

鉄道トンネル内のつららの観測 (第1報)

小川直仁 (JR 北海道)、岩花 剛、赤川 敏 (北海道大学大学院工学研究科)

1. はじめに

鉄道トンネル内に発生するつららは、車両窓ガラスの破損並びに電気設備に損傷を与えるなどの要因となっている。そのため、JR 北海道では車両装備及び施設設備による対策と人員によるつらら除去作業 (写真-1) の両面から保守管理を行なっている。

これまで、JR 北海道及び JR 東日本において行なわれているつらら対策を整理すると、図-1 となった。これらのつらら対策により、JR 北海道では平成 17 年度にはつららによる運転阻害事故 (旅客列車の 30 分以上の遅延、運休等) をゼロ件としている。

しかし、JR 北海道が調査した年度別ガラス損傷件数 (図-2) では、つらら等によるガラス損傷は減少傾向にあるが依然として解消されてはいない。

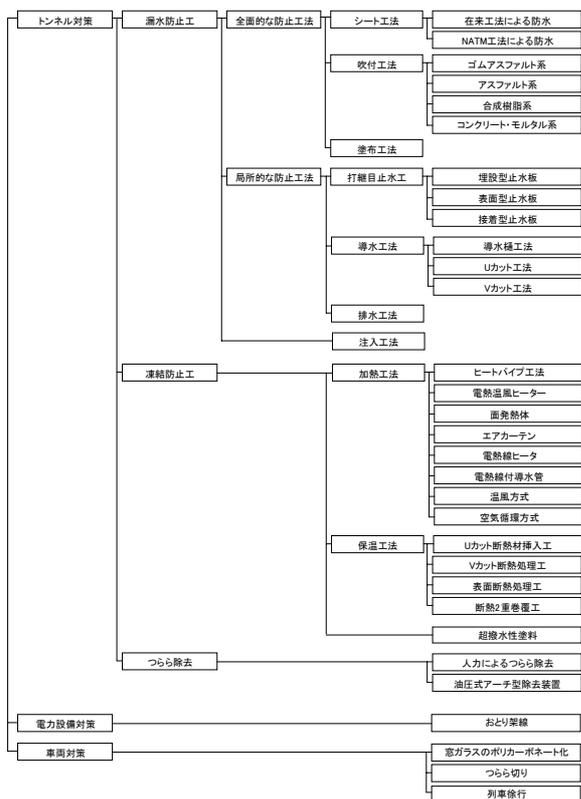


図-1 鉄道トンネル内つらら対策の分類



写真-1 つらら除去作業 (撮影: 2007年)

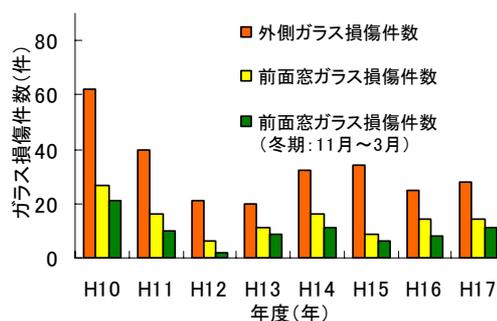


図-2 年度別車両ガラス損傷件数

そこで、本報告では北海道における鉄道トンネル内のつらら発生実態調査を行い、今後の鉄道トンネル内つらら対策における基礎情報を取得するとともに、平成 18 年度冬期から開始した鉄道トンネル内のつらら観測に関する概要について報告する。

2. 調査概要

JR北海道のトンネル全178箇所におけるつらら発生実態を把握するため、トンネルを管理する職場（全13箇所）を対象としてアンケート調査を実施した。調査項目は、フリーアンサーを含めて全10項目である。本報告では、その中からつらら発生率についてを抜粋して報告する。調査概要は表-1の通りである。

対象トンネルの総延長は203.9 kmであり、JR北海道の全路線延長2499.8 kmの8%にあたる。建設年代は昭和（戦後）に建設されたものが多く箇所数にして65%、延長にして81%を占めている（表-2）。

表-1 つらら発生実態調査概要

項目	内容
調査方法	質問紙法
調査対象	トンネルを管理する職場（運輸営業所、工務所、保線所）：全13箇所
調査期間	H18年8月1日～H18年8月18日
回収率	配布数13、回収数13、回収率100%

表-2 調査対象トンネル

建設年代	箇所数	延長 (km)
明治	13	5.4
大正	15	4.2
昭和（戦前）	29	17.7
昭和（戦後）	115	164.5
平成	6	12.0
合計	178	203.9

3. 調査結果

3.1 つらら発生実績のあるトンネル箇所

JR北海道の鉄道トンネル全178箇所における、つらら発生状況は、「つらら発生が有る」とされるトンネルが142箇所あり全体の80%を占める結果となった（図-3）。

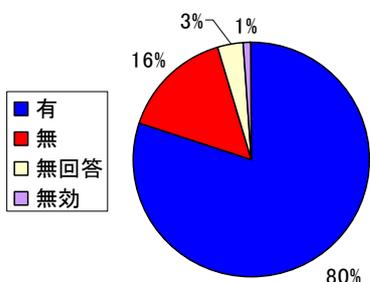


図-3 つらら発生実績のあるトンネル箇所数の割合

3.2 経過年数別つらら発生率

次にトンネル完成年からの経過年数を10年毎として、つらら発生有無を確認した170箇所のトンネルにおけるつらら発生率の整理を行った（図-4）。ここで、本報告において定義するつらら発生率は経年別トンネル箇所数とつらら発生トンネルの箇所数の割合である。この結果、経過年数「20～30（年）」以内と「30～40（年）」以上のつらら発生率に顕著な差異があった。

ここで、図-4の本報告での結果と既往研究結果を比較するため、野沢ら¹⁾及び黒川²⁾が報告する昭和54年度に国鉄で実施した調査のトンネル漏水発生率を図-5、図-6に示す。なお、この調査での対象は国鉄における3,808箇所のトンネルである。野沢らの定義するトンネル漏水発生率は経年別のトンネル延長と漏水トンネルの延長の割合であり、黒川の定義するトンネル漏水発生率は経

年別のトンネル箇所数と漏水トンネルの箇所数の割合である。本報告で定義するつらら発生率は箇所数の割合であるので、黒川の定義と同様である。

この結果では、「0～10(年)」以内と「10～20(年)」以上のトンネル漏水発生率に差異があった。本報告の調査と国鉄調査から経過年数によって漏水発生率およびつらら発生率が増加傾向にあることがわかる。

ここで、野沢らによれば図-5の「20～40(年)」の漏水発生が顕在した考察として「戦中戦後の時期であり施工管理、材料品質に問題があったものと推察される」としている。また、黒川によれば図-6の「20～40(年)」の漏水発生が顕在した考察として「ちょうど戦中、戦後にまもなく施工されたもので、材質、施工ともに問題があったものと考えられる」としている。このように両者とも材料及び施工に関する問題を指摘している。

そこで、工法別によるつらら発生率の比較を次節にて行った。

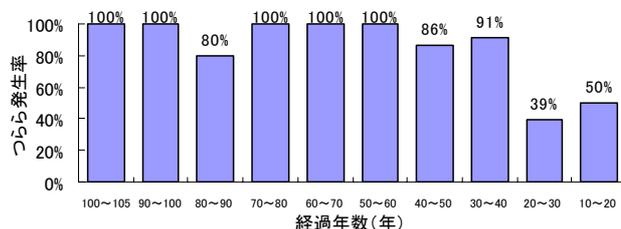


図-4 経年別トンネルつらら発生率 (発生箇所数/全箇所数)

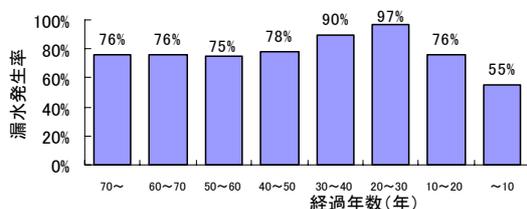


図-5 S54年度国鉄調査による経年別トンネル漏水発生率 (発生延長/全延長) ¹⁾

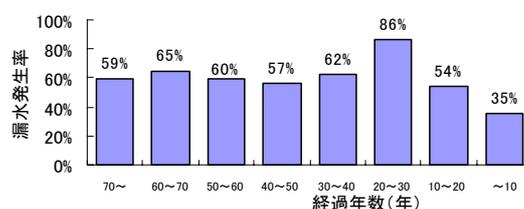


図-6 S54年度国鉄調査による経年別トンネル漏水発生率 (発生箇所数/全箇所数) ²⁾

3. 3 工法別つらら発生率

工法別つらら発生率を図-7に示す。この図は、178箇所の内、工法及びつらら発生有無を確認できた101箇所を対象として整理したグラフである。対象となる工法を大別すると、NATM工法、開削工法、在来工法となった。ここで、既往研究調査により1980年に新設トンネルのつらら防止工法として、NATM工法の断熱2重巻覆工が室蘭線蘭法華トンネルで施工されたことが分かった。この工法は、1970年代から始まった国鉄の全国新幹線網の雪害対策に関わる研究成果の一つである。そこで、上記3区分をさらに1980年を閾値として区分すると共に、NATM工法については断熱2重巻覆工とそれ以外を区別して整理した。

その結果、NATM工法における断熱2重巻覆工のつらら発生率は0%であった。断熱2重巻覆工ではないNATM工法のトンネルに関しても29%であり、つらら発生率が他の工法に比べ低減していることがわかる。

また、在来工法に関しても、1980年以前とそれ以降では、つらら発生率に大きな差異が見られた。開削工法に関しては、1980年以前完成のトンネルが一箇所のつらら発生トンネルのみであるため100%となっている。1980年以降のつらら発生率は50%であった。

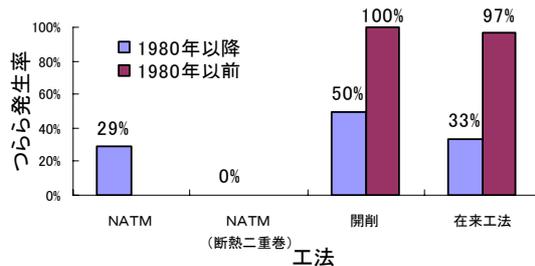


図-7 工法別つらら発生率

4. トンネル内つらら観測の概要

既往研究で最もつらら発生に影響していると考察されるトンネル坑内気温を営業線にて計測し、気温データと毎日のトンネル内つらら発生記録（本数、長さ）からつらら発生と坑内気温の関係を明らかにする。また、気温、湿度、風速、風向のトンネル内微気象を計測し、10分間隔で撮影したつらら成長画像による観察も実施している。なお、観測サイトは前者の観測を函館線熊碓トンネル他2トンネルと神居トンネル他4トンネルにおいて実施し、後者の観測を函館線於多萌トンネルと室蘭線旧栗山トンネルにて実施している。図-8は観測サイトの位置図である。

調査結果については、第2報以降報告していきたい。

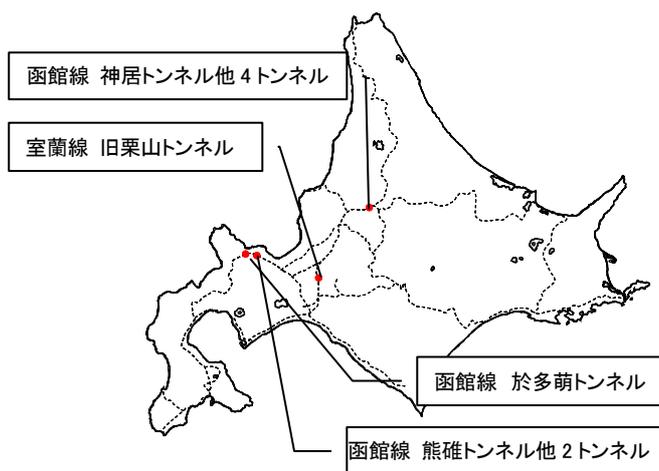


図-8 観測サイト位置図

5. おわりに

本報告では、北海道における鉄道トンネル内のつらら実態調査を行った。その結果、全トンネルの内80%となるつらら発生トンネルは1980年以前の在来工法トンネルに集中していることが明らかとなった。

また、平成18年度冬期より実施しているトンネル内つらら観測の概要について報告した。

参考・引用文献

- 1) 野沢太三、後藤明、吉田博：トンネル漏水防止工の実態調査：鉄道土木 No.22-9、日本鉄道施設協会、pp.11~12、1980年
- 2) 黒川義範：トンネルつらら防止の現状と問題点：トンネルと地下 Vol.11, No.12, p.868、1980年