

寒冷地における路床の凍上対策の違いがアスファルト舗装に及ぼす影響

Study on Effective Measures for Frost Heave of Subgrade Soil to Improve Durability of Pavement

東日本高速道路(株)北海道支社 ○正 員 川島 正人 (Masato Kawashima)
 (株)ネクスコ・エンジニアリング北海道 正 員 山内 智 (Satoru Yamauchi)

1. はじめに

積雪寒冷地における道路では、冬期に路床および路盤が凍結・凍上作用を受け、凍上現象により路面の隆起や舗装表面のひび割れが発生し(写真-1)、乗り心地を著しく悪化させることが問題となる。

平成7年度に供用した道東自動車道十勝清水IC～池田IC間の切土部では、当時、路床の凍上現象が多く発生したため、各種凍上対策工の試験施工により凍上抑制効果を比較し対策工の検討を行った。その結果、凍上対策には路床に断熱材を埋設する断熱材工法が有効であることがわかっている¹⁾。しかしながら、路床に断熱材が埋設された箇所のアスファルト舗装の経年変化に関しては報告事例が少ないのが現状である。そのため、積雪寒冷地における路床の凍上対策の違いがアスファルト舗装に及ぼす影響を解明することが課題となっている。

本報告は、アスファルト舗装の経年変化の評価として、凍上対策工法別に、舗装の「表面観察」および「FWD (Falling Weight Deflectometer)」によるたわみ測定を行った結果について報告するものである。



写真-1 切土部の路面凍上状況

2. 調査箇所の断面構成

調査箇所は、道東自動車道音更帯広IC～池田IC間の切土区間で造成された凍上対策試験施工ヤードの舗装表面で行った。断面構成は、路床に厚さの違う2種類の断熱材を埋設する断熱材工法と、凍上性路床材を非凍上性材料(切込碎石 40～0 mm)に置き換える置換工法とした。調査箇所の施工断面を図-1に示す。

使用した断熱材は、押出し発泡ポリスチレンフォーム (JIS A 9511, 3種b) で、熱伝導率 0.028W/m・k、圧縮強度 330kN/m²の材料である(写真-2)。断熱材の埋設深さは、施工における交通安全確保や凍結深さを抑制するには可能な限り浅い方が望ましい。一方、断熱材の耐荷力を考慮すると、可能な限り深く埋設することが望ま

しい。これらの条件を踏まえ、埋設深さは断熱材の耐荷力より応力度(舗装荷重+輪荷重)を照査した結果、路面から 52 cmの深さに設置している。

断熱材工法(t=5 cm)ヤードの表層種別は、ポリマー改質アスファルトを使用した排水性舗装(高機能舗装)である。施工時期は平成13年度に施工され、最終調査時で8年が経過している。また、断熱材工法(t=10 cm)ヤードの表層の種別は密粒舗装で、施工時期は平成12年度に施工され、最終調査時で9年が経過している。そして、置換工法ヤードの表層の種別は密粒舗装で、供用開始時から舗装改良は行っておらず、供用後14年が経過した状態である。

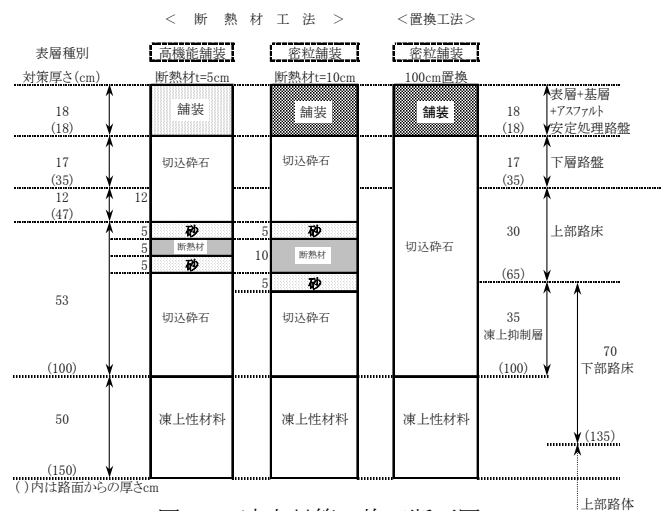


図-1 凍上対策の施工断面図



写真-2 断熱材の敷設状況

3. 追跡調査概要

追跡調査は平成14年度から平成21年度の期間において、厚さ5 cmと10 cmの異なる2種類の断熱材工法ヤード

ドと置換厚さ 100 cmの置換工法ヤードの表層で実施した。

調査内容は、舗装表面における目視による観察および FWD によるたわみ測定を実施した。調査時期と調査内容を表-1 に示す。

検証項目としては、試験施工区間における道路路線の方位や断熱材の特性を考慮し、日照条件や地熱の影響、さらには舗装のたわみ量から検証した。なお、舗装温度条件の検証として、近傍の凍上試験施工ヤードで測定した舗装表面から 1 cmの深さにおける舗装体温度データを参考値として使用した。

表-1 調査時期および調査内容

調査内容	調査時期							
	H14 (初期)	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21
舗装表面観察	○		○		○			○
FWD測定	○		○		○			○



写真-3 断熱材工法 (t=5 cm) 上り線



写真-4 断熱材工法 (t=10 cm) 上り線

4. 調査結果

(1) 舗装表面観察

平成 21 年度調査時における各ヤードの舗装表面状態を写真-3～写真-5 に示す。

断熱材工法 (t=5 cm) の舗装表面は、骨材飛散が発生しているものの、大きなひび割れは発生していない。また、断熱材工法 (t=10 cm) では、走行軌道部に大きなひび割れが顕著に表れ、短い横断ひび割れも発生している。一方、置換工法では、舗装面全体に縦横断の面状ひび割れが発生しているものの、舗装劣化は断熱材工法 (t=10 cm) に比べ進行していない。



写真-5 置換工法 (t=100 cm置換) 上り線

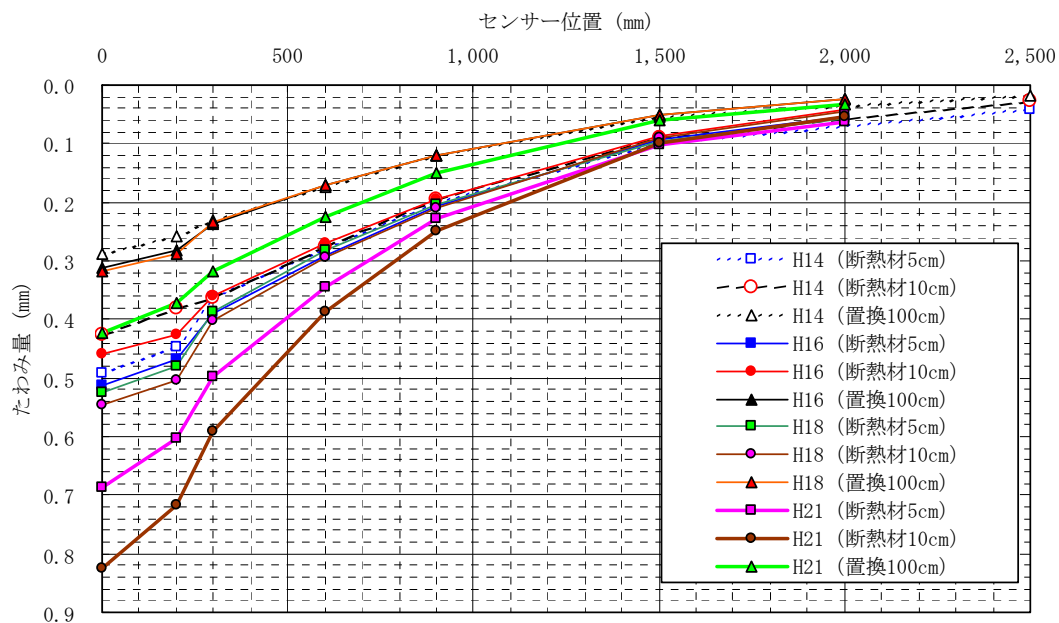


図-2 舗装たわみ量の経年変化



写真-6 断熱材工法 (t=5 cm) 下り線

(2) FWD によるたわみ測定結果

各試験施工ヤードのたわみ量の経年変化を図-2 に示す。D₀ たわみ量とは、路床を含めた舗装全体の支持力を表したものである。

初期値である平成 14 年度から平成 21 年度までの D₀ たわみ量の経年変化およびたわみ増加量は、断熱材工法の厚さ 5 cm と厚さ 10 cm の初期値が 0.493mm と 0.425mm で、7 年経過後は 0.686mm と 0.826mm となっている。たわみ増加率 (H21 たわみ量/H14 たわみ量) は、断熱材工法の厚さ 5 cm では、初期値から約 1.4 倍増加し、断熱材工法の厚さ 10 cm では、約 1.9 倍増加している。

一方、置換工法は、初期値である平成 14 年度では 0.289mm、7 年経過後は 0.424mm であり、たわみ増加率は初期値から約 1.5 倍増加している。

したがって、FWD によるたわみ量の経年変化は、ひび割れ発生形態と同様な傾向となり、断熱材工法 (t=10 cm) の増加率が顕著に表れている。

5. 温度条件の違いが及ぼす影響

(1) 日照条件

試験施工区間は、下り線・上り線がそれぞれ東西に向かう路線 (図-3) であり、切土部においては南からの日照により下り線 (東行き) に比べ、上り線 (西行き) の日照時間が短くなる (図-4)。



図-3 路線図 (東西に向かう路線)

また、近傍の他地区の下り線において、断熱材工法 (t=5 cm) ヤードが造成されているが、舗装表面に大きなひび割れの発生は認められない (写真-6)。

このことから、上り線は日照条件により舗装表面温度が低下しやすい温度環境下であることが、ひび割れ発生の要因の一つと考えられる。なお、低温環境下の湿潤路

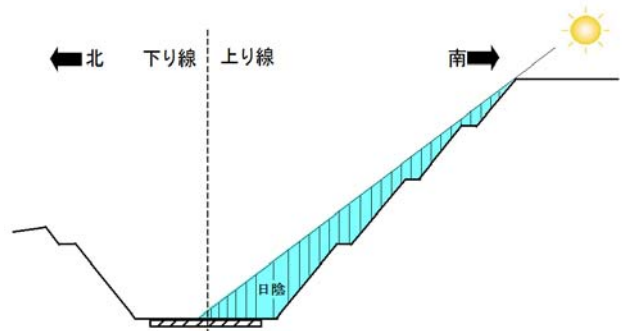


図-4 切土部の日照 (上り線の日照時間が短い)

面は乾燥しにくく、長時間湿潤状態となるため劣化の進行が促進されたことも要因の一つと考えられる。

(2) 地熱の影響

近傍の他地区の凍上試験施工ヤードで測定した舗装体温度データを図-5 に示す。凍上対策工法の違いによる舗装表面温度 (深さ 1 cm) の差異は、断熱材工法の方が置換工法よりも若干、温度低下する傾向にある。

これは、断熱材を設置したことにより地熱が遮断され、舗装表面温度がさらに低下しやすい温度条件になったものと推定される。したがって、断熱材工法 (t=10 cm) の表層が置換工法より劣化した要因の一つとして、置換工法よりも表面温度が低くなり、舗装劣化が促進されたことが挙げられる。

なお、上り線の断熱材工法 (t=5 cm) の場合には、表層にポリマー改質アスファルトを使用しており、密粒舗装よりも耐ひび割れ抵抗性などが高いため、大きなひび割れが発生しなかったものと考えられる。

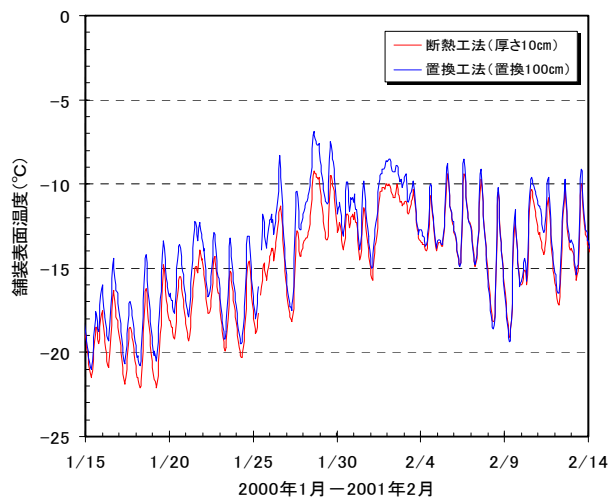


図-5 舗装表面 (深さ 1 cm) 日平均温度

6. ひび割れ発生とたわみ量の経年変化の関係

調査結果からは、ひび割れ発生とたわみ増加率に一定の関係が見られ、ひび割れ発生が多い断熱材工法 (t=10 cm) は、D₀ たわみ増加率も高い傾向を示している。この要因としては、路床支持力の低下、舗装ひび割れ進行の要因が考えられる。

そこで、路床の支持力に着目すると、D₁₅₀ は路床支持

表-2 現地条件および調査結果

ヤード区分		高機能舗装(改質アス) + 断熱材工法(厚さ5cm)	密粒舗装(ストアス) + 断熱材工法(厚さ10cm)	密粒舗装(ストアス) + 置換工法(100cm置換)	密粒舗装(ストアス) + 断熱材工法(厚さ5cm)
現地条件	経過年数	8年 (H13施工)	9年 (H12施工)	14年 (H7施工)	9年 (H12施工)
	調査地区	青山地区	青山地区	青山地区	然別地区
	車線区分(上・下)	上り線 (札幌方向)	上り線 (札幌方向)	上り線 (札幌方向)	下り線 (池田方向)
	日照時間(a)	短い	短い	短い	長い
	地熱の供給(b)	なし	なし	あり	なし
	路面の温度条件(aとb)	×	×	△	○
調査結果	路面ひび割れ発生	殆どなし(骨材飛散あり)	多く発生	やや発生	殆どなし
	路面ひび割れ形態	大きなひび割れなし	走行軌跡上の縦ひび割れ	縦・横ひび割れ (面状)	大きなひび割れなし
	初期たわみ量(mm) [H14調査開始時]	0.493	0.425	0.289	(—)
	最終たわみ量(mm)	0.686	0.826	0.424	(—)
	たわみ増加率 [7年経過/初期]	1.4倍	1.9倍	1.5倍	(—)
	総合評価	○	△	◎	○

力の評価に用いられており、 D_{150} の平成 14 年度と平成 21 年度の増加率は、すべての断面で僅かな変化しか見られない。すなわち、7 年が経過した路床の支持力にほとんど変化がないことが伺える。

このことから、 D_0 たわみ増加率が高い要因としては、舗装のひび割れの進行が大きく起因しているものと推察され、前章 5 で示す低温環境下によるひび割れの進行が、たわみ量に影響しているものと考えられる。

7. 対策工別の舗装の耐久性評価

各凍上対策工別の評価結果として、現地条件の違いおよび調査結果の一覧を表-2 に示す。

各種路床の凍上対策が舗装に及ぼす影響が最も少ないのは、施工後の経過年数に違いはあるものの、舗装ひび割れ形態や FWD によるたわみ増加量などから、表層に密粒舗装を施工した置換工法 ($t=100$ cm) と判断される。

また、断熱材を用いた断面は、表層にポリマー改質アスファルトを使用したことにより、耐ひび割れ抵抗性などが高いため、大きなひび割れが発生していないものと考えられる。したがって、路床の凍上対策工として断熱材工法を用いても、表層アスファルト混合物にポリマー改質アスファルトを使用する場合には、舗装に及ぼす影響は少ないものと推察される。

8. まとめ

凍上対策工法別に舗装の追跡調査を行った結果、以下のことを確認することができた。

- ① 表層が密粒舗装の場合、断熱材工法は、置換工法と比較して舗装表面温度が低くなり、舗装劣化が速い傾向にある。
- ② 路床構成の違いの他に、日照条件により低温条件下となりやすく、かつ、湿潤状態が持続するような環境下では、ひび割れが発生しやすい傾向にある。

参考文献

- 1) 外塚信、豊田邦男、辻野英幸：断熱材を用いた路面凍上抑制効果に関する検討、地盤工学会北海道支部技術報告集第 43 号、pp. 329～332、2003.