

鎌ん谷橋の設計・施工

葛木 幸男 *1・山崎 和彦 *2・大杉 敏之 *3 正司・明夫 *4

1. はじめに

鎌ん谷橋は、周囲にもみじ川温泉、森林美術館、森林文化公園がある徳島県相生町に位置する川口ダム内に建設された上路式 PC トラス橋である。本橋は、鎌ん谷川が一級河川那賀川に合流する地点にあり、対岸を走る国道 195 号線とほぼ平行に走っている町道南岸線の一部である (図 - 1)。



図 - 1 架設位置図

PC トラス橋は、表 - 1 に示すように国内では鉄道橋で 4 橋の実績があるが、本橋は、国内初の道路橋の実績となる。

本橋に PC トラス橋を採用した理由は、維持管理費を含めたトータルコストと周辺の景観との調和を考慮してのことである。また、外ケーブル技術、とくに防錆、疲労耐久性等の技術が進んだことと、構造解析技術が進歩し、事前に容易に施工時および完成後の応力状態を把握できたことである。

本橋は、架設地点付近にあるダム上の橋梁を使用して資

表 - 1 PC トラス橋実績

橋名	場所	支間長 (m)	竣工年	橋種
太田名部架橋道	岩手県	24 000	1972	鉄道橋
岩鼻架橋道	広島県	45 000	1972	鉄道橋
安家川橋梁	岩手県	45 000	1974	鉄道橋
横木沢橋梁	岩手県	36 000	1976	鉄道橋

材を運搬するため、運搬物の重量を制限する必要があったことから、52.8 m の桁を橋軸直角方向に 2 分割、橋軸方向に 17 分割した。架設地点手前において工場で製作された 17 個のセグメントを、プレストレスおよびせん断キーを使用して連結し、連結した 2 本の主桁を架設桁を用いて架設した後、間詰および横桁のコンクリートを打設し、箱桁を構築する施工方法を用いた。

2. 橋梁概要

本橋の工事概要を表 - 2 に、完成後の橋梁全景を写真 - 1 に示す。また、図 - 2 に一般図を示す。

表 - 2 工事概要

発注者	徳島県那賀郡相生町
工事名	平成 15 年～平成 16 年度 緊急臨時地方道路整備事業 鎌ヶ谷橋
工事場所	徳島県那賀郡相生町
構造形式	単純 PC トラス桁橋
橋長	53 000 m
桁長	52 800 m
支間	51 700 m
有効幅員	5 000m
架設方法	架設桁架設
工期	自 平成 15 年 11 月 19 日 至 平成 16 年 12 月 20 日



写真 - 1 橋梁全景

*1 Yukio KATSURAGI：徳島県那賀郡那賀町 (旧：相生町建設課)

*2 Kazuhiko YAMAZAKI：(株)エイトコンサルタント

*3 Toshiyuki OOSUGI：オリエンタル建設 (株) 大阪支店 工事部

*4 Akio SHOJI：オリエンタル建設 (株) 本社 第 2 技術部

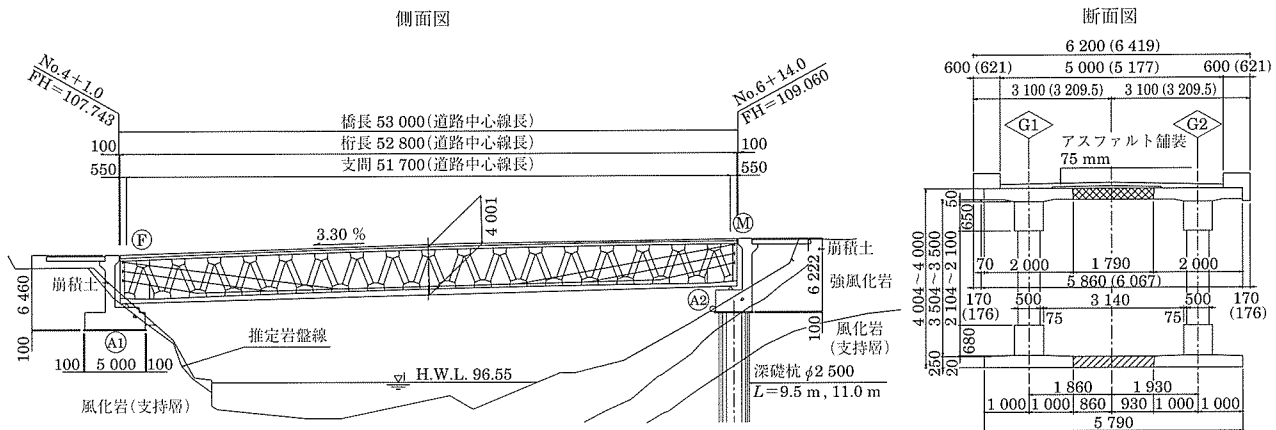


図 - 2 橋梁一般図

3. 設計概要

3.1 全体構造解析

設計計算は図 - 3 に示すように、曲げ、せん断に対しては施工ステップを考慮した2次元骨組解析で、また、ねじりモーメントに対する検討は3次元骨組解析で行った。骨組解析モデルでは、斜材と弦材の結合条件は剛結合とし、外ケーブルはトラス要素として評価した。なお、斜材と弦材の接合部はマッシュパな格点があることから、剛性が高くなり、2次モーメントが大きくなるため、3次元FEM解析で算出された応力度と同程度になる剛性を斜材および床版部材の両端に考慮した。

3.2 床版の設計

本橋がトラス構造であることから、床版を斜材で点支持することとなり、床版の設計は道路橋示方書を用いた通常的设计方法では評価しがたいため、3次元FEM解析モデルにより行った。また、道路橋示方書による断面力算定式によって算出される断面力に対しても許容応力度以下となるように横方向のプレストレス量および配置鉄筋量を決定した。

3.3 終局耐荷力の検討

終局耐荷力の検討は、構造が複雑であることから、通常的设计方法では評価しがたいと考え、材料非線形と幾何学的非線形を考慮した2次元複合非線形FEM解析で行った。

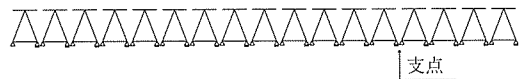
セグメント接合部には引張応力が発生すると開口することを考慮できる要素を配置し、施工ステップを考慮して解析を行った。解析モデルを図 - 4 に示すが、下床版側の格点部には下床版の軸力により上側が引張力となる偏心曲げモーメントが発生し、荷重が増加するにつれて下側格点接合面の上縁側が開いていくことが確認されたため、図 - 5 に示すように格点部を接合するPC鋼棒によって補強を行った。

これらを考慮して解析を行った結果、設計で考慮する死荷重と活荷重の和の2.25倍で支点付近の斜材コンクリートの圧壊により終局状態に至り、安全性の確認が行えた。

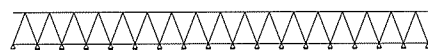
3.4 格点部の設計

格点部の設計は、骨組解析で算出された格点周りに発生

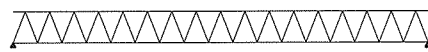
1 段階：セグメント製作(斜材プレストレス導入)



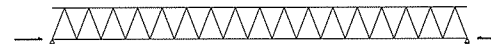
2 段階：セグメント接合



3 段階：支点条件変更



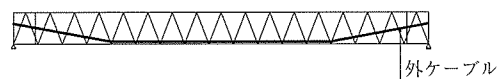
4 段階：下床版プレストレス導入



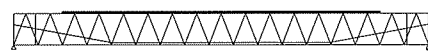
5 段階：偏向部・間詰施工(下床版・上床版一部)・横桁



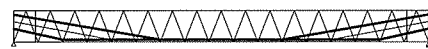
6 段階：外ケーブル 2 本緊張



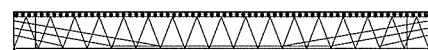
7 段階：間詰施工(上床版残り)



8 段階：外ケーブル 4 本緊張



9 段階：橋面荷重



10 段階：活荷重載荷



図 - 3 施工ステップ

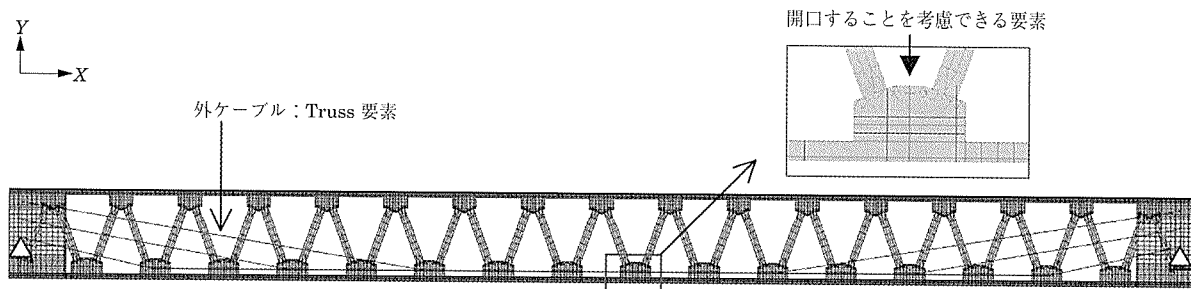


図 - 4 解析モデル

する断面力と、床版に発生する軸力によって生じる曲げモーメントを考慮し、主として設計荷重作用時には主引張応力度を、終局荷重作用時にはせん断耐荷力を照査した。また、設計手法の妥当性を検証するため、上記計算結果と、3次元 FEM 解析で算出した応力度の比較を行った。

設計検討の結果、斜材に配置された軸方向筋と PC 鋼材、床版の配置鉄筋および格点の配置鉄筋が交錯し鉄筋が過密配置になることから、終局耐力で決定される鉄筋の一部に細径異形 PC 鋼棒 (JIS G 3137) を使用し、鉄筋の過密配置を解消した。

3.5 局部応力に対する検討

本橋は、外ケーブルを使用することから、偏向部あるいは横桁部に偏向力や定着端圧力により局部応力が発生する。したがって、3次元 FEM 解析をおこなって、局部応力の検討を行った。その結果、補強鉄筋だけでは鉄筋応力度が過大になることが懸念されたため、偏向部では図 - 6 に示すように主に上向きの偏向力で発生する橋軸直角方向の曲げモーメントに対して橋軸直角方向に PC 鋼棒を、横桁部では主に橋軸方向の定着端圧力によって発生する曲げモーメントに対して図 - 7 に示すように鉛直方向の中空 PC 鋼棒を配置することとした。

3.6 せん断キーの検討

せん断キーは、下側格点部についてはコンクリートのせん断キーとしたが、上・下床版は薄い断面であることから、施工性を考慮し、通常のセグメント桁で用いられる鋼製キーを使用し、せん断力に対して両者の和で抵抗させるものとした。図 - 8 にセグメントの一般図を示す。

4. 製作概要

4.1 セグメント製作

セグメントは、配置した鋼製型枠に遠心成形によって製作されたコンクリート斜材を配置し、上・下床版の鉄筋、格点部の鉄筋を組み立て、コンクリートを打設し、製作した。

斜材は直径 500 mm、厚さ 110 mm の中空断面で、セグメント製作後にプレストレスを導入するための PC 鋼材を配置するシースを配置した構造である。型枠は、底版を 5 セグメント分用意し、1 セグメント分用意した側枠、端枠を順次移動し 1 セグメントを製作した後、1 セグメントを端枠の代わりに用いて順次、次セグメントを製作するセミロ

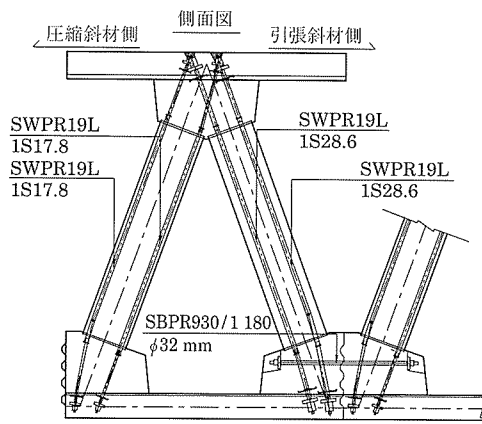


図 - 5 下側格点 PC 鋼材配置

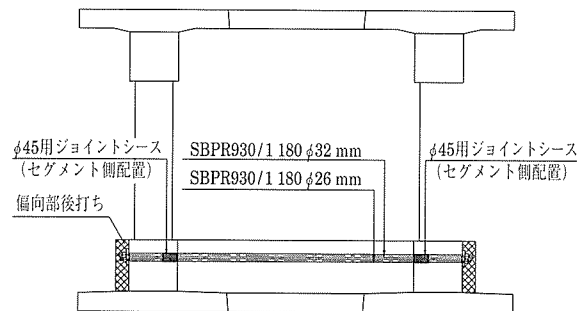


図 - 6 偏向部 PC 鋼材配置

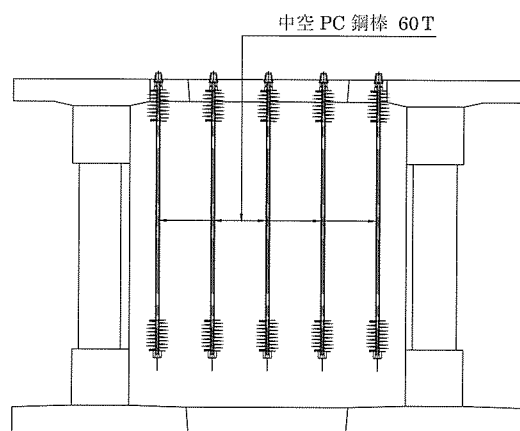


図 - 7 横桁部 PC 鋼材配置

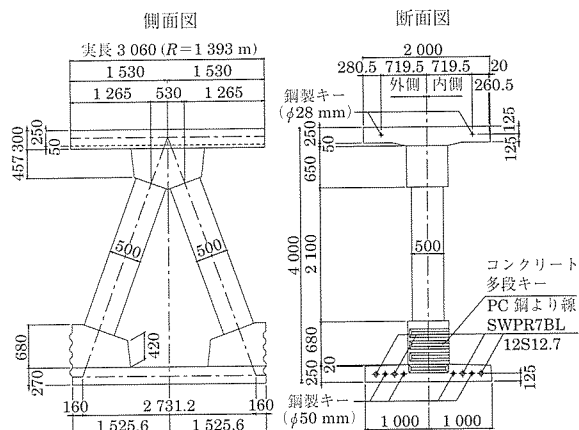


図-8 セグメント一般図

ングラインマッチキャスト方式を採用した。また、床版差し筋の配置があることから断面中央側の側面が上面側になるようにした。

使用したコンクリートは、格点部付近が過密配筋となることからフロー値 50 cm の高流動とした。セグメントの主要材料を表-3 に示す。

表-3 セグメント主要材料

	部 材	仕様・種別
コンクリート	斜 材	60 N/mm ²
	格 点	50 N/mm ²
	床 版	50 N/mm ²
PC 鋼 材	斜 材	1 S 28.6
		1 S 21.8
		1 S 17.8
		1 S 15.2
鉄 筋	SD 295	
	SD 345	
	細径異形 PC 鋼棒	

4.2 分離と移動

セグメントの分離は、写真-2 に示すように、セグメントに固定したブラケットを利用し、4 台の油圧ジャッキを使用して行った。

セグメントを分離した後、斜材にプレストレスを導入し、写真-3 に示すように吊ビームを用いてセグメントの吊上げを行い、門型クレーンにより仮置きヤードへ移動した。

5. 施 工

5.1 主桁の連結

セグメントは、製作状態と同じ横向きの状態でトラックを使用して運搬した後、縦向きに起こすために、床版端部が損傷しないように砂の上に横向きに仮置きした後、油圧クレーンで回転させた。

主桁の連結は、架設地点手前に主桁移動用に設けたレールに乗せた台車で行った。セグメント同士の連結は、図-5 に示した終局耐力の検討が必要となった格点部に配置される PC 鋼棒を使用した。

また、連結後、運搬上の制約およびセグメントの製作時と同じ型枠を使用したことから必要となった緊張端部の切欠き部分（写真-6）にコンクリート打設を行い、所定の強度を確認した後、主桁下床版のプレストレスを導入した。また、主桁上縁側についても仮設の PC 鋼棒でプレストレスを導入した。連結状況を写真-4 に示す。



写真-2 セグメント分離状況



写真-3 セグメント移動状況

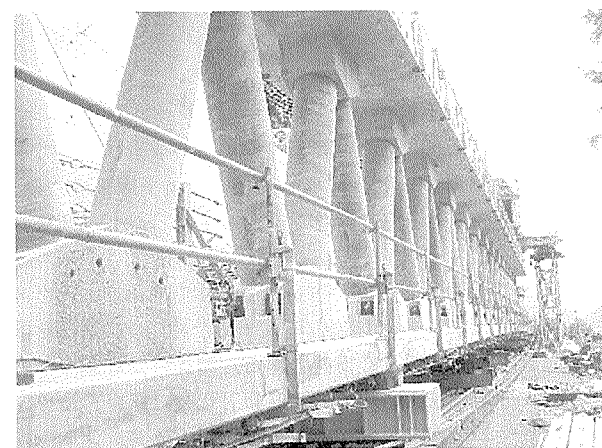


写真-4 セグメント連結状況



写真 - 5 主桁架設状況

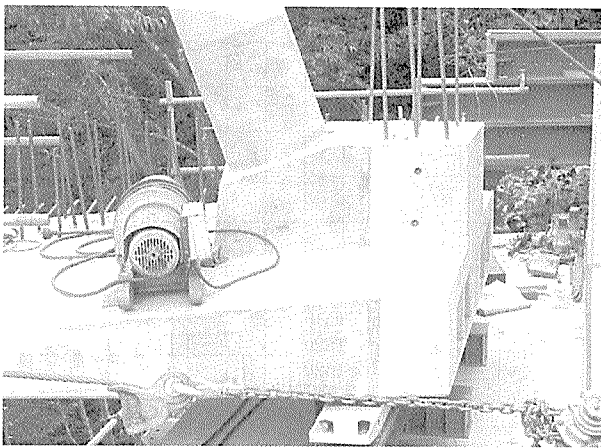


写真 - 6 緊張端部コンクリート打設状況

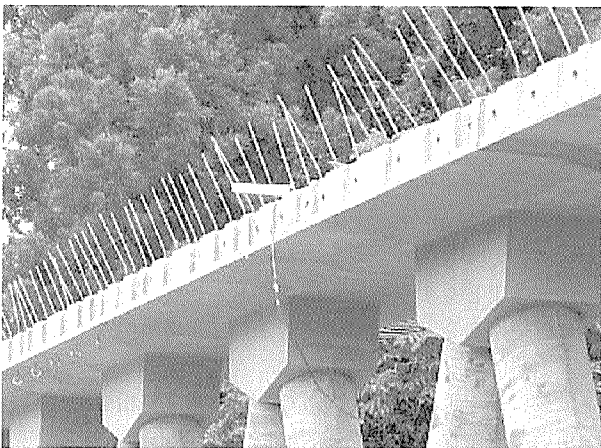


写真 - 7 アンテナ設置状況

5.2 桁の架設

1本の重量が約220tfである合計2本の主桁の架設は、通常の桁架設で用いる手延べ桁を補強して行った。また、主桁の架設位置までの橋軸直角方向の移動は、架設桁から主桁を吊下げた状態のまま、架設桁支点部に配置した鋼製ローラを用いて架設桁ごとに行った。架設状況を写真-5に示す。

5.3 箱桁構造の施工

主桁2本の架設を行った後、下床版の間詰部と上床版の間詰部の一部および横桁を打設し、橋軸方向に配置した2本の外ケーブルを緊張した。引き続き、残りの上床版を打設後、残り4本の外ケーブルを緊張し、箱桁構造を形成した。上床版を分割して打設したのは、応力上の問題からである。また、間詰部に用いたコンクリートには膨張材を添加した。外ケーブルは、亜鉛メッキ鋼材にポリエチレン被膜を行った2重防錆の鋼材を使用した。

6. 現場計測

本橋は、施工例の少ない構造であるため、図-9に示す位置にひずみゲージを配置し、設計値と実構造物で発生する応力の差を比較した。使用したひずみゲージは、上・下床版内には埋込み型のひずみゲージであるKM-100B(東京測器(株)製)を、斜材には表面に添付するPL-60-11(東京測器(株)製)を使用した。

本橋の施工は、主桁の連結および架設までに構造系が逐次変化するため、あらかじめ図-10に示すような計算ステップの解析を行い、実測値との比較を行った。図-11に床版のひずみ、図-12に斜材のひずみの設計値と計測値の比

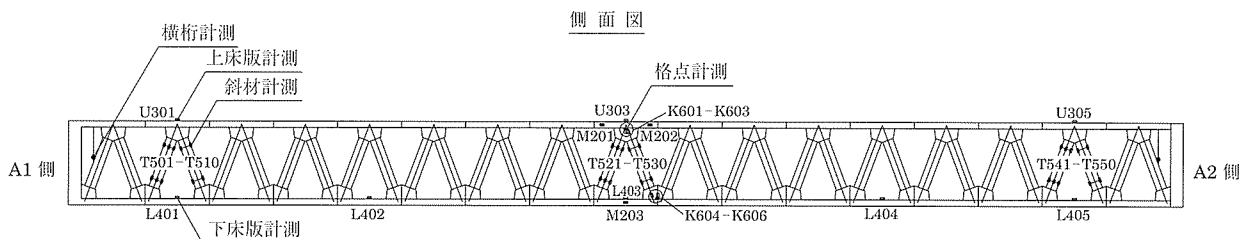


図 - 9 ひずみゲージ位置

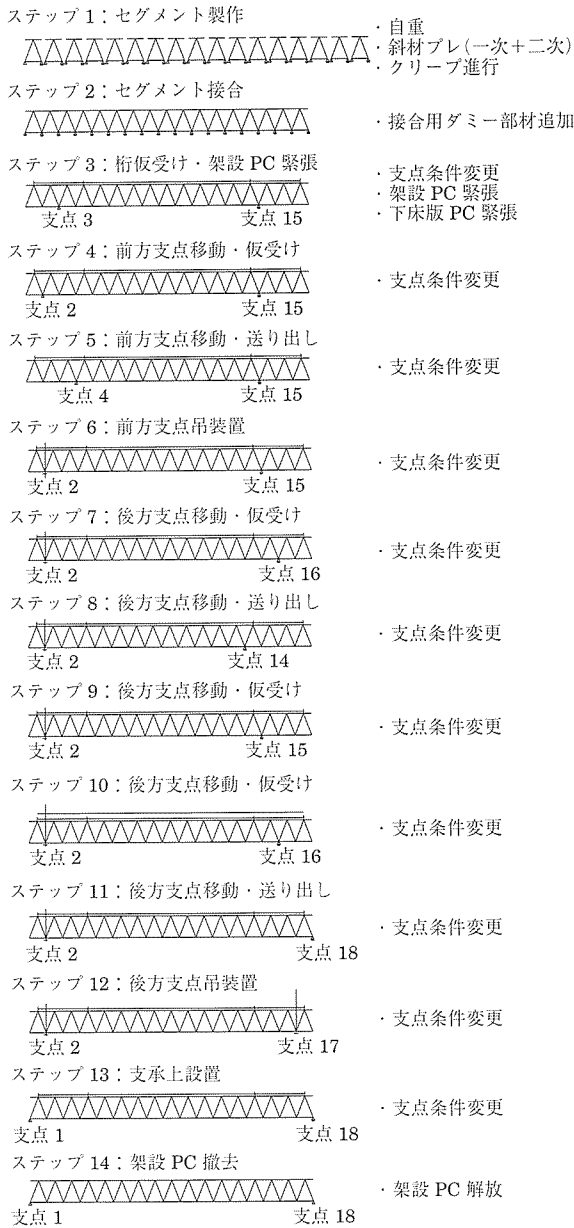


図 - 10 計算ステップ図

較の一例を示すが、両者の差はほとんどなく、設計計算どおりのひずみが実構造物においても発生していることが確認された。

なお、桁架設中のひずみ値の計測は、無線 LAN システムを採用し、桁と受信システム側に備え付けた指向性アンテナを介してデータの収集を行い、計測したデータの分析を行った。写真 - 7 に桁に備え付けたアンテナを示す。

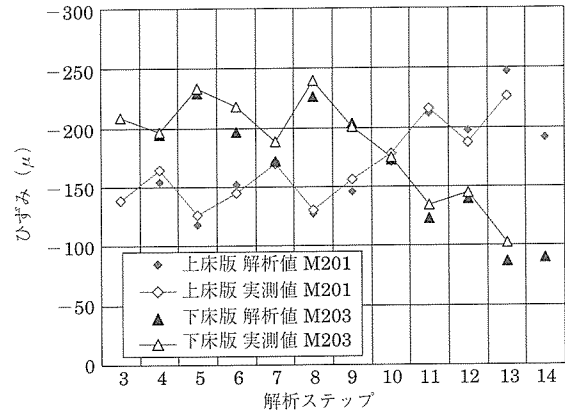


図 - 11 設計値と実測値の比較 (床版)

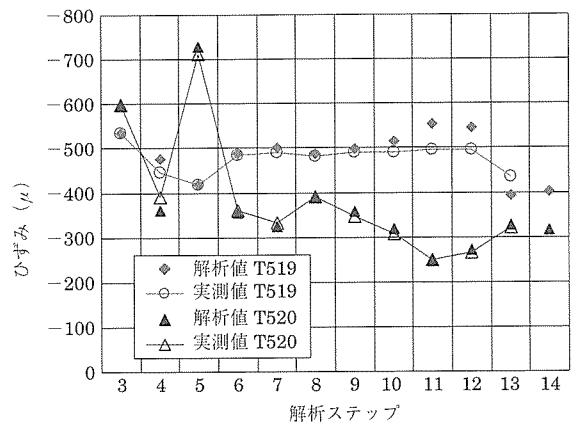


図 - 12 設計値と実測値の比較 (斜材)

7. おわりに

PCトラス橋は、昨今の構造解析技術の進歩から設計検討が容易にできるようになり、かつ、外ケーブル技術の進歩により適用しやすくなった構造である。したがってその景観の軽やかさを考慮し、今後、さらに適用事例が増加することを期待するものである。

最後に、本工事を行うにあたり、多大なご指導、ご協力を頂いた関係者の方々に深く感謝の意を表します。

【2005年3月1日受付】