

寒冷地道路舗装の凍上対策に関する研究

北海学園大学大学院 学生員 工藤 好騎
 北海学園大学工学部 フェロー会員 ○久保 宏
 北海学園大学大学院 学生員 堤 洋介

1.はじめに

現在、北海道を含む積雪寒冷地における道路の凍上対策としては、凍上現象を引き起こすシルト、粘土分を多く含む土質を凍上しにくい材料に置き換える「置換工法」が一般的である¹⁾。その一方で、近年地球環境の変化に伴い積雪寒冷地でも温暖化が進行し、北海道においてもその傾向が見られる。特に 1988 年以降、現在に至るまではその影響が顕著に示されている。本研究では、北海道内における近年の気象データから道路の凍結深さの推定に必要な凍結指数の算定方法、北海道の道路において現在凍上対策で適用されている置換え深さの規準の再検討などに関する参考資料として提案することが目的である。

2.北海道での月平均気温から求めた凍結指数

図 - 1 は、過去 101 年間（1901 年～2001 年）の北海道 6 市町村の月平均気温から求めた凍結指数の推移を示しており、太線はこのグラフの近似曲線である。この図より、はっきりと温暖化の傾向があると言える。また、月平均で求めた凍結指数は日平均で求めた凍結指数より 30（・日）程度小さくなることがわかり、道路の設計に用いるのは危険である。そのため、月平均の凍結指数を用いる際には補正して使う必要がある。そして、月平均気温では 100 年以上のデータが揃っており、有効な置換え深さを推定できると考えられる。

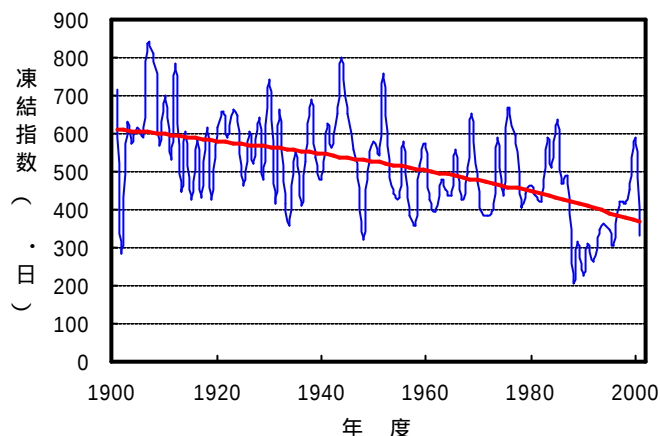


図 - 1 北海道の月平均から求めた凍結指数の推移

3.北海道での日平均気温から求めた凍結指数

図 - 2 は、最近 41 年間（1961 年～2001 年）の北海道各地（8 市町）における日平均気温から求めた凍結指数を平均値で示したものである。ここでは、1970 年代および 1980 年代中頃に凍結指数が 500（・日）を超える寒い日が続いていたことがわかる。一方、1988 年以降凍結指数が急激に小さくなっており、300（・日）より小さくなる年が数年続いていることから確実に温暖化の影響が関いていると思われる。また、10 年～15 年おきにより厳しい寒さがくるといふ周期性も見られた。

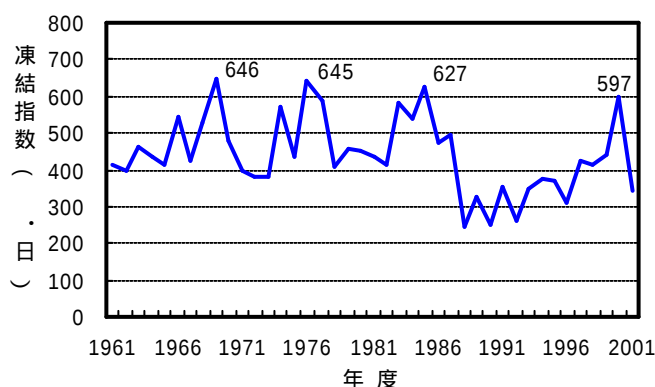


図 - 2 北海道各地の凍結指数の平均推移

キーワード：凍上対策，置換え深さ，20 年確率凍結指数，

連絡先：〒064 - 0926 札幌市中央区南 26 条西 11 丁目 1 - 1 011 - 841 - 1161

4.手法別の平均凍結指数

北海道各地の凍結指数を手法別にそれぞれ平均化し、凍結深さを推定するには、どの手法を用いるのがふさわしいかを検討した。

図-3は、その手法別に平均化したグラフである。この図から、10年最大および最大平均は、10年確率に比べおよそ80（・日）高くなり差があることがわかる。また、30・40年確率は30・40年間の最大値を上回っていること、さらに地域によっては過去30年間のAMeDASデータを完備していないことから判断すると、これらの値を道路の設計に用いるのは望ましく

ないと考えられる。しかし、最近20年のデータを用いた凍結指数は、いずれの手法においてもさほど変化はないことがわかる。また、凍上対策の基準となるアスファルト舗装要綱は、確率論という考え方を採用していることから、20年確率凍結指数を用いることが最も適切であると考えられる。

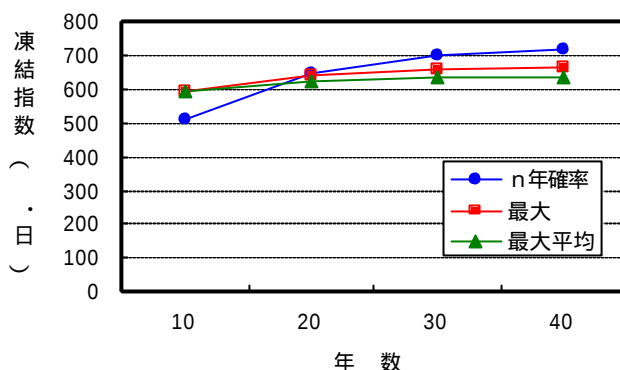


図-3 手法別による平均凍結指数

5.北海道各地における道路の置換え深さ

道路の凍結深さを求める方法として、簡易式の修正 Berggren の式を用いる方法があり、寒冷地における舗装の凍結深さを推定した²⁾。また、その際に凍結指数は20年確率凍結指数を用いた。図-4は、北海道各地の置換え深さの基準値と本研究で求めた道路の置換え深さ（国道は70%値、農道は65%値）を示している。

$$Z = a \sqrt{172800 F / (Lw / K) eff} \dots\dots\dots$$

$$(Lw/K)eff = \frac{2}{X^2} \left\{ L_1 d_1 \left(\frac{d_1}{2K_1} \right) + L_2 d_2 \left(\frac{d_1}{K_1} + \frac{d_2}{2K_2} \right) + L_3 d_3 \left(\frac{d_1}{K_1} + \frac{d_2}{K_2} + \frac{d_3}{2K_3} \right) + \dots + L_n d_n \left(\frac{d_1}{K_1} + \frac{d_2}{K_2} + \dots + \frac{d_n}{2K_n} \right) \right\}$$

ここに、Z：推定凍結深さ（m）

$X = d_1 + d_2 + \dots + d_n$ ：予想凍結深さ（m）

d_n ：予想凍結深さ内の各層の厚さで、 d_1 は最上層の深さ（m）

K_n ：各層の熱伝導率（W/m・K） $\alpha = f(\mu \cdot \tau)$ ：補正係数

L_n ：各層の融解潜熱（J/m³） F：凍結指数（・days）

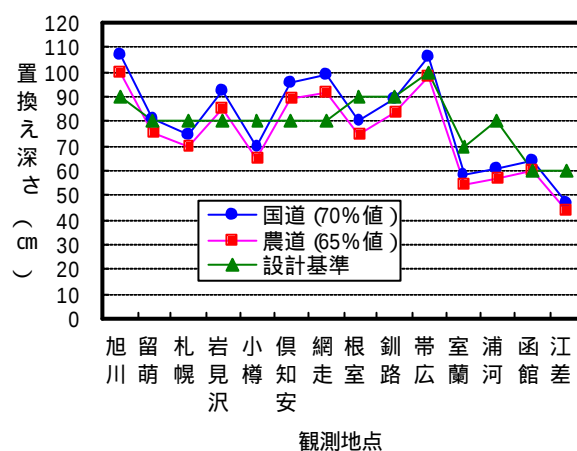


図-4 北海道各地の置換え深さ

6.結論

20年確率凍結指数から道路の置換え深さに関してまとめると次のようになる。

- 1) 100年の月平均データの近似式から温暖化と周期性の傾向が認められる。
- 2) 手法別を比較して、道路舗装の設計に20年確率凍結指数を用いたほうが良いと考えられる。
- 3) 計算値と設計基準とを比較すると過小評価または過大評価する箇所があるため、設計基準の見直しをする必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 土質工学会編：土の凍結 - その理論と実際 -、pp.186~192、1989年7月
- 2) 北海道開発局：道路工事設計基準（昭和47年度～49年度）pp.1～12、1972年