

(44) P C 道路橋撤去に伴う技術検討

千葉県道路公社

田 中 孝 治

ビーシー橋梁働

正会員

田 中 光 典

同 上

正会員

サイカヒモ
○ 雑 賀 浩 規

1. まえがき

千葉県主要地方道千葉・鴨川線の笹川に跨る清水橋は、昭和39年に供用を開始し、平成元年まで26年間経過したPC橋である。

今回、道路拡幅ならびに河川改修に伴い新橋への架換えが計画され旧橋は撤去されることになった。そこで、旧橋の撤去に際し26年間供用されたPC橋の実橋試験による曲げ耐力試験と実桁を2本取り出し、破壊試験を実施し、その力学特性について調査を行ったので報告する。

2. 橋梁諸元

架設位置：千葉県君津市笹字鍋石
 橋 格：1等橋（TL-20）
 構造形式：PCボステン単純T桁橋
 橋 長：34.000 m
 桁 長：33.900 m
 支 間：33.100 m
 有効幅員：5.525 m
 斜 角：左60°00′



写真-1 撤去前全景

材料強度

コンクリート：（主桁） $\sigma_{ck} = 400 \text{ kg/cm}^2$ （横組） $\sigma_{ck} = 300 \text{ kg/cm}^2$

PC鋼材：（主桁）12- $\phi 7 \text{ mm}$ （横組）12- $\phi 5 \text{ mm}$

撤去前の清水橋の全景を写真-1に、構造図を図-1に示す。

尚、本橋の橋梁諸元については、当時の設計図書が散逸しており、千葉県土木部の橋梁台帳及び実測調査により確認した。

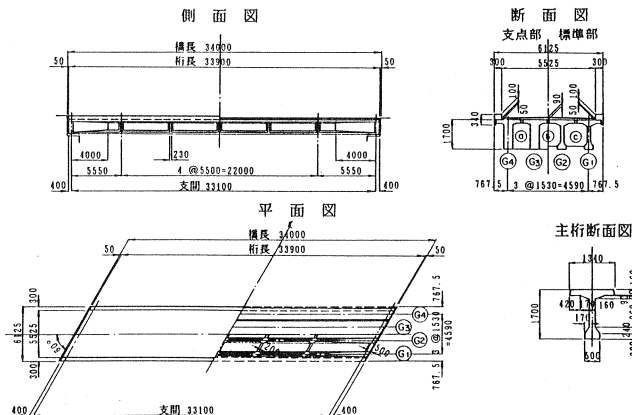


図-1 構造図

3. 曲げ耐力試験

1) 試験の目的

26年間供用されたPC橋の、経年変化による橋梁としての耐久性を把握するため、実橋載荷による曲げ耐力試験を行い、たわみ性状を確認した。

試験は、橋面上に静的な荷重を載荷することにより、主に上部構造のたわみ性状の挙動を橋軸方向、橋軸直角方向について調査を実施することにした。

2) 試験の方法

試験は、図-2に示す測定位置において各ポイントにひずみ計を設置し、試験車(20t吊り油圧式トラッククレーン、総重量22.84t)による主桁の鉛直たわみを測定した。載荷方法は6ケースとし、各ケース3回の測定を行った。

また、格子構造理論により数値計算を行い、これを判断の基準とし、実測値との比較を行うことで耐久性を把握することにした。尚、数値計算では地覆、高欄の剛性は、その形状、形式から判断し無視した。

実橋載荷試験の状況を写真-2に、試験車載荷位置を図-3に示す。

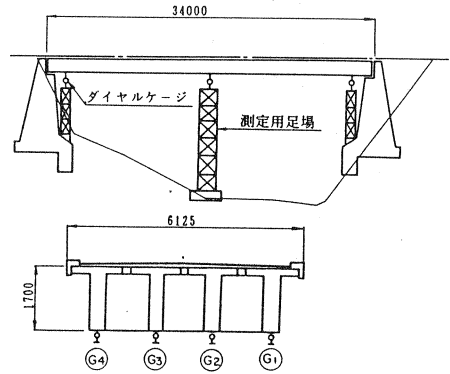


図-2 測定位置

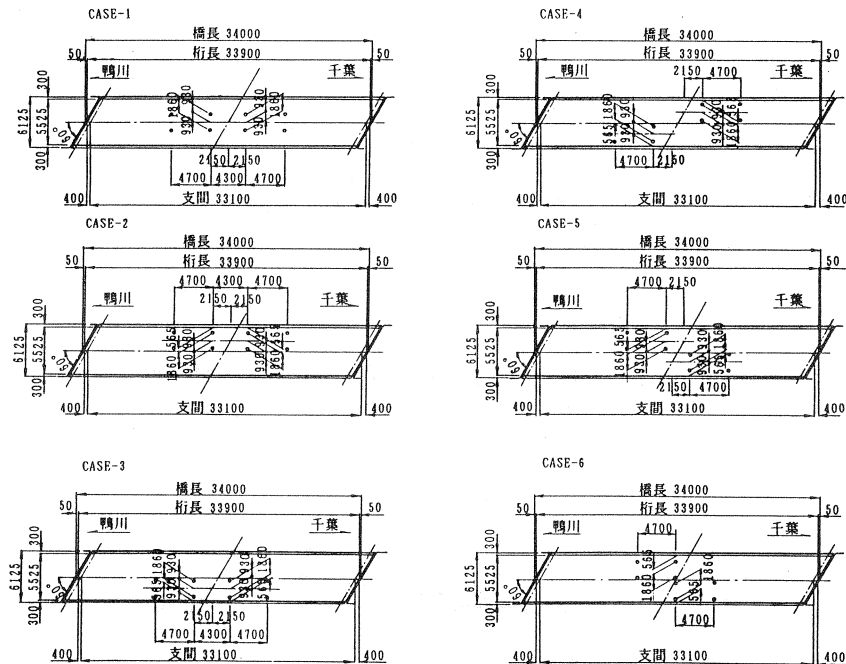


図-3 試験車載荷位置

3) 試験結果と考察

図-4は、実測値と計算値のたわみ分布図である。この図から分かるように、各桁のたわみ性状は何れも直線的な傾向を示している。ケース1（縦列載荷）、ケース4、6（並列載荷）の状態では、各桁のたわみ量が同程度であること、ケース2（G4桁に偏載荷の縦列）では、G1桁に比べG4桁のたわみが卓越していることから、良好な荷重分配が行われていると判断できる。

実測値と計算値を比較した場合、計算値の方がやや大きくなっている。この原因としては、地覆、高欄及びコンクリート舗装の剛性が抵抗断面として寄与していること、ヤング係数として推定値を用いたことが考えられた。

全体としては、本橋のたわみ量はほぼ計算値と一致しており、その性状も満足したものが得られている。

以上の結果から、本橋は経年変化による剛性の低下はなく、健全な構造物であることが確認できた。

写真-3に床版コンクリートの撤去状況を示す。また、主桁解体によって判明したケーブル形状を図-5に示す。



写真-2 実橋載荷試験

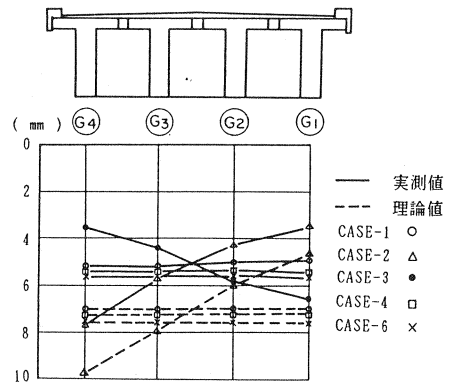


図-4 たわみ分布図

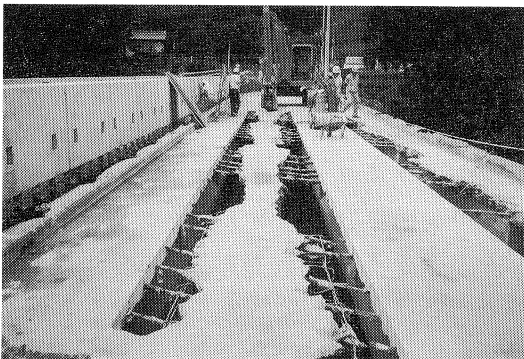


写真-3 床版コンクリートの撤去

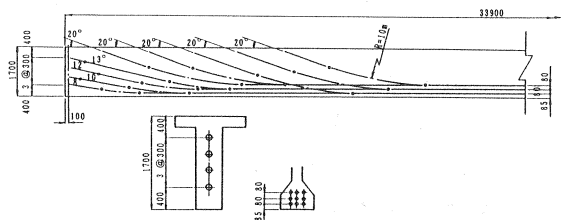


図-5 ケーブル形状図

4. 実桁破壊試験

1) 試験の目的

プレキャストPC桁は、桁の運搬、架設時において、主桁の応力状態が設計で考慮されていない状態になる場合もあり、応力変動を考慮した安全性の検討が必要である。これに対しては、コンクリート道路橋施工便覧（日本道路協会）等において①桁の仮支持、②桁の横方向傾斜、③桁の縦方向傾斜、の安全性に対する条件式が示され一般的に用いられている。しかし、これらの安全性についての実桁に関する挙動は報告例がなく不明の点も多い。

本試験は、破壊状態における実桁の挙動を定量的に把握し、計算値と比較することで今後の設計、施工の方向性を見いだすことを目的とした。

2) 試験方法

2) - 1 支持点移動によるひび割れ試験

撤去後のG1桁において、まず設計上の支持点にブラケット及び油圧ジャッキを設置し、1m間隔で測定位置（仮支持点）を12箇所設けた。油圧ジャッキのキャリブレーションの後、ジャッキアップ及びダウンを繰り返し、支持点を順次支間中央に移動させ、その都度桁のひび割れ性状を確認することにした。尚、各支持点毎の応力状態を把握するため、あらかじめ計算をしておいた。（写真-4参照）

2) - 2 横方向傾斜によるひび割れ試験

試験桁（G3桁）を油圧ジャッキと転倒防止材を用いて、順次傾斜させた。

傾斜角の読み測定は、特製分度器と下げ振りを用いて行い、1度ずつ傾斜させその時のひび割れ性状、変形性状を確認することにした。尚、桁の転倒防止として支点、中央付近に保護材を設置した。（写真-5参照）

3) 試験結果

3) - 1 支持点移動試験

最初の支持点から6m（支間21.1m）まで支持点移動を行った状態では、上フランジ、ウェブ共に特に異常は認められなかった。ひび割れは、7m（支間19.1m）に支持点移動を行った時点で発生した。ひび割れ発生箇所は、仮支持点上フランジ表面で、幅0.1mm、長さ35cm桁軸方向に対して60度（横締配置方向）であった。

さらに、桁端から9m（支間15.1m）の位置に支持点移動を行った結果、仮支持点、支間中央に0.8~1.4mmのひび割れが上フランジ全幅にわたり発生した。また、ウェブについても、0.7~1.0mmのひび割れが上フランジ付け根付近からほぼ45度の方向に発生した。ひび割れの長さは、下フランジの付け根まで達しており、部材を貫通していることを確認したため、この時点で破壊したものと判断し試験を終了した。

支持点移動によるひび割れ状態を表-1に示す。

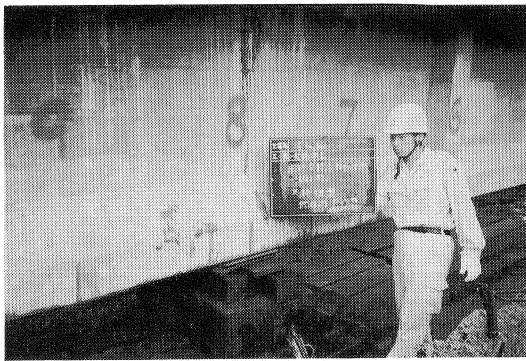


写真-4 支持点移動試験



写真-5 主桁傾斜試験

支点移動によるひび割れ状態(上フランジ)

(桁端より) 支点位置	千 葉 傾 倒				明 礫 川 傾 倒			
	ひび割れ位置 (桁端より) #	ひび割れ幅 **	長さ cm	方向	ひび割れ位置 (桁端より) #	ひび割れ幅 **	長さ cm	方向
2 m	—	—	—	—	—	—	—	—
4 m	—	—	—	—	—	—	—	—
6 m	—	—	—	—	—	—	—	—
7 m	7	0.1	35	80°	—	—	—	—
8 m	8	0.8	1 340 (全市)	直角	8	0.8	1 340 (全市)	直角
	11	0.4	1 340 (全市)	80°	11.4	0.4	1 340 (全市)	直角
	14.2	0.3	1 340 (全市)	80°	12.3	0.4	1 340 (全市)	直角
9 m	—	—	—	—	9	1.4	1 340 (全市)	直角
	—	—	—	—	11.4	1.0	1 340 (全市)	直角
	—	—	—	—	12.3	1.0	1 340 (全市)	直角
	—	—	—	—	14	1.0	1 340 (全市)	直角
—	—	—	—	中央	0.8	1 340 (全市)	直角	

支点移動によるひび割れ状態(ウェブ)

(桁端より) 支点位置	千 葉 傾 倒				明 礫 川 傾 倒			
	ひび割れ位置 (桁端より) #	ひび割れ幅 **	長さ cm	方向	ひび割れ位置 (桁端より) #	ひび割れ幅 **	長さ cm	方向
2 m	—	—	—	—	—	—	—	—
4 m	—	—	—	—	—	—	—	—
6 m	—	—	—	—	—	—	—	—
7 m	—	—	—	—	—	—	—	—
8 m	8	0.3	80	直角	8	0.3	80	直角
9 m	—	—	—	—	9	0.7	80	直角

表-1 ひび割れ状態

3) - 2 横方向傾斜試験

両支点の油圧ジャッキを同時に操作させて、傾斜角を1度づつ変化させ慎重に作業を行った。傾斜角10度までは、とくに異常は見られず、11度の時支間中央付近上フランジ引張側に0.1mmのひび割れが直角方向に発生した。傾斜角17度の時支間中央に2~3mm程度のひび割れが1.5m間隔で8箇所生じた。ひび割れは、上フランジを貫通しており、この時点で試験を終了し、桁を防護材に横転させた。この時の傾斜角は34度であり支間中央には大きなひびわれ(5~10mm)が生じ、他の断面においても3~8mm程度のひび割れが12本発生した。尚、桁は横方向水平荷重の影響により最大50cm変形した。

4) 試験の考察

図-6は、主桁自重と最終時の有効プレストレスによる合成応力度分布図である。この図では、支間21.1mの状態ですり容値(圧縮140kg/cm², 引張15kg/cm²)を越えているものの特に問題となる値ではない。支間19.1mの時、支点上縁で30kg/cm²の引張応力が生じている。また、支間15.1mでは支点上で55kg/cm²、支間中央で41kg/cm²の引張応力が生じている。これらの値は、

試験方法，計算値にいくつかの仮定があり、本試験結果だけでは言及することはできない。しかし、上記引張応力下でひび割れが発生していることから、ひび割れの可能性はコンクリートの引張応力度に換算して30 kg/cm²程度以上がひとつの目安であると判断できる。一方、コンクリート道路橋施工便覧による仮支持支間の許容長の条件式

$$l_{a1}' = \sqrt{\frac{\sigma_{cat}' - \sigma_{ct}' \cdot \eta L \cdot l}{\sigma_{do}'}}$$

$$l_{a2}' = \sqrt{\frac{\sigma_{cat} - \sigma_{ct} \cdot \eta L \cdot l}{\sigma_{do}}}$$

l_{a1}' 、 l_{a2}' のいずれか大きい方をとる。

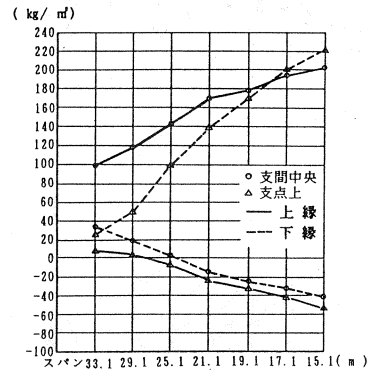


図 - 6 応力度分布図

によれば、許容支間長は約24 m（設計支間の73%）となり、実桁の挙動，応力状態から判断して調査結果とほぼ一致している。

次に、横方向傾斜では、傾斜角11度の時0.1 mm程度のひび割れが生じておりこの時の上縁引張応力度は計算より49 kg/cm²であった。一般に桁の傾斜角は安全性を見込んで3度程度としているが、試験桁はT型断面であることから、横方向剛性が他のI型断面に比べ比較的大きいこと、材令の影響が安全側の結果となっているものと考えられる。また、傾斜角17度の時、桁は急激に大きく湾曲し破壊に至っている。この時の引張応力度は92.2 kg/cm²，破壊時曲げモーメントは67 t・mである。ひび割れの発生角度は11度であるが、かなり目立ち始めたのは14度以上からであった。すなわち図-7に於て鉛直荷重の作用位置がA点を離れた直後であり、この時横方向水平荷重が急激に増加したために生じたものである。一方、コンクリート道路橋施工便覧の条件式による許容傾斜角は7度30分であり試験結果と多少の違いはあるが、ひび割れ性状から判断して、その妥当性が得られたと考える。

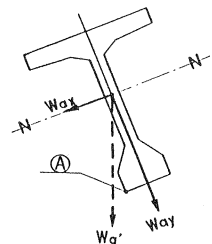


図 - 7 荷重図

5. あとがき

26年間供用したPC道路橋について、桁の健全性，安全性を評価するための各種実橋調査を行った。その結果、曲げ耐力はたわみ量，変形状態共ほぼ理論値に近いものが得られた。経時変化による剛性の低下は見られなかった。このことから適切な材料，設計，施工により建設されたPC構造物は、本来相当耐久的事実であることを認識をあらたにした。また、実桁による破壊時力学特性は、典型的なPC桁と同様な傾向を示し、コンクリート道路橋施工便覧による条件式の妥当性と許容応力度の目安（30 kg/cm²程度）が確認できた。

本報告書が、プレキャスト部材の運搬，架設時ならびに、PC橋の解体，撤去時の計画の際に少しでも参考になれば幸いである。