

気候変動を考慮した新幹線雪害対策の実用化 — 北陸新幹線 富山県内 —

牧山 重友¹・林 岳大²・佐々木 養一³・浅見 均⁴

¹正会員 鉄道建設・運輸施設整備支援機構 富山工事事務所（〒930-0856 富山県富山市牛島新町5番5号）

E-mail:sig.makiyama@jrtr.go.jp

²鉄道・運輸機構 富山工事事務所

E-mail:ta.hayashi@jrtr.go.jp

³鉄道・運輸機構 富山工事事務所

E-mail:you.sasaki@jrtr.go.jp

⁴正会員 博士（工学） 鉄道・運輸機構 富山工事事務所

E-mail: hit.asami @jrtr.go.jp

本稿は、平成27年3月14日に開業した北陸新幹線（長野・金沢間）において実用化された雪害対策について富山県を対象地域と定めて報告する。雪害対策の内容は、18年周期で豪雪が生じる気候特性を有する沿線地域において、最小限の雪害対策設備であるハード対策に除雪作業というソフト対策を加えることで、冬季における安全・安定輸送の確保に寄与し、気候変動の適応及び緩和に貢献する内容となっている。

Key Words : Snow Disasters Countermeasures

1. はじめに

(1) 北陸新幹線の概要

北陸新幹線は、全国新幹線鉄道整備法（昭和 45 年 5 月 18 日法律第 71 号）により、東京都を起点とし、長野市付近・富山市付近・小浜市付近を経由して大阪市に至る延長約 700km の路線であり、このうち延長約 230km にわたる長野・金沢間が 2015（平成 27）年 3 月 14 日に開業を迎えた。（図-1）

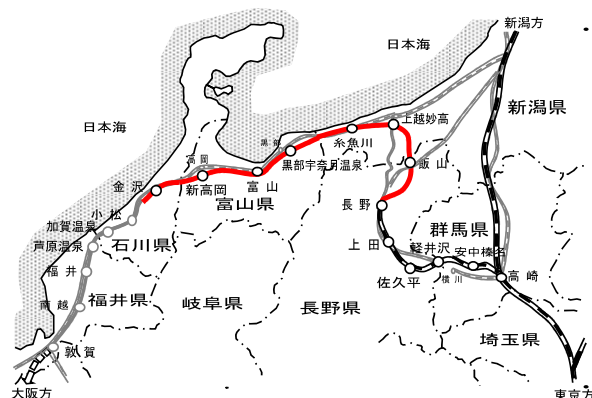


図-1 北陸新幹線路線図

このうち、高崎・長野間（東京・大宮間は東北新幹線、大宮・高崎間は上越新幹線と共用）は長野五輪に合わせて平成 9 年 10 月に開業している。

今回開業した長野・金沢間については、まず平成 4 年 8 月に石動・金沢間、翌 5 年 9 月に糸魚川・魚津間をそれぞれ新幹線鉄道規格新線（スーパー特急）にて認可を受け、着工した。

その後、平成 10 年 3 月に長野・上越間、平成 13 年 4 月に上越・富山間、平成 17 年 4 月に富山・金沢間、平成 18 年 4 月に白山総合車両基地と、段階的に新幹線鉄道（フル規格）での認可を受け、着工した。

長野・金沢間は、工事延長約 231km で、長野県、新潟県、富山県及び石川県の 15 市 6 町を通過する。

(2) 新幹線の雪害対策の現況

昭和39（1964）年に開業した東海道新幹線（東京－新大阪間）は、当初雪害対策を考慮していなかったところ、関ヶ原地区の降雪による雪害により輸送障害が顕在化していた。東海道新幹線における雪害対策は、在来線での事例とは異なるものであり、スプリンクラー散水により雪を濡らし、線路上積雪の舞い上がりを防ぐ対策が採られている（林¹）。

昭和57（1982）年の東北・上越新幹線開業時には、長距離に渡り寒冷降雪地域を經由することから、東北新幹線では貯雪、上越新幹線では散水消雪を基本とする雪害対策が採られた（林¹⁾、田村ら²⁾）。

上越新幹線での雪害対策は、河川から取水した水を加熱し、散水した消雪水を回収のうえ再利用する、加熱循環式の散水消雪を採用している（高薄³⁾）。同方式は、豪雪地帯の新潟県下において極めて安定した消雪効能を発揮しており、開業から今日に至るまで、雪害が素因となる列車運休や輸送遅延の発生がほぼ皆無のまま、冬季における安全・安定輸送を実施している。

2. 研究の背景・意義

これまで新幹線の雪害対策は、降雪や積雪という気候外力に対して、ハードな雪害対策（以下、ハード対策）を主眼に整備することで雪害への耐性を確保する手法が採られていた。この手法は、既に開業している新幹線において、冬季の安全・安定輸送を実現するに至っている。

一方、変動の大きい気象状況や土地利用状況等の地域特性によっては、ハード対策を主眼においた雪害対策を実施することによる不利が生ずることも想定される。

本論文は、北陸新幹線（長野・金沢間）のうち、富山県内に整備した雪害対策を対象として、気候変動により生ずる極端現象を考慮し、沿線地域の特性に配慮した最適なハード対策を整備するとともに、ソフトな雪害対策（以下、ソフト対策）を組み合わせた手法を確立し、効率性に優れる雪害対策の策定が重要であることを示すものである。

3. 北陸新幹線の雪害対策について

(1) 富山県内の寒候期の気象状況

地球温暖化により降雪量は減少していると言われている⁴⁾ 一方、2005年から2006年の寒候期には気象庁により平成18年豪雪と命名された豪雪が発生している。

豪雪の発生頻度については、十分な解明は成されていないが、富山県を含む北陸地方では過去に、昭和20年、昭和38年及び昭和56年に豪雪が生じており、概ね18年に1回の頻度で出現している。

図-2に富山気象台で観測した年度毎の最大積雪深を示す。この表から、気象庁が公表する富山気象台での平均最深積雪（62cm）に対し、豪雪時の積雪量の違いを確認することができる。

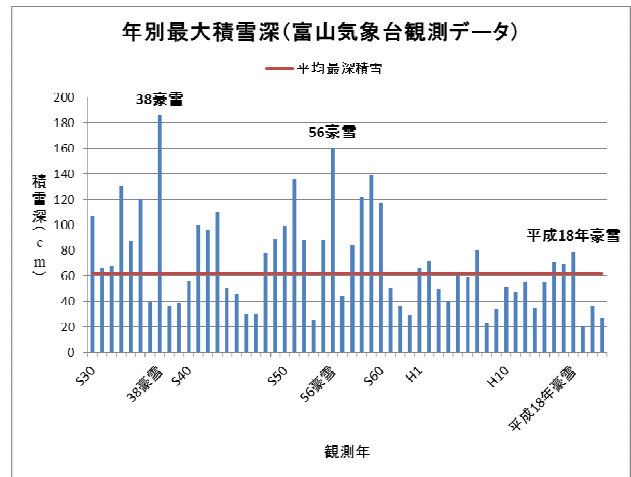


図-2 富山気象台観測データ (S30~H20)

(2) 雪害対策の計画概要

北陸新幹線（長野・金沢間）の雪害対策は、沿線毎に異なる過去の気象データを統計処理（Gumbel法）し、豪雪の発生周期と同程度となる20年に1回の確率で生じる最大積雪深を設計積雪深と定め、その下で安定した平常の列車輸送を確保することをサービスレベルと定め、雪害対策の整備を行った。つまり、サービスレベルを確保し、沿線地域により異なる気象状況、水資源の活用状況、土地利用状況及び地理的状況等の特性を考慮し、その地域に相応しい対策を構造物によるハード対策と、除雪作業というソフト対策を組合わせた手法に基づき計画・整備が進められた。（図-3）

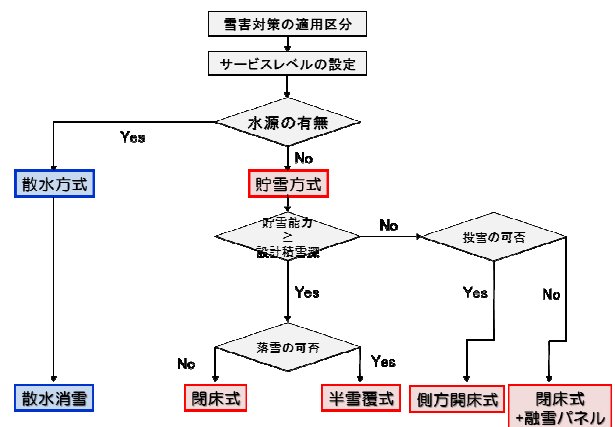


図-3 雪害対策整備フロー図

(3) ハード雪害対策の内容

ハード対策は、散水消雪機能を有する高架橋として、散水消雪型、防雪機能を有する高架橋として、スノーシェルター、そして、貯雪機能を有する高架橋として、側方開床式貯雪型、閉床式貯雪型、閉床式貯雪温水パネル併用型、半雪覆式貯雪型及び閉床式貯雪型（拡幅）の7タイプを開発し実用化させた。（図-4）

これら高架橋形式は、新幹線ルート上の各地域の 20 年確率設計積雪深、地形状況及び土地利用状況等と高架橋の貯雪能力を勘案して整備された。

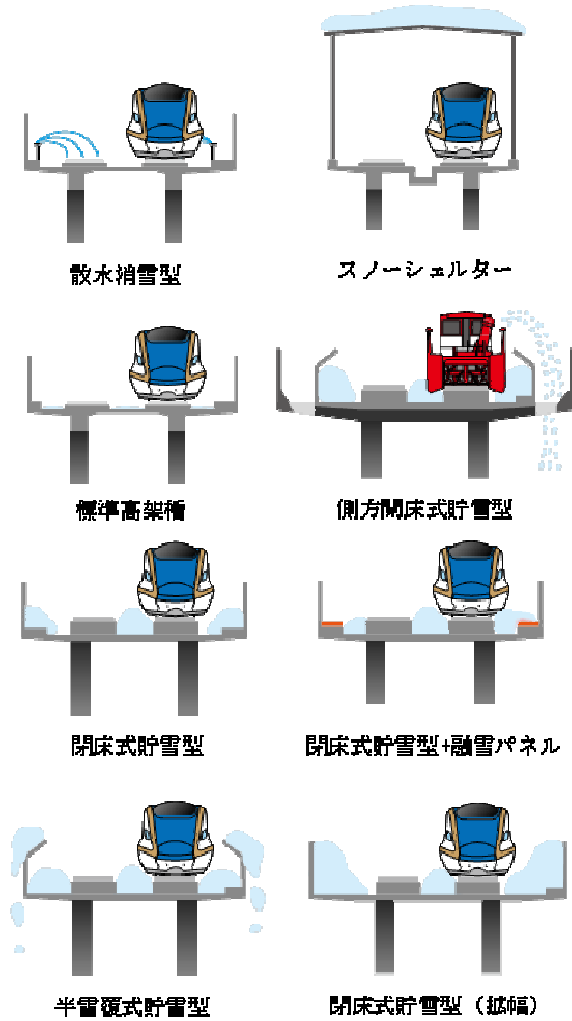


図-4 形式別高架橋断面図

(3) ソフト雪害対策の内容

ソフト対策は、整備新幹線では初の採用となる機械式除雪車を取り入れた。(写-1)



写-1 機械式除雪車

機械除雪は、貯雪機能を有する高架橋に採用し、その運用方法は、営業列車が走る軌道面上の積雪を軌道の両側へラッセルで除雪させるとともに、側方開床式貯雪型高架橋では、設計積雪深が許容貯雪容量を超える場合、つまり、高架橋内に積雪を貯めきれなくなった場合、ロータリーで高架外へ投雪する2種類のソフト対策を実施することとした。(写-2)



写-2 投雪状況(側方開床式高架橋)

4. 富山県内の雪害対策の内容

富山県内における雪害対策を表-1 に整理する。

表-1 雪害対策整備結果(富山県内)

雪害対策内容		整備状況	
ハード対策	ソフト対策	延長	割合
散水消雪型	—	1,340 m	2 %
閉床式貯雪型	ラッセル	1,750 m	3 %
閉床式貯雪型 + 融雪パネル	ラッセル	19,940 m	28 %
閉床式貯雪型(拡幅)	ラッセル	9,390 m	14 %
半雪覆式貯雪型	ラッセル	18,830 m	27 %
側方開床式貯雪型	ラッセル・ロータリ	17,640 m	26 %

散水消雪型は、新潟県との県境となる新親不知トンネルと朝日トンネルの間のみ整備した。この区間は、設計積雪深が 340cm であること、明り区間の延長も短く機械除雪の併用が非効率であること、朝日トンネルからのトンネル湧水量が散水消雪に必要な量を上回ることから、散水消雪方式を採用した。

なお、散水消雪の整備割合は、水源の確保が困難な地理的状況から、2%である。

朝日トンネル（出口）から黒部宇奈月温泉駅までの設計積雪深は、195cm である。この地域の土地利用状況は、田園地帯である。そのため、貯雪容量を超える雪対策は、機械除雪（ラッセル・ロータリー）を基本とし、それに対応する側方開床式貯雪型高架橋を雪害対策とした。なお、新幹線と道路等と交差箇所（以下、交差箇所）については、閉床式貯雪型高架橋＋融雪パネルを雪害対策とした。

黒部宇奈月温泉駅から富山県内を流れる常願寺川までの設計積雪深は、黒部市内で 245cm、滑川市内で 205cm である。この地域の土地利用状況は、田園地帯である。そのため、側方開床式貯雪型高架橋及び閉床式貯雪型高架橋＋融雪パネルをハード対策とし、ソフト対策には、機械除雪（ラッセル・ロータリー）による雪害対策とした。主として、田園地帯の割合が高い地域に整備した投雪を可能とする側方開床式貯雪型の整備割合は、26%に達している。

常願寺川から富山駅までの設計積雪深は、175cm である。この地域は市街地であり、高架橋外への投雪ができない。そのため、高架橋外への投雪を要しない、閉床式貯雪型高架橋＋融雪パネルをハード対策とした。ソフト対策は、機械除雪（ラッセル）により、軌道面上の積雪を除雪させる雪害対策とした。閉床式貯雪型＋融雪パネルは、交差箇所及び市街地に整備したハード対策であり、その整備割合は 28%に達している。

富山駅から石川県との県境にある新倶利伽羅トンネル（入口）までの設計積雪深は、175cm である。土地利用状況は、宅地の占める割合が比較的高く、且つ在来線が並走する。そのため、高架外への投雪は不可能な環境である。一方、防音壁上部に積もった雪の落雪幅（15.7m）を含めた事業用地の確保が可能であったことから、半雪覆式貯雪型高架橋をハード対策とし、ソフト対策には、機械除雪（ラッセル）を雪害対策とした。また、交差箇所の雪害対策は、閉床式高架橋より更に貯雪容量を増加させた、閉床式貯雪型（拡幅）とした。富山駅から石川県との県境の区間で整備した半雪覆式貯雪型の整備割合は 27%に達した。閉床式貯雪型（拡幅）については、交差箇所数が比較的多いことから、14%の割合に達している。

5. 気候変動の大きい状況での雪害対策の効果

(1) 開業後初の寒候期での実績

雪害対策の効果については、開業後の寒候期となった平成 27 年度の実績から論ずる。

気象庁⁵⁾の発表によれば、平成 27 年 12 月の日本付近は冬型の気圧配置が長続きしないことから、全国的

に気温が高く降雪量の少ない傾向にあった。しかし、平成 28 年 1 月下旬には冬型の気圧配置が強まり、強い寒気が流れ込んだ影響により日本海側では所々で大雪となった。この影響により、50cm を超える最深積雪を記録した富山県内では、公共交通機関の運休や遅延による利用者への影響が生じた。一方、北陸新幹線では、降雪や積雪による影響を受けることなく平常運行を維持し、安全・安定輸送を可能とする雪に強い新幹線を実証した^{註1)}。

平成 27 年度の寒候期は、富山駅付近での設計積雪深に対し約 30%程度の積雪量であったが、期待した雪害機能を発揮したと考えている。但し、1 冬季のみの実績であることから、今後も検証が必要であると考えられる。

(2) 雪害に対する合理的対策

地球温暖化による気候変動により日本における降雪量は、ほとんどの地域で減少することが予測されており、最深積雪も同様な予測にある。他方、一部の寒冷な地域では降雪量及び最深積雪が増加するとの予測も成されている⁶⁾。降雪量及び最深積雪の極端な違いは、気候変動による極端現象が平均地上気温や日最低気温の出現日数に及ぼす影響が地域により大きく異なり、今後更なる極端化の進行が危惧されている。

北陸新幹線で考案した雪害対策手法を俯瞰すると、地域毎に最適なハード対策を整備すると同時に、ソフト対策を組み合わせることで、極端現象にも効率よく対応できる内容であると考えられる。それは、予測される極端な気候変動による影響に対して、最小限なハード対策に機械を活用したソフト対策を加味することで、雪害対策に要するエネルギー消費量にロスが少ないと考えられることから、効率性に優れると考察し得る。すなわち、北陸新幹線で考案した手法は、最小限度の対策で最大の雪害対策効果を得ることのできるものと考えられる。

(3) 気候変動を考慮した雪害対策

気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の第5次評価報告書統合報告書（2014）⁷⁾では、気候システムの温暖化については疑う余地がなく、1880年～2012年において、陸域と海上を合わせた世界平均地上気温は、0.85°C上昇しているとして、人間活動が20世紀半ば以降に観測された温暖化の支配的な原因であった可能性が極めて高いとされた。

北陸新幹線の雪害対策は、沿線地域の状況から、貯雪方式が大部分を占める。貯雪方式は他の方法に比べ、電気エネルギー及び熱エネルギーの投入量並びに化石燃料等の消費量が圧倒的に少ない利点がある。つまり、貯雪を主体とした様々なハード対策にソフト対策を組合わせ

た北陸新幹線の雪害対策は、冬季における列車輸送を阻害する素因に対し、低炭素且つ低エネルギーな方法により、サービスレベルの確保を可能とする公共交通機関であると考えられる。

6. まとめ

本論文を通じ北陸新幹線の雪害対策は、平成27年度寒候期の実績から、期待した雪害対策効果が十分に発揮することを確認した。但し、1冬季のみの実績であることから、更なる検証も必要である。

雪害対策手法の気候変動への適応及び緩和の貢献度については、最小限度のハード対策にソフト対策を組み合わせる手法から、予測される気候変動に対し必要とされる機能を発揮するとともに、その手法により整備された北陸新幹線の雪害対策は、環境負荷低減への貢献度も高いことが確認できた。

本論文を通じて得た成果を整備新幹線の更なる安全性及び安定性に繋がるよう生かしていきたいと考えている。

注

- 1) 但し、本庄早稲田駅（埼玉県）と高崎駅（群馬県）で列車の進行を切り替えるポイントへ雪が挟まった影響による遅延は生じている。
（JR東日本及びJR西日本からの報道発表より）

参考文献

- 1) 林健：上越新幹線の雪害対策，雪害研究発表会 No.4, pp14-15, 防災科学技術研究所, 1979.
- 2) 田村暉，塩田雄三：東北新幹線における雪対策，雪氷（日本雪氷学会誌）44 卷 3 号，pp153-158, 1982.9.
- 3) 高薄和雄：上越新幹線の雪対策（設備と試験），鉄道線路.30 卷 7 号，1982.
- 4) 日本における気候変動による影響の評価に関する報告と今後の課題について（意見具申）平成 27 年 3 月中央環境審議会
- 5) 気象庁 <http://www.jma.go.jp>
- 6) 気候変動の観測・予測及び影響評価統合レポート「日本の気候変動とその影響」（2012 年度版）
- 7) 環境省 <http://www.env.go.jp>

(2016. 4. 22 受付)