

第二名神高速道路 木曽川橋の設計・施工

Kiso River Bridge Design and Erection

高田 英一
Eiichi TAKATA

川田工業(株)工事本部富山工事事務課総括工事長

河谷 公明
Kimiaki KAWATANI

川田工業(株)工事本部富山工事事務課係長

笹川 大作
Daisaku SASAGAWA

川田工業(株)橋梁事業部東京技術部設計二課課長

池田 直樹
Naoki IKEDA

川田工業(株)橋梁事業部大阪技術部名古屋技術課

香川 公昭
Masaaki KAGAWA

川田工業(株)生産本部四国工場橋梁技術一課係長

第二名神高速道路木曽川橋は、隣接する揖斐川橋とともに世界最大級のPC・鋼複合エクストラード橋である。外ケーブルと高強度コンクリート(60 N/mm²)の採用により軽量化を図り、プレキャストセグメント工法とすることで製作、架設工程の短縮と品質の向上を確保し、また、支間中央部に鋼床版箱桁を採用することでトータルコストの低減を図るなど数多くの特徴がある。ここでは、木曽川橋の設計、施工についての概要を述べる。

キーワード：複合構造、エクストラード橋

1. まえがき

第二名神高速道路木曽川橋は愛知県と三重県の県境を流れる木曽川の河口部に位置する(図1参照)。本橋の地理的条件により、約10 km離れた近接地に8万 m²の桁製作ヤードが確保できたことから、幅33 m、長さ5 m、最大高さ7 m、最大重量400 tのプレキャストセグメントの製作、輸送が可能となり、世界最大級の複合エクストラード橋が実現した。

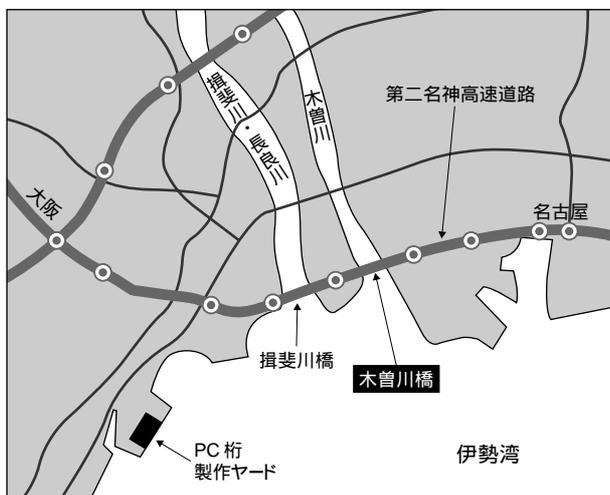


図1 位置図

2. 設計条件と構造概要

木曽川橋の設計条件と構造概要を下記に示す。

(1) 設計条件

橋 長：1 145 m

径 間 長：160.0 m + 3 × 275.0 m + 160.0 m

有効幅員：2 × 14.0 m = 28.0 m

(片側3車線、上下線一体構造)

形 式：PC・鋼複合5径間連続

エクストラード箱桁橋

(2) 構造概要

木曽川橋の構造概要を表1に、一般図を図2に示す。

表1 構造概要

主桁	中央径間275 mのうち中間支点から85 m区間および側径間160 mがプレキャストセグメントによるPC箱桁、中央径間の支間中央部105 mを鋼床版箱桁とする複合構造
主塔	高さ30 mのRC構造、斜ケーブル定着部は鋼殻による斜ケーブル定着装置を設置
支承	水平力分散支承(1橋脚2支承線の弾性支持形式)
斜ケーブル	ED163(7 × 163)、中央1面吊り
外ケーブル	19S15.2、27S15.2
内ケーブル	12S15.2
下部工	RC壁式橋脚
基礎工	鋼管矢板井筒基礎

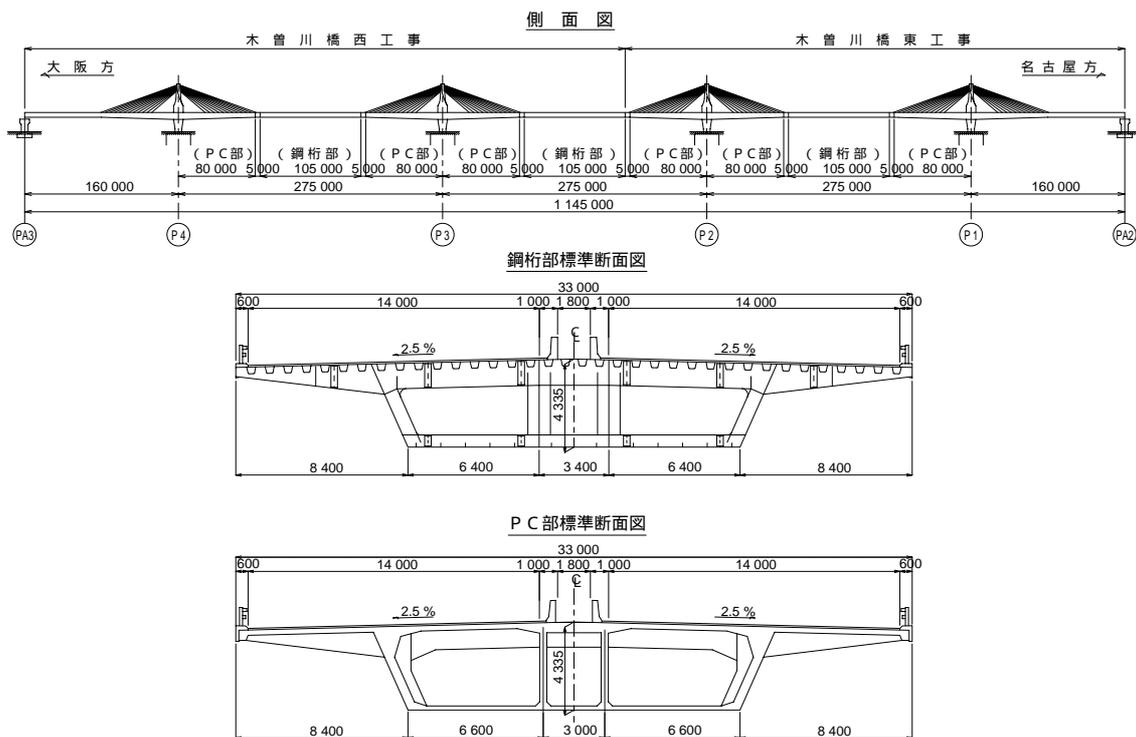


図2 一般図

3. 設計方針

設計は「道路橋示方書」(平成8年)に準拠することを基本としたが、コンクリート部材については各部材に対して適切な「状態の区分」を考慮できる限界状態設計法を採用した。ただし、鋼部材については、現状では限界状態設計法が確立されていないため、従来の許容応力度法により行った。

4. PC桁の設計

PC鋼材は内ケーブルと外ケーブルを併用しており、その比率は45:55となっている。また、斜ケーブルは応力変動が小さいことから、制限値を一般ケーブルと同等の $0.6P_v$ としている。詳細設計による各部分の部材厚は表2のとおりであり、張出し部下面と箱内面には剛性確保のため橋軸方向に2.5 m間隔でリブを設けている。PC鋼材の配置本数は表3に示すとおりであるが、外ケーブルの採用により従来のPC桁と比較して大幅な薄肉化、軽量化が図られている。なお、上床版は橋軸直角方向に1S21.8を50 cm間隔で配置したPC床版であり、橋軸方向には過載荷重対策と架設時の引寄せ鋼材としてPC鋼棒B種 32を配置している。張出しリブ付根の箱桁内側には曲げ引張に対応するためサークルハンチを設け、また、横方向剛性を確保するため約15 m間隔で厚さ40 cmの隔壁を設けた。斜ケーブルおよび外ケーブル定着部はFEM解析により照査し、プレキャストセグメントの仮置き時、吊上げ時などに対してもFEMによる照査を行っている。

表2 PC桁主要部位の部材厚

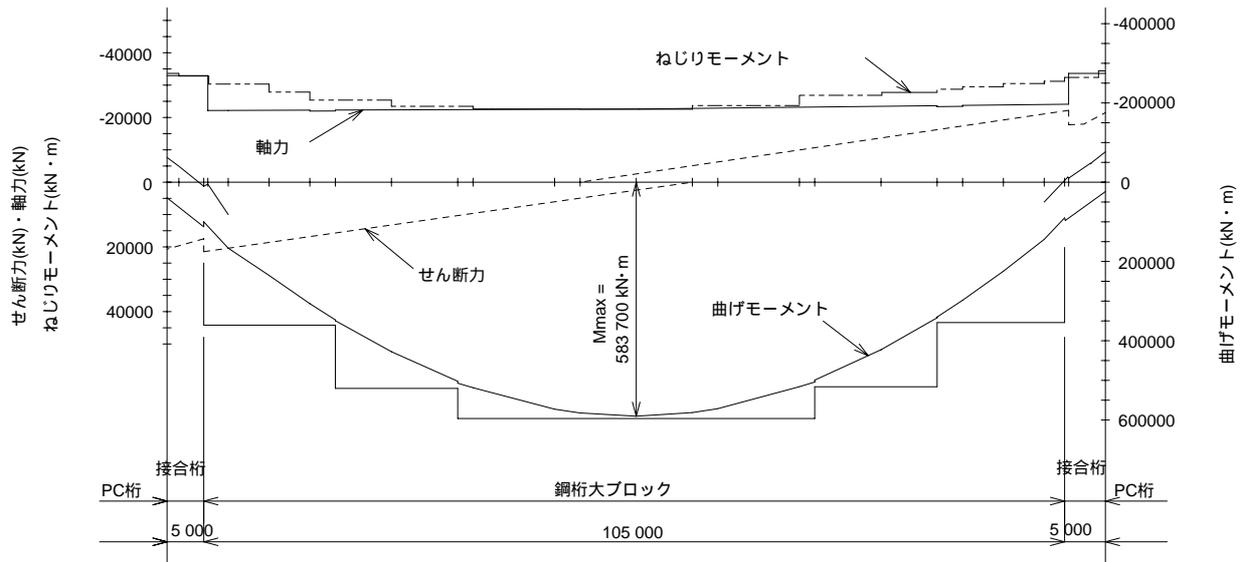
上床版	26 cm
外ウェブ	35 - 65 cm
内ウェブ	30 - 50 cm
下床版	20 - 45 cm

表3 PC鋼材の配置本数

		使用鋼材	中央径間 鋼桁部	柱頭部	側径間
上床版	外ケーブル	19S15.2		64本	
	内ケーブル	12S15.2		86本	
	PC鋼棒	B種2号 32		12本	12本
下床版	外ケーブル	27S15.2			34本
	内ケーブル	19S15.2	12本		
		12S15.2			78本

5. 鋼桁の設計

主桁の断面構成図を図3に示す。床構造には、経済性を発揮するため板厚18 mmの鋼床版と大型Uリブ(440×330×8)を採用し、横リブ間隔はPC桁の張出しリブに合わせ2.5 mとした。主桁の断面形状はPC桁との整合を図り、外ウェブの位置を車道のレーンマーク位置と合わせるにより舗装割れに配慮した。また、ダイヤフラムは多室箱桁であることを考慮し、FEM解析により算出されるフランジのそり応力度の大きさから、その影響が小さいことを確認してダイヤフラムの剛性を確保した。張出しブラケットの付根部分は疲労対策上最も弱点になる箇所であるため、板組構造を比較検討した結果、ダイヤフラムを横リブのフランジで挟み込む構造(図4参照)を採用することにより疲労性能の改善を図った。



断面番号										備考	
断面力	曲げモーメント(kN·m)	101 600	330 800	491 500	583 700	488 500	324 100	89 700			
	せん断力(kN)	20 200	14 000	9 400	2 500	9 700	14 200	20 500			
	軸力(kN)	-23 200	-23 000	-23 300	-23 300	-23 200	-22 900	-23 100			
	ねじりモーメント(kN·m)	31 100	28 100	25 400	23 100	25 400	28 100	31 100			
主桁断面	鋼床版	板厚(mm)	18		18	18	18	18		耐久性の向上、構造の合理化の観点から道示規定を満足する鋼床版厚、トラフリップサイズを決定。(道示 6.2.5)	
		材質	SM400A		SM490YB	SM490YB	SM490YB	SM400A			
	Uリブ	形状(mm)	440×330×8		440×330×8	440×330×8	440×330×8	440×330×8			
		本数	36		36	36	36	36			
	ウェブ	板厚(mm)	22		22	22	22	22			水平補剛材1段の場合の最小板厚から決定。(道示 8.4)
		材質	SM490YB		SM490YB	SM490YB	SM490YB	SM490YB			
	下縦リブ	形状(mm)	200×23		200×23	240×23	200×23	200×23			FC吊上時の負の曲げモーメントに対する圧縮補剛板としての必要剛度から決定。(道示 3.2.4)
		本数	13		13	13	13	13			
	下フランジ	板厚(mm)	16		26	32	26	16			引張応力度から決定。
			材質		SM490YA	SM490YB	SM490YB	SM490YB	SM490YA		
応力	鋼床版 (圧縮応力度)	(N/mm ²)	-50	-130	-174	-198	-173	-127	-46	()内数値は鋼床版の局部座屈に対する許容応力度を示す。	
		α (N/mm ²)	140	140	210(203)	210(203)	210(203)	140	140		
	/a	0.36	0.93	0.83	0.94	0.82	0.91	0.33			
	下フランジ (引張応力度)	(N/mm ²)	46	185	204	207	202	181	39		
力度	下フランジ (引張応力度)	α (N/mm ²)	210	210	210	210	210	210	210		
		/a	0.22	0.88	0.97	0.98	0.96	0.86	0.19		
	合成応力	計算値	0.71	1.13	0.98	0.97	0.98	1.11	0.70	照査式 $(\sigma / \sigma_a)^2 + (\tau / \tau_a)^2 \leq 1.2$	
許容値	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20			

図3 鋼桁部断面構成図

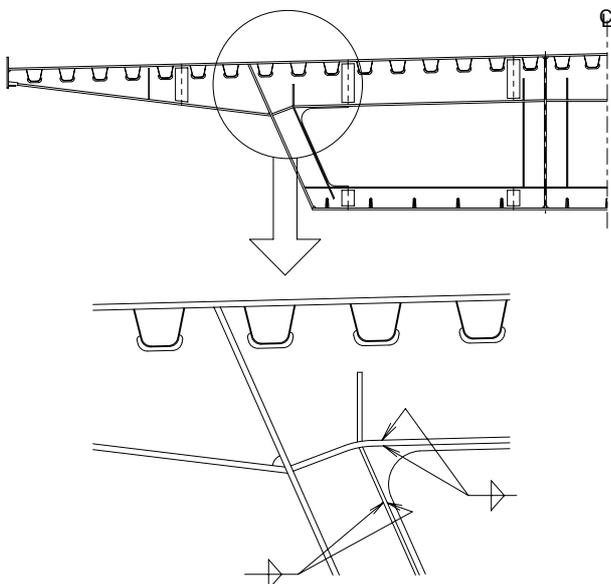


図4 張出しブラケット付根部の構造

6. PC・鋼接合部の設計

PC・鋼の接合位置は断面力の小さい箇所を選定することとし、PC桁の支間部先端セグメントに設けることとした。その構造は、大断面であるため、セグメント製作ヤードで部材の立起しを行わずコンクリートの打設ができることを条件として構造的、施工性を比較検討した結果、前面プレート後面プレート併用方式とした。接合部は密閉構造であり、その中に60 N/mm²の高流動コンクリートを充填し、橋軸方向にPC鋼棒によりプレストレスを導入することによりPC部材と鋼部材の一体化を図った。また、せん断力に対しては前面プレート前面にスタッドジベルを配置することにより対処した。図5に接合部の構造図を示す。

7. 主塔斜ケーブル定着構造

斜ケーブルは横方向に2列、高さ方向に片側12段配置とした。主塔側の定着点間距離は高さ方向、横方向とも50 cmである。斜ケーブルにより主塔に導入される鉛直力の合計は130 000 kNとなっている。狭いスペースの中で斜ケーブルを定着する必要があることから、主塔内にケーブル定着桁を取付けた鋼殻を設置し、主塔に円滑に反力を伝達できる構造とした（図6参照）。鋼殻下端から主塔コンクリートへの応力分散性はFEM解析により照査し、実物大模型により鋼殻の製作性も確認した。

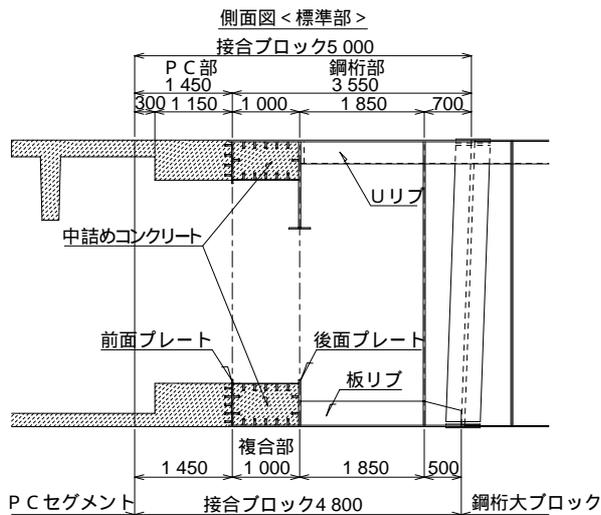


図5 PC・鋼接合部の構造

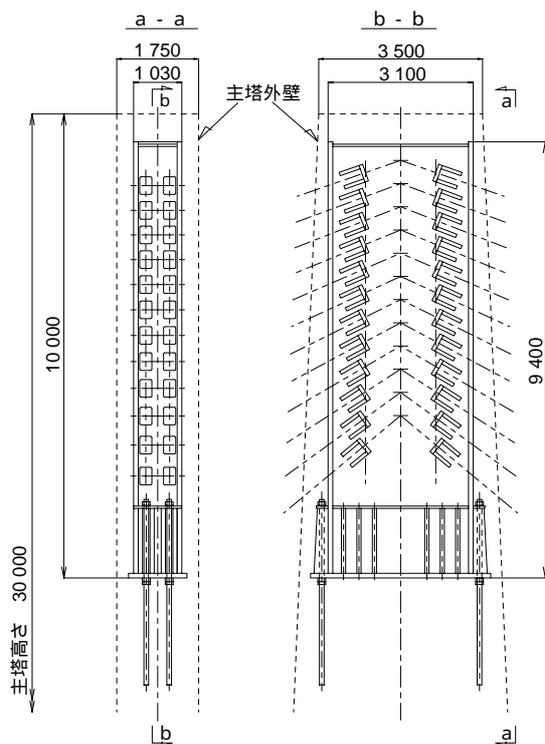


図6 主塔斜ケーブル定着体

8. PC桁の製作と架設

PC桁はショートラインマッチキャスト方式によりセグメント製作ヤードで製作した。橋軸方向の長さは5 m、重量は最大400 tである。P1、P2部分のセグメント（合計85個）を約1年6ヶ月で製作した。なお、標準部の製作サイクルは約5日である。図7に本橋の全体工程表を示す。

架設は柱頭部を先行架設した後、エレクションノーズを設置し、左右のバランスを取りながら張出し架設を行った。側径間はエレクショントラスを用い、隣接する高架橋（PC桁）の1径間をカウンターとして利用し、その端支点からの逆張出し架設とした（図8参照）。

9. 鋼桁の架設

鋼桁は中央径間部のPC桁を架設完了後、大ブロックにて架設を行った（写真1、2参照）。本橋の場合、河床が浅くフローティングクレーンの進入が不可能なことから、台船に搭載された鋼桁を、PC桁上に設置された吊上げ設備を用いてマルチストランドジャッキにより吊上げる工法とした（図9参照）。本橋では鋼桁の大ブロック架設が3連あり、すべての径間が架設されるまで橋脚の安定性を維持する必要があった。しかしながら、セッティングビームを用いると同時に3連分の機材が必要とな



写真1 鋼桁の浜出し状況



写真2 鋼桁大ブロック架設状況

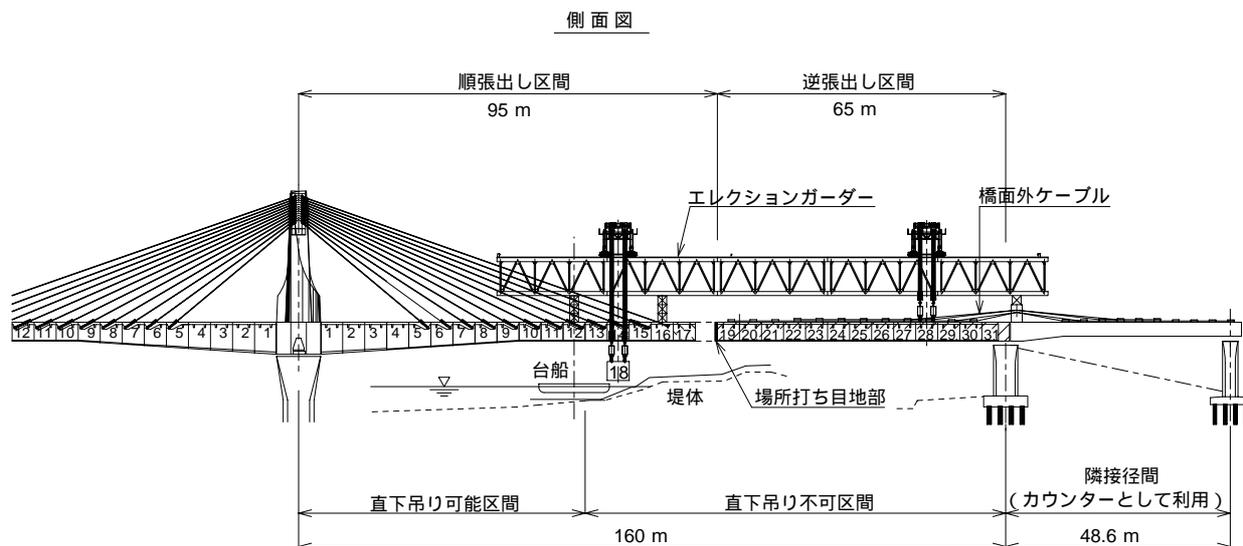


図8 PC桁側径間部の架設一般図

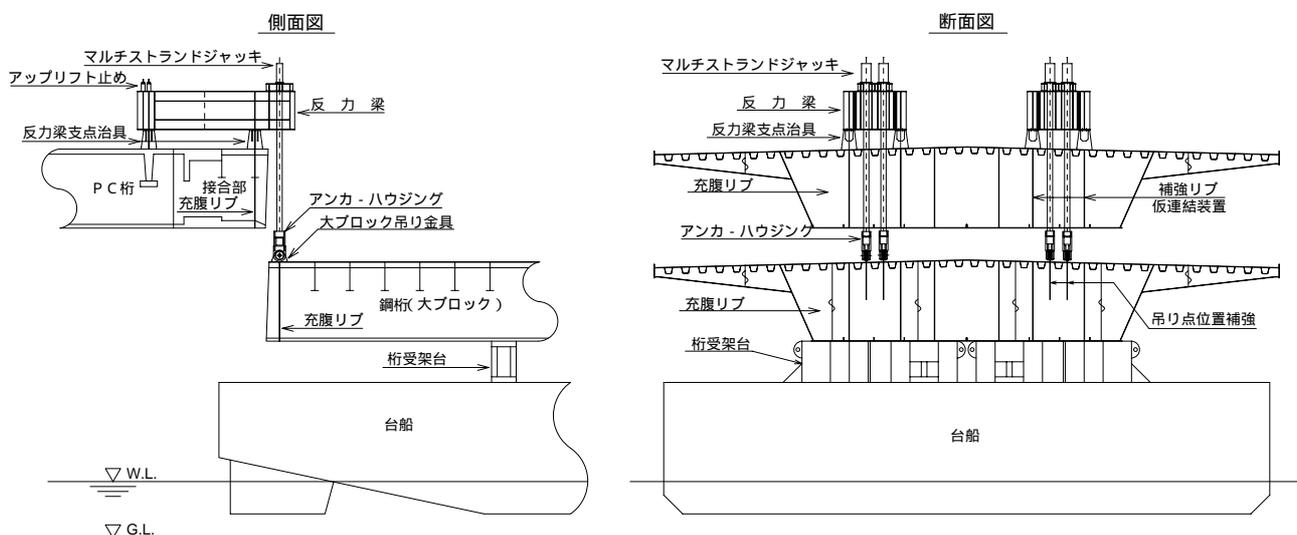


図9 鋼桁の架設一般図

り、経済性に難点があることから、ピン連結状態を維持するため、アイバーにより仮連結を行うこととした。また、PC桁のセットバックが不可能なため、架設時の遊間量は各種の誤差を考慮して標準温度に対して100 mmに設定した。架設後の遊間量計測結果は気温8 に対して最小94 mm～最大134 mmであり、予測値に対する誤差は比較的小さかった。なお、架設後には遊間量の温度補正等を行い、添接板の製作に反映させた。

10. あとがき

近年はコンクリートと鋼の特徴を生かした複合構造が注目されており、今後も各種の複合橋が出現するものとみられる。これを機に、コンクリート・鋼の相互理解が深まり、さらに経済性、耐久性に優れた複合構造の発展へと期待したい。

最後に、設計・施工全般にわたってご指導いただきました日本道路公団中部支社四日市工事事務所、木曽川橋

東工事共同企業体の皆様をはじめとし、木曽川橋西工事、揖斐川橋東工事、揖斐川橋西工事の各共同企業体の皆様に厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 池田ほか：第二名神高速道路木曽川橋・揖斐川橋上部工の設計，橋梁と基礎，1999.11.
- 2) 小松ほか：揖斐川橋・木曽川橋の上部工の施工，橋梁と基礎，2000.1.
- 3) 三浦ほか：大型Uリブを用いた鋼床版の適用，土木学会第53回年次学術講演会概要集 -A，pp.12-13，1998.10.
- 4) 前田ほか：PC・鋼複合エクストラード橋における接合桁の設計，土木学会第54回年次学術講演会概要集 -A，pp.588-589，1999.9.
- 5) 水口ほか：木曽川橋主塔定着体の設計，土木学会第54回年次学術講演会概要集 -A，pp.270-271，1999.9.