

陣ノ谷川橋（鋼 I 形断面 2 主桁橋）の設計

太田 検志* 本郷 智**

近年、公共工事のコスト縮減の中で、初期コストを下げるだけでなく、ライフサイクルコスト（以下 LCC）削減の要求もあり、構造の合理化、省力化の取り組みが行われている。

陣ノ谷川橋は、合理的な構造形式の 1 つである PC 床版を有する鋼 I 形断面 2 主桁橋を採用し、また、LP 鋼板の使用、水平補剛材の省略を行い、さらなる合理化、省力化を目指した。

本文は、PC 床版を除く詳細設計業務における検討結果を、報告するものである。

キーワード：LP 鋼板、連続合成桁、PC 床版、少補剛設計

まえがき

陣ノ谷川橋（鋼上部工）工事は、日本道路公団が建設している第二東名高速道路の一部をなし、上下線 2 橋の設計・製作・架設を駒井鉄工株式会社・株式会社酒井鉄工所共同企業体で受注したものである。

本橋の位置図を図-1 に示し、一般図を図-2 に示す。

本橋は、PC 床版を有する鋼 I 形断面 2 主桁橋である。本文は、PC 床版を除く詳細設計業務における検討結果を、報告するものである。



図-1 位置図

1. 本橋の設計条件

道路規格：第 1 種第 1 級 A 規格

橋梁形式：10 径間連続鋼 I 形断面 2 主桁橋

橋 長：591.0m

支 間 長：58.2m + 8@59.0m + 58.2m

有効幅員：16.5m

平面線形：R = ∞

現場継手：全断面溶接

床版形式：場所打ち PC 床版

架設工法：送り出し架設工法（鋼桁）

：移動型枠施工（PC 床版）

2. 主桁の設計

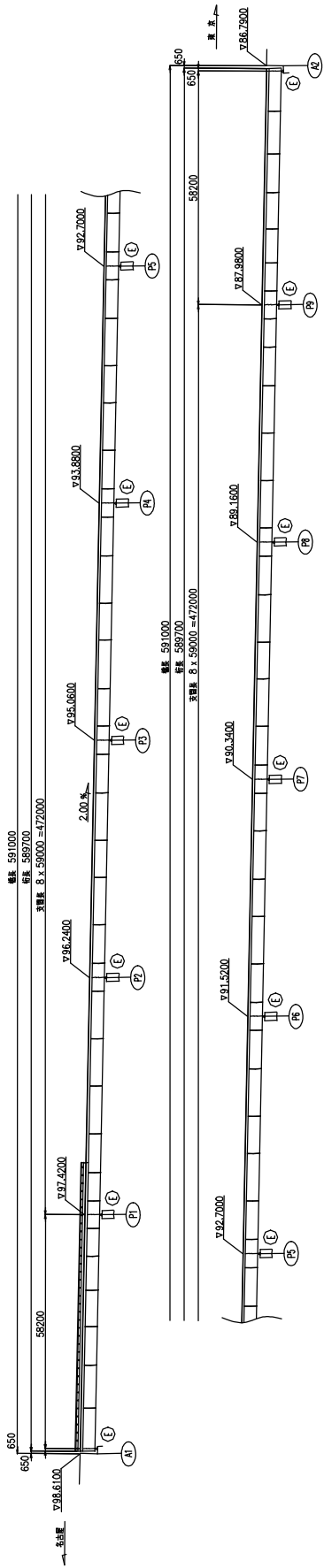
（1）主桁断面決定

主桁断面決定フローを図-3 に示す。

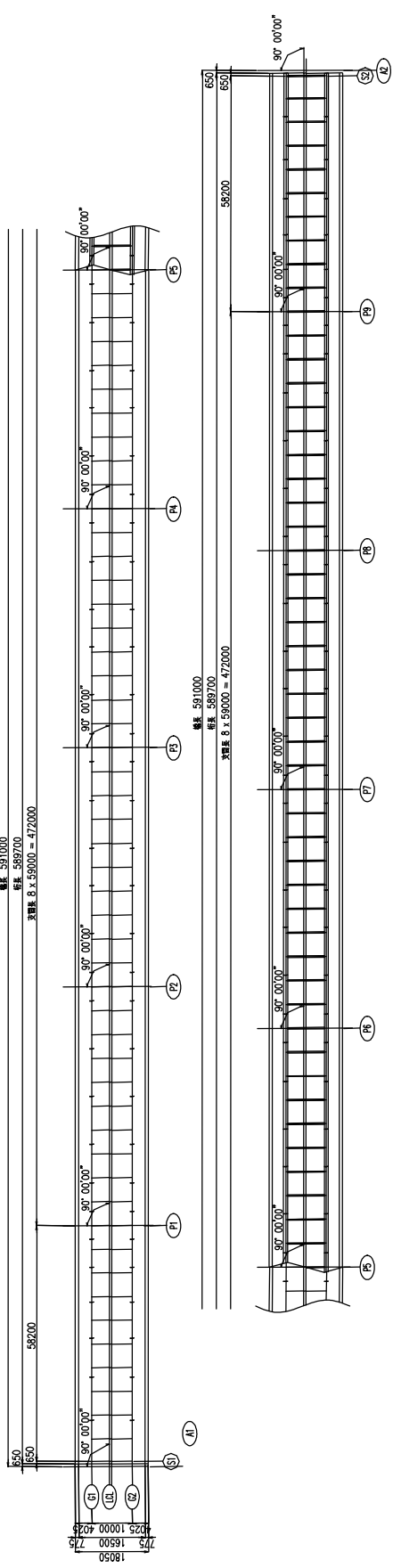
非合成桁として設計しても実際の挙動は鋼桁と床版とが合成挙動を示すことと、本工事のような広幅員 2 主桁橋は実績が少ないことより、施工時の安全性、将来の床版打ち替えを考慮して、主桁断面については、非合成桁で設計し、連続合成桁として応力照査を行い、安全であることを確認した。

また、本工事の架設工法が送り出し架設であることより、架設時の主桁断面の応力照査を行い安全であることを確認した。

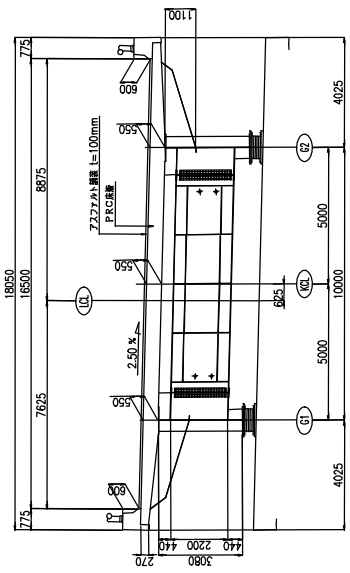
断面図



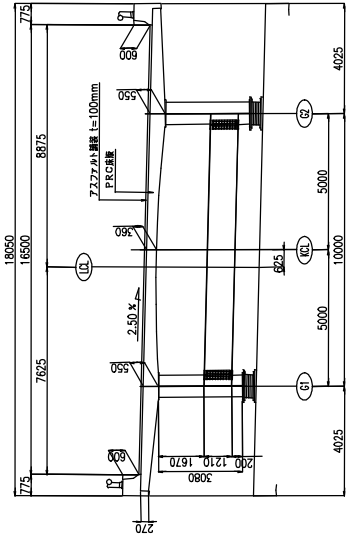
平面図



橋支点上 S1.S2



断面図 S=1/100
中間支点上 P1~P9



中間部 C1~C90

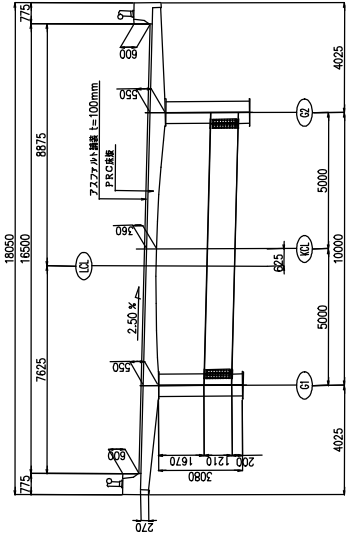


図-2 一般図

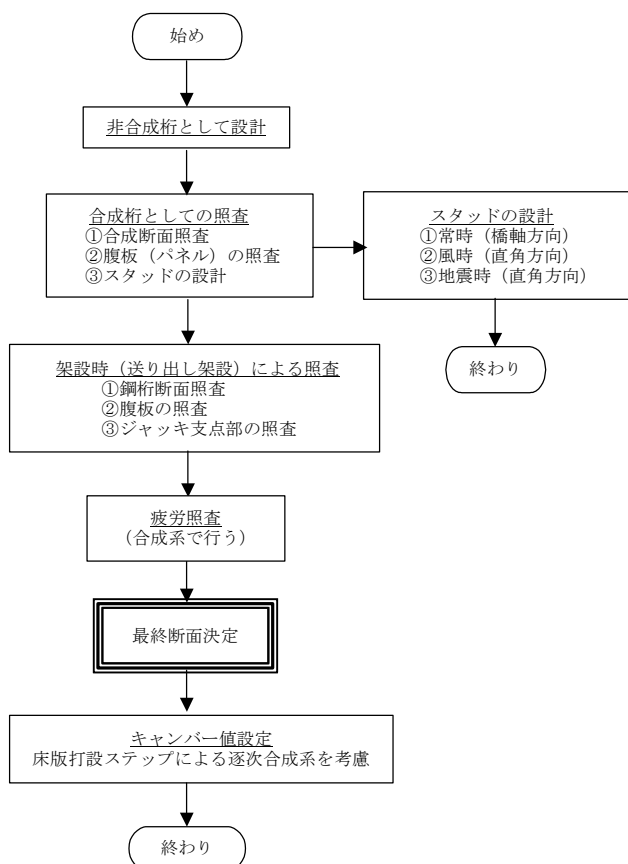


図-3 主桁断面決定フロー

(2) LP 鋼板の採用

フランジにおいて、普通鋼板を使用した場合と LP 鋼板を使用した場合で経済比較を行った結果、LP 鋼板を採用した。

LP 鋼板の最大板厚差は、製作可能な 30 mm とした。中間支点付近の LP 鋼板使用方法を図-5 に示す。

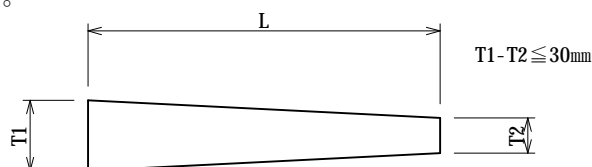


図-4 LP 鋼板形状

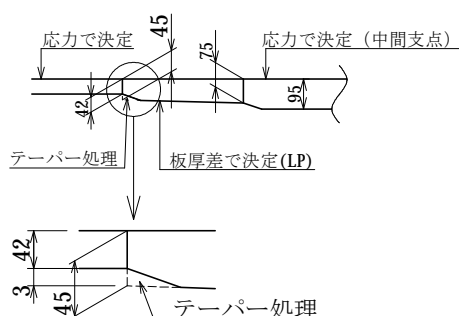


図-5 中間支点付近フランジ断面構成図

(3) 連続合成桁としての照査

連続合成桁として照査する時の解析モデルを表-1 に示す。

橋軸方向には、プレストレスしない連続合成桁として、照査を行った。主桁応力度の算出にあたっては、各荷重により生じる合成断面としての床版応力度の合計が、コンクリートの許容引張応力度を上回った場合、床版コンクリートを無視して、鋼桁と床版配力鉄筋とを合わせた鋼断面のみを有効断面とした。

(4) 架設時の照査

送り出しステップ計算による架設時断面力と施工時の許容応力度の割増し 1.25 を考慮して算出した各断面の抵抗モーメントを比較して、架設時断面力が上回った箇所は、断面アップを行った。

(5) 水平補剛材の省略

本橋は、LCC も考慮した経済比較により、水平補剛材を全て省略した。(アスペクト比は、1.5 以下を確保)

水平補剛材省略の検討手順を図-6 に示す。

非合成系	正曲げモーメント範囲は、合成系での中立軸位置が上フランジのすぐ下側にあることを考慮して省略 負曲げモーメント範囲は、1段設置
合成系	正・負曲げモーメント範囲ともに、非合成系で設置した範囲外において、必要と判定された箇所に1段設置
架設系	送り出し架設時の腹板照査により必要と判定された箇所に1段設置
経済比較 (3ケース)	ケース 1 3つの構造系で水平補剛材が必要となった全ての箇所に1段設置
	ケース 2 架設系で水平補剛材が必要となった箇所のみ、腹板を増厚して水平補剛材を省略
	ケース 3 水平補剛材を全て省略して腹板を増厚
ケース 3 を採用	

図-6 水平補剛材省略検討手順

表-1 解析モデル

	解析モデル	荷重	備考
合成前死荷重			床版合成前の死荷重に対して鋼桁の剛性のみ考慮する。
合成後死荷重・活荷重			床版合成後の死荷重および活荷重に対して、径間中央は合成断面(床版+鋼桁)、中間支点付近は鋼断面(鉄筋+鋼桁)とする。床版の有効幅は、道示(II 9.2.4)により算出する。床版コンクリートと鋼桁のヤング係数比はn=7とする。
クリープによる曲げモーメント		$M\phi = P\phi \cdot dc1$	クリープにより合成断面に作用する曲げモーメントを算出する。径間中央は合成断面(床版+鋼桁)、中間支点付近は鋼断面(鉄筋+鋼桁)とする。床版の有効幅は、道示(II 9.2.4)により算出する。床版コンクリートと鋼桁のヤング係数比はn1=14とする。
乾燥収縮による曲げモーメント		$Mv2 = P2 \cdot dc2$	乾燥収縮により合成断面に作用する曲げモーメントを算出する。径間中央は合成断面(床版+鋼桁)、中間支点付近は鋼断面(鉄筋+鋼桁)とする。床版の有効幅は、道示(II 9.2.4)により算出する。床版コンクリートと鋼桁のヤング係数比はn2=21とする。
温度差による曲げモーメント		$Mv = P1 \cdot dc1$	床版と鋼桁の温度差により合成断面に作用する曲げモーメントを算出する。径間中央は合成断面(床版+鋼桁)、中間支点付近は鋼断面(鉄筋+鋼桁)とする。床版の有効幅は、道示(II 9.2.4)により算出する。床版コンクリートと鋼桁のヤング係数比はn=7とする。

(6) 疲労照査

疲労照査は、T-60 荷重をレーン載荷して、一定振幅応力に対する応力範囲の打ち切り限界を用いた照査を行った。照査は、本橋で疲労強度が最も低い現場継手部ウェブ上下縁のスカーラップ部を行った。

応力振幅が一定振幅応力の打ち切り限界を上回った箇所のみ仕上げ処理を行い疲労強度を向上させることで、全箇所許容値内に収まった。

3. 中間横桁の設計

床版施工時に使用する移動型枠形状を考慮して、横桁上面に、1670 mmの作業区間を設けた。

横桁材質は、主桁間に設置されるインサイド型枠を横桁が支持するので、床版施工時の横桁たわみが、床版に影響を与えないように、横桁剛性を高めるため、SM400材を使用した。

断面は、床版施工時荷重(床版重量+移動型枠

重量+横桁自重)で決定した。

4. 付属物の設計

(1) 支承

支承は高減衰ゴムを使用した免震支承を採用した。

支承形状は、下記の①～④により決定した。

①全支承のせん断弾性係数を $1.2\text{N}/\text{mm}^2$ として検討を行ったが、③による分担率の見直しにより、端支点のみ $1.2\text{N}/\text{mm}^2$ とし、全中間支点は、 $1.0\text{N}/\text{mm}^2$ とした。

②経済性を考慮して、ゴム体積を小さくした。

③当初設計からの床版形状の変更で、死荷重が増加したことより、発注通りの分担率では、橋脚の照査が許容値を満足しなかった。橋脚が、震度法及び地震時保有水平耐力の照査を満足するように分担率の見直しを行った。

④静的解析により設計および照査を行った桁遊間量、支承のせん断ひずみ及び橋脚の安全性について、さらに非線形動的解析を行い、全て許容値内に収まることを確認した。

(2) スタッド

床版と鋼桁とのずれ止めは、スタッドとした。スタッドは、輸送および床版施工時の移動型枠の軌条設備を考慮して、カップラージョイントスタッドを採用した。配置要領は、①～③とした。

①垂直補剛材位置における床版下面の橋軸直角方向のクラックの発生を防止するために、垂直補剛材からは、 62.5mm 以上離す。

②打ち継ぎ目位置の床版型枠との取り合いを考慮して、床版打ち継ぎ目位置から、 30mm 以上離す。

③上フランジ近傍におけるクラックの発生を防止するためにフランジコバ面から、 50mm の位置に設置する。

(3) 維持管理用吊金具

将来使用する維持管理用吊金具は、アイナットを想定し、景観を考慮して腹板に孔あけのみを行った。

孔あけ箇所には、図-7のシリコンキャップを設置した。

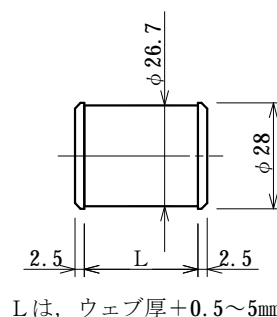


図-7 シリコンキャップ

あとがき

本稿では、PC床版を有する鋼I形断面2主桁橋の設計について、報告を行った。本工事の設計に際してご指導、ご協力をいただいた日本道路公団および関係各位に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 日本道路公団：設計要領第二集，2000.1.
- 2) 日本道路公団：平成13年度 第二東名高速道路 長支間場所打ちPC床版の設計施工に関する技術検討 長支間場所打ちPC床版の設計・施工マニュアル(案)，2002.4.
- 3) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説（I 共通編，II 鋼橋編），1996.12.
- 4) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説（V 耐震設計編），1996.12.