

郊外部における効率的な 無電柱化に向けた取組について —トレンチャー掘削機による試験施工—

函館開発建設部 道路計画課

○芳賀 達弘

山田 毅

函館開発建設部 函館道路事務所 第2工務課

石田 孝之

新たな「無電柱化推進計画¹⁾」において、需要が少ない区間での条数に応じた構造や新たな掘削機械の活用など安価で簡便な手法による無電柱化を進めていくことが示されている。

国道5号七飯町赤松街道電線共同溝は、これまで主に進められてきた都市部に比べ、需要が少なく埋設位置に余裕がある等、施工条件が有利となる郊外部の環境にあるため、一定の幅と深さを連続して掘削できる「トレンチャー掘削機」を用い、施工のスピードアップ及び低コスト手法の技術検証をするために、国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所の技術協力の下、全国の電線共同溝工事として初めての試験施工を行ったので報告するものである。

キーワード：無電柱化、試験施工、トレンチャー掘削機、コスト削減

1. はじめに

無電柱化は、道路の防災性の向上、安全性・快適性の確保、良好な景観を形成すること等を目的に、道路の地下空間を利用して電線類を地中へ埋設したり、表通りから裏通りに電線類を配置したりすることにより、道路上にある電柱や電線をなくす取組みである。近年、災害の激甚化・頻発化、あるいは高齢者の増加等により、無電柱化の必要性が高まっている。これらに、より一層対応するため、国土交通省で令和3年度を初年度とする新たな「無電柱化推進計画¹⁾」が策定された。計画のなかでは、無電柱化の推進のための低コスト手法の普及拡大に向け、需要や需要変動が少ない区間では条数に応じた構造や新たな掘削機械の活用など安価で簡便な手法の活用が示されている。

今回、函館開発建設部では、新たな「無電柱化推進計画¹⁾」の方針を踏まえ、国道5号七飯町赤松街道電線共同溝（以下、赤松街道電線共同溝という）において、新たな低コスト手法の導入を試みた。赤松街道電線共同溝は、これまで主に進められてきた都市部に比べ、需要が少なく埋設位置に余裕がある等、施工条件が有利となる郊外部の環境にある。そこで、需要に応じた最小限の設計断面（省力化断面）を取り入れ、一定の幅と深さを連続して掘削できる「トレンチャー掘削機」を用い、施工のスピードアップ及び低コスト手法の技術検証をするために、国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所の技術協力

の下、全国の電線共同溝工事として初めての試験施工を行った。

2. 無電柱化の現状と課題

無電柱化は、昭和61年度から4期にわたる「電線類地中化計画」、平成16～20年度の「無電柱化推進計画」、平成28年に施行された「無電柱化の推進に関する法律²⁾」に基づく「無電柱化推進計画³⁾」、平成30年度の重要インフラ緊急点検に基づき閣議決定された「防災・減災、国土強靱化のための3か年緊急対策⁴⁾」にて、令和2年度末までに全国で約12,000km（北海道は約300km）の無電柱化（着手済を含む）が進められてきた（図-1）。

また、令和3年度を初年度とする新たな「無電柱化推進計画¹⁾」では、5年間で約4,000km（北海道は約120km）の新たな無電柱化に着手することを計画目標としている。

一方で欧米やアジアの主要都市と比較して日本の無電柱化は遅れている。ロンドンやパリ、香港、シンガポールなどの無電柱化率は100%であるが、日本では東京23区で約8%、北海道で約1.5%となっている（図-2）。

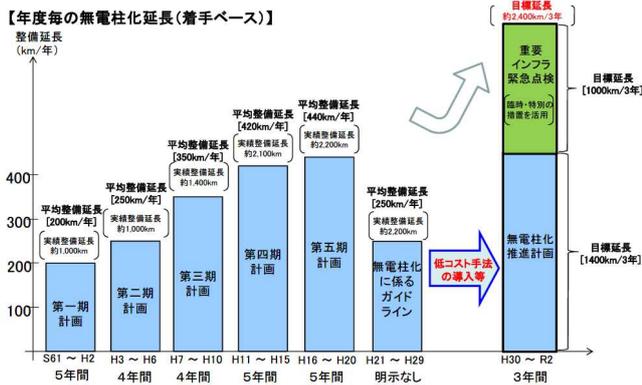


図-1 無電柱化の整備延長の推移(全国)(国土交通省HP)



※1ロンドン、パリは海外電力調査会調べによる2004年の状況(ケーブル延長ベース)
 ※2香港は国際建設技術協会調べによる2004年の状況(ケーブル延長ベース)
 ※3シンガポールはPOWER QUALITY INITIATIVES IN SINGAPORE, CIREF2001, Singapore, 2001による2001年の状況(ケーブル延長ベース)
 ※4台北は台北市道路管線情報センター資料による台北市区の2015年の状況(ケーブル延長ベース)
 ※5ソウルは韓国電力統計2019による2018年の状況(ケーブル延長ベース)
 ※6東京23区と大阪府は国土交通省調べによる2017年度末状況(道路延長ベース)
 ※7北海道と札幌市は北海道開発局調べによる2020年度末状況(道路延長ベース)

図-2 欧米やアジアの主要都市と日本の無電柱化の現状

電線類の地中化による無電柱化には、平成7年に策定された「電線共同溝の整備等に関する特別措置法⁵⁾」に基づき、道路管理者が道路区域内の管路と特殊部(ケーブルの分岐部分を収容するための施設)を道路付属物として整備し電線管理者が電線(ケーブル)・地上機器を整備する電線共同溝方式(図-3)、自治体が管路と特殊部を整備し残りを電線管理者が整備する自治体管路方式、電線管理者が整備する単独地中化方式、要請者が整備する要請者負担方式がある。

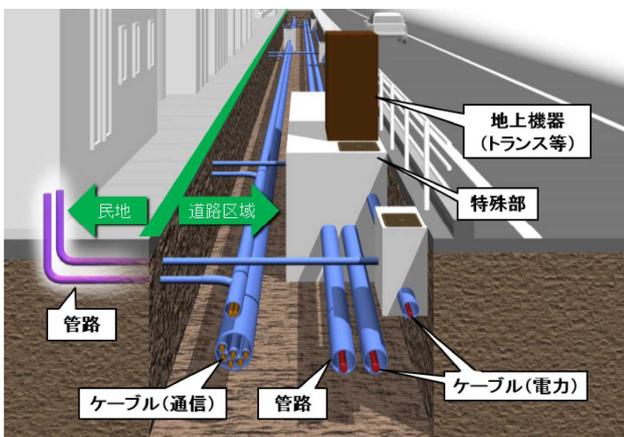


図-3 電線共同溝イメージ図(国土交通省HP)

初期の頃は単独地中化方式が多かったが、現在ではほとんどが電線共同溝方式となっている。電線共同溝方式の工事費は道路延長1km当たり約5.3億円との算定例もあり、整備費用の高さが課題となっている。

このことから、新たな「無電柱化推進計画⁶⁾」では、低コスト化手法などを活用し、平均して約2割のコスト削減に取り組むとともに、事業のスピードアップを図り事業期間半減(平均4年)に取り組むこととしている。

3. トレンチャー掘削機による試験施工

今回、赤松街道電線共同溝において、全国の電線共同溝工事として初めてトレンチャー掘削機による試験施工を実施するとともに、トレンチャー掘削を最大限活かすため施工の省力化に繋がる手法(浅層埋設、角型多条電線管)を導入し、トレンチャーの現場適用性やスピードアップ及びコスト削減の効果の検証を行った。

試験施工は、「一般国道278号函館市函館駅前電線共同溝外一連工事」において実施を行い、施工効率についての定量的・定性的評価を寒地土木研究所で実施した。以下に試験の概要を示す。

(1) 国道5号七飯町赤松街道電線共同溝事業

赤松街道電線共同溝は、国道5号函館新道、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するとともに、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に指定、七飯町都市計画マスタープランにおいて観光産業経済路線として位置づけられていることから、電線共同溝を整備し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るとともに、良好な都市景観の形成に向けたまちづくりを支援するものである。

(2) トレンチャー掘削機及び省力化断面

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、従来のバックホウ掘削に比べ、飛躍的にスピードが向上するため、郊外部で連続掘削ができるような施工環境においては、特に効果を発揮する。

無電柱化が進んでいる諸外国では、トレンチャーを使用し、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⁹⁾。

これまで電線地中化は主に都市部において進められてきたが、郊外部は都市部に比較し、埋設管路が少ないため施工断面を小さくできることや、沿道利用が比較的に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いこと、交通規制の制約が少ないことなどが、トレンチャーの掘削スピードをより活かすことに繋がるので、郊外部での施工はトレンチャーに有利となる。

諸外国で使用されているトレンチャー掘削機の国内現

場での適用に向け、これまで国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所において試験施工を通じた検証が行われてきた。また、トレンチャーによる掘削スピードの向上を最大限に活かすため、管路敷設や埋戻し等の掘削以外の施工速度を向上させるかが課題となっており、北海道における浅層埋設の実現や、角型多条電線管の採用及び管路の組み方の見直しなどにより、施工断面を最小化することで全体の省力化を可能とする「省力化断面」の検討も行われてきた。

(3) 試験施工箇所

赤松街道電線共同溝の試験施工箇所は、**図-4**に示すように国道5号七飯町藤城から峠下の事業区間1.6kmのうち上り車線側の駐車帯部70m及び下り車線側の歩道部60mで、計130mである（**写真-1**）。

(4) 実証試験

(a) トレンチャー掘削

実証試験は、**表-1**に示すトレンチャー掘削機（**写真-2**）を使用し、**図-5**に示す掘削断面（駐車帯部、歩道部）で行った。本機の最大掘削幅が61cmであることから、主たる施工効率化検証を駐車帯部で行い、歩道部においては掘削幅1mをクリアするため、ダブルカッティング（幅方向の重複掘削）を試みた。

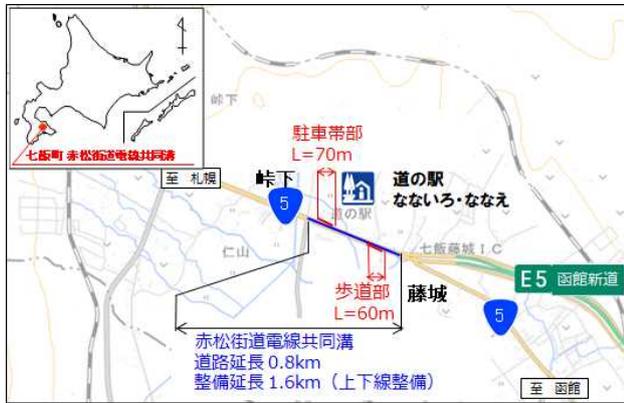


図-4 試験施工箇所図



写真-1 試験施工箇所

表-1 トレンチャー掘削機

Vermeer社(RTX750SOC)			
全長	8,850mm	掘削幅	1,000mm (ダブルカッティング(610mm+390mm))
全幅	2,310mm	掘削深	1,000mm
全高	2,450mm	掘削機構	チェーン式
質量	7,000kg	その他	排出コンベア付



写真-2 トレンチャー掘削機

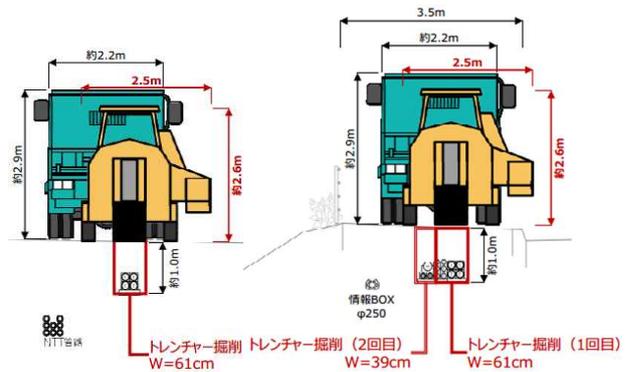


図-5 トレンチャー掘削断面（駐車帯部、歩道部）

(b) 省力化断面

トレンチャーの掘削速度を最大に活かすため、掘削深さを従来より浅く出来る浅層埋設や断面がコンパクトな角型多条電線管の採用などによる全体工程の省力化を図った（**図-6**、**図-7**）。また、角型多条電線管は軽量で積み上げが容易であり、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期待される（**写真-3**）。

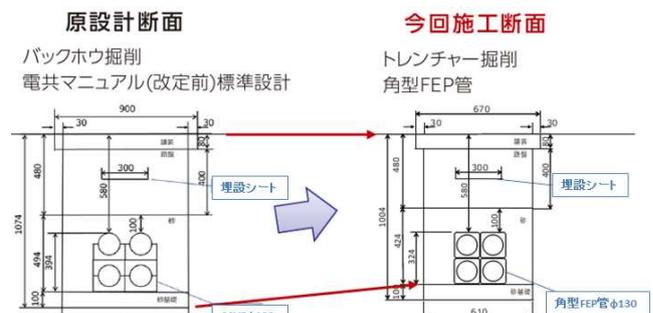


図-6 省力化断面（駐車帯部）

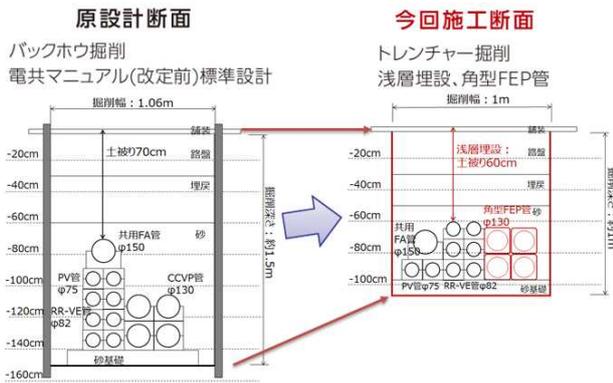


図-7 省力化断面（歩道部）



写真-3 角型多条電線

(c) 試験施工工程

試験施工は、表-2に示すように舗装版撤去から埋設シート敷設の一連の作業について、従来工法との比較を実施した。表-2に示す赤色文字の工種は、今回の新しい施工方法により省略できた工程であり、青色文字は施工方法の見直しを行った工程である。

今回の試験では、トレンチャー及び管路敷設の作業時間等についてデータ取りをしており、従来工法との効率化の比較を行った。

表-2 試験施工工程（駐車帯部）

工種順	施工方法等
舗装版撤去	バックホウ0.28m ³ +4tダンプ
掘削・積み込み	従来：バックホウ0.28m ³ +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 赤色文字：施工不要 青色文字：施工変更

4. 試験結果

(1) トレンチャー掘削速度

トレンチャーの掘削速度は、掘削土積み込み有りの場合で、従来施工のバックホウ掘削の約11.6m/hと比べ、約58.8m/hと約5倍のスピードが確認された。また掘削土を横置き出来る場所の場合は約101.6m/hと約10倍のスピードが期待できる（図-8）。



図-8 掘削速度の比較

(2) 工程短縮及びコスト削減

駐車帯部について、今回施工により、全体工程は当初計画の約3.5日に対し1.4日となり、約6割短縮された。日当たり施工延長は、当初計画約20.6m/日に対し約50.4m/日になり、約2.5倍となった（図-9）。

また、km当たりの工事費（管路のみ）のコスト削減額は、約37,300千円/kmとなり、約4割削減となった（図-10）。

<日当たり施工延長> 約20.6m/日 → 約50.4m/日



※1日の標準時間は、道路使用許可を得られた9:00~17:00の7時間とする。
※準備工は、実績を踏まえ30分/日とする。
※各工程の施工時間は、設計施工数量と土木工事標準積算基準の日当たり施工量を基に算定。
※トレンチャー及び管路敷設は実測値。

図-9 施工時間積み上げによる工程比較（駐車帯部）



図-10 km当たり工事費(管のみ)のコスト比較（駐車帯部）

歩道部については、省力化断面による仮設工の削減や全体施工量の縮減により、全体工程は当初計画の約5.4日に対し3.0日となり、約4割短縮された。日当たり施工延長は、当初計画約8.2m/日に対し約14.9m/日になり、約1.5倍となった(図-11)。

また、km当たりの工事費(管路のみ)のコスト縮減額は、約55,200千円/kmとなり、約3割縮減となった(図-12)。

なお、今回の施工ではいずれのケースでも角型多条電線管を使用することによる材料費のコスト縮減も図っている。

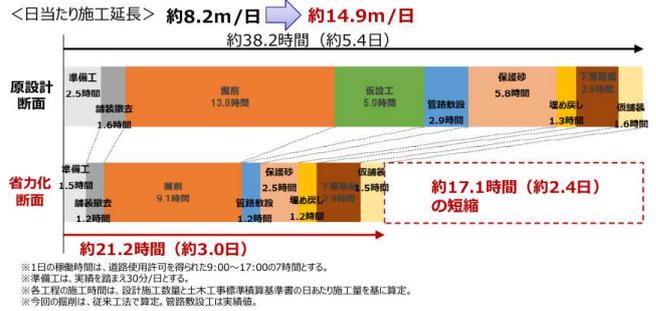


図-11 施工時間積み上げによる工程比較(歩道部)

(3) 掘削及び全体工程の省力化に関する定性評価

各工程の施工性について、施工事業者や有識者等からアンケートを取り、従来工法との比較を定性的に評価した(表-3)。

掘削断面の仕上がりに関する従来との比較について、断面はキレイで、仕上げ作業の減につながるなど、全体に「良い」とする評価が多く、土留めの無い浅い断面内での管路敷設の作業性について高評価だった。また角型多条電線管による施工性についても管台等もなく、作業性、接続も早いと、高評価であった。



図-12 km当たり工事費(管のみ)のコスト比較(歩道部)

表-3 定性的評価

検証項目・検証の視点		現地施工時の評価	
検証項目	検証の観点	評価	総体コメント[理由、改善アイデア]
作業ヤード・準備工	現場での適用性について	良い	【理由】旋回動作がないため、現場では安全に施工できる 【改善アイデア】ダンプの進入箇所や歩道部等におけるASの養生が必要
	トレンチャーの取扱い、機械・人員の配置、増減についての現場の負担感	良い	【理由】現状においては人員は大きくは変わらない印象 【改善アイデア】運転手のリモート化(無人化)などできる範囲が増えれば人員の改善は可能
掘削・積込み	掘削・積込みに関する従来とのスピード比較	良い	【理由】コンベア等に関しては工程の縮減が可能 【改善アイデア】大きな石を砕くような機能や先端にカメラを付けてオペが見えるようにする
	トレンチャーを活かすための埋設位置や区割、ダンプ運搬の効率化	良い	【理由】土場の近隣確保やダンプ回りが良ければ有効 【改善アイデア】効率的なチーム編成、連続掘削を行うための埋設管の事前調査等を実施
	掘削断面の仕上がりに関する従来との比較	とても良い	【理由】断面はキレイで、仕上げ作業の減につながる 【改善アイデア】掘削深さを自動調整できる機能があればなお良い
管路敷設	角型多条電線管による施工	とても良い	【理由】管台等もなく、作業性、接続も早い 【改善アイデア】管台は不要だが、管を束ねるような製品があると良い
	管路を横幅を広く積む方法	良い	【理由】土留めが不要となり、作業性が向上。埋戻し量が減少 【改善アイデア】-
保護砂	管種・積み方変更による保護砂の施工の効率化	良い	【理由】管路は自立安定している。隙間へは水締めが必要 【改善アイデア】電力管配管スピードは改善されるが、パイプレータ使用や通信管は従来のため、改善を検討してみても
埋め戻し・復旧	日々の復旧・掘り返し作業の削減	同等	【理由】雨水侵入や断面崩壊の恐れがあるため日々の埋戻しが良い 【改善アイデア】バックホウの規格の低減
総合所見		-	・掘削土の再利用を検討してみても(法の改正も含めて) ・玉石、点石、埋設物等による中断を回避できれば、作業スピードは速い ・横積みが可能となれば、作業性がさらに向上すると思われる 等

5. オンラインによる現場ライブ配信

令和3年9月2日に道の駅なないろ・ななえ駐車場で、無電柱化施工の新たな技術の普及を目的に、寒地土木研究所の技術協力の下、道路管理者、電線事業者等を対象に、現場施工状況のライブ配信を行った。配信は、駐車帯部で実施し、トレンチャーによる掘削、4tダンプトラックへの積み込み作業、角型多条電線管の敷設作業について、施工状況のweb配信による実況中継を実施し、その中でチャットによる質問についても回答を行った。トレンチャーによる施工風景を写真4に、施工状況の実況風景を写真5に示す。当日は道路管理者（国、道、自治体）、電線事業者、通信事業者、その他有識者、報道関係5社など約100名以上に参加を頂き、コロナ禍の厳しい状況下ではあったが、多く皆様に本施工技術を知って頂けたものと考えている。



写真4 トレンチャーによる試験風景



写真5 施工状況の実況風景

6. まとめ

今回の試験施工の結果を下記に示す。

- ・トレンチャーの掘削速度は従来のバックホウ掘削に比べ大幅なスピードアップが図られた。
- ・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、施工の安全性が向上した。
- ・今回の試験施工（トレンチャー掘削及び省力化断面（浅層埋設、角型多条電線管）の導入）では、全体工程で約4～6割の短縮、コストは約3～4割削減された。
- ・施工者からは施工性や仕上がりについて「良い」とする評価が多く、土留めが無く浅い断面内での作業性向上、角型多条電線管についても敷設が容易で、接続も早いと、好評価を得た。

今回の試験施工結果から、郊外部におけるトレンチャー掘削機を用いた無電柱化施工は有効であったと考えられ、トレンチャー及び省力化断面による効率的な施工の普及を進めたい。また新たな「無電柱化推進計画¹⁾」に掲げる取り組みであるスピードアップ及びコスト削減が可能となると考えられることから、論文発表による技術普及や、NETISへの実績登録による施工実績の普及等により、広く無電柱化推進に寄与していきたい。

謝辞：本試験施工にあたり、国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所にはトレンチャー及び省力化断面について知見・資料の提供など多大なご協力を賜った。関係各位のご協力に深く謝意を示す。

参考文献

- 1) 無電柱化推進計画について：令和3年5月25日国土交通大臣決定。
- 2) 無電柱化の推進に関する法律：平成28年法律第112号
- 3) 無電柱化推進計画について：平成30年4月6日国土交通大臣決定。
- 4) 防災・減災、国土強靱化のための3か年緊急対策について：平成30年12月14日閣議決定
- 5) 電線共同溝の整備等に関する特別措置法：平成7年法律第39号
- 6) 小林勇一・田所登：海外の無電柱化で使用されている建設機械=ケーブル埋設用掘削機械の実態調査と掘削試験=、建設機械、第53巻第8号（通巻630号）、pp53～60、2017.8