

## 27. リフレッシュシールド工法に関する掘削要素実験

(機関 組：竹之内康昭・西尾 誠高  
配野 均・志野 和巳  
三菱重工業(株)：佐々木清美・岡本 和巳

### 1. まえがき

近年都市下水道では、例えば実流量が計画流量より増大し処理能力の増補が必要とされたり、あるいは老朽化のため既設管渠の更新が要求されている。ところが、都市の地下空間は種々の構造物が錯綜し、新規に管渠を布設する用地の確保が難しいことや、道路交通量や近接埋設物等の保全上、開削工法による既設管渠へのアクセスが困難であるといった問題がある。そこで、これらの問題を解決するため、既設管渠と同じ位置に同径もしくはより大きな径の管渠を開削工法によらず布設する管渠布設替工法の開発を進めており、掘削に関する基礎的な実験を行った。ここではその結果の概要を紹介する。

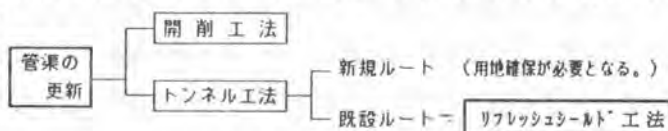
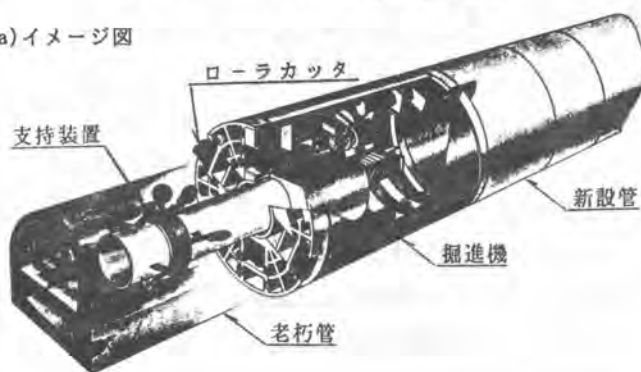


図-1 リフレッシュシールド工法の位置づけ

(a)イメージ図



### 2. リフレッシュシールド工法の概要

本工法は管渠の更新のための布設替えに関するものであり、工法の位置づけとしては図-1に示すようになる。工法の概念は、図-2に示すような中央に開口部を設けたカッターヘッドとその中空部を通した方向制御支持装置を有するシールド掘進機により、既設管渠および周辺地盤を掘削撤去しながら、掘進機後方に新設管渠を布設するものである。掘削用のカッターは、コンクリート掘削および鉄筋切断用の

(b)工法原理図

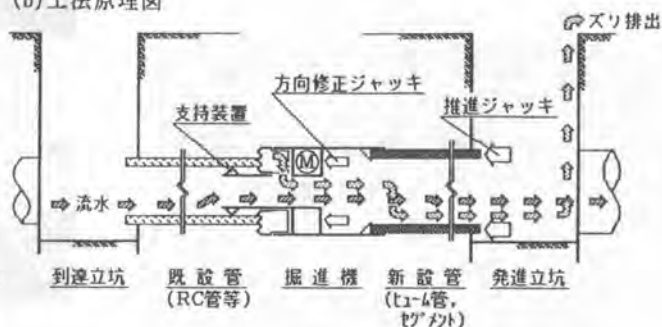


図-2 リフレッシュシールド工法概念図

ローラカッタと、地山掘削用のハイト型ヒットを配置する。

本工法の特徴としては、鉄筋コンクリート管渠を掘削でき、かつ下水を流下させることも可能であり、さらに方向制御支持装置により既設管からそれることなく新設管を布設できることである。

### 3. 実験目的

掘削要素実験は、本工法の中心となるローラカッタによる鉄筋コンクリートの掘削状況を調べることを目的とした。調査項目は、管の破壊状況、鉄筋切断状況および鉄筋の挙動、掘削反力、掘削すりの取り込み状況等である。

### 4. 実験装置および方法

実験用の供試体としては図-3に示す馬蹄形断面コンクリート管モデルを製作した。管上半部には9mmφ鉄筋を配筋し、コンクリート設計強度は200kgf/cm<sup>2</sup>とした。この供試体を土槽内に設置し、その周囲を地盤を模擬して低強度発泡モルタル（一軸圧縮強度約5~10kgf/cm<sup>2</sup>）で充填した。

実験装置を図-4に示す。実験装置は、推進ジャッキにより掘進機（外径1000mm）を所定の速度で駆動して、架台上に設置された供試体（管渠モデル）を掘削できるものである。掘削用のカッタは鉄筋切断を考慮し、通常よりも鋭利な刃先角度のローラカッタとした。写真-1にカッタヘッド部を示す。

実験は掘削位置関係（既設管渠の不陸や蛇行を想定）、カッタ回転数、掘進速度を変化させて掘削し、掘削推力、カッタトルク等の特性値を検出し電気信号に変換し記録・解析した。

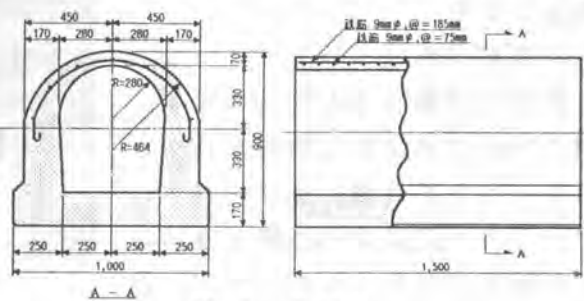


図-3 供試体

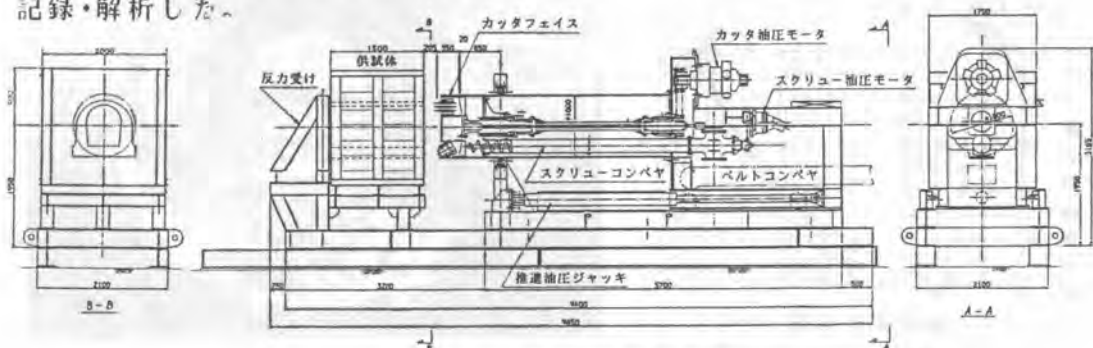


図-4 実験装置全体図

## 5. 実験結果および考察

### 5.1 掘削状況について

掘進速度を10~40mm/min(カッタ回転数9rpm)の範囲で変化させ実験したが、掘削状況の観察から、供試体は大きく破壊することなく掘削でき、鉄筋切断も可能であった。掘削中の掘削機は上下左右および掘進方向に振れを生じており、掘削力が均等でない状況がみられた。写真-2に掘削中の状況(供試体のみの掘削実験)、写真-3に掘削後の状況(土槽内に設置した供試体の掘削実験)を示す。

### 5.2 掘削ずりについて

掘削ずり性状を図-5に示す。掘削ずりはおよそ90%以上が50mm以下の粒径となり処理しやすい状況であった。また、掘削ずりは既設管(供試体)の内空に蓄積されることなく二次破碎されて取り込み搬出できた。

### 5.3 鉄筋切断について

鉄筋の切断寸法を図-6に示す。軸方向の鉄筋は管渠周辺が拘束されているため外側に逃げられず、ローラカッタにより寸断できることが確認された。したがって、鉄筋が周辺地山を攪乱することはほとんど見られなかった。しかし、

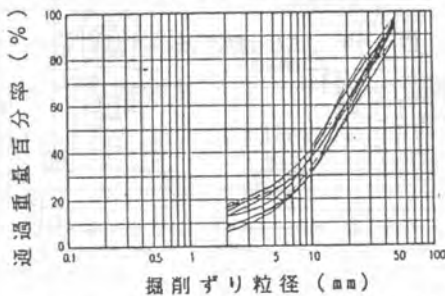


図-5 掘削ずり粒径加積曲線

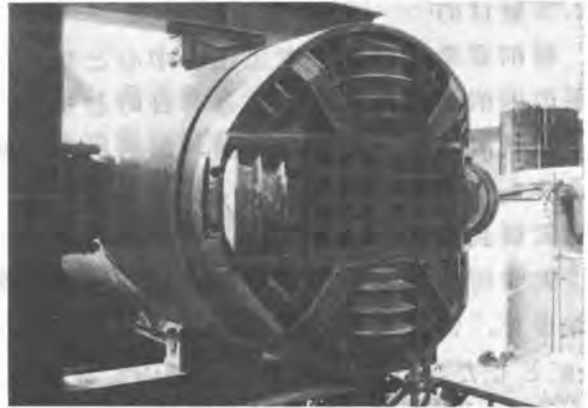


写真-1 実験装置カッタヘッド部



写真-2 掘削中の状況



写真-3 掘削後の状況

周方向の鉄筋は切断される前にコンクリートから離脱してしまうために細かく切断されないことも観察された。

#### 5.4 掘削力について

カッタ押付け力（推力）とカッタトルクの平均力の関係を図-7に示す。掘削条件によらず推力とトルクは比例していることがわかる。また、推力およびトルクは供試体が馬蹄形断面であることから図-8に示すように、カッタの回転位置により変化している。図-8からカッタ回転位置に対する推力およびトルクは外周部のカッタがインバート部から側壁部を掘削する時に最大となっていることがわかる。

また、カッタ1回転中にカッタヘッドに生じる曲げモーメントおよびせん断力の一例を図-9に示す。曲げモーメントは推力が最大となる位置で最大となり、カッタヘッドは下方に曲げられていることがわかる。せん断力は曲げモーメントとほぼ直角に作用しており、これは掘削トルクの反力によるものと考えられる。これらの傾向は各実験ケースとも同様にみられ、今回の実験条件範囲においては馬蹄形断面管の掘削ではインバート部から側壁部を掘削するときに負荷が最大になるといえる。これは掘削面積の影響とずりの二次破砕による抵抗力に起因するものと考えられる。

#### 6. あとがき

本実験により鉄筋コンクリート管渠を掘削でき、かつ鉄筋を切断することが可能であることが確認できた。今後はさらに改良を重ね実証に向けて取り組んでいきたいと考えている。

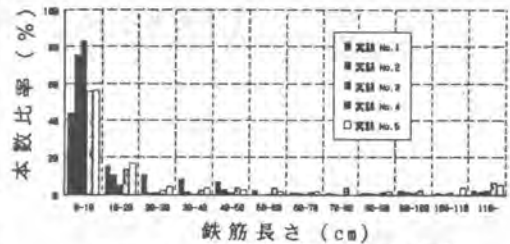


図-6 鉄筋切断寸法の分布

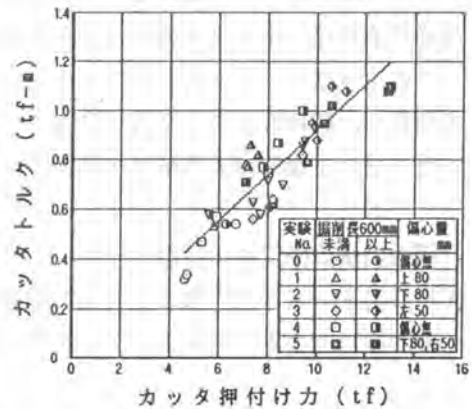


図-7 押付け力とトルクの関係

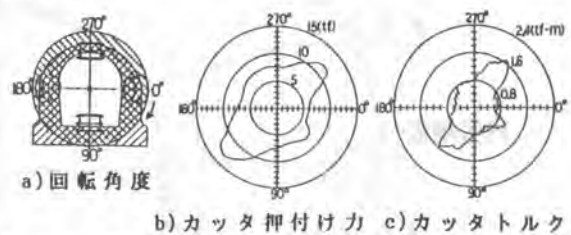


図-8 回転位置と掘削力の関係

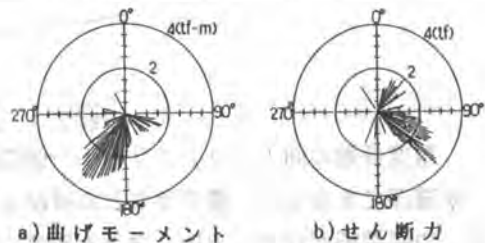


図-9 1回転中の曲げモーメントとせん断力