

毛谷高架橋の技術提案および詳細設計

鹿島建設・土木設計本部

正会員 ○佐野 演秀

国土交通省・中国地方整備局鳥取河川国道事務所

守長 和昭

東亜建設工業・土木本部設計部

向畑 和男

1. はじめに

国土交通省中国地方整備局では、兵庫・岡山・鳥取の三県にまたがる一般国道 373 号（総延長 100.8km）のうち、鳥取・岡山の県境付近に位置する志戸坂峠道路（延長 17.9km）の整備を進めている。その一環である毛谷高架橋工事は、志戸坂峠道路のほぼ中央付近に位置する千代川を渡河する高架橋を建設するものである。同工事では、発注方式として技術提案型の「設計施工一括方式」が採用された。

本報文では、毛谷高架橋の技術提案および詳細設計について報告する。

2. 毛谷高架橋概要

本橋の橋梁概要を以下に示す。また、図-1、2に主桁断面図，全体一般図を示す。

発注者名：国土交通省中国地方整備局

路線名：一般国道 256 号線志戸坂峠道路

橋名：毛谷高架橋

工事場所：鳥取県八頭郡智頭町毛谷

道路規格：第1種第3級（設計速度 80km/h）

活荷重：B活荷重

構造形式

上部工：PRC 4 径間連続ラーメン橋

基礎工：大口径深礎・直接基礎

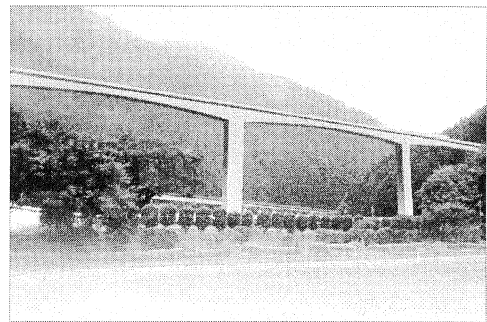
橋長：298.3m

支間長：47.2m + 2@95.0m + 59.2m

桁長：297.6m

有効幅員：9.5m（車道 2 車線）

施工方法：片持ち張出し架設



完成予想図

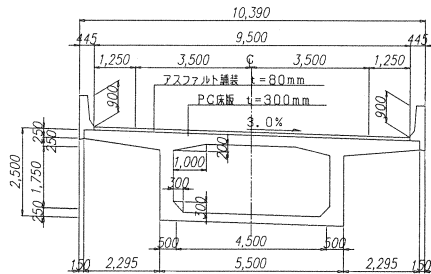


図-1 主桁断面図

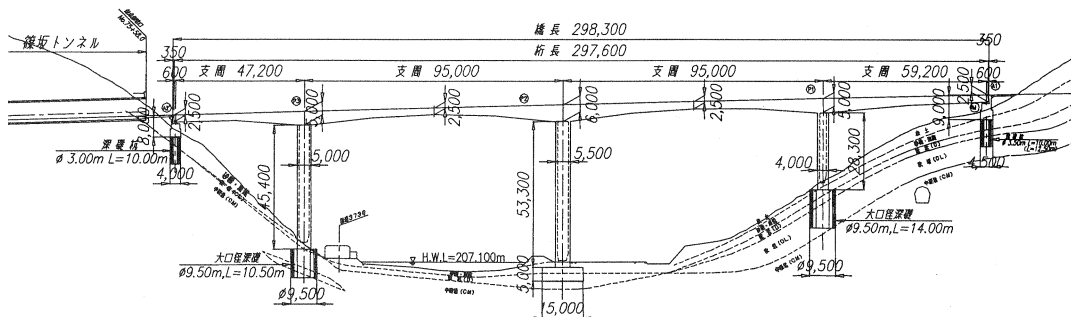


図-2 全体一般図

3. 技術提案

国土交通省中国整備局では多様な入札方式・契約方式の試みとして、はじめて技術提案による設計・施工一括発注方式により毛谷高架橋工事を発注した。工事発注の対象範囲は、橋梁上部工・下部工の詳細設計および施工である。技術提案においては道路橋示方書に規定のない新しい構造形式も認めるが、検証方法等を審査する技術検討委員会による審議を実施することを入札参加付帯条件として義務付けられている。

本工事の技術提案では、橋梁構造の成立性および維持管理に関する所見等について、現場条件や工程などを考慮した適用性や施工実績を踏まえて提案することが求められた。これに対し、鹿島・東亜建設工業 JV において、橋脚に高強度材料を使用した PRC 4 径間連続ラーメン橋の適用および耐久性向上のために高性能撥水材の地覆・壁高欄コンクリートへの適用等を提案した。

以下に、技術提案の内容について示す。

(1) 橋梁構造の成立性に関する技術提案

本橋は、交差条件より不等橋脚を有する橋梁となり、P1 橋脚が他橋脚に比べ脚高が低いので地震時において P1 橋脚の水平力分担が大きくなる。この水平力の分担を軽減させるために橋脚剛性（断面形状）の縮小化が有効であると考えた。また、P1 橋脚以外の P2、P3 の高橋脚についても橋脚断面の縮小化により橋梁全体系の地震時応答を低減できる。そこで、地震動に対する抵抗性を高めるとともに、橋脚断面の縮小による基礎構造の合理化と施工時の工事占有面積の縮小、安全性の向上等を目的として橋脚への高強度鉄筋の採用を提案した。

橋脚への高強度材料の適用としては、鷺見川橋（鉄筋 S-SD685）等の事例があり、各種実験により要求性能に対する妥当性や性能が検証されている。本橋では、これらの既往の研究成果や実績を考慮して、橋脚の主鉄筋に SD490（橋脚コンクリート $f'_{ck}=40\text{N/mm}^2$ ）を採用した。

上部工は PRC 構造とし、プレストレスによるコンクリート応力度の制御と鉄筋によるひび割れ幅制御により、部材の要求性能に応じた合理的な設計が可能となる。主方向は内外ケーブルの併用方式とし、架設時ケーブルに内ケーブル、完成時に必要な連続ケーブルに外ケーブルを使用し、床版横締め PC 鋼材には、施工の省力化と品質向上が図れるプレグラウト PC 鋼材を使用する。

(2) 維持管理に関する技術提案

本橋は、海岸線から 1km 以上離れた地点に架設され、道路橋示方書・同解説 III コンクリート橋編に示される塩害の影響地域には該当しないが、冬期に散布される凍結防止剤に含まれる塩化物の橋体への影響が懸念される。そこで、凍結防止剤を含んだ排水が上部工側面および底版、橋脚に飛散するのを防ぐために、橋面排水については桁内を通して各橋脚の下端まで流下させること、および地覆・壁高欄に高性能撥水材を塗布する等によりコンクリートの耐久性向上を図る。

4. 詳細設計の概要

(1) 高強度鉄筋を用いた橋脚の設計

高強度鉄筋を橋脚に適用する場合の設計留意点および結果の概要について以下に示す。

高強度鉄筋の材料特性は普通強度鉄筋に比べ降伏比（＝降伏強度／引張強度）が大きく、降伏棚の長さが短く、破断ひずみが小さくなる傾向がある。この特性により曲げモーメントが卓越する位置に形成される塑性ヒンジ区間が狭くなり、鉄筋の引張りひずみが塑性ヒンジ部に集中しやすくなる。また、破断ひずみが小さい場合、コンクリートの圧壊に先行して引張鉄筋の破断が起こる可能性が高くなる。

そこで本橋では、過去の実験等によりコンクリートの圧壊に先行して引張鉄筋が破断しないように橋脚の引張鉄筋比を 1.0% 以上とした。また、耐震設計において橋脚断面が降伏する場合にはその断面に配置され

る鉄筋のひずみを確認し、そのひずみが破断に至っていないことを確認した。

なお、本橋は高橋脚であり不等橋脚であるため地震時の挙動が複雑になると考えられ、道路橋示方書・同解説V耐震設計編に従いレベル1地震動、レベル2地震動とも動的解析により耐震設計を行った。ただし、レベル1地震動については、従来の震度法による解析も行い動的解析結果と比較し、安全側となる方で設計を行った。

今回、高強度鉄筋の採用により、橋脚断面形状は原設計に比べ縮小でき(表-1参照)、また、橋脚の主筋が1段配筋となり施工性が大幅に改善された(図-3参照)。

表-1 橋脚の形状比較

| 橋脚 | 詳細設計(m) | 原設計(m) |
|------|--|--|
| P1 | □-4.0×5.5×0.8 | □-4.5×6.5×1.0 |
| P2 | □-5.5×5.5×0.8 | □-6.5×6.5×1.0 |
| P3 | □-5.0×5.5×0.8 | □-6.0×6.5×1.0 |
| 使用材料 | 主鉄筋：SD490 帯鉄筋：SD345 コンクリート： $\sigma_{ck}=40\text{N/mm}^2$ | 主鉄筋：SD340 帯鉄筋：SD345 コンクリート： $\sigma_{ck}=27\text{N/mm}^2$ |

(□-橋軸方向幅×橋軸直角方向幅×部材厚)

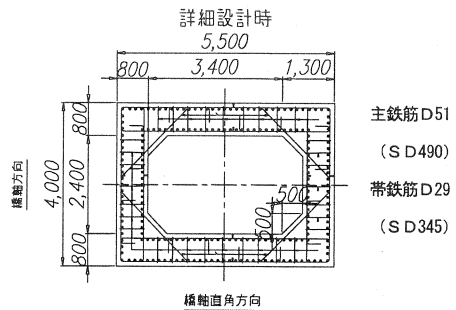


図-3 P1橋脚配筋図

(2)PRC 構造の設計

PRC 構造を適用した道路橋の設計規準類については、1985年の「PRC 道路橋設計要領(案)」(高速道路調査会)以降、多数の橋の設計・施工を経て設計要領第二集橋梁建設編(日本道路公団、1998年)に体系化されている。また、鉄道橋においてはボケラB橋が1983年に建設され、それ以来多数のPRC 鉄道橋が建設され、「PRC けた設計指針(案)」(鉄道総合研究所)が発刊されるに至っている。本橋の設計においては、これらのPRC 構造に関する規準類を参考としながら、主に日本道路公団の設計要領第二集に準拠して設計を進めることとした。

主方向の設計については、張出し施工時は、たわみ管理の精度を高めるために主桁剛性に影響するひび割れ発生をなくす目的で、主桁上縁応力度を $\sigma_c=-1\text{N/mm}^2$ 以下に抑えた。死荷重時(クリープ終了時)においては、全断面がフルプレストレスとなるようにし、設計荷重時においてひび割れ幅を許容値以下に制限するようプレストレス量を設定した。

図-4に設計荷重時における下縁引張り最大時の主桁応力度図を示す。設計荷重時においては、ひび割れ幅を制限している。

横方向の設計については、床版をPRC 部材として設計しているが、本橋は一般国道路線である

ので過積載車両に対する配慮から、疲労および耐久性の観点より床版上縁の引張応力を極力生じないこととし、横締めPC 鋼材配置および補強鉄筋を決定した。設計では、骨組モデルを用いた解析モデルによる通常

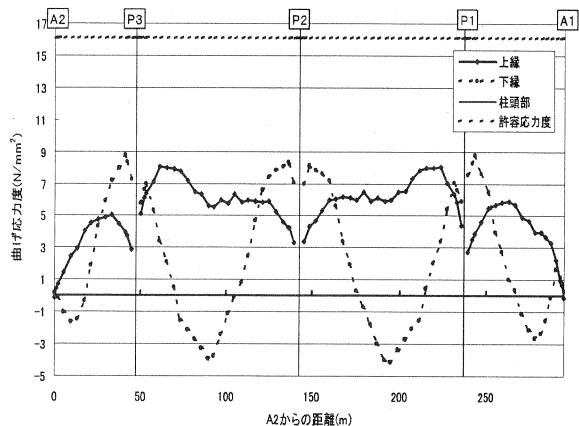


図-4 設計荷重時主桁応力度 (活荷重+温度+床版温度差)

の横方向の設計に加えて、桁をソリッド要素でモデル化したFEM解析も実施し、床版のコンクリート応力状態が設計荷重時においても上縁に圧縮域が残るようプレストレス量を設定した(床版横締めPC鋼材: プレグラウトPC鋼材 1S21.8を625ピッチで配置)。

(3) 耐久性の検討

耐久性の検討では、建設予定地の気象環境や配合特性などの地域特性を考慮した耐久性について、余寿命ライフサイクルコスト評価システム¹⁾を用いて検討を行なった。

地覆・壁高欄における劣化対策として高性能撥水材(マジカルリペラー)を適用することに対して、二次元物質移動予測システム「L I F E D. N. A.」²⁾を用いて、高性能撥水材による塩化物イオン浸透抑制効果のシミュレーションを行った。この解析では、凍結防止剤の散布量を、毛谷高架橋周辺の高規格道路の実績を参考にして10kg/m²/年と仮定している。また、既設橋梁の調査結果を参考にして、地覆・壁高欄の内側からの塩化物イオンの浸透のみでなく、車両の走行によって飛散した凍結防止剤が外側に回り込むことによる塩化物イオンの浸透についても考慮している(図-5参照)。

図-6に示すように供用100年後においても高性能撥水材を塗布することによってコンクリート中に浸透する塩化物イオン量を大幅に低減できることが分かる。

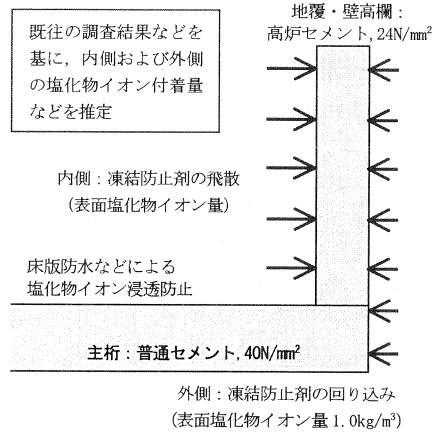
5. まとめ

本橋のような上部工、下部工を一体とした設計施工一括発注方式は、橋梁全体の合理化設計が可能となると考えられる。現在、毛谷高架橋は桁の張出し施工を行なっており、来年3月に完成する予定である。

最後に毛谷高架橋の設計にあたり、多大なご指導、ご尽力をいただいた「毛谷高架橋技術検討委員会」(委員長: 関東学院大学・出雲教授)の委員のみなさま、ならびに関係各位に感謝の意を表す次第である。

参考文献

- 1) 須田久美子, 永田茂, 林大介: コンクリート構造物の劣化評価技術および余寿命LCC評価システムの開発, 電力土木, No. 304, (2003), pp. 116-120.
- 2) 横関康祐, 安田和弘: コンクリート劣化の解析・予測システムを開発, メンテナンス, No. 236, (2003), pp. 98-100.



(※) 図中の矢印は塩化物イオンの浸透を示す

図-5 シミュレーションに用いた入力値の概要

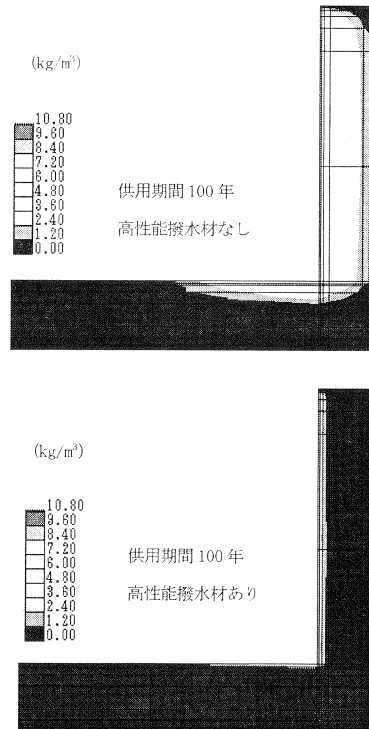


図-6 高性能撥水材塗布の有無による劣化予測の比較