

数値制御を用いた橋梁の原寸製作

—NC 原寸法の手法—

安 芸 佳 夫*
福 井 康 二**

1. 緒 言

現在、橋梁を製作する場合、工事着手前に実物大の原寸図を画くことにより、寸法のチェックおよび部材の取合いの検討などを行なっているが、筆者らはそれらの作業を NC (Numerical Control) 化した NC 原寸法を試みた。

この方法は、独自に考案した PDL/B 言語 (Pattern Description Language for Bridge) を用いて簡単な part program を記述し、従来の実物大原図に変わるある種の縮尺原図を電子計算機および自動製図機を用いて画くものである。

線形のチェック、取合い部のチェック、部材の展開、さらに加工工程に移すための部材寸法等を縮尺原図と、out put されたリストより能率的、かつ正確に処理するもので、工場製作にはかなり適用範囲の広い Program System である。

2. NC 原寸法の導入理由

電子計算機はさることながら、最近の自動制御装置の進歩は目覚ましく、より大型化され、より高速化されるにつれてあらゆる分野で生産に直結した NC システムが考えられている。

現に、わが国の造船部門では加工工程で随所に NC をすでに採用しており、その実績も数多くにおよんでいる。すなわち、船体構造のうち船殻外板などは NC を使用し、1/10 縮尺原図で展開を行なっている。

これを歴史的にながめてみると、当社では、昭和 26 年に実物原図 (1/1) を 1/10 縮尺原図に切り変え、種々の改善を行な

い、さらに NC の導入により大幅な飛躍を遂げている。

現在、橋梁製作において、工作法は造船部門のそれに比して遅れているが、その原因の一つとして、造船部門では早くから 1/10 縮尺原図を採用したという点が上げられる。すなわち、NC 自動製図機をすでに利用し、さらに NC ガス切断、NC 加工へと進歩しているのは、実物原図 (1/1) から縮尺原図へ脱皮した時点からその速度をはやめたと考えられる。

そこで筆者らは、橋梁の分野においても、工場の NC 化を考えるにあたり、まず手始めに NC ガス切断、NC 加工への一過程である縮尺原図を用いる NC 原寸法を試みた。

3. NC 原寸法の概要

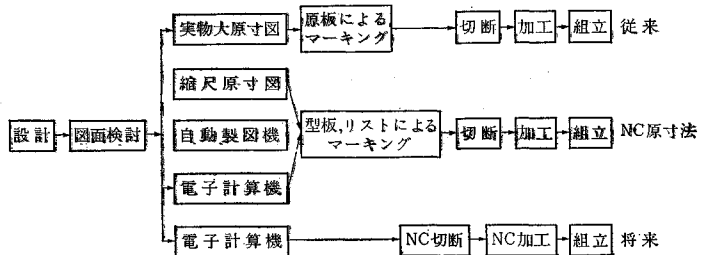
図-1 のごとく、将来の橋梁製作過程は、コンピューターと NC 機械を駆使したシステムになることが容易に想像することができる。

この中で、コンピューターと機械の橋渡しをする NC システムは重要な要素になるとの観点から、筆者らは今後の NC システムを加味した NC 原寸法を考えた。

ここでの NC 原寸法とは、広い原図場と肉体的な労働を必要とする従来の原寸法に変わり、コンピューターと自動製図機を用いて縮尺原図を画き、ほとんどの原寸作業を自動的に、かつその作業をすべてデスクワークにて行なうものである。

図-1 により全体の製作過程からみれば、NC 原寸法

図-1 橋梁製作過程



* 正会員 三井造船(株)橋梁鉄構事業部設計課
** 正会員 工修 技術士 三井造船(株)橋梁鉄構事業部設計課次長

を採用することによって、従来と変わる部分は、原寸図の作成方法およびその大きさと、マーキング方法である。

原寸図の作成方法は、設計からの図面を検討し、それらの図面にしたがって自動製図機に図を画かすための part program (図-5 参照) を PDL/B 言語により作成する。

part program は、コンピューターにより解析され、続いてコンピューターからは、自動製図機へのデータと各部材の寸法、マーキング用座標値などが out put される。

マーキング方法は、従来の床面に画かれた実物大の原寸図から型板を取る方法に変わり、主要部材のほとんどは、out put されたリストより直接鋼板の上に座標点を人間がプロットする。ただし、ガセットプレート、添接板など比較的小さな部材については自動製図機台の大きさが許す限り実物大にて紙上に書き、それを型板として使用する。

以下、PDL/B SYSTEM の概要を紹介し、これを実際に使用する NC 原寸作業について簡単な説明を行なう。

4. PDL/B SYSTEM の概要

PDL/B system の構造は、ESD (Executing System Director) および PÖST (Post Processor) からなる (図-2 参照)。

さらに、相互の関連を図に示すと、図-3 のようになる。

(1) PRE-ARITHMETIC

part programmer が図形を計算機で処理するとき、前もって求めておかなければならない座標点とか、Tabulated line (以下 TAB-line と呼ぶ) などをリストとカードに print out するものである。

たとえば、連続桁の主桁を画かす場合、縦断勾配、およびキャンパーを考慮した web line の各座標点、スティフナーの回転角、および web line 上の任意点を基準としたときの他の各点の相対的な高さなどをリストに、out put し、さらに座標点は part program で直ぐに read できるよう、カードに punch out する。

(2) ERROR SEARCH

PDL/B 文法では使用できる言語名、およびそれに対するアーギュメントの数などを規定しているが、万一 part programmer の書いたプログラムに文法上のエラーが含まれている場合には、そのエラーを検出し、同時に

図-2 SYSTEM の構成

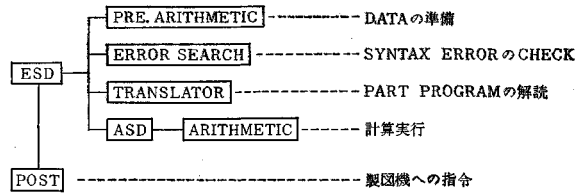
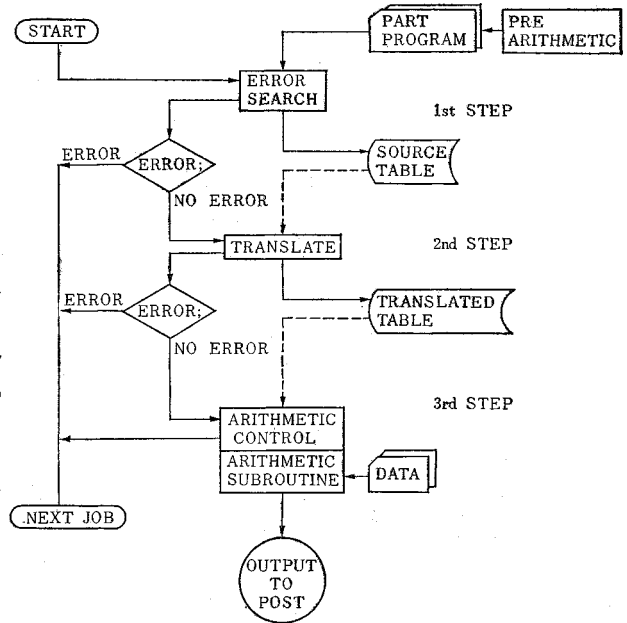


図-3 COMPILE FLOW



どのような種類のエラーかのメッセージをコード番号にて print out する。

エラーがなければ、TRANSLATOR へのデータをディスクに write する。

(3) TRANSLATOR

part programmer の書いた言語を解読し、その言語に付随するアーギュメントを計算機が実際に実行できるような値に変換する。

また、アーギュメントに実数が入った場合、それが9桁を越していないかなどのチェックを行ない、エラーがなければ、ARITHMETIC へのデータをディスクに write する。

(4) ARITHMETIC CONTROL

TRANSLATOR でつくられたデータより計算を実行し、その結果を PÖST 用に out put する。

5. PDL/B 言語

PDL/B 言語は下記に示すように5種の statement から構成され、これらを適当に組合せ記述することにより目的の原寸図面を任意の場所に、また使用する製図用紙の大きさの範囲内で、適当なスケールで画くことができる。

(1) DECLARE and DEFINE STATEMENT

part program の始まり (SCÖT) と終わり (PEND) を規定し、紙上に製図する位置と縮尺を任意に定める statement である。

(2) GEÖMETRIC STATEMENT

PDL/B 言語の大部分は、この statement に属する。geometric statement には、角度、直線上の長さ、および曲線上の長さを定義する、いわゆるスカラー量の定義と点、線分、円弧を定義するベクトル量の定義と2種類ある。ベクトル量の定義の中には

ATTS...板幅、板厚の修正線を描く。

LISW...web のマーキング用リストを out put する。

GRID...リベット線を描く。

など橋梁独特に考えられたものと

PINT...2線の交点を求める。

SPAR...ある直線に平行な直線を規定する。

CANG...内角 θ の円弧を描く。

など basic なものも多く作成しており、まれにしか画かない図形とか非常に複雑な図形にも十分対処できるように考慮されている。

(3) CÖNTRÖL STATEMENT

通常、PDL/B の statement は配列されている順に実行される。ここに述べる control statement は、プログラムの実行順序を変更したり、制御するために用いられるものである。

(4) MÖTIÖN STATEMENT

part program で定義された線分の内、図上に画かせたいものを Post Processor にデータとしてセットする statement である。すなわち、part program で定義された線分でも motion statement の付かないものは図上に画かれない。

(5) PRINT STATEMENT

part program で定義された角度、座標、線分の長さをチェック用としてリストに out put するもので、平面線型のチェック、部材長のチェックなど、原寸時になくはならないものである。

6. NC 原寸法

これまで PDL/B SYSTEM の概要を説明したが、実際にはどのような使い方をし、またどのような成果を上げるものか以下簡単に述べる。

(1) 平面線型図

原寸時にもっとも基本であり、かつ重要なものは平面および縦断の線型とそれらに付随する主桁、横桁などの骨組図をチェックすることである。

そこで、NC 原寸法では設計から配布される図面により、まず平面線形図を描き、線型および骨組図の諸寸法に誤りのないことを確かめてから次の作業に取りかかることを鉄則としている。

対象とする橋梁が直線の場合(主桁および路面線型が直線群からなっている場合)は、わざわざ平面線型図を画いてチェックする必要もないが、少しでも曲線の入った橋梁では次のようなチェックを行ない、この段階で設計時の基本的な誤りを検出する。

① 設計図面から各主要点の座標値を input とし、路面中心線、主桁線、地覆線などの TAB-line を書き平面線型図を作成する。

万一、input した設計からの座標値が誤った座標値を含んでいたならば、でき上がった原図より一目瞭然に誤り箇所を発見することができる。しかし、座標値が cm および mm 単位の誤りならば縮尺図では判明し兼ねるので、次のリストの段階にてディバグする。

② 平面線形図を描くと同時に、主要点の座標値、径間長、横桁長、横桁間隔、幅員、横構の長さ、高欄線の長さ、地覆の外桁からの張り出し長さ、平面的な主桁間の対角要素など工場製作および現地架設に必要なと思われる数値はすべて計算機の中で決定しリストに out put する。

図-4 はある橋の平面線型図を図-5 の part program にしたがって実際に画いたものであるが、座標値などチェック用のリストは紙面の都合上省略する。

(2) 主桁の WEB

主桁を工場製作する場合、重要なもののひとつにキャンパーの値がある。これは単純桁、連続桁ともに PRE

図-4 平面線形図

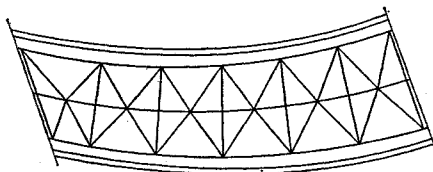


図-5 PART PROGRAM

```

** SOTOMUI_GAWA HEIMENZU (KA-1, SIDE)
  HEAD
  T01=TRED
  T02=TRED
  T03=TRED
  T04=TRED
  T05=TRED
  T01=TDAS(T01)
  S01=STRT(14637.4,4348.9,20084.8,-3198.6)
  P01=PINT(S01,T01)
  P02=PGRP(T01,P01,R,51.2,1,255.8,1,4651.8,1,4400,4,4156.8,1)
  P10=PALG(T01,P09,R,250)
  S02=SANG(T01,P10,90,5000)
  SCOT(P01,P10,0,0,1500,0,100,1,1)
SETL T02=TDAS(T02)
SETL T03=TDAS(T03)
S03=STIF(T01,T02,T03,P03,120,1,90,6,*,*)
S10=SCHU(T01,T02,S03,S09,A)
S22=SCHU(T01,T03,S03,S09,B)
T01=TRAN(T01,S01,R)
SETL T01=TRAN(T01,S02,L)
P11=PINT(S03,T03)
P12=PINT(S09,T03)
P13=PINT(S03,T04)
P14=PINT(S09,T04)
R01=RGUT(T01,P03,P09)
R02=RGUT(T02,P13,P14)
R03=RGUT(T03,P11,P12)
  KAKE(SPAN,R01,R03)
  KAKE(POIT,P01,P14)
  KAKE(LINE,S01,S33)
SETL T01=TDAS(T04)
SETL T03=TPAR(T01,8,400)
SETL T01=TDAS(T05)
SETL T03=TPAR(T01,A,400)
  I =ICAL(*,*,1)
AASETL S/I
  I =ICAL(I,+,1)
  WHEN(I,EQ,34,BB)
  GOTO(AA)
BB
  PEND
  END

```

ARITHMETIC の段階にて求め part program 用に、TAB-line 作成用の座標値をカードに punch out しておく。また、キャンパー値を求めると同時に、各主桁間の相対的な高さとか、垂直スティフナーの回転角をもリストに out put する。

web plate はある縮尺にて橋長全体を画き、さらに継手から継手までの一部材ごとにスティフナーの溶接による縮み量およびガス切断の切り代を考慮したマーキング用のリストを out put する。

縮尺原図を画いてもそれからいかにして板の上にマーキングするか当初頭を悩ましたが、このマーキング用リストを作成することによって解決した。

添接板はリベット線も含めて実物の大きさで別に取り出して画き、他の部材との取り合い関係をチェックし、さらにこの図を直接マーキング用として使用する。

(3) 主桁の FLANGE

主桁に縦断勾配があり、しかも平面的に曲線である場合、フランジ長とフランジ幅の平面的な実長は設計図面から展開して算出する必要がある。これは、先に求めた web 線上における各点の相対的な高さを使って、pre arithmetic により展開した後の諸寸法を求めておく。したがってこの場合、原寸図は長さ、幅ともに設計図面と違ったものとなる。

フランジを板の上に、マーキングするのは、WEB の

場合と同様に継手から継手までの一部材ごとに、マーキング用リストを out put する(表-1 参照)。

通常フランジは断面が幾つにも変化しているが、曲線橋の場合には、各部材を正確な位置で溶接ができるように原寸図には必ず板継ぎ直線を挿入する。

これは part programmer が任意の位置に、また任意の本数を画くように簡単に指示できる。

表-1 フランジ マーキング用リスト

***** LISI *****			
KJNO.	133117	KJNAME.	727 KOKU
BRNO.	(P1-P2)	GI FLG.	BUZAI. 7
		MEN.	D
	TL.	8803.	TR. 6736.
	IL.	-88.	IR. 20.
	** X **		** Y **
		0.	-0.
	1331.		-15.
	2663.		-30.
	3994.		-36.
	5326.		-34.
	6657.		-32.
	7989.		-30.
	9320.		-20.
	10652.		-0.

(4) 横桁、対傾構

先に求めた web 線上の相対的な高さより、横桁、および対傾構位置での縦断勾配、横断勾配およびキャンパーを考慮した各主桁断面と、それらを結ぶ部材のゲージラインを画く。

また、主桁間の距離、ゲージラインの長などはリストに out put してチェックする。

横桁に full-web を使用した場合は、主桁の web と同様にマーキング用のリストを out put する。

対傾構の斜材は部材端での溶接代、および上弦材、下弦材との取合いを考慮して計算機の中で自動的に部材長を決定し、それをリストに out put する。

対傾構取付用 ガセット プレートは、板の上に直接マーキングできるように、別に実物大で図を画く。

(5) 横 構

横構の原寸法は下記の 2 case を考えている。

① 平面的な考え方で部材長の決定, および取合いのチェックを行なう。

② 立体的な考え方で部材長の決定, および取合いのチェックを行なう。

① の場合は, 設計図面通りの原寸図を画く方法であり, ② の場合は, 縦断勾配, 横断勾配およびキャンバーを考慮した状態で横構部材の決定を行なう。

したがって, でき上がった原寸図は橋梁の骨組自体を展開した状態となり, 設計図面とは異なる。

上記, いずれの case にするかは原寸図作成前に対象とする橋の特性を良く吟味して決定すればよい。

また, 横構部材長の決定は, 対傾構の斜材と同様にある制約を受ける状態で部材長が最大となるように自動的に決定される。

ガセットプレートも, 対傾構の場合と同様に, 実物大にて画くように part program で指示する。

7. 教育訓練

(1) Part Programmer

橋梁の図面が読める者ならば, programming の未経験者で 2~3 日の講義を受け, 約 1 週間の練習でむずかしい part program でも十分記述することができる。

(2) maintenance の要員

SYSTEM の追加, 修正を行なうことができるまでには, アッセンブラー, フォートランの十分な知識を持った system programmer で約 1 ヵ月の訓練が必要である。

8. 結 言

これまでの説明で明らかなように, PDL/B, NC 原寸法を行なうにあたって, 現在の原寸法とイメージを少し異にする必要がある。

すなわち, NC 原寸法では, 複雑な取合い部分はある種の縮尺図にて設計図面をチェックするが, 重要な点の座標値とか部材の長さ, およびマーキング用資料などはほとんどリストに out put し, 図を画くのはそれらのリストが正しいかどうか検討するためである。

この考え方は, 前に述べたように, 第一に NC 原寸法でただ単に図を画くだけではメリットも少なく, また近い将来板の自動ガス切断まで結び付けようという意図

と, 第二に広い原因場を必要とせずすべてデスクワークにて作業を能率的に進めようという意図から出たものである。もちろん, NC 原寸法にて画かれた図面上より, 対象とする橋梁の諸寸法を測定することも可能である。

今後, 橋梁部門においても, 工場製作の NC 化はますます発展するものと考えられる。

その主な理由として,

① 近年の労働力不足は, 賃金の高騰, 熟練工の不足などとなって現われ始め, それらに対処する手段として工場製作の合理化, 省力化は好むと好まざるとにかかわらず押し進めねばならない状況となりつつある。

② 橋梁製作は, 他の鉄鋼製品に比して幾何学的に簡単な加工が多く, 工場製作に NC システムを採用することは非常に効果的である。

③ 橋梁の構造自体が規格化, 単純化される方向にある。

④ 種々の優秀な NC 加工機械が現在開発されつつある。

などが上げられる。

筆者らは, 工場製作の NC 化に対して, NC 原寸法を自動ガス切断への一段階として検討しているが, 図-1 に示すように, 将来の橋梁製作過程は設計図面より直接自動ガス切断に結びつけることも可能であろう。

この場合, 従来最終のチェックポイントであった原寸図に変わる何らかの要素をこの過程に組み込む必要がある。

筆者らは, その要素として, 将来設計図面と切断が直結できるようになった時点でも, NC 原寸法がチェックポイントの役割りで介在するものと考えている。

おわりに, PDL/B 作成に際して多大のご協力を得た当社システム開発室の平野哲雄氏, 三輪正明氏, 稲津兵衛氏に感謝の意を表する次第である。

参 考 文 献

- 1) Mitui Shipbuilding and Engineering CO, LTD, Shipbuilding Division; "Computer Aided System on Production Line" March 1969
- 2) 大島康次郎・稲葉正太郎: 自動制御入門, 丸善
- 3) 研野和人・稲葉清右衛門: 数値制御工作機械, ラジオ技術社

(1969.11.11・受付)

Coastal Engineering in Japan, 1969 頒価

標記の図書が刊行されました。本書には最近の海岸工学の研究状況が図表を豊富に用いてわかりやすい英文で記述されておりますのでご一読のうえ, 広く海外へご紹介下さるようおすすめします。

体 裁: B5判 本文 190 ページ, 口絵写真 2 ページ
定 価: 1500 円
送 料: 100 円