

III-193 トンネルの凍害防止に関する現地実験

国鉄 鉄道技術研究所 正員 ○ 岡田 勝也
同 川口 孝夫
(前) 同 正員 多田 信幸

1. まえがき

全国新幹線網の建設のうち、寒冷地においてはトンネル内に発生するつららが、特に極寒冷地においては、それに加えてトンネル覆工背面の凍結が大きな問題になっている。

後者は凍結・融解の繰り返しによってじだいにトンネル覆工を変状させたり、あるいはその強度を劣化させるものである。また前者は在来線の降雪地のほとんどのトンネルで悩まされているものであり、従来、人力によってつらら落とし作業や削氷作業によって列車運転を確保してきた。

しかし、新幹線ではそのような人力作業に期待するのではなく、積極的なつらら防止工法の採用が望まれており、北海道のKトンネルが候補に上げられ、2種類のつらら防止工法が試験的に実施された。

ここでは、鉄道トンネルにおけるつららの実状を述べ、フリードトンネルの試験結果を述べるに留める。

2. 鉄道トンネルにおけるつららの実状

つららは通常一晩で成長して車両限界(建築限界)を犯す。一般には気温が急激に低下する夜明け前の4～5時にその成長が多いようである。電化区間ではトロリー線に接触して短絡事故や架線切断事故を起こすこともあるので、トロリー線上部の約1 m幅は電力区の保守範囲として、毎朝一番列車を通す前に巡回し、つらら落としを行っている。一方、側氷(側壁氷)は線路巡回や作業員の歩行を困難にし、列車待避などの危険をもたらすと同時に、レールを埋める氷は列車運転上も望ましいものではない。つらら落としなどの保守作業に要した期間は、北海道の内陸部では150日を越える所もあり、東北(盛岡以北)でも100日を格に越えており、それぞれの地域の真冬日(1日の最高気温が0℃以下である日)よりも上回っている。

つららが発生する延長200 m以下のトンネルでは、その全数の約17%が全延長にわたってつららが発生しており、1000 m級のトンネルでも全延長につららが見られるものもある。またトンネルの経年別に統計をとってみると、経年の長いトンネル程つらら発生が多いようである。

3. Kトンネルにおけるつらら防止工法

当トンネルで採用された2種類(A・B工法)のつらら防止工はつぎのようである。

A工法は、ウレタン系発泡断熱材と止水板と補強支持材の面着を兼ねる塩ビ波板を主体としたものであり、塩ビ波板と覆工コンクリートの間には空気層があり、そこもトンネル漏水が流下するようになっており、サイドドレーンに導びかれる。もちろん、ドレーンの内側にも、発泡断熱材を吹きつけて断熱処理を行った。

またB工法は側壁コンクリートの上に直接防水材(防水セメント)を塗布して、その上A工法に使用されたものと同じ発泡断熱材を吹き付けたものである。漏水は覆工に欠かれたV字形カット内を流れるようになってい

る。

これらA・B両工法の効果確認のため、地中温度と表面温度の測定を行った。なお、これら以外にも、つらら防止工を施工しない所(無施工区間)にも温度測定を行ない比較することにした。図-1はA工法の代表的な温度測定記録であり、図-2は無施工区間のそれを示している。

(A工法) この工法では、覆工表面の温度(A9)では約5℃であり、現状では凍結のおそれはない。また止水板裏の温度(A10)は3～5℃の変化を示しており、外気温の日変動の影響を受けて位相がわずかにずれているのがわかる。しかしさしあたりは漏水の凍結は考えられない。一方、地温は覆工表面から1.2 mの所(A1)

で7.5℃あり、熱源としては十分な温度を有している。ドレーン内はこの記録ではプラス側であるが、1月～2月にかけてしだいに低下して0℃前後になった日もあり、ドレーン終端部の寒気の逆進入を考慮した十分な断熱処理が必要となろう。しかし、最低気温が-15℃にも達する極寒冷地においても、この工法はつらら防止工として十分効果を発揮したと言えそうである。

(B工法) 前工法と同様、断熱効果を十分発揮しているが、防水セメントに完全な防水効果を期待することができかどうかは、施工性と経年劣化の問題から、さらに長期試験が必要であろう。覆工表面の温度はA工法のそれとほぼ等しく約6℃であるが、地中温度はA工法よりも少し高くなっている。

(無施工区間) 覆工表面(B12)は-7.5℃に達したこともあり、水分が補給されればつららの発生が十分考えられる所である。しかも覆工内50cmの位置(B7)の温度も0℃に近づいており、覆工コンクリートのみならず、覆工背面の凍結は十分考えられる。覆工背面の凍結を防止するために覆工を厚くする方法は気象条件の厳しくない地方では考えられないことになりが、当地方のような寒冷地ではその可能性は少なく、A・B工法のような断熱処理が必要となろう。

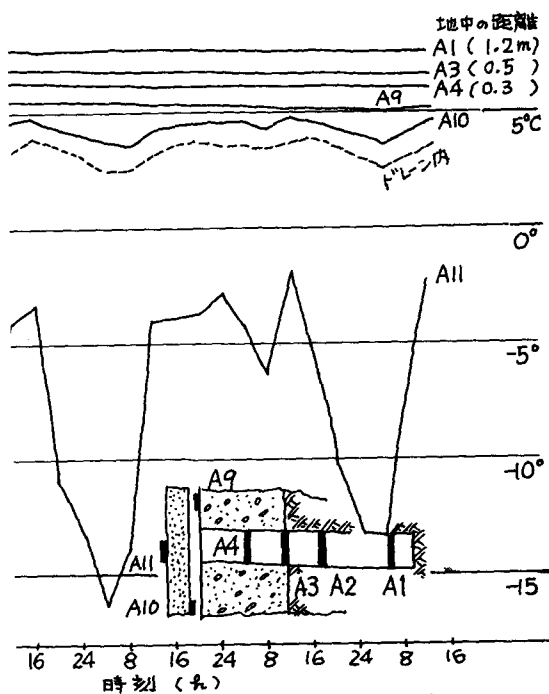


図-1 A工法における温度変化

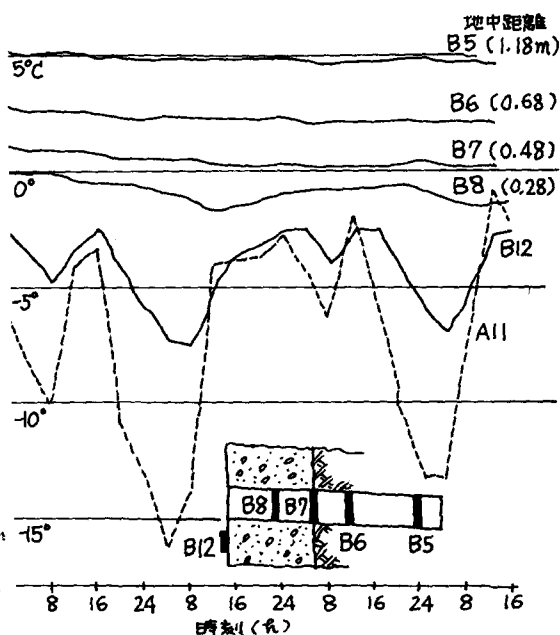


図-2 無施工区間における温度変化

4. まとめ

- 1) 極寒冷地におけるつらら防止工として、A工法は十分その効果を発揮した。ただし漏水処理のためのサイドドレーンが短い場合には、寒気の逆進入に注意する必要がある。
- 2) B工法も前工法と同様、効果を十分発揮しているが、防水セメントの完全な防水性については、施工性と経年劣化の両面から観察する必要がある。
- 3) A・B両工法における熱伝導率は、定常状態であると仮定して略算すると、 $\lambda_A = 0.012 \text{ kcal/m}\cdot\text{K}$ 、 $\lambda_B = 0.009 \text{ kcal/m}\cdot\text{K}$ であり、地山からの流入熱量は $Q = 2.6 \text{ kcal/m}^2$ 程度であろう。
- 4) 営業線トンネルにおける施工の急速化と、断熱材厚の均一化のためには、プレキャスト化などの方法が開発されねばならないだろう。