

アスファルト系トンネル断熱材の応力緩和特性に関するモデル実験

（独）北海道開発土木研究所 正会員 伊藤憲章
 北海道大学大学院工学研究科 フェロー 伊東佳彦
 東亜道路工業（株）技術研究所 森吉昭博
 吉武美智男

1. はじめに

北海道のような積雪寒冷地のトンネルにおいては、地山の凍上による覆工の変状など、いわゆる凍害を受けることがあり、維持管理上の問題となっている。従来より施工されてきた、トンネル覆工背面の凍結防止のための発泡ウレタン系断熱材が、フロン対策のため近い将来使用できなくなるため、我々はフロンを使わない新しいタイプのアスファルト系断熱材を開発した。この素材はすでに実トンネルでの舗装下の断熱材として使用されているが、本文では、この材料による応力緩和特性について、室内のモデル実験装置を用いて検討した結果について報告する。

2. アスファルト系断熱材の概要

本アスファルト系断熱材は、アスファルト乳剤、セメントおよびガラスビーズ等から構成される複合材料であり、これらを混合拡散させた後、珪酸ソーダを添加する。すると5～30秒でゲル化し、時間がたつにつれて粘性が増して、約60秒後にはセメントの水和反応によって硬化してゆく。またゲルタイムは珪酸ソーダの量により調整できる。硬くなった混合物は、他の材料に比べ低熱伝導率、低透水率、高弾性係数、高粘性および高付着力を有している。

3. アスファルト系断熱材の物理性状

このアスファルト系断熱材の物理性状は表-1に示すとおりである。

表-1 アスファルト系断熱材の物性

単位体積重量	0.98 (g/cm ³)
一軸圧縮強度	0.68 (MPa)
透水係数	1.5 × 10 ⁻⁹ (cm/sec)
熱伝導率	0.1 (kcal/mhr)
凍結融解試験	合格 (300サイクル)
破壊ひずみ	0.5 (%)

4. ミニトンネルによるモデル実験

4-1 モデル実験の概要

本モデル実験は図-1に示すような内寸1,600×1,000mm、深さ500mmの箱状の膨張性地圧測定用の実験装置を用いて行った。この周囲の枠全体を油圧ジ

キーワード アスファルト, 断熱材, 応力緩和, 荷重分散

連絡先 〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目1-34 (独)北海道開発土木研究所 011-841-1775

ャッキにより移動させ、載荷板側面のロードセルと変位計により、載荷荷重と変位量を計測した。

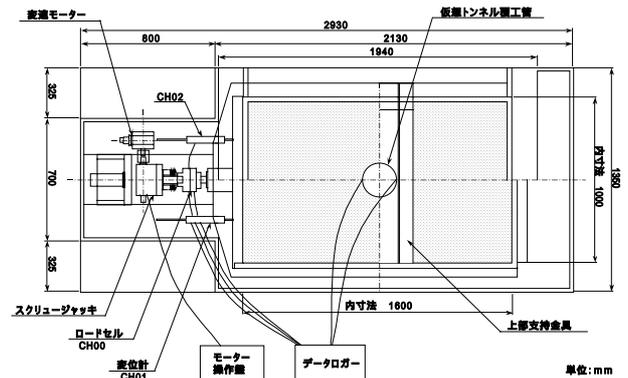


図-1 膨張性地圧測定用実験装置

トンネルのモデルとしては、図-2に示すような直径200mm、厚さ2.3mm、高さ500mmの鋼管を用いて実験を行った。この仮想トンネル覆工管には載荷面に対して正面および背面の裏側の深さ10cm、25cm、40cmの位置にひずみゲージを張り付け、これに作用する水平および垂直ひずみを測定した。

モデル実験は、この覆工管にアスファルト系断熱材を、厚さ0cm（巻かない状態）、2cm、4cm、6cmと各々巻いたものを使用して行った。覆工管の上下部（15mm）は、上部支持金具等により固定されており、その周りには、石炭灰にセメントを添加混合した流動化処理土（圧縮強度：400KN/m²）を満たし、地盤モデルを作製した。

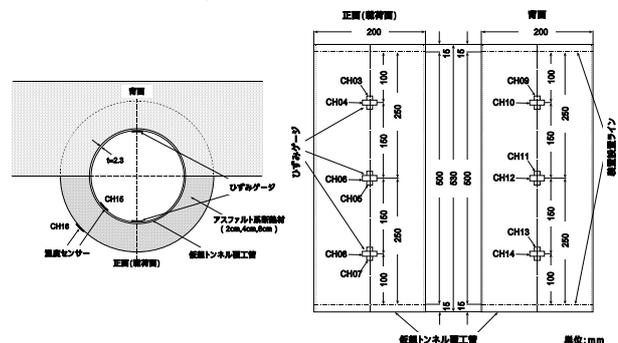


図-2 仮想トンネル覆工管

4-2 モデル実験の結果

表-2は各載荷荷重後1時間における表面と裏面の横（水平）ひずみ比をアスファルト系断熱材の厚

さと位置毎に示したものである。これは表面と裏面の横ひずみの分散の比であり、この数値が小さければ、表面から裏面へ均等に応力が分散し、周辺への荷重分散の度合いが大きいことを意味している。多少のバラツキはあるものの総体的には、上部・中間部・下部の全てにおいて、厚さが増すにつれて荷重分散の度合いは増加している。無い場合は、他のそれを巻いた場合とは著しく傾向が異なり、荷重分散特性はよくない。

表 - 2 正面と裏面の横ひずみ比

作用応力 (KN/m ²)	厚さ (cm)	上部 (-10cm)	中間部 (-25cm)	下部 (-40cm)
60	0	0.27	-18.9	3.7
	2	0.25	2.2	0.56
	4	1.2	1.1	0.37
	6	2.6	3.1	0.91
80	0	0.31	-33.8	2.61
	2	0.43	1.43	0.46
	4	-0.63	2.2	0.49
	6	0.9	2.1	0.9
100	0	0.53	20.5	2.8
	2	0.29	1	0.68
	4	0.72	1.98	0.21
	6	0.37	0.89	0.81

図 - 3 はその一例をグラフにしたものであるが、アスファルト系断熱材の有無やその厚さによって、横ひずみの比は小さくなっていることがよく分かり、このアスファルト系断熱材が優れた荷重分散特性を有しており、その材料を厚くすることで、さらに荷重を分散させる効力を発揮することができる。

表面と裏面の縦（垂直）ひずみ比の結果からは、正面に位置する縦ひずみがアスファルト系断熱材があるにもかかわらず、反対側の壁である裏面に影響を与えていないことが見てとれた。

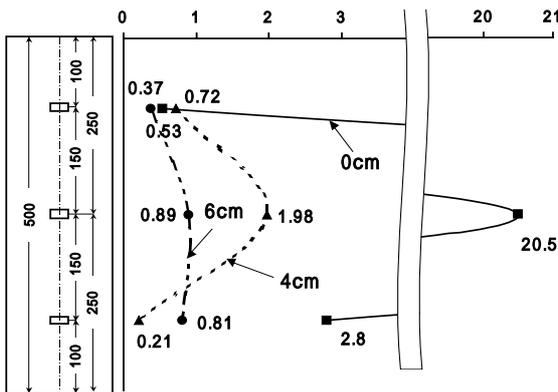


図 - 3 100 kN/m² 時の横ひずみ比

図 - 4 はアスファルト系断熱材が無い場合と巻いた（4cm）場合の正面に位置する深さ 10cm（上部）、25cm（中間部）、40cm（下部）における横ひずみを示しており、図でも分かる通り、無い場合は正面方向から荷重を加える度すべてのゲージにおいて、途端に増加し、その後一定の値を保ち続けている。巻いた場合もすべてのゲージにおいて増加するが、ゆっくりと増加しはじめた後一定の値に収束している。

これらの現象はアスファルト系断熱材が時間の経過とともに荷重を材料全体に分散していることに起因しているためだと思われる。

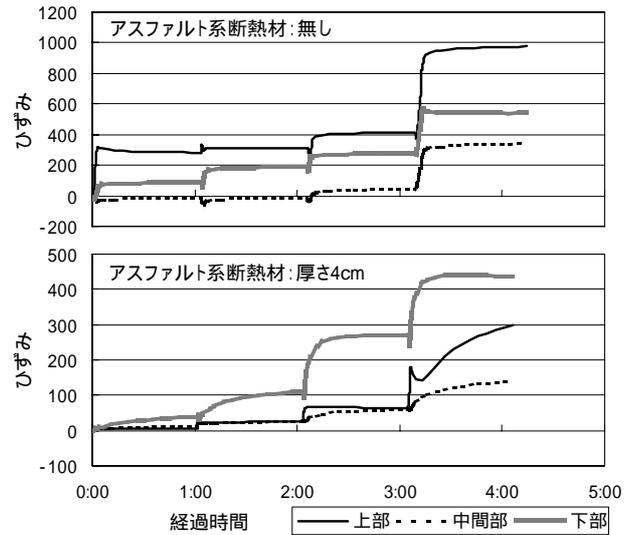


図 - 4 経過時間と横ひずみ

5. まとめ

今回の実験データより下記のことが確認できた。

- (1) 透水係数は 10⁻⁹ オーダーであり、今までの材料と比較すると 100 倍程度小さくなった値であった。
- (2) 熱伝導率はウレタンタイプの 4 倍程度大きい値であったが、断熱材分野での使用には効果的である。
- (3) 覆工管にかかる荷重は、アスファルト系断熱材に作用し、時間とともに負荷が増加し、正面側の横ひずみは材料の厚みに比例して、反対側（背面側）に広がっていた。
- (4) アスファルト系断熱材の無い覆工管において正面側の横ひずみは、荷重がかかると突然増加するが、反対側には広がらなかった。
- (5) アスファルト系断熱材があるにもかかわらず、覆工管の正面側の縦ひずみは、反対側へは広がっていなかった。

これらの結果、アスファルト系断熱材は素晴らしい応力緩和特性を持っており、優れた防水性を保つ必要のある箇所の適用において、この新しい材料は裏込材として十分役立つようになるだろうと考える

参考文献

- ・ A. MORIYOSHI, H. ISHIKAWA, M. KUROIWA, A. KURITA and T. SUZUKI, 1999, A repair test of impervious sheets using vacuum management system, 2nd International Symposium on Asphalt Emulsion Technology, Manufacturing, Application, and Performance
- ・ A. Moriyoshi: 1993, Oct., The characteristics of composite construction material that solidifies in water, First world congress on emulsion, congress proceedings, Vol. 3, (4-20-082/01) - (4-20-082/07)