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

永長　哲也[1]・大部　裕次[2]・飯塚　大起[3]

[1]正会員　国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所（〒062-8602 札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目 1-34）
E-mail:einaga-t22aa@ceri.go.jp

[2]正会員　国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所（〒062-8602 札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目 1-34）
E-mail:oobu-y22aa@ceri.go.jp

[3]正会員　東日本高速道路株式会社北海道支社北広島管理事務所（〒061-1279 北広島市大曲並木 1-1-1）
E-mail:t.iizuka.ac@e-nexco.co.jp

トレンチャーは一定の幅と深さで連続的に高速掘削ができる施工機械であり，北海道郊外部の道路のように道路延長が長く管路条数が少ない区間における無電柱化工事の施工効率化が期待できる．北海道ではこれまで，寒地土木研究所において試験施工を実施してきており，近年実現場への導入がされ始めている．

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（社台川橋床版取替工事の附帯工）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，高速道路で初めてとなるトレンチャー掘削を活用した施工を試験的に実施した．

本工事において筆者らは共同で調査を実施し，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．

Key Words: *Underground cable laying, High speed excavation, Trenching machines, Expressway, Telecommunications Infrastructure Installation, Construction Efficiency Improvement,*

1. はじめに

トレンチャーとは，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おり [2]，北海道郊外部の道路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活用の有効性を実証することで，近年実現場への導入がされ始めている [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」とする．）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，高速道路では初めてとなるトレンチャー掘削を活用した施工を試験的に実施した．本工事は，社台川橋ほか 5 橋の床版取替工事における附帯工であり，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施工することから，長い延長の短期施工が求められ，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，トレンチャー掘削作業の施工効率や安全面の検証，及び掘削作業の迅速化による施工日数の検証を行ったので報告する．なお，本報告では特に，令和 5 年 4 月の日々規制・短期施工分（約 2.2km の延長を日々走行車線規制により施工）について報告する．

2. 施工概要

(1) 工事箇所

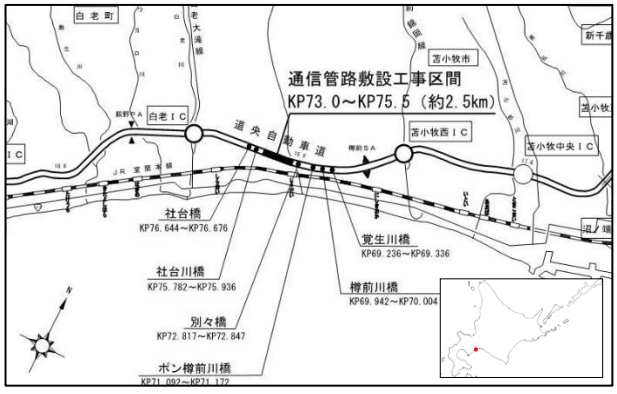


図-1　工事箇所図

高速道路リニューアルプロジェクトにおける床板取替工事に伴い，通信管路を敷設替するもので，4 月（日々規制）の工事箇所は，**図-1** に示すとおりである．

(2) 施工断面

管路敷設ルートは路肩部であり，施工断面は**図-2** のとおり，舗装幅 400 ㎜を撤去し，トレンチャー掘削は，幅 300 ㎜，深さ 600 ㎜である．今回の掘削断面の設計にあたっては，管路敷設の作業性を確保できるように極力掘削幅・深さを小さくし，またトレンチャーの高い掘削精度を踏まえ，舗装切断の余幅を 5cm に設定するなど，トレンチャー導入に適したコンパクト設計を試みた．

また，上層路盤・下層路盤（切込砕石）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 段掘りを行う．一次掘削は，舗装下掘削深さ 280 ㎜までの切込砕石をすき取りする．二次掘削は，一次掘削下掘削深さ 200 ㎜の路床土を掘削し捨土とする．管路材は，ねじ込み式塗覆装鋼管（PS40）×1 条である．

(3) 使用機械

使用機種は，掘削幅 610 ㎜，掘削深さ 1000 ㎜の範囲で掘削が可能である．掘削幅は掘削刃の取付位置の変更により，200～610 ㎜まで可変可能である（**表-1**）．

従来は路盤材及び路床土は同時に掘削するため，固い地盤に適した超硬ビット型で掘削していたが，今回は二段掘削のため，路盤材に加え，路床土のみを掘削する場合もあり，土砂排出性の高いカップ型を装着した．チェーン全体で 20 コマのうち，超硬ビット型 16 コマとカップ型 4 コマを混合で装着している．**写真-1** にトレンチャーの外観を示す．

(4) 施工の流れ

代表的な施工の流れは**図-3** のとおりである．舗装撤去から舗装仮復旧までが調査の対象である．

掘削箇所には，**写真-2** のような，ボックスカルバート，横断管路などの埋設物が舗装直下に存在し，トレンチャー掘削の支障になるため，事前に地中探査を行っている．

土砂積込は，土砂排出用コンベヤで直接ダンプトラックに積込が可能であるが，4t ダンプトラックを使用した場合，掘削延長 20m程度で満載となり，その都度入れ替えが必要である．なお，10t ダンプトラックだと 50m 程度まで積載が可能である．

また，土場は高速道路外であり， IC が出入口となり回送距離が長くなるため，回送時間を考慮してダンプトラックを配置した．

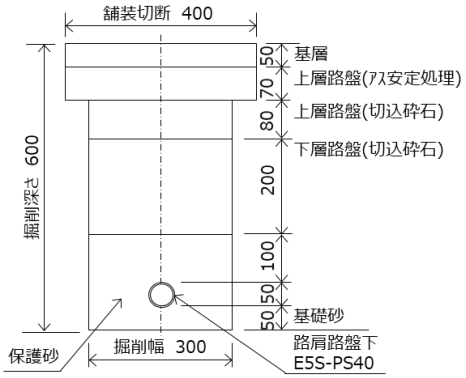


図-2 施工断面

表-1 機械諸元

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	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

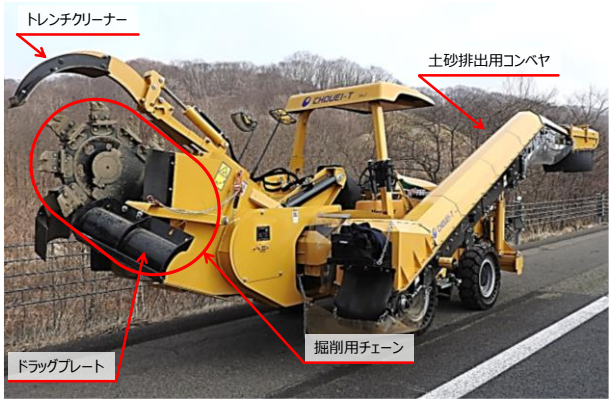


写真-1 トレンチャー外観

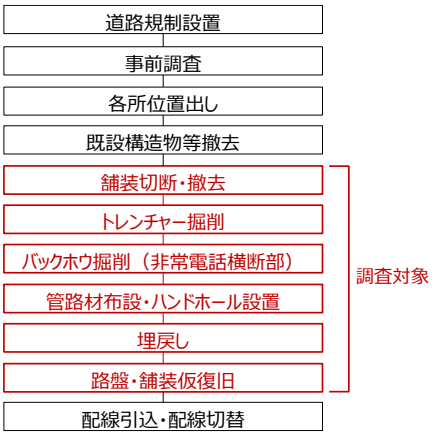


図-3 施工の流れ



写真-2　ボックスカルバートと地中探査

3. 調査の方法

調査の内容を**表-2** に示す.

トレンチャーの活用では初めて高速道路上の施工となることから，現場条件における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.

調査主体は，北広島管理事務所と寒地土木研究所の共同で行うこととし，施工データを主に寒地土木研究所が収集し，そのデータを基に施工性及び安全性の観点から両者で分析することとした.

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，日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.

次章において，調査・データ計測の結果を示すと共に，得られた効果及び課題について考察する.

4. 調査結果と考察

(1) 掘削施工性の検証

掘削状況を**写真-3**，掘削後を**写真-4** に示す.

一次掘削は，既設の路盤材を再利用するため，舗装下 280 ㎜まで掘削することで，すき取りを試みた．路盤材は良質な砕石で，トレンチャーによりかき回されても，割れたり欠けたりすることはなく良好な状態が保たれていた.

掘削幅は，路盤掘削であることから両側 3～4 ㎝程度広がる傾向にあったが，壁面はほぼ直立し崩れてくることはなかった．今回の施工では，掘削幅のばらつきを考慮し舗装切断幅を両側 5cm と最小限にしたが，この幅の中で掘削は十分に可能であり，設計が妥当であった.

表-2　調査内容

目的	道央自動車道の通信管路工における トレンチャー掘削機械導入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） 11日予備調査、14日、21日、27日の３日間調査・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　掘削状況



写真-4　掘削後（左：一次掘削，右:二次掘削）

掘削深さは，舗装下から 280 ㎜下げて深さの設定をすることで，管理が可能であった．トレンチャーは一定の深さで掘削ができるので，路盤材のすき取り作業は有効であった．なお，舗装厚さが一定の区間ごとに変化があったため，舗装が厚い区間は一次掘削で掘削完了となる箇所もあった.

二次掘削は，路盤下の路床の掘削を行った．土質は主に火山灰であり，掘削は十分に可能であった.

表-3　トレンチャーの 1 時間当たり掘削延長（掘削スピード）

トレンチャー掘削スピード（実績値：調査3日間）		1時間当たり掘削スピード 幅値(m/h)	1時間当たり掘削スピード 平均値(m/h)
1次掘削（路盤）※2次掘削有り	W=300*t=280	139～158	**151**
1次掘削（路盤）※2次掘削無し	W=300*t=480以下	160～174	**167**
2次掘削（路床）	W=300*t=200以下	102～154	**121**
掘削工計（実稼働）※2次掘削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**

<参考> 従来工法（BH）掘削スピード（換算値：標準作業量41m3/日）		1時間当たり掘削スピード 換算値(m/h)
1次掘削（路盤）※2次掘削有り	W=300*t=280	61
1次掘削（路盤）※2次掘削無し	W=300*t=480	36
2次掘削（路床）	W=300*t=200	85
掘削工計（上下平均の半分）		37
掘削工計（ダンプ入れ替え等ロス含む）		–

※国土交通省「令和5年度作業日当り標準作業量」
電線共同溝工床堀41m3/日を基に換算

(2)　トレンチャーの 1 時間当たり掘削延長（掘削スピード）の検証

トレンチャーの掘削スピードについて，調査日における実績値を**表-3** に示す．

一次掘削（路盤掘削）の掘削スピードは 151m/h～167m/h となり，トレンチャーの能力が十分に発揮された結果となった．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．

二次掘削（路床）の掘削スピードは 121m/h となった．一次掘削よりもスピードが遅いのは，路床の細粒分が多く，ビットタイプの掘削刃ではうまくかきあげられなかったためと考えられた．これについては，地盤状況に応じたチェーン構成（ビット型，カップ型など）を今後検証していく必要がある．また現場では，埋戻し材投入用のバックホウを二次掘削に併用することで，掘削工の時間短縮を図る工夫を行っており，効率的な運用と考えられる．

掘削工全体としては，2 段掘削及びダンプトラックの入れ替えロスを含めた掘削スピードが 44m/h となった．ロス分については，ダンプトラックの投入台数により左右されるが，今回の現場では，4t ダンプトラック 3～4 台，10t ダンプトラック 1～2 台を投入することで，現場内での待機や輻輳が無く効率的な運用がされていたため，大幅なロスでは無かったと考えられる．



写真-5　管路敷設



写真-6　飛散防止ネット

(3)　管路敷設性の検証

管路材は PS40（5.5m の被覆鋼管）1 条であるが，接続はねじ込み式であり掘削溝内での接続になるため，相応の作業幅が必要になる．今回設計による作業幅は 300 ㎜と狭いが，掘削深さを 600 ㎜と浅く設計したことにより上下作業が可能となり，設計時の想定通り接続作業において十分な作業性を確認した（**写真-5**）．

(4)　安全面の検証

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．



写真-7　ベルトコンベア先端の飛散止ゴムカバー

また更なる安全対策として，本工事は車線規制内での施工のため，走行する一般車へ掘削及び積込時に砕石等の飛散を無くすために，機械側方に飛散防止ネットを設置した（**写真-6**）．合わせて，ベルトコンベヤ先端部にも積込時に，飛散しないようゴムカバーを設置した．特に 4t ダンプトラック積込時は，ベルトコンベヤから排出される土砂がダンプトラック荷台前方プロテクタに当たって飛散する恐れがあるため，ゴムカバーで前方を覆う対策を行った（**写真-7**）．

(5) 通信管路工の日施工延長の検証

通信管路工 4 月の施工目標は，延長 2.2km・作業日 4 週 20 日（日平均施工延長 110m）を達成することが必要である．このような状況の中，トレンチャー導入により，施工実績（**表-4**）では，日施工延長が延伸され（平均施工延長 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，目標延長約 2.2km を概ね達成した．

このうち，現地調査 3 日間の実績データを基に，通信管路工の 1 日工程表を作成した（**図-4**）．この工程表を基に，トレンチャー導入による施工効率向上に関して考察する．

現場条件として，日中は 1 車線規制内での作業を行い，夜間は交通開放をするため，作業終了までに日々仮舗装までの復旧が求められる．今回の実績では，トレンチャーの導入により掘削時間の短縮かつ掘削延長の延伸がされたことにより，後工程の管路敷設及び埋め戻しの作業時間を長く確保できたため，日施工延長 140m/日の達成が可能になったと考えられる．電線共同溝など従来の管路敷設工では，掘削工程がクリティカルパスになっており，後工程で待ち時間が発生していたが，今回の施工では改善されていたことが明らかになった．

なお，仮に従来工法で施工した場合の工程表を**図-5** に示す．上述したように，管路敷設・埋め戻し工において掘削待ち時間が発生しており，日施工延長は 90m/日程度に留まっていたと思われ，目標延長 2.2km の施工には約 25 日程度の日数を要したものと考えられる．

表-4 通信管路工 4 月施工実績

日付	曜日	天候	作業内容	施工延長 m	施工時間 h:mm	備考
4/1	土	晴				
4/2	日	晴				
4/3	月	晴	ｶｯﾀｰ			TR搬入
4/4	火	曇	管路工	30	記録無し	
4/5	水	曇	管路工	100	記録無し	
4/6	木	雨	HH設置			
4/7	金	雨	作業中止			
4/8	土	曇	休工			
4/9	日	曇	休工			
4/10	月	晴	管路工	110	5:45	
4/11	火	曇	管路工	160	5:55	
4/12	水	晴	管路工	180	7:45	
4/13	木	晴	管路工	90	4:10	
4/14	金	晴	管路工	150	7:10	現地調査日
4/15	土	曇	休工			
4/16	日	雨	休工			
4/17	月	曇	管路工	165	7:05	
4/18	火	晴	管路工	181.5	6:55	
4/19	水	曇	管路工	181.5	6:55	
4/20	木	曇	管路工	167.8	7:50	
4/21	金	晴	管路工	165	6:55	現地調査日
4/22	土	曇	休工			
4/23	日	曇	休工			
4/24	月	晴	管路工	145	5:55	
4/25	火	晴	管路工	181.5	6:15	
4/26	水	雨	作業中止			
4/27	木	晴	管路工	115	5:30	現地調査日
4/28	金	曇	作業中止(GW期)			TR搬出
4/29	土	曇				
4/30	日	雨				
合計				2,122.3	84:05	
日平均値			管路施工日：15日	141.5	5:36	

5. まとめ

(1) トレンチャーの導入効果

管路敷設替工事において，3 日間現地調査を行った結果，次の効果が得られた．

- 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．
- 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．
- 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．
- 掘削チェーンや土砂排出用ベルトコンベアからの砕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，日施工延長 140m/日の達成が可能となった．
- 今回の施工目標は，延長 2.2km・作業日 4 週 20 日（日平均施工延長 110m）を達成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．

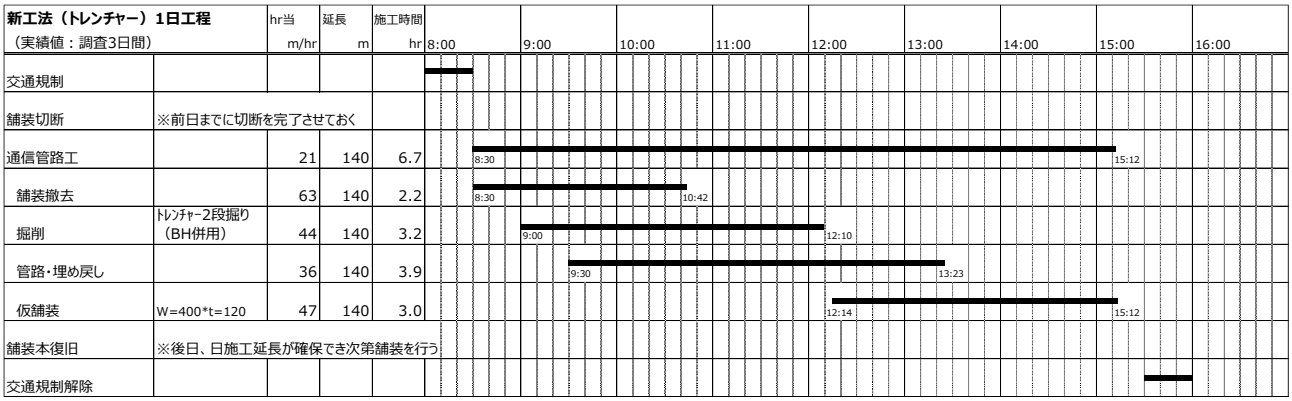
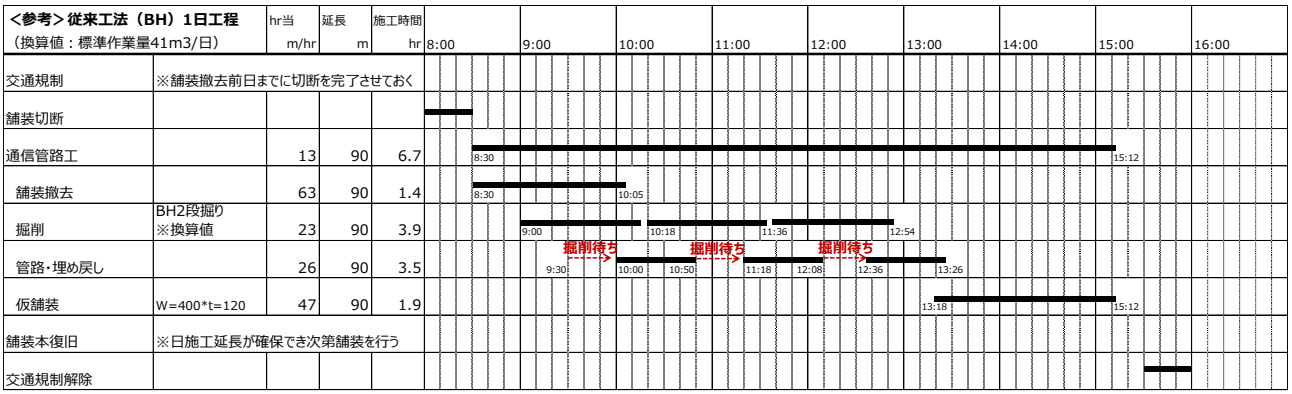


図-4　通信管路工の 1 日工程表（調査 3 日間実績）



※換算値：国土交通省「令和5年度作業日当り標準作業量」電線共同溝工床堀41m3/日を基に，実績ロス率をかけて算出

図-5　参考工程表（掘削工標準作業量より想定）

(2)　今後の取り組み

今回，4 月施工分の検証では，トレンチャーの掘削能力が十分発揮され，日々仮舗装までの復旧が求められる現場条件において，現時点で理想的な施工工程を確認することができた.

一方，6 月以降の施工分では，対面通行規制により日々復旧の必要性のない現場条件になるため，このような条件における効率的な施工工程の検討が必要になる.

今後も調査を継続し，トレンチャー掘削能力を更に向上させると共に，先行掘削が可能となる場合の施工効率化，一方で掘削面の存置による課題などについて検証する予定である.

REFERENCES

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学術講演会，2023.9
3) 国土交通省：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

(Received October 13, 2023)