

## 欧州の計算センターを視察して

成 岡 昌 夫\*

筆者は、昨秋、ポルトガル国リスボンで開かれた「Symposium on the Use of Computers in Civil Eng.」に出席したのち、イギリス、ドイツの計算センターを訪問した。これらの計算センターが、構造解析、構造設計の分野で、どんな方面のプログラムを完成しているかを記して、この方面に関心のある会員諸君の参考に供するとともに、同学の士とあいたづきえて、わが国における構造解析・設計方面のプログラムの整備をはかりたいと思う。このためには、statiker（構造解析者）であり、かつ、programmer である若い技術者の人口増加をはかり、土木学会に ASCE の Structural Division の Electronic Computation Committee のような委員会を設け、各方面で完成された研究の資料を整備するとともに情報の交換をはかり、研究を推進することが重要であると思う。

### 1. Ferranti Ltd. Computer Department

イギリスの有名な計算機メーカーが、68 Newman Street, London W1 に London Computer Center をもっている。Computer Application Profiles Series の No. 6 が Computers in Civil Engineering となっているが、これによるとつぎのような構造解析が可能である。

(1) Plane Frames (図-1 (a)) : 部材数, 部材の傾斜, および, すべての部材の荷重状態は任意でよい。曲げと伸び変形の双方が考慮されている。たわみ, 回転角, 軸方向力, せん断力, 曲げモーメントが求められる。

(2) Grid Frames (図-1 (b)) : 部材数, 傾斜, お

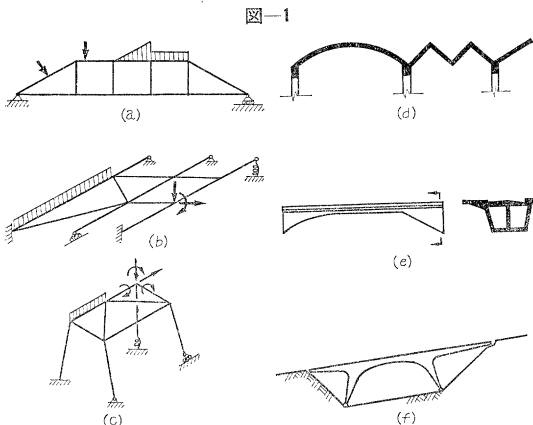


図-1

よび, 荷重条件は任意でよい。曲げ変形, ねじり変形の双方が考慮されている。弾性支承支持でもよい。すべての部材のたわみ, 回転角, せん断力, ねじりモーメント, 曲げモーメントが求められる。

(3) Three-dimensional Rigid Frames (図-1 (c)) : 節点数が 18 まで解析可能である。荷重条件はなんでもよるしい。すべての部材の  $x, y, z$  方向のたわみ, 回転角, 軸方向力, せん断力, 曲げモーメント, ねじりモーメントが求められる。不完全剛節点の場合や, 節点の slip coefficient も包含できる。

(4) Cylindrical Shells and Folded Plates (円筒殻, および, 折曲板) (図-1 (d)) : 応力, および, 変位が求められる。

(5) Beams of Varying Inertia (図-1 (e)) : 変断面ばかり——どんな幾何学的形状のもでもよい——の曲げ, および, 変形特性が求められる。

(6) Bridges and Continuous Beams (図-1 (f)) : 移動荷重のもとでの, たわみ, せん断力, 軸方向力, 曲げモーメントが求められる。

(7) Spiral Stairs (図-2) : 鉛直荷重を受ける階段——どんな範囲(角度)のもでも, また, 横断面は種々の形状のもでもよい——の曲げモーメント, ねじりモーメント, たわみが求められる。

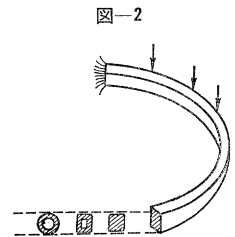


図-2

### 2. Elektronisches Rechenbüro W. Kahl

Freiburg/Brsg.-Littenweiler, Aumattenweg. 1 にあって, ドイツの Zuse 22 を用いている。このセンターの完成したプログラムとしては, つぎのようなものがある。

(1) Linear foundation (Ohde, Kany の著書の方法による)。

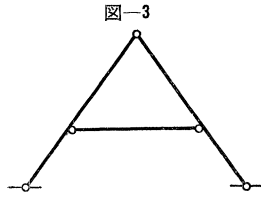
(2) 断面 2 次モーメント一定の連続ばかり。

(3) 可変断面 2 次モーメントの連続ばかり, または, 一層ラーメン。

(4) ラーメン。

(5) 連続ばかりの  $M-, Q-, R-$ 影響線。縦距を計算し, 与えられた荷重のもとでの  $M-, Q-, R-$ 値を計算するとともに,  $Q_{max}, Q_{min}$  に対応する  $M$  の値, あるい

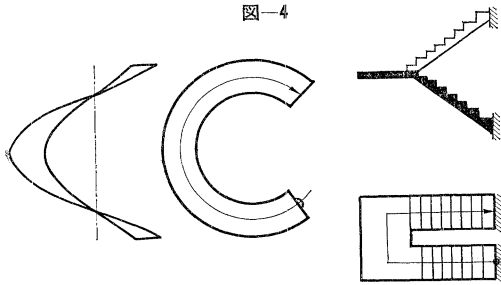
\* 正員 名古屋大学教授 工博 工学部土木工学教室勤務



は、 $M_{max}$ ,  $M_{min}$  に対する  $Q$  の値も計算できる。

(6) 繫ばりをもつ山形屋根構造 (Kleinlogel の著書による) (図-3)。

(7) Winding Stairs, Platform Staircases (Fuchsteiner : Beton-und Stahlbetonbau, 49 (1954), S. 252, および, Betonkalender, II, 1955 による) (図-4)。



なお、つぎのものが近く完成することになっている。

ラーメン, フィレンデル桁 (節点の水平, 鉛直変位のある場合), random な部材配置のラーメン (節点の変位を許さない), 可変断面の 1~3 スパン一層ラーメン, 曲線ばり, 斜板, など。

### 3. Recheninstitut für das Bauwesen

Stuttgart-N, Schloss-Strasse 33 にあって, IBM-1620 を用いている。ここのリストによると, つぎのようなものが完成している。

(1) 断面 2 次モーメント一定の固定ばり——任意の荷重状態に対して。

(2) 一般の 1 スパンばり——任意の断面 2 次モーメントの変化, 任意の荷重状態, 任意の境界条件に対して——影響線の計算をふくむ。

(3) 鉄筋コンクリート断面の諸性質——断面 1 次モーメント, 2 次モーメント——。

(4) 合成断面の諸性質の計算。

(5) 鉄骨構造における Windscheibe の応力計算。

(6) 連続ばり——単一荷重, 死荷重, 支点沈下に対する計算, および, 最大曲げモーメント図の計算。

(7) 連続曲線ばりの計算。

(8) 連続ばりの影響線の計算 (Falk の Reduction 法による), ならびに, 連行荷重による値の計算。

連続ばりの影響線の計算 (応力法による), ならびに, 影響線の面積の計算。

(9) P S 連続ばり——集中的に P S 力を与えた場合, および, 摩擦力を考慮した場合の計算。

(10) 横移動のある (ない) 高層ラーメンの曲げモー

メント図の計算。

(11) 直交, および, 斜交格子桁——荷重が与えられた場合, および, 影響線の計算。

(12) 単スパン 2 主桁の床板—桁橋——曲げモーメント, 軸方向力の影響面の計算。

(13) 静定トラスの計算——単一荷重状態に対する部材力の計算。

### 4. Duisburger Recheninstitut

Duisburg の Düsseldorf Strasse 181/83 にあって, T.H. Hannover の Prof. A. Pflüger の Privatdozent である Dr.-Ing. Withum が経営している。計算機は Zuse-22 である。つぎのようなプログラムもっている。

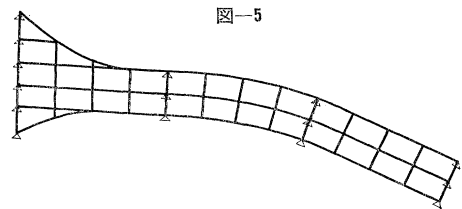
(1) 断面の諸性質の計算——一般の形状の断面で, 任意の張出部, 補強材 (RC における鉄筋), 合成材 (RC スラブと鋼断面の間の合成のように) があってもよろしく, リベット孔の控除もできる。

(2) 連続ばり——任意の数の剛支点, または, 弾性的に沈下しうる支点で支えられ, 任意の位置で固定, または, 弾性固定された連続ばりで, 断面 2 次モーメントの変化, スパンの長さの比は任意でよく, さらに, 中間ヒンジ (単純, または, 弾性ヒンジ) があってもよい。解法は, Falk の Reduction 法, あるいは, Argyris の応力マトリックス法による。

(3) 高層ラーメン——矩形ラーメンのように部材が直交してなくてもよい。たわみ角法によっている。

(4) 連続曲線ばり。

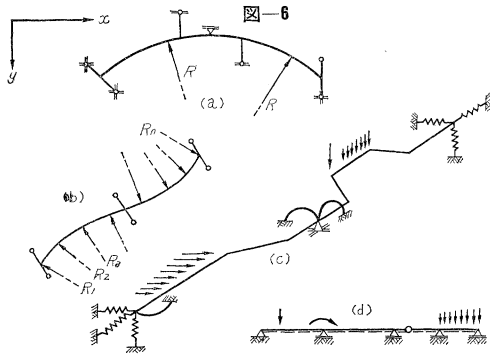
(5) 格子桁——単純支持の直交格子桁だけに限らない。連続斜格子桁でもよく, さらに, 直線材のみならず曲線材をふくむことができる (図-5 参照)。



(6) 斜め偏心荷重される RC 部材断面。

### 5. Rechenzentrum Rhein-Ruhr

正式の名は Mathematischer Beratungs-und Programmierungsdienst GmbH であって, Dortmund, Kleppingstrasse 26 にある。Rhein-Ruhr 地方の大きな鋼橋メーカー, コンサルタントから計算を依頼されているらしく, Dr. Homberg, Dr. Eszlinger のような知名人からも計算を依頼されたそうである。ここの Program 22 000 00 Ebener Durchlaufträger (平面連続ばり——部材軸が同一平面内にある——) を紹介しよう。この計算センター



はオランダの X-1 という計算機を使っている。

**a) 問題:** 図-6 の連続ばりで, ① 与えられた荷重のもとで, 変形と断面力を求める, ② 変形と断面力の影響線をもとめる。この連続ばりでは, 鉛直面, 水平面での曲げ, ねじり, 任意の支点を考慮するものとし, 図-6 (a)~(d) のように, 支点, 荷重は任意であるものとする。

**b) 特別な点** ① 直線連続ばりは, 図-6 (d) のようなものとする (途中にヒンジがあってよい)。

② 与えられた曲率半径  $R$  をもつ曲率を考慮する (図-6 (a))。

③ 軸線がクロソイド曲線の場合には, 半径一定の円弧の連続で, よく近似さすものとする (図-6 (b))。

④ 部材軸は, 折れ曲ってよい (図-6 (c))。

⑤ 軸線の曲り方が円弧やクロソイドできめられない場合には, 橋軸線を, 多くの隅点をもつ連続折線でよく近似さすものとする (図-6 (c)) の系のように。

⑥ いわゆる閉じたラーメンの系 (なお, 平面において曲った横ばりをもつ) も, このプログラムで同様に計算できる。

部材の長さは, ある座標軸 (たとえば図のような) で定義するのがもっともよい。

**c) 区間** 支点の距離, 数, 種類は任意でよろしい (図-6 (a)~(d))。バネの分布は, 任意の多くの, 種々の長さの区間に分布してよろしい。

**d) 剛性** 曲げに対する慣性モーメントは鉛直曲げ, 水平曲げに対して, ある点からつぎの点へ  $(1/J)$  が直線的に変化するものとする。ねじりに対する 2 次の断面モーメントおよび, 断面積は, ある区間内で一定とする。

**e) 求めるべき変形, および, 断面力** 鉛直 (水平) 方向のたわみ, 鉛直 (水平) 面内のたわみ曲線のたわみ角, ねじり角, 長さ方向の変位。

水平軸のまわりの曲げモーメント, および, 水平軸に直角鉛直方向のせん断力, 鉛直軸のまわりの曲げモーメント, および, 水平方向のせん断力, ねじりモーメント, 軸方向力。

**f) 荷重** ① 横荷重—集中荷重, あるいは, 台形の分布荷重。② モーメント荷重—集中モーメント, あるいは, 台形状のモーメント面としての曲げ, および, ねじりに対するモーメント。③ 軸方向荷重—集中荷重, および, 台形分布荷重。④ 自重,  $PS$  力, 風荷重など。⑤ 温度 (等分布, あるいは, 不等分布のお), よび, 支点沈下, 支点の回転

**g) 計算方法** Matrix 計算—Falk の Reduktion 法による。

**h) 文献** J. Hintzen : Die Elektronische Berechnung des auf Torsion belasteten Durchlaufträger auf starren und elastischen Stützen Bauingenieur 35 (1960), Heft 12.

この計算センターでは, 他に, つぎのようなプログラムが完成している。

- (1) 3 スパン連続道路橋 DIN 1072 による。
- (2) 3 スパン連続鉄道橋 BE-荷重群 S (1950) による。
- (3) 直角高層ラーメン, および, その応用系 (図-7)。
- (4) 斜角高層ラーメン, および, その応用系 (図-8)。
- (5) 直交格子桁 (曲げ, ねじり剛性を考慮する) (図-9)。

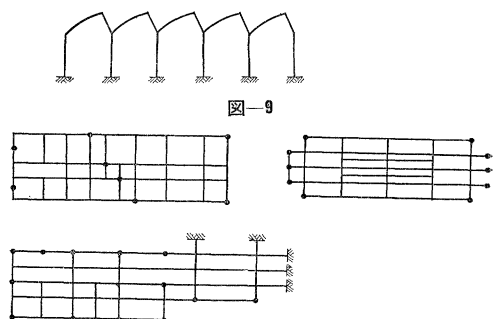
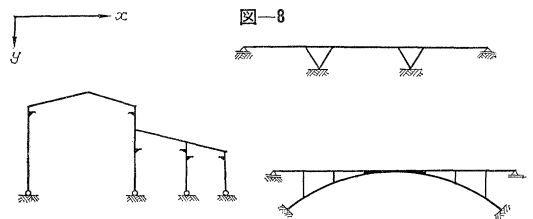
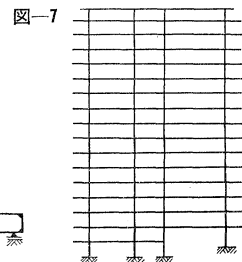


図-10

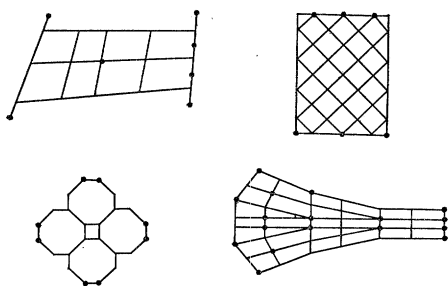
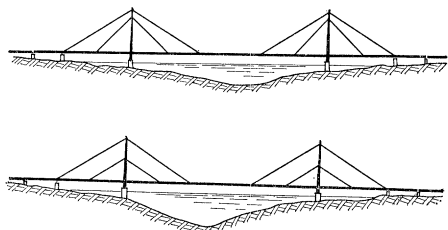


図-11



(6) 斜交格子桁(曲げ, ねじり剛性を考慮する)  
(図-10)。

(7) 斜めつり桁橋(図-11)

以上で5つの計算センターの紹介をおわる。

つぎに, イギリスの Cement and Concrete Association は Specifications for the Use of Programmes を発行している。これは, イギリス国産の計算機を対象として開発されたプログラムが1カ所に死蔵されることのないように, C. & C.A. が既開発のプログラム利用の指針を発行しているわけで, 同種の計算機のあるところではただちに利用できることを強調している。すでに DC 29/62 まで発行されている。DC 18/60 までのプログラムのリストは, 土木学会関西支部編「高速度計算機とその土木工学への応用」(昭 36.2), 第3編, 資料篇に収められている。DC 19/60 以降の分のリストを示すおつぎのようである(構造関係以外のものもふくむ)。日本では, こういような細い配慮が欠けている。

DC 19/60 IBM 650 Computer : Cut and Fill Program.

DC 20/61 Pegasus Computer : Three Programmes relating to Problems of Continuous Beams.

1. Slope Deflection Calculations for Continuous Beams.
2. Fixed End Moments.
3. Quarter Point Deflections.

DC 21/61 Pegasus Computer : Problems of Composite Action between Beams and Slabs.

1. A Slab Stiffened by Identical, Equally Spaced, Beams Whose Flexural Stiffness Varies across the Span.

2. A Rectangular Slab Strengthened by Four Edge-Beams and Supported at its Corners on Rigid Stanchions.

DC 22/62 EDSAC II Computer : A Programme for the Elastic Analysis of Rigid-Jointed Plane Grillages for Use on EDSAC II.

DC 23/62 DEUCE Computer : Harmonic Analysis  
DC 24/62 EDSAC II Computer : Three Programmes for the Elastic Torsional-Flexural Buckling of Rigid-Jointed Plane and Space Frames.

DC 25/62 Pegasus Computer : The Analysis for Moments of Vierendeel Frames and Girders with non-Prismatic Members.

DC 26/62 Pegasus Computer : Composite Action between Beams and Slab under Transverse Load, and the Deformation of a Rectangular Slab with Free Edges under Transverse Load.

DC 27/62 Pegasus Computer : Analysis of Single-Plane Structural Frames Mk 2 (Livesley Method).

DC 28/62 Influence Lines for Bending Moments in non-Prismatic Continuous Beams and Frames.

DC 29/62 Sirius Computer : A Single-Bay Multi-Story Rigid Frame under Lateral Loading, and the Analysis of Beam Sections.

日本でも, すでに旧帝大の八大学には電子計算機が設けられ, なお, 研究所, コンサルタントでも計算機もあっていて, プログラミングの研究が行なわれている。筆者は, academic な研究に計算機を利用することはもちろん大切であるが, 構造物の設計, 解析などに日常用いられている方法をプログラムし, 能率をあげて, 最少コストの設計を可能にすることも, 学問的な研究におとらず重要なことであると信じている。筆者の知る限りでは, 一般的な連続ばりの解析, 直交・斜交格子桁の解析, 斜めつり桁橋の解析では, わが国はドイツに劣っていると思う。また, 筆者は構造物の設計のオートメ化に興味をもち, 鋼3スパン連続ばりの設計のプログラムを完成[土木技術, 17. 5 (昭 37.5)]し, 3スパン連続トラスの設計のプログラムを近く完成する。これに対して, 外国では, 影響線の縦距の計算, 設計荷重載荷による設計断面力の計算までで, それ以上は一般に行なわれていないようである。断面の設計のオートメ化は地味であろうが, 重要であり, 努力すべきことであると思う。この点において, フランス政府の建設省, Service Special de Autoroutes の Leray 氏がRCのT形断面の多主桁橋の設計を IBM-7090 によって完全に自動化することに成功しているのは学ぶべきであろう。

なお, 連続ばりの解析において, ドイツでは S. Falk の Reduction 法が好んで用いられていることも, われわれとしても学ばなければならない。

(1963.4.1・受付)