

## 後志自動車道における凍上原因とその対策について

東日本高速道路(株) 正会員 ○山下 岳  
 (株)ネクスコ・エンジニアリング北海道 正会員 松本 大輔

## 1. はじめに

ネクスコ東日本北海道支社管内(以下、北海道支社管内という)では、下層路盤の材料は通常、切込砕石等を使用するが、製鋼スラグの場合コスト面や供給体制において有利であると認められたことから、平成30年12月に供用した後志自動車道(以下、後志道という)余市IC~小樽JCT間での下層路盤に採用した。しかし翌年1月頃より路面に不陸が発生し、原因が製鋼スラグによる凍上に起因するものと考えられた。

本報文は後志道において発生した冬期路面不陸の概要とそのメカニズムに関する検討及び対策の効果検証について報告するものである。

## 2. 冬期路面不陸発生状況等

不陸の発生状況写真を写真-1に示す。撮影時期は平成31年2月で写真の通り舗装路面が波打っているのが確認できる。舗装路面の不陸は全線にわたって点在し、横断方向に凹凸が不均一に発生している。



写真-1 路面不陸状況 (左：下り線, 右：上り線)

また、IRI(平坦性を表す指標)の測定結果を図1に示す。IRI(200)は建設時(黒線)に対し、H31年1月測定(緑線)頃に上昇し始め、同年2月測定(紫線)頃でピークを迎えた。際立った箇所ではピーク時でIRI(200)が3.5mm/mを超えた。

## 3. 路面不陸の原因検討

路面不陸発生当初、不陸の原因について検討したところ、施工不良や製鋼スラグの水和反応による膨張などが考えられたが、各種試験の結果、下層路盤に使用した製鋼スラグが凍上性材料であり、下層路盤の凍上が今回の事象の主たる要因であると判明した。建設前、凍上キーワード 舗装、積雪寒冷地、凍上、製鋼スラグ 連絡先 〒004-8512 北海道札幌市厚別区大谷地西 5-12-30 TEL: 011-896-5322

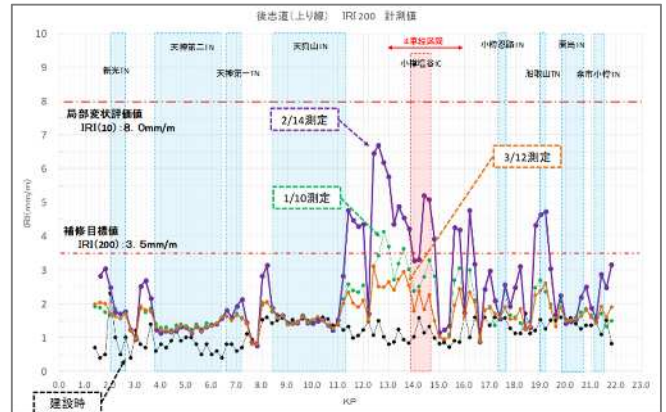


図-1 IRI (200) グラフ

試験を実施し非凍上性材料として認められていたが、不陸発生後に追加実施した凍上試験結果から凍上性材料であることが確認された。

## (1) 下層路盤(製鋼スラグ材)試験結果

製鋼スラグ材に対しては、採用検討段階、工事段階、不陸調査段階、原因究明段階において、それぞれ凍上試験を実施しているが、採用検討段階と工事段階においては非凍上性材料という結果となっていた。

その後の不陸調査段階で凍上が疑われたため、現地開削試料で改めて凍上試験を実施した結果、凍上性材料と判定された。原因究明段階では現地開削状況と上記凍上試験の結果より、工事で使用した製鋼スラグ材の各産地のバージン材料について、改めて凍上試験を実施した結果、全ての材料で凍上性材料と判定された。試験の結果を表-2に示す。

表-2 バージン材凍上試験(JGS0172)結果

産地	君津産	鹿島産	呉産	土の凍上性の判定指標(JGS0172 2009)	
				凍上速度Uh(mm/h)	凍上性
供試体区分	最適含水比	最適含水比	最適含水比	0.1未満	凍上性が低い
凍上速度(mm/h)	0.27	0.23	0.23	0.1以上0.3未満	凍上性は中位
凍結膨張率(%)	10.20	11.40	10.60	0.3以上	凍上性が高い
凍上性の判定	凍上性 中位	凍上性 中位	凍上性 中位		

## (2) 製鋼スラグ材の凍上メカニズムの検討

製鋼スラグの凍上メカニズムを解明するため、凍上試験等の追加試験を実施した、

試験内容は製鋼スラグの骨材表面に付着している細粒分の有無による凍上性の変化を確認したもので、洗

浄前後の製鋼スラグの骨材の写真を写真-2 に示す。



写真-2 製鋼スラグ骨材の洗浄前（左）と洗浄後（右）

凍上試験（JGS0172 法）結果を表-3 に示す。細粒分を洗浄+ふるいで除去した製鋼スラグ③では、無処理のものとは凍上性はかなり低い結果となり、製鋼スラグの骨材表面に付着した細粒分が凍上の主要因であることが明らかとなった。

表-3 凍上試験（JGS0172 法）結果

試料名	仕様	試験意図	JGS0172 凍上速度 (mm/h)	備考
製鋼スラグ ①	CS-40N 後志道下層路盤材出 荷品	粒度無調整 比較用	0.34	君津産
製鋼スラグ ②	CS-40Nから、 0.075mm 以下全量 カット	細粒分カットによる 凍上抑制	0.19	君津産
製鋼スラグ ③	CS-40Nを洗浄し、 炉乾燥後 0.075mm 以下全量カット	細粒分カットによる 凍上抑制	0.026	君津産

以上より、製鋼スラグ材は、凍上性材料であることが判明した。また、各段階によって凍上性に差異があることについては、各ロットによりスラグの品質にバラつきがあった可能性と、転圧によりスラグの粒度が変化し凍上性が高まった可能性とが考えられる。

#### 4. 対策

IRI (200) が 3.5 mm/m を超える範囲の補修として「抑止対策（置換工）」と「抑制対策」を実施するものとした。また、IRI (200) が 3.5 mm/m を下回る範囲については経過観察するものとした。

##### (1) 抑止対策（置換工）

下層路盤を製鋼スラグから碎石に置き換えるもので、路面不陸が非常に大きい箇所を対象に実施した。夜間通行止めを要する区間では、施工性の良い大粒径舗装を採用し、施工期間の短縮を図った。施工イメージ図を図-2 に示す。

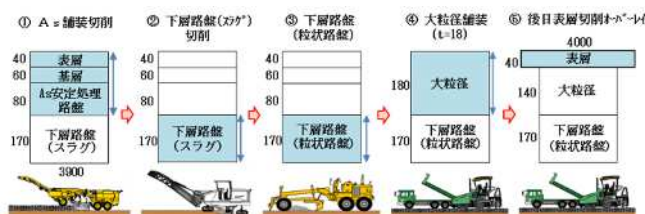


図-2 抑止対策施工イメージ図

##### (2) 抑制対策（排水対策,防水対策）

本線路肩部の下層路盤をフィルター材に置き換える排水対策と、保護路肩部を遮水シート等で被う防水対策をそれぞれ実施した。切土部では双方を組み合わせ、盛土部では防水対策のみ施工した。図-3 にそれぞれのイメージ図を示す。

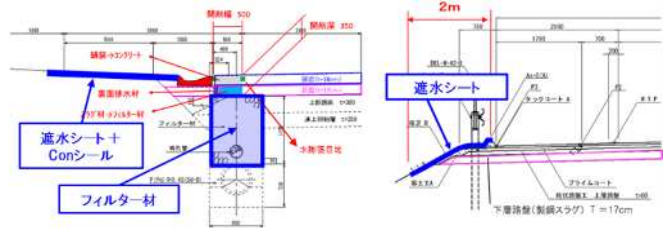


図-3 抑制対策イメージ図（左：切土部、右：盛土部）

#### 5. 効果検証

上述した対策を令和元年度と2年度にそれぞれ実施し、冬期に効果検証を行った。各対策によって低減したIRI 値について、平均値と最大値を表-4 に示す。

表-4 IRI の低減量の平均値と最大値 (mm/m)

対策種別	施工延長(km)	平均値	最大値
抑止対策 置換工	5.372	1.6	2.7
抑制対策 防水対策	0.774	0.6	0.8
抑制対策 防水+排水	4.060	0.9	2.4

##### (1) 抑止対策（置換工）

施工した箇所については対策前と対策後で IRI 値の低減が確認でき、一定の効果を認められた。最も大きく効果の表れた箇所では 2.7 mm/m の低減効果を得られた。

##### (2) 抑制対策（排水対策,防水対策）

最も効果の現れた箇所では 2.4 mm/m 低減しており、この値は置換工による効果と遜色ない値であった。しかし平均値を見ると置換工ほどの値とはなっておらず、現地条件によって効果に差異があることが確認された。

#### 6. 結果を受けて

地域特性を考慮し、北海道支社管内では製鋼スラグを下層路盤材として使用しないこととした。

当初補修を計画していた箇所については、R3 年度に補修対策を完了したが、IRI 値のモニタリングは引き続き継続している。この結果管理基準を超える値が計測された場合は、抑止対策による補修対策を基本として対応する。また抑制対策については、過年度に施工したものについて継続的にモニタリングを行い、効果のあると判断される場合は適用を検討することとしている。