

(55) 胎内川橋における上面増厚と外ケーブルによる補強

新潟県新発田土木事務所 維持管理課	笹川 清栄
開発技建(株) 構造部	渡辺 英樹
(株)ピー・エス 東京支店	正会員 ○栗田 朋樹
(株)ピー・エス 北陸支店	正会員 河島 淳一

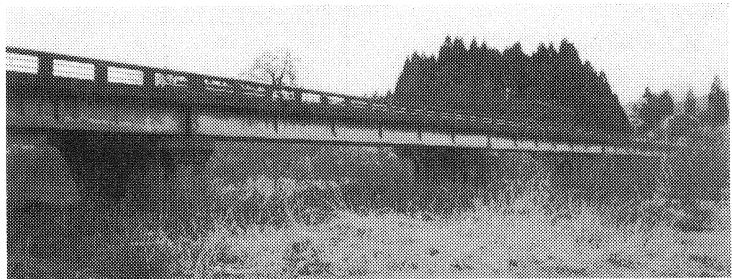
1. はじめに

胎内川橋は、新潟県北蒲原郡黒川村大字栗木野新田地内の主要地方道胎内二王子公園羽黒線の、胎内川に架かるポストテンション方式PC単純T桁橋である。昭和34年の設計で活荷重はTL-14である。本橋は床版及び主桁の耐久性、耐荷性を判定したところ、補修・補強が必要と判断された。車両大型化によるB活荷重対応とするために、既設橋に対し外ケーブルと床版上面増厚工法を併用した補強設計を行った。主桁に関しては、上面増厚による主桁有効断面の変化を考慮し外ケーブル補強をした。床版に関する上面増厚工法は、鋼橋のRC床版の補修・補強対策として多く施工されているが、本橋の場合は床版及び主桁の耐荷性を向上させるために本工法を採用した。施工は外ケーブル補強後、上面増厚を行うものとした。現在、外ケーブル補強工事は完了している。

本稿では、主に主桁の補強設計と外ケーブル補強工事の概要を報告する。今後、上面増厚の施工を計画する。

2. 工事概要

工事名：胎内二王子公園羽黒線  
地方道橋梁補修工事  
工事場所：新潟県北蒲原郡黒川村  
大字栗木野新田地内  
主桁形式：ポストテンション方式  
PC単純T桁橋



現橋全景写真

活荷重：B活荷重  
橋長：L=160.680m  
支間：5@31.400m  
有効幅員：5.5m  
主桁斜角：90°00'00"

3. 設計概要

本橋梁は、全幅6.2m、4主桁の5径間のポストテンション方式PC単純T桁橋である。主桁形状は幅500mmの下フランジが付き、横桁は、場所打ち部分が少なくなるように主桁と一体となって、主桁から張り出した形になっている。断面図および側面図を図-1、図-2に示す。

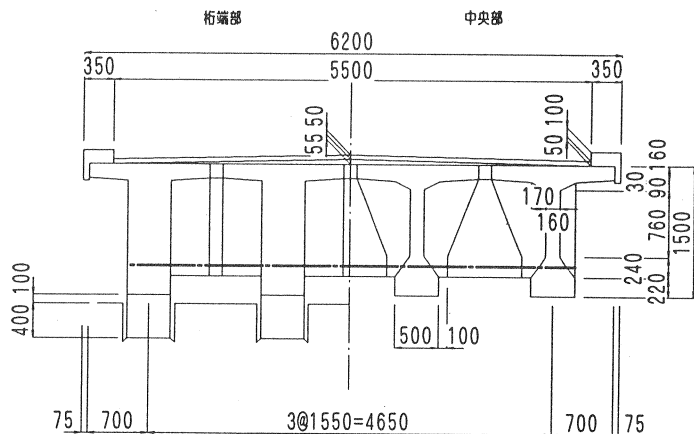


図-1 断面図(現橋)

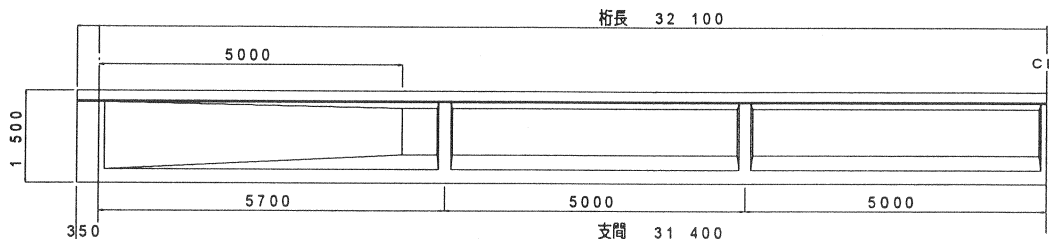


図-2 側面図(現橋)

補強設計は、活荷重TL-14による既設桁の復元設計を行い、その許容値を満たしていることを確認した後、B活荷重により照査を行った。B活荷重による検討では、主桁、床版とも許容値を満足しないため、主桁は外ケーブルで床版は上面増厚で補強することとし、主桁の断面力は、ギオン・マソナーによる版理論により算出した。

施工手順は、以下とする。

1. 外ケーブル工
2. アスファルト舗装切削工
3. コンクリート切削工
4. 鋼繊維コンクリート打設工
5. アスファルト舗装工

#### 4. 復元設計、照査設計

既設橋に対して、当時の示方書に従って復元設計を行った。復元設計の基本条件を以下に示す。

- ・コンクリートの設計基準強度  
=400 kgf/cm<sup>2</sup>
- ・コンクリートのヤング係数  
=3.5×10<sup>5</sup> kgf/cm<sup>2</sup>

- ・クリープ係数=2.0 ・乾燥収縮度=1.5×10<sup>-4</sup> ・主方向PC鋼材 12φ7 9本
- ・横方向PC鋼材 12φ5

・主桁及び横桁に関してはプレストレス導入緊張力をそれぞれ 10300 kgf/cm<sup>2</sup>、9860 kgf/cm<sup>2</sup> とした。復元設計及びB活荷重作用時の合成応力度を表-1に示す。

活荷重TL-14では床版及び、主桁の支間中央での導入時、設計荷重時の合成曲げ応力度ともフルプレストレスである。また、横桁の合成曲げ応力度についても、フルプレストレスであり許容値を満足している。B活荷重の照査では、床版に関しては、いずれの照査位置でも許容値を満足していない。中間支点部では-21.8kgf/cm<sup>2</sup>となっている。主桁は、設計荷重時下縁で-33.9 kgf/cm<sup>2</sup> となり許容値の-15 kgf/cm<sup>2</sup> に対

#### ・床版の曲げ応力度 (kgf/cm<sup>2</sup>)

	TL-14			B活荷重		
	上縁	下縁	許容値	上縁	下縁	許容値
片持床版支点部	0.5	18.3	0<σ<130	-15.6	34.4	0<σ<130
中間支点部	3.3	15.5	0<σ<130	-21.8	40.6	0<σ<130
支間中央部	24.8	4.3	0<σ<130	46.1	-17.0	0<σ<130

#### ・主桁及び横桁の合成応力度 (kgf/cm<sup>2</sup>)

	TL-14			B活荷重		
	上縁	下縁	許容値	上縁	下縁	許容値
主桁(支間中央)						
導入時	27.1	147.8	-10<σ<170	24.8	151.4	-15<σ<190
設計荷重時	93.4	12.9	0<σ<130	126.0	-33.9	-15<σ<140
横桁						
最大曲げモーメント	10.5	21.6	0<σ<110	12.2	17.4	0<σ<120
最小曲げモーメント	7.6	28.8	0<σ<110	6.5	31.6	0<σ<120

#### ・反力 (tf)

	TL-14	B活荷重
橋脚	377.6	438.4
橋台	198.5	244.7

表-1 合成応力度及び反力

して 18.9 kgf/cm<sup>2</sup> もオーバーしている。この床版及び主桁の応力度を満足させるために、床版、主桁に対して上面増厚と外ケーブルで補強設計を行う。

## 5. 補強設計

### 5.1 外ケーブルによる主桁の補強

主桁の補強では、活荷重の変更だけではなく、橋面構成の変化（地覆幅 350mm → 600mm）も考慮した。使用外ケーブルは、SEE 工法の F100T とし、主桁 1 本につき 2 本ずつ使用した。緊張方法は交互の片引き同時緊張とする。

定着部はコンクリート製とし、桁のウェブを削孔して PC 鋼棒 φ 32 を使用し緊張力を与え、摩擦により取り付ける構造を採用した。定着部の設置位置はなるべく桁端とするのが望ましいが、内ケーブルの位置や緊張スペースについて考慮する必要がある。内ケーブルは 9 本中 5 本が上縁定着され、設計段階で X 線撮影による既設橋の内ケーブル配置が確認できなかったため、定着部は内ケーブルが密になっているところを避け、削孔位置との間隔に余裕を持たせた。また定着部は主桁ウェブの拡幅区間に設けなければならないことに加えて、主桁間隔が、1.55m しかないため、定着部横締めの際の緊張スペースを確保するために、切り欠きを設けた。（図-3）

図-3からも分かるように支圧板の背面は定着部の断面が小さくなっているため、外ケーブルによる割裂力の検討を行い、補強鉄筋を配置した。

偏向装置は、施工性や構造的性等を考慮し鋼製のものを採用した。取り付け位置は 5 本の中間横桁の中央及び端部側の 3 箇所とした。現橋は、桁の反りはほとんどなく、外ケーブルによるプレストレスを効率よく導入できるように、支間中央の偏向装置は桁端よりの中間横桁に設けたものよりも 50mm 下げて偏心量を確保した。

プレストレスの算出は、① PC 鋼材のリラクセーション：5% ② 外ケーブルによる弾性変形での内ケーブルのプレストレスの減少を考慮 ③ コンクリートのクリープ、乾燥収縮の影響を無視した。

定着部および偏向部の PC 鋼材とシースの摩擦係数は、 $\mu = 0.15$ （偏向部にテフロンシートを使用する） $\lambda = 0.0$  とする。

設計では、定着部と主桁間の摩擦係数は、 $\mu = 0.5$  とし安全率  $F = 2.0$  以上を確保するため、定着部の形状、使用 PC 鋼棒本数を決定した。外ケーブルの配置を図-4 に示す。

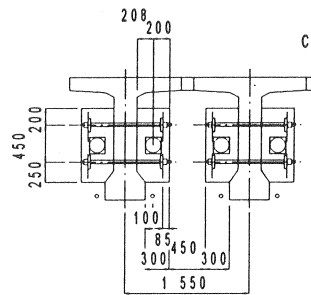
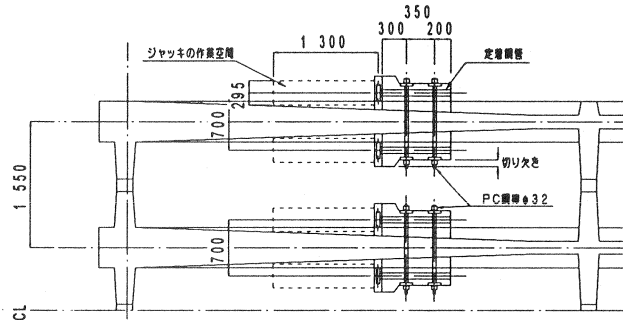


図-3 定着体

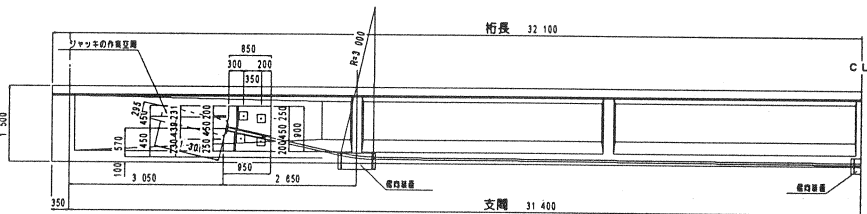


図-4 外ケーブル配置図

### 5.2 上面増厚による床版の補強 (設計)

本橋では、上面増厚工法による補強工事はまだ行っていないが、ここでは上面増厚工法の概要と、設計について記す。

上面増厚工法は冒頭にも記したように鋼橋のRC床版の補強工法として開発されたものであるが、RC橋やPC橋の床版曲げ耐力や押抜きせん断耐力の向上に対しても有効な補強工法と考えられる。

既設床版の上面を切削後、切削面を研掃し鋼繊維補強コンクリートの打設を行い、新旧コンクリートを一体化させ増厚を行うことにより、床版の曲げ耐力を向上させる工法である。この工法には鋼繊維補強コンクリートのみを打設する床版上面増厚工法と、増厚コンクリート中に補強鉄筋を配置する鉄筋補強上面増厚工法があり、本橋では前者を採用した。

増厚コンクリートの最小厚は、骨材の最大寸法、施工精度、乾燥収縮の影響を考慮して5cmとしているが、本橋では当時のTL-14の設計からB活荷重対応とするため、床版を1cm切削後、8cmの鋼繊維補強コンクリートを打設するものとする。施工手順を図-5に示す。

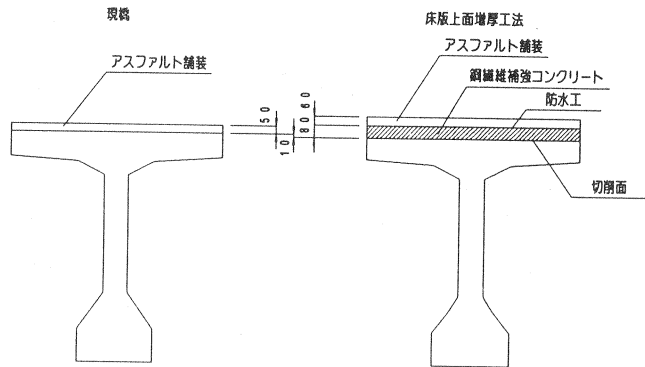
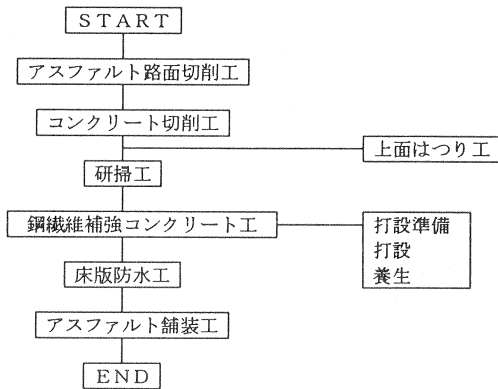


図-5 上面増厚工法施工手順

### 5.3 応力度照査

主桁の有効断面は、将来、床版の切削と鋼繊維補強コンクリートの打設を考慮して、床版と増厚コンクリートの一体化前は主桁切削断面とし、橋面荷重、活荷重に対しては増厚コンクリートを含めた断面とした。また、応力状態は施工段階毎に変わるので、それぞれの応力状態で照査を行った。

#### 5.3.1 床版の照査

床版の合成応力度を表-2に示す。

B活荷重照査で $-15.6 \sim -17.0 \text{ kgf/cm}^2$ の応力度がフルプレストレスとなり許容値を満足した。ここで、上縁とは、既設桁の切削面である。

	上縁	下縁
片持床版支点部	1.58	26.29
中間支点部	0.96	27.92
支間中央部	9.83	5.61

#### 5.3.2 主桁の照査

施工手順により桁床版が1cmはつり取られる時があるので、主桁の合成応力度は床版と増厚コンクリートの打ち継目で、階段状に変化する。これにより、死荷重時での桁上縁での応力に引張が生じるおそれがある。

表-2 床版の合成応力度

図-6 に各施工段階ごとの支間中央の応力度分布を示す。

床版と増厚コンクリートの打ち継目で、圧縮応力度が減少したが、外ケーブル施工後の死荷重時及び上面増厚後の死荷重時には、引張応力は出なかった。

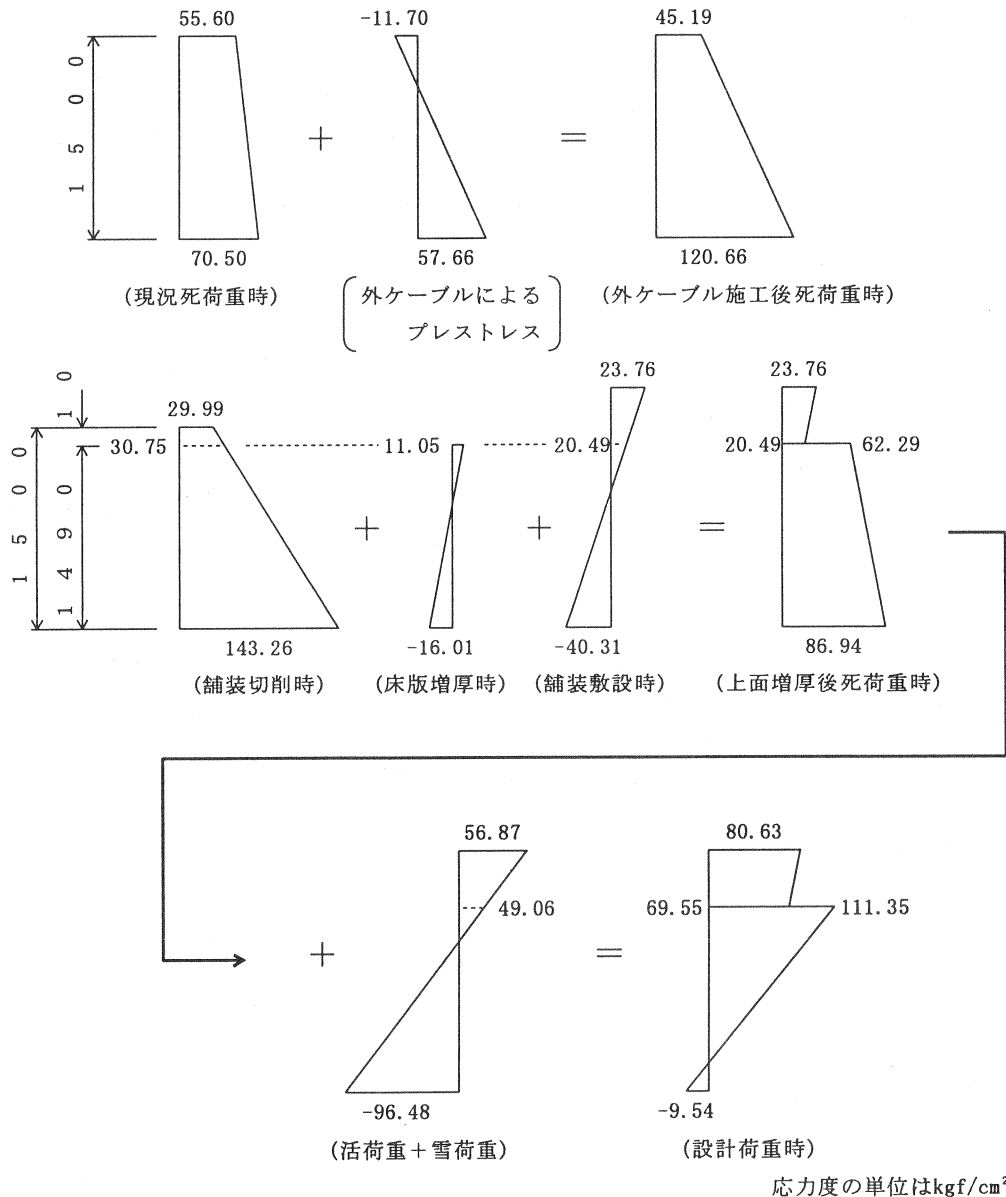


図-6 応力度分布

ここで、外ケーブルによるプレストレスには内ケーブルのプレストレス減少量を、舗装敷設時には地覆の増加分を含んでいる。設計荷重時は、照査設計での  $-33.9\text{kgf/cm}^2$  が  $-9.54\text{kgf/cm}^2$  となり許容値を満足した。

### 6. 施工概要

ここでは、工事が完了している外ケーブル補強の施工概要について説明する。外ケーブルの施工手順を図-7に示す。

定着部の施工では、PC鋼棒取り付け位置の主桁ウェブを削孔するが、その位置はX線撮影により確認した。その結果、削孔位置と内ケーブルが交差するところが何ヶ所あった。そのため外ケーブルの定着鋼管の配置角度を設計より大きくする必要性があり、再検討を行った。検討については角変化による緊張力の損失を極力少なくする範囲で施工性も考慮し決定したが、応力には問題はなかった。

定着部の横締めPC鋼棒は長さが短いため、ナットの締め付け具合により大きな張力低下が生じる。そのため、全横締め鋼棒を2回緊張し、その定着には注意を払った。緊張に使用したジャッキは、70t鋼棒用ジャッキで、テンションバーの長さが412mmの短いものを使用した。防錆については①外ケーブルは緊張後、防錆キャップを取り付け、定着部にウレタンを注入②横締め定着具は、タールエポ系の塗料を塗装した。

### 7. おわりに

B活荷重照査では、床版、主桁ともに、応力状態が厳しいものであったが、上面増厚と外ケーブル併用の補強によりTL-14からB活荷重に対応できた。

今日、外ケーブルの設計及び施工は、多くの実績があるが、PC橋の上面増厚の実績はまだほとんどないと思う。今後このような補強設計が増えてくると思われるが、本稿が参考になれば幸いである。

### 参考文献

- 1)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 平成5年3月
- 2)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 分冊資料編 平成5年3月
- 3)高速道路調査会：上面増厚工法 設計施工マニュアル

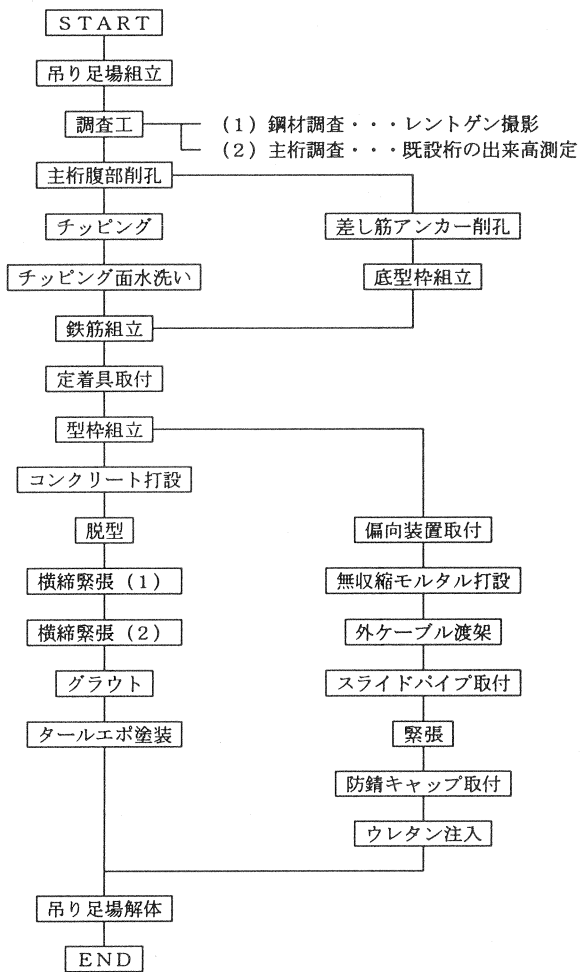


図-7 外ケーブル施工手順