

## 高強度コンクリート ( $\sigma_{ck}=60\text{N/mm}^2$ ) と外ケーブルを用いた押し出し施工 (榛名10号橋)

群馬県西部農業総合事務所農村整備部農道整備課

諸田 正喜

群馬県農政部農村整備課

綾部 賢二

(株)ピー・エス 東京支店

正会員 荒川 直樹

//

正会員 ○栗田 朋樹

### 1. はじめに

本橋梁は、群馬県の鳴沢湖より上流1km地点に位置し、深さ45mの谷を跨ぐ橋長180.9mの4径間連続PC箱桁橋である。施工方法は押し出し施工であるが、高強度コンクリート ( $60\text{N/mm}^2$ ) と外ケーブルの採用により、ウェブ厚を薄くすることが可能 (ウェブ厚25cm) となり、PC鋼材の減少、下部工への負担の軽減等を図っている。押し出し施工の実績は国内外に多数あり、施工方法としては確立しているが、主桁が随時支点上を通過しウェブに大きなせん断力を受けること、ウェブ厚25cmと薄いことから、施工時の安全性を確認するため、ひずみゲージにより押し出し施工時の主桁応力を計測した。沓は、滑り沓を兼用した反力分散沓である。ここでは、高強度コンクリートの施工、計測結果について報告する。写真-1に施工状況を示す。

### 2. 榛名10号橋の概要

- ・工事名：県営広域営農団地農道整備事業榛名南麓10号橋上部工工事
- ・工事箇所：群馬県群馬郡箕郷町大字富岡地内
- ・発注者：群馬県高崎土地改良事務所 (現：群馬県西部農業総合事務所)
- ・施工者：(株)ピー・エス、高橋建設(株)榛名南麓地区10号橋上部工工事特定建設工事共同企業体
- ・工期：平成11年10月19日～平成13年3月20日
- ・構造形式：4径間連続ポステンション1室箱桁橋
- ・橋長：180.900m ・支間長：41.600m+48.000m+48.000m+41.600m
- ・幅員：車道部6.500m 歩道部2.500m 全幅10.000m
- ・活荷重：B活荷重 ・縦断勾配： $i=2.12\%$  ・斜角： $90^{\circ}00'00''$

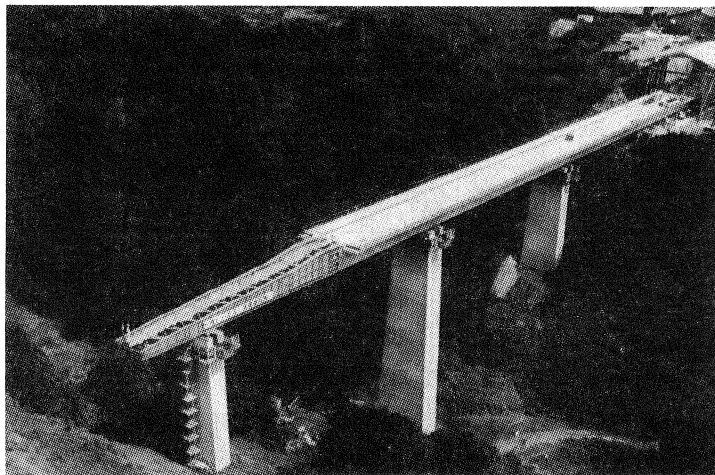


写真-1 施工状況

構造一般図を図-1に、主要材料数量を表-1に示す。

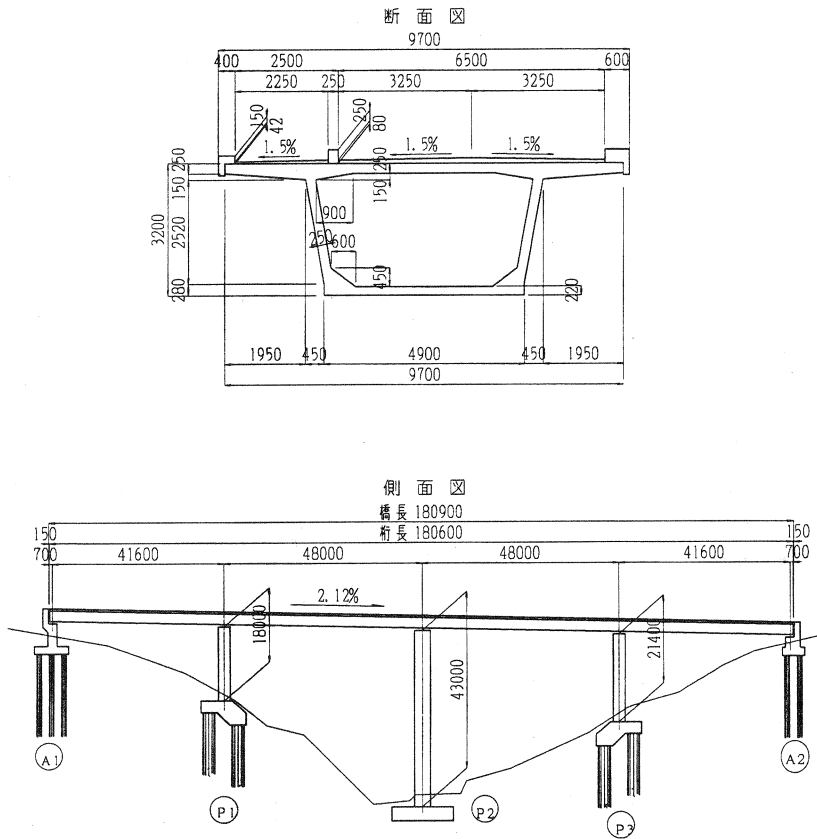


図-1 構造一般図

表-1 主要材料数量

| 種 別     | 仕 様                            |       |         | 単 位            | 数 量    | 備 考  |        |
|---------|--------------------------------|-------|---------|----------------|--------|------|--------|
| コンクリート  | $\sigma'_{ck}=60\text{N/mm}^2$ |       |         | m <sup>3</sup> | 1282.6 |      |        |
| 鉄 筋     | SD295A                         |       |         | t              | 229.8  |      |        |
| P C 鋼 材 | 本設ケーブル                         | 内ケーブル | 連結ケーブル  | F-270          | t      | 8.5  | SEEE工法 |
|         |                                |       | 床版内ケーブル | 12S12.7        | t      | 10.5 |        |
|         |                                | 外ケーブル | 19S15.2 | t              | 16.0   |      |        |
|         | 架設ケーブル                         | 外ケーブル | 19S15.2 | t              | 22.3   |      |        |

### 3. 高強度コンクリートの施工

#### 3. 1 コンクリートの製造

高強度コンクリートの配合において通常配合の他に、夏期における構造体のひび割れ防止を考慮した単位セメント量の修正、およびコンクリート温度の上昇に伴うスランプの経時変化への対応として、流動性の保持に優れている高性能AE減水剤について検討を行った。その結果、単位セメント量については、50 kg/m<sup>3</sup>と決定し、高性能減水剤については、より流動性に優れたものに変更した。

コンクリートの製造におけるミキサーは、容量 2m<sup>3</sup>の二軸強制練りミキサーを使用し、通常の練り混ぜ時

間は材料投入後40秒後であが、本橋の高強度コンクリートについては、予め実際のプラント機による試し練りを行い、材料投入後90秒間練り混ぜることとした。

施工前に実際の現場施工を想定した供試体を製作し、打設試験を行った。打設試験では以下の項目について確認を行った。

- ①実際のプラント、生コン車、ポンプ車を使用した、練り量、練り時間、運搬等によるスランプの経時変化の測定と確認。
- ②主桁ウェブ厚25cmを想定した鉄筋、型枠内へのコンクリート打ち込み、締め固め、表面仕上げ等の施工性の確認。

以上の打設試験より、現配合での打設が可能と判断した。

### 3. 2 コンクリートの施工

本橋梁は経済性・現場条件等を考慮し主桁を15ブロックに分けて順次押出しを行った。1ブロック長は約12mで、1回あたりのコンクリート打設量は70~110m<sup>3</sup>である。打設方法は1回あたりの打設量や施工性を考慮して、ブーム式のポンプ車とした。高強度で高粘性のコンクリートであるため、ポンプ車の吐出圧力は過去の実績により最大4~10MPa程度と予想され、超高圧仕様のポンプ車を使用した。表-2にポンプ車の性能を示す。

表-2 ポンプ車の性能

|          |                     |
|----------|---------------------|
| 最大吐出圧力   | 11.9MPa             |
| 最大吐出量    | 51m <sup>3</sup> /h |
| ブーム最大長さ  | 17.5m               |
| ブーム最大地上高 | 20.7m               |

ウェブ厚が25cmと非常に狭い中を打設するために、100×100の角パイプを加工したトレミー管を使用し、コンクリート落下高を小さく抑え材料分離を少なくすることと一定の打設速度を確保することができた。コンクリートの平均打設速度は下床版・ウェブ部で15m<sup>3</sup>/h、上床版部で25m<sup>3</sup>/hであり、1ブロック(平均体積V=80m<sup>3</sup>)あたり打設時間は5時間であった。型枠は、ウェブ内の確実な打設を行うため、打ち込み状況が確認できる半透明型枠を使用した。バイブレーターは、粘性が非常に大きいためφ60mmの棒状高周波バイブレーターと型枠バイブレーターを併用した。コンクリートの養生は、表面仕上げ時に浸透式の皮膜養生剤を散布し、その後の散水養生時には養生マット、スプリンクラーを使用し十分に湿潤状態を保った。

## 4. 押出し施工

### 4. 1 押出し装置

本橋梁で採用した押出し工法は、TL押出し工法である。押出し装置は、押出し用ジャッキ、油圧ポンプ、反力台、引張鋼材、ブラケットから構成され、A2橋台前面に押出し用ジャッキおよび反力台を設置した(写真-2)。押出し用ジャッキは、200tジャッキを2台使用した。ブラケットは、各ブロックの下床版に取り付けた(写真-3)。押出し完了約25m手前からは、後方ブラケットとした。

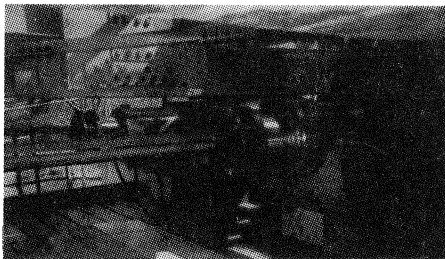


写真-2 押出し用ジャッキ

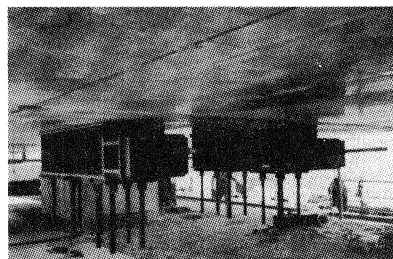


写真-3 ブラケット

#### 4. 2 押し出し施工

押し出し施工手順を図-2 に、押し出し施工段階を図-3 に示す。工程は、隔壁、横桁、外ケーブル配置の有無により変化しており1ブロックの施工日数は、平均12日(稼働率考慮せず)となった。

P2橋脚高は 43.0mあり、滑り沓の摩擦による脚の変形が予想された。13ブロック、14ブロック施工後の押し出し推力が計算上大きくなるためこの時のP2橋脚の変形をリアルタイムに測定しながら押し出しを行った。測定には光波を使用した。ターゲットをP2橋脚上に置き、測定器をA2橋台背面に据えた。測定のポイントはブロック押し出しの最初の2回と3.0m 毎とした。P2橋脚の水平変位は、ジャッキのストローク250mm に対して、最大20mmとなったが、P2橋脚の抵抗モーメントに対する橋脚先端変位は計算上 114mmであり、特にP2橋脚の補強は行わなかった。

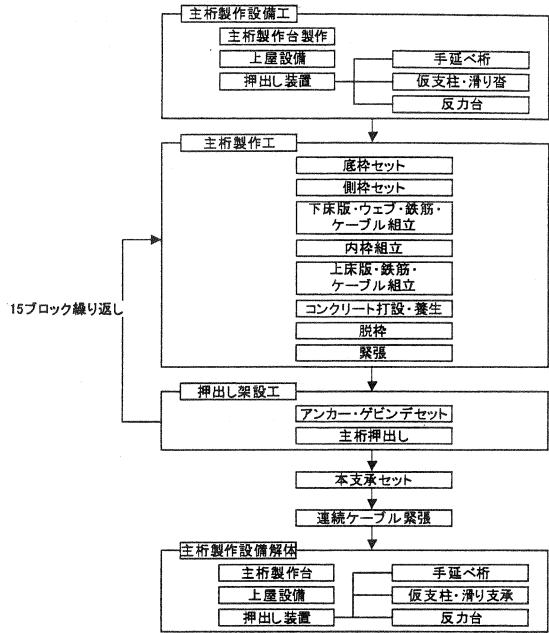


図-2 押し出し施工手順

#### 5. 外ケーブル

架設ケーブルを外ケーブルとすることで、完成後に架設ケーブルを解放・撤去することができ、P C鋼材量が減少し経済的に有利となっている。本設の外ケーブルは亜鉛メッキ、グリース、PE被覆を施し、架設の外ケーブルは裸線のまま使用した。本設ケーブル定着鋼管部はPE被覆をせず、鋼管内部にグリースを注入した。図-4 に外ケーブル配置を示す。

写真-4 に外ケーブル緊張ジャッキと外ケーブル配置を示す。A1、A2橋台には、ケーブルの交換および再緊張のため管理室を設けてある。架設ケーブルの撤去は、解放専用ジャッキ 22t 用でP C鋼より線を1本づつ解放した。

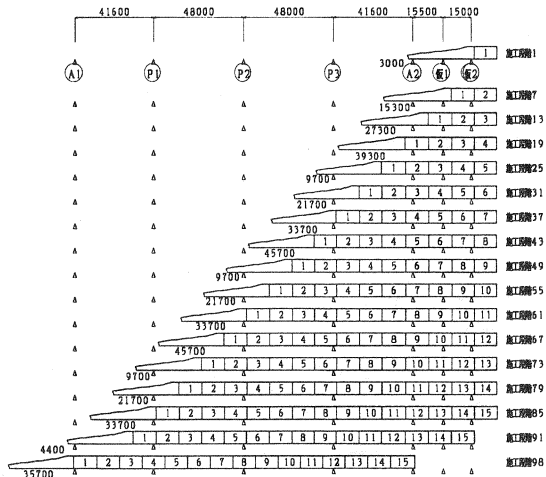


図-3 押し出し施工段階

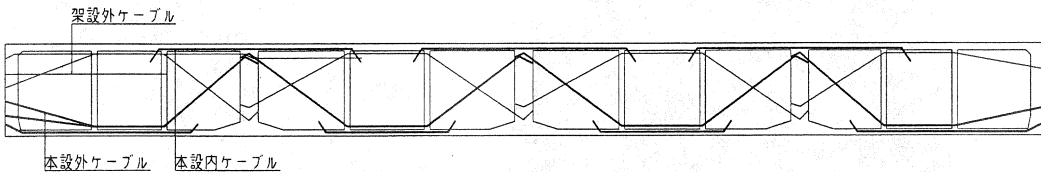


図-4 P C鋼材配置図

## 6. 反力分散支承

支承には、反力分散型ゴム支承を採用し、地震時の水平力を不等橋脚高の各橋脚に分散し、橋脚形状の均等化と耐震安定性の向上を図っている。反力分散型ゴム支承は、押し出し施工時の滑り支承を兼ねた横方向移動可能な構造としている(図-5)。押し出し施工時は、主桁ウェブ直下に滑り支承を配置し、押し出し終了時(完成時)には所定の位置に横移動した。

支承は滑り支承を兼ねているため、押し出し滑りプレートを取り外す必要があり、各支点到200tジャッキ6台を設置し、主桁を最大29mmジャッキダウンした。この作業はA1橋台支点から順次A2橋台に向かって行った。ジャッキダウンによる主桁応力度は、P1橋脚上でのジャッキダウン時が最大となったが、ジャッキダウンと主桁死荷重時の合成応力度には、引張応力度は発生しなかった。

ゴムのセットは、ボルト接合と溶接を行い、杓の接合と架設ケーブルの解放の順序は、主桁のジャッキダウン→架設ケーブル解放→杓の接合とした。

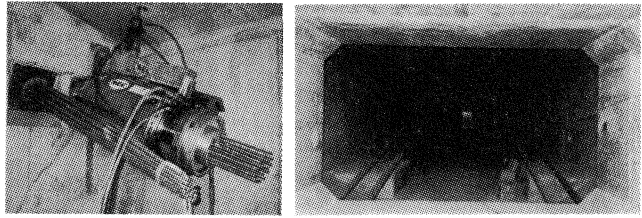


写真-4 外ケーブル緊張ジャッキと外ケーブル配置

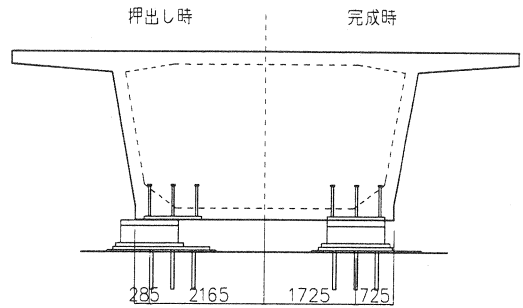


図-5 反力分散支承

## 7. 押し出し施工時計測について

### 7. 1 計測の目的

本橋梁は、外ケーブル、高強度コンクリート(60N/mm<sup>2</sup>)、ウェブ厚25cmの採用により、押し出し法の経済性・合理性をはかっている。しかし、これらの技術を組み合わせた押し出し施工の実績は過去にないことから、施工面での安全を確認するために、主桁応力度の計測を行った。

### 7. 2 計測断面の決定

計算結果および施工段階を考慮して、ウェブ厚25cmの区間で、最も早く大きなせん断力を受ける位置を計測断面とした。A1桁端側のウェブ厚変化点(8断面)、完成時においてP1支点となる、4ブロック上の25断面、30断面、34断面のウェブ内側、桁上縁、下縁を計測位置とした。各検討断面の位置、および計測位置を図-6に示す。

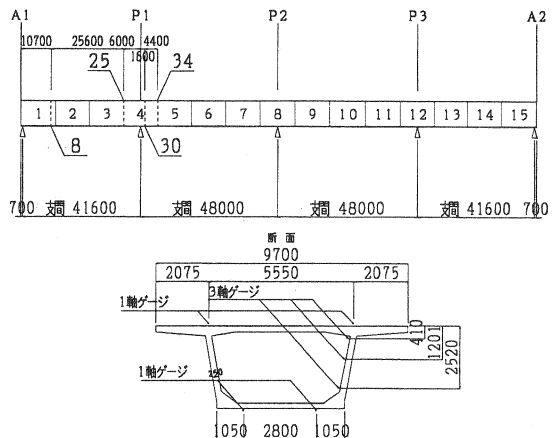


図-6 計測位置

### 7. 3 計測方法

計測は、せん断力については3軸ゲージにより、主引張応力度および主圧縮応力度を計測した。曲げについては単軸ゲージにより、軸応力度を確認した。

### 7. 4 計測結果とまとめ

計測は4ブロック押出時から行った。12.0mのブロック長に対して、0.5m押し出す毎に測定した。

計測は施工期間中継続して行う必要があるが、連続した長期計測は雷等により損傷する可能性があるため、ブロック押出し時のみとした。ブロック押出し毎にリセットをし、そのブロックの増幅応力度としてデータを保存した。計測値はブロック押出し前にリセットを掛けるため、プレストレス、クリープ乾燥収縮の影響は考慮できないので、実際に計測される値は主桁自重による応力(構造系変化)のみである。図-7に8断面の主桁上縁、下縁の軸応力度の推移を、図-8に主引張応力度の推移を示す。グラフは、8断面が最も大きなせん断力を受ける8ブロック押出し(施工段階43)以降を示す。各グラフの値は、施工段階43を応力ゼロとし、以後の応力変化量を累計したものである。したがって、実際の主桁に生じている応力とは異なる。

曲げ応力度、主引張応力度ともに計測値と計算値の動きは同様である。施工段階43と67の直後に、計測値に大きな変化が生じているのは、手延べが橋脚上の滑り支承に乗り上げるときに手延べの高さを合わせるために、先端をジャッキで押し上げたことによるものである。計測値の応力の変化は滑らかに推移しており、押し出し施工が異常なく安全に行われたことを示している。

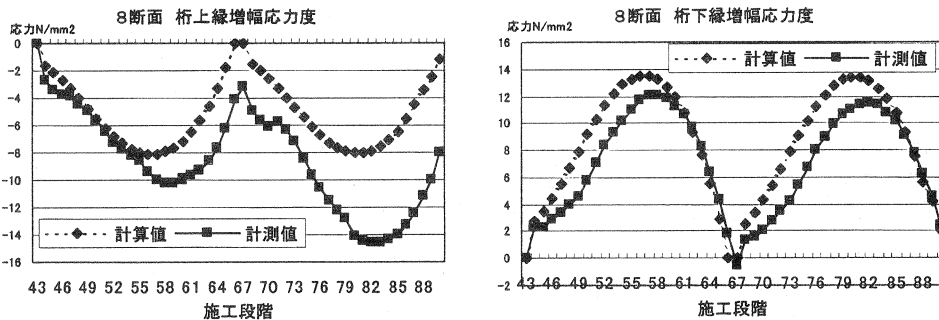


図-7 曲げ応力度の推移

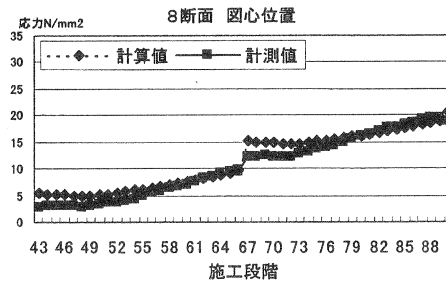


図-8 主引張応力度の推移

### 謝辞

本橋は、2000年10月26日に無事押し出し架設を終えた。本工事にあたっての施工に関して、多大なるご指導、ご尽力を頂いた関係各位に心から感謝の意を表します。