

ソルパックを用いた鉄道の凍上防止対策

東海旅客鉄道(株) 正会員 ○宮下 優也
名古屋工業大学 正会員 松岡 元
東海旅客鉄道(株) 正会員 可知 隆

1. まえがき

凍上は継続的に補給される地中水が温度の低下によって次々と氷層を形成することにより土が膨張を起こし、地盤が隆起する現象である。鉄道線路においても大きな高低狂いを発生・助長させ、運転障害につながる恐れがあるため、抜本的対策の確立が寒冷地の保線における重要課題の1つとなっている。今回、凍上防止対策として粗い砕石入り「土のう」を用いた新しい凍上対策（以下、「土のう」を用いた凍上対策と呼ぶ）を実施したので、その施工方法と施工後の状況について報告する。

2. 凍上発生状況

凍上発生の有無は、積算寒度（1日の最高気温と最低気温の平均値を算出、その値が0以下となった日から日々累計した累計値）を目安として統計的に推測が可能である。今回の施工対象地区ではほぼ毎年凍上被害が発生しており、凍上は積算寒度が概ね -60 ~ -70 程度になると発生している。平成13~14年度の積算寒度を図-1に示す。13年度は積算寒度が最高で -55 程度であり、凍上は発生しなかった。次に14年度は積算寒度が最高で -120 を超え、数箇所では凍上が発生した。一番被害の大きかった箇所では高低狂いが17mmになっており、この箇所では凍上による不規則な凸凹の整備作業（はさみ木作業）を人力で実施するとともに、列車の速度を下げた運行した。

3. 「土のう」を用いた新しい凍上対策

粒状体（粒子）を詰めた袋に外力（列車荷重等）が加わり、袋が平らになろうとすると袋の周長が伸び、袋に張力が発生する。その際、粒状体のダイレイタンス（せん断に伴う体積膨張）が起ると袋の張力はさらに大きくなり、袋内の粒子の粒子間力（拘束応力）が大きくなって、結果として粒状体を詰めた袋の強度（耐荷力）が大きくなるというメカニズムを利用したものがソルパック工法（性能表示された「土のう」による地盤補強工法）である¹⁾。この工法を線路の凍上対策に使用した場合、考えられる効果は次の通りである。

）粗い砕石入り「土のう」はそれ自体が凍上しないことに加えて、水分の毛管上昇、供給を遮断することによって「土のう」の敷設により上の土層での凍上を抑制できる²⁾。 ）粗い砕石入り「土のう」は排水性が良く、凍上発生要素の一つである水分を排除しやすいため、凍上を抑制しやすい。また、 ）本来の利点である「土のう」を適切に配置すると支持力が飛躍的に増大することから軌道狂い防止の効果も期待できる³⁾。

4. 施工概要

平成14年度に凍上の被害が最も著しかった箇所（延長6.7m）に「土のう」を用いた凍上対策の施工を実施した。図-2に「土のう」を用いた凍上対策の施工断面を示す。国鉄時代の経験的な凍結深度推定式および過去10年間の積算寒度の最高値を考慮し、必要なマクラギ下道床厚25cmを確保した上で、細粒分の少ないクラッシャーラン（40mm - 5mm）入りの「土のう」（40cm × 40cm × 高さ10cm）を路盤部に2段敷きつめた。なお、今回の使用した「土のう」袋は、国産品のポリエチレン製で、通常の「土のう」袋よりも目のピッチが細かく（袋の質量約60g）、UV（紫外線）耐候性を付与しており、また路盤に埋め込み日光に当たらないことから半永久的に使用できるものと思われる。

「土のう」を用いた凍上対策の施工手順としては、 昼間、当夜の施工に必要な部数ずつ「土のう」を製作、現場まで車道、軌道両用の軌陸ダンプで運搬する。 夜間、マクラギを撤去後、古い道床部（マクラギ下深さ

キーワード 凍上、ソルパック工法、土のう、路盤改良、バラスト、拘束

連絡先 〒485-0801 愛知県小牧市大山1545番33 J R 東海(株) TEL 0568-47-5380 FAX 0568-47-5364

25cm)と路盤部(深さ 20cm 程度まで)をバックホウにより掘削する。また、掘削後の路盤部の表面を掻き均し、プレートランマーにより転圧する。「土のう」を丁寧に(「土のう」袋を絶対に投げない)全面に敷き詰め、プレートランマーにより再度十分に転圧を行う(写真-1および写真-2)。なお、転圧は1段目、2段目別々に実施し、転圧回数は施工に先立ち事前に実施した動的平板載荷試験の結果により最も強度が発揮された1段目4回、2段目5回を基準とした。バラスト散布後、タイタンパーにより入念に突き固め、当夜の作業を終了する。上述した～を繰返し、施工区間の全施工終了後、マルチプルタイタンパーにより軌道整正を実施する。

5. 施工後の状況

15年度の積算寒度は統計上で凍上が発生する-60~-70を超え、最高で-80となった(図-1)。当該地区の施工を実施しなかった過去の凍上発生箇所においては凍上が発生していたが、今年度施工箇所では、凍上の発生は確認されなかった。

6. あとがき

現在は施工後の詳細なデータの解析を実施している段階であり、「土のう」を用いた凍上対策の優位性をさらに確認するため、引き続き各種データを収集・解析していく予定である。今回の施工で良い結果が得られれば、凍上による被害が著しい箇所への展開が可能になる。今回の工法によってより一層高いレベルで安全・安定輸送を確保し、乗り心地の良い線路を提供できることを期待している。なお、適切な助言をいただいた北見工大の鈴木輝之教授に謝意を表します。

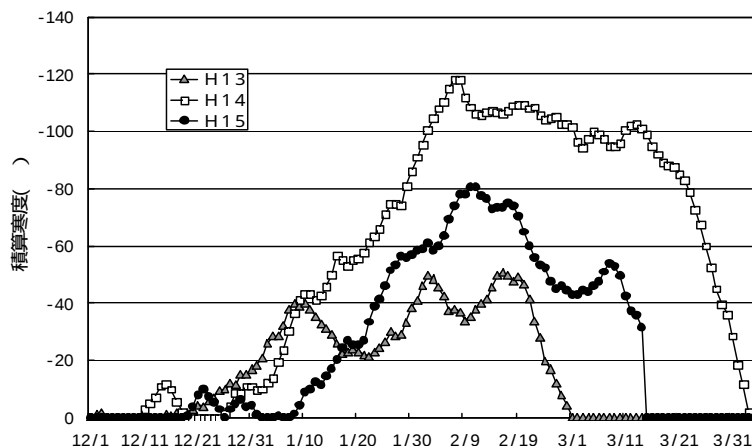


図-1 平成13、14、15年度の積算寒度グラフ

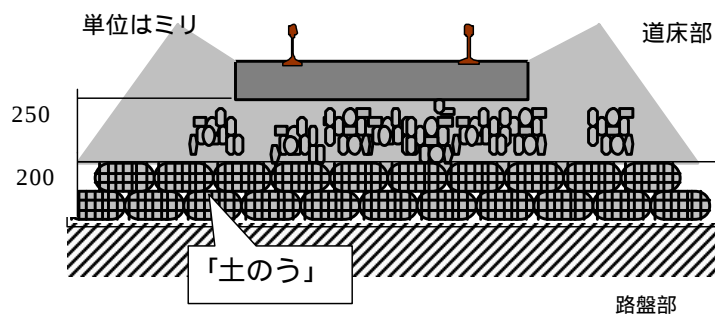


図-2 「土のう」を用いた凍上対策の施工断面



写真-1 「土のう」の転圧作業



写真-2 「土のう」の転圧後の状態

【参考文献】1)松岡元・劉斯宏:地盤の一部を包み込む支持力補強方法に関する研究、土木学会論文集, No.617/3-46, pp.235-249, 1999, 3. 2)鈴木輝之・山下聡・松岡元・山口啓三郎:袋詰めした砂利の凍上抑制効果, 第35回地盤工学研究発表会, pp.609-610, 2000 3)松岡元・劉斯宏・児玉仁・可知隆:「土のう」によって道床・路盤部を補強された鉄道枕木の沈下抑制効果, 第32回地盤工学研究発表会, 1249, pp.2503-2504, 1997