

土被り0mでの函体推進

堀道明¹・古川誠²・藤田仁³

¹北海道旅客鉄道株式会社 工務部 (〒063-0802 北海道札幌市西区二十四軒2条1丁目3-60)

²株式会社奥村組 札幌支店 (〒060-0051 北海道札幌市中央区南一条東1丁目5番地)

³株式会社奥村組 技術本部 (〒108-8381 東京都港区芝5-6-1)

今回のアール・アンド・シー工事では、寒冷地特有の凍上現象を回避するため、凍上抑制機能を持たせたボックスカルバートを推進施工した。また、当工法の採用に伴って、土被り0mでの箱形ルーフ推進を行った。箱形ルーフの施工時には路床バラストの崩壊と線路の陥没を防止するため、箱形ルーフ先端に特殊金物を取付ける方法を採用した。これらの結果、線路に影響を及ぼすことなく精度良く推進することが出来たので工法の概要と施工結果を報告する。

キーワード：アンダーパス工事，非開削工法，R & C工法，凍上防止対策工，土被り0m

1. はじめに

JR根室線下をアール・アンド・シー工法（以下R & C工法に略称）により最小土被り0mでアンダーパス工事を施工した。R & C工法とは、矩形の鋼管を用いた箱形ルーフを函体設置位置に推進により施工し、別途築造した函体を推進または牽引することにより箱形ルーフと置換してアンダーパス工事を施工する工法である。

寒冷地におけるアンダーパス工事では、「土の凍上」により土中の水分が凍結し軌道を隆起させるため軌道に悪影響を与えることが多い。

2. 工事概要

工 事 名：札幌南大通B v 工事

発 注 者：北海道旅客鉄道株式会社

工 期：2004年9月～2007年3月

工事内容：

- ・立坑2箇所
- ・函体製作 2基
H7.9m×B16.9m×L6.3m, 13.7m
- ・箱形ルーフ工
延長21.0m 水平部19本 鉛直部12本
- ・函体推進工 全長21.0m
(推進延長18.0m, 空押し3.0m)
- ・函体推進設備 1式

土 質：

0～-5.5m 砂 礫 層

-5.5m～-6.7m シルト層

-6.7m～-9.0m 砂 礫 層

3. R & C工法の概要と施工順序

(1) 工法の概要

R & C工法とは、軌道や道路の防護工として矩形断面の箱形ルーフ（標準断面800×800）を用いる。これを設置するボックスカルバートの外縁に合致するように、予め横断区間全長に貫通させておき、その後、ボックスカルバートを推進することにより箱形ルーフを置換して地下構造物を構築するアンダーパス工法である（図-1参照）。

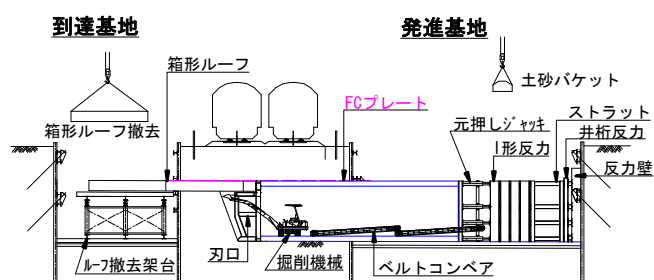


図-1 R & C工法概略図（推進式）

なお、ボックスカルバート推進中の地山との摩擦を低減するため、水平部の箱形ルーフ上部には縁切り用鉄板（フリクションカットプレート：以下FCプレートと称す）を設置する。推進時には先端部の固定を解除してFCプレートの下で箱形ルーフとボックスカルバートのみが移動して置換される。

(2) 施工順序

- ・ 第1工程（箱形ルーフ設置）
 - ①箱形ルーフ推進架台設置（発進立坑）
 - ②水平部箱形ルーフ設置
 - ③鉛直部箱形ルーフ設置

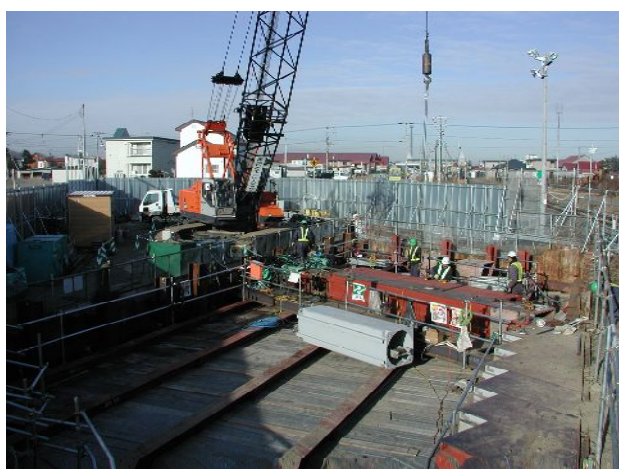


写真-1 水平部箱形ルーフ施工状況



写真-3 第2函体築造完了状況



写真-4 刃口組立状況



写真-2 箱形ルーフ施工完了状況



写真-5 函体築造完了状況

- ・ 第2工程（函体推進設備工）
 - ①刃口組立
 - ②函体（ボックスカルバート）築造
 - ③反力壁築造，反力設備設置
 - ④箱形ルーフ撤去架台設置（到達立坑）

- ・ 第3工程（函体推進）
 - ①函体部掘削，函体推進
 - ②反力材（I形反力，ストラット）設置

③箱形ルーフ撤去

④①～③の作業の繰り返し



写真-6 推進設備設置状況

・第4工程

①刃口取出し，解体・撤去

②所定の位置まで空押し

③推進設備撤去

④裏込め注入



写真-9 推進完了状況



写真-7 函体推進状況

4. 本工事で採用した凍上防止対策工法

(1) 凍上防止対策採用の背景

先に述べたように、北海道などの寒冷地特有の現象として「土の凍上現象」がある。冬季気温が下がり地盤中が零下になると土の間隙水が凍結し、体積膨張が生じて軌道を表土ごと不均一に持ち上げ、結果軌道狂いが発生する。特にアンダーパスを行う箇所では、設置したボックス空間を冷気が吹き抜けることによる冷却効果と地下水循環が途絶えることや地熱供給の停止による土の凍結のため、凍上現象が軌道管理上の問題となっている。本工事における温度解析結果の温度コンター図を図-2に示す。これによりアンダーパス設置箇所は、一般部に比較して早期に周辺地盤が冷却されることがわかる。

これまで非開削工法によるアンダーパスの凍上を防止する対策としては、アンダーパス構造物の土被りが浅い場合は、函体設置後に開削工事により断熱材の敷設や道床交換・路盤入替を行い、土被りが深い場合は、凍上防止用タイトプレート挿入や融雪剤散布により対処してきた。しかし、函体の推進が完了してからの施工は軌道への影響及びコスト面で大きな問題がある。



写真-8 箱形ルーフ撤去状況

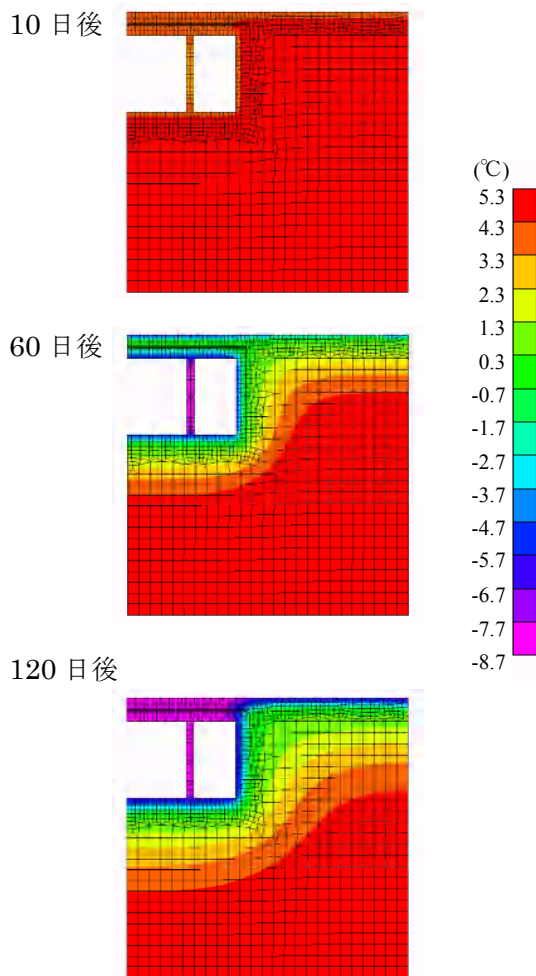


図-2 温度解析結果

(2) 開発した凍上防止対策工法の概要

以上のことから、本工事では予め函体の上部に凍上防止材料を設置した対策を施し、函体と共に施工することで、断熱材の設置や良好な路盤の新設が函体設置と同時に非開削工法で行えるように、図-3に示す新たな凍上防止対策工法を実現した。

本工法は、土被りが浅い場合には道床・路盤の置換を主とし、土被りが深い場合には断熱層・透水層の形成を目的としている。

本工事の函体の土被りは約0.9mであり、この土被り部に相当する部分に予め凍上防止材（碎石）を入れたコンクリート枠を函体上部に設置し、函体と同時に土被り0mで推進した。R & C工法では初めての凍上防止対策工法の施工であった。今回凍上防止抑制材は図-3の側面図に示す通り、排水勾配を確保するとともに①碎石による置換部、②断熱材部、③未対策部を試験的に設置し、計測工を行って各抑制材の有効性を確認した。

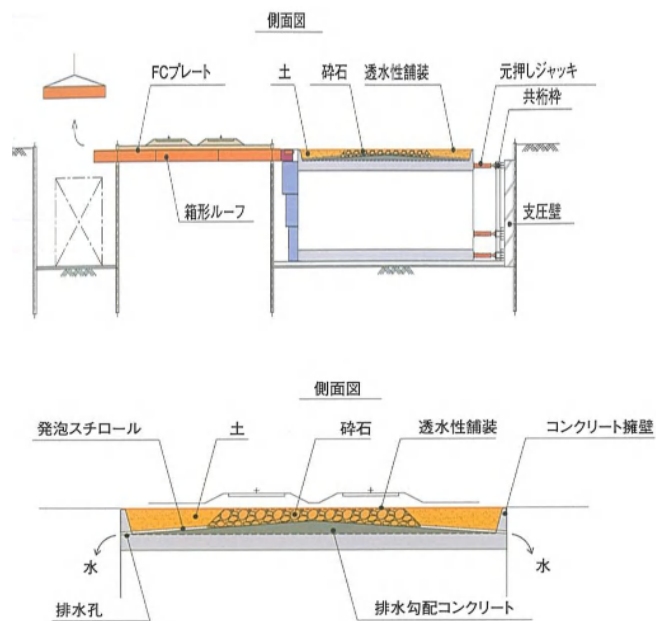


図-3 凍上防止対策の概要図

(3) 土被りゼロ下での箱形ルーフの施工

a) 施工条件

前述のように、函体推進と同時に非開削で凍上防止対策を行う工法としたため、土被り厚さがゼロの厳しい条件下で箱形ルーフを施工せざるを得なくなった。

事前の試掘において図-4に示すように路盤より約30cm下まで道床バラストが混在していることが判明し、線路に陥没が発生することが懸念された。

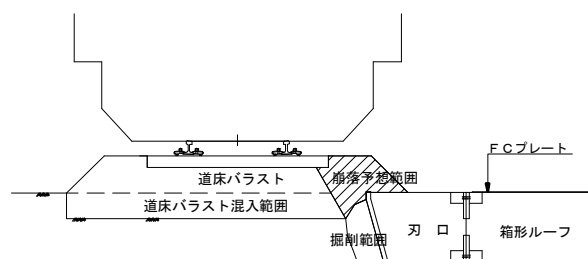


図-4 道床バラスト崩壊想定図

b) 箱形ルーフの特殊刃口の製作

箱形ルーフの推進に際して上部の崩壊を防止するためには、刃口先端上部が土中に貫入した状態で掘削できることが条件となるが、図-4に示すように刃口内部に道床バラストがあるため、通常の刃口では刃口先端上部の掘削が困難である。また、上部を掘削した時点で道床バラストが崩壊する可能性がある。そこで、箱形ルーフ推進時に貫入抵抗が小さいこと、道床バラストが混在する地山に貫入し易いこと、道床バラストの崩壊を防止することを目的とし、刃口

先端にブレーカ用チゼルを櫛状に配列した特殊刃口を製作した。図-5、図-6に特殊刃口製作図、写真-10に特殊刃口を示す。写真-11に切羽の状況を示す。

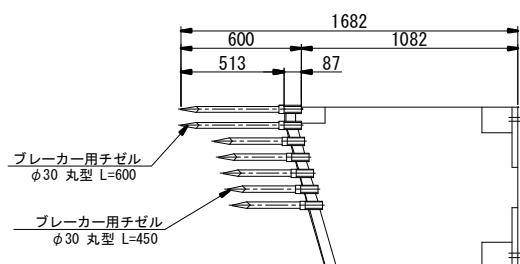


図-5 特殊（櫛歯型）刃口製作図

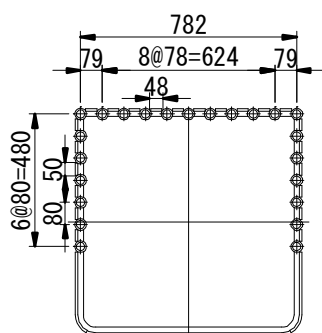


図-6 チゼル配置図

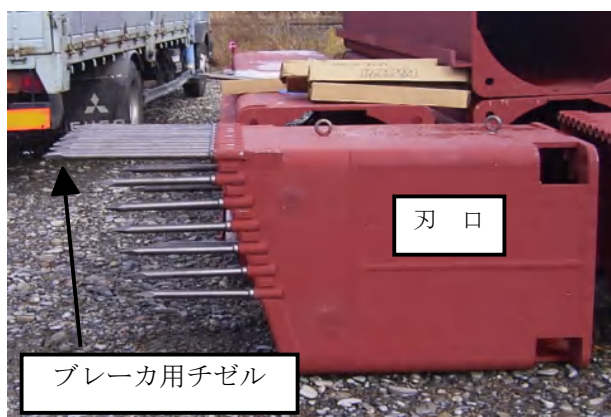


写真-10 刃口製作



写真-11 刃口内掘削状況

C) 施工方法と結果

図-7に示すように、箱形ルーフ刃口先端のブレーカ用チゼルを地山に貫入させ、刃口先端から地山を30cm程度先掘しチゼルより20cm程度先受した状態で掘進作業を実施した。チゼル間隔は、道床バラストが掘削内部に落下しないよう4.8cmで計画した（図-6）。道床バラストの内部への落下も無く、道床バラストの崩壊は発生しなかった。

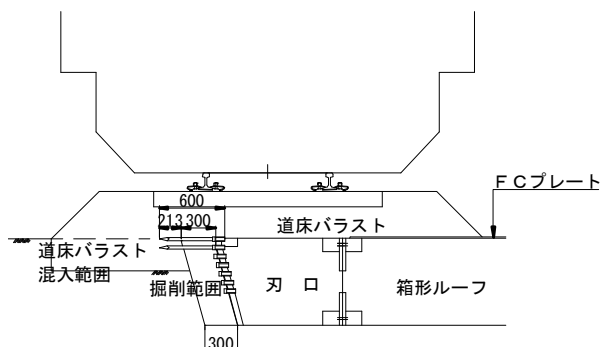


図-7 特殊（櫛歯型）刃口による施工状況図



写真-12 刃口到達状況

5. 凍上防止対策の効果の確認

凍上防止対策工による効果の検証を目的に計測工を実施した。計測は図-8に示すようにカルバートボックス上部の碎石置換部、断熱材部、未対策部の各凍上防止抑制材設置部に加えて一般地盤部の4箇所に、変位計と温度計を設置して鉛直変位と温度を計測した（写真-13、写真-14）。凍上量は埋設型の変位計にて測定し、温度については埋設型の温度計を使用し、測点部の地温と外気温を測定した。

図-9は凍上量の測定結果を示す。凍上量については、その変位量が最も小さかったのは碎石置換部で

[illegible]

A photograph showing a large, dark, rectangular structure, possibly a container or part of a ship, with a red fire extinguisher in the foreground. The structure has a yellow safety railing on top. The ground is dark and wet, and there is a black hose or cable lying on it.

A photograph showing a rectangular area filled with dark gravel. Two red circular markers are placed on the gravel surface. Two green and white striped traffic cones are also visible, one near the top left and one near the bottom left. In the background, there is a concrete wall and some construction equipment.

凍上量の比較 (H17. 12. 10～H18. 1. 21)

凍上量mm

外気温℃

外気温

No.1(断熱)凍上量

No.4(一般部)凍上量

No.2(砕石)凍上量

H17. 12. 10 H17. 12. 24 H18. 1. 7 H18. 1. 21

観測年月日

凍上量の比較 (H18. 11. 7～H19. 5. 11)

凍上量mm

気温℃

— No.1凍上量(断熱区) — No.2凍上量(碎石置換区) — No.3凍上量(未対策区)

— No.4凍上量(一般部) — 外気温

No.3(未対策)凍上量

外気温

No.1(断熱)凍上量

No.4(一般部)凍上量

No.2(碎石)凍上量

観測年月日

今回のアンダーパス工事では、凍上現象を回避するため、凍上防止機能を有する函体を推進施工した。施工結果をまとめると以下の通りである。

①今回採用した凍上防止機能を有する函体の推進工法により、凍上防止効果を確認でき、線路に影響を及ぼすことなく施工することができた。

②当工法の採用に伴って、土被り0mでの箱形ルーフ推進を行った。箱形ルーフ先端に取付けたチゼルの効果により線路のバラストの崩壊もなく安全に推進することができた。

-102-