

東名高速道路 用宗高架橋 (下り線) 床版取替え工事—設計・計測について—

川田建設(株) 正会員 ○吉松 秀和
 中日本高速道路(株)東京支社 佐藤 徹也
 中日本高速道路(株)東京支社 倉田 朋和
 川田建設(株) 小松 一明

キーワード：リニューアル，床版取替え，プレキャスト PC 床版，合理化継手

1. はじめに

中日本高速道路は、日本の産業・経済に不可欠な存在である高速道路ネットワークの機能を今後も永続的に活用できるように高速道路リニューアルプロジェクト（大規模更新・大規模修繕事業）に着手している¹⁾。東名高速道路用宗高架橋（下り線）P7～A2 間の床版取替え工事は、今後の高速道路リニューアルプロジェクトの円滑な全面展開に向けたパイロット工事との位置付けで、予防保全および性能向上の抜本的な対策として計画された。

本橋は、東名高速道路の静岡 IC～焼津 IC に位置する橋梁であり、1969 年の開通から 47 年経過していた。2012 年の新東名高速道路（御殿場 JCT～浜松いなさ JCT）開通以前は、路線断面交通量が 80 千台/d と重交通で、開通後は約 38 千台/d と減少したが、いまだ重交通である。この区間は、供用開始時床版厚を最小厚（166mm）としていたため、1978 年には桁間の格子床版の全面打替え工事や張出し床版下面への鋼板接着補強が実施されていた。近年では、車両の大型化や交通量の増加による疲労、鋼材の腐食や膨張が確認されるなど耐久性の低下が懸念された。そこで、抜本的な対策を講じるために床版取替え工事を実施することとした。工事期間の短縮や耐久性向上を目的に急速施工が可能となるプレキャスト PC 床版（以下、PCaPC 床版）を採用し、床版厚の低減と施工性の向上を目的としたナット付き鉄筋継手（以下、合理化継手）を採用した。

本報告では、本工事での設計概要と現地計測について報告する。

2. 橋梁概要

用宗高架橋の橋梁諸元を以下に、床版取替え対象箇所である P7～A2 間の概要図を図 - 1 に、床版取替え前後の断面図を図 - 2 に示す。

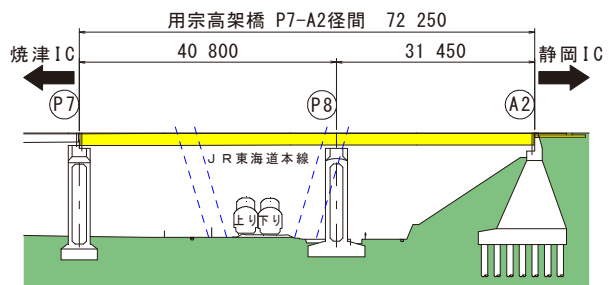


図 - 1 概要図

構造形式：鋼 2 径間連続非合成 I 桁橋

橋 長：72.250m

支 間 長：40.400m+31.000m

有効幅員：工事前 11.000m
 (工事後 11.325m)

桁 高：1.950m

床版形式：工事前 I 形鋼格子床版
 (工事後 PCaPC 床版)

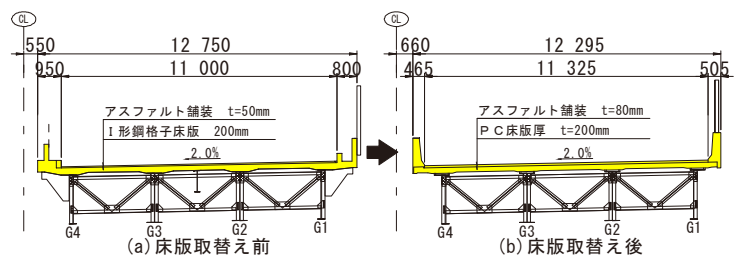


図 - 2 床版取替え前後の断面図

3. 設計概要

本工事で使用した PCaPC 床版の橋軸方向継手は、基本設計ではループ継手が計画されており、ループ鉄筋の曲げ半径の制約により床版厚さが 250mm 必要であった。そこで、床版重量の増加を抑えるため床版厚低減が可能となる合理化継手 (図 - 3) を採用し、既設床版厚と同様の 200mm とした。

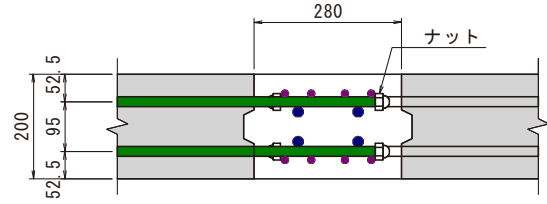


図 - 3 合理化継手構造

本橋は、非合成構造で活荷重 TL-20 により設計されており、床版取替え後の構造に対し非合成構造とした格子解析により現行基準の B 活荷重を用いて照査を実施すると、主桁応力が許容値を満足しない結果となった。そこで、非合成桁として設計されている構造を橋面荷重などの後死荷重や B 活荷重に対し、合成桁構造として主桁と PCaPC 床版の合成効果を考慮し、合成構造とした格子解析により照査を実施し主桁応力が改善することを確認した。

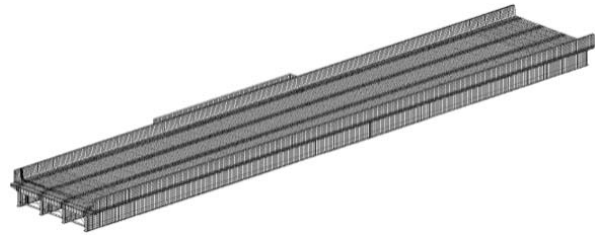


図 - 4 FEM 解析モデル

表 - 1 主桁応力度照査結果比較

| 解析手法 | 支間部 (死荷重+活荷重) | | |
|--------------|--------------------------|--------------------------|-----------|
| | 計算値 (N/mm ²) | 許容値 (N/mm ²) | 計算値 / 許容値 |
| 格子解析 (非合成構造) | 243 | 185 | 1.31 |
| 格子解析 (合成構造) | 230 | 185 | 1.24 |
| FEM解析 | 181 | 185 | 0.98 |

※応力度超過が最大となった箇所に着目

格子解析は PCaPC 床版による主桁間の荷重分配作用や壁高欄の剛性などの影響が考慮されていない。そこで、PCaPC 床版や壁高欄などの剛性を考慮するためモデル化した全体系 FEM 解析 (図 - 4) により B 活荷重載荷による照査を行い、主桁応力がさらに低減し許容値を満足することを確認した。表 - 1 に格子解析 (非合成構造, 合成構造) と FEM 解析の結果を示す。

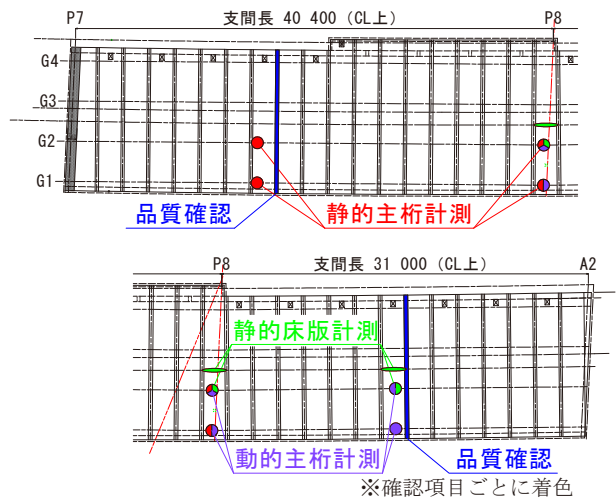


図 - 5 着目位置

活荷重応力の低減に加え壁高欄や舗装荷重などの後死荷重による応力も 80%程度に低減され、一般的に主桁照査に用いられる格子解析に比べ FEM 解析では、応力が低減されることが確認できた。

4. 現地計測

4.1 接合部品質確認

PCaPC 床版は、工場製品であることから安定したコンクリート品質を確保できていると考えられるが、PCaPC 床版間の接合部は場所打ちコンクリートであるため現地にて非破壊検査による調査を行った。場所打ちコンクリートの密実性を確認するため、床版下面よりトレント法により透気係数を計測した。接合部コンクリートの打設を径間ごとの 2 回としたため、着目位置は各径間の接合部 1 箇所の桁間 3 箇所と張出し床版 2 箇所の計 10 箇所

表 - 2 透気係数測定結果

| 計測箇所 | 透気係数 kT (×10 ⁻¹⁰ m ²) | 電気抵抗値 ρ (kΩcm) | グレード | 透気性評価 | |
|----------|--|----------------|------|-------|--------|
| P7~P8 径間 | 路肩張出部 | 0.16 | 22.5 | 3 | normal |
| | G1~G2間 | 0.21 | 19.5 | 3 | normal |
| | G2~G3間 | 0.10 | 17.4 | 3 | normal |
| | G3~G4間 | 0.29 | 19.6 | 3 | normal |
| | 中分張出部 | 0.06 | 19.3 | 2 | good |
| P8~A2 径間 | 路肩張出部 | 0.07 | 19.2 | 2 | good |
| | G1~G2間 | 0.04 | 23.0 | 2 | good |
| | G2~G3間 | 0.08 | 23.1 | 2 | good |
| | G3~G4間 | 0.16 | 20.5 | 3 | normal |
| | 中分張出部 | 0.03 | 20.5 | 2 | good |

所を対象とした(図-5 品質確認位置)。

透気係数測定結果を表-2に示す。透気係数は0.03~0.29であり、透気性評価²⁾はgoodあるいはnormalであり、所要の性能を満たしていると判断した。

4.2 FEM 解析モデルの妥当性と継手鉄筋挙動の確認

主桁照査で使用したFEM解析モデルの妥当性および、継手構造の挙動確認のために供用開始前に試験車両を載荷し確認を行った。確認は、車両を停止させ計測を行う静的載荷試験とし、散水車2台(総重量:222kN, 214kN)を載荷した(写真-1)。

主桁の着目位置は、G1, G2桁の中間支点部(P8)と支間部(P7~P8)(図-5 静的主桁計測位置)、床版着目位置は、G2~G3桁間とG2桁上の中間支点部(P8)と支間部(P8~A2)(図-5 静的床版計測位置)とし、橋軸方向のひずみ計測を実施した。

主桁の計測点は、桁高方向の橋軸方向ひずみ分布を確認するため1測点あたり4箇所(上フランジ, ウェブ上方, ウェブ下方, 下フランジ)とした。

主桁断面のひずみ分布は、断面内で桁高方向に直線分布しており、中立軸高さ、ひずみ値ともFEM解析値と同程度となったことからFEM解析モデルは実橋梁を再現できていると考えられた。また、FEM解析モデルは、合成構造としてモデル化しているため実橋梁は合成構造に近い挙動を示していることが確認できた(図-6)。

床版の計測点は、接合部とプレキャスト部の鉄筋挙動を確認するため橋軸方向の配力鉄筋に5箇所(接合部×2, プレキャスト内接合部近傍×2, プレキャスト部中央)とした(図-7 床版計測点位置)。

主桁作用による橋軸方向ひずみは、接合部とプレキャスト部で同程度の値を示しており合理化継手として先端にナットが配置されることで短い定着長でも定着性能が有効に機能し、力を伝達していることが確認できた。また、発生ひずみは解析値と概ね同程度の値を示していることが確認できた(図-7)。



写真-1 載荷状況

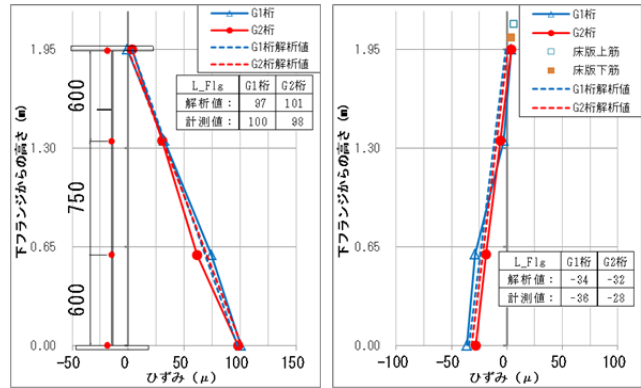
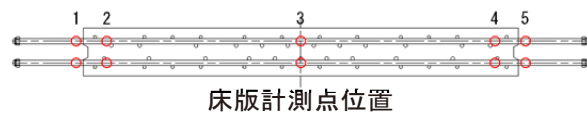


図-6 主桁断面ひずみ分布



| 測点 | 解析値 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------|-----|---|---|---|---|---|
| 上筋 μ | 5 | 5 | 6 | 5 | 3 | 6 |
| 下筋 μ | 3 | 5 | 2 | 2 | 1 | 2 |

P8 支点部

| 測点 | 解析値 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 上筋 μ | -10 | -12 | -12 | -11 | -11 | -12 |
| 下筋 μ | -5 | -8 | -7 | -8 | -6 | -9 |

P8~A2 径間部

図-7 床版配力鉄筋ひずみ



写真-2 走行状況

4.3 供用下における主桁応力の確認

4.2 に記載したように供用開始前に FEM 解析モデルの妥当性を確認するため静的計測を実施し、主桁応力が許容値を満足することを確認した。さらに、供用下での実交通による発生応力を把握するため動的計測による主桁の発生応力の確認を行った。

供用下で、72 時間連続で動的計測を実施し、計測期間内に試験車両を走行させた。試験車両は散水車（総重量：223kN）を使用し、試験車両が他の大型車と並走や縦列にならないように注意しながら各 2 回走行させた（写真 - 2）。

着目位置は、中間支点部（P8）と支間部（P8～A2）とし、G1、G2 桁の橋軸方向のひずみ計測と G1 桁の加速度計測（図 - 5 動的計測位置）を実施した。

ひずみの計測点は、橋軸方向ひずみ分布を確認するため 1 測点あたり 3 箇所（上フランジ、ウェブ下方、下フランジ）とした。

主桁断面のひずみ分布は、静的計測と同様に断面内で直線分布していることが確認できた（図 - 8）。走行車線走行時、路肩走行時とも 2 回の計測を実施の結果、計測された波形のひずみ値は同様な挙動を示しており再現性が確認できた（図 - 9）。

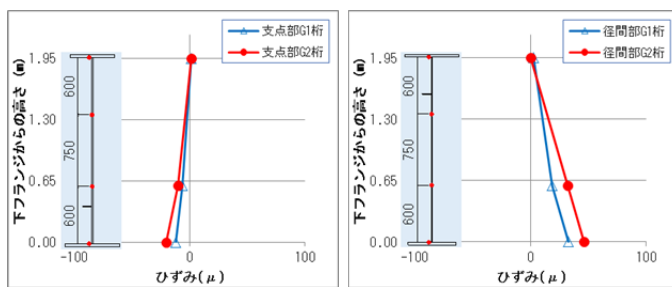


図 - 8 主桁断面ひずみ分布

P8～A2 間の走行車線に載荷車荷重を作用させた FEM 解析結果と走行車線走行時の計測結果を比較すると、G2 桁下フランジで 85% 程度の発生ひずみとなった。

加速度の計測は、G1 桁下フランジ位置での 3 軸成分とした。図 - 10 は、鉛直成分の加速度波形を高速フーリエ変換したものである。スペクトル波形が明確に表れていることから弾性的な振動を示しており、橋梁の挙動として健全であると考えられた。

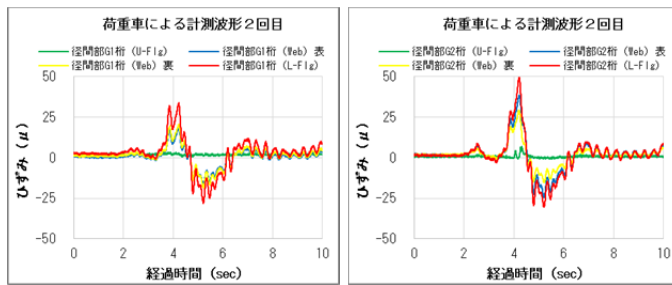
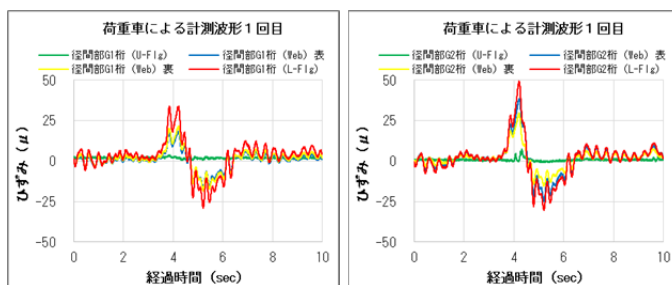


図 - 9 ひずみ波形（P8～A2 径間部）

5. おわりに

本工事は、2017 年 2 月に無事竣工することができた。関係各位に対し深く感謝の意を表すとともに、本報告が床版取替え工事の一助になれば幸いである。

参考文献

- 1)中岡, 清水：中日本高速道路における大規模更新・大規模修繕の取組み, コンクリート工学, Vol.54, No.1 (2016.1)
- 2)R.Torrent and G.Frenzer：A method for the rapid determination of the coefficient of permeability of the “covercrete”

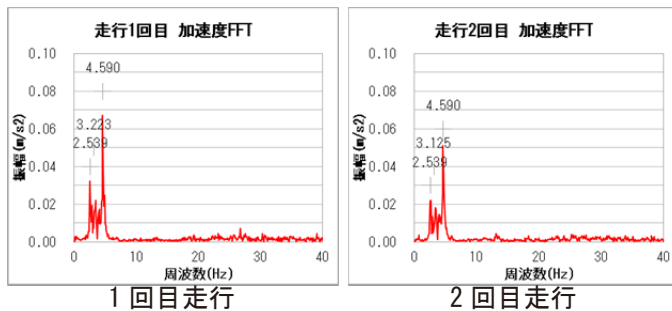


図 - 10 FFT 解析結果（鉛直成分）
G1 桁（P8～A2 径間部）