

# 鋼製箱桁をまるやかに

～ 景観を考慮した東北中央自動車道黒沢高架橋の製作～

Fabrication of the KUROSAWA Viaduct

松尾 武和  
Takekazu MATSUO

川田工業(株)橋梁事業部東京技術部  
設計一課

丸橋 朋浩  
Tomohiro MARUHASHI

川田工業(株)橋梁事業部四国工場橋梁部  
橋梁技術一課

香川 公昭  
Masaaki KAGAWA

川田工業(株)橋梁事業部四国工場橋梁部  
橋梁技術一課係長

東北中央自動車道黒沢高架橋は、準用河川、県道、市道およびJR山形新幹線を跨ぐ、橋長243 mの鋼3径間連続非合成箱桁橋です。

本橋は、外側ウェブを斜め配置とし、この下フランジ・外側ウェブ隅角部の形状を直角構造から曲面構造とすることで、桁下空間に開放感を与え、外観的に柔らかな印象を感じ取れる構造が採用されました。

表1 橋梁概要

道路規格	第1種2級B規格 (V = 100 km/h)		
橋梁形式	鋼3径間連続非合成曲線箱桁橋		
橋 長	243.1 m	桁 長	242.6 m
支 間 長	80.55 m + 81.80 m + 79.25 m		
有効幅員	10.270 m		
主要鋼材	SS400, SM400, SM490, SM570		
平面線形	R = 3 500 m		
縦断線形	1.112% ~ 2.718% (V.C.L = 500 m)		

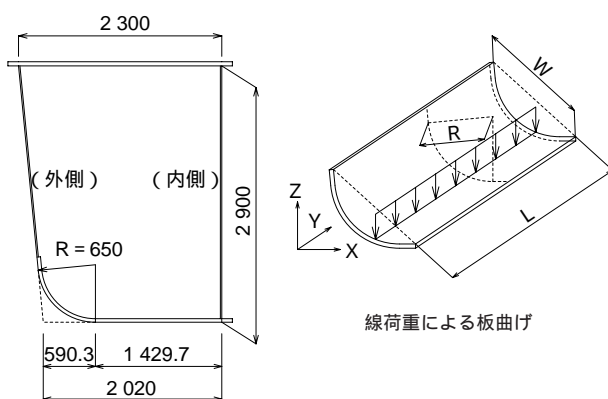


図1 主桁断面と曲げフランジ部

鋼上部工の断面形状に図1のような曲面を取り入れた構造はごく稀であり、当社において過去に類似した構造は存在しません。また、発注者側の仕様に来成型管理基準および規格値が存在しないため、発注者と協議の上、表2のような曲げフランジの精度を決定しました。

表2 曲げフランジ精度

項 目	精 度
部材長 (L)	L ± 2 mm
部材幅 (W)	W ± 2 mm
コーナーR部内径 (R)	R ± 2 mm

しかし、曲げフランジの実製作および組立にて、以上の精度を満足できるか懸念され、また曲げ加工を行うことにより、鋼板木口の膨張や、ライズの自然発生など、鋼板がどのような挙動を示すか不明でした。そこで実製作の前に曲げフランジ試験体を製作することで、曲げ加工特有の挙動の有無を把握し、精度を満足するための曲げフランジ製作方法を確立する必要性がありました。

## 試験目的と検査項目

まず、精度を満足するための曲げフランジ製作方法確立のため、曲げ加工後のa) 部材幅、b) R部内径、c) 部材長を、曲げ加工後の鋼板の挙動を把握するために、d) 鋼板の木口膨らみ量、e) ライズ(そり)の自然発生量、f) ボルト孔径の変形量、を測定しました。また、曲げ加工後、曲げフランジの可能ライズ付け量を確認するために、g) 熱加工によるライズ量を測定しました。

## 試験体の製作

試験体および試験体製作方法を表3に示します。試験体はA, Bの2体としました。製作方法は、第1段階として橋軸方向に延びた載荷機を2線で支えられた鋼板に載荷して変形させました(図1, 写真1参照)。それを板幅方向に25 mm間隔ですらしながら鋼板全面に載荷を繰り返す、本橋と同じく曲率R = 650 mmとなるように曲面を製作しました。第2段階の平面線形と縦断線形およびキャンパーのライズ付け作業は、第1段階の曲げ加工を施した後、加熱による加工としました。

表3 試験体とその製作方法

試験体	
試験体A PL 1288×40×5000	・板厚t=40 mm：本工事で使用する最大板厚を適用 ・部材長L=5000 mm：載荷機能力制限より1ブロックの1/2サイズ
試験体B PL 1243×19×8800	・部材長L=8800 mm：本工事で使用する最大部材長を適用 ・板厚t=19 mm
製作方法	
第1段階 曲げ加工 検査項目a)～f)	橋軸方向に延びた載荷機（線荷重）を鋼板に載荷する。それを板幅方向に25 mm間隔で載荷を繰り返す。曲面の鋼板を製作する。
第2段階 平面・側面の ライズ付け 検査項目g)	載荷により加工された曲面鋼板を、加熱により平面および側面のライズ付けを行う。
備考	材質：SM490YA R外径：650 mm

## 実験結果と実製作への対応

試験体製作の第1段階の検査項目としてa)～f)、第2段階の検査項目としてg)の試験結果と実製作への対応を以下に示します。

### a), b) 部材幅・R部内径

2体の試験体で断面確認を行ったところ、部材幅の誤差・R部内径の凹凸共に1.0 mm以下となり、第1段階の加工方法で、曲げフランジの精度を満足し得ることを確認しました。

### c) 部材長

曲げ加工前後で部材長の変動は2体ともほとんど認められず（1.0 mm以下）、曲げ加工による橋軸方向の膨張に影響はないことが確認できました。

### d) 曲げによる木口の膨らみ量

曲げ加工による木口の膨らみが現場継ぎ手部の隙間に影響することが懸念されましたが、木口膨らみ量は試験体A、B共に1.0 mm以下となり、継ぎ手部隙間の精度（許容誤差0～5.0 mm）を確保できることが確認できました。

### e) ライズの自然発生量

写真1のように、25 mm間隔で板幅全面に線荷重を加えて強制的に鋼板を曲げることから、曲げ部材にライズ（そり）が発生することが懸念されましたが、試験体A、B共にライズはほとんど発生しませんでした。

### f) ボルト孔径の選定（変形確認）

ボルト孔明けは、曲げ加工後の孔明けが困難であるため、平板時に孔明けを行いました。曲げによるボルト孔の変形が予想されることから、平板時にまず予備孔を明け、仮組立時に正規の24.5 でリーマー作業を行うことにしました。

そこで、21.5 と22.5 の2種類の予備孔径で実験を行ったところ、板厚差による鋼板内面の縮み量および鋼板外面の伸び量が、予想値よりも約2倍変形することがわかりました。試験体B（t=40 mm）の予備孔径22.5 の場合には、曲げ加工後の鋼板外側のボルト孔径が24.89 mmと、設計値の24.5 を超えてしまいましたが、ボルト孔径の許容値が+0.5 mmであること、またリーマーの作業効率から、実製作では予備孔の径22.5 で製作することにしました。

### g) 熱加工によるライズ付け

a)～g)の結果より、1ブロック（7.0～8.8 m）の部材の曲げ加工だけであれば部材として加工可能ですが、更に平面線形と縦断線形およびキャンバーのライズ付けを行った場合、冷間加工・熱間加工どちらにしても捻じれが生じることが予想されました。今回の試験では加熱によるライズ付けを試みましたが、所定量3.2 mmに対して、1.5～2.5 mm付きましたがそれ以上加熱を行うと、第1段階で加工



写真1 下フランジ曲げ加工状況



写真2 主桁外観

したR断面形状を保持できない状態となり、曲げフランジのライズ付けは困難であることがわかりました。また組立に際しても、加熱矯正しながら仮付け溶接を行う必要があります。そのため実製作では、部材製作の容易さおよび組立精度の確保のため、全BOXの曲げフランジを2枚（3.5～4.4 m）に分割し、橋軸直角方向に継ぎ手を設けることにより所定のライズ量を確保することにしました。

## おわりに

今後、周辺の景観との調和を図るために、鋼上部工の断面形状に曲面構造を取り入れた構造が増加するものと思われます。今後の課題として、このような曲面構造に対応すべく、曲げ構造の製作方法の確立、製作工程の簡素化、製作工数・工期の短縮、が挙げられます。