

鋼・コンクリート複合バランスドアーチ橋の計画

中日本高速道路(株) 秋山 大輔 本庄 正樹
 (株)ドゥユー大地 正会員 ○坂手 道明 正会員 吉田 直弘 高堰 誠

1. はじめに

本橋は高低差約120mの急峻な山岳地に位置しており、最大スパンが幅100m程度(橋梁方向)の河川及び幅10m程度の道路を横過する計画である。また、本橋は観光道路、観光施設及び集落からよく視認されるため、景観性に優れた橋梁形式が望ましい。地質条件としては、河川の近辺は掘削に伴う湧水が多いため大口径深礎の適用が不可である。さらに、供用開始時期が決まっており、工程上の理由により単径間アーチ(アーチ支間300m)の適用が不可である。これらの制約条件を踏まえて、本橋梁は図-1に示すように、橋長692mの7径間連続鋼・コンクリート複合バランスドアーチ橋を採用した。本稿では、この橋梁の計画の概要について述べる。

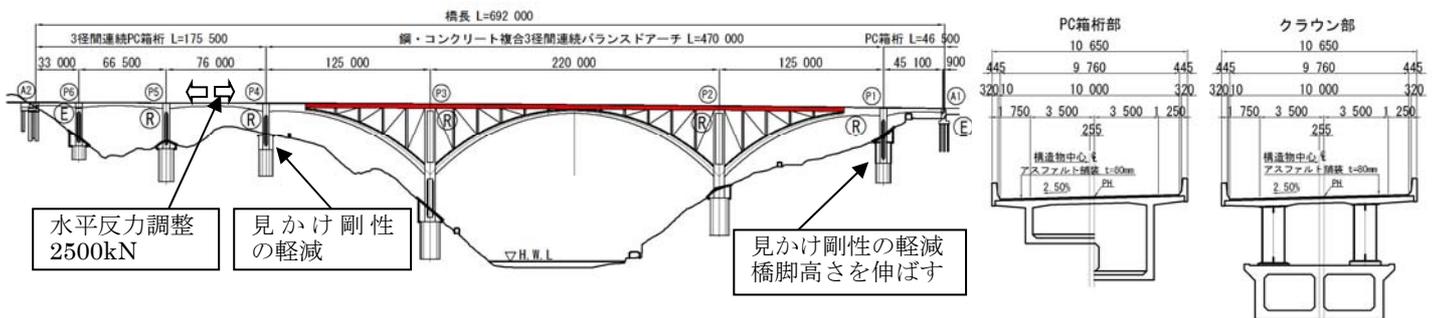


図-1 対象橋梁

2. 設計コンセプト

本橋の設計コンセプト及びそれを実現するための設計手法を図-2に示す。

| Design Concept | Design Development |
|---|--|
| <p>巨大橋梁のトップヘビーな印象を払拭し、耐震性の向上を追求するとともに、観光道路・観光施設・集落から見上げた際の軽快感を目指す。</p> | <ul style="list-style-type: none"> ランガーやローゼではなく、主たる部材をアーチリブとし、補剛桁のスリム化を図る。 P2,P3 橋脚の上部を2枚壁構造とし、軽量化、スリム化を図る。 補剛桁を鋼構造とすることで、軽量化を図る。また、架設時に補剛桁が引張部材となるため、コンクリート構造より鋼構造の適用が合理的である。 |
| <p>アーチリブとPC箱桁という異なる構造体の統合・連続により、耐震性・走行性・景観性を追及する。</p> | <ul style="list-style-type: none"> アーチリブとPC箱桁と連続化させることで、アーチのサイクルを完結せずにアーチアクション効果を得る。PC箱桁の幅をアーチリブと一致させ、応力の円滑な伝達と視覚的な連続性を図る。 |
| <p>上下部構造や鉛直材と補剛桁間に剛結構造を適用することにより、耐震性・維持管理性・施工性を追及する。</p> | <ul style="list-style-type: none"> 本橋の橋脚の高さが大きく異なるため、桁橋を採用する場合、地震慣性力が低剛結橋脚に集中するため、2脚以上の剛結構造の成立が困難である。バランスドアーチ構造においては、P2,P3の見かけ剛性が大きくなり、地震慣性力がほぼ均等に各橋脚に作用し、剛結構造が成立しやすくなる。このバランスドアーチの構造上の特徴を利用して、極力剛結橋脚数を増やす。 低い鉛直材を除く、鉛直材と補剛桁は剛結構造とする。 |
| <p>工期の制約条件からバランスドトラス張出架設工法を採用した。アーチ架設に必要な架設材を極力本設構造に兼用することで、経済性の向上を目指す。</p> <p>バランスドトラス張出架設</p> | <ul style="list-style-type: none"> バランスドトラス張出架設用水平材(補剛桁)と斜材を本設構造とする。 |
| <p>アーチやPC桁などの各部材の順位を反映した面の処理により、橋梁として全体的にまとまった印象を与えて、景観性の向上を目指す。</p> | <ul style="list-style-type: none"> 各部材の構造上の順位を考慮して、以下のように面を階層化する。 階層1: 橋脚 (直角方向幅 高橋脚 P2,P3:7~10m その他の橋脚:8.5m) 階層2: アーチリブ、PC箱桁、鉛直材 (直角方向幅 7.0m) 階層3: 補剛桁 (外ウエブ間隔 6.2m) |

図-2 設計コンセプト

3. アーチ形式の比較検討

コンクリートアーチ橋の形式は補剛桁とアーチリブの剛性比により、逆ランガー(例:徳島自動車道池田へそっ湖大橋)、逆ローゼ(例:九州横断自動車道別府明礬橋)、コンクリートアーチ(沖縄県阿嘉橋)、鋼・コンクリート複合アーチ、バランスドアーチ、バランスドトラス張出架設

連絡先 〒359-0021 埼玉県所沢市東所沢 2-27-12 (株)ドゥユー大地 埼玉支社 構造部 TEL 04-2945-5500

ンクリート複合アーチ(新東名高速道路富士川橋)がある. 本橋はこの4形式について比較検討を行った結果, 鋼・コンクリート複合アーチを採用した. アーチ形式比較表を表-1に示す.

表-1 アーチ形式比較表

| 構造形式 | 逆ランガー | | 逆ローゼ | コンクリートアーチ | | 鋼・コンクリート複合アーチ |
|-------|--|--------|--|---|------|---|
| | 補剛桁 | RC充実断面 | PC箱桁 | PC箱桁 | PC箱桁 | 鋼細幅箱桁 |
| 力学特徴 | 主たる部材は補剛桁であり, 他のアーチ形式に比べ挙動は桁橋に近く, アーチリブは補助的な部材となっている. 補剛桁が曲げモーメント, アーチ部材が圧縮力のみを分担する形式である. | | 補剛桁とアーチ部材の双方で曲げモーメントを分担する形式である. | 主たる部材はアーチリブである. 荷重は主にアーチリブに負担させる. | | 同左 |
| 長所 | アーチリブの構造がシンプルで, 施工が容易である. | | 逆ランガー橋より, 補剛桁の負担が軽減され, トップヘビーが改善されている. | 逆ローゼ橋より, さらにトップヘビーが改善されている. | | 補剛桁が最も軽く, 下部工・基礎工に最も有利な構造である. 架設時において, 引張部材である補剛桁に鋼構造を適用することは構造的に合理的である. 鋼桁を採用しているため, 他家(PC箱桁)より補剛桁の工期短縮が期待出来る. |
| 短所 | アーチリブの機能が十分に発揮されておらず, 補剛桁の断面が大きくなり, トップヘビーである. そのため, 下部工・基礎工の負担も大きくなる. 張出架設時では, 補剛桁はトラスの水平材として機能し, 大きな引張力が生じている. 引張部材にコンクリート桁を適用することは構造の合理性に欠ける. | | アーチリブ, 補剛桁ともに大きな断面となり, 景観性や施工性に劣る. 張出架設時では, 補剛桁はトラスの水平材として機能し, 大きな引張力が生じている. 引張部材にコンクリート桁を適用することは構造の合理性に欠ける. | 張出架設時では, 補剛桁はトラスの水平材として機能し, 大きな引張力が生じている. 引張部材にコンクリート桁を適用することは構造の合理性に欠ける. | | 鋼桁とコンクリート桁の結合部の構造が複雑である. 鋼桁の温度変化荷重がコンクリート桁より大きくなり, それに対する下部工の検討が必要である. |
| コスト比率 | 1.08 | | 1.14 | 1.05 | | 1.00 |

4. アーチリブ形状の検討

アーチ閉合後の死荷重(後死荷重)によるアーチリブの断面力に着目し, スパンライズ比及びハイパボリック曲線のパラメータの比較検討を行った. 検討比較表を表-2, 表-3に示す. スプリング部の曲げモーメントが最小となるアーチリブの形状を採用した.

表-2 スパンライズ比によるアーチリブ断面力の影響

| ライズ(m) | スパンライズ比 | 曲げモーメント(kNm) | | 軸力(kN) | | 備考 |
|--------|---------|--------------|---------|--------|---------|---------------------|
| | | スプリング | アーチクラウン | スプリング | アーチクラウン | |
| 40 | 5.50 | -7,005 | 1,486 | 7,173 | -2,495 | |
| 45 | 4.89 | -5,569 | 1,188 | 6,715 | -2,217 | |
| 50 | 4.40 | -4,572 | 969 | 6,340 | -1,975 | 採用 |
| 55 | 4.00 | -3,607 | 811 | 6,027 | -1,786 | 支障物との 離隔不足のため不採用 |
| 60 | 3.67 | -3,352 | 509 | 5,777 | -1,630 | |

表-3 アーチパラメータによるアーチリブ断面力の影響

| アーチパラメータ(ハイパボリック) | 曲げモーメント(kNm) | | 軸力(kN) | | 備考 |
|-------------------|--------------|---------|--------|---------|----|
| | スプリング | アーチクラウン | スプリング | アーチクラウン | |
| m=1.0 | -7,403 | 422 | 6,412 | -2,162 | |
| m=1.5 | -6,082 | 833 | 6,672 | -2,187 | |
| m=2.0 | -4,572 | 969 | 6,340 | -1,975 | 採用 |
| m=2.5 | -5,700 | 1,500 | 6,700 | -2,200 | |
| m=4.5 | -7,474 | 2,459 | 6,833 | -2,277 | |

5. 剛構造適用の検討

本橋を桁橋のラーメン構造とした場合, 高橋脚 P2, P3 の見かけ剛性が小さいため, 地震時慣性力が低い剛結構橋脚 P1 に集中し, 構造の成立が困難であった. これに対して, アーチ構造は P2, P3 の見かけ剛性が大きくなるため, P1 橋脚の断面力が軽減され, 剛構造が成立しやすくなった. 本橋は, 図-1 に示す水平反力調整工法と橋脚高を伸ばすことによる見かけ剛性軽減の手法を併用して, 5脚剛構造(剛結区間延長: 546m)を成立させた.

6. まとめ

本橋の厳しい架橋条件を踏まえて, 鋼・コンクリート複合バランスドアーチ橋といった新しい橋梁形式を採用した. この形式は景観性のほか, 構造の合理性にも優れている. 本稿が今後の山岳地に計画される長大橋の設計の参考となることを期待する. なお, 本橋の設計結果については文献1)を参照されたい.

参考文献 1)秋山, 本庄, 坂手, 吉田, 松田: 鋼・コンクリート複合バランスドアーチ橋の耐震設計, 第69回年次学術講演会, 平成26年9月

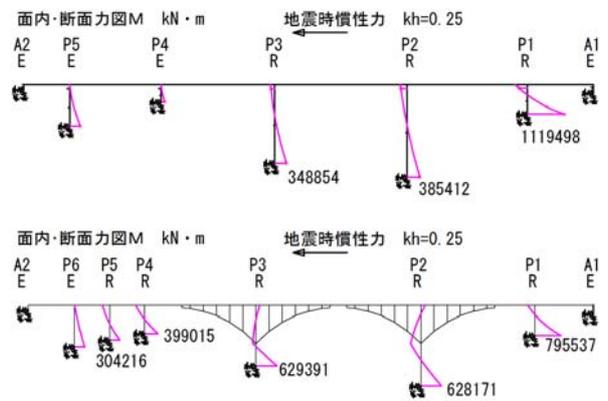


図-3 桁橋とアーチの地震時モーメント傾向の比較