

トータル・システムにおける検査について

(株) 横河橋梁製作所 花村義久 ○古宮伸悟 京田健一

1. まえがき

ここ数年、橋梁のファブリケーターの間では、電子計算機とNC機械を利用して、設計から生産にいたる各工程を自動化し、それらを有機的に結合することによって省力化を図ろうという、いわゆるトータル・システム化が活発に行われてきた。当社でも6年程前に、板桁橋に関する一貫システムの開発に着手し、2年程前に一応の完成を見た。その後、当社の千葉工場で製作する板桁橋のほとんどは、この一貫システムによって処理されている現状である。また、板桁橋以外の一般構造物に対しては、パート・プログラミングを基本とした汎用システムを開発中で、昭和51年度中に完成の予定である。

これらの新しいシステムと従来のものと大きく変わった点は、これまで人間が手作業で行なっていたものを、電子計算機が取って代って行なっている、ということは言うまでもないが、これを電子計算機の処理がどのように行なわれているかという面から見ると、人間の実際の作業がどのように変わったのかという角度から見ると、その変わり方がはっきりするとともに、新システム運用上の問題点が浮彫りにされる。一般に、電子計算機を使って仕事を行なう場合、人間が行なう作業は、まず入力データの作成である。電子計算機は、この入力データを読み込み、プログラムされた通りの処理を行ない、その結果を出力する。次に人間が行なう作業は、その出力結果をチェックし、異常がなければ、それ以降の作業に役立てて行く訳である。極言すれば、人間は入力データの作成と出力結果のチェックを行なえば良い、という事になる。また、入力データに関しても、そのチェックという作業は当然必要である、という事を考えると、人間の作業の中でチェック作業の占める割合は非常に大きなものとなる。したがって、システムが大規模なものになればなる程、いかに能率よく、効果的にチェックが行なえるかが問題であり、また、システムを組む上で重要なポイントになる。というのは、その良し悪しによって、そのシステムの運用がスムーズに行なえるかどうかの分れ路になるからである。

ここでは、このような観点から、まず、当社のトータル・システムの全体の説明を行い、次に、チェック作業の中で従来のシステムと大巾に変わった原寸検査について、一貫システムの出力結果を中心に、その現状を報告し、その問題点と、将来の原寸検査の方向について2, 3述べる。

2. トータル・システム (ADAMS: Automated Design And Manufacturing System)

2-1. トータル・システムの概要

橋梁の生産は、典型的な多品種少量生産であり、その自動化は、技術的に難しいという点に、橋梁を構成する部材は、その加工による付加価値が小さいため、それほど大きな省力効果は期待できないと考えられていた。それにもかかわらず、あえてトータル・システムの開発に着手した理由は、設計から生産に至るまでの各工程(設計, 製図, 原寸展開, 生産)の間でのデータの受渡しを、電子計算機を用いて一元化し、設計段階での少量の入力データから、生産段階で必要な大量のデータを自動的に発

生させることが可能であると考え、そこにトータル化のメリットがあると考えたからである。また、もう一つの理由として、N C機械を利用するにあたって、設計部門と生産部門を別個にシステム化したのでは、その効果が十分発揮されないと考え、N C機械を効果的に利用するためには、システムのトータル化は大いに役立つと思われたからである。このような観点に立って、当社では、設計から生産にいたる全体をトータルとして考え、I断面プレート・ガーダーを対象とした一貫システムと一般構造物を対象とした汎用システムの開発を行なった。fig-1は、トータル・システムと、それを構成するサブシステムの関係を示したものである。

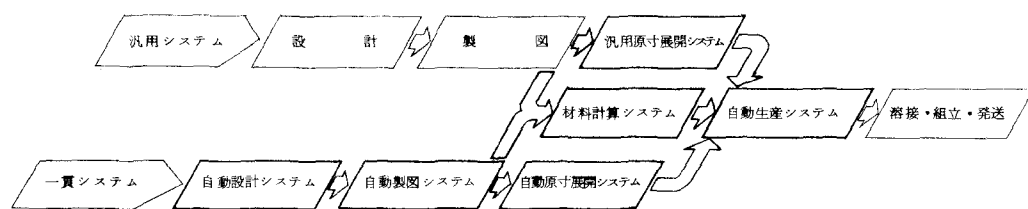


FIG-1

・一貫システムについて

各種橋梁型式のうち、需要が最も多いI断面プレート・ガーダーは、この一貫システムで自動的に処理される。このシステムは、自動設計システム、自動製図システム、自動原寸展開システム、自動生産システム、材料計算システムの5つのサブ・システムから構成されている。なお、各システム間でのデータの受渡しは、ディスクまたは磁気テープを介して行われる。

・汎用システムについて

このシステムは、設計図またはスケッチ図を見ながら、単品部材を一品ずつ処理して行くもので、本格的なデータ・ベースの上に確立されたマン・マシン・システムである。CRTディスプレイ(Cathode Ray Tube Display)を用いて会話形式で部材の追加、修正、削除が可能であり、一般構造物は、全てこのシステムで処理することができる。なお、このシステムは、汎用原寸展開システム、自動生産システム、材料計算システムの3つのサブ・システムから構成されている。

2-2 サブ・システムの概要

・自動設計システム

設計基準、設計条件などの設計データ、および道路線形、桁配置などの線形データを入力し、自動的に線形計算書、構造計算書、設計々算書、自動製図のための入力データ・ファイル、チェック・リストなどを出力する。また、必要に応じて応力図も出力することができる。

・自動製図システム

自動設計システムで作成されたデータをもとに、図面の配置、寸法線、文字の当りなどをチェックし、自動製図機またはCOM用のテープを出力する。図面はこのテープで自動作画される。その他、この処理では、材料計算システムおよび自動原寸展開システムのための入力データが、自動的に出力

される。

・自動原寸展開システム

自動製図システムからのデータを引き継ぎ、縦断勾配、製作キャンバー、桁端の倒れなどを考慮して基本寸法を求め、構造の組立、部材のグルーピングを行なったあと、部材の形状、孔の位置、他部材との取り付き情報など、生産に必要なデータをテープ・ファイルに登録する。その他、定規取りのための資料、組立、仮組立のための資料、原寸検査のための資料なども出力される。

・材料計算システム

材料計算システムでは、部材一品単位で重量計算を行なったあと、構造単位、発送単位での集計を行なう一方、材質別、板厚別の分類を行ない、それらの総括表を出力する。また、必要に応じて、板取り用の入力データを磁気テープに出力することもできる。このシステムの入力形態は自動製図からのもの、汎用システムからのもの、手入力によるものなど多様性に富んでいる。また、データの追加、修正、削除が容易に行なえるのが特長である。

・自動生産システム

自動原寸展開または汎用原寸展開システムで作られたテープ・ファイルをもとに、縮み代、削り代、上げ越しなど、加工のためのデータを入力し、部材の形状を修正し、各種NCテープを出力する。型板は自動製図機、け書・切析はNC切析機、孔明はNC孔明機によって処理を行なう。その他、製作用の資料として板迷ぎ図、マーク図、加工手順表なども出力される。また、材料計算システムからの板取り用入力データによって、板取りを行なうことも可能である。

・汎用原寸展開システム

任意形の一般構造物（3次元座標）を2次元平面に展開し、それを用いて、その構造物を構成する部材一品一品をパート・プログラミングの要領で作成し、自動生産システムのための部材情報をデータ・ベースに格納する。この処理は、会話形式、バッチ形式のいずれでも行なえるのが特長である。

2-4 システムの使用状況

以上述べたサブ・システムのうち、すでに完成しているものは、自動設計（昭和47年）、自動製図および材料計算（昭和48年）、自動生産（昭和49年）、自動原寸展開（昭和50年）であり、一貫システムのうち、自動設計・製図・材料に関しては、昭和48年に完成したので、すでに百橋近くの実績がある。また、一貫システムで、設計から生産まで連続して処理したものは7橋（40連，6,000トン）となっている。なお、汎用システムに関しては、汎用展開システムが今年度中に完成するため、昭和52年度から実施される予定である。

3. トータル・システムにおける検査

まえがきで述べたように、このような大きなシステムを円滑に運用して行くためには、チェックが重要な鍵になるわけで、各サブシステムでの検査体制をどのように組んでおけばよいかが問題となる。ここでは、自動原寸および自動生産システムに焦点を絞って、そのプログラム内容と出力結果について述べ、そのあとで社内検査および発注者の立会のもとで行なわれる原寸検査について報告する。

3-1 自動原寸システム

従来の原寸作業では、設計図を見ながら橋梁の各部分を原寸場に原寸大で描き、それをもとにして、製作に必要な定規・型板などを作っていた。その過程では、3次元座標値で表現されるものの2次元平面への展開、同一部材とするものの決定、ピース・マークおよびブロック・マークの設定、部材相互の取り付け位置の決定といった作業があった。自動原寸では、それらの過程をかな忠実にトレースした形になっている。この処理は以下に示すプログラムによって行なわれる。

- 2次元展開プログラム
- 部材コード発生、部材相関処理プログラム
- 部材分類パラメータ作成プログラム
- 部材分類および孔情報作成プログラム（横構、対傾構、横桁、主桁用プログラムの順で処理）
- ピース・マーク設定プログラム
- 部材形状、生産情報登録プログラム（主桁、横桁、対傾構、横構用プログラム）
- ブロック分類、マーク設定プログラム
- マスター・テーブル作成プログラム
- 検査資料作成プログラム

これらのプログラムによって、以下に示す図および表が出力される。

●製作用資料として

- 型鋼寸法表（横構、対傾構などで用いられる型鋼のピース・マーク、型鋼断面寸法、長さ、員数、孔のピッチ、ゲージなど）
- 対傾構組立表（ブロック・マーク、員数、骨組寸法、ガセット、弦材、斜材のピース・マーク、基準点から下弦材第一ボルトまでの距離）
- 横構組立表（横構がビルト・アップ材のとき、ブロック・マーク、員数、フランジ、ウェブのピース・マーク）
- 添接組立表（主桁、横桁の各添接個所に使用される添接板をまとめたブロック・マーク、員数、ピース・マーク）
- ブロック配置表（横構、対傾構、横桁、添接などのブロックの配置）
- 仮組寸法表（キャンバー表、オフセット表）

●検査用資料として

- 主要寸法表（支間長、桁端倒れ量、主桁格点3次元座標値、たわみ量、支点からの距離など）
- 横構芯々寸法表（キャンバー量、桁端倒れ量を考慮した実長、格点から材端までの距離など）
- 横構ガセット配置表
- 平面骨組図（主桁、横桁、対傾構、横構などの縮尺平面骨組図 1/5～1/10）

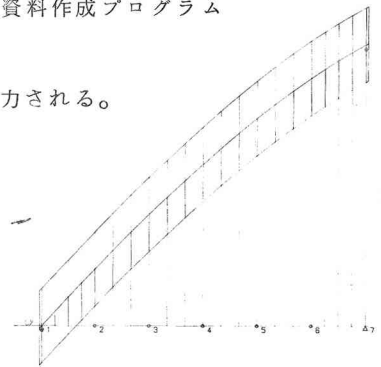


FIG-2

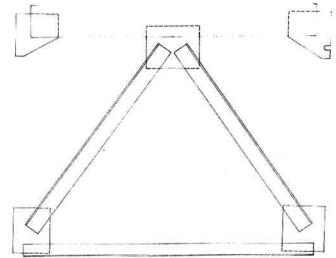


FIG-3

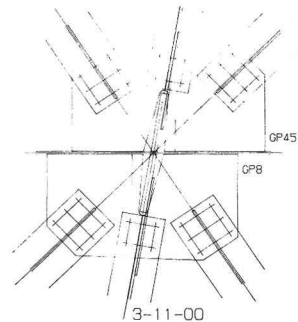


FIG-4

。側面図（主桁腹板の縮尺側面図 1/5）

。キャンバー図（主桁の縮尺キャンバー図

縦：1/3～1/10、横：1/50～1/100）…… Fig-2

。対傾構骨組図（縮尺 1/5 程度）

。対傾構組立図（縮尺 1/5 程度）…… Fig-3

。横構組立図（縮尺 1/2～1/10）…… Fig-4

。添接部詳細図（縮尺 1/5）…… Fig-5

。部材構成点座標値図 …… Fig-6

。一品図（全部材の縮尺図 1/5～1/20）

●自動生産システムの入力データとして

- 。マスター・テープ（部材の形状、材質、板厚、ピース・マーク、孔、取付き情報、員数などの部材データ、ブロック・マーク、員数、構成ピース・マークなどのブロック・データ）

3-2 自動生産システム

自動原寸システムで作成されたマスター・テープに加工情報（削り代、溶接による収縮代など）を付加して、生産に必要な情報を作成する。この処理は大別して、板取り処理、製作用資料作成処理、切断処理、孔明処理からなっていて、以下に示すプログラムが主体となっている。

- 。加工データ付加プログラム
- 。板継部材作成プログラム
- 。加工データによる部材変形プログラム
- 。板取りデータ変換プログラム
- 。板取りプログラム
- 。ガス切断プログラム
- 。加工手順表作成プログラム
- 。マーク図、型板作成プログラム
- 。定規取り資料作成プログラム

これらのプログラムは、すべて、マスター・テープを中心として、構造物全量を一括して処理し、その結果が工場に渡される。これらのプログラムによって、以下に示す製作資料が出力される。

- 。マーク図（ピース・マークの配置図）…… Fig-7
- 。板継図（板継内容、切印用寸法図）…… Fig-8
- 。加工手順表（製作で使用する材料表）
- 。型板（対傾構、横構ガセット、フランジ端部、添接板、補剛材、リール・プレートなど）
- 。定規取り資料（腹板外形などの座標値表）
- 。N C 指令テープおよび指示書（腹板の切断およびけ書、添接板孔明、曲フランジ切断、ガセット切断および孔明など）

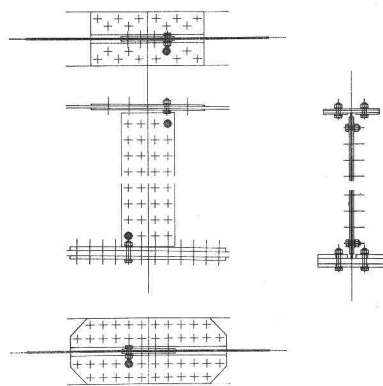


FIG-5 DETAIL OF SPLICE

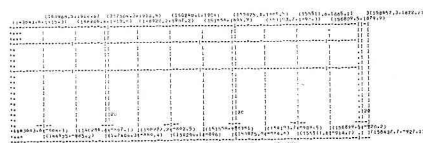


FIG-6

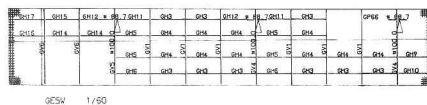


FIG-7 MARKING DIAGRAM

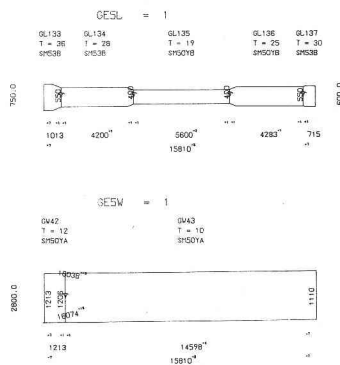


FIG-8 BUTTING DIAGRAM

3-3 原寸検査

従来の原寸検査は、原寸場に原寸大で描かれた構造物の全体図または部分図が、設計図面通りになっているか、また、その原寸図をもとに作成された定規が間違いなのか、設計寸法通りに物を作っても部材と部材が当らないか、払い込みはできるかなどといった検査が行なわれてきた。ところが、自動原寸では、展開作業を含めて、ほとんどの原寸作業が電子計算機による数値計算処理に置き換ったため、原寸図を描くことなしに、図面から直接、製作に必要な資料（NC指令テープ、手順表など）を手にすることができるよう。しかし、このようにして電子計算機によって出力された資料が正しいものであるかをチェックする事は、そのプログラムを組んだのが人間である以上、必ず行なわなければならない。そこで、3-1で述べた検査用の資料を作り、Table-1に示すような検査項目、内容、方法を設定し、社内の検査官による社内検査を行ない、さらに、発注者側の検査官による立会検査を抜き取り検査の型で行なっているのが現状である。Photo-1, 2は立会検査風景で、Photo-1は会議室における主要寸法表の検査、Photo-2は、原寸場における縮尺キャンパー図、骨組図、組立図、型板などの検査風景である。



PHOTO-1



PHOTO-2

検査対象	検査内容			立会	検査対象	検査内容			立会
	項目	方法				項目	方法		
基本寸法	平面骨組図	形状目視、寸法を図面と照合	○	横	骨	平面骨組図	部材軸線骨組形状目視	○	縦
	主桁側面図	#、桁端倒れ	△		組立図	部材相互位置（ガセット、横構etc）		○	
	キャンパー図	#、寸法を図面と照合	○		芯々寸法表	軸線の実長		△	
	主要寸法表	寸法を図面と照合	○		型鋼寸法表	部材長、断面寸法、孔のピッチ・ゲージ		△	
主桁	フランジ	構成点座標図		構	芯々寸法表	第一ボルトまでの距離		△	関係
		一品図・型板			ガセット	一品図	概略形状目視		
		板継ぎ図			型板	外周形、孔、曲げ線、角、合印		○	
	腹板	構成点座標図			組立図	他部材との位置関係、当り		○	
		一品図			芯々寸法表	第一ボルトまでの距離		△	
		マーク図			マーク図	主桁腹板との取合い		△	
	板継ぎ	板継ぎ図			配置	配置表	ブロック・マーク		
		加工代を加えた部材長	△		芯々寸法表	山形鋼の背の方向		△	
	補剛材	一品図			切断・け書	指示書	オフセット量、トーチ・スピード		
		マーク図			紙テープ	水平、垂直バリティーチェック			
対傾構		腹板との取合い		その他	内容リスト	内容目視			方向
		対角寸法、添接位置の高さ	△		チェック図	紙テープの内容を図化			
	添接	添接詳細図			指示書	ドリル径、材質			
		ボルト、リベットの当り	○		紙テープ	水平、垂直バリティー・チェック			
		各添接個所の使用ビス・マーク	△		内容リスト	内容目視			
		各添接個所のブロック・マーク	△		ピンセット図	孔配置			
		一品図・型板	○		製作	加工手順表	図面、材料表との対比		
	横桁	主桁とほぼ同じ			板取図	材料表との対比			
					オフセット表	図面、主要寸法との対比		△	
	骨組	骨組図			キャンパー表	#		△	
対傾構	組立	組立図		その他	取合	アクセサリー	伸縮、排水装置との取合		方向
	組立	組立図			添加物	水道、ガス管、検査路との取合		○	
	型鋼寸法表	弦材長、断面寸法、孔のピッチ・ゲージ	△		部材マーク	右岸、左岸、（ ）方、一般図と照合		○	
	一品図	概略形状目視	○						
対傾構	型板	巾、長、孔位置、骨組図に重なる	○	その他					方向
	配置表	ブロック・マーク	△						

TABLE-1

3-4 原寸検査における問題と今後のあり方

以上原寸検査の現状について述べたが、ここでは原寸をN⁰化したために生じた問題について23述べる。一つは、展開またはグルーピングによって生じる実際寸法と図面寸法の差に関する図面修正の問題である。これは、本質的には手作業の場合でも生じていた問題であるが、原寸がデジタル化されたために表面化した問題であり発注形体と図面体系の問題として根本的解決が望まれる。次に、プログラムの信頼性の問題である。発注者としては、プログラムの処理内容について知っておきたい所であろうが、膨大なシステムを細部にわたって知ることは、不可能に近い。しかし、何らかの形でプログラムの信頼性を確認することは必要であろう。そこで、発注者は、そのシステムの基本的な考え方を理解する程度の簡潔な方法で確認するのがよいのではないだろうか。そのために登録制度などは有効な方法であろう。ところで、N⁰化のために問題が生じたとは言え、一貫システムに関しては、設計からのデータを受継ぎ、橋梁構造をすべてデータ構造として表現しているため、電子計算機の中に橋が組み立てられている状態になっている。従って、検査しようと思えば、そのための資料はデータ構造をたどることによって、比較的簡単に出すことができる。3-1で述べた検査用資料は、そのようにして出力されたものである。しかし、汎用展開に関しては、データの入力の手間を考えると、そのようなことは難しいと予想される。現時点では、一般構造物に対する検査をどうするかということが問題になっている。我々は、まだこの種の検査については経験がなく、システム完成にそなえて現在検討中である。一般に検査とは、1)骨組寸法、2)部材寸法、3)骨組と部材の相互関係、4)部材と部材の相互関係などをチェックすることであると考えている。1)と2)の大半は数値および図によって確認可能であり、3)については1)と2)の重ね合せてチェックできる。問題は2)の一部と4)についてであるが、この点については、現在の所、問題になりそうな個所を重点的にチェックするという事に留めるしかない。また、従来の原寸検査の中には、原寸工の手作業の精度を見るという意味もあったが、これは、原寸がN⁰化されることによって全く意味がなくなっている。

以上、検査について述べたが、重要なことは、いかに良い製品を作るかということであり、そのためには社内検査をどう体系づければよいかということである。また、立会検査に関しては、その意味が極端に薄れてしまったということが云え、今後は、必然的に立合検査廃止、そして自主管理といった方向に向うものと思われる。現状では、各社各様のシステムを持っているので、その検査方法はシステムとの関係において定めるということを基本に考えるべきである。我々は、この検査方法を、例えば、検査計画書などの形で客先へ提出することで考えているが、検査結果の報告はあまり意味がないと思っている。もし、報告するにしても基本寸法などごく基本的なものを考えている。

4. おわりに

以上、当社におけるトータル・システムの概要と原寸検査の現状およびその問題点と将来についての考えを述べたが、現在開発中の汎用システムにおける社内の検査体制を含めて、新しい検査方式を検討することが今後の課題である。発注者側の検査としては、国鉄で現在行なわれている自主管理方式なども考えられるが、いずれにせよ発注者と橋梁のファブリケーターとが一緒になって解決して行かなければならない問題である。

Inspection Procedures in the Total System of Bridges

Yoshihisa Hanamura Shingo Komiya* Kenichi Kyoda

In recent years, bridge fabricators have been making vigorous efforts of automizing human labors in the processes of design through manufacturing and organizing them rationally to form a so-called total system by the use of electronic computers and N/C machines. We, as one of such fabricators, started developing an integrate automation system for plate girder bridges 6 years ago and made it successfully completed 2 years ago. For common types of structures other than plate girder bridges, general system based on part programming is currently under development and its completion is scheduled in 1977.

These new systems brought a thorough alteration of human work from conventional one to principally input data generation and resultant output inspection. As the system grows larger, inspection work holds greater portion, therefore, an efficient and effective inspection becomes a very important key for the better command of these systems.

From this point of view, we describe in this paper an abstract of our total system and, taking as a particular example the original size development process in the integrate automation system, we report present features of inspection work applied to its resultant outputs. The paper discusses also on several problems relating to drawings as an information transmission media, contracts configuration, method of customers' affirmation of computer programs reliability and inspection method for both sides of customers and fabricators.

Conclusively, as the conventional inspection procedure for the original size development loses its original meanings in the new system, we have taken up an idea that abolition of customers' inspection and alternative fabricators' voluntary inspection are directed for the future.

* Yokogawa Bridge Works, Ltd.