

(69) 常磐自動車道千代田石岡IC・ランプ橋
補修工事

住友建設(株) 技術研究所 正会員 ○山内 博司
日本道路公団水戸管理事務所 小林 芳則
同 上 田中 初成
住友建設(株) 東京支店 正会員 三浦 敏弘

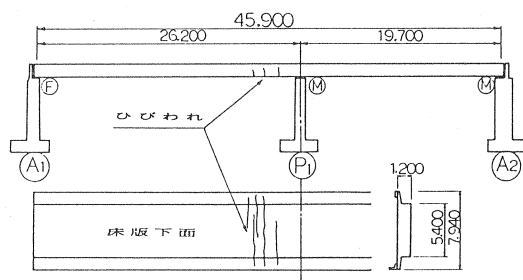
1. はじめに

本橋は常磐自動車道 千代田石岡ICに架かるランプ橋で、構造は2径間連続PC床版橋である。(写真1) 竣功は昭和56年であり平成3年で10年を経過しているが昭和63年点検時に、主版下面にひびわれが発見されている。このひびわれは図-1に示すようにP₁橋脚近辺に橋軸と直角方向に生じており、長さは主版下面全幅及び張出部まで達している。ひびわれの位置および形状から、発生原因が外力によるものと推測されたので、詳細な調査を実施しそれを基に応力解析した結果、補修を要する結論が得られた。

本報告は、詳細調査および解析結果と、補修方法について述べたものである。



(写真-1) 千代田石岡IC・ランプ橋



(図-1) ひびわれ図及び橋体寸法

2. 橋体の詳細調査

調査項目は ①ひびわれの分布、幅、形状 ②沓の状態 ③橋脚、橋台、橋面の水準測量 ④通行車輛によるひびわれ幅の挙動とした。調査の結果から、ひびわれ発生原因が橋脚の沈下と可動沓の機能低下が推測されたので、橋脚の沈下が進行中のものか、また年間の温度変化に対して沓の機能がどの程度かを調べるため、(A) 橋脚の沈下量 (B) ひびわれ幅 (C) 沓の挙動について1回/月で1年間の継続測定を行った。

使用計器は、沈下測定は水管式沈下計と水準測量の併用、ひびわれ幅は亀裂計、沓の挙動は電動変位計である。

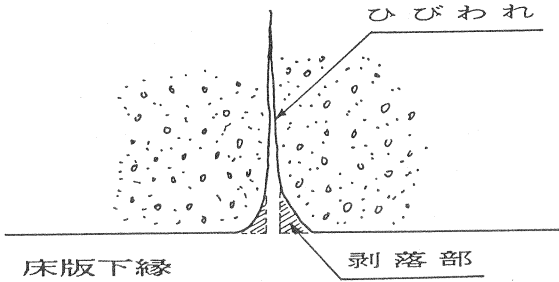
3. 調査結果

1) ひびわれ調査

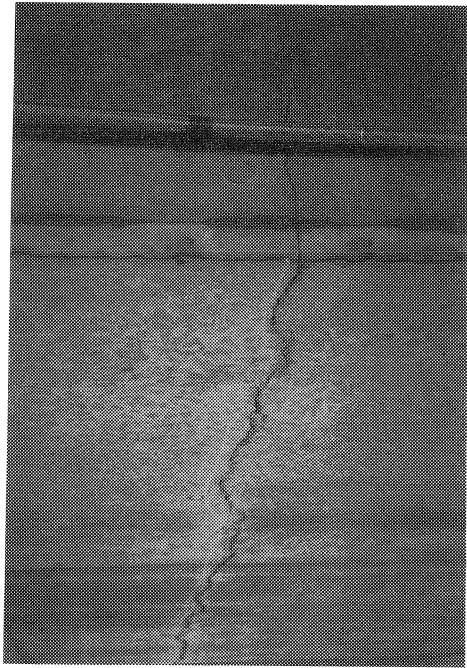
ひびわれ分布は図-1のようにP₁橋脚近辺の主版下面に橋軸直角方向に生じており、最大ひびわれ幅は下縁角部で1.0mm、主版中央で0.6mmと相当に大きい。

また通行車輛によりひびわれ幅は変動を示しており、変動量は開きが0.013mm、閉じが0.039mmと0.05mmの振幅で開閉の繰り返しが生じている。

このため、ひびわれの下端部(主版下縁部)のコンクリートが剝落し、ひびわれの断面形状が逆V字形を形成し外観上のひびわれ幅が実際よりも大きくなっている。(図-2及び写真-2参照)この現象は通行車輛により更に進行していく傾向にある。



(図-2) ひびわれ下端部のコンクリートの剝離



(写真-2) 主版下面のひびわれ

2) 橋脚、橋台、橋面の水準測量

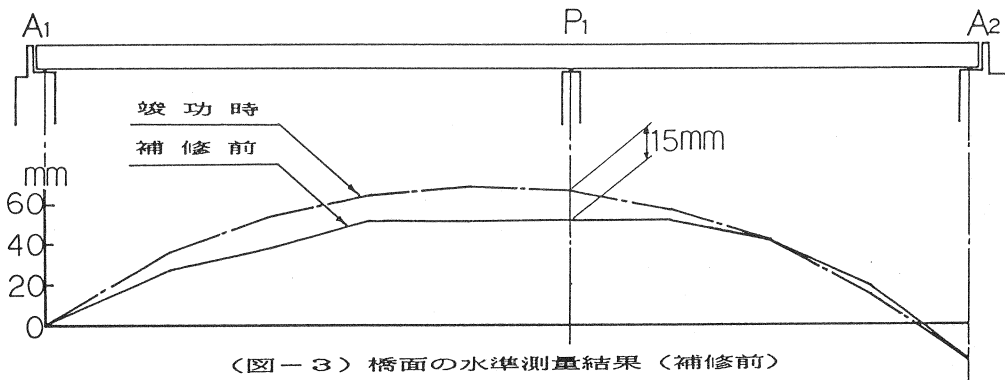
図-3に地覆上を5m間隔で測量した結果を竣功時のものと比較して示す。図より、 P_1 橋脚で15mm低くなっており、橋面全体の線形状態からも P_1 橋脚が沈下したものと推測される。

3) 沓の状態 (BP沓)

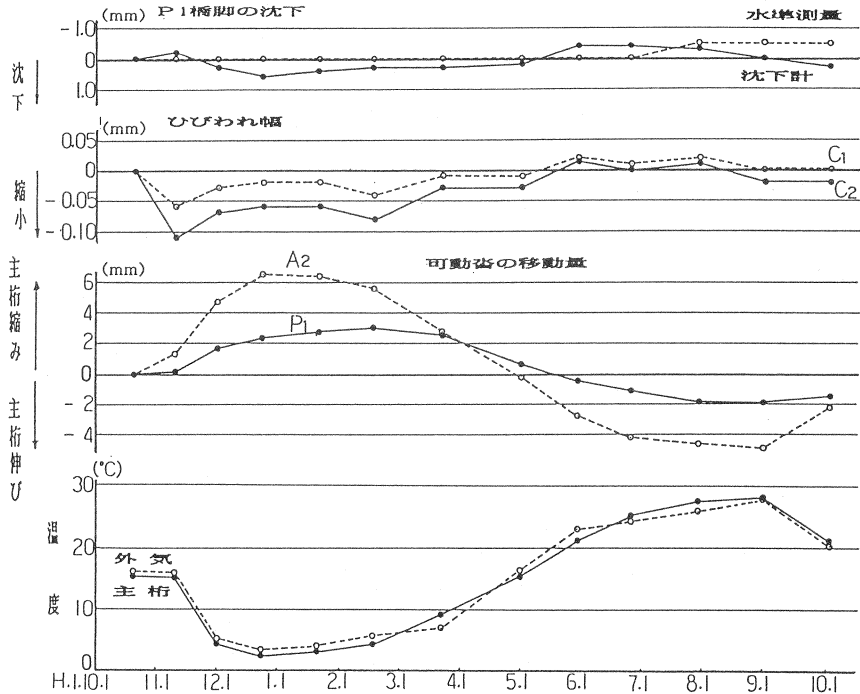
P_1 と A_2 は可動沓であるが、上沓と下沓の納まり具合も良好で、錆の発生・損傷もなく、通行車輛による対応もよく健全性が保たれていることが判明した。

4) 長期継続測定

図-4に1年間の継続測定の結果を示す。図より、 P_1 橋脚は沈下計からも水準測量からも安定した状態にあり、今後も沈下は生じないものと判断される。ひびわれ幅については温度変化によるものと考えられるが、年周期で拡大、縮小を繰り返しているが概ね安定しているものといえる。 P_1 可動沓の挙動は温度変化に伴う主版の伸縮に対応しているが、伸縮量については計算値の60%と小さい。



(図-3) 橋面の水準測量結果 (補修前)



(図-4) 長期継続測定結果(H. 1. 10. 18を基準)

4. ひびわれ発生原因の推定

ひびわれ発生の原因は、①P₁橋脚の沈下 ②主版の上下温度差 ③P₁ 沓の温度変化に対する機能の低下が重なったものと考えられる。P₁ 橋脚の沈下については、水準測量の結果からも、杭の設計条件が厳しいことから十分に考えられる。主版の上下温度差は通常、本橋のように桁高の低い場合は考慮されないが、長期測定の結果から明らかに生じている。P₁ 沓の温度変化に対する移動は行われているが、移動量が計算値より小さい。

表-1にひびわれ発生位置の下縁の応力度を示す。

(表-1) ひびわれ発生位置の下縁応力度 (Sect⑨)

表より、P₁ 橋脚が15mm沈下し、主版上下の温度差が5℃生じた状態で設計活荷重作用時の下縁応力度は-27.4 kgf/cm²となり、これに沓の拘束が加われば十分にひびわれが発生する可能性がある。

条 件	応 力 度 (kgf/cm ²)
死荷重作用時	7.5
設計荷重作用時	-8.0
15mm/m P ₁ 沈下による応力	-8.0
5℃上下温度差による応力	-11.4
死荷重+支点沈下+上下温度差	-11.9
活荷重+支点沈下+上下温度差	-27.4

5. 橋梁の健全性について

ひびわれ幅に着目すると、0.6~1.0mmと極度に大きいものが延べ10.8m、許容ひびわれ幅0.25mm以上のものが38.4mと、耐久性の観点から、また、通行車輛によりひびわれの開閉が繰り返され、そのためひびわれ下端部のコンクリートが剝落していることから補修が必要と判断される。

ひびわれ位置の鉄筋応力度をひびわれ幅から算出すると、3000kgf/cm²を越えている結果となる。またP₁橋脚の沈下、主版上下の温度差を考慮した断面力による鉄筋の応力度は2385kgf/cm²と許容値を越えており、これに沓の拘束を加えると3000kgf/cm²を越えることも考えられる。

P₁橋脚の沈下は、一年間の測定結果から進行は停止しているものと判断されたが、P₁沓は温度変化による主版の伸縮に対しての可動機能がやや劣化している。

6. 補修方法の検討

6-1. 補修項目及び方法

調査の結果から補修を要すると判断された事項として、①橋体の耐久性およびひびわれの進行状況よりひびわれの補修、②構造的にはP₁橋脚の高上げおよびP₁可動沓の機能の回復である。

ひびわれの補修はコンクリートの劣化も無く、ひびわれ部分からの漏水、遊離石灰も生じていないことからエポキシ樹脂の注入で十分な対応ができるものと考えた。

P₁橋脚の高上げは竣功時の高さより1mm高く16mmとした。高上げ方法はジャッキアップにより上沓と下沓の間に16mm厚さのステンレス板を挿入した。

P₁沓の可動機能の回復は沓に錆や損傷が無いことからジャッキアップ時に挿入したステンレス板と下沓の間に二硫化モリブデンを塗布するのみにした。

6-2. 高上げ時の応力検討

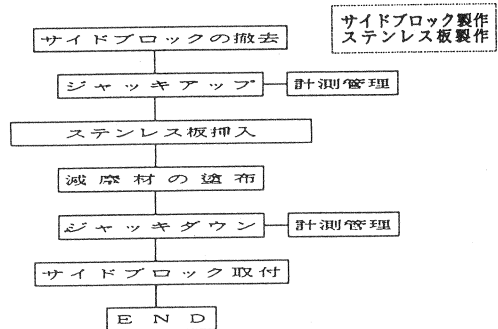
高上げ時の応力検討は施工時最大高上げ量25mmと高上げ完成時の16mmについて行った。結果を以下に述べる。

- ① 死荷重作用時では施工時、完成時共に全断面とも圧縮状態である。
- ② 設計荷重作用時で下縁応力度の最も応力の厳しい断面では施工時で0kgf/cm²、完成時で-10.5kgf/cm²であるが、許容値-13.5kgf/cm²を満足している。
- ③ 設計荷重作用時で上縁応力度の最も厳しい断面では、施工時で-9.8kgf/cm²完成時で-4.0kgf/cm²と許容値を満足している。
- ④ P₁橋脚の支点反力は、施工時で533tf、完成時で521tf(現状の18tf増し)であるが設計値の591tfを下回っている。

7. 補修工事

7-1. 補修順序

補修順序において、ひびわれへの樹脂注入とP₁橋脚の高上げは、ひびわれ発生位置を考慮して樹脂注入を先行し樹脂硬化後高上げ工を実施した。図-5に高上げ工の施工手順を示す。



(図-5) 高上げ工事作業手順

7-2. 施工方法

図-6に示すように3基の沓が設置されているので、沓の両側にジャッキをセットし(写真-3)、ポンプは沓両側のジャッキ2台を1組として用いた。ジャッキアップ、ジャッキダウン時は計測施工を行った。

高上げ用のステンレス板はSUS316で上沓に点溶接により固定した。

7-3.計測施工

本橋の断面は桁高が1.2mに対して幅が7.94mと、偏平な断面形状を成している。このような断面の橋体をジャッキアップする際、左右均等に上昇させる必要がある。このために計測施工を実施した。

計測項目としては、ジャッキ6台の変位量と反力で、これらをパソコンを用いてディスプレイに表示し、橋体の状況を管理しつつジャッキアップを行った。

図-7に計測システムを示す。

計測管理は変位を主とし、反力を従とした変位制御で行った。

各々のジャッキ間の変位差の管理目標値は0.7mmとした。

(許容せん断応力度を5kgf/cm²と設定した計算結果より)

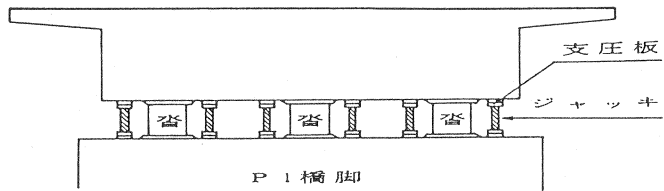
嵩上げ量は16mmであるが、作業上から19mmを最大ジャッキアップ量とした。

ジャッキアップは1mm段階で19回行った。図-8は最大ジャッキアップ量19mm時におけるディスプレイに表示された画面である。

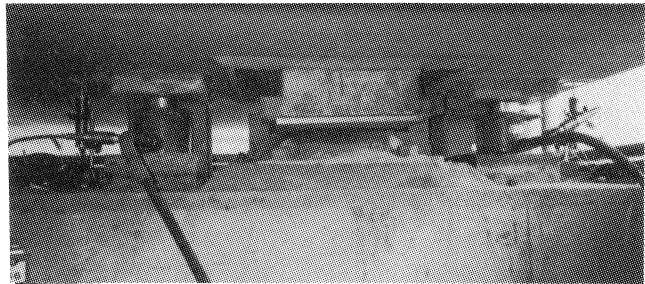
各ジャッキ位置の変位量を折れ線グラフで、ジャッキ反力を棒グラフで、更に数値表示を行い、ポンプ操作者が橋体の状態を瞬時に判るようにした。

図より主版左右の変位差は0.02mm、ジャッキ間の変位差は0.18mmと管理値内十分納まった状態である。

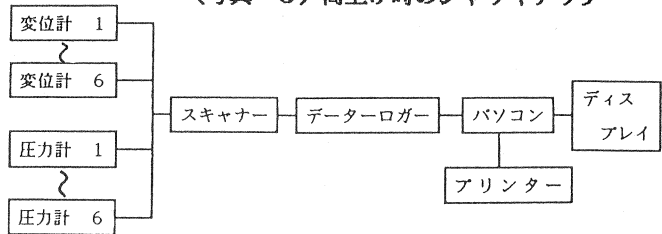
表-2は上沓と下沓の間に16mm厚さのステンレス板を挿入した後にジャッキダウンした時の変位量を示すが、管理値0.7mmは十分クリアーしていることがわかる。



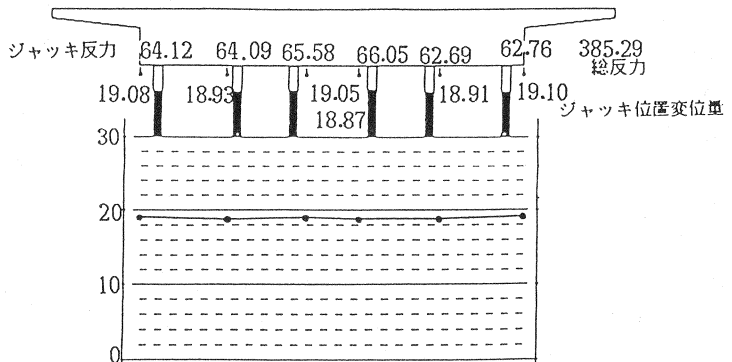
(図-6) ジャッキ取付図



(写真-3) 嵩上げ時のジャッキアップ



(図-7) 計測システム



(図-8) ディスプレイ表示画面

(表-2) 嵩上げ完了時のジャッキ位置の変位量 (m/m)

計画値	J 1	J 2	J 3	J 4	J 5	J 6
16.0	15.78	15.78	15.91	16.00	15.89	15.91

図-9はジャッキ反力と変位量との関係を示したものである。ここで設計値は自重+静荷重である。設計値と測定値との関係から、本橋は設計値どおりの反力となっていることがわかる。

7-4. 嵩上げ完了時の橋面の状態

図-10は嵩上げ工完了後の橋面の水準測量の結果を嵩上げ前と比較したものである。P₁橋脚のみのジャッキアップであっても、橋梁全体がバランス良く嵩上げされたことが明らかである。

8. まとめ

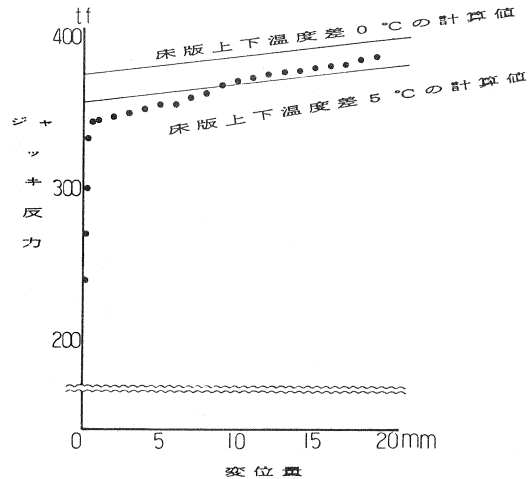
2径間連続PC床版橋の中間橋脚近辺の下面にひびわれが発生したが、調査の結果、発生原因は中間橋脚の沈下と主版上下面の温度差、可動沓の機能低下が重なったものと推定された。

橋体の健全性については、発生しているひびわれの状況および構造上から補修を要する状態であると判断された。

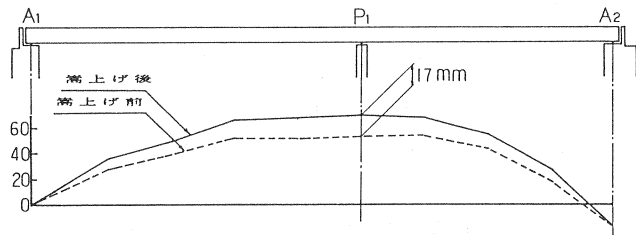
そこでひびわれにはエポキシ樹脂の注入を行い、構造的には中間橋脚の嵩上げと可動沓の機能回復のための潤滑材塗布を行った。

以上の処置により橋体は耐久性に対しても、構造的にも健全性が復旧されたものと考えられる。

最後に、本橋の損傷の主要因が中間橋脚の沈下と主版の上下温度差と推定されたが、前者については、橋脚の設計条件で沈下量零に対して、杭先端部の支持地盤の検討、上部工の径間の違いによる各々の杭に作用する力の不均等性を十分考慮する必要があると思われる。また、桁高が1.2mと低い場合でも架設地域によっては主版の上下温度差を留意した方が良いのではないかと。



(図-9) ジャッキ反力と変位量の関係



(図-10) 嵩上げ後の橋面の水準測量