

V-169

n年確率凍結指数による舗装の置換厚さの推定に関する研究

北海学園大学大学院 学生員 ○上田真一
 北海学園大学工学部 正会員 久保 宏
 北野コンクリート(株) 北野隆春

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、凍上を起こしにくい材料で置き換える「置換工法」が主に採択されており、その厚さを理論最大凍結深さの約70%値とするのが一般的である。また、置換厚さは凍結深さの実測値や経験的に分かっている値、あるいは気温のデータから得られる凍結指数などを基に総合的に決定することになっているが、現在、北海道の道路における設計基準は、平成元年度(1980年～1989年)の道路工事設計基準を適用している。一方、近年地球環境の変化に伴い温暖化が進行し、北海道を含む積雪寒冷地においても同様な傾向が見られる。その結果、主要都市やその周辺地域を中心にほとんどの観測地点での凍結指数は減少傾向にある。そこで本研究では、最近の気象傾向を踏まえた上で、安全性と経済性を考慮した北海道各地の基準となり得る置換厚さを決めることが目的である。

2. n年確率凍結指数

本研究でのn年確率凍結指数は、アスファルト舗装要綱(以下アス要綱という)と同様に求めたが、バラツキの標準偏差 σ_0 は下記に示す①式のように自由度(k-1)で割ることとし、統計値はデータ数kに対応させることにした。

$$\sigma_0^2 = \sum (\log_{10} x_i - \log_{10} x_0)^2 / (k-1) \cdots \cdots \text{①}$$

ここで、

σ_0 : $\log_{10} x_i$ の標準偏差

x_i : 各年の凍結指数(℃・日)

x_0 : 凍結指数対数値の平均値($\log_{10} x_i$)となる x_0 の値

k: データ数(個)

図-1は、この方法で求めた渡島・松山支庁管内における過去20年間の凍結指数の推移を示したものである。これによると1983年～1987年の5年間は特に寒さが厳しく、過去20年間の最大凍結指数がこの時期に記録されている。一方、1988年～1992年は暖冬により、前5年の約35～50%程度の値を示している。このことから、設計基準に用いられている1980年～1989年での10年間の気象データから求めた凍結指数では、過大設計になっていることが予想できる。このように過去10年間程度のデータによる統計では、極端に寒い冬である異常寒候年が出現すると、その後10年間は過大設計になるという問題が生じる。このことから、できるだけ長い年数のデータに基づいて求めたものを採用するのが望ましいと考え、本研究では

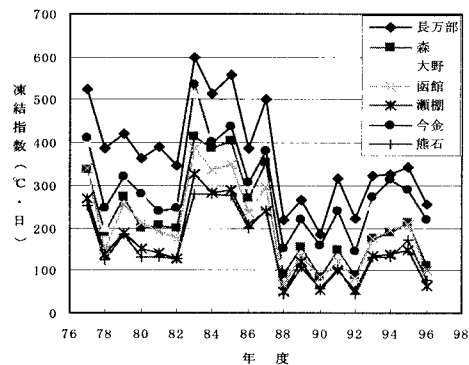


図-1 北海道南部の凍結指数の推移

表-1 北海道南部の凍結指数(℃・日)

	アス要綱で示す 10年確率	1996年以前の 10年確率	1996年以前の 20年確率
長万部	587	410	525
森	472	261	376
大野	495	336	442
函館	363	243	352
根室	307	191	289
今金	473	347	439
釧路	272	201	293
平均値	424	284	388

キーワード: n年確率凍結指数、修正 Berggren の式、凍結深さ

連絡先 札幌市中央区南26条西11-1-1 北海学園大学工学部 TEL 代表(011)841-1161 内線(772) FAX(011)-551-2951

20 年確率凍結指数を採用することにした。また、表－1 はアス要綱で示す 1989 年以前の 10 年凍結指数及び 1996 年以前のそれと 1996 年以前の 20 年確率凍結指数を北海道南部地域でそれぞれ求めた値である。この表によると、道南地域における最近 10 年間の凍結指数はアス要綱で示すものより 30%以上も小さくなるのに対して、最近 20 年確率のそれでも約 1 割程度の減少になることが分かる。従って、道路の凍上対策上の設計には最近 20 年確率の凍結指数を用いるのが適当と考えられる。

3. 北海道南部地域における道路の置換え厚さ

寒冷地における舗装の凍結深さを推定する場合、一般に下記に示すような修正 Berggren の式が用いられている¹⁾²⁾。また、現在、北海道の道路における凍上対策上必要な置換え厚さは、気温による気象データでの凍結深さと経験値を基に基準化されている。図－2 は寒冷地道路舗装の必要な置換え厚さのもとになっている理論最大凍結深さと舗装構造との関係を模式的に表したものである。そこで、北海道南部地域を対象に、表－1 で示す最近 20 年確率の凍結指数を用い、含水比 15%、乾燥密度 1.8 g/cm³ の凍上を起こしにくい様な地盤での理論最大凍結深さは表－2 に示す通りである。さらに、この表には道路の設計に用いられる最大凍結深さの 70% 値の置換え厚さと現在国道等に適用されている基準値が示されている。

表－2 から最近 20 年確率での凍結指数を用いた道南地域の置換え厚さは各地によってバラツキはあるが、現在適用中の基準値よりも経済的な舗装構造にすることができる地域もあることが分かる。

$$Z = \alpha \sqrt{48F / (L_w / K)_{eff}} \dots\dots\dots ②$$

ここに、Z: 推定凍結深さ (cm)、 α : 補正係数、F: 凍結指数 (°C・days)

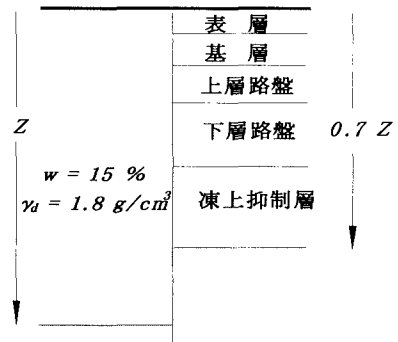
$X = d_1 + d_2 + \dots + d_n$: 予想凍結深さ (cm)

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

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 (cm)

K_n : 各層の熱伝導率 (cal/cm³/s/°C)

L_n : 各層の融解潜熱 (cal/cm³/°C)



図－2 道路の理論最大凍結深さと舗装構造の模式図

4. 結論

北海道南部地域における n 年確率の凍結指数の算出と道路の置換え厚さに関してまとめると次のようになる。

- (1) 最近の気象温暖化の傾向から、ここ 10 年確率の凍結指数はアスファルト舗装要綱で示す 1989 年までのものより急激に減少しており、道路の設計に用いるには問題がある。
- (2) 寒冷地道路舗装の凍上対策上必要な置換え厚さは、最近 20 年確率の凍結指数を用いることによって現在の基準値より経済的なものに行うことができる。

<参考文献>

- 1) 土質学会編: 土の凍結—その理論と実際—, pp.186—192 平成6年5月
- 2) 日本道路協会: 道路土工—排水工指針, pp.164—165 昭和62年6月

表－2 北海道南部地域の道路の置換え厚さ (cm)

	理論最大 凍結深さ	置換え 厚さ	現在の基準 置換え厚さ
長万部	109	76	70
森	87	61	60
大野	96	67	70
函館	84	59	60
瀬棚	75	53	70
今金	95	67	70
熊石	75	53	60