

寒冷地トンネルにおける覆工コンクリートの気温変動に対する挙動

○(株)地崎工業 技術部 正会員 川合 武
 (株)地崎工業 技術部 正会員 須藤 敦史
 北海道大学大学院工学研究科 フェロー会員 三上 隆
 土木研究所寒地土木研究所 正会員 佐藤 京
 土木研究所寒地土木研究所 正会員 西 弘明

1. はじめに

北海道における山岳トンネルは冬期の間、厳しい気象環境に曝されるため、地山凍上等による覆工コンクリートのひび割れや変形などの凍害を受ける危険性が高く、道内の在来工法で施工された道路トンネルの約半数は何らかの凍害による変状が認められている¹⁾。

そこで、北海道開発局では新設・既設のトンネルにおいて坑口部の一定区間に地山凍結防止の目的で断熱材を施工しているが、特に坑口部周辺の覆工コンクリートは地山の凍害による損傷や寒気による乾燥・収縮などによるひび割れの発生が懸念される。

よって、図.1 に示すように寒冷地トンネルにおける覆工コンクリートの凍害・ひび割れなどの劣化評価およびその進展過程を定量的に把握する目的で覆工コンクリート本体および天端部（表面）のひび割れにおいて気温変動に伴う挙動の長期観測等を実施しており、本論文では観測データの一部を報告するものである。

2. 坑口の気温

北大雪トンネル上川側坑口および坑内100m地点で観測期間1999年9月23日～2003年3月31日において観測された平均気温の変動を図.2に示す。

ここで観測期間で各年とも坑口部の最低気温は-26℃程度を記録しており、加えて90日程度が日平均最低気温-10.0℃以下となり、そのうち約50日程度日平均最低気温-15.0℃以下を示している。

また図.2 より、トンネル坑内延長方向の気温変動は坑口部気温に伴い変動しており、加えて坑口からの延長距離が長くなるにしたがって変動幅も小さくなり、かつ平均気温も上昇している。

3. 覆工コンクリート鉄筋（坑口部）の温度応力²⁾

坑口部周辺の覆工コンクリートは寒気の影響を直接受ける。そこでトンネル坑口部の覆工コンクリート鉄筋において気温変動に起因して作用する繰り返し応力と気温変動の観測値を図.3に示す。

図.3 より夏期・冬期における気温変動に伴って覆工コ

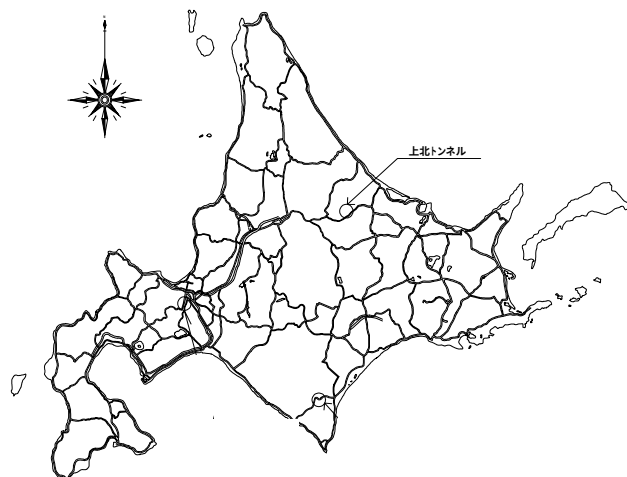


図.1 北大雪トンネル位置図

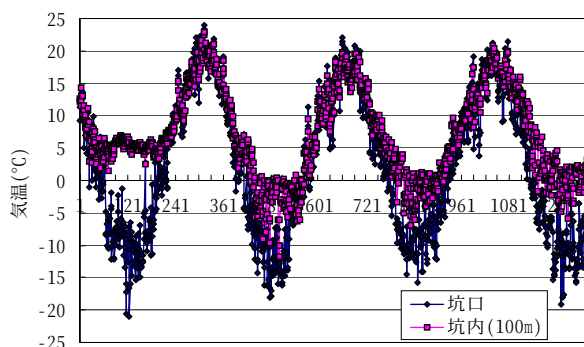


図.2 坑口・坑内（100m）の気温変動（1999年～2003年）

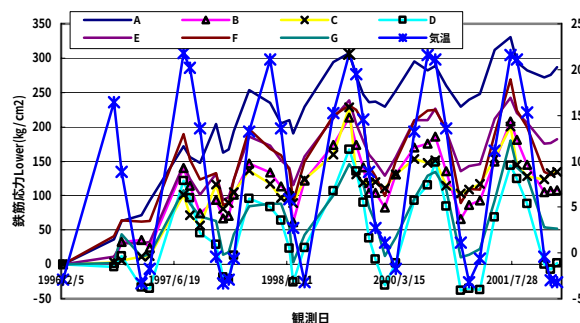


図.3 覆工鉄筋（坑口）の気温変動による応力変動

ンクリートの鉄筋応力が増減を繰り返している。

キーワード: 寒冷地トンネル, 覆工コンクリート, ひび割れ, 長期挙動

連絡先 (〒105-8488 東京都港区西新橋 5-11-3 TEL 03-3436-3178 FAX 03-3502-2646 E-mail 1714@chizaki.co.jp)

4. 気温変動に起因する覆工コンクリートの挙動³⁾

覆工コンクリートおよび覆工コンクリートに生じたひび割れの気温変動に伴う挙動を把握する目的で、覆工コンクリートの打ち継ぎ目における開口幅と天端部に生じたひび割れの長期観測を実施した結果を以下に示す。

まず、トンネル坑内（坑口より 100m）の覆工コンクリートにおける打設継ぎ目幅の気温変動に起因した挙動を図.4 に示す。図.4 より、覆工コンクリートの打設継ぎ目は、冬期には開き（約 2.5mm）、夏期には閉じている（約 0.5mm）ことより、覆工コンクリートは坑内の気温変動によりトンネル軸方向に伸縮を繰り返している。

次に、トンネル坑内の覆工コンクリート天端部（表面）に発生したひび割れ幅の気温変動に起因した挙動を図.5 に示す。図.5 より、覆工コンクリート（天端）表面のひび割れ幅は冬期に開き（0.6～0.7mm 程度）、夏期には閉じていることより、覆工コンクリートは坑内の温度変動によりトンネル周長方向にも伸縮を繰り返している。

図.5 よりひび割れは温度変動に伴う伸縮であり、進行性では無いと推測されるが、長期ひび割れ（幅）の観測を実施して寒冷地トンネルにおける覆工コンクリートに生じたひび割れの特性およびその評価のための基礎データを今後も蓄積していかなければならない。寒冷地トンネルにおいて覆工コンクリートに生じたひび割れは坑内気温に伴い変動（開閉）を繰り返しているため、トンネル点検を実施する際には坑内・坑外気温を明記してひび割れ状況を総合的判断しなければならない。

6. 覆工・吹付けコンクリートと地山の温度変動

このトンネルはNATMによる新設トンネルであり坑口部の一定区間（吹付けコンクリートと覆工コンクリート間）に地山凍結防止の目的で設計気温に応じた断熱材を施工（7cmと5cm）しており、断熱材の効果および耐久性を確認する目的で覆工各部の温度観測も同時に行っている。

ここで、坑口部気温と覆工の各断面内（①覆工壁面、②覆工中間部、③断熱材前面、④吹付け前面、⑤吹付け中間部）における温度の経時変化を図.6 に示す。図.6 より、覆工コンクリートで2.0～3.0℃、断熱材では4.0～6.0℃の断熱効果、また吹付けコンクリートでは1.0～2.0℃である。

7. ま と め

今後も寒冷地トンネルにおける覆工コンクリートなどの挙動観測などを継続していく予定である。最後にこの報告は北海道土木技術会（TMS 分科会）における研究の

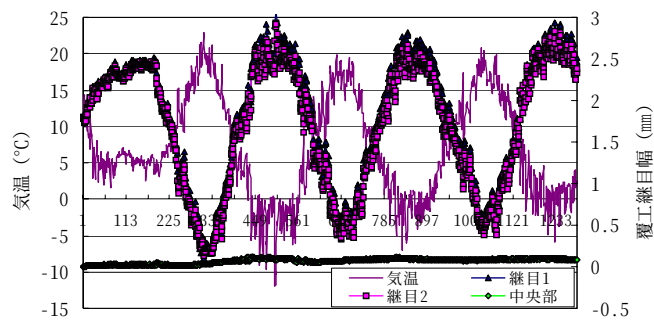


図.4 覆工コンクリートの気温変動による挙動

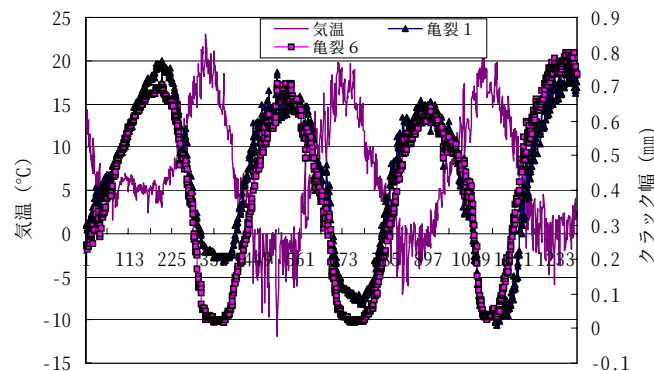


図.5 覆工コンクリートひび割れの気温変動による挙動

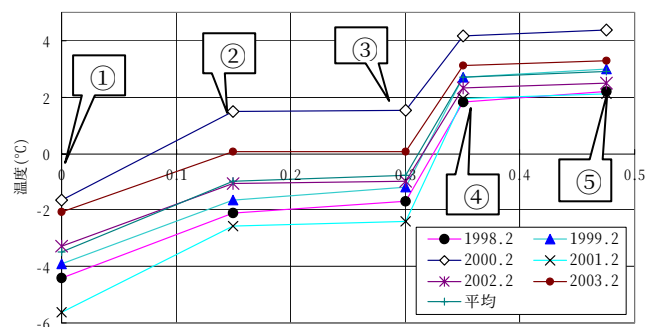


図.6 覆工・断熱材・吹付けの温度分布

一部であり、関係各位に謝辞を示す。

【参考文献】

- 1) 坂本稔, 川北稔, 五十嵐敏彦: 道路トンネルの変状実態-北海道の場合、トンネルと地下, 第20巻5号, pp.31～35, 1989.
- 2) 角谷俊次, 三上隆, 岡田正之, 河村巧, 須藤敦史: 既設トンネルにおける完成後 10 年間の B 計測挙動について、TMS (旧凍結防止) 分科会報告、北海道土木技術会トンネル研究委員会、トンネル技術研究発表会論文集, 2004.
- 3) 岡田正之, 三上隆, 川村浩二, 須藤敦史, 角谷俊次: 寒冷地トンネルの長寿命化における二次覆工コンクリートの基礎考察、土木学会、第 59 回年次学術講演会講演概要集, VI-396, 2004.