

42. 小口径管用開削管渠連続埋設工法 (mini OSJI 工法) の開発

アイサワ工業(株)：*成瀬龍一郎，塩見 真澄

1. はじめに

近年、わが国の下水道事業は積極的に整備が推進され、整備の対象が都市部における面整備や、小規模の市町村を中心とした整備へと移行してきており、大中口径管から小口径管を中心とした工事が多く見られるようになってきた。ところで、土被りの少ない小規模な管渠の埋設工事は開削施工で行われることが多いが、比較的掘削深さの浅い現場では危険に対する認識の薄さから土砂崩壊が生じ、人身事故の発生も多く見られる。こうしたことから、開削工事に対する一層の施工の合理化、安全化のニーズが高まっている。さらに、このことはガスや上水道、電力・通信といったライフライン整備も考慮に入れた対応が必要である。

そこで、鋼製フレームとスキンプレート、推進ジャッキで構成するマシンを掘削用バックホーと組合わせて地中を自走させ、掘削から埋戻しまでの一連作業をくり返し連続して行いながら、管渠を一管毎安全に早く埋設する小口径管用開削管渠連続埋設工法 (mini OSJI 工法) を開発した。

本稿では、本工法の概要を説明するとともに、本工法の安全性や施工性、周辺環境に及ぼす影響などの効果の確認を行うために実証実験を実施したので、その結果について述べる。

2. 工法の概要

2.1 施工手順

施工手順は次のとおりである。そのフローを図-1に示す。

- ① mini OSJI 機を搬入し、地上で組立て設置する。
- ② 4基のシリンダーシステムからなる自降装置を本体の上部に装備して機械内部の掘削を行い、バランスをとりながら mini OSJI 機を発進位置に降下させる。
- ③ シリンダーシステムを取り外し、最前部にダンプカー、その後方に mini OSJI 機を跨ぐ格好でバックホーを配置する。バックホーによる掘削とともに埋戻しを行いながら、後方の反力板により埋戻し土を締めると同時に mini OSJI 機を推進させる。良質な掘削土砂の場合には、バックホーを旋回して後方に埋戻す。この作業をくり返して前進し、テール部にスペースが確保されると管渠を布設する。施工概念図を図-2に示す。
- ④ ③の作業を繰り返し、全工程の管渠の埋設が完了したら自

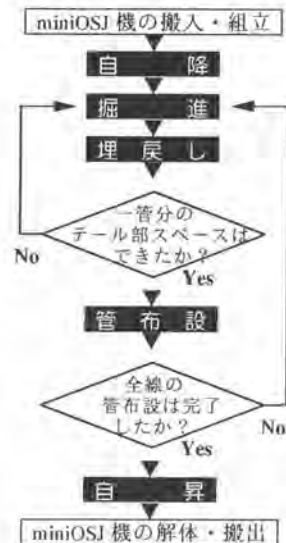


図-1 施工フロー

降の際使用したシリンダーシステムを再び本体に装備し、機械内部の埋戻しを行いながら地盤に反力をとり、周囲のフリクションを切って miniOSJ 機を上昇させる。

- ⑤ 地上で miniOSJ 機を解体し、搬出する。

2.2 適用性

本工法の適用範囲を表-1に示す。

表-1 miniOSJ工法の適用範囲

掘削深さ	H ≤ 2.5 m
掘削幅	B = 1.0 m
曲率半径	R ≥ 60 m
適用管径	H.P φ ≤ 300 mm、UV管 φ ≤ 350 mm
適用管長	ℓ ≤ 4.0 m
適用管種	ヒューム管、塩ビ管、鋼管、陶管等
適用土質	粘性土、砂質土、玉石、礫質土(N値 ≤ 50)



図-2 施工概念図

表-2 miniOSJ機仕様

全長	6,295+975 mm
全幅	1,000 mm
全高	2,000 mm、2,500 mm
油圧シリンダ	φ 120 × 1,200st × 4 本 推力 22.6t / 本(210 MPa / φ)
全自重	8.8t、11.0t

3. miniOSJ機の構造と仕様

図-3に本体の構造図、表-2にその仕様を示す。本体は鋼製フレームの両側面に一体となって作動するスキンプレートを装備したフロント部と、フレームの両側面をスライドするように取付けられたスキンプレートを装備したテール部とで構成され、互いのスキンプレートはピンで連結し、フレームは油圧ジャッキで連結されている。

図-4に推進装置システム図を示すが、本体の推進ジャッキはバックホーからの油圧の供給により、テール部後方に装備された油圧ユニットの油圧モータを駆動させて油圧を供給し、フロント部に装備されたコントロールユニットにより制御が行われて作動する。ところで、推進ジャッキのコントロールは図-4に示すように無線で行う。無線装置の仕様は表-3のとおりである。

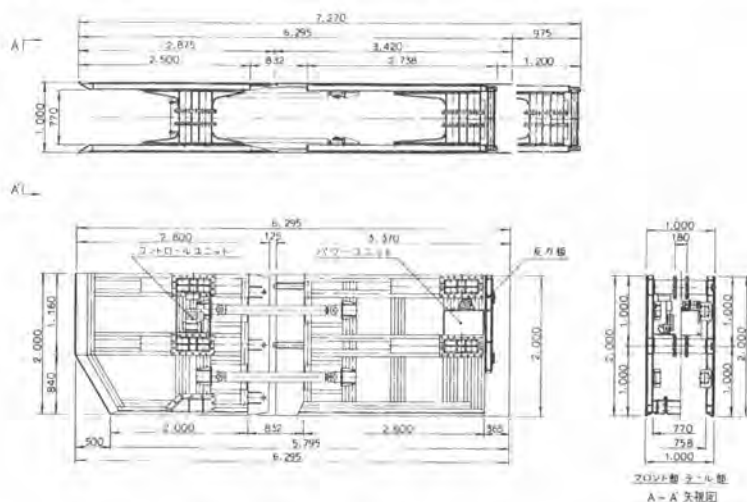


図-3 miniOSJ機構造図

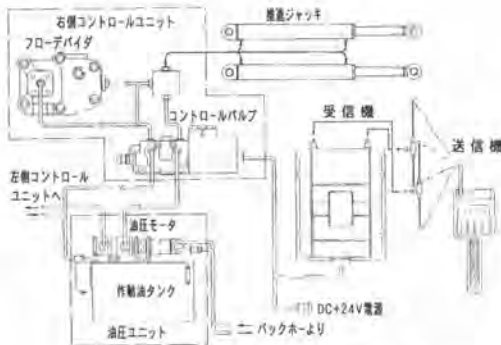


図-4 推進装置システム図

表-3 無線装置仕様

型式	RCS-250 (T型)
周波数	250 MHz帯 2波装備
変調方式	FM変調方式
制御方式	フィードバック式デジタル比例制御
使用範囲	約 20m(周辺環境の良い場所に於いて)

4. miniOS J機の推進原理

図-5に本機の推進原理を示す。まず、油圧ジャッキを伸ばすとテールフレームが後退して埋戻し土が締められ、十分な反力が得られる状態になるとフロント部が前進して刃口が切羽に貫入する(①)。次に、切羽の掘削とともに油圧ジャッキを縮めることで、フロント部の自重と周面摩擦力を反力にテールフレームを前進させて、それとともに生じる最後方の空隙部に埋戻し土を投入する(②)。以上の工程をくり返して mini OS J機を推進させ、テール部に所定の空間ができるまで管渠を布設する(③)。

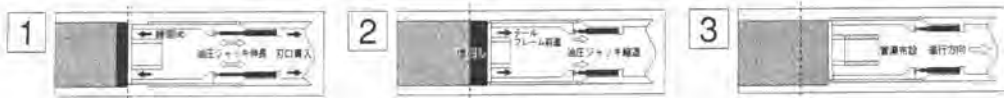


図-5 miniOS J工法の推進原理

5. 実証実験

5.1 実験の概要

実験は、表層の埋土 (0.7 ~ 0.8 m) の下に非常に軟弱な沖積粘性土の分布する場所において、図-6に示す断面で、延長約 50 mにわたって施工した。

調査項目としては、次のとおりである。

- | | |
|-------------------|----------------|
| ① 周辺地盤に及ぼす影響 | ⑤ 施工性 |
| ・後方既設構造物への影響 | ・基礎材数均し、転圧、管布設 |
| ・側方地盤への影響 | ・架台上での掘削、積込み |
| ② 埋戻し土の締め特性 | ・無線による操作性 |
| ③ mini OS J機の推進特性 | ⑥ 安全性 |
| ④ mini OS J機の推進性能 | ・機内における安全性 |
| ・姿勢制御 | ・路上における安全性 |
| ・推進スピード | ⑦ サイクルタイム、歩掛り |

5.2 実験の結果と考察

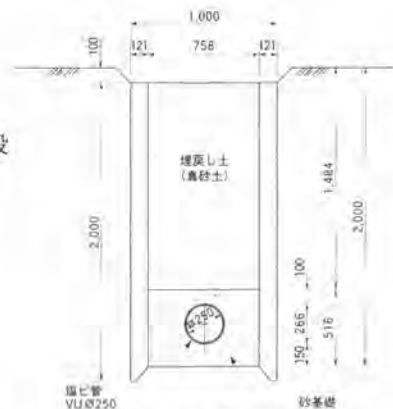


図-6 施工断面図

5.2.1 周辺地盤に及ぼす影響

(1) 後方既設構造物への影響

後方既設構造物への影響を調査するため、発進時において mini O S J 機後方にマンホールを設置し、推進時におけるマンホールの変位、並びに傾斜を測定した。その結果、反力板からマンホールまでの距離が 1.8 m の地点でフロント部推進時に 2 mm 程度後方に変位したものの、テール部引き寄せ後は元に戻り、最終変位は見られなかった。すなわち、既設マンホールがある場合には 2 m 以上離れた地点で発進すれば特に問題はないものと思われる。

(2) 側方地盤への影響

側方地盤への影響を調査するため、施工途中における側方部地表面の鉛直変位及び水平変位を測定した。その結果を図-7、8に示すが、これより、刃口が 2~3 m 手前付近より 2~3 mm 押しされ気味となり、刃口通過後より mini O S J 機側へ引張られる傾向が見られた。変位は反力板通過後 4 m 程度まで見られ、最終的には側方 1 m 地点で 2.5 mm 程度機体側へ水平変位した。鉛直変位も水平変位と同様の傾向が見られ、刃口が 4~5 m 手前付近より最大で 7 mm の隆起が見られた。刃口通過後は沈下傾向を示し、最終の沈下量は水平変位量の 1/2 程度となった。周辺地盤への影響範囲としては、掘削深とほぼ同程度と思われる。

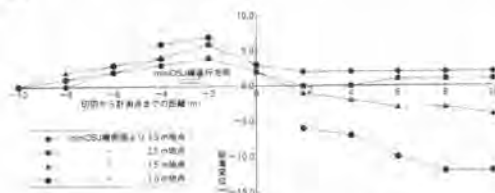


図-7 側方部地表面鉛直変位

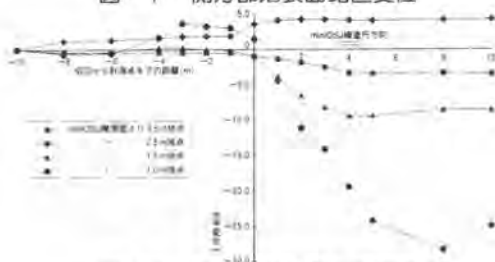


図-8 側方部地表面水平変位

5.2.2 埋戻し土の締固め特性

埋戻し土の締固め特性を調査するため、埋戻し土の密度測定を行った。密度測定は、埋戻し厚を変化させ、挿入型 R I 測定器により締固め前と締固め後の測定を行った。その結果を図-9に示す。各埋戻し厚に対しては 3 カ所の測定を行ったが、締固め前については各深度における全データの範囲とその平均値をプロットした。これより、各深度におけるバラツキは大きいものの、その平均値は深度方向に対してはほぼ均一となっていることがわかる。締固め後については、埋戻し厚毎に 3 カ所の平均値でプロットしたが、埋戻し厚が小さいほど乾燥密度は大きくなっていることがわかる。また、いずれの埋戻し厚に対しても深さ 70 cm 程度までは減少傾向を示し、それ以後はほぼ一定値を示している。それ

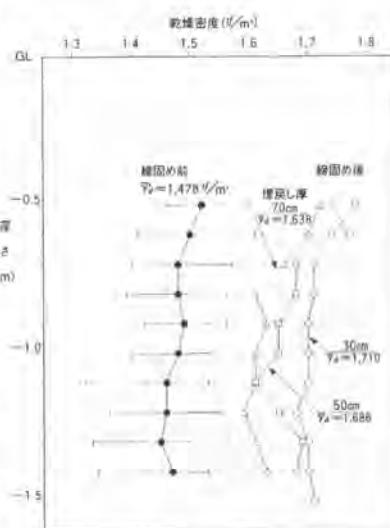


図-9 埋戻し土の乾燥密度

は、地表部分をタンパーで締固めており、その影響が上層部に表われているものと思われ、地中内部についてはほぼ均一に締固められているものと言える。

5.2.3 mini O S J機の推進性能

(1) 姿勢制御

姿勢制御については、ヨーイング、ローリングは特に問題はなく、ピッチングにおいて軟弱地盤のためテール部が沈下の傾向を示したが、推進に問題になるものではなかった。

(2) 推進スピード

推進スピードについては、バックホーを 0.2 m³クラスのものを使用したため、バックホー動作時に若干のジャッキスピードの低下が見られた。従って、バックホーは 0.35 m³クラスの使用が望ましいが、0.2 m³クラスのものを使用する場合は、推進時間への考慮が必要である。

5.2.4 施工性

(1) 基礎材の敷均し、転圧、管布設

基礎材の敷均し、管布設の施工性は特に問題はないが、基礎材の転圧は狭少な場所となるため、ビブプレートの使用が妥当と思われる。

(2) 架台上での掘削、積込み

地表面の高さの変化に伴い掘削深さの減少により、mini O S J機が地表面より突出することでバックホーの底部に支えることを避けるため、両側に架台を設置してその上でバックホーによる掘削、積込みを行う。その施工性について確認を行ったが、掘削、架台の移動には特に問題はないが、積込み時にダンプカーの移動が必要である。

(3) 無線による操作性

無線による操作は、運転者が切羽や後方反力板の移動状況などの推進施工状況を確認しながら操作できるため、非常に良好な運転ができる。

5.2.5 施工サイクル

架台の移動に伴う掘削時間の増大を考慮した1サイクル(4m当り)の計画時間176分に対して、実績143分と計画の約80%で施工できた。日進量に換算すると計画9.5m/日に対して11.7m/日と約2割UPで実施されたことになる。

写真-1～4に実験時の施工状況を示す。



写真-1 mini O S J機



写真-2 自降状況



写真-3 掘進状況（架台上掘削）



写真-4 管布設状況

6. おわりに

早期に埋戻しを行うことにより周辺構造物への影響を軽減し、掘削して直ちに埋戻しを行うことで交通障害の減少や生活環境への影響を軽減できる。また、開口部の減少による第三者に対する安全性の向上、剛性の高い鋼製フレーム内での作業による作業者に対する安全性の向上、さらに、広い適用性、大幅な工期の短縮などの特長を有する従来の土留め工法に変わるオープンシールド工法（OSJ工法）が開発されて久しい。

そうしたおり、小口径管渠へのニーズの高まりの中、OSJ機の小型化による mini OSJ工法の開発により、OSJ工法の特長に加え作業スペースの縮小化によるさらなる安全性の向上、周辺環境への影響の軽減、土工量の減少によるさらなる工期の短縮、コストの削減が図れる。

今回、本工法の安全性や施工性、推進性能、埋戻し土の締固め特性、周辺地盤への影響などについて実証実験によりその効果の確認を行ったわけであるが、特に大きな問題は見られなかったことで本工法の有効性が実証された。

本工法は、バックホーからの油圧の供給によることで電力を不要としたが、さらに今後は、バックホーの運転を含めたワンマンコントロールによる省力化を図っていきたい。また、今回の実証実験では mini OSJ機のテール部及びフロント部の移動量や推進反力、ジャッキ圧の測定を行ったが、これらのデータに基づく mini OSJ機の推進特性についての報告は別の機会にゆずるものとし、より多くのこうしたデータの集積及び整理、解析を行い、本工法における埋戻し土の締固めについての施工管理方法の確立を今後の課題としたい。