

【技術ノート】

本四連絡橋トラスへのNC原寸の適用

NC Fullscale Method of Truss Girder of Honshu-Shikoku Bridge

関 秀 明*
Hideaki SEKI中 裕 司*
Yuji NAKA川 辺 裕 明*
Hiroaki KAWABE川 崎 義 和*
Yoshikazu KAWASAKI

1. まえがき

櫃石島橋、番の州高架橋と続いた本四連絡橋の製作もいよいよ終盤に入り、現在工場内では南備讃瀬戸大橋の製作が急ピッチで進められている。

これら三橋は、それぞれ三径間連続斜張橋、三径間連続ワーレントラス橋、三径間連続補剛トラス吊橋と、形式を異にしているものの、工場製作に関する限りはトラス構造物として共通点を数多く有している。

ただ、道路鉄道併用橋とあって、鉄道が直接乗る主横トラス（床トラス）下弦材を含めて構造はかなり複雑であり、しかも製作にあたっては調質高張力鋼を用いた部材をはじめとして、高品質・高精度が要求されるものが多い。そのため、事前に試験桁（パイロットメンバー）を製作し、それによって得られたデータをもとに、実際の製作方法が決定された。

四国工場においては、NC原寸処理は既に定着していると言えるが、トラス構造物のNC原寸適用例としては、本四ルート因島大橋の製作において、自動製図機による型板と一部の軸線図作成と電算機による数値出力が行われたのが最初であった。

今回の場合、構造の複雑さと寸法精度に対する管理の面で、原寸作業の困難さが予想されたため、床下し原寸ゼロを目標に、数値情報を電算機で計算し、製作前加工部分（原寸、書き込み、切断、孔明け）をNC化する、トラス専用NC原寸システムを開発し、上記三橋に適用して来た。

本文はそのNC原寸システムの内容と適用例について報告するものである。

2. システムの概要

(1) システムの流れ

プログラムの開発に際しては、まず製作方法、必要とする資料の内容等についての入念な打合せを担当各部門との間で行った。その結果として、図-1に示す様なシステムフローを作成し、それをベースとして開発を進めるものとした。

基本的には、鋼床板、主構がセットの一部及び主横トラス下弦材ウェブについては、NCマーキングを行い、他の部材の内、寸法切断出来ない物については、ほとんど型板の自動図化を行う事とし、アイトレーザー切断を行う部材は型板の自動裁断を行うものとした。

(2) プログラム開発上の留意点

以上の様な事項を踏まえてプログラムの開発に当った訳であるが、その際以下の様な事項に留意した。

a) 汎用性のあるシステムの構築 ト拉斯橋の汎用システムを目指しているため、特殊な構造部を除いては、一般のトラス橋にも応用可能なシステムとなる様考慮した。

ただ、今回の場合は道路鉄道併用橋という事で特殊な構造であり、しかも詳細設計図の完成時期がずれていたため、当初は特定の橋梁を対象としたものとならざるを得なかつたが、各橋の共通部分を極力生かし、隨時プログラムを修正していく事でシステムの拡張を図り、開発工数を押さえる様に努めた。

b) 入力の簡素化 省力可能なデータの入力を排除し、入力の簡素化を図った。また、系統的に発生するデータについてはファイル等を活用し、重複入力によるミスをなくす様にした。

* 川田工業株式会社四国工場生産技術課

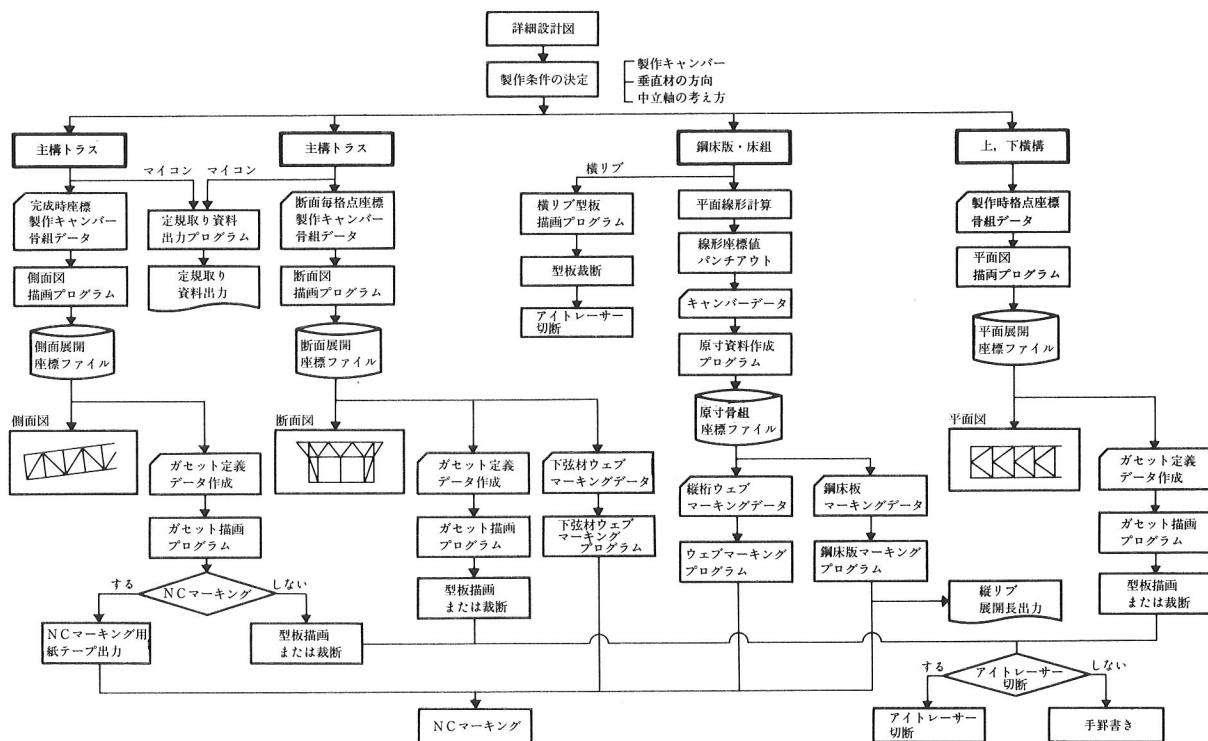


図-1 ト拉斯NC原寸システム流れ図

c) 描画内容の検討

c) 描画内容の検討 描画の内容は出来る限り詳細なものとし、部材取付線・ボルト配置の他、治具合せ線・フィレット部仕上代・フェーシング代等の製作情報も考慮した。

d) 描画順序の考慮

d) 描画順序の考慮 総体的に部材が大きく数量が多いため作画量がかなりのものとなるので、描画順序は出来るだけ無駄のない様注意を払った。自動製図機の場合は高速で描画するためそれ程大きな影響はないが、NCマーキングの場合は描画順序が能率向上の大きな要素となる。

(3) 出力資料

a) 骨組図

設計より与えられた完成時・製作時の格点座標値を入力し、三角平面展開を行い、側面・平面・断面の骨組図を描画した。(図-2, 3, 4 参照)

この骨組図によって基本寸法及びキャンバーのチェックを行う。斜張橋である櫃石島橋の場合には、ケーブルの方向・角度も描画し、ケーブル入射角のチェックも出来る様にした。

さらに、このプログラムを実行する事により、製作時

の格点座標がファイルに登録され、以後のガセット描画時には、描画したいガセットの位置に対応した骨組座標値が、プログラム内で参照される。

b) NCマーキング資料

鋼床版、主構がセットの一部及び主横トラス下弦材について、NCマーキングを行った。

鋼床版については、既存の箱桁用NC原寸システムによって充分処理可能であり、特に問題はなかった。図一
5にそのチェック図を示す。

主横トラス下弦材は鉄道桁が直接乗るため、疲労を考慮した構造となっており、鉄道桁が乗る部分の突起部は溶接構造を避け直接腹板を立ち上げている。しかも、在来線、新幹線を各々複線で計画しているため、計8ヶ所の突起部がある。(図-6 参照)

この複雑な形状の上に、キャンバー・揚げ越し・収縮を考慮した場合、罪書き資料の作成や罪書き作業自体にはかなりの工数を要すると予想された。

そこで、NCマーキングを採用した訳であるが、図-6に示す様な長さ約20mの部材で、マーキングの所要時間が約15分(鋼板セット、クレーン待ちは除く)、マー

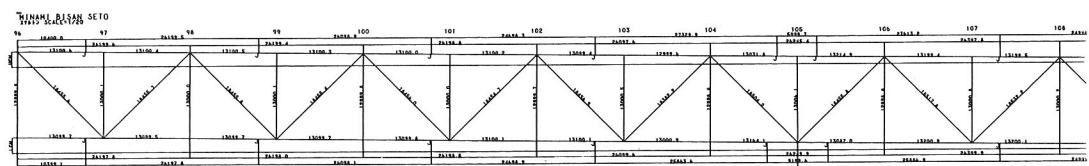


図-2 側面図(南備)

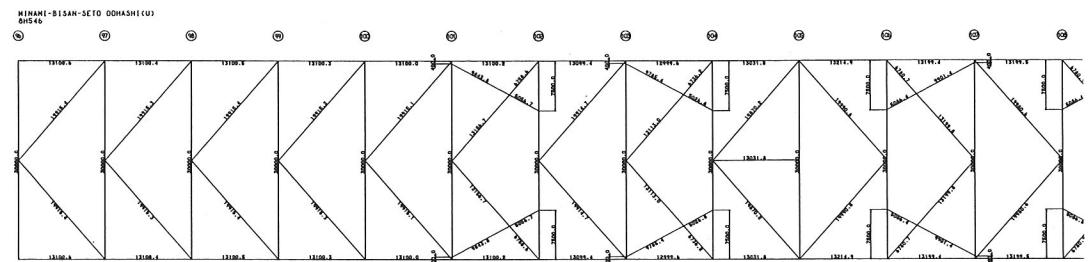


図-3 平面図（南備）

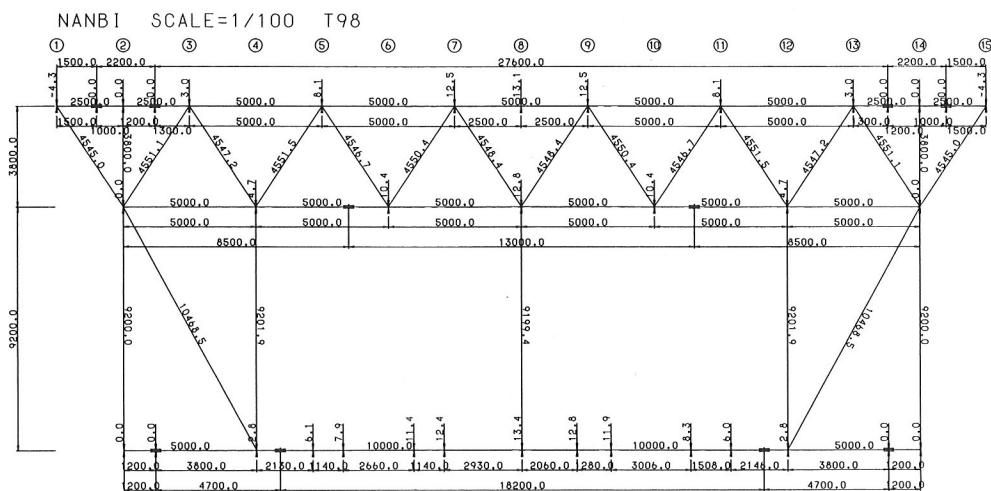


図-4 断面図(南備)

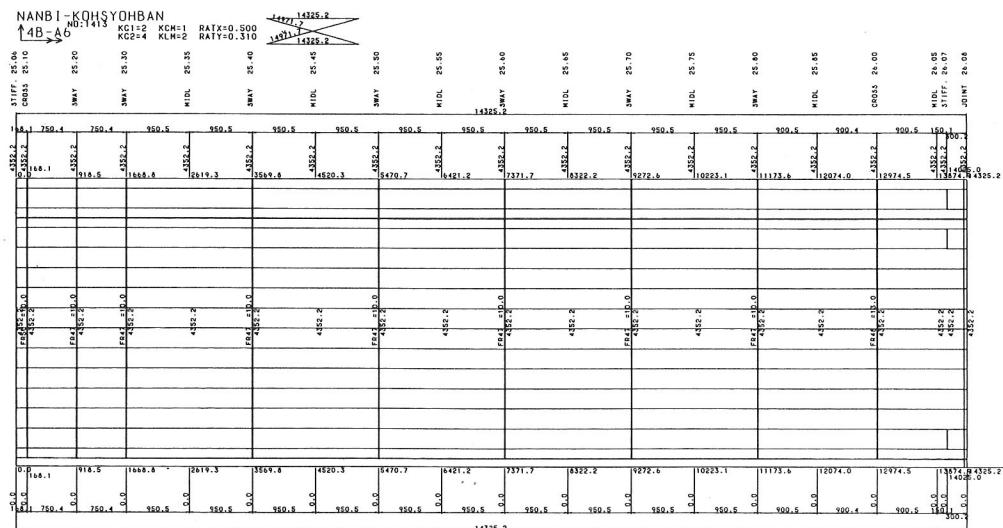


図-5 鋼床版NCマーキングチェック図(南備)

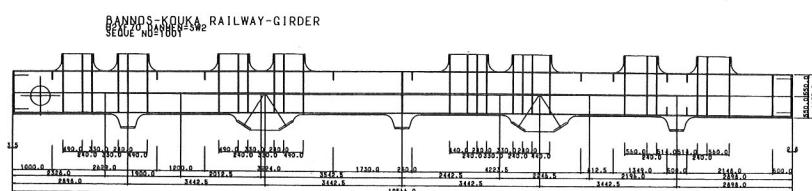


図-6 主横トラス下弦材ウェブ図（番の州）

キング後の手作業による追加作業（取付部材のマーク、開先指示等の記入）が約1時間と、非常に効率のよい作業が可能となった。ちなみに、手作業で同じ物を書きいた場合、半日を要するであろう。

主構がセットは、その大きさ・形状によってNCマークリングの特性を充分発揮する事が出来た。描画内容は型板と同じ（図-7）であるが、ボルト配置はマーキングの場合は不要であるので治具“合せ”マークのみとした。そして、キャンバーを考慮した形状を一筆書きにて高速で書きいた。

c) 型板

型板はその用途に応じて、ボールペン描画する場合と外形をカッターで裁断する場合とがある。

ボールペン描画をした場合は、鋼板上に型を置き、形状を写しとて手書きを行う。カッターにより裁断した型板は、アイトレーサーによるならい切断を行う。

アイトレーサー切断は精度がよいが、幅方向約1.5m、長手方向約10mと大きさに制限がある。そのため、精度を確保したいガセットで、アイトレーサーのテーブルに入りきらない物は、フィレットから上の部分のみをアイトレーサーで切断する方法を採用した。

描画内容については、図-7(a)～(f)に代表的な部材を示した。先にも述べた様に、出来るだけ詳細に部材取付線・ボルト線を描画する事を前提としたため、プログラムが複雑化する要因となっている。

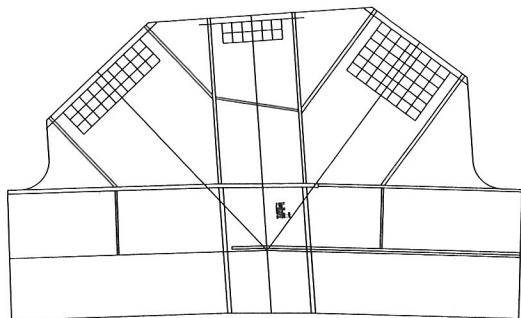
また、今回の工事では考慮すべきキャンバー量はわずかであり、製作時の各取付部材の方向への影響も少ないが、これらを省略したのではNC原寸を目指した意味が弱くなるため、プログラムの汎用性が乏しくなるのを覚悟の上で、これらの情報を盛り込んで描画するという方針を推し進めた。

今回のDルート三橋は、いずれも世界でも有数の大型橋梁であり、支点付近の補強構造、架設方法に対応した補強材・吊金具等の構造は、非常に特殊なものである。そういう部分の型板は枚数が多く、型板作成の所要工数の面からのみ考慮すると、プログラム開発工数よりも床書きに要する工数の方が少ないのであろうと思われる。しかし、言いかえるならば、それらの部分はより部材が大きく精度を要するという事であるため、あえてNC化に踏み切った。図-7(f)はその一例である。

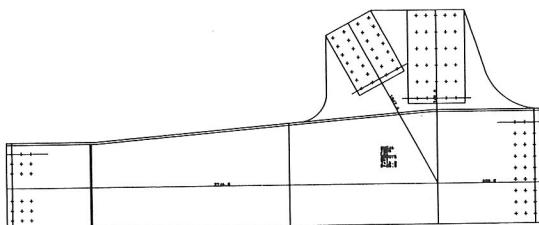
また、型板を必要とする部材の中には、形状がそれ程複雑でなく、揚げ越し・収縮の考慮が不要である部材がかなりある。それらについては特にプログラム開発を行わず、既存プログラムの応用、図化用簡易プログラムを利用する事で充分対応可能であった。

d) 孔明け資料

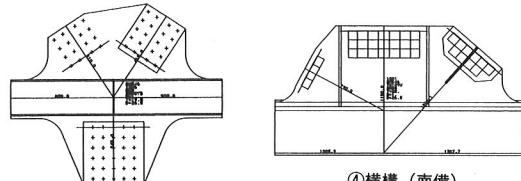
通常の部材に関しては、NC孔明け機のテーブル上に



①主構 (神奈川)

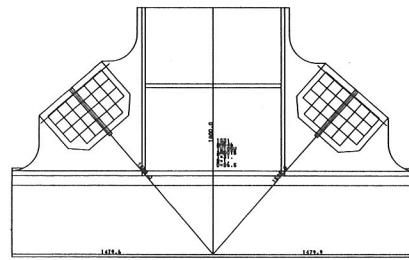


②主横トラス (南側)

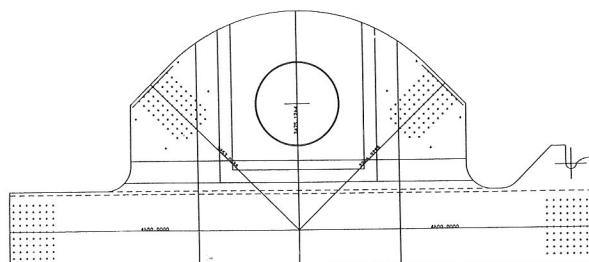


③主横トラス (南側)

④横構 (南側)



⑤横構支点上 (南側)



⑥主構支点上 (南側)

図-7 型板描画例

乗る大きさではないので、NC孔明け作業としては治具と添接板の作成が主となる。

当工場におけるNC一軸孔明け機の運用は、孔配列のパターンをユーザーマクロとして制御装置に登録しており、そのパターンに対応した孔ピッチをパラメータとして入力するシステムを採用している。そのため、既に登録されている孔配列パターン以外の特殊な物以外は、特に新規開発は必要としない。図-8に示す様な孔明け作業指示書を作成するだけで孔明け作業が可能となる。

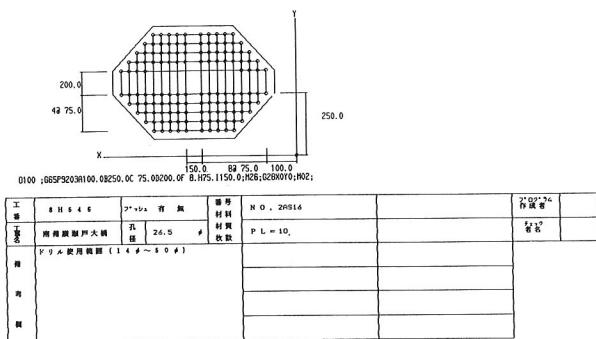


図-8 孔明け作業指示書（一軸）

但し、ラテルガゼットについては、NC一軸孔明け機のテーブル上に乗る大きさであり、型板描画時に孔座標をソートし、制御用の紙テープを出力し、孔明け治具を使用せずに直接孔明けも可能であった。

しかし現実には、切断時に熱変形を生じている部材があり、NC孔明機のテーブル上にセットする際の基準合せに時間を要するため、結局は治具による孔明けに落着いた。

切断あるいは溶接による熱変形の問題は、切断以降の工程にNCシステムを取り入れる際に必ずぶつかる問題であり、今後の課題となるであろう。

(4) チェックシステム

部材数に比例して出力資料の量が非常に多く、チェックの能率化も全体的な工数低減のためには大きな命題であった。

そこで、プリントアウトによる数値のチェックはどうしてもミスを誘発しやすいという観点から、目視によるチェックを重視した。そのために以下の様なチェックシステムを採用した。

a) 型板への寸法表示 基本的な寸法を型板に表示する様にし、図面との照査を容易にした。描画された寸法は、プログラム上のロジックにミスがない限りは間違いのないものであり、自動製図機自体の精度あるいは基準テープと自動製図機との誤差が許容値内にあれば、鋼製巻尺による寸法チェックは必要ないと言える。

b) 骨組図の利用 ガセット類はまず縮小図を描画し、前述の図面との照査の他に、骨組図上の対応する

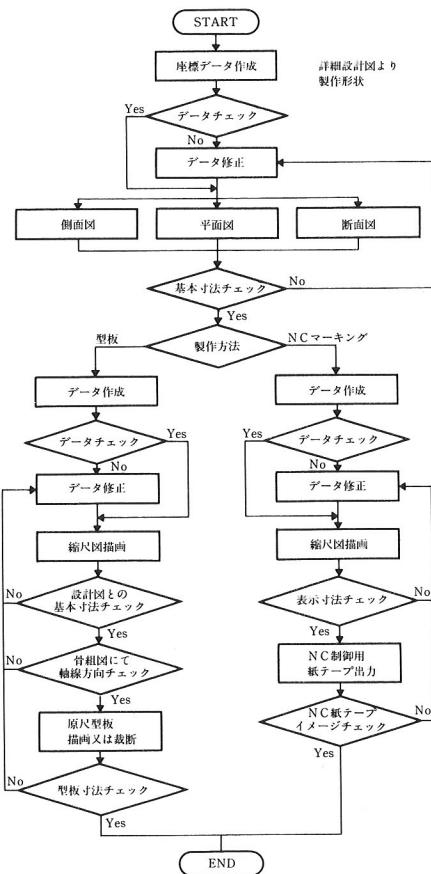


図-9 チェックの流れ図

格点に重ねて、部材軸線の方向をチェックしている。型板描画時点においては骨組図のチェックは完全に行われており、この方法は単純ではあるがきわめて確実なものである。検査時においてもこの方法によって、客先にNC原寸システムの妥当性を認識していただけた様である。

c) マーキング資料の照査 NCマーキングを行う部材については、制御用紙テープを出力する前に全て縮尺図を描画する。その縮尺図には必要寸法が表示されており(図-5, 6), インプット, アウトプット両方のデータの照査が可能である。同時に、その縮尺図を工作図としても使用出来る様になっている。

以上がチェックシステムの概要であるが、今後さらに使用者サイドの要望を入れながら改善を続けて行きたいと思っている。

3. 効果の検討

前節で述べて来た様なシステムを、本四Dルート三橋に適用して来た訳であるが、当初は詳細設計図の完成から原寸検査までの工期がなかった事や、構造の特殊さ、製作方法の複雑さ等にとまどったり、試行錯誤の連続であった。しかし、二橋、三橋と処理して行く段階で、次第にシステムの内容も整い、目標とする効果を得られる

様になって来た。

その第一としては省力効果である。今回の場合は過去に前例のない橋梁するために、従来の床下し原寸の場合との具体的な比較は不可能であるが、今までに述べて来た様に、型板作成とそのチェック作業や、野書き作業における省力化は明瞭である。

但し、経済効果となると、プログラム開発費、メインテナンス費などを考慮しなければならないため、一概には言えないが、橋梁の規模が大きく部材数が多い事、同種の橋梁が三橋連続した事などを考えると、開発の効果は充分あったと思われる。

第二としては、やはり精度の向上が上げられる。手作業ではどうしても精度にばらつきを生じ、各作業段階毎の誤差が累積する場合がある。しかし、NC原寸の場合は自動製図機あるいはNCマーキング機の誤差しか発生する要因がなく、安定した高精度の製品が得られる。原寸作業の精度の向上は、後工程にも好影響を及ぼすと考えられる。

また、これは別件になるが、同時期に三径間連続ワーレントラス形式の曾我部川第一橋（日本道路公団）があり、その原寸作業にもこのトラス汎用システムを改良して利用した。

この橋梁は、橋長約350mの変断面トラスで、縦横断が大きく、しかも3パネル毎に平面折れを有しているという、きわめて複雑なトラス橋であり、NC原寸システムが最も威力を発揮した好例と言える。本四トラスのNC原寸システムで培った土台なくしては、限られた工期内での原寸作業は困難をきわめたと思われる。

4. あとがき

以上が本四トラス原寸システムの概要である。

NC原寸システム自体は、一般橋梁においては既に珍しいものではないが、今回の様な大型特殊物件に関しては、JV各社の製作方法、設備状況にもよるが、床下し原寸で処理している所もある様である。

しかし我々としては、今後共高品質・高精度を目指したシステムの開発は、生産情報までを含めた自動化を追求しながら推進していくべきであると考えている。

もっとも、設計段階においてかなりの標準化がなされている、板桁・箱桁橋と異なり、トラス橋、アーチ橋等の特殊橋梁においては、構造詳細が橋梁の規模や架設方法に加えて、設計思想に委ねられる要素が多く、製作者の要求を完全に満たせる様なシステムの構築となると、なかなか難しいと言わざるを得ない。

しかし、鋼材の高強度化とそれを用いた製作技術の向上に伴い、橋梁が大規模化、複雑化しているのも事実であり、特殊橋梁と言えども、もはや床下し原寸の時代は

終ったと考えられ、あらゆる橋梁に関してNC原寸化の要望が高まって来ると思われる。

我々は、その要求にいかにして応えて行くかを常に念頭に置きながら、一層の研鑽を積んで行かねばならないと考えている。