（1） $\boldsymbol{K}_p^{11}=\mathrm{diag}\,[\boldsymbol{K}_g^{11}]$, $\boldsymbol{K}_p^{12}$, $\boldsymbol{K}_p^{22}$ はいずれも行列としてではなく，部材ごとの小行列 $\boldsymbol{K}_g$ を列に並べておく.

（2） 列に並んだデータ $\boldsymbol{K}_g$ は，次の方法により $\boldsymbol{K}_f$ 行列の所定位置に格納する. ……(図・6 の例について示す).

$\boldsymbol{E}_{11}$ および $\boldsymbol{E}_{22}$ における格納：

$\bar{\boldsymbol{A}}_1$, $\bar{\boldsymbol{A}}_2$ で $\boldsymbol{I}$ の現われる行の $\bar{\boldsymbol{K}}_g^{11}$, $\bar{\boldsymbol{K}}_g^{22}$ のみを取り上げ. ---→線上を移動して，$\boldsymbol{E}$ 行列の対角線上に納める. ……(図・7)

$\boldsymbol{E}_{12}$ および $\boldsymbol{E}_{12}'$ における格納：

$\bar{\boldsymbol{A}}_1+\bar{\boldsymbol{A}}_2$ の行列を作成し，$\boldsymbol{I}$ が 2 個現われる行の $\bar{\boldsymbol{K}}_g^{12}$ のみ取り上げ，---→の指示で定められる $\boldsymbol{E}_{12}$ の指定位置に格納する. $\boldsymbol{E}_{12}'$ ではこれと対称の位置である……(図・8).

これらの小行列の格納を同一行列上で行ない，その和をとれば，$\boldsymbol{K}_f=\boldsymbol{E}_{11}+(\boldsymbol{E}_{12}+\boldsymbol{E}'_{12})+\boldsymbol{E}_{22}$ の作表が完成したことになる.

7. 代入過程――応力の計算

基本原理の項で述べたように，問題が外力（節点力）で与えられている場合には，$\boldsymbol{K}_f$ の逆行列を求める. $\boldsymbol{K}_f^{-1}$ は構造全体の柔性行列であり，節点に単位の外力が作用したときの，各節点の変位を与えるもので，いわゆる影響係数の行列に相当する.

外力を与えて部材応力を求めるには，$\boldsymbol{K}_f^{-1}$ を用いて

外力→節点変位→部材変形→部材応力

の代入過程の計算が必要である.

まず，（8）式により節点変位 $\boldsymbol{d}$ を求める. 次に（9）式に (23) 式を代入すると

$$\begin{aligned}\boldsymbol{p}&=\boldsymbol{K}_p\boldsymbol{A}\boldsymbol{d}\\&=(\boldsymbol{K}_{p\,1}\boldsymbol{T}_p\bar{\boldsymbol{A}}_1+\boldsymbol{K}_{p\,2}\boldsymbol{T}_p\bar{\boldsymbol{A}}_2)\boldsymbol{d}\end{aligned}\tag{31}$$

$\boldsymbol{K}_p, \boldsymbol{T}_p$ はともに対角区分行列であるから，部材ごとに

$$\left.\begin{aligned}\boldsymbol{K}_{g\,1}\boldsymbol{T}_g&={}_1\bar{\boldsymbol{K}}_g\\\boldsymbol{K}_{g\,2}\boldsymbol{T}_g&={}_2\bar{\boldsymbol{K}}_g\end{aligned}\right\}\tag{32}$$

を定義すれば

$$\boldsymbol{p}=\boldsymbol{p}_1+\boldsymbol{p}_2=\mathrm{diag}\,[{}_1\bar{\boldsymbol{K}}_g]\bar{\boldsymbol{A}}_1\boldsymbol{d}+\mathrm{diag}\,[{}_2\bar{\boldsymbol{K}}_g]\bar{\boldsymbol{A}}_2\boldsymbol{d}\quad(32)$$

となる. この演算を図・6 の例題について行なうと，

$$\boldsymbol{p}=\begin{pmatrix}\boldsymbol{p}_a\\\boldsymbol{p}_b\\\boldsymbol{p}_c\\\boldsymbol{p}_d\\\boldsymbol{p}_e\\\boldsymbol{p}_f\\\boldsymbol{p}_g\\\boldsymbol{p}_h\\\boldsymbol{p}_i\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}{}_1\boldsymbol{K}_a\ \boldsymbol{d}_1\\{}_1\boldsymbol{K}_b\ \boldsymbol{d}_2\\\boldsymbol{0}\\{}_1\boldsymbol{K}_d\ \boldsymbol{d}_4\\{}_1\boldsymbol{K}_e\ \boldsymbol{d}_4\\{}_1\boldsymbol{K}_f\ \boldsymbol{d}_4\\{}_1\boldsymbol{K}_g\ \boldsymbol{d}_6\\{}_1\boldsymbol{K}_h\ \boldsymbol{d}_6\\{}_1\boldsymbol{K}_i\ \boldsymbol{d}_6\end{pmatrix}+\begin{pmatrix}\boldsymbol{0}\\{}_2\boldsymbol{K}_b\ \boldsymbol{d}_1\\{}_2\boldsymbol{K}_c\ \boldsymbol{d}_1\\{}_2\boldsymbol{K}_d\ \boldsymbol{d}_1\\{}_2\boldsymbol{K}_e\ \boldsymbol{d}_2\\\boldsymbol{0}\\\boldsymbol{0}\\{}_2\boldsymbol{K}_h\ \boldsymbol{d}_4\\\boldsymbol{0}\end{pmatrix}\tag{33}$$

となる. この例から解るように，応力を求める代入過程も，関係する変位 $\boldsymbol{d}$ を結合行列 $\bar{\boldsymbol{A}}$ で指定される順序に取り上げさえすれば，演算は部材ごとのデータである小行列と節点毎の変位の小行列の積のみで処理することができる.

む す び

以上，マトリクス変位法の具体的な運用の一方式を提案した. この方法の妥当性は，実際の骨組に関する計算によってすでに確かめられている.

この方式のねらいは，基本式における行列演算を区分行列の演算と見なし，部材ごと，節点ごとに成立する小行列間の演算に分解して演算の機械化と能率化を計ったことである. この方式を電子計算機のプログラムに組むことは，FORTRAN, ALGOL 等を用いれば，割合容易である. また，連続体の場合に拡張する場合にも同様の分解方式が成立するであろう.

骨組の応力解析に関して残った問題，すなわち，立体骨組への拡張と，構造の分割解法については，次回に述べる.

(1966 年 3 月 22 日受理)

参照文献

1) F. de Veubeke (Ed); Matrix Methods of Structural Analysis, Pergamon Press, 1964.
2) IBM 7090/7094 FRAN Framed Structure Analysis Program (7090-EC-01 X), 1964.
3) The Department of Civil Engineering, M. I. T.; STRESS: A Reference Manual, M. I. T. Press, 1965.
4) 小野　薫：剛節ラーメンの解法における適合条件について，日本建築学会大会論文集，1934
5) 田中　尚：ベクトル解析を応用せる不静定ラーメンの解法，日本建築学会論文集 No. 40, 1950
6) 小野　薫：撓角法，紀元社，1956
7) E. C. Pestel and F. A. Leckie; Matrix Method in Elastomechanics, McGraw-Hill, 1963.

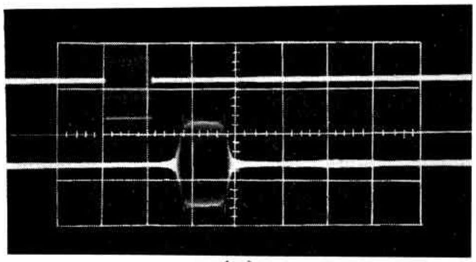
“サウジアラビア„　正誤

Vol. 18, No. 2, p. 42 (右上から 15 行目) の 4, 511, 275, 698 は cumulative の数字で，バーレル/日の数字は 1, 406, 974 である. ほかに間違いはない.

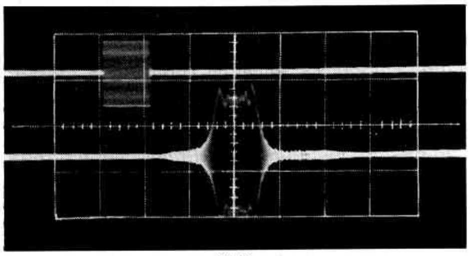
アラビア石油案内の誤植によるもので，当社から訂正の申出があった. (原文は Oil and Gas Journal 1961, 12, 25) 指摘された藤高教授に感謝する. なおバーレルの単位は 1 キロリットル=6.3 バーレル. また 1964 年のバーレル/日はアラビア石油株式会社からつぎのように通知された.

クエート：2, 116, 980
中立地帯：　361, 192
サウジアラビア：1, 716, 105

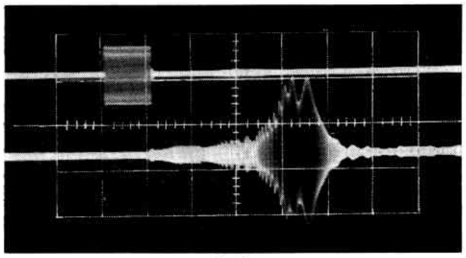
―坪井―



(a)
搬送周波数 2.8 MHz
vertical 上段 入力 0.5 v/div
　　　　 下段 出力 0.2 v/div
horizontal 100 μ sec/div



(b)
搬送周波数 2.8 MHz
vertical 上段 入力 0.5 v/div
　　　　 下段 出力 0.1 v/div
horizontal 100 μ sec/div



(c)
搬送周波数 2.65 MHz
vertical 上段 入力 0.5 v/div
　　　　 下段 出力 0.05 v/div
horizontal 100 μ sec/div
いずれも入力パルス幅 100 μ sec,
繰返し周波数 100 Hz

図・19 分散型遅延回路出力（矩形波パルス）

た，周波数によって遅延時間が変化する様子がよく示されている．また，同じ遅延回路を非分散型遅延回路として用いた場合の入力，出力波形を図・18 に示してあるが，波形の歪は認められず，周波数によって遅延時間が変化していないことがわかる．

一方，矩形波パルスによって変調された搬送波を分散型遅延回路に加えた場合の入力，出力波形は図・19 のとおりである．この図より周波数により遅延時間が変化することはわかるが，矩形波パルスによって変調された搬送波パルスの占有周波数帯が広いために遅延時間の相違により出力パルス波形の歪が大きく，特に周波数対遅延特性の変化の大きい所ではその影響が顕著である．したがってこのような矩形波パルスを用いたのでは正確な周波数対遅延特性を測定することが困難であることが認められる．

(1966 年 3 月 15 日受理)

謝辞 本研究に関しご援助いただいた日本電気KK 古後・塚田・沢田の諸氏に厚くお礼申上げる．

文　献

1) たとえば W. P. Mason, ed.; "Physical Acoustics", vol. 1, Pf. A, Ch. 6, Academic Press, New York, (1964).
2) T. von Pfeiffer; "Filter zur Vmformung von Rechteckimpulsen in Gaussimpulse", Frequenz, **17**, 3, p. 81 (1963. 3).
3) 片桐，瀬崎，中里: "2乗正弦波パルス発生の一方式" テレビジョン，**18**, 6, p. 345 (1964. 6).

正 誤 表（4月号）

頁	段	行	種別	正	誤
		6	目次	アイソトープ	アイトソープ
90	左	19	本文	半値幅 15 ms ピ	半値幅ピ
105			表・1	$\vert 9.5\times10^{-1}\vert 1.9\times10^{-1}\vert$	$\vert 9.5\times10_{0}{}^{1}\vert 1.9\times10^{-}1\vert$
〃	右	下10	本文	二つの変動がある	二つの変動率がある
〃	〃	下7	〃	出力測定における変動は	出力測定における変動率は
〃	〃	下3	〃	管内温度の上昇に	管内温度の上昇率に
106	〃	下4	〃	関してお世話になった	関して世話になった

次 号 予 告 （6月号）

研 究 解 説

不安定リンク機構の姿勢制御……村 上 公 克
鉄鉱石の還元について……雀 部 高 雄 ほか
マトリクス変位法による骨組の解析
　――その（2） 分割解法と立体構造への拡張――……川 股 重 也
平面応力問題について……坪 井 善 勝・川 股 重 也・塩 屋 繁 松

研 究 速 報

レーザ用光検波光電子増倍管の特性……藤 井 陽 一・魚 谷 裕 士
Al-Zn 拡散対の侵入曲線にあらわれた tail……武 田 鉄治郎・一 色 貞 文・一 本 間 禎 一
白金電極を用いる光起電力の研究……由 良 隆 司・本 多 健 一・菊 池 真 一