積雪寒冷地におけるコンクリート舗装の凍結深さに関する実態調査

国立研究開発法人　土木研究所　寒地土木研究所　　正会員　○上野　千草
国立研究開発法人　土木研究所　寒地土木研究所　　正会員　　丸山記美雄
室蘭工業大学大学院　　正会員　　木幡　行宏

1. はじめに

耐久性の高いコンクリート舗装（以下、Co 舗装）を積極的に採用することで、舗装の長寿命化が図れ、維持修繕工事頻度の削減、ライフサイクルコストの縮減が期待されている。積雪寒冷地における採用も望まれているが、北海道の国道に占める Co 舗装の割合は 3%程度である。これまでの研究で、積雪寒冷地における Co 舗装において凍上性材料が凍結深さ内の路床に用いられ、Co 舗装版下面に不陸が発生すると舗装寿命が低下することが明らかになっている。このため、路床設計においては凍結深さまで非凍上性材料で構成させることが最善と考える。現在、我が国における凍結深さの推定にあたっては、凍結指数を用いた修正 Berggren 式が一般に用いられているが、Co 舗装への適用については検証されていない。本文では、Co 舗装における凍結深さの実測を行うとともに、修正 Berggren 式より得られる凍結深との比較を行った結果を報告するものである。

2. 調査内容

北海道内における明かり部の Co 舗装 2 箇所において、2013 から 2017 年度にかけて熱電対温度計を埋設して凍結深さの計測を行った。調査箇所の舗装断面を**図-1** に、熱電対温度計の埋設深さを**表-1** に示す。調査は、As 舗装と Co 舗装が連続する箇所で実施し、各箇所とも As 舗装は修正 Berggren 式を用いて算出した 10 年確率最大凍結深さの 70%まで非凍上性の材料で置き換えた置換率 70%の設計における舗装構成であり、Co 舗装については、置換率 70%および 100%の舗装構成となっている。なお、A2 断面については、構造上必要な舗装厚を決定した結果、置換率は 85%となっている。また、凍結深さについては、熱電対温度計の各深さの計測値を用いて温度勾配をもとめ、土中温度が 0℃となる深さを机上で計算した値を用いた。

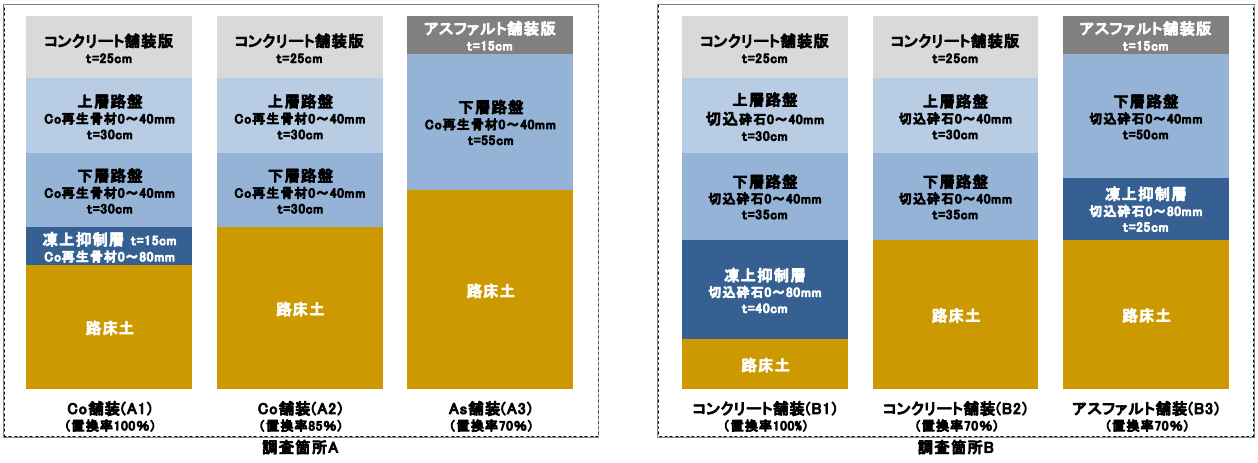

図-1 調査箇所の舗装断面

表-1 熱電対温度計埋設深さ

調査箇所	舗装断面	置換厚	熱電対設置深さ(cm)
A	A1	100cm	2, 12.5, 23, 35, 45, 55, 65, 75, 85, 95, 105, 115
	A2	85cm	2, 12.5, 23, 35, 45, 55, 65, 75, 85, 95, 105, 115
	A3	70cm	2, 7.5, 12, 25, 35, 45, 55, 65, 75, 85, 95, 105
B	B1	130cm	2, 12.5, 23, 30, 40, 50, 60, 75, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150
	B2	90cm	2, 12.5, 23, 30, 40, 50, 60, 75, 90, 100, 130, 150
	B3	90cn	2, 7.5, 13, 20, 40, 60, 70, 80, 90, 100, 130, 150

キーワード　積雪寒冷地、コンクリート舗装、凍結深さ、凍上
連絡先　〒062-8602 北海道札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目 国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所 TEL011-841-1747

© Japan Society of Civil Engineers

3. 調査結果

3.1 Co 舗装と As 舗装の凍結深さの比較

Co 舗装および As 舗装の各年度の凍結深さを図-2 に示す。欠測があり比較できない年度もあるが、Co 舗装の凍結深さは As 舗装と比較して、いずれの年度、調査箇所においても深い結果となった。

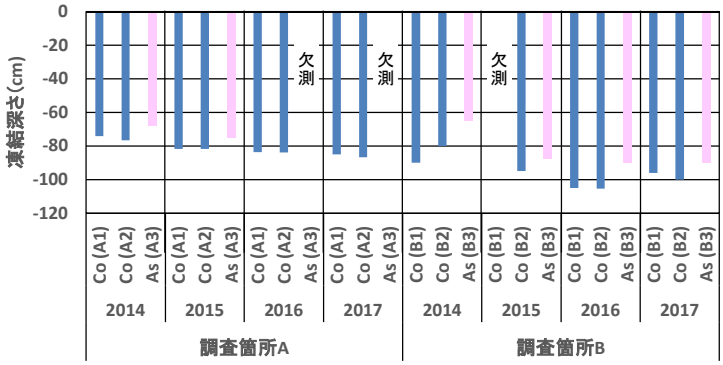

図-2 Co 舗装と As 舗装の実測凍結深さ

3.2 路面状況および路面温度

Co 舗装と As 舗装の凍結深さの違いの要因を検討するため、路面温度(h=-2cm)の比較を行った。調査箇所 A における 2014 年 3 月の路面温度を図-3 に示す。

路面温度を比較すると概ね Co 舗装は As 舗装より温度が低い値で推移していることがわかる。また、路面温度を 1 日のサイクルで比較すると、3 月 20 日（天候：晴れ）において、日射の影響が無い夜間では両者に 1.3℃の差があったが、日射の影響を受ける日中では両者の温度差は 9.2℃となっており、日射の影響が路面温度に大きく影響したと考えられる。

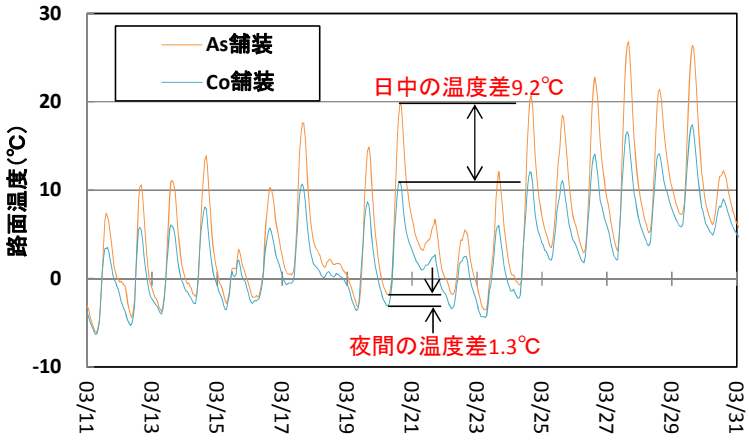

図-3 As 舗装と Co 舗装の路面温度（h=-2cm）

以上より、路面温度が凍結深さの差の一因となっていること推察される。このため、凍結深さの違いを検証する上では、路面における日射を考慮した熱収支検討が必要と考える。

3.3 修正 Berggren 式と実測値の比較

調査箇所近郊の AMeDAS データより算出した凍結指数を用いて、修正 Berggren 式より推定される凍結深さ（以下、B 曲線）と、Co 舗装における凍結深さの実測値を比較した。結果を図-4 に示す。凍結深さが B 曲線よりも実測値のほうが大きいデータが約半数確認され、Co 舗装において B 曲線を用いて凍結深さを推定し、置換厚を決定することは、危険側で設計する可能性があると考えられる。また、その可能性は、凍結指数の比較的小さい地域で高くなると考える。

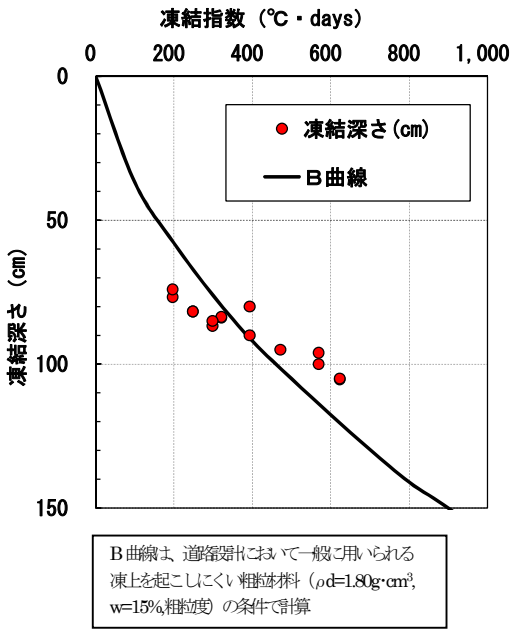

図-4 B 曲線と Co 舗装の実測凍結深さ

4. おわりに

本検討により、Co 舗装においては、As 舗装と同様に修正 Berggren 式を用いて凍結深さを推定し置換厚を決定する手法では、適切に凍結深さを推定できない可能性があることが示唆された。また、実測結果より As 舗装と Co 舗装において凍結深さに差が確認されたことから、今後、路面のアルベドや熱伝導率を加味し熱収支解析を用いた新たな推定法について検討を進め、Co 舗装に適した凍結深さの推定手法を提案していきたい。

参考文献

1)公益社団法人　地盤工学会北海道支部：寒冷地舗装工学，p.65，2009.

© Japan Society of Civil Engineers