

小断面ボックスカルバート推進における刃口姿勢制御機構の性能確認

東日本旅客鉄道（株） 東京工事事務所 正会員 ○池田 圭吾 正会員 本田 諭
鉄建建設（株） 正会員 岩瀬 隆 正会員 鈴木 英之

1. はじめに

非開削工法による線路下横断工事において小断面ボックスカルバートを推進させる際の課題として、刃口前方の地盤の緩みに起因する地表面変位等が挙げられる。加えて施工条件が低土被りであることが多く、不適切な刃口姿勢による掘進や姿勢変更は軌道に変位をきたす。これらの課題を解消するために、刃口の姿勢制御を綿密に行うことができる機構の開発を行った。本稿では、姿勢制御機構の概要及び動作確認試験結果について報告する。

2. 開発の目的・概要

刃口先端に配置した切削ワイヤーにより地盤及び支障物を切削し、刃口内から撤去することができる地盤切削機構を有する刃口は、刃口上側の余掘を少なくすることで地表面変位を抑制できるが、その姿勢は前傾気味になりやすい。この傾向を矯正するために、刃口底面にテーパー（勾配）を設け、テーパー下部の土のすき取り量を調整することによって方向修正を行う方法があるが、これには下記の課題が挙げられる¹⁾。

- ・刃口が前傾姿勢のまま水平に推移することによる上載地盤の押し上げ
- ・急激な刃口姿勢修正による地盤隆起

これらの問題を解消するために、本開発では刃口とカルバートボックス間に中押し機構（姿勢制御アダプター）を設けることによって、刃口姿勢を一定に保ち、姿勢修正率（修正角度（°）/掘進距離（mm））に従って刃口姿勢を緩やかに補正することで地表面変位を抑えることができる機能を有する刃口機構を製作した（図-1）。本機構は4基の姿勢制御ジャッキの伸縮量を調整し、姿勢制御機構の後胴ー前胴間の相対角度を変化させることで刃口の姿勢制御を行う（図-2）。

3. 試験方法

姿勢制御機構の性能（刃口姿勢変化に対して刃口姿勢を設計勾配に合わせるよう修正する機能及び掘進距離に従って刃口姿勢を緩やかに修正する機能）を確認

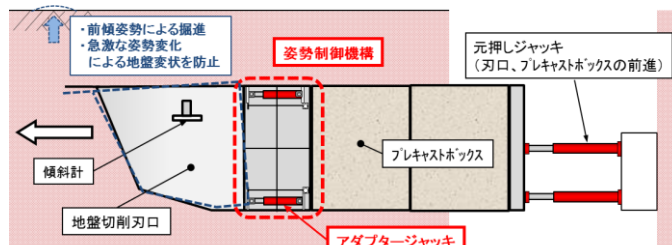


図-1 刃口姿勢制御機構

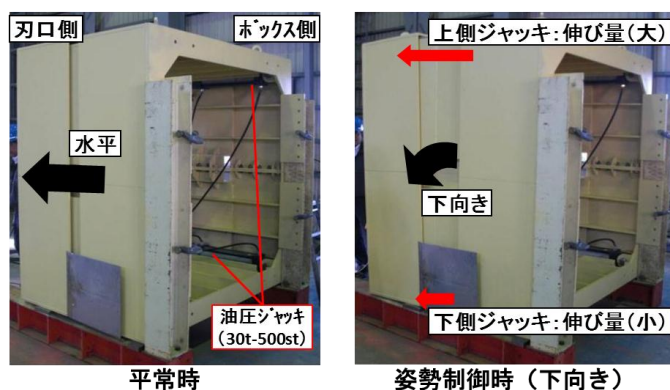


図-2 姿勢制御方法

するために、推進試験を行った（図-3、図-4）。通常の推進工事と同様に、元押しジャッキで刃口及びカルバートボックスの推進を行った。試験は刃口底部のみ土中を推進する条件で行い、刃口底面に接する底盤の掘削方法を変えることで姿勢変化傾向を作り出し、それに対する刃口の姿勢修正能力を確認した。

試験区間 10.75m を区間①～⑧（各 1.25-1.75m）に区分し、区間①～⑦では刃口目標ピッチング（上下方向の回転角）を 0° とし、刃口下部の掘削量を変化させ（図-5）、刃口の変化傾向を作り出し、その時の姿勢制御能力を確認した。区間⑧については、目標ピッチングを水平維持（ $0^{\circ} \rightarrow 0^{\circ}$ ）、下げ（ $0^{\circ} \rightarrow -0.20^{\circ}$ ）、上げ（ $-0.20^{\circ} \rightarrow -0.20^{\circ}$ ）と変化させ、ピッチング修正能力を確認した。1 サイクルあたりの推進量を 250mm とし、刃口断面の下側約 200mm の掘削・すき取りと推進を交互に行った。なお、試験区間②以降は、刃口の地山貫入完了後の推進を想定した区間であるため、刃口上部に上載地盤の重量を模したウェイトを搭載して推進試

キーワード 線路下横断工、非開削工法、小断面ボックスカルバート、刃口機構、姿勢制御

連絡先 〒151-8512 東京都渋谷区代々木二丁目2番6号 JR新宿ビル TEL 03-3379-4353 / FAX 03-3372-7980

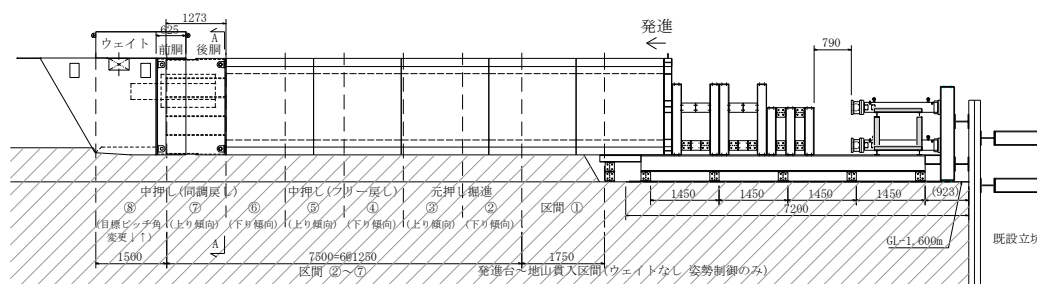


図-3 推進試験概要

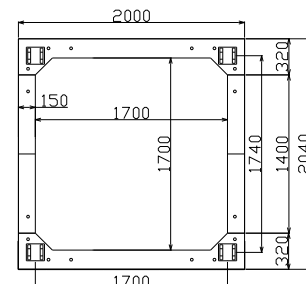


図-4 姿勢制御機構

(A-A 断面図)

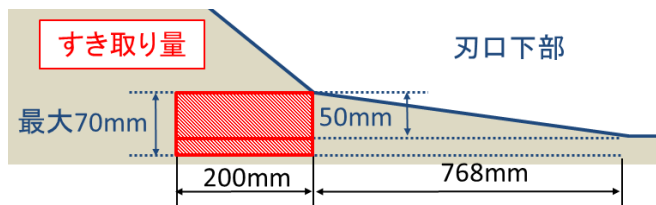


図-5 本試験におけるすき取り範囲

験を行った。推進距離 10.75m の中で下記 3 通りの推進形態を設定して姿勢制御機能を確認した。

Case1: 刃口姿勢をアダプタージャッキで調整し、元押しジャッキで推進（区間①～③）

Case2: アダプタージャッキで姿勢制御を行いながら刃口推進し、その後アダプタージャッキをフリーにして元押しジャッキで函体推進（区間④、⑤）

Case3: アダプタージャッキで姿勢制御を行いながら刃口推進し、その後アダプタージャッキが縮む動作と同調して元押しジャッキで函体推進（区間⑥～⑧）

刃口中央に設置した傾斜計のほか、刃口内の前後左右に設置した 4 台のレーザーレベル受光器（電子スタッフ）を用いてピッチング及び刃口高さを計測した。

4. 試験結果

推進試験結果を図-6 に示す。発進台から地山へ刃口が貫入するまでを想定した区間①、刃口の地山貫入後の元押し推進を想定した区間②、③では、刃口の地山への乗り上げ及び刃口下部のすき取り量の変化により

刃口高さは変化しているが、安定したピッチング維持機能（目標値（ 0° ） $\pm 0.05^\circ$ ）を確認することができた。区間⑤、⑥では目標 0° に対し $-0.15 \sim +0.05^\circ$ に刃口ピッチングを維持することができた。区間⑦、⑧では姿勢修正率（ $0.1^\circ / 200\text{mm}$ 及び $0.1^\circ / 100\text{mm}$ ）に従った緩やかな修正機能が有効に機能することを確認できた。今回の試験条件は函体の約90%が気中で周面摩擦、貫入抵抗等の刃口に対する拘束力が無い条件ではあったが、試作した姿勢制御アダプターの刃口ピッチング維持機能及び姿勢修正率に従った姿勢制御機能の効果を確認することができた。

5. おわりに

本稿では、非開削工法による線路下横断工において小断面ボックスカルバートを推進させる際の課題として挙げられる刃口前方の地盤の緩み等に起因する軌道変状を解消するために開発した刃口の姿勢制御機構及び推進試験結果について報告した。今後、土中での掘削試験を通して地表面への影響について確認する。

参考文献

- 1) 佐藤舞衣子, 桑原清, 岩瀬隆: 地盤切削機構刃口を有する函体推進工法の検討, 土木学会全国大会第69回年次学術講演会, VI-651, 2014.

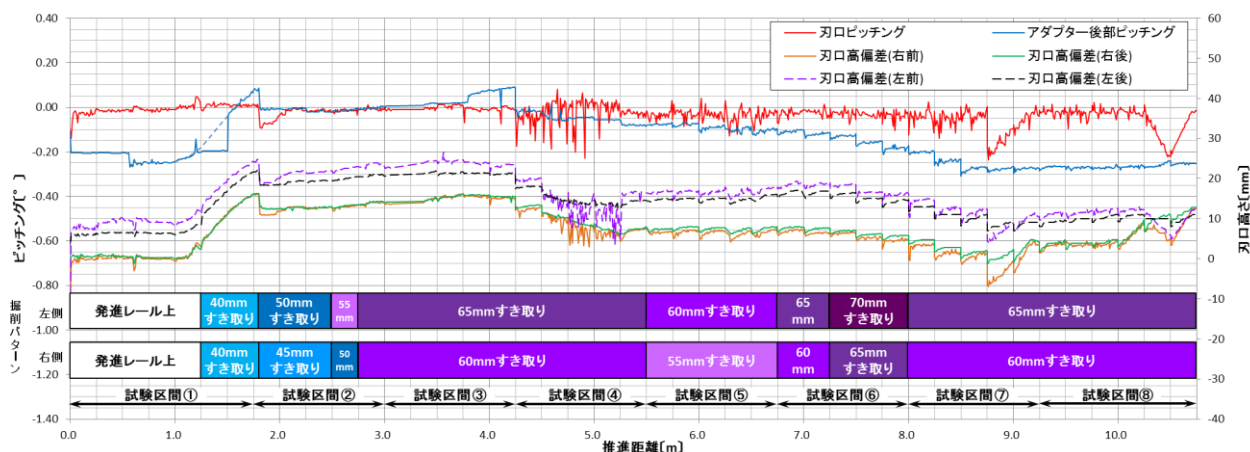


図-6 推進試験結果