

VI-337

断熱材施工された寒冷地道路トンネルの温度特性

北海道大学 学生員 青野 正志

北海道大学 正 員 三上 隆

北海道開発局 正 員 佐藤 昌志

1. はじめに

寒冷地道路トンネルでは、地山凍結による覆工の変形等、凍害を受ける危険性が大きい。そのため、新設トンネルでは一次覆工と二次覆工の間に、既設トンネルでは覆工表面に断熱材が施工される。

ここでは、断熱材施工されたトンネル・地山系の温度応力特性の検討のための第1ステップとして、非定常熱伝導解析を行い、系の温度分布特性を明らかにする。

2. 解析概要

(1) 解析方法

本解析においては、2次の有限要素で離散化して得られる熱伝導方程式(1)に、Crank-Nicolson 法を適用して、トンネル・地山系の温度を求める。

$$[C]\left\{\frac{\partial T}{\partial t}\right\} + [K]\{T\} = \{f\} \quad (1)$$

ここで、 $[C]$ 、 $[K]$ はそれぞれ熱容量マトリックス、熱伝導マトリックス、 $\{f\}$ 、 $\{T\}$ はそれぞれ熱流束ベクトル、温度ベクトルを示す。

(2) 解析モデル

本解析に用いた解析モデルを図-1に示す。断熱材無しモデルと断熱材を覆工内部および表面に施工した場合のモデルを示している。トンネルは円形断面とし、中心から覆工表面までのトンネル内空距離、覆工厚はどの場合においてもそれぞれ4.5m、0.4m、(b)、(c)のモデルについては覆工内部および表面に5cmの断熱材が施工されている。なお、解析は約90要素に分割し、時間刻みは3時間を用いた。

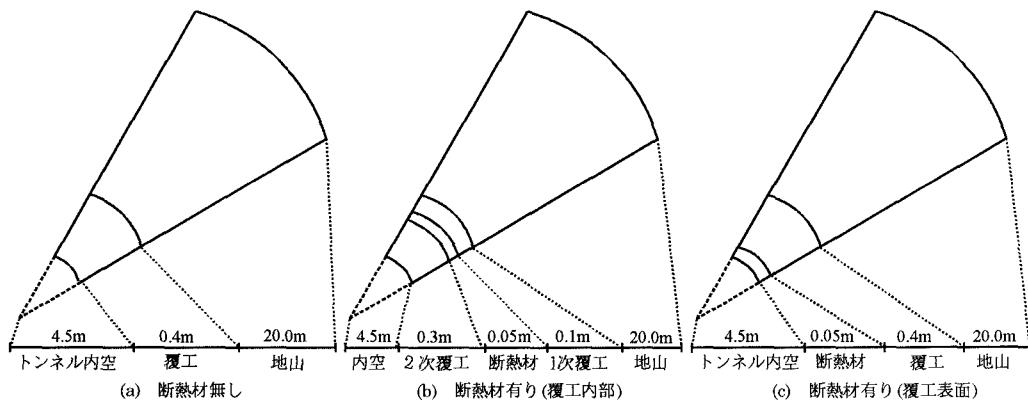


図-1 解析モデル

解析に用いた材料定数は、覆工については熱容量(ρ_c)=400.0(kcal/kg $^{\circ}$ C)、熱伝導率(k)=1.0(kcal/mh $^{\circ}$ C)、断熱材については ρ_c =40.0、 k =0.02、地山については ρ_c =500.0とし、熱伝導率 k を k =0.5、1.0、1.5、2.0と変化させ解析を行った。

また、トンネルの内空側には、夏と冬の場合を想定し次のような条件を設定した。

- ・夏モデル：1 $^{\circ}$ Cのステップ状に変化する入力温度、熱伝達率 α =5.0(kcal/m 2 h $^{\circ}$ C)
- ・冬モデル：-1 $^{\circ}$ Cのステップ状に変化する入力温度、熱伝達率 α = ∞

3. 解析結果

夏モデルの解析結果を図-2に示す。どの場合においても地山の熱伝導率 k が小さくなる程、覆工内部の温度が高くなり、断熱材を施工すれば、一次覆工と地山接触部の温度は入力温度に対して小さくなり、覆工表面に断熱材を施工する場合に著しい。

冬モデルの解析結果を図-3に示す。熱伝達率 $\alpha=\infty$ と仮定したため、内部の温度の絶対値は夏モデルの場合より大きくなっている。断熱材の施工位置の相違の影響は、温度の正負の相違を除き夏モデルに同じである。

以上のように、断熱材を施工すればトンネル内部の温度分布に大きな影響を与える。今後は、温度応力に与える影響を明らかにしたい。

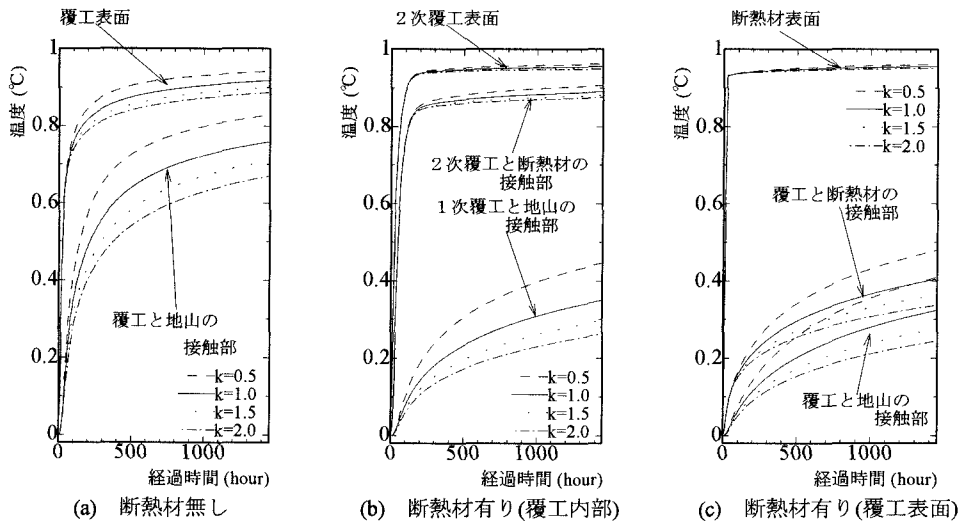


図-2 地山の k が温度に与える影響(夏)

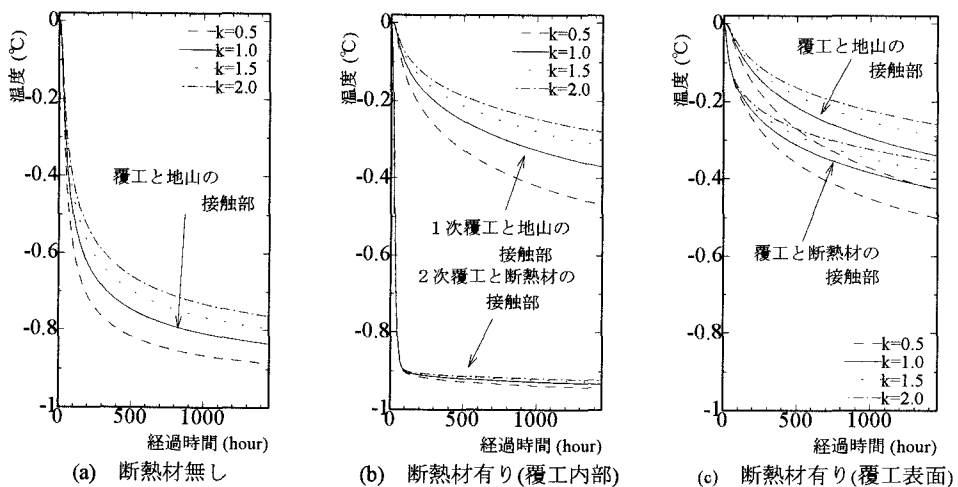


図-3 地山の k が温度に与える影響(冬)