

12. 非開削配水本管布設替工法(プラズマモール工法)

～構造物直下に埋設された水道管の布設工事の実施～

清水建設㈱：*脇 登志夫，西村 哲夫
相田 浩伸

1. はじめに

東京の近代水道も百年を過ぎ、歴史を誇ると共に、これらはより高いレベルで安定的に供給することが求められている。また老朽化した水道管に対処するための布設替え需要が増えて来ている。さらに耐震性能の一層の向上を目指した布設替えの必要もある。

我が国の都市部の水道管は、そのほとんどが地下埋設管である。近年、管路の耐震性を強化するため、経年管の布設替え需要が増加しているが、工事の多くは開削工法で行われている。この工法は道路の通行を遮断、あるいは片側交互通行で行わざるを得ず、特に都心部に於いては夜間作業となるため、工事に伴う近隣への影響を低減させる必要がある。水道管の更新はそれが道路の路面下であり、時には路面下の構造物の下にある。このことからその工事には様々な制約を受ける。

筆者等は、そのような種々の制約・困難への解決策の一つとして、旧管を拡張破断し新管と置き換える「非開削配水本管布設替工法(プラズマモール工法)」(以下、本工法とする。)を開発してきた。この工法により交通障害の低減、振動・騒音による近隣へ迷惑の減少等の成果を得ている。今回は構造物直下に埋設された水道管の布設替え工事に本工法を適用し、交通障害の低減、振動・騒音による近隣に対する影響の改善等の成果を得た。本文は、本工法の内容と工事の施工結果について報告するものである。

2. 工法概要

本工法は布設替え対象の埋設された水道管(旧管)の内部に、まずプラズマ切断機で円周方向と管軸方向に切込み溝を入れる。次に、水道推進用鋳鉄管(新管)の

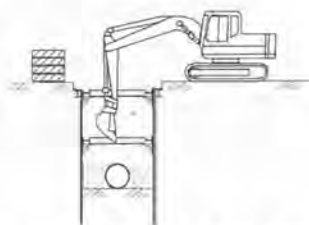


図-1 開削工法概念図



図-2 プラズマモール工法概念図

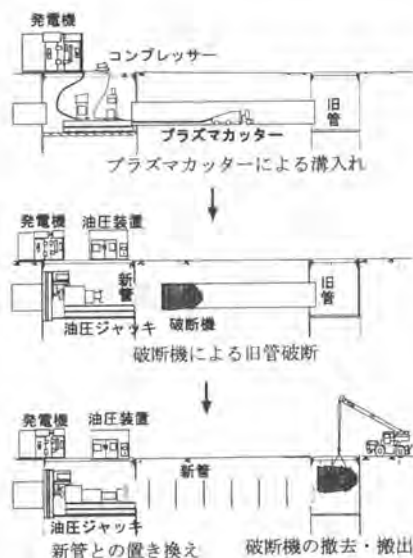


図-3 施工手順

*連絡先：清水建設株式会社 土木本部 技術開発部 Tel:0-5441-0518 FAX:03-5441-0508

の先端に取付けたクサビ状の破断機を旧管に押し込み、破断しながら押し広げ旧管内側に新管を布設する方法である。

以下にその特徴を挙げる。

①推進工法により発進立坑から旧管を破断しながらその内側に新管を布設するため、構造物下や交差点部など開削工事が困難な場所でも布設替えを非開削で行うことができる。②管の径を落とすことなく同口径の管への布設替えが可能である。③管内部からの作業であるので、騒音・振動の発生を在来工法に比べて大きく低減出来る。本工法概念図を図-2に、施工手順を図-3に示す。

3. 主な設備・装置

3. 1 プラズマ切断機

プラズマ切断のプラズマとは、気体の原子が電子とイオン（原子核）に分離した状態をいい、非常に高温の状態にある。プラズマ切断は気中放電によりプラズマ（アーク）を発生させ（中心温度で 23000°K にもなる）、高速で金属に吹き付けて溶断するものである。図4にその原理の概念を示す。

プラズマ切断機はガス切断機や機械切断機に比べて以下に示す特長を有する。

- ①切断スピードが早い。 ②制御が容易である
- ③長距離加工が容易である

図-5はプラズマ切断機の構成を示すもので、プラズマ発生装置、コンプレッサー、トーチ（火口）、トーチケーブル、アルゴン+水素混合ガスボンベから成る。

3. 2 プラズマ切断トーチ搬送機

プラズマ切断トーチ搬送機（図-8）はプラズマ切断機のトーチを積んだ自走装置で、管内を自走しながら軸方向の溝を入れたり、トーチを旋回させて円周方向の溝を入れる機能を持つものである。

主要構成は台車（284cm×54cm）、駆動輪（チェーン駆動）、駆動用電動モーター（AC100V・5A）、車載制御板、トーチ旋回用電動モーター（AC200V・5.8A）、トーチ上下用エアシリンダーから成っている。なお搬送機の移動スピードとトーチ旋回スピードは段階的に変えられるシステムとなっており、その移動スピードは 90~180cm/分、旋回スピードは 0.08~0.5rpm である。

3. 3 切断溝深さと切断速度

本工法では破断に先だって旧管に切り込み溝を入れる。その溝の深さは原則としてトーチの移動速度で調整する。

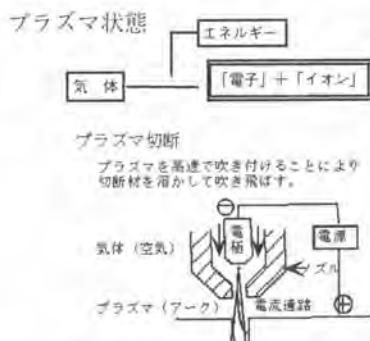


図-4 プラズマ切断概念図

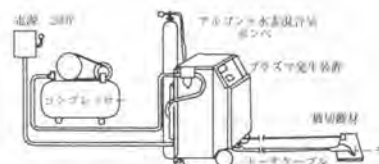


図-5 プラズマ切断機の構成

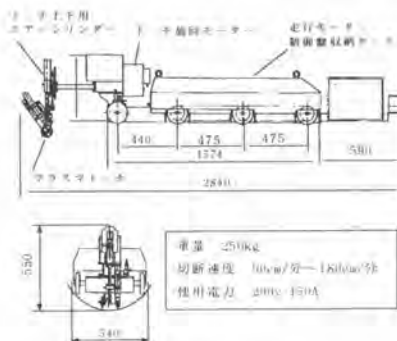


図-6 プラズマ切断トーチ搬送機

本工事では、管軸方向に6本、円周方向2mおきに6mmの溝を入れた。図-7 にアルゴン水素混合ガスプラズマ切断機の 鋳鉄での溝深さの実測データを示す (AC200V・150A)。

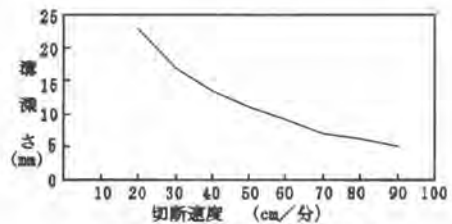


図-7 切断速度と溝深さ

3. 4 破断機

写真-1はトーチ搬送機と破断機 (アダプターを取りける前) である。図-8 に示すように、中心部の鋼材に1断面当たり3個の回転ローラーを取り付け、2断面計6個のローラーを付けている。先端部は、管内径より小さくし (約 20cm) ガイドとした。ローラー径は旧管の内径より若干大きくし (直径で4cm)、旧管を破断させている。破断機の後端部は新管の外径より約1cm 大きくし新管外側にある旧管への土圧の低減を期待している。



写真-1 トーチ搬送機と破断機

今回は、新管としてダクタイル水道管KF型に防護コンクリートを巻き挿入した。破断機は「φ700mm 水道推進用鋼管向け」を転用している。

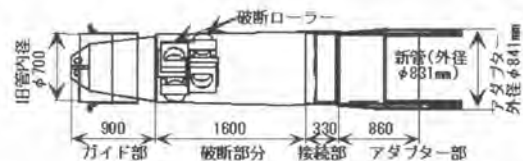


図-8 破断機概略寸法

これにより破断機の接続部の外径が、新管外径φ831mm

より49mm 小さくなるため、アダプターを取り付け、破断機の接続部の外径から新管外径にすりつけた。

破断機のの主要寸法は、全長約3.7m、最小径約500mm、最大径841mm、重量約2.3tである。

4. 工事概要

本工事は、東京都内の幅員15mの道路を横断したコンクリート製箱型水路下に布設された管路の敷設替えを行ったものであり、布設替えする管の両側に立坑をもうけて推進を行った。図-9は施工概要図である。

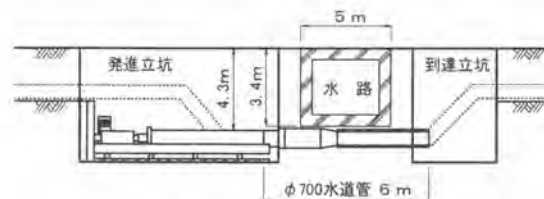


図-9 施工概要図

工事の諸元は以下の通りである。

- ・布設替え延長：6 m
- ・布設替え対象管(旧管)：高級鋳鉄管、内径 φ708mm、管厚 19mm
- ・布設替え管(新管)：水道用鋳鉄管k型、内径 φ700、管厚 11mm、最大外径 831mm (外装コンクリート外径)

5. 施工結果

本工法の開発段階での実験の結果から、次のⅠ～Ⅲの知見を得ている。

- Ⅰ. 単位長さ当りの推進抵抗力は推進管の外径に比例する。(本件では、実験等の知見より 90kN/m 予想された。)
- Ⅱ. 単位長さ当りの推進抵抗力は旧管内径と新管外径との差 (拡張量) に比例する。

Ⅲ. 管の破断力は旧管の継手部で最大となり、破断実験結果より 560kN (k 型継手) となる。

また推進架台の抵抗は実績より 50kN 程度予想された。

前記より最大推進抵抗は、 $90\text{kN/m} \times 6\text{m} + 560\text{kN} + 50\text{kN} = 1150\text{kN}$ と予測された。図-10 は、推進抵抗の予測値と実測値との比較である。

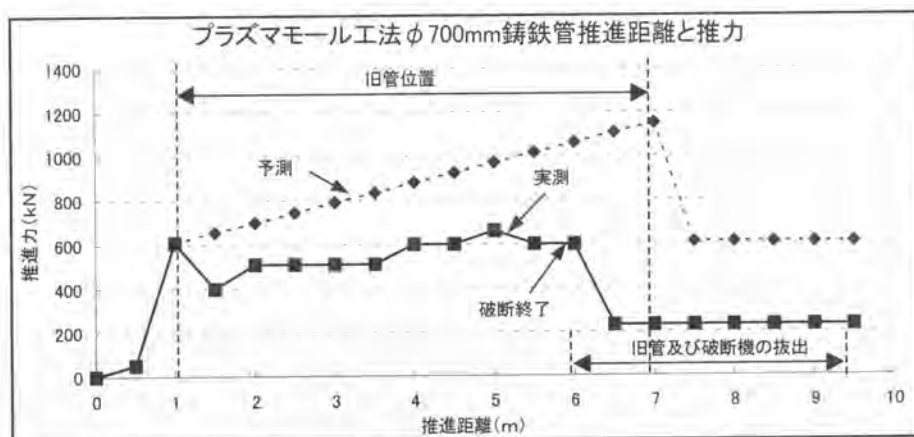


図-10 推進距離と推進力

推進力は旧管破断開始時に 600kN 程になりその後いったん減少したが、その後は増減を繰り返しながら徐々に増加した。実測の最大推進力は約 660kN と予測値 1150kN の 57% となり小さいものとなった。その理由として、①周辺地盤は緩い砂質地盤であり、②さらに上部の構造物により土圧が軽減され、締付け力が予想よりも小さかったことが考えられる。

また予測では、旧管終端（推進距離 7 m）まで総推進力が増加すると予想したが、終端 1 m 程手前で破断が終了し破断機と一緒に旧管が抜けだした。その際に旧管との摩擦がいったん切れ、摩擦抵抗が少なくなったものと考える

5. 評価と今後の課題

本工法の実施を通して、開発段階からの目的である、振動・騒音の低減、同口径管への布設替えの品質確保、等の効果は十分実証された。

今回の施工に関しては、推進抵抗の実測値は予測値の約半分となった。今後の課題として、今後生じる様々な施工環境を考慮し、地盤条件に応じて推進力を推定する方法を確立する必要があると考えている。以上の問題点の解決に努力し、今後の社会のニーズに対応した新しい非開削布設替え技術を確立したい。本工法の実施に当たり、布設替え工事全般を行われた関係各位の皆様方に記して感謝の意を表わす次第である。

〈参考文献〉

- ・「既設埋設管非開削布設替え工法（プラズマモール工法）の開発」：土木学会第 50 回年次学術講演会 H7.9 脇 登志夫、清水勝美、菊池雄一、尾之内和久
- ・「既設埋設管非開削布設替え工法の実施」 土木学会 第 53 回年次学術講演会 H10.10 影山 雄、北村隆光、岡本 角、脇 登志夫、西村 哲夫