

北海道の鉄道のはさみ木作業記録から見る凍上対策の進展

Progress of the Frost Heave Prevention of the Railroad in Hokkaido Viewed from Records of Wooden Shims Insertion

森 淳子*
Junko MORI*

キーワード：北海道、鉄道、凍上、はさみ木

Key words : Hokkaido, railroad, frost heave, wooden shim

I. はじめに

寒冷地においては地盤の凍上が土木構造物にさまざまな影響を及ぼす。鉄道もまた例外ではない。凍上の発生を抑える対策が講じられてきてはいるものの、現在でも完全には凍上害を防止するには至っていない。凍上によって線路に凹凸が生じてしまった場合、対策としてはさみ木を用いて凹凸を補正する方法が古くから使われている。本稿では、このはさみ木を中心として北海道の鉄道の凍上対策を紹介し、過去のはさみ木作業記録からうかがえる凍上対策の進展状況について述べる。

II. 凍上

地盤が凍結する際、細粒土で水分が豊富な条件下においては、周囲の水を吸い上げながらアイスレンズと呼ばれる析出氷が土中に形成される。凍結前に含まれていた水分以上の水が凍土中でアイスレンズとなるため、凍土の体積は、もともと含まれていた水から氷への相変化による体積増加以上に膨張し、結果として地表面が持ち上がる。この現象を凍上と呼ぶ。凍上現象は、寒冷地に特有の地形が形成される際にも重要な作用であるが、同時に、建築物や土木構造物へも影響を及ぼすことが知られている。凍上を防止する基本的な対策としては、凍結の及ぶ部分を砂・碎石などの非凍上性材料で置き換える手法が一般に行われている。

III. はさみ木作業

凍上現象は土質・水分条件に左右されるが、これらの条件は場所によって不均質である。そのため、凍上量には場所による差異が生じ、地表面に凹凸が発生する(不整凍上)。線路が凍上してこの凹凸が発生すると、列車に揺れが起こる。線路の凹凸は、通常、碎石部分で調整することができるが、凍結期間にはこの調整法を行うことができない。そこで、この凹凸をならすために、凍上が大きい部分から小さい部分へなだらかになるように枕木とレールの間に薄い木製の板を挟んで高さを調節する(写真1、図1)。この板をはさみ木とよぶ。はさみ木挿入作業を行う時期は、一般には、凍結が深くまで進行する2、3月である。一方、4、5月には、凍土の融解沈下に際し、レールの凹凸をなくすよう調整しながらはさみ木を撤去する作業が行われる。

IV. はさみ木の記録と凍上対策の進展

鉄道の凍上対策については昭和初期から本格的な調査・研究が行われてきた(札幌鐵道局、1940; 旭川鐵道管理局、1951)。はさみ木作業についても、昭和13年(1938年)、当時の札幌鐵道管理局の保線講話会で検討課題として設定され(旭川鐵道管理局、1951)、はさみ木作業区間の延長や、使用されたはさみ木の厚さ、挿入および撤去の時期などの記録が残っている(図2、3)。はさみ木の厚さ

*北海道大学低温科学研究所気候変動分野

*Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University



写真1 はさみ木（白い矢印）を挿入した状態の線路
2005年撮影。

は絶対的な凍上量を必ずしも示してはいないが、これらの記録は当時の凍上害の程度を示す相対的指標として用いる事ができる。

凍上に対する本格的な調査が始まられて間もない1939年度（昭和14年度）の各路線において用いられた最大はさみ木厚さ（図2a）をみると75mmを超える区間が少なくなかったことがわかる。この冬には開通直後の士幌線（当時）で283mmの厚さのはさみ木が使用された（旭川鉄道管理局, 1951）。また、根室本線・広尾線（当時）・士幌線（当時）では、レール延長の75%以上ではさみ木作業が行われていた区間もあった（図3a）。北海道全体では総レール延長の37.8%の区間ではさみ木が使用されており（旭川鉄道管理局, 1951），はさみ木挿入・撤去作業には多大な労力と費用がかかっていたようである。

各路線のレール延長に対するはさみ木作業区間の割合を、1939年度（昭和14年度）の記録（図3a）と1976～1980年度（昭和51～55年度）平均の記録（図3b）とで比較すると、1939年度には道北・道東のほとんどの路線で26%を超えていたが、1976～1980年度には道東の一部において10%以上の路線が存在するだけになっており、凍上対策が進んだ事がうかがえる。一方、両時期の各路線における最大はさみ木厚さ（図2a, b）には大きな違いが無く、土地条件によっては凍上防止が困難な地域があると考えられる。

さらに約10年後の1989～1992年度（平成元～3年度）平均の最大はさみ木厚さ（図2c）は、釧

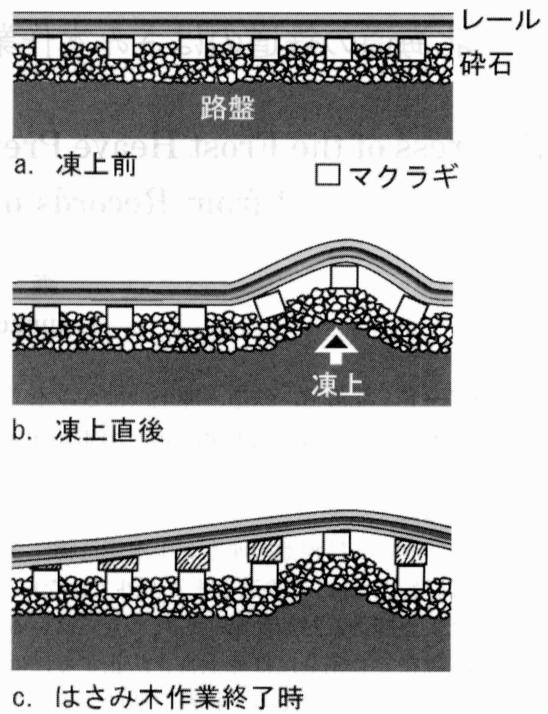


図1 はさみ木作業説明模式図

須長（1983）に加筆。

路-根室間の最大40～50mmを除き40mm以下であり、全体として1976～1980年度（昭和51～55年度）に比べて減少している。1976～1980年度に最大のはさみ木厚さを示していた広尾線・池北線（当時）はその後廃止・第三セクター化され、1989～1992年度の記録には入っていない。

1976～1980年度の平均値と1989～1992年度の平均値を比べて最大はさみ木厚さが減少している原因について、須長（1983）は1) 線路の重軌条化（線路およびマクラギの荷重増加）の進展、2) 対策工の進展、3) 下級線区の廃止、4) 溫暖化現象の顕著化、の4つを挙げている。このうちの2) 対策工であるが、凍上対策としては、碎石の下位の路盤部を非凍上性の材料で置き換える工法（置換工法）が一般的である。路盤の置き換えの深さは、道央では50cm、道北では60～70cm、道東では70～80cmとされている（須長, 1994）。これは、除雪条件下での最大土壤凍結深（福田・矢作, 1975）を超えており、凍上対策には十分な深さである。

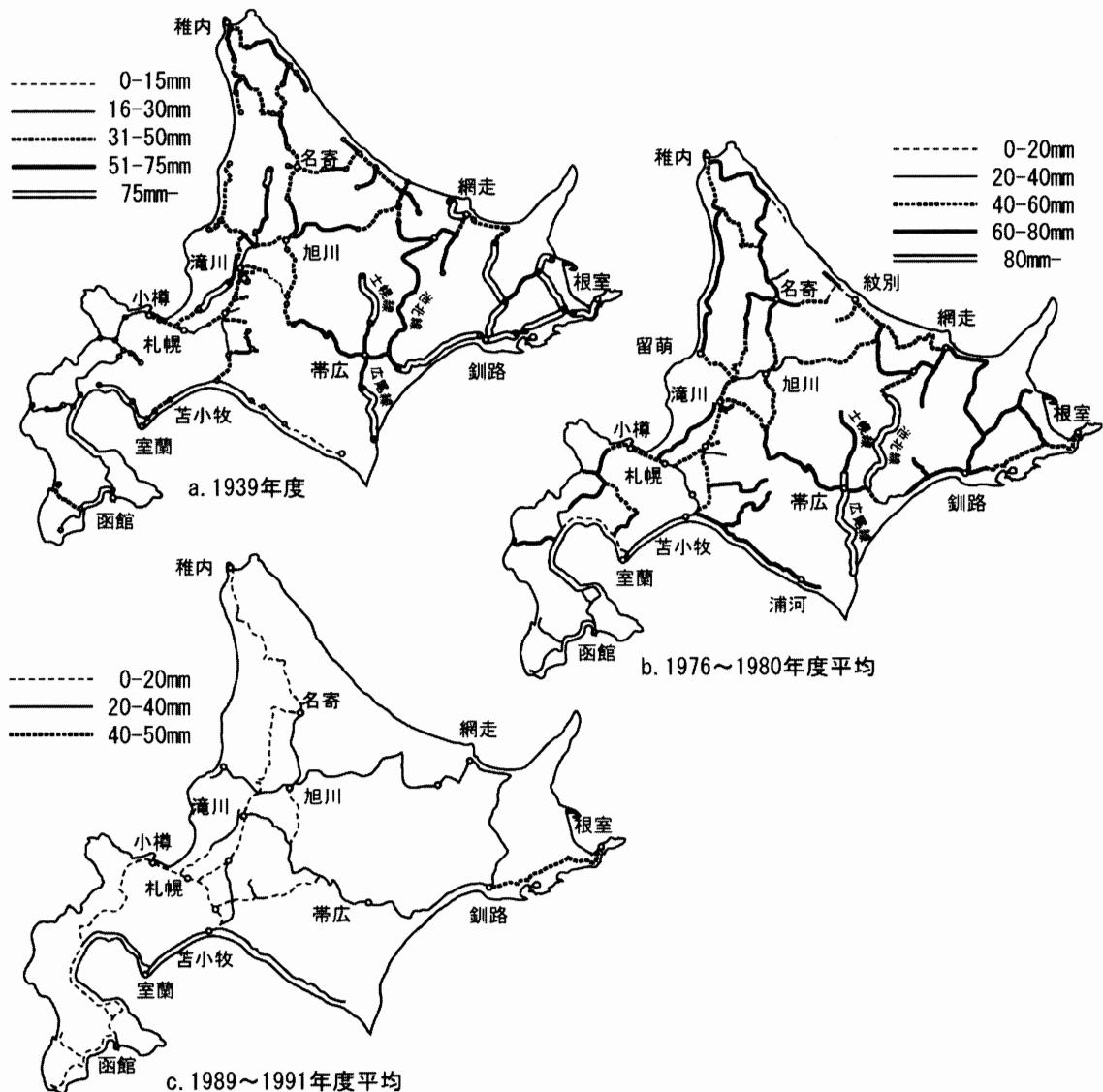


図2 各区間におけるはさみ木の最大厚さ

- a. 1939 年度。旭川鉄道管理局 (1951) をもとに作成。
- b. 1976~1980 年度 5 年間の平均。須長ほか (1983) をもとに作成。
- c. 1989~1991 年度 3 年間の平均。須長 (1994) をもとに作成。

置き換えの深さが十分であるのに、凍上害が発生する理由として、次のような事が考えられる。もともと非凍上性の材料でも、凍上性の高い細粒分が混入すると、水分が十分にあれば凍上は発生する(相原ほか, 2003)。鉄道の場合、排水の悪い場所では、列車通過時の振動により、置き換え部分の下位の細粒路盤が碎石の間隙中や地表面に噴出する噴泥と呼ばれる現象が生じる(たとえば、

伊東 1982)。また、碎石内でも経年劣化により細粒分が発生する。このことから、設計段階の初期の置き換え深さが十分であっても、時間が経過するにつれ、凍上が生じやすくなると考えられる。また、1989~1992 年度にはさみ木厚さが比較的大きかった釧路~根室間、釧路~網走間や帶広周辺は凍上性の高い風化火山灰土の分布地域であることから、置き換え部分の周囲が非常に凍上性の高い

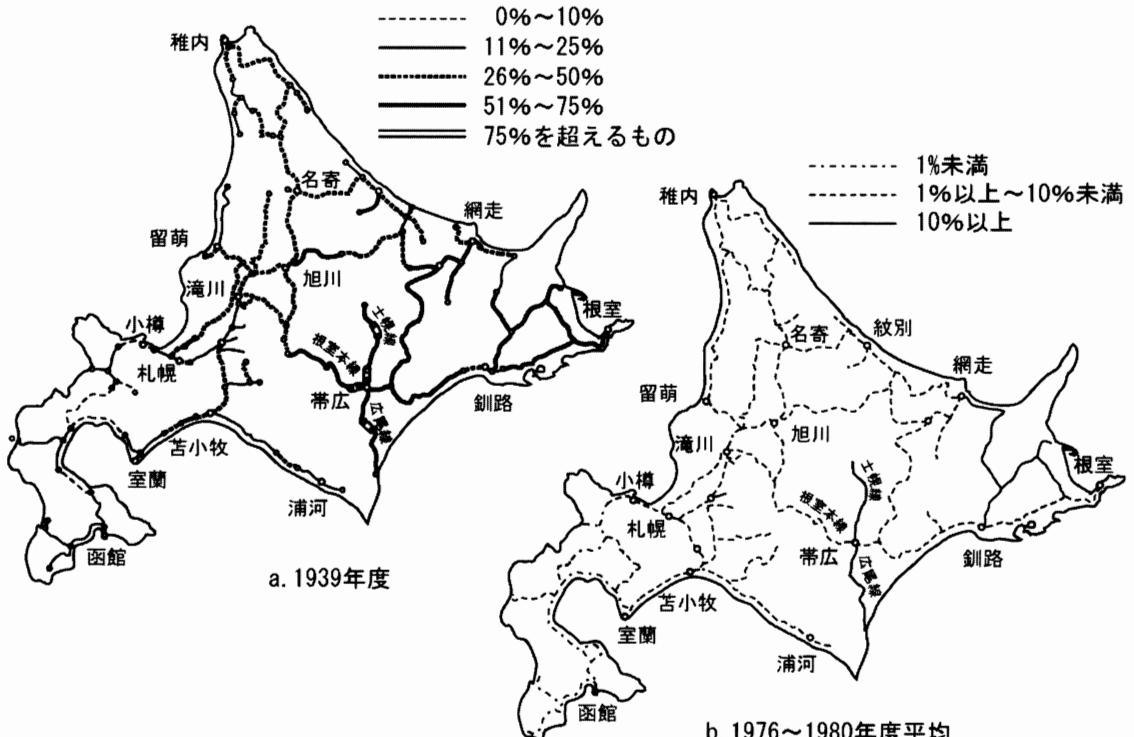


図3 各区間のレール延長に対するはさみ木作業区間の割合
 a. 1939年度。旭川鉄道管理局（1951）をもとに作成。
 b. 1976～1980年度5年間の平均。須長ほか（1983）をもとに作成。

地盤である場合、置換材料の劣化が早いことも考えられる。

V. まとめ

昭和初期の鉄道に関する凍上研究とはさみ木の使用状況の記録とから、その後の約30年間で凍上害が発生する鉄道区間が著しく減少した事がわかった。しかし現在でも、完全には克服する事ができていない。その原因として、鉄道においては碎石・路盤の非凍上性を維持する事が土地条件によっては困難であることや、加えて、列車の高速化により、さらに細かい凍上対策が要求されるという背景があることも考えられる。

謝辞

本稿の執筆に際し、北海道旅客鉄道株式会社のご協力を頂きました。ここに感謝いたします。

文献

- 相原宏任・綱嶋和彦・原口征人・赤川敏（2003）：道床パラスト部の凍土に影響を及ぼす細粒分含有量。土木学会北海道支部論文報告集, 59, 532-533.
- 旭川鉄道管理局（1951）：『業務資料—凍土』。
- 伊東孝行（1982）：噴泥、土と基礎, 30(3), 55-56。
- 札幌鐵道局（1940）：『凍土対策研究委員会報告』。
- 須長誠・野口達雄・大井清一郎（1983）：千歳線における凍土対策工の効果測定。鉄道技術研究所速報, No. A-83-67.
- 須長誠（1994）：鉄道における凍結・凍土とその対策。土質工学会編『土の凍結』, 203-226。
- 福田正己・矢作 裕（1975）：北海道内土壤凍結分布。昭和50年度日本雪氷学会講演予稿集, 201。