

## T桁橋の架設時における横座屈および桁傾斜に対する検討

(株) 富士ピー・エス 正会員 ○ 白石 秀幸  
 (株) 富士ピー・エス 正会員 太田 豊  
 (株) 富士ピー・エス 正会員 清水 正志

### 1. はじめに

ポストテンション方式のT桁橋は、従来より様々な橋梁に採用されており、施工実績の多い構造形式である。適用支間は、一般的に25~40m程度であるが、まれに40m以上の支間長を持つ桁もあり、このような場合は桁高も高く、横方向に座屈しやすいものと考えられる。

本論文は、桁高が高くウェブが細いような横方向剛性の比較的小さい桁の架設時の横座屈検討および、桁が傾斜した場合を想定した補強方法および補強結果について報告する。

### 2. 橋梁概要および検討概要

#### 1) 橋梁概要

今回検討を行った橋梁は、日本鉄道建設公団(現 独立行政法人 鉄道建設・運輸施設整備支援機構 鉄道建設本部 北陸新幹線第二建設局)発注の橋長45mと48mのポストテンション方式単純T桁橋の2ケースであり、それぞれの概要を以下に示す(図-1)。

#### Case-1

橋梁名: 横枕Bv

橋長: 48.000m

支間長: 47.100m

桁高: 3.200m

PCケーブル: 12S12.7×8本

備考: H14年度施工

#### Case-2

橋梁名: 木流川B

橋長: 45.000m

支間長: 44.200m

桁高: 3.100m

PCケーブル: 12S12.7×7本

備考: H16年度施工中

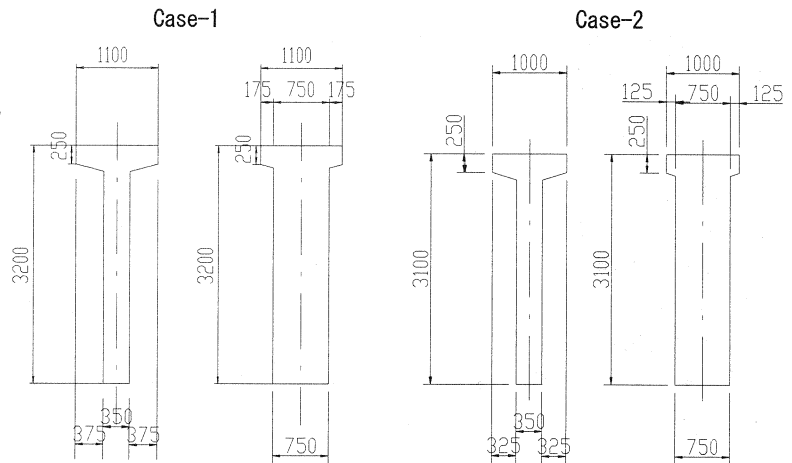


図-1 主桁断面図

#### 2) 検討概要

今回の検討で要求されるべき事項は、「架設時の安全性」であり、以下に挙げる項目について検討を行った。

- (1) 桁の横方向の許容傾斜角の算出
- (2) 桁の横座屈に対する検討
- (3) 桁を横方向に3°傾けたときの合成応力度の照査
- (4) (3)のときの補強方法の検討および補強後の合成応力度の照査

また、架設時の検討フローを次ページの図-2に示す。

### 3. 許容傾斜角および横座屈の検討

#### 1) 桁の横方向の許容傾斜角

図-3のように、桁が $\theta$ となる角度で傾いたときに、支間中央断面において、次の条件式を満足させて決定する。

$$\sigma_{ct}' \cdot \eta + \sigma_{do}' \cdot \left[ 1 - \frac{Z_c'}{Z_h} \cdot \sin \theta \right] \geq \sigma_{cat}'$$

傾斜角 $\theta$ （度）の許容値 $\theta_a$ は、上式より

$$\theta_a = \sin^{-1} \left( \frac{|\sigma_{cat}' - \sigma_{ct}' \cdot \eta - \sigma_{do}'|}{\sigma_{do}'} \right)$$

ここに、

$\sigma_{ct}'$  : プレストレッシング直後の引張縁応力度

$\sigma_{do}'$  : 桁自重による圧縮縁応力度

$\sigma_{cat}'$  : 架設時の一時的な荷重に対する許容曲げ引張応力度

$Z_c'$  : 桁上縁の断面係数

$Z_h$  : 桁鉛直軸に関する上フランジ端の断面係数

以上より、 $\theta_a$ はCase-1で $\theta_a=1.700$ 度、Case-2で $\theta_a=1.401$ 度となる。

#### 2) 桁の横座屈

一般に桁の横方向座屈を起こす限界等分布荷重 $W_{cr}$ は、次式によって近似的に求めることができる。

$$W_{cr} = \frac{m \cdot \sqrt{B \cdot C}}{L^3}$$

ここに、

$m$  : 桁の支承条件によって決まる定数

$B$  : 横方向曲げ剛度

$C$  : ねじり剛度

$L$  : 支持支間長

安全率 $F$ は、桁の単位長さ当たりの重量 $W_{do}$ との比として次のように求まる。

$$F = \frac{W_{cr}}{W_{do}}$$

ここで求まる数値から、架設時に関する安全率は以下の式による。

$F \geq 4.0$  架設中安全である

$4.0 \geq F \geq 2.5$  桁の架設中の傾きを想定し、上縁隅に引張応力が発生するようであれば、引張鉄筋等により十分補強しておく必要がある

$F \leq 2.5$  断面性能を改善するかまたは架設中の安全率を上げる方法を講ずるのがよい

これらの算出式から安全率を求めた結果、Case-1が $F=1.4$ であり、Case-2が $F=1.3$ である。

以上の結果より、両方のケースとも断面性能を改善するか架設中の安全率を上げる方法を講じる必要があると考えられる。

今回は、ここで算出した許容傾斜角よりも更に傾いた場合に対しても安全であるべきと考え、許容傾斜角の2倍程度を架設中の最大傾斜角と設定し、検討を行うこととした。

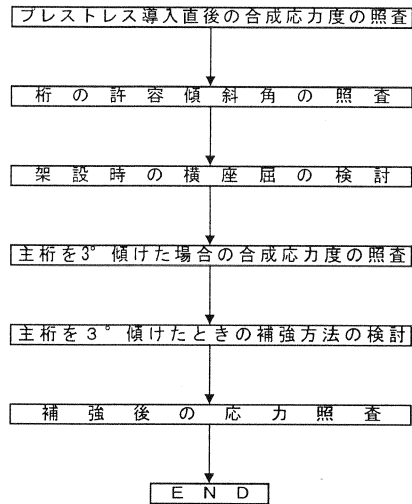


図-2 架設時の安全性の検討フロー

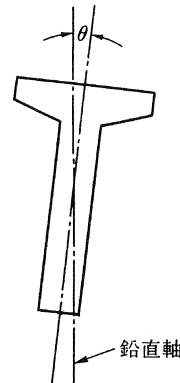


図-3 桁の横方向の傾斜

4. 主桁を3° 傾斜させたときの応力照査

前章にて桁の許容傾斜角を算出したが、本章では許容傾斜角よりも傾いた場合を想定し、許容傾斜角の2倍程度である3° 傾いた場合を最大傾斜角と仮定して、応力状態を照査することとした。

主桁が3° 傾いた場合の応力状態は、FEM 解析によって求めることとした。荷重は主桁のコンクリート自重を考慮し、プレストレスによる応力は、設計計算書によって示された支間中央での応力度をFEM 解析結果と合成する方法を採用した。

自重による応力度は図-4、5に示すように支間中央上縁で5.31N/mm<sup>2</sup>となる。また、プレストレスによる応力度は支間中央上縁で、-7.90N/mm<sup>2</sup>となり、これらを合成すると3° 傾いたときの支間中央上縁での合成応力度は、-2.59N/mm<sup>2</sup>である (Case-2 の場合)。

ここで、一時的な荷重に対する許容曲げ引張応力度は、-2.90N/mm<sup>2</sup>であり、先述した合成応力度でも許容応力度の範囲であるが、架設時の想定しない外力にも対応できるように架設時の許容曲げ引張応力度をひび割れが発生しない程度である-1.5N/mm<sup>2</sup>とすることとした。ただし、Case-1 は支間中央上縁での合成応力度が-3.24N/mm<sup>2</sup>となり、許容応力度を超える値となっている (表-1)。

表-1 Case-1,2 の合成応力度

		Case-1	Case-2
主桁自重	上縁	5.88	5.31
	下縁	-10.60	-12.81
プレストレス	上縁	-9.12	-7.90
	下縁	29.62	26.07
合成応力度	上縁	-3.24	-2.59
	下縁	19.02	13.26

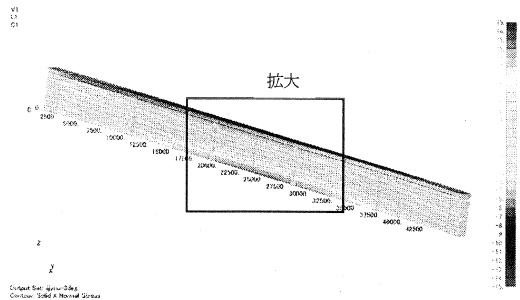


図-4 3° 傾斜時の自重による曲げ応力度

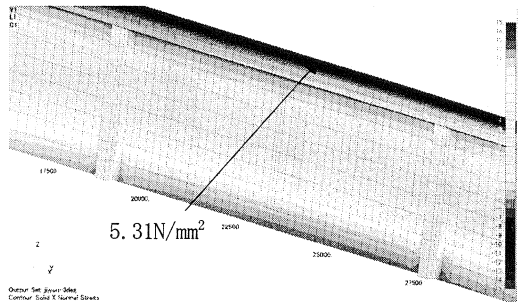


図-5 3° 傾斜時の自重による曲げ応力度 (拡大図)

5. 補強方法および補強効果

桁の傾きによる引張力に抵抗させる方法としては、架設用外ケーブルをPC 桁の上面あるいは側面に取り付け、プレストレスを導入する方法や引張力に相当する架設鋼材 (溝形鋼等) を取り付ける方法等が考えられる。今回は前者を採用することとし、検討を行うこととした。

1) 補強方法

外ケーブルとしては、PC 鋼棒 (SBPR930/1180) φ26mm を使用し、緊張力は300kN/1 本と仮定した。

なお、フランジ側面には鉄筋が配置されているため、取付位置はウェブ部分の断面図心より高い位置に配置することとした。PC 鋼材配置詳細図を図-6、7に示す。

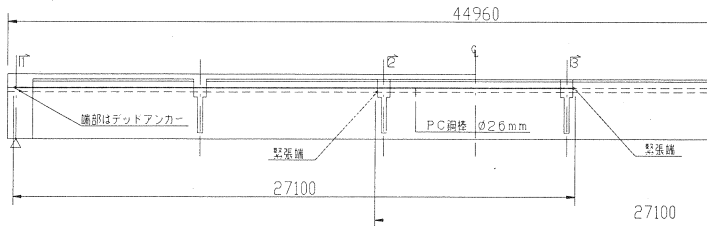


図-6 PC 鋼棒配置側面図

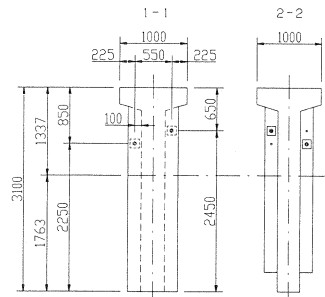


図-7 PC 鋼棒配置断面図

Case-2 の主桁の場合、断面図心より高い位置に配置可能なPC鋼材の本数は4本であり、緊張側は中間横桁のダイヤフラムとし、両桁端部をデッドアンカーとすることによりたすきがけの配置とした。Case-1 も同様の配置としている。

2) 補強効果

補強後の応力状態を図—8, 9に、合成応力度を表—2に示す。

表—2 補強後の合成応力度

		Case-1	Case-2
自重+補強	上縁	7.85	6.93
	下縁	-12.95	-12.78
プレストレス	上縁	-9.12	-7.90
	下縁	29.62	26.07
合成応力度	上縁	-1.27	-0.97
	下縁	16.67	13.29

今回の補強で傾斜時の引張応力が低減し、安全性が向上できたと考えられる。また、緊張側・固定側それぞれに補強鉄筋の検討も行い、その結果の補強案を図—10, 11に示す。

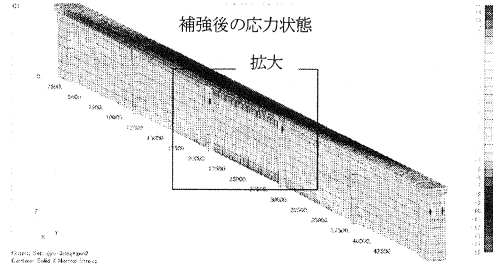
6. まとめ

今回のように桁高が高くウェブが細いT桁橋の架設時には、横方向に対して比較的弱い構造となっているため、外ケーブル等を配置して安全性を高める方法を講ずる方がよいと考えられている。また、PC鋼棒などの使用を検討すれば施工性もよく、解析も比較的簡単に行うことができる。なお、Case-1 は既に竣工しており、Case-2 についても無事竣工を目指しているところである。

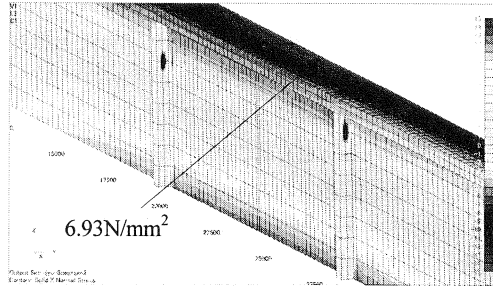
最後に、ご指導、ご協力頂いた関係各位に深く感謝するとともに、本工事における報告を今後の施工に役立てていただければ幸いである。

参考文献

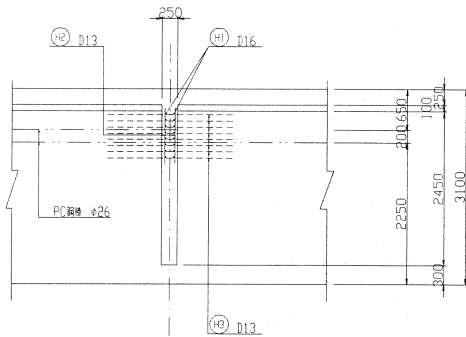
- 1) コンクリート標準示方書 [構造性能照査編], 土木学会, H14.3
- 2) 道路橋示方書・同解説 I 共通編, (社)日本道路協会, H14.3
- 3) 道路橋示方書・同解説 IIIコンクリート橋編, (社)日本道路協会, H14.3
- 4) 施工計画書の手引き [T桁橋・セグメントT桁橋] 2002年改訂版, (社)プレストレスト・コンクリート建設業協会, H14.7



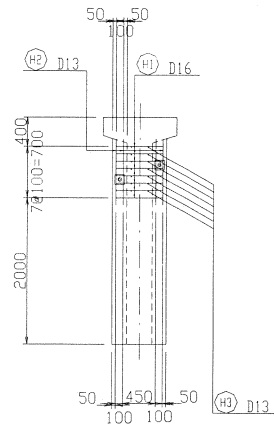
図—8 補強後の曲げ応力度



図—9 補強後の曲げ応力度 (拡大図)



図—10 定着部補強鉄筋配置側面図



図—11 定着部補強鉄筋配置断面図