）。したがって、ビーズピッチが短い方が耐久性は高いといえる。

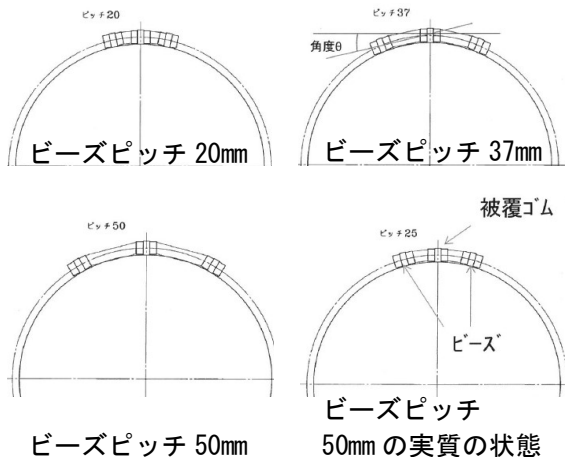


写真-6 ワイヤー写真

5.2 カシメ方法

疲労試験の結果より、両側カシメと片側カシメの耐久性について比較を行ったが、カシメ方法の違いによる明確な差は認められなかった。一方で破断形態に着目すると、図-7に示すようにちぎれ破断が切断破断よりも耐久性はるかに高いことが分かった。切断破断はビーズの端部で生じることが多く、先に述べたように局所的な曲げに起因していることも考えられるが、ビーズをカシメる際にワイヤーに損傷を与えていることも考えられる。表-1よりビーズピッチ 20 mm と 50 mm の片側カシメでは切断破断は生じていないが、両側カシメでは切断破断が生じている。カシメ作業による影響を考慮すると、カシメが少ない方が耐久性は高くなると考えられる。したがって片側カシメの方が耐久性は高いといえる。

5.3 切削性能

性能確認試験の結果より、ビーズピッチ 37 mm と 50 mm のワイヤーでは支障物切削は可能なものの、磨耗が激しく多くの支障物が想定される地盤への適用は難しく、ビーズピッチ 20 mm のワイヤーを用いることが妥当であると考えられる。ただし、支障物がない地盤であれば、製作費が安価であるビーズピッチ 50 mm のワイヤーを用いることも考えられる。

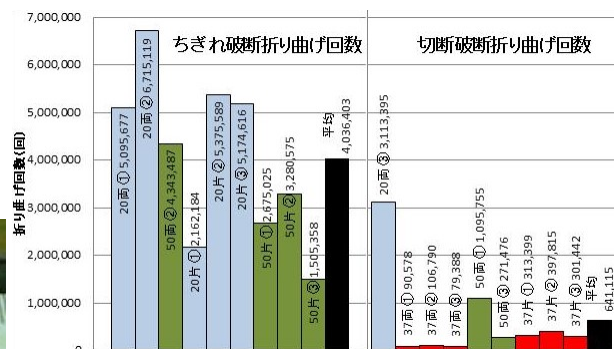


図-7 破断形態による折り曲げ回数比較

参考文献

- 1) 小泉ほか：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