

(85) 応力調整を用いたPRCカンチレバー橋(石の寝屋こ道橋)の設計と施工

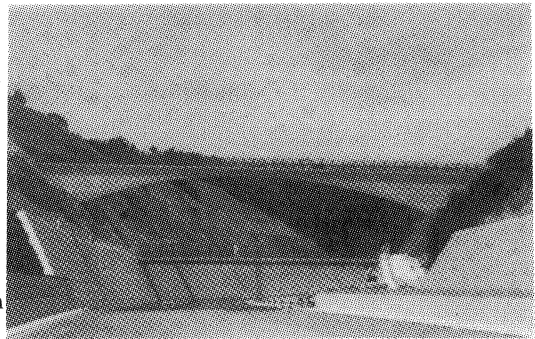
(株)熊谷組 土木本部土木技術部 正会員 ○ 脇島 秀行  
 本州四国連絡橋公団 第一建設局 川戸 彰  
 同 上 大川 宗男

1. はじめに

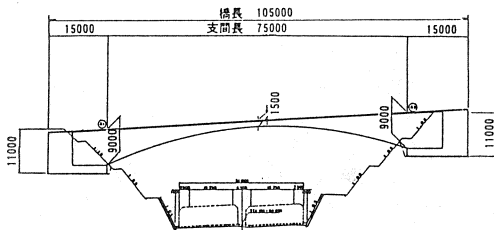
石の寝屋こ道橋は、神戸～鳴門ルートの特設海峡大橋を渡り、淡路島側の最初のオーバーブリッジである。このため淡路島へのゲートというモニュメント性を強く考慮して中央剛結構造のPRC単径間ラーメン橋が採用された。中央剛結構造とした場合、閉合後に過大な不静定力が発生するため、従来は中央ヒンジ構造として不静定力の発生を抑制することが通例であったが、長期に渡るたわみの進行、漏水等により美観上の問題が発生していた。このため本橋は中央剛結構造として、これらの問題の解決を図るとともに、設計上不経済にならないようにPRC構造を選定し、主桁応力調整工を採用した。その結果、設計どおりの主桁応力改善効果が確認され、設計と施工の妥当性が確認できた。本報文は応力調整の計画と実施結果を中心に報告するものである。

2. 橋梁概要

本橋の橋梁諸元は以下のとおりである。  
 発注者：本州四国連絡橋公団第一建設局  
 工事名：石の寝屋こ道橋他PC2橋上部工工事  
 (岩屋西工事)  
 工事場所：兵庫県津名郡淡路町岩屋地区  
 橋梁形式：PRC単径間ラーメン1室箱桁橋  
 設計荷重：群集荷重 350 kgf/m<sup>2</sup>  
 橋長：105 m、支間長：75 m、有効幅員：3.0 m



写真一 完成写真



図一 全体一般図

表一 主要数量

|   |                     |
|---|---------------------|
| コンクリート ( $\sigma_{ck}=400\text{kgf/cm}^2$ ) | 570 m <sup>3</sup>  |
| コンクリート ( $\sigma_{ck}=240\text{kgf/cm}^2$ ) | 1497 m <sup>3</sup> |
| デビダーク鋼棒 $\phi 32$ (SBPR930/1180)            | 13 t                |
| 鉄筋(SD345)                                   | 75 t                |
| SEEタイアルカー (F-360)                           | 252 t               |

3. 設計

3.1 設計方針

- 1)本橋は小幅員のため主方向はPRC設計法、横方向についてはRC設計法とする。
- 2)橋台底面の地盤反力度を均一にするために橋台後部にPCアンカーを設置する。
- 3)不静定力の低減・断面力の改善を目的に閉合直前に応力調整を実施する。

3.2 主方向の設計 (PRC構造)

本橋の主方向の設計は基本設計の段階からPRC構造であった。詳細設計では、この設計思想を受け継ぎ、架設期の主桁の設計では、主桁付け根上縁の曲げ引張応力度が  $10\text{kgf/cm}^2$  以内になることを目標にPC鋼材量を決定した。また、完成系移行前に実施する応力調整(詳細後述)によって中央閉合部にもプレストレス

の導入を図ることにより、図-2に示すようにフルプレストレス構造(PC設計)と比較して主桁付け根断面ではPC鋼棒本数を68本から34本に、支間中央断面では68本を0本とすることができた。

### 3.3 応力調整の設計

応力調整は過去に数例の実施例(祖山橋<sup>1)</sup>、笠松橋<sup>2)</sup>、阪高池田工区<sup>3)</sup>)があるが、いずれも下部工の断面力を低減する目的で実施された。

本橋は、下部工だけでなく上部工の断面力を改善する設計法を取り入れた。応力調整の目的は、①片持ち張出し架設中に発生する断面力および構造系完成後に発生する不静定力の合力を低減させるために主桁橋軸方向に軸力を加え、架設中に発生した過大な断面力を低減する、②連続ケーブルをなくし、プレストレス2次力を低減する2点である。

施工は中央閉合部未打設区間2mの空間に1000tf油圧ジャッキを2台並列に配置し、橋軸方向に軸力を導入するものである。導入力決定に当たり、

- ①閉合部断面に配置可能な油圧ジャッキによる制約
- ②支間中央下縁の曲げひびわれ幅を許容値以下とする
- ③下部工の安定

を考慮して、設計導入力1500tfを決定した。

図-3に架設系・完成系の断面力変化図を示す。応力調整によって主桁付け根には正の曲げモーメントが作用し、片持ち張出し架設によって発生した主桁付け根の負の曲げモーメントを低減することができる。

## 4. 施工

### 4.1 主桁張出し工

橋台頭部完成後、橋台の埋戻しを先行して行い、完了後中型ワーゲン(200tfm)の組立を行った。張出しは、片側8ブロック毎の計16ブロックの施工であった。(写真-2)

PRC構造の場合、上げ越し管理は通常のPC構造と比べて、プレストレス量が少ないことや、鉄筋拘束等の影響で計画値と異なることも予想されたが、各施工段階ごとの材令に応じたクリープ係数を用いて上げ越し計算を行った結果、十分な精度で管理することができた。

### 4.2 中央閉合工

張出し完了後、ワーゲンの解体を行い吊支保工を組立てた。閉合部4mのうち応力調整の反力用に1mづつ隔壁を先行して打設し、残りの2mの間に応力調整用の油圧ジャッキを設置・調整後、ジャッキによる軸力を作用させたまま鉄筋・型枠を組立て、コンクリートを打設した。コンクリート硬化後の乾燥収縮により後打ちした新コンクリートと旧コンクリートとの間に空隙が生じ、導入した軸力が低下することが予想されたため、コンクリート打設開始時間を早朝とし気温上昇とともに旧コンクリートが熱膨張することを利用して導入力低下を防いだ。

### 4.3 応力調整工

応力調整には図-5に示すように1000tf油圧ジャッキを2台使用した。また、ジャッキ背面には支圧壁に

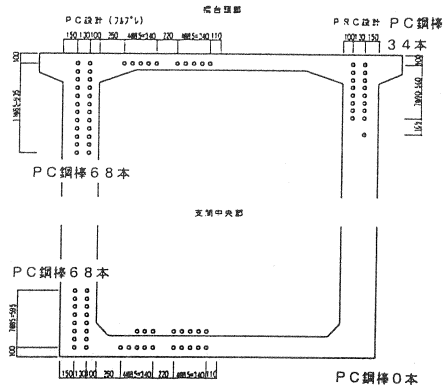


図-2 PC鋼材量の比較

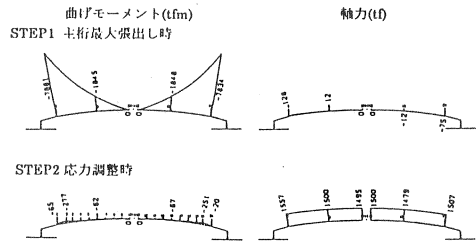


図-3 断面力変化図

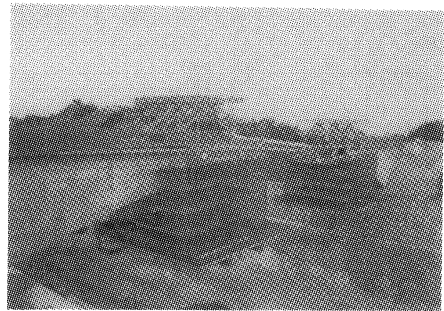


写真-2 張出し施工状況

均等に軸力が作用するように反力梁を設置した。(写真-3) 施工管理フローを図-5に示すが、軸力の導入は連動型電動ポンプを用いて設計導入力 1500tf に対して 100 tf 毎、段階的に行った。

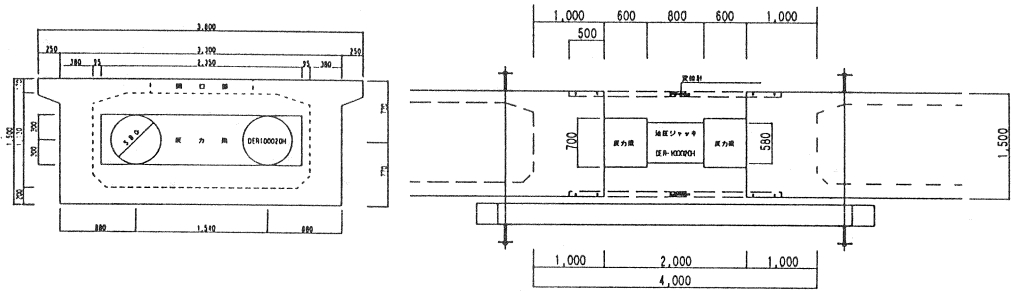


図-4 油圧ジャッキ配置図

1) 施工管理

応力調整導入力は完成系の応力状態に影響をおよぼすために主桁のコンクリート応力状態および主桁の変形状態を常時計測する必要があり、以下の管理を実施した。

- ①主桁付け根にコンクリート有効応力計、熱電対を設置し、実導入コンクリート応力度を測定した。
- ②主桁の鉛直変位は主桁先端部の高さをレベル測量する。
- ③主桁の水平変位は左右の開きがアンバランスになると主桁付け根にねじりモーメントが生じることとなるため、箱桁断面の四隅に伸縮計を設置し、開き誤差を計測した。

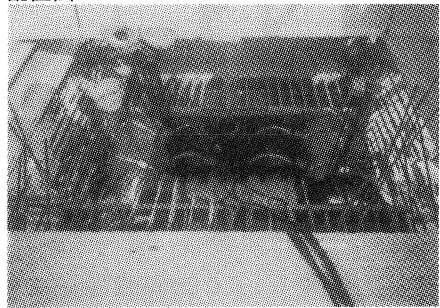


写真-3 応力調整用ジャッキ

2) 仮応力調整

本応力調整(予定導入力 1500tf)に先立ち、応力調整力とコンクリート応力変化および主桁の変形関係が設計値と一致するか否かを確認するために仮応力調整を行った。

仮応力調整とは、比較的低ジャッキ力(1000 tf)で載荷・除荷を段階的に繰り返し、実測値が設計値と一致するか否か確認を行い、またその関係から最終応力調整力、最終コンクリート応力度、および最終変形量を予想するものである。

その結果、仮応力調整(1000tf)の段階で設計値と近似した計測値が得られた。

3) 本応力調整

本応力調整のコンクリート応力度(A1側)の計測結果を図-6に、鉛直変位を図-7に、また水平変位を図-8に示す。その結果、設計値とほぼ一致した変化を示し、表-2に示すように最終導入力 1500tf 時に施工管理値内に収束し、全ての計測管理項目において施工管理値を満足した。また、仮応力調整およびその結果からの予測値の妥当性が確認でき、本橋の設計思想に対する裏付けも確認することができた。

4) 再応力調整

応力調整完了後、閉合部(2m)の鉄筋を機械式継手を用いて接続し、型枠組立後コンクリートを打設する。しかしながら、この間に導入軸力が減少したために純油圧口

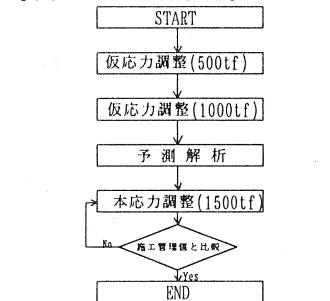


図-5 施工管理フロー

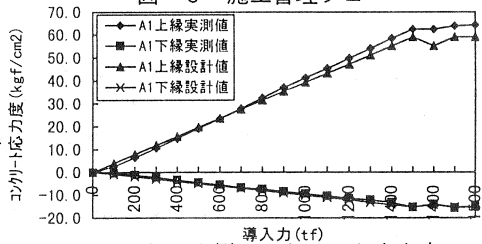


図-6 A1側コンクリート応力度

表-2 施工管理値と最終計測値

|        | コンクリート応力度                 |                           | 鉛直変位/水平変位 |      |
|--------|---------------------------|---------------------------|-----------|------|
|        | 上線<br>kgf/cm <sup>2</sup> | 下線<br>kgf/cm <sup>2</sup> | mm        | mm   |
| A1側計測値 | 64.3                      | -15.2                     | 46        | 18.1 |
| A2側計測値 | 61.3                      | -15.1                     | 46        | 18.1 |
| 施工管理値  | 64.3~56.8                 | -16.6~-14.7               | 45        | 18.2 |

量を算出し(約150 tf)、コンクリート打設直前に純油圧ロス分の再応力調整を実施して、コンクリート打設した。

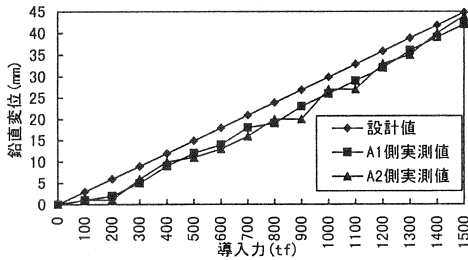


図-7 主桁鉛直変位図

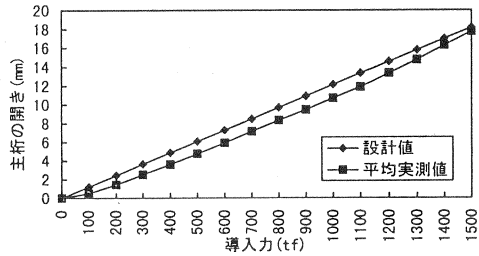


図-8 主桁水平変位図

### 5. 長期計測

クリープ・乾燥収縮の進行にともなって導入した軸力は徐々に減少していくため、設計上クリティカルとなっているクリープ終了時の「死荷重+活荷重+温度変化(一)+温度差」の応力状態を推定・確認することを目的に長期計測を行った。長期計測の目安はクリープ・乾燥収縮が7割程度進行する100日間程度とし、その結果から将来予想を実施した。

応力調整後の計測は1回/週を原則に実施した。図-9に応力調整後約5ヶ月間(150日)の主桁付け根におけるコンクリート応力度変化および曲線回帰分析の回帰式をもとにしたクリープ終了時におけるコンクリート応力度の予想値を示す。その結果、応力調整後150日間のコンクリート応力度は設計値と同傾向で推移している。また、その後の将来予想も同傾向を示しており、設計と近似した応力変化が進行しているものと考えられる。

### 6. おわりに

石の寝屋こ道橋の設計と施工についてP R C構造と応力調整を中心に紹介した。

本橋は、単径間ラーメン橋を剛構造としたために発生する不静定力をP R C構造・応力調整の採用によって低減に努めた。また、応力調整は過去の施工事例を踏まえて満足いく結果を得ることができた。今後、この種の小規模な橋梁を対象とすれば応力調整工法は断面力改善に有効な工法であると考えられる。

淡路島へのゲートとなる石の寝屋こ道橋は規模は小さいながらも、前述したような工夫をほどこし設計・施工にあたった。今後の同形式の橋梁設計・施工に参考になれば幸いである。

最後に設計・施工にあたり、御指導御尽力を頂いた関係各位の皆様にご誌上をかりて感謝の意を表します。

### 参考文献

- 1)徳能達雄他:「祖山橋の設計と施工」、プレストレストコンクリート Vol.32, No.1、社団法人プレストレストコンクリート協会, P6~20
- 2)脇島秀行他:「笠松橋の設計と施工」、熊谷組施工技术報告「槌音」第1号
- 3)前川順道他:「水平反力調整を用いた連続ラーメン橋の設計概要」、プレストレストコンクリート Vol.37, No.3、社団法人プレストレストコンクリート協会, P44~53

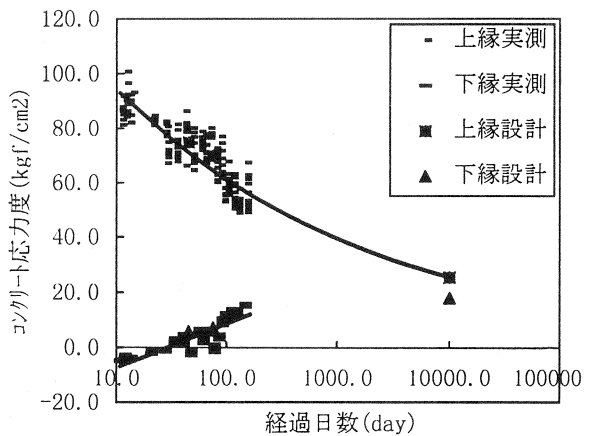


図-9 A1側コンクリート応力度