

PC 道路橋の自動設計製図システム

荒 川 敏 雄*
 平 野 厚**
 野 村 貞 広***
 北 野 健 史***
 松 本 吉 正****
 小 林 康 人*****

1. ま え が き

電子計算機の発展に伴い、土木工学の分野においてもその利用は、日常的、かつ、不可欠になってきた。特に設計業務においては、従来の手計算に代わるものとしてその利用には著しいものがみられる。

設計業務は、大きく分ければ、計画、計算、そして製図から成る。その中で、従来、手計算によっていた計算部分は、電子計算機の特長を利用して、正確に、しかも迅速に処理されるようになってきた。また今日では、建設省、国鉄をはじめ、多くの公的機関、企業で、製図の分野においても、自動製図機、CRT デ스플레이などを用いて電子計算機による作図が行われている。このように、比較的作業の標準化が容易な分野において電子計算機が大きな効果を発揮している。

ピー・エス・コンクリート（株）では、数年前から各種設計プログラムを開発し、電子計算機を利用した設計を行ってきた。また、PC道路橋については、早くからJIS、建設省標準設計などで標準化が進められてきた。これらを背景にし、今般、PC道路橋の自動設計製図システムを作成したので、その経緯を含めて報告する。

2. 開発経緯および適用範囲

従来、当社でも、JIS 規格、建設省標準設計に準じたプレテンション方式およびポストテンション方式のプレストレストコンクリート道路橋の設計プログラムを開発し、数多くの設計に利用してきた。しかしこれらのプログラムは、作成の時期の相違により、入出力形式や計算内容がそれぞれ若干異なり、再検討が必要となってきた。

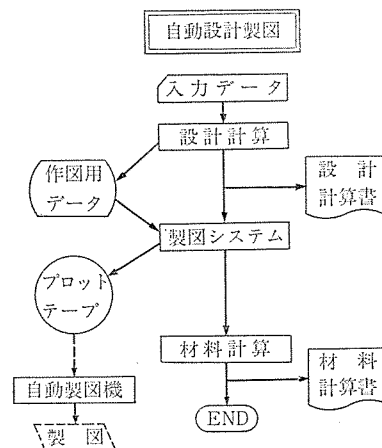
* ピー・エス・コンクリート株式会社技術部主任研究員
 ** " 仙台支店
 *** " 大阪支店
 **** " 技術部
 ***** " 福岡支店

また、電子計算機やその周辺機器も発達し、作図についても電算化が可能となり、設計の迅速化、省力化を図るためには、設計製図システムの開発が不可欠となってきた。これらの理由により、今般、新しくプレストレストコンクリート道路橋の自動設計製図システムを開発した。このシステムは、以下に示すように現在多く用いられている各型式の道路橋に適用できる。

- 1) ポストテンション方式T桁橋
- 2) JIS A 5316 プレテンション方式 T桁橋
- 3) PS 式ホロースラブ橋
- 4) JIS A 5313/5319 スラブ橋
- 5) 建設省標準設計ホロースラブ橋（作図は開発中）

3. システムの概要および使用機器

この自動設計製図システムは、大別して設計計算、作図および材料計算の3つのプログラムから成り、各プログラムは、外部記憶装置（Disk）を介してデータの授受を行い、完全に一貫したシステムになっている。また、自動製図機には、作図プログラムで作られたプロットテープにより作動する。システムの流れ図を図一1に示す。



図一1 システムの流れ図

本システムでは、次の機器を使用して処理を行っている。

- ・ホスト・コンピューター
IBM 370/145 (コアメモリー 768 KB) (写真-1)
- ・自動製図機 (ドラムタイプ)
日立精工 HCDS-D 848 (写真-2)



写真-1 IBM 370/145

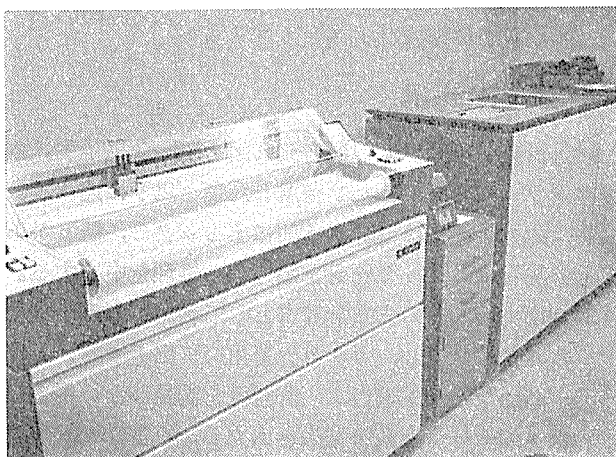


写真-2 日立精工 HCDS-D 848

- ステップ・サイズ 0.05 mm
- 作画速度 MAX 20 m/分 (加速度 1.0 G)
- 作画範囲 A 0
- ペン本数 3本

4. 設計条件

本システムは、次の設計条件で、計算している。

- 1) 設計構造物
プレストレストコンクリート単純支承橋
- 2) 適用示方書
道路橋示方書 日本道路協会
プレストレストコンクリート設計施工指針 土木学会
プレストレストコンクリート道路橋示方書 日本道路協会

道路橋支承便覧 日本道路協会 など

- 3) 活荷重および衝撃
TL 荷重および特殊荷重
- 4) 破壊安全度
1.3 (死荷重) + 2.5 (活荷重), または, 1.8 (死荷重 + 活荷重) のいずれか大きい方について安全であることを確かめる。
- 5) ブロック目地の検討
死荷重および活荷重についての割増係数と, ブロック目地に対する許容応力度を入力し, その安全度を検討する。
- 6) 荷重分配
Guyon・Massonet の理論による。ねじれ剛性係数は St. Venant の方法により求める。ただし, 建設省ホローについては, 閉断面を考慮したねじれ剛性係数を用い, さらに, 主桁については, 標準設計に定める付加モーメントを加算した。
その他のスラブ橋については, $\sqrt{\alpha} = 0.9$ とした。

5. 入力データおよびデータ・ファイル

電子計算機に設計作業を行わせるためには、設計者は所定のプログラムに必要なデータを与えなければならない。この入力データの選択は、プログラムの開発労力、利用範囲、利用の難易度などと密接な関係があるので十分検討して決定しなければならない。また、JIS 規格、示方書等に規定されている各種数値は、一般に、コンクリート強度や鋼材種類など基本データにより一義的に定まってくる。これらのデータについては、設計のたびに設計者の手を煩わせることなく、基本データから自動的に決定することにした。

本システムの入力データの決定に際し、留意した点は

- 1) 設計者の意図する設計ができる範囲で、入力データを極力少なくする。
- 2) 示方書等に規定されている許容値等は基本項目のみを入力し、プログラムで他の数値をセットする。
- 3) 標準タイプの橋梁については、桁配置等を自動的にセットする。

次に入力データとデータ・ファイルについて説明する。

入力データ

入力データは、大きく分けて9ブロックから成り、コントロール・データにより各ブロックの入力をコントロールする。設計製図を行う場合、本システムでは、16~30枚のカードを入力すれば、すべての作業が行える。

入力データ・ブロックの流れ図を 図-2 に示す。

- 1) コントロール・データ
入出力や設計の制御情報

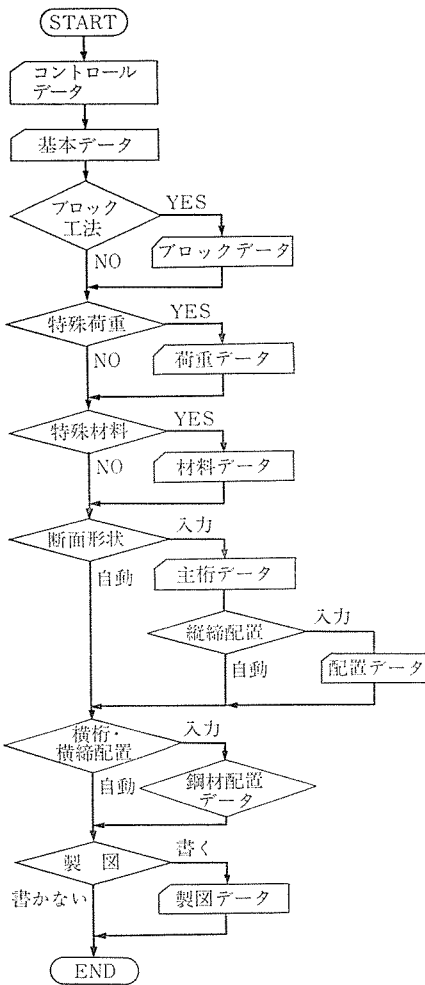


図-2 入力データの流れ図

2) 基本データ

設計条件で、橋格、支間、斜角、工法、幅員構成などのデータ

3) ブロック工法データ

ブロック工法の場合の目地位置、許容値などのデータ

4) 荷重強度データ

活荷重が特殊な場合の荷重強度、衝撃などのデータ

5) 材料データ

コンクリート、鋼材等が特殊な場合の材料の品質および許容値

6) 主桁データ

断面形状が決まっている場合の桁配置等のデータ

7) 主桁鋼材配置データ

主桁鋼材配置が決まっている場合の配置データ

8) 横桁鋼材配置

横桁鋼材配置が決まっている場合の配置データ

9) 製図用データ

製図の場合、配置等を指定したい場合に入力する

データ・ファイル

次に示す各数値については、1または2個の基本データにより、プログラムで自動的にセットする。

1) コンクリート

主桁コンクリート (300~500 kg/cm²), 場所打コンクリート (200~500 kg/cm²) についての諸規格値

2) PC鋼材

鋼線, 鋼より線, 鋼棒各種についての諸規格値

3) 鉄筋

SD 30, SR 24 の各径についての諸規格値

4) 支承

ゴム支承 (Rb. F, Rb. D) についての諸規格値

5) 活荷重

TL 20, TL 14 についての荷重強度, 衝撃係数

6) 断面形状

次の各型式についての断面形状データ

- ・ポストテンション単純桁橋 (建設省標準設計)
- ・JIS 5316 T型単純桁橋
- ・PS 式ホロースラブ橋
- ・建設省標準設計ホロースラブ橋

6. 設計計算

設計計算プログラムの概略流れ図を 図-3 に示す。本プログラムの作成にあたり留意した点を以下に述べる。

- 1) 入力データは計算する前にチェックし、誤りがある場合にはメッセージを出力し、処理を中止する。
- 2) 出力は、そのまま計算書として利用できるように A 4 サイズとし、カタカナを用いて出力する。
- 3) 断面などが不相当で、許容値を満足しない場合にはメッセージと最終結果を出力し、設計者の判断材料とする。
- 4) 製図・材料プログラムに必要なデータは、すべて外部記憶装置 (ディスク) に出力する。
- 5) T 桁橋については、床版, ゴム支承の設計も行う。
- 6) 主 PC 鋼材と、横桁, 床版横締鋼材とが交差しないようプログラムで自動決定する。

なお、本プログラムでは、図-3 に示すように、主桁の許容応力度が満足されない場合には、桁断面について桁高のみをパラメーターとして変化させた。桁高制限がある場合、他の寸法を変化させることは、応力的には有利ではあるが、施工等で問題が生じる場合もあるので設計者が判断することにした。

7. 自動製図

プログラム構成

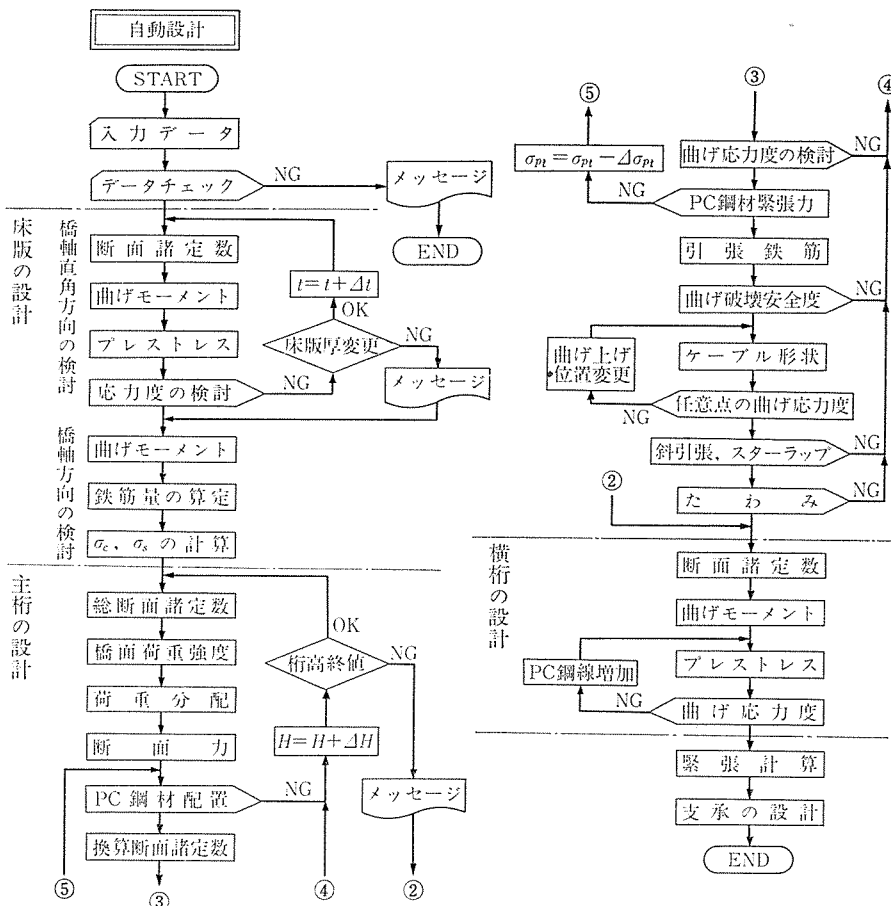


図-3 自動設計計算プログラムの流れ図

自動製図プログラムは、開発およびメンテナンスを容易にするため、8本の独立プログラムとした。プログラム相互で必要なデータは、ディスクを介して授受するよ

うにした。概略の流れ図を図-4に示す。

作図要領

基本的には、土木製図基準（土木学会編）に準じて、作図プログラムを開発した。主な作図要領を列記する。

- 1) 図面の大きさは、A 1サイズとする。
- 2) 縮尺は、一般に用いられている三角スケールの縮尺、その半分、または2倍の縮尺を用いる。
- 3) 作図位置は、図面のバランスを考慮して決定する。
- 4) ペンは、太さの異なる3本を次のように区別して使用する。
 0.3 mm 寸法線、破線、数字 etc.
 0.4 mm 構造物外形線, etc.
 0.5 mm 鉄筋, PC鋼材, タイトル文字
- 5) 数字は2.5 mm, 文字は 3.0 mm の大きさを標準とし、タイトルなどは、必要に応じて大きく書く。
- 6) 数字は、JIS Z 8401 に準じて丸める。

製図プログラムの制限事項

プログラムの開発にあたっては、使用頻度、重要度と製作の労力とを考慮して、その適用範囲を決めなければならない。

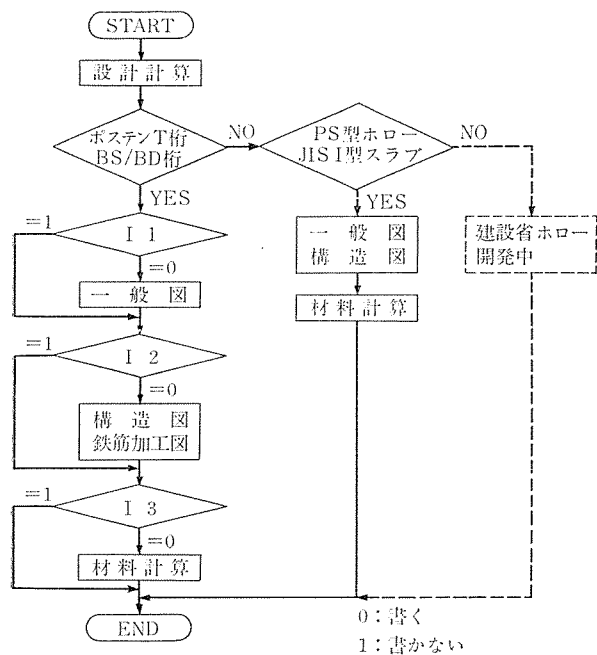


図-4 自動製図概略流れ図

5. コレクタール部

イ) フロアスラブ部

$$\begin{aligned} \text{SIGMA CU} &= \text{SIGMA CU10} + \text{SIGMA CTU} \\ \text{SIGMA CL} &= \text{SIGMA CU1L} + \text{SIGMA CTL} \\ &= 602. + -434. + 168.(T/M2) > -150.(T/M2) \\ &= -1059. + 2795. = 1736.(T/M2) < 1800.(T/M2) \end{aligned}$$

ロ) エレベーター部

$$\begin{aligned} \text{SIGMA CU} &= \text{SIGMA CUW} + \text{SIGMA CEU} \\ \text{SIGMA CL} &= \text{SIGMA CWL} + \text{SIGMA CEL} \\ &= 1352. + -349. + 1004.(T/M2) < 1300.(T/M2) \\ &= -2333. + 2244. = -89.(T/M2) > -150.(T/M2) \end{aligned}$$

6. エレベーター部 / PC部 / 階段部 / 天井部

ア) 階段部

$$\text{SIGMA PD2} = N * \text{SIGMACD2} * (\text{YPE/YLE}) = 453.(T/M2)$$

イ) 天井部

$$\text{SIGMA PD3} = N * \text{SIGMACD3} * (\text{YPV/YLV}) = 2890.(T/M2)$$

ロ) フロアスラブ部

$$\text{SIGMA PL} = N * \text{SIGMA CL} * (\text{YPV/YLV}) = 3363.(T/M2)$$

* エレベーター部 / PC部 / 階段部

$$\begin{aligned} \text{SIGMA PMAX} &= \text{SIGMA PE} + \text{SIGMAPD2} + \text{SIGMAPD3} + \text{SIGMAPL} \\ &= 7194.8. + 453. + 2890. + 3363. \\ &= 70693. (T/M2) < \text{SIGMA PA} (= 93000.T/M2) \end{aligned}$$

図-5 設計計算書出力例

*** 材料計算書 ***

部材	仕様	単位	材積	重量
(1) フロアスラブ部				
コンクリート	SRK=4000 T/M2	M3	19.5	97.4
鉄筋	上層筋	M2	1.3	9.1
	中層筋	M2	113.2	591.0
	下層筋	M2	14.4	72.0
	引当筋	M2	134.4	672.2
天井部 () 引当筋				
鉄筋	SR24 PH1 6	KG	8.0 (13.9)	27.6
	SR24 PH1 9	KG	14.3 (14.3)	74.0
	SU30 D10	KG	135.1 (135.1)	675.5
	SU30 D13	KG	1503.5 (1487.3)	7436.1
	引当筋	KG	1653. (1652.)	8263.
PC部				
コンクリート	SAPK1 1L-PHI 7	KG	765.7	3626.3
	引当筋	KG	804.5	4024.0
ジョイント	PA1 45T	M	209.1	1045.6
引当筋		M	211.3	1056.4
引当筋		J	18	90

図-6 材料計算書出力例

プレストレスト コンクリート

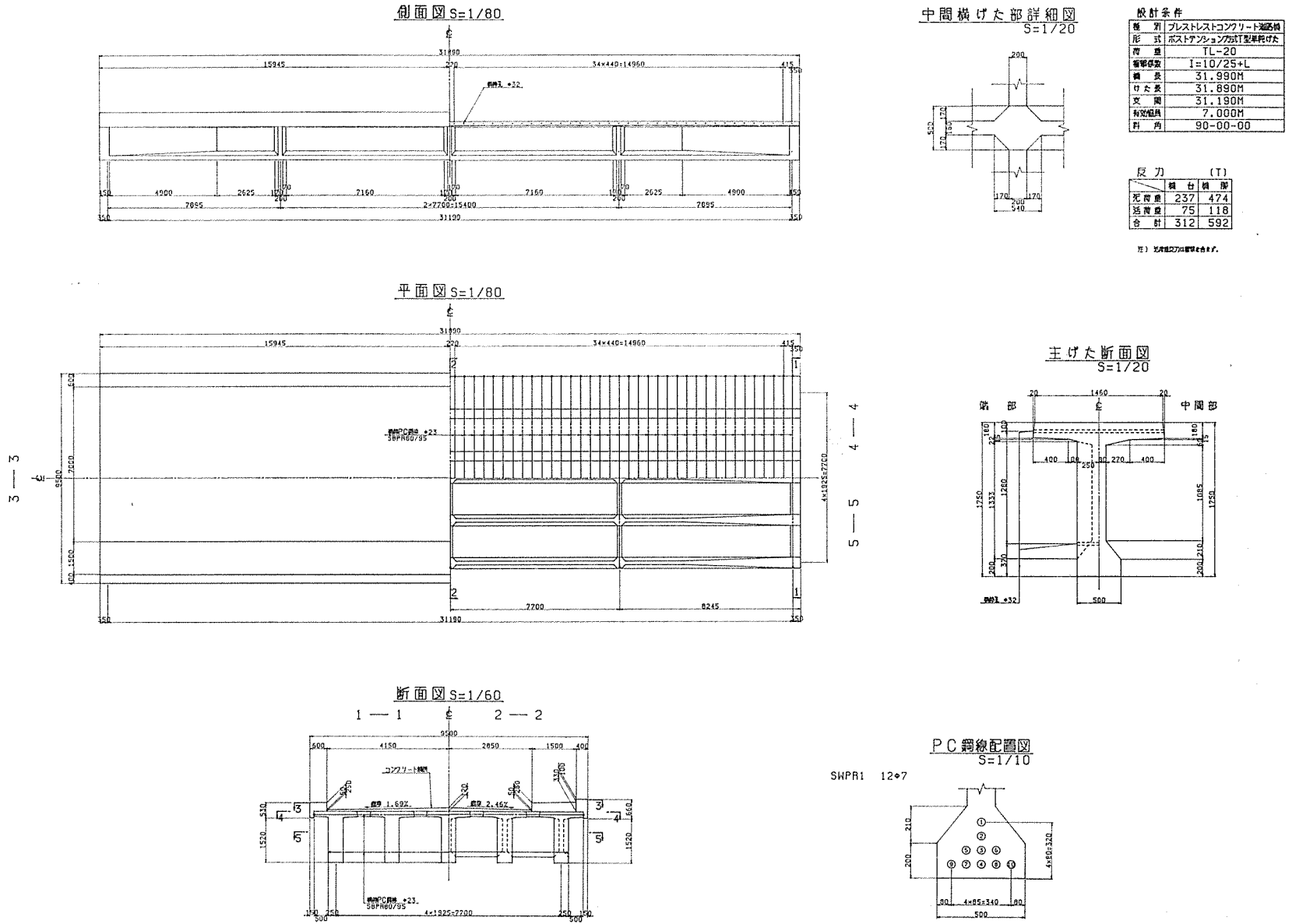


図-7 一般図

重要構造物にはマイテイ

日本は、現在コンクリートの高強度化で世界の最先端を行っています。すでに設計基準強度 $800\text{kg}/\text{cm}^2$ という超高強度マイテイコンクリートを用いたPCトラス鉄道橋が施工されているのです。

マイテイを添加するとどうして高強度コンクリートが作れるのでしょうか!?

1919年D・A・Abramsにより提唱された水セメント比説(アブラムの理論)を思い出して下さい。「清浄で強硬な骨材を用いる場合、そのコンクリートがプラスチックでワーカブルであるならば、コンクリートの強度はセメントペーストの水セメント比によって定まる」という理論です。つまり生コンクリートがプラスチックでワーカブルであるならば混練水が少なければ少ない程そのコンクリートの強度は高くなるという訳です。マイテイは、この50年も前の夢を今実現し世界の最先端をゆく超高強度コンクリートを作り上げたのです。山陽新幹線岩鼻PC

トラス橋のコンクリートは水セメント比=23%、スランプ=12cmという理論水和水量近傍の高強度マイテイコンクリートです。

高強度コンクリート用減水剤

マイテイ

説明書、技術資料をご請求ください。

花王石鹼株式会社 建設資材事業部

本社 東京都中央区日本橋茅場町1-1 ☎103 ☎東京(03)665-6322(代)

