

P C 道路橋の自動設計製図について

桑 崎 富 蔵*

1. ま え が き

情報化時代といわれる現在では、電子計算機の利用は土木工学の分野においても著しい発展を遂げ、いまでは不可欠なものとなりつつある。

とくに、設計業務において著しいものがみられ、手計算中の部分計算から設計計算全般と、いまでは製図についても電子計算機が利用されるまでになっている。

それは電子計算機のもつ多量の情報を短時間に処理する高速性、従来の手計算による煩雑な計算の誤まりのない正確性、などの優れた計算処理能力によるものである。

それは、迅速化、省力化という時代の要求を十分に満足させるものであり、今後ますますその利用範囲を大きくするものである。

設計業務の電算化の目的である、迅速化、省力化は単に手計算中の部分を電子計算機に計算させるだけでは、人間と機械の共同作業にすぎず、また多くの人力が必要となり真の迅速化、省力化を計ることはできない、それは計算（自動設計）から製図（自動製図）までの一貫した自動設計製図プログラムが開発されることにより、初めてその目的を達成することが可能になるといえよう。

しかし簡単に自動設計製図といっても、プログラムの開発には、その業務の内容をシステムとして捕え、流れ図の作成、コーディング、パンチ、デバック、テストデータによるチェックと、その完成までには相当長期間を要するものである。また、自動設計製図を行うためには第1にその対象としている構造物の標準化をする必要があるが、その標準化を困難にする多くの問題が残されているのが現状である。

幸いに P C 道路橋の設計業務は早くから P C 製品の規格化（JIS）等の標準化が行われており、比較的電算化がしやすくなってきている。

日本鋼弦コンクリート（株）でも設計業務の電子計算機への移項を考え、中小型電子計算機を導入し、プログラムの開発を進めてきたが、このたび自動設計製図シス

* 日本鋼弦コンクリート株式会社技術部

テム（ABRES）を開発したので、その概要と自動設計製図例を問題点等を併記して説明する。

2. 自動設計

これは従来の手計算による作業を完全に自動化したものであり、ポストテンション方式単純支承橋、プレテンション方式単純支承橋の設計計算ができる。

特に、ポストテンション方式の場合は任意 T 断面とブロック工法について、プレテンション方式の場合はボンドコントロール工法についての設計計算ができるようになってきている。

(1) 入力データ

入力データはその選択のいかんにより、プログラムの構成に大きな影響を与えるものである。入力データを定める場合には十分な検討を行わなければならない。このプログラムでは計算内容を判別するためのコントロールデータと数値計算をするための設計条件のデータの2種類の入力データを用いている。

a) コントロールデータ

- 1) 標準設計と任意設計を判別するデータ
- 2) 断面（標準断面と任意断面）を判別するデータ
- 3) 工法（ブロック工法、ボンドコントロール工法）を判別するデータ
- 4) 許容値（パーシャルプレストレス、フルプレストレス）を判別するデータ
- 5) 桁高制限のあるなしを判別するデータ
- 6) チェックプリントをするしないを判別するデータ

b) 設計条件

- 1) 長さ（桁長、支間、拡幅長、横桁中心間隔）
- 2) 幅（地覆幅、歩道幅、車道幅、主桁中心間隔）
- 3) 厚さ（地覆厚、歩道厚、車道厚、横桁厚）
- 4) 断面寸法（桁高、その他の断面寸法）
- 5) 本数（主桁本数、横桁本数、P C 鋼材本数）
- 6) 橋 格
- 7) 斜 角
- 8) その他（P C 鋼材径、高欄荷重）

(2) 計算条件

設計計算は次のような条件のもとに行っている。

- 1) 荷重：一等橋または二等橋であること
- 2) 衝撃係数 (i) :
 L 荷重に対し $i=10/(25+L)$
 T 荷重に対し $i=20/(50+L)$
- 3) 破壊安全度： $1.3 \times (\text{死荷重}) + 2.5 \times (\text{活荷重})$
 と $1.8 \times (\text{死荷重} + \text{活荷重})$ のどちらか大きい荷重状態に対し 1.0 以上とする。
- 4) ブロック目地の検討： $1.05 \times (\text{死荷重}) + 1.20 \times (\text{活荷重})$ と $1.10 \times (\text{死荷重}) + 1.20 \times (\text{活荷重})$ のどちらかの荷重状態について引張応力が生じないようにする。
- 5) 荷重分配係数：縦方向、横方向ともに Guyon・Massonnet の理論により求める。
 ねじり剛性係数は Saint Venant の理論により計算する
- 6) 横桁の有効幅 (B)： $B = (\text{桁本数} - 1) \times (\text{主桁中心間隔}) / 3 + (\text{横桁幅})$

(3) プログラム構成

プログラムの流れ図の概略は図-1 により、ポストテンション方式の場合でも、プレテンション方式の場合でもあまり大きな差はない。

本プログラムでは入力データを読み、その他の値を設定した後にデータチェックを行うようにしている。これはデータの記入ミス、パンチミスにより、データとして

適用範囲外の値が設定されたときにミスデータを印刷させ、ただちに計算を中止させるものである。

これにより、よくある単位の誤まり（例えば適用支間が 20 m であるのに 200 m とした場合の誤まり）が検出され、無意味な計算をさけることができる。

また、このプログラムにはコントロールデータの判定によりチェックプリントができるようになっている。

これはプログラム中の計算結果が判定により NO となったときに、その値を印刷させることにより、NO となった原因を知るために有効である。

(4) 出力データ

ポストテンション方式の場合は次のようになる。プレテンション方式の場合もこれとほぼ同様となる。

- 1) 設計条件および材料強度
- 2) 断面の形状寸法
- 3) 断面の諸元
- 4) 剛性係数と荷重分配係数
- 5) 断面力
- 6) 曲げ応力度
- 7) 斜引張応力度およびスターラップの計算
- 8) PC鋼材の最大引張応力度
- 9) 引張鉄筋の計算
- 10) 曲げ破壊安全度
- 11) たわみ
- 12) ケーブル曲げ上げ形状
- 13) ブロック目地の検討

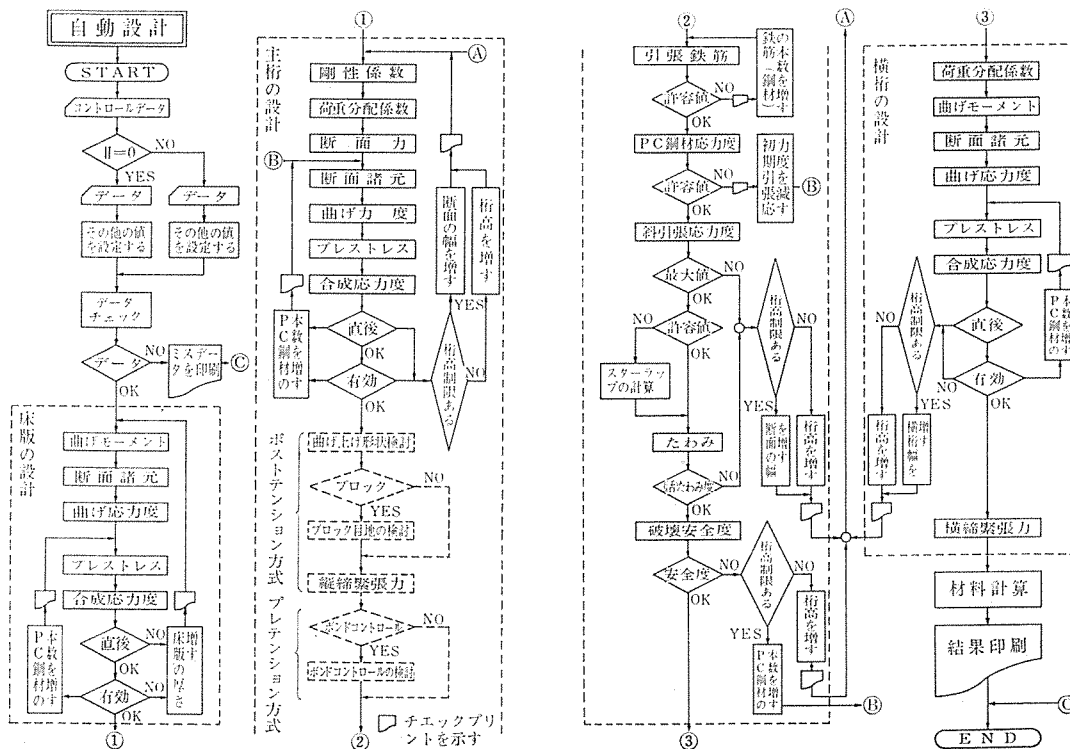


図-1 自動設計流れ図

===== (2 - 2) GUSEI KEISU =====

---- (2-2-1) MAGE GUSEI KEISU (THITA) ----

$$THITA = \frac{B^4}{L^3 V} \frac{(EC * IE * LB)}{(EB * IB * LC)} = 0.642$$

TEIKOU HABA NO 1/2 B = 9.220 (M)
 SHIKAN..... L = 21.000 (M)
 SHUGETA KANKAKU..... CL = 77.000 (CM)
 YOKOGETA KANKAKU..... BL = 520.000 (CM)
 CONCRETE DANSEI KEISU (KYOUJIKU HOUKOU)... EC = 400000. (KG/CM2)
 (CHOKKAKU HOUKOU)... EB = 300000. (KG/CM2)
 DANMEN NIJI MOMENT (KYOUJIKU HOUKOU)... IE = 3112824. (CM4)
 (CHOKKAKU HOUKOU)... ID = 6148452. (CM4)

---- (2-2-2) NEJIRI GUSEI KEISU (ALPHA) ----

$$ALPHA = \frac{(GC * JC / LC) + (GB * JB / LB)}{2 * \sqrt{(EC * IE / LC) * (EB * IB / LB)}} = 0.594$$

NEJIRI KEISU (KYOUJIKU HOUKOU)... JC = 3779423. (CM4)
 (CHOKKAKU HOUKOU)... JB = 2250001. (CM4)
 SENDAN DANSEI KEISU (KYOUJIKU HOUKOU)... GC = 0.43 * EC
 (CHOKKAKU HOUKOU)... GB = 0.43 * EB

* (JC, JB WA SEINT VENANT NO RIRON NI YORU)

図—2 剛 性 係 数

- 14) 床版の設計
- 15) 横桁の設計
- 16) 緊張計算
- 17) 反力
- 18) 材 料

上記中の剛性係数と曲げ応力度について図—2 と 図—3 にその印刷例を示す、この自動設計の電子計算機の使用時間は1件につき 15~20 分程度を要する。

3. 自 動 製 図

(1) 入力データ

入力データは自動設計の場合とほとんど同じであるが、図面の構成を変えるためのコントロールデータと自動設計による計算結果の中で作図に必要なデータが追加

されている。

(2) 製 図 条 件

製図は次の条件のもとに行っている。

- 1) 橋面形状は矩形、または平行四辺形であること
- 2) 主桁は各桁ともに橋軸に平行であること
- 3) 横桁と横締方向は支承線に平行であること
- 4) 幅員構成は左右不対称であってもよい

(3) プログラム構成

プログラムの概略の流れ図は 図—4 のようになる。

このプログラムにも自動設計と同様にデータチェックをするようにしてある。また、おのおのの図について部分的チェックができるようにしてある。これにより、ある図についてプログラム上の誤まりが発見された場合、プログラムの修正とそのチェックが容易になる。

==== (3 - 3) MAGE UURYOKUDO =====

---- (3-3-1) PRESTRESS ----

P.C KUZAI NO HONSU.....	25 (TON)
P.C KUZAI NO DANMENSEKI ...	0.929 (CM2)
P.C KUZAI NO HENSHINRYO ...	23.160 (CM)
SHOKI INCHOU UURYOKUDO.....	12000. (KG/CM2)
SHOKI INCHOU RYOKU.....	278700. (KG)

* CHOKUGO NO PRESTRESS

DANSEI HENKEI.....	854. (KG/CM2)
P.C KUZAI NO UURYOKUDO.....	11146. (KG/CM2)
PRESTRESS RYOKU.....	258855. (KG)
PRESTRESS MOMENT.....	5995081. (KG-CM)

* YUKOU PRESTRESS

CREEP TO KANSOUSYUSYUKU.....	1588. (KG/CM2)
RELAXATION.....	780. (KG/CM2)
P.C KUZAI NO UURYOKUDO.....	8777. (KG/CM2)
YUKOU KEISU.....	0.787
PRESTRESS RYOKU.....	203842. (KG)
PRESTRESS MOMENT.....	4720989. (KG-CM)

---- (3-3-2) MAGE UURYOKUDO ----

MAGE MOMENT (T-M) MAGE UURYOKUDO (KG/CM2)
(JYUEN) (KAEN)

CHOKUGO NO PRESTRESS.....(1)		0.8	174.1
YUKOU PRESTRESS.....(2)		0.8	137.1
KETA JIJYU.....(3)	46.335	64.7	-69.3
KETAMA CONCRETE.....(4)	2.296	3.2	-3.4
HOSOU JIFUKU KORAN.....(5)	26.158	36.5	-39.1
KATSU KAJYU.....(6)	25.027	34.9	-37.4
SEKKEI KAJYU GOKEI.....(7)=(3)+(4)+(5)+(6)		139.3	-149.3
GOUSEI UURYOKUDO (CHOKUGO) (1)+(2)		65.4	104.8
GOUSEI UURYOKUDO (YUKOU) (2)+(7)		139.9	-12.2

図-3 曲 げ 応 力 度

(4) 自動製図例

図-5 にプレテンション方式単純支承橋 (JIS A 5313) の例を示し、折込付図にポストテンション方式単純支承橋 (任意T断面) の製図例を示す。

自動製図は1件につき電子計算機で40~50分、自動製図機で40~60分ほどの時間を要する。

4. 自動製図機

本製図機は電子計算機からの作図テープ (磁気テープ) の指令により自動製図を行う数値制御自動製図機である。

(1) 構 成

自動製図機の構成は 図-6 のようになっている。

(2) 仕 様

a) 数値制御装置

- ① 直線補間機能
- ② 円弧補間機能
- ③ ペンヘッド選択機能
- ④ 縮尺機能
- ⑤ 自動紙送り機能
- ⑥ 座標変換機能
- ⑦ 磁気テープ制御機能

b) 磁気テープ読取装置

- ① 電 源 : AC 100 V ± 10% 5 A

設計条件

けた長	10 400
支間	10 000
木柵幅	6 500
傾度	75° 0' 0"
縦断面	L-20 T-20
型式	プレテンション

反力

死荷重	115
活荷重	72
合計	187
橋台(七)橋脚(t)	57
	55
	112

材料表

工程	名称	仕様	単位	数量	重量
橋	コンクリート	圧力 23	m ³	17.623	0.781
	PC鋼棒	φ 23	kg	392.242	17.623
	プレキャスト	φ 23	m	117.400	117.400
橋	鋼筋	φ 23	kg	30	30
	歩道		m ²	6.303	1.473
橋	コンクリート		m ³	3.070	3.070
	歩道		m ²	21.128	21.128
橋	歩道		m ²	10.400	10.400

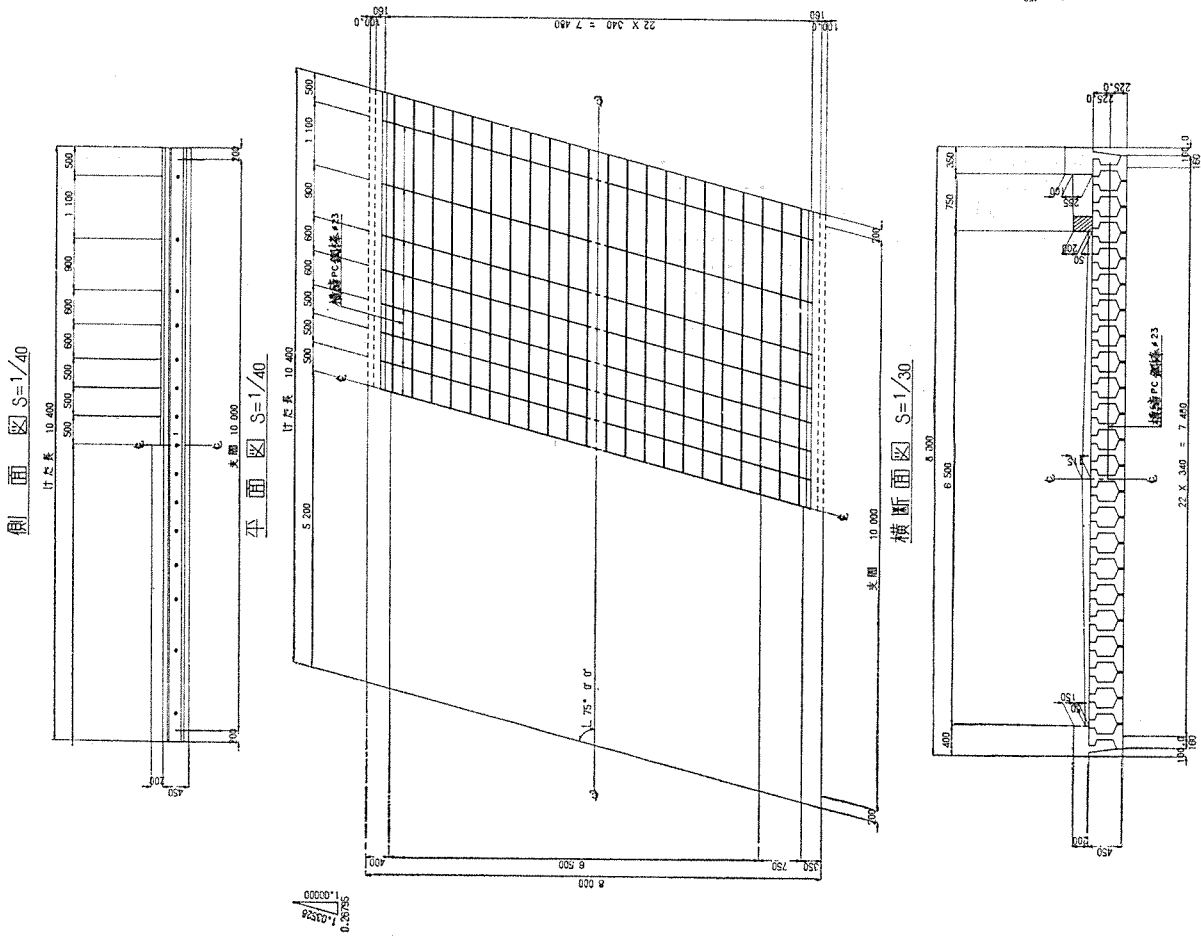


図-5 プレテンション方式単純支承橋 (JIS A 5313)

- ② テープ速度: 24"/秒 リワインド 150"/秒
- ③ 転送速度: 19.2 kHz
- ④ 記録密度: 800 BPI
- ⑤ 記録方式: 9トラック
- ⑥ 書込み: 図-7 に示す

c) 製図台

- ① 電 源: AC 100 V 50 Hz 5 kVA
- ② 製図範囲: 900×1 200 mm
- ③ 精 度: 総合精度 ±0.10 mm 以下
反復精度 ±0.05 mm 以下

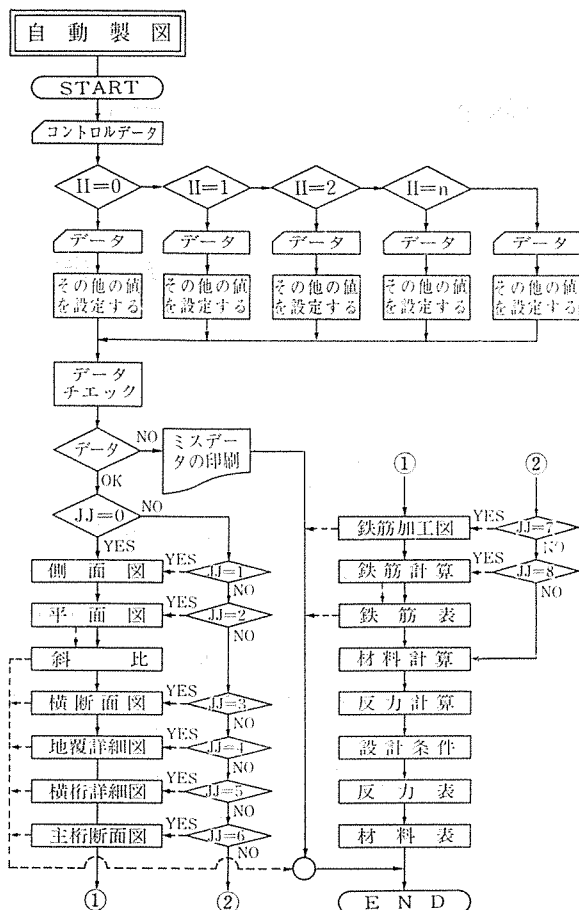


図-4 自動製図流れ図 (一般図)

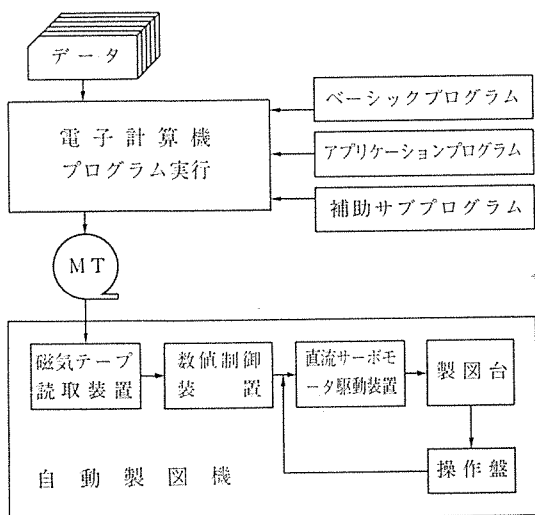


図-6 自動製図機の構成

直線度 $\pm 0.05 \text{ mm}$ 以下
 直角度 $\pm 5 \times 10^{-5}$ ラジアン以下

- ④ 最小単位: 0.02 mm/ステップ
- ⑤ 速 度: 1 m/分~24 m/分
- ⑥ ペン選択: 4本 (写真-1 参照)

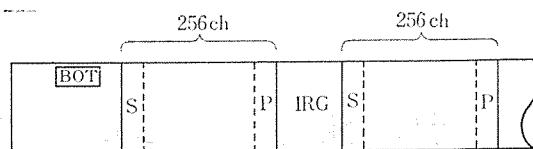


図-7 磁気テープ書込み FORMAT

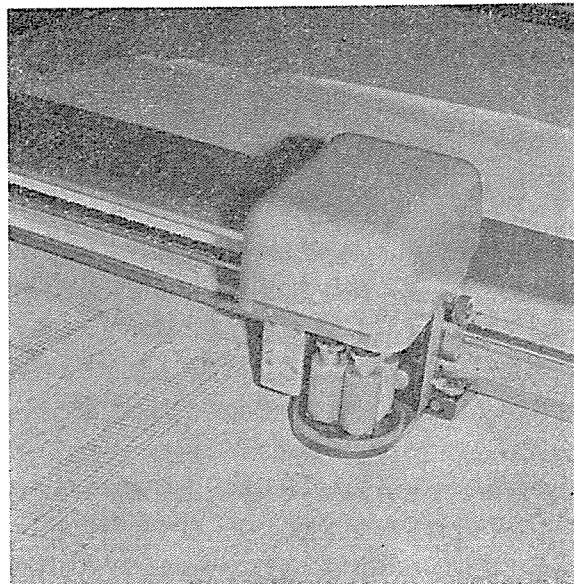


写真-1 自動製図機のペンヘッド

インクペン 0.15~1.0 mm
 ボールペン 赤, 黒, 青

- ⑦ 用紙吸着: 真空吸着
- ⑧ 用紙送り: 自動または手動
- ⑨ 用紙切断: 電動切断 (手動)
- ⑩ 座標変換: +X, +Y, -X, -Y で8種類
- ⑪ 製図中断: オーバースケールしたとき, パリテイエラーが生じたとき, 用紙がなくなったとき。

5. あとがき

設計業務の電算化はその業務の迅速化, 省力化につながるものである。それは自動設計製図プログラムが完成されて, はじめて真の目的が達成されるのである。

といっても, 自動設計製図プログラムを完成させるためには長期間を要するものである。

その間の設計計算を補うためにも, いきなり自動設計製図を目標にしないで, 従来の手計算の業務を部分的にプログラムを開発して使用する。そのようにして開発されたおのおのプログラムの相互に, なんらかの方法で結合できるようにし, 最終的には1本の自動設計製図プログラムとして完成させるのも1つの方法ではないかと思われる。

1974.5.8・受付