

## 構造解析用プログラミング言語およびシステム構成

### PROBLEM ORIENTED LANGUAGE FOR STRUCTURAL ANALYSIS

水島 章 次\*・成岡 昌 夫\*\*

By Akitsugu Mizushima and Masao Naruoka

**要 旨** 土木工学の分野においても、電子計算機を積極的に導入・利用しようとする傾向は、ますます強くなっている。とくに、構造解析・設計の分野においては、電子計算機と人間とが一体となったシステム、いわゆる、man-machine system が注目されている。

上述したようなシステムにおける重要な問題の一つとして、man-machine communication を容易に行なえることがあげられるが、その一つの方法である構造解析用言語について、著者らの作成したものを述べたものである。

#### 1. は し が き

土木工学の分野に限らず、各作業の過程に電子計算機を導入することの有用性は、現在においては、確固たるものがある。これは、電子計算機のもつ正確さ、高速性だけによるものでなく、software の発達、とくに、各種の言語（たとえば、FORTRAN, ALGOL, COBOL など）の開発があげられる。この開発により、man-machine communication が容易になり、電子計算機が使いやすくなった。

しかし、解析・設計作業中において電子計算機を使用することを考えてみると、現在においては、まだ容易ではない。たとえば、解析・設計作業などの機械的作業中の人間の創意に対して、構造計算などの機械的操作に対する電子計算機の作業が、繁雑である。このことは、利用する電子計算機組織自身が解析・設計者むきでないこともあろうが、それ以前の問題として、一般には、専門のプログラマでない技術者が電子計算機言語を理解しなければならないことにある。

このような状態で、一般的にとられてきた方法は、確立した理論に基づき、汎用プログラムを作成し、技術者はそのプログラムの仕様にしががった input data を作成するだけで所定の計算結果を得る方法である。このような方法は、全く program oriented なもので、人間

にとっては取り扱いにくいものである。周知のように、この問題は、人間と電子計算機との間の情報の表現のちがいがからくるもので、その解決法としては、人間の表現法を電子計算機の高速度性を利用して翻訳させると、そのギャップを少なくすることができる。

この見地から見たとき、MITにおいて作成された構造解析用プログラミングシステム STRESS (Structural Engineering System Solver)<sup>1),2)</sup>は、解析・設計技術者が構造計算に電子計算機を利用することを容易にした。STRESS は、設計技術者と電子計算機との間のコミュニケーションの方法として、特定の言語（いわゆる、Problem Oriented Language=問題向き言語）を与えた。この言語は、技術者が日常使っている専門用語であるため、人間にとっては非常に楽であるし、解析のための複雑な手続を必要としない。ただ、検討すべき構造物のデータを専門語で与えるだけである。

われわれは、以上のような構造解析用プログラミングシステムのもつ意味を重視し、以下述べるようなシステムを開発したので、興味をもつ方の参考に供したいと思う。

#### 2. 構造解析用プログラミングシステムの概説

技術者にとってわかりやすい問題向き言語（以下、POL という）の重要性は、いまさら述べるまでもない。

一般に、POL を構成するシステムは、特定の解法にしたがって、問題の処理を行なう。たとえば MIT の STRESS は、骨組構造物を変形法で解く。普通の場合は、これで十分であるが、いったん構造物を解法の違った方法で解こうと思っても解くことはできない。

われわれの開発したシステムは、特定の解法によることにこだわらず、FORTRAN 語を知っている研究者・技術者が解析用プログラムを作成し、他の研究者・技術者が POL を通じて、計算することができる。また、このシステムに属している解析用の FORTRAN 語でつくられたプログラムの間では、データの交換ができるようになってい。このように、プログラム間のデータの交

\* 正会員 名古屋大学助手 工学部土木工学教室

\*\* 正会員 工博 名古屋大学教授 工学部土木工学教室

換は、構造解析用以外の計算でも、行なうことができるようになっていいる。

要するに、われわれがこのようなシステムにしたことの目的は、大学、研究所において、構造計算を考えると、いろいろなプログラムがあるので、これらを統一したシステムとすることにある。このように、各種のプログラムを一つのシステムに統一すると、問題によっては、言語の意味が一致しない場合が生ずるが、この点に関しても、技術者自身がプログラム中で自分の意図する言語に変換できるようになっている。

また、言語は、STRESS などの言語との関連から、なるべく多く同一種のものを取り入れた。これは、将来ますます多く開発されるであろうこの種のシステムに対処するために、同一種のものにしたにすぎない。

われわれが開発した以上のシステムがいかなる構成もっているかについて、以下述べたいと思う。

### 3. システムの構成

われわれのシステムは、働きに応じて、図-1 に示したように、大きく分けて、8つの部分と、これに関連した FORTRAN Compiler より成り立っている。そして、これらの処理プログラムはすべてモジュール構造をとり、システムの改良を容易にできるようにしてある。

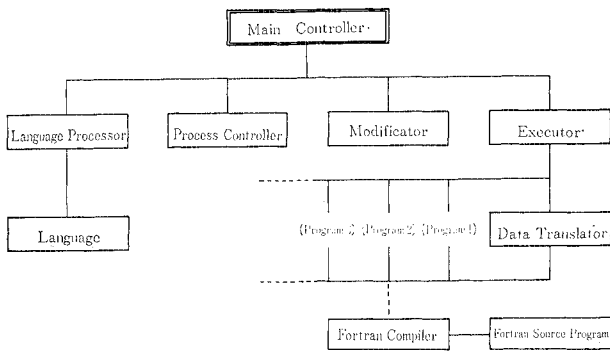


図-1 システムを構成する機器図

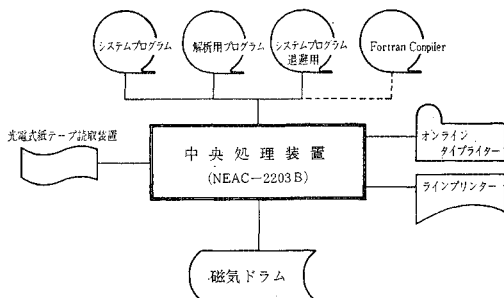


図-2 システムを構成する機器図

図-1 は、システムの各部分のプログラムに、仕事に応じて、名前をつけたもので、それぞれのシステム中での働きはつぎのようである。

1) Main Controller : このプログラムは、各モジュールのコントロール、および各モジュール間の情報の交換は、すべて、この Main Controller を通じて行なう。

2) Language and Language Processor : このシステムの有する言語によって表現されたプログラムは、Language Processor が翻訳を行なう。したがって、Language を人間の意志とすれば、必ず Language Processor を通じて、計算機との情報の交換を行なうことになる。このことから、Language 中には、各モジュールへの情報のための言語も含まれる。

3) Process Controller : このプログラムは、Language Processor が動作している間、入力されるステートメントが構造物を表現するのに、論理的にあっていいるかどうか、たえず監視している。また、入出力指令に関する情報を計算のためのプログラムに渡すための準備を行なう。

4) Executor and Data Translator : プログラム中に計算開始の指示があれば、ただちにシステムを保全し、プログラムの指示した計算プログラムをロードする。そして、Data Translator にコントロールを移された Data Translator は計算プログラムの要求するデータをロードし、再度 Executor にコントロールを移す。このとき、はじめて Executor は計算開始の指示を行なって、計算プログラムにコントロールを移す。Executor はプログラムの指示したプログラム全部の実行が終るまで監視している。

5) Modifier : このプログラムは、われわれのシステムのうち、重要な部分の一つで、一度入力されたデータを、任意の時点で他のデータに変換するとき、および、それぞれの構造物の要素を表わしているステートメントの key word を他の言語に変換するときに動作する。

6) FORTRAN Compiler : この Compiler<sup>3)</sup> は、われわれのシステムを適用している電子計算機に対するものである。FORTRAN 語でかかれたプログラムは、この Compiler を通じて、Object Program を得る。その後、ほんの少しの操作で、われわれのシステムに加えることができる。

以上述べたシステムを構成している各種のプログラムは、結局、システムの持つ言語でコントロールされるのである。

なお、参考のために、システムを構成している機器を図-2 に示しておく。

### 4. 言 語

前にも述べたように、このシステムの持つ言語は、一応、MIT の STRESS のものを多く取り入れたが、3.5)において説明したように、任意に変換することができる。すなわち、以下に説明する言語は、すべて、このシステムの初期の状態の言語である。

この言語は、7つの division と一つの Stop 命令からなっており、それぞれの division の中に多くのステートメントがある。以下に、現在われわれのシステムにおいて完成しているステートメントをあげて、簡単に説明する。

1) IDENTIFICATION DIVISION: この division は、計算を終えるまでに使用する計算プログラムの定義などに使用する。

2) DEFINITION DIVISION: この Division は、つぎの2つの section に分れている。

a) ARITHMETIC SECTION; この section は、プログラム作成にあたり、簡単な計算をさきに行なっておいて、その値を以下のプログラムにおいて使用する場合に用いる。

b) SPECIFICATION SECTION; この section は、arithmetic section において計算する場合に、事前に使用する変数、関数を定義しておくものである。

3) STRUCTURAL DATA DIVISION: この division は、構造物に関するデータをすべて表現するもので、つぎの2つの section に分れる。

a) MEMBER DATA SECTION; この section は、部材に関するデータを与えるもので、INCIDENCE, PROPERTY, CONSTANT, SECTION PROPERTY から成り立っている。

b) JOINT DATA SECTION; この Section は、構造物を topologic に表現した場合の節点のデータを与えるもので、COORDINATE, SUPPORT CONDITION からなり立っている。

4) LOAD DATA DIVISION: この division は、荷重に関するデータを与えるもので、MEMBER LOAD SECTION, JOINT LOAD SECTION の2つに分れており、それぞれ、部材に荷重が作用した場合、節点に荷重が作用した場合の指示を行なう。

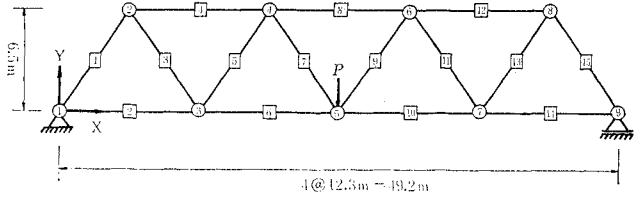


図-3 トラス構造 (荷重  $P=5.6\text{ t}$ , 断面積  $A=160\text{ cm}^2$ , ヤング率  $E=2.1 \times 10^6\text{ kg/cm}^2$ )

```

IDENTIFICATION DIVISION.,
USE PROGRAM (TRUSS),
USE PROGRAM (FINITE),
AUTHOR AKITUGU MIZUSHIMA AND MASAO NARUOKA.,
DATE 68/11/27.,
END.,
STRUCTURAL DATA DIVISION.,
MEMBER DATA SECTION.,
NUMBER OF MEMBERS=15.,
INCIDENCE.,
(1) 1-2, (2) 1-3, (3) 2-3.,
(4) 2-4, (5) 3-4, (6) 3-5.,
(7) 4-5, (8) 4-6, (9) 5-6.,
(10) 5-7, (11) 6-7, (12) 6-8.,
(13) 7-8, (14) 7-9, (15) 8-9.,
SECTION PROPERTY.,
(A) AX=160.0.,
PROPERTY-PRISMATIC.,
(1)-(A), (2)-(A), (3)-(A),
(4)-(A), (5)-(A), (6)-(A),
(7)-(A), (8)-(A), (9)-(A),
(10)-(A), (11)-(A), (12)-(A),
(13)-(A), (14)-(A), (15)-(A),
CONSTANTS.,
YOUNG MODULUS=2100.0 (MEMBER NUMBER=ALL),
END.,
JOINT DATA SECTION.,
NUMBER OF JOINTS=9.,
COORDINATES.,
(1) X=0.0, Y=0.0.,
(2) X=6.15, Y=6.5.,
(3) X=12.3, Y=0.0.,
(4) X=18.45, Y=6.5.,
(5) X=24.6, Y=0.0.,
(6) X=30.75, Y=6.5.,
(7) X=36.9, Y=0.0.,
(8) X=43.05, Y=6.5.,
(9) X=49.2, Y=0.0.,
SUPPORT CONDITION.,
(1) HINGED SUPPORT.,
(9) ROLLER SUPPORT (BUT X-DIRECTION FREE),
END.,
END.,
LOAD DATA DIVISION.,
JOINT LOAD SECTION.,
LOAD.,
(5) FORCE Y=-5.6.,
END.,
END.,
PROCEDURE DIVISION (TWO DIMENSION (X-Y)),
TABULATE OUTPUT (TRUSS),
(1) --- MEMBER FORCE.,
(3) --- JOINT DISPLACEMENT.,
EXECUTION.,
RUN ***** PROGRAM (TRUSS),
END.,
    
```

図-4 プログラム

5) PROCEDURE DIVISION: この division は、計算プログラムにコントロールを移す指示で、構造物のデータが完全に与えられた後に使用する。この指示は、出力に関するものとして TABULATE, SELECTIVE OUTPUT, 計算開始の指示として EXECUTION の、合計 3 つがある。

6) MODIFICATION DIVISION: この division は、DATA CHANGE SECTION, KEY WORD CHAGE SECTION の 2 つに分かれており、前者は構造物に関するデータの変換を行ない、後者は各ステートメントを計算プログラムの意味と一致するように言語を変換するものである。

7) STOP: この stop 命令は、FINISHED と INI-

※※※ USED PROGRAM (TRUSS) ※※※

MEMBER FORCE

MEMBER MEMBER FORCE

1	-.385466196+01
2	.264922947+01
3	.385466192+01
4	-.529846014+01
5	-.385466188+01
6	.794768994+01
7	.385466219+01
8	-.105969212+02
9	.385466260+01
10	.794769057+01
11	-.385466140+01
12	-.529846077+01
13	.385466177+01
14	.264923037+01
15	-.385466200+01

JOINT DISPLACEMENT

JOINT X-DISPLACEMENT Y-DISPLACEMENT

JOINT	X-DISPLACEMENT	Y-DISPLACEMENT
1	.000000000+00	.000000000+00
2	.775845955-03	-.875394004-03
3	.969807220-04	-.165902932-02
4	.581884467-03	-.225914723-02
5	.387922944-03	-.258398905-02
6	.193961457-03	-.225914725-02
7	.678865189-03	-.165902937-02
8	-.540000000-10	-.875394046-03
9	.775845944-03	.000000000+00

図-5 計算結果

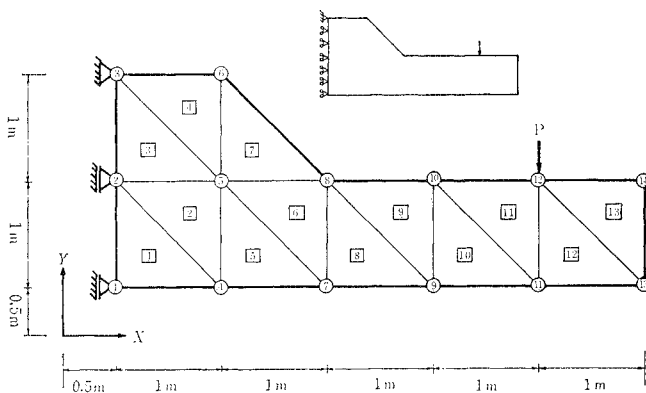


図-6 平面応力問題およびそのモデル化した構造 (荷重  $P=2.3\text{ t}$ , ヤング率  $E=2.1 \times 10^6\text{ kg/cm}^2$ , ポアソン比  $\nu=0.3$ , 板厚  $t=1\text{ cm}$ )

TIALIZE の 2 つの指令をもち、前者は完全にこのシステムの使用を終えたとき使用し、後者は、一応このシステムの使用を終え、システムを初期状態にもどす指令である。

以上、われわれのシステムを持つ構造物解析用言語の働きを簡単に述べたが、User's Manual は現在作成中である。これらの言語を使用してプログラミングした例を、つぎに示す。

## 5. システムの使用例

図-3 のトラス構造、図-6 の平面応力問題をモデル化した構造について、実際にこのシステムを持つ言語でつくったプログラムが、それぞれ、図-4 と 図-7 である。図-4 のようなプログラムでトラス構造の計算を行なったあと、図-7 のプログラムで平面応力問題に適した言語に変換したあと、再び計算を行なったものである。

以下、このシステムの言語によるプログラムについて説明する。

構造物は、図-3、図-6 のように、□ 印のついた部分が部材、または、要素を表わし、○ 印のついた部分が節点を表わしている。いま、図-3、6 の構造物は、変形法、および有限要素法で解くものとする。そして、構造物解析用プログラム名は、それぞれ、TRUSS, FINITE として、システム内に与えられている。

図-4 と 図-7 のプログラムは、一連のプログラムとしてつくられたものである。図-4 の IDENTIFICATION DIVISION におけるように、本システムでは、これから使用する解析用のプログラムを、USE PROGRAM (TRUSS), USE PROGRAM (FINITE) というステートメントで定義する。この DIVISION のあと、STRUCTURAL DATA DIVISION から LOAD DATA DIVISION までは、構造物に関するデータを

与えるもので、これらについては、図-4、図-7 を見れば、一目瞭然である。構造物に関するデータが与えられると、つぎは計算に入るが、このコントロールは PROCEDURE DIVISION で指定する。図-3 では、つぎのようになっている。

- 1) PROCEDURE DIVISION (TWO DIMENSION (X-Y)),
- 2) TABULATE OUTPUT (TRUSS),
- 3) (1)...MEMBER FORCE,
- 4) (3)...JOINT DISPLACEMENT,
- 5) EXECUTION.,
- 6) RUN PROGRAM (TRUSS)
- 7) END

```

MODIFICATION DIVISION.,
KEY WORD CHANGE SECTION.,
MEMBER      (CHANGE) ELEMENT.,
JOINT       (CHANGE) NODAL POINT.,
DUMMY       (CHANGE) POISSON RATIO.,
INCIDENCE   (CHANGE) THREE NODAL POINTS.,
SHEAR       (CHANGE) THICKNESS.,
END.,
END.,
STRUCTURAL DATA DIVISION.,
ELEMENT DATA SECTION.,
NUMBER OF ELEMENTS>=13.,
THREE NODAL POINTS.,
(1) 1- 4- 2, (2) 4- 5- 2, (3) 2- 5- 3.,
(4) 5- 6- 3, (5) 4- 7- 5, (6) 7- 8- 5.,
(7) 5- 8- 6, (8) 7- 9- 8, (9) 9-10- 8.,
(10) 9-11-10, (11) 11-12-10, (12) 11-13-12.,
(13) 13-14-12.,
CONSTANTS.,
YOUNG MODULUS=?100.0(ELEMENT NUMBER=ALL.),
POISSON RATIO  =0.3 (ELEMENT NUMBER=ALL.),
THICKNESS      =0.01(ELEMENT NUMBER=ALL.),
END.,
NODAL POINT DATA SECTION.,
NUMBER OF NODAL POINTS=14.,
COORDINATES.,
(1) X=0.5, Y=0.5.,
(2) X=0.5, Y=1.5.,
(3) X=0.5, Y=2.5.,
(4) X=1.5, Y=0.5.,
(5) X=1.5, Y=1.5.,
(6) X=1.5, Y=2.5.,
(7) X=2.5, Y=0.5.,
(8) X=2.5, Y=1.5.,
(9) X=3.5, Y=0.5.,
(10) X=3.5, Y=1.5.,
(11) X=4.5, Y=0.5.,
(12) X=4.5, Y=1.5.,
(13) X=5.5, Y=0.5.,
(14) X=5.5, Y=1.5.,
SUPPORTS CONDITON.,
(1) ROLLER SUPPORT (BUT Y-DIRECTION FREE)..,
(2) ROLLER SUPPORT (BUT Y-DIRECTION FREE)..,
(3) HINGED SUPPORT.,
END.,
END.,
LOAD DATA DIVISION.,
NODAL POINT DATA SECTION.,
LOAD.,
(12) FORCE Y=-2.3.,
END.,
END.,
PROCEDURE DIVISION (TWO DIMENSION (X-Y)).,
TABULATE OUTPUT (FINITE).,
(1) --- STRESS.,
(2) --- STRAIN.,
(3) --- PRINCIPAL STRESS AND ANGLE.,
(4) --- NODAL POINT DISPLACEMENT.,
EXECUTION.,
RUN ***** PROGRAM (FINITE).,
END.,
    
```

図-7 プログラム

1)における (TWO DIMENSION (X-Y)) は、5)の EXECUTION で指示されるプログラムに、構造物の次元と座標系を与える。この例では、2次元 (X-Y 平面)を表わしている。つぎに、2)の TABULATE は EXECUTION で指示される一般には複数個のプログラ

```

***** USED PROGRAM (FINITE) *****
ELEMENT STRESS (X) STRESS (Y) SHEAR STRESS
1 -.136909088+03 .576417233+02 -.576417250+02
2 .895848349+02 .476415124+02 .645044074+00
3 .118677952+03 .144618570+03 -.876218737+02
4 .222219448+03 .493985299+02 -.853814822+02
5 -.101161642+03 -.958243091+01 -.957007901+02
6 .186884270+03 .672611446+02 .253863797+01
7 .177500809+03 .359829382+02 -.136837973+03
8 -.380764231+02 -.227063602+00 -.162734890+03
9 .297265179+03 .190331283+02 -.672651761+02
10 .415439351+02 -.576832452+02 -.124084742+03
11 .105915279+03 -.545680917+02 -.105915300+03
12 .593397216+02 -.685407592+02 -.975849400+00
13 -.975884995+00 -.975842995+00 .975886150+00
ELEMENT STRAIN (X) STRAIN (Y) SHEAR STRAIN
1 -.734293365-04 .470068810-04 -.713659455-04
2 .358535150-04 .988860100-05 .798626000-06
3 .358535150-04 .519119930-04 -.108484225-03
4 .987618525-04 -.822252600-05 -.105710407-03
5 -.468032925-04 .988860100-05 -.118486693-03
6 .793837755-04 .533136350-05 .314313750-05
7 .793837755-04 -.822252600-05 -.169418444-03
8 -.180991925-04 .533136350-05 -.201481294-03
9 .138835830-03 -.334030600-04 -.832806945-04
10 .280232900-04 -.334030600-04 -.153628729-03
11 .582312895-04 -.411155600-04 -.131133230-03
12 .380485475-04 -.411155600-04 -.120819450-05
13 -.325301000-06 -.325275000-06 .120824000-05
ELEMENT STRESS (MAX) STRESS (MIN) ANGLE (DEG.)
1 .734374145+02 -.152704779+03 .153246888+02
2 .895947521+02 .476315951+02 .880870957+00
3 .220224904+03 .430716180+02 .407899417+02
4 .257286414+03 .143315625+02 -.223284105+02
5 .507191005+02 -.161463172+03 .322152272+02
6 .186938122+03 .672072915+02 .121522364+01
7 .260792053+03 -.473083060+02 -.313282542+02
8 .144679840+03 -.182983326+03 .416833923+02
9 .312673819+03 .362448750+01 -.129023136+02
10 .125566161+03 -.141705471+03 -.341033371+02
11 .158552406+03 -.107205218+03 -.264261717+02
12 .593471672+03 -.685482048+02 -.437187217+00
13 .221550000-04 -.195175014+01 -.449993835+02
NODAL POINT X-DISPLACEMENT Y-DISPLACEMENT
1 .000000000+00 -.197837748-03
2 .000000000+00 -.103823986-03
3 .000000000+00 .000000000+00
4 -.146858673-03 -.340569639-03
5 .717070300-04 -.320792437-03
6 .197523705-03 -.337237489-03
7 -.240465258-03 -.796108728-03
8 .230474581-03 -.785446001-03
9 -.276663643-03 -.167001115-02
10 .508146242-03 -.173681727-02
11 -.220617063-03 -.276207849-02
12 .624608821-03 -.284430961-02
13 -.144519968-03 -.360972076-02
14 .623958219-03 -.361037131-02
STOP(FINISHED).,
    
```

図-8 計算結果

ムのうち、特定のプログラムに出力を指定するステートメントである。3), 4) は、2) で指示された解析用のプログラムに与える情報で、これは、解析用のプログラムに関して固有のものである。たとえば、3), 4)の指定は、解析用プログラム TRUSSにおいて、1)は断面力を印刷し、3)は節点変位を印刷するものと、プログラムされている。そして、この例の 1)と 3)のあとの

…Member Force および …Joint Displacement はコメントである。このあと、5) の EXECUTION において、これから実際に計算させるプログラムを指示する。これが 6) である。そして、このシステムは、7) の END を解読したあと、解析用のプログラム TRUSS において、計算を始める。計算が終ると、TABULATE が指示された出力指定に応じて、印刷する。これが、図—5 である。

このあと、システム プログラムは、さらに、つぎのステートメントを読み込んで、解読する。STOP でない限り続行する。この例の場合、図—7 のプログラムがつづいている。4. で説明したように、このシステムの初期状態の言語は、骨組構造物を表現するためのものである。そこで、図—6 のような平面応力問題の場合、初期状態の言語では、ニュアンスがあわない。すなわち、平面応力問題に有限要素法を適用するとき、骨組構造物の MEMBER は ELEMENT, JOINT は NODAL POINT, INCIDENCE は THREE NODAL POINTS というように変換した方が一般的である。本システムでは、このような変換が容易に行なえる。たとえば、図—7 のプログラム例の MODIFICATION DIVISION で、上記のような変換を行なっている。この変換後、システムの言語は、そのまま保持される。そして、変換した言語を用いて図—5 の問題をプログラムしたものが、図—7 である。図—4 の例と同じように、EXECUTION で有限要素法による解析プログラム FINITE を指示し、計算が行なわれる。この計算結果が 図—8 である。

システム プログラムは、さらに 続くステートメントを読み込むか、あるいは、この例の場合のように、図—8 の最後の行に示す STOP (FINISHED) のために、完全に処理が終了したことを知り、システムを閉じる。

以上のように、図—3, 図—6 の問題について、本システムのもつ言語によるプログラム例、および、その計算結果を説明したが、実際に計算機より出力された状態は、図—4, 5, 7, 8 が一連の受信機に印刷されている。したがって、この状態から 図—5, 8 を除けば、計算機に入力する状態を表わしている。

## 6. 検 討

本システムは、名古屋大学総合計算室の NEAC-2203 B に対して作成したものである。このようなシステムが実際に有効に使用されるためには、大型高速の電子計算機が適用されなければならない。

また、このシステムが on-line system において conversational mode をとったときに、われわれの意図するものとなる。すなわち、構造物の解析・設計技術者が、

自身の作業の流れをとめることなく、電子計算機を使用することができるようになるであろう。もちろん、われわれは、今後、このシステムを拡大して、on-line system とする方針をたてている。

なお、すでに述べたような言語体系に対して、いろいろな人がその是非を論じている。非を唱える人の多くは FORTRAN 様の言語になれた人で、問題向き言語に対して汎用性を求める。このことは、言語に対して目的外のことを求めるためである。たとえば、FORTRAN 様言語でシステムプログラムをつくりたいと思うのと同様で、これはできない相談である。

われわれは、POL はあくまで目的とする問題の表現のみに使用すればよいと考えている。ただ、同一表現をとった問題でも、その解法が異なれば、その解法にしたがった FORTRAN 様言語で作成したプログラムをロードできることは重要であると思う。このことは、システム自体の能力を増すことであり、柔軟性があることになる。

結局、われわれは、FORTRAN 様の汎用言語と POL とは問題の表現において、両極端のものであり、土木工学の分野においても、今後、ますます、処理目的に応じた言語が開発されるであろうと思う。

現在、われわれのシステムの大きさは、計算のためのプログラムを除いて、約 14 000 ステップである。5. において示したプログラム例の処理時間は、トラスの計算の翻訳に約 7 分、計算に約 8 分、平面応力問題の翻訳に約 12 分、計算に約 20 分かかっている。この時間は、現在の感覚からみれば、時間がかかりすぎるようにみえる。しかし、東大の大型計算機 HITAC-5020 E の計算速度がわれわれの用いた電子計算機 NEAC-2203 B の計算速度の約 800~1 000 倍であり、大容量であることを考えると、われわれのシステムを最近の大型電子計算機に適用すれば、十分有用であると信ずる。

## 7. む す び

構造解析用問題向け言語は、MIT の STRESS に端を発し、欧米では拡がりつつある。ドイツの RASTA<sup>9)</sup>、PROSA<sup>9)</sup>、PAS<sup>9)</sup> はこのよい例である。わが国でもこのようなシステムが多く開発されることが待たれる。このような時機に、われわれは、上述したような融通性に富むシステムを提唱したいと思う。

なお、このシステムは、名古屋大学の電子計算機 NEAC-2203 B (内部メモリー約 2 800 語、外部磁気ドラム 10 000 語) に適用しているが、構造解析のためのプログラム開発は、東大大型計算機センターの電子計算機 HITAC-5020 E (内部メモリー約 65 000 語) を使用した。

本システムは、われわれのみで完成したものではない。とくに、当研究室の大学院学生 梶田建夫君には、構造解析用プログラム作成のため、多くの手数を煩わした。また、名大総合計算室の鈴木敏之、川本正行両君には、いろいろな協力を受けた。ここに記して、感謝の意を表する。

#### 参考文献

- 1) Fenves, Steven J., Logeher, Robert D., Mauch, Samuel P., and Reinschmidt, Kenneth F. : Stress, A User's Manual. The MIT-Press 1964.
- 2) Fenves, Steven J., Logeher, Robert D. and Mauch, Samuel P. : Stress, A Reference Manual. The MIT-Press 1965.
- 3) 大槻説乎・水島章次・金田すみ・門田令子 : NEAC-2203 B に対する COMPILER, NEAC Journal, No. 10 (1965.1), p. 239.
- 4) Withum, D. : Eine Problemorientierte Sprache zur Elektronischen Berechnung Raumlicher Stabwerke, Mitteilungen des Instituts für Statik des T.H. Hannover (1966), (Pflüger 教授より成岡あて寄贈されてきた).
- 5) Moller, K.H., Morchen, H., Volkel, G. and Wagemann, G.H. : Eine Programmiersprache für Statische Aufgaben, DER STAHLBAU, 36, 10 (1967), s. 289.
- 6) Wissmann, W. : Beitrag zur elektronischen Berechnung allgemeiner Stabwerke der Bautechnik (1967), スツツガルト 工科大学 学位論文 (Wissman 博士より成岡あて寄贈されてきた).

(1968.12.27・受付)

---