

桁橋の製作情報作成システム

An Investigation of a Computer Integrated Manufacturing System for Girder Bridges

鬼頭 省吾* 堀井 猛** 瀬戸 雅規*** 巢山 悦勇***
Shohgo KITOHO Takeshi HORII Masanori SETO Etsuo SUYAMA

Summary

Producing higher quality with lower production costs is one of the most important tasks facing manufacturers. A computer system developed for coping with these tasks is introduced. The system is applied to many types of girder bridges, and deals with a wide range of projects from template work to shop assembly including data processing for numerically controlled machines.

1. まえがき

品質向上と原価低減は製造現場の永遠の課題である。この課題の一方を達成するために他方を犠牲にすることは許されず、常に両立させることが求められている。また、新卒者の製造業離れということがマスコミでも取り上げられているように、熟練技能員を得ることは今後ますます難しくなっていくと推測される。

熟練技能員が減少していく状況下で品質を向上させ、労働生産性の向上による原価低減を図るためには、機械化を急ぎ労働集約型から装置型に転換していかなければならない。幸いにもコンピュータ機器が入手し易くなり、また多様な高性能のNC工作機械が開発されてきている。これらの機器を有効に活用できれば活路が開けるものと思う。有効に活用するための要点は、使用する企業または工場に適したシステムを開発することである。

品質、生産性の面から効率のよいシステムとするには、情報の伝達に人を介さずかつNCデータまで作成できるような総合システムとする必要がある。当社の橋梁の製作総合システムとしては、他社との共同開発によるMIPSONがあり既に稼働している。さらに、平成元年12月には自動設計との連動も完成し、設計から製作までの一貫システムとなった。しかし、MIPSONが適用できるのは、コンクリート床版の鉸桁と箱桁でしかも腹板が鉛直の構造に限られており、全受注橋梁の30%程度にしかならない。

したがって、他の構造形式を処理するシステムの開発が急務であった。そこでまず頻度の高い鋼床版橋等の桁橋システムを開発することとした。

このシステムを当社ではGIMS (Integrated Manufacturing System for Girder Bridges)と称している。開発に着手してからまだ日も浅く未完の部分が多いが、取り敢えず第1報としてここに報告する。

2. システムの概要

(1) システムの設計の考え方

システム設計は次のような基本的な考え方に基づいて行った。

(a) 構造形式に対する汎用性

鋼床版橋梁を基本モデルにするが、他の形式にも適用できるようにする。そのために構造形式とか断面形状を設定しないで、設計における線形計算と同様に橋軸方向のラインと幅方向の横断線によって処理する。

(b) 出力の多様性

原寸作業においては一般的に部品を2次元に展開することなどによって加工寸法を求め、シナイと型板および加工材料リストが作られる。処理内容を従来の原寸作業のみに限定したのでは効果が小さいと考え、本システムをNC機械用データのメインプロセッサとすること、および主に製造事務部門で作られる各種加工帳票類も出

* 千葉工場製造部製造電算課長

*** 千葉工場製造部製造電算課

** 千葉工場製造部製造電算課係長

力できるようにする。

(c) 部分的処理

必要な出力項目の種類とそれを必要とする時期は構造および製作方法によって異なる。必要な項目を必要な時に処理できるように各々を独立して実行できるようにする。また、各プログラムは運用時の効率を考慮してバッチ処理を基本とする。

(2) システム構成

全体のシステム構成の概要を図-1に示す。最初に設計図面および線形計算結果を基にして、製作に必要なラインと横断線を補充し製作座標ファイルを作成する。製作座標ファイルには死荷重撓みおよび腹板上下縁の溶接収縮差によって生ずる溶接付加キャンパーも含まれる。次に、生成された座標データが正しいかどうかを確認するために、寸法チェックリストを出力するとともにCAD画面上で寸法を照査する。製作座標ファイルを基本データにして部品展開、組立寸法および仮組寸法プログラム

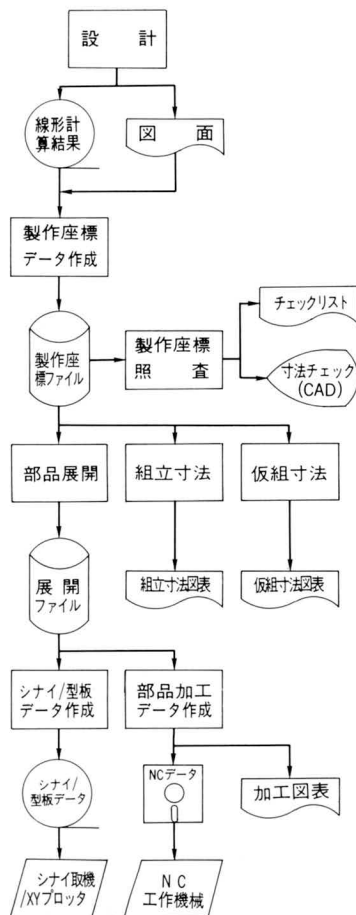


図-1 システム構成の概要

を実行することができる。

部品展開プログラムの実行により展開ファイルが生成される。シナイや型板のデータ、NCデータおよび部品加工図表は展開ファイルを用いて作成される。

3. 製作座標ファイルの生成

(1) 生成手順

製作座標ファイルは図-2に示すように線形座標ファイル、構造座標ファイル、製作座標ファイルの順に生成される。チェックリストまたはCADの寸法チェックによって間違いが見つかった場合は、間違いが生じている段階のインプットデータを修正して再実行する。

(2) 線形座標ファイル

線形座標ファイルの原形は設計で作成された線形計算結果そのものである。図-2において線形ファイルは磁気テープの記号で表わしているが、勿論フロッピーディスクを媒介としてもよいし磁気ディスク内にあってもよい。線形ファイルが設計から得られない場合は、残念ながら図面または線形計算書を見ながら少なくとも1本のラインのデータはキーボードから入力しなければならない。線形座標ファイルの原形の内容は下記の項目である。

- ① 工事識別名
- ② ライン数
- ③ ライン名
- ④ 横断線名とその点の座標値(3次元)

線形座標ファイルの原形を作成してから、既知点の死荷重撓みと溶接付加キャンパーをファイルに直接書込んでおく。

(3) 構造座標ファイル

(a) ラインと横断線の補充

設計図面または線形ファイルによって座標値が与えられる点は、一般的には部材中心と腹板上縁ライン上の横桁位置だけである。座標値が与えられたラインと横断線を元に、製作に必要なラインと横断線を補充して構造座標ファイルを作成する。製作に必要なラインと横断線とは下記のようなものである。

- ① ライン；フランジ縁端、縦リブ、縦継手、腹板縁端、水平補剛材、ナックルライン等
- ② 横断線；桁端、現場継手、板継ぎ、垂直補剛材、横

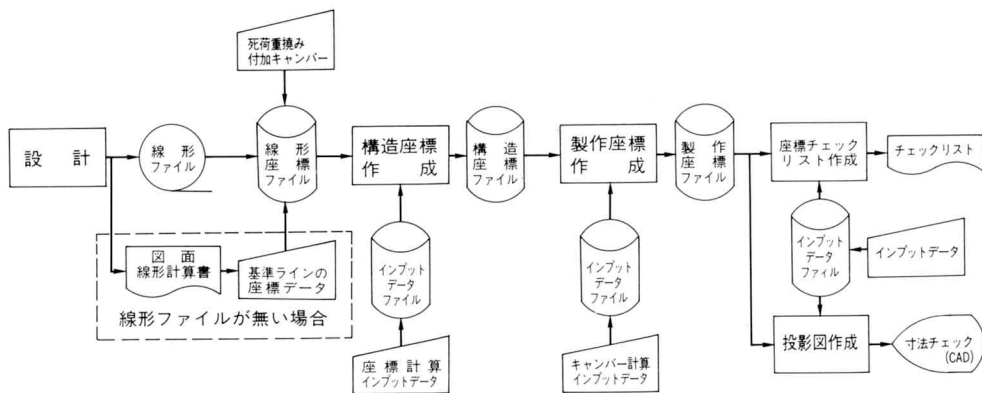


図-2 製作座標データファイルの生成手順

リブ、ナックルライン等

(b) ラインの補充方法

線形座標ファイルに存在するラインかまたは先に作られた補充ラインを基準ラインとして、各横断線における基準ラインとの関係から1つの補充ラインの座標を計算する。平面座標の計算と縦断座標の計算では基準ラインは異なってもよい。また、基準ラインとの関係が全横断線において等しければ入力は1つだけでよい。基準ラインとの関係を大別すれば横断線の方向と距離であり、各々数種類の指定方法を組合わせてパターン化している。

(c) 横断線の補充方法

1 ラインごとに中間補剛材や板継ぎ点の座標を計算する。ラインの補充と同様に基準ラインを指定し、基準ライン上において既設横断線からの間隔と方向を入力する。間隔は基準ラインの曲線長である。基準ラインを設定した理由は、計算ライン上においては間隔が与えられていない場合が多いからである。

各ポイントはライン名と横断線名によって識別されるので、補充されるラインと横断線名には各々その名称を入力しておかなければならない。名称は10文字以内としライン名は重複しなければ何でもよいが、横断線名は以降の処理を容易にするため第1文字に属性を持たせている。

スプラインには3次曲線を用い、曲線の不連続点はライン名と横断線名によって指定する。

(4) 製作座標ファイル

キャンバーは死荷重撓みと溶接付加キャンバーの2種類を扱うが、処理方法は同じである。線形座標ファイル

に値が書込まれているラインを基準ラインとし、基準ラインの値との関係を指定することによって計算ラインのキャンバー値を計算する。中間補剛材や板継ぎ点など値が未知の点は4次式のスプラインを設定して補間する。曲線の不連続点はライン名と横断線名によって指定しておく。

構造座標ファイルの内容に2種類のキャンバー値が付加されて製作座標ファイル(直接編成ファイル)が作成される。

(5) 座標値照査

生成された製作座標データは以降の処理の基礎データであるので、これが正しく作られているかどうかチェックしておく必要がある。座標値そのものをチェックすることは容易ではないので、座標値から距離や勾配を算出し設計図面の寸法と照合し易いようにしている。

チェックリストの出力項目は下記のものである。

- ① 支間長、部材長、対角長
- ② 断面寸法、桁間隔
- ③ 縦断勾配、横断勾配

出力位置はライン名と横断線名による指定であるので、いくつでも任意に選定することが可能であり、またCAD画面上で照査することもできる。

4. 部品加工データ

(1) 部品加工データの作成手順

部品加工データの作成手順を図-3に示す。最初に部品展開プログラムを実行して展開ファイルを作成する。

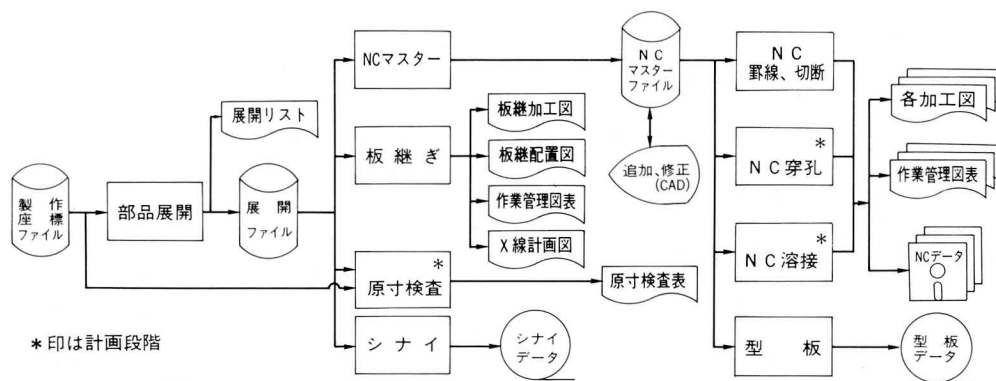


図-3 部品加工データ作成手順

展開ファイルに基づいてNCマスターファイル、板継ぎ帳票、原寸検査表およびシナイデータが作成される。NCデータの作成は運用効率の面からはできる限りバッチ処理が望ましいが、細かい点で処理しきれないものがあるし、また作成されたデータのチェックや修正も必要である。したがってNCマスターファイルの追加、修正をCADを用いて行う。その後NCマスターファイルを基に型板データおよびそれぞれのNCデータとその加工図表が作成される。

(2) 部品展開

製作座標データは線であるが、ここで初めて面が定義される。フランジや腹板などの長手方向部品については1つの面に含まれるライン名を指定し、断面は横断線名とその断面内のライン名を指定する。展開は定義された面ごとに処理される。1つの面と考える範囲の指定は任意であるので、縦方向の板継ぎがある場合などで板継ぎと罫線の施工順序がどちらであって対応できるし、また断面は全体断面でも部分断面であってもよい。

長手方向部品は部分的に縦継手がある場合のように、ラインが一定区間だけに存在することがある。このような場合に対応するため展開区間を横断線により指定するようになっている。

溶接収縮データはこのプログラム実行時に入力する。長手方向部品の溶接収縮データは長さ収縮量と幅収縮量の2種類である。1つの収縮量データの適用区間は指定であるので、区間ごとに異なる値とすることも可能である。断面は断面ごとに幅収縮量と高さ収縮量を入力する。展開時のZ座標値には死荷重撓みと溶接付加キャンバーを付加した値を用いる。

長手方向部品の展開は図-4に示すように、隣り合う

2つのラインと横断線に囲まれる四辺形を最小展開区画（以下展開要素と記す）とし、1つの要素を展開しては共通節点を重ね合わせていく方法をとっている。長手方向の区画番号 i 、幅方向の区画番号 j の展開要素名を要素 (i, j) として、展開手順を下記に述べる。

- ① 1つの展開要素は平面と仮定する。
- ② 最初に要素 $(1, 1)$ を展開し、ライン1（節点 a_1, a_2 ）をX軸上に置く。
- ③ 要素 $(1, 2)$ を展開し、ライン2上の節点 b_1, b_2 が要素 $(1, 1)$ のライン2上の節点 a_3, a_4 に一致するように移動させる（図-5）。
- ④ ③と同様に要素 $(1, n-1)$ まで繰返して第1区画 $(i=1)$ を展開する。

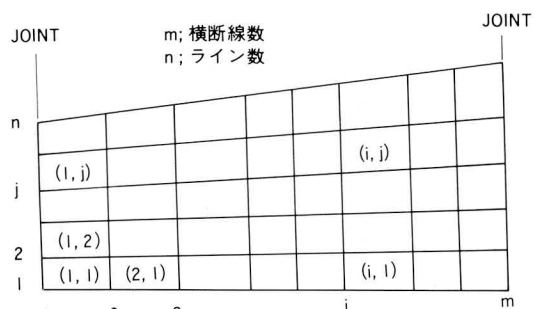


図-4 展開区画

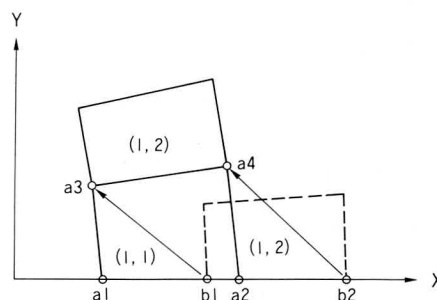


図-5 展開要素の接合

- ⑤ 第1区画と同様にして第2区画 ($i = 2$) を展開する。
- ⑥ 第2区画の節点 a' 、 b' が第1区画の節点 a 、 b に一致するように第2区画を移動する。(図-6)。
- ⑦ 横断線2上において両区画の中間節点が一致するかどうかを調べる。展開前の断面が直線でなくかつ長手方向にも直線でない場合は中間節点は一致しない。この場合は断面内の板厚は一定と仮定して断面の主軸を求め、主軸周りに曲げ変形が生ずると考えて全節点を一致させる。
- ⑧ 上記②から⑦の処理を最後の ($m - 1$) 区画まで繰り返した後、指定の基準線をX軸とする座標系に座標変換する。

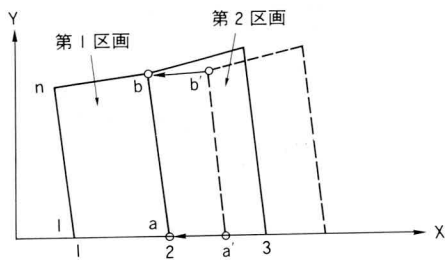


図-6 展開区画の接合

(3) 加工データ作成プログラム

加工データ作成プログラムではNC用データの他に、加工図と作業管理図表が作成される。加工図は工場内で全体の図面をひっくり返したり多くの資料を参照しなくてもよいように、当該工程に必要な情報を1品1葉に表わすことによって誤作の防止と作業能率の向上を狙いとされている。作業管理図表は溶接延長とか所要溶接材料、加工重量や加工時間など作業管理に必要なデータを出力するものである。板継ぎ加工図の出力例を図-7に示す。

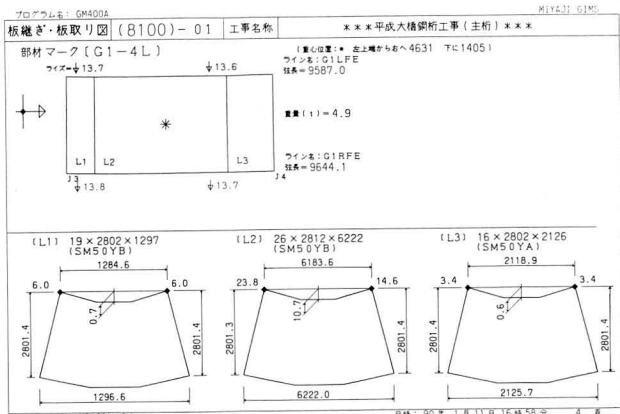


図-7 板継ぎ加工図

NCマスターについては現在NC罫線・切断は稼働しているがさらに充実したものになりたいと考えているので、詳細は次の機会に報告したい。

5. 組立寸法、仮組寸法

(1) 組立寸法

部材組立作業の要点は振れ防止と断面寸法の精度である。周知のように箱桁等の閉断面部材は振り剛性が極めて大きいので、振れた状態で組立ててしまうと後工程では直す方法がない。また、断面寸法の精度は部品の精度に大きく左右されるので部品精度の確保が第一に重要である。箱桁の断面精度はダイアフラムの精度に依存するところが大きいので、その精度が重要であるがダイアフラムから離れた部材端部のように拘束力が小さいところでは組立時に精度を確保しなければならない。

部材の振れは各点の高低差をチェックすればよい。このための出力例を図-8に示す。組立方法としては正立組か倒立組み、縦断勾配をつけるか縦断勾配を降して組むかを選択できるようにしている。

(2) 仮組寸法

仮組寸法は測定方法に即した値が必要である。必要な数値が全て設計図面に表示されていれば電算処理するまでもない。しかし、例えば支間長をスティールテープで測るとしても、設計図面で表わされている水平寸法を測ろうとすれば仮組床版上に地墨を打つことが考えられるが、仮組受台が障害となってテープを通すことができないことが多い。そこで一般的には上フランジ上にポイントを移して上フランジ面上で測定されるが、この場合は水平長ではなく上フランジ面の縦断曲線長を測ることになる。また、曲線桁の場合はテープを平面曲線に沿って張ることは困難であるので、縦断曲線のある弦長を測定することになる。これら実際に測定される寸法の設計値は図面には示されていないので、あらかじめ計算しておく必要がある。

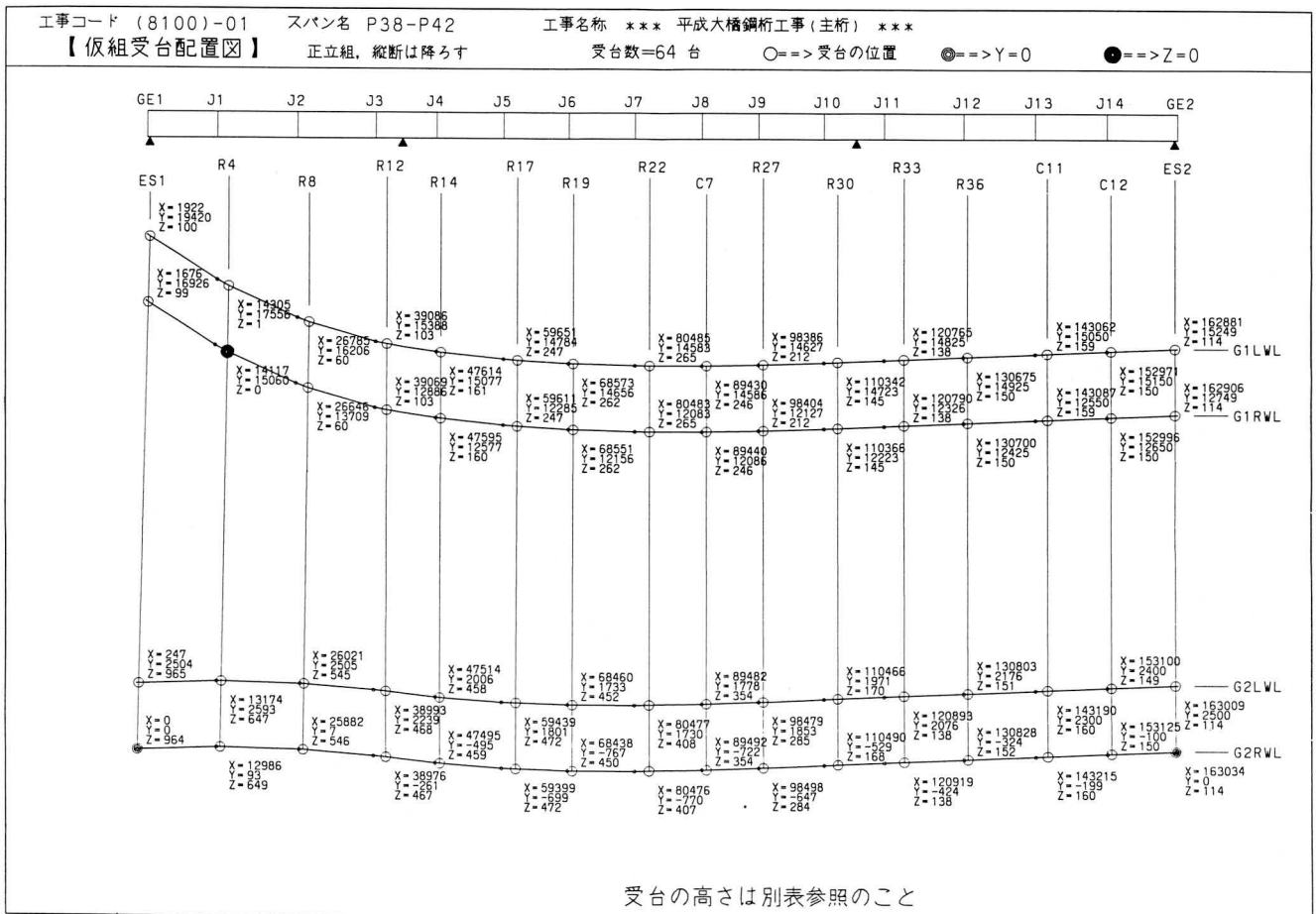
さらに、設計図面と異なった状態で仮組する場合、すなわち倒立組とか縦断勾配を降ろして組立てる場合は全所要寸法を計算で求めておかなければならない。

仮組寸法を計算して図に表わすには多大な時間を要していたので、これを電算処理にしたものである。処理項目は次のようなものである。出力例を図-9～図-11に

() 外は、縦断+死荷重撓み+溶接付加キャンパー
() 内は、縦断+死荷重撓み

通り名(G2)	部材名(GE1)		---J1		倒立組 高さ基準点 (JA6)		の(GE1)			
ライン名	断面名	規定値	測定値	断面名	規定値	測定値	断面名	規定値	測定値	
JA5	GE1	188.1 < > (188.1)		ES1	196.0 < > (193.8)		C1	369.8 < > (330.1)	J1	395.2 < > (352.4)
G2LUF	GE1	148.0 < > (148.0)		ES1	156.2 < > (153.9)		C1	335.5 < > (295.8)	J1	362.4 < > (319.5)
G2CUF	GE1	79.5 < > (79.5)		ES1	87.9 < > (85.7)		C1	275.7 < > (236.0)	J1	305.5 < > (262.5)
G2RUF	GE1	11.0 < > (11.0)		ES1	19.7 < > (17.5)		C1	215.8 < > (176.1)	J1	248.8 < > (205.6)
JA6	GE1	0.0 < > (0.0)		ES1	8.8 < > (6.5)		C1	206.3 < > (166.6)	J1	239.7 < > (196.5)

図-8 組立時の高低差チェックリスト



MIYAJI GIMS

図-9 仮組立受台配置図

示す。

- ① 仮組時の座標
- ② 仮組受台配置図 (図-9)
- ③ キャンパー
- ④ 支間長、桁長
- ⑤ 平面对角長 (図-10)
- ⑥ 断面寸法、桁間隔
- ⑦ 平面ライズ、桁の通り
- ⑧ 桁の出入り (図-11)
- ⑨ 腹板の鉛直度

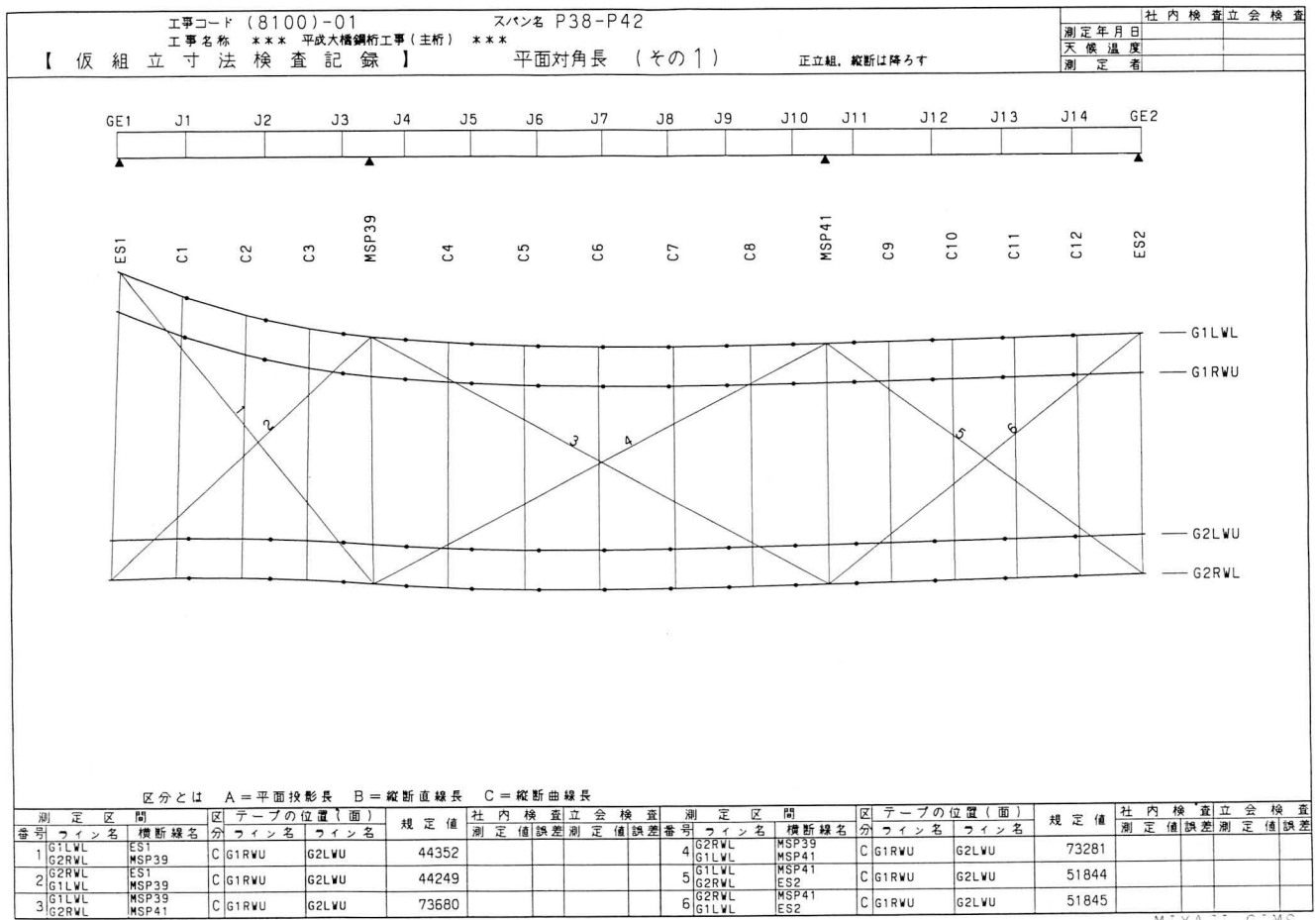


図-10 仮組検査記録(平面对角長)

(8100)-01 P38-P42 *** 平成大橋鋼桁工事(主桁) *** PAGE 1
 「仮組時の桁の出入り」 (桁の出入りの符号=基準点より+X方を(+)-X方を(-))

断面名 = (GE1)				断面名 = (MSP39)			
測定点	桁の出入り	(基準点=G1LWU)		測定点	桁の出入り	(基準点=G1LWU)	
(ライン名)	規定値	社内検査値(誤差)	立会検査値(誤差)	(ライン名)	規定値	社内検査値(誤差)	立会検査値(誤差)
G1LWU	0.0	()	()	G1LWU	0.0	()	()
G1RWU	-0.1	()	()	G1RWU	-0.1	()	()
G2LWU	-0.5	()	()	G2LWU	-0.5	()	()
G2RWU	-0.6	()	()	G2RWU	-0.6	()	()

図-11 仮組立検査記録(桁の出入り)

測定位置、測定点はライン名と横断線名を入力することにより、任意にかついくつでも指定できる。

6. あとがき

開発に着手してから1年半余であるが、できた部分から実用に供しており、現在までにおよそ20工事に適用し

て期待していた成果をあげつつある。原寸展開1つとってみても従来は床に実寸図を描く図解法であったため、誤差やミスが入り込む機会が多くかつ時間も要していたが、本システムを適用すればより精度よく短時間で展開してNCデータまで作成できるようになった。

本システムの運用にあたって最も時間と注意を要するのは構造座標ファイルを作成するところである。使い易

いように改良を繰り返しているが、未だ十分とは言えない。また、製作のことまで考えた親切な線形計算がなされていたとしても、膨大なデータを1つつつキーボードから打込むとなると気が遠くなってしまふ。設計者には、計算書よりも磁気テープを、とお願いしたい。

開発を始めてから日も浅く未だ骨格部分しか稼働して

いない。製作総合システムを目ざして内容の充実を図るとともに、さらに使い易いように改良していくつもりである。今後ともご指導を賜りますようお願い致します。

本システムの開発にあたっては、原寸掛の萩原職長、松本班長を初め多くの方から貴重な助言、助力を戴いたことを記し感謝の意を表する次第であります。

グラビア写真説明

虹の大橋（新大橋）

五月雨をあつめて早し最上川—芭蕉

本橋は、芭蕉の俳句で知られている最上川（水路延長229km）のほぼ中間に架かる橋梁である。架橋地点の大石田町は、最上川舟運時代に最大の河岸があり、最上川によって発展した町である。

一般国道347号は、寒河江の国道112号を起点にし、宮城県古川市の国道4号に接続する総延長85.3kmの主要道路であり、本バイパスは、大石田町～尾花沢間6.5kmの整備道路である。本区間は、幅員が5～6.5mと狭い上、屈曲が著しく、大橋（昭和6年）の老朽化等で、架け替えられたものである。本事業の完成により、社会的、経済的効果は著しいものとなる。

最上川の由来について、アイヌ語で「珍しい岩石の多いところ」を意味する「毛賀美」という説と、庄内平野から上がったところにある最上峽が、かつてモモ（崖）と呼ばれ、「モモ」の上にある広い盆地が「モモカミ」の地であることから「最上」となったとする説がある。

最後に、本区間の開通は平成元年11月で、ちょうど奥の細道紀行300年に当たり、意義ある年の開通となった。（大河原）

円空歩道橋

まだ自然を残し、鶴飼いで有名な長良川の上流、美並村の発注である。美並村の村おこしの一環として円空の里整備事業があり、全国から円空仏を集めた資料館に通ずる道路に架けられ、橋面中央に2カ所、円空仏と円空水飲場を配した。また親柱、照明等円空一色の橋である。同地区は東海北陸自動車道の建設が進み、開通のあかつきには、となり町の郡上おどりと並ぶ観光地になると期待しています。（小林稔）