

I - 8 プレツィスティング工法による鋼箱桁橋の施工

(株) 釧路製作所 杉江 豊
(株) 釧路製作所 正員 井上 稔康

1. まえがき

斜角の強い格子桁は、主桁直角方向の各主桁間の死荷重たわみ量が異なることにより、特別な対策を講じない限り完成時には桁倒れが生じる。この対策としてはいくつかの工法が実施されているが、施工性や出来形の良さから鋼桁においてはプレツィスティング工法が広く行なわれている。

しかし、鋼箱桁橋で斜角が強い場合には、死荷重たわみにより特殊な問題を生じるにもかかわらず、製作の困難さから、プレツィスティング工法による施工例はきわめて少ない。

本例では支間長69m、斜角39°、計算桁倒れ量40mmの鋼単純箱桁橋におけるプレツィスティング工法の施工例を報告する。

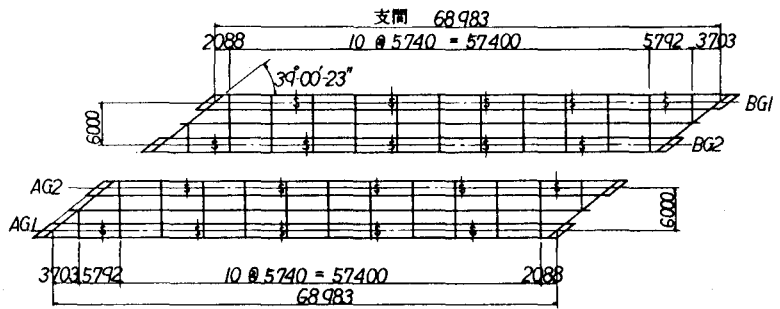
2. 橋梁の概要

橋名 市来知川橋
路線 道央自動車道
場所 三笠市萱野

設計条件

橋長 71.600m
支間 68.983m
橋格 1等橋(TL-20・TT-43)
形式 鋼単純非合成箱桁橋
幅員 車道 9.25m
地覆 0.7+0.95m
舗装 アスファルト t=7.5cm
床版 RC床版 t=21cm
線形 平面 A=1000
縦断 3.0% \ 1.776%
VCL=600m
横断 3.0%片勾配
斜角 左 39°00'23"
支承 固定 ビボット
可動 ビボットローラー

平面図



断面図

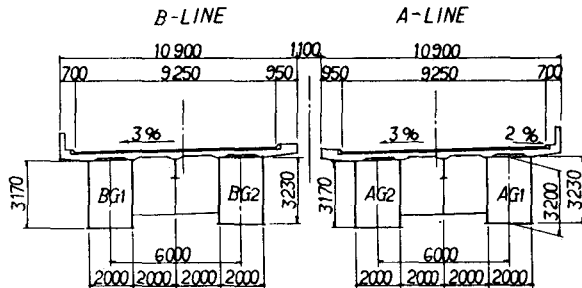


図1 市来知川橋の一般図

3. 桁倒れの問題点

- (1)床版の出来上がり寸法が、設計値に対して橋軸直角方向に約40mmずれる。
- (2)箱桁の形状を完成形で製作し各桁中心で製作キャンバーを付加すると、完成時には床版の出来上がり高さに±13mm程度の誤差が生じるので、ハンチ等で調整が必要になる。
- (3)上記の原因により、伸縮装置の調整や型枠の施工が難しくなるほか、他の部分の出来形にも悪影響が出る。
- (4)活荷重載荷により、繰り返し横倒れが生じるため、伸縮装置のフィンガー等に、対策が必要である

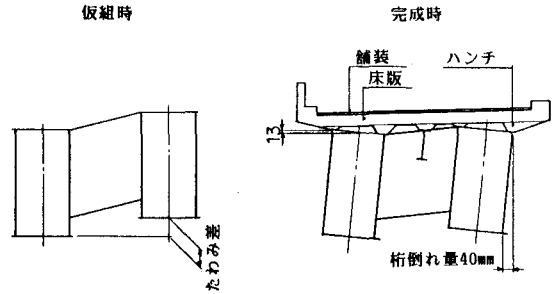


図2 無対策の場合の完成時形状

4. 桁倒れ対策

一般的な斜橋の桁倒れ対策としては次のような方法がある。

(1)プレツイスティング工法

死荷重による桁倒れ量だけ予め逆方向に倒して製作架設する事により、完成時に鉛直となる。鈑桁の場合は対傾構を完成形で製作し主桁をねじって組み立てるが、箱桁の場合は横桁・ダイヤフラムは全て完成形で製作し、箱桁はたわみ差の分だけ全体的にねじって製作するので部材寸法の精度確保が難しい。

(2)ジャッキアップ・ジャッキダウン工法

たわみ差が無くなるまで支点上でジャッキアップして、完成形で製作した横桁を取りつける。端横桁は、床版打設後でないと取付かないので、充腹構造の横桁では取付けできない。

(3)プレロード工法

予め、死荷重相当の水、砂等を載荷して横桁を取付け、床版を打設しながら除荷する。大きなプレロードを載荷するため施工性に難点がある。

(4)ピン工法・長穴工法

充腹構造の横桁が多数ある箱桁では不可能な工法。

(5)桁倒れは無視し、出来型を調整する。

床版の位置ずれは、伸縮装置や型枠で調整する。床版の出来上り高さは伸縮装置のフィラーや舗装厚で調整する。

上記の各工法を本橋に適用する場合の問題点は次のとおりである。

- ・前項(2)(4)は、本橋には構造上不適當である。
- ・前項の(5)は、出来形や床版後工事の施工性に問題が残るので好ましくない。
- ・プレロード工法は死荷重が分配されない為、構造解析の結果で曲げモーメントとせん断力が20%増、ねじりモーメントが26%減、死荷重たわみで41%増となり、鋼重の大幅な増加が避けられない。また、本橋の場合1主桁当たり5t/m以上のプレロードの載荷が必要となり、施工が困難である。
- ・プレツイスティング工法は工場製作が難しく寸法精度の確保が難しいが、架設や床版の施工性がよく、出来形が最も設計値に近い形になる。

以上より、最終的な出来形が最良と考えられるプレツイスティング工法を採用した。

5. 設計上の留意点

(1)主構

架設工法は、トラッククレーンによるベント工法とし2ブロックずつ架設するので、架設時の応力は小さく、完成時には残らないものとして設計した。

(2)支承

強い斜角の影響で、支点付近に大きなたわみ差が生じる上に鋭角部支点には負反力が生じる。このため支承に対しては、橋軸直角方向の回転をしながら、負反力を支持できる性能が要求されるので、固定側には、ピボット支承、可動側にはピボットローラー支承を用いた。

鋭角部支承(400t)には、負反力によるガタつきを防止するため上沓と下沓の遊間を加工精度の限度まで小さくしたほか、ピボットホルダー部の遊間には、硬質ゴムによる緩衝材を設けた。また、主桁の鋭角部支点には、負反力を垂直補剛材に伝達する為の補強を施した。

(3)伸縮装置

主桁の桁倒れ誤差調整のため、取付け長穴を巾員方向に特に大きくしたほか、桁端の出来高調整のため、腹板上ごとに独立したファイラプレート($t=16\text{mm}$)を設けた。

伸縮装置の伸縮方向は、温度差に対しては主桁方向であるが主桁の撓みによる桁端の伸縮方向は、支承線直角方向に発生するため、本橋に標準タイプの歯形を採用すると後死荷重や活荷重による撓みで、歯形側面が隣接する歯と接触する。この対策として、地覆壁高欄コンクリート打設後に伸縮装置を固定するほか、歯形状を次の通り工夫した。

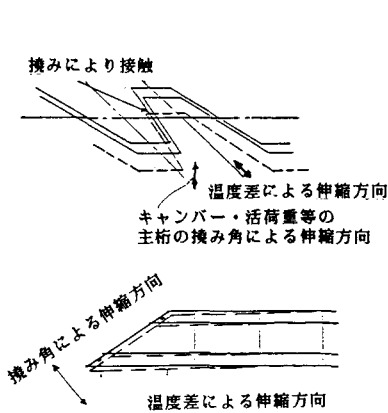


図3 伸縮方向

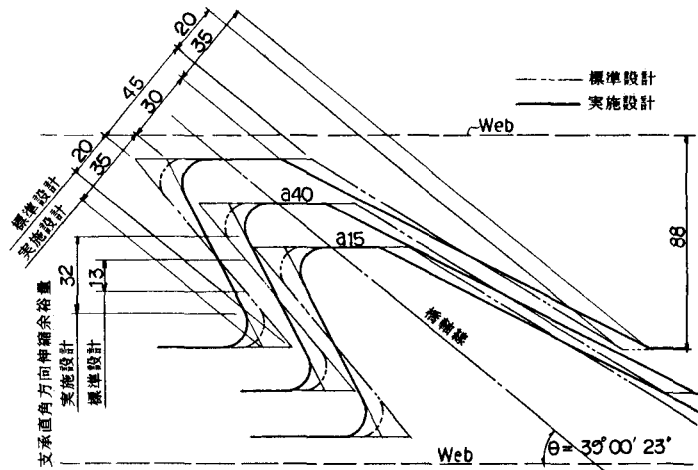


図4 伸縮装置の歯形

(4)耐震連結装置

本橋では耐震連結装置をキャンバー沈下前にセットすると、桁倒れによって腹板と耐震連結装置が接触してしまうため、床版打設後にアンカーボルトと主桁側取付け孔の位置関係を計測した上で、耐震連結装置を製作するものとした。また、取付けは桁端部マンホール位置の腹板切り欠きから挿入してセットし、路肩側の腹板切り欠きは取付け後修復するものとして設計した。

耐震連結装置の各部分の設計に当っては、活荷重によるたわみで生じる桁倒れで連結板と腹板が接触しないような遊間を考慮した。

6. 製作工法

(1) 製作座標の算出

設計時の製作キャンバーは主桁中心線上で算出されているが、プレキャスト工法で製作するためには、横桁線ごとに断面が完成形になるような各主桁腹板ごとに異なった製作キャンバー値が必要となる。また、製作時の平面座標も桁倒れ量だけ設計座標よりずれた座標値が必要である。このため製作に先立ち、次の方法で格点ごとの製作座標を電子計算機で計算し、これから主桁ブロックごとに小座標値と部材寸法を算出して、各ブロックごとの寸法管理を行なうことにより全体精度を確保した。

- (a) 各横桁のうち支点上の横桁と、これに繋る第1中間横桁までを完成時鉛直とし、他の中間横桁は製作時に鉛直とした。
- (b) 横桁の死荷重による変形は計算の結果小さいので、無視した。
- (c) 支点上の横桁と第1中間横桁は、主桁の第1格点の製作キャンバーの平均値分だけ、支点上横桁の中心回りに回転するものと考えた（横桁線回りの回転）。
- (d) 第2～第15横桁位置では、各々の横断面の中心で各主桁キャンバー値の平均値分だけのたわみ（鉛直変位）とキャンバー差の分だけの回転（横桁線中心直角回りの回転）が生じるものと考えた。
- (e) 各横桁面ごとに設計座標値に対し、上記の (a)(c)(d) 3つの要素による座標変換処理を行なうことにより、製作用の座標とした。

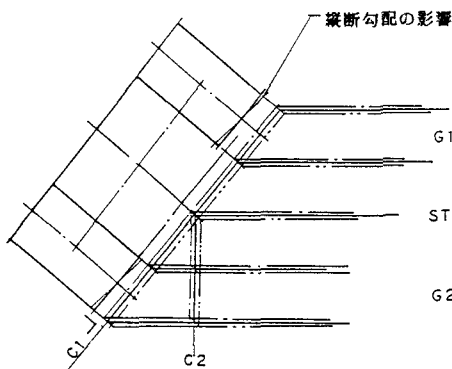


図4 支点付近の回転方向

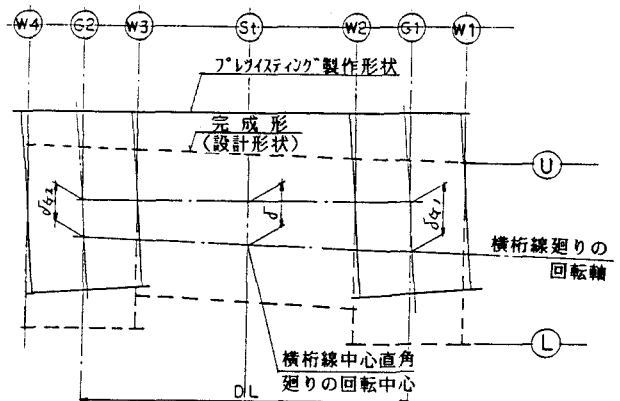


図5 中間横桁面の変位

(2) 製作方法

主桁の製作寸法は、各ブロックごとに補剛材位置と現場継手位置の小座標値と、全ての腹板とフランジの対角線と縦距を計算して、これを野書・切断した。

箱桁の組み立ては、フランジを計算された小座標値にセットした上に、完成形で製作したダイヤフラムを取り付け、これに腹板と反対側のフランジを取付けることにより、断面がスパイラル状に振れた箱桁を高い精度で作ることができた。また、横桁とダイヤフラムは全て完成形で製作した。

(3) 仮組立

計算された製作座標を地面にマークし、格点ごとに所定の位置に来るように各ブロックを組み立てた。箱桁におけるキャンバー値の管理は、温度や日光に大きく左右されるので一般的に難しく、本例においても測定を早朝に行なうなどの配慮をした。桁倒れ量は格点ごとに箱桁内に下げ振りを設置して測定したが、測定結果は、極めて設計値に近い値が得られた。

7. 架設時の留意点

架設及び床版打設の各段階で、キャンバーと桁倒れ量の管理を行なった。製作時のプレツისტ寸法は横断面の中央を中心にして回転する場合の座標を使用した。架設後は支承によって支持されている、下フランジの支承位置を中心にして回転するものとした架設座標系に変換した寸法で管理した。

完成時に桁倒れ量が残らないように、床版コンクリートの打設は橋の中央部から両端2方向に対象に行ない、なるべく均等に荷重を載荷した。また、死荷重を載荷していくとキャンバーが下がり可動支承が移動するが、斜橋では同時に主桁直角方向にもわずかに移動する。したがって、コンクリート打設前に全ての支承を固定してしまうと、支承やその接続部に不測の力が働く恐れがあるので、鋭角部の固定支承はコンクリート打設後に固定した。

8. まとめ

完成時の残留桁倒れ量について許容値を規定した基準類はないが、「北海道における鋼道路橋の設計及び施工指針」5.3.1によると“完成時の計算桁倒れ量が10mmを超える場合は、桁倒れを防ぐ対策をとるものとする。”とされている。従って、プレツィスティング工法で施工した場合の完成時における残留桁倒れ量についても、10mm以下におさえることが一つの目安と考えられる。

本橋の竣工時（舗装施工前）の設計値に対する残留桁倒れ量の差は図7のとおり、最大が5mm、平均で3mmであり、3.2mという高い桁高の割には、極めて良い精度が得られた。

また、この値は製作時の誤差がそのまま残ったものと思われ、死荷重による桁の倒れ量は、構造解析の計算値と殆ど一致している。これは、I桁に比べて横構の剛度の影響を受けないほか、主桁の断面が大きい床版の剛度の影響も少なく、プレツィスティング工法が設計時の構造解析上の想定に近い状態で施工するためと考えられ、斜橋の桁倒れ対策として同工法が箱桁の場合にも合理的で施工性の良い方法であることを裏付けるものである。

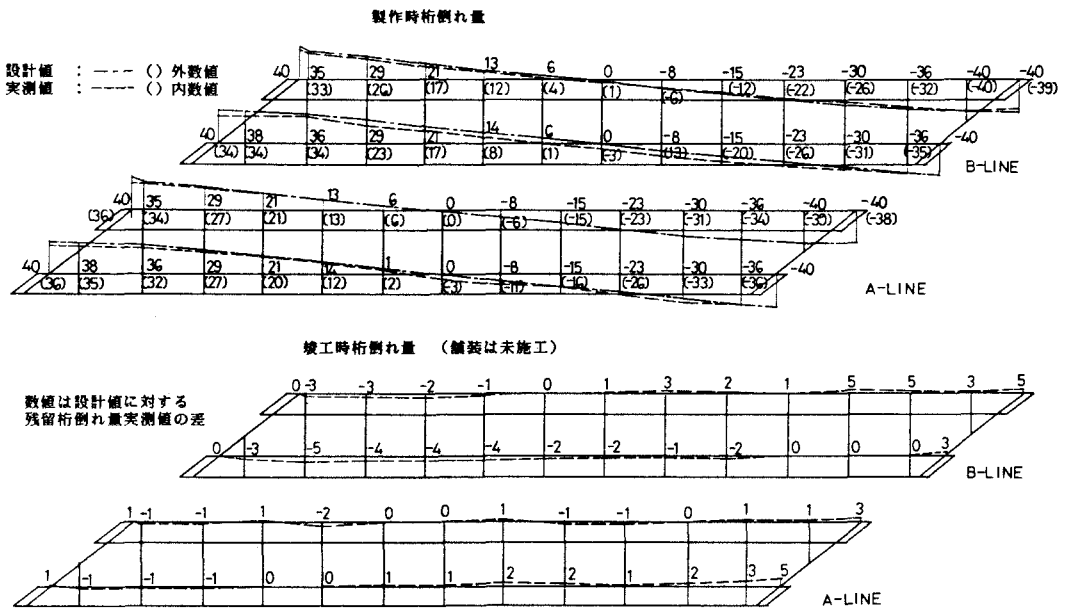


図7 桁倒れ量測定結果 単位: mm