

全国初の新幹線と道路の 併用橋をデザインする

～北陸新幹線九頭竜川橋梁・福井県道新九頭竜橋～

阿部 雅史

ABE Masashi
八千代エンジニアリング株式会社
構造・橋梁部
技術第三課
課長



はじめに

2024年3月に開業した北陸新幹線（金沢－敦賀間）の「九頭竜川橋梁」ならびに福井県の県道福井森田丸岡線「新九頭竜橋」は、一級河川九頭竜川を渡河する鉄道橋と道路橋が下部工を共用した一体橋である（写真1、図1）。本橋は、福井駅の約6km起点側に位置する全長414m、最大支間65mの7径間連続PC箱桁橋である。

鉄道と道路の一体橋は、在来鉄道に複数あるが整備新幹線では初めてである。本橋梁の周辺は、カジカ科の淡水魚である「アラレガコ生息地」として国の天然記念物に指定されている。このため、河川へ

の環境負荷の低減とコスト削減に向けて事業主体の鉄道建設・運輸施設整備支援機構（以下、JR TT）と福井県が連携して社会資本整備に取り組み、本橋梁は実現した。

「九頭竜川橋梁」と「新九頭竜橋」の概要

当初福井県は、北陸新幹線のルート付近に県道福井森田丸岡線を計画していた。福井森田丸岡線は、福井市の国道416号を起点とし、坂井市春江町沖布目で福井港丸岡インター連絡道路に接続する広域幹線道路である。本橋梁は当初、道路橋と新幹線橋は別々に単独橋として計画されていたが2006

年に都市計画の変更によって一体構造案が浮上した（表1）。上部工は新幹線の両側に道路の上下線が並ぶ配置とすることで、河川環境負荷、コスト、工期の点で優れる併用橋案が誕生した。福井市内の約4kmは新幹線に並走しており、福井県道新九頭竜橋は2022年10月に開通したことで渡河部の交通渋滞が緩和され、当該地区沿線の利便性が飛躍的に向上することになった。

河川環境へ配慮した計画

河川の占用許可を受けるに当たっては、福井県を通じて文化庁に天然記念物の現状変更等許可



写真1 九頭竜川橋梁と新九頭竜橋



図1 北陸新幹線と県道福井森田丸岡線

表1 単独橋と一体橋（併用橋）の比較

項目	単独橋（新幹線・道路2車線×2）	併用橋（道路2車線・新幹線・道路2車線）
概略図		

申請を行う必要があった。さらに、国土交通省による自然再生事業が進められており、環境への配慮が求められた。そこで、申請に際して有識者の助言を踏まえて以下の対策を検討した。

- ①橋脚位置の選定に当たって流れを阻害せず、魚類遡上への影響を軽減するよう配慮する。
- ②濡筋を含む低水敷の流水部では瀬替えによる施工を避け、スパンを広く取った仮橋・仮設構台による施工とする。
- ③施工中の魚類遡上経路確保を目的として河川内に素掘り水路を設置する。
- ④橋脚護床工および護岸根固め工には生態系への配慮、景観および周辺環境との調和に着目し、自然石型の大型連節ブロックを設置する。
- ⑤仮橋・仮設構台周辺にシルトフェンスを設置し、ケーソン築島に耐候性土のうを使用して濁水防止策を図る。
- ⑥水質や動植物の生育環境に関し、定期的にモニタリング調査を行う。

これらを橋梁の設計・施工に反映することで文化庁および河川管理者から許可を取り、2015年10月から河川内の工事を開始した（表2）。

橋梁設計と塩害対策

本橋梁の下部工は、鉄道橋と道路橋が一体となった構造であるため、下部工の設計は、鉄道標準ならびに道路橋示方書を満たすように実施した（表3）。

表2 全体工程

構造部位	年	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
	非出水期	第1	第2	第3	第4	第5	第6	第7	第8	
下部工	A1～P3									
	P4～A2									
上部工	鉄道	左岸								
		右岸								
	道路	橋面								
		左岸								
		右岸								
		橋面								
護岸工・護床工										

非出水期：10月16日～翌年6月15日 8ヵ月

堤内地施工

表3 設計基準等の比較

項目	鉄道橋	道路橋
橋種	7径間連続PC箱桁	
重要度	重要構造物	B種
地盤種別	橋脚：G1地盤 橋台：G2地盤	橋脚：I種地盤 橋台：II種地盤
適用基準	鉄道構造物等設計標準	道路橋示方書
支承条件	ゴム支承＋ダンパー止振器	免震支承
基礎	橋台：場所打ち杭φ1,500、L=15.0m 橋脚：1ロットケーソン、h=6～10m	

橋梁基礎の支持層は、最深河床から約1～8m以深に分布する洪積砂礫層とし、耐震設計上の基盤面（せん断弾性波速度が400m/s以上）より上の表層地盤は、鉄道橋の耐震標準では河川内橋脚がG1地盤であり、堤体位置の橋台がG2地盤である。道路橋示方書では、河川内橋脚がⅠ種地盤、橋台がⅡ種地盤である。

河川内工事が許可される非出水期は10月16日～翌年6月15日までの8ヵ月であり、地盤条件、瀬替えを行わずに1非出水期で施工可能な基礎形式を検討した。検討の結果、橋脚は幅35.6m×12mの小判形の1ロットケーソン6基を1非出水期に3基ずつ施工することとした。非出水期に川表側に仮締切を設置・撤去する橋台については、通年施工が可能であり、杭基礎を採用した。

橋脚躯体について上部工の桁受部は、高水時に下向きの偏流が生じて河床が洗掘されるのを防ぐため、桁受け梁を設けない形状とした（躯体幅：直角方向33.6m×橋軸方向4.5mの小判形）。

また、本橋梁は海岸から14km以上離れており、鉄道コンクリート標準によると塩化物イオンに関する検討は不要となるが、積雪寒冷地にあるため、道路橋は塩化物イオンを含む凍結防止剤を散布する可能性があった。そこで、道路橋示方書に基づき、水セメント比の低減、鋼材かぶり増加を行い、かつ、鉄道橋についても道路橋からの凍結防止剤の飛散による塩害対策として箱桁外側に表面含浸剤を塗布した。

下部工については塩害対策に有利な高炉セメントコンクリートを使用した。なお、整備新幹線では

下部工の鉄筋にSD390を標準的に使用するため、道路橋示方書に準拠してコンクリートの設計基準強度は30N/mm²とした。表4に鋼材のかぶり、水セメント比W/Cの上限值を示している。

支保構造と新幹線橋梁の走行安全性

下部工は支持層が浅く固有周期が短いため、道路橋の支承には地震時に桁の振動周期を長くすることで下部工の負担を緩和できる免震支承を採用した。本橋梁の免震支承は、図2(a)に示すスプリング拘束型鉛プラグ入り高減衰積層ゴム支承（SPR）を適用し、鉄道基準のL2地震においても道路橋の移動量は500mm程度に縮小するこ

とができた。これに伴い、伸縮装置が縮小されコスト縮減が図れ、また支承形状もゴム本体の体積は約20%の減となった。

一方、スラブ軌道を適用している新幹線の九頭竜川橋梁では、橋軸方向の桁遊間が250mmを超えると特殊な軌道締結装置が必要になるほか、軌道の維持管理性についても低下する。そこで、地震時においては支承部が固定ストッパーとして機能し、水平力を多脚で分担できるダンパーストッパー（図2(b)）を6基の中間橋脚に採用した。

本橋梁は、支承構造が道路桁と新幹線桁で異なるため、地震時の桁の挙動が相違する。そこで、地震時の上部工同士の衝突が生じないことを確認するため、道路基準

表4 かぶりと水セメント比（W/C）

構造部位	設計基準強度（N/mm ² ）	セメントの種類	かぶり（mm）	W/Cの上限值（%）
ケーソン	30	早強	70	55
中埋め	18	高炉	—	—
下部工躯体	30	高炉B種	90	45
PC桁	鉄道	40	普通/早強	43
	道路	40	早強	55

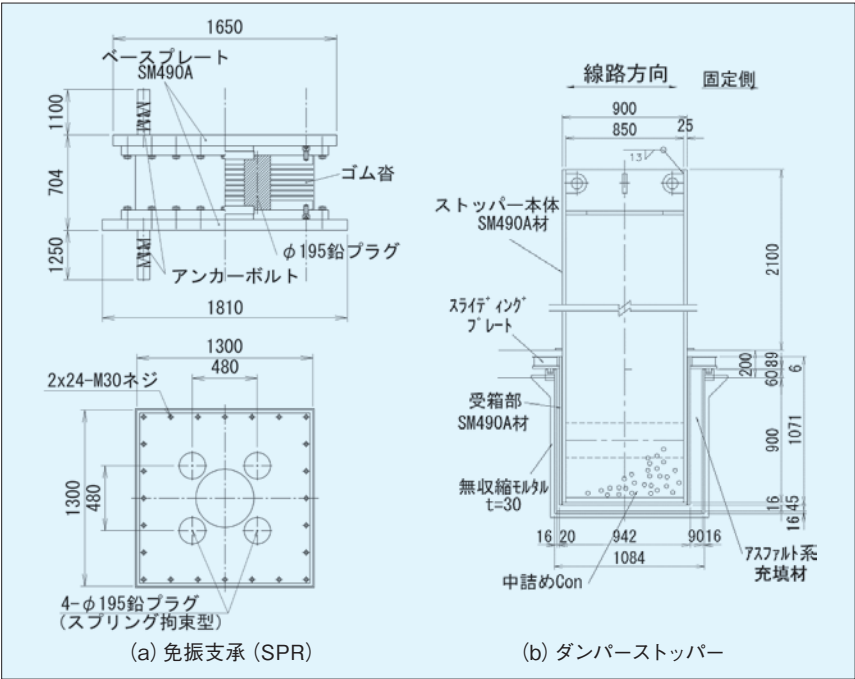


図2 各橋の支保構造

表5 下部工の設計結果一覧

耐震設計	鉄道G1地盤	道路Ⅱ種地盤
静的解析	L2スペクトルⅡ 要求性能：復旧性（損傷レベル2） 照査項目：部材角θ 応答値/限界値=0.53	設計水平震度の下限值 k _{hc} =0.40 照査項目：保有水平耐力 応答値/限界値=0.94
	L2スペクトルⅡ 要求性能：復旧性（損傷レベル2） 照査項目：曲率φ 応答値/限界値=0.18	タイプⅡ地震動3波平均 要求性能：レベル2 照査項目：塑性率μ 応答値/限界値=0.89

のL2地震動および鉄道基準のL2地震動（スペクトルⅡ）の適合波による時刻歴応答解析を行った（表5）。橋脚躯体の配筋量を決定する設計水平震度は、道路基準が支配的となった。

設計最高速度260km/hで走行する新幹線は、L1地震が生じた際に列車の走行安全性を確保する必要がある（図3）。鉄道橋の地震時の走行安全性については、鉄道橋の変位標準に基づき、慣性力によって軌道面に生じる折れ角および振動変位の照査を行っている。

温室効果ガス排出量の削減、時間距離の短縮などの成果の発現

コンクリートの材料であるセメントは、製造過程で多くのCO₂が排出される。その結果、コンクリート1m³当たりのCO₂排出量は約270kgとの試算がある。また、本橋梁は下部工に普通セメントコンク

リートよりもCO₂排出割合が約40%低いとされる高炉セメントコンクリートを使用している。

都市計画変更前の単独橋（ケース1）と併用橋（ケース2）それぞれのコンクリート体積およびCO₂排出量を比較すると、併用橋のコンクリート体積は単独橋の直壁と比較して2%の増にとどまり、CO₂排出量については1%削減できた。施工段階まで考慮した場合は、併用橋の方が河川内工事用通路の仮栈橋の共用を可能とし、1年の工期短縮が図れたため、併用橋はCO₂排出量の低減可能な橋梁形式であると言える。

新九頭竜橋の開通1ヵ月後に、上流の国道8号線と県道福井丸岡線の九頭竜川を通る南北約4kmの車両通過時間を計測したところ、10月平日の通過時間は15～25分を要していたのに対し、開通後は10～15分であり、開通前に比べて40～

50%短縮した。新九頭竜橋の開通で交通量が分散したことにより、朝夕時間帯の渋滞が緩和されている。

2023年3月に北陸新幹線、金沢－敦賀間が開業し、大阪－金沢間は約30分の短縮、東京－福井間は約22分短縮した。

新設構造物の完成による時間距離の短縮効果に加え、施設を建設した場合（With ケース）と建設されない場合（Without ケース）で算出されるCO₂を比較することで温室効果ガス排出量の削減に向けたカーボンニュートラルの評価法の研究に発展することが期待される。

おわりに

本橋梁は整備新幹線では初めての道路橋と下部工を併用した挑戦的な橋梁であった。その結果、併用橋の適用が河川環境の影響低減、工程短縮、建設費の縮減、温室効果ガス排出量の削減に対して有効であることを示せた。

なお、本橋梁は、令和5年度の土木学会田中賞およびPC工学会作品賞という2つの荣誉ある賞を受賞した。今後も、より良い社会を築くために、技術の向上と新たな挑戦を続けていく所存です。

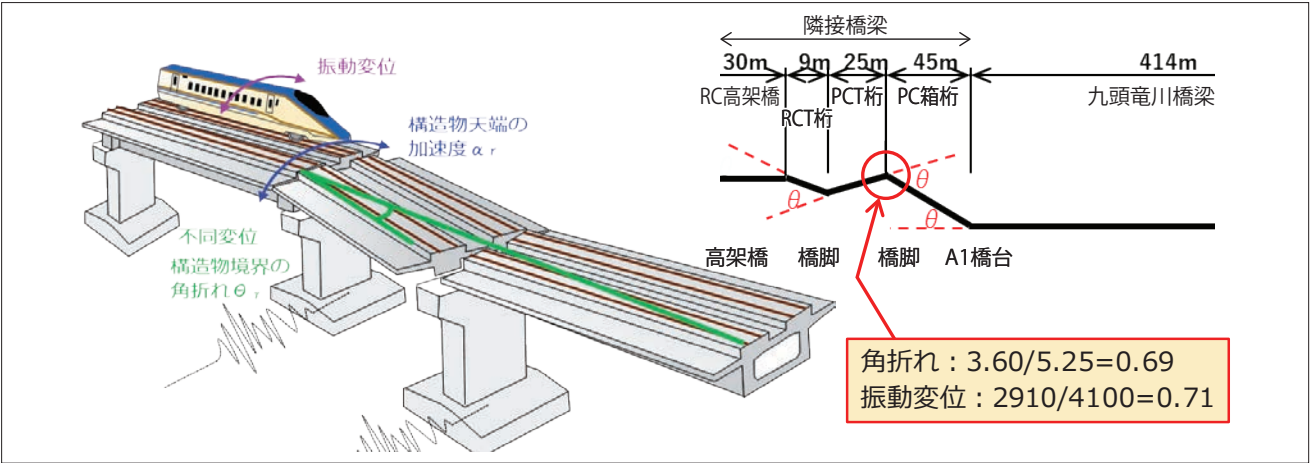


図3 地震時の新幹線の走行安全性照査