

PC 橋の標準化と自動設計

中 村 慶 一*
 岩 松 幸 雄**
 工 藤 真 之 助***

1. はじめに

工業化社会より情報化社会への移行の様相が工業先進国を中心に逐次表面化し始めてくると、その立役者である電子計算組織をめぐっていろいろな論議が行なわれることが多い。まず1番目が200年前の第1次産業革命による農業化社会から工業化社会への移行の時にも行なわれた「機械打ちこわし」にも似た論議である。「今までのおれ達の仕事の方が良い」から始まって、気持のうらの「ぬるま湯から出たくない」心理も手伝って行なわれた機械打ちこわしは、200年たった今も電子計算組織への反感となって再現された。次に現われてくるのは計算機をあくまで補助機械と見て給与計算や在庫計算あるいは曲げモーメントの計算など、くり返し等の筋肉的要素の多い計算を代行させたが、その印字結果を見てさらに人間が判断を加えてつぎの段階を実行させるといった使い方であった。

情報化社会においては人間と計算機の組み合ったいわばマンマシンシステムという新しい生物が主役となって仕事を進める社会であるという認識のもとでの成果はPPBSやMISあるいは自動計画自動設計という形で少しずつ世の中に現れ始めているということができよう。

建設省土木研究所において全研究者が計算機と対話を進めつつ研究上の壁を突き破る目的で電子計算組織を導入した昭和39年度は、また建設省において調査・計画・設計・施工の各段階における標準化作業を行なうために技術管理組織を拡充した年でもあり、このような経過で設置された土木研究所の技術管理室は直ちにこの計算機と取り組んで土木構造物の標準設計を作る作業に入った。まず技術者がプログラム用語に習熟する必要があるので全所員を始め、建設本省、地方建設局をふくめ約3000名のアルゴリズムプログラマを養成し、これらの人々と共に標準化作業を進めることにより、現在までに数多

くの標準設計・基準類を作成することができた。

しかし初期の暗きょよう壁・橋台類の標準設計までは、図化作業に必要な一切の数値を印字させ、これによって人力による図化作業を行なってきたが、この際に生ずる不注意のミスはどのようにチェックしても後を断たなかった。また標準設計の特質としてその寸法のものだけを目指して最適化しても普遍的に使用するためには前後の関係とか他の寸法のもの材料を考え合せて選択する必要もあり、このような考慮も含めた完全な自動化システムを橋脚・PC橋に対して組み上げることができた。

本文においてはこのような標準化という立場からみたPC橋の自動設計手続きの紹介ならびに、電子計算組織との対話の間に生れた種々の観点について触れてみたい。

2. 標準化

技術の進歩には、各固有技術水準の向上が第一義的な重要性を持つことはもちろんであるが、これとやらんで技術標準化の重要性もゆるがせにすることはできない。建設技術のような総合的性格が強く、また多くの未知の因子の影響による変動が多い分野では、その問題点の発見により、つぎの固有技術水準向上の資料を得るためにも、標準化の考え方は不可欠のものである。

どれほど高度な、困難な作業であっても、ある結果の見通しのもとにその手順を客観的に記述することができないような仕事は、しょせん技能の段階に止まっているものと考えざるを得ない。

われわれは現場の持つ貴重な技能的経験を分析し、分離し得る原因系の効果を算定し、それに偶然原因による確率的な変動を加えることによって結果を予測するわけであるが、このような意味における技能の技術化を怠ることは、とりも直さず貴重な成果をむざむざ個人の頭に蓄積するに止まり、組織に定着させなかったことになるわけである。

この技術化された内容のうち、日常多く現れるものはそのたびごとにこの手順をくり返すという愚をさけ、つぎの改良点発見のヒントを得やすくするために標準化が

* 建設省土木研究所 技術管理室長 工博
 ** 同 技術管理室 建設専門官
 *** 同 技術管理室

行なわれる。標準化によって単にその手間の省略やつぎの固有技術水準向上という効果のみならず、品質管理も容易となるものであり、この作業は何も技術管理組織に属するものだけの仕事ではなく、いわば一つの技術組織に属するもの全員の仕事である。

そのためには当然各人が自分の仕事についてその結果に及ぼす変動原因の追求解析（統計解析）、仕事の計画・管理上の工夫（OR）、途中の情報処理の迅速化（電子計算）など総じて土木計画学⁸⁾の知識を動員して標準化作業に当る必要があり、何も標準化された結果を忠実に守って行くだけが各技術者の任務ではなく、これらの標準化作業に参画するとともにつぎの改訂への準備作業にも積極的に参加する必要がある。

このことは、各工業技術分野が名人芸ではもはや行きづまりがきていることを知るにつれて、逐次認識され始め、国際的には ISO (International Organization for Standardization)、各国にはアメリカの USAS、イギリスの BS、フランスの NF、ドイツの DIN、日本の JIS など、各組織では種々の団体規格、社内規格、各種技術標準などが整備され、ある意味では標準化の程度によってその組織の技術高度化の程度をおしはかることができるものと考えられる。

ところで、建設技術の分野では従来ややもすれば環境条件が複雑であることを理由に経験に則した技術水準（むしろ技能というべきであろう）の向上の面のみが強調され、技術の標準化はかえって技術の進歩の障害になるという誤った考え方すら広く行なわれた。コンクリート関係においても他のほとんどの一次製品が屋根のある工場での生産物であるのに対して、ここでは現地であり合わせの材料を用いて作業者の意のままに調合して製造しようとするのであるから、当然でき上った構造物の品質について製造時に確信が持たず、このような材料を使用して複雑な現地の条件に合わせて設計するのであるから標準設計など適用できないという考え方は相当根強いものがあつた。

昭和 39 年 4 月建設省においては技術管理組織を拡充するため、土木研究所に技術管理室を、各地方建設局に技術管理官を設置し、建設技監の指導のもとに建設技術の標準化作業を推進しつつあり、標準設計 1（側こう類、暗きょ類、よう壁類）、標準設計 2（1 の追加）、5（横断歩道橋）、6（橋台）、9・10（橋脚）、13・14・15（PC 橋）などの標準化（狭義）、ボックスカルバート縦方向筋やよう壁基礎設計指針などの基準化作業ならびに電子計算組織を中心とする自動化作業を推進しつつある。

これらの広義の標準化作業は単に業務を簡素化して増

大する事業量に対処するといったような消極的意義から行なわれているものではなく、実は技術水準向上の必須の手段として、あるいは技術者というものは本質的に標準化による技能の技術を行なうことがその使命であるという積極的意義において推進されているものであり、業務の簡素化はその副次効果としてあらわれてくるものに過ぎない。

本来標準化された結果はその実行によってつぎの問題点を発見し、それにもとづいて定期の改訂を行なうことが絶対条件であり、これが守られないばかりに標準化は技術の行き止りといったようなぬれ衣を着せられる事例も過去においては多く見受けられた。一般に 2 年ごとの定期改訂（確認を含む）が普通であり、逆に 5 年以上もそのまま通用する標準についてはその内容かまたはそれを容認する組織そのものをうたがってかかるべきであるとさえいわれている。

この意味において建設省の標準化作業結果もこの組織に関連する者全員の技術的成果であると同時に、それらが現在の技術水準を示すものであるように不断の改訂の準備を行なうことも全技術者の使命であり、「皆で行なう標準化」の意識のもとに、これらの標準類の問題についての情報提供が期待されている。

3. 自動設計

(1) マンマシンシステム

第 2 次産業革命ともいふべき情報革命による工業化社会より情報化社会への移行に際し、各組織ともこの情報革命の担い手と目される電子計算組織を中心に経営情報システム (MIS)、基本計画・個別計画予算編成方式 (PPBS)、システム分析 (SA)、情報検索 (IR) などのプログラム確立を急いでおり、従来の「強力なショベル」としての使い方から「頭脳」としての使い方とその重点を移行しつつある。このことは第 1 次産業革命が「筋肉」の代替としてのエネルギー革命であったのに対し第 2 次産業革命が「神経」の代替としての情報革命であるという歴史的経過と全く同じ筋道を、今度はその情報処理の過程において筋肉的なものから神経的なものへとたどりつつあるものと受取って良いであろう。

一方建設事業の分野においてもすでに電子計算組織の「筋肉的」利用はある程度進み始めているが、「神経的」利用の面では末だしの感が深い。「筋肉的」利用の場合はまだ問題を持つ者が適当に外部に発注して間合っているが、「神経的」利用に至っては、問題を持つ者自身が、場合によってはトップマネジメント自から自分の構想を計算機に伝える必要があるというよりは人間機械系という電子計算機と人間とが一体となって働く

表—1 標準化作業一覽表(土木研究所)

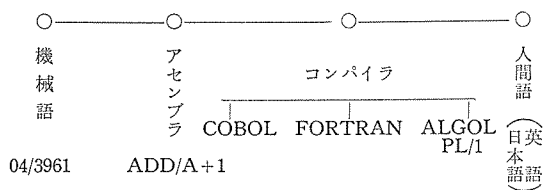
大分類	中分類	内 容	摘 要	作業予定	
側 溝 類	側溝街側U	490×490, 890×890 400×400×700~600×800×2000 300×600	土木構造物標準設計 [I].....328頁	既 刊 (40. 8. 9) 発 行	
	側溝街側U				
暗 さ よ 類	一連ボックス・カルバート パイプ・カルバート	断面 1000×1000~6000×5000 φ200~φ1800 基礎形式 90°, 120°, 180° 固定			
擁 壁	石積・石張擁壁 重力式コンクリート擁壁 突桁式鉄筋コンクリート擁壁	高 2000~5000 * 3000~7000			
暗 き よ 類	二連ボックス・カルバート 一連ボックス・カルバード(追加)	断面 1500×1500~3500×4500 * 1000×1000~6000×5000 にて [I] の追加	土木構造物標準設計 [2].....231頁	既 刊 (42. 2.20) 発 行	
擁 壁	扶壁式鉄筋コンクリート擁壁	高 4000~(1000)~8000			
暗 き よ 類	樋 門 ・ 樋 管		" [2]に追加	44年12月	
プレート ガードー橋	上 路 式	橋長 20000~(1000)~32000 } 幅員3-1, 3-2, 4 (1等橋), 3 * 32000~(1000)~45000 } -4 (1,2等橋) 3-3,5,6(2等橋) 斜角 60°~(5°)~90°	土木構造物標準設計 [3]	45年6月	
	下 路 式		" [4]	"	
横断歩道橋	上路式 H型, I型	橋長 12000~17500	土木構造物標準設計 [5].....133頁 日本道路協会発行	既 刊 (42.3発行)	
	下路式 I型, C型	* 12000~30000			
橋 台	重力式コンクリート橋台 突桁鉄筋コンクリート橋台 扶壁式鉄筋コンクリート橋台	高 4000~(500)~7000 } " " } * 5000~(500)~8000 }	水平震度.....0.2 土木構造物標準設計 [6].....327頁	既 刊 (43. 5. 1) 発 行	
	"	胸壁高 50, 1500, 2500 橋座幅 800, 1200 上部工よりの反力 10, 20, 30 t/m } 水平震度.....0.25 土木構造物標準設計 [7] [8]			計算完了
橋 脚	突桁鉄筋コンクリート橋脚	天端長 4000~(1000)~10000 } 12000, 14000, 16000 } 天端幅 2000, 2500 }	橋脚高 7000~ } (1000)~11000 } 水平震 橋脚高 12000~ } 度 (1000)~15000 } ...0.2	土木構造物標準設計 [9]	44年4月
		橋脚厚 {1500 (高7000~9000) 2000 (高10000~15000)}		橋脚高 7000~ } (1000)~11000 } 水平震度 橋脚高 12000~ }0.25 (1000)~15000 }	土木構造物標準設計 [10]
		橋脚厚 {1500 (高7000~9000) 2000 (高10000~15000)}	橋脚高 7000~ } (1000)~11000 } 水平震度 橋脚高 12000~ }0.25 (1000)~15000 }	土木構造物標準設計 [11]	44年10月
		上部工よりの反力 20, 40, 60 t/m	" [12]	44年10月	
P C T桁橋	ポストテンション方式による P C単純T桁橋	橋長 14000~(1000)~25000, } 27500~(1000)~35000, } 40000 } 道路構造令のうち対象幅員 斜度 90°, 75°, 60° } はつぎのとおりである。 第3種2級, 3級, 4級の うち19種	土木構造物標準設計 [13], [14], [15]	44年8月	
			土木構造物標準設計 [16], [17]	44年12月	
RCスラブ橋	鉄筋コンクリート単純スラブ橋	橋長 3000~(500)~10000 斜度 90°, 75°, 60°, 45°, 30° 幅員 3~6種	土木構造物標準設計 [18]	プログラム中	
			" [19]	"	
RC T桁橋	鉄筋コンクリート単純T桁橋	橋長 7000~(1000)~20000 斜度 90°, 75°, 60° 幅員 3~6種	土木構造物標準設計 [20]	"	
			" [21]	"	
ケーソン基礎	円 形, 小 判 形			"	
連続プレート ガードー橋				"	
PC穴あきス ラブリ橋				"	
PC合成桁橋				"	
PC連続桁橋				計 画 中	
PC箱桁橋				"	
RC連続桁橋				"	
鋼箱桁橋				"	
成プレートガ ードー橋				"	
くい基礎				"	
砂防堰堤				"	

ようないわば新しい生物が生まれたと考えるべきであることが次第に明らかとなってきた。

この機械と協同して新たな創造を行なうためにも、この人間機械系には共通の言語が必要であって、その言語はこれだけ処理能力の大きい機械が相手なのであるからできるだけ人間の言葉に近いものが望ましいわけである。

この言葉の問題については後で触れるが、いずれにせよこの言葉を用いて、問題を持つ人間が直接対話しつつ仕事を進めるべきであって、単なる付属物と考えていた時代のようにその問題の本質についてそれほど詳しくない通訳を介したりして仕事を進めたりすることはほとんどすればその処理が歯止めのきかぬ方向に迷いこませたり、また問題の本質を知らぬ通訳のいいなりに処理されてしまう恐れもある上に、問題を持つ者が新たな観点を見出す機会も失なわせてしまうことになる。

ジェームス ワットの蒸気機関は、それまでのニューコメンの蒸気機関に対し、いわば弁の開閉を人間に代って自動的に行なわせるという点である意味の人的要素の非常に強い人間機械系のうち人間による部分を減少させたものと考えられる。この点で初期の電子計算機が機械自身の言葉で人間が命令しなければならなかったものを、機械語と1対1の対応はしているがシンボリックな(機械によらない)命令を下せる段階を経由し、その後FORTRAN さらに ALGOL と、ますます人間の言葉に近い表現で命令すれば足るようになった経緯もまた、この人間機械系が人間の付属物に過ぎなかった時代から段々人間の介入する余地を減じて行なった経過とよく似ているといえよう。



(2) ALGOL

この電子計算機との対話のために用いられる言葉が、以前は人間の方が機械の言葉を覚えてこれを用いなければならなかったのに、だんだん人間の言葉に近いシンボリックな言葉を用いて機械自身に翻訳も行なわせるようになり、1956年にはIBM-704機に対してFORTRAN (formula translator) が生まれ、より人間の言葉に近いもので書いてやればすむようになり、さらに1958年電子計算用語ALGOL-58 さらに ALGOL-60 および1962年改訂ALGOL-60が国際共通の電子計算用語として生まれ全世界で使用されつつある。

ALGOLはFORTRANに比して文法体系がすつき

りしているだけでなく、われわれの言葉に非常に近く単なる順序とか記号のみによる約束が少ないため、われわれと電子計算機との対話に用いられるだけでなく、言葉の異なる人達や、さらにわれわれ日本人同志の間でも手順をわかりやすくかつ正確に伝達する言葉として最適であると考えられる。

電子計算機との対話には別段計算機というものの構造に関する知識はもちろん、昔プログラマなるものの唯一の武器であった機械語に関する知識、あるいはSIP, SAPなどの中間語に関する知識もいっさい不必要であって、われわれの言葉に近いALGOLでプログラムを書いてやれば機械が文法チェックを行ない、エラーがなければ中間語を経由して機械語への翻訳ならびによる演算を実行する。

したがって、単に電子計算機との対話をスムーズに行なう目的からはALGOL以外の知識は別段いらぬわけであるが、昔からプログラマたちが自分達の相対的価値を上げる目的でか、これらの知識が入門として必須であるかのように主張し、その効あって初めての人達が電子計算機というものに親しもうとして読み始める文章の最初はまず電気回路か機械語の話が始まるため、多くの人に電子計算機というものはむずかしいもの、したがって、それと会話を行なっているプログラマは偉い人達という印象を与えがちであった。

ALGOLの生まれた今日では、もはやプログラマという特別な職業を持った人が通訳を行なうというよりは、問題を持つ一人一人がALGOLによって直接会話をすることが普通となってきている。

建設省関係においては国土地理院 (NEAC 2206 48 ビット 10 K), 建築研究所 (TOSBAC 3400-30 24 ビット 16 K), 土木研究所 (TOSBAC 3400-40 24 ビット 65 K) および FACOM 270-30 16 ビット 65 K), 岩手工事事務所 (FACOM 230-10) に引続き建設本省 (TOSBAC 3400-41 24 ビット 32 K), 北陸地建 (TOSBAC 3400-41 24 ビット 32 K) などに電子計算組織が導入され、各地建を含めて3000名のALGOLプログラマの養成も終り、各技術者が自分自身の問題をもって直接計算機と対話することにより、今まで予想されていたような作業はもちろん、今まであきらめていたようなあるいは思いつくこともなかったような問題と取り組み始めており、土研における割り込み計算や、超大型機の衛星計算機としての使用、あるいは各地建における計算センターとの時間単価契約による自由使用などによってすでに相当な成果が得られている。

また、現在建設技術関係の各組織において電子計算組織の導入が計画されつつあるが、これに関連して1)そ

の必要性を十分納得させるだけの理由がない、2) 今でもコンサルタントを利用して間に合っているものを自ら手を下してやる必要はない、3) 計算機を入れてみても十分な仕事量がない、4) 単なるあそびで導入するのは反対である、などいろいろな反対論も多い。

各会社などにおいても、導入の当初において全く同じ議論がくり返され、1) 自分の業務遂行上の考え方の壁をつき破る、2) 人間を雑務から開放する、3) その方がもうかる、4) 他の会社でうまく行なっているのだからこちらでもやってみよう、などいろいろな理由で、大半の大組織は自ら導入、中小企業は共同使用という形で導入し、業績を伸ばしている所が多い。

その中でも特に FORTRAN, ALGOL 等のコンパイラを活用し、多くの社員に開放して成功している組織として東洋工業 (F), 川崎重工業 (A), トヨタ自動車 (A) などの例があり、土木研究所においても当初上にあげたのと全く同じ反対があったときに、この道具を用いて研究上の壁を破る、したがって、今まで外注されていたプログラムで手を加える必要のないものや、所内でテスト終了したもので本番計算に時間を要するものは、今後も積極的に外注し、所内の計算機はいわば成功するかどうか不明であるプログラムのチェックを主目的とした外部の超大型機の衛星計算機であると割り切って OKITAC 5090-H (メモリ 16 K 長語) を導入し、1) 内部はもちろん外部の計算機との接続にも使用用語は ALGOL 一本とする、2) 15 分以内の計算は割り込み使用を許し見掛上 100% の稼働とする、3) 支所で作られたプログラムは電送回路により送られ、エラーは同回路によって直ちに送り返す、4) 開発された手続きはできるだけ辞書の形で格納し、その名前を呼び出すだけで自動的に使用可能にするといった特徴的な使用法により、各研究室においても相当な実績をあげることができた。

(3) 自動計算

一般に構造物の設計計算を行なう場合はつぎの手順によるのが普通である。

- 1) 計画諸元の設定
- 2) 設計諸元の設定
- 3) 設計条件, 設計方式の選定
- 4) 設計計算
- 5) 検 討
- 6) 設計図書の作製

現在われわれが自動設計として目指しているのは 1) が与えられることにより 2) 以降の手続きを進めるプログラムの開発であり、要すれば自動計画手続きとしてさらに 1) の中の最も基本的な値のみを与えられて 1) の段階からの手順をプログラムすることである。たとえば

A 地点から B, C を経由して D 地点に至る最適な道路を計画する手続きといったようなものであるが、現在までの段階は 2) が与えられて 3) 以降の手続きを自動的に進める部分までが完了しているので、以下この部分についてのべる。

設計計画の段階において決定された入力データ (例えば橋種, 支間, 幅員, 斜角, 橋格等) に基づいて機能的または、経済的条件 (場合によっては環境との適合の可否も含めて) 等の設計条件および荷重分配係数等の計算方式の選定を行なう。また、3) の段階では部材の最小数値も与えられるので、設計計算の結果、機能的な不足の場合はその部材を増して設計計算にフィードバックするのみで足りるが、経済的な面までおよぶようになれば 3) または 2) の段階にまでフィードバックして設計条件の変更を行なうことになる。以上の検討の結果、合格すれば計算結果に基づいて設計図, 精算書等の作製を行なう。筆者等の行なった PC 橋の自動設計プログラムは、支間, 本線幅 (車道幅員十路肩), 歩道幅員, 主桁本数, 橋格および図化指示のインデックス (負の数値は MT 格納, 0 は印字, 正の数値は A-3 版を 1 として A-1 版は 2 とするような縮尺) 等のインプットデータによって、部材の寸法, 数量またはケーブルの配置位置等を計算プログラムの部分とその計算結果を受けて図化を行なう図化プログラム部分とに大別できる。いま、支間 30 m, 本線幅 7.5 m, 歩道幅員 2.5 m, 斜角 60°, 主桁本数 7 本, 橋格 1 等橋として計算し、A-1 版で図化するプログラムはつぎのようなものである。

```

begin
  real S, W, F, A, N, G, I;
  external PCPOST;
  ST : READ(S); if S=0 then go to END;
        READ(W, F, A, N, G, I);
  PCPOST (S, W, F, A, N, G, I);
  go to ST;
  END :
end
30, 7.5, 2.5, 60, 7, 1, 1, 20, 9, 2, 90, 8, 1, 1, 0,

```

図-1

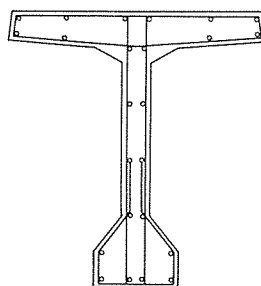


図-2, 図-4 は上記プログラムによって図化機が画きだしたものであり、図-3, 図-5 はパラメータの数値を変えるだけで、同様に計算機が画いたものである。図中の“平面図”または“側面図”などという文字の書き方は、図化プログラムの中で external と

図-2

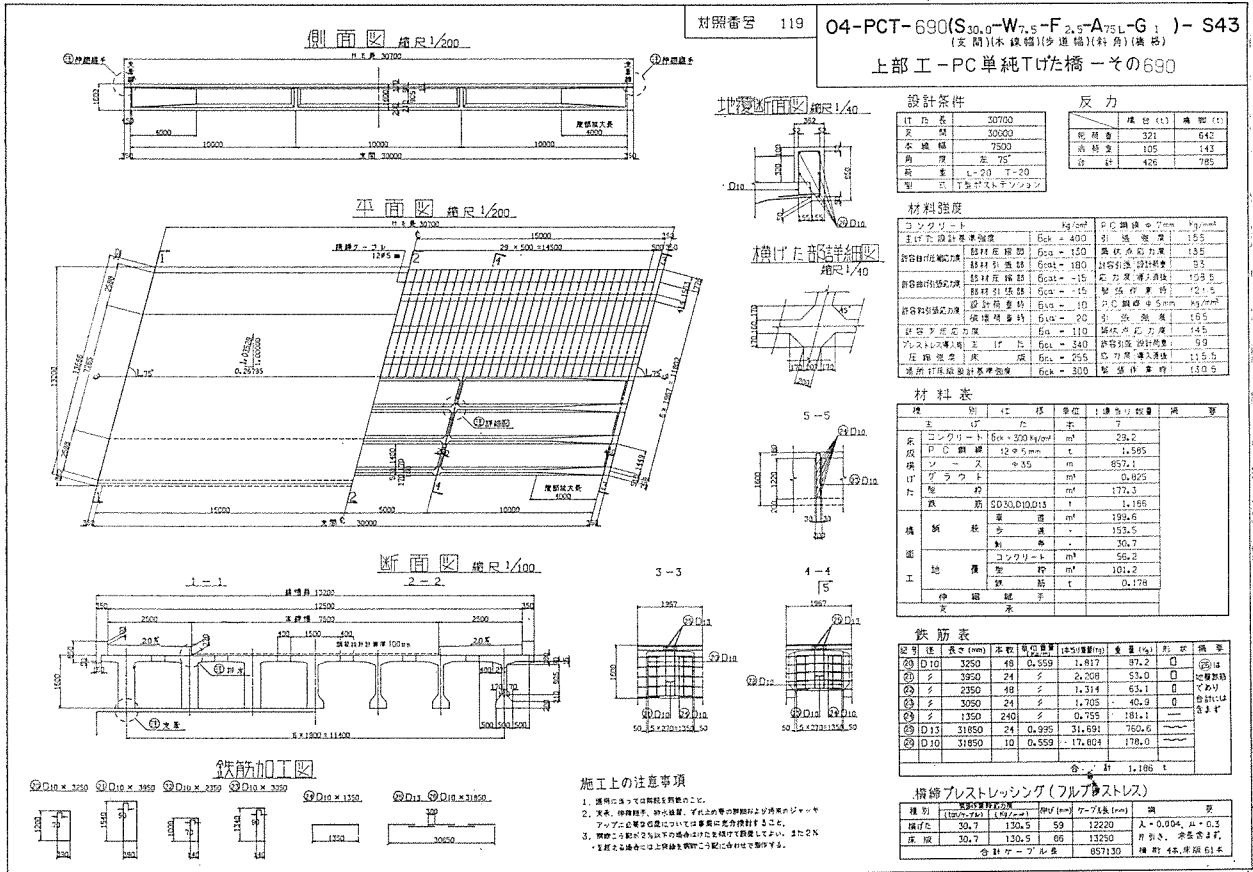


図-2

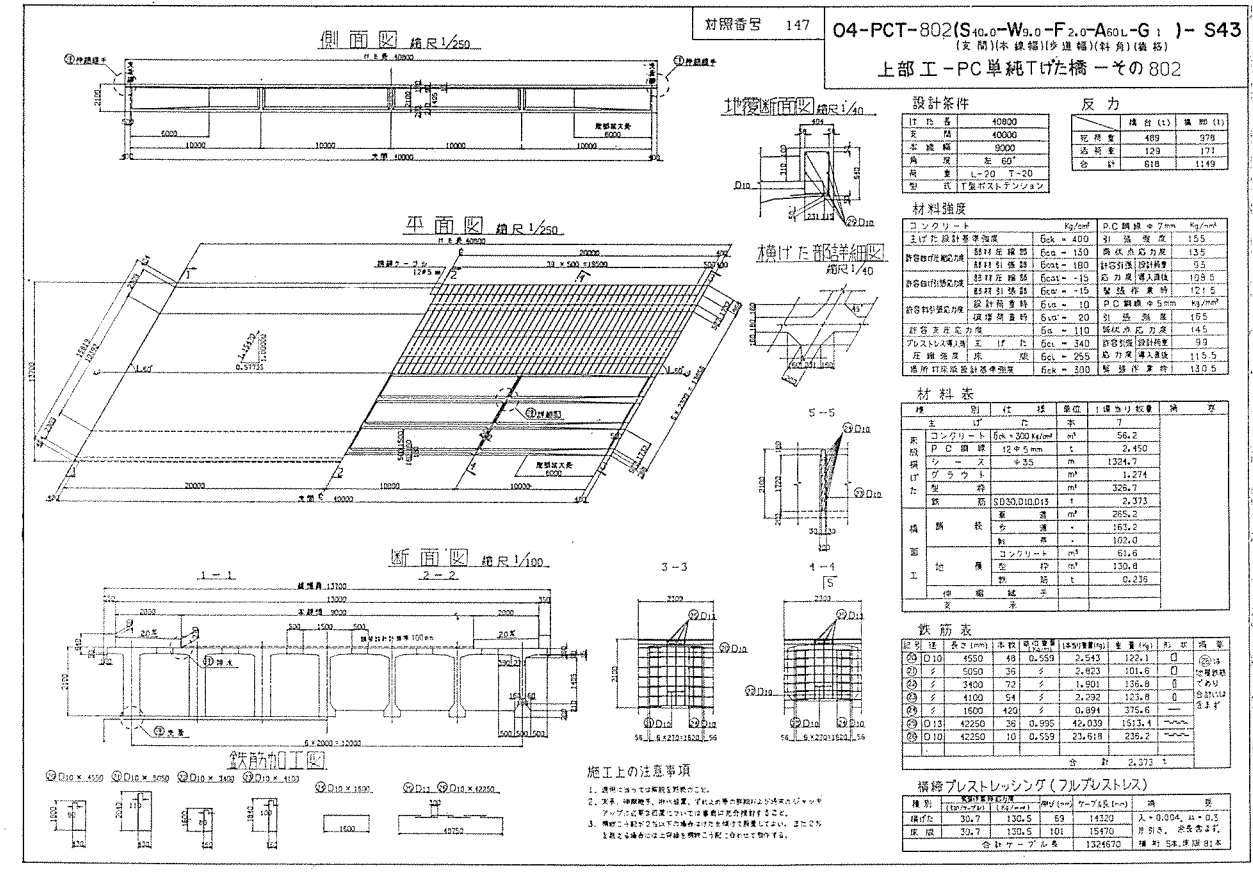


図-4

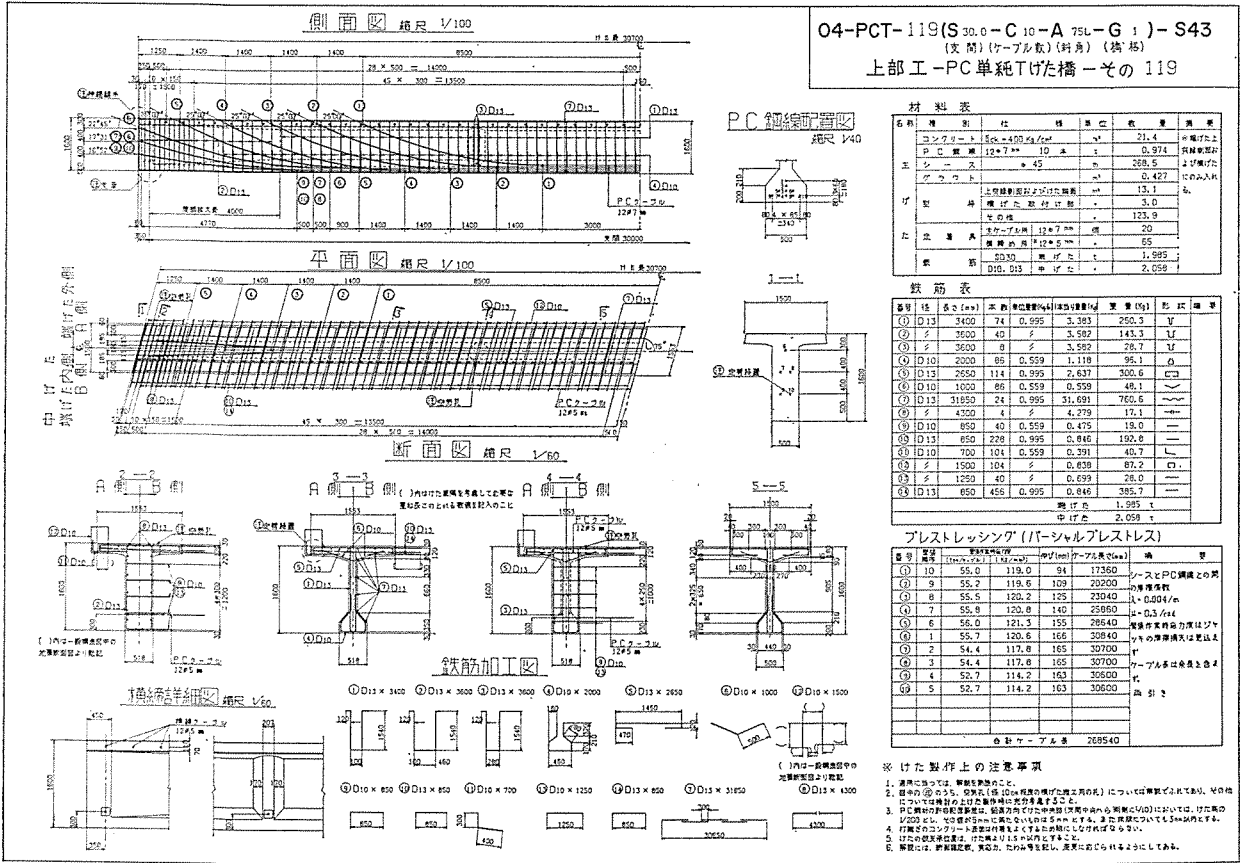
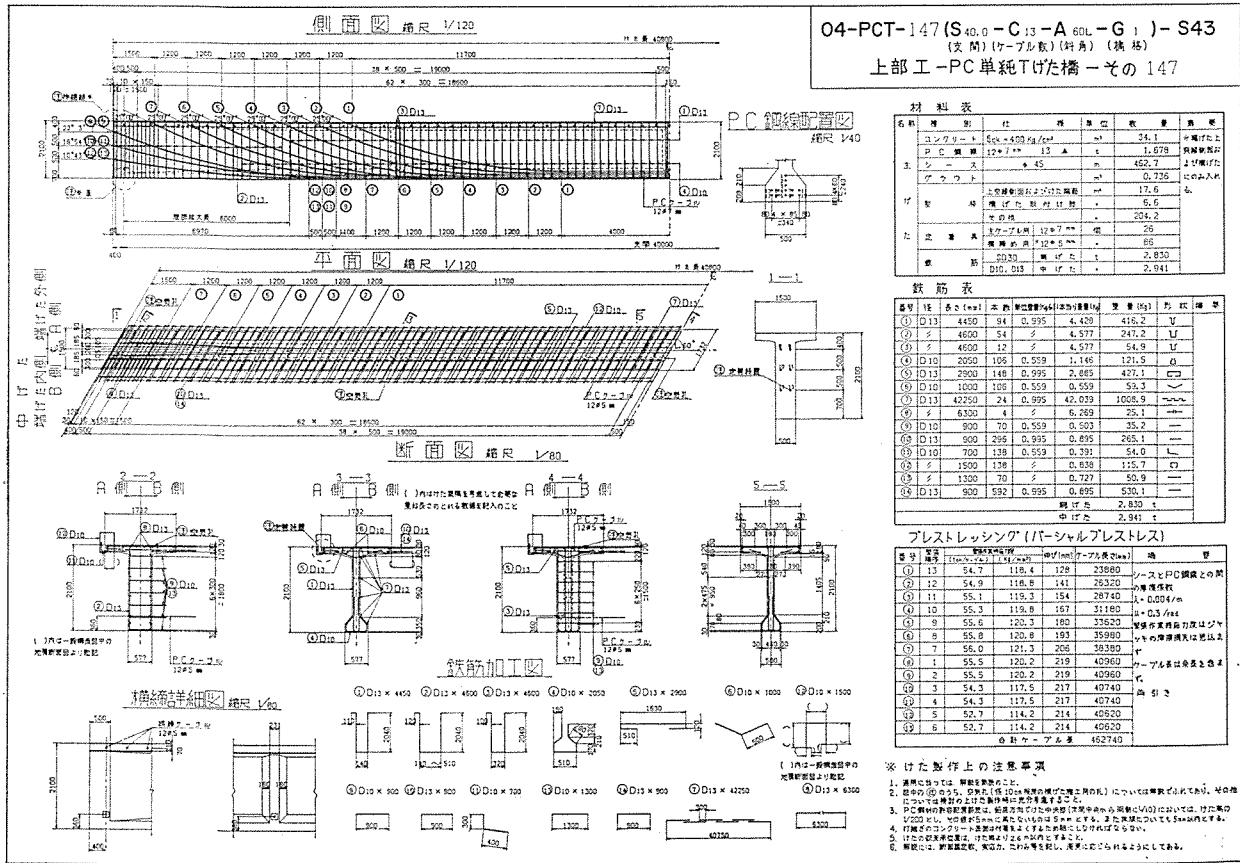


図-5



```

begin external PSENX, PMOVE, PREADY, POUTI; ----- 基本プログラムの呼び出し
real B, H, T, B0, B2, T2, T3, A;
integer I, N;
procedure DSEN(X1, Y1, X2, Y2);
    鉄筋線を書く手続き
procedure RPOINT(X, Y, N);
    鉄筋断面を書く手続き
procedure SECT2(B, H, T, B0, B2, T2, T3, A, I, N); -----
real B, H, T, B0, B2, T2, T3, A; integer I, N;
begin real G1, G2, G3, G4, G5, G6, G7, G8, G9,
        G, C, C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8,
        C9, CN1, CN, D1, D2, D3, D4, D5, D6,
        D, F;
        integer I, K;
        C:=SIN(3.141592*A/180);
        CM:=(H-T3)/6*N; G1=B/12/C*N;
        G2=B2/12/C*N; G3=B0/12/C*N;
        G4=-T/6*N; G5=-H/6*N;
        G6=(B-4)/12/C*N; G7:=(T+3)/6*N;
        G8:=(T+12)/6*N; G9:=(H-T2-T3)/6*N;
        for I:=1 step 1 until 2 do
        for F:=1, -1 do
        begin
        if F=-1 then PSENX(F*G1, 0)
        else PSENX(F*G6, 0);
        PSENX(F*G1, G4); PSENX(F*G2, G7);
        PSENX(F*G3, G8); PSENX(F*G3, G9);
        PSENX(F*G2, CM); PSENX(F*G2, G5);
        PSENX(0, G5); PMOVE(0, 0);
        end;
        C1:=(B-10)/12/C*N; C2:=(B0-6)/12/C*N;
        C3:=(H+4.5)/6*N; C4:=(T+3)/6*N;
        C5:=(B2-6)/12/C*N; D6:=-T/6*N;
        C7:=(H+T3)/6*N; C8:=(H+T2+T3)/6+0.5*N;
        C9:=if B=150 then 28/6/C*N else 25/6/C*N;
        D2:=(B0-6)/2+1.5)/6/C*N;
        D1:=C1-C9-D2; C6:=(T-3);
        K:=(H-T2-T3+C6)/3; D:=H-T2-T3+C6-K;
        D5:=(D+5)/2; D4:=(H-T2-T3+C6-2*D3)/6*N;
        D5:=-3/6*N; D:=(B-6)/12/C*N;
        C6:=C6/6*N; D3:=D3/6*N;
        for F:=1, 1 do
        begin
        if F=-1 then DSEN(0, D5, D*F, D5)
        else DSEN(0, D5, C1*F, D5);
        DSEN(C1*F, D5, D*F, C4);
        DSEN(D*F, C4, 0, C6);
        DSEN(C2*F, D5, C2*F, C3+D5);
        DSEN(0, C3+D5, C5*F, C3+D5);
        DSEN(C5*F, C3+D5, C5*F, C7);
        DSEN(C5*F, C7, (C2-0.5/C)*F, C8);
        DSEN((C2-0.5/C)*F, C8, (C2-0.5/C)*F, C6-D4-D3);
        RPOINT(D2*F, D5-0.5, N);
        RPOINT((D1+D2)*F, D5-0.5, N);
        if F=-1 then
        RPOINT((D-0.5/C)*F, D5-0.5, N)
        else RPOINT((C1-0.5/C)*F, D5-0.5, N);
        RPOINT((D-0.5/C)*F, C4+0.5, N);
        RPOINT((D1+D2)*F, D6+0.5*N, N);
        RPOINT((C2-0.4/C)*F, C6, N);
        RPOINT((C2-0.4/C)*F, C6-D4, N);
        RPOINT((C2-0.4/C)*F, C6-D4-D3, N);
        RPOINT((C2-0.4/C)*F, C6-D4-2*D3, N);
        RPOINT((C5-0.4/C)*F, C7, N);
        RPOINT((C5-0.4/C)*F, C3, N);
        RPOINT((C2-0.4/C)*F, C3, N);
        end;
        PMOVE(0, 0);
        end;
        PREADY(0, 0); ----- 変数を準備する。
        READ(B, H, T, B0, B2, T2, T3, A); ----- 下図を描くために必要なデータの読み込み。
        I:=90; N:=2;
        SECT2(B, H, T, B0, B2, T2, T3, A, I, N); ----- 本体呼び出し
        PRINTS('SECT2.... PUNCHI.DVA+I....');
        CRFL(1);
end;

```

桁中矢印を挿入する

して呼び出して使用するほか、寸法や材料の数値も計算結果に基づいて、計算機がみずから判断して書き出したものであり、それぞれの図面の大きさも図化指示インデックスのパラメータの数値に従って機械が手順通りの縮尺を選定して作図したものである。

資料-1 に示すプログラムは、図化プログラム部分のうち主桁の中央断面を書かせる procedure の部分を抜き出してまとめたものである。まず、図化に必要な基本手続きの呼び出しを行ない、橋軸直角方向の鉄筋を書く procedure、橋軸方向の鉄筋断面を書く procedure そして、断面全体を書く procedure と続いているが、ここでは最後の procedure SECT 2 のみをそのまま記載した。procedure SECT 2 はまずわく線を書き、ついで前者を使って鉄筋を書く手続きになっている。つぎに横断面を書く作業を実行させるには、まず、原点を指示し、必要なデータを読み込み、ついで前に示した手続き procedure SECT 2 を呼び出す（実パラメータを代入）という手順になっている。図-1 はこのプログラムによって画いたものである。

(4) アルゴルの概要

このアルゴルの習得することはきわめて容易であって、実習を含めて2日間の講義で十分であるし、このプログラムを読み下すだけのためならば以下にあげる21項目の知識があれば十分である。

- 1) アルゴルのプログラムは文より成立ち文と文は;(セミコロン)で区切られる。
- 2) 文は文のカッコである begin end とによってくくって1つの複合文にまとめることができる。
- 3) アルゴルプログラム自身も1つの文である。
- 4) begin と end の間で使用される名前はすべてその begin に続く宣言部において宣言されなければならない。
- 5) 宣言はその変数が整数(小数点も10のべきも含まぬ数)であるときは integer, 実数であるときは real などという宣言詞の後にカンマでつないで書かれセミコロンで終る。
- 6) 変数に値を代入するときは := (コロンイコール) という記号による。右辺の式の結果を左

(注) データの説明
 B:上フランジ幅 (cm) T3:下フランジ厚 (cm) B0:ウェブ幅 (cm) N:A1版,A3版の指示
 H:桁 高 (cm) A:斜 角 (°) B2:下フランジ幅 (cm) {A1版.....N=2
 T:上フランジ厚 (cm) I:カウント用 T2:下フランジハンチ高さ (cm) {A3版.....N=1

- 辺に代入するが、実数型の結果を整数型の名前に代入すると4捨5入が行なわれる。
- 7) 式中で条件によって選択させるときは if then else による。
- 8) 一般の+ ※ (掛算)/(割算) 記号はそのまま通用するが、結果を切りすてる整数割算には ÷ を、 A^B は $A \uparrow B$ などと書くほか $\frac{P+Q}{A+B}$ は $(P+Q)/(A+B)$ と書かれる。
- 9) 国際共通文法には定められていないが結果 E が -36.82 の時
- ```

- .368210+02 と印字準備したい時 PRINTR (4, E);
-36.82 " PRINTF (2.2, E);
 37 (4捨5入) " PRINTI (2, E);

```
- としてその後で CRLF (1); を書く、これは印刷実行で carriage return line feed で  $N$  行おくりたいときは1の代りに  $N$  とすればよい。また
- スペースを  $N$  個取りたいとき SPACE ( $N$ );
- XYZ という字を書きたいとき PRINTS ('XYZ');
- で、これらの結果はつぎつぎと1行分に収納され CRLF がきて始めて印刷が実行される。
- 10) スペース、改行は計算機が無視し、左の縦線はパンチャーが無視する。
- 11) データテープ上より対応する名前  $A, B, C$  に順次値を読み込むときは、READ ( $A, B, C$ ); とする。データテープ上では1つの値が読み込まれるとつぎの値が自動的に待機する。
- 12) ある仕事全体に適当な名前をつけて宣言しておき、後でその名前を呼び出して使用したいときは procedure という宣言詞の後に名前を書き、その後書いた文を代表させることを宣言する。
- パラメータがあるときは名前の後に仮パラメータをカッコでつつんで書き、その後でそれが何であるかを規制する(宣言ではない)。
- この手続きを実行させるときは必要な場所に名を書き、パラメータのあるときはパラメータに対応する場所に実パラメータを書いた手続き文によって実行させる。
- 13) 条件によって選ぶべき文を指定しないときは if the else if then (そうでないときはもちろんつぎの文を実行) を用いる。式の中で用いる場合とちがって else のないこともある。
- 14) 無条件につぎに実行すべき文を指定したいときは文の頭に: を介してつけた名札に対し go to によって飛び越すことができる。
- 15) 空白の文が存在する。何もしないでつぎへ行けばよい。
- 16)  $I$  に初期値  $K$  を入れ実行つぎに  $L$  きざみに  $I$  が  $N$  になるまで文  $\check{S}$  を実行させるには
- ```

for I:=K step L until N do  $\check{S}$ ;

```
- とすればよい。
- 17) プログラム間の情報伝達には begin または; の後に comment と書けばつぎの; までの間は計算機が無視するので、ここを利用できる
- 18) 配列の宣言は array と書いた後に配列名および添字の動く範囲を下限上限の順に書く、添字付変数の使用はたとえば A_{ij} は $A [I, J]$ と書いて行なう。
- 19) 当然のことながら読み込みまたは代入してからでなければ変数を式中使用することはできない。代入または読み

込まれたときは、前の値は自動的に消去される。

- 20) 1 価関数のときはその結果の型を real procedure などと前につけて宣言し、自分自身の名前に結果を代入する。またその使用は式の中で行なう。
- 21) 標準関数として sqrt (平方根), sin, cos, arctan, abs (絶対値), ln (自然対数), exp (指数関数) sign (符号正の時+1, 0 のとき 0, 負のとき -1) および entier (それを越さぬ最大の整数を取る) が使用できる。

このほか図化機コントロール用のアルゴリズムをつぎのように作った。

PREADY ($X2, Y2$); 今のペンの位置が (x_2, y_2) となるよう座標系を設定せよ。

PEND; ペンを $X=Y=0$ にもどせ

PMOVE ($X2, Y2$); ペンを上げて (x_2, y_2) に移動せよ。

PSENX ($X2, Y2$); 今のペンの位置より (x_2, y_2) まで直線を引け。

PENX ($X2, Y2, R$); 今のペンの位置より (x_2, y_2) まで半径 R で円弧を描け。ただし R が正なら右回り負なら左回りとする。

PSENA (A, L); 今のペンの位置より X 方向を 0 度とした角度 A で長さ L ミリの直線を引け。

POUTI (A, S, N, E); 式 E の値を方向角 A , 字の大きさ S ミリ, 有効けた数 N の整数タイプで描け。

POUTR (A, S, N, E); 式 E の値を同じく実数タイプ ($_{10}$ を含む) で描け。

POUTF (A, S, n_1, n_2, E); 式 E の値を同じく小数点以上 n_1 けた以下 n_2 けたの形で描け。

POUTS ($N, A, S, equiv ('...')$); ... という文字を N 文字分方向角 A , 文字の大きさ S で描け。

これによって設計者は自分で作図すると全く同じやすさでアルゴリズムプログラム中に今計算した量を図形的に表現することができる。

(5) ALGOL を採用した理由

ALGOL は現在 1962 年の改訂 ALGOL-60 が基となっているが、FORTRAN との間にはその成立の経過からもわかるように、多くの相似点がある。しかも現在までの IBM 社の世界市場の支配ぶりからみても多くの FORTRAN プログラムが過去において作成され、現在もこれらの遺産に頼って仕事をする向きには重要な言語であることはもちろんであるが、何と云っても IBM 社の機械向きに作られたという動機と、IBM 機のプログラマといえば機械語および中間語の訓練を受けたプログラマということ前提としているためか、機械の側に都合良くしようとするあまり、人間側に過度の注意を強制される結果となっている。この点で始めから人間と機械はもちろん、人間と人間の間の会話を念頭においてはっきりと筋の通った文法のもとに組み立てられた ALGOL との間には大分差異が見受けられ、また ALGOL, COBOL, FORTRAN を総合したと称する IBM の PL/1 も構造体など今までなかった概念を取り入れているが、BEGIN END などによるブロック構造

表-2

問 題 点	FORTRAM	ALGOL	PL/I
1. ブロック構造	ない そのかわり無宣言で 変数を使用できるのが 先頭の文字が I ~ K のときは integer となる。	ある そのかわりすべての 名前は無宣言を必要と する。	あ る
2. integer と real の混合演算	認めない。	認める。	認める
3. 配列次元数	FORTRAN II では 2次元, IV では3次 元	無制限	無制限
4. くり返しのコ ントロール変数	正の integer に限 る	無制限	無制限
5. 倍精度演算	IV では DOUBLE 宣言	可変語長の場合を除 き特別措置要	あ る
6. 条件式	ない	算術式, 論理式, 行 先式に対してある。	な い
7. 配列の添字式	C * V ± C の形に限 る (C: 定数, V: 変数)	条件式を含め任意。	任 意
8. 構造式	ない	ない	あ る

や文の区切りのセミコロンなどほとんど ALGOL にならっているのに肝心の条件式がないなど問題も多い。筆者自身も数年前に FORTRAN による短期教育を試み、ALGOL のように2日間くらいその教育によって習得させることは困難であると感じたので建設省関係はすべて ALGOL 一本による方針のもとに現在まで、3000人に近いプログラムの養成を行なってきた。

しかし、よく ALGOL と FORTRAN および PL/I の差異についての質問を受けることが多いので、以下表-2 に簡単にその比較を行なってみよう。

日本語「AにBというベクトルのI番目(IはP=Qなら3,さもなければ4)と3×(もしR≥SならL1さもなければL2)の差を代入せよ」

ALGOL A:=B[if P=Q then 3 else 4]
-3*(if R≥S then L1 clse L2);

したがって、日本語で思いつくままに書いた内容はALGOL ではほとんどそのままの形で書き下すことができるが、条件式のないFORTRAN では1番左の欄のような表現によらざるを得ない。

すでにFORTRAN で書かれているプログラムはその右のようなALGOL に直訳することが可能であるが、逆に上のよう書かれたALGOL のプログラムを

FORTTRAN に直訳することは不可能である。

また PL/I で上の内容を書きおろすとやはり条件式がないために右欄のようにならざるを得ない。またその表現を詳細にみるとちょうど条件式のない ALGOL のようなもので、ブロック構造をつくる BEGIN END や文の切れ目の ; IF THEN ELSE などの存在は結局 IBM といえども FORTRAN の不合理さをみとめざるを得なくなったことを示している。

この問題点にてらしても過去においてすでに用意されたプログラムに頼るのでなくて、これから自分の問題に向って行かなければならない。しかも多種多様の専門分化された分野の科学・技術者達は専門外のプログラマに問題を説明してプログラムを書いて貰うというやり方でなく、自からプログラムを書く方がはるかに容易で、その目的のためには記号とか順序が単なる約束で書かれる部分の多い FORTRAN よりは、筋の通った文法によって、しかも step P until Q 等の視覚にうったえる要素の多い ALGOL が適していると結論することができよう。

4. PC 橋の標準化と自動設計

建設省制定土木構造物標準設計の一環として、ポストテンション方式による PC 単純T桁橋の標準化を手掛けて2年になり、その間に検討した内容と、自動図化について御紹介するが、その前に標準設計でとりあげた設計諸元についてふれたい。

1) 支 間 14m (1m ピッチ), 25m (2.5m ピッチ) 35m および 40m, 支間 14m, 16m については JIS におけるプレテンション桁があるが現地に搬入できない場合があること、支間 40m については“河川占用工作物設置基準”に基づいたものである。

2) 幅 員 現在改定中の道路構造令の幅員に基づく、第3種-1 および2級(以上1等橋), 第3種-3 および4級(1,2等橋)……標準設計43年度版
第4種(1等橋), 第5種および第6種(2等橋)……標準設計44年度版

FORTTRAN	ALGOL (直訳)	PL/I
IF (P. EQ. Q) GO TO 10 IF (R. GE. S) GO TO 20 A=B(4)-3.0*L2 GO TO 50 20 A=B(4)-3.0*L1 GO TO 50 10 IF (R. GE. S) GO TO 30 A=B(3)-3.0*L2 GO TO 50 30 A=B(3)-3.0*L1 50	if P=Q then go to L10; if R ≤ S then go to L20; A:=B[4]-3*L2; go to L50; L20: A:=B[4]-3*L1; go to L50; L10: if R ≥ S then go to L30; A:=B[3]-3*L2; go to L50; L30: A:=B[3]-3*L1; L50:	IF P=Q THEN GO TO L10; IF R>=S THEN GO TO L20; A=B(4)-3*L2; GO TO L50; L20: A=B(4)-3*L1; GO TO L50; L10: IF R>=S THEN GO TO L30; A=B(3)-3*L2; GO TO L50; L30: A=B(3)-3*L1; L50:

3) 許容応力度および材料強度

(a) コンクリート		(kg/cm ²)		
主 桁	設計基準強度	σ_{ck}	400	
	プレストレスを与えるときの強度	$0.85\sigma_{ck}$	340	
	許容曲げ圧縮 応力	部材圧縮部	σ_{ca}	130
		部材引張部	σ_{cat}	170
	部材圧縮部引張 応力	部材圧縮部	σ_{cat}	-15
		部材引張部	$\sigma_{ca'}$	0
許容斜引張応力度	設計荷重作用時 破壊荷重作用時	σ_{la} $\sigma_{la'}$	9 20	
床版		σ_{ck}	300	
横 桁	設計基準強度	σ_{ck}	300	
	プレストレスを与えるときの強度	$0.85\sigma_{ck}$	255	
(b) PC鋼線		(kg/mm ²)		
		$\phi 7$	$\phi 5$	
引張強度	σ_{pu}	155	165	
降状点応力度	σ_{py}	135	145	
許容引張応 力度 σ_{pa}	設計荷重時	$0.6\sigma_{pu}$	93	
	緊張作業時	$0.9\sigma_{py}$	121.5	
	プレストレスを与えた直後	$0.7\sigma_{pu}$	108.5	
		110.5	115.5	

4) 衝撃係数 主桁 $i = \frac{10}{25+L}$
 横桁, 床版 $i = \frac{20}{50+L}$

5) 安全度 $\frac{M_u}{1.3M_a + 2.5M_l} > 1.0$
 および $\frac{M_u}{M_a + M_l} > 1.8$

6) たわみ $\delta_l/l \leq 1/500$

7) コンクリートのクリープ係数および乾燥収縮
 $\phi = 2.0 \quad \epsilon_s = 15 \times 10^{-5}$

8) PC鋼線のレラクセーション 5%

9) プレストレッシングの条件

主桁 パーシャプレストレス
 横桁, 床版 フルプレストレス

(1) 標準設計方針

1) 同一スパン同一主桁を原則とするが、計算の結果同一スパンにおいて主ケーブル数、横桁部の横締め本数等が変化する場合は、ケーブル数のみ変化した図面を用意する。なお、断面諸定数表、実応力表は解説の部分に添付してあり標準設計の手引きも発刊されるので、モデファイする場合は、それらを参考にすればできるようにした。

2) 設計における PC鋼材は主ケーブルは 12φ5 mm (スパン 20 m 以下) および 12φ7 mm (スパン 21 m 以上)、横締めケーブルは 12φ5 mm の鋼線としたが、現場において鋼棒、その他の鋼材を使用する場合を考慮して、緊張作業時応力度を t/ケーブルおよび kg/mm² の両方について表示した。

3) 鉄筋は D13 使用し、かぶりは 30 mm を標準とした。また、鉄筋長は部分的には cm 単位、合計長は

5 cm 単位にまとめた。

4) 付属構造物 (PC 鋼材定着装置, 伸縮継手, 支承, 排水設備等) の詳細は参考図として標準設計の手引きに集録する。

(2) 自動設計計算プログラムによる検討事項

自動設計プログラムは、支間、本線幅、主桁本数、歩道幅員および橋格をインプットデータとして計算を行ない、1 径間当りの所要材料からケーブルの座標点等、図化に必要な数値はすべて M.T (磁気テープ) に書き込まれるが、コンクリートと PC 鋼線双方の許容応力に無駄がないような設計にするための繰り返し計算を含めて 1 ケース 30 秒弱 (CDC-3600 による) で計算は終る。

表-3 は自動設計プログラム (図化プログラムを除く) に使用した代表的な procedure のリストであり、これらに入出力文をつけて繰り返し計算を行なわせる。

表-3 自動設計計算プログラムの代表的な procedure リスト

(1)	断面諸定数の計算
(2)	床版の計算
(3)	主桁ねじりコワサ係数の計算
(4)	Guyon & Marssonet の方法による荷重分配係数の計算
(5)	曲げモーメントおよびせん断力の計算
(6)	曲げ応力度の計算
(7)	PC 鋼材所要本数の計算
(8)	プレストレスの計算
(9)	任意断面の PC 鋼材重心点の計算
(10)	プレストレス減少率曲線の計算
(11)	限界核曲線の計算
(12)	設計荷重作用時の斜引張応力度の計算
(13)	破壊荷重作用時の斜引張応力度の計算
(14)	破壊に対する安全度およびたわみ量の計算
(15)	定着ケーブルの曲げ上げ角の計算
(16)	横桁の荷重分配係数の計算
(17)	横桁の計算
(18)	各ケーブルのプレストレスおよび伸び量の計算
(19)	所要材料および反力の計算

ところで、無駄な設計をやらないように断面を仮定するには、従来われわれは過去の経験に基づく勘のようなもので決定しており、設計のベテランになると図面を先に書くことすらあると聞いているが、本プログラムでも標準設計の一連の計算例からなるべく繰り返し計算を少なくする断面を仮定するようにした。また、主ケーブルの曲げ上げに関する計算でも同様なことがいえるが、この場合、プログラムでは曲げ上げ位置を 5 cm 単位に動かして限界核に入るように操作した。

つぎに、今回のプログラム作成中自動設計によったために、可能になった二、三の検討事項についてふれる。

なお、これらの結果はプログラムに組み込んでより合理的な設計となるようにし、その概要は土木技術資料¹⁰⁾でふれたが、詳細については土木研究所報に記載してある。

a) 経済的桁高

- 1) 支間、幅員と一定にした主桁数を変化させた場合
- 2) 支間、幅員、主桁数を一定にして桁高を変化させた場合。

上記条件で、1) はコンクリート、鋼線ともに許容応力に近い値をとるようにしてあり、2) は鋼線応力は許容応力に近い値としたが、コンクリートは応力に無関係に桁高を上げた場合を検討し、その結果、標準設計では同一支間、同一主桁とするので H/L が $1/17 \sim 1/18$ くらいを目安に各幅別の計算値の中から折合いのよい桁高を決定することになっている。これは施工上（特に型わくの種類を制限するため）からの考慮によるもので、そのために応力には当然ある程度の余裕のある部分も生ずるので、断面諸係数表、実応力表等を添付して変更使用も可能なようにしたい。

b) 支間および幅員別の最適主桁本数 前述の経済的桁高の項と合わせて検討したものであるが、取付け道路の部分を除いた橋梁上部工のみを考えれば桁本数の少ないこと（そのために桁高は上る）が経済的であることは論を待たない。筆者等の試算によれば、主桁中心間隔が $2 \sim 2.5$ m くらいになる桁本数が経済的なようである。

c) 横桁数の桁高への影響 端横桁は設けることを前提に中間横桁を 0 本から、横桁間隔が 5 m 程度になる本数まで変化させて計算を行なったが桁高にあまり影響がなかった。これは荷重分配係数の算定を版理論である Guyon & Massonnet の方法によったためもあるかと思われる。なお、標準設計では横桁間隔が 10 m を目安とする。

d) 横締めケーブルの上下移動（配置誤差によるプレストレス効果） 横締めケーブルの配置について、その上下移動にフランジ厚が縦方向の桁高と違って小さいだけに問題のあるところである。筆者はその許容値決定に当たって 2 mm ごとに 20 mm まで上下移動した場合のプレストレス効果、ひいては横締め間隔への影響を見るために計算を行なった。これらの結果から推論すると現在のセット位置より上方向 4 mm まで移動しても良いが、これは横締め間隔を 65 cm 以上に限定した場合であり、60 cm とすれば 8 mm くらいまでは移動しても問題はないようである。

標準設計では、その許容値を ± 5 mm 程度にする予定である。

e) 下部フランジ間場所打ちコンクリートについて

首都高速 1 号線の事故以来上部フランジ間場所打ちコンクリート部分の設計施工について、つとに厳格になってきた昨今、標準設計でも十分の検討を行なうようにとの

指示に基づいて下記の事項を検討し、自動設計にも考慮したが、成果が未整理のため本稿は手法のみで責を果たさしていただきたい。

1) 実験による検証：本実験は橋梁研究室で行なったので、ここではその目的と実験の概要のみふれる。現在までに代表的なもの 28 種類の図化を行なったが、その中で場所打ち部分におけるわだちの頻度が高いと思われるものを取り出し、設計断面および応力状態そのままの供試体を作製し静的および動的実験を行なった標準設計の強度特性を調べる。供試体の横締めは、鋼棒を使用し、鋼線から換算した緊張力を導入した。供試体は静的、動的実験用におのおのつぎの個数で行なう。

	静的実験用	動的実験用
基本供試体	4 { 間詰め施工のあるもの 2 間詰め施工のないもの 2 }	4 { 間詰め施工のあるもの 2 間詰め施工のないもの 2 }
版供試体	2 { 間詰め施工のあるもの 1 間詰め施工のないもの 1 }	4 { 間詰め施工のあるもの 2 間詰め施工のないもの 2 }

2) 現場調査による検証：

- (a) 現場打ちコンクリート幅が 30 cm 以上
- (b) 交通開始後 1 年以上経過したもの
- (c) わだちが場所打ちコンクリート上に来る構造のもの

以上の条件を満足するもので下記事項を調査する。

- ① 交通量とその全幅にわたってのわだちの頻度
- ② 場所打ち部分の断面、鉄筋量および張出し鉄筋の有無
- ③ 事故の有無（ヘヤークラック等）
- ④ 以上の相関

(3) 自動図化

図-2~5 は本プログラムによって書かせた標準設計図の一部分であるが、これを人間が作業した場合には、熟達した技術者の場合設計計算から図面の仕上りまで少なくとも 2 週間以上は必要であるが、自動設計によれば 1 時間強で図面まで仕上り、線の太さ、濃さ、字型が一定で非常にきれいな図面となる。

PC 橋の設計図面は、最低一般図と桁製作図が必要であり、筆者等の行なった自動設計でも計算機の容量等から 2 分割し、図面相互間の連絡は対応番号で分るようにした。また、斜角のある場合は、R（右）、L（左）を -00° 、 $+00^\circ$ で指示することによって描けるようにもした。

以下図化に当たって考慮した点および図化までの流れについてふれてみる。

- 1) 図の大きさと縮尺

図面は、A 1 版と基準としつぎの縮尺とした。

- ① 一般構造図
 - 側面図, 平面図…支間 ≤ 30 m 1/200
 - …支間 > 30 m 1/250
 - 断面図 1/100
 - その他詳細図 1/40
- ② 桁製作図
 - 側面図, 平面図…支間 ≤ 30 m 1/100
 - …支間 > 30 m 1/120
 - 断面図 1/60
 - その他詳細図 1/40

なお、鉄筋加工図については、一般構造図、桁製作図とも見やすい大きさにして縮尺は考慮しなかった。

2) 線の太さによる区別 (ペン先の太さ一定のため下記により区別)

- ① 寸法線…… 1 回書き
- ② 構造線…… 2 回書き (重ねて書く)
- ③ 鉄筋線…… 1 ステップ (0.1 mm) ずつずらせた 3 本線

3) 単位図面 (たとえば一般構造図中では、側面図、平面図等) を一つの手続きにまとめる。

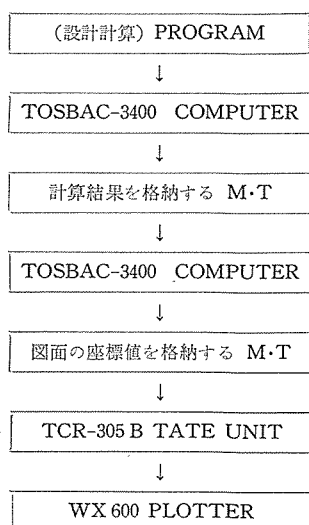
これは、他の単位図面と共通な計算部分も少々あつて、プログラム長の増加を期すが、小容量の計算機がおのおのについてデバックを行ない一本にまとめて大容量の計算機に持ち込むことができるし、発注者、受注者間のサブルーチンの違い (たとえば、数字を書かせるサブルーチン等) による図面中のずれ等の修正にすぐ対処できる利点がある。

4) 単位図面を描くに必要な標準手続きの作成

これはつぎのようなものを用意した。

- ① 点線, 鎖線, 二点鎖線を描くもの
- ② 鉄筋線, 寸法線, 引き出し線, 放物線 (曲げ上げケーブル用) を描くもの

図-6



- ③ 鉄筋の断面, 鋼材の断面, 切断面を表示するもの

- ④ 図中に必要な漢字, アルファベット, ×印, =印

つぎに土木研究所における設計計算から図化までの流れは 図-6 のようなものである。

まず、COMPUTER で演算結果を磁気テープ

(M.T と略す) に書き込む, その M.T を TAPE UNIT に読ませて, その指令を受けて PLOTTER が作図する。

しかし、今回進めている標準設計のように図面が多量になってくると、土木研究所に設置されている計算機および図化機を占有してしまうので、土木研究所で開発したプログラムを CDC に持ち込んで作図を行なっている。因みに CALCOMP 770/763 による作業時間を述べれば、一般構造図で約 30 分、桁製作図で約 50 分位である。

また、他の計算実行中に図化機をコントロールできるよう改造中である。

(4) 標準設計プログラムの変更点

自動設計プログラムは、先述のような設計条件に従って一般図と桁製作図が描かれるようになっているが、これを標準設計に適用するわけにはいかないで、4. (1) の設計方針に従ってつぎの点を付加した。

1) 標準設計は、同一支間、同一主桁を原則としたため、おのおの幅員について設計した主桁の中より適合するものを選ぶ操作が必要であった。

2) 標準設計は印刷製本の段階では A-3 版であるため、原図は A-1 版で描いたが、縮尺の数字は A-3 版にした場合の数値とした。

3) 標準設計としてまとめる際は数が多いので、材料強度や注意事項等の同一の文字は一連の図化手続きから省いて別に書かせたものをのり付して印刷する。

5. おわりに

技術組織の技術的成果は、その組織の所有する技術標準によって評価される。いくら精妙な構造物を残しても、その建設過程に再現性がなければ、つまり技術標準として客観的に説明できるものが作られてなければしよせん高度の技能水準を示したことにしかならない。したがって、技術標準はその時点におけるその組織の水準を代表し得るように定期的改訂 (見直し審議を含む) の対象となる必要がある。

この定期的改訂をおこたっておいて、標準化は技術の行き止りなどと考えることも誤りならば、土木構造物の効用に影響する環境条件の多いことを理由に何々川だけに、あるいは何々地点だけにしか適用できない経験を理由に標準化が不可能な分野であるとも誤りである。

その地点の特性が大きくひびく因子を考え、集められた資料の統計解析を行なうことによって普遍的なモデルを作り、つぎの新しい地点にも適用可能な方式を目指すことこそ標準化であるといえよう。

この標準化は決して一部の技術者のみが行なう仕事で

はない。技術者とは本来現場の持つ技能を客観化（技術化）することと他分野の知識経験をその分野に適用可能なように修正実施する二面的な機能を受持つもので、全技術者がそれぞれの得意とする分野について標準化あるいはそのための資料収集解析を行なう必要がある。この意味で標準化は全員で行なうべきものであり（そのためにも全員が ALGOL に習熟し電子計算組織を活用することが有利である）、「皆で行なう標準化」の意気込みでこの標準化作業に取り組む必要があると考えられる。

本標準設計の作成に当っては、土木研究所内の標準化連絡会および PC 工業協会技術部会における設計条件の検討などのほか、XY プロッタ用諸手続の作成に参画した技術管理室員ならびに 図-2 および 図-4 の一般図の図化プログラム作成に当った片山英二（日本構造橋梁研究所）、平山邦夫（オリエンタルコンクリート）の諸氏の協力があったことを付記して本文を終ることとした。

参 考 文 献

- 1) 河川砂防技術基準・海岸技術基準・道路技術基準：河川協会・海岸協会・道路協会
- 2) 建設省制定土木構造物標準設計 1, 2, 3, 4：全日本建設技術協会（5のみ道路協会）
- 3) 建設省土木試験基準（案）：土木研究所
- 4) 森口繁一編：ALGOL 入門，JUSE 出版
中村慶一：やさしい電子計算用語 ALGOL，土木施工 7 卷 4~8 号（1977）
- 5) 中村慶一：技術者のための統計解析 12 章，山海堂（1965）
- 6) 丸安，他：土木構造物の自動設計，土木学会誌 52 卷 8 号（1967）
中村，他：土木構造物の標準化と自動設計，土木学会誌 52 卷 8 号（1967）
中村慶一：電子計算による自動設計，土木施工 9 卷 2 号（1968）
- 7) 中村慶一：アルゴル・プログラミング入門 森北出版（1968）
- 8) 中村慶一：土木計画学 理工図書（1967）
- 9) 建設省制定土木構造物標準設計 I および II の手引き：全日本建設技術協会（1968）
- 10) 岩松幸雄：PC 単純 T 形桁橋 標準設計上の諸問題，土木技術資料 Vol. 10, No. 10（1968）

講演概要集頒布について

協会では毎年行なっております講演会の概要集の残部がありますので御入用の方は代金を添えて、協会へお申し込み下さい。

第 3 回（200 円 予 35 円）
（各 250 円 予 35 円）

5 回，6 回，7 回，8 回，9 回

東京製鋼製品



PPC

JIS G 3536

鋼線・鋼より線
BBR工法鋼線
多層鋼より線（19~127本より）

製造元 東 京 製 鋼
発売元

東京都中央区日本橋室町2丁目8番地 古河ビル四階
電話（211）2851（大代表）

PAT No. 467154
532878

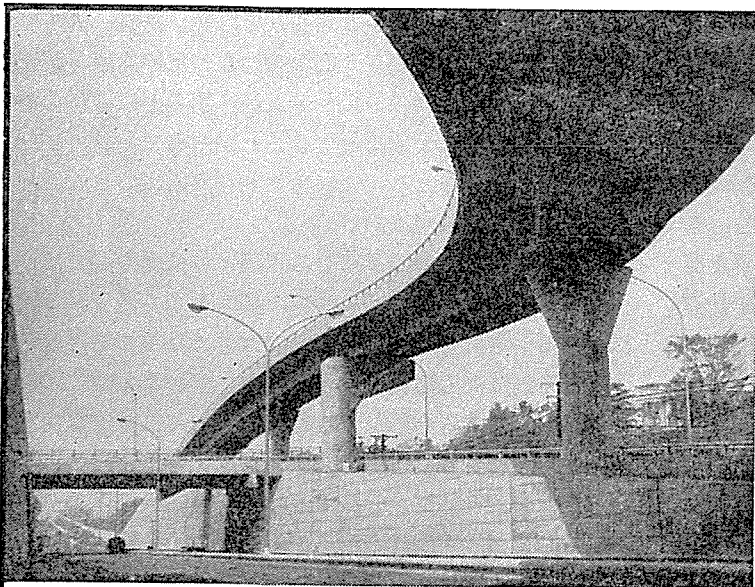
PAT No. 569584

LPPセンターホール
ジャッキ

PC・各工法用ジャッキ・ポンプ・油圧機器・試験機

OX山本扛重機株式会社

東京都中央区新富町二丁目八番地
TEL 東京 (551) 局 2115~9



BBRV、MDC、フレッシュ ネー、マニエル工法による プレストレスト・コンクリート

- 構造物の設計・施工
- 製品の製造・販売
(ケタ、ハリ、矢板、床板、屋根版他)
- コンクリートポール・パイル・ブロック

首都高速道路公団 421工区高架橋

橋長 203.77m 幅 6.0~8.7m

型式 BBRV方式 ポストテンション工
連続箱桁及単純桁橋



北海道ピー・エス・コンクリート株式会社

本社・東京営業所	東京都豊島区巣鴨6丁目1344番地(大塚ビル)	東京(918)6171(代)
札幌営業所	札幌市北三条西4丁目(第一生命ビル)	札幌(24)5121
仙台事務所	仙台市元寺小路172番地(日本オフィスビル)	仙台(25)5381
静岡事務所	静岡県静岡市泉町7の44(マルエムビル)	静岡(85)6618
名古屋事務所	名古屋市中区栄町4丁目1番地(栄町ビル)	名古屋(961)8780
大阪事務所	大阪市北区万才町43番地(浪速ビル東館)	大阪(361)0995~6
福岡事務所	福岡市大名1丁目9番21号	福岡(75)3646
札幌別工場	北海道札幌別郡登別町字千歳	札幌(2)221
掛川工場	静岡県掛川市富部	掛川(2)7171(代)