

パイプラインの位置修復グラウチング



九州大学

◎荒木紘一 島田英樹 笹岡孝司 松井紀久男

扶桑技研(株) 富井孝久

1. はじめに

都市化の進行に伴って地下利用は高度化し、都市中心部のみならず広範な市街地道路における地中パイプラインの輻輳は増大の一途を辿っている。

これまで、地震あるいは近傍の土木建設工事に起因するパイプラインの損傷や破断等により重大な機能不全や道路陥没等の事故が生じることにとどまらず、近年では下水道整備延長の増加に伴い老朽化に起因する道路陥没の箇所数が増加していることも調査により判明している。パイプラインの破断や道路陥没に到る原因は、材質や構造により異なるものの、その修復、対応には甚大なる労力が費やされてきた。

これらをうけて、パイプラインの機能低下・事故防止・震災への対応に優れた管きょ更生工法が開発されて供用されている。しかし、パイプラインに生じた蛇行・たるみは可撓性管、硬性管を問わず損壊や陥没を招く大きな要因であるにも拘らず、蛇行・たるみに対応する非開削更生工法の必要性は広く認知されていない。

一般的なパイプライン位置修復方法としては開削工法によるものが挙げられるが、交通支障、騒音、振動等の建設公害の対処が困難であるために特に都市部における適用は困難である。このような観点から、パイプラインの蛇行・たるみ計測から破損や破断等の修復までの一連の施工工程を非開削工法で実施するという要求が今後高まってくるものと確信する。

2. 管きょ更生工法

下水道管きょにおける更生工法は、概ね図-1のよ

うに区分されており、それぞれに強度増加、流下機能の確保、浸入水あるいは漏出抑制を果たしているものの縮径あるいはたるみの未解消という現象の解決には至っていない。パイプラインに蛇行・たるみを生ずる主たる原因の一つとして、地盤支持力不足を挙げることができるが、いずれの更生工法によっても管きょ下部地盤の改良効果を発揮するものではない。

前述の更生工法による施工後のイメージを図-2に示す。

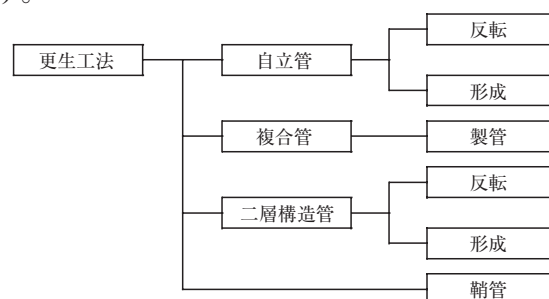


図-1 更生工法の分類

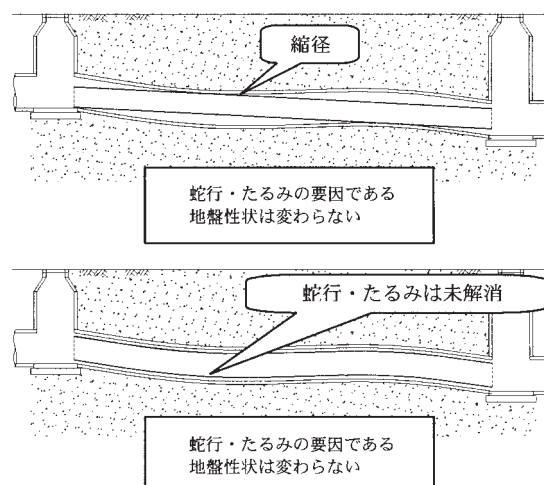


図-2 更生された管きょ

3. グ라우チングによる位置修復法

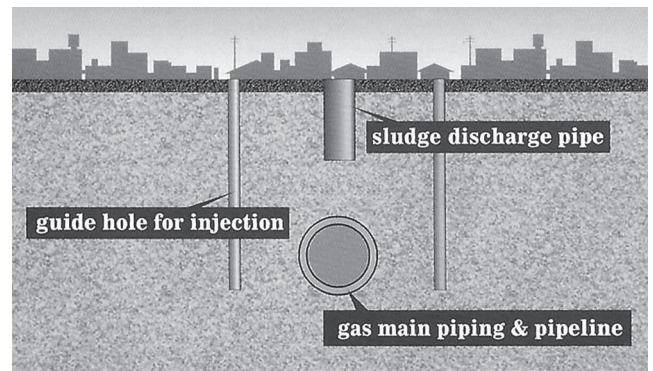
これまでも各地でグラウト注入に伴って生じる地盤隆起現象を用いて、小規模なマンホール等の沈下を所定の位置まで移動させる技術が現場対応的に用いられてきたが、この手法ではパイプラインの位置修復に必要なグラウト注入量の明確な指針が得られないことやグラウトの注入圧による修復対象外の構造物への影響排除が困難であるという問題点を抱えていた。

そこで、この問題を解決するためにパイプラインの位置修復グラウチング工程を実施する前に予めパイプラインを移動しようとする方向側に誘導空間を形成する手法を開発した。すなわち、誘導空間形成予定領域に達するまで複数のケーシングパイプを建てこみ、先端にノズルを有する給送パイプをケーシングパイプから降下させて誘導空間形成予定領域に清水あるいは泥水等の圧力流体を噴出さ、圧力流体とともに土砂をケーシングパイプから排出する方法を考案した。この際、地盤切削径、土質状況、パイプライン口径による配列形式、配置間隔を実施工に基づき種々の検討を行った。

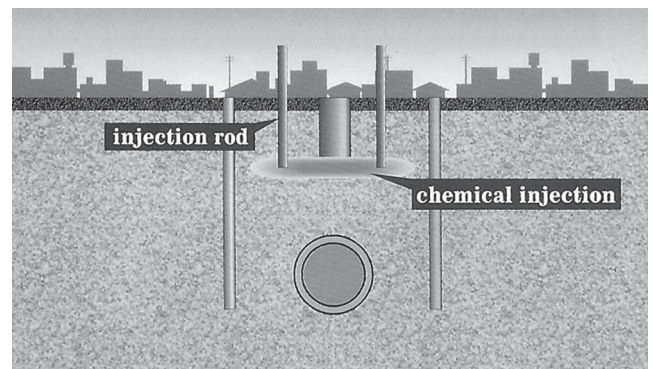
さらに、パイプラインの位置修復グラウチングに使用されるグラウト材の開発についても検討を行ってきた。位置修復のグラウト材には、注入後に強度、容積および重量の経年変化がないこと、ゲル化時間が10秒程度と極めて短いことが要求されている。また、位置修復グラウチングには二液性のグラウト材を単位吐出量の等しいグラウトポンプにより地中に注入されることが多い。しかしながら、これらの要件を満足する材料が極めて少ないことや単位吐出量の等しいグラウトポンプを使用する場合、グラウト材の注入特性とゲル化時間の両者を満足することはできない。そこで、位置修復グラウチングに適したグラウト材の開発を行うとともに、2台の複筒式グラウトポンプの単位吐出量を変更できる仕様に改良を加え、それぞれの異なるグラウト材吐出量を自由に選択する方法を採用している。

また、修復規模と位置修復グラウト注入量の事前算定、最適な注入長および注入深度に関する指針を実施工に基づき検討し、施工にあたっている。以下に位置修復グラウチングの施工手順（図－3～6）を示す。

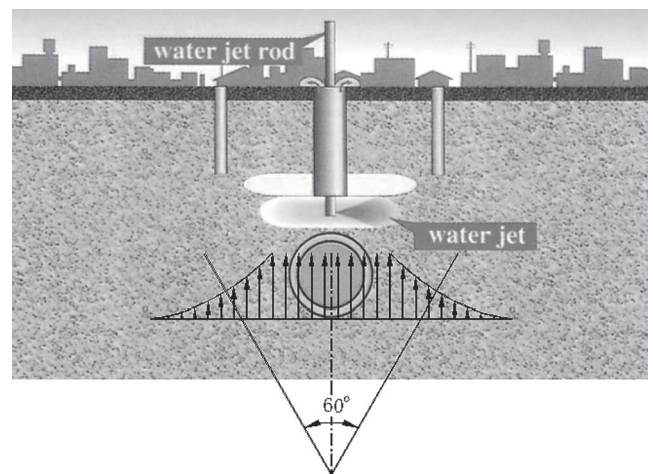
この手順で蛇行・たるみを修復した場合、蛇行・たるみの修復にとどまらず管下部地盤中に注入される修正注入の副次的効果として、地盤強度増加によるアンダーピニング効果を発揮することとなる。図－7に、修復後の地盤改良イメージを示す。



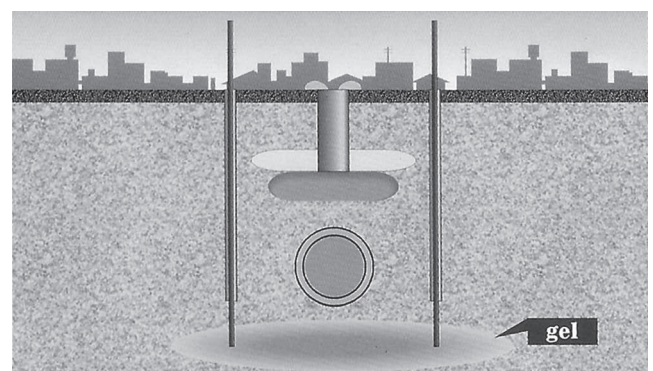
図－3 ガイドケーシングパイプ設置工



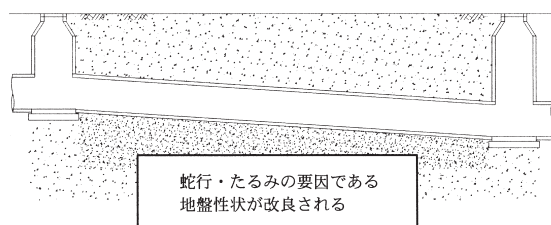
図－4 事前引締め注入工



図－5 排土工



図－6 修正注入工



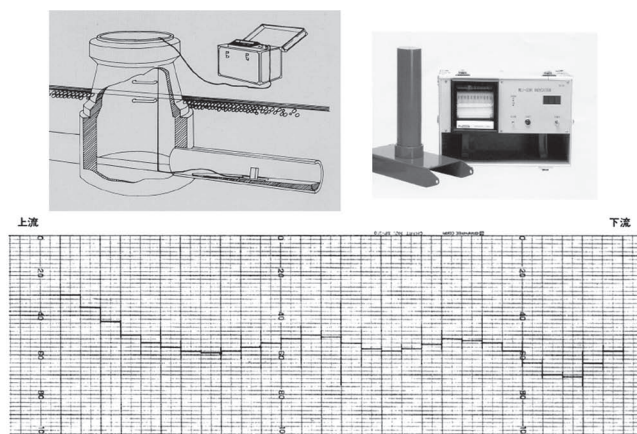
図一七 修正注入による地盤改良イメージ

4. 蛇行・たるみ計測

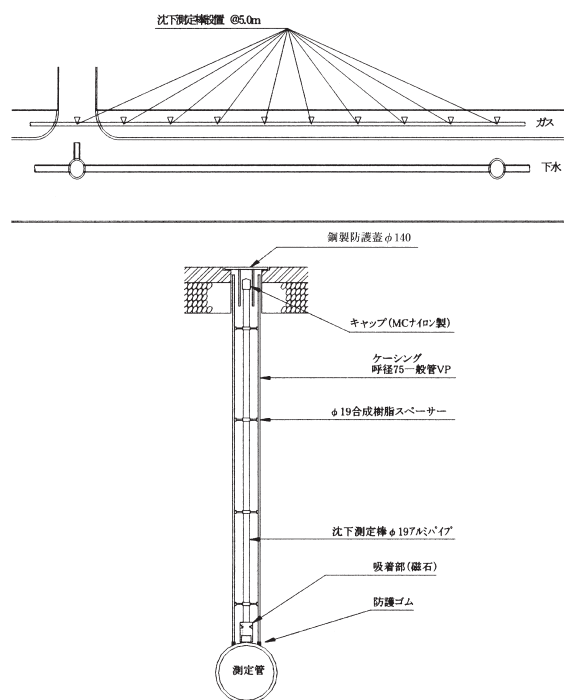
パイプラインの位置ズレを修復する場合には、予めパイプラインの位置を精度良く計測量して修復計画を立案する必要がある。下水道管きょ等の開口部を有し、管きょ内への入坑が可能な場合は光学的測量により位置計測を行って修復計画立案の資料としている。小口径の下水道管きょやガス、地域冷暖房配管あるいは配水管のように管きょ内に入坑することが不可能なパイプラインの場合は、管きょ内の水深を計測する水位測定方式による管底高測定方式（図一八参照）、パイプラインに直接取り付け沈下測定棒による管頂高測定方式（図一九参照）を採用している。

沈下測定棒の設置・撤去施工のその手順は、地表部から削孔した孔を介して高圧水噴射ノズルで高圧水を噴射し、土砂を掘削するとともに、これに伴って生じた泥水を順次連続的に吸引することにより埋設管方向にパイプ挿入孔を掘進し、この掘進につれてケーシングパイプを埋設管に到達させ、先端にマグネットを有する沈下測定棒を埋設管に密着固定する非開削手法である。

これらの測定方法の開発により、修復計画の精緻な立案が可能になるとともに修復施工における施工管理、出来形管理が著しく向上した。



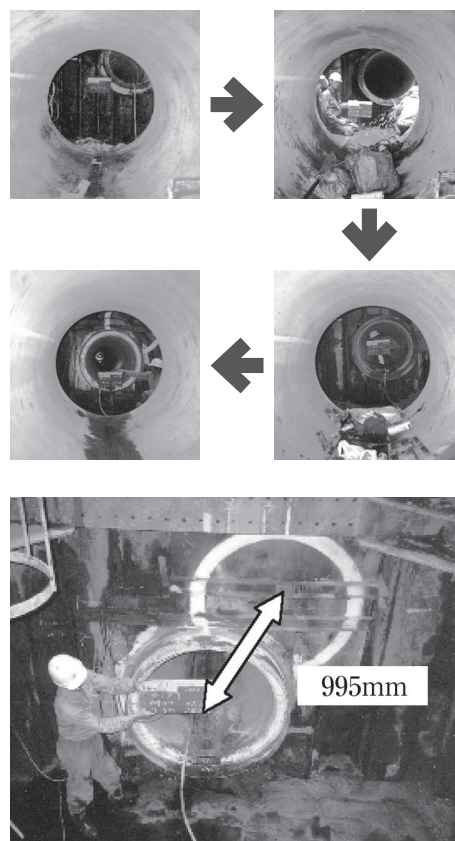
図一八 水位測定イメージ・計測器・計測記録紙



図一九 沈下測定棒設置例・構造図

5. グ라우チングによる位置修復施工例

地層変化に起因して到達立坑における推進管の到達位置ズレ、沈下したマンホール、近傍工事によるガスパイプライン位置ズレ等の修復施工事例を写真一に示す。



写真一

5-1 到達立坑における推進管位置ズレ修正

管種別：呼び径800推進工法用HP
土質区分：滞水砂層，N値1～3
土被り：9.5m
補修管きょ長：46.2m

5-2 沈下したマンホール位置修復

構造：2号コンクリート二次製品
土質区分：粘性土，N値1～3
マンホール深度：5.2m
リフティング高：200mm

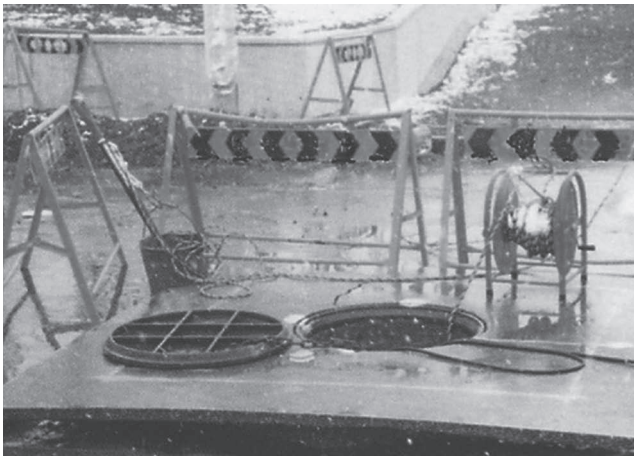


写真-2

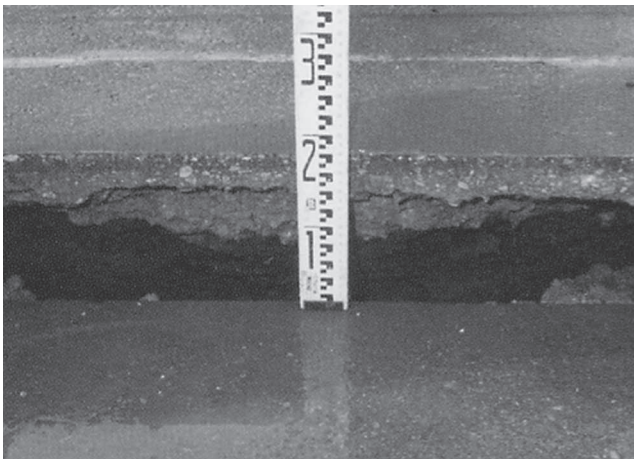


写真-3

5-3 近傍工事によるガスパイプライン位置ズレ修復

沈下によって外力がガス管に作用するとパイプの内外に圧縮，引っ張りの応力が発生して，ある限界を超えると塑性変形に至る。ガス管保全のために，この発生応力を取り除くことを応力解放と呼んでおり，グラウチングにより位置修復を実施し，応力解放を果たした施工例である。図-10にガスパイプラインの沈下形態と修復結果を，図-11に位置計測のために設置した沈下測定棒の配置を示す。

管種別：HP600A

土質区分：砂質土，N値1～3

土被り：3.5m

応力解放延長：53.2m

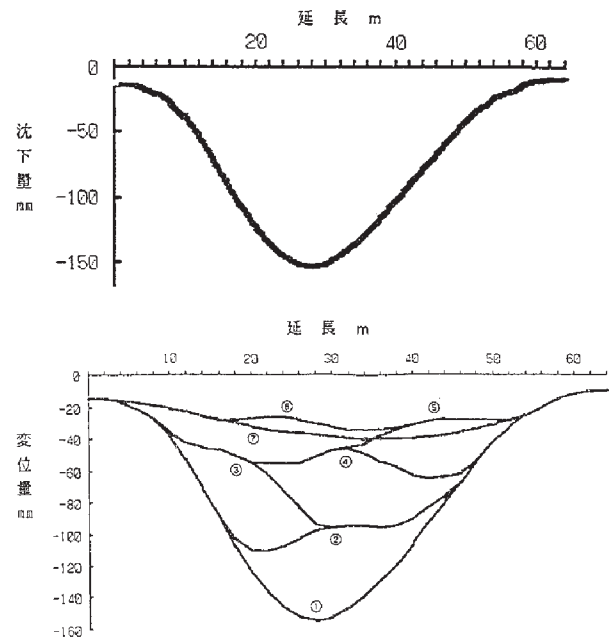


図-10 ガスパイプラインの沈下及びその修復図

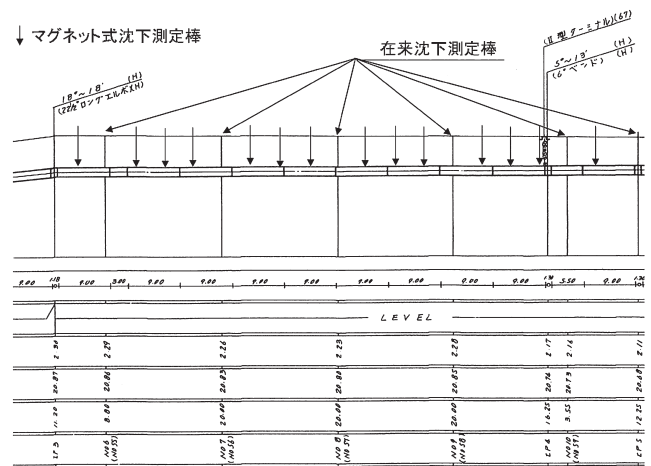
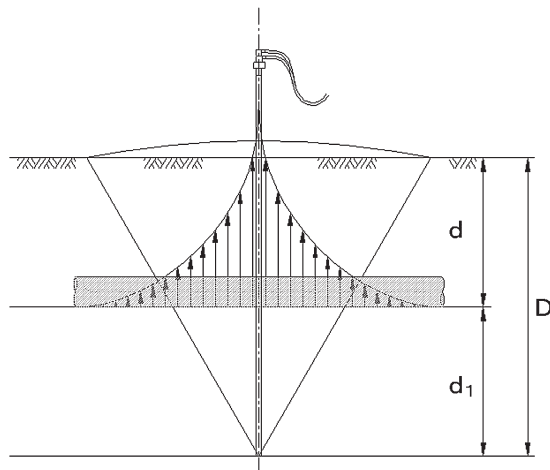


図-11 修復における沈下測定棒配置図

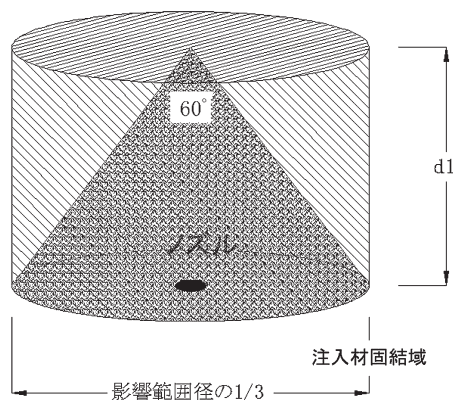
6. 修復施工の工事数量算定

修復の施工計画を立案するにあたって，見込み注入量を算定している。本工法には，事前引締・修正・事後引締の注入区分があるが，以下に修正注入工の量算定根拠について略述し，見込み注入量と震災により位置ズレを生じた下水道管きょ（呼び径200VU）の最近修復例における実際注入量を照合して表-1に示す。

見込み注入量の算定は以下の順序で行っている。



図－12 隆起圧発生模式



図－13 注入対象範囲模式

①注入深度の決定（注入による隆起圧発生深度）

図－12 隆起圧発生模式参照

②注入本数の決定（注入による隆起発生範囲）

図－12 隆起圧発生模式参照

③1本当たり注入対象土量の算定（注入材固結域）

図－13 注入対象範囲模式参照

④1本当たり注入量算定

注入対象土量×間隙率×充填率（加重平均修正高）

⑤注入量

1本当たり注入量×注入本数

以下に示す実際工事を例にとり、見込み注入量と実際を照合する。

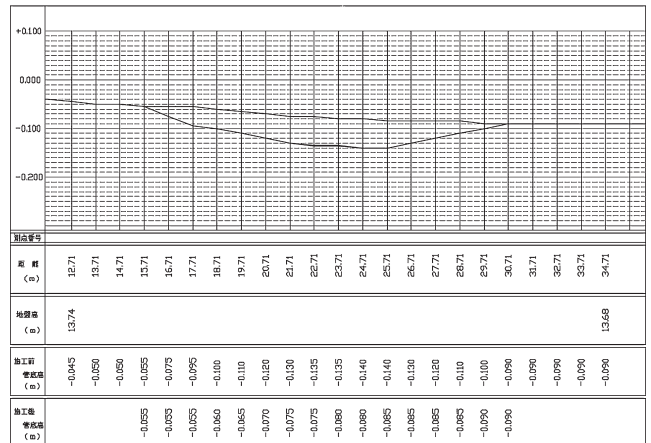
管 種 別：呼び径200 VU

土質区分：粘性土、N値3 間隙率：70%

土 被 り：4.1m

修復管きょ長：15.0m、最大修復高：60mm

図面番号	区 間	管 種	管 径	管 長
	Mno.107 ~ Mno.108	埋設復旧ビニル管	200mm	47.34 m



図－14

表－1 見込み数量と実施の照合

項 目	見込み	実 施
注入管設置深度	GL－6.1m	GL－6.1m
注入本数（本）	14	14
注入量（ℓ）	8,147	8,304

7. まとめ

これまでの下水道管きょにおける位置修復グラウチングは、長期間を経過した管きょを対象とする事案よりも極めて軟弱な地盤において敷設後の間もない時期に生ずる蛇行・たるみの修復での適用が多かったといえる。また、自然流下機能が不可欠な下水道における適用が大方を占めている。

市街地土木の作業環境がますます制約されることを想定するならば、現在の更生工法との組み合わせによる下水道管きょの更新、流体輸送のパイプライン全てについての本工法の適用は、大幅な延命あるいは有効な予防保全の方途と成りうると考える。

しかしながら、より完成に近い非開削手法とすべき課題も抱えていることも現実であり、今後とも継続して研究開発に取り組む所存である。

◆お問い合わせ先◆

扶桑技研(株) 東京事務所

〒131-0033 東京都墨田区向島3-33-10 池田ビル

Tel.03-5608-3003 Fax.03-3624-1040