

20. トレントチャーハイブリッドによる掘削断面積と施工速度の関係

(国研) 土木研究所寒地土木研究所 ○ 永長 哲也

1. はじめに

道路の無電柱化は、防災性の向上、交通安全の確保、景観の改善などを目的として、全国的に推進されている。しかし、その普及には施工コストの低減が依然として重要な課題となっている。特に電力・通信の需要密度が低く、延長の長い区間が多い北海道の郊外部において、機械施工による効率化と低コスト化が強く求められてきた。

寒地土木研究所ではトレントチャーハイブリッドを用いた試験施工¹⁾²⁾を実施し、効率的な施工方法の検証を行っており、国のマニュアル等³⁾⁴⁾にも反映されている。さらに近年では、直轄国道⁵⁾や高速道路⁶⁾、さらには電力・通信事業者⁷⁾による実施工への導入も進みつつある。

本研究では、これらの試験施工および実施工から得られたデータを基に、掘削断面積とトレントチャーハイブリッド施工速度の関係を分析した。その結果、日施工延長を定量的に算定できるようになり、電線類地中化工事における工期算定や施工計画策定に資する基礎的知見を得たので報告する。

2. 使用機械の概要

トレントチャーハイブリッドとは一定の幅と深さを連続的かつ高速で掘削可能な機械の総称である(写真-1、表-1)。施工に用いた機械は、掘削刃の取付位置を変更することで、最小200mm～最大610mmまでの掘削幅に対応可能である(写真-2)。また、オプション仕様として、Wカッティング⁵⁾にも対応することで、最大掘削幅1000mmまで施工可能である。

掘削深さは標準仕様で最大1000mmまで対応している。また、オプション仕様として浅層掘削用の700mmおよび深層掘削用の1200mmを選択可能であり、施工条件に応じた最適な掘削深さの設定が可能である。

3. 試験施工および実施工の概要

寒地土木研究所では、トレントチャーハイブリッドの施工性能を把握するため、試験施工および実施工においてデータを収集し、整理・解析した。以下その概要について述べる。



写真-1 トレントチャーハイブリッドによる試験施工状況



写真-2 掘削刃 (幅 610 mm)

表-1 機械諸元

機械名	トレントチャーハイブリッド
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
掘削刃	カッピング型/超硬ビット型
全長	10600mm
全幅	2520mm
全高	2470mm
車両総質量	7400kg
最大掘削深	1000mm (標準) 700mm/1200mm (OP)
最大掘削幅	200～610mm (標準) 610+390=1000mm (OP)
掘削機オフセット量	390mm
その他	排出コンベヤ付き



図-1 施工箇所（上段：試験施工、高速道路、直轄国道）
(下段：県道(沖縄県八重山郡竹富町))

3.1 試験施工の概要

試験施工は、令和3年10月、令和4年11月、令和6年6月、寒地土木研究所石狩吹雪実験場構内（北海道石狩市）において実施した（図-1）。

試験にあたっては、実施工を想定した掘削断面を再現するため、管路条数が数本収められる内空や道路構造を確保し、現場条件を踏まえた7パターンの断面構成を設定した。試験条件を以下に示す。

- ・掘削幅：150～610 mm
- ・掘削深さ：500～1200 mm
- ・掘削条件：舗装版を撤去後、トレッセードによる路盤及び路床の一括掘削（図-2）

3.2 実施工の概要

(1) 電線共同溝工の概要

電線共同溝工事での施工は、令和3年9月、北海道七飯町で、北海道開発局函館開発建設部が発注する電線共同溝工事の施工延長1.6 km区間の内、上下線130mでトレッセード施工を行った（図-1）。なお、管材は角型多条電線管（φ130）4条である（図-3）。

施工は、幅670 mm厚さ80 mmの舗装を撤去後、土

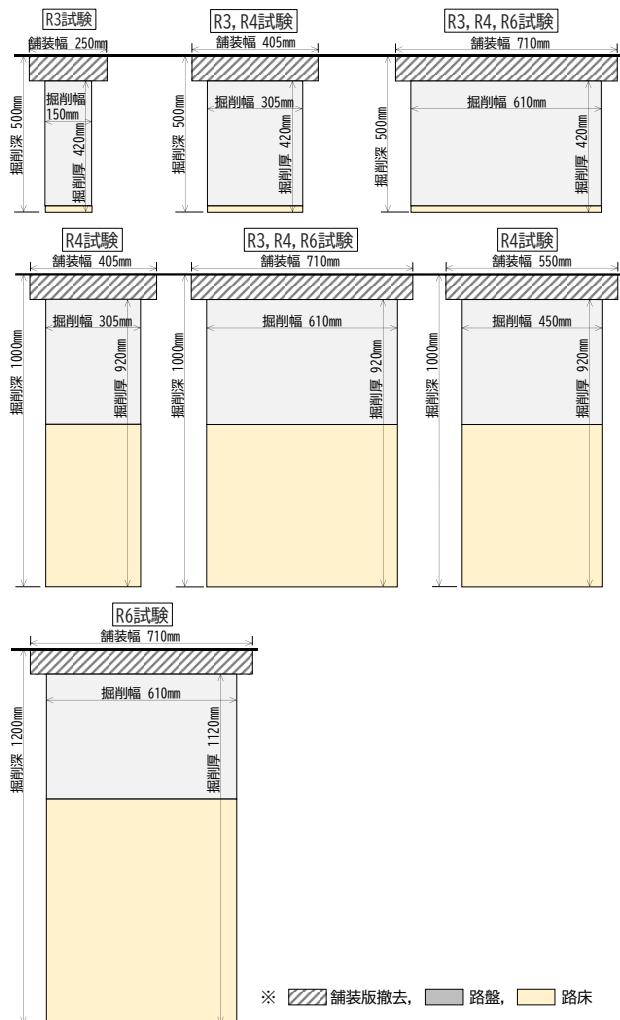


図-2 試験施工掘削断面一覧

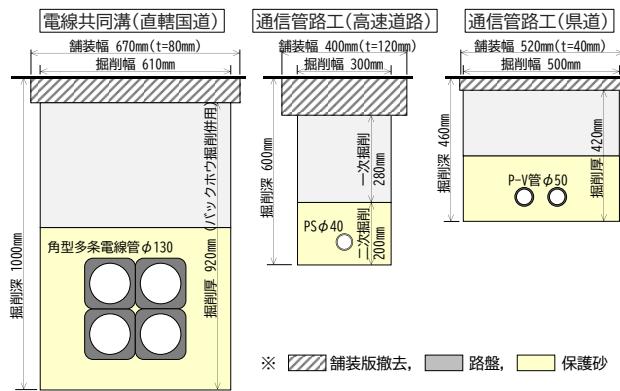


図-3 実施工掘削断面一覧

砂掘削を行い、掘削幅610 mm、掘削深さ1000 mmとし、トレッセード施工に適したコンパクトな断面とした。掘削方法は路盤及び路床を一括で掘削し捨土とした。

(2) 通信管路工の概要

通信管路工での施工は、令和5年4月～10月に、北海道白老町から苦小牧市の高速道路で、東日本

高速道路株式会社北海道支社が発注する床版取替工事の付帯工事（通信管路工）として行われた。総延長 10 km の区間で日々車線規制（4月）や終日対面通行規制（6月以降）の条件で施工を行った（図-1）。なお、管路材はねじ込み式塗覆装鋼管（PS40）1条である（図-3）。

幅 400 mm、厚さ 120 mm の舗装を撤去し、土砂掘削は掘削幅 300 mm、掘削深さ 600 mm とした。また、掘削方法は上部の上層路盤、下層路盤を路盤材として再利用するため、一次掘削（すき取り 280 mm）を行い、下部（路床）を再度、二次掘削（200 mm）し捨土とした。

（3）通信管路工（県道）の概要

通信管路工での施工は、令和 3 年 3 月～12 月に、通信事業者による単独地中化工事として沖縄県八重山郡竹富町の県道で行われた。総延長 16 km の区間の内 7.2 km で行った（図-1）。なお、管路材は P-V 管（φ50）2 条である（図-3）。

幅 520 mm、厚さ 40 mm の舗装を撤去し、土砂掘削は掘削幅 500 mm、掘削深さ 460 mm とした。

4. 施工速度の算定と解析

試験施工および実施工で得られたデータを整理・解析し、掘削断面積と施工速度の関係を把握した。その結果を図-4 に示す。施工速度として掘削のみの場合と掘削に加えてダンプトラックの入替時間を考慮したものを見ている。以下に施工速度とダンプトラック入替時間の算定方法について述べる。

掘削断面積は 0.033～0.683 m² の範囲であり、施工条件や土質条件の違いにより一定のばらつきがみられたが、解析の結果、掘削断面積が大きくなるに伴い、施工速度が低下する傾向が確認された。

施工時に計測した項目は、施工延長、積込時間、ダンプトラックの入替時間、ならびに不具合発生時の稼働停止時間である。また、掘削開始から掘削終了まで連続したデータを 1 データとして整理した。ここで掘削終了とは、ダンプトラックが満載となった場合や、掘削中に埋設物等の影響で作業が中断した場合を指す。試験施工および実施工で得られた施工延長および施工速度を、掘削断面積ごとに集約したもの示す（表-2）。

施工速度は、各データの施工延長および積込みに要した時間を基に算定し、試験箇所・断面積ごと

表-2 試験データ一覧

No.	年度	箇所	掘削幅 mm	掘削厚 mm	掘削 断面積 m ²	計測 延長 m	データ数	断面積毎	
								計測 延長 m	施工 速度 m/h
1	R5	高速	4月	300	110	0.033	24.0	1	24.0 108.0
2	R5	高速	4月	300	200	0.060	634.0	12	858.9 144.0
3	R5	高速	6月	300	200	0.060	224.9	4	
4	R3	試験		150	420	0.063	9.4	1	9.4 103.0
5	R5	高速	4月	300	280	0.084	704.8	19	1016.8 140.0
6	R5	高速	6月	300	280	0.084	312.0	5	
7	R6	試験		610	190	0.116	19.3	3	19.3 140.0
8	R5	高速	4月	300	400	0.120	4.2	1	4.2 116.0
9	R3	試験		305	420	0.128	20.0	1	20.0 109.0
10	R5	高速	4月	300	480	0.144	382.4	12	551.4 104.0
11	R5	高速	6月	300	480	0.144	169.0	4	
12	R3	県道	1期	500	420	0.210	72.6	7	195.6 119.0
13	R3	県道	2期	500	420	0.210	123.0	10	
14	R3	試験		610	420	0.256	40.7	6	121.0 116.0
15	R4	試験		610	420	0.256	20.0	3	
16	R6	試験		610	420	0.256	60.3	12	
17	R3	国道		610	620	0.378	21.8	5	21.8 96.0
18	R4	試験		450	920	0.414	21.5	6	21.5 86.0
19	R3	試験		610	920	0.561	40.8	15	118.1 61.0
20	R3	国道		610	920	0.561	20.3	12	
21	R4	試験		610	920	0.561	19.8	6	
22	R6	試験		610	920	0.561	37.2	13	
23	R6	試験		610	1120	0.683	21.0	5	21.0 57.0
合計							3003.0	163	

※ 掘削断面積、施工箇所（試験施工・実施工）毎に並び替え

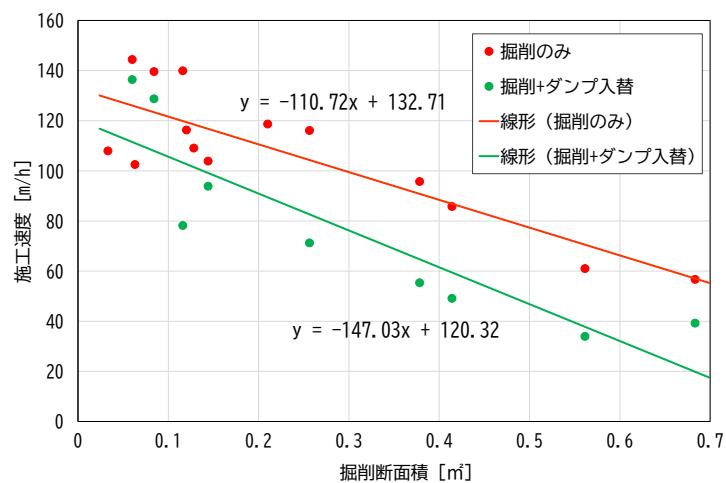


図-4 施工速度と断面積

平均値を算出した。なお、計測延長約 3400 m のデータのうち、計測ミスや機械トラブルによる異常値を除外し、最終的に 163 データ（計測延長約 3003 m）を解析対象とした。また、掘削速度の算定にあたっては、施工延長の大小による影響を考慮する必要があるため、今回、個別の計測値を単純平均するのではなく、延長を重みとした加重平均を採用することで、長延長の施工における安定的な傾向

を反映させた。これにより、施工速度の評価が局所的なデータに左右されることを防ぎ、より実態に即した結果を得ることができた。

また、ダンプトラックの入替時間は、施工条件に大きく依存する項目であり、特に、掘削箇所から土捨て場までの距離や運用台数の違いによって変動が生じる。そのため、条件のばらつきを排除する観点から、「トレンチャー施工中に1台が待機している状況」での計測値を分析対象とした。さらに、4tおよび10tダンプトラックの双方を使用したため、全計測値を平均化して代表的な入替時間として整理した。

例えば、掘削断面積が約0.6m²（幅610mm、掘削深さ1000mm）の場合、掘削速度（掘削土砂の積込を含む）は約66m/hであるが、ダンプトラックの入替時間を考慮すると、施工全体の平均速度は約32m/hに低下することが確認された。

以上のように、実施工における各種作業を含めた施工速度を把握することで、より実態に即した施工計画が可能となる。また、これらの結果を基に、施工条件に応じた掘削速度の目安が得られ、必要工期把握など施工計画立案の基礎データとして活用できる。

5. 施工の手引きの改訂

トレンチャーによる試験施工および実施工のデータの収集・解析から、前項の施工速度や施工上の知見が蓄積したことから「電線埋設用掘削機械（トレンチャー）を活用した施工の手引き」⁷⁾（図-6）の改訂を行った。本手引きは、国内における郊外部の電線類地中化を検討するための技術資料となっている。なお、施工の手引きは当研究所寒地機械技術チームのホームページに掲載している

（<https://kikai.ceri.go.jp/>）。

6. おわりに

電線類地中化のスピードアップに資するトレンチャー掘削の掘削断面積と施工速度の関係について、試験施工および実施工に基づきデータを収集・解析した。

トレンチャー掘削が、実施工においてその導入効果が確認されている一方、導入に向けた詳細な技術資料が十分に整備されていない状況にあった。そのため、施工速度の提示、施工上の留意点、一連の施工フロー、適切な掘削断面、発注・設計段階における検討事項など、得られた技術的知見を施工の手引きに反映した。本手引きはトレンチャー工法の導入促進に資する実践的技術資料として再構成しており、今後の電線類地中化の推進に寄与することが期待される。



図-6 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

参考文献

- 1) 永長・中島：単独地中化に向けたトレンチャーによる狭隘断面試験、第35回日本道路会議、2023.11
- 2) 永長・中島：郊外部の無電柱化施工のためのトレンチャーによる掘削試験とその評価、令和6年度建設施工と建設機械シンポジウム、2024.11
- 3) 国土交通省道路局環境安全・防災課：無電柱化のコスト縮減の手引き、pp.84-89、令和6年3月
- 4) 北海道無電柱化推進協議会：電線共同溝技術マニュアル第5.0版、pp.89-90、令和7年3月
- 5) 永長・中島：電線埋設用掘削機械（トレンチャー）による赤松街道での現場施工について、第65回北海道開発技術研究発表会、2022.2
- 6) 永長・大部：電線類地中化におけるトレンチャーの効率的な運用方法の検証、第70回土木計画学研究発表会、2024.11
- 7) 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（第2版）、2025.3