

(13) P R C 連続2主版桁橋の実橋載荷試験

日本道路公団	早川和利
〃	高橋広幸
住友建設(株) 正会員	山内博司
〃 正会員	○井谷計男

1. はじめに

平成3年3月末に完成した観音寺高架橋(延長751.0m)は、近畿自動車道敦賀線福知山ICから北西約3kmに位置する連続高架橋である。本橋においては、P R C (Prestressed Reinforced Concrete) 構造の2主版桁を採用している。本橋の特殊性を考慮して、1/3.5模型による載荷実験及び立体FEM解析を行い、限界状態設計法による設計方針(案)を作成した。これら一連の研究成果のまとめとして、実橋載荷試験を実施したので、ここにその結果を報告する。

この載荷試験は、設計方針(案)の妥当性を確認することを主な目的としており、確認項目として次のものがあげられる。

- ①設計荷重に対する部材応力およびひび割れ幅
- ②コンクリートのクリープ・乾燥収縮の影響
- ③フランジの有効幅
- ④中間支点上の曲げモーメントの低減率

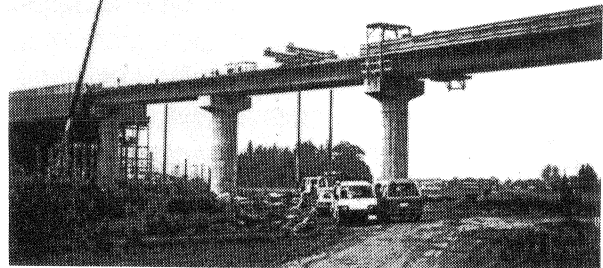


写真-1 載荷試験状況

表-1 測定項目および使用計測器

測定項目	使用計測器	数量	適用
コンクリート応力度	有効応力計	16	
鉄筋応力度	鉄筋計	122	ひずみ測定兼用
桁のたわみ	変位計	16	インバー線併用
ひびわれ幅	コンタクトゲージ	40	
コンクリートのひずみ	無応力計	12	乾燥収縮測定
コンクリートの温度	温度計	146	一部鉄筋計兼用

2. 試験概要

試験は、コンクリートのクリープ・乾燥収縮に着目した長期試験と荷重載荷による短期試験(写真-1)に分けられる。

2-1 計測機器

表-1に測定項目と使用計測器を示す。

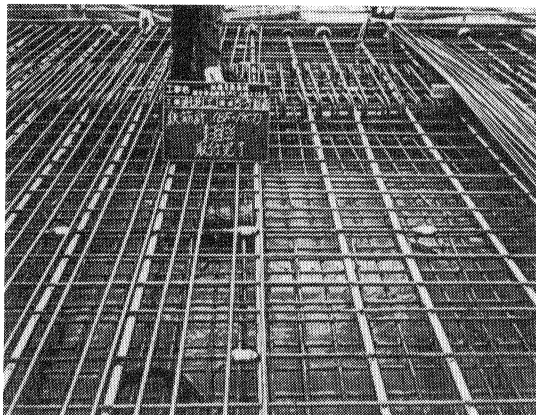


写真-2 上床版計測器配置

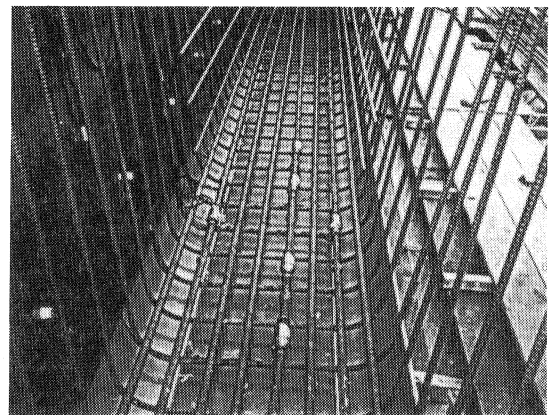


写真-3 ウェブ計測器配置

計測器の設置位置は、側径間の4/10 L点および中間支点である。計測は、コンクリート打設直後から、3年間に渡って行われるため、全て自動計測としている。

2-2 載荷試験装置

載荷試験装置を写真-4に示す。載荷方式としては、反力をアースアンカーで取り、載荷フレームと桁の間にジャッキを設置して加力するものである。また、ジャッキと載荷装置の間にはそれぞれロードセルを配置した。

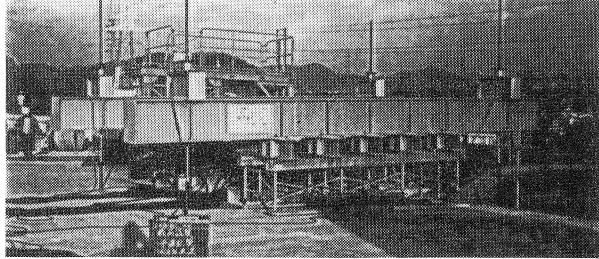


写真-4 載荷試験装置

2-3 載荷ケース

載荷ケースは、図-1に示すように①4/10L点着目載荷と②中間支点着目載荷とした。載荷荷重は、片ウェブに着目した偏載荷としている。また、本橋の載荷試験においては、PRC桁(3径間)とPC桁(2径間)の挙動の比較を行うため、主桁については合計4回の載荷試験を行っている。

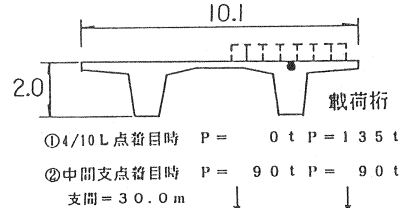


図-1 載荷状況 (PRC桁)

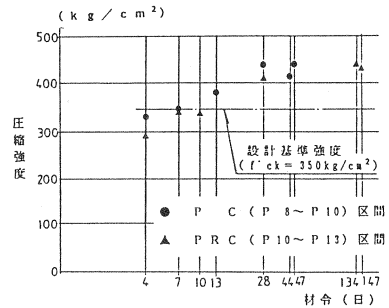


図-2 圧縮強度と材令

3. 試験結果

3-1 材料試験

本橋に使用した材料は、 $\sigma_{ck} = 350 \text{ kg/cm}^2$ (コンクリート)、SD35 (鉄筋)、SWPR7A12φ12.4 (PC鋼材)である。コンクリートの材料試験結果によると、載荷試験時の圧縮強度は、 450 kg/cm^2 になっている(図-2参照)。他の強度もほぼ同様の伸びを示しており、実際の桁は設計値よりも大きなコンクリート強度となっている。

3-2 乾燥収縮およびクリープひずみ

乾燥収縮度の測定は、桁内に埋込まれた無応力計で行った。図-3に示すようにスラブの実測乾燥収縮度は、道路橋示方書による設計値とほぼ一致している。スラブとウェブの乾燥収縮度を比較するとスラブの方が進行度が大きく、部材周囲の環境に依存している状況が把握できる。

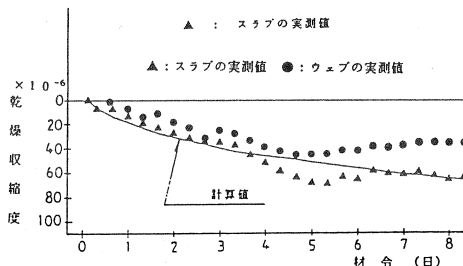


図-3 乾燥収縮度と材令 (側径間4/10L点)

クリープひずみは、鉄筋計の全ひずみから、弾性ひずみおよび乾燥収縮ひずみを差し引いたものとした。図-4に、中間支点上ウェブ下縁のクリープひずみを示す。設計値は実測値よりも小さめの傾向を示している。

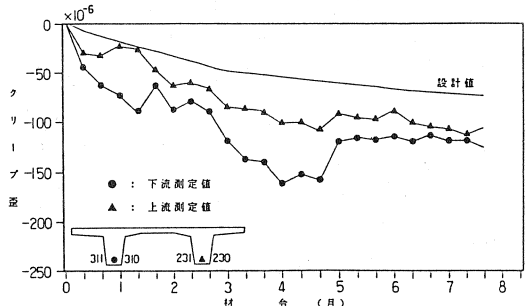


図-4 クリープひずみと材令 (中間支点上ウェブ下縁)

3-3 フランジの有効幅

図-5に載荷荷重による計算応力度(格子解析による断面力に対して有効幅を考慮したもの)と実測

応力分布の比較を示す。全般的に、実測値と計算値はほぼ一致しているが、圧縮フランジの応力は引張フランジのそれよりも小さな結果となった。

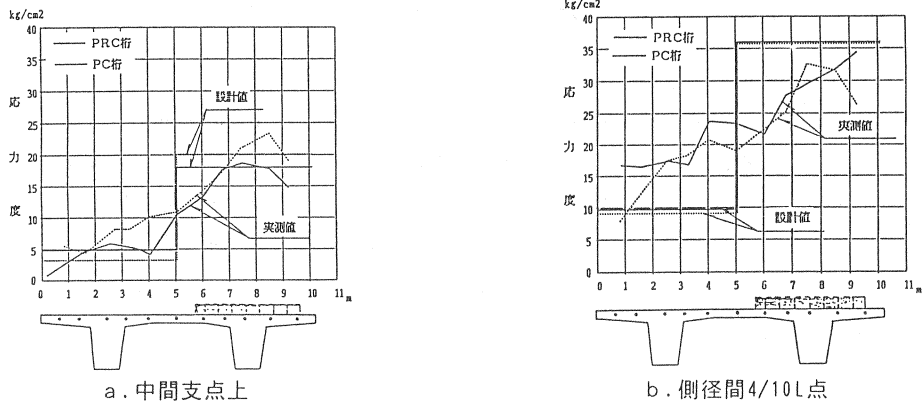


図-5 各断面の設計応力分布と実測応力分布

3-4 中間支点上の曲げモーメントの低減

中間支点上の曲げ応力度の低減状態を見るため、実測上縁応力と設計値を比較した。実測値が弱干計算値を上まわっているが、ほぼ計算値通りであった(図-6参照)。ここに、中間支点上の曲げモーメントの低減率は、格子解析および梁理論から算出した断面力の93%としている。

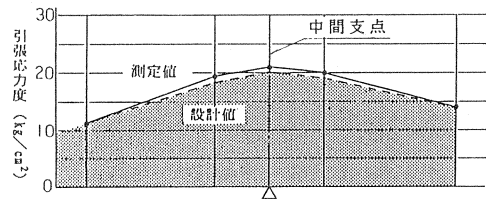


図-6 中間支点上の応力分布

3-5 ひび割れ幅

試験時の荷重は4/10L点に設計曲げモーメントを作用させることとした。図-7に側径間4/10L点におけるウェブ下縁のひび割れ図を示す。この結果、ひび割れ間隔は計算値30.3cmに対して実測は平均24.7cmであった。実測の最大ひび割れ幅は、0.055mm(許容値0.3mm)であり、設計時想定したひび割れ幅(0.25mm)に比較してかなり小さなものとなった。本橋の設計においては、コンクリート標準示方書のひびわれ幅算定式を用いているが、永久荷重によるひびわれ幅と変動荷重によるひびわれ幅が鋼材の腐食におよぼす影響の差を考慮するための定数(k2)を1.0としている。k2を0.5とすると、設計ひびわれ幅は0.051mmとなり、実測値とほぼ一致する。その他、設計ひびわれ幅が実測値と一致しない理由としては、ひびわれ間隔の問題、コンクリートの強度、クリープ・乾燥収縮の進行度、有効幅の取り方、応力計算手法上の問題等が考えられる。

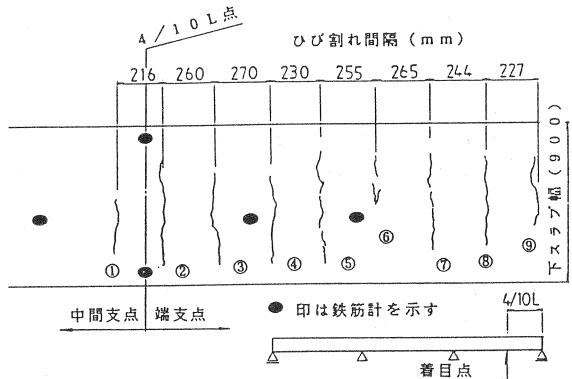


図-7 ひびわれ図(ウェブ下面)

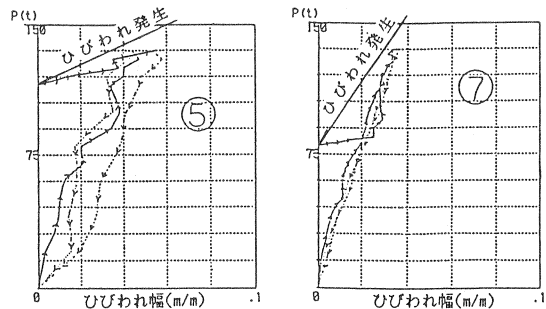


図-8 荷重荷重とひびわれ幅

図-8に、載荷荷重とひびわれ幅の関係を示す。ひびわれ発生後のひびわれ幅は、荷重の載荷除去に従って、ほぼ同じ経路をたどっており、載荷荷重と比例関係にあることがわかる。コンタクトゲージの測定によると、ひびわれ発生荷重は、載荷荷重が約90tのときである。

3-6 鉄筋応力度と桁剛性

PRC桁のひびわれ発生前後の、実測鉄筋応力度を図-9に示す。この図から、ひびわれ発生によって(P=100t)鉄筋応力度が急激に伸びていることがわかる。また、同図からひびわれ発生後の鉄筋応力度は、新たなひび割れが発生しない状態においては、載荷荷重と比例関係にあるといえる。

図-11に、荷重と桁のたわみの実測値を示す。これから、ひびわれ発生前後で桁剛性が異なっていることがわかる。実測桁剛性をひびわれ発生の前後でみると、ひびわれ発生後の桁剛性は、発生前の約96%となる。

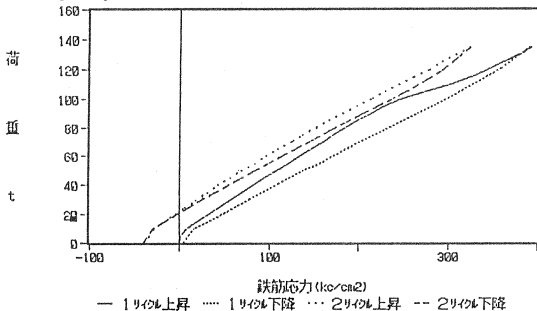


図-9 PRC桁4/10L点下縁鉄筋応力度

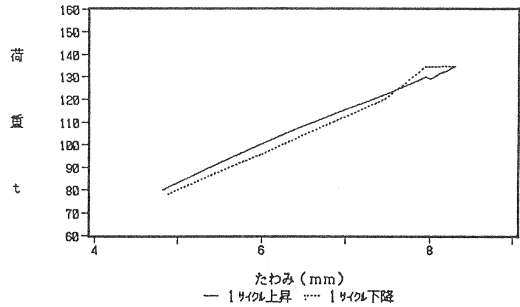


図-10 PRC桁4/10L点たわみ変化

4. まとめ

今回の試験結果をまとめると次のようになる。

- ① 乾燥収縮度、およびクリープひずみは、多少のばらつきはあるものの、鉄筋の抵抗を考慮した設計値とほぼ一致する。
- ② 設計時のフランジの有効幅を、圧縮フランジで道示の90%、引張フランジは道示としているが、載荷試験値からみると妥当な値を与えるものである。
- ③ 本橋の設計においては、中間支点上の曲げモーメント低減率を、格子解析および梁理論によって得た曲げモーメントの93%以上としたが、実測においてもほぼ同様の結果が得られた。
- ④ ひび割れ幅は、設計値より相対的に小さく、実際のひび割れ耐力は想定以上であったことが確認された。これは、 $k_2 = 1.0$ とした影響が大である。

以上のことから、支間30m、幅員10m程度のPRC2主版桁の設計手法としては、今回作成した設計指針(案)で設計すれば、十分安全であることが確認できたといえる。

5. おわりに

PRC橋は、経済的かつ構造的に優れた設計が可能となる構造物である。この実橋載荷試験の報告が、今後のPRC構造に対する技術的な発展に多少なりとも参考になれば幸いである。

最後に本橋の載荷試験に当たりご指導及びご検討いただいた「観音寺高架橋(上部工)のPRC適用に関する調査研究委員会」(委員長:西澤紀昭中央大学教授)の委員並びに幹事のみなさまに感謝の意を表します。

6. 参考文献

観音寺高架橋(上部工)のPRC適用に関する調査研究報告書、(財)高速道路技術センター