

ワイヤーソーによる地中鋼板挿入試験

中嶋 智^{*1}・伊藤 康裕^{*2}・大田 英司^{*3}山本 淳^{*3}・長尾 達児^{*3}・高村 圭一^{*4}

概 要

現在、路線下横断構造物の構築には、本体構造物構築前にあらかじめ大掛かりな路線防護工を必要とする工法などが多く採用されている。この場合、横断構造物の規模によらず同様の防護工が採用されていることが多く、特に人道や水路等の小断面横断構造物では、工事費の中で防護工の占める割合が大きく、一般部に対して大幅なコストアップとなることが課題となっている。

このような状況下、コンクリートの切断等に用いられるワイヤーソーを地盤切削に利用し、経済的に小断面路線下横断構造物を構築する工法の開発を目指している。従来、ワイヤーソーにより鉛直方向に地盤切削を行った事例はあるが、今回、ワイヤーソーを水平方向に用いた地盤切削試験、および生成された薄溝に土留め鋼板を挿入する試験（鋼板挿入試験）を砂地盤、粘性土地盤及び砂礫地盤において実施したので、その結果を報告する。

キーワード：ワイヤーソー、地盤切削、鋼板挿入

TESTS ON INSERTION OF STEEL PLATES INTO THE GROUND USING A WIRE SAW

Satoshi NAKAJIMA^{*1} Yasuhiro ITO^{*2} Eiji OHTA^{*3}Atsushi YAMAMOTO^{*3} Tatsuji NAGAO^{*3} Keiichi TAKAMURA^{*4}

Abstract

Today, many construction projects of structures crossing below railway tracks adopt methods that require large-scale track protection to be installed before starting the main work. Especially for such structures with limited sections including human passageways and water channels, protection measures account for a large proportion of the construction cost. It leads to a massive cost increase in comparison with that for the standard work portion.

Under these circumstances, we are attempting to develop an economical method for constructing small-section structures crossing below railway tracks, by cutting the ground using wire saws designed for concrete. We carried out ground cutting tests with a wire saw used horizontally and tests on insertion of steel plates into the thin groove created. This paper reports the test results.

Keywords: wire saw, ground cutting, steel plate insertion

* 1 Manager, Railway Project Department(#01), Railway Project Division

* 2 Construction Technology Development Group, Institute of Technology, Engineering Division

* 3 Design Group(#02), Engineering Technology Department, Engineering Division

* 4 Manager, Design Group(#02), Engineering Technology Department, Engineering Division

ワイヤーソーによる地中鋼板挿入試験

中嶋 智*¹・伊藤 康裕*²・大田 英司*³
山本 淳*³・長尾 達児*³・高村 圭一*⁴

1. はじめに

現在、小断面路線下横断構造物（人道、水路等）の構築には、本体構造物構築前にあらかじめ大掛かりな路線防護工を必要とする工法などが多く採用されている。このような工法においては、施工期間の長期化を招く、支障物出現時の対応が困難、工事費が割高となる等の課題がある。

そこでコンクリートの切断等に用いられるワイヤーソーを図-1に示すように地盤切削に利用し、生成された薄溝に仮設部材として用いる鋼板を挿入する。そして、鋼板で囲まれた中を支保工によって掘削し、構造物を構築する工法の開発に着手した。

これまでに、ワイヤーソーにより鉛直方向に地盤切削を行い、生成された薄溝に止水シートを挿入して薄型地中壁を造成する工法が報告されている¹⁾が、水平に地盤を切削し、そこに鋼板を挿入した例は見当たらない。そこで、今回、ワイヤーソーを水平方向に用いた地盤切削試験、および鋼板挿入試験を砂地盤、粘性土地盤および砂礫地盤において実施したので、その結果を報告する。

2. 予備試験

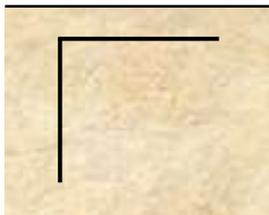
予備試験は、鋼板挿入が最も困難であると考えられた砂礫地盤について、ワイヤーソーによる土中の礫の切削状況を確認することを目的として行った。この試験では簡易土留めを用いた模擬土槽（切削幅 2.6m, 切削延長 1.0m）にお

表-1 予備試験地盤

case 礫径	①	②	③	④	⑤
φ80	20%	0%	0%	5%	0%
φ150	0%	20%	0%	5%	0%
φ350	0%	0%	20%	5%	0%
砂	80%	80%	80%	85%	100%
混入比率(体積比)					



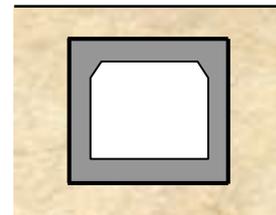
写真-1 ワイヤソー装置



①地盤内に鋼板挿入



②支保工設置・内部掘削



③躯体コンクリート打設

図-1 工法概要

* 1 鉄道本部 鉄道第一部
* 2 エンジニアリング本部 技術研究所 施工技術開発グループ
* 3 エンジニアリング本部 土木技術部 設計第二グループ
* 4 エンジニアリング本部 土木技術部 設計第二グループ グループリーダー

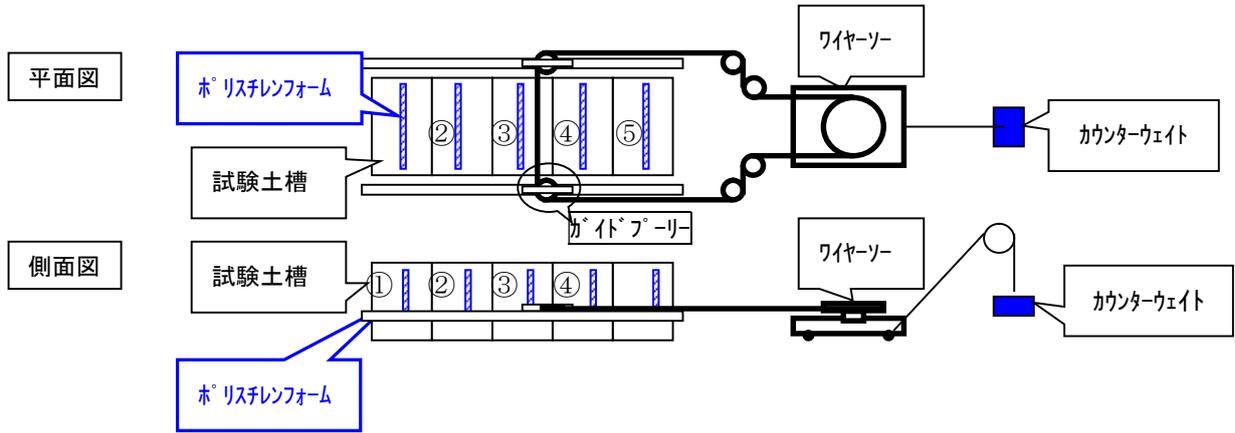


図-2 予備試験設備概要

表-2 ワイヤーソー機械仕様

プーリー回転数	0～560rpm
プーリー外径	φ810
送りストローク	1,200mm
送り速度	0～6.3m/min
油圧モータ定格圧力	28MPa
油圧モータ定格軸トルク	666N・m

表-3 予備試験結果

	切削速度 (m ² /h)	走行速度 (m/s)	軸トルク (N・m)	テンション (kN)
①	2.8	3.4	208.4	0.98
②	7.2	4.0	246.5	0.59-0.78
③	7.2	4.3	258.2	0.98
④	5.5	4.0	288.8	0.98
⑤	16.2	4.3	266.0	0.98

いて、図-2に示すガイドプーリー機構を用いたワイヤーソーによる礫径および礫混入比率を変化させた5種類の土質についての切削状況を確認することを目的とした。土質は表-1に示す。今回の試験に使用したワイヤーソー装置は写真-1のとおりである。また、機械仕様を表-2に示す。使用ワイヤー径は、φ=10mmである。

計測項目としては、ワイヤーソーの特性値（駆動プーリー軸トルク、カウンターウェイト）、切削速度、ワイヤー走行速度等である。また、切削形状を確認するため土槽中央部にポリスチレンフォーム材（幅1.8m 高さ0.9m）を埋め込んだ。

結果としては、全ての土質において切削可能であった。また、礫の切削面を確認したところ、切削面に切り粉がペースト状に残留しており、切削幅はワイヤー径φ10mmに対して10.4mm程度であることが確認できた。

表-3に試験時の切削速度、ワイヤー走行速度、ワイヤーソー特性値を示し、各土質におけるポリスチレンフォーム材切削形状を図-3に示す。また、各礫径を混合したCase④は切削

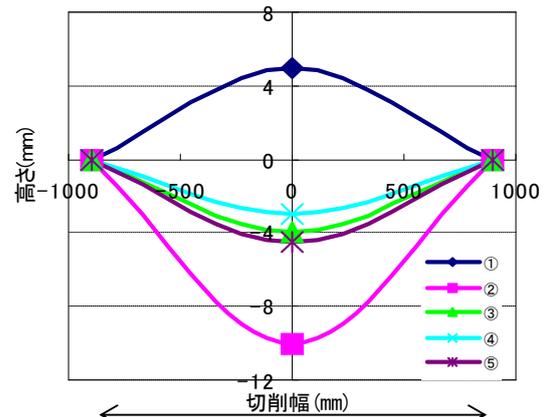


図-3 予備試験 切削形状

速度が低下した。

3. 地盤切削試験

3.1 砂質地盤及び粘性土地盤

本試験は、実際の施工と同様の機材配置とし、図-4に示すように発進立坑側にワイヤーソー装置、到達立坑内にけん引装置（油圧ジャッキ）を配置した砂及び粘性土製模擬地盤（切削幅2.0m, 切削延長6.0m）でのワイヤーソーの切削状況を確認することを目的とした。地盤切削試験では、鋼板は設置していない。切削部分の詳細は、図-5に示す。

地盤切削の機構は、ガイドプーリーを通じた

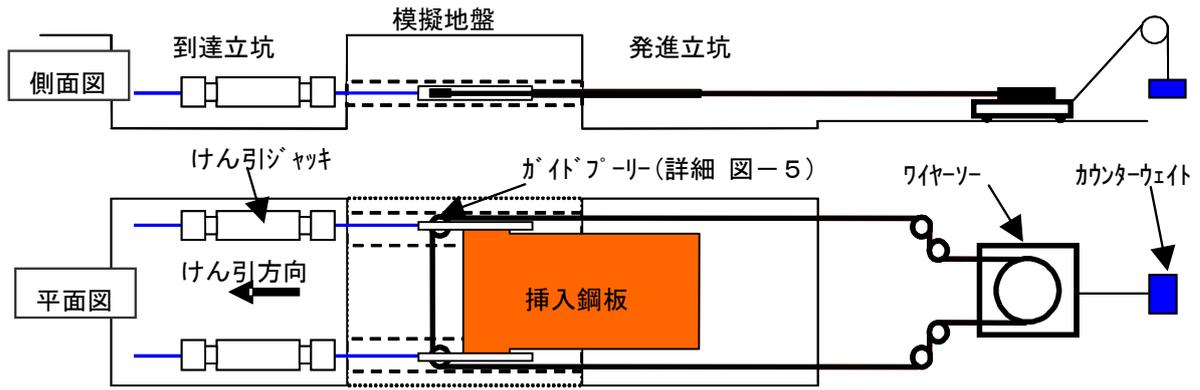


図-4 地盤切削試験および鋼板挿入試験 概要図

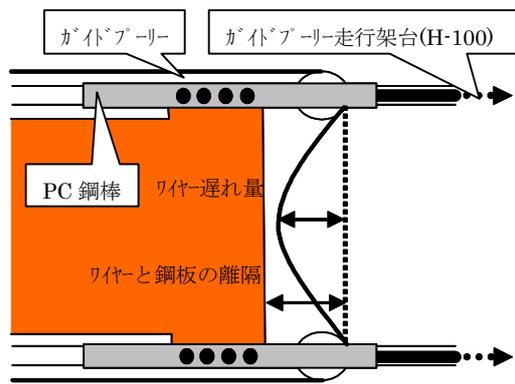


図-5 ガイドプーリー部詳細図

切削ワイヤーを発進側駆動装置により走行させ、同時に到達側けん引装置により PC 鋼棒を介してガイドプーリーを引き込むことにより地盤を切削する仕組みとなっている。

本試験での計測項目は、ワイヤーソーの特性値（駆動プーリー軸トルク、カウンターウェイト）、切削速度、ワイヤー走行速度等である。模擬地盤の切削レベルにおける N 値は、砂地盤で 25 以上、粘性土地盤で 8 程度であった。

砂・粘性土ともガイドプーリー機構を用いて模擬地盤の切削は可能であった。表-4 に試験結果を示す。また、ワイヤー遅れ量（地盤切削時に切削抵抗によってワイヤーが押し戻される量、図-5 参照）の最大値は、砂地盤切削時で 78mm、粘性土地盤切削時で 121mm であった。

3. 2 礫質土地盤

礫質土による地盤切削試験では、写真-2 に示すように礫を人為的に切削面に多く配置し、その切削状況を確認することを目的とした。砂

表-4 地盤切削試験結果

	切削速度 (m ² /h)	走行速度 (m/s)	軸トルク (N・m)	テンション (kN)
砂質土地盤	5.3	7.5	224.1	0.98
粘性土地盤	9.0	7.3	199.1	0.98
礫質土地盤	3.4	7.3	228.9	0.98



写真-2 礫質土地盤状況

質土及び粘性土の地盤切削試験と同様の機構とし、計測項目も同様である。模擬地盤は予備試験の結果より礫混入比率 φ80×5%、φ150×2.5%、φ350×2.5%の混合地盤とした。切削高さにおける N 値はコーン貫入試験機により測定した換算 N 値で 3 程度であった。表-4 に試験時のワイヤーソー特性値、切削速度、ワイヤー走行速度を示す。また、ワイヤー遅れ量は、礫質土地盤切削時では最大値 156mm であった。

試験後の土槽を掘削し、ワイヤーソーの走行面を観察したところ、礫はいずれもほぼ同一面内で水平に切断されており、ワイヤーソーによる地盤切削の有効性を確認した。

4. 鋼板挿入試験

4.1 砂質地盤及び粘性土地盤

鋼板挿入試験では、地盤切削試験と同様な設備（図-4、5参照）を用いて、ワイヤーソーにより切削した地盤内への鋼板（t=12mm）の挿入状況を確認することを目的とした。

本試験においては、ワイヤーと鋼板との離隔距離（図-5）の設定が重要となると考えられた。つまり、離隔が小さすぎると鋼板が先行し、精度の確保が困難となる。反対に大きすぎると、生成された薄溝がつぶれ、これも鋼板の設置精度に影響を与えるものと考えた。

これより、地盤切削試験時のワイヤー遅れ量の結果から、切削速度を下げた場合のワイヤー遅れ量減少分を想定し、砂地盤、粘性土地盤と

も離隔距離を 50mm と設定した。試験時の模擬地盤の N 値は、砂地盤で 25 以上、粘性土地盤で 9 程度であった。本試験においては、けん引力、鋼板挿入出来形の計測も行っている。

また、地盤切削による鋼板の設置精度の向上効果を確認するため、砂地盤において、ワイヤーソー切削を行わずに鋼板を貫入させた場合の試験を実施した。

表-5 に試験結果を示す。地盤切削試験時に比べ切削速度を下げたため、ワイヤー遅れ量も減少し、砂・粘性土地盤ともに鋼板をスムーズに挿入できた。砂質地盤でのけん引方向、けん引直角方向における鋼板挿入出来形を図-6、7に示す。この結果より鋼板の挿入精度の確保には、地盤切削が不可欠であることを確認した。

また、けん引力は切削有の場合に比べ切削無の場合は 5.0kN ほど大きくなった。

表-5 鋼板挿入試験結果

	切削速度 (m ² /h)	走行速度 (m/s)	軸トルク (N・m)	テンション (kN)
砂質地盤	3.5	7.3	201.9	0.98
粘性土地盤	3.1	8.6	251.6	0.98
礫質地盤	2.5	7.5	178.1	0.98

4.2 礫質地盤

礫質地盤では、予備試験の結果よりワイヤー径より厚い鋼板の挿入は困難であると判断し、鋼板厚は t=9mm とした。さらに、切断された礫間の溝への鋼板の挿入を容易にするために、先端に開先加工を施した。

鉄板とワイヤーの離隔距離は地盤切削時のワイヤー遅れ量を参考に 150mm と設定した。試験時の模擬地盤の N 値は 4 程度であった。計測項目は、砂質地盤、粘性土地盤と同様である。

表-6 に試験結果を示す。地盤切削試験時に比べ切削速度を下げた結果、ワイヤー遅れ量は 80mm に減少し、鋼板の挿入はスムーズに行われた。

試験状況で特筆すべき点は、ジャッキ速度（切削速度）をある一定速度より上げると、断続的に軸トルクが上昇する傾向が認められた。これは、礫の切削にある程度時間を要するため、これを超える速度でジャッキけん引を行った場合に軸トルクに影響が生じるためであると判断した。これより、礫質地盤での切削速度には最適値が存在し、これを超える速度でのけん引は、精度に影響を及ぼすものと考えられる。

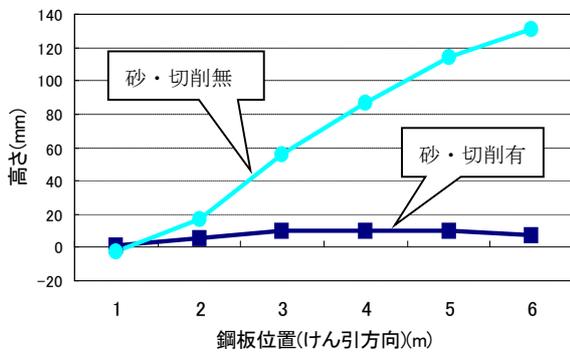


図-6 鋼板挿入出来形（けん引方向）
（鋼板中央部）

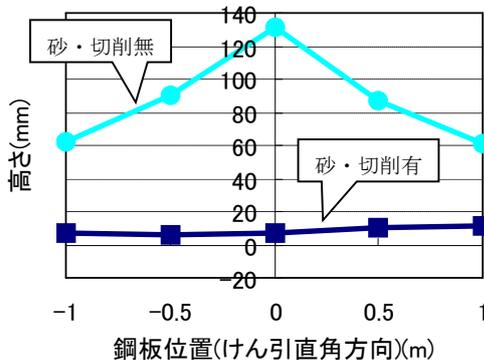


図-7 鋼板挿入出来形（けん引直角方向）
（鋼板先端部）

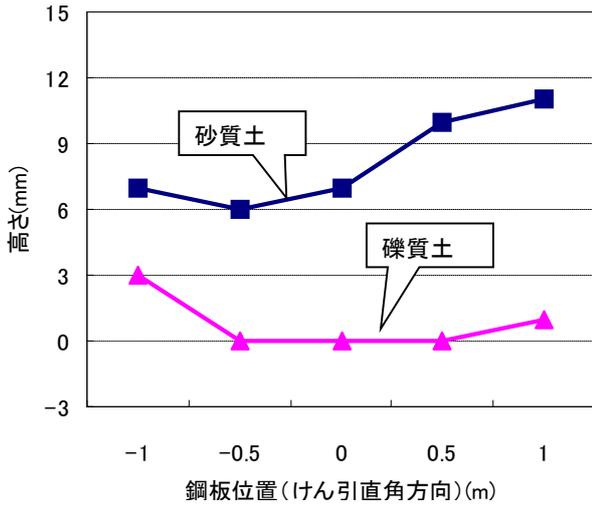


図-8 鋼板挿入出来形 (けん引方向)
(鋼板中央部)

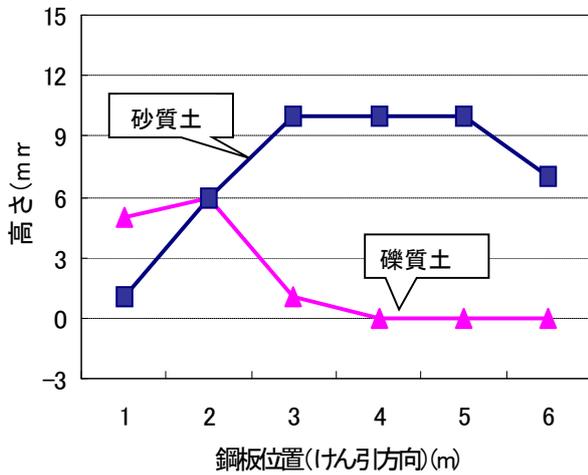


図-9 鋼板挿入出来形 (けん引直角方向)
(鋼板先端部)

鋼板けん引方向の鋼板中央部およびけん引直角方向の先端部における挿入出来形を図-8, 9に示すが、礫を切削した後鋼板を挿入することで砂のような単一なマトリクスを有する地盤と同様の精度を確保できることを確認した。

試験後、鋼板を撤去し、鋼板下の地盤面を確認したが、鋼板は切削された礫の間にはほぼ水平に挿入され、鋼板により押されたり、引きずられた礫は見当たらなかった。地盤状況および試験完了後の切削面状況を写真-2, 3に示す。



写真-3 礫切削状況

5. まとめ

ガイドプーリー機構を採用することにより、ワイヤーソーによる地盤切削を用いて地中に精度良く鋼板を挿入できることを確認した。鋼板 ($t=12\text{mm}$) の挿入時の切削速度は、砂地盤において $3.5\text{m}^2/\text{h}$ 、粘性土地盤において $3.1\text{m}^2/\text{h}$ の速度で挿入可能であることを確認した。鋼板 ($t=9\text{mm}$) を礫を含む地盤(礫質土地盤)に挿入時においては、切削速度は、 $2.5\text{m}^2/\text{h}$ であった。

砂地盤において、ワイヤーソーによる地盤切削の有無がけん引力に及ぼす影響は小さいが、鋼板挿入出来形結果より、鋼板の挿入精度を確保するためにはワイヤーソーによる地盤切削が有効であることを確認した。

礫質土地盤での鋼板挿入出来形は、礫を確実に切削し、その隙間に鋼板を挿入することで、砂質土と同程度の精度を得ることが出来た。しかし、砂質土に比べ切削速度が遅くなることが確認された。

【参考文献】

- 1)西村,上村 ワイヤーソーによる地盤の掘削特性—薄型止水壁工法の実施例— 土木学会第53回年次学術講演会講演概要集,平成10年10月