

## 郊外部における無電柱化施工の効率化に関する研究

研究予算：運営費交付金

研究期間：平 31～令 3

担当チーム：寒地機械技術チーム

研究担当者：片野浩司、牧野正敏、  
中島淳一、永長哲也、  
小林勇一、大竹まどか

### 【要旨】

無電柱化は、道路の地下空間を利用して電力線や通信線をまとめて収容する電線共同溝方式による電線類地中化などにより、道路から電線・電柱をなくす取り組みである。地震、竜巻、台風による電柱倒壊がなく、ライフラインの確保や道路の寸断防止に寄与する他、歩道空間確保による歩行者、特に高齢者や車椅子、ベビーカー利用者などの通行性の向上、交差点での見通しや交通標識の見やすさ改善による交通安全にも貢献できる。また、特に北海道にとって電柱や電線のないすっきりした景観は、地域の魅力を高め観光の活性化への効果も大いに期待できる。そこで、「地域の魅力を高める野外公共空間の景観向上を支援する計画・設計及び管理技術の開発」に貢献する技術として、景観改善効果が大きい郊外部における無電柱化の整備コスト削減に寄与できる、無電柱化施工技術についてとりまとめた。

キーワード：防災、景観、無電柱化、電線共同溝、トレンチャー、HDD（誘導式水平ドリル）

### 1. はじめに

初めに防災機能の向上、安全で快適な通行空間の確保、良好な景観の形成や観光振興等の観点から、市街地等を中心に無電柱化が進められている。その代表的な整備手法は電線共同溝方式であるが、限りある予算の中で電線共同溝方式だけでは無電柱化の迅速な推進を図ることは難しい。また、景観を活かした観光振興面では、郊外の農村自然域において無電柱化の潜在的なニーズは高く、今後様々な整備手法や低コスト工法が活用され、無電柱化の取り組みが大幅に拡大していくことが期待される<sup>1)</sup>。

一方、諸外国では、電線類地中化にケーブル埋設用の専用掘削機械を使用しており、日本の主工法であるバックホウによる掘削と比較し、大幅に短時間で施工している事例がある。

そこで、国内における郊外部での無電柱化推進に寄与するため、施工の迅速化や効率化に貢献できるケーブル埋設用掘削機械（以下、「トレンチャー」という）の活用が図れるよう、フィールド試験や現道にて施工を行った。

また、幹線道路や取付道路の横断部など、開削工法では交通への支障が大きい箇所での効率的な施工方法についても検討を行ったので報告する。

### 2. トレンチャー施工による掘削溝の復旧方法に関する提案

トレンチャー施工による掘削等の一連作業の効率化について、フィールド試験及び一般国道での電線共同溝工事では初となる現場実証試験を実施し、施工方法の現場適応性を確認した。なお、トレンチャーとは一定の幅と深さで連続的に掘削できる機械の総称である。

#### 2.1 トレンチャー施工フィールド試験

多種多様な配管、条数に対応するため、掘削幅が拡大した機種について、掘削性能を把握するために施工フィールド試験を行った。

##### 2.1.1 試験条件

試験は、令和 2 年 11 月 13 日から 16 日の 4 日間、北海道苫小牧市にある、苫小牧寒地試験道路の路体（未舗装部）にて実施した。

歩道又は路体での作業を想定し機械の選定は「ケーブル埋設用掘削機械（トレンチャー）を活用した施工の手引き（案）」<sup>2)</sup>により、機械総質量 7.5t 未満、日本国内でレンタル可能な専用機械を使用した。また、選定した機械は最大掘削幅が 305mm から 610mm に拡大した仕様としている他、掘削土砂排出のための排出コンベヤが付いている。掘削機はチェーン式でチェーンの外周に掘削刃がついており、チェーン回転により掘削及び土砂の排出を行う。更に後方に掘削した土砂の整地を行うブレード状のトレンチクリーナーを装備して

いる。トレンチャーはバックホウのような旋回動作がないため、施工の安全性向上に寄与できる。トレンチャーの機械諸元を表-1に、機械外観を写真-1に、掘削機詳細を写真-2に示す。

表-1 機械諸元

メーカー / 型式	VERMEER社 / RTX750SOC
機関出力	74PS (55kW)
掘削機構	チェーン式
全長	8,850mm
全高	2,450mm
全幅	2,310mm
車両総質量	7,000kg
最大掘削深	1,000mm
最大掘削幅	610mm
掘削機オフセット量	390mm
その他	排出コンベヤ付き



写真-1 機械外観



写真-2 掘削機詳細

試験<sup>2)</sup>を行った、専用機械チェーン式の掘削幅 150 mm 及び 305 mm についてもグラフに示す。

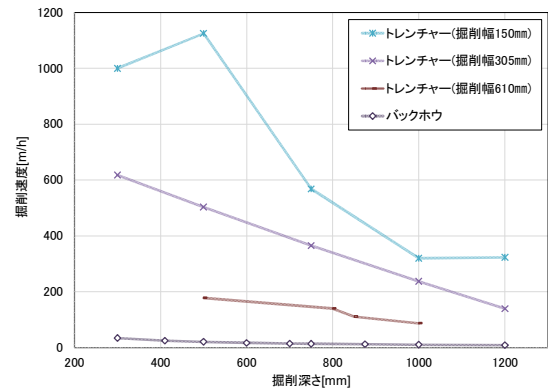


図-1 掘削深さと掘削速度

掘削幅 610mm になっても、バックホウに比べて大幅に掘削速度が速いことが確認できた。掘削幅 610mm は、掘削幅 305mm と比較して、約4割の施工速度となった。これは、施工箇所の不陸や降雨による泥濘みにより、運転操作に支障が生じたことが影響していると考えられる。

また、トレンチャーを使用することにより掘削底部が平坦かつ滑らかな仕上がりとなった。これはバックホウが上下に円弧を描いて掘削するのに対して、トレンチャーは刃が溝断面に対し平行移動する動作のためである。出来映えに関しては、バックホウとは異なりオペレータの熟練度の影響は少ないことがわかった。バックホウとトレンチャーの掘削イメージを図-2に、トレンチャーの掘削後の仕上がり状況を写真-4に示す。



写真-3 掘削状況

## 2.1.2 試験結果

トレンチャー施工の掘削深さと掘削速度の関係を図-1に、掘削状況を写真-3示す。比較のために過年度に



図-2 掘削イメージ

(左：バックホウ、右：トレンチャー)



写真-4 トレンチャー掘削後の仕上り状況

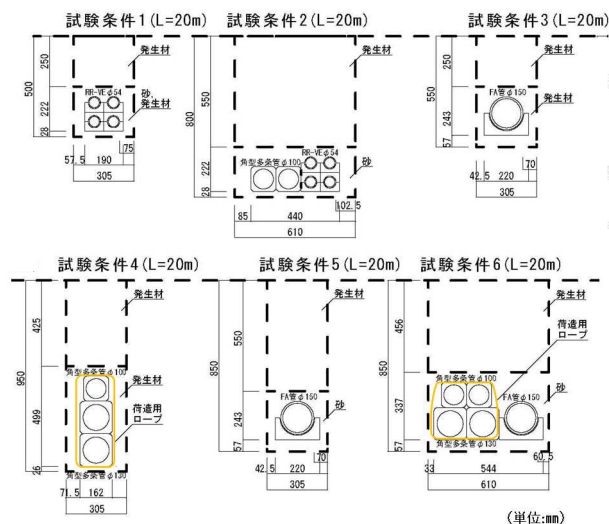


図-3 配管配置図

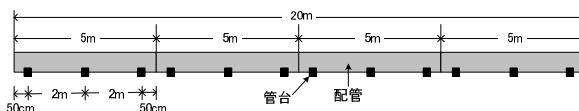


図-4 管台の設置箇所

## 2.2 配管敷設試験

トレンチャーによる掘削幅に対応した配管敷設を行い、掘削幅、掘削深さ、土被り厚さ、配管種類の違いによる施工性について確認した。

### 2.2.1 試験条件

試験条件1及び2は、電力・通信需要の比較的小さい山間部を、試験条件3から6は需要が中程度の農村部を想定した。管種のケーブル保護管のRR-VE管及びFA管は通信用、角型多条電線管（以下、「角形多条管」という）は電力用である。また、RR-VE管及びFA管は管台を設置した。掘削幅305mm及び610mmに配管を敷設するため、配管配置についても検討した。試験条件を表-2、配管配置図を図-3、管台設置位置を図-4に示す。

表-2 試験条件

試験条件	延長 m	掘削幅 mm	掘削深 mm	土被り mm	管種	条数	用途	想定箇所
1	20	305	500	300	RR-VE管φ54	4	通信	山間部
2	20	610	800	600	角型多条管φ100	2	電力	山間部
					RR-VE管φ54	4	通信	
3	20	305	550	300	FA管φ150	1	通信	農村部
4	20	305	950	600	角型多条管φ100	1	電力	農村部
					角型多条管φ130	2		
5	20	305	850	600	FA管φ150	1	通信	農村部
6	20	610	850	600	角型多条管φ100	2	電力	農村部
					角型多条管φ130	2		
					FA管φ150	1	通信	

※RR-VE管は4条(メタル及び光ケーブル、その他2社)を想定  
FA管はさや管のため5条以上を想定  
角型多条管は2条(高圧又は低圧、予備)を想定  
試験番号4の角型多条管φ100は低圧又は引き込み用を想定

### (1) 試験条件1の配管敷設

山間部の通信単独埋設を想定し、RR-VE管φ54を縦横2列ずつ4本並べて敷設した。施工は可能であったが、掘削幅が狭いため更に深い掘削になった場合、管台の設置等で困難が予想される。RR-VE管の接続状況を写真-5に示す。



写真-5 RR-VE管の接続状況

また、施工余裕幅が狭い条件で、保護土(砂、発生土)が充填できるか試験を行った。延長の半分10mを発生材で埋戻し、もう半分は砂で埋め戻した。

その結果、保護土の種類によらず十分に充填されることを確認した。埋戻し材の充填状況を写真-6に示す。



写真-6 埋戻し材の充填状況  
(左側：砂、右側：発生材)

### (2) 試験条件 2 の配管敷設

山間部の通信・電力共用埋設を想定し、最初に角型多条管  $\phi 100$  を横 2 列で敷設し、その横に RR-VE 管  $\phi 54$  を縦横 2 列ずつ 4 本並べて敷設した。角型多条管の接続状況を写真-7 に示す。



写真-7 角形多条管の接続状況

### (3) 試験条件 3 の配管敷設

農村部の通信単独埋設を想定し、FA 管  $\phi 150$  を 1 列敷設した。配管の両サイドの作業幅が狭いため、配管裏に足が挟まり、抜けなくなる等、足場の確保が困難であった。また、作業員が掘削溝に入り込んでの作業ができないため、配管接続は溝から持ち上げての苦渋作業となる。この作業を軽減するため、配管の下にロープを置き、ロープで配管を持ち上げる方法で施工した。FA 管の接続状況を写真-8 に示す。



写真-8 FA 管の接続状況

### (4) 試験条件 4 の配管敷設

農村部の電力単独埋設を想定し、最初に角型多条管  $\phi 130$  を縦 2 列敷設し、その上に角型多条管  $\phi 100$  を 1 列敷設した。縦 3 列に並べた配管が崩れないように、あらかじめ、掘削溝に PP ロープを用意し、最後に 3 本の配管を束ねて固定した。

配管の両サイドの作業幅は狭いが、FA 管に比べて配管が軽く、柔軟性があるため、スムーズに施工できた。施工状況を写真-9 に示す。



写真-9 角形多条管の接続状況

角形多条管の配管敷設後、発生材の充填状況を確認するため、配管側面を掘削し、発生材が十分に充填されていることを確認した。写真-10 に埋設状況を示す。

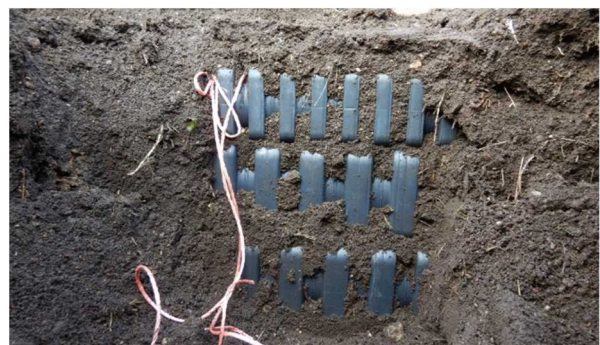


写真-10 角形多条管の埋設状況

### (5) 試験条件 5 の配管敷設

農村部の通信単独埋設を想定し、FA 管  $\phi 150$  を 1 列敷設した。試験条件 3 同様、配管両サイドの作業幅が狭く、掘削深さも更に深いため、配管接続時に配管を支える負荷が大きくなり、作業がより一層困難となった。FA 管の接続状況を写真-11 に示す。



写真-11 FA 管の接続状況

### (6) 試験条件 6 の配管敷設

山間部の通信・電力共用埋設を想定し、最初に角型多条管  $\phi 130$  を横 2 列敷設し、その横に FA 管  $\phi 150$  を 1 列敷設、最後に角型多条管  $\phi 130$  の上に角型多条管  $\phi 100$  を横 2 列敷設した。

並べた角型多条管  $\phi 130$  と角型多条管  $\phi 100$  が崩れないように、あらかじめ、掘削溝に荷作用バンドを用意し、4 本の配管を束ねて固定しながら施工した。角型多条管の接続状況を写真-12 に示す。



写真-12 角型多条管の接続

### 2.2.2 試験結果

配管敷設は、掘削幅 610mm と 305mm に対し 4 種類の配管を使用し、敷設試験を行った。

掘削幅 305mm のうち、試験条件 1 及び 3 の掘削深さ 500mm 前後の場合、RR-VE 管のように軽い管では施工が可能であったが、FA 管のように重い管では施工が困難

であった。試験条件 4 及び 5 の掘削深さ 800mm 以上の場合は、角型多条管など軽い管では施工が可能であったが、FA 管のように重い管では施工が困難であった。

掘削幅 610mm の試験条件 2 及び 6 は、作業員による溝内での作業が可能のため、スムーズに施工できることを確認した。

### 2.3 現場実証試験

トレンチャー施工フィールド試験の実績を踏まえ、国内における国道での電線共同溝事業で初めてとなるトレンチャーによる電線地中化施工を実施し、現場適用性や施工性について検証した。

#### 2.3.1 実証試験の内容

##### (1) 電線共同溝事業の概要

国土交通省北海道開発局函館開発建設部が進める、国道 5 号七飯町赤松街道電線共同溝事業は、函館と道央圏を結ぶ高規格道路の函館新道、北海道新幹線新函館北斗駅、「道の駅」なないろ・ななえが集まる交通の要衝に位置しており、七飯町地域防災計画において、「道の駅」が指定緊急避難場所となっている。また、沿道の赤松並木は赤松街道として「日本の道百選」にも選定され、道南の観光名所の一つとなっている。

無電柱化することで、災害時における緊急輸送道路の確保並びに安全で快適な歩行空間の確保を図り、良好な景観の形成に向けたまちづくり支援を目的に事業を進めている。

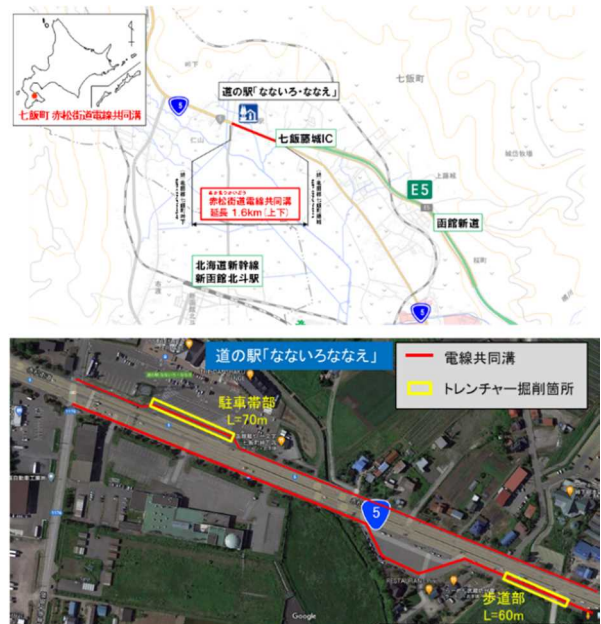


図-5 施工箇所図

赤松街道電線共同溝の施工現場は、図-5 に示すように国道 5 号七飯町字藤城から峠下までの 1.6km 区間で、

うちトレンチャー施工区間は上り車線側の駐車帯部70m及び下り車線側の歩道部60mの計130mである。

### (2) トレンチャーに有利な現場条件

これまで電線類地中化は主に都市部において進められてきた。今回の現場は郊外部であり、都市部と比較し、表-3に示すように埋設管路断面が浅く小さくでき、沿道利用が比較的少ないため掘削ルート上を阻害するライフラインが少なく、道路の施工条件として作業機械が進入、通過する施工ルート上に障害物も少なく、かつ交通規制の制約があまりない。このように郊外部の施工では、トレンチャー施工のスピーディーさをより活かすことができるので、従来のバックホウによる施工に対して有利となる。

### (3) 省力化断面

施工断面は、図-6に示すとおり、トレンチャーの掘削能力の適用範囲に収まるよう「浅く」、「小さく」する新たな設計を取り入れた。

まず、これまでの室内及び現場試験結果を踏まえ寒冷地における浅層埋設として、土被りを0.7mから0.6mに低減した。また、通信管の積み方を従来の縦型から横型にすることで掘削深さが1.0m以内になるよう底上げした。これにより土留めを不要とし、管路をトレンチャーの掘削可能断面に収めることができ、トレンチャーの適用を可能とした。

また、掘削断面の縮小自体が、施工量の低減と施工性の向上につながり、施工のスピードアップに貢献している。

### (4) 機械選定

施工断面は駐車帯部で最大掘削幅0.61m、歩道部1.0m、最大掘削深はそれぞれ1.0mとなることを踏まえ、「ケーブル埋設用掘削機械（トレンチャー）を活用した施工の手引き（案）」により使用機械を選定した。

選定した機械は最大掘削幅が0.61mであるが、歩道部の掘削幅1.0mを施工するため、Wカットイング（幅方向の重複掘削）が可能な仕様である。掘削機はチェーン式でチェーンの外周に比較的固い地盤の掘削に適した超硬タイプの掘削刃がついており、チェーン回転により掘削及び土砂の排出を行う。更に後方に掘削した底面の整地を行うブレード状のトレンチクリーナーを装備している。トレンチャーはバックホウのような旋回動作がないため、施工の安全性向上に寄与できる。トレンチャーの機械外観を写真-13、機械諸元を表-1（前出）に示す。

表-3 都市部と郊外部の施工条件の比較

	都市部	郊外部
埋設管路断面	管路数が多いため、断面が深く大きい	管路数が少ないため、断面が浅く小さい
沿道利用状況	掘削ルート上を阻害するライフラインが多い	掘削ルート上を阻害するライフラインが少ない
道路施工条件	施工ルート上に障害物が多い交通規制の制約が多い	施工ルート上に障害物が少ない交通規制の制約が少ない

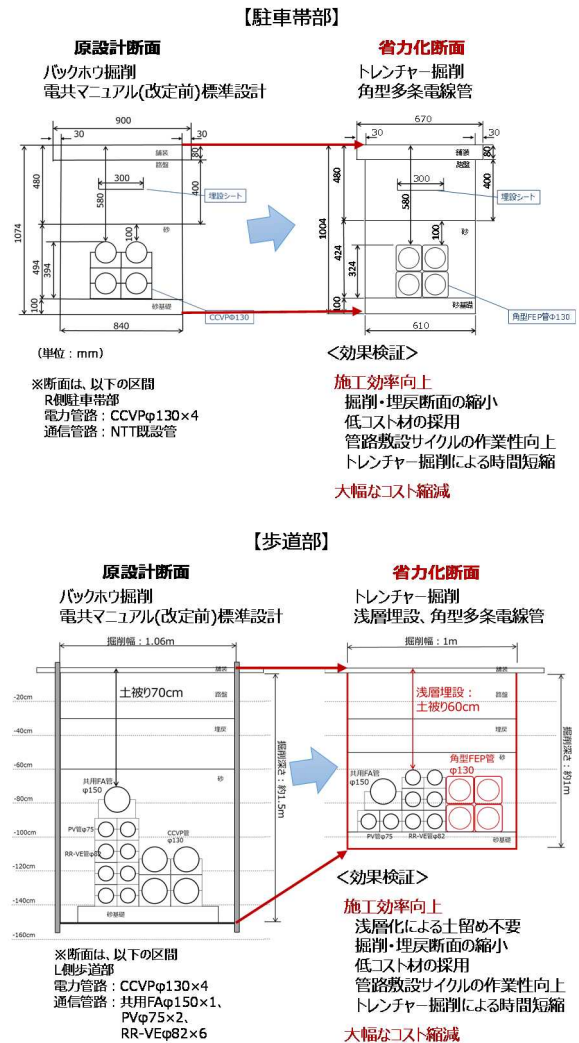


図-6 施工断面



写真-13 トレンチャー外観

## (5) 施工の流れ

試験施工は歩道部と駐車帯部で行うが、一例として駐車帯部の施工フローを表-4に示す。

舗装版撤去から埋設シート敷設までの一連の作業について、従来工法との比較を実施する。なお、検証ポイントとして、掘削施工について従来のバックホウからトレンチャー掘削による施工速度の向上は勿論のこと、トレンチャーの掘削スピードを最大限活かすため、掘削断面を従来より浅く小さくする浅層化や断面がコンパクトとなる角型多条電線管の採用(写真-14)したことなどによる全体工程の省力化があげられる。

さらに、新たに採用した、角型多条電線管は軽量で積上げが容易であり、接続作業も熟練を要しないなど、管路敷設作業性の向上や施工の効率化が見込まれる。

表-4に示す赤字の工種は、今回の新施工法により省略できた工程であり、青字はトレンチャー掘削採用に伴い施工方法の見直しを行った工程である。

表-4 施工フロー（駐車帯部）

工種順	施工方法等
舗装版撤去	バックホウ0.28m <sup>3</sup> +4tダンプ
掘削・積込み	従来：バックホウ0.28m <sup>3</sup> +4tダンプ 新規：トレンチャー+4tダンプ
床仕上げ	従来：機械+人力による基面整正 新規：なし
砂基礎	バックホウ投入+人力敷き均し+ハンドガイドローラー締固め
電力管敷設	従来：CCVP管φ130(5m/本)2条2段 新規：角型FEP管φ130(5m/本)2条2段
保護土(砂)	従来：CCVP管φ130(5m/本)3層仕上げ 新規：角型FEP管φ130(5m/本)2層仕上げ
埋設シート	人力敷設

工種凡例 赤字文字：施工不要 青色文字：施工変更



写真-14 角形多条電線管

### 2.3.2 トレンチャー施工による検証結果

#### (1) 土質

過年度より苫小牧寒地試験道路において路体(砂質土)での試験を行ってきたが、今回、0.4mの深さの路盤+路床(礫質土)でも掘削可能であることが確認で

きた。写真-15にトレンチャーによる施工状況を示す。



写真-15 トレンチャーによる施工状況

#### (2) 施工速度

図-7に示すとおり、駐車帯部における掘削区間の施工時間から算出したトレンチャーの掘削速度は、掘削のみで約101.6m/hであった。

過年度の苫小牧寒地試験道路(路体)での試験では、掘削幅0.61m、掘削深さ1.0mの場合、降雨による悪条件で約87m/h<sup>2)</sup>であったことから、土質の違いによる影響は少ないといえる。

また、今回の機械はベルトコンベヤにより、掘削作業と積込作業の同時施工が可能であるが、掘削土砂の運搬に4tダンプトラックを使用する場合(土砂の比重2.1、積込量1.9m<sup>3</sup>程度)、掘削延長3.1m毎にダンプトラックの入替えが必要になることにより、3分程度/回のタイムロスが発生しており、この分を考慮すると施工速度は約58.8m/hとなる。しかしながら、このタイムロスを考慮しても従来のバックホウ掘削の約11.6m/h(土木工事標準積算基準書による試算値)に比較し、大幅なスピードアップが図られた。



図-7 施工速度の比較(駐車帯部)

#### (3) 掘削精度

トレンチャーによる掘削断面の出来型は、掘削区間の2箇所計測した結果、図-8に示すとおりとなった。

掘削幅は、各計測点において、大きくばらつかないことが確認でき、かつ、設計値を確保しており、断面

が崩れるようなことはなかった。

掘削深さは、掘削開始時に、チェーンを所定の深さまで下げ、保持することで、掘削深さを設定する。掘削開始後は、この設定を保ちながら進むことで一定の深さで掘削することができる。また、床均しなどの作業も不要となった。写真-16 に掘削後の仕上がりを示す。

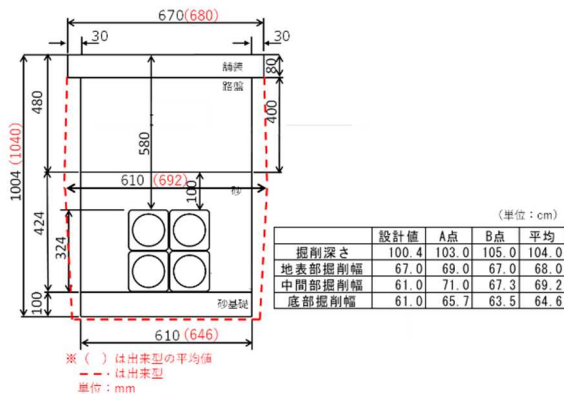


図-8 掘削断面の出来型



写真-16 掘削後の仕上がり

#### (4) 土砂排出用ベルトコンベヤ

これまで、掘削土は掘削溝の横に積み上げられ、バックホウ等により、ダンプトラックへ積み込む必要があり非効率になっていた。しかし、現道の環境では、土砂積み込み運搬の作業が必要であるため、今回、土砂排出用ベルトコンベヤ付き機械を採用した。この機械は、掘削と縦列するダンプトラックへの土砂積み込みが同時に行える一車線積み込みタイプであり作業効率が向上した。

更なるダンプトラック入れ替え時間短縮のためには、並列するダンプトラックへの積み込みなど、施工方法及び機械の検討なども必要である。

#### (5) 施工上の課題

掘削作業中、土中に直径約 15cm 程度の玉石や転石などがあると、チェーンが接触し停止することがあった。その場合はバックホウによる支援が必要となる。

また、玉石や転石などが装置内にかき上げられ、チェーンケースやベルトコンベヤに干渉し機械が停止する場面があり、その場合も掘削作業が停止する。

また、図-9 に示すとおり、機械の構造上、垂直には掘削できないため、斜線部は未施工となる。そのため施工区間の開始終了時では、バックホウによる掘削が必要となる。

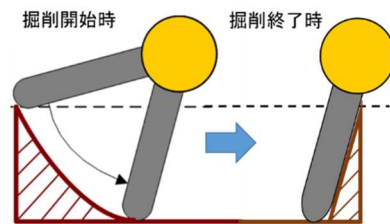


図-9 掘削イメージ

#### (6) 配管敷設

掘削幅 0.61m の掘削断面は人が入って作業するには十分な大きさであり、配管敷設はスムーズな作業が可能であった。また、掘削深さ 1.0m のため土留めも不要で、上下作業に支障が少なく作業性は良好であった。

更に角形多条管は、従来管に比べ管台の設置が不要で、積み重ねも安定していた。また、接続にあたっては配管接続器具が不要で、容易に接続でき、熟練を要しない良好な施工性を確認することができた。

#### (7) 大断面掘削の試行

今回の試験では電力・通信の複合管路を収める大断面の掘削について、トレンチャー施工が可能かについて、2 回掘りをする施工方法 (Wカッティング) について検討した。

Wカッティングは、図-10 に示すとおり、初めに掘削断面の右側 (掘削機の刃分 610mm) の掘削を行い、その後、トレンチャーを掘削開始箇所まで引き戻して、掘削機部分を左側にスライドさせ、車両後方のトレンチャークリーナーを連結し、設計断面の残りの部分の左側 (390mm) を掘削する施工方法である。

2 回目の掘削時にトレンチャーを引き戻すため、1 回目掘削済み箇所の舗装端部を走行する際に、路盤の地耐力が弱い場合は、掘削壁面が崩れる恐れがあるため、敷鉄板を敷設しての施工となる。

また、Wカッティング1回目と2回目の切替には、トレンチャークリーナーの連結作業が必要であり、その作業に時間を要するため、今後は機械の改良及び施工方法



について、更なる検討が必要である。写真-17にWカッティングの掘削状況について示す。

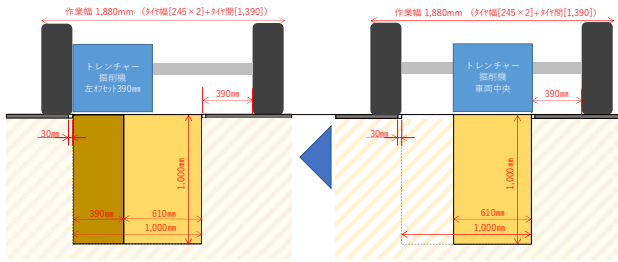


図-10 施工方法検討（左：2回目、右：1回目）



写真-17 トレンチャーでの掘削状況  
（左：2回目、右：1回目）

### 3. 非開削工法を用いた施工方法の提案

幹線道路や取付道路の横断部など、トレンチャーによる開削工法では交通への影響が大きい箇所、効率的な施工が見込まれる非開削工法についてフィールド試験を実施し、施工の特徴や優位性等を確認した。

#### 3.1 施工方法

非開削工法は、鉄道や道路の通行をそのままに、非開削で地下構造物を構築する工法で、電線地中化に手適用可能な工法は、2工法が想定される。

##### (1) HDD（誘導式水平ドリル）工法

HDD（誘導式水平式ドリル）工法は、パイロット削孔工と埋設管引込工の2工程（図-11、12）からなる非開削管理設工法<sup>3)</sup>である。

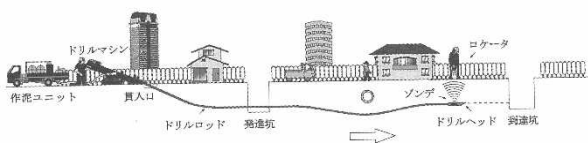


図-11 HDD工法 第一工程

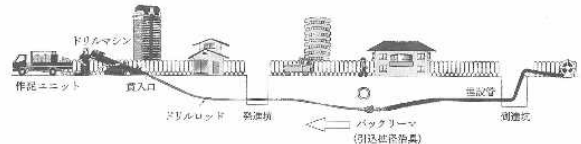


図-12 HDD工法 第二工程

##### (2) 小口径推進工法

小口径推進工法は、先導体に推進管または誘導管を接続し、発進立坑から遠隔操作により推進管を埋設する、呼び径700以下の推進工法である。使用する推進管種により、高耐荷力推進工法、低耐荷力推進工法の2工法に大別され、さらに掘削及び排土方式、管の埋設方法により細分類される。図-13に施工方法例、表-5に各工法の特徴を示す。

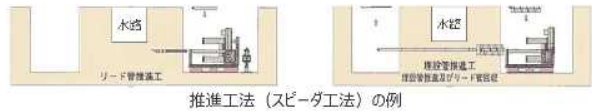


図-13 小口径推進工法

表-5 各工法の特徴

	HDD工法（誘導式水平ドリル工法）	小口径推進工法
概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>「パイロット削孔工」と「埋設管引込工」の2工程からなる非開削管理設工法</li> <li>第1工程で地上に配置したドリルマシンからドリルヘッドを押し込み、削孔する。先端に発信機を組み込んだドリルヘッドを地上で計測して、深度や方向を正確に把握することで、埋設管・構造物等を回避しながら削孔する</li> <li>第2工程では、削孔した孔に到達坑側から発進坑側へ管を引き込む</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>先導体に推進管または誘導管を接続し、発進立坑から遠隔操作により推進管を埋設する、呼び径700以下の推進工法</li> <li>使用する推進管種により、高耐荷力推進工法、低耐荷力推進工法の2工法に大別され、さらに掘削および排土方式、管の埋設方法により細分類される</li> <li>掘削予定の管路に対して垂直方向に複数の4m以上の深さの立坑を掘削し、立坑を直線で結ぶ形で推進掘削して立坑に細切れにした管路を搬入し掘削した穴へ挿入、接続することで開削せずに管路を設置する</li> </ul>
長所	<ul style="list-style-type: none"> <li>大規模な開削に伴わず周辺環境への影響を抑制できるため、環境負荷低減やコスト削減のみならず夜間作業にも適している</li> <li>小口径推進工法とは異なり機械本体を地上に設置できるため、機械の掘え付けや位置の修正が容易</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>軟弱土から硬質土、帯水砂層、粘性土、玉石混り土等、様々な土質に対応可能</li> <li>電磁波測量及び管内測量システムにより高精度の位置検知が可能で、曲線推進などHDD工法より高精度な施工を可能とする</li> </ul>
短所	<ul style="list-style-type: none"> <li>大きな砕石がある土質ではドリルヘッドが進行できず使用不可。粘土質、砂礫質の土質では泥水が課題となり、施工性の低下や施工不可となるリスクがある</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>精密な測量計測を必須とする</li> </ul>

##### 3.2 HDD工法による施工試験

配管敷設試験は、大規模な開削が不要で、施工の容易なHDD工法を使用して、表-6の試験条件で以下の3パターンで施工した。

機械の選定は、管外径に対応した機種を選定した。表-7に機械諸元、写真-18に機械外観を示す。

配管敷設には、強化合成樹脂可とう防護管（FFP）のφ80及びφ150を使用した（写真-19）。

表-6 試験条件

(単位:mm)

試験条件	延長(m)	埋設深さ	メーカー推奨値	管種	管外径	バックリーマ	※バックリーマメーカー推奨値	条数
1	30	1000	642以上	φ 80	107	230	207	1
2	30	700	642以上	φ 80	107	150	207	1
3	30	1200	1158以上	φ 150	193	260	293	1

表-7 機械諸元

メーカー / 型式	VERMEER社 / D8×12
全長	3,530mm
全高	1,650mm
全幅	900mm
機械質量	2,990kg
推進/引込力	35kN
回転力	1,630Nm
最大掘削径	400mm
搭載ロッド距離	55m

(2) 削孔

長尺の鋼製パイプを回転させながら、地中に押し込み、接合を追加していくことで、ドリルヘッドを推進させ、ベントナイトを噴射させながら、発進坑・到達坑に向けて削孔した(図-14)。

削孔中は、ドリルヘッド(写真-20)に組み込まれているトランスミッターの情報を地上のロケータ(写真-21)で読み取り、深さと方向を修正しながら施工した。試験条件1及び2では、ロケータで読み取った5mごとの深さと、発進坑及び到達坑に到達時の深さを記録した。

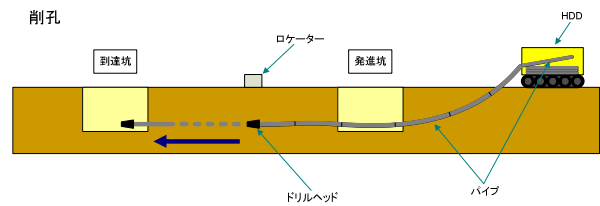


図-14 削孔イメージ



写真-18 機械外観



写真-20 ドリルヘッド



写真-19 強化合成樹脂可とう防護管



写真-21 ロケータ

(1) 試験準備

事前に発進坑と到達坑をバックホウで掘削した。

(3) バックリーマ・配管接続

削孔後、到達坑内でドリルヘッドを取り外し、バック

クリーマ（写真-22）、引込治具（ケーブルグリップ）、FEP 管を接続した（図-15）。施工状況を写真-23 に示す。



写真-22 バックリーマ

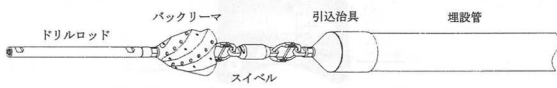


図-15 バックリーマ及び管引込小細<sup>3)</sup>



写真-23 施工状況

#### (4) 配管引込

バックリーマを回転させ、ベントナイトを噴射しながら、発進坑に向けて配管引込を行った（図-16）。

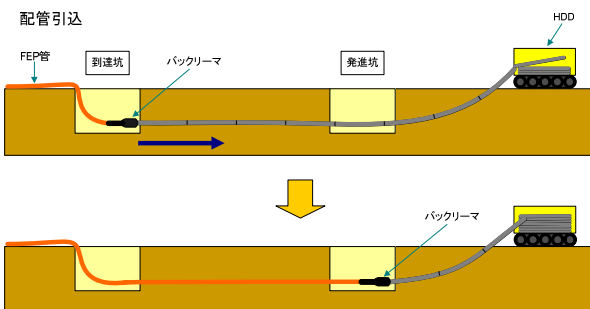


図-16 引込イメージ

#### (5) パイプの回収

配管引込後、発進坑内で配管とバックリーマを取り外し、残りのパイプを回収した。

#### 3.3 試験結果

削孔時のドリルヘッド深さを図-17 に示す。

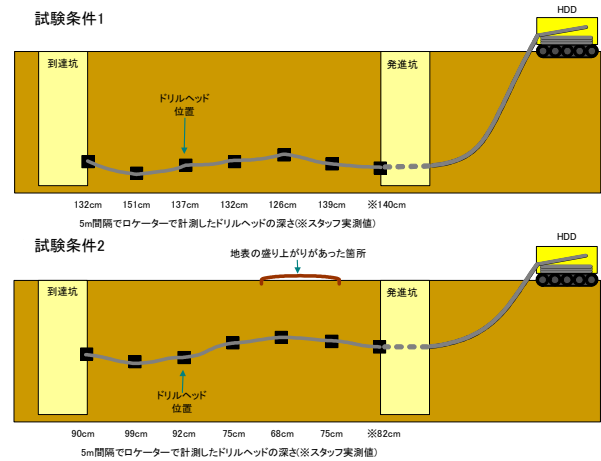


図-17 削孔時のドリルヘッドの深さ

試験条件 2 の配管敷設 (FEP  $\phi$  80・バックリーマ外径 15cm・深さ 700mm) では、削孔時、ドリルヘッドが目標深さより浮き上がり、地面が盛り上がる箇所がみられた。また、延長 4.3m で配管引込ができなくなったため、試験を中止した。試験番号 3 の配管敷設 (FEP  $\phi$  150・バックリーマ外径 26cm・深さ 1200mm) では、延長 8.4m で配管引込ができなくなったため、試験を中止した。

試験番号 2、3 の、途中で引込が不可能になり中断した要因は、配管径に対し削孔口径を可能な限り小さくするため、バックリーマをメーカー標準推奨値より小型のもので試験を行った結果、配管引き込み時の負荷が大きくなったことや使用した FEP 管外面の蛇腹形状が抵抗になったことが考えられる。

また、試験条件 2 の削孔時、ドリルヘッドが地表に近づき、地面が盛り上がる箇所があった。

これは、パイプが、負荷の軽い方向に逃げるという性質によるためである。

そのため、特に深度が浅い場合は、ロケータをこまめに確認し、早めに方向修正をする必要がある。

また、深度設計は、最低でも配管外径の 6 倍以上の深さが必要とされており、砂のような軟弱な土壌では、施工に一層の慎重さが必要である。

#### 4. 郊外部での電線類埋設・施工技術ガイドライン (案) へ反映

トレンチャー及びHDDのフィールド試験結果についての知見をとりまとめ、「ケーブル埋設用掘削機械を活用した施工の手引き（案）」に反映した。（図-18）



図-18 施工の手引き（案）

#### 4.1 トレンチャー適用現場の目安

トレンチャーは日当たり数百mの掘削作業が可能である。そうしたトレンチャーの性能を活かすためには、日々の復旧が不要で、日当たり施工延長が確保できる郊外部に適用することが望ましい。

現場条件による施工の適用性は以下のとおりである。

- ・既設埋設物が多い場所では回避動作に伴うタイムロスが多く発生するので、既設埋設物や引き込み線等が少ない郊外部等での活用が効果的である。
- ・作業面が平坦でない場合は、掘削溝の床仕上げが必要になる場合があるので、状況によっては作業面の整地を検討する必要がある。
- ・土中に玉石がある場合は、掘削が中断し作業が困難となる場合がある。また、砂地及び水分の多い地盤は掘削溝が崩れやすいので注意が必要である。なお、ホイール式など岩盤でも掘削可能な機種もある。
- ・掘削幅や掘削深さに制約があることから、管路条数が多く掘削断面が大きい現場への適用は、非効率・コスト高となる場合がある。
- ・掘削時は旋回作業がないため、バックホウ等と比較し接触リスクが軽減すると共に、掘削速度が大きいことから通行規制時間の短縮が可能となる。

なお、郊外部における施工に関する留意事項等は、以下のとおりである。

- ・郊外部では、トレンチャーの搬送距離が長くなることが考えられるため、搬送コスト抑制の観点から、小

型でコンパクトなものが望ましい。

- ・郊外部は歩道が点在し、乗り上げが必要になる場合がある。歩道へ乗り上げ可能な機械の条件として、機械全幅は道路構造令の歩道幅である2m以下、車両に対する歩道の耐荷重の基準等がないため、機械総質量は冬季に使用される小形除雪車7.5tの実績が上限値の参考となる。なお、調査結果から、37機種中23機種(62%)がこの条件に適合した。適合した機械の最大掘削幅は70～305mm、最大掘削深は450～1,524mmであった。

- ・法面を施工したい場合、バックホウのアタッチメントタイプのトレンチャーがあるが、適合するバックホウが13t以上となるため、歩道上からの施工は困難である。

以上により適用現場の条件を以下のとおりとした。

##### ①現場条件

- ・一定延長を連続的に施工可能な地域
- ・作業帯として機械全幅をカバーする平場を確保できる箇所
- ・平坦で左右の傾斜がなく、曲がりの少ない直線的な掘削作業が施工できる箇所

##### ②適用土質

- ・玉石などの混入のない土砂
- ・路盤など十分締まった地盤

##### ③掘削可能断面の目安

調査を行ったトレンチャーの最大掘削幅、最大掘削深より、次のとおりとなる。

掘削幅：610(305)mm以下

掘削深：1,524(1,200)mm以下

※( )内は、2019年4月現在の国内レンタル可能機種である。

## 5. まとめ

郊外部における無電柱化の整備コスト削減に寄与できる、ケーブル埋設用機械を用いた効率的な施工技術のための試験検討を行った結果、以下の知見を得た。

### (1) トレンチャー施工による掘削溝の復旧方法に関する提案

- ・トレンチャーの施工速度はバックホウと比較して、約5倍であり、掘削速度が向上した。
- ・掘削断面は、ばらつきが少なく平坦に仕上がるため、床均しなどの作業が不要になる。
- ・旋回動作がなく、安全性が向上する。
- ・ダンプトラックへの土砂積み込みはベルトコンベヤにより一車線で行えるため、掘削土の積み込みが不

要となり、施工の効率化が図れる。

- ・土中に玉石や転石等があった場合は、掘削が困難となるため、バックホウの支援が必要である。今後は地中探査等による事前把握、自動回避のための検討が必要である。
- ・掘削深さは、掘削を行いながら設定するため、掘削深さを確認できるよう機械の改良が必要である。
- ・機械の構造上垂直には掘削できないので、施工区間の開始終了時にはバックホウによる支援が必要となる。

## (2) 非開削工法を用いた施工方法の提案

- ・非開削工法について、特徴などを検討し、施工方法が簡易な HDD 工法が有効なことを確認した。
- ・地盤が柔らかい場合、削孔作業の際に、地面が浮き上がる場合があるため、施工には注意が必要である。
- ・試験は FEP 管で行ったため、施工に適した管種の検討が必要である。

## (3) 郊外部での電線類埋設・施工技術に関するガイドライン(案)へ反映

- ・トレンチャーによる試験施工の知見が蓄積したことから、「ケーブル埋設用機械（トレンチャー）を活用した施工の手引き（案）」をとりまとめた。

本手引きは主に、既設埋設物や引き込み線等が少なく、連続した施工が可能な、郊外部の道路区域を対象とした無電柱化用途のトレンチャー施工について解説している。

## 6. おわりに

今回の試験施工の結果から、トレンチャーによる掘削及び配管敷設などの施工の効率化が確認でき、郊外部におけるトレンチャーによる無電柱化施工は有効である。

今後は更なる全体工程の短縮を目指して、付随する関連作業の効率化について、検討していきたい。

## 参考文献

- 1) 国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所地域景観チーム：無電柱化のポイントブックシリーズ 地中化施工と整備手法の選定ポイント（案）第 1.0 版、2019.6
- 2) 国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所寒地機械技術チーム：ケーブル埋設用洋掘削機械（トレンチャー）を活用した施工の手引き（案）第 1.0 版、2021.2
- 3) 一般社団法人 日本非開削技術協会：HDD（誘導式水平ドリル）工法用設計積算要領、pp.1-4、2015.

# STUDY ON STREAMLINING OF UNDERGROUND CABLE CONSTRUCTION IN A SUBURBAN AREA

Research Period: FY2019-2021

Research Team: Machinery Technology Research Team,  
Director for Cold-Region Technology  
Development Coordination

Author: KATANO Koji  
MAKINO Masatoshi  
NAKAJIMA Junichi  
EINAGA Tetsuya  
KOBAYASHI Yuichi  
OOTAKE Madoka

**Abstract:** Underground cable laying construction is a measure whereby electric cables and poles are removed from roads by burying cables underground using the electric wire utility tunnel method, and accommodating electric and communication cables together in a space under the road, and other means. It can contribute to securing lifelines and preventing road block by eliminating collapse of electric poles in case of earthquakes, tornadoes and typhoons. It also serves to improve pedestrians' convenience (especially senior citizens and wheelchair/stroller users) by securing sidewalk space, and enhances traffic safety by improving views at intersections and visibility of traffic signs. Especially in Hokkaido, landscapes clear of electric cables and poles are expected to be highly effective to enhance the regional appeal and revitalize tourism. Therefore, this study summarized a technique that can contribute to cost reduction of underground cable construction in suburban areas, where the landscape improvement effect is significant, as a techniques to contribute to the development of planning, design and management techniques to promote the landscape improvement of outdoor public spaces which enhance regional attractiveness.

**Keywords:** Disaster prevention, Landscape, Underground cable laying, Electric wire utility tunnel method, Trenching machines,  
HDD(Horizontal Directional Drilling)