

国際ラフネス指数を用いた高速道路における凍上評価手法

Assessment for Frost Heaving on Expressway by use of International Roughness Index

(株)ネクスコ・エンジニアリング北海道 ○正 員

(株)ネクスコ・エンジニアリング北海道

(株)ネクスコ・エンジニアリング北海道

小倉美紀 (Miki Ogura)

石黒将希 (Masaki Ishiguro)

岡部浩紀 (Hiroki Okabe)

1. はじめに

積雪寒冷地に位置する北海道の高速道路では、冬期間に凍上の影響で路面の不陸が発生する場合があります。このような箇所では平坦性が悪化する。凍上区間の補修方法は通常の平坦性改善補修と異なるため、冬期における路面の平坦性を評価し、凍上現象による変状箇所を抽出することは、確実な補修を行うために重要である。道路の平坦性を定量的に把握する方法として、IRI(International Roughness Index)を測定し評価する方法がある。北海道の高速道路では、簡易 IRI 測定装置 STAMPER-FW を用いて、冬期の IRI を測定している¹⁾。

平成 27 年 8 月に東日本高速道路(株)北海道支社より「北海道支社管内路面平坦性調査手引き」²⁾が施行された。その調査項目には凍上調査も盛り込まれている。しかし、凍上調査方法の記載があるが、凍上を評価する基準値は設定されていない。本報告では、これまでの IRI 測定結果を解析し、凍上を評価するための路面凍上評価基準値を検討した。

2. 冬期簡易 IRI 測定の経緯

IRI (国際ラフネス指数) とは、路面の平坦性を数値化したものであり、その大小により路面平坦性の評価が行われる。北海道支社管内における IRI 測定は 3 年に 1 度の路面性状測定車による測定である。この定期測定では冬期の路面管理等、道路管理者の望む機会での測定ができないという課題があった。そこで、平成 21 年度より STAMPER-FW (路面非接触型) が導入され、適切なタイミングの測定が可能になったことから凍上の不陸箇所の抽出が期待された³⁾。

今日までに、凍上箇所における IRI は夏期よりも厳冬期の値が上昇すると多数報告されている⁴⁾。これは凍上による路面の不陸のためである。通常、凍上量を測定するには水準測量を行う。しかし、冬期間は除雪作業等により車線規制を伴う水準測量が困難となるため凍上量と IRI を比較した事例は少なく、IRI 値を用いた凍上評価の基準値は確立されていない。そのため、IRI 値を用いた凍上評価は、これまでの調査で確実に凍上している区間を走行した時の IRI 値から推定した値を使用していた。

3. 路面凍上評価基準値の設定

本論文では平坦性評価の目標値と同様、評価基準長 200m の IRI 値を使用する(表-1)。

STAMPER-FW による冬期の IRI 測定は冬期前(秋・11 月～12 月上旬)、厳冬期(冬・3 月末)、融解期(春・4 月末～5 月上旬)の年 3 回実施している。冬期

前の測定は凍上による平坦性の低下を比較判断するために実施する。また、融解期の測定は凍上の収束を確認するために行う。

IRI は厳冬期で悪化後、融解期で冬期前の値に回復すると仮定し、冬期前と融解後の IRI 値の差を求めた。使用したデータは平成 23 年から平成 26 年までの 4 年である。結果、平均 $\mu = -0.05$ となり、標準偏差 $\sigma = 0.18$ となった。ここで、分布が正規分布に従うとすると、正規分布では $\pm 3\sigma$ 間に値の 99% が存在することから、 $\pm 3\sigma$ 間を評価基準長 200m のときの誤差範囲とする。誤差の最大値を求めると、 $\mu + 3\sigma = 0.49$ となる。よって、厳冬期の値が冬期前の値と比較して 0.5mm/m 以上上昇した場合、凍上と判定してよいと考える(図-1)。

以上より、凍上評価基準値は冬期前から厳冬期の上昇幅が 0.5mm/m 以上とする。

表-1 路面の補修目標値⁵⁾

わだち掘れ (mm)	段差(mm)		すべり摩擦係数 (μV)	平坦性 IRI(mm/m) (評価基準長: 200m)	ひび割れ率 (%)
	橋梁の 取付部	横断構造物 取付部			
25	20	30	0.25	3.5	20

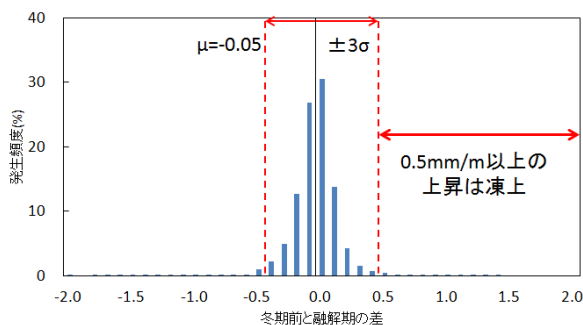


図-1 冬期前と融解期の IRI 差から求めた誤差範囲

4. 凍上解析結果フローと凍上補修マネジメント

図-2 に IRI 測定値による凍上解析結果フローを示す。冬期前・厳冬期・融解期の 3 期の簡易 IRI 測定を実施することで、凍上傾向が A～F の 6 種類に分類される。冬期前と厳冬期を比較して IRI が 0.5mm/m 以上の上昇があれば凍上、また厳冬期において補修目標値 IRI=3.5mm/m を超過したものを補修目標値以上とする。

補修目標値以上の凍上傾向は IRI が 3 期にかけてどのような動向を示すかで C～F の 4 種類に分類される。この動向を把握することにより、適当な補修マネジメントが可能となる。表-2 に冬期簡易 IRI 測定による凍上分類別補修方法(案)を示す。

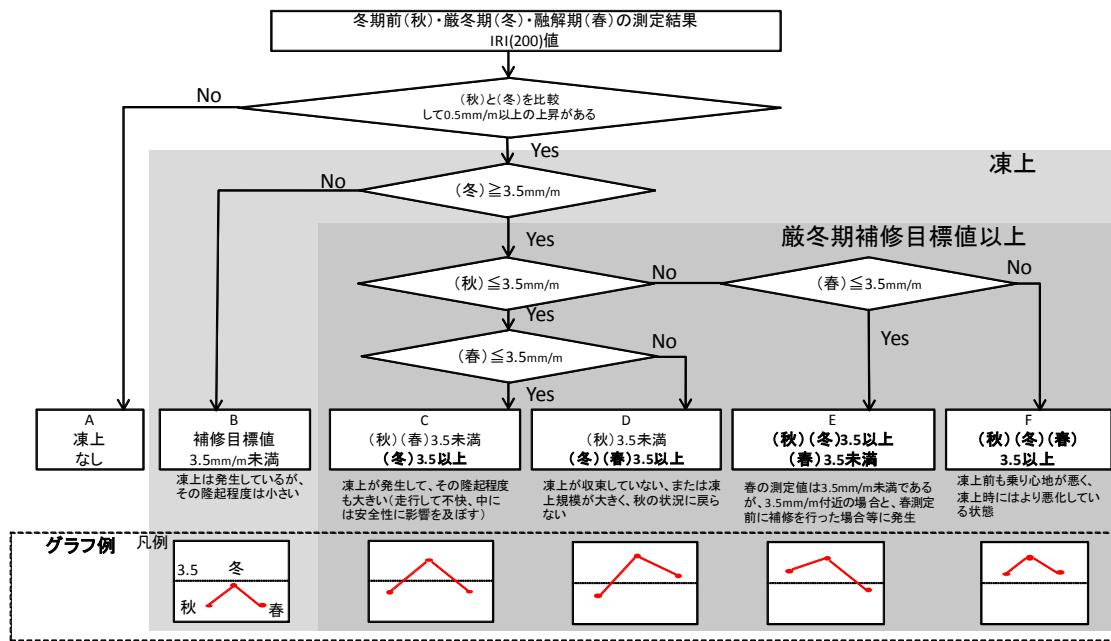


図-2 簡易 IRI 測定値による凍上解析結果フロー

表-2 冬期簡易 IRI 測定による凍上分類別補修方法(案)

分類	凍上発生傾向	補修方法
A.凍上なし	凍上の発生は起きていない路面。	凍上での問題なし
B.補修目標値 3.5mm/m 未満	凍上の発生が認められるが一般走行には問題ないケース。	経過観察
C. (秋) (春) 3.5mm/m 未満 (冬) 3.5mm/m 以上	北海道支社管内では一番多い傾向。通常の路面性状測定車による数値では IRI に問題ない。冬期簡易 IRI 測定で発見可能。	凍上対策を兼ねた路面補修が必要。 例：オーバーレイ工（凍上抑制を考慮した厚さを確保）
D. (秋) 3.5mm/m 未満 (冬) (春) 3.5mm/m 以上	路面性状測定車による数値では補修対象となる。冬期簡易 IRI 測定をおこなうことで凍上要因と推定できる。	傾向的に比較的大きな凍上であるため、調査を実施し置き換えも想定した補修対策を選定する必要がある。
E. (秋) (冬) 3.5mm/m 以上 (春) 3.5mm/m 未満	変状が大きく、収束しても 3.5mm/m 付近のもの。もしくは補修して改善されているもの。	凍上も大きいことから、補修している箇所については補修内容（凍上対策を兼ねたものか）を確認が必要。補修していない場合は調査を行い上記 C、D の補修方法を選定。
F. (秋) (冬) (春) 3.5mm/m 以上	不陸がある箇所ですらに凍上も発生している。経年的に大きな凍上を発生している傾向にある。	舗装以下では変状を起こしている可能性がある。上記 D の補修方法と同じ

5. おわりに

上記で示した凍上解析結果フローに従い、平成 27 年 11 月から平成 28 年 5 月に測定した冬期簡易 IRI 測定結果を分類した。厳冬期補修目標値以上に分類された区間は C が 4 区間であった。道東道では局所的に IRI が 4.0mm/m を超えている区間もあり、凍上前と比較して 1.46mm/m も悪化していた。

また、厳冬期の値が補修目標値 3.5mm/m 以下でも冬期前と比較し 0.5mm/m 以上 IRI が上昇する凍上区間を凍上要注意区間として凍上ハザードマップを作成することで、長期的な補修計画にも活用できると考える。

今後も IRI と凍上の関係を調査し、IRI を利用した凍上補修マネジメントについて引き続き検討したい。

参考文献

- 1) 大廣智則、上杉隆則：簡易ラフネス測定装置「STAMPER-FW」による路面管理手法、高速道路と自動車、58(2)、pp.37-40、2015。
- 2) 東日本高速道路(株)北海道支社技術部：北海道支社管内路面平たん性調査手引き、2015。
- 3) 水野津与志、川島正人、坂上弘至：簡易 IRI を用いた冬期路面の凍上性評価検証について、土木学会北海道支部論文報告集、65、2008。
- 4) 例えば、亀山修一、川端伸一郎、豊田邦男、川村彰、笠原篤：寒冷地の高速道路における平坦性の季節変動に関する研究、土木学会論文集、No.742、vol.60、pp.50-60、2003。
- 5) 東日本高速道路(株)：設計要領第 1 集舗装編(H27.7)