

AUDES 単純鉄桁自動設計・製図システム (自動製図・材料計算書編)

北海道開発コンサルタント㈱	正会員	津田義和
〃	〃	正会員 内田辰英
〃	〃	正会員 小谷和雄
〃	〃	正会員 ○高橋寿己
〃	〃	松村俊明

§ 1 まえがき

現在、コンピュータは各方面でめざましい活躍をしており、土木工学の分野、とりわけ橋梁設計においては、構造解析から自動設計へと発展し、さらに自動製図をも可能にしてきた。

本レポートでは我々が、鋼道路橋鉄桁の自動設計・製図システムの一環として研究開発した単純鉄桁の自動設計・製図システム (AUDES) の内、付属構造物の図化を含めた自動製図、及び材料計算について説明する。

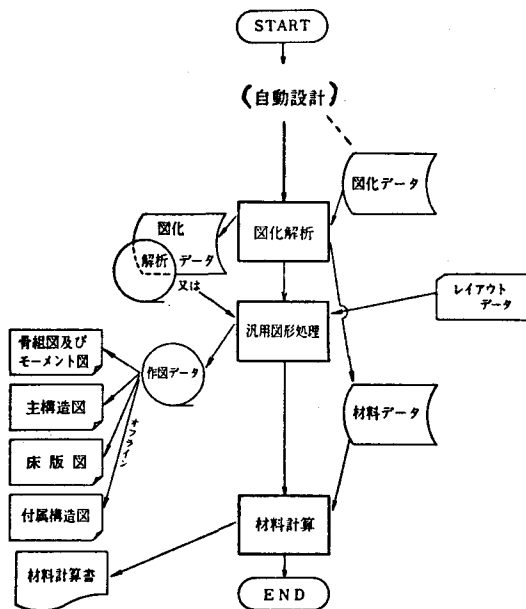
§ 2 自動製図システム概要

自動製図システムは大別して、主構造物図化解析・床版図化解析・付属構造物図化解析と汎用図形処理より成り立っている。前三者が構造物の図化解析でローカル座標の発生、線分の種類、及びペンの太さ等を指定する部分、後者は前三者により得た図化解析データを入力とし、一図面に配置するレイアウトデータにより、グローバル座標を発生し、線分及び文字によるペンの上下左右を処理する部分で図化機と対になっている。従って汎用図形処理は、鉄桁自動製図というよりは、全製図システム共通なものである。

図面は寸法値は当然、リベット表示・溶接記号・材料表示・漢字・カタカナ表示ができ、現在約 800 文字の漢字が作図可能で本システムではその一部を使用している。

図-1 に自動製図システムフローを示す。

図-1 自動製図システムフロー



§ 3 主構造物図化解析

主構造物図化解析システムは、主構造の自動設計々算で得られた断面等データを基に、構造物のローカル座標・寸法線・寸法値・材料計算用データ等を自動処理するプログラムで下記の各図を得る事ができる。

- (1) 骨組図・モーメント図
 - 設計々算書に挿入も可
- (2) 主桁図・足場用補助材詳細図・スタッド詳細図
反り図・配置図

- (3) 横桁図・配置図
- (4) 端対傾構図・中間対傾構図・スラブ止め詳細図・配置図
- (5) 横構図・ガセットスカーラップ詳細図・リブ詳細図・配置図
- (6) 支承図

これらの処理のための入力データは、設計々算側ですべて自動処理されるが、設計者自らデータを修正して作図したい場合も容易に修正可能である。又設計々算をしないで図化に必要なデータを直接カード入力し処理する事もできる。

3-1 図面共通要素

図化における図面共通要素は下記の通りとした。

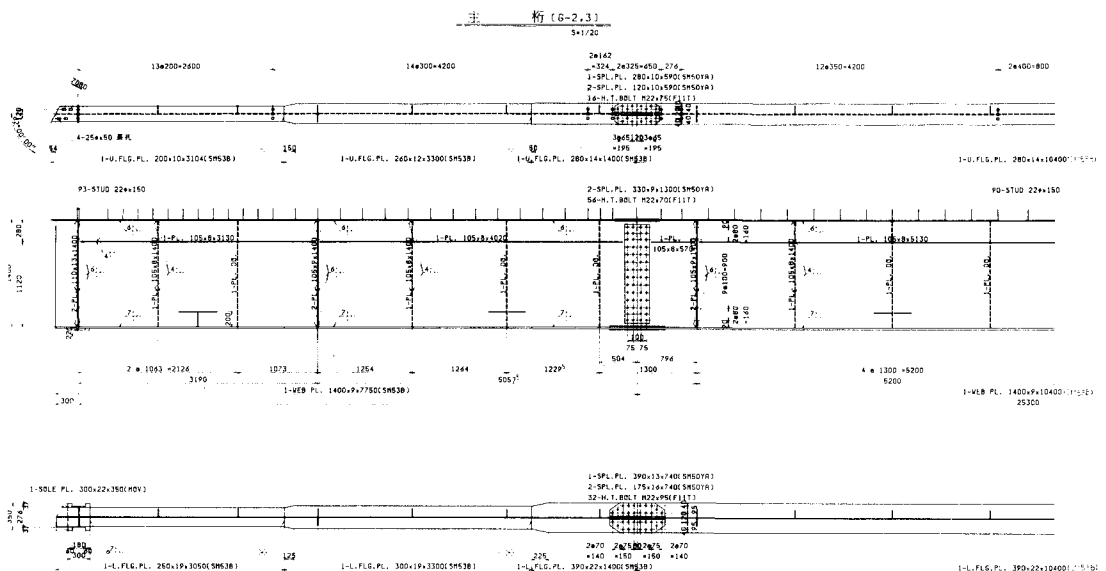
- (1) ペンの太さは 0.5 mm (タイトル)、0.3 mm (強調される構造線・タイトルを除く文字)、0.2 mm (寸法線・溶接線・強調されない構造線) の 3 種類とする。
- (2) 文字の大きさは、主桁・横桁等タイトル 8 mm、詳細図タイトル 4.5 mm、その他の英・数字 3 mm とする。
- (3) 縮尺は、主桁図・横桁図・対傾構図は 1/20、横構図は骨組 1/30、詳細 1/20、各詳細図は 1/10、配置図は 1/200 を標準とし、設計者が途中変更する事もできる。
- (4) 現在使用されている図面に用いられている文字・記号・名称等は手書きと同じものを使用する。
- (5) 任意に枠取りをする事ができ、かつ、任意の用紙に図化できる。
- (6) 単位は mm とする。
- (7) その他は、現在の土木製図基準に従う。

3-2 各図内容

(1) 主桁図

主桁図全体を、上フランジ描画ブロック・下フランジ描画ブロック・ウェブ描画ブロックの 3 つの大きなブロックに分け、それぞれがさらに幾つかの小さなブロック (補剛材部・添接部・ずれ止め部等々) になっており、設計仕様 (示方書等) が変更の場合も、容易に追加・修正ができるように十分な配慮をした。座標発生は、一連全体を一度に行ない、レイアウトの際に必要な部分を図化するマスキングの手法により処理する。なおすこしでもレイアウトが容易なように全体の図における四隅の座標をプリンターに表示している。

図-2 主桁図



(2) 横桁図

主桁図と同じく、上フランジ・下フランジ・ウェブと3つの大きなブロックに分け座標は横桁全体で発生しており、方法としては、まず基本となる直線や矩形のサブプログラムを作りこれらを組み合わせて構造物の1つの部材、例えば、補剛材・添接板・主桁断面・寸法線群々を作り、さらにこれらの部材の図形を組み合わせて横桁図を作成する。なお主桁図も全く同じ方法である。

(3) 対傾構図

プログラムを単純化するため、トラス組みのみ対象とし、座標は必要な部分のみ発生、他は倍数をもって処理する。座標発生方法は、まず原点を設定し上弦材・下弦材・斜材が納まるための基点を求める部分と、上・下弦材・斜材あるものは上フランジ、折り曲げ点等のぶつかりをチェックし、かつ10mm単位で丸める事が可能な位置に材を設定する部分の大きく2つのブロックから成り立っている。

図-3 対傾構図

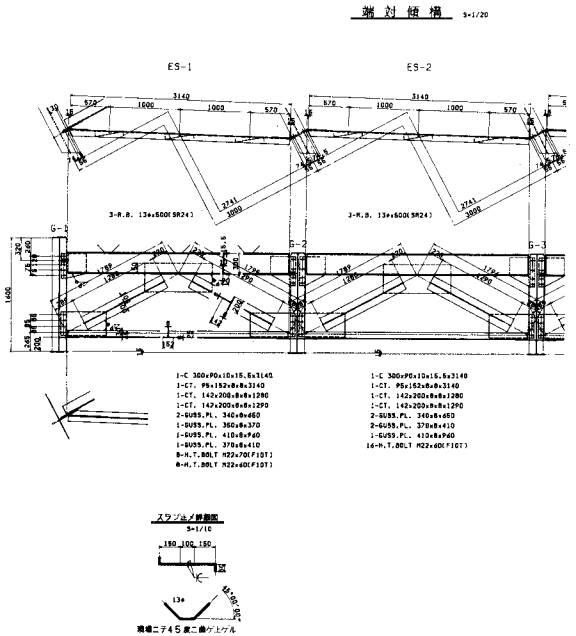
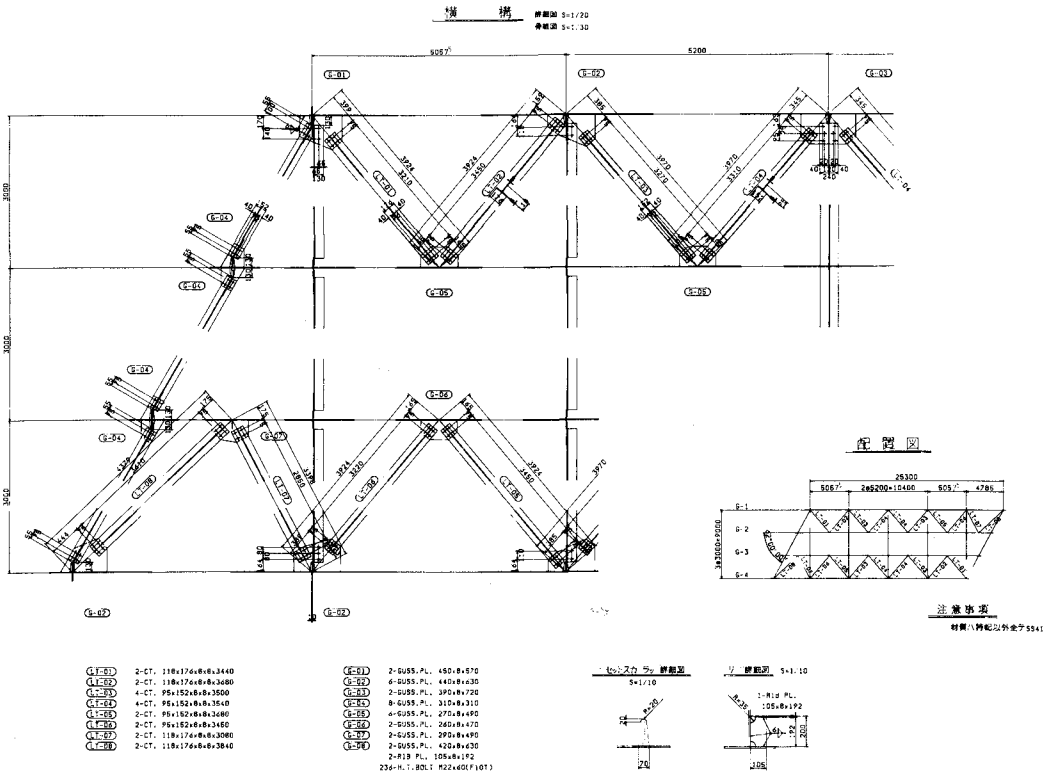


図-4 横構図



(4) 横構図

座標発生方法は、ある格点を着目した場合そこから派生している材の個数・基点・形状・成す角度等の条件に加えて、材が2個以上の場合は材同志のぶつかりをチェックし、ガセットの形を考えてその格点1個に関する座標発生条件全てを決定する。このようにしてある桁にある格点全部を決定し、処理が次の桁に及んだ時に処理中の桁で決定された条件と1つ前の桁で決定された条件から材を設定するための基点の関係が決定され座標発生を行なう。なお一連全体で発生し後に必要な部分をマスキングする手法で図化する。

§ 4 コンクリート床版図化解析

床版図化解析システムの大きな特徴は、床版図用のシステムではなく、一般コンクリート構造物図化システムであり、床版は単なるデータでしかない。自動製図々面は上面配筋図・下面配筋図・鉄筋加工図の3種類に分けられる。

入力データは重複性を避け、必要最小限なものとし、寸法線、引出線、諸数量値等は自動発生する。データの次元は、2次元までとするが、配筋データは奥行(ピッチ等)データにより立体認識を行ない、それぞれの構造図を持つ配筋図に自動展開する。計算成果は、パターンとしてファイル(データブック)し、近似型の新しい設計に際しては、パターンを読み込み、形状変更を含む修正を変更部データのみにて実行が可能である。

コントロールデータとしては、①データブックの使用有無 ②構造図入力型式の選択 ③構造図出力の有無 ④鉄筋引出線の図化の有無 ⑤鉄筋の削除・追加を行なうか否か ⑥鉄筋加工図の出力の有無 ⑦鉄筋引出線の修正の有無 ⑧鉄筋仕様ルールの変更の有無 ⑨図面標準縮尺の変更の有無、以上大きく分類して9項目に分けられ、出力図面を設計者自らの目で確認し、容易に修正が可能である。

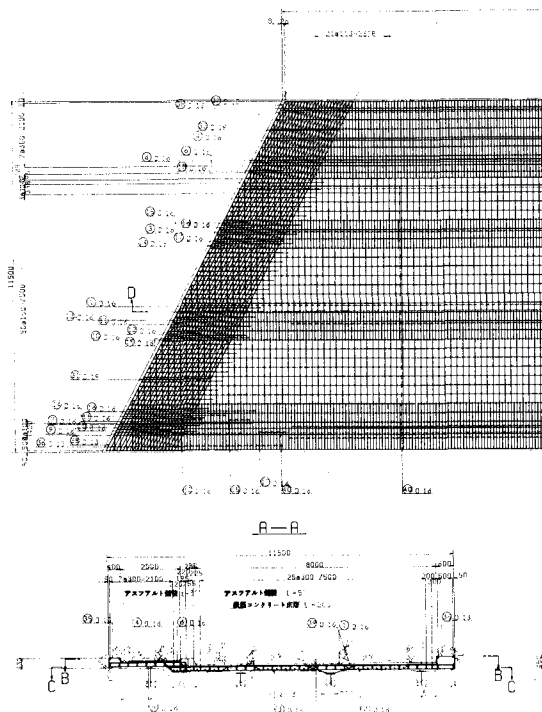
このシステムは、約70,000ステップで約800本のサブプログラムで構成され、CPUで20~50分と多少時間を必要とするが、床版図化専用ではない、一般のコンクリート構造物を扱ったもので、機能が豊富であるため時間が犠牲になっている。

§ 5 付属構造物図化解析

このシステムは、伸縮継手、高欄、排水装置を自動製図するための図化解析プログラムである。大きな特徴は寸度データを基に钣桁一橋分として単純桁、連続桁共に処理することのできるシステムである。付属構造物は設計々算書の影響をさほど受けず、径間数にもあまり左右されず、連数にのみ大きく左右されるため図化データファイルの形式のみ完全な形にしておけば、付属構造物図化解析のみ単独に開発しても容易に他プログラムとのコネクションが可能である。又、作図パターンとしては、主構造物に比較してかなり多くの量になるが、その中で一般によく使用されるタイプについてのみ開発対象とした。

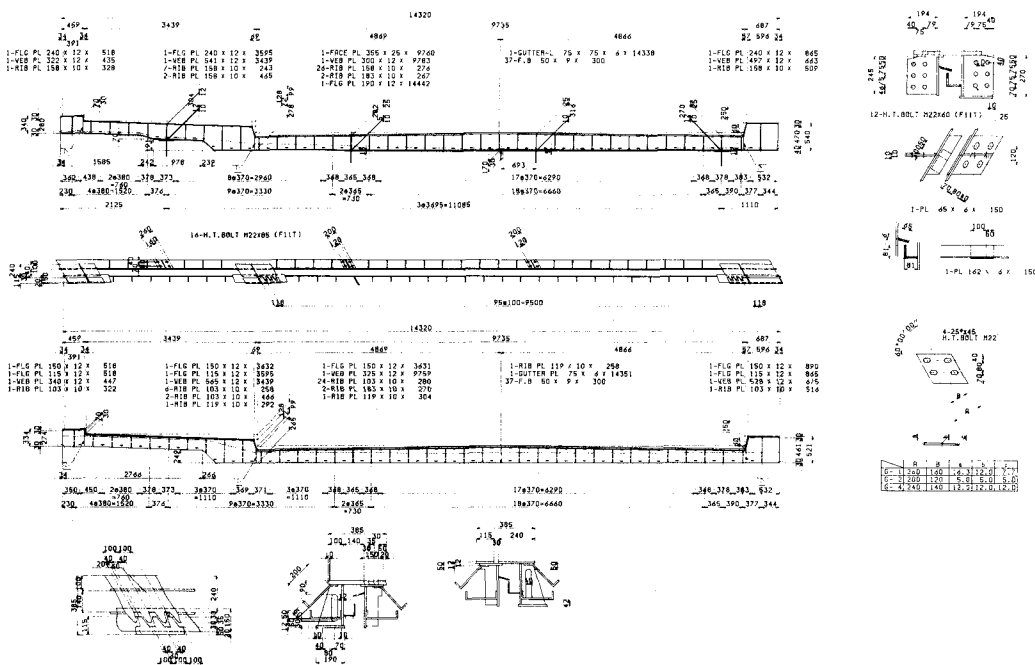
伸縮継手図は鋼製クシ型だけを対象とし、幅員の広い橋梁の伸縮継手に対しては添接を考慮している。

図-5 コンクリート床版図



高欄は軽量形鋼とガードレールを対象とし、タイプを限定した。アルミ高欄についてはメーカーにより使用断面等種類が多いため、あえて自動図化の対象から除外した。排水装置は標準の排水樹2種類について考慮し、導水管は現在のところ垂直型とし、導水管の位置による取り付けバンドのタイプに至るまで、全てパターン化されている。

図-6 伸縮継手図



§ 6 汎用図形処理

汎用図形処理は以上の主構造・床版・付属構造等あらゆるローカル座標データを基に、グローバル座標に変換し図化機に直結したシステムである。

入力データは図化解析で得たデータを補助記憶装置（磁気ディスク又は磁気テープ）を介し、又、レイアウトデータとして、カードより入力する。図化解析データは、①ローカル座標 ②線分の位置、実線破線タイプ及びペン太さコード ③寸法値・文字の大きさ、書き出し位置、ペン太さコード、以上三大区分する事ができる。レイアウトデータとしては、①ペーパーフィードコントロール ②枠線のコントロール ③作図すべき1ブロックの基準点に対する原点の指定 ④縮尺の指定 ⑤マスキング枠指定 ⑥作図の回転 ⑦その他、以上七区分する事ができる。これらのデータを基に指定されたペン（現在4本のペン使用可能）について、ペンの上下左右、指定座標への移動と数値・文字の作図等グローバル座標として図化データを磁気テープに出力する。このテープを図化機（XYNETICS-1,100）に読み込ませて作動させ、設計図が得られる。

§ 7 材料計算

材料計算は鋼材と床版関係材料に分けて処理し、床版関係材料は、①鉄筋重量 ②コンクリート体積 ③コンクリート型枠面積 ④舗装面積 ⑤縁石延長等の処理について床版サイドにて処理する。ここで言う材料計算は鋼材の処理を指し、①鋼重 ②鋼材仕訳 ③塗装面積等の処理について行なう。又、大きな特徴は図化解析で自動発生された材料データの処理のほかに、カードによる材料入力によっても処理が可能であ

図-7 材料計算書

```

材料計算書
* A I N   S T R U C T U R E   I
Z N L 3 0 0 1 0 1   S I M P L E   G I R D E R   1   -   R E F 1 0
1.   M A I N   S I D E P
G = 1
E N D   -   S P L

```

APPL	MATR	SECTION	LENGTH	WZM	ONE PIECE	REQ'D	WEIGHT	REMARK	NET
		(MM)	(MM)	(KG/M)	(PCS)		(KG)		(T)
U-PL2	PL	212	10	3106	36.48	51.19	1	51	54534
U-PL2	PL	270	14	2393	27.55	90.21	1	91	54534
U-PL2	PL	310	14	1403	34.27	7.70	1	44	54534
WR	PL	1600	13	7150	113.04	7.38	1	876	54534
L-PL2	PL	450	9	2355	25.91	77.43	1	78	54534
L-PL2	PL	330	16	5300	41.45	136.78	1	137	54534
L-PL2	PL	450	14	1405	64.13	89.78	1	90	54534
SPL	PL	330	10	569	24.33	13.62	1	14	54534
SPL	PL	125	10	560	46.81	5.46	2	11	54534
SPL	PL	170	9	1595	23.31	34.76	2	79	54534
SPL	PL	450	11	704	37.13	28.22	1	28	54534
SPL	PL	185	14	710	21.33	15.45	2	31	54534
VS11FF	PL	110	13	1609	11.23	17.47	2	36	5541
VS11FF	PL	105	9	1003	6.59	10.54	4	42	5541
VS11FF	PL	105	9	1070	7.49	11.97	1	12	5541
VS11FF	PL	135	9	1170	6.59	7.46	1	6	5541
VS11FF	PL	175	9	1270	6.59	7.91	3	24	5541
VS11FF	PL	135	9	1270	6.59	7.45	1	7	5541
VS11FF	PL	135	9	979	6.59	6.39	1	6	5541
VS11FF	PL	300	22	350	51.01	16.13	1	18	5541
CSL	PL	70	9	239	7.36	1.47	6	9	5541
E	PL	90	90	10	1374	20.96	1	21	5541
SPH	PL	114	22	150		0.332	63	37	5541
HS11T	PL	22	75			0.5305	10	9	1117
HS11T	PL	22	85			0.6009	12	13	1117
HS11T	PL	22	75			0.5305	48	27	1117
HS11T	PL	22	80			0.5495	16	9	1117

TOTAL WEIGHT 100% 100%

る。従ってカード入力による処理では飯桁に限らず箱桁、トラス橋、アーチ橋等鋼橋一般の鋼材を扱うことも目的として開発されている。

鋼材の仕訳は材質別に、かつ板厚により3段階に仕訳しているが、完全にmm単位での仕訳も可能である。形鋼は材質別に、かつ断面毎に仕訳する。ただし形鋼の断面がプログラムに組み込まれていない特殊断面の場合、重量は自動処理できないわけで、この場合は単位重量入力となる。又、仕訳は材質による一括仕訳となる。

鋼材の塗装は鋼板の場合両面に、形鋼の場合全周にすることを原則とし、材料データだけで判断し構造形状は考慮されていない。ただしSPL、PL、BASE PL、等々は記号によって判断し塗装は一切しないもの、片側だけするもの

のとある。又、GUSS、PL、等他の部材とオーバーラップしているものについては重複計上しているものもある。鋼材計算は図化解析によるデータから材料計算書まで一切人手を加える必要はなく、全て自動処理可能である。ステップ数約9,000、CPU約5分である。

§8 あとがき

ここに、単純飯桁の自動設計製図システムとして一応完成したわけであるが、現在これらを足がかりに、連続飯桁までの全システム完成を旨として開発続行中である。

開発期間4年、図化解析ステップ数14万といった莫大な量からして、CPUに占める図化関連の時間が9割方にもなり、図化プログラムの効率アップが今後の課題とならう。

最後に本システムは当社の橋梁プログラム開発グループ、コンクリート構造物プログラム開発グループ(神田・武市・錦織・林)、及び橋梁付属構造物図化プログラム開発グループ(橋本・森山)の共同開発によって進められたものである。

参考文献

- (1) 平瀬裕也・神田茂・武市雅敏；コマンドによる鉄筋コンクリート構造物自動設計製図プログラム、電算機利用に関するシンポジウム講演概要、土木学会、1977・11
- (2) 辻内延行・山本正雄・坂井良行；単純飯桁の自動製図、橋梁VOL.8、1611