

## 技術情報

シリーズ第11回

# 「小口径管推進工法の高度化に関する研究」 取付管施工システム1

\*高津 知司

建設省土木研究所  
機械施工部  
機械研究室  
研究員

\*\*金子 豊

鉦研工業(株)  
技術本部  
本部長

\*\*\*三浦 春男

鉦研工業(株)  
技術本部  
課長

### 1. はじめに

取付管施工は、騒音・振動などの環境制限が厳しく、しかも狭い場所での施工となるため、施工システムは非開削で小型・高能率、さらに環境にやさしいことが要求される。本研究では、こうした点をふまえ、埋設深さが5 m程度の既設管に対する取付管施工を対象に、非開削による取付管施工システムの開発を主題とし、『地上からボーリングを行い既設管に到達したら、計測器を使いそこが取付可能な位置であるか否かを計測し、取付可能範囲であれば既設管に取付管用の穴を穿孔する。そして、取付管の先端接合部を計測結果に基づき到達部位の形状に合わせて加工し、既設管内に人が入ることなくシール接合を行うシステムの開発』を行なった。

実際規模のフィールド実験によって研究結果を確認したが、孔曲がり少なく壁面形状測定器の精度も実用範囲であり、既設管穿孔装置や接合部のシールも初期の目標を達成できたので、ここにその概要を報告する。

### 2. 研究目的

取付管施工において、非開削で且つ既設管の中に人が入らずに施工が可能な機器及び工法を開発

することを目的とし、次の3項目について研究を行なった。

- ① 計画線に沿ってボーリングを行ない、既設管に到達した時点で、その到達位置が取付管をセットできるか否かを確認するための計測システムの開発。
- ② 既設管に取付管用の穴をあける際に、ボーリング孔内に残留するスライムや既設管の切削片が既設管の中に落下侵入することを防止する方法とその穿孔装置の開発。
- ③ 既設管内に人が入って作業することが困難な場合が多いことから、既設管と取付管の接続部を無人でシール接合する方法の開発。

#### \*略歴

高津知司(たかつ・ともじ)/昭和62年3月京都工芸繊維大学大学院工学研究科終了(工学修士)、同年4月建設省土木研究所研究員、現在に至る。

平成4年9月から平成5年9月まで科学技術庁の制度によりドイツのルール大学に派遣。

#### \*\*略歴

金子 豊(かねこ・ゆたか)/昭和42年3月秋田大学鉦山学部採鉱学科卒業、同年4月鉦研工業(株)入社、現在に至る。

#### \*\*\*略歴

三浦春雄(みうら・はるお)/昭和46年3月秋田大学鉦山学部採鉱学科卒業、同年4月鉦研工業(株)入社、現在に至る。

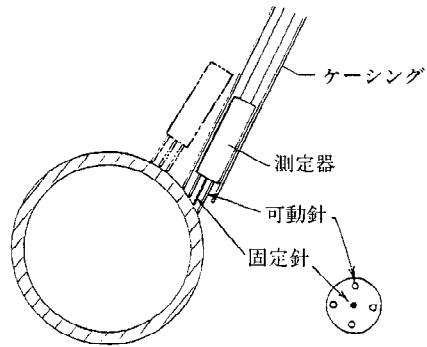


図-3.1 壁面形状測定器概要図

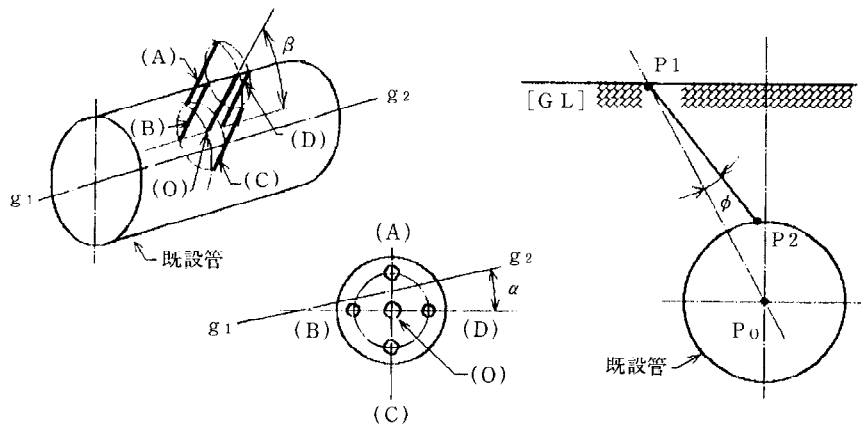


図-3.2 測定器の押接パターン図

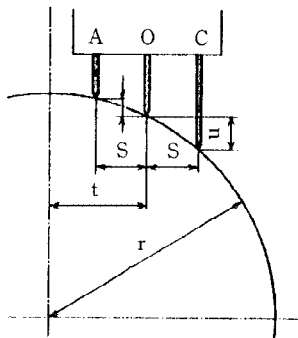


図-3.3 測定方法

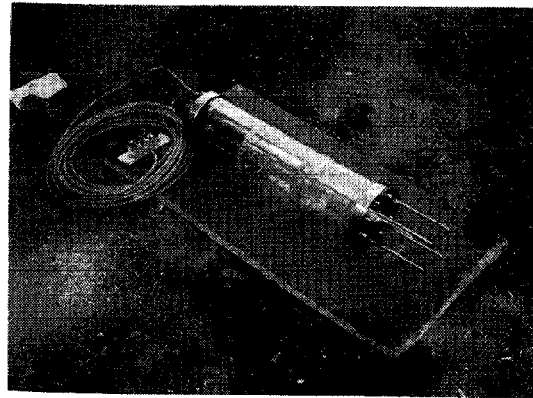


写真-3.1 壁面形状測定器

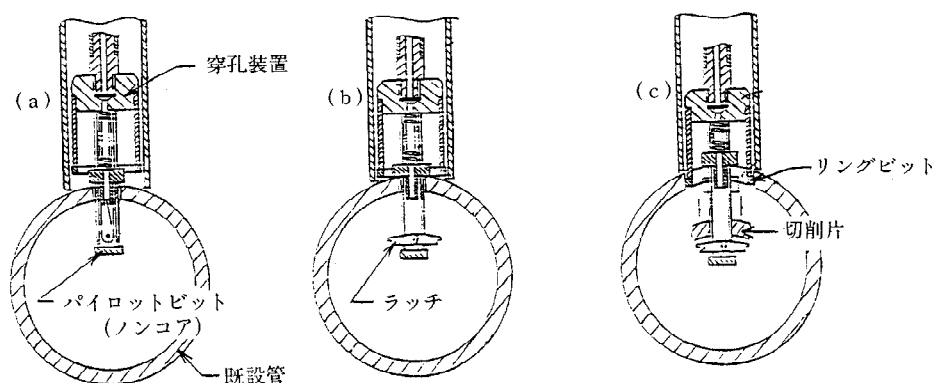


図-3.4 既設管穿孔装置の基本構造と穿孔手順図

### 3. 開発機器と接合部のシール

#### 3.1 壁面形状計測システム

壁面形状測定器は図-3.1に示すように、4本の可動針とその中心に位置する1本の固定針で構成されている。4本の可動針はピストンを介して一端がポテンショメータに連結され、他端はバネにより固定針側に押出されている。(写真-3.1参照)

図-3.2(測定器の当接パターン図)において、測定器を既設管に押し当てると、固定針(0)が管壁に当接した状態で、4本の可動針(A)(B)(C)(D)はそれぞれ管壁に応じた長さになる。管壁と測定針(A)-(0)-(C)および(B)-(0)-(D)の接点は直線、円、楕円のいずれかの周上に位置し、この接点は測定器が当接した時の角度 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\phi$ によって色々な線形を描く。しかし、既設管の敷設勾配、敷設方向などの条件から $\beta$ は既知の値(通常90度)、 $\alpha$ は(B)-(0)-(D)を水平にセットすることで0度となる。また、 $\phi$ は既設管への到達点(P2)によって変化するが、既設管径と埋設深さによりその範囲は限定され(既設管径=φ600、土被り=3mの場合、 $\phi_{\max}=3.9$ 度となる)、計算上無視できる値となる( $\cos 4^\circ=0.997$ )。

したがって、掘削方向を $\beta=90$ 度となるように設定し、測定器を $\alpha=0$ 度で押接することで、線形(A)-(0)-(C)はほぼ円と見なすことができる。

図-3.3において、各接点の座標をA( $X_a$ ,  $Y_a$ )、O( $X_o$ ,  $Y_o$ )、C( $X_c$ ,  $Y_c$ )とし、既設管の半



写真-3.2 既設管穿孔装置

径を $r$ 、可動針(A)(C)の固定針(0)に対する出入り長さをそれぞれ $n$ 、 $m$ とし測定針の間隔を $s$ 、到達位置(既設管の中心からの離れ)を $t$ とすると、

$$m=Y_o-Y_c, n=Y_o-Y_a \quad \dots (1)$$

$$X_o=t, X_a=t-s, X_c=t+s \quad \dots (2)$$

となる。一方、円の公式 $X^2+Y^2=r^2$ より

$$Y=(r^2-X^2)^{1/2} \quad \dots (3)$$

したがって、(1)、(2)、(3)式より $m$ 、 $n$ と $t$ の間には次式が成立する。

$$m=(r^2-t^2)^{1/2}-\{r^2-(t+s)^2\}^{1/2} \quad \dots (4)$$

$$n=(r^2-t^2)^{1/2}-\{r^2-(t-s)^2\}^{1/2} \quad \dots (5)$$

(4)、(5)式において、既設管半径( $r$ )と測定針の間隔( $s$ )は既知数であるので $m$ 、 $n$ を測定することで、到達位置( $t$ )を求めることができる。

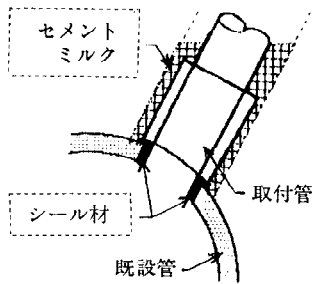


図-3.5 シール方法

### 3.2 既設管穿孔装置

既設管穿孔装置の基本構造と穿孔手順を図-3.4に、既設管穿孔装置を写真-3.2に示す。

穿孔手順は次の通りである。

- ① 穿孔装置を挿入してパイロット孔を穿孔する。(a)
- ② パイロット孔が貫通すると、穿孔装置の落下防止装置（ラッチ）が開く。(b)
- ③ そのまま後続のリングビットにより、取付管用の孔を穿孔する。切削片はラッチに保持され(c)穿孔装置と共に地上に回収される。

### 3.3 接続部シール

#### 3.3.1 シール材の選定

(1) 取付部の環境から、シール面の異物排除やシール部の土砂などを完全に排除することは不可能であり、地下水位の高いところでは水中作業となることなどから、取扱いが容易で経済的でもあり、且つ水中での作業実績の多いセメントミルクまたはモルタルを選定した。

(2) 取付管の先端の既設管への差し込み部や既設管を穿孔時にセットする保護ケーシングの先端に取り付ける仮設用のシールは、注入するセメントミルクやモルタルがシール部分から逸流するのを防止したり、外部からシール部分へ泥水が流入するのを防止するもので軟質ゴムや塗料系材料を使用する。

#### 3.3.2 シール方法

図-3.5に示すように、壁面形状測定器の計測結果をもとに、到達部位の形状に合わせて加工した取付管の接合端面にシール材を塗布し、これを

ケーシング内に挿入し、接合面を合わせ、ヒューム管に差し込み固定具で固定する。さらに、接合部の周囲の隙間に適量のセメントミルクを流し込み、取り付け部を外部から充填する2重のシール方式とする。

### 4. 性能確認実験

#### 4.1 予備実験

##### 4.1.1 実験方法

実験は、半径350mmおよび466mmの2つの円弧と、円弧の中心を通る直線と平行に25mmピッチで数本の直線を描いた用紙を平らな台の上に置き、その用紙の上に壁面模型と試作測定器を載せ以下に示す3つの方法で実施した。(図-4.1および図-4.2参照)

##### ① 測定器が既設管に直交する場合

壁面模型は台の上に直角( $\beta=90$ 度)に固定し、測定器は測定器の中心を25mmピッチで用紙に描いた直線に沿わせながら壁面模型に向かってスライドして押し当て、順次到達位置(B)を平行に移動して測定を繰り返す。

##### ② 直交して管の軸に斜めに交わる場合

壁面模型は台の上に直角( $\beta=90$ 度)に固定し、測定器を25mmピッチの直線に対して角度を持たせ、押し当て角度( $\alpha$ )を5度および10度に変化させると共に到達位置(B)を平行に移動して測定を繰り返す。

##### ③ 直交せず管の軸に斜めに交わる場合

壁面模型を台の上に傾けて固定し、測定器を25mmピッチの直線に対して角度を持たせ、押し当て角度( $\alpha$ )を5度および10度に変化させると共に、到達位置(B)を平行に移動して測定を繰り返す。

なお、図-4.1に示す到達位置(B)は、既設管の中心を通る直線と測定器の中心の間の距離を示す。

#### 4.1.2 測定結果と誤差

##### (1) 到達位置に関する測定誤差

測定誤差は $\alpha=0$ 度、 $\beta=90$ 度の場合に比べ、 $\alpha$ および $\beta$ を変化させた場合が大きくなり、また $r=350$ mmに比べ、 $r=466$ mmの壁面模型を使用した場合が大きかった。しかし、ほとんどの場合において測定誤差は $\pm 20$ mmの範囲にあった。測定器とし

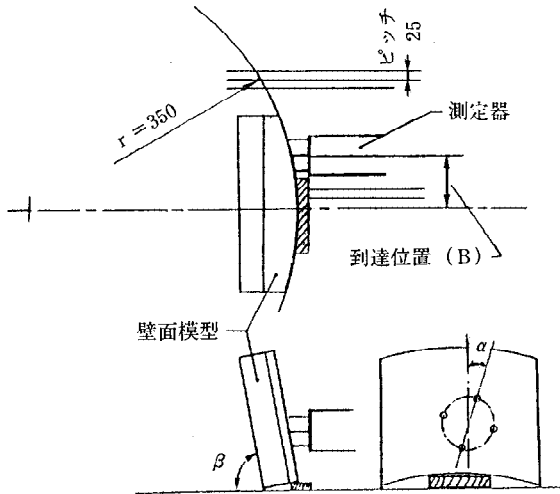


図-4.1 測定方法説明図

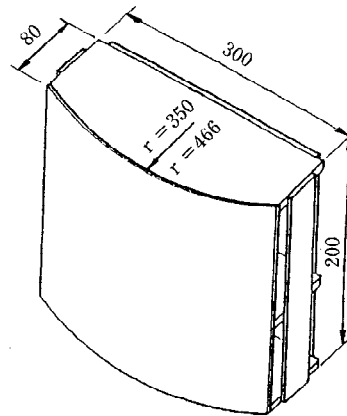


図-4.2 壁面模型説明図

ての機能と精度は、機械加工の無い試作品であることを考慮すると満足し得るものであると判断できた。

#### (2) 角度 $\alpha$ と $\beta$ に関する測定誤差

・ $\alpha$ は到達位置(B)を50mm以上離せば測定値からその値を算定でき、そのときの測定誤差は $1.5 \pm 1$ 度であった。

・ $\beta$ の測定誤差は、 $0.6 \pm 0.5$ 度であった。

#### 4.2 フィールド実験

##### 4.2.1 実験装置

既設管として呼び径600のヒューム管を埋設(土被り約1m)し、実験装置を築造した。(写真-4.1参照)

・地質

0～0.3m：碎石、コンクリート片  
混じり盛土

0.3m以深：関東ローム層

##### 4.2.2 掘削実験

###### (1) ツールス編成と掘削方法

掘削は、ケーシングを外管とし、先端が拡張自在のオーガビットを取り付けたオーガを内管とする2重管方式で行った。掘進時には、ケーシングは回転せずオーガだけを回転させながら内外管を同時に推進したが掘削機の出力は、スラストが600kgf、トルクが35kgf・m以下となるようにコント

ロールされた。この結果、掘進スピードは表層部(コンクリート塊や小石などが介在)で7cm/min、その下のローム層では35cm/minであった。

(図-4.3及び写真-4.2参照)

- ・掘削長×孔径：3m× $\phi 275$ mm
- ・孔数：3孔(内2孔で取付管を取り付け)
- ・ケーシング径： $\phi 267.4$ mm
- ・取付管：塩ビ管(VU150)

###### (2) 掘削土砂の排土方法

掘削時の土砂の排出はオーガにより行った。また、ヒューム管に到達してオーガを回収したとき、ケーシング先端内部に残る少量の礫や土砂はバキュームを用いて排出した。掘削中の土砂の排出は $\phi 120$ mm程度の礫やコンクリート塊が含まれていたにも関わらず順調に行われ、オーガ回収後のバキュームによる残土の排出も問題なく行われた。

###### (3) 修正掘削

掘削角度は、1孔目はヒューム管の中心に到達するように20度に設定して、取付管施工の全工程を実施した。2孔目は中心より約18cm下方に到達するよう22度に設定して掘削し、到達位置が取付不能であることを確認した。3孔目は、修正掘削が可能であるかどうかを見極めるため、2孔目の掘削跡を掘削土で埋め戻し、掘削角度を20度に設

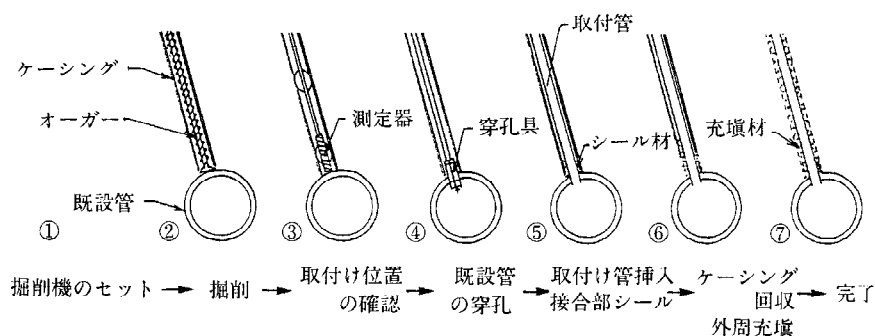


図-4.3 施工手順図

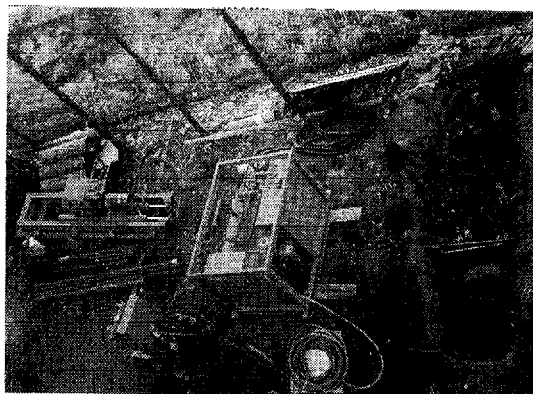


写真-4.1 実験装置

定替えて再掘削を行なった。この結果、到達位置は中心の上方1 cmとなり、修正掘削が可能であることが確認できた。

#### 4.2.3 到達位置計測実験

壁面形状測定器による測定精度を確認するため開削後に実測した値と施工時の測定結果とを比較した。その結果、双方の差は、 $\pm 4$  mm以内であり実用に供し得るものであることが確認された。

#### 4.2.4 ヒューム管穿孔実験

ヒューム管を穿孔する前に、ヒューム管内への土砂の流入を防止するための保護ケーシング(塩ビ管)を挿入し、これをガイドとして既設管穿孔装置で取付管用の孔を穿孔した。

パイロット孔は1分程度で貫通し、取付管用の孔も順調に穿孔できた。しかし、切削片を環状コアとしては回収できなかった。実験を通して、その原因が刃先の形状にあることが判明し、切削断面を小さくするなど刃先に改良を加えて、ヒュー

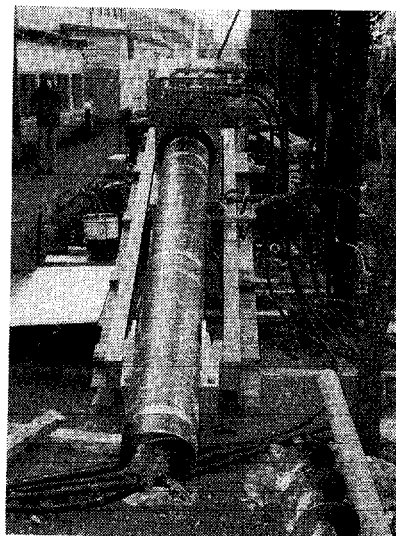


写真-4.2 掘削装置

ム管穿孔実験を実施した結果、環状コアとして回収できる装置が完成した。(写真-4.3 参照)

#### 4.2.5 接合部のシール実験

##### (1) シール方法

到達部位の壁面形状測定器による計測結果をもとに、到達部位の形状に合わせて加工した取付管の接合端にシール材を塗布し、ケーシング内に挿入して接合面を合わせ、ヒューム管に差し込んでシール材が硬化するまで固定具で仮止めした。さらに、接合部の周囲の空隙に適量のセメントミルクを流し込み充填した。(図-3.5 参照)

##### (2) シール状況

取付管施工部を開削して露出した接合部の状況を写真-4.4 に示す。

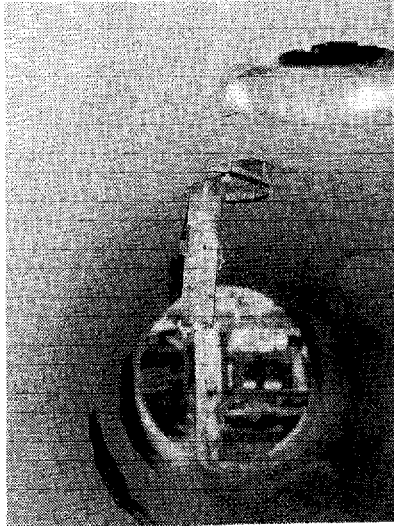


写真-4.3 ヒューム管穿孔状況(地上実験)



写真-4.4 セメントミルク充填状況

接合部が完全に露出した時点で外から水をかけ、シール部の漏水を既設管の内側から確認した。その結果、1孔目ではヒューム管内に少量の水の染み出しが確認されたが、3孔目にはなく接合は完全に行われていた。

接合部のシール材の充填状況を詳しく調べるためにセメントをハツリ、ヒューム管の外側と内側の双方より確認した結果、塩ビ管とヒューム管との間は、1孔目の一部に充填が行き届いていない

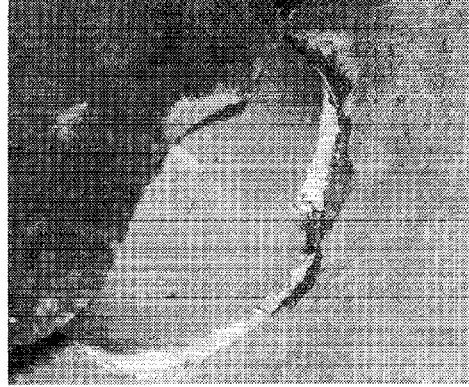


写真-4.5 シール状況

箇所があったが他はよく充填されていた。1孔目の充填が不完全であった原因は、取付管をヒューム管に当接した後で固定具をセットする際に、不用意に取付管を動かしてしまったためと考えられる。(写真-4.5 参照)

#### 5. おわりに

(1) 掘削方法については、礫やコンクリート片が介在しても掘進が可能であり、ケーシング(外管)を回転しないことから、孔曲がりの少ない工法であることが確認できた。

(2) 壁面形状測定器の精度は $\pm 4$  mm以下であり、施工には十分な精度であることが確認できた。

(3) 既設管穿孔装置は、切削断面の小さなビットを使用し、パイプレーションが発生しないように回転数を下げて穿孔することで切削片を環状コアとして回収できる装置に改良できた。

(4) シール方式に関しては、無人でシールが確実にこなえることが確認できた。

本研究の成果を実施工に反映させるため、引き続きシール方法を含む研究開発を進め、施工専用機(製作中)による実験工事などを通して本システムを完成させる必要がある。

#### 謝 辞

本研究を進めるに当たり、ご指導いただいた日本大学永田伸之教授、立命館大学竹下貞雄教授に感謝の意を表します。また、本研究に対し種々のご協力をいただいた建設省土木研究所ならびに(社)日本下水道管渠推進技術協会の関係者の方々に感謝いたします。