

推進工法におけるコスト縮減工法と環境保護

Cost Reduction and Environmental Protection in Pipe Jacking Method

川合 孝¹⁾・四本純一²⁾・島田英樹³⁾・松井紀久男⁴⁾

Takashi KAWAI, Jyunichi YOTSUMOTO, Hideki SHIMADA and Kikuo MATSUI

The cost reduction and environmental protection are large social problems under severe finance. Hume-pipe jacking has been created as the result of pursuing the theme of environment trendy and cost reduction. Making installation piping as outer shell of excavation machine had long been thought impossible, but adopting composite pipe consisting of an outer steel pipe with an internal PC concrete pipe enabled the installation pipe used as the excavation machine with its high strength.

This allows the pipe-jacking directly arrive at an existing shield tunnel or manhole, not requiring the construction of a recovery shaft for the equipment. Furthermore, since the unit is re-usable, 10 to 20% of cost reduction becomes possible.

The method causes no noise and traffic troubles to the local residents and is corresponding to the environment issues.

Key-words: Environmental protection, Cost reduction, Elimination of the need for arrival shaft

1. はじめに

この豊かな地球環境を次の世代へ受け渡していくために、都市土木においても環境への配慮無くして進むことはできない。資源や地球環境には限界があり使い捨てが当たり前だった時代から、繰り返し利用する循環型社会への変化が要求されている。地下を掘進する推進工法においても、輻輳する地下埋設物や交通障害の問題などから施工条件はさらに厳しさを増し、今まで不可能であった施工条件への対応が要求されている。このような時代背景の中、地域住民や環境への配慮、コスト縮減をテーマとして開発を行い誕生した工法が、推進管に掘進機ユニットを組み込んだヒューム管推進工法である。

本報告では、掘進機が既設構造物に直接到達することにより、掘進機回収用の立坑築造が不要となり、コスト縮減効果と地域住民への十分な環境配慮を可能とし、また分解した掘進機ユニットを再利用することでの循環型工法について述べる。

2. 工法開発経緯

私たちの生活は、下水道、電力、通信などのインフラ設備に大きな恩恵を受けている。¹⁾しかし、管理設の際に発生する騒音・交通障害などは環境保護に対して相反するものであり、施工に対する地元説明会でもなかなか理

1) 株式会社 協和エクシオ 土木エンジニアリング本部 (九州大学大学院 博士後期課程)

2) 株式会社 協和エクシオ 営業統括本部 (九州大学大学院 博士後期課程)

3) 正会員 博士(工学) 九州大学 大学院 工学研究院 地球資源システム工学部門

4) 正会員 工学博士 九州大学 大学院 工学研究院 地球資源システム工学部門

解を得られないのが実状である。推進工事においては、生活道路上ではできるだけ回収立坑の築造を回避したい場合や、輻輳する埋設物との関係で掘進機回収用の立坑が築造できずに掘進機を地中に残置せざるを得ない状況が発生する。²⁾ この様な問題を解決する方法として、ヒューム管などの推進管に直接掘進機ユニットを組み込んで掘進機とする方法を考案した。実際に、推進工法の掘進機としての機能を満足することや推進管に掘進機ユニットを組み込むための問題点の解決策としては、まず掘進機ユニットを組み込む部分の強度を確保するために鋼製の外殻にPCコンクリートを遠心力製法によってライニングされた合成鋼管を用いた。ライニングされた狭い管内への掘進機ユニットの組み込みについては、装置の小型化およびユニット化により解決した。また、合成鋼管を使用した掘進機での方向制御機能については、特殊シール方式の方向制御装置を導入することで解決した。この様に従来推進管を掘進機外殻にすることは不可能と考えられていたが、合成鋼管方式と掘進トルクは必要以上に装備することはないという新しい発想での推進工法を開発した。写真-1に既設到達状況、写真-2に合成鋼管に掘進機ユニットを組み込んだ掘進機を示す。

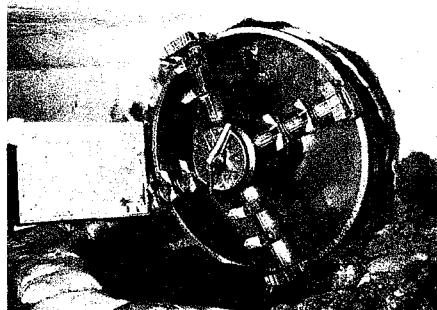


写真-1 既設到達状況

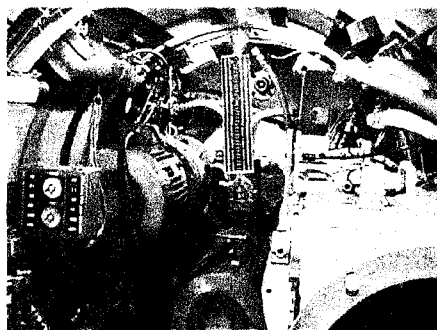
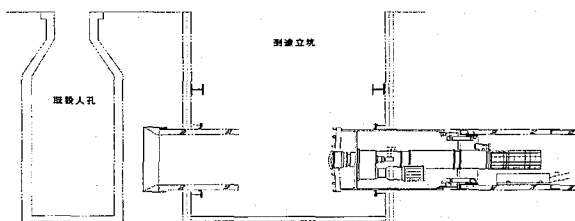


写真-2 掘進機ユニット状況

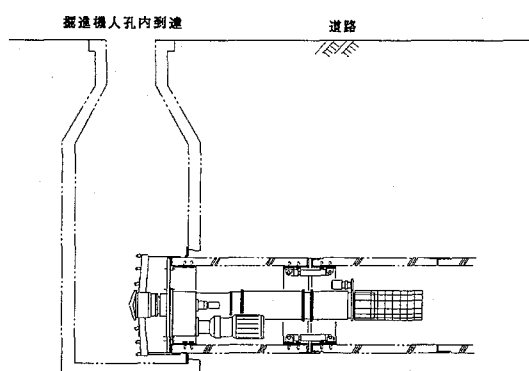
3. 工法の特徴

本工法の最大の特徴は、推進管を掘進機として兼用しているため、既設構造物に到達した掘進機ユニットを再利用できるという点である。³⁾ 従来の推進工法で既設人孔に到達させる場合は、掘進機を回収して刃口推進などによって管渠を取り付ける方法で行われる。本工法では、推進管が掘進機を兼用しているため、既設構造物に到達した後、掘進機をユニットごとに分解して人孔より回収される。また、既設構造物の人孔より回収できない大きなユニットについては、発進立坑に運搬して回収することが可能である。これにより、掘進機回収用の立坑築造費と人孔間を接続する刃口推進が不要となり、従来工法と比較して10%~20%程度のコストの縮減を可能にした。図-1に従来工法により到達方法、図-2に本工法による到達方法を示す。本工法での到達時における安全性を確保するために、掘進機本体に内蔵型エントランスパッキンを装備した。本工法は、直接既設構造物に到達するため、到達坑口の止水に使用されるエントランスパッキンの取付が困難となる場合が多い。この際、掘進機が既設構造物外壁に到達後、本工法で採用した内蔵型エントランスパッキンを圧縮空気により膨張させ、改良地盤と密着することで、滞水層や地山条件が悪い場合に問題となる管背面からの土砂の流入を抑制することが可能とある。また、このような方法で行う場合は、従来の坑口用エントランスパッキンと比較して、作業スペースの縮小が図れ、より狭い範囲での到達が可能となる。図-3に内蔵型エントランスパッキンを利用した到達方法、写真-3に設置例を示す。

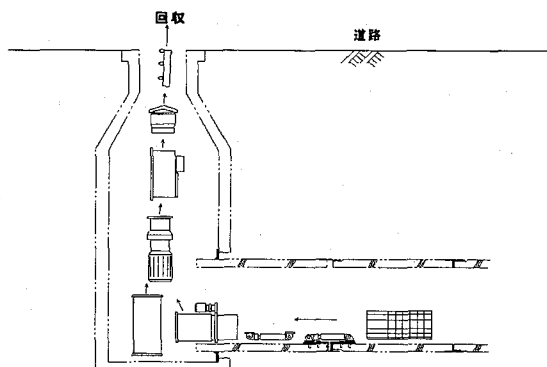


既設人孔に到達する場合は、手前に到達立坑を築造し、マシン回収後、刃口による推進等で、既設人孔と接続を行う。

図-1 従来工法による到達方法



既設人孔に直接到達



掘進機ユニットを解体することで、管渠が完成

図-2 本工法による到達方法

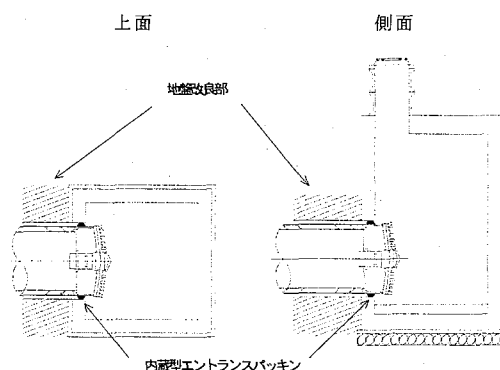


図-3 内蔵エントランスパッキンによる到達方法

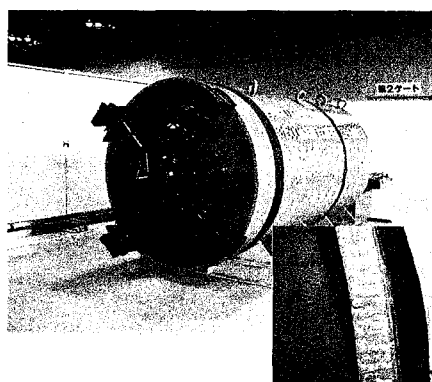


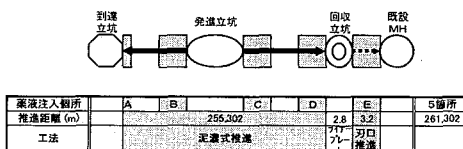
写真-3 内蔵エントランスパッキン設置例

4. コスト縮減

推進工法に用いられる掘進機は、通常使用する期間を損料として計上される。本工法の場合は、掘進機本体が推進管となることから、外殻部分は材料となる。そのため、掘進機損料と比較した場合、掘進機としての価格は増大する。しかし、掘進機回収用の到達立坑、地盤改良の削減等、本工法の到達方法の改善により、従来工法より建設コストを10%~20%程度縮減することができる。ここでは、図-4に示すようなφ800mmの2スパン、土被り5mを条件とした試算例を取り挙げる。

この試算では、本工法と泥濃式推進工法との比較を行った。この場合、本工法の特徴である、掘進機回収用立坑となる到達立坑の築造が不要となることで、立坑の築造を削減できる。また、回収用立坑から、既設構造物までの刃口推進による取付工およびそれに伴う地盤改良が省略できる。さらに、到達部において路上作業がなくなることから、保

泥濃式推進(従来工法)



ヒューム管推進工法

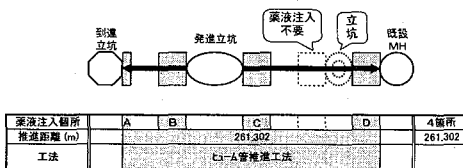


図-4 従来工法との試算比較条件

安に要するコストの削減も可能となる。一方、推進工においては、掘進機の外殻となる合成鋼管の材料費が従来工法と比較して割高となる。このような状況を吟味した結果、表-1に示すように直接工事費を13.6%削減することができた。ここでは5mの土被りによる試算を行ったが、さらに深度の大きな回収用立坑の場合には、杭打設及び地盤改良の増加によりさらなる削減が可能となる。

表-1 従来工法とのコスト比較

コスト比較(直接工事費)

※ 同額の工事費は"---"で表示。

φ800mmの場合

工 程		1.)泥濃式 (a)	2.)ヒーム管推進工法 (b)	差 額 (a)-(b)
土 工	発進立坑掘削	---	---	
	到達立坑掘削	---	---	
	回収立坑掘削	11,600,000	0	(道路復旧含む) 11,600,000
薬液注入	A	---	---	
	B	---	---	
	C	---	---	
	D	---	---	
	E	1,220,000	0	1,220,000
	刃口推進	3,500,000	0	3,500,000
	推進工	58,241,000	66,253,000	▲ 8,012,000
	保安等	2,620,000	450,000	2,170,000
	(合計)	77,181,000	66,703,000	10,478,000

13.6%の削減

5. 採用事例

本工法により、コストの削減が可能なことについては、前項で述べたが、これに加えて路上作業を省略できることによる周辺環境に与える影響の軽減は大きいと判断できる。特に都市部の狭隘な道路での占用による交通阻害、周辺家屋への騒音振動問題への対応については、掘削という工程を省くことにより大きく緩和される。ここでは、周辺環境問題などにおいても本工法を有効に活用できた事例を紹介する。

(1) 工事事例(1)

- 1) 施工場所：東京都
- 2) 管径：φ800mm N型Wジョイント1種 50N 1/3 管 E型1種 50N 標準管
- 3) 推進延長：137.78m (1スパン)
- 4) 立坑：発進 1ヶ所(3000×6140mm ライフプレート) 到達 1ヶ所(既設人孔)
- 5) 土質：細砂 平均N値：50 (内径4000mm)
- 6) 土被り：9.75m 地下水位：GL-3.40m

本施工現場は、マンションが多く建ち並び、近くに川が流れる閑静な住宅地である。計画流量による必要管径はφ500mmであり、当初は小口径泥水式推進工法で発注され、発進・到達立坑が必要箇所に計画されていた。図-5にルート概要図を示す。地元説明会で工事概要の説明を行った結果、立坑築造等を行うことにより著しく生活道路の往来が困難になる等、当初の工事計画では施工に対する理解を住民より得ることが非常に困難となったことから、立坑数を減らす事が生活道路への支障を最小限に抑えることであると考え、25R・30RのS字急曲線推進が可能で、掘進機回収用立坑築造を必要としない本工法が採用された。図-6に当初計画、図-7に変更の路線を示す。ただし、管径については、急曲線施工を含むため、本工法の最小径となるφ800mmとした。

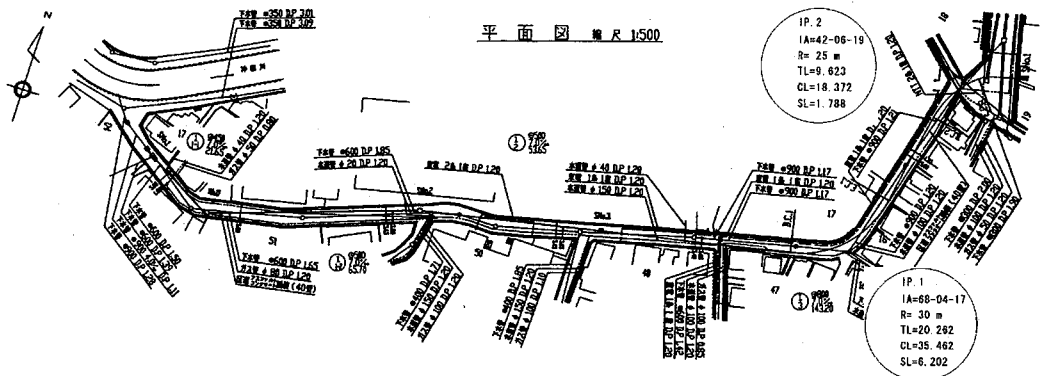


図-5 ルート概要図

コストにおいては、立坑数を4箇所及び地盤改良を削減することにより、管径は計画よりも大きくなったが、土被りが深いことにより、立坑及び地盤改良の費用の占める割合が増大するため、結果として削減率は6.3%となった。また、本工法の採用により、周辺住民の理解の上で施工できたことは、評価できるものと考えられる。

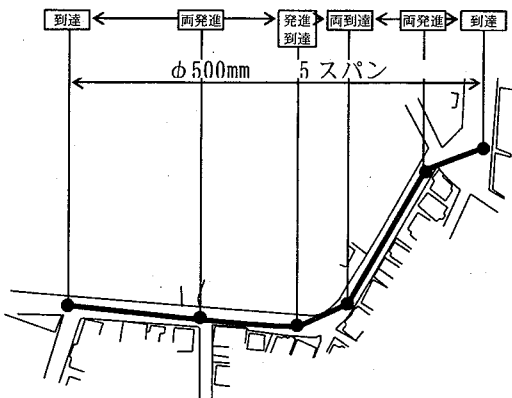


図-6 当初計画

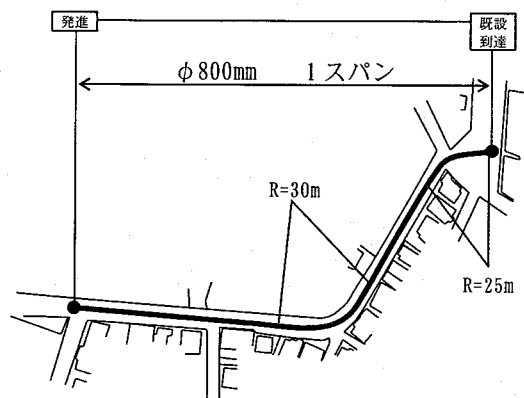


図-7 変更路線図

(2) 工事事例 (2)

- 1) 施工場所：大阪府
- 2) 管径： $\phi 800\text{mm}$ N型Wジョイント1・2種 50N 1/3管 E型1種 50N標準管等
- 3) 推進延長：16.40m 161.70m (2スパン)
- 4) 立坑：発進 1ヶ所 (6000×2800mm 鋼矢板) 到達 2ヶ所 (既設2号人孔)
- 5) 土質：砂質シルト N値：3～8 (内径1200mm)
- 6) 土被り：2.40m 地下水位：GL-2.00m

本工事は、近くに小学校があり児童を安全に通学させることを最優先に設計された。道路下に残る到達立坑は前の工事において人孔築造まで行うことで通学路に影響が出ないように施工が行われた。このような条件下で既設人孔到達ができ、しかも20R・15Rの超急曲線推進が可能な工法としてヒューム管推進工法が選定された。施工する道路は、4t以下のトラックのみが通行できる狭隘な生活・通学道路であるため、路上作業を軽減する必要があった。その結果、推進路線は、曲線推進では発進直後のカーブが施工上最も困難とされているが、この現場では発進してわずか15mで最初の急曲線20Rとなり、しかも交角は78度であった。また、路線中に2箇所の曲線区間を含み、交角合計は130度とであった。図-8に推進ルートを示す。

施工においては、事前に設置された2箇所の立坑を通してことや、15Rの超急曲線を推進しながら到達するという厳しい条件の中、高精度により完了した。直接到達が可能な本工法は、時期の異なる工事においても、事前に人孔の築造を行い、仮設設備の長期間の残置を不要とすることが可能である。本工事の到達箇所となる既設人孔での作業は、解体されたユニットをマンホールから搬出するといったように、非常に簡易な作業で済み、交通阻害を最小限とすることで環境に配慮することができた。写真-4に、既設人孔への到達状況、写真-5にマンホールからの掘進機ユニット搬出状況を示す。本施工におけるコストの縮減については、回収用立坑1箇所、及びそれに伴う地盤改良、到達立坑を仮設のまま残置した場合の損料が削減されたが、土被りが浅いことにより立坑構築費用が安価であったことから縮減率は1.3%に留まった。

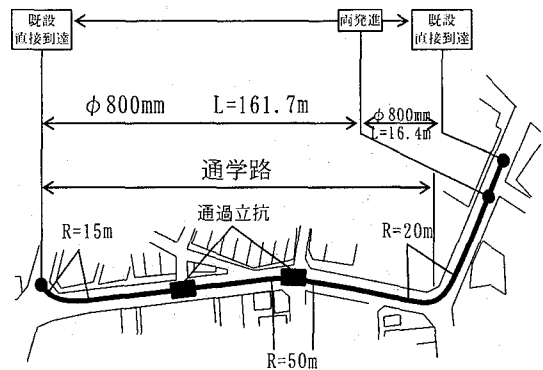


図-8 推進ルート図

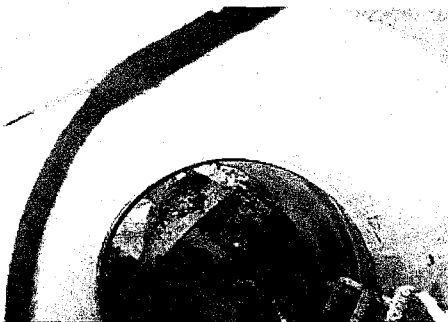


写真-4 既設人孔到達状況



写真-5 掘進機搬出状況

6. まとめ

建設工事は、生活を支えるインフラ設備の整備・維持管理において不可欠であるにもかかわらず、工事における影響が大きいことから、批判的となっているのは事実である。特に都市部の工事における道路規制や騒音・振動問題の対処は、工事を円滑に進めるための重要なポイントとなることや、事業者および工事を担当する者において、心理的負担も大きい。このことから、本報告で述べた施工方法の採用により、路上作業の縮減が周辺環境への影響を大きく低減できると考える。

参考文献

- 1) 日本非開削技術協会：非開削技術 No.44 2003
- 2) 日本プロジェクトリサーチ：難条件下に挑む最新の泥濃式推進工法
- 3) 日本プロジェクトリサーチ：推進工事の難条件下を克服した新技術とその施工実績