

QS Bridge の製作・施工に関する報告 — 水無橋, 林口橋 —

Fabrication and Construction of QS Bridge — Mizunashi Bridge and Hayashiguchi Bridge —

田 川 拓 哉*¹ 永 谷 秀 樹*²
Takuya TAGAWA Hideki NAGATANI

Summary

Nearly 20 years have passed since the QS Bridge, a composite slab bridge, was developed. During this period, we have erected nearly 30 such bridges. This report describes the features of fabrication and construction works of Mizunashi Bridge and Hayashiguchi Bridge, which were the most recently constructed QS Bridges. Also, we report workability testing, etc. which was implemented for streamlining the method of filling rigid urethane.

キーワード：QSブリッジ、合成床版橋、硬質ウレタン、施工試験

1. はじめに

合成床版橋（QSブリッジ）は、開発後およそ20年近く経とうとしており、その間に30橋近い施工実績を残してきた^{1),2)}。QSブリッジは、以下の従来橋梁に比べ、以下に示す2つの大きな優位性があり、国土交通省の新技術情報システム（NETIS）にも登録されている。

- ① 従来橋梁にはない低桁高（支間比1/25～1/40）を実現できるため、設計・施工条件に対する制約が小さい。
- ② 架設時の足場・支保工が省略でき、施工時の省力化と急速施工が可能で、架設時の安全性も向上する。

本報告においては、近年施工されたQSブリッジの中でも最も新しいものとなる“水無橋”（写真－1）と“林口橋”（写真－2）の製作・現場施工に関する特徴につい



写真－1 水無橋

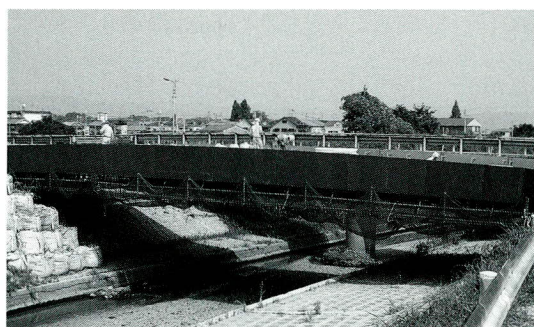
て、両橋梁の構造的ならびに施工方法の相違点も併せて報告する。また、これらの施工に関連して別途実施した、充填される硬質ウレタンの施工方法の合理化検討と施工試験の報告を行う。

2. “水無橋” 工事概要

(1) き裂調査結果

水無橋は、JR山手線 渋谷～原宿間の線路上に架かる橋梁である。本橋梁が架設される前からも水無橋は存在しており、街の迂回路として頻繁に使用されていた。その旧水無橋については橋梁形式も古く、また腐食等による老朽化がかなり進行していた。そのため、架け替えが計画されたが、以下の設計・施工上の制約があった。

- ① 桁下には電車が通過するため、桁下空間の制限が厳しく、それに伴い桁高が制限される。



写真－2 林口橋

*¹技術本部設計部設計グループ

*²技術本部設計部技術開発グループ課長代理

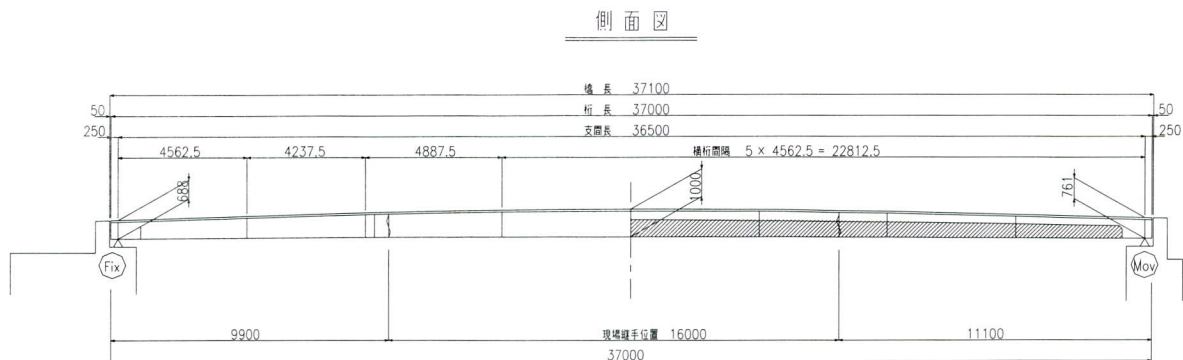


図-1 側面図

表-1 設計条件

設計条件		
上部	道路規格	4種4級 V = 30km/h
	橋長	37,100m (道路中心線)
	支間	36,500m
	幅員	4.0m + 2.2m
	橋種	合成床版橋
	荷重	A活荷重
	斜角	90°
	平面線形	R = ∞
	横断勾配	車道部 2.0% 歩道部 1.0%
	工	使用材料
コンクリート		$\sigma_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$
架設方法		クレーン架設
形式		A1 逆T式橋台 A2 パイルベント式橋台
下部	基礎形式	場所打杭 $\phi 1000$
	設計基礎	$\sigma_{ck} = 24 \text{ N/mm}^2$
	設計基礎	$\sigma_{ck} = 24 \text{ N/mm}^2$
	設計基礎	$\sigma_{ck} = 16 \text{ N/mm}^2$
工	設計震度	A1 橋台 kh=0.25 A2 橋台 kh=0.23
	適用示方書	道路橋示方書 (日本道路協会) 平成14年 3月

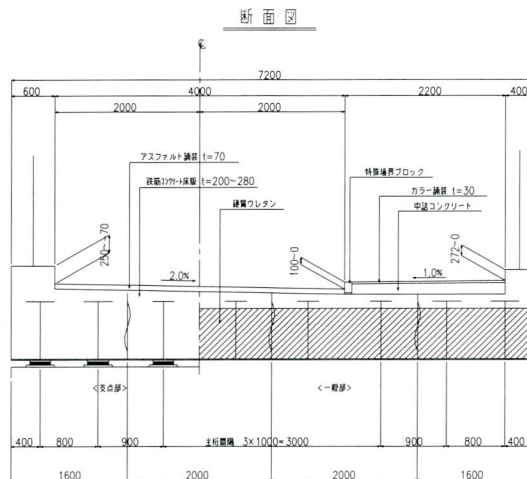


図-2 断面図

② JR山手線・京浜東北線ということもあり、急速な施工が求められ、また基本的に橋梁本体外での作業を行ってはならない。

そこで、低桁高構造（桁高 = $1/39L$, L:支間長 36.5m）であり、一括架設が可能な上に架設後の足場が不要で全て桁内側から作業可能であるQSブリッジが採用されている。

(2) 橋梁概要

水無橋の橋梁概要について、側面図・断面図および設計条件を図-1・2、表-1に示す。本橋梁は支間長 36.500m というこれまでに施工されてきたQSブリッジの中で最も長い橋梁という特徴を有している。

(3) 製作・現場施工に関する特徴

本橋梁の製作時、現場施工時の特徴について以下に示す。

① 側板と主桁の取り合い

本橋梁は、主桁と側板の間隔が非常に狭く、製作時の

溶接施工性を確保するため、側板と下フランジとの溶接方法を図-3に示す形式に変更を行った。

② 主桁貫通鉄筋によるずれ止め

桁高を可能な限り低くするために、上フランジをコンクリートに埋め込み（図-4）、ずれ止めとして床版主鉄筋を主桁ウェブに貫通させる構造が採用されている。し

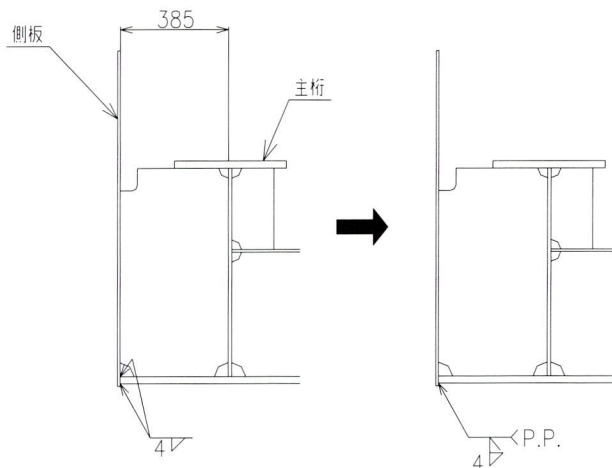


図-3 側板溶接方法の変更

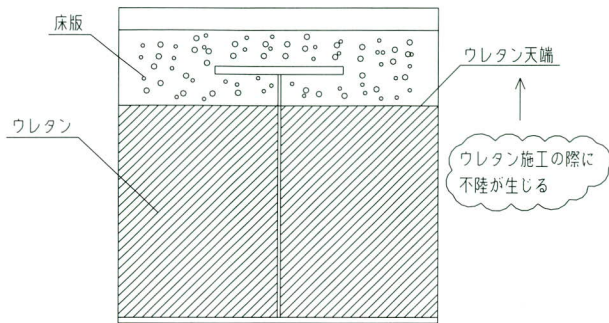


図-4 主桁詳細図



写真-4 ウレタン施工状況

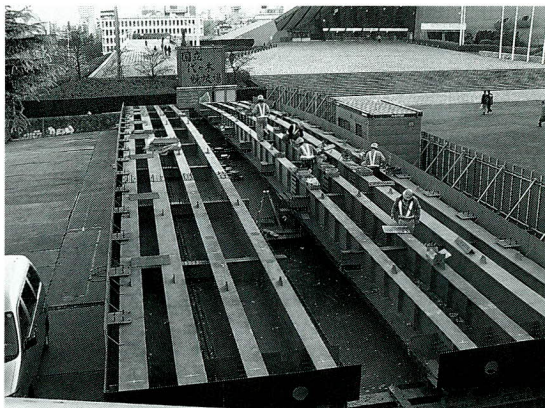


写真-3 地組状況

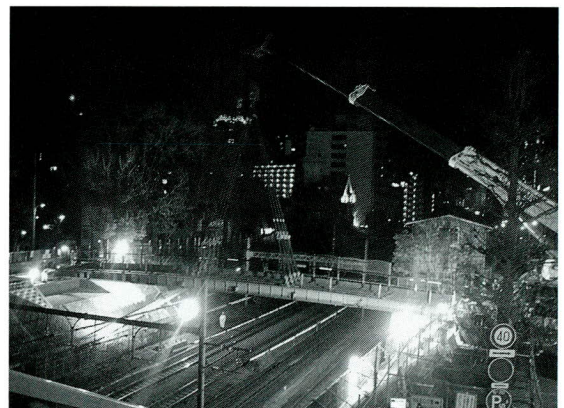


写真-5 一括架設状況

かし、この構造では現場で架設後に配筋を行うことが困難であった。そのため、地組時に予め主鉄筋については配筋を行うことにした。このような方法をとることにより配筋は可能となったのだが、以下の事項が今後の課題として残った。

- ・主鉄筋を架設前に配筋するため、一括架設時の架設重量が増加した。
- ・本工事では地組ヤードは国立競技場の駐車場の一角借りて行ったが、作業スペースが狭く配筋の際に時間がかかった。

③ ウレタン施工時の不陸

本橋梁では、自重の軽減のため埋め込み型枠として硬質ウレタンを充填する構造を採用している。ここで、硬質ウレタンは、A液とB液という液体原料を使用し、この2液を混合させた液体を吹き付け発泡させることにより充填する。このように流動性と膨張性が高い材料を使用するため、慎重に施工を行ってもウレタン天端に±20～30mm程度の不陸が生じた。そのため、現場施工においては、そのウレタン天端の不陸を平らにならす作業工程が必要となった。

なお、本橋梁の現場施工を通じ、技術的課題として、硬質ウレタンの充填施工について一層の合理化を進める必要性が確認された。このため、後述するような硬質ウレタンの充填施工に関する試験を実施し、施工方法の合理化検討を行っている。

(4) 現場施工時状況

本工事を行った際の現場施工時状況を以下に示す。

写真-3 …地組状況

- ・市街地ということもあり、十分なヤード確保が難しかった。

写真-4 …ウレタン施工状況

- ・本工事はJR上での架設となったため、架設後のウレタン施工に制限があり、殆どのウレタン施工は地組時に行い、その後架設を行った。

写真-5 …一括架設状況

- ・JR山手線上の架設ということもあり、架設時間の制限が非常に厳しかった。

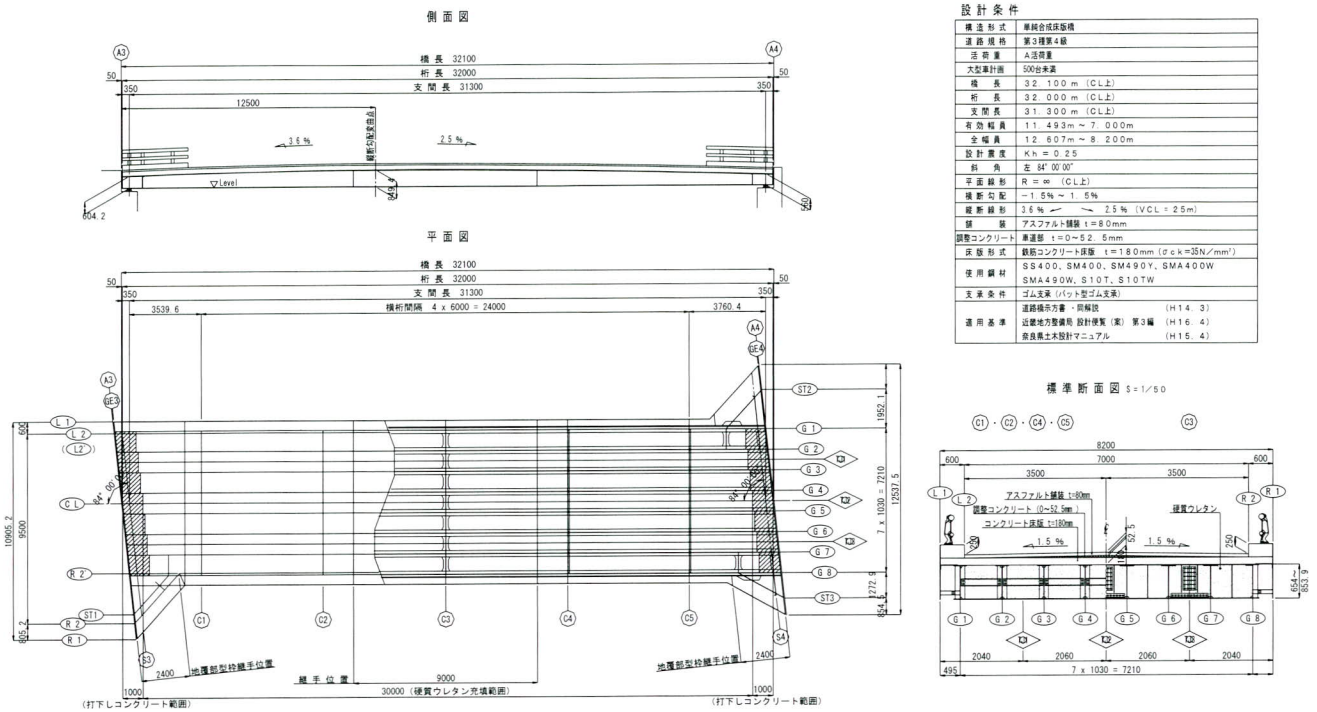


図-5 側面図・平面図・断面図および設計条件

3. “林口橋” 工事概要

(1) 工事概要

林口橋は奈良県広陵町において新設の清掃施設建設に伴い、主に清掃車の通行用道路として計画された。本橋梁は、その新設清掃施設横に流れる葛城川上に架設することとなった。この葛城川における河川管理上の建築限界制限が厳しかったため、桁高の低い橋梁形式が必要となり、本橋梁形式が採用された。

(2) 橋梁概要

林口橋の橋梁概要について、側面図・平面図・断面図および設計条件を図-5に示す。本橋梁においても支間長31.300mとQSブリッジとしては比較的長支間を有する構造であり、さらに桁端部には拡幅部を設ける構造となっている。

(3) 本工事における特徴

本工事における製作時、現場施工時の特徴について以下に示す。

① 側板部の構造

図-6に示すように、側板と主桁との間隔が狭く溶接施工性が困難となる狭隘部について、側板と主桁をボル

トにて接合する方法を採用した。

ただし、本構造では側板の脱落防止のため、側板上部と下部にそれぞれ支え材を追加した。

② コンクリートのずれ止め構造と配筋

本橋梁は桁高制限に多少の余裕があったため、主桁フランジ上にコンクリート床版を設けることにより、コンクリートのずれ止め構造に、主桁ウェブの貫通鉄筋ではなく、主桁上に設置したスタッドを適用している³⁾。

このような構造を採用する際には、主鉄筋と主桁上フランジとのあきについて、施工時に十分な配慮が必要と

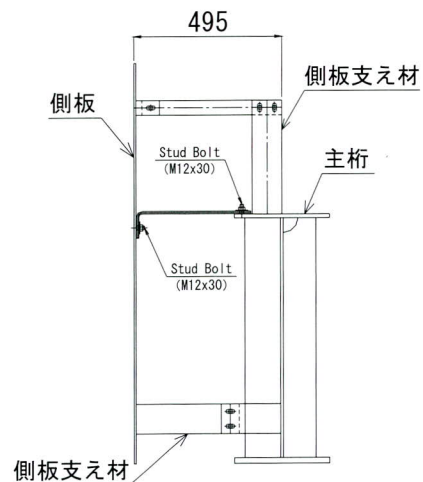


図-6 側板部構造

なり、施工誤差を出来る限り無くす管理を行った。

③ 硬質ウレタンの充填施工方法

従来の硬質ウレタンの充填施工方法では、ウレタン天端に不陸が生じ、これによりウレタン施工後に表面の仕上げが必要であった。この仕上げ作業に必要とされる時間と手間は無視出来ないものであり、施工の合理化、工程短縮および品質向上を目的として本工事では以下に示す新たな硬質ウレタンの充填施工方法を採用した。なお、この新たな充填施工方法については、事前に後述の施工試験を行い施工性、出来形、充填性の確認を行っている。

従来の充填施工方法では、硬質ウレタンを吹き付け、所定の高さ位置を目標に発泡させるのみであり、特別な施工上の対策をとってはいなかった。

一方、本工事で適用した新たな充填施工方法では、まず通常通りウレタンを吹き付け、出来上がり高さから100mm程度低い高さまで充填する。その後、ウレタンボードを使用し写真-6のように所定の高さに設置する。また、ウレタンボードと上フランジとの境界から桁内への水の浸入に配慮して、ウレタンボードと上フランジ下面が接触する箇所は止水スポンジを設置している。最後に、ウレタンボードに孔を明け、その孔よりウレタンを



写真-6 ウレタンボード組立状況



写真-7 ウレタン注入状況

注入する(写真-7)。

本充填施工方法を採用することにより、ウレタン天端の不陸をほぼ無くすことができた。今回の工法は、床版下面が主桁上フランジよりも上側に配置するから採用出来た。なお、前述の水無橋のように主桁上フランジがコンクリートに埋め込まれる構造では、本充填施工方法はそのまま適用できないので、その場合には再度検討が必要となる。

4. 硬質ウレタンの充填施工に関する試験

今回報告を行った2つの橋梁の硬質ウレタンの充填施工に関連して、施工方法の合理化等を目的とした以下に示す2種類の試験を実施している。

- ① 付着強度確認試験
- ② ウレタン充填施工試験

その詳細については別途報告を行うものとし、本報告では各試験の概要について述べるものとする。

(1) 付着強度確認試験

本来、ウレタンは充填により鋼板と密着するため、特に鋼板とウレタンとの付着力には期待していない³⁾。しかし、付着力は鋼桁と充填ウレタンの一体性向上に寄与するため、付着強度の確認試験を行い基礎的データの収集を行った。

QSブリッジ内面の主桁、底鋼板は、現場でのウレタン充填までの一時防錆用に塗装を行う場合がある。このため、表-2に示す5種類の塗装仕様について試験を行った。

試験では、5cm×5cmの塗装した鋼板にウレタンを吹き付けた試験体を製作し、引張、せん断の2方向の付着強度の確認を行った。

表-2に、引張、せん断の各付着強度をウレタン本体の引張強度(=σ_u)、せん断強度(=τ_u)に対する比率で示している。この結果より、塗装仕様のよる各付着強度の明確な違いは確認されなかった。

また、せん断方向の付着強度はウレタン本体のせん断強

表-2 付着強度一覧

No.	塗装仕様	①引張 σ _u :276kN/m ²	②せん断 τ _u :88kN/m ²
1	無機ジンクリッチプライマー(15μm)	0.40	0.97
2	無機ジンクリッチペイント(30μm)	0.40	1.00
3	厚膜無機ジンクリッチペイント(75μm)	0.39	0.85
4	有機ジンクリッチペイント(30μm)	0.34	1.16
5	エッチングプライマー(15μm)	0.50	1.03

度とほぼ同等であるが、引張方向の付着強度は引張強度の50%以下となる。ただし、引張方向と付着強度はウレタン本体のせん断強度以上であり、引張方向とせん断方向の付着力はほぼ同等となる。

(2) ウレタン充填施工試験

従来の施工方法では、ウレタン天端の平坦性を確保するため、前述の施工報告のとおりウレタン充填完了後に表面仕上げを行っていた。今回、この表面仕上げ作業を省略し、施工の合理化、工程短縮と品質の向上を目的として、施工方法の改良検討を行った。

事前に、小型試験体、実物大試験体を用いた試験施工を行い、施工性、ウレタンの充填性の確認を行い、今回新たに図-7に示す主桁間にウレタンボード設置する施工方法を提案した。

この施工方法は、以下の手順でウレタン充填を行う。

手順1：従来の施工方法と同様に、ウレタン天端から100mm程度下がった位置まで充填を行う。

手順2：上フランジ下面のウレタンボードとの接触面に止水パッキン（30mm程度）を設置する。

手順3：支持材（ウレタン）を用いてウレタンボードを所定の位置に設置し、ウレタンボードにウレタン注入孔の孔明けを行う。

手順4：上記の注入孔から、図-7に示す順番で残り空間のウレタン充填を行う。なお、なお最終の3番目の充填は、充填性の向上に配慮して、2回目からある程度時間を空けて先の充填ウレタンが安定した状態で行った。

最終的に、この施工方法を用いた実物大の試験体による施工試験を行い、以下の項目の確認を行った。

- ① ウレタン充填の施工性
- ② ウレタン天端の平坦度（図-8参照）

写真-8に手順1の先施工分のウレタン充填状況を示す。また、写真-9にウレタン充填完了後の状態を示す。

この施工試験結果より、以下の結論が得られた。
・従来の施工方法に比べ、ウレタン表面の平坦度確保のための仕上げを省略できるため、ウレタンボード設置

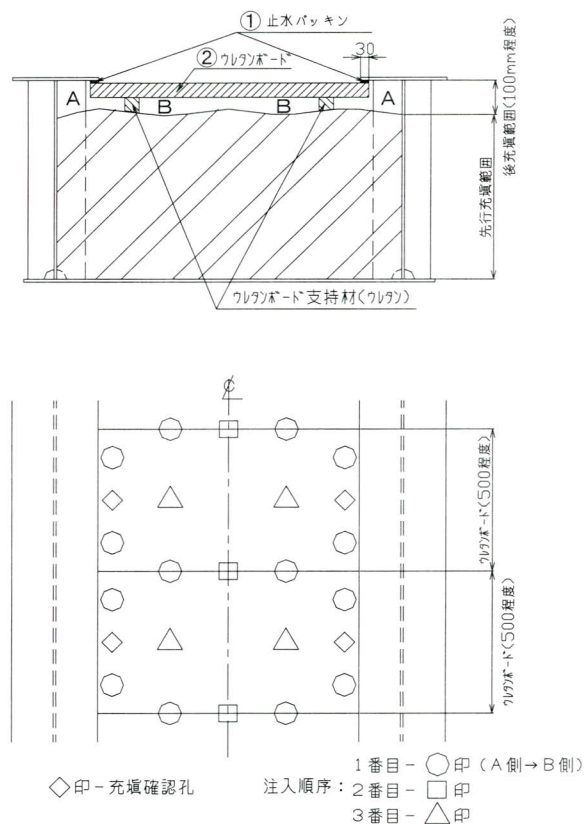


図-7 ウレタン充填施工手順



写真-8 先行施工ウレタン充填状況



写真-9 ウレタン充填完了状態

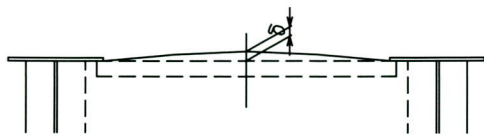


図-8 ウレタン天端の平坦度

の作業等が追加となるが、全体的な施工性は向上する。

充填完了後のウレタン天端の δ は最大11mmであった(図-8参照)。したがって、今回の施工方法は、従来の施工方法に比べ非常に高いウレタン天端の平坦度が確保できる。

5. おわりに

水無橋および林口橋の製作・現場施工において、製作性の向上、硬質ウレタンの充填施工の合理化について課題の抽出と改善を進めてきた。しかし、コスト縮減も含め、更なる構造および施工方法の改善・合理化を進める必要があり、今回の2つの工事で得られた経験と知識を

基により一層の努力を行うこととする。

最後に、本報告の2橋梁の施工にあたり、多大なるご指導を頂いた渋谷区土木部(水無橋)、広陵町都市整備課および(株)奥村組(林口橋)の方々に対し深く感謝の意を表します。また、ウレタン充填の施工方法の改良にあたり、多大なるご協力を頂いたイノアック特材(株)の関係者の皆様対して深く感謝いたします。

<参考文献>

- 1) 太田, 深沢, 檜貝: 硬質ウレタンを充填した合成型枠橋の開発研究, 構造工学論文集, Vol.39A, pp.1279~1288, 1993年3月
- 2) 保呂, 奥村, 佐藤: 合成床版橋(QS Bridge)の紹介, 宮地技報第20号, pp.17~22, 2005年3月
- 3) 合成床版橋研究会: 合成床版橋 設計・施工指針(案), 平成10年

2007.2.26 受付

グラビア写真説明

須津川橋

本工事は、須津川橋: 鋼13径間連続合成鈹桁と比奈橋: 鋼3径間連続合成鈹桁の建設を行う鋼上部工工事で、暫定2車線から完成3車線に拡幅可能な構造を採用していることが特徴です。上部構造は、暫定系/完成系における構造特性、耐久性、経済性、拡幅時の施工性等を考慮して「合成床版を横桁で支持する鋼2主鈹桁」を新たに開発し採用しました。

構造的特質

- ① 床版支間を横桁間隔(3.5m)とすることで床版厚が低減、死荷重軽減を可能とした。
- ② 合成床版のハンチを省略、底鋼板を考慮し下段鉄筋を省略、床版構造の合理化を実現。
- ③ 橋軸方向が床版支間となり、幅員方向の拡幅に優位な構造を採用。

(栗田 裕之)

かぐら大橋(西東橋)

西東橋は、現在の飯田市(旧南信濃村)に位置し、遠山川にかかる国道152号和田バイパスの一部である。国道152号は、遠山谷に生活する人々の生活道路であり、飯田伊那地方と静岡県を結ぶ幹線道路である。この地域は、深い谷間に位置し、幅員が狭く、カーブが多いため、見通しも悪く大型車のすれ違いが困難です。本橋は、交通渋滞を緩和し、より快適な走行ができるよう、地域の方々の期待をもって作られた橋です。

(山田 豊)