

道央地域の高速道路における舗装嵩上げ工の凍上低減効果

Inhibitory effect of raised pavement against frost heave in the central region of Hokkaido Expressway

東日本高速道路㈱北海道支社 苫小牧管理事務所

東日本高速道路㈱北海道支社 技術部技術企画課

㈱ネクスコ・エンジニアリング北海道

㈱ネクスコ・エンジニアリング北海道

○正 員 竹村 真那斗 (Manato Takemura)

正 員 山内 智 (Satoru Yamauchi)

沼田 透 (Toru Numata)

藤井 直己 (Naoki Fujii)

1. はじめに

道央自動車道登別室蘭 IC～新千歳空港 IC 間一部の切土部では、毎年冬期に凍上現象による路面隆起が発生し、路面の平坦性が損なわれている。そのため、合理的な対策工を確立し、冬期路面の平坦性を改善することが課題である。過去の調査結果からは、路床の火山灰質土が起因しているものと推定された。これらを抑制するため、対策工を比較検討したところ、施工性及び経済性において優位な舗装嵩上げ（オーバーレイ）工法に着目し、平成 23 年度に試験施工を行った¹⁾。また、平成 24 年度には舗装の断面構成や、寒冷度等現地条件の異なる 3 箇所において、新たに追加検証を行った。本報では、現地条件の違いによる抑制効果を検証した結果について報告する。

2. 試験施工の概要

平成 23 年度に札幌方面苫小牧西 IC～苫小牧東 IC 間で、試験施工として実施した 10cm の舗装嵩上げ工における試験結果を、道央地域の対策工として適用を検討していく上で、舗装構成や凍結指数等の諸条件が異なる他の試験施工箇所において、効果の比較検証が必要となる。そこで平成 24 年度に、室蘭方面の登別室蘭 IC～登別東 IC 間、登別東 IC～白老 IC 間、白老 IC～苫小牧西 IC 間の 3 箇所平成 23 年度と同様に、10cm の舗装嵩上げ工について試験施工を実施した。試験施工位置図を図 1 に、追跡調査内容および頻度を表 1 に、地中温度計器の設置例を図 2 にそれぞれ示す。

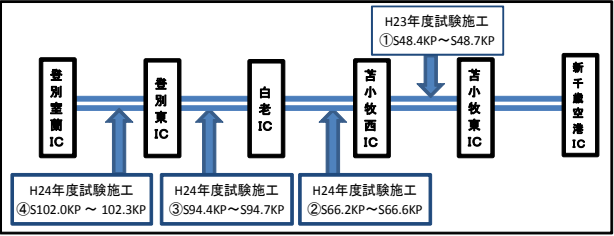


図 1 試験施工位置図

表 1 調査内容および頻度

調査項目	調査方法	測定頻度
地中温度測定（上部路床下面）	地中温度センサー データロガー	毎正時の温度を自動記録
路面平坦性評価	STAMPERによるIRI測定	凍上期前（11月～2月） 月 1 回 凍上期（3月～4月） 週 1 回 凍上期後（5月） 月 1 回
路面凍上量測定	水準測量	凍上期前（12月） 各 1 回 凍上期（3月） 各 1 回 凍上期後（5月） 各 1 回
ひび割れ観察	目視観察	凍上期前（12月） 各 1 回 凍上期（3月） 各 1 回 凍上期後（5月） 各 1 回
寒冷度比較	本線気象観測局データ	—

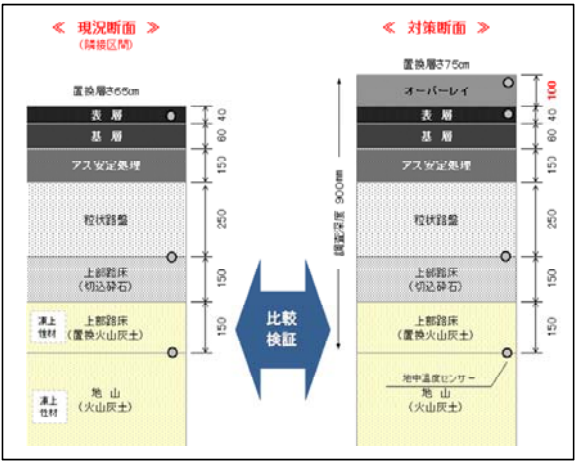


図 2 地中温度計器の配置例

3. 調査結果

各 IC 間に設置された気象観測局によって記録されたデータにおける、平成 24 年度の冬期の IC 間別凍結指数は、表 2 に示すとおり平成 23 年度とほぼ同様の値となり、過去 10 年間の平均値と比較した場合においては、約 1.3 倍の値を示している。

平成 23 年度及び平成 24 年度の試験施工においては、冬期の国際ラフネス指数（以下「IRI」という）測定、地中温度測定、縦断測量測定についてそれぞれ実施し、効果検証を行った。その結果を表 3 に示す。

白老 IC～苫小牧西 IC 間においては、IRI 結果が凍上前と比較して、凍上期では平均 0.34mm/m 上昇した結果となり、測量結果においても本試験施工範囲の平均凍上量が 9.3mm、最大凍上量が 26.0mm と他の試験施工箇所より高い値を示した。また、地中温度センサーが感知した冬期間の最低値（上部路床下面）は-0.93℃と氷点下を下回る結果となった。本試験施工箇所では、IRI 値の上昇は抑制されていたが、比較的大きな凍上現象が見られた。要因としては、上部路床が氷点下以下となり、凍上した可能性が高いと推測できる。IRI 値の評価には大きく影響しないものの、対策による凍上抑制効果は小さく、課題が残る結果となった。

登別東 IC～白老 IC 間においては、IRI 結果が凍上前と比較して、凍上期では平均 0.84mm/m 上昇した結果であったが、測量結果は本試験施工範囲の平均凍上量が 4.9mm、最大凍上量が 13.0mm と少なからず凍上

の影響が見られたものの、本試験施工箇所では凍上抑制対策の効果が十分得られた。また、地中温度センサーが感知した地中温度は、0.35℃を記録しており、氷点下を下回らない結果を示した。

登別室蘭 IC～登別東 IC 間においては、IRI 結果が凍上前と比較して、凍上期では平均 0.53mm/m の上昇に留まり、測量結果も本試験施工範囲の平均凍上量が 4.7mm、最大凍上量が 12.0mm と少なからず凍上の影響が見られたが、凍上抑制対策の効果は十分見られた。(地中温度については、一部データ欠損が見られたため、評価対象外とした)

平成 23 年度に施工した苫小牧西 IC～苫小牧東 IC 間においては、IRI 結果が凍上前と比較して、凍上期では 0.28mm/m の上昇に留まり、測量結果においても、本試験施工範囲の平均凍上量が 3.7mm、最大凍上量が 12.0mm と平成 23 年度同様に凍上抑制対策の効果が見

られた。地中温度センサーが感知した地中温度についても、0.69℃で氷点下を下回らない結果になったことから、当該区間は平成 23 年度同様、凍上対策の効果が継続していることが確認できた。

4. 必要舗装嵩上げ厚さの検討

各試験施工箇所の対策効果にばらつきが見られたため、Aldrich による修正 Berggren 式により推定凍結深さとの関係性を検証した。

計算結果から、表 4 に示すとおり、各試験施工箇所において、凍結深さに対する凍上対策後の置換え厚は不足している結果となっているが、苫小牧西 IC～苫小牧東 IC 間で実施した試験施工結果においては、2 ヶ年連続で凍上対策の効果が持続している実績から、置換え厚が不足している状況下においても、対策効果が継続していると判断できるため、計算から得られた凍結深さが凍上性路床材の位置であっても、許容できる範囲があると推測される。そこで、本試験施工範囲で得られる計算結果では、置換え厚が 90mm 不足する結果であったことから、計算上 90mm までは路面へ及ぼす影響は僅かであり、許容できる範囲内であると仮定した。また、置換え厚が 90mm 不足した結果でも、地中温度センサーが感知した地中温度は 0.69℃と氷点下以上の地中温度を保っていた事を踏まえ、今回の試験施工の実績として、置換え厚 100mm が不足に対し、許容できる限界の境であると設定した。

この結果を踏まえ、各試験施工箇所別に凍結深さと対策前の置換え厚を計算したところ、表 4 に示すとおり白老 IC～苫小牧西 IC 間においては、対策後の不足厚が 150mm となるため、上記において設定した許容値 100mm を大きく上回る結果となる。また、他の試験施工箇所においては、対策後の不足厚が、設定した許容値 100mm を下回る結果となり、IRI 結果や測量結果と同様な結果が得られた。

表 2 IC 別凍結指数

年度	凍 結 指 数			
	苫小牧西IC ～ 苫小牧東IC <勇払川観測局>	白老IC ～ 苫小牧西IC <ホニヤノ川観測局>	登別東IC ～ 白老IC <虎杖浜観測局>	登別室蘭IC ～ 登別東IC <富浦川観測局>
過去10年平均	407℃ Days	321℃ Days	349℃ Days	278℃ Days
H23年度	589℃ Days	483℃ Days	495℃ Days	432℃ Days
H24年度	531℃ Days	444℃ Days	456℃ Days	394℃ Days

表 3 H24 年度試験施工結果

項目	<札幌方面> 苫小牧西IC ～ 苫小牧東IC	<室蘭方面> 白老IC ～ 苫小牧西IC	<室蘭方面> 登別東IC ～ 白老IC	<室蘭方面> 登別室蘭IC ～ 登別東IC
IRI結果	(11月) 平均 1.22mm/m (3月) 平均 1.50mm/m 平均IRIで0.28mm/m上昇	(12月) 平均 1.52mm/m (3月) 平均 1.86mm/m 平均IRIで0.34mm/m上昇	(12月) 平均 1.25mm/m (3月) 平均 2.09mm/m 平均IRIで0.84mm/m上昇	(12月) 平均 1.19mm/m (3月) 平均 1.72mm/m 平均IRIで0.53mm/m上昇
路温結果 (上部路床) ()内 無対策区間	最低値 0.69℃ (-1.57℃) 舗装嵩上げ施工区間の 上部路床下面で氷点下に 達していない	最低値 -0.93℃ (-1.76℃) 舗装嵩上げ施工区間の 上部路床下面で氷点下に 達している	最低値 0.35℃ (-1.25℃) 舗装嵩上げ施工区間の 上部路床下面で氷点下に 達していない	測定不良により評価対象外
測量結果	凍上量 平均 3.7mm 最大値 12.0mm	凍上量 平均 9.3mm 最大値 26.0mm	凍上量 平均 4.9mm 最大値 13.0mm	凍上量 平均 4.7mm 最大値 12.0mm
効果判定	○	△	○ 平均IRI値が比較的高い値を示したが、走行試験による地試験箇所との平坦性に大差はない	○

表 4 対策後の IC 別対策前置換不足厚及び判定

IC間 <試験施工>	<札幌方面> 苫小牧西IC ～ 苫小牧東IC	<室蘭方面> 白老IC ～ 苫小牧西IC	<室蘭方面> 登別東IC ～ 白老IC	<室蘭方面> 登別室蘭IC ～ 登別東IC
現況 断面図				
対策前置換厚 (A)	650mm	450mm	650mm	500mm
修正 Berggren 式 による置換え厚 (B)	840mm	700mm	780mm	700mm
対策前置換不足厚 (C) = (B) - (A)	190mm	250mm	130mm	200mm
対策後置換不足厚 (C) - 100mm	90mm	150mm	30mm	100mm
凍結指数 (過去10年最低値)	589℃ Days	483℃ Days	495℃ Days	432℃ Days
判定	100 ≧ 不足量 OK	100 < 不足量 NG	100 ≧ 不足量 OK	100 ≧ 不足量 OK

5. 気象条件と断面構成の違いに伴う凍上への影響

各 IC 間で気象条件や断面構成に違いがあるため、表 4 に示すとおり、対策後の置換不足厚や凍結指数を整理した。

白老 IC～苫小牧西 IC 間以外の各試験施工箇所においては、凍結指数が最も高い値を示した区間があるものの、対策後の置換不足厚は許容値 100mm を下回る結果であった。

白老 IC～苫小牧西 IC 間においては、他の試験施工箇所と比較しても凍結指数は大きく変わらない値を示したが、対策後の置換不足厚は許容値 100mm を上回る結果であった。これは、既設舗装構成の違いが大きく影響しているものと推定される。

今回の結果を踏まえ、白老 IC～苫小牧西 IC 間を除く、登別室蘭 IC～新千歳空港 IC 間においては、10cm の舗装嵩上げ工は効果的な対策工であると判断でき、今後の道央地域の対策工として適用が可能であると考えられる。

6. おわりに

舗装嵩上げ工の試験施工により効果を検証した結果、登別室蘭 IC～新千歳空港 IC 間の対策効果は、一部区間を除いて概ね効果が得られる結果となった。試験施工を実施した年度は、過去 10 年間で最も凍結指数が高い年度であるため、今回の試験施工で得られた結果は、寒さの年変動を踏まえても長期的に効果が持続できるものと推測する。しかし、白老 IC～苫小牧西 IC 間では、他の試験施工箇所と同等な効果を得るためには、Aldrich による修正 Berggren 式より算出した場合、必要な舗装嵩上げ厚さは 18cm にもおよぶため、道路附属物の大幅な改良が必要となる。これを踏まえると現実的な対策ではないと考えるため、当該区間の冬期路面の改善方法については、今後、より合理的な対策工の検討に努めていくものとする。

＜参考文献＞ 1) 谷藤義弘・坂田史典・竹村真那斗・沼田透・山内智：舗装嵩上げによる路床の凍上低減効果，第 48 回地盤工学研究発表会論文集 pp.1039-1040, 2013.