

(9) 第2千曲川橋りょう (下路桁ラーメン橋部) の設計と施工

日本鉄道建設公団 上田鉄道建設所  
 (株) 千代田コンサルタント  
 住友建設(株) 東京支店  
 住友建設(株) 土木設計部

梅田 孝之  
 野口 照夫  
 山崎 斉  
 正会員 ○ 藤坂 賢治

1. はじめに

下路桁橋は、鉄道橋でしばしば採用されている構造形式であるが、本橋は過去に例を見ない大規模なものである。橋長95m(48m+47m)、幅員12.8mで総コンクリート数量2,065m<sup>3</sup>である。また下路桁は単純桁橋が一般的であるが、本橋は2径間の連続ラーメン橋である。このため、設計では主桁部材(ウェブ・スラブ)から中間橋脚への応力の伝達を把握し構造解析に反映することが重要であった。本稿では、柱頭部の解析手法と、施工の概要について報告する。

2. 橋梁概要

|       |               |
|-------|---------------|
| 橋長    | 95.0m         |
| 幅員    | 12.8m         |
| 平面線形  | 緩和曲線(R=3500m) |
| 縦断勾配  | 0.9%          |
| 軌道構造  | スラブ軌道         |
| 上部工形式 | 2径間連続下路桁ラーメン橋 |
| 下部工形式 | RC柱式橋脚        |
| 基礎工形式 | 大口径深礎         |

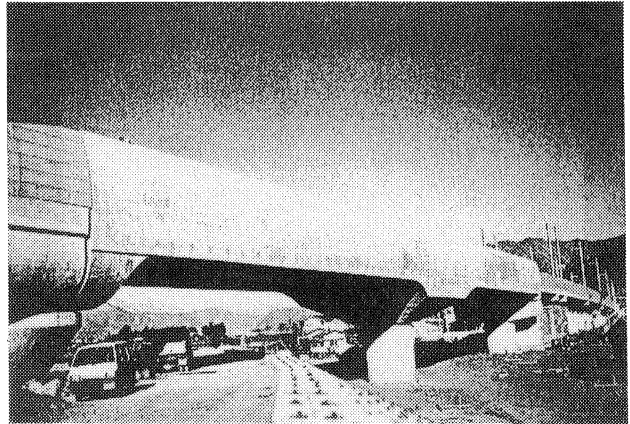


写真-1 全景

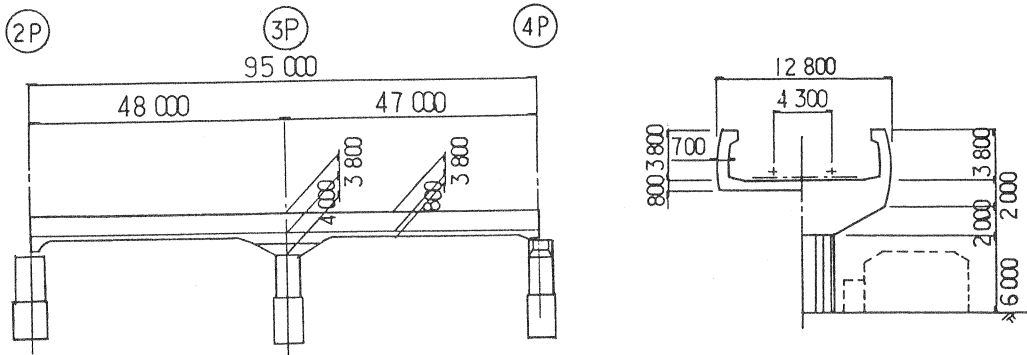


図-1 2径間連続下路桁ラーメン橋 一般図

### 3. 柱頭部の解析

#### 3-1 目的

下路桁断面は、一般的にウェブとスラブで構成されている。単純桁橋の場合は、スラブは橋軸直角方向に荷重を支え、ウェブは橋軸方向の曲げモーメントとせん断力に対する抵抗部材となる。また、連続桁橋の場合も中間橋脚のウェブ直下に脊が配置されているので、単純桁と同様な荷重の伝達がなされる。このような構造であれば、通常の棒解析による断面の照査で充分であると思われる。

本橋は桁下空間が制限されているため、主桁は中間橋脚 (φ4.5m) と剛結されている。したがって、上記の解析では不十分となる。そこで、柱頭部付近における主桁から橋脚への力の流れを明確にするために、ソリッド要素をもちいた立体FEM解析を行った。また、実際の設計計算に用いる立体骨組みモデルの妥当性を検証するために、立体FEM解析との比較を行った。

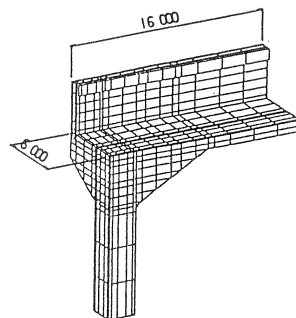


図-2 立体FEMモデル

#### 3-2 モデル及び荷重ケース

立体FEMモデル (図-2) は、スパン16mの片持ち状態 (柱頭部から完成系における曲げモーメントの交番点を先端とする) とした。立体骨組みモデルは (図-3) に示す。

荷重は以下の5ケースである。CASE3~5では、ウェブ及びスラブに導入されたプレストレスにより生じるコンクリート応力度が断面の変化に伴いどのように変化するかを把握し、設計計算時に立体骨組み解析でのプレストレス応力の評価方法を検討した。

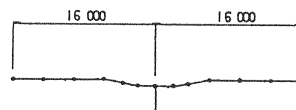
CASE1 自重

CASE2 先端集中荷重

CASE3 プレストレス (ウェブ)

CASE4 プレストレス (スラブ)

CASE5 プレストレス (ウェブ) 先端部に支点設置



仮想主桁 ウェブ G1, G7  
スラブ G2~G6

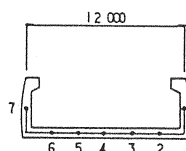


図-3 立体骨組みモデル

#### 3-3 自重及び集中荷重について (CASE1, 2)

自重による曲げ応力度の比較を図4, 5に示す。ウェブの曲げ応力度は、柱頭部に近くなると頭打ちになり、逆に減少していく傾向にある。スラブには断面変化前から曲げ応力度が生じ、変化点を境に多少減少しながらも曲げモーメントを負担している。両モデルの比較より、この立体骨組みモデルの妥当性が検証できた。

また、せん断力に対する検討においては、立体骨組みの仮想主桁 (G1~G7桁) 毎に算出したせん断力をウェブとスラブに分けて行えばよいことがわかった。ウェブ・スラブ・棒解析での自重によるせん断力の比較を (図-6) に示す。

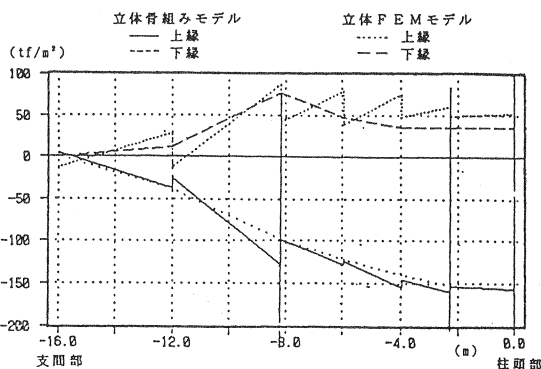


図-4 自重による応力度 (G1桁)

3-4 プレストレス荷重について (CASE3~5)

図-7, 8に、CASE3のプレストレス (ウェブ) による応力を立体骨組みモデルとFEM解析とで比較する。立体FEMより得られた断面力から応力度を算出する時、ウェブ (G1桁) とスラブ (G2~G6桁) で別々に行った。床版厚変化点で誤差はあるものの、FEM解析結果と良い精度で一致している。CASE4, 5も同様の結果が得られた。

3-5 解析結果の設計計算への反映

上記の解析結果より設計計算においては、標準部と柱頭部近傍の設計方法・照査断面力を変えて全体系としての安全度及びウェブ・スラブ各々の安全度を確保した。

- 1) 断面力は立体骨組みモデルにより算出する。
- 2) 曲げに対する検討では、全断面 (ウェブ+スラブ) で計算しP C鋼材の配置をウェブとスラブに分散する。
- 3) せん断及びねじりに対する検討 (標準部) では、せん断力をウェブのみで負担し、ねじりモーメントは全断面有効とする。
- 4) せん断及びねじりに対する検討 (柱頭部) では、ウェブとスラブで分けて設計を行う。

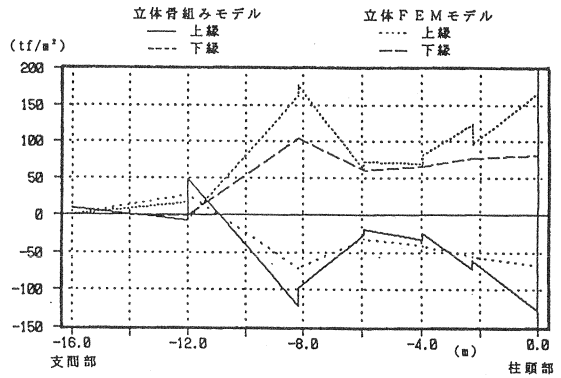


図-5 自重による応力度 (G3桁)

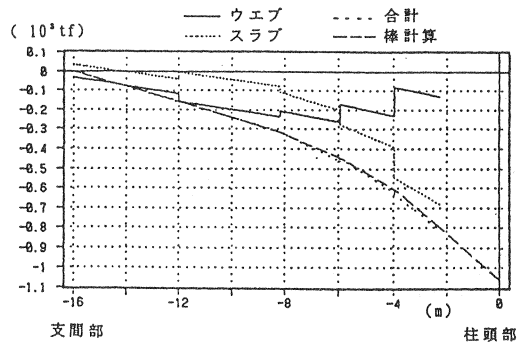


図-6 せん断力の分担 (自重)

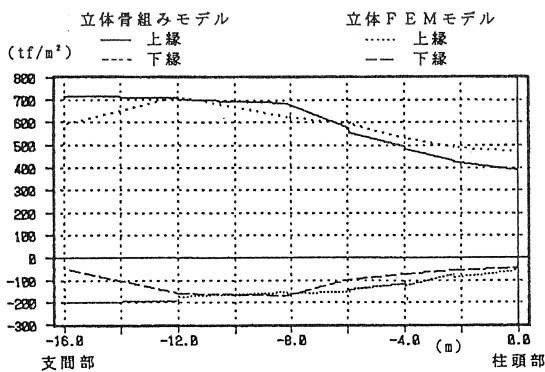


図-7 プレストレス (ウェブ) による応力度 (G1桁)

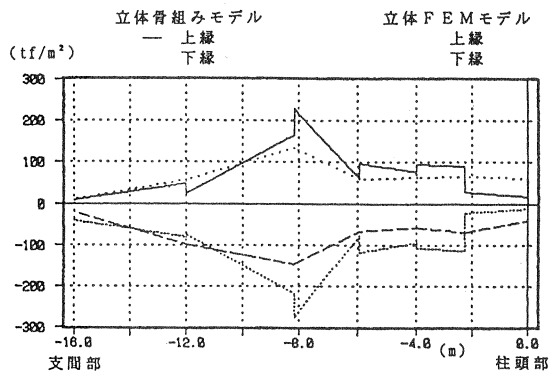


図-8 プレストレス (ウェブ) による応力度 (G2~G6合計)

4. 施工

4-1 全体工程及び打設ブロック割り

上部工の実施工程を図-9に、主要数量を表-1に示す。工事期間は、平成6年7月から7年4月の10ヶ月間であった。降雪等の影響も有り当初計画より約半月遅延した。

|          | 平成 6年 |   |   |    |    |    | 平成 7年 |   |   |   |   |
|----------|-------|---|---|----|----|----|-------|---|---|---|---|
|          | 7     | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1     | 2 | 3 | 4 |   |
| 用水路防護    | —     |   |   |    |    |    |       |   |   |   |   |
| 3P       |       |   | ① | ②  | ③④ |    |       |   |   |   |   |
| 3P~4P    |       |   |   |    |    | ⑤  | ⑥     |   |   |   |   |
| 3P~2P    |       |   |   |    |    |    |       | ⑦ | ⑧ |   |   |
| 緊張・グラウト  |       |   |   |    |    | —  |       |   |   |   |   |
| 支保工・基礎解体 |       |   |   |    |    |    |       |   |   |   | — |

表-1 主要数量

| 項目       | 規格                      | 単位             | 数量   |
|----------|-------------------------|----------------|------|
| コンクリート   | 400 kgf/cm <sup>2</sup> | m <sup>3</sup> | 2065 |
| 型枠       |                         | m <sup>2</sup> | 3078 |
| 鉄筋       | SD345                   | t              | 200  |
| PC鋼材 縦絡め | 19K15                   | t              | 46   |
| “ 横絡め    | 12V13                   | t              | 20   |

図-9 全体工程

打設ブロック割り図を図-10に示す。全体を8ロットに分割した。ウェブ高さ3.8m、スラブ厚0.8mを分けて打設し水平打継目を設けることも検討したが、せん断応力が伝達されることを考慮して、断面としては一体に打設し鉛直打継目だけを設けた。また、梁式支保工(工事中開口部)位置が限定され当初計画の打継目位置が梁の中間部となったので、後施工荷重による梁のたわみが前施工ブロックに与える影響を考慮して打継目位置を変更した。

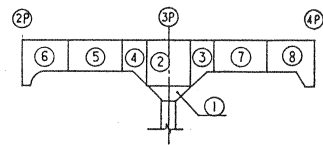


図-10 打設ブロック割り

4-2 支保型枠工・PC工

本橋のコンクリート部材高さは最大で4.6mで、荷重強度は11.5t/m<sup>2</sup>となるので、平板載荷試験により地盤強度を確認した。また、地下埋設物(用水路トンネル)に与える影響も検討し防護巻立てコンクリートを施した。ウェブの外側はR=10mの曲面なので、木製型枠とした(写真-2)。PC鋼材の緊張は、ウェブとスラブで均等にプレストレスが導入されるように緊張順序を決定した。

5. おわりに

本文では、2径間連続下路桁ラーメン橋の柱頭部の解析と施工概要について報告した。今後、同様な工事の参考になれば幸いである。また、第2千曲川橋りょう(斜張橋、下路桁橋)は、平成4年9月21日に着工し、3年6カ月後の平成8年4月4日まで39万8千時間の無事故無災害で無事竣工した。最後に、本橋の施工にあたり多大なご指導・ご協力を頂きました関係各位に深く御礼申し上げます。

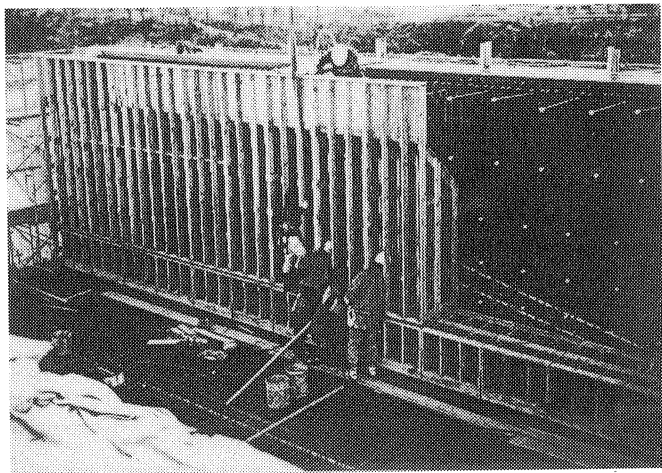


写真-2 施工状況