

第 79 回

積雪地域の新幹線高架橋構造

はじめに

冬季、北海道や本州の日本海側の地域は多量の降雪に見舞われます。これらの地域を中心に、国土総面積の約50%に当たる19.2万km²が豪雪地帯（豪雪地帯対策特別措置法）に指定されています。鉄道では、JRの総延長約2万kmのうち40%に当たる約8千kmが豪雪地帯に敷設されています（図1）。また、豪雪地帯の指定を受けていない地域でも降雪をみることもあり、程度の差こそあれ、日本の鉄道は冬季に何らかの雪害を被っています。

1964年10月1日開業の東海道新幹線から始まる新幹線ネットワークの拡大にともない、積雪地域を走行する新幹線では、その建設時にさまざまな雪

害対策が検討されてきました。ここでは、積雪地域に建設されている高架橋構造について紹介します。

積雪地域を走る新幹線の雪害対策のはじまり

東海道新幹線は、開業4か月目で雪により列車の定時運行ができなくなりました。これは、新幹線建設時に雪害対策が十分考慮されていなかったためです。これを受けて、積雪・寒冷地を走る東北新幹線と、わが国有数の豪雪地帯を貫く上越新幹線では、再現期間10年までの降積雪量に対して、正常運行することが目標とされました¹⁾²⁾。そのために、1970年に学識経験者らで構成された「新幹線雪害対策委員会」

新幹線（長野・金沢間）、東北新幹線（盛岡・八戸間、八戸・新青森間）、北海道新幹線（新青森・新函館北斗間）の建設に際しても事前に開催され、雪害対策について審議されました。そして、現在も北陸新幹線の金沢・敦賀間、北海道新幹線の新函館北斗・札幌間の各委員会で審議が行われています。

東北・上越新幹線

1982年に開業した東北・上越新幹線は、初の豪雪地帯を走行する新幹線であったことから10年以上かけて、沿線の気象調査、施設や車両の雪害対策の研究開発がすすめられました。

東北・上越新幹線では、高速走行に対する安全性の向上、保守作業の軽減などのために、基本的にスラブ軌道方式が、また高架橋構造が、積極的に採用されました³⁾。このため、すでに開業していた東海道新幹線、山陽新幹線よりも全線に占める高架橋区間の割合は高くなっています。そして、両新幹線の積雪地域における高架橋の構造は、沿線の降積雪量、気象状況、および取水の可否を考慮して決められています。

①上越新幹線

上越新幹線の沿線は、年最大積雪深が2mを超える豪雪地帯ですが、12月～3月の平均気温は0℃以上であり、沿線の河川から取水が可能です。そこで、上毛高原・新潟間で年最大積雪深が30cm



図1 日本の豪雪地帯と鉄道ネットワーク
(緑線：新幹線、黒線：在来線)

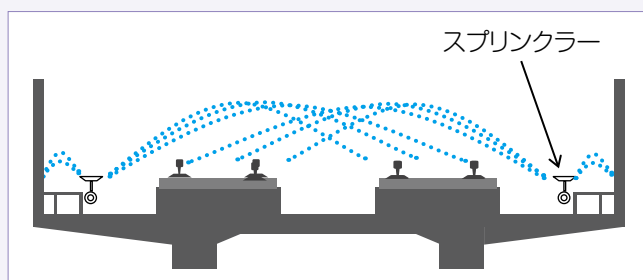


図2 散水消雪型高架橋

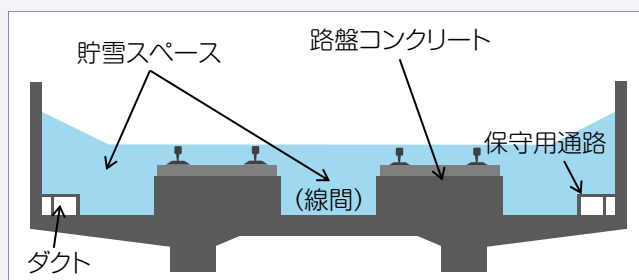


図3 貯雪型高架橋



図4 排雪状況 (開業前の排雪試験)

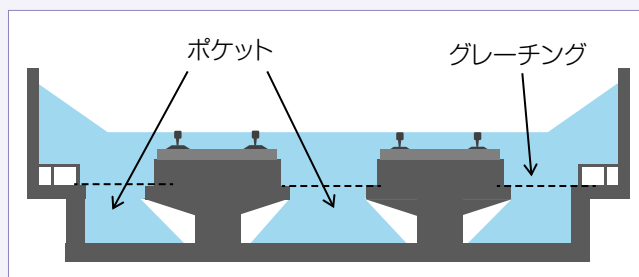


図5 ポケット式貯雪型高架橋

以上となる区間に、降雪を検知して保守用通路付近に設置されたスプリンクラーから線路上へ約10℃の水を自動的に散布して雪を溶かす、散水消雪型高架橋(図2)が採用されています²⁾。高架橋上の散水量を降雨量に置き換えると1時間あたり42mmとなり、かなりの強雨に相当します。このため、散水とともに排水を考慮した設計となっています。

②東北新幹線

東北新幹線の沿線は、上越新幹線の新潟県の沿線に比べて冬期の年最大積雪深は少ないですが、12月～3月の平均気温が0℃未満であるため、年最大積雪深が30cm以上となる一ノ関・盛岡間に貯雪型の高架橋が採用されました¹⁾(図3)。貯雪型の高架橋は、列車の先頭部に装着されているスノープラウで排除(図4)された線路上の雪を貯めることができるように、スラブ軌道構造の線間や保守用通路を貯雪スペース

(貯雪溝)として利用する構造の高架橋です。貯雪型高架橋の貯雪能力は、沿線の気象調査をもとに求められた再現期間10年の年最大積雪深に対応できるように路盤コンクリートの高さが設定されています。

2002年に、東北新幹線は八戸まで延伸されましたが、基本的には気象調査をもとに同じ考え方で貯雪型高架橋が建設されています。

2010年に開業した八戸・新青森間は寒冷・豪雪地帯であるため、「東北新幹線雪害対策委員会」が建設主体の鉄道建設・運輸施設整備支援機構の中に設けられ、高架橋構造など雪害対策のあり方が審議されました。この委員会では、上越新幹線で実績のある散水消雪型が青森地区の寒冷な気象条件でも有効か否かを知るために、最初は簡単な仮設設備で試験を実施しました。その結果、消雪可能との目途を得て、最終的に2008年度に青森市内に

300m区間の高架橋を建設し、船岡試験場(現在、金浜消雪基地の散水区間の一部)として、数冬期にわたって散水消雪機能試験が実施されました。その結果、散水量を1時間あたり60mmとし、気温、風速、降雪量を入力値として、消雪するために必要な散水温度を決定する式を作り上げました。この式をベースに必要な機械設備(加熱機)などの設計が進められました⁴⁾。

このようにして、上越新幹線よりも散水量が大きいといった違いはあるものの、青森地区の寒冷な気象条件においても、散水消雪型の有効性が確認されました。なお、基本的な散水消雪型高架橋構造に違いはありません。この様式の散水消雪型高架橋は、七戸十和田・新青森間で採用されています。

七戸十和田駅近傍では、再現期間10年の年最大積雪深が貯雪能力を上回るため、ポケット式貯雪型高架橋と半雪覆式貯雪型高架橋が新幹線で、はじめて採用されました。

ポケット式貯雪型高架橋⁴⁾は、軌道スラブをけた状の構造で支え、路盤コンクリートをかさ上げすることなく、貯雪量を拡大したものです(図5)。軌

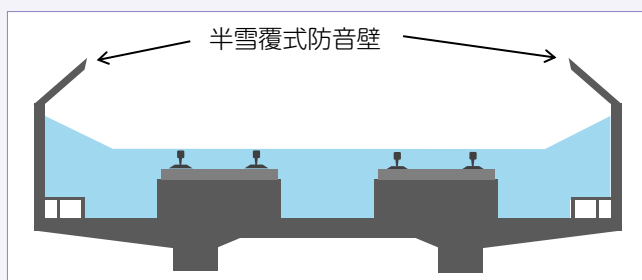


図6 半雪覆式貯雪型高架橋

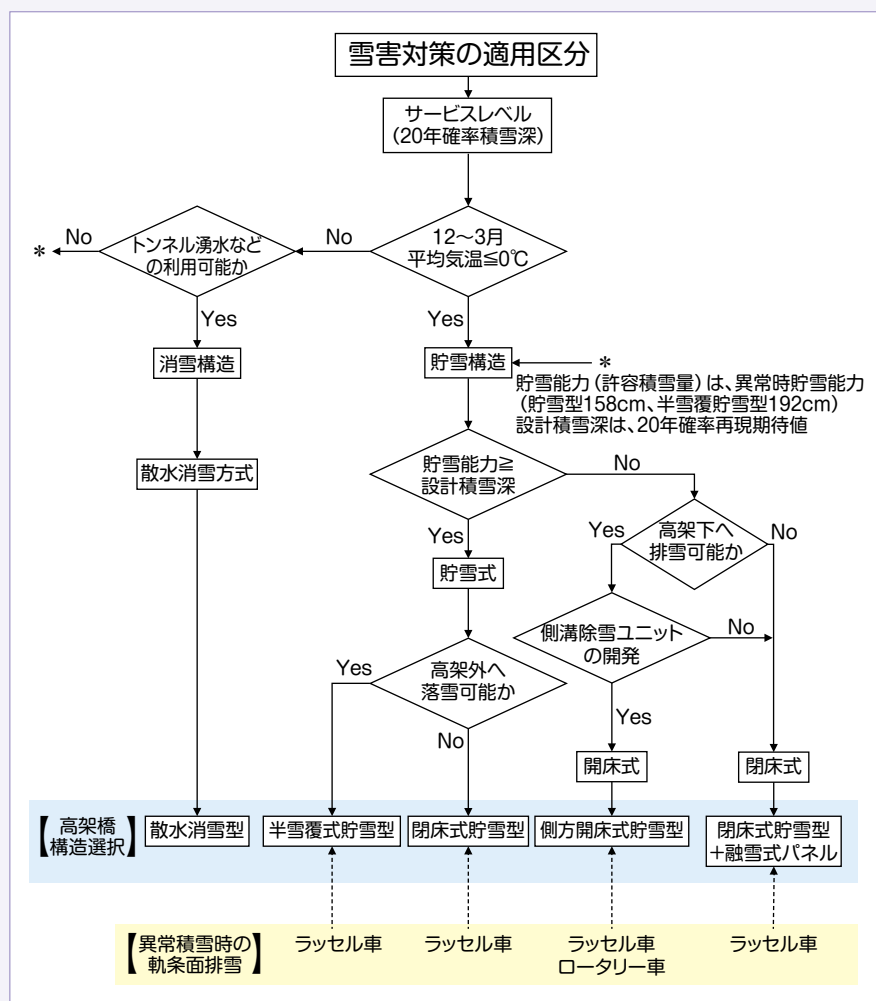


図7 雪害対策適用区分の考え方⁵⁾
(北陸新幹線 上越妙高・金沢間の例)

道スラブ間および軌道スラブと土留め壁の間には保守管理のためにグレーチングが設置されています。

半雪覆式貯雪型高架橋⁴⁾は、防音壁の上部に幅1mの斜めのひさしを設けて、高架橋内の積雪量を減らすことを狙ったものです(図6)。

北陸新幹線

北陸新幹線のうち、高崎・長野間は、長野オリンピック開催前の1997年に開業しました。高崎・軽井沢間の一部および軽井沢・長野間は、寒冷少雪型の降雪地域であることから貯雪型高架橋が採用されています。

その後の2015年に開業した長野・金沢間のうち日本海沿岸部は、昭和20年、38年、56年と約18年周期で大雪に見舞われている、という特徴があります。そこで、この特徴が「北陸新幹線雪害対策委員会」において審議され、その結果、日本海沿岸の上越妙高・金沢間では再現期間20年までの降積雪量に対して、列車の運行が可能な対策を構築することが目標となりました⁵⁾。そこで、上越妙高以遠では、再現期間20年の降積雪量、沿線の気温、取水状況をもとに高架橋構造を選択しています⁵⁾(図7)。

貯雪型高架橋構造では、路盤コンクリートの高さを高くすれば貯雪能力は増加しますが、線路などの保守管理の観点から75cmが上限として施工されています。そして、路盤コンクリート高さを75cmとした場合には158cmの積雪深に相当する量を貯雪することができます。

上越妙高・金沢間は、上越妙高からしばらくは散水消雪型ですが、それ以遠は沿線の河川などからの取水が難しいため、降積雪の状況に応じた貯雪型高架橋が採用されています。しかし、再現期間20年の年最大積雪深が貯雪可能な積雪深を上回る区間では、貯雪型のみでは対応できません。そこで、営業列車本体による自力排雪走行が可能となるように、降雪日の一番列車前にラッセル車やロータリー車による機械除雪が併用されることとなっています。とくに、糸魚川から富山までの黒部地区については、モーターカーロータリーによって高架橋の外へ排雪できる構造の側方開床式貯雪型(図8)の高架橋が基本的に建設されています。この高架橋は、内壁と外壁の二重構造でかつ両壁間の床面が開口しており、モーターカーロータリーの投雪を開口部から高架下の鉄道用地内に落とすこ

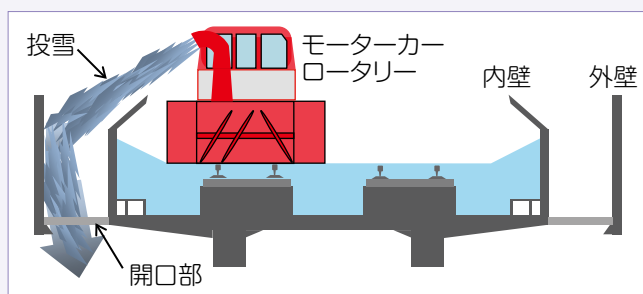


図8 側方開床式貯雪型高架橋

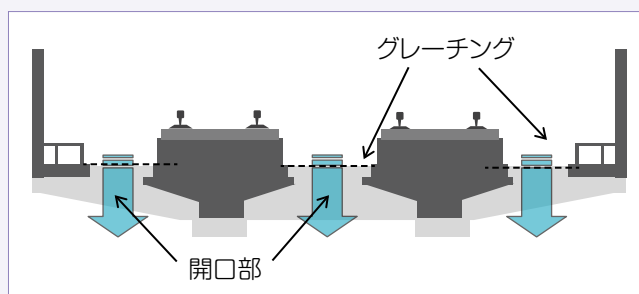


図9 開床式高架橋

とができます。この構造は、新幹線では、はじめて採用されるため、福井県の今庄駅構内において、モーターカーロータリーの投雪方向の制御や外壁にかかる投雪荷重などに関する試験が実施され、その実用性が確認されました。

この他、隣接するトンネルとトンネルの間が短い谷間の区間にはスノーシェルターが建設されており、また道路交差点などでは高架橋幅の拡幅や高架橋左右のダクト（通信ケーブルなどを収納する長大な箱）上に雪を溶かす融雪パネルを設置するなど、積雪量に応じた対策が採られています。

北海道新幹線

北海道新幹線の新青森・新函館北斗間は2015年度末に開業しました。この路線の特徴として、①路線の一部区間に在来線と新幹線が線路（レール）を共用する3線軌条区間（共用区間）があること、②これまでの新幹線と比べて気候が寒冷であること、があげられます。

この区間の高架橋は、新青森駅を出てしばらくは東北新幹線と同様に散水消雪型となっています。それ以北は、再現期間10年の年最大積雪深が158cmを超えず、また12月～3月の平均気温が-1℃未満であるため、従来の貯雪型や開床式高架橋⁶⁾が採用されています（図9）。

開床式高架橋は、高架橋の床面に開

口部が設けられており、列車走行時の排雪を高架下に落とすことができます。なお、保守管理上、開口部にはグレーチングが設置されています。この形式は、貯雪スペースが不要であり、高架橋床面の厚みを薄くできるため、重量減少による経済性を考慮した構造形式です。

今後の整備新幹線の高架橋構造

2022年度中の北陸新幹線 金沢・敦賀間の開業、2030年度中の北海道新幹線 新函館北斗・札幌間の開業を目指して工事が進められています⁷⁾。どちらの新幹線も豪雪地帯を走行することになります。

雪害は、軌道上に降積雪があることで生じるものがほとんどです。そして、豪雪地帯を走行する距離が長くなれば、雪害のリスクは高くなります。軌道上の雪をなくすためには、散水消雪型などによる無雪化がよいのですが、寒冷地の新函館北斗・札幌間は、散水による凍結が発生するため、散水消雪型の採用が難しいと考えられます。また、これまで、高架橋構造はその地域の再現期間に対する降積雪量から決定されてきましたが、今後は雪害をはじめとし、近年の極端気象の増加、将来の温暖化予測なども考慮しながら雪害対策の研究開発を進めていく必要があると考えられます。

おわりに

ここでは、寒冷・降積雪の状況を考慮した積雪地域の新幹線高架橋の構造について紹介しました。新幹線の構造物は、敷設後、数十年更新されません。したがって、既設新幹線の開業後の気象状況と問題点の整理・検証のみならず、将来を見通して、建設・運営とも低コストな高架橋構造を検討していく必要があります。

鉄道総研は、建設主体や運営会社と協力しながら雪氷害をはじめとする自然災害の発生防止のための研究を行い、鉄道の安全・安定輸送のさらなる向上に努めていきます。

（鎌田慈／防災技術研究部
気象防災研究室）

文 献

- 1) 日本国有鉄道：東北新幹線工事誌 大宮・盛岡間、日本国有鉄道、p.337, 1983
- 2) 日本鉄道建設公団：上越新幹線工事誌 大宮・新潟間、日本鉄道建設公団、p.509, 1984
- 3) 鉄道界評論社：東北新幹線 大宮・盛岡間技術の全て、鉄道界評論社、p.79, 1982
- 4) 鉄道建設・運輸施設整備支援機構 鉄道建設本部 青森新幹線建設局：東北新幹線工事誌（八戸・新青森間）、青森新幹線建設局 工事誌編集委員会、2012
- 5) 日本鉄道建設公団 北陸新幹線第二建設局：北陸新幹線 雪害対策委員会Ⅱ 委員会資料（平成13・14年度）、日本鉄道技術協会（JREA）、2003
- 6) 鉄道総合技術研究所編：鉄道技術用語辞典、丸善出版、2006
- 7) 鉄道建設・運輸施設整備支援機構：整備新幹線の建設 現在建設中の整備新幹線、<http://www.jrtt.go.jp/02Business/Construction/const-seibi.html#p2>（2018年7月31日アクセス）