

函体推進, けん引工法における 施工データ分析

山下康彦¹・岡野法之²・舟橋孝仁³・角雄一郎⁴・舩越宏治⁵

¹正会員 (公財) 鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部 (〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38)
E-mail: yasuhiko@rtri.or.jp

²正会員 (公財) 鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部 (〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38)
E-mail: nokano@rtri.or.jp

³正会員 (公財) 鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部 (〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38)
E-mail: tfuna@rtri.or.jp

⁴正会員 九州旅客鉄道株式会社 鉄道事業本部 (〒816-8566 福岡市博多区博多駅前3-25-21)
E-mail: y.sumi@jrkyushu.co.jp

⁵正会員 植村技研工業株式会社 立体交差事業部 (〒185-0032 東京都国分寺市日吉町2-30-7)
E-mail: k.funakoshi@uemuragiken.co.jp

鉄道下を中心に広く立体交差事業に用いられている, 非開削かつ土被り浅く施工可能なトンネル構築法の一つとして函体推進, けん引工法が挙げられる. 本工法においても他の非開削工法同様に, 施工時の周辺地盤への影響はゼロではなく, また周辺地盤の挙動予測法として確立されたものが無いのが現状である. そこで, 函体推進, けん引と横断部の地表面変位との因果関係を把握することを目的として過去の施工データを収集したものから, 本工法の特徴の一つである箱形ルーフの施工出来形に注目し分析を行った. 本報告は, 分析の結果得られた, ①施工出来形と地表面変位発生箇所の関連, ②地表面変位の発生経緯, ③地表面変位量の要因, について報告するものである.

Key Words : boxculvert pull method, construction data, box roof, displacement of ground surface

1. はじめに

線路下や道路下において上部通行を遮断せず, 非開削かつ土被り浅く施工可能なトンネル構築法の一つとして函体推進, けん引工法が挙げられる.

本工法は, 横断部の線路や道路および切羽の防護のための箱形ルーフ(角型鋼管エレメント)を推進, けん引する函体(ボックスカルバート)外縁にあわせて横断区間全長に配置した後に, 本体構造となる函体を箱形ルーフ後部に据え付け, 函体刃口部の地山の掘削→函体の前進を繰り返し, 箱形ルーフを押し抜きながら所定位置に函体を置換設置する施工法であり, 防護工となる箱形ルーフを地山に残さないことから土被り浅く施工可能なことを特徴とする.

本工法は, 古くから鉄道下を中心に広く立体交差事業に用いられているが, 他の非開削工法同様に施工時の周辺地盤への影響はゼロではなく, 線路直下部の推進, けん引時は徐行や列車間合い施工によるのが現状である.

本報告は, 筆者らが線路下横断工施工時の地盤挙動を解明するために各種検討を進めているなかで, 函体推進, けん引と地表面あるいは軌道変位とのあいだの基本的な因果関係を把握するために行った過去の施工データの分析結果を報告するものである.

2. 現場概要

分析対象とした現場は, 函体けん引工法(R&C工法けん引方式)により施工された, JR九州営業線下での架道橋新設工事である. 函体外縁にあわせ水平部16列, 垂直部12列の箱形ルーフを施工した後に, 発進立坑内で3分割して製作した函体と置換設置した.

側面図を図-1に, 平面図を図-2に, 土被りおよび土質を表-1にそれぞれ示す.

本現場の施工データより, 水平部箱形ルーフの出来形, 函体けん引精度, 図-2中に示す79箇所の地表面変位計測結果に着目し整理, 分析を行った.

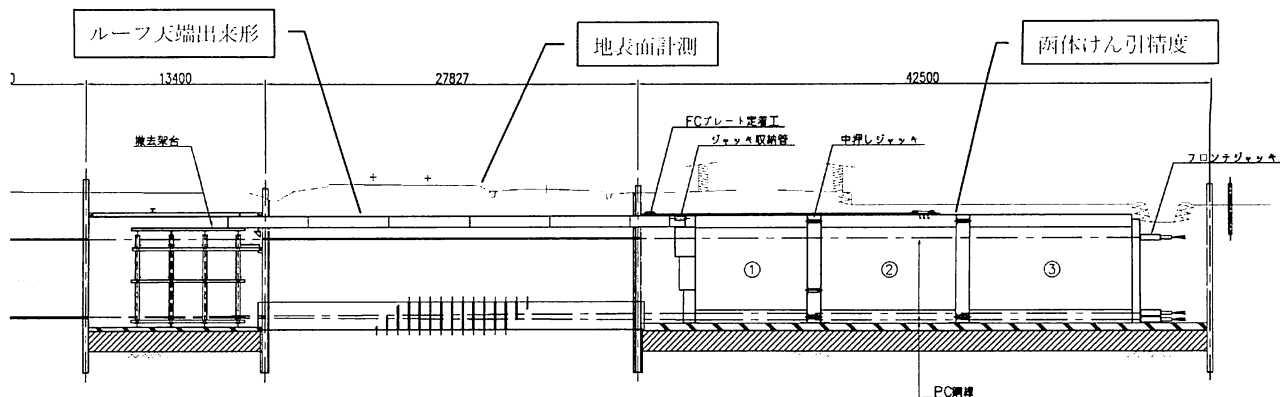


図-1 側面図

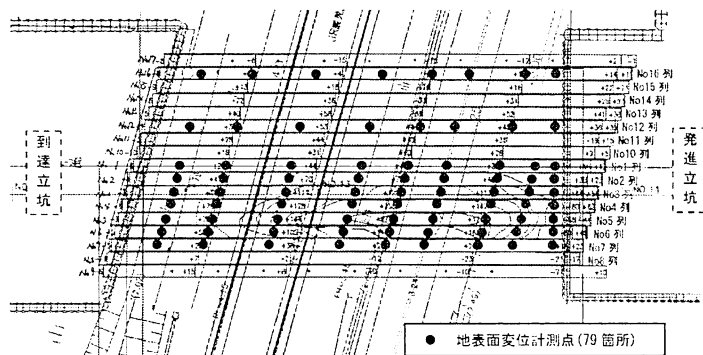


図-2 地表面計測位置平面図

表-1 函体寸法、土被りおよび土質

函体寸法(m)			土被り (m)
幅	高さ	長さ	
12.9	8.05	30.4	2.375

横断部土質	
砂質土と粘性土の互層	N=1~4

3. データ整理概要および結果

(1) 地表面変位発生箇所と箱形ループ出来形

概要で述べたとおり本工法においては、箱形ループ押し抜きと函体の推進が同時に進行するため、函体推進精度とともに箱形ループの施工精度（出来形）が軌道に影響を及ぼすことが経験的に言及されてきた。

このことから施工データより箱形ループ出来形と函体けん引中の地表面変位計測結果との比較を行った。箱形ループ出来形的设计値を0としたときの高低を図化したものを図-3に、函体けん引中のけん引日毎の地表面変位計測結果を図化したものを図-4に示す。

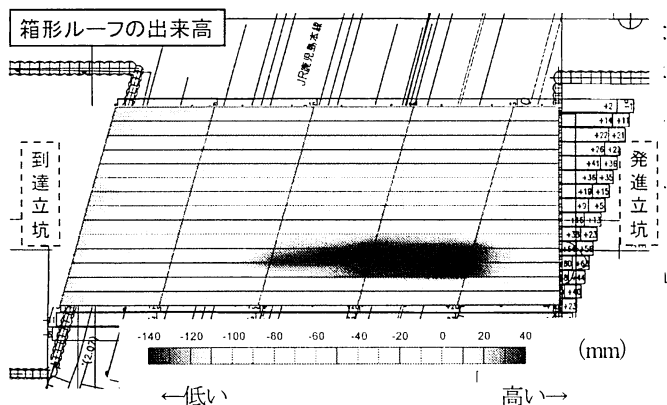
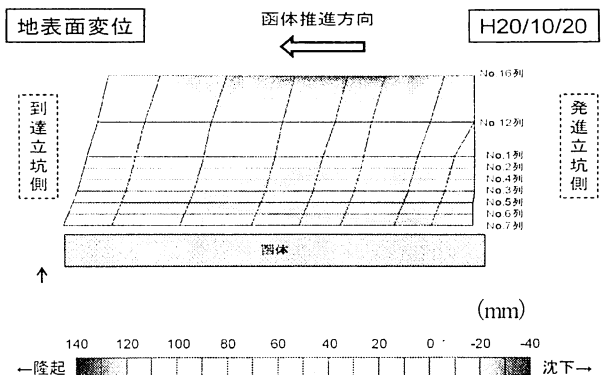
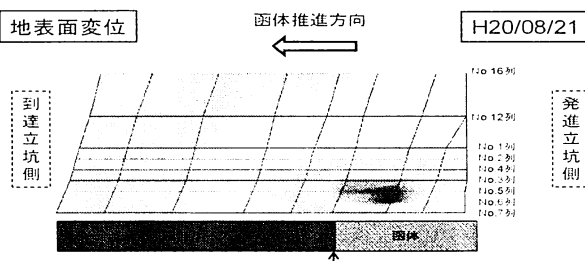
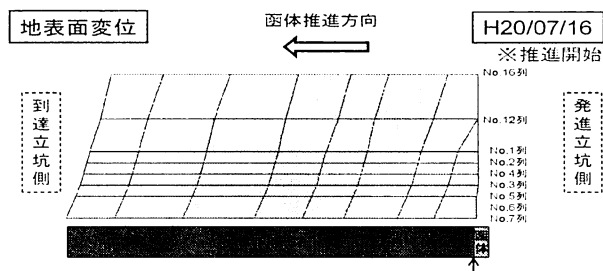


図-3 箱形ループ出来形（高低）

図-4 地表面変位

図-4は、函体けん引期間中の地表面変位計測結果を示したものである。施工の進捗に伴い、横断部全般に沈下傾向が生じた後に、発進立坑側に隆起が発生している。

図-3と比較すると地表面隆起の発生箇所は箱形ルーフ出来形の低い箇所とが対応していることがわかった。

同様に、箱形ルーフ出来形の高い箇所では隆起側に比べて動きは少ないが沈下傾向が確認された。

(2) 地表面変位の発生経緯

次に、図-4の函体到達時の地表面変位結果よりa)隆起が生じた列（箱形ルーフNo.5列）、b)隆起、沈下が少なかった列（箱形ルーフNo.12列）についてそれぞれ注目し、各列の差異について分析を進めた。なお箱形ルーフは当初の出来形をある程度保持したまま土中を動くものと仮定する。¹⁾

a) 箱形ルーフNo.5列

箱形ルーフNo.5列の出来形と直上の地表面変位の側面図から変位の発生状況を図-5に示す。

出来形の低い箇所に向かって下り勾配で配置された箱

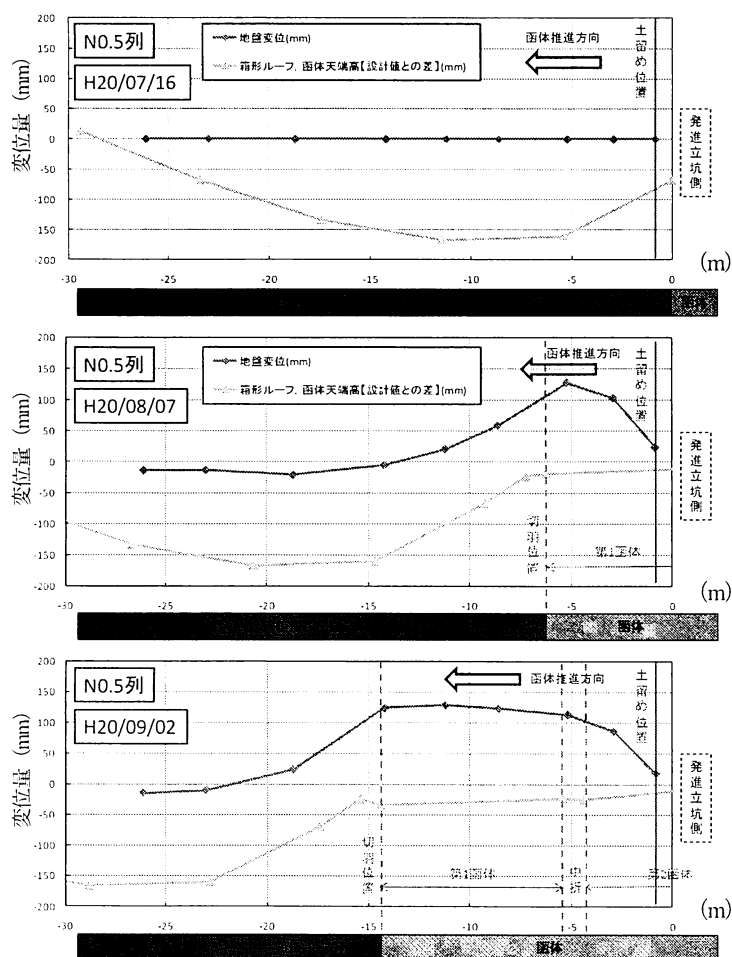


図-5 箱形ルーフNo.5列地表面変位

形ルーフが到達側へ動くことにより、地表面を押し上げていると考えられる。

また、出来形低い箇所についても水平に配置されているもの（5～10m付近）は到達側へ動いても地表面に与える影響は少なく、到達側に向かっての上り勾配（10～25m付近）部分は到達側へ動く際に地表面で沈下が生じていることが確認された。

b) 箱形ルーフNo.12列

箱形ルーフNo.12列の出来形と直上の地表面変位の側面図から変位の発生状況を図-6に示す。

出来形自体は全体的に低いものの、No.5で隆起を引き起こしていたような下り勾配で配置された箱形ルーフが無く、概ね水平に配置されているため結果として隆起、沈下量ともに小さかったと考えられる。

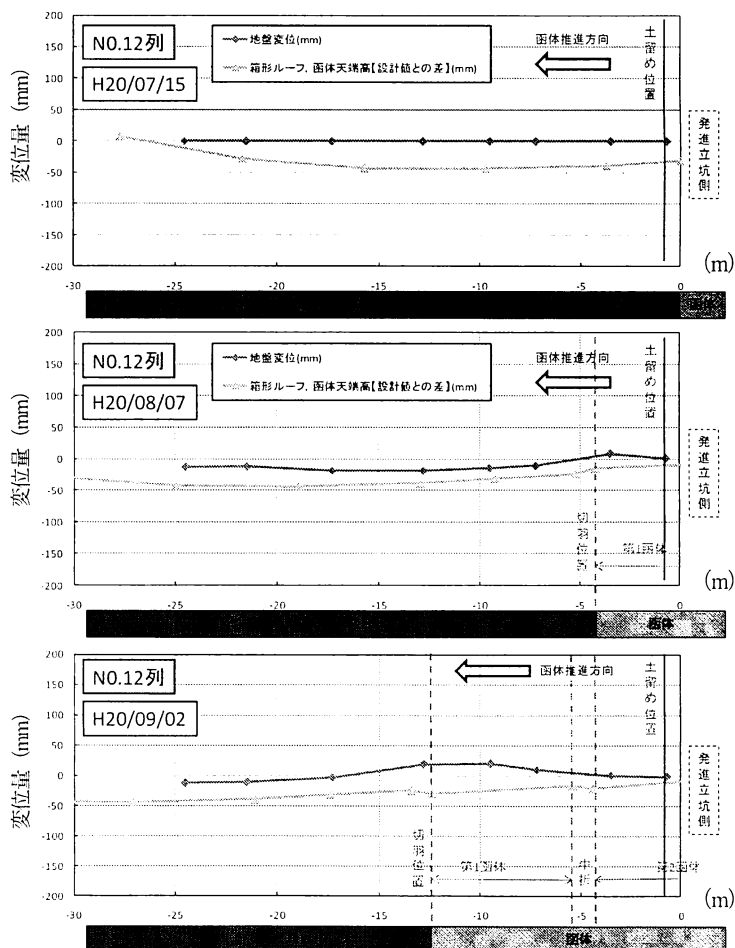


図-6 箱形ルーフNo.12列地表面変位

(3) 箱形ルーフ勾配と地表面変位量

箱形ルーフNo.5列と箱形ルーフNo.12列の比較より、出来形の高低箇所で隆起、沈下が生じる原因は、その前後の箱形ルーフの勾配によると考えられる。

また、その勾配の度合の大小が隆起、沈下量を決める一因となっていると考えられる。

なお収集した函体推進、けん引工法の施工データから、この傾向と同様のものがみられるものがあり参考として図-7に記載する。

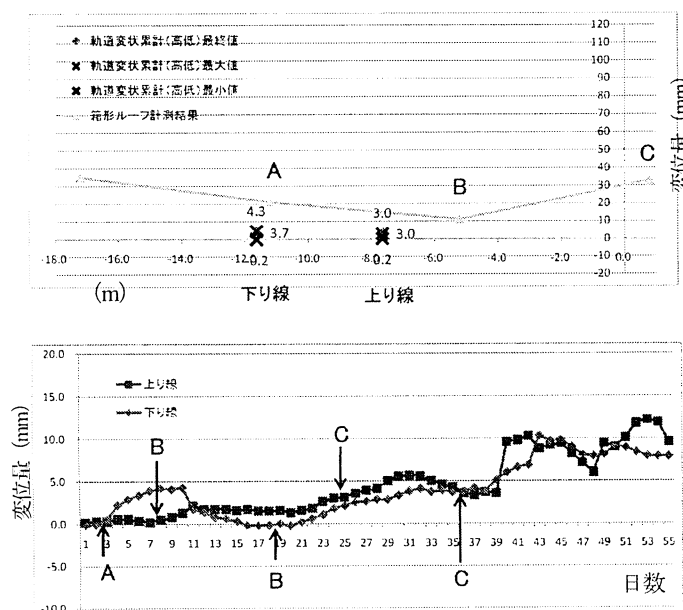


図-7 箱形ルーフ通過時の軌道累積変位

図-7は、ABCという緑色で示した下に凸出来形の箱形ルーフを図中右から左に押し抜いた際の、上り線、下り線の変位を横軸に日数、縦軸に変位の累計で示したも

のである。この図よりB→Cという下り勾配のものが通過する際は、やはり軌道は隆起傾向にあり、離れた上下線でも同じような挙動を示す様子が確認された。

4. まとめ

施工データより得られた知見は以下の通りである。

(1)箱形ルーフ出来形と地表面変位結果の比較より、箱形ルーフ出来形が所定より低い箇所で隆起、高い箇所では沈下が発生する傾向が確認できた。

(2)箱形ルーフ出来形を列別に比較した結果より、隆起、沈下量は下部を通過する箱形ルーフ勾配の影響が大きいと考えられる。また、勾配が同じであれば離れた測点でも似たような隆起、沈下の傾向を示す。

発生する隆起、沈下量については、上載土の土被りや土質により異なることが予想されるため、過去施工データからだけでは定量的な把握は難しいと考えられる。

引き続き様々な条件下の施工データの分析件数を増やすとともに、模型実験や数値シミュレーション等により解明を進めていく予定である。

参考文献

- 1) 岡野，山下，角，青野，船越，辻村：函体推進工法における函体推進時の現地計測，第66回土木学会年次学術講演会講演概要集(Ⅲ)，2011。

CONSTRUCTION DATA ANALYSIS OF BOX CULVERT PROPULSION AND PULL METHOD

Yasuhiko YAMASHITA, Noriyuki OKANO, Takahito FUNAHASHI,
Yuichiro SUMI, and Koji FUNAKOSHI

One of the non-open-cut tunneling method which can be constructed in a shallow position, generally used for under the railway has box culvert propulsion and pull method. In this method, like other non-open-cut methods, it may have an influence on the ground during construction of tunnel. And there is no prediction method of influence on the ground.

So we analyzed the past construction data, especially the finished work quality data of the box roof, for the purpose of grasping the causal relationship between pushing or pulling box culvert and displacement of ground surface.

We report the following items acquired as a result of analysis. 1)The relations between the finished work quality and the part of displacement of earth surface. 2)The details of the occurrence of the displacement of ground surface. 3)The factors in the displacement of ground surface.