

道央自動車道通信管路敷設替工事での トレンチャーの活用

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 ○永長 哲也
地域景観チーム 大部 裕次
東日本高速道路株式会社 北海道支社 北広島管理事務所 飯塚 大起

トレンチャーは一定の幅と深さで連続的に高速掘削可能な施工機械であり、郊外部の無電柱化工事の施工効率化が期待できる。今回、道央自動車道（白老IC～苫小牧西IC間）における通信管路敷設替工事において、高速道路で初めてとなるトレンチャーを活用した施工を試験的に実施した。トレンチャーによる掘削作業の施工効率や安全面の検証、掘削作業の迅速化による施工日数の検証などを行ったので報告する。

キーワード：無電柱化、トレンチャー、高速道路、施工効率化

1. はじめに

トレンチャーは、一定の幅と深さで連続的に土砂の高速掘削ができる施工機械である¹⁾。これまで寒地土木研究所では、電線類地中化における機械施工技術の確立に向けて試験施工を行っている²⁾。北海道の郊外部のような道路延長が長く管路条数が少ない区間における、トレンチャー活用の有効性が認知されてきており、近年実現場への導入がなされている³⁾。

今回、東日本高速道路株式会社北海道支社北広島管理事務所（以下、「北広島管理事務所」という。）が発注する、道央自動車道（白老IC～苫小牧西IC間）の通信管路敷設替工事において、短期間で工事を完了する必要があったことから、高速道路では初めてとなるトレンチャーによる掘削施工を試験的に実施した。本工事は、令和5年4月～10月に総延長約10kmの区間を車線規制や対面通行規制を行いながら施工するため、高速道路での交通規制の影響を小さくさせることが求められ、トレンチャーの活用が有効となる。

そこで筆者らは、トレンチャーによる掘削工法の確立と今後の現場活用の拡大に向け、共同調査を行い、トレンチャー掘削の施工効率や安全面の検証、及び掘削の迅速化による施工日数の縮減効果の検証を行った。

なお、令和5年4月の日々走行車線規制施工分については、「トレンチャーを活用した道央自動車道での通信管路敷設替工事について⁴⁾」で報告しているが、併せて本報告では、令和5年6月の終日対面通行規制分について報告する。

2. 施工概要

(1) 施工箇所

トレンチャーによる掘削作業は、高速道路リニューアルプロジェクトにおける床版取替工事のうち、通信管路の敷設替に適用するもので、施工箇所は、図-1に示すとおりである。

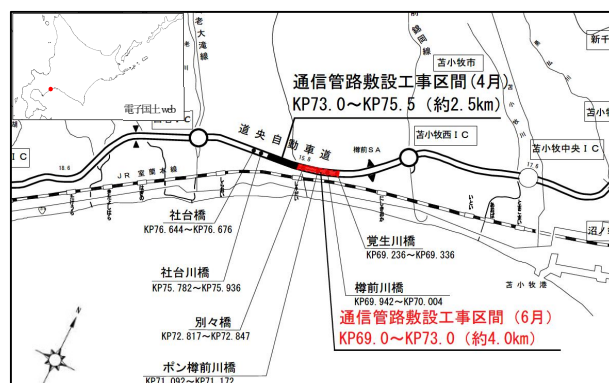


図-1 工事箇所図

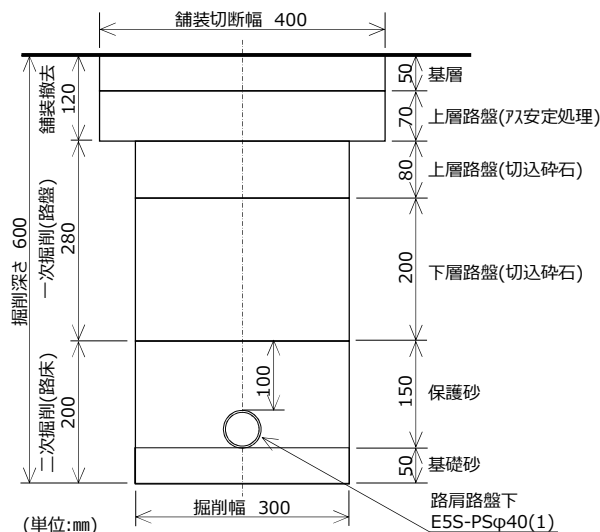


図-2 施工断面

(2) 施工断面の検討

施工断面は図-2のとおりである。管路敷設ルートは路肩部であり、舗装幅400mm、厚さ120mmを撤去し、土砂掘削は、幅300mm、深さ600mmとし、トレンチャー施工に適したコンパクト設計とした。また、上層路盤・下層路盤（切込碎石）を路盤材として再利用するため、掘削方法は上部（路盤）の一次掘削と下部（路床）の二次掘削の2段階掘りを行った。

(3) トレンチャーの概要

使用したトレンチャーの主要諸元を表-1に、外観を写真-1に、チェーンブーム・掘削刃を写真-2に示す。

掘削深さが浅いため、チェーンブームは、ブームを極端に寝かせた状態での掘削となり、硬い地盤では上下に跳ね、スムーズに掘削できない恐れがあるため、掘削深さ700mm用のチェーンブームを採用した。

掘削刃には、2段掘削を行うため、路盤材など硬い地盤に適した超硬ビット型16コマと比較的柔らかい地盤用で土砂排出性の高いカップ型4コマを組み合わせで装着している。

(4) 施工の流れ

代表的な施工の流れを図-3に示す。4月は日々規制（規制の設置撤去を含む）のため、舗装撤去から路盤・舗装仮復旧までが日々施工分であるが、6月は対面通行規制により、規制材の設置撤去を行わず施工できる環境にあった。そのため日々舗装仮復旧の必要がなく堀山の存置も可能になるため、舗装撤去及び掘削は管路敷設、埋戻しを待たず先行することが可能である。図-4に対面通行規制イメージを示す。

なお、トレンチャーによる掘削・積込は、土砂排出用コンベヤで直接ダンプトラックに積み込みが可能であるが、路盤材の現場内小運搬と、捨土の現場外（高速道路外）搬出の回送時間を考慮してダンプトラックを配置した。

表-1 トレンチャー主要諸元

メーカー / 型式	Vermeer社 / RTX750SOC
機関出力（本体用）	55.2kW（74PS）軽油
機関出力（コンベヤ用）	19.8kW（26.5PS）ガソリン
掘削機構	チェーン式
全長	10,600mm
全幅	2,520mm
全高	2,470mm
車両総質量	7,400kg
最大掘削深	700mm/1,000mm
最大掘削幅	610mm（最小200mm）
掘削機オフセット量	400mm
その他	排出コンベヤ付き



写真-1 トレンチャー外観



写真-2 チェーンブーム（標準）・掘削刃

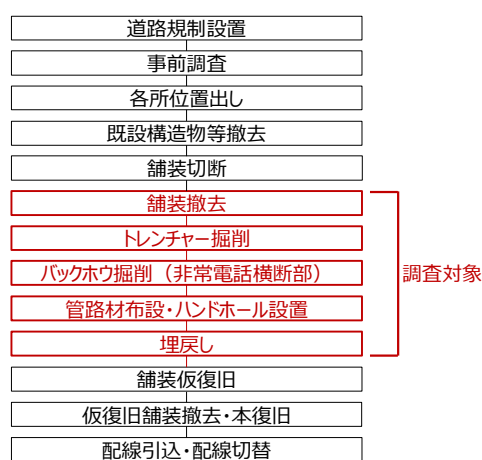


図-3 施工の流れ

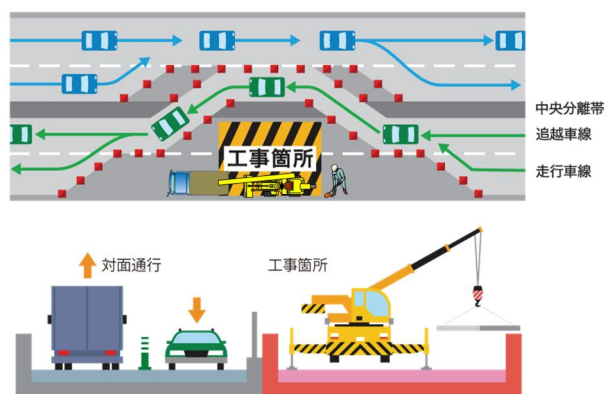


図4 対面通行規制イメージ

3. 調査内容

調査の内容を表-2に示す。今回の施工で、適用性について検証すると共に、今後の他現場への拡大に向け、トレンチャー導入による施工効率の向上効果を検証することを目的に調査を実施した。

特に、新たな活用方法として、路盤再利用を目的とした2段掘削に関する施工性の検証や、高速道路上での施工に関する安全性の検証、また、1日当たりの掘削延長を長くできるというメリットの反面、土場が遠いというデメリットがある現場条件における施工効率性の検証が求められた。

4. 調査結果と考察

本章では、日々交通規制を伴う4月施工分において得られた知見⁴⁾を踏まえ、対面交通規制により常設作業帯が確保できた6月施工分における施工上の新たな知見や、作業条件の違いによる導入効果について述べる。

(1) 4月施工分（日々交通規制）の概要

調査により得られた知見を表-3に、トレンチャー掘削状況を写真-3、掘削後を写真-4、配管敷設状況を写真-5に示す。なお、詳細については既に報告済であるが、トレンチャーの掘削能力、管路敷設性、及び安全面を検証し、十分な現場適用性を確認した。

また、トレンチャーの導入による掘削時間の短縮により、通信管路工の日施工延長140m/日の達成が可能となった。これにより、4月分目標延長2.2kmを15日間という短期間で完了しており、トレンチャーの導入効果が確認されている。

表-2 調査内容

目 的	道央自動車道の管路敷設替工事（通信管路工）におけるトレンチャー掘削機械導入による施工効率向上効果を検証
調査期間	令和5年4月4日～28日（日々規制（調査対象）期間） 11日予備調査、14日、21日、27日の3日間調査・計測 令和5年6月7日～7月24日（終日対面通行規制期間） 令和5年6月8日～6月26日（調査対象（通信管路敷設工事）期間） 9日、12日、15日、16日の4日間日々調査・計測
調査場所	道央自動車道（白老IC～苫小牧西IC間）
調査主体	寒地土木研究所：施工データの収集・分析（主担当） 北広島管理事務所：フィールド共有、施工データの収集・分析（副担当）
調査方法	（全期間）人員・機械配置、施工延長、作業開始・終了時刻の日報等データ収集 （代表日）前工程／掘削／後工程の施工延長・作業時間の直接データ計測、施工状況の調査 （期間中～終了後）発注者データ収集、施工に関するアンケート・ヒアリング調査
検証項目	・トレンチャーの掘削能力の検証 （特に、路盤再利用を目的とした2段掘削の実施） ・トレンチャーの安全性の検証 ・トレンチャーによる掘削時間短縮 ・通信管路工の日施工延長の延伸／施工日数の短縮



写真-3 トレンチャー掘削状況

表-3 4月施工分の調査結果と検証の概要⁴⁾

項目	調査結果と検証の概要
掘削施工性	・路盤材の現場内再利用のため路床土と分離した2段掘削を試行した。トレンチャーは深さ管理が容易であるため、路盤材のみをすき取ることが可能であった。また、すき取られた路盤材は、欠けたり割れたりすることがなく、再利用が可能であった。
掘削スピード （1時間当たり掘削延長）	・トレンチャーの掘削スピードは1時間当たり151m/h～167m/hとなり、本現場においても掘削能力を十分に発揮していた。 ・参考に、従来のバックホウ掘削の換算値（電線共同溝工床掘工の標準作業量から換算）との比較では、掘削スピードが約3～5倍となる。
管路敷設性	・管路敷設は、狭い断面内での接続であったが、掘削深さを浅くすることで、作業性を十分確保することができた。
安全面	・掘削時にバックホウと異なり、旋回動作のないトレンチャーは、車線規制内で作業幅の余裕がない場合において、特に安全面に寄与していた。 ・掘削チェーンや土砂排出用ベルトコヤからの碎石等の飛散防止のため、飛散防止ネット及びゴムカバーの対策が有効であった。
通信管路工の日施工延長	・通信管路工の実績工程では、トレンチャーの導入による掘削時間の短縮かつ掘削延長の延伸により、後工程（管路敷設、埋め戻し）の作業時間を長く確保できたため、作業全体の流れがスムーズになり、施工延長140m/日の達成が可能となった。 ・今回の施工目標は、延長2.2km・作業期間4週間（内作業日20日間）、（日平均施工延長110m）を達成することが必要だった。トレンチャー導入により、日平均施工延長を延伸することが可能となり（平均141.5m、最大181.5m）、雨天などによる作業中止で作業日が15日間となったにもかかわらず、目標延長を概ね達成した。



写真4 掘削後（左：一次掘削、右：二次掘削）



写真5 配管敷設状況

表4 トレンチャーの掘削スピード（6月実績）

トレンチャー掘削スピード (実績値：6月調査4日間)		1時間当たり掘削スピード	
		実測値(m/h)	平均値(m/h)
施工パターン①標準掘削断面による1次掘削+2次掘削			
1次掘削（路盤材）再利用	W=300 t=280	84~164	126
2次掘削（路床）捨土	W=300 t=200以下	101~180	130
施工パターン②オーバレイによる標準掘削断面未満による1次掘削			
1次掘削（路盤）のみ	W=300 t=480以下	97~121	113
掘削工計（実稼働）		53~97	73
掘削工計（ダンプ入れ替え等ロス含む）		38~64	51

※W：掘削幅 t：掘削厚さ

表5 トレンチャーの掘削スピード（4月実績）

トレンチャー掘削スピード (実績値：4月調査3日間)		1時間当たり掘削スピード	
		実測値(m/h)	平均値(m/h)
施工パターン①標準掘削断面による1次掘削+2次掘削			
1次掘削（路盤材）再利用	W=300 t=280	139~158	151
2次掘削（路床）捨土	W=300 t=200以下	102~154	121
施工パターン②オーバレイによる標準掘削断面未満による1次掘削			
1次掘削（路盤）のみ	W=300 t=480以下	160~174	167
掘削工計（実稼働）※一部、2次掘削にBH併用		66~76	71
掘削工計（ダンプ入れ替え等ロス含む）		38~53	44

※W：掘削幅 t：掘削厚さ

(2) 6月施工分（対面交通規制）での新たな知見 （トレンチャーの掘削能力の検証）

トレンチャーの掘削速度の6月実績値を表4、参考として4月実績値を表5に示す。掘削速度について、一次掘削（路盤）の掘削スピードは平均126m/h、二次掘削（路床）は平均130m/hとなった。

一次掘削が4月に比べやや遅くなっているが、4月は二次掘削を、作業待ちのバックホウを併用して行っており、二次掘削の開始を早めるためにトレンチャーの一次掘削スピードを極力速めていたが、6月はトレンチャーのみの掘削であり、管路敷設に先行して掘削を進めることが可能であるため、掘削スピードを平準化した結果と考える。ただし結果として、掘削工計は73km/hと4月と同等以上の速度となっていたことが確認できた。また二次掘削（路床）では、掘削チェーンにカップ型とビット型を組み合わせることで、比較的柔らかい火山灰質土の掘削に効果が発揮できた。

なお、ダンプトラックは4tクラス3台、10tクラス2~5台の投入としており、現場内での待機や輻輳が無く効率的な運用が行えたこともあり、掘削工全体としては掘削スピードが51m/hに向上した。

管路敷設については、掘削を先行して行うことで、朝から敷設を開始することができた。

(3) 6月施工分（対面交通規制）での新たな知見 （通信管路工の日施工延長の検証）

トレンチャー導入による通信管路工の最適工程を検証するため、施工実績データを基にした1日工程表を作成した。図-5に6月施工の対面通行規制における1日工程表、図-6に4月施工の日々車線規制における1日工程表を示す。

6月施工の流れとして、工事期間全体で対面交通規制をするため、日々の交通規制設置作業や交通開放のための埋め戻し・舗装復旧の必要が無い。そのため、舗装撤去及び掘削は先行して行うことが可能である。実績では、舗装撤去は先行して撤去を行っており、撤去の進捗を待たず掘削を開始することができていた。一方掘削も先行して進めることは可能だが、堀山を長期開放すると、雨天時に掘削面が崩れることや、路盤再利用が当日の現場内で使えなくなる（場外の土場に搬出する必要が生じる）ため、翌日朝に敷設する程度の延長のみを先行掘削することが望ましいと考えられた。

管路敷設については、掘削を先行して行うことで、朝から敷設を開始することができていた。また管路敷設の掘削待ち時間が解消されることで、敷設スピードが向上した。

埋め戻しについては、ダンプトラックの運用に影響を受けるため、4月と同等程度であった。なお、埋め戻しが完了しなくても翌日作業とすることが可能だが、再利用路盤材がダンプトラックに積載したまま待機すること

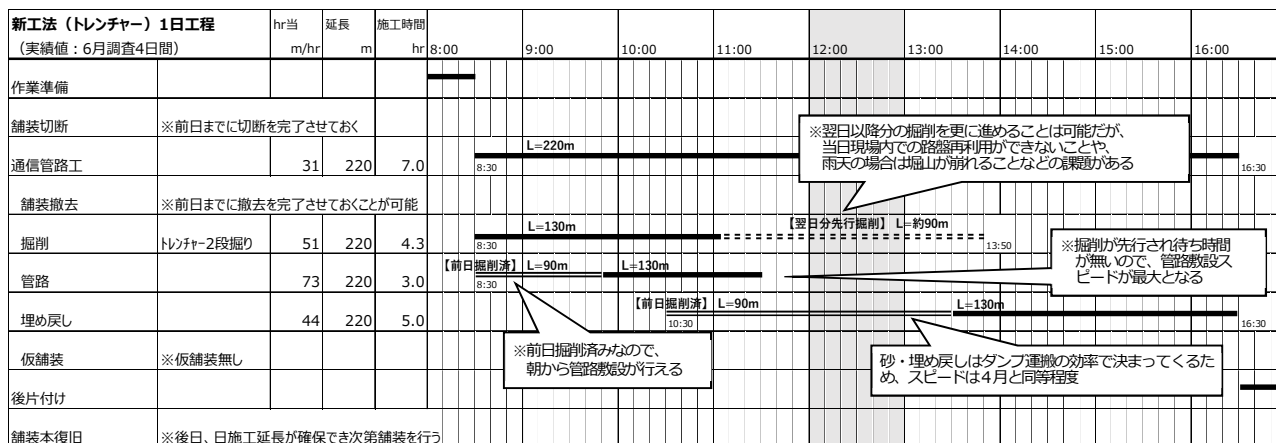


図-5 対面交通規制における1日工程表（6月調査4日間実績をベースに作成）

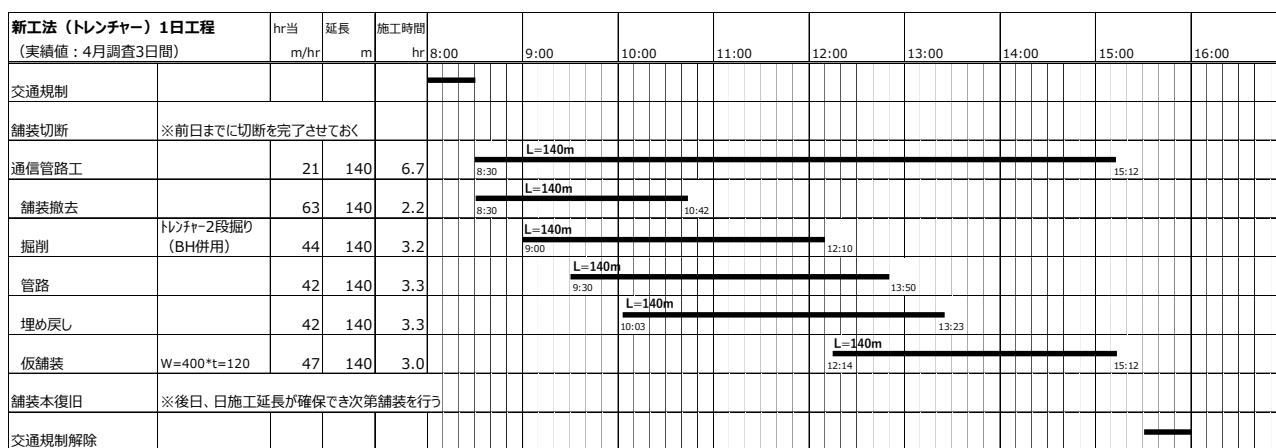


図-6 日々車線規制における1日工程表（4月調査3日間実績をベースに作成）

になるため、当日施工分は埋め戻すのが望ましいと思われる。

全体として、通信管路工の日施工延長については、調査日実績を基に試算した結果、約220m/日程度となった。一方、表-6に示す6月の施工実績では、延長約3km、施工日が14日であり、平均約215m/日であったため、図-5に示す工程表は概ね標準工程であると考えられる。

なお、日施工延長は、最大で340m/日となる日もあったが、雨天時には施工延長が短くなる傾向があった。トレンチャー掘削は天候にあまり影響を受けないが、掘削の保全や路盤の再利用などを考慮し、天候に配慮した施工目標の設定が望ましい。

5. まとめ

今回、高速道路では初めてとなるトレンチャーによる掘削施工を試験的に実施し、掘削工法の確立と今後の現場活用の拡大に向け共同調査を行い、施工効率や安全面の検証、及び掘削の迅速化による施工日数の削減効果の検証を行った。検証により得られた知見を以下に述べる。

表-6 通信管路工の施工実績（6月実績）

日付	曜日	天候	作業内容	施工延長 m	施工時間 h:mm	備考
6/8	木	曇	管路工	220.0	3:05	
6/9	金	雨	管路工	140.0	1:55	現地調査日
6/10	土	雨	管路工	100.0	3:05	
6/11	日	曇	休工			
6/12	月	雨時々曇	管路工	230.0	2:15	現地調査日
6/13	火	雨時々曇	管路工	280.0	3:45	
6/14	水	曇時々雨	管路工	340.0	6:00	
6/15	木	雨	管路工	260.0	6:35	現地調査日
6/16	金	曇時々小雨	管路工	220.0	6:10	現地調査日
6/17	土	晴	管路工	330.0	5:40	
6/18	日	晴	休工			
6/19	月	晴	管路工	270.0	2:45	
6/20	火	晴	休工			
6/21	水	晴	舗装撤去			
6/22	木	晴	管路工	310.0	5:55	
6/23	金	晴	管路工	280.0	6:25	
6/24	土	曇	休工			
6/25	日	晴	休工			
6/26	月	晴	管路工	30.0	3:45	
合計				3,010.0	61:44	
日平均値			管路施工日：14日	215.0	4:44	

(1) トレンチャーの現場適用性

- ・路盤材の現場内再利用のため路床土と分離した2段掘削を試行した。トレンチャーは深さ管理が容易であるため、路盤材のみをすき取ることが可能であった。また、すき取られた路盤材は、欠けたり割れたりすることがなく、再利用が可能であった。
- ・トレンチャーの掘削速度は1時間当たり120m/h以上が確認され、本現場においても掘削能力を十分に発揮した。参考に、従来のバックホウ掘削の換算値（電線共同溝工床掘工の標準作業量から換算）との比較では、掘削スピードが約3～5倍となる。
- ・管路敷設は、狭い掘削断面内での接続であったが、掘削深さを浅くすることで、作業性を十分確保することができた。
- ・掘削時、バックホウと異なり、旋回動作のないトレンチャーは、車線規制内で作業幅の余裕がない場合において、安全面に寄与していた。
- ・掘削チェーンや土砂排出用ベルトコンベヤからの土砂の飛散防止のため、飛散防止ネット及びゴムカバーの対策が有効であった。

(2) トレンチャーの導入効果

- ・日々車線規制による4月施工では、通信管路工を施工延長140m/日程度を達成し、延長2.2kmを作業日15日で完了させることができた。
- ・対面交通規制による6月施工では、通信管路工を施工延長220m/日程度を達成し、延長3.0kmを作業日14日間で完了させることができた。
- ・トレンチャーの導入による掘削時間の短縮かつ掘削延

長の延伸により、後工程（管路敷設、埋め戻し）の作業時間を長く確保できたため、作業全体が効率化し、日施工延長の延伸が確認できた。これにより上述の施工実績を達成することが可能となったものと考え。

(3) 今後に向けて

今回の検証により、高速道路での施工においてトレンチャーの掘削能力が十分発揮されたことが確認でき、また、日々交通規制における施工パターンと対面交通規制による施工パターンについて、現時点において理想的な施工工程を示すことができた。一方、埋め戻し等の後工程の効率化を進めることで、更なる施工時間短縮が期待できるため、今後も設計・施工の検討を続けていきたい。

また、同様な施工条件において、トレンチャーの活用による導入効果が見込めるため、本報告の知見が活用されることを期待する。

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寒地機械技術チーム：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）、2021.2
- 2) 永長哲也、中島淳一：ケーブル埋設用掘削機械を用いた狭隘断面の無電柱化施工試験について、令和5年度土木学会全国大会年次学術講演会、2023.9
- 3) 国土交通省道路局：令和4年度第1回無電柱化推進のあり方検討委員会、資料6 無電柱化推進に関する最近の話題について、p.4、2022.4
- 4) 永長哲也、大部裕次、飯塚大起：トレンチャーを活用した道央自動車道での通信管路敷設替工事について、第68回土木計画学研究発表会・秋大会、2023.11