

(50) 外ケーブル工法を用いたPCT桁橋の補強および実験

○ (株)富士ピー・エス 正会員 八木 洋介
 JH名古屋管理局 中前 浩
 JH栗東管理事務所 飯野 健太郎
 (株)富士ピー・エス 正会員 杉江 匡紀

1. はじめに

昭和30年代後半に建設された新蛇砂川橋は、名神高速道路八日市ICと竜王IC間に位置するポストテンション方式単純T桁橋である。補強方法は構造形式等を考慮して、実績のある外ケーブル工法を採用することとした。建設後約40年が経過していることと重交通による老朽化、そして事前調査で判明した内部PC鋼材の損傷による耐力不足が懸念され、補強することとなった。

この報告では外ケーブル工法による補強効果を実験で確かめることができたので、設計・施工および実験結果について述べることにする。

2. 設計

2-1. 設計概要

場 所 : 滋賀県八日市市内
 名神高速道路 八日市IC～竜王IC間
 新蛇砂川橋 (KP 435, 855～435, 881)

橋 梁 名 : 新蛇砂川橋

構 造 形 式 : PCポストテンション方式単純T桁橋

橋 長 : $L = 25,800\text{m}$

桁 長 : $l = 25,600\text{m}$

支 間 長 : $l = 24,900\text{m}$

全 幅 員 : $W = 11,600\text{m}$

有 効 幅 員 : $w = 10,400\text{m}$

活 荷 重 : B活荷重

斜 角 : 左 $60^{\circ}00'00''$

支点部 支間中央

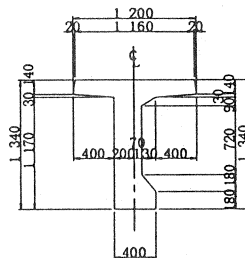


図-1 主桁断面

2-2. 断面力の算出

断面力の算出は、完成系の構造物にプレストレスを導入することを考慮して、橋面死荷重と活荷重は平面格子理論、外ケーブルによるプレストレスは立体格子理論により行った。立体格子理論を適用することで、外ケーブルによるプレストレスを詳細に評価することが可能となる。

外ケーブルによるプレストレスの評価は、外ケーブル方式PC構造物の設計・施工ガイドライン、新しいPC技術の実用化―第22回PC技術講習会―に従い、部材置換法によった。

立体骨組モデルを図-2に示す。

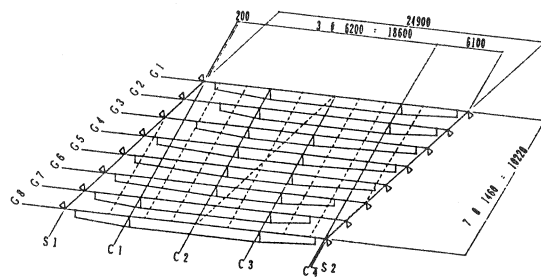


図-2 立体骨組図

2-3. 曲げについて

曲げ応力度改善のため、橋体全体に外ケーブルによるプレストレス（曲げ成分）が導入されるように定着ブラケットをできるだけ、支付近に配置した。各桁の応力度は許容力度法に従って算出し、構造物の安全を確認した。

検討の結果、橋梁が健全であれば、SEEE ケーブル F50T を各主桁に 2 本ずつ配置すれば橋梁耐力を向上することができるが、既設桁の内ケーブルに異常があった場合を想定して、F70T, F100T の配置も検討した。

事前調査からも本橋の健全度が十分でないことがわかっていたこともあり、将来的な増プレストレスを考慮して F100T ケーブルを配置した。ただし今回の初期緊張力は、F50T 並みとした。

既設桁の内ケーブル損傷時の設計フローチャートを図-3 に示す。

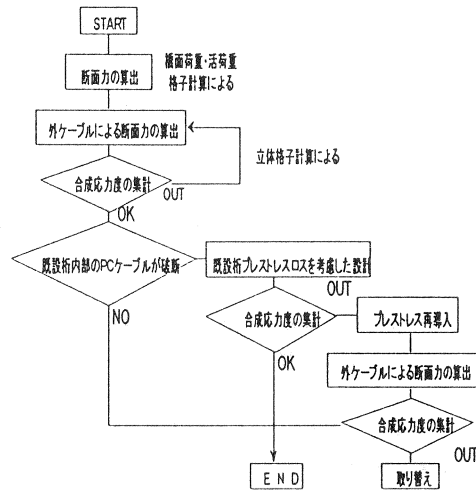


図-3 設計のフローチャート

2-4. せん断・ねじりについて

本橋の主桁ウェブ厚は 140mm と薄いため、せん断・ねじりに対しての耐力が劣るので若干斜引張応力度が許容値を越える断面がある。今回の補強では曲げ耐力に着目した補強までとしているため、せん断・ねじりに対しての補強は行わないが、断面増厚・繊維貼付補強工法等の補強が必要となると考える。

3. 施工

3-1. 定着ブラケット

定着ブラケットを支点近傍に設置したことにより、非常に狭い施工空間となった。このことは、型枠が接触してブラケットを一括施工することができないという状況を生み出したが、偶数桁番号から施工するという 2 段階施工で対処した。

3-2. 偏向具

偏向具は外ケーブルの曲げ上げに耐えることができ、施工性も良いということから、軽量で加工が容易な MC ナイロン樹脂製とした。取り付け方法は既設横桁にボルトで締め付けるタイプとしたため、短期間で施工することができた。偏向具を図-4 に示す。

3-3. 緊張

定着ブラケットを支点近傍に設置すると端部緊張スペースが確保できなくなるため、支間中央緊張（引き寄せ緊張）とする必要がある。そのため引き寄せ緊張装置の改造が必要となった。現場は河川上の吊足場施工で、緊張装置は軽量で組立て易いものが望まれたため、分解して運搬するタイプとし、作業性を改善することができた。引き寄せ緊張装置を写-1 に示す。

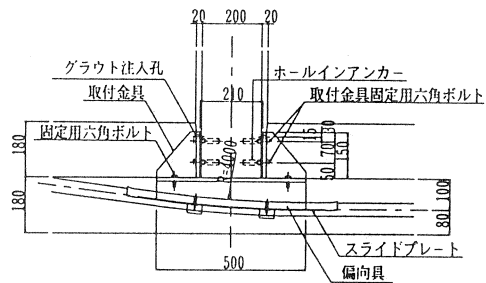
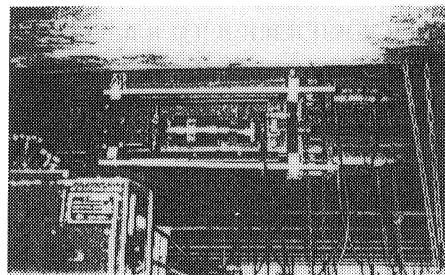


図-4 偏向具



写-1 緊張装置

4. 実験

4-1. 実験概要

4-1-1. 目的

実験の目的は外ケーブル工法で各桁に導入されたプレストレスによって橋梁が、どのような挙動を示すかを計測により把握し設計値と比較することで補強効果を確認することである。

4-1-2. 実験項目

実験項目は目的を果たすために必要な計測・解析として、表-1に示すとおりとした。

4-1-3. 工程

工程は、外ケーブル緊張の前日から開始し、約15日間で完了した。

4-1-4. 計測方法

現場が名神高速道路八日市IC付近ということもあり、交通の妨げにならない計測方法が望まれた。従って橋面の交通規制を行わない方法として、24時間経時測定法を提案し実施した。この計測によりプレストレス導入過程での橋梁の挙動を把握することができた。

主な計測方法は、以下のとおりである。

(1) 主桁変位計測

計測位置は河川内に長期にわたり不動点を確保するのが不可能であるため、河川外の全主桁支間1/4点で計測した。計測方法は高感度変位計を使用し、図-5に示すように護岸に足場を作成し不動点とし、無交通時に0計測を行い温度による影響は温度補正するものとした。

(2) 主桁ひずみ計測

計測位置は支間中央とし、計測方法は図-6に示すように主桁側面に歪み計を貼付け、上フランジ下面のデータについては左右2枚のデータを平均し使用するものとした。

(3) 主桁移動量測定

計測位置はG8桁支点部とし、固定・可動両支点の2ヶ所とする。計測方法は図-7に示す通りとし、変位計を利用して不動点を基準に計測するものとした。

表-1 計測・解析項目

項 目		数 量
X線撮影内部評価		1式
静 載 荷 試 験	コンクリート弾性係数測定 たわみ計測 歪み計測 亀裂計測 移動量（支点部）計測	1式
外ケーブルの振動測定		1式
計測データ分析・解析		1式
プレストレス導入前後応力照査		1式

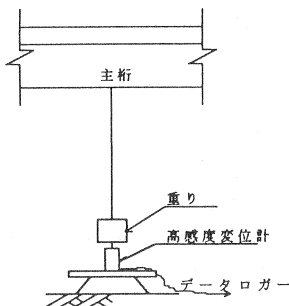


図-5 たわみ

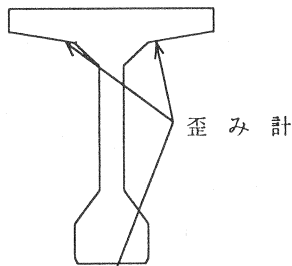


図-6 ひずみ

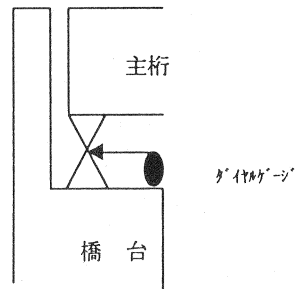


図-7 移動量

4-2. 実験値と設計値の比較

4-2-1. 静弾性係数測定

表-2に採取コアによる静弾性係数測定結果を示す。コアは各桁の最も名古屋側に位置する中間横桁付近のウェブ上側で採取したものである。圧縮強度は、244kgf/cm²(G1桁)~492kgf/cm²(G8桁)の範囲にあった。また、弾性係数は、2.39*10⁵kgf/cm²~3.49*10⁵kgf/cm²にあった。なお、G1およびG4~G6、G8桁から採取したコアについては測定の正確さを増すため、参考として超音波伝播速度(パンジツト法)も測定した。超音波伝播速度と圧縮強度には、相関性が見られることが既往の研究で述べられており、

圧縮強度が高くなると超音波

伝播速度が増加する傾向にあることが示されている。今回実施したコアに着目すれば、圧縮強度が最も低かったG1桁採取コア(244kgf/cm²)の超音波伝播速度4190m/secで、最も高かったG8桁(492kgf/cm²)では4690m/secであり、相関が見られる。建設後約40年が経過した橋梁のコンクリート性状の一例として、ここに記す。

表-2 静弾性係数

	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8
圧縮強度 (kgf/cm ²)	244	374	414	332	428	417	480	492
静弾性係数 (x10 ⁵ kgf/cm ²)	2.63	2.39	2.67	2.82	3.46	3.10	2.87	3.49
超音波伝播速度 (m/sec)	4190	-	-	4410	4530	4520	-	4690

4-2-2. たわみ

たわみを計測することは、橋梁の状態を把握する上で最も得策な方法である。たわみの設計値と実測値を比較することで橋梁の健全度を評価することができる。

今回の計測は、各緊張ステップごとに設計値と実測値を比較した。各ステップの意味は、表-3に示す通りとした。

各ステップごとの設計値1、設計値2と実測値を比較したものを図-8に示す。設計値1とは回転バネ無し、設計値2とは回転バネ有りとしたものである。

表-3 緊張ステップ

ステップ	1	2	3	4
緊張桁	G2	G4	G6	G8
ステップ	5	6	7	8
緊張桁	G1	G3	G5	G7

このグラフの傾向から外ケーブル工法により導入されたプレストレスはほぼ設計値通り導入できたと判断できる。しかし固定側1/4点(大阪側)の実測値が設計値に対して低い値となっているため原因を推測してみることにした。通常設計値と実測値との差の原因は、みかけの剛度や弾性係数の差とされることが多い。今回の実測値と設計値1の差を固定側1/4点と可動側3/4点で比較してみると固定側1/4点が大きいの。そこで固定側の支承に回転バネを評価して解析してみることにした。その結果、設計値と実測値は近づいたため、固定側支承で回転が若干拘束されているのではなかろうかという推測が立った。そこで支承の目視調査を入念に行った結果、固定支承においていくつかの上巻がサイドブロックに接触して回転を拘束しており、他の支承も似た様な状態であった。

以上より、支承の回転バネの原因は、構造特性つまり斜角が60度である事と支承本体の回転拘束ではなかろうかと考える。支承の回転拘束は設計値と実測値の差を広げる原因となり橋梁本体が予期せぬ挙動を示す事も有り得るので、今後支承の設計・施工、特に施工には十分な注意が必要かと思う。

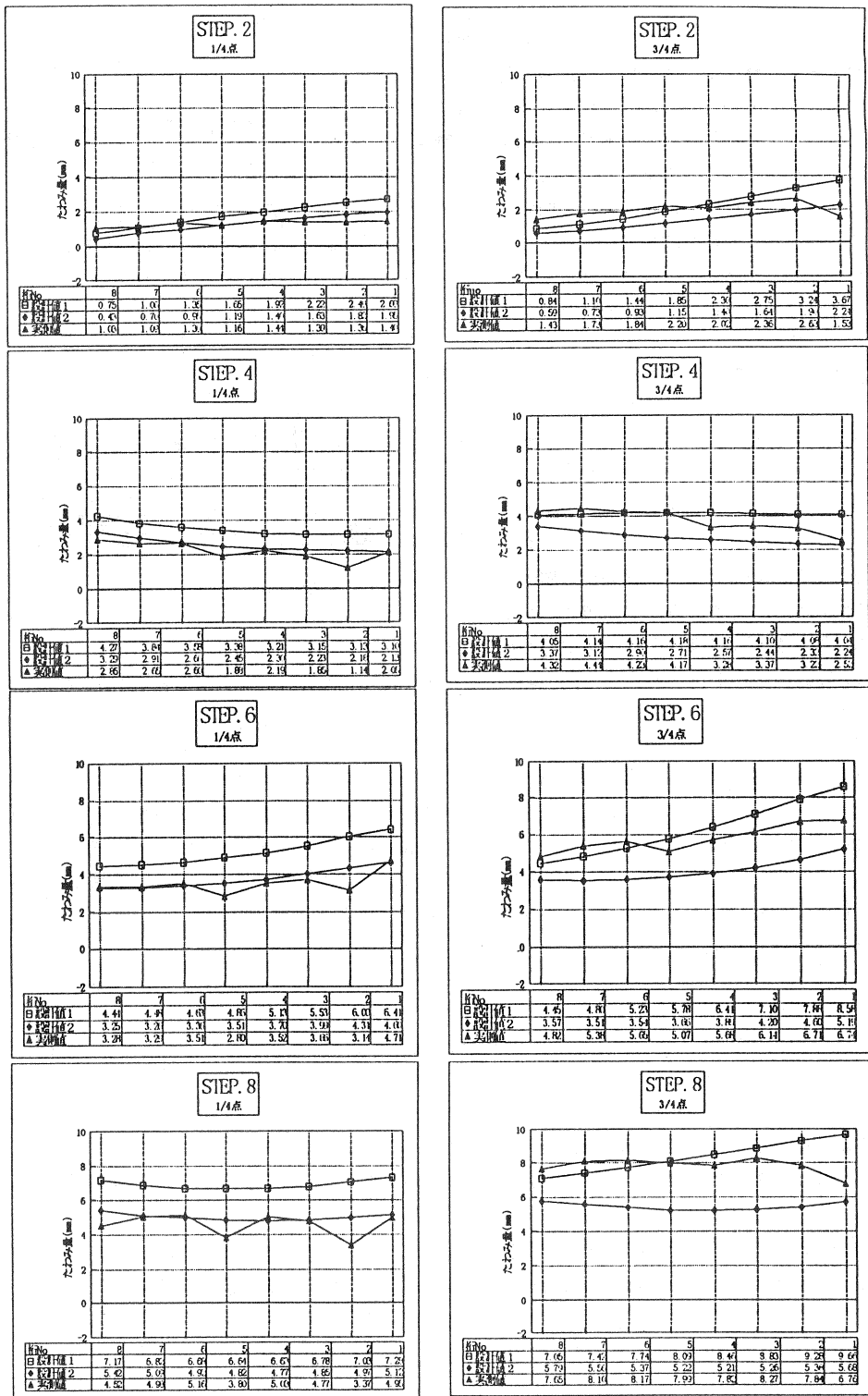


図-8 たわみ

4-2-3. ひずみ

ひずみもたわみと同様に各ステップごとに計測を行った。その結果最外縁主桁の実測値が設計値に対して差が大きい傾向となっている。これは外桁に高欄・地覆等の橋梁アクセサリが添加されているため、見かけの剛度上昇や断面図心の変化が起こることによるものと考えられる。また上縁の実測値のばらつきは床版増し厚による影響と考えられる。下縁が比較的設計値に近い傾向を示していることから補強効果は確認できたと言える。

最終ステップにおけるひずみを図-9, 10に示す。

4-2-4. 移動量

移動量はG8桁のみの計測となったが、ほぼ設計通りの動きをしていた。このことから外ケーブル工法によるプレストレスは設計通り導入できたと判断して良い。

5. まとめ

本業務でわかったことは以下のとおりである。

- ①外ケーブル工法で導入されたプレストレスによる各桁の挙動はほぼ設計通りであり補強効果は確認できた。
 - ②固定支承に回転バネが存在すると考えられる。
 - ③引き寄せ緊張装置は作業性が良く集中管理ができる。
- ①～③は、設計から施工及び実験と一連の業務からわかったことであり、今後の貴重な資料となるであろう。

6. おわりに

本橋は損傷度がかなり激しいため将来的にプレストレスがロスした場合、再緊張が容易にできる様、引張強度に余裕を持ったケーブルを配置している。従って、今後の維持・補修で再緊張によりプレストレスを導入することで耐力を増加させ、社会資本寿命を延ばすことができる。現在この実験報告を基に再緊張の必要性の有無を検討中であることを追記する。この小文が今後の補強業務に役立てば幸いである。

最後に、今回の業務を無事終えることができたのは、JH名古屋管理局保全一課、JH栗東管理事務所改良Iの皆様方の御指導によるものでありました。ここに深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) (社)プレストレスト・コンクリート建設業協会：PC橋の新しい構造事例に関する研究報告書(外ケーブルの有用性及適用に関する調査検討)分冊資料, 1993, 3月
- 2) 秋元・山懸・荒川：外ケーブル方式PC建造物の設計・施工ガイドライン, 新しいPC技術の実用化-第22回PC技術講習会-, 1994, 2月
- 3) 一樹・伊藤・金森・内藤・佐藤・後藤：外ケーブル方式PC建造物の現況(実施例), 新しいPC技術の実用化-第22回PC技術講習会-, 1994, 2月
- 4) 酒井・遊佐・柳・吉田：RC2径間連続箱桁橋の補強工事, プレストレスト・コンクリートVOL.37, No.6, P33~P41, 1995, 11月
- 5) 日本道路公団：車両大型化に伴う橋梁建造物の補強・補修マニュアル(案), 1994, 6月
- 6) 鎌田・八木：外ケーブルを用いた場所打ちT桁橋の補強(間々原高架橋), 第6回プレストレスト・コンクリートの発展に関するシンポジウム, P527~P530, 1996, 11月,

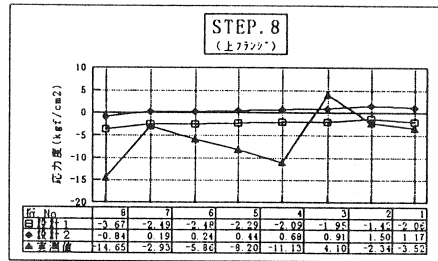


図-9 ひずみ上縁

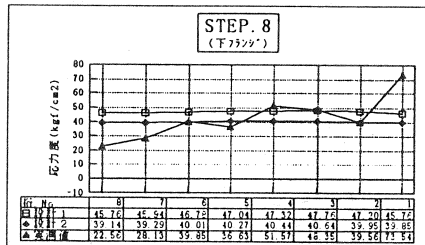


図-10 ひずみ下縁