

1. 無電柱化に使用するケーブル埋設用掘削機械の 海外事例と試験施工について

(国研)土木研究所寒地土木研究所 ○小林 勇一
 (国研)土木研究所寒地土木研究所 田所 登
 (国研)土木研究所寒地土木研究所 大槻 敏行

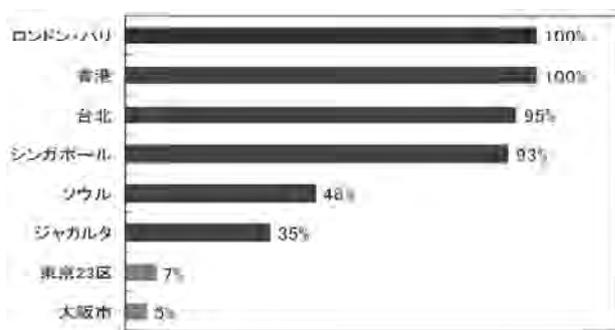
1. はじめに

日本における無電柱化は、防災、景観・観光、安全・快適の観点から推進されており、主に市街地や歴史的街並、狹隘道路の電線類地中化が進められている。

しかし、図-1 に示すとおり、日本の無電柱化率はヨーロッパやアジアの主要都市と比較し、東京23区で7%、大阪市で5%と極めて低い。この原因の一つとして、電線類地中化等の施工費用が極めて高いことが挙げられる。無電柱化の促進のためには、より安価で施工性の高い手法が求められている。

無電柱化が進んでいる諸外国では、電線類地中化にトレンチャーなど専用のケーブル埋設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、低コスト・高効率の電線類地中化手法を検討する基礎資料とするため、海外のケーブル埋設用掘削機械の実態調査、掘削試験を行った。



- ※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 台北は国土交通省調べによる2013年の状況(道路延長ベース)
- ※4 シンガポールは海外電気事業統計による1998年の状況(ケーブル延長ベース)
- ※5 ソウルは国土交通省調べによる2011年の状況(ケーブル延長ベース)
- ※6 ジャカルタは国土交通省調べによる2014年の状況(道路延長ベース)
- ※7 日本は国土交通省調べによる2013年度末の状況(道路延長ベース)

図-1 海外と日本の無電柱化率の比較¹⁾

2. ケーブル埋設用掘削機械の実態調査

ケーブル埋設用掘削機械の実態を把握するため、機械の概要、施工事例および日本国内での販売体制について調査を実施した。調査方法は、インターネットによる調査、およびケーブル埋設用掘削機械を製作しているメーカーへのアンケート調査とした。

2.1 ケーブル埋設用掘削機械の概要

インターネットによる調査の結果、ケーブル埋設用掘削機械のメーカーは、欧米を中心に14社(フランス3社、イタリア2社、イギリス2社、アメリカ4社、スウェーデン1社、ドイツ1社、オーストラリア1社)確認でき、多数存在していることがわかった。

ケーブル埋設用掘削機械としては、主にトレンチャーが使用されており、固い岩盤やアスファルトの掘削が可能なものや、掘削と同時に土砂積込やケーブル敷設が可能なものなどがある。

図-2 に、トレンチャーによるケーブル埋設状況の一例を示す。この例では、アスファルトの上からの掘削と同時に、トラックへの土砂積込とケーブル敷設を行っている。



ホームページより引用²⁾

図-2 トレンチャーによるケーブル埋設状況の一例

インターネット調査で確認できたメーカーを対象にアンケート調査を実施し、5社から回答を得た。なお、機械総質量が100tを超える製品も販売されているが、今回の調査では、日本国内での運搬が困難である機械総質量が35tを超えるものは対象外とした。

表-1に、トレンチャーの代表的な機械構成と掘削機構を示す。なお、掘削機構の呼称はメーカーにより異なる場合がある。

機械構成については、専用機械は本体構造や操作方法がトレンチャー掘削に適した設計となっている一方、アタッチメント型は専用機械と比較して本体価格が安価である。また、掘削機構については、ホイール式は岩盤などの固い地盤の掘削に適している一方、チェーン式は深く掘削する場合に適している。道路の表面をホイール式で掘削した後、チェーン式で深く掘削する場合もある。

表-2に、調査で回答を得たメーカー5社の機械の特徴を示す。掘削機構は、フランスの2社とイ

ギリスの1社はホイール式が多いのに対し、アメリカの2社はチェーン式が多い。また、機械総質量は、フランスの2社は10t以上が多いのに対し、イギリスの1社とアメリカの2社は10t未満が多いなど、国やメーカーにより特徴が見られる。

図-3に、トレンチャーの機械総質量と最大掘削深さの関係を示す。

最大掘削深さは、ホイール式が450~1,600mmで平均913mm、チェーン式が762~1,829mmで平均1,307mmとなっており、チェーン式の方が大きい傾向にある。ホイール式は、最大掘削深さの約2倍のホイール直径が必要であり装置が大きくなるため、掘削機構で比べると、チェーン式の方が比較的軽量で深い掘削深さへの対応が可能である。

図-4に、機械総質量と最大掘削幅の関係を示す。

最大掘削幅はホイール式が70~450mmで平均235mm、チェーン式が120~610mmで平均287mmとなっており、チェーン式の方がやや大きい傾向にある。また、最大掘削幅が305mm以下のものが全体の約76%を占めており、狭隘なものが多いことがわかった。

表-1 代表的な機械構成と掘削機構

機械構成		専用機械	アタッチメント型
掘削機構	ホイール式	ディスク状のホイールの円周上に掘削用の刃が付いたもの	楕円状のチェーンに掘削用の刃が付いたもの
	チェーン式		

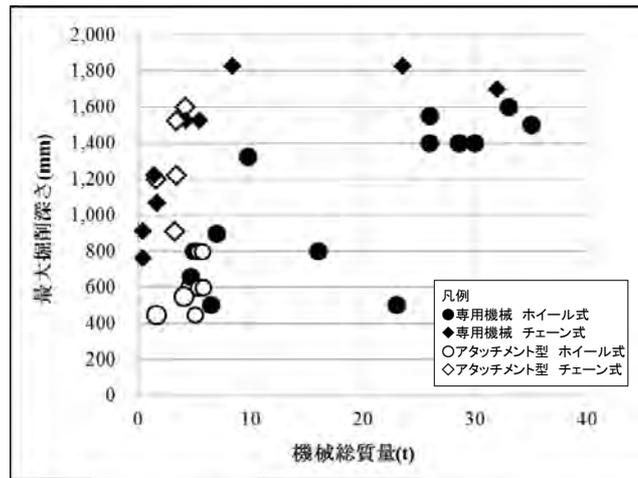


図-3 機械総質量と最大掘削深さの関係

表-2 メーカー5社の機械の特徴

国名	回答機種数	機械構成	掘削機構		機械総質量※		同時施工可能作業
			ホイール	チェーン	10t未満	10t以上	
A社	フランス	7機種 専用機械	6機種	1機種	2機種	5機種	ケーブル敷設 7機種 埋め戻し 4機種 残土処理 2機種
B社	フランス	5機種 専用機械	5機種 (付替可能1機種)	1機種	1機種	4機種	ケーブル敷設 2機種 埋め戻し 2機種 残土処理 1機種
C社	イギリス	7機種 アタッチメント型	5機種	2機種	5機種 (不明2機種)		ケーブル敷設 3機種 残土処理 5機種
D社	アメリカ	10機種 専用機械	2機種 (付替可能2機種)	10機種	9機種	1機種	ケーブル敷設 6機種 残土処理 3機種
E社	アメリカ	8機種 アタッチメント型	3機種	5機種	8機種		

※機械構成がアタッチメント型の機械総質量は、想定されるベース機械の質量を含む。

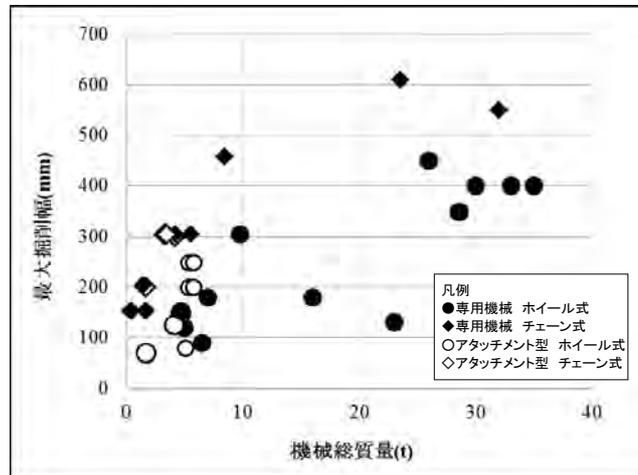


図-4 機械総質量と最大掘削幅の関係

2.2 ケーブル埋設用掘削機械の施工事例

アンケート調査結果から、試験施工を除く具体的な施工事例を表-3に示す。

電力線や通信線の直接埋設または管路埋設が行われており、施工場所は郊外部の未舗装路側、路肩、法面、および市街地の舗装路面下、未舗装路側となっている。

平均施工速度は、郊外部では750～857m/日、市街地では250～1,000m/日であり、市街地では大きな差がみられた。

日本の主な電線類地中化手法である電線共同溝方式では、施工速度が10m/日程度で行われていることから、施工条件などに違いはあるが、諸外国では非常に速い施工速度で作業が行われていることがわかった。

表-3 施工事例

区分	施工事例	施工延長 (km)	施工日数 (日)	平均施工速度 (m/日)
郊外部	①セーズエマルヌ77 (フランス) ・農村部、路肩の電線地下埋設 ・未舗装路側 ・電力線3本×150mm 2 ・施工金額：400,000€ ・土木コスト：13€/m ・使用機械：専用機械 26t ・掘削幅：280mm ・掘削深さ：900mm	30	35	857
	②フランス ・郊外部の電力線の管路埋設 ・未舗装、路肩、法面 ・電力線3本、管路埋設 ・使用機械：アタッチメント型 ・掘削深さ：1000mm	30	40	750
市街地	①パリ近郊ビヤンクール ・街路のトレンチ、電線地下埋設 ・舗装路面下 ・2本TPC、φ63 ・施工金額：3,900,000€ ・土木コスト：65€/m ・使用機械：専用機械 23t ・掘削深さ：450mm	60	240	250
	②ショーモン (フランス) ・住宅街の道路にトレンチ施工 ・舗装路面と未舗装路側 ・3本HDPE、φ40 ・施工金額：1,750,000,000€ ・土木コスト：35,000€/m ・使用機械：専用機械 23t ・掘削幅：100mm ・掘削深さ：400mm	50	110	455
	③クレマ (イタリア) ・住宅街の電話線地下埋設 ・舗装路面下 ・1本、管路埋設 ・使用機械：アタッチメント型	1	3	400
	④インド ・市街地、電力線の直接埋設 ・舗装路側 ・電力線1本、直接埋設 ・使用機械：アタッチメント型 ・掘削深さ：400mm	50	50	1,000

2.3 日本国内での販売体制

調査の結果、日本国内に販売体制およびメンテナンス体制をもつメーカーは4社あった。

日本ではこれまで、トレンチャーは主に農業用機械として農地の暗渠排水の掘削などに使用されており、トラクターなどに取り付けるアタッチメント型のチェーン式が主流であった。しかし、昨今の日本国内の無電柱化推進の機運にあわせ、専用機械を取り扱う海外メーカーも日本国内での販売に参入する動きを見せており、1社が今年から新規参入しているほか、アンケート調査を通じて日本進出に意欲を示すメーカーも1社あった。

3. ケーブル埋設用掘削機械による掘削試験

日本におけるトレンチャーの使用実績をメーカーに聞き取りしたところ、主に農場やゴルフ場など土壌の柔らかい箇所で使用されており、道路敷地のような締め固まった箇所で使用された実績は確認できなかった。

そこで、締め固まった地盤に対しての掘削能力を確認するため、掘削試験を実施した。

試験に使用したトレンチャーは、日本国内でレンタルが可能であった2機種とした。

使用したトレンチャーの外観および諸元を表-4に示す。どちらの機械もアタッチメント型であり、ベースマシンは農耕用トラクターとスキッドステアローダーである。また、掘削機構はどちらもチェーン式である。

表-4 外観及び諸元

	掘削機械 A	掘削機械 B
外観		
機械構成	アタッチメント型	アタッチメント型
ベースマシン	農耕用トラクタ	スキッドステアローダー
掘削機構	チェーン式	チェーン式
装置取付位置	車体後方	車体前方
駆動方式	P T O	油圧
逆回転機構	無	有
過負荷時安全機構	クラッチ式	油圧リリーフ弁式
作業進行方向	前方	後方
掘削幅	150mm	205mm
最大掘削深	100cm	119cm
切刃列数	18列	36列

試験は、北海道江別市の寒地土木研究所角山試験場構内で行った。掘削面は未舗装の地山箇所、埋め戻し土や粘性土が締め固まった箇所である。事前のコーン指数試験の結果は 1,200kN/m² 以上（貫入不能）であり、これはダンプトラックの走行が可能な程度に締め固まった状態である。

試験条件は掘削深さ 60cm、80cm、100cm とし、掘削を各 2 回行った。

図-5 に試験で得られた掘削深さと掘削速度の関係を示す。

いずれの機械も、試験条件の深さを掘削することは可能であった。

掘削速度は、掘削機械 A が 111.0～219.8m/h、掘削機械 B が 34.6～64.8m/h となった。いずれの機械も掘削深と掘削速度の相関は見られなかったが、掘削機械 A と B で掘削速度が大きく異なる結果となった。

原因として、掘削機械 B は進行方向が後方となり運転操作しにくいこと、掘削幅が大きく切刃列数が多いため玉石などが切刃機構に詰まりやすく、過負荷時安全機構の作動による停止が多かったことなどが挙げられる。

今回の試験では、同じ機械構成と掘削機構のものを使用した、ベースマシンの操作方法や掘削幅、切刃列数などの違いにより、施工速度に大きく差が出ることを確認できた。

4. 海外のケーブル埋設用掘削機械を日本へ導入するうえでの課題

海外のケーブル埋設用掘削機械の日本への導入を検討するにあたり、以下の課題が考えられる。

4.1 施工条件の違い

トレンチャーによる電線類地中化が一般的となっている国では、施工条件がほぼ確立しており、メーカーはそれに合わせたトレンチャーの製造・販売を行っている。

しかし、日本と海外では施工条件が異なるため、導入を検討するためには、日本における具体的な施工方法や必要な機械の仕様・性能などを整理する必要がある。

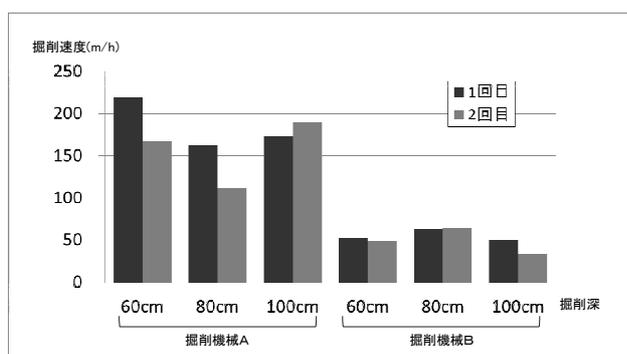


図-5 掘削深さと施工速度

4.2 機械構造、安全基準

日本で海外のトレンチャーを使用する場合、一般的な輸入機械と同じく、労働安全衛生法および関係法令で定められた規格や安全基準等を満足する必要がある。また、公道を走行する場合には、道路運送車両法に基づく保安基準へ適合し、運輸支局等への登録が必要となる。公道を走行しない場合は、オフロード特殊自動車に該当するため、オフロード法による排出ガス基準に適合したものでなければならない。

また、海外のアタッチメント型機械を日本で使用しようとする場合、装着装置の規格が合わず装着できない場合がある。その場合は、アタッチメントもしくは建設機械の装着装置の改造が必要になる。

4.3 市場の拡大

前述のとおり、日本国内にトレンチャーの販売体制およびメンテナンス体制をもつメーカーは現在 4 社しかなく、限られたトレンチャーしか調達することができない。

日本国内でトレンチャーによる施工をより普及させるためには、海外メーカーの日本進出や国産メーカーの参入など市場の拡大が必要である。

5. まとめ

海外で使用されているケーブル埋設用掘削機械の調査を行い、機械の特徴等を把握するとともに、施工速度が非常に速いことを確認した。また、掘削試験の結果から、同じ機械構成と掘削機構をもつトレンチャーでも、条件により施工速度に大きな差が出ることを確認できた。

ケーブル埋設用機械を日本へ導入するためには、施工方法などの整理が必要であるが、導入できれば大幅な施工速度の向上が期待できる。

無電柱化を推進するため、国土交通省では『無電柱化低コスト手法技術検討委員会』(H26.9 発足)の検討をうけ、H28.4 より「電線類の埋設に関する設置基準」を緩和し、浅層埋設や小型ボックス活用埋設等の低コスト手法の導入を可能とした。海外のケーブル埋設用掘削機械メーカーも日本の動向に注目しており、今後の市場の拡大に期待したい。

参考文献

- 1) 国土交通省ホームページ： <http://www.mlit.go.jp/>
- 2) RIVARD社ホームページ： <http://www.rivard.fr/>
- 3) VERMEER社ホームページ： <http://www.vermeer.com/>
- 4) AFT社ホームページ： <http://www.trenchers.co.uk/>