

北陸自動車道の建設

ーフォッサマグナを貫き、古代からの交通の難所に高速交通時代の幕を開けるー

はじめに

滋賀県米原市～新潟県新潟市間 約 477km の北陸自動車道（以下北陸道）は、途中、福井県、石川県、富山県を通過し、北陸地方の主要都市をほぼ経

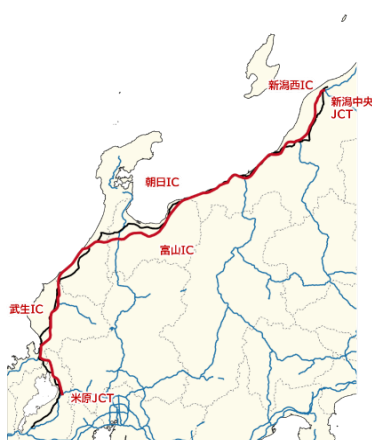


図 1 北陸道の路線図

由する。技術的特徴としては、フォッサマグナ、アルプス北端が海へと連なる箇所、福井県と滋賀県にまたがる山岳地帯と

いった厳しい地形・地質の区間を、多くのトンネルと橋梁で貫き、また、広範な軟弱地盤、地滑り地帯を通過するため全線にわたり難度の高い施工が要求された。最後の難所であった朝日～上越間では、冬に大荒れとなる海上に橋梁やICを建設するといった前例のない施工もあり、工程の大幅な短縮も求められた。トンネル掘削への NATM の本格採用、軟弱地盤での摩擦杭の試行、及び、トンネル残土を海岸埋め立てに活用して町おこしに繋げる等、多くの新たな取り組みを行った。これらの様々な建設の記録を、開通後の取組等と合わせて紹介する。

1. 計画・建設の経緯

高速道路整備は、当初、3大都市を結ぶ名神高速・東名高速・中央道（東京～富士吉田間）の建設

が先行して着手された。続いて、1964 (S39) 年に、縦貫5道といわれる、東北道、中国道、九州道、北陸道と中央道の路線が法定化され、1966(S41)年には、北陸道を含めた 7,600km の高速道路ネットワークが法定化された。施行命令は 1966(S41)年に武生～富山間に出されたのをはじめとして順次出されて建設に着手した。最後の区間は、親不知地区を含む難工事区間の朝日～糸魚川間で、1973(S48)年に出された。初開通は、1972(S47)年 10 月の小松～金沢西間で、その後順次開通し、最後は、朝日～名立谷浜間で 1988(S63)年 7 月だった。地形の厳しい、敦賀～今庄間と朝日～上越間は、当初暫定 2 車線で開通したが、2000(H12)年 10 月には、全線が 4 車線化された。全線開通後に路線が延長され、1994(H6)年 7 月に新潟亀田まで、1998(H9)年 11 月に新潟空港まで開通した。現在、新潟中央 JCT 以東は日本海東北自動車道になっている。

2. 路線の特徴

新潟県と富山県境の北アルプスがそのまま海に落ち込む朝日～上越間と福井県と滋賀県境の本～今庄間については、



写真 1 親不知海岸

地形急峻で地すべりも予想される等、技術的难度が高かったため、「路線検討委員会」を設置して広範な技術的検討が行われた。また、海上橋である親不知海岸高架橋に IC を設置するにあたり、「海岸施設調査委員会」が設置され 3 年間検討された。その結果、朝日～糸魚川間では、海岸線に計画されていた約 3km の区間を、

日本海の荒波の影響を回避するため山側のトンネルに変更した。木之本～今庄間では、地形急峻なため上下線をグレートセパレートで計画し、特に敦賀～今庄間では、上下線を交差させ、一部北陸本線の跡地を使い、上り坂を極力短くした。杉津PA(上り線)は、駅跡地に作られた。それでも、北陸道全体でトンネル79本、橋梁586橋という他の路線に比較して構造物の比率がかなり高くなっている。多くのトンネルから出る土砂は、地元の漁協等と



写真2 道の駅親不知ピアパーク

の協議の結果、海岸部に埋め立て処理され、新たな造成地は、道の駅等の地元貢献施設の建設に活用された。土地のないところ

に親不知ICを建設するため、IC前後は海上構造物となった。冬季の激しい波浪により施工も苦労したが、塩害・波浪対策は今も続いている。

フォッサマグナを含む新潟県、富山県の第三紀層、特に朝日～上越間で支配的なグリーンターフ地帯は、多くの地滑りが発生する日本有数の地滑り地帯であり、軟弱地盤でもある。外部専門家を入れた「地滑り対策検討委員会」で対策を検討した。ここでは、半自動地滑り計測器も試行導入された。施工中の大きな地すべりは、富山県湯上地区で発生した。

技術的には、トンネルにNATMという工法を途中から導入し、計測に基づく施工の確立に貢献した。2期線の建設時には、トンネルワークステーション(TWS)を導入し、一連のNATMの作業を一つのプラットフォームで連続してできるようにした。



写真3 徳光PA

休憩施設では新たなハイウェイオアシスという制度を全国で初めて徳光PAに導入し、高速道路を降りずに、隣接する松任海浜公園を利用

できるようにした。5

3. 主な橋梁

北陸道には586橋、総延長約60kmの橋梁が建設された。その中で特徴的な橋を概説する。

金沢高架橋は、路面の継ぎ目の削減と耐震性向上のため、多径間連続化を試行し、10径間連続RC中空床版橋として設計された。長期挙動の確認をして設計要領化され、その後の多径間連続化に貢献した。

最大層厚70mの軟弱地盤上に建設された**三分一高架橋**では、摩擦杭を試行した。軸力や変位は約60日で安定し、摩擦杭の安全性が確認できた。



写真4 親不知海岸高架橋

海浜・海上部に建設された**親不知海岸高架橋**は、延長3.4kmのPC橋で、経済性を考慮して海上部は60mスパンのラーメン箱桁、海浜部は30mスパンの中空床版とした。前例のない厳しい塩害・波浪影響下にあるため、慎重に調査

検討を行った。塩害対策については、周辺の既設橋梁のコンクリート中の塩分浸透状況や、飛来塩分量調査の結果をもとに、50年後も健全性を保てるよう(当時の設計思想)鉄筋のかぶり厚を増やした。



写真5 親不知海岸高架橋の橋台設置

下部工の施工を担当した白石(現オリエンタル白石)によると、下部工の施工は、水深の深い部分は海上から直接フーチングを設置した。一様

ではない地質の設置海底面を水平に掘削し、一基2,200tのフーチングは、5,000tと6,500tのフローティングドック上で製作して1,500t吊りのクレーン船で一部海中に沈めながら移動して据え付けた。天候との勝負だったとのこと。また、塩害対策とし

て、親不知 IC のランプ橋で、各種コンクリート塗装、鉄筋のエポキシ樹脂塗装、防食パネル(繊維補強ポリマーセメントモルタル板)による被覆等を実施し、効果検証中である。波浪対策については、砂礫によるコンクリート摩耗を防止するため、橋脚の基部は、ゴムを圧着した鋼板で覆った。フーチングは石張りにコンクリートの充填、またはコンクリートを増厚し、鋼板で覆った。また、親不知 IC 区間には緩傾斜堤を作り、富山側海上部の橋脚には消波工を設置した。



写真6 境橋

エルターを設置した。

境橋は、トンネル間のV字谷に架橋された橋長78mの溶融亜鉛メッキのトラス橋で、トンネル間が短いので、全長にスノーシ



写真7 脇谷川橋

脇谷川橋は、橋長81mの鋼2径間連続橋で、トンネルに近接するためトンネル坑口と橋台を一体構造にし、桁をトンネル内で地組して送り

出す方法で架設した。



写真8 ときめき橋

ときめき橋は、橋長373m、最大支間長100mの1柱式鋼斜張橋で、新潟県の鳥であるトキが

羽ばたいているイメージで設計され、北陸道のランドマークになっている。

次に大規模なメンテナンスの事例を紹介する。



写真9 手取川橋

開通後54年経過した**手取川橋**は、橋長547mのPC8径間連続有ヒンジラーメン箱桁橋で、

海岸部を通過するため塩害がひどく、開通11年後

に一部を、22年後に全面的に断面修復をした。その後、劣化がひどく、現在、100年の耐久性があるステンレスクラッド炭素鋼を用いた鋼8径間連続開断面箱桁橋に架け替え工事中である。架け替えは、既設橋の上空に新橋の桁を組み立て、既設橋を撤去後に桁をジャッキダウンして床版を取り付ける方法で実施している。

親不知海岸高架橋は、開通10年後に橋脚塗装をし、16年後には上部工表面の55%を一部脱塩し塗装した。親不知 IC 付近の緩傾斜堤は、開通11年後に消失し、橋脚の補修も増え、補修時には大規模な仮締切も必要になったので、開通15年目から橋脚前面に護岸擁壁を設置し、25t消波ブロックを設置した。しかし数年後には25tブロックが流失したため、護岸擁壁の摩耗部分に32mm厚の鋼板で被覆し、40tの消波ブロックを設置した。

軟弱地盤上にある**保倉川橋**は、周辺地盤の沈下により橋台が横移動したため、開通5年後には支承と伸縮装置を取り替えたが、沈下が収まらず、開通10年後に橋台背後の盛土3m分を発泡スチロールに置き換えた。その後は沈下が落ち着き、橋台の横移動も収まってきている。

4. 主なトンネル

北陸道には、104本延べ63kmのトンネルが建設された。なかでも、朝日～上越間と、福井県と滋賀県にまたがる敦賀地区に集中している。以下に特徴的なトンネルを概説する。

柳ヶ瀬トンネル(延長約2,900m)は、柳ヶ瀬断層の影響を受け、破碎帯と2t/分の大量の湧水に苦しめられた。全線に側壁導坑を掘削して対処した。

今庄トンネル(延長約2,700m)は、新たに注目されていたロックボルトを高速道路建設で初めて本格採用した。ここでの知見が以後のトンネルに活かされた。



図 2 敦賀トンネル

の後の長大トンネルでは、この集塵機を併用して経済的な縦流換気方式を採用できるようになった。

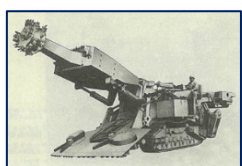


写真 10 ロードヘッダー

断面掘削機（ロードヘッダー）が使われた。その後、より固い岩にも使えるように改良され、現在では一般的に使われるようになっている。

朝日～上越間のトンネルには、施工中の中空変位等の計測結果から補強工や支保パターンを決める NATM という新たな掘削方法が採用された。春日山トンネル(延長約 1,000m)は、フォッサマグナの区間にあり、高速道路で初めての採用となった。切羽の自立不足、過大な変形、支保工の沈下などが生じたが、外部専門家を入れた委員会で、施工中の切羽観測や計測値を活用して、その対処方法をマニュアル化し、以後の施工に役立てた。

能生トンネル(延長約 3,000m)も地山強度が小さく、切羽の崩落、支保工の変形、路盤の隆起等に対処しながら施工した。泥岩層には、アンモニアガスの噴出や石油の湧出もあった。電気集塵機用のバイパストンネル施工にあったては、二次元 FEM 解析を実施した。

花立トンネル(延長約 900m)、名立トンネル(延長約 1,400m)、金山トンネル(延長約 1,250m)は、水抜きボーリング、水抜き導坑等、大量の湧水に対処しながらの NATM 施工となった。

朝日～上越間でも、大量の湧水が予想されるトンネル(鬼伏、浦本、間脇、高の峰、親不知)は、

敦賀トンネル(延長約 2,900m)では、Ⅱ期線(下り線)の施工時に電気集塵機を世界で初めて実用導入した。そ

高窪トンネル(延長約 400m)では、地質が第三紀の泥岩・砂岩で比較的柔らかい岩だったの

で、国産第一号の自由

NATM ではなく従来の矢板を使った底設導坑先進工法で施工した。高の峰トンネル(延長約 3,000m)では、3.5t の湧水があり、天端崩落や空洞が発生した。

親不知トンネル(延長約 2,300m)は、2/3 を従来の矢板工法で、1/3 を NATM で掘削した。断層や破碎帯が多く、切羽の崩壊、岩石や土砂の抜け落ち、大量の湧水に悩まされた。施工担当の鹿島建設によると、掘削工法の切り替えは、現場の工夫の戸惑いもあったが、掘削直後の緩み防止効果が大きく、小崩落の頻度も減り、工夫たちもの評価も上がったとのこと。

風波トンネル(延長約 500m)は、破碎帯が複数箇所あり、坑口部は地滑り地形で、JR 北陸本線に近接していた。途中、500 m²の切羽崩落があり、施工した鹿島建設は、一夜でトンネルが泥水に埋まったとのこと。排水量は約 2 万 t にも及び、薬液注入で地山を固めて掘削再開できたのは 2 か月半後になった。東坑口付近はトンネル間が近接し 2 次元 FEM 解析を実施し、地山の緩み防止対策として、上下線の側壁を PC 鋼線で緊張した。東坑口上部は地滑り発生の懸念があり、掘削前に地表面から D32mm の鉄筋 585 本を使い垂直縫い地ボルトを施工した後に掘削をした。



写真 11 子不知トンネル

子不知トンネル(延長約 4,500m)は、北陸道で一番長いトンネルで、施工の迅速化が求められた。当時、上半と下半の掘削を交互に行うのが一般的だったが、これらの

同時掘削を実施した。結果的に経済的だったため、

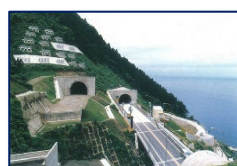


写真 12 市振トンネル

以後この工法が標準となった。途中、切羽の自立しない断層区間があり、中央導坑で突破し、折り返して掘削した。

市振トンネル(約 3,300m)の東坑口は、緩い崖錐堆積物の中を土被りの薄いトンネルを施工することとなり、薬液注入工法が採用された。西坑口では、地滑り対策として抑え盛り土を施工している。

能生トンネル等多くのトンネルの坑口には、地滑り地形がみられ、抑え盛り土と垂直縫い地ボルトを多く採用した。頭山トンネル西坑口は、前に深い埋没谷があるため、抑止杭として深礎杭を施工した。



写真 13 高の峰トンネル

特徴あるⅡ期線工事として、市振、子不知、高の峰、能生の 4 トンネルは、1 期線の避難坑を生かしながら周囲を切り広げて施工した。山王トンネルでは、掘削、ずり出し、支保工設置作業を機械の入替なしでできるトンネルワークステーションを採用し効率化を図った。



写真 14 トンネルワークステーション

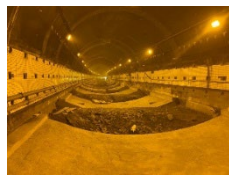


写真 15 米山トンネルインバート設置工事

開通後の問題としては、城山トンネルと米山トンネルの舗装が持ち上がる不具合が生じ、インバートを施工して下からの圧力に対抗させた。また、刀根第一トンネルでは、覆工インバートが劣化しひび割れと漏水が発生したため、ロックボルトで補強し、既存の覆工コンクリートを切削し、防水工を設置した後、コンクリートを再施工する試験工事が実施され、今後同様の問題に適用される予定である。これらの工事は、大規模な規制が必要で、規制時間の短縮と安全性の向上が課題である。

5. その他の特徴的な取り組み

5-1. 地滑り対策



図 3 北陸道地滑り発生箇所
滑りが発生した。



写真 16 加賀地区地滑り

加賀地区の切土部では、南側のり面の変状があり、のり勾配の変更や抑止杭の設置を繰り返し、集水井と抑止杭を 4 段設置しておさまった。しかし、開通後も小崩落やのり面の変状があり、もたれ擁壁や抑止杭・集水井を追加施工した。



写真 17 有磯海 SA 函体構築

有磯海 SA(下り線)では、切土中に大規模な地滑りが発生した。最終的には大規模な抑え盛り土をし、そこに杭と切梁で土留めをしてコンクリート函体を作り埋め戻すこととした。地すべり防止のため、徹底した情報化施工を実施した。開通後も、変位等の観測を継続している。

5-2. 雪氷対策

高速道路における本格的な雪氷地区となるため、除雪を考慮した堆雪幅の確保や、除雪車の U ターン路等の道路構造、トンネル坑口部の融雪施設、近接トンネル間のシェルター設置等、様々な雪氷対策を実施し、これらはマニュアル化されその後の雪氷対策に反映された。

6. 整備効果と開通後の取り組み

1972(S47)年に金沢地区で初開通後、順次整備され、1994(H6)年に北陸道は全通した。交通量は、当初の約5,000台/日から、23,000台/日に増加し、所要時間も、新潟市役所から金沢市役所までが、約3時間短縮し4時間弱となるなど、沿線都市間のアクセスが向上した。

所要時間の短縮が企業の生産性向上に寄与し、経済波及効果は、全通時の1994年から30年間で約15兆円と推計され、就業者数も北陸道の沿線を中心に約3.4万人増加した。

北陸道の開通前と開通後50年を比較すると、沿道に工業団地がいくつも立地し、製造品出荷額が約5倍に増加した。農水産品の販路も拡大し、自動車輸送量が約8倍になった。観光入込客数も約2倍になった。

地震等の災害時には、たとえ被災しても短時間で緊急車両の交通を確保するなど、災害復旧に大きな役割を果たしてきた。

地域医療においては、3次医療機関や高度救命救急センターへの所要時間の短縮に貢献している。

開通から半世紀が過ぎ、構造物の老朽化に対応し、修繕・改良工事を実施してきたが、北陸道は特に塩害が課題で、橋の架け替えやトンネル覆工再生等の大規模な改良工事も、交通を極力止めないで実施している。今後とも、北陸道を常に安全で安心して利用できるよう継続した努力が行われている。

出典；

写真1~7,11~15；東日本高速道路㈱

図2,3、写真9,16,17；中日本高速道路㈱

図1,写真8；㈱ネクスコ・エンジニアリング新潟

写真10；(財)高速道路調査会

講演講師

栗原則夫 元日本道路公団新潟建設局
糸魚川工事事務所 所長

長尾哲 元日本道路公団新潟建設局
工務課長

青山實伸 元日本道路公団新潟建設局
魚津工事事務所 工事長

三浦克 元日本道路公団新潟建設局
糸魚川工事事務所 工事長

大窪克己 元日本道路公団新潟建設局
技術第一課 課長代理

亀山碩寛 元(株)白石 外波西高架橋（下部工）
工事 現場代理人

福田博之 鹿島建設(株) 元親不知トンネル工事
事務所 職員

長谷川英介 中日本高速道路（株）
執行役員 金沢支社長

コーディネーター

鈴木辰夫 鉄建建設(株) 上席顧問