

機械式ビット交換システム「THESEUS 工法[®]」におけるビット交換ロボットの開発

大成建設 正会員 ○田村 憲 正会員 志田 智之
 地中空開発 横山 琢磨 吉川 健一

1. はじめに

近年、都市部での施工となるシールド工事は、道路占用を含む工事用地の確保が困難なため、長距離化する傾向にある。今後もこの傾向は続き、地上工事を必要としない機械式ビット交換工法は、益々需要が高まると考えられる。一方、外径 3m 程度の小口径シールド機にも適用できることをコンセプトに開発した「機械式ビット交換システム -THESEUS 工法[®]」^{1),2)} (以下、本工法) は、適用するシールド機の外径が大きくなるに従い、可動式マンホールから交換対象のビットまでの距離が長くなるため、人力による交換には限界がある。

また、大口径シールド機では、重く扱いづらい大型のビットを使用するため、交換時の作業効率の低下や手指の挟まれ等の安全上の課題があった。(写真-1)

そこで、本工法を中口径以上のシールドに適用する際の要素技術として、これまでの人力作業に替わるビット交換ロボットを開発し、実大モデルによる実証実験を行ったので、その結果を報告する。

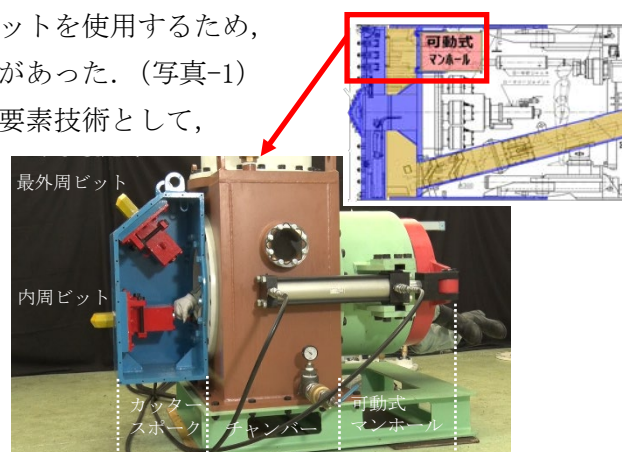


写真-1 当初の THESEUS 工法実証実験機(人力交換)

2. ビット交換ロボット

上記課題を解決するために、予めシールド機のカッタースポーク（内空寸法：幅 70cm×高さ 60cm）内に設置したレール上を自走し、遠隔操作によりビットを効率よく安全に交換できるロボットを開発した。

カッタースポーク内をロボットが容易に移動できるように、交換対象のビットが配置されたカッタースポークを水平にして、可動式マンホールを3時もしくは9時の位置に配置することとした(図-1)。開発したロボットの特徴は以下の通りである。

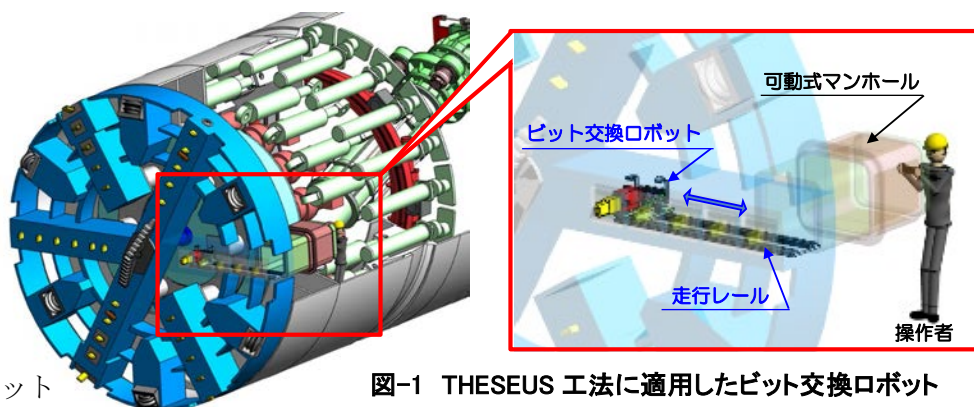


図-1 THESEUS 工法に適用したビット交換ロボット

(1) ビット交換時に後施行で容易に設置可能

ロボットはビット交換が必要となった際、可動式マンホールからカッタースポーク内に設置できるように、コンパクトな形状寸法（長さ 30cm×幅 30cm×高さ 30cm）とした(写真-2)。

(2) シールド機内から遠隔操作可能

スポーク内移動時に交換対象となるビットとの相対位置を調整できるように、ロボットに2台のカメラを搭載した。また、ロボットの操作は、シールド機内からの遠隔操作を可能にした。

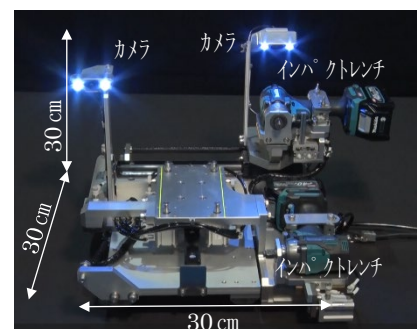


写真-2 ビット交換ロボット

キーワード ビット交換, ロボット, 遠隔操作, 自動化, THESEUS 工法, 大口径シールド

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 大成建設(株)土木本部機械部機械技術室 TEL03-5381-5309

(3) 市販のパーツを使用し破損時の早急な対応が可能

ロボットのパーツにはインパクトレンチをはじめギヤードモーターやエアシリンダーなど、市販品を使用しているため、部品の調達が容易であり、破損時の早急な対応が可能である。

3. 実証実験

実証実験では、ビット交換ロボットを可動式マンホールからカッタースポーク内に据付けた後、一連のビット交換手順を再現した(図-2, 写真-3)。ロボットによるビット交換手順を以下に示す。

- ① ビット交換ロボットが交換対象となる旧ビット位置まで移動(遠隔操作)
- ② 旧ビットをスポーク内部に引き込んで取り外し, ロボット本体内に回収(遠隔操作)
- ③ 旧ビット回収後, ロボットが可動式マンホール位置まで移動(遠隔操作)
- ④ 可動式マンホールまで移動したロボットから旧ビットをシールドマシン内部に回収(人力)

なお, 新しいビットの取付けは, 上記と逆の手順で実施した。実証実験は, 従来の「THESEUS 工法」と比べ交換時間を約40%(20分⇒12分)短縮でき, 人力作業をなくすることで, 安全性も大幅に向上した。

- ① 交換ビット位置に移動 ② ビット取外し ③ 可動式マンホール側へ移動 ④ シールドマシン内に回収

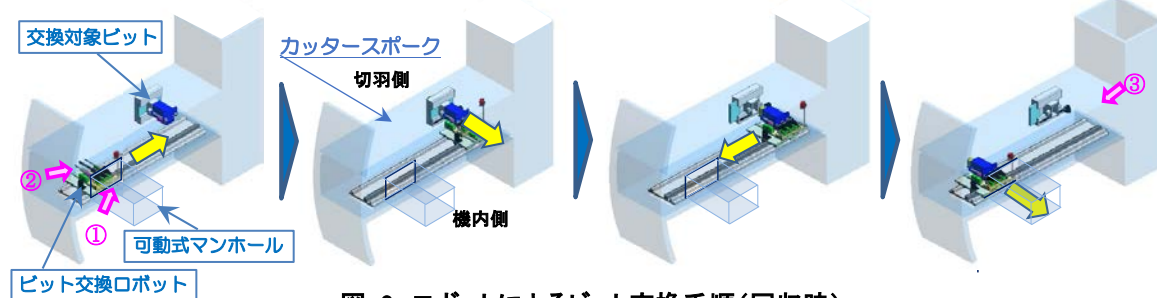


図-2 ロボットによるビット交換手順(回収時)

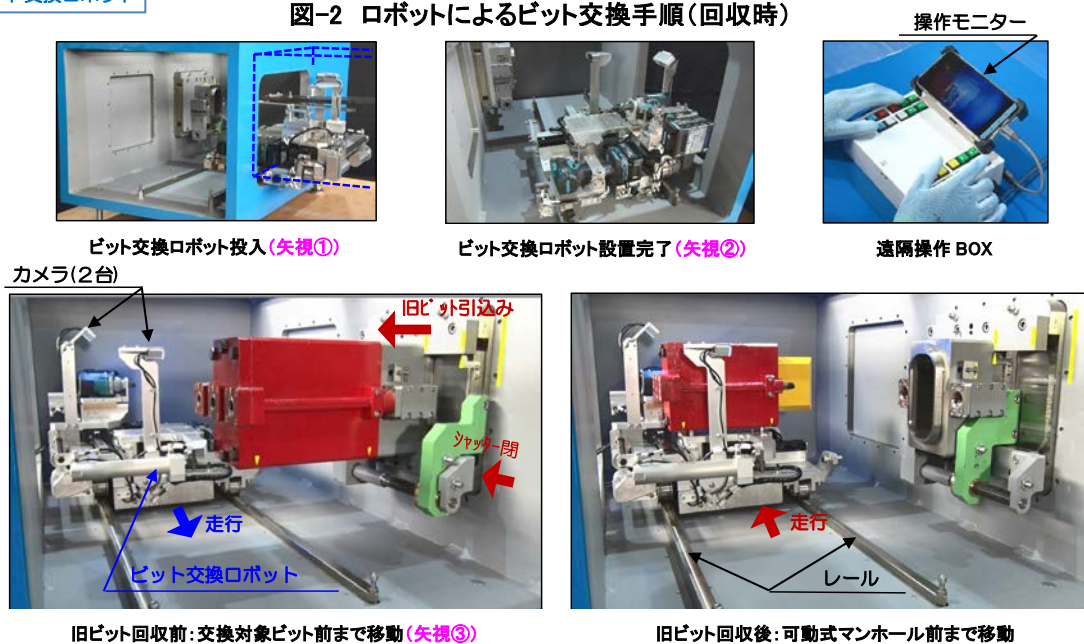


写真-3 実証実験でのビット交換ロボットの作動

4. おわりに

実証実験より, 狭隘なカッタースポーク内でも, ビット交換ロボットが人の手に代わるツールとして非常に有効であることが確認できた。今後, ロボットにセンシング機能を追加することでビット交換を全自動化し, 生産性と安全性の更なる向上をはかる予定である。

参考文献

- 1) 田村憲, 志田智之, 横山琢磨, 吉川健一: 機械式ビット交換システム「THESEUS 工法」の開発, 土木学会第76回年次学術講演会VI-92, 2021
- 2) 志田智之, 田村憲, 吉川健一, 横山琢磨: 中小口径シールド機に適用可能な無制限ビット交換技術 (THESEUS 工法), 土木学会土木建設技術発表会II-8, 2021