

ノルウェーにおけるトンネル断熱材の設計気温について

Design Temperature of Frost Protection in Norwegian Design Guide

(株)地崎工業 土木部技術課 正会員 須藤 敦史(Atsushi SUTOH)
 北海道大学大学院工学研究科 フェロー会員 三上 隆(Takashi MIKAMI)
 (株)地崎工業 北海道本店土木部 ○正会員 河村 巧(Takumi KAWAMURA)
 (株)ドーコン 構造部 正会員 岡田 正之(Masayuki OKADA)
 (株)エーティック 計測部 正会員 角谷 俊次(Shunji KADOYA)

1. はじめに

北海道の道路トンネルでは坑口周辺における地山の凍結防止の目的で、新設トンネルは一次覆工と二次覆工の間(内部)に、既設トンネルは二次覆工の表面部(外部)に断熱材を施工している。

しかし、寒冷地のトンネルは冬期に様々な現象の影響を受けるため、合理的な設計は非常に難しく、表-1に示す設計・施工に関する調査・試験・研究を現在も継続中である^{1),2),3),4)}。

表-1 断熱材設計に関する調査・研究項目

設計法	内部	坑口・坑内気温(環境)観測
		効果観測(熱伝導解析)
		算定式の確立・改良
	外部	算定式の確立・改良
長期安定性	内部	物性試験
	外部	効果観測

そこで本報告は、代表的な寒冷地であるノルウェーのトンネル設計ガイドライン⁵⁾における断熱材設計に関する部分と国内で現在までに得られている知見の比較を試みている。

2. 断熱材の設計温度

ノルウェーのトンネル設計ガイドラインでは、断熱材設計に用いるトンネル坑口の気温は統計局から出版されている各都市の凍結に関する資料(温度)を用いることを基本としている。

加えて地形・地理的な条件を考慮して簡便式における凍結気温の見極めが必要であるとも記述されている。

ノルウェーの道路建設では、凍結に関する温度基準として凍結積算温度 F_{10} が用いられており、また簡易的な設定法として

図-1に示す年平均温度と F_{10} の換算図が示されている。

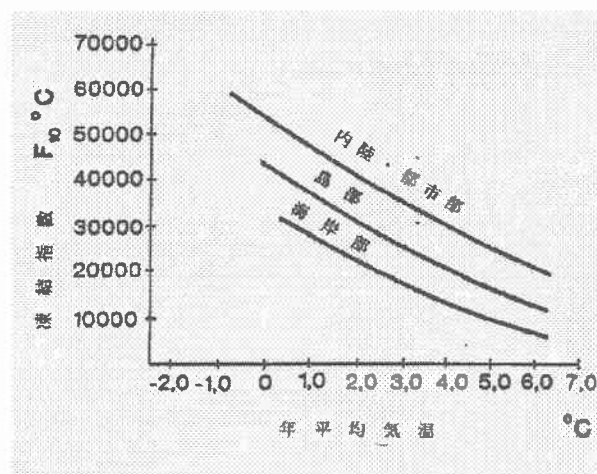


図-1 年平均温度と凍結積算指数 F_{10} の換算図

表-2 地形・地域による標高補正

位置	°C/100m 標高差
1 険しい沿岸地域(標高差大)	-0.70
2 開けた島地域(標高差大)	-0.60
3 島地域における狭い谷(標高差小)	-0.30
4 島地域における開けた谷(標高差小)	-0.14

ここで F_{10} は10年の間に氷点下になる日と温度を積算した値である(なお基本気象データは30年)。また標準的な標高補正は表-2より求めている。

一方、開発局の設計・施工指針では気温変動を式(1)に示す年平均気温 U_m と年振幅 A_y を有する正弦関数で表現し、計画トンネル近傍のアメダスの年平均気温と年振幅の平均より設定する

のが一般的である。

$$U = U_m - A_Y \sin\{2\pi(t - t_0)/365\} \quad (1)$$

U_m : 年平均気温, A_Y : 年振幅, t : 経過日数(t_0 : 調整日数)

3. トンネル坑内(延長方向)の温度

ノルウェーのトンネル設計ガイドラインでは, 延長方向の地山凍結(寒気の侵入)に対していくつかの理由を列挙している。

- ① 短いトンネル(<500m)では, 延長方向の地山凍結は冬期に優勢な風の方向に依存する。
- ② 縦断勾配を持つ長いトンネルでは, 通気の方向は煙突効果(両坑口の気圧差)に支配される。
- ③ 長いトンネルでは, トンネル内の強制換気が増幅される。
- ④ 交通車両の排気(ピストン)効果も存在する。
- ⑤ 沿岸部のトンネルに著しい現象, 両坑口の標高差は小さく凍結延長は長くなる。現在, 詳細は研究中である。

ここで強制換気されている延長 600m 以上のトンネルにおける延長方向における凍結積算温度の変化を図-2 に示す。また通常凍結延長は坑口から 100m~200m 以上は施工しない。

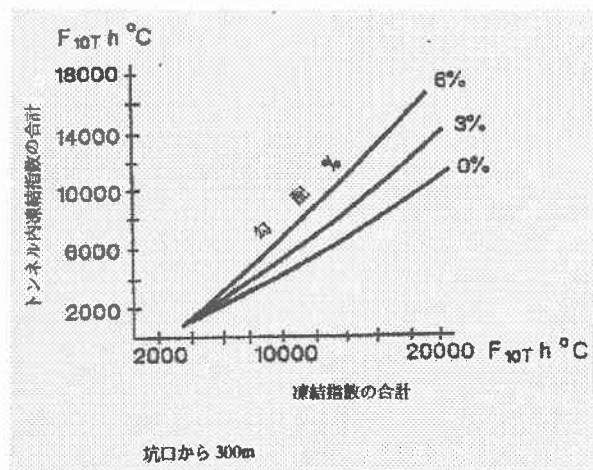


図-2 長い道路トンネルにおける凍結気温

一方, 凍結分科会では坑内の風速(0.5m/sec 以下・1.5m/sec 以上)でトンネル延長方向の温度上昇(図-3)を求めている。

3. まとめ

本報告では寒冷地トンネルの断熱材設計においてノルウェーの設計仕様と現在までに得られている知見の比較を試み, 以下

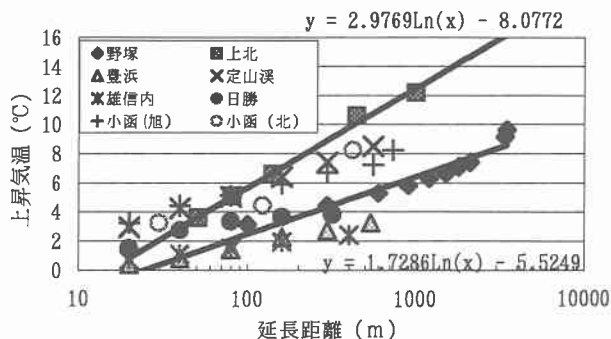


図-3 トンネル坑内の気温上昇(北海道)

の結論が得られた。

- 1) 坑口の気温は統計的な気象データから推定され, 標高補正を行っている。
- 2) トンネル延長方向に関する気温上昇も算定している。

本報告は北海道土木技術会トンネル研究委員会(凍結防止分科会, 現トンネルマネジメントシステム分科会)における研究業務の一部であり, ここで関係各位に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 三上 隆, 林 憲造, 権田 静也: 寒冷地道路トンネルの断熱材設計のための実用的な温度算定式の提案, 土木学会論文集, No.498/VI-24, pp.872-93, 1994.
- 2) 須藤 敦史, 三上 隆, 岡原 貴司, 岡田 正之: 寒冷地トンネルの温度変動について, トンネル工学研究論文・報告集第10巻, 報告-28, pp.251-256, 2000.
- 3) 須藤 敦史, 三上 隆, 岡田 正之, 飯塚 哲吾: トンネル内(延長方向)の気温変動について, 寒地技術論文・報告集, Vol.17, pp.66-73, 2001.
- 4) 岡田 正之, 三上 隆, 須藤 敦史: 寒冷地道路トンネルの外部断熱材厚さの実用的な算定法について, 寒地技術論文・報告集, Vol.13, pp.213-218, 1997.
- 5) Road Tunnels (Norwegian Design Guide), Norway Public Roads Administration, pp.59-65, 1990.