

## 小口径推進施工時に遭遇する空洞の確認と充填方法に関する一考察

(株)関電工 ○正会員 井口 昌之 (株)関電工 内藤 元昭  
 露崎工業(株) 露崎 正行 (株)立花マテリアル 岡田 公彦

### 1. はじめに

地下のライフラインのうち管路を敷設する場合、小口径推進工法を採用するケースが多いが、施工時に予測していない地中の空洞に遭遇する機会があり、推進機の方角制御ができなくなり、掘進不能となるケースがある。

現状、施工前に地上からの埋設調査や空洞調査をしているが、深層部や埋設物下部は、確認することが非常に困難である(図-1)。本研究は、小口径推進機の先端ヘッドに空洞を見つける機能と充填材料を吐出する機能を付加し、空洞に遭遇しても施工可能な工法開発に取り組んでいる。本稿では、各機能に関する要素試験と空洞を有する模擬地盤での実証試験を実施したので報告する。

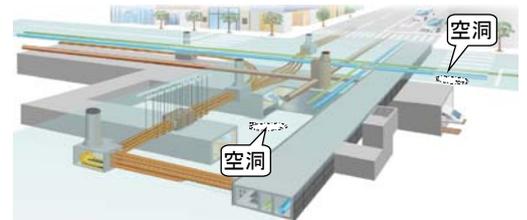


図-1 地下空間の空洞イメージ

### 2. 模擬地盤の作製

空洞を有する地盤を作製する場合、空洞部の崩壊防止の工夫が必要になる。そこで、コルゲートパイプ(内径φ1,500mm, 施工延長20m)を地上に並べ、空洞部と埋戻し部を再現した(図-2, 写真-1~2)。

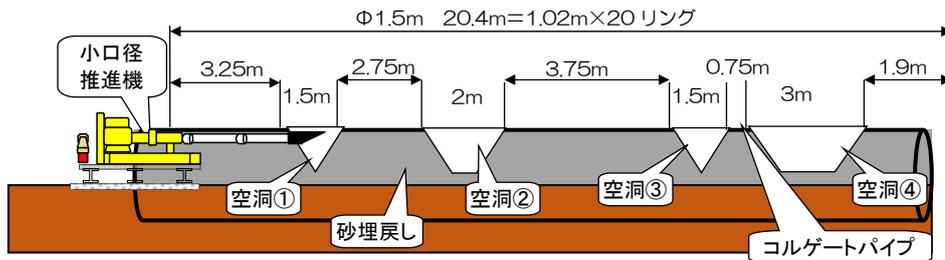


図-2 模擬地盤の作製



写真-1 模擬地盤作成状況

写真-2 実証試験状況

### 3. 要素試験

#### (1) CCDカメラの視認性確認

先端ヘッドが空洞に達した場合に、どの程度の照明が必要なのかを暗室内で検証した。当初、照明付き CCD カメラで確認したところ、CCD カメラ前面に設置した硬質ガラスに光が反射してしまい、空洞部の確認ができなかった。そこで CCD カメラと照明の隔離を取って設置する方法にしたところ視認性が向上した。

#### (2) 先端ヘッド

本工法は、圧入方式の小口径推進機先端ヘッド(外径φ180mm)に CCD カメラを取り付け、施工時に空洞を確認、さらに、先端ヘッドより空隙充填材を吐出、硬化後に再度小口径推進機で施工する手順とした(後続管は、鋼管 SGP φ150mm)。空洞部に空隙充填材を打設した場合、CCD カメラや照明、充填材吐出孔に充填材が付着し制御できなくなる懸念があるため、洗浄ノズルを配置した。さらに CCD カメラでの視認ができなくなるケースを想定し、先端ヘッド前面の土の有無を確認するための土圧信号検出弁(ダイヤフラム)を取り付けた(写真-3)。

#### (3) 空隙充填材

空隙充填材は、硬化後に掘進を再開することから、再施工可能な条件である一軸圧縮強度 0.5N/mm<sup>2</sup> 程度となる数種類の材料を室内試験で確認した。室内試験結果より、粉末粘土に水とセメントおよび混和剤からなる材料と珪酸ソーダを2ショットで混練する瞬結型充填材を選定した。



写真-3 先端ヘッドと名称

キーワード 小口径推進工法, 地下空間の空洞, CCD カメラ, 空隙充填材

連絡先 〒108-8533 東京都港区芝浦 4-8-33 (株)関電工 社会インフラ統轄本部 技術企画部 TEL03-5476-3868

## 4. 実証試験

### (1) CCDカメラ映像

CCD カメラ映像を写真-4 に示す。映像は、室内試験と比較して鮮明とは言えないものの、コルゲートパイプの凹凸を数えることは可能であったが、砂埋戻し部の傾斜(45°)等の遠近については判別できなかった。実際の空洞は、大きさを確認するための目印はなく、地下水等も存在することからカメラの選定については再考したい。



写真-4 CCDカメラ映像

### (2) 小口径推進施工

模擬地盤での小口径推進の推進力、オーガトルク、土圧信号～推進距離関係および模擬地盤の空隙個所状況を図-3 に示す。模擬地盤埋戻しを人的に実施したため、締固めが一定ではなく5～7m 区間は推進力が大きく、9～13m 区間は推進力が小さい結果となっており、一般的な掘進距離と比例して推進力が上昇する傾向とはならなかった。オーガトルクも同様に地盤強度の顕著な変化は確認できなかった。また、本開発のポイントである土圧信号は、先端ヘッド前面に砂がある場合に警報が鳴り(ON)、空隙部に達した時点で警報が鳴らない(OFF)設定をしていたが、先端ヘッドを回転させているため、警報が鳴らないケースが多く、先端ヘッド前面の土の有無を確認するには至らなかった。ただし、空隙充填材の硬化後の推進時には土圧信号が確認された。

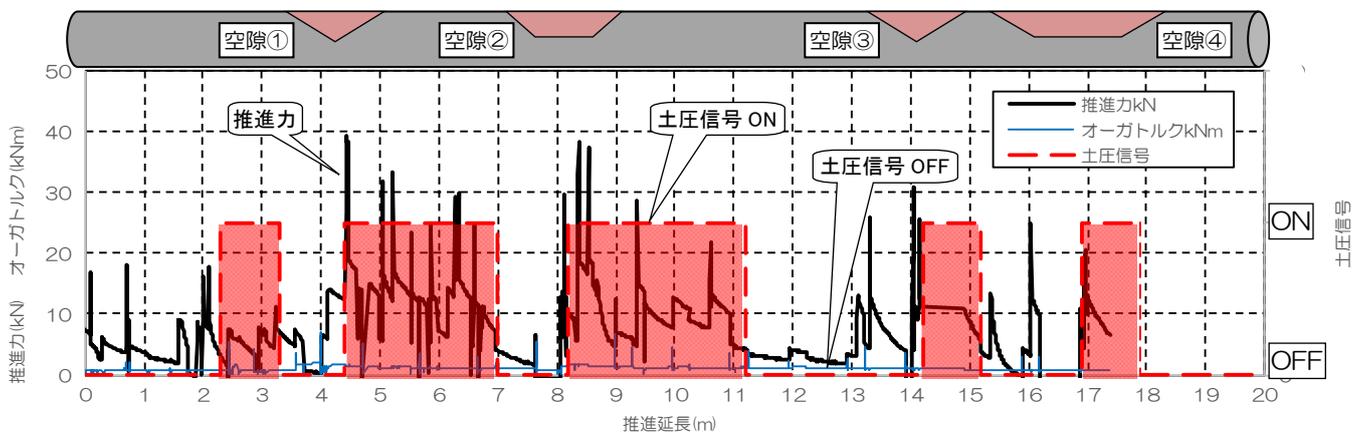


図-3 推進力・オーガトルク・土圧信号～推進距離の関係

空隙充填のうち空隙①は、掘進後にコルゲートパイプを開口し、充填材吐出部の混練状況を目視し、充填可能であることを確認した。空隙②③④は、模擬地盤の空隙情報を小口径推進担当者へ伝えることなく施工にあたらせた。小口径推進の施工管理項目である推進力、回転トルク等が上記の状況であるため、CCD カメラ映像から空隙量を予測し、空隙充填を実施した。施工後に充填箇所を開口し実測した充填結果を表-1 に示す。空隙②③④個所では模擬地盤上部に5～13%程度の未充填部(不足量/実空隙量で算定)であったものの、推進施工では方向制御が可能であり到達精度±20mm 以内の施工は可能であった。

表-1 空隙量の予測と充填状況

	空隙①	空隙②	空隙③	空隙④
実空隙量	700 ㊦	1,380 ㊦	740 ㊦	2,190 ㊦
映像予測	700 ㊦	1,200 ㊦	700 ㊦	1,950 ㊦
不足量	0 ㊦	180 ㊦	40 ㊦	240 ㊦
未充填率	0%	13%	5%	11%
空隙確認				

## 5. おわりに

本研究は、小口径推進機先端ヘッドに空洞を見つける機能と充填材料を吐出する機能を付加し、空洞に遭遇しても施工可能な工法開発に取り組んでいる。今回の実証試験により、空洞部の存在する地盤での空隙充填後の小口径推進施工の可能性について確認された。また、CCD カメラ映像の精度向上や土圧信号検出弁の改良等の課題が判明した。

今後、さらなる改良を加えることで実用化を目指したいと考える。